

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**DESENVOLVIMENTO DE UNIDADE LABORATORIAL TSA
(TEMPERATURE SWING ADSORPTION): INOVANDO A
ETAPA DE REGENERAÇÃO ATRAVÉS DO AQUECIMENTO POR
INDUÇÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ana Gabriella de Oliveira Alves

Porto Alegre

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**DESENVOLVIMENTO DE UNIDADE LABORATORIAL TSA
(TEMPERATURE SWING ADSORPTION): INOVANDO A
ETAPA DE REGENERAÇÃO ATRAVÉS DO AQUECIMENTO POR
INDUÇÃO**

Ana Gabriella de Oliveira Alves

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Área de concentração: Pesquisa e Desenvolvimento de Processos

Linha de Pesquisa: Projeto, Simulação, Modelagem, Controle e Otimização de Processos Químicos e Bioprocessos

Orientadores:

Profa. Dr^a. Luciane Ferreira Trierweiler

Prof. Dr. Marcelo Farenzena

Porto Alegre

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação *Desenvolvimento de Unidade Laboratorial TSA (Temperature Swing Adsorption): Inovando a Etapa de Regeneração Através do Aquecimento por Indução*, elaborada por Ana Gabriella de Oliveira Alves, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia.


Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 LUCAS MANIQUE RAYMUNDO
Data: 20/02/2024 06:49:01 -0300
Verifique em <https://validar.fh.gov.br>

Dr. Lucas Manique Raymundo

LUIS ANTONIO REZENDE Assinado de forma digital por LUIS ANTONIO REZENDE
MUNIZ:46465944553 MUNIZ:46465944553
Dados: 2024.02.29 13:51:25 -03'00'

Prof. Dr. Luis Antônio Rezende Muniz



Prof. Dr. Márcio Schwaab

Resumo

A desidratação do gás natural é uma das principais etapas no tratamento do gás e o método *Thermal Swing Adsorption* (TSA) é utilizado na recuperação do adsorvente que remove a umidade do gás. No entanto, a etapa de regeneração demanda tempo para aquecer, dessorver e resfriar o leito. Além disso, ao longo do uso, a capacidade de adsorção de água das peneiras moleculares (PMs) pode ser reduzida devido à degradação nos longos ciclos de regeneração e ao acúmulo de substâncias orgânicas pesadas no interior dos poros. Um controle de temperatura mais efetivo do leito apresenta maior potencial para minimizar a formação de coque, colaborando também para evitar a condensação retrógrada. Portanto, a análise de métodos alternativos que reduzem o tempo de processo, apresentem um controle de temperatura mais efetivo e mantém a capacidade de adsorção torna-se necessária para reduzir o consumo energético e aumentar a eficiência do processo. A técnica *Magnetic Induction Swing Adsorption* (MISA) tem sido utilizada na captura de carbono desde 2016, apresentando alta eficiência energética, porém ainda não foi testada na desidratação de gás. No presente trabalho, foi avaliada a viabilidade da regeneração térmica de uma PM através de um método alternativo de aquecimento por indução. Foi construído um aparato experimental versátil para simulação de ciclos de desidratação pelos métodos convencional (TSA) e por indução. Foram realizados seis ciclos de desidratação nas duas técnicas de aquecimento, mantendo-se constantes os parâmetros de processo. Os resultados mostraram que o tempo de regeneração no método por indução foi pelo menos 50% inferior do que o tempo de regeneração pelo processo TSA, devido a um aquecimento mais homogêneo observado no método por indução, que também apresentou um melhor domínio da estratégia de aquecimento no leito, com valor da temperatura média da PM dentro do leito aquecido 166% superior do que o aquecimento TSA. Não foram identificadas diferenças na capacidade de adsorção da PM utilizada nos dois métodos, porém o método proposto reduziu o consumo energético em 40%, apresentando uma eficiência 173% superior que o método convencional. O estudo fornece informações valiosas para o desenvolvimento de processos de regeneração utilizando a indução, contribuindo para a melhoria da eficiência energética e indicando que o aquecimento por indução pode ser uma opção mais viável em termos energéticos na desidratação de gás natural.

Palavras-chave: gás natural, desidratação, regeneração, zeólita, TSA, indução, adsorção, unidade de bancada.

Abstract

The dehydration of natural gas is one of the key steps in gas treatment and the Thermal Swing Adsorption (TSA) method is used in recovering the adsorbent that removes moisture from the gas. However, the regeneration step requires time to heat, remove the water and cool the bed. Additionally, over time, the water adsorption capacity of the molecular sieves (MSs) can be reduced due to degradation during long regeneration cycles and the accumulation of heavy organic substances within the pores. More effective temperature control of the bed has the potential to minimize coke formation and also prevent retrograde condensation. Therefore, the analysis of alternative methods that reduce process time, provide more effective temperature control, and maintain adsorption capacity becomes necessary to reduce energy consumption and increase process efficiency. The Magnetic Induction Swing Adsorption (MISA) technique has been used in carbon capture since 2016, showing high energy efficiency, nevertheless it has not yet been tested in gas dehydration. In this study, the feasibility of thermal regeneration of an MS was evaluated using an alternative induction heating method. A versatile experimental apparatus was built to simulate dehydration cycles using both the conventional TSA and induction methods. Six dehydration cycles were performed using both heating techniques, with the process parameters kept constant. The results showed that the induction method had at least a 50% shorter regeneration time compared to the TSA process, attributed to a more homogeneous heating observed in the induction method, which also exhibited better control of the bed heating strategy, with an average temperature value of the MS within the heated bed being 166% higher than the TSA heating. No differences were identified in the adsorption capacity of the MS used in both methods, but the proposed method reduced energy consumption by 40% and showed a 173% higher efficiency than the conventional method. The study provides valuable information for the development of regeneration processes using induction, contributing to improved energy efficiency and indicating that induction heating may be a more viable option in energy terms in natural gas dehydration.

Keywords: natural gas, dehydration, regeneration, zeolite, TSA, induction, adsorption, small-scale unit.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade da vida.

Aos meus pais, Francisco Alves e Vanda Lúcia, obrigada pelo empenho na minha educação e por sempre me apoiarem e acreditarem em mim. Aos meus irmãos, Layla Talita e Gabriel Francisco, pelos exemplos de determinação, apoio prestado e suporte para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu esposo, Iuri Gallo pelo incentivo, companheirismo e amor incondicional.

Aos meus orientadores, Profa. Dr^a Luciane Ferreira Trierweiler e Prof. Dr. Marcelo Farenzena pela confiança e oportunidade de trabalhar, aprender e por todo conhecimento transmitido nesta etapa de minha vida.

Ao grupo GIMSCOP, especialmente ao Prof. Dr. Jorge Otávio Trierweiler, Dr. Lucas M. Raymundo e MSc. Débora Carvalho pelo suporte e contribuições durante a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Química e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de realização desta dissertação.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

Ao LACER, pela realização das análises no Microscópio Eletrônico de Varredura.

E a todos que, de uma forma ou outra, contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 Motivação.....	1
1.2 Objetivos do trabalho.....	2
1.2.1 Objetivo geral	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Estrutura da dissertação	3
Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica	4
2.1 Gás natural	4
2.2 Desidratação através da adsorção	6
2.3 Princípios de adsorção	7
2.3.1 Adsorção contínua em coluna de leito fixo	8
2.3.1.1 Performance da coluna.....	10
2.3.1.2 Modelagem da coluna de leito fixo	10
2.4 Sólidos adsorventes.....	11
2.4.1 Tipos de zeólita	12
2.4.1.1 Chabazita.....	13
2.5 Regeneração.....	14
2.5.1 Regeneração pelo processo PSA para remoção de água.....	15
2.5.2 Regeneração pelo processo TSA para remoção de água.....	15
2.6 Aquecimento por Indução.....	17
2.6.1 Regeneração pelo processo MISA	18
Capítulo 3 – Materiais e Métodos	22
3.1 Adsorvente	22
3.2 Adsorvato	22
3.3 Ensaio de Caracterização	23
3.3.1 Análise Termogravimétrica.....	23
3.3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura	23
3.3.3 Espectroscopia no Infravermelho	24
3.3.4 Fisissorção de Nitrogênio	24
3.3.5 Difração de Raios-X.....	24
3.3.6 Determinação da Massa Específica	24
3.4 Ensaio de desidratação	25
3.4.1 Ensaio preliminares de adsorção	25
3.4.2 Ciclos de desidratação	26
3.4.2.1 Curvas de ruptura de água: Adsorção.....	27
3.4.2.2 Dessorção.....	28
3.4.3 Capacidade de adsorção.....	29
3.4.4 Eficiência de dessorção.....	29

3.4.5	Análise da energia utilizada para a regeneração	29
3.4.6	Eficiência dos métodos de aquecimento	31
Capítulo 4 –	Unidade de bancada	32
4.1	Unidade de Bancada Versátil de Desidratação de Gás Natural	33
4.1.1	Sistema de alimentação do gás comprimido	36
4.1.2	Coluna de desidratação	36
4.1.3	Sistema de controle e aquisição de dados da Altus	40
4.1.3.1	Controlador Lógico Programável (CLP) e aquisição de dados	40
4.1.3.2	Interface homem máquina (IHM)	41
4.1.3.3	Entradas e medições do sistema da Altus	41
4.1.4	Transmissor de Pressão	42
4.1.5	Transmissor de Umidade e Temperatura	42
4.1.6	Resistance temperature detector (RTD)	42
4.1.7	Sistema de Aquecimento Elétrico	42
4.1.8	Sistema de Aquecimento por Indução	43
4.1.9	Sistema de Condensação Térmica	44
Capítulo 5 –	Resultados e Discussões	46
5.1	Ensaio de Caracterização	46
5.1.1	Análise Termogravimétrica	46
5.1.2	Microscopia Eletrônica de Varredura	49
5.1.3	Espectroscopia no Infravermelho	51
5.1.4	Fisissorção de Nitrogênio	51
5.1.5	Difração de Raios-X	56
5.1.6	Determinação da Massa Específica	56
5.2	Ensaio de desidratação	57
5.2.1	Ensaio preliminares de desidratação	57
5.2.1.1	Efeito da vazão de alimentação	57
5.2.1.2	Análise da temperatura ao longo da coluna	58
5.2.2	Ciclos de desidratação	60
5.2.2.1	Curvas de ruptura de água: Adsorção	60
5.2.2.2	Dessorção	62
5.2.3	Capacidade de adsorção	66
5.2.4	Eficiência de dessorção	67
5.2.5	Análise da energia utilizada para a regeneração	69
5.2.6	Eficiência dos métodos de aquecimento	74
Capítulo 6 –	Considerações Finais e Sugestões para Trabalhos Futuros	75
6.1	Conclusões	75
6.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	76
Referências	78	
Capítulo 7 –	Anexo	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Princípios de desidratação de gás natural e tecnologias de adsorção comumente adotados. Fonte: VASCONCELOS (2020).....	6
Figura 2.2. Imagem de hidrato de gás. Fonte: VAZ; MAIA; SANTOS (2008).....	7
Figura 2.3. Um adsorvente poroso e a adsorção de espécies. Fonte: MARIA (2016).....	7
Figura 2.4. Representação típica de uma curva de ruptura. Fonte: Adaptado de TAN; HAMEED (2017).	9
Figura 2.5. Estrutura de uma zeólita. Fonte: LESSA (2012).	13
Figura 2.6. Diâmetro dos poros da Chabazita. Fonte: KIANFAR (2020).	14
Figura 2.7. Perfil de temperatura típico para uma regeneração de 12 horas com peneiras moleculares. Fonte: Adaptado de NETUŠIL; DITL (2012).	16
Figura 2.8. Ilustração do campo magnético gerado por uma bobina. Fonte: Adaptado de AMBRELL (2018).	17
Figura 2.9. Comparação da transferência de calor em adsorventes nos métodos por TSA e MISA. Fonte: Adaptado de SADIQ <i>et al.</i> (2020).....	21
Figura 3.1. Fluxograma representando os ensaios realizados.	25
Figura 4.1. Esquema da unidade versátil de bancada de desidratação de gás natural A) Método TSA B) Método por indução.	34
Figura 4.2. Controlador de vazão mássica A) Painel com controlador de vazão mássica B) Tela de operação do sistema supervisorio para controle da vazão	36
Figura 4.3. Projeto da coluna de desidratação A) Esquema demonstrando as peças utilizadas na montagem B) Vista traseira da coluna C) Demonstração de alguns dos comprimentos da coluna possíveis de operação.	38
Figura 4.4. Tela para retenção de partículas.	40
Figura 4.5. Tela do MasterTool IEC XE 3.34.	41
Figura 4.6. Aplicação FvDesigner com as telas criadas para a IHM.....	41
Figura 4.7. Aquecedor elétrico A) Imagem do aquecedor utilizado B) Esquema elétrico da montagem do aquecedor, relé e wattímetro.....	43
Figura 4.8. Simulação utilizando Indutor Módulo ZVS de Aquecimento.	43
Figura 4.9. Indutor A) Imagem do indutor com a bomba de resfriamento da bobina B) Esquema elétrico da montagem do indutor, fonte de alimentação, relé e wattímetro. ...	44
Figura 4.10. Sistema de condensação térmica.....	45
Figura 5.1. Curvas TG (preto) e DTG (verde para amostra branco, vermelho para método TSA e azul para método por indução) nos três ciclos de aquecimento das zeólitas após os ensaios de desidratação A) Amostra controle (branco) B) Método TSA C) Método por indução D) Sobreposição das três amostras no primeiro ciclo de aquecimento.....	48

Figura 5.2. Micrografia eletrônica de varredura para as amostras zeólita utilizada nos ensaios de desidratação: Coluna 1) Método TSA, Coluna 2) Método por indução, Coluna 3) Branco, A) 1.000 X B) 5.000 X C) 10.000 X.....	50
Figura 5.3. Espectro da zeólita chabazita na região do infravermelho médio.....	51
Figura 5.4. Isotermas de adsorção e dessorção de N ₂ para as amostras da peneira molecular chabazita após os ensaios de desidratação em escala linear A) Amostra controle (branco) B) Método TSA C) Método por indução.	54
Figura 5.5. Difratogramas de Raios X da zeólita chabazita utilizada nos ensaios de desidratação no método TSA, indução e amostra controle.....	56
Figura 4.16. Curvas de ruptura para adsorção de água na zeólita chabazita para diferentes vazões de alimentação.	57
Figura 5.7. Adsorção para análise da temperatura A) Temperatura nas três posições do leito B) Curva de ruptura ao longo do tempo durante a adsorção.	59
Figura 5.8. Curvas de adsorção de água em peneira molecular chabazita com dados experimentais e modelo A) Método TSA B) Método por indução.....	61
Figura 5.9. Curvas de dessorção de água em peneira molecular chabazita A) Método TSA B) Método por indução.	63
Figura 5.10. Perfis de temperatura da zeólita dentro da coluna (ícone com linha), entrada do gás (ícone com preenchimento) e saída do gás (ícone sem preenchimento) A) Método TSA B) Método por indução.	65
Figura 5.11. Capacidade de adsorção nos seis ciclos de Adsorção como as barras de erro representando $\pm 0,0008$ desvio padrão para o método TSA e $\pm 0,0006$ desvio padrão para o método por indução (IND).....	67
Figura 5.12. Eficiência de dessorção com uma função de tempo para os métodos de dessorção por TSA (símbolo) e indução (símbolo com linha).	68
Figura 5.13. Representação esquemática do consumo de energia na dessorção A) Método TSA B) Método por indução.	70
Figura 5.14. Detalhamento da demanda de energia nos ciclos de dessorção. A) Método TSA B) Método por indução C) Comparação da média dos métodos.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Aplicações de algumas zeólitas comerciais e informações sobre a espécie do cátion e tamanho de poros.	13
Tabela 2.2. Visão geral das principais publicações relacionadas à adsorção por indução magnética classificadas em ordem cronológica reversa.	19
Tabela 3.1. Condições operacionais para os ensaios preliminares de adsorção	26
Tabela 3.2. Informações experimentais dos testes de desidratação.	27
Tabela 4.1. Descrição dos componentes da unidade de bancada de desidratação de gás natural.	35
Tabela 4.2. Parâmetros considerados no design da coluna de desidratação.	37
Tabela 4.3. Componentes da coluna de desidratação.	39
Tabela 5.1. Parâmetros obtidos através do método BET.	55
Tabela 5.2. Propriedades textuais da zeólita chabazita utilizada nos ensaios de desidratação e referências da literatura.	55
Tabela 5.3. Parâmetros da coluna de desidratação em diferentes vazões de alimentação de gás.	58
Tabela 5.4. Parâmetros obtidos para o modelo Yoon-Nelson através da análise dos seis ciclos de adsorção por TSA e indução.	62
Tabela 5.5. Energia utilizada no processo de regeneração.	73
Tabela 5.6. Eficiência dos ciclos utilizando o aquecimento por TSA e indução.	74
Tabela 7.1. Referências de patentes avaliadas no presente trabalho.	88

NOTAÇÃO E SIMBOLOGIA

σ	Desvio padrão
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
ATR	Refletância total atenuada
BET	Brunauer, Emmett and Teller
BJH	Barrett, Joyner e Halenda
BRA	Branco
BTC	<i>1,3,5-benzenetricarboxylic acid</i>
C5+	Parte líquida do gás, chamada também de gasolina natural
CHA	Chabazita
CLP	Controlador lógico programável
CSV	<i>Comma-separated values</i>
DEQUI	Departamento de Engenharia Química
DFT	<i>Density Functional Theory</i>
DRX	Difração de Raio-X
FAU	<i>Faujasite</i>
FIC	Controlador de vazão mássica
FTIR	Espectrofotômetro no infravermelho com transformada de Fourier
GN	Gás Natural
HKUST	Tipo de <i>metal organic frameworks</i>
I	Corrente
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IHM	Interface homem máquina
in	Polegada
IND	Indução
IR	Infravermelho
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
LACER	Laboratório de Materiais Cerâmicos
LACIP	Laboratório de Controle e Integração de Processos
LTA	<i>Linde Type A</i>
MAPE	Erro percentual absoluto médio
MEV	Microscópio eletrônico de varredura
MIR	Infravermelho médio

<i>MISA</i>	<i>Magnetic Induction Swing Adsorption</i>
<i>MOFs</i>	<i>Metal organic frameworks</i>
<i>NIR</i>	Infravermelho próximo
<i>NPC</i>	<i>N-doped porous carbon</i>
<i>PM</i>	Peneira molecular
<i>ppm</i>	Partes por milhão
<i>PSA</i>	<i>Pressure Swing Adsorption</i>
<i>PTSA</i>	<i>Pressure Temperature Swing Adsorption</i>
R^2	Coefficiente de determinação
<i>RH</i>	<i>Relative humidity</i>
<i>RTD</i>	<i>Resistance temperature detector</i>
<i>S A</i>	Sociedade Anônima
<i>SSE</i>	Soma dos erros quadrados
<i>TSA</i>	<i>Temperature Swing Adsorption</i>
<i>UFRGS</i>	<i>Universidade Federal do Rio Grande do Sul</i>
<i>V</i>	Voltagem
V_{CC}	Voltagem corrente contínua
<i>VPSA</i>	<i>Vacuum Pressure Swing Adsorption</i>
<i>W</i>	Wattímetro
<i>ZSM</i>	<i>Zeolite Socony Mobil</i>
<i>ZTM</i>	Zona de transferência de massa
<i>ZVS</i>	<i>Zero-Voltage Switching</i>

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Motivação

O tratamento de gás natural em plataformas de petróleo apresenta diversas etapas, sendo a desidratação do gás um dos principais processos de separação aplicado nas plataformas. Após a sua extração, o gás natural encontra-se próximo da saturação de água, um componente crítico para o transporte e processamento do gás. O vapor de água é removido do fluxo de gás para reduzir o potencial de corrosão e, principalmente, a formação de hidratos na tubulação (WANG; ECONOMIDES, 2009).

Dentre os diferentes métodos de desidratação de gás, a adsorção a partir de peneira molecular (PM) é um dos mais eficientes e utilizado comercialmente. Neste processo cíclico, materiais dessecantes como a zeólita adsorvem a água em leitos fixos e posteriormente passam pela regeneração ou dessorção, onde o vapor de água adsorvido é removido do adsorvente. O método *Thermal Swing Adsorption* (TSA) é amplamente utilizado na recuperação do adsorvente. Nele, o leito é regenerado por aquecimento, que geralmente é fornecido pelo pré-aquecimento de uma corrente de purga de gás e distribuído pela transferência de calor por convecção (MANDLER, 2019; SANTOS *et al.*, 2021).

Uma vez que a etapa de regeneração demanda tempo considerável para aquecer, dessorver e resfriar o material dessecante, a redução do tempo deste processo se torna fundamental para a redução do consumo energético do tratamento (FANCHI; CHRISTIANSEN, 2017; NETUŠIL; DITL, 2012). Adicionalmente, ao longo do uso, a capacidade de adsorção de água das PMs pode ser reduzida devido à degradação nos longos ciclos de regeneração e ao acúmulo de substâncias orgânicas de alta massa molar no interior dos poros. O coque, composto carbonoso com elevada relação carbono/hidrogênio e associado à presença de hidrocarbonetos, especialmente quando a operação não é cuidadosamente controlada, colabora na desativação das peneiras moleculares pois bloqueia os poros. Um controle de temperatura mais efetivo do leito apresenta maior potencial para minimizar a formação de coque, colaborando também para evitar a condensação retrógrada, fenômeno que ocorre quando a temperatura do gás diminui, resultando na formação de líquidos (condensado), uma vez que a maior

quantidade de variáveis manipuladas no controle do leito fornece um domínio da estratégia de aquecimento. Portanto, a análise de métodos alternativos que reduzem o tempo de processo, apresentem um controle de temperatura mais efetivo e mantém a capacidade de adsorção torna-se necessária para reduzir o consumo energético e aumentar a eficiência do processo (GPSA, 2004; NASCIMENTO, 2020; VASCONCELOS, 2020).

Li *et al.* (2016) introduziram o método denominado de *Magnetic Induction Swing Adsorption* (MISA) que utiliza a indução como método alternativo de aquecimento na regeneração de adsorventes, especificamente no processo de captura de carbono através de *Metal organic frameworks* (MOFs), adsorventes magnéticos de poros cristalinos. O aquecimento pelo método MISA apresentou-se uma opção vantajosa, por apresentar eficiência no processo de aquecimento e uma distribuição de calor rápida e homogênea.

Apesar de promissora, a técnica ainda não foi testada na desidratação de gás natural, assim, estudos que avaliem a viabilidade da regeneração térmica de uma PM através de um método alternativo de aquecimento que utilize a indução tornam-se indispensáveis.

1.2 Objetivos do trabalho

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral o projeto e a construção de uma unidade de bancada versátil de desidratação de gás natural que permita reproduzir ciclos de desidratação pelos métodos convencional (TSA) e por indução, para comparação das técnicas de aquecimento e avaliação da viabilidade do método por indução.

1.2.2 Objetivos específicos

- Projetar e construir uma unidade de bancada versátil de desidratação de gás natural, que permita reproduzir ciclos de desidratação pelos métodos convencional (TSA) e por indução;
- Avaliar a fluidodinâmica da coluna adsorvente de leito fixo, através de ensaios preliminares;
- Caracterizar a peneira molecular utilizada nos ensaios de desidratação, utilizando a técnica de Análise Termogravimétrica; Microscopia Eletrônica de Varredura, Espectroscopia no Infravermelho, Fisissorção de Nitrogênio, Difração de Raios-X e Determinação da Massa Específica;
- Realizar ciclos de desidratação utilizando o método convencional de aquecimento (TSA) e um método alternativo de aquecimento (indução) e avaliar o tempo e o perfil de temperatura na dessorção dos métodos;
- Verificar a capacidade de adsorção da peneira molecular;
- Medir e comparar a eficiência de dessorção dos métodos de aquecimento utilizados;

- Comparar a energia utilizada na regeneração da peneira molecular através dos métodos de aquecimento utilizados;
- Medir a eficiência dos métodos de aquecimento, a fim de verificar o melhor método nas condições utilizadas.

1.3 Estrutura da dissertação

No presente capítulo, foi introduzido o contexto geral deste trabalho, incluindo os principais objetivos e motivações para o seu desenvolvimento.

No Capítulo 2, apresenta-se a revisão bibliográfica abordando os conceitos e informações que constituíram o alicerce para o desenvolvimento desta dissertação.

O Capítulo 3 descreve a metodologia utilizada para o desenvolvimento dos procedimentos experimentais, e contempla os testes de caracterização da zeólita utilizada nos ensaios de desidratação e os testes realizados na unidade construída, juntamente com a comparação dos métodos de aquecimento.

O Capítulo 4 apresenta o projeto e construção da unidade de bancada versátil de desidratação de gás natural.

O Capítulo 5 apresenta os resultados e discussões, incluindo os testes de caracterização da zeólita utilizada nos ensaios de desidratação, os ensaios realizados na unidade construída e a comparação dos métodos de aquecimento utilizados.

O Capítulo 6 apresenta as principais conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

Este capítulo apresenta uma revisão dos principais assuntos indispensáveis para o desenvolvimento desse trabalho. O capítulo está dividido em 6 subseções. Primeiramente são abordados conceitos do gás natural e da desidratação por adsorção. Na sequência são descritos os princípios da adsorção e os sólidos adsorventes utilizados no processo. Por fim, são apresentadas as técnicas de regeneração.

2.1 Gás natural

O gás natural (GN), uma das fontes de energia de hidrocarbonetos mais limpa e rica em hidrogênio, apresenta papel preponderante na oferta global de energia (WANG; ECONOMIDES, 2009). Com a exploração das reservas existentes no pré-sal, a produção brasileira de gás natural tem crescido e projeta-se uma expansão para o futuro. O setor brasileiro espera uma produção de gás natural bruta¹ próxima de 323 milhões de m³/dia e líquida² de 134 milhões de m³/dia para 2032 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2023). De acordo com a revisão estatística anual de energia mundial da BP, empresa global atuante na indústria de petróleo e gás, a oferta de GN cresceu 5,6% (mais de 26 bilhões de m³) de 2020 para 2021, passando para uma oferta de 516 bilhões de m³ em 2021 (BP, 2023).

O GN bruto encontrado em reservatórios de óleo e gás é formado por uma mistura de hidrocarbonetos gasosos como o metano (CH₄ – principal componente), etano (C₂H₆), propano (C₃H₈), dentre outros hidrocarbonetos, e componentes indesejáveis como o nitrogênio (N₂), sulfeto de hidrogênio (H₂S), dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O). Dentre esses contaminantes, a água pode causar diversos problemas (NÓBREGA, 2003; SANTOS *et al.*, 2021). O tratamento de gás em uma plataforma *offshore* geralmente envolve várias etapas para remover as impurezas e condicionar o gás natural para uso

¹Produção total antes dos descontos de consumo próprio, injeção, queima e perdas.

²Produção que é comercializada.

comercial. As etapas comuns de tratamento de gás em uma plataforma incluem (VAZ; MAIA; SANTOS, 2008):

1. *Separação inicial.* O gás produzido juntamente com óleo e água é separado em uma unidade de separação inicial, conhecida como Separador Trifásico. Nessa etapa, o gás é separado do petróleo e da água, permitindo que o gás seja processado separadamente.
2. *Remoção de partículas e líquidos.* O gás passa por um sistema de remoção de partículas e líquidos, como filtros e separadores de gotas, para remover impurezas sólidas e líquidas que possam estar presentes no gás.
3. *Dessulfurização.* O gás passa por um processo de remoção de gases ácidos, como o H_2S e o CO_2 , que podem ser corrosivos.
4. *Compressão e condensação.* O gás é comprimido para aumentar sua pressão, facilitando o transporte através de dutos e condensado para remoção de umidade.
5. *Desidratação.* O gás natural ainda contém umidade que precisa ser removida para evitar a formação de hidratos de gás e para atender às especificações de qualidade do gás.
6. *Medição e análise.* O gás tratado é medido e analisado para determinar sua composição, qualidade e quantidade. Isso é importante para fins de controle, faturamento e conformidade com regulamentações.

No Brasil, o limite de água nas etapas de processamento do GN depende de análises técnicas e econômicas. Porém, de acordo com o transporte e a aplicação, uma especificação típica e mais restrita pode ser empregada (SANTOS *et al.*, 2021). Portanto, é necessário remover a água à concentração máxima de aproximadamente 1 ppm (MANDLER, 2019), para que sejam atendidas as especificações de segurança, qualidade e transporte da indústria. Um dos processos de condicionamento do GN é a desidratação, que realiza a retirada de água da corrente gasosa (SANTOS *et al.*, 2017). A Figura 2.1 apresenta as principais técnicas de desidratação do gás natural, juntamente com os processos cíclicos mais comumente utilizados na indústria (VASCONCELOS, 2020).

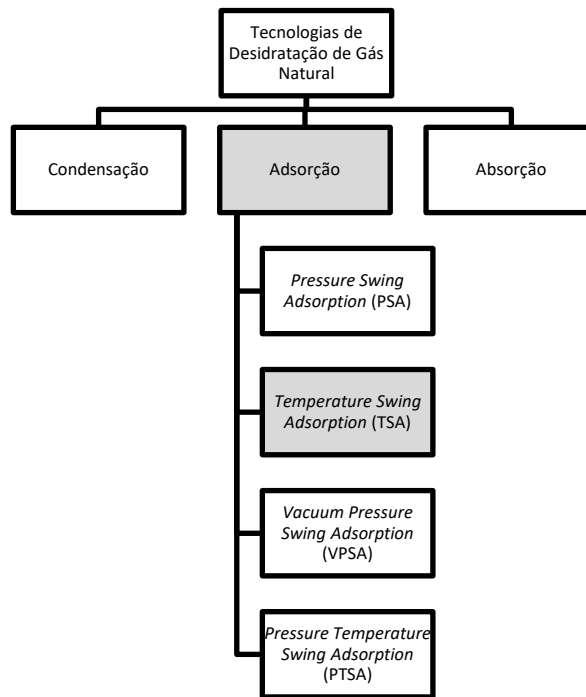


Figura 2.1. Princípios de desidratação de gás natural e tecnologias de adsorção comumente adotadas na indústria. Fonte: VASCONCELOS (2020).

2.2 Desidratação através da adsorção

O processo de desidratação de corrente gasosa consiste, essencialmente, na remoção de umidade contida em uma mistura gasosa. Esta é uma etapa fundamental no processamento do GN, pois a combinação de hidrocarboneto e água propicia a formação de meio corrosivo e, principalmente, a formação de hidratos, que podem formar uma estrutura semelhante a uma gaiola em torno de moléculas de gás e eventualmente formar uma massa sólida que pode bloquear tubulações, válvulas ou equipamentos (FANCHI; CHRISTIANSEN, 2017; NETUŠIL; DITL, 2012).

Hidratos de gás têm sido historicamente um problema para operações de campos de petróleo e gás. A existência de hidratos no fundo do oceano pode impedir ou bloquear completamente o fluxo de fluidos pelas redes de dutos, conforme ilustra a Figura 2.2. Portanto, uma quantidade significativa de vapor de água deve ser removida para proteger a tubulação destes entupimentos (KINIGOMA; ANI, 2016).



Figura 2.2. Imagem de hidrato de gás. Fonte: VAZ; MAIA; SANTOS (2008).

A desidratação por adsorção remove a água de um fluxo de gás através da adsorção seletiva das moléculas de água na superfície de um material sólido. Neste processo, o fluxo de gás é passado através de um leito de material adsorvente, como a peneira molecular (PM), que tem alta afinidade pelas moléculas de água. À medida que o gás flui através do leito, as moléculas de água são atraídas para a superfície da PM através de forças intermoleculares, removendo-as efetivamente do fluxo de gás (WANG; ECONOMIDES, 2009).

2.3 Princípios de adsorção

A ilustração de um processo de adsorção pode ser visualizada na Figura 2.3, onde o sólido é chamado de adsorvente e no caso específico, a água é conhecida como adsorvato ou espécie adsorvida (GABELMAN, 2017).



Figura 2.3. Um adsorvente poroso e a adsorção de espécies. Fonte: MARIA (2016).

O processo de adsorção pode ser considerado um resultado da interação através de força de Van der Waals e eletrostáticas entre a fase fluida e o adsorvente (GABELMAN, 2017; GARCIA, 2014). No processo de adsorção física (fisissorção) ocorre a ligação do adsorvato à superfície do adsorvente, através de uma interação relativamente fraca que

pode ser atribuída às forças de Van der Waalls, e são similares às forças de coesão molecular. Já na adsorção química (quimissorção), a estrutura do adsorvente é alterada devido à interação com o adsorbato, permitindo a formação de novas ligações químicas, bem mais forte que no caso da fisissorção (GANDHIDASAN; AL-FARAYEDHI; AL-MUBARAK, 2001).

A adsorção física tem ampla aplicação em processos industriais de separação e vários fatores podem influenciar na adsorção (GPSA, 2004; NASCIMENTO *et al.*, 2014), a citar:

1. *Propriedades do adsorvente.* As características do material adsorvente, como sua área superficial, porosidade, tamanho e forma das partículas, influenciam diretamente a capacidade de adsorção. Quanto maior a área superficial e a porosidade do adsorvente, maior a capacidade de adsorção.
2. *Propriedades do adsorbato.* As propriedades do composto que está sendo adsorvido, como sua concentração, tamanho molecular, polaridade e interações químicas, afetam a afinidade e a capacidade de adsorção. Compostos com maior concentração e afinidade tendem a ser adsorvidos em maior quantidade.
3. *Temperatura.* Em alguns casos, o aumento da temperatura pode alterar a capacidade de adsorção. Isso ocorre porque a temperatura pode afetar a energia de adsorção e as interações moleculares envolvidas no processo.
4. *Pressão.* Em sistemas de adsorção gasosa, um aumento na pressão pode aumentar a quantidade de adsorbato retido.
5. *Tempo de contato.* O tempo durante o qual o adsorbato está em contato com o adsorvente pode influenciar a taxa de adsorção e a quantidade de adsorbato retido.

2.3.1 Adsorção contínua em coluna de leito fixo

A adsorção em leito fixo é um processo contínuo e pode ser empregado tanto para correntes líquidas quanto para correntes gasosas. A unidade consiste em uma coluna de leito fixo, no qual o volume interno é preenchido com partículas adsorventes. Duas regiões são evidenciadas: uma ocupada por partículas sólidas porosas e outra preenchida por espaços vazios contendo o fluido (MARIA, 2016). A utilização da coluna de leito fixo no processo de adsorção é frequentemente mais econômica, e apresenta inúmeras vantagens, como facilidade de operação, construção, aumento de escala e possibilidade de automação (MOKHATAB; POE; MAK, 2015). Por permitir um uso mais eficiente do adsorvente, esse tipo de sistema é uma das configurações mais eficazes para o tratamento de grandes volumes de efluentes e ciclos de adsorção-dessorção (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

A prática industrial comum é passar o fluido a ser tratado através de uma coluna preenchida com o adsorvente, permitindo que o transporte do adsorbato para o adsorvente ocorra. Considerando-se a desidratação do gás natural, a fase gasosa com elevada umidade é alimentada continuamente na entrada superior da coluna de leito

fixo, em fluxo descendente. O leito é considerado como fixo, pois sua vazão de operação é suficientemente baixa para não movimentar as partículas sólidas dentro da coluna (KLEINÜBING, 2006). Assume-se que a operação inicie com um leito limpo, ou seja, o adsorvente foi totalmente regenerado e não contém adsorvato. A Figura 2.4 mostra a curva de ruptura, ou curva de *breakthrough*. No início da adsorção, o adsorvato (água) presente no gás alimentado no topo da coluna é adsorvido nas camadas de zeólita mais próximas à entrada do leito. A partir desse momento, duas principais regiões são estabelecidas no leito fixo: uma região carregada com a água e outra disponível para a adsorção. A interconexão entre essas regiões é denominada de zona de transferência de massa (ZTM) e, nessa região, o elevado gradiente de concentração resulta na condução da água contida no gás para as partículas de adsorvente. À medida que a água presente no gás transpõe as camadas de adsorvente já carregadas, a ZTM é movida no sentido descendente e as camadas sucessivas de zeólita ainda não ocupadas vão sendo preenchidas. Do ponto de vista prático, a ZTM também pode ser considerada a região da coluna onde a concentração do adsorvato varia entre 5% a 90-95% do valor do fluido de alimentação (CALERO *et al.*, 2009; MEMLAK, 2019).

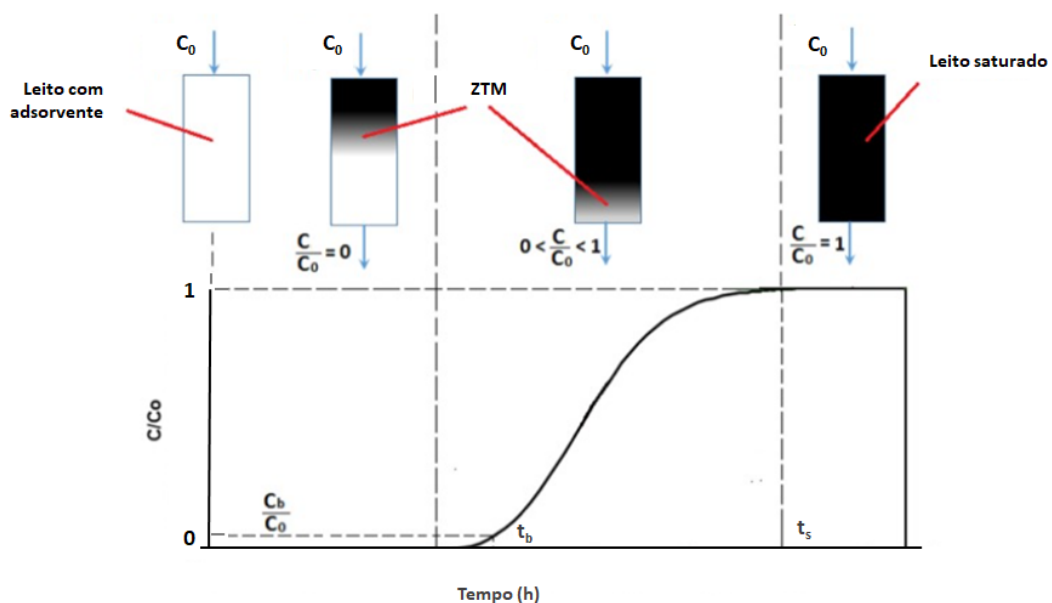


Figura 2.4. Representação típica de uma curva de ruptura. Fonte: Adaptado de TAN; HAMEED (2017).

O desempenho da coluna de leito fixo é verificado através da concentração (C/C_0) *versus* o tempo, gerando a curva de ruptura. O ponto de ruptura (representado por C_b) é o ponto em que geralmente a concentração do adsorbato na coluna corresponde a 5% do total contido no efluente e é caracterizado pelo tempo de ruptura (t_b). Já o ponto de saturação corresponde ao final da curva de ruptura e indica que o leito está saturado ($C/C_0 = 1,0$) e ocorre no tempo de saturação (t_s) (CANTELI *et al.*, 2014).

A partir de dados experimentais obtidos em estudos de colunas de adsorção, é possível obter parâmetros operacionais que descrevem a curva de ruptura e avaliam a performance da coluna (ALMEIDA, 2012).

2.3.1.1 Performance da coluna

Alguns parâmetros obtidos das curvas de ruptura podem ser usados para avaliar o desempenho leito fixo. Esses parâmetros são cruciais para entender o comportamento do processo de remoção dos adsorvatos (CERUTTI, 2007) a citar:

1. O tempo de saturação do leito (t_s , min) corresponde ao tempo necessário para saturar o leito e será considerado neste trabalho o tempo necessário para a umidade na corrente de ar na saída atingir 95% do valor da umidade registrada na entrada do ar (CALERO *et al.*, 2009; CANTELI *et al.*, 2014; MEMLAK, 2019).
2. A capacidade de adsorção experimental da coluna (q_{exp} , $g \cdot g^{-1}$) fornece a quantidade de água que pode ser adsorvida por grama de adsorvente presente no leito fixo e pode ser determinada através da Equação 2.1 (CHERBAŃSKI *et al.*, 2011).

$$q_{exp} = \frac{m_{\text{água}}}{m_{\text{ads}}} \quad (2.1)$$

onde $m_{\text{água}}$ é a quantidade total de água adsorvida na coluna até a saturação total do leito (g) e m_{ads} é a massa seca de adsorvente (g).

2.3.1.2 Modelagem da coluna de leito fixo

Se o sólido e o fluido forem colocados em contato por muito tempo, uma distribuição de equilíbrio é alcançada, ou seja, quando o adsorvato é colocado em contato com o adsorvente, as moléculas de água tendem a fluir do meio gasoso para a superfície do adsorvente até que a concentração na fase fluida (gás) permaneça constante (GABELMAN, 2017; NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Modelos matemáticos foram desenvolvidos para prever o comportamento dinâmico da coluna em leito fixo até o equilíbrio. Dentre os diversos modelos analíticos disponíveis, o modelo de Thomas (THOMAS, 1944) emprega a isoterma de equilíbrio de Langmuir e uma cinética de reação reversível de segunda ordem, assumindo um comportamento com dispersão longitudinal zero no leito fixo. Já o modelo de Clark (CLARK, 1987) utiliza o conceito de transferência de massa e a isoterma de equilíbrio de Freundlich.

Neste trabalho o modelo de Yoon-Nelson (YOON; NELSON, 1984) foi utilizado pois é amplamente empregado para descrever o processo de adsorção em sistemas porosos, como colunas de leito fixo, e é mais simples do que outros modelos (HAMDAOUI, 2006; XU; CAI; PAN, 2013). Esse é um modelo fenomenológico que descreve o comportamento da coluna de leito fixo, levando em consideração a dispersão axial da fase fluida, a dispersão radial da fase fluida e a taxa de transferência de massa entre as fases (FAIZAL; KUTTY, 2014; LEE *et al.*, 2015; MEKONNEN; ALEMAYEHU; LENNARTZ, 2021; ROFAUDIN *et al.*, 2021; SAADI; SAADI; FAZAELI, 2013; SALEHI; YARALI; AMOOGHIN, 2020; TRGO; VUKOJEVIĆ MEDVIDOVIĆ; PERIĆ, 2011). A modelagem é representada pela Equação 2.2 e considera a difusão em fase sólida como o mecanismo predominante na adsorção (PARINYAKIT; WORATHANAKUL, 2021).

$$\frac{C(t)}{C_0} = \frac{1}{1 + \exp(k_{YN}(\tau - t))} \quad (2.2)$$

onde k_{YN} (h^{-1}) é a constante de adsorção e τ (h) é o tempo necessário para a saturação de 50% do adsorvente. A capacidade máxima de adsorção q_{YN} ($g.g^{-1}$) (Equação 2.3) pode ser calculada por (YOON; NELSON, 1984):

$$q_{YN} = \frac{\tau C_0 Q}{m_{ads}} \quad (2.3)$$

onde C_0 ($g.L^{-1}$) é a concentração inicial da alimentação de adsorvato no fluxo de gás e Q ($L.min^{-1}$) é a vazão de gás.

2.4 Sólidos adsorventes

Os adsorventes são materiais que possuem a habilidade de adsorver moléculas, átomos, ou íons em sua superfície. Existem vários tipos de adsorventes que podem ser utilizados para diferentes aplicações, tais como (BAKHTYARI; MOFARAHI; LEE, 2020):

1. *Sílica Gel*. É um tipo de adsorvente utilizado em muitas aplicações comerciais e industriais. É uma forma altamente porosa e amorfa que pode adsorver uma variedade de substâncias, incluindo a água, hidrocarbonetos e compostos orgânicos.
2. *Carvão Ativado*. É uma forma altamente porosa de carbono que é utilizado como adsorvente para uma ampla variedade de substâncias. É comumente utilizado em sistemas de purificação de ar e água, bem como na indústria de alimentos e bebidas.
3. *Zeólitas*. São minerais microporosos de alumino silicato que formam poros de tamanho uniforme e são utilizados como adsorventes para várias substâncias, incluindo gases, líquidos e íons. São comumente usados em processos industriais, como refino de petróleo e em sistemas de tratamento de água e também são referidas como peneira molecular.
4. *Argila Bentonita*. É um tipo de adsorvente que é utilizado para várias aplicações, incluindo purificação de água, remoção de metais e como agente aglutinante na fabricação de papel, cerâmica e outros materiais.

Em geral, a escolha do adsorvente depende da aplicação específica e das propriedades da substância alvo a ser adsorvida. Particularmente, para a desidratação do gás natural, MOKHATAB; POE; MAK (2015) listam uma série de características que podem ser utilizadas para a escolha do adsorvente, a saber:

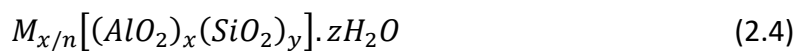
1. Elevada capacidade de adsorção de água, com o objetivo de reduzir o tamanho das unidades de separação ao utilizar uma menor quantidade de adsorvente com maior capacidade;
2. Alta seletividade, o que permite a remoção de moléculas específicas, como a água;

3. Facilidade de regeneração, pois temperaturas baixas reduzem a demanda energética na regeneração;
4. *Design* que promova uma baixa perda de carga, disponibilizando uma maior pressão em outras etapas do processo;
5. Boa resistência mecânica e ao envelhecimento térmico, reduzindo a frequência de troca dos adsorventes;
6. Os adsorventes não devem ser corrosivos, e devem ser inertes e atóxicos pra permitir um manuseio seguro;
7. Baixo custo.

Os adsorventes comerciais são altamente porosos, com áreas específicas de poros variando entre 100 a 1.200 m²/g. A elevada área de superfície permite uma grande quantidade de adsorção em relação à massa do adsorvente, podendo ser acima do seu próprio peso em alguns casos (GABELMAN, 2017).

2.4.1 Tipos de zeólita

A zeólita constitui-se da fase ativa da peneira molecular e compõe um número extenso de minerais que possuem uma estrutura de poros, sendo naturais ou sintéticas (CARVALHO, A. P., 2018). Essas estruturas são alumino silicatos de metais alcalinos cristalinos (Equação 2.7) com estrutura típica na forma representada por MOKHATAB; POE; MAK (2015):



onde n é a valência do cátion, M é o íon metálico dentro da estrutura do alumino silicato e x e y são números inteiros e a razão y/x deve ser igual ou maior que 1. O número de moléculas de água na estrutura é dado pelo índice z, que pode variar dentro de um mesmo tipo de zeólita.

As zeólitas formam uma estrutura tetraédrica tridimensional de sílica e alumina, que originam as unidades estruturais primárias, conforme a Figura 2.5. Os tetraedros de alumina possuem uma carga líquida negativa e precisam ser balanceados por um cátion como o Na⁺, formando as unidades secundárias, ou uma estrutura de octaedro truncado. Por fim, o empilhamento dessas unidades forma uma estrutura cúbica que resulta nas estruturas *bi* ou *tri* dimensionais, como as zeólitas tipo A e X (NASCIMENTO, 2020).

As cavidades formadas pelos poliedros na estrutura cristalina das zeólitas são conectadas entre si por janelas. O tamanho dessas janelas é determinado pela presença de átomos de oxigênio, podendo apresentar anéis de quatro, cinco, seis, oito, dez e doze átomos. Conforme YANG (1987), quando a seletividade da zeólita é dependente do diâmetro da janela, sua estrutura é denominada peneira molecular.



Figura 2.5. Estrutura de uma zeólita. Fonte: LESSA (2012).

Zeólitas com tamanho de poro menor tendem a adsorver moléculas menores, enquanto bloqueiam as moléculas maiores (FENG *et al.*, 2021). Algumas das principais zeólitas comerciais e naturais são a chabazita, mordenita, levinita, faujasita e gmelinita. Já as zeólitas sintetizadas são normalmente nomeadas por uma ou mais letras, como a Zeólita A, Zeólita Y, Zeólita ZSM, Zeólita X, dentre outras (YANG, 1987). A Tabela 2.1 apresenta algumas características resumidas das principais zeólitas comerciais.

Tabela 2.1. Aplicações de algumas zeólitas comerciais e informações sobre a espécie do cátion e tamanho de poros.

Zéolita	Cátion	Fórmula	Diâmetro efetivo (Å)	Aplicação
A (LTA)	Na	$Na_{12}[(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12}]$	3,8	Remoção de CO ₂ e formulador de detergente
	Ca	$Ca_5Na_2[(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12}]$	4,4	Separação de parafinas lineares
	K	$K_{12}[(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12}]$	2,9	Secagem de <i>cracked</i> gás
X (FAU)	Na	$Na_{86}[(AlO_2)_{86}(SiO_2)_{106}]$	8,4	PSA H ₂
	Ca	$Ca_{40}Na_6[(AlO_2)_{86}(SiO_2)_{106}]$	8,0	Remoção de metacaptano do gás natura
	Sr, Ba	$Sr_{21}Ba_{22}[(AlO_2)_{86}(SiO_2)_{106}]$	8,0	Separação de xileno
Y (FAU)	Na	$Na_{56}[(AlO_2)_{56}(SiO_2)_{136}]$	8,0	Separação de xileno
	K	$K_{56}[(AlO_2)_{56}(SiO_2)_{136}]$	8,0	Separação de xileno
Chabazita	Ca, Na	$Ca_{0,9}Na_{0,15}(AlO_2)_{11,7}(SiO_2)_{24,3}$	3,8	Secagem e remoção de gases
Mordenita	Ag	$Ag_8(AlO_2)_8(SiO_2)_{40}$	8,0	Remoção de I e Kr e desengraxante
ZSM-6	Na	$Na_3[(AlO_2)_3(SiO_2)_{93}]$	6,0	Separação de xileno

Fonte: Adaptado de NASCIMENTO (2020) e LESSA (2012).

2.4.1.1 Chabazita

A zeólita chabazita (CHA) é comumente usada na adsorção e separação de gases e líquidos. Os poros pequenos da CHA permitem que apenas pequenas moléculas se

difundam dentro e fora dos poros (FLORINDO; CATUZO; MARTINS, 2021). A Figura 2.6 mostra a representação dos microporos da Chabazita. É importante ressaltar que o diâmetro da estrutura é variável devido a flexibilidade da estrutura (CARVALHO, A. P., 2018).

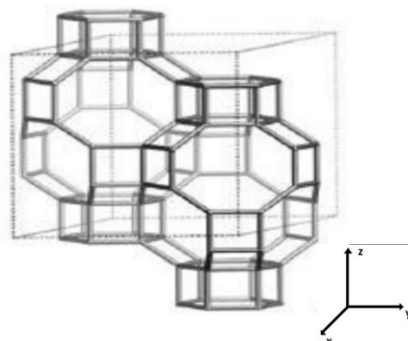


Figura 2.6. Representação dos poros da Chabazita. Fonte: KIANFAR (2020).

Algumas de suas principais propriedades incluem (INTERNATIONAL ZEOLITE ASSOCIATION, 2017):

- Alta capacidade de adsorção: possui uma grande porosidade, o que permite que ela adsorva diversas moléculas;
- Estabilidade térmica: estável em altas temperaturas, tornando-a útil em reações de alta temperatura;
- Adsorção seletiva: pode adsorver seletivamente moléculas específicas com base em seu tamanho, forma e carga, o que a torna útil para aplicações de separação e purificação.

2.5 Regeneração

A regeneração de adsorventes é normalmente realizada por variações na temperatura (TSA - *Temperature Swing Adsorption*) e pressão (PSA - *Pressure Swing Adsorption*). Dada a natureza dinâmica da desidratação, para se obter um processo contínuo a indústria utiliza normalmente dois ou mais leitos trabalhando em paralelo e de forma cíclica (RIBEIRO *et al.*, 2008; TERRIN, 2017).

O leito deve ser adequadamente regenerado para que não haja redução da sua capacidade de adsorção. A regeneração adequada no processo TSA depende da temperatura do gás de regeneração, e na técnica PSA é necessário um diferencial de pressão. As temperaturas de regeneração mais altas são as mais eficientes para a dessorção, porém a estabilidade térmica do material dessecante e do gás pode ser afetada, além de apresentar um elevado custo com o aquecimento (GANDHIDASAN; AL-FARAYEDHI; AL-MUBARAK, 2001).

O processo TSA é uma opção vantajosa quando os componentes de uma mistura têm forte capacidade de adsorção e uma pequena alteração na temperatura pode resultar em

uma grande liberação das espécies adsorvidas. Em contraste, os processos PSA são geralmente preferidos quando os componentes são adsorvidos com baixa intensidade e é necessário obter um produto com alto grau de pureza. Porém, a escolha do método de regeneração depende principalmente da capacidade de processamento da unidade de tratamento e das considerações econômicas (FONSECA, 2011).

2.5.1 Regeneração pelo processo PSA para remoção de água

Usualmente, o processo opera em temperatura ambiente e alta pressão para adsorção da água, que oscila para baixa pressão na regeneração usando um arranjo de válvula sequencial (SUTTON *et al.*, 2022). A alimentação é interrompida e simultaneamente a pressão total da coluna é reduzida, o que normalmente também reduz a capacidade de adsorção da peneira molecular (VASCONCELOS, 2020).

O processo PSA tem sido extensivamente usado para separação desde 1948, uma vez que a pressão pode ser alterada de forma rápida. Além disso, as temperaturas de operação são mais baixas do que as da adsorção pelo método TSA, porém os principais desafios no processo de PSA são a seletividade dos adsorventes e compressão de gás (GHANBARI, 2020).

2.5.2 Regeneração pelo processo TSA para remoção de água

O processo TSA é amplamente utilizado para a separação de misturas através da adsorção. Neste método, a etapa de adsorção é realizada a temperatura ambiente e posteriormente, a etapa de dessorção é realizada a altas temperaturas, para regenerar o adsorvente (VAZ; MAIA; SANTOS, 2008). O gás quente remove a água presente na peneira molecular e satura o gás de regeneração, sendo este posteriormente resfriado através de troca térmica com água de resfriamento. Após o resfriamento, a água do gás é condensada e recolhida (SANTOS, 2016).

O perfil de temperatura típico de regeneração de 12 horas utilizando peneiras moleculares é mostrado na Figura 2.7.

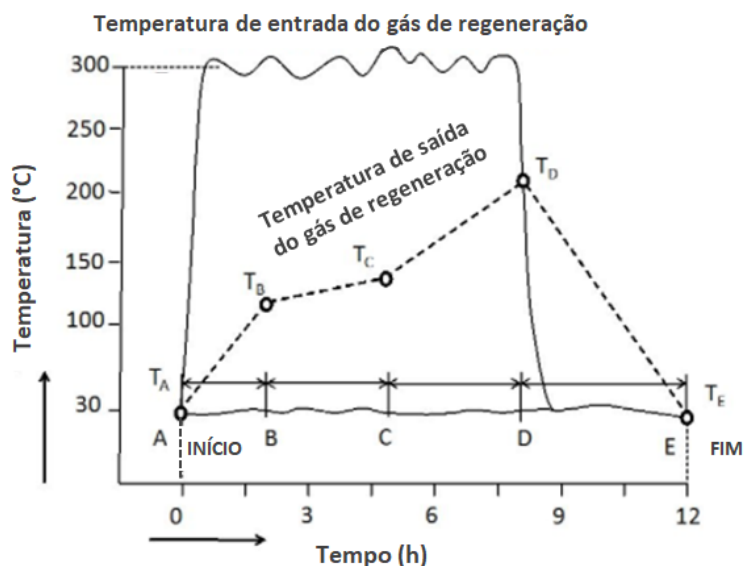


Figura 2.7. Perfil de temperatura típico para uma regeneração de 12 horas com peneiras moleculares. Fonte: Adaptado de NETUŠIL; DITL (2012).

O formato da curva que representa o perfil de temperatura do gás de saída da regeneração é tipicamente composto por quatro regiões temporais. Essas regiões são representadas pelas letras A, B, C e D e as respectivas temperaturas limítrofes T_A , T_B , T_C e T_D . A regeneração inicia no ponto A. O gás de regeneração entra no leito e aquece a coluna e o adsorvente. Próximo a uma temperatura de 120 °C (T_B) a umidade adsorvida começa a evaporar dos poros. O adsorvente continua aquecendo lentamente, uma vez que parte considerável do calor é consumida pela evaporação da água. A partir do ponto C é pressuposto que toda a água foi dessorvida. O adsorvente continua aquecendo e dessorve C5+ e outros contaminantes. A regeneração é finalizada quando a temperatura de saída do gás de regeneração atinge em torno de 180 - 190°C (T_D). Finalmente, o resfriamento inicia a partir do ponto D e termina no ponto E (NETUŠIL; DITL, 2012).

Dentre as várias tecnologias de remoção de água no gás, o processo TSA é um dos mais viáveis devido às suas condições de operação simples e longa estabilidade. A adsorção é espontânea e inerentemente exotérmica, porém a dessorção é endotérmica e, portanto, a energia deve ser fornecida durante esta etapa. No entanto, o processo que é baseado na transferência de calor convectiva, apresenta-se longo e com alto gasto energético (LIM; KIM; LEE, 2019; VAN SCHAGEN; VAN DER WAL; BRILMAN, 2022). O tempo de dessorção é ditado pela taxa de transferência de calor, que pode ser acelerada com o uso de uma temperatura de dessorção mais alta, porém na prática, a temperatura de dessorção é limitada pela estabilidade do adsorvente (VAN SCHAGEN; VAN DER WAL; BRILMAN, 2022). Além disso, ao utilizar purga de gás quente uma alta diluição da fase dessorvida é requerida, demandando baixas temperaturas para a condensação do adsorvato (CHERBAŃSKI *et al.*, 2011).

Adicionalmente, a fonte de energia térmica de grande parte dos processos TSA é proveniente de combustíveis fósseis. Portanto, alternativas de aquecimento mais eficientes vêm sendo aprofundadas para reduzir o consumo de recursos naturais não renováveis. Atualmente, as fontes alternativas mais utilizadas para a regeneração de

adsorventes são: Aquecimento Joule (através de oscilação elétrica), Aquecimento por Indução (indução através de oscilação magnética) e Aquecimento por Micro-ondas (através de oscilação de micro-ondas) (GHOLAMI *et al.*, 2022).

2.6 Aquecimento por Indução

No aquecimento por indução um campo magnético alternado de alta frequência promove geração de corrente nos materiais condutores (Figura 2.8). Essas correntes induzidas na peça a ser aquecida se direcionam então ao oposto da corrente da bobina, produzindo calor pelo efeito Joule (RUDNEV; LOVELESS; COOK, 2017).

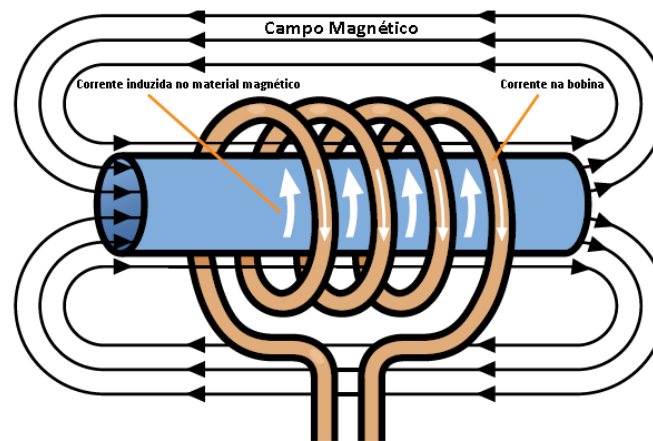


Figura 2.8. Ilustração do campo magnético gerado por uma bobina. Fonte: Adaptado de AMBRELL (2018).

Um sistema de aquecimento por indução inclui uma fonte de alimentação que converte a energia em uma corrente alternada, direcionando-a para uma bobina que gera campo eletromagnético dentro de si. Quando um material magnético é inserido dentro da bobina o campo magnético induz uma corrente neste material, promovendo o aumento de temperatura. Vale ressaltar que materiais não magnéticos não produzem calor quando submetidos ao campo magnético (GHOLAMI *et al.*, 2022).

Conforme TUDBURY (1960), a corrente induzida na bobina (também denominada como indutor) é proporcional o número de voltas da bobina, um dos componentes que define a eficiência do aquecimento. Portanto, a bobina do indutor é utilizada para transferir energia para um material condutor utilizando um campo eletromagnético alternado.

Outro parâmetro crucial na eficiência do aquecimento por indução é a frequência. A frequência determina a profundidade de penetração da corrente de indução no material a ser aquecido, afetando a distribuição de calor no material. Em geral, frequências mais altas são mais eficientes em termos de conversão de energia elétrica em calor útil, especialmente para materiais com baixa condutividade elétrica (FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION, 2013; FROGNER *et al.*, 2011).

2.6.1 Regeneração pelo processo MISA

Apenas trabalhos recentes utilizando metais magnéticos adsorventes de estrutura orgânica em um campo magnético são relatados. Esse processo foi utilizado na dessorção de CO₂, com o primeiro estudo reportado por LI *et al.* (2016), que realizou a captura de carbono através de MOFs (*Metal organic frameworks*), adsorventes de poros cristalinos com a capacidade de armazenar pequenas moléculas. O trabalho introduziu a tecnologia denominada de *Magnetic Induction Swing Adsorption* (MISA) (LIN *et al.*, 2020). Diferentemente dos métodos convencionais, o aquecimento por indução magnética distribui calor diretamente para as partículas magnéticas (MOFs) (GHOLAMI *et al.*, 2022). A Tabela 2.2 apresenta uma visão geral das principais publicações relacionadas à técnica MISA.

Tabela 2.2. Visão geral das principais publicações relacionadas à adsorção por indução magnética classificadas em ordem cronológica reversa.

Autor e ano	Adsorvente	Adsorvato	Efeito do aquecimento por indução no processo	Tipo de bobina / potência do indutor	Informações da coluna
SCHOUKENS <i>et al.</i> (2023)	Composto contendo zeólita 13X e Fe ₃ O ₄	CO ₂	Diferentes abordagens foram testadas para avaliar a eficácia de vários métodos de regeneração para a dessorção de CO ₂ sendo revelado um potencial de adsorção / dessorção por oscilação de vácuo e indução para alcançar ciclos rápidos	Altura: 7 cm Diâmetro interno: 2,8 cm Número de voltas: 8 Potência: 10.000 W	Equipado com bomba de vácuo Material: Teflon
GHOLAMI <i>et al.</i> (2022)	Composto contendo zeólita 13X e Fe ₃ O ₄	CO ₂	O teor do óxido de ferro aumenta a eficiência da regeneração; por outro lado, diminui a capacidade de adsorção devido à menor quantidade de zeólita ativa por unidade de massa do adsorvente	Altura: 7 cm Diâmetro interno: 2,8 cm Número de voltas: 8 Potência: 10.000 W	Altura: 5,7 cm Diâmetro interno: 1,6 cm Material: Quartzo
BELLUSCI <i>et al.</i> (2021)	Composto contendo HKUST-1 Fe ₃ O ₄	CO ₂	Após 25 ciclos de adsorção / dessorção não se observou diferença na quantidade de CO ₂ adsorvido	Altura: 4 cm Diâmetro: 2,5 cm Número de voltas: 8 Potência: 2.400 W	Não informado
SADIQ <i>et al.</i> (2020)	Composto contendo MgFe ₂ O ₄ e Mg-MOF-74	CO ₂	A regeneração por MISA apresentou demanda energética de 1,29 MJ.kg CO ₂ ⁻¹ , 45% abaixo dos processos implantados comercialmente. A combinação de um <i>Metal Organic Framework</i> (MOF), e um polímero hidrofóbico poroso resulta em um compósito que pode ser utilizado na regeneração por indução magnética.	Altura: 4 cm Diâmetro: 2,5 cm Número de voltas: 8 Potência: 2.400 W	Altura coluna: 3,4 cm Diâmetro: 1,5 cm Material: Quartzo

Continuação.

MELAG <i>et al.</i> (2020)	Compósitos de Cu-BTC/MgFe ₂ O ₄	O ₂	Compósitos com 3% em peso de MgFe ₂ O ₄ liberaram 100% do oxigênio adsorvido, demandado até 25 MJ.kg O ₂ ⁻¹ de energia	Número de voltas: 8	Não informado
LIN, X. <i>et al.</i> (2020)	Fe ₃ O ₄ /NPC-x	CO ₂	Uma capacidade de adsorção de 2,64 mmol.g ⁻¹ a 1 bar de CO ₂ utilizando <i>N-doped porous carbon</i> (NPC) foi atingida demandando uma eficiência energética de 79,2%	Altura: 100 mm Diâmetro: 20 mm Número de voltas: 10 Potência: 5.700 W	Não informado
SADIQ <i>et al.</i> (2018)	MgFe ₂ O ₄	CH ₄	O tempo de regeneração médio utilizando MISA foi de 6 minutos por ciclo, sem perda de capacidade após 10 ciclos. A eficiência energética estabelecida no método MISA poderia acelerar o desenvolvimento de unidades modulares de sistemas de adsorção	Não informado	Não informado
SADIQ <i>et al.</i> (2016)	Composto contendo MgFe ₂ O ₄ e MOF UiO-66	CO ₂	A regeneração por MISA apresentou 100% de liberação do CO ₂ adsorvido sob um campo de 42 mT. A eficiência de aquecimento por indução do processo MISA foi fortemente dependente da composição do MOF utilizado, atingindo 60% de eficiência energética	Altura: 4 cm Diâmetro: 2,5 cm Número de voltas: 8 Potência: 2.400 W	Altura: 3,4 cm Diâmetro: 1,5 cm Material: Quartzo

A utilização da regeneração por indução se mostra vantajosa em relação aos métodos convencionais de dessorção térmica pois a eficiência vem do aquecimento direto do adsorvente em comparação com o aquecimento convencional (SUTHERLAND, 2020). Neste processo, adsorventes magnéticos são aquecidos de forma rápida através de um campo magnético alternado, o que resulta na liberação dos adsorvatos. No MISA o adsorvente necessita ser magnético, uma vez que o vaso de adsorção não é magnético e o adsorvente é aquecido diretamente (SUTTON *et al.*, 2022). A Figura 2.9 ilustra uma comparação da transferência de calor em um processo TSA, em que ar quente é usado para regenerar o adsorvente, e o aquecimento localizado e rápido do processo MISA.

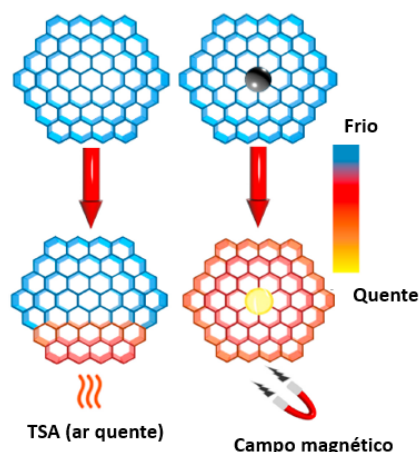


Figura 2.9. Comparação da transferência de calor em adsorventes nos métodos por TSA e MISA. Fonte: Adaptado de SADIQ *et al.* (2020).

No presente trabalho, o método de aquecimento difere da técnica MISA devido à ausência de propriedades magnéticas na zeólita utilizada. Assim, o aquecimento é gerado na superfície da coluna pelo fluxo da corrente, que, por sua vez, transfere calor para a para o adsorvente através da condução térmica.

Capítulo 3 – Materiais e Métodos

Neste capítulo são descritos os materiais e os procedimentos experimentais. Inicialmente são apresentados os materiais utilizados. Em seguida são descritos os procedimentos para caracterização física e química do adsorvente utilizado nos experimentos. Por fim, são apresentados os testes experimentais realizados na unidade de bancada utilizando dois métodos de aquecimento diferentes, finalizando com a comparação e análise de eficiência energética dos métodos.

3.1 Adsorvente

O sólido adsorvente, utilizado nos ensaios de desidratação foi à peneira molecular do tipo chabazita na forma de pellets cilíndrico com diâmetro de 1/16 in, fornecida gentilmente pela Petrobras S.A.

3.2 Adsorvato

Como fase gasosa para os ensaios de adsorção e dessorção foi utilizado ar comprimido. O ar foi obtido da atmosfera através de um compressor de ar, modelo CSV 10, 2,0 hp, 100 L, da Schulz.

A corrente gasosa foi saturada com água destilada para simular o gás natural úmido através de um borbulhador de aço inox de 1,55 L.

3.3 Ensaios de Caracterização

A etapa de caracterização é uma ferramenta indispensável para a compreensão das propriedades e características das peneiras moleculares. Foram realizadas as seguintes análises: Análise Termogravimétrica; Microscopia Eletrônica de Varredura, Espectroscopia no Infravermelho, Fisissorção de Nitrogênio, Difração de Raios-X e Determinação da Massa Específica. Os ensaios permitiram identificar possíveis impactos que os dois métodos de aquecimento utilizados neste trabalho poderiam ter sobre a estrutura da zeólita utilizada nos testes. Deste modo, a caracterização foi realizada na peneira molecular chabazita antes dos ensaios (branco) e após os ensaios de desidratação no método TSA e indução.

3.3.1 Análise Termogravimétrica

A análise termogravimétrica (TG) consiste em avaliar a variação da massa de uma substância durante o aumento programado da temperatura, sob uma atmosfera específica, sendo a DTG a derivada primeira da TG. Os experimentos foram conduzidos em uma termobalança da TA Instruments, modelo SDT Q600, em que cerca de 10 mg de amostra são submetidos ao aquecimento até a temperatura de 800°C, com taxa de aquecimento de 10 °C.min⁻¹, sob atmosfera de nitrogênio em uma taxa de 100 mL.min⁻¹ em três ciclos de aquecimento subsequentes, mantendo a amostra constante. As análises foram realizadas na Central Analítica do Departamento de Engenharia Química (DEQUI) na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A partir das curvas termogravimétricas da peneira molecular chabazita utilizada nos ensaios de desidratação no método TSA, indução e amostra controle (branco), foi verificado se o aquecimento nos ciclos de desidratação a qual estas amostras foram submetidas interferiu na estabilidade térmica da zeólita. Adicionalmente, com o auxílio de dois ciclos extras de aquecimento, foi analisado o grau de hidratação das zeólitas, observando a perda de massa proveniente da adsorção de água após a finalização dos seis ciclos de desidratação.

3.3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

O microscópio eletrônico de varredura (MEV) é um equipamento capaz de produzir imagens de alta ampliação e resolução. A fim de se avaliar a microestrutura e uniformidade da peneira molecular chabazita utilizada nos ensaios de desidratação no método TSA e por indução, e a interferência do tipo de aquecimento nestas características, foram obtidas imagens em um microscópio eletrônico de varredura Carl Zeiss, modelo EVO MA10.

As amostras com granulometria de 300 mesh foram depositadas em *stubs* com auxílio de fita dupla face de carbono e uma fina camada de carbono foi depositada sobre a superfície das amostras antes de serem observadas no microscópio eletrônico de varredura. A análise foi realizada utilizando um equipamento de microscopia eletrônica de varredura ZEISS EVO MA10 com uma voltagem de 10.00 kV. As análises foram realizadas no LACER - Laboratório de Materiais Cerâmicos na UFRGS.

Para isso, foram obtidas micrografias com resoluções de 1.000 X até 10.000 X para a peneira molecular chabazita.

3.3.3 *Espectroscopia no Infravermelho*

A Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier fornece evidências da presença de grupos funcionais presentes na estrutura de substâncias. A técnica se baseia na absorção de certas bandas na região do infravermelho associadas a uma energia vibracional natural de dobramento e estiramento de ligações químicas presentes no item avaliado (NASCIMENTO, 2020). Os espectros na região do infravermelho foram obtidos em espectrofotômetro Perkin Elmer, modelo Frontier na Central Analítica do DEQUI na UFRGS. A análise foi realizada com o acessório de refletância total atenuada (ATR), equipado com um cristal de carbono. O sólido adsorvente foi acondicionado em um suporte e comprimido a uma pressão elevada e controlada. As análises espectrofotométricas foram realizadas na faixa espectral de 4000 a 400 cm^{-1} e resolução de 4 cm^{-1} .

3.3.4 *Fisissorção de Nitrogênio*

Por meio dos dados das isotermas de adsorção/dessorção de N_2 , pode-se obter informação sobre o volume e tamanho de poros. O método permite estabelecer uma relação entre a energia de adsorção da primeira camada adsorvida e a magnitude das interações adsorvente/adsorvato. Quanto maior a quantidade de gás adsorvida, maior será o volume dos poros do material adsorvente.

As isotermas de adsorção/dessorção de N_2 foram obtidas a -196°C , utilizando o equipamento Quantachrome, modelo NOVA 4200e, na Central Analítica do DEQUI na UFRGS. Para a eliminação de água e gases fisicamente adsorvidos, a amostra foi previamente tratada a 200°C sob vácuo por 3 horas. Os dados obtidos foram fornecidos pelo software NovaWin versão 11.3, da Quantachrome.

3.3.5 *Difração de Raios-X*

A técnica de Difração de Raios-X (DRX) permite caracterizar os materiais analisando os arranjos atômicos na rede cristalina. As medidas de difração de raios-X foram realizadas em um difratômetro Bruker, modelo D2 Phaser de potência 30 kV e radiação $\text{Cu-K}\alpha$ (comprimento de onda de 0,15406 nm), com um incremento de ângulo de $0,02^\circ$ e varredura na faixa de 5 a 80° (2θ) na Central Analítica do DEQUI na UFRGS para identificar as características morfológicas da zeólita utilizada nos ensaios de desidratação no método TSA, indução e amostra controle.

3.3.6 *Determinação da Massa Específica*

A massa específica fornece a razão entre a massa e o volume de um material e indica a compactação da estrutura do material (IZIDORO, 2013). Para determinar a massa específica das peneiras moleculares utilizadas nos ensaios de desidratação, foi utilizado o método de deslocamento de água, em que uma quantidade conhecida de sólido foi adicionada a um determinado volume de água. Em uma proveta de 100 mL, foram adicionados 50 mL de água e 5 g de zeólita. O volume final de água foi medido, em

triplicata, o que permitiu calcular o volume de água deslocado pela adição do sólido previamente seco e, conseqüentemente, a massa específica dos sólidos através da Equação 3.1. O método baseia-se no princípio de que o volume de água deslocado é igual ao volume ocupado pelo sólido adicionado (BATISTEL, 2018).

$$\rho = \frac{\text{massa de sólido (g)}}{\text{volume final (mL)} - \text{volume inicial (mL)}} \quad (3.1)$$

3.4 Ensaios de desidratação

Os experimentos foram realizados na unidade de bancada de desidratação de gás natural, a fim de comparar a performance da desidratação realizada pelo método TSA e por indução, que serão detalhados no capítulo 4. A Figura 3.1 contém um fluxograma representando os ensaios realizados.



Figura 3.1. Fluxograma representando os ensaios realizados.

Os resultados dos experimentos foram submetidos à ANOVA, ao nível de 95 % de significância, com auxílio do programa Statistica 14.0 (TIBCO Software Inc, USA).

3.4.1 Ensaios preliminares de adsorção

Com o intuito de avaliar a fluidodinâmica da coluna adsorvente de leito fixo, foram realizados alguns testes preliminares de adsorção na coluna preenchida com peneira molecular. Como raramente é possível prever o desempenho de um determinado sistema adsorvato-adsorvente a partir dos primeiros princípios, a análise da adsorção em leito fixo depende de informações extraídas de estudos experimentais. Os ensaios fluidodinâmicos permitiram a análise do efeito da vazão de alimentação de ar e da temperatura ao longo da coluna, sob pressão e temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) constantes. Três sensores

modelo Pt – 100 (conexão de 3 fios) foram posicionados a 12, 25 e 38 cm do topo da coluna, nomeados de sensores TT1, TT2 e TT3, respectivamente. A estrutura da coluna e da unidade de teste estão descritos no Capítulo 4 neste trabalho.

O processo de adsorção foi finalizado quando a umidade na corrente de ar na saída atingiu 95% do valor da umidade registrada na entrada do ar, valor correspondente a uma coluna saturada. As condições operacionais utilizadas nos testes estão descritas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Condições operacionais para os ensaios preliminares de adsorção.

Ensaio	Vazão (NL.min ⁻¹)	Altura da coluna (cm)	Massa de zeólita chabazita (g)
Efeito da vazão de alimentação			
1	2,0		
2	5,0	26	77,0
3	9,0		
Análise da temperatura ao longo da coluna			
1	9,0	50	203,0

A confirmação da adequação dos dados experimentais ao modelo foi realizada através do coeficiente de determinação (R^2), a soma dos erros quadrados (SSE) e o erro percentual absoluto médio (MAPE), conforme as Equações 3.2, 3.3 e 3.4, respectivamente (CARVALHO, 2019; LEE *et al.*, 2015).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3.2)$$

em que y é a variável observada nos testes experimentais, \hat{y} a variável predita pelo modelo, \bar{y} o valor médio de y e n o número de amostras.

$$SSE = \sum_i^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (3.3)$$

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_i^n \left| \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i} \right| \quad (3.4)$$

3.4.2 Ciclos de desidratação

Foram realizados seis ciclos completos e seguidos de desidratação para cada método, contemplando seis curvas de adsorção e seis curvas de dessorção, tanto no método TSA, quanto no método por indução, utilizando a unidade versátil de bancada de desidratação de gás natural. A Tabela 3.2 mostra as informações experimentais dos testes de desidratação.

Devido à necessidade de importação do indutor utilizado no aquecimento por indução e a disponibilidade de compra de somente uma unidade do aquecedor durante a configuração e instalação da unidade, a configuração da coluna selecionada para os ensaios foi o encaixe de um *nipple*, que fornece o menor comprimento permitido (26 cm) para a coluna operando com um indutor.

Para avaliar o efeito do aquecimento térmico utilizado nos ciclos de dessorção e possíveis alterações na estrutura da zeólita, duas massas do mesmo lote de zeólita chabazita foram utilizadas separadamente nos seis ciclos do método TSA e por indução, mantendo a massa constante e pressão do sistema fixos em cada método de aquecimento. Cada ciclo corresponde a uma curva de adsorção seguida de uma curva de dessorção. Os dados foram continuamente monitorados, até a umidade de saída da dessorção atingir pelo menos o limite de detecção (3 %) do transmissor de umidade e temperatura.

Tabela 3.2. Informações experimentais dos testes de desidratação.

Propriedades da coluna		Referência
Comprimento	26 cm	
Diâmetro interno	2,8 cm	
Densidade de empacotamento	700 Kg/m ³	Este trabalho
Massa da coluna	3,5 Kg	
Calor específico do aço inox	0,5024 kJ.(Kg.°C) ⁻¹	GPSA (2004)
Propriedade dos ciclos Adsorção/Dessorção		Referência
Vazão do gás na Adsorção/ Dessorção	9 NL.min ⁻¹	Este trabalho

3.4.2.1 Curvas de ruptura de água: Adsorção

Os experimentos das curvas de ruptura de adsorção de água foram realizados na coluna carregada com a peneira molecular e foram reproduzidos em todos os ciclos de desidratação do método TSA e por indução. Para tal, os adsorventes foram pré-tratados em estufa a 105°C por no mínimo 12 horas e posteriormente armazenados em dessecador a vácuo até o início de cada ciclo. Antes do início de cada ciclo, a coluna foi seca com jato de ar quente durante 5 minutos para remoção de qualquer resquício de umidade e os experimentos foram iniciados após a coluna atingir a temperatura ambiente.

Depois do pré-tratamento, foram construídas as curvas de ruptura, passando a corrente de ar saturado no sentido descendente pela coluna contendo a zeólita chabazita. As curvas de ruptura foram realizadas à temperatura ambiente controlada de $22 \pm 2^\circ\text{C}$, e a partir da concentração de entrada e de saída do ar foram obtidas as curvas de ruptura C/C_0 em função do tempo (t). A vazão total de ar comprimido na entrada do leito foi mantida em $9,0 \text{ NL}\cdot\text{min}^{-1}$. A temperatura dentro da coluna foi continuamente monitorada através de um sensor modelo Pt – 100 (conexão de 3 fios).

3.4.2.2 Dessorção

A reversibilidade da adsorção foi avaliada através dos experimentos de dessorção. Os ensaios de dessorção foram realizados passando ar na coluna carregada com a zeólita chabazita após cada curva de adsorção finalizar e a temperatura da coluna atingir a temperatura ambiente. Dois métodos de aquecimento foram utilizados na dessorção: TSA e indução. Um sensor de temperatura modelo Pt – 100 (conexão de 3 fios) permaneceu na mesma posição dentro na coluna (altura de 12 cm do topo da coluna) para avaliar a temperatura da zeólita dentro do leito nos dois métodos e o ciclo completo de dessorção contemplou as etapas de aquecer e dessorver o adsorvato. Antes do início de cada ciclo, a coluna foi seca com jato de ar quente durante 5 minutos para remoção de qualquer resquício de umidade e os experimentos foram iniciados após a coluna atingir a temperatura ambiente.

As seis curvas de dessorção realizadas pelo método TSA utilizou ar quente à 270°C em um fluxo ascendente na coluna, sob uma vazão de $9,0 \text{ NL}\cdot\text{min}^{-1}$, e umidade relativa média inicial de $36,6 \pm 1,7 \%$. O ar foi aquecido através de um aquecedor elétrico antes de entrar na coluna. Ao passar pela coluna a corrente de ar quente evaporou as moléculas de água que estavam adsorvidas na zeólita. O efluente foi condensado por um trocador de calor e a quantidade de líquido condensado foi medida em tempo real com uma balança analítica. A coluna foi envolvida com vibra de vidro (cerca de 3 cm de espessura) para minimizar a perda de calor pelas paredes da coluna.

Já a dessorção realizada pelo método por indução utilizou ar à temperatura ambiente em um fluxo ascendente na coluna, sob uma vazão de $9,0 \text{ NL}\cdot\text{min}^{-1}$, e umidade relativa média inicial de $30,0 \pm 0,9 \%$. A coluna estava envolvida com a bobina de indução. Ao ligar o indutor, o campo magnético gerado aqueceu a coluna, que rapidamente transferiu calor para a zeólita e liberou as moléculas de água no ar comprimido, que atuou como gás de arraste. Desta forma, a zeólita não foi aquecida diretamente pela indução, mas sim pela transferência de calor por condução. Similarmente aos ensaios de desidratação pelo método TSA, o efluente foi condensado e o líquido recuperado foi medido.

Os valores da umidade relativa inicial dos dois métodos foram submetidos ao teste *t* de *Student* para amostras independentes, ao nível de 95 % de significância, com auxílio do programa Statistica 14.0 (TIBCO Software Inc, USA).

3.4.3 Capacidade de adsorção

A capacidade de adsorção é a quantidade de água que o adsorvente é capaz de capturar e reter em sua estrutura porosa e foi determinada após cada curva de ruptura através da Equação 3.5 (FAYAZ *et al.*, 2015):

$$\text{Capacidade de adsorção (g.g}^{-1}\text{)} = \frac{m_{DA} - m_{AA}}{m_{AA}} \quad (3.5)$$

onde m_{DA} é a massa de zeólita depois da adsorção (g) e m_{AA} é a massa de zeólita antes da adsorção (g).

3.4.4 Eficiência de dessorção

A eficiência de dessorção é uma medida da capacidade do processo de regeneração em remover efetivamente a umidade do adsorvente. É geralmente expressa como a porcentagem de água removida durante o processo de regeneração em relação à quantidade total de água adsorvida pelo adsorvente. Quanto maior for a eficiência de dessorção, mais completa será a remoção da umidade do adsorvente durante a regeneração. O cálculo foi realizado conforme Equação 3.6 (FAYAZ *et al.*, 2015).

$$\text{Eficiência de dessorção (\%)} = \frac{m_{DA} - m_{DD}}{m_{DA} - m_{AA}} \quad (3.6)$$

onde m_{DD} é a massa de zeólita depois da dessorção (g).

3.4.5 Análise da energia utilizada para a regeneração

A energia total requerida para a regeneração ($H_{requerida}$) é a energia necessária para desfazer o processo de adsorção e é composta de calor para aquecer a estrutura da coluna, H_{coluna} , calor para aquecer o adsorvente, $H_{zeólita}$ e calor para remoção da água do adsorvente, $H_{água}$ e é representada pela Equação 3.7 (KINIGOMA; ANI, 2016; LIN *et al.*, 2020; NETUŠIL; DITL, 2012; YE *et al.*, 2020).

$$H_{requerida} = H_{coluna} + H_{zeólita} + H_{água} \quad (3.7)$$

em que o calor para a aquecer a estrutura da coluna H_{coluna} (Equação 3.8) é representado por GANDHIDASAN; AL-FARAYEDHI; AL-MUBARAK (2001).

$$H_{coluna} = m_{coluna} \cdot cp_{coluna} \cdot \Delta T_{coluna} \quad (3.8)$$

onde m_{coluna} representa a massa da coluna (Kg), incluindo as uniões do encaixe, cp_{coluna} representa o calor específico do aço inox ($\text{kJ} \cdot (\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$) e ΔT_{coluna} corresponde à diferença de temperatura entre o leito e o gás ($^\circ\text{C}$).

Já o calor para aquecer o material dessecante é dado pela Equação 3.9.

$$H_{zeólita} = m_{zeólita} \cdot cp_{zeólita} \cdot \Delta T_{zeólita} \quad (3.9)$$

em que $m_{zeólita}$ representa a massa de adsorvente após a adsorção (Kg) e $cp_{zeólita}$ representa o calor específico da zeólita, $1,27 \text{ kJ} \cdot (\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ (BECHTEL SAIC COMPANY;

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2004) e $\Delta T_{zeólita}$ corresponde à diferença de temperatura entre a zeólita aquecida e a zeólita no início da dessorção (°C).

Já o calor para remoção da água do adsorvente é representado pela Equação 3.10.

$$H_{\text{água}} = m_{\text{água}} \cdot Y \quad (3.10)$$

em que $m_{\text{água}}$ é o total de água adsorvida (kg) e Y é o calor de dessorção de água, equivalente a 4517 kJ/Kg (JÄNCHEN; STACH; HELLWIG, 2008).

As perdas do processo formam divididas na perda inicial de calor para aquecer o ar até 270°C ($H_{\text{aquecer o ar até 270°C}}$), no calor que o ar quente carrega ao sair da coluna ($H_{\text{perda por ar quente}}$) e na dissipação de calor do sistema ($H_{\text{perda por dissipação de calor}}$). Elas representam a quantidade de calor perdida e que não foi utilizada de forma útil na regeneração.

No sistema proposto, ao acionar o aquecedor elétrico para aquecer a corrente de ar foi possível monitorar a demanda energética para o fluxo de ar atingir 270°C, $H_{\text{aquecer o ar até 270°C}}$, através do wattímetro Monofásico modelo DDS6619-526L, da Sinotimer. Portanto este valor foi registrado em cada ciclo e a corrente de ar foi dispersa até o atingimento da temperatura, momento pelo qual o fluxo de ar entrava na coluna.

Já a perda por ar quente pode ser representada pela Equação 3.11:

$$H_{\text{perda por ar quente}} = m_{\text{ar}} c p_{\text{ar}} \Delta T_{\text{ar}} \quad (3.11)$$

onde ΔT_{ar} (°C) corresponde a variação da temperatura do ar, $c p_{\text{ar}}$ é 1,0 kJ.(kg°C)⁻¹ (DJAENI *et al.*, 2011) e foi considerado constante devido à pressão constante do sistema e sua baixa oscilação na faixa de temperatura que o ar sai da coluna e m_{ar} (kg) é a massa de ar, calculada pela Equação 3.12.

$$m_{\text{ar}} = \int_{t_i}^{t_f} \rho_{\text{ar}} Q dt \quad (3.12)$$

em que Q (m³.min⁻¹) é a vazão do ar, t_i e t_f correspondem, respectivamente, ao tempo inicial e tempo final em um certo intervalo de tempo e ρ_{ar} (kg.m⁻³) corresponde a massa específica do ar e pode ser calculada usando a lei dos gases ideais, conforme a Equação 3.13.

$$\rho_{\text{ar}} = \frac{P}{RT} \quad (3.13)$$

onde P (Pa) é a pressão do gás, R é a constante dos gases ideais, igual a 8,314 J.(kg.°C)⁻¹ e T é a temperatura do ar, T_{ar} (°C) (DJAENI *et al.*, 2011).

Apesar da coluna conter fibra de vidro ao redor para minimizar as perdas, o sistema não estava totalmente isolado. Assim, a perda por dissipação de calor é representada pela Equação 3.14.

$$H_{\text{fornecido}} - (H_{\text{perda por ar quente}} + H_{\text{para aquecer o ar até 270°C}}) = H_{\text{perda por dissipação de calor}} \quad (3.14)$$

em que $H_{\text{fornecido}}$ é o total de energia utilizada no sistema (kJ) e é obtido pela leitura do wattímetro conectado a fonte de aquecimento.

A energia total utilizada é representada pela Equação 3.15.

$$H_{\text{fornecido}} = H_{\text{requerida}} + H_{\text{perda por ar quente}} + H_{\text{para aquecer o ar até } 270^{\circ}\text{C}} + H_{\text{perda por dissipação de calor}} \quad (3.15)$$

A energia total utilizada para a regeneração também pode ser influenciada por outros fatores, mas que foram mantidos constantes nos dois métodos avaliados neste trabalho para não intervir na comparação, a citar alguns (GPSA, 2004):

1. Capacidade de adsorção do adsorvente: a energia requerida para a regeneração da zeólita pode ser influenciada pela capacidade de adsorção do sólido, uma vez que a quantidade de energia está relacionada à quantidade de adsorvente carregado com adsorvato. Quanto maior a capacidade de adsorção da zeólita, maior será a quantidade de água desorvida e, conseqüentemente, maior será a quantidade de energia necessária para regenerá-la.
2. Taxa de fluxo de ar: o fluxo de ar utilizado durante a regeneração da zeólita também influencia a quantidade de energia requerida. Um fluxo de ar mais elevado pode aumentar a eficiência da regeneração, mas também exigirá uma quantidade maior de energia para aquecer e movimentar o ar.

3.4.6 Eficiência dos métodos de aquecimento

A eficiência de um método de aquecimento calcula a quantidade de energia utilizada efetivamente para aquecer um sistema em relação à quantidade total de energia fornecida ao sistema. Em outras palavras, a eficiência do aquecimento é uma medida da capacidade do método de converter a energia fornecida em calor útil (Equação 3.16). O cálculo é baseado em DJAENI *et al.* (2007):

$$\eta = \frac{H_{\text{requerida}}}{H_{\text{fornecido}}} \cdot 100\% \quad (3.16)$$

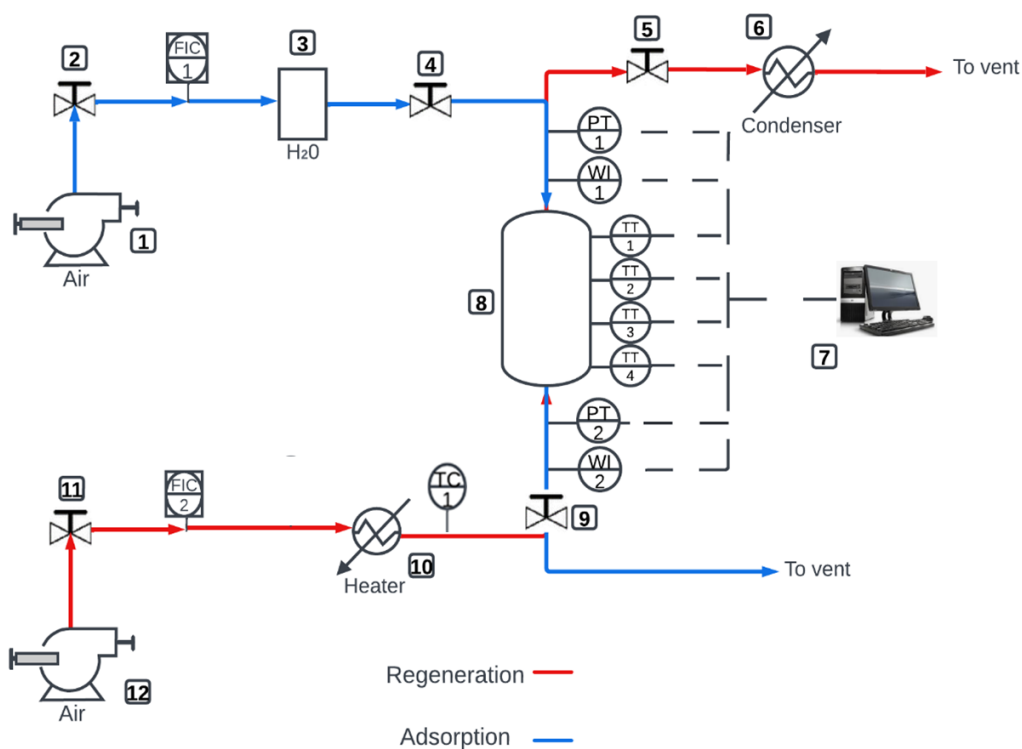
Capítulo 4 – **Unidade de bancada**

Neste capítulo é descrita a unidade de bancada para desidratação em leito fixo, desenvolvida e instalada no Laboratório de Controle e Integração de Processos (LACIP) do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O projeto e a construção da planta laboratorial no âmbito desta dissertação é um resultado deste trabalho e foi utilizada para gerar ensaios de desidratação.

4.1 Unidade de Bancada Versátil de Desidratação de Gás Natural

Para a realização dos estudos de adsorção e dessorção do gás natural por meio de peneira molecular, foi desenvolvido e instalado uma planta laboratorial no LACIP, que será denominada como unidade versátil de bancada de desidratação de gás natural. Este sistema está representado, de forma simplificada, na Figura 4.1, em que dois cenários de teste são permitidos, a fim de simular a desidratação pelo método TSA e método por indução. O método de aquecimento por indução difere da técnica MISA, uma vez que a zeólita utilizada não apresenta propriedades magnéticas, portanto o aquecimento por indução utilizado no presente trabalho aquece a coluna, que é magnética, e esta por sua vez, transfere calor para a zeólita. A unidade permite a troca do sistema de aquecimento de forma prática e robusta, comportando testes alternados entre as duas formas de aquecimento, uma vez que é possível fazer o encaixe do aquecedor a ser utilizado no teste de forma rápida.

A)



Continuação.

B)

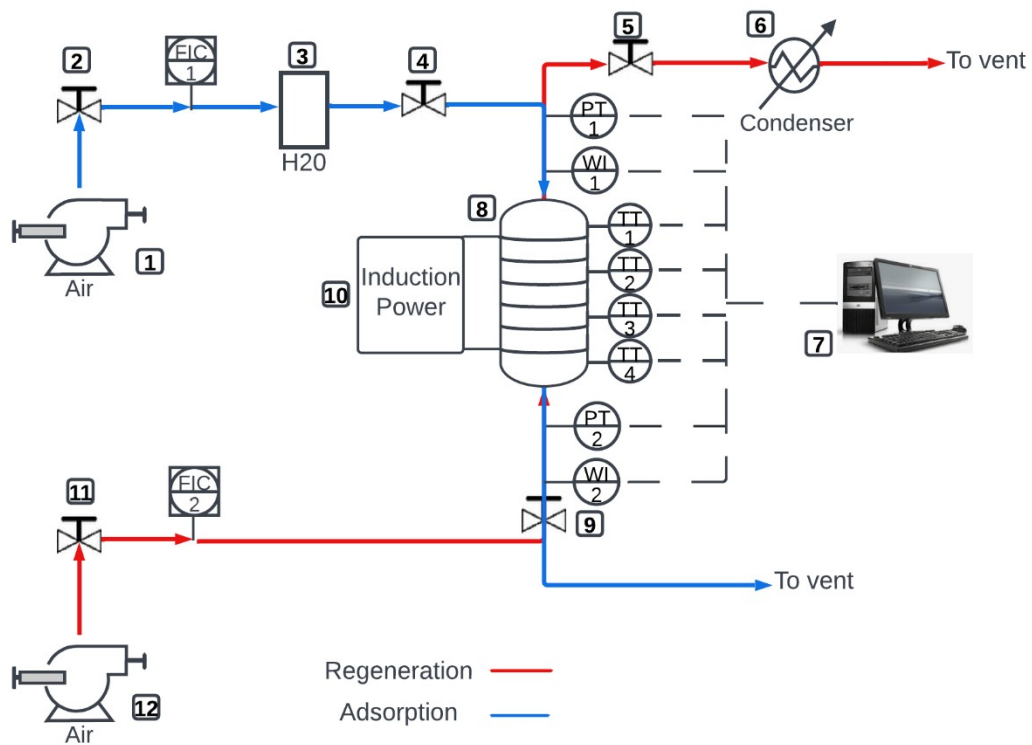


Figura 4.1. Esquema da unidade versátil de bancada de desidratação de gás natural A) Método TSA B) Método por indução.

Na Figura 4.1 estão descritas todas as linhas de operação do processo, envolvendo tanto a etapa de adsorção, quanto a de regeneração no método TSA e método por indução. A linha representada pela cor azul representa a corrente de ar no fluxo de adsorção e linha vermelha corresponde a dessorção. As especificações de todos os componentes da unidade de bancada de desidratação de gás natural encontram-se descritos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Descrição dos componentes da unidade de bancada de desidratação de gás natural.

Itens	Descrição
1, 12	Compressor de ar, modelo CSV 10, 2,0 Hp, 100 L, da Schulz
2, 4, 5, 9, 11	Válvulas tipo esfera
FIC1, FIC2	Controlador de vazão mássico (FIC) com válvula solenoides, com sensor térmico, modelo FMA5520, de 0 a 10 NL.min ⁻¹ , da Omega
3	Borbulhador de aço inox para saturação do fluxo de ar com volume de 1,55 L
6	Condensador com fluido de resfriamento mantido à 0 ± 2°C
PT1, PT2	Transmissor de pressão de 10 bar de limite, piezorresistivo, modelo NP620 da Novus, com exatidão de ± 0,25%
WI1, WI2	Transmissor de umidade e temperatura, modelo RHT-P10, com um princípio de medição capacitivo para medir a umidade relativa do ar e um termistor para medir a temperatura ambiente, da Novus, com exatidão da umidade de 3% na faixa de leitura de 20 a 80% RH e de 5% na faixa de leitura de 0 a 20% e 80 a 100% RH e exatidão de temperatura de 0,5°C
TT1, TT2, TT3, TT4	<i>Resistance temperature detector</i> (RTD), modelo Pt - 100 (conexão de 3 fios), com variação da resistência elétrica de platina em função da temperatura, da Novus, com exatidão de 1,02°C
7	Controlador Lógico Programável, modelo XP340 e XP315 Nexto Xpress da Altus conectado a um computador
8	Coluna de desidratação de aço inox
10 - TSA	Aquecedor elétrico controlado com réle e monitorado por um wattímetro Monofásico modelo DDS6619-526L, da Sinotimer, com erro máximo de 1,0%
10 - INDUÇÃO	Indutor Tesla com potência de aquecimento de até 1200 W, 60 Hz, conectado a uma fonte de 220 V de alimentação e saída de 48 V e 30 A
TC1	<i>Resistance temperature detector</i> (RTD), modelo Pt - 100 (conexão de 3 fios), com variação da resistência elétrica de platina em função da temperatura, da Novus, com exatidão de 1,02°C controlado por um relé

4.1.1 Sistema de alimentação do gás comprimido

O sistema fornece ar comprimido à unidade de bancada de desidratação de gás natural, o qual consiste no compressor de ar, válvula de ajuste, e um painel independente da unidade, previamente instalado no laboratório conforme RAYMUNDO (2016), que gerencia o controlador de vazão de massa térmica (FIC) modelo FMA5520 da Omega, de 0 a 10 NL.min⁻¹. Quando o sistema de alimentação é acionado no ciclo de adsorção, um borbulhador com água destilada também é usado para saturar o fluxo de ar, fornecendo umidade para a corrente gasosa.

O controlador recebe um sinal de *setpoint* de 0 a 5 V_{CC} do sistema de controle independente, acionando o compressor. O sinal com a leitura da vazão atual é mostrado em um display embarcado e enviado ao sistema supervisorio, conforme ilustra a Figura 4.2.

A)



B)

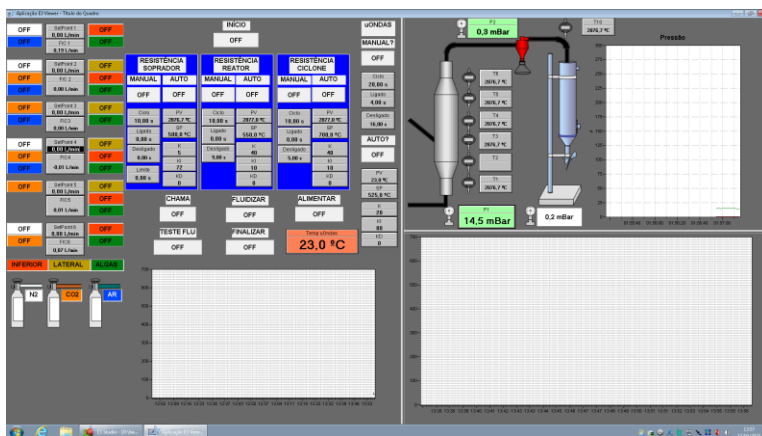


Figura 4.2. Controlador de vazão mássica A) Painel com controlador de vazão mássica B) Tela de operação do sistema supervisorio para controle da vazão

4.1.2 Coluna de desidratação

A coluna de leito fixo utilizada na unidade de desidratação foi projetada em aço inox, utilizando peças comerciais de fácil montagem, considerando alguns parâmetros críticos de design para uma completa adsorção e dessorção em escala laboratorial. O design foi baseado nos autores GABELMAN (2017), MCCABE; SMITH; HARRIOTT (2005) e MOKHATAB; POE; MAK (2015) e consistiu nas seguintes etapas:

1. *Escolha do adsorvente e tamanho da partícula.* Verificou-se a natureza do fluxo de ar a ser tratado, as características do adsorvato a ser removido, a dimensão da regeneração e o objetivo do processo;
2. *Escolha da velocidade superficial e cálculo do diâmetro requerido.* O valor escolhido para a velocidade superficial influencia no cálculo do diâmetro. Diâmetros maiores requerem maior vazão de ar na regeneração. Já pequenos diâmetros causam maior queda de pressão, danificando a partícula. Portanto,

a velocidade superficial do gás (V_{sup} , $m.s^{-1}$) foi determinada conforme a Equação 4.1, considerando uma vazão fixa do sistema.

$$V_{sup} = \frac{Q}{A} \quad (4.1)$$

onde Q corresponde à vazão do ar comprimido (m^3/s) e A é área transversal da coluna de desidratação (m^2) (GPSA, 2004).

Uma vez que a velocidade superficial do gás foi determinada, o diâmetro mínimo ($D_{mínimo}$, m) requerido foi determinado através da Equação 4.2.

$$D_{mínimo} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (4.2)$$

3. *Escolha do comprimento da coluna.* Uma coluna longa contém uma maior quantidade de adsorvente permitindo um maior tempo de processo antes da regeneração. Porém os custos relacionados a coluna são maiores.

Assume-se que o leito é composto de partículas dispostas de forma aleatória e que o fluido atravessa os canais formados entre as partículas. A Tabela 4.2 cita os parâmetros considerados para o design da coluna de desidratação.

Tabela 4.2. Parâmetros considerados no design da coluna de desidratação.

Parâmetro	Comentários	Referência	Valor considerado
Tamanho do poro da partícula do adsorvente	O poro da partícula deve ser superior ao tamanho nominal da molécula de água (2,8 Å). Geralmente utiliza-se peneiras moleculares com poros de 3 - 5 Å na desidratação de gás	GABELMAN (2017) MCCABE; SMITH; HARRIOTT (2005) MOKHATAB; POE; MAK (2015)	Zeólita chabazita na forma de <i>pellets</i> cilíndrico de 1/16 in com tamanho de poro de 4,8 Å
Velocidade superficial	Deve fornecer tempo de residência suficiente para adsorção. O valor recomendado é entre 0,15 a 0,60 m/s	GABELMAN (2017) MCCABE; SMITH; HARRIOTT (2005) GPSA (2004)	Velocidade superficial de 0,25 m/s
Diâmetro da coluna	Conforme Equação 4.2	GPSA (2004)	Diâmetro interno de 27,8 mm e diâmetro nominal de 35,6 mm
Comprimento da coluna	O valor escolhido deve fornecer um ciclo de adsorção de 2 a 24 horas	GABELMAN (2017) MCCABE; SMITH; HARRIOTT (2005)	Diferentes comprimentos de leito possíveis de operação: 26, 36, 50 e 60 cm

Na Figura 4.3 são mostrados desenhos do projeto da coluna de desidratação, contemplando as peças utilizadas na montagem, ao lado é mostrado a coluna real, construída em aço inox, com alguns dos diferentes comprimentos de leito possíveis de operação, de acordo com o tipo de encaixe das peças.

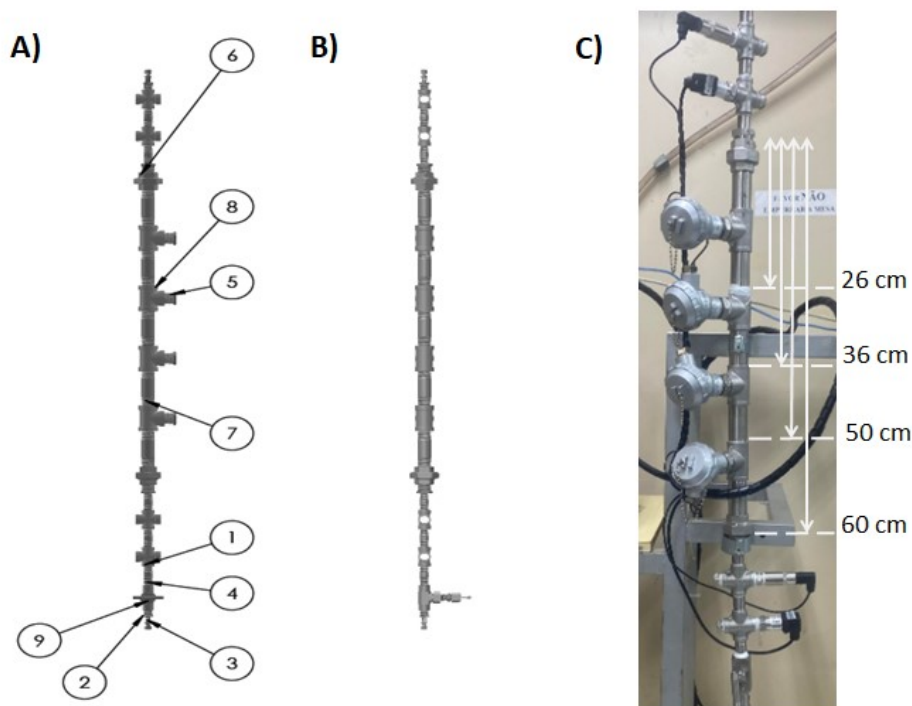


Figura 4.3. Projeto da coluna de desidratação A) Esquema demonstrando as peças utilizadas na montagem B) Vista traseira da coluna C) Demonstração de alguns dos comprimentos da coluna possíveis de operação.

Diferentes alturas de coluna podem ser utilizadas (até 60 cm), mediante o rosqueamento dos *nipples* e tês que compõem o corpo da coluna. A Tabela 4.3 lista os itens que compõem a coluna, todos manufaturados em aço inoxidável ASTM-304 magnético, o que permite a utilização da coluna no sistema de aquecimento por indução. A numeração apresentada corresponde aos itens apontados na Figura 4.3.

Tabela 4.3. Componentes da coluna de desidratação.

Itens	Descrição	Função
1	Cruzeta ½ in	No topo e fundo da coluna de desidratação foram inseridas cruzetas de ½ in para conectar os transmissores de umidade e temperatura e transmissor de pressão
2	União adaptador rosca ¼ in fêmea x ½ in macho	Adaptação das conexões do leito para o diâmetro da tubulação de gás de ¼ in no fundo e topo do leito
3	Adaptador junta de compressão ¼ in para rosca ¼ in	Adaptação das conexões do leito para o diâmetro da tubulação de gás de ¼ in no fundo e topo do leito
4	<i>Nipple</i> comprimento 50 mm rosca ½ in	União de componentes com conexão de ½ in à montante e a jusante do corpo do leito, principal componente da coluna
5	Bucha de redução 1 in para ½ in	Usado para inserção dos sensores para acompanhamento do perfil de temperatura durante o aquecimento do leito
6	União 1 in	A união superior é utilizada para desacoplamento do reator e carga e descarga do leito, permitindo a inserção de zeólita. Já a união inferior delimita o fundo do corpo do reator e foi acoplado a uma tela, representada na Figura 4.4, para retenção da zeólita
7	<i>Nipple</i> comprimento 100 mm rosca 1 in	Principal componente do corpo do leito, esse tubo forma o corpo da coluna, permitindo o escoamento do ar ao longo do leito fixo. Podem ser conectados até quatro <i>nipples</i> através do tê de 1 in, permitindo alterar a altura do leito
8	Tê 1 in	Utilizado para adaptar os transmissores de temperatura ao corpo do leito e permitir a modificação da altura do leito
9	Válvula agulha ½ in	Utilizada pra controlar a pressão do sistema

Na base da coluna existe uma tela para a retenção de partículas (Figura 4.4), impedindo que partículas do adsorvente passem para o restante da tubulação.

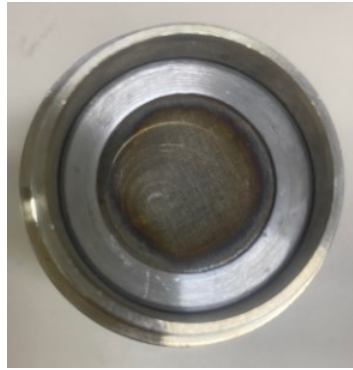


Figura 4.4. Tela para retenção de partículas.

4.1.3 Sistema de controle e aquisição de dados da Altus

Foi programado um sistema automatizado de controle, instrumentação e aquisição de dados, composto por um controlador lógico programável (CLP) módulos XP340 e XP315 Nexto Xpress da Altus e uma interface homem máquina (IHM) modelo P2070NA da Altus alimentados por uma fonte chaveada de 120 W, 24 V_{CC} e 5 A. O sistema também contém um computador que executa o software supervisor MasterTool IEC XE 3.30 e diversos instrumentos de medição conectados ao CLP. Este sistema tem por objetivo agregar desempenho e alta conectividade ao permitir o usuário controlar o sistema e suas variáveis de forma remota e *in loco*, armazenar os dados obtidos, mensurar diversas variáveis e visualizar um sistema supervisor com telas de interface gráfica.

4.1.3.1 Controlador Lógico Programável (CLP) e aquisição de dados

O CLP foi utilizado na unidade para automação e monitoramento e foi programado em linguagem *Ladder*. O CLP atua através de protocolo Modbus, rodando em ambiente Windows, pelo meio do software MasterTool IEC XE 3.34. O software permite a interação com o usuário e o armazenamento foi realizado por uma função *Datalogger*, que permite o usuário criar, visualizar e gravar os dados em formato CSV. Uma imagem do programa pode ser visualizada na Figura 4.5.

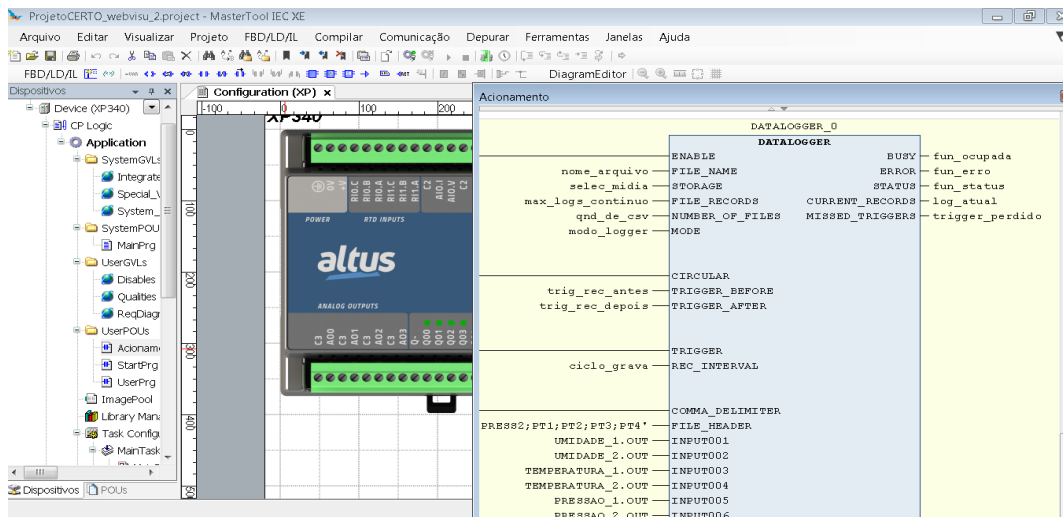


Figura 4.5. Tela do MasterTool IEC XE 3.34.

4.1.3.2 Interface homem máquina (IHM)

A IHM foi conectada ao CLP para ler os dados coletados e projetá-los de forma visual para o usuário. Foram criadas telas específicas para monitoramento dos dados através da aplicação FvDesigner e enviadas para a IHM (Figura 4.6), que permitiam o acompanhamento em tempo real das variáveis do processo.

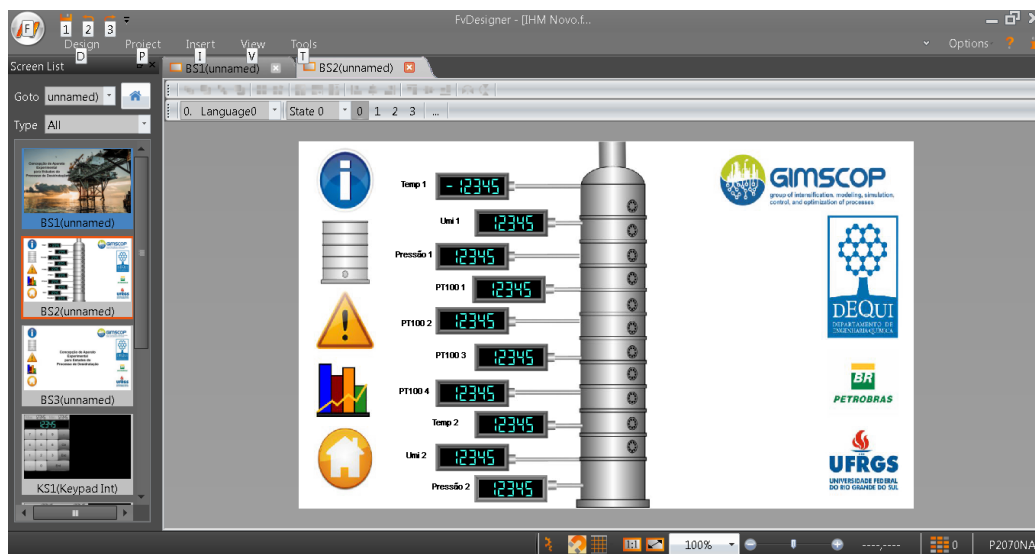


Figura 4.6. Aplicação FvDesigner com as telas criadas para a IHM.

4.1.3.3 Entradas e medições do sistema da Altus

Os módulos do CLP apresentam entradas digitais, analógicas V/I (tensão de 0 a 10 V e corrente de 0 a 20 mA) e analógicas RTD (sensor de temperatura modelo Pt – 100 - conexão de 3 fios), que permitem o envio das medições dos sensores.

Contemplam as entradas do sistema da Altus: leitura dos transmissores de pressão, transmissores de umidade e temperatura e transmissores de temperatura.

4.1.4 *Transmissor de Pressão*

Foram instalados transmissores de pressão manométrica à montante e à jusante da coluna a fim de quantificar a diferença de pressão na coluna de desidratação com sinais de saída de 4 a 20 mA, 10 bar de limite, piezorresistivo, modelo NP620 da Novus e exatidão de $\pm 0,25\%$ e conectados no CLP da unidade.

4.1.5 *Transmissor de Umidade e Temperatura*

Transmissores de umidade e temperatura, modelo RHT-P10, da Novus, com princípio de medição capacitiva para medir a umidade relativa do ar e o termistor para medir a temperatura ambiente, exatidão da umidade de 3 % na faixa de leitura de 20 a 80 % RH e de 5% na faixa de leitura de 0 a 20 % e 80 a 100 % RH e exatidão de temperatura de 0,5°C foram instalados entre o topo e fundo da coluna para quantificar o teor de umidade relativa e temperatura na corrente gasosa que entra e sai da coluna de desidratação. Os valores medidos são convertidos em sinais de saída de 4 a 20 mA linearmente relacionados às suas leituras e processados pelo CLP da unidade.

4.1.6 *Resistance temperature detector (RTD)*

Foram instalados detectores de temperatura ao longo da coluna, modelo Pt – 100 (conexão de 3 fios), com princípio de variação da resistência elétrica de platina em função da temperatura, da Novus, com exatidão de 1,02 °C para monitorar a temperatura ao longo do leito, com encaixe versátil, conforme a montagem e respectiva altura da coluna. A rosca de encaixe dos sensores é de ½ in e a ponta fica inserida dentro da coluna de desidratação, permitindo a leitura de temperatura da peneira molecular ao longo da coluna carregada com adsorvente.

4.1.7 *Sistema de Aquecimento Elétrico*

Foi utilizado um aquecedor com resistência elétrica para aquecer o ar no fluxo de desorção. O aquecedor foi manufaturado em aço inoxidável 316, possuía roscas de ½ in na entrada e saída do ar e um detector de temperatura, modelo Pt -100 (conexão de 3 fios) que monitorava a temperatura de saída do ar. O aquecedor foi conectado a um relé controlado por um Arduíno Mega, modelo 2560. Através da IDE do Arduíno foi possível controlar a temperatura de saída do ar, acionando o tempo de liga/desliga do aquecedor. Entre o relé e o aquecedor foi conectado um wattímetro Monofásico modelo DDS6619-526L, da Sinotimer, que media o consumo de energia do aquecedor, conforme Figura 4.7.



Figura 4.7. Aquecedor elétrico A) Imagem do aquecedor utilizado B) Esquema elétrico da montagem do aquecedor, relé e wattímetro.

4.1.8 Sistema de Aquecimento por Indução

O sistema de aquecimento por indução tem por objetivo aquecer a coluna de desidratação na etapa de desidratação, como uma forma alternativa de aquecimento ao sistema de aquecimento elétrico. Como não há registros na literatura desse tipo de aquecimento na desidratação de gás natural, a escolha do aquecedor e configuração foi baseada em simulações prévias com um Indutor Módulo ZVS de Aquecimento por Indução com Bobina, com tensão de 5 a 12 V (Figura 4.8).



Figura 4.8. Simulação utilizando Indutor Módulo ZVS de Aquecimento.

Para a escolha do indutor a ser utilizado na unidade de bancada de desidratação de gás natural foram considerados os seguintes aspectos:

1. *Material da coluna de desidratação.* A indução atua diretamente sobre materiais condutivos (RUDNEV; LOVELESS; COOK, 2017). Como a peneira molecular utilizada nos ensaios de desidratação é não condutiva, o objetivo foi de aquecer o metal condutivo da coluna, que então transfere calor para zeólita.
2. *Diâmetro interno das bobinas de indução.* As bobinas de indução deveriam envolver a coluna de desidratação e apresentar um diâmetro interno pelo menos 25% maior que o material a ser aquecido (coluna de desidratação) (USINA INFO, 2022).

3. *Potência do aquecimento.* A potência deveria ser suficiente para aquecer toda a coluna de desidratação, considerando as perdas de calor por condução e convecção. Conforme simulação realizada na ULTRA FLEX POWER TECHNOLOGIES (2022), a potência mínima estimada seria de 700 W, considerando uma coluna de desidratação de aço inox configurada com um *nipple* (comprimento de 26 cm).
4. *Disponibilidade no mercado.* O indutor deveria ser comercial *off-the-shelf*, para posteriormente ser adaptado na unidade de bancada de desidratação de gás natural.

O indutor Tesla utilizado nos testes de dessorção possui uma potência de aquecimento de até 1200 W, opera a 60 Hz e foi conectado a uma fonte 220 V de alimentação e saída de 48 V e 30 A. A bobina possui um diâmetro interno de 5,3 cm e comprimento total de 5,6 cm e 8 voltas e o resfriamento da bobina foi realizado com uma bomba de circulação auxiliar alimentada por uma fonte de 12 V_{CC}. A fonte do indutor foi conectada a um relé controlado por um Arduíno Mega, modelo 2560 (conforme Figura 4.9). Através da IDE do Arduíno foi possível controlar a temperatura interna do leito (peneira molecular) monitorada pelo CLP através de um detector de temperatura, modelo Pt -100 (conexão de 3 fios) dentro da coluna. Por meio do tempo de liga/desliga da fonte do indutor foi possível controlar a temperatura da peneira molecular. Entre o relé e a fonte foi conectado um wattímetro Monofásico modelo DDS6619-526L, da Sinotimer, que media o consumo de energia da fonte que alimentava o indutor.

A)



B)

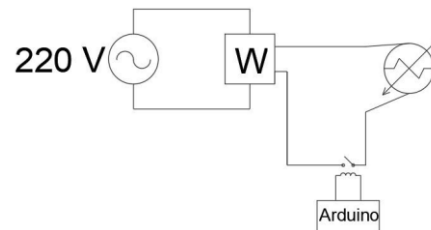


Figura 4.9. Indutor A) Imagem do indutor com a bomba de resfriamento da bobina B) Esquema elétrico da montagem do indutor, fonte de alimentação, relé e wattímetro.

4.1.9 Sistema de Condensação Térmica

O sistema de condensação térmica consiste em um condensador alimentado por uma caixa de resfriamento de fluido. Uma bomba de água portátil conectada a uma fonte de 12 V e 3A fornece a vazão de água necessária para manter o condensador refrigerado, circulando 2 litros de água refrigerada com gelo, conforme ilustrado na Figura 4.10. O sistema utiliza um controlador de temperatura modelo TC4S, da Autonics que fica imerso no fluido de resfriamento. A temperatura foi mantida a $0 \pm 2^\circ\text{C}$, sendo controlada manualmente com a inserção de gelo ao sistema.



Figura 4.10. Sistema de condensação térmica.

Capítulo 5 – Resultados e Discussões

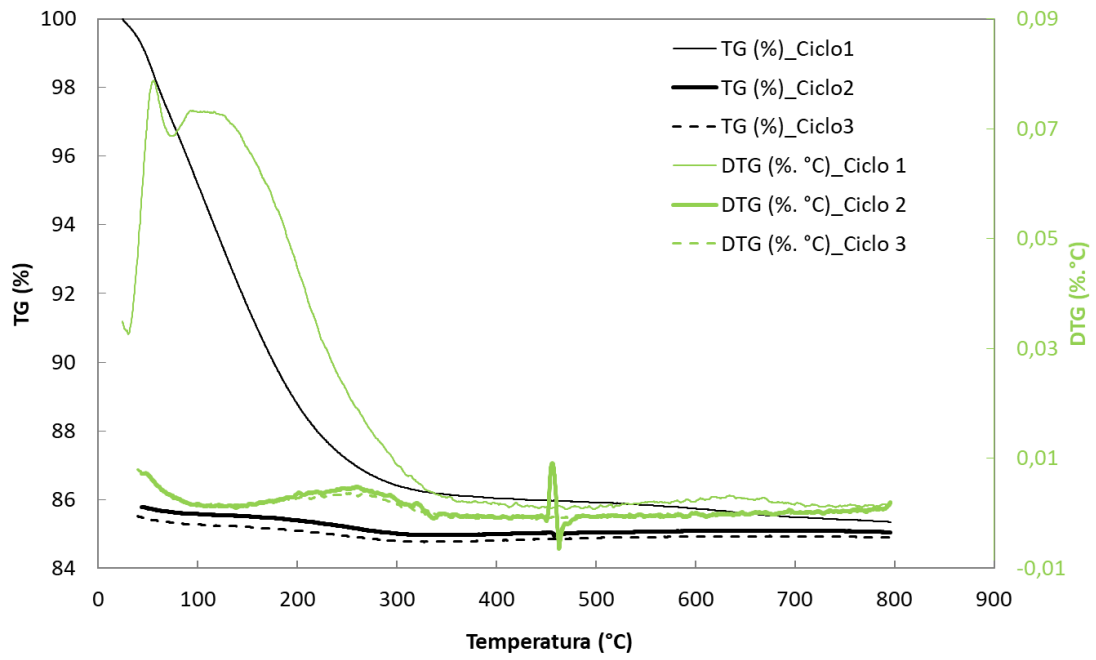
Neste capítulo são identificadas e discutidas as principais características físicas e químicas da zeólita chabazita utilizada nos ensaios de desidratação e amostra controle, denominada como branco (BRA) e posteriormente, são discutidos os resultados dos ensaios de desidratação de gás natural, a fim de comparar a performance da desidratação realizada pelo método TSA e por indução (IND).

5.1 Ensaios de Caracterização

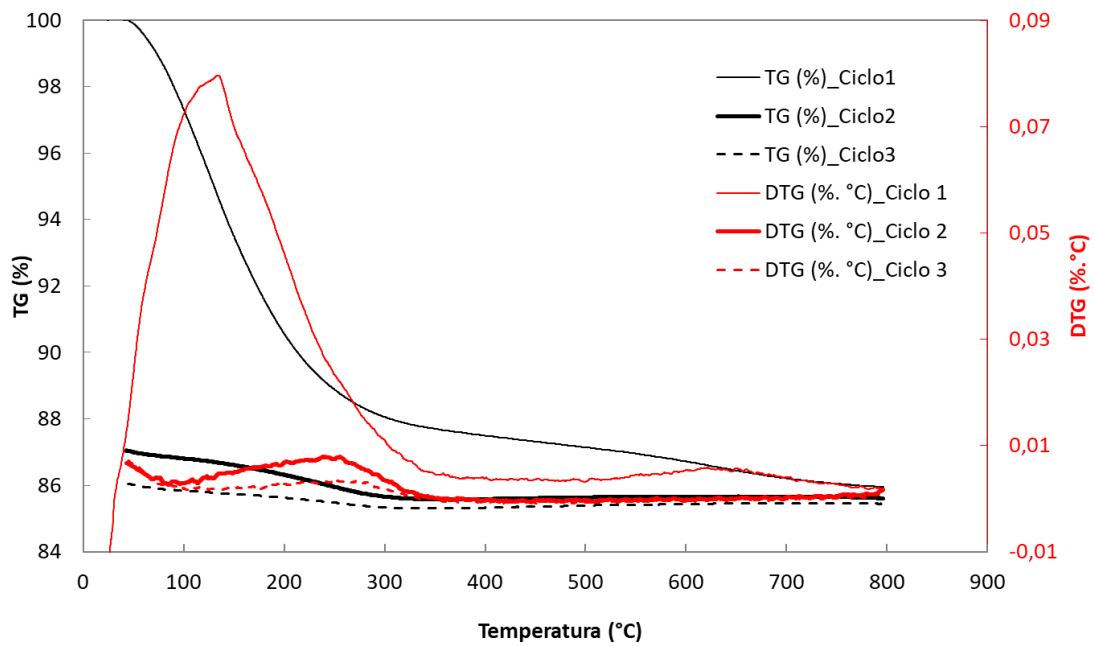
5.1.1 *Análise Termogravimétrica*

A estabilidade térmica e o grau de hidratação da peneira molecular são conhecidos através das análises termogravimétricas. Na Figura 5.1 são apresentadas as curvas TG e DTG da peneira molecular chabazita após os ensaios de desidratação no método TSA, indução e amostra controle (branco).

As zeólitas perdem massa até a temperatura de 200°C devido à dessorção de água livre no primeiro ciclo de aquecimento, proveniente da umidade ambiente adsorvida na zeólita. Após essa temperatura ocorre a desidroxilação, rompimento dos complexos formados entre a água e os cátions da zeólita, liberando as moléculas estruturais de água até aproximadamente 400°C (NASCIMENTO, 2020). A quantidade de água polarizada interna está relacionada com o cátion trocável (INÁCIO, 2016). Observa-se que, entre as três amostras analisadas, todas apresentaram esse mesmo comportamento para a perda de massa no primeiro ciclo de aquecimento das amostras.

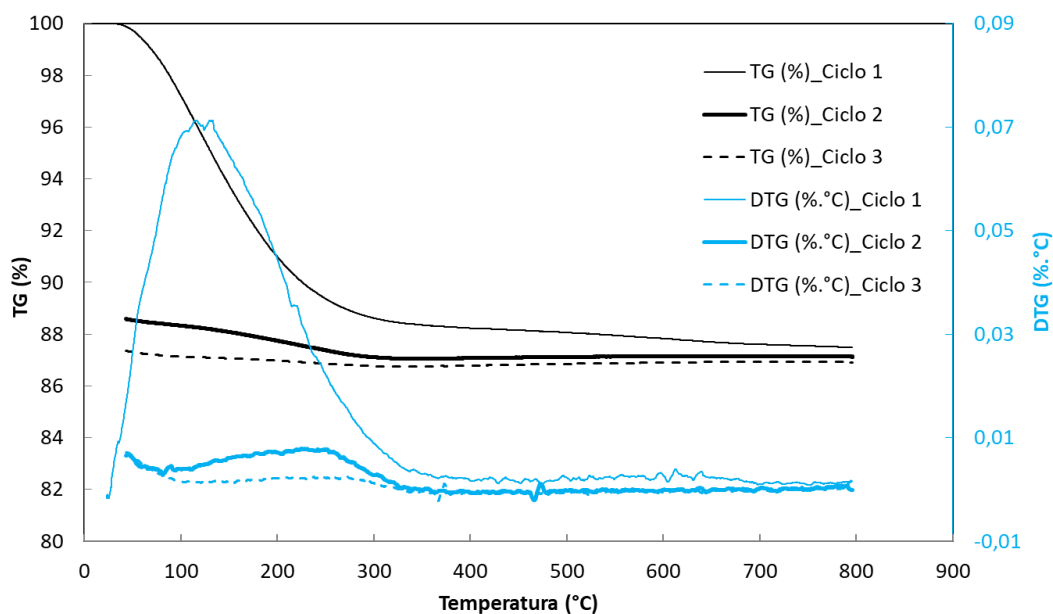


A)

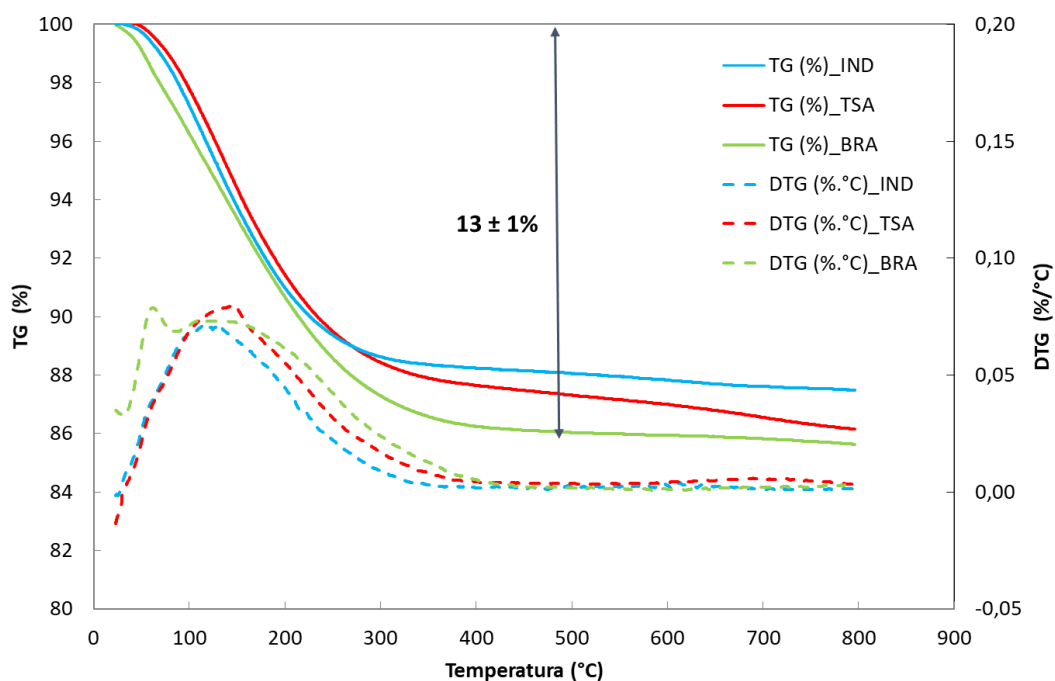


B)

Continuação.



C)



D)

Figura 5.1. Curvas TG (preto) e DTG (verde para amostra branco, vermelho para método TSA e azul para método por indução) nos três ciclos de aquecimento das zeólitas após os ensaios de desidratação A) Amostra controle (branco) B) Método TSA C) Método por indução D) Sobreposição das três amostras no primeiro ciclo de aquecimento.

Todas as amostras praticamente deixaram de apontar perdas de massa no primeiro ciclo a partir de 400 °C. É possível observar que a partir dessa temperatura a perda de massa se estabiliza, até alcançar um platô. Conforme Figura 5.1 D foi verificado uma perda de massa total de $13 \pm 1\%$ da massa inicial nas três amostras de zeólitas analisadas,

associada com a perda de água livre e fisicamente adsorvida dentro dos poros da zeólita após o sexto ciclo de desidratação. Por meio dos dois ciclos adicionais de aquecimento foi observado que a perda de água ocorre principalmente no primeiro ciclo, pois após esse período a zeólita não tem mais contato com a água e tampouco pode adsorvê-la.

A perda de massa encontrada está de acordo com os resultados observados na literatura quando a zeólita chabazita foi submetida à uma rampa de aquecimento para avaliar a perda de massa do material (ANDRADE, 2009; FLORINDO; CATUZO; MARTINS, 2021; INÁCIO, 2016; MUSYOKA *et al.*, 2015).

CARVALHO (2018) analisou a perda de massa de uma peneira molecular virgem e usada que estava em operação por aproximadamente dois anos. Os resultados mostraram uma perda de massa total de 10,8% para a peneira virgem, enquanto que a peneira usada perdeu 18,3% de massa. Além da perda de água, estimou-se um que a peneira usada reduziu a capacidade de adsorção de água em 36,9% em relação à peneira fresca, após menos de dois anos.

Foi verificado que após os seis ciclos de desidratação, o aquecimento utilizado na regeneração não interferiu a estabilidade térmica da zeólita, uma vez que uma perda de massa similar no primeiro ciclo de aquecimento (13 ± 1 %) nas três amostras analisadas demonstra que o método de aquecimento utilizado nos ensaios de desidratação não evidenciou alteração da estabilidade térmica da zeólita.

5.1.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

A Figura 5.2 evidencia a morfologia da zeólita chabazita utilizada nos ensaios de desidratação no método TSA, indução e amostra controle (branco). Observa-se que as micrografias apresentam padrões semelhantes, com tamanho de partículas aproximadas, além de apresentar uma superfície com elevada rugosidade, fornecendo uma alta quantidade de espaços vazios na estrutura do material.

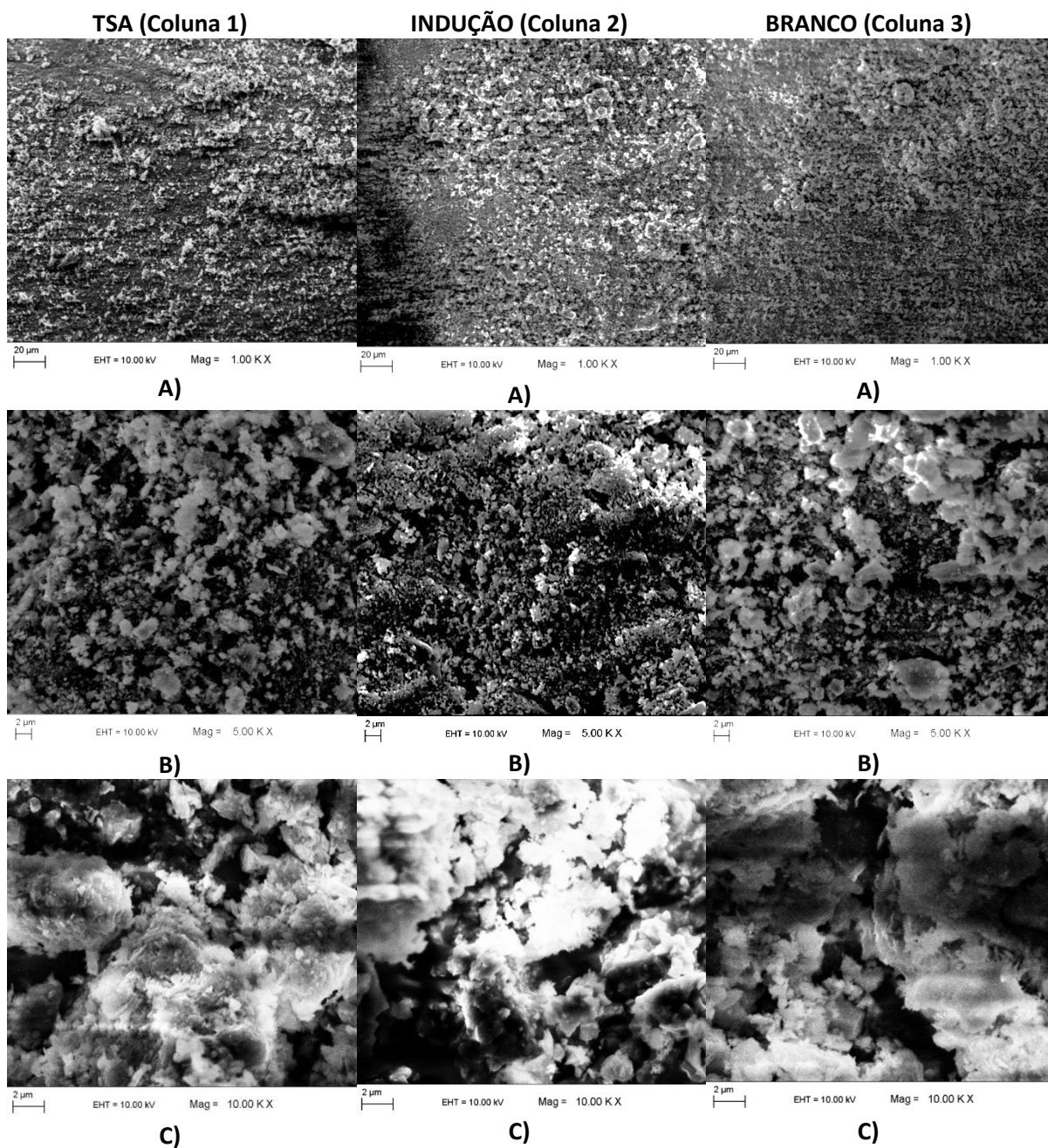


Figura 5.2. Micrografia eletrônica de varredura para as amostras zeólita utilizada nos ensaios de desidratação: Coluna 1) Método TSA, Coluna 2) Método por indução, Coluna 3) Branco, A) 1.000 X B) 5.000 X C) 10.000 X.

Observa-se que as partículas das três amostras se encontram aglomeradas, provavelmente, devido ao crescimento simultâneo dos núcleos (BORTOLATTO, 2019). As micrografias também apresentaram uma morfologia homogênea, indicando a presença de pequenos cristalitos agregados em ambas às amostras. O comportamento observado está em conformidade com o fato de que materiais dessecantes apresentam um aspecto aglomerado e uma alta quantidade de espaços vazios (CYSNEIROS, 2019; LESSA, 2012).

Comparando de forma geral, não foi possível identificar diferenças significativas entre as micrografias da peneira molecular utilizada nos ensaios de desidratação no método TSA, indução e amostra controle, indicando, portanto, que o método de aquecimento utilizado nos ensaios de desidratação não interferiu na estrutura do material.

5.1.3 Espectroscopia no Infravermelho

As zeólitas são materiais porosos cujas estruturas são baseadas em uma rede cristalina de SiO_4 e AlO_4 , em que as vibrações destes tetraedros são representadas por TO_4 (onde T representa o silício ou alumínio ligados ao átomo de oxigênio) (INÁCIO, 2016). A Figura 5.3 apresenta o espectro de infravermelho da zeólita chabazita utilizada nos ensaios de desidratação. As bandas em 3411 e 1644 cm^{-1} são provenientes da água adsorvida pela zeólita, sendo que a primeira delas refere a banda de estiramento assimétrico dos grupos hidróxila presentes nas moléculas de água e que podem estar adsorvidos na superfície ou nos poros da zeólita (MOREIRA *et al.*, 2019). Já os picos em 1016 cm^{-1} e 770 cm^{-1} são atribuídos à banda de estiramento assimétrico da ligação T-O presente na estrutura zeolítica (NASCIMENTO, 2020; ZAVAREH; FARROKHZAD; DARVISHI, 2018).

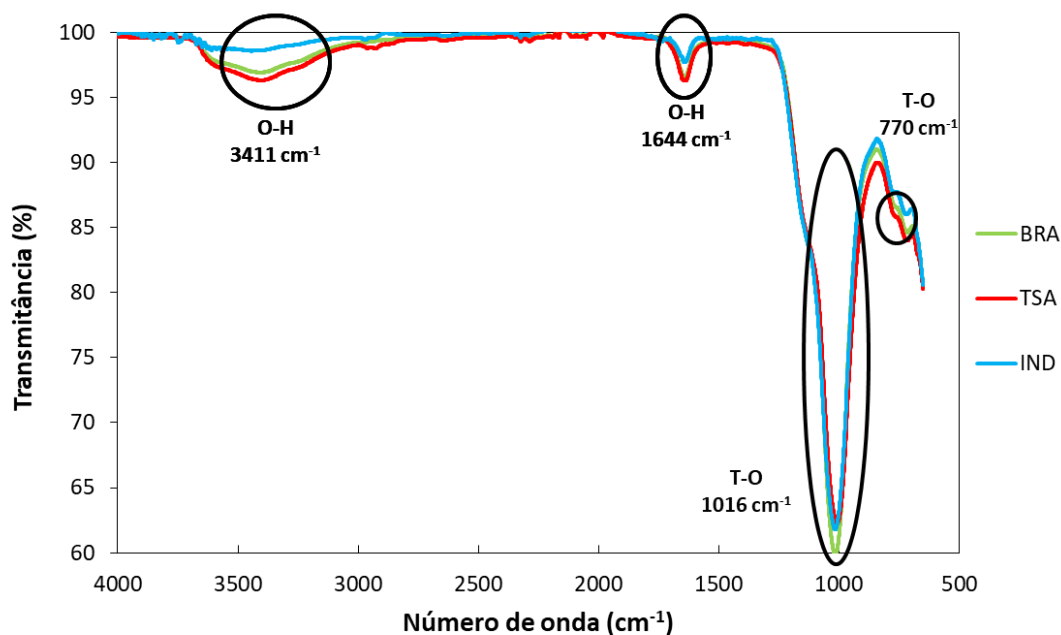


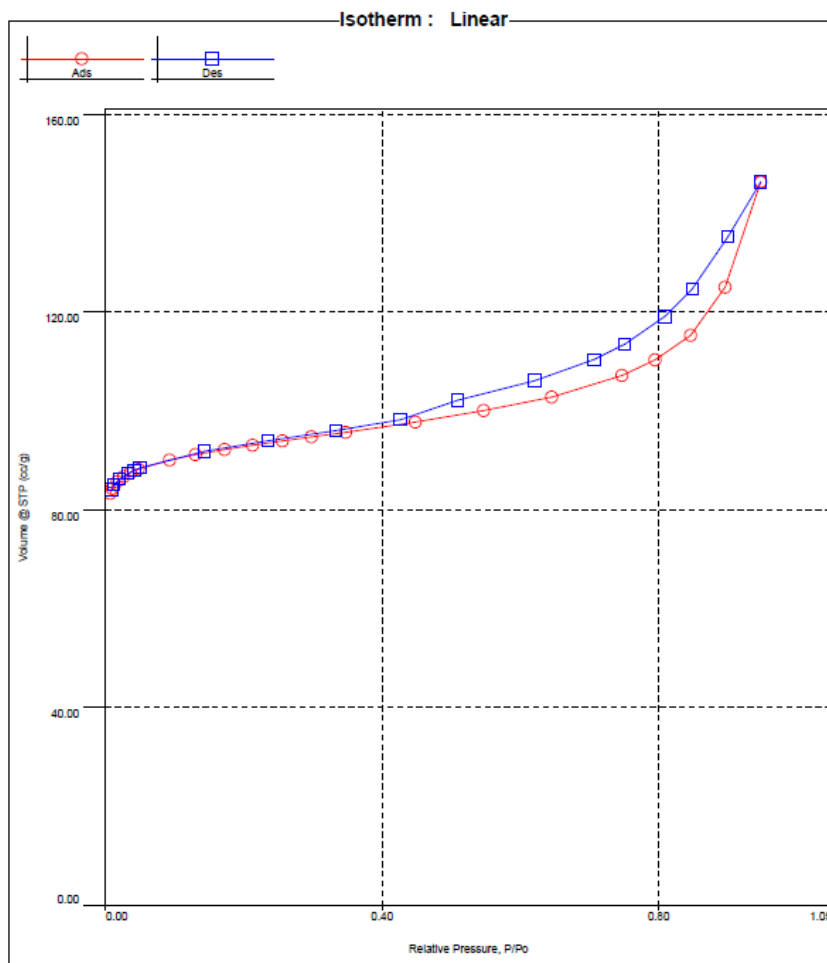
Figura 5.3. Espectro da zeólita chabazita na região do infravermelho médio.

As bandas dos espectros demonstram que as características das estruturas dos alumino silicatos foram preservadas, independentemente do método de aquecimento utilizado na regeneração nos ciclos de desidratação. Deste modo, a forma de aquecimento utilizada (TSA ou indução) não interfere na estrutura da zeólita.

5.1.4 Fisissorção de Nitrogênio

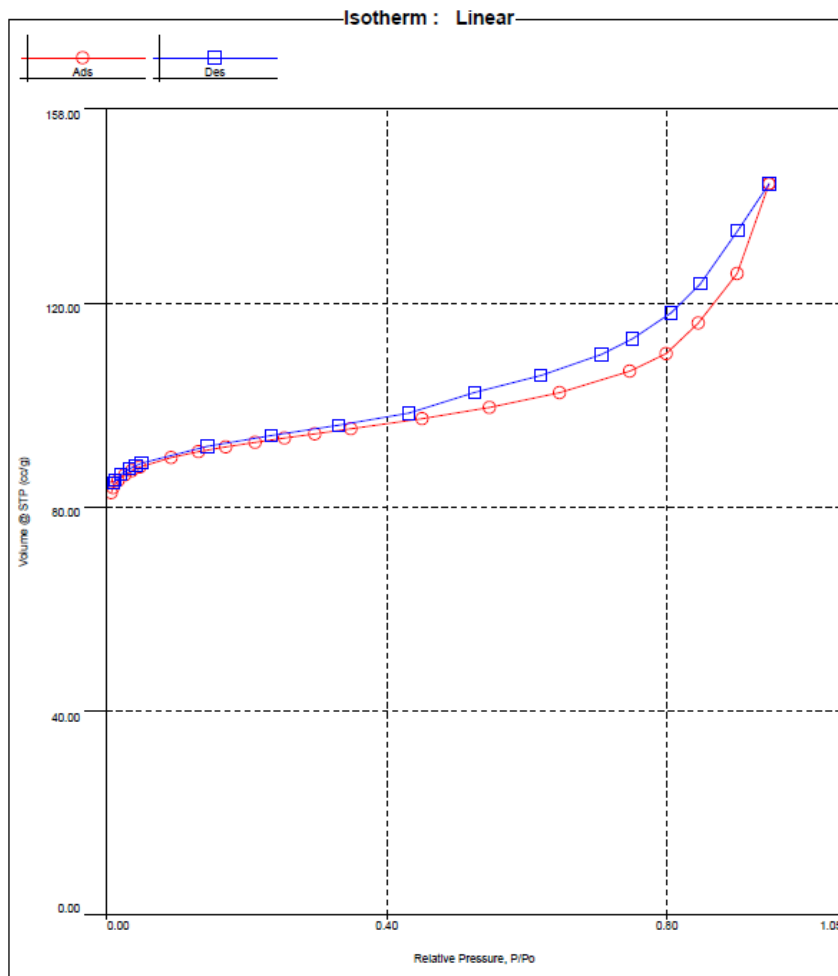
A Figura 5.4 apresenta as isotermas de adsorção e dessorção de N_2 das amostras de zeólita chabazita utilizada nos ensaios de desidratação. Foi observado que ambas as isotermas apresentaram comportamento próximo ao Tipo IV e Tipo I, segundo a

classificação da IUPAC. Isothermas do Tipo IV são típicas de materiais mesoporosos (tamanho do poro de 20 a 500 Å) e apresentam uma histerese associada normalmente à condensação capilar nos mesoporos intracristalinos dos materiais (DARIM, 2015). No contexto de materiais microporosos, as isothermas do Tipo I são frequentemente observadas. Esses materiais possuem poros com diâmetros menores do que 20 Å, o que leva a uma adsorção rápida do gás em superfícies com alta área específica. A histerese observada foi a do tipo H3 e não apresenta limitação de adsorção de N₂ em valores elevados de pressão relativa (P/P_0). As zeólitas tipicamente pertencem a esta classe (SOUSA *et al.*, 2020).



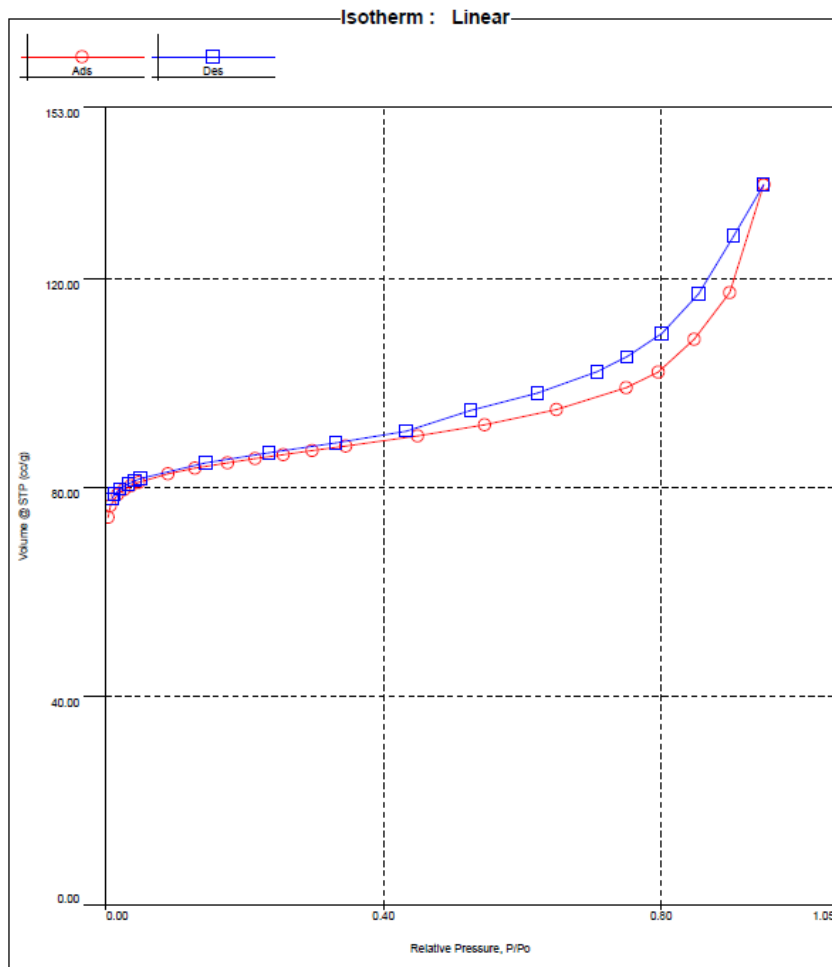
A)

Continuação.



B)

Continuação.



C)

Figura 5.4. Isotermas de adsorção e dessorção de N₂ para as amostras da peneira molecular chabazita após os ensaios de desidratação em escala linear A) Amostra controle (branco) B) Método TSA C) Método por indução.

A existência de poros com tamanhos randomicamente distintos e maiores é verificada através do aumento da capacidade de adsorção em uma pressão relativa (P/P_0) baixa e alta, indicando a presença de microporos e mesoporos (VIEIRA, 2014). Foi aplicado o método *Brunauer, Emmett e Teller* (BET) nas isothermas e os valores dos parâmetros obtidos pelo software NovaWin se encontram na Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Parâmetros obtidos através do método BET.

Sólido adsorvente	Intercepto (g ⁻¹)	Constante C
Zeólita submetida ao método TSA	- 8,582e ⁻⁰²	- 135,731
Zeólita submetida ao método por indução	- 8,978e ⁻⁰²	- 140,397
Zeólita controle (branco)	- 8,726e ⁻⁰²	- 133,067

Conforme relata THOMMES *et al.* (2015), a utilização do método BET para análise da isoterma não é recomendado quando há microporos na estrutura do adsorvente e o intercepto e a variável C na ordenada do gráfico BET são negativos. Portanto, os métodos *Barrett, Joyner e Halenda* (BJH) e *Density Functional Theory* (DFT) foram aplicados no software NovaWin, confirmando uma estrutura predominantemente microporosa nas amostras. Na Tabela 5.2 encontram-se as propriedades textuais das zeólitas analisadas, após os ensaios de desidratação no método TSA, indução e amostra controle, baseado nas isotermas contidas na Figura 5.4.

Tabela 5.2. Propriedades textuais da zeólita chabazita utilizada nos ensaios de desidratação e referências da literatura.

Sólido adsorvente	Volume de microporos ^A (cm ³ .g ⁻¹)	Diâmetro dos poros ^B (Å)	Referência
Zeólita submetida ao método TSA	0,189	4,8	Presente trabalho
Zeólita submetida ao método por indução	0,181	4,7	Presente trabalho
Zeólita controle (branco)	0,191	4,7	Presente trabalho
CHA	0,264	4,2	KRISHNA; VAN BATEN (2013)
H-ZSM-5	0,140	5,0	CALDEIRA (2011)

^Amétodo DFT, ^Bmétodo BJH

Apesar das pequenas diferenças entre o volume de microporos ($\sigma = 0,005$) e diâmetro de poros ($\sigma = 0,1$) entre as três amostras de zeólita, é possível verificar que estrutura zeolítica apresentou-se próxima mesmo com as condições distintas de aquecimento

utilizadas nos ensaios de desidratação, mantendo assim a característica microporosa da amostra controle, que não foi submetida a aquecimento. Os valores encontrados também são similares àqueles encontrados na literatura (CALDEIRA, 2011; KRISHNA; VAN BATEN, 2013).

5.1.5 Difração de Raios-X

A Figura 5.5 apresenta os difratogramas de raios-X das amostras da zeólita chabazita utilizada nos ensaios de desidratação no método TSA, indução e amostra controle (branco). Verifica-se que todas as amostras apresentaram os picos em torno de 9,4°, 17,6°, 20,5° e 30,5°, característicos do padrão para a Chabazita, conforme a literatura (INTERNATIONAL ZEOLITE ASSOCIATION, 2017).

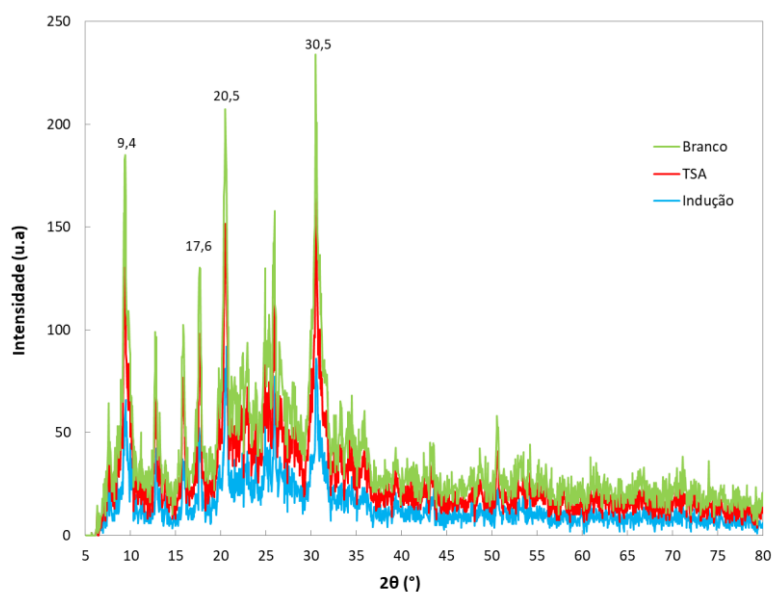


Figura 5.5. Difratogramas de Raios X da zeólita chabazita utilizada nos ensaios de desidratação no método TSA, indução e amostra controle.

Os difratogramas das amostras mostram que não há diferenças entre o método de aquecimento utilizado, desmontando que o tipo de aquecimento não interfere na estrutura cristalina da zeólita após os seis ciclos de desidratação. Os picos característicos estão compreendidos entre os ângulos 5° e 35°, conforme esperado para a estrutura cristalina da zeólita (INÁCIO, 2016).

5.1.6 Determinação da Massa Específica

Os valores obtidos para massa específica das zeólitas utilizadas nos ensaios de desidratação foram $\rho_{\text{amostra controle}} = 1,900 \pm 0,004$ g/mL, $\rho_{\text{método TSA}} = 1,899 \pm 0,004$ g/mL e $\rho_{\text{indução}} = 1,899 \pm 0,005$ g/mL. Os valores de massa específica estão de acordo com a faixa indicada por INTERNATIONAL ZEOLITE ASSOCIATION (2017) para a estrutura chabazita.

Os resultados demonstram não há nenhuma mudança na massa específica das zeólitas utilizadas nos ciclos de desidratação frente a zeólita controle (branco). Portanto,

nenhum dos métodos de regeneração utilizados neste estudo alteraram a compactação estrutural da zeólita, o que indica a estabilidade dos adsorventes selecionados para esta aplicação.

HARPER; STIFEL; ANDERSON (1969) descreveram um estudo experimental sobre a adsorção de gases em zeólitas sintéticas do tipo 4A. A zeólita 4A utilizada nos experimentos de adsorção de gases possuía uma massa específica de 1,99 g/mL. O estudo concluiu que a zeólita 4A é um material promissor para aplicações de separação de gases, devido à sua alta seletividade para o nitrogênio e à capacidade de adsorção dos gases estudados.

5.2 Ensaio de desidratação

5.2.1 Ensaio preliminares de desidratação

O desempenho de uma coluna de adsorção é descrito por meio das curvas de ruptura. As curvas de ruptura foram avaliadas para verificar a influência da vazão de alimentação da corrente gasosa e a variação da temperatura ao longo da coluna.

5.2.1.1 Efeito da vazão de alimentação

Os ensaios fluidodinâmicos permitiram avaliar os efeitos da vazão volumétrica de operação da coluna de desidratação na curva de ruptura (adsorção). As curvas de ruptura obtidas para este estudo são mostradas na Figura 5.6. O tempo de saturação considerado foi quando a concentração de saída (C) representou 95% da concentração inicial (C_0), ou seja, $C/C_0 = 0,95$.

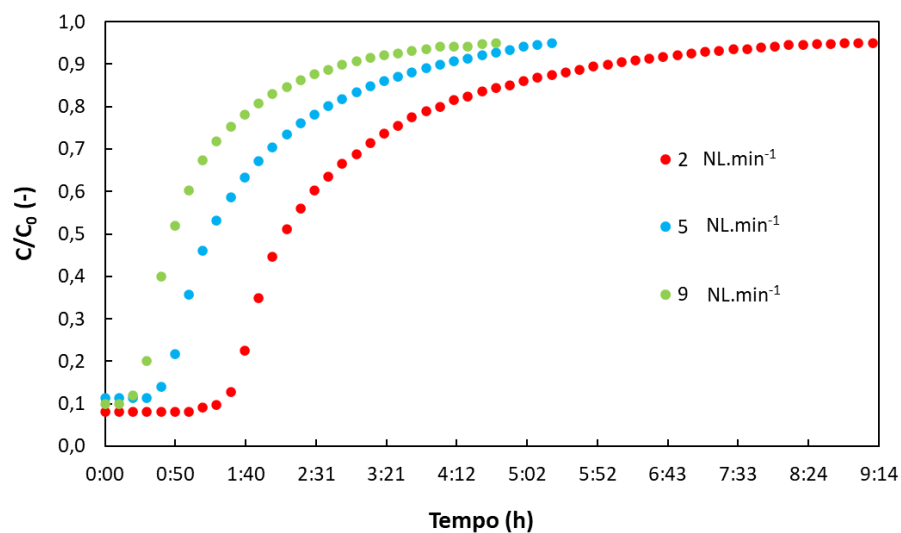


Figura 5.6. Curvas de ruptura para adsorção de água na zeólita chabazita para diferentes vazões de alimentação.

Verifica-se que à medida que a vazão de gás do sistema aumenta, o tempo de saturação do leito de adsorção diminui. O aumento da vazão de ar de 2,0 NL.min⁻¹ para 9,0 NL.min⁻¹ diminuiu o tempo de saturação do leito de 9:10 h para 4:50 h, diminuindo

também a capacidade de remoção de água, passando de 10,22 g para 8,39 g. Os resultados indicam que o uso de vazões maiores resulta em menores quantidades de água removida. Este fato pode ser atribuído a redução do tempo de residência do gás devido ao aumento da vazão.

FARAG *et al.* (2011) conduziram um estudo sobre as principais variáveis operacionais de uma unidade de desidratação por peneira molecular em uma planta piloto. Os resultados indicaram que um aumento na vazão de gás na entrada reduz a eficiência e diminui o tempo de ciclo de adsorção. Em termos de projeto, a melhoria da eficiência significa uma redução na quantidade de peneiras moleculares necessárias, o que leva a tamanhos menores de vasos.

A Tabela 5.3 apresenta os valores de quantidade de água adsorvida por grama de adsorvente presente no leito fixo (q_{exp}), calculada de acordo com a Equação 2.1.

Tabela 5.3. Parâmetros da coluna de desidratação em diferentes vazões de alimentação de gás.

Q (NL.min ⁻¹)	q_{exp} (g.g ⁻¹)	$m_{água}$ (g)	t_s (h)
2,0	0,1327	10,22	09:10
5,0	0,1251	9,63	05:20
9,0	0,1090	8,39	04:50

Ao analisar a Tabela 5.3, pode-se observar que a maior capacidade de adsorção da coluna (q_{col} , g.g⁻¹), bem com a maior quantidade de adsorção de água da coluna ($m_{água}$, g) correspondem à menor vazão de operação da coluna, que é de 2,0 NL.min⁻¹.

Um resultado similar foi encontrado por AKPASI; ISA (2022), que investigaram o efeito da vazão de gás no comportamento de adsorção de dióxido de carbono (CO₂) em carvão ativado, caulinita e um adsorvente compósito de carvão ativado-caulinita. Os resultados mostraram que a taxa de gás afeta significativamente a capacidade de adsorção do CO₂, em que uma vazão mais baixa obteve maior capacidade de adsorção. Verificou-se que reduzir a vazão de entrada do gás aumenta o tempo de contato. O tempo de retenção das moléculas de CO₂ no leito fixo é aumentado quando taxas de fluxo mais baixas são utilizadas, levando a uma alta quantidade de CO₂ adsorvido, uma vez que adsorvato tem mais tempo de residência no leito (AHMAD; HAMEED, 2010; SANTOS *et al.*, 2017).

AHN; LEE (2003) estudaram sobre a dinâmica de adsorção de água em um leito fixo através da regeneração por TSA. O estudo foi realizado por meio de testes experimentais e modelagem matemática e os resultados reforçaram que a dinâmica de adsorção de água no leito é influenciada pelos parâmetros operacionais de teste.

5.2.1.2 Análise da temperatura ao longo da coluna

A variação da temperatura em diferentes posições (sensores TT1, TT2 E TT3) ao longo da coluna de desidratação foi avaliada durante o processo de adsorção.

A Figura 5.7 A mostra a variação da temperatura nas três posições do leito ao longo do tempo durante a adsorção. É possível observar que, no tempo inicial da adsorção as

temperaturas das três posições são baixas e apresentam aproximadamente o mesmo valor. ALEGHAFOURI; DAVOUDI (2018) também observaram o mesmo fenômeno na modelagem do processo de adsorção por oscilação de pressão-temperatura em um sistema comercial de adsorção para remover água do gás natural.

As temperaturas aumentam à medida que a quantidade de água adsorvida aumenta, liberando calor ao longo do processo, em que a temperatura máxima corresponde ao máximo de calor liberado da adsorção e representa o movimento da zona de transferência de massa (GHOLAMI; TALAIE; ROODPEYMA, 2010). Conforme relatado por DJAENI *et al.* (2007), o calor de adsorção aumenta a temperatura do ar pois este é um processo exotérmico. A Figura 5.7 B mostra a curva de ruptura para a adsorção usada para avaliar o perfil de temperatura ao longo da coluna.

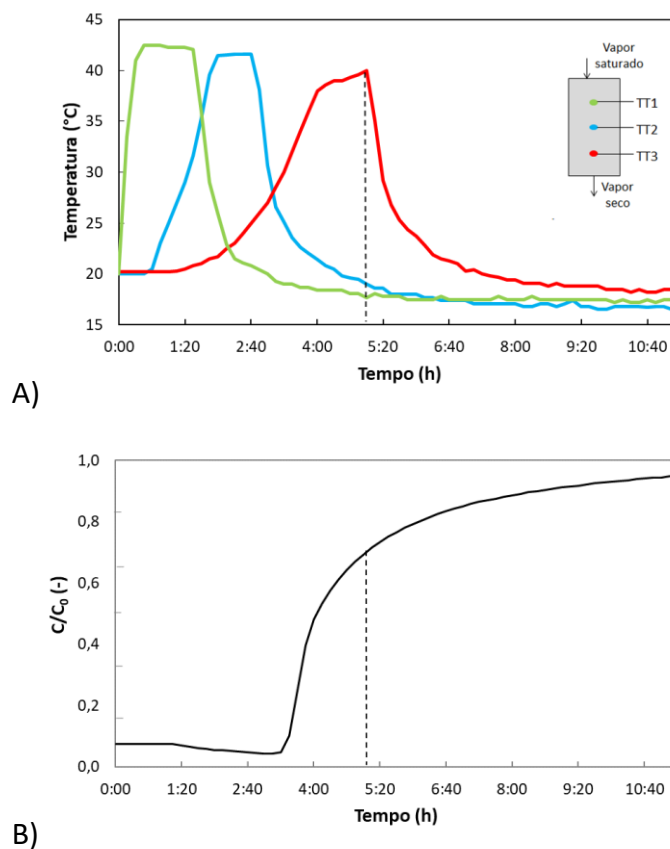


Figura 5.7. Adsorção para análise da temperatura A) Temperatura nas três posições do leito B) Curva de ruptura ao longo do tempo durante a adsorção.

Observa-se através da Figura 5.7 A que a temperatura registrada pelo sensor TT1 atingiu o seu pico em um tempo mais rápido que os demais sensores e do perfil da curva de ruptura. À medida que o gás úmido passa pela coluna e satura o adsorvente, a temperatura dentro da coluna aumenta devido ao calor de adsorção. Portanto os sensores mais ao topo da coluna apresentaram um perfil de temperatura mais curto, enquanto que o último sensor posicionado (TT3) apresentou um perfil de temperatura com pico próximo à metade da curva de ruptura, como indicado pelas linhas tracejadas nas Figuras 5.7 A-B. Como resultado, um amplo perfil de temperatura foi formado em

cada posição do leito. Isso ocorre pois o fluxo com alta concentração propaga mais rápido do que o fluxo com baixa concentração (KIM *et al.*, 2004; YANG, 1987).

A estrutura microporosa e a grande área de superfície da zeólita garantem a alta capacidade de adsorção do sólido. Uma significativa quantidade de calor é gerada durante o processo de adsorção de zeólita, uma vez que o sólido adsorve a água e libera calor durante o período de adsorção, enquanto que no processo de dessorção, opostamente, a água é dessorvida da peneira molecular ao receber calor através de um aquecedor externo (FENG *et al.*, 2021; MOHAMADBEIGY; FORSAT; BINESH, 2007).

5.2.2 Ciclos de desidratação

Seis ciclos de adsorção/dessorção foram realizados no método TSA e método por indução nas mesmas condições operacionais, com a configuração da coluna utilizando o encaixe de um *nipple* e comprimento de 26 cm, operando com um indutor.

5.2.2.1 Curvas de ruptura de água: Adsorção

As curvas de ruptura obtidas para os ciclos de adsorção do método TSA e por indução encontram-se na Figura 5.8, e foram obtidas através dos transmissores de umidade e temperatura a montante e a jusante da coluna de desidratação.

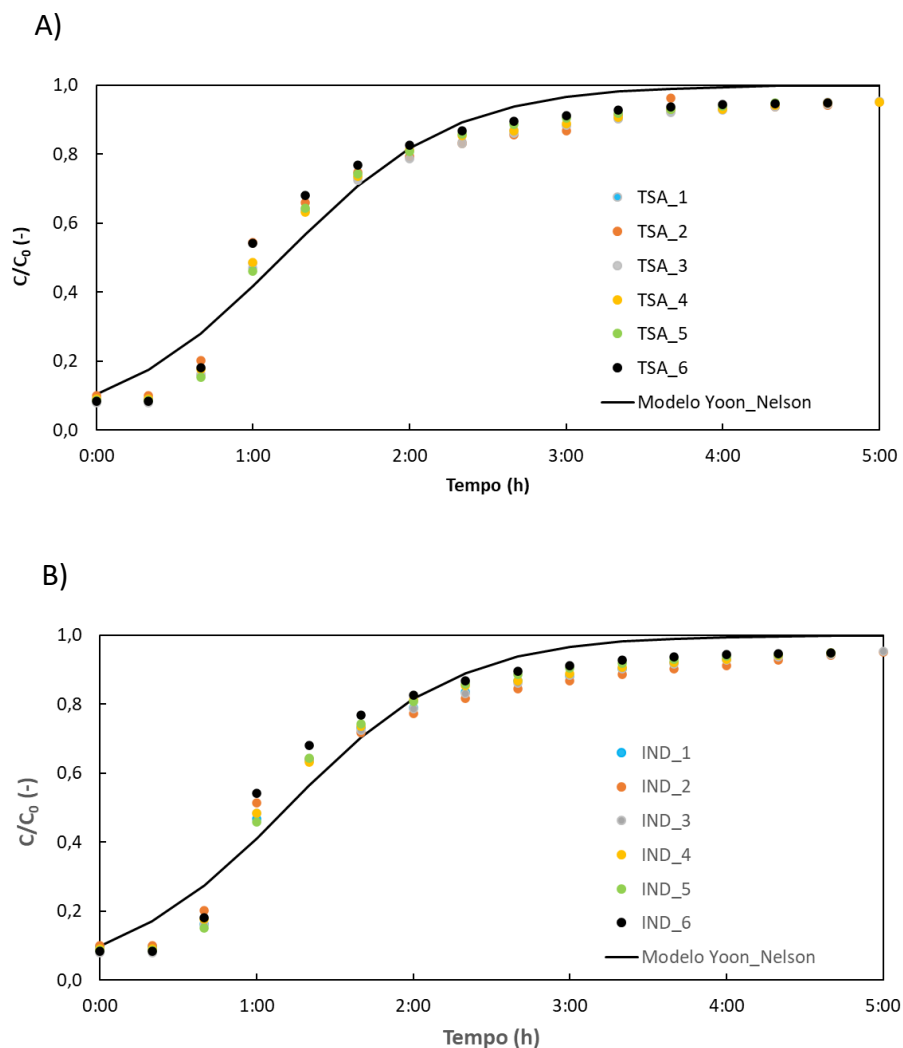


Figura 5.8. Curvas de adsorção de água em peneira molecular chabazita com dados experimentais e modelo A) Método TSA B) Método por indução.

À medida que ocorre a passagem de ar úmido ao longo da coluna, os poros da zeólita chabazita vão sendo preenchidos por moléculas de água, até a saturação. O modelo de Yoon-Nelson foi ajustado aos dados experimentais utilizando o Software Matlab R2012b e uma regressão não linear das Equações 2.2 e 2.3 para os seis ciclos de adsorção dos métodos TSA e indução para determinar o coeficiente de transferência de massa $k_{YN} (h^{-1})$, o tempo para o leito atingir 50% de saturação $\tau (h)$ e a capacidade total do leito q_{YN} . Estes coeficientes estão dispostos na Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Parâmetros obtidos para o modelo Yoon-Nelson através da análise dos seis ciclos de adsorção por TSA e indução.

Método	$k_{YN} (h^{-1})$	$\tau (h)$	$q_{YN} (g \cdot g^{-1})$	R^2	$q_{exp} (g \cdot g^{-1})$	MAPE (%)	SSE
TSA	1,83± 0,10	1,18± 0,03	0,112± 0,010	0,96± 0,01	0,108± 0,001	3,6	0,064± 0,009
Indução	1,84± 0,20	1,19± 0,04	0,113± 0,009	0,96± 0,01	0,107± 0,001	5,0	0,064± 0,009

Os parâmetros obtidos não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre cada método, demonstrando que as condições operacionais foram mantidas similares nos doze ciclos totais realizados de adsorção.

PARINYAKIT; WORATHANAKUL (2021) também utilizaram o modelo Yoon-Nelson para ajuste da adsorção em leito fixo do CO_2 e CH_4 utilizando peneira molecular 4A. O modelo ajustou bem aos dados experimentais e a zeólita 4A apresentou alta capacidade de adsorção para ambos os gases, sendo o CO_2 adsorvido com maior afinidade do que o CH_4 .

O coeficiente de determinação (R^2) indicou que o modelo ajustado de Yoon-Nelson reproduziu bem todas as curvas de ruptura, apresentando coeficientes superiores a 0,95. Adicionalmente, quanto menor o valor da soma dos erros quadráticos (SSE), menor é a magnitude dos erros cometidos pelo modelo. O erro percentual absoluto médio (MAPE) entre a capacidade total do leito prevista pelo modelo e o valor experimental obtido foi de 3,6% e 5,0% para os métodos TSA e por indução, respectivamente. Conforme MCLAUGHLIN; MAGEE (1998), um erro percentual menor do que 10% indica um bom ajuste do modelo. Similarmente, CARVALHO *et al.* (2023) utilizaram o modelo Yoon-Nelson para avaliar a desidratação do fluxo de gás em uma coluna de adsorção de leito fixo usando uma peneira molecular 4A. Os dados experimentais descritos pelo modelo de Yoon-Nelson foram satisfatórios devido aos altos valores do coeficiente de determinação (R^2).

5.2.2.2 Dessorção

A Figura 5.9 mostra as curvas de dessorção (regeneração térmica) através da zeólita chabazita pré-saturada nos experimentos de curva de ruptura (adsorção) mostrados na Figura 5.8. Cada ciclo completo é composto de adsorção e dessorção, em que o mesmo número em cada processo de aquecimento (TSA e indução) corresponde ao mesmo ciclo.

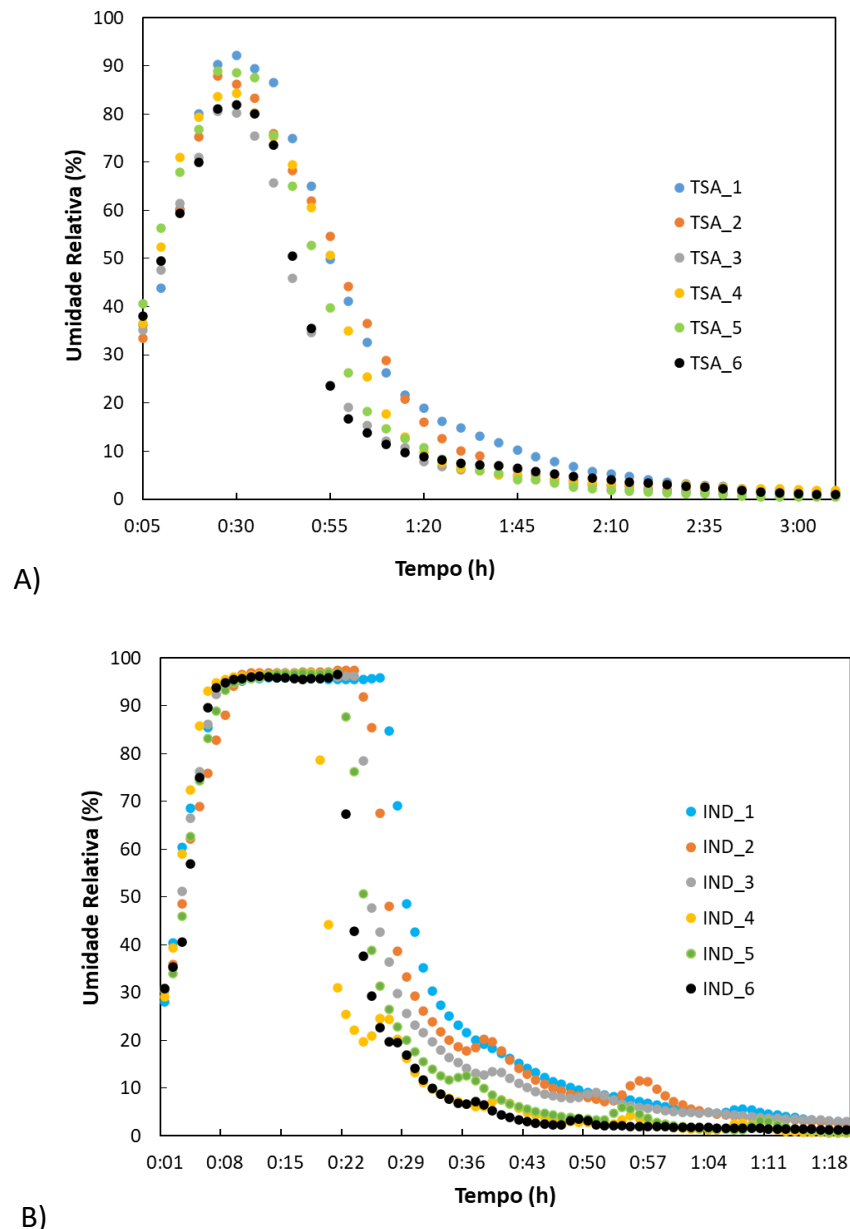


Figura 5.9. Curvas de dessorção de água em peneira molecular chabazita A) Método TSA B) Método por indução.

Através da Figura 5.9 e análise do teste t de *Student*, observa-se que a umidade relativa inicial apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os dois métodos de aquecimento. Enquanto o método TSA apresentou uma umidade relativa média inicial de $36,6 \pm 1,7$ %, o método por indução exibiu uma umidade relativa média inicial de $30,0 \pm 0,9$ %. Porém, à medida que a zeólita vai sendo aquecida (tanto por ar quente do método TSA quanto pelo campo magnético gerado no método por indução), a umidade relativa medida na saída da coluna vai aumentando, pois o vapor de água vai dessorvendo da estrutura do sólido. A dinâmica da dessorção mostrou que no método por indução o tempo de regeneração pode ser reduzido para um período de 1:20 h, que é pelo menos 50% inferior do que o tempo de regeneração pelo processo TSA, nos parâmetros avaliados. Devido ao fato de que o uso do aquecimento por indução permite um controle de temperatura localizado e preciso, é possível observar que, mesmo com uma umidade

relativa média inicial inferior no método por indução, a umidade máxima atingida nos ciclos deste método é superior àquela do ciclo TSA, mantendo-se por mais tempo neste nível, o que indica uma maior remoção de umidade. Adicionalmente, caudas mais curtas foram observadas quando o aquecimento por indução foi utilizado, demonstrando assim, ser um método mais rápido quando comparado ao método TSA.

GHOLAMI *et al.* (2022) realizaram um estudo sobre o uso do aquecimento por indução como método alternativo de aquecimento o processo de captura de carbono. O estudo investigou o potencial do aquecimento por indução como uma alternativa eficiente e sustentável aos métodos convencionais de aquecimento, como TSA. Os resultados mostraram que o aquecimento por indução pode proporcionar uma distribuição de calor mais uniforme, maior eficiência energética e tempos de aquecimento mais rápidos em comparação com o método convencional.

A Figura 5.10 mostra os perfis de temperatura na coluna nos dois métodos avaliados. As temperaturas da zeólita dentro da coluna e de entrada e saída do gás no leito são apresentadas.

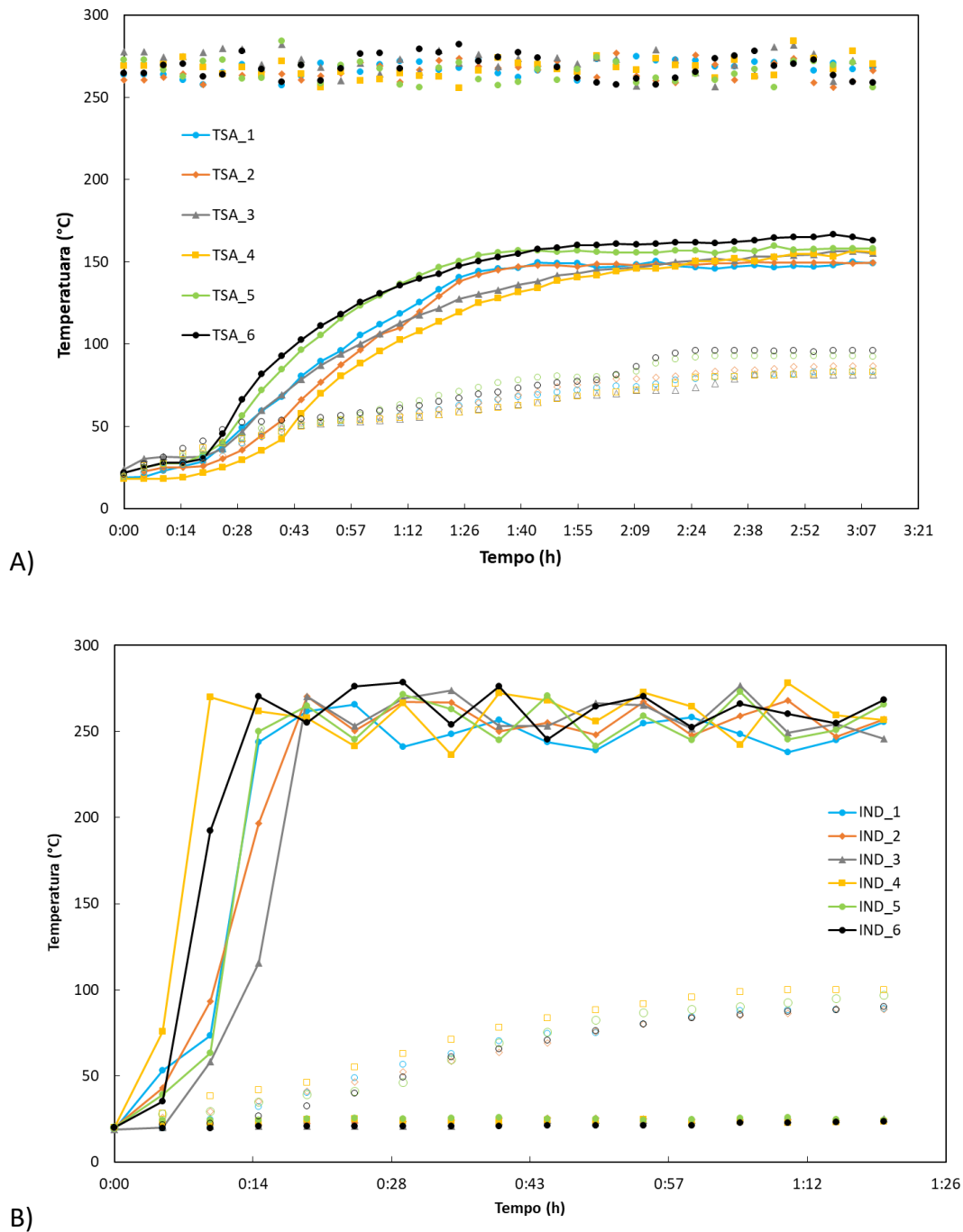


Figura 5.10. Perfis de temperatura da zeólita dentro da coluna (ícone com linha), entrada do gás (ícone com preenchimento) e saída do gás (ícone sem preenchimento) A) Método TSA B) Método por indução.

As temperaturas das zeólitas dentro do leito no método TSA, na altura de 12 cm do topo da coluna, são significativamente mais baixas ($p < 0,05$) do que as temperaturas do sólido no método por indução, devido às limitações de transferência de calor pertencentes ao aquecimento convectivo e também ao aquecimento homogêneo e rápido do método por indução. Observa-se que devido a este rápido aquecimento na indução, a temperatura máxima da zeólita é atingida em cerca de 10 minutos, enquanto

no método convencional esse tempo aumenta para aproximadamente 01:40h. Além disso, observa-se que a temperatura média de entrada do gás da coluna no método por indução é de 23 ± 1 °C, pois o gás entra à temperatura ambiente no leito. Já a temperatura média de entrada do gás no método TSA é de 270 ± 11 °C. Finalmente, a temperatura média de saída do gás da coluna vai aumentando ao longo dos dois métodos, até atingir um platô. O valor médio de saída do gás no método TSA é 62 ± 19 °C e no de indução é 77 ± 25 °C. Em ambos os casos os desvios apresentam-se elevados devido ao perfil se apresentar como uma rampa de temperatura.

A temperatura da zeólita dentro do leito aquecido por indução foi, em média 166% superior à temperatura da zeólita quando utilizado o aquecimento TSA. A temperatura do adsorvente é o fator chave que rege a cinética de dessorção, uma vez que conduz a difusividade dos adsorvatos nos poros do adsorvente (ABOHAMZEH; FREY, 2022). É possível observar que nos experimentos realizados, a temperatura da zeólita é expressivamente maior na indução ($p < 0,05$), em que o calor é dissipado rapidamente dentro da estrutura sólida do adsorvente, através do contato com a coluna, que aquece e transfere calor para o sólido rapidamente. No método TSA, a transferência de calor por convecção é mais lenta (SADIQ; SUZUKI; HILL, 2018). Na técnica MISA proposta por LI *et al.* (2016), o adsorvente é primeiramente aquecido, pois apresenta propriedades magnéticas e no campo magnético correntes induzidas são provocadas, gerando calor.

O controle de temperatura mais efetivo observado na técnica proposta apresenta maior potencial para minimizar a formação de coque, deposição de carbono sólido em leitos de sólidos porosos. Esse acúmulo de carbono pode causar problemas operacionais, reduzindo a eficiência do processo e exigindo manutenção frequente. Este controle de temperatura mais abrangente também colabora para evitar a condensação retrógrada, caracterizada pela ocorrência de uma queda na temperatura do gás desidratado, resultando na condensação de água e hidrocarbonetos mais pesados. Isso ocorre devido ao domínio da estratégia de aquecimento no leito, uma vez que o maior número de graus de liberdade para o controle da temperatura no leito permite manter uma homogeneidade da temperatura na coluna, diferentemente do gás pré-aquecido no método convencional.

5.2.3 Capacidade de adsorção

Após os seis ciclos de adsorção/dessorção no método TSA e método por indução, a zeólita chabazita não apresentou mudanças na capacidade de adsorção, o que pode estar relacionado à estabilidade frente aos efeitos hidrotérmicos devido ao fato da zeólita se apresentar na forma cristalina e a ausência de substâncias orgânicas pesadas no interior dos poros, como o coque, que colabora na desativação das peneiras moleculares pois bloqueia os poros. Este fato é ilustrado na Figura 5.11.

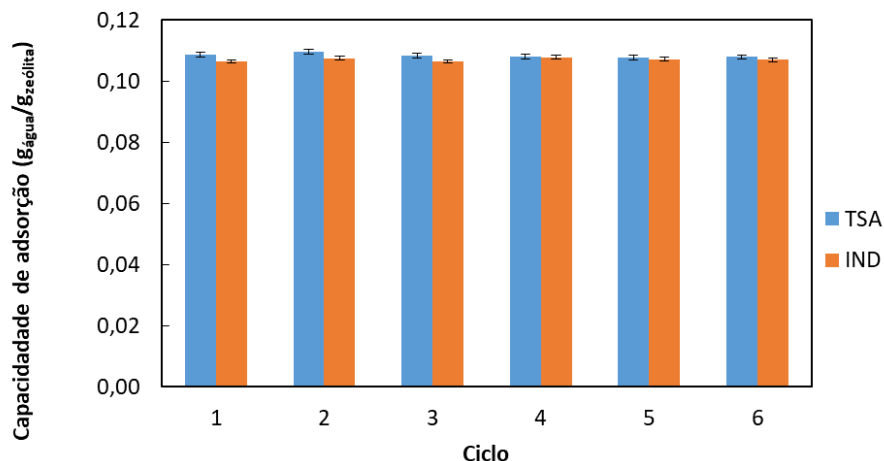


Figura 5.11. Capacidade de adsorção nos seis ciclos de Adsorção como as barras de erro representando $\pm 0,0008$ desvio padrão para o método TSA e $\pm 0,0006$ desvio padrão para o método por indução (IND).

Esses resultados estão de acordo com a pesquisa realizada por CHERBAŃSKI *et al.* (2011). Os autores avaliaram a capacidade de adsorção de uma peneira molecular 13X para os adsorvatos acetona e tolueno utilizando micro-ondas na regeneração. Após seis ciclos de adsorção/dessorção, a capacidade de adsorção da zeólita permaneceu praticamente constante em aproximadamente $0,12 \text{ (kg.kg}^{-1}\text{)}$, utilizando a acetona como adsorvato e aproximadamente $0,14 \text{ (kg.kg}^{-1}\text{)}$ para tolueno. Os autores concluíram que as micro-ondas não alteram a capacidade de adsorção da peneira molecular nas condições estudadas.

5.2.4 Eficiência de dessorção

No experimento de dessorção, o vapor de água dessorvido foi transformado em gotas de água através de um sistema de condensação. As gotas foram pesadas ao longo do tempo, permitindo analisar a eficiência de dessorção, conforme mostrado na Figura 5.12.

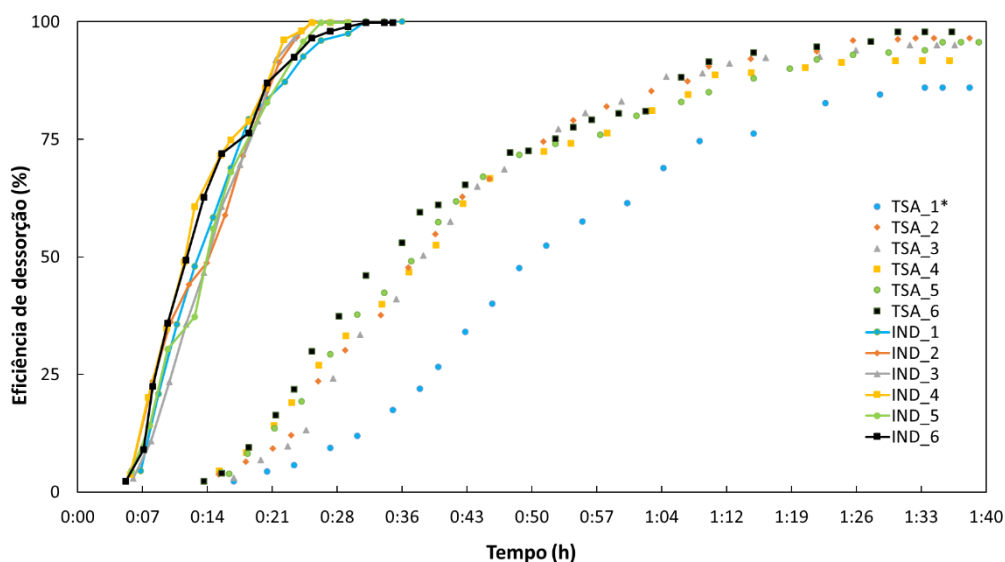


Figura 5.12. Eficiência de dessorção com uma função de tempo para os métodos de dessorção por TSA (símbolo) e indução (símbolo com linha).

*O ciclo 1 do método TSA não utilizou a temperatura de $0 \pm 2^\circ\text{C}$ do sistema de condensação térmica.

Observa-se que o método por indução apresentou eficiências máximas médias superiores ($p < 0,05$), com valor de $99,9 \pm 0,1\%$, enquanto que o método TSA apresentou eficiência de $93,8 \pm 4,3\%$, atingida em um tempo maior do que na indução. Uma das razões para um desvio maior no método TSA é a curva do ciclo 1, que apresentou um maior desvio em relação à média. Nota-se uma inclinação menor dessa curva, indicando uma maior lentidão para atingir a dessorção máxima, que foi de $86,0\%$. Tal fato ocorreu, pois, diferentemente dos demais testes, a condensação desse primeiro ciclo de dessorção utilizou água à temperatura ambiente e possivelmente o vapor não resfriou o suficiente para condensar as moléculas de água, que foram dispersas em forma de vapor juntamente com a corrente de gás.

A energia fornecida pela indução foi capaz de penetrar nas partículas da zeólita chabazita, gerando calor de forma mais rápida (maiores temperaturas) e uniforme, o que facilitou a liberação da água adsorvida, possibilitando a obtenção de eficiências de dessorção $6,1\%$ maiores, confirmando o fato de que o aquecimento convencional é limitado por mecanismos de transferência de calor convencionais, resultando em uma resposta de temperatura lenta. Adicionalmente o tempo médio para obter a maior eficiência de dessorção no método TSA foi de $01:38 \pm 00:02$ h, enquanto que esse tempo reduziu para $00:28 \pm 00:02$ h no método por indução.

Um comportamento similar foi encontrado por FAYAZ *et al.* (2015) ao investigar o uso do aquecimento por micro-ondas para melhorar a eficiência de dessorção de compostos orgânicos voláteis (VOCs) de alto peso molecular a partir de carvão ativado em forma de esferas. Os efeitos do aquecimento por micro-ondas na dessorção de VOCs foram comparados ao aquecimento convencional. Os resultados mostraram que o aquecimento por micro-ondas foi capaz de alcançar uma dessorção mais eficiente em comparação com o aquecimento convencional, gerando calor de forma mais rápida e uniforme.

ITO *et al.* (2012) também quantificaram o efeito de micro-ondas na dessorção de vapor de água de um leito de zeólita, comparando a dessorção usando ar quente (TSA) e aquecimento por micro-ondas. Os resultados mostraram que o aquecimento por micro-ondas é eficaz para dessorção no início, atingindo uma eficiência máxima (η) de 0,484 em 2 minutos de dessorção, versus uma eficiência de 0,384 utilizando ar quente à 75°C.

Similarmente, CHERBAŃSKI *et al.* (2011) também obtiveram melhores eficiências ao utilizar um método de aquecimento alternativo ao convencional (TSA) na regeneração. Os resultados mostram que, no caso de dessorção de acetona, a eficiência de dessorção obtida foi 2,5 vezes maior sob irradiação de micro-ondas do que o método TSA. Já para a dessorção de tolueno, as eficiências sob micro-ondas são ligeiramente maiores (1,2 a 1,5 vezes) em comparação com aqueles sob aquecimento convencional.

Portanto a maior temperatura do adsorvente no método por indução, em comparação com TSA, é responsável pelo aumento observado da eficiência de dessorção por indução. Similarmente, TAO *et al.* (2020) utilizaram a indução para dessorver CO₂ de MOFs e obtiveram quase 100% da eficiência de dessorção.

5.2.5 Análise da energia utilizada para a regeneração

O consumo de energia é um fator importante que contribui para o aumento do custo operacional e emissões de uma unidade de tratamento de gás natural. Portanto a análise de métodos alternativos para a redução do consumo de energia, com base nos parâmetros de projeto e nos dados industriais disponíveis, ajuda no gerenciamento eficiente de energia.

A quantidade de energia requerida para a regeneração da zeólita chabazita envolve a energia necessária para elevar a temperatura da zeólita, romper as ligações químicas entre as moléculas de água e o adsorvente, e aumentar a temperatura da coluna de desidratação, conforme a Equação 3.4. Já as perdas englobam: perdas por dissipação de calor, para o ar quente (Equações 3.14 e 3.11, respectivamente) e para aquecer inicialmente o ar até 270°C. A Figura 5.13 ilustra uma representação proporcional das distribuições de energia observadas nos dois métodos de aquecimento ao longo dos seis ciclos de dessorção.

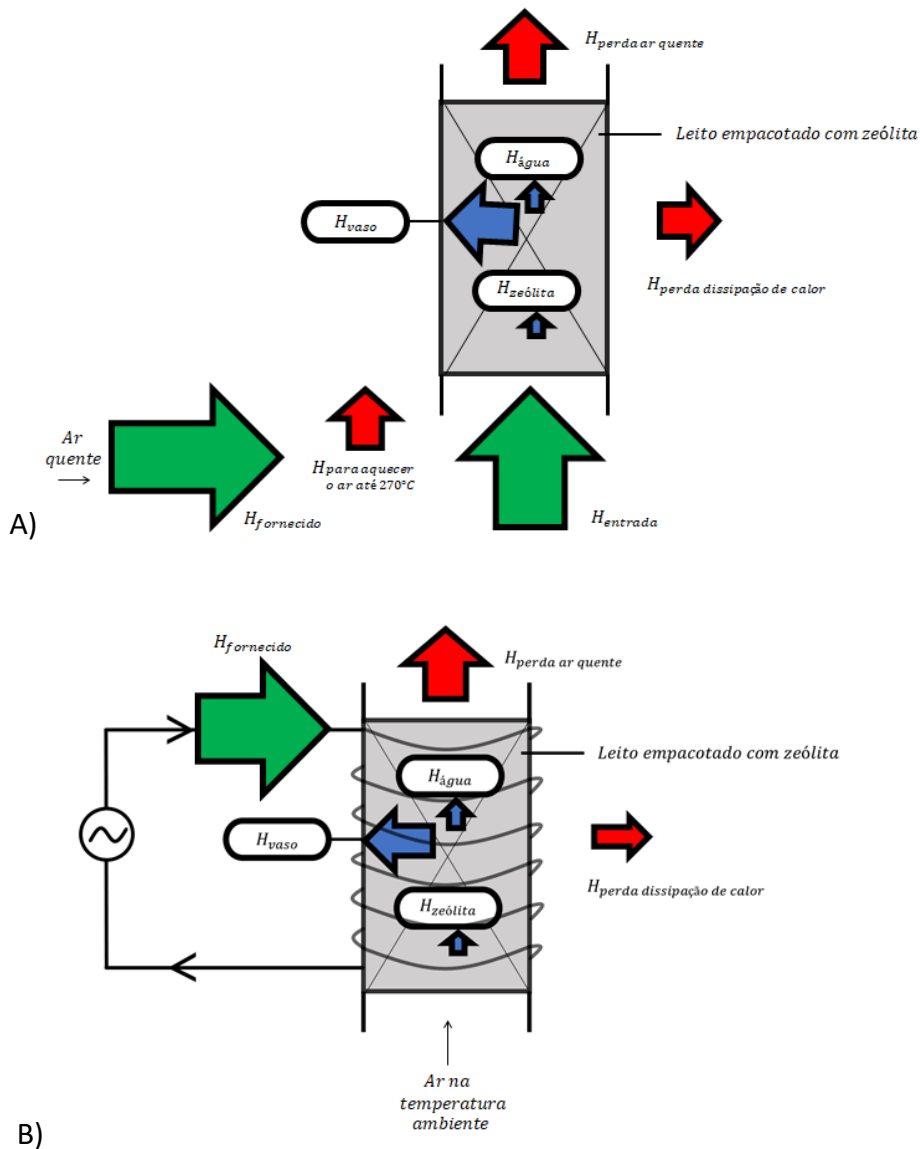


Figura 5.13. Representação esquemática do consumo de energia na dessorção A) Método TSA B) Método por indução.

Na representação da Figura 5.13, o $H_{\text{fornecido}}$ corresponde à energia fornecida ao sistema, e é mensurada por um wattímetro. Já o H_{entrada} representa a quantidade de energia total que foi fornecida no método TSA, após perda energética para aquecer o ar até o mesmo atingir 270°C antes de entrar na coluna. Em ambos os métodos o tamanho das setas representa, proporcionalmente, a média do consumo energético dos seis ciclos de dessorção.

Os resultados dos vários componentes do gasto energético da regeneração nos métodos TSA e por indução nos seis ciclos de dessorção são mostrados na Figura 5.14, incluindo as perdas. Todos os valores de energia calculados estão normalizados pela quantidade de H_2O produzida, gerando um valor em $\text{MJ.kg H}_2\text{O}^{-1}$.

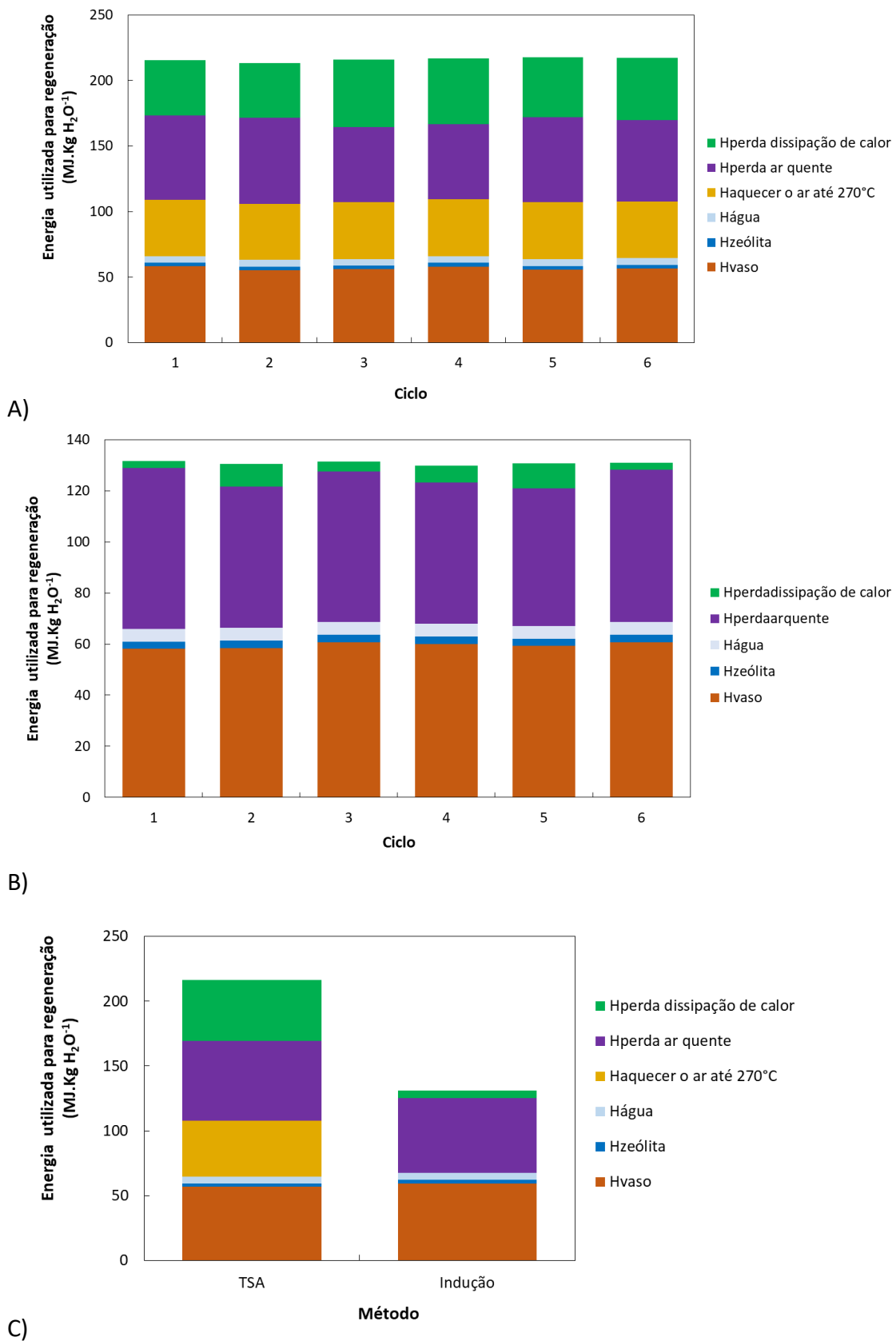


Figura 5.14. Detalhamento da demanda de energia nos ciclos de desorção. A) Método TSA B) Método por indução C) Comparação da média dos métodos.

A carga mínima total de energia utilizada para a dessorção nos dois métodos avaliados é semelhante para os seis experimentos realizados em cada método ($p > 0,05$). Porém ao comparar os dois métodos, verifica-se que o método TSA utilizou, em média, $216,1 \pm 1,6$ MJ.kg H₂O⁻¹, enquanto que o método por indução reduziu essa carga para $130,9 \pm 0,7$ MJ.kg H₂O⁻¹. Uma das razões para uma maior demanda de energia no método TSA são maiores perdas de calor e taxas de aquecimento mais lentas durante o aquecimento convencional.

Observa-se que o total de perdas do método TSA, incluindo a perda inicial de calor para aquecer o ar até 270°C, o calor que o ar quente carrega ao sair da coluna e a dissipação de calor do sistema foi de $151,7 \pm 1,8$ MJ.kg H₂O⁻¹, enquanto que no método por indução, as perdas totalizaram $69,4 \pm 4,8$ MJ.kg H₂O⁻¹, representando 70% e 53% da energia total utilizada, respectivamente. VAN SCHAGEN; VAN DER WAL; BRILMAN (2022) avaliaram a dessorção de CO₂ utilizando micro-ondas e as perdas de energia no sistema experimental representaram entre 35% a 70%. Essas perdas estão de acordo com a previsão de perdas de um processo de desidratação, conforme GPSA (2004) e GANDHIDASAN; AL-FARAYEDHI; AL-MUBARAK (2001).

O uso da indução resultou em uma redução de 40% do consumo da energia utilizada para regenerar uma massa constante de zeólita saturada com água em comparação com o aquecimento convencional (TSA). A potência utilizada nos sistemas de aquecimento foi mensurada através do wattímetro conectado aos aquecedores. O método de aquecimento convencional utilizou uma potência média de 710 ± 25 W e o método por indução 850 ± 36 W. Apesar do sistema alternativo por indução utilizar uma potência média aplicada superior ao sistema de aquecimento convencional, a energia média total necessária para regeneração completa com a indução representou, aproximadamente, 60% do consumo de energia no método convencional.

A Tabela 5.5 contempla alguns resultados da quantidade de energia utilizada para regeneração de alguns processos encontrados na literatura. É importante notar que a quantidade de energia utilizada para regenerar o adsorvente pode variar dependendo do tipo específico de sólido, dos adsorvatos e das condições de operação do processo.

Tabela 5.5. Energia utilizada no processo de regeneração.

Método	Energia utilizada média para os ciclos deste trabalho	Energia utilizada média encontrada na literatura	Autores
TSA	216,1 ± 1,6 MJ.(kg H ₂ O) ⁻¹	20,3 MJ.kg H ₂ O ⁻¹	POLAERT <i>et al.</i> (2007)
		10 - 55 MJ.kg CO ₂ ⁻¹	BOS; PIETERSEN; BRILMAN (2019)
Indução	130,9 ± 0,7 MJ.(kg H ₂ O) ⁻¹	3,96 MJ.kg CO ₂ ⁻¹	LIN <i>et al.</i> (2020)
		5,16 MJ.kg CO ₂ ⁻¹	SADIQ <i>et al.</i> (2016)

Os valores observados no presente trabalho são superiores aos encontrados na literatura, porém os parâmetros de processo não são similares. Conforme descrito no item 3.4.5 deste trabalho, fatores operacionais podem influenciar na energia utilizada no processo. Adicionalmente, as perdas contribuíram para um maior consumo de energia, uma vez que um isolamento completo do sistema poderia diminuir as perdas por dissipação de calor, além de permitir a utilização de uma temperatura de dessorção inferior, devido a maior eficiência do processo, contribuindo assim para a redução da perda por ar quente e para aquecer o ar até 270°C. Nenhum dado para análise de consumo energético da regeneração da zeólita com captura de água utilizando a indução foi encontrado na literatura. Porém SADIQ *et al.* (2020) estudaram sobre nanocompósitos porosos projetados para captura de carbono, que demonstraram custos energéticos baixos. O estudo envolveu o desenvolvimento de materiais porosos e a utilização de *magnetic induction swing adsorption* (MISA) para minimizar a energia necessária para regeneração e liberação do CO₂ capturado. Os resultados mostraram que a energia requerida para regeneração e liberação do CO₂ foi notavelmente baixa em comparação com outras tecnologias de captura de carbono.

O grupo foi pioneiro na introdução da técnica MISA e em 2016, ano da primeira publicação do grupo sobre a técnica, SADIQ *et al.* utilizaram nanopartículas de MgFe₂O₄ e MOF UiO-66, como adsorvente na captura de CO₂. A eficiência da MISA chegou a 60% em apenas uma escala de grama. A rápida regeneração utilizando indução demonstra o potencial do método para aumentar a produtividade do ciclo e reduzir a penalidade de energia dos processos TSA.

5.2.6 Eficiência dos métodos de aquecimento

A Tabela 5.6 apresenta a eficiência de cada ciclo nos dois métodos de aquecimento utilizados na dessorção.

Tabela 5.6. Eficiência dos ciclos utilizando o aquecimento por TSA e indução.

Método	Energia requerida para regeneração (kJ)	Energia fornecida para o sistema (kJ)	Eficiência de energia, η (%)
TSA	536,5 ± 10,4	1800	29,81 ± 0,01
Indução	556,5 ± 10,0	1080	51,53 ± 0,01

Verifica-se, através da análise da Tabela 5.6, que as eficiências de energia dos dois métodos apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) e diferem entre si. A eficiência pelo método por indução é 172,86 % superior à eficiência do método convencional. A dessorção da água por indução apresentou-se como um processo mais rápido do que o processo convencional (TSA). Uma dessorção mais rápida é equivalente a uma dessorção com menor consumo de energia, menos desperdício de energia na forma de perdas de calor para o ambiente e, portanto, apresenta-se mais eficiente.

LIN *et al.* (2020) utilizaram o aquecimento por indução (MISA) para a captura de CO₂ utilizando adsorventes magnéticos e o sistema proposto atingiu uma eficiência energética de 79,2%. Sendo as características de aquecimento controláveis e precisas no aquecimento por indução, a eficiência energética no trabalho apresentou-se superior do que a eficiência do aquecimento TSA, em que a transferência de calor ocorre por convecção.

Esses resultados indicam que o aquecimento por indução tem o potencial de se tornar uma opção viável e vantajosa para o aquecimento durante o processo de desidratação de gás natural, contribuindo para a eficiência e sustentabilidade das tecnologias de aquecimento do processo. A indução também poderia ser utilizada com adsorventes com propriedades magnéticas ou até mesmo partículas magnéticas em contato com o sólido para otimizar ainda mais o aquecimento, uma vez que o sólido seria aquecido diretamente. Devido aos resultados encontrados, e o fato de que o trabalho apresenta o diferencial da utilização de uma técnica de aquecimento já existente (indução) em um processo químico que utiliza comercialmente outra forma de aquecimento, e que ainda não testou a técnica proposta, o trabalho será submetido a uma patente. O Anexo 1 contempla a base de patentes utilizada para avaliação da aplicação.

Capítulo 6 – Considerações Finais e Sugestões para Trabalhos Futuros

Neste capítulo, são apresentadas as conclusões obtidas com a realização deste trabalho e, em seguida, são sugeridos tópicos para trabalhos futuros.

6.1 Conclusões

Nesse trabalho foi projetada e construída uma unidade de bancada de desidratação de gás natural para avaliação da regeneração utilizando o método convencional de aquecimento (TSA) e uma técnica alternativa (indução). Atualmente a planta encontra-se instalada para conduzir experimentos práticos de desidratação, com versatilidade na troca do método de aquecimento e um monitoramento apropriado das variáveis experimentais.

Tomou-se conhecimento da fluidodinâmica da coluna adsorvente de leito fixo construída. Verificou-se que ao aumentar a taxa do fluxo de gás, a remoção de vapor de água diminui, além de confirmar a natureza exotérmica da adsorção.

A zeólita utilizada nos ensaios de desidratação teve suas propriedades avaliadas antes e depois dos ciclos de desidratação no método TSA e por indução. Os resultados mostraram que não houve alteração na estrutura do sólido, independentemente do método de aquecimento utilizado, indicando que o tipo de aquecimento dos ensaios de desidratação não interferiu na estrutura do material.

Nos experimentos de desidratação realizados na unidade, foi possível aplicar o modelo de Yoon-Nelson na adsorção, que previu satisfatoriamente o comportamento das curvas de ruptura, com R^2 equivalentes a $0,96 \pm 0,01$ para os métodos TSA e por indução, além da capacidade total do leito prevista pelo modelo apresentar um erro $\leq 5,0\%$ entre o valor experimental nos ensaios realizados. As curvas de dessorção mostraram que, nas condições avaliadas, o tempo de regeneração no método por indução foi pelo menos 50% inferior do que o tempo de regeneração pelo processo TSA, devido a um aquecimento mais homogêneo observado no método por indução, que também apresentou um melhor domínio da estratégia de aquecimento no leito, com valor da temperatura média da zeólita dentro do leito aquecido 166% superior do que o aquecimento TSA, indicando uma rápida transferência de calor e domínio da estratégia de aquecimento do leito quando a indução é utilizada, o que apresenta elevado potencial para reduzir a formação de coque e não apresentar condensação retrógrada.

Não foram identificadas diferenças na capacidade de adsorção da zeólita utilizada nos dois métodos, porém a porcentagem de água removida durante o processo de regeneração em relação à quantidade total de água adsorvida (eficiência de dessorção) no método por indução foi 6,1 % superior ao método convencional. Adicionalmente, a liberação da água adsorvida ocorreu de forma mais rápida, utilizando 30 % do tempo demandado no método TSA para liberar a maior quantidade de água adsorvida.

Por fim, verificou-se que uso da indução reduziu em 40% o consumo da energia utilizada para dessorver uma mesma massa de zeólita, em que as perdas de energia representaram 70 % e 53 % da energia total utilizada nos métodos TSA e por indução, respectivamente. A eficiência do novo método proposto foi 172,86 % superior à eficiência do método convencional. Esses resultados indicam que o aquecimento por indução tem o potencial de se tornar uma opção viável e vantajosa de aquecimento durante o processo de desidratação gás, podendo melhorar a eficiência da dessorção de zeólitas em aplicações industriais.

O uso da tecnologia de indução para regeneração da zeólita chabazita em escala industrial parece ser um potencial interesse econômico, especialmente em um contexto de redução do consumo global de energia e redução do tempo de processos, visando à redução de *cycle time*. Embora a regeneração por indução se mostre mais eficiente em comparação com a regeneração convencional, a aplicação de uma regeneração utilizando esta nova forma de aquecimento em um processo industrial precisa ser desenvolvida, portanto, maiores estudos de design e projetos do processo de indução devem ser considerados para avaliar a escalabilidade de um processo de desidratação de gás assistido por indução.

6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Este trabalho abre as portas para estudos da aplicação da indução na desidratação de gás natural. Como sugestões para trabalhos futuros, sugere-se:

- Implementar um melhor isolamento térmico do sistema para diminuir as perdas de calor;

-
- Realizar medições do campo magnético gerado pelo indutor para melhor entendimento da distribuição de calor na indução e padronização dos experimentos;
 - Avanço na investigação da cinética de adsorção e dessorção com o processo de regeneração por indução;
 - Avaliação do desempenho de uma variedade de adsorventes utilizando a indução como aquecimento, incluindo adsorventes com propriedades magnéticas e diferentes geometrias / condições de operação;
 - Realizar testes de desidratação com uma faixa mais abrangente de vazão e pressão do gás para avaliar os efeitos na eficiência do método de aquecimento.

Referências

- ABOHAMZEH, E; FREY, G. Numerical Investigation of the Adsorption Process of Zeolite/Water in a Thermochemical Reactor for Seasonal Heat Storage. **Energies**, v. 15, n. 16, 2022.
- AHMAD, A. A.; HAMEED, B. H. Fixed-bed adsorption of reactive azo dye onto granular activated carbon prepared from waste. **Journal of Hazardous Materials**, v. 175, n. 1–3, p. 298–303, 2010.
- AHN, H; LEE, C. H. Adsorption dynamics of water in layered bed for air-drying TSA process. **AIChE Journal**, v. 49, n. 6, p. 1601–1609, 2003.
- AKPASI, S. O.; ISA, Y. M. Effect of operating variables on CO₂ adsorption capacity of activated carbon, kaolinite, and activated carbon – Kaolinite composite adsorbent. **Water-Energy Nexus**, v. 5, p. 21–28, 2022.
- ALEGHAFOURI, A; DAVOUDI, M. Modeling and simulation of a pressure–temperature swing adsorption process for dehydration of natural gas. **Adsorption**, v. 24, n. 1, p. 121–133, 2018.
- ALMEIDA, A. **Estudo numérico de colunas de adsorção de leito fixo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- AMBRELL. **Aquecimento por Indução: Bobinas de indução**. New York: Ambrell, 2018. 4 p.
- ANDRADE, J. **Avaliação da disponibilidade de nitrogênio encapsulado em zeólita 4A na fertilização de substrato natural para cultivo de milho**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- BAKHTYARI, A; MOFARAH, M; LEE, C. H. CO₂ adsorption by conventional and nanosized zeolites. *Em*: RAHIMPOUR, M. R.; MAKAREM, M. A.; FARSI, M. (org.). **Advances in Carbon Capture: Methods, Technologies and Applications**. 1. ed. Shiraz: Woodhead Publishing, 2020. p. 193–228. *E-book*. Disponível em:

https://www.google.com.br/books/edition/Advances_in_Carbon_Capture/sdPVDwAAQB_AJ?hl=en&gbpv=1&dq=Advances+in+Carbon+Capture+Methods,+Technologies+and+Applications+Book+%E2%80%A2+2020&printsec=frontcover. Acesso em: 14 jan. 2023.

BATISTEL, N. **Estudo de adsorção de Cr(VI) em coluna de leito fixo utilizando rejeito de carvão**. 2018. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

BECHTEL SAIC COMPANY; U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Heat Capacity Analysis Report**. Las Vegas: [1 ed.], 2004.

BELLUSCI, M *et al.* Fe₃O₄@HKUST-1 magnetic composites by mechanochemical route for induction triggered release of carbon dioxide. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 328, p. 111458, 2021. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2021.111458>. Acesso em: 27 mar. 2023.

BORTOLATTO, L. **Desenvolvimento de Materiais Estruturados Hierarquicamente a partir de Zeólitas do Tipo Y**. 2019. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

BOS, M. J.; PIETERSEN, S.; BRILMAN, D. W. F. Production of high purity CO₂ from air using solid amine sorbents. **Chemical Engineering Science: X**, v. 2, 2019.

BP. **Statistical Review of World Energy**. 2023. Disponível em:

<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. Acesso em: 9 fev. 2023.

CALDEIRA, V. **Avaliação da síntese e caracterização de zeólia ZSM-5 ausente de direcionador orgânico estrutural**. 2011. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

CALERO, M. *et al.* Study of Cr (III) biosorption in a fixed-bed column. **Journal of Hazardous Materials**, v. 171, n. 1–3, p. 886–893, 2009. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.06.082>. Acesso em: 21 abr. 2023.

CANTELI, A. M. D. *et al.* Fixed-bed column adsorption of the coffee aroma compound benzaldehyde from aqueous solution onto granular activated carbon from coconut husk.

LWT - Food Science and Technology, v. 59, n. 2, p. 1025–1032, 2014. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.015>. Acesso em: 20 abr. 2023.

CARVALHO, G. *et al.* Breakthrough analysis of continuous fixed-bed dehydration of gas streams using 4A zeolite molecular sieve. **Acta scientiarum. Technology**, 2023.

CARVALHO, A. P. **Caracterização de peneiras moleculares com dasativação prematura em unidade off shore de desidratação de gás do pré-sal**. 2018. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Ilha do Fundão, 2018.

CARVALHO, A. **Caracterização de peneiras moleculares com dasativação prematura em unidade off shore de desidratação de gás do pré-sal**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

CARVALHO, D. **Espectroscopia por fluorescência bidimensional e FT-IR aplicadas na quantificação de compostos fenólicos totais e cafeína**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

CERUTTI, M. **Dessulfurização da gasolina por adsorção em Zeólitas “Y” trocadas com cobre**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CHERBAŃSKI, R. *et al.* Microwave swing regeneration Vs temperature swing regeneration - Comparison of desorption kinetics. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 50, n. 14, p. 8632–8644, 2011.

CLARK, R. M. Evaluating the cost and performance of field-scale granular activated carbon systems. **Environ. Sol. Technol.**, v. 21, n. 6, p. 573–580, 1987.

CYSNEIROS, O. **Estudo da influência de organosilano na obtenção de zeólitas nanoestruturadas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2019.

DARIM, H. **Propriedades ácidas e texturais de zeólitas ZSM-5 dessilicalizadas ou desaluminizadas – Análise do rendimento e seletividade a olefinas leves durante a transformação de cicloexano e metilcicloexano**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

DJAENI, M. *et al.* Low temperature drying with air dehumidified by zeolite for food products: Energy efficiency aspect analysis. **International Journal of Food Engineering**, v. 7, n. 6, 2011.

DJAENI, M *et al.* Process Integration for Food Drying with Air Dehumidified by Zeolites, Drying Technology. **Drying Technology**, v. 25, n. 1, p. 225–239, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07373930601161096>. Acesso em: 11 abr. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Sensibilidades e Análise Econômica para a Previsão da Produção de Petróleo e Gás Natural: Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-e-epe-lancam-caderno-201csensibilidade-e-analise-economica-para-a-previsao-da-producao-de-petroleo-e-gas-natural201d-do-pde-2032/SensibilidadeseAnliseEconmicaparaaPrevisodaProduodePetrleoeGsNatural.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2023.

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. **AN-9012 Induction Heating System Topology Review**. 2013. Disponível em: www.onsemi.com. Acesso em: 20 dez. 2021.

FAIZAL, A. M.; KUTTY, S. R. M. Modelling of Adams-Bohart and Yoon-Nelson on the removal of oil from water using microwave incinerated rice husk ash (MIRHA), 2014. **Applied Mechanics and Materials**. Trans Tech Publications Ltd, 2014. p. 788–791.

FANCHI, John R.; CHRISTIANSEN, Richard L. **Introduction to petroleum engineering**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 2017.

- FARAG, H. A.A. *et al.* Natural gas dehydration by desiccant materials. **Alexandria Engineering Journal**, v. 50, n. 4, p. 431–439, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2011.01.020>. Acesso em: 4 abr. 2023.
- FAYAZ, M. *et al.* Using microwave heating to improve the desorption efficiency of high molecular weight VOC from beaded activated carbon. **Environmental Science and Technology**, v. 49, n. 7, p. 4536–4542, 2015.
- FENG, C. *et al.* Key technology and application analysis of zeolite adsorption for energy storage and heat-mass transfer process: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 144, 2021.
- FLORINDO, B. R.; CATUZO, G. L.; MARTINS, L. Porosity of CHA zeolite driving the formation of polyaromatic coke species in the methanol to olefins reaction. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 32, n. 5, p. 1051–1059, 2021.
- FONSECA, N. **Simulação do processo de adsorção PSA para separação da mistura etanol – água**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.
- FROGNER, K. *et al.* Industrial heating using energy efficient induction technology, 2011. **44th CIRP International Conference on Manufacturing Systems**. 2011. p. 1–7.
- GABELMAN, A. Adsorption Basics. **American Institute of Chemical Engineers (AIChE)**, v. 1, p. 1–6, 2017.
- GANDHIDASAN, P; AL-FARAYEDHI, A. A; AL-MUBARAK, A. A. Dehydration of natural gas using solid desiccants. **Energy**, v. 26, p. 855–868, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(01\)00034-2](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(01)00034-2). Acesso em: 21 nov. 2022.
- GARCIA, C. G. **Montagem e operação de unidade de adsorção em leito fixo para remoção de H₂S de corrente gasosa**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- GHANBARI, S. **Development of a High-Performance Pressure Swing Sorption Process for Natural Gas Dehydration**. 2020. Thesis (Doctor of Philosophy of Chemical & Biological Engineering) - College of Graduate and Postdoctoral Studies, University of Saskatchewan, Saskatoon, 2020.
- GHOLAMI, M. *et al.* Induction heating as an alternative electrified heating method for carbon capture process. **Chemical Engineering Journal**, v. 431, p. 1–8, 2022.
- GHOLAMI, M.; TALAIE, M. R.; ROODPEYMA, S. Mathematical modeling of gas dehydration using adsorption process. **Chemical Engineering Science**, v. 65, n. 22, p. 5942–5949, 2010.
- GPSA. **Engineering Data Book**. 12. ed. Tulsa: Gas Processors Suppliers Association, 2004. *E-book*. Disponível em: www.gasprocessors.com. Acesso em: 28 out. 2022.
- HAMDAOUI, O. Dynamic sorption of methylene blue by cedar sawdust and crushed brick in fixed bed columns. **Journal of Hazardous Materials**, v. 138, n. 2, p. 293–303, 2006.
- HARPER, R. J; STIFEL, G. R; ANDERSON, R. B. Adsorption of gases on 4A synthetic zeolite. **Canadian Journal of Chemistry**, v. 47, p. 4661–4670, 1969.

- INÁCIO, T. **Estudo sobre zeólitas 4a de liberação lenta de nutrientes**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- INTERNATIONAL ZEOLITE ASSOCIATION. **International Zeolite Association**. [S. l.], 2017. Disponível em: <http://www.iza-structure.org/databases/>. Acesso em: 2 jan. 2023.
- ITO, S. *et al.* Heat Transfer during Microwave-Assisted Desorption of Water Vapor from Zeolite Packed Bed. **Drying Technology**, v. 30, n. 15, p. 1707–1713, 2012.
- IZIDORO, J. **Síntese e caracterização de zeólita pura obtida a partir de cinzas volantes de carvão**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências de Tecnologia Nuclear - Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- JÄNCHEN, J.; STACH, H.; HELLWIG, U. Water sorption in faujasite - and chabazite type zeolites of varying lattice composition for heat storage applications, 2008. (A. Gédéon, P. Massiani, & F. Babonneau, Org.) **4th International FEZA Conference**. Zeolites and Related Materials: Trends, Targets and Challenges, 2008. p. 599–602.
- KIANFAR, E. A Comparison and Assessment on Performance of Zeolite Catalyst Based Selective for the Process Methanol to Gasoline: A Review. TAYLOR, J (org.). **Advances in Chemistry Research**. 63. ed. New York: Nova Science Publishers, 2020. v. 63, p. 63–123.
- KIM, M. *et al.* Effect of Heat Transfer on the Transient Dynamics of Temperature Swing Adsorption Process. **Korean J. Chem. Eng**, v. 21, n. 3, p. 703–711, 2004.
- KINIGOMA, B.; ANI, G. Comparison of Gas Dehydration Methods based on Energy Consumption. **J. Appl. Sci. Environ. Manage**, v. 20, n. 2, p. 253–258, 2016. Disponível em: www.bioline.org.br/ja. Acesso em: 11 abr. 2023.
- KLEINÜBING, S. **Remoção de cádmio, chumbo e cobre utilizando zeólita natural clinoptilolita em coluna de leito fixo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- KRISHNA, R.; VAN BATEN, J. M. Influence of adsorption thermodynamics on guest diffusivities in nanoporous crystalline materials. **Physical Chemistry Chemical Physics**, v. 15, n. 21, p. 7994–8016, 2013.
- LEE, C. G. *et al.* Comparative analysis of fixed-bed sorption models using phosphate breakthrough curves in slag filter media. **Desalination and Water Treatment**, v. 55, n. 7, p. 1795–1805, 2015.
- LESSA, M. **Avaliação da capacidade de adsorção do CO₂ em zeólita 13X com gases sintéticos e originados da pirólise do lodo de esgoto**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- LI, H. *et al.* Magnetic Metal-Organic Frameworks for Efficient Carbon Dioxide Capture and Remote Trigger Release. **Advanced Materials**, v. 28, n. 9, p. 1839–1844, 2016.

- LIM, K.; KIM, J.; LEE, J. Comparative study on adsorbent characteristics for adsorption thermal energy storage system. **International Journal of Energy Research**, v. 43, n. 9, p. 4281–4294, 2019.
- LIN, X. *et al.* In Situ Electromagnetic Induction Heating for CO₂ Temperature Swing Adsorption on Magnetic Fe₃O₄/N-Doped Porous Carbon. **Energy and Fuels**, v. 34, n. 11, p. 14439–14446, 2020.
- MANDLER, L. **Determinação do tempo de vida útil remanescente em processos cíclicos**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- MARIA, M. **Modelagem da adsorção de manganês em carvão de ossos bovinos**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
- MCCABE, W.; SMITH, J.; HARRIOTT, P. **Unit Operations of Chemical Engineering**. 7. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2005.
- MCLAUGHLIN, C.; MAGEE, T. The Determination of Sorption Isotherm and the Isosteric Heats of Sorption for Potatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 35, p. 267–280, 1998.
- MEKONNEN, D. T.; ALEMAYEHU, E.; LENNARTZ, B. Fixed-bed column technique for the removal of phosphate from water using leftover coal. **Materials**, v. 14, n. 19, p. 1–14, 2021.
- MELAG, L. *et al.* Performance evaluation of CuBTC composites for room temperature oxygen storage. **RSC Advances**, v. 10, n. 67, p. 40960–40968, 2020.
- MEMLAK, D. **Aplicação de coluna de leito fixo na adsorção e dessorção mono e multicomponente de metais tóxicos presentes em água utilizando adsorvente alternativo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado de Santa Catarina, Pinhalzinho, 2019.
- MOHAMADBEIGY, K.; FORSAT, K.; BINESH, R. Experimental studying on gas dewatering by molecular sieve. **Petroleum & Coal**, v. 49, n. 1, p. 41–45, 2007. Disponível em: www.vurup.sk/pc. Acesso em: 19 mar. 2022.
- MOKHATAB, S.; POE, W. A.; MAK, J.Y. **Handbook of Natural Gas Transmission and Processing**. 3. ed. Waltham, MA: Gulf Professional Publishing, 2015.
- MOREIRA, J. C. *et al.* Evaluation of different reaction systems to obtain zeolite 4A via reverse microemulsion. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 279, p. 262–270, 2019.
- MUSYOKA, N. M. *et al.* Thermal stability studies of zeolites A and X synthesized from South African coal fly ash. **Research on Chemical Intermediates**, v. 41, n. 2, p. 575–582, 2015.
- NASCIMENTO, R. *et al.* **ADSORÇÃO: Aspectos teóricos e aplicações ambientais**. 1. ed. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2014.

- NASCIMENTO, B. O. **Estudo da desativação de zeólitas em sistemas de secagem de gás natural**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
- NETUŠIL, M.; DITL, P. **Natural Gas Dehydration**. 1. ed. Lemont, IL: Intertech, 2012. *E-book*. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/45802>. Acesso em: 11 abr. 2023.
- NÓBREGA, G. **Remoção da água do gás natural por absorção utilizando sistemas microemulsionados**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.
- PARINYAKIT, S.; WORATHANAKUL, P. Static and dynamic simulation of single and binary component adsorption of CO₂ and CH₄ on fixed bed using molecular sieve of zeolite 4A. **Processes**, v. 9, n. 7, p. 1–18, 2021.
- POLAERT, I. *et al.* Microwave Assisted Regeneration of Zeolite Microwave Assisted Regeneration of Zeolite. **International Journal of Chemical Reactor Engineering**, v. 5, p. 1–10, 2007.
- RAYMUNDO, L. M. **Desenvolvimento de uma Planta Laboratorial de Pirólise Rápida em Leito Fluidizado Aplicado à Casca de Arroz**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- RIBEIRO, A. M. *et al.* Adsorption equilibrium and kinetics of water vapor on different adsorbents. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 47, n. 18, p. 7019–7026, 2008.
- ROFAUDIN, M. *et al.* Prediction of continuous adsorption performance of cellulose acetate butyrate/poly(L-lactid acid) composite beads for dye removal. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 1053, n. 1, p. 1–12, 2021.
- RUDNEV, V.; LOVELESS, D.; COOK, R. **Handbook of Induction Heating**. 2. ed. New York: CRC Press, 2017. v. 2
- SAADI, Z.; SAADI, R.; FAZAELI, R. Fixed-bed adsorption dynamics of Pb (II) adsorption from aqueous solution using nanostructured γ -alumina. **Journal Of Nanostructure in Chemistry**, v. 3, n. 48, p. 1–8, 2013. Disponível em: <http://www.inanochem.com/content/3/1/48>. Acesso em: 28 jan. 2023.
- SADIQ, M. M. *et al.* Engineered Porous Nanocomposites That Deliver Remarkably Low Carbon Capture Energy Costs. **Cell Reports Physical Science**, v. 1, n. 6, p. 1–12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2020.100070>. Acesso em: 2 jun. 2022.
- SADIQ, M. M. *et al.* Magnetic Framework Composites for Low Concentration Methane Capture. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 57, n. 18, p. 6040–6047, 2018.
- SADIQ, M. M. *et al.* Magnetic Induction Swing Adsorption: An Energy Efficient Route to Porous Adsorbent Regeneration. **Chemistry of Materials**, v. 28, n. 17, p. 6219–6226, 2016.

- SADIQ, M. M.; SUZUKI, K.; HILL, M. R. Towards energy efficient separations with metal organic frameworks. **Chemical Communications**, v. 54, n. 23, p. 2825–2837, 2018.
- SALEHI, E.; YARALI, M.; AMOOGHIN, E. A. Comparison of adsorption properties of activated carbons with different crops residues as precursors for Gold cyanide recovery: an iranian gold industry guide. **J. Chem. Chem. Eng. Research Article**, v. 39, n. 3, p. 213–229, 2020.
- SANTOS, M. **Desidratação de gás natural com alto teor de CO₂ em peneira molecular: simulação e aspectos de comportamento de fase**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- SANTOS, K. *et al.* Natural gas dehydration by adsorption using MOFs and silicas: A review. **Separation and Purification Technology**, v. 276, n. 1, p. 1–19, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119409>. Acesso em: 11 abr. 2023.
- SANTOS, M. *et al.* Natural gas dehydration by molecular sieve in offshore plants: Impact of increasing carbon dioxide content. **Energy Conversion and Management**, v. 149, p. 760–773, 2017.
- SCHOUKENS, M. *et al.* Hybrid induction vacuum swing adsorption, a rapid and fully electrified carbon capture process. **Chemical Engineering Journal**, v. 459, n. 1, p. 1–10, 2023.
- SOUSA, B. B. *et al.* Synthesis and characterization of sodalite-type zeolite obtained from kaolin waste. **Ceramica**, v. 66, n. 380, p. 404–412, 2020.
- SUTHERLAND, B. R. Lowering the Energy Cost of Carbon Capture. **Joule**, v. 4, n. 7, p. 1361–1363, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.06.017>.
- SUTTON, A. L. *et al.* Metal-Organic Frameworks Capture, Storage, and Release of Oxygen by Metal-Organic Frameworks (MOFs). **Angew. Chem. Int. Ed**, v. 61, n. 1, p. 1–10, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.202208305>. Acesso em: 19 fev. 2023.
- TAN, K. L.; HAMEED, B. H. Insight into the adsorption kinetics models for the removal of contaminants from aqueous solutions. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 74, p. 25–48, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2017.01.024>. Acesso em: 20 abr. 2023.
- TAO, Y. *et al.* Localized Electrical Induction Heating for Highly Efficient Synthesis and Regeneration of Metal–Organic Frameworks. **ACS Appl. Mater. Interfaces**, v. 12, n. 1, p. 4097–4104, 2020. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1021/acsami.9b19216>. Acesso em: 19 fev. 2023.
- TERRIN, F. **Modelling of natural gas sweetening and dehydration processes**. 2017. Tesi (Magistrale in Ingegneria Chimica e dei Processi Industriali) - Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica e dei Processi Industriali, Università Degli Studi di Padova, Padova, 2017.
- THOMAS, H. C. Heterogeneous Ion Exchange in a Flowing System. **Yale University**, v. 66, p. 1664–1666, 1944. Disponível em: <https://pubs.acs.org/sharingguidelines>.

THOMMES, M. *et al.* Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution. **Pure and Applied Chemistry**, v. 87, n. 9–10, p. 1051–1069, 2015.

TRGO, M.; VUKOJEVIĆ MEDVIDOVIĆ, N.; PERIĆ, J. Application of mathematical empirical models to dynamic removal of lead on natural zeolite clinoptilolite in a fixed bed column. **Indian Journal of Chemical Technology**, v. 18, p. 123–131, 2011.

TUDBURY, C. **Basics of Induction Heating**. New York: John F. Rider, 1960. v. 1

ULTRA FLEX POWER TECHNOLOGIES. **Induction Heating Calculation Tool**. 2021.

Disponível em: <https://ultraflexpower.com/learn-about-induction-heating/induction-heating-calculation-tool/>. Acesso em: 9 abr. 2021.

USINA INFO. **Módulo ZVS de Aquecimento por Indução com Bobina 5 a 12V - MA712**. 2022. Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/outros-produtos/modulo-zvs-de-aquecimento-por-inducao-com-bobina-5-a-12v-ma712-5769.html?gclid=Cj0KCQjwmZejBhC_ARIsAGhCgndjVfAwiCN_e0AiF-9SWuFWuXOj5zIWzY4TnctebPj43-zvqLVAfJ4aAh1fEALw_wcB. Acesso em: 17 fev. 2022.

VAN SCHAGEN, T. N.; VAN DER WAL, P. J.; BRILMAN, D. W.F. Development of a novel, through-flow microwave-based regenerator for sorbent-based direct air capture. **Chemical Engineering Journal Advances**, v. 9, 2022.

VASCONCELOS, C. **Simulation and control of a temperature swing adsorption natural gas dehydration unit**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

VAZ, C.; MAIA, J.; SANTOS, W. **Tecnologia da Indústria do Gás Natural**. 1. ed. Rio de Janeiro: Blucher, 2008. v. 1

VIEIRA, S. **Óxido de lantânio sulfatado suportado sobre zeólitas modificadas: efeito das condições de preparação dos catalisadores e suas aplicações**. 2014. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

WANG, X.; ECONOMIDES, X. M. **Advanced Natural Gas Engineering**. 1. ed. Houston: Gulf Publishing Company, 2009.

XU, Z.; CAI, J. G.; PAN, B. C. Mathematically modeling fixed-bed adsorption in aqueous systems. **Journal of Zhejiang University: Science A**, v. 14, n. 3, p. 155–176, 2013.

YANG, R. T. **Gas separation by adsorption processes**. Buffalo: Butterworths, 1987.

YE, S. *et al.* Experimental study of heat and mass recovery on steam generation in an adsorption heat pump with composite zeolite-CaCl₂. **Sustainable Cities and Society**, v. 52, p. 1–8, 2020.

YOON, Y. H.; NELSON, J. H. Application of Gas Adsorption Kinetics I. A Theoretical Model for Respirator Cartridge Service Life. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v. 45, n. 8, p. 509–516, 1984.

ZAVAREH, S.; FARROKHZAD, Z.; DARVISHI, F. Modification of zeolite 4A for use as an adsorbent for glyphosate and as an antibacterial agent for water. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 155, p. 1–8, 2018.

Capítulo 7 – Anexo

Neste capítulo, são apresentadas as patentes avaliadas para patentear o presente trabalho. As bases de dados utilizadas para a pesquisa foram *Orbit*³, *Google Patents*⁴, *Derwent Innovations Index*⁵, *Lens*⁶, *Espacenet*⁷ e *SciFinder*⁸ e as palavras-chave utilizadas são: gás natural, desidratação, regeneração, material dessecante, indução, *temperature swing adsorption* e *magnetic induction swing adsorption*.

Tabela 7.1. Referências de patentes avaliadas no presente trabalho.

Número	Título da Patente
CN217103773U U	<i>Energy-saving natural gas dehydration device</i>
WO2020238928 A1	<i>Stranding cage type natural gas hydrate continuous reaction apparatus</i>
CN104694932B B	<i>Optimization method for anti-corrosion measures for petroleum and natural gas industrial device</i>
CN214528880U U	<i>Regeneration anti-freezing natural gas dehydration device</i>
WO2014165188 A1	<i>Combined heat and power technology for natural gas liquefaction plants</i>
WO2010118127 A1	<i>Rendering coal as an environmentally carbon dioxide neutral fuel and a regenerative carbon source</i>
BR200904410 A2	<i>Landfill percolate/manure treatment process by pyrolysis and fractional distillation, utilizing thermal induction and biogas heating (methane gas ch4) from the landfill itself, extracting sludge returned to the landfill, reuse water, dissolved anhydrous amonia (nh4) and amonio (nh3) gas</i>
CN208312933U U	<i>Wet molybdenum concentrate drying and powdered ore collecting system</i>
CN110530139 A	<i>Tunnel type hot air drying furnace comprehensively utilizing heat energy</i>
CN212237689U U	<i>Environment-friendly drying system for mill</i>
CN206369370U U	<i>Oblique flow repressurize inflation refrigeration plant</i>
CN106595114B B	<i>Oblique flow re-pressurizing expansion refrigeration device and method</i>
CN101831290B B	<i>Continuous and dynamic reduction device and method of fluorescent powder</i>
WO200768369 A1	<i>Oxidation reactor and oxidation process</i>
IN201821003852 A	<i>Method and system for manufacturing glass body</i>
BR200513559 A	<i>process and system for drying and heattreating materials</i>
WO200581722 A2	<i>Sorption method, device, and system</i>
WO201094884 A2	<i>Method for capturing carbon oxides with a view to subsequently storing same</i>
KR101076271 B1	<i>Method for producing pressurized liquefied natural gas and productive system thereof</i>
BR9810212 A	<i>Tubing suitable for use in a manifold grid system, tubing grid system suitable for delivering a pressurized</i>

³<https://www.orbit.com/>

⁴<https://www.google.com/?tbp=pts>

⁵<https://www-webofscience.ez45.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/basic-search>

⁶<https://www.lens.org/>

⁷<https://worldwide.espacenet.com/>

⁸<https://scifinder-n.cas.org/>

	<i>liquefied natural gas, process of transporting a pressurized liquefied natural gas from a storage location to a destination location, and, containers for storing pressurized liquefied natural gas, and suitable for use in a manifold grid system for transporting pressurized liquefied natural gas</i>
BR112018014192 A0	<i>Natural gas liquefaction vessel</i>
CN110857405B B	<i>Natural gas purification system and natural gas purification method for natural gas flow primary standard device</i>
KR102372754 B1	<i>The Method for Carbon Dioxide Removal from Natural Gas</i>
BR201001534 A2	<i>Method for liquefying a natural gas stream, and system for liquefying a natural gas stream</i>
CN208632474U U	<i>Natural gas dehydration device and natural gas dehydration system with dry film of nanometer</i>
WO201226631 A1	<i>Device and method for manufacturing natural gas hydrate</i>
CN113189952B B	<i>Natural gas purification plant product natural gas quality control interlocking system and control method</i>
WO201250273 A1	<i>Method for producing pressurized liquefied natural gas, and production system used in same</i>
BR200512212 A	<i>Methods of producing liquefied natural gas, designing a liquefied natural gas liquefaction plant, designing an expanded throughput of a liquefied natural gas liquefaction plant and operating a liquefied natural gas liquefaction plant, and, liquefied natural gas liquefaction plant</i>
WO200719630 A1	<i>Dehydration of a natural gas in an underwater environment</i>
BR102016012225 B1	<i>System for treating natural gas adapted for operation on an offshore platform and method of treating natural gas</i>
BR112012016576 B1	<i>Process and apparatus for treating a natural gas stream containing methane and one or more larger hydrocarbons</i>
KR20140067623 A	<i>Natural gas pressure rising control method of multi train way</i>
CN110857877B B	<i>Calibration method for natural gas standard flow meter</i>
WO2017209368 A1	<i>Offshore equipment, floating crude oil production equipment, and liquefied natural gas production method</i>
WO201677469 A1	<i>Refining assemblies and refining methods for rich natural gas</i>
BR112012014829 A0	<i>Method for producing liquefied natural gas having an adjusted higher calorific power</i>
CN103468340B B	<i>Prepositioned high pressure and post-positioned dehydration device for compressed natural gas</i>
CN106090610B B	<i>Natural gas pipeline network pressure energy utilization system with zero heavy hydrocarbon emission</i>
CA2739366 C	<i>Enhanced natural gas liquid recovery process</i>
CN103215093B B	<i>Miniature skid type nitrogen expansion natural gas liquefaction system and method thereof</i>
BR112014013653 B1	<i>Floating liquefied natural gas pretreatment system</i>
CN101955827B B	<i>Preparation method of solid natural gas hydrate</i>
CN102660341B B	<i>Process and device utilizing pressure of natural gas to partially liquefy natural gas</i>
CN103470953B B	<i>Compressed natural gas complete purification ready-packaged movable device</i>
FR2905285 B1	<i>Deacidification and dehydration of raw natural gas, comprises introducing the natural gas in unit to separate aqueous liquid phase, contacting the obtained natural gas with a liquid fraction, and condensing water impoverished natural gas</i>
CN103363778B B	<i>Minitype skid-mounted single-level mixed refrigerant natural gas liquefaction system and method thereof</i>
JP2006241188 A	<i>Natural gas hydrate formation system and its formation method</i>
CN104762117B B	<i>Vehicle natural gas dehydration apparatus and technology thereof</i>
WO201300896 A1	<i>Method and apparatus for circulating a glycol stream containing a concentration of divalent cations, and method of producing a natural gas product stream</i>
CN111454758B B	<i>Efficient compact glycol dehydration system and method for natural gas</i>
BR112014032016 B1	<i>Method and apparatus for circulating a glycol stream, and method of producing a natural gas product stream</i>
WO201805626 A1	<i>System and method for producing liquefied natural gas</i>
WO2010118133 A1	<i>Rendering natural gas as an environmentally carbon dioxide neutral fuel and a regenerative carbon source</i>
CN105065908B B	<i>Sulfur-contained natural gas collection integrated device</i>
CN105398548B B	<i>Working ship group with natural gas liquefaction, storage, transportation and regasification functions</i>
CN110185506B B	<i>Natural gas pressure regulation station pressure energy comprehensive utilization system</i>
WO2016149131 A1	<i>Transport of natural gas through solution in liquid hydrocarbon at ambient temperature</i>
CN103968640B B	<i>A kind of air-separation system that utilizes natural gas pressure difference generating cold energy</i>
EP2442056 A2	<i>Method for producing pressurized liquefied natural gas and production system therefor</i>
CN208898830U U	<i>The invention discloses a natural gas dehydration system with a pre-dehydration module</i>
CN102206520B B	<i>Direct expansion type liquefaction method and device for natural gas</i>
BR112014005662 B1	<i>Redeployable subsea manifold-riser system</i>
CN110923027B B	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN104004559B B	<i>A kind of Sweet natural gas pre-treatment skid module of natural gas liquefaction device</i>
CN109054915B B	<i>Natural gas dehydration system and method of throttling pre-dehydration and entrainer regeneration</i>
CN106123486B B	<i>Natural gas liquefaction method and system combined with distributed energy source</i>
CN102393126B B	<i>Natural gas liquefaction system and method with bi-circulating mixed refrigerant</i>
CN103712414B B	<i>Natural gas liquefaction device and liquefaction process of natural gas liquefaction device</i>
BR200318036 A	<i>Refrigeration process and production of liquefied natural gas</i>
FR3080449 B1	<i>Primary method and installation in mass-time for measuring natural gas flow</i>
CN110857406B B	<i>Anti-corrosion system for natural gas flow primary standard</i>
CN210065689U U	<i>Natural gas dehydration system</i>
WO200057102 A1	<i>Improved systems and methods for producing and storing pressurized liquefied natural gas</i>
BR112015019302 A0	<i>Process for floating liquified natural gas pretreatment</i>
CN209759399U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
KR20130047156 A	<i>Production method for conversion of associated gas in oil fields</i>
WO201932529 A1	<i>Natural gas liquid fractionation plant waste heat conversion to potable water using modified multi-effect</i>

	<i>distillation system</i>
CN203517315U U	<i>Compressed natural gas device with front high-pressure device body and rear dehydration device body</i>
CN203625329U U	<i>Combined dehydration system for natural gas</i>
CN103410574B B	<i>Natural gas differential pressure power generation and cooling capacity recycling system and power generation and cooling capacity recycling method utilizing the same</i>
CN104046401B B	<i>Device and method for four-tower dehydration and heavy hydrocarbon removal of natural gas</i>
CN101955828B B	<i>Method for removing hydrogen sulfide from natural gas</i>
CN111979004B B	<i>Throttling natural gas dehydration system based on high pressure</i>
CN102155614B B	<i>Recovery method and recovery system of natural gas in marginal offshore oil field</i>
CN217163819U U	<i>Skid-mounted natural gas dehydration device</i>
CN203517317U U	<i>Compressed natural gas complete purifying, quick installing and moving device</i>
CN207537411U U	<i>Can improve natural gas dehydration device of dehydration efficiency</i>
CN105087096B B	<i>Dehydration device for natural gas</i>
CN111826221B B	<i>Natural gas dehydration treatment method</i>
CN212770603U U	<i>System for advanced treatment of carbonyl sulfide and carbon disulfide in natural gas</i>
CN110295072B B	<i>Small-sized skid-mounted natural gas purification device and purification method thereof</i>
CN103642552B B	<i>Heavy hydrocarbon removing process and device of natural</i>
CN104088605B B	<i>Natural gas well mouth heating throttling system based on pressure-energy electricity generation and heat-pump heating</i>
CN217323992U U	<i>Dehydration device for natural gas production</i>
WO200142636 A1	<i>Method for utilizing gas reserves with low methane concentrations for fueling gas turbines</i>
CN111732982B B	<i>Natural gas dewaxing method and device</i>
CN208539578U U	<i>Natural gas distributing type energy - liquefied natural gas device combined system</i>
CN103742781B B	<i>Automatically-adjusting gas-charging system of coke oven gas mixed with natural gas</i>
CN107641536B B	<i>System device and process suitable for dehydrating liquefied natural gas on marine platform</i>
CN203866269U U	<i>Natural gas hydrate preparation system adopting compression-type refrigerating cycle</i>
CN108913252B B	<i>Hydrocarbon injection dewaxing device and technology suitable for dehydration and hydrocarbon removal of wax-containing natural gas</i>
CN104479775B B	<i>Method and system for synthesizing natural gas from coal-based synthesis gas and co-producing low-carbon alcohol</i>
RU2670478 C1	<i>Natural gas liquefaction, storage and shipment facility</i>
CN206127236U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN204490835U U	<i>Skid natural gas triethylene glycol dehydration device</i>
CN106595220B B	<i>Liquefying system and liquefying method for liquefied natural gas</i>
WO201322529 A1	<i>Natural gas liquefaction process</i>
CN210314145U U	<i>Natural gas glycol dehydration device</i>
CN110903872B B	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN113051828B B	<i>Process parameter-driven natural gas water dew point online prediction method</i>
CN106440656B B	<i>Natural gas liquefying system for carbon dioxide precooling double-stage nitrogen expansion</i>
CN206457467U U	<i>Natural gas dehydration device of portable sled dress</i>
CN104611081B B	<i>Dehydration and dehydrocarbon experimental device for natural gas expansion refrigeration</i>
CN105316054B B	<i>Natural gas freeze dehydration and dealkylation system</i>
RU2284850 C1	<i>Method of the natural gas dehydration, the flow reactor for the natural gas dehydration</i>
EP3205962 A1	<i>Treatment of nitrogen-rich natural gas streams</i>
CN215002540U U	<i>Natural gas liquefaction device capable of simultaneously treating multiple natural gas sources</i>
CN216864100U U	<i>Efficient rotational flow filtering and separating structure for natural gas dehydration</i>
WO2022165450 A1	<i>Subsea dehydration of natural gas using solid desiccant</i>
CN104073310B B	<i>Device and method for purifying and drying natural gas</i>
CN211227049U U	<i>Dehydration device for natural gas development</i>
CN105838464 A	<i>Natural gas dehydration device, dehydration control method, and natural gas dehydration system</i>
WO200849827 A2	<i>Process for removing mercaptans from liquefied natural gas</i>
CN203824224U U	<i>Air separation system utilizing natural gas differential pressure power generation cold energy</i>
WO200470297 A1	<i>Removing contaminants from natural gas</i>
CN103316630B B	<i>Porous natural gas adsorbent as well as preparation method and application thereof</i>
CN208332858U U	<i>Adopt mixed refrigerant endless brazed plate heat exchanger natural gas liquefaction system</i>
WO2014204817 A2	<i>Systems and methods for separating alkane gases with applications to raw natural gas processing</i>
CN217636849U U	<i>Dehydration device for natural gas purification</i>
CN110511800B B	<i>Integrated gas purification dehydration device</i>
CN103628982B B	<i>Combined power circulating method capable of catching carbon dioxide (CO₂) by using LNG (Liquefied Natural Gas) cold energy and system thereof</i>
CN101508923B B	<i>Dehydration and de-heavy hydrocarbon apparatus and process for natural gas</i>
CN101265425B B	<i>Method for reducing heat value of gaseous liquefied natural gas</i>
CN212025282U U	<i>Precooling dehydration natural gas molecular sieve dehydration device</i>
CN101392868B B	<i>Natural gas storing method</i>
CN110237659B B	<i>Lossless drying method for natural gas and circulation reaction gas in production of chloromethane with methane method</i>
CN211471333U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN205062014U U	<i>Natural gas dewatering system</i>
CN204879446U U	<i>Contain sulphur natural gas gas collection integration device</i>
BR200516588 B1	<i>method for producing liquefied natural gas</i>

WO202246128 A1	<i>Liquid natural gas processing with hydrogen production</i>
CN203923127U U	<i>Natural gas pretreatment prizing module of natural gas liquefying device</i>
CN209243013U U	<i>Switchable circulating natural gas molecular sieve dehydration device</i>
CN214400395U U	<i>Natural gas dehydration and dealkylation integrated device</i>
CN1102720C C	<i>Natural gas pipe drying technology</i>
CN102749382B B	<i>Online analysis method for sulfur isotope of hydrogen sulfide gas in natural gas</i>
CN211471334U U	<i>Natural gas dehydration device based on TEG</i>
WO200142400 A1	<i>Method for utilizing gas reserves with low methane concentrations and high inert gas concentrations for fueling gas turbines</i>
CN204550491U U	<i>Equipment for dehydration of automobile-used natural gas</i>
CN102643694B B	<i>Technique and device for drying and liquefaction of natural gas</i>
CN201787329U U	<i>High-pressure natural gas energy comprehensive utilization unit</i>
CN101948706B B	<i>Mixed refrigerant and nitrogen expansion combinational refrigeration type natural gas liquefying method</i>
CN108439541B B	<i>Method for regulating peak of natural gas and purifying water quality by utilizing hydrate</i>
CN201972673U U	<i>Offshore oilfield scattered natural gas recovery system</i>
CN210892358U U	<i>A natural gas liquefaction plant and natural gas liquefaction system</i>
WO201229021 A1	<i>Method for treating a natural gas containing carbon dioxide</i>
CN113247873B B	<i>Recovery system and method for helium in natural gas</i>
CN105482863B B	<i>Natural gas lyophilization dealkylation system and natural gas lyophilization dealkylation method</i>
CN203754663U U	<i>Lean natural gas dehydration and dealkylation device</i>
CN103265988B B	<i>Method for purifying natural gas</i>
WO2005120683 A1	<i>Method and system for compressing and dehydrating wet natural gas produced from low-pressure wells</i>
CN212430456U U	<i>The integrated system is suitable for natural gas collection</i>
WO201883747 A1	<i>Natural gas liquefaction facility</i>
WO201720096 A1	<i>System and method for processing natural gas produced from a subsea well</i>
CN110776965B B	<i>Process for removing water and CO2 from natural gas at low temperature</i>
CN205402240U U	<i>Natural gas pressure differential energy recuperation - liquid oxygen hydrogen preparation integration system</i>
CN216864102U U	<i>Energy-saving natural gas dehydration device</i>
CN216864098U U	<i>Vehicle-mounted natural gas liquefaction device</i>
BR200401240 B1	<i>Microemulsion natural gas dehydration process</i>
CN214735302U U	<i>Sludge dewatering and drying system driven by natural gas pressure energy</i>
CN211471335U U	<i>Molecular sieve-based natural gas dehydration device</i>
BR112018006346 B1	<i>Compact subsea dehydration</i>
CN215086036U U	<i>Natural gas drying device</i>
CN107774095B B	<i>Full-temperature range pressure swing adsorption purification method for simultaneously removing water and hydrocarbon from natural gas</i>
CN103256477B B	<i>Method for filling prying vehicles by three-level pressure of natural gas primary stations</i>
CN215975694U U	<i>Dehydration device for natural gas purification</i>
CN109722317B B	<i>System and method for decarburizing natural gas based on wet regeneration of CO2 adsorption material</i>
CN104312650B B	<i>System for improving liquefied natural gas recovery rate</i>
GB2378955 B	<i>Process for dehydrating and stripping natural gas methanol</i>
CN215855948U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN103160353B B	<i>Miniature skid-mounted natural gas recovery system</i>
CN217490354U U	<i>Natural gas dehydration equipment</i>
CN212425975U U	<i>Circulating natural gas molecular sieve dehydration device</i>
CN215654616U U	<i>Dewatering and drying equipment applied to liquefied natural gas treatment</i>
CN214182239U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN106064817B B	<i>Method and device for recovering carbon dioxide in high- carbon tail gas from natural gas purification plant</i>
CN216712026U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN213447006U U	<i>Dehydration device for natural gas purification</i>
CN101644527B B	<i>Refrigeration system and liquefaction system for liquefaction process of natural gas</i>
CN102031323B B	<i>Natural gas hydro-cracking metallurgical method and equipment</i>
CN216457873U U	<i>Natural gas heating and regeneration integrated dehydration device</i>
CN202595072U U	<i>Device for partially liquefying natural gas by using pressure energy of natural gas</i>
CN111826220B B	<i>Natural gas dehydration treatment system</i>
CN210314142U U	<i>Condensation separator and moisture direct-blowing natural gas low-temperature dehydration and dealkylation device</i>
CN105567363B B	<i>Natural gas dewaxing, dehydration and hydrocarbon device and method</i>
CN203905913U U	<i>Natural gas recovery system for gas testing pilot production</i>
CN215757190U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN113755221 A	<i>System and process for preparing LNG (Liquefied Natural Gas) by throttling wellhead high-pressure natural gas</i>
CN209836109U U	<i>Natural gas desulfurization system</i>
CN203517327U U	<i>High-pressure dehydration container device</i>
CN216155801U U	<i>Recycling and separating device for dehydration of compressed natural gas</i>
CN107190153B B	<i>Condensate waste gas recycling method under natural-gas</i>
CN202717760U U	<i>Well-mouth natural gas deep dehydration device provided with laval supersonic separator</i>
CN109294650B B	<i>Natural gas vertical flow dehydration treatment device</i>
CN210481312U U	<i>Efficient natural gas dehydration device</i>

CN208901087U U	<i>Oil testing, gas testing and recycling integrated natural gas treatment system</i>
CN111704943B B	<i>Dehydration device for natural gas processing</i>
CN210915960U U	<i>Intelligent graphene natural gas collecting and processing equipment</i>
CN202675795U U	<i>Double circulation mixed refrigerant natural gas liquefaction system</i>
CN102636002 A	<i>Low-temperature removing method of CO₂ in natural gas and natural gas liquefying device adopting method</i>
CN216738238U U	<i>Dehydration device for natural gas purification</i>
CN207776840U U	<i>Natural gas well flowing back gas production device</i>
CN105927849B B	<i>Remote well natural gas recovery device</i>
CN203754665U U	<i>Novel natural gas dehydration device</i>
CN208234864U U	<i>Mechanical type chemical dehydration method natural gas dehydration device</i>
CN212687988U U	<i>Economical and applicable compressed natural gas dehydration reactor</i>
CN109181799B B	<i>Device for removing water and CO₂ in natural gas at low temperature</i>
CN105038882B B	<i>Comprehensive fine dewatering technique for recovering LNG/LPG/NGL (liquefied natural gas/liquefied petroleum gas/natural gas liquid) product from saturated hydrous petroleum associated gas</i>
US6553784 B2	<i>Comprehensive natural gas processor</i>
CN101544921B B	<i>Skid-mounted device for ultrasonically dehydrating, removing liquid, purifying and separating for natural gas</i>
CN109536226B B	<i>High-efficiency natural gas purification and dehydration column forming multiple times of convections by using scattering spraying and gas dispersing</i>
CN212504758U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN203810032U U	<i>Self-adjusting filling system for mixed coke oven gas and natural gas</i>
CN212270035U U	<i>System for preparing LNG through wellhead high-pressure natural gas throttling</i>
CN103712413B B	<i>Natural gas liquefaction device</i>
CN110749159B B	<i>Natural gas refrigerating and liquefying device and method</i>
CN214937275U U	<i>Wet type natural gas molecular sieve dehydration sledge</i>
JP2004244496 A	<i>Method and system for forming natural gas hydrate</i>
CN212535598U U	<i>Wellhead high-pressure natural gas heating throttling pretreatment and liquefaction system</i>
CN209383724U U	<i>Novel natural gas triethylene glycol dehydration integrated device</i>
GB2205327 B	<i>Method and apparatus for sweetening natural gas</i>
CN109232157B B	<i>Process for recovering ethane from natural gas</i>
GB1471477 A	<i>Process for dehydrating and sweetening natural gas</i>
CN204644314U U	<i>Natural gas liquefaction dehydration demercuration device</i>
CN113154798B B	<i>Multi-target separation process for comprehensively utilizing liquefied tail gas of helium-rich natural gas</i>
CN209836103U U	<i>Convenient and safe dehydration device for petroleum and natural gas</i>
CN103146450B B	<i>Natural gas recovery process</i>
CN103409188B B	<i>Process unit and method for removing heavy hydrocarbon during liquefaction process of natural gas</i>
CN204085055U U	<i>Container type natural gas liquefying device</i>
CN203479781U U	<i>After-molecular-sieve-dehydration natural gas sampling and component analyzing system</i>
CN105779057B B	<i>Natural gas purifying device</i>
CN210481315U U	<i>Multi-tower natural gas deacidification, dehydration and purification system</i>
CN102166464B B	<i>Natural gas dehydration method using pre-nucleating supersonic vortex tube</i>
CN213977583U U	<i>Desulfurization device with dehydration mechanism for producing hydrogen from natural gas</i>
CN209178339U U	<i>High-pressure natural gas dehydration device</i>
WO2011121423 A2	<i>A method and an apparatus for sweetening and dehydrating a hydrocarbon gas, in particular a natural gas</i>
CN101597527B B	<i>Method for making synthetic natural gas by utilizing coke oven gas</i>
CN218290822U U	<i>Natural gas dehydration system utilizing system pressure regeneration</i>
CN207335280U U	<i>Energy -saving natural gas liquefaction system</i>
EP-71111 B1	<i>Method and device for the elimination of carbohydrate- containing by-products of natural gas by combustion</i>
CN217499173U U	<i>Natural gas liquefaction dehydration and demercuration device</i>
CN207421776U U	<i>Natural gas and hydrogen hybrid system at HCNG station</i>
CN211665018U U	<i>Small liquefied natural gas dehydration sledge</i>
CN104164267B B	<i>Method for supplementing biogas by virtue of liquefied natural gas (LNG) blended with air</i>
CN217351281U U	<i>Solvent pregnant solution adsorber for natural gas purification and natural gas purification system</i>
CN115163233 A	<i>Residual pressure power generation method and system for dehydration treatment of high-pressure natural gas</i>
US2759560 A	<i>Method of removing water vapor and recovering condensable hydrocarbons from natural gas under high pressure</i>
CN211328774U U	<i>Switching type natural gas dehydration device capable of being automatically controlled</i>
JP2003041276 A	<i>Method for dehydrating natural gas hydrate, dehydration system, and apparatus for centrifugal dehydration of natural gas hydrate</i>
CN114426893 A	<i>Natural gas dehydration device and method based on gas wave refrigeration technology</i>
CN104087358B B	<i>Natural gas purification device</i>
CN215560100U U	<i>Natural gas supergravity dehydration device</i>
CN102221126B B	<i>Small household intelligent natural gas filling station</i>
CN217459350U U	<i>Solvent pregnant solution filter for natural gas purification and natural gas purification system</i>
CN111336401B B	<i>Large-scale underwater natural gas storage system and method</i>
CN210030602U U	<i>Skid-mounted natural gas deoiling and dewatering integrated device</i>
CN201395582U Y	<i>Dehydration, liquid-removal, purification and separation skid- mounted supersonic device for natural gas</i>
CN106367147 A	<i>Natural gas dehydration system and dehydration method thereof</i>
KR20140086195 A	<i>Lng plant system separated risky liquefaction process</i>
BR201012555 A0	<i>process for liquefaction of natural gas</i>

CN213680560U U	<i>Dehydration device for natural gas development</i>
CN2668234U Y	<i>Natural gas turbine expander dehydration apparatus</i>
CN114369480 A	<i>Natural gas dehydration device and dehydration method</i>
CN214167856U U	<i>Integrated natural gas purification and separation device</i>
CN211921441U U	<i>Natural gas desulfurization-dehydration-purification device</i>
CN109957430B B	<i>Absorbing tower capable of controlling triglycol natural gas dehydration liquid level</i>
CN217265581U U	<i>System for purifying biogas by using pressure difference of natural gas gate station</i>
RU2602908 C1	<i>Method of natural gas cleaning from impurities during its preparation for production of liquefied methane, ethane and hydrocarbons wide fraction</i>
CN209741083U U	<i>Skid-mounted pre-cooling dehydration natural gas molecular sieve dehydration device</i>
BR112018011305 A0	<i>Method and system for purification of natural gas using membranes</i>
CN213803673U U	<i>Dehydration device for natural gas purification</i>
CN209276469U U	<i>Natural gas wellhead collection compressor device</i>
CN204198709U U	<i>Dehydration skid for purifying natural gas</i>
CN202530058U U	<i>Desulfurization device for low sulfur-containing wet natural gas</i>
GB1011453 A	<i>Process for liquefying natural gas</i>
WO8604054 A1	<i>Natural gas conversion process</i>
CN216106814U U	<i>Natural gas glycol dehydration device</i>
CN216106813U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN213085896U U	<i>Dehydration device for natural gas treatment</i>
CN217844437U U	<i>Natural gas precooling system</i>
CN104893773B B	<i>Heavy hydrocarbon removal unit for pipeline natural gas and heavy hydrocarbon removal method</i>
CN103937573B B	<i>Preparation method of natural gas</i>
CN206940819U U	<i>Natural gas decarbonization dewatering system</i>
CA2736223 A1	<i>Ultra-low emission natural gas dehydration unit with continuously fired reboiler</i>
WO2008100875 A2	<i>Natural gas processing system</i>
US9255731 B2	<i>Sour NGL stream recovery</i>
CN205893187U U	<i>Marine gas field natural gas dehydration system</i>
CN204082093U U	<i>Natural gas well head heating and throttling system based on pressure energy power generating and heat pump heating</i>
CN203333609U U	<i>Skid-mounted natural gas dehydration device</i>
CN201643882U U	<i>Compact type natural gas centrifugal-dehydration device</i>
WO2009109052 A1	<i>Emission treatment process from natural gas dehydrators</i>
CN215517290U U	<i>System for producing urban natural gas from biogas</i>
CN215327944U U	<i>Low-pressure natural gas dehydration device</i>
CN213977581U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN212581828U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN104194854B B	<i>Hypergravity-process triglycol natural gas dehydration system and process using system</i>
CN101338232B B	<i>Silica-gel natural gas desulfurization dehydrating agent and method for preparing same</i>
CA1296616 C	<i>Process for recovering raw natural gas liquids</i>
CN108759302B B	<i>High-pressure natural gas liquefying system and method</i>
CN102229828B B	<i>Low-sulphur wet natural gas purification device</i>
CN216243609U U	<i>Natural gas pipeline dehydration connecting assembly</i>
CN204138626U U	<i>System capable of increasing recovery rate of liquefied natural gas</i>
CN203256243U U	<i>Natural gas powerless dehydration device</i>
CN111732987B B	<i>Natural gas cooling device with dewatering and drying functions</i>
CN210287248U U	<i>Improved supersonic natural gas dehydration and dealkylation separator</i>
CN201578940U U	<i>Natural gas supergravity dehydration plant</i>
CN113501508B B	<i>System and method for extracting helium from natural gas or BOG</i>
CN214790452U U	<i>Recovery device for natural gas dehydration tower</i>
CN105018165B B	<i>Production method for natural gas</i>
CN103320193B B	<i>Device and method for manufacturing high quality natural gas by purifying methane</i>
CN103173256B B	<i>Natural gas multi-tower external cycle anaerobic regeneration dewatering method</i>
CN203235392U U	<i>Natural gas external circulation dehydration device</i>
CN217230631U U	<i>System for purifying biogas by using pressure difference of natural gas gate station</i>
CN204385152U U	<i>Triglycol dewatering system for natural gas</i>
CN210237557U U	<i>Natural gas compression dehydration reactor</i>
CN210134076U U	<i>Natural gas dehydration and dealkylation system</i>
CN205774377U U	<i>Natural gas dehydration dehydrating unit</i>
CN204325299U U	<i>Natural gas freeze-drying, purification and dehydration system</i>
CN208949217U U	<i>High-efficiency desulfurization and dehydration device of high-sulfur gas field gathering and transportation system</i>
CN217612995U U	<i>System for preparing high-purity methane, high-purity ethane and high-purity propane from natural gas</i>
CN208898832U U	<i>The invention relates to a modular natural gas triethylene glycol dehydration system</i>
CN206291621U U	<i>Precooling formula natural gas liquefaction device and system</i>
CN204058407U U	<i>Natural gas purification equipment</i>
JP4796412 B2	<i>Formation apparatus in natural gas hydrate formation plant</i>
CN206607206U U	<i>Tail gas innocent treatment's natural gas decarbonization dewatering system</i>
CN103820183B B	<i>Method for producing synthetic natural gas through adopting coke oven gas to directly supplement carbon dioxide</i>

CN202158343U U	<i>Minitype domestic intelligent natural gas filling station</i>
CN106524666B B	<i>Integral mobile natural gas liquefaction device</i>
JP3807343 B2	<i>Method for producing clathrate hydrate of natural gas and apparatus for production</i>
CN216909785U U	<i>Dehydration device for natural gas purification</i>
GB2376953 B	<i>Process for dehydrating and fractioning a low-pressure natural gas</i>
JP4866632 B2	<i>Dehydration apparatus in natural gas hydrate formation plant</i>
CN203893579U U	<i>Complete equipment for comprehensively utilizing pressure energy of natural gas</i>
CN216303738U U	<i>Filtering device for dehydration of natural gas</i>
CN207047175U U	<i>Liquefied natural gas produces dewatering device</i>
CN112961255B B	<i>Environment-friendly natural gas hydrate decomposition inhibitor as well as preparation method and application thereof</i>
CN209397170U U	<i>Dehydration device for natural gas development</i>
WO200705979 A2	<i>Integrated heavy hydrocarbon removal, amine treating and dehydration</i>
CN212152207U U	<i>Liquefied natural gas production dehydration device</i>
CN210463764U U	<i>Natural gas ethane recovery device</i>
US10830107 B2	<i>Natural gas combined power generation process with zero carbon emission</i>
CN103361138B B	<i>Method for preparing liquefied natural gas and synthesis ammonia raw material gases by use of hydrogen extraction desorption gas</i>
CN101126042B B	<i>Integrative purification and separation method for natural gas</i>
CN204678065U U	<i>Gas distributing system pressure energy recovery system's dehydration regenerative cooling system</i>
CN105779055B B	<i>Natural gas demercuration device and method</i>
CN111808645 A	<i>Process for deeply treating carbonyl sulfide and carbon disulfide in natural gas</i>
CN205886417U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN205886416U U	<i>Centrifugation integral type natural gas dehydration device</i>
WO2012113347 A1	<i>Supersonic expansion refrigeration and cyclone separation device for natural gas</i>
CN209243012U U	<i>Natural gas molecular sieve dehydration device with pre-cooling function</i>
CN208234866U U	<i>Liquefied natural gas purifier</i>
CN217438104U U	<i>Natural gas dehydration equipment</i>
CN103725341 A	<i>Dehydration process for purifying natural gas</i>
CN208792976U U	<i>Heating of on-vehicle natural gas and separation integration equipment</i>
CN105132061B B	<i>Combined natural gas dehydration apparatus based on vortex and centrifugation</i>
CN201713508U U	<i>Membrane-method natural gas dewatering device</i>
CN216614555U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
WO200290250 A1	<i>Gasification process for ammonia/urea production</i>
CN205635513U U	<i>Novel natural gas dehydration device</i>
CN105698005 A	<i>Natural gas pressure difference energy recovery-LNG production system and process</i>
CN211057046U U	<i>Liquefied natural gas production dehydration device</i>
CN214937278U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN100415856C C	<i>Desulfurization dewatering purifying equipment for natural gas</i>
CN102288007B B	<i>Natural-gas condensed-liquid recovery device and method using mixed light hydrocarbon as refrigerant</i>
EP1408102 B1	<i>Process for de-acidification of natural gas</i>
CN214088423U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN211203641U U	<i>Natural gas filling system</i>
CN216976519U U	<i>Equipment integrating safe and efficient gas filling technology of gas filling station</i>
CN103881780B B	<i>Process of preparing liquefied natural gas by supplementing carbon dioxide with coke-oven gas</i>
CN100420732C C	<i>Process for lyophilization and heavy hydrocarbon removal of petroleum natural gas</i>
CN216896804U U	<i>Vehicle-mounted adsorption type natural gas filling device for well head gas recovery</i>
CN213803672U U	<i>Desulfurization device for natural gas purification</i>
CN211232407U U	<i>Small movable skid-mounted natural gas liquefaction public engineering equipment</i>
CN114382433 A	<i>Natural gas wellhead integrated device and system based on depressurization and dehydration power generation</i>
CN210595959U U	<i>Skid-mounted natural gas dehydration device</i>
CN202595073U U	<i>Natural gas drying and liquefying device</i>
FR2990140 B1	<i>Treating natural gas, by adsorbing water and reduced sulfur by contacting natural gas with drying solvent and producing dry gas stream and stream of drying water solvent, and regenerating drying solvent by distillation and reboiling</i>
CN112812869 A	<i>Natural gas dehydration and dealkylation integrated device and method</i>
EP-723001 A1	<i>Purification of natural gas</i>
CN106500460B B	<i>Device and method for removing and purifying nitrogen in natural gas liquefaction process</i>
CN217025877U U	<i>Natural gas molecule pre-dehydration device</i>
CN212722619U U	<i>Rapid analysis device for determining total sulfur content in natural gas</i>
CN209210743U U	<i>Dewatering and drying equipment applied to liquefied natural gas treatment</i>
CN207259461U U	<i>Natural gas dehydration drying device</i>
CN203229503U U	<i>Isobaric natural gas molecular sieve regeneration closing dewatering device</i>
CN211595551U U	<i>Natural gas decarburization system</i>
CN110408444B B	<i>High-purity high-yield natural gas purification method used in methane method chloromethane production process</i>
JP3914994 B2	<i>Integrated provision having facility for natural gas production from methane hydrate sedimentary layer and power generation facility</i>
CN103071475 A	<i>Natural gas absorbent regeneration and energy conservation technology and device</i>

CN204385153U U	<i>Skid-mounted type triethylene glycol natural gas dehydration device</i>
CN212800258U U	<i>Dehydration sledge for purifying modular natural gas</i>
CN210287245U U	<i>Spiral-flow type natural gas dehydration device</i>
CN104266213 A	<i>Temperature raising and natural gas saving machine combusting natural gas</i>
CN103013605 A	<i>Method and device for reducing triethylene glycol consumption in dehydration process of natural gas</i>
CN202065663U U	<i>High-pressure throttling liquefied natural gas processing and charging system</i>
CN215924879U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
BR200612644 B1	<i>method of transporting charge and storing gas in a liquid medium</i>
CN213357477U U	<i>Natural gas purification device</i>
CN212770602U U	<i>System for removing organic sulfur in natural gas through hydrogenation</i>
CN206222820U U	<i>Carbon dioxide precooling doublestage nitrogen expanded natural gas liquefaction system</i>
CN213202936U U	<i>Natural gas dehydration adsorption tower</i>
CN108690670B B	<i>Natural gas dehydration and dehydrocarbon quick-circulation silica gel adsorption process and device</i>
CN201276550U Y	<i>Dewatering equipment for natural gas</i>
CN110540884 A	<i>Natural gas dehydration device for shale gas production test operation</i>
CN213085901U U	<i>Isobaric regeneration system for LNG (Liquefied Natural Gas) dehydration, decarbonization and heavy hydrocarbon removal units</i>
CN100441990C C	<i>Small-scaled natural gas liquification device using air separation refrigeration system</i>
CN208414349U U	<i>Adopt membrane separation to purify production liquefied natural gas's device</i>
CN206279176U U	<i>Natural gas filtration, pressure regulating, measurement and waste gas recovery's integrated equipment</i>
CN114542020B B	<i>Reagent for exploiting natural gas hydrate and application method thereof</i>
CN212204026U U	<i>Butt joint mechanism of skid-mounted natural gas dehydration device</i>
CN215209285U U	<i>Natural gas molecule pre-dehydration device</i>
CN104560254 A	<i>Freeze-drying, purification and dehydration process of natural gas</i>
CN213113237U U	<i>Natural gas dewaxing device</i>
CN214115451U U	<i>Natural gas production system</i>
CN109097121 A	<i>Natural gas dehydration and mercury removal and recovery device and method</i>
CN209456390U U	<i>Dehydration device for natural gas purification</i>
CN104697291B B	<i>Natural gas denitrification method based on coiled tube type heat exchanger</i>
CN101104825B B	<i>Method for producing liquefied natural gas of mine gas</i>
CN215757187U U	<i>Natural gas dehydration control system</i>
CN204824782U U	<i>Novel dehydration of closed multitower natural gas molecular sieve device</i>
CN111100716B B	<i>Method and device for preparing natural gas</i>
CN217876769U U	<i>Throttling refrigeration dehydration process gas-liquid separation device</i>
CN111676077B B	<i>High-efficiency atomized glycol dehydration device and use method and application thereof</i>
CN113731128 A	<i>High-efficiency natural gas dehydration treatment device and method</i>
CN210796388U U	<i>Natural gas molecular sieve dehydration device</i>
CN113357840B B	<i>Nitrogen-containing natural gas membrane separation process with low-temperature enhancement of permeation selectivity</i>
CN114958443 A	<i>Natural gas pretreatment skid-mounted module of natural gas liquefaction device</i>
CN114791087 A	<i>Natural gas pressure regulating system</i>
CN207552275U U	<i>High -efficient natural gas purification device</i>
CA2740655 C	<i>Natural gas liquids recovery device and method</i>
CN105664846B B	<i>Preparation method for molecular sieve desiccant for dewatering natural gas</i>
CN102115684B B	<i>Method for producing liquefied natural gas by using coke oven gas</i>
CN205886511U U	<i>Triethylene glycol dehydration regeneration tail gas processing device of natural gas purification factory</i>
CN110218595 A	<i>Three-tower dehydration device and process for natural gas</i>
CN104194852B B	<i>High-yield light hydrocarbon recovery method from low- pressure natural gas</i>
CN201503189U U	<i>Refrigeration system and liquefaction system of natural gas liquefaction process</i>
WO202036712 A1	<i>Boil-off gas recycle subsystem in natural gas liquefaction plants</i>
CN109957429 A	<i>Natural gas molecular sieve adsorption dehydration system provided with heat recycling structure, and method</i>
US3354663 A	<i>Hydrate removal from wet natural gas</i>
CN208964871U U	<i>Desulfurization, decarburization, dehydration and desulfonation integrated device for natural gas purification</i>
CN205893184U U	<i>Separation bucket and natural gas dehydration device</i>
RU2374553 C1	<i>Natural gas dehydration equipment</i>
CN207586724U U	<i>Automatically controlled cabinet major control system of natural gas dehydration</i>
CN114016993 A	<i>Gas well natural gas dehydration treatment device</i>
CN206247017U U	<i>Dehydration compression system of CNG gas station</i>
CN105130750B B	<i>Technology for preparing low-carbon alcohol, urea, and liquefied natural gas from coke oven gas</i>
CN204676046U U	<i>Natural gas decarbonization dewatering device</i>
CN203202581U U	<i>Vehicle natural gas and coke-oven gas mixing tank</i>
CN212476654U U	<i>Skid-mounted platform of natural gas dehydration device</i>
CN203048901U U	<i>Low-cost and low-energy natural gas recovering and processing device</i>
CN202039047U U	<i>Skid-mounted device for utilizing Venturi injecting tubes to dehydrate natural gas of wellhead</i>
CN115572627 A	<i>Device for separating natural gas and hydrogen based on hydrate method</i>
CN208667620U U	<i>Natural gas dehydration device that can manually empty</i>
CN207347533U U	<i>Dehydration of modular natural gas molecular sieve and demercuration system</i>
CN104130814B B	<i>High-yield recovery method of light hydrocarbon of high- pressure natural gas</i>
CN207672007U U	<i>Synthetic gas fluidized bed methanation system natural gas device based on interstage dehydration</i>

CN207596803U U	<i>Natural gas purification device</i>
WO201344732 A1	<i>Water removal and heavy-hydrocarbon removal process in liquefied natural gas production from mixed gas rich in methane</i>
CN209228350U U	<i>Natural gas extraction desanding and dewatering device</i>
CN109453573 A	<i>Tail gas treatment process and treatment device for natural gas triethylene glycol dehydration device</i>
CN205368278U U	<i>Preparation system of biological natural gas liquefies</i>
CN213088973U U	<i>Modular natural gas purification and dehydration sledge pipe fitting supporting device</i>
CN209188452U U	<i>Dehydrating tower for preparing natural gas</i>
CN208071659U U	<i>Natural gas purification device</i>
WO200002642 A1	<i>Co-current and counter-current gas dehydration system</i>
CN202808742U U	<i>Spiral-flow type natural gas dehydration device</i>
US3055157 A	<i>Control system for closed cycle gas dehydration and hydrocarbon recovery system</i>
CN207775173U U	<i>A dewatering system for natural gas</i>
CN210826091U U	<i>Natural gas dehydration system</i>
CN204174187U U	<i>Natural gas purifying and drying device</i>
CN103727388 A	<i>Novel natural gas transportation technology</i>
CN217273576U U	<i>Molecular sieve dewatering and drying device for liquefied natural gas</i>
WO201251274 A1	<i>Dehydration unit</i>
CN105674057 A	<i>Natural gas pressure difference energy recovery and liquid oxygen generation integrated system</i>
CA1122620 A	<i>Process for the preparation of an aromatic hydrocarbon mixture</i>
CN110106000B B	<i>Natural gas drying device and technology</i>
CN100595263C C	<i>Front end combination purification technique for producing liquefied natural gas from mixture gas rich-containing methane</i>
CN215233202U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN102079999B B	<i>Method for producing liquefied natural gas and synthetic gas by taking coke oven gas as raw material</i>
CN203256240U U	<i>Micro skid-mounted natural gas recycle system</i>
CN202538616U U	<i>Residual-heat utilization natural gas molecular sieve dehydrating device</i>
JP4885592 B2	<i>Dehydrating apparatus in natural gas hydrate producing plant</i>
CN216361280U U	<i>Salt cavern hydrogen storage and natural gas coupling conveying system</i>
CN217757349U U	<i>Natural gas purification device</i>
CN211203660U U	<i>Natural gas pipeline conveying system</i>
CN209456393U U	<i>Device for removing hydrogen sulfide in natural gas</i>
CN102383868 A	<i>Method and device for comprehensively utilizing energy of high-pressure natural gas</i>
CN201279431U Y	<i>Natural gas afterheat regeneration dehumidifier</i>
CN202595092U U	<i>Natural gas dehydration storage tank</i>
CN111232923B B	<i>Hydrogen extraction method capable of adjusting hydrogen- carbon ratio of natural gas direct cracking circulation reaction gas</i>
CA3054908 C	<i>Helium extraction from natural gas</i>
CN216764812U U	<i>Recovery device for natural gas dehydration tower</i>
CN208146232U U	<i>Compact natural gas centrifugal dehydration device</i>
CN103883287B B	<i>Low-pressure natural gas recovering system for offshore gas field</i>
CN209836108U U	<i>Natural gas purification system</i>
CN209636186U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN208169827U U	<i>Stability can high high -efficient liquefied natural gas pipeline</i>
CN107760402 A	<i>Process for dehydrating natural gas based on film separation technique</i>
CN218058912U U	<i>Natural gas dewatering device</i>
CN209780851U U	<i>Natural gas hydrate multi-well commingled production development system</i>
CN202829982U U	<i>Natural gas system for desulfuration, decarburization and purification of methane</i>
CN206244740U U	<i>Pipeline natural gas heavy hydrocarbon removal unit</i>
CN206146101U U	<i>Portable natural gas liquefaction device of integration</i>
CN102321525B B	<i>Production equipment and production method of compressed biological natural gas for vehicle</i>
WO9944405 A1	<i>Thermoelectric generator for natural gas well head</i>
CN207877665U U	<i>Natural gas dew point device up to standard</i>
CN203949440U U	<i>Two-stage precooling type system for cooling liquefied natural gas with mixed refrigerant</i>
CN106281520 A	<i>Dual-tower molecular sieve dehydration system for natural gas</i>
CN101037629 A	<i>Natural gas ultrasonic dehydration method</i>
WO201481649 A1	<i>Supersonic gas separation and adsorption processes for natural gas dehydration systems</i>
CN205174997U U	<i>Heat reclaim unit of liquefied natural gas mill</i>
CN213160217U U	<i>Post-treatment system for natural gas catalytic oxidation combustion</i>
CN109681325B B	<i>Natural gas and supercritical CO2 combined cycle power generation technology achieving zero carbon emission</i>
CN209584135U U	<i>Two-stage pressurization natural gas liquefaction device</i>
WO2015110443 A2	<i>Coastal liquefaction</i>
CN203474744U U	<i>Inlet distributor for small natural gas dehydration device</i>
CN203102036U U	<i>Natural gas triglycol dehydration skid temperature control device</i>
RU2578246 C1	<i>Natural gas liquefaction method</i>
CN202252808U U	<i>Drain valve for high-pressure natural gas</i>
CN207435398U U	<i>Natural gas desulphurization device with dewatering function</i>
CN113881469 A	<i>System and method for purifying, gathering and transporting natural gas</i>

WO2019185315 A1	<i>Method for pooled production of biomethane for injection into the natural gas network</i>
CN106753634 A	<i>LNG (liquefied natural gas) feed gas dehydration device</i>
CN210486276U U	<i>Natural gas process system for liquefying in high-pressure injection mode</i>
CN108570337 A	<i>Natural gas drying and purifying method</i>
CN110408447 A	<i>Natural gas dehydration method for shale gas pilot production operation</i>
CN103242921B B	<i>Technology for preparing natural gas from synthetic gas</i>
WO202262316 A1	<i>Ethylene glycol pregnant solution regeneration dehydration system and method in deep sea natural gas extraction process</i>
CN205387561U U	<i>Novel natural gas dehydration device</i>
CN202131295U U	<i>System for preparing compressed natural gas by methane</i>
CN101768488B B	<i>Technique for producing coal natural gas by utilizing crushed coal slag through gasification</i>
CN218202662U U	<i>Heat recovery system for natural gas drying</i>
CN213790857U U	<i>Dewatering and drying equipment applied to liquefied natural gas treatment</i>
CN106753633 A	<i>Natural gas dehydration device</i>
WO202018656 A1	<i>Processes for removing heavy hydrocarbons and water from a stream of natural gas</i>
CN103497803 A	<i>Natural gas compression energy saving technology of CNG (compressed natural gas) station</i>
CA2053760 C	<i>Contaminant control system for natural gas dehydration</i>
CN110903871 A	<i>Intelligent graphene natural gas collection and treatment equipment</i>
CA1073399 A	<i>Method and system for transporting natural gas to a pipeline</i>
CN211260345U U	<i>Natural gas pipeline pressure adjusting system</i>
CN205275543U U	<i>Natural gas lyophilisation de -hydrocarbon system</i>
CN104913595B B	<i>Method for extracting hydrogen from synthesis ammonia purge gas and coproducing liquefied natural gas</i>
CN111849575 A	<i>Natural gas dehydration method</i>
CN110617049 A	<i>Water removal cooling system used for wellhead natural gas</i>
CN110229705 A	<i>Improved supersonic natural gas dehydration and dealkylation separator</i>
JP2007238837 A	<i>Dehydration apparatus in natural gas hydrate formation plant</i>
CN204251577U U	<i>Natural gas dehydration triglycol solution reactivation device</i>
WO2012114276 A2	<i>Method and apparatus for sweetening and/or dehydrating a hydrocarbon gas, in particular a natural gas</i>
CN113214879 A	<i>Natural gas dry-type purification device and process</i>
CN105154013B B	<i>System and method for preparing two types of mixed refrigerants by means of recycling LNG (liquefied natural gas)/LPG (liquefied petroleum gas)/NGL (natural gas liquid) products from petroleum associated gas</i>
CN104004557B B	<i>The method that crushed coal pressure gasifying associating coal water slurry gasification is produced coal preparing natural gas</i>
CN1034852C C	<i>Dewatering pre-treating method of freezing method for natural gas of oil gas field</i>
WO202289930 A2	<i>Compact system and method for the production of liquefied natural gas</i>
CN201692757U U	<i>Constant-pressure natural gas dehydration device based on double-tower molecular sieve</i>
JP2007238832 A	<i>Method for treating natural gas condensate and system for treating the same</i>
CN213132301U U	<i>Natural gas impurity filtering device</i>
CN202936330U U	<i>Natural gas antifreezing and dehydrating polyol purifying device</i>
CN205024190U U	<i>Dewatering equipment for natural gas</i>
CN205295267U U	<i>Natural gas purifier</i>
CN211706333U U	<i>Natural gas molecular sieve dehydration drying system</i>
CN111017875B B	<i>Catalytic perm-selective integrated membrane reactor for preparing H₂ and CNTs through direct cracking of natural gas and application thereof</i>
CN112442401 A	<i>Natural gas purification system</i>
CN102338278 A	<i>Method for increasing natural gas adsorption storage capability</i>
EP-783031 B1	<i>Process for the dewatering, deactification and degasolination of natural gas, using a mixture of solvents</i>
WO201756134 A1	<i>Nonhydrocarbon gas separation device and nonhydrocarbon gas separation method</i>
CN112175686 A	<i>Natural gas molecular sieve dehydration tower adsorption and regeneration system and method</i>
CN105737520 A	<i>Liquefaction method of natural gas and special natural gas liquefaction device thereof</i>
CN214300024U U	<i>Natural gas dehydration and demercuration system</i>
CN212833649U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
BR112018011294 A0	<i>Method and system for purification of natural gas using membranes</i>
CN216010897U U	<i>Natural gas ceramic kiln flue gas near-zero emission oxygen- enriched combustion system</i>
BR200800985 A0	<i>an integrated process of obtaining LGN and LGN and their energy adequacy, a flexible integrated system for carrying out said process and uses of the LGN obtained by said process</i>
CN215049973U U	<i>Dehydration device for rapidly purifying natural gas</i>
CN210945524U U	<i>Dehydration device for natural gas production device</i>
CN205188227U U	<i>Outer defeated system of little pressure differential of natural gas dehydration</i>
CN104061758 A	<i>Device and method for removing heavy hydrocarbon in natural gas through step-by-step condensation</i>
CN216764810U U	<i>Variable-frequency liquid outlet device for defoaming agent and natural gas purification device</i>
CN206751754U U	<i>A dewatering device for construction of natural gas fields</i>
CN103234113 A	<i>Compressed natural gas and compressed natural gas doped coke oven gas combined refueling station</i>
CN202808741U U	<i>Deep purification system for natural gas desulfuration and decarburization</i>
CN114191836 A	<i>Triethylene glycol dehydration device and natural gas dehydration system</i>
CN113789200 A	<i>Filter for natural gas transmission</i>
CN104927951 A	<i>Decarbonization and dehydration process for natural gas</i>
US11446587 B2	<i>Liquid natural gas processing</i>
CN203559032U U	<i>Adsorption drying tower for natural gas dehydration device</i>
CN114646186 A	<i>Natural gas standard modular liquefaction system</i>

JP2003105362 A	<i>Method and system for formation of natural gas hydrate</i>
CN211814300U U	<i>Natural gas purifying and washing device</i>
CN109630269B B	<i>Zero-carbon emission natural gas-steam combined cycle cleaning power generation process</i>
CN206814716U U	<i>Purifier of natural gas liquefaction device</i>
CN201003050U Y	<i>Processing apparatus for producing sulfur-free natural gas using methane</i>
EP3376146 A1	<i>Coproduction of liquefied natural gas and electric power with refrigeration recovery</i>
CN202881218U U	<i>Dewatering filter for skid-mounted natural gas purification device</i>
CN210915966U U	<i>Unpowered waste heat utilization device and natural gas purification system</i>
CN105737515 A	<i>Natural gas liquefaction system and method based on plate heat exchanger and modular mixed refrigerant</i>
CN203754664U U	<i>Molecular sieve adsorption device of circularly regenerating natural gas in close manner</i>
CN208975351U U	<i>Natural gas gas-liquid separation device based on axial flow type cyclone pipe</i>
CN206695509U U	<i>Liquefied natural gas's equipment</i>
CN204918524U U	<i>Combination formula natural gas dewatering device based on vortex and centrifugation</i>
US2799362 A	<i>Cyclic adsorption process</i>
CN202175660U U	<i>Natural gas molecular sieve dehydrating drying system</i>
CN113149393 A	<i>Sludge dewatering and drying system driven by natural gas pressure energy</i>
CN104877724 A	<i>Treatment method for recovering vent natural gas</i>
CN103521038B B	<i>Small-diameter plate type dehydration adsorption tower</i>
CN209619296U U	<i>High-sulfur natural gas TEG dehydration device</i>
CN207619342U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN206256033U U	<i>Utilize new forms of energy thermal regeneration's natural gas dehydration device</i>
CN107129844B B	<i>Process for preparing natural gas through fluidized bed methanation of synthetic gas</i>
CN110145686 A	<i>CNG natural gas compression and recovery system</i>
CN104927949B B	<i>Method and system for producing synthetic natural gas or coproducing hydrogen using dry-method thermal desulfurization of circulating fluidized bed</i>
CN103590795 A	<i>Method for integrating natural gas recovery efficiency increasing through CO₂ waste gas reinjection with CO₂ geological storage</i>
CN104845693 A	<i>Efficient and energy-saving natural gas production technology</i>
RU2288774 C2	<i>Method of cleaning natural gas</i>
CN209537411U U	<i>Molecular sieve dehydration system for field of natural gas treatment</i>
CN108225443 A	<i>Natural gas flow detection loop device</i>
CN2274743U Y	<i>Air wave refrigeration natural gas dewatering apparatus</i>
CN115595186 A	<i>Modular natural gas purification system and method</i>
CN213739323U U	<i>Natural gas molecular sieve dehydrating tower adsorption and regeneration system</i>
CN210103865U U	<i>Dewatering pry</i>
CN212338932U U	<i>Improved industrial cutting natural gas CNG integrated monomer gas filling device</i>
CN107422058B B	<i>Gas chromatography online automatic sampling system and method for decomposed gas of natural gas hydrate</i>
CN208652130U U	<i>Utilize liquefied natural gas gas station of cold energy</i>
CN107384493 A	<i>Dehydration plant for liquefied natural gas production</i>
CN203561145U U	<i>Skid mounted natural gas liquefaction device</i>
US3264212 A	<i>Natural gasoline process and apparatus</i>
CN102538389 A	<i>Mixed refrigerant pre-cooling system applied to base-load natural gas liquefaction plant</i>
US5882486 A	<i>Glycol refining</i>
EP-545564 A1	<i>Glycol dehydration apparatus for natural gas</i>
CN212298573U U	<i>Emptied natural gas recovery device</i>
CN100558586C C	<i>Hydraulic natural gas automobile secondary gas filling station</i>
CN105293436B B	<i>Process for preparation of metallurgical reduction gas and co-production of liquefied natural gas through coke gas</i>
CN103075868B B	<i>Liquefaction system and method for NG (Natural Gas)</i>
CN209044360U U	<i>Control system for natural gas dehydration</i>
CN100436393C C	<i>Method for concurrently producing dimethyl ether, liquefied natural gas and urea</i>
CN201762433U U	<i>Natural gas carburizing furnace</i>
CN114907894 A	<i>Method for removing methanol from natural gas</i>
CN206783560U U	<i>Retrieve device that ethane takes off carbon dioxide in pipeline natural gas</i>
CN206014810U U	<i>A dewatering device for liquefied natural gas</i>
US3217465 A	<i>Adsorption process and apparatus for gas dehydration and hydrocarbon recovery</i>
CN216946888U U	<i>Natural gas desulfurization device</i>
CN212431497U U	<i>Ethane decarburization tail gas recovery system for natural gas ethane recovery engineering</i>
CN205974451U U	<i>Utilize synthetic ammonia tail gas purification production liquefied natural gas's device</i>
CN103525492 A	<i>Natural gas processing and utilizing process</i>
CN213357478U U	<i>Novel natural gas purification system</i>
CN104481467B B	<i>Method and device for exploiting combustible ice in seabed</i>
CN203904299U U	<i>Pipeline natural gas heavy hydrocarbon removal unit</i>
CN107916151 A	<i>Dehydration system for natural gas and method thereof</i>
CN201404762U Y	<i>Adsorption high-pressure natural gas dehydration unit</i>
CN107460013B B	<i>Interstage-dehydration-based process for preparing natural gases through methanation by synthesis gas fluidized bed</i>
CN114686280 A	<i>Vehicle-mounted natural gas liquefaction device</i>
CN111594760 A	<i>Integrated device suitable for natural gas collection</i>

CN109323126 A	<i>Natural gas liquefaction system and method</i>
CN104745260B B	<i>Method and equipment for preparing and storing high-quality natural gas from marsh gas</i>
CN114429258 A	<i>Natural gas purification control method based on energy efficiency evaluation and online optimization platform</i>
CN213739325U U	<i>Natural gas treatment plant steam system of sulfur recovery process</i>
CN211255845U U	<i>Natural gas filtering and dewatering equipment</i>
CN10988659 A	<i>Natural gas desulfurization system and method</i>
CN207362170U U	<i>Natural gas drying dewatering device</i>
BR112018006061 A0	<i>Composition and process for gas dehydration</i>
CN103438661 A	<i>Novel low-energy-consumption natural gas liquefaction technology</i>
WO2013122773 A1	<i>Methods and apparatuses for processing natural gas</i>
CN2698977U Y	<i>Natural gas direct cooling type dehydrating device</i>
CN106583066 A	<i>Low-temperature cyclone supersonic separation device and natural gas dehydration and dehydrocarbon process</i>
CN105238447B B	<i>Apparatus and method for preparing natural gas and light oil from coal</i>
CN206222821U U	<i>Natural gas separation heavy hydrocarbon device</i>
CN201276549U Y	<i>Advanced dewatering equipment for natural gas</i>
CN214095166U U	<i>Vehicle-mounted natural gas liquefaction recovery device</i>
CN104774664 A	<i>Natural gas combined dewatering system and method</i>
CN205560789U U	<i>Triethylene glycol dehydration sledge tail gas burns integrated device</i>
EP1428864 A1	<i>Process for deacidification and dewatering of a natural gas</i>
CN207537409U U	<i>A dehydration tower for natural gas</i>
CN213232149U U	<i>Water removal device suitable for natural gas</i>
CN205258395U U	<i>Natural gas dewatering device</i>
CN104877725 A	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN206088667U U	<i>Novel convenient safe oil and natural gas is with dehydration device</i>
CN106397087B B	<i>Method for recovering ethane, liquefied gas and natural gasoline from CO₂-containing natural gas</i>
CN216110654U U	<i>Offshore high-CO₂-content natural gas reinjection system</i>
CN212720484U U	<i>Natural gas liquefaction system</i>
WO8601220 A1	<i>Hydrocarbon separation with a physical solvent</i>
US9719024 B2	<i>Systems and methods for controlling, monitoring, and operating remote oil and gas field equipment over a data network with applications to raw natural gas processing and flare gas capture</i>
CN201439520U U	<i>Natural gas high-efficient dynamic swirl impact-type dehydrocarbon and dehydration device</i>
CN207079204U U	<i>Dry dewatering device of natural gas</i>
CN212298574U U	<i>Natural gas recovery supercharging device</i>
RU2689505 C1	<i>Natural gas liquefaction complex at gas distribution station</i>
CN202039046U U	<i>Natural gas supersonic velocity direct expansion and cyclone separation device</i>
CN103725340 A	<i>Process for desulfurizing and purifying petroleum and natural gas</i>
CN109207220B B	<i>Methanation process for preparing synthetic natural gas from coal-based synthesis gas</i>
CN105111045B B	<i>Method for synthesizing lower alcohol by coke oven gas and secondarily producing natural gas and liquid ammonia</i>
CN105061264B B	<i>Method for production of low carbon alcohol and combined production of natural gas and urea from synthetic gas and coke oven gas</i>
WO2011135414 A2	<i>A method and an apparatus for ngl/gpl recovery from a hydrocarbon gas, in particular from natural gas</i>
BR200813637 B1	<i>process and system for producing liquefied natural gas</i>
WO2008157673 A1	<i>Conversion of carbon dioxide to methanol using bi-reforming of methane or natural gas</i>
WO201739990 A1	<i>Apparatus and system for combined radpi cycle temperature and pressure swing adsorption processes related thereto</i>
CN2549456U Y	<i>Natural gas water content and dust-contained tester</i>
CN202869139U U	<i>Small size natural gas condensate recovery device</i>
CN201485435U U	<i>Natural gas high-pressure and high-efficiency dynamic spiral-flow type de-hydrocarbon and dehydration metering device</i>
CN113108551 A	<i>Process and device for extracting high-purity helium in liquefied natural gas production process</i>
US9643906 B2	<i>Systems and methods for manufacture of dimethyl ether (DME) from natural gas and flare gas feedstock</i>
CN115138170 A	<i>Natural gas dehydration equipment for vehicle and use method</i>
CN110527571 A	<i>Natural gas filtering, metering, dehydration and demercuration module</i>
BR112017005550 B1	<i>System and method for compressing and conditioning hydrocarbon gas</i>
CN102719289B B	<i>Process for preparing liquefied natural gas (LNG) and hydrogen from coke oven gas</i>
CN202254633U U	<i>Natural gas condensing liquid recovery device using mixed light hydrocarbon as cryogen</i>
CN212610478U U	<i>Natural gas compression dehydration reactor</i>
CN103499573 A	<i>Method for rapid detection of sulfide content in natural gas</i>
SU1546114 A1	<i>Installation for preparation of natural gas</i>
CN108980614 A	<i>Oil test, gas test and recycling integrated natural gas processing system</i>
US20110259044 A1	<i>Method and apparatus for producing liquefied natural gas</i>
JP2001010985 A	<i>Device for producing natural gas hydrate and method for producing the same</i>
JP96013977 B2	<i>Production of alternate natural gas</i>
CN106753644 A	<i>Removable skid-mounted natural gas dehydrating device</i>
US9944873 B1	<i>Add-on system for removing paraffin from a natural gas dehydration system</i>

CN202786163U U	<i>Separator for compressed natural gas (CNG) dehydration device</i>
CN103254955B B	<i>Closed-type three-tower molecular sieve dehydration device</i>
CN1920249 A	<i>Small-scaled high-pressure natural gas well processing and utilization system</i>
CN2716270U Y	<i>Natural gas dewatering device and its heat exchanger</i>
CN105567361 A	<i>Preparation method and preparation system of liquefied biological natural gas</i>
CN103899917 A	<i>Compressed natural gas supply station and compressor exhaust gas recycling method thereof</i>
CN108795524 A	<i>Natural gas dewatering device</i>
CN215332792U U	<i>Natural gas well recovery skid-mounted device</i>
CN110559793 A	<i>Novel mercury removal method for renewable natural gas</i>
CN204829239U U	<i>Be arranged in natural gas pressure energy recovery system turboexpander lubricating oil cooling system</i>
CN203796236U U	<i>Low-pressure natural gas recovery system of offshore gas field</i>
CN102703151B B	<i>Device for dehydrating natural gas of oil field</i>
US4490985 A	<i>Method of dehydrating natural gas</i>
CN103666615 A	<i>Compact natural gas pretreating pry</i>
CN215113520U U	<i>Pretreatment device for natural gas liquefaction</i>
CN208562272U U	<i>Liquid desulfuration purification processing apparatus is taken off to high sulphur natural gas well safety that contains</i>
CN205152164U U	<i>Supersonic speed natural gas takes off hydrocarbon separator</i>
CN104833175B B	<i>FLNG/FLPG oil gas pretreatment and liquefaction method</i>
CN115449414 A	<i>Natural gas low-temperature separation and dehydration system and process</i>
CN217202617U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN211688947U U	<i>Dehydration filter for skid-mounted natural gas purification device</i>
CN109486541 A	<i>Removal device and method for mercury in alcohol solvent for natural gas dehydration and application</i>
CN201999908U U	<i>Three-tower natural gas dehydrating device</i>
CN105152859B B	<i>Technology for producing low carbon alcohol as well as by- product natural gas from coke oven gas and synthetic gas</i>
CN113278455 A	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN213885035U U	<i>Ethylene glycol regeneration and recovery system in deep sea natural gas development process</i>
CN204311038U U	<i>Energy-saving natural gas dewatering device</i>
JP4594949 B2	<i>Joint supply equipment for natural gas hydrate cracked gas and fresh water</i>
CN114991741 A	<i>Natural gas hydrate separation device and method</i>
CN207452045U U	<i>Natural gas purification is integrative jar</i>
CN104531247 A	<i>Freeze-drying purification dehydration equipment for natural gas</i>
CN112760154B B	<i>Natural gas engine lubricating oil composition and preparation method thereof</i>
CN110923028 A	<i>Natural gas filtration and dehydration equipment</i>
CN210340811U U	<i>Molecular sieve dehydration device for natural gas</i>
CN102453566 A	<i>Purified gas dehydration technology applied in natural gas with high sulfur content</i>
CN207688506U U	<i>CNG dehydration ware</i>
CN103470957B B	<i>High-pressure dehydrating container device</i>
CN114752422 A	<i>Efficient dehydration device for coal bed gas ground gathering and transportation and use method of efficient dehydration device</i>
CN217498681U U	<i>Natural gas liquefaction process hydrogen energy recovery and purification device based on technology fusion</i>
CN217080419U U	<i>Offshore high-CO₂-content natural gas reinjection modular device</i>
CN207452044U U	<i>Natural gas purification treatment tower</i>
CN106439860B B	<i>Alcohol dehydration steam heating system</i>
CN102199462 A	<i>Skid-mounted device for dehydrating well-mouth natural gas by using venturi injecting tube</i>
CN2793515U Y	<i>High-efficient impacting natural gas dewatering device</i>
CN210974566U U	<i>Natural gas filtering, metering, dewatering and demercuration module</i>
CN208416502U U	<i>Well head natural gas liquefaction recovery system</i>
CN105156879 A	<i>Method for rebuilding compressed natural gas (CNG) secondary gas filling station into CNG standard gas filling station</i>
CN201634651U U	<i>Natural gas liquification decarburization and dehydration device</i>
CN111302881 A	<i>System and process for producing acetylene and sponge iron using natural gas and iron ore</i>
US8640493 B1	<i>Method for liquefaction of natural gas offshore</i>
CN217651156U U	<i>Three-phase separator for natural gas impurity separation</i>
CN109652154 A	<i>Integrated device and method based on skid-mounted natural gas deoiling and dewatering</i>
CN114231327 A	<i>Natural gas heating and regeneration integrated dehydration device and method</i>
CN206580786U U	<i>High -efficient centrifugal combination formula fire fighting equipment of natural gas</i>
CN108788401 A	<i>Petroleum and natural gas gathering and transportation pipe network system and control method for pipeline weld joint biphasic structure</i>
CN113493709 A	<i>Undersaturated natural gas moisture demercuration device</i>
CN213747539U U	<i>Natural gas liquefaction device capable of being used for ocean platform</i>
CN207143193U U	<i>System for marsh gas purification natural gas</i>
CN209537407U U	<i>Device for preparing natural gas</i>
CN207775152U U	<i>Technology automatic control pipe -line system and heterogeneous medium separation dewatering system</i>
CN108485740 A	<i>Liquefied natural gas purification device and method</i>
CN205133536U U	<i>Natural gas lyophilisation takes off hydrocarbon device</i>
CN213232143U U	<i>Natural gas purification device</i>
CN207405132U U	<i>System for by rich hydrogen circulation carbon remedy of coke oven gas methanation production liquefied natural gas</i>

CN211847839U U	<i>Desulfuration, decarburization, dehydration and sulfonation integrated device for natural gas purification</i>
CN211595554U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
RU2356605 C1	<i>Procedure for producing condensate and dehydration of natural gas and flow reactor for implementation of this procedure</i>
CN103983084 A	<i>Pressure energy of natural gas comprehensive utilization complexes</i>
CN212128086U U	<i>Natural gas freeze-drying, purifying and dehydrating equipment</i>
CN207498327U U	<i>Equipment of pressure boost membrane purification marsh gas preparation natural gas</i>
CN203010199U U	<i>Compressed natural gas supply station capable of recycling compressor waste gas</i>
CN2579507U Y	<i>High pressure deep dewatering device for natural gas</i>
CN109751017 A	<i>Natural gas hydrate multi-well commingling exploitation system</i>
CN103304104B B	<i>Zero-sewage discharge novel process for development of natural gas fields</i>
CN1515818 A	<i>Natural gas purifying and dewatering method</i>
CN208022967U U	<i>Natural gas lyophilisation device</i>
CN108998131 A	<i>High sulfur containing gas field gathering and transferring system high efficiency desulphurization dehydration device and method</i>
CN207904195U U	<i>Isobaric natural gas molecular sieve regeneration closing dewatering device</i>
CN115019907 A	<i>Digital twinning system of natural gas triethylene glycol dehydration device</i>
CN205024189U U	<i>Decarbonization device of biological natural gas of marsh gas preparation</i>
CN204644318U U	<i>Natural gas dewatering device</i>
CN210458079U U	<i>Dehydration device for natural gas development</i>
WO2022137170 A1	<i>Integrated system for accumulating power or for generating electric power and natural gas</i>
CN215864304U U	<i>System for extracting light hydrocarbon and crude helium from helium-containing natural gas</i>
US6789288 B2	<i>Natural gas dehydration process and apparatus</i>
CN105969438 A	<i>Marginal gas field natural gas pretreatment method based on cooling-heating-power cogeneration</i>
US3162515 A	<i>Dehydration and concentration method and apparatus</i>
CN105152864B B	<i>Technology for producing low carbon alcohol as well as by-product natural gas and liquefied ammonia from coke oven gas and synthetic gas</i>
WO2008120769 A1	<i>Process for producing natural gas hydrate and apparatus therefor</i>
CN103881777B B	<i>Method for producing synthetic natural gas by using dry distillation gas as raw material and by virtue of independent carbon supplementation</i>
CN105385478 A	<i>Method and apparatus for producing synthetic natural gas</i>
CN202595087U U	<i>Natural gas purification device</i>
CN209537408U U	<i>Device for preparing natural gas from gas</i>
CN104789288B B	<i>Synthesized natural gas methanation equipment and process</i>
CN108424799 A	<i>Device and method for purifying and producing liquefied natural gas by means of membrane separation</i>
CN209493538U U	<i>Natural gas source dehydration device</i>
US10301565 B2	<i>Reduced temperature gas dehydration</i>
CN101735849B B	<i>SAGD (steam-assisted gravity drainage) super-heavy oil high-temperature flash-evaporation dehydration method</i>
CN108386175 A	<i>Super heavy oil injected natural gas and thin oil compound viscosity reduction method</i>
CN203695243U U	<i>Cyclone separation device for natural gas separator</i>
CN103742123B B	<i>System and method for separating oil from water by using natural gas floatation of solution gas in crude oil production liquid</i>
WO2017176422 A1	<i>Systems and methods for producing dimethyl ether from natural gas</i>
CN104046400B B	<i>Device and method for carrying out dealkylation and dehydration by using differential pressure of inlet and outlet of pipeline</i>
CN115218611 A	<i>Throttling refrigeration dehydration process gas-liquid separation device</i>
CN110467943B B	<i>Method for producing natural gas, olefin and coal tar from coal</i>
US10233738 B2	<i>System and method for processing natural gas produced from a subsea well</i>
CN2775058U Y	<i>Prize mounted natural gas dewatering device</i>
CN103396853 A	<i>Technology for preparing natural gas by purifying biogas</i>
WO2017214526 A2	<i>Process, method and system for removal of mercury in a gas dehydration process</i>
WO2016179154 A1	<i>Process and system for recovering natural gas liquids (nlg) from flare gas using joule-thomson (j-t) cooling and membrane separation</i>
CN203187642U U	<i>Dehydration and desulfurization device</i>
RU2700525 C2	<i>Abramov complex for production of liquefied natural gas (lmg) with reduced emission of methane into atmosphere of ground</i>
CN206591090U U	<i>Dewatering device that alkaline earth metal salt system granule absorbs natural gas is fast halogenated in adoption</i>
WO2010102729 A2	<i>Method and device for reducing olefin losses during the removal of carbon dioxide from an olefin flow from dehydrogenation reactions</i>
CN115090092 A	<i>Natural gas decarburization process and natural gas decarburization device</i>
CN101773749B B	<i>Method for purifying polyol for preventing natural gas from freezing and dehydrating natural gas and equipment</i>
WO201936166 A1	<i>Process to reduce solvent losses in gas dehydration absorption for drying gas streams</i>
CN1279143C C	<i>Process for natural gas condensing oil removing by low differential pressure throttling</i>
CN114251081 A	<i>Natural gas dehydration gas distribution bag and oil well gas collection pipe network</i>
CN211284270U U	<i>Multi-working-condition device for alternately producing natural gas from coke oven gas</i>
CN204421483U U	<i>Pressurizing system for production process of ultralow- pressure oilfield associated gases LNG (Liquefied Natural Gas), LPG (Liquefied Petroleum Gas) and NGL (Natural Gas Liquid)</i>

WO2014205216 A2	<i>Systems and methods for natural gas liquefaction capacity augmentation</i>
CN103075869B B	<i>Dual-refrigerant liquefaction system and method for NG (Natural Gas)</i>
BR8203819 A	<i>Squeezed process for recovering condensable hydrocarbons from natural gas</i>
CN206904568U U	<i>Satisfy well head high pressure and change natural gas recycling device of low pressure</i>
CN102895890 A	<i>Mixed gas mixing pipe structure for natural gas and biogas, and preparation method thereof</i>
EP-362023 B1	<i>Process of dehydration, of deacidification and of separation of a condensate from a natural gas</i>
CA1187421 A	<i>Method and apparatus for treating natural gas from gas wells for safe transportation in pressure vessels</i>
CN109810740 A	<i>Comprehensive utilization system and process for sulfur-containing natural gas development</i>
CN106118779 A	<i>Natural gas dewatering device</i>
CN106753640 A	<i>Tail gas recycling system and tail gas recycling method during natural gas purification</i>
CN104987904 A	<i>Dehydration and dealkylation device and dehydration and dealkylation method</i>
WO8501058 A1	<i>Process and apparatus associated with gas purification</i>
CN114214098 A	<i>Molecular sieve dehydration pry for heating regenerated natural gas with high reliability</i>
CN106949707 A	<i>Liquefied natural gas equipment</i>
CA1249175 A	<i>Temperature sensitive control system for liquid motor and pump in a natural gas dehydration system</i>
CN216192119U U	<i>Dehydration device for liquefied natural gas production</i>
CN106118775 A	<i>Natural gas dewatering apparatus</i>
CN110467947 A	<i>Renewable natural gas production technology based on wind light biogas resources</i>
CN207362168U U	<i>Crude gas purifier of marsh gas natural gas</i>
CN201813822U U	<i>Natural gas quick-heating type double helix heat dehydration furnace</i>
CN101760271 A	<i>Supergravity dewatering device for natural gas</i>
CN2527049U Y	<i>Electric heater explosion-preventing device for natural gas</i>
KR101549636 B1	<i>Dehydration system</i>
CN203273284U U	<i>Control device of natural gas filling station</i>
CN100513313C C	<i>Carnalite dehydration process and apparatus</i>
CN214244329U U	<i>Energy-saving type natural gas combined dehydrator</i>
CN109576027 A	<i>Natural gas purification integrated tank</i>
CN206131603U U	<i>Coal bed gas deoxidation denitrogenation production liquefied natural gas's combination equipment</i>
CN105062596 A	<i>Novel enclosed multi-tower natural gas molecular sieve dehydrating apparatus</i>
CN108036152 A	<i>Efficient liquefied natural gas conveying pipeline</i>
CN212199150U U	<i>Novel low-pressure natural gas-triethylene glycol dehydration structure</i>
CN208883801U U	<i>The utility model discloses a natural gas dehydration demister</i>
CN108034466 A	<i>Natural gas desulfurization process suitable for offshore floating platform</i>
CN1966166 A	<i>Six-segment process for kitchen garbage to regenerate grease, bio-natural gas, medicinal fertilizer, feedstuff</i>
CN204151313U U	<i>Pre-produced natural gas modularizing treatment device</i>
CN203364558U U	<i>Skid-mounted miniature liquification device</i>
CN216106808U U	<i>Secondary dealkylation device for dealkylation of natural gas</i>
RU2334829 C1	<i>Method of dehydration of chlorine magnesium salts in multichamber furnace of boiling bed</i>
CN204400937U U	<i>Supersonic expansion dehydrating device for natural gas</i>
CN204022773U U	<i>Device for increasing recovery rate of light hydrocarbon in low-pressure natural gas</i>
US2690814 A	<i>Method of dehydrating natural gas and recovery of liquefiable hydrocarbons therefrom at high pressures</i>
CN112852514 A	<i>Natural gas recovery device</i>
CN209522828U U	<i>Natural gas dehydration device</i>
GB2339706 B	<i>Process for adsorbing and desorbing a solvent contained in a natural gas from a dehydration process</i>
CN105176612B B	<i>Technology for preparing low-carbon alcohol and by-products of natural gas and hydrogen from coke oven gas</i>
WO9713574 A1	<i>Method and device for treating natural gas containing water and condensable hydrocarbons</i>
CN202754975U U	<i>Small diameter plate-type dehydration absorbing tower</i>
CN205501233U U	<i>Natural gas takes off heavy hydrocarbon integrated equipment</i>
CN217464629U U	<i>System for heating crude oil, dehydrating and heating by using solar energy and waste heat instead of natural gas</i>
BR112015024806 B1	<i>Clog free high volume drill cutting and waste processing offloading system</i>
BR200607657 A2	<i>flue gas injection for heavy oil recovery</i>
CN109988660 A	<i>System and method for natural gas purification</i>
CN115505436 A	<i>Device and method for extracting helium from liquefied natural gas</i>
CN211005244U U	<i>System for preparing CNG (compressed natural gas) from medium-low-temperature dry distillation raw gas through sulfur-resistant uniform-temperature methanation</i>
BR112016029158 A0	<i>Polyhydric alcohol compositions for gas dehydration</i>
CN209081832U U	<i>Energy-saving flash evaporation light hydrocarbon stabilizing device</i>
CN107057790 A	<i>Purification device of natural gas liquefaction device</i>
CN112274958 A	<i>Ethylene glycol regeneration and recovery system in deep sea natural gas extraction process and ethylene glycol recovery method</i>
CN203131427U U	<i>Skid-mounted liquefied natural gas device</i>
CN102942285B B	<i>Sewage treatment system and method for natural gas purifying factory in H₂S-containing gas field</i>
CN1515651 A	<i>Small type skid-mounted natural gas light hydrocarbon recovering method</i>
FR2743069 B1	<i>Process for regenerating a liquid glycol after dehydrating natural gas</i>
CN110862847 A	<i>Device and method for alternate production of natural gas from multi-working-condition coke oven gas</i>
CN102732348B B	<i>Separator used for CNG (compressed natural gas) dehydrating device</i>
RU2778589 C1	<i>Integrated complex for the production of liquefied natural gas (Lng) on gravity type bases (gtb)</i>
CN111732981B B	<i>Flash steam decarburization and dehydration method and device based on membrane separation</i>

CN102653693B B	<i>Centrifugal pre-separation dehydration absorption tower</i>
CN201992949U U	<i>Skid-mounted natural gas liquefaction device</i>
US3080692 A	<i>Adsorption process and apparatus for gas dehydration and hydrocarbon recovery</i>
CN109324647 A	<i>Heater temperature control system for natural gas dehydration device</i>
CN2369758U Y	<i>Dewatering reactor for compressed natural gas</i>
CN208599327U U	<i>Gas well well head tubular series connection extrinsic cycle swirling dehydration device</i>
US2689875 A	<i>Method and apparatus for treatment of high-pressure natural gas streams</i>
CN114426782 A	<i>Activation method of by-product carbon black in preparation of acetylene by partial oxidation of natural gas</i>
CN101899341 A	<i>Adsorption type high pressure natural gas dehydration process and device</i>
US7370488 B2	<i>Geo-thermal heat exchanging system facilitating the transfer of heat energy using coaxial-flow heat exchanging structures installed in the earth for introducing turbulence into the flow of the aqueous-based heat transfer fluid flowing along the outer flow channel</i>
US6085528 A	<i>System for processing, storing, and transporting liquefied natural gas</i>
CN204022774U U	<i>Device for increasing recovery rate of light hydrocarbon in high-pressure natural gas</i>
CN108913251 A	<i>Bubble cap dedicated to dehydration of natural gas</i>
CN208295543U U	<i>Liquid natural gas dehydration device</i>
CN108775770 A	<i>Natural gas liquefaction system with brazing plate type heat exchanger adopting mixed refrigeration circulation</i>
CN218281183U U	<i>LNG natural gas molecular sieve dewatering equipment</i>
CN101575540B B	<i>Method for producing liquefied natural gas and carbinol simultaneously</i>
CN112742184 A	<i>Triethylene glycol dehydration device and method for recycling regenerated waste gas</i>
CN109669443 A	<i>Information security testing device and method for natural gas pipeline control system</i>
US3096380 A	<i>Method for the dehydration of liquids</i>
CN114508703 A	<i>Treatment system and method for low-lying corrosion leakage of high-sulfur natural gas pipeline</i>
CN104263402 A	<i>Method for efficiently recovering light hydrocarbons from pipeline natural gas by using energy integration</i>
CN109401805 A	<i>Reproducible demercuration technology for natural gas</i>
CN105368517 A	<i>A dehydration treatment device for preliminary purification of natural gas</i>
RU2673972 C1	<i>Complex for reduction, liquidation and compression of natural gas (options)</i>
CN207830987U U	<i>Natural gas primary cleaning analog system</i>
CN206624839U U	<i>Inefficacy natural gas triethylene glycol solution regenerating unit</i>
CN107460015 A	<i>Deep dehydrating system device for natural gas and dehydrating method</i>
CN114463034 A	<i>Optimized scheduling method and system for demand side response of compressed natural gas filling primary station</i>
CN210885949U U	<i>System for preparing LNG (Liquefied Natural Gas) from medium-low-temperature dry distillation raw gas through sulfur-resistant uniform-temperature methanation</i>
CN110318288 A	<i>Methods for producing corrugated paper, natural gas and organic fertilizer from straws</i>
CN109306278 A	<i>Natural gas triglycol dehydrating process</i>
CN107875789 A	<i>Efficient dewatering device for natural gas</i>
CN202688292U U	<i>Oil-field natural-gas dewatering device</i>
CN101475859 A	<i>Method and apparatus for preparing sulfur-free natural gas from methane</i>
CN205939932U U	<i>High purity helium system is got to liquefied natural gas flash distillation air stripping</i>
CA3015826 A1	<i>Systems and methods for closed loop dehydration of a mercury removal unit</i>
CN106544071 A	<i>Offshore gas field natural gas dehydrating device</i>
CN102250957 A	<i>Method for preparing biological natural gas and biological dry ice with water hyacinth</i>
CN113735080 A	<i>Method and production device for extracting ultra-pure helium from helium-containing natural gas at normal temperature in gradient manner</i>
US2957544 A	<i>Control system for closed cycle gas dehydration and hydrocarbon recovery system</i>
CN108071935 A	<i>Transportation apparatus capable of hierarchically storing compressed natural gas</i>
CN107245348 A	<i>Electric dehydration treatment process and electric dehydration treatment apparatus for crude oil extraction liquid containing complex emulsion</i>
CN103361139 A	<i>Retrieve method for natural gas vented by margin oil wells</i>
CN203202608U U	<i>Combined gas filling device for compressed natural gas (CNG) and CNG-doped coke oven gas (COG)</i>
CN103240025 A	<i>Gas mixing device of natural gas and coke oven gas joint gas station</i>
CN207685220U U	<i>Natural gas low -temperature dehydration who need not on a small scale to add antifreeze takes off hydrocarbon device</i>
CN106895662 A	<i>Small-scale natural gas liquefier</i>
CN103877816 A	<i>Intelligent-control gas/natural gas filter system</i>
CN2863763U Y	<i>Carnallite dehydration apparatus</i>
CN216998309U U	<i>Natural gas desulfurization system</i>
CN211595550U U	<i>Natural gas decarburization system</i>
CN2793318U Y	<i>High-efficient and impacting natural gas dewatering device</i>
RU2652192 C2	<i>Natural gas drying and treating method</i>
CN203549383U U	<i>Floating type storage device for liquefaction and revaporization of natural gas</i>
RU2576410 C2	<i>Natural gas liquefaction method</i>
RU2692614 C1	<i>Plant for production of liquefied natural gas</i>
CN204644312U U	<i>Natural gas liquefaction precooling systems</i>
CN201362705U Y	<i>Natural gas water removal and heavy hydrocarbon removal device</i>
CN217973086U U	<i>Natural gas cyclone dryer structure</i>
CN207596802U U	<i>System for by carbide stove tail gas production liquefied natural gas</i>
CN113122345 A	<i>System for treating high-sulfur natural gas and method thereof</i>

CN109097122 A	<i>Wet gas direct-blowing natural gas low-temperature dehydration dealkylation process</i>
CN112226257 A	<i>Factory debugging test method for offshore platform triethylene glycol natural gas dehydration and regeneration system</i>
CN204841366U U	<i>A molecular sieve dryer for moisture natural gas in oil field</i>
CN215250674U U	<i>Natural gas purification device</i>
CN209771424U U	<i>Steam heating system for alcohol dehydration</i>
CN208586261U U	<i>CNG dehydration ware</i>
CN202595085U U	<i>Centrifugal type pre-separation dehydration absorption tower</i>
CN202099258U U	<i>Novel natural gas precooler</i>
CN105969437 A	<i>Dehydration device of natural gas, switching control method and system</i>
EP-770667 B1	<i>Drying process for gases making use of glycol including the separation of gaseous effluents</i>
CN108559559 A	<i>Natural gas freezing and dehydrating device</i>
CN114644359 A	<i>Method for preparing UO₃ through uranyl nitrate pyrolysis denitration by using natural gas</i>
CN112608774 A	<i>Method and device for upgrading natural gas quality</i>
CN209052640U U	<i>Device for synthesizing methanol and co-producing LNG(Liquefied Natural Gas) and rich H₂ by utilizing coke oven gas</i>
CN108003953 A	<i>Molecular sieve dehydration apparatus for natural gas</i>
CN208087559U U	<i>Low -temperature dehydration system</i>
CN101839393 A	<i>Direct gas-filling energy-saving system for CNG(Compressed Natural Gas) primary station and process flows thereof</i>
CN215327946U U	<i>Filtering and drying mechanism for natural gas</i>
US6158242 A	<i>Gas dehydration method and apparatus</i>
CN114852964 A	<i>Equipment for preparing hydrogen and graphite by using liquid metal and natural gas</i>
CN205288039U U	<i>A molecular sieve dehydration column for dry biological natural gas</i>
CN102250659 A	<i>Precooler for dehydration and dehydrocarbon of natural gas</i>
WO200238250 A1	<i>Gas dehydration using membrane and potassium formate solution</i>
CN114686283 A	<i>Natural gas purification and separation system</i>
GB1334208 A	<i>N-alkylated lactams and n-cycloalkylated lactams</i>
CN204187278U U	<i>Ice blockage prevention safety valve of LNG (Liquefied Natural Gas) storage tank/cylinder</i>
SU-711758 A1	<i>Gas line for conveying natural gas in the form of gas hydrates</i>
CN113144821 A	<i>Multi-technology integrated separation process for producing high-purity helium from liquefied tail gas of helium-rich natural gas</i>
CN211595549U U	<i>Natural gas production waste gas purification device</i>
BR112018071812 A0	<i>Composition and process for the dehydration of gases using a glycol, an imidazole compound and an optional additive</i>
CN105505496 A	<i>Small movable skid-mounted natural gas dehydration device</i>
CN2492296U Y	<i>Deep dewaterer for compressed natural gas</i>
CN110018298 A	<i>Triethylene glycol dehydration and regeneration simulation system for indoor experimental research</i>
CN216280667U U	<i>CNG input dehydration device</i>
CN205011723U U	<i>Rely on device of low temperature methanol solution desorption synthetic natural gas normal water</i>
CN115128071 A	<i>Device and method for measuring wax precipitation condition of high-pressure natural gas</i>
RU2691876 C1	<i>Plant for liquefied natural gas production (versions)</i>
CN201853112U U	<i>Intelligent control system of natural gas dryer</i>
CN1154262 A	<i>Method and equipment for expansion cold condensation for removing water from natural gas</i>
CN201735213U U	<i>Oil-gas-water three-phase separating device having precipitating, separating and electric dehydration functions</i>
CN207362167U U	<i>Compound bed adsorption equipment of natural gas preliminary treatment</i>
CN210736676U U	<i>Skid-mounted carbon dioxide flooding return exhaust desulfurization dehydration and carbon dioxide recovery system</i>
CN111100717 A	<i>Method and device for preparing natural gas from coal gas</i>
CN101280235 A	<i>Method for preparing liquefied natural gas from coke oven gas</i>
CN115405852 A	<i>Diversified gas station system based on natural gas and hydrogen</i>
CN111649539 A	<i>Device and process for natural gas decarburization and carbon dioxide recovery and liquidation of carbon-dioxide-rich oil and gas wells</i>
CN111765721 A	<i>Method and system for recovering ethane decarburization tail gas in natural gas ethane recovery project</i>
CN113716595 A	<i>Equipment used for carbon sequestration of flue gas and used after natural gas combustion</i>
CN113563148 A	<i>Coal natural gas and methanol poly-generation system and method integrating waste heat refrigeration</i>
CN110963464 A	<i>Method for producing hydrogen by coupling natural gas direct cracking and steam reforming</i>
WO201783693 A1	<i>Method of preparing metal diboride dispersions and films</i>
CN105087092 A	<i>Natural gas production system and method thereof</i>
CN212481840U U	<i>Vehicle-mounted mobile system for recovering mixed hydrocarbons and liquefied natural gas in oilfield exhaust air</i>
CN102776042 A	<i>Method for producing liquefied natural gas (LNG) by using semi-coke tail gas</i>
CN101531180 A	<i>Compressed natural gas intensive supply system</i>
WO2020150440 A1	<i>Floating gas lift system, apparatus and method</i>
CN107099348 A	<i>Method for producing synthesis natural gas by using underground coal gasification product gas</i>
US10099168 B2	<i>Systems and methods for closed loop regeneration of gas dehydration units using liquid petroleum gas</i>
CN108730769 A	<i>Device for recycling BOG into natural gas pipeline network</i>
CN108728195 A	<i>Natural gas water and heavy hydrocarbon removing device</i>

CN11495596 A	<i>Hydrogen energy recovery and purification device in natural gas liquefaction process</i>
CN112619380 A	<i>Energy-saving and environment-friendly triethylene glycol dehydration device and dehydration process</i>
CN102250956 A	<i>Method for preparing hydrogen-blended natural gas by using biomass raw materials</i>
CN106867580B B	<i>Energy-saving and emission-reduction equipment and process for crude oil dehydration</i>
CN204752650U U	<i>Utilize cryogenic separation's marsh gas purification and biological natural gas liquefaction device</i>
CN201770682U U	<i>Multi-tower energy-saving compressed natural gas dehydrating device</i>
CN213202944U U	<i>System for synthesizing ethylene glycol and co-producing LNG (Liquefied Natural Gas) from kitchen waste and straws</i>
GB2575568 B	<i>Dehydration of gas from a well stream</i>
CN107739635 A	<i>Natural gas purification device</i>
CN112791574 A	<i>Method and device for treating nitrogen oxide generated by natural gas combustion</i>
CN106433836 A	<i>Real-time control-based natural gas liquefied raw gas filtering device</i>
WO200253674 A1	<i>Gas dehydration with cavitation regeneration of potassium formate dehydration solution</i>
CN102602927 A	<i>Environmental protection method for processing wood dust and producing activated carbon by using natural gas as fuel</i>
CN102311821 A	<i>Method for producing natural gas through magnetizing hematite by coke-oven gas</i>
CA1271411 A	<i>Process for recovering natural gas liquids</i>
US2820833 A	<i>Dehydration of natural gas streams and cold separation units therefor</i>
CN216604670U U	<i>Pressure swing adsorption integrated equipment for refining natural gas from biogas</i>
CN112899021B B	<i>Full-gravity balance separation and dehydration integrated device and crude oil treatment method</i>
CN212456288U U	<i>Dehumidification device in natural gas pipeline</i>
WO2017188847 A1	<i>A device, process, and catalyst intended for desulfurization/demercaptanization/dehydration of gaseous hydrocarbons</i>
CN103614174 A	<i>Coke oven gas (COG) and natural gas (or methane CH₄) based hydrogen enriched gas fuel for internal combustion engine</i>
CN102344841 A	<i>Method for preparing substitute natural gas by coal-based syngas</i>
CN110467950 A	<i>Natural gas dehydration system and dry gas water dew point test method thereof</i>
CN208599971U U	<i>Gas well head tubular extrinsic cycle swirling dehydration device that connects in parallel</i>
BR112015022663 B1	<i>Mixed refrigerant system and method</i>
CN211814308U U	<i>Energy-saving efficient intelligent absorption tower of triethylene glycol dehydration device</i>
CN111399561B B	<i>Temperature control system and method for triethylene glycol dehydration process</i>
CN209977705U U	<i>The pressure-regulating gas supply system is used between CNG gas holder and boiler low-nitrogen combustor or stove</i>
CN110272770 A	<i>System and method for making biological natural gas by using water electrolysis technique through biogas electrochemical purification</i>
CA2523110 C	<i>Vapor process system</i>
CN104745261 A	<i>High-pressure molecular sieve circulating dehydration system and method</i>
CN102161925 A	<i>Process for producing biological natural gas by using methane</i>
CN107090320 A	<i>Interstage dehydration-based syngas fluidized bed methanation natural gas production system</i>
US20220289653 A1	<i>Natural Gas Dehydration</i>
CN212610473U U	<i>Compressor rear-mounted dehydration system</i>
CN200958685U Y	<i>Directed-frozen dewatering safety controller of petroleum and natural gas</i>
RU2232626 C1	<i>Natural gas drier</i>
WO200016879 A1	<i>Process for separating natural gas and carbon dioxide</i>
CN109666521 A	<i>Natural gas dehydration device</i>
CN105038885B B	<i>Low-carbon gas fuel preparation system and preparation method</i>
CN206970553U U	<i>Synthetic natural gas's device is produced by biomass gasification atmogenic</i>
CN205347355U U	<i>A metal regular packing for natural gas or coal gas dewatering device</i>
CN114456829 A	<i>Crude oil dehydration method</i>
CN202626134U U	<i>Process device for preparing liquefied natural gas (LNG) and hydrogen simultaneously through coke oven gas</i>
CN204385150U U	<i>Triethylene glycol dehydration system</i>
CN201324568U Y	<i>Oil-water-solid multiphase separator for natural gas</i>
CN209276468U U	<i>Biogas purification system with peak shaving function</i>
WO201517151 A1	<i>Removal of sulfur compounds in an acid gas stream generated from solvent-based gas treating process</i>
FR2754736 B1	<i>Regeneration of a glycol fluid used for dehydration of gas</i>
CN108977244 A	<i>Method for preparing liquefied natural gas from oxygen-rich modified semi-coke tail gas</i>
BR9610694 A	<i>Processes and plants for treating well flow produced from a petroliferous field at sea and for converting a natural gas especially an associated natural gas into a synthetic crude oil and/or wax</i>
CN101104824 A	<i>Method and device for producing synthetic natural gas from organic waste water</i>
CN114935109 A	<i>Natural gas spherical tank with filtering function</i>
CN112391215 A	<i>Method for improving natural gas yield</i>
US4748011 A	<i>Method and apparatus for sweetening natural gas</i>
CN107245357 A	<i>Energy-saving technology used for preparing natural gas through powdered coal gasification syngas</i>
CN202705328U U	<i>Skidded complete set of device for collecting and processing oil field gas</i>
CN113899161 A	<i>Method for extracting ethane from natural gas</i>
US5453114 A	<i>Method of dehydrating natural gas for reducing emissions of hydrocarbon impurities</i>
CN112082366 A	<i>Grain drying tower adopting natural gas for drying</i>
CN218155071U U	<i>Liquid hydrocarbon throttling refrigeration natural gas dealkylation device</i>
CN103805293 A	<i>Dehydration and debenzolization combined regeneration process</i>
CN109578098 A	<i>Natural gas cogeneration process capable of realizing zero carbon emission</i>

BR200920029 B1	<i>process for direct reduction of iron ore</i>
CN114314534 A	<i>Process for extracting helium from natural gas</i>
CN114044488 A	<i>Resource utilization method for preparing acetylene by-product carbon black from natural gas and gasifier burner</i>
CN101100934 A	<i>Natural gas well non-killing well fluid removing system</i>
CN201953354U U	<i>Movable type well-head gas collection system</i>
RU2733327 C1	<i>Liquid sorbent carryover sensor in aerosol form from natural gas glycol dehydration apparatus</i>
CN109883188 A	<i>Dehydration furnace capable of heating by utilizing waste heat of burning machine and working method</i>
CN103542253 A	<i>Floating type storage device used for natural gas liquefaction and revaporization</i>
CN205275542U U	<i>Triethylene glycol dehydration energy saving and consumption reduction device</i>
RU2310606 C1	<i>Method of dehydration of the chloromagnesium raw and the device for its realization</i>
CN110018278 A	<i>Triethylene glycol dehydration and regeneration simulating experiment system based on medium circulation</i>
CN216868174U U	<i>LNG (Liquefied Natural Gas) purification and recovery system for clean gas production</i>
CN215907932U U	<i>Integrated system for carrying out carbon capture power generation by using liquefied natural gas</i>
CN203247242U U	<i>Closed three-tower molecular sieve dehydration device</i>
EP-778068 B1	<i>Process for the dehydration of a gas</i>
CN210375209U U	<i>Gas field wellhead tubular circulating dehydration experiment device</i>
JP4672990 B2	<i>Process and apparatus for producing gas-hydrate</i>
RU2659870 C1	<i>Method of production of liquefied natural gas</i>
CN204502600U U	<i>Natural gas dehydrator filter</i>
BR9811438 A	<i>Process and Equipment for Regeneration of Triethylene Glycol</i>
CN205656006U U	<i>NGV engine test bed frame gas air feed is equipped</i>
CN202595082U U	<i>Centrifugal type predissociation dehydration absorption tower</i>
CN202595081U U	<i>Packing spiral-flow type predissociation dehydration absorption tower</i>
CN202730093U U	<i>Spiral-flow type pre-separating dehydration absorption tower</i>
CN205886540U U	<i>Device of biological natural gas of carbon dioxide preparation in water uptake method desorption marsh gas</i>
BR112018072753 B1	<i>A process for catalytic dehydrogenation</i>
WO200774294 A2	<i>Method and device for recovering carbon dioxide from fumes</i>
CN204502599U U	<i>Natural gas dewatering device filter</i>
CN203833908U U	<i>Natural gas deacidifying device</i>
CN102839027 A	<i>Device and method of low temperature separation dehydration of gas field well mouth</i>
US2507608 A	<i>Apparatus for dehydrating gas and recovering condensable hydrocarbons therefrom</i>
CN212828966U U	<i>Semi-submersible production platform</i>
CN208279582U U	<i>System for coke oven gas prepares liquefied natural gas and hydrogen</i>
CN101435024B B	<i>Raw copper air refining process based on mathematical model</i>
CN110425414 A	<i>Dehydration compression system of CNG gas filling station</i>
US4822393 A	<i>Natural gas pretreatment prior to liquefaction</i>
CN210656834U U	<i>Wellhead gas source purifier</i>
RU2702540 C1	<i>Gas chemical complex</i>
US2739669 A	<i>Cyclic adsorption process</i>
CN205117427U U	<i>Electricity generation of natural atmospheric pressure difference combines electricity generation of organic rankine cycle to retrieve cold volume system</i>
CN113837712 A	<i>Large land liquefied natural gas production process module division and arrangement method</i>
CN112604457 A	<i>Process for dehydrating natural gas by using mixed solvent of ionic liquid and triethylene glycol</i>
CN107098788 A	<i>Apparatus for removing carbon dioxide by recovering ethane from pipeline natural gas and method thereof</i>
CN202595083U U	<i>Heating spiral-flow type predissociation dehydration absorption tower</i>
CN202595074U U	<i>Column tray rotational flow pre-separating dehydration absorption tower</i>
CN103074136 A	<i>System and process method for producing natural gas by beer biogas</i>
CN111995709 A	<i>Demulsifying agent for treating natural gas condensate oil produced liquid as well as preparation method and application thereof</i>
CN111854324 A	<i>System and method for extracting helium from natural gas</i>
CN114525159 A	<i>Device and process for preparing natural gas through closed-loop circulation comprehensive utilization of synthesis ammonia tower rear gas</i>
CN114543068 A	<i>Method for improving balance of steam system of natural gas purification device</i>
WO9220431 A1	<i>Treatment of acid gas using hybrid membrane separation systems</i>
CN109440965 A	<i>Method for producing natural gas and fabricated wall plate through food and kitchen waste and production line</i>
CN113738467 A	<i>Integrated system for carrying out carbon capture power generation by using liquefied natural gas</i>
CN111411002 A	<i>Production method for producing natural gas from vinasse</i>
RU2726328 C1	<i>Deethanization unit for natural gas using ltdf (versions)</i>
WO200102515 A1	<i>Continuous dehydration of alcohol to ether and water used as fuel for diesel engines</i>
CN106560505 A	<i>Process and apparatus for removing water from synthetic natural gas by using low temperature methanol solution</i>
CN106115419 A	<i>Novel and safe petroleum-natural gas dehydrating device convenient and fast to use</i>
US20150302138 A1	<i>Natural gas dehydration vessel having reduced regeneration mode cycle time and method of use and design thereof</i>
CN108329964 A	<i>Natural gas dewatering demister</i>
CN110003961 A	<i>Method for producing natural gas by subcritical hydrolysis of polyhydrocarbon compound</i>
WO201964347 A1	<i>Floating structure for producing lng and maintenance method of lng tank in the floating structure</i>
US9133075 B1	<i>Method to eliminate all carbon dioxide emissions during the production of liquid fuels from coal and natural</i>

	<i>gas</i>
CN103571558 A	<i>Method for preparing liquefied natural gas (LNG) from tail gas produced by external-heat destructive distillation-type semicoke preparation</i>
CN213295258U U	<i>Crude oil on-site dehydration system suitable for scattered wells</i>
CN212504757U U	<i>Flash steam decarburization and dehydration device</i>
CN202595076U U	<i>Gravity type predissociation dehydration absorption tower</i>
CN202590567U U	<i>Double-mist-catching type pre-separation dehydration absorption tower with filler</i>
CN111852404B B	<i>Associated gas recovery and treatment device and method</i>
CA2820733 C	<i>Processing and transport of stranded gas to conserve resources and reduce emissions</i>
CN106167723 A	<i>Small-diameter apron-type dehydration absorption tower</i>
CN101844026 A	<i>Novel dehydration drying method</i>
US7935228 B1	<i>Low emission natural gas processing dehydration system</i>
CN112812806 A	<i>Process and system for producing light hydrocarbon and LNG (Liquefied Natural Gas) from oilfield associated gas</i>
WO2018169771 A2	<i>System for producing vehicle fuel</i>
CN205170784U U	<i>Small -size portable sled dress natural gas dewatering device</i>
CN2922985U Y	<i>Petroleum natural-gas frozen dewatering de-heavy- hydrocarbon apparatus</i>
US2477772 A	<i>Apparatus for dehydrating natural gas</i>
CN112646621 A	<i>Closed-loop regeneration system of gas dehydration device</i>
CN108114581 A	<i>Novel dehydration plant pipeline connection manner</i>
CN108117902 A	<i>Double-tower dehydration device capable of automatically adjusting pressure balance</i>
CN205710639U U	<i>CNG dehydration ware</i>
CN211645139U U	<i>Dehydration and dealkylation equipment</i>
CN202595084U U	<i>Structured packing gravity type pre-separation and dehydration absorbing tower</i>
CN202595079U U	<i>Centrifugal vertical mist catching type predissociation dehydration absorption tower</i>
CN203754667U U	<i>Skid-mounted molecular sieve device for dehydrating natural gas</i>
CN204737928U U	<i>System for hot desulfurization of circulating fluidized bed dry process production synthetic natural gas or coproduction hydrogen manufacturing uses coordinately</i>
CN204113230U U	<i>Shale gas collection recycling device</i>
CN204824775U U	<i>Low carbon gaseous fuel's preparation system</i>
JP2004131534 A	<i>Liquid fuel and method for producing the same</i>
CN209098595U U	<i>Associated gas condensate recovery device for offshore marginal oil field</i>
RU2767575 C1	<i>Integrated complex for production of liquefied natural gas (Lng) on gravity-based foundation (gbf)</i>
CN107118818B B	<i>Process for synthesis of LNG from methanol purge gas</i>
RU--96337 U1	<i>Vertical sump for the separation of water-natural gas emulsion</i>
RU2181069 C1	<i>Method of cleaning natural gas glycol desiccant solution</i>
EP-104036 A2	<i>Single stage liquid motor and pump</i>
CN115125042 A	<i>Fine removal method for mercaptan organic sulfur</i>
CN112280604 A	<i>Supersonic dehydration and dealkylation process design method</i>
CN105273787B B	<i>Process and system for completing rewarming exportation in high-pressure gas field by utilizing high-efficiency heat exchanger</i>
WO2014182563 A2	<i>Separating impurities from a gas stream using a vertically oriented co-current contacting system</i>
CN212732175U U	<i>Molecular sieve dehydration oil-free lubrication regeneration supercharging device</i>
CN202595078U U	<i>Gravitational double mist trapping pre-separation dehydration absorption tower</i>
WO201188374 A2	<i>Natural gas production filtration vessel and assembly</i>
CN210419874U U	<i>Liquefied biogas preparation system</i>
CN204251574U U	<i>Molecular sieve dehydration device</i>
CN216878602U U	<i>Light hydrocarbon recycling and drying system</i>
CN101886007 A	<i>Heating method of feed gas in gas dehydration process</i>
RU2323880 C2	<i>Method for dehydration of raw carnallite in fluidised bed three-cell furnace</i>
RU2260562 C1	<i>Method of dehydration of chloromagnesium raw material and a device for its realization</i>
CN113088359 A	<i>Triethylene glycol loss online prediction method for triethylene glycol dehydration device driven by process parameters</i>
CN102994179 A	<i>Molecular sieve dehydration method</i>
CN108822909 A	<i>Natural gas dewatering system for using waste heat of molecular sieve regenerated gas</i>
CN113893639 A	<i>Triethylene glycol dehydration device reboiler rectifying column tail gas recovery device</i>
CN111334353 A	<i>Biogas desulfurization, decarburization and natural gas purification system</i>
CN109609220 A	<i>Method for producing LNG (liquefied natural gas) from coalbed methane</i>
US4701188 A	<i>Natural gas conditioning system and method</i>
CN215696754U U	<i>Ex-situ soil thermal desorption remediation system with dehydration function</i>
US7155918 B1	<i>System for processing and transporting compressed natural gas</i>
CN114695880 A	<i>Dehydration system of lithium ion battery positive electrode material precursor and method for preparing positive electrode material precursor</i>
CN210199571U U	<i>Multi-energy complementary intelligent thermoelectric hydrogen supply system</i>
CN109381985 A	<i>Natural gas purifying treatment method</i>
WO201908107 A1	<i>Large scale coastal liquefaction</i>
CN202297536U U	<i>Water and heavy hydrocarbon removing device for producing liquefied natural gas (LNG) by using methane-rich mixed gas</i>
US10808998 B1	<i>Natural gas drying method and apparatus</i>
CN105779046B B	<i>Method for preparing LNG (Liquefied Natural Gas) by using Fischer-Tropsch synthesis tail gas as raw material</i>

KR20130006055 A	<i>Hydrate inhibitor feed system for dme fpro</i>
CN204829263U U	<i>CNG air entrainment standard station by CNG air entrainment sub -station reconstruction</i>
CN211311395U U	<i>Vehicle-mounted wellhead gas recovery system</i>
CN101721875 A	<i>Oil, water and solid multi-phase separation method for natural gas</i>
RU2344360 C1	<i>Method of gas liquefaction and installation for this effect</i>
US5964923 A	<i>Natural gas treatment train</i>
WO2017209757 A1	<i>Two column hydrocarbon recovery from carbon dioxide enhanced oil recovery streams</i>
CN206112957U U	<i>Integrated device is burned in sledge seat and dehydration of triethylene glycol regeneration gas</i>
WO201069910 A2	<i>Method for cooling a hydrocarbon stream and a floating vessel therefor</i>
CN206127237U U	<i>Gaseous low temperature freeze -drying dewatering device</i>
CN111961509B B	<i>Biogas membrane purification system and method</i>
CN206940820U U	<i>MDEA and molecular sieve sweetening dewatering device are utilized to high efficiency</i>
JP4054622 B2	<i>Gas-hydrate dehydrator</i>
CN2760379U Y	<i>Mobile work station for recovery of oil field associated gas</i>
CN214612316U U	<i>High-frequency pulse crude oil dehydration device</i>
RU2399588 C1	<i>Procedure for preparing carnallite raw material to electrolytic production of magnesium and chlorine</i>
CN102389690B B	<i>Gas dehydration and dealkylation method for supersonic vortex tube</i>
CN206198770U U	<i>Utilize crude oil gathering and transportation device of steam power plant's waste heat</i>
CA2892633 A1	<i>Glycol regenerator vapor recovery unit</i>
CN2915864U Y	<i>Generation device for alcohol radical fuel producing alcohol radical environment-friendly natural gas</i>
BR7201752 D0	<i>Process for dehydrating gases</i>
CN111013330 A	<i>Dehydration composition, preparation method and applications thereof</i>
US2739670 A	<i>Cyclic adsorption process</i>
RU2359911 C1	<i>Dehydration method of carnallite raw materials and device for its implementation</i>
GB1202787 A	<i>Gas dehydration</i>
CN214244331U U	<i>Dehydrating, filtering and pressurizing device for gas gathering station</i>
CN113322096 A	<i>Demulsifier for low-temperature dehydration of complex mixed liquid extracted from oil well</i>
FR2249943 B1	<i>Natural gas substitute from naphtha - by steam reforming in two stages with hydrogen recycle to second stage</i>
CN204509235U U	<i>High pressure molecular sieve circulation dewatering system</i>
RU2339577 C1	<i>Dehydration method for chlorine-magnesium raw materials and facility for its implementation</i>
CN112916579B B	<i>System and method for synthesizing ammonium bicarbonate and co-producing LNG (Liquefied Natural Gas) from organic wastes</i>
CN215560107U U	<i>Oil field associated gas recovery system</i>
CN208553227U U	<i>Hydrate slurry processing processing apparatus</i>
US2812827 A	<i>Gas dehydration process and apparatus</i>
CN106593363B B	<i>Underwater modular oil-gas production platform and working method thereof</i>
CN213202933U U	<i>System for preparing LNG (Liquefied Natural Gas) by using garbage pyrolysis gas</i>
CN203238233U U	<i>CNG (compressed natural gas) dewatering device</i>
CN106440658 A	<i>Combination process for preparing liquefied natural gas (LNG) through high-oxygen-content and high-nitrogen- content coalbed methane</i>
CN212833653U U	<i>Compressed gas dehydration device with regeneration adsorption function</i>
CN211798877U U	<i>High-efficiency flash evaporator of triethylene glycol dehydration device</i>
CN202595075U U	<i>Column tray centrifugal pre-separation dehydration absorption tower</i>
RU2309896 C1	<i>Method of dehydration of the chlorine-magnesium feedstock and the device for its realization</i>
CN109652155 A	<i>Molecular sieve dehydrating system and technology applied to field of natural gas treatment</i>
CN111578620 A	<i>Vehicle-mounted mobile system and process method for recovering mixed hydrocarbon and liquefied natural gas in oilfield vent gas</i>
CN106831326 A	<i>Comprehensive utilization process for synthesizing methanol from coke oven gas and co-producing liquefied natural gas</i>
CN217265583U U	<i>Energy-saving triethylene glycol regeneration system</i>
CN111348622 A	<i>Preparation system and preparation method for preparing synthesis gas from carbon-rich natural gas</i>
BR200709499 B1	<i>process for selectively producing mixed alcohol</i>
CN210014383U U	<i>Shale gas dehydration pry tail gas treatment device</i>
CN107098362B B	<i>Sea salt rapid-dehydration equipment</i>
CN110628478 A	<i>Method for producing natural gas and coproducing fuel oil and aromatic hydrocarbons from coal by using pressurized moving bed</i>
CN108219880 A	<i>Methanation natural gas synthesis method through supplying hydrogen to low hydrogen-carbon ratio coke oven gas</i>
CN210367577U U	<i>Modular molecular sieve dehydration device</i>
CN103146447 A	<i>System for producing CH4-enriched gas and method for producing CH4-enriched gas by employing system</i>
CN108815881 A	<i>Hydrate slurry processing apparatus and method thereof</i>
CN107216923 A	<i>Complex-bed adsorption apparatus for pretreatment of natural gas</i>
CN204987651U U	<i>Explosion -proof liquefying plant of making an uproar falls in sleeve pipe gas</i>
CN115074148 A	<i>Solar power and heat supply natural gas light hydrocarbon recovery device and recovery process</i>
CN113831942 A	<i>Natural gas liquefaction denitrification system and process</i>
CN110628477 A	<i>Method for producing natural gas and coproducing fuel oil and aromatic hydrocarbons from coal through multilayer hydrogenation via pressurized moving bed</i>
CN115595178 A	<i>Biomass gas system based on substitute natural gas and working method</i>
CN206783605U U	<i>Crude oil dehydration energy saving and emission reduction equipment</i>

CN103820181 A	<i>Method and device for converting methanol into natural gas</i>
CN111947394 A	<i>Device and process for extracting helium from liquefied natural gas BOG</i>
CN216192118U U	<i>System for producing LNG (Liquefied Natural Gas) and hydrogen product by taking coke-oven gas as raw material</i>
BR200518868 A2	<i>process for desidrataÇço Gases</i>
GB2345124 B	<i>High pressure gas fractionating process and system</i>
CN109294645 A	<i>Apparatus and method for synthesizing methanol and co- producing liquefied natural gas (LNG) and H₂-enriched gas by utilizing coke oven gas</i>
CN109628181 A	<i>Novel arrangement structure of skid-mounted natural gas liquefaction device</i>
RU2344359 C1	<i>Gas liquefaction method to be used in offshore/inshore areas of arctic seas</i>
WO201370966 A1	<i>Synthesis of high caloric fuels and chemicals</i>
CN105733715 A	<i>Process for synthesizing LNG (Liquefied Natural Gas) and coproducing liquid ammonia by using methanol purge gas</i>
US20150111728 A1	<i>Method of Fabricating Honeycomb Catalyst of Nano Metal Oxides for Natural Gas Reforming</i>
CN217929404U U	<i>Unconventional shale gas LNG factory pretreatment and liquefaction skid-mounted system</i>
CN210528875U U	<i>Triethylene glycol dehydration filtering device</i>
WO2022159408 A1	<i>Biogas conversion to mixed alcohols</i>
CN105063097 A	<i>Method for preparing CNG (compressed natural gas) from straws</i>
JP62095118 A	<i>Dehydration method using glycol</i>
US20050082473 A1	<i>Mobile system for in situ acquisition of carbon isotope data on natural gas</i>
CN216303280U U	<i>Nitrogen-insulating combustion and CO₂ capturing and utilizing system of gas-fired boiler</i>
CN209412161U U	<i>Novel low-concentration gas dehydration system</i>
US9511323 B2	<i>Dehydration of gases with liquid desiccant</i>
US9518239 B2	<i>Process for removing sulfur compounds from natural gas streams</i>
CN205403568U U	<i>Take off water chiller</i>
BR112014023619 A0	<i>Low emissions oxidative dehydrogenation process for producing butadiene</i>
US10753677 B2	<i>Methods and systems for enhancing production of liquefied natural gas</i>
CN205740929U U	<i>Novel dehydration of multi -functional triethylene glycol device</i>
CN104726127B B	<i>Refined heavy-hydrocarbon removal system for recovering LNG/LPG/NGL from petroleum associated gas</i>
CN213977579U U	<i>Landfill gas purification system</i>
CN106350141 A	<i>Low-temperature gas freeze-drying and dehydrating process and device</i>
GB1306449 A	<i>Selective sulphide removal process</i>
CN113091817 A	<i>State monitoring and fault diagnosis system for triethylene glycol dehydration device</i>
BR112021015449 A0	<i>Process for recovering close boiling products</i>
CN209483562U U	<i>Compressor system for CNG filling station</i>
CN107365606B B	<i>Energy-saving and zero-emission multipurpose molecular- sieve dewatering device</i>
GB-996216 A	<i>Adsorption process</i>
US2730240 A	<i>Dehydration of oils</i>
CN113025373 A	<i>SAGD (steam assisted gravity drainage) thick oil dehydration method</i>
CN110343556 A	<i>Skid-mounted carbon-dioxide-flooding flow-back gas desulfurization, dehydration and carbon dioxide recovery system</i>
CN112028511 A	<i>Calcination dehydration method of phosphogypsum</i>
CN106595128 A	<i>Heat pump type crude oil dehydration and heating system and method</i>
CN106352657B B	<i>System and method for extracting helium gas from flashing steam</i>
CN204006963U U	<i>Fuel gas liquefying device</i>
BR200908190 B1	<i>method for producing iron ore pellet</i>
BR200719081 B1	<i>process for producing alkenes from oxygenates using supported heteropolyacid catalysts</i>
CN215311171U U	<i>Novel gas-liquid separation device</i>
CN113816355 A	<i>Method and device for preparing potassium pyrophosphate and co-producing water-soluble fertilizer through one-step dehydration polymerization</i>
US20100232985 A1	<i>Fuel gas conditioning with membrane separation</i>
US6694768 B2	<i>Non-frost deep-freezing gas dehydrator</i>
CN203836584U U	<i>Gas station device integration lever for CNG convention station and parent station</i>
CN104549161B B	<i>Preparation method of ferrous metal organic framework material and application of ferrous metal organic framework material</i>
CN109133113 A	<i>Drying dehydration method for industrial production mirabilite in chlor-alkali and device</i>
CN108249720B B	<i>Method for preparing sludge carbon by mechanically dehydrating coupling drying pyrolysis</i>
CN204298338U U	<i>High frequency pulse crude oil dehydration device</i>
CA2859513 A1	<i>Pump system for gas dehydrator powered by thermal electric generator</i>
CN207527285U U	<i>CNG gas station utilizes process systems of LNG cold energy dehydration</i>
CN208362278U U	<i>A dehydration device for CNG</i>
CN110317650 A	<i>Vehicle-mounted wellhead gas recovery system</i>
CN110093178 A	<i>Demulsifier for dehydration of liquid mixtures produced by oil well in complex oil reservoir, preparation method and use method</i>
RU2389813 C1	<i>Procedure for production of magnesium and chlorine and process line for implementation of this procedure</i>
CN206304537U U	<i>Palingenetic LNG feed gas dewatering device steps down</i>
CN113698971 A	<i>Method for removing heavy hydrocarbon by using low- temperature rectification method</i>
CN114704233B B	<i>Automatic foam discharging ball filling device and method</i>
CN102606885B B	<i>Method for heat tracing by recovering waste heat of oil-gas dehydrating and purifying device</i>
BR112017026105 B1	<i>Method and apparatus for dehydration of a hydrocarbon gas</i>

CN203971954U	<i>Dewatering and debenzolization combined regeneration system</i>
CN210163410U	<i>Biogas dehydration device</i>
CN209483571U	<i>Front dehydrated compressor system for CNG filling station</i>
US9803803 B1	<i>System for compressed gas energy storage</i>
CN102313134B	<i>Oil and gas storage and transportation process flow simulating system and method</i>
WO2018169909 A2	<i>Hydrocarbon distillation</i>
JP5265620 B2	<i>Method for manufacturing gas hydrate and apparatus</i>
CN115584289 A	<i>Oil well associated gas separation device and treatment method</i>
WO202176594 A1	<i>Dehydration processes utilizing cationic zeolite rho</i>
GB1131003 A	<i>Process and apparatus for the dehydration of a gas</i>
CN110540881 A	<i>Wellhead gas source purifier and method</i>
WO2016153958 A1	<i>Method and system for co2 rejection with a two stage membrane process</i>
DE102004063841 B4	<i>A method for combining a natural gas expansion system with an air conditioning cooler has pre- and post-heating of the gas and a control system for the output temperature</i>
CN113548649 A	<i>Helium purification low-temperature adsorption process</i>
WO201005453 A2	<i>Remote micro-scale gtl products for uses in oil- and gas-field and pipeline applications</i>
GB-725327 A	<i>Improvements in or relating to regenerative processes and apparatus for endothermically and exothermically altering gaseous materials</i>
WO200668814 A2	<i>Production of aromatic hydrocarbons from methane</i>
CN106753642 A	<i>Comprehensive energy utilization system for high-pressure washing biogas decarburization process</i>
CN205133538U	<i>Energy -concerning and environment -protective moldeed depth water wet gas dewatering device</i>
CN101836674B	<i>Microwave-assisted heating combined belt type drier</i>
WO2016102533 A1	<i>Method for the production and use of a hydrocarbon mixture</i>
CN203319961U	<i>Light hydrocarbon recovery device in triethylene glycol dehydration technology</i>
AU2018200335 A1	<i>Systems and methods for short loop regeneration of gas dehydration units</i>
CN212051065U	<i>Mobile village and town sludge treatment system</i>
CN108641763 A	<i>Method for treating tail gas produced in dehydration, regeneration and gas stripping of triethylene glycol</i>
CN204185442U	<i>Skid-mounted purification system</i>
JP2012229297 A	<i>Apparatus and method for separating carbon dioxide</i>
CN202101512U	<i>Expansion type inflammable gas liquification device</i>
US2730190 A	<i>Treatment of oil-containing water</i>
WO200417002 A1	<i>Low pressure ngl plant configurations</i>
JP3372412 B2	<i>Dehydration refining method using pervaporation process</i>
CN101792247 A	<i>Sludge treatment method capable of combining powerful dehydration with low-temperature mummification</i>
CN113959178B	<i>Carbon capture method in process of producing hydrogen from LNG</i>
CN101580336B	<i>Processing method of sludge containing oil and methanol</i>
CN111004657B	<i>Oilfield associated gas comprehensive utilization method</i>
CN101591559 A	<i>High-accuracy and high-capacity dehydration method of various materials in petrochemical process</i>
RU2073554 C1	<i>Method of adsorption dehydration of natural gas</i>
CA2996926 A1	<i>Systems and methods for short loop regeneration of gas dehydration units</i>
CN110543157 A	<i>Smart multi-energy complementary system and method for supplying heat, power and hydrogen</i>
CN109401804 A	<i>Biogas purification system with peak regulation function</i>
CN205956754U	<i>Store CNG conveyer in grades</i>
GB201221292 D0	<i>Molecular-sieve vessel</i>
EP3643394 B1	<i>Method for dehydrating a hydrocarbon gas</i>
CN109504478 A	<i>Novel LNG (liquefied natural gas) purification process</i>
WO2021204678 A1	<i>Method and system for operating an adsorption-based system for removing water from a process stream</i>
WO201330751 A1	<i>Method and facility for treating wastewater containing hydrocarbons, in particular aromatic compounds</i>
JP5051991 B2	<i>Method for generating gas hydrate</i>
CN113736988B	<i>Method for increasing iron content of ancient river course CID type iron ore</i>
US6773554 B1	<i>Hazardous waste disposal</i>
UA--84341 C2	<i>method of monitoring and control of the process of absorption gas dehydration</i>
UA--56099U	<i>Installation for adsorption gas dehydration</i>
CN203229502U	<i>Device for carrying out dealkylation and dehydration by using differential pressure of inlet and outlet of pipeline</i>
EP-835921 B1	<i>Process for the removal of water and gasoline from a gas, comprising a preliminary cooling step</i>
CN215102797U	<i>High-temperature rapid dehydration and fermentation equipment for livestock and poultry manure</i>
CN206176410U	<i>Alcohol takes off water vapor heating system</i>
WO2016108731 A1	<i>Method of complex extraction of valuable impurities from helium-rich hydrocarbon natural gas with high nitrogen content</i>
WO2008107550 A2	<i>Method for purifying a gaseous mixture containing acidic gases</i>
WO201975578 A1	<i>Dehydration using biosorbents in modified pressure swing adsorption</i>
CN112341393 A	<i>Metal corrosion inhibitor and preparation method thereof</i>
BR9714930 A	<i>Method and apparatus for controlling dri carburation</i>
CN115491236 A	<i>Gas recovery device for comprehensive treatment of oilfield associated gas</i>
WO201762155 A1	<i>Modularization of a hydrocarbon processing plant</i>
CN209226924U	<i>Supersonic separator</i>
CN207735011U	<i>Saturated activity charcoal adsorbs on --spot regeneration system</i>
CN105090938 A	<i>Fuel processing and supplying method of multi-fuel fuel machine</i>
CN101205484B	<i>Three-in-one stable treatment technique for crude oil</i>

GB-647467 A	<i>Improvements in or relating to gasoline hydrocarbons and process for the manufacture thereof</i>
CA3122517 A1	<i>Advanced/integrated dme-based technology for in-situ bitumen extraction, partial upgrading and hydrogen/power generation</i>
CN206814663U U	<i>CCUS system for petroleum and petrochemical trade</i>
CN212766780U U	<i>Efficient LNG ship power supply system</i>
CN101676366B B	<i>Thermoelectric composite crude oil processor</i>
CN105674054 A	<i>Waste gas treatment and transportation for conserving resources and reducing emission</i>
CN115197760 A	<i>Oil-gas separation device of oil well united station</i>
CN113430026 A	<i>Oil field associated gas recovery system</i>
CN211972246U U	<i>Novel packing type dehydrating tower</i>
CN101475285 A	<i>Gas field sewerage and solid pollutant comprehensive processing technological process</i>
AU2006100756 A4	<i>Dehydration of a natural gas in an underwater environment</i>
MX-164653 B	<i>Improved process for the dehydration of natural gas by regenerated glycol</i>
US3537270 A	<i>Natural gas dehydration</i>
WO2022101833 A1	<i>Removal of mercury in a gas dehydration process using thermally stable chemical additives</i>
CN204880154U U	<i>Burning furnace is burnt to special malleation of dehydration sledge tail gas</i>
WO202205270 A1	<i>Split deethaniser fractionation</i>
WO9818542 A1	<i>Gas dehydration process</i>
WO9415710 A1	<i>A packed bed and process for removal of residual mercury from gaseous hydrocarbons</i>
US2818454 A	<i>Dehydration of gaseous streams</i>
CN103980930B B	<i>From the synthetic tail gas of Fischer-Tropsch, reclaim the device and method of lighter hydrocarbons coproduction LNG</i>
CN210340802U U	<i>Biogas decarburization pretreatment mechanism</i>
CN101294239B B	<i>Reutilization method for annealing oven protective atmosphere</i>
CN206669315U U	<i>Area conventional gas station of supplementary air feed function CNG</i>
CN106194283B B	<i>Method of realizing zero carbon emission in triplex cogeneration of heat, electricity and cold of gas turbine unit with low energy consumption</i>
CN202188300U U	<i>12 cube intelligent gas charging station</i>
CN113341066B B	<i>Tetrahydrothiophene concentration online detection method and system based on multi-sensor fusion technology</i>
CN108793244B B	<i>Method for preparing titanium dioxide by calcining metatitanic acid in double-section rotary kiln</i>
CN203319959U U	<i>Coal seam gas dynamic dew point control device</i>
CN207159166U U	<i>Well head gas dewatering device control system</i>
BR200905803 A2	<i>process for treating household solid waste by dehydration</i>
WO2020234709 A1	<i>Furnace and process for synthesis gas production</i>
WO2019116319 A1	<i>Salt management system for portable renewable energy microgeneration system</i>
CN107269258B B	<i>Inclined-type T-shaped pipe multistage high-voltage electric field seabed separation method</i>
CA1197452 A	<i>Liquid motor and pump with a stroke regulating gas motor</i>
RU2300419 C1	<i>Regular nozzles for the heat-exchange and mass-exchange apparatuses</i>
CN210656831U U	<i>Biogas purification system</i>
CN206724571U U	<i>Container formula LNG mill of liquefying</i>
DE2111489 A1	<i>Method for treating water</i>
CN208933403U U	<i>Coal gas energy recycling system of Hlsmelt smelting furnace</i>
GB1267008 A	<i>Method and system for reconcentrating liquid absorbent</i>
CN113600101 A	<i>Roasting reaction generator and nano aluminum oxide production method</i>
US9598946 B2	<i>Processing and transport of stranded gas to conserve resources and reduce emissions</i>
CN108977247 A	<i>Integrated TEG (triethylene glycol) dehydration integrated process device and method</i>
GB1354324 A	<i>Reconcentrating hygroscopic liquids used in gas dehydration with reverse osmosis</i>
CN108119123 A	<i>Recovery device for shale gas collection</i>
CN2535114U Y	<i>CNG ow-pressure dehydrating equipment</i>
US5490873 A	<i>Hydrocarbon emission reduction</i>
CN104528770 A	<i>Mirabilite dehydration method based on gas-liquid direct heat exchange</i>
US5725636 A	<i>Gas dehydration process</i>
CN212272135U U	<i>Well mouth gas recovery device and well mouth gas recovery system</i>
RU2165887 C1	<i>Method of production of anhydrous carnallite and device for method embodiment</i>
EP---7750 B1	<i>Dehydration of hydrocarbons and apparatus therefor</i>
CN104826455B B	<i>Method using ionic liquid for gas drying and dehydration</i>
CN103074132 A	<i>Sewage and sludge regenerated biomass combustion gas</i>
CN105622321B B	<i>Process for preparing high-purity methane by means of rectification and purification</i>
US20060239879 A1	<i>Acid gas pretreating method</i>
JP95063579 B2	<i>Dehumidifying method</i>
SU1449153 A2	<i>Installation for dehydration of gases</i>
BR6913189 D0	<i>Apparatus and process for separating liquid and liquid in vapor form from gas using salt water</i>
WO202251561 A1	<i>Simultaneous crude oil dehydration, desalting, sweetening, and stabilization with compression</i>
CN106166414B B	<i>Supersonic speed condensation cyclone separator</i>
CN204939420U U	<i>Individual well dehydration measurement sledge</i>
CN212565797U U	<i>Industrial solid waste and sludge rotary kiln incineration cooperative treatment system</i>
CN114841827 A	<i>Injection-production capacity prediction method, device and equipment of underground gas storage and storage medium</i>
RU2715838 C1	<i>Complex for processing natural hydrocarbon gas into commercial output</i>

CN107861921 A	<i>Energy-consumption calculation method of ground injection-production system of gas storage of depleted gas reservoir</i>
CN105422320 A	<i>Oil field distributed energy utilization method and system used by same</i>
RU2771006 C1	<i>Complex for processing into gas chemical products of hydrocarbon raw materials of deposits located in adverse climatic conditions</i>
CN106398789 A	<i>Purification method of biomass gasification synthesis gas</i>
CN105486027 A	<i>Recovery and utilization system for vent gas in low-concentration coal-bed gas liquidation process</i>
US11339339 B1	<i>Condensate stabilization process</i>
CN107899375 A	<i>Carbon dioxide mixed capturing and microalgae carbon fixation coupling technology for coal-fired power plant flue gas</i>
CN105154159 A	<i>Small-size movable type skid-mounted device and method for recycling CNG from well head gas</i>
CN110265995 A	<i>Multi-energy complementary gas-electric coupling energy supply system</i>
CN107021876 A	<i>CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) system applied to petroleum and petrochemical industries and process method</i>
US7341102 B2	<i>Flue gas injection for heavy oil recovery</i>
CN206530325 U	<i>Oil gas field gas gathering station sewage divides arranges branch storage device</i>
WO201811609 A2	<i>A method for the synthesis of negatively charged manganese ferroxhyte for the selective removal of mercury from water.</i>
CN107189803 B B	<i>System and method for cooperatively producing lower alcohol and fuel oils by using coal LNG</i>
CN102200370 A	<i>Expansion combustible gas liquefaction device and flow</i>
WO2021126892 A1	<i>Method for minimizing fouling, corrosion, and solvent degradation in low-temperature refinery and natural gas processes</i>
CN217961338 U	<i>Skid-mounted triethylene glycol dewatering device</i>
WO200872788 A1	<i>Mercury adsorbent, process for production thereof and method of adsorptive removal of mercury</i>
WO201486417 A1	<i>Loading-offloading buoy for cng operations</i>
EP3293171 B1	<i>Process for the flexible preparation of aldehydes</i>
WO201739989 A1	<i>Process and system for swing adsorption using an overhead stream of a demethanizer as purge gas</i>
WO201739991 A1	<i>Process and system for swing adsorption using an overhead stream of a demethanizer as purge gas</i>
WO202186547 A1	<i>Integration of contaminant separation and regasification systems</i>
WO202002613 A1	<i>Method for air cooled, large scale, floating lng production with liquefaction gas as only refrigerant</i>
CN108841424 A	<i>Method for producing alkane through photocatalysis and device</i>
BR112019023852 A0	<i>Gas dehydration with mixed adsorbent/desiccant beds</i>
CN212669206 U	<i>Synthesis ammonia feed gas pretreatment system</i>
BR200720811 A2	<i>hydrate Gas produÇço Method</i>
US9028682 B2	<i>System and method for H2S removal integrated with stinson process CO2 removal</i>
CN217479386 U	<i>Carbon dioxide-rich shale oil associated gas recovery system</i>
RU2756622 C1	<i>Method for processing soils polluted with petroleum products</i>
GB2405361 B	<i>Gas processing method using a filtered glycol solution</i>
WO9928014 A1	<i>Method for dehydrating a wet gas using a liquid dessicant, with advanced regeneration of said dessicant</i>
BR7601135 A	<i>Process for increasing dew point depressant of a gas stream, and process for dehydrating a liquid desiccant</i>
RU2748792 C1	<i>Method for production of low-pressure gas</i>
RU2615703 C2	<i>Method of gas condensate deposits complex processing with c[3]+ hydrocarbons deep extraction and plant for its implementation</i>
CN201295569 U	<i>Low flow resistance supersonic gas purification and separation device</i>
WO9511737 A1	<i>Sour gas membrane treatment process including dehydration</i>
CN216799063 U	<i>Gas-liquid separation device based on wall attachment effect</i>
CN113694623 A	<i>Gas-liquid separation device based on wall attachment effect</i>
BR102020021821 A0	<i>process for preparing sulfided adsorbents, sulfided adsorbents, and use</i>
BR102020016940 A0	<i>Method for synthesizing zeolitic solids containing mesopores and size-controlled particles</i>
CN111471499 B	<i>Tubular parallel flow type gas-liquid contact absorber</i>
WO201769990 A1	<i>Dual layer-coated membranes for gas separations</i>
CN204984773 U	<i>Compressor suitable for coal bed gas</i>
RU2299086 C1	<i>Device for separation of emulsions</i>
CN203319964 U	<i>Device for removing water and heavy hydrocarbon out of shale gas</i>
WO2022144748 A2	<i>System for storing and producing energy to stabilize the power network</i>
CN208151298 U	<i>Oil field carbon dioxide drives extraction fluid gas -liquid separation and dewatering system</i>
CN205241622 U	<i>Oil well associated gas dewatering device</i>
CN100586918 C	<i>Method and device for synthesizing dimethyl ether by synthetic gas</i>
CN114736719 A	<i>Device and method for producing ethylene glycol and co- producing LNG (Liquefied Natural Gas) and dimethyl carbonate</i>
CN114110574 A	<i>Nitrogen-insulating combustion and CO2 capture and utilization process for gas-fired boiler</i>
US9618261 B2	<i>Power generation and LNG production</i>
CN101857812 B	<i>Medium-pressure shallow cooling purification system for oilfield associated gas</i>
CN113373273 A	<i>Gas-based reduction method and system for granular iron ore and application</i>
CN106734092 B	<i>Construction method of urban venous industry park system</i>
WO201744602 A1	<i>Mixed refrigerant distributed chilling scheme</i>
BR112015019356 B1	<i>Enhanced oil recovery from a crude hydrocarbon reservoir</i>
RU2261927 C1	<i>Method of production of powdered fluxes</i>
CN202595080 U	<i>Centrifugal padding pre-separating, dewatering and absorbing tower</i>

CN202595077U U	<i>Spiral-flow type predissociation dewatering absorption tower</i>
CN111039460 A	<i>Pretreatment process of high-calcium natural gas produced water</i>
CN111807366 A	<i>Device and method for preparing synthesis gas under the assistance of high-temperature electrochemical device</i>
CN208993146U U	<i>Combined heat and power generation system of tire production line</i>
CN105689161B B	<i>Rectification-type supersonic cyclone separator</i>
CN104565809B B	<i>Combined device for filling CNG and filling liquefied CNG</i>
FR1321435 A	<i>Method for removing the gaseous hydrocarbons, such as natural gas of the hydrogen sulfide</i>
GB-290613 A	<i>Improvements in or relating to methods of treating hydrocarbon gas or the like</i>
CN206396291U U	<i>Forge scale dehydration of continuous casting workshop and device of drying</i>
RU2630558 C2	<i>Determination method of absorber carry-over during process of gas dehydration</i>
CN106591563B B	<i>Continuous casting workshop scale dehydration and drying process and device</i>
CN204224349U U	<i>Online collecting and separating treatment device for water- based well drilling waste</i>
CA2239984 A1	<i>Method and apparatus for reclamation of glycol based liquids used in gas dehydration</i>
CN216129522U U	<i>Ethylene glycol regeneration and recovery system based on electrodialysis desalination technology</i>
CN112032735B B	<i>Mobile garbage treatment system and method adopting gas- powered automobile</i>
CN203323489U U	<i>Movable coal bed gas purification and liquefaction device</i>
GB-320362 A	<i>Improvements in the manufacture and production of artificial rubber</i>
CN111253033 A	<i>System and method for movably treating sludge in villages and towns</i>
BR112018077326 A0	<i>Configurations and methods for small scale lng production</i>
US5520723 A	<i>Method and system for reducing air pollution from natural gas dehydrators</i>
CN106949375 A	<i>Methane-propane united liquefaction and gasification device</i>
MA--20494 A1	<i>Method and apparatus for treating natural gas exiting their original wells for safe transportation in gas expansion resistant vessels</i>
US20220126266 A1	<i>Process for preparing sulfated adsorbents, sulfated adsorbents and use</i>
CN212669625U U	<i>Coke oven gas comprehensive utilization system</i>
CN110201487B B	<i>Method for purifying and reusing high-purity and high-yield methane stabilizing gas in ethylene process produced ethylene oxide</i>
CN103409189 A	<i>Portable gas purification apparatus</i>
CN217535784U U	<i>Chicken manure harmless resourceful treatment system</i>
CN213446209U U	<i>Device for extracting hydrogen from refinery tail gas and recovering LNG and LPG</i>
CN211255747U U	<i>Organic household garbage treatment system</i>
CN210915961U U	<i>Skid-mounted integrated test gas recovery equipment</i>
CN109160699B B	<i>Gas field oily sludge treatment device and method</i>
CN106190387B B	<i>Novel oilfield associated gas denitrification equipment and process</i>
CN203530263U U	<i>Portable gas purifying device</i>
US2382788 A	<i>Anhydrous halogen acids</i>
WO201691169 A1	<i>Method and apparatus for disposing organic refuse</i>
WO201390239 A1	<i>Processes for the production of acrylic acids and acrylates</i>
CA2706399 A1	<i>Steam and flue gas injection for heavy oil and bitumen recovery</i>
US10625201 B2	<i>Dual layer-coated membranes for gas separations</i>
CN104061435 A	<i>Hydrate storage and transportation method based on self- protection effect</i>
CN101380537 A	<i>Low flow resistance supersonic speed gas purification and separation device</i>
US4021370 A	<i>Fuel gas production</i>
EP-518269 B1	<i>A process for making high calorie city gas</i>
CN112321392 A	<i>Ethylene glycol regeneration and recovery system based on electrodialysis desalination technology</i>
CN106833727 A	<i>Dehydration treatment process and device for crude oil extraction liquid containing complex emulsion</i>
CN110759627 A	<i>Sludge indirect heat exchange evaporation dehydration coupled pyrolysis carbonization method and system</i>
EP-831142 B1	<i>Process for the removal of water and naphtha from a gas, consisting of two additional steps of solvent regeneration</i>
CN217809088U U	<i>Triethylene glycol waste liquid regenerating unit</i>
CN216726580U U	<i>Drying and dewatering system</i>
CN215891937U U	<i>Floating production storage and offloading (FPSO) floating platform TEG buffer tank balance pipeline condensed water falling device</i>
CN215676380U U	<i>Rotary kiln device</i>
CN107353957 A	<i>Gradually shrinking and rotational-flow type supersonic- velocity spray tube</i>
CN206424749U U	<i>Heat transfer formula regenerative heating stove</i>
CN201026464U Y	<i>Air water cyclonic separating apparatus</i>
CA2541606 C	<i>Control of an adjustable secondary air controller for a burner</i>
US7905722 B1	<i>Control of an adjustable secondary air controller for a burner</i>
CN2464451U Y	<i>Porous atomizer</i>
FR2127301 A1	<i>Water treatment process.</i>
BR200617707 A2	<i>process for converting gaseous alkanes to olefins and liquid hydrocarbons</i>
CN213016299U U	<i>Standardized ground construction gas field gas collection stations and upper and lower ancient commingling gas field gas collection stations</i>
CN110756058B B	<i>Hydrophilic high-molecular polymer film as well as preparation method and application thereof</i>
WO200694391 A1	<i>Method and apparatus for utilising fugitive gases as a supplementary fuel source</i>
CN109016608 A	<i>Double-screw extruder suitable for dehydration of natural rubber</i>
KR20150041820 A	<i>Gas Liquefaction System And Method</i>
CN214488260U U	<i>Harmless treatment system for kitchen waste</i>

CN210266727U U	<i>Rapid transferring and unloading device for shale gas hydrate slurry</i>
RU-136731 U1	<i>Installation of the preliminary discharge of water on the bushes of the bore holes</i>
CN203530267U U	<i>Compressed biogas production device with methane as raw material</i>
GB-534970 A	<i>Process for refining hydrocarbon oils and derivatives</i>
WO201383663 A1	<i>Loading-offloading buoys for cng operations</i>
CN105038847B B	<i>Waste engine oil refining method and refining equipment</i>
WO201524539 A1	<i>Method for improving the transportability of heavy crude oil</i>
CN203807408U U	<i>Full-automatic controlled environment-friendly catalytic cracking integrated refining device for waste mineral oil</i>
BR8706216 A	<i>PROCESS FOR Producing METAL MAGNESIUM Chloride AND PROCESS FOR Producing MELT Anhydrous MAGNESIUM CHLORIDE</i>
CN111256036B B	<i>Ground gathering and conveying system for depleted gas storage</i>
CN108374024B B	<i>Method for coproduction of alcohol, fructose and multiple side products by using sweet sorghum stalks and corn</i>
CN203893580U U	<i>Small skid-mounted LNG liquefaction device</i>
WO2012153763 A1	<i>Zeolite-membrane separation/recovery system for co2</i>
US8683823 B1	<i>System for offshore liquefaction</i>
WO9534372 A1	<i>Landfill gas treatment system</i>
US5988283 A	<i>Vertical combined production facility</i>
US10577552 B2	<i>In-line L-grade recovery systems and methods</i>
CN107569981 A	<i>Preparation technology of charcoal for coupling with flue gas carbon dioxide catching in coal-fired power plant</i>
US10080991 B2	<i>Apparatus and system for swing adsorption processes related thereto</i>
CN111302897 A	<i>Energy-saving and simple process unit and method for regeneration and recovery of methanol</i>
US20140364654 A1	<i>Dimethyl ether (dme) production process</i>
CN110129380 A	<i>Method of utilizing straw to produce biomass fuel, corrugated paper and organic fertilizer</i>
CN113980708 A	<i>Method for decarburizing synthesis gas with ultrahigh CO2 content</i>
CN112009697 A	<i>Efficient LNG ship power supply system and method</i>
CN110804472 A	<i>Liquefying technology for preparing LNG</i>
CN108999605 A	<i>Gas well wellhead tubular external circulation cyclone dewatering device</i>
CN108165302B B	<i>Method for preparing demulsifying agent for condensed oil- water emulsion</i>
WO200700545 A2	<i>Method for simultaneously producing hydrogen and carbon monoxide</i>
RU2710228 C1	<i>Gas processing and gas chemical complex</i>
WO2009126465 A2	<i>Method and system for generating hydrogen-enriched fuel gas for emissions reduction and carbon dioxide for sequestration</i>
CN115180853 A	<i>Method for producing high-quality building gypsum through in-situ deep purification of phosphogypsum</i>
CN113894136B B	<i>Method for removing TOC (Total Organic Carbon) in industrial solid waste salt</i>
CN212292809U U	<i>Multistage helium extraction device and helium separation system</i>
CN110655940 A	<i>System and method for preparing CNG from medium and low temperature dry distillation raw coke oven gas through sulfur-resistant uniform-temperature methanation</i>
BR112014020861 A0	<i>Gas treatment system using supersonic separators</i>
BR200912145 B1	<i>method for reducing adhesion of solidified condensates, and, conduit and/or associated equipment</i>
CN102921700B B	<i>Distillate spirit vinasse spot comprehensive utilization method</i>
CN114774157 A	<i>Method for recovering shale oil associated gas rich in carbon dioxide</i>
CN112718829 A	<i>Harmless treatment system and method for kitchen waste</i>
CN110655939 A	<i>System and method for preparing LNG from medium and low temperature dry distillation raw coke oven gas through sulfur- resistant uniform-temperature methanation</i>
CN114460277 A	<i>Crude oil-gas mixing experimental device and experimental method thereof</i>
CN212692273U U	<i>Petroleum associated gas liquefaction recovery system</i>
CN110240963B B	<i>Coupling purification method for raw material gas and reaction circulation gas in production of chloromethane with methane method</i>
CN208995481U U	<i>Anaerobic digestion system for livestock and poultry manure and straw</i>
RU2258037 C2	<i>Granulated calcium chloride manufacture process and installation</i>
CN112877369 A	<i>Method for preparing CNG, LNG and biological dry ice from biomass and livestock and poultry manure</i>
US20140275687 A1	<i>Non-fischer-tropsch process for gas-to-liquid conversion using mechanochemistry</i>
BR112017019587 A0	<i>Process for the purification of water</i>
CN109942161 A	<i>Sludge, excrement and kitchen waste synergistic anaerobic digestion process</i>
CN103215095 A	<i>Biogas mixed gas and production process thereof</i>
CN113493710B B	<i>Fine desulfurization device and method</i>
CN111732980B B	<i>Skid-mounted miniaturized hydrogen sulfide removing device and method for oil field single well</i>
CN106215682B B	<i>CO2 capturing method for combined cooling heating and power (CCHP) system based on gas engine unit</i>
CN204999869U U	<i>Triethylene glycol dewatering device</i>
WO201436982 A1	<i>Method for improving the transportability of heavy crude oil</i>
CN102816619B B	<i>Method and device for recovery coupling of biological sulfur and carbon dioxide for producing biogas</i>
CN210559975U U	<i>Black and odorless water body bottom mud treatment system</i>
CN106152702B B	<i>Method and equipment for recycling light hydrocarbon in oilfield associated gas through liquid nitrogen refrigeration</i>
CN115138177 A	<i>Dry gas desulfurization and decarburization process method</i>
CN112980536 A	<i>Method for preparing biomass by using pulping black liquor</i>
CN107400747 A	<i>System and method for smelting direct reduced iron through pyrolytic oil gas</i>

CN103508829 A	<i>Method for purifying methane from biogas</i>
CN1014087B B	<i>Dewatering and antifreezing apparatus and method for gas with natural freeze</i>
WO200319068 A2	<i>Dewatering device and method for gas hydrate slurries</i>
CN111810296B B	<i>Oil-gas dual-purpose power generation system and method for offshore platform</i>
RU2223349 C1	<i>Method of preparing magnesium chloride raw material for electrolysis</i>
CN213725250U U	<i>High-efficiency oil-gas-water separation device with low interfacial tension</i>
CN112337138 A	<i>Low-interfacial-tension efficient oil-gas-water separation method and device</i>
CN209762707U U	<i>Optimized LNG filling station equipment integrated pry</i>
CN208995486U U	<i>System for co-production of hydrogen and methane by anaerobic digestion of kitchen waste</i>
CN106288743B B	<i>Heating and dehumidifying device of hot flash-off system</i>
GB-716814 A	<i>Improvements in or relating to pyrolytic process for endothermically altering a gaseous material</i>
RU2481429 C1	<i>Method and plant for paper processing</i>
WO200110591 A1	<i>Martensite stainless steel welded steel pipe</i>
SU1534127 A1	<i>Apparatus for heating and dehydrating bitumen-like material</i>
GB1282494 A	<i>Apparatus for dehydrating organic liquids</i>
CN216663104U U	<i>Organic matter methane fermentation circulation control integrated system</i>
CN110357118B B	<i>Low energy consumption production process for preparing inorganic gel from bentonite</i>
CN109569253B B	<i>Totally-closed process environment-friendly treatment method and apparatus of heavy oil fire-flooding produced gas</i>
CN107399737B B	<i>Method for preparing high-pressure gas-phase carbon dioxide through high-pressure powdered coal gasification</i>
CN202056520U U	<i>Oil and gas storage and transportation process flow simulation system</i>
CN102314794B B	<i>System and method for simulating multi-purpose station for oil and gas storage and transportation</i>
EP-566370 B1	<i>Integrated process for synthesizing oxygenated acetyl compounds from synthesis gas via dimethyl ether</i>
GB1462236 A	<i>Gas purification porcess</i>
BR112017011147 A0	<i>method of drying biomass fuel and device thereof using mobile vehicle deck</i>
BR112012018826 B1	<i>Highly efficient and clean gasification apparatus for carbonaceous dry powder and method thereof</i>
BR8105496 A	<i>Method and apparatus for reducing metal ores in sponge metal particulates</i>
CN104896907B B	<i>Reducing tower pyrolysis dewatering and drying device</i>
WO2006113293 A1	<i>Efficient and selective conversion of carbon dioxide to methanol, dimethyl ether and derived products</i>
CN213392548U U	<i>Hydraulic type gas-liquid mixed transportation compression pry</i>
CN111649237B B	<i>Ground gathering and transportation system for depleted gas reservoir gas storage</i>
CN207091268U U	<i>Equipment of sludge drying and carbomorphism</i>
CN206626405U U	<i>Cooling tower control system of gas station and gas station thereof</i>
CN107311173B B	<i>Preparation method of high-pressure gas-phase carbon dioxide for pulverized coal gasification unit</i>
CN205300113U U	<i>Small -size portable sled dress LNG liquefying plant</i>
CN203321680U U	<i>Gas turbine direct-dragging type water injection pump system</i>
CN102538398B B	<i>Process and system for purifying, separating and liquefying nitrogen-and-oxygen-containing coal mine methane (CMM)</i>
CN112607705B B	<i>Steam methane reforming hydrogen production device and process</i>
CN217103938U U	<i>Hydrogen-carbon-rich blast furnace ironmaking device with low CO2 emission of hydrogen-rich gas</i>
IN202021001421 A	<i>Process of production of bio-cng from biogas</i>
CN212143882U U	<i>Aluminum scrap treatment line</i>
CN210892581U U	<i>Tunnel type hot air drying furnace comprehensively utilizing heat energy</i>
CN209193764U U	<i>Organic garbage treatment system</i>
CN204417448U U	<i>Device for increasing feed gas temperature in processes of desulphurization and decarbonization in alconol-amine method</i>
CN103114502B B	<i>Method for preparing high-grade low-temperature bottle insulating paper</i>
CN202008275U U	<i>Environmentally-friendly de nitration catalyst tunnel furnace type drying device</i>
CN101177618B B	<i>Absorption method for refrigeration oil using self-produced stabile lighter hydrocarbons as absorber</i>
CN100569671C C	<i>Process for treating sewage of oil field</i>
CA2357860 C	<i>Process of gas deacidification by absorption in a solvent with temperature control</i>
BR9406702 A	<i>Process of purifying a glycolic solution</i>
US3151959 A	<i>Gas dehydration process</i>
CN109111970 A	<i>BOG direct combustion type pre-cooling system</i>
CN107489404 A	<i>Ground gathering and transporting system of gas storage of exhausted gas reservoir</i>
CN102381820B B	<i>Sludge treatment process based on hydrothermal modification technology</i>
SU1118622 A1	<i>Method of processing waste water sediment</i>
BR7015918 D0	<i>Process and apparatus for reconcentrating desiccative liquid</i>
CN109237978 A	<i>BOG generator boiler flue gas waste heat recycling system</i>
WO9942204 A1	<i>Process of forming a permeable gas separation material</i>
CN102453567 A	<i>Integrally-combined cascade liquefaction process</i>
SU-571503 A1	<i>Method of oil dehydration</i>
CN109458320 A	<i>Compressor system for a CNG filling station</i>
CN113862044 A	<i>High-efficiency underground coal synthesis gas ground treatment process</i>
US4919257 A	<i>Condensate skimming reflux column</i>
CN216837859U U	<i>Oil field associated gas liquefaction separation mobile vehicle group</i>
CN114151785 A	<i>Coal-fired boiler carbon-based oxygen-enriched combustion and CO2 capture and utilization process</i>
CN212338910U U	<i>Integrated CNG filling treatment skid</i>
CN212102908U U	<i>System for producing sponge iron by directly reducing hydrogen-rich synthesis gas</i>

CN111634883 A	<i>Pretreatment method and system of syngas for synthetic ammonia</i>
CN206244741U U	<i>Marsh gas purifies compressor arrangement</i>
BR112017007264 B1	<i>Method for separating a hydrocarbon-containing gaseous mixture</i>
CN102441555B B	<i>Comprehensive utilization and disposal method of urban domestic garbage</i>
JP2005213359 A	<i>Apparatus for hydrate production</i>
GB-632820 A	<i>Improvements in or relating to the production of organic compounds by chemical transformation of methane or its sulfonated and/or oxygenated derivatives</i>
CN103272830 A	<i>Harmless treatment process of kitchen wastes</i>
BR200509808 B1	<i>Process for converting gaseous alkanes to liquid hydrocarbons</i>
CN103820148 A	<i>Used mineral oil full-automatic control catalytic cracking environment-friendly integrated refining equipment and process</i>
CN110240915 A	<i>Biomass and coal co-pyrolysis and gasification co-generation system, pyrolysis reactor and application thereof</i>
JP4578930 B2	<i>Method for producing gas hydrate</i>
CN115216350 A	<i>Moisture regeneration demercuration system and method for obtaining product gas with ultralow mercury concentration</i>
CN216345428U U	<i>Inhibition system for maximum instantaneous discharge amount of torch of offshore central platform</i>
CN215924987U U	<i>Circulating system for cooling hot sponge iron</i>
CN215593109U U	<i>Coal gas treatment system for all-hydrogen shaft furnace</i>
CN215523763U U	<i>Energy-saving and environment-friendly heat conduction oil furnace heat supply system</i>
CN213142005U U	<i>Device for purifying gas from hazardous solid waste</i>
CN209098672U U	<i>Anaerobic digestion system for kitchen waste</i>
BR102016000013 A0	<i>process and Apparatus for Carbon Dioxide Separation and Carbon Water Injection in Oil Fields</i>
CN204294089U U	<i>Dual-column dehydrating device capable of adjusting pressure balance automatically</i>
CN102628647 A	<i>Tunnel kiln for calcining petroleum coke and method for calcining petroleum coke by using tunnel kiln</i>
CN101445755B B	<i>Method for purifying and liquefying coalbed gas</i>
RU2213163 C1	<i>Method for production magnesium from oxide-chloride raw material</i>
EP-820973 B1	<i>Process for the preparation of butene oligomers from natural butanes</i>
EP-458476 B1	<i>Solvent dewaxing of lubricating oils</i>
GB1203655 A	<i>Permeability separatory cell and apparatus and method of using the same</i>
CN115490411 A	<i>Sludge treatment agent and sludge treatment process</i>
CN110345384 A	<i>Device and method for rapid conveying and unloading of shale gas hydrate slurry</i>
CN108929735 A	<i>Purification process for purifying biogas by utilizing pressurization filter membranes</i>
BR112012009867 A0	<i>Cryogenic system for removing acid gases from a hydrocarbon gas stream, with removal of hydrogen sulfide</i>
US5531866 A	<i>Water and organic constituent separator system and method</i>
GB1587090 A	<i>Method and system for transporting naturel gas to a pipeline</i>
CN114410862 A	<i>Hydrogen-rich and carbon-rich blast furnace iron-making process with low CO2 emission of hydrogen-rich fuel gas</i>
CN113249159 A	<i>Industrial butter spray and preparation method thereof</i>
CN107936709 A	<i>Surface treatment anticorrosive paint for interior of oil gas pipe and preparation method of surface treatment anticorrosive paint</i>
CN103320192 A	<i>Energy-saving regenerated gas heat exchanger and using method thereof</i>
US5580426 A	<i>Water and organic constituent separator and stripper system and method</i>
CN113372894 A	<i>Efficient and rapid soluble sulfur removal corrosion inhibitor and preparation method thereof</i>
CN109439375 A	<i>Heat-exchange type purification and coal bed gas or coal- mine gas liquefaction methods</i>
CN104059707 A	<i>Prying block-type supersonic hydrocyclone separator</i>
BR200306491 A	<i>Method and system for providing refrigerant compression power and shared electrical power for a light hydrocarbon gas liquefaction process with reduced carbon dioxide emissions</i>
US3255573 A	<i>Dehydration of gases</i>
WO2022251082 A1	<i>Process control systems and methods for simultaneous crude oil dehydration, desalting, sweetening, and stabilization with indirect recycle heating</i>
WO2022120228 A1	<i>Elimination of recycle compressor in dehydration and contaminant removal systems</i>
FR1169658 A	<i>Method of dehydration of gas stream</i>
US2812830 A	<i>Dehydration of gases</i>
CN114164024 A	<i>Shale oil associated gas integrated membrane separation light hydrocarbon recovery system</i>
CN106279685 A	<i>Troger's base structure-based polyimide material, and preparation method and application thereof</i>
CN103421563 A	<i>Integrated technology for methane-rich gas advanced purification</i>
CN102527395B B	<i>Preparation method for novel methanation catalyst</i>
WO9939026 A1	<i>Method for producing magnesium from oxide chloride- containing raw materials</i>
CN217809266U U	<i>Integrated membrane separation light hydrocarbon recovery system for shale oil associated gas</i>
CN114643056 A	<i>High-sulfur-capacity iron oxyhydroxide desulfurization catalyst and preparation method thereof</i>
CN114642890 A	<i>Hot air distribution device for preparing UO3 through uranyl nitrate atomization drying pyrolysis denitration</i>
CN113756772 A	<i>Supercritical hydrothermal combustion type multi-element thermal fluid generation system and process suitable for high-viscosity fuel</i>
CN113606809B B	<i>Axial flow type self-circulation gas wave refrigeration device and refrigeration method</i>
CN112587962 A	<i>Method for improving gas field production wastewater treatment effect</i>
CN112573494B B	<i>Helium purification device using hydrate method</i>
CN112194461 A	<i>Manufacturing process of high-voltage electric porcelain isostatic pressing blank powder</i>
CN210151040U U	<i>Gas separation device with defoaming device</i>
RU2712665 C1	<i>Method of automatic control of gas drying process at plants for complex gas treatment in conditions of the north</i>

CN209923275U U	<i>Gas-liquid desulfurization atomization slow flow mixing device</i>
BR202019007172 U1	<i>dispositions applied to organic waste dehydrating equipment</i>
CN110256064 A	<i>Preparation method of pre-sintered ferrite material</i>
CN110016373 A	<i>Gas separator with defoaming device</i>
CN208990274U U	<i>Sulfur-containing TEG rich liquor flash steam stripping separator</i>
CN207918775U U	<i>Gas drying of CNG gas station device</i>
CN108117904 A	<i>Gas drying device for CNG station</i>
CN206881951U U	<i>Penetrate circulating reflux supersonic speed cyclone from drawing</i>
CN206803547U U	<i>Gaseous ripples refrigerator of two opening variable cross sections</i>
CN206577482U U	<i>High -efficient separating tank of foam sulphur</i>
CN206577587U U	<i>Sulfurous gas liquid phase desulfurization integration system of can regenerating</i>
CN206549323U U	<i>High -efficient whirlwind separator element of multitube axial -flow type</i>
CN206549318U U	<i>ARC blade gas -liquid is separator element in advance</i>
CN206553194U U	<i>Hydrogen sulfide oxidation sulphur generates tower</i>
CN107234010 A	<i>Self-inject circulating reflux supersonic cyclone separator and separating method thereof</i>
CN206529438U U	<i>Sulfur acid gas hydraulic filling absorption tower</i>
CN206522943U U	<i>Gaseous condensation separation device of oblique flow pressure exchange</i>
CN107166792B B	<i>Refrigerating machine of variable-section pressure oscillating tube with two open ends</i>
CN106996055B B	<i>Zirconia fiber paper used in low-temperature cryogenic insulation environment and preparation method and application of zirconia fiber paper</i>
CN206291730U U	<i>Adverse current roasting system</i>
CN206247830U U	<i>Roasting kiln</i>
CN205948617U U	<i>Be used for regulating and control gas humidity 's ion liquid dehumidification system</i>
CN106288090B B	<i>Integral energy-saving hot flash-drying system</i>
CN205598804U U	<i>Triethylene glycol regeneration tail gas gas -liquid separation</i>
CN205012979U U	<i>Recycle equipment is retrieved to flue gas</i>
CN105248415 A	<i>Sodium pentachlorophenol liquid product preparation method</i>
CN105080223 A	<i>Gas liquid removal method and devices</i>
CN204693447U U	<i>Exhaust treatment device among triethylene glycol regenerative process</i>
GB1019798 A	<i>Hydrometallurgical method for the direct extraction of metals from minerals and other substances</i>
CN104056497B B	<i>Gas supersonic hydrocyclone separation experiment system</i>
CN203274270U U	<i>Explosion-protection electric heater</i>
CN203224064U U	<i>Radial-flow self-pressurizing gas wave refrigeration device</i>
CN103206801B B	<i>Axial-flow type self-pressurization gas wave refrigerating device and refrigerating method thereof</i>
CN102489081B B	<i>Air supersonic-velocity condensation and cyclone separation spray pipe</i>
CN202329290U U	<i>High-efficiency energy-saving cooler</i>
CN102198353 A	<i>Gas-liquid separation pipe and combined adjustable gas- liquid separation apparatus</i>
CN102269322 A	<i>Hydrate collecting and boxing equipment</i>
CN201885477U U	<i>Radiating type gas-wave refrigerator with shared containing cavity</i>
CN101762110B B	<i>Mixed containing cavity heat dissipation gas wave refrigerating machine</i>
CN102019222 A	<i>Process and equipment for producing fine cotton powder by wet method</i>
CN201394406U Y	<i>High-efficiency combined-type gas-liquid separator</i>
RU2381822 C1	<i>Hydrocarbon gas treatment plant</i>
CN101294750B B	<i>Feedback type oscillating jet stream refrigerating machine</i>
CN201229084U Y	<i>Feedback type oscillating jet stream refrigerating machine</i>
CN201229083U Y	<i>Gas capacity variable frequency modulation self-excitation oscillation jet stream refrigerating machine</i>
WO2007149640 A2	<i>Composite perfluorohydrocarbon membranes, their preparation and use</i>
US5269886 A	<i>Glycol stabilizer</i>
SU1620119 A1	<i>Method of regeneration of absorbents based on glycol</i>
CN1015548B B	<i>Additive for high temp. and high pressure drilling fluid</i>
CA1264654 A	<i>Gas heating system for dehydrators and the like</i>
JP59164612 A	<i>Production of gaseous carbon dioxide using waste gas containing gaseous carbon dioxide</i>
JP87051995 B2	<i>Mud water adjusting agent for excavation</i>
GB1297713 A	<i>Sulfide removal process</i>
GB-988617 A	<i>Production of high quality steel from nickeliferous lateritic ores</i>
GB-715352 A	<i>Process for the treatment of oil-bearing vegetable material</i>
CN217872746U U	<i>Viscous crude homogeneous phase hydrogenation visbreaking production dilution oil displacement agent system device</i>
WO202299939 A1	<i>High-viscosity oil exploitation method</i>
JP2020076400 A	<i>Generation of mechanical/electrical energy from heat energy using buoyancy factor for evaporation or sublimation and condensation</i>
CN208995484U U	<i>Anaerobic digestion system for livestock and poultry manure and straw</i>
CN208995500U U	<i>Anaerobic digestion system for kitchen waste</i>
CN109810739B B	<i>Sulfur-resistant methane synthesis process and device</i>
CN208279581U U	<i>Triethylene glycol dewatering device</i>
CN208182815U U	<i>Low concentration sludge digestion mummification in - process marsh gas cascade utilization system</i>
CN207775153U U	<i>Horizontal three -phase separation device</i>
CN108046617B B	<i>High-purity metallurgical lime and manufacturing method thereof</i>
CN103256785B B	<i>Mobile coal bed gas purifying and liquefying device</i>

WO2012131742 A1	<i>Process for the reconcentration of gaseous mixtures dehydrating liquids</i>
WO200956470 A1	<i>Improved method for producing hydrocyanic acid</i>
WO200599890 A1	<i>Impurity disposal system and method</i>
RU2175998 C1	<i>Method of preparing magnesium chloride raw materials for electrolysis</i>
EP--8857 B1	<i>Method of simultaneously cooling and removing water from hydrocarbon gas mixtures and apparatus therefor</i>
CN103351896B B	<i>Method and device for removing water and heavy hydrocarbons from shale gas</i>
CN202000990U U	<i>Skid-mounted oil-water in-situ separation and water return device</i>
WO200822426 A1	<i>Method of dehydration of gases with liquid desiccants</i>
CA2556886 A1	<i>Method of dehydration of gases with liquid desiccants</i>
RU2768141 C1	<i>Method of producing cyclohexanone</i>
CN113462368B B	<i>Drilling fluid lubricant, and preparation method and application thereof</i>
CN209782244U U	<i>Gas-electricity-hydrogen comprehensive energy supply system</i>
CN208617662U U	<i>Municipal sludge's processing system</i>
CN108083314B B	<i>Preparation method for rice-grain-shaped light calcium carbonate</i>
CN206875820U U	<i>It drops a hint lighter hydrocarbons and retrieves combination formula refrigeration technology device to satisfy low pressure</i>
CN206872757U U	<i>Satisfy high pressure well implication lighter hydrocarbons and retrieve combination formula refrigeration technology device</i>
CN106630504B B	<i>A waste oil-based drilling fluid solid residue treating method</i>
CN204944040U U	<i>Vehicular associated gas liquefaction recovery system</i>
CN105016321B B	<i>Disodium dihydrogen pyrophosphate or heavy anhydrous trisodium phosphate production technology</i>
CN104876185B B	<i>Brown synthetic ammonia gas making process of membrane separation oxygen-enriched air strengthened secondary reformer</i>
CN202470622U U	<i>Purifying, separating and liquefying system for nitrogen- oxygen-containing coal-mine gas</i>
CN100537789C C	<i>Method for preparing high-sulfur iron-containing series desulfurizing agent</i>
US2456584 A	<i>Conversion of dimethyl ether</i>
WO2021112664 A1	<i>Liquid recovery system</i>
CN209672651U U	<i>Oil and gas field energy utilization system</i>
CN209603963U U	<i>Oil and gas field water injection gathering and transportation energy supply system</i>
CN208995485U U	<i>System for co-production of hydrogen and methane by anaerobic digestion of kitchen waste</i>
CN207166137U U	<i>System for use clean energy electricity generation electrolytic hydrogen production and pour into gas pipe network into</i>
BR112017004105 B1	<i>Low pressure ethane liquefaction and purification from a high pressure liquid ethane source</i>
CN204648830U U	<i>Utilize liquid nitrogen refrigeration to retrieve equipment of lighter hydrocarbons in associated gas of oil field</i>
CN103451419B B	<i>Method for recovering iron, vanadium and titanium from schreyerite through shaft furnace reduction and electric furnace smelting and separating deep reduction</i>
CN102351625B B	<i>Oil field associated gas ethane recovery system</i>
GB1522338 A	<i>Catalytic apparatus</i>
CN204874404U U	<i>Ternary an organic whole processing system useless admittedly and integrative heating furnace of ternary</i>
KR101665336 B1	<i>System And Method For Treatment Of Carbon-dioxide</i>
KR101665335 B1	<i>System And Method For Treatment Of Carbon-dioxide</i>
BR112013009271 A0	<i>Microchannel processor</i>
WO2012144262 A1	<i>Washing machine</i>
EP1988593 A1	<i>Desulfurizing device and fuel cell system including the same</i>
WO2006113294 A1	<i>Selective oxidative conversion of methane to methanol, dimethyl ether and derived products</i>
BR200515989 B1	<i>a method of decomposing nitrogen dioxide into nitrogen monoxide in an exhaust gas from a diesel engine, exhaust system for a diesel engine, apparatus, and, mining vehicle.</i>
CN204477681U U	<i>Skid-mounted CNG station, CNG compressor and anti-explosion instrument air system</i>
US3531916 A	<i>Gas dehydration</i>
FR1549194 A	<i>Process for the decarbonation, dehydration and stripping of natural gases</i>
CN212538459U U	<i>System for co-producing helium by using LNG production device</i>
BR102018075361 A0	<i>dehydrator for drying food, fruits and vegetables</i>
WO2016138978 A1	<i>Method for liquefying a hydrocarbon-rich fraction</i>
CN201390736U Y	<i>High efficiency gas purification device</i>
BR200505818 A0	<i>natural process of dehydrating vegetables (including industrial vineyard) and more egg and its derivatives by rotary kiln and industrial scale thermal drag</i>
BR200406104 A0	<i>natural process of dehydrating vegetables (and more egg) by industrial scale thermal drag</i>
CN214718116U U	<i>Hub water paint coating hot flash drying system</i>
CN210438693U U	<i>Biogas purification device for removing and recovering carbon dioxide</i>
CN210419701U U	<i>Straw and sludge co-treatment device</i>
CN110229957B B	<i>Vanadium ore plasma cracking electrochemical vanadium extraction method</i>
CN109157950B B	<i>Method for purifying and utilizing cracking rich gas</i>
WO202029653 A1	<i>Intelligent oil sludge treatment apparatus and treatment process</i>
CN207313182U U	<i>System based on but it is up to standard to make waste water put forward matter with processing of active carbon regeneration mode</i>
RU2570795 C1	<i>Gas refining and gas chemical complex</i>
CN103146865B B	<i>Device and method for direct reduction and iron making of pyrolyzing tar based on biomass</i>
CN102851490B B	<i>Method for preparation of high quality calcine through fluidized reduction roasting of nickel oxide ores</i>
US20070282019 A1	<i>Process for producing liquefied petroleum gas</i>
BR9606923 A	<i>Processes for the hydroformylation of a hydrocarbon-bearing feed stream and for the manufacture of an ester</i>

WO9416797 A1	<i>Method and apparatus for cleaning gases containing sulphur dioxide</i>
EP-211659 A2	<i>Gas drying process</i>
GB1107227 A	<i>Process for the preparation of gases and/or liquids entirely or substantially free from carbon oxysulphide</i>
GB-152495 A	<i>An improved process and apparatus for the manufacture of alcohol or ether</i>
WO2007116456 A1	<i>Process for producing gas hydrate pellet</i>
BR200400579 A0	<i>Fischer-tropsch process</i>
BR200517570 B1	<i>Process for converting biosolids to a fuel</i>
CN107796457 A	<i>Calculation method of remote well high-pressure tank vehicle filling time</i>
CN107758664 A	<i>Process for capturing rubbish landfill gas carbon dioxide</i>
CN101749539 A	<i>Moister gas-phase separating technique</i>
JP2003064385 A	<i>System and method for producing gas hydrate</i>
CN114377513 A	<i>Mobile vehicle set system and method for recycling oilfield associated gas</i>
CN114075026 A	<i>System and method for treating sludge and organic wastes</i>
US20160060190 A1	<i>Process for producing a sweetened hydrocarbon stream</i>
CN115270484 A	<i>Hydrocarbon source rock hydrocarbon discharge power evaluation method</i>
CN217473086U U	<i>Oil field associated gas purification treatment mobile vehicle set</i>
CN217041945U U	<i>Mobile vehicle group system for recycling oilfield associated gas</i>
CN114317253 A	<i>Organic matter methane fermentation circulation control integrated system and fermentation method</i>
CN114075027 A	<i>System and method for treating sludge and organic waste by cooperating with waste heat of cement kiln</i>
WO202197657 A1	<i>Method for cooperative treatment of kitchen waste, household waste and sewage plant sludge</i>
CN211847875U U	<i>Rural organic waste energy station centralized gas supply system</i>
CN209816170U U	<i>Livestock and poultry breeding slaughter and agricultural waste harmless treatment production line</i>
CN207093209U U	<i>Pressure regulating electricity generation integrated system</i>
CN206872437U U	<i>Quick dewatering equipment of sea salt</i>
CN106140780B B	<i>Domestic garbage treatment system</i>
EP3031881 A1	<i>Method of pyrolytic processing of polymer waste from the recycling of food packaging and a system for carrying out such method</i>
CN103256786B B	<i>Flame-suppression and explosion-suppression cryogenic liquefaction device for low-concentration coal bed gas</i>
CN202590566U U	<i>Tray gravity type pre-separated dewatering absorption tower</i>
CN202297537U U	<i>Methane gas-rich purification device adopting hydrogen-rich nitrogen gas for precooling</i>
CN202226757U U	<i>Sludge treatment system</i>
CN201894900U U	<i>Carbon dioxide gathering and recycling device</i>
JP5512157 B2	<i>Method for producing gas hydrate, and device for the same</i>
CN101385973B B	<i>Preparation method of cleaning catalyst capable of increasing low-temperature initiation performance</i>
RU2354754 C1	<i>Production method of magnesium natural process of dehydrating seafood (including fish) and more beef and poultry and their derivatives by rotary kiln and industrial scale thermal drag</i>
BR200506417 A0	<i>Process for producing hydrogenation refining solvent oil</i>
CN100357401C C	<i>Conversion of non-pre-sorted vegetable biomass to carbon-based fuel involves chopping, shredding and exposure to high-temperature steam in absence of oxygen</i>
DE10246371 A1	<i>Solid electrolyte fuel cell</i>
EP-401834 B1	<i>Vapor permselective membrane</i>
EP-326083 B1	<i>Multiple re-use of water</i>
US3592743 A	<i>Metallurgical process and apparatus</i>
GB1057049 A	<i>Evaporating caustic soda solutions</i>
GB-670726 A	<i>Multi-stage helium extraction device and multi-stage helium extraction process</i>
CN111847407 A	<i>Liquefaction process for preparing LNG</i>
CN110926106 A	<i>Method for resource utilization of sludge compost</i>
CN105859333 A	<i>Low-concentration gas liquefying device and method thereof</i>
CN105202866 A	<i>Method of dehydration of gases with liquid desiccants</i>
US20080041228 A1	<i>Brown coal upgrading method through high-efficient and clean refined comprehensive utilization of coal-based energy</i>
CN106701132 A	<i>Small-sized movable type skid-mounted light hydrocarbon recycling device</i>
CN106147905 A	<i>Method for recovering valuable metals by smelting electronic wastes and multi-metal solid wastes</i>
CN113528825 A	<i>Gas field ground construction gas gathering station, upper paleozoic and lower paleozoic joint-exploiting gas gathering station and construction method</i>
CN111734356 A	<i>Gasification ash residue drying device of four-nozzle water gas type entrained flow bed and method</i>
CN110567261 A	<i>Long strip dewatering woven bag</i>
CN104593225 A	<i>Coal carbonization technology with treating CO₂ as temperature control component in combustion process</i>
CN102199433 A	<i>Water and organic constituent separator and stripper system and method</i>
US5575894 A	<i>Method and system for preparing low-calorific-value biofuel through sludge carbonization</i>
CN114702220 A	<i>Activated carbon comprehensive utilization co-treatment method</i>
CN114074941 A	<i>Kitchen waste solid anaerobic digestion method</i>
CN112058856 A	<i>Hydraulic type gas-liquid mixed transportation compression pry</i>
CN111550383 A	<i>Skid-mounted integrated gas testing recovery equipment</i>
CN110331012 A	<i>Method and apparatus for producing hydrocarbons by synthesis gas from coal</i>
CN104419440 A	<i>Dehydration of gases with liquid desiccants</i>
US5643421 A	<i>Dehydration of gases</i>
CA1016725 A	<i>Dehydration of gases</i>
US3690816 A	<i>Simplified gas or liquid treating and/or dehydration process</i>

US20220072467 A1	<i>System and method for conditioning gas for downhole applications</i>
CN114075024 A	<i>System and method for treating sludge through cooperation of anaerobic digestion and cement kiln</i>
CN108638376 A	<i>PET bottle recycling reproduction process</i>
CN115452505 A	<i>Simulation observation device and method for hydrate reaction process under seabed stress condition</i>
CN114671413 A	<i>Technological process and equipment for steaming and concentrating dilute sulfuric acid</i>
CN114075025 A	<i>System and method for treating sludge through combination of thermal hydrolysis and anaerobic digestion</i>
CN113354249 A	<i>Method and system for dehydrating and carbonizing oily sludge</i>
CN109882737 A	<i>Gas-electricity-hydrogen comprehensive energy resource supplying system and method</i>
CN109680015 A	<i>Process and production line for harmless treatment of livestock and poultry breeding and slaughtering wastes and agricultural wastes</i>
CN108728197 A	<i>Oil field associated gas recycling device and method</i>
CN106762111 A	<i>Gas-fired power generation system for electric fracturing</i>
CN106221840 A	<i>Device and method for recovering low-pressure associated gas by high-pressure production water in offshore oil field</i>
CN105779053 A	<i>Efficient all-purpose dehydrating device</i>
CN105254149 A	<i>Recycling technology for sludge generated after sewage treatment</i>
CN104561127 A	<i>Comprehensive utilization method of agricultural straw</i>
CN101059203 A	<i>Gas-supply method of CNG gas-charging station for automobile</i>
CN113865144 A	<i>Zero-carbon-emission refrigerating system</i>
CN113373274 A	<i>Coal gas treatment process for all-hydrogen shaft furnace</i>
CN112830656 A	<i>Method and device for cooperative treatment of sludge and livestock and poultry manure</i>
CN106277705 A	<i>Process method and system for directly drying and returning acid pickling sludge to smelting furnace</i>
CN115508171 A	<i>Method for directly evaluating adaptability of plant fibers in cement slurry under high temperature and high pressure</i>
CN115141854 A	<i>Comprehensive utilization method of waste biomass</i>
CN114890604 A	<i>Salt-containing waste liquid treatment system and method based on in-liquid incineration technology</i>
CN114856528 A	<i>Well head gas heavy hydrocarbon removal waste heat recovery method</i>
CN114752401 A	<i>Torch vent gas recovery method during maintenance period of oilfield associated gas treatment plant</i>
CN114405965 A	<i>Method and equipment for utilizing biogas residues according to quality</i>
CN113185084 A	<i>Biochemical sludge treatment method</i>
CN112915770 A	<i>Full-automatic online hydrogen sulfide removal and sulfur storage integrated process</i>
CN112094674 A	<i>Efficient and energy-saving cold cleaning device and method</i>
CN112024121 A	<i>Vanadium titano-magnetite separation and extraction method</i>
CN111269045 A	<i>Block chain factory method for producing gas and preparing fertilizer by twice application of solid-liquid organic wastes of household garbage</i>
CN111270037 A	<i>System and process method for producing sponge iron by direct reduction of hydrogen-rich synthesis gas</i>
CN111057530 A	<i>High-salinity-resistant and high-temperature-resistant foam scrubbing agent and preparation method thereof</i>
CN110699245 A	<i>Method and system for treating organic household waste</i>
CN108104745 A	<i>Safe environmental protection closed loop drilling ground operation method</i>
CN105669161 A	<i>Method of reductive firing of ceramic at medium temperature (1190-1260 DEG C)</i>
CN202246935U	<i>electrogalvanizing and metal paint impregnating device</i>
CN1757877 A	<i>Method of solving near wall anticondensate liquid pollution by gas filling for condensate gas well</i>
WO2019212359 A2	<i>Carbon dioxide separation membrane comprising carbonic anhydrase</i>
CN204874437U	<i>Modularization triethylene glycol dewatering device</i>
CN204039421U	<i>Petroleum associated gas and coal dust blending and spraying process system in blast furnace</i>
CN114921325 A	<i>High-temperature fermentation modular biogas production system and method</i>
CN103614175 A	<i>Coke oven gas (COG) based hydrogen enriched gas fuel for internal combustion engine</i>
US8697802 B2	<i>Process for producing polyvinyl alcohol or a copolymer thereof</i>
JP3683498 B2	<i>Method and apparatus for utilizing iron carbide</i>
WO200227823 A1	<i>Method for synthesis of carbon-coated redox materials with controlled size</i>
KR101606381 B1	<i>Manufacture method of complex beauty Salt using solar salt processing environmentally friendly</i>
BR112015032128 B1	<i>Molecular sieve adsorbent blends and uses thereof</i>
WO2014186386 A1	<i>Methods for preparing acetic acid via ethane oxidation</i>
CN114876451 A	<i>Drilling leakage rate prediction method and system based on geological and engineering parameters</i>
CN111943475 A	<i>Sludge treatment method and system</i>
CN111892958B B	<i>Deep purification method and device for coke oven gas</i>
CN111036643 A	<i>Method for cooperative treatment of kitchen waste, household waste and sewage plant sludge</i>
CN110639543 A	<i>Methanation catalyst and preparation method thereof</i>
CN109296458 A	<i>Pressure regulating and power generation integrated system</i>
CN108794047 A	<i>Method for preparing ceramicsite by co-gasification of sludge, river bottom mud and park garbage and product</i>
CN107032579 A	<i>Heat source supply system of mechanical drying equipment for water-containing waste</i>
CN106705569 A	<i>Volumetric combustible gas liquefying device utilizing compression-expansion refrigeration and using method thereof</i>
CN105089975 A	<i>Compressor suitable for coalbed methane and manufacturing method of compressor</i>
CN104845692 A	<i>Oilfield associated gas complete liquefaction recovery system and method thereof</i>
CN104548903 A	<i>Organic amine solvent for capturing carbon dioxide</i>
CN103979722 A	<i>Middle low temperature seawater catalysis carbonic acid gas electrification technique as well as and device thereof</i>
CN102179398 A	<i>Method for cleaning rural organic wastes and supplying clean energy</i>
CN101837222 A	<i>Device for enriching and recovering carbon dioxide gas</i>

CN101327396 A	<i>Method and device for removing hydrogen sulfide from gas containing hydrogen sulfide and recovering sulfur using catalytic oxidation</i>
JP2001294401 A	<i>Method for producing hydrogen from inorganic sulfur compound ion aqueous solution</i>
JP3855924 B2	<i>Exhaust gas cleaning ternary catalyst using a-site- detective perovskite compound oxide</i>
JP07157305 A	<i>Refining method of crude carbon dioxide gas</i>
CN1102215 A	<i>Method for producing direct reduced iron</i>
CN113383980B B	<i>Material baking temperature control method based on burner, burner and readable storage medium</i>
BR102012008340 A0	<i>process and system for dry recuperaçço of fine and super fine minÉrio iron and separaçço unit magnÉtica Methanol self-heating reforming hydrogen manufacturing perovskite honeycomb ceramic integral catalyzer and uses thereof</i>
CN101116813 A	<i>Combined process of thermal hydrolysis of digested sludge and biogas slurry high-efficiency deamination</i>
CN109250884B B	<i>Method of use of organic rankine cycle plant for providing objects of crude oil treating plant with heat energy</i>
RU2622143 C1	<i>Safe truncation control system for compressed gas filling station</i>
CN201322183U Y	<i>Oil well mouth simple dewatering device subsiding step by step</i>
CN201090204U Y	<i>Circulation method for cooling hot sponge iron</i>
CN113913579B B	<i>Pyrolysis and liquation-based continuous treatment apparatus for waste circuit boards/waste enamelled wires</i>
WO2019222878 A1	<i>Process for reducing aromatic and aliphatic absorption in dehydrating diethylene glycol composition</i>
WO201936165 A1	<i>Continuous processing equipment for waste circuit boards/waste enameled wires on basis of pyrolysis liquation principle</i>
CN108735399B B	<i>Method for producing butadiene</i>
JP2015182985 A	<i>Garden solid waste and building solid waste cooperative treatment device</i>
CN216521682U U	<i>Method of preparation of magnesium chloride raw material for electrolysis and device for realization of this method</i>
RU2229539 C2	<i>Method for reducing nitrogen oxide content of rotary kiln calcined titanium dioxide tail gas</i>
CN110902717B B	<i>Method and system for preparing titanium-rich material by utilizing high-calcium magnesium-titanium concentrate</i>
CN110093504B B	<i>Method of complex processing of magnesium silicates</i>
RU2290457 C2	<i>Method for treatment of gases</i>
US3093465 A	<i>Biogas filtering and purifying system for co-production of biogas and organic fertilizer from straw, livestock and poultry manure</i>
CN214528878U U	<i>Oil-based rock debris treatment device</i>
CN212713185U U	<i>Environment-friendly paint sludge and paint slag drying equipment</i>
CN212566513U U	<i>Method for preparing water storage clay according to dry method</i>
CN109776064B B	<i>process for obtaining high tio2 and low radionuclides titanium concentrates from anatase mechanical concentrates.</i>
BR200304443 B1	<i>Optimised method for the treatment and energetic upgrading of urban and industrial sludge purifying plants</i>
WO9830506 A1	<i>Method for producing alumina by curing fly ash with sulphuric acid</i>
CN106477609B B	<i>Process for the removal of organic acids from freshly produced bitumen</i>
CA1294913 C	<i>Process for the preparation of a catalyst mixture and its use</i>
EP-164156 B1	<i>Conversion of oxygenated products of Fischer-Tropsch synthesis</i>
US4260841 A	<i>A composite reaction apparatus and the chemical production method using the same</i>
WO200952764 A1	<i>Cooperative utilization method of high-iron red mud and molten steel slag</i>
CN114672643B B	<i>Kitchen waste anaerobic fermentation system for heat supply self-sufficiency</i>
CN215856052U U	<i>Process for resource utilization of oily sludge</i>
CN112707610B B	<i>Technological method for regenerative recycling treatment of waste mineral oil</i>
CN109161433B B	<i>Manufacture method of high-strength disc porcelain insulator</i>
CN108538526B B	<i>Rotary fixed bed carbon dioxide cycle capture method with packing activation and regeneration functions</i>
CN107983112B B	<i>Preparation method of active anhydrous calcium sulfate</i>
CN103396023B B	<i>Harmless waste treatment method in coal chemical industry</i>
CN103420549B B	<i>Process for the preparation of hydrocarbons</i>
BR112015009119 A0	<i>Refining system and method for refining a feed gas stream</i>
WO201230223 A1	<i>Continuous process for synthesizing oxamide</i>
CN102267921B B	<i>Heat process for treating and reclaiming liquid manure or any other similar waste, consisting in dehydrating it with a view to obtaining a dry nitrogenous fertiliser</i>
FR2666330 B1	<i>Process and plant for producing an olefin</i>
WO2018115494 A1	<i>An integrated process for mesophase pitch and petrochemical production</i>
WO201955305 A1	<i>A process and system for product recovery and cell recycle</i>
BR112019018522 A0	<i>Preparation and use of a catalyst for producing ethanol comprising a crystalline support modifier</i>
BR112012019418 A0	<i>Rendering petroleum oil as an environmentally carbon dioxide neutral source material for fuels, derived products and as a regenerative carbon source</i>
WO2010118137 A1	<i>Catalyst for the production of ethanol by hydrogenation of acetic acid comprising platinum -tin on siliceous support</i>
BR112012009770 A0	<i>Method for converting oxides of nitrogen from a gas to nitrogen, an exhaust system for a vehicular lean burn internal combustion engine, and, apparatus</i>
BR200810133 B1	<i>Decompressing the nço-equilbrío rApid of microorganism containing waste water streams</i>
BR200618575 A2	<i>Exhaust gas purification apparatus of internal combustion engine and catalyst for purifying exhaust gas of internal combustion engine</i>
WO9747864 A1	<i>Partial oxidation process for producing a stream of hot purified gas</i>
EP-629685 B1	

BR9206954 A	<i>Process for treating liquid waste material by combusting it in a furnace to produce a flue gas flow and furnace</i>
WO201864539 A1	<i>Small scale production of methoxy compounds</i>
CN218222389U U	<i>Heat conduction oil system for producing 6-aminocapronitrile</i>
CN215403740U U	<i>Sludge and livestock and poultry manure cooperative treatment device</i>
CN208995482U U	<i>System for co-production of hydrogen and methane by anaerobic digestion of municipal organic waste</i>
CN208995479U U	<i>Urban organic garbage treatment system</i>
CN208995480U U	<i>System for co-production of hydrogen and methane by anaerobic digestion of municipal organic waste</i>
CN109110813B B	<i>Method for preparing polyvalent vanadium oxide through dynamic calcination</i>
RU2637530 C2	<i>Automobile gas-filling compressor station</i>
CN107255285B B	<i>Method and system for mixed incineration of life garbage and mud through three-drive grate furnace</i>
RU2622925 C1	<i>Installation of three-product preparation of sulfur dioxide gas</i>
RU2617224 C1	<i>Automotive gas-filling compressor station</i>
CN106110863B B	<i>Carbon black tail gas boiler denitration method</i>
CN105543065B B	<i>Device for producing biological hydrogen-methane gas for vehicles by urban/rural organic waste fermentation and purification</i>
CN204665436U U	<i>Low pressure boost condensation indirect heating equipment that boils of oil field extraction water</i>
CN201844661U U	<i>Energy-saving conical-top oven capable of realizing thermal circulation through water-gas separation</i>
CN100464910C C	<i>A pyrolytic treatment method of chromium slags</i>
CN101294091B B	<i>Method and equipment for extracting gasoline diesel oil from oil-containing plants</i>
WO200433512 A2	<i>Process for improving production of fischer-tropsch distillate fuels</i>
CA2078966 C	<i>Process for elimination of low concentrations of hydrogen sulfide in gas mixtures by catalytic oxidation</i>
WO8202139 A2	<i>Arc installation for producing glucose</i>
WO2022132566 A1	<i>High selectivity polyimide/pes blend hollow fiber membrane for gas separations</i>
CN213012531U U	<i>Sludge drying and dewatering equipment</i>
WO2019205682 A1	<i>Conversion process for organic matter</i>
WO201744711 A1	<i>Heterogeneous catalysts for the oxidative dehydrogenation of alkanes or oxidative coupling of methane</i>
CN106281469B B	<i>High-pressure low-temperature gas energy system</i>
WO200808335 A2	<i>Configurations and methods for rich gas conditioning for ngl recovery</i>
ES1051499Y Y	<i>Mixed hot air generator.</i>
SU1426614 A2	<i>Thickener</i>
CN201722353U U	<i>Medium-pressure shallow-condensing purification system for oilfield associated gas</i>
BR112019006885 A0	<i>Method and system for improving the greenhouse gas emission reduction performance of biogenic fuels, heating mediums and combustion materials and/or for enriching agricultural areas with carbon-containing humus</i>
US5664426 A	<i>Regenerative gas dehydrator</i>
CN111804100 A	<i>Landfill gas purification and liquefaction system</i>
CN115125039 A	<i>Oxygen reduction air flooding oil well produced gas treatment system and method</i>
CN104142669 A	<i>Monitoring and managing system of gas stations</i>
CN101307248 A	<i>Process for preparing liquid hydrocarbon from syngas</i>
CN113697785 A	<i>Method for preparing helium through combination of oxidation method and membrane separation</i>
CN111589267 A	<i>Purification unit in vehicle-mounted mobile oilfield vent gas recovery system and purification method thereof</i>
CN111410214B B	<i>System and method for preparing sodium carbonate and sulfur by using industrial by-product sodium sulfate</i>
CN107337335 A	<i>Sludge drying and carbonizing equipment and technology</i>
CN106975341 A	<i>Device for cyclically removing carbon dioxide using calcium-based absorbent with steam activated reactor and method for cyclically removing carbon dioxide using calcium- based absorbent</i>
WO2014127913 A2	<i>High pressure process for co2 capture, utilization for heat recovery, power cycle, super-efficient hydrogen based fossil power generation and conversion of liquid co2 with syngas and oxygenwater to</i>
JP2009117323 A	<i>Fuel-dissolution type fuel cell</i>
CN110950520 A	<i>Multiphase solid waste treatment method</i>
CN106690247 A	<i>Salt baking process and production equipment thereof</i>
CN111777878 A	<i>Preparation method of easily-dispersed carbon black for polyurethane sealant</i>
CN114735681 A	<i>Preparation method and device of graphene-carbon black mixture</i>
CN113481081 A	<i>Kitchen waste anaerobic fermentation process and system for self-supply of heat</i>
CN111871596 A	<i>System for treating gold ore flotation tailing mud and processing technology for producing building raw materials by using gold ore flotation tailing mud</i>
CN111003956 A	<i>Manufacturing process of phosphorus building gypsum powder</i>
CN106477597 A	<i>Environment-friendly and clean method of comprehensively utilizing clean coal tail gas to produce hydrocyanic acid derivatives</i>
CN114518016 A	<i>Carbon dioxide trapping, liquefying and recycling device and method</i>
US20200095896 A1	<i>Production of mechanical/electrical energy from heat energy with and by the use of buoyancy factor on evaporation or sublimation and condensation</i>
CN110130870 A	<i>Method and device for treating gas of oil-gas field</i>
CN108372180 A	<i>Kitchen waste resource treatment method</i>
CN108298788 A	<i>Biogas cascade utilization system in process of digesting and drying low-concentration sludge</i>
US10220345 B2	<i>Apparatus and system for swing adsorption processes related thereto</i>
JP4189068 B2	<i>Production of dimethyl ether from lower hydrocarbon gas</i>
CN114896659 A	<i>Shale gas gathering and transportation station design optimization method</i>
CN114733502 A	<i>Regeneration treatment process for waste reduction denitration catalyst titanium dioxide carrier raw material in wide temperature range</i>
CN112267022 A	<i>Lead sulfate paste smelting method based on waste lead storage batteries</i>

WO201648847 A1	<i>Method for smoothing time-varying concentration of a fluid stream</i>
CN103112892 A	<i>Production method of nano titanium white</i>
CN102795633 A	<i>Coal-series kaolin gas suspension calcination method</i>
CN115448627 A	<i>Method for preparing semi-hydrated gypsum powder by dynamic roasting of purified phosphogypsum</i>
CN113401929 A	<i>Method for preparing nano calcium magnesium carbonate material by capturing carbon dioxide by using nano-filtration seawater</i>
CN113390088 A	<i>Sludge incineration heat energy recycling equipment</i>
CN112696695 A	<i>Waste halogenated hydrocarbon organic solvent combustion treatment method and device based on microemulsion system</i>
CN112359463 A	<i>Preparation method of anti-ultraviolet shirt fabric</i>
CN112359464 A	<i>Production method of cotton-wrapped polyester shirt fabric</i>
CN110552256 A	<i>Manufacturing process of degradable tableware</i>
CN107694340 A	<i>Method of regenerating activity of calcium based absorbent and cyclically removing CO2</i>
CN105818292 A	<i>Preparation method of aramid composite</i>
CN104728896 A	<i>Oilfield produced water low-boiling pressurized condensation heat exchange equipment and technology</i>
CN104212481 A	<i>Polymer-containing crude oil separator</i>
CN101948295 A	<i>Method for manufacturing brick by utilizing sludge from the East China Sea</i>
US6652826 B1	<i>Process for elimination of low concentrations of hydrogen sulfide in gas mixtures by catalytic oxidation</i>
CN112845504B B	<i>Household garbage resource utilization treatment process</i>
CN207036782U U	<i>Online automatic sampling system of gas hydrate decomposed gas body gas chromatograph</i>
CN106606927B B	<i>Denitration method and denitration system of cracked smoke produced by steam cracking production of low-carbon olefins</i>
WO201375143 A1	<i>Core in kettle reactor, methods for using, and methods of making integrated microchannel reactor and heat exchanger, method for conducting a fischer-tropsch reaction and method for conducting a reaction and the concurring thermal exchange of a microchannel unit facility arranged at the seabed for the separation of fluids.</i>
BR200714894 A2	<i>Methods and systems for electrifying, decarbonizing, and reducing energy demand and process carbon intensity in industrial processes via integrated vapor compression</i>
BR200213313 B1	<i>Systems and methods for producing carbonated water and removing carbon dioxide from produced gases</i>
WO202215776 A1	<i>Systems and methods for producing carbonated water and removing carbon dioxide from gases produced with subsea separation</i>
BR102016025929 A0	
BR102016026301 A0	
CA-944875 A	<i>Multiple re-use of water</i>
BR112015032032 A0	<i>Highly active nano iron catalyst for the absorption of hydrogen sulfide</i>
SU-874096 A1	<i>Oil dewatering apparatus</i>
CN106077021B B	<i>Food waste and farmer market garbage resourceful treatment anaerobic fermentation system and method</i>
CN105880264B B	<i>RDF system and method for household refuse squeezing property-classified treatment and resource utilization</i>
FR3006604 B1	<i>Improved energetically treating a gas stream containing mercaptans</i>
WO201486278 A1	<i>Heat recycling method and system for energy in eutrophicated water biomass</i>
WO201295494 A1	<i>Treatment of a gas stream containing mercaptans</i>
WO2010150227 A1	<i>Sour gas treatment process</i>
JP2004243270 A	<i>Driving-gear by hydraulic motor and natural gaseous hydrate generation system</i>
EP1221435 B1	<i>Process for the recovery of methanol from a liquid hydrocarbon feedstock</i>
GB1598414 A	<i>Gas treatment of soil</i>
DE2155901 A1	<i>Drying of cracking gases - contg olefins by glycols which are stripped with inert gas before regeneration</i>
WO2014205163 A1	<i>Process for enhanced oil recovery using capture of carbon dioxide</i>
WO201458549 A1	<i>Efficient, self sufficient production of methanol from a methane source via oxidative bi-reforming</i>
WO2008142995 A1	<i>On-site integrated production plant</i>
BR112018074420 A0	<i>Apparatus and system for swing adsorption processes</i>
BR112018074423 A0	<i>Apparatus and system for swing adsorption processes</i>
WO201882343 A1	<i>Process for using organic high-salt wastewater to prepare industrial refined salt</i>
SU-947038 A1	<i>Process for producing phosphorus</i>
WO202155074 A1	<i>Removal of acid gases from a gas stream, with o2 enrichment for acid gas capture and sequestration</i>
WO201661262 A1	<i>Methods for conversion of ethanol to functionalized lower hydrocarbons and downstream hydrocarbons</i>
WO2014131649 A1	<i>Polyamines and method for the production thereof</i>
WO200340633 A1	<i>Configurations and methods for improved ngl recovery</i>
BR200112060 B1	<i>process and apparatus for distributing a liquid in a gas stream.</i>
WO2008113061 A1	<i>Methods and/or systems for capturing carbon dioxide from combustion exhaust</i>
WO202267882 A1	<i>System and process of industrial continuous cracking of mixed waste plastics according to class</i>
CN209212408U U	<i>Multi-fuel gas generator set</i>
CN206637259U U	<i>Oil -gas gathering and transportation device</i>
WO2009123071 A1	<i>Process and apparatus for producing gas hydrate</i>
CN2779061U Y	<i>Energy-saving gas dewatering device</i>
WO200389115 A1	<i>Configurations and methods for improved acid gas removal</i>
BR200215536 A	<i>Process for making an alkylate</i>
WO201735667 A1	<i>Variants of thermovibrio ammonificans carbonic anhydrase and co2 capture methods using thermovibrio ammonificans carbonic anhydrase variants</i>
WO2016131174 A1	<i>Production line for producing national-standard magnesium alloy ingots on the basis of magnesium alloy waste material</i>
WO201629316 A1	<i>Co2 capture methods using thermovibrio ammonificans carbonic anhydrase</i>
FR3006603 B1	<i>Method of treating a gas stream comprising mercaptans without adsorption screen</i>

WO200981082 A2	<i>Treatment chain and process for the thermochemical conversion of a wet feed of biological material by gasification</i>
CN104229885B B	<i>Production method of vanadium trioxide</i>
CN102950137B B	<i>Kitchen waste collaborative processing method</i>
GB2466231 B	<i>Method for cooling a hydrocarbon stream and a floating vessel therefor</i>
JP5153412 B2	<i>Manufacturing method for gas hydrate and manufacturing facility</i>
JP4239781 B2	<i>System for treatment of product</i>
GB1367925 A	<i>Active aluminium oxide and process for producing same</i>
WO2020234708 A1	<i>Furnace and process for synthesis gas production</i>
CN210048756U U	<i>Comprehensive utilization system for preparing biogas through combined anaerobic fermentation of kitchen waste and sludge</i>
WO201768517 A1	<i>A carbon molecular sieve membrane, method of preparation and uses thereof</i>
CN106477606B B	<i>Method for extracting aluminum oxide from fly ash on basis of sulfuric acid curing</i>
WO201323254 A1	<i>Method for the recovery of magnesium sulphate and production of magnesium oxide</i>
RU2198141 C1	<i>System of sewage water sludge utilization</i>
CN215102775U U	<i>Sludge desulfurization device and flue gas desulfurization system utilizing water treatment byproduct chemical sludge</i>
CN109679675B B	<i>Method and system for producing low carbon olefin from semi-coke tail gas</i>
CN107641535B B	<i>Device and method for separating and purifying multiple gases through membrane deep cold coupling</i>
CN206607254U U	<i>Furnace roof gas of reduction shaft furnace production sponge iron utilizes system</i>
CN106866368B B	<i>Device and process for recycling methyl alcohol from gas field alcohol-containing sewage based on gas stripping process and vacuum membrane distillation process</i>
WO2006120223 A1	<i>Removal of carbon dioxide from a gas stream</i>
EP-701990 B1	<i>Hydrocarbonylation of dimethyl ether</i>
WO201312122 A1	<i>Multi-use functional cotton, and method for manufacturing same</i>
WO200843833 A2	<i>Process to prepare a gaseous mixture</i>
BR200719511 B1	<i>process of Making One or More Olefins</i>
CN110217961B B	<i>Harmless low-temperature carbonization treatment process of sludge</i>
CN206754798U U	<i>CNG gas station and PLC sequential control coils automatic control system thereof</i>
CN103881752B B	<i>Method and device for leaching high-quality lignite wax</i>
JP2005113540 A	<i>Product processing system</i>
BR8601483 A	<i>PROCESS FOR TRANSFORMATION And ALUMINA HYDRATE ON AN ANHYDROUS ALUMINA PRODUCT CONTAINING alpha alumina</i>
CN214914876U U	<i>Waste gas treatment device</i>
EP3666880 B1	<i>Combined method for anaerobic digestion and methanation</i>
CN207713687U U	<i>Sled dress integrated marsh gas purification system CNG device</i>
WO201856826 A1	<i>Underground halite mitigation</i>
CN206736050U U	<i>Organic garbage disposal system</i>
CN206721196U U	<i>Organic system of trash disposal in city</i>
CN206647753U U	<i>Intelligent control of CNG gas station and monitored control system and gas station thereof</i>
CN206246226U U	<i>A gas electricity generation system for electronic fracturing</i>
CN104874593B B	<i>Method and device for treating organic polluted soil by two- section-type indirect thermal desorption technology</i>
WO200670006 A2	<i>Process for the preparation of lower olefins from heavy wax</i>
WO8301294 A1	<i>Distillative separation of methane and carbon dioxide</i>
SU-988764 A1	<i>Process for producing finely divided silica</i>
USD200556 D	<i>Absorption process and apparatus</i>
US2945755 A	<i>Magnetic roasting process and apparatus</i>
CN207603212U U	<i>System for electrolytic hydrogen production combines with nuclear power station flexibility peak regulation</i>
WO200696833 A2	<i>Coaxial-flow heat transfer structures for use in diverse applications</i>
CN106958070B B	<i>Super-wear-resistant dust-free cloth and production method thereof</i>
CN201965842U U	<i>Oil and gas storage and transportation combination station simulation system</i>
WO200604141 A1	<i>Waste heat recovering apparatus, waste heat recovering system and waste heat recovering method</i>
GB1135963 A	<i>Improvements in tanks for liquefied gas transport vessels</i>
CN112961953B B	<i>Hydrogen and metal product accompanying production method and system</i>
CN213327117U U	<i>Sewage treatment device</i>
CN210916273U U	<i>Thermal power plant hydrogen production system through electrolytic tank</i>
WO202104103 A1	<i>Device and method for cooperatively processing straw and sludge</i>
CN207793009U U	<i>Water base mud system of mixed type innocent treatment well drilling</i>
WO201844547 A1	<i>Hydrocarbon pyrolysis</i>
CN206069676U U	<i>Direct mummification of pickling mud is returned and is smelted furnace system</i>
CN105617989B B	<i>Waste carbon recycling method</i>
CN104961992B B	<i>Antibacterial electrically-conductive thermally-conductive polyvinyl chloride resin material for medical application and aeronautics and astronautics application, and preparation method and applications thereof</i>
CN104927271B B	<i>Injection-moldable conductive heat-conduction modified fluoroplastic material and preparation method and application thereof</i>
CN104789249B B	<i>Harmless recycling treatment method and special device for oil sand</i>
CN104278547B B	<i>Method for dyeing multicomponent intrinsic flame-retardant fiber textile</i>
CN203530266U U	<i>Drying device for preparing compressed biogas by using methane</i>

CN202322831U U	<i>Methane and landfill gas utilization system</i>
CN102059025B B	<i>Double-layer filter material, preparation method thereof and multilayer product</i>
WO2011127742 A1	<i>Tunnel-type coke furnace with movable sliding bed and its using method</i>
WO200944468 A1	<i>Process and apparatus for producing gas hydrate pellet</i>
CN101204681B B	<i>Method of refining iron ore from alkaline red mud and making gangue neutral</i>
CN100512957C C	<i>Copper catalyst for synthesizing organic silicon monomer and its preparation process</i>
WO200363282 A1	<i>Desulfurisation of fuel</i>
SU1397058 A1	<i>Method of preparation of petroleum in the oil fields</i>
SU-912192 A1	<i>Method of preparing oil gas for transportation</i>
SU-740258 A1	<i>Solution concentrating method</i>
BR7708615 A	<i>Aperfeicements in amoniace-ureia integrated process to produce urea</i>
BR7601880 A	<i>Integrated flexible process for producing ammoniac and urei</i>
GB-518163 A	<i>Improvements in method of operating a polymerization plant for hydrocarbon mixtures containing olefins</i>
WO2017205073 A2	<i>Enhanced hydrocarbon extraction</i>
WO2008153750 A1	<i>Configurations and methods for ambient air vaporizers</i>
CN114751631B B	<i>Low-hydroxyl opaque quartz glass and manufacturing method thereof</i>
WO2022227180 A1	<i>Copper smelting-thermal state vortex depletion integrated method</i>
CN112961719B B	<i>Metal welding and cutting gas and preparation method thereof</i>
CN210419869U U	<i>Efficient biogas power generation gas stable supply system</i>
CN110157448B B	<i>Special soil amelioration agent for paeonia suffruticosa</i>
CN110124466B B	<i>Method and system of using compound ionic liquid to simultaneously remove water and carbon dioxide in gas</i>
CN208995472U U	<i>System for synthesizing ethylene glycol and co-producing LNG from kitchen waste and straw</i>
CN208995483U U	<i>Pellet production technology and preparation system based on exhaust circulation O2-CO2 combustion supporting</i>
CN109813129B B	<i>Production method of high-purity conductive carbon black</i>
CN109135349B B	<i>Method and apparatus for removing fluorine, chlorine and organic matters from crude zinc oxide</i>
CN109019666B B	<i>Method for preparing lithium concentrate from lithium-bearing natural brines and processing thereof into lithium chloride or lithium carbonate</i>
WO2018190754 A2	<i>Gas heating boiler flue gas latent -heat recovery and processing system</i>
CN206514323U U	<i>Material dewatering and drying and cooling arrangement</i>
CN206137078U U	<i>Lubricating grease for rims of locomotives and method for preparing lubricating grease</i>
CN105907448B B	<i>Drum screening machine and application thereof in oil sludge treatment</i>
CN105688489B B	<i>Waste carbon regeneration system</i>
CN105536705B B	<i>Production process of inorganic fiber heat preservation material</i>
CN105544089B B	<i>Production technology of using industrial waste residues for producing inorganic fiber heat preservation material</i>
CN105502915B B	<i>Corrosion-resistant electric conduction and heat conduction chlorinated polyvinyl chloride resin material and preparation method and application thereof</i>
CN104927261B B	<i>Production process method for extracting plant fibers by biological method</i>
CN104818640B B	<i>A kind of preparation method who utilizes industrial gaseous waste to generate electronic-grade dimethyl thioether</i>
CN103992253B B	<i>Process and system for preparing spirulina culture solution from low-concentration alkaline lake brine</i>
CN102533527B B	<i>Movable integrated light hydrocarbon recovering device</i>
CN202346967U U	<i>Hot-stamping automobile part with flexibly-distributed intensity and control method thereof</i>
CN102212742B B	<i>Superhigh-strength armour plate and manufacturing process thereof</i>
CN102181795B B	<i>Method of baking ceramicsite by using sludge</i>
CN101531500B B	<i>Processing method of unconditioned iron- and zinc- containing metallurgical wastes</i>
RU2404271 C1	<i>Integrated process for carbonaceous material to co2-free fuel gas for power plants and to ethylene</i>
WO200923139 A1	<i>Method for preparing low-carbon olefin from synthetic gas by two-stage process</i>
CN101265149B B	<i>Integrally designed, double cavity marsh gas fermenting system</i>
CN1974752B B	<i>Method for processing organic chloride and heavy metal polluted bed mud</i>
CN100374381C C	<i>Method for culturing microorganisms</i>
SU-811846 A1	<i>Desulphurisation of molten ferrous metals</i>
GB1384755 A	<i>Improvements in and relating to aliphatic phosphate esters</i>
GB-923448 A	<i>Process and apparatus for reducing and smelting iron</i>
GB-829005 A	<i>Purification of naphthenic acids</i>
US2035742 A	<i>Production of fuel having renewable content from a low carbon number fraction</i>
WO2023283721 A1	<i>Process and plant for providing a product gas mixture from a starting gas mixture</i>
EP4060082 A1	<i>Device and method suitable for fly ash melting and flue gas purification treatment</i>
CN114260297B B	<i>Ultralow-temperature sub-molten salt sulfonation gold capture hazardous waste disposal method</i>
CN113355524B B	<i>A method of improving the durability of concrete formulations by absorbing co2</i>
IN201941044211 A	<i>Method for producing aluminum oxide using slag metallurgy technology</i>
WO2022156076 A1	<i>Liquid gas industrialized application system</i>
WO202247878 A1	<i>Method and device for cyclically treating farming wastewater and/or improving soil by utilizing livestock and poultry manure</i>
WO2021189791 A1	<i>Method for recovering various effective components in dry gas of refinery catalytic device</i>
CN110963881B B	<i>Full temperature range-pressure swing adsorption (FTRPSA) separation method for reaction cycle gas in direct oxidation</i>
CN110237650B B	

	<i>of ethylene to ethylene oxide</i>
CN109775662 B	<i>Method for hydrogen production by reforming</i>
WO201894466 A1	<i>"a particulate material and a method for removing one or more contaminants from hydrocarbon gas"</i>
CA2915898 A1	<i>An integrated method for in-situ recovering and upgrading bitumen/heavy oil to distillable liquids and generating super clean diesel fuel and electric power</i>
WO201431222 A1	<i>The production of butanediol from a methane conversion process</i>
CN102616759 B	<i>Technique and device for preparing phosphoric acid by fluidized bed reactor</i>
RU2518150 C2	<i>Nanocomposite electrochemical capacitor and its manufacturing method</i>
CN102476893 B	<i>Biological desulphurization processing reactor, biological desulphurization processing system, and processing method</i>
WO201045232 A2	<i>Calcium looping process for high purity hydrogen production intergrated with capture of carbon dioxide, sulfur and halides</i>
BR200911165 A2	<i>process for benefit of a carbonaceous material using micro- channel process technology</i>
WO200861305 A1	<i>Integrated chemical process</i>
BR200704617 A0	<i>method of inhibiting scale in liquid hydrocarbon system, aloe derived scale inhibitor</i>
WO2006125175 A2	<i>Boronium-ion-based ionic liquids and methods of use thereof</i>
JP2005330170 A	<i>Hydrogen production system and hydrogen production method</i>
SU1530889 A1	<i>Installation for calcination of aluminium hydroxide</i>
SU-986481 A1	<i>Stannum phosphate production method</i>
GB1548045 A	<i>Self-lubricating polymer compositions</i>
US3550682 A	<i>Method and apparatus for making equipment connections at remote underwater locations and for producing fluids from underwater wells</i>
FR1190548 A	<i>Production of alumina</i>
US2515156 A	<i>Fluidized catalyst apparatus</i>
FR-671105 A	<i>Method of catalytic molecular association of organic compounds</i>
US1758778 A	<i>Kiln for the manufacture of fused cement</i>
CN104261451 B	<i>Production method for light weight calcium carbonate</i>
BR112012019035 A0	<i>Process for the production of ethanol by hydrogenation of vaporized acetic acid</i>
WO202109307 A1	<i>Method and facility for producing a target compound</i>
CN107008733 B	<i>Urban venous industrial park and construction method as well as solid waste processing system and method</i>
CN106146236 B	<i>Method for preparing hydrocarbon products from methyl alcohol through two-step process</i>
CN106146235 B	<i>Method for preparing hydrocarbon products from methyl alcohol through one-step method</i>
WO2014149288 A1	<i>Catalyst comprising oxygen storage component for treatment of gas turbine exhaust gases</i>
BR112015015781 A0	<i>Methods of producing 7-carbon chemicals via pyruvate and succinate semialdehyde aldol condensation</i>
CN103511525 B	<i>Carbon ceramic braking pad for high-speed train and preparation method of carbon ceramic braking pad</i>
BR112012028507 A0	<i>Process for recovering ethanol in a side draw distillation column to regulate c3+ alcohols concentrations</i>
WO2004103549 A2	<i>Microchannel with internal fin support for catalyst or support medium</i>
US9964034 B2	<i>Methods for producing a fuel gas stream</i>
CN110747328 A	<i>Preparation process and preparation device of pre-reduced metallized pellets and oxidized pellets</i>
CN109233926 A	<i>Absorptive precooling system for BOG (Boil Off Gas) generator flue gas</i>
CN115111897 A	<i>Ferrous sulfate monohydrate production device and production process thereof</i>
CN110472300 A	<i>FPSO core production module layout optimization method</i>
CN108612380 A	<i>Installation construction method of large oil and gas treatment tower and tower frame</i>
CN111054730 A	<i>Distributed community kitchen waste and sewage on-site consumption cyclic utilization system and method</i>
BR200412741 A	<i>integrally coated asymmetric diaphragms, solvent resistant</i>
CN105648466 A	<i>Method for thermochemistry circulation closed type power generating and electrolysis hydrogen production</i>
TW1446961 B	<i>coupling poly-generation of combustion gas turbine system</i>
CN112084649 A	<i>Method of Modifying Nano-Porous Gas-Reforming Catalyst with High-Temperature Stability</i>
CN110734209 A	<i>Carbon emission model calculation method based on whole process link of urban sewage treatment</i>
CN110723961 A	<i>Operation method of industrial solid waste and sludge rotary kiln co-processing integrated device</i>
CN107083488 B	<i>Environment-friendly microporous brick prepared by comprehensive utilization of solid wastes and preparation method of environment-friendly microporous brick</i>
CN106834581 A	<i>Waste lead-acid battery lead plaster molten bath smelting treatment method</i>
BR112014014610 A0	<i>System and method for utilizing top gas of sponge iron produced by reducing shaft furnace</i>
CN100340484 C	<i>Production of acetic acid with enhanced catalyst stability</i>
CN112980490 A	<i>Crystallized sodium disilicate preparation method</i>
CN106968106 B	<i>Dry gas low-pressure expansion oilfield associated gas light hydrocarbon recovery system and use method</i>
CN106047940 A	<i>Super-wear-resisting, low-flock and dust-free cloth production process</i>
CN103288299 B	<i>Method and system for anaerobic digestion biogas generation by recycling of household garbage</i>
CN113979452 A	<i>Biochemical treatment method of coal chemical industry wastewater</i>
CN113560309 A	<i>Process for refining byproduct sodium bromide in bronopol synthesis</i>
CN111692837 A	<i>Integrated device for purifying domestic sewage and refining domestic garbage and operation method</i>
CN108409076 A	<i>System for co-production of helium by utilizing LNG production device</i>
US20160003532 A1	<i>Method for gradient utilization of biogas in low-concentration sludge digestion and drying process</i>
WO2013112191 A2	<i>Systems and methods for recovering carbon dioxide from industrially relevant waste streams, especially ethanol fermentation processes, for application in food and beverage production</i>
CN114768757 A	<i>System and method for producing carbon dioxide for use in hydrocarbon recovery</i>
CN108788400 A	<i>Method and system for preparing sludge carbon material by mixing sludge and waste foamed plastic</i>
CN106479526 A	<i>Petroleum and gas conveying pipeline system and welding method of gas conveying pipeline</i>
	<i>Coal coking method for efficient clean refined comprehensive utilization of coal-based energy</i>

US9296665 B2	<i>Synthesis of drop-in liquid fuels and chemicals from methanol, ethanol or syngas using mixed catalysts</i>
US6375806 B1	<i>Desiccant reconcentration with control of pollutant gases and vapors</i>
CN114442569 A	<i>Comprehensive energy environmental protection system based on cloud edge collaboration and control method</i>
CN113528205 A	<i>System and method for continuously and flexibly preparing methane by utilizing renewable energy sources</i>
CN109505714 A	<i>Multi-fuel gas power generator set</i>
CN104312600 A	<i>Sludge pyrolysis and gasification treatment process and sludge pyrolysis and gasification treatment system</i>
US20040176654 A1	<i>Linear alkylbenzene product and a process for its manufacture</i>
CN1093616 A	<i>Coal cleaning process</i>
CN114445235 A	<i>Carbon footprint accounting method for high-sulfur-content gas field product</i>
CN113444618 A	<i>Steel waste heat biogas digester heat preservation and biogas heating furnace fuel supply system and treatment method</i>
CN111637459 A	<i>Co-combustion device, system and technology</i>
CN111304450 A	<i>Method and device for producing black copper by sludge containing copper</i>
CN111187708 A	<i>Kitchen waste and sludge combined anaerobic fermentation biogas-preparing comprehensive utilization system</i>
CN108998357 A	<i>System and method used for co-production of glycol and LNG from kitchen waste and straw</i>
CN108854478 A	<i>Regenerated lead melting tail gas sealed desulphurization and dust removal circulation system and zero discharge process</i>
CN108611107 A	<i>Technology for utilizing low-rank coal efficiently and cleanly in grading manner</i>
US10577248 B2	<i>Methods and systems for large scale carbon dioxide utilization from Lake Kivu via a CO2 industrial utilization hub integrated with electric power production and optional cryo- energy storage</i>
CN105757676 A	<i>Garbage cracking furnace system</i>
CN105486032 A	<i>Small moving type skid-mounted LNG liquefying plant</i>
BR112016015885 B1	<i>Method and system for obtaining dimethyl ether from syngas</i>
CN114686023 A	<i>Production method of high-pigment carbon black for plastic master batch color paste</i>
CN114381849 A	<i>Manufacturing method of weft knitting polyester velvet blanket</i>
CN113664023 A	<i>System and process for purifying sewage by using hydrolyzed kitchen waste as denitrification carbon source</i>
CN113058415 A	<i>Waste gas treatment device and process</i>
CN108656401 A	<i>Regenerated PET sheet production process</i>
CN106349984 A	<i>Glue production process</i>
CN105695016 A	<i>Process and system for purifying methane efficiently by two- stage membrane method</i>
BR200718314 A2	<i>Biomass processing</i>
BR200514374 A	<i>fluid loss concentrate for hydraulic cement</i>
US20040225164 A1	<i>Method for treating ethane</i>
CN114590980 A	<i>Oil sludge treatment system</i>
CN114471499 A	<i>High-efficiency regeneration system and method for high- salt-content wood powder activated carbon</i>
CN114393009 A	<i>Process system for treating organic solid waste difficult to dehydrate</i>
CN113860695 A	<i>Harmless treatment method for oil stain solid waste</i>
CN113803724 A	<i>Cooperative treatment method and device for garden solid waste and building solid waste</i>
CN112852485 A	<i>Mixed hydrocarbon recovery control method and system thereof</i>
CN112499926 A	<i>Sludge dewatering device, and flue gas desulfurization system and process</i>
CN111718095 A	<i>Municipal sludge pyrolysis carbonization treatment system and technology</i>
CN111575623 A	<i>Zinc plating device and method and application</i>
CN110980806 A	<i>Equipment and method for producing vanadium pentoxide powder through cyclic calcination</i>
CN109898348 A	<i>Cotton-viscose blended fabric reactive dyeing production process</i>
CN109179939 A	<i>Method and apparatus for treating oily sludge</i>
CN108949510 A	<i>System and method for compounding glycol and co- generating LNG by utilizing urban organic refuse</i>
CN107988816 A	<i>Rapid reactive dye uptake technology</i>
CN107815332 A	<i>Skid-mounted integrated biogas purification CNG preparation device</i>
CN106964633 A	<i>Cooperative treating method of kitchen waste and sludge of sewage plant</i>
CN106835741 A	<i>Double-count dyeing production process for shirt fabric</i>
CN106479548 A	<i>Environment-friendly cleaning method for efficiently cleaning coal-based energy for fine application</i>
CN105542889 A	<i>Quenching type methanation process with heat removing internally</i>
US8969633 B2	<i>Molecular sieve adsorbent blends and uses thereof</i>
CN102431967 A	<i>Method for preparing hydrogen and nitrogen gas with specific composition from multi-ingredient gas containing H2 and N2</i>
CN101250995 A	<i>Middle-low pressure gas collection technique</i>
CN112875646 A	<i>Carbon black production method for co-production of synthesis gas</i>
CN112662527 A	<i>System for co-production of biogas and organic fertilizer from straw, livestock and poultry manure</i>
CN109056902 A	<i>Equipment for extracting water from atmospheric air and method thereof</i>
CN108759494 A	<i>Desulfurizing and dedusting process without emission of metal smelting tail gas</i>
CN108455807 A	<i>Oil-containing-sludge harmless treatment device and method</i>
CN108384900 A	<i>Method and system for decolorizing xylose through activated carbon in reproducible mode</i>
CN107265798 A	<i>Sludge processing method</i>
CN105804808 A	<i>Method and system for supercritical fluid new energy</i>
US10315150 B2	<i>Carbon dioxide recovery</i>
WO201261238 A1	<i>Hydromethanation of a carbonaceous feedstock</i>
WO201224369 A1	<i>Hydromethanation of carbonaceous feedstock</i>

CN101289373 A	<i>Joint production method of dimethyl ether by coal-based synthesis gas and methane resource gas</i>
CN101135415 A	<i>Apparatus and method using marsh gas as vehicle power energy sources</i>
CN1381399 A	<i>Process for preparing medical graphite</i>
CN1150138 A	<i>Process for preparing methane chlorides or ethane chlorides from methane or ethane or its low-chloralkanes</i>
CN115121590 A	<i>Household garbage incineration fly ash high-temperature melting treatment method cooperating with sludge and aluminum ash</i>
CN115094181 A	<i>Method and device for heating DRI reducing gas by using plasma</i>
CN114597526 A	<i>Method for extracting lithium salt from ternary lithium battery positive electrode waste through reduction roasting</i>
CN114574650 A	<i>Method and device for producing direct reduction iron by hydrogen-based shaft furnace</i>
CN114413638 A	<i>Method for recovering calcination waste heat in coal-based needle coke production process</i>
CN113999701 A	<i>Method for preparing negative carbon emission energy through biomass molten metal-molten slag bath gasification</i>
CN113880536 A	<i>Preparation process of heat-preservation and heat-insulation gypsum for composite multifunctional wall</i>
CN113753885 A	<i>Natural spherical graphite chemical purification and wastewater treatment process</i>
CN113578519 A	<i>Tailing deep machining technology and intelligent system device thereof</i>
CN113122344 A	<i>Improved compound diesel oil anti-wear agent and preparation method thereof</i>
CN112957874 A	<i>Activated carbon in-situ adsorption and ex-situ concentrated desorption device and process</i>
CN112744856 A	<i>Method for producing zinc oxide for ceramic glaze by using hot-dip galvanized ash</i>
CN112456619 A	<i>Method and device for producing water treatment regulator from carbide slag</i>
CN112174469 A	<i>Municipal sludge pyrolysis treatment system and method</i>
CN111115754 A	<i>Oil-water separation process for high-oil-content emulsified produced water</i>
CN111056904 A	<i>Method for recovering various effective components in refinery coking device dry gas</i>
CN110482826 A	<i>Sludge gradient drying system and method based on MVR and vacuum combined process</i>
CN110130037 A	<i>Production method of low-particle wear-resistant dust-free roll wiper</i>
CN109852762 A	<i>Bottom spraying type limestone smelting method of combined top-bottom combined blowing converter</i>
CN109734276 A	<i>Diamond wire cutting waste silicon sludge forming and drying method</i>
CN109574448 A	<i>Environment-friendly processing method and system of agricultural class-A sludge biochar fertilizer and environment-friendly rotary sludge dryer used in method and system</i>
CN108793215 A	<i>Production technology for producing refined calcium carbonate by using pulping and papermaking white mud</i>
CN107812450 A	<i>Method for alkaline non-aqueous wet-process catalytic oxidation of hydrogen sulfide</i>
CN107474949 A	<i>Method for treating grease through granular activated carbon in reproducible made and system thereof</i>
CN107265801 A	<i>Process method for treating oily sludge of oil field</i>
CN106984292 A	<i>Vacuum activating method of molecular sieve</i>
CN106678852 A	<i>Gas heating boiler smoke latent heat recycle and treatment system</i>
CN106607470 A	<i>Manufacturing technology of high elongation steel plate</i>
CN106591592 A	<i>Rich metallurgy smelting furnace and treatment process for treating polymetallic complex auricupride</i>
CN106322405 A	<i>Method for processing high-moisture-content sludge through rotary kiln technology in harmless manner</i>
CN106065548 A	<i>Production process and method for paper pulp mould</i>
CN105418175 A	<i>Aquatic plant recycling method</i>
CN104645898 A	<i>Trickle-bed reaction device and process for synthetic gas methanation</i>
US9422578 B2	<i>Methods for biosynthesizing 1,3 butadiene</i>
CN103074381 A	<i>Efficient resourceful treatment method through gas-liquid connection high-strength multi-carbon-capture integrated furnace with exponentially reduced investment and high benefits</i>
CN102809145 A	<i>Method for utilizing agricultural and forestry waste containing cellulose, hemicellulose and lignin</i>
CN102586337 A	<i>Huadian type process and device for dry distillation of oil shale</i>
CN101942313B B	<i>Process method for preparing LNG from coke oven tail gas</i>
CN101805648 A	<i>Petroleum associated gas recycling process</i>
CN102093920 A	<i>Hybrid solvent using physical solvents and nanoparticle adsorbents</i>
US20100303693 A1	<i>Process for preparing automobile fuel from methane</i>
CN101338230 A	<i>Desulfurization, denitrification and decarburization process by two-stage ammonia reducing and absorption method</i>
CN101224380 A	<i>Process for producing town gas</i>
WO200073404 A1	<i>Gasification combined cycle power generation process with heat-integrated chemical production</i>
US5666800 A	<i>Method for gasifying organic materials</i>
EP-568997 B1	<i>Diesel and jet fuels based on the oligomerization of butene</i>
US8395007 B2	<i>Process for improved gasification of fuel solids</i>
US8298306 B2	<i>Process for modifying fuel solids</i>
US8202399 B2	<i>cyclic adsorption process and system, method of improving power efficiency of a cyclic adsorption process, pressure swing adsorption process, and, method of using at least one centrifugal compressor.</i>
BR112013030890 A0	<i>Permanent magnet drum type magnetic separator with mechanical dispersion function</i>
CN113399112B B	<i>Magnetic suction precision sowing method and its equipment</i>
CN1207953C C	<i>Magnetic gap type wall-climbing robot</i>
CN209888977U U	<i>Vehicle window glass crushing negative-pressure positioning magnetic acceleration hammer</i>
CN111469794B B	<i>system and method for treating a gaseous feed stream, and, structured adsorbent contactor</i>
BR200911224 A2	<i>Swing adsorber and process cycle for fluid separations</i>
WO201753061 A1	<i>Measurement parameter acquisition device and instrument of magnetic induction</i>
CN206362913U U	<i>Novel PSA adsorption separation device</i>
CN113304581B B	<i>Method and device for providing heat and carbon dioxide to vegetables and/or algae using power station flue</i>
BR112013024553 B1	

	<i>gas</i>
CN207010514U U	<i>Rocking arm swing mechanism</i>
CN203696580U U	<i>Metal material transportation swing mechanism applied to automatic production lines</i>
CN111636775 A	<i>Magnetic lock with improved structure</i>
CN212244751U U	<i>Combined garbage can with adsorption function</i>
CN111572662 A	<i>Magnetic gap type wall-climbing robot</i>
CN113573454B B	<i>Variable magnetic field confinement plasma jet device and method thereof</i>
CN114017879 A	<i>Air disinfection machine based on electromagnetic induction and electromagnetic disinfection method</i>
CN214914728U U	<i>Molecular sieve settlement monitoring device for pressure swing adsorber</i>
CN217414028U U	<i>Calibration device, ticket issuing device and ticket selling robot</i>
	<i>Magnetic switch device and reaction mechanism for detecting box for extracting nucleic acid based on paramagnetic particle method</i>
CN115141713 A	
CN102543545 A	<i>Magnetic force type knob controller</i>
WO2022141757 A1	<i>Wireless control device and signal transmission method therefor and manufacturing method therefor</i>
CN108584879 A	<i>Opening state monitoring device for gas control valve in PSA (pressure swing adsorption) oxygen maker</i>
US10718443 B2	<i>Water level controller for a hydroponic system</i>
CN213458194U U	<i>Detection door with multiple anti-theft functions</i>
CN214600690U U	<i>Garbage type induction and analysis device in garbage classification and recovery management system</i>
CN214985619U U	<i>External non-contact torque sensor and assembly system</i>
CN213864609U U	<i>Switch reset mechanism of side belt conveyor</i>
WO2022267262 A1	<i>Vertical pendulum frequency-increasing type wave energy collection apparatus and carrying device</i>
CN112211954B B	<i>Air purifier for smart home</i>
CN102756805B B	<i>Traction energy transmission type duct rotor wing fly lifter</i>
CN212601364U U	<i>Magnetic core flexible positioning mechanism</i>
CN207760633U U	<i>Portable needle ware of testing with adsorbed iron bits</i>
JP5124833 B2	<i>Warping correcting structure and door unit using thereof</i>
CN212757127U U	<i>Table tennis ball for teaching and training</i>
CN112432296 A	<i>Air purification device based on electrostatic adsorption</i>
CN111002152B B	<i>Automatic arc-edge wood board grinding device with grinding degree detection function</i>
CN112974350 A	<i>Electric curtain cleaning and dust removing device for intelligent projector</i>
CN104857655B B	<i>Climbing extinguishing and cleaning robot</i>
CN215827545U U	<i>Intelligent dustbin with code scanning recognition function</i>
CN112793662 A	<i>External non-contact torque sensor, assembling system and assembling method</i>
CN115319612 A	<i>Water pump impeller equipment of polishing</i>
WO9641337 A1	<i>Dual latch apparatus for restraining a direct access storage device actuator</i>
CN217217147U U	<i>Protective device of induction plasma source</i>
CN112616822 A	<i>Bionic predatory bird dispeller</i>
CN208525099U U	<i>Adopt metal spacer control motor turned angle's electric toothbrush</i>
CN108298062B B	<i>Self-adaption flap capable of being automatically restrained</i>
WO2019129038 A1	<i>Photoresist softbaking apparatus</i>
CN115194984 A	<i>Device and method for recycling waste metal by utilizing electromagnetic induction principle</i>
CN218309889U U	<i>Hardware waste recovery device</i>
CN212415602U U	<i>Scraping device, double-scraping assembly and cleaning device</i>
GB1485968 A	<i>Fault current protective device</i>
CN113305659B B	<i>Material sweeping device for medium-large bearing outer ring grinding machine</i>
CN207092771U U	<i>It is energy -conserving with door closer that improves durability and prevent fire door drive structure</i>
CN106782976 A	<i>Preparation method of neodymium-iron-boron magnet applicable to new energy automobile</i>
KR101343061 B1	<i>Cremation system</i>
GB1369817 A	<i>Earth leakage protective arrangement</i>
CN2563363U Y	<i>Induction rocking driving mechanism</i>
CN1195166C C	<i>Inducing and swinging transmission mechanism</i>
	<i>Aircraft carrier, vessel, submarine and offshore platform with high-efficiency, load-removing, shake-preventing and turnover-resisting correcting device</i>
CN202728542U U	
CN114435502 A	<i>Rust removal robot capable of turning over</i>
CN112658267 A	<i>Sintered neodymium-iron-boron hydrogen decrepitation device capable of improving efficiency</i>
CN112000231 A	<i>Computer keyboard utilizing pressure to supplement spring plasticity</i>
JP3418255 B2	<i>Ac current detecting indicator</i>
CN106652695 A	<i>Self-suspension device of magnetic levitation system and control method of self-suspension device</i>
CN107227907B B	<i>Door closer with energy-saving and durability-improving functions and fireproof door driving structure</i>
CN208297547U U	<i>Closed speed sensor for centrifuge</i>
CN206152287U U	<i>Roller skate</i>
CN112193662 A	<i>Intelligent metal collecting device in plastic recycling process</i>
CN111608495 A	<i>Mechanical positioning mechanism, lockset and electromagnetic locking system</i>
CN107268821 A	<i>Multistage mixing type energy consuming and shock absorbing device</i>
CN113976315 A	<i>Separation treatment device for additional products in furniture processing</i>
CN210833521U U	<i>Fiber grating inclinometer</i>
CN107597794B B	<i>Garbage sorting and recycling integrated device</i>
TW201813701 A	<i>[alpha]Element</i>
CN114645120 A	<i>Camshaft high-frequency quenching device capable of effectively absorbing and removing water vapor</i>
CN113600193 A	<i>Preparation method, device and application of aluminum- based Fe3O4-TiO2 composite photocatalytic plate</i>

CN113578936 A	<i>EPS special recovery machine and use method thereof</i>
CN113953888 A	<i>Cutting fluid filtering device for engineering equipment accessory cutting</i>
CN112389006 A	<i>Soybean oil squeezing treatment device with energy-saving function</i>
CN113542556 A	<i>Building monitoring system and device based on big data</i>
CN111969453 A	<i>Electric shock and outage rescue device for production workshop</i>
CN208489562U U	<i>Box transformer cabinet door supervisory equipment with temperature monitoring function</i>
CN106514608B B	<i>Wall-climbing robot carrying connecting rod type mechanical arm</i>
TH-17127B B	<i>Collar or double elongated device to control the swing. Direct access device</i>
WO200779692 A1	<i>A refrigerator with function of producing nitrogen and keeping freshness</i>
CN207067663U U	<i>Convenient selenium drum of applying powder</i>
CN217826799U U	<i>Novel electronic cigarette convenient to change cigarette bullet</i>
CN211656309U U	<i>5G base station cover plate dismounting and maintaining device</i>
JP2013146175 A	<i>Oscillation power generating device</i>
CN208516605U U	<i>Pay -off of opening up cloth machine at a high speed smooths detection device</i>
CN107486116B B	<i>Hydrogenation reactor</i>
CN207221186U U	<i>Multifunctional creeping exerciser</i>
CN113925381 A	<i>Scraping device, double-scraping assembly and cleaning device</i>
CN201703993U U	<i>Audible and visual alarm for crane elevating limiting</i>
CN112485144 A	<i>Leeb hardness tester for back-up roll production detection</i>
CN114113208 A	<i>Non-silicon release film detection device for epoxy resin coating and use method</i>
CN112237151 A	<i>Pet claw positioning and repairing device with massaging, relaxing and self-stretching functions</i>
CN206151849U U	<i>Intelligent medicine box</i>
CN101825666B B	<i>Method for measuring safety distance between suspension arm of crane and running super high voltage transmission line</i>
CN114275627 A	<i>Automatic wire cutting equipment for cable connecting wire</i>
CN108861773 A	<i>Feeding and flattening detection device for high-speed cloth flattening machine</i>
CN113338157 A	<i>Bridge detection device based on ultrasonic signals</i>
WO200393470 A1	<i>Gene relating to saccharide metabolism or lipid metabolism</i>
CN112903113B B	<i>Scanning type infrared thermometer and temperature measuring method thereof</i>
CN112494102B B	<i>Micro-robot applied to thrombectomy and control method of micro-robot</i>
CN108379615B B	<i>Medical apparatus cleaning and disinfecting device</i>
CN217591344U U	<i>Mounting mechanism for rack</i>
CN215669000U U	<i>Bridge detection device based on ultrasonic signals</i>
CN216722788U U	<i>Electric intelligent fishing pole</i>
CN209574347U U	<i>Portable instant-boiling and baking device</i>
CN114476574B B	<i>Circulating cooling anti-dissolution conveying device for quick-frozen food production and method of circulating cooling anti-dissolution conveying device</i>
CN110467057B B	<i>Yarn bearing platform reciprocating transfer device used for textile use</i>
CN109339629B B	<i>Intelligent antitheft door for vault, and operation method of intelligent antitheft door</i>
CN109339629B B	<i>A method for improving the air quality in the limited space and the equipment using thereof</i>
WO202048258 A1	<i>Mobile power supply charging module, rental device and mobile power supply</i>
DE2065518 A1	<i>Forced perforation of a thyristor with only one additional thyristor (quenching thyristor)</i>
CN111304889B B	<i>Clothes treating equipment</i>
DE2062193 C3	<i>Forced commutation of thyristor in DC circuit - employing shunt connected saturable transformer and auxiliary thyristors</i>
WO201371138 A1	<i>PASSIVATION, pH PROTECTIVE OR LUBRICITY COATING FOR PHARMACEUTICAL PACKAGE, COATING PROCESS AND APPARATUS</i>
CN115446800 A	<i>Electric power operation and maintenance robot applied to high-voltage extractable power switch cabinet</i>
CN112314448 A	<i>Peculiar-smell-free intelligent cobaya feeding device</i>
CN114946441 A	<i>Trimming device for highway green belt maintenance</i>
CN113947972 A	<i>Piano playing system based on intelligent control</i>
CN114311506 A	<i>Automatic injection molding insert forming system and high- precision forming method thereof</i>
CN114432918 A	<i>Emulsifying equipment for asphalt</i>
CN113332474 A	<i>Rapid sterilization equipment for surgical instruments</i>
CN113566633 A	<i>High-temperature heat exchanger based on high- temperature heat pump technology</i>
CN112934386 A	<i>Automobile waste cutting machine</i>
CN112005817 A	<i>Intelligent automatic strain culturing and harvesting device</i>
WO2020113281A1	<i>Adsorption and desorption apparatus</i>
