

# D区块天然气脱水工艺设计

唐 霏, 舒 洁, 张凌帆

中国石油西南油气田公司安全环保与技术监督研究院, 四川 成都

收稿日期: 2024年1月17日; 录用日期: 2024年3月15日; 发布日期: 2024年3月27日

## 摘 要

D区块是含硫气田, 本文旨在对D区块进行脱水设计, 以满足D区块气田地面集输工程设计要求。结合D区块的实际情况, 通过对D区块进行天然气脱水处理, 合理确定了各流程的主要参数, 模拟之后脱硫脱水指标均达到外输标准。

## 关键词

脱水分子筛, 干燥塔

# Design of Natural Gas Dehydration Process in Block D

Fei Tang, Jie Shu, Lingfan Zhang

Safety Environment & Technology Supervision Research Institute, Petrochina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu Sichuan

Received: Jan. 17<sup>th</sup>, 2024; accepted: Mar. 15<sup>th</sup>, 2024; published: Mar. 27<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Block D is a sulfur-containing gas field, and this article aims to carry out dehydration design for Block D to meet the design requirements of surface gathering and transportation engineering in Block D. Based on the actual situation of Block D, the main parameters of each process were reasonably determined through natural gas dehydration treatment in Block D. After simulation, the desulfurization and dehydration indicators all met the export standards.

## Keywords

Dehydration Molecularsieve, Drying Tower

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. D 区块组分分析

D 区块为中含二氧化碳, 中含硫的甲烷气。天然气主成分分析表如表 1 所示。地面原油主成分分析表如表 2 所示。

**Table 1.** Principal component analysis of natural gas

**表 1.** 天然气主成分分析表

	相对密度	甲烷(%)	乙烷(%)	CO <sub>2</sub> (%)	N <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> S (mg/m <sup>3</sup> )
范围	0.6103~0.9030	61.1~89.5	5.41~15.9	0.03~10.9	1.25~12.4	0~26800
平均	0.7601	72.15	8.5	3.77	6.82	7465

**Table 2.** Principal component analysis of surface crude oil

**表 2.** 地面原油主成分分析表

	地面原油密度 (g/cm <sup>3</sup> ) (20℃)	粘度(mPa·s) (50℃)	凝固点(℃)	含硫量(%)	胶质 + 沥青质 (20℃%)	含蜡(%)
范围	0.7931~0.8092	1.578~2.887	-30~-4	0.139~0.302	0.06~1.24	4.2~13
平均	0.8032	1.96	-17	0.19	0.39	8.78

## 2. 天然气脱水设计

### 2.1. 天然气水露点预测

通过对天然气水露点进行模拟, 模型建立如下图, 计算得到天然气在输送压力为 2 MPa 时, 水露点为 19.37℃, 远远高于管道最低输送温度, 因此天然气需要在输往用户前进行脱水处理。

### 2.2. 脱水方法比选

管输天然气, 必须达到 GB17820-2012《天然气》外输天然气的要求, 包括水露点等指标, 因此管输之前大多天然气需要进行脱水处理。此外, 在天然气加工过程中由于采用低温, 也要求脱除天然气中的水[1]。

脱水前含水天然气的露点与脱水后干气的露点称为露点降, 常用露点降表示天然气的脱水深度[2] [3]。脱水方法比[4] [5] [6] [7]选见表 3。

该区块附近只有一条原油输送管线, 若天然气在联合站净化处理后外输, 则需要新建一条天然气输送管线。管线建设投资巨大, 而该区块原油伴生气产量低, 因此输送经济效益低, 建设管线输送天然气不合算。

该区块处于油田公路网范围内, 交通便利, 且天然气产量低, 则联合站天然气处理方式可设计为: 天然气经过预处理后外输方式采用管输。

因溶剂吸收法、低温冷凝法脱水露点达不到天然气进入低温液化设备的要求, 故必须用固体吸附法进行脱水干燥, 将露点降低至-100℃以下(含水量小于 1 mg/L)。

本次脱水深度需要达到-18℃, 可以用三甘醇脱水, 但是考虑到后面还需要轻烃回收工艺, 故此需要深度脱水, 因此选用分子筛脱水。

**Table 3.** Comparison of dehydration methods**表 3.** 脱水方法比选

脱水方法	分离原理	溶剂/吸附剂	特点	适用情况
低温 冷凝法	高压天然气节流 膨胀降温原理	-	能同时控制水露点、烃露点	适用于高压天然气
溶剂 吸收法	天然气与水在脱水剂中溶解度的 差异	氯化钙水溶液	便宜, 露点降较低(10℃~25℃)	适用于边远、寒冷气井
		氯化钼水溶液	对水有很高的容量, 露点降为 22℃~36℃	成本较高, 一般不推荐
		甘醇-胺水溶液	同时脱出水、H <sub>2</sub> S、CO <sub>2</sub> , 携带损失大、 再生温度要求高、露点降低于 TEG	仅限于酸性天然气脱水
		二甘醇(DEG)	对水有较高的容量、溶液再生容易、 再生度不超过 95%	新装置多, 一般不采用
固体吸 附剂法	利用多孔介质表 面对不同组分的 吸附作用	三甘醇(TEG)	对水有较高的湿容量、再生容易、浓 度可达 98.7%, 蒸气压低、携带损失 小, 露点降高(28℃~58℃)	应用较广泛
		活性铝土矿	成本低、湿容量低、露点降低	
		活性氧化铝	湿容量较活性铝土矿高、干气露点可 达-73℃, 但能耗高	不宜处理含硫天然气
		硅胶	湿容量高, 易破碎	一般不单独使用
化学 反应法	利用与 H <sub>2</sub> O 的 化学反应	分子筛	高湿容量、高选择性、露点降大于 120℃	应用于深度脱水
		-	可使气体完全脱水, 但再生困难	用于水分测定

### 2.3. 分子筛脱水流程

湿天然气自上而下通过干燥塔的顶部流入底部, 水分子在干燥塔的顶层被吸收, 干气穿过床层经过干燥塔底部到达干气出口。当干燥塔吸附剂的上层被水饱和后, 湿气中的水就与低床层原来吸附的烃类进行置换。由于气流自上而下流动, 传质区不断向下移动, 同时水汽将先前吸附的气体置换掉, 直至床层最终全部饱和为止。在干燥塔完全饱和之前, 将塔加以切换使其从吸附周期转换到再生周期[8] [9]。

### 2.4. 工艺参数计算

#### 2.4.1. 吸附周期

吸附周期的确定与天然气的处理量和吸附器的数量有关。短周期 8 小时, 两个塔, 优点是填装分子筛量少, 投资少, 塔减少; 24 小时周期, 两个塔, 填装分子筛量大, 再生次数少, 对分子筛寿命有利, 减少了切换操作次数[10]。

设计采用: 8 小时周期。

#### 2.4.2. 干燥塔直径

##### 1) 空塔流速

根据《油田油气集输设计技术手册上册》式(3-2-7)以及(3-2-8)

$$G = \sqrt{C\rho_b\rho_g\rho_p} \quad (1)$$

$$v = \frac{G}{\rho_g} \quad (2)$$

式中:  $G$ ——允许的气体质量流量,  $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ;

$C$ ——系数,  $C = 0.25\sim 0.32$ ;

$\rho_b$ ——分子筛的堆密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$\rho_g$ ——气体在操作条件下的密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$D_p$ ——分子筛的平均直径(球形)或当量直径(条形),  $\text{m}$ ;

$v$ ——气体的空塔流速,  $\text{m}/\text{s}$ 。

## 2) 干燥塔直径

根据《油田油气集输设计技术手册上册》式(3-2-9)

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0.785v}} \quad (3)$$

式中:  $D$ ——干燥塔直径,  $\text{m}$ ;

$Q$ ——天然气的处理量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

### 2.4.3. 分子筛的用量

根据《油田油气集输设计技术手册上册》式(3-2-10)

$$m = 1.3 \frac{w_H t}{X_s \rho_b} \quad (4)$$

式中:  $m$ ——吸附剂用量,  $\text{m}^3$ ;

$w_H$ ——每小时脱出的水量,  $\text{kg}/\text{h}$ ;

$t$ ——吸附周期,  $\text{h}$ ;

$X_s$ ——吸附剂动态饱和吸附量,  $\text{kg}/\text{kg}$  (水/吸附剂);

$\rho_b$ ——分子筛的堆密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

### 2.4.4. 吸附传质区长度

根据《油田油气集输设计技术手册上册》式(3-2-11)

$$h_z = 0.435 \left( \frac{v}{35} \right)^{0.3} Z \quad (5)$$

式中:  $h_z$ ——吸附传质区长度,  $\text{m}$ ;

$Z$ ——气体压缩因子。

### 2.4.5. 再生气用量

根据《油田油气集输设计技术手册上册》式(3-2-12)

$$G = \frac{1.1Q}{C_p \Delta t} \quad (6)$$

式中:  $G$ ——再生气用量,  $\text{kg}$ ;

$Q$ ——再生加热所需要的热量,  $\text{kJ}$ ;

$C_p$ ——再生气的定压比热容,  $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ;

$\Delta t$ ——再生气平均温降,  $^\circ\text{C}$ ;

吸附系统设计: 吸附压力  $0.6\text{ MPa}$ , 温度  $21^\circ\text{C}$ 。

再生系统设计: 用贫干气加热, 再生加热气进干燥塔温度  $260^\circ\text{C}$ , 再生气出干燥塔温度  $200^\circ\text{C}$ , 床层平均再生温度为  $\frac{1}{2}(200+260)=230^\circ\text{C}$ 。

操作周期  $T=8\text{ h}$ 。

经计算可得干燥塔的尺寸以及分子筛、再生气用量, 如表 4 示。

**Table 4.** Process parameters for molecular sieve dehydration

**表 4.** 分子筛脱水的工艺参数

干燥塔直径(m)	干燥塔高径比	干燥塔壁厚(mm)	吸附传质区长度(mm)	分子筛用量( $\text{m}^3/\text{d}$ )	再生气用量( $\text{kg}/\text{h}$ )
1.881	2.102	4.1	42.3	14.275	4109.164

### 3. 结论

本文形成结论主要包括以下几方面:

(1) 对天然气脱水方法进行优选, 通过对低温冷凝法、三甘醇脱水、活性氧化铝、分子筛等方法的分原理、吸附剂、特点以及适用情况进行对比, 结合 D 区块实际情况, 最终确定分子筛进行脱水;

(2) 通过对分子筛脱水的工艺参数进行详细的计算, 确定了干燥塔直径、干燥塔高径比、干燥塔壁厚以及吸附传质区长度等参数。

### 参考文献

- [1] 祁亚玲. 天然气水合物和天然气脱水新工艺探讨[J]. 天然气与石油, 2006, 24(6): 19-25.
- [2] 赵建彬, 艾国生, 陈青海, 等. 英买力凝析气田分子筛脱水工艺的优化[J]. 天然气工业, 2008, 13(3): 10-13.
- [3] 李明, 魏志强, 张磊, 等. 分子筛脱水装置节能探讨[J]. 石油与天然气化工, 2012, 41(2): 22-29.
- [4] 罗小军, 刘晓天, 万书华. 分子筛吸附法在高酸性天然气脱水中的应用[J]. 石油与天然气化工, 2007, 36(2): 35-39.
- [5] 谢滔, 宋保建, 闫蕾, 等. 国内外天然气脱水工艺技术现状调研[J]. 科技创新与应用, 2012(10): 22.
- [6] 丁玲, 蒋洪. 煤层气三甘醇脱水优化设计[J]. 石油与天然气化工, 2015, 35(4): 384-388.
- [7] 宁永乔, 柳立, 潘用平. 高酸性气田分子筛脱水工艺研究[J]. 钻采工艺, 2007, 30(2): 103-104.
- [8] 孙花珍. NGL 回收装置分子筛脱水工艺原理探讨与流程优化[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(8): 91-95.
- [9] Geoff, H. (2012) Molecular Sieve Dehydration: High-Temperature Value Application for Rotary Process Values. *Valve World*, 17, 105-105.
- [10] 《油田油气集输设计技术手册》编写组. 油田油气集输设计技术手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.