

凝析气田节气技术实践

单 华 刘轩宇 王倩倩 李云鹏 李美鑫

中国石油塔里木油田公司天然气事业部, 新疆 库尔勒 841000

摘 要:凝析气田运行投产后如何减少天然气消耗,各企业都有好的方法,总结推广这些方法,对于减少温室气体排放、节约能源、降低成本都有十分重要的意义。迪那凝析气田投产以来,在减少天然气消耗方面积累了一些经验,比如井口少放喷、不放喷技术,闪蒸气回收利用技术,密闭灌泵技术,减少火炬放空技术等;同时在实际生产中调整优化了工艺参数,取得了良好的效果。通过总结这些实践经验,以期对其他凝析气田生产运行过程中节能减排提供借鉴。

关键词:凝析气田;节能减排;参数;损耗;消耗

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2018.02.002

Practice of Reduction of Natural Gas Consumption in Condensate Gasfield

Shan Hua, Liu Xuanyu, Wang Qianqian, Li Yunpeng, Li Meixing

PetroChina Tarim Oilfield Company. Natural Gas Business Department, Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract: Enterprises have a good way as how to reduce natural gas consumption after production, which is of great significance for reduction of greenhouse gas emissions, energy conservation and costs reduction. Dina gasfield has also accumulated some experiences since its startup in the reduction of natural gas consumption, such as no or non-blowout at wellhead, flash gas recycling technology, closed infusion pump technology, flare venting reduction technology, etc. In the actual production, process parameters are also optimized to achieve good effect. And these practical experiences are also summarized so as to provide reference for the operation of other gasfields.

Keywords: Condensate gasfield; Energy saving; Parameter; Loss; Consumption

0 前言

天然气作为清洁能源,近年来发展很快,在能源消耗的占有比例也越来越高^[1-2]。在凝析气田生产过程中,必然会自耗部分天然气,只不过各凝析气田之间消耗的程度不同。迪那凝析气田投产以来,就把自用气的消耗量作为精细管理的目标之一进行控制,在参数控制、井口不放喷投产、闪蒸气回收利用、密闭灌泵、火炬

损耗气消耗等方面进行了技术分析并应用于实际,年节约天然气损耗气 $305 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

1 凝析气田处理工艺及主要损耗气

1.1 凝析气田处理工艺

来自气井井底的原料气进入油气处理厂后,一般要脱水以满足水露点的要求,同时回收部分重烃组分,满足烃露点的要求,以防在长输管线中析出液态水和重

收稿日期:2017-12-17

基金项目:中国石油塔里木油田迪那2气田改造项目资助(S 2009-279 E)

作者简介:单 华(1969-),男,浙江临海人,高级工程师,硕士,主要从事油气集输及天然气处理工艺管理和技术工作。

烃,影响管输效率,同时,重烃成分经过分馏稳定或轻烃回收装置处理后单独外卖,获得较高的经济效益。脱水一般采用分子筛脱水或三甘醇脱水工艺。如果井口有较高的压力可以利用,也可采用低温工艺将水和重烃同时脱除。迪那凝析气田由于井口有较高的压力利用,采用 J-T 阀节流膨胀制冷进行脱水脱烃^[3]。

1.2 主要损耗气

在对天然气进行脱水脱烃的过程中,需要消耗部分天然气。这些消耗包括^[4-11]:单井放喷损耗,供热系统消耗,火炬速度封、长明灯损耗,检修放空损耗,闪蒸气放空损耗,装置泄漏损耗。

2 凝析气田节气措施

2.1 缩短单井放喷时间

气井投产之前须进行放喷,再进入生产流程。放喷的目的:携带井底杂质(如钻井液、泥沙等)防止对油嘴、管线冲蚀;提升温度防止油嘴节流降温导致管线冻堵。迪那凝析气田投产时,先放喷将油温升到 40℃ 以上再进入生产流程。要将油温提高至 40℃ 需要放喷 1 h,这段时间产生的天然气只能烧掉,浪费资源又污染环境。2011 年,作业区和设计单位采用 HYSYS 软件进行模拟并与现场实际相结合,得出单井油温升至 25℃ 左右,即具备单井投产要求^[12]。

油温提高至 25℃ 最多需要 15 min,与原设计相比,每口井减少放喷时间 45 min^[13]。通过使用超声波流量计进行计量,单井平均放喷量为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$,故每口井放喷时间缩短后,每次开井可减少放喷量 $3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。每年检修需放喷 24 口井次,年减少放喷天然气量: $24 \times 3 \times 10^4 \text{ m}^3 = 72 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。凝析气田核实气油比为 12 221,年减少放喷凝析油量约 60 t。

由于水合物形成有一定的时间,且即使有水合物形成,如果时间不长,不足以导致堵塞,也会被高速气流带走,因此,对于短期关井,将干线的高压天然气反输至井口,减少油嘴节流压差,可大大提高节流温度。经计算,当井口油温为 40℃,压力 20 MPa 的情况下,油嘴后压力为 12.6 MPa 和空管时节流温度分别为 22.88、0.71、-39.61℃。因此当反输气压力达到 12 MPa 时,可以实现不放喷开井,减少资源浪费。

2.2 优化工艺参数

供热系统给油气处理厂提供热源,也是耗气大户。凝析油稳定、轻烃回收以及乙二醇再生系统四塔工艺都需要热源供应,对这些系统的运行参数进行优化可以大大降低热源要求,而油气处理厂的热源是通过导热油炉燃料天然气得到,因此,优化装置运行参数即可减少天然气消耗。迪那凝析气田在实际运行过程中,以设计单

位提出的参数为基础,不断优化和调整工艺参数,优化前后参数见表 1^[14]。

表 1 四塔优化前后参数

名称	塔底温度 /℃		塔顶压力 /MPa		能耗 /kW	
	设计	运行	设计	运行	设计	运行
脱乙烷塔	118	107	2.1	1.92	4 727	3 046
脱丁烷塔	215	195	1.45	1.28	3 076	2 590
凝析油稳定塔	135	85	0.5	0.18	1 658	1 037
乙二醇再生塔	140	125	107	98	1 378	930
总负荷	-	-	-	-	10 839	7 603

对于塔的运行,塔底温度和塔顶压力是关键控制参数,适当降低塔顶压力,便可降低塔底温度。降低塔底温度意味着需要的热负荷减少。从表 1 可以看出,当降低四塔的温度后,与设计能耗相比,实际运行能耗均有所下降。经核算,导热油负荷降低 20 %,燃料气消耗由 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 降低至 $2.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。全年节约燃料气 $198 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

2.3 回收闪蒸气

油气处理厂在对进厂原料气进行处理过程中,容器闪蒸出来的天然气,要么作为燃料气使用,要么放空,或者进压缩机压缩后回收利用^[15]。当作为燃料气使用时,由于其水露点高,往往会导致节流过程中冻堵,影响工艺运行,而放空又会造成能源损失。如果油气处理厂有压缩机,则将油气处理过程中的闪蒸气通过压缩机进行压缩后回收利用,不失为一个好的处理办法。

2.3.1 回收乙二醇富液三相分离器闪蒸气

乙二醇富液三相分离器闪蒸出来的不凝气原设计进入放空系统燃烧,既浪费能源,又污染环境。经过研究,乙二醇富液三相分离器闪蒸出来的不凝气压力为 0.25 MPa,根据压力等级可以进入增压站稳压机一级入口进行回收。现场新增 1 条 DN 50 碳钢管线,接入稳压机一级入口,实现放空气回收。

改造后,稳压机的补压阀开度由原先的 50 % 减少到 40 %。现场采用外加超声波流量计进行计量,每天可回收天然气 200 m^3 ,年节约天然气 $6.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

2.3.2 回收事故油罐闪蒸气

同样,凝析油事故油罐是经过燃料气补压将罐内液体压至系统回炼,每次补压消耗燃料气约 400 m^3 ,压液完成后全部放空,既浪费资源又不利于环保,经分析研究后,新增 1 条去稳定气分液罐进入稳压机管线回收事故油罐闪蒸气,节约能源并降低排放。每月压液 2 次,每月可回收燃料气 800 m^3 ,年节约天然气 $9 600 \text{ m}^3$ 。

2.4 实施密闭灌泵减少放空

迪那凝析气田油气处理厂日产液化气 130 t 左右,利用球罐储存,然后启泵外输至牙哈装车站。对于离心泵而言,启运前必须灌泵,灌泵后的大量液化气放空至火炬燃烧。不仅损失了液化气,还污染了环境。经过分析,轻烃回收装置区来的液化气压力为 1.15 MPa,可将此高压高温液化气引入液化气外输泵的出口,从出口经过泵反向流入入口,再回流至储罐内,达到密闭灌泵的目的^[16],见图 1。同样轻烃回收装置的液化气回流泵也按此设计进行密闭灌泵改造,见图 2。

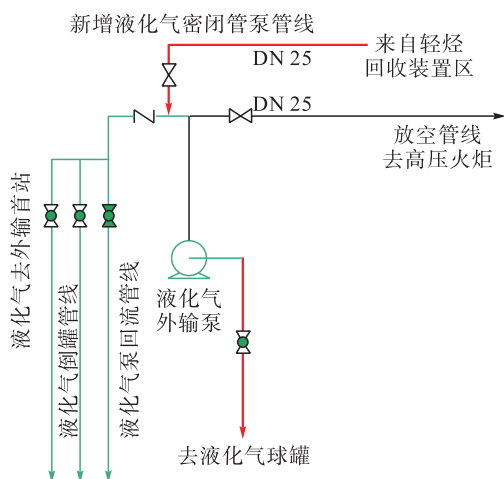


图 1 液化气外输泵反向灌泵管线

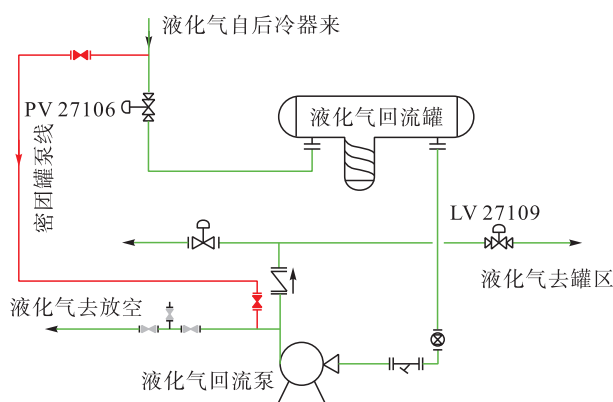


图 2 液化气回流泵反向灌泵管线

使用超声波流量计进行计量,灌泵时间 10 min,放空液化气约 0.45 t。

1) 液化气外输泵需要 3 d 启动 1 次,每年启泵 120 次,改造后可节约液化气 54 t。

2) 轻烃装置每年装置切换 4 次,液化气回流泵启动 4 次,改造后每年可节约液化气 1.8 t。

3) 根据装置运行要求,需要对液化气外输泵、液化气回流泵每月切换 1 次,备用泵放空,4 台泵共放空 24 次,灌泵 24 次,每次灌泵节约液化气 0.45 t,每次放空节约液化气 0.22 t,改造后共节约液化气 16.08 t。

综合以上三项,计算年节约液化气 71.88 t (合天然气 $3.2 \times 10^4 \text{ m}^3$)。

2.5 减少火炬放空损耗

为保证装置放空时的安全,火炬一般设计有长明灯,用于确保紧急放空时及时燃烧。同时,为防止回火,还须设计有防回火装置,分子封和速度封是常用两种防回火装置。迪那凝析气田油气处理厂有高、低火炬各 1 台,燃料气消耗为 $64 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

高、低压火炬共设置 5 个长明灯,由于迪那凝析气田油气处理厂处于山前地带,风频繁猛烈,因此每支长明灯流量比较大,燃料气量约控制在 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 。查阅标准规范^[17],单支长明灯的燃料气消耗不宜大于 $4 \text{ m}^3/\text{h}$,根据此要求对长明灯的气量进行了调整,实际降为 $6 \text{ m}^3/\text{h}$,调整后观察火炬长明灯的燃烧情况,除个别大风天气吹熄 1~2 支外,绝大部分时间长明灯都能正常燃烧,因此维持每支长明灯 $6 \text{ m}^3/\text{h}$ 不变。与原设计相比,共节约燃料气 $20 \text{ m}^3/\text{h}$,全年节约燃料气 $16 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

迪那凝析气田油气处理厂高、低压火炬都采用速度封防止回火。当火炬处于待命或小流量运行状态时,在速度密封器入口前端连续通入吹扫气体(氮气或天然气),通过减小局部流通面积及改变空气渗入流向,防止空气由火炬头出口渗入,从而阻止回火或爆炸。速度封的原理,见图 3。

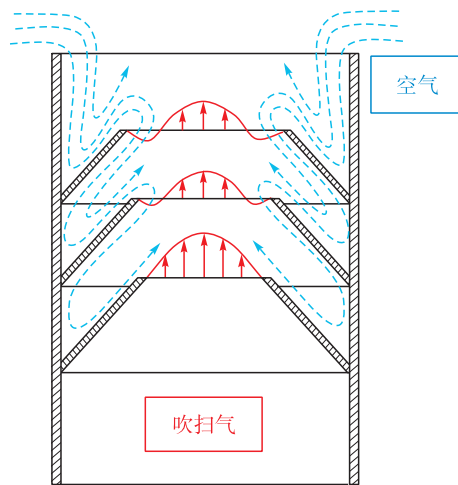


图 3 速度封的原理

按标准规范,为防止回火,速度封要保证火炬出口的最小流速 $V \geq 0.012 \text{ m/s}$ 。

迪那凝析气田油气处理厂高压火炬为孔达音速火炬,进气口管径为 762 mm (30 英寸),高压火炬速度封流量为:

$$Q_1 = V \cdot S_1 = V \cdot \pi r_1^2 \geq 0.012 \times 3.14 \times 0.381^2 = 0.005470 \text{ m}^3/\text{s} = 19.69 \text{ m}^3/\text{h} \quad (1)$$

低压火炬火炬头直径为 DN 200, 低压火炬速度封流量为:

$$Q_2 = V \cdot S_2 = V \cdot \pi r_2^2 \geq 0.012 \times 3.14 \times 0.1^2 \\ = 0.0003768 \text{ m}^3/\text{s} = 1.36 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2)$$

则1套高压火炬+1套低压火炬速度封总流量为:

$$Q_{\text{总}} \geq 19.69 + 1.36 = 21.05 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3)$$

对于速度封密封气, 可以采用燃料气, 也可以采用氮气。迪那凝析气田油气处理厂高压火炬采用燃料气作为速度封密封气, 而低压火炬采气氮气。实际测试速度封密封气的流量为 $33 \text{ m}^3/\text{h}$, 与计算值相比偏大。调整流量至 $27 \text{ m}^3/\text{h}$, 节约燃料气 $6 \text{ m}^3/\text{h}$, 年节约燃料气 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

由于迪那凝析气田油气处理厂高压火炬采用孔板火炬头, 根据设计文件和技术说明书, 每个长明灯燃料气的流量控制在 $1.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 即可, 因此还有调整空间。另外, 如果采用氮气作为速度封密封气, 节约燃料气更多, 考虑到消耗空压机和变压吸附制氮装置电能, 经计算, 约增加耗电量 $3.75 \times 10^4 (\text{kW} \cdot \text{h})/\text{a}$, 与节约的燃料气成本相比, 花费更少。

2.6 减少装置泄漏损耗

油气处理厂的泄漏是不可避免, 这不仅仅是因为阀门的本身结构不保证零泄漏, 还存在生产中阀芯出现磨损、损坏, 会导致更大的泄漏^[18-19]。特别是调节放空阀, 图4~5是两种不同的放空设计流程。图4的放空设计是调节阀前后设手动关闭旋塞阀, 旋塞阀常开, 旋塞阀和放空阀本身有一定的泄漏量, 且在管线吹扫时如果调节阀阀芯被冲蚀, 致阀不能密封, 投产时放空量就比较大, 浪费能源。同样, 也有其他气田投产时个别阀门泄漏严重, 火炬燃烧量较大。图5的迪那凝析气田油气处理厂的放空设计是在调节阀前设置了连锁切断球阀。当压力达到 7.4 MPa 时, 球阀打开, 压力到 7.5 MPa 时, 调节阀打开, 调节放空。正常情况下, 球阀关闭, 确保关闭严密, 泄漏量基本为零。

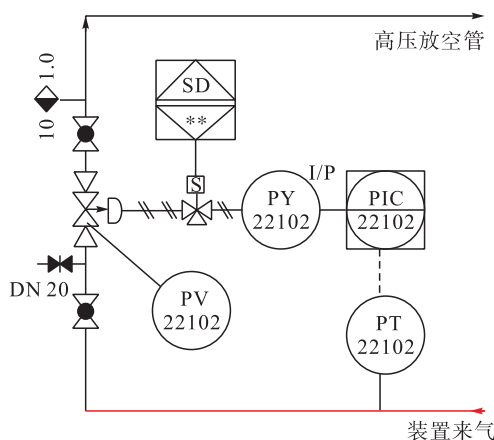


图4 仅有调节放空阀

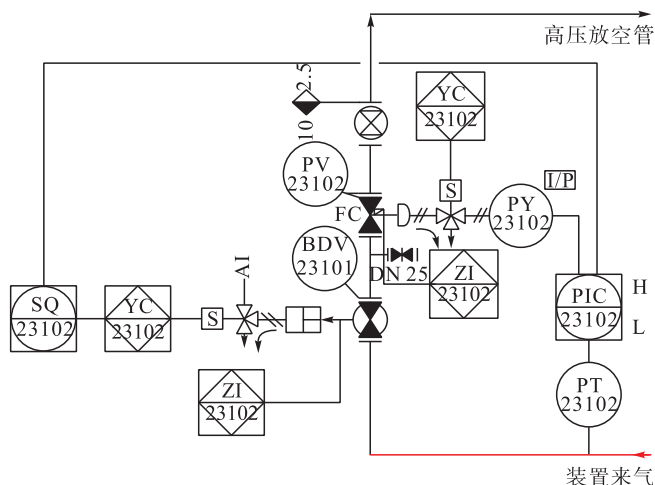


图5 放空阀前有切断阀

3 结论

迪那凝析气田油气处理厂采用多种措施, 减少了天然气损耗, 全年节约燃料气 $305 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。其他凝析气田可根据实际运行工艺结合迪那凝析气田油气处理厂节气措施采取不同形式的节气方案。

参考文献:

- [1] 《中国石油塔里木油田清洁生产技术与实践》编委会. 中国石油塔里木油田清洁生产技术与实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2010: 110-112.
Editorial Board of Technology and Practice of Clean Production in Tarim Oilfield of China. Technology and Practice of Clean Production in Tarim Oilfield of China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010: 110-112.
- [2] 邓皓, 王蓉沙, 孟庆海, 等. 石油勘探开发清洁生产[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 29-31.
Deng Hao, Wang Rongsha, Meng Qinghai, et al. Clean Production in Oil Exploration & Development [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 29-31.
- [3] 王遇冬, 陈慧芳, 徐文渊, 等. 天然气处理原理与工艺[M]. 北京: 中国石化出版社, 2011: 142-145.
Wang Yudong, Chen Huifang, Xu Wenyan, et al. Natural Gas Processing Principles and Technology [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2011: 142-145.
- [4] 龚茂娣, 李军强, 李杨杨, 等. 天然气损耗控制技术[J]. 天然气与石油, 2014, 32(4): 31-32.
Gong Maodi, Li Junqiang, Li Yangyang, et al. Technology for Natural Gas Loss Control [J]. Natural Gas and Oil, 2014, 32(4): 31-32.
- [5] 张晓刚, 范冬立, 刘新岭, 等. 特大型高含硫天然气净化厂安全放空与火炬系统设计解析[J]. 天然气工业, 2012, 32

- (1):90-93.
- Zhang Xiaogang, Fan Dongli, Liu Xinling, et al. Safe and Efficient Vent and Flare Technology for the Purification Plant Dealing with over Ten Billions m^3 High- H_2S Natural Gas Annually in the Puguang Gas Field, Sichuan Basin [J]. Natural Gas Industry, 2012, 32 (1): 90-93.
- [6] 谢丽君,董继龙,陈大伟.回收零散天然气节约宝贵资源[J].商,2014,(14):194.
- Xie Lijun, Dong Jilong, Chen Dawei. Recycling Spare Natural Gas and Save Precious Resources [J]. Business, 2014, (14): 194.
- [7] 孙伟国,杜娟,王建波.降低郝现联天然气损耗量[J].科技致富向导,2012,(11):356.
- Sun Weiguo, Du Juan, Wang Jianbo. Reduce the Natural Gas Loss of Haoxianlian [J]. Science and Technology Wizard, 2012, (11): 356.
- [8] 党晓峰,卢坤,张剑波,等.第六届宁夏青年科学家论坛论文集[C].宁夏:《石油化工应用》杂志社,2010.
- Dang Xiaofeng, Lu Kun, Zhang Jianbo, et al. Proceedings of the 6th Ningxia Young Scientist BBS [C]. Ningxia: Petrochemical Application Press, 2010.
- [9] 李娟娟.边际海上油田零散天然气回收技术研究[J].天然气与石油,2012,30(1):23-25.
- Li Juanjuan. Research on Natural Gas Recovery Technology Used in Offshore Oil Fields [J]. Natural Gas and Oil, 2012, 30 (1): 23-25.
- [10] 李循迹,王立辉,侯秉仁,等.塔中地区零散试采井放空天然气回收技术应用[J].天然气与石油,2012,30(5):23-26.
- Li Xunji, Wang Lihui, Hou Bingren, et al. Application of Recovery Technology of Vented Gas from Scattered Pilot Production Wells in Tazhong Oil and Gas Field [J]. Natural Gas and Oil, 2012, 30 (5): 23-26.
- [11] 武茂芹,石志敏,喻历历,等.大港油田偏远井零散天然气的回收[J].石油石化节能,2013,(10):50-51.
- Wu Maoqin, Shi Zhimin, Yu Lili, et al. Research on Scattered Natural Gas Recovery Technology for Dagang Oilfield [J]. Energy Conservation in Petroleum & Petrochemical Industry, 2013, (10): 50-51.
- [12] 李士富.油气处理工艺及计算[M].北京:中国石化出版社,2010:50-62.
- Li Shifu. Oil and Gas Processing and Calculating [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2010: 50-62.
- [13] 中国石油天然气集团公司.油气集输设计规范:GB 50350-2005[S].北京:中国计划出版社,2005:25-27.
- China National Petroleum Corporation. Code for Design of Oil-Gas Gathering and Treatment Systems: GB 50350-2005 [S]. Beijing: China Planning Press, 2005: 25-27.
- [14] 李允,诸林,穆曙光,等.天然气地面工程[M].北京:石油工业出版社,2005:202-206.
- Li Yun, Zhu Lin, Mu Shuguang, et al. Natural Gas Ground Engineering [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2005: 202-206.
- [15] 国家发展和改革委员会.天然气脱水设计规范:SY/T 0076-2008[S].北京:石油工业出版社,2008:11-12.
- National Development and Reform Commission. Code for Design of Natural Gas Dehydration: SY/T 0076-2008 [S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 11-12.
- [16] 《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,1994:140-143.
- Writing Group of Technical Manual for Oil and Gas Gathering and Transportation Design. Technical Manual for Oil and Gas Gathering and Transportation Design [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 140-143.
- [17] 国家工业和信息化部.石油化工可燃性气体排放系统设计规范:SH 3009-2013[S].北京:石油工业出版社,2013:15-16.
- Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Design Specifications for Combustible Gas Discharge System in Petrochemical Engineering: SH 3009-2013 [S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2013: 15-16.
- [18] 梁平,王天祥.天然气集输技术[M].北京:石油工业出版社,2008:89-95.
- Liang Ping, Wang Tianxiang. Natural Gas Gathering and Transportation Technology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 89-95.
- [19] 栗镇宇.工艺安全管理与事故预防[M].北京:中国石化出版社,2007:70-71.
- Su Zhenyu. Process Safety Management and Accident Prevention [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2007: 70-71.