

大涝坝站分子筛脱水单元异常问题分析及处理对策

罗辉

(中国石油化工股份有限公司西北油田分公司雅克拉采气厂,新疆库车 842017)

摘要:分子筛脱水单元的高效运行对天然气处理至关重要,分子筛过快失效将严重制约气体处理装置的安全、平稳、高效运行。探讨了大涝坝集气处理站分子筛脱水单元存在的问题,对问题原因进行了分析,并且开展了一系列实践验证工作,发现了原料气含蜡对分子筛失效的重大影响,并有针对性地提出了提高分子筛脱水单元高效运行的措施。

关键词:脱水单元;分子筛;大涝坝凝析气田;雅克拉采气厂

中图分类号:TP334.2

文献标识码:A

Abnormal analysis and countermeasures of molecular sieve dehydrating unit in Dalaoba Gas Collection Station

Luo Hui

(Yakela Gas Extraction Factory, SINOPEC Northwest Oilfield Company, Kuqa, Xinjiang 842017, China)

Abstract: The effective running of molecular sieve dehydrating unit is very important for natural gas processing. If molecular sieve dehydrating unit becomes invalid too quickly, it will restrict the safe, stable and effective operation of gas processing plant. The reasons for problems in molecular sieve dehydrating unit in the Dalaoba Gas Collection Station are discussed, and a series of practices are carried out. It has been found out that wax brought out by natural gas is harmful for molecular sieve's efficiency. Some measures to improve the efficiency of molecular sieve dehydrating unit are proposed.

Key words: dehydrating unit; molecular sieve; Dalaoba Condensate Gas Field; Yakela Gas Extraction Factory

1 分子筛脱水单元基本情况

大涝坝集气处理站2005年建成投产,设计处理量 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,一级布站,处理大涝坝凝析气田凝析气,采取分子筛干燥,膨胀机制冷工艺,回收液化气、轻烃。分子筛脱水单元的工艺目的是将天然气中的水分脱除,使原料天然气的水露点降至 $-100 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下,以保证天然气在后续的深冷单元操作中不冻堵,不产生水化物。

分子筛脱水单元目前采用三塔流程,该单元的操作分为分子筛吸附、分子筛再生两大部分。其中分子筛再生部分分为泄压、再生、冷吹、充压4个步骤,3个原料气干燥器切换操作,始终保持一个塔处于吸附状态(冷吹、充压完成之后),一个塔处于再生状态(吸附、泄压完成之后),一个塔处于冷吹状态(再生完成之后),循环控制,以满足生产工艺需求。分子筛脱水单元工艺流程如图1所示。

再生气和冷吹气采用同一股气,取自膨胀压缩

机增压端干气外输管线,压力为 2.2 MPa ,经过冷吹气流程对已经再生好的分子筛床层进行冷却;从该塔冷吹气流程出来之后进入再生气加热器加热,再进入另一个塔分子筛床层进行再生,再生完后的再生气经过再生气分水器脱水后进入干气管网。

2 目前存在的问题

大涝坝分子筛采用的4A球型分子筛在实际运行中效果不佳,更换的新分子筛在使用不久后吸附效果明显下降。由于分子筛吸附效果下降,达不到设计处理量下的水露点要求,带来以下问题:

(1)存在较大安全隐患。由于脱水不彻底,低温系统中膨胀机喷嘴、脱乙烷塔塔顶过滤器、冷箱、低温分离器液位调节阀等处都曾出现过水合物冻堵,尤其膨胀机喷嘴和低温分离器液位调节阀处较为频繁,带来很大安全隐患。

(2)影响装置处理量。为保证装置安全平稳,气体装置处理量被迫降低,液化气减产 20% ,轻烃

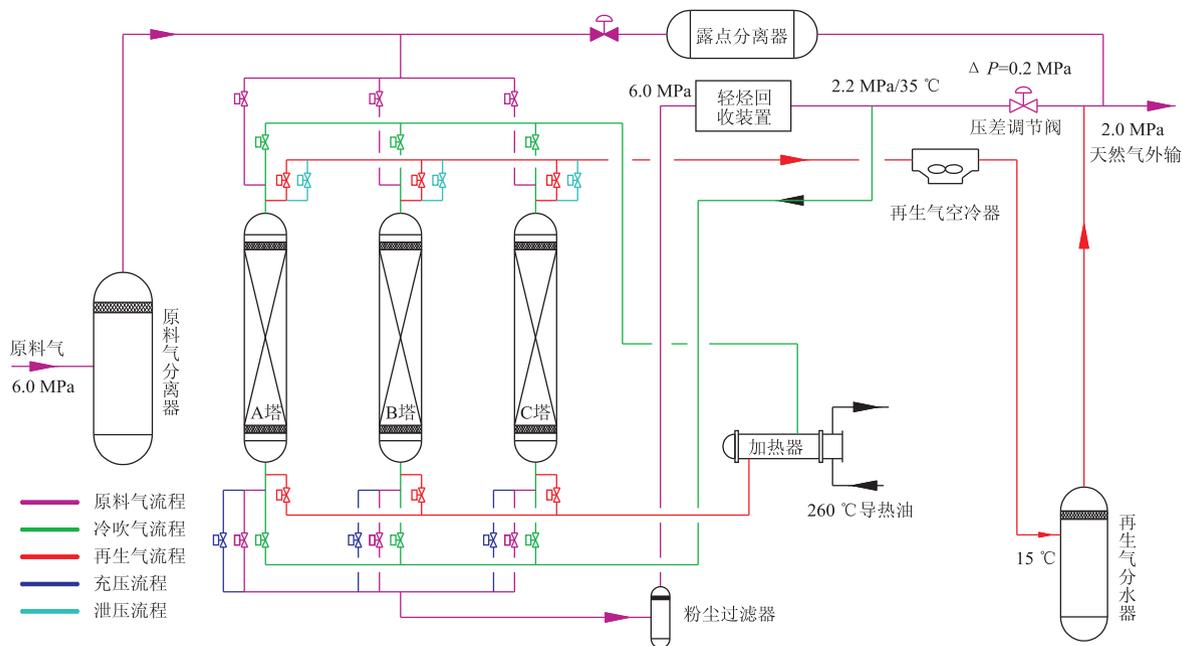


图 1 分子筛脱水单元工艺流程

Fig. 1 Process of molecular sieve dehydrating unit

减产 30%。同时被迫缩短分子筛吸附周期,切换周期由最初设计的 8 h,缩短为 6 h,最终缩短至 4 h,大大增加了操作强度和分子筛的激荡频次。分子筛后粉尘过滤器堵塞现象严重,需频繁开罐清洗滤芯。经过流程改造,注入轻烃浸泡滤芯,才避免了频繁的开罐操作。分子筛脱水单元成为制约装置处理能力的最大因素,直接造成了装置处理能力和轻烃、液化气产量的降低。

3 问题原因分析

大涝坝集气处理站分子筛脱水单元运行效果不佳有多方面原因,通过分析,主要体现在以下几个方面。

3.1 分子筛表面积下降

分子筛失效的本质为比表面积下降,导致吸附性能下降。而分子筛结块和粉化是造成比表面积下降的重要因素,找到分子筛结块、粉化的原因是解决问题的关键。

从分子筛系统中取不同的分子筛样品,即:新鲜分子筛、结块分子筛、废弃分子筛、粉化分子筛进行性能测试(表 1),初步判断为原料气中带入的蜡或油类物质沉积在分子筛的表面^[1]。

用 DZX-6050B 真空干燥箱对分子筛样品进行干燥,干燥前分子筛已经在空气中吸附饱和,干燥温度不超过 300 °C。实验结果表明:新鲜分子筛干燥失重能够达到 20.6%,吸附效果最好;废弃分子筛和粉化分子筛干燥失重比例分别为 10.31%

表 1 分子筛样品的颜色与形状

Table 1 Color and shape of molecular sieve samples

样品	颜色	形状
新鲜分子筛	略微淡黄色	球形颗粒
结块分子筛	黑色,表面有灰白色颗粒	不规则块状
废弃分子筛	黑色、灰白色颗粒	球形颗粒、颗粒有破碎
粉化分子筛	灰白色	粉末或粉末块

和 3.85%;而结块分子筛效果最差,干燥失重比例仅为 1.65%,湿容量大大减少。另外,结块和粉化的分子筛很难干燥,当加热至 250~300 °C 时,不断有油状物从样品中跑出来,挂在样品管玻璃管壁上,在较低温度下形成固体物质。从干燥过程的现象来推断,结块分子筛中吸附了蜡然后结焦^[2]。

3.2 分子筛孔穴堵塞

通过对分子筛干燥塔分子筛进行取样分析,证实有蜡进入分子筛系统。在进入分子筛干燥塔的天然气的中,蜡组分主要来自凝析油稳定不凝气及三相分离器、计量分离系统。对分子筛干燥塔出口粉尘过滤器滤芯上的粉末样品取样,在浸泡液中均发现了蜡的成分。在分子筛脱水系统吸附脱水时,天然气中的微量蜡会吸附在分子筛表面及大孔内;在分子筛再生过程中,蜡等大分子烃难以脱附出来。因此,蜡成分等大分子烃不断在再生高温的作用下裂解和结焦,堵塞分子筛的孔道,导致表面积降低。分子筛在因结焦而结块后,基本失去了吸附水分的能力。

3.3 原料气流速影响

天然气流速过高会使分子筛颗粒间发生剧烈的相互碰撞,降低分子筛的机械强度,严重的会造成粉化^[3]。在生产中,分子筛系统处理气量过大会造成原料气流速过快;而更常见的原因往往是吸附塔切换时升、降压速度过快,而且频繁的升降压操作将使分子筛受到气流的反复冲刷,从而磨损严重,产生大量的粉尘。

3.4 再生气温度影响

大涝坝集气处理站设计再生气最高温度为246℃,最低温度为221℃,但干燥塔再生温度最高温度为195~200℃,无法达到设计的220℃。大涝坝天然气处理装置分子筛再生过程中温度变化曲线如图2所示。

由图2可知,在再生气出口温度为195~200℃时,分子筛床层还处于阶段B,没有达到升温阶段C。因此,分子筛还处于水分的脱附蒸发、脱附阶段,分子筛还没有再生完全,再生气带入的热量基本上供给水分的脱附和蒸发,使再生气离开时温度无法提升。导致分子筛再生后的残余水分含量较高,分子筛的有效湿容量下降,使其在吸附阶段过程中脱水效果变差^[4-5]。为了提高再生气离开分子筛的温度,需将再生气经加热器后的温度提高到260℃,加热器换热面积需增加至30m²以上。

4 优化措施

4.1 优化原料气分离效果

原料气分离级数少,重力式分离器分离效果有限,是造成分子筛系统进蜡或油的重要因素。相对于重力式分离器,旋流式分离器的分离效果更佳^[6]。在原流程的基础上增加一台旋流式分离器,同时也增加了分离级数,能有效提高原料气的分离效果,减少分子筛系统蜡、油、游离水的进入,改善分子筛的介质环境,为其高效运行创造基础条件。

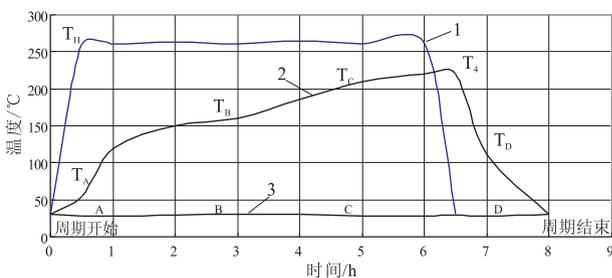


图2 分子筛再生时温度曲线变化

1. 再生气进干燥器的温度;
2. 再生气离开干燥器的温度;3. 湿原料气温度

Fig.2 Temperature curve in molecular sieve regeneration stage

4.2 优化分离器操作

大涝坝分子筛系统的蜡主要来源于凝析油稳定单元的不凝气,其次来源于计量分离系统。在允许范围内,提高分离器的操作压力,降低操作温度,能够减少气相中蜡的携带量,从而减少进入到分子筛的原料气中的蜡含量。

4.3 采用脱蜡分子筛

由传质过程平衡原理可知,只要在气藏的油气流中存在蜡或大分子的芳香烃或环烷烃,分离系统以及凝析油稳定系统中的气相必然会含有微量的蜡。因此,通过优选分离器、增加分离级数、优化分离器操作参数,还不能完全消除气相中的蜡,可以考虑分子筛除蜡工艺。

目前天然气处理中常见的除蜡工艺有专用脱蜡分子筛、加氢催化脱蜡技术、尿素脱蜡技术、复合床层技术。考虑到成本、施工难易,复合床层技术更为适合大涝坝集气处理站。相对脱蜡专用分子筛,氧化铝价格更为低廉,对液态水的吸附性能很高,很适合用于做4A分子筛脱水吸附剂对比正面保护层。同时氧化铝还能脱除天然气中的微量硫化物,消除硫化物对后续设备的影响。

4.4 提高再生气温度

依据分析,大涝坝集气处理装置分子筛脱水系统吸附能力下降与分子筛再生效果不佳有关,分子筛再生温度达不到工艺运行要求。新增一台与现用再生气加热器同型号的换热器,可实现两台再生气加热器串联或并联运行,运行方式灵活。两台换热面积可达30m²,可以满足工艺需求。其工艺流程如图3所示。

4.5 优化分子筛系统操作

更换大涝坝分子筛系统冲、泄压内漏阀门,将冲泄压时间严格控制在要求的30min左右;严格控制气体处理量不超过 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,避免原料气流速过大;尽量延长分子筛的吸附周期,减少分子筛切换带来的激荡^[7]。通过这些措施可以有效缓解分子筛的粉化。

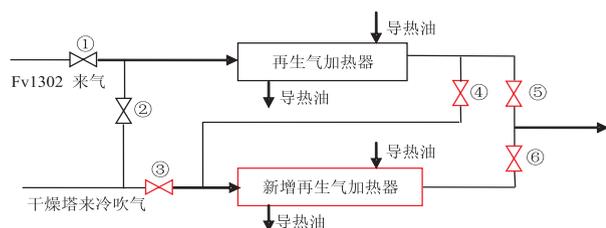


图3 再生气加热器改造流程

Fig.3 Rebuild flow chart of regeneration gas heater

(下转第91页)

表 3 下返酸压实施效果统计
Table 3 Practice effect of return acidification

序号	井号	下返酸压前生产情况			下返酸压后生产情况			日增油/t	累增油/t	备注		
		生产层段	日液/t	日油/t	含水/%	生产层段	日液/t				日油/t	含水/%
1	TK604	YS ₁	33	2	94.5	YS ₃	39	38	2.6	36.2	7 389	YS ₃ 未动用
2	TK608	YS ₁	76	1	98.7	YS ₂	44	44	0.0	43	5 259	
3	TK7-632	YS ₁	6	5	16.7	YS ₂	34	31	8.8	26	9 890	YS ₂ 未动用
4	TK634	YS ₁	30	2	92.7	YS ₂	33	5	84.8	2.8	1 720	YS ₃ 未动用
5	TK668	YS ₁	39	0	100	YS ₂	29	8	72.4	8	4 088	
合计			184	10	94.6		179	126	29.6	116	28 346	

因素。

4 结论与建议

1) 由于致密段的低渗透性,对地层油水的运移能起到很好的隔挡作用,平面上连续发育的致密段将使油藏在纵向上产生分割性。因此,致密段的识别及划分对下返酸压选井选层起到了至关重要的作用。

2) 中深部 YS₂、YS₃ 未动用剩余可采储量的大小是决定下返酸压能否成功的物质基础。

3) 虽然下返酸压工艺初步取得了成功,但是

在施工过程中仍存在挤堵困难、酸压规模不易控制等难题,需要在施工工艺上进一步攻关改进。

4) 下返酸压实践获得成功,为塔河油田及类似缝洞型油藏后期剩余油挖潜、分层注水及提高采收率提供了新的思路。

参考文献:

- [1] 焦方正. 塔河碳酸盐岩缝洞型油藏开发研究与实践[M]. 北京:石油工业出版社,2008.
- [2] 赵敏,侯朝晖,刘莉. 缝洞型碳酸盐岩油藏致密隔层分布研究[J]. 新疆石油地质,2010,31(4):379-381.

(编辑 徐文明)

(上接第 88 页)

5 结论和建议

1) 由于大涝坝气田高含蜡的特点,加上原料气分离级数少,分子筛前重力式分离器分离效果有限,造成分子筛系统结蜡。

2) 蜡的存在造成分子筛结块,是分子筛过快失效的重要因素。大涝坝分子筛在分子筛吸附脱水时,蜡以及芳烃等重烃组成会吸附在分子筛孔道内,再生温度下裂解和结焦炭化,导致了分子筛比表面积下降,平均孔径减小,分子筛粉化和结块,降低了分子筛的吸附效果。

3) 由于分子筛系统阀门内漏的影响,充、泄压速度难以保证,同时处理量过大在一定程度上造成了分子筛的粉化,是分子筛过快失效的另一重要因素。

4) 建议更换有关内漏阀门,严格控制充、泄压速度和装置处理量,尽量延长吸附周期;在目前原

料气流程的基础上增加一台旋流式分离器;可以进一步考虑分子筛活性氧化铝复合床层除蜡工艺。

参考文献:

- [1] 江玉发,张玉蕾,梁根生,等. 大涝坝集气处理站分子筛脱水工艺优化研究[J]. 石油与天然气化工,2011(10):15.
- [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(10):87-89.
- [3] 陶北平,黄伟民,张汇霞. 气体的吸附干燥[J]. 低温与特气,2003(1):35.
- [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(2):15-16.
- [5] 张正玲. 天然气处理厂分子筛脱水单元设计要点[J]. 油气田地面工程,2007(3):8.
- [6] 郭洲,曾朝兵,陈文峰. 分子筛脱水装置在珠海天然气液化项目中的应用[J]. 石油与天然气化工,2008(2):76-78.
- [7] 罗辉. Micrologix 1500 PLC 在大涝坝站天然气增压系统中的应用[J]. 自动化仪表,2011,32(12):83-86.

(编辑 徐文明)