

4A 球形分子筛干燥器的优化

刘晓辉¹ 周永贤² 金伟²

1. 中国石油吐哈油田公司丘东采油厂 2. 上海化工研究院

刘晓辉等. 4A 球形分子筛干燥器的优化. 天然气工业, 2010, 30(3): 91-94.

摘 要 中国石油吐哈油田公司丘东采油厂天然气处理装置采用分子筛两塔脱水工艺, 使用 4A 条形分子筛脱水, 操作过程中分子筛粉化现象严重, 换热器换热能力降低, 深冷净化压差增加, 系统阻力增加。为此, 通过优化选用新型 4A 球形分子筛, 在不改变脱水装置容积、不改变分子筛吸水能力的前提下, 将分子筛的堆比重从 0.66 g/mL 提高到 0.70 g/mL, 使分子筛干燥器总吸附容量提高 3%~5%, 避免了分子筛床层被水“穿透”事故的发生; 通过电脑程序监控操作压力、改进干燥器顶部与底部“篦板”结构、选用新型粘结剂材料, 增强分子筛的抗酸性能等措施, 有效降低了干气携带的粉尘量, 缓解了分子筛粉化现象。实施上述优化措施后减轻了运行人员的工作量, 提高了装置的使用效率, 延长了装置的检修周期, 为工厂带来可观的经济效益。

关键词 吐哈油田 天然气处理 脱水 4A 球形分子筛 堆比重 吸附容量 干燥器 优化

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2010.03.024

中国石油吐哈油田公司丘东采油厂开采出的天然气主要输出到乌鲁木齐石化总厂、新疆化肥厂、吐哈油田甲醇厂和新疆广汇 LNG 处理厂, 其输送干线长达 300 km。因此对天然气集中脱水、除杂质, 严格控制产品气的水露点、H₂S 和 CO₂ 的含量^[1], 对保证输送管路和设备不被腐蚀、保证下游产品的正常生产、保证液化天然气用做燃料时不会污染环境都具有重要意义^[2-3]。

1 天然气脱水装置运行中发现的问题

丘东采油厂天然气处理装置采用管道工程有限公司天津分公司设计的工艺流程, 根据吐哈油田气田和东疆气候条件, 天然气处理装置采用分子筛两塔脱水工艺, 设备设计使用的分子筛是上海环球分子筛(UOP)有限公司 4A 条形分子筛。操作过程中, 发现有少部分分子筛粉尘穿过过滤器进入深冷净化装置, 附着在换热器流道壁上, 使换热器换热能力降低, 深冷净化压差增加^[4]; 还有部分粉尘进入到输气管路系统, 造成系统阻力增加^[5]。分子筛的粉化, 上层出现部分区域的塌陷, 降低了干燥装置的干燥效率, 缩短了装置

运行周期, 分子筛活化频率由原来 8~12 h/次缩短至 6 h/次。2002~2005 年, 我厂更换了 2 次分子筛, 仍不能解决分子筛粉化和提高其使用寿命的要求, 2005 年还出现一次因分子筛吸水能力不够导致分子筛床层浸水的事故。为解决以上问题, 与上海化工研究院进行技术交流, 合作寻找降低分子筛粉尘、提高干燥装置干燥效率的有效途径。

2 分子筛干燥器运行状况分析及改进要求

丘东第一天然气处理厂处理天然气规模为 (100±20)×10⁴ m³/d, 装置的工艺条件为: ①原料气量: 100×10⁴ m³/d; ②原料气含水量: 4 000~6 000 kg/m³; ③CO₂ 含量(摩尔分数): 0.1%; ④原料气温度: 20~25 ℃; ⑤原料气吸附压力: 7.0 MPa。

原料气进装置区后首先进入分离器除去游离水和机械杂质, 然后在 6.5 MPa、25 ℃条件下进入分子筛干燥器, 脱水后干气露点小于 -80 ℃, 干气进入旋风分离器除去分子筛粉末, 最后进入输气管线。流程如图 1 所示:

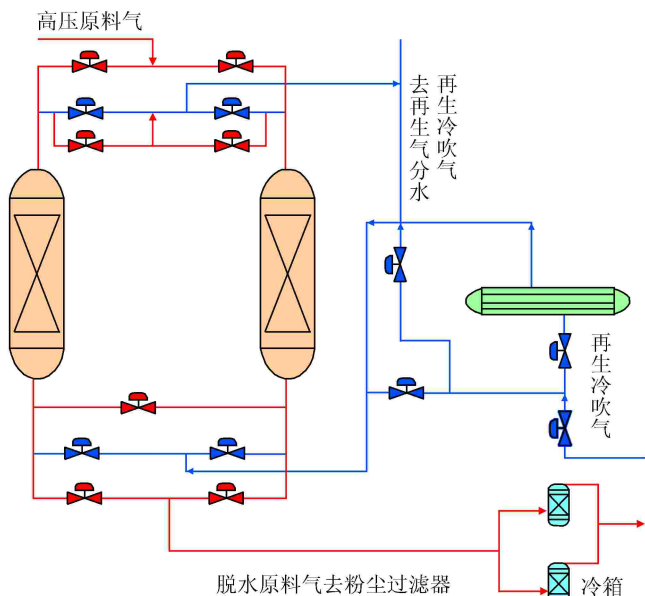


图 1 丘东第一天然气处理厂湿气脱水流程图

丘东第二天然气处理厂处理天然气规模 $(120 \pm 25) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 装置的工艺条件为: ①原料气量: $120 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$; ②原料气含水量: $6\,000 \sim 9\,000 \text{ kg}/\text{m}^3$; ③原料气 CO_2 含量(摩尔分数): 0.1% ; ④原料气温度: $20 \sim 25^\circ\text{C}$; ⑤原料气压力: 3.0 MPa 。

低压原料气进装置区后首先进行增压, 与中压天然气汇合后在 3.0 MPa 、 25°C 条件下进入分离器除去游离水和机械杂质, 再进入分子筛干燥器, 脱水后干气露点小于 -80°C , 干气进入旋风分离器除去分子筛粉末, 然后进入输气管线。流程如图 2 所示。

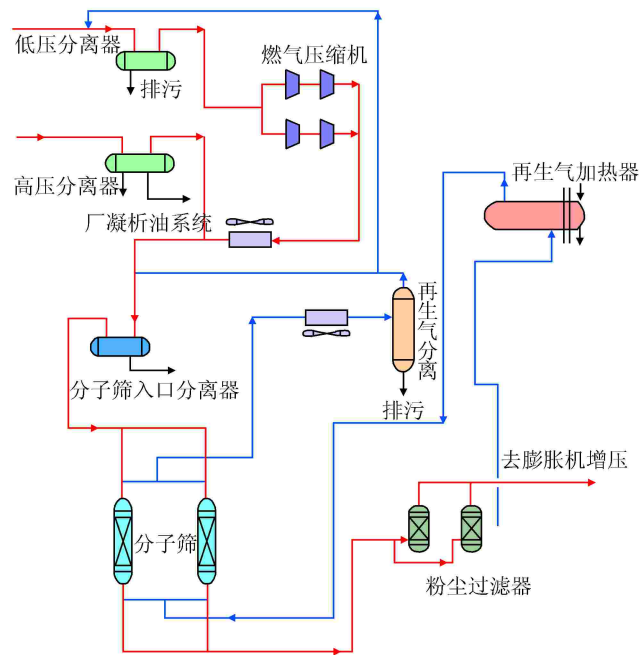


图 2 丘东第二天然气处理厂湿气脱水流程图

本装置设计最初选用采用 UOP 公司生产的 4A 条形分子筛。随着采气量的逐年增大, 本装置吸水容量实际操作要求已经高出原设计容量, 产出干气露点偏高, 同时干气携带粉尘量增大, 加重了下游旋风分离器的负担, 部分粉末进入输气管线, 带来安全隐患。这就要求选用一种新型、高吸附容量的分子筛干燥剂, 能够在不改变原装置的条件下, 尽可能的增大装置的吸附容量, 同时增强分子筛干燥剂的强度, 减少干气携带出的粉尘^[6]。

3 改进措施

2006 年我厂选用上海绿强新材料有限公司生产的 4A 球形分子筛, 为增大干燥器吸附容量和降低粉尘, 对 4A 球形分子筛做了改进。

3.1 通过提高分子筛干燥剂性能增大干燥器吸附容量

通过计算采气增产量和对现气源含水量在线监测, 发现要想达到安全输气的要求, 在不扩容现有干燥器的基础上, 必须将分子筛干燥器总吸附容量提高 $3\% \sim 5\%$, 才不会发生分子筛床层被水“穿透”的事故^[7]。水“穿透”分子筛床层的诱因有 2 个: ①分子筛自身吸水性能低, 或耐温性能差, 即几次活化后吸水性能大幅降低; ②上游“游离水”没有完全脱除, 造成分子筛干燥器进气水含量超标, 分子筛提前失效^[8]。

根据装置干燥器定容这一实际情况, 上海绿强新材料有限公司将 4A 球形分子筛在不改变产品吸水能力的前提下, 将产品堆比重从 $0.66 \text{ g}/\text{mL}$ 提高到 $0.70 \text{ g}/\text{mL}$, 相当于每 1 m^3 干燥器分子筛的填充量至少增加了 20% , 相应 1 m^3 的吸附容量至少增加了 20% 。

选用不同堆比重分子筛的条件下, 干燥器单位体积的吸附容量见表 1。

由表 1 可知, 通过对分子筛干燥剂的改进, 可将原体积干燥器扩容, 每立方米体积可以多吸附气态水 28.6 kg , 相当于每个处理周期可以多处理天然气约 $1.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。这一改进使天然气处理厂顺利完成扩产增效。

选用新分子筛时, 不仅考察其水吸附能力, 而且还要考察其耐温性能。经多次活化测试后发现新选的 4A 球形分子筛耐温性能稳定, 高温活化 10 次后吸水能力能够稳定在原吸附总量的 $70\% \sim 75\%$ 。投入装置使用 2 a 以来, 该产品仍稳定地保持着 75% 的吸附性能, 这也是保证干燥器吸附总容量的必要条件。

3.2 降低干气携带粉尘

干气携带过多粉尘会造成换热器换热能力降低、深冷净化装置压差增大, 整个系统的阻力增大, 造成不

表 1 干燥器单位体积的吸附容量表

分子筛	技术指标	干燥器总水吸附容量 / $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
UOP:4A 条形分子筛, $\varnothing 1.6 \text{ mm}$	堆比重大于等于 0.57 g/mL 填装量为 570 kg/m^3 吸水能力(质量分数)大于等于 22%	125.4
行业标准(HG/T 2524—93):4A 条形分子筛, $\varnothing 3 \text{ mm}$	堆比重大于等于 0.60 g/mL 填装量为 600 kg/m^3 吸水能力(质量分数)大于等于 19.5%	117.00
上海绿强:4A 球形分子筛, $\varnothing (3\sim 5) \text{ mm}$	堆比重大于等于 0.70 g/mL 填装量为 700 kg/m^3 吸水能力(质量分数)大于等于 22%	154.00

注:干燥器总吸附容量计算方法: $W(\text{kg})=\text{填装量}(\text{m}^3)\times\text{吸水能力}(\%\text{质量分数})$ 。

必要的能耗浪费。目前国内很多装置都存在干燥剂粉尘严重影响深冷净化的情况,不得不定期对进入深冷净化装置的粉尘采取爆破吹扫。

为降低干气携带粉尘量,丘东采油厂对干燥器装置进行了以下改造:

1)通过电脑程序监控操作压力,在原控制程序中加入压差变化报警系统,当压力不稳时及时通过报警器输出信号通知操作员,操作员可及时监控采气量、调节系统压力,避免压力发生巨大“波动”变化。

2)改进干燥器顶部与底部“篦板”结构。原装置采用不锈钢丝网阻隔分子筛,不让其碎粒轻易流出干燥塔,由于改用了 4A 球形分子筛,因此选用 1.6 mm 不锈钢冲孔网替换了原丝网,其结构对比见图 3。该材料不易在气流过大或压力突变的情况下发生移位,同时可起到减少分子筛流动、摩擦粉化的作用。

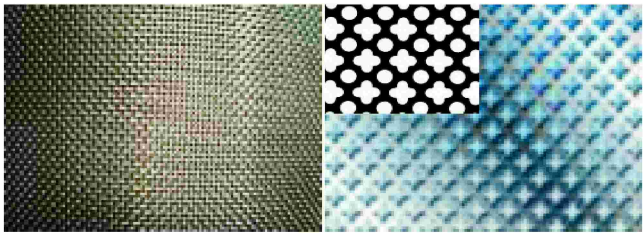


图 3 丝网与冲孔网结构对比图

3)选用抗酸分子筛,上海绿强新材料有限公司为工厂设计生产的 4A 球形分子筛除增大产品堆比重外,选用了新型粘结剂材料,增强了分子筛的抗酸性能,使分子筛能够吸附原料气中的少量酸性组分,不被酸性杂质腐蚀粉化。这一改进不仅降低了干气携带粉尘量,同时降低干气中酸性杂质的含量,有益于保护输气管线不被腐蚀,延长了装置的检修周期。

4)改进过滤装置,采用 HFB/150 天然气高效沉

降过滤器,该装置过滤器由沉降段及过滤段两部分组成,沉降段由分隔板构成一个重力沉降室;过滤段安装有若干只滤芯。当含尘气体进入分离器时,在重力作用下先将粗颗粒杂质分离,从而减轻了后续精密滤芯的负荷,较细的杂质则随着气体由过滤段的滤芯除去,最终气体得以净化。改进后的过滤器装置结构图见图 4。

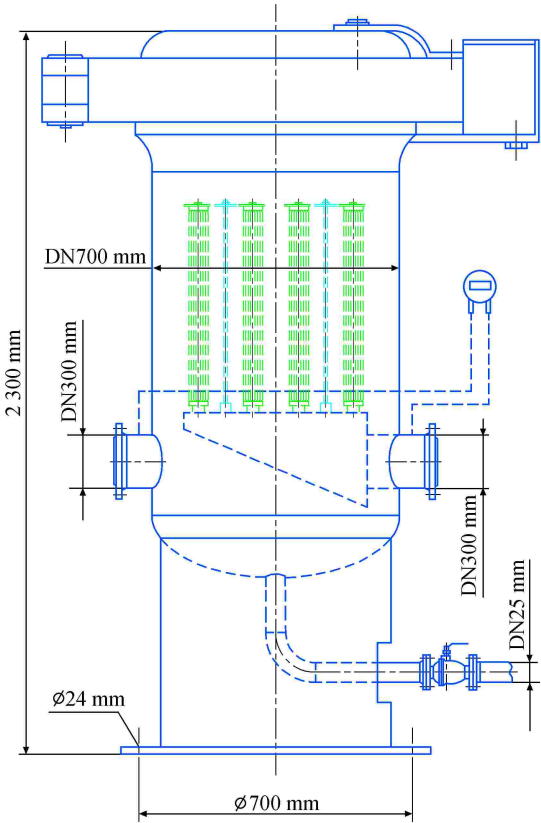


图 4 过滤装置结构图

3.3 干燥装置改进带来的经济效益

改进后的 4A 球形分子筛在不改变产品吸水能力的前提下,将产品堆比重从 0.66 g/mL 提高到 0.70

g/mL,相当于 1 m^3 干燥器分子筛的填充量至少增加20%,相应 1 m^3 的吸附容量至少增加了20%。通过选用新型4A分子筛,在不改变原装置体积的基础上,提高了脱水装置的使用效率,降低了干燥剂再生频率,节约了装置成本和再生加热运行成本,带来可观的经济效益。

改进后的除尘过滤器过滤精度高,自2006年至今已经运行4 a多,系统没有出现过压差增加的现象,为工厂节能增效、安全生产作出了贡献。

4 结 论

选用新的4A球形分子筛,缓解了分子筛粉化现象,减轻了运行人员的工作量。丘东采油厂在2006年进行分子筛干燥器改造以来,通过4 a的运行调制,没有发生过因分子筛干燥器吸水能力不够或分子筛粉化造成影响正常生产的事故,在增产20%的条件下,分子筛干燥器仍然能够满足正常生产的要求,干气能够满足露点低于 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的要求。通过4A球形分子筛干燥器的改进,提高了装置的使用效率,延长了装置的检修周期,创造了可观的经济效益。

参 考 文 献

- [1] 郭春生,孙景威,赵福俊.巴基斯坦凝析气田轻烃回收投标项目工艺技术[J].天然气工业,2008,28(6):127-129.
- [2] 贾琴芳,刘洪杰,张莉,等.丘东1[#]天然气处理装置工艺优化研究[J].石油与天然气化工,2009,38(5):386-389.
- [3] 胡杰,朱博超,王建明.天然气化工技术及利用[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [4] 付秀勇.对轻烃回收装置直接换热工艺原理的认识与分析[J].石油与天然气化工,2008,37(1):18-22.
- [5] 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,2008,28(10):113-115.
- [6] 苏欣,李瑜,章磊.低压油田气轻烃回收方案比选[J].石油与天然气化工,2008,37(3):186-190.
- [7] 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):118-123.
- [8] 王君山,赵纯亮.分子筛干燥剂水“穿透”原因浅析[J].天然气化工,2000,25(3):37-39.

(修改回稿日期 2010-01-25 编辑 何 明)