

天然气处理厂脱甲烷塔 CO₂ 冻堵的规律及解决方案研究

程振华

(中原油田分公司天然气处理厂,河南 濮阳 457162)

摘要:中原油田天然气处理厂的天然气处理装置属于中压深冷轻烃回收装置。由于脱甲烷塔塔顶操作温度较低,经常出现 CO₂ 冻堵的现象,给装置的连续安全平稳运行带来很大的隐患。通过研究原料气中 CO₂ 体积分数不同时的冻堵规律,提出了通过引入防冻介质丁烷等烃类物质来防止脱甲烷塔顶 CO₂ 冻堵的解决方案。

关键词:冻堵;脱甲烷塔;轻烃回收;二氧化碳;天然气处理;研究

中图分类号:TE64

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2010)08-0080-03

Research on CO₂ freeze blocking law and solutions for demethanizing tower in natural gas processing plant

CHENG Zhen-hua

(Natural Gas Processing Plant, Zhongyuan Oilfield, Puyang 457162, China)

Abstract: The natural gas treatment device of Zhongyuan Oilfield is a medium-pressure cryogenic light hydrocarbon recovery device. Owing to the low operating temperature at the top of demethanizing column, blocking of frozen CO₂ often occurred in demethanizing column, thus great hidden danger to the smooth and safety operation of the device has been brought. This study is focused on the freeze blocking law with different CO₂ content in raw natural gas and solutions to dissolve CO₂ freeze blocking at the top of demethanizing tower proposed by adding butane or other hydrocarbon substances.

Key words: freeze blocking; demethanizing tower; light hydrocarbon recovery; CO₂; natural gas processing; research

中原油田天然气处理厂的天然气处理装置主要以油田伴生气为原料,生产干气及轻油等产品,属于中压深冷轻烃回收^[1-2]装置。由于脱甲烷塔塔顶操作温度较低,经常出现 CO₂ 冻堵的现象。并且随着原料气中 CO₂ 体积分数的增加,CO₂ 冻堵的情况加重。一方面限制了脱甲烷塔顶操作温度不能达到设计温度,影响轻烃的收率及产品的质量,降低了企业的经济效益;另一方面脱甲烷塔出现 CO₂ 冻堵后,塔压差急剧增大,极易憋停上游的原料气压缩机与膨胀增压机,给装置的连续安全平稳运行带来很大的隐患。

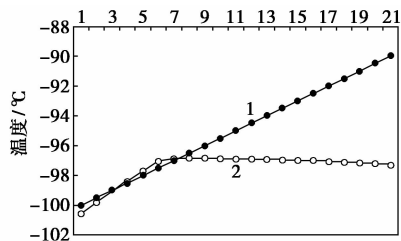
根据油田目前的情况,伴生气中的 CO₂ 体积分数将在现有基础上逐渐增加,因此,必须解决 CO₂ 冻堵问题,确保轻烃回收装置的连续安全平稳运行。梁建伟、张勇等^[3-5]曾对轻烃回收装置的冻堵情况提出过不同的解决方案,但是加入防冻介质来防止脱甲烷塔 CO₂ 冻堵的问题还未见报道。

1 原料气中 CO₂ 体积分数不同时脱甲烷塔呈现的冻堵规律

为了寻求防止 CO₂ 冻堵问题的解决方案,弄清

CO₂ 冻堵的原因及形成规律,为此,首先根据现有生产装置的原料气组成数据及运行参数搭建了计算模型,并用 HYSYS 工艺模拟软件对原料气中 CO₂ 体积分数不同时脱甲烷塔呈现的冻堵规律进行了分析。

图1是塔压为 1.2 MPa 时,原料气中 CO₂ 体积分数不同的情况下,脱甲烷塔顶温度与 CO₂ 冻堵生成温度区的关系曲线图。

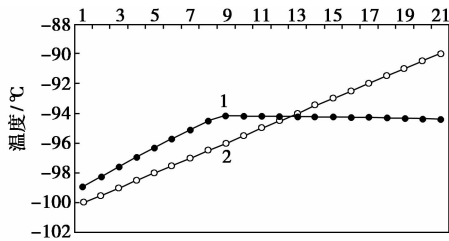


1—塔顶温度;2—CO₂ 冻堵点温度

图1 原料气中 CO₂ 体积分数为 1.7% 时的脱甲烷塔冻堵点曲线

根据 CH₄-CO₂ 相平衡特性规律及平衡相图^[6-7]分析,当脱甲烷塔的塔顶温度大于 CO₂ 的冻堵点温度时,不会产生 CO₂ 冻堵现象。由图1可以

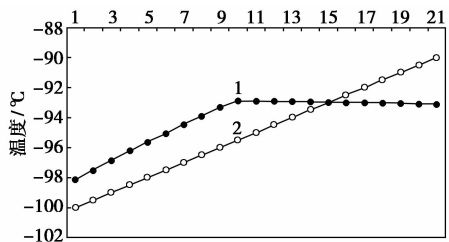
看出当 CO₂ 体积分数为 1.7% 时,造成的脱甲烷塔防冻操作限制点温度为 -97.0℃,即当塔的操作温度低于 -97.0℃ 时,会产生 CO₂ 冻堵,否则,不会产生 CO₂ 冻堵。从图 1 还可以看出,当其冻堵点曲线在 -97.0℃ 时进入冻堵区,在 -100℃ 时又脱离了冻堵区,这并不表示甲烷塔可以在 -100℃ 以下操作,因为图 1 中冻堵点曲线中冻堵点温度是针对塔顶第一块板而言,“在 -100℃ 时又脱离了冻堵区”实际上代表冻堵区已由塔顶第 1 块板下移至第 2 块板或以下塔板。



1—冻堵点温度;2—塔顶温度

图 2 原料气中 CO₂ 体积分数为 2.2% 时的脱甲烷塔冻堵点曲线

由图 2 可以看出,当 CO₂ 体积分数为 2.2% 时,造成的脱甲烷塔防冻操作限制点温度为 -94.5℃,即当塔的操作温度低于 -94.5℃ 时,会产生 CO₂ 冻堵,否则不会产生 CO₂ 冻堵。

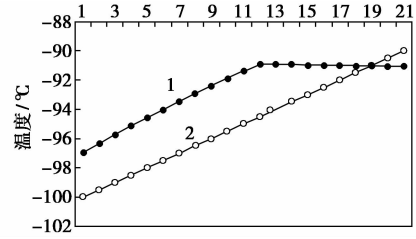


1—CO₂ 冻堵点温度;2—塔顶温度

图 3 原料气中 CO₂ 体积分数为 2.5% 时的脱甲烷塔冻堵点曲线

由图 3 可以看出,当 CO₂ 体积分数为 2.5% 时,造成的脱甲烷塔防冻操作限制点温度为 -93.0℃,即当塔的操作温度低于 -93.0℃ 时,会产生 CO₂ 冻堵,否则不会产生 CO₂ 冻堵。

由图 4 可以看出,当 CO₂ 体积分数为 3.0% 时,造成的脱甲烷塔防冻操作限制点温度为 -91.5℃,即当塔的操作温度低于 -91.5℃ 时,会产生 CO₂ 冻堵,否则不会产生 CO₂ 冻堵。



1—冻堵点温度;2—塔顶温度

图 4 原料气中 CO₂ 体积分数为 3.0% 时的脱甲烷塔冻堵点曲线

综合图 1 至图 4 可以看出,CO₂ 体积分数为 1.7%、2.2%、2.5%、3.0% 时造成的脱甲烷塔冻堵温度操作限制点依次为 -97.0、-94.5、-93.0、-91.5℃。即随着原料气中 CO₂ 体积分数的增加,脱甲烷塔中的 CO₂ 冻堵生成点温度越来越高。这和装置实际运行中随着原料气中 CO₂ 体积分数的增加,装置越易出现冻堵的情况是一致的。

2 引入防冻介质的可行性分析

2.1 理论分析

原料气中 CO₂ 体积分数越高,脱甲烷塔中的 CO₂ 冻堵点温度越来越高,这一规律表明,要降低 CO₂ 冻堵的温度,必须降低脱甲烷塔塔顶组分中 CO₂ 的含量。结合 CH₄-CO₂ 相平衡特性规律及平衡相图^[6-7] 分析,要解决上述问题,有 2 个途径:

(1) 引入其他组分(如较重烃类,包括 NGL、C₄⁺、C₄、轻油等),以改变冻堵点分布位置,降低 CO₂ 固化区的“穹窿”高度,得以容许在低于甲烷的临界压力下操作。

(2) 直接通过 CO₂ 固体生成区,即内部特殊设计的低温分馏设备来控制固体 CO₂ 的生成和熔融,以达到 CH₄ 和 CO₂ 分离的目的。

上述 2 个途径中,从重烃来源及今后改造的角度来讲,途径(1)更适用于该厂脱甲烷塔的防冻。

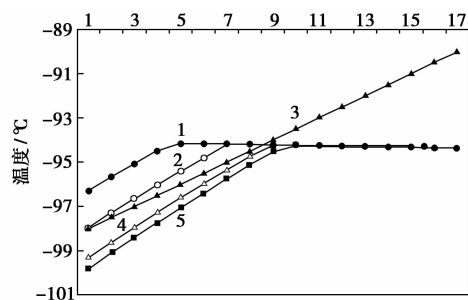
2.2 脱甲烷塔的操作属性分析

在装置的实际运行中,脱甲烷塔的 CO₂ 冻堵通常发生在塔上部吸收过程区域,这是因为该区域中气相中 CO₂ 体积分数较多(或称分压较高),超过平衡含量(或平衡分压)以致析出固体 CO₂ 的缘故。根据吸收过程原理,可以通过加大液相进料流量(吸收剂量)来增加对气相中 CO₂ 的吸收,从而降低气相中 CO₂ 的分压,使之降到平衡分压以下,避免固体 CO₂ 析出,达到防冻堵的目的。

由于原液相进料流量不可能再加大,因此,只能考虑另外引入1股物料来增加液相进料流量。这股另外引入的物料,应该不引入外来物质,避免分离问题。对于该厂脱甲烷塔,可以考虑引入 C_4^+ 、 C_4 、 C_5^+ (轻油)等装置自产烃类产品作为防冻介质。

3 引入防冻介质后 CO_2 冻堵点的变化

根据以上引入防冻介质的可行性分析,笔者认为向装置中引入丁烷等烃类物质,可以防止装置的 CO_2 冻堵的问题,为此运用HYSYS工艺模拟软件对现有装置建立模型,并以丁烷作为防冻介质引入,对引入防冻介质后 CO_2 冻堵点的变化进行了分析。图5为塔压为1.2 MPa、 CO_2 体积分数为2.2%时引入丁烷防冻的曲线。



1—未加丁烷;2—加入16 kmol/h 丁烷;3—塔顶温度;
4—加入28 kmol/h 丁烷;5—加入32 kmol/h 丁烷

图5 CO_2 体积分数为2.2%时引入不同量丁烷时的脱甲烷塔冻堵点曲线

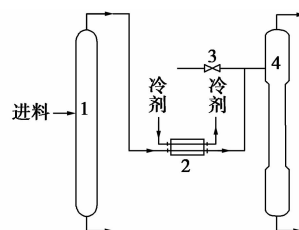
由图5可以看出,随着引入丁烷量的增加,脱甲烷塔 CO_2 冻堵点温度逐渐降低,冻堵点曲线逐渐脱离塔顶温度操作曲线,说明引入丁烷在一定程度上适用于脱甲烷塔的防冻堵。

4 防冻介质引入流程

防冻介质丁烷可以采用脱丁烷塔顶丁烷产品,具体引入流程为:自脱丁烷塔塔顶引出的丁烷冷却剂冷却至一定温度,在节流阀后与进塔管线内物料混合进入脱甲烷塔,如图6所示。

该防冻方案对原有装置的改动极少,仅需增加1台冷却器、防冻介质流量计、调节阀及少量管材等

设备、材料。



1—脱丁烷塔;2—冷却器;3—节流阀;4—脱甲烷塔

图6 防冻介质引入流程简图

5 结语

防冻方案的实施将有效解决由于伴生气中的 CO_2 体积分数增高造成的装置冻堵问题,一方面,可以消除冻堵给设备安全平稳运行带来的安全隐患,具有重要的社会安全效益;另一方面,通过改造可以提高装置轻烃收率。以处理量 $1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ 的装置为例,最高可以多收乙烷近10 t/d,能够以极小的改造投入换取较多的销售收入。

通过对脱甲烷塔 CO_2 冻堵规律的分析研究,并结合现有装置的运行数据,对引入防冻介质防止 CO_2 冻堵的可行性进行了分析,确定可以通过引入丁烷等烃类物质作为防冻介质来解决脱甲烷塔 CO_2 冻堵的问题。引入防冻介质后可以降低脱甲烷塔 CO_2 冻堵温度,提高轻烃的收率及产品质量,给企业带来可观的经济效益。

参考文献

- [1] 邢建刚,于晓霜. 轻烃回收装置解冻设施的完善[J]. 新疆地质, 2002, 20(4): 403-404.
- [2] 高建保,陈桂祥,等. 轻烃回收装置的操作参数优化模型[J]. 石油与天然气化工, 1998, 27(1): 31-34.
- [3] 梁建伟,尹琦岭,何俊,等. 深冷轻烃回收装置防治 CO_2 冻堵工艺技术研究[J]. 化工科技市场, 2003(11): 16-17.
- [4] 张勇,武艳,张振普,等. NGL回收装置的冻堵及解决[J]. 科技资讯, 2008(8): 15.
- [5] 刘元直,郭庆省,徐郑雄,等. 中压深冷天然气处理装置的冻堵与防冻堵[J]. 河南化工, 2004(3): 44-45.
- [6] 朱利凯. 天然气处理加工[M]. 北京:石油工业出版社, 1997.
- [7] 王遇冬. 天然气处理与加工工艺[M]. 北京:石油工业出版社, 1999. ■