

液化天然气工厂脱苯工艺的改造

董加庆 张云霄
(中国石化中原油田绿能高科 LNG 工厂)

董加庆等.液化天然气工厂脱苯工艺的改造.天然气工业,2007,27(6):118-119.

摘 要 中原油田绿能高科液化天然气工厂是国内第一座商业运营的 LNG 工厂。LNG 工厂气源中因为含有苯,就存在着苯堵塞管道的安全隐患。LNG 工厂原来的脱苯工艺是利用“相似相溶”原理,用异戊烷脱苯,但存在异戊烷消耗量太大,成本较高等诸多弊端。为此,在不影响正常生产的情况下进行了必要的改造。经过研究分析,将重烃综合利用,使异戊烷消耗量和成本大大降低,且同样能达到将苯含量降到安全限度内的目的。计算表明:此项改造可获得年直接经济效益 55 万余元。该改造为天然气液化处理装置以及相关产业脱苯提供了行之有效的依据。

主题词 液化天然气 脱苯 工艺 改革 节能 效果

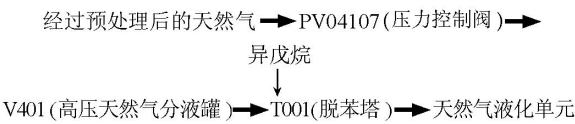
苯是具有对称性环状结构的芳香烃,化学分子式为 C_6H_6 ,分子量为 78,其化学性质比较稳定,不易被氧化,与冷的锰酸盐的碱溶液、浓硝酸均没有反应,也不像有机烯烃一样容易发生反应。苯是无色,具有芳香味,沸点为 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$,熔点为 $5.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的可燃气体,与水不混溶,也难溶于 LNG,苯在 LNG 中的溶解度随温度的降低而降低,苯比水轻,具有较强的致癌性,但苯却是良好的有机溶剂,极易溶解于异戊烷中。

根据苯的相关特性,其在低温下容易结晶析出,在 $-146\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下苯在 LNG 中的溶解度为 5 ppm。而本 LNG 工厂原料天然气中苯含量约为 2000 ppm,工厂生产的 LNG 的温度约为 $-146\text{ }^{\circ}\text{C}$,苯含量远远超过在该温度下的允许值,从而使生产过程中存在苯结晶析出堵塞管道的极大安全隐患,必须将苯降至允许范围内。本厂原来的脱苯工艺是利用异戊烷与苯“相似相溶”原理脱苯的,但该工艺存在消耗量太大,成本高等弊端,有进一步改造的必要。在不影响正常生产的前提下,本着节能降耗的目的,充分利用现有资源,对原有的脱苯工艺进行了工艺改造。

一、原脱苯工艺流程

天然气经过净化、脱除酸性气体、脱水等预处理后,通过压力控制阀 PV04107 降压截流脱重烃进入高压天然气分液罐 V401 后,天然气在脱苯塔 T001 中与异戊烷充分接触溶解苯而将天然气中的苯降至 5 ppm 以下,从而达到脱苯的目的,合格后的天然气

再进入天然气液化处理单元进行液化处理。其工艺示意如下:



原脱苯工艺是考虑到异戊烷是良好的有机溶剂,极易溶解非极性物质,利用有机物的“相似相溶”原理,使苯在脱苯塔 T001 中与异戊烷充分接触而被溶解于异戊烷中,从而降低天然气中苯的含量,达到脱苯的目的。其缺点是异戊烷消耗量较大,成本较高,而且从高压天然气分液罐 V401 中分离出来的重烃作为废料被处理了。

二、技术改造方案

1. 工作原理

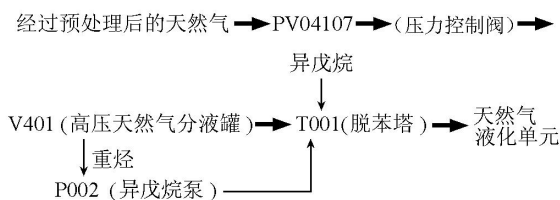
通过对不同温度下 LNG 中苯含量和其允许值的对比分析,找到了最佳的参数点(即相应的温度、压力等),并在工艺条件允许的情况下对运行参数进行了调整,使苯更好地被脱除。同时利用压控阀 PV04107 降压截流脱出的重烃(重烃在高压天然气分液罐 V401 中与天然气分离)对苯的溶解性,选择合适的操作和工艺条件(即温度约为 $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$,压力约为 5 MPa),对苯进行溶解,取得良好的效果。分析研究得出结论有:①其重烃为 C_4 以上的多种烃类的总称,重烃对苯的溶解性好,且在 $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下能

作者简介:董加庆,1979 年生,助理工程师;本科毕业于焦作工学院自动化专业。地址:(457000)河南省濮阳市中原油田绿能高科 LNG 工厂。电话:13939324923。E-mail:djq24923@sina.com

完全溶解苯;②液体重烃在脱苯塔 T001 中能与天然气中的苯完全充分接触,有利于溶苯。

2.改造后的工艺流程

天然气经过净化、脱除酸性气体、脱水等预处理后,通过压力控制阀 PV04107 降压截流脱重烃进入高压天然气分液罐 V401 后,天然气在脱苯塔 T001 中同时与异戊烷和来自高压天然气分液罐 V401 中的重烃充分接触溶解苯而将天然气中的苯降至 5 ppm 以下,从而达到脱苯的目的,合格的天然气再进入天然气液化处理单元进行液化处理。其工艺示意如下:



此改造的思路是,考虑到重轻对苯的溶解性好,在 -60°C 温度下能完全溶解苯,而且在 V401 中产生的重烃又能得到综合利用,同时利用闲置的异戊烷泵 P002 将 V401 中的重烃引至脱苯塔 T001 中,异戊烷和重烃同时从顶部进入,天然气从底部进入,三者在 T001 中充分接触,从而将天然气中的苯降至 5 ppm 以下。这样就能使重烃和异戊烷同时在一个容器中共同脱苯,从而达到降低异戊烷用量的目的。

3.技术创新点

该技术改造方案是在不改变原有工艺流程的情况下对脱苯工艺进行了合理的、经济的调整。将从高压天然气分液罐 V401 中分离出的重烃引至脱苯塔 T001 顶部与异戊烷共同吸收天然气中的苯,将苯含量降至 5 ppm 以下,从而对苯堵进行了有效地控制。为了尽可能降低了异戊烷的用量,充分利用了

闲置设备泵 P002,同时将废弃的重烃加以综合利用,变废为宝,有利于降本增效。

三、改造前后效益分析

(1)技术改造前每天异戊烷用量为 1200 kg(异戊烷市场价为八千多元/t,现以 8000 元/t 计算),费用为 9600 元。

(2)技术改造后每天异戊烷用量为 1000 kg,费用为 8000 元。

P002 的功率为 5.5 kW,每天耗电量为 $5.5\text{ kW} \times 24\text{ h} = 132\text{ kW} \cdot \text{h}$,每天消耗电能折合费用为 $132\text{ kW} \cdot \text{h} \times 0.5\text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h}) = 66\text{ 元}$ 。

(3)技术改造后节约情况:每天节约费用为 9600 元 $-8000\text{ 元}-66\text{ 元}=1534\text{ 元}$ 。

每月节约费用为 $1534\text{ 元} \times 30\text{ 天} = 46020\text{ 元}$ 。

每年节约费用为 $46020\text{ 元} \times 12\text{ 月} = 552240\text{ 元}$ 。

可以看出,增加使用 P002 的每天的费用仅为 66 元,而异戊烷每天的消耗费用少了 1600 元,节能降耗效果十分显著。工艺管道技术改造的费用仅为 1000 元,技术改造后,每年可节约资金 55 万余元。

参 考 文 献

- [1] 史密斯 RV.实用天然气工程[M].北京:石油工业出版社,1989.
- [2] 杨继盛.采气工艺基础[M].北京:石油工业出版社,1992.
- [3] 王乐,贾立民,付孟贵,等.天然气脱水系统的技术改造[J].天然气工业,2005,25(8):123-124.
- [4] 张兆杰,王发现.压力容器安全技术[M].郑州:黄河水利出版社,2001.
- [5] 顾安忠.液化天然气技术[M].北京:机械工业出版社,2003.

(修改回稿日期 2007-04-12 编辑 赵 勤)