

固定管板式换热器在含蜡天然气低温处理工艺中的应用*

郑保领, 贺江波, 王亚军, 徐乐乐, 赵鹏

(中国石油塔里木油田公司)

摘要: 克拉2中央处理厂采用低温脱水脱烃工艺处理天然气, 通过对管壳式、板翅式和螺旋管式这三种结构形式的比较, 确定低温分离工艺预冷器选用固定管板式换热器。在装置运行过程中出现预冷器低温结蜡的问题, 通过对问题的分析, 采取了相应的措施来解决这些问题。

关键词: 固定管板; 换热器; 蜡; 低温工艺; 应用研究

中图分类号: TE965 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7981(2011)1—0033—03

1 克拉2气田中央处理厂天然气处理工艺简介

克拉2气田中央处理厂采取的工艺是低温脱水脱烃工艺。从集气单元来的湿天然气进入预冷器管程, 与壳层的低温干气(产品气)换热, 温度从40℃降

到-5℃, 经J-T阀节流降温(-15℃)后进入低温分离器, 分离出醇烃混合物后的干气返回预冷器壳层与管程的湿气进行换热(温度升至32℃), 然后作为产品气外输。

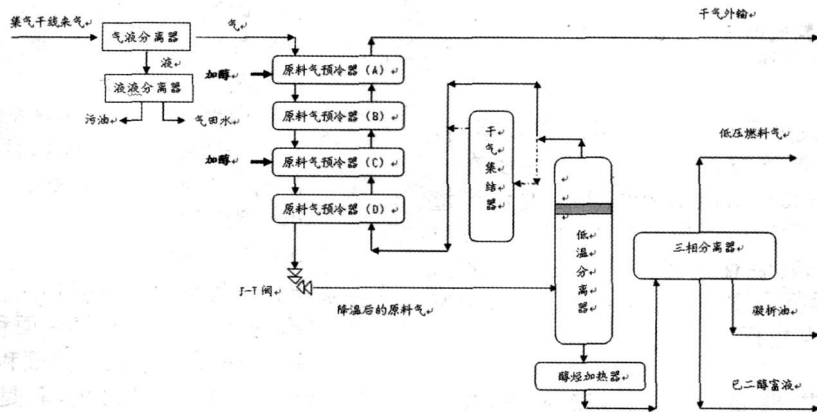


图1 脱水脱烃工艺流程图

2 预冷器的选型及固定管板式换热器的优缺点

中央处理厂低温分离工艺中, 原料气预冷器是相当重要的设备, 它是继J-T阀之后可以决定低温分离器分离温度的关键设备, 选用的预冷器应满足以下要求: ①具有很高的传热效率; ②能防止水合物生成和防止换热过程中出现液体乳化; ③能承受10MPa以上的压力。

目前, 最常见的换热器结构形式有管壳式、板翅式、螺旋管式。由于中央处理厂的预冷器的工作压力高达10MPa以上, 目前用于某些特定工况的高效率换热器都不能承受如此之高的工作压力。因此, 预冷器的结构形式选择管壳式换热器。管壳式换热器种类很多, 根据结构特点的不同可分为刚性结构和具有温差补偿两大类。刚性结构如固定管板式换热器, 管板是焊在壳体上的, 压力较高时, 管板的厚度可能很大; 温差补偿管壳式换热器为有膨胀节的固定管

板式、浮头式、填函式及U形管式等。由于壳体和管子的金属温度差较大, 温差应力较大, 如果采用刚性管板, 必须设置膨胀节, 而现有的膨胀节一般用在6.4MPa下, 再高的工作压力是没有先例的。

避免温差应力的一个较好的选择是采用U形管换热器。按GB 151《管壳式换热器》的相关规定进行计算, 管板厚度在200mm以上, 由于管板厚度超过50mm以上时, 必须采用锻件, 这么厚、这么重的锻件在短时间内国内是难以提供的。

薄管板结构可以解决这个问题。薄管板结构将管板可看作一个挠性部件, 换热管具有加强作用, 这和传统的刚性管板是不同的。近年来, 在石油化工业多次引进这种结构, 在运行中经过检验, 是安全的。因此, 预冷器采用固定管板式换热器, 其中固定管板采用薄管板结构。

3 预冷器的工作原理

* 收稿日期: 2010-11-15

作者简介: 郑保领(1975-), 工程师, 现从事天然气开发、净化的管理工作。 http://www.cnki.net

脱水脱烃装置共有六套原料气预冷器组成的换热单元,一套换热单元有4台原料气预冷器,编号为A、B、C、D,工作流程如图2所示,低温分离器排出的低温气体,进入原料气预冷器的壳体,与管程的原料气进行换热。A设备的管程原料气进口A为最初进口,壳程低温气体出口为最后出口;D设备的壳程低温气体进口为最初进口,管程原料气出口为最后出口。同时,在A、C设备的进口管箱装有注醇的喷嘴。

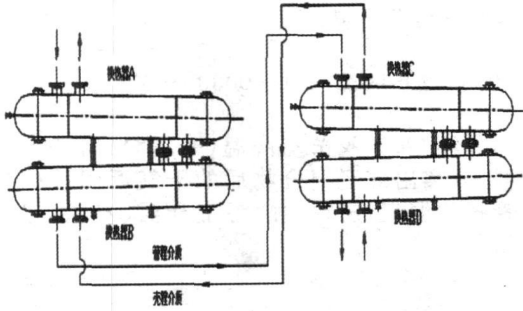


图2 原料气预冷器叠装示意图

4 存在问题及原因分析

4.1 存在问题

克拉作业区中央处理厂自2004年11月投运后,低温分离器的运行温度按设计要求一直控制在-15(初期控制在-20),但从2006年2月份产量提高,外输压力升高后该运行指标发生偏离。经过对进站压力的调整、单套装置处理量的优化等多方探索和实践,最终的运行温度在-10波动,直接影响了天然气的烃水露点指标。

4.2 原因分析

经过对生产工艺、设备的认真分析和研究,我们认为预冷器换热效果变差,从而造成JT阀前温度达不到设计值,是低温分离器温度运行指标偏离设计值的主要原因。造成预冷器换热效果变差的原因是由于进站天然气的重组分(温度低于18时凝固,高于32后融化)在预冷器的管壳程(管程进口温度40,出口温度-5左右;壳层进口温度-15,出口32)凝固聚集,附着在换热管表面,大大降低换热效率。

通过在检修过程中对预冷器的封头拆开检查,我们发现,在预冷器的管、壳程的确存在着严重的结蜡现象,通过对污垢的取样分析,确定污垢主要为石蜡。

分析原料气预冷器的换热机理,对于固定管板式换热器,其换热壁为管束壁,在管束内外表面结蜡后,以换热壁面有污垢层的圆筒壁传热模式进行讨论,则其总热阻表达式如下:

$$R_t = \frac{1}{h_1 F_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1 F_{m1}} + \frac{\delta}{\lambda F_m} + \frac{\delta_2}{\lambda_2 F_{m2}} + \frac{1}{h_2 F_2} \quad (1)$$

原料气预冷器管程较壳程含有更大量的重烃(石蜡),管程中湿气更易结蜡,产生对热对流效应起阻碍作用的污垢层。因此,以管壁内表面积 $F_1 =$

$\pi d_1 L$ 作为基准,则以内表面积的单位面积传热系数为:

$$K_1 = \frac{1}{R_t (\pi d_1 L)} \quad (2)$$

由(1)、(2)式得到:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{d_1 \ln \frac{d_2}{d_1}}{2\lambda} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \left(\frac{d_1}{d_2}\right) + \frac{1}{h_2} \left(\frac{d_2}{d_1}\right)} \quad (3)$$

其中令

$$r_{t1} = \frac{1}{h_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{d_1 \ln \frac{d_2}{d_1}}{2\lambda} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \left(\frac{d_1}{d_2}\right) + \frac{1}{h_2} \left(\frac{d_2}{d_1}\right) \quad (4)$$

若换热器壁面两侧没有污垢,则单位面积总热阻为:

$$r_{t1} = \frac{1}{h_1} + \frac{d_1 \ln \frac{d_2}{d_1}}{2\lambda} + \frac{1}{h_2} \left(\frac{d_2}{d_1}\right) \quad (5)$$

式中: R_t —壁面两侧有污垢的总热阻;

r_{t1} —以内表面积为基准的单位面积总热阻;

h_1 —内壁结蜡层的传热系数;

h_2 —外壁结蜡层的传热系数;

δ_1 —内壁结蜡层的厚度;

δ_2 —外壁结蜡层的厚度;

δ —换热壁的厚度;

λ_1 —内壁结蜡层的导热系数;

λ_2 —外壁结蜡层的导热系数;

λ —换热壁的导热系数;

d_1 —管束内径;

d_2 —管束外径;

F_{m1} —壁面高温侧换热面积;

F_{m2} —壁面低温侧换热面积;

F_m —壁面平均导热面积。

分析公式(4)可得出,若是原料气预冷器管束内、外部有结蜡现象,由于石蜡的导热性能很差(导热系数仅为0.00059),则势必增大换热器的单位面积总热阻,并且结蜡越多,总热阻越大,造成对流传热系数 K 值越小,换热效果越差,从而对JT阀前温度,影响低温分离器的运行温度。

5 解决方案确定和实施

针对原料气预冷器结蜡现象的存在,根据装置的工艺条件从调整和优化工艺参数等方面来解决问题。

5.1 清洗预冷器:提高换热效率

原料气预冷器中管壳程气体结蜡,其中管程最为严重,目前中央处理厂主要实施了热水循环加气浮的清蜡方案,方案大体可描述为管程反向热水循环加净化风吹扫,壳程正向热水循环加净化风吹扫,通过热水加热预冷器管束两侧沉积的石蜡,然后用净化风将液体石蜡吹出预冷器,清蜡流程如图3所示:

中央处理厂在2008年9月15日对第四套预冷器装置进行了清洗除蜡,下图4是预冷器清洗前后的管程差压变化趋势图。

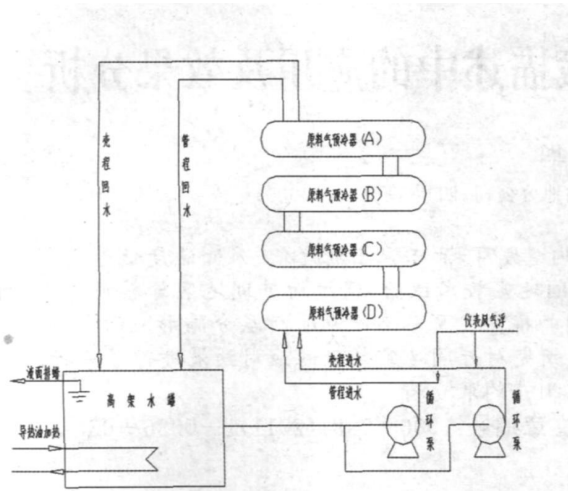


图3 热水循环清蜡流程图

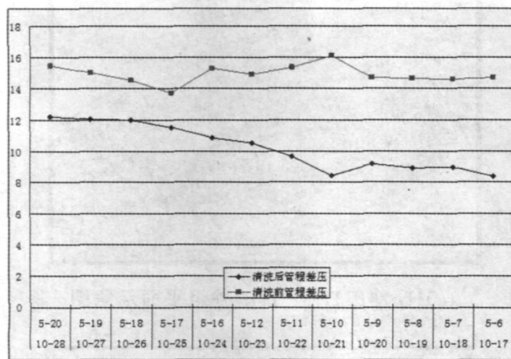


图4 清洗除蜡后预冷器的管程差压变化趋势

管程的石蜡组份。中央处理厂在2009年对其中一套气液分离器更换了分离效果更高的内构件并对该套预冷器进行了清洗。下图5是更换内构件前后该套预冷器的管程差压变化趋势图。

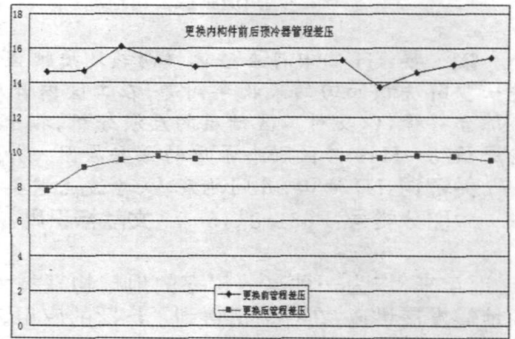


图5 更换内构件前后预冷器的管程差压变化趋势

从上图中看出，更换内构件后的该套预冷器的管程差压能一直保持在很低的水平，说明预冷器的结蜡现象不明显，而且在运行了将近一年的时间后，该套装置的低温分离器运行温度仍然能保持在设计温度（-15左右），这说明更换分离效果更高的气液分离器内构件能有效地避免预冷器的结蜡现象发生。

6 主要结论

天然气中的蜡很容易在预冷器的管壳程中附着，影响换热效率。通过热水循环清洗方法来清除蜡只能在一定时间内（约6个月）让换热器达到换热效果，不能根本解决换热器出现的结蜡现象。通过更换气液分离器内构件的方法可以大大减少进入预冷器的原料天然气中蜡的含量，使预冷器的换热效果能够达到设计要求，从而保证了低温分离器的运行温度，使得产品气水露点合格。采用固定管板式换热器作为预冷器可以很好地满足高压含蜡天然气低温分离工艺，能弥补其他类型换热器所存在的不足。

[参考文献]

- [1] 张强,等. 克拉2气田培训手册.
- [2] 王遇冬,等. 天然气处理与加工工艺[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999.
- [3] 朱利凯. 天然气处理与加工[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996.
- [4] 《换热器设计》化工设备全书[M]. 上海: 科学技术出版社.

从上图中看出，清洗后的预冷器在一定的时间内管程差压保持较低，但在运行一定时间后，管程差压逐渐增大，接近清洗前预冷器的管程差压，说明管程结蜡现象加重。这种清理除蜡方法，可以在一定的时间让预冷器的换热效果达到设计要求，但装置运行了一段时间后，预冷器又开始结蜡严重。

5.2 更换气液分离器内构件

经过清洗发现，清洗后的装置只能在一段时间内保证低温分离器运行温度在设计值范围内，一段时间后原料气预冷器又重新结蜡。如果对装置进行频繁的清洗，不但耗费大量的人力物力，而且也不利于装置的安全运行。

因此认为在原料气进入预冷器前设计拦截部分重组分是更为有效的方法。原料气预冷器的管程结蜡在很大程度上与前端的气液分离器的分离效率有关系，高效的气液分离能够有效的减少进入预冷器

Abstract: The central treatment plant of kela2 gas field adopts low temperature technology to separate the water and condensate oil in the gas. We choose the fixed tube-sheet exchanger after comparison. At the same time, the wax arises in the exchanger because of low temperature. The article introduces some measures to solve these problem after analysis.

Key words: Fixed Tube Sheet; Exchanger; Wax; Cold Service; Applied Research