

凝析油稳定装置设计优化

薄光学 蒲远洋 刘 棋 朱礼君 程 林

中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司,四川 成都 610017

摘要:

凝析气田天然气中凝析出来的液相组分是未稳定的凝析油,凝析油稳定装置目前仍是凝析气田开发的必然选择,国内已有近三十年的使用经验。在总结以往设计和生产操作经验基础上,对凝析油稳定装置的工艺流程、方法进行了简要介绍;对凝析油稳定装置关键设备的选型及关键参数进行优化,重点是预闪蒸罐的结构形式的选择、操作温度和压力的确定;对凝析油稳定塔顶和塔中进料比例分配进行了分析,从而优化工艺流程设置,节约能源,提高经济效益。

关键词:

凝析油稳定装置;三相分离器;电脱盐罐;凝析油稳定塔;操作压力

文献标识码:B

文章编号:1006-5539(2011)04-0037-04

0 前言

凝析油是指从凝析气田的天然气中凝析出来的液相组分。天然气中部分较重的烃类在油层的高温、高压条件下呈气体状态,采气时由于压力和温度降低到地面条件,这些较重的烃类从天然气中凝析而出,成为凝析油(轻质油)。凝析油的主要成分是 $C_5 \sim C_8$ 烃类的混合物,并含有少量大于 C_8 的烃类以及二氧化硫、噻吩类、硫醇类、硫醚类和多硫化物等杂质,馏分多在 $20 \sim 200\text{ }^\circ\text{C}$,比重小于 0.78,其重质烃类和非烃组分的含量比原油低,挥发性好。凝析油可直接用作燃料,并且是炼油工业的优质原料^[1]。

全球已发现的凝析气田超过 12 200 个,主要分布于美国、俄罗斯、澳大利亚、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦及中东和亚太地区。目前中石油所开发的气田除川渝地区以干气田为主,其它像新疆及海外地区大部分为湿气田即凝析气田,因此凝析油稳定装置的建设成

为气田开发的必然选择,凝析油稳定装置工艺选择及优化显得尤为重要。

1 凝析油稳定工艺

1.1 凝析油稳定的目的

为降低油气集输过程中的蒸发损耗,将凝析油中挥发性强的轻组分脱除,以降低凝析油在常温常压下的蒸汽压,使凝析油的蒸汽压达到一定的要求,也是凝析油在运输和储存过程中的安全保障^[2]。这种在凝析油储存前将轻组分从凝析油中除去的工艺为凝析油稳定,主要是对未稳定凝析油中挥发性最强组分 $C_1 \sim C_4$ 的分离,分离得越多越彻底,凝析油稳定的程度越高。由于凝析油饱和蒸汽压主要取决于凝析油中易挥发组分的含量,所以凝析油稳定的深度通常可以用最高储存温度下凝析油的饱和蒸汽压来衡量。

收稿日期:

2011-01-11

基金项目:

中国石油天然气集团公司海外重点工程资助项目(S2010-14)

作者简介:

薄光学(1983-),男,河北南宫人,助理工程师,学士,主要从事油气处理研究与设计工作。

1.2 凝析油稳定的方法

稳定方法基本上分为闪蒸法(一次平衡汽化可以在负压、常压、微正压下进行)和分馏法两类。采用哪种方法应根据凝析油的性质、能耗、经济效益等因素综合考虑。凝析油稳定工艺设计的出发点是如何在能耗最小的情况下,达到最理想的稳定效果。

凝析油稳定的标准一般是按照我国现行行业标准 SY/T 0069-2000《原油稳定设计技术规范》,该规范要求,国内各油田的原油稳定后的饱和蒸汽压,在其

最高储存温度下的设计值不宜超过当地大气压的 0.7 倍,对于采用敞口储运(如铁路、公路、水路等)的原油,其稳定后饱和蒸汽压可略低一些,但稳定装置对于 C_5 和 C_5 以下组分的收率不应超过未稳定原油在储运过程中的原油自然蒸发损耗率^[3]。由于各国具体情况不同,对稳定凝析油饱和蒸汽压的要求不完全一致。国外一般是以雷诺蒸汽压衡量,即雷诺蒸汽压小于 68.9(夏天)~82.7 kPa(冬天)。凝析油稳定装置典型工艺流程见图 1。

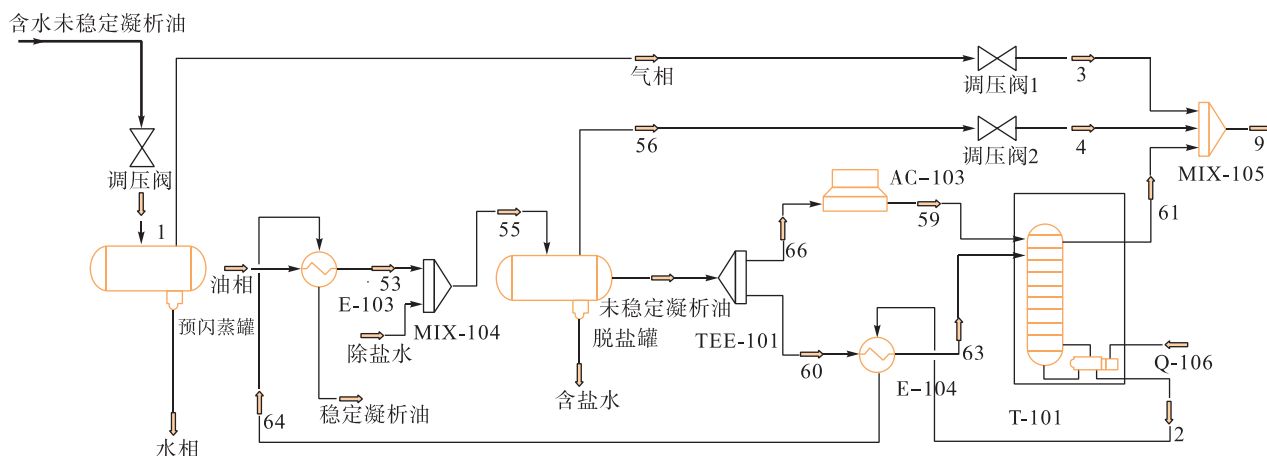


图 1 凝析油稳定装置典型工艺流程图

由图 1 可见,含水未稳定凝析油经过调压阀调压后进入预闪蒸罐进行油水气三相的初步分离,分离后的油相经过换热器加热并与除盐水混合进入电脱盐罐,除去凝析油中大部分的盐,脱盐后的凝析油分两股进入凝析油稳定塔,一路经空冷器冷却后进入塔顶,一路经与塔底稳定凝析油换热后进入塔中,这两股凝析油经过凝析油稳定塔内的传质传热达到稳定状态,稳定后的凝析油从塔底排出,经过两次换热达到储存要求后输送到稳定凝析油储罐。

另外从预闪蒸罐、电脱盐罐及凝析油稳定塔分离出的气相一般是集中或分别输往脱硫单元(天然气处理厂内用来除去原料气中的 H_2S 和 CO_2 等所设置的装置)脱除 H_2S 后,进入燃料气管网或进入后续脱水脱烃等其他处理装置。

某些工况下,凝析油稳定塔操作压力较低,无法满足塔顶闪蒸汽压力输送要求,需考虑设置闪蒸汽增压机。

1.3 凝析油稳定装置设计能力

凝析油稳定装置设计能力应与整个凝析气田或区块凝析油产量相适应,装置允许的进料波动范围宜取 60%~120%^[4]。

2 凝析油稳定装置关键设备及参数优化

凝析油稳定装置的关键设备主要包括:预闪蒸罐、电脱盐罐、凝析油稳定塔。

2.1 预闪蒸罐

预闪蒸罐一般是采用三相分离器,对含水未稳定凝析油进行油水气的分离。

2.1.1 预闪蒸罐结构形式

常用的预闪蒸罐结构形式见图 2。

图 2 为典型的预闪蒸罐—三相分离器的结构,在基本情况下,包含了三个段:一个入口段、一个沉降段和一个分离段。

2.1.1.1 入口段

a)液体通过装备有输入设备的进流口进入到入口段。对于入口设备,存在有两种可能性:直接通向容器顶部的管道或一个开槽管;

b)在入口和沉降段之间,应该安装一个稳定导流板(开口板,见图 2 虚线)以在沉淀舱中生成一个稳定的流体,从而增进两相液体的分离。导流板的典型的净自由面积为 30%,厚度至少为 12 mm。导流板厚度越大,导流板后的顺流就越均匀。在导流板的底部,允

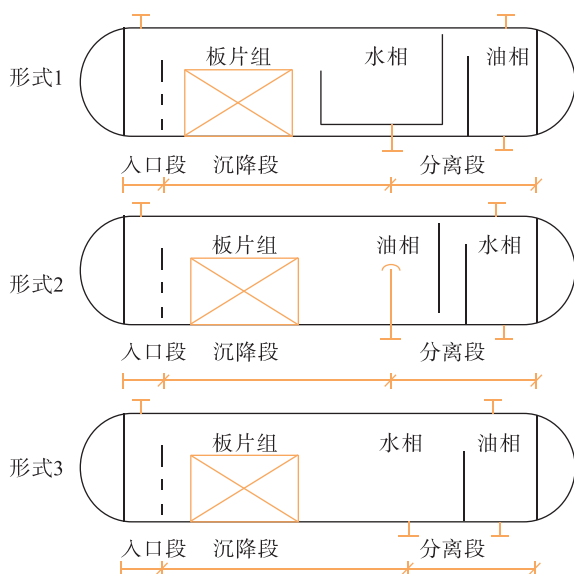


图 2 预闪蒸罐—三相分离器构造形式

许有一个很小的开口以利于清洁；

c) 三相分离器的入口段应该足以容纳流入的液体,并容许到稳定导流板的一个合理的流动距离。入口段长度至少 $0.5 D$ (切线和稳定导流板之间的距离)。

2.1.1.2 沉降段

沉降段可看作是两个水平区域:一个上部区域,在每个流动情形中轻状态的液体从上部流过,从而可以使重状态液滴沉降下来;一个下部区域,在每个流动情形中重状态液体从下部流过。流动状态如图 3 所示,沉降段在液体出口处结束。

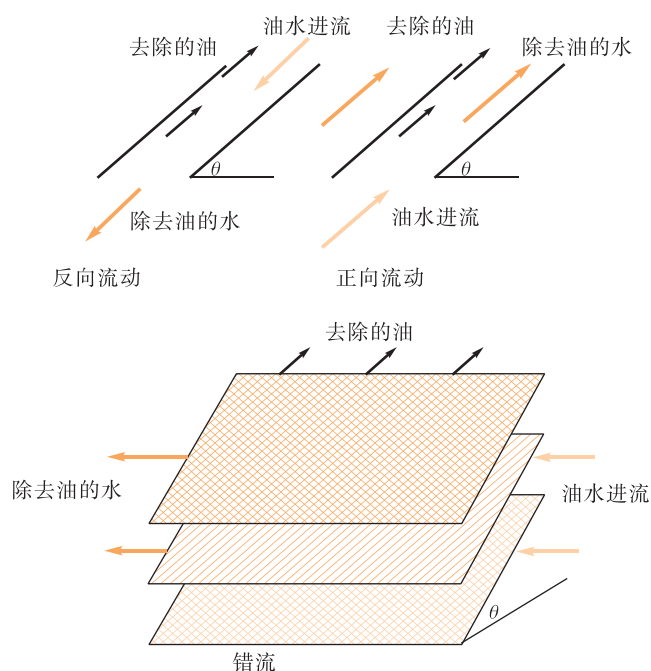


图 3 沉降段流态图

2.1.1.3 出口段

出口舱应该足以容纳两个液相出口,其典型的长度为 $0.25 D$ 。

2.1.2 分离要求

三相分离器的分离要求一般是在工作温度和工作压力下,能达到规定的处理量和分离效率;水相中的油含量应小于 500 mg/L ,油相中的水含量小于 500 mg/L 。

2.1.3 三相分离器操作压力

三相分离器的操作压力应是在满足后续压力要求的情况下尽可能低;如前文所述,气相一般情况下输往脱硫单元,压力要求大概在 0.7 MPa(g) 。对油相,由于电脱盐罐操作压力要求比 70°C 时流体饱和蒸汽压高 0.3 MPa 左右,从图 4(以某工程为例)可以看出在 70°C 的露点压力约为 2.9 MPa ,所以电脱盐罐的操作压力应为 3.2 MPa 。故预闪蒸罐压力应是 $P=3.2 \text{ MPa}+\Delta P(\text{换热器})+\Delta P(\text{调节阀})$ 。

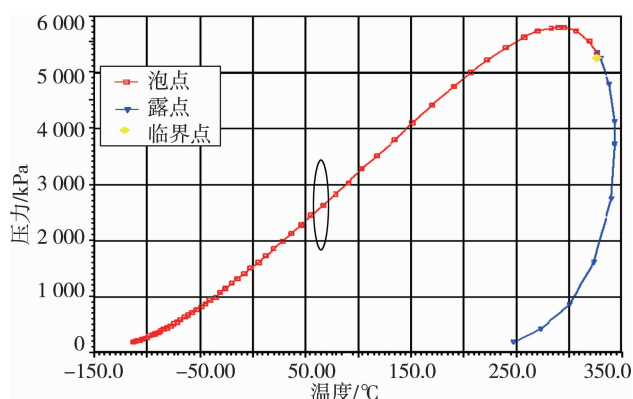


图 4 不同温度下物流对应的饱和蒸汽压

2.2 电脱盐罐

2.2.1 设置电脱盐罐的必要性

a) 从地下开采出来的凝析油,含有 NaCl 、 MgCl_2 、 CaCl_2 等盐类。这些盐类绝大部分溶解在凝析油所含的水中,一小部分悬浮在凝析油中,直接处理凝析油将会造成设备的腐蚀,增加装置能耗,影响操作稳定;

b) 含水凝析油通常情况下会携带一些固井泥浆及压井修井液,运行时油水形成乳状物,导致油水无法分离。但在脱盐时会注入水和破乳剂,这样大部分泥沙就会溶解到水中,随水排出,起到净化凝析油的效果,有利于稳定操作。

2.2.2 脱盐后含盐量的要求

脱盐后含盐量:若以防腐为目的,脱盐后含盐量不大于 5 mg/L ;若为了后续加工过程中的催化剂,则需要深度脱盐,脱盐后含盐量不大于 $3 \text{ mg/L}^{[5]}$ 。

2.2.3 电脱盐效果

电脱盐效果主要取决于破乳剂的种类和数量,电脱盐罐内构件的选取,电流形式,注水量和油水混合强度。

a)破乳剂的作用是削弱乳化颗粒表面膜张力,破坏表面膜的稳定性。破乳剂的形式主要有:超高分子量破乳剂、生物破乳剂、非聚醚型破乳剂等;

b)电脱盐罐内构件基本形式有水平式电极板、立式悬挂电极板、单层及多层鼠笼式电极等;

c)电流形式主要包括交流电、直流电、交直流共用、脉冲电流等;

d)注水的作用是溶解原油中的无机盐和部分有机物,使其随着洗涤水而脱除。电脱盐注水量一般为5%~10%,水质要求不含盐或低含盐,另外pH值也有要求,碱性有利于有机盐的脱除,微酸性则有利于钙盐的脱除^[6];

e)油水混合强度。油水混合强度低,洗涤效果差;混合强度高,乳化层太稳定不易破乳,影响脱盐效果,针对凝析油其混合强度在0.03~0.1 MPa范围内。

2.2.4 操作参数

电脱盐的操作参数,操作温度一般为70℃,操作压力为比70℃时凝析油泡点压力高0.3 MPa。

2.3 凝析油稳定塔

2.3.1 操作压力对产量和热负荷的影响

在其它参数不变(塔顶和塔中进料比为0.57:0.43)的情况下,稳定凝析油符合相应标准要求,见表1。

表1 不同操作压力对比表

稳定塔操作压力/ kPa(a)	塔顶和塔中进料比	塔底稳定凝析油量/ t·h ⁻¹	塔顶闪蒸气量/ t·h ⁻¹	塔底重沸器负荷/ kW
900	0.57 : 0.43	150	15	9 223
500	0.57 : 0.43	149	16	6 265

从表1可以看出,降低操作压力可大大降低塔底热负荷,目的产品稳定凝析油的量损失也较少。因此在保证稳定凝析油和塔顶闪蒸汽外输压力足够的情况下,应采取尽可能低的操作压力,降低全厂能耗,创造更多经济效益。

2.3.2 进料分配对产量和热负荷的影响

在压力不变的情况下,塔中和塔顶不同进料分配对凝析油的产量和塔底热负荷有一定影响,见表2。

表2 不同进料分配对比表

稳定塔操作压力/ kPa(a)	塔顶和塔中进料比	塔底稳定凝析油量/ t·h ⁻¹	塔顶闪蒸气量/ t·h ⁻¹	塔底重沸器负荷/ kW
900	0.57 : 0.43	150	15	9 223
900	0.25 : 0.75	147	18	6 344

从表2可以看出,减少塔顶进料,增加需换热的塔中进料同样能起到降低塔底热负荷的作用,目的产品稳定凝析油的损失也较少,因此在能够制造合适的未稳定凝析油/稳定凝析油换热器的前提下,应较多地采用塔中进料换热后进入稳定塔,以降低能耗,节约成本。

3 结论

凝析油稳定装置是凝析气田开发必须的装置之一,因此对凝析油稳定装置的总结、归纳、改进很有必要。本文对凝析油稳定装置工艺进行了介绍,对其中关键设备三相分离器和电脱盐罐的尺寸、压力、温度的确定进行了分析,对影响稳定凝析油产量和全厂经济效益的凝析油稳定塔的操作压力,塔中、塔底进料分配比例进行了比较,对优化流程设置,节约能源,提高全厂经济效益具有指导作用。

参考文献:

- [1] Coolwade 2006. 凝析油资源开发利用值得关注[DB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/.1207f6e9856a561252d36f25.html>, 2010-07-26/2010-12-23.
- [2] 王勇,王文武,郭亚红,等. 苏里格气田凝析油稳定工艺及橇装化研究[J]. 天然气与石油, 2010, 28(6): 49-51.
- [3] SY/T 0069-2000, 原油稳定设计规范[S].
- [4] SY/T 0605-2005, 凝析气田地面工程设计规范[S].
- [5] 李志国. 当前原油电脱盐存在的问题及对策[J]. 石油炼制与化工, 2003, 34(2): 16-20.
- [6] 武俊平. 电脱盐装置操作优化及设备改造[J]. 齐鲁石油化工, 2007, 35(2): 145-148.