

高含 H₂S 气田水及闪蒸气处理新技术探讨

肖芳¹ 周波¹ 刘静¹ 朱巍²

1. 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 610041;

2. 中国石油集团工程设计有限责任公司, 北京 100085

摘要:高含 H₂S 气田集输站场内原料气分离器在气水分离过程中产生的气田水, 在低压闪蒸过程中会闪蒸出大量 H₂S 等有毒气体, 采用常规的燃烧排放方式处置这部分气体, 所产生的 SO₂ 浓度远远超过了国家的相关标准。采用 HYSYS 及 PROMAX 等软件建模分析气田水的闪蒸气与原料气中 H₂S 含量的关系, 通过理论计算闪蒸气燃烧所产生的 SO₂ 浓度, 提出采用金属隔膜式压缩机将闪蒸出的 H₂S 等酸性气体增压回流至原料气管线, 一同输送至天然气净化厂进行脱硫及硫磺回收处理, 实现高含 H₂S 气田集输站场闪蒸气体零排放。

关键词:气田水; 闪蒸气; H₂S; 酸气压缩机

DOI: 10.3969/j.issn.1006-5539.2013.05.025

0 前言

我国川渝地区的天然气气田都含有不同程度的 H₂S, 以正在开发的罗家寨气田为例, 其酸性气体含量分别为: H₂S 10.49% (φ)、CO₂ 10.41% (φ), 属于高含 H₂S 气田。含硫气田水是伴随含硫天然气采出的地层水^[1], 国内中低含硫气田的气田水处理, 主要根据 SY/T 612-2008 《高含硫化氢气田地面集输系统设计规范》^[2] 采用常压或低压闪蒸的方法, 闪蒸气直接排放至大气或通至低压火炬燃烧后排放, 这种方法对周边环境造成的污染较严重, 同时也存在一定的安全隐患。而高含 H₂S 的气田水, 其闪蒸后中 H₂S 浓度很高, 不允许直接排放或通入火炬燃烧后排放, 因此, 对于高含 H₂S 的气田水处理过程中闪蒸气的处理是亟待解决的问题, 经过脱气处理后的气田水, 其处理工艺也有待优化。

1 气田水的闪蒸处理

闪蒸就是高压饱和水进入较低压的容器中后由于压力的突然降低使这些饱和水变成一部分的容器压力下的饱和水蒸气和饱和水。而根据亨利定律 $P=EX$ (P 为

溶质在气相中的平衡分压, kN/m²; X 为溶质在液相中的摩尔分率; E 为亨利常数, P 值与温度、压力以及溶质和溶剂的本性有关), 不同温度与分压下气相溶质在液相溶剂中溶解度不同, 当溶剂压力降低时, 溶剂中的溶质就会迅速解吸自动放出形成闪蒸。

高含 H₂S 气田水中, 闪蒸气是在高压状态下溶解了饱和原料气的气田水在低压状态下释放出的气体, 主要有 H₂S、CO₂、H₂O 等^[3]。由于高压状态下 H₂S 在水中的溶解度远高于原料气中其它组分, 因此低压闪蒸出的气体大部分是 H₂S, H₂S 是高毒且有强烈腐蚀性的气体^[4], 只有将这些有毒气体与气田水尽可能分离, 才能保证后续气田水的输送及处理更安全^[5]。

通过 HYSYS 及 PROMAX 软件分析计算含有不同浓度的 H₂S 原料气在不同压力下分离出的气田水, 经闪蒸后闪蒸气中 H₂S 浓度是随原料气浓度增大而增大的。图 1 是软件模拟计算分离 1 m³/h 的气田水所产生的闪蒸气量与原料气的浓度关系, 图 2 是闪蒸气中 H₂S 所占比例与原料气的浓度关系, 基本上都是成正比的趋势。根据模拟计算, 在闪蒸气组分中 H₂S 所占比例随原料气浓度

收稿日期: 2013-05-16

基金项目: 中国石油天然气集团公司课题“高含硫高含二氧化碳气田地面工程关键技术及设计规范研究”(KY2011-39-0007)

作者简介: 肖芳(1979-), 女, 四川成都人, 工程师, 硕士, 主要从事石油天然气行业中给排水、环保及消防设计工作。

的增加而增加,闪蒸出的 H₂S 总量呈正比增加,当原料气中 H₂S 浓度为 10 %时,1 m³ 气田水产生的闪蒸气中 H₂S 所占比例达到 75 %。

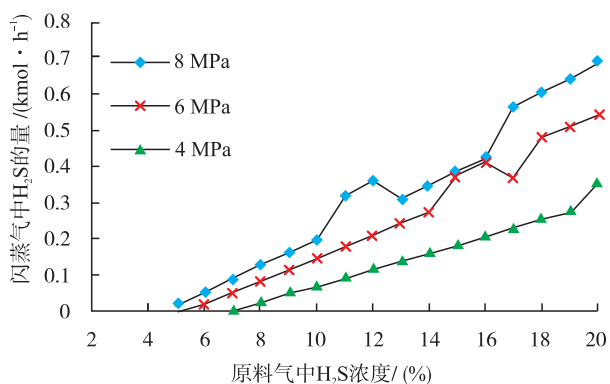


图 1 闪蒸气中 H₂S 的量与原料气关系

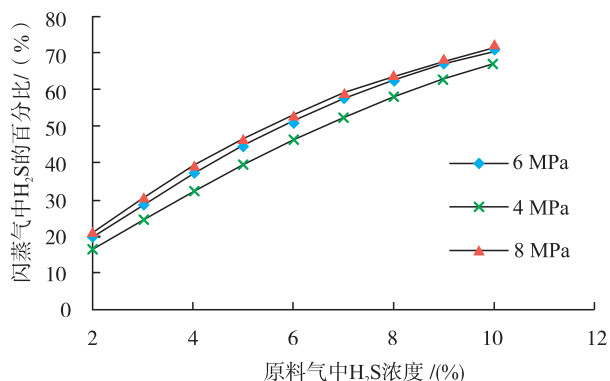


图 2 闪蒸气中 H₂S 的比例与原料气关系

表 1 闪蒸气燃烧计算表

站名	原料气中 H ₂ S 的体积百分比 / (%)	气田水量 / (m ³ ·h ⁻¹)	闪蒸气量 / (m ³ ·h ⁻¹)	闪蒸气中 H ₂ S 的体积百分比 / (%)	闪蒸气燃烧后		
					SO ₂ 排放速率 / (kg·h ⁻¹)	SO ₂ 排放浓度 / (mg·m ⁻³)	SO ₂ 排放浓度超标倍数
1# 集气站	13	0.32	3.56	76.3	7.36	26 774.5	27.9
2# 集气站	10	2	14.5	80.4	31.6	89 643	93.4

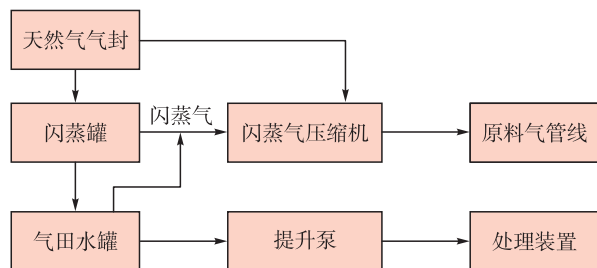


图 3 气田水处理及闪蒸气处理工艺流程

处理工艺中采用的酸气压缩机为电动金属隔膜式压缩机,该压缩机的压缩比大,通常在 1:15 以上,流量范围在 0.6~20 m³/h 及入口压力在 0.1 MPa 时,通过该压缩

2 气田水闪蒸气常规处理中的问题

通过火炬燃烧排放是低含硫气田常见的闪蒸气处理方式,进入火炬的气体主要由两部分组成:一是闪蒸气;二是气封气以及常明灯所需的天然气^[5]。由于高含硫气田闪蒸气里 H₂S 浓度很高,闪蒸气通入低压火炬燃烧处理所产生的 SO₂ 浓度高于 GB 16297-1996 《大气污染物排放综合标准》^[6]要求。当排气筒高度在 50 m 时,二级地区允许的 SO₂ 最高排放速率可达 39 kg/h,而允许的最高排放浓度仅为 960 mg/m³,以表 1 中处于二级地区的川内一高含硫气田为例,其排放速率虽可以满足要求,但 SO₂ 的排放浓度却超标 60~80 倍,因此常规的低压闪蒸,闪蒸气火炬燃烧排放的处理工艺无法解决此问题^[7]。

3 高含硫气田水安全处置新技术

通过研究,采用压缩机将气田水闪蒸气增压后送入原料气管线,闪蒸气随原料气输送至天然气净化厂集中处理,闪蒸气中的 H₂S 最终转变为硫磺,在集气站则不会产生气体污染,减少了整个工程的 SO₂ 排放。图 3 为气田水处理及闪蒸气处理工艺流程。

通过控制闪蒸罐及气田水罐的操作压力,使闪蒸处理后的气田水靠两罐之间的压力差进入气田水罐中,避免了二次提升过程中 H₂S 泄漏,同时气田水在气田水罐中可进一步脱除 H₂S,脱出的气体与闪蒸罐闪蒸的酸气一并进入酸气压缩机,处理工艺中各系统都是密闭的,完全能避免 H₂S 泄漏造成的危险。

机增压后的出口压力可达到 10 MPa 以上,同时压缩机具有良好的密封性和耐腐蚀性,可适用于压缩易燃易爆、有毒有害、具有腐蚀性的气体。

经过闪蒸脱气后的气田水中仍含有常压下饱和的 H₂S 等气体,应密闭输送,在水量较大的集气站可以考虑设置气提塔或吸收塔^[8]等设施进一步去除气田水中溶解态的 H₂S。对于有条件设置气提塔处理闪蒸后气田水的集气站,建议将气提尾气仍通过火炬燃烧放空,而不进入闪蒸气压缩系统,一方面是因为气田水产生的不连续性,气提只能间歇操作,且气提尾气量较大,其中 H₂S 浓度较低;另一方面是因为若将气提尾气通入闪蒸气压缩

机系统,将会增大压缩机的规模,同时压缩机的选型也相对困难。

经过脱气处理后的气田水,可以根据具体成分及排放方式,选择合理的处理工艺,如混凝过滤等,当采用回注处理^[9]时,应考虑到回注颗粒的大小及回注水与回注井的地层水相容性对回注压力的影响因素,选择封闭型良好的回注层位进行回注。气田水处理后的水质,在没有特殊情况时应满足SY/T 6596-2004《气田水回注方法》^[10]相关水质标准要求,充分实现气田水的零排放。

4 结论

a) 高含 H₂S 气田水产生的闪蒸气直接通入火炬燃烧排放产生的 SO₂ 浓度远远超过了 GB 16297-1996《大气污染物排放综合标准》的要求,通过火炬燃烧排放的工艺已不适用于闪蒸气的处理。

b) 高含 H₂S 气田集输站场的气田水产量小,不适宜于集中处理,而通过电动金属隔膜式压缩机将气田水闪蒸产生的低压酸气增压返回至原料气中,再与原料气一同输送至天然气厂进行脱硫处理,可以从根源上实现站场闪蒸气体零排放,有效解决集输站场大气污染的问题。

c) 闪蒸脱气处理后的气田水中由于仍含有饱和状态的 H₂S,应采用密闭处理及再次脱气处理,进一步脱除气田水中 H₂S,降低气田水后续处置过程中的风险。实际工程中,采气井气质组分差别较大,气田水成分复杂,生产过程中高压分离出的气田水是两相物质状态,精确取样困难,无法得到最贴近实际工况的数据。因此气田水的闪蒸过程均是通过软件模拟计算所得的理论数据,建议下一步将气田水的闪蒸过程在实验室中进行实际模拟再取样分析,更有利于指导工程设计。

参考文献:

- [1] 唐晓东,张小川. 含硫气田水的综合治理技术[J]. 工业水处理,1999,19(4):7-9.
Tang Xiaodong, Zhang Xiaochuan. Comprehensive Control Technique of Gas-Field Sour Water [J]. Industrial Water Treatment, 1999, 19(4): 7-9.
- [2] SY/T 0612-2008, 高含硫化氢气田地面集输系统设计规范[S]. SY/T 0612-2008, Code for Design of Gathering and Transmission Systems in Highly Hydrogen Sulfide Gas Field [S].
- [3] 童富良,张永红. 含硫气田水处置探讨[J]. 天然气与石油, 2008, 26(1): 61-63.
Tong Fuliang, Zhang Yonghong. Discussing for Sour Gas Field Water Disposal [J]. Natural Gas and Oil, 2008, 26(1): 61-63.
- [4] 叶燕,向启贵,刘爱红,等. 罗家寨气田水的处理探讨[J]. 石油与天然气化工, 2005, 34(3): 221-222.
Ye Yan, Xiang Qigui, Liu Aihong, et al. Discussing for Treatment High-acidic Sulphur Gasfield Wastewater in Luojiashai Gasfield [J]. Chemical Engineering of Oil and Gas, 2005, 34(3): 221-222.
- [5] 岑芳,赖枫鹏,罗明亮,等. 高含硫气田开发难点及对策[J]. 内蒙古石油化工, 2007, 33(3): 173-175.
Ceng Fang, Lai Fengpeng, Luo Mingliang, et al. The Difficulty and Countermeasure of High Sulfurous Gas Fields Development [J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2007, 33(3): 173-175.
- [6] GB 16297-1996, 大气污染物排放综合标准[S].
GB 16297-1996, Comprehensive Emission Standard of Air Pollutants [S].
- [7] 杨静,张庆林,程华,等. 高酸性气田地面工艺配套技术及发展前景[J]. 天然气与石油, 2012, 30(1): 20-22.
Yang Jing, Zhang Qinglin, Cheng Hua, et al. Supporting Technologies and Development Prospect of High Sour Gas Field Surface Development [J]. Natural Gas and Oil, 2012, 30(1): 20-22.
- [8] 周明宇,梁俊奕,李建,等. 我国天然气净化厂酸气处理技术新思考[J]. 天然气与石油, 2012, 30(1): 32-35.
Zhou Mingyu, Liang Junyi, Li Jian, et al. New Ideas for Sour Gas Treatment Process of Natural Gas Purification Plant in China [J]. Natural Gas and Oil, 2012, 30(1): 32-35.
- [9] Fakhru'l-Razi A, Pendashteh A, Chuah L A, et al. Review of Technologies for Oil and Gas Produced Water Treatment [J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 170(2-3): 530-551.
- [10] SY/T 6596-2004, 气田水回注方法[S].
SY/T 6596-2004, Gas-Field Water Reinjection Methods. [S].