

含 H₂S 油田地面工程设计探讨

张园¹ 张小龙¹ 何毅¹ 王昌尧¹

摘要: 随着长庆油田的不断开采,很多油区原油中陆续发现了 H₂S 气体。H₂S 不仅腐蚀性强,对设备、管线腐蚀速度快,而且毒性大,对操作人员的人身危害大。通过提高站场密闭工艺和自控水平,减少工作人员操作程序,降低 H₂S 的危害,利用 HYSYS 软件对该接转站原油组分及伴生气组分进行模拟,通过模拟选择合适的管材,以达到油田高效开发和安全生产的目的。

关键词: H₂S; 腐蚀性; 毒性; 密闭工艺

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.8.015

Discussion on the Surface Engineering Design in H₂S Oilfield

Zhang Yuan, Zhang Xiaolong, He Yi, Wang Changyao

Abstract: H₂S has been found in many regions in Changqing Oilfield during the continuous exploitation, which has got strong corrosivity, and also toxic, severely harmful for operators. The risk brought by H₂S could be reduced through improving the level of station closed process and automatic controlling, and reducing the operating procedure. Using HYSYS software to simulating the composition of crude oil and the fraction of associated gas, and then select the appropriate pipe. On this account, the development of the oilfield could be more efficient, and the production could be more safe.

Key words: H₂S; corrosivity; toxicity; closed process

油田开发、开采及输送过程中的 H₂S 不仅腐蚀性强,使原油泄漏,造成巨大的经济损失,而且 H₂S 的毒性也严重威胁着国民的人身安全。目前长庆油田很多油区原油中发现了 H₂S 气体,为了确保高效开发和安全生产,本文结合长庆油田的实际情况,对含 H₂S 的站场进行工艺优化、管材选择及安全防护措施方面的研究。

1 H₂S 的危害及来源

H₂S 在油田地面系统主要存在于伴生气及未分离的含水原油中,其在油田地面系统的危害主要体现在腐蚀性和毒性^[1]。

(1) 腐蚀性。干燥的 H₂S 对金属材料无腐蚀破坏作用, H₂S 只有溶解在水中才具有腐蚀性。在油气开采中,与 CO₂ 和 O₂ 相比, H₂S 在水中的溶解度最大。H₂S 一旦溶于水便立即电离而呈酸性,具有很强的腐蚀性,其腐蚀形式包括氢鼓泡、氢致开裂、硫化物应力开裂等。

(2) 毒性。H₂S 是一种剧毒气体,主要经呼吸

道进入人体内,在体内的游离 H₂S 和硫化物来不及氧化时,可使中枢神经麻痹,引起全身中毒反应,对人体危害严重。

油田各井区 H₂S 成因复杂,由地层中无机硫化物和有机 H₂S 通过复杂的演化过程而形成^[2]。主要有以下 2 种途径:①地层岩石、水中的无机硫化物通过温度、压力、植物酸、硫酸盐还原菌等综合作用转化为 H₂S;②石油中的有机硫化物如硫醇、硫醚、二硫化物等在地层温度、压力下不断发生裂解转化为 H₂S。

2 油田 H₂S 含量现状

随着油田的不断开采,近年来陆续在各采油厂出现了 H₂S,其含量见表 1。

由表 1 可知,超标区块集中在区块一、区块二和区块四,开采层位主要是长 2 及延安组;在各集输站点中, H₂S 主要分布在缓冲罐、沉降罐和污水罐等含水部位,其中沉降罐浓度最高,说明 H₂S 在集输系统有次生现象。

¹西安长庆科技工程有限责任公司

表1 各采油厂H₂S含量现状

超标区块	超标井比例/%	H ₂ S浓度/ (mg·m ⁻³)	超标站点比例/%	H ₂ S浓度/ (mg·m ⁻³)
区块一	26.3	50~3 000	22.7	100~720
区块二	14.8	20~500	43.6	15~7 600
区块三	1	10~200	6.7	50~7 600
区块四	39	500~10 000	50	15~760

3 含H₂S油田地面工程设计

针对油田H₂S的危害及来源，地面工程设计遵循如下思路：

(1) 针对H₂S毒性强的特点，采用站场全密闭工艺，密闭空间加强通风设计，降低站内值守人员接触H₂S的概率。

(2) 针对H₂S的腐蚀性，选择抗硫材质的工艺设备、阀门，通过HYSYS模拟计算，制定管材选择标准。

(3) 针对取样口、放空口、收球装置作业时人员必须接触的地方，设置H₂S检测报警系统，加强员工人身安全防护设施。

以某含H₂S原油接转站为例进行说明。该站有井场13座，辖井35口，设计规模600 m³/d，设计压力2.5 MPa。该区块H₂S检测值为4 100~10 000 mg/m³。

3.1 站场布局

为了防止H₂S的聚集，有利于H₂S气体的及时散发，对含H₂S油田站场要选在地势较高处，避开窝风区，且要有良好的通风性；在平面布置上，油气设施需布置于场站边部，最小风频方向的上风侧；生活区需与生产区分离；站场围墙采用防翻越围栏，便于通风以防止H₂S的聚集；油气设备的露天布置能有效减少H₂S的聚集。

3.2 工艺流程

来油进入总机关混合后，通过收球装置进入加热炉，加热后进入分离缓冲罐进行油气分离，分离出的混合油经外输泵增压后进入加热炉进行二次加热，然后经过流量计进行液量计量后外输至某联合站。分离出的气体经伴生气分离器分离后，供加热炉燃料使用，其余气体通过火炬充分燃烧消除H₂S的危害。站内设200 m³的事故罐1具，用于事故状态下存储原油，同时具有接收站外管线吹扫来油的功能。工艺流程如图1所示。

将站场设备安全阀放空管线密闭引至站外火炬，通过火炬充分燃烧消除H₂S。

事故罐罐顶呼吸阀，常规呼吸阀H₂S会随呼吸损耗挥发出来，存在极大的安全隐患，事故罐是集

输系统中H₂S含量最高的场所。H₂S站场中应用抗H₂S型带呼出接管的阻火呼吸阀代替常规呼吸阀，通过呼出接管引排气管线至站外火炬，通过火炬充分燃烧消除H₂S，如图2所示。

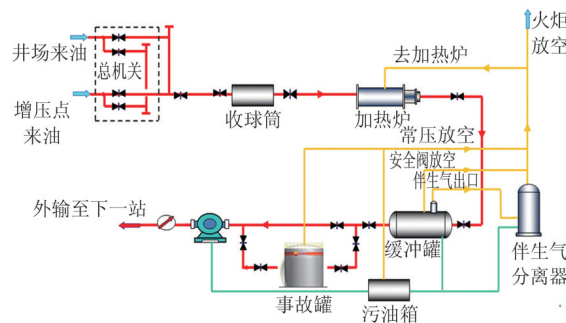


图1 接转站工艺流程示意图

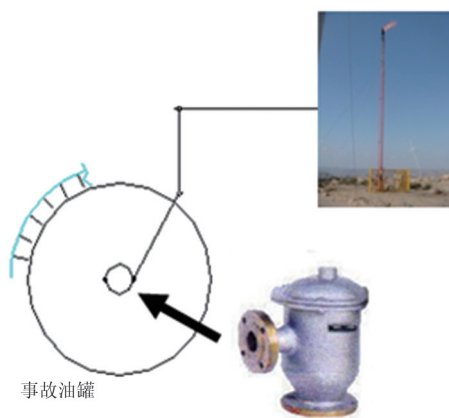


图2 消除罐内H₂S流程示意图

将污油箱通气管线密闭引至站外火炬，通过火炬充分燃烧消除H₂S。

通过上述管线密闭达到含H₂S站场地面工艺流程密闭，减少H₂S的挥发。

3.3 管材选择

针对H₂S的腐蚀性，含H₂S油田地面系统中的工艺设备、管材、阀门等油气管道组成件的材料应按照《天然气地面设施抗硫化物应力开裂和抗应力腐蚀开裂的金属材料要求(SY/T 0599—2006)》划分碳钢或低合金钢SSC的酸性环境严重程度的区域并进行管材选型。

碳钢或低合金钢发生SSC酸性环境的严重程度与H₂S分压(p_{H_2S})和溶液的pH值有关。

利用HYSYS软件对该接转站原油组分及伴生气组分进行模拟，首先利用MIX-100及V-101制备含饱和H₂S的液相原油组分，其次利用MIX-105制备含饱和H₂S的原油组分(气、液相)，最后利用V-102分离出含饱和H₂S的气相、液相，如图3所示。

从模拟结果可以看出，CO₂为0.182 6%，H₂S

为 $4\ 100\sim 10\ 000\ \text{mg}/\text{m}^3$ ，设计压力为 $2.5\ \text{MPa}$ ，应用上述基本数据对管线 SSC 环境严重程度区域进行划分。

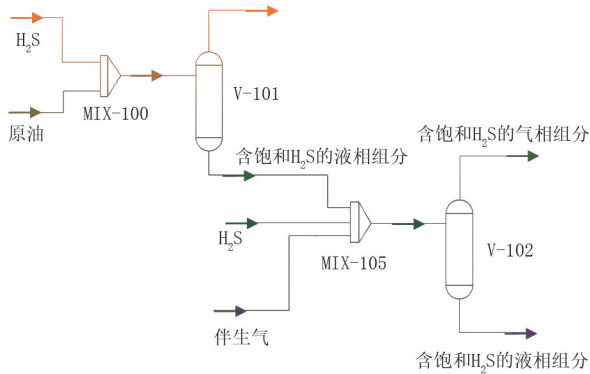


图3 HYSYS模拟

依据规范 SY/T 0599—2006，首先计算 $p_{\text{H}_2\text{S}}$ 、 p_{CO_2} 、 $p_{\text{H}_2\text{S}}+p_{\text{CO}_2}$ ；然后依据 $p_{\text{H}_2\text{S}}+p_{\text{CO}_2}$ ，查附录 A 计算出原位 pH 值；最后依据 $p_{\text{H}_2\text{S}}$ 、原位 pH 值，根据条文 4.4 对含 H_2S 介质的管线管材 SSC 环境严重程度的区域进行划分^[3]。经计算，由于设计压力为低压，该站的 SSC 环境严重程度的区域超出了 SY/T 0599—2006 区域，但由于 $p_{\text{H}_2\text{S}} \geq 0.000\ 3\ \text{MPa}$ ，故认为该站划分区域为 SSC1 区。

依据多年的现场经验，长庆油田的站场集输和原油集输管道一直采用 20# 无缝钢管。根据规范 SY/T 0599—2006，推荐管线选用 20# 无缝钢管，标准选用《高压化肥设备用无缝钢管 (GB 6479—2000)》，工艺设备、阀门等需选用抗 H_2S 型的。除此之外，所有工艺设备元件选用的管材应考虑异种钢材的焊接问题，因此不论是连接件或是设备元件本身，都宜选用相同或相近的材质；阀门不应含有铜质密封件。

3.4 人员安全防护措施

(1) 通过工艺流程密闭，站场仍然存在放空口、取样口等有 H_2S 泄漏区域，例如该接转站总机关收球区、集输区、罐区、计量外输区应设置 H_2S 气体检测报警。

(2) 针对取样口、放空口、收球装置作业时人员必定接触，在 H_2S 泄漏区域须设置正压式空气呼吸器及手持 H_2S 气体检测仪^[4]。

(3) 储油罐上增设雷达液位计，减少员工上罐量油操作工序，避免 H_2S 浓度超标带来的风险。

(4) 针对配发的应急防护器材组织员工培训，员工须熟练掌握正压式空气呼吸器、 H_2S 气体检测仪等佩带使用及维护保养方法；对 H_2S 中毒急救方

法进行培训，并定期组织开展 H_2S 中毒应急演练，提高员工自救互救能力。

(5) 所有 H_2S 井站设置风向标，让员工辨识风向，作业前必须站立在上风口。

(6) 站外设置放空火炬，实现站内含 H_2S 伴生气全部燃烧，减少 H_2S 对大气的污染。

4 结论

针对长庆油田 H_2S 站场在 6 个方面进行了防治。针对 H_2S 毒性强的特点，采用站场工艺全密闭，密闭空间加强通风设计，降低站内值守人员接触 H_2S 的概率；针对 H_2S 腐蚀性强的特点，选择抗硫材质的工艺设备、阀门，给出管材选用标准，提高耐腐蚀性；提高人身安全防护措施，设置 H_2S 气体检测报警，配发 H_2S 应急防护器材；提高站场自控水平，实行数字化管理，如在事故罐上设置雷达液位计，减少上罐量油操作工序；实现站内设备露天布置，便于通风，减少 H_2S 的聚集；设置放空火炬，实现站内含 H_2S 伴生气全部燃烧，减少 H_2S 的危害。

虽然上述工艺技术的实施在一定程度上提高了长庆油田含 H_2S 站场的安全操作水平，但仅仅是“防”，在下一步的工作中，仍要在小型站场脱硫技术上进一步攻关，以期从根本上解决站场的 H_2S 危害。

参考文献

- [1] 廖仕孟. 天然气采输作业硫化氢防护[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2013: 9-14.
- [2] 马志鑫. 彭阳油田硫化氢成因与防治对策[J]. 油气田地面工程, 2013, 32(6): 28-29.
- [3] 国家发展和改革委员会. 天然气地面设施抗硫化物应力开裂和抗应力腐蚀开裂的金属材料要求: SY/T 0599—2006[S]. 北京: 石油工业出版社, 2007: 4.
- [4] 国家发展和改革委员会. 含硫油气田硫化氢监测与人身安全防护规程: SY/T 6277—2005[S]. 北京: 石油工业出版社, 2005: 2-4.

作者简介

张园: 工程师, 2008年毕业于西北大学化学工艺专业, 从事油田地面工程设计工作, 029-86599267, zyu-an5_cq@petrochina.com.cn, 陕西省西安市未央区兴隆园小区长庆大厦1004室, 710018.

收稿日期 2015-12-10

(栏目编辑 李娜)