

Shiyou Dimian Gongcheng Sheji Lunwenji

石油地面工程设计 论文集

《石油地面工程设计论文集》编委会 编



石油工业出版社

石油地面工程设计论文集

《石油地面工程设计论文集》编委会 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书从中国石油集团工程设计有限责任公司历年评出的优秀论文中选取了能够代表行业先进水平和具有一定指导意义的论文 100 篇,内容包括油气集输、油气储运、炼油化工、电信自控、给排水及环保、压力管道及设备、防腐、技术经济、勘察测量等。

本书可供从事石油地面工程设计的技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

石油地面工程设计论文集/《石油地面工程设计论文集》编委会编.
北京:石油工业出版社,2008. 11

ISBN 978 - 7 - 5021 - 6846 - 9

I. 石…

II. 石…

III. 石油工程 - 地面工程 - 工程设计 - 文集

IV. TE4 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 167893 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www. petropub. com. cn

编辑部:(010)64523535 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技排版中心

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本:1/16 印张:41. 25

字数:1050 千字 印数:1—1000 册

定价:160. 00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

序

近年来,国民经济持续、快速发展,同时也带来对能源的需求飞速增长。为此,国家先后投资建设了西气东输等一大批大型油气田工程建设项目。能源现状给油气田建设企业带来机遇,也提出了更高的要求。中国石油集团工程设计有限责任公司(以下简称 CPE)作为中国石油直属大型工程设计企业,具有国家综合甲级设计资质,肩负着保障油气田建设的重任,先后承担并完成了西气东输、陕京二线等一大批国家重点项目的的设计任务。面对国内外竞争环境的变化,CPE 始终坚持“培育核心技术,实现科技产业化”的科技理念,把提升自主创新能力放在突出的位置,全面实施技术创新战略。通过加强技术交流,营造学术气氛,实现了员工学术意识和成果意识的提高,全面提升了公司整体创新能力。技术创新已经成为 CPE 建设具有较强国际竞争力工程公司的重要支撑。

CPE 成立以来,在油气田开发、炼油化工等领域,取得一大批技术成果。为了实现技术的集成、有形化和共享,CPE 从 2005 年开始组织优秀技术论文的征集和评选,并在公司内组织学习和交流,取得良好效果。为了进一步鼓励广大工程技术人员参与技术总结和创新,我们从 CPE2005—2007 年评出的优秀论文中选取了能够代表行业先进水平和具有一定指导意义的论文 100 篇予以正式出版,也期待能够借此加强与石油石化同行的技术交流。

当今,中国石油行业的发展正处于重要的战略机遇期。作为中国石油工程设计骨干力量,我们深知技术创新对于企业发展的重要意义,也希望能够在中国石油全面建设具有国际竞争力的跨国企业集团的进程中,奉献自己的一份力量,努力实现技术工作率先与国际接轨。值此论文集出版之际,我真切地希望这本书能够对于中国石油石化行业的技术发展尽绵薄之力。同时,真诚地感谢积极参与撰写论文的广大工程技术人员。让我们继续努力,为中国石油工程技术的发展贡献自己的力量。



2008 年 10 月

前 言

中国石油集团工程设计有限责任公司(以下简称 CPE)自 2001 年成立以来,连续 7 年实现持续快速增长。在发展的同时,CPE 始终高度重视技术进步和技术创新,在对现有技术进行总结的基础上,发展了一大批代表行业先进水平的专有专利技术。为了鼓励创新,CPE 成立了包括油气集输在内的 11 个专业技术协作组,定期组织开展技术交流,并征集和评选优秀技术论文。

本论文集从 CPE2005—2007 年评出的优秀论文中选取了能够代表行业先进水平和具有一定指导意义的论文 100 篇,包括油气集输、油气储运、炼油化工等十多个专业的内容,供石油石化行业人员学习和交流,期待能够对中国石油石化行业的技术发展尽微薄之力。

在论文征集过程中,得到许多领导、学术专家和广大工程技术人员的大力支持,在此表示衷心的感谢。同时,由于篇幅有限,有的文章未能入选,希望有关作者谅解。

由于本书技术性强、涉及面广,是一项综合性的技术基础工作,加之编者经验不足、水平有限,错误在所难免,恳请读者批评指正。

《石油地面工程设计论文集》编委会

2008 年 10 月

目 录

油 气 集 输

我国高含硫天然气集气工艺技术研究	边云燕 向 波 黄 静等(3)
天然气净化厂引进技术消化吸收及自控技术的现状和发展方向	周 平 陈运强 盛炳林等(9)
高含硫气田开发现状及面临的挑战	边云燕 向 波 彭 磊等(16)
克拉2气田集气工艺选择	汤晓勇 宋德琦(23)
含硫天然气脱硫脱水工艺技术方案的选择	陆永康 周 平 康洪波等(30)
天然气高压分子筛脱水新技术	王予新 杨柏松(37)
我国天然气集气工艺技术的新发展	汤晓勇 边云燕 宋德琦等(41)
特高含硫气田开发地面集输工程设计应注意的问题	郭成华 边云燕(56)
我国天然气集、输、配工程标准体系的修订建议	傅贺平 邓 红 章申远(62)
高含硫气田天然气脱水工艺的选择	琚宜林 曾渊奇 罗泽彬(64)
华北油田产能地面建设定型设计思路	张志贵 王宪军(71)
微波强化原油脱水技术的研究进展	张建辉 马 刚 宗雅慧等(74)
高含硫天然气净化厂硫磺回收尾气处理工艺探讨	刘家洪 周 平 刘 杰等(79)
超稠油蒸汽吞吐开采用降黏剂的研制	崔海滨 张志川(89)
解析花土沟油田地面工程设计	张 勇(96)

油 气 储 运

论大口径管道建设的六大关系及设计理念	向 波 陈 静(111)
西气东输靖边至临汾段隧道工程的设计与施工	周晓军 吴克信 郑书进(118)
大口径管道水下隧道穿越设计探讨	王晓峰(132)
西南山区大口径管道建设中的边坡工程问题	亢会明 巫春霖 李束为(135)
数字管道技术发展与应用	杜 毅 杨 茂 刘永茜(140)
数字化管道线路设计软件(DPD V1.0)	王 磊 杨 茂 杜 毅(146)
西气东输工程中卫黄河跨越设计	胡道华 杨守聪 杨成刚等(152)
西气东输放空系统的设计与研究	赵淑珍 胡道华(157)

长输管道穿越中小型河流河床稳定性评价方法初步探讨	郭桂仁 司建国 胡树林	(161)
解析石油天然气长输管道选线及站场选址与工程设计变更	李国兵 熊新强	(167)
液化石油气站有爆炸危险建筑物的防雷分类	黄燕飞	(172)
大型储运项目设计的体会与思考	雷宏利	(174)
土工格室在西气东输工程上的应用	陈 静	(180)
液化天然气的应用与汽化	王 芸 范春焱 熊新强等	(185)
$10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 原油罐设计诸多技术问题探讨	雷宏利	(195)
软土地区油气管道工程地基处理措施	吴克信 胡道华	(199)
山区地基建大型储罐地基处理技术探讨	王 超	(206)
弹性地基上圆筒形储罐罐底边缘区应力分析	田孝伟	(212)
外浮顶罐紧急排水装置的设计分析	刘瑞峰 林丽丽	(219)
LNG 汽车储罐绝热方式研究	陆学同	(226)

炼油化工

炼油工业推行清洁生产浅析	梁林佐	(237)
催化裂化全馏分汽油加氢改质工艺流程设计	康久常	(242)
关于加氢裂化尾油生产润滑油及石蜡的探讨	刘宗麒 张北屿	(248)
有机硅装置中的除尘分离设备	佟 珂 沈定耀	(260)
聚丁二烯胶乳聚合控制系统	孙 旭	(266)
碳纤维加固技术在改造工程中的应用	王 超	(271)
可纺碳纤维沥青工艺技术	罗 玉 文 哲 杨 华	(277)
乙基香兰素工业装置转盘萃取塔的设计	李迎辉 李欣平 宋顺利	(281)
抽余油全组分加氢一分馏工艺制己烷、溶剂油	田晓良 周 敏 冯宝林	(286)
第三代催化干气制乙苯装置设计	曾 蓬	(294)
大连石化公司 $200 \times 10^4 \text{ t/a}$ 煤油加氢装置控制要点	刘淑娟	(302)
燃料型减压系统的设计	冯宝林	(307)
烷基苯装置扩能改造设计	马立红 康久常	(313)

电信电控

110kV 变电所设计技术探讨	王 强	(321)
iFIX 组态软件在油田自动化系统中的应用	王洪举 王锋国	(326)
自动点火系统在火炬气回收装置中的应用	王 宇	(330)
中压变频器的技术特性及运用	何丽梅 高顺华	(335)

抚顺石油化工公司热电厂 66kV 电力系统技术改造 董柏屹(349)

ISO 5167 和 AGA NO3 新版对天然气计量的影响及 SY/T 6143 标
准修订依据和主要修订内容对比 黄 和 游明定 张维臣(355)

哈萨克斯坦原油贸易动态计量技术研究 任新华 马 鑫(359)

给排水及环保

从西气东输工程看长输管线工程环境影响评价 李兴春 陈宏坤(365)

西气东输工程靖边至宁陕界沙地生态环境保护对策 王晓华 李兴春(370)

湿陷性黄土地区长输管道工程灾害治理研究 杨晓秋 宋德琦(373)

环保事故应急防控工程的设计 陈 越(379)

稠油废水回用处理工艺中悬浮物测定方法研究 吴百春(383)

天然气净化厂污水生化处理技术 赵 琼(390)

稠油污水中悬浮物特性及其组成研究 吴百春 李兴春(396)

利用超滤膜技术处理油田含盐采出水研究 张晓飞 刘光全 许 毓等(402)

磐石水源地包气带土二维弥散试验研究 王利刚 曹剑峰 姜纪沂等(408)

压力管道及设备

复合钢板设备在长北气田运用的安全可靠研究 雒定明 刘 刚(417)

动态过滤技术的实验研究及分析 李忠芳 杨振民(423)

脉冲燃气吹灰器在乙烯裂解炉中的应用 牛晓旭 孙 伟(428)

环氧乙烷反应气洗涤塔进料气体冷却器的优化设计 巩传志 孙 伟 宋顺利等(432)

罐区测量仪表设计的选型 金 莉(435)

站场设备与管道组件的设计及制造问题 张有渝 叶卫江 孙国秀(437)

高酸性天然气田开发地面工程金属材料的选择和抗硫
性能评价试验研究 殷名学 姜 放 曹晓燕等(442)

球形储罐球壳板片尺寸计算理论及系统概述 汤智昀(453)

大型储罐设计选材探讨 刘发安 赵树继 刘海宁(458)

进气过滤技术及其相关过滤产品的研究进展 董 磊(464)

高酸性气田内部集输工程水套加热炉设计技术研究 杨 泉 李仁义 宋昭明等(470)

3Cr-1Mo-1/4V 钢制加氢反应器的设计 栾海林 崔云海(475)

20000m³ 威金斯气柜的设计..... 宋 鹏(481)

差压式 T 型阿牛巴流量计的应用 王秋红(489)

防 腐

- 深阳极地床技术在西气东输工程上的应用 张 平 龚树鸣 李 浩(497)
- CO₂ 腐蚀模型的研究现状及发展趋势 李 珣 姜 放 曹晓燕等(501)
- 陆上油田防硫化氢腐蚀问题探讨 汤俊杰 费茹娥 王军平(509)

技 术 经 济

- 长距离输送管道工程可行性研究经济评价方法应用实例 宋国红(517)
- 推行新版《投资估算编制规定》充分发挥经济专业
在项目中的积极作用 朱 伟 刘益超 郑 帆等(525)
- 涩北二号气田高、低压集输技术经济论证 张 伟 刘德平 张 涛等(535)
- 提高初步设计概算文件质量方法初探 田春华 张淑桃(546)
- 石油建设项目投资风险评价方法研究 朱 伟 刘益超 郑 帆(551)
- 建设项目超概算现状及对策 戚仍模(558)
- 辽阳石化公司柴油下海运输方式经济对比 赵洪梅 张媛媛(563)

勘 察 测 量

- 数字化管道技术在勘察设计领域的应用 陈 静 秦兴述(571)
- 大比例尺数字化地形图测绘质量控制 江 斌 吴 航 张志强等(577)
- RTK 技术在线路测量中的应用 桑 悦 江 斌 张志强等(581)

其 他

- 工程设计理念的差距与改进 向 波 汤晓勇 边云燕等(587)
- 真空一堆载预压法处理厚淤泥层软土地基 李晖霞 王会清 彭书庆等(608)
- 采暖期综合管沟内温度分析计算 曾庆林(613)
- 苏丹宾馆双塔结构设计 李 健 尚 军 宋京卫等(619)
- 《建筑设计防火规范》在石化工业建筑设计中的应用 房 栋 汪 洋 张东辉等(624)
- 型钢混凝土组合结构在工程中的初步运用 李 健(630)
- 工作流在数字化管道设计中的应用 王 磊 杨 茂 杜 毅等(634)
- 20t/h 锅炉锅筒爆裂事故分析 唐会权 王淑萍(640)
- 静态破碎剂在抗滑桩坚硬岩石开挖中的应用 亢会明 李束为 张建良(643)

油 气 集 输

我国高含硫天然气集气工艺技术研究

边云燕 向波 黄静 余洋

(中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司)

摘 要 近年来随着气田勘探开发不断发展,高含硫气田相继被发现,已成为我国天然气的重要后备资源,高含硫气田的开发被放在重要的战略地位。本文针对高含硫气田集输工程的工艺、抗硫材质评选、污水处理、防蚀和管道保护等关键技术进行了阐述。

关键词 高含硫天然气 集气工艺 技术研究

1 引言

四川是我国最大的天然气生产基地之一,自 20 世纪 60 年代以来,就开始了含硫气田的开发,生产天然气中 70% 以上含 H_2S 和 CO_2 。根据天然气中 H_2S 含量(按体积百分数)大致可将四川气田分为三种类型: H_2S 含量 7% ~ 13% 的高含硫气田,如中坝气田; H_2S 含量 4.7% ~ 7% 的中高含硫气田,如卧龙河气田; H_2S 含量 1.22% 左右的中低含硫气田,如威远气田。近年来随着气田勘探开发不断发展, H_2S 含量为 10% ~ 15% 的罗家寨、渡口河、铁山坡高含硫气田相继被发现,已成为我国天然气的重要后备资源,高含硫气田的开发被放在重要的战略地位。

为适应含硫气田的开发,先后开展了高含硫气田集输工程的抗硫材质评选、设备加工制造以及施工安装技术要求等方面的课题研究,攻克了工艺技术、污水处理、防蚀和管道保护等关键技术。满足了高含硫气田开发需要,形成了一套适应川渝气田特点的整装高含硫气田开发的成套技术。

2 高含硫集输工艺技术发展现状

即将投入开发的川东北罗家寨、渡口河等气田 H_2S 含量远高于四川已建气田的 H_2S 含量,属高含硫、特高含硫气田。由于 H_2S 为剧毒物质,“12·23”事件充分显现了其高危害性特征,同时气体对钢材具有应力腐蚀开裂和电化学腐蚀影响,因此高含硫气田开发是一项技术难度高、安全和环保矛盾突出、风险大的一项特殊工作任务。

2.1 技术挑战

(1) 国内尚无开发、设计、建设、管理、应急处理整装高含硫、特高含硫气田的系统成熟经验,许多新问题需专题研究。

(2) 气田所处地区人口较为密集,发生事故的危害性极大。“12·23”井喷事故夺去 243

条生命的惨痛教训给我们留下了深刻印象。

(3) 天然气中 H_2S 、 CO_2 并存, H_2S 占 7% ~ 16%, 分压 0.62 ~ 1.4 MPa。 CO_2 占 3% ~ 10%, 分压 0.29 ~ 0.9 MPa, 为重度甚至超过重度酸性环境。给材料选择带来极大困难, 甚至超出了标准指南界定的范围。

(4) 国内有成熟使用经验的管材品种规格少, 高含硫用设备、管件制造能力差, 难以适应大型高含硫气田的开发应用。

2.2 对策及措施

2.2.1 对高含硫集输系统设计进行风险及可操作性分析

高含硫气田开发带来的设备及人身安全防护, 必须贯穿在气田开发工程的全过程。系统地分析研究集输工程的安全风险和防止风险的发生是高含硫气田开发的基本技术路线, 对工程各个设计环节都进行风险及可操作性评价在国内气田集输系统设计中首次得到了采用。

2.2.2 制定高含硫气田开发的成套企业标准

在中国石油天然气集团公司和建设单位的组织下, 经多单位联合攻关, 对高含硫气田开发的集输、净化及配套技术等多个课题进行深入研究, 吸收了四川气田几十年来开发含硫天然气的成功经验, 并通过国外考察、交流、合作、咨询等多种方式, 借鉴了国外高含硫气田开发的先进做法, 提出了适合我国国情的一整套开发技术方案。为统一认识, 指导建设和管理, 编制完成了首套高含硫气田开发的企业标准, 主要包括:

《高酸性气田集输站场及净化装置工程施工及验收规范》;

《高酸性气田集输管道焊接技术规定》;

《高酸性气田集输站场及净化装置工程质量验收标准》;

《高酸性气田集输管道线路工程施工质量验收规范》;

《高酸性气田集输管道工程施工及验收规范》;

《高酸性气田地面集输系统设计规范》;

《高酸性气田集输站场安全技术规定》;

《高酸性气田集气管道安全技术规定》;

《高酸性气田集气管道及储罐内腐蚀控制要求》。

2.2.3 高含硫天然气干气输送

针对集气支干线, 管径大、压力高, 国内管材不能满足输送要求, 而耐蚀合金钢投资又太高等问题, 合理选择输送工艺方案将是集输工艺的关键。罗家寨等高含硫气田根据四川已建含硫气田的成功经验, 并吸收国外先进成熟做法, 确定把解决途径集中在气质处理上, 采取了脱除天然气中的游离水, 集气系统采用干气输送, 从而在原理上根除了腐蚀问题, 提高了系统的安全性。

干气输送有两种方法: 一是加热保温输送, 提升管输温度至高于天然气露点, 保证无液相水析出; 二是脱水常温输送, 降低水露点来保证管输温度高于游离水析出温度。由于加热输送在管道停输时管输温度下降将带来隐患, 因此推荐采用了脱水常温输送工艺技术。

2.2.4 高含硫分子筛脱水

脱水有三甘醇脱水法、分子筛脱水法和低温分离法。与常规的低含硫三甘醇脱水不同, 高

含硫三甘醇脱水的 TEG 富液 H_2S 含量高,再生温度高,腐蚀严重,尾气中 SO_2 排放也难以达到环保标准。低温分离法前期采用 J-T 阀,需注入甲醇或乙二醇,站内分离的富液需经脱硫处理,管输到处理厂进行回收;后期还必须上外制冷装置,流程复杂,投资较高。经考察调研,分子筛脱水技术在国外已广泛应用于高含硫气田,已建成的装置运行达几十年而情况良好。而且随着对安全和环保的日益重视,国外近期建成的高含硫脱水装置基本均为分子筛脱水。结合国内实际情况,推荐在集气站采用国外已有成熟使用经验的高含硫分子筛脱水,达到集气支干线干气输送。

2.2.5 采用 X52 钢管输送高含硫干原料气

长期以来,我国在酸气输送中主要采用 20 号无缝钢管。但 20 号钢管强度低,材料需求量大,造成工程投资增加。针对干原料气输送的特点,分析论证后推荐用强度较高的 X52 钢管,考虑到高强度材料对 SSC 敏感的特性,在材料选用上按符合 ISO 15156《石油天然气工业-油气开采中用于含 H_2S 环境的材料》和 ISO 3183-3《石油天然气工业输送钢管交货技术条件第 3 部分:C 级钢管》要求进行优质碳钢管材订货,通过对施工技术要求的规范和加强,提高管道系统抗腐蚀能力,可保证系统安全、平稳的运行。

2.2.6 气田集输采用的防腐措施

(1) 含硫湿气集输管道,选用抗硫管材,喷注缓蚀剂。

(2) 集气系统脱水装置控制的脱水深度使天然气中水露点低于集输系统管道的最低环境温度 5°C ,设在线水露点监测仪,保证管道内不产生凝析水。

(3) 建立腐蚀监测系统对管道的腐蚀进行在线测量。

2.2.7 高含硫气田的自控安全保护

高含硫气田中自动控制系统的合理设置、可靠性、有效性在气田集气的安全生产中起着至关重要的作用。在高含硫气田安全保护系统(ESD)的正确设计、安全等级的确定、井口地面安全切断装置中切断阀的不同设置、切断阀响应时间的要求、井口安全紧急放空系统的有效使用、提高安全系统可用性的措施以及怎样利用相关信息判断获得真实的联锁动作信息、站场可燃气体及酸气泄漏的检测、站场 ESD 与气田整体 ESD 的关系等问题的合理解决使罗家寨等高酸性气田安全生产管理水平、生产控制水平提高到了一个新的高度,为其他气田起到积极的借鉴作用。

2.3 高含硫气田专有技术

通过近年来对高含硫气田特点的研究,分析高含硫气田开发面临的技术问题,结合传统含硫气田的开发工艺,在遵循现有国家规范的前提下,吸收国外开发高含硫气田的成熟技术和生产实践经验,总结出适合高含硫气田的集输工艺专有技术,主要包括:

(1) 为了避免含硫生产污水分散排放,简化站场污水处理工艺,采用气液混输工艺技术。

(2) 高温、高压、高 H_2S 、高 CO_2 以及高含 Cl^- 地层水腐蚀性强,对系统的材料选择、防腐工艺提出了严峻考验,当采用碳钢+缓蚀剂方案时,配套采用缓蚀剂清管器预膜技术。

(3) 因高 H_2S 、高 CO_2 的存在,原料气的水合物形成温度较高,为了防止水合物堵塞,并避免 CO_2 高温腐蚀,对水套加热炉进行的优化设计技术。

(4) 由于温度和压力的骤然变化,原料气会有单质硫析出,预测系统元素硫可能形成的部位,采用溶硫剂加注工艺技术。

(5) 为了减少 H_2S 排放至大气中,可能对人身安全造成的危害以及对环境造成的污染,在高含硫气田开发中,采用安全泄放技术,即先截断再放空或不放空,放空的原料气燃烧后排放。

(6) 高含硫原料气安全检修置换工艺技术,确保安全生产,达到保护环境的目的。即站场内分段设置原料气检修置换系统,该系统可以保证对检修设备和管段内的高含硫原料气的完全置换,且置换气体进入放空火炬系统。

(7) 含硫污水采用闪蒸脱硫、密闭输送、回注地层的处理技术。

2.4 高含硫气田安全防护

天然气生产为高压易燃易爆危险场所,加之 H_2S 具有剧毒,“12·23”事故血的教训更增强了高含硫气田开发中的安全防护意识,在已建含硫气田成功经验基础上,逐渐形成高含硫气田较为系统完善的安全防护技术。

(1) 深化 HSE 理念。事故状态下人员以疏散为主、工艺设施以截断气源为主,首先保证人身及设施安全等观念逐渐形成,“零事故、零伤害、零污染”已成为安全生产目标。

(2) 加强安全管理。抓好安全培训与宣传,统计周边居民及建筑物详细信息,设置安全警示标志,建立安全集结地,配备人身防护用品,制订应急预案,并定期演练,各种安全准则制度化,安全设施定期维护。

(3) 站场、集(采)气管道的设计系数均降低一级设计,以提高管道自身的强度安全。

(4) 参照国外相关标准,对管道及场站进行安全性评估,严控集输管道、工艺站场与周边居民、建构筑物的安全距离。

(5) 值班室、控制室、倒班公寓建于站场外地势高处,并间隔适当的安全距离,减少站场散发的 H_2S 对人体健康的危害以及事故状态下对人员的伤害。在站场的显著位置设置风向标,指示事故状态下的撤离路线。站内设置高音警笛,以备紧急情况下报警,疏散群众。

(6) 参照国外经验,按地区等级允许的最大 H_2S 泄漏量确定集输管线截断阀室间距,截断阀远程可控,可据泄漏量自动关闭。

(7) 各工艺站场、装置区及集输管道设置可燃气体、 H_2S 泄漏检测仪、火焰探测器。重点区域及场所设置工业电视监视。配备便携式 H_2S 检测仪和正压呼吸器以保证操作人员进入操作区的人身安全。

(8) 提高对生产过程安全的监视和自动控制水平,设置完善的 ESD 系统,实行超限报警、紧急截断、超压泄放点火燃烧的三级控制模式。ESD 系统与过程控制系统独立设置,用于 ESD 的变送器、执行机构及控制器具备安全认证。重要的安全连锁回路对变送器输出采取表决机制,避免安全系统误判误动作。安全等级达到 SIL3 级。

(9) 井口设置安全关闭系统,进出站设置紧急截断阀,并辅以安全紧急放空系统,尽量不放空或少放空。高含硫站场设常明火,保证高含硫放空天然气完全燃烧。增加放空立管高度, SO_2 排放达到环境保护标准。

(10) 由于压力温度的骤然变化,原料天然气易析出单质硫,因此在站场相关位置加注溶硫剂,消除事故隐患。

(11) 站场设置置换口,用于开停工及检修时的酸气置换。对于检修隔断处设置双阀加 8 字盲板,提高安全操作性。

(12) 井口连续注入缓蚀剂,定期预膜。集气支干线投产及运行中也应定期缓蚀剂预膜。在不同的管线位置采用失重腐蚀挂片、线性极化探针、电阻探针、氢探针、测试短节等多种腐蚀监测方式,同时辅以常规的超声波测厚、目视检测、水分析、腐蚀产物分析等方法,以及智能清管手段,全面掌握气田腐蚀状况,及时发现问题,调整缓蚀剂配方及注入量,或采取其他安全保护措施。

3 高含硫集输工艺技术的发展方向

3.1 高酸性气田开发专用缓蚀剂研制

目前国外高酸性气田中广泛使用的碳钢 + 缓蚀剂防腐工艺方案,通过选择抗硫管材和依赖缓蚀剂在集输系统中的使用效果,达到集输工艺系统防止 H_2S 、 CO_2 腐蚀的目的。因此对缓蚀剂的预评价、缓蚀剂有效加入的实施、缓蚀剂有效性的监测,以及缓蚀剂加注品种、加注浓度、加注量、加注周期调整、缓蚀剂使用管理技术,保证缓蚀剂使用效果控制在要求范围,保证工程安全运行。不同的气田开发,由于其腐蚀环境各异,因此,针对高含硫气田开发的专用缓蚀剂研制是必须得到提前解决的关键技术和发展方向。

3.2 元素硫沉积机理、防腐工艺、腐蚀监测技术

在含硫气田的开发过程中,由于温度和压力的变化,可能会导致元素硫在井筒、井口以及地面集输管线等处沉积,并引起堵塞。元素硫的存在会加速管线材质的失重腐蚀。此外,沉积的元素硫在与 H_2S 的相互作用下,还会加剧采输系统的腐蚀,尤其是局部腐蚀会变得非常严重。因此必须开展高酸性气田元素硫沉积机理、防腐工艺、腐蚀监测方法的研究,同时应在生产运行中进一步跟踪和监测系统产生硫沉积的情况,优化防止硫沉积措施,为以后高含硫气田开发提供理论借鉴。

3.3 高含硫耐蚀合金钢配套技术

耐蚀合金钢具有最优的抗硫化物应力开裂、抗 HIC、抗电化腐蚀性能等特点,但因工程费用投资高,设备和材料选择制造、现场施工方法等配套技术不完善,加上国内在此方面的工业生产薄弱,国外应用实例不多,使该技术在高酸性气田开发中未能得到推广使用。开展耐蚀合金钢配套技术研究,是高含硫气田选材和防腐技术的发展方向。

3.4 在 H_2S 分压大于 1MPa 酸性环境条件下金属材料腐蚀情况预测

国际标准及相关经验证明,在 $p_{\text{H}_2\text{S}} > 1\text{MPa}$ 的情况下,金属材料抗硫性能可能发生新的变化,但目前尚无足够经验发现其变化规律。开展金属材料在 H_2S 分压大于 1MPa 酸性环境条件下腐蚀情况的研究,为以后高含硫气田开发提供理论借鉴,也是一项技术研究的重点工作。

3.5 不同集输工艺成套技术的研究

针对不同高含硫气田开发在气质、气井分布、地形及交通等各方面的特点,结合安全、经济开发的目标要求,应针对不同气田特点开展不同集输工艺成套技术的研究。主要的工艺包括:湿气及干气集输工艺技术;三甘醇、分子筛、低温分离脱水工艺方案进一步优选;分子筛脱水工艺技术的进一步优化;污水处理及输送、回注成套技术;防腐及选材技术方案论证;自动化控制系统的优化构成及设备选样等。