

Discussion on Safety Management and Production Technology of Small Sulfur Recovery Device (“Three Simultaneous” Facilities)

Lingsheng He, Dunrong Zhang, Xuebin Wang, Yin He, Zhengyou Li

Qingyang Petrochemical Branch of China National Petroleum and Gas Co., Ltd., Qingyang Gansu
Email: qylzy968@126.com

Received: Jan. 8th, 2019; accepted: Jan. 22nd, 2019; published: Jan. 29th, 2019

Abstract

Article 41st of the Environmental Protection Act, which has been in force since January 1, 2015, provides that: “Facilities for the prevention and control of pollution in construction projects shall be designed at the same time as the main project, constructed at the same time, and put into production at the same time.” China Petroleum Qingyang Petrochemical Branch (hereinafter referred to as Qingyang Petrochemical Company) sulfur recovery joint device (including a set of 60 t/h sewage vapor, a set of 50 t/h solvent regeneration, a set of 3000 tons/year) single set of small-scale joint units (“three simultaneous” facilities (hereinafter referred to as joint units), August 26, 2010 completed in China, October 18, 2010 Joint installation and new plant equipment at the same time put into operation. In 2015, the combined unit used large overhaul time for sulfur recovery tail gas upgrading and improvement. Practical cases of safe production and “three simultaneous” application and management experience of combined (including brotherly unit sulfur recovery) units: in the past few years, according to the hidden trouble existing in the production and operation of the production plant, it has been solved through continuous and uninterrupted investigation and investigation, to handle the actual cases of safety production, improve the staff’s ability of prevention and emergency handling, advocating science and technology, promoting the application of four new technologies, realizing the safe long period operation of a single set of combined devices, and the average emission of tail gas reaches $\leq 220 \text{ mg/m}^3$ GB 31570-2015 Emission Standard of Pollutant from Petroleum Refining Industry ($\leq 400 \text{ mg/m}^3$).

Keywords

“Three Simultaneous” Facility, Case Disposal, Improving Processing Ability, Advocating Science and Technology, Long Period Operation, Exhaust Emission Standard

浅谈小硫磺回收装置(“三同时”设施)的安全管理及生产技术

何灵生, 张敦荣, 王学斌, 何 银, 李正有

中国石油天然气股份有限公司庆阳石化分公司, 甘肃 庆阳
Email: qylzy968@126.com

收稿日期: 2019年1月8日; 录用日期: 2019年1月22日; 发布日期: 2019年1月29日

摘要

从2015年1月1日开始施行的《环境保护法》第41条规定: 建设项目中防治污染的设施, 应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用, 即“三同时”。中国石油庆阳石化分公司(以下简称庆阳石化公司)硫磺回收联合装置(包括一套60 t/h的污水汽提、一套50 t/h的溶剂再生、一套3000吨/年)单套小规模联合装置(“三同时”设施, 以下简称联合装置), 2010年8月26日建成中交, 2010年10月18日联合装置同新厂装置同时投产。联合装置于2015年利用大检修时间进行硫磺回收尾气升级达标治理改造。联合(含兄弟单位硫磺回收)装置存在的安全生产实际案例及“三同时”运用、管理经验: 几年来针对生产装置生产运行存在的事故隐患, 通过连续不间断的进行排查解决, 对安全生产实际案例的处置演练, 提高员工的预防和应急处理能力。崇尚科学技术, 大力促进四新技术的应用, 实现了单套联合装置安全长周期运行, 尾气排放均值达到 $\leq 220 \text{ mg/m}^3$ GB 31570-2015石油炼制工业污染物排放标准($\leq 400 \text{ mg/m}^3$)。

关键词

“三同时”设施, 案例处置, 提高处理能力, 崇尚科学技术, 长周期运行, 尾气排放达标

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

庆阳石化公司于2010年10月就实现了从2015年1月1日开始施行的《环境保护法》第41条规定。化工是对环境造成污染较为严重的行业之一[1][2]。八年来随着国家对环保越来越严格的要求, 庆阳石化公司针对生产装置生产运行存在的事故隐患, 通过连续不间断的提高员工对安全生产实际案例的处置(预防及应急处理)能力, 其等同于催化等重要装置的联合装置, 实现了安全长周期运行, 尾气达标排放。

2. 对联合装置生产运行存在的事故隐患及时进行处置

众所周知, 我们将生产规模 < 5000 吨/年的制硫装置统称为小规模制硫装置。小规模制硫生产工艺虽然同大规模生产工艺, 但是在安全生产管理方面, 比大规模制硫生产存在更多的事故隐患。

2.1. 联合装置单套运行

据了解, 自2015年后, 国家规定炼化企业应配套建设双套硫磺回收装置。庆阳石化公司2010年随新厂建设投产而投用的联合装置, 至今没有备用装置, 只有依靠加强联合装置安全生产管理, 加强事故应急演练和技术提升工作, 保证装置安全长周期运行, 尾气达标排放。

2.2. 联合装置界区内有可能存在漏点, 被 H_2S 中毒的危险

硫磺联合装置界区内有输送、存储酸性气(含大量 H_2S)的管道和设备。

针对危险采取的措施——培训

培训是关你我他的事情，培训不到位是最大的隐患。

化工企业安全生产关系到人民群众的生命及财产安全，化工安全教育培训工作滞后是造成当前化工行业安全生产事故多发、形势严峻的主要原因之一[3]。公司把培训看为企业发展的基础，是最大的绩效。从2017年7月份开始，外请专家利用周末时间对企业应急管理体系、应急预案编制、应急演练等存在问题，完善预案体系—建立综合预案、专项预案、现场预案及应急预案，建立组织结构体系，建立健全制度，建立救援体系等内容对员工进行培训，持续培训时间三个月，收效很大。联合装置属地单位运行三部从班子管理开始，积极发挥表率作用，加强自身学习，带头学、主动学，坚持学，提高综合素养。利用交接班会期间对员工做到每天一到二题的培训活动，不断创新培训方式，完善培训载体，开创培训新局面，激发了员工队伍活力。

属地单位把2010~2015年前(后未发生)联合装置发生的所有事件，都做了编制，记录整理，又借签兄弟单位的硫磺回收装置发生的事故，编制应急预案，联合装置的应急预案(总体预案、专项预案、现场处置预案)及应急操作卡，执行“一案一卡”做法，编制各项操作卡121(以前只有53)项。为提高运行部处理联合装置突发事故的应急能力，为装置的长周期安全平稳运行打下良好的坚实基础，找出事故预案中存在的问题，提出整改措施，为修订预案提供依据，组织进行一一对应的应急演练，并对应急预案及应急操作卡逐一进行了认真的修订。

2.3. 联合装置高温掺合阀是生产运行的关键设备

下图1为更换拆除的高温掺合阀。



Figure 1. Below is the replacement of the high-temperature mixing valve removed

图 1. 更换拆除的高温掺合阀

根据高温掺合阀投入运行情况得知：高温掺合阀在联合装置的平均使用寿命为一年八个月，即二十个月，高温掺合阀在联合装置生产中是非常关键的特阀。

高温掺合阀受到冲刷腐蚀泄漏或不能正常运行时，将会影响到一、二级转化器温度，从而影响到硫磺装置正常操作或引起尾气SO₂超标事件发生。2015年9月联合装置开工投运至2017年5月(更换二级高温掺合阀)、9月(更换一级高温掺合阀)，在联合装置制切酸性气，制硫炉温度降至900℃时顺次更换了两个高温掺合阀。

联合装置更换高温掺合阀，存在重大风险，属地单位提早向公司打报告，并经过逐级审批，做好高温掺合阀泄漏应急处置预案和应急处置操作卡及从编制目的、编制依据、组织机构(领导小组)及职责、工作原则、装置恢复生产及更换工作总体时间安排、工作程序及专业组职责(1、HSE安全综合组2、检维修更换组)、更换准备工作及更换工作程序(1、更换准备工作2、更换工作程序)、工作交接(1、运行部(生产单位)给检维修(承

包商)单位交接具备条件: 主要检修工器具材料, 进行高温掺和阀更换的工作; 2、检维修(承包商); 硫磺回收装置 × 级高温掺合阀更换)停工交付检修验收确认表; 单位给运行部生产单位交接更换安装结束——高温掺合阀工作-验收主要内容及责任人、作业过程中风险及控制措施、注意事项等详细更换高温掺合阀方案。

在联合装置未停工的情况下, 几次成功更换高温掺合阀, 保证了公司及联合装置的安全长周期运行。

2.4. 溶剂再生装置

胺液中一般都会存在固体颗粒, 或多或少对系统产生一定的影响。固体颗粒的来源可能来自于 FeS、FeCO₃、HSS 等多个方面, 对于胺液中固体颗粒的数量还没有严格的规定或行业的标准, 但是, 可以肯定的是, 固体颗粒的冲刷和磨损作用是胺液系统腐蚀存在的元凶之一。2017 年 11 月 18 日大连西太承包商清洗硫磺回收溶剂再生胺液换热器时承包商中毒死亡较大安全事故-“11.18”事故。

为了解决固体颗粒产生沉积在胺液换热器上的问题, 在建联合装置时, 就同时建设了美国 MPR Services, Inc 公司技术的成套的模块式胺液净化设备, 几年来运行良好, 达到了预期效果, “11.18”事故再一次警示了我们。

2.5. 硫磺回收装置

制硫工艺混合酸性气(含氨和清洁酸性气)进入酸性气制硫燃烧炉, 在炉中控制硫所需的 O₂ 量严格控制配风比, 使 H₂S 燃烧后生成 SO₂ 的量满足 H₂S/SO₂ 接近于 2, H₂S 与 SO₂ 在炉内发生高温反应生成气态硫磺。未完全反应的 H₂S 和 SO₂ 再经过转化器, 在催化剂的作用下, 进一步完成制硫过程。对于含有少量烃类和 NH₃ 的杂质气用燃烧法可将烃类和 NH₃ 在 >1250℃ 完全燃烧为 CO₂、H₂O 和 N₂。

生产过程中, 稳定的酸性气量和合适的配风是保证制硫装置正常运行的必备条件, 而配风设施由鼓风机来完成。

引起我们高度警惕的案例: 某制硫装置因鼓风机喘振停机, 酸性气倒串泄露致使人员伤亡事故。

联合装置建设时就采用先进控制技术, 实现制硫气风比自动控制, 消除了事故隐患。

3. 其他影响联合装置安全长周期运行的因素

3.1. 原料

硫磺回收装置的原料气为溶剂再生、酸性水汽提装置产生的酸性气, 其组成复杂, H₂S(V%) 在 15%~70% 不等, 同时还含有 SO₂、CO₂、H₂O、NH₃ 等多种组分。上游装置带来烃、水、脱硫剂等, 带烃严重时, 会给制硫装置带来一系列问题及较大风险。

引起我们高度警惕的案例: 因原料问题导致联合装置非计划停工。公司规定: 将上游牵涉到产生富胺液溶剂及产生酸性水的装置, 严格控制工艺参数及提高装置运行平稳率, 加大对上游装置生产运行的严格管理。

3.2. 仪表自控率和装置运行平稳率

设置的 H₂S/SO₂ 比值分析仪、H₂ 在线分析仪等在线仪表, 对于操作维持装置平稳率、减少装置波动次数, 延长装置安全运行周期至关重要。同时高的仪表自控率也很重要。见表 1 仪表自控率和装置运行平稳率。

Table 1. Meter self-control rate and device running stability rate

表 1. 仪表自控率和装置运行平稳率

自控率/平稳率	年份	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017~2018 年
%		94/91	94.7/93	95.3/94	95.5/96.8	97.7/98	98.6	>99

从表 1 看出：自 2017 年以后，装置仪表自控率保持在 99%以上，装置平稳率也保持在 99%以上。

3.3. 燃烧器及制硫炉衬理的制作

反应器(燃烧器)是硫回收装置的核心部分。联合装置引进 Duiker 高强度燃烧器，高温下能分解酸性气中的氨气。

制硫炉正常操作温度 1250℃~1400℃，炉衬理材料具有良好的耐高温性、腐蚀性和稳定性。联合装置制硫炉经过五年两个月运行，首个运行周期 62 个月，2015 年大修进行硫磺回收尾气升级达标治理改造时，更换了制硫炉，至今已经安全运行三年。2018 年 9 月大修，我们计划不对制硫炉衬里进行更换。

3.4. 腐蚀

3.4.1. 硫腐蚀

当碳钢温度 > 260℃ 腐蚀逐渐显露，当 > 310℃ 时，腐蚀加快。

联合装置一级冷凝冷却器(位号 210-E101) (含高温掺合阀)由中国石油天然气第二建设有限公司于 2015 年 6 月 5 日生产出厂。在 3000 吨/年硫磺回收尾气升级达标治理改造时由中国石油天然气第一建设有限公司于 2015 年 9 月 7 日安装投用，连续运行 166 天，于 2016 年 2 月 20 日出现管束腐蚀泄漏。如图 2 一冷前端管束泄漏；如图 3 一冷后端管束泄漏。



Figure 2. 1 leakage of cold and front tube bundle
图 2. 一冷前端管束泄漏



Figure 3. 1 leakage of cold and end tube bundle
图 3. 一冷后端管束泄漏

装置停工，经过对一级冷凝冷却器前后端管板修补后，联合装置开工，恢复生产。

图 4 一冷前端管束端管板修补后；图 5 一冷后端管束端管板修补后。



Figure 4. After repairing the end tube plate of a cold front and rear bundle

图 4. 一冷前端管束端管板修补后



Figure 5. After repairing the end tube plate of a cold and rear end bundle

图 5. 一冷后端管束端管板修补后

3.4.2. 硫酸露点及 $\text{SO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 腐蚀

硫酸露点腐蚀 $<110^\circ\text{C}$ ，低于露点 $20^\circ\text{C}\sim 45^\circ\text{C}$ 时腐蚀更快。

尾气中 SO_2 量超标，造成对急冷塔体和急冷水泵叶轮的腐蚀，我们设置 $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ 比值分析仪、 H_2 在线分析仪，通过控制 SO_2 量，还在急冷水系统设置在线 PH 值检测仪，发现急冷水 PH 值下降时立即注入氨水溶液，以控制急冷水 PH 值呈微碱性，杜绝该类腐蚀发生[4]。拆除下尾气处理部分被腐蚀掉的阀门见图 6 拆除下尾气处理部分被腐蚀掉的阀门。



Figure 6. Removing the corroded valve from the exhaust gas treatment

图 6. 拆除下尾气处理部分被腐蚀掉的阀门

经过以上的具体案例，我们对联合装置加强操作上的严加管控，使 H_2S/SO_2 比值、急冷水 PH 值始终保持正常，严格执行工艺指标操作。

4. 怎样才能使联合装置安全长周期运行

4.1. 认识到联合装置—单套无备用而围绕我们的紧迫感

当下是一个飞速发展的社会，我国化工行业也得到了快速的发展，我国化工行业的生产规模不断壮大，同时化工行业也是一个危险性极高的产业，安全管理成为了社会与人们越来越关注的问题[5]。

前面已经叙述了联合装置同我们催化等装置同等重要，一旦出现故障，就迫及到全公司装置要停工，关系到公司的整体利益。

在新常态下庆阳石化公司大力塑造安全管理文化：时常组织广大干部员工观看许多案例发生后对责任者严酷的处理结果，各级人员切实受到教育，明白岗位红线是做好份内该做的事，不要违法违规，失职渎职。大家体会到：人人讲安全，做事想安全，出了事故，不光是管安全的人要受处分。

4.2. 实施与运行

通过执行“一案一卡”，员工掌握联合装置突发事件应急处置措施。如果联合装置遇到泄漏时，我们能够在第一时间按照“岗位应急操作卡”进行有效处置，使得泄漏没有演变成为中毒及环境污染事故。

4.3. 检查与考核

严格考核奖惩，根据检查结果，按照考核办法要求，定期组织安全质量标准化考核，对有当事人进行严格奖惩，保证安全质量标准化工作的有效进行。

4.4. 工作现状再评价

通过对检查问题筛选整理，分类汇总，认真分析，并与“工作现状评价”情况以及 HSE 检查标准相对照，总结经验，找出差距，掌握现状，为系统进入下一循环提供基础依据，做道闭环管理。

4.5. 运用科技支撑

联合装置采用引进的美国 Ametek 公司比值分析仪、荷兰 Duiker 烧嘴；引进 SO_2 、 H_2 分析仪，以色列过滤器、美国 MPR Services, Inc 公司的成套的模块式胺液净化设备、罐中罐酸性水除油、酸性水罐顶部采用干法脱臭等技术。这些技术的应用，为联合装置安全平稳运行保驾护航。

4.6. 加强培训工作

培训是关你我他……事情，培训不到位是最大的隐患。

几年来，庆阳石化公司把培训看为企业发展的基础，是最大的绩效。去年从 7 月份开始，外请专家利用周末时间对企业应急管理体系、应急预案编制、应急演练等存在问题，完善预案体系：建立综合预案、专项预案、现场预案及应急预案，建立组织结构体系，建立健全制度，建立救援体系等内容对员工进行培训，收效很大。联合装置运行部从班子管理开始，积极发挥表率作用，加强自身学习，带头学、主动学，坚持学，提高综合素养。利用交接班会期间对员工做到每天一到二题的培训活动，不断创新培训方式，完善培训载体，开创培训新局面，激发了员工队伍活力。通过完善制度，强化考核(培训考试成绩与奖金挂钩)，督促引导，让大家认识到：培训不到位就是最大的隐患，确保了培训工作的实效性。

5. 对联合装置的建议

5.1. 从源头做起

庆阳石化公司 3000 吨/年硫磺回收装置，是庆阳石化 300 万吨炼化一体化项目的配套装置，为庆阳石化含硫原油加工适应性改造及油品质量升级工程而配套的环保装置。“安全源于设计、安全源于质量”，2007 年项目前期工作开展时，“三同时”法规就得到贯彻执行。

5.2. 注重细节管理，不给装置留下丝毫安全隐患

从一个伴热线阀门使用过程中出现漏点的处理，到处理主要物料运行的问题，我们总是要按严格的程序进行；从不终断对装置设施腐蚀的检测工作；对酸性气管线、液硫管线设施的伴热使用情况长期跟踪检查；硫磺装置酸性气及液硫管线都设有低压蒸汽加热套管，对这些蒸汽加热套管，不但在施工安装时要严把内外套管的施工质量关，而且在安装结束三查四定、气密过程中，做好检查验收记录，保证逐段、逐节和相接法兰处的试压、试漏合格。见图 7 正在施工制作的夹套管道。



Figure 7. Jacket pipe under construction
图 7. 正在施工制作的夹套管道

5.3. 加强企业应急管理工作

近年来，我国化工行业发展迅速，化工企业乃至化工园区数目激增，成为城市经济的重要组成部分，同时也给城市应急处理工作带来了严峻的考验[6]。

在应急培训、处置卡、危险作业应急准备、应急物资装备配备等方面的工作整改，引导提高员工在“紧急情况下的避险与应急处置”上的工作能力。让员工明白：培训是福利，培养人才是最大业绩的理念，引进激励机制，确保培训工作取得实效。

5.4. 开展长效化、制度化、经常化

几年来，联合装置之所以能安全长周期生产运行，应归功于其长效化、制度化、经常化的防灾应急演练和演习。不但全部完成应急处置预案、卡的工作，重要的是教育员工下力气熟悉其内容；要求对危险作业的认识、管控程序以及应急准备上的跟进；做到岗位人员对应急物资装备熟练使用。

1、“只要用心，就能做好”

本着“只要用心，就能做好”的思想，本着一切事故都可能发生，一切事故都是可以避免的。

2、注重关键设备的设计和制造

不但要注重制硫炉(最高工作温度 1400℃)的设计质量,而且更要注重制造质量,才能保障硫磺装置安全、长周期平稳运行。

3、选好合适的催化剂。

4、及时开发和引进先进技术。

5、建设一套新硫磺回收联合备用装置。

6. 结论

庆阳石化公司硫磺回收单套小规模装置(“三同时”设施)——联合装置,从项目建设的前期工作开始,就抓好源头工作,与项目管理和建设者落实对项目的终身负责制,构架科技支撑体系,提早引进国外制硫先进技术,选好制硫催化剂;公司建立健全规章制度,加大开展应急管理工作的力度和及时对全员进行培训,做细做精联合装置的应急预案(总体预案、专项预案、现场处置预案)及应急操作卡,执行“一案一卡”做法,员工不断提高对突发事件的应急处置能力。几年来,联合装置生产运行平稳率逐年提高,尾气排放达标,实现了装置安全长周期生产运行的目的。

参考文献

- [1] 许惠钢, 马佳锋. 我国化工环保概况与环保产业设备的发展之我见[J]. 低碳世界, 2018(4): 17-18.
- [2] 袁菊英. 绿色化工环保技术探究[J]. 当代化工研究, 2018(4): 114-115.
- [3] 黄陈. 化工企业安全培训存在的问题及对策[J]. 常州工程职业技术学院学报, 2011(1): 83-86.
- [4] 郑亚琼. 硫磺制酸装置省煤器爆管原因分析与防范措施[J]. 硫酸工业, 2013(3): 16-18.
- [5] 魏万军. 浅析化工安全管理中存在的问题及对策[J]. 化工管理, 2018(20): 55-56.
- [6] 严卫国, 徐仁儿. 特大城市化工行业应急管理能力建设研究——基于江苏省南京市的研究[J]. 化工管理, 2018(28): 90-93.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8844, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: hjctet@hanspub.org