

天然气净化厂事故废水收集处理系统设计

连伟¹, 邵茂清², 侯改娟³

(1. 中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司, 成都 610041; 2. 浙江绿城建筑设计有限公司, 杭州 310007;
3. 重庆大学三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

摘要: 近年来, 频发的石化事故所产生的废水给水体环境造成了严重污染。针对重庆市某天然气净化厂事故, 在调查事故废水种类和水量的基础上, 根据厂区现有排水系统、生产工艺及平面布置情况, 采用大围堰的形式对 1 114 m³ 事故废水进行收集; 然后通过厂区现有及拟建排水系统将其送至事故池进行储存; 最终利用潜污泵将废水提升至厂区污水处理单元进行处理, 有效减少事故废水对于环境的影响。

关键词: 石化企业; 天然气净化厂; 事故废水; 收集处理

中图分类号: X507; X820.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2014)02-0171-04

System Design for Collection and Disposal of Accidental Wastewater in a Natural Gas Purification Plant

LIAN Wei¹, SHAO Maoqing², HOU Gaiguan³

(1. China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu 610041, China;
2. Zhejiang Greenton Architectural Design Co., Ltd, Hangzhou 310007, China;
3. Key Laboratory of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: The accidental wastewater collection and disposal scheme of a natural gas purification plant in Chongqing was introduced, according to the severe pollution of water environment caused by the petrochemical industry accidents which happen frequently in recent years and the documentation requirements of an emergency notice about urging the petrochemical enterprise to carry out several security and environmental protection key works which was issued by the State Production Safety Supervision Administration and the State Environmental Protection Administration in 2006. First, the type and quantity of accidental wastewater were determined, and the accidental wastewater of 1114 m³ was collected using the big cofferdam based on the conditions of existing drainage system, manufacturing technique, and layout of the factory. Secondly, the accidental wastewater was sent to the accidental pool for storage through the existing and proposed drainage systems. Finally, the accidental wastewater was treated by the wastewater treatment unit in the factory through lifting of submersible sewage pump, which can reduce the impacts of accidental wastewater on water environment.

Key words: petrochemical industries; natural gas purification plant; accidental wastewater; collection and disposal

石油化工企业是以石油或天然气为主要原料, 通过不同的生产工艺及加工方法, 生产各种石油产品、有机化工原料、化学纤维及化肥的企业。石油化工企业在生产过程中常涉及到有毒有害等物质, 当发生火灾、爆炸、物料泄漏等事故时将会对环境造成巨大的负面影响^[1,2]。2005年11月13日, 中石油吉林石化分公司双苯厂苯胺二车间操作人员由于违反操作规程引发爆炸事故, 造成8人死亡。事故发生后, 由于安全应急措施缺乏, 导致含有大量苯、硝基苯等化学药剂

的事故废水进入雨水系统, 最终排入松花江水体, 造成松花江水体严重污染。2006年1月6日, 浙江省绍兴市上虞市长征化工有限公司六氯车间发生爆炸事故, 造成2人死亡。事故发生后, 由于该公司利用已有的雨水回收系统和废水预处理池, 及时收集事故废水, 经预处理后送入污水处理厂, 所以并没有造成周边区域环境污染。由此可以看出, 及时有效地收集和处置事故排水对防范和控制由危险化学品事故引发的生态环境污染事件至关重要。鉴于频频发生的危险化学品

收稿日期: 2013-11-05 修回日期: 2014-02-14 网络出版时间: 2014-03-10

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.02.001.html>

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAJ07B03)

作者简介: 连伟(1980), 男, 四川广安人, 工程师, 主要从事污水处理与资源化研究。E-mail: lianwei@cnpcc.com.cn

品事故给环境、社会和人民的生命财产安全造成了严重影响,国家安全生产监督管理总局、国家环境保护总局于2006年下发了《关于督促化工企业切实做好几项安全环保重点工作的紧急通知》安监总危化[2006]10号文件,要求立即完善事故状态下防范环境污染的措施:关键生产装置、危险化学品储罐区和仓库应配备事故状态下防止污染事件的围堰、防火堤等设施^[3]。

针对近年来石化企业出现的各种事故国内开展了广泛的研究,主要集中于石化企业水体污染的防控和相应的管理措施,石化企业事故排水的探讨及其设计等^[4-10]。但是关于事故废水收集处理的工程实例较少,本文拟以重庆市某天然气净化厂作为实例,探讨石化企业发生事故时事故废水的收集及处理设施的设计方法,旨在为其它事故废水收集处理项目提供技术指导。

1 工程概况

该天然气净化厂位于重庆市引进县,目前共有 $400 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $200 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 三套净化装置,用于工艺所需的脱硫、脱水、硫磺回收、尾气处理和酸水汽提环节。三套净化装置的脱硫装置采用 Sulfinol M(环丁砜和甲基二乙醇胺水溶液)法,溶液组成为40%(wt)环丁砜、45%(wt)甲基二乙醇胺和15%(wt)水,三套净化装置的脱水装置均采用TEG(三甘醇)工艺,三套净化装置共用 $400 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 净化装置的硫磺回收装置、尾气处理装置和酸水汽提装置。

2008年后,由于进气条件发生较大的变化,该厂对其进行适应性改造,包括建设一套脱硫溶液再生系统用于处理 $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $200 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 两套脱硫装置的溶液再生,并且将三套脱硫装置的工艺方法改为MDEA法,MDEA溶液质量浓度为50%;新建两套35 t/d的硫磺回收装置用于处理三套脱硫装置脱除的酸气,采用SuperClaus工艺方法,原 $400 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 净化装置的硫磺回收装置、尾气处理装置和酸水汽提装置将不再使用。此次改造工程于2007年11月完成。

2 事故废水及污水量统计

2.1 项目建设区事故分类

根据天然气厂处理工艺流程,出现的突发事故可分为以下几种情况:(1)办公区发生火灾;(2)辅助生产区发生火灾;(3)储罐、系统中的危险化学品药剂发生泄露;(4)工艺装置区发生爆炸,并同时引发危险化学品药剂泄露。以上4种情况中,第4种情况造成的影响最严重,收集的事故废水和废水的类型最全面,收集的事故废水和废水的总量最大。因此按最不利的情况进行事故废水收集处理设施改造工程的设计。

根据以上含硫天然气净化厂事故状态下的情况分析,并结合引进分厂工艺流程,可将该厂在事故状态下可能外溢的事故废水分为危险化学品药剂(包括系统药剂和罐存药剂)、事故废水、消防废水和事故期间雨水4种。

2.2 事故废水及污水量统计

(1)危险化学品药剂。该厂脱水和脱硫装置均采用三甘醇(TEG)和环丁砜和甲基二乙醇胺水溶液(Sulfinol M)等有机

溶剂对天然气进行脱水脱硫,因此在脱水塔和脱硫塔等脱水脱硫系统中存有大量三甘醇和甲基二乙醇胺药液。此外,为保证装置正常运行,厂内还设有储罐储存一定数量的备用药剂。在发生事故时,这些药剂均可能因工艺设备或药剂储罐爆裂而发生泄漏,因此必须对其进行有效收集和处置。生产系统中的药剂按照厂区设计文件提供的物料密度,平均相对分子质量等基础数据可计算其总量,药剂储罐量统计见表1。

表1 危化药剂储罐情况

Table 1 Dangerous chemical agent storage tank

项目	介质	罐体容积/ m^3	数量/个	实际总储量/ m^3
1	环丁砜和甲基二乙醇胺水溶液 Sulfinol M	210	1	0
		250	1	100
		100	1	0
2	三甘醇 TEG	50	2	5
		39.6	1	3

(2)事故废水。根据天然气处理工艺需要,该厂装置区内设有循环冷却水、新鲜水和凝结水等辅助管路系统,事故时这些管路系统存水均有可能因管道破裂而发生泄漏,与其他事故废水混合成为污水,这部分污水在事故时也应得到有效的收集和处置。根据该厂设计文件资料,可以得到事故废水量为 80 m^3 。

(3)消防废水。按照厂区消防设置现状和《石油天然气设计防火规范》(GB 50183-2004)的规定:事故时消防流量为 45 L/s ,灭火时间按3 h计^[11],则该厂一次消防用水量为 486 m^3 。由于事故时消防用水与泄漏的有机化学溶剂及各类污水混合,因此受到严重污染,若直接外排将会对环境造成污染,因此消防废水也应得到有效的进行收集和处置。

(4)事故期间雨水。由于事故发生的随机性、不可预测性,事故发生时可能正处于降雨时段,在此期间内关键生产装置区、危险化学品罐区和仓库等地方的雨水将受污染,因此必须将其收集和处置。考虑到突发事故与同时遇到最大暴雨强度降水的机率极小,为合理节省事故应急池的投资,设计取平均日降雨量进行计算。

根据重庆市引进县多年降雨资料,可以得到该地区年平均降雨量为 1200 mm ,年平均降雨天数为60 d。根据厂区资料可知厂区总汇水面积为 0.5 hm^2 ,则根据水体污染防治紧急措施设计导则,可得出事故期间雨水量为:

$$V_n = 10qF = 10q_n F/n = 10 \times 1200 \times 0.5/60 = 100 \text{ m}^3$$

式中: q 为平均日降雨量(mm); q_n 为年平均降雨量(mm); n 为年平均降雨天数; F 为汇水面积(hm^2)。

(5)事故期间总废水量。根据前面计算的各种废水量可以得出,该厂事故状态下总废液及废水水量见表2。

表2 事故废水量统计

Table 2 Statistics of accidental wastewater quantity m^3

危险化学品药剂				事故 消防 废水	受 污 染 雨 水	合 计
脱水装置 (TEG)	三甘醇	脱硫装置 和甲基二乙醇胺 水溶液 Sulfinol M	环丁砜			
系统药剂	罐存药剂	系统药剂	罐存药剂			
75	13	260	100	80	486	1114

3 事故废水收集处理设施改造内容及工艺

此次事故废水收集处理设施改造的主要内容是在关键生产装置、危险化学品储罐区及仓库等地方设置围堰、防火堤等设施,并利用厂内已有的生产污水、雨水等排水收集系统,通过阀门的倒换,将事故状态下的废水和废液进行有效、有序收集,使其在事故状态下能完全进入拟建的事故应急池中,最终经调配后进入厂区的污水处理单元,经处理达标后外排。

3.1 排水系统现状

厂区的排水系统主要有检修污水、正常生产污水、雨水3种管渠系统。检修污水主要通过装置区的地漏汇入检修污水管道,排至厂内污水处理场。生产污水、设备场地冲洗水以及部分雨水进入装置区周围的排水沟,这部分污水通过倒换阀进入生产污水排水系统,最终排至厂内污水处理场。另一部分的雨水则通过厂内的雨水排水系统外排。厂内的雨水排水系统中设有1处倒换阀与污水系统相互连通,雨水也可通过系统中的倒换阀进入厂内污水处理场。由此可看出,事故发生时无论哪个系统所收集的污水或雨水,均可通过倒换方式进入厂内污水处理场。

3.2 事故废水及废水的收集措施

由于厂区天然气脱硫、脱水装置及危化品、储罐区及仓库的布置较为集中、紧凑,装置地面平整、规范、美观,若对装置区或药剂储罐区等局部进行围堰截污,将影响厂区原有外观,也不利于雨水的收集,给日常运行管理带来不便,且事故爆炸时由于危险化学药剂及废水飞溅,局部围堰难以有效拦截污染物。因此,设计采用大围堰的形式,在整个工艺装置区环形边沟的外沿设置围堰,并利用已有及拟建的排水收集系统对事故废水及废水进行拦截、收集。

3.3 事故废水及污水的输送

厂区事故废水及污水可利用厂内原有的雨水排水边沟及污(废)水自流排水管道进行输送,设计还需在装置区排水下游截流设施至低处事故应急池之间敷设自流排水管道,并在事故排水管道上设置截断、倒换设施。同时还需增加一定数量排水管道和排水沟,以满足事故流量的要求。经计算,新增的从雨水沟渠和污水管道接至事故应急池排水管道的管径分别约为DN250和DN200,管道采用低压流体输送用焊接钢管。

3.4 事故废水及污水的储存

对于排至装置区外的事故废水及废水,必须在排水下游适当位置设置事故应急池。由表2可知厂区事故废水及废水总量为1114 m³。厂区污水处理单元的污水调节池仅够储存本厂的检修污水和正常生产污水,没有多余的储存空间用以储存事故废水及废水。因此,厂区的事事故应急池按1114 m³进行设计,池容取为1200 m³,尺寸为:A×B×H=25×10×4.8,为地下式污水池,池内壁做玻璃钢防腐,池顶加盖覆土并绿化,覆土厚度取为600 mm。

3.5 事故废水的后续处理

根据现场调研,厂区污水处理单元运行正常,且有一定的处理富余,可对事故废水和事故废水进行处理。因此,厂

区事故状态下所收集的废液均暂时储存于事故应急池中,再利用移动潜污泵提升至污水处理单元进行处理。

由于事故废水的COD浓度较大,若直接进入污水处理单元,将会对污水处理单元造成很大的冲击负荷,影响污水处理单元的正常运行。因此,事故废水应先通过计量装置准确计量,并与其他水(正常生产水、雨水、新鲜水等)进行精细调配,使其混合水质满足污水处理单元进水浓度要求,而能最终得到妥善处置。

4 主要构筑物及平面设计

4.1 主要构筑物设计

(1) 围堰的设计。采用大围堰的形式对生产区内的雨、污水进行收集。围堰最低高度150 mm,采用砖砌,由于装置区地坪存在坡度,导致局部围堰高度较高,需设置成踏步形式,方便操作人员进出,有车辆通行的部分应设置成坡道。

(2) 排水沟。排水沟的作用是将围堰内的液体引导至应急池内,为了进一步保证液体不越过围堰扩散,围堰外侧并行设置加盖铁篦子的排水沟,其余部分的排水沟采用混凝土盖板封闭。

(3) 集水井。对于厂区内有液体扩散可能的同时又不方便设置围堰的区域,则设置集水井,然后将其提升至应急池内。

4.2 平面设计

根据厂内总体布置和分区,在已建污水处理装置区西侧邻近位置设置事故污水应急池,该处场地标高较装置区处低约0.5 m,使围堰内液体能够以重力流的方式由排水沟进入应急池,节省了提升设备。硫磺成型区设围堰,相应的事故污水通过新建管、渠进入事故应急池。事故应急池所处位置均远离人员集中场所,事故状态下不会发生二次事故,保证了厂内其他设施及人员的安全。

5 结语

重庆市某天然气净化厂针对事故发生时可能产生的最大污废水量进行计算,结合厂区现有排水系统、生产工艺及平面布置情况,采用大围堰的形式,在整个工艺装置区环形边沟的外沿设置围堰,利用已有及拟建的排水收集系统对事故废水及废水进行拦截、收集和输送。通过将事故发生期间收集的污废水暂时储存于事故应急池中,之后通过潜污泵将其提升至厂区污水处理单元而使所收集的污废水得到了有效的处置,减少了事故发生时由于事故废水处置不当对于天然水体的污染,取得了较好的环境效益。

参考文献(References):

- [1] 李景红,米高学,袁九毅,等.石化企业地表水环境风险应急设施的环境风险识别[J].环境科学与技术,2008,31(10):148-150. (LI Jing hong, MI Gao xue, YUAN Jiuyi, et al. Environmental Risk Identification of Surface Water Environment Risk Contingency Facilities in Petrochemical Industries[J]. Environmental Science & Technology, 2008, 31(10): 148-150. (in Chinese))
- [2] 孙东亮,杜峰,蒋军成.密闭汽油罐泄漏池火灾风险评估中的参数不确定性分析[J].石油与天然气化工,2009,38(5):448-452. (SU N Dong liang, DU Feng, JIANG Jun cheng. Param eter

- Uncertainty Analysis during Fire Risk Assessment of Sealed Gasoline Tank Leakage Pool[J]. Chemical Engineering of Oil & Gas, 2009, 38(5): 448-452. (in Chinese)
- [3] 国家安全生产监督管理总局国家环境保护总局关于督促化工企业切实做好几项安全环保重点工作的紧急通知[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2006, (3): 3-4. (The State Production Safety Supervision Administration The State Environmental Protection Administration an Emergency Notice about Urging the Petrochemical Enterprise to Carry Out Several Security and Environmental Protection Key Work[J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2006, (3): 3-4. (in Chinese))
- [4] 赵波. 化工灾害事故处置中废水污染的防范措施及环境保护[J]. 消防技术与产品信息, 2008, (3): 51-54. (ZHAO Bo. Wastewater Pollution Prevention Measures and Environmental Protection During Chemical Accident Disposal[J]. Fire Technology and Products Information, 2008, (3): 51-54. (in Chinese))
- [5] 李景红, 全纪龙, 袁九毅. 化工与石化企业地表水环境风险应急设施建设[J]. 水资源保护, 2008, 24(4): 74-77. (LI Jing hong, TONG Ji long, YUAN Ji yi. Construction of Emergency Facilities for Reducing Surface Water Environmental Risk from Chemical and Petrochemical Enterprises[J]. Water Resources Protection, 2008, 24(4): 74-77. (in Chinese))
- [6] 崔文江, 雷廷菊, 崔利群. 石化企业水体污染防控工程措施和管理措施[J]. 给水排水, 2010, 36(S1): 240-242. (CUI Wen jiang, LEI Ting ju, CUI Li qun. Engineering and Management Measures of Petrochemical Enterprises Water Pollution Prevention and Control[J]. Water & Wastewater, 2010, 36(Suppl. 1): 240-242. (in Chinese))
- [7] 徐敏, 王克伟, 江奇志. 石油化工企业水污染防控设计[J]. 工业用水与废水, 2007, 38(2): 48-50. (XU Min, WANG Ke wei, JIANG Qi zhi. Water Pollution Prevention and Control Design for Petrochemical Enterprises[J]. Industrial Water & Wastewater, 2007, 38(2): 48-50. (in Chinese))
- [8] 张永良, 陆棋. 关于石化企业事故排水的探讨[J]. 浙江化工, 2010, 41(5): 27-28. (ZHANG Yong liang, LU Qi. Discussion about Petrochemical Enterprises Accident Drainage[J]. Zhejiang Chemical Industry, 2010, 41(5): 27-28. (in Chinese))
- [9] 柯尊义. 化工企业清净水事故池设计的常见问题探讨[J]. 浙江化工, 2012, 43(4): 26-28. (KE Zun yi. Discussion of Common Problems During the Design of Accident Pool for Chemical Enterprise Lustration Launching[J]. Zhejiang Chemical Industry, 2012, 43(4): 26-28. (in Chinese))
- [10] 俞科成, 孟琪莉. 事故排水系统的探讨[J]. 科技资讯, 2007, (21): 77. (YU Ke cheng, MENG Qi li. Discussion of Accident Drainage System [J]. Science & Technology Information, 2007, (21): 77. (in Chinese))
- [11] GB 50183-2004, 石油天然气工程设计防火规范[S]. (GB50183-2004, Oil and Natural Gas Engineering Code for fire Protection Design[S]. (in Chinese))
- [12] GB 50483-2009, 化工建设项目环境保护设计规范[S]. (GB50483-2009, Code for Design of Environmental Protection of Chemical Industry Projects[S]. (in Chinese))
- [13] 水体污染防控紧急措施设计导则[Z]. (中国石化安环[2006]10号). (Design Guideline for Water Pollution Prevention and Control Emergency Measures[Z]. (SINOPEC Safety and Environment Protection Bureau File[2006]No. 10). (in Chinese))

(上接第163页)

- [8] 尚层, 李玉建, 徐千军, 等. 复合土工膜不同锚固型式对膜应力变形的影响研究[J]. 中国农村水利水电, 2012, (10): 72-75. (SHANG Ceng, LI Yu jian, XU Qian jun, et al. Different Anchorage Types of Composite Geomembrane Effect on Stress Deformation of Geomembrane[J]. China Rural Water and Hydropower, 2012, (10): 72-75. (in Chinese))
- [9] 李静琪. 深覆盖层上面板堆石坝静动力特性及坝基地震液化研究[D]. 南京: 河海大学, 2007. (LI Jing qi. Research on Static and Dynamic Behaviors of Concrete Face Rockfill Dam on Deep Overburden Layer and Earthquake Liquefaction of Dam Foundation [D]. Nanjing: Hohai University, 2007. (in Chinese))
- [10] SL/T 225-98, 水利水电工程土工合成材料应用技术规范[S]. (SL/T225-98, Standard for Applications of Geosynthetics in Hydraulic and Hydropower Engineering[S]. (in Chinese))
- [11] 岑威钧, 沈长松, 童建文. 深厚覆盖层上复合土工膜防渗堆石坝筑坝特性研究[J]. 岩土力学, 2009, 30(1): 175-180. (CEN Wei jun, SHEN Chang song, TONG Jian wen. Study of Construction Behavior of Composite Geomembrane Rockfill Dam on Thick Alluvium Deposit [J]. Rock and Soil Mechanics, 2009, 30(1): 175-180. (in Chinese))
- [12] 沈长松, 顾淦臣. 复合土工膜厚度计算方法研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2004, 32(4): 395-398. (SHEN Chang song, GU Gan chen. Calculation Method for Thickness of Composite Geomembrane [J]. Journal of Hohai University (Nature Science), 2004, 32(4): 395-398. (in Chinese))