

硫磺库本质安全运行技术和运用

汤荣生

云南三环中化化肥有限公司

DOI:10.12238/jsse.v3i2.13473

[摘要] 针对硫磺库及其储运设施在运行过程中所面临的火灾与爆炸风险的防控问题,消防设计与工艺控制均遵循独立的规范体系,二者各具优势与局限性,并彼此独立运作。本研究通过中心数据库的信息整合功能,实现了消防安全防控需求的前置化配置与扩展。在此基础上,针对工艺控制的不足,本研究在消防设计层面进行了优化与强化。同时,本研究还实现了消防控制人员职能与操作人员职能的整合,并将消防与生产控制进行联动,有效降低了硫磺库的消防风险。本研究为大型硫酸装置的风险控制提供了本质上的管理与控制。

[关键词] 硫磺库; 防火防爆; 本质; 安全运行技术

中图分类号: S762.3+3 **文献标识码:** A

Essential safety operation technology and application of sulfur storage

Rongsheng Tang

Yunnan Sanhuan Sinochem Fertilizer Co., LTD.

[Abstract] In response to the fire and explosion risks faced by sulfur storage facilities during operation, both fire protection design and process control follow independent regulatory systems. Each has its own advantages and limitations, operating independently. This study leverages the information integration capabilities of a central database to achieve pre-emptive configuration and expansion of fire safety prevention needs. On this basis, addressing the shortcomings in process control, this study optimizes and strengthens fire protection design. Additionally, this study integrates the functions of fire control personnel with those of operational staff, linking fire protection with production control, effectively reducing the fire risks associated with sulfur storage facilities. This research provides fundamental management and control for risk management in large-scale sulfuric acid facilities.

[Key words] sulfur storage; fire and explosion prevention; essence; safe operation technology

引言

在那些涉及到存储或生产硫磺的工业场所,硫磺粉尘的存在是一个不容忽视的问题。这些粉尘不仅可能在生产设备和管线的内外表面累积,而且还有可能达到引发爆炸的危险浓度。在这种情况下,硫磺引发的火灾以及由其粉尘引起的爆炸风险变得异常难以预防和控制。一旦不幸发生此类事故,其后果的影响不仅深远而且极为重大,因此对于操作过程中的安全性提出了非常高的要求。本文是基于在某企业多年的实际运用和实践经验,深入探讨了如何通过采取前置措施来抑制火灾和爆炸的风险,增强消防系统的控制功能。同时,本文还研究了如何将消防管理与生产管理进行有效联动,以实现对这一风险的全面和有效控制。本文的最终目的是为了向同行业提供一个可行的参考方案,帮助其他企业能够借鉴并实施相应的安全措施,从而在根本上提升整个行业的安全管理水平。

1 硫磺的使用情况和伴随风险

大型磷化工企业一般配套建设硫酸装置,采用硫磺制硫酸工艺,用于分解磷矿生产磷酸。200万吨/年的硫酸装置匹配年用硫磺50万吨/年。硫磺在运输、仓储过程中因撞击、碾压、摩擦等机械作用,过程中不可避免的产生粉尘和碎屑。硫磺粉尘的火灾爆炸参数如下:

硫磺火灾爆炸数据

项目	单位
最小点火能	15mJ
爆炸下限	35g/m ³
最大爆炸压力	0.29Mpa
压力上升平均值	4.9Mpa/s

硫磺的扬尘产生于装卸、输送的全流程,特别是积累在厂房/支架的硫磺粉尘因受到振动、超稳时,会在重力作用下坠落,局部形成超过标准下限的粉尘区,当硫磺粉尘浓度在厂房、设备或抽风管内超过爆炸下限时,如存在发热设备或静电,检修动火,工具物件的撞击火星、作业车辆、电气等点火源,达到最小点火能或自燃点,即会发生火灾、爆炸导致事故。硫磺粉尘爆炸还会因第一次爆炸的冲击波激起爆炸影响区的堆积物料扬尘形成二次爆炸,二次爆炸时,粉尘浓度和数量一般比一次爆炸时高得多,故二次爆炸威力度一般比一次爆炸时高得多。特别是,硫磺的初期燃烧速度缓慢,造成损失较大的火灾风险较低,但着火点易作为粉尘的爆炸点火源,存在硫磺粉尘超过 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 爆炸下限的条件下,即引发爆炸。如硫磺纯度较低,混有有机杂质时,未达到理论爆炸下限也可能引发爆炸。硫磺亲水性较差,在灭火过程中,不正确的扑救操作或消防水柱冲击,易产生堆积硫磺的扬尘达到爆炸下限,由火灾点作为点火源产生爆炸的风险未被充分识别^[1]。国内有事故案例为死亡7人,厂房损毁的硫磺粉尘爆炸事故,点火源为静电,其他造成人员伤亡、设施损坏的硫磺火灾、爆炸事故也有相关报道。仅靠防火管理、防尘清扫不能有效实现本质安全,如发生爆炸,现有设计仅是止损、减损措施,不能将风险控制在可接受范围。因为加工硫磺能力为数十万吨的工厂,面积大,流程长,难以做到不扬尘,不形成集尘空间,各防火分区不能实现封闭隔离,同时,其存在的点火源不能做到100%受控。硫磺储运系统的燃烧爆炸风险管控已成为长期困扰硫磺制酸企业的顽疾。笔者通过工艺专业、设备专业和消防专业优势结合,应用中心数据库,将“互联网+危化安全”系统平台,企业总线控制系统(FCS)和消防系统整合管理,进行风险控制完善和隐患治理水平提升,实现硫磺库本质安全运行。

2 当前的现状和不足分析

(1) 现状分析。2000年以后,因资源配置和产能提升原因,国内大部分大型硫酸企业逐步使用硫磺替代硫铁矿作为原料生产硫酸,硫磺库有新建,也有通过利用原有设施改造使用,其空间、布局、选型各异,在西部冬春大风、低温干燥季节,硫磺粉尘爆炸风险尤为突出。粒径大于 2mm 的颗粒硫磺为丙2类火灾风险,粒径小于 2mm 的颗粒硫磺为乙2类火灾风险,有着较大的差别,硫磺的理化性质来源于实验室测定,工业上实际使用的硫磺因品质差异自然点和爆炸极限可能低于标准数据。工厂硫磺储运系统一般由仓库、装卸机械、输送机械组成,消防设计主要针对库房按照《建筑设计防火规范》GB50016-2014(2018版)进行防火分区、防爆墙、防火分隔设计,配置消火栓和火焰探测器、感烟、感温探测器,旨在减少火灾爆炸的扩展或蔓延。某些有条件企业为消除扬尘风险,直接将硫磺经过水池浸泡加湿,但在通风管等部位也不能避免干燥的粉尘累积,彻底消除该风险。

(2) 不足分析。硫磺存储、加工、输送过程的扬尘不可避免。硫磺自燃点较低,生产过程产生的摩擦热/静电不易发现和控制。硫磺燃烧火焰不明显,火焰检测仪不适用,如选用高灵敏度的,易受灯光、日光等干扰高频误报。硫磺燃烧产生的二氧化硫

为不燃气体,可燃气体探测器不易探测报警,同时因厂房、仓库多为非封闭式且空间高大,粉尘、烟雾、风向、风级等原因,干扰较多,导致硫磺加工环境产生的粉尘使各种探测仪难以适应其适用选型要求^[2]。经常性报警会降低对风险的敏感和重视,消防系统经常性启动会影响生产的连续性,一体化的存储、输送流程,难以实现有效的防火、防爆分隔,易产生事故的连锁反应或衍生。同时,硫磺燃烧产生的二氧化硫作为重点监管的危险化学品,增加了发生燃烧爆炸时人员进入现场灭火的中毒窒息风险。在消防管理上,只对温度和湿度的控制提出要求,如何实现对硫磺粉尘的本质防控,是工艺过程管理和设备完好管理,工作执行和信息传递的无衰减或缺失,以及管理绩效的验证评价和持续改进。

3 针对性改进

(1) 将硫磺物料本身及其扬尘喷雾加湿进行抑爆处理。设置喷雾喷头,使用 0.6Mpa 压缩空气和水混合,采用喷头喷出水雾,作用于装卸点、斗式提升机、封闭式皮带机、抽/送风管内,加湿所有扬尘,使扬尘被抑制,其温度也达不到其燃点。

(2) 采用更为有效的火灾探测方式。硫磺仓储、输送系统的起火点多发位置为设备转动部位产生的摩擦热,且易达到硫磺 190°C 的自燃点,在皮带机、斗式提升机布设 100°C 感温电缆作为热源探测仪^[3]。

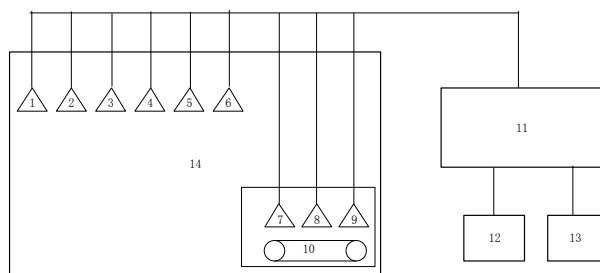
(3) 采用FCS系统前置于消防联动系统控制火灾爆炸风险。采集温度、湿度、输送量、硫磺粒径、硫磺含水量等工艺数据,进行总线控制算法组态,自动匹配喷雾量的供给。同时,当未检测到喷雾,系统无法启动,在运行过程中,如喷雾信号中断,系统立即停止运行。为防范结冰点空气湿度陡降风险,如温度低于 2°C ,供料系统报警,低于 2°C 。供料系统停运。

(4) 选用具有现场显示和远传功能的二氧化硫气体报警仪作为触发信号,且可以设置多级预警/报警功能;配置AI风险自动比对识别视频监控系统,全天候无死角自动巡检。当探测到二氧化硫气体时,灭火系统立即启动。

(5) 运用“互联网+危化安全”平台系统监管和确认工作的有效性,整合人防、物防和技防的各类信息。平台系统定时、分级将巡检内容推送给各级人员,实施风险分级管控,现场人工巡查看硫磺物料状态、设备设施的运行状态和异常状态,通过手持PAD终端将规定信息在规定时限内上传至中心数据库,中心数据库比对分析后反馈给巡检人员和操作系统确保风险受控^[4]。如存在人的不安全行为、物的不安全状态和管理上的缺陷,自动发起隐患整改流程,在规定时限内完成隐患整改,整改期间采取临时措施实现风险受控。杜绝信息孤岛、信息传递衰减或丢失,巡检或检测工作未定期、定人、定内容、定标准开展的漏洞或缺陷。

并且增加消防控制和生产控制联动紧急停车和自动喷水灭火系统功能,生产中心控制室、消防值班室和现场均可以手动启动。

4 控制原理



硫磺储运系统消防和工艺联动控制原理图

1. SO₂探测仪; 2. 烟感探测仪; 3. 粉尘探测仪; 4. 温度计; 5. 火焰探测仪; 6. 消防喷淋; 7. 感温电缆; 8. 设备运行电流信号; 9. 自动喷雾; 10. 硫磺输送设备; 11. 中心数据库; 12. 生产控制室; 13. 消防控制室; 14. 硫磺仓库。

5 本配置存在的优点

(1) 硫磺扬尘得到有效抑制, 作业现场整洁, 有针对性的探测仪器工作环境优良、运行正常, 装卸、存储和输送火灾爆炸风险受控。

(2) 根据粉尘探测仪较为精准的喷雾, 减少粗放管理过度加水增加硫磺湿度, 降低了熔硫过程的能耗。

6 结论

通过深入研究硫磺库本质安全运行理念, 成功地将消防的被动设计转变为一种主动的预防措施, 并且通过精心设计和配置, 确保了其可靠性得到显著提升^[5]。此外还通过部署一系列高效且具有针对性的探测仪器, 极大地提高了报警系统的可靠性。

利用互联网+危化安全系统的先进理念, 借助信息化手段有效地消除了传统安全管理中存在的信息孤岛现象, 以及违章作业和管理要求的衰减或缺失问题。经过多年的严格测试和验证, 已经能够确保即使在各种不可避免的火源存在的情况下, 也能够有效地保障硫磺生产与储运过程不发生火灾和爆炸事故。

【参考文献】

[1] 容子勋. 关于硫磺粉尘在硫酸生产工艺中危险性分析及预防探讨[J]. 当代化工研究, 2017, (03): 79-80.

[2] 周晓生. 模拟式线型感温电缆及其应用[J]. 安装, 2003(3): 26-27.

[3] 李志红, 刘从月. 硫磺粉尘在硫酸生产工艺中危险性分析及预防[J]. 化工安全与环境, 2008, 21(8): 14-15.

[4] 何蓉. 瓮福硫磺库硫磺粉尘防治措施及建议[J]. 硫磺设计与粉体工程, 2011(3): 36-40.

[5] 宋蓓. 一种预防硫磺粉尘爆炸的自控实现方案[J]. 仪器仪表用户, 2020, 27(5): 41-43.

作者简介:

汤荣生(1971--), 男, 汉族, 云南省泸西县人, 硕士, 注册安全工程师, 从事企业安全管理工作。