

安全仪表系统在化工装置中的应用价值与实践路径研究

陈建国^{1,2} 孟付良¹ 刘明钊²

(1. 杭摩新材料集团股份有限公司, 浙江 湖州 313310)

(2. 杭摩科技新材料(阜阳)有限公司, 安徽 阜阳 236146)

摘要: 化工生产的原材料具有易燃、易爆、稳定性较低的特点, 伴随加工会产生有毒气体, 会对生产人员的生命健康产生威胁, 为保障施工安全、降低生产风险, 石油化工企业使用安全仪表系统避免生产危害、减少潜在风险。基于此, 文章对安全仪表系统在化工装置中的应用价值与实践路径展开研究。

关键词: 安全仪表系统; 化工装置; 应用价值; 实践路径

0 引言

化工生产事故一旦发生, 会造成严重的经济损失和恶劣的社会影响, 所以化工产品的生产安全问题一直是业内关注的重点问题。

随着相关科学技术的发展, 化工装置的控制和保护能力具有飞跃式的增长, 安全仪表系统(Safety instrumentation System, 安全仪表)就是化工装置的主要保护设备, 能够通过较强的联动控制、故障报警、危险预警、实时监督功能, 对生产过程中的潜在危险进行管控监督, 当发生危险时, 能够第一时间向工作人员发出警报, 提醒工作人员撤离现场, 并且通过联动装置控制设备进行强制制动, 防止危险扩散, 造成巨大损失。

所以安全仪表系统是化工产业生产过程中的重要安全保障, 具有巨大的应用价值和研究价值。

1 安全仪表系统的结构与功能概述

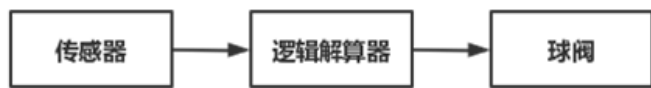


图1 简单配置示意图

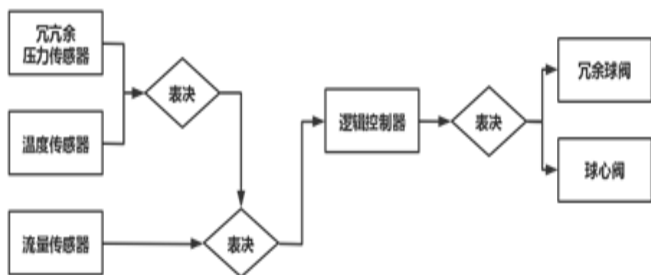


图2 复杂配置示意图

从简单系统构成来看, 安全仪表系统由传感器

(Sensor)、逻辑解算器(Logic Solver)和球阀(Globe valve)三部分构成, 简单配置示意图如图1所示。

从复杂系统构成来看, 传感器部分能够细分为冗余压力传感器、温度传感器和流量传感器; 球阀能够细分为冗余球阀和球心阀; 相邻组成之间通过表决进行衔接控制, 复杂配置示意图如图2所示。

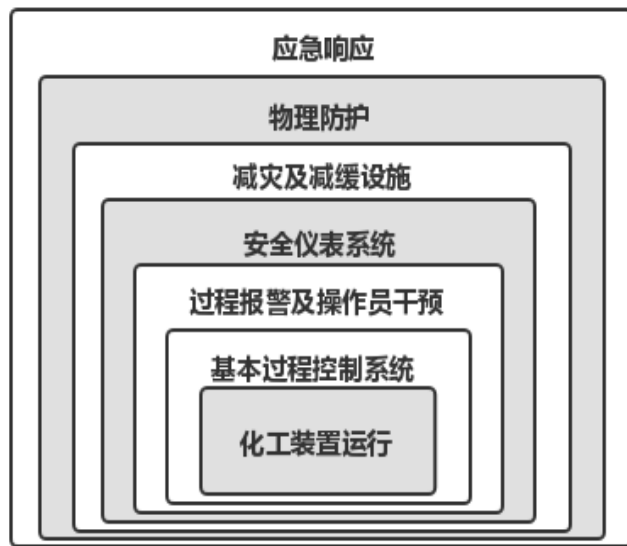


图3 安全仪表系统的洋葱模型

在正常生产环节中, 三部分采用独立工作方式, 相互之间互不干涉、功能分区, 例如传感器部分复杂对化工装置的生产状态进行监测、逻辑解算器负责翻译系统指令以及下发指令等功能、球阀负责执行指令, 以此保证在发生生产危险前, 安全仪表系统的运行稳定性和抗干扰性, 若某一部分发生故障, 不会影响其他环节的工作。

当化工装置发生生产危险时, 安全仪表系统的三

部分会同时进行做功,相互之间通过系统逻辑指令进行配合,进而降低冗余、提升报警效率,减少损失。安全仪表系统功能主要分为连锁控制系统和危险报警系统两大板块,能够同时对化工装置进行故障前监控、故障中自锁警报、故障后反馈危险原因一系列安全保护工作,属于综合性化工装置安全防护系统。现在化工生产逐步向自动化、数字化、集约化方向发展,大部分危险系数较高、控制精度要求高的生产环节已经实现全自动化生产,安全仪表系统就是基于全自动生产形成的连锁控制功能,当系统传感器检测到危险信号时,会第一时间向总控制系统发出警报,安全仪表系统的洋葱模型如图3所示。

2 安全仪表系统在化工装置中的应用价值

生产安全问题是化工行业的首要问题,能够造成巨大的社会影响和经济损失,例如2006年吉化爆炸事件、日本地震引发的核泄漏事故等,能够引起社会乃至国际的关注。

根据相关统计显示,我国化工生产安全事故的主要原因是生产操作失误,约占总生产安全事故的75%,所以想要提升化工生产安全性,主要应从生产操作方面提升。

安全仪表系统就能够通过强大的连锁控制功能,给生产人员显示正确的生产状态、发送正确的生产指令,进而降低操作失误的影响、防止事态恶化,所以安全仪表系统在化工装置中的应用价值主要体现在安全功能方面。

安全仪表系统开发人员能够在系统编辑过程中,将以往的施工事故、施工预防办法、施工事故解决办法、施工事故疏散办法、化工装置控制方法等关键信息以数据的形式输入进系统中,当检测到生产危险时,安全仪表系统会根据生产危险的表现,自动匹配解决办法,例如超高温加热炉自动灭火装置、以及高压泄漏保护系统等。

2.1 安全仪表系统完整性等级的评测

安全仪表系统风险预警和安全保障功能的良好发挥,是在系统结构完整、化工生产装置危险等级符合系统评定和管理范围的基础上实现的。在对该系统应用之前需要结合生产状况进行充分的等级评定,对于危险性越高、存在安全隐患因素越多的化工生产设备,在设计安全仪表系统时便需要投入更多的成本费用以及应用更加先进的核心技术,评价化工装置的危险性等级的公式如公式(1)所示。

化工生产装置潜在危险 = 事故发生概率 × 危险后果

公式(1)

有关评测机构以及企业通常会根据危险等级的差异性划分,对安全仪表系统进行科学的选择和合理的应用,在与化工生产过程提供安全保障的同时还能达成一定的经济效益。在IEC61508中对于安全仪表系统的安全完整性等级给出了明确的划分标准,其中1级到4级分别是针对不同的化工生产危险等级状况,时实际生产过程中常用的一些等级标准,有助于相关生产厂间管理人员对系统和设备进行科学的选用来降低生产风险。

2.2 安全仪表系统的安全性识别

化工生产工艺中,含有较多生产控制环节,用来消除已知的生产问题,也叫常规风险问题,此类故障可以通过生产工艺流程进行自我消化,不会进一步扩大。

针对常规风险问题,安全仪表系统应当进行充分识别,避免出现误报情况。设计人员应当在设计过程中,输入充足的常规风险问题案例,作为安全仪表系统运行的数据基础,使安全仪表系统的核心功能集中在识别非常规风险问题中,就是根据动作指令、设备状态、生产情况对风险状况进行判断。另外安全仪表系统应具备多点识别能力,能够同时确认多个故障点、同时进行连锁制动和物理隔离。

3 安全仪表系统在化工装置中的实践路径

3.1 安全仪表系统可用性分析及优化方案

可用性分析是安全仪表系统在化工装置中的重要安全防护实践方式,也就是在安全仪表系统检测到生产危险后,迅速确认危险发生位置,并及时采取物理隔离的方法,快速制动,要求在物理隔离危险设备后,不影响其他设备的正常使用、不影响生产系统流程完整性、不影响生产效率和生产质量。当然上述要求为单一故障点的情况,若发生大面积生产危险,要求会相应降低。所以可用性分析是化工生产及时止损的重要安全防护功能,可以在安全仪表系统中应用冗余技术进行优化,通过冗余技术对安全仪表系统中的功能模块、结构组成进行高水平配制,最终达到可用性的提升。

3.2 停车逻辑控制系统设计

系统逻辑是安全仪表系统在化工装置中实践应用的基础,安全仪表系统的与化工装置的连接、安全仪

表系统的功能等级、安全仪表系统的安全指标等关键因素,都由系统逻辑设计水平决定。可以在合成气 103-J 停车逻辑控制的冗余输入运算逻辑设计时进行优化和改进,这样便能够使得安全医疗系统对于运行中的化工生产装置起到高效的控制作用,进而满足该系统的安全防护使用需求,提升安全仪表系统与化工设备的结合程度。

3.3 安全仪表系统结构约束条件的控制

硬件容错能力是安全仪表系统在化工设备中应用实践的主要限制因素,也是目前安全仪表系统设计中容易被忽视的环节。

硬件容错能力是指安全仪表系统的硬件部分功能性发挥情况,主要分为化工装置精度控制和危险性检测两方面,在化工装置运行过程中,受生产原材料和生产工艺的影响,出现生产问题的可能性较高,但大多数问题都能够生产控制环节中自我消化,若硬件容错能力太强,那么表示系统对生产问题的灵敏度较低,进而会出现忽视生产问题的情况;若硬件容错能力太弱,那么表示系统对生产问题的灵敏度较高,进而会出现频繁报警的问题,这种情况都会对安全仪表系统的应用性产生直接影响。

所以必须对安全仪表系统结构的约束条件进行控制,使硬件容错能力达到合理的区间范围,实现灵活、智能、精准的故障警报。

4 总结

综上所述,文章对安全仪表系统在化工装置中的应用价值与实践路径展开研究,说明安全仪表系统在完整性等级评测、系统的安全性识别两方面的应用价值,以及安全仪表系统可用性分析及优化方案、停车逻辑控制系统设计、安全仪表系统结构约束条件的控制三方面的实践路径。

强调安全仪表系统对我国化工行业生产安全的重要性,说明安全控制系统巨大的应用价值和研究价值,可以根据安全控制系统在化工装置保护方面的成功,推广应用在其他危险生产环节中,以此降低生产危险造成的巨大社会影响和经济损失。

参考文献:

- [1] 席永胜.安全仪表系统的 SIL 验证方法及工程应用[J].工程建设与设计,2022(13):250-253.
- [2] 田文娜.化工安全仪表系统工程设计和应用[J].化工设计通讯,2022,48(06):70-72.
- [3] 郑争志,钱家盛.化工过程安全仪表系统的教学探

索[J].池州学院学报,2022,36(03):126-128.

- [4] 柴金柱.安全仪表系统(安全仪表)在丙烯罐区的应用与分析[J].石油化工安全环保技术,2022,38(03):43-47+66+7.
- [5] 刘斌,贾志伟,刘万斗,黄耀,高满仓,梁昌晶.基于 SIL 分析的输气站场安全仪表系统定级与验证[J].石油化工自动化,2022,58(03):47-51.
- [6] 王龙,陈博.石化企业自动化仪表中安全仪表系统的分析与研究[J].石化技术,2022,29(04):16-17.
- [7] 邓明荣,吴晓敏,侯国秀.SIS 安全仪表系统在化工工艺装置中的应用[J].今日自动化,2021(5):80-81.
- [8] 辛乐民.安全仪表系统在化工工艺装置中的应用探讨[J].中国战略新兴产业,2019(44):220.
- [9] 任国正,艾昀堃.安全仪表系统在石油炼化系统中的应用研究[J].当代化工研究,2020(10):95-96.
- [10] 青格乐图.外测式液位开关在 SIS 中的应用[J].石油化工自动化,2022,58(2):101-102.
- [11] 刘和坤.安全仪表系统非完全验证测试的策略研究[D].杭州:浙江工业大学,2021.
- [12] 仇广金.石油化工装置仪表本安回路系统设计[J].山东化工,2019,48(20):158-159.
- [13] 肖正.基于蓄热氧化的安全仪表技术设计研究[J].煤炭与化工,2022,45(3):156-160.
- [14] 陈捷,董绍平.SIL 技术在镇海炼化的应用[J].石油化工自动化,2010,46(5):33-36.
- [15] 曹志宇.安全仪表系统最终执行元件功能安全完整性检测技术研究[D].北京:北京化工大学,2020.
- [16] 周华.基于 Markov 的安全仪表系统定量评估与整改研究[D].北京:中国石油大学,2010.
- [17] 赵扬,刘庆花,赵玉奇.基于 PLC 的间歇反应装置控制系统的设计[J].自动化仪表,2017,38(2):15-17,21.
- [18] 葛跃君.安全仪表系统在化工装置中的应用[J].中国化工贸易,2018,10(11):109.
- [19] 严昕.安全仪表系统在化工装置中的设计应用[J].中国盐业,2021(1):49-51.
- [20] 齐洋.安全仪表系统在化工装置中的应用[J].产业与科技论坛,2012,11(19):88-89.

作者简介:

陈建国(1981-),男,汉族,浙江嘉兴人,本科学历,高级工程师,从事高分子材料合成及其研究应用等工作。