

化工储罐区安全防护措施的设计与改进

王海城

河北英科石化工程有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]化工企业的规模逐步朝着复杂化、大型化的方向发展,储罐作为化工生产的重要组成部分,安全管理至关重要。为了保障生产安全,文中聚焦于化工储罐区的安全防护,对储罐区安全防护的关键环节设计展开系统剖析,结合工程实践经验以及相关标准规范提出切实可行的改进策略,旨在为化工储罐区的安全防护工作提供参考,进一步提升储罐区本质安全水平。

[关键词]化工储罐区;安全防护;设计方案;改进策略;本质安全

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18690

中图分类号: TQ053.2

文献标识码: A

Design and Improvement of Safety Protection Measures for Chemical Storage Tank Area

WANG Haicheng

Hebei Enco Petrochemical Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The scale of chemical enterprises is gradually developing towards complexity and large-scale. As an important component of chemical production, safety management is crucial for storage tanks. In order to ensure production safety, the article focuses on the safety protection of chemical tank areas, systematically analyzes the key design links of tank area safety protection, and proposes practical and feasible improvement strategies based on engineering practice experience and relevant standards and specifications. The aim is to provide reference for the safety protection work of chemical tank areas and further improve the intrinsic safety level of tank areas.

Keywords: chemical storage tank area; safety protection; design proposal; improvement strategy; intrinsic safety

引言

随着全球经济的不断发展,储罐的应用范围也不断复杂化和多样化^[1]。从应用上看,可以储存石油、药品、化学品、化工原料、高压气体、液态气体等工业物料^[2]。然而这些物料多数具有易燃、易爆、易窒息、易中毒、易冻伤等危险性,如储罐的安全管理不当就很容易引发各种形式的安全事故,从而对作业人员的生命安全造成严重威胁,还有可能危及周边社区,甚至引发国际舆论风险。储罐在化工企业的日常运行生产过程中,发挥着不同的作用,如:用于物料反映的各种反应釜、用于暂存物料的缓冲罐、用于运输物料的槽车等^[3]。近年来,储罐在使用和操作过程中爆炸事故频出,带来的直接经济损失较大,导致公众对化工企业储罐的安全非常关注^[4]。因此,化工企业有必要对储罐进行风险评估及安全管控,以保证人们的生命财产安全。因此,开展化工储罐区安全防护措施的设计与改进研究,优化防护系统架构,提升防护措施的针对性、有效性与智能化水平,对于降低事故发生率、减少事故损失、保障化工行业安全可持续发展具有重要的理论意义与工程应用价值。

1 化工储罐区安全防护设计核心原则

化工储罐区安全防护设计应该遵循以下核心原则:①在化工储罐区安全防护设计过程中,本质安全尤为关键,其核心目标在于从设计源头消除各类潜在的危险因素,减少事故影响范围^[5];②分级防护原则主要以储罐区的危险

等级划分、事故风险为依据实施分级防护,对储存易燃易爆介质的储罐区,防护方面采用多类型传感器实时监控、多频次数据采集分析等措施;对于低危险等级的储罐区,确保满足安全规范要求的前提下,合理优化防护策略;③整体性原则。将选址、储罐、消防、监测预警、应急保障等环节有机结合成完整体系,各系统协同,确保事故各阶段有效作用,避免防护漏洞。④经济性原则。确保安全防护效果的同时,合理控成本,选技术成熟、易操作维护的防护设备与措施,方案要契合企业实际需求与经济能力。

2 化工储罐区安全防护核心措施设计

2.1 储罐区选址与布局设计

储罐区选址须严格遵循相关规范,综合考量地形、气象、水文地质及周边环境^[6]。应避开地质灾害高发区,选平坦、地势高且良好的区域。同时要远离公共设施(学校、商场、居民区)与生态敏感区域(水源地、自然保护区)。对于储罐区的布局设计,应该严格遵循“分区分类、合理间距、便于操作、利于疏散”原则,主要依据介质的危险性合理划分不同的功能区,设隔离设施与警示标识;高危险等级储罐应该设置于独立区域,同时要加大安全间距。根据类型、容积、介质特性等按规范确定,如特定易燃、可燃液体储罐防火间距有明确倍数要求,周边道路等间距也需达标。便于操作管理且与储罐区保持安全间距,控制室设在上风或侧风侧,消防设施便于取用、快速启动。储罐区典型布局示意图如图1所示:

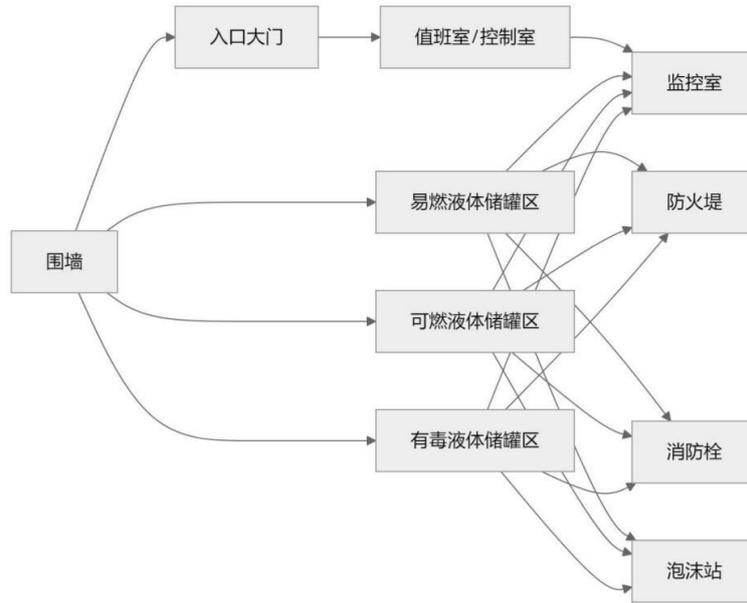


图1 储罐区典型布局示意图

2.2 储罐本体安全设计

(1) 储罐类型选择

依据存储介质特性、压力温度及规模,合理选型储罐。常用化工储罐有立式圆筒形钢制焊接、卧式圆筒形、球形等,不同类型适用范围各异,具体如下:

表1 不同类型储罐适用范围及优缺点对比

储罐类型	适用介质	适用工况	优点	缺点
立式圆筒形钢制焊接储罐	汽油、柴油、煤油、原油等易燃、可燃液体	常压或低压、常温或中温	结构简单、造价低、容量大、便于施工与维护	占地面积较大、抗风载能力较弱
卧式圆筒形储罐	润滑油、柴油、化工溶剂等	常压或低压、小容量存储	结构紧凑、占地面积小、抗风载能力强	容量较小、造价相对较高
球形储罐	液化石油气、液氨、液氮等高压液化气体	高压、低温或常温	受力均匀、承载能力强、占地面积小、蒸发损失小	结构复杂、造价高、施工难度大、维护不便

(2) 储罐材质选择

根据存储介质的存储温度、腐蚀性以及压力等相关因素,合理选择储罐材质,所选材质必须具备充足的强度、韧性以及卓越的耐腐蚀性^[7]。目前,储罐制造领域常用的储罐材质包括碳钢、玻璃钢、不锈钢、钛合金等。存储非腐蚀或弱腐蚀介质(如汽柴油、原油)的储罐可用碳钢;存储腐蚀性介质(如酸碱盐溶液)的储罐依介质特性选耐腐蚀材质(如不锈钢、玻璃钢等);存储低温介质(如液氮、液氧)的储罐选低温韧性好的材质(如低温碳钢、不

锈钢)。

(3) 储罐附件设计

储罐附件作为保障储罐安全稳定运行的核心构件,其设计应符合规范要求^[8]。安全阀是保障储罐安全运行的关键设备,可以有效防止储罐因压力异常升高而导致的超压事故,因此需要以储罐的设计压力所存储介质的特性,合理选择安全阀的规格型号,同时定期进行校验,及时消除潜在的安全隐患。液位计可以实时监控储罐内的液位高度,防止因液位过高或过低而导致的异常,实践过程中,优先选用具有远程监测功能的液位计,实现液位的实时监控,同时可以确保操作人员的安全。紧急切断阀主要是应对火灾、泄漏等突发事故的重要安全装置,可以快速切断储罐与外部管道之间的介质流通,紧急阀门应同时具备手动控制和自动控制^[9]。呼吸阀能够根据罐内压力的变化自动开启或关闭,平衡储罐内的压力,防止因压力过高而发生爆炸。阻火器可以有效阻止外部火焰进入储罐内部,防止因外部火源而引发储罐内的火灾爆炸事故。

2.3 消防系统设计

化工储罐区消防系统设计需以“预防为主、防消结合”为核心^[10],减少事故的发生。消防水源作为消防系统的关键支撑,其供应能力应满足消防用水量的要求,在消防水源的选取上采用市政消防水源或自建的消防水池。消防水泵应优先采用“一用一备”或“多用一备”的布局模式,确保在一台水泵因机械故障、电气故障等原因停运时另一台水泵可以快速启动,以此保障消防供水的连续性。泡沫灭火系统的设计应根据介质特性、储罐类型规格合理安排,其中水成膜泡沫凭借其独特的成膜特性可快速形成一层阻隔空气的水膜,适用于扑救非水溶性易燃液体火灾,抗溶性泡沫因其具备抗溶性能,可防止泡沫被水溶性液体破

坏,主要适用于扑救水溶性易燃液体火灾。设计要确保泡沫均匀覆盖液面、灭火时间合规,泡沫站布局要便于操作维护且与储罐区有足够安全间距。消防冷却系统用于火灾时冷却储罐壁,防其变形破裂扩大事故,包括冷却水管网、水枪或喷淋装置等。管网围绕储罐进行环形布置,冷却水能够均匀覆盖罐体表面。根据储罐的实际尺寸精确定水枪或喷淋数量,并合理进行布置,大型储罐推荐采用喷淋系统。

2.4 监测预警系统设计

监测预警系统是化工储罐区事故预防关键,可实时监测参数、及时预警^[11]。按标准,储罐区泄漏风险点应设可燃或有毒气体检测报警器,设备的选型主要依据介质的特性进行确定,安装高度则主要参照介质的密度确定,介质密度较小时,设备安装高度则应距离顶棚0.3~0.6m,介质密度较大时,设备安装位置距离地面0.3~0.6m。液位、压力、温度是储罐运行核心参数,监测系统设计要确保数据准确、实时采集。液位监测用远程液位计,超限报警并联动紧急切断阀或泵;压力监测用压力表或变送器,超限报警并联动安全阀或泄压阀;温度监测用温度计或变送器,超限报警并联动冷却或加热系统。

2.5 应急保障系统设计

应急保障系统是应对化工储罐区突发事故的重要支撑,设计要确保事故时快速有效处置、减少损失。该系统包括应急疏散通道(宽度不小于1.5m,保持畅通,出口通室外,两侧设指示标志与照明设施)、应急救援物资储备库(储备消防器材、防护装备等物资,定期检查维护更新)、应急通信系统(采用有线无线结合方式,如应急电话、对讲机等)和应急照明系统(双电源供电,亮度满足要求,持续照明不小于90min)。

3 化工储罐区安全防护现存问题分析

3.1 设计阶段存在的问题

部分建成的老旧储罐区设计依据早期标准,与当前现行规范要求之间存在显著差距,存在防火间距不足、消防通道窄、消防设施缺、监测预警系统落后等问题,如某区储罐间距远小于规范要求,部分储罐无紧急切断阀。同时,部分储罐区未充分调研介质性质致防护措施不合理,如水溶性易燃液体储罐区未用抗溶性泡沫灭火系统;工况变化后也未及时调整防护措施,致其无法适应新要求。

3.2 运行维护阶段存在的问题

部分化工企业对储罐区设备维护保养工作重视不足、执行不力,致设备老化,腐蚀严重,如罐壁因长期遭受存储介质的化学侵蚀变薄,甚至出现渗漏的情况。压力表、安全阀等附件未定期校验,出现失灵、指示不准等问题,消防管道系统因缺乏有效维护,内部沉积物堆积而影响供水。在火灾等紧急情况下,对消防供水的充足性与及时性造成严重的影响。此外,当前部分储罐区监测预警系统智能化低,存在误报、漏报,如可燃气体报警器因安装或老

化常误报,部分系统缺数据融合分析难识隐患,且监测数据未与应急系统联动,延误事故处置

3.3 管理阶段存在的问题

部分化工企业储罐区安全管理制度不完善或执行不力,如准入管理机制不严格,导致非工作人员随意进入,检查排查工作存在漏洞与缺失,潜在的安全隐患长期存在、应急演练缺乏针对性和实效性,部分人员的应急处理能力较弱,在面对突发情况时,不能及时的应对。同时,企业对员工安全培训重视不够,内容简单形式单一,关键内容缺失,致员工安全知识技能不足、风险认识不够、操作违规,延误事故处理的最佳时机。

4 化工储罐区安全防护改进策略

4.1 设计优化策略

针对不符合现行规范要求的老旧储罐,有针对性的制定升级改造方案,完善安全防护,依据现行规范标准重新储罐之间核算防火间距,经核算发现防火间距不足迁移储罐或增设隔离墙。同时照规范要求补充各类消防设施,拓宽消防通道,确保在火灾发生时可以及时有高效地进行扑救。增设或升级监测预警系统,选用高精度、高可靠性的监测设备,实时监测储罐区的液位、压力、温度,若有异常,系统能够及时发出警报,第一时间进行处理。储罐区设计阶段开展调研工作,依据介质的特性选择合适的储罐类型、材质与防护措施,在设计时预留一定的冗余空间。另外,在储罐区温度、储存压力发生变化时,重新核算相关安全参数,并对防护策略做出针对性的调整。

4.2 技术升级策略

借助人工智能、大数据等前沿技术全面升级优化储罐区监测预警系统,构建无线传感网络,消除储罐区的监测盲区,运用高精度智能传感器,提升数据采集的速度与精确度。搭建大数据集成平台,对多元数据进行整合分析,并运用人工智能算法对数据进行处理,以此实现精准、可靠、及时的预警功能。当监测到异常情况时,系统能够自动触发应急设备,自动启动紧急切断阀、通风设备、消防系统等,及时采取控险措施快速控制风险,保障储罐区的安全稳定运行。智能化监测预警系统架构如图2所示:

4.3 管理强化策略

建立健全的储罐区安全管理制度,明确各部门与人员职责,确保制度明确且具有可操作性。重点完善准入管理体系,严格限制非工作人员随意进出,为进入相关区域或参与特定工作的人员配备防护装备,且专人陪同。构建科学合理的设备维护保养体系,对维护周期,维护内容以及责任人进行明确,通过定期维护设备,确保设备始终处于正常的运行状态。构建科学合理的设备维护保养体系,定期开展多类检查,按照闭环管理原则整改安全隐患。持续完善应急预案体系,定期举办应急演练活动,以便在突发事件发生时可以积极、有效应对。

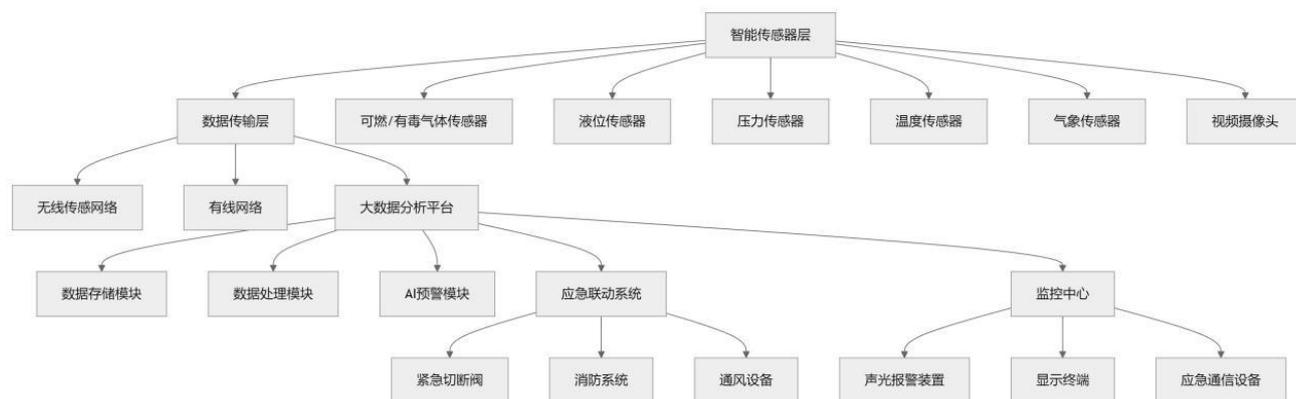


图2 智能化监测预警系统架构图

5 结论

本文研究针对化工储罐区安全防护措施当前存在设计不合规、针对性不足、设备老化等共性问题，从设计、技术、管理三维度提出的改进策略，从根本上提升化工储罐区的本质安全水平，降低化工储罐区的安全风险，提高多项安全性能指标。

[参考文献]

[1]钟建伟.用于油气储运防腐的纳米环氧复合涂料的研究[J].化学工程师,2024,38(7):46-50.
 [2]时丕宏.化工企业储罐区风险评价及安全管理对策的研究[D].辽宁:大连交通大学,2019.
 [3]姚月华.化工企业安全风险的分级管控与隐患排查[J].化工管理,2020,11(25):121-122.
 [4]梁潇.董家口原油商业储备基地工程储罐施工安全风险研究[D].江苏:中国矿业大学,2021.
 [5]孙军,雍德,岳辉.储油罐安全附件常见问题及维护[J].中国石油和化工标准与质量,2015,11(1):91.
 [6]徐昀,程刚,吴晓梅,等.浅谈大型储罐安全附件的设计[J].化工设备与自动化,2010,2(36):56-57.

[6]安成名,陈运文,王晨,等.浅析潜在失效模式与后果分析(FMEA)在 LNG 储罐泄漏失效分析中的应用[J].城市燃气,2017,11(3):4-7.

[7]周元欣,孟凡鹏,梁勇,等.丙烷低温常压双金属全容储罐安全保护系统的定量分析计算[J].化工自动化及仪表,2020,11(4):322-328.

[8]张岚.化工企业危险源辨识与风险评估[J].化工管理,2020,12(18):102-103.

[9]岳建霞.成品油库重大危险源评估[J].化工管理,2020,11(11):81-82.

[10]张文学.石油化工安全仪表系统的设计及实施[J].化工设计通讯,2019,45(9):111-112.

[11]陈罗汉.重大危险源罐区新增 SIS 的改造应用[J].当代化工研究,2020,12(6):100-101.

作者简介:王海城(1994.11—),毕业院校:河北工业大学城市学院,所学专业:化学工程与工艺,当前就职单位:河北英科石化工程有限公司,职务:工艺设计,职称级别:中级工程师。