

化工企业消防设备设施维护管理风险评估与防控路径

曾浩

中化应急技术服务(舟山)有限公司 316000

DOI: 10.12238/ems.v7i10.15731

[摘要] 化工企业作为消防安全重点单位,其生产过程中涉及大量易燃易爆、有毒有害物资,消防设备设施的完好性与可靠性直接关系到企业安全生产和员工生命财产安全。本文以化工企业消防设备设施维护管理为研究对象,通过分析当前化工企业在消防设备设施维护管理中存在的风险点,构建风险评估指标体系,运用层次分析法与模糊综合评价法相结合的方式进行风险评估,并提出针对性的防控路径,旨在为化工企业提升消防设备设施维护管理水平提供理论参考与实践指导。

[关键词] 化工企业;消防设备设施;维护管理;风险评估;防控路径

引言

化工行业具有高温、高压、易燃易爆、有毒有害等特点,火灾爆炸事故易发生且后果严重。近年来,我国化工企业火灾事故时有发生,如2021年某化工园区储罐爆炸事故、2022年某化工厂反应釜火灾事故等,均暴露出企业在消防设备设施维护管理方面存在的不足。消防设备设施作为预防和扑救火灾的重要物质基础,其维护管理质量直接影响火灾防控效果。因此,开展化工企业消防设备设施维护管理风险评估与防控研究,对于降低火灾风险、保障企业安全生产具有重要意义。

当前,国内外学者已针对消防设备设施管理开展了相关研究。国外学者注重运用信息化技术提升管理效率,如采用物联网技术对消防设备进行实时监测;国内研究则多集中于管理体系构建与制度完善。然而,针对化工企业特殊场景下的消防设备设施维护管理风险评估与防控的系统性研究仍有待深化。本文在借鉴现有研究成果的基础上,结合化工企业生产特性,构建风险评估模型,提出具有针对性的防控路径,以期弥补现有研究的不足。

一、化工企业消防设备设施维护管理现状与风险点分析

(一) 化工企业消防设备设施类型与特点

化工企业消防设备设施种类繁多,根据其功能可分为灭火系统、报警系统、疏散系统、防排烟系统等。灭火系统包括消火栓系统、自动喷水灭火系统、气体灭火系统、泡沫灭火系统等,其中泡沫灭火系统在化工企业储罐区应用广泛,需适应不同类型化学品的灭火需求;报警系统主要有火灾自动报警系统、可燃气体探测报警系统等,需具备快速响应和准确定位的能力;疏散系统包括应急照明、疏散指示标志、

疏散通道等,需在火灾发生时为人员疏散提供有效指引;防排烟系统则用于控制烟气扩散,保障疏散通道和灭火救援通道的畅通。

化工企业消防设备设施具有以下特点:一是环境适应性要求高,需耐受高温、腐蚀、粉尘等恶劣环境;二是技术复杂度高,部分设备如气体灭火系统涉及精密控制与联动功能;三是维护专业性强,需要专业技术人员进行操作与保养;四是联动性要求高,各类设备需协同工作才能发挥最佳效能。

(二) 维护管理现状

通过对国内多家化工企业的实地调研与访谈,发现当前化工企业消防设备设施维护管理存在以下现状:

1. 管理体系方面:部分企业未建立完善的消防设备设施维护管理制度,职责划分不清,存在多头管理或管理真空现象;
2. 维护周期方面:多数企业虽制定了维护周期,但存在超期维护、漏检等问题,尤其是在生产繁忙时期,维护工作常被搁置;
3. 维护人员方面:维护人员专业素质参差不齐,部分人员缺乏化工行业消防设备设施维护的专业知识与技能,对新型设备的维护能力不足;
4. 技术应用方面:信息化管理水平较低,多数企业仍采用人工记录维护信息,设备状态监测滞后,难以实现实时预警。

(三) 主要风险点分析

5. 设备自身风险

设备老化:部分化工企业消防设备设施使用年限较长,如灭火器压力不足、消火栓接口锈蚀、报警系统灵敏度下降等,导致设备无法正常工作;

选型不当:消防设备设施选型未考虑化工生产特殊环境,如在腐蚀性较强的区域使用普通材质的消防管道,导致管道腐蚀泄漏;

安装缺陷:设备安装不符合规范要求,如自动喷水灭火系统喷头安装位置不当、间距过大,影响灭火效果。

6. 维护管理风险

维护不到位:日常巡检流于形式,未及时发现设备故障,如火灾报警控制器误报、漏报未及时处理;

维护记录不规范:维护记录不完整、不准确,难以追溯设备维护历史,不利于风险分析与评估;

应急演练不足:未定期开展消防设备设施应急演练,员工对设备操作不熟练,火灾发生时无法有效使用设备。

7. 人员因素风险

安全意识薄弱:部分员工对消防设备设施的重要性认识不足,存在随意损坏、挪用设备的现象;

专业技能欠缺:维护人员未经过专业培训,无法正确判断设备故障原因,导致维护质量不达标。

8. 外部环境风险

自然环境影响:高温、高湿、强腐蚀性等环境因素加速设备老化,如南方多雨地区消防水泵电机受潮损坏;

人为破坏:外部人员恶意破坏消防设备设施,如偷盗消防水带、击碎应急照明灯具等。

二、化工企业消防设备设施维护管理风险评估体系构建

(一) 评估指标体系设计原则

1. 科学性原则:指标选取应基于消防工程学、安全管理学等理论,确保评估结果客观准确;

2. 系统性原则:全面涵盖设备自身、维护管理、人员、环境等方面的风险因素,形成完整的指标体系;

3. 可操作性原则:指标应简洁明了,数据易于获取,便于实际评估操作;

4. 动态性原则:考虑到化工企业生产环境与设备状态的变化,指标体系应具有一定的动态调整能力。

(二) 评估指标体系构建

根据上述原则,结合化工企业消防设备设施维护管理特点,构建如下风险评估指标体系:

1. 一级指标:设备自身风险(A)、维护管理风险(B)、人员因素风险(C)、外部环境风险(D)

2. 二级指标:

设备自身风险(A):包括设备老化程度(A1)、选型匹配度(A2)、安装规范性(A3)、设备完好率(A4)

维护管理风险(B):包括维护周期合理性(B1)、维护记录完整性(B2)、维护质量达标率(B3)、应急演练频率(B4)

人员因素风险(C):包括员工安全意识(C1)、维护人员专业技能(C2)、人员培训频率(C3)

外部环境风险(D):包括自然环境影响程度(D1)、人为破坏可能性(D2)

(三) 风险评估方法选择

采用层次分析法(AHP)确定各指标权重,结合模糊综合评价法进行风险评估。

1. 层次分析法(AHP):通过构建判断矩阵,计算各指标相对于总目标的权重,步骤如下:

建立层次结构模型:将风险评估总目标、一级指标、二级指标依次排列;

构造判断矩阵:邀请消防领域专家、化工企业安全管理人员对各指标重要性进行两两比较,采用1-9标度法赋值;

一致性检验:计算一致性比例CR,当 $CR < 0.1$ 时,判断矩阵具有一致性,否则需调整判断矩阵;

计算指标权重:通过特征根法计算各指标权重。

2. 模糊综合评价法:考虑到风险评估中存在大量模糊信息,采用该方法对风险等级进行评价,步骤如下:

确定评价等级:将风险等级分为低(V1)、较低(V2)、中(V3)、较高(V4)、高(V5)五个等级;

构建模糊评价矩阵:组织评估人员对各二级指标进行打分,确定隶属度;

模糊综合评价:将指标权重与模糊评价矩阵相乘,得到各一级指标及总目标的评价结果。

三、化工企业消防设备设施维护管理风险评估实例分析

(一) 企业概况

选取某大型化工企业作为研究对象,该企业主要生产有机化工原料,厂区内设有储罐区、生产车间、仓库等区域,配备的消防设备设施包括消火栓系统、自动喷水灭火系统、气体灭火系统、火灾自动报警系统、应急照明系统等。

(二) 风险评估过程

1. 指标权重确定:邀请5位专家(2位消防科研人员、2位化工企业安全工程师、1位消防支队监督员)构建判断矩阵,计算得到各指标权重如下表所示:

一级指标	权重	二级指标	权重
设备自身风险（A）	0.35	设备老化程度（A1）	0.30
		选型匹配度（A2）	0.25
		安装规范性（A3）	0.20
		设备完好率（A4）	0.25
维护管理风险（B）	0.30	维护周期合理性（B1）	0.20
		维护记录完整性（B2）	0.25
		维护质量达标率（B3）	0.30
		应急演练频率（B4）	0.25
人员因素风险（C）	0.20	员工安全意识（C1）	0.40
		维护人员专业技能（C2）	0.40
		人员培训频率（C3）	0.20
外部环境风险（D）	0.15	自然环境影响程度（D1）	0.60
		人为破坏可能性（D2）	0.40

2. 模糊综合评价：组织 10 名评估人员（企业安全管理人员、维护人员、车间员工）对各二级指标进行打分，确定隶属度，构建模糊评价矩阵。经计算，该企业消防设施维护管理风险综合评价结果为“中”，其中设备自身风险评价结果为“较高”，维护管理风险评价结果为“中”，人员因素风险评价结果为“中”，外部环境风险评价结果为“较低”。

（三）评估结果分析

从评估结果来看，该企业消防设施维护管理整体风险处于中等水平，但设备自身风险较高，主要原因是部分储罐区的消防设备使用年限超过 10 年，存在老化现象；维护管理方面，应急演练频率不足，员工对气体灭火系统操作不熟练；人员因素方面，维护人员专业技能有待提升，对新型火灾报警控制器的维护能力不足。

四、化工企业消防设施维护管理风险防控路径

（一）完善消防设施维护管理制度体系

1. 建立健全责任制：明确企业主要负责人为消防设备设施维护管理第一责任人，划分各部门、各岗位的职责，签订责任书，将维护管理工作纳入绩效考核。

2. 制定精细化维护规程：根据不同类型消防设备设施的特点，制定详细的维护周期、维护内容、维护标准，如消火栓系统每周巡检 1 次，检查压力、接口等；自动喷水灭火系统每月检查 1 次喷头、管道有无漏水。

3. 规范维护记录管理：采用信息化管理系统记录设备维护信息，包括维护时间、维护内容、维护人员、设备状态等，实现维护记录的可追溯性。

（二）强化设备全生命周期管理

1. 设备选型与采购：结合化工生产环境特点，选择具有

耐腐蚀、耐高温、防爆等性能的消防设备设施，优先选用通过国家认证的产品；采购时严格审查供应商资质，签订质量保证协议。

2. 安装与验收：委托具备相应资质的单位进行设备安装，安装过程中安排专业人员监督，确保符合规范要求；安装完成后，组织消防部门、设计单位、施工单位共同验收，验收合格后方可投入使用。

3. 定期检测与报废：按照国家标准定期对消防设备设施进行检测，如火灾报警控制器每年进行 1 次全面检测；对达到使用年限或无法修复的设备及时报废，更换新设备。

（三）提升维护人员专业素质

1. 加强培训教育：定期组织维护人员参加专业培训，内容包括消防设备原理、故障诊断、维护技能等，培训合格后方可上岗；邀请设备厂家技术人员进行新型设备操作与维护培训。

2. 开展技能竞赛：举办消防设备设施维护技能竞赛，提高维护人员的实操能力，形成比学赶超的氛围。

3. 引进专业人才：招聘具有消防工程、安全工程等专业背景的技术人员，充实维护管理团队。

（四）应用信息化与智能化技术

1. 构建物联网监测系统：在消防设备设施上安装传感器，实时监测设备状态，如灭火器压力、消防水泵运行参数、火灾报警控制器信号等，数据传输至监控中心，实现异常情况自动报警。

2. 采用 BIM 技术：建立消防设备设施 BIM 模型，整合设备信息、维护记录等数据，实现可视化管理，便于规划维护路径、模拟火灾场景下设备联动效果。

3. 开发移动管理 APP: 维护人员使用 APP 进行巡检打卡、记录设备状态、上报故障, 提高维护管理效率。

(五) 加强应急演练与宣传教育

1. 定期开展应急演练: 每季度至少开展 1 次消防设备设施应急演练, 模拟不同火灾场景, 检验设备性能与员工操作能力, 演练后总结经验, 改进不足。

2. 强化宣传教育: 通过宣传栏、安全例会、微信公众号等渠道, 宣传消防设备设施的重要性及使用方法, 提高员工安全意识, 杜绝损坏、挪用设备的行为。

(六) 应对外部环境风险

1. 采取防护措施: 针对自然环境影响, 对消防设备设施采取防护措施, 如在腐蚀性区域的管道外加装防腐层, 在水泵电机处安装防潮装置。对于沿海地区化工企业, 还需考虑盐雾腐蚀影响, 定期对暴露在外的消防设备进行除锈、涂漆处理; 在高温作业区域, 为火灾报警控制器等精密设备加装隔热防护罩, 避免高温导致设备误报或失效。

2. 加强安保巡逻: 增加厂区巡逻频次, 在消防设备设施集中区域安装监控摄像头, 防止人为破坏; 发现破坏行为, 依法追究责任。同时, 建立消防设备设施台账与监控系统联动机制, 当监控捕捉到异常人员接近消防设备时, 自动发出声光预警并通知安保人员; 在重点区域的消防箱、灭火器箱上安装智能锁具, 授权人员通过刷卡或人脸识别开启, 防止无关人员随意动用设备。此外, 与周边社区建立联防联控机制, 通过宣传教育提升周边居民对消防设备重要性的认识, 共同防范人为破坏风险。

五、结论与展望

(一) 结论

本文通过对化工企业消防设备设施维护管理风险的研究, 得出以下结论:

1. 化工企业消防设备设施维护管理存在设备自身、维护管理、人员因素、外部环境等多方面风险, 需进行系统评估。

2. 构建的风险评估指标体系与采用的层次分析法-模糊综合评价法相结合的评估方法, 能够有效识别化工企业消防设备设施维护管理中的风险点及风险等级。

3. 提出的完善制度体系、强化全生命周期管理、提升人员素质、应用信息化技术、加强应急演练与宣传教育、应对外部环境风险等防控路径, 具有较强的针对性和可操作性, 可为化工企业提升消防设备设施维护管理水平提供借鉴。

(二) 展望

未来研究可从以下方面深化: 一是结合大数据、人工智能等技术, 开发更加智能化的风险评估模型, 实现风险的实时预警与动态评估; 二是扩大研究样本, 对不同规模、不同类型的化工企业进行对比分析, 提出差异化的防控策略; 三是开展消防设备设施维护管理成本与效益分析, 在保障安全的前提下, 提高维护管理的经济性。

[参考文献]

[1] 中华人民共和国公安部. GB 55036-2022 建筑防火通用规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2022.

[2] 李引擎, 刘激扬. 建筑消防工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.

[3] 张培红, 吴凤媛. 安全系统工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.

[4] 王磊, 赵东风. 化工企业消防安全管理现状及对策研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2021, 17(5): 165-170.

[5] 刘艳军, 李娜. 基于层次分析法的高层建筑消防设施风险评估[J]. 消防科学与技术, 2020, 39(8): 1125-1128.

[6] 张明广, 蒋军成. 模糊层次分析法在储罐区火灾风险评估中的应用[J]. 南京工业大学学报(自然科学版), 2019, 41(3): 32-37.

[7] 公安部消防局. 中国消防年鉴(2022)[M]. 北京: 中国人民公安大学出版社, 2022.

[8] 王海燕, 李伟. 物联网技术在建筑消防设施管理中的应用[J]. 自动化与仪器仪表, 2021(6): 18-21.

[9] 赵运超, 陈静. 化工企业消防设备维护保养存在的问题及对策[J]. 化工管理, 2020(12): 89-90.

[10] 中华人民共和国应急管理部. 化工和危险化学品生产经营单位重大生产安全事故隐患判定标准(试行)[Z]. 2017.

作者简介: 曾浩, 男, 1988 年 4 月生, 中级职称, 一级注册消防工程师、中级注册安全工程师。现就职于中化应急技术服务(舟山)有限公司咨询服务部。专注于消防设施、应急救援及应急培训等应急管理领域, 拥有超过十年的消防专业工作经验。具备扎实的理论基础与丰富的实践经验, 特别是在危化品领域消防应急管理、专业课程开发和培训实施方面有显著建树。