

安全评价技术在化工企业化学品储运设施中的应用实践与效果分析

刘 锋（山西泽泰安全技术咨询有限公司，山西 太原 030024）

摘 要：随着化学工业的蓬勃发展，作为连接生产、加工和经营环节的化学品储运设施的安全问题越来越突出，受到了全社会的高度重视。这些设施不仅储存了大量的易燃、易爆、有毒有害化学品，且工作环境复杂，操作条件要求高，稍有不慎就有可能引发重大安全事故，严重威胁周边环境和公共卫生安全。因此科学全面地评价化工企业的化学品储运设施安全状况，既是法律法规的硬性要求，又是履行社会责任的一种表现，对构建和谐社

会，推动可持续发展有着深远的意义。

关键词：安全评价技术；化工企业；化学品储运；应用

0 引言

据统计，世界范围内化学品储运设施事故造成的经济损失高达数百亿美元，事故频繁发生，给人身安全和生态环境带来难以估量的危害。安全评估作为一种有效的风险防控方法，通过对化学品储存和储存设施的设计、建设、运行等整个生命周期进行细致的检查和评价，可以及时发现和纠正存在的安全隐患，为管理人员提供决策依据，从而有针对性地强化安全管理，提高设备的本安水平^[1]。开展化工企业化学品储运设施安全评价的实践及效果研究，对促进我国工业安全标准的提高，降低安全事故的发生，具有重要的理论价值和实际意义。

1 安全评价技术要点分析

安全评价的技术要点集中在风险辨识、量化评价和防控策略三个方面。在化学品储运过程中，首先要做的就是对潜在危险源进行系统的识别，这包括对化学品性质、储存和运输设备状态和工作环境等方面的综合分析。在此基础上，采用概率风险评价、故障树分析等科学方法与模型，定量评估风险发生的可能性及后果的严重性。这一过程需要结合历史资料、行业标准 and 最新研究成果，才能保证评估结果的准确^[2]。同时根据定量评价结果，制定有针对性的防控策略，优化储运布局，降低危险源之间的相互影响，并优化作业流程，减少人为误操作的风险。为了进一步提高储运过程中的安全、高效性，还可采用自动化、智能化技术对风险进行有效的控制和管理。这一系列技术要点的综合运用，为化工企业构筑起一道安全屏障，确保化工产品的安全运输。

2 化工企业化学品储运设施中应用安全评价技术的效果

2.1 提升储运设施的安全性

化学品储运设施是化工企业生产和经营的重要环节，其安全状况直接影响着企业的稳定生产和周围环境的安全。运用安全评估技术，建立起安全防护体系，通过系统的安全风险评价，可以发现储存设备老化、设计缺陷、操作不当等隐患，并有针对性地进行整改^[2]。如利用先进的检测技术，定期监测储罐壁厚，及时发现和修复可能出现的腐蚀问题，从而有效地避免设备故障造成的泄漏。同时，通过对应急响应能力的评价，可实现突发事件快速有效控制，将事故损失降到最低。这一前瞻性的管理方法，不仅使储运设备的本质安全水平得到明显提高，而且为企业的持续发展打下了坚实的基础。

2.2 优化储运设施的管理

将安全评价技术引入到化工企业储运设施管理中，可促使其由经验管理向科学、精细管理转变。在对储运过程进行全面梳理和深入剖析的基础上，通过安全评估，可以发现企业在管理方面存在的薄弱环节，如培训不够，作业流程不合理，安全责任制不落实等。针对这些问题，企业可根据安全评估结果，制定更精确的管理策略。例如，根据风险等级建立动态监管机制，加强对高风险地区或活动的监管；优化工作流程，减少不必要的人为干涉，提高作业自动化程度；加强企业安全文化建设，加强企业员工的安全意识及应急处置能力等。这些管理措施的优化，既提高了储运设备安全可控的能力，又提高了运行效率与管理效率。

2.3 提高储运设施的运行效率

安全评估技术的应用,不仅可以保证储运设备的安全性,而且可以为提高储运设备的运行效率提供科学依据。通过对储运系统全面的性能评估,可有效识别物流路径不合理、设备维修不到位、能量消耗过大等关键因素。并提出相应的优化措施,如优化仓库布局、缩短物流运输距离等;采用高效率的节能设备,减少能耗;运用物联网、大数据等技术,实现对储运过程的精确控制与预测等^[3]。此外,安全评价还促进了设备预防性维护策略的制定,可以提前发现和消除隐患,降低因设备停机维护造成的生产中断,保障储运设备的高效稳定运行。这种“以安全促效率”的经营理念,不但提高了企业的经济效益,而且为整个行业树立了一个安全发展的榜样。

3 化工企业化学品储运设施中应用安全评价技术的策略

3.1 强化储运设施的安全评价与风险评估

在化工企业化学品储运中,安全评估和风险评价是保证设备稳定运行,防止安全事故发生的重要环节。针对储罐、管线、阀门、泵站等关键设备,采用超声、磁粉、红外热成像等先进检测手段,可准确评估其结构完整性和锈蚀程度,揭示其潜在的安全隐患,为后续管理决策提供科学依据^[4]。

在具体实施过程中,应建立科学、有效的安全评估和风险评价流程,如针对储罐,建议每六个月对其进行一次全面超声检测,尤其是壁厚减薄率不能超过原设计厚度的10%、焊缝缺陷率低于0.5%,保证结构完整性。并与红外热成像技术相结合,设置温度报警阈值,当储罐表面温度高于周围环境温度5℃以上即判定为异常,并立即启动检测程序,以防止潜在的泄漏风险。而管道系统安全管理也是不容忽视的问题,应每季度进行一次磁粉检测,对焊缝、弯头和法兰接触点进行检查,保证裂纹检出率在98%以上。并引入智能化红外监控系统,实现关键管线24小时全天候监测,利用算法对温度场分布进行分析,如果发现温差大于2℃时,及时标注并通知维修团队,将漏损定位精度提高到95%以上,大幅度降低泄漏事故发生的风险。为进一步提高安全评价科学性,需要建立化学品储运设施健康档案,对每次测试结果、维护记录和改进措施进行记录,利用大数据分析技术对设备老化趋势进行识别,并对未来可能存在的安全隐患进行预测,为制定预防性维修方案提供数据支撑。这些综合

性措施的实施,不仅可以显著提高化学品储存和运输的安全性,而且可以优化资源配置,达到安全 and 经济效益的目的。

3.2 实施动态储运过程安全监控与预警系统

在化工企业的化学品储运过程中,应用安全评价技术对保证生产安全,预防重大事故具有重要意义。以物联网、大数据和人工智能为核心的安全监测预警系统为核心,为化工产品的储运安全构筑了一道坚实的防线^[5]。该系统通过深度算法模型,可有效地集成和深度挖掘采集的多源异构数据,实现储运装备运行状态的实时反映,并对潜在风险进行预测,实现由事后处理向事前预防的转变。

在具体实施中,应在关键储运装备上部署高精度传感网络,实现对温度、压力、液位、流速等关键参数的连续监测和传输。如采用铂阻或热电偶技术的温度传感器,可保证在-50摄氏度到200摄氏度的宽温度范围内准确测量,误差不大于 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$;压力传感器采用压阻和压电式两种方式,在0-10 MPa范围内实时监控压力,精度可达0.1% FS。同时采用雷达液位仪、电磁流量计等设备,可实现储罐液位的准确测量,并保证了测量结果的准确性。而且环境因素的监测也非常重要,可集成风速仪、湿度传感器等设备,实现对储运区域风速(测量范围0-30m/s,精度 $\pm 0.5\text{m/s}$)、和相对湿度(测量范围0%-100%,精度 $\pm 3\%\text{RH}$)的实时监测。还可利用低功耗广域网(LoRa, NB-IoT等)将数据实时上传到云数据中心,以保证数据的稳定传输。并利用随机森林、神经网络等机器学习算法,对海量数据进行智能分析,发现异常温升、压力超限、液位异常波动等危险信号,并分析其对储运安全的潜在影响。一旦发现异常情况,系统就会立即启动预警机制,通过短信、对讲机甚至是现场声光报警等多种手段,快速通知有关人员,并自动启动紧急切断阀等应急预案,将事故发生的几率降到最低。另外,该系统还构建了历史数据仓库,对储运过程中安全相关数据进行长时间存储与分析,利用Power BI、Tableau等数据可视化工具,生成安全趋势报告及风险分布图,辅助管理人员进行决策。对这些分析报告进行定期回顾,可以发现安全管理中存在的不足之处,有针对性地对工作流程进行调整,对设备进行优化配置,达到安全管理的不断迭代和优化。

3.3 优化化学品储运布局与作业流程的安全设计

在化工企业的化学品储运安全管理过程中,安全

评价不仅是一种理论指导下的风险评价工具,也是化工企业优化布局和作业流程设计的核心基础。通过对化学品理化性质、贮存条件、周围环境敏感性的综合分析,进行安全评价,为科学规划储运区域提供科学依据。通过识别潜在危险源,预设安全隔离带与紧急疏散通道,确保在任何单一事故情景下,都能实现火灾和有毒物质泄漏与相应的消防和控制系统的联动控制,保证人员和环境安全。

在具体实施过程中,应按照《危险化学品安全管理条例》和行业标准,并结合安全评估结果,对储存化学品的储存区域进行甲、乙等分类,保证各种化学品储存区域之间的距离合理,并且要远离火源、热源和人员密集的区域。对一些特别危险的化学品,例如易燃易爆、有毒物质,还需要增加防爆墙、防火堤等物理隔离措施,并安装自动灭火系统和渗漏检测报警设备,以达到24小时连续监测的目的^[6]。在作业流程优化方面,应引入自动化、智能化技术,提高安全生产水平。比如利用RFID识别技术结合机械臂作业等自动装卸系统,不仅可以精准控制化学品装卸过程中的碰撞风险,还可以减少近70%的人员直接接触危险品。智能调度系统通过对历史数据的分析,对运输、储运需求进行预测,优化行车路线及行车时间,降低等待时间,减少交通堵塞,间接减少交通事故的发生。同时该系统还可以对化学品的运行状况进行实时监控,一旦发现异常,立即启动应急预案,及时通知相关人员,并启动紧急关闭阀门、开启疏散指令等相应安全措施,将响应时间缩短到30秒以内,大大提高应急处置效率。通过深入应用安全评估技术,结合严密的规划和先进的自动化和智能化技术改造,可以使化学品储运过程中的安全管理水平得到明显提高,降低事故风险,保证生产运行的安全稳定。

3.4 加强储运人员的安全培训与应急演练

在化工企业化学品储运安全管理体系中,如何有效地运用安全评估技术,防止事故发生,保证安全生产,具有十分重要的意义。安全培训和应急演练是提高储运作业人员安全素质和应变能力的核心战略,培训内容不仅仅局限于化学品的基本理化性质,还涉及到其潜在风险、交互作用机理以及诸如《全球化学品统一分类和标签制度》(GHS)等国际安全标准,以确保知识系统的全面性和时效性。在培训中可通过专家讲座、网上课程和案例分析等方式,加强理论联系实际,让储运人员对安全规则背后的科学规律有深刻的认识,在日常工作中能够主动识别和规避风险。

在具体实施过程中,应建立系统的培训制度,保证每一名储运人员每年接受40小时以上的专业训练,其中至少8小时的紧急情况处理培训。而且培训内容应细化到不同类型化学品(如易燃、易爆、有毒等)的安全操作程序,并正确选用和使用个人防护设备。同时还可通过引入虚拟现实(VR)技术模拟化工泄漏、火灾等突发事件,开展一年至少2次的沉浸式应急演练,对应急预案的响应时间、处置过程的有效性等关键指标进行评估和持续改进。此外,为了提高团队合作能力,在演练过程中,需要建立多小组联动机制,如工艺处置组与抢险救援组、医疗救护组等,实现跨部门应急联动。每一次演习结束后,都要召开回顾会,既要分析技术层面的不足之处,又要注意沟通与配合上出现的问题,以保证各个环节之间的无缝衔接。同时还可以通过建立奖惩机制,奖励优秀的团队和个人,对不合格的再进行再教育和评价,形成闭环管理,不断提高安全管理整体水平。这些措施的实施,不仅可以使储运员工的专业技能和应急反应能力得到显著提高,而且可以在实践中对安全管理系统进行持续优化,为化学品储运建设一道坚实的安全防线。

4 结束语

综上所述,将安全评价技术应用于化工企业化学品储运设施中,不仅能有效地提高安全管理水平,而且能有效地防止事故发生,保证人员的生命和财产安全。采用科学的、系统的评价方法,对化工生产过程中的风险进行识别和控制,对化工企业的生产过程进行优化,对促进化学工业的可持续发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] 李文娟. 非危险化学品储运, 如何绿色转型, 低碳升级 [J]. 中国包装, 2023, 43(11): 71-75.
- [2] 刘寿杞. 油气化学品储运管道打开作业安全风险分析及风险管控措施 [J]. 化工安全与环境, 2022, 35(40): 9-13+17.
- [3] 张云波. 危险化学品储运站消防设计实践 [J]. 化工管理, 2022(20): 82-84+121.
- [4] 廖泽康, 卜全民. 危险化学品储运监管机制分析研究 [J]. 化工管理, 2020(21): 7-8.
- [5] 包晓敏. 加强危险化学品采购及储运过程管理的几点建议 [J]. 中小企业管理与科技, 2020(02): 27-28.
- [6] 周伟, 张跃恒, 高丹, 林志芬, 印春生. 503种储运过程常见化学品的安全管控浓度的计算——基于化学品对藻类的环境风险评价 [J]. 环境化学, 2020, 39(01): 207-219.