

化工园区重大危险源风险分级管控与智能化预警系统构建

董建设

乌鲁木齐市中盛益诚商贸有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 化工园区重大危险源安全管理关乎产业可持续发展与公共安全。当前,传统管理手段难以应对复杂风险,智能化升级迫在眉睫。本文围绕风险分级管控与智能化预警系统构建,深入分析现状与挑战,创新构建风险分级标准体系,结合物联网、大数据等技术设计智能化预警系统架构,并提出协同机制与实施保障方案,为化工园区安全管理提供新思路与方法。

关键词: 化工园区;重大危险源;风险分级管控;智能化预警系统;安全管理

引言

化工园区作为化工产业发展的核心载体,因重大危险源集中、生产工艺复杂,安全事故风险持续攀升。近年来,国内外化工事故频发,暴露出传统管理模式在风险动态监测、精准防控等方面的不足。在此背景下,构建科学的风险分级管控与智能化预警系统,成为提升化工园区本质安全水平、防范系统性风险的关键举措,对推动化工产业高质量发展具有重要现实意义。

1 化工园区重大危险源风险分级管控与智能化预警系统研究背景

1.1 化工园区重大危险源安全现状与挑战

化工园区内储存、使用大量易燃、易爆、有毒有害物质,生产装置规模庞大且相互关联,重大危险源呈现分布密集、种类多样的特点。部分园区存在规划布局不合理、设备老化、安全投入不足等问题,导致风险隐患长期存在。随着化工产业向精细化、一体化方向发展,危险源之间的耦合效应加剧,风险传播速度加快、影响范围扩大。同时,极端天气、人为操作失误等外部因素,进一步增加了安全管理的复杂性与不确定性,给风险防控带来严峻挑战。例如,老旧园区因早期规划未充分考虑安全间距,装置密集易引发多米诺效应;而极端天气可能破坏防护设施,导致有害物质泄漏风险激增。

1.2 风险分级管控与智能化预警系统的重要性

风险分级管控通过对重大危险源进行科学评估与分级,实现资源的合理配置与精准防控,提高安全管理效率。智能化预警系统利用物联网、人工智能等技术,对危险源状态进行实时监测与分析,能够提前发现潜在风险并及时预警,有效避免事故发生。二者的有机结合,可形成从风险辨识、评估到预警、管控的全链条安全管理体系,有助于降低事故发生率,减少人员伤亡与财产损失,保障化工园区生产经营活动的安全稳定运行,维

护周边社区的公共安全与生态环境。特别是在应对复杂多变的风险场景时,智能化系统可快速处理海量数据,为分级管控提供动态决策依据,显著提升整体防控效能。

1.3 国内外相关研究进展与趋势

国外在化工园区风险管控与预警领域起步较早,已形成较为完善的标准体系与技术看方案。美国、欧盟等国家和地区通过立法强制要求企业建立风险评估与预警系统,并利用地理信息系统(GIS)、数据挖掘等技术实现风险可视化与动态管理。国内近年来也加大了相关研究力度,在风险评估模型、预警指标体系等方面取得一定成果,但在智能化水平、多源数据融合分析等方面仍与国际先进水平存在差距。未来,研究将朝着多学科交叉融合、预警模型智能化、管理平台集成化等方向发展,以适应化工园区安全管理的新需求。例如,结合数字孪生技术构建虚拟园区,实现风险过程动态模拟与预演,为精准防控提供支持。

2 化工园区重大危险源风险分级管控体系构建

2.1 风险分级管控原则与目标

风险分级管控遵循“科学严谨、精准施策、动态管理”的原则。科学严谨要求运用专业方法与技术,确保风险评估结果准确可靠;精准施策强调根据风险等级制定差异化管控措施,提高资源利用效率;动态管理则需实时跟踪危险源状态变化,及时调整管控策略。其核心目标是通过重大危险源的全面辨识、准确评估与分级,明确各等级风险的管控责任与措施,实现风险的有效控制,降低事故发生概率,提升化工园区整体安全水平,保障企业生产与周边环境安全。同时,通过持续优化分级管控体系,推动园区安全管理从被动应对向主动防控转变。

2.2 重大危险源辨识与评估方法

重大危险源辨识依据相关标准规范,结合化工园

区生产工艺、物质特性等因素,对潜在危险源进行全面排查与识别。常用方法包括危险与可操作性分析(HAZOP)、故障类型和影响分析(FMEA)等。在评估环节,采用定量与定性相结合的方式,引入层次分析法(AHP)、模糊综合评价法等,从固有危险性、设备可靠性、人员操作水平、安全管理状况等多个维度,对危险源的风险程度进行量化评估,为风险分级提供科学依据,确保评估结果客观反映实际风险水平。此外,还可借助大数据分析历史事故数据,挖掘潜在风险关联因素,完善评估模型。

2.3 风险分级标准与管控策略制定

依据评估结果,建立科学合理的风险分级标准,将重大危险源划分为高、中、低不同风险等级。对于高风险等级危险源,采取严格的管控措施,如增加监测频次、加强设备维护、限制生产规模等;中风险等级危险源,通过优化工艺流程、完善安全管理制度等方式降低风险;低风险等级危险源,则进行日常巡查与定期评估,确保风险处于可控范围。同时,明确各等级风险的责任主体与管控流程,形成系统化、规范化的风险分级管控策略,实现对重大危险源的精准管理。例如,对高风险装置设置双重连锁保护系统,并建立专家团队定期会诊机制,强化风险管控。

3 智能化预警系统的技术架构与功能设计

3.1 智能化预警系统的技术支撑体系

智能化预警系统以物联网、大数据、人工智能等技术为核心支撑。物联网技术通过部署各类传感器,实现对温度、压力、浓度等关键参数的实时采集与传输;大数据技术对海量监测数据进行存储、处理与分析,挖掘数据潜在价值;人工智能算法,如机器学习、深度学习模型,能够对数据进行智能分析与预测,识别异常状态并及时预警。此外,云计算技术为系统提供强大的计算与存储能力,保障系统稳定运行,多种技术的融合应用为预警系统的智能化、高效化运行奠定基础。同时,引入边缘计算技术,在数据源头实现初步分析处理,降低传输延迟与云端压力。

3.2 预警系统的数据采集与传输模块设计

数据采集模块依托传感器网络,在化工园区关键部位部署温度传感器、气体检测仪、压力变送器等设备,实现对危险源运行参数的全方位、实时监测。同时,集成视频监控、人员定位等系统数据,丰富数据来源。数据传输模块采用5G、工业以太网等通信技术,构建稳定、高速的数据传输通道,确保数据准确、及时地传输至数据中心。通过数据加密、冗余备份等技术手段,保

障数据传输的安全性与可靠性,为预警系统的准确运行提供数据支撑。并且,设计自适应传输协议,根据网络状况动态调整数据传输策略,避免数据丢失。

3.3 智能化预警系统的功能模块划分

智能化预警系统主要包括数据处理、风险分析、预警发布与应急联动等功能模块。数据处理模块对采集的多源数据进行清洗、整合与存储;风险分析模块运用智能算法对数据进行深度挖掘,分析风险演变趋势;预警发布模块根据风险等级,通过短信、APP推送等多种方式及时向相关人员发布预警信息;应急联动模块与园区应急管理系统对接,一旦触发预警,自动启动应急预案,协调消防、医疗等部门开展应急处置,形成“监测-分析-预警-处置”的完整闭环。此外,增设可视化决策模块,通过三维地图与动态图表直观展示风险分布与演变过程,辅助管理人员快速决策。

4 风险分级管控与智能化预警系统的协同机制

4.1 风险分级结果与预警阈值的联动关系

将风险分级结果与智能化预警系统的预警阈值紧密关联。根据不同风险等级,设定差异化的预警阈值,高风险等级危险源对应较低的预警阈值,一旦监测数据接近阈值,系统立即发出预警;中、低风险等级危险源则设置相对较高的阈值,给予一定的缓冲空间。通过这种联动机制,实现预警系统对不同风险等级危险源的精准响应,确保风险在萌芽阶段被及时发现与处理。同时,建立阈值动态调整模型,根据设备老化程度、环境变化等因素,自动优化预警阈值设置,提高预警准确性。

4.2 分级管控措施与预警响应流程的协同

建立分级管控措施与预警响应流程的协同机制。当预警系统发出警报后,依据风险等级自动启动相应的管控措施。对于高风险预警,立即停止相关生产活动,疏散人员,采取紧急处置措施;中风险预警则安排专业人员进行现场排查,制定整改方案;低风险预警加强日常巡查与监测。同时,明确各部门在预警响应中的职责与流程,确保分级管控措施迅速、有效落实,提高应急处置效率。例如,通过流程自动化引擎,将预警信息与设备控制系统对接,实现高风险预警时关键设备的自动关停。

4.3 多部门参与的协同管理模式构建

构建由园区管理部门、企业、应急救援机构、环保部门等多部门参与的协同管理模式。园区管理部门负责统筹协调,制定整体管理政策;企业作为风险防控主体,落实各项管控措施;应急救援机构提供专业救援支持;环保部门监督事故对环境的影响。通过建立信息共享平台、定期召开联席会议、开展联合演练等方式,加

强部门间的沟通与协作，打破信息壁垒，形成工作合力，提升化工园区重大危险源的综合防控能力。还可引入保险机构参与，建立风险分担机制，通过保险数据反馈优化风险防控策略。

5 系统实施保障与优化方向

5.1 系统建设的组织与制度保障

成立专门的系统建设领导小组，负责统筹规划、资源调配与协调推进工作。制定完善的项目管理制度，明确各部门、各岗位的职责与分工，规范项目建设流程。建立监督考核机制，对系统建设进度、质量进行定期检查与评估，确保项目按计划顺利实施。同时，加强与行业专家、科研机构的合作，为系统建设提供技术指导与智力支持。此外，建立跨部门联合审查制度，对系统设计方案、关键技术选型等进行多维度评审，保障系统科学性与可行性。在制度执行方面，设立专项督查小组，定期检查制度落实情况，对执行不力的部门和个人进行问责；建立制度动态更新机制，根据项目推进过程中的实际需求和反馈，及时修订和完善相关制度，确保制度的有效性和适应性。

5.2 系统运行的人才与资金支持

加强专业人才队伍建设，通过内部培训、外部引进等方式，培养既懂化工安全又熟悉信息技术的复合型人才。建立人才激励机制，提高人才待遇，吸引和留住优秀人才。在资金方面，多渠道筹措资金，争取政府专项资金支持，鼓励企业加大安全投入，引入社会资本参与系统建设与运营。合理安排资金使用，确保系统的日常维护、设备更新与技术升级需求得到满足。例如，设立专项人才培养基金，支持员工参加国际安全技术培训；与金融机构合作开发安全管理金融产品，拓宽资金来源。进一步完善人才发展规划，建立人才梯队培养体系，针对不同层次人才制定个性化培养方案；探索多元化的资金筹措模式，如发行绿色安全债券、开展安全产业基金合作等，保障系统长期稳定运行所需的资金投入。

5.3 系统持续优化与迭代升级路径

建立系统持续优化机制，定期收集用户反馈，分析系统运行中存在的问题与不足。结合化工园区生产工艺变化、技术发展趋势，及时对系统功能进行优化升级。引入新技术、新方法，不断完善风险评估模型、预警算法，提高系统的准确性与可靠性。同时，加强与同行业的交流与合作，借鉴先进经验，推动系统持续改进，适应化工园区安全管理的动态变化需求。比如，定期开展系统性能压力测试，模拟极端场景优化系统架构；与高校科研团队合作，将最新研究成果快速转化应用于系统升级。

6 结论

化工园区重大危险源风险分级管控与智能化预警系统的构建，为解决化工园区安全管理难题提供了有效途径。本文构建的风险分级管控体系与智能化预警系统架构，通过科学的评估方法、先进的技术手段及完善的协同机制，实现了风险的精准防控与高效管理。未来，随着技术的不断进步，该系统将在数据融合深度、预警准确性、应急联动效率等方面持续优化，为化工园区安全发展提供更强有力的保障，助力化工产业实现安全、绿色、可持续发展。

参考文献

- [1]许建波,王金龙.化工园区封闭管理研究[J].山东化工,2025,54(06):221-223.
- [2]郑安华,吕承飞,马家健,等.浙江某化工园区应急救援管理现状及改进措施[J].化工生产与技术,2024,30(05):43-46+10.
- [3]蒋敏,赵平.GIS重大危险源风险监测预警系统在化工园区的应用[J].化工管理,2024,(26):63-65+85.
- [4]张博骞,马东辉,王威.危化品重大危险源外部群体建筑抗爆安全风险评估[J].自然灾害学报,2024,33(04):84-94.
- [5]王文浩.危险化学品重大危险源的风险管控与环境安全设计[D].天津工业大学,2023.