化工园区重大危险源安全风险防控体系研究进展

周海燕
内蒙古伊泰化工有限责任公司　内蒙古　鄂尔多斯　017400

摘　要：本文聚焦化工园区重大危险源安全风险防控体系研究进展。阐述化工园区重大危险源风险特征与演化规律，包括风险特性、重大危险源定义分级及事故演化致灾机理。介绍风险辨识与评估方法，涵盖多种辨识技术、评估方法及动态评估。探讨事故应急管理策略，涉及应急能力评估规划、预案体系、指挥协同以及疏散避难策略。旨在为提升化工园区安全风险防控与应急管理水平提供参考。

关键词：化工园区；重大危险源；安全风险防控体系

引言：化工园区作为化工产业重要集聚地，集中众多化工企业与大量危险化学品，重大危险源众多，一旦发生事故，后果不堪设想。因此构建科学有效的安全风险防控体系至关重要。近年来，国内外学者在化工园区重大危险源安全风险防控方面开展了大量研究，在风险辨识评估、应急管理等方面取得诸多成果。本文将梳理相关研究进展，为化工园区安全发展提供理论支持与实践指导。

1 化工园区重大危险源风险特征与演化规律

1.1 化工园区风险特征

化工园区作为化工产业集聚地，具有独特的风险特征。其风险具有高度集中性，众多化工企业集中布局，大量危险化学品储存、生产与运输，一旦发生事故，影响范围广、危害程度大。风险还具有复杂性，不同企业生产工艺、设备设施各异，相互间存在物料、能量交互，使得风险相互关联、交织。化工园区风险具有动态性，生产过程受多种因素影响，如设备老化、人员操作失误、环境变化等，风险状态随时可能改变。化工园区风险具有连锁性，一个环节出现问题可能引发连锁反应，导致事故扩大升级，造成严重的人员伤亡、财产损失和环境破坏，给社会稳定带来极大挑战。

1.2 重大危险源定义与分级

重大危险源，在化工领域是一个至关重要的概念，它指的是长期地或者临时地进行生产、搬运、使用或是储存危险物品，且危险物品的数量达到或超过临界量的单元。在化工园区这一特殊而复杂的区域里，重大危险源广泛存在且涵盖多种类型。像易燃易爆物质的生产装置，一旦发生泄漏或遇到火源，极易引发爆炸和火灾；有毒有害物质的储存设施，若管理不善，会对周边环境和人员健康造成严重威胁[1]。为了实现对重大危险源的有效管理，我国依据其危险程度进行了细致分级，通常分为四级，其中一级危险程度最高，四级相对较低。分级的考量因素十分全面，涵盖物质的危险性、数量多少以及储存方式等。通过这样科学合理的分级，能够精准明确监管重点，将有限的资源合理分配到最需要的地方，针对不同级别采取差异化的管控措施，从而提高监管效率，最大程度降低事故发生的可能性，切实保障化工园区的安全稳定运行。

1.3 事故演化规律与致灾机理

化工园区事故演化遵循一定规律。初始阶段，可能因设备故障、人为失误等引发局部异常，若未及时处理，异常会逐渐扩大。发展阶段，异常状况引发连锁反应，导致事故范围和危害程度增加，可能出现泄漏、火灾、爆炸等事故形态。成熟阶段，事故达到最大规模，造成严重破坏。衰退阶段，通过采取应急措施，事故得到控制并逐渐平息。致灾机理方面，危险化学品的特性是关键因素，如易燃性、易爆性、毒性等。同时设备缺陷、工艺不合理、安全管理不到位等也会促使事故发生。各种因素相互作用，打破系统平衡，最终引发灾难性后果，深入研究事故演化规律与致灾机理对预防和应对事故具有重要意义。

2 化工园区风险辨识与评估方法

2.1 风险辨识技术

化工园区风险辨识是安全管理的基础环节。常用的风险辨识技术包括安全检查表法，通过制定详细检查表，对园区内设备、设施、工艺等进行逐项检查，识别潜在风险。故障树分析法，以事故为顶上事件，分析导致事故发生的各种因素及其逻辑关系，构建故障树，找出关键风险因素。预先危险性分析，在项目前期对系统存在的危险性类别、出现条件等进行分析评估。还有危险与可操作性研究，通过分析工艺过程中参数的偏差，识别可能引发的风险。这些技术各有特点，相互补充，综合

运用可全面、准确地识别化工园区风险，为后续风险评估和管控提供可靠依据[2]。

2.2 风险评估方法

化工园区风险评估旨在量化风险大小，为决策提供支持。定性评估方法如专家评估法，依靠专家知识和经验，对风险进行定性判断和评价。定量评估方法包括概率风险评估，通过分析事故发生概率和后果严重程度，计算风险指标。层次分析法将复杂问题分解为多个层次，通过两两比较确定各因素权重，综合评估风险。模糊综合评估法利用模糊数学理论，处理风险评估中的模糊性问题，提高评估准确性。还有基于计算机模拟的风险评估方法，如蒙特卡罗模拟，可模拟大量随机事件，评估风险分布。不同评估方法适用于不同场景，选择合适方法对准确评估化工园区风险至关重要。

2.3 动态风险评估

化工园区风险处于动态变化中，静态风险评估难以满足实际需求，动态风险评估应运而生。动态风险评估考虑时间因素，实时监测园区内各种风险因素的变化，如设备运行状态、环境条件、人员操作等。通过传感器、物联网等技术收集数据，利用大数据分析和人工智能算法对数据进行处理和分析，及时更新风险评估结果。动态风险评估能够及时发现新出现的风险和风险变化趋势，为调整风险管控措施提供依据。例如，当监测到某设备温度异常升高时，动态风险评估系统可迅速评估该异常对整体风险的影响，并发出预警，指导采取相应措施，有效预防事故发生，提升化工园区安全管理水平。

3 化工园区风险辨识与评估方法研究

3.1 风险辨识技术研究

近年来，化工园区风险辨识技术研究不断深入。新的辨识方法不断涌现，如基于大数据的风险辨识，通过收集园区内海量数据，包括设备运行数据、生产记录、环境监测数据等，利用数据挖掘技术发现潜在风险模式和规律。人工智能技术在风险辨识中也得到应用，如机器学习算法可对历史事故数据进行分析学习，建立风险预测模型，提前识别可能发生的风险。同时风险辨识技术与其他学科交叉融合，如与地理信息系统结合，可直观展示园区内风险分布情况，便于进行空间分析和决策。这些研究提高了风险辨识的准确性和效率，为化工园区安全管理提供更有力支持。

3.2 风险评估方法研究

化工园区作为化工产业集聚发展的核心区域，其重大危险源安全风险防控体系研究意义深远且重大。化工园区内集中了大量易燃易爆、有毒有害的危险化学品，一旦发生事故，往往会造成严重的人员伤亡、财产损失以及环境污染，影响范围广、危害程度深。通过对化工园区重大危险源的风险特征进行深入剖析，明确其潜在的危险因素和发生规律；运用科学合理的辨识评估方法，精准识别风险等级，为后续防控提供有力依据；制定切实可行的应急管理策略，提升应对突发事故的能力。经过一系列研究与实践，对化工园区安全风险有了更为全面、深入的认识，防控与应急能力也得到了显著提升。然而，必须清醒地认识到，化工园区安全形势依旧严峻复杂，新问题、新挑战不断涌现。未来，需要持续深入开展研究，紧跟行业发展动态，不断优化防控体系。同时积极加强新技术的研发与应用，借助智能化、信息化手段提升安全监管水平[3]。另外，还要注重提高人员素质，加强安全培训与教育，培养一支专业素养高、应急能力强的队伍，从而更好地应对各类安全挑战，保障化工园区安全稳定运行。

3.3 动态风险评估研究

动态风险评估研究是当前化工园区安全管理领域热点。研究重点在于如何更高效地收集和处理实时数据，提高动态评估的及时性。例如，研发更先进的传感器技术，提高数据采集精度和稳定性；优化数据传输网络，确保数据实时、准确传输。同时，不断改进动态评估算法，提高对复杂风险变化的适应能力。利用云计算和边缘计算技术，提升数据处理和分析能力，实现快速风险评估和预警。研究动态风险评估与应急管理的集成，将动态评估结果及时反馈到应急指挥系统，为应急决策提供实时支持，实现化工园区风险防控的闭环管理，有效降低事故发生风险。

4 化工园区事故应急管理策略研究进展

4.1 应急能力评估与规划

化工园区应急能力评估与规划是全面提升园区应急管理水平、筑牢安全防线的关键所在。应急能力评估是整个流程的基础与核心。通过精心构建科学的评估指标体系，对园区应急组织架构的合理性、应急资源的完备性、应急技术的先进性等多个维度展开全面且深入的评估。评估过程中，综合运用层次分析法、模糊综合评价法等多种科学方法，精准找出园区应急体系中的薄弱环节，为后续的改进提供明确方向。基于严谨的评估结果，开展科学合理的应急规划，在应急设施布局方面，依据园区地理环境、企业分布等因素，合理规划消防站、应急物资储备库等关键设施的位置，确保在事故发生时能够迅速响应。优化应急资源配置，保证应急物资的种类齐全、数量充足且质量可靠，满足不同类型事故的应对

需求。同时制定系统完善的应急培训与演练计划，通过定期培训和实战演练，切实提高应急人员的专业素质和应急处置能力。还需充分考虑园区的发展规划和风险变化情况，建立动态调整机制，及时对应急规划进行优化完善，确保应急能力始终与园区的发展步伐相适应，从而有效应对各类突发事故，全力保障人员生命安全和园区的稳定运行。

4.2 应急预案体系

完善的应急预案体系是化工园区事故应急管理的重要保障。应急预案体系包括综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案。综合应急预案从总体上阐述应急方针、政策、组织机构及职责等；专项应急预案针对特定事故类型，如火灾、爆炸、泄漏等，制定详细应急处置措施；现场处置方案针对具体装置、场所等，明确现场应急处置流程和要求。近年来，应急预案体系研究注重预案的实用性和可操作性，加强预案之间的衔接与协调。利用信息化技术，实现应急预案的数字化管理，便于快速查询和调用。定期对应急预案进行修订和演练，确保预案有效性和适应性，提高园区应对事故的能力。

4.3 应急指挥与协同

在化工园区事故应急管理的复杂体系中，应急指挥与协同无疑占据着核心且至关重要的地位。应急指挥系统犹如整个应急行动的“大脑”，它全面整合园区内种类繁多的应急资源，涵盖消防、医疗、环保等多个领域，达成统一指挥、协调调度的目标。通过精心构建应急指挥中心，为其配备先进的通信设备，确保信息传递的及时、准确与畅通；同时引入决策支持系统，借助大数据分析、智能算法等技术手段，实时掌握事故现场的全方位信息，如事故类型、危害范围、人员伤亡情况等，进而为指挥者做出科学合理的决策提供坚实依据。在协同层面，着重强化园区内企业之间、企业与政府部门之间的紧密合作。建立一套完善且高效的协同机制，清晰界定各方的职责范围与协同流程，实现信息的无障碍共享以及资源的优势互补。以事故发生为例，企业第一时间启动内部应急响应机制，同时迅速向政府部门报告，政府部门则迅速组织相关力量进行支援，各方协同作战，大幅提升应急处置效率。还应加强与社会救援力量的协同，如志愿者组织、专业救援队伍等，构建全社会共同参与的应急管理体系。

4.4 疏散与避难策略

在化工园区事故骤然发生的紧急时刻，疏散与避难作为保障人员生命安全的关键举措，其重要性不言而喻。疏散策略的制定需全面且细致。确定疏散范围时，要综合考量事故类型，如火灾、爆炸还是化学品泄漏，不同事故的危害范围差异显著；危害程度大小也直接影响疏散半径；风向更是不容忽视，它决定了有害物质的扩散方向。依据这些因素科学划定范围，才能确保人员能安全撤离危险区域。规划疏散路线时，要充分结合园区布局，避开可能存在危险的区域和路段，防止路线拥堵和交叉，以此提高疏散效率[4]。疏散方式上，集中疏散便于统一指挥和管理，分散疏散则能更灵活应对复杂情况，可根据事故现场实际状况灵活选择二者结合的方式。避难策略同样关键，要建设完善的避难场所，像避难所、应急避难广场等，并配备必要的生活设施和充足的应急物资，满足人员在避难期间的基本需求。加强人员疏散与避难培训，通过定期演练和知识普及，提高人员的应急意识和自救能力。充分利用现代信息技术，如智能疏散指示系统能根据事故情况动态调整指示方向，应急广播系统可及时传达疏散指令，引导人员快速、有序地疏散和避难，最大限度减少人员伤亡。

结束语

化工园区重大危险源安全风险防控体系研究意义重大。通过对风险特征、辨识评估方法及应急管理策略等多方面的研究，我们对化工园区安全风险有了更深入认识，防控与应急能力不断提升。然而，化工园区安全形势依然严峻，未来需持续深入研究，不断优化防控体系，加强新技术应用，提高人员素质，以更好地应对各类安全挑战，保障化工园区安全稳定运行。

参考文献

[1]王杰,张明广,程晋强,等.化工园区重大危险源安全风险防控体系研究进展[J].中国安全科学学报,2026,36(1):146-156.

[2]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.

[3]曾武松,孙丽,杨洁,等.化工园区中的安全风险管控策略分析[J].化工管理,2026(9):69-72.

[4]储宏.基于现代信息技术的化工园区安全事件监控预警技术[J].全面腐蚀控制,2024,38(12):94-98.