

大数据分析在危化品储存安全预警中的应用及效果评估

王英强¹ 王善波² 刘双¹

(1. 山东金岭化工股份有限公司, 山东 东营 257335)

(2. 山东金岭新材料有限公司, 山东 东营 257092)

摘要: 随着化工行业的快速发展, 危化品储存的规模和种类不断增加, 其安全问题日益受到关注。大数据分析技术凭借强大的数据处理与挖掘能力, 为危化品储存安全预警开辟了新路径。本文深入探讨大数据分析在危化品储存安全预警中的应用, 涵盖数据采集、分析模型构建、预警系统设计等方面, 并通过实际案例评估其应用效果, 旨在为提升危化品储存安全管理水平提供有力支持。

关键词: 大数据分析; 危化品储存; 安全预警; 效果评估

中图分类号: TQ086 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 014-0154-03

Application and Effectiveness Evaluation of Big Data Analysis in Safety Early Warning for Hazardous Chemical Storage

Wang Yingqiang¹, Wang Shanbo², Liu Shuang¹

(1. Shandong Jinling Chemical Co., Ltd., Dongying Shandong 257335, China)

(2. Shandong Jinling New Materials Co., Ltd., Dongying Shandong 257092, China)

Abstract: With the rapid development of the chemical industry, the scale and variety of hazardous chemical storage have continuously increased, drawing growing attention to safety issues. Big data analysis technology, with its powerful data processing and mining capabilities, has opened up new avenues for safety early warning in hazardous chemical storage. This paper delves into the application of big data analysis in safety early warning for hazardous chemical storage, covering aspects such as data collection, analysis model construction, and early warning system design. Through practical case studies, the effectiveness of its application is evaluated, aiming to provide strong support for enhancing the safety management level of hazardous chemical storage.

Keywords: Big data analysis; Hazardous chemical storage; Safety early warning; Effectiveness evaluation

危化品储存作为化工生产与流通的关键环节, 其安全状况直接关系到人员生命财产安全和生态环境稳定。然而, 危化品具有易燃、易爆、有毒、腐蚀等特性, 储存过程中一旦发生事故, 往往会造成严重后果。传统的危化品储存安全管理多依赖人工经验和简单的监测手段, 难以实现对潜在安全隐患的全面、及时感知与预警。大数据时代的到来, 为危化品储存安全管理带来了新契机。

1 大数据分析在危化品储存安全预警中的应用原理

1.1 数据采集

危化品储存涉及的数据类型丰富多样, 主要包括设备运行数据、环境数据、危化品特性数据以及人员操作数据等。借助各类传感器、物联网设备以及企业管理信息系统等, 可实现对这些数据的实时、自动采集。

1.2 数据整合与预处理

采集到的数据通常来源广泛、格式各异且存在噪声和缺失值, 因此需要进行整合与预处理。首先, 建

立数据仓库, 将分散在不同系统和设备中的数据集中存储。然后, 运用数据清洗技术, 去除重复、错误和无效的数据; 采用数据填充方法, 对缺失值进行合理估计和补充; 通过数据标准化和归一化处理, 使不同类型的数据具有统一的量纲和取值范围, 为后续的数据分析奠定良好基础。

1.3 分析模型构建

运用数据挖掘、机器学习等技术构建适用于危化品储存安全预警的分析模型。常见的模型包括基于神经网络的故障预测模型、基于决策树的风险评估模型以及基于关联规则挖掘的安全隐患分析模型等。以神经网络模型为例, 通过对大量历史设备运行数据和故障记录进行训练, 使模型学习到设备正常运行与故障状态下数据特征的差异, 从而能够根据实时监测数据预测设备是否可能发生故障。

1.4 预警指标体系建立

在危化品储存管理中, 依据严格的安全标准, 同时融合大量实际经验, 并深入分析相关数据, 能够精

准确确定一系列至关重要的预警指标。这些指标全面覆盖设备运行参数、环境参数以及危化品相关参数等多个关键领域。以易燃液体储罐为例，温度、压力和液位的正常波动范围便是极为关键的预警指标。温度过高可能引发易燃液体挥发加剧，增大爆炸风险；压力异常波动则暗示储罐内部可能存在物料泄漏或化学反应异常；液位超出正常范围，可能导致物料溢出。基于此，通过先进的监测系统实时采集这些数据，一旦监测数据超出预先设定的正常范围，系统将立即自动触发预警。这一预警机制能够让管理人员及时察觉潜在风险，迅速采取应对措施，有效防范安全事故的发生，确保危化品储存设施的安全稳定运行。

2 大数据分析在危化品储存安全预警中的具体应用场景

2.1 设备故障预警

危化品储存设备的可靠性直接影响储存安全。通过对设备运行数据的持续监测与分析，利用大数据分析模型能够提前预测设备可能出现的故障。例如，对储罐的密封系统进行监测，收集密封压力、泄漏量等数据，运用机器学习算法建立密封性能预测模型。当模型预测到密封性能下降，可能导致危化品泄漏时，及时发出预警，提醒维护人员进行检查和维修，避免因设备故障引发安全事故。

2.2 环境风险预警

储存环境对危化品的稳定性和安全性具有重要影响。借助大数据分析技术，整合气象数据、地理信息数据以及危化品特性数据，可实现对环境风险的有效预警。例如，在高温、高湿天气条件下，某些危化品的化学反应活性增强，容易引发分解、爆炸等危险。通过建立环境因素与危化品安全风险的关联模型，当监测到环境参数达到危险阈值时，系统发出预警，企业可采取相应的防护措施，如加强通风、降温等。

2.3 危化品泄漏预警

危化品泄漏是储存过程中最严重的安全事故之一。利用安装在储存区域的气体传感器、液体泄漏探测器等设备，实时采集危化品浓度、泄漏流量等数据，并结合大数据分析技术，能够及时发现泄漏迹象并发出预警。

2.4 人员操作风险预警

人员操作失误是导致危化品储存事故的重要原因之一。通过收集和分析人员操作记录、培训情况、工作时间等数据，利用大数据分析技术可以评估人员操作的规范性和风险程度。例如，通过分析操作人员的出入库操作流程、操作时间间隔等数据，判断是否存在违规操作行为。若发现操作人员频繁出现操作失误

或违反操作规程的情况，系统及时发出预警，提醒企业加强人员培训和管理。

3 大数据分析在危化品储存安全预警中的应用案例

3.1 案例背景

某大型危化品储存企业拥有多个大型储罐和仓库，储存着多种易燃易爆、有毒有害的危化品。随着业务规模的不断扩大，传统的安全管理手段难以满足日益增长的安全需求。为提升安全管理水平，该企业引入大数据分析技术，构建危化品储存安全预警系统。

3.2 系统构建与实施

数据采集与整合：在储存区域部署了大量的传感器，包括温度传感器、压力传感器、液位传感器、气体传感器等，实现对设备运行数据和环境数据的实时采集。同时，将企业原有的仓储管理系统、设备维护系统等数据进行整合，建立了统一的数据中心。

分析模型建立：与专业的数据分析团队合作，运用机器学习算法建立了设备故障预测模型、环境风险评估模型、泄漏预警模型和人员操作风险分析模型。经过大量的历史数据训练和优化，模型的准确性和可靠性得到了有效保障。

预警系统设计：基于大数据分析平台，设计了可视化的安全预警系统。该系统能够实时展示危化品储存的各项监测数据和预警信息，当监测数据触发预警指标时，系统自动通过短信、邮件等方式向相关人员发送预警通知。

3.3 应用效果

事故预防能力显著提升：系统运行一年来，成功预警了8起设备潜在故障、5次环境风险事件和3起危化品泄漏隐患，企业及时采取措施进行处理，有效避免了事故的发生。

安全管理效率大幅提高：通过大数据分析，企业能够更精准地掌握危化品储存的安全状况，优化了设备维护计划和人员调度方案。例如，根据设备故障预测模型的结果，提前对可能出现故障的设备进行维护，减少了设备突发故障对生产的影响；通过人员操作风险分析，针对性地加强了对高风险操作人员的培训和管理，降低了人为操作失误的概率。

决策支持更加科学：大数据分析为企业的安全管理决策提供了有力支持。通过对历史数据的分析和趋势预测，企业能够提前制定应急预案，合理配置应急资源，提高了应对突发事件的能力。

4 大数据分析在危化品储存安全预警中的效果评估方法

4.1 预警准确性评估

通过对比预警事件与实际发生的安全事故，计算

预警的准确率、误报率和漏报率。准确率是指准确预警的事件数占总预警事件数的比例；误报率是指误报的事件数占总预警事件数的比例；漏报率是指实际发生但未被预警的事故数占实际事故总数的比例。计算公式如下：

$$\text{准确率} = \frac{\text{准确预警事件数}}{\text{总预警事件数}} \times 100\%$$

$$\text{误报率} = \frac{\text{误报事件数}}{\text{总预警事件数}} \times 100\%$$

$$\text{漏报率} = \frac{\text{漏报事故数}}{\text{实际事故总数}} \times 100\%$$

4.2 预警及时性评估

记录预警发出时间与事故可能发生的时间间隔，评估预警的及时性。可通过统计平均预警提前时间来衡量，平均预警提前时间越长，说明预警越及时，企业有更充足的时间采取应对措施。计算公式为：

$$\text{平均预警提前时间} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{预警提前时间}_i}{n}$$

其中，n 为预警事件总数，预警提前时间 $_i$ 为第 i 次预警发出时间与事故可能发生时间的间隔。

4.3 经济效果评估

计算引入大数据分析技术后，企业在事故预防、设备维护、应急救援等方面的成本节约情况，评估其经济效果。例如，通过设备故障预警，提前进行设备维护，避免了设备突发故障导致的生产中断和高额维修费用；通过准确的泄漏预警，减少了危化品泄漏造成的环境污染治理成本和经济赔偿损失。同时，考虑大数据分析系统的建设和运行成本，综合评估其经济效益。

5 应用中存在的问题与挑战

5.1 数据质量问题

数据的准确性、完整性和一致性对大数据分析结果至关重要。但在实际数据采集中，由于传感器故障、数据传输中断、人为录入错误等原因，可能导致数据质量不高。低质量的数据会影响分析模型的准确性，进而降低预警的可靠性。

5.2 技术人才短缺

大数据分析涉及数据挖掘、机器学习、统计学等多领域知识，需要具备专业技术能力的人才。目前，危化品储存企业中这类专业人才相对匮乏，限制了大数据分析技术的深入应用和系统的有效维护。企业内部员工可能对大数据分析工具和技术的掌握程度有限，难以充分发挥大数据分析系统的优势。

5.3 数据安全与隐私保护

危化品储存相关数据包含企业的核心信息和商业

机密，同时也涉及公共安全。在数据采集、传输、存储和分析过程中，如何保障数据的安全，防止数据泄露和被恶意利用，是面临的重要挑战。

5.4 分析模型的适应性问题

危化品储存环境复杂多变，不同类型的危化品具有不同的特性和安全风险。现有的分析模型可能无法完全适应各种复杂情况，需要不断优化和调整。

6 应对策略与建议

6.1 加强数据质量管理

建立完善的数据质量监控机制，定期对采集的数据进行审核和校验。加强对传感器等数据采集设备的维护和管理，确保设备正常运行。采用数据清洗、修复和验证等技术手段，提高数据质量。

6.2 人才培养与引进

企业加强与高校、科研机构的合作，开展内部培训和人才培养计划，提升员工的大数据分析技能。同时，积极引进外部专业人才，充实企业的技术团队。

6.3 强化数据安全与隐私保护

制定严格的数据安全管理制度，采用加密、访问控制、数据备份等技术手段，保障数据在各个环节的安全。在数据共享和使用过程中，遵循相关法律法规，明确数据使用权限和范围，保护企业和用户的隐私。

7 结论

大数据分析技术在危化品储存安全预警中具有重要的应用价值，通过对多源数据的深度分析，能够实现对设备故障、环境风险、危化品泄漏和人员操作风险等的有效预警，显著提升危化品储存的安全管理水平。尽管在应用过程中面临数据质量、技术人才、数据安全和模型适应性等问题，但通过采取相应的应对策略，可以逐步克服这些挑战，推动大数据分析技术在危化品储存安全领域的广泛应用。未来，随着大数据技术的不断发展和创新，以及与危化品储存安全管理的深度融合，其在安全预警中的应用将更加深入和完善，为危化品行业的安全发展提供强有力的技术支撑。

参考文献：

- [1] 张晓鹏. 危化品基地安全预警评价模型构建研究与应用 [D]. 浙江海洋大学, 2025.
- [2] 方来华. 危化品生产储存使用全过程安全监控与监管系统 [J]. 中国安全生产科学技术, 2013, 9(7):4.
- [3] 王满智. 危化品安全风险监测预警系统建设 [J]. 无线互联科技, 2024, 21(2):38-40.
- [4] 林财. 危险化学品道路运输智能化监管及应用 [J]. 中国安防, 2022(10):100-103.
- [5] 任竞舟, 周荣义, 钟岸. 基于物元分析的危化品储存安全评价模型 [J]. 矿业工程研究, 2016, 31(2):5.