

# 基于大数据分析的化工储存安全事故预测与防控研究

许宁 杨方方 (山东金舜安全咨询服务有限公司, 山东 淄博 255000)

**摘要:** 化工储存是化工生产的核心枢纽, 其储存介质具易燃易爆等危险特性, 受设备、环境等多因素影响, 事故易发生且危害严重。本文阐述了大数据分析在化工储存安全事故预测与防控中的应用基础, 构建基于大数据分析的事故预测模型与全流程防控体系, 通过实证验证模型可行性, 提出针对性防控策略, 以期提升安全管理智能化水平, 降低事故损失, 为实践提供理论与技术参考。

**关键词:** 大数据分析; 化工储存; 安全事故; 事故预测; 防控体系

**中图分类号:** TQ086.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2026) 011-0160-03

## Research on Prediction and Prevention of Chemical Storage Safety Accidents Based on Big Data Analysis

Xu Ning, Yang Fangfang (Shandong Jinshun Safety Consulting Service Co., Ltd. Zibo Shandong 255000, China)

**Abstract:** Chemical storage is the core hub of chemical production. The stored media in chemical storage have dangerous characteristics such as flammability and explosiveness, and are affected by multiple factors including equipment and environment. Accidents are prone to occur and cause serious harm. This paper elaborates on the application basis of big data analysis in the prediction and prevention of chemical storage safety accidents, builds an accident prediction model and a full-process prevention and control system based on big data analysis, verifies the feasibility of the model through empirical evidence, proposes targeted prevention strategies, with the aim of enhancing the intelligence level of safety management, reducing accident losses, and providing theoretical and technical references for practice.

**Keywords:** Big data analysis; Chemical storage; Safety accident; Accident prediction; Prevention and control system

我国化工产业规模化、精细化发展, 化工产品产量与种类持续增长, 化工储存环节体量不断扩大、复杂度显著提升, 安全风险防控压力日益加剧。传统管理以“事后处置”为主, 存在数据采集不全面、风险预判滞后等问题, 而大数据、物联网等信息技术与化工产业的深度融合, 为化工储存安全故事前预测、事中管控提供了全新路径。

### 1 大数据分析在化工储存安全事故预测与防控中的应用基础

#### 1.1 大数据分析核心技术及优势

大数据分析作为一套综合性技术集群, 主要针对海量异构、高速迭代且蕴含高潜在价值的的海量数据, 开展全流程的采集、净化、分析及深度挖掘工作, 在整个应用体系中, 数据采集技术扮演着基础性角色, 依托物联网终端设备、各类传感装置及视频监控系统等硬件载体, 有效突破了传统人工记录模式的滞后性与局限性, 实现了化工储存场景下多维度、全场景的数据实时采集。实时捕捉设备运行过程中的各类关键运行参数, 为后续安全分析提供全面、精准的原始数据支撑。

数据预处理技术是保障数据质量的关键环节, 更是后续分析工作有序开展的前提。由于化工储存场景下多渠道采集的数据往往存在缺失、异常偏离、重复

录入及格式不统一等问题, 严重影响分析结果的准确性, 因此必须通过标准化的预处理流程, 对原始数据进行筛选、修正、去重及格式统一, 全面提升数据的完整性、准确性与一致性, 为后续数据挖掘工作奠定坚实基础。

数据挖掘技术是大数据分析应用于化工储存安全防控的核心驱动力, 结合化工储存的场景特性, 引入随机森林、LSTM神经网络等主流机器学习算法, 利用过往安全运行数据开展模型训练与优化, 深入剖析设备运行参数、环境变化态势、操作人员作业行为与安全事故之间的潜在关联, 为防控工作提供靶向性支撑。

数据可视化技术为大数据分析成果的实际落地提供了便捷路径, 该技术可将抽象难懂的数据分析结论、模型预测结果, 转化为折线图、热力图、柱状图等直观清晰的可视化呈现形式, 并实时推送至安全监控终端, 让安全管理人员能够快速掌握安全风险动态, 推动大数据分析从“技术层面”落地到“应用层面”。

#### 1.2 大数据分析应用的数据源梳理

第一类为设备运行数据源, 该类数据是预判设备故障、防范泄漏等安全事故的核心依据, 主要由设备实时运行参数与全生命周期运行档案两部分组成。其中, 实时运行参数涵盖储罐的核心指标, 可实时反映

设备当前运行状态；全生命周期运行档案能够全面呈现设备的健康状况与运行规律，为设备风险预判、维护计划制定提供精准的数据参考。

第二类为环境监测数据源，核心作用是分析各类环境因素对化工储存安全的影响，预判环境诱发型安全事故。实时环境参数涵盖储存区域内的温湿度、有毒有害气体浓度、粉尘含量等关键指标；周边敏感点数据为事故影响范围预判、应急疏散方案编制提供重要支撑；气象数据可为提前部署防雷、防暴雨等针对性防控措施提供科学指导。

第三类为操作行为数据源，重点聚焦操作人员的规范作业水平与安全素养，主要涵盖操作作业记录、安全培训档案及违章作业记录三类数据。操作作业记录可全面反映操作人员的作业流程、操作步骤，便于及时识别违规操作、不规范作业等行为；安全培训档案能够体现操作人员的安全知识储备、操作技能水平及培训达标情况；违章作业记录为开展针对性安全培训、强化违章行为管控提供依据，从而降低因操作不规范引发安全事故的概率。

第四类为历史事故与管理数据源，该类数据为安全预测模型训练、防控体系优化完善提供重要的参考依据。其中，历史事故数据可用于挖掘事故发生的内在规律、核心致因及演化路径；安全管理数据为完善防控体系、优化应急处置流程、提升应急处置能力提供数据支撑，推动化工储存安全防控工作向规范化、精细化方向发展。

## 2 基于大数据分析的化工储存安全事故预测模型构建

### 2.1 模型构建原则与目标

化工储存安全事故预测模型的构建，严格恪守科学性、全面性、实用性、动态性四大核心准则，核心是确保模型能够紧密贴合化工储存安全管理的实际场景，保障预测结果的准确性与可靠性。模型构建的核心导向的是打造一套可精准预判化工储存事故发生概率、具体事故类型、潜在发生时段及可能影响范围的专业化预测模型，实现安全风险的事前精准预警与分级分类管控，为防控措施的科学制定与应急决策的高效实施提供强有力的技术支撑与数据依据。

### 2.2 模型整体框架

基于大数据分析技术构建的化工储存安全事故预测模型，整体采用“数据层—预处理层—特征提取层—模型训练层—预测输出层”的五层递进式架构，各层级既独立承担核心职能，又相互协同、联动发力，显著提升了模型的运行效率与预测精度，为化工储存安全事故的精准预判与高效防控提供了系统化的架构

支撑。

数据层作为模型构建的基础，核心负责多源数据的采集与存储，整合设备运行、环境监测、操作行为、历史事故与管理等四大类数据源，依托物联网、传感器等设备实现数据实时采集，采用分布式数据库完成海量数据存储，打破传统数据分散的“数据孤岛”问题，确保数据的全面性与可扩展性。预处理层针对采集到的原始数据存在的缺失值、异常值、重复值及格式不统一等问题，开展数据清洗、集成、转换与规约等标准化处理，剔除无效冗余数据、统一数据格式、补充缺失数据，提升数据质量，为后续特征提取与模型训练奠定坚实基础。特征提取层采用互信息法等专业特征选择算法，从预处理后的高质量数据中，提取与化工储存安全事故密切相关的核心特征，剔除无关特征，形成标准化特征向量，降低模型训练复杂度。

模型训练层是整个预测模型的核心环节，结合化工储存安全事故多因素协同致因的特点，选取随机森林与 LSTM 神经网络融合算法作为核心训练算法，兼顾随机森林抗过拟合、处理高维数据能力强的优势与 LSTM 神经网络深层非线性拟合、挖掘数据关联规律的优势。训练过程中，将特征提取层输出的特征向量按 7:3 的比例划分为训练集与测试集，将训练集输入融合模型进行反复训练，通过不断调整模型参数（如决策树数量、学习率、迭代次数等），优化模型性能；同时利用测试集对训练好的模型进行反复测试，评估模型预测精度、召回率等核心指标，直至模型性能达到预设要求，确保模型预测的准确性与可靠性。预测输出层主要负责模型的落地应用，将预处理后的实时数据及提取的特征向量输入训练好的预测模型，通过模型分析计算，精准输出事故发生概率、事故类型、发生时间及影响范围等预测结果；同时结合预设的风险等级划分标准，将事故风险划分为低、中、高三个等级，同步输出分级预警信息，以直观形式推送至管理人员，为安全防控措施制定与应急处置开展提供明确支撑。

### 2.3 模型实证分析

为验证预测模型的可行性、准确性与实用性，选取某大型化工企业储存区域作为实证研究对象。该储存区域主要储存易燃液体、有毒气体等危险介质，配备 20 座储罐及 500 余米各类输送管道，部署了完善的物联网监测设备、环境监测终端及操作记录系统，能够实现多源数据的实时、全面采集，具备模型应用的良好基础条件。实证分析严格遵循“数据采集—数据预处理—特征提取—模型训练与测试—实际应用验证”的完整流程，首先采集该储存区域近 3 年的多源

数据,共计100万余条,构建实证分析数据集;随后对数据集进行标准化预处理,剔除异常、缺失及冗余数据,得到高质量标准化数据集;接着采用互信息法提取12个核心特征,形成特征向量并划分训练集与测试集;最后输入融合模型进行训练、测试与实际应用验证。

实证分析结果显示,该基于大数据分析的化工储存安全事故预测模型,测试集预测精度达到92.3%,召回率达到91.7%,F1值达到92.0%,预测误差严格控制在8%以内,能够精准预判事故发生概率、具体类型及风险等级。将模型应用于该储存区域的实时安全监测过程中,成功预警3起潜在的设备泄漏隐患,管理人员根据预警信息及时采取维护保养措施,有效避免了安全事故的发生,充分验证了模型的实用性与可操作性。同时,对比传统人工经验判断模式,该模型的预测精度提升35%以上,有效解决了传统模式风险预判滞后、精准度低的核心痛点。

### 3 基于大数据分析的化工储存安全事故防控体系完善

#### 3.1 事前预警防控:精准预警与分级管控

事前预警防控核心是依托预测模型实现精准预警与分级管控,将事故隐患消除在萌芽状态。结合预测模型输出的事故概率与风险等级,建立低、中、高三级预警体系,明确各级预警推送方式与处置责任:低风险采用现场提示,由现场操作人员排查处置;中风险通过短信、监控大屏双重提示,由车间负责人牵头处置;高风险多渠道推送预警信息,同步联动企业管理层与当地应急部门,由企业主要负责人牵头应急处置。同时,针对不同风险等级制定靶向管控措施,聚焦高风险区域与老旧设备,强化实时监测与巡检频次;将低风险隐患纳入常态化管控,定期复核。

#### 3.2 事中管控:动态管控与快速响应

事中管控重点是依托实时大数据实现动态管控与快速响应,防止事故扩大。构建实时动态监测体系,通过物联网、传感器等设备,实时捕捉事故现场设备运行、环境参数变化及事故态势,借助数据可视化技术直观展示现场情况,为处置决策提供支撑。完善快速响应机制,结合预测模型输出的事故类型与影响范围,规范应急处置流程、明确各岗位职责,利用大数据优化应急资源调度,实时匹配应急物资与救援队伍,缩短响应时间。强化现场管控,通过视频监控、人员定位规范操作人员作业,划定安全区域,组织无关人员紧急疏散,防范人员伤亡与事故蔓延。

#### 3.3 事后处置:闭环管理与能力提升

事后处置核心是通过数据复盘实现闭环管理与能

力提升。事故得到控制后,全面收集事前预警、事中控管及处置全过程数据,结合历史事故数据,利用大数据挖掘技术深入分析事故核心致因与处置短板,形成复盘报告。建立隐患闭环治理机制,针对复盘发现的深层隐患,明确整改责任、期限与措施,加强整改监督与复查复核,防止隐患反弹。同时,结合复盘经验优化安全培训计划,重点培训大数据设备操作、预警解读与应急处置流程,完善安全管理制度,推动化工储存安全管理向智能化、精准化转型,提升后续防控能力。

#### 3.4 保障体系:强化支撑,落地见效

完善四大保障体系,确保防控体系落地见效。技术保障方面,加大大数据、物联网技术投入,完善大数据防控平台,加强产学研合作优化预测模型与防控技术;人员保障方面,组建专业大数据与安全管理团队,开展常态化培训与激励,提升团队专业能力;管理保障方面,将大数据应用纳入安全管理制度,建立考核评价机制,强化监督检查,倒逼责任落实;资金保障方面,设立安全专项基金,用于设备采购、平台优化、培训及应急物资储备,规范资金使用,为防控体系提供充足支撑。

### 4 结论与展望

化工储存安全事故由设备、环境、操作、管理多维度因素协同导致,传统防控模式存在诸多短板,而大数据分析技术凭借其核心优势,可有效破解传统防控痛点,其核心技术与四大类数据源为事故预测与防控提供了坚实支撑。本文构建的五层架构融合预测模型,经实证验证预测精度高、实用性强,结合四大保障措施的全流程防控体系,能够有效提升化工储存安全管理智能化水平,推动安全管理转型。未来将进一步优化预测模型、推动大数据与防控工作深度融合,建立行业大数据共享平台,加强技术交流,持续提升化工行业储存环节安全防控能力,助力化工产业高质量发展。

#### 参考文献:

- [1] 张永辉.化工项目安全预评价的方法创新与实践应用[J].化工管理,2025(17):81-84.
- [2] 王凯.基于大数据分析的化工企业安全管理策略研究[J].石化技术,2025,32(11):430-431,311.
- [3] 陆英,刘尚志,孙乐朋,等.基于化工过程安全关键技术的化工园区智慧安监系统[J].山东化工,2021,50(6):289-293.
- [4] 白帅.基于智能化背景的化工设备安全管理工作分析与研究[J].中国公共安全,2024(11):193-195.
- [5] 林海,胡旭晓,吴跃成,等.基于深度学习的油库安全监测方法研究[J].软件工程,2023,26(3):15-17,14.