

# 煤矿安全风险评估中大数据技术的应用研究

王 欣

国家能源集团新疆能源化工有限公司乌东煤矿 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘 要：**随着信息技术的飞速发展，大数据技术在各个领域的应用日益广泛。在煤矿行业，安全风险评估是确保生产安全的关键环节。大数据技术通过采集、处理和分析煤矿现场的海量数据，为安全风险评估提供了新的手段和方法。本文旨在探讨大数据技术在煤矿安全风险评估中的应用，分析其如何通过实时监测、数据挖掘和预测分析等手段，提高煤矿安全风险评价的准确性和及时性，为煤矿安全生产提供有力保障。同时，本研究还将展望大数据技术在煤矿安全管理中的未来发展趋势。

**关键词：**煤矿安全风险评估；大数据技术；应用

**引言：**煤矿安全是煤炭行业稳定发展的基石，而安全风险评估则是预防煤矿事故、保障生产安全的关键措施。随着大数据技术的快速发展，其在煤矿安全风险评估中的应用日益受到关注。大数据技术能够高效处理和分析海量数据，揭示数据背后的规律和趋势，为煤矿安全风险评估提供科学依据。本研究旨在深入探索大数据技术在煤矿安全风险评估中的应用，以期提高风险评估的准确性和效率，为煤矿行业的安全生产贡献力量。

## 1 大数据技术基础

### 1.1 大数据的定义与特点

大数据是指规模庞大、复杂度高、处理速度快的数据集合，它超出了传统数据处理工具的能力范围。大数据的“庞大”不仅体现在数据量上，通常以TB、PB甚至EB为单位，还体现在其多样的数据类型和快速的处理需求上。（1）数据量庞大：大数据的数据量巨大，远远超过了传统数据库的处理能力。这种庞大的数据量要求存储和处理系统具有高度的可扩展性和容错性。（2）数据类型多样：大数据包括结构化数据（如关系型数据库中的表格数据）、半结构化数据（如JSON格式的日志数据）和非结构化数据（如文本、图像、视频等）。这种多样的数据类型要求处理系统能够灵活地适应不同的数据格式和结构。（3）价值密度低，处理速度快：大数据中真正有价值的信息比例往往很低，这要求处理系统能够高效地提取和分析有价值的信息。同时，大数据的处理速度要求很高，因为数据在不断生成和积累，需要实时或近实时地处理和分析。

### 1.2 大数据处理与分析技术

（1）分布式计算架构与云计算：分布式计算架构如Hadoop和Spark能够将数据分散存储在多个节点上，并通过并行计算提高数据处理效率。云计算则提供了弹性可

扩展的计算资源和存储服务，支持大数据处理和分析的按需构建和部署。（2）数据挖掘与机器学习：数据挖掘技术能够从大数据中提取有价值的信息和模式，而机器学习则利用算法让计算机从数据中自动学习和改进性能。这两者的结合可以更有效地处理和分析大数据，发现其中的规律和趋势。（3）数据可视化与决策支持系统：数据可视化技术能够将复杂的数据转换为直观的图表和仪表盘等形式，便于用户理解和决策。决策支持系统则利用大数据分析和机器学习技术来辅助决策者制定更加明智和高效的策略<sup>[1]</sup>。

## 2 煤矿安全风险概述

### 2.1 煤矿安全风险的定义与分类

（1）自然灾害风险：煤矿开采过程中面临的地质条件复杂多变，自然灾害风险尤为突出。常见的自然灾害风险包括瓦斯爆炸，这是煤矿安全最大的威胁之一，由于煤层中积聚的瓦斯在遇到火源时可能引发剧烈爆炸；水灾，由于地下水位的上升或矿井防水设施失效导致；以及冒顶，即矿井顶板岩层因开采活动而失去支撑，发生垮塌事故。（2）人为因素风险：人为因素也是煤矿安全风险的重要组成部分。违章操作，如未遵守安全操作规程、超能力生产等，都可能引发事故；管理不善，包括安全管理制度不完善、执行力度不够、安全教育培训缺失等，也会增加安全风险。（3）设备设施风险：煤矿开采依赖于各种机械设备和设施，其安全性和可靠性直接关系到生产安全。机械故障，如设备老化、维护不及时导致的故障，可能导致生产中断或事故；设备设计缺陷或安装不当也可能成为安全隐患。

### 2.2 煤矿安全风险评估的重要性

（1）保障矿工生命安全：通过科学的风险评估，可以及时发现和消除潜在的安全隐患，减少事故发生的可

能性,从而保障矿工的生命安全。(2)维护煤矿企业稳定发展:安全事故不仅会给企业带来直接的经济损失,还可能影响企业的声誉和形象,进而影响企业的稳定发展。通过风险评估,企业可以提前采取措施,预防事故的发生,从而保持生产稳定。(3)促进煤炭行业健康可持续发展:煤炭行业作为国民经济的重要支柱,其健康可持续发展对于国家能源安全和经济发展具有重要意义。通过加强煤矿安全风险评估,可以提高整个行业的安全水平,推动煤炭行业向更加安全、高效、环保的方向发展。

### 3 大数据技术在煤矿安全风险评估中的应用

#### 3.1 数据收集与预处理

(1)煤矿生产实时数据的采集。煤矿生产过程中,会产生大量与安全相关的实时数据,包括但不限于瓦斯浓度、温度、湿度、矿井压力、设备运行状态等。这些数据通常通过各类传感器和监测设备进行收集。例如,瓦斯传感器能够实时监测矿井内的瓦斯浓度,一旦浓度超过安全阈值,便能立即发出警报。温度与湿度传感器则有助于评估矿井内的工作环境,预防因高温高湿导致的矿工健康问题。此外,矿井压力数据对于预防冒顶等地质灾害具有重要意义<sup>[2]</sup>。(2)数据清洗与整合。收集到的原始数据往往包含冗余、错误或不一致的信息,这些数据若直接用于分析,将严重影响结果的准确性。因此,数据清洗成为必不可少的步骤。这包括去除重复数据、修正错误数据、处理缺失值等。同时,由于数据来源多样,数据结构也可能有所不同,因此需要将这些异构数据进行整合,形成统一的数据格式,以便于后续分析。整合过程中,还需注意数据的安全性和隐私保护,确保敏感信息不被泄露。

#### 3.2 安全风险评估模型构建

(1)基于大数据的风险评估算法设计。风险评估算法的设计是模型构建的核心。算法需要能够根据历史数据和实时数据,自动识别安全风险的类型和程度。这通常涉及机器学习技术,如决策树、支持向量机、神经网络等。例如,可以利用历史事故数据训练一个分类模型,用于预测新数据中的潜在风险类别。此外,还可以结合专家知识,设计基于规则的评估方法,如模糊逻辑、专家系统等。(2)风险评估模型的训练与验证。模型训练阶段,需要使用大量标注好的数据对算法进行训练,使其能够准确识别风险。训练完成后,还需对模型进行验证,确保其在实际应用中的表现。验证过程通常包括交叉验证、留出验证等方法,以评估模型的泛化能力。此外,还需关注模型的鲁棒性,即模型在面对噪声

数据或异常情况时的稳定性。(3)风险评估模型的优化与调整。根据验证结果,可以对模型进行进一步优化和调整。这包括调整算法参数、增加特征工程、引入新的数据源等。优化后的模型应能更准确地识别风险,同时降低误报率和漏报率。此外,随着煤矿生产条件的变化和新技术的引入,模型还需定期更新,以保持其有效性<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 实时监测与预警

(1)实时数据采集与分析。实时监测系统需要不断收集矿井内的实时数据,并利用风险评估模型对这些数据进行分析。分析结果可以即时反馈给管理人员,帮助他们了解当前的安全状态。同时,系统还可以根据分析结果自动调整安全策略,如增加巡检频率、启动应急预案等。(2)预警信息发布与应急响应机制。一旦检测到潜在的安全风险,系统应立即发布预警信息。预警信息可以通过短信、邮件、APP推送等多种方式发送给相关人员。同时,系统还应触发应急响应机制,指导人员采取适当的应对措施。这包括疏散矿工、启动紧急救援、关闭危险区域等。(3)风险预警效果评估与改进。为了不断提高预警系统的准确性,需要对预警效果进行定期评估。这包括统计预警信息的准确率、召回率等指标,以及分析预警后的实际响应情况。根据评估结果,可以对预警系统进行调整和改进,如优化预警算法、调整预警阈值、增加预警信息的可读性等。

#### 3.4 数据可视化与决策支持

(1)安全风险数据的可视化展示。借助图表、地图、仪表盘等形式,安全风险数据得以直观展现。如热力图能直观显示矿井瓦斯浓度分布;时间序列图则揭示瓦斯浓度、温湿度等参数的变化趋势;三维建模技术可重建矿井结构,并标注高风险区域。这些可视化手段帮助管理者迅速识别风险,增强对矿井安全状况的全面感知。(2)基于数据的决策支持系统设计与实现。基于可视化技术,我们设计了决策支持系统。该系统整合实时监测、历史事故、设备状态等多源信息,运用大数据与机器学习技术进行深度分析,挖掘数据关联与模式,自动生成优化生产、调整安全策略、改进设备维护等决策建议。同时,系统还能根据需求提供定制化报告,辅助管理者科学决策<sup>[4]</sup>。(3)决策支持系统在煤矿安全管理中的应用案例。某大型煤矿引入该系统后,实现了安全风险实时监测与预警。系统自动识别隐患,生成应急预案与决策建议,成功避免多起事故,显著提升安全生产水平。同时,系统为生产优化与设备维护提供数据支持,助力煤矿降本增效。这些案例充分展现了大数据技术在煤矿安全风险评估与决策支持中的巨大潜能。

#### 4 大数据技术在煤矿安全风险评估中的挑战与对策

##### 4.1 数据质量与可靠性问题

(1) 数据来源的多样性与不确定性: 煤矿安全数据来源广泛, 涵盖井下传感器实时监测数据、设备运维记录、人工巡检报告等。传感器受井下粉尘、湿度、振动等环境因素影响, 易出现数据漂移或失真; 人工记录则可能因操作不规范产生遗漏或误差。此外, 不同部门数据格式不统一, 如生产系统与安全监测系统的数据接口不兼容, 导致数据整合难度大, 直接影响风险评估的准确性。(2) 数据质量的监控与提升策略: 需建立全流程数据质量管理体系, 在数据采集环节采用抗干扰传感器, 并定期校准维护; 对人工录入数据实施双检复核机制, 结合智能校验算法识别异常值。同时, 通过数据清洗技术剔除冗余信息, 利用标准化协议统一数据格式, 构建煤矿安全数据中台, 实现跨系统数据的实时同步与一致性校验。

##### 4.2 数据安全与隐私保护

(1) 煤矿数据的安全风险分析: 煤矿数据包含井下地质构造、开采方案等核心信息, 一旦泄露可能危及生产安全; 实时监测数据若被恶意篡改, 可能导致风险误判引发事故。此外, 井下网络环境复杂, 数据传输易受干扰, 存在被非法拦截的风险, 而传统防火墙难以抵御针对工业控制系统的定向攻击。(2) 数据加密与访问控制机制: 对传输中的数据采用国密算法加密, 存储环节实施分级加密策略, 核心数据采用区块链技术实现不可篡改存证。建立基于角色的访问控制体系, 明确矿长、安全员、技术人员等不同角色的数据权限, 结合多因素认证(如指纹+动态口令)强化登录安全, 同时通过操作日志全程追溯数据使用轨迹。(3) 隐私保护政策与合规性要求: 严格遵循《数据安全法》《个人信息保护法》, 对涉及矿工个人的健康监测数据进行匿名化处理, 去除身份标识字段。制定煤矿数据分类分级指南, 明确敏感数据的采集范围与使用边界, 与合作方签订数据安全协议, 定期开展合规审计, 确保数据处理全流程符合监管要求。

##### 4.3 技术与人才瓶颈

(1) 大数据处理与分析技术的更新与迭代: 煤矿数据具有海量、实时、异构的特点, 传统数据分析工具难以满足毫秒级风险预警需求。需引入分布式计算框架(如Spark)提升数据处理效率, 结合机器学习算法构建动态风险评估模型, 通过边缘计算技术实现井下数据的本地化实时分析, 减少云端传输压力。(2) 专业技术人才的培养与引进: 联合高校开设“煤矿安全大数据”交叉学科, 培养兼具采矿工程与数据科学知识的复合型人才; 针对在职人员开展定期培训, 内容涵盖大数据平台操作、风险模型构建等实用技能。同时, 通过校企合作、人才引进计划吸引行业专家, 建立技术顾问团队解决复杂技术难题。(3) 企业内部技术创新与合作的推动: 设立技术创新专项资金, 鼓励一线员工参与数据应用场景创新, 如基于历史事故数据开发风险预警算法。与科技企业共建“煤矿安全大数据联合实验室”, 共享技术资源与研发成果, 加快先进技术的产业化落地, 形成“技术研发-现场应用-迭代优化”的良性循环。

##### 结束语

大数据技术为煤矿安全风险评估带来了革命性变革, 显著提升评估精度与效率, 为煤矿安全生产筑起坚固防线。尽管面临数据质量、安全隐私等挑战, 但通过技术创新与管理优化, 这些问题正逐步得到解决。展望未来, 大数据将持续赋能煤矿安全领域, 推动风险预警智能化、管理决策科学化。本研究仅为大数据技术在煤矿安全风险评估应用的初步探索, 期待更多研究与实践, 共同促进煤矿安全风险评估体系的不断完善与发展。

##### 参考文献

- [1]杨景峰,刘战武.基于大数据分析的安全生产信息共享平台建设及管理[J].陕西煤炭,2020,(13):123-127.
- [2]郜彤,刘传安.基于大数据分析的煤矿安全风险预测系统研究[J].煤炭工程,2020,(07):73-74.
- [3]高翔,陈晓峰.基于大数据分析的煤矿安全隐患预测模型研究[J].煤炭科学技术,2023,(06):67-68.
- [4]林伟,黄建华.智能化煤矿安全管理中机器学习的应用探讨[J].矿业安全与环保,2022,(05):51-52