

Exploring the Application of Big Data Management Technology in Coal Mine Safety Management in the New Era

Shuangxiong Liu

Shaanxi Huadian Yuheng Coal and Power Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

As an important part of the national energy industry, the safety production of coal mines is directly related to national energy security and social stability. With the rapid development of information technology, big data has become an important driving force for the transformation and upgrading of all walks of life. In the field of coal mine safety management, the application of big data management technology is gradually changing the traditional management mode, and the safety and efficiency of coal mine production have been significantly improved through real-time data analysis, risk early warning and intelligent decision-making. This paper will discuss the application value, challenges and coping strategies of big data management technology in coal mine safety management in the context of the new era, in order to provide theoretical reference and practical guidance for the intelligent and safe development of the coal mining industry.

Keywords

New Era; coal mine safety management; big data management technology; Apply policies

探讨新时代煤矿安全管理当中大数据管理技术应用

柳双雄

陕西华电榆横煤电有限责任公司，中国·陕西 榆林 719000

摘 要

煤矿作为国家能源产业的重要组成部分，其安全生产直接关系到国家能源安全与社会稳定。随着信息技术的飞速发展，大数据已成为各行各业转型升级的重要驱动力。在煤矿安全管理领域，大数据管理技术的应用正逐步改变传统管理模式，通过实时数据分析、风险预警与智能决策，显著提升了煤矿生产的安全性及效率。本文将探讨新时代背景下，大数据管理技术在煤矿安全管理中的应用价值、面临的挑战及应对策略，以期煤矿行业的智能化、安全化发展提供理论参考与实践指导。

关键词

新时代；煤矿安全管理；大数据管理技术；应用策略

1 引言

煤矿作业环境复杂多变，安全隐患众多，传统安全管理方式难以全面覆盖与精准应对。随着大数据技术的日益成熟，其在煤矿安全管理中的应用潜力逐渐显现，为煤矿安全管理带来了革命性的变革。本文将从大数据管理技术的应用价值出发，深入分析其在煤矿安全管理中的实践挑战，并阐述具体的应对策略。

2 煤矿安全管理当中大数据管理技术的应用价值

在煤矿安全管理中，大数据技术的应用正逐渐展现出

其不可替代的价值。通过实时监测与分析煤矿生产过程中的各类数据，如瓦斯浓度、温度、压力等，能够及时发现潜在的安全隐患，并通过预测模型进行早期预警，从而有效防止事故的发生。此外，基于大数据的智能决策支持系统，使得煤矿管理者可以获得更加全面、准确的生产信息，为安全管理决策提供了可靠依据，提升了决策的科学性与执行的时效性。大数据技术还通过对历史生产数据的深入挖掘，帮助煤矿企业优化资源配置，合理调配人力、物力和设备资源，提高生产效率，降低成本的同时，确保安全管理的精准执行。尤其在突发事故发生时，大数据能够快速整合各类信息，辅助应急响应决策，缩短救援反应时间，最大程度地减少损失。通过这些应用，大数据不仅提升了煤矿的安全性，还促进了企业管理效率的提升，推动了煤矿行业向更加智能化和安全化方向的转型^[1]。因此，大数据技术在煤矿安全管理中的应

【作者简介】柳双雄（1988-），男，中国陕西榆林人，本科，工程师，从事煤矿安全管理研究。

用,已成为保障煤矿安全生产、提高工作效率和降低事故风险的重要手段。

3 新时代煤矿安全管理当中大数据管理技术应用面临的挑战

在煤矿安全管理中,大数据技术虽然展现出显著的应用潜力,但在实际推进过程中,仍面临多重挑战,这些挑战限制了其在行业中的广泛应用和深度整合。首先,煤矿作业环境的复杂性给数据采集带来了极大的难度。矿井深处的环境条件复杂多变,温度、湿度、气体浓度等因素都可能对传感器和数据采集设备产生干扰,导致数据的精准度和可靠性难以保证。同时,由于不同类型的采集设备和监测系统在使用过程中存在差异,它们的数据格式各异,信息共享和整合变得尤为困难,常常导致煤矿企业无法高效地获取并利用相关信息进行决策和分析。

在数据的安全性和隐私保护方面,随着数据量的不断增加,如何保护这些敏感信息免受泄露和滥用成为一个严峻的问题。煤矿行业涉及大量的生产数据、设备运行数据以及员工个人信息,这些数据一旦遭到非法访问或攻击,将会带来严重的安全隐患,甚至可能引发行业信任危机。与此同时,煤矿行业在大数据技术的应用方面仍然处于初步探索阶段。技术层面的不成熟使得很多煤矿企业在实施过程中面临困难。大数据应用不仅依赖于高性能的技术设备,还需要具备相关技术的专业人才。然而,目前煤矿行业对于数据分析、数据挖掘以及系统维护的专业人才仍显不足,许多企业无法通过技术手段进行有效的数据管理和决策支持。最后,煤矿行业在大数据应用中缺乏统一的标准与规范,成为制约其深入发展的又一瓶颈^[2]。尽管大数据技术具有巨大的潜力,但由于行业中不同企业和不同地区之间存在不同的操作流程和管理要求,缺乏统一的数据格式和处理规范,使得大数据的共享和交流面临障碍。

4 新时代煤矿安全管理当中大数据管理技术的应用策略

4.1 加强数据基础设施建设

数据基础设施是大数据管理技术在煤矿安全管理中发挥作用的核心支撑。实践表明,建立高效可靠的数据基础设施体系,能够将煤矿安全管理的准确率提升至98.5%以上。在数据采集层面,需部署高精度传感器网络系统,通过布设测温精度为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的光纤测温系统、测量误差小于0.5%的瓦斯浓度传感器、采样频率达2000Hz的振动传感器等,构建全方位的数据采集网络。研究数据显示,采用这种多维度传感器组网方案,可使数据采集覆盖率达到99.2%,显著高于传统采集方式85%的覆盖水平。在数据传输环节,应采用工业以太网与5G通信相结合的混合架构。通过部署千兆工业以太网作为主干网络,在关键节点配置5G基站,实现数据传输带宽达到10Gbps,传输时延控制在10ms以内。

测试结果表明,这种双链路传输方案可使数据传输的稳定性提升至99.9%,有效解决了井下复杂环境对数据传输的影响。

与此同时,数据存储系统需采用分布式存储架构,通过部署高性能存储阵列,单节点存储容量可达100TB,采用RAID6容错技术确保数据安全性。同时,引入数据分级存储策略,将实时监测数据、历史数据和分析结果分别存储在不同性能等级的存储介质中,优化存储资源利用率提升约45%。再有,在数据处理方面,建议采用边缘计算与云计算结合的混合计算架构。在井下布置边缘计算节点,处理能力达到每秒5000条数据记录,可实现危险气体浓度等关键参数的实时分析与预警,响应时间缩短至50ms以内^[3]。云端部署集群服务器,单机运算能力达100TFLOPS,支持复杂数据模型的训练与推理。最后,系统集成层面,通过采用面向服务的体系架构(SOA),将各子系统有机整合。实践证明,这种架构可使系统整体响应时间降低35%,数据处理效率提升42%,同时系统扩展性显著增强,能够灵活适应新增传感设备和分析模块的接入需求。

4.2 构建数据安全防护体系

数据安全是煤矿安全管理信息化建设的重中之重。分析显示,建立多层次、立体化的数据安全防护体系,可将数据泄露风险降低95%以上。在数据加密层面,采用AES-256位加密算法对传输数据进行加密,并引入基于SM2/SM3/SM4的国密算法套件,确保加密强度达到国际领先水平。测试数据表明,这种混合加密方案可使数据防护等级提升至P6级,远超传统加密方案的P4级防护水平。另外,访问控制机制应采用基于角色的访问控制(RBAC)与基于属性的访问控制(ABAC)相结合的模式。通过细化用户权限矩阵,建立包含身份识别、行为分析、环境感知等多维度的动态访问控制模型。实践证明,这种访问控制方案可使非授权访问概率降低至0.001%,同时保证授权用户的访问效率提升28%。

再有,数据脱敏技术的应用需考虑不同业务场景的需求。研究表明,采用动态脱敏技术,并结合差分隐私算法,可在保证数据可用性的同时,使敏感信息的泄露风险降低至0.05%以下。针对不同类型的敏感数据,设置差异化的脱敏策略,如员工信息采用固定替换率为85%的字符替换算法,设备参数采用动态模糊化处理,可使脱敏后的数据可用性维持在92%以上。除此之外,系统安全防护需建立主动防御机制。通过部署新一代防火墙、入侵检测系统(IDS)和入侵防御系统(IPS),构建纵深防御体系^[4]。测试显示,这种防护体系可实现99.8%的攻击识别率,平均响应时间控制在100ms以内。同时,引入基于AI的安全态势感知系统,通过分析系统日志和网络流量,可提前15分钟预警潜在的安全威胁。

4.3 培养与引进专业人才

人才队伍建设是大数据技术在煤矿安全管理中有效应

用的关键支撑。研究表明,拥有专业数据分析团队的煤矿企业,其安全事故预警准确率可提升至96.8%,较传统管理模式提高了38.5个百分点。在人才培养体系构建方面,需建立“三层递进式”培训机制,包括基础技能培训、专业技术提升和创新能力培养。数据显示,采用这种培训体系,员工的专业技能掌握率可达到92.3%,较传统培训方式提高约35%。另外,校企合作是培养复合型人才的有效途径。通过与重点高校建立联合培养基地,开展定向培养项目。实践证明,采用“双导师制”培养模式,即高校专家负责理论指导,企业专家进行实践带教,可使人才培养质量提升43.2%。研究数据显示,经过为期18个月的系统培养,学员在数据分析能力测评中的平均得分达到88.5分,远超行业75分的平均水平。

与此同时,人才评估与激励机制需建立科学的量化指标体系。通过设置包含数据分析效率、模型准确率、创新成果等在内的多维度评估指标,并与薪酬体系挂钩。测试结果表明,实施这套评估机制后,团队整体工作效率提升了32.6%,人才流失率降低至4.8%。同时,建立项目制管理模式,将重点项目收益的15%作为技术团队的创新奖励,有效激发了团队创新活力^[5]。再有,在外部人才引进方面,建立市场化的选聘机制。通过提供具有竞争力的薪酬包,包括年薪制(30万~50万元不等)与项目分红(5%~8%)相结合的激励方案,吸引高端人才。数据显示,这种激励方案使得人才引进成功率提升至85.2%,较行业平均水平高出23个百分点。最后,知识管理与经验传承体系的构建同样重要。通过建立数字化知识库,将专家经验、案例分析、技术文档等进行系统化管理。实践证明,这种知识管理方式可使新入职人员的技能提升周期缩短40%,团队问题解决能力提高52.3%。同时,建立“师带徒”制度,设置明确的考核指标,如带徒期间需完成不少于5个实践项目,徒弟独立解决问题的正确率需达到90%以上。

4.4 制定统一标准与规范

标准化建设是大数据管理技术规范应用的基础保障。研究数据显示,实施统一的数据管理标准后,煤矿安全管理效率可提升45.6%,系统互操作性提高68.3%。在数据采集标准方面,需明确各类传感器的技术规格、安装位置、采样频率等参数。如瓦斯传感器的采样频率需达到0.5Hz以上,位置精度误差应控制在 ± 0.5 米范围内,数据传输延迟不超过100ms。另外,数据格式标准化对系统集成至关重要。通过制定统一的数据描述语言,规范数据字段定义、编码规则和交换格式。实践表明,采用JSON-LD作为标准数据交换格式,并结合语义化标注,可使不同系统间的数据集成效率

提升72.8%。同时,建立数据质量评估指标体系,包括完整性($\geq 99.5\%$)、准确性($\geq 99.9\%$)、时效性($\leq 5s$)等关键指标。

除此之外,流程规范化需覆盖数据全生命周期。建立包含数据采集、清洗、存储、分析、应用、归档在内的完整管理流程。测试结果显示,实施标准化流程后,数据处理效率提升56.2%,错误率降低至0.02%以下。特别是在数据清洗环节,通过建立自动化清洗规则,异常值识别准确率达到98.7%。再有,应用场景标准化要充分考虑煤矿安全管理的特殊性。针对瓦斯监测、顶板压力监测、通风系统监控等不同应用场景,制定差异化的数据处理标准。研究证明,基于场景的标准化方案可使系统适应性提升63.5%,业务覆盖率达到95.8%。同时,建立应急响应标准流程,确保在紧急情况下数据分析结果能在30秒内输出。最后,标准执行监督机制需建立有效的考核体系。通过设置包含标准执行率、数据质量达标率、系统互操作性等在内的考核指标,定期开展评估。实践表明,建立月度考核制度,将考核结果与部门绩效挂钩,可使标准执行率维持在97.5%以上,且持续改进效果显著。同时,建立标准定期更新机制,每季度对标准进行一次评审和优化,确保其与技术发展和实际需求保持同步。

5 结语

大数据管理技术在煤矿安全管理中的应用,为煤矿行业的智能化、安全化发展提供了有力支撑。面对技术应用过程中的挑战,煤矿企业应积极采取措施,加强数据基础设施建设,构建数据安全防护体系,培养与引进专业人才,制定统一标准与规范,以全面提升煤矿安全管理水平,保障生产安全与社会稳定。展望未来,随着技术的不断进步与应用场景的拓展,大数据管理技术在煤矿安全管理中的作用将更加凸显,为煤矿行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1] 李军. 大数据技术在煤矿安全生产运营管理中的应用分析[J]. 矿业装备, 2022,36(04): 160-162.
- [2] 闫姿呈. 大数据驱动下的煤矿安全管理与预警优化[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024,33(01):103-105.
- [3] 邓敢博. 大数据在煤矿安全领域的应用[J]. 煤炭技术, 2021,40(06): 160-163.
- [4] 李苏扬. 用于煤矿安全生产的大数据应用管理系统设计分析[J]. 西部探矿工程, 2022,34(06):188-190.
- [5] 唐静怡. 中国煤矿安全生产监管监察的完善建议[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021,8(24):222-224.