

果排水不畅,降雨时往往会引起路面积水的情况,如果无法及时地排出去,那么积水会下渗到路基中,进而损坏到路基,因此,路基设计需统筹兼顾纵断面与平面布局的优化,通过系统性分析提升排水设施的科学与有效性。排水系统的设计要结合当地的降雨量、排水量以及地形的特点,设置地表排水和地下排水系统。目前来说,农村的路面材料常采用为水泥混凝土,原因主要是在农村水泥、砂石比较常见,数量多,方便就地取材,节约成本,并且原料为水泥混凝土的道路,强度高、抗压性高、稳定性好,不容易被腐蚀,从而减少了道路的损耗,且施工方便,技术简单容易掌控,能够良好地控制施工进度。

4.3 荷载设计

农村公路具有线长和面广特点,分散在农村地区不同角落,因此在进行农村公路设计时候要根据不同地形和地质来进行,还要充分考虑到当地人口密度和经济发展等方面情况,使得设计出来公路能够更加突出农村地区特色,真正地体现因地制宜等原则。在超重车辆通过时候还要确保不会对公路路面结构造成一定程度破坏,提升农村公路服务功能。因此设计农村公路时,设计人员首先就需要对公路荷载进行合理选择。由于我国农村地区大部分都是处于丘陵山区,因此农村公路就成为了运输重要通道。这就导致了一些大型重载车辆为了逃避收费站收费和检查而选择农村公路,这就会对农村公路带来很大破坏。因此设计人员应该对农村公路荷载标准加以明确,合理地选择荷载设计等级。

4.4 安全设施设计

通过交通流量分析与事故风险评估,科学完善安全设施体系。在重点路段有针对性地设置防撞护栏、反光标志等防护装置,并合理布置警示标识系统,有效提升道路安全性。鉴于农村地区使用者交通安全意识相对薄弱,设计速度的确定需综合考虑区域特征与交通实况,通过技术手段降低

事故风险。在交叉口设计中,优先采用平面交叉方案,严格保证视距要求,优化交通流线组织。实施阶段应提前规划交叉口布局,合理设置行人过街设施,确保通行需求与安全性的统一。总体设计应秉持"以人为本"的理念,在保障安全性的前提下,最大限度提升使用便利性,实现安全与效率的平衡。

5 结语

在当前全面推进乡村振兴战略和新型城镇化建设的新时代背景下,农村公路作为美丽乡村建设的重要基础设施,其功能定位已从单一的交通通行向综合服务转型升级。这一历史性转变对设计施工单位提出了更高标准的技术要求和更全面的服务能力挑战。农村公路设计应该遵守因地制宜和就地取材的原则,充分考虑到当地经济发展的水平和地理条件的影响,利用当地的地形与地貌进行公路设计,合理的把握建设的基本要求,有利的改善农村的交通和生活环境,达到农村公路通村达组、联通城乡,实现与特色小镇、美丽乡村、田园综合体、农业产业园区等融合发展,切实满足人民群众对农村出行品质的多元化需求,为全面推进乡村振兴战略提供坚实的交通保障和有力的发展支撑。

参考文献

- [1] 周文正.农村公路设计难点与对策的分析[J],科技致富导向,2014.04
- [2] 邓国林.农村公路设计的特点与设计要点分析[J].黑龙江科技信息.2016.09
- [3] 王培林.农村公路的设计原则和要点分析.科技创新导报,2018.04
- [4] 朱文利.农村公路交通工程设施设计的要点及应注意问题[J].黑龙江交通科技.2020.07
- [5] 欧阳辉.农村公路设计与升级改造研究.中国高新科技[J],2020.11

Application and optimization of intelligent equipment in coal mining technology

Liang Pei

Wutongzhuang Mine Jizhong Energy Co., Ltd., Handan, Hebei, 056200, China

Abstract

Coal mine intelligence is an inevitable choice for the transformation and upgrading of the coal industry. In view of the problems faced in the development of intelligent equipment in coal mines, such as insufficient technology integration, bottlenecks of key core technologies and lack of talents, systematic optimization research was carried out from four aspects: technology integration and innovation, equipment upgrading, talent training and safety assurance. The research results show that through the construction of the "5G Industrial Internet" integrated platform, the breakthrough of key technologies such as underground precise positioning, the establishment of a school-enterprise cooperation training mechanism, and the strengthening of the equipment safety protection system, the reliability, adaptability and safety of intelligent mining equipment can be effectively improved, the intelligent development of mines in China can be promoted, and the safe, efficient, green and low-carbon development of mines can be provided with theoretical basis and practical support.

Keywords

coal mines; coal mining technology; Intelligent equipment

煤矿采煤技术中的智能化设备应用与优化

裴亮

冀中能源股份公司梧桐庄矿, 中国·河北 邯郸 056200

摘 要

煤矿智能化是煤炭工业转型升级的必然选择。针对目前煤矿智能化装备发展过程中所面临的技术集成度不够、关键核心技术瓶颈和人才匮乏等问题,从技术融合创新、装备升级、人才培养、安全保障四个方面进行了系统性的优化研究。研究结果显示,通过“5G+工业互联网”一体化平台的搭建,井下精准定位等关键技术的突破,建立校企合作培养机制,强化设备安全保护系统,可以有效提高智能开采装备的可靠性、适应性和安全性,推动我国矿井的智慧化发展,为矿井的安全、高效、绿色低碳发展提供理论依据与实践支撑。

关键词

煤矿; 采煤技术; 智能化设备

1 引言

根据国家能源局到 2025 年的统计资料,全国已经有 1500 多座智慧采掘工作面,其中智慧采掘能力占 35%,同比 2022 年提高 18%。中国煤炭行业联合会的报道显示,在使用了智能装备后,矿井的安全事故发生率降低了 62%,单个面的生产率也增加了 40%。山西一座大矿井应用该技术,实现对矿井机械设备的在线监测,实现了对矿井机械设备的在线监测,实现了 98% 的在线监测,减少了 25% 的生产能源消耗。《“十四五”煤矿智能化发展规划》明确指出,到 2025 年,我国煤炭行业将实现重大智能装备投入超过 800 个百分点,为我国煤炭行业提供了重要支撑。

【作者简介】裴亮(1984-),男,中国山东菏泽人,本科,助理工程师,从事煤矿采煤(综采)研究。

2 当前煤矿智能化设备应用存在的主要问题

2.1 技术集成度不足

当前煤矿智能化设备应用面临的首要问题是各系统间的数据互通障碍。在典型智能化矿井中,采煤机、液压支架、刮板输送机关键设备往往来自不同厂商,采用各自独立的数据通信协议。2025 年煤矿智能装备调研报告显示,全国 87% 的智能化工作面存在至少 3 种以上不兼容的通信协议,导致设备协同作业时产生 15% ~ 20% 的效率损失。以山西某千万吨级矿井为例,其使用的德国艾柯夫采煤机与国产运输系统因 Modbus 与 PROFINET 协议转换问题,每日产生约 2 小时的有效生产时间浪费。更深层次的问题体现在数据采集层面,不同厂商的传感器数据采样频率差异显著,从 100Hz 到 1kHz 不等,这使得大数据分析平台不得不进行复杂的数据对齐处理。国家能源局 2025 年颁布的《煤矿智

能化数据交互规范》中特别指出,现有系统间数据交换的时延普遍超过 500ms,远高于智能化开采要求的 100ms 标准。这种碎片化的技术架构不仅增加了系统复杂度,更导致关键生产数据在传输过程中出现约 3.5% 的丢失率,严重制约了实时决策的准确性^[1]。

2.2 智能化水平参差不齐

我国煤矿智能化设备呈现出明显的“高端依赖、低端过剩”特征。2025 年进口设备市场分析报告显示,在采煤机、掘锚一体机等核心装备领域,德国久益、美国卡特彼勒等外资品牌仍占据 60% 以上的市场份额。特别是在电液控制系统、智能检测模块等关键部件上,国产设备的平均无故障工作时间 (MTBF) 仅为进口产品的 65%。以陕西某智能化示范矿井为例,其采用的国产智能控制系统在复杂煤层条件下,每月平均发生 4.3 次系统宕机,而同类进口设备仅为 1.2 次。这种技术差距直接反映在经济指标上,中国煤炭工业协会 2025 年数据显示,使用国产智能装备的工作面,其吨煤生产成本较进口装备高出 8-12 元。更值得关注的是软件开发层面的滞后,目前国内 80% 的煤矿智能算法仍基于传统机器学习方法,对深度学习等新技术的应用率不足 20%,导致在煤岩识别、地质预测等核心场景的准确率普遍低于国际先进水平 15 个百分点以上。

2.3 现场适应性问题

智能化设备在复杂地质条件下的稳定性问题日益凸显。2025 年全国煤矿事故统计显示,约 38% 的智能化设备故障与地质条件突变有关。当煤层厚度变化超过 30% 时,采煤机自适应调高系统的误动作率会骤增至 45%。井下特殊环境对传感器可靠性提出严峻挑战,中国矿用产品安全认证中心检测数据表明,现有矿用传感器在粉尘浓度超过 1000mg/m³ 时,其测量误差会从正常的 $\pm 2\%$ 扩大到 $\pm 15\%$ 。以内蒙古某露天矿为例,其部署的 50 台振动监测设备中,有 17 台因冬季低温 (-30℃ 以下) 导致电池续航缩减 60%,严重影响了设备状态监测的连续性。此外,巷道变形带来的设备定位漂移问题也不容忽视,重庆大学 2025 年的实测数据显示,在断面收敛率超过 5% 的巷道中,UWB 定位系统的误差会从标称的 30cm 增大到 80cm,这对自动化运输系统的安全运行构成重大威胁^[2]。

2.4 人才队伍建设滞后

煤矿智能化转型面临严峻的人才结构性矛盾。教育部 2025 年专项调研显示,全国煤炭类高校智能开采相关专业应届毕业生不足 2000 人,而行业年需求超过 8000 人。这种缺口在井下现场更为突出,某能源集团人力资源报告指出,其智能化工作面的技术岗位空缺率达 53%,被迫让 45% 的传统设备操作人员转岗。现有从业人员技能结构严重失衡,中国煤炭教育协会 2025 年考核数据显示,通过智能化设备操作资格认证的一线员工仅占 38%,且其中 83% 仅掌握基础操作,不具备故障诊断能力。培训体系的不完善加剧了这一

困境,多数煤矿企业的 VR 实训系统仅能覆盖 30% 的故障场景,导致员工在面对实际设备问题时束手无策。更值得警惕的是,行业吸引力持续下降,2025 年煤炭院校相关专业新生报到率较 2020 年降低 27%,这为智能化转型埋下长期隐患。

3 煤矿采煤技术中的智能化设备优化策略

3.1 技术融合创新

矿井智能装备的科技集成与革新,促进了煤炭开采方式的革命。陕煤集团“5 G 专网”将在 2025 年前完成“数字双生子”技术,将在 5 G 专网下,将设备间的信息进行微秒级的传输,工作时延小于 8 ms,比常规 Wi-Fi 方式提高 20 多倍。以“云端—边缘—终端”三层结构为基础,在前端配置 128 台高精度传感器,对采煤机的振动、油温等 32 种数据进行了实时监测;边界运算结点采用自适应的方法,以 200 毫秒的速度调节辊的高度;基于云计算的双生子实时绘制装置运行状况,并利用深度学习技术对 2 个 h 内失效的可能性进行预报。在实践中,到 2025 年 (预计到 2025 年),煤岩体辨识精度将达到 93.5%,比常规方法提高 11 个百分点。通过对可见光相机、红外热成像、震动等多个传感器进行多模态信息的融合,实现对单个传感器置信度小于 85% 时的多个信息联合验证。中国科工《智能采煤系统数据接口规范》(GB/T 35678-2025) 规定,各生产厂家均必须具备 OPC UUA/TSN 协议,保证各生产厂家之间的信息互联。实践证明,采用这种方法,可将采煤机的自适应调整速度由 3 s 减少到 0.5 s 以内,实现了对煤层轨迹的精确跟踪。在装备组协作层面,建立基于增强学习的多台机器调度方法,通过对刮板机负载、支架压力等 18 项重要参量的在线监测,实现机器人步行速率和支架移动时序的在线优化,实现综合作业效能 38%^[3]。

3.2 装备升级路径

煤炭智能装备发展的根本途径是解决我国煤炭产业发展中的重大难题,解决我国煤炭产业发展面临的重大问题。根据发改委发布的《2025 年煤矿智能化发展白皮书》,我国自主研发的电动液压伺服等关键元器件,从 2020 年的 32% 提高到 68%,但高端传感器和控制器仍需依靠约 20% 的国外产品。在实际操作方面,山西一家大矿井开展典型案例研究:通过反向工程学方法研究引进的液压伺服系统,并与太原理工大学合作研发了一种新型的气压调节方法,将液压支撑的反应时间由原来的 3 s 提高到 1.2 s。按照模块化的思想,将采煤机、液压支架、刮板机等装备重新划分成 23 个标准化的功能模块,利用 5 G+ TSN 的组网方式,在 5 G+ TSN 的基础上,进行毫秒级的协作。中国科工试验结果表明,该系统可实现 97% 以上的故障诊断,比常规装备提高 40%。

在矿井巷道设备更新改造中,采用智能化掘锚机。山