

采矿工程施工中不安全技术因素及对策研究

张继国

中煤集团新疆能源公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：本研究系统分析了现代千万吨智能化矿井施工过程中存在的安全技术问题，重点聚焦采煤工作面和掘进工作面的不安全因素。研究从人、机、物、环、管五个维度入手，识别了关键安全隐患并分类描述，包括人员操作失误、机械设备故障、物料管理缺陷、环境监测不足及管理体系漏洞等。在此基础上，提出了针对性安全管控措施，如智能监测预警、设备精准维护、物料标准化管理、环境风险评估和安全管理数字化等。研究成果对提升现代矿井施工安全水平、保障矿工生命安全和推动采矿工程高质量发展具有重要参考价值。

关键词：智能化矿井；采煤工作面；掘进工作面；安全技术因素

引言：采矿工程是国民经济的重要支柱产业，随着我国能源战略的深入实施，煤炭工业正向着清洁高效、智能绿色方向转型升级。采矿工程施工过程中安全技术问题仍然突出，特别是在采煤和掘进工作面，复杂地质条件、高强度生产压力与智能化技术应用之间的矛盾日益凸显。国家安全生产方针要求“安全第一，预防为主”，煤矿安全已上升为国家战略层面。本研究针对现代千万吨智能化矿井施工中的不安全技术因素进行深入分析，并提出系统化对策，旨在为行业安全生产提供技术支撑，推动我国采矿工程向本质安全、智能高效方向发展。

1 研究重要价值

1.1 提升智能矿井本质安全水平

现代千万吨智能化矿井建设过程中，安全始终是核心命题。随着深部开采范围不断扩大，采掘工作面地质条件日趋复杂，水害、火灾、瓦斯、煤尘等灾害风险交织叠加，传统安全防范手段难以有效应对^[1]。深入研究智能矿井施工不安全因素，能够从源头识别潜在危险，进而构建全方位、多层次的安全防控体系，实现由被动应对向主动预防转变。通过建立安全技术屏障，增强矿井抵御灾害能力，从根本上提升矿井本质安全水平，为煤矿工人生命安全筑起牢固防线。

1.2 降低施工过程人因风险损失

煤矿施工现场环境复杂多变，采掘工作面人员密集，作业强度大，工期紧，压力大，易导致操作失误。纵观近年煤矿事故案例分析，人因失误仍是引发事故的主要诱因。工人疲劳作业、安全意识淡薄、操作不规范等问题广泛存在，尤其在采煤工作面切割、支护、运输等关键环节。通过系统研究人因风险成因，深入分析操作行为背后的心理因素与环境影响，针对高风险岗位制

定人因工程学优化方案，可显著降低事故发生概率，减少矿难造成的人员伤亡与经济损失。

1.3 促进采矿工程数字化转型

煤炭行业作为传统产业，数字化转型正逐步深入。而安全生产管理成为数字化转型的重要切入点。通过研究施工中不安全因素，明确数字化安全管理核心需求与技术路径，推动大数据、人工智能、物联网等新技术在矿山安全领域的创新应用。构建安全生产智能监测预警平台，实现风险在线识别、隐患智能排查、危险源动态管控。建立安全生产数字孪生系统，提升矿井施工安全管理精细化、可视化水平，最终推动采矿工程行业由劳动密集型向技术密集型转变，实现传统产业数字化赋能。

2 不安全技术因素分析

2.1 人员操作失误与应急处置不当

采煤工作面属高风险区域，操作人员常因工作压力、环境复杂、经验不足等因素导致操作失误。掘进工作面钻孔、爆破、支护环节，工人往往因赶工期而忽视操作规程，导致支护不到位、超强度作业。应急情况下，部分工人因缺乏系统培训，无法正确判断险情等级，盲目处置或惊慌失措，致使险情扩大。特别在瓦斯超限、顶板异常等危急时刻，不当处置往往酿成重大灾难。许多矿工缺乏扎实理论基础，对新型智能装备操控不熟，难以适应高度机械化、智能化的现代采矿环境，安全意识与技术能力脱节现象普遍存在^[2]。

2.2 设备故障与智能系统匹配缺陷

千万吨智能化矿井采用大量先进设备，但设备故障仍时有发生。采煤机截割部件磨损、输送机链条断裂、液压支架泄漏等问题频现工作面。智能化系统与传统设备匹配不良，接口不统一，数据传输断点多，致使监测盲区长期存在。部分矿井盲目追求设备高功率、高产

能,却忽视其安全可靠,使用寿命周期管理不足。智能装备密集区域电气火花引发瓦斯爆炸风险增大,局部通风不畅处设备散热问题突出。自动化程度提高后,设备间联锁保护失效情况增多,尤其在停电、复电环节,设备非正常启停引发的安全事故时有发生。

2.3 物料管理与输送环节安全隐患

千万吨智能化矿井施工过程中,物料需求量大,种类繁多,包括支护材料、爆破器材、通风设备等。物料管理混乱、标识不清,导致使用过程混用错用。爆破器材管理不规范,运输储存违规现象屡禁不止。采煤工作面支护物料配送不及时,迫使工人冒险作业。掘进工作面风筒悬挂不规范,通风效果受损。大型物料地下运输过程缺乏专业指挥,碰撞挤压事故频发。物料检验把关不严,劣质伪劣产品进入井下,埋下安全隐患。皮带输送机装载过满,煤矸分离不彻底,易造成机械损伤与火灾风险。部分矿区物料仓储空间狭小,堆放混乱,管理台账不全,无法实现全生命周期追踪。

2.4 环境监测与灾害预警系统不足

现代矿井施工作业环境复杂多变,瓦斯、煤尘、水患、火灾等灾害威胁常伴左右。尤其深部煤层开采过程中,高地应力、高瓦斯、高温热害等问题日益突出。监测系统覆盖不全面,存在空白区域,难以实现灾害全方位预警。传感器安装位置不科学,采集数据失真,预警阈值设定不合理。采煤工作面顶板监测盲区多,冒顶事故难以提前预知。掘进工作面通风系统监测不足,局部瓦斯积聚风险高。环境参数采集频率低,数据时效性差,难以支撑实时预警决策。多种灾害耦合效应研究不足,系统预警仅针对单一灾害类型,难以应对复合灾害。部分传感设备防爆等级不达标,本身成为潜在安全隐患。

2.5 管理体系与安全责任链断裂风险

千万吨智能化矿井组织结构复杂,管理层级多,安全责任边界模糊,容易出现责任真空区。安全生产责任制落实不到位,存在责任下达不明确、考核标准不统一等问题。安全管理制度繁琐滞后,难以适应智能化矿井新型生产方式。工作面班组长安全管理权责不匹配,面对违章无法有效制止。隐患排查治理走过场,表面整改不彻底,同类问题反复发生。施工队伍多元化导致管理标准不一,外包队伍安全管理薄弱。信息传递不畅通,横向部门协作不足,影响事故应急响应效率。安全培训效果评估缺失,形式主义严重。基层员工参与安全管理积极性不高,安全文化氛围营造不足,致使整体安全管理体系运行效果大打折扣。

3 系统化安全对策研究

3.1 强化人员安全技能培训与考核

智能矿井安全技能培训体系应突破传统模式,建立多层次、全覆盖的培训机制。矿井管理层首先制定分岗位、分工种的精准培训计划,针对采煤工作面、掘进工作面不同岗位设计专项安全技能课程^[3]。培训内容结合实际案例,运用VR/AR技术模拟井下危险环境,让矿工身临其境感受险情,提升应急处置能力。矿井安全培训中心配备高仿真模拟装置,复刻井下真实设备操作环境,矿工在模拟环境中反复演练直至熟练掌握。

考核环节实行“理论+实操+情景”三位一体评价模式,引入计算机自适应测试技术,依据答题情况智能调整题目难度,精准评估矿工安全知识掌握程度。实操考核设置关键操作节点,制定量化评分标准,确保每位矿工达到操作规范要求。情景考核设计多种突发险情,评估矿工应急决策与处置能力。

3.2 优化设备智能监测与精准维护

智能矿井设备监测维护应建立预测性维护体系,摒弃传统的被动维修模式。矿井设备管理部门首先对采煤机、掘进机、皮带输送机等关键设备安装智能传感器,实时采集温度、振动、电流等运行参数。边缘计算单元就近处理数据,筛选异常信号传输至地面监控中心,减轻传输负担。监控中心建立设备健康管理平台,融合设备台账、维修记录、故障案例等信息,构建完整设备档案。

平台引入设备退化模型,结合历史数据与实时监测参数,科学预测设备剩余寿命。机器学习算法分析设备运行特征,识别潜在故障模式,提前发出预警。设备管理人员根据预警信息制定精准维护计划,避免“大修小修一刀切”,实现差异化维护策略。

建立三级设备点检制度,操作工负责班前班后检查,维修工执行周期性专业点检,工程师团队进行季度综合评估。点检过程采用数字化工具记录,巡检人员通过智能终端扫描设备二维码,按照标准化检查项目逐一确认,防止走过场。点检发现问题立即上传系统,触发维修流程,形成闭环管理^[3]。

3.3 推行物料标准化管理与追溯

物料标准化管理首先建立全矿井统一的物料编码体系,采用分类编码方法,将支护材料、安全装备、生产辅料等不同类别物料赋予唯一标识。矿井物资管理部门对进入井下的所有物料实施RFID标签管理,标签内嵌物料基础信息、质量参数、检验状态等数据。入库环节设置质量检验关口,建立第三方检测机制,采用抽样检测与全检相结合方式,严把物料质量关。

物料需求计划与采掘工作面进度紧密衔接,生产系统自动生成物料需求单,触发仓储配送流程。物料出库采用“套餐式”配送模式,针对不同施工工序预先打包所需物料,减少现场取料时间。地面集中配送中心将物料按工作面分区摆放,配送人员按清单核对无误后统一运送至井下。井下配送点设置智能物料柜,矿工刷卡取用,系统自动记录领用信息,实现物料使用全程可追溯。

爆破材料实行专人专柜管理,建立双人双锁制度,出入库全程视频监控。爆破材料配送车辆安装GPS定位系统,实时跟踪运输轨迹,确保运输路线安全。井下爆破材料临时存放点设置独立监控系统,存取记录上传至安全监控平台,形成完整监管链条。

3.4 完善环境风险评估与预警机制

环境风险评估预警机制从监测网络优化入手,矿井安全监控部门对采煤工作面、掘进工作面重新规划传感器布局,采用“网格化+重点区域加密”原则,消除监测盲区。瓦斯传感器安装位置考虑气流组织特点,设置于瓦斯易积聚区域。顶板监测点覆盖采空区边缘,捕捉初期离层信号。水文监测点布设于含水层交界处,及时发现渗水征兆^[4]。

监测数据采集频率依风险等级动态调整,高风险区域秒级采集,常规区域分钟级采集。数据传输采用有线与无线结合方式,构建冗余通信网络,确保信息畅通。监控中心开发多灾害耦合预警模型,综合分析瓦斯、煤尘、顶板等多源数据,识别灾害孕育特征。模型引入地质构造、历史灾害等静态信息,结合实时监测动态数据,实现风险立体评估。

预警信息分级发布,轻微风险通过工作面电子显示屏提示,中等风险触发语音广播警告,严重风险启动声光报警并联动紧急避险系统。建立预警响应标准作业流程,明确各级人员接警后处置步骤,避免盲目应对。关键区域部署救援物资站点,配备自救器、灭火器、担架等应急装备,确保第一时间响应。

3.5 构建数字化安全管理闭环体系

数字化安全管理闭环体系构建始于建立矿井安全信息一体化平台,整合生产调度、人员定位、设备监测、环境监控等系统数据。矿井信息中心牵头搭建数据交换总线,实现各子系统数据共享与业务协同,打破信息孤

岛。平台构建“人-机-环”数字映射,建立虚拟矿井模型,实时反映井下状态,管理人员通过三维可视化界面直观掌握现场情况。

安全风险分区管控模块将矿井划分为不同风险等级区域,动态显示风险状态,指导差异化管控。隐患排查治理模块实现隐患闭环管理,基层人员通过移动终端上报隐患,系统自动分派整改任务,责任人上传整改证据,管理人员在线验收确认,形成完整闭环链条。管控任务超期未完成自动升级提醒,防止问题延误。

数字安全档案系统建立员工安全绩效档案,记录培训经历、违章行为、安全建议等信息,用于评估个人安全行为模式。设备安全档案记录设备全生命周期安全状态,标识高风险设备,提醒重点关注。工作面安全档案汇集地质条件、生产参数、事故历史等信息,为采掘施工提供安全决策支持^[5]。

结束语

本研究通过系统分析现代千万吨智能化矿井施工过程中的不安全技术因素,从人机物环管五个维度提出了针对性对策。研究表明,采矿工程安全问题是一个系统工程,需要技术与管理并重,预防与处置结合。未来应持续深化智能技术在安全管理中的应用,推动建立更加科学、完善的安全保障体系。通过落实本研究提出的对策建议,可有效提升采煤和掘进工作面的本质安全水平,为矿井安全生产和工人生命安全提供有力保障,最终推动我国采矿工程高质量、可持续发展,实现经济效益与安全效益的统一。

参考文献

- [1]邢磊,李忠,马兆强.采矿工程施工中不安全技术因素及解决对策[J].煤化工,2024,52(S1):86-88.
- [2]辛伊.煤矿采矿工程中不安全技术因素及对策[J].能源与节能,2024,(09):135-137.
- [3]胡韵.采矿工程中不安全技术因素及对策分析[J].内蒙古煤炭经济,2024,(08):100-102.
- [4]王德民.采矿工程施工中的不安全技术因素及策略分析[J].工程建设与设计,2024,(07):200-202.
- [5]李红强.采矿工程施工中的不安全技术因素及对策探讨[J].中国金属通报,2023,(07):243-245.