

# Safety risk prevention and control measures in intelligent mining process of coal mine

Yong Zhang

Shaanxi Zhongneng Coalfield Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

## Abstract

With the advancement of comprehensive mining technology in coal mines toward electrification and intelligentization, production efficiency and working environments have seen significant improvements. However, the increasing complexity of electrical systems and the introduction of smart equipment have also introduced new safety risks. This paper analyzes potential hazards in the electrification and intelligentization process of coal mining operations from multiple dimensions including equipment, systems, management, and personnel, while exploring the mechanisms and characteristics of these risks. Based on this analysis, comprehensive preventive measures are proposed, encompassing technical safeguards, system optimization, improved management systems, and personnel training. These measures aim to provide theoretical references and practical guidance for coal mining enterprises in advancing electrification and intelligentization processes, ensuring production safety and the health of workers.

## Keywords

coal mine comprehensive mining; electrical intelligence; safety risk; prevention and control measures

## 煤矿综采电气智能化过程中的安全风险防控措施

张永

陕西中能煤田有限公司, 中国·陕西 榆林 719000

## 摘要

随着煤矿综采技术向电气化、智能化方向发展, 煤矿生产效率与作业环境得到显著改善, 但电气系统的复杂化与智能化设备的引入也带来了新的安全风险。本文围绕煤矿综采电气智能化过程中可能存在的安全隐患, 从设备、系统、管理、人员等多个维度进行分析, 探讨了风险产生的机理与特征。在此基础上, 提出了包括技术防护、系统优化、管理制度完善、人员培训等在内的综合防控措施, 旨在为煤矿企业在推进电气智能化进程中提供理论参考与实践指导, 保障生产安全与作业人员健康。

## 关键词

煤矿综采; 电气智能化; 安全风险; 防控措施

## 1 引言

煤矿综采是煤炭生产的核心环节, 电气系统从中起到动力传输、设备控制与监测调度的重要效能。伴随传感技术、自动化控制技术与信息技术的发展, 智能化与网络化正渐趋为煤矿综采电气系统所迈向, 生产效率与资源利用率因电气智能化得以提升, 也在一定程度上降低了人工操作的风险显现。电气智能化于结构设计、运行管理及数据交互等方面具备的复杂性, 致使安全风险展现出连锁化、隐蔽化和多样化的特征, 若防控失误, 不仅或许会造成设备故障与生产中断, 严重安全事故还易被引发。对煤矿综合开采电气智能化进程中的安全风险展开系统剖析, 创设有效科学的防控手段, 具备关键的理论及现实价值。

【作者简介】张永(1989-), 男, 中国陕西榆林人, 本科, 工程师, 从事电气自动化研究。

## 2 煤矿综采电气智能化的发展趋势

### 2.1 电气设备的集成化

高度集成的智能控制系统正逐渐把传统分散的电气控制单元替代, 对采煤机、刮板输送机、液压支架等设备达成统一管理 with 协调控制。由于这种集成化, 现场布线与设备布局被简化, 又给予远程监控与集中调度便利, 集成化的控制系统一般借助模块化设计, 便于实现维护与升级。同时于硬件层面可减少设备间的物理连接线路, 减少因线路老化与松动引发的故障几率。

### 2.2 控制方式的自动化

运行参数可凭借煤层状况及生产要求经智能化系统自动调整, 降低人工介入频率, 提高响应的速度与控制精度。自动化控制不仅增强生产连续性, 还降低了人工操作失误率, 通常是自动化系统把传感器采集的实时数据与预设的控制逻辑相结合, 形成闭环控制, 从而让设备在不同工况下维

持最优运行状态,这种方式未曾不降低人工调控的滞后性,也有益于设备使用寿命的延长<sup>[1]</sup>。

### 2.3 数据传输的网络化

电气设备依靠工业以太网、无线通信等方式达成数据共享及远程监控,为集中调度与决策支持造就机会。网络化不仅赋予系统更高的灵活性与扩展性,又为多系统协同奠定了数据基础,一般而言网络架构采用分层设计,由现场设备层、控制层以及管理层构成,不同层级的数据交互借助标准化通信协议达成。该结构切实提升了信息传输的可靠度,也为后期系统升级以及功能扩展创造便利。

### 2.4 安全监测的智能化

凭借智能算法跟多传感器融合,达成针对电气设备运行状态与环境参数的实时监测及故障预警任务。在故障发生前,智能化监测系统可发现潜在风险,帮运维人员赢得更多处置时长,数据存储、趋势分析以及智能诊断功能一般是监测系统具备的。凭借历史数据可预估设备寿命,并预先规划维护工作,监测系统还可同控制系统形成联动,一旦发觉异常马上开展应急行动,减小事故扩大的几率。

## 3 电气智能化过程中的主要安全风险

### 3.1 设备层面风险

运行中的高压电气设备或因绝缘老化、机械磨损或环境因素引发漏电、短路等故障,潮湿且粉尘浓度高的煤矿井下环境,这些因素造成设备绝缘性能下降,增加故障出现频率。单一故障因智能化设备的高度集成而更易引发系统瘫痪,即便集成化提升了效率,但也表明因一个关键部件的失效整个系统的运行可能被影响。新型智能元器件也许在应对煤矿井下特殊环境方面有欠缺,引起运行稳定性下降。设计阶段中部分元器件没把高温、振动、电磁干扰等因素充分考虑进去,实际应用里容易出现性能衰减。

### 3.2 系统层面风险

网络通信中断或延迟造成控制指令无法及时执行,造成设备协调运行受阻碍,网络拥堵、外部干扰或硬件故障或许引发通信故障,在自动化程度高的系统里,这种延迟或许引发连锁反应发生,系统兼容性不足或软件缺陷引起控制逻辑混乱,造成误操作现象<sup>[2]</sup>。设备出自不同厂家,通信协议与数据格式也许有别,若系统集成时对兼容问题未充分考量,容易造成数据解析出错,数据传输期间面临干扰、窃取或篡改的风险隐患,造成系统的安全性及可靠性降低,虽说煤矿井下物理隔离性相对较强,但存在借助无线信道或临时接入点实施攻击的可能性。

### 3.3 管理层面风险

缺少健全的电气安全管理制度及操作规范,极易引发作业违规,部分企业把智能化设备引入后,未及时开展管理制度更新工作,依旧沿用传统电气系统管理规程,难以契合新技术需求,智能化系统的维护跟更新未及时跟上,导致潜在风险增添,智能化设备的软件与固件为修复漏洞须定期更

新,但处于实际运转阶段,因生产任务紧张伴随技术人员不足,往往推迟更新工作,不同部门之间的信息共享及协同机制有缺陷,引发风险处置效率低下的结果,出现故障之际,信息传递若不及时,或许会错过最佳处置时机,造成事故升级。

### 3.4 人员层面风险

作业人员对智能化设备的原理、操作方法与应急处置能力不足。智能化系统涉及计算机技术、通信技术与自动化控制等多个领域,对操作人员的综合素质要求较高。过度依赖自动化系统,可能降低人工判断与干预的敏感度。在长期运行中,操作人员可能逐渐忽视手动操作技能的训练,一旦系统失效,难以快速切换到人工控制模式。部分员工安全意识淡薄,对潜在风险缺乏警惕性。安全意识的不足可能导致违规操作、忽视报警信号等行为,增加事故发生的可能性。

## 4 风险产生的机理与特征

### 4.1 风险的连锁性

智能化系统中的各设备、子系统依靠数据总线、控制网络紧密连接在一起,构建起高度耦合的运行体系,这种强关联性致使单一环节的异常状态迅速通过信息链路与控制链路传播,进而引发一系列连锁反应,采煤机自动控制算法误判或许是由一个位置传感器的读数漂移引起的,进而引发刮板输送机运行速度的错误调整,最终致使煤流堵塞及设备过载,连锁性风险的危害并非只体现在故障范围迅速扩大这一点上,还可能引发故障根源无法追溯,因为异常可能在多个设备上同时显现,令最初触发点隐匿不见。

### 4.2 风险的隐蔽性

相较于传统电气系统中常见的机械磨损、线路老化等直观故障而言,软件逻辑、数据交互协议以及电磁环境里往往隐匿着智能化系统的风险,难以凭借常规目视检查找出,系统固件中的逻辑漏洞唯有在特定工况组合下才触发,在平时运行期间不会呈现明显异常。无线通信链路在强电磁干扰的情形下可能出现数据包丢失现象,但此现象具随机性,常规检测不易复现,系统内部说不定潜伏着网络攻击或未授权访问,逐步影响系统运行,手段是窃取数据或篡改控制指令,而这些行为在物理层面几乎踪迹难觅。

### 4.3 风险的动态性

煤矿综采电气智能化系统运行环境跟工况条件始终在变化,使得风险因素呈现动态演化态势,长期运行中,设备会历经绝缘老化、机械部件磨损、散热性能下降等情况,系统的故障模式与发生概率会被这些变化改变;生产任务调整、煤层地质条件变化、采掘面推进这类因素,致使系统运行参数及负载分布出现变动,由此诱发新的风险点<sup>[3]</sup>。系统软件升级以及新功能模块接入后,也可能打破原有的风险结构,进而产生新的薄弱环节,动态性风险要求企业在项目初期进行风险评估这一点是必然的,构建持续的风险再评估机制必不可少,把设备运行数据与环境监测信息相结合,防控

策略进行动态变动。

#### 4.4 风险的复合性

在电气智能化系统里,电气安全风险、网络安全风险、人为操作风险彼此交融,造就出复合性风险结构,因软件漏洞引发的一个控制异常,会引发电气保护装置运行,造成设备停机状态。紧急状况下操作人员出现的误判,又可能引发事故后果进一步升级。复合性风险的多源性体现为另一个特征,一个事故往往由技术因素与管理因素共同作用引发,通信中断归因于网络硬件故障,或维护人员未依规开展固件更新工作,导致系统易遭外部干扰。多因素叠加造就的这种特性,加剧了事故原因分析的复杂性,防控措施必须呈现出多维度与系统性,既包含技术防护手段,其中包括管理制度以及人员培训,才能达成对复合性风险的有效管控。

### 5 安全风险防控措施

#### 5.1 技术防护措施

双重或多重冗余的,增强系统容错水平,自动切换到备用部件,在关键部件失效时,保证系统持续不间断运行,采用在线监测与故障诊断系统,达成对风险的早期识别预警,监测系统应囊括电气参数、设备状态、环境条件等多个维度,以保障对系统运行情况的全面掌握<sup>[4]</sup>。增强电气设备抗干扰能力及绝缘防护能力,提高环境适应水平,适用于煤矿井下环境的专用产品在设备选型时优先选取,定期实施绝缘性能检测操作。针对关键数据传输链路,加密及认证这两项措施予以采用,抵御信息泄露以及篡改,数据加密守护传输安全,身份认证能切实阻止未授权设备接入系统。

#### 5.2 系统优化措施

优化网络架构布局,使数据传输稳定性及安全性获保障,冗余链路、负载均衡及流量控制等因素应成为网络设计考虑的对象,防止单点故障出现,系统软件升级与补丁更新按定期实施,修复存在的潜在漏洞。针对升级工作需拟定详细计划,涉及备份数据、测试新版本、制定回退方案等步骤。构建统一的设备管理平台,实现风险管控的全生命周期,设备台账管理、维护记录跟踪以及故障统计分析等这些功能是管理平台应具备的,为决策的数据支持得以实现。系统设计阶段需兼顾兼容性与可扩展性,减少对后续改造风险的影响,设计过程中要依照行业标准,采纳开放性的通信协议及接口,利于未来实现新设备或功能的接入。

#### 5.3 管理制度措施

制定电气智能化系统维护标准与安全操作规范,规范

应对操作流程、安全注意事项以及应急处置措施予以明晰,保障全体人员依标准行事。构建安全责任制,清晰划分各岗位安全职责界限,从管理层一直到一线员工,都应明确认知自己在安全管理中的角色跟责任<sup>[5]</sup>。构建安全检查与隐患排查机制,实现管理的闭环,须及时记录检查结果并对整改状况进行跟踪,保障发现的问题实现彻底处理。创建跨部门应急响应机制,增进风险处置效率,应急机制应厘定各部门的职责划分、信息传递途径及协作模式,保障在紧急情况下迅速做出反应。

#### 5.4 人员培训措施

开展分层次、分岗位的专业技能培训,提高操作及应急处置方面的能力,培训内容应涵盖设备原理、操作方法、故障诊断及应急措施等方面。着重加强安全意识教育这项工作,形成主动抵御风险的工作习惯,以案例分析、安全讲座,强化员工对风险的认知与警觉。搭建技术与经验分享机制,推进知识更新进而提升能力,可定期举行技术研讨会,邀来专家进行指引,或在企业内部搭建知识库,开展定期应急演练,增进实战应对水平,演练应进行真实故障场景模拟,审视各部门协同配合程度以及员工应急处置能力。

### 6 结语

煤炭工业发展离不开煤矿综采电气智能化这一必然趋势,提升生产效率时,新的安全风险也随之产生。设备、系统、管理与人员等多个方面涉及这些风险,呈现连锁性、隐蔽性以及动态性特征。为有效防控这些隐患,应采用技术防护、系统优化、管理制度完善并与人员培训相结合的综合措施。未来应探求适应煤矿生产特点的安全管理模式,带动创立技术先进、制度健全、人员专业的安全保障体系,成为煤矿企业可持续发展的坚实后盾。

#### 参考文献

- [1] 李沙.基于人工智能的煤矿电气设备状态监测系统[J].电气技术与经济,2025,(08):104-106.
- [2] 郎猛猛,郑成宝,刘昆仑.基于智能矿山的煤矿机电技术管理创新[J].内蒙古煤炭经济,2025,(11):145-147.
- [3] 张勇,黄军,王建军.煤矿电气工程智能化技术应用[J].内蒙古煤炭经济,2025,(11):172-174.
- [4] 李沙.基于智能定位的煤矿机械电气设备应急处理技术[J].现代制造技术与装备,2025,61(01):138-140.
- [5] 李明路.煤矿电气自动化中智能技术的应用研究[J].科技视界,2025,15(02):12-14.