

综采工作面现场安全管控难点及治理对策研究

陈开奎

江苏徐矿能源股份有限公司张双楼煤矿, 江苏 徐州 221600

[摘要]综采工作面是煤矿井下采煤作业的核心区域,现场作业空间狭窄、各施工工序交叉重叠,且井下地质条件会随时发生动态变化,是煤矿井下安全事故的高发区域。随着智能化综采技术在煤矿行业全面推广应用,综采工作面的开采强度、生产效率得到了大幅提升,但同时也催生了一系列新的安全管控难题,以往粗放、传统的安全管理模式,已经完全跟不上智能化、现代化煤矿开采的生产节奏和安全管控要求。文章紧密结合综采工作面现场实际生产情况,系统梳理了现场安全管控难点,深入分析各类安全问题的诱发因素,同时针对性提出综合安全治理措施,以供参考。

[关键词]综采工作面;安全管控;灾害防控;现场治理;智能化管理;风险防控

DOI: 10.33142/aem.v8i8.20503

中图分类号: TD823.21

文献标识码: A

Research on the Difficulties and Countermeasures of On-site Safety Control in Fully Mechanized Mining Face

CHEN Kailuan

Zhangshuanglou Coal Mine of Jiangsu Xukuang Energy Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221600, China

Abstract: The fully mechanized mining face is the core area of coal mining operations underground, with narrow working space, overlapping construction processes, and dynamic changes in underground geological conditions, making it a high-risk area for safety accidents in coal mines. With the comprehensive promotion and application of intelligent comprehensive mining technology in the coal mining industry, the mining intensity and production efficiency of the comprehensive mining face have been greatly improved. However, at the same time, a series of new safety control problems have emerged. The previous extensive and traditional safety management mode can no longer keep up with the production rhythm and safety control requirements of intelligent and modern coal mining. The article closely combines the actual production situation of the fully mechanized mining face, systematically sorts out the difficulties in on-site safety control, and deeply analyzes the triggering factors of various safety issues. Simultaneously propose targeted comprehensive security governance measures for reference.

Keywords: fully mechanized mining face; safety control; disaster prevention and control; on-site management; intelligent management; risk prevention and control

引言

煤炭是我国能源体系的核心主体,对国民经济稳定发展有着不可替代的战略支撑作用^[1]。但从现场实际生产情况来看,煤矿井下作业环境复杂多变,综采工作面设备布置密集、运转频次高,同时还有大量人员现场操作,属于典型的高危作业区域,安全风险隐患突出。现阶段大部分煤矿的安全管理依靠管理人员的传统经验开展工作,日常风险排查识别不精准、隐患整改治理不彻底,很多安全隐患无法从根源上消除^[2]。除此之外,随着开采技术升级,超大采高开采、冲击地压煤层开采场景越来越多,进一步加大了现场安全管控的难度和压力。因此,行业急需创新

安全管控思路和技术手段,破解综采工作面安全管理的各类难题,有效降低和遏制生产安全事故。

1 综采工作面现场安全管控核心难点

1.1 复杂地质条件下灾害防控难度大

井下地质条件具备随机性、复杂性和动态变化的特点,在工作面回采作业过程中,随着采空区范围不断扩大,井下围岩的原有应力平衡状态被打破,容易引发煤壁片帮、液压支架失稳倾倒等安全问题^[3]。厚硬顶板工作面的周期来压现象剧烈且不稳定,很难精准预判具体的来压步距和时间,经常出现支架被压实压死、巷道围岩变形开裂等问题。与此同时,软岩底板极易出现底鼓变形问题,会直接

挤占作业空间、阻碍设备移动,严重制约液压支架正常推移和工作面机械化作业。在地质复杂构造带,瓦斯气体容易异常聚集、突然涌出,频繁出现瓦斯浓度超限的安全隐患。井下隐蔽的导水构造会受到采动作业的扰动影响,原本稳定的含水构造极易导通出水,这类隐蔽突水隐患排查难度大、突发性高^[4]。

1.2 “一通三防”现场管控隐患突出

“一通三防”(通风、防瓦斯、防煤尘、防火灾)是综采工作面安全管控的核心内容^[5],通风方面,综采工作面巷道狭长,各类机电设备摆放密集,巷道形态还会随着采煤推进不断改变,很容易出现风流乱、风量分配不均衡。工作面端头和采空区容易出现微风、涡流,造成有害气体堆积;再加上通风设施损坏漏风,进一步降低整个通风系统的可靠程度。瓦斯治理上,割煤、移架作业会扰动煤层,造成瓦斯短时间大量往外涌出;现有的固定监测设备存在监测死角,复杂煤层瓦斯涌出没有固定规律,瓦斯抽采参数匹配不到位,从源头抑制瓦斯的效果达不到预期。煤尘防治方面,喷雾降尘装置喷洒范围覆盖不全、雾化效果不理想,呼吸性煤尘容易超标。采空区遗留煤炭自燃风险同样不容忽视,漏风通道藏在内部很难发现,一旦发生火情,处置难度大,影响范围也会快速扩大。

1.3 成套综采设备安全运维风险高

采煤机、刮板输送机、液压支架等核心综采设备长期处在重载承压、高频振动、煤尘大、空气潮湿的恶劣工况下,很容易出现部件磨损、液压系统渗漏、传感器失灵等不易被及时发现的隐性故障。以往依靠人工现场巡检的传统模式,很容易出现漏检、误检的情况。同时,智能化综采作业对各设备运行参数的协同匹配精度要求极高,一旦各项运行参数适配失衡,就会直接造成设备联动异常、系统故障停机等问题。除此之外,部分矿井设备维保管理制度落实不到位,大量老旧设备超期超负荷服役,同时各类智能开采设备还存在通信不稳定、系统兼容性差等问题,增加了综采现场的安全管控难度和工作压力。

1.4 作业人员行为管控难度大

综采工作面作业岗位多、人员构成繁杂,现场一线作业人员安全意识淡薄。随着矿井智能化采煤设备全面推广应用,设备自动化、智能化程度大幅提升,但部分从业多年的老员工缺乏系统的智能设备操作学习,操作不规范、设备异常不会处理等问题频发,极易引发设备故障及安全事故,滋生各类安全隐患。此外,综采工作面开采、支护、运输、检修等多道工序同步交叉开展,作业人员岗位分散、作业区域点多面广。传统的人工巡查、现场监督的管理模

式存在很大局限性,无法实现 24h 全时段、作业区域全覆盖的安全监管,监管盲区漏洞较为突出。

1.5 安全管控体系与智能化适配性不足

目前国内绝大多数煤矿都已搭建完成成套的安全管理制度,但随着智能化开采模式的普及,传统安全管控方式已经跟不上现场生产需求,存在明显的适配短板。整体安全管控体系更新滞后、作业流程不标准、智能化管控技术和设备难以真正落地使用,极大影响了井下现场安全管理的质量和效率。针对井下地质条件变化、机械设备隐性故障、作业环境动态隐患等关键风险,无法做到实时、精准动态监测,隐患排查工作没有前瞻性、偏向事后补救。除此之外,矿井各类安全监测系统相互独立、数据不通,形成严重的信息孤岛问题;再加上监测设备安装布设不合理、定期校准维护不到位,导致监测数据误差大、精准度低,设备预警失灵、失效情况频发。

2 综采工作面安全管控难点成因分析

2.1 客观作业环境复杂

综采工作面安全管控之所以难度高,客观根源在于井下地质条件本身复杂多变、不确定性强。煤炭开采是在地下开展的隐蔽作业,地质构造、岩层性质、地应力分布、瓦斯储存情况,很难做到精准预测。随着工作面不断向前推进,开采扰动会持续改变围岩应力、井下风流以及瓦斯分布状态,安全风险一直在动态变化,依靠一套固定不变的管控手段,很难跟上风险的实时演变。再加上井下作业空间有限,现场粉尘大、湿度高、照明条件差,这种恶劣环境不仅容易造成设备运行不稳定,还会增加工人操作难度,也不利于现场及时排查隐患,各类安全风险本身就容易出现,还常常会突然爆发。

2.2 技术管控手段滞后

现阶段煤矿安全防控技术还存在不少突出短板,已经跟不上现代化综采工作面的安全管理实际需要。在灾害防治方面,传统的地质探测、矿压监测、瓦斯预警手段检测精度不够,对于隐蔽型地质隐患、矿压动态变化、瓦斯瞬时大量涌出这类情况预判能力偏弱,很难做到“一场一策”的定制化防控处置。设备管理层面,设备在线监测能力不足,不容易发现设备的隐性故障,整体智能化运维能力还有较大差距。现场安全管控上,各类技术手段落地应用不够充分,没办法做到实时识别、及时预警人员违章行为和现场风险。

2.3 人员管理机制不完善

人员管控方面的各类问题在于管理制度机制不够完善。安全培训没有贴合实际需求,讲课内容和井下现场干

活的实际情况脱节,针对智能设备操作、风险隐患防范、内容的培训做得不足,作业人员的实操能力和安全意识跟不上智能化开采的现实需要。现场监督与考核机制存在漏洞,奖罚举措没有真正落地,起不到该有的约束和调动积极性的效果。

2.4 闭环管理缺失

当前不少煤矿的安全管控工作依旧主要依靠人工开展,智能化、信息化的整套管理体系还没有搭建到位。各类安全监测系统相互独立、数据互不打通,没有统一的综合管控平台;风险分析判断大多还是靠管理人员过往经验,人为主观因素占比高,判断结果不够精准。隐患排查整改的整套流程执行不到位,各个工作环节衔接不顺,经常出现整改不到位、问题反复复发的情况。同时安全相关管理制度更新跟不上实际发展,和智能化开采、复杂地质条件下的安全管控要求不相匹配。

3 综采工作面现场安全治理优化对策

3.1 夯实环境安全基础

综合运用三维地质勘探、钻孔窥视、物探探测等多种成熟技术手段,全方位、无死角查清作业区域内的断层、陷落柱、软岩等各类不良地质构造的具体位置、规模和形态,精准掌握现场岩层结构、瓦斯富集区域、地下水体分布等核心地质情况。同时结合往期矿压监测历史数据,科学分析地质变化规律,提前预判各类地质灾害风险。针对顶板破碎、稳定性差的区域,采用水力压裂卸压、注浆加固等核心技术,针对性调整优化巷道支护参数,杜绝顶板坍塌、掉块等灾害隐患。针对现场出现的底鼓、片帮问题,通过帮部专项加固、底板卸压治理的方式,保障巷道整体结构安全。针对存在冲击地压风险的工作面,专门搭建矿压实时预警监测系统,全天候动态监测围岩应力变化情况,精准捕捉应力异常波动信号,根据应力分布差异开展分区分级卸压作业。针对瓦斯、水害等高风险隐患区域,进一步加密监测点位、提升监测频次,实时跟踪瓦斯浓度、涌水量等关键数据,持续优化瓦斯抽采、巷道疏水排水方案。同时建立常态化动态研判防控机制,实时更新地质数据、矿压数据、气体监测数据。

3.2 优化一通三防管控

定期对风门、风墙、风筒等各类通风设施开展检查、维修和保养工作,针对工作面端头、采空区等通风不畅的盲区位置,按需加装局部通风设备。合理优化布置瓦斯监测点位,依托实时监测数据,动态调整优化瓦斯抽采各项参数。针对地质构造带、瓦斯异常富集区域,加大超前预抽、边采边抽工作力度,从根源上降低煤层瓦斯含量。升

级改造井下智能喷雾降尘系统,配套加装高压雾化设备,实现采煤、移架作业同步自动喷雾降尘。常态化开展巷道积尘清扫工作,严格落实防尘标准化管理规定,有效控制井下粉尘危害。采用注浆堵漏、惰性气体防灭火等成熟技术手段做好井下防灭火工作,实时监测采空区一氧化碳浓度和温度变化,发现问题立即处置,从源头遏制井下火灾事故。

3.3 强化设备运维管理

搭建设备智能监测运维平台,对采煤机、液压支架、输送机这类井下关键设备做到 24h 不间断盯控,实时采集设备运行数据、工作状态以及各类故障报警信息。利用大数据技术分析设备运行数据,提前识别不容易直接发现的潜在故障,找准故障发生位置,推行提前维护保养的模式,坚决不让设备带着毛病投入生产作业。升级设备安全防护体系,按照 SIL3 安全等级开展防护设计,同时兼顾硬件故障裕度、安全失效分数两项关键指标约束,进一步提升设备自身安全防护能力。对老化损坏、已经超服务年限的设备及时更换,合理调整设备配套参数,确保各台设备参数适配、协同运转平稳可靠,从设备根源上提升整体安全程度

3.4 细化人员管控措施

实施岗位差异化培训,围绕智能装备实操、现场风险识别、隐患排查治理、应急处置、安全操作规程等实操核心模块开展教学。结合典型事故案例强化警示教育,破除作业过程中的侥幸心理,切实提升全员业务素养与安全防范意识。

进一步完善安全考核奖惩体系,将安全规范执行、隐患排查成效、违章违纪行为与绩效薪酬、评优评先直接联动。对各类违章行为严肃追责惩戒,对遵章作业、主动排查上报隐患的人员落实正向激励,从制度层面约束并遏制习惯性违章现象。

3.5 构建智能管控体系

搭建一体化综合安全管控平台,全面整合矿压监测、瓦斯监控、设备运维管理、人员精准定位、现场视频监控等各类业务系统数据,自动开展安全风险智能判断、隐患异常联动预警,精准识别现场安全隐患和潜在风险,为一线现场安全管控、管理人员科学决策提供可靠的数据支撑和智能依据。针对开采工作面各类安全风险进行分级、分类梳理管控,重点聚焦高风险区域、关键作业环节,强化专项防控、重点监管,针对不同风险等级制定对应的管控措施。常态化开展安全工作复盘总结,定期梳理安全管控工作中存在的短板、薄弱环节和突出问题,针对性补齐管理漏洞、优化管控流程,不断提升智能化开采现场的安全

精细化管控能力和安全管理质效。

4 结论

综采工作面是煤矿安全生产的关键重点区域,现场会受到地质条件复杂多变、设备运转状态、工人现场操作、安全管理制度落实等多方面因素共同影响。实际生产过程中,不仅地质灾害不好预判防范,一通三防方面隐患点也比较多,机械设备维护检修存在不少风险,作业人员管理也容易出现漏洞,智能化安全管控手段还没能真正用到位。提出一套综合治理对策,做到各类安全隐患早识别、早处置,从源头上减少安全事故发生。

[参考文献]

[1]王晓卫,陆守培.现代化采矿工艺技术在规范采矿工程

中的应用实践研究[J].煤炭新视界,2026(1):339-341.

[2]杨朋朋,周函,吴旋.煤矿综采设备检修的安全管控措施[J].能源与节能,2025(10):148-151.

[3]赵百余,张学亮.保德煤矿智能化综放工作面安全管控模式及对策[J].煤炭科学技术,2022,50(1):244-249.

[4]董旭东,陈泽.新形势下超大采高综采工作面安全管控模式的探讨[J].陕西煤炭,2020,39(2):188-191.

[5]刘永平.采掘工作面交锋期间现场安全管控探讨[J].同煤科技,2017(6):14-16.

作者简介:陈开奎(1981—),男,汉族,江苏徐州人,工程师,本科,中国矿业大学采矿工程专业,现从事采煤、安全生产标准化工作。