

煤矿应急救援装备配置优化与效能提升

向轩

中煤科工集团重庆研究院有限公司, 中国·重庆 400000

摘要: 随着煤矿开采深度增加, 井下灾害耦合风险持续升级, 应急救援装备是保障矿山安全生产的核心支撑。当前煤矿救援装备存在配置结构失衡、智能化程度偏低、运维管理滞后、资源协同不足等突出问题, 本文通过系统梳理煤矿应急救援装备配置现状与核心短板, 构建风险适配的差异化配置模型, 提出装备智能升级、全周期管理、产学研协同等优化路径, 并配套政策、人才、区域协同保障措施, 旨在全面提升煤矿应急救援装备实战效能, 筑牢矿山安全生产应急防线。

关键词: 煤矿应急救援; 装备配置; 智能化升级; 效能提升

Optimization of Emergency Rescue Equipment Configuration and Enhancement of Efficiency in Coal Mines

Xiang Xuan

CCTEG CHONGQING RESEARCH INSTITUTE, China Chongqing 400000

Abstract: With the increase in the depth of coal mining, the coupling risks of underground disasters continue to escalate. Emergency rescue equipment is the core support for ensuring safe production in mines. Currently, there are prominent problems in the configuration of coal mine emergency rescue equipment, such as imbalance in configuration structure, low level of intelligence, lagging operation and maintenance management, and insufficient resource collaboration. This paper systematically reviews the current status and core shortcomings of the configuration of coal mine emergency rescue equipment, constructs a risk-adapted differentiated configuration model, proposes optimization paths such as intelligent equipment upgrade, full-cycle management, and collaborative efforts among industry, academia, and research institutions, and provides supporting policies, talents, and regional collaboration guarantee measures. The aim is to comprehensively enhance the practical effectiveness of coal mine emergency rescue equipment and build a solid emergency defense line for mine safety production.

Keywords: Coal mine emergency rescue; Equipment configuration; Intelligent upgrade; Efficiency improvement

0 引言

我国煤炭资源分布复杂, 煤矿开采深度不断加深, 瓦斯、水患、顶板等各类灾害互相影响的几率变大, 重特大安全事故时有发生。应急救援是煤矿安全生产最后一道防线, 应急救援装备配置是否合理直接影响到应急救援响应速度和应急救援效果。近年来, 国家相继出台《矿山救援规程》《煤矿安全规程》等标准规范, 推动煤矿应急救援装备普及度显著提升。但是实践中装备配置重数量轻适配、重采购轻运维、重单体轻协同的问题比较突出, 装备的效能不能得到充分的发挥。因此, 以灾害场景需求为出发点, 改善装备配置结构, 破除效能提升的障碍, 对于创建现代化煤矿应急救援体系有着十分重要的现实意义。

1 煤矿应急救援装备配置现状与核心短板

1.1 配置现状

煤矿应急救援装备按功能可划分为生命探测、破拆支

护、排水通风、通信指挥、个体防护、应急动力六大类。目前大型国有煤矿装备储备比较齐全, 配备了防爆运输车、生命探测仪、高压氧舱、模块化钻机先进的装备, 中小型煤矿基本具备了基础的配置, 但是关键装备数量不足、型号老化现象较为普遍。区域上煤炭主产区(晋陕蒙)装备配置水平高, 偏远地区煤矿存在装备缺口大、更新滞后等现象, 区域配置不均衡的特点比较明显。

1.2 核心问题

1.2.1 配置结构失衡, 场景适配性不足

装备配置缺乏基于灾害风险的精准测算, “同质化储备”和“关键缺口”并存。一方面, 重复大量储备通用型防护装备、小型灭火器材等资源造成了浪费; 另一方面, 缺乏专门用于瓦斯突出、深部透水、复杂冒顶等极端情况的防爆激光破拆设备、深水区探测机器人、大直径救生通道钻机等专用装备。装备模块化、轻量化程度低, 大型设

备难以适应井下狭窄巷道运输和快速部署的要求,影响救援速度。

1.2.2 智能化水平偏低,技术协同性薄弱

现有装备智能化改造滞后,大部分还是单机独立作业,缺乏数据的互联互通。生命探测、环境监测、通信指挥等装备的数据不能及时融合,难以形成立体化的灾情感知网络;救援机器人、无人机等智能装备的应用比例小,存在环境适应性差、续航短、自主导航能力弱等技术瓶颈^[1]。此外,装备同 5G、大数据、人工智能等新技术相融合的欠缺,造成智能调度、远程操控、辅助决策功能的缺失,进而造成救援指挥依托经验完成工作,精准度和时效性得不到保证。

1.2.3 管理体系滞后,运维保障能力不足

装备管理普遍存在“重采购、轻维护”现象,未形成全生命周期管理机制。部分煤矿装备台账不齐全,缺少采购、验收、维护、报废等环节记录,假冒伪劣设备进入井下的风险较大。日常维护保养不及时,自救器、气体检测仪等重要设备,未按时进行校验,造成在发生灾害时,装备无法使用。信息化程度低,缺乏建立动态监测和智能调度系统,难以对装备及时准确地调配。

1.2.4 协同机制缺失,资源整合效能不足

煤矿企业、区域救援队伍、科研机构之间缺乏高效协同机制,装备资源共享率低,重复建设严重。企业内部各个部门的装备管理权责不明,在发生应急响应时,装备的调拨流程繁杂;区域层面没有建立起统一的装备储备和调度平台,跨企业、跨区域救援时装备调配困难。此外,装备研发同实战需求相脱离,科研机构成果转化不足,企业自主创新能力薄弱,先进装备国产化率低,核心技术受制于人,阻碍了装备效能的不断完善。

2 煤矿应急救援装备配置优化路径

2.1 构建基于灾害风险的差异化配置模型

针对当前煤矿应急装备同质化储备、场景适配性差、资源浪费和关键缺口并存的现状而言,需从煤矿地质条件、灾害类型、开采深度等主要风险因素出发,构建“风险-场景-装备”精准匹配配置模型,取代传统的粗放式配置方式。按照最新的矿山救护规程配置标准,抛弃统一化、标准化的批量储备方式,以矿井灾害风险等级为依据划分配置层次,实现装备精准布置、按需储备。对高瓦斯、煤与瓦斯突出矿井重点加强瓦斯精准检测、防爆破拆、惰气灭火、全域供氧通风类核心装备的建设,全部配发便携式激光瓦斯检测仪、高压惰气灭火装置、防爆通风机等专用设备,彻底消除瓦斯积聚和二次爆炸的风险。结合水文地

质复杂、突水风险高的矿井特点,以快速排水、水下侦测为方向,配置模块化排水单元、大流量防爆水泵、电缆自动供给车等设备,提高突水灾害的快速处置能力。针对深部开采、地压较大的矿井,主要配备模块化大直径水平跟管钻机、液压临时支护设备,可快速搭建安全救生通道,解决深部冒顶救援难题。制定分级配置清单,坚持“核心装备必配、专用装备选配、通用装备统筹”的原则,结合大、中、小型矿井的生产规模和风险等级确定配置标准,有效解决装备结构失衡的问题,最大限度地发挥出应急装备的作用^[2]。

2.2 推进装备模块化、轻量化与智能化升级

结合井下巷道狭窄、环境复杂、灾害工况多变的实战特点,从装备运输难、部署慢、智能化不足、协同性弱等方面出发,全方位推进煤矿应急救援装备技术更新换代。对于大型救援钻机、支护设备、排水系统等重型装备,采用模块化拆分的方式,将模块接口规格标准化,简化组装过程,使设备快速拆装、灵活搬运、组合复用,模块化救援钻机可在 3 小时内完成井下的组装工作,可满足狭窄巷道、复杂坍塌区域救援施工的要求。轻量化优化用高强度合金、碳纤维等新型轻质耐磨材料改造单兵防护、手持破拆、便携侦测类装备,大大减小了设备自重,减轻了救援人员的负重,提高了救援人员长时间井下作业的机动性和持续性。在智能化的推动下,深度融合 5G、物联网、人工智能等新一代信息技术,淘汰老旧低效的装备,大量使用智能生命探测仪、防爆无人机、水下侦测机器人、环境智能监测设备,建立空、地、井立体化的灾情感知网络。同时创建装备数据融合共享平台,打通环境参数监测、装备运行状况、救援人员定位等数据壁垒,达成数据实时传输、智能剖析、动态预判,彻底改变传统依托经验指挥的局面,全面加强应急救援的精准度和及时性。

2.3 健全全生命周期信息化管理体系

为破解煤矿应急装备重采购、轻运维、管理松散、调度低效的行业难题,需建立一个包含装备采购、验收、运维、调拨、报废全流程的信息化、规范化、标准化管理体系,从而实现装备闭环管控。首先,完善电子台账管理体系,抛弃传统的纸质记录方式,给所有的应急装备建立专属的电子档案,详细记录装备型号、技术参数、采购批次、验收结果、存放位置、维护记录、校验周期、报废时限等信息,实现装备全生命周期可追溯、可查询、可监管,杜绝台账缺失、信息混乱、装备失管问题。其次,创建分级分类维护保养体系,依托装备精密程度和使用频次,制订

差别化的保养准则,大型固定装备实施季度全面巡检,精密监测仪器施行每月校验校准制度,自救器,气体检测仪这些重要保命设备每周一次全部复检,对性能不合格,过期老化,故障失效的装备立刻清除报废,防止灾害事故时装备失效的隐患^[3]。最后,构建区域智能监控调度平台,依托物联网技术对装备的运行状态、完好率和在位情况实行实时动态监测,提早发出设备故障预警信息,将各个矿井的装备资源整合,构建共享数据库,从而达成应急情况下装备的智能检索、迅速调拨和精确调配,明显提升应急响应速度以及装备利用效率。

2.4 完善产学研用协同创新机制

针对煤矿应急装备研发与实战脱节、核心技术受限、成果转化缓慢、资源协同不足等问题,构建企业、高校、科研机构、一线救援队伍深度交融的产学研用协同创新体系,全方位破解装备技术难题。坚持实战需求为导向,创建常态化的井下救援需求收集体系,围绕井下复杂破拆、深水探测、深部救援、智能调度等实战难点,准确找出装备技术的不足之处,确定科研攻关的重点方向,避免出现盲目研发、无效创新的现象,保证科研成果能适应井下救援的实际工况。加强校企院所合作,推进煤矿企业同高校、科研院所创建应急装备研发创新平台,聚集各方面优势,就智能救援机器人、轻量化防爆破拆设备、长效续航侦测装备等关键技术展开联合研究,加快核心装备的国产化替代,切实削减对外技术依存度,破解高端装备的卡脖子难题。同时,创建装备实战检验和更新改良机制,制订标准的实战测试准则,通过模仿瓦斯爆炸,透水,冒顶这些典型灾害情形,执行装备性能检测并展开实战演练,全方位考察装备的环境适应性,运作稳定性和作业可信度^[4]。依托实战测试数据不断改进装备结构设计和技术参数,完善装备性能,构建“需求征集、技术研发、实战测试、迭代升级”闭环创新体系,持续提高煤矿应急救援装备的实战效能和智能化水平。

3 煤矿应急救援装备效能提升保障措施

3.1 强化政策标准引领

严格落实《矿山救援规程》《煤矿安全规程》等标准规范,细化装备的配备、维护和管理的各项规定,促进装备配置的标准化、规范化。加大对先进装备研发、智能化改造、老旧装备更新淘汰的扶持力度,设立专项资金,促进应急装备的研发、更新、使用;对符合政策规定的企业给予一定的税收优惠,降低企业的设备升级费用,鼓励企业增加应急装备的投入。

3.2 加强专业人才培养

构建“理论+实操+实战”三位一体人才培养体系,提高装备操作和管理水平。一是专项培训,定期对装备操作、维护保养、故障排查进行培训,保证救援人员能“会检查、会使用、会维护、会排查故障”;二是实战演练,模拟瓦斯爆炸、透水、冒顶等典型灾害场景,开展装备协同演练,提高复杂环境下装备实操能力以及协同作战水平;三是引进专业人才,招聘装备研发、智能调度、信息化管理等专业人才,充实装备管理及技术队伍,为装备效能提升提供人才支撑。

3.3 健全区域协同保障机制

建立“企业自主、区域统筹、分级响应”的装备协同保障体系。在企业层面,确定装备管理权责,改善应急调拨程序,保证灾害出现时装备及时到位;在区域层面,依托煤炭主产区创建区域性应急装备储备中心,统筹调配大型、专用装备,达成资源共享、优势互补的目的,防止重复建设;在跨区域层面,创建跨企业、跨区域装备调度联动机制,明晰调拨流程、责任划分和补偿办法,加强重特大事故跨区域救援装备保障水平。

4 结语

本文针对煤矿应急救援装备配置失衡、智能水平不高、管理体系滞后、协同能力弱等主要问题,从差异化配置、智能技术更新、全周期信息化管理、产学研协同创新四方面建立优化体系。在政策引导、人才培养、区域协同发展机制完善的基础上,从各方面解决装备效能提升的难题。研究表明,精准匹配灾害场景、推进智能迭代、规范全流程管理是激活装备价值的重要途径,可给煤矿应急救援装备提质增效、提高矿山灾害应急处置能力提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 梁恕森,李建. 煤矿应急救援技术研究和配套装备[J]. 内蒙古煤炭经济, 2025(02): 110-112.
- [2] 张园萍,张亚楠,任健等. 煤矿应急救援技术与装备的现状与发展趋势[J]. 山西大同大学学报(自然科学版), 2025, 41(02): 108-113.
- [3] 王腾飞,曹成名,李浩东. 智能化装备在煤矿应急抢险救援中的效能分析与优化策略[J]. 中国科技投资, 2024(13): 62-64.
- [4] 胡志远. 煤矿应急救援领域技术装备现状及应用研究[J]. 煤炭新视界, 2025(01): 123-124.

作者简介: 向轩(1975.10-),男,汉族,大专,助理工程师,研究方向:矿山安全生产、事故抢险救援。