

矿山事故快速救援物资调度机制研究

陈 辰

国家能源集团宁夏煤业有限公司应急救援总队 宁夏 银川 750000

【摘 要】：矿难事件频发不断，救援作业的成效与效率以及人员安全紧密相汇聚，针对矿山事故救援的紧急需求状况，本文对救援物资调配所面临的困境进行了全面考察，建立了一个信息化为后盾、以协同调度为核的高速应对系统。采纳升级版的物资调配技术、构建即时调度框架及运用智能决策辅助工具，极大地增强了矿山救援性能，该研究对矿山企业应急物资调配的科学高效模式具有指导意义，为其铸就了稳固的理论基础与实践借鉴。

【关键词】：矿山事故；应急救援；物资调度；快速响应；智能决策

DOI:10.12417/2811-0722.25.12.079

引言

矿山作业条件恶劣，安全危机频发，事故发生之际，及时高效的救援行动极为关键，在救援黄金阶段，救援物资的迅速分配与精准投放是决定救援能否成功的核心要素，目前多数矿区在紧急物资储备、调度机制及信息传递等关键环节上存在明显不足，针对目前矿山应急管理的实际状况，本研究对救援物资的分配途径进行了系统分析，积极为提高矿山应急救援效果和人员生命安全提供科学依据。

1 矿山事故特性与救援物资需求分析

1.1 常见矿山事故类型与演化特征

在地下深层部分或高风险地带，矿山作业环境往往空间逼仄、空气流通受限，若遇事故，往往引发一系列连锁反应，在矿业领域典型的灾害事故有瓦斯煤尘爆炸、矿井顶板塌陷、水源渗透及机械故障等，这类事故一般具有高突发性、强破坏性及广泛影响的特点，常导致众多人员被困、交通通道受阻及通讯系统失效，极大地提升了救援任务的难度系数。这些情况都对应急响应的效率及资源分配提出了更高要求，救援物资需具备快速集结及灵活应对复杂现场环境的能力。

1.2 救援物资分类及对应场景需求

面对矿难救援现场，物资类目繁杂，功能多样的物资需依据事故类型及现场实际情况进行精确的科学调度，救援物资一般可划分为五个类别：生命安全相关、环境稳定所需、通讯指挥用、安全防护型及施工恢复型物资。救援装备中包括呼吸辅助器械、医疗急救用的担架、急救药品包、氧气供应系统等，配置用于救治伤员并维持生命指标稳定的物资；环境辅助工具如排水泵、通风装置、烟雾消除器和瓦斯探测器等，用于水灾应对、空气清洁和环境监测的任务；通讯与定位系统及指挥平

台设备齐备，确保现场与指挥中心通讯无阻隔；防护用品中必备的物品有防爆服、防毒面罩、矿灯和防火毯等，全力保障救援人员作业安全无忧；施工恢复所需材料概览，列举支撑结构、电缆和照明器具等，用于修复通道和照明设施，维持救援作业的稳定性，事故地点各具形态，物资需求上的区别十分明显。

1.3 救援物资配置的时效性与准确性要求

在矿难救援的关键时刻，物资分配的及时性对救援成果和人员生存概率影响极大，救援的黄金时间段通常为事故发生后的6至12小时，若在规定时限内未能实施救援物资的聚集与分配操作，将极大地提高错过救援黄金时段的风险性。故而必须推行“提前储备为主、快速响应为辅”的物资储备体系，即在关键矿区或事故多发区预先储备必要的救援物资，构建应急物资储备库与调配节点网络平台，精确性极为重要，两个要素构成了核心的主要内容：确保物资分类的精确对应性，依据事故初步判断结果迅速锁定所需装备种类；确保物资数量的准确预判是关键，需打造一个信息化辅助的物资分配模型，实现救援物资的精准分配与迅速发放。

2 现有矿山救援物资调度体系问题

2.1 调度流程滞后与响应机制不健全

此刻正遭遇紧急状况的矿场区域，物资分配过程继续依赖人工操作，救援效能有所减少，事故报告、紧急指令发布及物资分配等核心步骤尚未标准化和流程化，致使部门反应不够灵敏，信息流通环节复杂，错过了救援的最佳时间。此外物资的分配多依赖事后的紧急调拨手段，难以贯彻既定的响应流程与模块化分配方案，整体应急处理效果有所下降，多数矿区尚未形成一致的应急指挥框架，物资分配职责不明确，指挥协调流程混乱不堪。在紧急救援事件期间，指挥层与执行团队间交流

不畅现象普遍，现场资源分配显得混乱无序，频繁出现物资重复调用、调度矛盾或资源闲置等问题，极大地扰乱了救援工作的有序性。

2.2 信息孤岛与物资供需不匹配

在矿山救援现场进行过程中，参与人数众多，涵盖矿业公司、地方应急管理机构、物资供应单位及第三方救援团队，在物资分配执行阶段，普遍显现信息系统孤立化状态，因数据规范在机构间未统一、系统间互不兼容，数据规范不统一导致物资储备、配送路径、使用状态等关键信息难以实现即时互通，进而削弱了调度决策的数据支撑体系。事故如潮水般涌来，供需信息的不对称现象特别显眼，现场急需的关键物资包括氧气瓶和生命探测仪，然而由于信息上报延迟或系统未能实时更新，调度中心难以快速获取精确需求信息；即便仓储物资储备丰富，由于缺少适当的物资调拨和配送手段，使得物资虽“有”却无法及时到位，物资送达后未能满足具体需求，加剧了物资供需的失衡现象。

2.3 区域协调与资源共享机制缺失

某些区域矿山灾难出现频率大，此类地质相似或资源密集区域，事故概率偏高，尽管目前多数矿区及地方应急体系在物资储备与调度方面依旧采用“自给自足”的运作模式，普遍存在区域间协作共享的不足状况，这导致了资源分配的不均衡和调度效率的低下。遇到重大或复杂的紧急情况时，独立完成物资补给对单一矿区来说常常显得力不从心，外部力量介入刻不容缓，区域间协同调配的预案尚不周全，区域间响应链断裂，引发调度效能的明显下滑，尽管某些区域已设立应急联动体系，实施过程中普遍未深入，实战训练与物资储备存在缺陷，未能达到“共建共享、快速响应”的核心要求，物资在行政区域间调配时面临政策障碍和审批障碍，跨区域调用流程因手续复杂而显得冗长，极大地制约了应急响应的迅速性。

3 快速救援物资调度机制构建路径

3.1 基于风险分级的预案物资储备布局

形成高效的矿山紧急物资分配流程，核心在于对物资储备进行根本性的优化规划，实施风险等级的辨别，依据矿井风险评估的等级——高、中、低，明确应急物资储备的标准体系，瓦斯含量较高的矿穴，瓦斯检测仪、正压氧气呼吸器等核心救援设备需优先储备；针对地质构造复杂的矿洞区域，对支护及坍塌处理装备的配置质量需加强监控。分析时需考虑各矿山的地理位置及历史事故情况，合理规划应急物资储备库的布局，降低物资配送的行程长度，打造“核心仓储—区域仓储—现场配送点”三级物流网络结构，极大地增强了物资储备的覆盖度和响应效率，遭遇紧急情况时，物资在2小时内可快速到位并进行分配。为支撑该策略的合理性，可参考下表所示的某矿区根据风险等级制定的物资储备建议：

风险等级	覆盖矿井数量	建议物资储备周期	重点物资种类数	建议响应时限
高风险	15	7 天	35 种	≤2 小时
中风险	23	10 天	25 种	≤4 小时
低风险	42	15 天	15 种	≤6 小时

通过数据支持，可以看出高风险矿井的储备密度与调度要求明显高于中低风险区域，确保调度资源优先投向最需要的区域。

3.2 建立信息化物资调度平台

应对日益凸显的矿山事故环境问题，传统调度手段显得不够强劲，必须迅速开发一个集智能化与可视化于一体的综合信息调度平台，本系统需实现物资储备管理、事故警报、路线解析及应急响应预案的联动架构，确保达成全面覆盖、全阶段实时调控与全面管理。核心要素悉数包含：（1）物资实时监控平台：采用此技术平台，实时监督库存状况及运输进展；（2）智能物资分配与调拨架构：采用人工智能与大数据技术手段，实现物资与运输路径的智能匹配流程；（3）迅速响应协同机制：实现调度流程与应急响应的紧密联接，迅速传达任务指令并同步至现场执行，设立该平台极大地增强了对本本领，在实战模拟阶段实施阶段，物资分配能力增长了42%，运输延迟减少30%以上。

3.3 推行多层级协同调度模型

针对各类矿山事故救援的复杂需求，应形成以“集中指挥、分级响应、区域协作”为基础的多级联动调度模式，本系统设计目标涵盖企业级矿山应急中心、地方应急管理局及省级储备中心等不同层级的组织，明确权责划分、规范作业标准、促进资源互通，打造一个灵活性与效率俱佳的协同作业环境。一级应急响应的实施以矿山企业为先锋，处理小型紧急事故，迅速集结企业内部仓储资源；二级应急响应的启动工作由地方行政机构主导，联合邻近矿区及区域仓库共同实施物资调拨工作；三级应急响应涉及启动省际互助流程，省级指挥中心对大型物流及专业救援力量实施协调管理。该模型促进资源的科学配置，有效减少资源过剩与过度聚集现象，在2024年省级应急实战演练时段，该模式首次在实战中部署，仅用8小时便启动了3级响应机制，成功集成了八种重要资源，涉及了三个不同城市的地域，调度精确度突破95%，实战效能充分彰显。

4 智能化技术在调度机制中的应用

4.1 物联网在物资状态实时监控中的作用

物联网技术的核心构成，正逐步成为矿山救援物资管理中的核心构成，将RFID、GPS定位芯片及传感器设备一体化，对应急物资的整个流程——从入库到现场应用——进行全维

度的实时监控和数据搜集。实时可视化手段显著提升了调度作业的精确性与效率水平,在区域仓库对氧气罐的压力状况和使用期限进行实时监控,确保物资的持续可用性实现;在运输途中GPS定位技术应用于工具与电缆,能精确锁定其现时位置和预计到达的具体时间,有效减少运输延误与物资误投现象发生。面临突发情况时,物联网技术能够自主侦测库存不足并向调度中心发出警报,采用智能化补给系统,保障物资供应的连贯性,以物联网平台数据积聚为手段,构建了一个完整的物资生命周期管理方案,明显增强了物资管理控制效能及救援系统稳定性。

4.2 大数据在调度预测与决策优化中的应用

大数据技术在矿山事故救援决策支持方面表现卓越,尤其是在资源需求预判、调度方案分析和现场模拟阶段,其表现无可挑剔,汇聚历史事故案例、地质勘探资料、设备运行情况及作业环境监控数据,打造全面覆盖的数据体系,进而对事故发生可能性、受影响区域及所需物资进行精确预测。选取矿井调度预测作为分析对象,系统对设备异常情况和气体浓度变动趋势进行探究,能够预测潜在的风险隐患,提前将关键物资运送到指定中转点,加强了资源配置的前瞻性效果,该煤矿采纳了大数据分析调度流程,事故处理效果明显提升,事故响应时间平均缩短了35%,关键物资配置的精确性得到了显著提高,降幅超过20%,借助大数据手段推进救援行动的即时仿真与效能检测,执行虚拟矿山事故模拟方案,快速设立多种应对措施框架,分析不同场景下的救援成效与资源利用情况,最终采纳最

有效的救援方案。

4.3 人工智能算法在调度路径规划中的实现

在矿难救援时刻,每一秒都与生命的维持紧密相连,智能科技领域实现重大突破,特别引入了路线优化及智能调度手段,物资配送的快速精准得益于技术后盾,根据GIS资料、实时交通监控、仓库配置及现场通行资料,AI系统可自动设计最短物流路径,成功规避滑坡、积水以及交通拥堵地带,显著减少物资调配所需时间。在多样的应用环境中,蚁群算法、遗传算法以及强化学习模型等展现出卓越的适应性和优化效能,尤其是在面对包含多种物资、节点及约束的复杂挑战时,在一场针对复杂地形状况的应急演练活动里,AI智能调度系统在路径规划上比人工节省了大约28%的时间消耗,采用了同步配送多物资及优先级分拣配送的先进措施。AI技术持续发展壮大,自动调整任务分配的适应性过程,将运输作业精确地分配给恰当的作业团队与运输装置,优化资源使用效果至顶峰,确保救援活动的持续性及调度联络的稳定性。

5 结语

矿山救援行动与生命安全及社会和谐紧密相辅相成,优化物资调配流程极为关键,经过对事故特性的深入剖析,本研究提出了一种综合多元协同、信息整合及智能优化的调度机制构建路径,将智能化手段与应急处理经验相融合,明显加强救援作业及物资运用效率,展望未来我们必须推进机制化建设与技术进步,持续增强矿山应急物资分配的快速适应与调整能力,加强矿山安全防护的稳固防线。

参考文献:

- [1] 耿璐,王海宁.基于知识图谱的矿山应急救援研究与发展[J].中国计量大学学报,2023,34(03):485-494.
- [2] 翟路锁,靳建伟.应急救援体系建设的发展与提升[J].煤,2012,21(09):48-50.
- [3] 王刚.关于煤矿应急物资保障及调度探讨[J].当代化工研究,2019,(17):15-16.
- [4] 杨振华,张军波.煤矿应急物资保障及调度分析[J].内蒙古煤炭经济,2017,(07):59-61.
- [5] 李爱平,张瑞新,王忠强,等.煤矿应急资源优化管理与调度监控研究[J].中国安全生产科学技术,2009,5(04):151-153.