

煤矿透水事故应急救援预案优化研究

乔守虫

神木县隆德矿业有限责任公司 陕西 榆林 719302

摘要: 煤矿透水事故是煤矿生产中极具危险性的事故类型,易致人员伤亡、财产损失与环境破坏。完善高效的应急救援预案是降低损失、保障人员安全的关键。当前我国煤矿此类预案存在风险评估不足、应急响应滞后、组织机构职责不明、演练培训不到位等问题,难适应复杂事故处置需求。本文结合事故成因与特点,分析现有预案内容与问题,从风险预警等五个维度提出优化策略,并优化关键技术,以完善预案体系,提升应急处置能力,为煤矿安全生产提供支撑。

关键词: 煤矿透水事故; 应急救援预案; 优化策略

引言: 煤矿产业关乎我国能源安全,随着开采深度增加,地质条件变复杂,透水事故发生概率高,威胁从业人员生命与安全生产秩序。应急救援预案是透水事故应急处置的行动指南,其科学性等直接影响救援成效。当前部分煤矿预案形式化、同质化严重,与现场实际脱节,难以应对复杂突发事故。因此,开展预案优化研究,破解现存痛点,提升应急处置能力,对保障煤矿安全生产、减少人员伤亡与财产损失意义重大。

1 煤矿透水事故概述

1.1 煤矿透水事故的定义

煤矿透水事故又称煤矿突水事故,是指煤矿在开采过程中,地下含水(包括地下水、地表水、老空水、岩溶水等)突破矿井隔水层、煤岩层,突然涌入矿井工作面、巷道等区域,导致矿井被淹、生产中断,甚至造成人员伤亡的灾害事故。其核心特征是突发性、破坏性与关联性,透水事故发生后,水体快速涌入会迅速淹没作业区域,破坏矿井通风、供电、运输系统,导致被困人员窒息、溺水,同时引发巷道坍塌、瓦斯突出等次生灾害,进一步扩大事故损失。根据透水水源不同,可分为地表水透水、地下水透水、老空水透水、岩溶水透水四类,其中老空水透水因隐蔽性强、突发速度快,危害程度最高。

1.2 煤矿透水事故的成因分析

煤矿透水事故的成因复杂,主要分为自然地质因素与人为操作因素两大类,二者相互作用,共同诱发事故发生。自然地质因素包括矿井地质构造复杂,断层、裂隙发育导致隔水层破损,地下水富集且水压过高,岩溶地貌发育形成地下暗河等,这些因素为透水事故发生提供了自然条件。人为操作因素是诱发透水事故的主要原因,包括违规开采,破坏隔水层与防水煤柱;水文地质

勘察不全面,未准确掌握地下含水体分布;防水设施建设不完善,排水系统能力不足;作业人员违规操作,未及时发现透水征兆等^[1]。

1.3 煤矿透水事故的特点

煤矿透水事故具有鲜明的自身特点,主要体现在四个方面。一是突发性强,地下含水体突破隔水层后,水体快速涌入矿井,通常无明显预兆或预兆持续时间短,作业人员难以快速反应,导致事故瞬间发生。二是破坏性大,透水事故会快速淹没作业区域,破坏矿井生产系统,造成设备损毁、生产中断,同时易引发次生灾害,扩大人员伤亡与财产损失。三是隐蔽性高,地下含水体分布复杂,部分老空水、岩溶水难以通过常规勘察发现,透水征兆易被忽视,增加事故预防难度。四是处置难度大,透水事故发生后,矿井内部环境复杂,能见度低、水压高,人员撤离与搜救、排水抢险等工作面临诸多阻碍,对救援技术与应急处置能力要求极高。

2 煤矿透水事故应急救援预案现状分析

2.1 现有应急救援预案的主要内容

当前我国煤矿透水事故应急救援预案主要围绕“预防-响应-处置-恢复”四个环节构建,核心内容包括总则、风险评估、应急组织机构与职责、应急响应程序、应急处置措施、后期处置、保障措施七大模块。总则明确预案编制目的、适用范围与工作原则;风险评估梳理矿井透水风险点与可能发生的事故类型;应急组织机构明确应急指挥部、抢险救援组、医疗救护组等各小组职责;应急响应程序划分预警、启动、处置、终止四个阶段;应急处置措施明确人员撤离、排水抢险、搜救补给等具体行动;后期处置涵盖事故调查、善后处理与恢复生产;保障措施包括物资、人员、技术、资金等方面的支撑。

2.2 现有应急救援预案存在的问题

现有煤矿透水事故应急救援预案虽具备基本框架,但在实际应用中存在诸多问题,难以满足应急处置需求。一是风险评估不全面,多数预案仅简单梳理风险点,未结合矿井地质条件、开采深度等实际情况开展动态风险评估,对老空水、岩溶水等隐蔽性风险预判不足^[2]。二是组织机构职责不清,部分预案存在部门职责交叉、权责划分不明确的问题,应急处置时出现推诿扯皮、响应滞后现象。三是应急响应程序不具体,未明确不同等级透水事故的响应流程与处置标准,操作指导性不强。四是后期处置与保障措施不完善,物资储备不足、更新不及时,人员培训与应急演练流于形式,难以形成有效应急保障。

3 煤矿透水事故应急救援预案优化策略

3.1 加强风险评估与预警

加强风险评估与预警是预案优化的基础,核心是实现风险动态管控与精准预警。结合矿井地质条件、开采进度,开展全面的透水风险评估,梳理不同区域、不同开采阶段的风险点,明确风险等级,建立风险动态更新机制,定期开展风险复盘与更新。构建完善的透水预警体系,整合水文监测、地质监测等设备,实时监测地下水位、水压、煤岩层含水量等指标,设定预警阈值,明确预警级别与发布流程。同时,规范透水征兆识别标准,培训作业人员掌握挂汗、水叫、顶帮淋水等常见征兆,确保及时发现风险、发布预警,为应急处置争取时间。

3.2 优化应急组织机构与职责

优化应急组织机构与职责,确保应急处置高效协同、权责清晰。成立由煤矿主要负责人牵头的应急指挥部,明确指挥部核心职责,统筹协调应急救援各项工作。细化应急组织机构设置,将抢险救援组、医疗救护组、物资保障组、通讯联络组、现场警戒组等小组职责具体化,避免职责交叉与空白,明确各小组负责人与成员,确保应急处置时各司其职、协同配合。建立跨部门、跨区域应急联动机制,加强与当地应急管理、医疗、消防等部门的协作,明确联动流程与职责,提升应急救援协同能力。

3.3 完善应急响应程序

完善应急响应程序,提升预案的可操作性与针对性,明确不同等级透水事故的响应流程。结合透水事故严重程度,划分一般、较大、重大、特别重大四个应急响应等级,明确各等级的启动条件、处置流程与责任主体。规范应急响应启动、处置、终止的具体流程,明确各环节的时间节点、处置措施与操作标准,例如人员撤离的路线、时间要求,排水抢险的设备调配与操作规范等。同时,完善应急响应衔接机制,确保预警发布、人员撤离、

抢险救援等环节无缝衔接,避免出现响应滞后、处置混乱等问题^[3]。

3.4 强化后期处置与保障措施

强化后期处置与保障措施,确保应急救援有序推进、事故后续处置到位。完善后期处置流程,明确事故调查、善后处理、恢复生产的具体要求,及时开展事故原因调查,总结经验教训,优化预案与防控措施;妥善做好伤亡人员家属安抚、医疗救治与经济赔偿工作,维护社会稳定;科学制定恢复生产方案,排查安全隐患,确保矿井安全复工。强化保障措施,建立应急物资储备清单,定期补充、更新排水设备、救援器材、医疗药品等物资,确保应急物资充足可用;保障应急资金投入,用于物资储备、演练培训、设备维护等工作,为应急救援提供坚实支撑。

3.5 加强应急演练与培训

加强应急演练与培训,提升应急处置人员的专业能力与应急响应能力。制定常态化应急演练计划,结合矿井实际情况,定期开展不同等级、不同场景的透水事故应急演练,模拟人员撤离、排水抢险、搜救补给等环节,检验预案的可行性与可操作性,及时发现并解决预案存在的问题。加强应急培训,针对作业人员、应急处置人员开展分层培训,内容包括透水征兆识别、应急操作技能、救援流程等,提升作业人员的应急避险能力与应急处置人员的专业水平,确保应急救援时能够快速响应、科学处置。

4 透水事故应急救援关键技术优化

4.1 透水征兆识别与预警技术优化

透水征兆识别与预警技术优化,核心是提升征兆识别的准确性与预警的及时性。引入智能化监测设备,整合物联网、大数据技术,构建全方位的水文地质监测系统,实时采集地下水位、水压、煤岩层变形等数据,通过数据建模分析,实现透水风险的精准预判。优化透水征兆识别技术,结合矿井地质条件,梳理不同类型透水事故的典型征兆,制定标准化的识别流程与判断标准,培训作业人员掌握直观识别与仪器监测相结合的识别方法。完善预警信息发布机制,采用声光报警、手机推送等多种方式,确保预警信息快速传递至每一位作业人员。

4.2 人员撤离与避险技术优化

透水发生后,人员能否迅速安全撤离直接决定生死。撤离技术优化首先应完善避灾路线设计,根据采掘布局和水源可能涌入方向,确定至少两条不同方向的避灾路线,避免单一路线被水阻断。避灾路线应设置清晰醒目的反光标识,沿途安装应急照明和方向指示牌,定期检

查维护。避灾路线图上墙公布,确保每位矿工熟悉自己所处位置对应的撤离路线。撤离演练应常态化,使撤离路线和程序成为肌肉记忆。自救器配备和培训是关键,所有下井人员必须随身携带隔绝式自救器,熟练掌握佩戴方法和使用注意事项。透水发生时,人员应立即停止作业,切断电源,按避灾路线撤离。撤离过程中保持冷静,相互照应,遇水势较大无法通过时迅速寻找高处避险。避险技术优化应合理设置避灾硐室和救生舱。避灾硐室应选择稳定岩层中,配备压风自救系统、饮用水、食品、通信设备、急救箱等,定期检查维护^[4]。救生舱布置在采掘工作面附近,具备防爆、防水、隔热、供氧等功能。被困人员进入避险设施后,应保持镇静,节约用氧,通过通信设备与地面联系,等待救援。建立人员定位系统,实时掌握井下人员分布,为撤离指挥和救援搜救提供依据。

4.3 排水抢险技术优化

排水抢险是透水事故救援的核心任务,其效率直接影响被困人员生存机会和矿井恢复速度。排水技术优化应从排水能力评估、设备配置、系统设计、现场组织等方面综合施策。排水能力评估需根据水文地质条件和涌水量预测,计算所需排水能力,确保储备充足。大型矿井应配备大功率潜水泵,排水能力应达到预计最大涌水量的1.5倍以上。设备配置应注重系列化、标准化,水泵、管路、电缆、开关等配套设备应相互匹配,便于快速组装和互换。建立排水设备储备库,储备多种规格的水泵和足够长度的管路,定期维护试运行,确保随时可用。排水系统设计应根据井巷布置和积水区域,确定合理的排水方案。地面直排方案利用大孔径钻孔将潜水泵下放至井下积水区以上水平,直接从井下抽排至地面,适用于埋深适中的矿井。井下接力排水方案在巷道内设置多级泵站,逐级提升至地面,适用于深井。两种方案可结合使用,根据实际情况灵活选择。现场组织优化需建立排水指挥组,统一协调设备调运、安装、运行、维护工作。水泵安装应选择稳固位置,确保供电可靠,管路连接严密。排水过程中实时监测水位变化,动态调整排水方案。水质复杂时需采取防堵塞措施,如加设过滤网、定期清理。

4.4 被困人员搜救与补给技术

被困人员搜救是救援行动的终极目标,补给技术是

维持生命的保障。搜救技术优化首先应准确定位被困人员位置。人员定位系统可提供被困人员最后位置信息,结合水文监测数据和井巷图纸,分析可能的生存空间。敲击信号是井下常用的联络方式,救援人员应定期敲击管道、钢轨等传声介质,倾听回应信号。生命探测仪可探测被困人员发出的声音、震动、热量等信号,精确定位。钻孔探测是确认被困人员位置和状态的有效手段,通过地面或井下钻孔进入疑似生存空间,下放窥镜观察,建立语音联络。确定位置后,需快速打通救援通道。优先利用现有巷道,组织强排水后进入;若巷道被淹无法进入,则通过钻孔救生。大直径救生钻孔是成熟技术,选用大扭矩钻机,严格控制钻孔垂直度和精度,防止偏斜。护壁套管防止塌孔,下放救生舱提升被困人员。补给技术用于救援通道打通前维持被困人员生命。通过小直径钻孔下放通信设备、照明灯、饮用水、营养液、药品等物资。饮用水优先,每人每天不少于2升;食品以高能量、易消化、少产生粪便为原则,如压缩饼干、巧克力等。建立心理支持通道,通过通信设备安抚被困人员情绪,传递救援进展信息,增强生存信心。

结束语

煤矿透水事故应急救援预案对防范风险、保障人员安全及煤矿安全生产意义重大,其科学性与可操作性影响全局。本文阐述事故定义、成因与特点,分析现有预案内容及问题,从风险预警等五个维度提出优化策略,还优化了透水征兆识别等关键技术,形成完整优化体系,解决了预案形式化、针对性不足等痛点。未来,要结合煤矿开采技术和地质条件变化,持续优化预案与关键技术,强化执行,提升应急处置能力,推动煤矿产业安全可持续发展。

参考文献

- [1]李芳玮.基于功能共振的煤矿透水事故分析[J].中国煤炭,2022,48(7):101-106.
- [2]洪伟斌,盛武.基于DEMATEL-ISM-BN的煤矿透水事故影响因素分析[J].工矿自动化,2022,48(12):116-122.
- [3]马晨园,王兵.煤矿透水事故应急资源调度多目标优化[J].煤矿机械,2022,43(9):125-127.
- [4]汤卫华.钻井工程中井漏的预防及堵漏技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(6):179-181