

# 矿山水害防治技术及其工程应用

李晋

211321\*\*\*\*\*2854

**摘要:** 本文围绕矿山水害这一威胁矿山安全生产的关键问题,结合矿山水文地质条件复杂、水害诱因多样的特点,系统梳理当前主流防治技术类型,分析不同技术适用场景与核心优势。同时聚焦技术工程应用要点,探讨防治技术与矿山生产流程的融合路径,针对应用难点提出优化方向。研究旨在为矿山企业提供科学可行的水害防治方案,助力矿山在保障安全的前提下提升防治效率与应用效果,推动矿山水害防治向“技术精准化、应用一体化”发展,为矿山行业安全生产与可持续发展提供支撑。

**关键词:** 矿山水害; 防治技术; 水文地质; 工程应用

**DOI:** 10.69979/3060-8767.25.11.053

## 引言

矿山水害是指由于地下水与矿山工程活动相互作用而引起的各种灾害,如水涌、水突、地面塌陷等。矿山水害对矿山生产和环境造成严重影响,是矿山安全管理的重要问题。随着矿山开采深度增加、范围扩大,水文地质条件更复杂,断层导水、老空区积水、地表水体渗透等水害诱因多元化,防治难度显著提升。部分矿山存在防治技术选型不合理、技术应用与工程实际脱节等问题,导致防治效果不佳。因此,深入研究矿山水害防治技术类型与特性,明确工程应用要点,对提升矿山抗水害能力、保障安全生产意义重大,也是推动矿山行业可持续发展的关键。

## 1 矿山水害的主要类型与诱发因素

### 1.1 矿山水害的主要类型

断层导水型水害是矿山常见且危害较大的类型,断层作为地质构造薄弱带,若导通含水层或地表水,会导致大量水体涌入矿井。老空区积水型水害多源于矿山历史开采形成的废弃采空区,积水长期积存且水体成分复杂,可能含有有害气体,一旦采掘工程揭露老空区,积水会瞬间涌出破坏设备。地表水体渗透型水害则与矿山周边的河流、湖泊、水库等相关,当采矿活动破坏地表水体与井下的隔水层时,地表水会通过裂隙、井筒等通道渗透至井下,形成持续涌水,增加排水压力,影响开采进度。

### 1.2 水文地质因素

含水层分布特征直接影响矿山水害风险,不同含水层的厚度、岩性、富水性差异,决定了水体储存量与涌水潜力。若矿山开采区域穿越富水性强的含水层,且未

采取有效阻隔措施,极易引发涌水事故。地质构造导水性是水害发生的关键诱因,除断层外,褶皱、裂隙发育带等构造也可能成为导水通道,且构造与含水层连通时会大幅提升涌水概率。地下水动态变化规律同样不可忽视,如季节性降水等会导致地下水位波动,间接加剧水害风险,因此掌握地下水动态、建立实时监测系统,是制定防治方案的重要依据。

### 1.3 人为与生产因素

开采方案不合理会显著增加水害风险,若开采顺序未考虑水文地质条件,如先开采隔水层上方矿体,可能破坏隔水层完整性,导致下部含水层水体涌入。部分矿山为追求开采效率,缩短探水距离,未充分探明前方水文情况,不可盲目掘进,易引发水害。生产过程中对水文环境的破坏同样不容忽视,过度疏干地下水可能引发周边水体补给路径变化,增加地表水渗透风险,而废弃物随意堆放则可能堵塞排水通道,加剧水害危害程度。

## 2 矿山水害防治的核心技术体系

### 2.1 水害探测与预警技术

水文地质勘探技术是水害防治基础,通过钻探、物探、化探等手段,查明矿山含水层分布、地质构造导水性及地下水补给排泄路径。其中,瞬变电磁法、地震勘探法等物探技术可快速探测地下隐蔽水体与构造,为开采方案提供依据;钻探能直接获取地下水样与岩层数据,验证物探结果。例如在某煤勘勘探中,通过瞬变电磁法发现 200 米深处存在富水断层,后续钻探进一步确认断层导水性,为开采设计避开该区域提供关键依据。矿井涌水动态监测技术通过井下关键位置的水位计、流量计,实时采集涌水量、水位等参数,及时掌握涌水趋势。

水害风险预警模型构建技术结合水文地质与开采数据,通过算法识别风险等级,提前预警以降低水害突发概率。

## 2.2 水害阻隔与封堵技术

断层注浆加固技术向断层破碎带注入水泥浆、化学浆液等,填充裂隙、改善导水性,形成隔水屏障。施工需按断层性质选浆液类型与参数,如裂隙发育的断层选用渗透性强的水泥-水玻璃双液浆,确保浆液充分扩散以实现有效封堵。某金属矿处理高导水断层时,通过调整注浆压力与注浆量,使浆液在破碎带形成连续隔水层,涌水问题得到解决。巷道防水帷幕构建技术适用于巷道穿越富水地层场景,通过周边注浆孔形成连续帷幕,阻止水体进入。该技术需严控帷幕厚度与注浆压力,避免注浆盲区。老空区积水隔离技术通过施工隔离煤柱、砌筑防水墙,分隔老空区积水与采掘区域。隔离煤柱需按积水压力与煤层强度设计尺寸,防水墙选用高强度材料,确保抗水压能力,防止积水突破。

## 2.3 水害疏导与排降技术

矿井排水系统优化技术通过合理设计排水管路布局、选择高效排水设备,提升排水能力与效率。需根据矿井最大涌水量确定排水设备型号与数量,如某大型煤矿选用大流量离心式水泵,同时设置备用排水系统,应对突发涌水。在雨季来临前,还会对排水管路进行全面检修,确保管路畅通。地下水人工疏干技术通过布置疏干井、疏干巷,提前降低开采区域地下水位,减少开采过程中涌水量。疏干方案需结合地下水动态制定,避免过度疏干引发地面沉降等环境问题。涌水应急导排技术用于水害突发时,通过临时安装排水泵等方式,快速疏导以控制水害蔓延。

# 3 矿山水害防治技术的工程应用要点

## 3.1 技术选型与适配性分析

技术选型需紧密结合矿山水文地质条件,若矿山以断层导水型水害为主,应优先选用断层注浆加固技术;若老空区积水分布广泛,则需重点应用老空区积水隔离技术。某铁矿因老空区积水较多,采用隔离煤柱与防水墙结合的方式,有效阻断积水渗入采掘面。同时需根据水害类型确定技术应用优先级,对于突发性强、危害大的水害类型,需将探测与阻隔技术置于优先位置;对于渐进式水害,如地表水体渗透型水害,可侧重疏导与监测技术。

## 3.2 工程施工关键控制环节

防治工程施工前需做好充分准备,包括编制详细施

工方案、检查施工设备完好性、培训施工人员等。施工方案需明确施工步骤、技术参数、安全措施,如探放水施工方案需标注钻孔角度、深度等;设备检查重点关注探放水钻机、注浆泵等关键设备性能,避免设备故障影响施工。施工过程中需强化质量管控:探放水需严格按照设计孔位、孔深施工,防止漏探。某煤矿曾因探放水钻孔深度不足,未发现隐蔽水体,导致开采时发生涌水,后续通过补打钻孔才解决问题。施工后需通过水位观测、流量监测、钻孔验证等方法评估防治效果,若未达到预期目标,需及时调整防治方案,确保水害风险得到有效控制。

## 3.3 技术应用与生产协同管理

防治技术应用需与开采进度协调,避免延误掘进进度,注浆加固工程可安排在开采间隙进行,减少对正常生产的影响。某煤矿将断层注浆加固安排在夜班停产时段,既完成防治作业,又不影响白天开采。建立施工人员与生产人员的协作机制,通过定期沟通会议共享水文与生产信息,施工人员及时反馈防治工程进展,生产人员提供开采计划动态,共同规避水害风险。同时需平衡防治工程成本与生产效益,在确保安全的前提下,选择性价比高的防治技术,如优先采用传统探放水技术与新型监测技术结合的方式,降低成本。合理控制防治工程规模,避免过度投入,实现安全与效益的双赢。

# 4 矿山水害防治技术应用中的难点与优化方向

## 4.1 技术应用难点

复杂水文地质条件下,现有探测技术难以精准识别水体位置与规模,如在岩溶发育矿区,溶洞水体分布不规则,物探技术易出现误判,导致防治措施针对性不足。深部开采中,高地温、高水压环境会影响探测设备性能与注浆材料稳定性,传统防治技术适应性下降,如注浆浆液易因高温发生凝固异常,影响封堵效果。多类型水害叠加时,如断层导水与老空区积水同时存在,不同防治技术间协同难度大,单一技术难以全面控制风险,需多种技术配合,但技术间参数匹配与施工衔接易出现问题,影响整体防治效果。

## 4.2 技术优化路径

基于智能化技术提升探测预警精度,引入无人机航测、三维地质建模技术,整合多源勘探数据,提高水文地质信息可视化与分析准确性;某矿山通过无人机航测获取地表水体分布,结合地下勘探数据构建三维模型,清晰呈现水害风险区域。应用物联网技术升级监测设备,

实现数据实时传输与智能分析,提升预警及时性。研发适应深部开采的新型防治材料,如耐高温、抗高压的注浆浆液,增强材料在深部环境的稳定性;开发新型探水技术,如适用于深部的高精度电磁探测技术,提升深部水体探测能力。构建多技术融合的综合防治体系,结合探测、阻隔、疏导技术优势,形成一体化流程,通过数据共享与协同控制,提升多类型水害应对能力。

### 4.3 工程管理优化

完善防治技术应用标准化流程,制定探放水、注浆加固等关键技术操作规范,明确施工步骤、质量标准、安全要求,如探放水规范中详细规定钻孔布置原则,减少人为操作误差。加强施工人员技术操作培训,通过理论教学、现场实操、案例分析等方式,提升人员对新型技术与设备的掌握能力,某矿定期组织人员学习智能监测设备操作,确保技术规范应用。建立技术应用效果动态反馈机制,定期评估防治技术应用情况,收集施工与生产中的问题反馈,如某矿每月召开防治效果评估会,根据反馈调整注浆参数,及时调整技术参数与管理措施,持续提升防治效果。

## 5 矿山水害防治技术的发展趋势与工程应用展望

### 5.1 技术发展趋势

智能化探测设备将进一步普及与升级,如便携式高精度物探设备、智能传感监测系统,提升现场探测便捷性与数据准确性;人工智能技术融入探测数据分析,实现水体与构造的自动识别,降低人为判断误差,某科研团队开发的AI识别系统,可自动从物探数据中标记富水区域,识别准确率达90%以上。绿色环保型防治技术成为研发重点,如可降解注浆材料,减少防治工程对环境的影响,符合矿山绿色发展需求。大数据驱动的水害防治决策支持系统将逐步构建,整合水文地质、开采动态、监测数据,通过大数据分析实现水害风险精准评估与防治方案智能推荐,提升决策科学性。

### 5.2 工程应用拓展方向

防治技术将向非常规矿山拓展,如深海矿山、极地矿山,需研发适应特殊环境的探测设备与防治材料,如耐高压水下探水技术、抗低温的注浆材料,满足非常规矿山开采需求。某深海矿产开发项目正研发可在千米水深作业的探水机器人,为深海采矿水害防治提供支撑。水害防治与水资源循环利用一体化应用将逐步推进,通

过合理设计疏干水回收系统,将疏干水用于矿山生产用水、周边农田灌溉,实现水资源高效利用,降低防治工程环境影响。某煤矿将疏干水处理后用于井下防尘与地面绿化,年节约用水10万立方米。

### 5.3 安全保障体系完善

基于防治技术的矿山安全风险分级管控将逐步完善,根据水害风险等级制定差异化防治措施,高风险区域强化探测与阻隔技术应用,如每季度开展一次高精度物探;低风险区域侧重监测与预警,如每月进行一次水位监测,提升管控精准性。防治技术应用与应急救援体系紧密衔接,将防治技术纳入应急方案,如应急导排设备的快速部署流程,提升应急处置能力。政府监管与企业自主防治协同机制将进一步健全,政府通过制定技术标准、加强监督检查引导企业规范防治,企业则建立自主防治体系,落实防治主体责任,形成监管与自主防治合力。

## 6 结论

矿山水害防治技术的研发与工程应用是保障矿山安全生产的核心支撑,需从水害类型与诱发因素出发,构建“探测-预警-阻隔-疏导”一体化核心技术体系,结合工程实际明确应用要点。当前技术应用面临复杂水文条件适配性、深部开采适应性等难点,通过智能化升级、多技术融合及工程管理优化,可有效提升防治效果。未来,随着绿色化、智能化技术发展,矿山水害防治将向“精准化探测、一体化应用、协同化保障”迈进,不仅能降低水害风险,还能实现防治与资源利用协同,为矿山行业安全、可持续发展提供坚实保障,推动矿山水害防治水平整体提升。

### 参考文献

- [1] 郑禄林,张林,张义平,等.新工科背景下“矿山水害防治”课程教学改革与探索[J].教育教学论坛,2024,(43):69-72.
- [2] 孙双龙.矿山水文地质环境特征及防治措施研究[J].世界有色金属,2023,(04):122-124.
- [3] 郝云阳.浅谈矿井水文地质类型划分及防治水工作建议[J].中国金属通报,2021,(12):152-154.
- [4] 朱承敏,高超,容玲聪.矿山水害的模拟与智能防治决策[J].中国矿业,2020,29(12):103-108.
- [5] 张进宇.综合物探技术在金属矿山水害防治中的应用[J].世界有色金属,2021,(14):192-193.