

# 矿山地下水环境影响及简易防治方案

范洪涛

郑州祥隆地质工程有限公司 河南郑州 452371

**摘要:** 矿山开采活动会对地下水环境产生多维度影响,包括水位异常波动、水质污染、水动力条件改变及生态系统破坏等。本文从矿山地下水环境基础特征出发,系统分析开采对地下水的具影响机制,进而提出涵盖源头控制、污染阻隔修复、监测预警、水资源利用及管理维护的简易防治方案,为缓解矿山地下水环境问题、保障区域水资源安全与生态稳定提供技术参考,全文围绕核心问题展开,突出实用性与可操作性。

**关键词:** 矿山地下水; 环境影响; 防治方案

## 引言

地下水是矿山生态系统与周边区域用水的重要保障,而矿山开采过程中巷道开挖、矿石处理、废弃物堆积等行为,易对地下水环境造成不可逆影响。随着矿山开发强度提升,地下水水位下降、水质恶化等问题愈发突出,不仅威胁水资源可持续利用,还可能引发地表塌陷、植被退化等连锁生态问题。因此,深入研究矿山开采对地下水环境的影响机制,构建科学可行的简易防治方案,对平衡矿山生产与生态保护具有重要现实意义。

## 一、矿山地下水环境基础认知

矿山地下水是赋存于矿山井田范围内含水层、裂隙及岩溶空间中的水体,其赋存状态与运动规律受地质构造、岩性特征及水文条件共同制约。根据含水介质差异,矿山地下水可分为孔隙水、裂隙水与岩溶水三类:孔隙水主要储存于松散岩层孔隙中,水量稳定但易受地表污染渗透影响;裂隙水赋存于岩石裂隙中,分布不均且受裂隙发育程度控制;岩溶水存在于可溶性岩石溶洞与裂隙内,水量大但流动性强,易形成地下暗河系统。矿山地下水不仅为矿山生产提供必要水源,还维系着周边土壤湿度、植被生长及地表水体补给平衡。其水文循环过程与大气降水、地表径流紧密关联,降水入渗后经岩层过滤、渗透形成地下水,部分通过泉眼、渗透等方式补给地表水体,构成完整的区域水循环体系。同时,地下水的化学成分与温度相对稳定,对维持矿山周边生态系统的生物多样性与稳定性具有不可替代的作用,一旦其环境状态被破坏,恢复周期长且修复难度大<sup>[1]</sup>。

## 二、矿山开采对地下水环境的影响

### (一) 地下水水位异常变化

矿山开采过程中,为保障井下作业安全,需通过排水系统持续排出矿井涌水,导致开采区域含水层水位快速下降,形成以采空区为中心的“水位降落漏斗”。水位降落范围随开采强度与时间扩大,周边含水层水体向采空区汇集,造成原本依赖地下水补给的泉眼干涸、浅层地下水枯竭。此外,采空区顶板岩层在重力作用下易发生塌陷,破坏原有隔水层结构,导致不同含水层之间发生水力联系,进一步加剧水位失衡,甚至引发地表沉降,影响周边居民生活用水与农业灌溉水源稳定。

### (二) 地下水水质污染

矿山开采产生的固体废弃物(如废石、尾矿)中含有硫化物、重金属等成分,在大气降水淋溶与地表径流冲刷作用下,污染物会随渗水进入地下水系统。其中,硫化物氧化生成酸性废水,导致地下水pH值降低,加速岩石中重金属(如铅、锌、镉)的溶出;选矿过程中使用的有机药剂(如捕收剂、起泡剂)残留,也会随废水渗透污染地下水,造成水体有机物含量超标。同时,井下开采过程中,机械设备润滑油泄漏、矿石粉尘渗透等,进一步加剧水质恶化,使地下水丧失饮用与灌溉功能,威胁区域水生态安全。

### (三) 地下水动力条件改变

矿山巷道开挖与采空区形成,会破坏地下水原有的径流路径与渗透条件。原本沿岩层裂隙或孔隙缓慢流动的地下水,因采空区形成的低水压区域发生流向改变,部分水体被迫绕过采空区流动,导致径流速度加快或减缓,打破区域地下水动力平衡。此外,开采过程中对隔

水层的破坏,可能引发不同水位、不同水质的含水层混合,如浅层淡水与深层高矿化度水串通,导致地下水矿化度升高;同时,水动力条件改变还会影响地下水自净能力,污染物扩散范围与速度扩大,加剧污染危害程度<sup>[2]</sup>。

#### (四) 地下水相关生态系统破坏

地下水环境恶化会对周边生态系统产生连锁破坏效应。首先,地下水位下降导致土壤含水量降低,周边植被根系无法吸收足够水分,出现枯萎、死亡现象,进而引发土地沙化或荒漠化,破坏植被群落结构;其次,依赖地下水补给的地表水体(如溪流、湖泊)水量减少,水位下降,水域面积缩小,影响水生生物栖息地,导致鱼类、两栖类等生物数量减少,生物多样性降低;此外,地下水水质污染会通过土壤渗透影响农作物生长,导致农产品重金属超标,不仅危害农业生产,还可能通过食物链威胁人类健康,形成生态与健康风险的双重危害。

### 三、矿山地下水环境简易防治方案

#### (一) 源头控制措施

源头控制核心在于通过优化开采工艺与管理方式,从源头降低对地下水的干扰与污染。(1) 开采规划阶段需结合矿山水文地质勘察数据,清晰掌握含水层分布与隔水层关键区域,据此合理设计开采范围与巷道布局,避开地下水富集区,最大程度减少对含水层的直接破坏,为地下水保护奠定基础。(2) 工艺选择上,以充填采矿法替代传统空场采矿法,将废石、尾砂等废弃物直接充填采空区。这种方式既能缩减采空区体积,降低水位降落漏斗形成概率,又能减少废石地表堆存量,避免雨水淋溶废弃物后携带污染物渗入地下,实现工艺优化与污染防控的双重效果。(3) 矿石处理环节需双管齐下:一方面优化选矿工艺,优先选用低毒、易降解的选矿药剂,从源头减少药剂残留对地下水的污染风险;另一方面建设封闭式矿石堆场与尾矿库,在堆场底部铺设高密度聚乙烯防渗膜,构建严密的防渗屏障,阻断雨水淋溶污染物向地下水渗透的路径。(4) 加强矿山生产用水管理,搭建循环用水系统。将井下排水经初步处理后,用于选矿、降尘等生产环节,替代新鲜地下水开采,减少对区域地下水资源的消耗,有效减缓因开采排水导致的水位下降速度,从全流程实现对地下水环境的源头保护<sup>[3]</sup>。

#### (二) 污染阻隔与修复

针对矿山开采可能产生的地下水污染,需构建多层次污染阻隔体系与针对性修复方案,形成“防堵结合、

分类治理”的完整防治链条。(1) 污染阻隔环节需重点阻断污染物向地下水系统的渗透路径:在废石堆、尾矿库等污染物集中区域周边,采用高压喷射注浆技术构建防渗帷幕——通过专用设备将水泥浆液以高压喷射方式注入地下岩层,浆液与岩层颗粒充分混合凝固后,形成连续、致密的水泥土防渗墙,像“地下屏障”一样彻底阻断固体废弃物经雨水淋溶产生的污染渗滤液渗入地下水;在矿山边界处设置地下水截渗沟,沟体内部填充具有吸附性能的渗透性材料(如石英砂、活性炭),同时在沟壁与沟底铺设高强度防渗膜,既能通过内部材料吸附流经水体中的部分污染物,又能拦截可能向矿山外扩散的污染地下水,有效遏制污染范围扩大。(2) 对于已受污染的地下水,需根据污染类型(重金属污染、有机污染)与污染程度差异,选择适配的修复技术。物理修复以抽提处理法为主,通过在污染区域科学布设井群系统,将污染地下水抽提至地表后,经沉淀去除悬浮颗粒物、过滤分离部分重金属离子,处理达标后再回灌至地下,实现污染水体的循环净化,该技术适用于污染范围集中、污染物易分离的区域;化学修复可向污染区注入针对性药剂,如注入螯合剂与重金属离子形成稳定且难溶于水的螯合物,或注入石灰乳调节水体pH值,促使重金属离子转化为氢氧化物沉淀,从而降低水体中污染物浓度;生物修复则依托微生物的自然代谢能力,在污染区域投放功能微生物菌剂(如假单胞菌),利用微生物分解作用降解水中的选矿药剂残留等有机污染物,这类技术不仅成本低、操作简便,且不会产生二次污染,特别适合大面积轻度有机污染区域的生态化治理。

#### (三) 监测与预警体系建设

(1) 监测范围需全面覆盖矿山开采区、周边居民区及地表水体周边区域,结合区域水文地质条件(如岩层渗透性、地下水径流方向)合理布设监测井,形成“点面结合”的监测格局,监测井主要分为三类:水位监测井需定期测量地下水位变化,详细记录水位降落漏斗的范围与深度,动态掌握地下水储存状态;水质监测井按每月一次的频率采集水样,重点检测pH值、矿化度、重金属含量及有机物浓度等关键指标,及时捕捉水质恶化趋势;水动力监测井通过安装流量计与压力传感器,实时监测地下水径流速度与水压变化,为判断污染扩散方向提供精准数据支撑。(2) 利用物联网技术构建智能化监测平台,将各监测点采集的数据实时传输至控制中心,借助数据可视化系统以动态曲线、数据报表等形式,直

观展示地下水环境变化趋势,方便管理人员快速掌握整体状况。基于长期积累的监测数据建立预警模型,结合区域地下水环境承载能力,明确设定水位、水质指标的安全阈值范围。当监测数据超出阈值时,系统自动发出预警信号,如某区域地下水水位下降速率异常或重金属含量超过相关标准限值,预警系统立即启动。管理人员需根据预警信息迅速排查原因,若水位异常源于开采强度高则调整开采计划,若水质超标因防渗设施破损则及时修复,通过针对性应急措施防止地下水环境问题进一步恶化,保障区域水资源安全<sup>[4]</sup>。

#### (四) 水资源综合利用

矿山开采过程中产生的矿井水,是具有较高利用潜力的潜在水资源。通过科学处理与合理调配,既能实现水资源循环利用,又能减少对新鲜地下水的开采依赖,缓解区域水资源压力。(1) 矿井水需经分级处理达到不同用水标准:初级处理阶段,利用格栅物理拦截大块杂质,再通过沉淀池使泥沙与悬浮物自然沉降,快速降低水体浑浊度,为后续净化打下基础;中级处理依托生化反应池,借助微生物代谢分解水中有机物,同时去除氮、磷等营养物质,提升水质稳定性;深度处理采用反渗透技术,通过半透膜截留矿物质离子与重金属,降低水体矿化度,确保水质适配各类使用场景。(2) 处理后的矿井水可实现多场景复用:在矿山内部,替代新鲜地下水用于井下防尘——通过喷雾降低粉尘浓度保障作业安全,用于设备冷却维持机械稳定运行,还可接入选矿工艺满足生产需求,直接减少地下水资源消耗;干旱季节,可引入周边农田灌溉系统补充水源,同时需定期检测水质,避免影响土壤与农产品安全;此外,达标矿井水可注入周边干涸泉眼、溪流或湖泊,开展生态补水,恢复地表水体生态功能,改善区域生态环境。(3) 矿井水综合利用不仅缓解水资源供需矛盾,还减少未经处理水体外排对地表水体的污染,实现经济效益与环境效益的双赢,为矿山与水资源协调发展提供可行路径。

#### (五) 管理与维护措施

(1) 制定矿山地下水环境保护专项管理制度,明确各部门职责,如生产部门负责开采过程中含水层保护,环保部门负责污染监测与修复,技术部门负责防治设施

设计与优化,形成分工明确、协同配合的管理机制。定期开展防治设施维护检修,每月检查防渗帷幕、监测井与处理设备的运行状态,及时修复破损的防渗膜、堵塞的监测井,确保设施始终处于正常工作状态。(2) 加强员工环保培训,定期组织技术人员与一线工人参加地下水环境保护知识讲座,讲解开采对地下水的影响、防治措施操作要点及应急处理流程,提高员工环保意识与操作技能。建立防治效果评估机制,每季度对地下水环境质量与防治措施有效性进行评估,分析水位、水质变化与防治措施的关联性,根据评估结果优化防治方案。例如,若某区域防渗帷幕效果不佳,污染仍有扩散趋势,需重新勘察地质条件,调整防渗帷幕设计参数,增强阻隔效果,确保矿山地下水环境防治工作持续有效<sup>[5]</sup>。

#### 结语

矿山开采对地下水环境的影响涉及水位、水质、水动力及生态多方面,且具有长期性与复杂性,若不加以防治,将严重威胁区域水资源安全与生态稳定。本文提出的简易防治方案,从源头控制、污染阻隔修复、监测预警、水资源利用到管理维护,形成全流程防治体系,兼顾实用性与经济性,可根据矿山实际情况灵活应用。未来需进一步研究低成本、高效率的防治技术,持续优化方案,推动矿山开发与地下水环境保护协调发展,为矿山可持续运营与区域生态安全提供保障。

#### 参考文献

- [1]唐坪. 矿山地下开采活动对地下水环境的影响[J]. 西部资源, 2020(08): 97-99.
- [2]刘妍芬. 矿山开采对地下水环境影响的研究[J]. 中国金属通报, 2020(12): 291-292.
- [3]长江. 探讨丘陵地区矿山地下开采对地下水影响[J]. 低碳世界, 2019(38): 115-116.
- [4]邓志文; 杨建安; 方超. 矿山地下开采对地下水环境的影响机理及防治[J]. 有色冶金设计与研究, 2022(02): 91-94.
- [5]唐坪. 矿山地下开采活动对地下水环境的影响[J]. 西部资源, 2020(03): 44-46.