

绿色矿山建设中的水文地质保障技术研究

刘利辉 142328198910080559

摘要：绿色矿山建设是我国矿业领域落实双碳战略、推进生态文明建设的核心抓手，而水文地质工作是保障矿山开采安全、防控水资源破坏、保护矿区生态的核心支撑。本文围绕绿色矿山建设的核心需求，梳理了当前水文地质保障工作存在的基础调查精度不足、地下水管控技术滞后、生态修复适配性不强等问题，从水文地质精细勘察、地下水动态监测、矿山疏排水资源化利用、矿区水生态修复四个维度，系统阐述了适配绿色矿山建设要求的水文地质保障技术体系，分析了不同技术的应用场景与应用价值。研究表明，构建多技术融合的水文地质保障体系，能够有效平衡矿产资源开发与水资源生态保护的关系，为绿色矿山建设全生命周期提供可靠支撑，推动我国矿业实现绿色可持续转型。

关键词：绿色矿山；水文地质保障；地下水管控；水生态修复

一、引言

作为我国基础能源与原材料供应的核心产业，矿业开发在支撑国民经济发展的同时，也长期存在水资源浪费、地下水污染、矿区水文生态破坏等问题，对区域生态环境安全造成了持续威胁。绿色矿山建设是我国矿业领域转变发展方式、实现生态化转型的国家战略，要求矿产资源开发过程中，实现资源开发效率提升、生态环境有效保护与矿区可持续发展的统一，而水文地质保障工作贯穿绿色矿山规划、建设、开采、闭坑修复全流程，是实现绿色矿山建设目标不可或缺的基础条件。

近年来，随着绿色矿山建设标准不断完善，行业对水文地质保障工作的要求已经从传统的保障矿山开采安全，延伸到地下水资源保护、水生态修复、疏排水资源化利用多个维度，传统的水文地质工作模式已经无法适配新时期绿色矿山的建设需求。因此，系统梳理适配绿色矿山建设要求的水文地质保障技术体系，明确不同技术的应用方向，对于推动绿色矿山建设质量提升具有重要的现实意义。

二、绿色矿山建设对水文地质工作的核心要求

传统矿山水文地质工作的核心目标是为矿山疏排水设计提供基础参数，保障矿井开采过程中不发生突水等安全事故，核心关注点是开采安全，对水资源保护与生态环境保护的关注程度不足。而绿色矿山建设要求矿业开发实现“资源安全、生态友好”的双重目标，对水文地质保障工作提出了三个层面的新要求：

第一，要求水文地质基础信息的精度满足精细化管控需求。绿色矿山建设要求精准掌握矿区含水层结构、地下水补给径流排泄关系、地下水与地表水的水力联系等基础信息，为后续地下水水量水质管控、生态修复方案设计提供可靠依据，传统的大尺度、低精度勘察已经无法满足要求。第二，要求实现地下水全生命周期的动态管控。从矿山规划阶段的水资源承载力评估，到开采阶段的疏排水量控制、水质监测，再到闭坑阶段的地下水系统修复，都需要水文地质技术提供全过程支撑，改变传统仅关注开采阶段水文保障的模式。第三，要求水文地质技术与生态修复需求深度适配。绿色矿山建设要求开采后矿区水文生态系统得到有效恢复，需要水文地质工作明确地下水水位管控阈值、生态补水的水文地质条件，为水生态修复提供科学依据，避免修复工程的盲目性。

但从当前我国绿色矿山建设的实际情况来看，水文地质保障工作还存在明显短板：一是大部分中小型矿山的水文地质基础调查精度不足，对矿区隐伏含水层、构造导水带的刻画精度不够，既存在安全隐患，也无法为水资源管控提供支撑；二是地下水监测体系不完善，监测点密度低、自动化程度不足，无法实时掌握地下水动态变化；三是疏排水资源化利用程度低，大量优质矿坑排水直接排放，既浪费了水资源，也容易造成环境污染；四是闭坑矿山的水文地质修复技术不成熟，缺乏针对不同水文地质条件的系统性修复方案。这些问题都制约了绿色矿山建设质量的提升，亟待构建完善的水文地质保障技术体系予以解决。

三、绿色矿山水文地质保障核心技术体系

（一）多手段融合的精细水文地质勘察技术

精细的水文地质勘察是开展水文地质保障工作的基础，相较于传统勘察技术，适配绿色矿山建设要求的勘察技术更强调对含水层结构与地下水系统的三维精细刻画。当前应用较为成熟的技术组合包括地面物探、钻孔勘察、水文试验与三维建模技术的融合：通过高密度电法、瞬变电磁法等地面物探技术，快速圈定矿区导水构造、隐伏含水带的分布范围，再结合针对性的钻孔勘察获取原位岩芯与水文地质参数，通过抽水试验、压水试验获取含水层渗透系数、储水系数等关键参数，最终构建矿区三维水文地质结构模型，实现对矿区地下水系统的可视化精准刻画。

（二）自动化地下水动态监测技术

动态监测是掌握矿区地下水变化、及时管控风险的核心手段，绿色矿山建设

要求构建覆盖地下水水位、水质、水温多要素的自动化监测网络，实现对矿区地下水动态的实时管控。当前，随着物联网传感技术的发展，自动水位计、水质在线监测传感器已经得到广泛应用，能够实现数据的远程传输与自动预警，替代了传统人工监测模式，大幅提升了监测效率。

在监测网布局方面，需要根据矿区水文地质条件，在矿区边界、导水构造、地下水补给区、周边居民饮用水源地等关键位置布设监测点，既满足矿山开采水害防控的需求，也满足周边水资源环境保护的监测需求。针对重点绿色矿山，还可以结合北斗卫星通讯技术，实现偏远矿区监测数据的稳定传输，保障监测数据的连续性。通过实时监测数据，管理人员可以及时调整矿山疏排水方案，控制地下水下降幅度，减少对周边生态的影响。

（三）矿坑疏排水资源化利用技术

矿坑疏排水是矿山开发过程中产生的主要水资源，也是矿区重要的可利用资源，推进疏排水资源化利用，是绿色矿山建设落实节水要求的核心内容，也是水文地质保障技术的重要组成部分。根据疏排水的水质特征，水文地质工作需要为疏排水利用提供三大支撑：一是通过水文地质分析明确不同含水层疏排水的水质特征，划分优质疏排水与污染疏排水的范围，为分质处理提供依据；二是通过地下水动力分析，优化疏排水方案，在保障开采安全的前提下减少不必要的疏排水量，从源头控制疏排水量；三是结合矿区周边用水需求，优化疏排水存储与输送的水文地质条件，将处理达标后的疏排水用于矿区生产用水、周边农业灌溉或者生态补水，提升水资源利用效率。

当前我国西北干旱半干旱地区的很多绿色矿山已经实现了疏排水 100%利用，既解决了矿区生产用水缺口，也缓解了区域水资源短缺问题，取得了良好的经济与生态效益。

四、结论与展望

水文地质保障技术是绿色矿山建设的核心基础支撑，贯穿绿色矿山全生命周期的各个环节，传统水文地质工作模式已经无法适配绿色矿山建设的生态保护要求。构建多技术融合的水文地质保障技术体系，通过精细勘察掌握矿区水文地质条件，通过自动化监测实现动态管控，推进疏排水资源化利用，适配水生态修复需求，能够有效平衡矿产资源开发与水资源生态保护的关系，提升绿色矿山建设质量。未来，随着智慧矿山技术的发展，水文地质保障技术将进一步与大数据、人工智能技术融合，实现矿区水文地质风险的智能预警与管控，为我国矿业绿色可持续发展提供更加强有力的支撑。

参考文献

- [1] 中华人民共和国自然资源部. 绿色矿山建设要求[S]. 北京: 中华人民共和国自然资源部, 2018.
- [2] 武强, 涂坤, 曾一凡, 等. 我国绿色矿山建设的进展与展望[J]. 煤炭学报, 2021, 46(1): 1-15.
- [3] 张人权, 梁杏, 靳孟贵, 等. 水文地质学基础[M]. 北京: 地质出版社, 2018.