

水工环地质勘查在矿山勘查中的应用价值研究

钱士勇

江苏省生态地质调查大队

DOI:10.12238/jpm.v6i10.8451

[摘要] 水工环地质勘查作为矿山勘查体系的核心组成部分，以水文地质、工程地质、环境地质为研究对象，通过系统探测矿山区域的地下水分布、地质结构稳定性、生态环境承载力等关键信息，为矿山资源开发全流程提供科学支撑。本文主要就水工环地质勘查的应用价值进行分析，以供参考。

[关键词] 水工环地质勘查；矿山；勘查；应用价值

Research on the application value of hydrogeological and environmental geological exploration in mining exploration

Qian Shiyong

Jiangsu Provincial Ecological Geological Survey Brigade

[Abstract] Hydraulic and environmental geological exploration, as a core component of the mining exploration system, takes hydrogeology, engineering geology, and environmental geology as research objects. By systematically detecting key information such as groundwater distribution, geological structure stability, and ecological environment carrying capacity in the mining area, it provides scientific support for the entire process of mining resource development. This article mainly analyzes the application value of hydrogeological and environmental geological exploration for reference.

[Key words] hydrogeological and environmental geological exploration; Mining; prospecting; applied value

引言

矿山勘查精度和全面性程度直接影响矿山开采安全性和经济性。伴随矿产资源的不断消耗，未来矿山勘查需要做好地质灾害防控、水资源保护、生态环境影响等方面的多方面工作。多角度、全过程的开展水工环地质勘查能够弥补传统矿山勘查不足、利用钻探、物探、遥感等技术采集矿山区域水工环数据，为矿山勘查提供更多、更精确的数据支持。因此，探索研究水工环地质勘查技术在矿山勘查的应用价值，有利于增强矿山勘查质量、减少开发现有隐患风险，实现矿山行业的绿色可持续发展。

1 水工环地质勘查在矿山勘查中的应用价值

1.1 能够优化资源评估，提升矿产资源开发效率

在矿山勘查过程中，矿产资源评估至关重要。通过对水文地质条件进行勘查，确定矿体周围地下水类型、含水层及其分布情况、地下水补给及径流路径，结合矿体埋深和开采方式等因素，预测开采过程中的涌水量大小和排水难易程度，据此修正可采储量评估的结果，规避因水资源问题造成的资源流失。

通过对矿体周围的岩层物性以及工程地质方面的勘查，可以清楚地了解矿体周围的岩层条件能否满足采矿工程建设的需求，对比分析不同开采方案对应的资源回采率。如在一些松软岩层区域，可通过充填采矿法来进行采矿，利用水工环地质勘查可提前掌握岩层的稳定状态，为选择高效采矿方法、提升资源回收率提供依据。

1.2 能够预防地质灾害，保障矿山勘查与开发安全

矿山勘查与开发过程中，地质灾害是威胁人员与设备安全的主要风险，而多数地质灾害的发生与水工环因素密切相关。例如，地下水的渗透作用会降低岩层黏聚力，诱发边坡滑坡；采矿导致地下采空区，若未结合工程地质条件评估采空区稳定性，易引发地面塌陷；矿山废渣堆积若未考虑地形与水文条件，遇暴雨易形成泥石流。

针对水文地质条件探测地下水动态变化，可以探明矿井涌水、突水风险源，确定危险区域，并采取排水或防水措施，如在岩溶发育区域探测可能存在隐伏溶洞，在开采时可以规避采矿工程揭露溶洞出现突水的现象。对于工程地质条件，根据矿

山边坡、尾矿库坝体等地质体结构稳定性和地形地貌特征、地震活动情况进行滑坡、崩塌风险性分析，对露天矿边坡进行勘查可以获取岩土体抗剪强度参数，避免由于坡度过陡而造成滑坡现象的发生。根据矿山周边地区地貌、植被覆盖率和降雨量等情况判定泥石流发生的概率，科学规划废渣堆场和排水沟的位置，快速地运用水文地质资料判断涌水来源，提高灾后应急处理速度。

1.3 能够提高勘查精度，减少勘查决策失误

矿山勘查的精度会对后续开发决策的科学性产生重要影响。传统勘查由于缺乏水工环数据支撑，易导致勘查结论片面，引发决策失误。水工环地质勘查通过把水文数据、工程数据、环境地质数据统一归集到矿山勘查数据库中，使整个矿山勘查的结论更加完整。通过先进勘查技术提升数据精准度，运用三维地震进行隐伏断层或者隐伏溶洞等地质体的探测，其分辨率可以达到米级，远远高于传统钻探。使用无人机的遥感技术来进行矿山的地表植被以及地形、地貌的信息的获取，获得大面积、高精度的环境地质数据，可以为矿山勘查决策提供更为可靠的依据。

1.4 能够节约勘查成本，实现矿山勘查的经济性

矿山勘查是高投入、长周期的过程，传统勘查因存在盲目钻探、重复勘查、后期整改等问题。部分矿山为探明矿体边界，在未开展水工环地质勘查的情况下，随意布置钻孔，若钻孔揭露富水含水层，需额外投入排水设备与费用，增加勘查成本；又如，因未提前掌握工程地质条件，勘查阶段施工的探矿巷道因岩层不稳定发生垮塌，需重新施工，造成重复投入。

水工环地质勘查通过优化勘查流程、减少无效投入，实现成本节约。通过前期水工环地质勘查明确勘查区域的水文与工程地质条件，优化勘查工程布局，避免在高风险、高成本区域布置勘查工程，例如在地下水丰富的区域，优先采用物探技术圈定矿体范围，减少钻探数量，降低钻探过程中的排水成本；在松软岩层区域，提前设计探矿巷道的支护方案，避免因巷道垮塌导致的返工成本。通过提前识别风险减少后期整改成本，在勘查阶段通过环境地质勘查发现矿区周边存在敏感水体，可提前调整矿体开采范围或制定污染防控措施，避免开发后因环境问题被迫停产整改，大幅降低后期整改成本。

2 水工环地质勘查在矿山勘查中的应用

2.1 地下水资源评估

地下水资源既可以作为开采的限制性条件，也可能成为可用资源，在一定程度上决定能否开展地下水资源开采工作。首先应进行水文地质测绘及调查工作，通过实际的调查踏勘、遥感解译、水文地质钻探，完成矿山地区的地下水类型、含水层分布、隔水层厚度、地下水补给和排泄及水文地质图，确定地

下水的空间分布规律。其次再利用抽水试验、压水试验等现场测量取得含水层的渗透系数、导水系数等水文地质参数。

其次，依据矿体赋存条件及开采方法确定开采涌水量，如地下开采矿山时，应结合矿体开采深度、采场尺寸和巷道长度，根据当地地下水补给量、含水层参数，分析排水设备容量及其占用费；露天矿山应考虑采场边坡地下水渗透对边坡稳定性的影响，估算采场积水状况，并按此布置排水系统。

最后，评估地下的水资源利用价值和保护要求。如果地下水资源十分丰富，可以通过矿山所在区域地下水资源作为矿山的用水来源，不需要再使用地表水或外购的水源，节约用水。反之，若开采可能影响周边居民饮用水源或农田灌溉用水，需评估地下水水位下降、水质污染的风险，制定地下水保护措施，确保资源开发与水资源保护的协同。

2.2 矿体及地质结构分析

矿体及地质结构的划分属于矿山勘查的主要任务，水工环地质勘查是利用工程地质和水文地质资料圈定矿体和确定地质结构的主要方式，克服传统的资源勘查的局限性，为矿体圈定、地质结构的划分提供了可靠的数据支撑。在矿体圈定上，通过水文地质、工程地质的特征划分矿体的边界。不同岩性的矿体与围岩，其水文与工程性质存在差异。如金属矿体多呈致密块状、渗透性差，围岩多为砂岩、渗透性强，经电法勘探测得岩层的电阻率，能够较好地区分矿体与围岩的分布范围；如不同岩性的煤层、顶板岩层和底板岩层的抗压强度有差异，通过工程地质钻探取得岩芯样，并对其开展物理力学性能试验，以此来辅助判断煤层的厚度和分布。

地质结构方面，水工环地质勘查重点识别对矿山勘查、开发产生影响的地质构造的影响。运用工程地质勘查手段，通过地质雷达、地震勘探等物探方法探明隐伏断层的走向、倾角及断层破碎带宽度，分析断层的导水性及稳定性，判断断层对矿体开采的影响。如断层穿过矿体，需判断断层是否会导致矿体破碎，采取各种方法查清岩溶发育情况，严防勘查钻孔、采矿工程揭露溶洞引起突水、塌陷事故发生。通过分析褶皱构造确定岩层稳定情况，例如向斜构造核部岩层受压产生裂隙，易造成渗水，需要在勘查阶段充分开展水文地质勘查工作，制定防控措施。

2.3 环境影响评估

随着矿山开发对生态环境的影响日益受到关注，环境影响评估已成为矿山勘查的必要环节，而水工环地质勘查通过环境地质数据采集与分析，为评估矿山勘查与开发对周边生态环境的影响提供科学依据。

开展土壤环境影响评估工作，通过采样分析的方式，掌握矿山区域土壤 pH 值、重金属含量和有机质含量等数据，确定

土壤本底值；结合矿体类型及开采矿种，明确矿山开采产生土壤污染途径，据此判断土壤污染范围与程度。例如，金属矿开采产生的酸性矿坑水若渗入土壤，会导致土壤酸化与重金属活化，水工环地质勘查可通过模拟酸性水的渗透路径，预测土壤污染风险区域，为后续土壤修复方案设计提供依据。

水环境影响评估方面，地表水影响评估通过调查矿山周边河流、湖泊、水库的水位、水质、水文情势，结合矿山勘查阶段的探矿废水、生活污水排放量与污染物成分，评估其对地表水体的影响，例如探矿钻孔产生的泥浆水若未经处理排入河流，会导致水体浊度升高，影响水生生物。地下水影响评估则通过前文所述的水文地质勘查，预测开采导致的地下水位下降对周边水井、泉眼的影响，评估采矿废水对地下水水质的污染风险，例如若矿山采用充填采矿法，需评估充填材料中的有害物质是否会渗透进入含水层，污染地下水。

植被和生态系统的状况会对评价造成一定影响，通过遥感和实地调查获取矿山区内植被类型、覆盖率、生物量等相关数据，评价勘探工程活动对植被造成的破坏程度，预测开采过程中地表的塌陷、水土流失等问题对生态系统的影响。对于山区矿山来说，在勘查时还需要考察探矿道路开挖是否对植被造成破坏，从而出现水土流失现象。同时，也可以利用水工环地质的勘查来为生态修复方案提供相应的数据依据，选择具有不同土壤厚度和肥力进行植被恢复。

2.4 地质灾害预警

水工环地质勘查通过对矿山区域主要地质灾害的实时监测和数据建模实现矿山主要地质灾害的预警。通过对矿山区域布设地下水动态监测网，获取地下水位、水压、水质等数据，再结合矿山降水情况及采掘进度等参数建立涌水预警模型。当监测数据发生异常时，模型将自动发出警报。针对露天矿边坡或者矿山周围自然边坡，通过工程地质勘查得到边坡岩土体的物性力学指标，在边坡关键部位安装位移传感器与渗压计，实时监测边坡位移量与地下水位变化。当边坡位移量超过预警阈值或者地下水位持续升高时，预警系统可及时启动，并把对应的预警信息推送给管理人员和现场作业人员，为采取边坡加固或人员撤离措施争取时间。同时，针对尾矿库坝体，可以运用水工环地质勘察进行工程地质分析，评价坝体岩土体压实度、渗透系数，用水文地质数据分析计算坝体渗流风险，在坝体相应部位布置渗压计和位移监测设备，实现尾矿库坝体管涌、溃坝灾害的预警。

地下开采矿山因采空区形成易引发地面塌陷，结合水文地质数据评估地下水渗透对顶板岩层稳定性的削弱作用，例如地下水长期浸泡会降低顶板岩层的抗压强度，缩短垮塌周期。通过在采空区上方布置地表沉降监测点，实时监测地表沉降量与

沉降速率，当沉降量接近临界值或沉降速率突然加快时，发出地面塌陷预警，提示调整开采进度，避免塌陷范围扩大影响矿山设施与周边居民点。

水工环地质勘查通过环境地质调查明确矿山废渣堆积场地的地形坡度、废渣类型与孔隙率，结合水文地质数据评估降雨量与废渣含水量的关系。废渣含水量过高会降低内摩擦角，增加泥石流发生概率。通过在废渣堆积区上游布置雨量计、在堆积区周边布置位移传感器，对降雨量与废渣体位移变化实施实时监测。当降雨量达到临界值或废渣体出现明显位移时，触发泥石流预警，组织人员撤离至安全区域，提前启动截洪沟、挡渣墙等防护设施，减少灾害损失。

2.5 开采方案优化

水工环地质勘查通过提供水文、工程、环境多维度数据。露天开采要通过工程地质勘查评估矿体埋藏深度、地表地形坡度与岩层稳定性。水工环地质勘查通过水文地质数据预测不同开采规模下的涌水量，结合排水设备容量与排水成本，确定合理开采规模。若开采规模过大，涌水量超出排水能力，会导致采场积水，影响开采进度；若开采规模过小，则资源利用率低，经济效益差。在进度规划上，水工环地质勘查可结合工程地质条件评估不同季节开采的难度，例如在雨季，地下水补给量增加，涌水量骤升，且边坡滑坡风险提高，因此可建议放缓雨季开采进度，优先开展井下排水系统维护与边坡加固工程化。

结束语

水工环地质勘查通过优化资源评估修正可采储量、预防地质灾害保障安全、提高勘查精度减少决策失误。在环境影响评估中提前防控生态风险，在地质灾害预警中实现全类型风险研判，在开采方案优化中兼顾效率与安全。随着矿山行业向绿色化、智能化转型，进一步升级水工环地质勘查的技术，推动水工环地质勘查在矿山行业的深度应用，最终实现矿产资源的高效、安全、可持续开发。

[参考文献]

- [1]杨锦霞. 矿山水工环地质勘查工作的难点及解决途径[J]. 中国资源综合利用, 2024, 42(10): 117-119.
- [2]许海啸. 水工环地质勘查对金属矿山建设重要性研究[J]. 中国金属通报, 2024, (08): 125-127.
- [3]陈志鹏. 矿山水工环地质勘查技术应用[J]. 中国金属通报, 2024, (08): 143-145.
- [4]彭亮. 矿山水工环地质勘查工作中的问题与防治分析[J]. 中国金属通报, 2024, (07): 139-141.
- [5]刘玉波. 矿山水工环地质勘查中的防治措施优化探微[J]. 中国金属通报, 2024, (07): 163-165.