

矿山地质工程勘察中的水文地质问题重要性分析

郑 金

中冶武勘工程技术有限公司 湖北 武汉 430000

摘要：矿山地质工程勘察中，水文地质问题贯穿资源开发全周期，是保障矿床开采安全、工程结构稳定及生态可持续利用的核心要素。本文通过精准分析含水层分布、渗透系数及地下水动态变化，可提前预判透水风险、边坡失稳隐患，优化勘察方案设计与支护策略，实现风险事前防控与资源高效配置，最终保障工程全生命周期安全稳定运行，推动矿山绿色开发进程。

关键词：矿山地质工程勘察；水文地质问题；重要性分析

引言：矿山资源开发以地质勘察为基石，而水文地质问题是核心要素之一。地下水活动直接影响岩体稳定性，诱发突水、塌陷等地质灾害，其动态变化贯穿矿山全生命周期。从勘察阶段的含水层识别、渗透系数测定，到施工期的水压管控、支护优化，再到运营期的长期监测与维护，水文地质条件始终是保障安全开采、延长工程服务周期的关键前提，需实现全流程动态研判与科学应对。

1 矿山地质工程勘察中水文地质问题的重要性

矿山地质工程勘察中，水文地质问题的研究贯穿于资源开发全周期，其重要性体现在多个维度。（1）矿床开采安全层面的核心约束。地下水动态直接关联矿井突水风险，若含水层与采空区沟通不畅，水压积累可能突破隔水层，引发突水事故。这种隐患不仅威胁作业人员生命安全，还会导致设备损毁、生产停滞；通过水文地质勘察可精准识别富水区域，提前规划排水路径或设置防水闸门，将风险控制在萌芽阶段。（2）工程结构稳定性的深层影响。地下水对岩土体的物理力学性质具有持续改造作用；例如，在边坡工程中，地下水渗透产生的孔隙水压力会降低岩体抗剪强度，诱发滑坡；在井巷工程中，承压水头压力若超过围岩自承能力，可能引发顶板垮塌。通过水文地质参数测定，可量化分析岩土体稳定性，为支护设计提供科学依据。（3）生态保护与资源可持续利用的平衡支点。矿山开发必然改变地下水流场，可能引发区域水位下降、水质恶化或土壤盐渍化等问题；酸性矿井水、重金属离子等污染物若未有效管控，将威胁周边生态系统健康。通过水文地质勘察可评估环境影响范围，指导建立生态修复方案，实现“开发-保护”双赢。（4）动态监测体系的构建是水文地质管理的延伸。随着开采推进，地下水位、水质及渗透系数会持续演变，需建立长期监测网络，实时反馈数据以调整

排水策略与支护方案^[1]。这种动态管理既能规避突发风险，又能优化资源利用效率，最终实现矿山安全、经济与生态效益的协同提升。

2 水文地质问题对矿山地质工程勘察的基础支撑作用

2.1 保障勘察工作精准开展的核心环节

水文地质问题是矿山地质工程勘察中不可忽视的核心要素，其精准分析直接关系勘察结果的可靠性。在勘察过程中，地下水位的动态变化、含水层的分布特征及水力联系等数据，是判断地质结构稳定性的关键依据。若忽视水文地质细节，可能导致勘察结果偏离实际，增加工程风险。具体而言，水文地质数据能为勘察工作提供多维支撑。例如，通过分析地下水流速、方向及压力变化，可预判地质构造中的潜在隐患，如岩溶发育区、断层破碎带等，从而指导钻探点位的科学布设。同时，水文地质参数还能辅助评估矿体围岩的稳定性，预测采矿活动可能引发的涌水、塌陷等地质灾害，为矿山安全开采提供前置预警。此外，水文地质信息的精细化采集与解读，有助于优化勘察方案的设计。通过整合地下水动态监测数据与地质勘探资料，可构建三维地质模型，直观呈现地下空间的水文地质特征，提升勘察工作的空间分辨率与时间连续性。这种基于水文地质数据的精准勘察模式，不仅提高了工作效率，更从根本上保障了矿山工程的安全性与经济性，成为矿山地质工程勘察中不可或缺的基础支撑环节。

2.2 明确勘察重点内容的关键依据

水文地质问题是矿山地质工程勘察中确定重点内容的核心依据，其数据特征直接引导勘察方向的精准定位。地下含水层厚度、渗透系数及补给条件等参数，能揭示地质构造中的薄弱环节，如断层导水性、岩溶通道发育程度，这些信息成为勘察重点区域划分的直接参考；例如，高渗透性区域可能伴随涌水风险，需优先布

设监测点；低渗透区则可能隐藏封闭性地质结构，需重点探查其稳定性。水文地质条件还能预判勘察过程中可能遇到的工程难题。地下水压力分布影响岩体应力状态，若压力异常可能导致钻孔坍塌、突水等事故，因此需在高压区域加强防渗措施研究。同时，地下水位波动规律可反映地质构造的动态变化，如季节性水位升降可能引发边坡失稳，需在勘察方案中纳入长期监测条款。这些水文地质要素的整合分析，使勘察工作从“全面覆盖”转向“精准聚焦”，避免资源浪费的同时提升效率^[2]。通过水文地质数据的科学解读，勘察人员能更清晰地识别地质风险点，优化勘察路径设计，确保每一步工作都围绕关键问题展开，最终形成高效、安全的矿山地质工程勘察体系。

2.3 提升勘察方案科学性的重要前提

水文地质问题是提升矿山地质工程勘察方案科学性的重要前提，其分析深度直接影响方案设计的合理性与可行性。在勘察方案制定过程中，需将水文地质要素作为核心考量因素，贯穿于勘察方法选择、区域划分及技术实施各环节。（1）优化勘察方法适配性：地下水位波动规律与含水层特性直接影响钻探工艺选择。例如，在渗透系数较高的区域，需采用防喷涌技术避免孔内事故；而在岩溶发育区，则需优先采用物探手段预判隐伏溶洞位置，减少盲目钻探风险。（2）强化勘察区域针对性：水文地质数据可精准划定重点勘察范围。通过分析地下水补给-排泄路径，可确定地质构造活跃区与潜在风险区，避免在低风险区域过度投入资源，实现勘察资源的优化配置。（3）提升方案动态适应性：地下水位季节性变化与工程活动引发的水文地质响应需纳入方案动态调整机制。例如，采矿活动可能改变地下水流场，导致边坡稳定性下降，方案中需预设监测点位与应急措施，确保勘察方案随地质条件变化持续优化。这些基于水文地质问题的科学考量，使勘察方案从静态规划转向动态适配，既保障了工程安全性，又提升了方案实施的经济效益，成为矿山地质工程勘察中不可或缺的科学前提。

2.4 规避勘察工作潜在隐患的有效途径

水文地质分析是规避矿山地质工程勘察潜在隐患的关键路径，其精准研判可提前识别地质风险点，避免勘察过程中的意外事故。通过系统梳理地下水活动规律与地质构造关联性，能构建有效的隐患防控体系。（1）预判地质灾害风险：地下水压力异常、岩溶裂隙发育等水文地质特征，是判断突水、塌陷等灾害的前置信号。例如，高压区可能引发钻孔涌水，需提前调整钻探工艺；岩溶发育带则需重点监测隐伏溶洞，防止勘察设备

陷入。（2）优化技术实施策略：不同水文地质条件对应适配的勘察技术。在渗透性强的区域，需采用动态密封技术防止孔壁坍塌；在断层密集区，可结合地质雷达与钻孔数据，精准定位导水通道，避免盲目布设点位导致的资源浪费。（3）构建动态预警机制：地下水位实时监测与数据分析，可形成早期预警系统。当监测到水位骤升或压力波动异常时，能及时暂停勘察作业，启动应急预案，确保人员与设备安全。这种基于水文地质数据的动态管理，使勘察工作从被动应对转向主动防控^[3]。通过这些路径，水文地质问题不仅成为勘察隐患的“探测器”，更转化为安全作业的“防护网”，从根源上提升矿山地质工程勘察的安全系数与执行效率。

3 水文地质问题对矿山工程安全稳定的保障价值

3.1 防控矿山透水风险的核心抓手

水文地质分析是防控矿山透水风险的核心抓手，其精准研判能提前锁定风险源，筑牢安全防线。透水事故多源于地下水动态失衡，如岩溶裂隙发育、断层导水性增强等异常活动。水文地质研究通过揭示含水层空间分布、渗透系数变异规律及水力联系特征，为风险预判提供科学依据。矿山开采前，需开展系统水文地质调查，明确地下水位动态、补给-排泄路径及断层导水性。例如，高渗透性区域因岩体裂隙发育易形成导水通道，需优先布设监测阵列实时追踪水压变化；岩溶发育区隐伏溶洞可能引发钻探突水，需结合地质雷达与钻孔数据构建三维溶洞模型，预判钻探路径风险。地下水压力分布直接影响岩体稳定性，高压区需调整开采顺序并增设防水闸门，防止孔壁坍塌或涌水事故。动态监测体系通过长期跟踪地下水位、压力及水化学指标变化，可捕捉水位骤升、压力波动等异常信号，及时启动防渗帷幕加固或排水系统优化。这种基于水文地质数据的主动防控模式，将风险识别从“事后补救”转向“事前预防”，从源头降低透水概率，保障矿山工程安全稳定，是矿山开采中不可或缺的安全基石。

3.2 维护矿山边坡稳定的重要支撑

边坡稳定是矿山工程安全的核心要素，而水文地质问题为其提供了关键支撑，通过分析地下水位、渗透特性及岩土体水理性质，可精准识别边坡失稳风险源。（1）地下水对岩土体的软化效应：长期浸水导致岩土体抗剪强度降低，尤其是黏土类岩体易发生塑性变形。需通过含水层渗透系数测定，评估不同区域的软化程度，为边坡防护设计提供依据。（2）孔隙水压力的动态影响：地下水位波动引发孔隙水压力变化，直接影响边坡有效应力分布；例如，雨季地下水位上升可能增加边坡

滑移风险,需通过长期监测捕捉压力异常,及时调整支护策略。(3)水文地质数据的工程应用:基于渗透系数、地下水位等数据,可优化排水系统设计;如在高渗透区增设排水孔降低孔隙水压力,在低渗透区采用防渗帷幕阻断地下水补给,形成立体防护网络,从源头减少边坡失稳隐患^[4]。这种基于水文地质数据的科学分析,使边坡防护从“经验驱动”转向“数据驱动”,通过精准识别风险、动态调整措施,构建起维护矿山边坡稳定的坚实屏障,保障工程长期安全运行。

3.3 保障地下工程安全施工的关键环节

地下工程安全施工的根基在于对水文地质条件的深度把控。地下水压力分布直接决定井巷围岩的稳定性边界,高承压水头区域若未精准探明,开挖扰动可能诱发突水涌砂,威胁作业安全;低承压区则需警惕滞水淤积引发的压力累积风险。渗透系数差异更直接影响支护方案的选择,强渗透性地层需强化注浆加固以防止围岩失稳,弱渗透区则需优化排水路径避免水压失衡。施工全周期中,水文地质参数需动态校准。随开挖深度增加,含水层厚度与水力联系可能发生演变,需通过钻孔取样、压水试验等手段实时更新数据,调整排水系统布局或支护参数。地下水化学特征同样关键,酸性水环境会加速金属构件腐蚀,需在材料选型时纳入防腐考量;含盐量高的水体则可能引发混凝土结构劣化,需提前采取防护措施。这些环节的精准实施,本质是将水文地质问题转化为工程安全的语言。通过系统性勘察、动态监测与科学设计,将地下水风险控制在可防可控范围内,最终实现地下工程“零事故”施工目标,保障人员安全与工程长期稳定,为矿山可持续发展奠定坚实基础。

3.4 延长矿山工程服务周期的基础保障

水文地质问题是延长矿山工程服务周期的基础保障,其科学管理贯穿工程全生命周期。地下岩土体长期受地下水作用会发生物理化学变化,如黏土矿物遇水膨胀、岩体裂隙因水压扩展等,若未及时识别这些变化,将加速工程结构老化进程。通过系统监测地下水位波

动、渗透系数变异及水化学特征,可预判岩体劣化趋势,提前采取针对性防护措施。在工程运营阶段,需构建动态水文地质监测网络,在含水层富水区设置长期观测井,实时追踪水位变化;在断层破碎带布设应力-应变传感器,捕捉岩体应力异常信号。这些监测数据能为维护策略提供精准依据,如根据水位变化调整排水系统参数,通过渗透系数变异优化防渗帷幕布局,避免局部渗漏引发整体结构失效。此外,水文地质数据还可指导工程修复方案设计,当监测到某区域岩体渗透系数显著升高时,可针对性增设排水孔或实施注浆加固,阻断地下水侵蚀路径^[5]。这种基于数据驱动的主动维护模式,将传统“被动抢修”转变为“主动预防”,有效延缓工程老化进程,从源头延长矿山工程服务周期,保障其长期安全稳定运行。

结束语:未来,随着高精度传感器、物联网监测网络及大数据分析平台的普及,水文地质管理将实现从“被动响应”到“主动预判”的转型。实时动态监测地下水位、压力及水化学指标,结合智能算法分析岩体稳定性趋势,可构建精准预警系统。这种精细化管理模式不仅能提升矿山安全系数,优化资源利用效率,还能推动矿山向绿色开发模式转型,为可持续发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1]郭传顺.矿山地质工程勘察中的水文地质问题重要性分析[J].世界有色金属,2022,47(5):103-105.
- [2]韩晓宇,滕跃,张文强,田宁,周波,刘小健.水文地质问题在矿山地质工程勘察中的重要性[J].中国金属通报,2025(1):144-146.
- [3]逯遥.矿山岩土工程勘察中的水文地质问题[J].中国金属通报,2025(7):214-216.
- [4]任世昌,文彬彬,王爱国.矿山工程地质勘察中水文地质问题研究[J].中国金属通报,2025(12):198-200.
- [5]郝越林.矿山岩土工程勘察中水文地质问题及应对分析[J].中国金属通报,2024(23):170-172.