

矿产勘查中水文地质条件对钻探施工安全的影响分析

张永亮

中化地质矿山总局贵州地质勘查院 贵州 贵阳 550002

【摘要】：矿产勘查中的钻探施工面临复杂的水文地质环境，地下水的存在、土壤结构、以及水分对岩土体的影响均可能对施工安全构成威胁。水文地质条件的变化会导致地基的不稳定，进而增加施工过程中的坍塌、滑坡等风险。因此，准确评估水文地质条件，并采取相应的预防措施，是保障钻探施工安全的关键。本文分析了水文地质条件对钻探安全的具体影响，并提出了应对策略，以确保勘探作业的顺利进行。通过对典型案例的分析，旨在为矿产勘查提供科学的安全保障依据。

【关键词】：矿产勘查；水文地质条件；钻探施工；安全风险；预防措施

DOI:10.12417/2705-0998.26.02.082

引言

矿产勘查是资源开采的重要环节，钻探施工是其关键步骤之一。在矿产资源勘探过程中，水文地质条件往往被忽视，但其对施工安全的影响却不容小觑。地下水的流动、岩土体的水分含量、以及土壤的承载力，都会直接或间接影响钻探工作的安全性。如果忽略水文地质的变化，可能会导致施工过程中发生意外事故，影响工程的顺利进行。因此，如何科学评估水文地质条件对钻探施工的影响，成为了确保勘探作业安全的一个重要课题。分析水文地质条件与钻探施工安全之间的关系，既能帮助预防潜在风险，也能为施工方案的优化提供理论依据。

1 水文地质条件概述与钻探施工安全的重要性

1.1 水文地质条件的定义与分类

水文地质条件是指地下水的分布、流动以及与岩土层之间相互作用的自然现象。它包括地下水的水文性质、补给方式、流动规律及水质特征等。根据水文地质环境的不同，可以将水文地质条件划分为岩溶水、承压水、自由水等类型，每种水文地质条件对地下结构和施工环境产生的影响各异。不同的水文地质条件不仅影响地基的稳定性，还直接影响钻探过程中的施工安全性。了解水文地质条件的分布与特征，能够有效预防和应对可能出现的施工风险，减少施工中的不确定因素。

1.2 水文地质对钻探施工的潜在影响

水文地质条件的变化对钻探施工的影响具有广泛性和复杂性。地下水的流动、含水层的压力变化会导致地面沉降、地基失稳等问题，从而直接威胁钻探施工安全^[1]。在含水层较为丰富的地区，水位的变化和水流的影响使得钻探作业面临更大的风险，可能导致钻探设备的损坏或施工事故的发生。地下水与地层的相互作用也可能导致孔壁坍塌或滑坡等现象，影响施工进度和安全。因此，对水文地质条件的准确分析与评估至关重要。

1.3 钻探施工安全的基本要求

钻探施工安全的基本要求包括对施工环境、设备、作业人员等多方面的保障措施。在水文地质条件复杂的区域，施工人

员必须在充分了解地下水情况的基础上进行合理的施工设计和操作。要做好地质勘察，详细了解地下水的分布和流动特性，以确保钻探过程中不会遭遇水涝、孔壁坍塌等问题。必须配备防水设备和防护措施，避免因水文地质条件异常导致事故。安全操作规程和应急处理机制必须到位，确保在出现突发情况时，能够及时采取有效措施，最大程度地减少事故发生的概率。

2 水文地质因素对钻探施工安全的具体影响

2.1 地下水流动对施工安全的影响

地下水流动对钻探施工的安全性有着直接而深刻的影响。地下水的流速、流向以及地下水位的变化会导致土壤的软化和地基的不稳定。在钻探施工过程中，尤其是在水流较为复杂的区域，地下水的持续流动可能引起孔壁的坍塌或滑坡现象。流动的水可能通过渗透作用改变土壤的结构强度，进而影响钻探设备的稳定性，增加了事故发生的风险。施工人员需要实时监测地下水的变化，及时采取排水、加固等措施，以确保钻探过程中的安全。

2.2 土壤湿度与岩土体稳定性

土壤湿度变化是影响岩土体稳定性的关键因素。高湿度区域的土壤在受到压力作用时容易发生液化或塌陷，这对于钻探施工安全构成严重威胁^[2]。在钻探过程中，土壤湿度的波动可能使地层的物理力学性质发生改变，导致原本稳定的岩土层变得松软或具有较低的承载力，增加了施工事故的风险。对于土壤湿度较高的区域，必须采取有效的加固技术，如地基注浆、抗渗处理等，以确保施工过程的顺利进行并降低施工风险。

2.3 水文地质条件对钻探设备的影响

在复杂的水文环境下，地下水的高渗透性可能导致钻探工具的磨损加剧，特别是在软土和松散砂层中，水流的存在会使钻探设备受到更大的冲击力。水文地质条件的变化可能会导致设备出现堵塞、卡滞或渗漏等问题，影响设备的正常运作。当水文地质条件不稳定时，施工单位需要加强设备的防护措施，确保钻探设备在长时间运行过程中不会因水文地质环境的变化而发生故障。

3 钻探施工安全风险评估方法

3.1 水文地质条件的评估方法

评估水文地质条件对钻探施工安全的影响需要从多个角度进行综合分析。通过对地质钻探样本的分析,可以了解土壤的渗透性、岩土的物理力学性质以及地下水的分布情况。采用水文地质勘测仪器,如水位计和渗透仪,对地下水位变化、流速和流向进行监测。地质剖面图的绘制有助于掌握地下水与土壤之间的相互作用,特别是在含水层和承压层之间的联系。结合地下水的动态数据,水文地质模型的建立能够准确评估水文地质条件对施工安全的潜在威胁。通过数值模拟技术,可以对不同水文地质情景下的钻探过程进行仿真预测,帮助施工单位提前做好风险预防工作。水文地质条件的准确评估,是确保施工过程顺利进行的基础。

3.2 风险评估模型的构建

构建钻探施工安全风险评估模型需要结合地质、水文、设备和施工人员等多个因素。基于水文地质数据,采用定量和定性分析相结合的方法,设计风险评估指标体系。风险评估模型应涵盖地基稳定性、地下水流动、施工设备的可靠性等多个维度,针对不同水文地质条件下的施工特点,设定合适的风险权重。地下水流动的速度和方向、土壤的湿度及其对钻探设备的影响等因素都应纳入模型中进行综合分析^[1]。运用模糊数学、概率论、灰色系统理论等方法,可以建立多层次、多角度的风险评估模型。通过对历史施工数据的回归分析,进一步优化模型,使其具有较强的预测能力。风险评估模型的构建,不仅能为钻探施工提供科学依据,还能为应急预案的制定提供数据支持。

3.3 风险评估结果的应用与实践

风险评估结果的应用与实践主要体现在施工方案的优化和风险管控措施的制定上。通过评估模型的输出结果,施工单位可以识别出可能影响安全的关键因素,采取相应的应对措施。当评估结果表明地下水位过高时,可以通过提前排水或加固基坑来降低风险;若模型显示土壤湿度过高,则需要采取技术手段提高土壤的承载力。风险评估结果还可以帮助施工单位合理安排施工进度,避免在风险较大的环境下进行关键性作业,确保施工人员的安全。通过与实时监测数据的对比,风险评估结果的准确性和可靠性可以得到进一步验证。在风险管控过程中,评估结果还可作为应急预案的重要参考,帮助施工单位在遭遇突发情况时,采取迅速且有效的应对措施,从而保障钻探施工的顺利进行。

4 水文地质条件下的施工安全预防措施

4.1 加强水文地质勘察与监测

水文地质勘察是钻探施工安全保障的前提,准确的勘察能够为后续施工提供科学依据。勘察工作应涵盖水文地质的全方

位调查,包括地下水的分布、流动规律、含水层的特性、地质剖面分析等多个方面。对区域内的水文地质条件进行全面勘察,不仅能掌握水文地质环境的现状,还能预测可能的变化趋势。为了保证勘察的准确性,需使用高精度的水文地质仪器设备,如水位计、渗透仪和地质雷达等,对地下水位变化和水流速度进行实时监测。这些数据能够帮助施工单位提前识别潜在风险,并对施工方案进行适时调整。在施工过程中,持续的水文地质监测至关重要,定期检查地下水变化情况、土壤湿度等参数,及时发现问题并进行处理,确保施工安全。通过建立动态监测系统,施工单位可以有效跟踪施工环境的变化,做到预防为主,减少因水文地质条件变化引发的事故。

4.2 施工过程中的水文地质调控

在实际施工过程中,水文地质条件的变化可能会对施工安全产生影响,因此必须对水文地质进行有效调控。在施工前,应根据水文地质勘察数据对潜在水文风险进行分析,预测地下水的流动方向和水位变化,并设计合理的排水系统。如果施工现场存在水文不稳定因素,可通过设置地下排水管道、开挖排水沟、使用水泵等手段,控制地下水的流动和水位波动,降低对地基和施工环境的影响^[4]。对于含水层较厚的区域,防止水土流失和水涝灾害尤为重要,这时需要采取注浆、固结等措施加固地基,防止施工过程中发生地基沉降或岩土体坍塌。施工过程中应加强对地下水流动和水位变化的实时监控,发现异常时立即采取临时性调控手段,确保施工进度不受影响,同时保障作业人员的安全。通过系统化的水文地质调控,可以有效降低水文地质对施工安全的负面影响,确保施工任务顺利进行。

4.3 钻探安全管理与技术保障

钻探施工安全管理体系应结合水文地质条件的特殊性,构建全面的安全保障体系。在管理方面,应设置专门的安全管理部门,制定详细的施工安全规程和应急预案,确保在面对突发水文地质问题时能够迅速响应。为了增强施工过程中的安全保障,施工人员需要经过专业培训,掌握水文地质相关知识,并了解各类水文地质异常情况的应对措施。技术保障也尤为重要,特别是在复杂水文环境下,钻探设备的选型和维护显得尤为关键。必须使用符合水文地质条件的专业设备,如防水钻机、防水泥浆设备等,以应对地下水流动可能带来的影响。为减少水文地质条件不稳定引发的设备故障,应加强钻探设备的日常检查与维护,确保其在整个施工过程中正常运转。施工过程中的安全措施应包括安装水位监测设备、地面沉降监测装置等,及时获取施工现场的动态信息,提前识别潜在风险。技术保障不仅体现在设备选型上,还应在施工技术的应用上体现,通过合理的施工方法和技术手段,如水文地质加固技术、抗渗处理技术等,提高施工的安全性和稳定性。

5 案例分析与经验总结

5.1 典型案例分析：水文地质条件对施工的影响

在某矿产勘查项目中，由于水文地质条件复杂，地下水位较高，导致施工过程中出现了地基不稳的问题。现场地下水渗透性强，水流向和水位波动较大，使得土壤的稳定性受到严重影响，最终导致钻探孔壁坍塌和设备卡滞。通过对项目的详细分析，发现当初对水文地质勘察的评估不够精准，未能及时预测到水位波动可能带来的风险。这一事件暴露出施工过程中对水文地质条件的忽视，且缺乏实时水文监控设备，导致无法及时调整施工方案。通过案例可见，水文地质条件的变化对施工的影响非常重大，及时评估和监控水文地质条件是确保钻探施工安全的关键。

5.2 施工安全问题的应对策略

面对水文地质条件带来的安全风险，施工单位应建立健全的安全应急管理体系。应加强现场水文地质数据的实时监控，利用先进的监测设备如水位计、渗透仪等，及时获取地下水的变化信息^[5]。若水位较高，需立即采取排水、注浆等技术手段，调整施工计划，避免出现土壤液化或地基沉降等安全问题。除此之外，施工单位还应为施工人员提供定期培训，使其熟悉水文地质条件变化对施工安全的影响及应对措施。对于风险较高

的区域，应增加安全防护设施，并准备应急救援装备，确保一旦出现异常情况，能够迅速处理，确保人员和设备的安全。

5.3 钻探施工安全的经验与教训

从多个钻探施工项目的经验中，及时准确的水文地质评估和持续监控已被证明是预防施工事故的关键。通过加强勘察，结合水文地质的动态变化，施工方案可以在不同阶段灵活调整，避免因环境变化导致的安全问题。反观一些项目的教训，缺乏系统的水文地质监控和预防措施，导致施工中频繁出现孔壁坍塌、水涝等问题，造成项目进度滞后甚至设备损坏。通过这些经验和教训可见，施工过程中的水文地质管控应得到高度重视，不仅要在初期进行全面评估，更需在施工全过程中实时监测和调控，避免由于水文地质因素的变化而影响施工安全。

6 结语

水文地质条件对钻探施工的安全影响深远且复杂，精确评估和有效应对水文地质因素是保障施工顺利进行的关键。通过对水文地质勘察与监测的加强、施工过程中的调控以及安全管理措施的优化，可以有效降低施工中的安全风险。实践证明，及时的风险评估与科学的应对策略能够显著提高施工安全性，减少事故发生。因此，进一步加强水文地质条件下的施工安全管理，推动技术创新，将为矿产勘查领域提供更加稳妥的保障。

参考文献：

- [1] 郝丹.矿产勘查中水文地质条件对资源储量评估的影响研究[J].中国地名,2025(8):0106-0108.
- [2] 陈涛,赵华宣,陈浩,张平,贾玉川,张承飞,王虎.瓮安大坪水文地质-矿产勘查深孔施工技术[J].西部探矿工程,2022,34(1):79-83.
- [3] 彭妍,赵洁,王浩震.水文地质在矿产资源勘查中的应用[J].中国地名,2025(4):0073-0075.
- [4] 魏钢毅,刘胜利.矿山地质勘查中水文地质对钻探设计影响[J].中国金属通报,2025(13):197-199.
- [5] 王文龙,孙云强,闫凯.复杂地质条件下矿产资源勘查策略[J].世界有色金属,2025(6):139-141.