

水文地质工程技术研究分析

王冬 赵文艺 薛燕荣

河北省煤田地质局第二地质队(河北省干热岩研究中心) 河北 邢台 054000

摘要:水文地质工程是研究地下水与岩土体相互作用的重要领域,关键技术包括地下水监测、水文地质勘察、地下水数值模拟及岩土体渗透特性测试。这些技术为水资源管理、地质灾害防治提供科学依据。当前,通过技术设备升级、技术集成创新、人才培养及质量控制体系完善等措施,不断优化水文地质工程技术,以提升工程效率与准确性,为水文地质领域的发展注入新活力。

关键词:水文地质;工程技术;措施

引言

水文地质工程作为地球科学的重要分支,对于保障水资源可持续利用、预防地质灾害具有至关重要的作用。随着科技的进步,地下水监测技术、水文地质勘察手段、地下水数值模拟方法及岩土体渗透特性测试技术不断革新,为水文地质工程提供了强有力的技术支撑。然而,面对日益复杂的水文地质条件,如何进一步优化这些关键技术,提高工程实施的科学性与有效性,成为当前研究的热点与难点。

1 水文地质工程概述

水文地质工程是地质学的一个重要分支,它涵盖了水文地质与工程地质两个紧密相关的领域。水文地质主要研究自然界中地下水的各种变化和运动现象,包括地下水的分布、形成规律、物理性质和化学成分等,它致力于地下水资源的合理利用,评估地下水对工程建设和矿山开采可能产生的不利影响,并提出相应的防治措施。在工程实践中,水文地质研究对于保障地下水资源可持续利用、预防地下水污染、以及减轻地下水引发的地质灾害具有重要意义。工程地质则侧重于查明各类工程场地或路线的地质条件,对场地或路线相关的各种地质问题进行综合评价,它分析、预测在工程建筑或荷载作用下,地质条件可能出现的变化和作用,从而为选择最优场地或路线、提出解决不良地质问题的工程措施提供科学依据。工程地质勘察是工程建设前不可或缺的一环,它直接关系到工程的安全、稳定和经济性,水文地质与工程地质在工程实践中往往相互依存、相互促进。水文地质研究为工程地质勘察提供了地下水的分布、水位变化等重要信息,有助于工程师更准确地评估工程场地的地质稳定性和水文地质条件,工程地质勘察结果也为地下水资源的合理开发利用和保护提供了重要参考。在水利工程、矿山开采、城市建设等领域,水文地质与

工程地质研究成果被广泛应用于工程规划、设计、施工及运营等各个阶段,为保障工程安全、提高工程效益发挥了重要作用。

2 水文地质工程的关键技术

2.1 地下水监测技术

地下水监测技术是水文地质工程领域用以精准掌握地下水动态变化的核心手段。通过一系列专业设备与科学方法,对地下水位、水质、水温以及流量等关键参数展开长期且系统的监测。其中,水位监测常借助压力传感器、浮子式水位计等设备,依据水位变化反映含水层的补给与排泄状况,例如在平原地区的大型农业灌溉区,水位监测可直观呈现因过量抽取地下水用于灌溉而引发的水位下降趋势,为水资源合理调配提供关键数据支撑。水质监测则涵盖化学分析、仪器检测等多种方法,分析地下水中各类离子成分、污染物含量等。在工业活动密集区域,监测地下水中重金属、有机污染物的浓度,能及时察觉因工业废水渗漏导致的地下水污染问题,评估污染范围与程度,以便制定针对性的修复治理方案。水温监测在温泉开发、地热能利用等项目中意义重大,精确测量地下水温有助于确定地热资源分布区域,评估其开发利用潜力。流量监测多应用于泉流量、地下水与地表水交换流量等测量,通过对流量数据的分析,明晰区域内地下水的循环路径与水力联系,为区域水资源综合管理提供详实依据。随着科技的不断进步,自动化、智能化监测设备正逐步取代传统人工监测方式,实现数据实时采集、传输与分析,大幅提高监测效率与数据准确性,为水文地质工程决策提供更为及时、可靠的信息^[1]。

2.2 水文地质勘察技术

水文地质勘察技术旨在全面了解区域水文地质条件,为各类工程建设提供基础资料,其包含多种勘察手

段,地质测绘通过对地表地质现象的详细观察与测量,绘制地质图件,分析地层岩性、地质构造等特征,初步判断地下水赋存条件。在山区进行水利工程勘察时,地质测绘可识别断层、褶皱等构造,推测地下水可能的运移通道与富集区域。物探方法如电法、电磁法、地震法等,利用不同地质体的物理性质差异,探测地下地质结构与含水层分布,例如在寻找隐伏岩溶发育区时,电法勘探能有效圈定岩溶发育范围,为后续钻探验证提供靶区。钻探是获取地下实物资料的关键手段,通过采取岩芯样本,直观观察地层结构、岩性变化,测定岩土体物理力学性质,同时可进行抽水试验、压水试验等水文地质试验,确定含水层的富水性、渗透系数等参数。在城市地铁建设前期勘察中,钻探结合试验能精准掌握沿线地下水水位、水量以及岩土体渗透特性,为工程防水、降水设计提供依据。水文地质勘察还会运用遥感技术,从宏观角度分析区域水文地质特征,识别水系分布、地下水溢出带等信息,辅助地面勘察工作。多种勘察技术相互配合、优势互补,能全面、准确地揭示区域水文地质条件,保障工程建设安全、顺利进行。

2.3 地下水数值模拟技术

地下水数值模拟技术是借助数学模型对地下水系统进行定量描述与预测分析的重要工具。该技术基于地下水动力学原理,将实际的地下水流动问题抽象为数学方程,通过离散化处理,利用计算机求解得到数值解,常见的数值模型如有限差分法、有限元法构建的地下水流模型,能够模拟不同边界条件下地下水位的时空变化。在区域水资源规划中,可模拟不同开采方案下地下水位的响应,预测未来水资源的可开采量,为制定合理的开采计划提供科学依据。水质模拟模型则着重分析地下水中污染物的迁移转化过程,考虑对流、弥散、吸附、降解等多种作用机制。在石油化工污染场地修复工程中,运用水质模拟模型可预测污染物在地下水中的扩散范围与浓度变化,评估修复措施的有效性,优化修复方案设计,还可将地下水流模型与地面水流模型耦合,模拟地表水与地下水的相互作用,在河口海岸地区的防潮堤建设、围填海工程等项目中,预测工程实施对区域水文地质环境的影响。随着计算机性能的提升与数值算法的优化,地下水数值模拟技术的精度与模拟复杂系统的能力不断增强,在水文地质工程的规划、设计、管理与环境影响评价等方面发挥着愈发重要的作用^[2]。

2.4 岩土体渗透特性测试技术

岩土体渗透特性测试技术对于准确评估地下水在岩土体中的运移规律至关重要。岩土体的渗透特性决定了

地下水的流动速度、方向以及与周边环境的相互作用方式,室内测试方法多样,常采用变水头渗透试验、常水头渗透试验测定岩土体的渗透系数。对于细粒土,变水头试验更为适用,通过测量水位随时间的变化,计算渗透系数,以此评估其对地下水渗流的阻碍程度。粗粒土则多采用常水头试验,在恒定水头差下测量单位时间内的渗流量,确定渗透系数,现场测试技术如抽水试验、注水试验,能更真实地反映岩土体在天然状态下的渗透特性。抽水试验通过从抽水井中抽取地下水,观测周围观测井的水位变化,运用相关理论公式计算含水层的渗透系数、导水系数等参数,可用于确定场地的富水性以及评估地下水开采对周边环境的影响。注水试验则适用于一些难以进行抽水试验的情况,如渗透性较差的岩土体,通过向钻孔中注水并观测水位变化,获取渗透参数,还有压水试验,主要用于测定岩体的透水性,在水利水电工程坝基岩体勘察中广泛应用,评估岩体的防渗性能,为工程防渗设计提供关键数据。准确测定岩土体渗透特性,对于水利工程防渗设计、地下水资源评价、环境地质灾害防治等水文地质工程实践具有不可或缺的意义。

3 优化水文地质工程关键技术的有效措施

3.1 技术设备升级与更新

(1)在水文地质工程中,先进的技术设备是精准获取数据的基础。例如,传统的水位测量仪器精度有限,而新型的电子水位计能将测量精度提升至毫米级,极大提高了水位数据的准确性。通过引入这类高精密度设备,可对地下水水位的细微变化进行实时监测,为分析地下水流场变化提供可靠依据。(2)除了精度提升,设备的自动化程度也至关重要。以水质采样设备为例,自动化水质采样器可按照设定的时间间隔自动采集水样,减少了人工采样的误差和劳动强度。其能在恶劣环境下持续工作,确保在暴雨、洪水等极端条件下也能获取准确的水质样本,为研究水质变化规律提供稳定的数据来源。(3)设备的兼容性和集成化趋势也不容忽视。如今,部分地质雷达设备不仅能探测地下地质结构,还可与全球定位系统(GPS)集成,实现对探测位置的精准定位,同时将数据实时传输至数据分析系统。这种集成化设备大大提高了工作效率,使水文地质工程作业更加高效、便捷,能在复杂的地质条件下快速完成勘察任务。

3.2 技术集成与创新

(1)技术集成是优化水文地质工程关键技术的重要途径。将地球物理勘探技术中的电阻率法与地质雷达法相结合,可发挥两者优势。电阻率法擅长探测地下不同

介质的电性差异,地质雷达则对浅层地质结构的分辨能力强。二者集成后,能更全面地了解地下地质构造,准确识别含水层位置及分布范围,为水文地质分析提供更详实的信息。(2)创新技术方法同样不可或缺。例如,在地下水数值模拟方面,引入人工智能算法,可提高模拟的准确性和效率。传统数值模拟方法在处理复杂边界条件时存在局限性,而人工智能算法能快速对大量数据进行分析和学习,优化模拟参数,使模拟结果更贴合实际水文地质情况,为水资源管理和工程决策提供更可靠的预测。(3)跨学科技术融合也是创新方向之一。把材料科学中的新型纳米材料应用于水文地质工程中的水质净化领域。纳米材料具有巨大的比表面积和特殊的物理化学性质,能高效吸附和去除水中的重金属离子和有机污染物,相较于传统净化材料,大大提升了水质净化效果,为解决日益严峻的水污染问题提供了新的技术手段^[3]。

3.3 人才培养与技术培训

(1)人才是推动水文地质工程技术发展的核心力量。培养具备扎实专业知识的人才,要求其不仅精通水文地质学、工程地质学等专业理论,还要掌握先进的勘察技术和数据分析方法。通过高校与企业联合培养模式,让学生在学习理论知识的同时,参与实际工程项目,积累实践经验,提升解决实际问题的能力。(2)针对在职人员的技术培训也至关重要。定期组织技术研讨会,邀请行业专家分享最新的技术成果和应用案例。例如,介绍新型岩土测试技术在实际工程中的应用,让技术人员了解新技术的原理、操作方法及优势,促使他们将新技术应用到日常工作中,提高工作质量和效率。(3)鼓励技术人员自主学习和探索创新。建立内部学习激励机制,对在技术创新方面有突出表现的人员给予奖励。支持技术人员参加国内外学术交流活动,拓宽视野,接触国际前沿技术。这样能激发技术创新热情,培养出一批既懂技术又具创新精神的专业人才队伍,为水文地质工程技术的持续发展提供人才保障。

3.4 质量控制与评估体系完善

(1)完善的质量控制体系是保证水文地质工程质量

的关键。在数据采集阶段,制定严格的数据采集标准和规范操作流程,规定采样点的布置原则、采样频率以及样品保存和运输要求等,确保采集到的数据具有代表性和准确性。对数据采集设备进行定期校准和维护,保证设备的正常运行,从源头上控制数据质量。(2)在工程实施过程中,建立全过程质量监控机制。对每一个施工环节进行质量检查,如地质钻探过程中的钻孔垂直度、岩芯采取率等指标的检查。对于不符合质量要求的环节,及时进行整改,避免质量问题的积累和扩大,加强对施工材料的质量把控,确保使用的材料符合工程设计要求。(3)构建科学合理的质量评估体系也不可或缺。运用多种评估方法,如定量评估与定性评估相结合。定量评估可通过计算工程的各项技术指标与设计标准的符合程度来衡量工程质量,而定性评估则从工程的整体效果、对周边环境的影响等方面进行综合评价。定期对工程质量进行全面评估,根据评估结果总结经验教训,不断完善质量控制与评估体系,从而持续提升水文地质工程的质量^[4]。

结语

综上所述,水文地质工程技术的优化与发展对于推动水资源管理、地质灾害防治等领域具有深远意义。通过技术设备的升级与更新、技术的集成与创新、人才培养与技术培训的加强,以及质量控制与评估体系的完善,水文地质工程技术的整体水平将得到显著提升。未来,应继续深化相关研究,不断探索新技术、新方法,为水文地质工程的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]喻捷.水文地质在隧道工程勘察中的技术研究[J].砖瓦,2020(4):72.
- [2]林晨.水文地质岩土工程勘察设计及施工实践研究[J].工程技术研究,2024,9(5):185-187.
- [3]吴文燕.水文工程和环境地质勘查技术流程研究[J].建筑工程技术与设计,2020(35):3850.
- [4]董浩,殷淑翠,谢飞.水文地质勘查技术在岩土工程中的应用[J].中国金属通报,2023(3):192-194.