

新形势下水工环地质勘察技术及其应用分析

王 亮¹ 董田霖¹ 王晓辉²

1. 青岛地矿岩土工程有限公司 山东 青岛 266100

2. 山东省地质矿产勘查开发局第七地质大队 山东 临沂 276002

摘 要：随着社会发展，水工环地质勘察在环保与建设中作用凸显。新形势下，该技术需满足可持续发展要求，减少环境破坏。主要技术包括瞬变电磁法、地质雷达物探、RTK定位、RS遥感及钻探、地震勘探等，它们在确保精度同时，各有适用场景。这些技术的应用提升了勘察效率与质量，为水资源利用、矿山安全、环境保护提供了坚实基础，推动水工环地质勘察向更高效、环保方向发展。

关键词：新形势；水工环地质勘察技术；应用

引言：在新形势下，水工环地质勘察技术作为支撑国家建设和环境保护的关键领域，正面临前所未有的挑战与机遇。随着科技的飞速发展，传统勘察手段已难以满足日益增长的精确性与效率需求。本文旨在探讨现代水工环地质勘察技术的最新进展，分析其在资源勘探、环境保护及工程建设中的实际应用，以期为推动该领域的技术创新与可持续发展提供参考。

1 水工环地质勘察技术概述

1.1 水工环地质勘察的定义与对象

（1）定义与基本概念。水工环地质勘察，即水文地质、工程地质与环境地质勘察的总称，是对自然环境、工程建设及地下水资源进行综合探测与分析的科学活动。它旨在全面了解和评估目标区域的地质条件、地下水特征、工程适宜性及地质环境对人类活动的影响，为合理规划、工程建设和环境保护提供科学依据。（2）勘察对象。水工环地质勘察的主要对象包括：水文地质，研究地下水的分布、形成规律、物理化学性质及合理利用；工程地质，研究地质灾害、岩体稳定性、地震等，为工程选址、设计提供地质依据；环境地质，探讨人类活动与地质环境间的相互作用，评估地质环境变化对人类社会的可能影响。

1.2 勘察技术的分类与特点

（1）传统勘察技术与现代技术的对比。传统水工环地质勘察技术多采用手工操作、地表观测等方法，工作效率较低且精度有限。而现代技术则依托先进的仪器设备，如GPS定位系统、瞬变电磁法（TEM）、地质雷达（GPR）、电法勘探等，实现了高效、精确的地下结构探测与环境监测。（2）多种技术融合的特点。现代水工环地质勘察强调多种技术的融合应用。GPS技术用于精确定位，GPR技术能够穿透地表进行地下结构探测，TEM技

术适用于深层地质结构分析，而电法勘探则能揭示地下水的分布及水质信息。这些技术的综合运用，不仅提高了勘察的精度和效率，还增强了数据的全面性和可靠性。

1.3 勘察流程与关键步骤

（1）勘察前的准备与规划。勘察前需明确勘察目的、范围和方法，收集并分析区域地质资料，制定详细的勘察计划。这包括确定勘察点的位置、布设勘察剖面、选择勘察设备等。（2）勘察实施与数据采集。按照勘察计划进行现场实施，采用相应的技术进行数据采集。这一过程需确保数据的真实性、完整性和准确性，为后续分析提供可靠基础。（3）数据处理与分析。将采集到的数据进行整理、分类和校核，运用专业软件进行数据分析，提取有价值的信息，形成勘察成果报告。这一过程需注重数据的科学性、客观性和实用性。

2 新形势下水工环地质勘察技术应用

2.1 GPS定位技术的应用

（1）GPS技术的基本原理与特点。GPS技术的全称为全球定位系统，由用户部分、空间部分和地面监控部分组成。其基本原理是利用卫星导航定位系统，通过地面接收机接收来自至少三颗卫星的信号，根据信号传播时间计算出接收机的位置。GPS技术具有高精度、全天候、连续性和全球性的特点，能够提供三维坐标和时间信息。（2）在水工环地质勘察中的应用实例与效果。在水工环地质勘察中，GPS技术常用于确定勘察点的精确位置，以及监测地质构造的微小变化。例如，在大型水库大坝的安全监测中，GPS技术可以精确测量大坝的位移和沉降，为评估大坝稳定性提供关键数据。此外，GPS技术还可以用于建立地质勘察控制网，为后续的勘察工作提供准确的基准^[1]。（3）数据处理与空间分析。GPS技术获得的数据需要经过预处理、平差计算和坐标转换等步

骤,以获得精确的勘察点位置。同时,结合GIS(地理信息系统)进行空间分析,可以进一步揭示地质构造的空间分布规律,为地质勘察提供科学依据。

2.2 地质雷达(GPR)技术的应用

(1) GPR技术的基本原理与工作方式。地质雷达(GPR)技术是通过向地下发射高频电磁波,并接收反射回来的信号来探测地下结构的技术。其基本原理是利用电磁波在不同介质中传播速度的差异,以及遇到不同界面时发生的反射和散射现象,来推断地下的地质结构。(2)在地下水工环地质勘察中的优势。GPR技术在地下水工环地质勘察中具有高分辨率、无损伤和无侵入性的特点。它能够快速、准确地探测到地下水位、地下暗河、岩溶洞穴等地质现象,为水文地质勘察提供重要信息。此外,GPR技术还可以用于探测地下管道的分布和埋深,为城市规划和建设提供有力支持。(3)实际操作中的注意事项与数据处理方法。在使用GPR技术进行勘察时,需要注意选择合适的发射频率和天线类型,以及确保测量环境的稳定性。数据处理方面,需要对采集到的雷达信号进行滤波、去噪和增强处理,以提高信号的信噪比和分辨率。然后,通过解释雷达图像上的反射信号,可以推断出地下的地质结构和介质分布。

2.3 电法技术的应用

(1) 高密度电法与激化法的分类与特点。电法技术在水工环地质勘察中应用广泛,主要包括高密度电法和激化法。高密度电法是通过设置高密度观测点进行电阻率测量,具有测量误差小、速度快和智能全自动化的特点。激化法则是利用岩石或矿石的激发极化效应进行勘探,常用于寻找金属矿产和水资源^[2]。(2)在矿产、水资源勘察中的应用。高密度电法常用于探测地下水位、地质灾害和地质构造等,而激化法则在金属矿产勘探中具有显著优势。例如,在铜矿、铁矿等金属矿产的勘探中,激化法可以根据岩体的激发极化效应来判断矿产的存在与否。在水资源勘察中,高密度电法可以精确测量地下水的分布和储量,为水资源的开发和利用提供科学依据。(3)勘察数据处理与结果解释。电法技术获得的数据需要经过预处理、反演计算和结果解释等步骤。预处理阶段主要是对原始数据进行滤波、去噪和平滑处理;反演计算则是根据预处理后的数据推算地下的电阻率分布;结果解释则是结合地质背景和勘察目的对反演结果进行合理解释和分析。

2.4 其他先进技术的应用

(1) TEM技术的分辨率与放大倍数优势。瞬变电磁法(TEM)是一种利用电磁波在地下介质中的传播和衰

减特性进行勘探的方法。它具有高分辨率和高放大倍数的优势,能够精确探测到地下的导电异常体,如矿产资源、地下水等。TEM技术的分辨率高,能够清晰地描绘出地下地质体的形态和分布特征;放大倍数大,使得微弱的地质信号也能被有效捕捉和分析。这使得TEM技术在地下水探测、矿产资源勘探等领域具有广泛的应用前景。(2) RS遥感技术在环境监测与灾害防治中的应用。遥感技术(RS)是一种利用卫星、飞机等遥感平台搭载的传感器对地球表面进行远距离观测的技术。在水工环地质勘察中,RS技术被广泛应用于环境监测和灾害防治领域。通过获取地表覆盖、植被生长、水体污染等信息的遥感图像,可以对生态环境进行实时监测和评估。同时,结合GIS技术进行空间分析和灾害风险评估,可以为灾害预警、应急响应和灾后恢复提供科学依据和决策支持^[3]。RS技术在环境监测与灾害防治中的应用,不仅提高了勘察的精度和效率,还为保护生态环境、减少灾害损失做出了重要贡献。

3 水工环地质勘察技术的应用案例分析

3.1 案例分析一:某城市地下水工环地质勘察

3.1.1 勘察背景与目的

随着某城市人口增长与工业化进程加速,地下水超采问题日益严重,导致地面沉降、水质污染等环境地质问题频发。本次勘察旨在查明区域水文地质条件、地下水动态特征及环境地质风险,为城市地下水资源合理开发、灾害防治及土地利用规划提供科学依据。

3.1.2 勘察技术与实施过程

项目综合运用遥感解译、GIS空间分析、地质雷达探测和钻探取样等技术。具体实施步骤包括:前期数据整合:收集历史水文气象数据、地质图件及既有工程资料;现场调查与物探:采用高密度电阻率法圈定地下水富集区,利用地质雷达探测隐伏断裂带;钻探与监测:布设30个监测井,开展长期地下水位、水质动态监测,并通过岩芯取样分析含水层结构;数值模拟:建立地下水三维流动模型,预测不同开采情景下的水位变化趋势。

3.1.3 勘察结果与数据分析

结果显示,研究区存在3个主要含水层,其中中层承压水因超采已形成区域性降落漏斗,年沉降速率达5-8mm。水质分析表明,工业区周边地下水受重金属污染严重,超标率达35%。模型预测表明,若不控制开采量,未来10年地面沉降范围将扩大20%。

3.1.4 对城市建设的意义与影响

该成果直接指导了城市地下水禁采区划定与水源地保护区调整,推动海绵城市设计中雨水回灌工程的实

施。同时,为地铁线路规划避开沉降高风险区提供了依据,降低基础设施运维成本约1.2亿元。

3.2 案例分析二:某矿山资源水工环地质勘察

3.2.1 勘察背景与矿山资源特点

某大型金属矿山因多年露天开采,面临边坡失稳、酸性矿井水污染等问题。矿区地质构造复杂,含矿带受断层切割呈破碎状分布,水文地质单元具有显著非均质性。

3.2.2 勘察技术与数据采集方法

采用“空-天-地”一体化技术体系:航空磁法勘探:识别深部隐伏矿体走向;三维激光扫描:建立高精度采空区模型,计算边坡稳定性系数;水文监测网络:布设50个自动监测点,实时获取地下水位、pH值及重金属离子浓度;岩土力学试验:对200组样本开展渗透系数、抗剪强度测试。

3.2.3 资源分布规律与勘察结果

数据表明,主矿体呈NW向展布,深部存在厚度达80m的富矿带。水文分析发现,断层导水带与采空区贯通,导致矿井涌水量达5000m³/d,且pH值低至2.5,对周边土壤造成严重酸化。

3.2.4 对矿山资源开发与环境保护的启示

基于勘察结果,企业优化了开采方案:采用帷幕注浆技术封堵导水断层,减少矿井涌水量40%;建立中和沉淀池处理酸性废水,回用率达70%;划定生态修复优先区,种植耐酸植被恢复地表生态。

4 水工环地质勘察技术面临的挑战与对策

4.1 技术挑战

(1)复杂地质条件下的勘察难度。复杂地质条件,如断裂带、岩溶发育区、深厚覆盖层等,给水工环地质勘察带来了极大的挑战。这些区域的地质结构复杂多变,地下水动态变化大,使得勘察工作难以准确获取地质信息。此外,复杂地质条件还可能导致勘察设备损坏、人员安全风险增加等问题。(2)数据采集与处理中的技术问题。在水工环地质勘察中,数据采集与处理是关键环节。然而,由于地质环境的复杂性和不确定性,数据采集过程中可能受到多种干扰因素的影响,如电磁干扰、噪声污染等,导致数据质量下降。同时,数据处理技术也面临着挑战,如何高效、准确地从海量数据中提取有价值的信息,是勘察技术人员需要解决的重要问题。

4.2 对策与建议

(1)加强技术研发与创新,提高勘察精度与效率。面对复杂地质条件和数据采集与处理中的技术问题,应加强技术研发与创新。通过引入新技术、新设备,如高精度GPS定位技术、三维地质建模技术、大数据分析技术等,提高勘察精度和效率。同时,开展针对性的技术攻关,解决复杂地质条件下的勘察难题,提升数据采集和处理能力。(2)完善勘察规范与标准,确保勘察质量与安全。为确保水工环地质勘察的质量与安全,应完善勘察规范与标准。制定科学合理的勘察流程和方法,明确数据采集、处理、解释等环节的技术要求和质量控制标准。同时,加强勘察过程中的安全管理和风险控制,确保人员和设备的安全^[4]。(3)培养专业人才,提升勘察队伍整体素质。人才是水工环地质勘察事业发展的基础。应加强专业人才的培养和引进,提高勘察队伍的整体素质。通过举办培训班、研讨会等活动,提升勘察人员的专业技能和业务水平。同时,鼓励勘察人员积极学习新技术、新方法,不断更新知识结构,提高创新能力。此外,还应建立健全的人才激励机制,吸引和留住优秀人才,为水工环地质勘察事业的发展提供有力的人才保障。

结束语

综上所述,新形势下水工环地质勘察技术的不断创新与应用,为地质资源的科学开发与环境保护提供了强有力的技术支撑。面对未来,我们应持续优化技术体系,加强跨学科融合,提升勘察效率与精度。同时,注重人才培养与国际合作,共同应对复杂地质挑战,促进水工环地质勘察技术的可持续发展,为构建人与自然和谐共生的美好家园贡献力量。

参考文献

- [1]王美丽.水工环地质勘察及遥感技术在地质工作中的应用[J].中国金属通报,2022,(2):14-15.
- [2]张志远.新形势下水工环地质勘察技术及其应用分析[J].西部探矿工程,2021,(06):60-61.
- [3]李宁.水工环地质勘察及遥感技术在地质工作中的应用[J].中国资源综合利用,2021,(03):29-30.
- [4]孙迪.水工环地质勘察及遥感技术在地质工作中的应用[J].华北自然资源,2021,(04):36-37.