

水利水电工程地质勘测方法与技术分析

章润程 叶 宸

绍兴市上虞水利建设集团有限公司 浙江 绍兴 312000

摘 要：水利水电工程作为支撑国家能源供应与水资源合理调配的关键基础设施，对经济发展和社会稳定意义重大。本文围绕水利水电工程地质勘测展开，阐述其方法与技术。先概述工程地质勘测的重要性。详细介绍勘测方法，包括工程地质测绘、勘探、原位测试及室内试验；勘测技术涵盖全球定位技术（GPS）、地理信息系统技术（GIS）、遥感技术（RS）以及3S集成技术。并分析其发展趋势，如智能化与自动化、多技术融合、三维可视化与虚拟现实以及大数据与云计算的应用，旨在为水利水电工程地质勘测提供全面参考。

关键词：水利水电；工程地质；勘测方法；技术分析

引言：水利水电工程作为国家基础设施建设的关键部分，其地质条件对工程的稳定性、安全性及长久运行起着决定性作用。精准的地质勘测是确保工程顺利实施与安全运营的前提。随着科技不断进步，新的地质勘测方法与技术层出不穷。本文深入剖析水利水电工程地质勘测现有的方法与技术，并展望其未来发展趋势，以期为水利水电工程的规划、设计、施工及运营管理提供有力的地质依据，推动行业的高质量发展。

1 水利水电工程地质勘测概述

水利水电工程地质勘测，是一项针对水利水电工程建设区域开展的综合性地质调查工作。其目的在于全面、准确地掌握工程场地的地质条件，包括地层岩性、地质构造、水文地质条件、物理地质现象等关键要素。在水利水电工程中，地质条件直接关系到工程的安全性、稳定性与耐久性。例如，大坝坝基的地质情况若未勘测清楚，可能导致坝体渗漏、滑坡甚至溃坝等严重事故；引水隧洞的地质状况不明，会给施工带来诸如涌水、坍塌等难题，延误工期且增加成本。通过地质勘测，能够为工程规划、设计、施工提供可靠的地质依据，使工程方案更科学合理。随着水利水电工程朝着高坝、大库、长隧洞等方向发展，地质条件愈发复杂，对地质勘测的要求也越来越高。先进的勘测方法与技术不断涌现，以满足日益增长的工程需求，助力水利水电工程建设的高质量发展^[1]。

2 水利水电工程地质勘测方法

2.1 工程地质测绘

工程地质测绘是水利水电工程地质勘测的基础方法。它通过野外实地调查，利用地质罗盘、经纬仪等工具，对工程区域的地形地貌、地层岩性、地质构造等进行详细观察与记录。在大坝选址阶段，测绘人员可识别

出褶皱、断层等构造，判断其对坝体稳定性的影响；分析地形地貌特征，评估水库的渗漏可能性。此方法能直观获取大面积地质信息，为后续勘探工作提供宏观指导，初步圈定可能存在地质问题的区域，具有全面性和宏观性优势。

2.2 勘探

2.2.1 钻探

钻探是利用专门的钻探设备，向地下钻孔以获取岩芯样本的方法。在水利水电工程中，可用于确定不同地层的深度、厚度及岩性变化。如在坝基勘探时，通过钻探获取岩芯，分析岩石的物理力学性质，判断其承载能力。钻探能获取深部地层的直接资料，精度较高，为工程设计提供关键参数，是了解深部地质构造不可或缺的手段，但成本相对较高，且钻孔数量有限，存在一定局限性。

2.2.2 坑探

坑探是在地表挖掘探坑、探槽等进行地质勘查。常见的有探槽，用于揭露浅层地质构造，了解地层分界线、断层破碎带等；竖井则可深入地下一定深度，直接观察地质现象。在水利水电工程中，对于靠近地表的地质问题，如边坡稳定性调查，坑探能提供直观的地质信息，便于现场分析。它能获取直观、准确的地质资料，但受限于施工条件，工作量大，一般适用于浅层地质勘探。

2.2.3 物探

物探是基于不同地质体的物理性质差异，如导电性、密度、弹性波传播速度等，采用地球物理方法探测地下地质结构。在水利水电工程中，地震勘探可确定基岩面深度、地层结构；电法勘探能探测地下水分布、岩溶发育情况。物探具有快速、高效、大面积覆盖的特点，可初步圈定异常区域，为钻探等其他勘探方法提供

目标,但物探结果解释具有多解性,需结合其他方法综合分析。

2.3 原位测试

2.3.1 静力触探试验

静力触探试验是将圆锥形的探头以匀速压入土中,通过测定探头所受的贯入阻力,来确定土的物理力学性质。操作时,借助机械或液压装置将探头压入土层,仪器自动记录贯入阻力随深度的变化。在水利水电工程中,常用于软土地基勘察,可快速划分土层、估算地基承载力和土的压缩模量。其优点是测试连续、快速,数据可靠;缺点是对碎石类土等粗颗粒土适应性差。

2.3.2 动力触探试验

动力触探试验利用一定质量的重锤,以一定高度自由落下,将探头打入土中,根据打入土中的难易程度(贯入度)来判断土的性质。例如常见的轻型、重型和超重型动力触探。在水利水电工程中,适用于各类土,尤其是砂土、碎石土等。可用于确定地基土的密实度、均匀性,估算地基承载力。该方法设备简单、操作方便,但试验结果受人为主观因素和设备影响较大,且无法对土进行直接观察和取样。

2.3.3 标准贯入试验

标准贯入试验是用质量为63.5kg的穿心锤,以76cm的落距自由落下,将标准规格的贯入器打入土中30cm,记录贯入所需的锤击数。通过锤击数判断土的性质,如砂土的密实度、粘性土的稠度等。在水利水电工程中,广泛应用于地基勘察,可评估地基土的承载能力、变形特性,确定地基处理方案。该试验方法简单、应用广泛,但对于极软或极硬的土,测试结果可能存在偏差。

2.3.4 十字板剪切试验

十字板剪切试验是将十字板头插入土中,通过扭转装置对其施加扭矩,使十字板在土中旋转,直至土体破坏,从而测定土的抗剪强度。主要用于测定饱和软粘土的不排水抗剪强度。在水利水电工程的软土地基、堤坝等项目中,对于评估土体的稳定性意义重大。它能在现场原位测定软粘土抗剪强度,避免土样扰动影响,但只适用于软粘土,对其他类型土适用性有限。

2.4 室内试验

2.4.1 物理性质试验

物理性质试验主要测定岩土的基本物理指标。比如,测定土的含水率,是将土样烘干前后的质量差进行计算,以此反映土中含水量情况,这对于判断土体的状态和工程性质十分关键。密度试验则通过特定方法测量岩土单位体积的质量,可辅助评估土体的密实程度。颗

粒分析试验,采用筛分法、比重计法等,确定土颗粒的大小分布,从而划分土类别。这些物理性质指标是了解岩土体基本特性的基础,为后续工程分析提供原始数据。在水利水电工程中,用于初步判断地基土的适用性,如含水率过高的土可能不适合直接作为基础持力层。

2.4.2 力学性质试验

力学性质试验用于测定岩土体抵抗外力作用的能力。压缩试验,通过对土样施加垂直压力,测量其在不同压力下的压缩变形,进而得到压缩系数、压缩模量等参数,以评估土体的压缩性和变形特性,这对于预测地基沉降量至关重要。剪切试验,如直剪试验、三轴剪切试验,测定土的抗剪强度指标,为分析土体稳定性提供依据,在大坝坝基、边坡稳定性分析中应用广泛。岩石力学试验则包括单轴抗压强度试验、抗拉强度试验等,确定岩石的强度参数,判断岩石的承载能力,对水工建筑物基础设计意义重大。

2.4.3 化学性质试验

化学性质试验主要分析岩土体的化学成分及化学特性。酸碱度(pH值)测试,了解岩土的酸碱性,判断其对工程材料是否存在腐蚀性,如酸性较强的岩土可能对混凝土结构产生侵蚀。易溶盐含量测定,检测岩土中各种易溶盐的含量,避免因盐胀等现象影响工程质量。有机质含量分析,确定土中有机质的含量,因为有机质含量过高会降低土体的工程性能^[2]。在水利水电工程中,化学性质试验可帮助选择合适的建筑材料和防护措施,确保工程的耐久性。

3 水利水电工程地质勘测技术

3.1 全球定位技术(GPS)

GPS是一种基于卫星导航系统的定位技术。其原理是通过接收多颗卫星发射的信号,利用三角测量原理计算出地面接收设备的三维坐标。在水利水电工程地质勘测中,GPS用于精确确定勘测点的地理位置,无论是在偏远山区进行地形测绘,还是在复杂水域确定水工建筑物的位置,都能快速、准确地获取坐标信息。比如在大坝选址勘测时,利用GPS可精确定位不同地质特征点,为后续工程设计提供精准的地理坐标依据。它的优势在于定位精度高、速度快,不受地形和通视条件限制,能在恶劣环境下作业,极大提高了地质勘测的效率和准确性。

3.2 地理信息系统技术(GIS)

GIS是一种对地理空间数据进行采集、存储、管理、分析和可视化的计算机系统。在水利水电工程地质勘测中,它可整合地质、地形、水文等多源数据,构建三维地质模型。通过对模型分析,能直观了解地质构造分

布、地层变化情况，辅助工程选址和方案设计。例如在水库规划时，利用GIS分析地形和地质数据，评估不同区域的库容、渗漏风险等，优化水库选址和设计方案。GIS的强大之处在于其强大的空间分析能力，能对海量数据进行综合处理，为工程决策提供科学依据，同时还能实现数据的动态更新和可视化展示。

3.3 遥感技术（RS）

RS是通过非接触的传感器获取目标物电磁波信息，进而分析其特征的技术。在水利水电工程地质勘测中，利用卫星或航空遥感影像，可宏观了解工程区域的地形地貌、地质构造、植被覆盖以及水体分布等情况。比如通过分析遥感影像，识别出隐伏断层、滑坡体等地质现象，为后续详细勘探提供方向。在大型水利水电工程前期规划中，遥感技术能快速获取大面积区域的地质信息，大大缩短勘测周期，降低成本。其优势在于大面积同步观测、时效性强，能获取地面难以到达区域的信息，且数据获取方便、更新快。

3.4 地理信息技术（3S集成技术）

3S集成技术是将GPS、GIS和RS三种技术有机结合。在水利水电工程地质勘测中，GPS负责提供精确的定位信息，RS获取大面积的地质影像数据，GIS则对这些数据进行整合、分析和处理。例如在大型水利枢纽工程建设中，利用RS进行大范围的地质初勘，确定可能存在地质问题的区域；再用GPS对关键地质点进行精确定位；最后将数据导入GIS进行综合分析，建立三维地质模型，模拟不同工况下工程区域的地质变化，为工程设计、施工和运营管理提供全面、准确的地质信息，实现对水利水电工程地质条件的全方位、动态监测与分析。

4 水利水电工程地质勘测方法与技术的发展趋势

4.1 智能化与自动化

在人工智能与自动化浪潮下，水利水电工程地质勘测智能化、自动化进程加快。智能监测系统搭载各类传感器，可24小时不间断监测地质体变形、地下水位变化等关键参数，一旦数据异常便能即刻预警。自动化的采样设备，能够依据预设程序在复杂地形精准采集样本，规避人工操作风险。智能分析软件还能对海量勘测数据快速处理，自动生成专业分析报告，减少人为误差。这些智能化、自动化技术的应用，大幅提升勘测效率与数据精度，为工程建设提供坚实的数据保障。

4.2 多技术融合

单一勘测技术存在局限性，难以应对复杂地质条

件，多技术融合应运而生。如将地震勘探与高密度电法融合，前者擅长探测深部地质结构，后者对浅层地质特征敏感，两者结合，可全面了解不同深度地质情况。同时，物联网与传统地质勘测技术的融合，实现设备间数据实时共享与协同作业，进一步提升勘测效率与精度。多技术融合打破技术壁垒，充分发挥各技术优势，为水利水电工程地质勘测提供更全面、准确的地质信息，助力工程决策。

4.3 三维可视化与虚拟现实

传统二维图纸难以呈现复杂地质全貌，三维可视化与虚拟现实技术有效解决这一难题。通过构建三维地质模型，地层、构造、水文等信息以立体形式直观呈现，便于工程人员全方位观察分析。虚拟现实技术更是让使用者“置身”地质现场，沉浸式体验地质环境，能在虚拟场景中模拟不同施工方案，提前预判可能出现的地质问题，优化工程设计。这些技术为工程设计、施工和管理提供直观、高效的决策支持，显著降低工程风险。

4.4 大数据与云计算

水利水电工程地质勘测数据量大且复杂，大数据与云计算技术成为处理这些数据的有力工具。大数据技术可对不同来源、格式的数据进行清洗、整合与挖掘，从中提取有价值信息，例如分析历史数据预测地质灾害发生概率。云计算凭借强大的计算能力，快速处理海量数据，实现复杂地质模型的高效运算与模拟。借助这些技术，可对工程区域地质条件进行全生命周期动态监测与评估，为工程安全稳定运行提供可靠的数据支撑^[3]。

结束语

综上所述，水利水电工程地质勘测方法与技术的革新与进步，为整个工程领域带来了前所未有的变革。智能化、自动化解放人力，提升效率精度；多技术融合攻克复杂地质难题；三维可视化与虚拟现实助力精准决策；大数据与云计算实现动态监测评估。这些成果筑牢了水利水电工程安全基石。

参考文献

- [1]陈生谕.水利水电工程地质勘测方法与技术应用分析[J].农业科技与信息,2023(11):96-97.
- [2]孙正英.刍议水利水电工程地质勘测方法和技术应用[J].江西建材,2023(13):126+131.
- [3]贾真.水利水电工程地质勘测方法与技术应用[J].吉林农业,2023(11):181-182.