

试析水利水电工程勘测技术

张亚波

洛阳水利勘测设计有限责任公司 河南 洛阳 471000

摘要: 水利水电工程勘测是保障工程科学规划、合理设计与安全施工的关键环节,对工程质量、安全及经济效益有着决定性影响。地形测量、地质勘察、水文勘测及工程物探等技术作为勘测工作的核心手段,各有侧重且相互补充,为工程设计提供精准数据支撑。随着科技发展,勘测技术正朝着智能化、多技术融合、三维可视化及绿色环保方向演进,不断提升勘测效率与精度,推动水利水电工程建设迈向更高水平。

关键词: 水利水电工程;勘测技术;发展趋势

引言

水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,对能源供应、防洪减灾及水资源综合利用意义重大。工程勘测作为项目建设的前期基础工作,直接关系到工程的可行性与可靠性。从地形地貌的精准测绘,到地质结构的深入剖析,再到水文信息的全面掌握,每项勘测工作都需依赖先进技术手段。本文深入分析水利水电工程勘测技术要点,探讨其未来发展趋势,旨在为行业技术革新与工程建设提供理论参考。

1 水利水电工程勘测的重要性

水利水电工程作为水资源开发利用的核心基础设施,其勘测工作是整个工程建设的关键先导环节,深度影响工程全生命周期的安全、效益与可持续性。通过对工程区域地形地貌、地质构造、水文气象等要素的全面探测与分析,为后续设计、施工提供不可或缺的基础数据,精准把握工程建设的可行性与潜在风险。地形测绘通过高精度测量技术获取工程区域的三维地形信息,构建详细的地形模型,清晰呈现山地、河谷、平原等地形特征。基于此,能够合理规划坝址、输水线路、厂房位置,确保工程布局契合地形条件,有效降低施工难度与成本。地质勘察则深入探究地层岩性、地质构造、不良地质现象,查明岩石强度、土体稳定性、地下水分布等关键地质参数。这不仅关系到水工建筑物基础选型与设计,还直接影响工程抗灾能力,避免因地质问题引发坝基渗漏、边坡失稳等重大安全隐患。水文勘测聚焦流域降水、径流、泥沙等水文要素,通过长期监测与数据分析,准确推求设计洪水、枯水流量等水文特征值。这些数据是水利水电工程规模确定、防洪标准制定的核心依据,关乎工程调蓄能力与防洪减灾功能的发挥。气象条件的监测与分析同样关键,极端天气事件如暴雨、大风、冰冻等,可能对工程施工进度、设备运行及建筑物

安全构成威胁,掌握气象规律有助于制定科学合理的施工计划与防护措施。生态环境勘测通过调查工程区域动植物资源、生态系统结构与功能,评估工程建设对生态环境的潜在影响。为生态保护与修复方案的制定提供支撑,促进工程建设与生态保护协调发展,实现水利水电工程经济效益与生态效益的平衡。水利水电工程勘测凭借多学科技术融合,从多维度为工程建筑筑牢根基,是保障工程顺利实施与长期稳定运行的重要技术支撑。

2 水利水电工程勘测技术要点

2.1 地形测量技术

地形测量作为水利水电工程勘测的基石,其核心任务是精确捕捉工程区域的地形地貌信息,进而绘制出高精度地形图,为后续工程设计与施工提供不可或缺的基础数据。在过去,全站仪、水准仪等传统测量设备是地形测量的主要工具,测量人员需采用人工测量的方式进行数据采集。这种方法虽然能够保证较高的测量精度,但存在明显弊端,不仅作业效率低下,而且在山地、丛林等复杂地形条件下,测量工作的开展会受到极大限制。随着科技的飞速发展,无人机航测技术和卫星遥感技术逐渐崭露头角,成为地形测量领域的主流手段。无人机航测凭借其出色的灵活性、较低的成本以及快速的数据获取能力,在水利水电工程地形测量中发挥着重要作用。它能够快速覆盖大面积区域,获取高精度的地形数据,尤其适用于地形复杂、交通不便的区域。例如,在某山区水利工程的地形测量中,无人机航测仅用数天时间便完成了传统测量方式需数月才能完成的工作,且数据精度满足工程要求。卫星遥感技术则以宏观视角为切入点,能够获取大范围的地形信息,为工程规划提供宏观地形参考。二者相辅相成,无人机航测专注于局部高精度测量,卫星遥感技术把控整体地形格局,共同实现对工程区域地形的全面、高效测量^[1]。

2.2 地质勘察技术

地质勘察在水利水电工程中扮演着至关重要的角色,它是深入了解工程区域地质条件的关键技术,旨在全面查明地层结构、岩土特性、地质构造等信息,为工程基础设计和施工筑牢数据根基。钻探作为地质勘察中最常用的方法之一,通过钻孔取样获取岩芯样本,随后将样本送至实验室进行详细的试验分析,从而精准确定岩土的物理力学性质。以某大型水电站的地质勘察为例,通过钻探获取的岩芯样本分析,为大坝基础设计提供了关键的岩土参数。物探技术,包括地震勘探、电法勘探等,利用地球物理场的变化,以非侵入的方式间接探测地下地质结构和地质异常体。这种技术具有效率高、成本低等特点,能够在大面积范围内快速查明地质构造和地层分布情况。例如,在某水利工程的前期勘察中,电法勘探快速定位了地下的断层构造,为工程设计规避地质风险提供了重要依据。原位测试技术,如静力触探、标准贯入试验等,能够在工程现场直接测定岩土的力学性质,所获取的数据更能真实反映岩土的实际状态。钻探获取详细样本信息,物探实现大面积快速探测,原位测试保证数据的现场真实性,三者相互补充,共同为地质勘察提供全面、准确的数据支持。

2.3 水文勘测技术

水文勘测聚焦于对工程区域水文要素,如水位、流量、降水、蒸发等的监测和分析,其成果直接关系到工程的防洪设计、水资源利用等关键环节。在传统水文勘测模式下,主要依赖水文站的人工观测和仪器测量,这种方式存在数据采集频率低、实时性差等问题。随着自动化技术的不断进步,自动水文监测系统得到了广泛应用。该系统通过各类传感器实时采集水位、流量等水文数据,并借助无线通信技术将数据快速传输到监测中心,实现了对水文要素的实时、连续监测,大大提升了水文数据的准确性和及时性。例如,在某河流域的水文监测中,自动水文监测系统能够在暴雨发生时实时传输水位和流量数据,为防洪预警提供了有力支持。数值模拟技术在水文分析中也发挥着越来越重要的作用。通过建立数学模型,对流域内的水文过程进行模拟和预测,能够帮助工程师更好地理解水文变化规律,为工程的水资源调度和防洪决策提供科学支持。以某水库的水资源调度为例,利用数值模拟技术对不同工况下的水位、流量进行预测,优化了水库的蓄水和放水方案,提高了水资源的利用效率^[2]。

2.4 工程物探技术

工程物探技术是利用物理方法探测地下地质体的分

布、性质和状态的重要手段,在水利水电工程中,其主要应用于检测隐蔽工程质量、探测地下空洞和软弱夹层等关键领域。探地雷达凭借高频电磁波在地下介质中的传播特性,能够快速、准确地探测地下目标体的位置和形态。在混凝土结构检测中,探地雷达可以清晰地显示混凝土内部的缺陷和裂缝情况;在地下管线探测方面,它能够精准定位管线的位置和埋深。例如,在某水利工程的混凝土坝体检测中,探地雷达及时发现了坝体内部的空洞隐患,避免了潜在的工程风险。声波检测技术通过分析声波在介质中的传播速度和波形变化,判断介质的完整性和密实度,在基桩完整性检测和混凝土质量检测中应用广泛。当声波在介质中传播时,遇到缺陷会发生反射、折射等现象,通过对这些现象的分析,能够准确判断介质的质量状况。磁法勘探则利用地质体的磁性差异,探测地下磁性地质体的分布,在寻找金属矿脉和探测地下金属结构物方面具有独特优势。在水利水电工程中,磁法勘探可用于探测水下金属结构物的位置和状态,为工程维护和管理提供重要依据。

3 水利水电工程勘测技术的发展趋势

3.1 智能化与自动化

(1) 水利水电工程勘测智能化与自动化通过引入先进传感器与智能算法,实现数据采集、处理与分析的高效运作。在地形测量领域,智能全站仪与自动化测量机器人能够依据预设程序自动完成测站设置、目标照准与数据记录,相比传统人工操作大幅减少人为误差,提升测量效率与精度。例如,在复杂地形区域,智能测量设备可在无人干预下连续工作,快速获取海量地形数据。

(2) 自动化监测系统在水文与地质勘测中发挥关键作用,各类智能传感器如渗压计、位移计等,实时采集水位、渗流、边坡位移等数据,并借助物联网技术将数据传输至分析平台。基于机器学习算法的智能分析模型,能够自动识别数据异常,及时预警潜在安全隐患,改变以往依赖人工巡检与经验判断的被动模式,为工程安全运行提供实时保障。(3) 在数据处理环节,智能化软件可自动对勘测数据进行筛选、分类与建模,替代人工繁琐的数据处理流程。例如,利用人工智能算法对地质钻孔数据进行自动解译,快速识别地层岩性与构造特征,缩短勘测周期,为工程设计提供及时准确的数据支持。

3.2 多技术融合

(1) 多技术融合是水利水电工程勘测发展的重要方向,不同勘测技术的有机结合能够优势互补,提升勘测成果的全面性与准确性。地形测量中,无人机航测与卫星遥感技术协同应用,卫星遥感提供大范围地形宏观信

息,无人机航测获取局部高精度细节数据,二者结合可构建完整的工程区域三维地形模型,为工程选址与规划提供精准依据。(2)地质勘察领域,钻探、物探与原位测试技术相互补充,钻探获取岩芯样本用于详细分析岩土物理力学性质,物探技术实现大面积快速探测地质构造与异常体,原位测试则在现场测定岩土实际力学状态,多技术融合能够全面掌握工程区域地质条件,降低地质风险。(3)水文勘测中,自动监测系统与数值模拟技术结合,发挥着关键作用。自动监测系统依托先进传感器等设备实时采集水文数据,数值模拟技术则基于这些精准数据构建复杂水文模型,模拟不同工况下的水文过程,从而为工程水资源调度与防洪设计提供科学合理的方案,提升工程对水资源的综合利用能力^[3]。

3.3 三维可视化与数字化

(1)三维可视化与数字化技术为水利水电工程勘测带来革命性变化,通过构建三维地质模型、地形模型及工程模型,直观呈现工程区域复杂的地质地形条件与工程布局。利用地理信息系统(GIS)与三维建模软件,将地形测量、地质勘察等多源数据整合,生成动态三维模型,工程师可从不同角度观察工程区域,更直观地分析地形地貌、地层结构等信息,辅助工程选址与设计决策。(2)在工程设计阶段,数字化模型能够实现各专业设计方案的协同优化,通过模拟不同设计方案下工程的运行效果,评估其可行性与合理性,提前发现设计冲突与潜在问题,减少设计变更与施工风险。例如,通过构建精细三维模型动态模拟大坝施工全流程,精准优化施工顺序与工艺,显著提高施工效率与质量。(3)三维可视化与数字化技术还便于工程全生命周期管理,在工程运行阶段,将实时监测数据与三维模型结合,动态展示工程运行状态,及时发现异常变化,为工程维护与管理提供可视化决策支持,实现工程从勘测设计到运行维护的数字化、智能化管理。

3.4 绿色环保与可持续发展

(1)水利水电工程勘测的绿色环保与可持续发展理念体现在勘测技术与方法的选择上,尽量采用对生态环

境影响小的勘测手段。在地形测量中,无人机航测技术相比传统地面测量,减少了对植被的破坏与土地的扰动,降低了对生态环境的影响;物探技术以非侵入方式探测地下地质结构,避免了大规模开挖对环境的破坏,符合绿色环保要求。(2)在勘测过程中注重资源节约与高效利用,通过优化勘测方案,减少不必要的勘测工作与资源消耗。采用先进的数据处理技术,提高数据利用率,避免重复勘测,降低人力、物力和财力成本。推广使用环保型勘测设备与材料,减少对环境的污染。(3)勘测成果的应用也强调与生态保护的协调。在工程设计阶段,技术人员会深入分析勘测数据,从区域生态系统完整性、生物多样性保护等多维度出发,充分考虑生态环境保护需求,科学规划工程布局,避让重要生态敏感区。结合实际制定针对性生态修复方案,通过植被恢复、鱼类增殖放流等措施,降低工程建设对生态环境的负面影响,促进水利水电工程与生态环境的和谐共生,实现工程的可持续发展^[4]。

结语

综上所述,水利水电工程勘测技术在工程建设中占据着不可替代的地位。当前多样化的勘测技术已形成完善体系,有效保障了工程前期数据的准确性与可靠性。面对未来复杂的工程需求与技术挑战,智能化、多技术融合等发展趋势将成为提升勘测水平的重要方向。通过不断探索与创新,水利水电工程勘测技术必将为行业高质量发展持续赋能。

参考文献

- [1]黎文杰.水利水电工程中地质勘测及其技术应用分析[J].工程技术研究,2023,8(3):219-221.
- [2]金彭,顾雪,刘昱雯,等.水利水电工程的勘测技术及规划设计探析[J].水上安全,2024(2):28-30.
- [3]魏薇.水利水电工程地质勘测的方法与技术应用分析[J].中国科技纵横,2023(6):94-96.
- [4]祁玉峰.水利水电工程地质勘测方法与技术应用[J].科技视界,2022(20):29-31.