

水利测量技术在水利工程中的应用进展

赵洪争

聊城黄河河务局阳谷黄河河务局 山东 聊城 252300

摘要: 水利测量技术作为水利工程建设与管理中的重要支撑,对确保工程质量和安全运行具有不可替代的作用。随着科技的进步,水利测量技术不断向现代化、自动化、智能化方向发展,为水利工程的规划、设计、施工及运营管理提供了更为精准和高效的数据支持。本文旨在探讨水利测量技术在水利工程中的应用现状及其未来发展趋势,以期为相关领域的研究与实践提供参考。

关键词: 水利工程;水利测量技术;应用;进展

引言

水利工程是人类利用和管理水资源的重要工程系统,对于维护国家经济和社会稳定具有重要意义。水利测量技术作为水利工程建设的核心技术之一,贯穿于工程的全生命周期,从规划、设计、施工到运营管理,无不依赖高精度的测量数据。本文将从多个方面详细阐述水利测量技术在水利工程中的应用与进展。

1 水利测量技术概述

1.1 测量技术分类

水利测量技术主要包括地形测量、水文测量、水平控制测量、垂直控制测量、变形监测等多个方面。其中,地形测量帮助确定施工地点、评估危险区域;水文测量掌握流域的水文信息,为灌溉、生态保护等提供数据支撑;水平和垂直控制测量确保工程的几何形态和地形变化得到精确掌握;变形监测则实时监测工程变形情况,确保工程安全。

1.2 新型测量技术

1.2.1 全站仪测量技术

全站仪是一种集电子测距、电子测角和数据处理于一体的自动化测量仪器。它通过发射红外光或激光信号,并接收反射回来的信号,根据信号的传播时间来计算距离。同时,全站仪内部配备有精密的测角系统,可以测量水平角和垂直角。结合距离和角度的测量结果,全站仪能够计算出目标点的三维坐标。全站仪采用先进的电子测距和测角技术,能够实现毫米级的测量精度。全站仪具备自动化数据处理功能,减少了人工计算的错误和繁琐。全站仪不仅可以用于距离和角度的测量,还可以进行放样、坐标转换等多种功能。虽然全站仪在大多数环境下都能正常工作,但在极端天气或复杂地形条件下,其测量精度可能会受到一定影响。

1.2.2 遥感测量技术

遥感测量技术利用遥感器(如卫星、飞机等搭载的传感器)接收目标物体反射或发射的电磁波信号,通过对这些信号进行处理和分析,提取出目标物体的性质、特征和状态信息。遥感测量技术可以实现大范围的连续观测,覆盖面积广。遥感数据获取和处理速度快,能够及时提供所需信息^[1]。相比传统地面测量,遥感测量技术可以大大节省人力和物力成本。虽然遥感技术的分辨率在不断提高,但相比地面高精度测量仍有一定差距。且云层、雾霾等天气因素可能影响遥感数据的获取和处理。

1.2.3 激光雷达技术

激光雷达技术利用激光束作为信号源,发射脉冲激光并接收目标反射回来的信号。通过测量激光信号的往返时间来计算目标与激光雷达之间的距离,并结合扫描技术获取目标的三维点云数据。激光雷达技术能够实现厘米级甚至毫米级的测量精度。激光雷达可以直接获取目标的三维点云数据,无需后续处理即可进行三维建模和分析。激光雷达不受光线和天气的影响,可以在各种环境下正常工作。高精度激光雷达设备的价格较高,限制了其广泛应用。同时激光雷达获取的三维点云数据量巨大,需要专业的软件和算法进行处理和分析。

1.2.4 INSAR技术

INSAR(合成孔径雷达干涉测量)技术利用两颗或多颗卫星(或地面SAR系统)对同一地区进行观测,通过比较不同时间获取的SAR图像中的相位差异,提取出地表形变信息。INSAR技术能够实现毫米级甚至亚毫米级的形变测量精度。INSAR技术可以对大范围区域进行连续监测,获取地表形变的时间序列数据。INSAR数据处理过程相对自动化,减少了人工干预和误差。但地表覆盖物(如植被、冰雪等)可能影响INSAR的测量精度。且INSAR数据的获取依赖于卫星或地面SAR系统的观测计划,可能受到观测周期和覆盖范围的限制。此外INSAR

技术的数据处理和分析需要较高的专业知识和技能。

2 水利测量技术在水利工程中的应用

2.1 规划与设计阶段

在水利工程的规划与设计阶段，测量技术扮演着不可或缺的角色，其应用深度与广度直接关系到工程的科学性与可行性。首先，地形图的精确绘制是工程规划的基础。利用现代测量技术，如无人机航空摄影测量、激光雷达扫描（LiDAR）以及地面三维激光扫描等，能够高效、准确地采集地形数据，构建出详尽的三维地形模型。这些模型不仅包含了地面的高程信息，还能精准反映地形地貌的细微特征，如沟壑、山脊、河流走向等，为工程选址、坝址确定、渠道布局及溢洪道设计等提供了坚实的数据支撑。其次，水文数据的收集与分析是设计阶段的关键环节。通过设立水文观测站，运用遥测、遥感和自动监测技术，连续、实时地监测河流的水位、流速、流量、泥沙含量及水质参数等，为工程规模的确定、防洪标准的设定以及水资源调配方案的制定提供了科学依据。特别是针对复杂水文条件的水利工程，如多泥沙河流上的水库建设，水文数据的详尽分析对于预测水库淤积、制定清淤方案及优化水库调度策略具有重要意义^[2]。此外，测量技术还应用于工程地质勘察，通过钻探、物探及原位试验等手段，探明工程区域的岩土体结构、物理力学性质及地下水水位等地质条件，为工程基础的选型、设计深度及稳定性计算提供依据。这一过程与地形测量、水文测量相辅相成，共同构成了水利工程规划与设计阶段全面、系统的测量工作体系，确保了工程设计的科学性、合理性和安全性。

2.2 施工阶段

在水利工程的施工阶段，测量技术不仅是质量控制的核心手段，也是保障工程安全、推进施工进度的重要基石。首先，水平和垂直控制测量是确保工程各部分精准对接的关键。通过精密水准测量和三角高程测量，建立稳固的控制网，为整个工程提供统一的高程基准。同时，利用GPS（全球定位系统）技术，结合全站仪等高精度测量设备，进行平面控制测量，确保各施工区域之间的准确定位与衔接。这些控制措施有效减少了累积误差，保证了工程结构的几何精度和稳定性。变形监测技术是施工阶段安全管理的重要组成部分。通过在关键部位安装传感器、应变计等设备，实时、连续地监测工程的变形情况，如大坝的位移、沉降、裂缝扩展等。监测数据通过自动化采集系统传输至数据处理中心，经过专业软件分析，能够及时发现异常变形趋势，为工程安全预警和应急处置提供科学依据。这不仅有助于避免重大

安全事故的发生，还能优化施工方案，减少不必要的修复和加固工作。此外，全站仪和GPS等高精度测量仪器在施工放样和定位中发挥着至关重要的作用。通过预设的设计坐标与高程，利用全站仪的精确测距和测角功能，结合GPS的实时定位能力，可以高效、准确地进行施工放样，确保建筑物或构筑物的位置、尺寸和形状符合设计要求。这不仅提高了施工效率，还大大减少了人为误差，保证了工程质量的稳定性和可靠性。水利测量技术在水利工程施工阶段的应用，不仅涵盖了水平和垂直控制测量、变形监测等关键环节，还充分利用了全站仪、GPS等高精度测量仪器的技术优势，为工程的安全、高效、精准施工提供了有力保障。

2.3 运营管理阶段

在水利工程的运营管理阶段，测量技术成为保障工程安全、优化运行效率的关键工具。首先，工程安全监测是运营管理中的首要任务。通过布设精密的监测网络，包括测斜仪、应力应变计、渗压计等传感器，对大坝、堤防、隧洞等关键工程部位进行全方位、多参数的实时监测。这些传感器能够捕捉结构物的微小变形、应力变化及渗流情况，数据通过自动化采集系统传输至监控中心，经过专业软件分析处理，形成直观的监测报告和预警信息。一旦发现异常数据，立即启动应急预案，组织专家进行会商，采取相应措施，确保工程安全。库区淤积监测是保障水库有效库容和防洪能力的重要环节。利用多波束测深仪、无人机航拍及卫星遥感等技术手段，定期对库区进行地形测量和水下地形扫描，获取库区淤积分布和厚度信息。结合水文模型和水动力学分析，评估淤积对水库调蓄能力的影响，为制定清淤方案和优化水库调度策略提供科学依据。电站泄洪监测则直接关系到下游地区的安全。通过安装流量计、水位计及视频监控等设备，对电站泄洪过程进行实时监测和记录。监测数据不仅用于评估泄洪效果，还作为调整泄洪流量、优化泄洪调度的重要依据。在极端天气或紧急情况下，通过实时监测数据，快速响应，确保电站安全泄洪，有效减轻下游地区的防洪压力。水利测量技术在水利工程的运营管理阶段发挥着至关重要的作用。通过定期检测和实时监测相结合的方式，全面掌握工程运行状态，及时发现并处理异常情况，为工程的安全稳定运行提供了坚实的技术支撑。

3 水利测量技术的进展与趋势

3.1 自动化与智能化发展

在水利测量技术的进展中，自动化与智能化发展已成为不可逆转的趋势。首先，自动化测量设备的广泛应

用极大地提升了测量工作的效率与精度。这些设备,如无人机搭载的多光谱相机、激光雷达(LiDAR)系统以及自动化全站仪等,能够自主执行测量任务,减少了对人工操作的依赖。无人机通过预设的飞行路线和高度,能够快速覆盖大面积区域,获取高分辨率的地形影像和三维点云数据;LiDAR系统则以其极高的测距精度和穿透能力,在复杂地形和水域测量中展现出巨大优势。自动化全站仪则通过内置的高精度测角和测距模块,结合智能追踪技术,实现了对目标点的快速锁定和精确测量。智能化分析系统是自动化测量数据的后端处理与决策支持的核心。这些系统利用机器学习、大数据分析及云计算等先进技术,对海量测量数据进行快速处理、分析和挖掘。它们能够自动识别并剔除异常数据,提高数据质量;通过构建三维模型、进行趋势预测和风险评估,为工程规划、设计与运营管理提供科学依据。此外,智能化分析系统还能根据实时监测数据,动态调整测量方案,优化资源配置,实现测量工作的智能化调度与管理^[3]。自动化与智能化的发展为水利测量技术带来了革命性的变革。自动化测量设备提高了测量效率和精度,而智能化分析系统则进一步挖掘了测量数据的价值,为水利工程的规划、设计与运营管理提供了更加科学、精准的决策支持。随着技术的不断进步和应用的深入,水利测量技术的自动化与智能化水平将持续提升,为水利事业的可持续发展贡献力量。

3.2 多源数据融合

多源数据融合是水利测量技术未来发展的一个显著趋势,它代表了信息获取与处理的全面性、精准性的进一步提升。在这一趋势下,水利测量将不再局限于单一数据源的应用,而是将遥感卫星、无人机、地面测量设备以及物联网传感器等多种数据源有机结合,形成优势互补的数据采集网络。遥感卫星以其广覆盖、高时效的特点,能够定期或实时监测大范围的水文、地质及环境变化,为水利工程提供宏观背景数据。无人机则以其灵活机动、高分辨率的优势,深入难以到达的区域,获取

详细的地形地貌、植被覆盖及水体分布等信息。地面测量设备,如全站仪、GPS接收机及激光扫描仪等,则负责精确测量关键点的位置、高程及形态参数。同时,物联网传感器网络遍布工程各个角落,实时监测结构物的应力、变形及环境参数,确保工程安全。多源数据融合技术将这些来自不同渠道、不同精度的数据进行统一处理,通过高级的数据融合算法,如卡尔曼滤波、贝叶斯网络或深度学习等,剔除冗余信息,提取有用特征,生成更为全面、精准的数据集^[4]。这些数据集不仅涵盖了水利工程所需的空间位置、形态尺寸信息,还包含了时间变化、环境变化等多维度信息,为工程的设计、施工及运营管理提供了前所未有的数据支持。因此,多源数据融合技术的应用将极大地提升水利测量的综合能力和服务水平,推动水利工程向更加智能化、精细化的方向发展。

结语

水利测量技术在水利工程中的应用与进展研究表明,测量技术对于确保水利工程质量和安全运行具有不可替代的作用。随着科技的进步和测量技术的不断创新,水利测量技术将朝着自动化、智能化、多源数据融合等方向迈进,为水利工程的规划、设计、施工及运营管理提供更加精准、高效的数据支持。未来,我们应该继续加大对水利测量技术的研发投入,推动测量技术的持续进步和广泛应用。

参考文献

- [1]高超.数字化测绘技术在水利工程测量中的应用[C]//河海大学,江苏省水利学会,浙江省水利学会,上海市水利学会.2024(第十二届)中国水利信息化技术论坛论文集.中原大河水利水电工程有限公司,2024:4.
- [2]王全民.水利工程测量中数字化测绘技术的应用[J].水上安全,2024,(10):52-54.
- [3]李尤瑾,崔恒军,焦建超.水利工程测量中数字化测绘技术的应用探析[J].智能建筑与智慧城市,2023,(09):32-34.
- [4]李长虹.水利工程测量中数字化测绘技术应用探析[J].未来城市设计与运营,2022,(10):32-34.