

以及分析,为工程决策给予支持,LiDAR技术凭借激光扫描获取高精度三维地形数据,适用于复杂地形的测绘与建模工作。

2.2 数字化测绘技术的发展历程

数字化测绘技术的发展历程呈现出从传统测绘向现代测绘演变的态势,在20世纪80年代之前,测绘工作主要依靠光学仪器以及手工绘图方式开展,其效率较为低下,精度也存在一定的局限性,随着计算机技术在社会中的普遍应用,数字化测绘技术开始逐渐兴起,并且在20世纪90年代迎来了较为快速的发展阶段。步入21世纪以后,如GNSS、遥感、GIS以及LiDAR等关键技术取得了突破进展,推动了数字化测绘技术在更为广泛的领域得到应用,近些年来,随着人工智能、大数据以及云计算等新兴技术相互融合,数字化测绘技术朝着智能化、自动化的方向迈进,给工程测绘领域给予了革命性意义的变革。

2.3 数字化测绘技术的核心优势

数字化测绘技术所有的核心优势集中呈现于多个关键层面,包括高精度、高效率、实时性以及数据可视化等,该技术可达成厘米级乃至毫米级的高精度测绘效果,充分契合水利水电工程对于精度的严苛要求,数字化测绘技术较大提升了数据采集以及处理的效率,缩短了工程所需的周期。其实时性特质让工程人员得以随时获取最新的测绘数据,可为施工决策给予及时的支撑,数字化测绘技术借助数据可视化的方式,把复杂的地理信息以直观的形态呈现出来,方便工程人员进行理解与分析。

3 水利水电工程中的测绘需求与挑战

3.1 水利水电工程的特点

水利水电工程有规模巨大、环境繁杂以及施工周期漫长等特性,这对测绘技术提出了相当高的要求,其一水利水电工程大多时候涉及大范围的地形地貌改造,像水电站和水库工程便是如此,这些工程一般要在山地、河流、湖泊等多种复杂环境里展开施工,这样多样的地理环境致使测绘工作更为复杂,需要依据不同地形条件运用不同的测绘方法和技术手段。其二水利水电工程的施工周期比较长,从前期的勘察、设计一直到施工、维护,整个进程都需要大量的测绘数据给予支持,比如在前期勘察阶段,要对施工区域开展详细的地形地貌测绘,获取精确的地形数据,在施工阶段,需要进行施工放样以及变形监测,以此保证施工过程的准确性和工程结构的安全性,在后期维护阶段,同样需要对工程结构进行定期监测,以便发现潜在的安全隐患。水利水电工程对测绘数据的精度和实时性要求非常高,在复杂地形条件下,传统测绘技术往往难以契合这些需求,而且水利水电工程还需要对水文与水资源进行管理,对工程进度与质量进行监控,这些环节都离不开数字化测绘技术的支撑,总之水利

水电工程的特点决定了其对测绘技术的高要求,在数据的精度、实时性和多样性方面。

3.2 传统测绘技术的局限性

传统的测绘技术主要依靠光学仪器以及手工绘图来开展工作,在水利水电工程领域,其局限性呈现得极为突出,一方面,传统测绘技术在数据采集环节效率不高,对于大规模工程的测绘需求而言,很难给予充分契合,就像在水电站和水库工程当中,要针对大范围的地形地貌展开详尽测绘,传统测绘技术大多时候要投入大量人力且耗费诸多时间,使得测绘效率处于较低水平。另一方面,传统测绘技术的精度存在一定限度,在面对复杂地形条件时,很难保证测绘结果的精确性,比如在山地和河流这类复杂环境里,传统测绘技术往往不容易获取高精度的地形数据,这便致使在工程设计以及施工过程中出现误差情况,另外传统测绘技术的数据处理以及分析能力较为薄弱,没办法达成多源数据的整合以及可视化呈现,难以契合现代水利水电工程对测绘数据的多样化要求。比如在水利水电工程中,需要把地形地貌数据、地质勘探数据、施工放样数据以及变形监测数据进行整合,以此达成对工程全过程的全面监控与管理,然而传统测绘技术一般很难做到这些数据的整合与可视化,导致在工程管理和决策过程中出现信息孤立的状况,综合来看,传统测绘技术在数据采集效率、精度以及数据处理能力方面存在较为十分突出的局限性,难以契合现代水利水电工程对测绘技术提出的高标准要求。

3.3 水利水电工程中的测绘需求

水利水电工程当中的测绘需求主要有地形地貌测绘、地质勘探、施工放样、变形监测等几个方面,地形地貌测绘是工程设计以及施工的基础,其需要高精度的地形数据来提供支持,就像在水电站和水库工程里,要针对施工区域开展详细的地形地貌测绘,以此来获取精确的地形数据,为工程设计与施工给予基础数据方面的支持。地质勘探关乎地下结构的探测与建模,这对测绘技术提出了更高的要求,比如在水电站和水库工程中,要对地下岩层、断层以及地下水等展开详细探测,获取准确的地质数据,为工程设计和施工提供地质依据,施工放样需要精确的定位技术,以此保证施工过程的准确性,例如在水电站和水库工程中,要对施工区域进行精确的定位和放样,保证施工过程有准确性和一致性。变形监测则要对工程结构进行实时监测,以此保障工程安全,比如在水电站和水库工程中,要对大坝、隧道以及桥梁等工程结构进行实时监测,以便发现潜在的安全隐患,另外水利水电工程还需要对水文与水资源进行管理,对工程进度与质量进行监控,这些环节都离不开数字化测绘技术的支持。总之水利水电工程中的测绘需求包含了地形地貌测绘、地质勘探、施工放样、变形监测等多个方面,对测绘技术的精度、实时性以及多样性提出了很高的要求。

4 数字化测绘技术在水利水电工程中的应用

4.1 地形地貌测绘

数字化测绘技术在地形地貌测绘中的应用,主要呈现于全球导航卫星系统也就是 GNSS 以及激光雷达即 LiDAR 技术的运用,GNSS 技术借助接收卫星信号达成高精度定位,适用于大范围的地形测绘工作,它的优势是可迅速获取大范围的地形数据,并且不会受到地形复杂程度的约束。比如在水利水电工程里,GNSS 技术大多时候被用于库区、河道以及周边地形的初步测绘工作,为工程设计提供基础的数据支持,LiDAR 技术依靠激光扫描仪获取高精度的三维地形数据,特别适用于复杂地形的测绘与建模工作,例如在某水电站工程当中,运用 LiDAR 技术对库区地形开展了高精度测绘,快速得到了地形数据,还生成了三维模型,为工程设计提供了可靠的数据支撑。遥感技术借助航空或者卫星平台来获取地表信息,适用于流域地形的宏观分析,遥感影像可提供大范围的地表覆盖信息,为水资源管理、洪水预警等提供了关键的依据,比如在流域地形分析过程中,遥感技术可快速识别地形特征、植被覆盖以及土地利用情况,为水利工程的规划与设计提供了科学的依据。

4.2 地质勘探与建模

三维地质建模技术用于地质勘探,能让工程人员更直观地知晓地下结构,为工程设计与施工给予关键参考,比如在某水库工程里,借助三维地质建模技术对库区地质做了细致分析,生成了关于地下岩层、断层以及地下水分布的三维模型,这些模型可让工程人员明白地质状况,也为工程设计和施工方案的优化给出了科学依据。地理信息系统即 GIS 技术在地质数据管理与分析方面的作用变得日益较大,GIS 可达成对多源地质数据的整合以及可视化,为工程决策给予支持,像在水利水电工程中,GIS 技术可整合地质勘探数据、地形数据以及水文数据,生成综合地质图,协助工程人员全面了解工程区域的地质条件。并且 GIS 技术还可以开展空间分析,如地质风险评估、地质灾害预测等,为工程安全提供保障。

4.3 施工放样与定位

GNSS 技术应用于施工放样时,其定位精度和效率得到了提升,在水利水电工程的大范围施工放样里颇为适用,就像在某水电站施工期间,借助 GNSS 技术对坝体实施了精

确放样,保障了施工过程的准确无误,GNSS 技术可以实时获取高精度三维坐标,帮助施工人员迅速确定施工点位,降低了传统测量方法里的人为误差以及时间成本。无人机测绘技术在复杂地形中的优势也有广泛应用,无人机可快速获得高精度地形数据,特别适合地形复杂且难以抵达的区域,比如在水利水电工程中,无人机可快速获取库区、河道及其周边地形的三维数据,为施工放样给予支持,而且无人机测绘技术还可生成高精度的数字高程模型即 DEM,为工程设计和施工提供详尽的地形信息。

4.4 变形监测与安全评估

借助 GNSS 以及合成孔径雷达干涉测量也就是 InSAR 技术开展的变形监测工作,可以达成对工程结构的实时监测目的,为工程安全给予了关键保障,比如在某水库大坝变形监测实例里,运用 GNSS 技术对大坝展开了实时监测工作,及时发现并处理了潜在的安全隐患,GNSS 技术可实时获取大坝的三维位移数据,可让工程人员了解大坝的变形状况,采取对应的措施。InSAR 技术是借助雷达影像的干涉测量方式,可获取大范围的地表变形信息,特别适用于大坝、边坡等工程的变形监测,实时监测系统在工程安全评估方面的应用,为工程安全提供了关键保障,比如在水利水电工程中,实时监测系统可对工程结构的变形、应力以及环境条件进行实时监控,协助工程人员及时发现潜在的安全隐患,采取相应的措施。

5 结论

数字化测绘技术运用于水利水电工程之中,使得工程效率得到提升、精度得以提高、安全性有所提高,工程成本有所降低,它在地形地貌测绘、地质勘探、施工放样以及变形监测等应用,给水利水电工程给予了关键支撑,未来随着技术发展以及普及,数字化测绘技术会在水利水电工程中发挥更大作用,促使工程领域朝着智能化方向发展。

参考文献

- [1] 潘娟娟,刘颖.数字化测绘技术在水利水电工程施工中的应用[J].中国新技术新产品,2021(07):97-99.
- [2] 张跃峰.数字化测绘技术在水利工程中的应用[J].热带农业工程,2022(4):144-146.
- [3] 王辉.数字化测绘技术在水利水电工程实际施工中的应用[J].魅力中国,2021(27):390-391.

Application of lidar in complex topographic mapping

Yongming Luo Zhiyong Deng

Architectural Design Institute, China Academy of Engineering Physics, Mianyang, Sichuan, 621000, China

Abstract

Lidar technology has important application value in complex topographic mapping. Its high precision, all-weather and multi-platform adaptability make its advantages in areas difficult to cover by traditional surveying and mapping means. Complex terrain includes high mountains, valleys, forests and geological disaster areas. Traditional mapping methods are susceptible to occlusion, topographic fluctuations and climatic factors in these environments, leading to reduced mapping accuracy. Lidar achieves efficient 3 D topographic data acquisition by actively transmitting laser pulses and receiving echo signals. The lidar mapping system consists of laser scanner, inertial measurement unit, global navigation satellite system, etc. The data processing includes point cloud filtering, ground classification, modeling and other links. With the development of technology, lidar will make breakthroughs in data accuracy improvement, lightweight equipment, automated data processing and other aspects, providing more efficient and intelligent solutions for complex terrain mapping.

Keywords

lidar; complex terrain; surveying and mapping technology; 3 d point cloud; geological disaster

激光雷达在复杂地形测绘中的应用研究

罗永明 邓智勇

中国工程物理研究院建筑设计院, 中国·四川 绵阳 621000

摘要

激光雷达技术在复杂地形测绘中具有重要应用价值,其高精度、全天候、多平台适应性等特性使其在传统测绘手段难以覆盖的区域发挥优势。复杂地形包括高山、峡谷、森林及地质灾害区域,传统测绘方法在这些环境中易受遮挡、地形起伏和气候因素的影响,导致测绘精度降低。激光雷达通过主动发射激光脉冲并接收回波信号,实现高效的三维地形数据获取。激光雷达测绘系统由激光扫描仪、惯性测量单元、全球导航卫星系统等组成,数据处理包括点云滤波、地面分类、建模等环节。随着技术的发展,激光雷达将在数据精度提升、设备轻量化、自动化数据处理等方面取得突破,为复杂地形测绘提供更加高效、智能的解决方案。

关键词

激光雷达; 复杂地形; 测绘技术; 三维点云; 地质灾害

1 引言

复杂地形测绘在地理信息获取、基础设施建设、生态环境监测等领域发挥关键作用。然而,传统测绘方法在复杂地形条件下面临诸多挑战,如测绘精度受地形遮挡影响、人工测量成本高、数据采集效率低等问题。近年来,激光雷达技术凭借其高精度、高效性及适应多种地形环境的特点,在测绘领域得到广泛应用。该技术通过主动发射激光束,测量返回信号的时间差与强度信息,实现对地形的高分辨率扫描,并生成高精度的三维点云数据,为复杂地形测绘提供了新的技术手段。激光雷达系统可搭载于机载、车载、无人机

等平台,使其能够在不同应用场景下灵活部署^[1]。随着传感器技术、数据处理算法及人工智能的进步,激光雷达测绘的精度和自动化程度不断提升。本文围绕激光雷达在复杂地形测绘中的应用展开研究,分析其技术特点、系统组成、数据处理方法及典型应用场景,探讨未来发展趋势与技术挑战。

2 激光雷达技术概述

2.1 激光雷达的基本原理

激光雷达通过发射高频脉冲激光,并接收目标物反射的回波信号,以计算光的传播时间差和强度变化,从而测定目标物的三维坐标、形态特征及反射率信息。系统主要由激光发射器、光学接收装置、信号处理单元、惯性测量系统和数据存储模块构成。激光束在空间中形成扫描,通过高精度定向系统确保测量点的准确性。回波信号的时间差结合传感器位置参数计算出物体的距离与高度。多回波技术可以穿透部分植被,记录多个目标点,增强对复杂地形的解析能力。

【作者简介】罗永明(1987-),男,中国四川遂宁人,本科,工程师,从事工程测量、航空摄影测量,地下管线测绘及三维建模等研究。