

无人机(船)在水利工程土方计量中的应用

殷炳炳

(山东省海河淮河小清河流域水利管理服务中心, 山东 济南 250100)

【摘要】 文章对水利工程土方计量中采用无人机(船)技术的必要性和可行性进行论述, 并提出推动无人机(船)技术全面推广应用的建议, 旨在提升水利工程施工质量和效率, 促进水利工程建设管理的提质升级。

【关键词】 无人机(船); 土方计量; 东营市; 潮河

【中图分类号】 TV221

【文献标志码】 A

【文章编号】 1009-6159(2025)-08-0055-02

Application of Unmanned Aerial Vehicles (Boats) in Earthwork Measurement of Water Engineering

YIN Bingbing

(Haihe River, Huaihe River and Xiaoqinghe River Basin Water Conservancy Management
and Service Center of Shandong Province, Jinan, Shandong 250100, China)

Abstract: This paper discusses the necessity and feasibility of applying unmanned aerial vehicle (boat) technology in earthwork measurement of water engineering, and puts forward suggestions to promote the comprehensive popularization and application of unmanned aerial vehicle (boat) technology, aiming to improve the construction quality and efficiency of water engineering, and further to promote the quality improvement and upgrading.

Key words: Unmanned aerial vehicles (boats); Earthwork measurement; Dongying Municipality; Chaohe River

山东省水利工程项目数量众多, 工程涉及土方量一般较大。传统土方计量一般使用水准仪、经纬仪、全站仪等设备, 人工测量地形图和断面, 不仅费工费时效率低, 测量误差大, 而且在复杂地形区域, 人员安全不易保证。在检查、审计中发现, 由于数据差异较大, 部分项目计量结算直接采用合同工程量, 未按实际工程量据实结算, 真实度难以保障, 为“偷工减料”等违规行为创造了空间。为此, 在工程建设中如何快速、准确、高效、系统地计算出各类水利工程的土方量成为有待解决的关键问题。

目前无人机(船)测量技术已相对成熟, 该技术利用无人机(船)搭载激光雷达、多(单)波束测深系统, 采用正射影像叠加激光点云方式进行水下地形采集, 具有机动灵活、安全高效等特点, 相对于传统测量方式, 不仅省工省时, 而且覆盖全、精度高、误差小, 数据真实可靠, 土方计量更加全

面和直观, 配合平台使用则便于检查、复核和评定, 减少了人为干预, 有利于加强计量监督管理, 提升监管效能。

1 无人机(船)测量断面的优势

1.1 设计更精准

首先, 传统设计中地形数据的获取往往依赖于有限的测量点, 而雷达点云技术能够高密度、高精度地获取地形的三维数据。其次, 点云数据能够检测到地形的微小起伏和复杂形状, 避免了因数据采样不足而导致的计算误差。最后, 雷达点云数据可以生成直观的三维可视化模型, 设计人员能够在虚拟环境中直观地查看土方开挖前后的地形变化, 进行虚拟设计和方案比选, 还能及时优化设计方案, 提高设计质量和效率。

收稿日期: 2025-04-29

作者简介: 殷炳炳(1983—), 女, 工程师

1.2 测量更高效

首先,无人机(船)在土方测量中更体现出其灵活性和高效益性。传统的测量方法往往需要大量人力和物力,且在复杂地形中难以操作,而雷达点云技术对环境的适应性较强,能够在不同的天气条件和地形环境下工作,尤其对一些复杂的地形更具优势,如河流、峡谷等,可快速获取大面积高精度的地形数据,大大提高了测量效率。其次,随着现代雷达技术的不断提高,雷达点云技术已能够提供厘米级甚至更高精度的测量数据,为土方量计算提供了可靠的数据支持。结合先进的分析模型,如数字高程模型(DEM)和体积计算软件,可以准确地计算出河道治理工程中所需挖掘或填充的土方量,误差控制在10%以内,为工程决策提供了科学依据。最后,无人机(船)搭载激光雷达、多(单)波束测深系统等技术通过采用正射影像叠加激光点云方式对开挖前后的地形地貌进行扫描,能够消除植被影响获取精确的地表点云数据,通过对比分析计算土方工程量,及时发现施工过程中是否存在超挖、欠挖等问题。

1.3 验收更客观

首先,相比于传统的抽样测量方式,点云数据能够全面覆盖验收区域,确保验收结果的公正性和客观性。其次,将实测的点云模型与设计模型进行快速对比,直观地展示出实际施工与设计要求之间的差异。最后,雷达点云数据可以作为数字化验收档案进行保存,为后续工程提供重要的数据依据。

2 实例应用

潮河东营市河口区段治理工程是对潮河河口段进行综合整治,治理总长度18.75 km,河槽设计断面采用单式断面,河底高程为-1.69~-3.25 m,河底比降为1/12 000,底宽70~90 m,河槽边坡为1:3,需在河道进行清淤疏浚工程完工后,对清淤土方量进行计算统计。在工程降本增效、数字化智能化发展的背景下,该工程土方计量采用无人机(船)技术,通过数字孪生实现对施工成果的三维可视化仿真映射,体现出高精度、高效率等优势特点。

2.1 测量精度可控

无人机(船)激光雷达测量的数据与传统测

量方法的数据精度对比可控,实现了按规范要求的检验方法(横断面间距50 m)完成检验测量,并在河道变化处进行加密提取,计算结果的误差控制在2%以内,精度完全满足工程需求。这表明激光雷达技术在土方测量中具有极高的准确性。

2.2 作业效率高

无人机(船)激光雷达技术在单次测量任务完成后的4 h内,即可完成所有数据的处理,而传统方法则需要数天甚至数周才能完成相应工作量,单日作业效率提升4倍,同时综合成本下降35%,不仅缩短了工程周期,还降低了成本。

2.3 成本效益比高

经估算,无人机(船)激光雷达技术在该工程中最终计算的土方量相比传统断面法提高4%精度,约32.8万 m^3 土方量,节省成本300余万元,为后续施工效果、成效评价等提供了详实的数据。同时,无人机雷达数据采集市场价约1.8万元/ km^2 (施工前和完工后两次),对于目前普遍的中小河流(考虑河宽300 m)折算为6 000元/km,成本较低。在减少人力、提高效率和保证数据质量方面的优势,使得整体成本效益比显著提高。

2.4 环境影响小

无人机(船)的使用减少了对地面作业人员的依赖,激光雷达技术的非接触式测量方式,降低了对生态环境的干扰,减少了对测量区域的物理影响。同时,传统测量能源消耗为1 000 L/ km^2 柴油,无人机(船)测量仅消耗电量50 kW·h/ km^2 ,直观地体现出能源消耗的降低情况。

3 建议

3.1 加大保障力度解决工作难点

恶劣天气(大风、暴雨等)会影响无人机飞行安全与数据采集质量,水面风浪过大可能导致无人船航行不稳定与测量误差增大。在一些特殊区域,如电磁干扰较强的地段,无人机(船)与地面控制站之间的信号传输可能受到影响,导致设备失控或数据丢失。建议建立气象监测系统,提前获取天气信息,合理安排测量任务,避免在恶劣天气条件下作业。对于水域测量,提前评估水面风浪情况,必要时采用防风浪措施或调整测量计划。优化数据处理流程与硬件配置,提高数据处理速度。在信号易受干扰区域,采(下转第65页)