

无人机技术在水利工程测绘施工中的实践研究

张良群¹, 梁骏宇²

1. 江苏淮阴水利建设有限公司, 江苏 淮安 223001

2. 淮安新水建设有限公司, 江苏 淮安 223001

DOI:10.61369/WCEST.2025040001

摘要: 随着测绘技术的不断发展, 无人机因其高效、灵活和成本低等优势, 已广泛应用于水利工程的测绘与施工中。通过搭载高精度传感器, 无人机可实现对水域地形、堤坝结构及施工进度的快速获取和动态监测, 有效提升工程设计的科学性和施工管理的智能化水平。在不同施工阶段, 无人机可辅助完成地形测量、施工放样、质量检验及竣工验收等任务, 具有显著的技术和经济价值。该技术为水利工程数字化、信息化建设提供了有力支撑。

关键词: 无人机技术; 水利工程; 测绘; 施工管理; 智能化

Practical Research on the Application of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology in Surveying, Mapping, and Construction of Water Conservancy Projects

Zhang Liangqun¹, Liang Junyu²

1. Jiangsu Huaiyin Water Conservancy Construction Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu 223001

2. Huai'an Xinshui Construction Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu 223001

Abstract: With the continuous development of surveying and mapping technology, unmanned aerial vehicles (UAVs) have been widely applied in the surveying, mapping, and construction of water conservancy projects due to their advantages of high efficiency, flexibility, and low cost. Equipped with high-precision sensors, UAVs can rapidly acquire and dynamically monitor water terrain, dam structures, and construction progress, effectively enhancing the scientificity of engineering design and the intelligence level of construction management. During different construction phases, UAVs can assist in tasks such as topographic surveys, construction staking, quality inspections, and completion acceptances, demonstrating significant technical and economic value. This technology provides strong support for the digitalization and informatization of water conservancy projects.

Keywords: UAV technology; water conservancy projects; surveying and mapping; construction management; intelligence

引言

在水利工程日益复杂与精细化的背景下, 传统测绘与施工方式已难以满足高效率、高精度的实际需求。无人机技术的兴起, 为水利工程带来了全新的解决方案。凭借快速部署、高清成像与多维数据采集能力, 无人机不仅优化了测绘手段, 更推动施工管理走向智能化与精细化。其在地形勘测、施工监控及数据分析等方面展现出巨大潜力, 正逐步成为推动水利工程现代化升级的重要技术力量。

一、无人机技术在水利工程测绘中的应用原理与特点

无人机技术作为遥感与地理信息系统发展的重要产物, 已逐步渗透到各类工程建设领域, 尤其在水利工程测绘中展现出广阔的应用前景。传统的水利测绘主要依赖人工踏勘和地面测量, 作业周期长、精度受限、受地形条件影响较大。而无人机则通过搭载高精度的摄影测量系统、激光雷达、红外传感器等设备, 实现对水域、堤坝、涵闸、渠道等目标区域的高效、快速、立体化数

据采集。这一技术突破了人力难以触及的地带限制, 尤其适用于山地、水网密集区等复杂环境下的测绘任务, 显著提高了工作效率和测量精度, 为水利工程提供了科学、及时的数据支持。

在应用原理上, 无人机主要依靠GNSS (全球导航卫星系统) 与IMU (惯性测量单元) 实现飞行控制与定位, 通过设定航线进行自主飞行作业, 完成空中影像或激光点云数据的采集。采集的数据经过影像拼接、三维建模、地面控制点校正等处理, 可形成高精度的正射影像图、数字高程模型 (DEM) 、数字表

面模型（DSM）等成果，为水利设计单位提供真实、可靠的地形信息支撑。同时，通过多频次航测作业，无人机可实现动态变化监测，如监测水位涨落、堤坝形变、施工进度等，有助于工程管理单位掌握项目实施的实时状态。特别是在洪涝灾害或险情处置时，无人机具备快速响应和图像回传能力，能够第一时间获取现场态势，为决策指挥提供直观依据。

无人机测绘在实际水利工程中的特点还体现在其高效率、低成本与安全性高等方面。相较传统地面测量，无人机一次飞行可覆盖数平方公里区域，显著缩短测绘周期，节省人力资源；数据采集方式灵活多样，既可进行二维图像采集，也能获取三维立体地形信息，适配性强；操作过程中可避免测量人员进入危险区域，降低安全风险。同时，随着图像识别、AI建模等智能算法的融合，无人机技术正向智能化、自动化方向发展，在复杂地貌识别、工程缺陷预警、施工进度对比等方面具备良好前景。总的来看，无人机测绘技术已逐步成为水利工程测绘施工不可或缺的重要工具，对提高工程管理水平、推动水利信息化建设起到了积极作用。

二、无人机在水利施工阶段的关键实践环节

在水利工程的实际施工过程中，无人机不仅仅承担测绘任务，更深入融入施工各个关键环节，发挥着重要的技术支撑作用。首先，在施工前期的准备阶段，无人机通过快速、精准地获取施工区域地形数据，为工程放样、施工布局、土方量计算等提供基础资料。利用无人机获取的正射影像和三维地形模型，设计单位能够直观掌握地貌变化、水系分布与高差关系，有助于优化施工设计方案，提升设计科学性。此外，无人机还可用于识别施工现场的障碍物、植被分布和水体位置，为工程选址、道路布设、材料堆放等提供决策依据，节省前期勘测时间，提高规划效率。

进入施工中期，无人机在现场监控与过程管理中的价值更加凸显。通过设定定期巡航航线，无人机可对施工现场进行高频率、高分辨率的图像采集，实现施工进度的动态可视化管理。项目管理者可通过无人机获取的影像和模型，掌握各施工单元的实际进展与设计计划的对比，及时发现滞后环节和潜在问题，实现精细化管理。在高边坡开挖、坝体填筑等重要施工环节中，无人机还能监测土方分布、填筑高度及坡度变化，辅助技术人员判断施工质量是否符合规范。同时，在封闭区域、危险区域或水上施工点，无人机可代替人工巡查和检测，大幅提升作业安全性，避免安全事故发生。

在施工后期及竣工验收阶段，无人机同样发挥着重要作用。通过对施工前后不同时期的影像资料与模型数据，可清晰展示工程完成效果和变形情况，为工程验收提供直观依据。在竣工资料整理中，无人机所采集的空间数据、影像资料和三维模型可作为重要工程档案，实现可视化存档和后期维护参考。同时，对于需要进行生态修复、景观绿化等环节的水利工程，无人机还可用于评估植被恢复情况、水体清理效果等，确保工程环境目标的达

成。整体来看，无人机技术已深度嵌入水利施工全过程，贯穿前期勘察、中期监管与后期验收，显著提高工程效率、安全性与管理透明度，是推动现代水利工程施工方式转型的重要技术手段。

三、无人机测绘施工技术的优势与成效分析

无人机测绘施工技术在水利工程中的推广应用，为传统测绘施工方式带来了深刻变革，展现出显著的技术优势。首先，从作业效率角度来看，无人机具备快速部署和自动飞行能力，能够在短时间内完成大范围区域的地形数据采集任务。一架搭载高精度传感器的无人机在数十分钟内即可获取数平方公里的高清图像与空间数据，相较人工踏勘与传统仪器测量，效率提升数倍甚至数十倍。尤其在地形复杂、交通不便、水网密集等区域，无人机无须依赖人工到场作业，减少进场难度，显著提升工作效率和任务完成的时效性。其快速响应能力也使其在应急测绘和灾后评估中具有不可替代的优势。

其次，从测绘精度与信息维度来看，无人机通过搭载多种传感设备，如可见光相机、激光雷达、多光谱相机等，能够同时获取二维影像与三维空间信息，生成高精度的正射影像图、数字高程模型与三维点云数据。这些数据不仅满足工程设计对精度的严格要求，还支持体积计算、水流路径分析、施工断面控制等多项技术需求。通过前后期数据比对，还可分析地形变化、水流冲刷、边坡变形等关键参数，为施工质量监控提供数据支撑。无人机获取的可视化成果还可通过图形平台进行展示，为项目各方沟通与协同提供直观信息，提升管理透明度与决策效率。

在经济与管理层面，无人机测绘施工技术也显示出良好的成本效益与管理成效。相比传统测绘所需的大量人力和时间成本，无人机的使用大幅降低了人工支出，减少现场测量人员数量，也降低了因地形复杂或环境危险而带来的安全风险。此外，借助无人机对施工过程的实时记录和动态监控，项目管理人员可及时掌握施工进度、优化资源配置，减少误工与返工，提高工程整体运行效率。同时，无人机采集的数据具备可追溯性，可在后期用于工程验收、档案整理及维护阶段，提升项目全周期的信息化管理水平。综合来看，无人机测绘施工技术已成为提升水利工程现代化管理能力、实现数字化转型和智能化施工的重要抓手，在实践中取得了良好的应用效果和经济社会效益。

四、无人机辅助水利工程测绘施工的典型实践案例

在四川省广安市渠江流域综合治理工程中，无人机技术的引入为测绘施工提供了有力支撑，成为该项目数字化建设的重要标志。渠江流域属典型的丘陵地貌，地势起伏、水系交错，传统测量方式受限严重，既耗时耗力，又存在安全隐患。项目初期，采用大疆 M300 RTK 无人机搭载禅思 P1 高精度摄影测量相机，对全长约 62 公里的治理河段进行高密度航测。通过布设 60 个地面控制点，飞行高度定为 120 米，重叠率控制在前向 80%、旁向 70%，共获取图像数据超过 20,000 张。经过 Pix4D 软件处理，生

成精度优于10厘米的正射影像图及三维模型，为河道疏浚、堤防加固等施工设计提供了详尽的地形数据支持。

在项目施工过程中，无人机进一步用于动态监控与过程管理。例如在渠江主干段的堤坝加高加固作业中，施工单位每周开展一次定期航拍，获取坝体高度、边坡角度、施工区域进度等信息，并生成点云与高程剖面图，与施工设计模型进行比对分析。一次测绘结果显示，某标段填筑高度偏差达到17厘米，超出规范误差限值。项目部据此及时通知施工单位进行返工，避免了质量问题的累积。同时，利用无人机航拍视频与施工影像资料建立的可视化平台，项目管理单位可远程查看工程全貌，提升调度效率。整个项目施工期内，累计完成无人机航测78次，覆盖面积达310平方公里，极大减轻了测量人员工作强度，提高了进度控制能力。

在工程验收阶段，无人机再次发挥关键作用。通过对比施工前后数据成果，项目单位利用无人机影像自动识别水工建筑物、堤坝形态及岸线变化，并与原始设计图对照，进行量化评估。例如，在武胜段支流合流口处，新建的溢流坝体在影像测量中长度为152.7米，与设计长度153米误差控制在0.3%，满足验收精度标准。验收组采用无人机三维模型辅助核查渠道护砌、生态湿地布局及水面宽度，提升验收效率约45%。该项目的实践充分证明了无人机在水利工程全流程中的技术优势与应用潜力，不仅提高了测绘效率和施工质量，还推动了工程管理方式向数字化、智能化转型，为同类工程提供了宝贵的经验范式。

五、无人机技术在水利测绘施工中的发展趋势与挑战

随着遥感、人工智能与5G通信等技术的迅猛发展，无人机技术在水利测绘施工中的应用正迈向智能化、系统化和多场景融合的新阶段。未来的发展趋势之一是“无人+智能”的深度融合，即通过集成AI图像识别、边缘计算与自动建模算法，实现无人机自主识别地貌、水体结构和工程构筑物状态，从而简化后期数据处理流程，提升作业自动化水平。同时，多平台协同作业也将成为主流方向，通过固定翼与多旋翼无人机组合使用，在长距离巡航与局部精细测绘之间实现优势互补。此外，结合北斗高精度定位系统与云计算平台，水利工程将逐步建立起基于无人机数据

的数字孪生系统，实现从测绘、设计、施工到运维的全生命周期管理。

尽管前景广阔，无人机技术在实际应用中仍面临诸多挑战。首先是测绘精度与数据处理能力的匹配问题。虽然当前无人机搭载的传感器性能已大幅提升，但在极端天气、复杂地形及植被覆盖密集区域，影像畸变、点云精度下降等问题仍较常见，影响测绘成果的稳定性。其次是数据处理能力滞后于采集速度，大量高精度图像与点云数据对计算机硬件性能、存储系统以及处理软件算法提出更高要求，项目单位若缺乏相应技术支撑，往往难以发挥无人机全周期效能。此外，在水利施工现场，人员复杂、作业频繁，飞行安全与空域管理也成为一大难题，特别是在城市河道、航运水域附近，飞行审批流程繁琐，操作限制较多，增加了技术推广的门槛。

为有效应对上述挑战，未来应从技术创新与制度完善两个方面同步推进。一方面，应加强对无人机测绘关键技术的研发，特别是在复杂环境下的智能识别与算法纠偏能力，推动实时建模、快速渲染等处理方式的发展，提升测绘成果的准确性与应用效率。另一方面，应制定符合水利工程特点的无人机作业标准与监管机制，明确操作规范、数据格式、成果验收等内容，提升行业应用的统一性和可复制性。同时，通过建设区域性无人机服务平台，整合设备资源与技术力量，降低中小项目的使用门槛，扩大技术覆盖面。无人机技术只有不断突破瓶颈、融合多学科优势，才能在水利测绘施工中持续释放潜力，助力行业向高质量、信息化和绿色化方向发展。

六、结语

无人机技术以其高效、精准、安全的特性，已深度融入水利工程测绘与施工各阶段，极大提升了工作效率与管理水平。从前期地形勘测到中期施工监控，再到后期成果验收，无人机展现出全流程支撑能力，推动水利工程向数字化、智能化迈进。尽管仍面临技术精度、数据处理与监管等方面的风险，但随着相关技术的不断进步与应用体系的逐步完善，其发展潜力不容忽视，将在未来水利建设中发挥更加关键的作用。

参考文献

- [1] 杨玉川, 杨兴国, 周顺文, 等. 小型无人机技术在河道治理工程中的应用研究 [J]. 水电站设计, 2018, 34(03): 30-35. DOI: 10.16671/j.cnki.cn51-1382/tv.2018.03.010.
- [2] 贾望军. 无人机航测技术在水利工程测绘中的应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (08): 187-188. DOI: 10.13487/j.cnki.imce.019870.
- [3] 李松勤. 无人机航测技术在水利工程测绘中的应用 [J]. 住宅与房地产, 2021, (18): 233-234.
- [4] 张於林, 李春花. 基于无人机技术的水利工程建设管理及河道生态环境保护应用实践 [J]. 生态与资源, 2024, (10): 92-94.
- [5] 叶兰正. 固定翼无人机航测技术在河道地形测绘中的应用及精度分析 [J]. 科技视界, 2025, 15(08): 48-50.