

无人机测量技术在大型工程项目中的应用研究

陈剑锋

3623221990****1858

摘要: 无人机测量技术在大型工程项目中的应用研究，围绕核心系统构成、各阶段应用、与其他技术融合、关键问题及发展趋势展开。明确飞行平台与载荷设备、数据传输与处理、飞行控制与导航定位等系统构成，阐述在项目勘察与规划、施工过程监控、竣工测量与验收中的应用，分析与 GIS 技术、三维建模技术、物联网技术的融合，探究空域申请与合规性、数据精度控制、复杂环境适应性等问题，展望智能化自主作业、多传感器集成、云平台协同管理的趋势，为其应用提供思路。

关键词: 无人机测量技术；大型工程项目；技术应用；测量应用

DOI: 10.69979/3029-2727.25.10.059

引言

在现代工程领域，精确、高效和安全的测量技术是项目成功的关键。传统测量方法往往受限于地形复杂性、成本和时间等因素。无人机技术的出现，为工程测量带来了革命性的变化。无人机测量技术以其独特的优势，能够快速覆盖作业区域，灵活应对复杂地形，在短时间内获取高精度测量数据。研究该技术在大型工程项目中的应用，有助于优化工程测量流程，提高测量数据的及时性与准确性，为工程决策提供可靠支持，对推动大型工程项目的高效建设与科学管理具有重要意义。

1 无人机测量技术的核心系统构成

1.1 飞行平台与载荷设备系统

飞行平台与载荷设备系统是无人机测量技术的基础载体，直接影响测量作业的效率与数据质量。飞行平台根据工程需求可分为多旋翼、固定翼等类型，多旋翼无人机灵活性强，适合小范围、高精度测量，能在复杂场地中精准悬停拍摄；固定翼无人机续航时间长、飞行速度快，适用于大面积地形测绘，可快速完成数十平方公里的区域扫描。载荷设备则包括高清相机、激光雷达、热成像仪等，高清相机用于获取地面影像，为后续三维建模提供纹理信息；激光雷达可穿透植被，直接获取地表高程数据，在密林区域测量中优势明显；热成像仪多用于工程隐患检测，如识别电路过热、管道泄漏等问题。

1.2 数据传输与处理系统

数据传输与处理系统负责将无人机获取的原始数据转化为可用的测量成果，是连接测量作业与应用决策的关键环节。数据传输分为实时传输与事后传输，实时

传输通过无线通信模块将影像、位置等数据即时发送至地面控制端，便于操作人员实时监控作业状态，及时调整飞行参数；事后传输则是在飞行任务完成后，将存储设备中的数据导入处理系统，适用于对实时性要求不高但数据量庞大的场景。数据处理系统依赖专业软件完成，通过影像拼接、空三加密、坐标转换等步骤，将零散的影像数据生成数字正射影像图、数字高程模型等标准化成果。

1.3 飞行控制与导航定位系统

飞行控制与导航定位系统是无人机自主完成测量任务的核心保障，决定了飞行的稳定性与数据的精准性。飞行控制系统通过内置的传感器与控制算法，实现无人机的自动起飞、巡航、降落，可按照预设航线自主飞行，也能在地面控制端的干预下调整飞行轨迹。系统具备故障自诊断与应急处理功能，当遇到电池电量不足、信号中断等情况时，会自动触发返航程序，确保设备安全。导航定位系统多采用全球导航卫星系统与惯性导航系统组合模式，全球导航卫星系统提供高精度位置信息，惯性导航系统则在卫星信号弱的区域（如峡谷、建筑群）补充定位，两者协同工作，保证无人机在复杂环境下仍能保持厘米级定位精度，为测量数据赋予准确的空间坐标。

2 无人机测量技术在大型工程项目各阶段的应用

2.1 在项目勘察与规划阶段的应用

在大型工程项目勘察与规划阶段，无人机测量技术可高效获取区域地理信息，为项目决策提供全面数据支撑。通过无人机航拍获取的高分辨率影像，能清晰呈现

项目区域的地形地貌、植被覆盖、现有建筑物分布等情况，结合数据处理系统生成的数字高程模型，可直观分析区域坡度、坡向、汇水情况等地形特征，为选址、线路规划提供依据。对于交通、水利等线性工程，无人机沿线路飞行获取的连续影像，能快速发现规划路径中的障碍物，如桥梁、高压线路等，便于提前调整方案。

2.2 在施工过程监控与管理阶段的应用

施工过程监控与管理阶段运用无人机测量技术，可实现对工程进度、质量与安全的动态把控。定期对施工区域进行无人机航拍，将获取的影像数据与设计图纸对比，生成进度对比图，直观展示各分项工程的完成情况，如路基填筑高度、建筑物结构尺寸等，帮助管理人员及时发现进度滞后问题并采取措施。在质量监控方面，通过无人机获取的高清影像，可细致检查工程表面平整度、结构拼接缝等细节，识别混凝土裂缝、钢筋外露等质量缺陷，尤其适用于高大建筑物、桥梁等人工难以到达区域的检查。安全管理中，无人机可对施工现场进行常态化巡逻，及时发现违规作业、安全防护缺失等隐患，并将影像实时传回管理中心，便于快速处置，降低施工安全事故率。

2.3 在工程竣工测量与验收阶段的应用

工程竣工测量与验收阶段，无人机测量技术为工程成果的全面核查提供了高效手段。传统竣工测量需逐点采集数据，耗时耗力，而无人机可快速对整个工程区域进行扫描，生成完整的三维实景模型与竣工图纸，涵盖建筑物尺寸、位置、高程等关键参数，与设计图纸进行全方位比对，确保工程符合设计要求。对于大型建筑群、厂区等复杂工程，无人机测量能完整记录各建筑物之间的相对位置关系、管线走向等细节，为后期运维管理提供精确的基础数据。验收过程中，通过无人机获取的影像资料可作为工程验收的直观依据，清晰展示工程的完成状态与外观质量，减少人为测量的误差与疏漏，提高验收工作的效率与准确性。

3 无人机测量技术与其他技术的融合应用

3.1 与 GIS 技术的空间信息整合应用

无人机测量技术与 GIS 技术的融合，实现了空间信息的高效整合与深度应用。无人机测量获取的影像、高程等数据，通过格式转换导入 GIS 系统，与 GIS 中的行政区划、土地利用、交通网络等基础数据叠加分析，构建完整的工程空间信息数据库。在大型工程规划中，借助 GIS 的空间分析功能，可基于无人机提供的地形数据

进行坡度分析、缓冲区分析等，优化工程布局；施工过程中，将无人机实时获取的施工进度数据与 GIS 中的工程计划数据关联，能动态展示工程进展的空间分布，为资源调配提供决策支持。



3.2 与三维建模技术的实景重建融合

无人机测量技术与三维建模技术的结合，能够快速构建工程区域的高精度实景三维模型，为工程设计与管理提供沉浸式可视化工具。无人机按预定航线拍摄的多角度影像，包含丰富的纹理与几何信息，三维建模软件通过对这些影像的特征匹配、三角网构建等处理，自动生成与真实场景一致的三维模型，模型细节可精确到厘米级，能清晰呈现建筑物的外观、地形的起伏等特征。在大型工程设计中，设计师可在三维模型中进行虚拟施工，提前发现设计与实际地形的冲突；施工阶段，将不同时期的三维模型对比，可量化分析工程的施工变形、进度变化。

3.3 与物联网技术的实时数据联动应用

无人机测量技术与物联网技术的融合，构建了工程数据的实时联动与智能管理体系。物联网设备如传感器、摄像头等布设在工程现场，实时采集温度、湿度、设备运行状态等数据，无人机作为移动数据采集节点，可定期巡检这些设备，读取数据并传输至物联网平台，补充固定设备的监测盲区。在大型水利工程中，无人机搭载的水质传感器可与岸边固定监测站联动，全面获取库区水质数据；在电力工程巡检中，无人机的热成像数据与输电线路上的在线监测设备数据融合，能更精准判断线路故障位置与原因。

4 无人机测量技术应用中的关键问题

4.1 空域申请与飞行合规性管理

空域申请与飞行合规性管理是无人机测量技术在大型工程项目应用中需首要解决的问题，直接关系到飞行安全与作业合法性。大型工程项目多位于人口密集区或管控空域附近，无人机飞行需向空管部门申请飞行空

域与时间，明确飞行范围、高度等参数，未经批准的飞行可能引发安全事故或法律风险。飞行合规性管理还包括设备资质审核，如无人机需具备适航认证，操作人员需持有相应执照；作业过程中需遵守禁飞区规定，避开机场、军事管理区等敏感区域。

4.2 测量数据精度控制与质量保障

测量数据精度控制与质量保障是确保无人机测量成果可靠的核心，需贯穿作业全过程。数据采集阶段，需合理规划飞行航线，保证影像重叠度满足建模要求，避免因拍摄角度不当导致数据缺失；定期校准无人机的定位系统与载荷设备，减少系统误差。数据处理阶段，采用专业软件进行空三加密时，需引入足够数量的地面控制点，通过控制点的已知坐标修正模型误差，尤其在地形复杂区域，需增加控制点密度以保证精度。

4.3 复杂环境下的作业适应性提升

复杂环境下的作业适应性是无人机测量技术应用中面临的重要挑战，需通过技术优化与方案调整克服环境限制。在山区、峡谷等地形复杂区域，无人机易受气流影响导致飞行不稳定，需选用抗风性能强的飞行平台，同时缩短单次飞行时间，分区域作业降低风险。在雨雪、雾霾等恶劣天气条件下，能见度低会影响影像质量，可配备全天候载荷设备或选择天气转好时作业；电磁环境复杂的区域（如高压电网附近），需增强无人机的抗干扰能力，避免信号中断导致失控。

5 无人机测量技术的发展趋势

5.1 智能化自主作业流程的优化

智能化自主作业流程的优化将使无人机测量技术更易用、高效，减少对人工操作的依赖。未来的无人机测量系统可通过人工智能算法自主规划飞行航线，根据工程区域的地形特征、精度要求自动调整飞行高度、速度与拍摄间隔，无需人工逐点设置参数。系统具备自主避障功能，搭载的视觉传感器与激光雷达能实时识别障碍物并调整路径，在复杂建筑群、山区等环境中安全飞行。

5.2 多传感器集成测量系统的应用

多传感器集成测量系统将拓展无人机测量技术的功能边界，实现多维度数据的同步获取。未来的无人机平台将整合光学相机、激光雷达、热成像仪、气体传感器等多种载荷，一次飞行可同时获取地形影像、高程数

据、温度分布、气体浓度等信息，满足大型工程对多类型数据的需求。例如，在环境工程测量中，多传感器系统可同步获取污染区域的影像、地形与气体浓度数据，全面评估污染范围与程度；在建筑工程中，可同时采集建筑物的外观影像、结构温度场数据，辅助判断建筑质量与安全状态。

5.3 基于云平台的测量数据协同管理

基于云平台的测量数据协同管理将打破数据壁垒，实现大型工程项目各参与方的高效数据共享与协作。无人机测量获取的数据上传至云端平台后，通过云计算技术进行集中处理与存储，形成标准化的工程数据库。设计单位、施工单位、监理单位等可通过权限管理访问平台，实时查看测量成果，基于同一数据源开展工作，避免数据版本混乱与重复处理。云平台还支持数据的在线分析与可视化展示，如生成动态进度对比图、三维模型漫游等，便于远程会议讨论与决策。

6 结论

无人机测量技术凭借其高效、灵活、精准的特点，在大型工程项目的勘察规划、施工监控、竣工验收等阶段发挥着重要作用。与 GIS、三维建模、物联网等技术的融合，进一步拓展了其应用场景与价值。尽管在空域管理、数据精度、复杂环境适应等方面存在挑战，但随着智能化自主作业、多传感器集成、云平台协同等趋势的发展，该技术将不断优化升级。未来，无人机测量技术将成为大型项目建设与管理不可或缺的工具，推动工程测量向更智能、高效、协同的方向发展，为工程质量与安全提供更坚实的保障。

参考文献

- [1] 李彩虹. 无人机技术在现代工程测量中的实践探索 [J]. 价值工程, 2025, 44(09): 146-149.
- [2] 杨鹏. 无人机倾斜摄影测量智能技术在铁路工程项目中的应用分析 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2025, (01): 34-36.
- [3] 陈丽, 卿熙宏, 路蓓蓓, 等. 无人机测量技术在工程审计中的应用 [J]. 中国内部审计, 2021, (07): 18-21.
- [4] 胡念念, 孟敏. 无人机航空摄影测量技术在电力工程测量中的运用初探 [J]. 低碳世界, 2018, (12): 62-63.
- [5] 周凯. 无人机在住宅建筑工程测量中的技术应用要点 [J]. 居舍, 2025, (07): 169-172.