

无人机技术在建筑工程施工技术中的应用策略

文 / 刘 杰 恒泰工程咨询集团有限公司

摘要：为探究无人机技术在建筑工程施工技术中的应用，文章分析了其在建筑行业的多重应用场景，涵盖施工现场勘测与规划、施工进度监控与管理、建筑质量检测与问题预警以及资源管理与运输优化等方面。同时，探讨了无人机技术应用面临的挑战，包括载重能力不足、恶劣天气影响、飞行时间限制、操作人员技术不熟练和设备维护成本等。通过多架无人机协作、避免极端天气作业、采用高效能电池、加强操作员培训和制定设备长期使用计划等策略来解决这些问题。分析认为，合理应用无人机技术并克服挑战能有效提升建筑工程施工效率与质量。

关键词：无人机技术；建筑工程；施工技术；应用策略

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.018

引言

随着建筑行业的快速发展，对施工效率和质量的要求日益提高。传统建筑工程施工技术在面对复杂地形、大规模项目时，暴露出勘测效率低、进度监控难等问题。无人机技术凭借其机动性强、视角灵活等优势，从最初用于简单的场地拍摄，到如今广泛应用于施工现场勘测、进度监控、质量检测等关键环节，无人机技术正深刻改变着建筑工程的作业模式。然而，在实际应用过程中，无人机技术也面临诸多挑战，如何充分发挥其优势并克服障碍，实现高效应用成为建筑行业亟待研究的重要课题。

一、建筑行业中无人机技术的多重应用场景

（一）施工现场勘测与规划

在传统的施工现场勘测中，工作人员需耗费大量时间和人力深入复杂地形，不仅效率低下，还可能存在安全隐患。而无人机技术的应用极大地改变了这一现状。无人机搭载高精度的测绘相机和激光雷达等设备，能快速对施工现场进行全方位、多角度的拍摄和扫描。通过获取的高清图像和精确数据，利用专业软件可生成详细的数字地形模型（DTM）和正射影像图。这些资料为施工规划提供了精准依据，设计师能直观地了解场地的地形地貌、周边环境，从而合理规划建筑布局、道路走向以及水电线路铺设等，有效减少设计失误，缩短前期勘测规划周期。例如，在某大型山地建筑项目中，利用无人机勘测，仅用一周就完成了原本需要一个月的人工勘测工作，且数据精度更高为项目顺利推进奠定了坚实基础。

（二）施工进度监控与管理

施工进度的有效监控是确保项目按时交付的关键。无人机可以按照预设的飞行路线和时间间隔，定期对施工现场进行巡查拍摄（如图1所示）。将拍摄的图像和视频与施工计划进行对比分析，管理人员能够清晰地看到各个施工区域的实际进度，快速发现施工延误或超前的部分。同时，借助图像识别和数据分析技术，还能对施工现场的人员、设备数量及分布情况进行统计，及时掌握施工资源的投入和利用状况。一旦发现进度异常，可迅速调整施工计划和资源调配方案。如在一个超高层

建筑施工中，通过无人机监控发现外墙施工进度滞后，及时增派了施工人员和设备使项目最终按时完成。

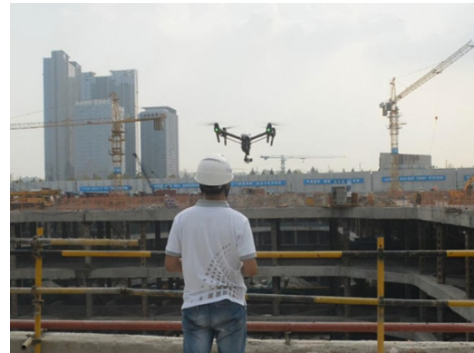


图1 无人机对施工现场进行巡查拍摄

（三）建筑质量检测与问题预警

建筑质量关系到建筑物的安全与使用寿命。无人机可搭载热成像相机、高分辨率光学相机等设备，对建筑结构进行细致检测。热成像技术能够检测出建筑墙体、屋面等部位是否存在空鼓、渗漏等隐患，光学相机则能捕捉到建筑表面的裂缝、变形等质量问题。通过对采集的数据进行分析处理，可提前发现潜在的质量风险并及时发出预警^[1]。施工人员依据预警信息，能够在问题恶化前采取修复措施，避免后期大规模返工，降低质量事故发生的概率。例如，在某住宅小区建设过程中，无人机检测发现部分楼层的混凝土浇筑存在局部不密实的情况，施工方立即进行了返工处理保障了建筑质量。

（四）资源管理与运输优化

建筑施工过程中，材料和设备的管理与运输至关重要。无人机可以实时监测施工现场材料和设备的库存情况，通过图像识别技术识别材料的种类和数量，为资源采购和调配提供准确数据。在运输方面，无人机可利用其灵活的飞行特性，对运输路线进行勘察，避开交通拥堵路段，规划最优运输路径，提高运输效率。同时，对于一些小型建筑材料（如图2所示），如螺栓、小型工具等，还可通过无人机进行短距离运输，节省人力和时间成本。在一个大型桥梁建设项目中，利用无人机进行资源管理和运输优化，使材料运输时间缩短了20%，有效提高了施工效率。



图2 无人机运输

二、建筑工程施工中无人机技术应用的挑战

（一）载重能力不足

在建筑工程施工中，无人机的载重能力成为限制其应用范围的一大瓶颈。目前，市场上常见的无人机，即使是工业级产品，有效载重通常也仅在几千克到十几千克之间。以大疆 Matrice 600 Pro 为例，其最大起飞重量为 15 千克，除去自身重量，实际可搭载的设备重量有限。在诸如大型建筑结构检测任务中，高精度的检测设备，如无损探伤仪、三维激光扫描仪等，往往重量较大，超出了无人机的载重负荷。这就导致无人机无法携带足够专业的设备进行全面检测，只能采用多次飞行或降低检测精度的方式完成任务，大大降低了工作效率。此外，随着建筑工程规模的不断扩大，对无人机搭载能力的要求也越来越高。例如在桥梁建设中，需要无人机携带长距离测绘设备对桥梁跨度和地形进行精确测量，现有载重能力使得无人机难以满足这一需求，阻碍了施工的顺利进行。

（二）恶劣天气条件影响

恶劣天气条件对无人机在建筑工程中的应用构成了严重威胁。暴雨天气时，雨水会迅速打湿无人机的机身和关键电子部件，极易造成短路故障，损坏无人机的核心系统。据相关统计，在暴雨天气下作业的无人机，因短路故障导致损坏的概率高达 30%。强风环境同样危险，当风速超过无人机的设计抗风能力时，无人机的飞行姿态会难以控制，甚至可能被强风吹离预定航线，造成坠毁事故。在一次高层建筑施工中，由于无人机在 5 级大风天气下作业，机身被强风干扰，最终撞上建筑物边缘，导致设备严重损坏^[2]。此外，大雾天气会严重影响无人机的视觉感知系统，使其无法准确识别周围环境和障碍物，增加了飞行风险。在冬季寒冷地区，低温会使无人机电池的活性降低，电量快速下降，大幅缩短飞行时间，严重影响作业的连续性。

（三）飞行时间限制

当前，无人机的飞行时间主要依赖于电池技术，而这恰恰是限制其在建筑工程中广泛应用的关键因素。一

般民用无人机的续航时间多在 20-40 分钟左右，工业级无人机续航时间虽有所提升，但也很难超过 1 小时。在大型建筑施工现场，很多任务需要无人机长时间连续作业，如对整个工地的进度监控、大面积的地形测绘等。有限的飞行时间意味着无人机需要频繁返回充电，这不仅中断了工作流程还增加了操作的复杂性和安全风险。例如，在一个占地数平方公里的大型商业综合体建设项目中，要对施工现场进行全面的进度监控，由于无人机续航时间短，一次飞行无法覆盖整个区域需要多次往返充电，导致监控工作耗时费力，无法及时为施工管理提供准确的进度信息影响了施工决策的及时性。

（四）操作人员技术不熟练

操作人员的技术水平对无人机在建筑工程中的安全高效运行起着决定性作用。然而，目前建筑行业中部分无人机操作人员技术能力参差不齐。一方面，许多操作人员没有接受过系统的专业培训，对无人机的飞行原理、操作规范和应急处理方法缺乏深入了解。在实际操作中，容易因操作不当引发事故。比如，在起飞和降落过程中，由于对风速、起降场地等因素判断失误，导致无人机碰撞障碍物的情况时有发生^[3]。另一方面，随着无人机技术的快速发展，新的功能和应用场景不断涌现，部分操作人员未能及时更新知识，无法充分发挥无人机的性能优势。例如，对于具备智能图像识别和数据分析功能的无人机，一些操作人员由于不熟悉相关软件和算法，无法利用这些功能进行精准的施工质量检测和进度分析降低了无人机的应用价值。

（五）设备维护成本

无人机作为高科技设备，其维护成本相对较高，这给建筑工程企业带来了一定的经济压力。首先，无人机的零部件较为精密，在频繁的飞行作业中容易受到磨损和损坏。例如，无人机的螺旋桨在高速旋转过程中，与空气摩擦以及可能遭遇的异物撞击，使其需要定期更换，而一套螺旋桨的价格可能在几百元甚至上千元。其次，无人机的电子设备和软件系统也需要不断维护和更新以保证其稳定性和兼容性。软件更新可能需要购买授权或支付服务费用，电子设备的故障维修同样成本不菲。此外，为确保无人机的飞行安全和数据准确性，还需要定期对其进行校准和检测，这也会产生额外的费用。对于一些小型建筑企业而言，高昂的设备维护成本限制了无人机技术的推广应用影响了企业的竞争力和发展。

三、建筑工程施工中无人机技术应用的挑战的解决策略

（一）通过多架无人机协作完成任务

当单架无人机的载重能力不足时，多架无人机协作成为可行的解决方案。在实际操作中，首先要根据任务需求和无人机的性能特点，对任务进行合理分解。例如在大型建筑场地的地形测绘中，可安排一架携带高精度光学相机的无人机负责获取高分辨率的平面影像，用于记录地面细节；另一架搭载激光雷达设备的无人机则专注

于收集三维空间数据，精确测量地形起伏。利用先进的通信技术，如5G网络，实现多架无人机之间的实时数据传输和协同控制。通过智能算法，能够动态调整无人机的飞行轨迹和作业顺序，确保各架无人机在执行任务时互不干扰，高效完成测绘工作^[4]。多机协作不仅提高了任务执行的效率，还能通过数据融合，获得更全面、准确的测量结果，为建筑工程的规划和施工提供可靠依据。

（二）避免在极端天气下作业

恶劣天气对无人机飞行安全和作业效果影响巨大，因此合理安排作业时间是关键。建筑施工团队应与气象部门建立紧密合作，实时获取精准的气象预报信息。在计划无人机作业前，仔细分析未来一段时间的天气状况，提前规避暴雨、强风、大雾等极端天气。例如，在进行建筑外立面质量检测时，若天气预报显示未来几天将有强风，可将检测任务推迟到风力适宜的时段。同时，施工现场应配备气象监测设备，如风速仪、雨量传感器等，实时监测现场气象条件。一旦监测数据达到影响无人机飞行的阈值，立即停止作业，并按照应急预案将无人机安全降落。此外，还可以利用历史气象数据，分析当地天气变化规律，优化无人机作业计划，尽量选择天气稳定的时间段开展工作，保障无人机飞行安全和作业质量。在某沿海地区的高层建筑施工中，由于严格遵循这一策略，在台风季节有效避免了无人机因恶劣天气造成的损坏事故。

（三）采用高效能电池

为突破无人机飞行时间的限制，采用高效能电池是核心策略。目前，新型电池技术不断涌现，如高能量密度的锂离子电池，相较于传统电池，其能量密度提升了数倍，能够在相同体积和重量下存储更多电量，显著延长无人机的续航时间。同时，快速充电技术也在不断发展，一些快充设备能够在短时间内为无人机电池补充大量电量，减少充电等待时间。此外，还可以探索太阳能、氢燃料电池等新型能源在无人机上的应用。例如，在一些长时间的巡检任务中，为无人机配备太阳能板，在飞行过程中利用太阳能为电池充电，实现能源的持续补充。在选择高效能电池时，要综合考虑电池的能量密度、充放电效率、安全性以及成本等因素，根据不同的建筑施工任务需求，选择最适合的电池方案，确保无人机能够满足长时间、高强度的作业要求。

（四）加强对无人机操作员的培训

操作人员的技术水平直接关系到无人机的安全飞行和作业效果。建筑企业应制定系统的培训计划，首先开展基础理论培训，包括无人机的飞行原理、结构组成、通信系统等知识，让操作人员深入了解无人机的工作机制。然后进行实际操作培训，通过模拟飞行和实地飞行练习，让操作人员熟练掌握无人机的起飞、降落、悬停、航线规划等操作技能。同时，加强应急处理培训，模拟各种突发情况，如信号丢失、电池电量过低、遇到障碍物等，让操作人员学会在紧急情况下迅速做出正

确反应，保障无人机和人员安全。此外，随着无人机技术的不断更新，定期组织操作人员参加新技术培训，学习新的功能应用和软件操作方法，确保他们能够跟上技术发展的步伐，充分发挥无人机在建筑工程施工中的作用。

（五）制定设备长期使用计划

制定科学合理的设备长期使用计划是降低无人机维护成本的重要举措。首先，建立详细的设备档案，记录无人机的购买时间、型号、飞行时长、维护记录以及零部件更换情况等信息。通过对这些数据的分析，能够准确掌握无人机的使用状况和性能变化趋势，为制定维护计划提供依据。根据无人机的使用频率和工作环境，制定定期维护计划，包括定期清洁机身、检查螺旋桨的磨损程度、校准传感器精度等。在维护过程中，严格按照设备制造商的要求进行操作，使用合格的零部件和维护工具，确保维护质量^[5]。同时，合理安排设备的使用强度，避免过度使用导致设备过早损坏。此外，与设备供应商建立良好的合作关系，确保在需要更换零部件时能够及时获取，降低设备停机时间和维护成本，延长无人机的使用寿命，提高投资回报率。

结语

综上所述，无人机技术在建筑工程施工领域展现出了巨大的应用潜力。其在施工现场勘测与规划、施工进度监控与管理、建筑质量检测与问题预警以及资源管理与运输优化等方面的应用，显著提升了施工效率与质量。然而，无人机技术在实际应用中也面临着载重能力不足、恶劣天气影响、飞行时间限制、操作人员技术不熟练和设备维护成本高等挑战。通过多架无人机协作、避免极端天气作业、采用高效能电池、加强操作员培训以及制定设备长期使用计划等策略，能够有效克服这些难题。随着技术的不断进步与应用的深入，无人机技术有望在建筑工程施工中发挥更大的作用，推动建筑行业朝着智能化、高效化方向持续发。

参考文献

- [1] 张蓉蓉. 无人机技术在建筑工程测量中的应用分析[J]. 居业, 2024, (05): 83-85.
- [2] 陈如银. 无人机技术在大型工程施工管理中的应用分析[J]. 中国设备工程, 2023, (18): 30-33.
- [3] 潘泽铨, 钟炜. 无人机技术在大型工程施工管理应用研究[C]//中国图学学会建筑信息模型(BIM)专业委员会. 第七届全国BIM学术会议论文集. 天津理工大学; 2021: 6.
- [4] 叶果, 谢元勋, 张洪川, 等. 无人机技术在建筑工程领域的应用[J]. 智能城市, 2021, 7(02): 78-79.
- [5] 吕超, 张鹏, 何俊澜, 等. 无人机技术在水电工程施工地质中的应用研究[J]. 企业科技与发展, 2020, (08): 68-69.

作者简介：刘杰(1991.7-),男,汉族,安徽六安人,本科学历,研究方向:建筑工程。