

无人机倾斜摄影技术在工程制图教学中的应用研究

王丹妮

武汉东湖学院经济学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年4月8日; 录用日期: 2026年5月28日; 发布日期: 2026年6月8日

摘要

针对传统工程制图教学空间认知培养困难、实践效率低、与行业数字化脱节等问题, 本文将无人机倾斜摄影技术引入课程, 构建“数据采集-模型重建-制图表达-软件协同”一体化教学模式。并基于建构主义与项目式学习(PBL)理论, 设计对照教学实验, 以空间认知测试、制图技能考核、作品量化评分与学习问卷开展实证对比。结果表明: 学生的空间认知、制图精度与学习效率得到明显提升。同时, 文章提出开源软件替代、设备共享、云端计算、标准化师资培训等可落地方案, 可为工程制图数字化教学改革提供参考。

关键词

无人机倾斜摄影, 工程制图, 教学应用

Study on the Application of Oblique Aerial Photography Technology Using Drones in Engineering Drawing Education

Danni Wang

School of Economics, Wuhan Donghu University, Wuhan Hubei

Received: April 8, 2026; accepted: May 28, 2026; published: June 8, 2026

Abstract

Traditional engineering graphics teaching faces difficulties in spatial cognition training, low practical efficiency and disconnection from industrial digitalization. This paper introduces UAV

oblique photogrammetry to build an integrated teaching mode of data acquisition, model reconstruction, graphic expression and software collaboration. Based on constructivism and PBL theory, a comparative teaching experiment was conducted via spatial cognition tests, drawing assessments, work scoring and questionnaires. The results show that the approach significantly improves students' spatial cognition, drawing accuracy and learning efficiency. Feasible measures including open-source software replacement, equipment sharing, cloud computing and standardized teacher training are proposed to support the digital teaching reform of engineering graphics.

Keywords

UAV Oblique Photogrammetry, Engineering Graphics, Teaching Application

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

工程制图作为土建类专业的核心课程，承担着培养学生空间思维与工程表达能力的关键任务。然而现行教学体系仍存在显著局限性。在教学实践过程中长期依赖传统二维平面图纸，并以简单测量工具进行手工测量，整体绘制过程效率低下且易出现误差。随着无人机倾斜摄影技术的快速发展，及 BIM 等建筑信息模型的应用和三维可视化技术的普及，新的就业环境对学生的空间思维能力与技术应用能力提出了更高要求[1]。因此，本文将该技术与课程深度融合，优化教学体系，开展实证检验，并提出可操作实施路径，推动工程制图教学数字化转型。

2. 相关研究与理论基础

2.1. 国内外研究现状

国外学者对无人机倾斜摄影技术的研究起步较早，早期主要聚焦于技术可行性与精度验证，随后逐步向文化遗产数字化保护、建筑测绘等领域拓展。Skondras 等从城市空间管理与推广的角度出发，系统探讨了无人机测绘与三维建模在建成环境中的综合应用，指出该技术不仅服务于保护，也具备促进空间展示与治理的双重价值[2]。Billi 等将机器学习与深度学习引入建筑遗产分析，结合激光扫描与无人机数据，提出了一种面向复杂空间网格结构的自动化点云分割与分类方法，显著提升了从实测数据到信息模型的转化效率[3]。Tsifodimou 等以 Didymoteicho 堡垒为案例，提出了一套基于无人机摄影测量与三维建模的监测框架，强调其在识别场地退化、辅助城市增长管理方面的应用潜力[4]。然而，国外相关实践多集中于测绘工程或遗产保护专业，针对基础课程的嵌入式教学研究仍较为有限，设备的高昂成本与技术培训不足等因素也在制约了该技术的大规模普及。

国内关于无人机倾斜摄影技术的研究虽然起步晚于国外，但发展迅速，并在工程制图及相关专业教学中展现出鲜明的应用导向，研究重点从早期的技术引介逐渐转向教学方法的系统性改革与资源建设。王博指出，传统建筑识图教学面临“二维抽象、认知断层”的核心瓶颈，而无人机倾斜摄影生成的三维模型能够直观呈现建筑形态，有效搭建起“图-物”关联的桥梁，显著提升学生的空间认知能力[5]。陈国栋等则在历史建筑测绘教学中提出了“全过程数字测绘”模式，将倾斜摄影、三维激光扫描等技术整合至课前理论、课中外业和课后内业建模各环节，使学生在掌握数字测绘技能的同时，深化对工程图样

表达方法的理解[6]。范玉梅等构建的“一体两翼”智慧教学范式,引入 AI 智能体对学生的设计方案进行模拟评审,为工程制图课程的交互式教学提供了新的思路[7]。总体来看,国内研究已形成“技术课程化、资源平台化”的发展态势,但在统一的教学资源库建设和跨院校标准化推广方面仍有待进一步探索。

2.2. 理论基础

本研究的教学改革设计植根于三大教育理论。其一是建构主义学习理论,强调学习并非知识的被动接收,而是学习者在真实情境中主动建构意义的过程。让学生在影像采集、模型重建、结构剖分、尺寸标注等实践活动中自主建构空间概念,实现从被动识记到主动建构的转变。其二是项目式学习(PBL)理论,以真实工程项目为载体,以成果输出为导向,强调协作探究、过程实践与问题解决。让学生完成全流程任务,对接行业真实 workflows,实现“做中学、用中学、创中学”。其三是虚实融合教学理论,将虚拟仿真与真实操作相结合,有效降低学习门槛与实践风险。无人机飞行前采用虚拟仿真系统进行航线规划、模拟飞行与安全训练。真实外业采集后利用软件进行三维重建与可视化分析,实现从虚拟预演到真实操作再到数字呈现的闭环,有效降低认知负荷,提升教学安全性。

3. 无人机倾斜摄影技术与教学适配性

3.1. 技术概念与原理

无人机倾斜摄影技术的概念源于城市数字化的发展。宏观上,无人机可获取城市整体的空间几何关系,完成城市三维模型的构建,使智能化建造成为现实;微观上,为获得建筑真实的正面摄影和侧面纹理信息,倾斜摄影技术应运而生,可满足多角度影像采集需求。

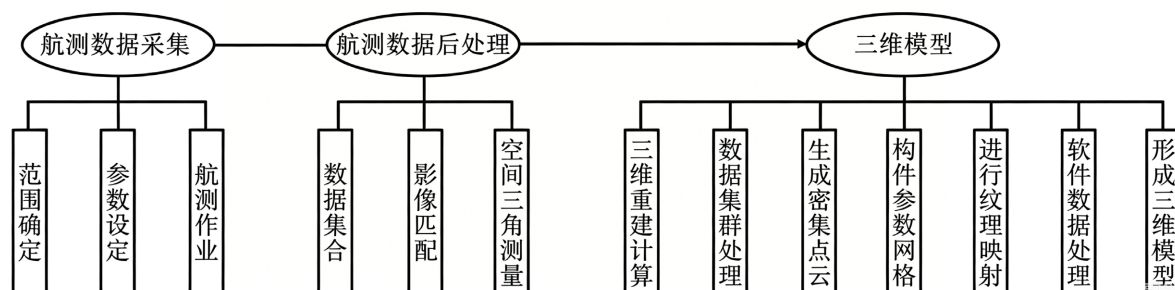


Figure 1. Schematic of UAV oblique photogrammetry

图 1. 倾斜摄影技术原理图

其技术原理是基于搭载 1 个垂直镜头及 4 个倾斜镜头的综合操作平台,通过预设航线获取多角度、高重叠率的地表影像数据,结合系统记录的航高、航速及姿态参数,利用摄影测量原理生成高精度三维点云模型,并通过软件重建与贴图生成可量测的实景三维模型[8],其技术流程如图 1 所示。相较传统正射影像,倾斜摄影的侧视角度能够获得更加完整的建筑立面信息,满足工程制图对空间结构完整表达的需求。

3.2. 教学适配性分析

无人机倾斜摄影技术在教学中的适配性体现在三个方面。一是效率显著提升:单架次作业仅需一刻钟左右,即可覆盖 0.5~2 km² 区域,较传统手工测量与绘制效率有质的提升,且一次飞行生成的实景模型可支持多年课程案例复用,避免重复测量成本。二是实践过程交互:通过三维模型交互,可实现建筑的动态投影教学,模型的剖切可直观展示建筑内部结构关系,尺寸标注与多视角观察进一步强化学生的空

间认知。三是成果形式革新：无人机测绘数据经处理生成包含纹理的实景三维模型，具有灵活可扩展性，可接入 CAD、Revit 等软件，实现二维与三维图纸之间的转换，推动从实景到模型的协同设计。

4. 教学体系构建与实施

4.1. 总体教学模式

将倾斜摄影技术引入工程制图教学，旨在构建“数-空-地-图”四位一体的新型工程制图教学模式，可将教学从“理论讲授-二维绘图练习-图纸评阅”的传统授课模式，改进为“数据采集-模型重建-制图表达-软件协同”的全流程实践体系，推动教学从抽象图纸向真实场景过渡，助力培养适应新时代智慧建造需求的复合型人才。

4.2. 课程模块设计

本研究依据“理论够用、实践为重、技术融合、对接行业”的原则，将无人机倾斜摄影全流程与工程制图核心教学内容有机整合，设置四大模块化教学单元，形成从原理认知、实操采集、建模处理到工程化应用的完整培养链条。各模块层层递进、相互支撑，既保证工程制图课程的核心知识传授，又强化无人机倾斜摄影技术的实践应用能力，具体模块安排如表 1 所示：

Table 1. Design of curriculum modules

表 1. 课程模块设计表

教学阶段	教学内容	学时分配	技能目标
基础理论	摄影测量原理、加密算法	4 学时	掌握像控点布设规则
外业实操	航线规划、像控点测量	8 学时	熟练操作大疆某型号无人机
数据处理	ContextCapture 模型重建、EPS 三维测图	12 学时	完成合适比例的地形图绘制
工程应用	土方量计算、BIM 模型集成	8 学时	实现 Revit 模型与实景数据融合

4.3. 教学方法创新

为实现上述教学模式，课程采用三项创新教学方法。一是虚实结合训练：通过大疆智图仿真系统进行预演飞行，提升后续真机操作的知识迁移效率，降低设备损耗率。二是项目驱动教学：以校园建筑改造为真实课题，创设“实践共同体”，让学生完成从数据采集到施工图输出的完整工作流程训练，促进知识的意义建构。三是量化制图评价：建立包含几何精度、拓扑关系、属性完整性的多维评分体系，契合新工科教育内涵，实现工程制图能力的可量化诊断。

5. 教学实验与效果分析

5.1. 实验内容

本实验以无人机倾斜摄影技术在工程制图教学中的应用为核心，围绕工程制图课程核心能力培养目标，设计完整对照教学实验。实验内容以校园典型建筑测绘与施工图绘制为统一项目任务，要求学生完成建筑空间认知、尺寸获取、立面制图、三维表达等全流程工作。实验组依托无人机倾斜摄影实景模型开展学习与实践，对照组采用传统黑板讲授、手工测量、二维绘图方式完成同等任务。

5.2. 实验设计

选取工程管理专业 2 个自然平行班为研究对象，开展贯穿整学期 16 周，32 学时的工程制图课程教

学。其中，实验组(25人)：采用无人机倾斜摄影 + PBL 项目式教学，流程为：数据采集 - 模型重建 - 制图表达 - 软件协同；对照组(25人)：采用传统工程制图教学，流程为：理论讲授 - 二维绘图练习 - 图纸评阅。两组课程由同一教师授课，使用相同教材与教学大纲，严格控制教学时间、实训场地、软件环境等无关变量，确保实验结果可信。

5.3. 评价方式

为全面衡量教学效果，本研究构建了多维综合评价体系，从五个层面进行系统测评。具体包括：课程前后各开展 1 次标准化空间认知测试，通过前后测对比排除基础差异；期末闭卷进行制图技能考核，以国家标准为依据检验学生输出工程图纸的专业能力；以校园建筑测绘与制图为统一任务，统计学生从数据获取到出图的总耗时，对比效率提升；对测绘制图成果进行精度量化检测，测量平面、高程及尺寸误差；课程结束后发放匿名问卷，调查学习兴趣、理解直观性和实践获得感，并结合开放性问答收集主观反馈。

5.4. 结果分析

本研究实验数据采用独立样本 t 检验进行统计分析。首先对两组学生各项指标分别计算平均值(M)与标准差(SD)，以反映数据的集中趋势与离散程度；在此基础上，运用进行组间比较计算，得到 t 值与 P 值，用于判断两组差异是否具有统计学意义。其中，t 值反映两组均值差异的大小，P 值用于检验差异显著性， $P < 0.01$ 表示差异具有极显著统计学意义。统计结果如表 2 所示。

Table 2. Analysis of statistical results

表 2. 统计结果分析表

评价指标	实验组(n = 40)	对照组(n = 40)	t 值	P 值	显著性
空间认知前测	72.3 ± 5.1	71.8 ± 4.9	0.42	>0.05	不显著
空间认知后测	86.5 ± 4.2	76.1 ± 5.3	8.96	<0.01	极显著
制图技能成绩	88.2 ± 3.7	75.5 ± 6.1	10.32	<0.01	极显著
项目完成耗时/min	85 ± 12	135 ± 21	11.25	<0.01	极显著
平面误差/cm	3.2 ± 1.1	8.5 ± 2.4	12.18	<0.01	极显著

综合各项量化测评与质性反馈数据可以看出，本教学实验在空间认知能力提升、制图技能掌握、实训效率改善、测量精度提高以及学习体验优化等多个维度，均显著优于传统工程制图教学模式。整体数据差异经统计学检验均达到极显著水平，充分表明将倾斜摄影技术引入工程制图教学，能够有效降低学生空间认知负荷、提升实践操作效率与图纸成果质量。

6. 教学问题与优化对策

6.1. 现存问题分析

当前教学实践中仍存在三方面突出问题。一是设备与算力成本高：专业航测设备与建模工作站采购成本高，普通院校难以批量配置；三维模型处理对电脑配置要求高，易造成实训卡顿、排队等待。二是无人机飞行安全与管理缺失：校园人员密集，无人机飞行存在坠机、干扰等安全隐患；高校尚未建立规范的飞行报备、禁飞区划设与应急处置制度。三是教师技术能力不足：制图教师多不熟悉无人机航测、实景建模与数据处理全流程操作，缺乏相关软件应用与课程融合经验。

6.2. 优化发展对策

针对上述问题,提出三项优化对策。一是三维度低成本替代方案:设备端选用消费级无人机替代专业航测机,配合账号分时租赁;软件端使用开源工具替代昂贵商业软件;算力端引入云计算服务,按任务按需付费,显著降低整体成本。二是标准化校园管控机制:制定校内无人机实训安全管理办法,明确划定固定飞行区与禁飞区,执行严格限高与课前报备制度,统一购买保险,完善应急返航与现场处置流程。三是标准化教师培训工作坊:面向教师开展全流程培训,内容覆盖安全飞行、实景建模、三维测图实操及教学项目设计。培训后教师应具备独立开展系统化实训教学的能力,并可完成教学案例与实训指导书的撰写。

7. 结论

无人机倾斜摄影技术搭建了虚实结合的新型实践平台,为工程制图教学提供了真实、动态、多维度的数据支撑,有效弥合了传统教材与工程实践之间的认知鸿沟,解决了传统教学中场景单一、空间想象培养困难等问题。无人机倾斜摄影技术深度融入工程制图教学,不仅革新了传统教学模式,更在技术赋能教育转型层面实现了重大突破。展望未来,该技术的发展将形成基于健全产业链,覆盖建筑全生命周期的全新工程教育模式,推动工程制图课程从“纸笔绘图”向“数字孪生”、从“技能传授”向“创新赋能”的范式跃迁。

基金项目

武汉东湖学院 2025 年校青年基金项目(项目编号: 2025dhsk025)。

参考文献

- [1] 黄彬. 基于倾斜摄影测量技术对数字化测图教学改革的研究[J]. 现代职业教育, 2025(20): 129-132.
- [2] Skondras, A., Karachaliou, E., Tavantzis, I., Tokas, N., Valari, E., Skalidi, I., *et al.* (2022) UAV Mapping and 3D Modeling as a Tool for Promotion and Management of the Urban Space. *Drones*, **6**, Article No. 115. <https://doi.org/10.3390/drones6050115>
- [3] Billi, D., Croce, V., Bevilacqua, M.G., Caroti, G., Pasqualetti, A., Piemonte, A., *et al.* (2023) Machine Learning and Deep Learning for the Built Heritage Analysis: Laser Scanning and UAV-Based Surveying Applications on a Complex Spatial Grid Structure. *Remote Sensing*, **15**, Article No. 1961. <https://doi.org/10.3390/rs15081961>
- [4] Tsifodimou, Z.E., Skondras, A., Stamou, A., Skalidi, I., Tavantzis, I. and Stylianidis, E. (2025) Monitoring the Impact of Urban Development on Archaeological Heritage Using UAV Mapping: A Framework for Preservation and Urban Growth Management. *Drones*, **9**, Article No. 669. <https://doi.org/10.3390/drones9100669>
- [5] 王博. 无人机倾斜摄影在古建筑识图教学中的创新应用研究[J]. 太原城市职业技术学院学报, 2025(12): 92-95.
- [6] 陈国栋, 郭宝宇, 豆兰. 历史建筑测绘教学中的数字测绘技术应用路径[J]. 新建筑, 2025(2): 85-92.
- [7] 范玉梅, 张丹, 藏晓鑫, 等. AI 驱动“一体两翼”智慧教学新范式的构建与实践研究——以无人机专业数学课程为例[J]. 现代职业教育, 2026(11): 153-156.
- [8] 吴昊. 实景三维模型场景建设方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2025, 48(2): 211-213+216.