

“智能测绘 + 无人机”教学融合体系构建

王志红, 刘吉波, 任传建, 王春霞

贵州工程应用技术学院矿业工程学院, 贵州 毕节

收稿日期: 2026年9月9日; 录用日期: 2026年10月10日; 发布日期: 2026年10月16日

摘 要

无人机测绘向着智能化、场景化、综合化方向快速发展, 行业需要既掌握无人机实操, 又具备多源数据处理和综合应用能力的复合型测绘人才。当前高校测绘类专业教学存在知识碎片化、学用场景割裂、实践环节与产业脱节、跨学科融合不足等现实问题。本文立足人才需求, 构建“知识图谱-能力矩阵-实践闭环”三位一体教学体系, 依托模块化课程、四级实践闭环与双导师教学模式, 贯通知识、能力与产业应用培养链条, 为适配无人机测绘的测绘专业教学改革提供参考。

关键词

智能测绘, 无人机, 知识图谱, 实践闭环

Construction of an Integrated Teaching System of “Intelligent Surveying-and-Mapping + UAV”

Zhihong Wang, Jibo Liu, Chuanjian Ren, Chunxia Wang

School of Mining Engineering, Guizhou University of Engineering Science, Bijie Guizhou

Received: September 9, 2026; accepted: October 10, 2026; published: October 16, 2026

Abstract

UAV surveying and mapping is developing rapidly toward intelligence, scenario-based application and integration. The industry demands interdisciplinary surveying and mapping talents who not only master UAV operation, but also possess capabilities in multi-source data processing and comprehensive application. Current teaching of surveying and mapping majors in universities suffers from practical challenges including fragmented knowledge, disconnection between theoretical learning and practical scenarios, decoupled practical training from industrial demands, and insufficient interdisciplinary integration. Based on the talent requirements, this paper constructs a three-in-

one teaching system of “knowledge graph - competence matrix - closed-loop practice”. Relying on modular courses, four-level closed-loop practice and the dual-supervisor teaching model, the system connects the training chain of knowledge acquisition, competence development and industrial application, providing references for the teaching reform of surveying and mapping majors adapted to UAV surveying and mapping.

Keywords

Intelligent Surveying and Mapping, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Knowledge Graph, Practice Closed-Loop

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

无人机测绘在无人机应用中承担着重要的角色,其业务已从传统的数据采集,延伸到涵盖多源感知、应急测绘、生态监测、智能信息提取、面向智慧城市和数字乡村等领域,行业对人才能力的要求随之提高[1]。企业需要的不仅是能够操控无人机和处理影像的操作人员,更倾向于具备业务理解能力、数据融合分析能力和能结合场景独立设计测绘解决方案的复合型技术人才[2]。但当前高校测绘类专业教学仍沿用传统培养方式,课程内容分布较散,模块之间缺少有机联系;实践训练多局限于单机操作和基础数据处理,缺少面向复杂场景的系统实践;受设备、空域和经费限制,真机实训不足;课程内容更新速度滞后于行业技术变化,学生所学与岗位实际需求之间出现差距。传统教学模式难以支撑复合型培养目标,课程改革已较为紧迫[3]。

从国内研究现状来看,学者们已围绕无人机测绘课程改革开展了多方面探索。丁阔等针对传统无人机遥感课程存在的课程体系滞后、实践环节薄弱、评价机制僵化等问题,从课程体系重构、实践教学、多元化评价改革、校企协同育人等维度提出了系统性改革路径[4]。龚循强从教学内容、实践教学方法和考核方式三个方面对面向智能测绘的无人机测绘课程群进行了改革探索,强调新工科背景下课程内容需突出智能化测绘技术的应用[5]。在产教融合层面,湖南科技大学联合多所高校历经十五年实践,构建了“前沿驱动、产教融创”的“445·测绘+”育人体系,通过引入200余名行业企业导师、选派120余名博士教授深入产业一线,形成了“双师型”队伍建设的规模化经验。这些研究为本研究提供了丰富的实践参照,但多数仍聚焦于课程内容或教学方法的局部调整,较少从“知识-能力-实践”贯通的角度进行体系化设计。

国际层面,成果导向教育(OBE)在测绘高等教育中的应用已有较成熟的实践。在工程教育方法论层面,Gutierrez-Berraondo等通过实证研究发现,在工程课程中引入问题导向与项目导向相结合的教学方法,能够使学生在解决真实工程问题的过程中有效应用核心工程技能,并促进对跨学科概念与模型的深度理解[6]。Sukackè等对工程教育中问题导向学习、项目导向学习与挑战导向学习的系统综述进一步表明,这类主动学习模式在促进学生知识整合、协作能力与工程实践素养方面具有一致的积极效果[7]。这些经验表明,OBE的产出导向原则与建构主义的学习环境设计相结合,能够为无人机测绘课程的体系化改革提供方法论支撑。

总体来看,现有研究在无人机测绘课程的单点改革、产教融合模式探索以及OBE理论应用等方面已积累了相当基础,但尚存在以下不足:其一,多数研究聚焦于课程内容或教学方法的局部调整,较少从

“知识 - 能力 - 实践”贯通的角度进行体系化设计；其二，无人机测绘对测绘人才能力结构的具体需求尚未被充分转化为可操作的课程目标与评价标准；其三，OBE 与建构主义理论在无人机测绘中的整合应用仍缺乏系统的案例支撑。本研究的切入点正在于此：以无人机测绘产业岗位的真实能力需求为逻辑起点，构建“知识图谱 - 能力矩阵 - 实践闭环”三位一体的教学融合体系，将 OBE 的产出导向原则与建构主义的学习环境设计相结合，形成可操作、可评价、可推广的课程改革方案。因此，本文立足应用型本科高校测绘工程专业，以行业岗位真实能力需求为起点，构建“知识图谱 - 能力矩阵 - 实践闭环”三位一体的教学融合体系，围绕课程内容重组、实践模式创新和协同育人机制完善三个方向展开，力求使教学体系与无人机测绘产业发展协同，最终培养能够独立完成从数据生产到空间信息服务全过程的应用型人才。

2. 无人机测绘背景下人才培养现实挑战与问题分析

结合企业调研、课程教学实践与已有相关教改研究，当前“智能测绘 + 无人机”方向教学主要存在三大挑战。

第一，知识与应用场景脱节，知识点碎片化。现有课程按照学科边界划分，无人机操控、摄影测量、低空飞行法规，以及数据处理、三维建模等分散在不同课程之中，各课程缺少有效衔接。学生可以掌握独立知识点，但是面对应急测绘、山区测绘等真实任务时，无法把分散知识串联起来完成完整方案设计，出现“会软件不会做方案，会飞无人机不懂业务需求”的现象[8]。教学缺少面向无人机测绘多应用场景的系统化知识，知识之间关联关系呈现不够。

第二，实践教学与产业真实需求脱节。校内实训项目多为理想化模拟任务，以产品制作、简单三维建模为主，缺少复杂地形、信号受限等真实环境条件[9]。受设备数量、空域、天气、地形和安全风险限制，真机实训难以应对贵州山区地形和气候实况；虽然部分院校引入虚拟仿真[10]，但仿真训练、真实项目、创新竞赛三者相互独立，没有形成递进式实践环节，学生缺少完整项目全流程训练。

第三，跨学科协同不畅，师资与课程体系适配不足。智能测绘融合测绘工程、计算机科学、航空技术、行业应用多学科内容，传统院系学科壁垒造成课程难以深度交叉。校内教师工程项目经验有限，企业一线工程师参与教学渠道有限；课程更新迭代慢，深度学习解译、多传感器融合、低空管理等新兴内容融入不足，人才培养规格跟不上产业现实需求。

上述问题表明，仅在原有课程中增加几节无人机、AI 相关课时难以解决根本问题，需要从顶层设计入手，重构知识体系、课程模块、实践链条，建立起对接无人机测绘产业的完整教学融合体系。

3. “知识图谱 - 能力矩阵 - 实践闭环”三位一体教学融合体系构建

改革遵循“需求解构 - 体系构建 - 迭代优化”递进研究路径，见图 1 所示。首先调研无人机测绘相关企业，解析岗位核心能力，把岗位能力转化为知识要点、实践指标；再分别搭建知识图谱、能力矩阵、实践闭环三大核心模块，最后依托试点教学、企业反馈持续优化课程内容。

3.1. 构建多学科交叉的知识图谱，消解知识点碎片化

知识图谱承担梳理跨学科知识内在逻辑的作用，打破学科壁垒，将分散课程知识点进行结构化重组，划分基础层、进阶层、创新层三级梯度知识链。基础层夯实共性基础知识，包含无人机飞行原理、摄影测量基础、GNSS 测绘基础、Python 编程基础、测绘规范标准等[11]，面向全体学生，解决基础理论工具的掌握问题。进阶层聚焦智能处理核心技术，涵盖多源遥感数据融合、深度学习影像解译、SLAM 实时三维建模、无人机载荷技术、低空飞行管理与法规，对接岗位核心技术能力。创新层面向无人机测绘前沿场景，设置应急测绘方案设计、低空产业园空间测绘、生态监测遥感应用、智慧城市测绘等场景化知识模块，强化行业解决方案思维。

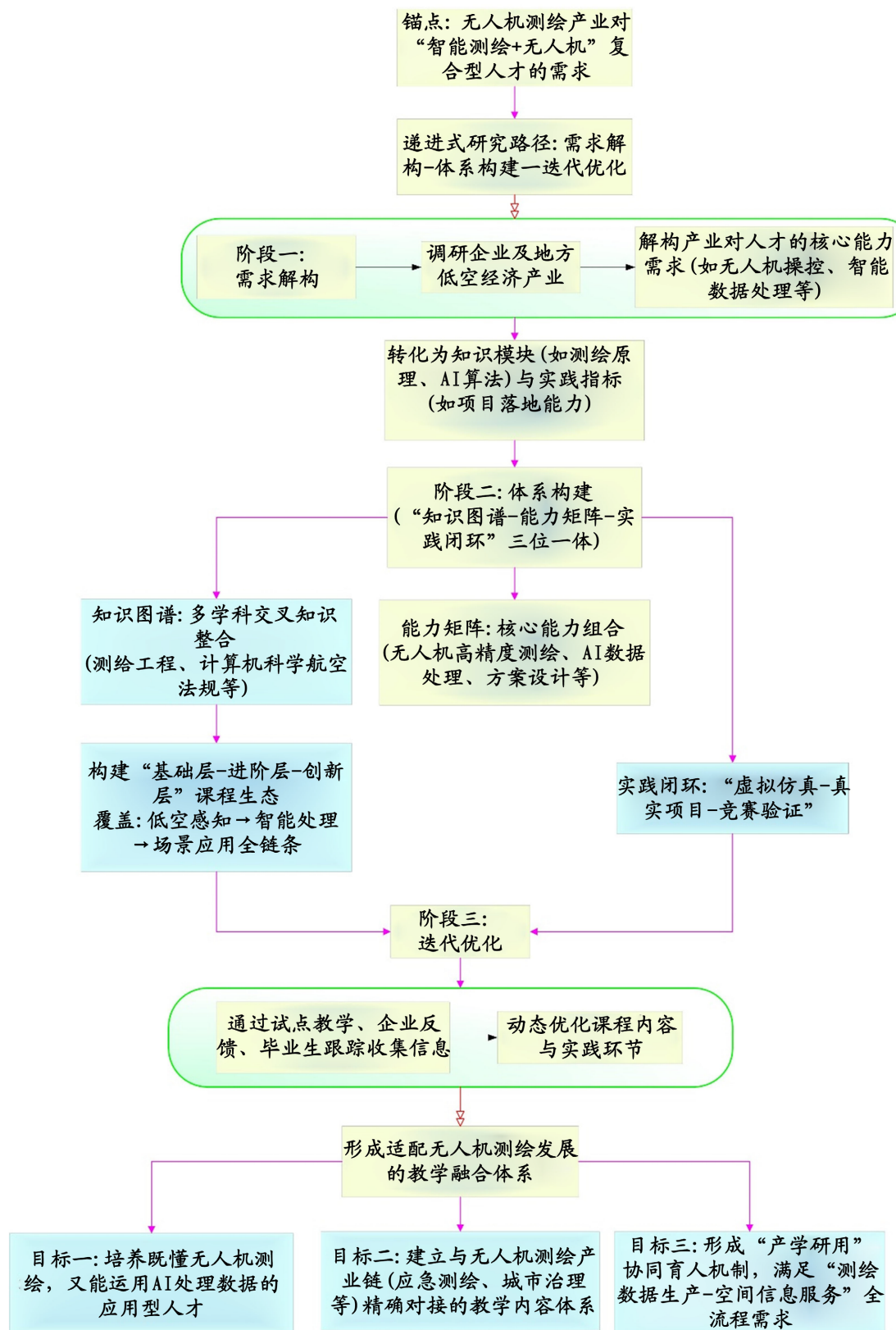


Figure 1. The trinity teaching integration system
图 1. 三位一体教学融合体系

借助知识图谱可视化工具,把各知识点之间的前后关联理清楚:比如无人机航测要预先掌握哪些理论,生成的三维模型怎样接入AI地物提取环节。学生由此看清知识在完整任务中如何流转,不再孤立地学零散模块,让学生清晰理解知识在真实任务中的对应关系,改变知识点碎片化学习现状。

3.2. 建立岗位导向的能力矩阵,明确人才培养标准

基于企业调研岗位能力清单,构建能力矩阵,将产业岗位需求映射到教学目标。能力矩阵划分为四大能力维度:① 低空感知与作业实施能力,包含多平台无人机任务规划、外业踏勘、多传感器协同采集;② 智能数据处理能力,4D产品生产、点云处理、深度学习地物识别、多源数据融合;③ 方案设计能力,任务需求解析、技术方案编制、质量检查验收;④ 综合职业素养,低空合规意识、项目管理、团队协作、成果交付。

能力矩阵实现“产业岗位能力-课程模块-实践项目”三者映射,每一项能力对应明确课程学习内容与可考核实践任务,为课程设置、项目设计、考核评价提供标尺,避免教学目标模糊化。

3.3. 打造四级递进实践闭环,打通学练用创一体化培养

构建“虚拟仿真-校内实训-企业项目-竞赛验证”四级实践闭环,形成“学-练-用-创”完整实践链条,破解实训条件不足、场景脱离产业的痛点。虚拟仿真环节,搭建包含山区测绘、城市测绘、应急测绘等场景虚拟仿真平台。学生在仿真环境完成航线规划、故障处置、任务全流程推演,不受天气、空域、设备损耗限制,完成风险预演,作为真机实训前置训练,降低实操风险与设备损耗。校内实训环节,依托低空智能测绘实验室,开展实体设备实训,完成无人机外业采集、点云与影像处理、三维建模、智能解译模型调试等基础综合实训,完成基础技术能力训练。企业项目环节,深化产教融合,与低空测绘企业共建实践基地,引入真实工程项目,例如地方产业园实景三维建设、生态修复遥感监测、滑坡区域形变监测等。学生以小组参与项目全过程,从任务对接、方案编写、内外业作业到成果交付,接受企业导师指导,接触真实项目环境。竞赛验证环节,把大学生测绘创新大赛、无人机技能竞赛作为能力检验出口,学生依托课程所学,自主选题完成创新项目,以竞赛倒逼综合应用与创新思维提升。

四级闭环层层递进,仿真预演打基础,校内实训练技能,企业项目对接产业真实痛点,竞赛激发创新,实现从模拟训练走向真实应用。

4. 配套教学模式与实施保障

4.1. “双导师+项目驱动”课堂教学模式

推行校内导师+企业导师双导师制。校内教师负责理论知识、基础技术教学;企业一线测绘导师担任产业导师,参与课程建设与规划,带入行业真实案例、现行技术标准。教学以无人机测绘真实项目为载体,如“山区滑坡监测方案设计”,以小组为单位完成任务拆解、航线设计、数据采集、智能处理、成果汇报全流程。课堂转变为项目研讨工作室,教师定位为技术顾问,引导学生自主分析问题,落实做中学的理念。同时采用线上线下混合教学,线上依托慕课、学习通推送微课、行业文档,线下开展实操、项目研讨,拓展教学时间与空间。

4.2. 模块化课程群与微专业认证机制

依托知识图谱与能力矩阵,设置两大课程模块群:一是智能测绘技术模块,开设《无人机技术导论》《无人机操控与航拍技术》《三维建模与数据处理》《低空遥感智能解译》等课程,聚焦数据获取、智能处理核心技术;二是低空场景应用模块,开设面向应急、生态、城市治理的场景化特色课程。同时引入

微专业认证机制,学生完成模块选修,结合无人机驾驶员、测绘相关职业技能等级证书,实现课证融通,提升学生就业适配度[12]。

4.3. 多元过程化评价改革

改变期末笔试 + 实验报告的传统考核。采用过程性评价为主,综合理论测验、虚拟仿真平台操作得分、项目方案质量、小组项目成果、竞赛证书等多维度指标。重点考核方案设计能力、问题分析解决能力,不只考核软件操作结果,也考核任务规划、风险评估、成果质量检查等工程素养,实现知识、技能、职业素养综合评价。

4.4. 师资与迭代优化保障

组建跨学科教学团队,融合测绘、计算机、地理信息方向教师,同时吸纳企行业工程师。建立教师企业实践锻炼制度,提升教师工程实践经验;建立动态更新机制,定期开展企业调研,收集毕业生、企业反馈,持续更新知识图谱、项目库,保证教学内容紧跟无人机测绘技术迭代。

5. 改革预期成效与现实挑战

5.1. 改革预期成效

本学院测绘工程专业开设《无人机测绘》课程已有两年,开设无人机微专业已有一年,取得了部分成效。通过三位一体教学体系的实施,期望实现多层次育人成效:人才培养层面,培养一批既掌握无人机测绘技术、又能运用智能算法处理多源数据的学生,具备面向无人机测绘场景的测绘方案设计素养,明显提升毕业后与产业岗位的适配度,已有 20 余名学生在省级和国家级测绘地理信息虚拟仿真技能竞赛中获奖,多名学生持有自己的无人机设备,并参与了实际生产项目;课程建设层面,建成适配无人机测绘产业链的模块化课程体系,形成《智能测绘 + 无人机融合教学案例集》等系列教学资源,积累一批可重复利用的虚拟仿真实训项目;协同育人层面,完善产学研用协同育人机制,深化校企联合培养模式,总结形成可复制推广的课程革新范例。

5.2. 改革面临的现实挑战

当前教学改革推进中,仍有一些现实难题需要正视。师资上,改革对教师的要求不低,既要有扎实的测绘理论功底,又得具备智能算法储备和工程实践经验,短期内难以一步到位,需要通过企业挂职、专项培训、聘请兼职教师等方式逐步优化队伍结构。硬件上,虚拟仿真平台、无人机及任务载荷设备前期投入较大,对学院经费是不小的压力,可以考虑校企共建、引入开源软件、争取云服务优惠资源等途径来缓解成本压力。考核评价上,项目化教学需要配套的过程性评价体系,传统偏重笔试和实验报告的思路已经不太适用,需要构建融合项目成果、学习表现、企业评价的多元综合评价模式。

6. 结语

无人机测绘快速发展对测绘人才提出智能化、场景化、复合型的新要求,传统测绘课程体系难以满足产业新需求。本文构建“知识图谱 - 能力矩阵 - 实践闭环”三位一体教学融合体系,通过知识图谱解决知识点碎片化,能力矩阵明确人才培养标准,四级实践闭环打通学 - 练 - 用 - 创的人才成长路径,配套双导师项目驱动教学、模块化课程群、多元评价体系,推动无人机测绘教学从“工具技能训练”转向“场景解决方案能力培养”。面向无人机测绘的教学改革是持续改进的过程,后续还需要结合试点班级教学数据、企业用人反馈,持续优化知识图谱内容、更新实践项目,不断完善课程体系,为测绘工程专业培养适配复合型低空测绘人才提供实践参考。

基金项目

贵州省高等学校本科教学内容和课程体系改革项目(GZJG2025359)。

参考文献

- [1] 武志伟, 李培云, 陈蓓, 等. 低空经济背景下无人机测绘技术教学改革研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2026, 49(7): 20-22.
- [2] 付梓轩, 吕昊, 余洪伟, 等. 产教融合背景下无人机应用技术专业教学模式探讨[J]. 中国设备工程, 2025(3): 16-19.
- [3] 陈天河, 刘金南. 科教融汇背景下无人机应用技术专业课程教学改革[J]. 造纸装备及材料, 2026, 55(1): 174-176.
- [4] 丁阔, 宋高峰. 新工科背景下无人机测绘技术课程教学改革探讨[J]. 创新创业理论与实践, 2023, 6(14): 58-60.
- [5] 龚循强. 新工科背景下面向智能测绘的无人机测绘课程群开发路径研究[J]. 高教学刊, 2024, 10(34): 89-92.
- [6] Gutierrez-Berraondo, J., Iturbe-Zabalo, E., Arregi, N. and Guisasola, J. (2025) Influence on Students' Learning in a Problem- and Project-Based Approach to Implement STEM Projects in Engineering Curriculum. *Education Sciences*, **15**, Article No. 534. <https://doi.org/10.3390/educsci15050534>
- [7] Sukackė, V., de Carvalho Guerra, A.O.P., Ellinger, D., Carlos, V., Petronienė, S., Gaižiūnienė, L., *et al.* (2022) Towards Active Evidence-Based Learning in Engineering Education: A Systematic Literature Review of PBL, PjBL, and CBL. *Sustainability*, **14**, Article No. 13955. <https://doi.org/10.3390/su142113955>
- [8] 喻素芳, 苏凯. 新农科视域下无人机林业遥感实验教学改革初探[J]. 中国现代教育装备, 2025(11): 68-71.
- [9] 任东风, 姚领, 周继. 以产出为导向的“无人机测绘”课程教学改革[J]. 测绘工程, 2023, 32(5): 68-73.
- [10] 段祝庚, 陈丰田, 岳雄, 等. 虚实结合无人机摄影测量实验教学改革与效果评价[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(10): 201-205.
- [11] 田国胜, 周婷. 人工智能背景下无人机专业教改内容与方法研究[J]. 现代商贸工业, 2026, 47(9): 120-122.
- [12] 鲍新雪, 琚芳芳. 基于“岗课赛证”融通的“无人机航测与数据处理”教学改革与实践[J]. 测绘与空间地理信息, 2026, 49(5): 69-72.