

Teaching Reform on *Digital Photogrammetry* Guided by the Concept of Engineering Education Certification and the Goal of “Golden Course”

Li Yanling

School of Information Science and Engineering, Shandong Agricultural University,
Tai'an

Abstract: With the new development of Geomatics and Photogrammetry, it is an important goal to carry out teaching reform in combination with the concept of engineering education certification and the goal of “Golden Course”, and to train high-level surveying and mapping talents to meet the needs of the society in the new era. In this paper, the problems existing in the teaching of *digital photogrammetry* in our university were analyzed, and the reform of teaching contents was discussed, including the integration and optimization of classical contents, the new theory of UAV remote sensing, the introduction of new technology, the new theory of tilt photogrammetry, the introduction of new technology, the three-dimensional modeling of UAV tilt photography scene, etc. In addition, the reform of teaching methods was also discussed. The reform not only trains students' solid basic knowledge of photogrammetry, but also trains students' practical ability to achieve the desired goal. So, implementing the basic concept of engineering education certification in the whole process of course teaching and carrying out course teaching reform are beneficial to

improving teaching quality. The innovation of the paper is that the integration and optimization of classical content and the introduction of advanced technology and methods are proposed.

Key words: Higher education; Engineering education accreditation; Photogrammetry; Teaching reform; UAV remote sensing; Oblique photography

Received: 2020-11-03; Accepted: 2020-11-09; Published: 2020-11-12

EEC理念和“金课”目标指引的 数字摄影测量学教学改革

厉彦玲

山东农业大学信息科学与工程学院，泰安

邮箱: liyanling@sdau.edu.cn

摘要: 面对行业、产业的新发展，结合工程教育认证理念和“金课”建设的目标实行教学改革，培养新时代符合社会需求的高层次测绘类人才是我们教学的重要目标。本文分析了我校数字摄影测量学教学中存在的问题，本着高阶性、创新性、挑战度的要求，着重探讨了教学内容改革，包括经典内容的整合与优化、无人机遥感新理论、新技术的引入、倾斜摄影测量新理论、新技术的引入、无人机倾斜摄影实景三维建模等；此外，也讨论了教学方法的改革。通过改革提出对经典内容的整合优化及前沿技术与方法的引入，既培养学生扎实的摄影测量基础知识，又锻炼了学生动手实践能力，达到预期目标。教改研究表明在课程教学的全过程贯彻工程教育认证的基本理念，进行课程教学改革，有利于

提高教学质量。

关键词：高等教育；工程教育认证；数字摄影测量学；教学改革；无人机遥感；倾斜摄影

收稿日期：2020-11-03；录用日期：2020-11-09；发表日期：2020-11-12

Copyright © 2020 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

工程教育认证 (Engineering Education Certification, EEC) [1] [2] [3] [4] [5] 是专业认证机构针对高等教育机构开设的工程类专业实施的专门性认证,旨在为相关工程人才进入工业界从业提供预备教育质量保障。工程教育认证最早起源于 20 世纪 30 年代的美国,现已发展成为国际通行的工程教育质量保障制度。我国工程教育认证主要倡导三个基本理念:学生中心理念、产出导向理念、持续改进理念。山东农业大学测绘工程专业已通过工程教育认证。以专业认证为发展契机,促进专业建设和改革,有利于推动专业质量进一步提升,提高专业竞争力,促进学校的内涵发展和办学质量提高,并达到国际工程教育水准。2018 年 6 月,中国高等学校本科教育工作会议召开,会议提出一流本科教育成为高等教育界乃至人民群众关注的问题,而其中“金课”(一流本科课程)建设是一流专业建设的重点,“金课”的特征是“两性一度”,即高阶性、创新性和挑战度 [6]。

我校《数字摄影测量学》是测绘工程专业、遥感科学与技术专业的重要专

业课。根据学校“建设优势突出、特色鲜明、国际知名的高水平大学”的办学定位和“宽口径、厚基础、高素质、广适应、强能力”的本科人才培养要求,《数字摄影测量学》以数字摄影测量为特色,以育人为宗旨开展课程建设。该课程基本概念、基本原理多,公式推导多,空间坐标系多,空间关系复杂,知识覆盖面广且相互联系紧密,涉及大量的图形与图像表达,注重学生想象力的培养,强调由空间到平面,再由平面到空间的思维过程。随着计算机技术和相关学科的发展,数字摄影测量学已经成为一门包含计算数学、计算机图形学、影像匹配及模式识别技术的交叉科学。这些特点决定其课堂教学不仅信息传输量大,而且包含了大量的抽象理论和方法 [7]。经典的课堂教学中,以讲解航摄像片与地面的空间几何关系、复杂公式推导、各种方法原理以及繁琐的操作流程为主,着重培养学生的空间想象能力,强化训练不同空间的双向变换思维等 [8]。传统教学方法往往效果欠佳,学生停留在对基本概念和原理的理解上,对该课程难以整体把握,难以运用所学知识解决遇到的实际问题 [8]。这是因为传统教学模式不利于激发学生的学习热情和创新思维,难以锻炼分析与解决问题的能力。

近年来,无人机遥感异军突起,发展异常迅猛,已成为摄影测量学科发展的热点和前沿 [9]。因其不受轨道及重访周期制约,具有云下作业、厘米级超高分辨率数据获取和小时级响应的能力,且较传统航空摄影测量方便快捷,正在被越来越多的行业和应用领域所认可。而由于摄影测量学教材及大纲的编写有一定的滞后性,无人机低空遥感的内容还是摄影测量教学的短板。2017年12月22日,工信部发布民用无人机制造业发展指导意见,提出到2020年,民用无人机产业持续快速发展,产值达到600亿元,年均增速40%以上。国家支持有条件的普通高校和职业院校设立无人机相关专业,建立多层次多类型的无人机人才培养和服务体系 [10] [11]。目前我国已有首都师范大学等多所高校和职业院校设立了无人机专业或开设无人机课程。面对旺盛的社会需求,本着以学生为中心、以产出为导向、持续改进的理念,亟需在教学中补充无人机遥感及相关内容。

倾斜摄影技术是国际测绘遥感领域近年发展起来的一项新技术,其使用大

重叠度、多倾斜角度的地面影像，通过三维建模软件自动建立全要素地表三维模型。倾斜摄影技术是引领产业变革的颠覆性创新技术，给测绘地理信息行业带来巨大的变革，包括：全体系的技术迭代产品创新、全自动的精细地表三维建模、高精度的自主测量按需测绘、多样化的地理信息产品形式、颠覆性的技术创新模式等。不需要人工观测，就能得到精细三维地表模型和相应的测绘成果，这是倾斜摄影技术“最致命”的优点。而这一点正是数字摄影测量几十年来追求的目标。

面对行业、产业的新发展，数字摄影测量学教学内容与方法改革势在必行。本文首先分析了教学中存在的问题，结合工程教育认证理念和“金课”建设的指导思想，探讨了数字摄影测量学教学内容与方法的改革。通过教学大纲的修订、教学内容的梳理与整合、教学方法的完善、教学手段的丰富、理论教学的改革、实践教学的改进、学生考核方式的改革等，解决摄影测量重要基础知识的教学改革、无人机倾斜摄影测量、实景三维建模等新技术的引入与学生学习效果的全面评价等关键问题。以期实现“以学生发展为中心、以产出为导向、持续改进”，不但培养学生扎实的摄影测量基础知识，而且锻炼学生动手实践能力，做到“知其然，知其所以然”，毕业后能尽快胜任相关工作。

2 教学中存在的问题

前文已提及数字摄影测量学课程特点，这在客观上导致了学生学习该课程的难度，加之学时有限，实践要求较高，且该课程与其他相关课程（高等数学、线性代数、概率论与数理统计、测量学、测量平差等）存在密切联系，造成教学中存在一些急需解决的问题和矛盾。

2.1 教材内容固化与学科迅速发展的矛盾

目前，国内数字摄影测量学教材相对偏少，大多数高校采用的是武汉大学张剑清教授等编著的《摄影测量学》（2009年版），该教材理论体系完整，内容全面，是一本优秀的专业教材。但近年来，学科发展极为迅速，出现了无人机的普遍应用、倾斜摄影的迅速发展、实景三维中国建设启动等重大标志性事件。

为培养满足社会需求的高素质专业人才，迫切要求将学科最新进展补充到教学内容中。

2.2 课程内容多与学时有限的矛盾

我校数字摄影测量学课程包括了摄影测量基础知识、摄影测量解析基础（单像、双像）、空中三角测量、数字影像、影像匹配、数字微分纠正等众多内容，而学时有限。如何在有限的学时内使学生掌握课程理论体系，理解摄影测量原理与方法，为实践环节打好基础是教师必须解决的问题。

这就要求教师把握课程特点和整体框架，并在教学中强调该框架体系，特别是结合实践教学帮助学生强化对课程体系的认知。

2.3 学生动手能力弱与行业企业需求的矛盾

学生普遍存在软件应用能力弱、编程能力弱等不足。然而企业普遍希望学生工作后能尽快适应岗位要求，接手具体任务。这就要求在实验实习、课程设计等实践环节加强学生专业软件应用与相关程序编写的训练，并鼓励学生自主探索、勇于创新，进而为国家培养创新型、复合型的高素质专业人才。

3 教学内容改革

依据“金课”建设高阶性、创新性、挑战度的要求，按照构建课程树的基本理念设计教学内容。首先，梳理课程体系脉络，提取课程主线，即整体框架，以此为主干，在整个课程教学中，强化对主干的理解；在此基础上，逐级细化到枝、叶。在教学过程中还要特别注意学科发展前沿内容的补充。

3.1 经典内容的整合与优化

数字摄影测量学涵盖的内容较广泛，涉及众多基础知识，先修课程包括：高等数学、线性代数、概率论与数理统计、数字测图原理与方法、测量平差基础、数字图像处理等。学好这些先修课程，可为本课程的学习打下良好的基础，具有重要意义。

对数字摄影测量重要基础知识进行梳理和整合。对共线方程、共面方程、航摄基本原理、像片质量控制、像片的方位元素、坐标系、双像立体测图、空三、影像匹配、数字微分纠正等经典内容要引导学生厘清其内在联系，并进行教学方法改革，以启发式教学为主。在讲清楚基本理论的前提下，采用介绍、对比、分析等多种方法阐述数字摄影测量的最新发展方向、研究热点与难点，在顾及学生学习兴趣的同时，注重对学生的正确引导，努力培养学生学习的主动性、创造性。

授课教师不局限于教材内容，广泛查阅有关资料，在授课中随时补充新知识，使学生及时了解到本学科的发展动向及最新进展，适应社会发展的要求，这也正是现代教育的要求。教学方法上应采用多种教学手段，如：多媒体讲授、仪器实物演示、现场操作演示、实验实习现场指导等，让学生掌握更多的知识。

本课程要与实验课程密切配合，让学生多接触、多观察航片，通过实验加深对摄影测量基本概念、思想和原理的理解，通过使用数字摄影测量软件，将理论与实践密切结合，增强学生的专业技能和创新能力。

3.2 无人机遥感新理论、新技术的引入

在空中三角测量一章引入无人机遥感 [12] [13] [14] [15] 的理论、方法及其应用，并在实验、实习环节强化这部分内容。

近年来，无人机遥感在抗震救灾、岛礁测绘、极地科考、精准农田管理等众多领域开展了典型应用。无人机 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 是一种机上无人驾驶的航空器，其具有动力装置和导航模块，在一定范围内靠无线电遥控设备或计算机预编程序自主控制飞行 [16]。无人机遥感 (UAV Remote Sensing, UAVRS) 是利用先进的无人驾驶飞行器技术、遥感传感器技术、遥测遥控技术、通信技术、POS 定位定姿技术、GPS 差分定位技术和遥感应用技术，具有自动化、智能化、专业化快速获取国土、资源、环境、事件等空间遥感信息，并进行实时处理、建模和分析的先进新兴航空遥感技术解决方案。无人机遥感系统 (UAV Remote Sensing System, UAVRSS) 是一种以 UAV 为平台，以各种成像与非成像传感器为主要载荷，飞行高度一般在几千米以内 (军用可达 10 km 之

上), 能够获取遥感影像、视频等数据的无人航空遥感与摄影测量系统。目前, 成熟完备的民用 UAVRSS 主要由飞行平台系统、轻小型多功能对地观测传感系统、遥感空基交互控制系统、地面数据快速处理系统、数据传输链路、综合保障系统与装置、地面后勤人员等组成 [14]。

当代科技发展降低了无人机和传感器的准入门槛。大众参与为无人机遥感领域注入了巨大的创造力, 触发了无人机遥感创新发展的爆发式增长。当前, 无人机已成为普适化和平民化的科学手段, 无人机遥感数据在众多领域和部门呈现出取代通航遥感和卫星遥感数据的趋势 [15]。无人机浪潮带来了海量的遥感应用, 社会迅速步入无人机遥感大众化时代。廖小罕等 [15] 对无人机遥感大众化的发展趋势和特点进行了系统的论述。

3.3 倾斜摄影测量新理论、新技术的引入

在空中三角测量一章引入倾斜摄影测量 [17][18][19][20][21][22][23][24] 的理论、方法及其应用, 并在实验、实习环节深化这部分内容的学习。

倾斜摄影测量是近年测绘领域出现的一项影响重大的新技术, 由于三维建模具有低成本、高保真的优点, 被广泛应用于测绘、城市规划和应急响应等众多领域。倾斜摄影测量一般是通过在同一飞行平台上搭载 5 台传感器 (目前已开发 9 传感器系统), 同时从一个垂直、四个倾斜五个不同的角度采集影像, 拍摄相片时, 同时记录航高、航速、航向和旁向重叠、坐标等参数, 然后对倾斜影像进行分析和整理。在一个时段, 飞机连续拍摄几组影像重叠的照片, 同一地物最多能够在 3 张相片上被找到, 这样内业人员可轻松地进行建筑物结构分析, 并且能选择最为清晰的一张照片进行纹理制作, 向用户提供真实直观的实景信息。影像数据不仅能够真实地反映地物情况, 而且可通过先进的定位技术, 嵌入地理信息、影像信息, 获得更高的用户体验, 极大地拓展遥感影像的应用范围。关键技术主要包括数据预处理、影像匹配、影像定向、密集匹配和表面模型构建等。

传统的遥感测量手段采用的正射影像方法只能是在垂直方向对建筑顶部进行模型重建, 而对侧面的三维重建一直缺少有效的解决手段。倾斜摄影技术的

出现有效地解决了这一难题,倾斜摄影测量将基于立体像对和点特征的传统摄影测量技术推向了基于多视影像和对象特征的实时摄影测量技术。目前对大数据的需求逐渐增多,而倾斜摄影测量所得影像数据可以转化成 DLG、DOM 与 DSM 等不同数据格式,并且能对数据进行矢量化等操作,大大增加了其使用的范围,满足不同的工程需要,可谓是航测领域高阶性的理论与方法。

近年来,倾斜摄影测量的相关理论与方法取得了巨大研究进展。尽管如此,倾斜摄影测量仍处于发展阶段,依然有很多问题有待深入研究,仅举两例说明。

(1) 倾斜摄影测量技术具有高效率、高真实性,以及快速获得海量空间数据的特点,但在倾斜摄影测量数据处理过程中对于影像数据的匹配和整体三维模型的表达方面还不成熟。若研究出高精度的影像数据匹配方法以及去除冗余信息增强运行的效率,而不影响建模实体效果,将能大大增强其实用性。

(2) 无人机的应用促进了倾斜摄影测量的发展,由于无人机的便携性、快速、灵活的特点,具有很强的使用价值。目前,无人机进行实际测量结果很理想,发展前景广阔。但无人机的续航问题在一定程度上限制了倾斜摄影技术的发展,需要进一步的研究。

在课程中引入这些有挑战度的内容,将有利于培养学生辩证看问题的科学思维,以及勇于挑战科学高峰的勇气和精神。

3.4 无人机倾斜摄影实景三维建模

在课程实践环节,引入最新的实景三维建模与应用。倾斜摄影技术最吸引用户的,就是利用倾斜摄影技术可以全自动、高效率、高精度、高精度的构建地表全要素三维模型。就目前情况来看,倾斜摄影三维建模工作所涉及的无人机、倾斜摄影系统、计算机集群、三维建模软件等,已可以满足批量化倾斜影像获取和三维建模处理工作的要求,基本具备了工程化和规模化的条件。

数据、平台、服务是未来地理信息行业的三大主要内容,其趋势是数据生产的集约化和应用服务的集成化。数据内容将从二维平面扩展到“地上一地下,室内一室外”一体化的三维空间,并增加时间维度。谁掌握三维全要素数据,谁就占据三维行业制高点。具有精细化、可量测、真实感、高精度、对象化、

更新快、定制化的三维地理信息，将成为行业应用和公众服务的基础支撑。

在大数据时代、智慧城市的时代，全息三维将是地理信息产业服务于智慧城市、大数据时代的有力武器。

3.5 其他

对数字摄影测量学科当前的发展前沿、热点和难点问题，如关系匹配、整体影像匹配等应适当引入教学，介绍其基本原理、方法、特点及其应用等。对这些内容要因材施教，对学有所长的同学，引导其钻研前沿问题，这对于培养拔尖人才具有重要意义。

4 教学方法改革

结合课程的特点，课题教学主要采取多媒体 + 板书的方式。课堂教学中注意采用启发式教学法，培养学生的自主探索精神、创新精神。启发式教学，就是根据教学目的、内容、学生的知识水平和认识规律，运用各种教学手段，循循善诱，应启发学生科学的思维方法，最大限度地发挥主观能动性，激发科学探索精神，在传授知识的同时，更注重培养学生独立学习的能力，以达到理想的教学效果，并促进学生身心健康发展。它是“以学生为主体，教师为主导”的现代教学理念的具体体现 [25]。启发式教学法是一种教学原则、理念和思想，而不是某一个具体的方法。启发式教学法是实施素质教育的有效突破口和必然选择 [26]，有利于为国家社会发展培养更多具有创新创业能力的全方位人才。尽管不少国内高校学者对摄影测量学的教学方法进行了研究 [27] [28] [29] [30]，但关于启发式教学法在该课程教学中的研究报道尚不多见。这部分内容可参阅文献 [31]。

课余自学是学生自主学习的重要环节，教师可布置课程论文，学生根据老师列出的基本要求自拟题目或选择老师列出的题目，自行查阅文献资料，撰写介绍学科发展前沿的小论文，这种做法激发了学生的学习兴趣，变被动学习为主动学习，取得了良好效果。实践环节包括实验、实习、课程设计，其中强调熟练运用和理解专业软件 ContextCapture、MapMatrix、VirtuoZo 等生产 4D 产品、

三维模型、真正射影像、DSM, 强调用自己熟悉的语言编写程序解决单像空间后方交会、影像匹配、影像特征提取等专业问题。这些实践训练对于提高学生动手能力、编程能力和探索创新能力均有重要作用。

5 结束语

本文主要探讨了数字摄影测量学教学内容与方法改革思路, 并在15、16级学生的课程教学中进行了改革实践, 取得了较好的效果。通过改革解决摄影测量重要基础知识的教学改革、无人机遥感、倾斜摄影测量、实景三维建模等新技术的引入等问题。下一步将引入“雨课堂”新型教学模式, 探索智慧教学与教师角色转变, 实现以学生为中心, 线上线下结合的教学模式。当然, 要培养创新型高素质人才是一项系统工程, 还需要全体师生不断地共同努力。

本文仅对数字摄影测量学教学改革进行了一些思考, 提出一些粗浅之见, 恳请各位同行批评指正。

项目基金

山东农业大学2018年度信息科学与工程学院教学改革研究项目“工程教育认证背景下的《数字摄影测量学》教学改革”资助。

参考文献

- [1] 林健. “卓越工程师教育培养计划”质量要求与工程教育认证[J]. 高等工程教育研究, 2013(6).
- [2] 方峥. 中国工程教育认证国际化之路——成为《华盛顿协议》预备成员之后[J]. 高等工程教育研究, 2013(6).
- [3] 王孙禺, 赵自强, 雷环. 中国工程教育认证制度的构建与完善——国际实质等效的认证制度建设十年回望[J]. 高等工程教育研究, 2014(5).
- [4] 林健. 工程教育认证与工程教育改革和发展[J]. 高等工程教育研究, 2015(2).
- [5] 余寿文. 工程教育评估与认证及其思考[J]. 高等工程教育研究,

- 2015 (3) .
- [6] 吴岩. 建设中国“金课” [J]. 中国大学教学, 2018 (12): 4-9.
- [7] 杨化超, 邓喀中, 齐淑娟. 《摄影测量学》课程课件设计的探索与实践 [J]. 测绘工程, 2005 (2) .
- [8] 袁修孝. 问题教学法在摄影测量学教学中的尝试 [J]. 测绘通报, 2010 (10) .
- [9] 廖小罕, 周成虎. 轻小型无人机遥感发展报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2016: 1-4.
- [10] 牛轶峰, 贾圣德, 李杰, 等. 以智能为核心的无人机系统课程体系设计 [J]. 计算机教育, 2016 (10) .
- [11] 赵恒, 张有光, 王俊, 等. 跨专业综合实践平台建设初探——以无人机平台为例 [J]. 工业和信息化教育, 2016 (7) .
- [12] 崔红霞, 林宗坚, 孙杰. 无人机遥感监测系统研究 [J]. 测绘通报, 2005 (5) .
- [13] 金伟, 葛宏立, 杜华强, 等. 无人机遥感发展与应用概况 [J]. 遥感信息, 2009 (1) .
- [14] 李德仁, 李明. 无人机遥感系统的研究进展与应用前景 [J]. 武汉大学学报信息科学版, 2014 (5) .
- [15] 廖小罕, 周成虎, 苏奋振, 等. 无人机遥感众创时代 [J]. 地球信息科学学报, 2016 (11) .
- [16] Adam C, Vincent G, Everett A. Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use [J]. Remote Sensing, 2012, 4 (12): 1671-1692.
- [17] 李德仁, 刘立坤, 邵振峰. 集成倾斜航空摄影测量和地面移动测量技术的城市环境监测 [J]. 武汉大学学报信息科学版, 2015 (4) .
- [18] 杨国东, 王民水. 倾斜摄影测量技术应用及展望 [J]. 测绘与空间地理信息, 2016 (1) .
- [19] 周晓敏, 孟晓林, 张雪萍, 等. 倾斜摄影测量的城市真三维模型构建方

- 法 [J]. 测绘科学, 2016 (9).
- [20] 顾广杰, 姜坚, 陶占杰. 无人机倾斜摄影测量技术在应急测绘保障中的应用 [J]. 测绘通报, 2017 (S1).
- [21] 褚杰, 盛一楠. 无人机倾斜摄影测量技术在城市三维建模及三维数据更新中的应用 [J]. 测绘通报, 2017 (S1).
- [22] 顾广杰, 张坤鹏, 刘志超, 等. 浅谈无人机倾斜摄影测量技术标准 [J]. 测绘通报, 2017 (S1).
- [23] 梁玉斌, 崔铁军. 倾斜摄影测量的研究进展 [J]. 天津师范大学学报自然科学版, 2017 (5).
- [24] 李培荣, 王春祥, 熊强, 等. 倾斜摄影测量教学模拟系统设计与应用 [J]. 测绘工程, 2017 (12).
- [25] 吴翊. 启发式教学再认识 [J]. 中国大学教学, 2011 (1).
- [26] 陶沼灵. 启发式教学方法研究综述 [J]. 中国成人教育, 2007 (7).
- [27] 袁修孝. “摄影测量基础”课程的创新教学尝试 [J]. 测绘信息与工程, 2008 (5).
- [28] 袁修孝. “摄影测量学”创新实践教学模式的探索 [J]. 理工高教研究, 2008 (3).
- [29] 成晓倩, 韩瑞梅, 王双亭. 摄影测量学的教学改革探讨与实践 [J]. 测绘科学, 2015 (1).
- [30] 刘亚文. 摄影测量学课程教学方法创新研究与实践 [J]. 测绘信息与工程, 2012 (2).
- [31] 厉彦玲, 齐建国, 刘晓君, 等. 数字摄影测量学课程的启发式教学法 [J]. 山东农业教育, 2017 (2).