无人机激光雷达背景下《激光雷达原理与应用》课程改革探索

尤号田

（桂林理工大学测绘地理信息学院　广西桂林　541006）

摘要：虽然很多高校成立了遥感专业，并将激光雷达相关课程纳入自己的人才培养体系。但现阶段该类课程的课时安排相对较少，且讲授过程多重理论而轻实践。无人机激光雷达的出现给《激光雷达成像与应用》课程的改革实践带来了新的机遇。本文从理论教学、实践教学及考核方式三方面对课程进行改革，以期使学生系统全面掌握激光雷达理论知识的同时，提高学生的动手能力，为社会培养具有团队合作、创新意识及爱国主义情怀的复合型高素质创新人才。

关键词：无人机激光雷达；理论教学；实践教学；考核方式

中图分类号：P228　文献标识码：A

Exploration of the curriculum reform of LiDAR Principle and Application under the background of UAV LiDAR

You Haotian

（College of Geomatics and Geoinformation, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi 541006, China）

Abstract: The major of remote sensing have been established in many universities, and the LiDAR related courses have been incorporated into the talent training systems. However, the class hour arrangement of such courses is relatively small, and the class hour of theory teaching is heavy and practical teaching is light. The appearance of UAV LiDAR has brought new opportunities to the reform and practice of the LiDAR related course. In this paper, the curriculum is reformed from three aspects of theoretical teaching, practical teaching and examine methods, so as to enable students to systematically and comprehensively master the theoretical knowledge of LiDAR, improve the practical ability, and cultivate compound high-quality innovative talents with teamwork, innovation awareness and patriotism for the society.

Keywords: UAV LiDAR; Theory teaching; Practical teaching; Examine method

激光雷达（Light Detection and Ranging, LiDAR）是集激光测距、全球定位、惯性导航等技术为一体[1]，通过激光器发射激光脉冲，并接收从目标反射回来的信号，经过处理获取被测目标物体位置、大小、形状、速度等信息。这些信息不仅包括地物的三维空间信息，而且还包括地物反射的强度及光谱信息，因而广泛应用于多个领域，如：城市三维建模、森林碳估测、灾害监测、文物保护等[2]。

遥感科学与技术专业作为伴随遥感技术发展而兴起的交叉学科专业[3]，旨在培养掌握遥感、测绘、地信、计算机等基础理论、信息处理、系统程序设计与开发等交叉学科知识，了解遥感科学发展前沿，具有团队合作、创新意识及爱国主义情怀的复合型高素质创新人才。因此，为了更好的达成遥感科学与技术专业的培养目标，学生应在掌握摄影测量学基础、遥感原理、图像解译、微波遥感等专业基础核心课程知识之后，应该进一步拓展视野，了解并掌握新兴的遥感技术，选修《激光雷达原理与应用》及《无人机遥感》等课程，此类较新的课程大多是遥感科学与技术专业的专业限选课，旨在通过理论知识传授，使学生能掌握激光雷达的原理，通过实践教学使学生能够熟悉数据获取及处理用到的软硬件环境，培养学生综合应用现代科技手段获取与处理信息的能力，激发学生的学习兴趣，为其未来工作或深入学习研究打下坚实的理论基础。

一、现阶段激光雷达原理与应用课程教学的现状及存在的问题

随着社会的不断进步和发展，遥感技术在众多领域发挥的重要作用也得到公众认可，遥感科学与技术专业也迎来了蓬勃发展，2021年遥感科学与技术专业新增为国家一级学科博士点，2022年10月7日遥感科学与技术一级学科建设研讨会在山东顺利召开。在遥感技术蓬勃发展的过程中，众多高校成立了遥感相关专业，并将激光雷达相关课程纳入自己的人才培养体系。但现阶段该类课程的课时安排相对较少，且讲授过程多重理论轻实践[4]。同时，该课程讲授内容的全面性及系统性有待进一步加强，现有内容多侧重星载激光雷达、机载激光雷达、地基激光雷达和车载激光雷达中的一种或几种进行讲授，内容系统性和全面性有待进一步加强，同时有关最新无人机激光雷达的相关内容则较少涉及，相关的前沿技术有待进一步补充完善。导致上述问题出现的原因主要有以下几个方面：

1、先前激光雷达数据采集设备价格相对高昂，一般学校难以申请充足的经费购买激光雷达设备用于本科教学。同时，国内可以公开获取到的机载及地基激光雷达数据基本没有，导致在课程设置时只能增加理论课时，压缩实验教学课时，学生动手能力未得到较好的培养。

2、先前国内激光雷达数据处理软件相对较少且多不开源，国外开源软件虽多但均需要一定的编程基础，而激光雷达课程较少的实验学时安排也难以获得理想的教学效果。

3、国内有关激光雷达的教材及书籍相对较少，内容未得到及时更新且相对不够全面，相关书籍多是针对某一种激光雷达进行介绍，而未对常用的主流激光雷达进行系统介绍，且多数书籍内容更加适合有一定基础的研究生作为辅助书籍，而对于基础相对薄弱的本科生则不合适采用。

上述原因导致该课程最终形成重理论轻实践，内容较单一不够全面的局面。无人机激光雷达技术的快速发展与广泛应用，给该课程改革提供了有利条件。

二、改革的探索

无人机 LiDAR 的出现，尤其是大疆禅思 L1 的问世，使得激光雷达设备价格大幅下降，这不仅促进 LiDAR 研究及应用的极大繁荣发展，同时也使得越来越多的高校能够申请到足够的经费购买无人机 LiDAR 设备及配套软件，给《激光雷达原理与应用》课程的改革带来了极大的便利条件。

1、理论教学内容的改革。

为了让学生尽可能全面了解掌握不同搭载平台的激光雷达原理及应用，并让学生对不同搭载平台的激光雷达进行横向对比，需要对先前的教学内容进行调整，重新梳理为以下六个专题：

（1）激光雷达基础专题，主要包括激光物理基础、激光雷达简介、激光雷达测量原理、激光雷达分类及激光雷达应用案例等内容。

（2）星载激光雷达专题，主要包括概述、星载激光雷达原理、星载激光雷达数据简介、星载激光雷达误差分析、星载激光雷达数据处理和星载激光雷达应用案例分析等内容。

（3）机载激光雷达专题，主要包括概述、机载激光雷达原理、机载激光雷达数据简介、机载激光雷达误差分析、机载激光雷达数据处理和机载激光雷达应用案例分析等内容。

（4）地基激光雷达专题，主要包括概述、地基激光雷达原理、地基激光雷达数据简介、地基激光雷达误差分析、地基激光雷达数据处理和地基激光雷达应用案例分析等内容。

（5）车载激光雷达专题，主要包括概述、车载激光雷达原理、车载激光雷达数据简介、车载激光雷达误差分析、车载激光雷达数据处理和车载激光雷达应用案例分析等内容。

（6）无人机激光雷达专题，主要包括概述、无人机激光雷达原理、无人机激光雷达数据简介、无人机激光雷达误差分析、无人机激光雷达数据处理和无人机激光雷达应用案例分析等内容。

通过上述六大专题的详细讲解，使学生系统掌握现阶段常用激光雷达系统的工作原理、数据组成、误差来源、数据处理及对应的应用案例。同时，通过对各激光雷达系统进行横向对比，使学生更加容易掌握不同激光雷达系统间的异同，对各激光雷达系统的优劣产生深刻的认识与理解。

2、教学实践内容的改革。

无人机激光雷达硬件及软件成本的下降给《激光雷达成像与应用》实践教学带来了新的机遇与发展。

（1）增加实践教学课时，通过对学生进行分组，指导学生利用无人机激光雷达分别进行激光雷达数据采集，使学生掌握激光雷达数据采集的前期准备工作以及数据采集的完整过程，明确数据采集的主要内容及注意事项，同时加强学生无人机操作的动手能力。

（2）指导学生对采集的数据进行去噪、分类、数字高程模型及数字表面模型、三维模型构建等处理，使学生掌握激光雷达数据处理的方法与原理，将实践内容与理论知识进行结合，做到理论与实践的相互促进，最终在提高学生动手能力的同时加深学生理论知识的理解与掌握。

（3）指导学生利用无人机激光雷达进行数据采集的同时，指导学生利用大疆精灵 4 RTK 无人机进行倾斜摄影测量，通过对获取的立体影像进行处理以生成点云数据及正射影像。一方面使学生对前面所学摄影测量内容做到融会贯通，并在激光雷达课程学习的基础上总结归纳激光雷达与摄影测量两种数据获取方式、原理、数据等方面的异同，为未来选用合理的数据采集方式奠定基础；另一方面也可为后续无人机遥感课程奠定基础。

3、考核方式的改革

随着实践内容的增多，课程的考核方式也需进行相应的调整，由先前的作业和考试改为课堂讨论、实验报告及课程论文的方式，进一步培养学生的团队合作及创新意识。

（1）增加课堂讨论及学生展示环节。对学生进行自由分组，每组 4~6 人，每组学生需在六大理论专题讲解完成后选择一个自己感兴趣的专题，组内人员从选题立意、资料查找、主要内容提炼、PPT 制作及讲解等方面分工合作，完成所选专题的汇报，由其他组同学从内容丰富程度、逻辑性、PPT 美观性、讲解的流畅性、通俗易懂性等多个方面进行讨论，每组形成统一的意见及打分，并选择一名同学进行最终的点评，各组打分的平均分及教师打分共同作为本小组成员的平时成绩。

（2）实验报告及课程论文。同样对学生进行自由分组，每组 4~6 人，每组同学共同完成数据采集，之后各自按照实验指导书独自完成数据处理、结果分析及实验报告的编写，作为每个人的实验成绩；之后每组成员分工合作，相互配合，对本组获取数据、数据处理、结果展示及结果分析等内容进行整理，按照科技论文的结构整理撰写成课程小论文，共同作为小组成员的论文成绩。

三、结语

激光雷达技术作为遥感技术的重要内容，在多领域均发挥着重要作用。但现阶段激光雷达教学内容及课程安排难以满足社会发展对遥感人才的需求，因此迫切需要改革。无人机激光雷达的快速发展及广泛应用给《激光雷达成像与应用》课程的改革实践带来了新的机遇与挑战。本文从理论、实践及考核方式三方面对课程进行改革，以期使学生系统全面掌握激光雷达理论知识的同时，提高学生的动手能力，为社会培养具有团队合作、创新意识及爱国主义情怀的复合型高素质创新人才。

参考文献：

[1]赖旭东.《激光遥感》课程设计与思考[J].地理空间信息，2012，10（04）：168-169+174+184.

[2]马玉晓.《激光雷达测量技术与应用》课程教学设计与思考[J].北京测绘，2020，34（07）：1002-1007.

[3]李英杰，麻庆苗，王树果，胡晋山，张连蓬.遥感科学与技术专业人才培养方案改革[J].地理空间信息，2020，18（04）：134-136+8.

[4]李鹏程，刘志青，邢帅，周杨，徐青.“激光雷达测量原理与实践”课程教学研究与思考[J].测绘与空间地理信息，2020，43（10）：5-7.