

# 论测绘本科教学中开设激光雷达课程面临的几点问题

蔡湛<sup>1</sup> 许小龙<sup>2\*</sup>

1. 湖北科技学院 资源环境科学与工程学院, 中国·湖北 咸宁 437100
2. 武汉大学 卫星导航定位技术研究中心, 中国·湖北 武汉 430079

**摘要:** 激光雷达技术是一种新型的测绘遥感手段, 发展时间短、应用场景多, 对于测绘工程专业学生, 尤其是本科生, 测绘本科院校有必要开设相关课程进行基础知识的普及。论文笔者基于四年教学一线的经历, 对所在院系开设该课程面临的一些问题进行了梳理和探讨, 以期为后续的教学工作起到一定的启示作用。

**关键词:** 测绘工程; 激光雷达; 本科教学

## The Issues About LiDAR-related Course in the Undergraduate Education of Survey and Mapping

Zhan Cai<sup>1</sup> Xiaolong Xu<sup>2\*</sup>

1. School of Resources and Environmental Science and Engineering, Hubei University of Science and Technology, Xianning, Hubei, 437100, China
2. GNSS Research Center, Wuhan University, Wuhan, Hubei, 430079, China

**Abstract:** LiDAR (Light Detection And Ranging) is a new technology to acquire the terrain information. It has many characteristics, such as short developing time and multiple application scenerios. For undergraduate education of surveying and mapping, it is necessary to open the LiDAR-related course for grasping the new technology quickly. The authors present and analyze several issues about the LiDAR-related course based on the four-year teaching experience, aiming at improving the teaching quality in the future.

**Keywords:** surveying and mapping; LiDAR; undergraduate education

## 0 前言

据中国学科分类<sup>[1]</sup>, 测绘科学与技术学科(代码 0816)下分为大地测量学与测量工程(081601)、摄影测量与遥感(081602)与地图制图学与地理信息工程(081603)三个方向。其中, 摄影测量与遥感(以下简称遥感)以其非接触式测量的特点, 与传统测量手段形成了鲜明对比。测量效率方面, 遥感技术野外测量耗时远低于传统测量手段; 测量精度方面, 现有遥感技术在某些应用中已可达亚毫米级<sup>[2-8]</sup>。中国幅员辽阔, 地势形态丰富多样, 虽然多数地区测绘地形图、专题图仍以传统测量手段为主, 但是现有遥感技术的发展, 大大提高了测绘产品的生产速度与应用广度。其中就包括了激光雷达遥感技术。激光雷达(Light Detection And Ranging, LiDAR)通过发射激光束来探测物体的位置、速度等信息, 其工作原理是向目标发射探测信号(激光束), 再将接收到的从目标反射回来的信号(目标回波)与发射信号进行比较, 作适当处理后, 就可获得目标的有关信息, 如目标距离、方位、高度、速度、姿态, 甚至形状等参数, 从而对飞机、导弹、三维地形等目标进行探测、跟踪和识别。根据搭载平台, 激光雷达可分为星载、机载、车载、船载、地面、手持式等类型<sup>[9]</sup>。2000 年左右, 国内外学者关于机载激光雷达的一些研究才正式开启了激光雷达遥感在测绘

领域的研究热潮<sup>[10-12]</sup>。

相比于成熟的摄影测量学(发展近 200 年), 激光雷达遥感以其二十几年的发展历程堪称新型遥感技术的代表之一。现有关于激光雷达不管是在测绘甚至是非测绘领域中的应用越来越多, 不少院校在研究生教学中已加入了激光雷达相关课程, 但是在测绘工程专业本科教学中, 单独为激光雷达遥感开设课程的院校并不多。为响应国家与时俱进的方针政策<sup>[13]</sup>, 有部分开设测绘相关本科专业的院校在近年的本科生教育中加入了激光雷达遥感相关课程, 如武汉大学在 2023 版遥感科学与技术类本科培养方案中开设了激光遥感课程(32 学时)<sup>[14]</sup>, 湖北科技学院在 2019 版及 2023 版测绘工程专业本科培养方法中均开设了激光雷达测绘技术与应用课程(32 学时)等。激光雷达遥感作为新型遥感技术之一, 为测绘带来了崭新的测量视角, 丰富了测量手段, 极大地提高了部分测绘产品的生成效率, 对测绘专业本科生来说, 在大学课程中从理论到应用深入了解激光雷达遥感, 可为就业或继续深造提供更多的可能。作者基于对该课程四年的教学经历, 现就测绘本科专业开设激光雷达相关课程探讨几点可能存在的问题, 并提出了一些解决方案。

## 1 课程教材少

不同于其他测绘类专业课, 激光雷达技术较新, 虽然

国内已经出版了一些激光雷达相关的书籍,但以学术专著较多<sup>[9]</sup>,大多数是基于作者或其团队多年的科学研究成果的总结,而非全面介绍激光雷达遥感基本知识的教材。湖北科技学院自开设激光雷达测绘技术与应用课程以来,共采用过两本教材应用于本科课程,包括谢宏全、韩友美等编著的《激光雷达测绘技术与应用》<sup>[15]</sup>(以下简称“激光雷达技术应用”)和王成、晓晓环等编著的《激光雷达遥感导论》<sup>[9]</sup>(以下简称“导论”)。现就这两本教材的优缺点,包括章节设置、内容理解等方面,谈一谈作者的使用感受。

“激光雷达技术应用”出版于2018年12月,本书共有12个章节,其中第1章为绪论部分,介绍三维激光扫描系统的基本原理、分类、技术特点与发展趋势,2~6章主要介绍地面激光雷达设备、采集方式、精度检测、预处理与三维模型构建,7~9章为地面三维激光扫描技术在各个领域中的应用,10~12章分别简要介绍了车载LiDAR、机载LiDAR以及船载激光雷达的技术特点与应用。根据章节设置不难看出,全书以地面三维激光扫描技术为主,从系统分类、技术特点到采集方式、处理算法与各领域应用都作了较为详尽的介绍,涵盖了地面三维激光扫描技术的方方面面。该教材是“十三五”江苏省高等学校重点教材,由武汉大学出版社出版,该作者团队对于地面三维激光扫描技术有10多年的研究,经验丰富,因此教材本身对于地面三维激光扫描的介绍非常详实,对希望深入了解该项技术的读者非常友好。但是,激光雷达包含不同平台的技术,每种技术对于数据的获取方式、密度以及后期的处理与应用都有一些不同,对于激光雷达相关本科课程而言,该教材对激光雷达技术的介绍具有偏重性,包括该作者团队以往出版的三本激光雷达相关教材<sup>[16-18]</sup>在内,都对技术本身有针对性,想要全方位了解激光雷达技术的读者以及学生,必须自行寻找其他平台激光雷达技术相关的教材进行补充阅读。当然,一项新技术从了解到深入再到掌握、能熟练应用,离不开多看多阅读,但考虑到本科期间学习的课程较多,如果没有兴趣使然,难以对所学的任一专业课程都深入理解并掌握,因此在激光雷达遥感的基础知识普及性上,该教材略显不足。

“导论”出版于2022年1月,时间较“激光雷达技术应用”更新。该作者及其团队深耕于激光雷达数据处理领域20余年,接触并研究过机载、星载、车载等多平台的激光雷达数据,所著教材不仅包括激光雷达相关理论,也出版了相应的实习教材《激光雷达遥感实习教程》,论文着重分析理论,即“导论”教材。本书共设置6个章节,其中第一章为绪论部分,介绍了激光雷达技术的特点、分类以及系统组成和数据格式;第二章重点介绍激光雷达原理,包括星载、机载、地基激光雷达的工作原理;第三章介绍机载、地基、星载激光雷达数据的获取方式;第四章根据不同的探测模式,介绍各种激光雷达数据的处理方式,并简要叙述了一些代表算法;第五章详细展开介绍了各种激光雷达技术的应用

领域,包含8个小节的内容;第六章对激光雷达遥感技术进行了总结与展望。从章节设置上来说,“导论”的结构更为清晰,旨在系统介绍激光雷达遥感的基本知识,“激光雷达技术应用”涉及的内容偏重性问题在该教材中并未出现,全书对于各平台的激光雷达技术内容介绍较为均衡。但是,该教材未涉及除机载、星载以及地基LiDAR之外的平台介绍。近年来,车载激光雷达技术的应用越来越多,通过该技术获取的点云数据可以很好地展示建筑物、植被等物体的立面信息,对于地形测绘、树种分类等场景有着良好的应用前景,而船载激光雷达技术一直是国内外研究的热点,该技术在海洋测绘中有着较为广泛的应用,手持激光雷达技术也是许多科研人员目前的研究热点,该技术对于地形测绘以及三维建模都有着较好的补充作用。因此,在内容方面,该教材仍有可改进的空间。

不可否认的是,两本教材均有较完备的激光雷达原理知识介绍,而且应用介绍也比较丰富,从目前学生的反馈来看,均有较好的认可度,特别是“导论”。现有的激光雷达测绘相关的教材,大都具有平台偏重性的问题,因此开设该课程面临最大的问题应是教材的稀缺。

## 2 实践环节的可操作性偏低

对于测绘专业课而言,一般理论课结束之后需要通过实践课来巩固所学的理论知识,加深学生对新技术的理解。激光雷达课程实践可以分别硬件介绍和软件使用。在硬件方面,激光雷达设备不同于传统测量设备,目前的价格较为昂贵,而且需要搭载在平台上使用,除无人机之外,其余平台均难以实现本科的实践需求,因此许多开设相关课程的院校也并没有购置硬件设备的安排。在软件方面,不同平台激光雷达获取的数据形式略有不同,目前市面上没有可处理全平台数据的软件,一些业界知名的软件都具有平台偏重性且较贵,开源软件较少,软件的购置费用也是院校开设该课程需要考虑的因素之一。

## 3 课程学时短与教学形式单一

作者所在学院对于激光雷达课程的学时安排如下:理论16学时,实践16学时,共计32学时。在四年的授课过程中,作者发现理论部分的时间偏短,因此在实际授课时,理论大约24学时,实践8学时。理论部分大多数时间以讲授为主、辅以视频讲解,该方式中学生的参与度较低,对新技术的感知程度也略显不足,而且本课程设置在大学三年级春季学期,在实际上课场景中少有学生能从头到尾认真听讲。因此,作者也陆续尝试了其他教学手段,如:理论课后,以组为单位,4~5人一组,阅读相关书籍或文献,整理成报告的形式,上台展示书籍或文献的重点,并谈谈自己对于激光雷达在测绘应用中的感受和感想;课堂上展示无人机搭载的激光雷达设备,加深学生对硬件的认知;邀请科研一线的博士生开展相关主题的讲座等等。从学生的反馈来看,

主题讲座中学生的兴致较高,全程的专注度也更好,而汇报的形式能提高学生对该课程的参与度,通过提问、聊天等互动方式可以更好地了解学生对该课程的期望以及收获。

#### 4 结语

激光雷达技术较传统测量技术而言是一种新型的数据获取手段,该技术发展时间较短、应用面广,对于测绘工程专业的学生,尤其是本科生,有必要开设相关的课程进行基础知识的普及。目前,开设该课程的相关本科院校并不太多,作者基于四年教学一线的经历,对该课程面临的一些问题进行了梳理和探讨,以期在后续的课程教学中能起到一些启示作用,也希望能为推动激光雷达技术在中国的发展贡献绵薄之力。

#### 参考文献:

- [1] GB/T 13745—2009 学科分类与代码国家标准[S].2009,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会.
- [2] 姜莎莎.利用高分辨率图像和机载LiDAR数据的城市建筑物提取[D].北京:北京大学,2012.
- [3] 张祖勋.数字摄影测量学的发展及应用[C]//第十届全国遥感技术学术交流会,1997.
- [4] 李德仁.摄影测量与遥感的现状及发展趋势[J].武汉测绘科技大学学报,2000.
- [5] 刘经南,张小红.激光扫描测高技术的发展与现状[J].武汉大学学报:信息科学版,2003,28(2):6.
- [6] 丁涛,刘春阳,刘超.倾斜摄影测量高校实景三维建模及精度分析[J].中国农业科技导报,2023.
- [7] 周昊,毛庆洲,李清泉.采样频率和激光脉宽对全波形激光雷达测距精度的影响[J].红外与激光工程,2022, 51(4):20210363.
- [8] 张亚丽,田义超,黄远林,等.基于项目教学的摄影测量学教学改革探究[J].内江科技,2023,44(10):149-150.
- [9] 王成,刁晓环,杨学博,等.激光雷达遥感导论[M].北京:高等教育出版社,2022.
- [10] Smith R A, West G R. Airborne LiDAR: a surveying tool for the new millennium[C]// OCEANS' 99 MTS/IEEE. Riding the Crest into the 21st Century. IEEE,1999.
- [11] 袁晨鑫,官云兰,陈梦露,等.基于LiDAR点云数据的建筑物轮廓线提取[J].工程勘察,2020,48(6):68-72.
- [12] 沈蔚,李京,陈云浩,等.基于LiDAR数据的建筑轮廓线提取及规则化算法研究[J].遥感学报,2008(5):692-698.
- [13] 习近平对学校思政课建设作出重要指示强调:不断开创新时代思政教育新局面 努力培养更多让党放心爱国奉献担当民族复兴重任的时代新人[EB/OL].[2024-5-11].[https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202405/content\\_6950473.htm](https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202405/content_6950473.htm)
- [14] 武汉大学遥感信息工程学院本科人才培养方案[EB/OL].[2018-08-22].<https://rsgis.whu.edu.cn/info/1213/7797.htm>
- [15] 谢宏全,韩友美,陆波,等.激光雷达测绘技术与应用[M].武汉:武汉大学出版社,2018.
- [16] 谢宏全,侯坤.地面三维激光扫描技术与工程应用[M].武汉:武汉大学出版社,2013.
- [17] 谢宏全,谷风云,李勇,等.基于激光点云数据的三维建模应用实践[M].武汉大学出版社,2014.
- [18] 谢宏全,李明巨,吕志慧,等.车载激光雷达技术与工程应用实践[M].武汉大学出版社,2016.

作者简介:蔡湛(1989-),女,中国浙江杭州人,博士,讲师,从事激光雷达数据处理研究。

通讯作者:许小龙(1989-),男,中国吉林长春人,博士,讲师,从事GNSS激光雷达数据处理研究。