

# 新型对地观测多光谱激光雷达及其控制实现

史 硕<sup>1</sup> 龚 威<sup>1</sup> 祝 波<sup>1</sup> 宋沙磊<sup>2</sup>

(1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

(2 中国科学院武汉物理与数学研究所,武汉市小洪山西 30 号,430071)

**摘 要:**提出新型对地观测多光谱激光雷达,采用 556 nm、660 nm、705 nm 和 785 nm 共 4 个波长,进行不同波长同时收发及扫描、测距设计,通过对扫描、测距及多光谱数据采集等操作的有效控制,实现了地物三维空间数据和多光谱数据的同步获取,并且通过地面实验对多光谱激光雷达的性能进行了展示,验证了系统设计及控制实现的可行性及优势。

**关键词:**激光雷达;多光谱;同步获取;控制

中图分类号:P237.3

近年来,多光谱激光雷达技术成为国际上对地观测领域研究与应用的热点<sup>[1-3]</sup>。针对传统机载激光雷达在地物信息获取方面的缺陷<sup>[4]</sup>,借鉴被动高光谱遥感手段在光谱反射属性方面的优势<sup>[5]</sup>,兼具地物三维空间信息和多光谱信息获取能力的多光谱激光雷达探测技术,将成为未来激光雷达遥感技术发展的主要趋势。

国际上针对多光谱激光雷达技术开展了很多相关技术研究并取得了一些进展。其中,Rall 等最早提出双波长激光雷达<sup>[6]</sup>,但是由于两个波长光谱信息量相对较少,采用 660 nm 和 780 nm 波长进行地物探测,可在一定程度上区分植被与其他非植被地物,无法实现精确的地物状态分类与地物扫描。文献<sup>[7]</sup>提出多光谱冠层激光雷达,采用 531 nm、550 nm、690 nm 和 780 nm 共 4 个波长用于森林冠层结构与生物量监测,但该系统采用可调谐激光器,4 个波长不能同时发射,波长间切换时间相对较长,且目前正处于地面实验样机研制阶段,也无法实现地物扫描。基于此,本文介绍了一种新型对地观测多光谱激光雷达的技术实现方法。

的 PLS 波长选择研究<sup>[8]</sup>,采用 556 nm、660 nm、705 nm 和 785 nm 共 4 个激光波长进行地物探测,并且采用 4 个激光器分别输出不同激光波长,通过光学合束实现 4 个波长同步发射。同时,通过独立的激光测距传感器实现测距操作。此外,扫描操作采用线扫描方式,通过位移控制箱控制步进电机驱动旋转台来执行扫描功能,并可实现角度调制自动化。

新型多光谱激光雷达系统主要由发射系统、接收系统、光电探测系统、数据处理及控制系统构成,其结构框图如图 1 所示。

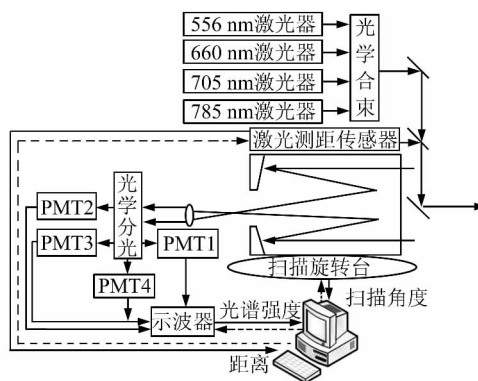


图 1 多光谱激光雷达系统框图

Fig. 1 Block Diagram of Multi-spectral LiDAR

## 1 系统设计

依据地物的光谱特征,基于高光谱遥感数据

发射系统主要由 4 个不同探测波长的激光

收稿日期:2013-07-25。

项目来源:国家自然科学基金资助项目(41101334, 10978003, 41127901);国家 973 计划资助项目(2011CB707106);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2012619020208)。

器、激光测距传感器、扫描旋转台及光学系统组成。通过采用多组反射镜及特定波段滤光片,将 4 个不同波长的探测激光进行整形合束,脉冲调制后与激光测距传感器出射激光,经共轴设计后发射。发射系统设计可有效保证激光测距与多光谱激光探测点为同一点信息。

接收系统主要由接收望远镜及镜后光学系统组成。选用  $\Phi 200$  mm 斯密特-卡赛格林折反式望远镜进行接收。镜后光学系统对多路回波进行准直,采用特定波段滤光片进行分光,对 4 路回波分别接收,通过窄带滤光片抑制杂散光影响。

光电探测系统将多路激光信号转变为电信号。光电倍增管(PMT)作为多光谱激光雷达回波的光电探测器件,将入射到其光敏面上的 4 路激光信号进行光电转换,探测灵敏度较高。

数据处理及控制系统通过数字存储示波器对光电转换后的 4 路信号进行数据采集,并同步存储到控制计算机。

## 2 控制实现

为了保证地物探测点三维空间信息与多光谱信息的同步获取,需要对激光测距传感器、扫描旋转台及多光谱采集等操作进行有效控制。

图形化编程语言 LabVIEW<sup>[9]</sup>采用数据流编程方式,可以实现自动的多线程。多光谱激光雷达控制系统软件在 LabVIEW 开发环境下实现。

### 2.1 模块化设计

模块化设计可以基于流串联准则<sup>[10]</sup>软件进行模块划分。由图 1 可以看出,控制系统需要控制距离信息、扫描角度信息、多光谱强度信息三个不同的数据流。要实现三维空间数据和多光谱数据的获取,需要对这三个数据流进行控制,也就是要实现扫描、测距以及多光谱采集三个功能操作的独立控制。因此,依据三个不同的数据流,模块化设计可以划分为测距模块、扫描模块和多光谱采集与预处理模块。

测距模块通过控制激光测距传感器进行测距,传感器返回相关信息到控制计算机。测距成功则返回距离信息,未成功则返回错误代码。为便于后期数据处理,测距模块还对成功点数进行统计,并且对失败探测点进行标记以便于去除。

扫描模块控制进电机驱动的旋转台来执行扫描操作,步进扫描方式可以对扫描范围及扫描点密度进行设置,同时可以精确控制步长间隔时间。扫描模块运行首先进行旋转台初始化,通过参数

设置可以实现正扫、反扫、复循环扫描等多种扫描模式,尽可能实现系统的各种潜在需求。

多光谱采集与预处理模块控制数字存储示波器对 4 路多光谱强度信息的获取,并且对存储到控制计算机上的强度信息进行预处理去除噪声影响,还可基于标准强度值进行多光谱反射率计算。为获取多光谱反射率,模块进行系统定标,通过对标准白板的测量得到标准多光谱强度值。然后对地物进行探测,获取地物多光谱强度值存储到控制计算机并计算多光谱反射率值。此外,为尽可能得到精确的多光谱强度数据,采用去噪算法<sup>[11]</sup>对数据进行预处理操作。

### 2.2 模块集成

软件设计尝试通过对扫描、测距、多光谱采集三个操作进行不同的时序控制,同步获取探测点扫描角度、距离以及多光谱数据,有效协调了并行操作问题。

控制系统精确控制每个激光脚点的位置。因此,可以尝试对步进扫描添加控制门限,扫描一步后进行当前扫描角度读取并运行测距以及多光谱采集操作,探测点扫描角度、距离以及多光谱数据获取成功后再进行下一步扫描。通过对步进扫描操作的精确控制,可以使三个模块协调运行,将扫描角度读取、测距以及多光谱采集操作对象限定为同一探测点,使角度、距离和多光谱数据同步获取,较好地实现多光谱激光雷达的功能需求。控制系统流程图如图 2 所示。

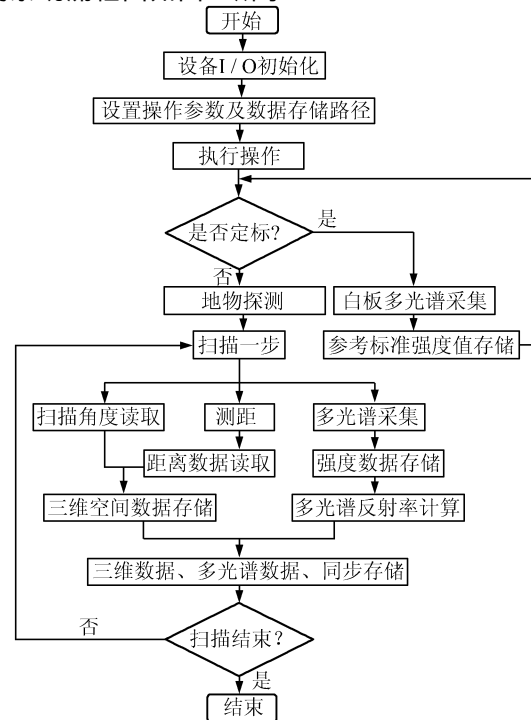


图 2 控制系统流程图

Fig. 2 Flow Chart of Control System



- um Laser Source[J]. *Sensors*, 2010, 10(7): 7 057-7 066
- [3] Powers M A, Davis C C. Spectral LADAR: Towards Active 3D Multispectral Imaging[J]. *Proc. SPIE*, 2010, 7 684(9): 1-12
- [4] Grace J, Nichol C, Disney M I, et al. Can We Measure Terrestrial Photosynthesis from Space Directly, Using Spectral Reflectance and Fluorescence[J]. *Global Change Biology*, 2007, 13(7): 1 484-1 497
- [5] Hyde P, Dubayah R, Walker W, et al. Mapping Forest Structure for Wildlife Habitat Analysis Using Multi-sensor (LiDAR, SAR/InSAR, ETM plus, Quickbird) Synergy[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2006, 102: 63-73
- [6] Rall J A R, Knox R G. Spectral Ratio Biospheric LiDAR[C]. *IGARSS'04*, Anchorage, AK, 2004
- [7] Morsdorf F, Nichol C, Malthus T J, et al. Assessing Forest Structural and Physiological Information Content of Multi-spectral LiDAR Waveforms by Radiative Transfer Modeling[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2009, 113(10): 2 152-2 163
- [8] 宋沙磊, 李平湘, 龚威, 等. 基于水稻高光谱遥感数据的 PLS 波长选择研究[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2010, 35(2): 219-223
- [9] 陈锡辉, 张银鸿. *LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通*[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007
- [10] 高飞, 肖刚, 潘双夏, 等. 产品功能模块划分方法[J]. *机械工程学报*, 2007, 43(5): 29-35
- [11] 吕立蕾, 龚威, 宋沙磊, 等. 地物反射率探测激光雷达回波信号的小波去噪[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2011, 36(1): 56-59
- [12] Gong Wei, Song Shalei, Zhu Bo, et al. Multi-wavelength Canopy LiDAR for Remote Sensing of Vegetation: Design and System Performance[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2012, 69: 1-9
- 
- 第一作者简介: 史硕, 博士生, 主要从事光学与激光遥感研究。  
E-mail: shishuo@whu.edu.cn

## A Novel Multi-spectral LiDAR for Earth Observation and Implementation of Control System

SHI Shuo<sup>1</sup> GONG Wei<sup>1</sup> ZHU Bo<sup>1</sup> SONG Shalei<sup>2</sup>

(1) State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2) Wuhan Institute of Physics and Mathematics, Chinese Academy of Sciences, 30 West of Xiaohongshan, Wuhan 430071, China)

**Abstract:** The technology of multi-spectral LiDAR, which combines the advantages of traditional LiDAR and passive multispectral remote sensing, is becoming a new developing direction in the field of earth observation. In order to solve the existing technology defects, a novel multi-spectral LiDAR was proposed. Both 3D spatial and multi-spectral information for objects can be obtained by this method. Through simultaneous transmission and reception for four wavelengths in 556 nm, 660 nm, 705 nm and 785 nm, 3D spatial data and multi-spectral data were acquired at the same time with the available control of different operations. Ranging, scanning and acquisition operations of multi-spectral data could be achieved and the experiment based on the ground was made to testify the ability of the the system design and control implementation.

**Key words:** LiDAR; multi-spectral; synchronous acquisition; control

---

**About the first author:** SHI Shuo, Ph D candidate, specialized in optical remote sensing and laser remote sensing.  
E-mail: shishuo@whu.edu.cn