

新型便携式激光测距仪的研究

王刚 孙凌宇 王卫宁 朱南 冯立春

(首都师范大学物理系, 北京 100048)

摘要 提出了一种新型激光测距仪的结构、测试原理和方法, 该方法将激光测距技术和测角技术相结合, 对传统的脉冲激光测距仪进行了改造。设计加装了 2 个可旋转的带有半导体激光器的手柄和 1 个测角仪, 测角仪采用圆容栅传感器, 不但可以方便测距并可以测角等, 使仪器的测距方法得到改善并扩大使用功能。

关键词 传感器; 激光测距; 测角; 圆容栅

中图分类号 P225.2

OCIS 280.3400 140.3460

文献标识码 A

Research on New Portable Laser Rangefinder

Wang Gang Sun Lingyu Wang Weining Zhu Nan Feng Lichun

(Physics Department, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract The structure, working theory and using method of a new laser rangefinder, are introduced. The new laser rangefinder can not only well combine the distance-measuring technology with the angle-measuring technology but also add two rotating handles with semiconducting laser device and one goniometer. The goniometer applies the theory of circle grid-capacitance sensor to make it easier for distance and angle-measuring and more practical in use.

Key words sensors; laser ranging; angle measuring; circle grid-capacitance

1 引言

激光测距仪的测距方式一般有两种: 一是脉冲法, 即通过记录激光在测距仪与测量物体间往返的时间, 实现测距; 二是相位法, 即通过测量经调制的激光往返测线一次所产生的相位延迟, 换算出光经往返测线所需的时间, 实现测距。脉冲法测距的系统较为简单, 不需要合作对象, 应用数字插入法测量时间间隔, 可以使测距精度达到 ± 1 mm, 并且线性好, 因此其综合性能最佳。目前应用的激光测距仪, 根据测量仪器到反射体之间的距离并用勾股定理处理数据, 实现测量平面上两点间距离的功能。但因为测量中需要移动测量仪, 容易引起较大的误差, 此外其测试功能比较单一, 使得测距仪的应用受到局限。本文在已有的脉冲测距系统上设计加装一对带有半导体激光器的可转动手柄和一个测角仪, 试图改善测量方法并扩大仪器的使用功能。

2 新型便携式激光测距仪的结构、原理与应用

2.1 结构

新型便携式激光测距仪由仪器主体结构 and 左右两个手柄组成。手柄顶端分别安有一个用于定位的半导体激光器。手柄可以绕着手柄底端连接仪器主体的轴转动, 两手柄夹角最大值为 270° 。每个手柄轴连接一个测角仪。图 1 为新型测距仪的结构框图, 仪器的整体结构由测距仪、测角仪、运算器、电源、显示面板和控制面板 6 部分组成。测距仪采用激光脉冲法测距, 激光器选用半导体激光器。将脉冲自触发技术、恒比值时点判别技术以及光路系统误差修正技术相结合, 可实现高精度时间测量, 测距误差为 ± 1 mm^[1~7]。

收稿日期: 2010-03-01; 收到修改稿日期: 2010-04-20

基金项目: 国家大学生创新性实验计划(081002807)和首都师范大学实验室开放基金资助课题。

作者简介: 王刚(1987-), 男, 本科, 主要从事光电工程方面的研究。E-mail: sohuk_c@sohu.com

导师简介: 王卫宁(1957-), 女, 副教授, 硕士生导师, 主要从事实验物理和激光物理教学以及太赫兹光谱与成像等方面的研究。E-mail: wwn-phy@mail.cnu.edu.cn(通信联系人)

测角仪采用圆容栅传感器设计。圆容栅的动栅盘上贴有面积、形状相同的扇形发射电极,如图 2(a)所示,在动栅盘的外围是接收电极。动栅盘中央的小圆用作轴孔,用来安装动栅盘和定栅盘。设计中没有将发射电极延伸到动栅盘中心,是为了避免在发射电极的实际加工过程中造成困难,同时也避免在电极成品中产生较大的误差。

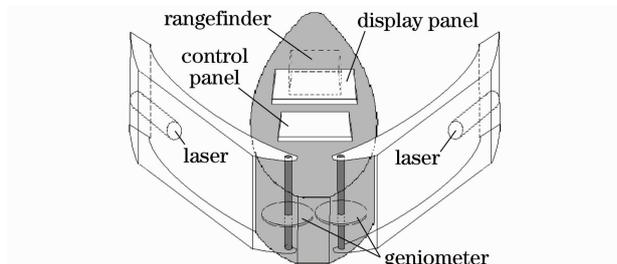


图 1 测距仪的结构图

Fig. 1 Structure diagram of rangefinder

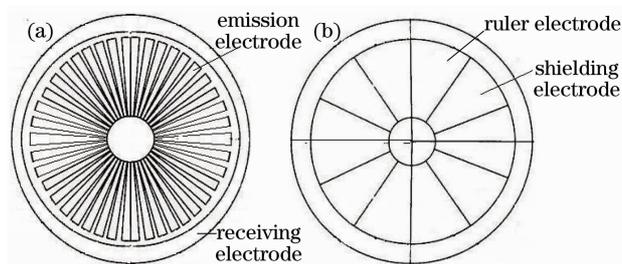


图 2 动栅盘(a)与定栅盘(b)结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of moving gate (a) and fixed gate (b)

圆容栅的定栅盘上贴有面积、形状相同的扇形标尺电极和屏蔽电极,彼此相连沿盘心排列,如图 2(b)所示。在测量时,当动栅盘相对于定栅盘旋转时,由于发射电极与标尺电极的正对面积发生变化,使标尺电极上的感应电荷产生变化,通过接收电极的输出电压变化,从而完成测量过程^[8]。用单片机控制的容栅测角仪结构微型化,可用电池供电。硬件主要是放大滤波电路和显示电路,主要功能依靠单片机内部功能和软件实现。测角仪的测量精度为 $\pm 3'$,测量范围为 $0^\circ \sim 270^\circ$ ^[9~11]。

运算器的作用是根据不同的测量模式,选用相应的公式对测距仪和测角仪返回的数值进行数值运算,将结果返回给显示面板显示。电源采用锂电池供电。控制面板提供测量模式选择。

2.2 测距原理及应用

图 3 为测量光路图。当测量测距仪与反射体的距离时,采用传统激光测距仪的测量方法。测量时无需打开左右手柄,只在控制面板上选择相应的测量模式即可。测量公式为 $D = S_1 + S_2$,式中 D 为待测距离, S_1 和 S_2 分别为测距仪与待测平面和测距仪到仪器主体尾端的距离。

在测量仪器到平面的距离时,用仪器的主激光在反射面上画一个十字,仪器会连续测量多组数据,取最短的一个数值输出,从而避免了由于测线与被测面不垂直造成的误差。这种测量模式是最常用的,尤其在远距离测量中,比如测量两墙壁间的距离,就可以将测距仪尾端抵在其中一面墙壁上测量。

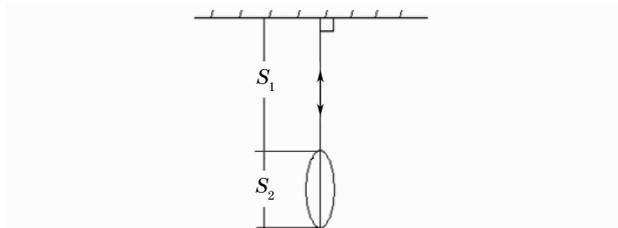


图 3 测量点面距离的光路图

Fig. 3 Optical path diagram of measuring the distance between point and area

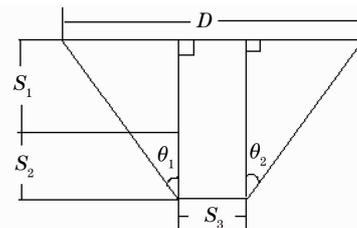


图 4 测量平面上两点距离的光路图

Fig. 4 Optical path diagram of measuring the distance between two points in the plane

将左右两手柄掰开,打开激光器,两手柄发出的激光分别对准待测平面上两点,如图 4 所示。测距仪到待测平面的距离 S_1 ,测角仪测量两手柄张开的角度分别为 θ_1 和 θ_2 。经过运算器的误差修正和运算,将最终结果显示在显示面板上。运算器中的运算式为 $D = (S_1 + S_2) \tan \theta_1 + (S_1 + S_2) \tan \theta_2 + S_3$,式中 S_1 为测距仪与待测平面的距离, S_2 为测距仪到两手柄轴所在平面的距离, S_3 为两手柄轴间距, θ_1 为左手柄张开的角度, θ_2 为右手柄张开的角度。

这种测量模式是传统激光测距仪所不具备的,仅用一次测量便可实现准确测量平面上两点间距离。此方法具有操作简单快捷、精度高并且无需接触被测平面等优点。应用此方法可以测量实体物体尺寸,两点的

高度差等物理量,例如测量圆柱半径,如图5所示。 BC , EF 分别为两手柄射出的激光,激光束与圆柱相切。 DC , DH , DE 为圆柱的半径 r 。 HG 的长度等于圆柱体到测距仪两手柄轴所在直线的距离 l_1 , BG 为两手柄轴间距的一半 l_2 。两手柄张开的角度相等,为 θ 。根据光路图有

$$\sin \theta = r / (r + l_1 + l_2 / \tan \theta), \quad (1)$$

经化简得 $r = (l_1 \cdot \sin \theta + l_2 \cdot \cos \theta) / (1 - \sin \theta)$ 。此外,在进行两平面夹角的测量时,只要将两手柄的直边分别与两平面充分接触,测角仪便可根据手柄转动角度测量出两平面的夹角。

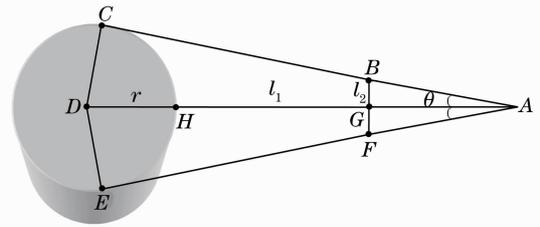


图5 测量圆柱直径的光路图

Fig. 5 Optical path diagram of measuring cylinder diameter

3 误差估计

脉冲激光测距仪的测量精度为 ± 1 mm,在测量仪器与物体间的距离时,误差仅与脉冲激光测距仪有关,故此时仪器的精度为 ± 1 mm。测角仪的测量精度为 $\pm 3'$ 。在单独使用测角仪测量两平面夹角时,待测角度等于单个手柄转动的角度的2倍,其测量精度为 $\pm 6'$ 。在测量平面上两点间距离时,仪器的测量误差由测角仪和脉冲激光测距仪的误差合成。按照 $\Delta D = \frac{\partial D}{\partial S} \Delta S + \frac{\partial D}{\partial \theta} \Delta \theta$ 估计误差

$$\Delta D = (\tan \theta_1 + \tan \theta_2) \Delta S + (S + S_1) (\cotan \theta_1 + \cotan \theta_2) (\Delta \theta_1 + \Delta \theta_2), \quad (2)$$

假设 $S = 20$ m, $S_1 = 10$ cm, $\theta_1 = \theta_2 = 45^\circ$, $\Delta S = 1$ mm, $\Delta \theta_1 = \Delta \theta_2 = 3'$,可得误差大约为 48 mm,测量的相对误差小于 0.24%。

4 结 论

新型便携式激光测距仪在传统激光测距仪的基础上改造而成。设计加装2个可旋转的带有半导体激光器的手柄和1个测角仪,扩大了激光测距仪的使用功能,不仅可以实现传统测距仪的功能,还可以测量实体的尺寸和平面间夹角。测角仪采用圆容栅传感器,测角精度高。新型激光测距仪所应用的技术已经十分成熟,主要器件均已商品化;其功能多、携带和操作简便等优点,有望得到更广泛的应用。

参 考 文 献

- Zhou Wulin, Yue Yongjian. Pulsed laser ranging based on the interpolation method of time-to-amplitude conversion[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2008, **35**(7): 104~108
周武林,岳永坚. 基于时幅转换插入法的脉冲激光测距[J]. *光电工程*, 2008, **35**(7): 104~108
- Zhang Hanwei, Wu Bin, Xu Houze. A theoretical study on laser ranging measurements within pico-second level[J]. *J. Geophys.*, 2004, **47**(4): 604~609
张捍卫,吴斌,许厚泽. 10^{-12} 秒精度激光测距问题的理论研究[J]. *地球物理学报*, 2004, **47**(4): 604~609
- Feng Guoxu, Chang Baocheng. Study of high precision laser ranging technology[J]. *Laser and Infrared*, 2007, **27**(11): 1137~1140
冯国旭,常保成. 高精度激光测距技术研究[J]. *激光与红外*, 2007, **27**(11): 1137~1140
- Huang Zhen, Liu Bin. New method measure the time-flight in pulse laser ranging[J]. *J. Optoelectronics • Laser*, 2006, **17**(9): 1153~1155
黄震,刘彬. 脉冲激光测距中时间间隔测量的新方法[J]. *光电子·激光*, 2006, **17**(9): 1153~1155
- Wu Gang, Li Chunlai, Liu Yinnian et al.. Study on high resolution time interval measurement module in pulsed laser ranging system[J]. *J. Infrared and Millimeter Waves*, 2007, **26**(3): 214~216
吴刚,李春来,刘银年等. 脉冲激光测距系统中高精度时间间隔测量模块的研究[J]. *红外与毫米波学报*, 2007, **26**(3): 214~216
- Huo Yujing, Chen Qiansong, Pan Zhiwen. Review on time-of-flight measurement of pulsed laser radar[J]. *Laser & Infrared*, 2001, **31**(3): 136~139

- 霍玉晶, 陈千颂, 潘志文. 脉冲激光雷达的时间间隔测量综述[J]. 激光与红外, 2001, **31**(3):136~139
- 7 Du Gaoshe, Gao Wei, Zhao Lin. Experimental research on time amplifying technique in pulsed laser range-finding[J]. *J. Applied Optics*, 2003, **24**(5): 16~19
- 杜高社, 高 玮, 赵 琳. 脉冲激光测距中时间放大技术实验研究[J]. 应用光学, 2003, **24**(5): 16~19
- 8 Yang Baosheng, Ma Xiushui. Principium and error analysis of disk displacement measurement sensor[J]. *Tool Engineering*, 2003, **37**(12): 57~60
- 杨宝生, 马修水. 圆容栅传感器原理及其误差分析[J]. 工具技术, 2003, **37**(12): 57~60
- 9 Wang Xiwen, Qi Xin, Song Yuquan. Capacitive transducer and its development prospect [J]. *J. Jilin University (Engineering and Technology Edition)*, 2003, **33**(2): 89~94
- 王习文, 齐 欣, 宋玉泉. 容栅传感器及其发展前景[J]. 吉林大学学报(工学版), 2003, **33**(2): 89~94
- 10 Lü Jiayun, Xu Lei, Jiang Quansheng. Error analysis of capacitive grating angle measuring display instrument[J]. *J. Electronic Science and Technology of China*, 2007, **5**(1): 21~22
- 吕家云, 徐 磊, 蒋全胜. 容栅测角数显仪的误差分析[J]. 实验科学与技术, 2007, **5**(1): 21~22
- 11 Ling Yuehong, Wang Jie. Computing way for analyzing the graduated error of capacitance sensor[J]. *Tool Engineering*, 1995, **29**(7): 41~46
- 凌锐鸿, 王 佶. 容栅传感器刻划误差的分析计算[J]. 工具技术, 1995, **29**(7): 41~46