

# 测距激光的能量分布及其对光轴校正的影响

张 维, 沈洪斌, 徐春梅, 沈学举, 任宏岩  
(军械工程学院光学与电子工程系, 河北 石家庄 050003)

**摘 要:**利用涂料墙面作为反射目标,采集、处理和分析脉冲激光测距机发射激光的光斑能量分布。结果表明:能量环带占比从中心到边沿呈现由高到低的变化趋势,80%以上的激光能量集中在占激光光斑总面积60%的中心区域内,而且某些型号的测距机激光能量分布存在较明显的区域不均衡性。因此,测距机要达到最大测程的指标要求,相关光轴的平行性校正必须更加严苛,而且光轴平行性校正方式也应加以改进。

**关键词:**激光测距;能量分布;光轴平行性校正

**中图分类号:**P225.2 **文献标识码:**A

## Energy Distribution of Ranging Laser and Effect on the Correction of Optical Axis

ZHANG Chu, SHEN Hong-bin, XU Chun-mei, SHEN Xue-ju, REN Hong-yan

(Department of Optics and Electronic Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

**Abstract:** Using rendered wall as the reflecting target, the facular energy distributions of laser from laser rangings were collected, disposed and analyzed. It was found that energy density decreases from center to edge of the laser area, more than 80 percent laser energy was concentrated on the center area which only occupies 60 percent of the total laser area, and energy distributions of some laser rangings were obviously region-disproportion; for ensuring range of laser ranger, correction for parallelism of optical axis must be more rigorous, and the correction system should be modified.

**Key words:** laser ranging; energy distribution; correction for parallelism of optical axis

### 1 引言

为尽量避免地面附近背景光对激光测距的干扰,一般将激光测距机的束散角和激光回波接收视场压缩到很小并使两者基本相等,这样当激光测距机应用于大型系统<sup>[1-3]</sup>,由于维修或其他原因造成整个系统的跟踪、瞄准与激光测距的发射、接收光轴之间出现偏差时,测距机接收的目标反射激光能量就会降低到设计水平以下,从而造成测距机的测程下降,严重时甚至丧失测距能力。因此,应用激光测距技术获取目标距离的大型系统要可靠工作,就必须严格校正这些光轴相互平行。考虑到校正仪器本身的精度不可能无限高,而且校正过程中的观察测量不可能绝对没有误差,因此最终这些光轴之间仍会存在微小偏差,这就意味着激光有效接收区域总

是与激光照射区域存在偏差;据此分析,测距机发射激光的能量分布就会影响目标回波信号的强弱,并对测距机的测程产生不可忽视的影响。本文实验测量了具有代表性的型号1和型号2测距机的目标反射激光光斑的能量分布,利用计算机编程对光斑能量分布进行了定量分析,并分析了其对光轴校正的影响。

### 2 测距激光能量分布的测量与分析

#### 2.1 测量条件和装置

考虑到激光测距机型号多、数量大,为不失代表性,实际测量时分别从最大测程小于和大于10km

**作者简介:**张 维(1964-),女,副教授,从事激光测距技术应用与检测等方面的教学与研究。E-mail:zhangchu625@sina.com  
**收稿日期:**2008-04-11

的两类常用激光测距机中各选取一种型号(分别以型号1、型号2代表),每种型号又选取数台激光测距机作为被测对象。考虑到激光测距的被测目标大多具有漫反射表面,而其反射特性与理想漫反射体(估算最大测程时采用的是理想朗伯体)相比又或多或少存在差别,因此测量时选取表面颗粒比较细腻均匀的涂料墙面作为激光测距机的被测目标(墙面垂直于激光发射方向),这样能够比较真实地反映目标反射激光(光斑)的能量分布情况,也基本能反映测距机发射激光脉冲的原始能量分布。采集墙面反射激光光斑的系统如图1所示。为便于消除背景光对测量结果的影响,测量选在实验室内进行,这样墙面背景光照度比较均匀和恒定,容易在图像处理时将其去除。因为激光测距机发射的激光脉冲能量密度较高,会造成 CCD 的饱和响应甚至损坏,所以在光路中加入衰减器,并将衰减器垂直放置于激光传输的平行光光路中,避免散射等因素对影响测量结果。通过选择衰减器的衰减倍数,使 CCD 采集的激光光斑图像与背景形成较明显的反差,而且激光光斑区域内的 CCD 响应尽可能处于线性范围,避免激光光斑中的强能量区域导致 CCD 图像出现明显的饱和弥散影响测量结果的准确性。

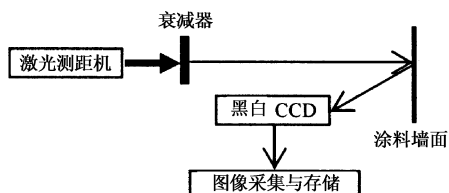


图1 采集墙面反射激光光斑的光路图

## 2.2 实验结果及分析

光斑图像处理过程如下:从采集图像中截取含有激光光斑的单帧图像,用直方图统计光斑区域和背景光照区域的灰度分布,根据光斑与背景的反差合理选定阈值,将灰度处于阈值之下的像素点的灰度值归零,以消除背景光影响;然后用重心法确定光斑的中心位置,分析光斑的径向(从中心到边缘)能量分布情况。具体做法是:以光斑中心(重心)为圆心,将光斑划分成10个像素数相等(面积相等)的环带,计算每个环带(最中心的第1环带是圆)内的像素点灰度值之和与10个环带的灰度总和之比(即每个环带包含的激光能量占光斑总能量的比重)。用该方法计算各台激光测距机每次发射到墙面上的激光光斑能量分布特征,经过统计归纳,规律如下:

(1) 同一台激光测距机每次照射到墙面上的激

光光斑能量分布并不完全相同,具体体现为光斑各环带的能量比重每次都有变化,图2(a)给出的是同一台型号1激光测距机两次发射激光光斑的能量径向分布情况,图2(b)给出的则是同一台型号2激光测距机两次发射激光光斑的能量径向分布情况。图中的横坐标表示从光斑中心到边缘的环带序号,纵坐标表示各环带包含的激光能量占光斑总能量的比重(环带能量占比)。

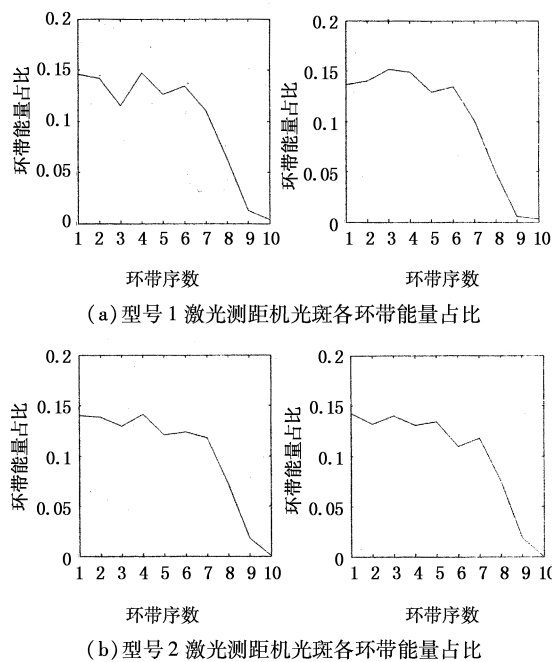


图2 激光光斑的径向能量分布

(2) 光斑从中心到边沿的能量占比呈现由高到低的变化趋势;而且,统计所有的激光光斑能量分布情况,发现靠中心的6个环带的能量占比之和超过总能量的80%;计算可知:第6个环带的直径约为整个光斑直径的77.5%,因此,激光能量主要集中在靠近光斑中心占激光束发散角77.5%的这一区域内。

(3) 测程较远的型号2激光测距机(型号2的最大测程是型号1的两倍),光斑能量从中心到边沿的变化规律与基模高斯光束比较接近,而型号1激光测距机的光斑能量分布(尤其是接近光斑中心的能量分布)相对稍差一些。从激光器的结构和工作特征来分析,测程远的激光测距机所需的激光发射能量相对更大,因此激光工作物质和光学谐振腔的长度相对较长,并且谐振腔大多采用平行平面腔,就会使得衍射损耗较大,这样高阶横模被抑制<sup>[4]</sup>。所以,可以应用基模高斯光束的有关特征来估算中远程激光测距机的一些性能指标。

另外,实验还发现:少数激光测距机照射到墙面

上的激光光斑轮廓不圆,而且光斑不同区域之间(除径向向外)存在目视可见的亮度差别。这意味着测距机发射激光的能量分布存在各向不均衡性,严重时光斑能量重心与机械中心之间会存在明显偏差。

### 3 激光能量分布对光轴校正的影响

目前,估算激光测距机最大测程时,总是按照激光能量均匀分布来进行简化处理,这种处理在被测目标小于激光光斑(多数测距机校验最大测程所用靶板的线度只有该距离处激光光斑直径的  $1/3 \sim 1/2$ ),且相关光轴都非常平行的情况下是可行的。但是,如果光轴平行性稍差,而照射到目标上的激光能量实际分布又呈现中心高、边缘低这样类似高斯光束的特征,那么目标实际反射的激光能量就可能严重低于估算值,导致测距的最大测程显著下降。以目标尺寸是激光光斑直径的  $1/3$  为例,如果光轴偏差造成激光发射、接收这两方向之间的偏差达到激光束散角的  $25\%$ (这是多数激光测距机给定的光轴校正最大允差),那么目标反射激光信号的强弱与相关光轴的关系可以利用图 3 所示图形直观分析。图 3(a)和图 3(b)两幅图中,方框代表边长只有激光光斑直径  $1/3$  的正方形目标;每幅图中靠左侧的圆都代表照射到目标距离上的激光光斑,靠右侧的圆则代表激光接收有效区域。因为测距机的激光束散角与激光接收视场基本相同,所以取两圆相等。如果按激光能量分布处处均匀来考虑,在图 3(a)、图 3(b)这两种情况下,因为目标都是处于激光照射和有效接收区域之内,所以这两种情况目标反射的激光能量应该是相同的。但根据激光的实际能量分布特征来分析,图 3(a)中目标中心与激光光斑中心几乎重合(即跟踪瞄准光轴与激光发射光轴相互平行),这种情况下目标反射的激光能量达到最大(信号最强);而且,目标仍完全处于激光接收有效区域内,因此光轴的这种偏差对测距机的最大测程没有造成不良影响;但是如果跟踪瞄准与激光发射光轴之间再出现偏差,目标就可能有一部分偏离激光接收有效区域,对最大测程的影响就不能忽略不计。而图 3(b)中目标中心与激光接收视场中心基本重合(即跟踪瞄准光轴与激光接收光轴相互平行),这时目标位于激光光斑的边缘,目标能够反射的激光能量相对较少(信号较弱);如果跟踪瞄准与激光接收光轴之间再出现偏差,或者目标位置偏上或偏下一些,目标就可能有一部分偏离激光照射区域,反射的激光能量就更少;因此,这种光轴偏差情况会使测距机的最大测程严重下降。由此可见,

激光的实际能量分布对激光测距的光轴校正精度提出了更高的要求,尤其是那些采用光学工艺在结构上已经实现了瞄准光轴与激光接收光轴相互平行的激光测距机,在校正激光发射光轴与瞄准光轴的平行性时必须达到更高的精度要求。

另外,如果激光光斑能量分布有明显的区域不均衡性,那么现在采用的激光打点校验光轴平行的方法,本身就存在着校正精度问题。因为会聚后的激光斑点不能展现能量分布细节,根据激光斑点位置校正光轴平行的激光测距机实际测距时,跟踪瞄准、激光接收对向的区域(目标反射激光能够被有效接收的区域)不是激光光斑能量最强的区域,从而可能影响测距机的测程。

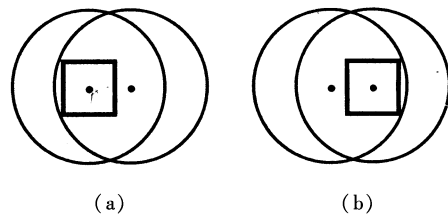


图 3 激光光斑、激光接收有效区域和被测目标的位置关系

### 4 结论

通过对两种型号多台激光测距机的激光能量分布进行测量及分析,发现能量占比从中心到边沿呈现由高到低的变化趋势,特别是中远程测距机的激光能量分布与基模高斯光束比较接近;这样,在校正测距机及其所在系统的相关光轴的平行性时,校正允差应该显著小于多数激光测距机的现行允差,才能可靠保证测距机的测程满足指标要求。而且,因为有些测距机发射的激光还存在能量分布区域不均衡,所以光轴校正的结果应该是跟踪瞄准、激光接收这两个光轴方向均指向发射激光的能量分布最强区域;而现行采用的激光打点校验激光发射与其他光轴平行的方法,不能反映激光能量分布的区域不均衡细节,校正精度也受限于激光斑点的大小,因此有必要加以改进。

### 参考文献:

- [1] 黄震,刘彬. 并行计数法脉冲激光测距的研究[J]. 激光与红外,2006,36(6):431-432.
- [2] 钟声远,李松山. 脉冲串激光测距技术研究[J]. 激光与红外,2006,36(增刊):797-799.
- [3] 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.
- [4] 周炳琨,高以智,陈侗喙,等. 激光原理[M]. 北京:国防工业出版社,2000.