

文章编号: 1001-3806(2004)01-0082-03

无靶板消光比法检测激光测距能力的研究

孙 斌,王小兵,林 轶,万 强,卢常勇,郭延龙
(武汉军械士官学校 光电技术研究所,武汉 430075)

摘要: 测距能力是激光测距机最重要的技术指标。提出了一种新型的激光测距机测距能力的检测方法——无靶板消光比法,它采用消光比技术将激光发射能力和激光接收能力分开进行直接测量。具有无需野外靶板、不受环境限制、检测结果准确快速、易于实现和对维修有指导意义等特点。并对所研制的激光测距机测距能力检测仪进行了描述。

关键词: 激光测距机;测距能力;消光比法;检测仪
中图分类号: P225.2;TH761 **文献标识码:** A

Range-finding capability of laser range finder by extinction-ratio measurement without target

SUN Bin, WANG Xiaobing, LIN Yi, WAN Qiang, LU Changyong, Guo Yanlong
(Facility for Opto-Electronics, Wuhan Ordnance Noncommissioned Officers School, Wuhan 430075, China)

Abstract: The range-finding capability is one of the major performance of the laser range finder. A new checking method of the range-finding capability, extinction-ratio measurement without target, by which laser emission capability and reception capability can be dividually measured, is put forward. Based on which, a new tester for the range-finding capability of laser range finders is developed. No targets are necessary. It is no more restricted to environment nearby, and an accurate result can be acquired rapidly. It proved to be instructional for maintenance.

Key words: laser range finder; range-finding capability; extinction-ratio measurement; tester

引 言

测距能力是反映激光测距机综合性能的重要指标,通常用最大测程来反映,因此,最大测程的检测一直是研究的热点问题。最大测程法和消光比法是目前常用的两种方法。最大测程法受天候条件影响,仅在部分工厂使用^[1];消光比法,首先为美军所采用,1970年开始为各国所采用,我国也采用消光比法并制定了相关标准。然而,消光比法仍然需要在野外竖一个靶板,需断开电路中 AGC/TPG 控制等问题,使用很不方便,仅适用于工厂,不适用于部队条件^[2,3]。如何在各种环境下进行激光测距机测距能力的快速检测是人们亟待解决的难题。

研究了一种新的检测方法——无靶板消光比法,它具有室内检测、无需野外靶板、不受环境限制、

检测结果准确、操作简单快速、易于实现和对维修有指导意义等特点。笔者研制的激光测距机测距性能检测仪,体积小、重量轻,经实验和专家鉴定,科学有效,不仅适用于工厂检测,还特别适用于部队条件下使用。

1 检测原理

通常激光测距机的最大测程公式^[4]经过变换后可得:

$$\frac{P_t K_t}{P_{r,\min} / (K_r A_r)} = \frac{\pi R_{\max}^2 \exp(2\alpha R_{\max})}{\rho \cos \phi} \cdot \lambda = \frac{M\pi R_0^2 \exp(2\alpha R_0)}{\rho \cos \phi} \quad (1)$$

式中, P_t 为测距机的发射峰值功率(W), $P_{r,\min}$ 为测距机探测器最小可探测功率(W); K_t 为发射光学系统的透过率; K_r 为接收光学系统透过率; A_r 为接收孔径面积(m^2); ρ 为目标漫反射系数; ϕ 为目标表面法线与激光发射轴的夹角; α 为大气衰减系数; R_{\max} 为最大测程; M 为消光比法中衰减片的衰减倍数; R_0 为消光比法中靶板的距离; λ 由下式确定,在反

作者简介:孙 斌(1971-),男,讲师,主要从事军用光电技术维修的研究与教学工作。

E-mail:gdjys@263.net

收稿日期:2003-05-23

射目标为大目标时: $\lambda = 1$, 反射目标为小目标时: $\lambda = A_s / A_t$; A_s 为光束在目标处的光斑面积, A_t 为目标有效反射面积。

(1) 式左边是与外界条件无关的测距机内在能力, 即所谓测距机灵敏度, 分子表示由发射光学系统输出的激光脉冲的峰值功率, 分母表示接收孔径单位面积上的最小可探测功率。在外部条件一定的情况下, 两者之比越大, 则激光测距机的测程越远, 即测距机的灵敏度越高, 所以该比值反映了激光测距机的综合测距能力。

取对数得:

$$S = 10\lg [P_t K_t K_r A_r / P_{r,\min}] \quad (2)$$

$$S = 10\lg [\pi R_{\max}^2 \exp(2\alpha R_{\max}) \lambda / \rho \cos \phi] \quad (3)$$

$$S = 10\lg [M \pi R_0^2 \exp(2\alpha R_0) \lambda / \rho \cos \phi] \quad (4)$$

式中, S 为测距机总消光比值。

(3) 式用于根据测距机规定的技术指标来计算系统必须达到的消光比值。最大测程法就是利用这一原理来设立靶板的距离和反射性质的。

(4) 式用于计算在消光比法测试中, 光路中所加衰减片的分贝数。其计算已有很多相关文章, 这里不再叙述。

(2) 式用于计算系统所能达到的消光比值, 一般难于直接测试, 所以, 主要供设计者设计时参考。无靶板消光比法正是使用该式, 利用消光比的原理来直接测量系统总消光比值的。

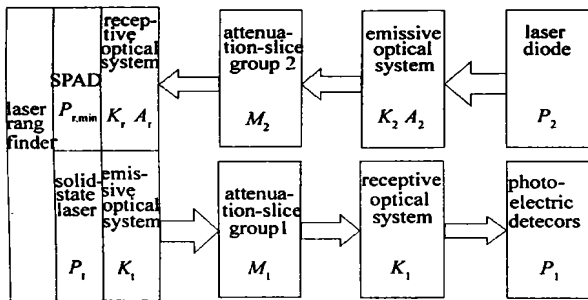


Fig. 1 Schematic diagram of extinction-ratio measurement without target

检测方法如图 1 所示, 被检激光测距机发射激光, 通过衰减片组 1, 经光学系统传输到光电探测器组件进行功率判别; 通过调整衰减片组 1 的衰减倍数 M_1 , 使到达光电探测器的功率 P_1 为一定值, 则有以下式成立:

$$P_t K_t K_r / M_1 = P_1 \quad (5)$$

K_r 为检测仪接收光学系统透过率。

激光二极管发射一固定功率的激光回波, 经光学系统及衰减片组 2, 传输回激光测距机; 通过调整

衰减片组 2 的衰减倍数 M_2 , 恰好使测距机刚能探测到, 则有以下式成立:

$$P_{r,\min} = P_2 K_2 A_r K_r / (A_2 M_2) \quad (6)$$

P_2 为检测仪发射激光功率; K_2 为检测仪发射光学系统透过率; A_2 为检测仪发射窗口面积。

将(5)式, (6)式带入(2)式, 可得:

$$S = 10\lg [P_1 A_2 M_1 M_2 / (P_2 K_1 K_2)] \quad (7)$$

即:

$$S = 10\lg [P_1 A_2 / (P_2 K_1 K_2)] + 10\lg M_1 + 10\lg M_2 = S_0 + S_1 + S_2 \quad (8)$$

式中, S_0 为检测仪固有消光比; S_1 为检测仪接收光学系统前所加衰减片的分贝数; S_2 为检测仪发射光学系统前所加衰减片的分贝数。

从上述原理分析可知, 无靶板消光比法的实质是将测距机的激光发射能力和激光接收能力分开进行测量, 综合进行计算获得结果。因此, 测量方法的实现和测量结果的精度是该方法的关键, 本文中采用消光比的方法使测量更为简单, 更易实现, 只需测出 S_1 和 S_2 即可得到测距机的总消光比值。

2 检测仪关键技术的设计

2.1 光学系统

激光测距机的三轴平行性和激光发散角是影响测程的重要因素, 因此, 在检测时必须考虑两者的影响。如图 2 所示, 检测仪使用了分光棱镜和长焦物

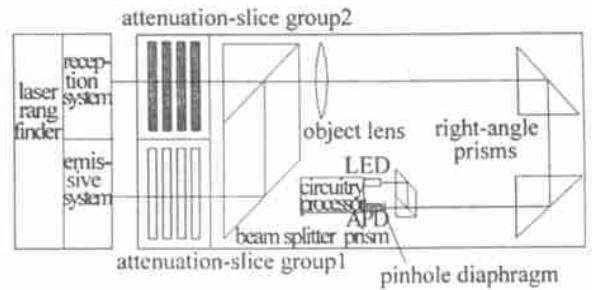


Fig. 2 The optical system schematic of the tester for the range-finding capability

镜 ($f = 0.45\text{m}$) 聚焦小光阑 ($D = 0.2\text{mm}$) 接收两种方法。分光棱镜将测距机的发射、接收、瞄准三轴合一, 然后与一个物镜耦合。由于一个物镜不存在光轴平行性问题, 因而, 系统光轴平行性完全取决于分光棱镜的设计和加工, 这样不仅可达很高精度, 而且可保证在高、低温等恶劣环境下不失调。长焦物镜聚焦有利于提高检测精度, 用于模拟激光传输到远场时的光场分布, 小光阑接收可对测距机的三轴平行性和激光光束发散角进行定性检查。显然, 测距机三轴不平行或发散角大, 进入小光阑的能量就少。

通过棱镜的转折可减少检测仪的体积和重量。

2.2 激光发射能力的检测

检测仪接收系统中,为准确测量电平幅度的高低,采用三级高速差分比较放大电路,分别代表能量过强、适中和过低,为提高测量精度,将适中级控制在一个较小的范围内。通过不同衰减系数的衰减片,使激光传输到硅光电二极管的能量始终为适中,则衰减系数的大小就量化地反映了激光发射能力。

2.3 激光接收能力的检测

为避免 AGC/TPG 电路对测量的影响,电路中采用 CPLD 产生 4 个精确延时的脉冲:600m,2400m,6800m,10250m,前 2 个脉冲可以被选通选掉,用于检查选通和近目标指示的正确性;第 3 个脉冲用于测量激光接收灵敏度;后 1 个脉冲用于检查远目标的正确性。这些脉冲启动激光二极管驱动电路,发出 4 个激光回波。为保证激光回波的稳定性,采用特制的 1.06 μ m 二极管发光管,其输出能量稳定度在 5% 范围内。激光二极管发出的激光沿小孔光阑相同的光路返回,经分光棱镜和衰减片组 2 输出到测距机的接收物镜,这样对激光接收轴的平行

性有一定的考证。通过调整在接收物镜前衰减片组的衰减系数,使激光测距机刚好能显示 6800m 的数值,此时,衰减片的衰减系数大小就量化的反映了激光接收能力的强弱。同时,能否准确显示 6800m 也检查了测距精度。

2.4 标准衰减分贝值的标定

检测仪在调试完毕后,必须确定检测仪固有衰减分贝数 S_0 。与测距机一样,直接测量是相当困难的。采用标准仪器的方法简单、可行。将一具已知测距能力合格的测距机作为标准仪器,测出该仪器在检测仪上的衰减分贝数之和作为标准衰减分贝值。将被检仪器测得的衰减分贝数与之比较,大于标准值的合格,小于标准值的则不合格。显然,对不同类型的激光测距机只需进行一次标定即可。经标定,研制的检测仪对 85 式激光测距机的标准衰减分贝值为 60dB。

3 样机实验

使用研制成功的激光测距机测距能力检测仪对部队 12 具激光测距机进行了检测,结果如表 1 所示。

Table 1 Test results of some of the military laser range finders obtained from the newly tester

record	serial No.	emission laser energy / mJ	beam divergence / mrad	pulse width / ns	S_1 / dB	S_2 / dB	$S_1 + S_2$ / dB	de facto range-finding capability/ m
1	300084	7.2	0.5	9.77	37.52	16.66	54.18	7730
2	500264	8.7	0.62	9.60	41.85	14.13	55.98	7730
3	300102	5.2	0.4	5.12	41.80	20.75	62.55	8100
4	300083	7.7	0.65	6.62	41.85	19.45	61.30	8100
5	500040	6.5	0.6	5.48	46.72	14.70	61.42	8100
6	500224	8.2	0.67	9.96	41.80	12.97	54.77	6600
7	300020	7.7	0.4	6.46	49.90	20.76	70.66	10130
8	300101	6.5	0.59	5.54	41.80	20.03	61.83	8100
9	300019	7.8	0.65	7.10	39.99	25.17	65.16	8100
10	300004	6.2	0.67	7.84	39.40	8.51	47.91	5100
11	300098	8.8	0.5	10.66	41.80	8.51	50.31	6600
12	300010	6.5	0.6	7.24	39.99	8.51	48.50	6600

note: 1. de facto range-finding capability is the furthest distance measured at the same day when the visibility is further than 8500m

2. beam divergence is obtained by $f-\theta$ method

3. pulse width is acquired from a 500M oscillograph and relevant photoelectric detectors

4. those laser ranging finders that can measure out targets more than 8100m are considered eligible

从实验结果可知:

(1) 测距机测距能力可以通过激光发射衰减量和激光接收灵敏度衰减量来反映。二者之和大的,其测距能力就强,大于 60dB 的测距能力全部合格;

这一实验结果与前述理论相一致。

(2) 从激光发射衰减量和激光接收灵敏度衰减量可直接判断出影响测距能力的可能原因。如接收
(下转第 87 页)

刻蚀速率与激光脉冲能量密度关系的回归曲线方程为:

$$v = 34.867 \ln(F) - 62.025 \quad (\text{nm/pulse}) \quad (3)$$

式中, v 为刻蚀速率, F 为激光脉冲能量密度。拟合曲线与实验数据之间的相关系数为 0.988。

由(3)式可以看出,在脉宽不变的情况下,能量在刻蚀中起决定作用。

在实验中还可发现,在激光能量不变的情况下,烧蚀加工槽的宽度越大,槽深度越大。这是由于大的槽口有利于熔化材料所形成的离子云的逃逸,从而使到达靶材的激光能量较多的缘故。

利用准分子激光进行直写刻蚀时,在刻蚀表面四周可以清楚地观察到一些黑色分解产物淀积,这些淀积物可以通过酒精等清洗掉。但在刻蚀表面基本观察不到淀积物,因此,可以认为分解产物的淀积对刻蚀性能影响不大。

4 结束语

(1) 准分子加工材料尺寸极为准确且棱角十分

(上接第 84 页)

灵敏度衰减量低的几部测距机,均为接收灵敏度失调;机号 300084 的测距机激光发射衰减量和激光接收灵敏度衰减量同时偏低,则可能是三轴平行性失调。经对症调试后,均合格。这对指导部队维修十分有意义。

(3) 激光能量、光束发散角、脉冲宽度以及三轴平行性等因素对测距能力的影响,已在激光发射衰减量中得到了综合的反映。可见,该检测仪在反映测距能力内在因素的全面性上优于消光比法。

4 结 论

探讨了一种激光测距机测距能力的新方法——无靶板消光比法。提出将激光发射能力和激光接收灵敏度分开测量,并研制出相应的检测仪。实际

完好。(2) 周围材料无烧坏现象,也无残渣毛刺。(3) 基底材料变形极小,热影响区很窄。(4) 多脉冲准分子激光进行槽的加工,烧蚀速率随脉冲数的增加而减小,加工槽的深度具有上限值。准分子激光直接刻蚀光路简单,可实现任意形状图形的加工,适应性强,但其加工精度受刻蚀光源发散、光斑形状和位移控制精度的影响。

参 考 文 献

- [1] 楼祺洪,章琳. 杭州师范学院学报(自然科学版), 2002, 1(1): 72~76.
- [2] 刘文波. 准分子激光微加工应用研究. 武汉工业大学硕士学位论文, 1997. 3~4.
- [3] IHLEMAN J, RUBAHN K. Applied Surface Science, 2000, 154~155: 587~592.
- [4] SMUKA Y, LAWANDY N M. Opt Commun, 1998, 156: 297~299.
- [5] PAPA KONSTANTINOU P, VAINOS N A, FOTAKIS C. Applied Surface Science, 1999(5): 159~170.

应用表明,该方法具有很强的规律性和实用性。它不受天候影响,不受靶板目标性质影响,不受测距机 AGC / TPG 电路的影响;在可重复性、全面性、移动性、应用环境、可操作性等方面均优于消光比法。同时,该方法对测距机的调试、维修有指导意义。该方法不仅适用于工厂生产时的调试、检测,还特别适用于部队条件下的快速检测和维修保障。研制成功的检测仪体积小、重量轻、稳定可靠、适合各种环境下使用,不论军用民用均具有极大的推广价值。

参 考 文 献

- [1] FANG Q W, RAO J H, YING Zh X. Proc SPIE, 1996, 2889: 292~293.
- [2] 苏美开,陈志斌. 火力与指挥控制, 1999, 24(1): 78~80.
- [3] 刘志勇,李志令. 军械工程学院学报, 1998, 10(4): 15~19.
- [4] 张承铨,刘松明,彭长华. 国外军用激光仪器手册. 北京:兵器工业出版社, 1989. 5~41.