

验收测程的问题与检验测程的方法

方启万

(武汉海军工程学院, 武汉)

摘要: 本文分析了军方验收激光测距机测程指标所存在的问题, 阐释了检验测程的各种方法及其相互比较。

The problems in evaluating range and the methods of testing range

Fan Qiwan

(Naval Academy of Engineering, Wuhan China)

Abstract: This paper has analysed problems which exist when the military acceptances the range index of laser range-finder, has expounded various methods of testing range as well as their comparison.

一、引言

在激光测距机的战术技术指标中, 测程是研制和生产军用测距机所必须保证的最重要的综合性战术硬指标, 是裁定一台激光测距机合格与否的最根本的判据, 是必须满足军方要求的最关键的验收条件。

如何定量、有效地验收测程指标是军方必须认真研究和明确把握的现实的迫切任务。作为第一步, 本文只限于分析验收测程的问题和检验测程的方法。

二、验收测程的问题

1. 靶标距离小于测程

由于激光测距机生产单位处于内地或山区, 这种地理条件的限制, 使厂内最高建筑中所能看上去而不被遮挡的经军方认可的专用模拟靶标或经军方同意的山头、民用建筑等模拟目标的距离, 通常小于指标测程。若在厂内对上述模拟靶标或目标验收测程指标, 则不能保证产品的质量。

2. 能见距离没有上限

验收的能见距离, 军方往往未严格坚持验收技术条件规定的确定量值, 又没有能见度测试仪定量测量, 故验收中, 有时靶标距离测不到, 等天候好些重测, 若仍测不到, 就等雨后转晴的高能见度再测, 直至合格为止。这样, 能见度就没有上限, 等于降低了测程指标要

求。如某产品对丛林的测程，在 $v=15\text{km}$ 时，为 13km ；但 $v=60\text{km}$ 时，则为 31km ；而 $v=10\text{km}$ 时，却只有 9km 。

3. 目标参数任意更改

军用激光测距机的目标有飞机、火箭、火炮、战术和战略导弹、坦克、军舰、潜艇与各种军车等，外形不同，大小不一，构成材料与表面涂料多种多样。但这些非合作目标的特性可用两个特性参数表征，这就是目标等效反射面积 σ 和目标对激光波长的反射率 ρ 。它们对测程的影响很大^[1]，军方应进行深入了解，积累必要的资料。军方认可的模拟靶标或军方同意的模拟目标必须严格符合相关军事目标特性参数 σ 和 ρ 的要求。若稍有放松就可使不合格产品验收通过。如某激光测距机测程指标是：在 $v=18\text{km}$ 时对坦克正面的测程为 5km ，激光束散角 θ 和接收视场角 β 均为 1mrad 。此产品的验收是对 7km 的靶标测距，靶标面积为坦克正面的等效反射面积，即 $\sigma=2.3^2\text{m}^2$ 。指标测程 5km ，验收测程 7km ，验收合格的产品测 5km 的坦克应绰绰有余，至少保证产品质量就不在话下了。其实不然，情况正好相反。这因为坦克对激光的反射率 $\rho=0.08$ ，而靶标反射面涂料为白漆。虽不知是无光白漆($\rho_{\text{无}}=0.60$)还是光亮白漆($\rho_{\text{光}}=0.85$)，但无论是哪一种，反射率升高所减少的功率损耗都大于靶距增大所增加的功率损耗。若令符合验收技术条件即 $v=18\text{km}$ 时产品对坦克正面测程 5km 所具有的相对测距能力为 100% ，已知产品的 $\theta=\beta=1\text{mrad}$ ，根据系统灵敏度公式^[2]，可算出合格产品灵敏度 $S=102.1\text{dB}$ 。在 $v=18\text{km}$ 的同样条件下，测 7km 产品的相对测距能力，

表1 7km验收合格产品的系统灵敏度与相对测距能力

测程 (km)	靶标反射率 ρ	能见度 v (km)	系统灵敏度 S (dB)	相对测距能力
5	0.08	18	102.1	1.00
		18	101.8	0.93
		20	100.9	0.87
		30	98.2	0.41
		40	96.8	0.30
		50	96.0	0.25
		60	95.4	0.21
7	0.60	18	100.3	0.66
		20	99.4	0.54
		30	96.7	0.29
		40	95.3	0.21
		50	94.5	0.17
		60	93.9	0.15
7	0.85	18	100.3	0.66
		20	99.4	0.54
		30	96.7	0.29
		40	95.3	0.21
		50	94.5	0.17
		60	93.9	0.15

与无光白漆靶对应的降为93%，与光亮白漆靶对应的则降为66%。若能见度的上限又无限制，则随着能见度的提高，相对测距能力直至分别降为合格产品的21%（与无光白漆对应）和15%（与光亮白漆对应）的测距机，7km测距验收，均为合格通过的产品，如表1所示。

4. 准测概率不能达标

准测率是产品的另一个重要战术技术指标，它是对目标测得真实距离的概率。其值等于激光对目标有效的照射概率与对被激光照射目标的探测概率的乘积。照射概率与瞄准误差、系统误差和束散角有关，而探测概率由整机信噪比确定。针对产品用于快速或慢速的具体目标，对准测率有不同的战术要求。对准测率的验收应在指标测程的额定距离上进行。但有些验收距离小于指标测程，这无疑降低了对产品测距能力的要求。从国内外消光法验收的实测数据可知：在指标测程的额定距离上仅能测距但准测率无任何要求的产品，其测距能力直至降为额定值的25%，分别在不同的较近距离内考核其准测率均可合格，但在指标测程上的准测率均不能达到额定标准。

5. 高温验收不能定量

符合军标要求的工作温度范围也是产品的一个重要战术技术指标。它关系到在严冬的北疆和酷夏的南沙，装备能否正常投入战斗使用的问题。若不符合军标工作温度要求，则该产品就不可能在部队里列装，即不能军用了。

首先我军激光产品的军标温度应尽早拟定，因目前未见明文规定，似乎有点各行其事，如低温有-30℃，也有-20℃的。而美军的工作低温，坦克用的为-40℃；炮兵用的和机载的两者均为-54℃；西欧多为-40℃，少数为-30℃。测距机的工作高温，美军坦克用的为55℃，炮兵用的为68℃，机载和舰载的为71℃；西欧多为55℃，也有70℃的。我军有关部门应尽快根据各类激光测距机的战术使用条件、天候变迁和地域环境拟定我军激光产品军标温度范围，使产品在严冬和酷夏、北方和南沙均能投入战斗使用。

现行各自确定的高温验收在厂高温室进行。高温室虽是厂内最高建筑，但此室内所能直视的最大靶距往往比指标测程小得多。验收合格，仅说明产品能对较近靶标进行高温测距。但其测距能力是否低于额定值？低了多少？不得而知。故验收合格只证实产品能高温工作而不能确定其高温的最大测距能力的具体量值。故目前高温验收只能定性，不能定量。

6. 低温验收不能定性

低温验收，问题严重。现行低温验收方法是将产品置于低温箱内，不外乎观察产品数码管是否显示“00.0”或“00000”或“99999”或“88888”，或者将产品对着感光纸打激光斑点，用示波器显示激光波形等。但所有这些都只判定该产品能否使计数器开门或能否发射激光。至于此时产品是否具有一点测距能力，接收系统能否进行工作，都不能作出定性裁定。故低温验收合格的产品能否进行低温测距？不能作出定性判断，更谈不上定量验收了。

三、检验测程的方法

同种型号的每台测距机的实际测距能力往往大小不一，因而其实际测程各不相同。但每台测距机在满足准测率指标条件下的实际最大测程必须不小于产品验收技术条件规定测程的额定距离才算合格，此额定距离我们称为此种测距机的指标测程。故军方验收测程指标合格的充分必要条件是检验确保准测率的实际测程必须不小于指标测程，检验测程的方法有五种。

1. 实测法

在指标测程的额定距离上放置待测真实目标, 如一辆坦克、一架飞机、一枚导弹或一艘舰艇, 按照验收技术条件所规定的能见度, 直接进行实际测量来验收测程〔³〕。此法直观可靠, 但成本太高, 生产厂、所无力采用; 或者根本无法实现, 因为生产单位多处内地, 为了看到处于指标测程上的远方目标, 须把目标置于高坡或山顶上, 有些真实目标如舰艇很难运上去; 即使运上去了, 对于天长日久的自然风化, 也难以进行必要的维修; 同时, 指标测程对应的能见度往往很高, 一般天候就不能实测, 不利于批量生产; 而地处山区的一些生产单位就更难采用。故此法受地理与气象条件的限制, 生产单位均未采用。只有处于特殊地理位置的国家靶场有财力和物力对部分真实目标可进行实测检验。但由于收费很高和排队等候, 在经费负担和时间效益上, 生产单位都不可能将产品送检; 同时, 国家靶场业务繁忙, 也无暇开展这项业务来验收产品。国家靶场能接检实测的仅是研制单位送来的待定型的军品样机, 而不是产品。

2. 光阑法

在激光测距机接收物镜前加光阑, 以限制接收面积, 根据接收物镜面积与光阑通光面积之比, 把指标测程折算到较近的距离。光阑直径可依据大气能见距离的远近推算出一系列相应的量值。这样, 一般天候就可看清目标, 与标准测程样机进行对比检验。光阑法简单实用, 天候影响减小, 但精度太低; 同时, 对比的标准测程样机如何定标也颇成问题, 故军方验收不接受光阑法。

还有另一种简化光阑法, 就是认为指标测程的额定距离所对应的能见度较高, 可忽略大气的衰减, 而直接由光阑和物镜两者直径之比来折算距离。如光阑直径 $D_{光} = 1 \text{ mm}$ 时能测 0.5 km , 若物镜直径 $D_r = 60 \text{ mm}$, 产品对大目标就能测距约 $0.5 \times 60 = 30 \text{ km}$, 对小目标则能测距 30 km 至 $0.5 \times \sqrt{60} \approx 4 \text{ km}$ 之间, 其具体数值由目标面积与目标处的光斑截面积之比来确定。

这两种光阑法仅在装配车间粗调时使用。

3. 光纤法

用一根数百米长的光纤、聚焦和准直两路光学系统以及固定与连续可变的二类衰减片将激光测距机的发射、接收光学系统进行耦合。光纤长度必须使其对激光传输的延迟时间不小于激光在产品测距盲区的往返传输时间即 $l_{纤} \geq 2l_{盲}/n$, n 是光纤芯径的折射率。衰减量经“标定”为 D 的两类衰减片必须置于激光发射光路的聚焦物镜之前, 以免聚焦后的强激光打坏光纤入射端面。所谓“标定”是用标准测程样机进行的, 而标准测程样机是对产品验收技术条件规定的指标测程处的指定目标且在规定能见度条件下刚好只达到测距合格的产品。故验收前必须有一台标准测程样机 (若有富余测距能力, 可带适量衰减片使其衰减为标准样机),

“标定”时, 将此样机对接到光纤检验装置上, 接收光路对准光纤输出端的准直光路, 发射光路对准光纤输入端的聚焦光路。同时在发射输出端与聚焦物镜之间加衰减片, 然后测距。若样机一直正确计数, 可再加衰减, 直至恰能只达到满足额定准测率指标要求的测距为止。此时所加的衰减分贝数 D , 加上聚焦与准直两路光学系统以及光纤的衰减量的总和就是标准测程样机的衰减“标定”值〔⁴〕。再将验收产品对接到光纤检验装置上, 在聚焦物镜前加衰减片, 直至刚好符合准测率要求为止。若此时所加的衰减分贝数 $D' \geq D$, 则产品合格, 否

表2 检验测程的五种方法的综合对比

方法名称	测量形式	检验方法	所需检验装置	地理、气候影响	高、低温定量检验	选用情况	综合评价
实测法	直接测量	对高坡、山顶或海上等指目标测程的额定距离处的真实军事目标的直接实测。	真实军事目标，如坦克、飞机、导弹、舰艇等。	极为严重	一般不能	厂方不用	直观、可靠，但受地理条件限制，成本较高，难以推广；影响严重；且难以解决高、低温定量问题。
光阑法	对比测量	用光阑限制物镜接收面积，在较近距离上进行对比测距。	各种孔径的光阑与标准测程样品。	较小	不能	军方不用	简单、方便，但精度太差，属估算粗测；高低温不便检验。军方不接受此法。
光纤法	对比测量	用一根光纤与聚焦和准直两路光学系统耦合测距机的收、发光路，在发射光路加固定和连续可变衰减片，与标准测程样品进行比较测量。	一根光纤与聚焦和准直两路光学系统耦合测距机的收、发光路；两路匹配旋转靶片；标准测程样品。	完全消除	不能	军方双方都不采用	实现了室内检验，完全消除地理和气候影响（但对装置复杂性和要求苛刻、调整困难、不能求样机不能检验。
模拟法	间接测量	对指目标测程的额定距离上军方可认可的模拟靶标或模拟目标进行测距。	模拟目标或模拟靶标。	极为严重	一般不能	军方双方目前采用	简便，受地理限制，天气影响严重，不利生产，不能进行高低温定量检验。
消光法	绝对测量	对500m处、反射率0.85的大目标保持额定测程测距时，从能插入接收（或发射）光路中衰减片的最大分贝数就可得该机的消光比。	定标靶板和一套固定衰减片。	不受地理、气候影响	高低温时定量检验	外军采用国内某厂开始采用	简便、有效，能定量考核产品内部本身具有的测距能力，排除地理、天气与目标等外部影响，可解决高低温定量实验难题，正待国内推广使用。

则不合格。

光纤法能将检验全部移至室内,但属比较测量,所需的标准测程样机难以定标;要将发、收光路与芯径几十微米的光纤进行有效耦合,所加的聚焦与准直两路光学系统必须严格平行,其间距还要与收、发光路的间距严格相等;光纤两端面应很光滑平整;为减少光纤入、出射端面处的光损耗,光纤两端头须置于密封的折射率匹配液中;端面法线须与光轴平行且须保证两端面处于光学系统的最佳象面位置;为了不改变原光束的传输方向,连续衰减片的石英玻璃上按阿基米德螺线镀有不同厚度铁、镍、钴金属吸光物质的两块衰减片必须反向等速旋转。故此法复杂,调整甚难,且不能达到军标高、低温检验测程的要求,军、厂双方都未采用。

4. 模拟法

在指标测程的额定距离上,树立军方认可的模拟靶标或选择军方同意的模拟目标,如烟窗、塔等,进行测距检验。此法目前为军厂双方接受,广泛采用,但对中程和远程测距机则难以实施。如生产对海30km激光测距机的工厂地处山区,厂房最高处的直视距离都只有几公里,无法在30km处树立直视靶标;同时山区云雾缭绕,能见度一般3~5km,不可能看到30km的目标。即使平原地区,由于地球曲率的影响,30km的符合要求的不会被大风刮倒的数百平方米面积的模拟靶标也要建在高坡或山顶,其建筑和常年维修费用就相当可观。同时也难以等待看清30km目标的天候。即使指标测程不大于10km的近程测距机也深受地理条件的限制和天候的严重影响。如某厂为测7km靶标,在一个月中只有2h能看清靶标,进行测距检验。

5. 消光法

将验收产品对500m处的反射率0.85的大目靶进行测距,当刚好只达到满足该产品额定测率指标要求时,从能插入接收(或发射)光路的衰减片的最大分贝数就可知该机的消光比 N ,若 N 不小于该产品的额定消光比,则该机验收就合格。

此法不需标准测程样机,简便有效,属于绝对测量。它能定量考核测距机内部具有的综合测距能力,排除了地理、天候和目标等外因的影响,且高、低温能定量验收,可解决一直长期未解决的高温验收不能定量、低温验收不能定性的难题,国内某厂已开始采用,正式纳入验收技术条件之中;且海军军标也将纳入消光法。

上述五种检验激光测距机测程指标的方法的综合对比情况,如表2所示。

参 考 文 献

- [1] 《兵器激光》,1986年,第2期,第51页。
- [2] 《激光与红外》,1989年,第19卷,第2期,第35页。
- [3] 《兵器激光》,1985年,第1期,第55页。
- [4] 《兵器激光》,1984年,第6期,第43页。

收稿日期:1989年11月11日。