

激光测距机测程指标的拟定

方启万

(武汉海军工程学院, 武汉)

摘要: 本文分析了军方拟定激光测距机测程指标所存在的问题, 论述了根据使命任务恰当地分别拟定用于慢速和快速目标的激光测距机测程指标的方法, 阐明了保障测程指标的约束条件。

The draw up of the range index of laser rangefinder

Fan Qiwan

(Naval Academy of Engineering, Wuhan China)

Abstract: This paper has analysed problems which exist when the military draws up the range index of laser rangefinder, has discussed the method to draw up the range index of the laser rangefinder against the objects of high-speed and low-speed according to mission task, and has expounded the keep condition to ensure the range index.

一、引言

根据军事装备的使命任务恰如其分地拟定战术技术指标是军方必须认真研究和明确把握的重要课题。各军兵种已研制了舰用、坦克、地炮和机载等多种激光测距机。因激光测距比光学测距迅速、精确, 故可用于自动武器系统的控制, 在机载、地炮、坦克的火控系统中, 可快速准确地测算目标位置, 更好地发挥武器效能, 提高首发命中率, 用激光测距的舰炮末端反导系统, 跟踪时能不断确定目标速度、加速度矢量, 可有效拦截威胁日益严重的天顶俯冲与掠海飞行的反舰导弹和超低空来袭飞机。

军方如何根据各类激光测距机的使命任务, 恰当拟定测程指标, 目前还存在一些问题, 本文试图从几个例子出发来研究这些问题。

二、拟定测程指标的问题

1. 测程指标与选型失配

例 1. 舰用某型手持激光测距机, 其测距范围是在七级能见度时对类似 037 小型猎潜艇

侧面的测程为0.2~10km。

显然该机测程指标10km的气象约束条件是七级能见度。那么在七级能见度的下限 $V = 10$ km时（此条件并不合理）也能测到10km。由该机的相关参数和从测距方程所推得的灵敏度公式^(1,2)

$$S = 10 \lg \frac{\pi R^2}{\rho} e^{-2dR} + 10 \lg \frac{\pi \theta^2 R^2}{4\sigma} \quad (1)$$

算出该机应具有的系统灵敏度 $S = 123.3$ dB，这种测距能力比手持测距机高出两个量级。该机不可能达到上述测程指标（海试数据也确证如此），应重新拟定或改用同类激光测距机。

2. 测程指标对应着不确定的测距能力

测程指标对应的测距能力确定，必须有明确的能见度。但许多国内外军用激光测距机约束测程指标的能见度比较笼统，如薄雾、晴天、一般天气、良好气候、中等能见度等。这样使能见距离在较大范围内不确定，那么测程指标对应的测距能力就在相应范围内浮动。例1中的七级能见度比上列笼统能见度的范围小得多，但在它的上限 $V = 20$ km时若能测10km的话，可算得该机应具有灵敏度 $S = 111.6$ dB，比前述的下限 $V = 10$ km的测距能力小一个数量级，即七级能见度所约束的测程指标对应的测距能力可在一个数量级的范围内不确定。

3. 测程指标未见拟定

例2。高性能舰载激光测距机， $P_t > 20$ W，满足虚警率的 $P_{rmi} = 1.8 \times 10^{-5}$ W， $\theta = 2$ mrad，脉宽6ns。

它是已鉴定的国内具有最大测距能力的测距机，从该机参数与实验数据估算该机的灵敏度 $S = 122 \sim 123$ dB。其测距能力超过瑞典UAL11601和法国TMY83，但用于舰炮末端反导系统还不够。从我们查阅的资料，未见拟定舰载激光测距机的战术技术指标，也未在舰艇上列装。

4. 测程指标难以实现

例3。舰炮末端反导系统激光测距机， $V = 15$ km时，对 0.095m^2 截面的掠海导弹（蒙皮反射率 $\rho = 0.27$ ，束散角 $\theta \geq 1.6$ mrad的作用距离不小于6.8km。

由该机参数算得系统灵敏度 $S = 128$ dB。该机的测距能力约为外军高性能激光测距机的两倍，如表1所示。但即使该机灵敏度达到128dB，也还是难以实现6.8km的测程。因掠海

表1 舰炮反导激光测距机对飞鱼导弹的作用距离

国别	型号或名称	装备火控系统	研制年代	灵敏度 (dB)	束散角 (mrad)	能见度 (km)	作用距离 (km)
瑞典	UAL11601	卡莱、兰宝石、海射手	1982	110	1.5	15	2.8
西德	激光测距机	海上卫士				一般天气	3.5
法国	TMY113	纳加	1983	112	1.7	15	3.0
法国	TMY83	图腾	1983	112	1.0	15	3.6
意大利	PO700		1984	124.7	2.2	15	4.6
中国	本机			128	1.6	15	6.8

导弹的反射率设定0.27根据不足,既不是实验数据,又不是出于可靠的资料,国外一般取0.1。因此要达到6.8km的测程,灵敏度尚须提高4dB。这在国外、国内目前均难以实现。

三、如何恰当地拟定测程指标

1. 根据使命任务确定测程

(1) 用于慢速目标的激光测距机 配备坦克炮、地炮和步兵的激光测距机,其目标静止或慢速运动。它们的测程由其配备武器的射程确定。现以坦克激光测距机为例。

坦克是具有强大火力、坚强装甲防护和高度机动性的攻防兼备的履带式战斗车辆,是地面作战的重要突击兵器。为提高战斗力,交战双方都力求尽早发现目标,先敌开火,首发命中。测距准确对首发命中极为重要,同时还要测距迅速,以便及时射击,否则贻误战机就使自己处于被动危险的地位。而激光测距机比光学测距机体积小、重量轻、测距快、精度高,且精度不随距离远近变化。许多国内外坦克安装了激光测距机,提高了首发命中率,如美国的M60A1用光学测距的首发命中率1.6km为85%,2km为68%,而用激光测距的同样条件下的首发命中率分别提高到97%和91%〔5〕。

坦克的使命任务主要是与坦克和其它装甲目标作战,压制和消灭反坦克武器,摧毁野战防御工事和歼灭有生力量。激光测距机主要为坦克炮提供距离信息,而坦克炮用穿甲弹、破甲弹的射程〔4〕如表2所示。由表可知,坦克炮弹的射程不大于3000m。同时根据第二次世

表2 坦克炮用尾翼稳定脱壳穿甲弹、破甲弹的主要参量

弹种	型号(国别)	口径 (mm)	弹丸质量 (kg)	初速 (m/s)	射程 (m)
尾翼稳定脱壳穿甲弹	M735 (美)	105	5.8	1496	1800
	XM829 (美)	120	7.1	1680	
	XL23E1 (英)	120		1500	2000
	OFL (法)	105	5.8	1525	2000
	AMX32-120 (法)	120	6.3	1630	3000
	DM-13 (西德)	120	7.1	1650	2200
	M111 (以色列)	105	6.3	1455	2100
	T62-115 (苏)	115	5.3	1540	2000
	T72-125 (苏)	125	5.68	1600	
破甲弹	M456A1 (美)	105	10.25	1173	2000
	T300E59 (美)	90	5.9	1200	
	“G” (法)	105	10.95	1000	1500
	1953 (苏)	100	9.45	1013	

界大战及中东战争的统计,坦克的平均战斗距离为600~1200m,故激光测程3000m就满足要求。因此国内外列装的坦克激光测距机都有对坦克的测程指标^[5](指对坦克的最大测程)为3000m的产品。但作者认为对坦克的测程指标3000m不能完全满足坦克战斗使命的要求,其理由如下:

a. 不适应天气变化和作战环境的要求。因激光穿透雨、雪、雾、烟、尘的能力差,若在一般天气对坦克可测3km,那么在雨、雪、雾的天候或在尘土飞扬、烟雾弥漫的战场,测量距离就会大大下降,而测不到3km。

b. 低于坦克炮穿甲弹、破甲弹的有效射程。表2的射程都是直射距离,所谓直射距离是弹道为坦克高度(一般规定2m)时的射程,在此距离内对坦克射击,可保证在弹道的所有点上都击中目标。即在直射距离内,炮手不用变换表尺进行射击均可命中目标。这在坦克面对面的紧张战斗中具有现实意义。但实际作战时,弹道高度大于2m仍可进行有效射击。故穿甲弹、破甲弹的实际有效射程大于直射距离。如法国“G”型破甲弹的射程在表2中为1500m,而其有效射程却为3000m,美国M40式106mm和日本60式106mm无座力炮与美国M50式106mm自行无座力炮三者的直射距离均为550m,而有效射程都是1100m,故概略地讲,坦克或反坦克炮弹的有效射程大约为其直射距离的两倍。

c. 不满足坦克炮用爆破(榴)弹的射程要求。当爆破(榴)弹的引信瞬发装定时,榴弹

表3 反坦克导弹的主要性能

国 别	型 号	弹 径 (mm)	重 量 (kg)	有效射程(m)		年 代	
				最 小	最 大	研 制	装 备
法 国	SS-11	160	30	500	3000	1957	
	SS-12	210	76	800	6000	1958	1962
	阿 克 拉	142	26	25	3300	1962	
法国、西德	霍 特	136	23	75	4000	1964	1973
意 大 利	鸱	130	16.5	75	3000		
	重 型	160	30		3500		
日 本	超 马 特	150	30		3000	1964	1976
英 国	斯 文 费 厄	170	27	150	4000	1958	1969
澳大利亚	马 尔 卡 拉	200	90.7	1800	3200	1951	
美 国	橡 树 棍	152	27	200	3000	1959	1967
	陶	153	18.5	65	3000	1962	1970
苏 联	斯 瓦 特	140	25	500	2500		1964
	赛 格	120	11.5	500	3000		1961

在目标表面爆炸，以破片和冲击波杀伤敌人，当引信短延期装定时，榴弹则侵入目标一定深度爆炸，以爆破力摧毁装甲目标，当引信延期装定时，榴弹在跳飞到一定高度上爆炸，提高其杀伤效力。在发射这种全装药爆破（榴）弹时，必须使用坦克炮瞄准镜分划镜标有“榴/全”弹种上面刻有的表尺分划。此表尺的最高分划线旁边标着的射击距离〔5〕是6800m，而不是3000m。

d. 不利于完成压制、消灭反坦克武器的使命。反坦克武器系列的射程〔3〕是：轻武器为300m内，无压力炮为800m内，反坦克炮为3000m内，车载反坦克导弹的最大有效射程为3000~4000m，个别可达6000m，如表3所示。因导弹远距离命中率比火炮高，故国外一些坦克装备了反坦克导弹，如法国的AMX-13坦克装有“SS-11B1”或“霍特”反坦克导弹，美国的M551、MBT70和M60A2坦克配备了“橡树棍”反坦克导弹。另外，为了兼备导弹和火炮两者的优点，美国在M60A1E2坦克上装备了152mm导弹与火炮的两用发射管，既可发炮弹，又可发“橡树棍”反坦克导弹〔5〕，使坦克在远、近距离上都有较高命中率。因此为了完成坦克压制和消灭敌坦克装备或车载的反坦克导弹的使命任务，坦克激光测距机对坦克的测程指标应大于反坦克导弹的最大有效射程。

综上所述，坦克激光测距机对坦克的测程指标，拟定为7 km比较合适。

(2) 用于快速目标的激光测距机 此类测距机的测程，除了取决于其配备的武器系统对快速目标的有效射程外，还依赖于该系统的反应时间、弹丸飞行时间和目标袭击速度。现以确定某舰炮反导系统激光测距机的测程指标为例说明。

已知某舰炮为四联装25mm火炮，炮弹初速1400m/s，发射率是 $4 \times 850 = 3400$ (发/min)，拦截反舰导弹的区段为1600~300m，系统的反应时间为7.5s。其中搜索雷达确定目标、自动识别、根据目标的速度矢量和临近时间以及其它事先拟定的准则，系统自动进行威胁估计、编组与确定拦截目标，并发出目标指示共计4s，火控跟踪雷达接收指示（调弦、俯仰）、捕获、跟踪目标，与此同时计算机解算前置量，并控制火炮瞄准目标，一旦目标进入射界，火炮自动开火射击共计3.5s。该系统反应时间的具体分配如图1所示。图中还示出了该系统的拦截时间。已知系统的拦截区段为1600~300m，若来袭反舰导弹的速度为 $2.5Ma$ ，欲在1600m的远界拦截反舰导弹，则舰炮必须提前1.3s射击，因炮弹从炮口射出达到1600m处的

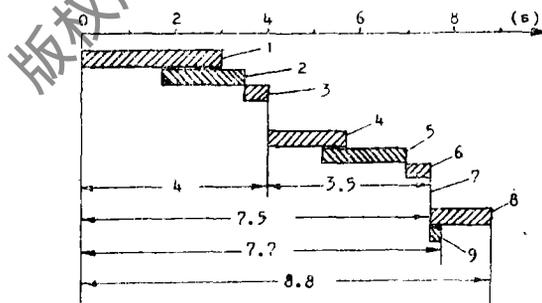


图1 某舰炮反导系统的反应时间和拦截时间

- 1—目标录取识别 2—威胁估计和确定拦截目标 3—目标指示
4—跟踪雷达捕获和跟踪目标 5—火控计算 6—武器装定
7—开火射击 8—远界拦截 9—近界拦截

飞行时间需1.3s。又因该系统从跟踪雷达捕获目标到开炮射击的时间尚须3.5s。那么，该反舰导弹在到达1600m处的前4.8s的时间里，逼近本舰的距离为：

$$0.34 \times 2.5 \times 4.8 \approx 4.1 \text{ (km)}$$

而跟踪雷达一旦捕获到目标，激光测距机就必须开始测距，故测距机的最小作用距离应为：

$$1.6 + 4.1 = 5.7 \text{ (km)}$$

即必须在5.7km处捕获和跟踪反舰导弹，才能在1.6km的远界开始射击拦截。

因此该舰炮反导系统激光测距机的测程指标定为6km，就能完成末端反导的使命任务。

2. 明确约束条件保障测程

(1) 必要性 没有明确约束条件制约的测程所要求测距机的测距能力没有确定的量值。同一测程，不同约束条件要求的测距能力可相差几个量级，同一测距机，不同约束条件下的测程也可有量级之别。因此有些国内外厂家只须模糊一下约束条件，甚至不给出某些约束条件，就可把测程指标定得很高。仅以坦克为例，国内外坦克激光测距机有几十种，测距范围有3km，也有20km。本文仅将其中几种的有关数据列入表4。由表可知，同一测程20

表4 外军坦克激光测距机的主要性能

国别	型号	测距范围 (km)	峰值功率 (MW)	束散角 (mrad)	接收视场 (mrad)	接收孔径 (mm)	最小探测功率 (nW)	装备坦克 型号
英国	LV2	0.2~20	1.5	1	0.7	38	120	邱逊伦
挪威	LV3		1.5	1	0.7	70	120	
英国	LF2	0.4或 0.5~10	1					奇伏坦MK3/3
法国	TCV29		4	0.5		40	100	T54、T55
美国	VAQ-3		6					豹I
法国	TCV15		10					
美国	AN/GVS-1	0.2~9	2	1				MBT-70
	XM-1坦克	0.2~8	6.2					XM-1
荷兰	LAT	0.4~6	10	0.5	0.5			
美国	LA-64-02	0.4~4	4					M60、M551、AMX13

km的两种测距机，除接收孔径外的一切参数相同，显然，孔径70mm的LV3的测距能力是孔径38mm的LV2的3.4倍；四种测程10km的测距能力互不相同，其中TCV15比LF2约大一个量级，测程指标小的反而测距能力大，测程4km的比9km、20km的测距能力大；测程6km的LAT的测距能力比9km、20km的大，甚至比测程10km的LF2大一个量级。由计算可知：LAT的6km是在能见度 $V=10\text{km}$ 时对反射率 $\rho=0.08$ 、等效反射面积 $\sigma=2.3^2\text{m}^2$ 的坦克的最大测程；而LV2的20km是在 $V=60\text{km}$ 时对 $\rho=1$ 的大目标的最大测程，若在 $V=10\text{km}$ 时，

LV2对坦克的最大测程却只有2.9km。故测程的约束条件是目标等效反射面积和反射率与大气能见度。

(2) 目标等效反射面积和反射率 某测距机的灵敏度为110dB,在 $V = 15\text{km}$ 时,对一些目标的测程是:丛林13km,运输机7.6km,战斗机6km,坦克5.1km,飞鱼导弹2.5km。故离开具体目标的测程既不确切又无实际战术意义。

从任何方向看,军事目标都不是一个均匀平面,其等效反射面积,一般指在垂直于观察方向的平面的投影面积,而不是目标的体表面积。目标不同,其差异甚大,其值从0.05至数千平方米。而目标对激光的反射率与其表面材料的反射率有关,但两者不能等同。如例3中设定导弹蒙皮反射率0.27即使是正确的,也不能作为导弹的反射率,因导弹反射面并不是蒙皮组成的均匀平面,而是接近圆锥形的曲面。若激光沿导弹的中心轴线入射,则入射角在轴线为零,随着离轴距离的增加而增大,到导弹外缘时,达到 90° ;故从导弹反射而进入接收视场的回波功率在轴线上最大,随着离轴距离的增大而减小,到导弹外缘时变为零。当然对于这种非均匀反射,不必进行繁杂的曲面积分演算。只须对实物进行直接测量或者用与目标等效反射面积相等的某种材料组成的均匀平面进行对比测量,使此平面按入射角方向反射的功率与目标反射的相同,那么此平面的反射率就等于该目标的反射率(有时称其为有效反射率)。

至于由不同材料构成不同曲面组成的军事目标属各部位反射不同的综合反射体,如坦克的保护玻璃是镜面反射,其余大部分可视为朗伯漫反射体。但仍可按上述方法求其等效反射面积的反射率。几种军事目标的等效反射面积和反射率列于表5。

表5 几种军事目标的特性参数

目 标	运输机	战斗机	坦 克	MM38飞鱼导弹	冥河导弹
等效反射面积(m^2)	10	2	2.3^2	0.095	0.5
反 射 率	0.55	0.55	0.08	0.1	0.1

(3) 大气能见度 大气能见度严重影响测程,如上例测距机在 $V = 15\text{km}$ 时,对丛林的测程13km,但 $V = 60\text{km}$ 时,测程则为31km,而 $V = 10\text{km}$ 时,测程仅9km;又如例1中的同一测程在七级能见度的上、下限要求的测距能力就相差一个量级。因此测程指标的能见度必须有确定的量值;其次,能见度应尽可能低,以便在一般或较恶劣天候下也能打仗,完成规定的使命任务;再者对用于慢速目标的测距机,能见度又必须高到与测程指标相适应,使最大测程时能用其观察系统发现或辨别规定的目标,其详细情况将另文叙述。

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] 张浩波, 《反坦克弹药作用原理》, 国防工业出版社, 1980年, 第42~78页。
- [4] 赵文宣, 《弹丸设计原理》, 北京工业学院出版社, 1988年, 第9~185页。
- [5] 张洪图等, 《坦克构造学》, 北京工业学院出版社, 1986年, 第1~207页。

收稿日期: 1989年9月25日。