

doi: 10.7690/bgzdh.2023.10.001

基于外弹道方程推导的坦克高射机枪校正距离探析

徐亚军, 侯胜高, 李德良

(陆军装甲兵学院蚌埠校区装备作战运用系, 安徽 蚌埠 233050)

摘要: 针对坦克高射机枪在 500 m 距离校正后, 对一些空中目标射击时射程较近而不能发挥最大威力这一问题, 利用真空中外弹道方程式, 推导出高射机枪对空中目标射击时射击斜距离与枪目高低角之间的变化关系, 得到高射机枪在 500 m 距离上校正后在不同枪目高低角下射击时的斜距离, 并以此分析高射机枪在 500 m 距离上校正后对空射击时的不足, 提出一般情况下采取 700 m 距离校正及当主要射击敌直升机时采取 800 m 距离校正的观点。实弹射击结果表明: 该校正距离能明显提高坦克高射机枪对空射击命中概率, 充分发挥其对空射击效能。

关键词: 真空弹道方程; 坦克高射机枪; 校正距离

中图分类号: TJ26 **文献标志码:** A

Analysis of Correction Distance of Tank Anti-aircraft Machine Gun Based on Exterior Ballistic Equation

Xu Yajun, Hou Shenggao, Li Deliang

(Department of Equipment Combat Operation, Bengbu Campus, Army Academy of Armored Forces, Bengbu 233050, China)

Abstract: In order to solve the problem that the tank anti-aircraft machine gun can not exert its maximum power because of its short range when shooting at some air targets after 500 m range correction, uses the vacuum external ballistic equation. This paper deduces the relationship between the firing oblique distance and the elevation angle of the anti-aircraft machine gun when firing at the air target, and obtains the oblique distance of the anti-aircraft machine gun when firing at the air target at different elevation angles after correction at the distance of 500m, and analyzes the deficiency of the air-firing of the anti-air machine gun after correction at the distance of 500m. The viewpoint of adopting 700m range correction in general and 800m range correction when mainly shooting enemy helicopters is put forward. The live firing results show that the correction distance can significantly improve the air firing hit probability of tank anti-aircraft machine gun and give full play to its air firing effectiveness.

Keywords: vacuum ballistic equation; tank anti-aircraft machine gun; calibration distance

0 引言

坦克高射机枪校正的目的是通过校正, 使得高射机枪能够在校正距离上射弹的弹着点散布中心与瞄准点一致, 以确保射击精度。校正为射击准备的最关键内容, 是使用坦克高射机枪精确射击的前提条件。而坦克高射机枪的瞄准装置与其他枪械还有不同之处, 在瞄准具的基础上, 坦克高射机枪还装备有瞄准镜, 瞄准具即准星、缺口装置, 主要用于对地面目标进行射击; 瞄准镜安装在高射机枪枪架上, 位于机枪右侧, 主要用于对空中目标进行瞄准射击。

当前, 坦克高射机枪校正的步骤一般是: 在 500 m 距离上首先校正瞄准具, 而后再校正瞄准镜。在 500 m 距离上将高射机枪校正完毕后, 实际上已经赋予了高射机枪瞄准镜一个 3' 的瞄准角^[1], 即镜

轴线和枪轴线之间的高低夹角为 3'。因为高射机枪瞄准镜没有装表机构, 在使用瞄准镜对空中目标瞄准射击时, 瞄准角始终就是校正后赋予的 3', 通过操作高射机枪的枪架来赋予枪目高低角对空中目标进行射击。在实际射击过程中发现, 通过 500 m 距离校正的高射机枪在对枪目高低角小于 60° 的空中目标射击时(高射机枪对直升机目标射击时, 枪目高低角一般不超过 60°^[2]), 射程较近, 最远不超过 1 000 m, 而现行装备的坦克高射机枪对空射击时最大有效射程为 1 600 m^[3], 射程越远越能发挥坦克高射机枪的威慑作用, 500 m 距离校正后的高射机枪对空射击时, 最大 1 000 m 的射程相对于 1 600 m 的有效射程而言, 显然不能发挥高射机枪的最大威慑作用。笔者分析在不同枪目高低角下射击时的斜距离, 并以此分析高射机枪在 500 m 距离上校正后对空射击时的不足, 并提出解决措施。

收稿日期: 2023-07-07; 修回日期: 2023-08-05

作者简介: 徐亚军(1986—), 男, 江苏人, 硕士。

1 真空中的弹道方程式

如图 1 所示, 建立一直角坐标系, 以起点 O 为坐标原点, 以炮口水平面和射面的交线为 X 轴, 过 O 点作垂直于炮口水平面的直线为 Y 轴。若以掷角 θ_0 、初速 v_0 将弹丸发射出去, 如果没有重力的作用, 弹丸将沿掷线 OA 作等速运动, 经过 t 秒后, 飞行到 A 点, 由此得到 $OA=v_0t$; 但实际上, 弹丸受重力作用, 经过 t 秒后, 它不是飞行到 A 点, 而是飞行到 A_1 点, 其下降量为 $AA_1=gt^2/2$ 。

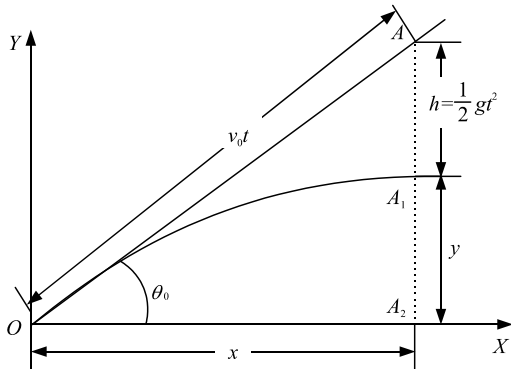


图 1 真空中的弹道

由平面三角学可以得到:

$$OA_2 = OA \cos \theta_0 = v_0 t \cos \theta_0 ;$$

$$AA_2 = OA \sin \theta_0 = v_0 t \sin \theta_0 .$$

利用 OA 、 OA_2 、 AA_1 、 AA_2 可以求得真空中弹道上任一点 $A_1(x, y)$ 的坐标表达式为:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_0 t \cos \theta_0 \\ y &= v_0 t \sin \theta_0 - gt^2/2 \end{aligned} \right\} .$$

将方程组中的 t 消去, 就可直接得到 x, y 直接联系的真空中弹道方程式:

$$y = x \tan \theta_0 - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} . \quad (1)$$

2 瞄准角固定时射击斜距离与枪目高低角的关系

高射机枪在 500 m 距离校正后, 对枪目高低角小于 60° 的空中目标射击时, 出现射程较短而不能命中目标情况, 这实际上要分析当瞄准角固定时 (500 m 距离校正后为 $3'$), 射击斜距离与枪目高低角之间的关系, 如图 2 所示。

图 2 中: A_1 为目标所在位置; OA_1 为瞄准线, OA_1 的长度为斜距离 $x_{斜}$; OA 为射线; OB 为掷线; ε 为枪目高低角; α 为瞄准角; γ 为定起角; θ_0 为掷角, $\theta_0 = \varepsilon + \alpha + \gamma$ 。

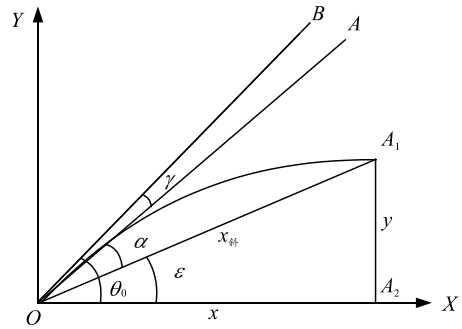


图 2 射击斜距离与枪目高低角关系

由上图可以得到, 目标所在位置 A_1 点的横坐标 $x = x_{斜} \cos \varepsilon$, 纵坐标 $y = x_{斜} \sin \varepsilon$ 。

将 x, y 值代入式(1)中得到:

$$x_{斜} \sin \varepsilon = x_{斜} \cos \varepsilon \tan \theta_0 - \frac{g(x_{斜} \cos \varepsilon)^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} .$$

利用三角函数和差公式将上式进行化简后, 可求得真空中斜距离:

$$x_{斜} = \frac{2v_0^2 \cos \theta_0 \sin(\theta_0 - \varepsilon)}{g \cos^2 \varepsilon} . \quad (2)$$

将 $\theta_0 = \varepsilon + \alpha + \gamma$ 代入式(2), 得到:

$$x_{斜} = \frac{2v_0^2 \cos(\varepsilon + \alpha + \gamma) \sin(\alpha + \gamma)}{g \cos^2 \varepsilon} . \quad (3)$$

对于高射机枪而言, 定起角是系统误差, 在实弹校正时已进行过修正, 所以式(3)可改写为:

$$x_{斜} = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos(\varepsilon + \alpha)}{g \cos^2 \varepsilon} . \quad (4)$$

上式是真空中斜距离的表达式, 忽略了空气阻力对枪弹的影响, 枪弹的运动就是一个标准的平抛/斜抛, 弹头在水平方向不会因空气阻力而减速, 运动轨迹比较“规整”^[4]。在实际飞行过程中, 弹头飞行时的空气阻力非常大, 减速十分明显, 远远不可忽略。在空气中射弹受到空气阻力的影响, 飞行距离肯定比真空中要近, 所以还需求得空气中斜距离的表达式。

射弹在真空中飞行的斜距离和在空气中飞行的斜距离有一定的比例关系:

$$K = x_{斜}(\text{真})/x_{斜}(\text{空}) . \quad (5)$$

式中: $x_{斜}(\text{真})$ 为射弹在真空中飞行的斜距离; $x_{斜}(\text{空})$ 为射弹在空气中飞行的斜距离; 系数 K 可通过射弹在真空中和在空气中飞行的水平射程求得^[2]:

$$K = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{gx(\text{空})} . \quad (6)$$

式中 $x(\text{空})$ 为射弹在空气中飞行的水平射程, 当瞄准

角已知时,其数值可在坦克高射机枪射表^[5]中查得。

将式(4)、式(5)代入式(6)可得:

$$x_{斜}(空) = x(空) \cos(\varepsilon + \alpha) / (\cos \alpha \cos^2 \varepsilon)。 \quad (7)$$

从上式可知,当瞄准角一定时, $x(空)$ 可通过查坦克高射机枪射表得知,是一定值,当枪目高低角 ε 增大时, $\cos(\varepsilon + \alpha)$ 和 $\cos^2 \varepsilon$ 都减小,但分母 $\cos^2 \varepsilon$ 是以平方减小,比分子减小的多,所以射击斜距离 $x_{斜}(空)$ 增大,即瞄准角一定时,射击斜距离随着枪目高低角的增大而增大。这主要是因为:对空射击时,由于枪目高低角较大,发射后的弹丸所遇到的空气阻力和地心引力,主要是降低弹丸的飞行速度,

对弹道变化影响较小,而且弹道随着枪目高低角的增大而变得低伸;因此,弹丸靠近瞄准线飞行的斜距离,则随着枪目高低角的增大而增大,直至有效射距离的极限。

3 对高射机枪校正距离的探析

在得到射击斜距离与枪目高低角的关系后可知,当枪目高低角增大时,斜距离也随之增大,下面分析高射机枪的校正距离。当高射机枪在 500 m 水平距离上校正后,其瞄准角 α 为固定的 3', $x(空)$ 为 500 m,利用式(7)就可以求得,在不同枪目高低角下射击的斜距离如表 1 所示。

表 1 500 m 校正时不同枪目高低角对应的斜距离

枪目高低角/(°)	30	40	45	50	60	65	70	75	80
斜距离/m	577	652	707	777	998	1 181	1 462	1 926	2 867

当枪目高低角在 45°~75°时,是高射机枪对空射击比较理想的仰角^[6]。从上表可以看出,枪目高低角在 45°~75°所对应的斜距离为 707~1 926 m,平均斜距离为 1 175 m,相对于高射机枪的有效射程 1 600 m,1 175 m 明显偏小。如果是对武装直升机这样的空中目标射击,枪目高低角一般在 60°以内,其斜距离都不超过 1 000 m,不到 1 000 m 的射程显然不能发挥高射机枪的最大效能。

基于以上分析可以认为,500 m 校正的高射机枪在对空中目标射击时,射击斜距离明显偏小,不能充分发挥高射机枪的最大威力。笔者选取 600、700、800、900 m 4 个不同的校正距离,利用式(7)分别求取其不同枪目高低角下的射击斜距离如表 2 所示。

表 2 不同校正距离下枪目高低角对应的斜距离 m

高低角/ (°)	校正距离	校正距离	校正距离	校正距离
	600 m, 瞄准角 7'	700 m, 瞄准角 10'	800 m, 瞄准角 14'	900 m, 瞄准角 18'
30	692	807	922	1 036
40	782	912	1 041	1 170
45	847	987	1 127	1 266
50	931	1 085	1 239	1 391
60	1 209	1 393	1 589	1 784
65	1 414	1 646	1 876	2 106
70	1 774	2 031	2 313	2 594
75	2 301	2 676	3 044	3 410
80	3 537	3 967	4 502	5 032

从上表可以看出,当枪目高低角在 45°~75°,校正距离为 600 m 时,对应的斜距离为 847~2 301 m,平均值为 1 412 m,稍偏小;当校正距离为 700 m 时,对应的斜距离为 987~2 676 m,平均值为 1 636 m,对枪目高低角在 65°以内的空中目标,都能充分发挥高射机枪的射击效能;当校正距离为

800 m 时,对应的斜距离为 1 127~3 044 m,平均值为 1 864 m,对枪目高低角在 60°以内的空中目标,能够充分发挥高射机枪的射击效能,适合对敌武装直升机进行射击;校正距离为 900 m 时,对应的斜距离为 1 266~3 410 m,平均值为 2 091 m,超出有效射程较多,当枪目高低角大于 60°时,因斜距离较大,不能充分发挥高射机枪的射击效能。

4 结论

综合上述分析可知:随着高射机枪校正距离的增加,在相同的枪目高低角下,其对空中目标射击的斜距离也增加,射击斜距离是越远越好(在有效射程范围之内),这样可打击更远距离的目标,争取更长的射击时间和更多的射击机会。笔者认为:在 700 m 的距离上校正高射机枪,赋予固定的瞄准角 10'最为合适,这样能给高射机枪最远的射击斜距离和范围更广的射击仰角。2020 年,某部参加“坦克两项”比武竞赛^[7],运用笔者提出的校正距离进行高射机枪实弹校正后,有效解决了以往在 500 m 水平距离校正后,使用高射机枪瞄准镜对 900~1 000 m 距离上的空中目标射击总是出现近弹的问题,命中率由不到 30%提升至 60%以上。

参考文献:

- [1] 耿英军,郑永辉.提高坦克高射机枪对地面目标射击精度的措施[J].装甲兵学术,2018(4):69.
- [2] 中国人民解放军总参谋部装甲兵部.坦克射击学[M].北京:解放军出版社,1985:502.