

反坦克弹药对装甲毁伤能力的比较分析

吴晓颖, 吴东亚, 张万君

装甲兵工程学院兵器工程系, 北京 100072

摘要 随着坦克装甲厚度的不断增加和各种主、被动反应装甲的广泛应用, 现代坦克的防护能力得到极大提高。与此同时, 反坦克弹药也在不断发展变化, 种类不断增加, 性能不断提高。为了对坦克目标实现最大的打击, 利用理论计算、简单建模和实验数据搜集等方法, 对主要反坦克弹药——穿甲弹、破甲弹和榴弹对坦克的毁伤进行了对比分析。通过首发命中率、射击密集度等主要指标和坦克目标装甲毁伤程度的对比, 得出在坦克上应增加穿甲弹和榴弹, 减少破甲弹的结论, 为坦克弹药的优化奠定了基础, 同时为装甲装备的数字化创造了条件。

关键词 穿甲弹; 破甲弹; 榴弹; 毁伤

中图分类号 TJ413.2

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)13-0060-04

Comparative Analysis of the Destroy Effectiveness to Tank Armor Caused by Anti-tank Ammunition

WU Xiaoying, WU Dongya, ZHANG Wanjun

Department of Arms Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China

Abstract As the tank armor's thickness is gradually increasing and various active and passive reactive armors are widely used, modern tanks' protection ability has greatly improved. Meanwhile, anti-tank ammunitions are developing and changing as well, species increasing and performance improving. In order to make the strongest strike to the tanks, the essay conducts a comparative analysis among the damages caused by main anti-tank ammunitions, which are armor piercing projectile, shaped charge projectile and grenade, via methods such as theoretical calculation, modeling and experimental data collections. Comparing the key indicators, probability of a first round hit and firing intensity, and contrasting the changes of tank armor, the study concluded that more armor piercing projectiles and grenades, and less shaped charge projectiles should be placed in tanks. This not only lays the foundation for the optimization of the ammunition, but also creates conditions for the armored equipment digitized.

Keywords armour piercing shell; HEAT; shrapnel; damage

0 引言

虽然现代战场态势千变万化, 但对于坦克, 最主要的还是装甲之间的对抗。坦克的主要目标仍然是坦克装甲车辆, 它占总目标的 70%。由于甲弹具有良好的远距离打击目标的能力, 命中精度高, 穿、破甲能力强等优点, 传统上一般利用穿甲弹和破甲弹作为攻击坦克的主弹种。坦克携带的弹药一般按照 4:3:3 的比例配置穿甲弹、破甲弹、榴弹。随着坦克装甲厚度的不断增加、复合装甲和主被动反应装甲的广泛应用, 破甲弹反装甲的威力逐渐减弱; 同时由于激光打击能力的增加和信息化程度的加强, 坦克外设设备不断增多, 这给榴弹打击坦克提供了可能。因此, 坦克车辆上弹药的配备种类和数量继续延续传统的比例已难以适应现代战场的需要。如何合理地选取弹药的种类和数量成为不能回避的问题。

本文从穿甲弹、破甲弹和榴弹对均质装甲的毁伤程度分析出发, 通过理论计算、简单建模和实验数据搜集等方法, 对主要反坦克弹药——穿甲弹、破甲弹和榴弹对坦克的毁伤进行了对比分析, 为坦克弹药配比的改进和弹种优化提供一定的依据, 提出在坦克装备上应增加穿甲弹和榴弹, 减少破甲弹的观点。

1 反坦克弹药威力对比分析

1.1 尾翼稳定脱壳穿甲弹威力分析

中国坦克现装备的穿甲弹多数为尾翼稳定脱壳穿甲弹, 其主要利用高速运动弹丸的动能来侵彻坦克装甲。它的穿甲威力可用极限穿透速度表示。极限穿透速度 V_s 为^[1]

$$V_s = K \frac{b^{0.5} d}{m^{0.5} \cos^{0.5} \alpha} \sigma_s^{0.2} \quad (1)$$

收稿日期: 2009-03-23

作者简介: 吴晓颖, 副教授, 研究方向为弹药引信总体设计及试验, 电子信箱: wxyjilin@sohu.com

式中, V_s 为极限穿透速度 (m/s); K 为穿甲系数; d 为侵彻体 (弹丸) 直径 (dm); b 为等效均质钢甲的厚度 (dm); m 为弹丸的质量 (kg); α 为射击时弹轴与钢甲法线之间的夹角 ($^{\circ}$); σ_s 为装甲材料屈服强度。

本文以某型穿甲弹的平均参数为例, 取理想状态下垂直射击, 弹轴与钢甲法线之间的夹角 $\alpha=0^{\circ}$ 。计算穿甲弹的穿甲厚度为 $b=777.6$ mm。

将计算结果和有关资料列举的主战坦克抗穿甲能力^[2]进行对比, 如表 1 所示。

表 1 现代主战坦克正面装甲抗穿能力和抗破甲能力
 Table 1 Anti-penetration and penetration ability of the modern main battle tanks' positive armor

坦克型号	抗穿甲能力/mm	抗破甲能力/mm
“豹”2	400	700
“挑战者”	500	800
M1A1	400	1 000
M1A1(贫铀型)	600	1 300
T-72M	450	900
T-80	500	1 060

由表 1 可知, 中国现有的穿甲弹在着角为零时能穿透现有所有主战坦克的正面均质装甲。但现在许多坦克已采用复合装甲, 爆炸反应装甲等, 这些装甲通过破坏侵彻体的着靶姿态, 或者消耗穿甲弹的能量, 对穿甲弹产生干扰作用, 使侵彻体的速度和质量逐渐衰减, 降低侵彻后续装甲的能力。从而导致穿甲弹对装甲的侵彻能力下降。

当穿甲弹受到反应装甲的干扰作用时, 着角从 0° 增大到 30° , 此时动能弹对均质装甲的侵彻深度 $b=723.6$ mm。

同理, 当着角为 $\alpha=60^{\circ}$ 时, $b=549.8$ mm。

由计算可知, 当弹丸的着角不大于 60° 时, 现有的穿甲弹能穿透现有坦克装甲。也就是说, 爆炸反应装甲对穿甲弹的防护能力一般。穿甲弹可有效对抗爆炸反应装甲。

对于复合装甲, 如俄罗斯 T-80U, 其采用钢板和含玻璃纤维的夹布胶板交替叠加的结构, 共 5 层, 水平厚度达 680 mm, 经仿真计算和试验验证, 该复合装甲对穿甲弹的防护为 600 mm。现有的穿甲弹在不增加炮口初速的条件下, 不论是对反应装甲还是复合装甲都能穿透, 因此穿甲弹的威力对现有装甲的毁伤是有效的。因此建议增加穿甲弹的配置数量。

1.2 破甲弹威力分析

破甲弹是坦克的另一主用弹种。主要利用金属射流击穿装甲, 它的穿破深效应不受距离和发射速度的影响。破甲弹的静破甲深度 L 为^[1]

$$L=\frac{0.5d_k}{\tan\alpha}+\frac{\gamma d_k D^2}{69\times10^6}\tag{2}$$

式中, L 为静破甲深度 (mm); d_k 为药型罩口部内径 (mm); α 为药型罩内锥角之半 ($^{\circ}$); γ 是与药型罩锥角有关的系数; D 为

装药的爆速 (m/s)。

对于某坦克破甲弹计算得 $L=1418$ mm。由此可知该破甲弹对于现有均质装甲具有很好的毁伤作用。但根据计算和实弹射击可知, 复合装甲和反应装甲的抗破甲能力分别为均质装甲的 3 倍和 5 倍, 也就是破甲弹的破甲威力降为原来的 $1/3$ 和 $1/5$, 按照 1 418 mm 对均质装甲的破甲深度, 对复合装甲和反应装甲只有 473 mm 和 283 mm, 远不能满足毁伤现有坦克装甲的目的, 因此随着坦克反应装甲和复合装甲的应用, 传统的破甲弹攻击现代坦克能力不断降低, 破甲弹的威力急剧下降, 已不能有效打击坦克。在没能对破甲原理进行改进、破甲威力没有大幅提高的情况下, 建议减少破甲弹的配置。

1.3 榴弹威力分析

榴弹对坦克的毁伤主要靠爆炸产生的破片和冲击波。试验证明, 现装备的榴弹只要命中坦克, 坦克将完全失去战斗力, 即使不命中, 在距离坦克一定距离处爆炸, 破片和冲击波仍可对坦克外露设备和薄弱环节造成破坏, 使坦克丧失一定的作战能力, 减弱战斗力。

弹丸爆炸产生的冲击波为^[1]

$$\Delta p=1.02\frac{\sqrt[3]{\omega}}{r}+3.99\left(\frac{\sqrt[3]{\omega}}{r}\right)^2+12.6\left(\frac{\sqrt[3]{\omega}}{r}\right)^3\tag{3}$$

其中, Δp 为该点的超压值 (MPa), ω 为弹丸的装药量 (kg), r 为爆炸点据测量点的距离 (m), H 为爆炸中心距离地面的高度 (m)。式 (3) 的适用条件为: $1\leq\sqrt[3]{\omega}/r\leq15$, $H/\sqrt[3]{\omega}\geq0.35$ 。

图 1 和图 2 是装药质量为 3.5 kg 时, 坦克内部和外部的超压变化。由图 1 和图 2 可知, 如果榴弹在坦克内部爆炸, 5~7 m 范围的超压仍可达 0.03 MPa 以上, 对人员造成中等毁伤, 3 m 内超压达 0.1 MPa, 可导致人员死亡。由此可见, 即使在装甲内部或有防护能力, 弹片虽不能直接命中, 但在有效距离内, 冲击波产生的高压同样可使人员损伤, 甚至致命; 如果破片击穿油箱, 高温破片可引起油箱燃烧甚至爆炸。同时, 冲击波还起着“二次弹丸”的作用, 造成甲板震动, 使固

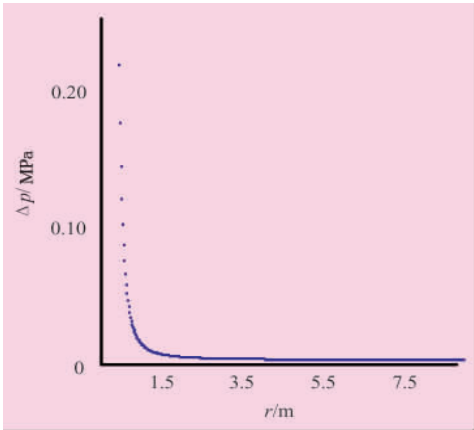


图 1 坦克内部不同位置超压分布
 Fig. 1 Distribution of overpressure in different locations inside the tank

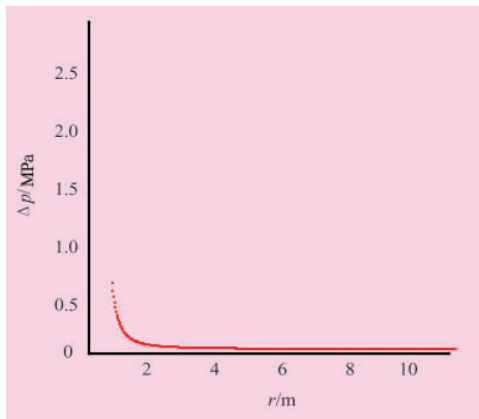


图2 坦克外部超压分布

Fig. 2 Distribution of overpressure outside the tank

接在甲板的内部设备遭到破坏,导致某些部件崩落,还可能由于震动导致滑行机构、仪表控制盘、观瞄系统、无线电设备、炮塔底座等重要部分失灵。因此,榴弹不一定要将坦克完全击毁,而只需毁伤其较重要的部位。榴弹的爆炸对坦克外装甲部件的损伤比甲弹有效的多。现有榴弹只要命中坦克即摧毁,使坦克丧失作战能力,而这一点是甲弹无法比拟的。

随着反坦克武器口径的增大、榴弹结构的进一步优化、炸药量的增多和性能的改善,榴弹的毁伤能力将进一步加强。若采用近炸引信使炮弹在目标附近爆炸,则破片分布更广,杀伤面积更大,进而增强对目标尤其是对分散的人员的毁伤效果,提高对坦克的打击能力。

由此可见,榴弹无论是直接命中坦克还是在坦克附近爆炸,都会对坦克及内部人员造成毁伤,且不需要像破甲弹、穿甲弹一样,需要直接命中目标并具有一定的着角才能发挥作用。因此榴弹可部分替代甲弹。故建议在坦克炮弹药的优化配置时,适当增加榴弹的比例。

上述分析均是基于各弹种的毁伤效果而言,但弹丸的毁伤作用除毁伤效果外,还需考虑命中精度,尤其是对穿甲弹和破甲弹而言。下面就其命中精度进行分析对比。

2 反坦克弹药命中概率对比分析

2.1 甲弹命中概率

目前各国装备的坦克数量和种类较多,本文仅以美国某普通均质钢装甲坦克目标为例,比较分析穿甲弹和破甲弹的射击命中概率。

首先选取体形系数法^[2],其次设定射击条件。采用射击条件为静态射击,射击目标为正面静止坦克,目标坦克体形参数为:坦克高 $H=2.4$ m,宽 $L=3.7$ m,则相应的体型系数 $M_c=H/L=0.65$ 。根据不同的射击距离,查出射弹高低散布概率误差 G_g 和方向散布误差 G_f 。计算弹着点在高低上的命中概率 P_g 和方向上的命中概率 P_f 。为方便计算,选取误差梯度法。若矩形上边缘纵坐标为 y_2 ,下边缘为 y_1 ,右边缘横坐标为 x_2 ,左边缘为 x_1 ,由 $\Phi(\beta)$ 函数计算得^[3]

$$P_g = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{y_2}{G_g} \right) - \Phi \left(\frac{y_1}{G_g} \right) \right] \quad (4)$$

$$P_f = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{x_2}{G_f} \right) - \Phi \left(\frac{x_1}{G_f} \right) \right] \quad (5)$$

则命中概率 P 为

$$P = P_f M_c = P_g P_f M_c = \frac{1}{4} \left[\Phi \left(\frac{y_2}{G_g} \right) - \Phi \left(\frac{y_1}{G_g} \right) \right] \left[\Phi \left(\frac{x_2}{G_f} \right) - \Phi \left(\frac{x_1}{G_f} \right) \right] M_c \quad (6)$$

用此方法计算出的穿甲弹和破甲弹在不同距离上对静止坦克目标的命中概率如图3和图4所示。

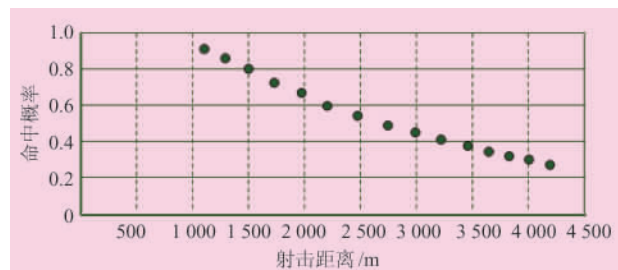


图3 穿甲弹命中概率

Fig. 3 Hit probability of penetrator

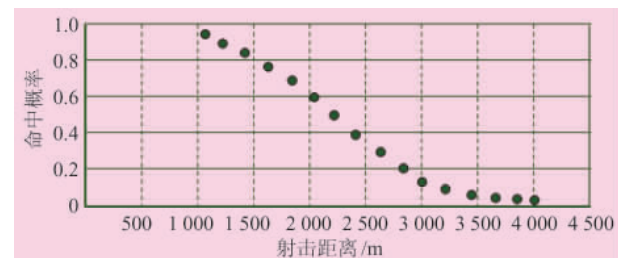


图4 破甲弹命中概率

Fig. 4 Hit probability of armour-piercing projectile

由图3和图4可知,穿甲弹在有效射程2000~3000 m之间的命中概率均可达到50%~70%,而破甲弹超过2000 m,其命中概率就小于50%且命中概率下降较快。现代坦克战基本上都是远距离作战,力求击中有效作用距离的最远处,故在射击命中精度上,穿甲弹比破甲弹有更大的优势,能打击较远距离的目标。

2.2 榴弹命中概率

据试验统计^[6],榴弹在1700 m距离处的首发命中概率可以达到50%,在2000 m的命中概率低于穿甲弹,但在2300 m以外,和穿甲弹命中概率相当,尤其是榴弹可以依靠配备近炸引信,提高对于远距离目标的毁伤概率,同时可有效攻击坦克顶装甲等薄弱环节,对坦克实现有效打击。

3 结论

通过对穿甲弹、破甲弹和榴弹的性能对比发现,不论是命中精度还是对装甲的毁伤能力,穿甲弹都优于破甲弹。但

由于破甲弹的毁伤作用不受距离的限制,故当距离超过穿甲弹有效作用时,可选择用破甲弹攻击敌人坦克等重装甲目标。但较远距离时,破甲弹的命中概率太低,尤其是对运动目标,基本上很难命中。随着射击精度的提高和威力的增加,以及坦克外围设备的增加,榴弹开始扮演越来越重要的角色。

总体来说,坦克内弹药基数的配备应以穿甲弹为主,适当减少破甲弹量配置,同时应增加榴弹的配置比例。

参考文献 (References)

- [1] 隋树元. 终点效应学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.

Sui Shuyuan. Terminal effects [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2000.

- [2] 程云门. 评定射击效率原理[M]. 北京: 解放军出版社, 1986.

Cheng Yunmen. The principal of assessing the efficiency of fire [M].

Beijing: People's Liberation Army Press, 1986.

- [3] 郑振中. 装甲装备战斗毁伤学概论[M]. 兵器工业出版社, 2004.

Zheng Zhenzhong. Armored fighting equipment damage introduction to science [M]. Beijing: Ordnance Industry Press, 2004.

- [4] 朱英贵, 邵东春. 依据剩余穿深选择坦克射弹弹种 [J]. 火力与指挥控制, 2004, 29(增刊): 36-38, 43.

Zhu Yinggui, Shao Dongchun. Fire Control and Command Control, 2004, 29(Suppl): 36-38, 43.

- [5] 王建民. 现代坦克射击[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994.

Wang Jianmin. Modern tanks firing [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1994.

- [6] 赵晓利. 弹药学[M]. 北京: 解放军出版社, 1998.

Zhao Xiaoli. Ammunition study [M]. Beijing: People's Liberation Army Press, 1998.

(责任编辑 代丽)

时间: 2010年5月17-21日
地点: 中国·北京

25th
International
Symposium on
Ballistics



第25届国际弹道大会

25th International Symposium on Ballistics

主办: 中国兵工学会

协办: 南京理工大学

电话: 010-68963154

<http://www.isb2010.com>