

基于发射装药技术提高穿甲弹初速研究

崔军¹, 赵海龙¹, 皇才进²

(1. 装甲兵工程学院 兵器工程系, 北京 100072; 2. 66336 部队, 河北 保定 074000)

摘要:针对目前现役坦克炮配备的穿甲弹难以击穿未来主战坦克装甲的现实,从大口径火炮发射装药角度,研究了采用高能发射药、提高装填密度、设计合理的发射药几何形状、采用温度补偿技术、探索随行装药技术、研究相适应的点传火方式等提高穿甲弹初速的有效途径。

关键词:穿甲弹;装药设计;初速

本文引用格式:崔军,赵海龙,皇才进.基于发射装药技术提高穿甲弹初速研究[J].四川兵工学报,2014(5):4-6.

中图分类号:TJ413

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2014)05-0004-03

Research of Improving Armor-piercing Projectile Muzzle Velocity Based on Propellant Charge Techniques

CUI Jun¹, ZHAO Hai-long¹, HUANG Cai-jin²

(1. Department of Arms Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;
2. Troop No. 66336 of PLA, Baoding 074000, China)

Abstract: It will be hardly for present armor-piercing projectile equipped for active-service tank gun to breakdown main tank armor in the future. According to the large-aperture gun propellant charge techniques, this paper analyzed the effective methods to improve armor-piercing projectile muzzle velocity, including using high-energy propellant, improving packing density, designing rational geometry, using temperature compensation, exploring traveling charge technology, studying ignition and spreading mode, etc.

Key words: armor-piercing projectile; propellant charge techniques; muzzle velocity

Citation format: CUI Jun, ZHAO Hai-long, HUANG Cai-jin. Research of Improving Armor-piercing Projectile Muzzle Velocity Based on Propellant Charge Techniques [J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014 (5):4-6.

在评价主战坦克在 21 世纪陆军作战中的地位和作用时,有关军事专家断言,主战坦克仍是地面战场的重要武器,是在实施进攻作战中攻占防御阵地及反突击的主要攻击力量。西方军事评论家认为:“一种提供速度、火力、生存力和突击力的,以逼近并歼灭敌人的机动装甲系统,将是 21 世纪战场上诸兵种联合地面作战的核心装备,装甲部队具有其他部队无可比拟的持续力和突击力”。“不容忽视的事实是:美国陆军中坦克部队约占 50%,德国亦如此,英国占 75%”。所以,坦克“无用论”或“坦克将走向消亡”的观点是占不住脚的^[1]。

1 坦克炮面临的挑战

在坦克的性能排序上,一般均将火力列为第一(英国和以色列除外),如果当代坦克没有能击毁 2020 年前敌坦克的火力,就不能认为这种坦克是具有生命力的坦克^[2]。

目前,各国坦克装备的主弹种为穿甲弹。而无论是西方还是俄罗斯,其最大口径坦克炮配备的穿甲弹已经难以击穿当前最新主战坦克的主要装甲防护。俄罗斯 T-80Y 坦克炮塔在外挂反应装甲时,能防 670 mm 穿深的穿甲弹。美国 M1A2 坦克基本装甲能防 600 mm 穿深的穿甲弹,如外挂反

应装甲或其他附加装甲可防 800 mm 穿深的穿甲弹。英国和以色列的坦克其防护水平与美国坦克相比,只高不低。

2 提高初速的途径

现代装甲防护的新发展对大威力穿甲弹提出了新要求,使提高初速成了坦克设计者或使用者对坦克或反坦克武器装备关注的焦点和重点研究课题。西方为什么要发展 140 mm 火炮以及电磁炮、电热化学炮? 主要也是由于西方坦克炮的局限(如药室容积小),其穿甲弹的威力发展已接近极限。但是采用 140 mm 火炮会引起车辆结构的变化,而电磁、电热炮还存在许多技术难点,实现武器化应用还有相当距离。

穿甲弹威力的基础是弹丸的炮口动能既 $E_g = mv^2/2$, 该式表明提高弹丸的质量和初速是提高弹丸炮口动能的直接因素,其中提高初速则更为突出。从内弹道角度来说,提高弹丸初速就成了增加炮口动能的唯一途径,也是装药设计的根本目的^[3]。

从装药设计角度分析,提高发射药的能量、增加装药量、改善发射药在膛内燃烧规律是提高初速的重要途径。随着现代高新技术的发展,新技术、新材料、新工艺等在各个领域的推广和应用已成为发展的特点和趋势,作为装药设计也不例外。

2.1 采用高能发射药

发射药设计始终把研究弹道性能良好的高能发射药作为永恒追求的目标,装药设计也对综合性能良好的高能发射药情有独钟,因为采用高能发射药对提高大口徑火炮穿甲弹初速的效果较为明显,这已被试验所验证,如表 1 所示。

表 1 不同能量的发射药在不同口径火炮上的试验结果

武器类型	发射药		试验结果	
	$f/(kJ \cdot kg^{-1})$	ω/kg	P_m/MPa	$V_o/(m \cdot s^{-1})$
125H	1 029.7	9.24	483.5	1 729.1
	1 127.8	8.80	459.7	1 744.5
120H	1 029.7	9.92	463.4	1 724.6
	1 078.7	9.30	463.5	1 734.7
100H	1 029.7	6.71	481.0	1 578.4
	1 127.8	6.35	451.4	1 588.4

由表 1 可以看出,火药力的提高对提高初速效果很明显。这对药室比较小或有效利用容积比较小的分装式装药结构的武器无疑是有利的。据有关资料介绍,国外已研制了定容积火焰温度为 3 100 K、理论火药力大于 1 750 kJ/kg 的高能发射药。我国在发射药的研究方面也取得了很大进展和不少成果,火药力可达 1 127.8 kJ/kg 的“太根”和“三爪”发射药已经用于大口徑武器穿甲弹,火药力可达 1 225.8 kJ/kg 的硝胺发射药在技术上已基本成熟,如果得到很好地推广和应用可以较大幅度地提高弹丸的初速。

2.2 提高装填密度

据资料介绍,国外火炮设计的特点是小药室,长身管。

因此,采用高装填密度装药技术成为提高弹丸初速的重要方法之一。从原理上分析,增加装药量与提高火药力对提高初速起着同样的作用。由于大幅度提高火药力受到许多因素的制约,有相当大的困难。因此采用高装填密度装药技术对提高弹丸初速具有明显的潜在优势^[4]。

此外,采用密实装药技术更充分地利用装药空隙,提高发射药单体的能量密度,或把具有不同燃速的发射药做成外、中、内层不同燃速的装药,使其在膛内燃烧过程中燃速从外向内呈渐增性,使气体生成速率高速增加,以保持弹后气体在膛内有较长时间的恒压而产生所谓的“平台效应”,提高膛容利用系数等,以上措施均能大幅度提高弹丸初速。

据有关资料介绍,在保证发射药在膛内燃烧完全的前提下,采用密实装药技术使装填密度达到 $1.25 g/cm^3$ 以上,可在保持最大膛压不变的情况下,使初速增加 10% 以上。

2.3 合理设计发射药的几何形状

合理设计发射药的几何形状,使发射药在燃烧过程中尽可能好地呈现渐增性燃烧是提高弹丸初速不可小视的重要途径,见表 2、表 3。为了设计和选择较为合理的药型,按内弹道学中几何燃烧定律关系式绘制出不同形状火药的 $\sigma \sim Z$ 曲线及 $\Psi \sim Z$ 曲线,计算了燃烧分裂瞬间的已燃百分数 Ψ_s 和相对燃烧表面积 σ_s ,见表 4。

表 2 不同药型的对比试验结果

药型	初速/($m \cdot s^{-1}$)	最大膛压/MPa
7 孔圆柱	919.4	319.2
14 孔花	810.2	279.1
19 孔梅花	955.4	313.3

表 3 125H 穿甲弹采用不同管、粒状药比例试验结果

19 孔梅花	单孔管状	初速/($m \cdot s^{-1}$)	最大膛压/MPa
70%	30%	1708.1	464.4
91.5%	8.5%	1732.1	462.2

表 4 不同药型火药燃烧分裂瞬间的 σ_s 和 Ψ_s

药型	相对燃烧表面积 σ_s	已燃相对量 Ψ_s
实心圆柱药	0	1.0
管状	0.77	1.0
7 孔圆柱	1.31	0.77
7 孔梅花	1.32	0.95
14 孔梅花	1.51	0.95
19 孔梅花	1.60	0.95

对比各种发射药的 $\sigma \sim Z$ 曲线可见,多孔发射药均呈增面燃烧,渐增性随孔数增加而增大的幅度至 14 孔逐渐减慢。同样是 7 孔药,则花边形比圆柱形的渐增性好,表 4 中几种发射药,以 19 孔梅花形的渐增性最好,其燃烧分裂瞬间(已燃相对厚度 $Z = 1$ 时)的燃烧表面积可达起始表面积的

1.60 倍。

从表 4 可知,同样是多孔发射药,梅花药比圆柱药增面燃烧阶段的体积百分数大得多,仅有 5% 的药呈减面燃烧,而且 3 种梅花药的 $\Psi \sim Z$ 曲线基本吻合, Ψ_0 基本相同。

大量试验结果的理论分析研究证明,不改变发射药的组分,仅提高发射药的几何形状的渐增性就可达到提高初速的目的^[5]。据资料介绍,近年来国外研究了几种易点火、燃烧性能好、能明显提高装填密度、可降低危险压力波、能提高初速的不同几何形状的中心为星形和程序分裂及分段部切口的多孔(19 孔)棒状药等。美国陆军弹道研究所内弹道学部已将高燃烧渐增性、高装填密度发射装药技术定为将要研究的重点项目,以便能达到提高弹丸初速 10% 的目的。

2.4 采用温度补偿技术

发射装药的初温对火炮的弹道性能影响非常大,见表 5^[6]。这种影响还会随装填密度和初速的增加而增大。

表 5 初温对弹道性能的影响

火炮	装药 初温/°C	初速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	最大膛 压/MPa
125 穿甲弹	-40	1 678.2	408.9
	-10	1 702.6	419.4
	+15	1 744.5	459.6
	+30	1 759.1	487.1
	+50	1 784.2	515.2
120H 穿甲弹	-40	1 650.1	393.1
	+15	1 719.2	450.2
	+50	1 762.9	498.7
100H 穿甲弹	-40	1 600.1	413.2
	+15	1 638.2	459.7
	+50	1 669.3	513.2

装药设计时必须考虑身管和弹丸强度对发射装药高温高压的限制,而低温时的初速又必须满足弹丸射程及穿甲能量的要求。由于多种高能发射药的燃速对初温很敏感,因而温度系数较大,这使其在武器应用中不能充分发挥高能量的优势。

近年来,国内外越来越认识到采用装药温度补偿技术来提高火炮性能的重要性,研究了弹道性能随温度变化影响较小的低温度系数装药技术,使其弹道性能达到或接近理想状况,以最终达到提高初速的目的^[7]。据资料介绍,美国把这种技术用于高能发射药,同时使用增面燃烧性更好的药型和较大的装填密度,这样把 M68 坦克 105 mm 动能穿甲弹的初速提高了近 10%。我国也采用低温度系数装药技术,使 105 mm 穿甲弹较好地完成了战术技术指标。

2.5 探索随行装药技术

采用常规的发射药装药结构,在射击过程中弹底压力比膛底压力低得多,直接影响到弹丸初速的提高。为了大幅度提高弹丸初速而同时又维持最大的膛压不变,国内外均对随

行装药技术进行了大量的探索和研究。英国在此方面的研究表明,采用随行装药技术把维克斯 105 mm 坦克炮脱壳穿甲弹的初速提高了 7% 左右。

随行装药技术对于提高弹丸的初速有较大的潜力。关键技术在于必须保证随行发射药在动载下能跟随弹丸一起运动;随行装药能有控地着火燃烧;能迅速地燃完而提高弹底压力,使膛底与弹底的压力梯度减小;随行药的着火燃烧应控制在膛内最大压力之后,这是实现安全、有效提高弹丸初速的重要保证。

2.6 研究相适应的点传火方式

常规的点火方式是点火药包 + 管状药或中心点火管结构。从装药角度来讲,大幅度提高弹丸初速的根本途径是采用新型的装药技术^[8]。然而这些新技术均给点传火带来更大的困难,对点传火系统设计提出更高的要求。力求使装药瞬时、全面、均匀的着火,是装药设计研究的一个重要课题,解决好这一问题是装药安全性的可靠保证。

研究高能点火具(如微型激波点火具)、高效中心传火具及程序控制(多点网络)点火具,使其与新型装药技术相适应,以达到提高弹丸初速的根本目的。

3 结束语

为提高大口径火炮穿甲弹的初速,采用高能发射药、合理设计药型、改善发射药在膛内燃烧规律等措施是装药设计上可行的重要手段。研究新型发射装药技术,对发射药进行钝感、涂覆、密实、变燃速处理等,对提高弹丸初速有重要意义。研究适应新型发射装药的点传火方式和点火具是安全有效地提高弹丸初速的保证。

参考文献:

- [1] 孟慎非. 下一代坦克火力系统的发展[M]. 北京:国防工业出版社,2000.
- [2] 祝榆生,王哲荣. 论“125mm 杀伤爆破弹(榴弹)反坦克系统”[M]. 北京:国防工业出版社,2000.
- [3] 王志军,尹建平. 弹药学[M]. 北京:北京理工大学出版社,2005.
- [4] 朱文芳. 内弹道参数可控装药的弹道模拟及优化[D]. 南京:南京理工大学,2008.
- [5] 饶立胜. 高渐增性燃烧和高密度发射药研究[D]. 南京:南京理工大学,2007.
- [6] 宋时育,王泽山. 低温感发射装药弹道性能的研究[J]. 火炸药学报,2000(2):101-103.
- [7] 张振山,王国辉. 125 毫米坦克炮及其弹药[M]. 北京:中国人民解放军装甲兵工程学院,1996.
- [8] 李锋,张振铎,侯保林. 随行装药技术的研究现状与展望[J]. 弹道学报,1993(1):54-57.