

脱壳弹穿甲后效及引燃性能的试验研究

张松松¹, 陈英¹, 薛建锋²

(1. 九江国科远大机电有限公司, 江西九江 330400; 2. 南京理工大学机械工程学院, 南京 210094)

摘要: 利用25高炮发射进行了穿甲试验、毁伤后效试验及引燃试验, 选用试验弹模拟1000 m着速, 依次射击25 mm/60°均质装甲板、飞行器设备舱模拟靶、武装直升机有防护驾驶舱模拟靶、地面装甲车燃油箱模拟靶, 得到了对不同目标靶试验后的弹体穿甲威力及后效性能和引燃燃油性能相关数据, 对脱壳弹的结构设计和毁伤评估有一定参考价值。

关键词: 脱壳弹; 穿甲; 毁伤后效; 引燃; 模拟靶

本文引用格式: 张松松, 陈英, 薛建锋. 脱壳弹穿甲后效及引燃性能的试验研究[J]. 兵器装备工程学报, 2017(1): 40-43.

Citation format: ZHANG Song-song, CHEN Ying, XUE Jian-feng. Experimental Study on APDS Penetration After-Effect and Ignition Performance[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2017(1): 40-43.

中图分类号: TJ391.9

文献标识码: A

文章编号: 2096-2304(2017)01-0040-05

Experimental Study on APDS Penetration After-Effect and Ignition Performance

ZHANG Song-song¹, CHEN Ying¹, XUE Jian-feng²

(1. Guoke Yuanda Mechanical and Electrical Co., Ltd., Jiujiang 330400, China;

2. School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: In order to study penetrating power and aftereffect and diesel performance of missile, the experiments were carried out using 25mm gun battle. The velocities of projectiles were about 1000m/s, which shoots 25mm/60° of homogeneous armor plate, and aircraft equipment module simulation target, and armed helicopter has protective cockpit simulation target, and ground armored vehicle fuel tank simulation target. The experimental results of different targets were obtained, which provides a certain reference value for the structure design of the APDS.

Key words: APDS; penetration; aftereffect; ignition performance; equivalent cabin of aircraft

脱壳穿甲弹是20世纪70年代以后发展起来的一种性能优良的穿甲弹, 具有初速高、弹道低伸、飞行时间短、命中精度高、侵彻威力大等特点, 是目前最主要的反甲弹药^[1]。

为了应对空中武装力量的发展(航空油箱), 国内外对穿甲引燃的研究愈加重视^[2-7]。国内主要有李婷婷、袁慎坡等人对Ni-Fe-Al化合物作为黏结剂的易碎材料进行了研究^[8-9]。赵红梅、胡兴军等采用粉末注射成形工艺, 减小材料的变形, 使材料性能有了大幅提高^[10-11]。李林庆从易碎材料特性和终点效应方面入手, 研究了易碎穿甲弹在穿甲过

程中弹芯的受力状态和对易碎材料力学性能要求^[12]。贾福庆易碎穿甲弹的破碎机理进行了研究, 讨论了弹体材料特性、着靶条件等因素对弹体破碎特性的影响规律^[13]。曹兵利用弹道枪加速进行了不同尺寸的球形破片对模拟巡航导弹油箱的冲击毁伤作用实验, 研究了模拟油箱在不同打击条件下的毁伤情况, 给出了模拟油箱的冲击引燃判据^[14]。Xu采用试验和数值仿真双结合的方法对武装直升机舱进行研究, 得到不同速度破片的毁伤范围^[15]。

本文针对破片引燃作用行为及效应问题, 进行了弹道发

射模拟实验研究,得到不同厚度的装甲板的侵彻结果和引燃效果。

1 穿甲后效概念

穿甲弹对装甲目标的毁伤除了弹丸碰击目标或弹体炸药爆炸对目标的直接杀伤作用外,更主要的是在弹体穿透防护装甲后在装甲背面形成的二次破片,包括残余侵彻体和装甲材料崩落的碎片等对目标内部乘员的杀伤,对仪表、设备的破坏作用。当破片速度足够高时,可以在目标内造成多次碰撞飞散,加强其杀伤效果。同时由于弹芯在侵彻钢甲时因摩擦产生高温,曳光管尚未燃烧完全的火焰,在击中油箱、弹药和其他易燃物时引起燃烧和爆炸等,从而使目标失去战斗能力。由于驾乘人员和目标关键部件均处于装甲保护之下,对其实施有效毁伤主要依赖于靶后破片特性。因此,对靶后破片及其特征分布进行研究,是对装甲目标进行毁伤评估的重要内容。大量靶场试验结果表明:超速脱壳穿甲弹在正常穿甲之后,弹体自身破片和装甲的碎片能形成上百片温度很高的杀伤元,这些杀伤元速度大都为每秒几百米,能有效杀伤装甲目标内部人员。因此,穿甲弹不但要打穿装甲目标,还要依靠穿透装甲后的破片杀伤、纵火效应等后效作用,对内部乘员进行杀伤,对内部仪表、设备进行破坏,使目标失去应有的战斗能力。对穿甲弹的考核,不仅要考虑穿甲威力,还要考虑一定的后效作用,靶后效应可以直观地反映弹药的威力效果,用来综合评定弹药对装甲目标的毁伤能力。

综上所述,穿甲弹的后效作用就是穿甲弹贯穿装甲后,仍具有的杀伤、毁伤等破坏能力的总和,主要是指穿甲弹穿入目标内部爆炸,或以强烈的二次破片、爆炸波、冲击波等毁伤元对装甲目标内的乘员、发动机、燃料等的毁伤,或使装甲目标携带的弹药引爆等。

穿甲弹的穿甲能力(也就是靶前效应)和后效作用(靶后效应)综合起来,才能完整地评价穿甲威力,本文通过试验研究某脱壳穿甲弹的穿甲后效和引燃性能。

2 试验方法

采用25高炮,水平射击,分别在离炮口靶道50m处布置靶架、主靶板、后效靶板及油箱。选用试验弹模拟1000m着速,依次射击25mm/60°均质装甲板、飞行器设备舱模拟靶、武装直升机有防护驾驶舱模拟靶、地面装甲车燃油箱模拟靶。

3 试验结果与分析

3.1 穿甲试验

试验现场布局和穿甲效果如图1所示,主靶板为25mm/60°均质装甲板。试验结果如表1所示。试验共用弹12发,其中2发无效。试验结果表明:装药量为105g,平均初速为1170m/s时,能有效穿透25mm/60°均质装甲板。

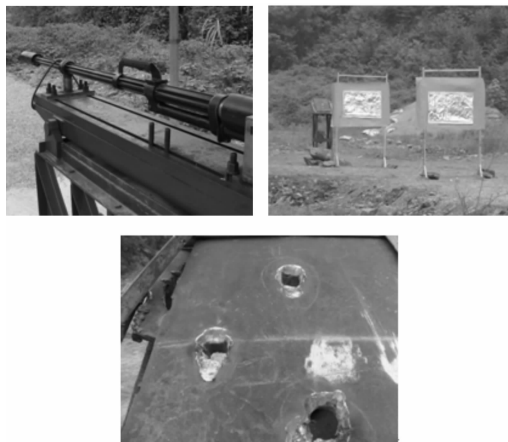


图1 现场布局和穿甲效果图

表1 试验结果

序号	装药量/ g	初速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	穿甲 效果	备注
1	103.98	1 143	穿透	
2	105.03	1 165	穿透	
3	105.02	1 168	穿透	
4	104.99	1 170	靶下沿	无效
5	105.03	1 175	穿透	
6	105.03	1 173	穿透	
7	104.98	1 169	穿透	
8	105.00	1 167	穿透	
9	105.05	1 170	脱靶	无效
10	105.03	1 178	穿透	
11	104.97	1 165	穿透	
12	105.01	1 172	穿透	

3.2 毁伤后效试验

3.2.1 对飞行器设备舱模拟靶毁伤试验

试验现场布置如图2所示,后效效果如图3所示,试验结果如表2所示,破片数记录如表3所示。试验用弹5发,试验结果表明:装药量为110g,平均初速为1194m/s时,对飞行器设备舱模拟靶的毁伤效果良好。



图2 现场布置图

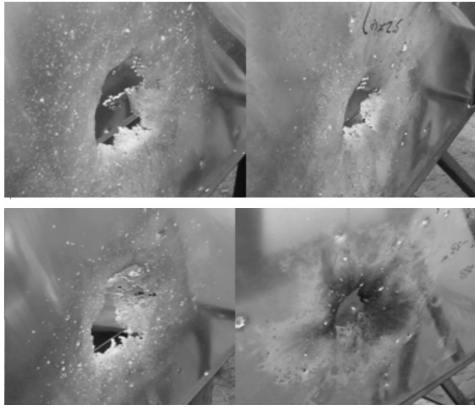


图3 后效效果图

表2 试验结果

序号	装药量/ g	初速/ ($m \cdot s^{-1}$)	靶板 布置	后效 效果
1	110.01	1 192		良好
2	110.00	1 202	2 mm/60°	良好
3	109.98	1 189	A3 钢板 + 11 层	良好
4	109.98	1 190	硬质铝板	良好
5	110.02	1 198		良好

表3 各层铝板破片数

序号	后效铝板破片数										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	419	245	272	161	144	71	33	14	4	1	—
2	563	358	282	168	98	51	28	12	7	4	—
3	461	343	277	180	114	86	40	11	—	—	—
4	266	294	188	148	110	81	57	30	—	—	—
5	373	253	231	203	145	89	76	40	42	26	—

3.2.2 对武装直升机有防护驾驶舱模拟靶毁伤试验

试验现场布置如图4所示,后效效果如图5所示,试验结果如表4所示,破片数记录如表5所示。试验用弹5发,试验结果表明:装药量为110 g,平均初速为1 191 m/s时,对武装直升机有防护驾驶舱模拟靶的毁伤效果良好。



图4 现场布置图

表4 试验结果

序号	装药量/ g	初速/ ($m \cdot s^{-1}$)	靶板 布置	后效 效果
1	110.02	1 190		良好
2	110.05	1 198	10 mm/60°均质	良好
3	109.98	1 185	装甲钢板 + 7 层	良好
4	110.01	1 193	硬质铝板	良好
5	109.99	1 188		良好

表5 各层铝板破片数

序号	后效铝板破片数							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	288	120	110	60	130	212	162	126
2	350	105	70	65	120	207	179	189
3	246	115	83	58	125	211	159	162
4	322	98	96	75	116	203	142	159
5	298	118	87	62	109	208	168	134

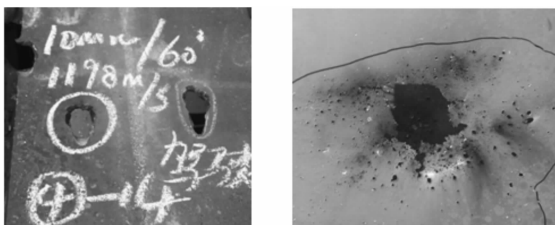


图5 后效效果图

3.2.3 对地面装甲车燃油箱模拟靶毁伤试验模拟靶毁伤试验

试验现场布置如图6所示,毁伤效果如图7所示,试验结果如表6所示。试验用弹10发,试验结果表明:装药量为110 g,平均初速为1 194 m/s时,能有效引爆引燃地面装甲车燃油箱模拟靶,满足指标要求。



图6 现场布置图



图7 毁伤效果图

表6 试验结果

序号	装药量/g	初速/ ($m \cdot s^{-1}$)	靶板布置	击中位置	引燃效果
1	110.00	1 193		油面以上	爆燃
2	110.01	1 190		油面以上	爆燃
3	110.05	1 190	20 mm/0°	油面以下	引燃
4	110.54	1 219	均质装甲钢板+	油面以下	引燃
5	110.07	1 194	300 × 400 ~	油面以下	爆燃
6	109.49	1 191	500 × 500	油面以下	引燃
7	109.50	1 189	油箱,内装一半0#	油面以下	引燃
8	109.55	1 181	柴油	油面以下	引燃
9	110.04	1 195		油面以上	爆燃
10	110.05	1 190		油面以下	引燃

4 结论

本文以脱壳穿甲弹为主要研究对象,开展了穿甲、毁伤后效及引燃等综合毁伤能力的研究,通过对均质装甲板、飞行器设备舱模拟靶、武装直升机有防护驾驶舱模拟靶、地面装甲车燃油箱模拟靶等各项试验验证和综合分析,得出如下结论:

1) 脱壳穿甲弹在一定的初速情况下,依靠动能效应,均能有效穿透一定厚度的均质装甲板;

2) 后效破片通过终点动能侵彻,能够对飞行器设备舱模拟靶、武装直升机有防护驾驶舱模拟靶造成巨大的二次毁伤;

3) 后效破片通过终点动能侵彻和化学能释放的联合作用,能够对地面装甲车燃油箱模拟靶造成破坏,有效引燃燃油;

4) 对燃油的引燃特性与弹芯材料、靶板厚度和油箱击中位置有关,不同的易碎含能合金材料对燃油的引燃程度影响很大;靶板厚度在一定范围内的增大有利于提高弹体的破碎特性,从而对引燃有利,而当靶板厚度过大时,受弹体剩余速度等因素的影响,不利于对油料的引燃;油箱击中位置影响引燃效果,击中油面以下,毁伤效果显著,爆燃后并能持续引燃燃油,击中油面以上,大部分只是爆燃效果,在没有引燃物的情况下均为短时间燃烧。

参考文献:

- [1] 李向东,钱建平,曹兵,等. 弹药概论[M]. 北京:国防工业出版社,2004:157-159.
- [2] DE Technologies Inc. Reactive fragment warhead for enhanced neutralization of mortar, rocket, and missile threats [EB/OL]. (2006-05-15) [2011-05-16]. <http://ww2.detk.com>.
- [3] WANG Hai-fu, LIU Zong-wei, YU Wei-min. Impact initiated characteristics of reactive material fragments[C]//Proceedings of 7th International Fall Seminar on Propellant, Explosives and Pyrotechnics. Xi'an: National Natural Science Foundation of China, 2007:123-128.
- [4] AMES R G. Energy release characteristics of impact-initiated energetic materials[C]//Proceedings of Materials Research Society Symposium. Boston: Materials Research Society, 2006:78-83.
- [5] WILLIS M J, WILLIAM H H. Impact initiation of rods of pressed polytetrafluoroethylene (PTFE) and aluminum powders[C]//14th APS Topical Conference on Shock Compression of Condensed Matter. Los Angeles: American Physical Society, 2005:98-103.

在图5中,峰值点应该是b点和f点,e点和g点是谷值点。在1.3 Hz(a点)至5.4 Hz(c点)区间的位移出现一个最大波峰(b点)、16.5 Hz(d点)至22 Hz(h点)区间位移出现一个波峰(f点)和两个波谷(e点和g点);其中出现最大峰值的频率为4 Hz(b点)最小谷值的频率为19.0 Hz(e点)。

在图6中,4.2 Hz(a点)至5.2 Hz(c点)区间位移出现一个最大波峰(b点)、17.5 Hz(d点)至21 Hz(e点)区间位移出现两个波峰和一个波谷,但峰谷均不太明显。出现最大峰值的频率为4.5 Hz(b点)。

通过将横向、纵向的位移图放在同一频率坐标下叠加,其结果如图7。从图7可观测到合成后的横向、纵向位移。可见在1.3 Hz(a点)至5.4 Hz(c点)区间位移出现一个最大波峰(b点)、17.5 Hz(d点)至21 Hz(g点)位移出现两个波峰(e点和f点)。

4 结论

1) 根据俯仰部分模态分析结果,为避免共振,该火炮射击频率需避开表1所示各阶频率;

2) 根据炮身谐响应分析结果,在1.3~6.2 Hz、17.5~22 Hz的激励频率下,炮口位移出现波峰波谷,可能出现严重共振。

参考文献:

- [1] 王德石. 火炮振动理论[M]. 北京:兵器工业出版社,2015.
- [2] 哈尔滨工程大学舰炮研究所. 基于振动理论的舰炮精度和可靠性的动态设计与分析[R]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2014.
- [3] 卢其辉. 复杂结构的动态响应有限元分析技术和应用[D]. 南京:南京理工大学,2011.
- [4] 顾培英,邓昌,吴福生. 结构模态分析及其损伤诊断[M]. 南京:东南大学出版社,2008.
- [5] 芮筱亭. 火箭炮振动分析的多体系统有限元传递矩阵法[J]. 兵工学报,2007,28(9):1036~1040.
- [6] 欧阳光耀,王树宗,王德石. 火炮身管振动特性及减振研究[J]. 海军工程学院学报,1999(2):79-87.
- [7] 靳青梅,张相炎,崔二巍. 火炮新型动力后坐试验方法[J]. 兵工自动化,2015(5):7-10.
- [8] 魏浩,于存贵,崔二巍. 膛内时期后坐部分两种动量计算方法分析[J]. 火力与指挥控制,2015(7):74-78.
- [9] 李婷婷,彭超群,王日初,等. Fe-Al、Ti-Al和Ni-Al系金属间化合物多孔材料的研究进展[J]. 中国有色金属学报,2011(4):784-795.
- [10] 袁慎坡,李树奎,宋修纲,等. 一种W-Ni-Al-Fe系易碎钨合金材料的研究[J]. 材料工程,2007(9):26-29.
- [11] 赵红梅,史洪刚,马少华,等. 易碎钨合金穿甲弹芯的注射成形研究[J]. 兵器材料科学与工程,2006(5):59-63.
- [12] 胡兴军. 高密度钨合金在弹用材料中的应用及研究进展[J]. 稀有金属与硬质合金,2009(3):65-67.
- [13] 李林庆. 小口径易碎穿甲弹穿甲毁伤特性研究[D]. 南京:南京理工大学,2013.
- [14] 贾福庆. 小口径易碎型穿甲弹穿甲毁伤特性研究[D]. 南京:南京理工大学,2010.
- [15] 曹兵. 不同破片对模拟巡航导弹油箱毁伤实验研究[J]. 火工品,2008,5(10):10-13.
- [16] XU Guo-xin. Observation of harmful gas in closed armament cabin after attack of APDSHEAT [J]. Prev Med Chin PLA,2004,22(5):64-66.
- [17] GJB767—1989. 小口径炮弹对飞机、直升机飞机毁伤试验方法[S]. 北京:国防科学技术委员会,1989.

(责任编辑 周江川)

(责任编辑 周江川)

(上接第43页)

- [6] RAFTENBERG M N,MOCK JR,KIRBY G C. Modeling the impact deformation of rods of a pressed PTFE/Al composite mixture [J]. International Journal of Impact Engineering, 2008,35:1735-1744.
- [7] AMES R G. Vented chamber calorimetry for impact-initiated energetic materials [C]//43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. Nevada:AIAA,2005:275-279.
- [8] 李婷婷,彭超群,王日初,等. Fe-Al、Ti-Al和Ni-Al系金属间化合物多孔材料的研究进展[J]. 中国有色金属学报,2011(4):784-795.
- [9] 袁慎坡,李树奎,宋修纲,等. 一种W-Ni-Al-Fe系易碎钨合金材料的研究[J]. 材料工程,2007(9):26-29.
- [10] 赵红梅,史洪刚,马少华,等. 易碎钨合金穿甲弹芯的注射成形研究[J]. 兵器材料科学与工程,2006(5):59-63.