

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.02.004

大倾角陶瓷复合装甲抗弹性能研究

胡丽萍, 王智慧, 侯圣英, 郭领, 王鹏
(中国兵器科学研究院宁波分院 烟台事业部, 山东 烟台 264003)

摘要: 为了提高装甲车辆的防护和机动能力, 减轻其自重, 采用 25 mm 弹道炮和底推式 105 mm 穿甲模拟弹进行试验, 研究大倾角陶瓷复合装甲结构单元中陶瓷的厚度、倾角、约束条件等因素对抗穿甲性能的影响规律。运用 DOP 法评估陶瓷复合装甲的抗弹性能。研究表明: 在大倾角情况下, 陶瓷复合装甲的防护系数同样随着厚度的增加而降低; 陶瓷复合装甲外置时的抗弹性能比内置时高, 内置使用时选择适当的厚度也能获得很好的抗弹性能。

关键词: 大倾角; 陶瓷复合装甲; 抗弹性能; 防护系数

中图分类号: TP202 **文献标识码:** A

Study on Anti-Bomb Performance of Large Inclination Ceramics Composite Armor

HU Li-ping, WANG Zhi-hui, HOU Sheng-ying, GUO Ling, WANG Peng
(Yantai Department, Ningbo Branch of Ordnance Science Institute of China, Yantai 264003, China)

Abstract: In order to improve the protection and maneuvering capability of armored vehicle, and reduce its weight, Using the 25mm ballistic curve canon and 105mm simulated Armor Piercing (AP) ammunition, influence of thickness, obliquity, and constraint condition of ceramic composite armor on the anti elastic performance was studied when subjected to the large inclination impact, DOP method was used to evaluate the anti elastic performance of composite armors. The results show, In the large inclination case, the ceramic composite armor protection factor of the same as the thickness of the increase reduced; ceramic composite armor when external flexibility than built-in anti elastic to high and built-in use can also select the appropriate thickness of the get a good anti elastic performance.

Keywords: Large inclination; Ceramic composite armor; Anti elastic performance; Protection factor

0 引言

目前轻型防护装甲的设计是提高其防护能力和尽量减轻自重, 以提高其机动能力。陶瓷材料因其密度小, 且具有比装甲钢更高的硬度、抗压强度、耐热性、动态应力性能, 而被广泛应用于轻型复合装甲的设计中。故轻型复合装甲为多层结构, 以陶瓷板为主体, 配合其他复合材料。突破传统重型复合装甲结构设计, 以高硬度陶瓷面板取代装甲钢面板, 充分发挥陶瓷的高硬度和高抗压强度, 可提高陶瓷复合装甲的抗弹性能^[1-2]。陶瓷抗弹分为侵彻开始的着弹阶段和陶瓷的粉碎、摩擦阶段, 不同阶段陶瓷抗弹效益存在差异^[3]。故对大倾角陶瓷复合装甲结构单元中陶瓷的厚度效应、倾角效应、约束效应等装甲结构效应对抗穿甲性能的影响规律进行研究。

1 试验设计及结果分析

1.1 试验设计

采用 DOP 试验方法评估试验中涉及的陶瓷复合装甲的抗弹性能。弹道试验采用 25 mm 弹道炮和底推式 105 mm 穿甲模拟弹进行试验, 靶道距离为

8 m, 弹体着靶速度为 1 389~1 410 m/s。靶板采用 Al₂O₃ 陶瓷作为面板。

试验采用 10 mm 陶瓷块进行复合叠加, 制成不同厚度的陶瓷复合装甲。这样结构的陶瓷复合装甲, 在抗穿甲过程中多层陶瓷逐层破坏, 使每层陶瓷尽可能地发挥其整体高硬度和高抗压强度的优势^[4]。

陶瓷靶板材料的性能参数如表 1, 表 2 为陶瓷复合装甲约束效应和厚度效应靶试方案。

表 1 Al₂O₃ 陶瓷性能参数

名称	密度 $\rho(103\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	HRA	抗弯强度/MPa
Al ₂ O ₃ 抗弹陶瓷	3.95 ~ 4.15	89.0 ~ 91.5	≥ 300

表 2 陶瓷复合装甲约束效应和厚度效应靶试方案

方案号	陶瓷复合装甲结构	倾彻角/ $^{\circ}$
方案 1	10 mm 陶瓷复合板 + 8 mm 装甲钢板 + 45 mm 基板	68
方案 2	20 mm 陶瓷复合板 + 45 mm 基板	68
方案 3	8 mm 装甲钢板 + 10 mm 陶瓷复合板 + 45 mm 基板	68
方案 4	8 mm 装甲钢板 + 20 mm 陶瓷复合板 + 45 mm 基板	68

1.2 结果与分析

大倾角陶瓷复合装甲的倾角效应、约束效应和厚度效应试验结果如表 3。

1.2.1 大倾角陶瓷复合装甲的倾角和厚度效应

收稿日期: 2009-09-03; 修回日期: 2009-10-29

作者简介: 胡丽萍 (1969-), 女, 内蒙古人, 硕士, 高级工程师, 从事装甲防护研究。

表3 试验结果

方案号	倾彻角 $\theta/^\circ$	陶瓷复合装甲平均防护系数
方案1	68	3.10
方案2	68	1.81
方案3	68	2.50
方案4	68	1.47

由表3可知,在大倾角 68° 下,陶瓷复合装甲的防护系数也随陶瓷厚度的增加而降低,与法线角 0° 下试验结果的趋势一致。法线角 0° 下,20 mm陶瓷复合板的防护系数为2.88,60 mm陶瓷复合板的防护系数为1.80。在法线角 68° 下,20 mm陶瓷复合板的水平厚度为53 mm,相当于增加了陶瓷厚度,因此,防护系数降低为1.81。10 mm陶瓷复合装甲的防护系数高达3.10,具有最好的抗弹性能。

陶瓷厚度增加防护系数下降,是由于弹体在侵彻前面的陶瓷时,冲击应力波(在陶瓷中速度约为9700 m/s)使后面的陶瓷产生了一个超前破坏区,当弹体侵彻后面的陶瓷时,陶瓷已经破碎,只是陶瓷碎块、颗粒对弹体的摩擦和粉碎起主要作用,不能发挥陶瓷整体的高抗压强度的优势^[5]。

1.2.2 大倾角陶瓷复合装甲约束效应

试验结果显示,在法线角 68° 下,陶瓷复合板面置没有出现跳弹现象,是因为陶瓷虽然具有很高的硬度,但着弹瞬间对弹体施加很高的横向力,随着弹体的侵彻,陶瓷很快破碎,陶瓷碎块反向飞溅,横向力迅速降低,因此,不易发生跳弹。

在方案3和方案4中,用8 mm钢板对陶瓷复合板进行约束后,结果表明:在大倾角内置约束条件下,陶瓷防护系数随着陶瓷厚度的增加而降低。

位置效应:对比方案1和方案3,方案2和方案4,由于陶瓷复合装甲的位置不同,表现出不同的抗弹性能,见图1。陶瓷复合装甲外置时,单层陶瓷复合装甲的防护系数为3.10,两层陶瓷复合装甲的防护系数为1.81;陶瓷复合装甲内置时,单层陶瓷复合装甲的防护系数为2.50,两层陶瓷复合装甲的防护系数为1.47。结果表明:陶瓷复合装甲外置时抗弹性能更好,原因是陶瓷复合装甲外置时,陶瓷整体的高抗弹性能能够发挥出来;而陶瓷复合板内置时,弹体穿过钢板后,陶瓷已经部分破碎,陶瓷碎块、颗粒对弹体的磨蚀起主要作用,虽然钢板的约束能加强磨蚀作用,但不足以弥补因陶瓷破碎而损失的抗弹能力。因此,在复合装甲的设计中,尽可能把陶瓷复合装甲外置;内置使用时选择合适厚度的陶瓷复合装甲也能获得很好的抗弹性能。

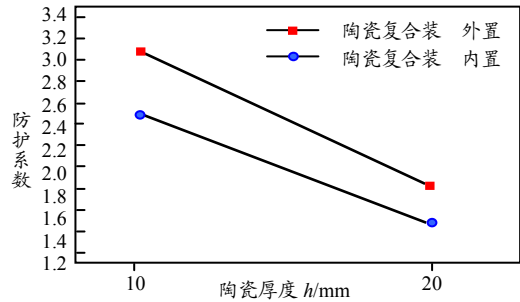


图1 大倾角下陶瓷复合装甲的位置效应

2 结论

1) 大倾角情况下,陶瓷复合装甲的防护系数同样随着厚度的增加而降低,10 mm陶瓷复合装甲的防护系数高达3.10,具有最好的抗弹性能。

2) 大倾角情况下,陶瓷复合装甲外置时的抗弹性能比内置时高;内置使用时选择合适的厚度也能获得很好的抗弹性能。

参考文献:

- [1] 张自强, 赵宝荣, 张锐生, 等. 装甲防护技术基础[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2000: 12.
- [2] 赵国志. 穿甲工程力学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1992.
- [3] 姜春兰, 陈放, 李明, 等. 钨球对陶瓷/复合靶的侵彻与贯穿[J]. 兵工学报, 2001, 22(1): 3740.
- [4] 赵中华, 赵国志, 欧阳春, 等. 多层陶瓷复合轻装甲结构的抗弹性分析[J]. 南京理工大学学报, 2002, 26(2): 148-151.
- [5] 王儒策, 赵国志. 弹丸终点效应[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1993.

(上接第11页)

- [3] 冯新, 夏靖波, 江友谊. 基于Ajax和Smil的交互式电子手册制作方法[J]. 微计算机信息, 2006(12): 18-20.
- [4] 黄金波, 杜晓明, 吕剑锋, 等. XML数据库技术在IETM中的应用研究[J]. 科学技术与工程, 2006(6): 4795-4797.
- [5] 夏芳, 王卫国. IETM技术在装备实验教学中的应用研究[J]. 实验室研究与探索, 2006(3): 289-291.
- [6] Eric L. Jorgensen, Joseph J. Fuller, Interactive Electronic Technical Manuals, CDNSWC.
- [7] Mathur, A., Ghoshal, S., Haste, D., An Integrated Support System for Rotorcraft Health Management and Maintenance[D]. Proceedings of the 2000 IEEE Aerospace Conference, 2000.
- [8] 李艳, 吕川. 交互式3D技术在交互式电子技术手册中的应用研究[J]. 中国科技信息, 2006(12): 114-116.
- [9] Mathur, A., Ghoshal, S., Haste, D., Application of a Dependency-Model-Based Health Inference and Troubleshooting Strategy to a HUMS-Enabled Advanced Maintenance Concept[D]. Presented at the American Helicopter Society 59th Annual Forum, 2003.