

文章编号: 1001-1455(2009)03-0318-05

火炮发射步枪子弹的次口径实验技术*

张方举, 陈小伟, 李思忠, 徐艾民

(中国工程物理研究院总体工程研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 介绍了一种利用 $\varnothing 25$ mm 弹道滑膛炮发射 7.62 mm 步枪子弹的次口径实验技术。利用绝缘胶木弹托解决炮口径远大于子弹弹径的问题,使 $\varnothing 25$ mm 滑膛炮易于发射小口径子弹;在子弹后端胶粘一小质量同直径绝缘胶木圆柱,改变弹丸整体质心位置,使质心相对靠前,从而改善子弹发射后的气动弹道特性,保证弹道姿态;在目标靶前分别设置前后阻挡板,以分离、阻挡弹托及弹托碎片,保证弹道实验无附加的碎片效应。

关键词: 爆炸力学;实验技术;次口径发射; $\varnothing 25$ mm 弹道滑膛炮;7.62 mm 步枪子弹

中图分类号: O385

国标学科代码: 130·3530

文献标志码: A

1 引言

利用步枪子弹撞击金属靶研究相关弹靶效应,具有成本低、易操作等特点,为实验室常用。如 J. Awerbuch 等^[1]分别用 7.62 mm 步枪、5.6 mm 气枪和 9 mm 半自动步枪发射尖头钢弹冲击高强度合金钢靶, M. R. Edwards 等^[2]利用 7.62 mm 步枪弹对不同硬度的碳素工具钢进行冲击实验,研究不同靶板破坏模式。但由于步枪有膛线,子弹出膛后有自旋速度,撞击效应可带来附加影响,使实验分析变得复杂;另外其发射速度一般较固定(恒定在 800 m/s 左右),不易调控弹丸出膛速度。因此,也有学者利用小口径火炮或气炮发射子弹,如展全伟等^[3]通过 $\varnothing 25$ mm 气炮发射加弹托后的 12.7 mm 标准机枪弹丸低速撞击 3 mm 厚的飞机蒙皮,研究飞机蒙皮在弹丸撞击下的变形与破坏。利用小口径火炮或气炮发射子弹,具有可在炮膛内改变子弹发射姿态或根据需要改变发射速度等优点,但由于子弹弹径远小于炮口径,如何保证子弹发射后的弹道姿态成为次口径发射技术的难点。

在协助完成强洪夫等^[4]关于 7.62 mm 步枪子弹撞击 30CrMnSiA 钢靶以分析相关弹靶效应的实验研究中,课题组在实验室拥有的 $\varnothing 25$ mm 滑膛炮基础上,通过设计胶木弹托,子弹尾端胶粘胶木圆柱和设置前后阻挡板,解决发射过程中弹丸与弹托的分离以及着靶姿态的稳定性等问题,发展了一套相对较大口径的火炮发射较小弹径子弹的次口径实验技术。

2 实验原理

2.1 实验系统

实验在 $\varnothing 25$ mm 弹道滑膛炮上进行,其装置如图 1 所示。实验时子弹由 $\varnothing 25$ mm 弹道滑膛炮发射进入靶室,分别通过挡火板、电磁线圈靶、网靶、前后挡板等,最后撞击钢靶。由电磁线圈测量出膛后的子弹速度,网靶测速作为补充,同时网靶信号作为高速摄影机、闪光光源等的触发信号。实验使用转镜等待式分幅高速摄影机捕获子弹的飞行和着靶姿态,根据实验要求,弹丸速度范围为 600~900 m/s,高速摄影选择拍频为 2.0×10^5 s⁻¹ (最高拍摄频率为 1.8×10^6 s⁻¹)。利用滑膛炮作为发射器,子弹出膛后无自旋,通过调节火药装药量来控制子弹的发射速度。

2.2 子弹与弹托

7.62 mm 步枪子弹弹头质量为 7.9~8.0 g,长为 26.45~26.65 mm,最大端弹径 7.88~7.90 mm,

* 收稿日期: 2008-01-17; 修回日期: 2008-04-22

作者简介: 张方举(1970—),男,学士,高级工程师。

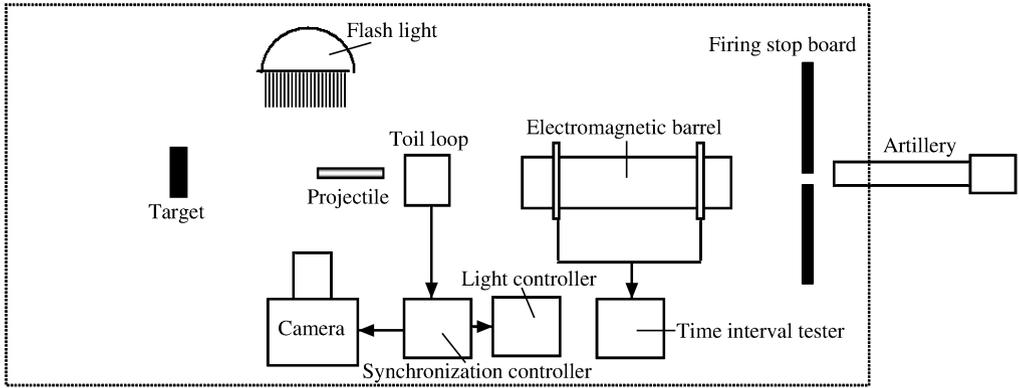


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Schematic of experimental set-up

结构如图 2 所示。其中弹丸披甲为覆铜钢材料,铅套为铅锡合金,钢芯为低碳钢材料。显然,子弹前部为较大 CRH 值的截卵形,中间圆柱形,尾部稍有收紧,因此其质心明显位于子弹的中后部,即位于压心之后。

若利用步枪发射,由于自带膛线,子弹出膛后因自旋保持弹道稳定,不存在子弹飞行姿态问题。 $\varnothing 25$ mm 弹道滑膛炮次口径发射 7.62 mm 步枪子弹,无自旋保证,子弹的质心在其压心之后,将在飞行过程中显著改变弹道姿态,影响实验效果。因此考虑在子弹尾端胶粘胶木圆柱,胶木圆柱直径与子弹最大端弹径相等,长 15 mm,质量约 0.8 g,远小于子弹质量,如图 3 所示。

因为弹径远小于火炮口径,需采用弹托设计。通过预实验分别对铝弹托与绝缘胶木弹托进行比较。因胶木弹托质量小,比铝弹托更容易在飞行中与子弹分离,且在经过前后挡板时更易破碎而不影响最终的实验结果,因此选择绝缘胶木弹托,如图 4 所示。弹托外径与炮膛口径相同,内径与子弹最大端弹径相同。同时在弹托内孔底部钻一小孔,防止子弹与弹托分离时产生负压,影响子弹与弹托的分离。

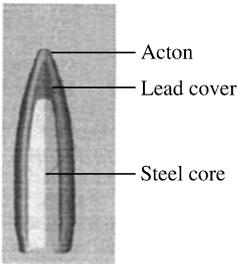


图 2 7.62 mm 步枪弹丸结构图

Fig. 2 7.62 mm rifle bullet



图 3 子弹尾端胶粘胶木圆柱

Fig. 3 Bullet stick with a bakelite cylinder

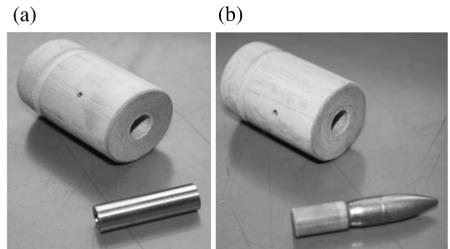


图 4 弹丸与弹托

Fig. 4 Bullets and sabots

2.3 靶架与前后挡板

图 5 为前挡板和安装靶板的靶架前视图和侧视图,前挡板和靶架为分离设计。

前挡板与弹道轨迹垂直,设计为开孔钢靶,用于阻挡与子弹分离后的胶木弹托,而子弹可保持原有弹道姿态,继续穿孔和撞击靶板。最小开孔孔径应大于子弹弹径而小于弹托直径。在本实验中,设计为长方形孔,其尺寸为 20 mm \times 60 mm。

靶架为固定于钢板底座的两圆形钢框,通过必要的筋框设计来保证结构的刚度。靶架是活动的,可根据实验需要安装或搬移。固定靶板的靶框通过两圆形钢框上不同位置的螺栓连接来改变靶板姿态,作正撞击或斜撞击。靶框两侧分别安装有后挡板和靶板,如图 5(b)所示。后挡板厚 20 mm,与靶框通过螺栓无缝连接,板中开孔孔径稍大于子弹弹径,本实验中圆孔孔径 16 mm,其目的是弹丸可以穿过圆孔,而被前阻挡板击碎后的绝缘胶木碎块被后挡板挡掉,避免绝缘胶木碎块对薄靶板发生作用。需强调的是,靶板与靶框也是螺栓连接,但两者有 14 mm 的间隙,便于高速摄影机拍摄子弹着靶前的姿态。

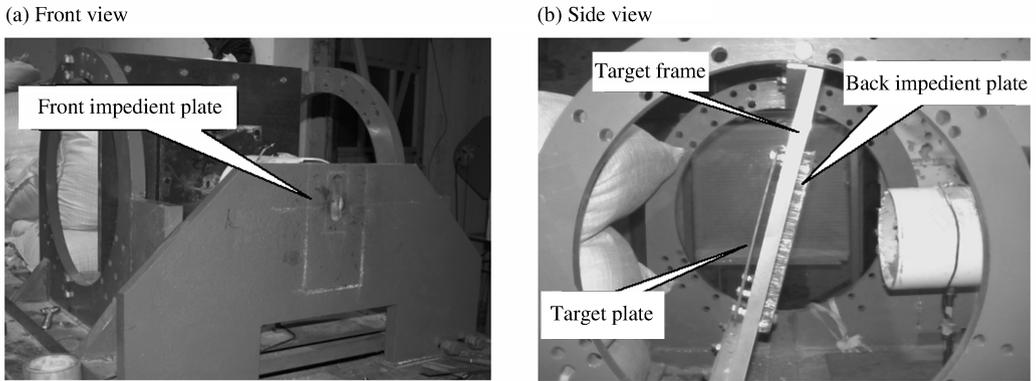


图5 靶架装置

Fig. 5 Target frame

3 几种弹丸发射方式结果与讨论

3.1 空心圆柱弹的发射实验

为了解子弹与弹托的分离情况,以及弹丸发射速度与装药量的关系,设计加工了与7.62 mm 步枪子弹等质量的空心圆柱钢弹(见图4(a))。实验的高速摄影照片如图6所示,其中的靶板已被破坏(有翻边唇迹)。由于子弹和弹托的横截面差异,使二者所受迎面空气阻力大小不同,因此空心圆柱钢弹和弹托在着靶前已完全自然分离。空心圆柱钢弹的质心前移,其飞行姿态良好未发生偏转。高速摄影表明在弹丸撞靶前加一开槽前挡板,用于阻挡弹托的撞击是可能的。



图6 空心圆柱钢弹丸与弹托分离高速摄影照片

Fig. 6 High-speed photographs of a hollow cylindrical bullet separating from the sabot

3.2 7.62 mm 步枪子弹的发射实验

为考察步枪子弹在发射后的飞行姿态,比较了子弹直接插入与子弹头尾倒置插入弹托的2种发射方式,图7为2种方式典型照片。实验结果表明:由于子弹和弹托迎风面的差异,子弹与弹托在飞行中总能自然分离;但前者飞行姿态不稳定,子弹与前阻挡板多次擦碰,导致子弹飞行轨迹严重偏转;而子弹头尾倒置插入弹托,因其质心在前,飞行姿态有所改进。

(a) Forward



(b) Inversion

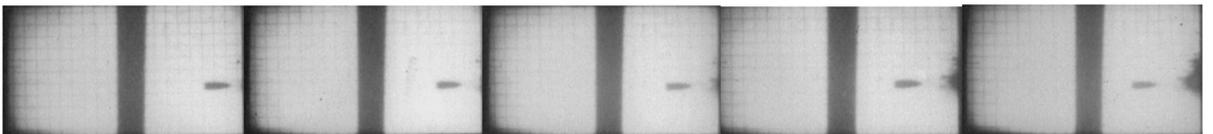


图7 未加胶木7.62 mm 步枪子弹弹丸高速摄影照片

Fig. 7 High-speed photographs of 7.62 mm rifle bullet without bakelite

3.3 尾端胶粘胶木圆柱的 7.62 mm 步枪子弹的发射实验

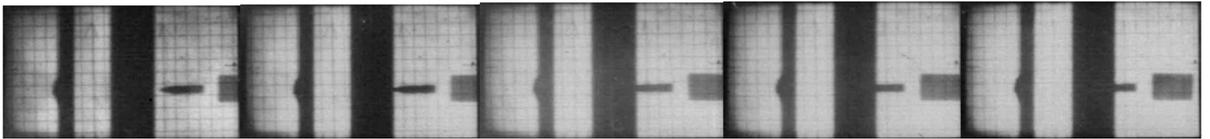
在明确子弹质心位置对其飞行姿态有较大影响后,在子弹后端胶粘一小质量(约 0.8 g,长 15 mm)的同口径绝缘胶木圆柱,使弹丸整体质心靠前,从而改善子弹发射后的气动弹道特性,保证飞行姿态得到显著改善。

图 8(a)为未加前、后阻挡板得到的弹丸着靶前的高速摄影照片,图 8(b)为加挡板后得到的弹丸着靶前的高速摄影照片。从照片可知弹丸与弹托分离,弹丸飞行姿态较好,弹托被前挡板阻挡,击碎后的绝缘胶木碎块又被后阻挡板阻截,从而保证只有弹丸撞击薄靶板。

需指出的是,因为胶木圆柱的质量仅为子弹的 1/10,且在撞击中易碎,对实验结果的影响较小。另外,由于反射拉伸应力的作用,在子弹撞靶时胶木圆柱也有可能和子弹脱胶分离,因此基本可保证是子弹单独撞击靶板。

图 9 为改进后子弹正撞击靶板的前后面冲塞变形图,弹丸着靶速度为 710 m/s。从图可知,弹丸着靶为正撞击,靶板冲孔直径与弹丸直径相当,靶板发生冲塞后的断面为典型的冲塞剪切。通过改进子弹设计和采用前后两次阻挡板,保证了实验时仅子弹撞击靶板,而没有其他因素影响靶板的撞击响应。

(a) Without the front and back impedient plates



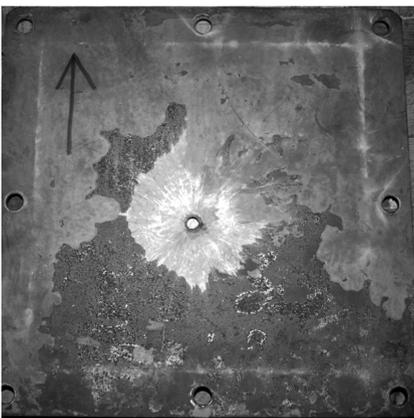
(b) With the front and back impedient plates



图 8 加胶木 7.62 mm 步枪子弹弹丸与弹托分离高速摄影照片

Fig. 8 High-speed photographs of 7.62 mm rifle bullet with bakelite separating from the sabot

(a) Front view



(b) Rear view



图 9 加胶木 7.62 mm 步枪子弹正撞击靶板的正、背面冲塞孔

Fig. 9 Front and rear views of target plate after plugging perforation by 7.62 mm rifle bullet with bakelite

4 结 论

采用弹托技术,使 $\varnothing 25$ mm 弹道滑膛炮可以发射较小弹径的步枪子弹;通过在尾端胶粘小质量胶木圆柱,使子弹整体质心靠前,改善了子弹的飞行气动特性,提高了子弹飞行的稳定性,使弹丸飞行和着

靶姿态良好;利用子弹和弹托的横截面差异,促使子弹与弹托在飞行中自然分离;设置前挡板阻挡弹托的飞行;在着靶前的位置又设置后挡板,用于阻挡击碎后的弹托碎片对薄钢靶板的作用。活动靶架的采用,可方便地进行正斜撞击。

采用上述措施,解决了发射过程中弹丸与弹托的分离以及着靶姿态稳定性等问题,发展了一套相对较大口径的火炮发射较小弹径子弹的次口径实验技术,并应用于强洪夫等^[4]关于 7.62 mm 步枪子弹撞击 30CrMnSiA 钢靶的实验研究,获得了满意的发射效果。此项实验技术可推广至其他小直径的圆柱、球形弹丸的发射;并可进一步发展,在弹托内通过改变子弹发射姿态,实现攻角撞击。与步枪发射技术相比,弹丸无自旋且速度可控可调。

参考文献:

- [1] Awerbuch J, Bodner S R. Analysis of the mechanics of perforation of projectiles in metallic plates[J]. International Journal of Solids and Structure, 1974(10):671-677.
- [2] Edwards M R, Mathewson A. The ballistic properties of tool steel as a potential improved amour plate[J]. International Journal of Impact Engineering, 1997,19(4):297-309.
- [3] 展全伟,郭伟国,李玉龙,等.飞机加强蒙皮在 12.7 mm 弹丸撞击下的变形与破坏[J].爆炸与冲击,2006,26(3):228-235.
ZHAN Quan-wei, GUO Wei-guo, LI Yu-long, et al. Study on damage of a reinforced aircraft skin subjected to 12.7 mm projectile impact[J]. Explosion and Shock Waves, 2006,26(3):228-235.
- [4] 强洪夫,傅学金,杨月诚,等.7.62 mm 步枪弹正冲击 30CrMnSiA 钢板破坏效应试验研究[C]//第一届全国工程结构抗冲击爆炸作用学术会议论文集.厦门,2007:167-172.

Experimental technique of an artillery launching a rifle bullet

ZHANG Fang-ju, CHEN Xiao-wei*, LI Si-zhong, XU Ai-min

(Institute of Structural Mechanics, China Academy of Engineering Physics,
Mianyang 621900, Sichuan, China)

Abstract: An experimental sub-caliber technique of 7.62 mm rifle bullet launched by a $\varnothing 25$ mm artillery is introduced in the present paper. A bakelite sabot is employed to fit the larger diameter of artillery for firing a smaller bullet. In order to ensure a bullet impacts in good appearance, a bakelite cylinder is stick to the rear bottom of the bullet to move its centroid forward. Two impediment plates are mounted before the target plate to separate the sabot and stop the sabot fragments, respectively.

Key words: mechanics of explosion; experimental technique; sub-caliber launch; $\varnothing 25$ mm artillery; 7.62 mm rifle bullet

* Corresponding author: CHEN Xiao-wei
Telephone: 86-816-2485413

E-mail address: chenxiaoweintu@yahoo.com