

doi: 10.7690/bgzdh.2022.12.005

# 狙击步枪透过玻璃射击弹道修正方法

于洪有, 宋宏伟, 隋可心, 杜福顺

(中国人民解放军 63856 部队, 吉林 白城 137001)

**摘要:** 为实现透过玻璃精准狙击, 采用经验法对弹丸穿透玻璃后的弹道偏斜规律进行分析。设计出弹道偏差量获取方法, 通过实验和计算得出偏斜率、偏斜角计算公式, 制定出使用狙击步枪透过玻璃射击弹道修正方法。结果表明, 该方法为巷战和反恐作战一枪毙敌、解救人质提供了科学可行的技术解决方案。

**关键词:** 狙击; 玻璃; 修正

**中图分类号:** TJ012.3 **文献标志码:** A

## Trajectory Correction Method of Sniper Rifle Shooting Through Glass

Yu Hongyou, Song Hongwei, Sui Kexin, Du Fushun

(No. 63856 Unit of PLA, Baicheng 137001, China)

**Abstract:** In order to realize accurate sniping through glass, the trajectory deflection law of projectile penetrating through glass is analyzed by empirical method. Design the acquisition method of ballistic deviation, and obtain the calculation formula of deflection rate and deflection angle through experiment and calculation, and formulate the trajectory correction method of sniper rifle shooting through glass. The results show that this method provides a scientific and feasible technical solution for shooting the enemy and rescuing hostages in street warfare and anti-terrorism operations.

**Keywords:** sniping; glass; correction

### 0 引言

在巷战和反恐作战许多情势下, 需要狙击手必须透过玻璃实施狙杀, 这类任务分为狙击手靠近玻璃、目标靠近玻璃 2 种情况。为获得最佳射击效果, 最好在射击前打破玻璃, 进行“无障碍”射击。对于第 1 种情况, 可能容易做到, 但必须确保行动不被敌发现; 对于第 2 种情况<sup>[1]</sup>, 若要狙杀目标, 则透过玻璃射击不可避免。相关资料给出这样的解决方案<sup>[2]</sup>: 由 2 个射击者同时瞄准目标射击, 2 发弹必然有先后之分, 利用前发弹为后发弹清除玻璃障碍, 后发弹可以不受干扰击中目标。这一方案有 3 点不足: 1) 增加了我方兵力投入; 2) 参战人员多, 易暴露潜伏位置, 对己安全构成威胁; 3) 由于前发弹仍要透过玻璃射向目标, 弹着点必然偏离预期, 不能用于解救人质。为成功做到透过玻璃一枪毙敌, 需要狙击手必须在射击前准确掌握玻璃对弹丸影响的偏斜程度, 并进行弹道修正, 以确保行动万无一失<sup>[3]</sup>。

### 1 偏斜量获取方法

弹丸理想的射入角度为  $90^\circ$ , 这样偏斜将最小。由于射击点和目标位置等作战环境条件已确定, 并

非一定满足理想射击条件, 所以必须研究掌握弹丸偏斜规律, 并通过修正射击加以解决。

#### 1.1 研究对象及方法

玻璃是典型的脆性材料, 弹丸贯穿玻璃会形成脆性穿孔<sup>[4]</sup>, 所谓脆性穿孔是指当靶板材料的拉伸强度明显低于压缩强度时, 冲击应力会造成大量从穿孔处向外延伸的径向裂纹, 如图 1 所示。



图 1 脆性穿孔

脆性穿孔属终点弹道研究范畴, 其形成既由客观物理条件决定, 又受诸多随机因素影响, 与延性扩孔、瓣裂穿孔、冲塞、破碎穿孔相比, 脆性穿孔的力学作用过程最为复杂。分析法、经验法、数值法是终点弹道研究常用方法。

1) 分析法: 对所考察的终点效应进行理论上的分析、抽象和近似, 建立描述这一效应的力学和物

收稿日期: 2022-08-30; 修回日期: 2022-09-24

作者简介: 于洪有(1982—), 男, 吉林人, 工程师, 从事轻武器射表编拟研究。E-mail: 13514363311@163.com。

理方程，使这些方程所预测的信息与实际终点效应一致或近似一致。

2) 经验法：用量纲分析或其他方法，给出某一带有待定常数的关系式，然后通过实验确定这些常数。

3) 数值法：借助于高速计算机直接求解全部连续介质力学方程，得出终点弹道问题的全部过程量的方法。

研究对象并非弹丸对玻璃的作用效应，而是弹丸射穿玻璃后的偏斜规律，所以笔者采用经验法进行相关分析。

### 1.2 偏斜量测试方案设计

偏斜的程度取决于以下因素：1) 弹丸的速度和设计<sup>[5]</sup>；2) 玻璃种类和厚度；3) 与玻璃板相对的弹丸射入角度(碰撞角)。

狙击手在城镇地区执行任务最可能遇到的玻璃种类为浮法玻璃，浮法玻璃是所有其他玻璃的基础，是住宅楼和日常应用时常见的玻璃类型，厚度一般是 4 mm，浮法玻璃破碎时的破块或碎片很大。

执行任务中，狙击手对目标敌射击绝大多数时候是平视和俯视，仰视射击是几乎不可能的，因为这样容易暴露狙击位置，对己和人质安全构成严重威胁。透过玻璃平射，弹道在纵向不会因玻璃产生偏斜；透过玻璃俯射，弹道在纵向会因玻璃产生向下偏斜，但这种偏斜局限在目标敌身形范围内，不影响对目标的杀伤效果；因此，笔者只在弹道横向上分析测试弹丸偏斜规律，以某型狙击步枪和建筑用 4 mm 厚浮法玻璃为研究对象，测试方案设计如表 1 所示。

表 1 偏斜量测试方案

测试用武器	测试用弹药	弹温	测试方法及要求
某型狙击步枪 1 支	某型狙击弹 15 发	15±1℃	1. 玻璃板中心距枪口 1 m，用测角仪器标定碰撞角 2. 目标靶距枪口 50 m，分别以 90°、80°、70°、60°、45°碰撞角射击，每个角度射击 3 发 3. 测量弹着点横向偏移量

偏斜量测试原理如图 2 所示。

下图中：O 为弹道起点；P 为碰撞点；A 为未透过玻璃射击时的弹着点(以瞄准点近似)；B 为透过玻璃射击时的弹着点；AB 为横向偏移量；α 为碰撞角；β 为射入角；θ 为偏斜角；λ 为射出角。

$$\theta = a \tan \frac{AB}{PA} \approx \frac{AB}{PA} \cdot \rho \quad (1)$$

式中 ρ 为弧当量，即 57.3°。

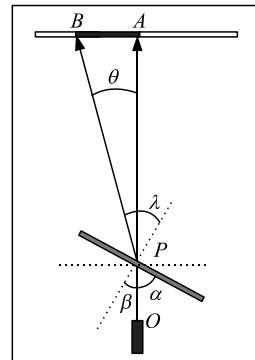


图 2 偏斜量测试原理

### 1.3 偏斜量测试实验

图 3、4 分别是碰撞角为 60°、90°的实验情况。



图 3 碰撞角为 60°的实验情况



图 4 碰撞角为 90°的实验情况

图 5 是距枪口 50 m 处立靶测得的弹着点横向偏移量，射击瞄准位置为右侧黑圈下沿，每张靶纸宽 0.5 m。可以看出：随着碰撞角的减小，偏移量迅速增大，45°碰撞角的弹着点偏移达到了 1.5 m，落在了试验前贴好的 2 张靶纸之外。

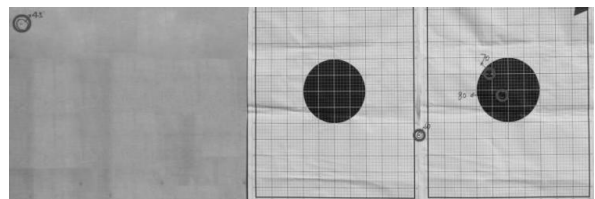


图 5 距枪口 50 m 处立靶测得的弹着点横向偏移量

### 1.4 偏斜量测试结果

实验数据处理结果见表 2 所示。

表 2 偏斜量测试结果

碰撞角/ (°)	50 m 处横向 偏移量/m	偏斜角/ (°)	射出角 ( $\lambda=\beta+\theta$ )/(°)	偏斜率 ( $\lambda/\beta$ )
90	0	0	0	...
80	0.035	0.041	10.041	1.004
70	0.070	0.082	20.082	1.004
60	0.290	0.339	30.339	1.011
45	1.540	1.801	46.801	1.040

偏斜角  $\theta$  随碰撞角  $\alpha$  变化曲线如图 6 所示。

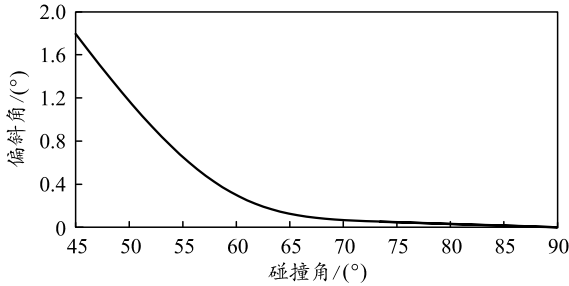


图 6 弹丸穿透玻璃  $\theta-\alpha$  曲线

根据表 2 和图 6 可以得出,当碰撞角  $\alpha$  在  $65^\circ\sim 90^\circ$  (不含  $90^\circ$ ) 范围内时,此时射出角  $\lambda$  与射入角  $\beta$  的比值近似为常数(1.004),笔者称其为偏斜率。

采用三次多项式对表 2 数据进行拟合,得出偏斜角  $\theta$  随碰撞角  $\alpha$  变化函数关系式,即:

$$\theta=22.208-0.842\alpha+0.011\alpha^2. \quad (2)$$

根据获得的关系式,计算各碰撞角对应的偏斜角及距玻璃 2 m 处的弹着点横向偏移量,结果如表 3 所示。

表 3 各碰撞角对应的偏斜角及 2 m 处横向偏移量

碰撞角/(°)	偏斜角/(°)	2 m 处横向偏移量/m
90	0	0
85	0.04	0.001
80	0.05	0.002
75	0.05	0.002
70	0.07	0.003
65	0.16	0.006
60	0.34	0.012
55	0.66	0.023
50	1.13	0.039
45	1.80	0.063

从上表可以看出,碰撞角从  $65^\circ$  减至  $45^\circ$  过程中,偏斜角急剧增大,换算成目标距离玻璃 2 m 处的弹着点偏差量为 1~6 cm。

## 2 透过玻璃射击修正方法

上述测试仅在弹头速度接近  $v_0$  时获得了  $\theta-\alpha$  曲线,在建筑玻璃种类、厚度相对规范下,为获得完整数据,需要在一系列弹头速度下进行偏斜测试,但是并不需要面面俱到。以某型狙击步枪为例,其战术用途为 100 m 内,对有生目标的眉心、太阳穴等特定部位实施精准射击;300 m 内,对有生目标的手部、头部等部位实施精确射击;600 m 内,对

单个有生目标实施准确射击。由此可知,该型狙击步枪的可靠狙杀距离在 300 m 以内。另外,根据该型狙击步枪的射表计算数据,在其有效射程内,射距离每增加 100 m,弹头速度衰减约 10%。

综上所述,完整测试可按照以下任一种方式进行:

- 1) 在玻璃距枪口分别为 100、200、300 m 3 个距离下进行;
- 2) 玻璃在枪口前方 1~3 m 处,以  $(1\sim 10\%)v_0$ 、 $(1\sim 10\%)^2v_0$ 、 $(1\sim 10\%)^3v_0$  3 种初速的减装药弹进行。

这样就可获得 3 条  $\theta-\alpha$  曲线,每条曲线对应一个射距离。理论上弹头速度越大,偏斜量越小。为便于给出修正方法,绘制 3 条  $\theta-\alpha$  曲线,如图 7 所示。

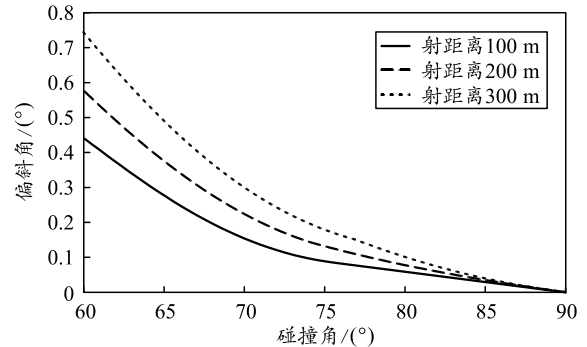


图 7 各射距离对应的  $\theta-\alpha$  曲线

透过玻璃射击目标修正方法如下:

- 1) 测量枪口至目标的距离  $x$ ;
- 2) 估测枪口、目标所在直线与玻璃板之间的夹角即碰撞角  $\alpha$ ;
- 3) 例如  $100\text{ m}<x<200\text{ m}$ ,则根据  $\alpha$  查(或计算)得 100、200 m 对应的偏斜角  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ;
- 4) 采用线性插值求得  $x$ 、 $\alpha$  对应的偏斜角  $\theta=(\theta_2-\theta_1)\cdot x/(200-100)$ ;
- 5) 估测目标至玻璃的距离  $l$ ;
- 6) 计算横向修正量  $\Delta z=\theta/\rho\cdot l(\rho=57.3^\circ)$ ;
- 7) 将  $\Delta z$  换算成瞄准镜“方向”旋钮的转动圈数(咔嚓数);
- 8) 以修正后的瞄准方向射击目标。

## 3 透过玻璃射击时需要考虑的问题或建议

根据实验情况和实验数据分析,使用狙击步枪透过玻璃射击时需要考虑以下问题:

- 1) 碰撞角从  $60^\circ$  减至  $45^\circ$  过程中,偏斜角急剧增大,换算成目标距离玻璃 2 m 处的弹着点偏差量

为 1~6 cm。为确保准确命中目标, 当碰撞角小于 60°时, 需要进行瞄准修正。

2) 当碰撞角在 70°~90°(不含 90°)范围内时, 此时射出角与射入角的比值近似为常数(1.004)。

3) 碰撞角为 90°时, 偏斜角接近于 0°, 与碰撞角小于 90°相比, 此时弹头动能损失最大, 弹头变形、破损最严重, 但玻璃不会整片破碎, 弹头破裂的可能性很大, 破裂程度因玻璃的种类、厚度以及弹丸的构造不同而不同, 与弹头壳分离后弹芯沿着偏斜弹道继续飞行。

4) 弹丸在玻璃上造成的穿孔大于弹丸直径, 入孔比较光滑, 出孔比较粗糙, 出孔大于入孔, 并且在弹孔周围的一定区域内有许多环形和辐射状裂纹。

5) 环形和辐射裂纹的形态与射击距离有关, 也就是和弹丸的着靶动能有关。射击距离较近, 即着靶动能较大时, 辐射裂纹多而密; 射击距离较远, 即着靶动能较小时, 辐射裂纹少而疏。弹丸的结构和材料也影响弹孔的大小和裂纹形态。

6) 弹孔形状与射击方向有关, 射入角垂直或接近垂直时, 弹孔为圆形, 射入角较大时, 弹孔及环形裂纹呈椭圆形。

7) 产生的玻璃碎屑以圆锥形向外射出, 玻璃锥行程与未碎时玻璃表面约呈 90°角(无论射入角多大), 距玻璃 2 m 以外, 受玻璃碎屑伤害可能性不大。夹层玻璃因为有夹层黏接, 造成伤害可能性不大, 但钢化玻璃颗粒较大, 要顾及可能对人质造成伤害。

(上接第 4 页)

3) 专用工艺装备自给能力不足, 对国外依存率过高, 制约武器装备的更新换代;

4) 绿色安全问题依然突出, 影响可持续发展;

5) 数字化智能制造技术应用水平不高。大力发展军工工艺与装备技术, 尽快缩小与发达国家以及国内其他行业的差距, 迅速提升我国武器装备研制生产能力, 已成为一项非常紧迫的任务。

#### 参考文献:

- [1] 李晓红, 高彬彬. 美国大力提升先进制造能力[J]. 国防科技工业, 2014(9): 4.
- [2] 朱文海, 张维刚, 倪阳咏, 等. 从计算机集成制造到“工业 4.0”[J]. 现代制造工程, 2018(1): 140, 151-159.
- [3] 曾立, 黄朝峰, 纪建强, 等. 战略性新兴产业军民融合

8) 鉴于弹头壳、玻璃碎屑可能对人质造成意外伤害, 所以在透过玻璃狙敌救人时必须估测人质与玻璃的距离, 距离较近(2 m 以内)时必须慎重射击。

#### 4 结论

笔者采用经验法对弹丸穿透玻璃后的弹道偏斜规律进行分析, 设计出弹道偏差量获取方法, 通过实验和计算得出偏斜率、偏斜角计算公式, 制定出使用狙击步枪透过玻璃射击弹道修正方法, 为巷战和反恐作战一枪毙敌、解救人质提供了科学可行的技术解决方案。受经费、保障条件等限制, 研究存在不足: 1) 未采用高速摄影设备对弹丸贯穿玻璃全过程进行细致分析; 2) 未采用测速设备测量弹丸贯穿玻璃后的速度衰减情况; 3) 未进行夹层玻璃、钢化玻璃实验。为提高数据完整性, 可在条件具备时加以补充。

#### 参考文献:

- [1] 李轶映, 石仁, 马新和. 一起解救人质隔窗狙击事件的现场勘验[J]. 刑事技术, 2017, 42(1): 74-76.
- [2] 马克·斯潘塞(美). 狙击[M]. 北京: 中国市场出版社, 2011: 83-85.
- [3] KINDER J D, LORY S, LAERE W V, et al. The deviation of bullets passing through window panes[J]. Forensic Science International, 2002, 125(1): 8-11.
- [4] 赵文宣. 终点弹道学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1989: 75-78.
- [5] 康斌会, 张国伟, 巫志伟, 等. 狙击弹穿透玻璃后的偏转特性研究[J]. 兵工自动化, 2022, 41(5): 65-68.
- [6] 式发展研究[J]. 科技进步与对策, 2011(23): 65-68.
- [7] 刘刚, 王双义, 祁晓霞, 等. 兵装集团军工智能制造若干问题研究及应对策略[J]. 兵工自动化, 2017, 36(9): 1-4.
- [8] DAVIS J, EDGAR T, PORTER J, et al. Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance[J]. Computers & Chemical Engineering, 2012, 47(12): 145-156.
- [9] 贾根良. 第三次工业革命与工业智能化[J]. 中国社会科学, 2016(6): 87-106, 206.
- [10] THOBEN K D, WIESNER S, WUEST T. “Industry 4.0”and smart manufacturing-a review of research issues and application examples[J]. International Journal of Automation Technology, 2017, 11(1): 4-19.
- [11] 姚锡凡, 周佳军, 张存吉, 等. 主动制造-大数据驱动的新兴制造范式[J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23(1): 172-185.