

doi: 10.7690/bgzd.2023.11.005

## 轻武器射表实战应用方法解析

于洪有<sup>1</sup>, 宋宏伟<sup>1</sup>, 张宇峰<sup>1</sup>, 郭秀丽<sup>2</sup>

(1. 中国人民解放军 63856 部队, 吉林 白城 137001; 2. 中国人民解放军 32397 部队, 吉林 白城 137001)

**摘要:** 为回答轻武器射表是什么、有什么用和怎么用的问题, 提出一套完整的轻武器射表实战应用方法。针对实战中需要应用射表的典型案例进行解析, 分析弹道偏差产生机理, 并以射表数据为基础, 给出射击诸元解算及修正方法。结果表明, 该方法为提升步兵战斗人员射击技能提供有效易行的解决方案。

**关键词:** 轻武器; 射表; 射击诸元; 解算

**中图分类号:** TJ20 **文献标志码:** A

## Analysis of Application Method of Small Arms Firing Table in Actual Combat

Yu Hongyou<sup>1</sup>, Song Hongwei<sup>1</sup>, Zhang Yufeng<sup>1</sup>, Guo Xiuli<sup>2</sup>

(1. No. 63856 Unit of PLA, Baicheng 137001, China; 2. No. 32397 Unit of PLA, Baicheng 137001, China)

**Abstract:** In order to answer the questions of what is small arms firing table, what is its use and how to use it, a complete set of practical application methods of small arms firing table is put forward. The typical cases of firing table application in actual combat are analyzed, and the mechanism of trajectory deviation is analyzed. Based on the firing table data, the calculation and correction methods of firing data are given. The results show that the method provides an effective and feasible solution for improving the shooting skills of infantry fighters.

**Keywords:** small arms; firing table; firing data; calculation

### 0 引言

轻武器一般采用直瞄或半直瞄的方式射击。弹道是一条空间曲线, 让弹丸命中目标就是在一定射击条件下实现弹道和瞄准线在目标点交汇, 需要通过在纵向、横向赋予武器身管一定角度射击完成。

射表是轻武器进行精准射击所必需的科学文件, 以表格形式描述给出射程(射距离)与瞄准角<sup>[1]</sup>、射向角及其他弹道诸元的对应数据。在武器设计制造时基于射表数据将各常用射程对应的瞄准角、射向角转换刻化为瞄准具表(标)尺分划线<sup>[2]</sup>, 射击前根据目标距离、地形、海拔、气象和弹道等实际条件, 选定机械表尺或瞄准镜的纵向、横向分划, 并严格按照装定的分划瞄准射击, 才能保证命中目标。笔者对影响射击准确度的因素、轻武器射表修正诸元及使用方法和射表在实战运用中典型案例解析等进行论述。

### 1 影响射击准确度的因素

能否精准有效地命中目标, 取决于 5 方面:

1) 武器本身精度的优良度及达标度; 2) 射表的准确度; 3) 瞄准具分划刻制的精度及瞄准基线的保持能力; 4) 射手根据实际射击条件解算弹道射击诸元

的能力; 5) 射手根据射击诸元解算结果瞄准、操枪射击的能力。

这 5 方面能力的形成与发挥存在逻辑先后关系, 但在对射击准确度影响上是一致的, 所以每个方面、每个环节都应足够重视。在实战中, 如何正确地用好轻武器射表这个软装备, 对于精准有效地命中目标至关重要, 因而对射表应用方法的准确理解和熟练掌握是优秀射手应该具备的基本技能。笔者主要从影响因素的第 4 点进行探讨, 针对实战中需要应用射表的典型案例进行解析, 并分析弹道偏差产生机理, 以射表数据为基础, 给出射击诸元解算及修正方法。

### 2 轻武器射表修正诸元及使用方法

轻武器射表中修正诸元分别以气象和弹道条件变化修正量表、高低角对距离修正量表格格式给出。气象和弹道条件变化修正量, 以列表形式给出气温和药温改变 10℃、气压改变 1 500 Pa、初速改变 10 m/s、纵风为 10 m/s 对应的距离修正量和高低修正量, 以及横风速度分别为 2、4、6、8、10 m/s 对应的方向修正量, 供非标准气象和弹道条件下修正射击使用。高低角对距离修正量表以列表形式给出

收稿日期: 2023-07-11; 修回日期: 2023-08-15

第一作者: 于洪有(1982—), 男, 吉林人。

各表定高低角 ( $-30^\circ \sim 40^\circ$ , 按  $5^\circ$  等间隔由小至大给出) 下各表定斜距离所对应的距离修正量, 供非标准地形条件 (目标不在枪口水平面上) 修正射击使用。

基本射表是在标准气象和弹道条件下计算编拟的<sup>[3]</sup>, 因此在气象和弹道条件非标准时应进行修正。当气象和弹道要素改变量与表载值不同时, 则应以实际改变量除以表载改变量, 并乘以表载改变量对应的修正量值。当有风时, 根据测得的风速、风向角和射向角 (射向角和风向角的计算起始基准应一致, 即同为磁北或真北), 按以下步骤进行风速分解。

### 1) 计算风角 $\eta_w$ :

$$\eta_w = \eta - \lambda \quad (1)$$

式中:  $\eta_w$  为风向与射向间夹角 (以射向为 0, 顺时针为正);  $\eta$  为风向角 (以磁北或真北为 0, 顺时针为正);  $\lambda$  为射向角 (以磁北或真北为 0, 顺时针为正)。

### 2) 计算纵风 $w_x$ 、横风 $w_z$ :

$$w_x = -w \cos \eta_w; \quad (2)$$

$$w_z = -w \sin \eta_w \quad (3)$$

式中  $w$  为风速值。

根据风速大小, 按气象和弹道条件变化修正量表中所给修正量予以修正。

当目标不在枪口水平面上需要进行射击修正时, 按高低角改变量和对应斜距离, 从表中查得距离修正量, 将斜距离减去修正量, 即得命中目标需要的瞄准距离, 再根据该瞄准距离查基本射表便可获得瞄准角或射角等射击诸元。

## 3 射表在实战运用中典型案例解析

### 3.1 地形对射击命中的影响与修正

#### 3.1.1 问题分析

讨论地形对射击命中的影响, 就是讨论高低角非 0 时如何进行射击修正的问题<sup>[4]</sup>。高低角即起点和目标之连线与枪口水平面之夹角。对于使用枪械利用直射弹道射击而言, 在坡地上采用与平地上相同的瞄准角 (表尺分划) 对目标瞄准射击, 能否命中? 弹道会如何变化? 具体如图 1 所示。

以枪口中心为原点  $O$ , 分别沿水平射击方向和坡面射击方向建立地面坐标系。为便于分析, 忽略其他空气动力, 只考虑重力对弹丸飞行的影响。由于高低角  $\varepsilon$  的存在, 当不改变瞄准角沿坡面射击时, 重力加速度  $g$  沿  $oy'$  轴方向的分量为  $g'$  ( $g' = g \cdot \cos \varepsilon$ ), 由  $g'$  导致的初速  $v_0$  沿  $oy'$  轴方向的速度衰减 (相比

由  $g$  导致的初速  $v_0$  沿  $oy$  轴方向的速度衰减) 将变慢, 即弹丸沿  $ox'$  轴方向的飞行时间 (相比沿  $ox$  轴方向) 将延长, 又因为瞄准角保持不变, 所以坡面上初速  $v_0$  沿  $ox'$  轴方向的分量与平面上其沿  $ox$  轴方向的分量相等, 以上变化导致坡面上弹丸沿  $ox'$  轴方向的飞行距离将超过平面上其沿  $ox$  轴方向的飞行距离。

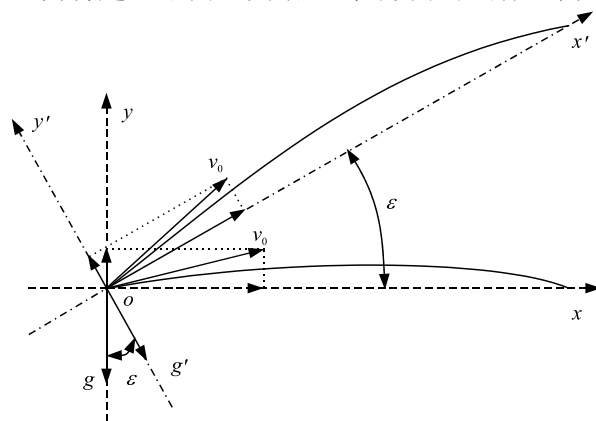


图 1 存在高低角时射距离变化

综上所述, 对于枪械低伸平直弹道而言, 只要存在高低角, 如若不改变瞄准角, 俯射和仰射时射距离均将增加。以上结论是基于理想条件的简单推导, 在使用弹道模型计算中, 结果也验证了这一结论的正确性。

#### 3.1.2 解算案例

案例 1: 在山下, 使用某型狙击步枪向沿坡面 (坡度  $40^\circ$ ) 距离我方 450 m 的敌目标射击, 怎样瞄准才能保证命中目标?

解算过程如下:

已知斜距离 450 m、高低角  $40^\circ$ , 经查“某型狙击步枪高低角对距离修正量表”, 得距离修正量为 86 m, 即: 若以水平射击时的瞄准角瞄准坡面上的目标射击, 射距离将增加 86 m; 因此, 瞄准距离应为  $450 - 86 = 364$  m, 再查基本射表得: 射距离 360 m 对应瞄准角为 1.9 mil, 射距离 370 m 对应瞄准角为 2.02 mil, 射距离 450 m 对应瞄准角为 2.96 mil, 采用线性插值公式, 即:

$$\phi(x) = f(x_0) + (f(x_1) - f(x_0))(x - x_0) / (x_1 - x_0) \quad (4)$$

计算得水平射距离 364 m 对应的瞄准角  $\alpha$  为:

$$\alpha = 1.9 + \frac{2.02 - 1.9}{370 - 360} \times (364 - 360) = 1.948 \text{ mil}.$$

若射击前已经按射距离 450 m 装定瞄准角高低分划, 根据解算结果, 应将瞄准角减小  $2.96 - 1.948 = 1.012$  mil, 根据瞄准镜高低旋钮 1 “咔嚓” 对应的 mil 值, 将 1.012 mil 换算为“咔嚓数”, 按照算得

的“咔嚓数”向瞄准角减小的方向调节旋钮即可。

### 3.2 气温对射击命中的影响与修正

#### 3.2.1 问题分析

气温变化对弹道影响主要表现为 2 方面:

##### 1) 气温对药温(初速)的影响。

弹药放置于空气环境中,由于热交换,经历一定时间后,发射药温度与气温相同,气温变化多少度,药温也随之变化多少度,而药温改变,将直接影响弹丸内弹道性能<sup>[5]</sup>。通常情况下,药温越高,弹丸初速越高。

##### 2) 气温对弹丸飞行的影响。

气温变化将导致空气密度、黏性发生改变,从而使弹丸空气动力特性随之变化,对于非密闭空间内的空气,温度越高,空气密度越小,空气黏度越大。研究和计算中发现,空气密度变化对弹道产生的影响比空气粘度显著。气温越高,空气密度越小,弹丸飞行中所受空气阻力越小,飞行速度衰减越慢,飞行距离也就越长;反之气温越低,飞行速度衰减越快,飞行距离也就越短。

在药温修正系数试验中,对不同药温(-20、0、20、40、50℃)下弹丸初速均进行试验测试,并根据测试结果,通过计算得出药温对速度的修正系数,依据该系数能够准确算得各温度对应的弹丸初速。在计算“气象和弹道条件变化修正量表”时,将以上 2 方面条件变化代入到弹道模型积分初始条件中,设定虚温标准值和弹丸初速值,通过弹道计算准确得出气温变化对应的弹道距离、高低、方向修正量。

#### 3.2.2 解算案例

案例 2: 当日气温为-25℃,使用某型狙击步枪向前方 400 m 处的目标射击,怎样瞄准才能保证命中目标?

解算过程如下:

已知射击 400 m、气温-25℃,经查“某型狙击步枪气象和弹道条件变化修正量表”,得:气温和药温每改变 10℃,射击距离 400 m 对应的距离修正量为 6.45 m、高低修正量为 0.03 m。气温从标准温度 15℃降低至-25℃,气温实际改变量为 40℃,则距离修正量  $\Delta x$ 、高低修正量  $\Delta y$  分别为:

$$\Delta x = (15 + 25) \times 6.45 / 10 = 25.8 \text{ m};$$

$$\Delta y = (15 + 25) \times 0.03 / 10 = 0.12 \text{ m}。$$

若以原射距离 400 m 装定的瞄准角射击,射距

离将减少 25.8 m; 因此,瞄准距离应为 400+25.8=425.8 m,再查基本射表得:射击距离 400 m 对应的瞄准角为 2.36 mil,射击距离 420 m 对应的瞄准角为 2.6 mil,射击距离 430 m 对应的瞄准角为 2.72 mil,采用线性插值公式算得射击距离 425.8 m 对应的瞄准角  $\alpha$  为:

$$\alpha = 2.6 + \frac{2.72 - 2.6}{430 - 420} \times (425.8 - 420) = 2.6696 \text{ mil}。$$

若射击前已经按射距离 400 m 装定瞄准角高低划分,根据解算结果,应将瞄准角增加 2.6696-2.36=0.3096 mil,根据瞄准镜高低旋钮 1 “咔嚓”对应的 mil 值,将 0.3096 mil 换算为“咔嚓数”,按照算得的“咔嚓数”向瞄准角增加的方向调节旋钮即可。

还可通过改变瞄准点的方式实现射击修正,根据射表查得:继续以原射距离 400 m 对应的瞄准角射击,400 m 处弹道高将降低 0.12 m。射击瞄准时,可将 400 m 处敌目标或附近物体等作为尺寸参照物,将瞄准点上移 12 cm,即可保证可靠命中目标。

### 3.3 气压对射击命中的影响与修正

#### 3.3.1 问题分析

与气温影响弹道类似,气压变化对弹道的影响也主要表现为 2 方面:

##### 1) 气压对初速的影响。

射表计算结果与弹道积分初始值密切相关,其中对初速依赖程度最高,然后是气压和气温。由于外界气压改变,必然造成弹丸在枪膛内运动时所受压力差发生改变,枪弹所受膛内压力一般为 300 MPa 左右,各海拔高度标准气压值如表 1 所示<sup>[6]</sup>。

表 1 各海拔高度虚温、气压标准值

海拔高度/km	虚温/℃	气压/mmHg	气压/hPa
0	15.9	750.0	999.9
1	10.0	665.0	886.6
2	3.0	589.0	785.3
3	-3.0	520.0	693.3
4	-9.0	457.0	609.3
5	-16.0	401.0	534.6
6	-22.0	351.0	468.0

根据上表可知:

- ① 海拔每升高 500 m, 气温下降约 3℃。
- ② 海拔 3 000 m 以下, 每升高 100 m, 气压下降约 1 000 Pa。
- ③ 海拔 3 000 m 以上, 每升高 500 m, 气压下降约 4 000 Pa。

从海拔 0 到海拔 5 000 m, 气压降低约 50%, 简单推算, 由此导致枪弹所受的膛内与膛外的压力差增量为原来的万分之一, 从而导致弹丸初速(出枪口瞬间)增加万分之一。仅考虑初速增加万分之一这一弹道初始条件变化, 以某型狙击步枪为例, 通过弹道计算发现: 初速增加万分之一, 射击距离 800 m 对应的弹道距离增量约为 10 cm, 弹道高低增量约为 1 mm。这种量级的改变, 不足以影响射击命中率。即外界大气压的改变, 对枪弹弹丸初速影响十分微弱, 可以忽略不计。

## 2) 气压对弹丸飞行的影响。

气压改变, 空气密度、湿度、黏性等也将随之改变, 这些改变将综合导致弹丸外弹道空气动力特性发生改变。气压降低, 弹丸所受空气阻力减小, 弹丸飞行速度衰减变慢, 弹丸飞行距离将变长; 反之气压升高, 弹丸所受空气阻力增加, 弹丸飞行速度衰减变快, 弹丸飞行距离将变短。

在计算“气象和弹道条件变化修正量表”时, 将气压条件变化代入到弹道模型积分初始条件中, 设定气压标准值和改变量, 通过弹道计算准确得出气压变化对应的弹道距离、高低、方向修正量。

### 3.3.2 解算案例

案例 3: 在海拔 400 m 的山地上, 使用某型狙击步枪向目标射击, 怎样瞄准才能保证命中敌目标?

解算过程如下:

因为海拔 3 000 m 以下, 每升高 100 m, 气压下降约 1 000 Pa, 所以海拔 400 m 相比海拔 0, 气压下降量为 4 000 Pa, 已知射距离 600 m, 经查“某型狙击步枪气象和弹道条件变化修正量表”, 得: 气压每改变 4 000 Pa, 射距离 600 m 对应的距离修正量为 6.89 m、高低修正量为 0.07 m。若以原射距离 600 m 装定的瞄准角射击, 射距离将增加 6.89 m, 弹道高将增加 0.07 m。因此瞄准距离应为  $600+6.89=593.11$  m, 再查基本射表得: 射距离 500 m 对应瞄准角为 3.6 mil, 射距离 600 m 对应瞄准角为 5.01 mil, 采用线性插值公式算得射距离 593.11 m 对应的瞄准角  $\alpha$  为:

$$\alpha = 3.6 + \frac{5.01 - 3.6}{600 - 500} \times (593.11 - 500) = 4.91 \text{ mil}。$$

若射击前已经按射距离 600 m 装定瞄准角高低分划, 根据解算结果, 应将瞄准角减小  $5.01-4.91=0.1$  mil, 根据瞄准镜高低旋钮 1 “咔嚓”对应的 mil

值, 将 0.1mil 换算为“咔嚓数”, 按照算得的“咔嚓数”向瞄准角减小的方向调节旋钮即可。

还可以通过改变瞄准点的方式实现射击修正, 根据射表查得: 继续以原射距离 600 m 对应的瞄准角射击, 600 m 处弹道高将增加 0.07 m。射击瞄准时, 可将 600 m 处敌目标或附近物体等作为尺寸参照物, 将瞄准点下移 7 cm, 即可消除海拔升高 400 m(气压降低 4 000 Pa)对弹道的影响, 保证可靠命中目标。

## 3.4 风对射击命中的影响

### 3.4.1 问题分析

弹丸在空气中飞行, 与空气之间必然存在相对运动及相互作用, 相互之间产生作用力与反作用力, 空气作用在弹丸上的各力和力矩包括: 阻力、升力、马格努斯力、极(滚转)阻尼力矩、马格努斯力矩、翻转力矩、赤道(俯仰)阻尼力矩。弹丸所受空气阻力主要由摩擦阻力、涡流阻力及超音速时所特有的波动阻力所组成。与流体力学中对绕流物体阻力分析方法一样, 弹丸空气阻力表达式可以用量纲分析方法得到<sup>[7]</sup>, 即:

$$R = \rho v^2 S_M C_x / 2。 \quad (5)$$

式中:  $R$  为弹丸所受空气阻力;  $\rho$  为空气密度,  $\rho = p/R_1\tau$ ,  $R_1$  为气体常数,  $p$  为气压,  $\tau$  为虚温;  $v$  为弹丸相对于空气的运动速度;  $S_M$  为弹丸迎风面积(弹丸最大横截面积),  $S_M = \pi d^2/4$ ,  $d$  为弹丸直径;  $C_x$  为空气阻力系数。

由式(5)可知, 空气阻力大小取决于: 1) 弹丸形状、尺寸及其表面状况; 2) 空气密度、粘性和可压缩性; 3) 弹丸相对于空气的运动速度。

当存在风时, 将风分解为沿地面坐标系  $x$  轴方向的纵风  $w_x$  和沿  $z$  轴方向的横风  $w_z$ , 则有:

$$\left. \begin{aligned} R_x &= \rho v_r S_M C_x (v_x - w_x) / 2 \\ R_z &= \rho v_r S_M C_x (v_z - w_z) / 2 \\ v_r &= \sqrt{(v_x - w_x)^2 + v_y^2 + (v_z - w_z)^2} \end{aligned} \right\}。 \quad (6)$$

式中:  $R_x$ 、 $R_z$  分别为弹丸所受空气阻力沿地面坐标系  $x$  轴、 $z$  轴的分量;  $v_r$  为弹丸相对于空气的运动速度;  $v_x$ 、 $v_y$ 、 $v_z$  分别为弹丸相对于空气的运动速度沿地面坐标系  $x$  轴、 $y$  轴、 $z$  轴的分量。

当  $w_x$  与  $v_x$  同向时, 即纵风为顺风时, 弹丸所受空气阻力将减小, 弹丸速度沿  $x$  轴方向衰减变慢, 沿  $x$  轴方向的飞行距离将增加。

当  $w_z$  与  $v_z$  同向时, 即横风为左横风时, 弹丸所

受空气阻力将减小，弹丸速度 z 轴方向衰减变慢，沿 z 轴方向的飞行距离将增加；反之则飞行距离减少。

### 3.4.2 解算案例

案例 4：当日存在风速为 10 m/s 的左横风，使用某型狙击步枪向前方 100 m 处的目标射击，怎样瞄准才能保证命中目标？

解算过程如下：

已知射距离 100 m、横风风速 10 m/s，经查“某型狙击步枪气象和弹道条件变化修正量表”，得：横风速度为 10 m/s，射距离 100 m 对应的方向修正量为 0.58 mil。若以原射距离 100 m 装定的瞄准角射击，由于是左横风，平均弹着点(弹道)将向右偏移，偏移角度为 0.58 mil。

若射击前已经按射距离 100 m 装定瞄准角方向分划，根据解算结果，应将瞄准角分划向右调整，根据瞄准镜方向旋钮 1“咔嚓”对应的 mil 值，将 0.58 mil 换算为“咔嚓数”，按照算得的“咔嚓数”，向瞄准线右移的方向调节瞄准镜“方向”旋钮即可。

还可以通过改变瞄准点的方式实现射击修正，根据圆心角公式，计算得瞄准点位移量为：

$$0.58 \times 2\pi / 6000 \times 100 \approx 6 \text{ cm}。$$

射击瞄准时，可将 100 m 处目标或附近物体等作为尺寸参照物，将瞄准点左移 6 cm，即可消除风速为 10 m/s 的左横风对弹道的影响，保证可靠命中目标。

## 4 结束语

为充分发挥轻武器射击能效，加强射表在实战实训中运用，笔者阐释了轻武器射表修正诸元及其用途和使用方法，结合实战运用中遇到的典型问题，

\*\*\*\*\*  
(上接第 14 页)

[5] 罗露, 戴劲松, 樊永锋, 等. 节片式柔性导引设计与仿真[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(1): 102-105.

[6] 王茂森, 廖瑞珍, 戴劲松. 某供输弹系统螺旋导引设计与仿真[J]. 兵工自动化, 2016, 35(4): 9-12.

[7] 郑建兴. 全可燃药筒高射速火炮供输弹系统虚拟样机

以案例解析形式分析了环境条件改变对弹道的影响机理，基于装备技术现状、射表数据和作战实际条件，给出了射击诸元解算及修正方法。

本文中的解算案例都是以单因素弹道条件变化给出的。实战中，可能遇到更为复杂的情况，需要全面综合考虑地形、气温、气压、风、跳角等条件改变对射击命中的影响。根据这些条件变化程度的显著性，识别出需要重点考虑的条件因素，然后逐一解算出每类条件因素改变对应的射击诸元修正量，在距离、高低、方向上分别进行叠加计算，得出射击需要装定的瞄准角和射向角，并将其换算为瞄准具纵向、横向“分划数”或高低旋钮、方向旋钮调整“咔嚓数”，还可通过改变瞄准点位置实现相应的修正，但这种修正方式需要通过瞄准具在目标处找到准确的位移尺寸参照物，实际操作中不易实现，需要射手在训练和战场环境中积累这方面经验。

### 参考文献：

[1] 都业宏, 孙琬后, 张军, 等. 枪械瞄准角变化量三维坐标测试方法与仿真[J]. 兵工自动化, 2016, 35(6): 52-56.

[2] 李伟如. 射击与命中的科学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1994: 13-18.

[3] 方晓帆, 李瑾, 吴婷飞, 等. 非标准条件弹道诸元解算精度检验方法[J]. 兵工自动化, 2021, 40(4): 45-47.

[4] 雷超, 张武新, 沈明川, 等. 简易火控射击修正方式的对比[J]. 兵工自动化, 2016, 35(12): 8-9.

[5] 《步兵武器射击学理》编译组. 步兵武器射击学理[M]. 北京: 兵器工业部第二零八研究所, 1983: 23-27.

[6] 闫章更. 射表编拟技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002: 10.

[7] 宋丕极. 枪炮和火箭外弹道学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1993: 88.

\*\*\*\*\*

研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2011.

[8] 王扬. 无中心节片式柔性导引结构设计及运动特性分析[D]. 南京: 南京理工大学, 2018.

[9] 原平, 戴劲松, 王茂森. 转管炮机心结构参数化分析[J]. 兵器装备工程学报, 2020, 41(4): 6-9.

[10] 马文鑫, 周栋, 石树平, 等. 某高射速航炮供弹系统数值仿真分析[J]. 兵工自动化, 2022, 41(4): 1-4.