

doi: 10.7690/bgzdh.2013.06.001

平均子弹群中心法在子母弹射击效率计算上的应用

王兆胜

(南京炮兵学院自行火炮教研室, 南京 211132)

摘要: 针对子母弹射击时存在多组误差的问题, 采用“平均子弹群中心法”将营、连和单炮子母弹射击时的多组误差转化为“二组误差型”, 讨论了该方法的适用范围, 给出了各类误差相关系数及其与“二组误差型”下相关系数的关系。给出了用“平均子弹群中心法”计算子母弹射击效率的算例。该方法简单易行, 能有效地计算出子母弹对目标射击的毁伤概率。

关键词: 平均子弹群中心法; 子母弹射击效率; 均匀分布

中图分类号: TJ015 **文献标志码:** A

Application of Average Bullet Group Center Method on Fire Efficiency Calculation of Sub-Munitions

Wang Zhaosheng

(Staff Room of Self-Propelled Gun, Nanjing Artillery Academy, Nanjing 211132, China)

Abstract: Aiming at multi-group errors on sub-munitions firing, adopt “average bullet group center method” to transform multi-group error of battalion, squadron and single artillery into “two-group error type”, discusses the application scope of method, put forwards corresponding coefficient of errors and the relation with coefficient of “two-group error type”. Put forwards calculation example of using “average bullet group center method” to calculate sub-munitions firing efficiency. The method is easy to use, and is effective to calculate damage probability of sub-munitions.

Key words: average bullet group center method; fire efficiency of sub-munitions; average distribution

0 引言

子母弹靠其携带的子弹作用达到毁伤目标的目的, 炮射子母弹的子弹质量较小数量较大, 可认为子弹在分布椭圆(或圆)区域内呈均匀分布^[1-5]。在子母弹射击效率分析中, 火炮射击误差包括诸元误差, 射弹的子弹群中心散布误差(母弹散布误差)和弹中各枚子弹相对于该子弹群中心的散布误差, 误差属于“三组误差型”; 炮兵连射击时的射击误差包括连共同误差、炮单独误差、射弹子弹群中心散布误差(母弹散布误差)和弹中各枚子弹相对于该子弹群中心的散布误差, 误差为“四组误差型”; 营射击时的射击误差包括营共同误差、连单独误差、炮单独误差、射弹子弹群中心散布误差(母弹散布误差)和弹中各枚子弹相对于该子弹群中心的散布误差, 误差为“五组误差型”。子母弹射击效率比较便捷的计算方法是子母弹射击的多组误差转化为“两组误差型”, 文献[1-2]给出了将子母弹射击误差由“多组误差型”转化为“二组误差型”的多种方法; 其中, 平均子弹群中心法(文献[1]称其为平均散布中心法, 因其位置与发射的弹数有关、为区别于火炮平均散布中心法, 在此称平均子弹群中心法)将子母弹

射击误差的“多组误差型”转化为“二组误差型”的方法简便易行。笔者将进一步对该方法内涵进行探讨, 并分析其在子母弹射击效率计算中的应用。

1 平均子弹群中心法

子母弹发射后, 一发子母弹中的各枚子弹围绕该弹的子弹群中心分布, 因此一次射击可将每发弹子弹群中心的平均位置对目标中心(或瞄准位置)的误差作为一组误差, 称为子母弹射击的诸元误差, 认为它是子母弹射击中所有子弹都重复的误差, 用中间误差 E_d^* 和 E_f^* 来表征。同时把一次射击中所有子弹对该平均位置的偏差量称为子母弹射击散布误差, 用中间误差 B_d^* 和 B_f^* 来表征。

设炮兵营由 m 个连组成、每连有 n 门炮, 每炮发射 η 发子母弹, 设营共同误差的距离和方向中间误差分别为 E_{xyg} 、 E_{zyg} , 连单独误差的距离和方向中间误差分别为 E_{xld} 、 E_{zld} , 炮单独误差的距离和方向中间误差分别为 E_{xpd} 、 E_{zpd} , 射弹子弹群中心散布误差(或称母弹散布误差)的距离和方向中间误差分别为 B_d 、 B_f 。设化为二组误差型后营诸元误差的距离和方向中间误差用 E_{dy}^{*2} 、 E_{fy}^{*2} 表示, 采用平均子弹群

收稿日期: 2012-12-05; 修回日期: 2013-03-11

作者简介: 王兆胜(1962—), 男, 江苏人, 博士, 教授, 从事自行火炮教学与科学研究。

中心法, 得 E_{dy}^{*2} 、 E_{fy}^{*2} 表达式^[1]为

$$\begin{cases} E_{dy}^{*2} = E_{xyg}^2 + \frac{1}{m} E_{xl}^2 + \frac{1}{mn} E_{xp}^2 + \frac{1}{mn\eta} B_d^2 \\ E_{fy}^{*2} = E_{zyg}^2 + \frac{1}{m} E_{zl}^2 + \frac{1}{mn} E_{zp}^2 + \frac{1}{mn\eta} B_f^2 \end{cases} \quad (1)$$

假化为二组误差型后营散布误差的距离和方向中间误差用 B_{dy}^{*2} 、 B_{fy}^{*2} 表示^[1], 则

$$\begin{cases} B_{dy}^{*2} = (1 - \frac{1}{m})E_{xl}^2 + (1 - \frac{1}{mn})E_{xp}^2 + (1 - \frac{1}{mn\eta})B_d^2 + 0.152l_a^2 \\ B_{fy}^{*2} = (1 - \frac{1}{m})E_{zl}^2 + (1 - \frac{1}{mn})E_{zp}^2 + (1 - \frac{1}{mn\eta})B_f^2 + 0.152l_b^2 \end{cases} \quad (2)$$

求出了 E_{dy}^* 、 E_{fy}^* 和 B_{dy}^* 、 B_{fy}^* , 就将营子母弹射击的多组误差型化为“二组误差型”。

当 $m=1$ 时, 营射击转化为连射击, 因而可得到连子母弹射击时的连诸元误差与连散布误差分别为

$$\begin{cases} E_{dl}^{*2} = E_{xlg}^2 + \frac{1}{n} E_{xp}^2 + \frac{1}{n\eta} B_d^2 \\ E_{fl}^{*2} = E_{zlg}^2 + \frac{1}{n} E_{zp}^2 + \frac{1}{n\eta} B_f^2 \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} B_{dl}^{*2} = (1 - \frac{1}{n})E_{xp}^2 + (1 - \frac{1}{n\eta})B_d^2 + 0.152l_a^2 \\ B_{fl}^{*2} = (1 - \frac{1}{n})E_{zp}^2 + (1 - \frac{1}{n\eta})B_f^2 + 0.152l_b^2 \end{cases} \quad (4)$$

当 $m=1$ 且 $n=1$ 时, 变为一门炮发射子母弹的情况, 此时

$$\begin{cases} E_d^{*2} = E_{xp}^2 + \frac{1}{\eta} B_d^2 \\ E_f^{*2} = E_{zp}^2 + \frac{1}{\eta} B_f^2 \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} B_d^{*2} = (1 - \frac{1}{\eta})B_d^2 + 0.152l_a^2 \\ B_f^{*2} = (1 - \frac{1}{\eta})B_f^2 + 0.152l_b^2 \end{cases} \quad (6)$$

需要说明的是, 以上分析是将正态分布与均匀分布的合成近似看成正态分布的结果, 应满足一定的条件。对营射击来说, 其条件为

$$\begin{cases} l_a < 5\sqrt{(E_{xyg}^2 + E_{xl}^2 + E_{xp}^2 + B_d^2)} \\ l_b < 5\sqrt{(E_{zyg}^2 + E_{zl}^2 + E_{zp}^2 + B_f^2)} \end{cases} \quad (7)$$

式 (7) 就是以上方法的适用范围。通常情况下式 (7) 给出的条件是能够满足的。

2 平均子弹群中心法相关系数分析

2.1 子母弹射击的各类相关系数

营子母弹射击时子弹发射误差的相关系数包括营相关系数, 连相关系数, 炮相关系数和母弹相关系数。当 2 枚子弹来自营内不同连不同炮不同母弹时, 它们的距离(方向)发射误差的相关系数称为子弹的营距离(方向)相关系数; 当 2 枚子弹来自同连

不同炮不同母弹时, 它们发射误差的距离(方向)相关系数称为子弹的连距离(方向)相关系数; 当 2 枚子弹来自同一门炮不同母弹时, 它们发射误差的距离(方向)相关系数称为子弹的炮距离(方向)相关系数; 所谓母弹相关系数是指, 当 2 枚子弹来自同一母弹时, 它们发射误差的距离(方向)相关系数称为子弹的母弹距离(方向)相关系数。营子母弹射击的各类相关系数如下:

母弹相关系数为

$$\begin{cases} r_{xxd} = \frac{E_{xyg}^2 + E_{xl}^2 + E_{xp}^2 + B_d^2}{E_{xf}^2} \\ r_{zxd} = \frac{E_{zyg}^2 + E_{zl}^2 + E_{zp}^2 + B_f^2}{E_{zf}^2} \end{cases} \quad (8)$$

其中: r_{xxd} 为母弹相关系数的距离相关系数; r_{zxd} 为母弹相关系数的方向相关系数。

炮相关系数为

$$\begin{cases} r_{xyp} = \frac{E_{xyg}^2 + E_{xl}^2 + E_{xp}^2}{E_{xf}^2} \\ r_{zyp} = \frac{E_{zyg}^2 + E_{zl}^2 + E_{zp}^2}{E_{zf}^2} \end{cases} \quad (9)$$

其中: r_{xyp} 为炮相关系数的距离相关系数; r_{zyp} 为炮相关系数的方向相关系数。

连相关系数为

$$\begin{cases} r_{xxl} = \frac{E_{xyg}^2 + E_{xl}^2}{E_{xf}^2} \\ r_{zxl} = \frac{E_{zyg}^2 + E_{zl}^2}{E_{zf}^2} \end{cases} \quad (10)$$

其中: r_{xxl} 为连相关系数的距离相关系数; r_{zxl} 为连相关系数的方向相关系数。

营相关系数为

$$\begin{cases} r_{xxy} = \frac{E_{xyg}^2}{E_{xf}^2} \\ r_{zzy} = \frac{E_{zyg}^2}{E_{zf}^2} \end{cases} \quad (11)$$

其中: r_{xxy} 为营相关系数的距离相关系数; r_{zzy} 为营相关系数的方向相关系数。

用平均子弹群中心法将营子母弹射击的多组误差化为“二组误差型”后任意 2 枚子弹发射误差的距离相关系数 r_{xxy}^* 和方向相关系数 r_{zzy}^* 分别为

$$\begin{cases} r_{xxy}^* = \frac{E_{dy}^{*2}}{E_{df}^2} = \frac{E_{xyg}^2 + \frac{1}{m} E_{xl}^2 + \frac{1}{mn} E_{xp}^2 + \frac{B_d^2}{mn\eta}}{E_{df}^2} \\ r_{zzy}^* = \frac{E_{fy}^{*2}}{E_{ff}^2} = \frac{E_{zyg}^2 + \frac{1}{m} E_{zl}^2 + \frac{1}{mn} E_{zp}^2 + \frac{B_f^2}{mn\eta}}{E_{ff}^2} \end{cases} \quad (12)$$

2.2 各类相关系数的关系分析

上面给出了营子母弹射击时任意2枚子弹发射误差的各类距离和方向误差的相关系数,同时给出了用平均子弹群中心法化为“二组误差型”后子弹发射误差的距离和方向相关系数,下面分析化为“二组误差型”后子弹的距离和方向误差相关系数与营射击时子弹各类误差相关系数的关系。

根据式(8)~式(11),式(12)可进一步化为

$$\begin{cases} r_{xy}^* = (1-\frac{1}{m})r_{xy} + \frac{1}{m}(1-\frac{1}{n})r_{xl} + \frac{1}{mn}(1-\frac{1}{\eta})r_{xp} + \frac{1}{mn\eta}r_{xl} \\ r_{zy}^* = (1-\frac{1}{m})r_{zy} + \frac{1}{m}(1-\frac{1}{n})r_{zl} + \frac{1}{mn}(1-\frac{1}{\eta})r_{zp} + \frac{1}{mn\eta}r_{zl} \end{cases} \quad (13)$$

从式(13)可以看出将子母弹射击化为“二组误差型”后的相关系数为营射击时各类相关系数的一种加权平均,下面分析各类“权”的意义。

当营内各炮发射弹数相同时,任意一枚子弹来自各发子母弹的概率相等。任意2枚子弹来自同一发弹的概率为 $\frac{mn\eta}{(mn\eta)^2} = \frac{1}{mn\eta}$;来自同一连同一门火炮

不同弹的概率为 $\frac{mn\eta(\eta-1)}{(mn\eta)^2} = \frac{1}{mn} (1-\frac{1}{\eta})$;来自同一连不

同火炮发射的弹的概率为 $\frac{mn\eta(n-1)\eta}{(mn\eta)^2} = \frac{1}{m} (1-\frac{1}{n})$,来自不

同连发射的弹的概率为 $\frac{mn\eta(m-1)n\eta}{(mn\eta)^2} = (1-\frac{1}{m})$,以距离

相关系数为例,全营各类距离相关系数的数学期望为

$$(1-\frac{1}{m})r_{xy} + \frac{1}{m}(1-\frac{1}{n})r_{xl} + \frac{1}{mn}(1-\frac{1}{\eta})r_{xp} + \frac{1}{mn\eta}r_{xl}, \text{而这}$$

就是 r_{xy}^* 。所以平均子弹群中心法实质上是平均相关系数法中的一种,即其相关系数取射击中子弹各类相关系数的数学期望。

由化为二组误差型后的相关系数可得

$$E_{dy}^* = \sqrt{r_{xy}^*} E_{xf}, \quad E_{fy}^* = \sqrt{r_{zy}^*} E_{zf} \quad (14)$$

3 应用与精度分析

将子母弹射击的多组误差型化为两组误差型后,子母弹对目标毁伤概率的计算可采用多发弹对目标毁伤全概率的计算公式进行计算^[2]。需要说明的是平均子弹群中心法在计算子母弹射击效率时以子弹对目标毁伤作用进行分析的,因此在射击效率计算中如果一次射击发射 N 发弹,每发弹携 η 枚子弹,在射击效率计算中总的弹数是 $N\eta$ 而不是 N 。

下面举例说明平均子弹群中心法在子母弹射击

效率计算中的应用。

全营用子母弹对装甲目标行营一发齐射,装甲目标毁伤幅员的纵深为5m,毁伤幅员的正面为2m,共发射18发子母弹,每发弹携64枚子弹,已知决定诸元时各类误差为 $E_{xyg}=25\text{ m}$ 、 $E_{zyg}=20\text{ m}$ 、 $E_{xl}=20\text{ m}$ 、 $E_{zl}=15\text{ m}$ 、 $E_{xp}=20\text{ m}$ 、 $E_{zp}=10\text{ m}$,子弹群中心的散布误差 $B_d=45\text{ m}$ 、 $B_f=20\text{ m}$,一发母弹子弹在等效矩形内均匀分布,等效矩形的纵深80m,正面50m。设毁伤目标平均需要2发命中子弹,计算对装甲目标的射击效率。

根据式(1)、(2),化为“二组误差型”后的子弹诸元误差的计算结果为 $E_d^*=29.9\text{ m}$ 、 $E_f^*=22.4\text{ m}$;子弹的散布误差的计算结果为 $B_d^*=59.4\text{ m}$ 、 $B_f^*=31.7\text{ m}$ 。因每发弹携64枚子弹,在代入公式进行计算时总的弹数为 $18 \times 64 = 1152$ 。

由此计算的子母弹对装甲目标射击的毁伤概率为14.825%。

为对比该方法的精度,经100000次的计算机仿真,得到的结果为14.677%,从两者结果的对比看,平均子弹群中心法计算结果略偏大。

4 结论

平均子弹群散布中心法是榴弹平均弹着点法在子母弹应用上的推广,它是取一次射击中所有射弹的平均子弹群散布中心对瞄准点(目标中心)的误差作为诸元误差,因而诸元误差是与发射的弹数有关,这一点与火炮平均散布中心法有区别。其实质是取简化前各类相关系数的数学期望作为简化后“二组误差型”的相关系数。在射击效率计算中如果一次射击发射 N 发弹,每发弹携 η 枚子弹,射击效率计算中总的弹数是 $N\eta$ 而不是 N 。该方法思路成熟,计算简单,通过与仿真计算的数值对比,能满足一般精度要求的子母弹射击效率分析。

参考文献:

- [1] 刘怡昕,王兆胜,钟宜兴. 子母弹射击学与弹道学[M]. 北京:海潮出版社,2011:48-54.
- [2] 刘怡昕. 炮兵射击学[M]. 北京:海军出版社,2000:422-425.
- [3] 胡江,戴耀,黄景德. 舰载火箭子母弹平均弹药消耗量计算模型[J]. 兵工自动化,2012,31(3):13-14.
- [4] 黄义,汪德虎,黄景德,等. 舰载火箭子母弹平均弹药消耗量计算模型[J]. 兵工自动化,2012,31(9):4-5.
- [5] 王兆胜. 炮射子母弹对集群目标平均首发毁伤概率研究[J]. 兵工自动化,2012,31(12):42-44.