

李质明 主编



炮兵射击理论



国防科技大学出版社

内容简介

炮兵射击理论包括诸元理论、试射理论和效力射理论。其中诸元理论分析了用不同方法决定射击开始诸元的误差;试射理论分析了用不同方法结束试射时的诸元精度;效力射理论介绍了在不同条件下射击时评定射击效率的方法。炮兵射击理论是炮兵射击的本质和内在规律的正确反映,是制定炮兵射击法则和发展炮兵射击方法的科学依据,是炮兵指挥员灵活运用射击方法完成作战任务的理论指南。

图书在版编目(CIP)数据

炮兵射击理论/李质明主编. —长沙:国防科技大学出版社,2003.6
ISBN 7-81024-958-4

I. 炮… II. 李… III. 炮兵射击—高等学校—教材 IV. E924

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 038762 号

国防科技大学出版社出版发行
电话:(0731)4572640 邮政编码:410073
E-mail: gfkdcbs@public.cs.hn.cn
责任编辑:唐卫葳 责任校对:文慧
新华书店总店北京发行所经销
国防科技大学印刷厂印装

开本:787×960 1/16 印张:16.25 字数:319千
2003年6月第1版第1次印刷 印数:1-2000册

*

定价:22.00元

前 言

本书是根据炮兵指挥专业大学本科“炮兵射击理论”课的教学大纲要求编写的。编写中遵循思想性、先进性、科学性和规范性的原则,在继承传统炮兵射击理论的基础上,注意吸收了我军多年来的学术理论研究成果,如优补法的误差分析、新弹种射击效率评定的特点等即为此次编写中新增加的内容。

本书由李质明教授负责总体设计和策划,由教材编写组分工完成编写任务,其中第一章由周文辉、李强主笔完成,第二章由文玉树、张志明主笔完成,第三章由肖全初、王映东主笔完成。初稿完成后,由李质明教授统一修改定稿。

本书在编写过程中,参阅了军内外有关方面的著作、教材和论文,并得到了同行专家的指导和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处一定存在,恳请有关专家和读者批评指正。

编 者

2002年9月

目 录

第一章 诸元理论

| | |
|---------------------|--------|
| 第一节 概述 | (1) |
| 一、诸元理论的研究对象和任务 | (1) |
| 二、诸元误差和射击准确度 | (1) |
| 三、诸元误差的分析方法 | (3) |
| 第二节 精密法(简易法)的误差分析 | (4) |
| 一、误差的一般表达式 | (4) |
| 二、对各类误差根源的分析 | (7) |
| 三、单炮诸元中间误差及误差比重 | (40) |
| 四、各类误差对诸元精度的影响 | (47) |
| 五、提高诸元精度的措施 | (47) |
| 第三节 成果法的误差分析 | (48) |
| 一、诸元误差的一般讨论 | (48) |
| 二、各误差源引起的诸元误差及其中间误差 | (49) |
| 三、诸元误差的比重及精度分析 | (65) |
| 第四节 优补法的误差分析 | (68) |
| 一、优补法的形成过程及原理 | (68) |
| 二、实用优化系数的确定 | (71) |
| 三、优补法的精度分析 | (72) |

第二章 试射理论

| | |
|------------------|--------|
| 第一节 试射的时间指标和精度指标 | (76) |
| 一、概述 | (76) |
| 二、对目标试射的时间和精度指标 | (80) |
| 三、对试射点试射的时间和精度指标 | (81) |
| 第二节 偏差法试射理论 | (82) |

| | |
|-------------------------|--------|
| 一、试射误差的表达式 | (82) |
| 二、计算机(器)修正时试射误差分析 | (83) |
| 三、单观算法修正时试射误差分析 | (87) |
| 四、图解法修正时试射误差分析 | (94) |
| 第三节 交叉法试射理论 | (99) |
| 一、观炮夹角为零时的距离误差分析 | (100) |
| 二、观炮夹角不为零时的距离误差分析 | (113) |
| 三、实用交叉阔度的确定 | (115) |

第三章 效力射理论

| | |
|------------------------------|-------|
| 第一节 概述 | (117) |
| 一、射击效率指标的概念 | (117) |
| 二、射击效率指标的分类 | (117) |
| 三、评定射击效率的方法 | (120) |
| 四、评定射击效率的步骤 | (120) |
| 五、射击效率指标的选取 | (121) |
| 六、评定射击效率方法的选取 | (122) |
| 七、评定射击效率原理的内容和意义 | (122) |
| 第二节 射击误差分析 | (123) |
| 一、射击误差的基本概念 | (123) |
| 二、射击误差的分组及数字特征 | (127) |
| 三、射击误差的分布规律与简化 | (136) |
| 四、对数个瞄准位置射击时射击误差的分布与简化 | (144) |
| 第三节 目标毁伤律 | (151) |
| 一、基本概念 | (151) |
| 二、毁伤律的基本类型与性质 | (153) |
| 三、各类目标的毁伤幅员的参考数据 | (158) |
| 四、毁伤目标所需的平均命中弹数 | (159) |
| 第四节 对单个目标的射击效率评定 | (160) |
| 一、对单个目标射击效率的基本数学模型 | (160) |
| 二、数值积分法计算毁伤概率 | (168) |
| 三、综合误差法计算毁伤概率 | (170) |
| 四、命中弹数的数学期望 | (173) |
| 第五节 对集群目标的射击效率评定 | (174) |

| | |
|-------------------------------|-------|
| 一、化集群目标为单个目标 | (175) |
| 二、基本数学模型 | (178) |
| 三、近似计算方法——均匀分布法 | (178) |
| 四、平均弹药消耗量 | (183) |
| 第六节 最有利火力分配 | (184) |
| 一、概述 | (184) |
| 二、理想火力分布的概率密度 | (186) |
| 三、最有利火力分配方法的确定 | (195) |
| 四、最有利火力分配条件下射击效率指标的近似计算 | (198) |
| 五、自主射击时最优火力分配的特点 | (205) |
| 第七节 对抗条件下的射击效率评定 | (206) |
| 一、考虑目标疏散和隐蔽时的毁伤程度计算 | (206) |
| 二、易机动目标射击效率评定方法 | (208) |
| 三、火力对抗条件下射击效率的评定 | (213) |
| 第八节 新弹种射击效率评定的特点 | (221) |
| 一、子母弹射击效率评定的特点 | (221) |
| 二、布雷弹射击效率评定的特点 | (233) |
| 三、末制导炮弹射击效率评定的特点 | (239) |

附录

1. 函数表 $\Phi(\beta) = \frac{2\rho}{\sqrt{\pi}} \int_0^\beta e^{-\rho^2 z^2} dz$ (β 以中间误差为单位)
2. 概率分布函数表 $F(x) = \frac{\rho}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\rho^2 z^2} dz$ (x 以中间误差为单位)

第一章 诸元理论

第一节 概述

决定射击开始诸元是炮兵射击不可缺少的一项工作,没有射击开始诸元,火炮便不能射击。只有准确地决定射击开始诸元,才有可能不经试射直接效力射,保证火力的突然性和有效性,降低敌人采取对抗措施的能力,提高射击效果。

不论用何种方法决定射击开始诸元,都会不可避免地产生误差。决定射击开始诸元的精度如何,对射击效果的影响很大。在很多情况下,诸元精度的好坏对于完成射击任务具有决定性的作用。

一、诸元理论的研究对象和任务

诸元理论的研究对象是与决定射击诸元有关的各项误差根源及数值表征。其任务是:

- (1)寻找主要误差因素,提出提高决定射击诸元精度的途径和措施;
- (2)为寻求新的决定射击诸元方法提供理论依据;
- (3)确定不同条件下各种决定射击诸元方法的精度,以便研究一些其他的射击问题。如确定射击时的安全界,以保障友军安全和充分利用炮火的突击效果;对不能观察目标射击时,确定最有利的火力分配和弹药消耗量,以判定射击效果等。

二、诸元误差和射击准确度

(一) 瞄准位置

对任何目标射击,都要设法使炸点的散布中心通过某一点(目标中心、目标幅员内或目标区域内的某一点)——直接瞄准射击时火炮瞄准具直接对向的点,

或间接瞄准射击时射击装定诸元相应的预期弹着点,该点称为瞄准位置。

(二) 诸元误差

任何一种决定诸元的方法,都要进行许多测量、计算等准备工作,每一环节都会产生误差。这些误差最后综合形成散布中心对瞄准位置的偏差 \vec{MC} ,称为决定射击诸元的误差或诸元误差。它是一个随机向量,起点在瞄准位置,终点为散布中心。它在射击方向(x 轴)和在与射击方向垂直的方向(z 轴)上的投影分别为距离诸元误差和方向诸元误差,如图 1.1.1 所示。

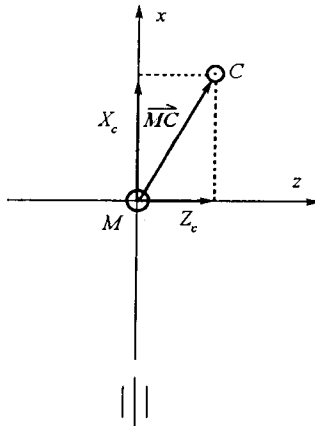


图 1.1.1

通常认为, X_c 和 Z_c 相互独立并服从正态分布,其中误差以 E_d 和 E_f 表示。其概率密度表达式为:

$$\varphi(X_c, Z_c) = \varphi(X_c)\varphi(Z_c) = \frac{\rho^2}{\pi E_d E_f} \exp\left[-\rho^2\left(\frac{X_c^2}{E_d^2} + \frac{Z_c^2}{E_f^2}\right)\right] \quad (1.1.1)$$

1. 单炮诸元误差

图 1.1.2(a) 示意了以一门火炮射击时,火炮装定诸元并完成瞄准后,散布中心 C_p 对瞄准位置(此处为目标中心)的偏差量 Δp ,称为单炮诸元误差。

2. 连诸元误差

图 1.1.2(b) 示意了炮兵连以集火射向一距离射击时,各炮的散布中心 $C_{1p}, C_{2p}, C_{3p}, \dots$ 的平均位置 C_L ,称为连散布中心。连散布中心 C_L 对瞄准位置(此处为目标中心)的偏差量 ΔL ,称为连诸元误差。

3. 营诸元误差

图 1.1.2(c) 示意了炮兵营以集火射向一距离射击时,各炮装定射击诸元并

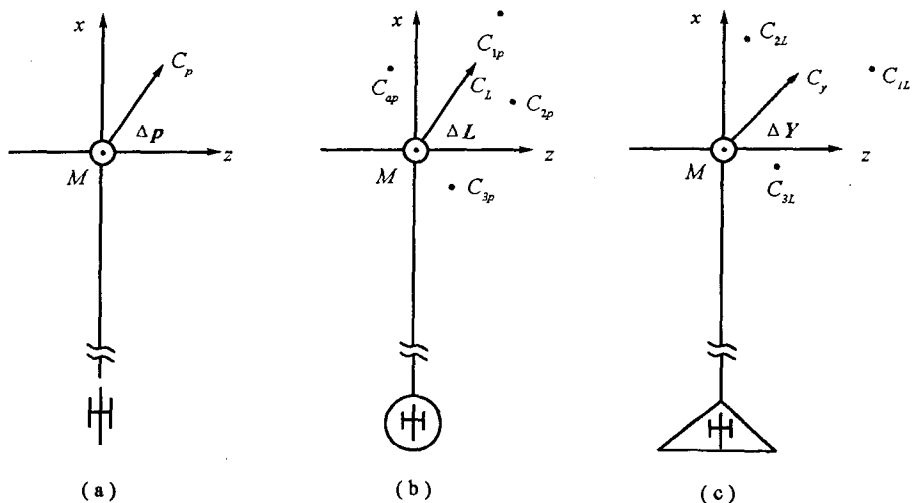


图 1.1.2

完成瞄准后,各连散布中心 $C_{1L}, C_{2L}, C_{3L}, \dots$ 的平均位置 C_y ,称为营散布中心。营散布中心 C_y 对瞄准位置(此处为目标中心)的偏差量 Δy 称为营诸元误差。

(三) 射击准确度

射击准确度是指散布中心对瞄准位置的偏离程度,用决定诸元的中间误差大小来衡量,因此射击准确度也叫诸元精度。

三、诸元误差的分析方法

诸元误差分析通常采取以下步骤和方法:

- (1) 根据作业过程和方法,找出产生误差的所有根源或主要根源,根据误差分析的目的,将误差根源进行分类;
- (2) 对所研究的误差根源进行具体分析,确定它的数值表征(或误差数值)及引起的射击诸元的误差数值或数值表征;
- (3) 计算射击诸元的综合误差数值或数值表征;
- (4) 确定各误差根源对射击诸元影响的程度(误差比重)、根据误差比重的误差根源,寻求提高精度的途径和措施。

第二节 精密法(简易法)的误差分析

在炮兵射击学中,我们学习了精密法(简易法)决定射击诸元的作业要领。现在,我们来分析决定诸元时各项随机因素对射击诸元的影响,研究其相互关系和变化规律,从而找出提高诸元精度的途径和措施。

一、误差的一般表达式

(一)影响射击诸元的因素

精密法(简易法)决定射击诸元的作业过程为:根据炮阵地位置和目標位置决定测地诸元;利用射表计算各个计算方向和计算距离上的弹道、气象条件修正量;调制修正量图解表,换算出目标的修正量;求出射击开始诸元;阵地修正地面风和各炮单独修正量,求出各炮的表尺和方向;赋予火炮射角和射击方向。

根据作业过程可知,影响精密法(简易法)决定诸元的各项因素有:所决定的阵地坐标和高程(X_p, Z_p, H_p);所决定的目标坐标和高程(X_M, Z_M, H_M);火炮定向(J_p);所决定的弹批速度、药温偏差量及其他弹道特性(V_k, t_y, T_x);所决定的气压偏差量、弹道气温偏差量及弹道风(h, t, W_x, W_z);射表上的表定数值(B_φ, B_ω);技术准备(φ, ω);换算目标修正量的方法($X_{x\text{换}}, X_{y\text{换}}, X_{h\text{换}}, X_{z\text{换}}, Z_{\omega\text{换}}$)以及所决定的地面风偏差量($W_{x\text{地}}, W_{z\text{地}}$)等。

决定射击诸元主要是决定火炮的射角和射击方向。若以 D 表示火炮散布中心所相应的射击距离, F 表示火炮散布中心所相应的射击方向,则 D 与 F 分别是上述各项随机因素的函数,即表示如下:

$$D = D(X_p, H_p, X_M, H_M, V_k, t_y, T_x, h, t, W_x, B_\varphi, \varphi, X_{x\text{换}}, X_{y\text{换}}, X_{h\text{换}}, X_{z\text{换}}, X_{\omega\text{换}}, W_{x\text{地}}, W_{z\text{地}}) \quad (1.2.1)$$

$$F = F(Z_p, J_p, Z_M, W_z, B_\omega, \omega, Z_{\omega\text{换}}, W_{x\text{地}}, W_{z\text{地}}) \quad (1.2.2)$$

还有一些不修正次要因素所产生的误差,对诸元误差的影响甚小,故未列入。

(二)误差一般表达式的推导

在高等数学里,我们学习了全微分的概念。如果函数

$$y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

的偏导数

$$\frac{\partial y}{\partial X_1}, \frac{\partial y}{\partial X_2}, \dots, \frac{\partial y}{\partial X_n}$$

在点 (X_1, X_2, \dots, X_n) 连续, 则函数在该点具有全微分, 其形式为:

$$dy = \frac{\partial y}{\partial X_1} dX_1 + \frac{\partial y}{\partial X_2} dX_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial X_n} dX_n$$

由于实际上诸射击条件的偏差量的误差都不很大, 且弹道诸元又是各因素参量的连续函数, 因而这里可用各项随机因素本身的误差代替 dX_1, dX_2, \dots, dX_n , 相应的射击诸元误差视为 dy , 各项因素对射击诸元的影响程度的变化率视为各偏导数, 则有精密法(简易法)决定诸元时的诸元误差表达式:

$$\begin{aligned} \delta D &= \frac{\partial D}{\partial X_p} \delta X_p + \frac{\partial D}{\partial H_p} \delta H_p + \frac{\partial D}{\partial X_M} \delta X_M + \frac{\partial D}{\partial H_M} \delta H_M + \frac{\partial D}{\partial V_k} \delta V_k + \frac{\partial D}{\partial t_y} \delta t_y + \frac{\partial D}{\partial t} \delta t \\ &\quad + \frac{\partial D}{\partial W_x} \delta W_x + \frac{\partial D}{\partial B_\varphi} \delta B_\varphi + \frac{\partial D}{\partial \varphi} \delta \varphi + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} \\ &\quad + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} \\ \delta F &= \frac{\partial F}{\partial Z_p} \delta Z_p + \frac{\partial F}{\partial J_p} \delta J_p + \frac{\partial F}{\partial Z_M} \delta Z_M + \frac{\partial F}{\partial W_x} \delta W_x + \frac{\partial F}{\partial B_\omega} \delta B_\omega + \frac{\partial F}{\partial Z_{\text{风换}}} \delta Z_{\text{风换}} \\ &\quad + \frac{\partial F}{\partial W_{x地}} \delta W_{x地} + \frac{\partial F}{\partial W_{x地}} \delta W_{x地} \end{aligned}$$

通过整理可得:

$$\begin{aligned} \delta D &= \left\{ \frac{\partial D}{\partial X_p} \delta X_p + \frac{\partial D}{\partial H_p} \delta H_p \right\} + \left\{ \frac{\partial D}{\partial X_M} \delta X_M + \frac{\partial D}{\partial H_M} \delta H_M \right\} + \left\{ \frac{\partial D}{\partial V_k} \delta V_k + \frac{\partial D}{\partial t_y} \delta t_y + \frac{\partial D}{\partial t} \delta t \right\} \\ &\quad + \left\{ \frac{\partial D}{\partial h} \delta h + \frac{\partial D}{\partial t} \delta t + \frac{\partial D}{\partial W_x} \delta W_x \right\} + \left\{ \frac{\partial D}{\partial \varphi} \delta \varphi \right\} + \left\{ \frac{\partial D}{\partial B_\varphi} \delta B_\varphi \right\} \\ &\quad + \left\{ \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} \right\} \\ &\quad + \left\{ \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{风换}}} \delta X_{\text{风换}} \right\} \end{aligned} \quad (1.2.3)$$

$$\begin{aligned} \delta F &= \left\{ \frac{\partial F}{\partial Z_p} \delta Z_p + \frac{\partial F}{\partial J_p} \delta J_p \right\} + \left\{ \frac{\partial F}{\partial Z_M} \delta Z_M \right\} + \left\{ \frac{\partial F}{\partial W_x} \right\} + \left\{ \frac{\partial F}{\partial W_x} \delta W_x \right\} + \left\{ \frac{\partial F}{\partial B_\omega} \delta B_\omega \right\} \\ &\quad + \left\{ \frac{\partial F}{\partial Z_{\text{风换}}} \delta Z_{\text{风换}} \right\} + \left\{ \frac{\partial F}{\partial Z_{\text{风换}}} \delta Z_{\text{风换}} + \frac{\partial F}{\partial Z_{\text{风换}}} \delta Z_{\text{风换}} \right\} \end{aligned} \quad (1.2.4)$$

(三) 误差根源分类

根据式(1.2.3)和式(1.2.4), 误差根源可作如下分类:

1. 测地准备的误差

$$\left. \begin{aligned} \delta D_{\text{测地}} &= \frac{\partial D}{\partial X_p} \delta X_p + \frac{\partial D}{\partial H_p} \delta H_p \\ \delta F_{\text{测地}} &= \frac{\partial F}{\partial Z_p} \delta Z_p + \frac{\partial F}{\partial J_p} \delta J_p \end{aligned} \right\} \quad (1.2.5)$$

2. 决定目标位置的误差

$$\left. \begin{aligned} \delta D_{\text{目标}} &= \frac{\partial D}{\partial X_M} \delta X_M + \frac{\partial D}{\partial H_M} \delta H_M \\ \delta F_{\text{目标}} &= \frac{\partial F}{\partial Z_M} \delta Z_M \end{aligned} \right\} \quad (1.2.6)$$

3. 弹道准备的误差

$$\delta D_{\text{弹道}} = \frac{\partial D}{\partial v_k} \delta v_k + \frac{\partial D}{\partial t_y} \delta t_y + \frac{\partial D}{\partial T_x} \delta T_x \quad (1.2.7)$$

4. 气象准备的误差

$$\left. \begin{aligned} \delta D_{\text{气象}} &= \frac{\partial D}{\partial h} \delta h + \frac{\partial D}{\partial t} \delta t + \frac{\partial D}{\partial W_x} \delta W_x \\ \delta F_{\text{气象}} &= \frac{\partial F}{\partial W_x} \delta W_x \end{aligned} \right\} \quad (1.2.8)$$

5. 技术准备的误差

$$\left. \begin{aligned} \delta D_{\text{技术}} &= \frac{\partial D}{\partial \varphi} \delta \varphi \\ \delta F_{\text{技术}} &= \frac{\partial F}{\partial \omega} \delta \omega \end{aligned} \right\} \quad (1.2.9)$$

6. 射表的误差

$$\left. \begin{aligned} \delta D_{\text{射表}} &= \frac{\partial D}{\partial B_\varphi} \delta B_\varphi \\ \delta F_{\text{射表}} &= \frac{\partial F}{\partial B_\omega} \delta B_\omega \end{aligned} \right\} \quad (1.2.10)$$

7. 换算目标修正量方法的误差

$$\left. \begin{aligned} \delta D_{\text{换算}} &= \frac{\partial D}{\partial X_{\text{换算}}} \delta X_{\text{换算}} + \frac{\partial D}{\partial X_{y\text{换算}}} \delta X_{y\text{换算}} + \frac{\partial D}{\partial X_{h\text{换算}}} \delta X_{h\text{换算}} + \frac{\partial D}{\partial X_{x\text{换算}}} \delta X_{x\text{换算}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{换算}}} \delta X_{\text{换算}} \\ \delta F_{\text{换算}} &= \frac{\partial F}{\partial Z_{\text{换算}}} \delta Z_{\text{换算}} \end{aligned} \right\} \quad (1.2.11)$$

8. 测定地面风的误差

$$\left. \begin{aligned} \delta D_{\text{地风}} &= \frac{\partial D}{\partial X_{\text{换算地}}} \delta X_{\text{换算地}} + \frac{\partial D}{\partial X_{\text{换算地}}} \delta X_{\text{换算地}} \\ \delta F_{\text{地风}} &= \frac{\partial F}{\partial X_{\text{换算地}}} \delta X_{\text{换算地}} + \frac{\partial F}{\partial Z_{\text{换算地}}} \delta Z_{\text{换算地}} \end{aligned} \right\} \quad (1.2.12)$$

9. 不修正次要因素而产生的误差

略。

二、对各类误差根源的分析

为了叙述方便,结合一个完整例题进行分析。

例 1-2-1 122 火精密法决定诸元,带阻力环,使用海拔零米射表。计算距离为:6000、8000m,计算方向为基准射向,炮目距离分别为:6000、6500、7000、7500、8000m。根据 1:50000 的地图,利用器材实施简易连测并查取各点高程。利用统一测定磁坐偏角并修正了磁针周日偏差的方向盘定向;利用炮队镜交会目标坐标,交会角均不小于 $1^{\circ}00'$,平均观目线与炮目线一致,交会距离分别为 1000、1500、2000、2500、3000m。利用射验决定弹批速度偏差量,利用温度计测定药温。精密气象保障,利用基线测风,射击时间与气象探测时间相隔 1 小时,火炮与气象站相隔 10km。瞄准装置进行了检查、归正。射击方向与计算方向一致。弹批速度中间偏差 $B_{v_k} = 3\% V_k$,药温中间偏差 $B_{t_y} = 11.9^{\circ}\text{C}$,气压中间偏差 $B_p = 20\text{mm}$,修正地面风时,测定风速中间误差为 $E_{v_w} = 0.5\text{m/s}$,测风角中间误差为 $E_{\beta} = 0^{\circ} - 80'$,风速中间偏差 $B_{v_w} = 3.0\text{m/s}$,求该炮射击诸元中间误差。

(一)测地准备的误差

1. 决定阵地坐标的误差

连测炮阵地时,由于所使用的控制点(或地形点)坐标含有误差,以及测量作业的误差,致使阵地坐标产生误差,且其距离和方向误差是不相等的。但考虑到控制点可能出现在任何方向,所以,可认为决定阵地坐标的误差是一种圆误差。各种方法连测战斗队形的中间误差见表 1.2.1。

表 1.2.1 连测战斗队形精度表

| 分 类 | 作 业 方 法 | 中 间 误 差 |
|------|-------------------|---------------|
| 精密连测 | 用经纬仪或 CW-1 型微波测距仪 | 2m 以内 |
| | 方 向 盘 | 4m 以内 |
| 简易连测 | 用 LA3-69TL 连测车 | 0.4% ~ 0.5% D |
| | 营统一简易连测 | 15 ~ 30m |
| | 仓促简易连测 | 50m 以内 |
| | 用地图器材法 | 图上长 0.5mm |

阵地坐标误差将引起目标测地诸元产生误差。从误差一般表达式中,可知:

$$\left. \begin{aligned} \delta D_p &= \frac{\partial D}{\partial X_p} \delta X_p \\ \delta F_p &= \frac{\partial F}{\partial Z_p} \delta Z_p \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

上式中的 $\frac{\partial D}{\partial X_p}$ 及 $\frac{\partial F}{\partial Z_p}$ 是阵地坐标的距离和方向误差所引起的诸元的距离和方向误差的变化率。由图 1.2.1 可以看出, 当根据有误差的阵地位置 (P') 决定诸元时, 将使测地诸元产生 $-\delta X_p$ 和 $-\delta Z_p$ 的误差, 从而使射弹散布中心通过 C 点。由此可见, 决定阵地坐标误差所引起的诸元误差 ($\delta D_p, \delta F_p$), 数值相等, 符号相反, 即可直观判定变化率为 -1 。

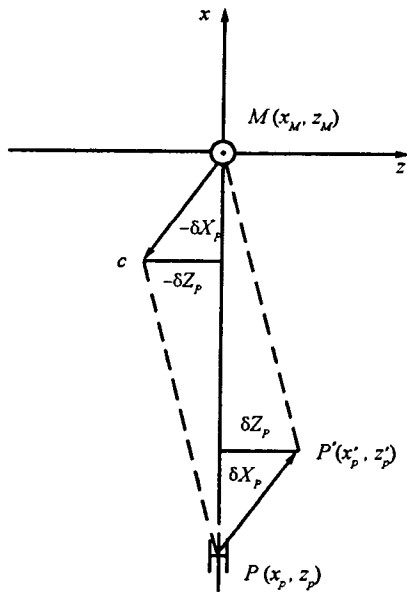


图 1.2.1

也可用求偏导数的方法确定。由于:

$$D = X_M - X_p$$

对 X_p 求偏导数:

$$\frac{\partial D}{\partial X_p} = -1 \quad (2)$$

同理可得:

$$\frac{\partial F}{\partial Z_p} = -1 \quad (3)$$

将(2)、(3)式代入(1)式得:

$$\left. \begin{aligned} \delta D_p &= -\delta X_p \\ \delta F_p &= -\delta Z_p \cdot \frac{955}{D_M} \end{aligned} \right\} \quad (1.2.13)$$

上式即为决定阵地坐标误差引起诸元误差的表达式。

这里需指出,我们在分析某一项误差因素时,仅就该项误差因素进行分析,其他误差因素暂不考虑。

由此可见,进行误差分析时,关键是要确定各项误差根源引起的诸元误差的变化率。

由于阵地坐标误差 δX_p 与 δZ_p 都是符合正态分布的随机变量,且为圆误差,故其中间误差相等。

即

$$E_{XP} = E_{ZP} = E_P$$

故阵地坐标误差引起的诸元距离和方向中间误差分别为:

$$\left. \begin{aligned} E_{dP} &= E_P \\ E_{fP} &= \frac{955}{D_M} E_P \end{aligned} \right\} \quad (1.2.14)$$

上式中的距离中间误差 E_{dP} 的单位是米,方向中间误差 E_{fP} 的单位是密位。以后未说明时,方向中间误差的下标为 f 的单位均是密位。

按例 1-2-1 条件,从表 1.2.1 查得 E_P 在图上长约 0.5mm,利用 1:50000 地图连测,故 $E_P = 25\text{m}$ 。计算结果如表 1.2.2 所示。

表 1.2.2 决定阵地坐标误差引起的诸元中间误差

| | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|
| D_M (m) | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
| E_{dP} (m) | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| E_{fP} (密位) | 3.98 | 3.67 | 3.41 | 3.18 | 2.98 |

2. 决定阵地高程的误差

利用地图查取点的高程时,产生误差的原因有:

- (1) 地图等高线的误差;
- (2) 在两条等高线之间内插高程的误差;
- (3) 在地图上定点的作业误差;
- (4) 点的坐标误差等。

一般情况下,后两项原因是主要的,在中等起伏地形上,用新绘制的 1:50000 地图查取高程时,高程的中间误差为 2~5m。

在山地或无地图可利用时,采用已知点高低角的方法,以决定阵地的高程。

此时产生高程误差的原因有：

- (1) 起始点高程的误差；
- (2) 器材的误差；
- (3) 测高低角的误差；
- (4) 测距误差等。

高程误差仅影响射距离产生误差。如图 1.2.2, 设目标 (M) 与阵地 (P) 在同一高程上, 若阵地高程误差为 δH_p , 即按 P' 的高程决定目标的射击诸元, 则如从 P' 射击时, 弹道 1 将通过目标 M ; 而在实际位置 P 射击时, 弹道 2 将比弹道 1 下降 δH_p , 从而使射弹散布中心 C 落于目标近方, 又因为水平距离和垂直距离是余切关系, 因此, 可直观判定阵地高程误差所引起的诸元距离误差的变化率为 $-\cot\theta_c$, 也可用求偏导方法确定。

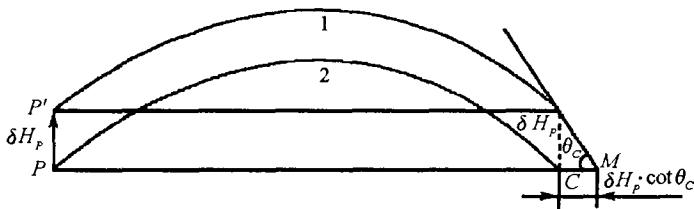


图 1.2.2

若炮目距离为 D_{PM} , 阵地及目标高程分别为 H_p 及 H_M , 则火炮装定的射距离为:

$$D = D_{PM} + (H_M - H_p) \cot\theta_c$$

则

$$\frac{\partial D}{\partial H_p} = -\cot\theta_c$$

故阵地高程误差引起的射距离误差为:

$$\delta D_{HP} = -\cot\theta_c \delta H_p \quad (1.2.15)$$

若高程中间误差为 E_{HP} , 则高程误差引起的射距离中间误差为:

$$E_{dHP} = \cot\theta_c E_{HP} \quad (1.2.16)$$

还可以利用另一种方法, 即:

$$\Delta GD = \frac{\Delta g d}{10} (H_M - H_p)$$

当阵地高程产生误差 δH_p 时, 将引起的高低修正量的误差为:

$$\delta GD = \frac{-\Delta g d}{10} \delta H_p$$

若高变量为 ΔX_e , 则引起的射击诸元距离误差为:

$$\delta D_{HP} = -\frac{\Delta g d}{10} \Delta X_a \cdot \delta H_P$$

其中间误差为:

$$E_{dHP} = \frac{\Delta g d}{10} \Delta X_a E_{HP}$$

若 $E_{HP} = 3\text{m}$, 则按例 1-2-1 条件求得各距离上高程误差引起的诸元距离中间误差, 如表 1.2.3 所示。

表 1.2.3 决定阵地高程误差引定的诸元距离中间误差

| | | | | | |
|---------------|-------|-------|------|------|------|
| D_M (m) | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
| E_{dHP} (m) | 13.64 | 11.20 | 9.29 | 7.81 | 6.55 |

3. 火炮定向的误差

由于起始方向和操作的误差, 致使火炮定向产生误差。各种方法定向的中间误差见表 1.2.4。

表 1.2.4 各种方法定向的中间误差

| 定向的方法和条件 | | 中间误差 |
|-------------------|-----------|-----------|
| 方向盘 (统一测定磁坐偏角) | 修正磁针周日偏差 | 0-01.5 |
| | 不修正磁针周日偏差 | 0-02~0-03 |
| 角导线法 天体法 | 用经纬仪 | 0-00.7 |
| | 用方向盘 | 0-01 |

定向误差仅影响开始方向的精度。

如图 1.2.3, 火炮定向误差为 δJ_P , 当从有误差的基准射向 J'_P 转动 F_M 时, 射向将指向 C , 从而使射向偏右 δF_{JP} , 故可判定定向误差引起的诸元方向误差的变化率为 1, 也可用求偏导方法确定。

由图 1.2.3 可以看出, 目标的射击方向为:

$$F = J_P + F_M$$

因此

$$\frac{\partial F}{\partial J_P} = 1$$

故

$$\delta F_{JP} = \delta J_P \quad (1.2.17)$$

若定向误差为 E_{JP} , 则定向误差引起的开始方向的中间误差为:

$$E_{JP} = E_{JP} \quad (1.2.18)$$

按例 1-2-1 条件, 火炮定向中间误差可取 $E_{JP} = 0-01.5$, 则定向误差引起的诸元方向中间误差 $E_{JP} = 0-01.5$ 。