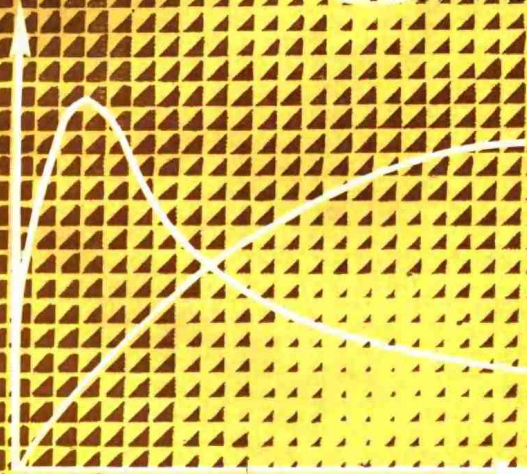


# 火炮内弹道 计算手册

王连荣 张佩勤 编



.21

国防工业出版社

## 内 容 简 介

《火炮内弹道计算手册》是应用电子计算机解决内弹道问题的适用性参考资料。计算机解法，能较好地反映火药燃烧规律，计算结果准确，革新了弹道学发展史中的传统解法。手册中对五十余种火炮进行了内弹道计算，并绘出包括最大压力和速度的反映压力和速度变化规律的弹道曲线。

手册分为三篇，第一篇为一般火炮内弹道计算，第二篇为点炮内弹道计算，第三篇为无后坐炮内弹道计算。后部附录为三种类型火炮解法源程序，是在MZ-80B型微机上使用BASIC语言编制的。射击过程的数学模型是在经典弹道学基础上建立的。弹道方程的求解是采用四阶龙格-库塔法；特殊点数值求解时，最大压力点采用二次插值法或黄金分割法；燃烧结束点、分裂点、炮口点采用变量更换法，将弹道模型转化为可供计算机运行的数值模型，组成内弹道问题的解法程序。

该手册可起到内弹道计算数据库作用，为弹道设计和弹道符合计算提供方便。所提供程序具有某种计算机模拟功能，对武器的系统分析与设计以及靶场试验方面将有一定的经济效益。该手册是本实用性较强的工具书，可供从事火炮、弹丸、引信、装药工程设计与研究的工程技术人员参考使用。

火炮内弹道计算手册

王在荣 张佩勤 编

国防工业出版社 出版

解放军1202印刷厂印装 内部发行

787×1092 1/16 印张17 $\frac{1}{2}$ 。396千字

1987年8月第一版 1987年9月第一次印刷 印数：0,001—2,000册

统一书号：N15034·3322 定价：8.20元

## 前 言

《火炮内弹道计算手册》系根据科研和生产需要，1984年受原兵器工业部委托编制的。

该手册力图对内弹道问题应用计算机解法作简明叙述，并基本上对国内装备及新设计定型火炮进行了内弹道计算。在编制过程中，搜集了各种火炮构造诸元、装填诸元……大量数据来源于各有关工厂、研究所等单位的产品图纸和设计计算书，并参阅了火炮、弹药等手册中的有关数据，经过系统整理、计算、汇编后，作为内弹道计算的原始数据，最后，经过计算机运算，共完成五十五种火炮（对应五十九个弹种）的内弹道计算。

本手册由沈阳工业学院王连荣、张佩勤编写。华东工学院金志明教授主审，沈阳工业学院李云亮参加了审校。

本手册在编写过程中，曾得到华东工学院金志明教授、梁世超、张莺的帮助，以及各有关工厂、研究所等单位的大力支持。在1986年10月份召开的“火炮内弹道计算手册鉴定会”上，与会代表提出了十分宝贵的意见，在此一并表示衷心感谢。

限于编者的水平，手册中错误和不当之处在所难免，敬希使用者批评指正。

## 目 录

## 第一篇 一般火炮内弹道计算

一、一般火炮内弹道计算的基本方程 .....	( 1 )
二、一般火炮内弹道计算程序中的符号与内弹道学中使用的符号对照 .....	( 4 )
三、一般火炮内弹道计算程序使用方法介绍 .....	( 4 )
四、强装药与减装药问题的处理方法 .....	( 5 )
五、内弹道有关参数规范 .....	( 6 )
<b>第一章 加农炮内弹道计算 .....</b>	<b>( 8 )</b>
1-1 1954年式76毫米加农炮的内弹道计算 .....	( 8 )
1-2 1956年式85毫米加农炮的内弹道计算 .....	( 11 )
1-3 1944年式100毫米加农炮的内弹道计算 .....	( 15 )
1-4 31/37年式122毫米加农炮的内弹道计算 .....	( 18 )
1-5 1960年式122毫米加农炮的内弹道计算 .....	( 21 )
1-6 1959年式130毫米加农炮的内弹道计算 .....	( 24 )
1-7 1959年式152毫米加农炮的内弹道计算 .....	( 27 )
1-8 1983年式152毫米加农炮的内弹道计算 .....	( 30 )
1-9 1955年式57毫米反坦克炮的内弹道计算 .....	( 36 )
1-10 1973年式100毫米滑膛反坦克炮的内弹道计算 .....	( 39 )
1-11 100毫米高压反坦克炮的内弹道计算 .....	( 46 )
<b>第二章 加农榴弹炮、榴弹炮内弹道计算 .....</b>	<b>( 56 )</b>
2-1 1954年式122毫米榴弹炮的内弹道计算 .....	( 56 )
2-2 1963年式122毫米榴弹炮的内弹道计算 .....	( 62 )
2-3 1983年式122毫米榴弹炮的内弹道计算 .....	( 66 )
2-4 1956年式152毫米榴弹炮的内弹道计算 .....	( 71 )
2-5 1966年式152毫米加农榴弹炮的内弹道计算 .....	( 74 )
<b>第三章 高射炮内弹道计算 .....</b>	<b>( 78 )</b>
3-1 1971年式20毫米高射机关炮的内弹道计算 .....	( 78 )
3-2 1955年式37毫米高射机关炮的内弹道计算 .....	( 81 )
3-3 1965年式双管37毫米高射机关炮的内弹道计算 .....	( 84 )
3-4 1965年-1式双管37毫米高射机关炮的内弹道计算 .....	( 94 )
3-5 1974年式双管37毫米高射机关炮的内弹道计算 .....	( 104 )
3-6 1959年式57毫米高射炮的内弹道计算 .....	( 114 )
3-7 1972年式85毫米高射炮的内弹道计算 .....	( 123 )
3-8 1959年式100毫米高射炮的内弹道计算 .....	( 126 )

第四章 坦克炮内弹道计算 .....	(129)
4-1 1963年式85毫米坦克炮的内弹道计算 .....	(129)
4-2 1959年式100毫米坦克炮的内弹道计算 .....	(132)
4-3 120毫米滑膛坦克炮的内弹道计算 .....	(135)
第五章 舰炮内弹道计算 .....	(138)
5-1 1961年式双联装25毫米舰炮的内弹道计算 .....	(138)
5-2 1969年式双联装30毫米舰炮的内弹道计算 .....	(144)
5-3 1961年式舰用双联装37毫米高射炮的内弹道计算 .....	(147)
5-4 1976年式双联装37毫米舰炮的内弹道计算 .....	(157)
5-5 1976年式双联装57毫米舰炮的内弹道计算 .....	(167)
5-6 76.2毫米岸舰炮的内弹道计算 .....	(170)
5-7 1979年式双100毫米舰炮的内弹道计算 .....	(173)
5-8 100毫米/56倍口径岸舰炮的内弹道计算 .....	(176)
5-9 130毫米/50倍口径岸舰炮的内弹道计算 .....	(179)
5-10 130毫米/58倍口径双联岸舰炮的内弹道计算 .....	(182)
第六章 航空炮内弹道计算 .....	(185)
6-1 23毫米1型航空机关炮的内弹道计算 .....	(185)
6-2 23毫米2型航空机关炮的内弹道计算 .....	(190)
6-3 六管23毫米航空机关炮的内弹道计算 .....	(193)
6-4 30毫米1型航空机关炮的内弹道计算 .....	(196)
6-5 37毫米1型航空机关炮的内弹道计算 .....	(199)

## 第二篇 迫击炮内弹道计算

一、迫击炮内弹道计算的基本方程 .....	(204)
二、迫击炮内弹道计算程序中的符号与内弹道学中使用的符号对照 .....	(206)
三、迫击炮内弹道计算程序使用方法介绍 .....	(207)
第七章 迫击炮内弹道计算 .....	(208)
7-1 1963年式60毫米迫击炮的内弹道计算 .....	(208)
7-2 1975年式60毫米迫击炮的内弹道计算 .....	(211)
7-3 1953年式82毫米迫击炮的内弹道计算 .....	(214)
7-4 1967年式82毫米迫击炮的内弹道计算 .....	(218)
7-5 1971年式100毫米迫击炮的内弹道计算 .....	(221)
7-6 1955年式120毫米迫击炮的内弹道计算 .....	(224)
7-7 1964年式120毫米迫击炮的内弹道计算 .....	(228)
7-8 1959年式160毫米迫击炮的内弹道计算 .....	(231)

## 第三篇 无后坐炮内弹道计算

一、概述 .....	(234)
二、无后坐炮内弹道计算的基本方程 .....	(234)

三、无后坐炮内弹道计算程序中的符号与内弹道学中使用的符号对照 .....	(236)
四、无后坐炮内弹道计算程序使用方法介绍 .....	(236)
<b>第八章 无后坐炮内弹道计算</b> .....	<b>(237)</b>
8-1 1952年式57毫米无后坐炮的内弹道计算 .....	(237)
8-2 1956年式75毫米无后坐炮的内弹道计算 .....	(240)
8-3 1965年式82毫米无后坐炮的内弹道计算 .....	(243)
8-4 1978年式82毫米无后坐炮的内弹道计算 .....	(246)
8-5 1975年式105毫米无后坐炮的内弹道计算 .....	(249)
<b>附录</b>	
附录一 一般火炮解法源程序 (BASIC语言, MZ-80B型微机适用) .....	(252)
附录二 迫击炮解法源程序 (BASIC语言, MZ-80B型微机适用) .....	(258)
附录三 无后坐炮解法源程序 (BASIC语言MZ-80B型微机适用) .....	(262)

# 第一篇 一般火炮内弹道计算

## 一、一般火炮内弹道计算的基本方程

### 1. 初始条件

定义弹丸在膛内开始启动时为初始点, 假设初始点点火药已燃尽, 其他火药燃去相同的重量百分比, 则有:

$$\bar{i} = \bar{v}_0 = A_0 = 0 \quad (1-1)$$

当不考虑点火药时:

$$\Pi_0 = \frac{p_0}{f_1 \Delta} \quad (1-2)$$

当考虑点火药时:

$$\Pi_0 = \left( \frac{f_{1,g} \omega_{1,g}}{v_0 - \sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{\gamma_i} - \omega_{1,g} \alpha_{1,g}} \right) \Bigg/ f_1 \Delta \quad (1-3)$$

$$\psi_0 = \left( \frac{1}{\Delta} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{\gamma_i} \frac{\omega_i}{\omega} - \frac{\alpha_{1,g} \omega_{1,g}}{\omega} - \frac{f_{1,g} \omega_{1,g}}{p_0 \omega} \right) \Bigg/ \left( \frac{\sum_{i=1}^n f_i \omega_i}{p_0 \omega} - \sum_{i=1}^n \frac{\left( \alpha_i - \frac{1}{\gamma_i} \right) \omega_i}{\omega} \right) \quad (1-4)$$

其中 $\psi_0$ 使用二次形状函数时, 即 $\psi_0 = \chi Z(1 + \lambda Z)$ , 则

$$Z_1 = \sqrt{1 + 4 \frac{\lambda_1 \psi_0}{\chi} - 1} \quad (1-5)$$

当 $\psi_0$ 使用三次形状函数时, 即 $\psi_0 = \chi Z(1 + \lambda Z + \mu Z^2)$ , 则 $Z_1$ 值可以用牛顿迭代法求得:

$$Z_1^{(k+1)} = Z_1^{(k)} - \frac{\chi(1 + \lambda Z_1^{(k)} + \mu Z_1^{(k)2}) Z_1^{(k)} - \psi_0}{\chi(1 + 2\lambda Z_1^{(k)} + 3\mu Z_1^{(k)2})} \quad (1-6)$$

### 2. 几种装药混合燃烧阶段的内弹道方程组

$$\Pi = \left( \sum_{i=1}^n \frac{f_i}{f_1} \frac{\omega_i}{\omega} \psi_i + \frac{f_{1,g} \omega_{1,g}}{f_1 \omega} - \bar{v}^2 \right) \Bigg/ (A + A_1) \quad (1-7)$$

$$\frac{d\bar{v}}{dt} = \frac{\theta}{2} \Pi \quad (1-8)$$





$$\Delta = \frac{\omega}{V_0} \text{—— 装填重度；}$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{196 f_1 \omega}{\theta \varphi G}} \text{—— 极限速度；}$$

$$A_v = 1 - \Delta \sum_{i=1}^n \frac{\omega_i (1 - \psi_i)}{\omega r_i} - \Delta \sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{\omega} \alpha_i \psi_i - \Delta \frac{\alpha_{1,s} \omega_{1,s}}{\omega} \text{—— 药室自由容积缩颈长；}$$

$$B_1 = \frac{98 \delta_{\delta_1}^2 A^2}{u_1^2 f_1 \omega \varphi G} (f, \Delta)^2 (1 - n_i) \text{—— 综合装填参量；}$$

$$\varphi = k + \frac{1}{3} \frac{\omega}{G} \text{—— 次要功系数；}$$

$G$ ——弹重；

$\omega$ ，——装药量；

$\omega_s$ ，——点火药量；

$\alpha$ ，——火药余容；

$\alpha_s$ ，——点火药余容；

$\gamma$ ，——火药重度；

$2\delta_0$ ，——火药厚度；

$\delta$ ，——火药已燃厚度；

$d$ ，——火药内径。

### 3. 形状函数的计算公式

#### (1) 简单形状火药

$$\chi = 1 + \alpha + \beta; \quad \lambda = -\frac{\alpha + \beta + \alpha\beta}{1 + \alpha + \beta}; \quad \mu = \frac{\alpha\beta}{1 + \alpha + \beta}$$

其中：

$$\alpha = \frac{2\delta_0}{2b}; \quad \beta = \frac{2\delta_0}{2l};$$

$2b$ ——药宽；

$2l$ ——药长。

#### (2) 多孔火药

$$\chi = \frac{Q_1 + 2\Pi_1}{Q_1} \beta; \quad \lambda = \frac{N-1-2\Pi_1}{Q_1+2\Pi_1} \beta; \quad \mu = -\frac{(N-1)\beta^2}{Q_1+2\Pi_1}$$

$$\Pi_1 = \frac{A\delta + Bd}{2l}; \quad Q_1 = \frac{Ca^2 + A\delta^2 - Bd^2}{(2l)^2}$$

$N$ ——孔数；

$A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $\delta$ 、 $\alpha$ 值见下表。

序号	火药名称	A	B	C	$\delta$	$a$
1	圆柱形多孔火药	1	N	0	$D^*$	
2	梅花形七孔火药	2	8	$12\sqrt{3}/\pi$	$d+4\delta$	$2\delta_1+d$
3	梅花形十四孔火药	$8/3$	$47/3$	$26\sqrt{3}/\pi$	$d+4\delta$	$2\delta_0+d$
4	梅花形十九孔火药	3	21	$36\sqrt{3}/\pi$	$d+4\delta$	$2\delta_2+d$

$D^*$  火药外径

火药分裂时:

$$\psi_s = X(1 + \lambda + \mu); \quad \chi_s = \frac{\psi_s Z_s^2 - 1}{Z_s^2 - Z_s}; \quad \lambda_s = \frac{\psi_s}{\chi_s} - 1$$

若用二项式的形状函数来代替以上三项式的形状函数, 则:

$$\chi_s = X \left( 1 - \frac{\mu}{2} \right); \quad \lambda_s = \frac{\psi_s}{\chi_s} - 1$$

## 二、一般火炮内弹道计算程序中的符号与内弹道学中使用的符号对照

F(1)	火药力 $f$ ,	HI(1), LA(1),
FB	点火药火药力 $f_s$ ,	MU(1) 火药形状特征量 $\chi_s, \lambda_s, \mu_s$ ,
D1(1)	火药重量 $\gamma_s$ ,	HS(1), LS(1)
AL(1)	火药气体余容 $\alpha_s$ ,	分裂点火药形状特征量 $\chi_{s1}, \lambda_{s1}$ ,
AB	点火药余容 $\alpha_{s0}$ ,	
OW(1)	装药量 $\omega_s$ ,	E1(1) $\frac{1}{2}$ 火药厚度 $\delta_{0s}$ ,
OB	点火药量 $\omega_{s0}$ ,	
NI(1)	压力指数 $n_s$ ,	
U1(1)	燃速系数 $u_{1s}$ ,	D(1) 火药内径 $d_s$ ,
S	身管内膛横断面面积 $A$	CD(1) 与药形有关的数值 $\alpha_s$ ,
Q	弹重 $G$	DE 装填重量 $\Delta$
WO	药室容积 $V_0$	PSO $\psi_0$
LG	弹丸全行程长 $l_0$	FI 次要功系数 $\varphi$
PO	弹丸起动压力 $p_0$	PT 膛底压力 $P_s$
TE	火药热力参数 $\theta$	PD 弹底压力 $P_d$
K	次要功系数中的 K	PS 火药已燃相对体积 $\varphi$
F1	运动阻力系数 $\varphi_1$	B1, B2 两种火药的装填参量

## 三、一般火炮内弹道计算程序使用方法介绍

使用一般火炮内弹道计算程序, 包括以下几个步骤:

### 1. 调入程序

由磁盘或磁带将程序调入内存。

### 2. 数据准备

由DATA语句按下列次序输入已知条件(单位: kg, dm, s)

- 1 DATA S, Q, WO, LG
- 2 DATA PO, K, F1, TE, FB, AB, OB
- 3 DATA F(1), AL(1), D1(1), OW(1), U1(1), NI(1)
- 4 DATA LA(1), LS(1), HI(1), HS(1), MU(1), E1(1), D(1), CD(1)

其中火药形状函数可以作为已知条件用DATA语句直接输入；也可以运行程序后用人机对话形式输入火药几何尺寸，由程序自行计算出形状函数。

### 3. 执行程序

键盘输入RUN命令，屏幕显示进入人机对话

(1) "NAME OF GUN": 输入火炮名称

(2) "II, H, IJ = ": 输入装药数、步长值、打印间隔点。

(3) "PRINT Y-COMPUTER HI LA1": (i)如果第一种火药形状函数作为已知条件，用DATA语句输入，此时按回车字符键。(ii)如果需计算第一种火药形状函数时，则按Y键，程序将自行计算。计算机处于人机对话形式，屏幕显示：

"E1, 2C, D, 2/3, E S"

此时输入火药厚度之半( $\delta_0$ )、药长(2l)、火药内径(d)或宽度(2b)、二次式形状函数或三次式形状函数及E S,

$$E S = \begin{cases} \text{"J"简单形状火药} \\ \text{"I"圆柱形多孔火药} \\ \text{除J、I外其他字母为梅花形火药} \end{cases}$$

当E S ≠ "J"时，屏幕显示：

"IE, DO": 输入多孔火药孔数(N)，火药外径D。

(4) "PRINT Y-COMPUTER HI, LA2": 即重复上面对第二种火药形状函数进行计算，直至第n种火药形状函数全部运算完。

(5) "PRINT Y-MATCHING P" 对压力进行符合计算时，按"Y"键；不需符合计算可按任意字母键。

(6) "PRINT Y-MATCHING V": 对初速进行符合计算时，按"Y"键；不需符合计算可按任意字母键。

(7) "PRINT 1-END 2-COMPUTER PM(0.618)" "4-STOP 3-PRINT CURVF" 1W: 输入"1"则为结束；输入"2"则为0.618法求 $P_m$ ；输入"3"则为打印曲线；输入"4"则为暂停，可用GO TO语句转向修正数据。

### 4. 符合修正问题的处理

计算过程中可以通过调整 $n$ 、 $u_1$ 等参量，修正 $P_m$ 、 $v_0$ 值，使计算结果与实验值取得一致。

## 四、强装药与减装药问题的处理方法

### 1. 改变药温

强装药通常是以正常装药在+50℃(大口径火炮在+40℃)时所得最大膛压和初速，做为强装药的弹道指标；减装药是以正常装药在-40℃时的最大膛压和初速，做为减装药的弹道指标。而温度对各弹道诸元的影响是通过压力全冲量 $I_p$ 来体现的，因此，温度的修正、可通

过压力全冲量修正系数来计算。具体方法是：  
由经验公式

$$\frac{\Delta p_m}{p_m} = m_s \frac{\Delta x}{x}$$

$$\frac{\Delta v_0}{v_0} = l_s \frac{\Delta x}{x}$$

求出强装药与减装药的弹道指标。

由于火药的温度变化与  $I_b$  有如下关系：

$$\text{对硝化棉系火药} \quad \frac{\Delta I_b}{I_b} = -0.0027 \Delta T$$

$$\text{对硝化甘油系火药} \quad \frac{\Delta I_b}{I_b} = -0.0035 \Delta T$$

其中

$$\Delta T = T - 15^\circ \text{C}$$

由  $I_b' = I_b + \Delta I_b$  可求得新的  $I_b'$  值，而：

$$I_b' = \frac{\partial_0}{u_1'} (f \Delta)^{1-n}$$

可求得  $u_1'$ ，把  $u_1'$  作为已知条件输入程序，计算强装药与减装药问题。

## 2. 改变装药量或装药品号

实践中强装药更多地是采用增加装药量，应用薄火药或燃速较快的火药，改用混合装药的方法来解决。减装药是采用减少药量的方法达到减装药的弹道条件。这种改变装药量或装药品号的方法用电子计算机求解很方便，只要在上机计算前，在数据准备中改变装药量或装药品号即可。

## 五、内弹道有关参数规范

### 1. 次要功系数 $\varphi$

由公式

$$\varphi = K + \frac{1}{3} \frac{\omega}{G}$$

其中：

$\omega$ ——装药量；

$G$ ——弹重；

$K$ ——与武器类型有关的常量（榴弹炮取  $K = 1.06$ ；中等威力加农炮取  $K = 1.04 \sim 1.05$ ；大威力加农炮取  $K = 1.03$ ）。

2. 火药热力参数  $\theta$ ：一般取  $0.2 \sim 0.25$

3. 燃速指数  $n$ ：一般取  $0.6 \sim 0.9$

4. 燃烧速度系数  $u_1$ ：取  $0.5 \times 10^{-4} \text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{kg}$  左右。

5. 火药气体余容  $\alpha$ ：取  $1.0 \text{dm}^3/\text{kg}$

6. 火药重度 $\gamma$ : 取 $1.6\text{kg}/\text{dm}^3$

7. 火药形状特征量 $\chi$ 、 $\lambda$ 值:

火药形状不同,  $\chi$ 、 $\lambda$ 值可按各自的公式计算。但由于火药燃烧的不一致性 及制造中工艺误差等因素, 实际 $\chi$ 、 $\lambda$ 值不可能和计算值一样, 可以把它作为符合修正量来考虑。修正时 $\chi$ 值取比理论计算值增加(10~20)%, 最多不能超过40%, 然后, 再依公式:  $\lambda = \frac{1-\chi}{\chi}$ 计算 $\lambda$ 值。

8. 火药为 $f$ : 一般取 $950000\text{kg}\cdot\text{dm}/\text{kg}$

9. 修正系数 $N'$ :

进行火炮内弹道试验时, 通常用测压器放入药筒底部来测量膛内最大压力。实践证明, 铜柱测压器测得的压力都比真实压力要低, 所以要引入一个大于1的系数 $N'$ 来修正, 即

$$p_{im} = N' p_{m(\tau)}$$

其中 $N'$ 与测压器的结构、测压铜柱的规格及压力范围有关。 $N'$ 一般在1.0~1.2范围内变化, 通常取1.12。

$p_{im}$ ——膛底的真实压力值

$p_{m(\tau)}$ ——铜柱测压器在膛底所测得的最大压力。

在内弹道基本方程中, 常采用平均压力, 故还要把铜柱测得的膛底最大压力 $p_{im}$ 换算为最大压力瞬间的平均压力 $p_m$ , 无护膛剂时:

$$p_m = \frac{N' \varphi}{\varphi_1 \left( 1 + \lambda_1 \frac{\omega}{G} \right)} p_{m(\tau)}$$

有护膛剂时:

$$p_m = 1.065 \frac{\varphi}{1 + \lambda_1 \frac{\omega}{G}} p_{m(\tau)}$$

其中:

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{C_{r_0}} + \frac{Ag}{1 + Ag} \right]; \quad C_{r_0} = \frac{l_0}{l_{v_0}}$$

$l_{v_0}$ ——药室实际长度。

10. 起动压力 $p_0$ : 一般取 $p_0 = 300(10^2\text{kPa})$

# 第一章 加农炮内弹道计算

## 1-1 1954年式76毫米加农炮的内弹道计算

### 一、内弹道计算的初始诸元

#### 1. 火炮构造 弹药诸元及内弹道验收指标

口径 $d$ mm	弹丸种类	弹重 $G$ (kg)	发射药品号	装药量 $\omega$ (kg)	初速 $v_0$ (m/s)	平均最大膛压 ( $10^3$ kPa)
76.2	杀伤爆破榴弹 WB022P	6.2	9/7	1.08	680	2380

口径 $d$ mm	弹丸种类	药室容积 $V_0$ ( $\text{dm}^3$ )	身管内膛横断面面积 $A$ ( $\text{dm}^2$ )	弹丸全行程长 $l_g$ (dm)	药室实际长度 $l_{v_0}$ (dm)	初速中间误差 $E_{v_0 \leq 5}$ (m/s)	弹形系数 $i_{cs}$
76.2	杀伤爆破榴弹 WB022P	1.484	0.469	26.87	2.98	1.65	1.1

#### 2. 求杀伤爆破榴弹 $P_m$ 值

$$\varphi = K + \frac{1}{3} \frac{\omega}{G} = 1.03 + \frac{1}{3} \frac{1.08}{6.2} = 1.088$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \frac{\frac{1}{Cv_0} + Ag}{1 + Ag} = \frac{1}{2} \frac{l_{v_0} + l_s}{l_0 + l_s} = \frac{1}{2} \frac{2.98 + 26.87}{3.1642 + 26.87} = 0.4969$$

$$P_m = \frac{N_1 \cdot \varphi \cdot P_{m(T)}}{\varphi_1 \left(1 + \lambda_1 \frac{\omega}{G}\right)} = \frac{1.12 \times 1.088 \times 2380}{1.02 \left(1 + 0.4969 \frac{1.08}{6.2}\right)} = 2617 (10^2 \text{ kPa})$$

### 二、对杀伤爆破榴弹的上机计算

#### 1. 数据准备

- DATA 0.169, 6.2, 1.484, 26.87
- DATA 30000, 1.02, 1.03, 0.2, 0, 0, 0
- DATA 950000, 1.0, 1.6, 1.08, 5.6298E-5, 0.83

#### 2. 执行程序时输入数据

- "I I, H, I J =" 1, 0.128, 8  
 "E 1, 2C, D, 2/3, E \$" 5E-3, 0.12, 5E-3, 3, "I"  
 "I E, D O" 7, 0.055

#### 3. 计算结果(见表1.1-1)

表1.1-1 1954年式76毫米加农炮内弹道表

L	T	V	P	PT	PD	PS	Z1
0	0.271	6.7	478.8	491.7	448.9	0.0372	0.0515
0.04	0.542	17.3	730.6	750.3	684.9	0.0575	0.079
0.1	0.814	33	1081	1089.6	994.7	0.086	0.1173
0.22	1.085	55.2	1454.3	1493.5	1363.3	0.1246	0.1682
0.41	1.357	84.6	1865.5	1915.7	1748.8	0.1745	0.2325
0.69	1.628	120.9	2228.1	2288.1	2088.7	0.2356	0.3092
1.07	1.9	162.7	2482.4	2549.3	2327.1	0.3063	0.3955
1.57	2.171	207.9	2603.1	2673.2	2440.3	0.3839	0.4874
2.2	2.443	254	2603.8	2874	2441	0.4652	0.581
2.95	2.714	299.4	2519.3	2587.1	2361.7	0.5476	0.6733
3.82	2.985	342.8	2385.7	2449.9	2236.4	0.629	0.7623
4.81	3.257	383.7	2230.9	2291	2091.4	0.708	0.8468
5.9	3.528	421.7	2072.6	2128.5	1943	0.784	0.9266
S1							
7.07	3.794	456.3	1923.8	1975.6	1803.4	0.8552	1
7.1	3.8	457	1918.5	1970.2	1798.5	0.856	1.0015
8.38	4.071	488.8	1685.4	1730.8	1580	0.8877	1.0702
9.75	4.343	516.8	1485.6	1525.6	1392.6	0.9134	1.132
11.19	4.614	541.5	1315.7	1351.1	1233.4	0.9341	1.1877
12.69	4.886	563.5	1171.6	1203.1	1098.3	0.9509	1.2383
14.24	5.157	583.1	1049	1077.2	983.3	0.9646	1.2842
15.85	5.428	600.7	944.3	969.7	885.2	0.9757	1.3263
17.5	5.7	616.5	854.5	877.5	801	0.9848	1.3649
19.2	5.971	630.9	777	797.9	728.4	0.9923	1.4005
20.93	6.243	644.1	709.7	728.9	665.3	0.9983	1.4355
K1							
21.48	6.328	646	690.4	709	647.2	1	1.4434
22.69	6.514	656.1	648	665.4	607.4	1	1.4434
24.49	6.786	667	593.3	609.3	556.2	1	1.4434
26.31	7.057	677.1	545.8	560.5	511.7	1	1.4434
G							
26.87	7.138	680	532.8	547.2	499.5	1	1.4434
M							
1.87	2.305	230.7	2617	2687.5	2453.3	0.4238	0.5336

PO=30000

F1=1.02

S=0.469

Q=6.2

WO=1.484

LG=26.87

K=1.03

TR=0.2

NO<sub>2</sub> 1

F=950000

AL=1

D1=1.6

LA=0.2208589

HI=0.71491228

LS=-0.29990964

HS=1.2216468

MU=-0.024539877

OW=1.08

CD=0.2956

D=.5E-02

U1=.56298E-04

N1=0.83

β1=.5E-02

QW=1.08

DR=0.7277628

B1=2.3759359

B2=0

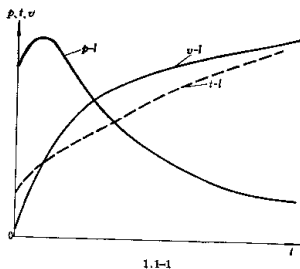
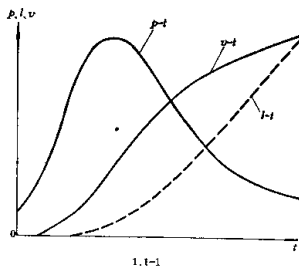
VJ=11936.483

PSO=0.023378125

FI=1.0880645

H=0.128

T	L	P	V	T	L	P	V
0.24	0	459.1	5.9	1.9	0.92	2417.8	147.6
0.49	0.03	678.2	15.1	2.29	1.85	2611.4	229
0.73	0.08	950.8	28.1	2.65	2.77	2547.6	289.7
0.98	0.17	1300.5	48.2	2.95	3.7	2406.8	337.3
1.23	0.31	1671.8	70	3.2	4.63	2260	376.7
1.47	0.52	2038.9	99.9	3.44	5.55	2121.9	410.3
1.72	0.81	2331.8	135.1	3.66	6.48	2020.5	439.4
1.96	1.19	2524.6	174.1	3.86	7.41	1858.4	455.1
2.21	1.67	2609	215.4	4.06	8.33	1693.3	487.7
2.46	2.25	2599.6	257.2	4.24	9.26	1551.3	507.5
2.7	2.93	2522.3	298.3	4.42	10.19	1430.5	524.7
2.95	3.72	2403.9	337.8	4.6	11.11	1323.3	540.4
3.2	4.59	2265.3	375.3	4.77	12.04	1229.5	554.5
3.44	5.56	2121.1	410.3	4.93	12.97	1147.9	567.2
3.69	6.61	1980.2	443.3	5.09	13.89	1074.1	578.9
3.93	7.74	1795.3	473.7	5.25	14.82	1009.4	589.6
4.18	8.94	1598.4	500.9	5.41	15.75	950.4	599.6
4.43	10.21	1427.7	525.1	5.56	16.67	897.8	608.8
4.67	11.53	1280.5	546.8	5.71	17.6	849.8	617.4
4.92	12.9	1153.6	566.3	5.86	18.53	805.9	625.5
5.16	14.31	1044	583.9	6.01	19.45	766.4	633
5.41	15.77	949	599.8	6.15	20.38	729.7	640.1
5.66	17.27	866.3	614.4	6.3	21.31	696.4	646.8
5.9	18.8	794.1	627.7	6.44	22.23	664.1	653.1
6.15	20.36	730.7	639.9	6.58	23.16	633	659
6.4	21.95	673.6	651.1	6.72	24.09	604.7	664.7
6.64	23.56	620.5	661.5	6.86	25.01	579	670
6.89	25.2	573.9	671.1	7	25.94	554.9	676.1
7.13	26.87	532.8	680	7.13	26.87	532.8	680





## 1-2 1956年式85毫米加农炮的内弹道计算

## 一、内弹道计算的初始诸元

## 1. 火炮构造 弹药诸元及内弹道验收指标

口径 $d$ (mm)	弹丸种类	弹重 $G$ (kg)	发射药品号	装药量 $\omega$ (kg)	初速 $v_0$ (m/s)	平均最大膛压 $\leq$ ( $10^3 \text{kPa}$ )
85	杀伤榴弹 WB014P WB024P	9.54	18/1-42+14/7	2.5	793	2550
	曳光尖头穿甲弹 WB101P	9.342		2.63	800	
	曳光被帽穿甲弹 WB114P	9.2		2.63	805	
	曳光超速穿甲弹 WB102P	4.99	9/7+12/1-32	2.5+0.26	1050	
	气缸尾翼式 破甲弹 WB109AP	7	11/7	2.236	845	2350
	穿甲弹 WB128P			1.9	730	1685
	发烟弹 WB408P	10.07	12/1-53+7/7	1.5	642	2350

口径 $d$ (mm)	弹丸种类	药室容积 $V_0$ ( $\text{dm}^3$ )	身管内膛横断面面积 $A$ ( $\text{dm}^2$ )	弹丸全行程长 $l_g$ (dm)	药室实际长度 $l_{r_0}$ (dm)	初速中间误差 $E_{v_0} \leq$ (m/s)	弹形系数 $\mu_s$
85	杀伤榴弹 WB014P WB024P	3.94	0.582	35.92	6.53	2.3	1.1
	曳光尖头穿甲弹 WB101P					2.5	1.3
	曳光被帽穿甲弹 WB114P	4		35.46			
	曳光超速穿甲弹 WB102P	4.12		35.49		4.0	1.7
	气缸尾翼式 破甲弹 WB109AP	3.628		35.82		2.5	1.864
	穿甲弹 WB128P	4.02		35.07		2.2	2.28
	发烟弹 WB408P					1.7	1.1