

实用弹道学

王昌明 编著

王义祥 审校



兵器工业出版社

TJ012
07

31899202

实用弹道学

王昌明 编著
王义祥 审校

兵器工业出版社

(京)新登字049号

内 容 简 介

本书介绍了枪炮弹道的一般原理和计算、设计方法及试验技术。

全书分三篇十八章,内容包括外弹道基本知识、外弹道计算与设计、内弹道基础理论、内弹道解法与设计、弹道主要参数试验方法和测试技术等。可供从事枪炮及弹药研制、设计、生产的工程技术人员使用,亦可供有关专业学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用弹道学/王昌明编著. —北京:兵器工业出版社, 1994-5
ISBN 7-80038-673-2

I. 实… I. 王… III. 弹道学-枪械-实验弹道学 N. TJ0121

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第01961号

实 用 弹 道 学

王昌明 编著

王义祥 审校

★

兵器工业出版社出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

国营五三一印刷厂印装

★

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.75 字数: 443.68千字

1994年5月第1版 1994年5月第1次印刷

印数: 1~500 定价: 18.00元

前 言

实用弹道学所涉及的内容主要是指枪炮武器的弹道问题。本书主要介绍了枪炮弹道的基础理论、分析计算和一般的设计方法，并介绍了枪炮弹道主要参数的试验技术。

本书共分三篇，在第一篇外弹道学中着重讨论了有关外弹道的一般概念、分析计算和设计的基本知识。第二篇内弹道学中介绍了内弹道的基本原理、分析计算和设计的基本方法。第三篇介绍了枪炮弹道的主要参数的试验方法和测试技术。该书将外弹道学、内弹道学和弹道试验这三部分内容汇集在一起，是一次尝试，目的是使初学者或实际工作者能够系统地了解 and 掌握弹道学的基础理论及实际应用。

本书主要供从事枪炮及弹药的生产 and 研究的科技人员使用，也可供有关专业学生作为教学参考书。

全书由王义祥教授主审。

目 录

第一篇 外弹道学

第一章 外弹道的一般概念	(1)
第一节 空气阻力	(1)
一、摩擦阻力.....	(1)
二、涡流阻力.....	(1)
三、波动阻力.....	(2)
第二节 空气阻力一般表达式、阻力定律及弹形系数	(2)
一、空气阻力一般表达式.....	(2)
二、阻力定律、弹形系数.....	(2)
第三节 气象条件对空气阻力的影响及标准气象条件	(8)
一、空气状态方程与虚温.....	(8)
二、标准气象条件.....	(8)
三、气压随高度变化的规律.....	(9)
四、气温随高度变化的规律.....	(9)
五、空气密度随高度变化的规律.....	(10)
六、音速随高度的变化规律.....	(10)
第四节 空气阻力加速度、弹道系数及阻力函数	(11)
一、空气阻力加速度.....	(11)
二、弹道系数.....	(11)
三、阻力函数 $F(v)$ 或 $G(v)$	(12)
四、弹形的选择.....	(13)
第二章 外弹道计算	(15)
第一节 弹道诸元的计算公式	(15)
第二节 真空弹道的特性	(16)
第三节 弹道的刚性原理	(17)
第四节 空气弹道的一般特性	(18)
一、弹丸速度沿弹道的变化.....	(18)
二、弹道的不对称性.....	(19)
三、空气弹道的确定、弹道表解法.....	(19)
第五节 弹道诸元的计算	(20)
一、用西亚切主要函数计算弹道诸元.....	(20)
二、用西亚切辅助函数计算弹道诸元.....	(22)

三、补偿系数	(23)
四、西亚切解法的应用举例	(23)
第六节 计算机数值解法	(25)
一、基本公式	(25)
二、程序功能	(26)
三、计算方法	(26)
四、程序框图	(26)
五、子程序说明	(27)
六、变量及数组说明	(28)
七、源程序	(28)
第三章 外弹道设计	(38)
第一节 弹道诸元的选择	(38)
一、选择弹道诸元所要考虑的因素	(38)
二、口径的选择	(38)
三、弹丸质量的选择及弹丸质量系数	(38)
四、初速的选择	(39)
第二节 普通弹的弹道设计	(39)
一、设计普通弹弹道要考虑的因素	(39)
二、普通弹弹道设计的一般方法	(40)
第四章 弹丸在空气中飞行的稳定性	(42)
第一节 空气阻力对旋转弹丸的作用	(42)
一、旋转弹丸的受力分析	(42)
二、陀螺旋转的特性	(43)
三、弹丸在弹道直线段上弹轴的摆动	(43)
第二节 弹丸飞行稳定所需的膛线缠度的确定	(44)
第三节 偏流	(45)
第五章 弹道修正	(46)
第一节 标准条件	(46)
一、标准弹道(射表)条件	(46)
二、标准气象条件	(46)
三、标准地形条件	(46)
第二节 主要修正系数	(46)
第三节 用西亚切辅助函数进行弹道修正的公式	(47)

第二篇 内弹道学

第六章 火药的燃烧规律	(49)
第一节 火药的一般知识及定、变容火药气体状态方程	(49)
一、火药的一般知识	(49)

二、火药气体定容状态方程	(53)
三、变容情况下的火药气体状态方程	(59)
第二节 火药的几何燃烧定律和药形系数	(60)
一、火药的几何燃烧定律	(60)
二、火药气体生成速率	(60)
三、形状函数	(61)
四、药形系数 χ 、 λ	(64)
第三节 火药燃烧表面的变化	(65)
第四节 燃烧速度定律	(66)
第七章 弹丸在膛内的运动	(68)
第一节 内弹道基本方程	(68)
第二节 挤进压力	(69)
第三节 弹丸运动时膛线导转侧作用在弹带上的力	(69)
第四节 膛内火药气体压力分布	(71)
第五节 膛内火药气体压力的变化规律	(74)
第六节 火药气体在膛内所作的功	(76)
第七节 装填条件小量变化对主要弹道诸元的影响	(78)
第八章 内弹道解法	(81)
第一节 基本方程	(81)
一、基本假设	(81)
二、内弹道基本方程组	(81)
第二节 用 Γ AV 表解内弹道	(83)
第三节 混合装药的表解法	(86)
第四节 内弹道问题的电子计算机解	(88)
一、计算机解所用的各种公式	(88)
二、基本方程组	(89)
三、程序功能	(90)
四、计算方法	(90)
五、子程序说明	(90)
六、程序框图	(91)
七、输入文件的建立	(93)
八、源程序	(93)
第九章 内弹道设计	(113)
第一节 概述	(113)
第二节 内弹道参数选择	(115)
一、最大膛压 p_m 的选择	(115)
二、药室扩大系数 χ_c 的确定	(116)
三、身管相对长度 $\frac{L_w}{d}$ 的选择	(116)

四、装填密度 Δ 的选择	(116)
五、装药有效利用系数 η_e	(116)
第三节 内弹道设计的一般步骤	(117)
第四节 内弹道方案的评定	(121)
一、武器膛内工作容积利用系数 η_v (或称压力系数)	(121)
二、装药利用系数 η_w	(121)
三、火药燃烧结束相对位置的特征量 η_s	(122)

第三篇 弹道试验

第十章 火药气体压力的测量方法	(123)
第一节 概述	(123)
一、测量火药气体压力的实际意义和理论意义	(123)
二、测量压力的主要方法	(123)
第二节 铜柱测压法	(124)
一、测压铜柱和铜柱测压器	(124)
二、测压铜柱校准和铜柱压力表编制	(126)
三、铜柱测压换算法	(131)
四、铜柱测压法的误差	(135)
第三节 铜球测压法	(140)
一、测压铜球和铜球测压器	(140)
二、测压铜球的标定和铜球压力表的编制	(141)
三、铜球测压的应用	(144)
第四节 电测压系统	(145)
一、测压系统的组成	(145)
二、典型的测压系统	(145)
第五节 应变电阻测压法	(147)
一、电阻应变片	(147)
二、应变式测压传感器	(152)
三、应变式测压传感器的动态特性	(156)
四、测量电路	(157)
五、动态应变仪	(167)
六、应变测压系统的标定	(168)
第六节 压电测压法	(169)
一、压电效应	(169)
二、压电测压传感器	(170)
三、电荷放大器	(175)
四、压电测压系统的标定	(177)
第七节 测压系统的动态标定	(178)

一、压力传感器的动态性能指标	(178)
二、压力传感器的动态标定	(180)
第十一章 弹丸速度的测量	(184)
第一节 概述	(184)
第二节 区截装置和测时仪	(185)
一、网靶和箔靶	(185)
二、线圈靶	(187)
三、天幕靶和光电靶	(190)
四、声靶和惯性靶	(193)
五、测时仪	(194)
六、多功能测时仪简介	(197)
第三节 多普勒测速雷达	(200)
一、多普勒测速雷达的基本原理	(200)
二、640 型测速雷达系统	(201)
三、DR582 多普勒雷达系统	(203)
四、其它测速雷达	(206)
第四节 电子测时仪测速	(208)
一、靶距的选择与测量	(209)
二、初速 v_0 的推算	(210)
第五节 多普勒雷达测速	(211)
一、位置修正方法	(211)
二、初速的推算	(213)
第十二章 温度测量	(214)
第一节 引言	(214)
第二节 电阻温度计	(215)
一、金属测温电阻	(215)
二、半导体热敏电阻	(216)
三、电阻的测定	(216)
第三节 热电偶	(217)
一、热电偶测温的工作原理	(217)
二、热电偶的基本实验定律	(218)
三、身管温度测定	(220)
四、热电偶测温中的几个技术问题	(221)
第四节 辐射式温度计	(224)
一、辐射测温的基本原理	(224)
二、红外线测温	(226)
三、比色高温计	(226)
第十三章 火药示性数及燃烧速度的测定	(229)
第一节 概述	(229)

第二节 测试系统与实验装置	(229)
第三节 火药力及火药气体余容的测定	(230)
一、火药力与火药气体余容的测定方法	(230)
二、压力损失的修正	(231)
三、测压误差对火药力、余容误差的影响	(232)
第四节 燃烧速度定律及压力全冲量的测量方法	(233)
一、燃烧速度定律的整理方法	(234)
二、压力全冲量的确定方法	(235)
第五节 火药烧蚀性的测量方法	(236)
第十四章 射程及地面密集度试验	(238)
第一节 试验的目的与意义	(238)
第二节 试验的准备与实施	(238)
一、试验的准备与要求	(238)
二、试验实施	(240)
第三节 弹着点的测量方法	(240)
一、方向盘交会法	(240)
二、摄影交会法	(242)
三、炸点坐标自动记录仪	(242)
第四节 数据处理	(243)
第十五章 立靶密集度与对空射击试验	(245)
第一节 立靶密集度试验的目的和意义	(245)
第二节 试验的条件与准备	(245)
一、立靶	(245)
二、火炮及弹药	(246)
三、仪器设备及要求	(246)
四、气象条件	(246)
第三节 试验实施	(247)
一、瞄准	(247)
二、试射	(247)
三、正式射击	(247)
第四节 数据处理	(248)
第五节 自动检靶系统	(248)
一、杆式声坐标靶	(248)
二、阵列式声坐标靶	(249)
三、光电坐标靶	(250)
第六节 最大射高及对空密集度试验	(250)
一、试验目的	(250)
二、试验前火炮、弹药的准备及要求	(250)
三、试验方法	(251)

四、射击时应记录的数据	(251)
五、试验数据处理	(251)
第十六章 弹丸飞行稳定性试验	(254)
第一节 概述	(254)
第二节 攻角纸靶试验	(254)
一、纸靶测攻角的工作原理	(254)
二、实验的准备及实施	(256)
三、纸靶法测攻角的精度	(257)
第十七章 跳角测定试验	(258)
第一节 概述	(258)
第二节 测定跳角的方法	(259)
一、 $\varphi_i = 0^\circ$ 时跳角的测定	(259)
二、 $\varphi_i = 20^\circ \sim 30^\circ$ 时的跳角测定	(260)
第三节 跳角测定试验的实施	(260)
一、试验条件	(260)
二、试验实施	(261)
三、注意事项	(261)
第十八章 射表编制试验	(262)
第一节 概述	(262)
一、基本诸元	(262)
二、修正诸元	(262)
三、散布诸元	(262)
四、射表说明	(262)
第二节 射表试验前的准备	(262)
一、火炮和弹药的预算	(262)
二、火炮准备	(263)
三、弹药准备	(264)
四、气象的试验准备	(264)
第三节 射表试验	(265)
一、选配装药量试验	(265)
二、药温与弹丸质量修正系数试验	(266)
三、偏流试验	(267)
第四节 射表编制的对空射击试验	(267)
一、试验目的	(267)
二、对空弹道网试验	(267)
三、 $\Delta C/C$ 试验	(269)
四、温度对引信作用时间的影响试验	(269)
五、初速对引信作用时间的影响试验	(269)
第五节 符合计算和标准化	(269)

一、地面炮的符合计算与标准化.....	(270)
二、射表编拟.....	(271)
参考文献.....	(271)

第一篇 外弹道学

第一章 外弹道的一般概念

外弹道学是研究弹丸在空气中运动的规律以及与此运动有关问题的一门科学。

运动规律包括弹丸质心运动规律和弹丸刚体围绕质心运动规律。在一定条件下，可将两种运动分别开来研究，进而再研究两种运动相互之间的主要影响。所谓与运动有关问题，主要指弹丸在飞行时，对弹上所受诸力的分析与计算、有关弹道的修正理论和方法以及气象条件对运动的影响。

在武器设计中，外弹道的设计是根据给定的战术技术要求选择合理的弹形，确定合理的口径、初速和弹重，并解决弹丸飞行稳定性、射击密集度等问题。外弹道设计是武器弹药设计的第一步工作。

第一节 空气阻力

弹丸在空气中飞行，与空气相对运动，受到空气的作用力称为空气阻力。显见，此力必与弹丸特性（如形状、大小、结构等）、空气特性（如气温、密度、粘性及可压缩性等）以及弹丸和空气之间相对运动特性（如相对速度的大小、弹轴的方位等）三个方面有密切的关系。

在一定条件下，气流静止，弹丸运动与弹丸静止，气流运动这两者基本相似。根据此种相似原理，通过风洞试验，分析研究出空气阻力，它包括摩擦阻力、涡流阻力及超音速时的波动阻力。

一、摩擦阻力

由于空气具有粘滞性，弹丸在空气中飞行时，带动其表面附近的一薄层空气（称附面层）运动。这就消耗了弹丸的一部分动能，使之减速。此时空气环绕弹体流过，呈现所谓环流现象（如图 1-1 (a) 所示），由此所产生的阻力称为空气摩擦阻力。

显见，此阻力的大小除受气流粘性及弹速影响外，还与弹表面积的大小及弹表面的粗糙度有关。这种现象产生于当弹丸与空气之间的相对速度 v 远低于音速 c 的情况下。

二、涡流阻力

当增大弹丸与空气之间的相对速度 v 至一定程度，且 v 小于音速 c 时，气流将明显地不环绕弹丸表面运动，并在弹底附近出现漩涡，称为涡流（如图 1-1 (b) 所示），产生的阻力称为涡流阻力。

形成涡流原因可粗略地解释为：在一定条件下，由于气流流动时的惯性使弹表面的附面层与弹体表面分离，而弹体尾部附近没有气流流过，形成接近真空的低压区，周围压力较高

的气流向此区域填补,造成了杂乱无章的涡流。通过实验发现,涡流区压力远小于弹头附近气流中的压力。弹头与弹尾的压力差,即构成所谓涡流阻力。影响涡流阻力的主要因素是弹尾部形状、弹丸与气流之间相对运动速度的大小和方向以及弹丸底部是否排气等。在一定条件下,弹尾做成收缩形状不易出现涡流。

三、波动阻力

当弹丸与空气之间的相对运动速度 v 大于音速 c 时,除前述的摩擦阻力及涡流阻力外,又增加了一种波动阻力或称激波阻力(如图 1-1 (c) 所示),此阻力是伴随着近似圆锥形的激波而产生的,下面简述形成此阻力的原因:当弹丸超音速飞行时,沿弹头表面以及弹带、弹尾等凹凸不平处,在其附近各条流线的每点上,气流方向被迫向外转折,每个点都成为一个点扰源,均各产生一马赫波,由此无数个马赫波重叠的结果,即为激波或称弹道波。为了减小波动阻力,在尽量满足其它要求的情况下,总希望将弹头设计得锐长些。

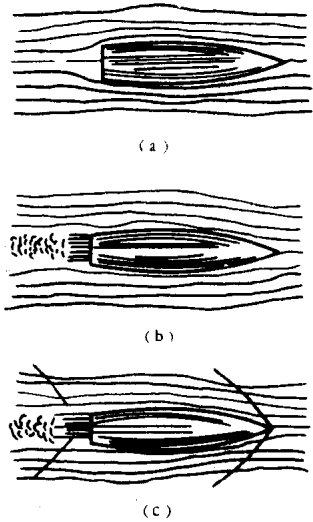


图 1-1 弹丸所受的
空气阻力

对于中等速度(即 500m/s 左右)的现有制式弹而言,在总的空气阻力中,一般摩擦阻力约占 6~10%,涡流阻力及波动阻力则分别各约占 40~50%。

第二节 空气阻力一般表达式、阻力定律及弹形系数

一、空气阻力一般表达式

空气阻力与空气的特性、弹丸特性和相对运动特性等有关。根据量纲分析理论及实验研究得知,空气阻力一般表达式为:

$$R_x = S \frac{\rho v^2}{2} C_{x_0} \left(\frac{v}{c} \right) \quad (1-1)$$

式中 R_x ——空气阻力 (N);
 ρ ——空气密度 (kg/m^3);
 S ——弹丸最大横断面积 (m^2);
 v ——弹头相对于空气的速度 (m/s);
 c ——音速 (m/s);

$C_{x_0} \left(\frac{v}{c} \right)$ ——弹轴和飞行方向一致时的阻力系数,无因次,在一定速度范围内近似为 $Ma (v/c)$ 数的函数,由实验确定。

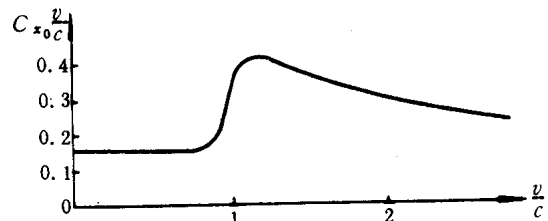


图 1-2 阻力系数和 $\frac{v}{c}$ 的关系

二、阻力定律、弹形系数

由大量实验表明,对于形状相差不大的弹丸 I 和 II,其 $C_{x_0} (Ma)$ 曲线之间存在一定的规律,即在相同 Ma 值时,它们的 $C_{x_0} (Ma)$ 之比值近似相等(如图 1-3 所示)。即

$$\frac{C_{x_0}(Ma_1)}{C_{x_0}(Ma_1)} \approx \frac{C_{x_0}(Ma_2)}{C_{x_0}(Ma_2)} \approx \dots \approx \frac{C_{x_0}(Ma_n)}{C_{x_0}(Ma_n)} \approx i \quad (1-2)$$

式中 $C_{x_0}(Ma_1)$ 、 $C_{x_0}(Ma_2)$ …… $C_{x_0}(Ma_n)$ ——分别为某弹丸在 Ma_1 、 Ma_2 、… Ma_n 时的阻力系数；

$C_{x_0}(Ma_1)$ 、 $C_{x_0}(Ma_2)$ …… $C_{x_0}(Ma_n)$ ——分别为另一与上述弹丸形状相近的弹丸在相应 Ma_1 、 Ma_2 … Ma_n 时的阻力系数；

i ——常数、称为弹形系数。

其定义为：某待测弹相对于某标准弹的弹形系数，是该待测弹与该标准弹在相同马赫数下，且 $\delta=0$ 时阻力系数的比值。

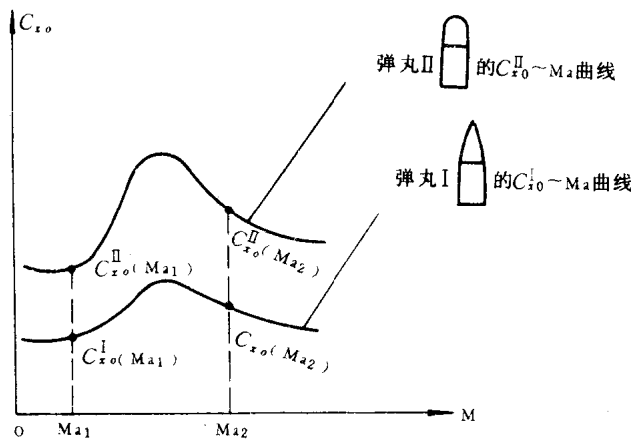


图 1-3 旋转弹的阻力系数曲线示意图

由于引入弹形系数，弹形对空气阻力的影响的计算就可大为简化。只要选定某一个或一组标准形状的弹丸，用大量实验求出其阻力系数曲线，以此作为“标准”，而其它形状相近的弹丸仅以实验测出其 $C_{x_0}(Ma)$ 值，利用 (1-2) 式即可算出其相对该“标准”阻力系数的 i 值。

因此，对任意形状弹丸的空气阻力表达式可写为：

$$R_x = S \frac{\rho v^2}{2} i C_{x_0}(Ma) \quad (1-3)$$

由 (1-3) 式可知，为了计算各个马赫数时的空气阻力，必须确定某“标准”弹丸的阻力系数曲线。这种“标准”弹丸的阻力系数 C_{x_0} 和马赫数之间的关系称为空气阻力定律，记作 $C_{x_0} \sim Ma$ 。

i 值反映了弹形差异所引起的阻力系数差异及由此引起的阻力差异。由于待测弹的 i 值必相对于一定标准弹而言，所以， i 值的大小与待测弹形状和标准弹形状（或阻力定律）均有关。在一定的马赫数下，一定的弹丸只有一个阻力系数值，但由于所取阻力定律不同便有不同的 i 值。现经常用的阻力定律有两种：西亚切阻力定律和 43 年阻力定律。西亚切阻力定律所用

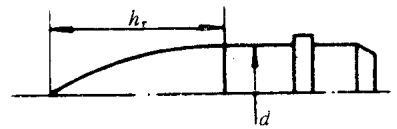


图 1-4 阻力定律的弹形示意图

的标准弹丸其圆弧形头部 (如图 1-4 所示) 长为: $h_r = (1.2 \sim 1.5) d$ (1-4)

43 年阻力定律所用的标准弹丸其圆弧形头部长为: $h_r = (3.0 \sim 3.5) d$ (1-5)

图 1-5 为 43 年阻力定律和西亚切阻力定律的 $C_{\bar{x}_0} - Ma$ 曲线。其数值关系见表 1-1 和 1-2。

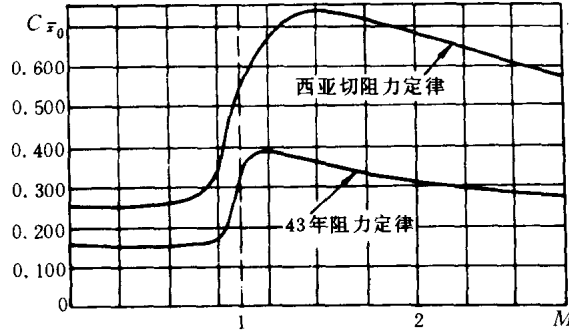


图 1-5 43 年和西亚切阻力定律的 $C_{\bar{x}_0} - Ma$ 曲线

表 1-1 43 年阻力定律的 $C_{\bar{x}_0}$ 数值表

Ma	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.7	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.158	0.158	0.159	0.159
0.8	0.159	0.160	0.161	0.162	0.164	0.166	0.168	0.170	0.174	0.178
0.9	0.184	0.192	0.204	0.129	0.234	0.252	0.270	0.287	0.302	0.314
1.0	0.325	0.334	0.343	0.351	0.357	0.362	0.366	0.370	0.373	0.376
1.1	0.378	0.379	0.381	0.382	0.382	0.383	0.384	0.384	0.385	0.385
1.2	0.384	0.384	0.384	0.383	0.383	0.382	0.382	0.381	0.381	0.380
1.3	0.379	0.379	0.378	0.377	0.376	0.375	0.374	0.373	0.372	0.371
1.4	0.370	0.370	0.369	0.368	0.367	0.366	0.365	0.365	0.364	0.363
1.5	0.362	0.361	0.359	0.358	0.357	0.356	0.355	0.354	0.353	0.353
1.6	0.352	0.350	0.349	0.348	0.347	0.346	0.345	0.344	0.343	0.343
1.7	0.342	0.341	0.340	0.339	0.338	0.337	0.336	0.335	0.334	0.333
1.8	0.333	0.332	0.331	0.330	0.329	0.328	0.327	0.326	0.325	0.324
1.9	0.323	0.322	0.322	0.321	0.320	0.320	0.319	0.318	0.318	0.317
2.0	0.317	0.316	0.315	0.314	0.314	0.313	0.313	0.312	0.311	0.310
2.	0.317	0.308	0.303	0.298	0.293	0.288	0.284	0.280	0.276	0.273
3.	0.270	0.269	0.268	0.266	0.264	0.263	0.262	0.261	0.261	0.260
4.	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260

表 1-2 西亚切阻力定律的 $C_{\bar{x}_0}$ 数值表

Ma	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.7	0.259	0.261	0.262	0.263	0.265	0.267	0.268	0.271	0.275	0.280
0.8	0.284	0.289	0.294	0.301	0.310	0.320	0.333	0.350	0.362	0.378

续表

Ma	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.9	0.393	0.410	0.425	0.441	0.456	0.472	0.488	0.504	0.519	0.534
1.0	0.546	0.557	0.567	0.577	0.587	0.597	0.608	0.616	0.624	0.631
1.1	0.639	0.646	0.653	0.659	0.664	0.668	0.673	0.677	0.682	0.686
1.2	0.690	0.694	0.698	0.701	0.704	0.707	0.709	0.712	0.714	0.717
1.3	0.719	0.720	0.722	0.723	0.725	0.726	0.727	0.728	0.729	0.730
1.4	0.731	0.732	0.733	0.733	0.734	0.735	0.736	0.736	0.737	0.737
1.5	0.737	0.737	0.737	0.737	0.736	0.736	0.736	0.736	0.735	0.735
1.6	0.735	0.734	0.733	0.733	0.732	0.732	0.731	0.730	0.729	0.729
1.7	0.728	0.727	0.726	0.725	0.725	0.724	0.723	0.722	0.721	0.720
1.8	0.719	0.718	0.717	0.716	0.715	0.714	0.713	0.712	0.711	0.710
1.9	0.709	0.707	0.706	0.705	0.703	0.702	0.701	0.700	0.699	0.698
2.0	0.697	0.695	0.694	0.692	0.691	0.689	0.688	0.687	0.685	0.684
2.	0.697	0.683	0.668	0.655	0.640	0.627	0.613	0.597	0.588	0.574
3.	0.561	0.548	0.538	0.525	0.514	0.503	0.493	0.483	0.474	0.465
4.	0.457	0.448	0.440	0.433	0.426	0.420				

i 是反映弹形特性的重要参数, 它的取值大小标志着枪炮及弹丸的设计质量。在具体设计中, 必须针对设计任务, 结合对弹丸结构及气动外形等进行全面深入的反复研究才能得出合适的 i 值。下述的求 i 值的三种方法, 仅是指初步选取了弹形之后, 如何获得对应的弹形系数的量值大小。

1. 实验测定

用射击试验或风洞吹风试验。射击法和风洞法是测定空气动力及其力矩的基本方法。各类方法均有多种, 这里仅介绍常用的动能法。此法的原理是:

弹丸在飞行过程中动能的减少, 等于克服空气阻力所作的功。

由此原理可知, 应使弹丸飞行距离较短且接近于水平飞行, 才能认为重力与弹丸运动方向垂直、不作功, 只有空气阻力做功。

如图 1-6 所示, 枪炮身管接近水平位置, 用测时仪将 1、2 两点的速度 v_1 及 v_2 测出, 1、

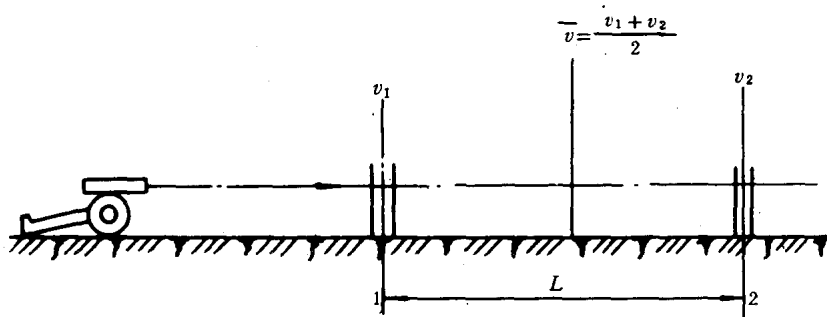


图 1-6 测定阻力系数的靶道布置