

李伟如等 编

步兵武器射击学理

BUBING WUQI SHEJI XUELI

兵器工业出版社

步兵武器射击学理

李伟如等 编

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书是在翻译苏联原著的基础上经增补改写而成。全书共十三章，介绍了现代步兵分队武器的基本知识：火炸药及内外弹道知识；武器的瞄准及瞄准装置；弹道形状和弹丸对目标的作用；公算、误差原理、弹道散布、命中和杀伤公算等内容。本书可作为步兵、公安、刑警院校的教材，可作为步兵分队指挥员及公安、刑警、军训、军械及靶场工作人员的业务学习材料，也可供射击教练员、运动员、民兵及大专院校军训人员学习参考。

步 兵 武 器 射 击 学 理

李伟如等编

※

兵 事 工 业 出 版 社 出 版 发 行

北京市海仓胡同10号

新华书店北京发行所经销

北京市昌平区振兴校印厂印装

※

开本：787×1092 1/32 印张：15 字数：316千字

1987年11月第1版 1987年11月第1次印刷

统一书号：15171·003 印数：13000册

ISBN 7-80038-002-5 TJ·1 定价：3.50元

前 言

本书是在苏联《步兵武器射击学理》(Основы Стрельбы из Оружия Стрелковых Подразделений)一书的基础上,根据武器装备和科学技术的发展情况,进行了增补并重新改写而成。1983年,原兵器工业部第二〇八研究所曾作为内部资料印刷,得到部队院校和有关单位的好评。为了更好地满足多方面的需要,我们对全书又重新作了校订,并经上级批准,由兵器工业出版社出版,公开发行。

全书共分十三章,介绍了现代步兵分队武器的基本知识,火炸药及内外弹道基础知识,武器的瞄准及瞄准装置,弹道形状的实际意义和弹丸对目标的杀伤、破坏效应,以及公算、误差原理、弹道散布、命中和杀伤公算等内容。为了读者使用方便,还在附录中增补了大量表格及少量X光摄影照片。

学习和掌握本书内容,就会对各种步兵武器的射击和命中问题有一个清晰完整的概念,就会对这些武器的正确运用作到胸有成竹,得心应手,从而更大限度地发挥各种步兵武器的技术优势和战术效果。本书可作为步兵、公安、刑警、武警院校及有关军事院校的教材,可作为步兵分队指挥员及公安、刑警、武警、军训、军械和靶场工作人员的业务学习材料,也可供射击教练员、运动员、民兵及大专院校军训人员学习参考。

本书是在有关人员通力合作和积极配合下完成的。第一章至第九章系陈丽君同志翻译,第十章至第十三章系陈恒同

志翻译。技术校对、改写和增补工作分别由张昆勋（第一章及附表）、王永悦（第二章、第三章和第七章）、许增海（第五章和第六章）、李伟如（第四章和第八章至第十三章）等同志完成。最后由李伟如、王永悦、陈恒和张昆勋同志完成全书的文字助校与编辑工作。国防工业出版社李先荣同志对该书作了全面审校，并提出许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。由于我们水平有限，疏漏之处，在所难免，敬希广大读者批评指正。

编者 1987年7月

目 录

前 言

第一章 现代步兵分队武器概述.....	1
第一节 发射管的用途和构造.....	1
第二节 射击武器的弹药.....	7
第三节 枪械分类及其自动原理.....	32
第二章 火炸药	42
第一节 爆发现象.....	42
第二节 火炸药的分类.....	45
第三章 内弹道学常识.....	52
第一节 火药的燃烧过程.....	52
第二节 发射现象.....	59
第三节 迫击炮的发射特点.....	62
第四节 火箭武器的发射特点.....	64
第五节 枪管的强度和寿命.....	71
第六节 弹丸初速.....	76
第七节 后坐和发射差角的产生.....	80
第四章 外弹道学知识.....	88
第一节 弹丸在重力作用下的运动.....	89
第二节 弹丸在空气中的运动.....	99
第三节 气象条件对弹丸飞行的影响.....	125
第五章 瞄准与瞄准装置.....	134
第一节 角度测量.....	134
第二节 瞄准的一般概念.....	142

第三节	瞄准角与目标高低角的关系·····	146
第四节	瞄准装置·····	150
第六章	弹道形状及其实用意义·····	179
第一节	关于弹道低伸性的一般概念·····	179
第二节	表尺危险界及直射距离·····	180
第三节	实地危险界·····	186
第四节	遮蔽界和死界·····	193
第七章	弹丸对目标的作用·····	199
第一节	弹丸对有生目标的杀伤作用·····	200
第二节	弹丸对目标的侵彻和穿甲作用·····	202
第三节	榴弹及其破片对目标的杀伤作用·····	208
第四节	弹丸对坦克车辆及其他硬目标的聚能 破坏作用·····	215
第八章	公算理论概说·····	223
第一节	公算理论的任务·····	223
第二节	事件的分类·····	224
第三节	事件出现频率·····	225
第四节	事件出现公算和公算定理·····	226
第五节	公算计算方法·····	229
第六节	全公算及试验后的假定公算·····	231
第七节	重复试验中事件至少出现一次的公算·····	234
第八节	根据已知的公算求该事件至少出现一 次所需进行的试验次数·····	235
第九节	偶然量及偶然量的期望值·····	236
第九章	误差理论概说·····	241
第一节	测量误差·····	241

第二节	误差定律.....	242
第三节	公算误差 误差梯尺.....	249
第四节	根据测量结果求公算误差。公算误差、 算术平均误差与平均平方误差之间的 关系.....	257
第五节	平均结果的公算误差.....	261
第六节	平面误差.....	264
第十章	弹道散布.....	272
第一节	弹道散布及弹道束.....	272
第二节	弹道散布规律.....	276
第三节	弹道散布的度量.....	279
第四节	求少量射击时散布中心的位置（平均 弹着点）.....	299
第五节	数门迫击炮或数挺机枪射击时的散布.....	302
第六节	各种射击条件下的射弹散布.....	305
第七节	弹道散布的危险地带.....	314
第八节	自动武器射击时散布的特点.....	315
第十一章	在已知平均弹道与目标的关系位置条件 下求命中公算.....	321
第一节	命中公算的一般概念 命中公算与各种条件的关系.....	321
第二节	近似法求命中公算.....	326
第三节	根据射表求命中公算.....	334
第四节	实施正面人工散布射时单个面目标的 命中公算.....	339
第十二章	射击的可靠性和经济性.....	343

第一节	用单个目标的杀伤公算衡量射击可靠性	343
第二节	用命中弹数的期望值衡量射击的经济性	351
第三节	确定射击可靠性的简便方法和求达到规定的目标杀伤公算所需弹药量的简便方法	355
第四节	决心杀伤单个目标所需弹药消耗量的主要条件	359
第五节	对横宽集团目标实施正面散布射的可靠性和经济性	365
第十三章	估计射击中可能的误差求目标命中公算和杀伤公算	373
第一节	求命中公算	373
第二节	求单个目标的杀伤公算时各种误差对杀伤公算的影响	377
参考文献		387
附表		
表 1	目标的大小、面积和人形系数表	390
表 2	其界限内的命中公算 $\Phi(\beta)$ 表	391
表 3	当 $P=0.1$ 时, 目标杀伤公算与命中一个人形目标的弹数期望值的关系表	397
表 4 (甲)	圆形散布网	399
表 4 (乙)	环靶的命中公算	400
表 5	以公算偏差为单位的散布网	401
表 6	基本射表	402
表 7	瞄准线上平均弹道高表	414

表 8	气象和弹道变化的修正量.....	419
表 9	高低角的距离修正量.....	422
表 10(甲)	一九五三年式 7.62 毫米重机枪射击 时完成射击任务所需的射弹数量 (一九七〇年式轻弹).....	424
表 10(乙)	杀伤单个目标(命中一弹)所需的射 弹数量.....	425
表 11	一九五三年式 82 毫米迫击炮基本射表.....	428
表 12	一九六三年式 60 毫米迫击炮(榴弹)简明 射表.....	438
表 13	目标不在炮口水平面上时的表尺分划修 正量表.....	439
表 14	一九六五年式 82 毫米无坐力炮(榴弹)简 明射表.....	446
表 15(甲)	一九六九年式 40 毫米火箭筒射表.....	448
表 15(乙)	一九六九年式 40 毫米火箭筒不同药 温时高角与射距的关系.....	449
表 16(甲)	一九七〇年式 62 毫米单兵火箭筒明 射表.....	450
表 16(乙)	一九七〇年式 62 毫米单兵火箭弹道 高表.....	451
表 17	密位与度分的换算表.....	452
表 18	角度与密位的关系表.....	453
表 19	各种枪射效矫正规则表.....	454
表 20	各种枪械性能诸元表.....	458
附图		464

第一章 现代步兵分队武器概述

在现代步兵分队中，除了刺刀、手榴弹外，主要是射击武器。

利用火药气体能量抛射弹丸以杀伤敌人、击毁敌方武器和技术装备的武器，称为射击武器。

现代步兵分队中的射击武器，种类较多，主要有：

枪械——用以发射枪弹弹丸的武器。通常包括口径在20毫米以内、单人使用的手持和肩射武器，如手枪、转轮手枪、冲锋枪、自动步枪和霰弹枪；口径在15毫米以内，多人（2～3）能够携行和使用的武器，如轻机枪、重机枪和大口径机枪。

近程杀伤武器——以弹丸爆炸时产生的爆破作用、破片杀伤作用、燃烧及其他致伤作用，杀伤暴露或隐蔽的点、面有生目标的武器。通常包括各种近程单兵榴弹发射器、迫击炮等。

步兵反坦克武器——用以发射聚能破甲弹的武器。通常包括：反坦克枪榴弹及其发射装置；专用破甲弹及其发射器；单人或多人使用的、便携式火箭和轻型无坐力炮等。

现代射击武器，用途不同，射击方式也不相同。有非自动的，半自动的和自动的。在非自动武器中，火药气体能量仅用来推送弹丸运动；而半自动武器，火药气体能量除了用于推动弹丸运动外，还用来进行开锁、抛壳、供弹、闭锁，

完成武器的整个动作循环过程，但仅能进行单发射击，所以又称自动装填武器。自动武器不但可以完成上述动作过程，而且还能进行点射和连发射击，所以又称自动射击武器。现代枪械多属自动武器。五四式手枪、五九式手枪、五六式半自动步枪属半自动武器。一九五三年式7.62毫米骑枪则属非自动武器。

射击武器的主要组成部分有：

1. 发射管；
2. 弹丸或全弹；
3. 发射药；

此外，还有用于完成整个武器动作循环过程的各种机构和装置，如闭锁机；击发机；供弹机；退壳、抛壳装置；瞄准装置以及架座等。

第一节 发射管的用途和构造

发射管是射击武器的最基本部件，其功用按武器类型不同而不同。

在枪械中，发射管称为枪管。它作为发射药的燃烧室，可以将火药的能量转换成推动弹丸运动的能量；赋予弹丸稳定飞行的旋转运动和飞行方向。

在迫击炮中，发射管就是炮管。它作为发射药的燃烧室，可以将火药的能量转换为推动弹丸运动的能量，并赋予迫击炮弹一定的飞行方向。

在火箭武器中，其发射管可以是筒形的，也可以是某种发射导轨，步兵分队配用的火箭多为筒形。其功用是赋予

火箭弹一定的射击方向，同时也可起屏蔽火焰、防止烧伤射手的作用。

1. 枪管（如图 1-1-1）有：枪管尾部、枪管中部和枪口部。

枪管的内膛总称为枪膛。通过枪膛的中心线称为枪膛轴线。

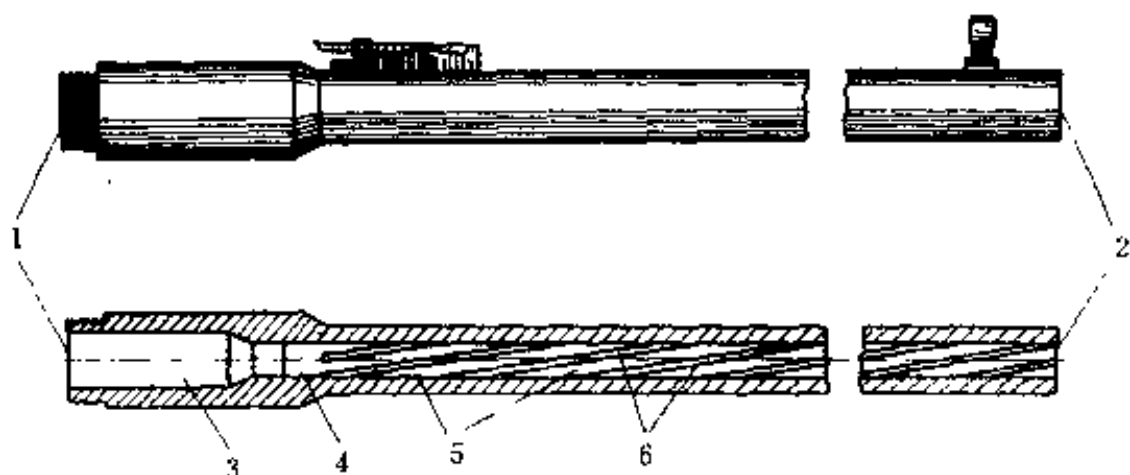


图 1-1-1 枪 管

1 — 枪管尾端面；2 — 枪管前端面；3 — 弹膛；
4 — 坡膛；5 — 阴线；6 — 阳线。

在枪管内膛中，有容纳枪弹的弹膛，容纳弹丸并导引弹丸逐渐嵌入膛线的坡膛，以及赋予弹丸旋转运动的线膛。在线膛部分的膛壁上，有称作膛线的螺旋槽。槽与槽之间的凸起称为阳线。每条膛线有两条侧棱，其中承受来自弹丸的巨大压力、推动弹丸转动的一侧称为导转侧。各国现装备中的各种枪械，其膛线多是从左向右旋转的（顺时针旋转），称为右旋膛线。但是也有少数枪械，如美国 M1911A1 式柯尔特

11.43毫米手枪和法国 MAS 49步枪等采用左旋膛线。

在弹丸速度一定时，弹丸旋转速度取决于膛线缠度。膛线旋转一周沿枪膛轴线前进的距离称缠距（又称导程），以口径倍数表示的缠距称缠度。缠距越小，则膛线越陡，弹丸旋转速度也就越大。我国和苏联现装备中的各种7.62毫米口径的枪械，缠距为240毫米，缠度为31.5。但是人们习惯上往往把缠距与缠度等同起来，这种叫法是不够严格的。

枪膛直径称为口径，即两条相对阳线间的距离（图 1-1-2）。

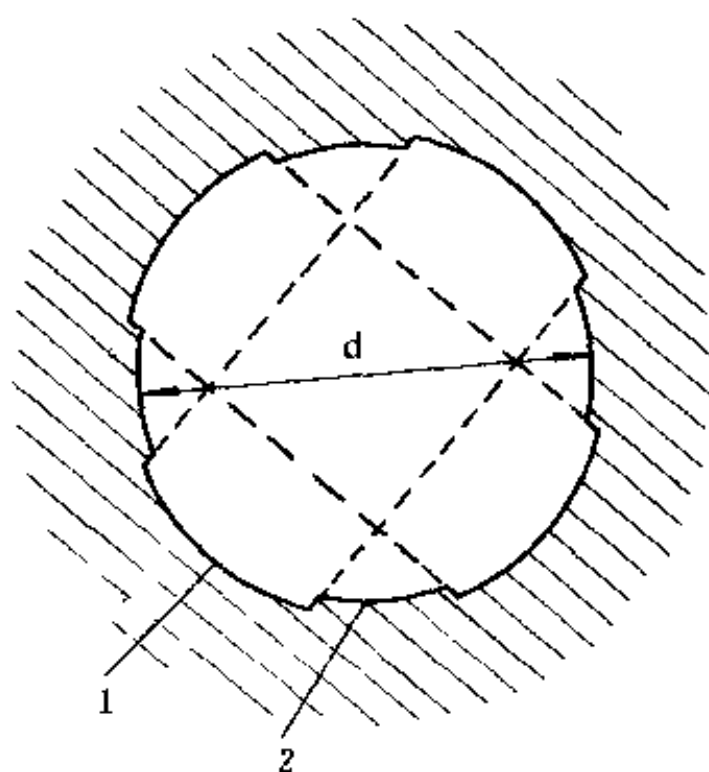


图 1-1-2 枪的口径

1 — 阴线；2 — 阳线；d — 口径。

我国和苏联以及东欧国家所用枪械的口径有7.62毫米、

我国现装备的各种枪械内膛参数

内膛参数	59式 9.0毫米 手枪	54式 7.62毫米 手枪	56式 7.62毫米 冲锋枪	56式 7.62毫米 半自动步枪	56式 7.62毫米 轻机枪	53式 7.62毫米 重机枪	54式 12.7毫米 高射机枪	56式 14.5毫米 高射机枪
阳线直径 (毫米) d	-0.05 9	$+0.06$ 7.62	$+0.06$ 7.62	$+0.0635$ 7.62	-0.06 7.62	$+0.06$ 7.62	$+0.06$ 12.66	$+0.07$ 14.5
阴线直径 (毫米)	-0.075 9.27	$+0.08$ 7.92	-0.076 7.92	$+0.075$ 7.925	$+0.076$ 7.92	-0.076 7.925	$+0.1$ 13	$+0.07$ 14.93
膛线旋向 和条数	右、4	右、4	右、4	右、4	右、4	右、4	右、8	右、8
缠距 l (毫米)	252	240	240	240	240	240	380	420
缠度 $\frac{l}{d}$	28	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	29.9	29

9 毫米、12.7 毫米、14.5 毫米等。目前苏军还装备了新的 5.45 毫米口径的步、机枪。美国及西方国家制式枪械口径为 7.62 毫米、9 毫米、11.43 毫米、12.7 毫米以及 5.56 毫米。

膛线数与武器口径有关。根据加工方便性，一般取为偶数，口径增大，膛线数随之增多。一般手枪、步枪和机枪，采用 4 ~ 6 条膛线，而 12.7 毫米和 14.5 毫米口径的机枪，则采用 8 条膛线。枪管长度、枪管线膛部分的长度、缠度和弹丸的长度常以口径的倍数来表示。

2. 迫击炮和火箭一般是滑膛武器，所以迫击炮管与火箭发射筒都没有膛线。迫击炮弹和火箭弹在飞行中不旋转，它们的飞行稳定性由尾翼来保证。迫击炮的炮身包括身管与炮尾两部分，身管后端部为锥形斜面，其上有环槽与紧塞环和带有击针的炮尾相结合，射击时密闭火药气体。火箭武器的发射筒两端是相通的，其上装有击发机构和瞄准机构。迫击炮管和火箭筒的内径即为口径（如图 1-1-3、1-1-4）。

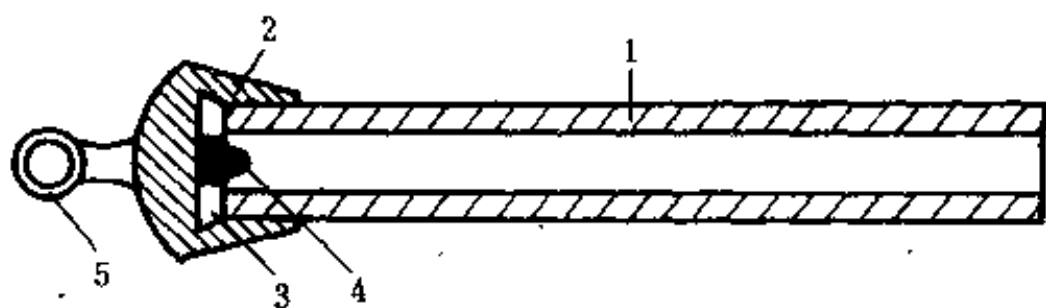


图 1-1-3 迫击炮的炮身

1—身管； 2—炮尾部； 3—紧塞环；
4—击针； 5—炮杵。

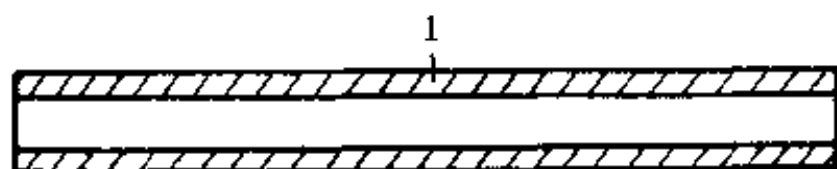


图 1-1-4 火箭武器的发射筒

1 — 发射筒

3. 无坐力炮的炮身，由炮管与药室两部分旋合在一起组成。炮身的内膛有药室、过渡坡膛与管膛。炮身的尾部与闷体连接并形成喷孔，由于发射时火药气体后喷，所以炮身保持平衡而不后坐。老式无坐力炮的炮身其管膛部分有膛线，用于发射带药筒的旋转稳定弹。药室直径大于药筒直径，药筒侧面有小孔，发射时火药气体经小孔然后向后喷。但也有一些无坐力炮发射尾翼稳定弹，其炮身的管膛部分可以采用没有膛线的滑膛管膛，药室直径也大于炮弹直径。目前各国使用的无坐力炮，口径在73毫米到120毫米范围内（图1-1-5）。

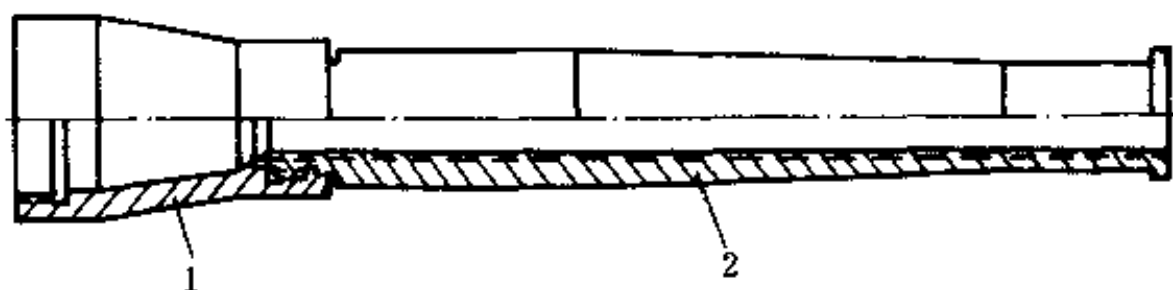


图 1-1-5 无坐力炮炮身

1 — 药室；2 — 炮管。

第二节 射击武器的弹药

一、枪弹

各种枪械使用的弹药称枪弹。它与炮弹不同之处主要在

子弹的外部无专门的弹带，口径比较小，一般在20毫米以下。

枪弹可分为手枪弹，步、机枪弹，大口径枪弹等。枪弹按其用途不同又可分为战斗用弹和辅助弹两大类。

战斗用弹有：

普通弹 主要用于杀伤有生目标。

穿甲弹 主要用于击穿轻型装甲目标。

曳光弹 主要用于指示弹道和目标，以便修正射击。

燃烧弹 主要用于射击易燃目标，使其燃烧。

爆炸弹 主要用于射击低空飞机，使其爆炸和燃烧。这种弹目前已淘汰。

穿甲燃烧弹 主要用于穿甲并引燃装甲后面的易燃物。

试射燃烧弹 主要用于射击无装甲的储油器，使汽油燃烧，或使木材、稻草等易燃物着火，以便观察和修正射击。

燃烧曳光弹 具有燃烧与曳光两种弹的作用。

穿甲燃烧曳光弹 具有穿甲、燃烧和曳光三种弹的作用。

辅助弹有：

空包弹 用于演习、发射枪榴弹等。

教练弹 用于射击训练的枪弹。教练弹内不装发射药，底火室内不装底火，而装胶皮垫，以起缓冲（击针）作用。

高压弹 是枪械生产时检验枪管强度的特种弹。这种枪弹的膛压比同类普通弹的膛压高得多。

强装药弹 用于检验武器闭锁零件的强度，它的膛压值介于普通弹与高压弹之间。

枪弹的结构比较简单，通常由弹丸、弹壳、发射药和底火组成。如图 1-2-1。

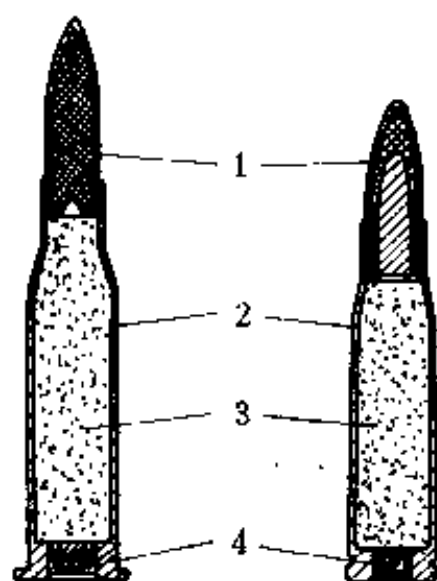


图 1-2-1 枪弹结构(普通弹)

1 — 弹丸；2 — 弹壳；3 — 发射药；4 — 底火。

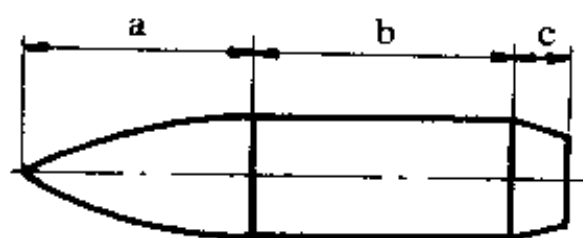


图 1-2-2 弹 丸

a — 头部；b — 导引部；
c — 尾锥部。

1. 弹丸

弹丸是用来直接杀伤和破坏目标的重要部件。弹丸按其外形可分为三部分（图 1-2-2）：头部（弧形部）、导引部和尾锥部。现代枪弹弹丸长度一般在五倍口径以内，头部为2.5~3.5倍口径，导引部为1.0~1.5倍口径，尾锥部为0.5~1.0倍口径。弹丸直径一般稍大于口径，接近阴线直径。弹丸内部构造取决于弹丸的用途，不同弹种的枪弹，主要区别在于弹丸结构。

弹丸一般由弹心和弹头壳（被甲）组成。

现代枪弹弹丸被甲材料主要采用复铜钢或低碳钢镀铜加工而成，以取代紫铜、黄铜或铜镍合金。弹心则随弹种不同而各异。对普通弹而言，有铅心弹（弹头壳内充填铅心）、钢心弹（弹头壳内有铅套和低碳钢钢心）。对特种弹来说，弹心结构比较复杂，各种枪弹弹丸结构如图 1-2-3 所示。

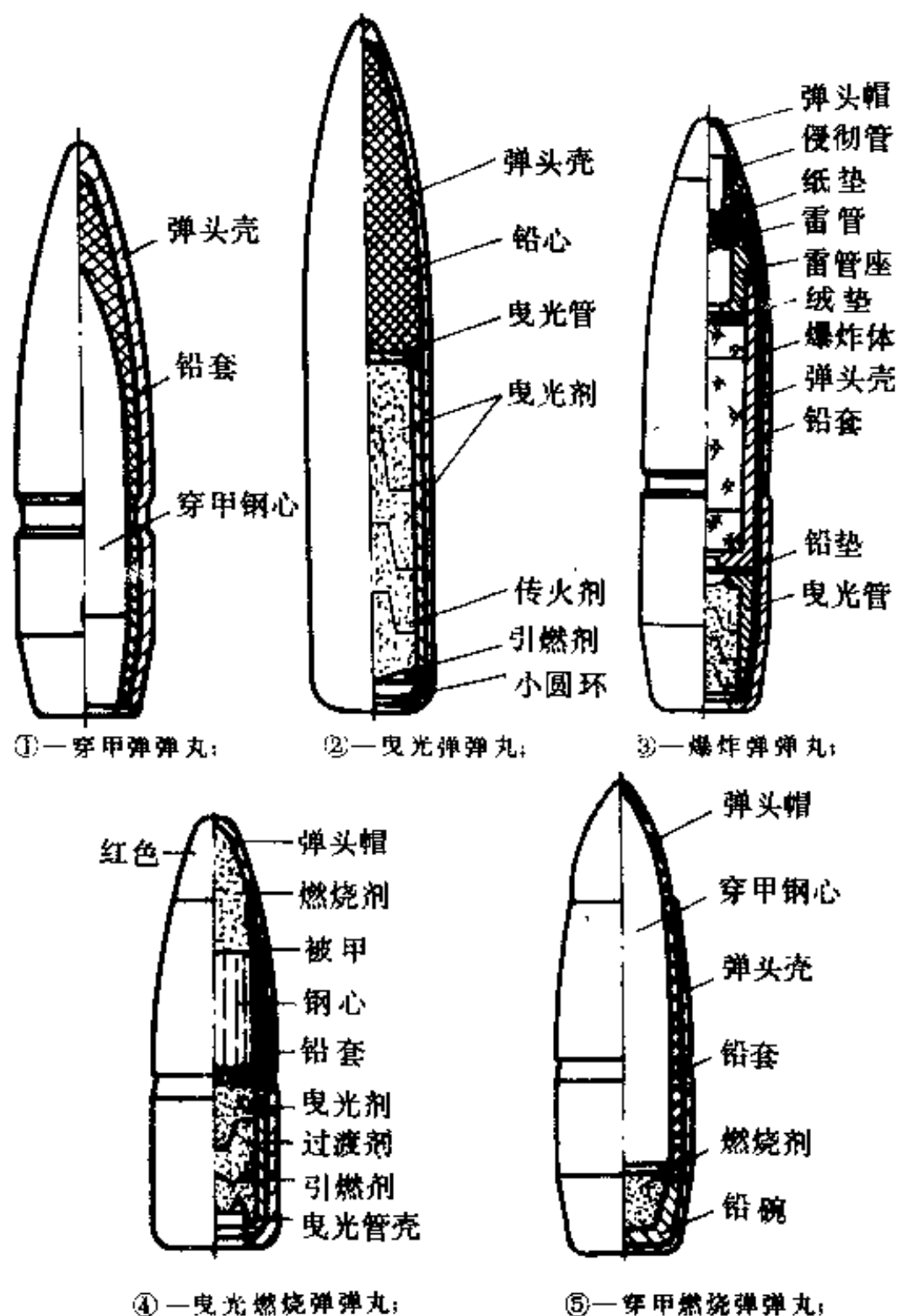
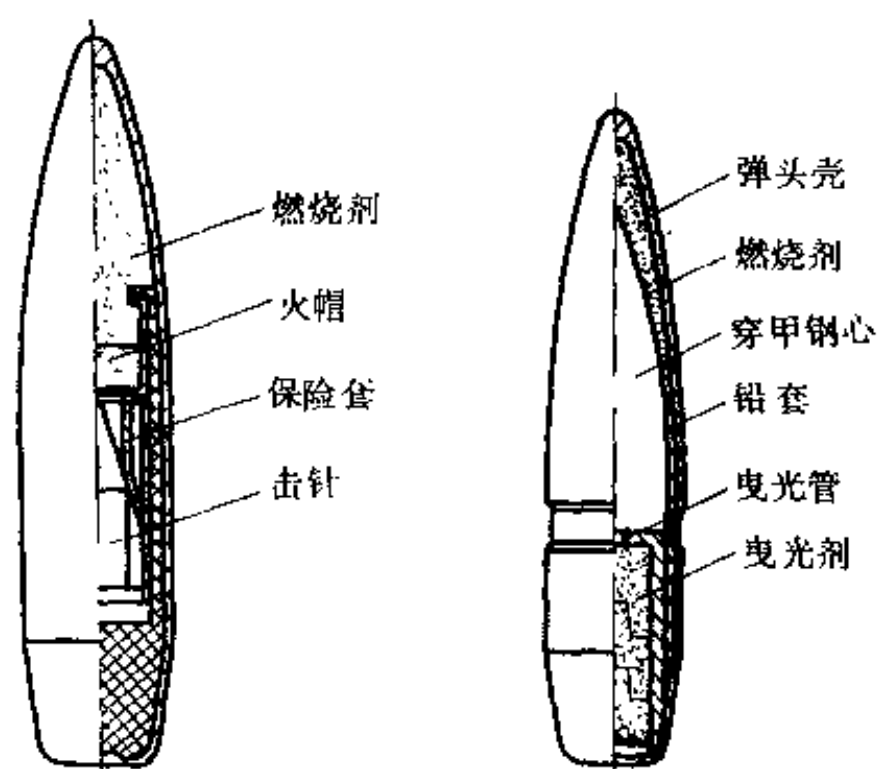


图 1-2-3 各种枪弹弹丸结构示意图



(a) 一试验燃烧弹弹丸；

(b) 穿甲燃烧曳光弹弹丸

图 1-2-3 各种枪弹弹丸结构示意图

2. 弹壳

弹壳是枪弹的基础部件，其作用是用来连接弹丸、底火和装发射药，使之成为一个整体，以保证全弹在弹膛内确实定位，防止发射药受外界条件的影响以及射击时阻止火药气体从枪膛尾部泄出和直接烧蚀弹膛。

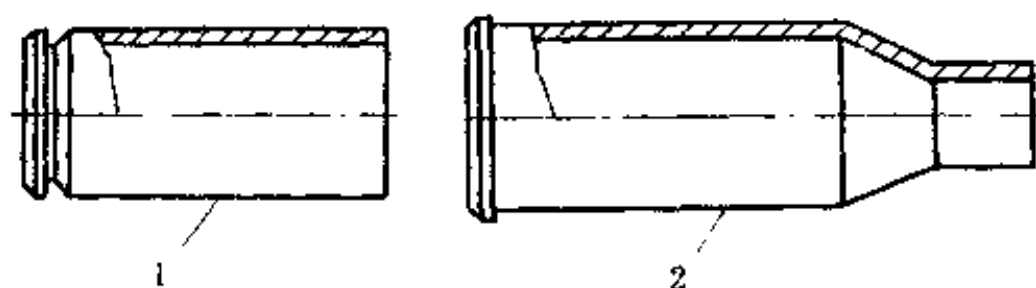


图 1-2-4 弹壳的形状

1 -- 直筒形弹壳；2 -- 瓶形弹壳。

弹壳按其外形不同，可分为直筒形弹壳和瓶形弹壳，见图1-2-4直筒形弹壳结构比较简单，便于加工制造，多用于威力比较小的手枪弹上；瓶形弹壳因在口径和枪弹长度相同的情况下，可以多装发射药，有利于增大初速；或在药室容积相同的条件下，缩短弹壳长度，以便于抽壳和改善自动机工作条件，因此这种弹壳多用在威力比较大的枪弹上，如步、机枪弹等。

弹壳按其定位方式不同，又可分为底缘定位弹壳（大底缘弹壳），如五三式7.62毫米步、机枪弹弹壳；半底缘定位弹壳，如日本三八式枪弹弹壳；斜肩定位弹壳，这是目前各国广泛采用的一种弹壳形式，如五六式7.62毫米步、机枪弹弹壳等；口部端面定位弹壳，这种弹壳多用于手枪弹上，如五九式9毫米手枪弹弹壳；壳体下部环状突起定位弹壳，这种弹壳结构复杂，生产工艺性差，重量大，因此在步兵武器中未被采用。各种不同定位方式的弹壳及其定位方式见图1-2-5。

弹壳材料过去用黄铜，目前弹壳多用复铜钢或低碳钢制成。用低碳钢制成的弹壳，表面需镀铜或涂漆，以防锈蚀，利于长期贮存。

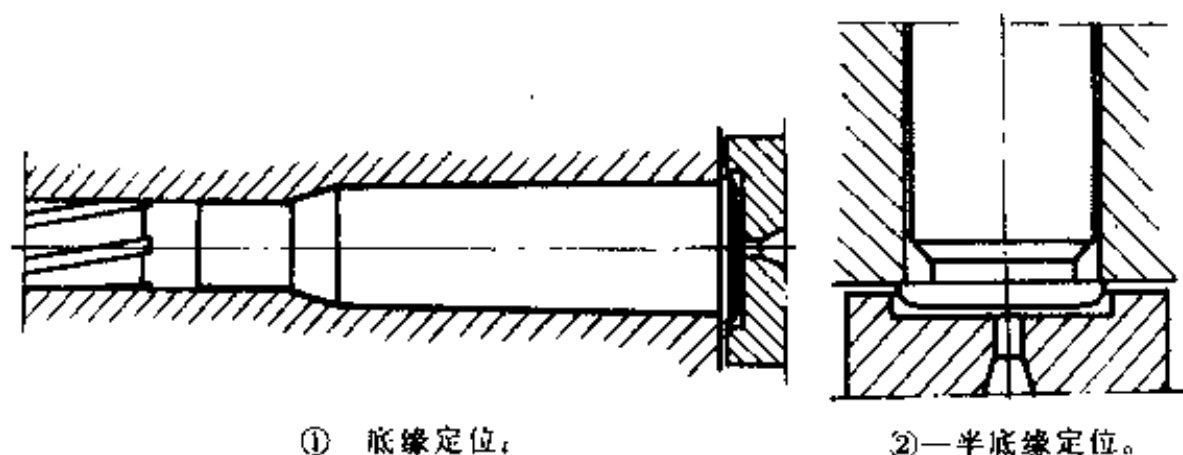
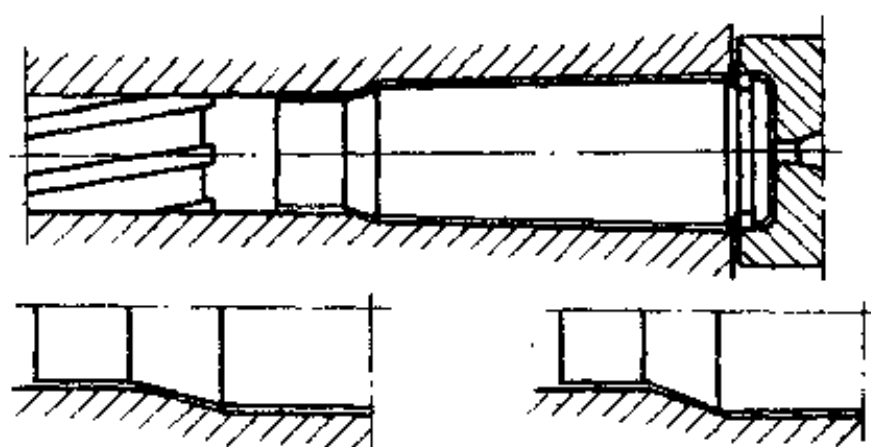


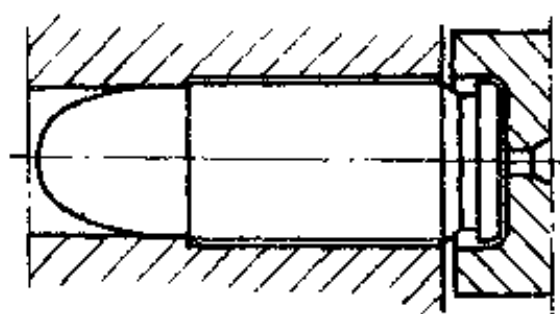
图 1-2-5 各种不同定位方式的弹壳及其定位示意图



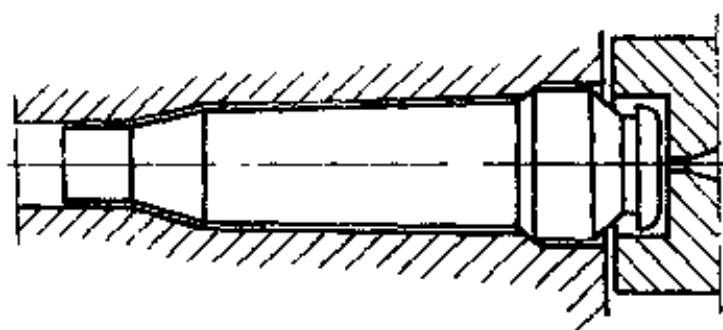
(A) 斜肩前方定位

(B) 斜肩后方定位

(3) 斜肩定位



(4) 口部定位



(5) 壳体下部环状突起定位

图 1-2 5 各种不同定位方式的弹壳及其定位示意图

3. 发射药

发射药（火药）是用以推动弹丸运动以获得必要初速的能量。在枪弹中主要用硝化棉无烟药作为发射药。发射药的形状多为管状药粒（单孔、多孔）。其具体形状、成分、尺寸

和装药量应视各种枪的不同要求来选取。例如：1951年式7.62毫米手枪弹采用松质（多孔）速燃药，装药量为0.6克；1953年式7.62毫米步、机枪弹，则采用单孔、柱状钝感药，装药量为3.25克；14.5毫米机枪弹采用多孔（7孔）柱状钝感药，药量为30克。装药量的多少，随武器口径及初速要求而变化，一般口径增大，装药量增多；初速愈高，装药量也越多。

4. 底火

底火的作用是引燃发射药。它通常由底火孟、击发药、锡箔片组成。底火孟及锡箔片面上涂以密封防潮漆（如虫胶漆），其结构见图1-2-6。

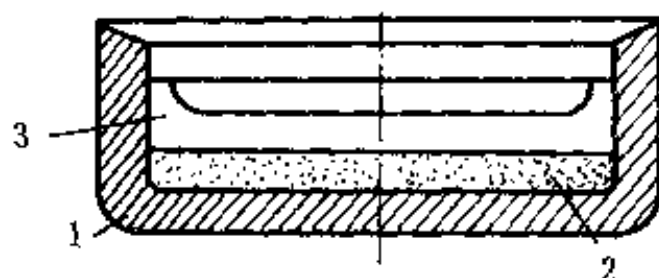


图 1-2-6 底 火

1 — 底火孟；2 — 击发药；3 — 锡箔片。

目前国内、外各种枪弹底火一般都是采用这种结构，但结构尺寸有所不同。手枪弹底火结构尺寸较小，步枪枪弹稍大，大口径机枪弹底火结构尺寸最大。底火装成后，压入弹壳底部底火室内，并在周围联接处点涂防潮漆，以便可靠地密封。

二、迫击炮弹

迫击炮弹供迫击炮发射用。迫击炮弹有：各种榴弹（包括杀伤榴弹、爆破榴弹、杀伤爆破榴弹）、照明弹、宣传弹、发烟弹、燃烧弹等。我军在过去的战争中曾采用了迫击炮抛射炸药包并在此基础上制成了迫击炮长弹以增大杀伤爆破效果。

榴弹主要是利用炸药爆炸形成的弹体破片杀伤有生力量和摧毁技术装备。发烟弹用于迷惑敌人观察、指挥所和火力点，还可配合试射指示目标。照明弹用于照明目标区域，以便观察情况和射击效果。宣传弹用于散发宣传品。

迫击炮弹一般由引信、弹体、稳定装置和发射装药等四部分组成。

弹体一般为水滴形，只有少数特种弹呈圆柱形。弹体的圆柱部分称为定心部，它和尾翼上定心突起相配合，以保证

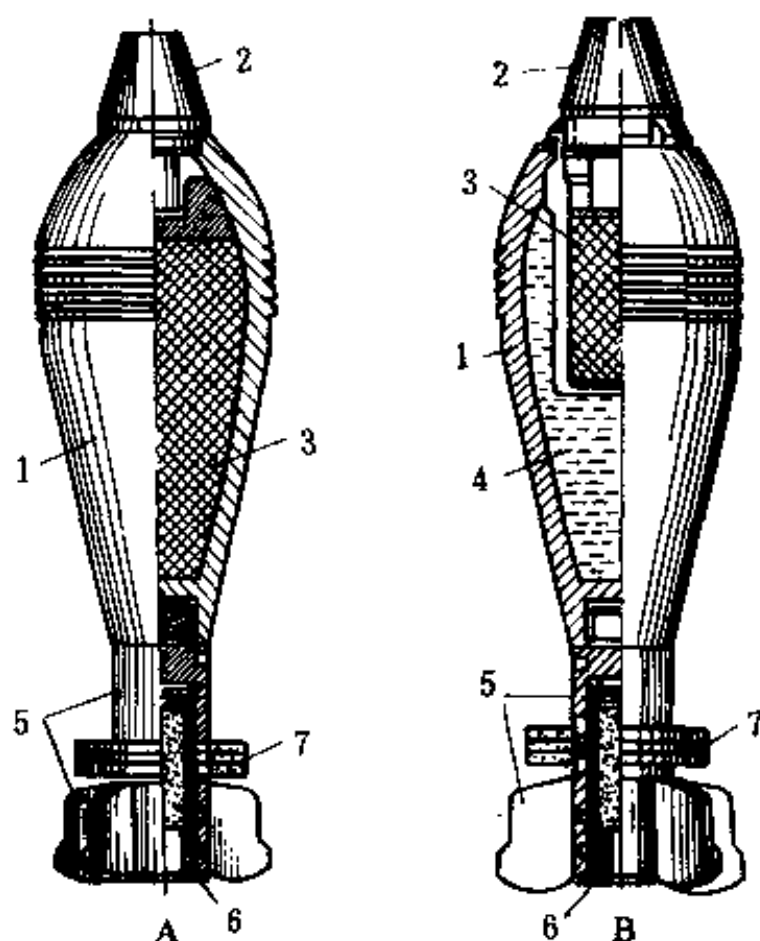


图 1 2-7 82 毫米迫击炮弹

A 杀伤迫击炮弹，B、发烟迫击炮弹。

1 — 弹体；2 — 引信；3 — 炸药；4 — 发烟剂；
5 — 尾管及尾翼；6 — 基本药管；7 — 附加药包。

炮弹弹轴与炮膛轴线基本一致，赋予炮弹一定的飞行方向。随弹种的不同，弹体内装有不同性质的充填物。榴弹弹体内装有炸药；发烟弹弹体内除炸药外，还有发烟剂（黄磷）；照明弹弹体内装有照明剂。

尾翼是保证迫击炮弹飞行的稳定装置。尾翼由尾管和翼片组成。翼片通常为6~12片，对称地分布在尾管上。

发射装药由基本药管和附加药包组成。基本药管装在尾管内，附加药包套在尾管上，这样可以根据使用时的实际情况，通过改变装药量（药包数）而得到不同的初速，以变换射击距离。

为了保证迫击炮弹在接触目标时爆炸，在弹头部配有着发引信（瞬发起爆引信）。

我军步兵分队目前装备的迫击炮有：一九五三年式82毫米迫击炮、一九五五年式120毫米迫击炮、一九六三年式60毫米迫击炮和一九七一年式100毫米迫击炮。口径较多，弹药品种比较齐全，是步兵分队的主要曲射武器。

三、榴弹发射器及弹药

榴弹发射器及其弹药，是六十年代初期由美国研制和装备的一种新的、单兵使用的、点面杀伤与破甲结合的武器系统。它采用了新的发射原理、新技术和新材料，在射程、精度、安全性、可靠性、多样性、火力强度以及后坐力等各方面都比传统的枪榴弹优越得多。这种武器系统发射方式灵活多样，有效射程可达400米，能对付多种目标。

美国M79榴弹枪（见图1-2-8）及其M406杀伤榴弹于一九六〇年定型，一九六二年正式装备部队。一九七〇年美国又将M203

(见图1-2-9) 发射器和M433 杀伤破甲两用弹列装, 以取代M79。此外, 美国还研制了自动和半自动的各种型号的榴弹发射器。比利时、西德、瑞士和苏联也研制了类似的榴弹发射器及其弹药系统。



图 1-2-8 美M79榴弹枪



图 1-2-9 美M203榴弹发射器附装在M16A1自动步枪上

榴弹发射器使用的弹药, 品种较多, 有杀伤榴弹、杀伤破甲两用榴弹、跳炸榴弹以及其他特种弹。据不完全统计, 品种约有40~50种之多, 目前已基本上形成了一个战术用途各异, 型号品种齐全的榴弹系列。

美国M406、M381、M386、M411等型号的杀伤弹与M397跳炸杀伤弹和M433破甲杀伤两用弹以及其他各种弹药都是由带发射药、高低压室的药筒和弹头组成。高低压室位于药筒底部，内装硝化甘油片状药0.335克。当击发底火后，高压室内的火药燃烧形成2465公斤/厘米²的高压，冲破高压室周围六个小孔上的密封铜片，高压气体进入药筒内腔（低压室），压力下降到211公斤/厘米²。在这一压力作用下，弹头向前运动脱离药筒，飞出膛口。由于采用了这种高、低压发射原理，所以它具有点火可靠、燃烧效率高、初速变化小、弹重轻、发射筒和药筒强度要求低、发射声响小和精度好等一系列优点。

M406等各种杀伤榴弹，结构基本相似，如图1-2-10，弹头是由铝制风帽、着发引信、预制破片球形弹体、炸药等组成。当弹碰上障碍物时，球形弹体爆炸，形成300多个破片，破片飞散速度可达1500米/秒，有效杀伤半径5~7米，能对150米内的点目标和350米内的面目标实施有效杀伤。全弹重仅227克，体积较小，全长99毫米，初速76米/秒。

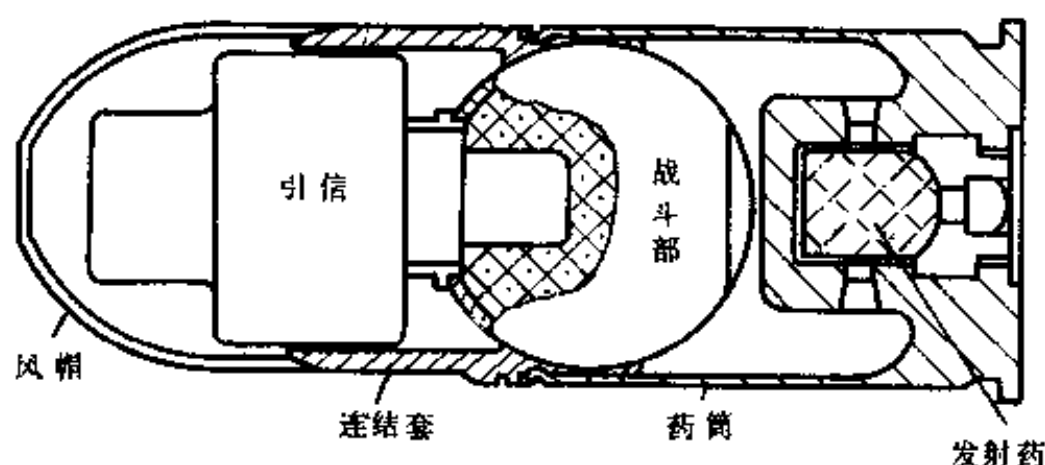


图 1-2-10 美 M406 杀伤榴弹

美 M307 和比利时的跳炸榴弹，其结构也和杀伤榴弹相

似，由带发射药、高低压室的药筒和弹头组成。弹头有球形破片弹体、带抛射机构的惯性引信和风帽。球形弹体为薄壁塑料壳，内装炸药26克和钢珠450个，引信有击发保险机构，延期药和抛射机构。抛射机构的前部也有少量的抛射药。

抛射时，引信在弹头飞离膛口15米处，由于离心力而解脱保险，在榴弹落地瞬间，击针撞击底火，点燃抛射药，抛射药燃烧生成的火药气体把球形弹体抛掷到1.5~2.0米高度，而延期药点燃雷管，使球形弹体爆炸。杀伤力比M406增大一倍，密集杀伤半径为5米，在距炸点20米的距离上钢珠仍保持其杀伤作用。

美M433杀伤破甲两用弹，于1970年列入装备，用以对付现代轻型装甲目标和杀伤有生力量。由于采用了空心装药技术，具有较好的破甲效力，其破甲深度大于50毫米。破片杀伤作用与M406榴弹大致相同。此外，美国还研制了一些特种弹，如XM651E1化学榴弹等，在化学榴弹内装有刺激性毒剂，最大射程200米，榴弹落地时，在25秒内放出催泪瓦斯云。

苏联近年来研制的AGS-17《火焰》自动榴弹发射器，口径为30毫米，已装备苏军摩托化步兵。该发射器配有光学瞄准镜，在三脚架上发射，外形象重机枪，执行拦阻射击使命。武器全重30~35公斤，采用弹鼓/弹链供弹，容弹量为30发，射击方式全自动，射速每分钟可达50~100发，有效射程700~800米，配有多种弹药，包括空心装药破甲弹和箭形榴霰弹以及白磷烟幕弹等。

空心装药破甲弹可以对付轻型装甲车辆，直升飞机；箭形榴霰弹内装塑料针或生铁钉，可用于杀伤软目标，有效杀

伤半径为 5 米。

四、火箭筒

火箭筒是火箭弹及其发射筒的总称。它在第二次世界大战末期才开始列装，作为班、排轻型反坦克武器。它的主要任务是：在近距离上摧毁敌人的装甲目标、轻型防御工事、暴露的火力点以及杀伤有生力量。

火箭筒具有如下特点：体积小、重量轻、威力较大，构造简单，携带与使用方便，而且无后坐力。

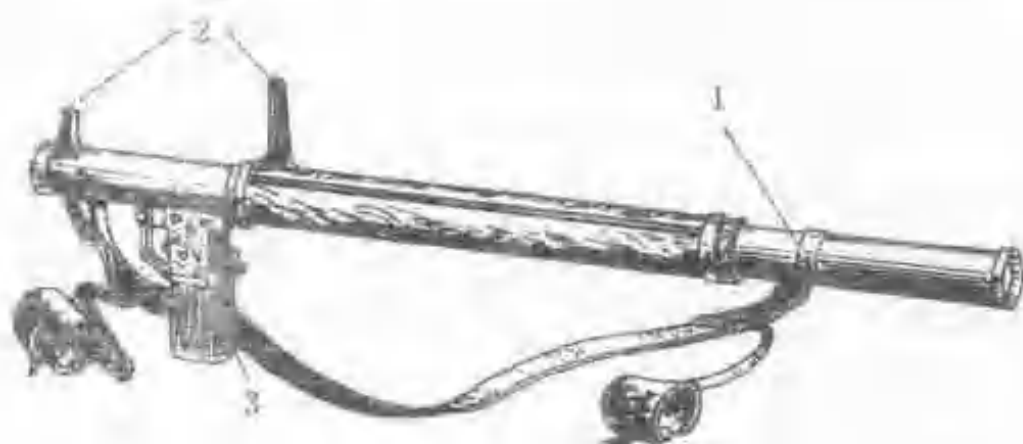


图 1-2-11 一九五六年式40毫米火箭筒

1 — 筒身，2 — 瞄准具，3 — 击发机构。

火箭筒通常由筒身、瞄准具、击发机构、火箭弹及支架和背带等组成。例如我国一九五六年式40毫米火箭筒（见图 1-2-11），结构十分简单，筒身上装有表尺和准星组成的瞄准具，表尺框上设有 50、100、150 米三个距离的照门缺口。击发机位于筒身前下方，它包括击锤式击发机和保险装置。

直射距离 100 米，破甲深度（射向与钢板法向成 65° 时）100 毫米。

一九六九年式 40 毫米火箭筒（图 1-2-12），它和 56 式相比，增加了支架，除配有机械瞄具外，还配有 69 式瞄准镜和夜视瞄准镜。有效射距可达 500 米，直射距离增大到 300 米，破甲深度（射向与钢板法向成 65° ）120 毫米。

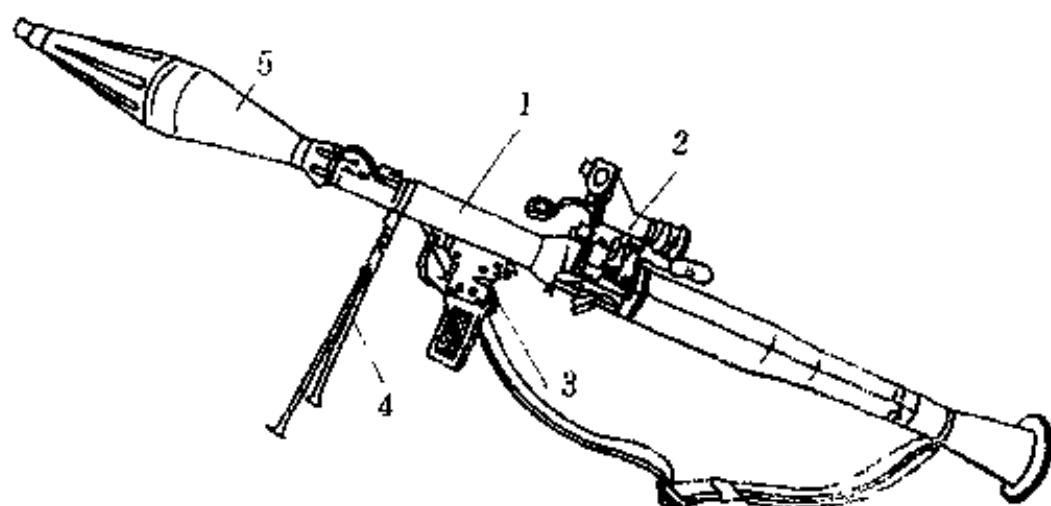


图 1-2-12 一九六九年式 40 毫米火箭筒

1 — 筒身；2 — 瞄准具；3 — 击发机构；
4 — 支架；5 — 火箭弹

一九七〇年式单兵火箭发射筒（图 1-2-13），它包括发射前筒、发射后筒。发射前筒上装有准星、表尺、电击发装置、连接筒、背带环等。发射后筒平时作火箭弹的包装筒使用，发射时又作为发射筒的一部分，一次使用。有效射程 300 米，直射距离 150 米，破甲深度（射向与钢板法向成 0° 时）为 300 毫米。

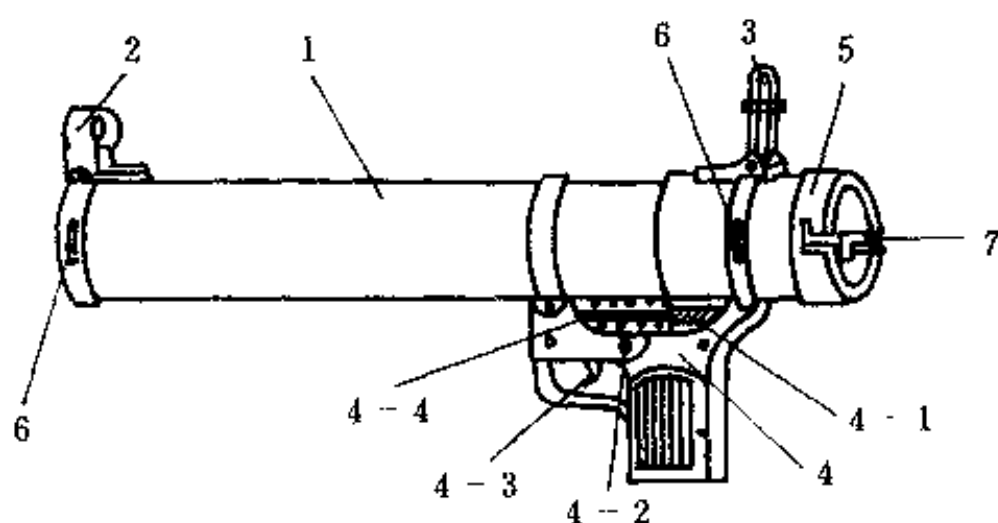


图 1-2-13 一九七〇年式62毫米单兵火箭发射筒

- 1 — 发射筒； 2 — 准星； 3 — 表尺； 4 — 握把；
 4-1 — 压电晶体； 4-2 — 保险轴； 4-3 — 扳机；
 4-4 — 击锤； 5 — 连接筒； 6 — 背带环； 7 — 缺口

火箭筒使用的弹药称为火箭弹，如图1-2-14所示。火箭弹由战斗部、火箭发动机和尾翼组成。战斗部用以破甲和杀伤有生目标，它包括引信和弹体两部分，弹体内装有药型罩和炸药。火箭发动机赋予火箭弹运动速度。它包括：带火箭发射药的燃烧室和喷管。尾翼主要用以保证飞行稳定。

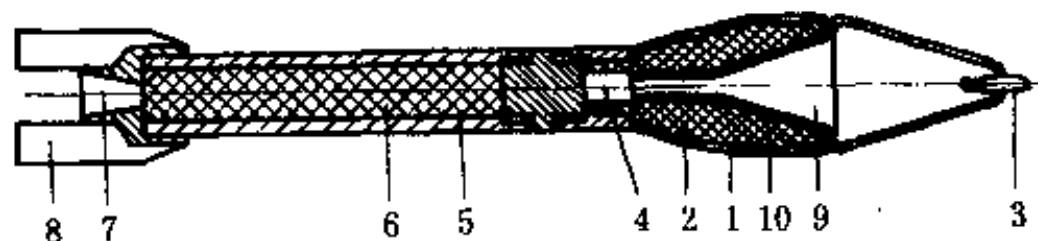


图 1-2-14 空心装药破甲火箭弹

- 1 — 弹体； 2 — 炸药； 3 — 引信； 4 — 雷管； 5 — 燃烧室；
 6 — 发射药； 7 — 喷管； 8 — 尾翼； 9 — 锥孔； 10 — 铜制药型罩。

我国自行研制的一九七〇年式62毫米单兵火箭弹（图1-2-15），其结构原理和上述空心装药破甲火箭弹相似，其不同点是：62毫米单兵火箭弹采用了压电引信，在喷管内装有电点火具。射击时，击发机构中的击锤冲击压电晶体，产生电流，通过发射筒上的导电系统，使电点火具发火，点燃点火药和发射药。发射药燃烧生成的气体，将电点火具从喷管中喷掉，火箭弹离开发射筒后，尾翼在扭力簧作用下张开，以保证火箭弹飞行稳定。弹着目标时，压电引信头部受压，产生电流，使引信在弹底部爆炸，引爆炸药，形成金属聚能流，穿透钢板。

九五六年式40毫米火箭弹（图1-2-16），也是空心装药破甲火箭弹，其结构和七〇式单兵火箭弹不同，它靠后喷高速气体的反作用力推动火箭弹向前。它的发射装药装在火箭弹尾部与尾管旋接的带内螺纹的厚纸管内。这种结构的特点是发射药在膛内烧完，所以弹上没有发动机喷管，适于在近距离上使用。

一九六九年式40毫米火箭弹（图1-2-17），由战斗部、增程发动机和弹尾组成。战斗部外径85毫米，它由压电引信、风帽、药型罩、弹体和炸药等组成。增程发动机是使弹在飞行中增速的部件，它由燃烧室、喷管、点火具、增程发射药等组成。弹尾包括尾管、尾翼、蜗轮、纸管和发射药等。这种火箭弹和66式40毫米火箭弹相比，由于采用了压电引信和高能炸药，所以破甲威力大：破甲深度可达120毫米（与钢板法向成65°），因有增程发动机，故射程也远，直射距离300米，有效射程可达500米。但是全弹重和全弹长都增大了，而且结构也复杂一些。

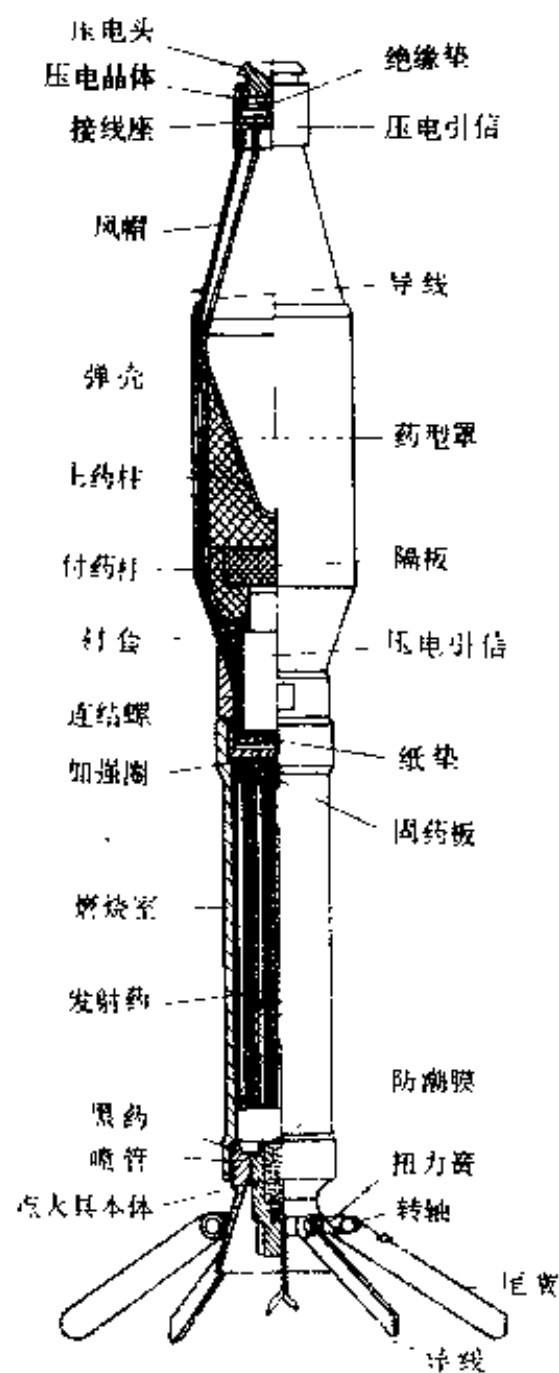


图 1-2-15 一九七〇年式60毫米步兵火箭弹

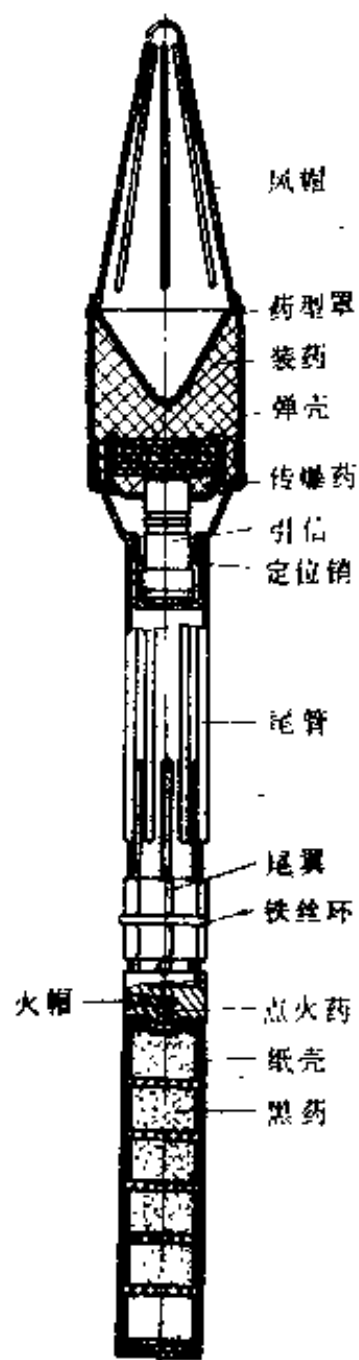


图 1-2-16 九五六年式
40毫米火箭弹

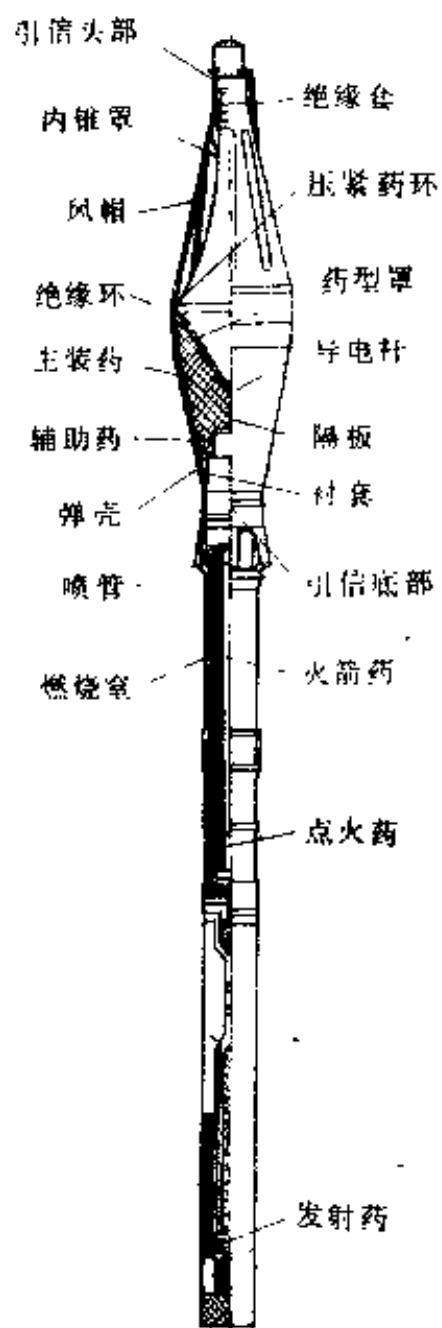


图 1-2-17 九六九年式
40毫米火箭弹

五、枪榴弹

枪榴弹是步兵的基本武器。步枪枪口上安装一个榴弹发射具来发射榴弹（高爆炸弹、破甲弹）的近程单兵武器。目前在我国外通常使用的枪榴弹有反坦克破甲弹、杀伤破甲两用弹及特种弹。

发射枪榴弹通常采用专用空包弹（国外目前也有用实弹发射的），利用膛内火药燃烧产生的高温高压气体，推动枪榴弹沿发射具向前运动。在飞行中靠尾翼保持其稳定性。因此发射时除步枪外，还应配有发射具、瞄准具和缓冲垫肩等。

发射具一般作为附件配于步枪上，通过联接装置牢固地固定在枪口上（见图 1-2-18）。发射具包括：发射筒、卡簧、连接体和左、右卡板。它的功能是：

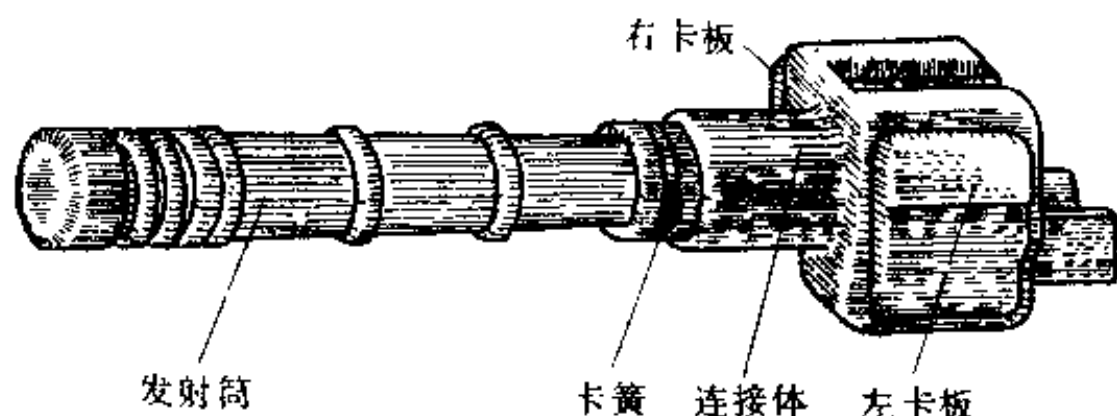


图 1-2-18 枪榴弹发射具

1. 能量传递作用。使空包弹在枪管内产生的高压、高温气体，通过它作用到弹体上。

2. 导向作用。它与弹上的尾管相配合赋予枪榴弹一定的飞行方向。

枪榴弹由弹头、弹尾、引信三部分组成。（图 1-2-19）

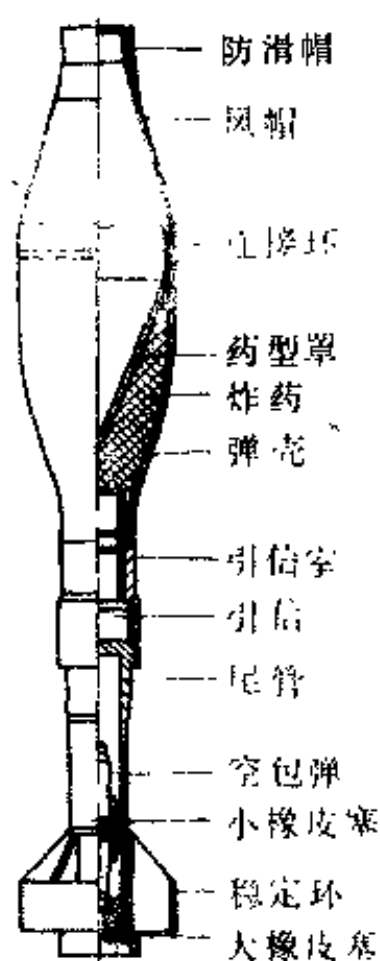


图 1-2-19 一九六七年式
反坦克枪榴弹

破甲弹弹头部：又称战斗部。它主要起破坏装甲的作用。其结构通常由防滑帽、风帽、连接环、药型罩、炸药和弹壳等组成。在防滑帽上带有突出齿型外缘。当弹头碰上装甲时能起到防滑跳的作用。

引信：起引爆作用

弹尾部：由尾管、稳定环及翼片组成。其作用主要是保证弹在飞行中的稳定性。此外，在尾管内还可以放两发专用空包弹供发射时取用，并用防潮塞固定。

我国1967年式反坦克枪榴弹，如图1-2-19所示，弹径70毫米，弹重790克，全长414毫米；体积较小，结构简单，有效射程

75米，最大射程可达150米，破甲深度(30°法向角)170毫米，因此它是一种适用于近程的单兵反坦克武器。但是由于后坐力太大，因此在使用中很不理想。

六、无坐力炮弹

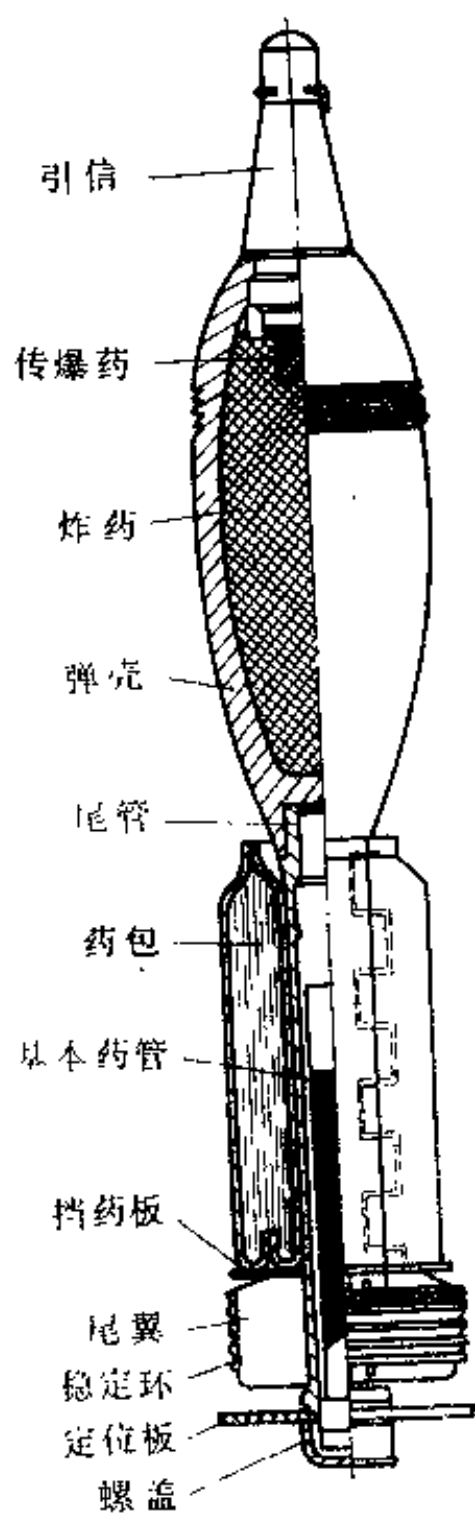
无坐力炮弹是供无坐力炮使用的炮弹。目前我军使用的57、75、82、105毫米等口径的无坐力炮弹有：旋转稳定式空心装药破甲弹、榴弹和尾翼稳定式空心装药破甲弹、榴弹。破甲弹用于对付坦克、装甲目标及混凝土工事，榴弹用于杀

伤有生力量和摧毁土木工事。各种无坐力炮弹由于稳定方式不同、炮弹的结构也不相同。尾翼弹通常用于滑膛炮，发射管无膛线，可以不用药筒（如82无坐力炮弹），有的也带有药筒用线膛管发射（如75无坐力炮弹）。

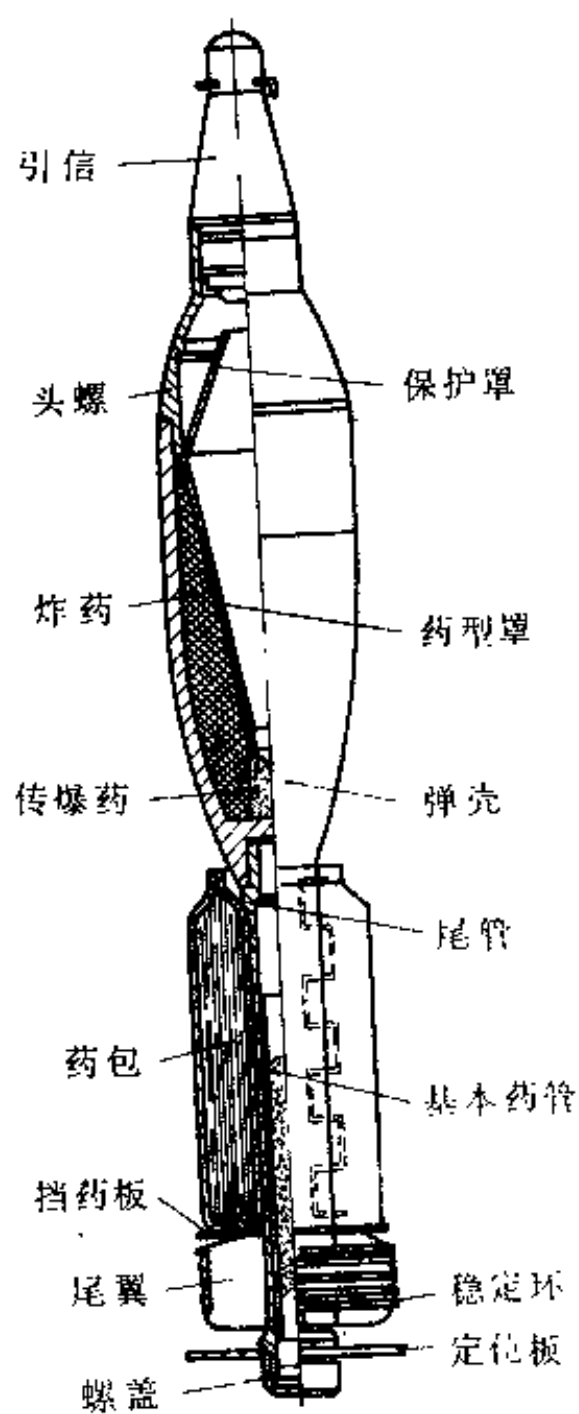
尾翼稳定弹由引信、弹体、稳定装置、发射装置等组成。图1-2-20是82毫米无坐力炮使用的两种弹药，引信位于弹头前部（破甲弹配有惯性发火引信，装在弹头底部；杀伤弹配有瞬发引信装在头部）。弹体包括头螺、弹壳、空心装药（或炸药）。稳定装置用螺纹联接在弹体上，包括尾管、尾翼、稳定环等。发射装药由基本药管、药包、定位板和挡药板等组成。炮弹没有药筒，发射管无膛线。

75尾翼稳定式无坐力炮弹，如图1-2-21所示。仍然采用带膛线的发射管发射，同时还配有药筒，因此发射装药可以装在药筒中。

旋转稳定式弹，如图1-2-22所示，它是我国现装备中的75无坐力炮弹。图中左为破甲弹，右为榴弹。它由弹体、引信、药筒、装药和底火等组成。引信位于弹头部。弹体包括头螺、空心装药（或炸药）和弹壳。弹体上有弹带，发射时与膛线吻合使弹旋转，以保证飞行稳定。药筒用以盛装发射药、联接弹体、安装底火。在药筒上开有许多小孔，发射药燃烧生成的气体经小孔到药室，再从药室的四个喷孔中向后喷出。发射药中间装有一根细长的传火管，其内装有传火药，以保证发射药迅速均匀地燃烧。底火用以点燃传火药，它与传火管连成一体，装于药筒底部的中央位置。



a 榴弹



b 破甲弹

图 1-2-20 82尾翼稳定式无坐力炮弹示意图

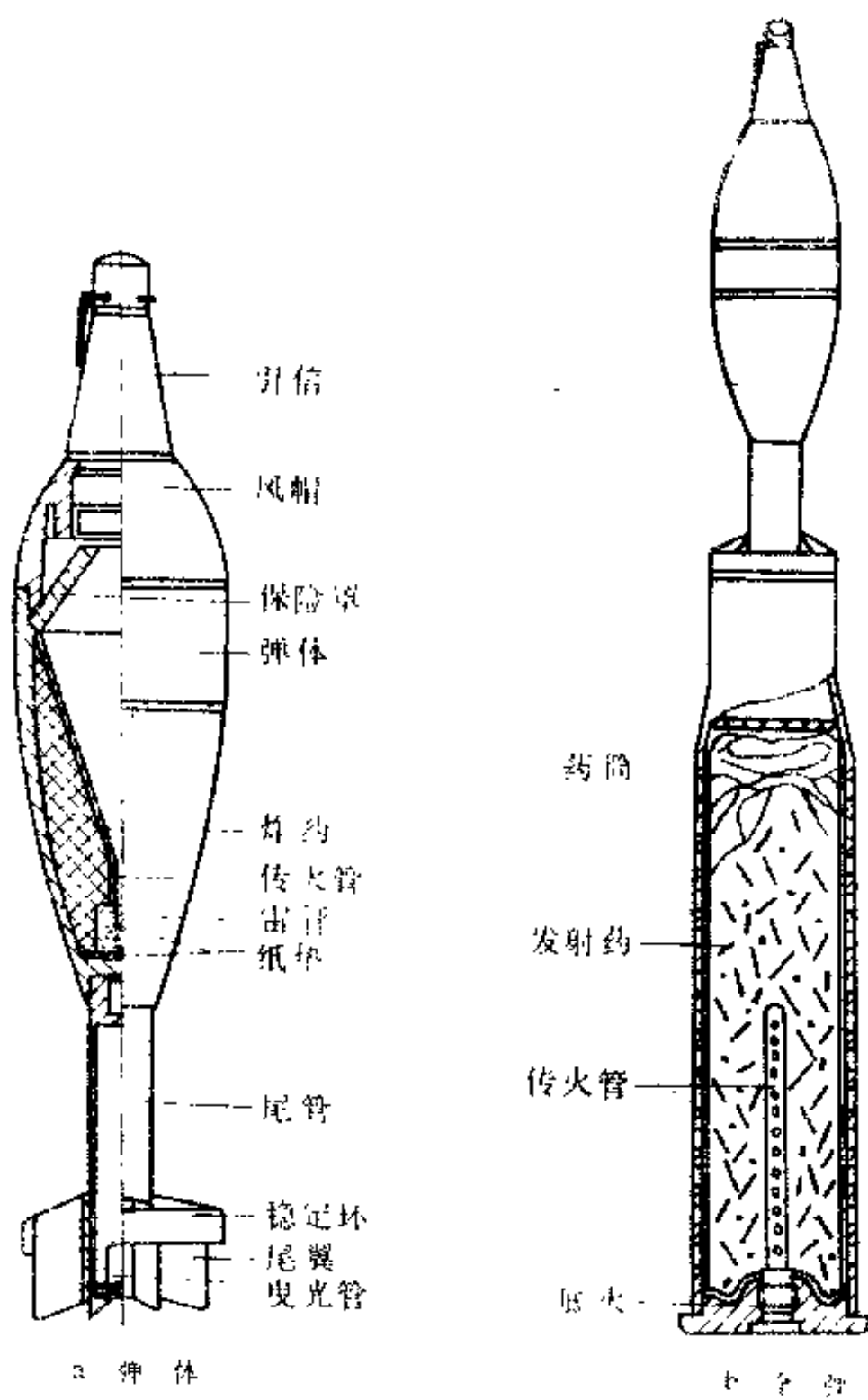


图 1-2-21 75尾翼稳定式 81 毫米迫击炮弹及弹体示意图

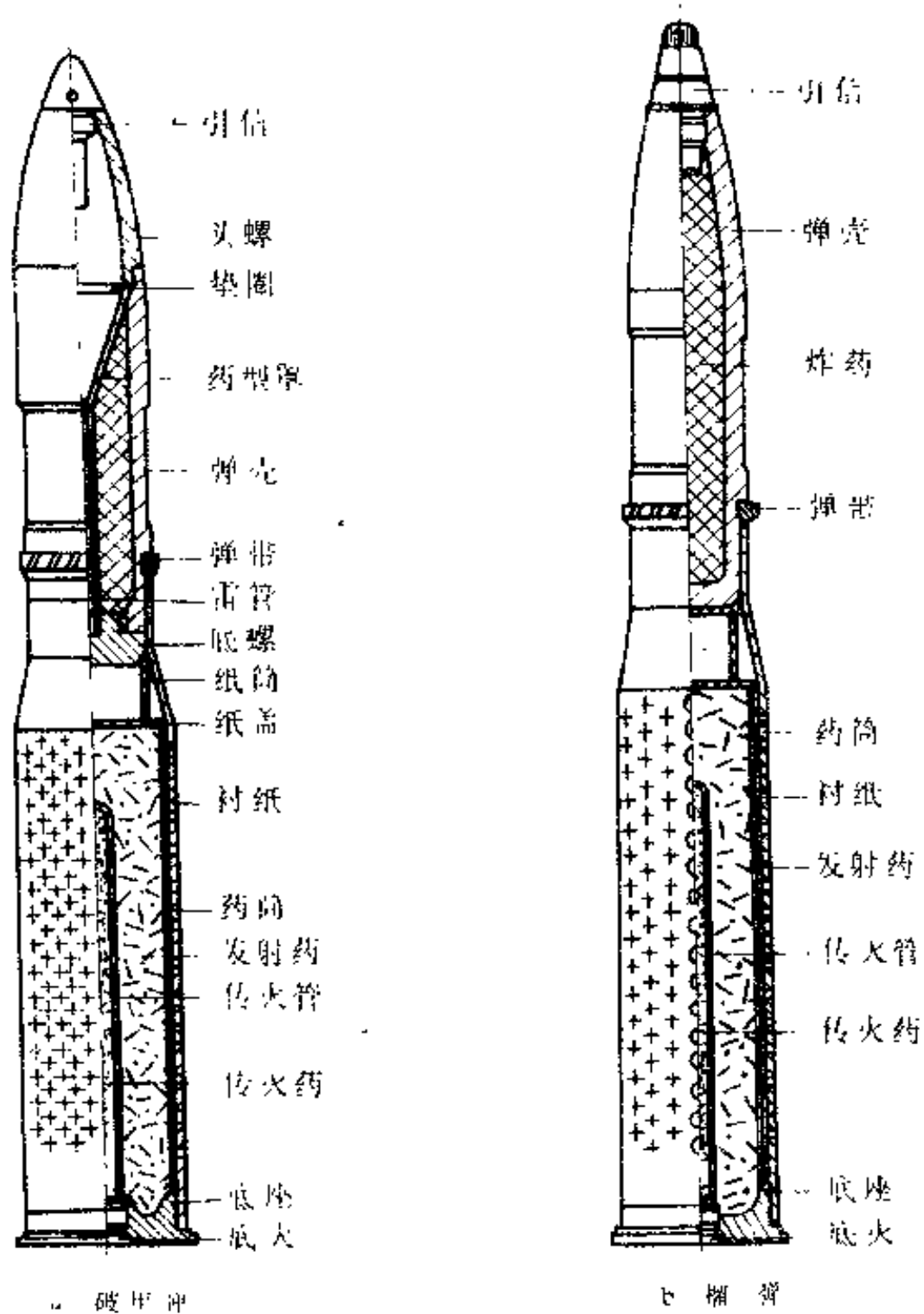


图 1-2-22 旋转稳定式无动力炮弹

第三节 枪械分类及其自动原理

枪械是步兵的基本武器。按照战术任务不同，枪械可分为：手枪、冲锋枪、自动步枪、轻机枪、轻重两用机枪和大口径机枪。

一、手枪是指挥员和特种兵（侦察兵、装甲兵、空降兵等）以及公安、警卫人员等在近距离上自卫和袭击敌人的随身携带武器。一般是单发射击（自动装填式），但也有能连发（或点射）射击的。这类武器威力比较小，发射手枪弹，有效射程为50米左右，连发或点射有依托射击时可达100米左右。由于手枪通常都是在紧急情况下使用，所以要求武器动作确实可靠，能首发命中敌人使其迅速丧失战斗力。

二、冲锋枪是供特种兵（空降兵、装甲兵、侦察兵、警卫部队等）在近距离上使用的自动武器。其特点是弹匣容弹量较多，能在冲击和反冲击时，以猛烈的火力歼灭极近距离上的敌人。武器外型尺寸小，携带与使用灵活机动。但由于冲锋枪通常都是使用手枪弹射击，有效射程较短，一般为100~200米，威力显得不足。二次世界大战以后，出现了中等威力枪弹（如德国7.92毫米短弹和苏联7.62毫米M1943式枪弹）和小口径步枪弹（如美国5.56毫米M193枪弹等），并且研制了使用上述弹药的武器。由于使用上述弹药的武器，重量较轻、长度较短、结构比较紧凑，又能全自动或半自动选择射击，有效射程还可以达到300~400米，国外把这种武器称之为突击步枪（如我国的五六式7.62毫米冲锋枪，国外称为7.62毫米突击步枪）。突击步枪是一种兼有自动步枪和

冲锋枪效能的武器，所以目前美苏等一些国家都已淘汰了原先那种发射手枪弹的冲锋枪。但是，在六十年代以后，又出现了另一种趋势，有些国家发展和装备了外型尺寸更小、重量更轻（2.0公斤以内）、有效射程更短（约100米左右）、机动性更好、发射手枪弹药的轻型冲锋枪，如捷克M61式7.65毫米轻型冲锋枪、波兰WZ63式9毫米轻型冲锋枪，美国《英格拉姆》M10型和M11型轻型冲锋枪。

三、步枪是步兵最早使用的射击武器，也是步兵最基本的单人武器。它以火力、枪刺和枪托杀伤敌人。现代步枪在现代作战条件下，有效射程一般为300~400米，集中火力可以杀伤500米以内的空降兵。

现代步枪有以下一些特点：

1. 口径在逐步减小，武器向轻量化发展。二次世界大战以后，各国步枪所选用的口径多为7.62毫米。六十年代以后，各国又把步枪口径小型化作为发展方向，美军首先装备了5.56毫米M16A1自动步枪。目前北约国家经过77—79年轻武器口径选型试验以后，正式决定采用5.56毫米口径作为北约国家步、机枪的制式口径，并以比利时SS109型5.56毫米枪弹作为标准化的基础。与此同时，苏联及华约国家也十分重视步、机枪口径小型化，并于1974年正式列装了AK—74式5.45毫米口径突击步枪和班用轻机枪。以上情况表明，80年代以后小口径自动步枪将会有更多的国家使用。随着步枪小口径化，武器和弹药系统的重量将会大量减轻，从而提高了机动性，增加了弹药的携带量。口径小还有利于降低武器后坐冲量，提高点射和连发精度。另外，小口径弹药的着速很高，弹丸命中目标后，由于能量的快速传递以及在有生目

标内要产生较大的暂时空腔，所以在有效射程内，弹丸对目标的杀伤效果较好。

2. 现代步枪基本上都是自动步枪。二次世界大战以前的步枪多为非自动的（手装填），二次世界大战中，开始采用半自动步枪。随着步兵作战距离的缩短和步枪口径小型化后，由于武器重量较轻、外形尺寸较小，既能在较远的距离上实施精确射击，又能在近距离上发射榴弹，而且具有冲锋枪那样的炽烈火力，从而可以取代步枪和冲锋枪。这样不但加强了火力，简化了枪种，同时也有利于步兵在战时的使用与供应，以及平时的训练和维修。

3. 现代步枪和班用机枪基本上实现了弹药统一化，基本结构枪族化。例如：苏联的5.45毫米AK-74自动步枪和班用机枪；美国的5.56毫米M16A-1自动步枪和XM-177E-2冲锋枪；以色列伽利尔5.56毫米突击步枪、轻机枪和冲锋枪；西德的5.56毫米HK33武器系统以及奥地利斯太尔班用武器族等等。这些武器族都是发射同一种弹药，武器结构以自动步枪为基础，基本结构相同，通过变换不同的枪管、两脚架、枪托等少数零部件，就可以变换成不同的枪种。

4. 现代步枪不但能有效地对付单个有生目标和实施散布射击对付集团有生目标，而且还能发射榴弹和破甲弹，在近距离内击毁敌方的装甲目标，实现了点、面杀伤与破甲一体化，大大地提高了步兵的独立作战能力。例如：美国的M16A-1·M203 40毫米榴弹发射器武器系统；比利时和西德的类似步枪/榴弹发射器系统。还有一些国家新研制的自动步枪，如法国5.56毫米MAS自动步枪，以色列伽利尔5.56毫

米自动步枪等均能直接利用枪口装置发射反坦克枪榴弹或杀伤枪榴弹。

四、班用轻机枪是步兵班排的主要自动武器之一。它能伴随步兵在各种条件下作战，用以杀伤敌方的群集目标和重要的单个有生力量。通常和自动步枪采用同一种枪弹，火力比自动步枪猛，射击持续时间较长，配有两脚架，能在不同的地形和地物上，以不同姿势射击，包括行进间射击，有效射程可达400~600米。

五、轻重两用机枪是步兵连的主要支援武器，作重机枪使用时，配有三脚架，可进行10~30发的长点射和散布射，战斗射速较高，可达200~300发/分，用以在800~1000米内杀伤敌人群集有生目标、压制对方的火力点及封锁交通要道。在近距离上对轻型装甲目标也有一定的作用效果。对空射击可对付500米内的敌方飞机和空降兵。作为轻机枪使用时，配有两脚架，能杀伤600~800米以内的群集有生目标。

通常这种武器都是采用大威力步、机枪弹（如53式7.62毫米枪弹），并配有特种弹，如穿甲、燃烧、曳光弹等；射速比较高，能进行长点射和连续射击；因此大多数武器都是采用弹链供弹，有的武器作为轻机枪使用时还可以使用弹匣。武器机动性较好，火力转移迅速，使用安全可靠。

六、大口径机枪过去主要用作低空防御武器。所以又称高射机枪。当前大口径机枪的主要任务是对付地面目标，作为步兵的远距离支援火力，用以杀伤重机枪射程以外的群集有生目标，压制敌方的重机枪，封锁堑壕枢纽及交通要道等。此外，还可以对付近距离力所能及的轻型装甲目标（如装甲

运兵车等)及低空飞机。

上述各种枪械除部分手枪是属于自动装填式(半自动)外,其他枪械都是自动的。其自动方式按其对火药气体的利用方式不同还可分为以下几种:

1. 枪机后坐式武器。枪机后坐式武器是利用弹壳后坐原理工作的武器。属于这一类武器又可分为自由枪机式和半自由枪机式两种。

自由枪机式武器 武器发射时,枪管固定不动,枪机与枪管不扣合,仅仅依靠枪机质量的惯性来关闭枪膛,枪弹在弹膛内是“闭而不锁”的,弹壳和枪机直接在膛底火药气体压力作用下后坐。例如:54式冲锋枪、59式手枪和64式手枪等。其基本结构如图1-3-1所示。

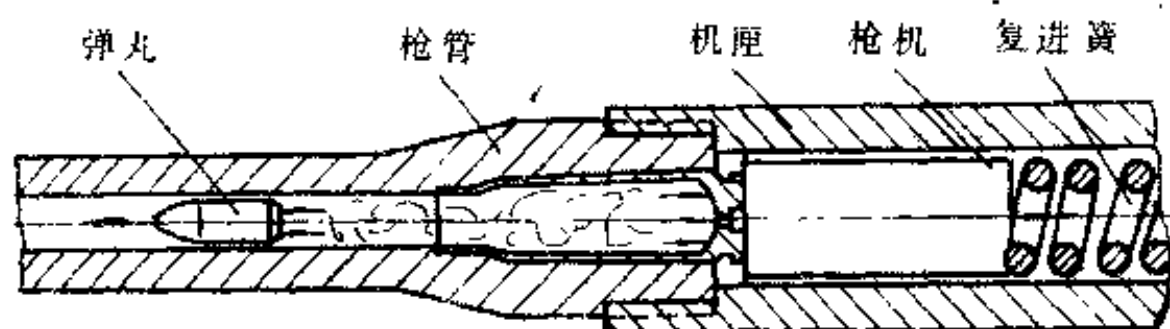


图 1-3-1 自由枪机式武器结构

半自由枪机式武器, 又称延迟后坐式武器。其延迟方式可以采用不同办法。发射时枪管是固定不动的,枪机与枪管(或机匣,连接套)扣合,而这种扣合又是“扣而不牢的”,弹壳在膛底火药气体压力直接作用下后坐,迫使枪机与相扣合的部件在后坐过程中自行解脱(开锁)。例如:西德G3自动步枪采用了滚柱延迟后坐式,如图1-3-2a所示。美国M1

汤姆逊冲锋枪则采用机门使其产生很大的摩阻力而延迟后坐，如图 1-3-2b 所示。

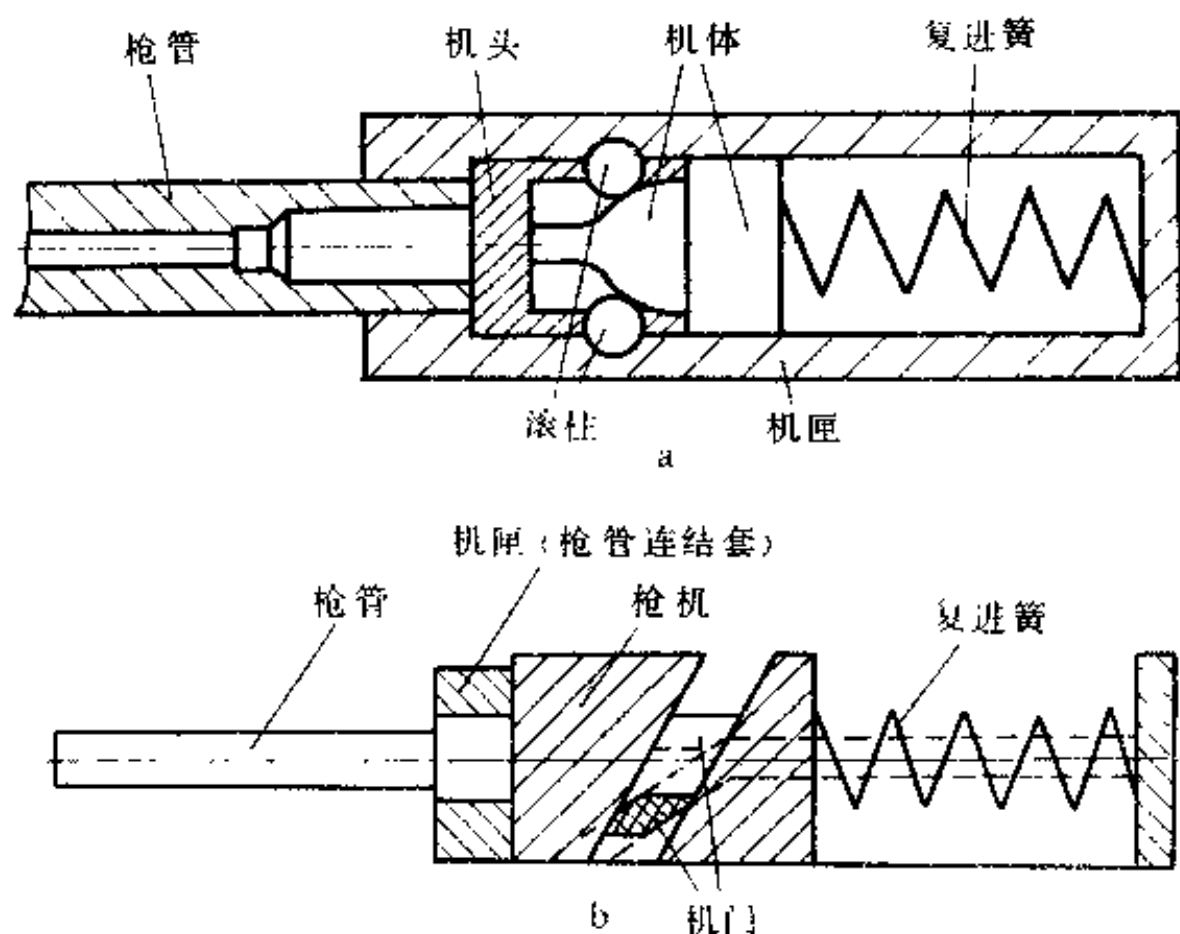


图 1-3-2 两种典型的半自由枪机结构

a、西德 G3 式，b、美国汤姆逊冲锋枪

2. 枪管后坐式武器 枪管后坐式武器是利用枪管后坐原理进行工作的武器。这一类武器按其行程不同，又可分为枪管长后坐和枪管短后坐两种。

枪管长后坐式武器。发射时，枪机与枪管保持闭锁状态并一起后坐到位。然后枪管在枪管复进簧力作用下先行复进，在复进过程中完成开锁等动作。待枪管复进到位后，枪机才开始复进。由于这类武器结构复杂，目前已不采用。

枪管短后坐式武器。发射时,枪机与枪管保持闭锁状态,但只在一很短的后坐位移上保持这种状态。当膛内压力降到弹壳可以安全工作的压力后,枪机与枪管解脱(开锁)。开锁后,枪管再向后移动很短距离便受到限制,而枪机则继续后坐并完成退壳、抛壳等动作,直到后坐到位。然后在复进簧力作用下,枪机向前复进,待枪机复进到前方时,与枪管一起(或分别)复进到位,并在工作过程中完成供弹和闭锁动作。如图1-3-3所示的五四式7.62毫米手枪的结构属于枪机与枪管一同复进到位时的情况。

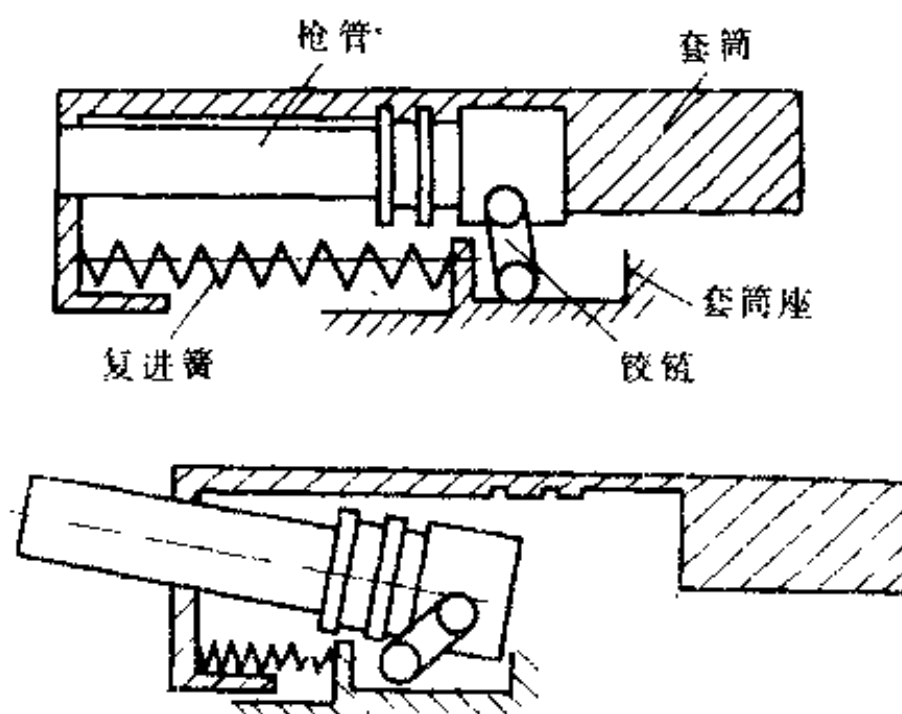


图 1-3-3 五四式7.62毫米手枪自动原理

1. 闭锁状态; 2. 开锁状态。

枪管短后坐式原理用在大口徑机枪上时,为了提高武器的射速,并使枪机获得足够的能量来完成工作循环,通常还采用加速机构,使枪管在后坐过程中的一部分能量传递给枪

机，以加速枪机向后运动，而且装有专门的枪管复进簧使枪管先行复进。例如我国56式14.5毫米大口径机枪的结构就属于这种情况。

3. 导气式武器

导气式武器是利用枪管侧孔导出部分膛内火药气体来推动活塞或带活塞的枪机框等构件运动，以获得自动机工作能量的武器。这种自动方式在现代步兵武器中应用最广，种类也多，按其导气装置的具体结构不同，大致可以分为：

① 活塞短行程式。在这类武器中，活塞与枪机框分离，活塞推枪机框后坐一小行程以后停止运动，枪机框靠其获得的能量继续后坐，并带动枪机开锁和完成整个工作循环，如图1-3-4所示的五六式7.62毫米半自动步枪即属于这种情况。

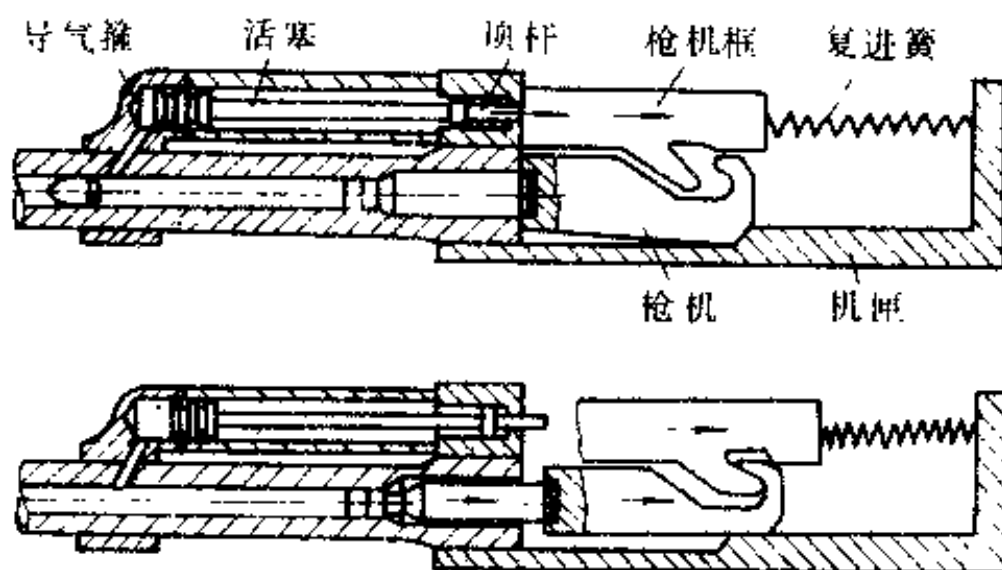


图 1-3-4 五六式半自动步枪活塞短行程式结构

1. 活塞顶杆在前方位置；

2. 开锁后

② 活塞长行程式。这类武器它和活塞短行程相比，不同之处在于：活塞和枪机框连结成一体，始终在一起运动。如图 1-3-5 所示的五六式 7.62 毫米冲锋枪就属于这种类型。

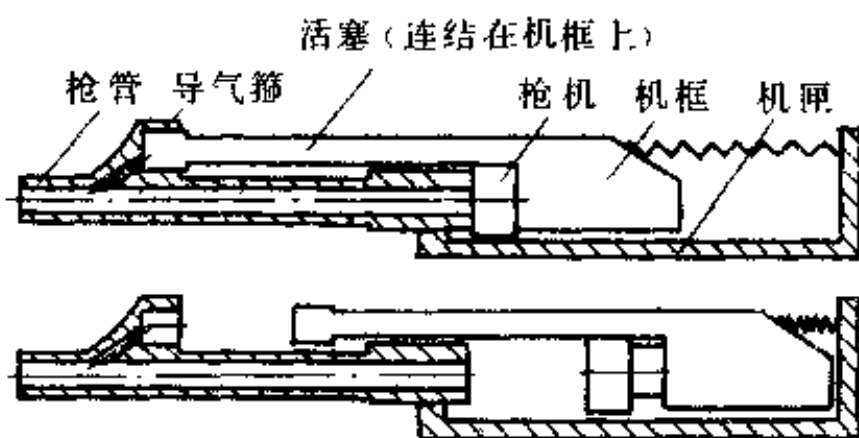


图 1-3-5 五六式冲锋枪活塞长行程式结构

③ 导气管式。利用导气管从导气孔中导出膛内火药气体直接推动枪机框，使枪机框向后运动，带动枪机开锁并完成整个自动循环的武器。如图 1-3-6 所示的美国 M16 A1 型 5.56 毫米自动步枪就属于这种类型。由于这种结构省掉了活塞等零件，故结构比较紧凑，而且气室的最大压力较低，开锁时枪机摩擦力也小一些，所以原动件的工作比较平稳、可靠。

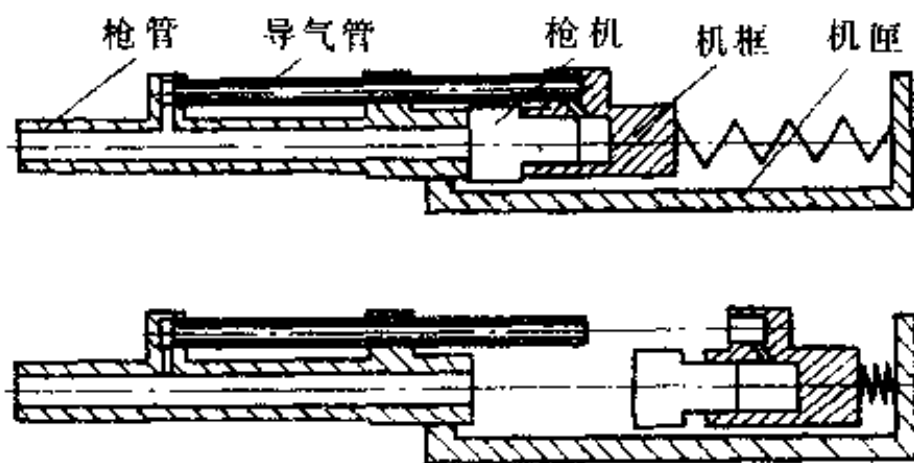


图 1-3-6 美国 M16 A1 自动步枪导气管式结构

但导气系统不易擦拭，勤务性较差。

此外，还有活塞杆向前运动或活塞杆作回转运动等结构形式，但目前都很少采用。

(1) 其他自动方式。

除了上述几种自动方式在自动武器中应用较广外，还有些其他自动方式也进行过探索研究，如间隙开锁式、底火后坐式等，但在装备中未获得应用。

第二章 火炸药

火炸药是一种化合物或混合物。它在外界冲量（摩擦、撞击和加热）的作用下，能在物质内部发生急剧的化学变化，迅速地放出热量，并形成能作破坏功和抛射功的高热高压气体。

人类历史上最早的燃烧爆炸物是我国发明的黑火药（硝酸钾、硫和木炭），它是火药和炸药的雏形。早期的黑火药，也叫有烟火药，既可用于弹丸的发射，也可用于目标的爆破。它们也都是以燃烧爆发的形式发挥抛射和破坏作用的。

现有火炸药的种类很多，但不是所有的火炸药都能实际应用，决定火炸药在实际应用中的基本要求是：

1. 有足够的能量和威力，以保证确实地起抛射作用或破坏作用；
2. 既要对外界冲量作用有一定的敏感性，又要有必需的生产和使用的安全性和便于长期贮存的安定性；
3. 材料来源广泛，适于大量生产以及经济性好。

第一节 爆发现象

· 爆发通常是指物质急剧的物理变化或化学变化，同时伴随着使物质的潜能迅速地变为周围介质的运动能量或造成破坏的机械功。

爆发所做的功是由于爆发前和爆发时所产生的气体迅速膨胀所致。

爆发的主要征象是爆发点周围介质中的压力突然急剧上升，爆发生成物的压力就是破坏作用的直接因素。爆发的表面特征是产生相当大的响声、周围介质的振动和火光。

物质的急剧化学反应所产生的爆发是最常见的一种爆发。引起爆发的能源可以是电能、原子能、热能和动能。

被称为火炸药的那些化合物的混合物可在外界冲量（摩擦、打击、火焰等）作用下产生极迅速的化学反应，同时放热和产生进行抛射和破坏的大量强烈燃烧的气体。

爆发的特征是：

1. 爆发反应的速度极快，整个爆发反应过程在百分之几秒到百万分之几秒内即可完成。例如，1公斤硝酸铵混合炸药爆炸时只需要0.00002秒，400克梯恩梯药块爆炸时只需要0.00001秒。如此急速的反应使火炸药具有大大超过其它能源（燃料）的威力。例如，1公斤有烟火药（一种最弱的火炸药）在爆发反应时，其全部热能产生的功率大约是2000马力，而1公斤梯恩梯爆发时产生的功率大约是5500万马力，具有这么大的功率的机械是没有的。火炸药虽然其能量贮备较小，但在瞬间释放的能量却是很大的。

2. 爆发反应时产生大量的热量（放热反应），以致在炸点形成高压，所以能做机械功。例如，1公斤硝化甘油爆发时，放出的热量为2400仟卡，火药气体的温度高达3800℃。

3. 爆发反应时产生大量气体生成物。由于火炸药爆发的气体具有高温和膨胀能力，其热能可转换为机械功。从下

例数字即可看出爆发时气体生成物的量：1公斤硝化棉爆发时产生991公升气体生成物，1公斤梯恩梯爆发时有1104公升气体生成物，也就是说，每公斤火炸药爆发时平均产生1000公升的气体生成物。

爆发反应的速度取决于火炸药的成分、起爆方式（机械起爆、火焰起爆、电起爆等）和爆发的条件（火炸药量、压力、温度等）爆发反应按其反应进程的速度可以分为两种，即燃烧和爆轰。

燃烧是火药爆发变化的典型形式。其特征是燃烧反应速度不大，每秒钟几毫米到几十米。燃烧速度与外界条件（主要是压力）有很大关系。在空气中这一过程进行得很慢，同时也无显著的声响效应。在密闭容器内，例如枪膛内，燃烧进行得很快，在后一种情况下火药气体向压力小的方向扩张，气体在此方向作推送或抛射功，并且伴有强烈的声响效应。

爆轰：爆轰速度每秒数千米。其特点是爆发点的压力猛然上升，由此而产生的火药气体能摧毁、分裂和破坏周围的物体。榴弹（炮弹）的爆炸即为爆轰。黑索金炸药的爆轰速度为8400米/秒左右。爆轰则是炸药爆发变化的典型形式。

在燃烧与爆轰之间有一种中间型的爆发反应，其速度根据不同的外部压力而变化（每秒数百米的燃速）。在足够高的压力下，燃烧可转化为爆轰。所有的炸药都能够爆轰，唯其中一小部份（起爆药）是在机械冲量或热冲量作用下产生爆轰。大部份炸药只有当另外的炸药在其附近直接爆轰时才爆轰，能引起其他炸药产生爆轰的炸药称为起爆药。

第二节 火炸药的分类

火炸药按其实际用途可以分为下述几类

1. 起爆药;
2. 炸药;
3. 发射药 (火药);
4. 烟火剂

一、起爆药

起爆药用于诱起其它火炸药爆发变化。起爆药对外界冲量的作用最敏感。起爆药的爆发变化是由比较轻微的机械作用或热作用引起,同时其爆发速度在较短的时间内达到最大。起爆药主要装填于火帽和雷管中。常用的起爆药有:雷汞、迭氮化铅、斯蒂芬酸铅(三硝基间苯二酚铅)等。

枪弹底火内装有击发药。击发药由雷汞、氯化钾和硫化锑,根据使用要求调配它们的比例而后混合制成。为了减小击发剂引起的枪管锈蚀,改善武器弹药的勤务性能,在枪弹的制造中,底火击发剂也采用了无锈蚀击发剂。无锈蚀击发剂由斯蒂酚酸铅、硝酸钡、硫化锑、硅化钙等组成。

实弹的有效作用在很大程度上取决于底火质量、底火猛度和敏感度。底火的猛度不够可能造成延迟发火的现象,即底火被击发后仅仅引燃其最接近的发射药层,而不能使后面的燃烧层获得足够的热量继续燃烧来推动弹丸在枪膛内运动。

二、炸药（烈性炸药）

炸药的主要爆发变化形式是爆轰。炸药用于各种弹药的爆炸装药和爆破器材的装药，用来摧毁和烧毁周围的物质。

炸药的敏感度一般比起爆药要小得多，通常要在起爆药的作用下才产生爆发。

主要的和常用的炸药有：梯恩梯、苦味酸、特屈儿、黑索金等。例如，装在82毫米迫击炮弹战斗部中的炸药就是梯恩梯或者梯恩梯与其它炸药（梯恩梯和二硝基萘）混合压制或浇铸而成的。手榴弹一般由梯恩梯或它与硝铵炸药的混合药装成。

三、发射药（火药）

发射药（火药）的主要爆发变化形式是燃烧。发射药爆发时，火药气体的压力推动弹丸沿枪膛加速运动，这时火药爆发生成的大部份热能转换为推动弹丸运动的机械能。

火药分为有烟火药和无烟火药两大类。

有烟火药也叫黑火药。它是由75%的硝酸钾、10%的硫黄和15%的木炭混合而成。这种对比对常用黑火药是最有利的，因为它能保证木炭几乎全部燃烧。有烟火药中的硝酸钾是氧化剂，加热时较易放出氧，从而提供木炭燃烧时所需的氧。炭是黑火药中的燃烧物质。硫是胶合硝酸钾和木炭的捏合剂，同时也是使火药容易点燃的可燃物，因为硫的燃点较炭为低。

“有烟火药（也叫黑火药）”的名称本身就说明它呈黑色而且燃烧时产生大量的烟和烟垢，即燃烧后产生固体生成物（达50%）。有烟火药的颜色常常是从蓝黑色到带有金属光泽

的灰黑色。如果黑火药的颜色是深黑色，这说明火药本身含有水份。黑火药较易受潮，含水量超过2%的有烟火药就很难点燃，超过15%时就失去点燃性能。有烟火药的效力比现代无烟火药要小得多。自从无烟火药问世后有烟火药就不再作为发射装药了。在军事上，有烟火药常被用作点火药（如火箭发动机的点火药，雷管和引信中的时间药剂和导火索中的延期和燃烧剂）。

无烟火药的主要成分是硝化棉——由植物纤维与硝酸、硫酸混合物硝化而成的烈性炸药。硝化棉有良好的爆发性，容易在各种溶剂作用下胶化（作为胶状物质）。根据所用的溶剂，无烟火药分为单基药和双基药。

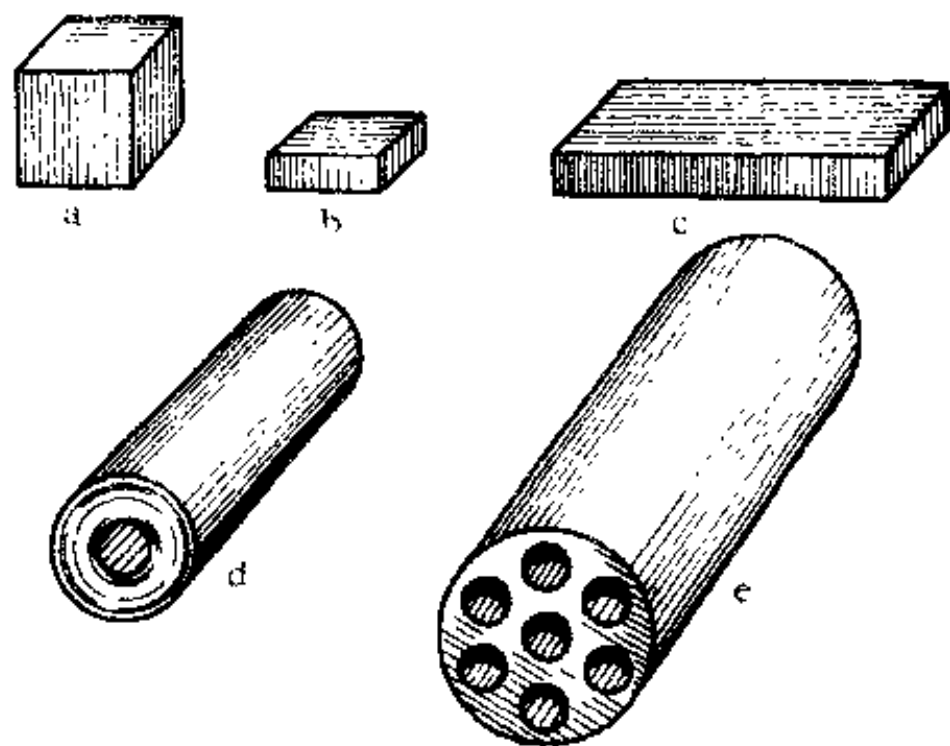


图 2-1 常用无烟火药形状示意图

a — 立方块；b — 片状；c — 带状；
d — 单孔管状；e — 七孔管状

制造单基药时采用：1号硝化棉（含氮12.9~13.3%的高氮硝化棉）与2号硝化棉（含氮11.9~12.3%的低氮硝化棉）相混合，或火胶棉（含氮12.5~12.75%），或只用2号硝化棉。溶剂是没有爆发性的醇醚混合物。

双基药由溶于硝化甘油的2号硝化棉（巴里斯泰火药）或溶于渗有丙酮醇的硝化甘油的1号硝化棉（柯达无烟药）所制成。在制好的双基药中含25~60%硝化甘油，而硝化甘油也是一种强烈的爆发物质，因此也是能源。双基药的威力比单基药大，但在燃烧时产生极高的温度，会使枪管寿命下降。

火药在长期保管中可能失效。为保证火药性能的稳定，火药中添加了专门的药剂——安定剂（二苯胺）。

无烟药药粒根据不同用途可做成不同形状：立方形、片状、带状、单孔管状、七孔管状形（图2-2-1）。

药粒形状对发射时压力增长特性有重要意义。

现有的各种火药都有识别标志（字母、数字）标志表明：药粒形状、用途、尺寸、批号、制造年份、制造厂。

四、烟火剂

烟火剂用以制造烟火器材。烟火器材分为民用和军用两种。在军事上烟火剂用于制造照明器材、信号器材、曳光及燃烧剂。

烟火剂是由燃料（镁、磷、铝等）、氧化剂（氯酸盐、苦味酸盐、硝酸盐等）和粘合剂（树脂、松香、阿拉伯树胶等）组成的混合物。此外，烟火剂中还含有使火焰具有各种颜色的药剂，减少敏感性的药剂等特种作用的掺合物。

在一般条件下，烟火剂的爆发变化形式是燃烧。烟火剂燃烧时，产生相当的烟火效应（照明、燃烧等）。烟火剂按其性能，有很多是属于火药一类，在一定条件下，烟火剂能发生爆轰现象，但其爆发性能很弱。

1. 照明器材 照明器材包括普通照明弹、照明炮弹、照明迫击炮弹和照明炸弹等。

在照明器材中常用金属镁和铝作燃烧剂，用硝酸钡作氧化剂，用天然树脂（虫胶，松香等）或干性油作粘合剂。

在普通照明弹中，照明剂的成分为：硝酸钡50～62%，镁铝合金（或其他混合物）27～43%，酚醛树脂7～11%，照明剂燃烧时间为7秒，光度为35000～50000烛光。

在照明炮弹和照明炸弹中，照明剂的成分为：硝酸钡72%，铝（粉末）18%，镁（粉末）5%，干性油或松香的混合物5%。照明剂燃烧时的光度为：照明炮弹达200000烛光，照明炸弹可达700000烛光。

2. 信号器材 信号器材分为火光信号器材和烟雾信号器材两种。它包括信号枪弹和信号炮弹等。

火光信号器材是用在燃烧时能发出各种火焰（红、黄、绿、淡蓝）的烟火剂制成。钡的化合物能发出绿色火焰，锶的化合物能发出红色火焰，钠的化合物能发出黄色火焰，铜的盐类能发出蓝色火焰。制造信号器材的烟火剂通常用氯酸盐作氧化剂，用树脂作燃料，同时它又可起粘合剂作用。为了增加光度，有时还在烟火剂中加少量（不超过10%）的镁或铝。

烟雾信号器材是由在燃烧时能发出各种有色烟云的烟火剂制成。烟雾信号有红色、黄色、黑色、绿色和蓝色等等。

烟雾是固体物质的极小质点在空气中的集结。这些质点

的大小只能以百万分之一克计算。发烟剂是由氧化剂、燃料及颜料混合而成。发烟剂最适合的组成成分为氯酸钾（氧化剂）和乳糖或蔗糖（燃料）的混合物，还有少量的无烟火药作为发热剂。

3. 曳光剂 曳光剂用以制造各种曳光弹。曳光剂在燃烧时能产生和留下烟雾或光迹，这就便于试射和修正射击。在枪械射击时也可用来指示目标。

曳光剂的主要示性数以光度和色的饱和度及燃烧时间来表示。

曳光剂按其成分来说与以硝酸盐为主的照明剂和信号剂没有原则区别。白色曳光剂中所用的物质就是照明剂中所含的物质，例如：硝酸钡、金属可燃物（镁、铝等）及胶合剂（松香及虫胶）。

红色曳光剂主要是由硝酸锶、金属可燃物及胶化剂组成。黄色曳光剂是白色曳光剂和钠盐的混合物。

曳光剂可利用发射瞬间发射药的火焰引燃，或利用带底火的专门装置引燃。第一种方法结构简单，故在步兵武器中得到了广泛应用。

4. 燃烧剂 燃烧剂用以制造燃烧弹、燃烧手榴弹、燃烧瓶、各种燃烧炮弹（高热弹、黄磷弹、燃烧炸弹和杀伤燃烧炸弹）。此外火焰喷射器中也用燃烧剂。

燃烧剂有两种：

——含氧化剂的燃烧剂。其中分用金属氧化物作氧化剂的高热燃烧剂和利用某种盐类作氧化剂的燃烧剂两种。

——不含氧化剂的燃烧剂。这种燃烧剂只有在接触空气时才燃烧，这是与含氧燃烧剂的不同之处。

附

①含氧化剂的燃烧剂

高热燃烧剂 燃烧时的温度达 $2500 \sim 3000^{\circ}\text{C}$ ，但很难引燃，因此，在燃烧炮弹和燃烧炸弹中除了燃烧剂外，还要加入一些专用渗入物。这种燃烧剂是以金属可燃物（铁、铝及其金属）为主的燃烧剂。

以含氧盐类为主的燃烧剂 此种燃烧剂易于燃烧，且与高热燃烧剂一样能发出高热，但其燃烧时间短促，只有几分之一秒的时间。这种燃烧剂用以装填枪弹和小口径炮弹，引燃液体燃料及易燃物。属于此类的有：装填穿甲燃烧弹的燃烧剂，其成分为氧化钛50%、红磷30%、铝粉20%。装填穿甲燃烧曳光弹丸用的燃烧剂，其成分为过氯酸钾55%、镁铝合金45%。

②不含氧化剂的燃烧剂

镁铝合金 镁铝合金炸弹中镁铝合金的混合比为92:8。镁铝合金炸弹燃烧时的温度达 $2000 \sim 3000^{\circ}\text{C}$ 。这种炸弹燃烧时不能用水扑灭，因为水中含氧反而加强其燃烧，须用砂土扑灭。

有机物燃烧剂（汽油、煤油等）其燃烧温度较低（ $600 \sim 800^{\circ}\text{C}$ ），但其火焰的作用半径比高热燃烧剂大。液体的有机燃烧剂主要用在火焰喷射器中。

自燃物燃烧剂（白磷、磷化氢、碳化氢和某些金属有机化合物）这类燃烧剂的燃点很低，在一般条件下与空气接触就会自燃。某些碱金属在与潮湿金属接触时也会自燃。

随着近代燃烧剂的发展，已使各种弹丸的战术任务和作用在逐步扩大。燃烧弹在战斗中作为主用弹的地位也因此得到了进一步的加强。

第三章 内弹道学常识

弹道学是研究弹丸运动规律的科学。弹道学一般分为内弹道学、外弹道学和终点弹道学。近代弹道学著作中有的还将弹丸飞离枪（炮）口到脱离火药气体作用这一阶段的研究称之为中间弹道学。

内弹道学是研究枪（炮）射击时在身管内发生的现象和过程的规律性的学科。就射击现象和过程而论，它的主要研究任务和内容是：火药在枪（炮）膛内的燃烧和能量的释放规律；弹丸在枪（炮）膛内的运动规律和火药气体压力在枪（炮）膛内的变化规律。在研究上述规律的基础上确立内弹道的设计计算方法，以便合理地选择一定口径和重量的弹丸，获得预定的膛压和初速的枪（炮）膛诸元（身管长度、药室容积）及装填条件（装药重量、火药的尺寸和形状）等。

射击是使火药的化学能很快地转变为热能，然后又转变为弹丸——装药——枪（炮）身——枪（炮）架整个系统运动的动能的过程。火药及其燃烧时所生成的气体作为能量推动弹丸和枪（炮）运动。

第一节 火药的燃烧过程

当外界冲量（迅速加热或打击）作用于火药药粒时，药粒开始燃烧。火药燃烧时可以分为点火、着火和燃烧三个阶段。

段（图3-1-1）。

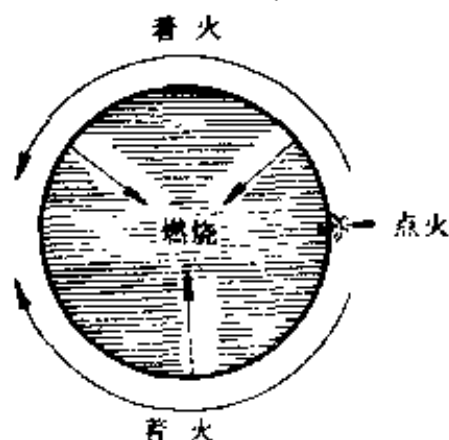


图 3-1-1 火药燃烧示意图

点火：火药在外部冲量（迅速加热或打击）的作用下首先在火药药粒的一点或数点开始热分解，依靠这时所放出的热量使燃烧反应持续进行。为了使火药点燃，在点火时火药应迅速地被加热，以致火药的某一部份具有高于其燃点的温度。一般无烟火药点燃温度为 200°C ，黑火药的点燃温度为 300°C 。点火后火药同时进行着两个过程——着火和燃烧。

着火：燃烧反应沿火药药粒表面传播的过程。着火的速度主要决定于气体的压强，但也与火药药粒表面状况（光滑或粗糙），火药性质和形状，气体成分和引燃剂生成物有关。一般在标准大气压下，有烟火药（黑火药）的着火速度为 $1\sim 3$ 米/秒，当压力增加时，着火速度会迅速增加。无烟火药在暴露条件下着火速度很低，约为 $2\sim 5$ 米/秒，但在压力升高时，其着火速度剧增，当压力为 $10\sim 20$ 公斤/厘米²时，其着火过程是在瞬间发生的。

为使火药瞬时全面地着火，枪（炮）发射时，底火击发剂燃烧所形成的点火压力必须大于 20 公斤/厘米²，现有的弹药均能满足这一要求。如果火药没有同时着火，则可能产生

瞎火或迟发火。从而影响武器的动作可靠性和弹药的弹道性能。

燃烧：燃烧反应是通过火药表面沿垂直方向向火药内部传播的过程。燃烧反应向火药内部传播的速度称为燃烧速度。试验证明：火药的燃烧速度与火药成分和密度，燃烧时的外界压力、火药的温湿度有关。现将各种因素对火药燃烧速度所产生的影响分述如下：

火药成分：不同成分的火药，在其它条件都相同的情况下，燃烧速度各不相同；含1号硝化棉或硝化甘油多的火药比含2号硝化棉多的火药的燃烧速度快。有时为了使火药具有不同的燃烧速度分布，在火药中加入钝感剂（樟脑、凡士林），钝感剂含量多的火药其燃烧速度较慢，相反则较快。火药内的挥发成分的含量增多会使火药的燃烧速度降低。

火药密度：随着密度的增加，火药燃烧速度会降低。一般速燃火药其内部呈松质多孔状，随着孔的增加，火药密度小而孔隙大，因而火焰就容易进入药粒内部，燃速就增加。近代无烟火药的密度（比重）为 $1.56 \sim 1.63$ 公斤/分米³。

外界压力：火药的燃烧速度随周围压力的增加而增加。暴露在空气中的有烟火药其燃烧速度为10毫米/秒左右，当压力增大时，燃烧速度则急剧增加。暴露在空气中的无烟火药的燃烧速度为 $0.8 \sim 1.5$ 毫米/秒，但在密闭容器中和500公斤/厘米²的压力下其燃烧速度可达50毫米/秒，并随压力的继续增加而增加。

一般常把火药燃速 u 随压力 P 变化的函数关系式 $u = f(P)$ 称为“燃烧速度定律”，并且不同的作者用不同的经验式来表示这一定律。常用的计算式有：

对不挥发溶剂的简单形状的硝化棉火药，当装填密度 $\Delta > 0.10$ 和压力大于 800 公斤/厘米² 时，采用的计算式有：

$$u = u_1 P$$

式中： u ——火药燃烧速度；（分米/秒）

P ——火药燃烧时的压力；（公斤/分米²）

u_1 ——单位压力下的燃烧速度。

硝化棉无烟火药 u_1 值是由 $0.6 \sim 0.9 \times 10^{-5}$ （分米/秒）/（公斤/分米²）。

当火药相同，压力小于 800 公斤/厘米² 时，应采用公式：

$$U = A P^\gamma$$

Я·М·夏辟罗教授建议采用 $A = 0.37$ ， $\gamma = 0.70$ 。 A 与 γ 值随压力变化而变化，在实际数据的处理中不同的作者针对不同火药和压力的变化，选用 A 和 γ 值时也有差异。

装填密度：装填密度（ Δ ）为装药重量（ ω ）与药室容积（ W_0 ）之比。

$$\Delta = \frac{\omega}{W_0} \quad (1)$$

各种枪弹的装填密度在 0.50 ~ 0.90 公斤/分米³ 范围内。
下表所列为某些枪弹的装填密度、药室容积和装药重量：

表 3-1

枪 弹 名 称	装 药 重 量 (克)	药 室 容 积 (厘米 ³)	装 填 密 度 (克/厘米 ³)
51式7.62毫米手枪弹	0.53	0.90	0.59
59式9毫米手枪弹	0.25	0.56	0.45
56式7.62毫米普通枪弹	1.6	1.86	0.86
53式7.62毫米普通枪弹	3.0	3.62	0.83
64式7.62毫米手枪弹	0.18	0.41	0.44
53式7.62毫米重弹	3.0 ~ 3.25	3.40	0.88 ~ 0.96

迫击炮的装填密度是主装药和辅助装药的重量与药室容积之比。迫击炮的药室容积，即从炮管内底部至装入炮管内的迫击炮弹最大直径之间的容积。迫击炮的装填密度随辅助装药量的增加而增加，82毫米迫击炮在最大装药量时，装填密度 $(\Delta) = 0.06$ 公斤/分米³。

各种不同武器弹药的装填密度只允许在不大的范围内变化。随着装填密度的增加，枪（炮）膛内的火药气体压力增加，因此火药的燃烧速度也就加快。装药密度过大可能引起膛内压力的骤增，以致引起枪（炮）管膨胀和炸膛。一般弹丸陷入药筒太深或壳体局部下陷过深的枪弹，即 Δ 变大，不宜用来射击，以免发生意外事故。

减小装填密度可以降低火药的燃烧速度，但是装填密度过小，会对武器弹药的性能带来不利的影响。

装药温度：装药温度愈高，其燃烧速度就愈快，因为在相同的点火条件下，装药温度高相当于火药燃烧的温度和热量增加，火药的热分解反应过程加剧，所以火药的燃速增加。反之，装药温度愈低，其燃烧速度就愈慢。因而枪（炮）弹在弹道试验时必须处于相同的温度条件下，由于火药的温度差异会带来火药燃烧速度的不同，从而使弹丸初速变化很大，散布精度变坏。

火药湿度：火药湿度愈大，燃烧速度就愈慢。因为在相同的点火燃烧条件下，潮湿的火药燃烧时消耗的热量增加，使火药燃速降低。如果火药湿度太大就会失去其原有的爆发性能。因此必须防止火药受潮，以确保武器弹药性能处于良好的状态。

火药燃烧时，火药气体生成量及生成速度取决于药粒的

几何形状和尺寸。

在研究火药的燃烧过程时，内弹道学采取以下三个基本假设：

1. 火药药粒在化学性质方面——结构和密度——为同一性质；组成装药的药粒在几何形状和尺寸方面是严格相同的。

2. 火药在燃烧时，火药表面能瞬时和同时引燃。

3. 火药的燃烧是从各个方向沿着火药表面的垂直方向向着火药内部以相同的燃烧速度一层一层平行地进行着。

以上三条是研究几何燃烧定律的基础。建立在上述假设的基础上，可以将对单一药粒燃烧规律的研究推广到建立整个火药燃烧规律的概念。

根据火药在燃烧时的几何形状和尺寸的变化规律，火药可以分为：

1. 渐减性燃烧火药：这种火药的燃烧表面随火药的燃烧进行不断减小，因而火药在单位时间内的气体生成量也随着火药的燃烧进程不断的降低。这种火药在枪（炮）膛内的压力往往是剧增和剧降的过程，使得膛内最大压力 $P_{\max}$ 高而枪（炮）口压力 P_g 低。这类火药包括立方形、片状和带状（如图 3-1-2 a）。

2. 渐增性燃烧火药：这种火药在燃烧时，其燃烧面不断增大，如 7 孔管状火药（图 3-1-2 c）。这种药粒燃烧时，各孔的孔径和面积增大，从而使火药的总燃烧面积增大。所以火药在单位时间内的气体生成量也在增加。这种火药燃烧时燃烧面的增加只发生在药粒分裂前，分裂后所形成的碎药粒的燃烧也是渐减性的。

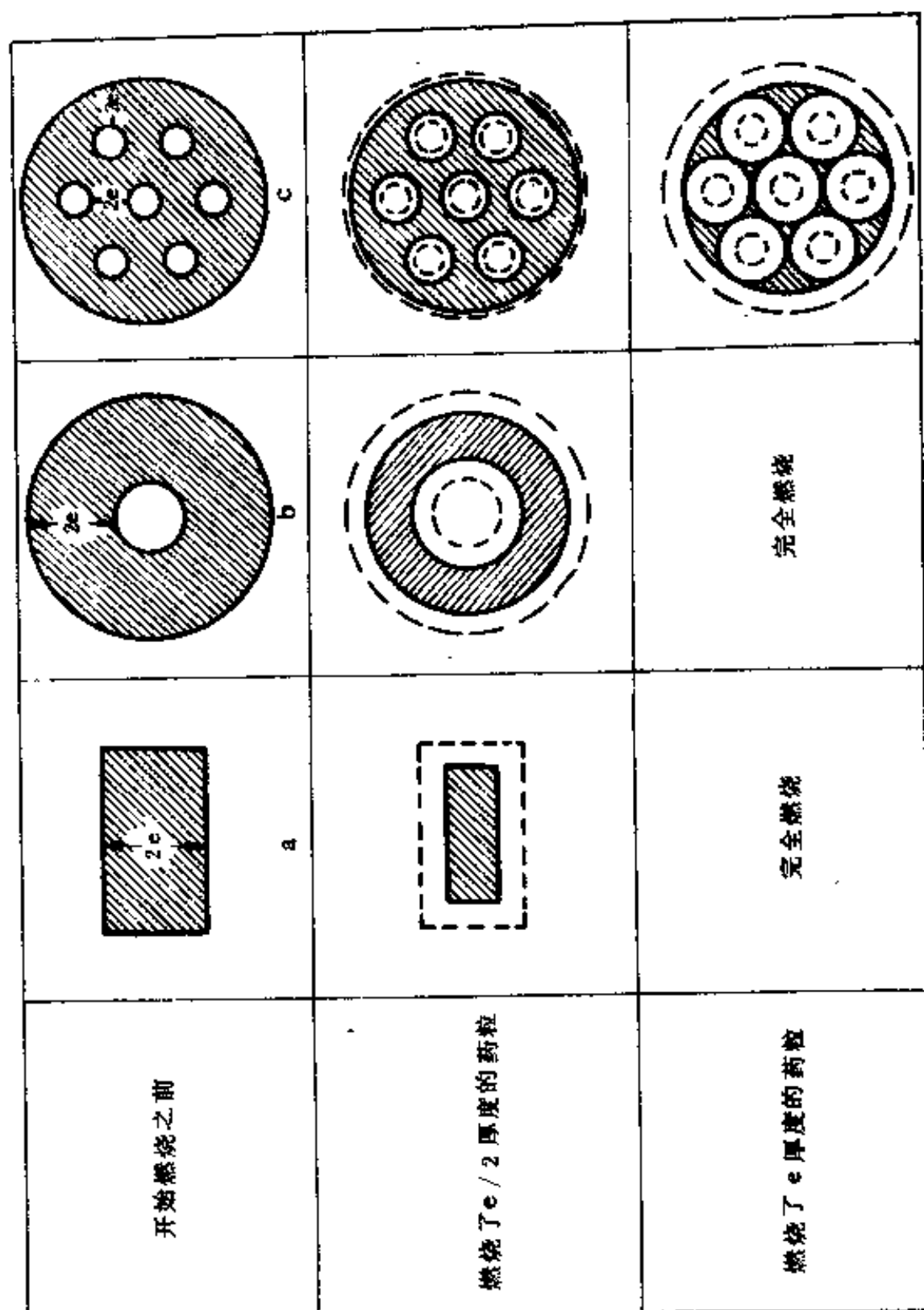


图 3-1-2 火药药粒燃烧示意图

用渐缓燃烧的专门药剂（或用钝感的办法）涂复在药粒外表面可以使火药达到渐增性燃烧。由于渐增性火药的燃烧可使火药的气体生成量随时间的增加而增加，它可以使膛内压力升降平缓。

设计武器弹药系统时选用何种类型的火药取决于武器的类型和构造特点。枪械使用的火药其形状在很大程度上取决于枪管的长度。长枪管（步枪、机枪）使用钝感处理的硝化棉火药。短枪管（手枪）使用薄片状硝化棉、硝化甘油火药或松质多孔药粒如多—45、多—125火药，这种火药可以保证在枪管内迅速地燃完，使能量得以充分利用。迫击炮也常用速燃火药，如82毫米迫击炮采用片状硝化甘油火药。

第二节 发射现象

火药的化学能首先转化为热能，然后转化为武器系统（弹丸——发射药——枪）动能，这一瞬时的转化过程称为发射。

发射现象的特点：

- 火药气体压力很高（2000~3000大气压）；
- 火药气体温度很高（2500°~3500°C）；
- 现象持续时间很短（0.001~0.06秒）；
- 发射药在迅速变化的容积中燃烧。

现将枪械射击时的发射过程叙述如下：

为进行发射，必须将实弹推入弹膛，使枪机可靠地封闭枪膛，并扣动扳机。扣动扳机后，击锤（击针）在击发机构作用下撞击枪弹底火。底火击发药由于受打击（外界冲量）

而着火，火焰通过弹壳上的传火孔进入弹壳内引燃发射药。

发射药燃烧时火药气体生成量不断增加，其压力也不断增大，火药气体向四周扩张，使弹壳壁、弹壳底和弹丸受火药气体压力的作用。作用于弹壳底的压力迫使弹壳紧压枪机镜面。作用于弹壳壁的压力迫使弹壳壁紧贴膛壁，防止火药气体向后逸出。作用于弹丸的压力迫使弹丸嵌入膛线。开始时，火药气体压力在不变容积内增大到能使弹丸完全嵌入膛线时所需要的压力值。这一压力称挤进压力 P_0 。枪械的挤进压力达 $250 \sim 500$ 公斤/厘米²。

发射药在不变容积内燃烧和火药气体压力增加到 P_0 的发射阶段称预备阶段（图 3-2-1）。

而后是发射现象的第一阶段（或基本阶段），在此阶段内发射药在迅速变化的容积内燃烧。这一阶段从达到挤进压力瞬间开始到发射药基本燃烧完毕时止。弹丸在不断增长的火药气体压力作用下开始在膛内运动。在此阶段开始时由于弹后空间的增长比火药气体生成量的增长相对的慢，故第一阶段开始时的压力迅速增高，达到最大压力 P_{max} 。枪械的最大压力高达 $2500 \sim 4000$ 公斤/厘米²（步枪上最大膛压一般发生在弹丸运行至 0.6 倍口径的距离上）。高膛压引起弹丸在膛内加速运动，弹后空间也随之迅速增加。因此，当压力达最大值 P_{max} 后膛内压力即开始下降，火药燃烧结束时的压力称之为 P_k ，与此相应的弹丸速度值为 V_k 。

从火药燃烧结束至弹丸底部飞离枪口这一段被称之为发射现象的第二阶段。在这一时期中，火药已燃烧完毕*，虽没

* 在内弹道设计时是如此假定的，但实际上发射药在枪膛内是未完全燃尽的。

有新的火药气体生成，但由于火药气体压力还很高，它仍能继续膨胀做功，弹丸速度继续增长，而火药气体压力则继续降低。弹丸飞离枪口时的压力为 P_k ，速度为 V_k 。枪械的枪口压力 P_g 一般为200~600公斤/厘米²。

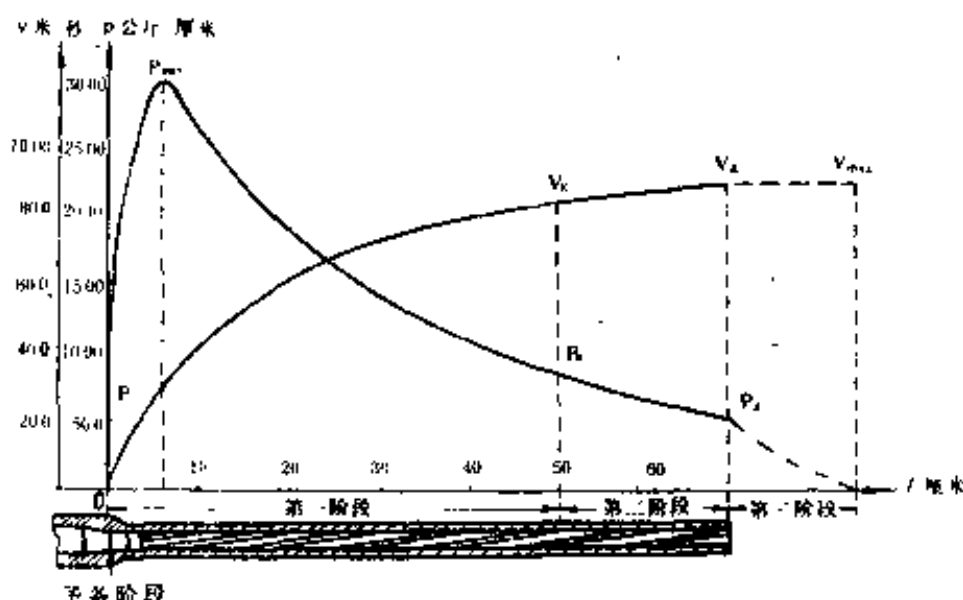


图 3-2-1 发射现象的各阶段，压力曲线和弹丸运动速度曲线

在枪械中，火药燃烧结束位置接近枪口切面；在枪管短的武器（手枪）中，火药的燃烧结束位置几乎都在枪口以外。所以在短身管武器中有时在膛内不存在发射现象的第二阶段。

第三阶段是火药气体的后效作用时期。其特点是，当弹头飞出枪口后，火药气体以高速从膛内流出，并在一定的距离内仍对弹丸底部施加压力，使弹丸继续加速，弹丸运动到脱离这一作用的瞬间速度达到最大值。当这一时期结束后，弹丸在空气阻力的作用下开始作减速运动。

在上述每个阶段，都有表示火药气体压力、弹丸运动速度与时间或弹丸运动行程间的相互关系式或相应的弹道表。

根据这些关系式或表可以进行内弹道计算和设计。

第三节 迫击炮的发射特点

迫击炮的发射现象与线膛武器的发射现象相比较，具有它自己的特点。这些特点是由于迫击炮与线膛武器构造不同；弹药及装药结构的不同而产生的。迫击炮发射现象的特点是：

1. 迫击炮弹的装药由基本装药和辅助装药构成，基本装药用一纸药筒装入带传火孔的炮弹尾管内，辅助装药则套在尾管上。发射时底火击发剂首先点燃基本装药，然后火药气体穿过纸药筒和尾管壁上的传火孔点燃辅助装药。为确保基本装药迅速全面燃烧并及时点燃辅助装药，采用强烈底火可使基本装药和辅助装药几乎同时着火。

装在炮弹尾管内的基本装药的装填密度比套在炮弹尾管上的辅助装药的装填密度大得多（ $0.50 \sim 0.60$ 公斤/分米³）。因此发射时进入弹后容积的火药气体迅速膨胀和冷却，使相当一部分火药能量消耗于加热弹药和炮管。所以点火能量要大，点火结构要合理是迫击炮发射的特点之一。

2. 迫击炮没有膛线，所以迫击炮弹不靠旋转稳定；它没有挤进膛线的过程，但它必须有克服膛内摩阻力和弹丸重力的启动压力。

3. 迫击炮弹的运动速度一般不高，所以膛内压力也较低，装填密度不大时（对不同装药其装填密度为 $0.01 \sim 0.06$ 公斤/分米³），就可以达到所需要的膛压和弹丸运动速度（初速）。为使辅助装药在这种不大的装填密度下正常燃烧，一般用于辅助装药的火药多采用高能、速燃的硝化甘油火药。

4. 由于迫击炮弹与炮管内壁之间存在间隙，加之迫击炮弹在膛内运动速度低，运动行程长，这就加大了发射时火药能量的损失。一般迫击炮发射时有10~15%的火药能量从缝隙中漏出。

5. 迫击炮的发射距离不仅可以用变换射角的方法达到，也可以用改变装药量的方法调整。

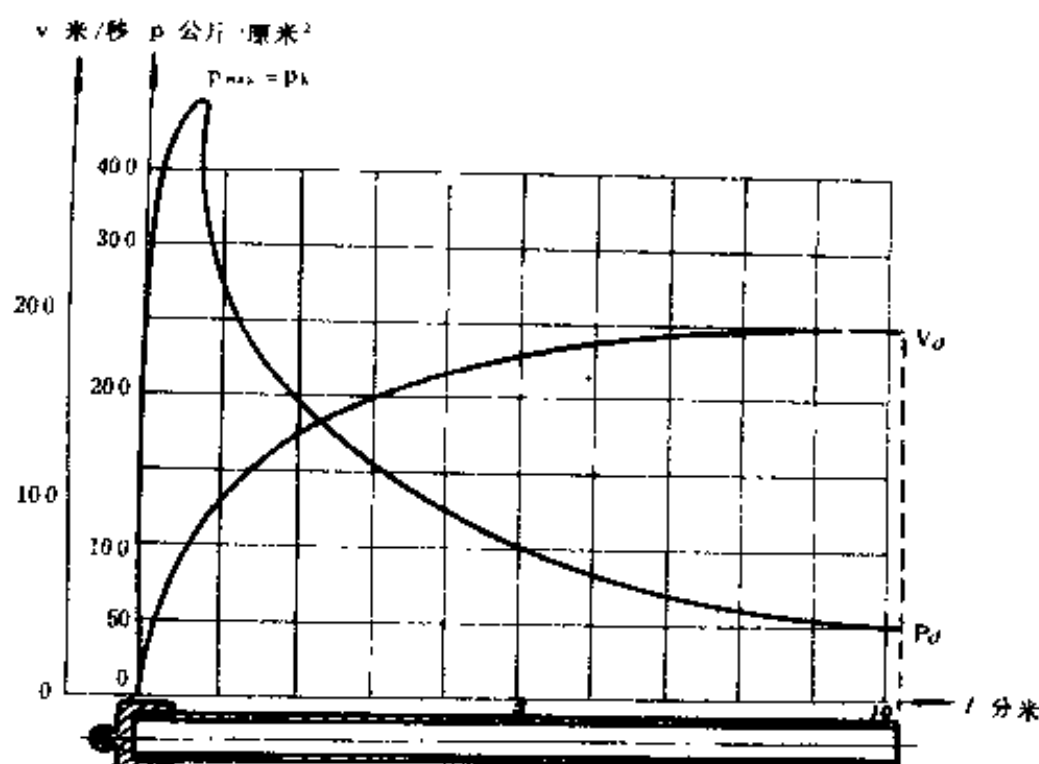


图 3-3-1 82毫米迫击炮在最大装药量下发射时，膛内的火药气体压力曲线和弹丸速度曲线

根据以上特点，迫击炮的发射现象可以分为三个阶段（图3-3-1）。

1. 从基本装药着火瞬间到基本装药的火药气体穿过弹筒、尾管传火孔进入弹后容积的阶段，此阶段类似于枪械发射现象的预备阶段。

2. 第一阶段:从辅助装药着火——弹丸开始运动——瞬时起至全部发射装药燃烧结束止。在此阶段膛压迅速增长直至最大值,迫击炮的最大膛压 $P_{\max}$ 一般产生在发射药燃烧结束时,因此 $P_{\max} = P_k$ 。82毫米迫击炮用最大装药发射时,其最大膛压可达 $400 \sim 450$ 公斤/厘米²(最大压力点的位置在弹丸沿炮膛运动7厘米的位置)。

3. 第二阶段:从全部发射装药燃烧结束的瞬时起至炮弹飞离炮口瞬间止。在此阶段膛内的火药气体继续膨胀推动炮弹作加速运动。82毫米迫击炮在使用最大装药时,其炮口压力 P_n 约为50公斤/厘米²,炮口速度 $V_n = 200 \sim 210$ 米/秒。

第四节 火箭武器的发射特点

在火箭武器中,火箭弹的战斗部是和发动机联成一个整体。发射时,靠发动机内的火药燃烧生成的火药气体通过喷管向外流出时产生的推力,来加速弹丸运动的。为了弄清火箭武器的发射现象和过程,必须了解火箭武器的推力——反作用力——的本质。

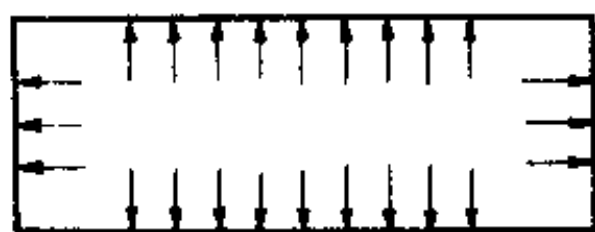


图 3-4-1 密闭容器内气体的压力

设有一个密闭的容器(如图3-4-1),内部装有一定压力的气体由于这时作用于容器各个内壁上的压力相等,所以这时容器

保持固定不动。若在容器的一个壁上钻一个孔,容器内的气体即会喷出如图3-4-2所示。这时开孔的内壁同其相反方向上的容器内壁的受力面积产生了差别(开孔的内壁面积小于

不开孔的内壁面积),所以两内壁所承受的力不相等,带孔的内壁所承受的力小于相反方向上不带孔的内壁所承受的力。两力之差称为反作用力——构成火箭推力的分力(图3-4-2)。这一力使容器朝着受力面积大的内壁方向运动。

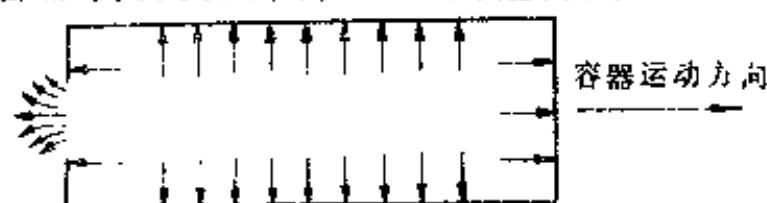


图 3-4-2 一壁有孔的容器内气体的压力

不难看出,这时使容器产生运动的作用力等于容器内外压力之差乘以孔的面积,即:

$$R' = (P - P_a)S$$

式中: R' ——因容器对称内壁的受力面积不同而产生的反作用力、(公斤);

P ——容器内的压力 (公斤/厘米²);

P_a ——容器外的压力 (大气压);

S ——孔的面积。

当容器内压力很高而开孔面积小时,上述公式可化为:

$$R' \approx P \cdot S$$

火箭弹推力另一主要组成部分是气体从喷管内流出时所产生的力。该力的大小取决于从喷管内流出的气体量和气体的流出速度。它可由动量公式求出。则有:

$$R_2 \cdot t = m(u - u_0) \quad (3-4-1)$$

式中: R_2 ——气体流出时产生的反作用力;

t ——力的作用时间;

m ——从喷管内流出气体的质量;

u ——流体速度;

u_0 ——流体初速。

由于气体由静止状态开始流动则 $u_0 = 0$ 上式可以简化为:

$$R_2 t = m u$$

$$R_2 = \frac{m u}{t}$$

因为: $m = \frac{G'}{g}$

式中: G' ——流出气体的重量;

g ——重力加速度 ($g = 9.81$ 米/秒²)。

则: $R_2 = \frac{G' u}{g t}$ 设 $\frac{G'}{t} = G$

式中: G ——单位时间内气体流出的重量, 称之为气体流量。

此时: $R_2 = \frac{G u}{g}$

力 R_2 的作用方向和气体流出方向相同。按力学第三定律, 作用于某一物体的力必定产生大小相等而方向相反的反作用力。因此, 气体一开始流出即产生了与气流方向相反而与 R_2 大小相同的反作用力, 设它为 R'' 。所以总的反作用力则是 R' 和 R'' 所构成的合力。因为两力的作用方向相同, 则:

$$R = R' + R'' = (P - P_a) S + \frac{G u}{g} \quad (3-4-2)$$

从公式 (3-4-2) 可以看出, 反作用力 R 的大小取决于以下几个因素:

1. 容器内的压力 P : 容器压力愈大则反作用力也就愈大。因此为使反作用力尽可能地大, 设计火箭发动机时, 在压力和结构强度允许的条件下, 应尽量选用燃烧室容器小而气体

生成量大的装药设计方案。

2. 容器外的压力 P_a : 外部压力实际上是大气压。很显然发动机在真空中产生的反作用力要比在大气中的大。但在实际计算中往往认为: $(P - P_a) \approx P$ 即不考虑容器外部的压力。

3. 孔的面积 S : 从公式的第一项看出, 孔的面积愈大则反作用力就应该愈大, 但并不完全是这样, 孔只能在一定范围内增加时才有利于反作用力的增加。因为随着孔径的增加, 气体流出量就会加大, 形成气体流出量大于气体生成量, 这时压力 P 会降低, 反作用力随之减小。所以, 孔径的大小还要根据对发射药燃烧期间压力增长的要求来确定。

4. 单位时间内的气体流量 G : 单位时间的气体流量与燃烧室内压力及喷口孔径的面积成正比。所以, 提高单位时间的气体流量可以增大反作用力。

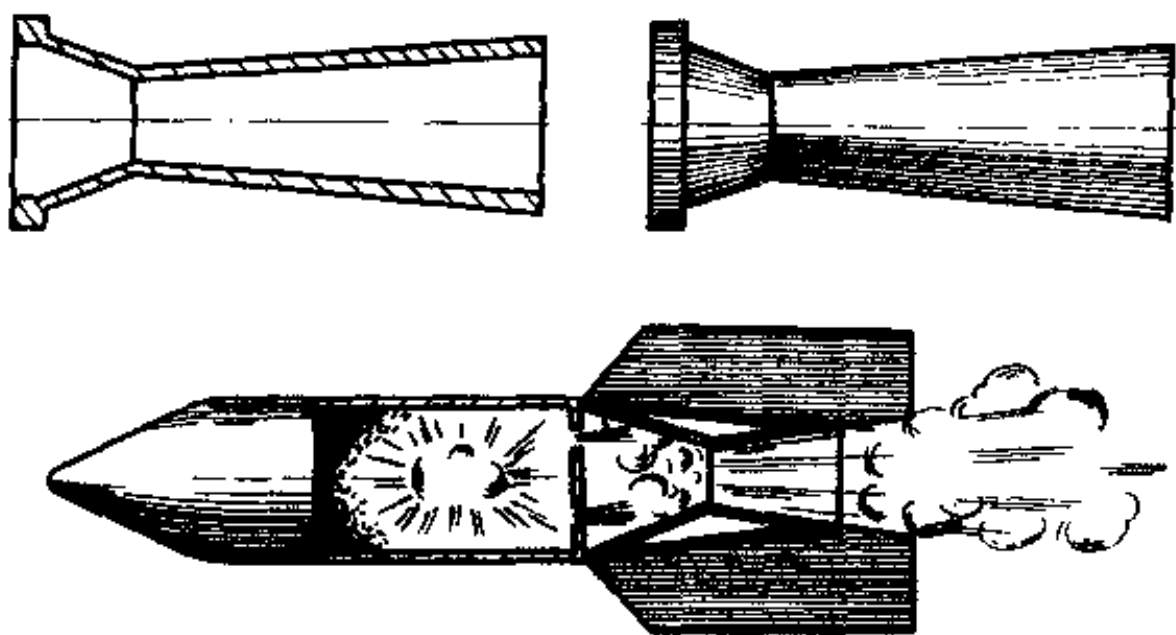


图 3-4-3 火箭弹和拉瓦尔喷管

5. 气体流出速度 U : 从公式不难看出反作用力是随流速

增加而增加。然而气流速度的大小则与燃烧室的内外压力、孔径大小和孔的几何形状有关，燃烧室内部压力高而外部压力低（真空），喷孔采用收敛和扩张形状时将有利于反作用力的增加。

以上各因素有的是相互制约的，所以根据理论和实践证明：拉瓦尔喷管（图 3-4-3）是最有利的喷口形式之

火箭发动机喷口的最小截面积称为临界截面。相应的喷口直径则称为临界直径。

通过对公式（3-4-2）化简整理和变换，得出下列反作用力的公式：

$$R = \varphi S_k P \quad (3-4-3)$$

式中：R——反作用力（公斤）；

S_k ——临界截面积（厘米²）；

P——火箭发动机燃烧室内的压力（公斤/厘米²）；

φ ——反作用力系数（推力系数）。

系数 φ 主要与发动机工作状态和扩张比（喷口临界直径和喷口扩张直径之比）有关。对于拉瓦尔喷管 $\varphi = 1.5$ 。

综上所述，在给定的喷口几何形状和尺寸条件下，影响反作用力的主要因素是发动机燃烧室内的压力值。

当火箭发动机喷口临界面积（ S_k ）足够大时，在燃烧室中可以维持火药气体压力接近于常量，这一压力的大小可由火药气体每秒生成量和每秒流出量的平衡来确定。火箭发动机的最大压力产生在装药刚引燃（此时火药的每秒气体生成量大于每秒气体流出量）后不久，此后在整个燃烧过程中压力几乎保持常量（这时的压力称为工作压力），直到燃烧结束瞬间（ P_k ）。工作压力一般为 $0.9P_{\max}$ （图 3-4-4），近代火箭的

最大压力 $P_{\max} \approx 200$ 公斤/厘米² (小型反坦克火箭的最大压力有的大于 200 公斤/厘米²)

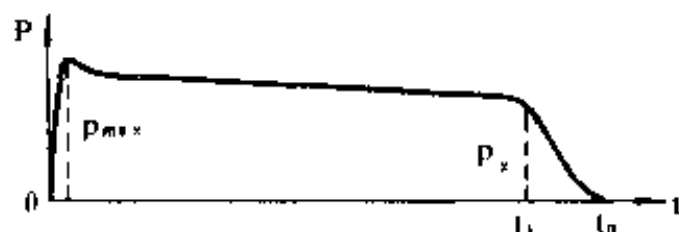


图 3-4-1 火箭燃烧室中典型的 $p-t$ 曲线

对一定结构形式的发动机，可以按公式 (3-4-3) 计算它的最大反作用力。若已知火箭发动机采用拉瓦尔喷管临界截面积 $S_k = 3$ 厘米², $P_{\max} = 200$ 公斤/厘米²。

则: $R_{\max} \approx \varphi S_k P_{\max} = 1.5 \times 3 \times 200 = 900$ (公斤)

火箭发动机产生的反作用力使火箭弹沿着与气体流出的相反方向飞行。为赋予火箭弹一定的飞行方向，火箭弹发射时配有导轨（或发射筒）装置。发射时，发动机内的装药开始点燃，火药气体通过喷管流出产生反作用力，火箭弹开始运动。火箭弹的飞行速度随火药的继续燃烧而增长；当火箭发动机产生的推力减小到与空气阻力相等时，火箭弹达到最大速度 $V_{\max}$ 。一般计算时假设 $V_{\max}$ 出现在发动机装药燃烧结束的瞬间。火箭弹飞离导轨（筒口）瞬间的速度称之为离轨速度 V_0 。若忽略火箭弹与导轨的摩擦力和空气的阻力，即可近似求出火箭弹的离轨速度 V_0 和最大速度 $V_{\max}$ 。

若将火箭发动机的反作用力视为等于其平均值 R_{cp} 的常量，根据能量守恒定律，则有：

$$R_{cp} \cdot l = \frac{q V_0^2}{2g}$$

式中: R_{cp} ——火箭发动机反作用力的平均值，通常取

$$R_{cp} = \frac{2}{3} R_{max} \quad (\text{公斤});$$

l ——导轨（发射筒）长（米）；

q ——火箭弹重（公斤）；

g ——重力加速度，等于9.81米/秒²；

V_0 ——离轨速度（米/秒）。

$$\text{于是: } V_0 = \sqrt{\frac{2gR_{cp}l}{q}} \quad (3-4-4)$$

例：求下列条件下的火箭弹离轨速度：

已知： $R_{max} = 900$ 公斤， $l = 2$ 米， $q = 4$ 公斤

解：先求 R_{cp}

$$R_{cp} = \frac{2}{3} R_{max}; \quad R_{cp} = \frac{2}{3} \times 900 = 600 \text{公斤}.$$

再求 V_0

$$V_0 = \sqrt{\frac{2gR_{cp}l}{q}} = \sqrt{\frac{2 \times 600 \times 2 \times 9.81}{4}} \approx 77 \text{米/秒}$$

同理，利用动量公式可以求出火箭弹的最大速度 V_{max} 。

因为火箭弹的最大速度 V_{max} 是产生在火箭发动机装药燃烧结束的瞬间。则有：

$$R_{cp} \cdot t_k = \frac{q_{cp}}{g} \cdot V_{max}$$

式中： t_k ——发动机装药燃烧结束时间（秒）；

q_{cp} ——火箭弹的平均重量（火箭弹开始时的重量和火箭弹装药燃烧结束时的重量的平均值）。

$$\text{则: } V_{max} = \frac{R_{cp} \cdot t_k \cdot g}{q_{cp}} \quad (3-4-5)$$

例：求下列已知条件下火箭弹的最大速度。

$R_{cp} = 600$ 公斤, $t_k = 0.1$ 秒, $q_{cp} = 3.75$ 公斤。

解: $V_{max} = \frac{R_{cp} \cdot t_k g}{q_{cp}} = \frac{600 \times 0.1 \times 9.81}{3.75} = 157$ 米/秒

火箭弹从发动机开始工作至发射药燃烧结束是处于加速运动的阶段, 在这一阶段末火箭弹的速度达到最大值 V_{max} 。一般称这一阶段为火箭弹的主动段。主动段结束后, 火箭弹和枪(炮)弹丸一样, 继续在空气中运行, 这时, 它受到空气阻力和重力的作用。

第五节 枪管的强度和寿命

射击时枪管承受的力很复杂, 有火药气体的压力, 弹丸在膛内运动时的作用力, 枪管后坐的惯性力和因受热而产生的热应力等。分析发射时枪管的受力关系不难看出, 火药气体的压力是影响枪管强度的主要因素。所以它是设计枪管的主要依据。为保证武器在发射时的安全可靠, 枪管必须在承受强大的火药气体压力时不产生永久变形。在生产和使用中, 允许枪弹压力在一定的范围内变化(如弹重、装药量及其它条件引起的压力变化)。对于一定的武器弹药随着环境温度的上升, 发射时其膛内压力也在升高。所以这就要求武器和身管的强度在可能的使用条件下有一定的安全储备量。在枪管各部尺寸和结构确立后, 枪管某一段面允许承受的压力 P_t 与该面在射击时实际承受的压力 p 之比应大于 1。即:

$$n = \frac{P_t}{p} > 1$$

一般 n 称为安全系数。对于步兵自动武器枪管各主要断

的安全系数 一般为:

弹膛部分 $n = 1 \sim 1.1$

最大膛压部分 $n = 1.2 \sim 1.3$

膛口部分 $n = 3 \sim 5$

从上述数字不难看出枪口部位 n 值较大,这主要是考虑武器不但要有承受火药气体压力的射击强度,而且还要有不影响武器性能的勤务强度。如拚刺或行军携行中受到其它外力时,枪管不应产生弯曲或变形。否则会影响武器安全准确地实施射击。

发射时,如果火药气体压力处于枪管强度允许的极限范围内,则枪管只产生弹性变形,也就是说枪管在压力作用时产生膨胀,而在压力停止后这种膨胀随即消失,枪管恢复到原来的尺寸。如果由于某种原因火药气体压力超过了枪管强度的极限允许值,则枪管将产生永久变形,也就是枪管的膨胀变形在膛内压力消失后仍继续保留下来。一般称这种现象为枪管膨胀(也叫胀膛)。在大多数情况下,枪管产生胀膛是由于枪管内部塞有(或滞留)其它物体(沙子、擦拭枪支后留下的麻、布条及膛内烧蚀形成的金属氧化物残渣等)。这时弹丸在膛内运动受阻;速度减慢使空气室增长率大大小于火药气体生成率,膛内压力迅速增高,同时弹底压力大大高于膛底压力。火药气体在膛内返回流动,压力又迅速升高,致使压力超过枪管强度的允许值,枪管因此而产生膨胀或破裂(图3-5-1)。所以武器在使用时应当很好地维护和检查。要绝对禁止使用胀膛后的枪支射击。

此外,枪管在使用过程中还存在烧蚀和磨损。引起烧蚀和磨损的主要原因是:

1. 机械性质的原因: 枪膛周期性的受力和弹性变形, 使金属机械性能产生变化, 在枪膛表面形成不深的网状裂纹, 随着射弹发数的增加, 裂纹波及的面积越来越大。在弹丸挤入膛线的过程中, 阳线顶部产生巨大的挤压应力。弹丸嵌入膛线后一面挤压阳线导转侧, 一面高速运动。如果膛线起始部离弹丸最大直径处还有一定的距离, 则弹丸脱离弹壳挤进膛线时, 对膛线起始部位还会有冲击作用。火药气体和弹丸对枪膛的机械作用将使膛线产生塑性变形和使膛内铬层剥落。

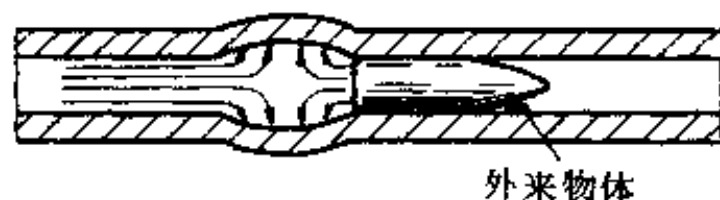


图 3-5 1 枪管膨胀

2. 热应力方面的原因: 发射时高温火药气体 (几乎是枪管金属熔点的两倍), 周期而瞬时地作用于枪管内膛, 使枪膛表面产生局部熔化。微量的熔化金属则被高速火药气流冲刷至膛外。这就会使枪管内部产生形变和局部破坏。另外, 由于温度的急剧变化使枪管产生热胀冷缩, 造成了热应力, 有时这种热应力甚至会超过金属强度极限, 以致产生或加深枪管的内壁裂纹。

3. 火药气体的冲刷和热化学腐蚀的原因: 发射后在枪械表面有一层金属氧化物和火药烟垢, 这些物质会加剧枪膛的磨损和腐蚀。枪膛内的金属氧化物和火药烟垢随射弹发数的增加而增加, 它也与枪管内膛的表面质量有关。B·H·波杜布诺依在试验的基础上得出表 3 - 2 所列数据:

膛内金属氧化物和烟垢是由可溶物质（占12~15%）和不可溶物质（占75~88%）组成。可溶物质一般是底火击发剂和火药燃烧生成盐类（主要是氯化钾）。不可溶物质有弹丸被甲剥落的铜及其氧化物；弹丸底部熔化的铅、底火内熔化的锡箔及其氧化物以及从弹丸上剥落的铁及其氧化物等。其中可溶解的盐类吸收空气中的水分使内膛产生锈蚀，另外膛内金属残渣，特别是铜在有盐的情况下与金属铁构成电化腐蚀。枪管在有裂纹的情况下上述锈蚀过程加剧。

表 3-2

射 弹 发 数	膛内金属氧化物及烟垢（毫克）	
	在光滑的枪膛内	在不光滑的枪管内
10	39.9	56.8
25	48.0	100.4
100	60.0	178.3

所有这些原因都引起枪膛表面状况和尺寸的变化，导致枪膛增大，尤其在枪口和坡膛部位。这种变化使弹丸在膛内的运动失去规律性和初速下降，所造成的后果是弹丸的散布精度变坏，弹丸飞行失稳及射程减小。

枪管寿命一般是以武器在丧失其使用性能以前所能发射的枪弹发数来表示。在生产验收和使用中衡量枪管寿命的标准各国对各种武器的规定是不一样的。在一定射击方式下，一般规定为：

——散布圆半径的增长量：包括总弹着数50%的圆半径（ R_{50} ）为开始时的2.5倍则枪管寿命告终。

——弹着点椭圆孔的数量：当小口径枪弹弹着点椭圆孔

达到20%，大口径枪弹弹着点椭圆孔达到50%时，即认为枪管寿终（椭圆孔指在立靶上弹孔的长轴与短轴之比超过1.25）。

——弹丸初速下降量：初速降低的主要原因是膛线起始部位的烧蚀。通常弹丸初速下降量超过15%时即认为枪管寿终。

枪管寿命是目前高初速和高射速机枪需要解决的关键问题之一。一般提高枪管寿命的途径和方法是：

生产方面——采用强度高，耐烧蚀和耐磨损的金属材料做枪管；枪膛表面的强化加工及镀铬；采用含缓蚀剂的火药及装药结构；采用无锈蚀的底火击发剂；增加耐烧蚀的衬管等。上述措施有时可以使枪管寿命成倍增长。

使用方面——遵守射击规程；精心维护保养武器；及时排除可能引起枪管膨胀的因素；按时进行武器的擦试和涂油。

擦试的目的在于清除枪膛内的残渣及烟垢。由于锈蚀的主要原因是枪管内有可溶盐，所以武器在射击以后应当立即擦试，以免产生锈蚀。在紧急情况下（即射击后条件不允许擦试），则应将枪管涂油，以防水气浸湿枪膛表面。

为了擦去枪膛内的残渣及烟垢，可以用碱性剂或热水。在冬季可用液体擦枪油代替碱性剂。并用硬鬃刷疏松和清除残渣及烟垢，然后用麻或布条将枪膛擦净。

射击后，涂有碱性剂的枪膛应立即擦干，不然就易使枪膛锈蚀。

如果武器从冷空气中移到室内，易被水气浸湿，应当在水气未干时及时擦试，以防生锈。

擦试时，枪管应擦干，并薄薄地涂上一层枪油。

正确的维护、保管和使用武器，遵守武器擦试、上油、维护和保管规则，就会使武器处于良好状态，延长枪管寿命。

第六节 弹丸初速

弹丸沿枪膛运动时，在火药气体压力的作用下，其速度不断增加，当弹丸飞离枪口瞬间，其速度达到 V_n 值，一般 V_n 值可由内弹道计算求出。弹丸飞离枪口后，在离枪口一定距离内（步兵武器约为50厘米）尚受火药气体后效作用，使弹丸运动速度继续有所增大。在这段作用结束时弹丸速度达到最大值 V_{max} 。弹丸脱离火药气体后效作用后，在空气阻力的作用下速度开始下降。

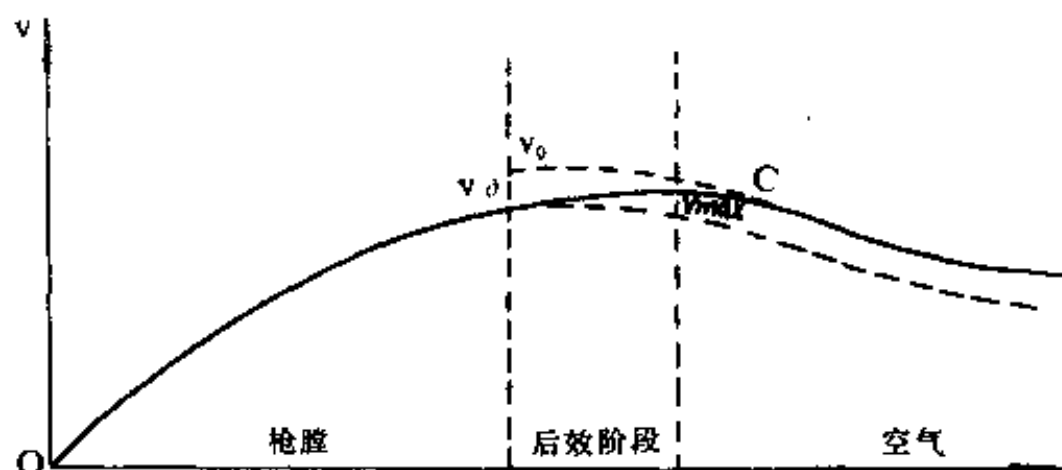


图 3-6-1 选定初速 V_0 的原理图

后效期，即目前正在加强研究的中间弹道段，它对弹丸的运动状态也起着决定性的影响。对这一弹道段目前尚无完整统一的测算方法，所以尚不能测算出 V_{max} 的准确值。

那么在实际应用中弹丸初速应如何确定呢？为明瞭起见可参看图3-6-1。图中实线表示弹丸运动速度，在枪膛内、在后效期内以及脱离后效期作用后，在空气中的变化规律。假若不考虑后效期对弹丸的作用，当弹丸在飞离枪口瞬间达

到速度 V_0 后即受空气阻力作用，则这时弹丸在膛外的速度曲线比实际的曲线低（图中虚线所示），造成与实际的不一致。所以弹丸初速 V_0 的确定原则必须符合所确立的初速值 V_0 ，应满足弹丸在后效期后的运动段的速度变化与实际速度相重合。

因此为确立弹丸初速必须先求在弹道段上某一点C的弹丸速度，C点应当位于后效阶段之后而距枪口切面较近的距离上，然后按弹丸只在空气阻力作用下飞行，将速度换算至枪口切面，这时所得的枪口切面速度即为初速 V_0 。

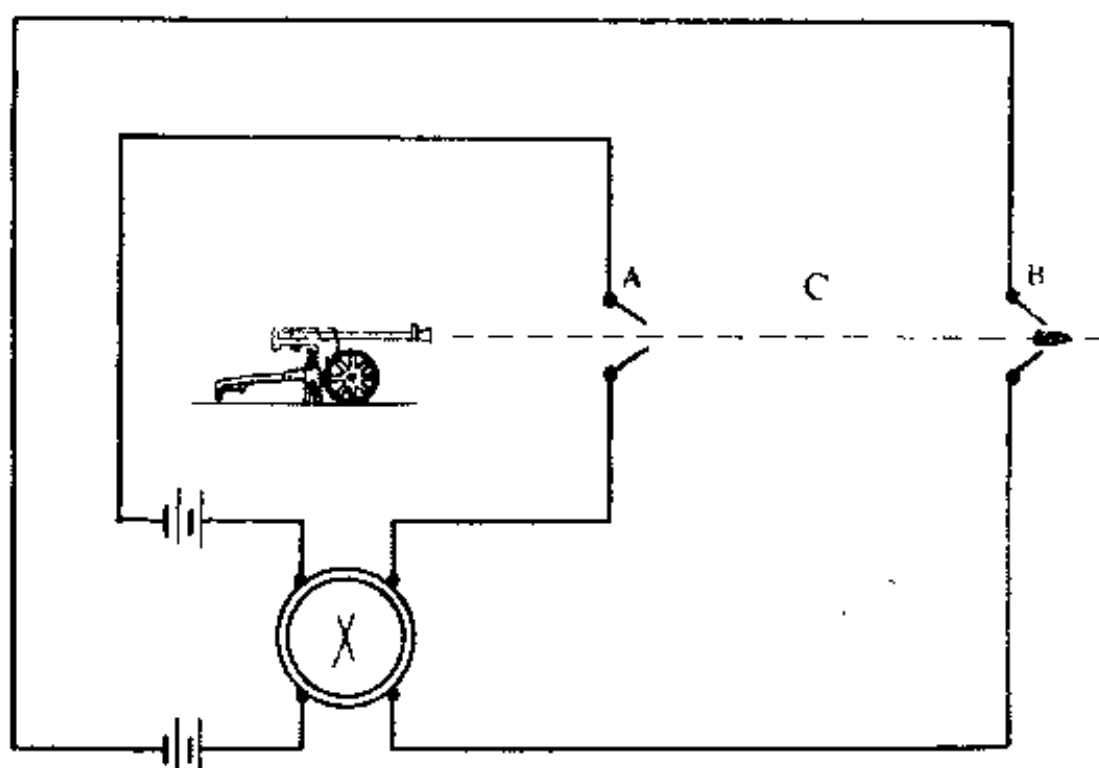


图 3-6-2 利用测速仪测定弹丸速度的原理图

确立弹丸在空气中某一点的速度时采用专门的仪器——测速仪。利用测速仪测定弹丸速度的原理如（图 3-6-2）。在彼此相隔一定距离的地方设 A 和 B 两个断路信号靶，靶 A 和 B 通过导线与测速仪相接。有的断路信号靶是将镀银铜丝绕在

木框上（用于火炮）制成的靶或用锡（铝）箔纸靶（用于枪械）。在枪械测速时，第一靶通常是用带金属丝断路器的枪口夹。当射击时弹丸将第一靶打断，给测速仪一个信号使仪器开始工作，弹丸继续飞行打断第二靶，这时测速仪又接到信号而停止工作。

根据测速仪的读数可求出弹丸在两靶间的飞行时间。这时A和B两靶间的距离为已知，若设弹丸在两靶间作等减速飞行（因为A、B两靶间的距离一般很小），则可按下式求出A、B两靶间的弹丸平均速度 V_{cp} （即A、B两靶靶距中点的速度）：

$$V_{cp} = \frac{S}{t} \quad (3-6-1)$$

式中： V_{cp} ——弹丸在两靶间飞行的平均速度；

S ——两靶间的距离；

t ——两靶间弹丸飞行时间。

例如：两靶间的距离 $S = 50$ 米，测速仪记录弹丸在两靶间的飞行时间 $t = 0.064$ 秒则弹丸飞至离枪口25米处的速度是：

$$V_{25} = \frac{S}{t} = \frac{50}{0.064} = 781 \text{米/秒}$$

根据测算的速度 V_{25} 即可求出只考虑空气阻力时的初速 V_0 。在枪械上，弹丸初速一般可按下列经验公式计算求出：

$$V_0 = 1.025 V_{25} \quad (3-6-2)$$

将上例的 $V_{25} = 781$ 米/秒代入（3-6-2）式则有：

$$V_0 = 1.025 \times V_{25} = 1.025 \times 781 \approx 800 \text{米/秒}。$$

用迫击炮射击时，一般可以将后效期的影响忽略不计，所以初速应采用弹丸飞离炮口瞬间的速度。即 $V_0 = V_n$ 。

初速 V_0 是衡量武器威力和机动性能的主要参量之一。增加初速可以增大弹丸的射程、射击效率、侵彻力和杀伤力。

随着初速的增加弹道愈加低伸。

影响初速的因素很多，主要因素如下：

1. 弹丸重量：在相同装药量条件下，随着弹丸重量的增加，弹丸的初速降低。

例如：1953年7.62毫米轻弹弹丸重9.6克，发射药重3.25克用步枪射击，其初速 $V_0 = 865$ 米/秒。而穿甲弹弹丸重10.6克在与上述相同发射药重量等条件下初速 $V_0 = 810$ 米/秒。

2. 发射药重量：弹丸重量相同时，随发射药重量的增加，弹丸初速就越大。如82毫米迫击炮弹的初速随附加药包的增加而增加。表3-3所列为82毫米迫击炮榴弹的发射药重量，初速和射程之间的相互关系。

表 3-3

发 射 药 名 称	发射药重 (克)	初 速 (米/秒)	最大射程 (米)
基本装药	8	70	475
一号 (基本装药加1个附加药包)	21.5	132	1505
二号 (基本装药加2个附加药包)	35	175	2355
三号 (基本装药加3个附加药包)	48.5	211	3040

3. 枪管长度：在一定范围内增加枪管的长度，初速也会增加。因为它能延长火药气体对弹头的作用时间，增大火药能量的利用率。如1954式手枪枪管膛线长度为92.5毫米，发射7.62毫米手枪弹时初速 $V_0 = 420$ 米/秒，而1950年式冲锋枪枪管膛线部分长243毫米，用同样的手枪弹射击时，其初速 $V_0 = 500$ 米/秒。应当指出的是过分增长枪管也会降低弹丸的初速，并使武器重量增加或影响枪的其他使用性能。

4. 火药燃烧速度：合理地选择确定火药燃烧速度，有利于提高火药能量利用率和弹丸初速。一般短身管武器（如手枪、冲锋枪等）则希望选用速燃火药，以使火药尽可能在膛内燃完，有利于弹丸提高初速和改善弹丸的散布精度。速燃火药最大膛压在膛内出现时间早而高是一特点。而长身管武器则希望采用缓燃火药，它比速燃火药（在相同条件下）最大膛压低而枪口压力高，利于改善枪管受力和弹丸初速的提高（图 3-6-3）。所以一般地说速燃火药适用于短身管武器（手枪、冲锋枪）。

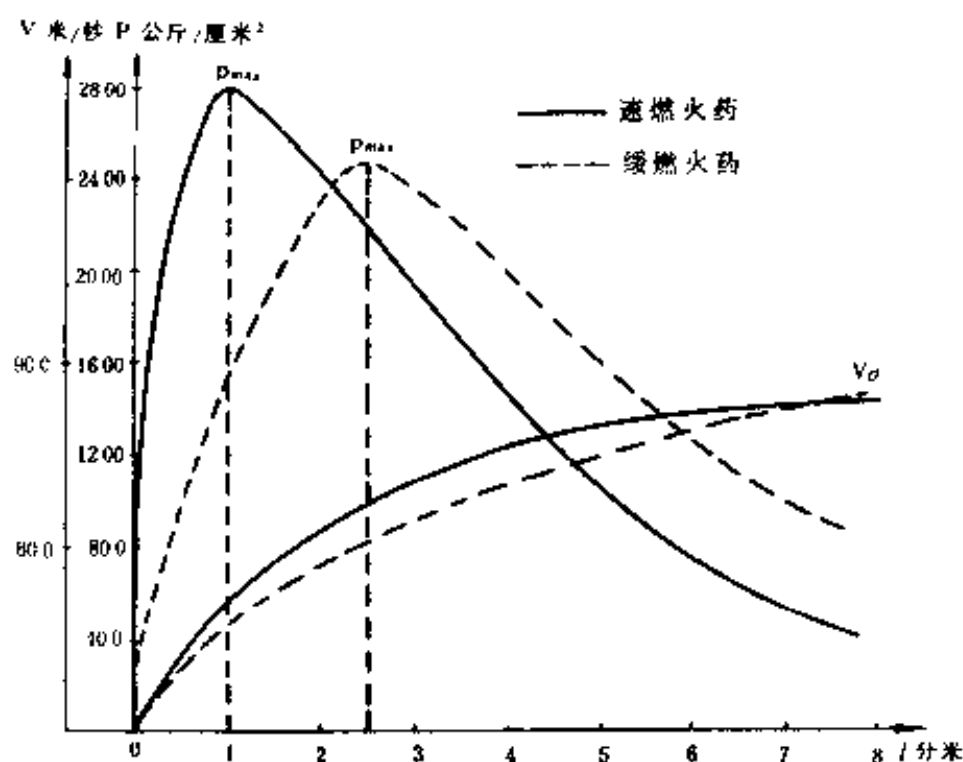


图 3-6-3 速燃火药及缓燃火药的膛内压力曲线和膛内速度曲线

第七节 后坐和发射差角的产生

发射时火药气体压力作用于整个枪膛。在弹丸底部的压

力使弹丸沿枪膛加速运动；作用于膛壁的压力使枪管产生膨胀变形；在弹壳底部的压力则通过枪机和身管作用于整个武器，使武器产生与弹丸运动方向相反的后坐运动。

武器在发射时向后的运动称为后坐。武器后坐是一种客观现象，它是影响武器射击稳定性和杀伤效率的重要因素之一。在研究武器后坐现象时，主要是研究武器的后坐速度、能量和后坐运动的性质。

按动量守恒定律，武器后坐的动量变化等于弹丸的动量变化。由于发射时弹丸和武器的起始速度为零则有：

$$MV = mv$$

式中：M——武器的质量；

V——武器的后坐速度；(在以后各式中以 V_{rec} 表示)。

m——弹丸的质量；

v——弹丸的运动速度。

用 $\frac{Q}{g} = M$ 代入上式，此处Q为武器的重量，用 $\frac{q}{g}$ 代入上式m，q为弹丸的重量。求后坐速度则有

$$V = \frac{mv}{M} = \frac{qv}{Q} \quad (3-7-1)$$

研究上式可以看出，公式中没有考虑火药燃烧药粒的动量变化，有一定的误差。若考虑火药的动量，一般则设药量的一半作为转换质量加在弹丸上，则后坐速度有：

$$V_{rec} = \frac{(q + 0.5\omega)v}{Q} \quad (3-7-2)$$

公式(3-7-2)只能求出弹丸飞出枪口瞬间的武器后坐速度。但弹丸飞出膛口时，自膛口流出的火药气体对枪管施

加一个反作用力，加大了武器的后坐速度。一般以后效作用系数 β 建立如下公式：

$$V_{\text{rec}} = \frac{(q + \beta\omega) v_0}{Q} \quad (3-7-3)$$

式中： β 有的取 $\frac{1275}{v_0}$ (3-7-4)

例如：步骑枪用1953年式7.62毫米轻弹射击，求其后坐速度。已知 $q = 0.0096$ 公斤；发射药重量 $\omega = 0.00325$ 公斤；枪重 $Q = 3.9$ 公斤；弹丸初速 $v_0 = 820$ 米/秒。

取 $\beta = \frac{1275}{820} \approx 1.55$ ，并代入(3-7-3)式中得：

$$V_{\text{rec}} = \frac{(q + \beta\omega) v_0}{Q} = \frac{(0.0096 + 1.55 \times 0.00325)}{3.9} \approx 3.1 \text{ (米/秒)}$$

后坐速度求出后，即可按动能公式求出武器的最大后坐能量：

$$E_{\text{rec}} = \frac{QV_{\text{rec}}^2}{2g} \quad (3-7-5)$$

例：条件同上例，求步骑枪的后坐能量。

解： $E_{\text{rec}} = \frac{QV_{\text{rec}}^2}{2g} = \frac{3.9 \times 3.1^2}{2 \times 9.81} \approx 1.9 \text{ 公斤} \cdot \text{米}$

将公式(3-7-3)代入公式(3-7-5)经简化后得：

$$E_{\text{rec}} = \frac{(q + \beta\omega)^2 v_0^2}{2Qg} \quad (3-7-6)$$

公式(3-7-5)和(3-7-6)只适用于非自动武器(枪)的后坐速度及能量的计算。对自动武器后坐速度及能量的计

算，则需考虑许多附加因素，所以要复杂得多。例如，在采用导气式原理的自动武器中，部分火药气体通过枪管上的导气孔导出，火药的流出以及由它推动自动机（枪机、枪机框、复进簧及活塞导杆等）运动等都使武器的后坐现象复杂化。不考虑上述因素而直接用公式（3-7-5）或（3-7-6）计算就得出不准确的结果。但对于采用后坐原理的自动武器，可以用公式（3-7-5）或（3-7-6）求其活动部件的自由后坐（无缓冲簧的）能量。此时Q值只应包括活动部件的重量。

武器的后坐力对于射手来讲是有害的，如步枪在射击时，后坐力使射手肩部受到枪托的撞击，射手容易疲劳，结果会大大地降低射击精度。因此，在设计武器和弹药时，应力求尽量减小后坐。通常武器给予射手肩部的后坐能量规定不应超过1.6~2公斤·米。

减小后坐能量，限制或减缓后坐带来的影响，使武器和弹药具有良好的战术技术性能，对武器和弹药的设计和使用有着重要的意义。

研究公式（3-7-6）可以看出，在其它条件相同时，单纯的减小弹丸初速 V_0 、增大武器重量Q、或者减小弹丸重量q和装药重量 ω ，都可以减小后坐能量，但是在全面满足武器和弹药的战术技术性能方面它们都有利弊因素，互相之间不是孤立存在的。如减小弹丸初速或增大武器重量虽有降低武器后坐能量的好处，但也带来对武器威力和机动性的不利影响。所以在设计武器和弹药时，它们之间有着合理的匹配关系。

若在公式（3-7-6）中引进弹重系数 $C_q = \frac{q}{d^3}$ 和枪口能量

$E_0 = \frac{q}{2g} V_0^2$ ，并加以推导变换则有：

$$E_{rec} = \frac{C_0 d^3}{Q} \left(1 + \frac{\beta \omega}{q} \right)^2 E_0 \quad (3-7-6a)$$

式中：d—武器口径。

由公式（3-7-6a）可知，在武器重量和枪口能量一定时减小口径会明显降低武器的后坐能量。这也是当前世界各国发展小口径自动武器的基本因素之一。但是考虑到武器的内外弹道性能和武器的战术技术要求，口径的减小也存在一个合理的限度问题。

减小和限制武器后坐能量还可以采用改进武器结构的方法，其中包括利用枪口制退器。把它安装在枪管口部用来减小后坐能量。

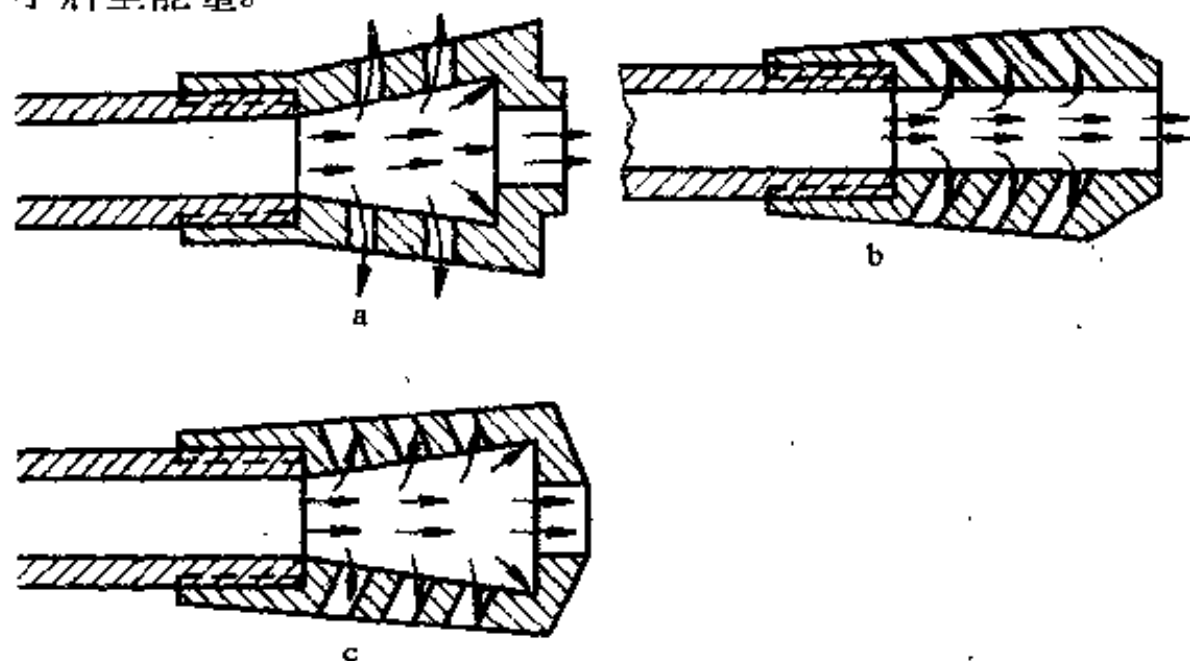


图 3-3-7-1 枪口制退器示意图

a -- 直接作用式；b -- 反作用式；c -- 混合作用式。

枪口制退器分为直接作用式、反作用式和混合作用式

图 3-7-1) 三种。

直接作用式枪口制退器有面积相当大的前壁。自枪膛流出的火药气体施压于前壁，因此形成与后坐方向相反的力，从而降低了后坐速度。

反作用式枪口制退器：其结构使流出枪膛的部分火药气体进入向后倾斜的侧孔。这些孔使火药气体运动方向改变和产生与后坐方向相反的反作用分力，从而减小后坐速度。

此外，在上述两种制退器中，由于部分火药气体通过侧孔排出，而未参与对枪管的反作用力，故能减小后坐速度。

混合作用式枪口制退器是直接作用原理和反作用原理制退器的综合应用。

枪口制退器吸收的后坐能量可达30~40%。它们在火炮和大口径枪械上得到了广泛应用。

枪口制退器的缺点是：1. 火药气流朝向射手方向；2. 增大了发射时的声音；3. 增大了枪口的烟尘。

后坐不仅导致武器沿枪膛轴线运动，而且还使枪膛轴线偏离原来的方向。为弄清这一现象的原因可参见图 3-7-2a，引起武器后坐的力 P_1 是沿枪膛轴线使武器后退的力。由于武器重心常不与枪膛轴线重合，如果我们在武器重心施加大小等于 P_1 而方向彼此相反且平行于 P_1 的两个力 P_2 和 P_3 ，则力 P_1 和 P_2 组成了迫使枪口向上偏转的力矩，而 P_3 使武器沿枪膛轴线后坐。这种情况只有当武器重心是固定点时才产生。

在实际射击条件下，射手将枪托抵住肩部（图 3-7-2b），给予 P_1 以反作用，由于枪膛轴线与反作用力 P_4 直线之间的距离大于枪膛轴线至重心的距离，故此时的旋转力矩稍有增加。

因此，武器发射时，枪口向上偏，弹丸飞出膛口瞬间枪

膛轴线偏离原来位置。力偶臂越大，枪口偏转也就越大。

此外，枪管振动对枪口偏转也有影响。枪管是一个一端固定着的杆。弹丸运动时枪管产生颤动（振动）。弹丸飞出膛口时的方向取决于这一瞬间枪口的位置及枪管末端的颤动速度。

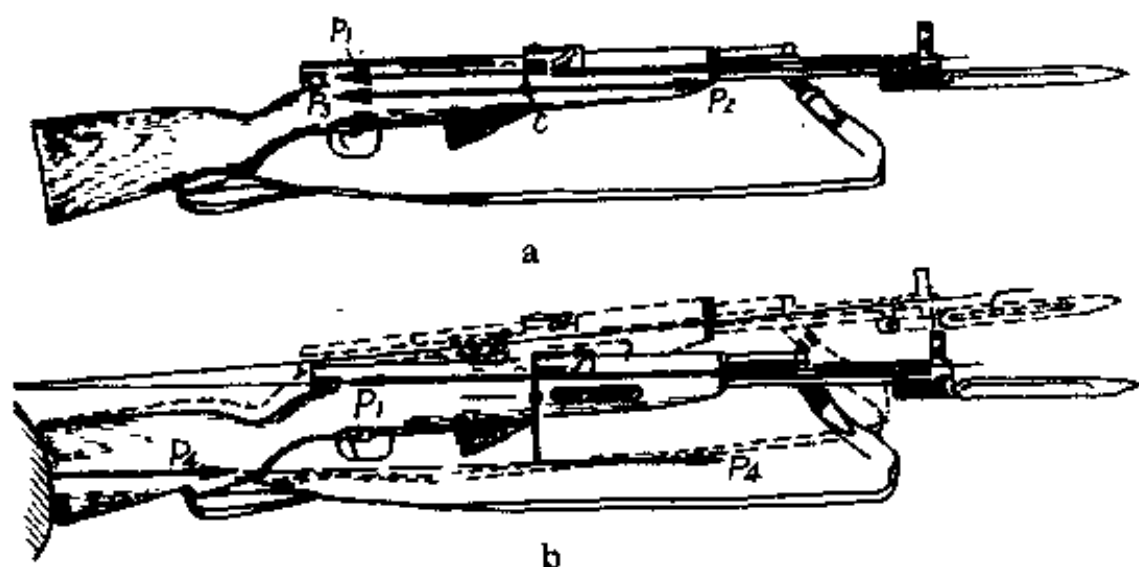


图 3-7-2 后坐力作用图

a — 武器固定于重心；b — 武器枪托抵肩

枪管颤动同武器后坐的综合后果形成发射差角。

发射前武器瞄准目标后枪膛轴线方向与弹丸飞出膛口瞬间枪膛轴线方向之间的夹角称发射差角 γ 。弹丸飞出膛口瞬间若枪膛轴线高于其在发射前的位置，发射差角为正值，若低于发射前的位置，发射差角为负值。射表中列出的发射差角是用试验法得出的平均值。在某些武器上，发射差角值只在零值上下波动不大，有正值，也有负值，在这种情况下发射差角取零值。此现象可在自动步枪和轻机枪上见到。

单发武器的发射差角不能算作缺点，因为它保持定值

时不会影响武器的战斗性能。只有当发射差角一发与一发不同时，射击效果才会变坏。不同的枪托抵肩姿态（力偶臂改变）会引起发射差角的变化。因此射击训练的基本任务之一是训练射手保持正确和一致的枪托抵肩姿势。

用自动武器进行连发射击时，发射差角使射击时的正常条件被破坏。在第一发弹丸发射瞬间，枪膛轴线自原位偏离某一角度，而下一发弹发射时，枪膛轴线又从新的位置上偏移，并由此类推。因此，当用发射差角为正值（枪口上跳）的1941式7.62毫米冲锋枪射击时，可以看到枪口越跳越高。为排除这一现象，必须创造使枪膛轴线在每发弹发射后能回复原位的条件，为此采用了专门结构——减震器。在1941式7.62毫米冲锋枪上减震器是套筒的延长部，其上开有窗孔（图3-7-3）。从枪管流出的火药气体作用于减震器的壁。对前壁的压力可减小后坐（直接作用的枪口制退器原理），下方无孔壁上的压力与上方有孔壁上的压力差使减震器起反作用，迫使枪口部连同减震器一起向下运动。有时，减震器的前壁做成倾斜状，以增大从上壁窗孔流出的气流量。因此，减震器可使枪膛轴线在每次发射后接近于回复原位，从而提高射击密集度。

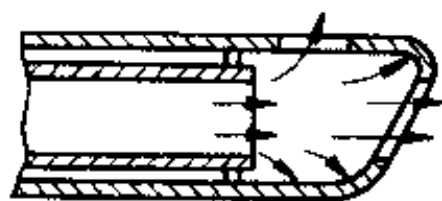


图 3 7 3 减 震 器

第四章 外弹道学知识

外弹道学是研究火药气体停止对弹丸作用后，弹丸在空气中运动规律的一门科学。如前所述，由于火药气体对弹丸的后效作用很小，而且很难计算，所以，外弹道学中假定火药气体在弹丸飞出膛口瞬间，即停止对弹丸的作用。因此，外弹道学所研究的是弹丸自飞离膛口时起至飞达目标时止在空气中的运动。

弹丸在空气中飞行时，主要受到两个力——重力和空气阻力的作用。外弹道学的主要任务之一是研究弹丸在这两个力作用下的运动。人们在计算中，把弹丸运动看作是与重心重合的质点的运动。弹丸重量集中于该点，作用于弹丸的一切力也都施加于该点。因此，我们把弹道看作是弹丸重心运动的轨迹。

外弹道学还包括研究弹丸的旋转作用，弹道诸元在各种条件下的变化，射表编制以及其它特殊任务。

为了得出关于弹丸在空气中运动的相当全面的概念，必须考虑许多因素；然而，同时研究这些因素是极其困难的。因此，我们首先从研究弹丸在最简单条件下的运动开始，设弹丸在飞行中只受到重力的影响（即弹丸在真空中飞行）；然后阐明空气阻力的实质及其对弹丸的作用；继而研究弹丸的旋转运动；最后说明与标准条件不同的各种条件对弹丸飞行的影响。

第一节 弹丸在重力作用下的运动

一、弹道及其诸元

如果弹丸在飞出膛口后不受任何外力的作用，则弹丸将在惯性作用下运动，保持其在枪口处获得的速度和方向，也就是作匀速直线运动。根据下式可求出弹丸在任一时间间隔 t 所飞行的路程，

$$S = v_0 t$$

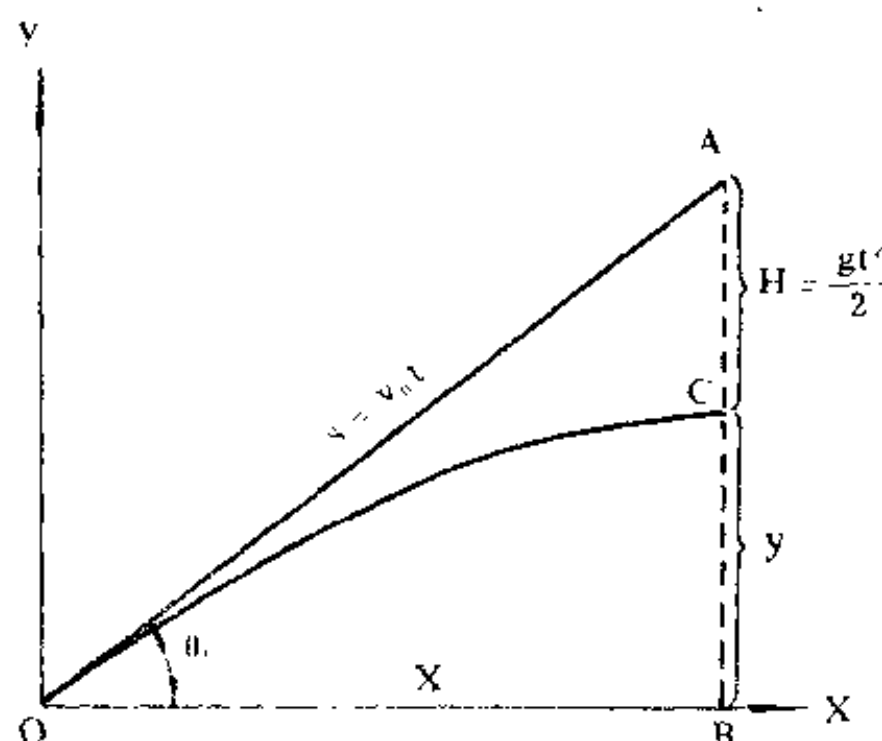


图 4-1-1 在重力作用下真空弹道的形成

取膛口中心为弹丸飞行起点 O ，以此为坐标原点（图 4-1-1）。设弹丸以初速 v_0 发射，射击时枪膛轴线与 OX 轴之间的夹角为 θ_0 ，则弹丸在不受任何外力作用的情况下，在某

时刻到达A点，截线 $OA = v_0 t$ 。由于弹丸受重力作用，弹丸在重力影响下每一时刻相对于OA线下降的高度 $H = gt^2/2$ （即重力作用下自由落体的下降量）。因此，实际上弹丸在给定时刻 t 不在A点，而在比A点低 $gt^2/2$ 的C点。

知道弹丸沿OX轴的距离和此轴的高度，换句话说，就是知道C点的座标 (x, y) ，即可求出弹丸在给定时刻的位置。

通过三角形OAB就可求出所需之座标：

$$x = OB = OA \cos \theta_0$$

$$\text{或 } x = v_0 t \cos \theta_0 ; \quad (4-1-1)$$

$$y = BC = BA - CA = OA \sin \theta_0 - CA$$

$$\text{或 } y = v_0 t \sin \theta_0 - \frac{gt^2}{2} \quad (4-1-2)$$

因此，知道 v_0 和 θ_0 ，就可根据公式（4-1-1）和（4-1-2）求出弹丸在任一给定瞬时 t 的位置。

由公式（4-1-1）求 t 值：

$$t = \frac{x}{v_0 \cos \theta_0} \quad (4-1-3)$$

将所得值代入公式 4-1-2

$$y = \frac{v_0 x \sin \theta_0}{v_0 \cos \theta_0} - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0}$$

简化变换，得：

$$y = x \operatorname{tg} \theta_0 - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} \quad (4-1-4)$$

公式（4-1-4）表示弹道的任一点上 y 与 x 之间的关系，称真空弹道方程。按照一定的间隔给出 x 值，由弹道方程和

给定的 v_0 和 θ_0 值就可绘制出弹道图表。

例：绘制82毫米迫击炮弹在 $\theta_0 = 45^\circ$ 和 $v_0 = 70$ 米/秒条件下发射时的弹道（不考虑空气阻力）。

解：为便于计算，从公式(4-1-4)求常数：

$$\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} = \frac{9.81}{2 \times 70^2 \times 0.71^2} \approx 0.002$$

此时

当 $x_1 = 50$ 米： $y_1 = 50 \times 1 - 50^2 \times 0.002 = 45$ 米；

当 $x_2 = 100$ 米： $y_2 = 100 \times 1 - 100^2 \times 0.002 = 80$ 米；等等。

将得出的数据编成下表：（表 4 - 1）

表 4 - 1

x (米)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
y (米)	45	80	100	120	125	120	100	80	45	0

根据得出的 x 和 y 值，按一定的比例绘制出弹道（图 4-1-2）。

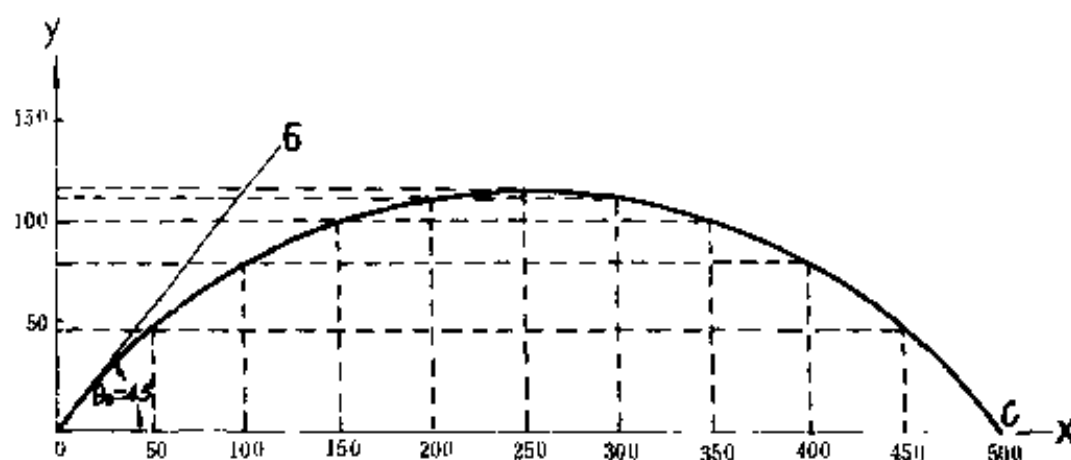


图 4-1-2 82毫米迫击炮弹在真空中的弹道

如图 4-1-2 所示, 弹丸各瞬时的座标相对于最高点座标是对称的。对称性是真空弹道的主要特性。对真空方程的研究表明, 真空弹道是对称曲线——抛物线。因此, 弹丸在真空中运动的理论 (即不考虑空气阻力) 称抛物线理论。

为进一步研究弹道, 必须给出各弹道要素的定义 (图 4-1-3)。

起点 O —— 膛口中心点。

膛口水平面 —— 通过起点的水平面 (图中用水平线表示)。

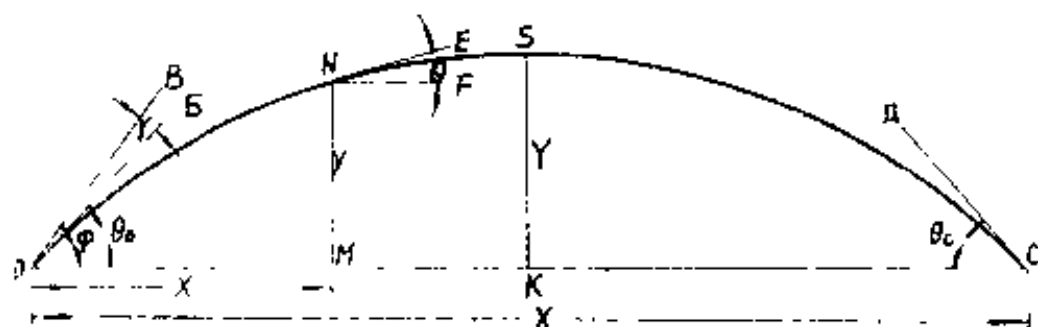


图 1-1-3 弹道及其要素

弹道最高点 S —— 膛口水平面上弹道最高的一点。

落点 C —— 弹道降弧与膛口水平面的交点, 称表定落点。

升弧 OS —— 从起点到弹道最高点的弹道部分。

降弧 SC —— 从弹道最高点到落点 (表定的) 的弹道部分。

弹道高 MN (y) —— 从弹道任一点至膛口水平面的垂直距离; 最大弹道高 KS (Y) —— 弹道最高点至膛口水平面的垂直距离。

射线 OB —— 发射前枪膛轴线的延长线。

发射线 OE —— 发射瞬间枪膛轴线的延长线 (与弹道相

切于起点)

水平距离 $OM (x)$ ——弹丸从起点到弹道上任意点的斜距离的水平投影。水平射程 $OC (X)$ ——起点到表定落点之间的水平距离。

射角 $\angle COB (\varphi)$ ——射线与膛口水平面之间的夹角。当从上向下射击时，射线可能低于膛口水平面，此时射角称俯角。

切线倾斜角 $\angle FNE (\theta)$ ——任意点上弹道切线与水平面所夹之角。在起点处此角称发射角 $\angle COB (\theta_0)$ ——发射线与膛口水平面之夹角称发射角。在落点（表定的）处此角称落角（表定的） $\angle OC \perp (\theta_c)$ ——表定落点的弹道切线与膛口水平面之夹角。

发射差角 $\angle BOB (\gamma)$ ——发射线与射线间之夹角。如果发射线高于射线，发射差角为正（+），若低于射线则发射差角为负（-）。

弹丸速度 v ——弹丸在弹道任意点上的速度；初速 v_0 ——起点处弹丸速度；末速 v_c ——落点（表定的）处弹丸速度。

飞行时间 t ——从弹丸飞出膛口起到弹丸飞达任意点所经之时间；全部飞行时间 T ——到达落点（表定的）的飞行时间。

求弹道基本要素之值，其中最重要的是：水平射程、最大弹道高、弹丸速度和全部飞行时间。

水平射程——水平射程值相应于表定落点的横座标。由于该点 $y = 0$ ，故计算水平射程时必须解 $y = 0$ 时的弹道方程（公式 4-1-4）。

得：

$$x \operatorname{tg} \theta_0 - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \theta_0} = 0$$

将 x 提出来，解方程

$$x \left(\operatorname{tg} \theta_0 - \frac{g x}{2 v_0^2 \cos^2 \theta_0} \right) = 0$$

此方程有两个根，其中 $x_1 = 0$ 相应于起点，而 $x_2 = X$ 相应于水平射程。

解方程得：

$$\operatorname{tg} \theta_0 - \frac{g X}{2 v_0^2 \cos^2 \theta_0} = 0$$

$$X = \frac{2 v_0^2 \cos^2 \theta_0 \cdot \operatorname{tg} \theta_0}{g} = \frac{2 v_0^2 \sin \theta_0 \cos \theta_0}{g};$$

$$X = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} \quad (4-1-5)$$

因此，弹丸的水平射程取决于初速和发射角。而且：

1. 初速 v_0 越大， X 越大；

2. 发射角在 $\sin 2\theta_0 = 1$ 时，即 $2\theta_0 = 90^\circ$ ， $\theta_0 = 45^\circ$ 时得出 X 的最大值。

因此，在真空中最大水平射程是在相应于发射角—— $\theta_0 = 45^\circ$ 时，用公式表示：

$$X_{\max} = \frac{v_0^2}{g} \quad (4-1-6)$$

所以，在 $\theta_0 < 45^\circ$ 和 $\theta_0 > 45^\circ$ 的各角度时，水平射程小于最大值。当 $\theta_0 = 0$ 和 $\theta_0 = 90^\circ$ 时，

$$\sin 2\theta_0 = 0$$

也就是说当发射角为 0° 和 90° 时，水平射程等于零。

最大弹道高——如上所述，在真空中最大弹道高把弹道分成均等的两部分。因此，在计算最大弹道高时必须将相应于弹道最高点的水平距离 x_s 值，即二分之一的水平射程代入弹道方程：

$$X_s = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{2g}$$

$$Y = Y_s = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{2g} \operatorname{tg} \theta_0 - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} \cdot \frac{v_0^4 \sin^2 2\theta_0}{4g^2}$$

简化和变换后得：

$$Y = Y_s = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g} \quad (4-1-7)$$

将公式（4-1-7）中的分子和分母同乘以 $2\cos \theta_0$ ，进行简单的变换，通过水平射程可得出最大弹道高的另一表达式：

$$Y = X \frac{\operatorname{tg} \theta_0}{4} \quad (4-1-8)$$

弹丸飞行速度——根据动能增量等于外力所作之功的定理可求出弹道任意点上弹丸的飞行速度。

在起点上弹丸动能等于 $m v_0^2/2$ ，在任意点上弹丸动能等于 $m v^2/2$ 。因此，动能增量为 $m v^2/2 - m v_0^2/2$ 。因为弹丸只受到重力作用，它所作的功等于重力与弹丸沿重力方向所行路程的乘积。重力垂直向下作用，因此我们关心的是弹丸的垂直移动量，此量的大小就是该点的弹道高 y 。由于重力作用方向同弹丸移动方向相反，故重力所作的功应是负值。

此时，上述定理可写成：

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = -qy$$

式中 q ——重力 (弹丸重量)

而 $q = mg$

$$\text{则 } \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = -mgy$$

将 m 消去后经变换得出:

$$v = \sqrt{v_0^2 - 2gy} \quad (4-1-9)$$

由公式 (4-1-9) 看出, 弹丸速度随 y 的增大而减小
因此, 最大弹道高处的弹丸速度最小。弹丸最大速度是在
 $y = 0$ 处, 即在起点和落点 (表定的)。

表 4-2

名称	任意点	弹道最高点 S	落点 C (表定的)
x	$x = v_0^2 \sin 2\theta_0$	$x_s = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{2g}$	$x_c = x = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g}$
y	$y = x \operatorname{tg} \theta_0 - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0}$	$y_s = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g} = x \frac{\operatorname{tg} \theta_0}{4}$	$y_c = 0$
t	$t = \frac{x}{v_0 \cos \theta_0}$	$t_s = \frac{1}{2} = \frac{v_0 \sin \theta_0}{g}$	$t_c = T = \frac{2 v_0 \sin \theta_0}{g}$
v	$v = \sqrt{v_0^2 - 2gy}$	$v_s = v_0 \cos \theta_0$	$v_c = v_0$
θ	$\operatorname{tg} \theta = \operatorname{tg} \theta_0 - \frac{gx}{v_0^2 \cos^2 \theta_0}$	$\theta_s = 0$	$ \theta_c = \theta_0$

弹丸全部飞行时间——将 X 值代入公式 (4-1-3), 可求出弹丸全部飞行时间:

$$t = \frac{X}{v_0 \cos \theta} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g v_0 \cos^2 \theta}$$

变换和化简后得:

$$T = \frac{2v_0 \sin \theta_0}{g} \quad (4-10)$$

其它弹道要素可按类似方法求出。表 4-2 为在任意点、弹道最高点和落点（表定的）处的弹道要素值。

例：82 毫米迫击炮以发射角 $\theta_0 = 60^\circ$ 进行射击，初速 $v_0 = 70$ 米/秒。

求：1. 迫击炮弹水平射程；2. 迫击炮弹全部飞行时间；3. 最大弹道高；4. 迫击炮弹最小飞行速度；5. $x = 100$ 米时的 y 、 t 、 v 、 θ 值。

解：1. 求水平射程 X

$$\begin{aligned} X &= \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} = \frac{70^2 \times \sin 120}{9.81} \\ &= \frac{4900 \times 0.866}{9.81} \approx 433 \text{ (米)} \end{aligned}$$

2. 求全部飞行时间 T ：

$$T = \frac{2v_0 \sin \theta_0}{g} = \frac{2 \times 70 \times 0.866}{9.81} \approx 12.4 \text{ (秒)}$$

3. 求最大弹道高 Y ：

$$Y = X \frac{\lg \theta_0}{4} = \frac{433 \times 1.732}{4} \approx 187 \text{ (米)}$$

4. 求最大弹道高处弹丸速度 v_s ：

$$v_s = v_0 \cos \theta_0 = 70 \times 0.5 = 35 \text{ (米/秒)}$$

5. 求 $x = 100$ 米时的弹道要素值：

$$\begin{aligned}\textcircled{1} \quad y &= x \operatorname{tg} \theta_0 - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} \\ &= 100 \times 1.732 - \frac{9.81 \times 100^2}{2 \times 70^2 \times 0.5^2} = 133 \text{ (米)}\end{aligned}$$

$$\textcircled{2} \quad t = \frac{x}{v_0 \cos \theta_0} = \frac{100}{70 \times 0.5} \approx 2.86 \text{ (秒)}$$

$$\begin{aligned}\textcircled{3} \quad v &= \sqrt{v_0^2 - 2gy} = \sqrt{70^2 - 2 \times 9.8 \times 133} \\ &\approx 47.85 \text{ (米/秒)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\textcircled{4} \quad \operatorname{tg} \theta &= \operatorname{tg} \theta_0 - \frac{gx}{v_0^2 \cos^2 \theta_0} \\ &= 1.732 - \frac{9.81 \times 100}{70^2 \times 0.5^2} \approx 0.932\end{aligned}$$

得: $\theta = 43^\circ$

如果把得出的弹道要素与考虑空气阻力在内的表定值相比较, 则数据几乎相符。这说明, 当炮弹速度不大(显著小于音速)时空气阻力对弹丸的飞行没有明显影响, 弹道接近于抛物线。

二、弹道特性

从上述结论可以确定不考虑空气阻力时的弹道特性。

1. 弹道是一条对称曲线(对称轴是最大弹道高)。

2. 弹丸速度由起点向弹道最高点逐渐减小, 并由弹道最高点向落点逐渐增大; 在升弧与降弧上弹道高相等处, 速度也相等; 落点(表定的)的速度等于起点的速度。

3. 弹丸由起点到弹道最高点的飞行时间等于由弹道最

高点到落点（表定的）的飞行时间。

4. 落角（表定的）的绝对值等于发射角。

5. 当发射角为 45° 时，弹丸飞行的水平射程最大。以 0 和 90° 发射角射击时，水平射程等于零。当发射角为 $45^\circ + \alpha$ 和 $45^\circ - \alpha$ 时，水平射程彼此相等。

三、抛物线理论

在炮兵科学的初级发展阶段，抛物线理论是认识弹丸在空气中运动特性的唯一方法。而现在它只是研究弹丸在空气中运动规律的第一步。但是，抛物线理论本身有其独特的意义。用初速不大的武器（如迫击炮）射击时，空气阻力的影响不大；因此根据抛物线理论的公式计算得出的结果与实际结果很相近，甚至在近似计算时也可以利用这些公式。手持反坦克火箭和枪榴弹的发射初速约50米/秒左右，利用抛物线理论公式计算这些武器的弹道也可得出较准确的结果。在超距离射击时也可使用抛物线理论的公式，因为此时弹丸的大部分行程是在高空中，那里的空气阻力的影响很小。结论：不考虑空气阻力所得出的部分关系式可用来近似计算空气中的弹道要素及计算修正量。

第二节 弹丸在空气中的运动

弹丸在空气中飞行时不仅受重力的作用，还受空气阻力的作用。空气阻力对弹丸的影响很大，尤其对质量小、速度大的弹丸。譬如，1953年式7.62毫米枪弹初速为865米/秒时，弹丸的空气阻力是重力的83倍。

为说明空气阻力的影响，首先要了解运动物体受到的空气阻力是怎样产生的。

一、空气阻力

弹丸飞行时受到的空气阻力是由以下三方面的因素造成的：附面层的形成、附面层分离所引起的涡流以及弹道波。其中每种因素都使弹丸消耗能量，从而都会对弹丸造成阻力。

1. 附面层的形成。空气分子的内聚力使空气具有粘性。弹丸运动时，直接附着于弹丸表面的空气分子随弹丸以同等速度运动。第二层空气分子由于内聚力也随之运动，但速度稍慢。这层空气分子的运动又向外传递给邻近的空气分子，于是是一层传递给一层，直到外层空气分子的速度等于零。这样就形成了附面层——直接附着于弹丸表面的空气层。在附面层中，空气分子的运动速度是不同的，最里层空气分子的运动速度等于弹丸速度，愈外层的空气分子，运动速度愈慢，最外层空气分子的运动速度等于零，如图 4-2-1 所示。由于附面层的存在，弹丸运动时为了带动空气分子一起运动，必将消耗一部分能量，这就使弹丸飞行速度下降。

2. 附面层的分离及涡流的形成。在弹丸最大断面之后靠

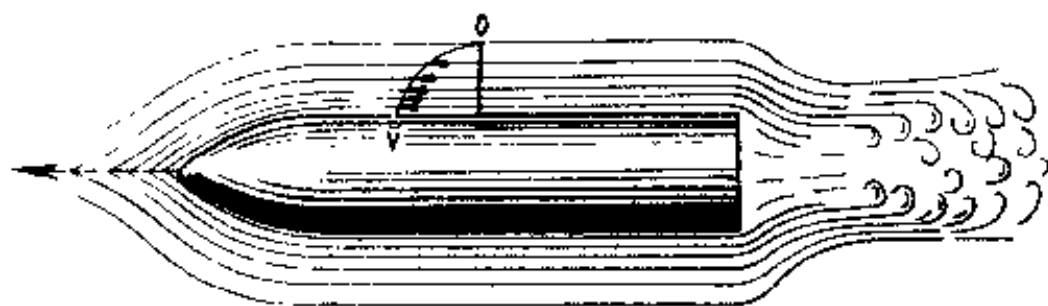


图 4-2-1 附面层及涡流的形成

近弹丸尾部的地方可看到附面层的分离和涡流的形成（见图4-2-1）。由于弹丸底部空气稀薄，弹丸底部所受压力就比弹丸头部低（弹丸头部的压力高于大气压，而弹丸底部的压力约等于大气压的1/3或1/4）。为了克服由于弹丸头部与弹丸底部的压力差所形成的阻力和克服涡流的影响，弹丸又消耗了部分能量，也使弹丸速度下降。

3. 弹道波、弹丸运动时在弹丸前面形成空气稠密层，并以一定的速度不断向前传播。根据弹丸运动速度的不同，稠密层可能不引起对弹丸的附加阻力，也可能产生所谓的弹道

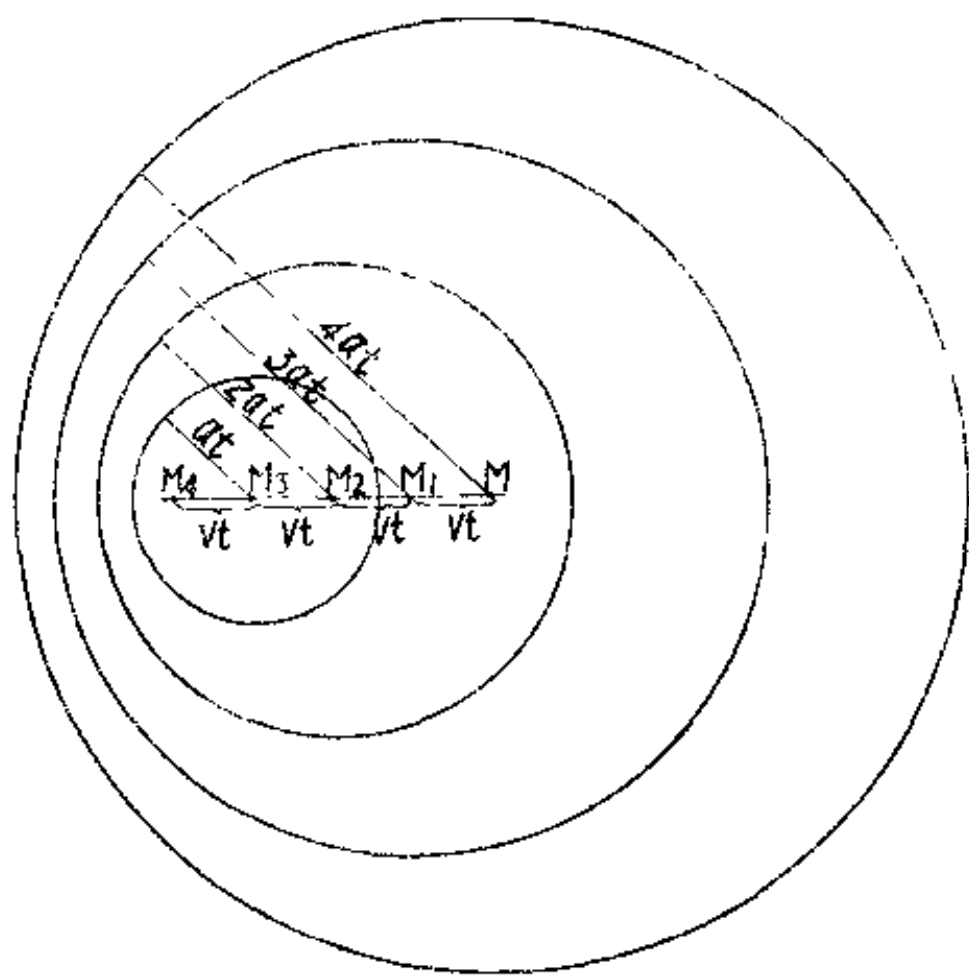


图 4-2-2 $\alpha < a$ 时空气稠密层的传播

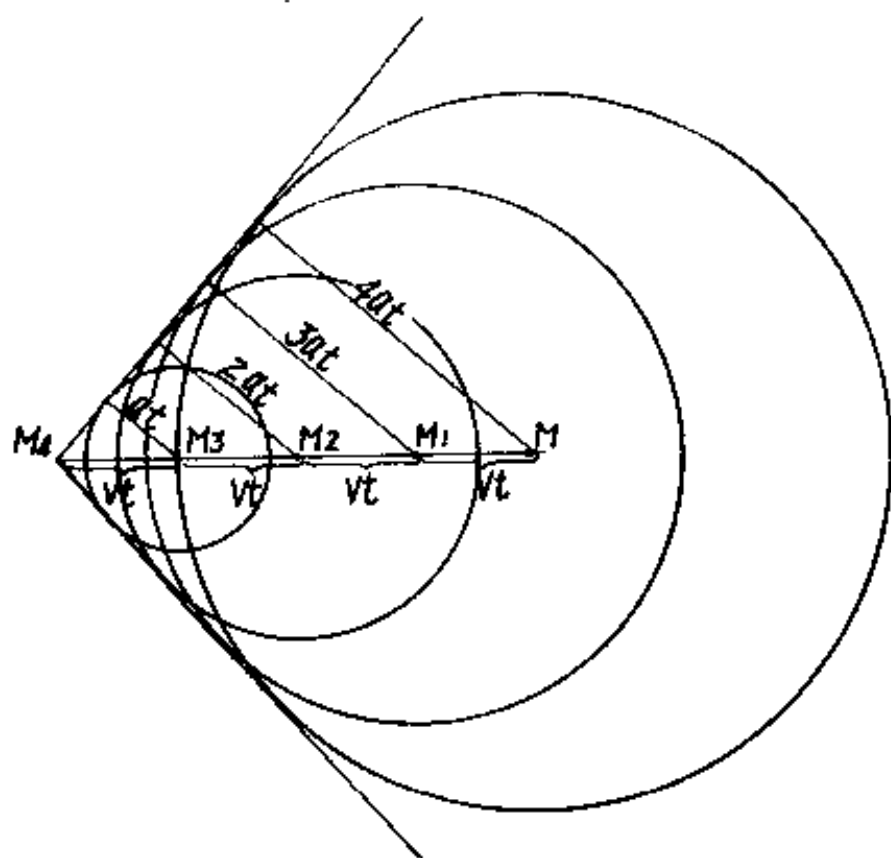


图 4-2-3 $v > a$ 时空气稠密层的传播

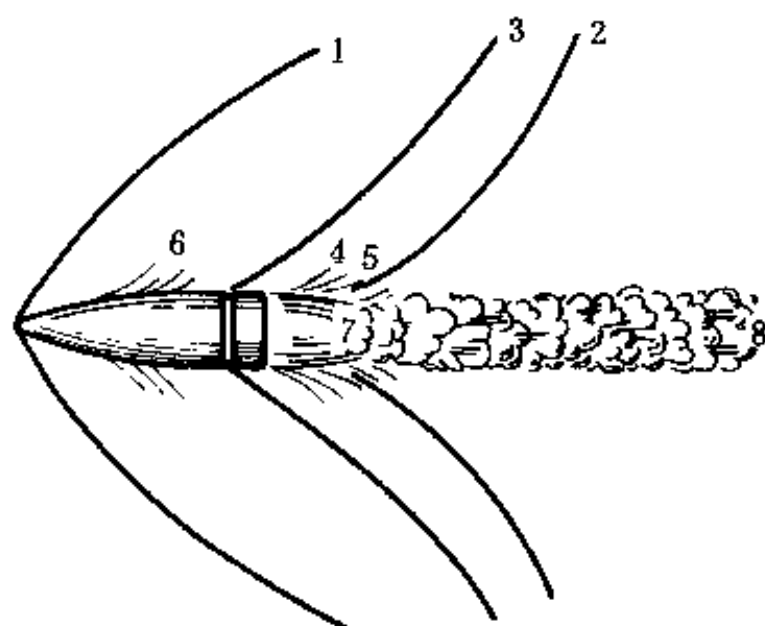


图 4-2-4 摄影得出的图象

图中说明:

1 — 弹头波; 2 — 弹尾波; 3 — 弹丸辊沟形成的波; 4、5 — 弹底边缘形成的微弱的波; 6 — 弹丸表面粗糙的地方形成的波; 7 — 空气稀薄区; 8 — 涡流。

波。为弄清弹道波的实质，设弹丸为一运动质点。从物理学得知，质点运动时所形成的空气稠密层以音速沿球面向外传播（空气温度为 $+15^{\circ}\text{C}$ ，气压750mm汞柱，相对湿度50%时，音速 $a = 340.8$ 米/秒）。以下为质点的两种运动情况：以小于音速的速度（ $v < a$ ）和以大于音速的速度（ $v > a$ ）运动。

$v < a$ ：在图4-2-2中，设质点在给定瞬间位于M点（图4-2-2），它以速度 v 自右向左等速运动。与此同时，它所形成的空气稠密层也以音速 a 沿球面半径方向向四周传播。经 t 秒后，质点运动到 M_1 点，位移 $MM_1 = vt$ 。而空气稠密层在此 t 秒内传播距离为 at ，显然 $at > vt$ 。经 $4t$ 秒后，质点运动到 M_4 点， $MM_4 = 4vt$ ；而空气稠密层传播距离为 $4at > 4vt$ ，以此类推。

因此，可得出以下结论：当弹丸以 $v < a$ 速度运动时，所形成的空气稠密层始终在运动着的弹丸的前面传播，因此对弹丸的运动没有附加阻力。

$v > a$ ：作上述类似推论，得 $vt > at$ ； $2vt > 2at$ 等等。因此，在 $v > a$ 情况下，质点的运动速度比稠密层的速度快，也就是说质点在扰动层中运动（图4-2-3）。如果引出对稠密层球面的切线，则可得出各稠密层同时到达的锥形界面。

实际的弹丸不是一个点，其表面的每一点都是引起空气介质扰动的源点。将所有锥形面联在一起，则形成向纵深延伸的锥形包络面，即扰动区。这一锥形包络面称弹头波或弹道波。因为弹道波为激波，也就有了压力突跃。据现有试验资料，对于现装备的常规的枪炮弹丸，在弹道波上压力上升约为0.2个大气压左右。对于运动速度大于音速的弹丸，弹道波是产生空气阻力的主要因素。

利用专门的摄影装置可拍摄出弹丸在飞行时的照片。图 4-2-4 为弹丸飞行图象的示意图。从图中可看出，除弹头波外，在弹丸尾部和其它部位也有激波。

二、空气阻力计算

在上述各种因素作用下形成的阻力的总和就是空气阻力。

为计算空气阻力的大小，有一系列在理论计算和试验数据基础上得出的公式。其中之一是：

$$R = SC_x \frac{\rho}{2} v^2 = \frac{i d^2}{g} \cdot 10^3 H(y) F(v) \quad (4-2-1)$$

式中：R —— 空气阻力；S —— 弹丸横断面积；

C_x —— 阻力系数； ρ —— 空气密度；

i —— 弹形系数， d —— 弹丸直径；

$H(y)$ —— 决定空气比重与高度关系的函数，简称空气比重函数。

$F(v)$ —— 决定空气阻力与弹丸速度关系的函数，简称阻力函数。

因此，空气阻力取决于弹形、弹丸口径、空气比重和弹丸速度。

上述各种因素的影响：

1. 弹形的影响以弹形系数 i 计入公式。弹形系数是给定弹丸的阻力系数 C_x 与作为标准模型的弹丸的阻力系数的比值（阻力系数由专门的试验测出）。弹形愈佳， i 值愈小，作用于弹丸的空气阻力愈小。

根据弹丸在空气中飞行的条件，最有利的弹形是：对于超音速弹丸，由于主要阻力来自弹道波，故弹丸头部较尖

长度一般超过一倍口径，弹丸底部略成锥状以减小涡流。对于亚音速弹丸，由于没有弹道波和主要阻力来自涡流，子弹丸要有稍长的锥形尾部及稍钝的头部。

2. 弹丸直径 d 、空气阻力与弹丸口径平方成正比。这就是说，如果弹径增加到2倍，则在相同条件下空气阻力增大到4倍。

3. 空气比重用函数 $H(y)$ 计入公式，此函数表示在给定高度 y 上的相对空气比重：

$$H(y) = \frac{\Pi}{\Pi_{0\text{сн}}}$$

式中： Π ——在给定瞬间，给定高度上的空气比重；

$\Pi_{0\text{сн}}$ ——地面的标准空气比重。

当高度 y 已知时， $H(y)$ 值即可求出。譬如根据B·П·维特琴金教授的公式：

$$H(y) = \frac{20000 - y}{20000 + y} \quad (4-2-2)$$

空气比重愈小，作用于弹丸的空气阻力值就愈小。

枪械在标准气象条件下对地面目标射击时，由于弹道高度不大，可取 $H(y) = 1$ 。

4. 弹丸速度。在公式中弹丸速度对空气阻力的影响规律用函数 $F(v)$ 表示，此函数称阻力函数。图4-2-5所示为弹丸速度变化时 $F(v)$ 的变化规律。根据此图可做出结论，即弹丸速度愈大，空气阻力就愈大。此外，曲线说明，只要弹丸速度一超过音速，阻力函数就急剧增大，因为，这时出现了弹道波。计算空气阻力时， $F(v)$ 值可取自图4-2-5。例如：弹丸速度为 $v_0 = 735$ 米/秒时， $F(v) = 170$ 。

例：求7.62毫米重弹落速 $v = 500$ 米/秒时的空气阻力值。
已知 $d = 0.00762$ 米： $i = 0.51$ ： $H(y) = 1$ 。

解： $F(v) = 87$ （根据图4-2-5）

$$R = \frac{id^2}{g} 10^3 H(y) F(v) = \frac{0.51 \times 10^3 \times 0.00762^2}{9.81} \times 87$$

$$= 0.262 \text{ (公斤)}$$

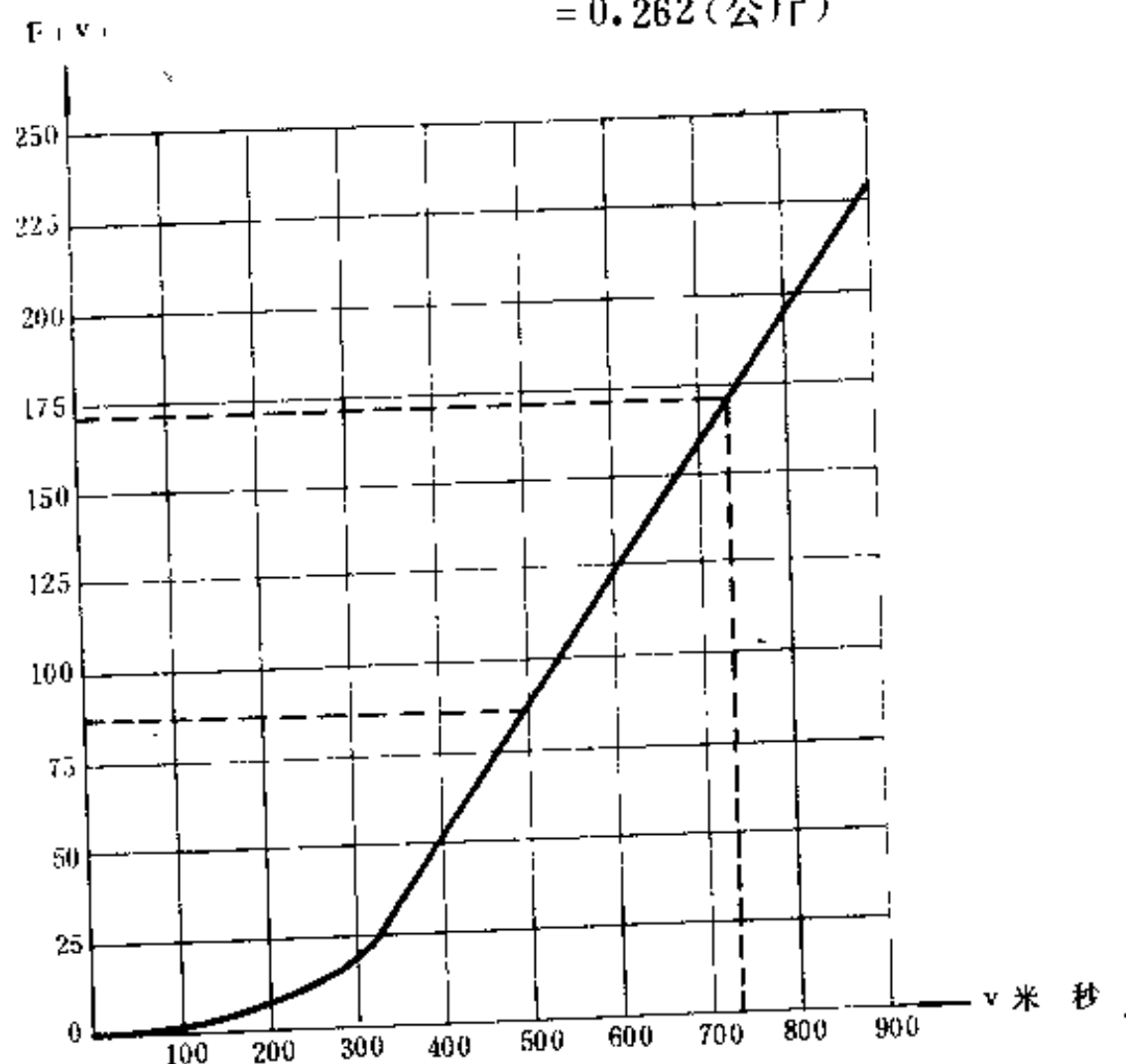


图 4-2-5 $F(v)$ 函数图表

三、空气阻力加速度

空气阻力的影响在于减小弹丸的速度，换句话说，即空

气阻力使弹丸产生一个负加速度。

由物理学得知，物体在某力作用下获得的加速度等于该力与受力物体的质量之比。如果用 J 表示空气阻力加速度，用 m 表示弹丸质量，则：

$$J = \frac{R}{m} ;$$

$$\text{而 } m = \frac{q}{g} ;$$

$$\text{故 } J = \frac{R \cdot g}{q} . \quad (4-2-3)$$

将公式 (4-2-1) 中的 R 值代入 (4-2-3) 式得：

$$J = \frac{id^2}{g} 10^3 H(y) F(v) \frac{g}{q}$$

消去 g ，可写成：

$$J = \frac{id^2}{q} 10^3 H(y) F(v)$$

$$\text{设 } \frac{id^2}{q} 10^3 = c \quad (4-2-4)$$

$$\text{则 } J = c H(y) F(v) \quad (4-2-5)$$

$c = id^2 \cdot 10^3 / q$ 称弹丸的弹道系数，它标帜弹丸的弹道性能。弹道系数愈小，空气阻力加速度也就愈小。弹道系数同弹丸重量成反比。这就是说，在两种弹形和口径相同的弹丸中，弹重较大的弹丸，在弹道方面更为有利。

为了比较重量和口径不同，而弹形相同的弹丸的弹道性能，可以利用断面比重，即弹丸重量与其最大横断面积之比 (q/s)。

将公式(4-2-1)的分子部分代入求 c 的公式，得：

$$C = \frac{\pi d^2 \cdot i \cdot \pi}{q \cdot \frac{1}{4}} \quad (4-2-2)$$

$$\text{因 } \frac{\pi d^2}{4} = S$$

$$\text{故 } C = \frac{15 \cdot 10}{q \cdot \frac{\pi}{4}}, \text{ 或 } C = \frac{1 \times 10^4 \cdot i}{\frac{q}{S} \cdot \pi}$$

由所得公式可看出：断面比重愈大，弹道系数就愈小，弹丸在空气中飞行时，速度损失就愈少。

表4-3为三种弹丸弹道数据的比较。

表4-3

弹 丸 名 称	弹形系数 i	弹丸重量 q 公斤	断面比重 q/S 公斤/米	弹道系数 c
1930年式7.62毫米弹丸	0.51	0.0118	259	2.51
1908年式7.62毫米弹丸	0.61	0.0096	211	3.69
7.62毫米手枪弹丸	0.90	0.0055	121	9.50

82毫米迫击炮弹： $i = 0.60$ ； $\frac{q}{S} = 597$ 公斤/米²； $c = 1.27$

(对于2号装药和 $\theta_0 = 80^\circ$)。

例：按前面所举例子的条件求7.62毫米重弹的空气阻力加速度。

解：按公式(4-2-3)可求出空气阻力加速度：

$$j = \frac{R_g}{q} = \frac{0.262 \times 9.81}{0.0118} \approx 218 \text{ 米/秒}^2$$

或按公式(4-2-5)：

$$j = C_H(y) \cdot F(v) = 2.51 \times 1 \times 87 = 218 \text{ 米/秒}^2$$

四、空气阻力对弹丸的作用

前面提到，由于空气阻力的作用，弹丸速度下降，飞行距离减少。如果空气阻力的方向严格地沿弹丸轴线，则它对弹丸的作用仅仅是减小弹丸速度。但实际上空气阻力对弹丸运动的作用要复杂得多。

理论研究和试验数据说明：由于弹丸飞出膛口和火药气体喷出时所引起的武器的振动以及气动干扰，弹丸发射后即形成弹丸轴线与弹道切线之间的夹角 δ （图4-2-6）。因此空气阻力不是严格地沿弹丸轴线，而是与弹丸轴线成一定角度。

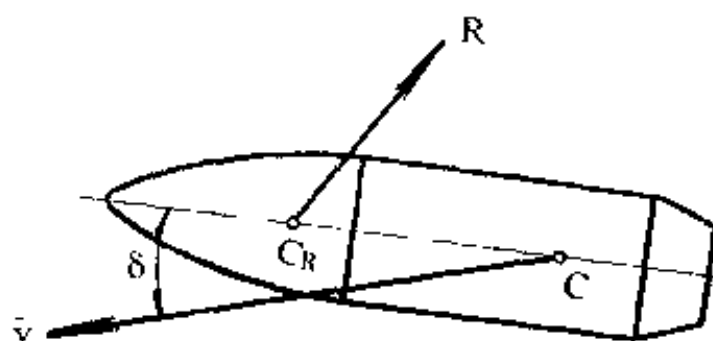


图 4-2-6 空气阻力对弹丸的作用

如图4-2-6，空气阻力的作用点称阻力中心 C_R ，位于弹丸轴线上，靠近弹丸头部。弹丸重心 C 位于弹丸轴线上，靠近弹丸尾部（图4-2-6）。

为了更清楚地阐明空气阻力的影响，设相互平衡的两个力 R_1 和 R_2 施于弹丸重心，此二力大小相等且平行于空气阻

力 R ，即 $R_1 = R$ 和 $R_n = -R$ （图 4-2-7）。力 R_1 可分解为两个分力： R_T ——沿弹道切线与速度矢量 $\bar{v}$ 方向相反， R_n ——垂直于 R_T 。

因此，空气阻力对弹丸的作用等于 R 、 R_2 、 R_T 和 R_n 同时对弹丸的作用。

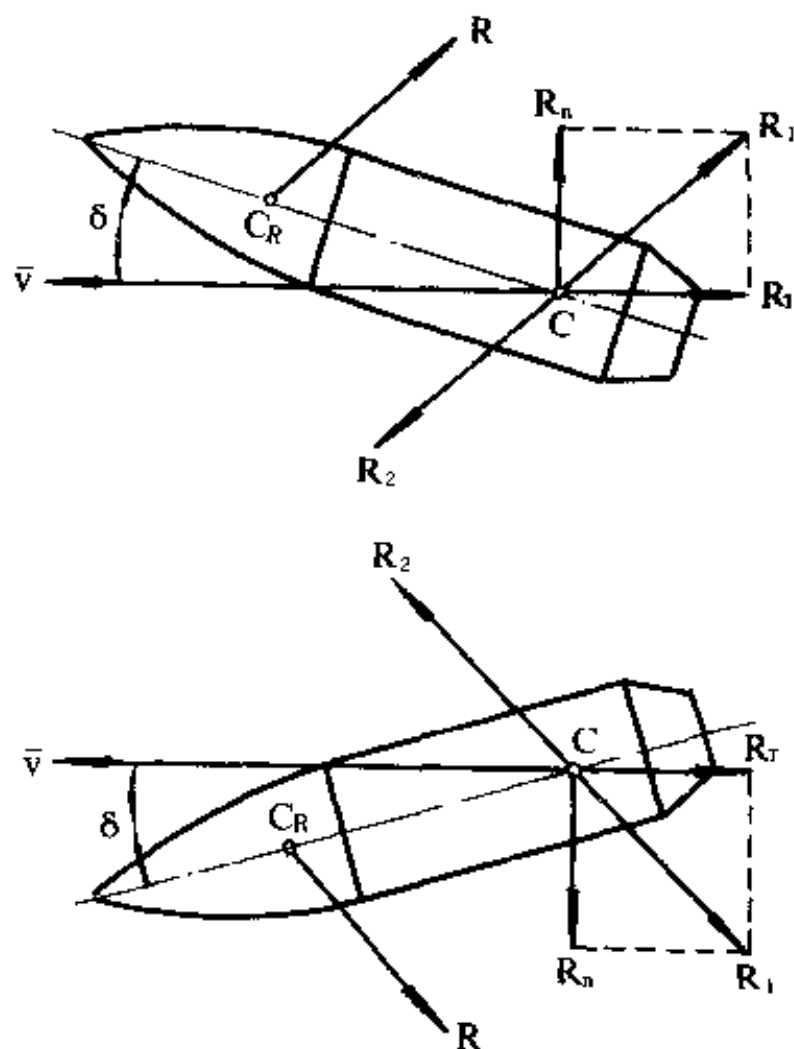


图 4-2-7 空气阻力的分解

现分别说明各力的作用（图 4-2-7）：

—— R 和 R_2 组成为力偶，其作用是使弹丸头部向后翻转；此力偶对重心形成的力矩称翻转力矩；

---力 R_1 称正面阻力，使弹丸速度减缓；

——力 R_2 使弹丸重心偏向弹丸头部所偏的一侧（如图4-2-7的上图：向上，下图：向下）。

因此，空气阻力不仅减小弹丸速度，而且极力增大弹丸轴线与弹道切线的夹角，致使弹丸头部向后翻转。为保证弹丸在飞行中的稳定性，需使弹丸绕其轴线快速旋转，这就是枪管膛线的作用。

五、弹丸旋转运动、定偏

所有绕自身轴线迅速旋转的轴对称体称回转仪。陀螺就是最简单的回转仪。如果将一个不旋转的陀螺立在桌上，它将在重力 q 作用下倾倒。但若使陀螺绕自身轴线迅速旋转，则只要保持足够的角速度，陀螺就不会倒下来。然而旋转陀螺的轴线并不保持在同一方位，它不断地绕通过固定支点 O 的垂直线向陀螺旋转方向做慢旋转运动。如图4-2-8所示，陀螺轴线的这一旋转运动与陀螺自身的旋转相比是很慢的，称慢圆锥运动（进动）。

因为弹丸是轴对称体，而且绕自身轴线高速旋转，所以，力偶 RR_2 对弹丸的作用与重力 q 对陀螺的作用相似。因此，旋转弹丸的头部不会向后翻转，而是在力偶 RR_2 作用下绕弹道切线作慢圆锥运动，从而保证弹丸在飞行中的稳定性。

除了在陀螺旋转时所看到的一般现象外，弹丸飞行时的特殊条件还会产生在陀螺旋转时看不到的新现象。此差别的实质在于：陀螺轴始终绕固定不变的垂直轴作进动运动，而弹轴则绕弹道切线作进动运动，弹道切线在空间的方位又随

弹道的曲率不断变化。

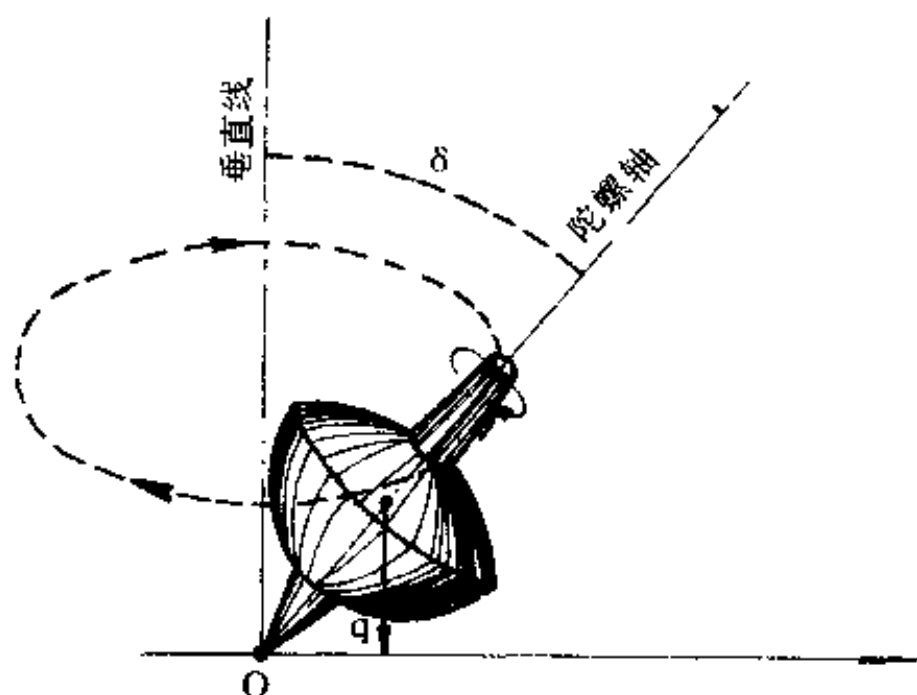


图 4-2 8 陀螺的旋转运动

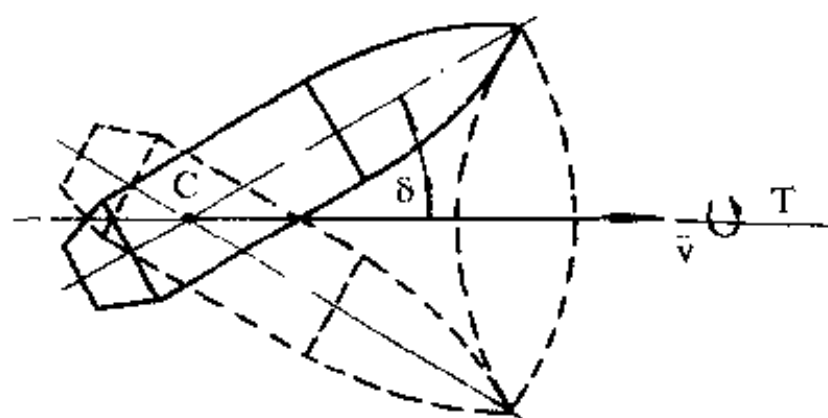


图 4-2 9 在弹道直线段弹丸的慢圆锥运动

弹道的初始段可以认为是直线，在此段内，作为弹丸进动轴的弹道切线方向基本上是不变的，弹轴端点的轨迹是绕切线的对称曲线（图 4-2-9）。当枪械以较高的速度和较小的

射角射击时，弹道的直线段相当长。

在弹道曲线段部分，切线方向是不断变化(下降)的，而弹轴的变化却经常滞后于切线的变化。因此，空气阻力 R 指向斜上方，并对弹丸的重心形成一个翻转力矩。由于陀螺的力学特性，在翻转力矩作用下，弹轴端点(弹尖)便偏离射面向右(对右旋弹丸)倾侧。弹道切线每下降一次，上述过程就重复一次。因此，严格地说，弹丸在曲线段不是绕弹道切线作慢圆锥运动，而是绕切线右侧的另一轴线作慢圆锥运动。由于该轴的方向在每一瞬时都是不断变化的，故称为瞬时轴或动力轴。弹轴与该轴的夹角称为动力平衡角。弹丸绕动力轴作慢圆锥运动的情况见图 4-2-10。

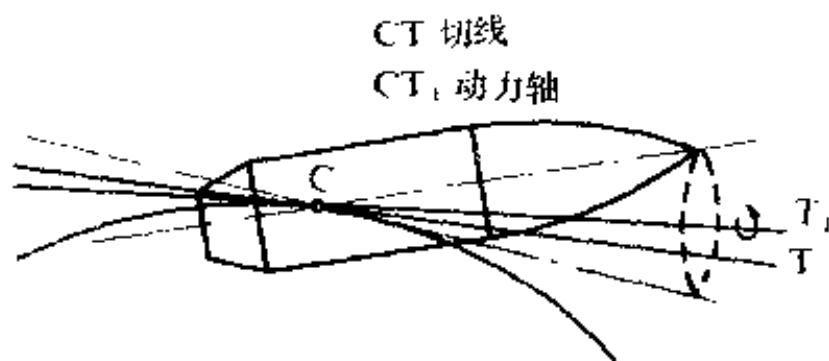


图 4-2-10 在弹道曲线阶段弹丸的慢圆锥运动

如果弹丸轴线不绕弹道切线进动，且保持其在发射时的初始方向，则该弹具有完全的陀螺稳定性(图 4-2-11)。只有下列情况下才有可能达到完全的陀螺稳定性：①在真空中飞行——没有空气阻力，也就没有翻转力矩；②重心与阻力中心始终重合于一点——也没有翻转力矩；③当弹丸以极大的角速度旋转，以致于克服了翻转力矩的作用。但实际射击时不可能出现上述任一条件；因此，弹丸在实际条件下，不具

备完全的陀螺稳定性。

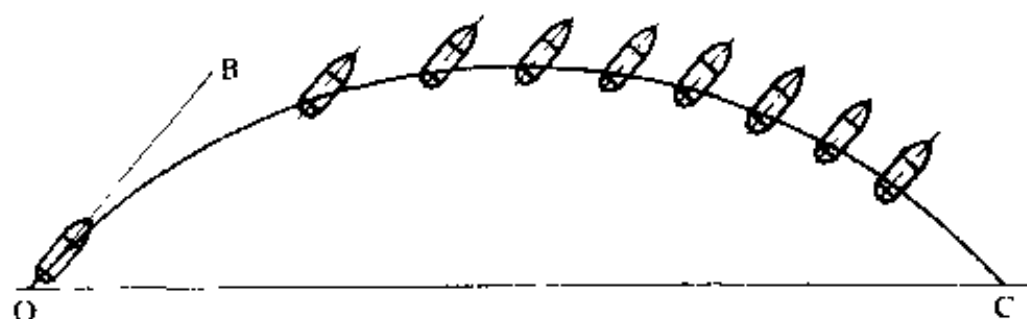


图 4-2-11 具有完全的陀螺稳定性的弹丸的飞行情况

即使有可能具备完全的陀螺稳定性，也是不利的。因为在这种情况下，随着切线方向的不断下降， δ 角迅速增大，空气阻力也迅速增大，从而使弹丸飞行距离显著减小。此外，弹丸还会以侧面或底部命中目标，而弹丸的有效作用却要求弹丸以头部命中目标。

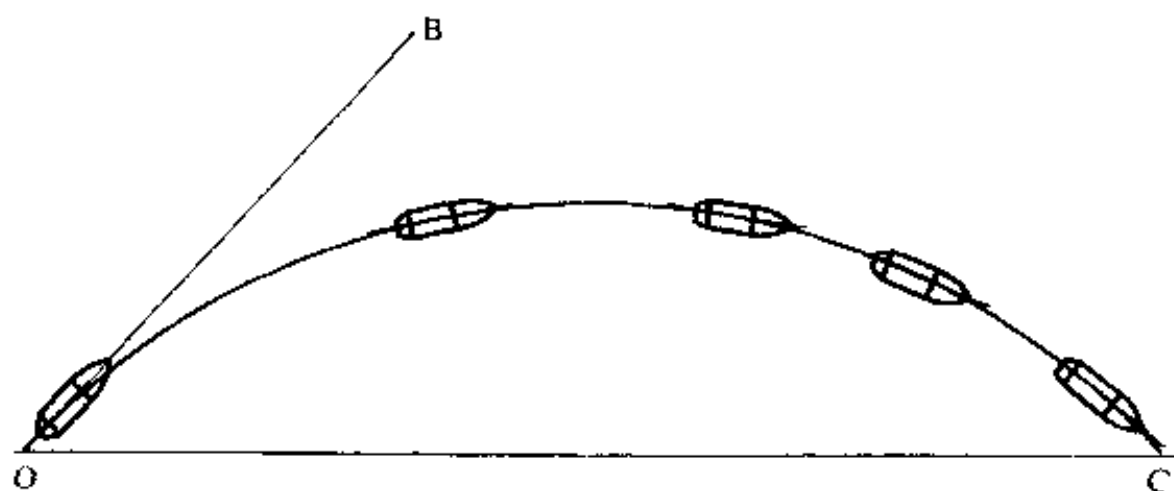


图 4-2-12 弹丸的绝对正确飞行

如果弹丸在飞行中始终保持弹轴与弹道切线相一致，叫做绝对正确飞行（图 4-2-12）。只有在直线弹道及没有武器振动和火药气体对弹丸的初始扰动等条件下，才可能保持绝对

正确的飞行，加之弹丸的结构绝不可能是理想的对称体，所以，实际上弹丸不可能有绝对正确的飞行。

由于消除 δ 角是不可能的，只好力求使其在整个飞行过程中保持尽可能地小。为保证弹丸正确飞行，必须赋予弹丸一定的旋转速度，即赋予枪管一定的膛线缠度，并安排好重心与阻力中心之间的距离。

弹丸绕自身轴线旋转的角速度可按下式求出：

$$n = \frac{v_0}{l} \quad (4-2-6)$$

式中： n ——每秒转数；

l ——膛线缠距（米）

例：用半自动步枪射击时，求1956式7.62毫米弹丸绕自身轴线旋转的角速度， $v_0 = 735$ 米/秒； $l = 0.24$ 米。

$$n = \frac{v_0}{l} = \frac{735}{0.24} \approx 3062 \text{ 转/秒}$$

现代各种弹丸的重心与阻力中心之间的距离为1.5倍口径左右。现代弹丸的重心位于距弹底切面大约三分之一全长的地方，而阻力中心位于距弹尖大约三分之一全长的地方。

我们已知，动力轴向右和向上偏离弹道切线（右旋膛线时），弹轴在每一给定瞬间均绕动力轴作慢圆锥运动。

如果从弹丸后面看去（图4-2-13），则弹轴端点的轨迹近似于圆，而动力轴是此圆的圆心 T_1 ，它位于弹道切线 T 点的右上方。

如果沿射向通过切线作一铅垂平面，则可看出弹丸头部大部分位于此垂面的右方，于是形成使弹丸重心向右偏离射面的空气阻力分量。因此，在弹道曲线段，弹丸不断向右偏

离射面。

弹丸向其旋转方向偏离射面的现象称定偏。

弹丸在飞行中出现定偏需同时具备三个条件：弹丸绕自身轴线旋转、有空气阻力存在和弹丸沿曲线弹道运动。只要缺少其中之一，便不会出现定偏。

如果弹丸没有绕自身轴线

的旋转运动，就不是陀螺，也就没有出现定偏的前提；因此，不旋转的迫击炮弹就没有定偏。如果没有空气阻力，就没有翻转力矩，也就没有慢圆锥运动，因此，弹丸在真空中没有定偏。另外，弹丸在直线弹道（如垂直向上和向下射击）上，也不产生定偏。

每种弹丸的定偏量都可通过专门的试射和利用经验公式求出。最简单的公式之一为：

$$Z = R T^2$$

式中：Z——定偏量，米；

R——系数，对给定武器是常数；

T——弹丸全部飞行时间。

因此，定偏量同时间平方成比例。故旋转弹丸的弹道OSC为双曲线（图1-2-14）。图中可看到弹道的两个投影：叫做弹道的垂直投影OS'C'以及水平投影OSC，根据弹道的水平投影可计算出任一点的定偏量。

枪械在近距离的定偏量不大，故往往将其忽略不计。需

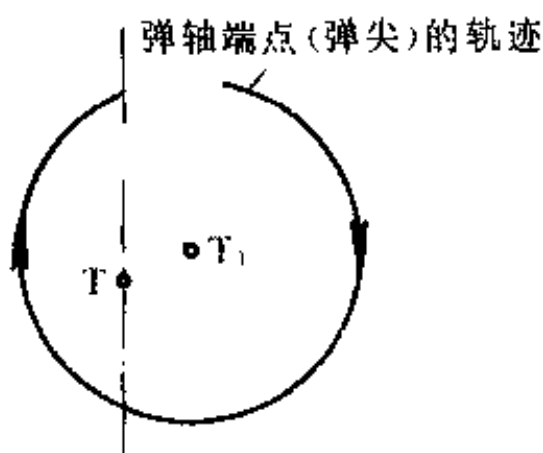


图 1-2-13 有弹道曲线段弹丸的慢圆锥运动(后视图)

要考虑定偏量时，可由射表中查出，作为修正量

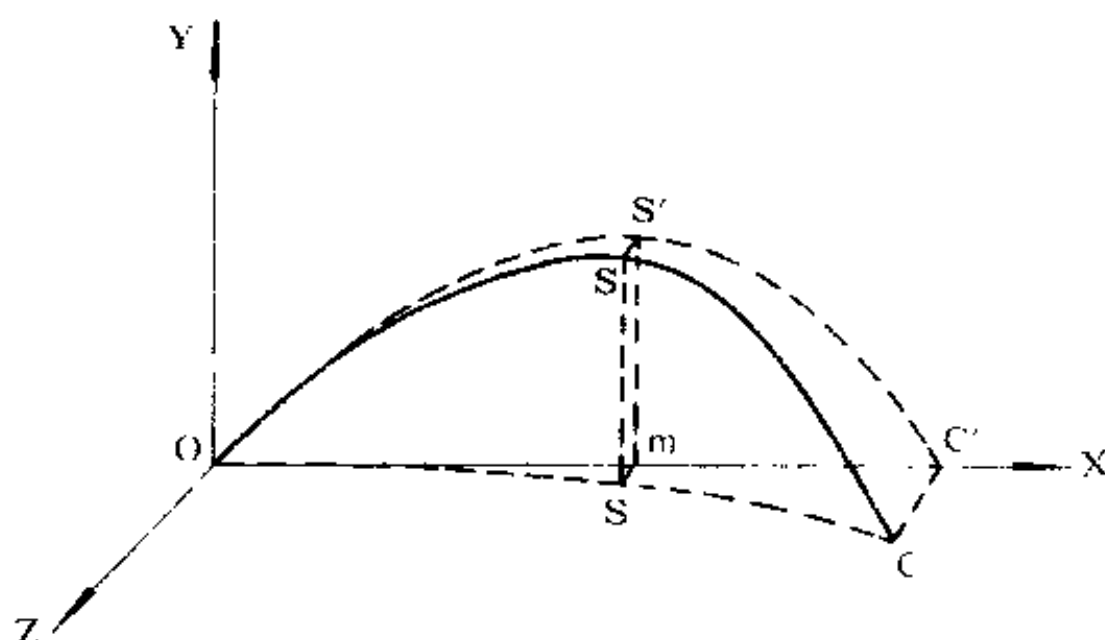


图 1-2-11 空气中旋转弹丸的弹道
及其在水平面和垂直面上的投影

六、迫击炮弹在空气中的飞行

由于迫击炮弹的运动速度小于音速（82毫米迫击炮弹的最大速度等于211米/秒），因此它在飞行时没有弹道波，这样便可将迫击炮弹头部做成卵形，又为了减小涡流阻力，可将迫击炮弹尾部做成流线形。

对于这种形状，迫击炮弹的重心靠近头部。迫击炮弹在飞行中的稳定性不是靠旋转，而是靠尾翼来保证。尾翼的面积较大，因此迫击炮弹的阻力中心靠近尾部。由于尾翼能通过往复摆动赋予迫击炮弹以稳定性，故又称稳定器。

空气阻力对迫击炮弹的作用：

迫击炮弹飞出膛口时的情况同其它弹丸飞出膛口时一样

由于武器的振动和火药气体的冲击，在弹轴与弹道切线之间形成 δ 角。由于存在 δ 角，迫击炮弹的头部可能高于或低于弹道切线（图 4-2-15）。

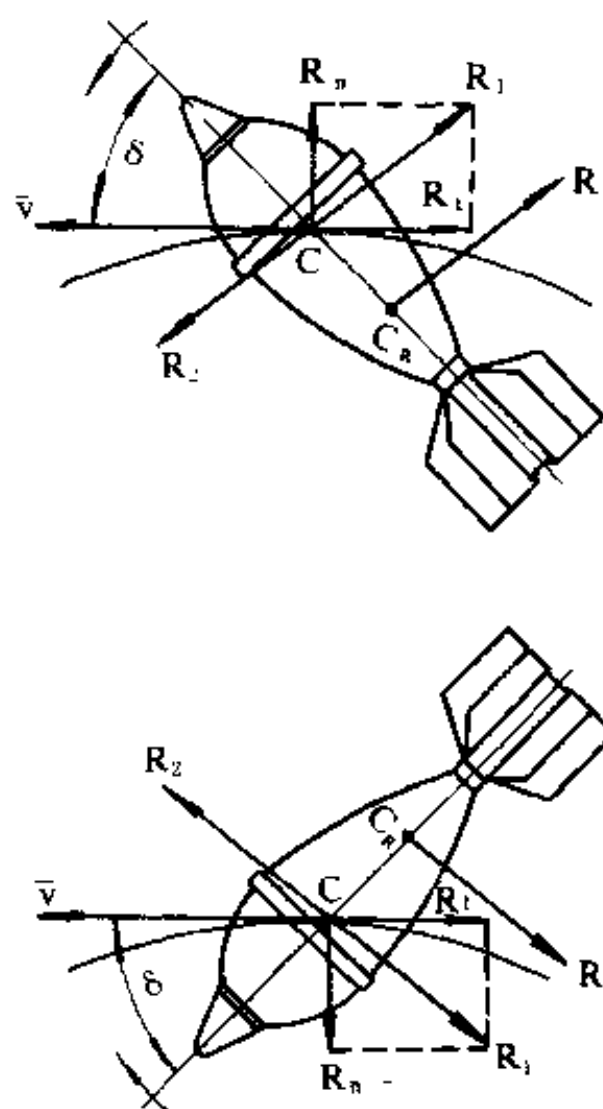


图 4-2-15 空气阻力对迫击炮弹的作用

力偶 RR_2 形成稳定力矩，它极力减小 δ 角，也就是使弹轴接近弹道切线。因此，迫击炮弹头部如果高于弹道切线，弹轴就向下转；如果低于弹道切线，就向上转。这就是说，

当迫击炮弹还不稳定时，即弹轴与弹道切线方向不一致时，弹轴始终在作减幅摆动。

力 R_T 可减小迫击炮弹前进运动的速度。

力 R_n 使迫击炮弹重心移向迫击炮弹头部偏离切线的方向，即在迫击炮弹没有稳定之前，由于力 R_n 的作用，又产生另一种摆动——迫击炮弹在平行于弹道切线的射面内的摆动。

因此，迫击炮弹与细长的旋转弹丸的飞行情况不同，差别在于：迫击炮弹不作旋转运动，故无定偏，其弹道为一平面曲线。此外，由于迫击炮弹飞行速度不大，所受的空气阻力较小，所以迫击炮弹在空气中的弹道形状与在真空中的弹道形状相近。然而细长的旋转弹丸在空气中的弹道形状与在真空中的弹道形状却有很大差别。从表 5 中可看出这种差别。

表 5

弹 丸	初 速 米/秒	发射角 θ	水平射程 X (米)		最大弹道高 Y (米)	
			在真空中	在空气中	在真空中	在空气中
82 毫米迫击炮弹	32	45	1780	1505	445	393
7.62 毫米重弹	800	15' 9"	33000	4000	1125	438

七、火箭弹的飞行

火箭弹在脱离导轨瞬间的速度为离轨速度 v_0 ，然后在反作用力作用下继续运动，在推进剂燃烧结束瞬间达到最大速度 v_{max} 。火箭弹的弹道可分为两个阶段（图 4-2-16）：主动

段和被动段。主动段——弹丸在反作用力作用下飞行，从开始运动瞬间起到获得最大速度 v_{max} 时止，即 OA。被动段——弹丸在惯性作用下的飞行即 ASC。火箭弹在主动段的运动被认为是等加速的，主动段的长度可由下列关系式求出：

$$S_{akt} = \frac{0 + v_{max}}{2} t_k = \frac{v_{max}}{2} t_k \quad (4-2-7)$$

式中： S_{akt} ——弹道的主动段的长度；

v_{max} ——火箭弹在推进剂燃烧结束瞬间达到的最大速度；

t_k ——推进剂全部燃烧时间。

通常认为主动段是直线，因为火箭弹在主动段的飞行时间很短。

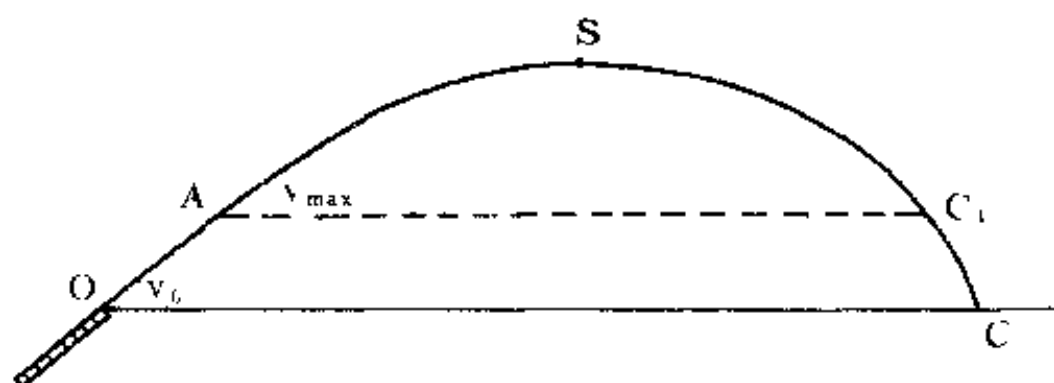


图 4-2 16 火箭弹弹道

不旋转的火箭弹在弹道被动段的飞行条件与迫击炮弹飞行条件相似。被动段的计算方法同于普通弹丸。此段的初速取最大速度 v_{max} 。

八、空气中弹道的特点

在上述关于弹丸在空气中运动特征的基础上，现对空气

中弹道的基本性能加以说明。

首先讲弹丸速度在纵座标相同的两点 M_1 和 M_2 之间的变化(图 4-2-17)。用 v_1 表示弹丸在 M_1 点的速度, 用 v_2 表示弹丸在 M_2 点的速度。动能之差应等于作用于弹丸的力所做之功。由于 M_1 和 M_2 位于相同高度上, 故 M_1M_2 段上重力所做之功等于零。空气阻力所做的功等于空气阻力乘以弹丸的位移——弧长 M_1SM_2 。由于空气阻力为变数, 故计算功时取空气阻力的平均值 R_{cp} , 用 S 表示弧长 M_1SM_2 ,

$$\text{则: } \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = -R_{cp}S$$

(因空气阻力作用方向与弹丸速度方向相反, 故取负号)。

$$\text{由此: } v_2^2 - v_1^2 = -\frac{2R_{cp}S}{m}$$

$$\text{故: } v_2 < v_1$$

也就是说: 在弹道的纵座标相等的各对应点上, 升弧点上的弹丸速度比降弧点上的弹丸速度大。

如果取 $y = 0$ 的点(即起点) O 和落点(表定的) C , 则显然初速大于末速:

$$v_0 > v_c$$

再看升弧上的 M_1M_3 段和降弧上的 M_4M_2 段。点 M_3 和 M_4

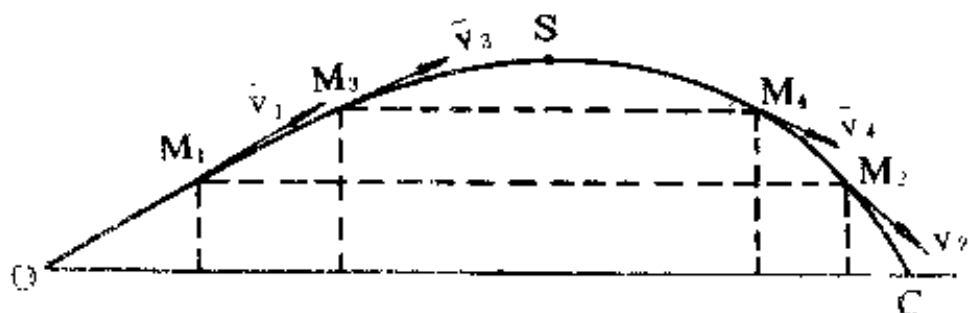


图 4 图 4-2-17 空气中的弹道性能

的纵坐标相等，故 $v_3 > v_4$ （图 4-2-17）。即 M_1M_3 段上每一点上的速度大于 M_4M_2 段上对应点上的速度，因此在 M_4M_2 段的运动时间大于在 M_1M_3 段的运动时间。弹丸的速度降在 M_4M_2 段比在 M_1M_3 段要快，即弹道的 M_4M_2 段较 M_1M_3 段短而陡。这一结论对于升弧和降弧上纵坐标相等的对应点之间的弹道段都是适用的。弹道的降弧比升弧短而陡，表明空气中的弹道是非对称曲线。弹道最高点靠向落点；落角（表定的）的绝对值大于发射角。即

$$x_s > \frac{X}{2}; \quad |\theta_c| > \theta_0$$

由于弹道升弧上弹丸的速度比降弧上的速度大得多，尽管升弧比降弧长，但弹丸由起点到最高点的飞行时间比由最高点到落点（表定的）的飞行时间短。即

$$t_s < \frac{T}{2}$$

真空中，弹丸的最小速度在弹道最高点。弹丸在空气中飞行时，升弧上弹丸速度在重力和空气阻力作用下逐渐减小。在降弧上，重力促使弹丸速度加大，而空气阻力仍起减速作用。弹丸速度一直要减小到与弹丸运动方向相反的空气阻力加速度的绝对值等于重力加速度在弹道切线上的分量时为止（图 4-2-18），然后弹丸速度开始加大。因此，弹丸在空气中飞行时，其最小速度不是在弹道最高点，而是在最高点之后的某处（图 4-2-19）。发射角愈大，弹丸最小速度离弹道最高点愈近。通常发射角不大时（枪对地面目标射击时），在从起点到落点的整个弹道上弹丸速度一直是逐渐减小的。

在真空中，弹丸水平射程最大时发射角 $\theta_0 = 45^\circ$ ，在空气

中，不同弹丸的这一角度也不相同；它取决于弹丸的初速、重量和形状。迫击炮的这一角度接近 45° ，而枪械的接近于 35° 。

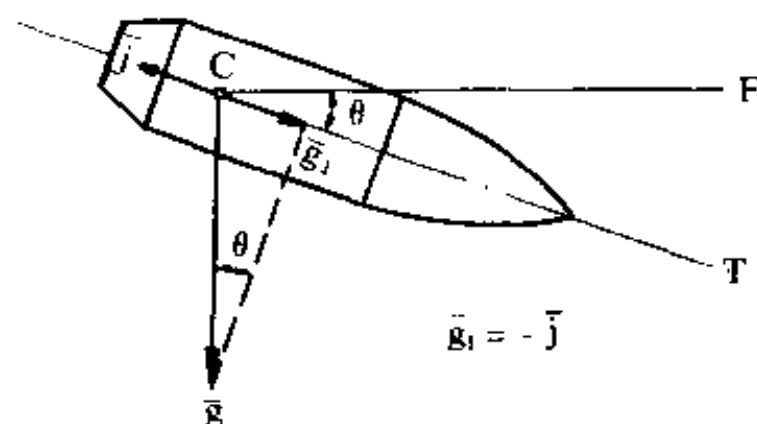


图 4-2-18 弹丸速度最小时的示意图

CF —水平直线； CT —弹道切线；

θ —切线倾斜角； $\vec{g}_1 = g \sin \theta = -\vec{j}$

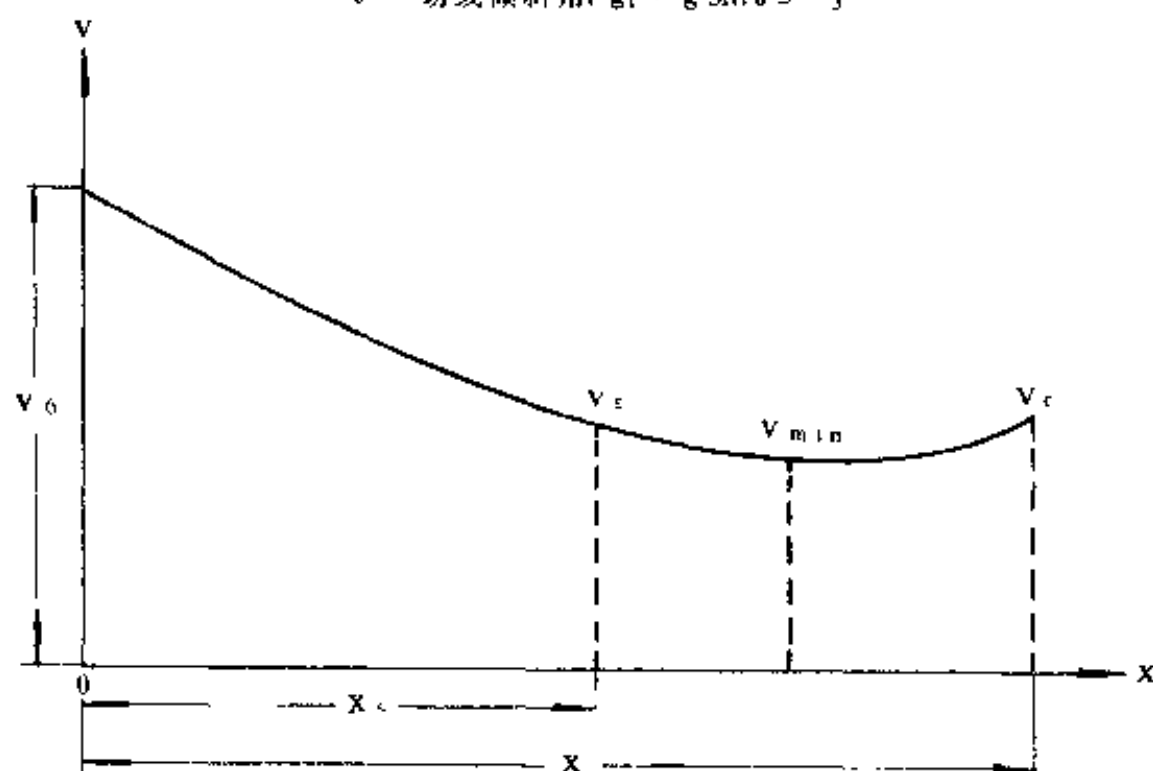


图 4-2-19 空气中弹丸速度的变化

获得弹丸最大水平射程时的射角称最大射程角（此时忽略发射差角值，设 $\theta_0 = \varphi$ ）。

在小于最大射程角的射角下得出的弹道称低伸弹道；在大于最大射程角的射角下得出的弹道称曲射弹道（图 4-2-20）。

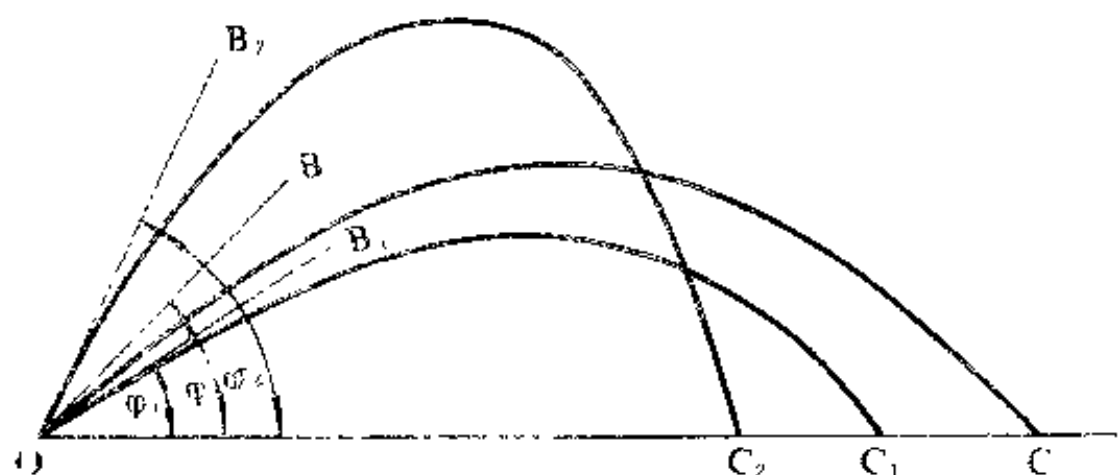


图 4-2-20 OC_2 ——低伸弹道； OC_1 ——曲射弹道；
 OC ——最大射程角时得出的弹道

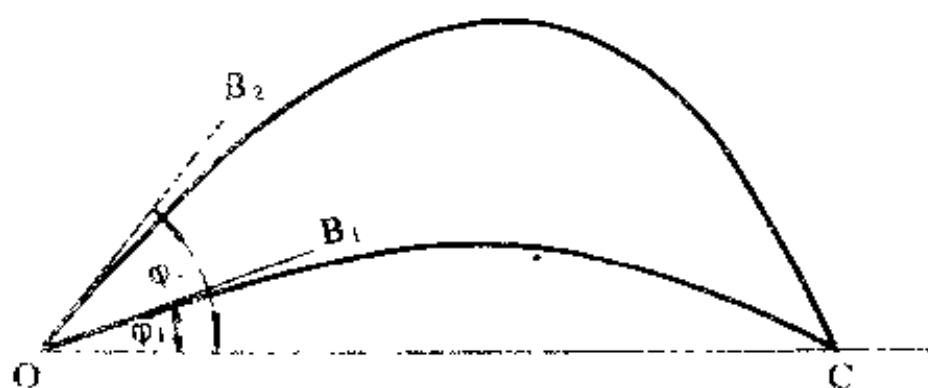


图 4-2-21 共轭弹道

因此，用两种射角射击时，其中之一相应于低伸弹道，另一相应于曲射弹道，则最大水平射程范围内水平面上的每点都可能被命中。

同一武器在初速不变及水平射程不变条件下射击所得出的低伸弹道和曲射弹道称共轭弹道（图 4-2-21）。用迫击炮射击时，通过改变发射药量可得出系列水平射程相同的曲射弹道。严格地说，这些弹道不是共轭弹道，但在实际中这一称呼已沿袭下来。

根据以上所述，可将空气中弹道性能归纳为以下几点：

1. 弹道为非对称曲线。降弧比升弧短而陡；弹道最高点靠向落点（表定的）。

2. 弹丸由起点到弹道最高点的飞行时间比由最高点到落点（表定的）的飞行时间短。

3. 在纵坐标相等的条件下，升弧上各点的弹丸速度比降弧上相应点的弹丸速度大；初速大于末速；弹丸最小速度在弹道最高点之后的某处。

4. 落角（表定的）绝对值大于发射角。

5. 不同弹丸的最大射程角也不相同，其值取决于弹丸初速、重量和形状。

6. 旋转弹丸的弹道由于有定偏而呈双曲线形。

第三节 气象条件对弹丸飞行的影响

一、空气密度

由公式 4-2-1 已知，作用于弹丸的空气阻力随空气密度

的变化而变化，从而使弹丸飞行距离也随之变化。空气密度愈小，弹丸飞行距离就愈远；空气密度愈大，则弹丸飞行距离愈近。

空气密度取决于三个因素：温度、大气压力和空气湿度。

空气随温度升高而膨胀。在气压一定时，如果温度高，空气就稀薄。因此，温度愈高，空气密度愈小；反之，则空气密度愈大。

大气压力即单位面积的平面上大气柱的重量。

大气压力愈高，则一定容积内的空气的量愈多，即空气密度愈大；反之，则空气密度愈小。

空气湿度用空气中所含水分来表示。计量空气湿度时采用绝对湿度值。空气中水汽的压力称绝对湿度（更确切地说，是水汽的弹力，而非压力，由于这些值是相等的，我们采取了易懂的表示法）。潮湿的空气是干燥空气与水汽的混合物。例如，空气的大气压力是740毫米（水银柱），而空气完全干燥时为734毫米，二者之差值6毫米（740-734），即空气的绝对湿度。但空气中的水汽不可能无限增多，因为当水汽积聚到一定程度时就开始凝结为水滴。此时水汽的量称饱和量，相当于饱和量的绝对湿度称最大绝对湿度。对于不同的温度，最大绝对湿度值是不同的。在潮湿空气中，水汽代替了干燥空气的部分体积。但是水汽密度比空气密度小，如果空气密度为1，则水汽密度为0.62。因此，空气密度随着温度的增大而减小；随着湿度的减小而增大¹。

¹ 空气湿度取决于空气中所含水汽的量，而非水分的量，故雾、雨等与弹讨论的问题无关。

在炮炮弹道计算中通常不采用绝对湿度，而采用相对湿度。相对湿度为空气中所含水汽的量与同一温度下空气所含水汽饱和量之比。在温度为 $+15^{\circ}\text{C}$ 时，如果空气绝对湿度为 6.4 毫米，而此温度下的最大绝对湿度为 12.8 毫米（从有关手册查出），则相对湿度为：

$$\frac{6.4}{12.8} = 0.5 \text{ 或 } 50\%$$

但这不是说全部空气中有 50% 是水汽，而是说，空气中水汽的含量为达到饱和限度时的 50%。

实际射击中采用的标准气象条件为：温度 $t_{\text{ON}} = 15^{\circ}\text{C}$ ，大气压力 $h_{\text{ON}} = 750$ 毫米（水银柱），相对湿度 $e_1/e = 50\%$ 。在这些条件下标准空气密度为 1.206 公斤/米³。

空气湿度的变化实际上对弹丸飞行距离的影响很小，因此射击时可不予考虑。

在一般射击条件下，大气压力对弹丸飞行距离的影响不大，故只在山地射击时才考虑它。

空气温度的变化影响空气密度，是影响弹丸飞行距离的主要因素。当气温和大气压力变化时，所对应的射程修正量可从射表中查出。

尚需指出：气温除了通过空气密度影响空气阻力之外，还通过音速影响空气阻力。音速就是声波在介质中的传播速度。当气温改变时，声波在空气中的传播速度也随之改变。它的大小及其与气温的关系可用下式表示：

$$a = \sqrt{K g R T}$$

其中 K ——空气的绝热指数；

g ——重力加速度 米/秒²;

R ——气体常数 29.27 米/度;

T ——绝对温度 $T = 273^{\circ} + t^{\circ}\text{C}$,

在阻力公式(4-2-1)中,有一个表示空气阻力大小的相对量 C_x ,称为阻力系数。在弹丸空气动力外形一定时,它是所谓马赫数 M 的函数。而马赫数 M 就是弹丸速度和当地音速之比,因此,无论是弹丸速度变化或音速变化都会引起 M 数的变化。 C_x 与 M 的关系曲线见图 4-3-1。

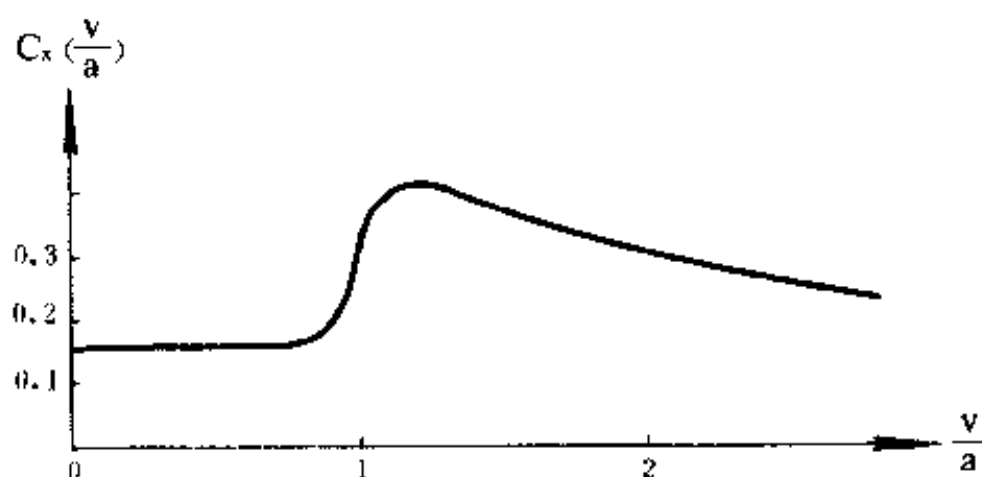


图 4-3-1 阻力系数 C_x 和马赫数 M 的实验曲线

由 C_x-M 的实验曲线可知,当弹丸飞行速度低于当地音速(即 $M < 1$)时, M 数的变化对阻力系数的影响不大。当弹丸以跨音速(即 $M \approx 1$)飞行时,随着 M 数的增大,由于局部激波和弹头激波的出现, C_x 值先是急剧增大,然后,由于弹头激波逐步由离体变为贴体, C_x 值又开始减小。当弹丸速度高于当地音速(即 $M > 1$)时,弹头激波的倾角由大逐渐变小,还有其它一些变化,使 C_x 值逐渐减小,由此可见,当气温变化时,由于音速的变化将引起 M 数的变化,从

而会影响阻力系数和空气阻力的大小。不过，音速变化的影响在通常情况下是很小的，可以忽略。但当弹丸速度处于跨音速（约在250米/秒至400米/秒之间），且温度变化较大时，音速变化对空气阻力的影响较大，有时甚至会超过空气密度的影响，而对空气阻力的消长起重要作用。

二、风

风对弹丸的影响取决于风速和风向。风速和风向是多变的，为了测定风对弹丸飞行的影响，只好设风在整个飞行过程中保持速度和方向不变。

风速可看作是空气在单位时间内的位移，用米/秒表示。

在实际射击中风可分为：弱风——2~3米/秒，和风——4~6米/秒，强风——8~12米/秒。

风向可根据空气移动方向与射面所成之角度来确定。风按方向可分为：沿射面的纵风（纵风有吹向射手的逆风和与射向一致的顺风）、与射面成 90° 的横风（有来自左面和右面的横风）以及与射面成锐角的斜风（例如来自左面的与射面成 30° 的逆风、来自右面的与射面成 60° 的逆风、来自左面的与射面成 45° 的顺风、来自右面的与射面成 15° 的顺风）。

纵风可改变弹丸飞行距离，横风可改变弹丸飞行方向，斜风既改变其飞行距离，也改变其方向。下面分述之。

1. 纵风对弹丸飞行的影响：

弹丸以一定速度在静止大气中飞行时的气动特性，与弹丸静止不动，大气以同样速度向弹丸迎面吹来相当，这就是相对运动的概念。如前所述，空气阻力的大小与弹丸相对于大气的运动速度密切有关。因此，当有纵风时，就改变了弹

丸相对于大气的运动速度，从而影响弹丸空气阻力的大小。顺风使弹丸的相对速度减小，空气阻力减小，射程增加，弹着点提高。逆风的效果则相反。因此，纵风对弹丸飞行的影响，实质上是引起弹丸相对速度和空气阻力的变化，而不能简单地理解为风对弹丸的推动或阻尼作用。

2. 横风对弹丸飞行的影响:

为了使分析具有普遍性，现在以火箭为例来说明这个问题。

如果火箭以速度 W_1 向前飞行（这相当于火箭不动，有风速为 W_1 的纵风迎面吹来），同时有速度为 W_2 的横风作用于弹体，则合成风速为 W ，它的方向和射面构成一个夹角 β 。这时，在力矩作用下，弹轴将绕其质量中心 O 向迎风方向偏转一个角度，直到弹轴和合成风的方向重合。

当火箭的推力大于阻力时，净推力（推力减去阻力） F 可以分解为纵向分量 F_x 和横向分量 F_z 。 F_x 推动火箭向前运动，而 F_z 使火箭在迎风方向产生一横向加速度和位移。如果火箭无推力只有阻力（如火箭在被动段飞行时）或阻力大于推力，则净阻力 R 的横向分量 R_z 使之在顺风方向产生一横向加速度和位移。这就是风偏形成的简单过程。至于风偏的方向，对于不同的对象要作具体的分析。对于无推力的弹丸，在横风作用下，一般都产生顺风偏。对于火箭弹，情况要复杂一些。有的火箭弹在外弹道上增速作用比较大（称大增速火箭），从全弹道衡量，推力对于风偏的形成起主要作用，这时就产生迎风偏。有的火箭弹，在离开炮口时主动段已基本结束，在外弹道上增速作用比较小（称小增速火箭），阻力对风偏起主要作用，则产生顺风偏。

关于火箭弹和各种弹丸的横风风偏的方向和大小，还可以定量地用下式进行分析和计算：

$$Z = W_z \left(T - \frac{X}{v_0 \cos \theta_0} \right) \quad (4-3-1)$$

式中 Z ——风偏量(米)；

W_z ——风速(米/秒)；

T ——弹丸飞行时间(秒)；

X ——射程(米)；

v_0 ——初速(米/秒)；

θ_0 ——射角(度)。

从上式可以看出，当弹丸的初速、射程一定时，横风偏的大小主要取决于弹丸的飞行时间，即弹丸的速度衰减特性。因此，弹形愈好，断面比重愈大，则弹丸的风偏愈小。

引进弹丸在全弹道的平均速度 $V_{cp} = X/T$ 及弹丸初速的水平分量 $v_{ox} = v_0 \cos \theta_0$ ，则上式可以改写成：

$$Z = W_z T \left(1 - \frac{V_{cp}}{v_{ox}} \right) \quad (4-3-2)$$

对于各种弹丸及小增速火箭，它的平均速度 v_{cp} 小于它的水平初速 v_{ox} ，即 $v_{cp} < v_{ox}$ ，使 Z 的符号为正，说明产生顺风偏。

对于大增速火箭，它在全弹道上的平均速度 v_{cp} 比较高，当这个平均速度大到比它的水平初速 v_{ox} 还大时， $v_{cp}/v_{ox} > 1$ ，这时 Z 的符号是负的，说明是迎风偏。

上面的分析，都是假设风速风向沿弹道是不变的，而且是定常的（即不随时间而变），而实际情况要复杂得多，这就需要进行更深入的分析 and 试验。

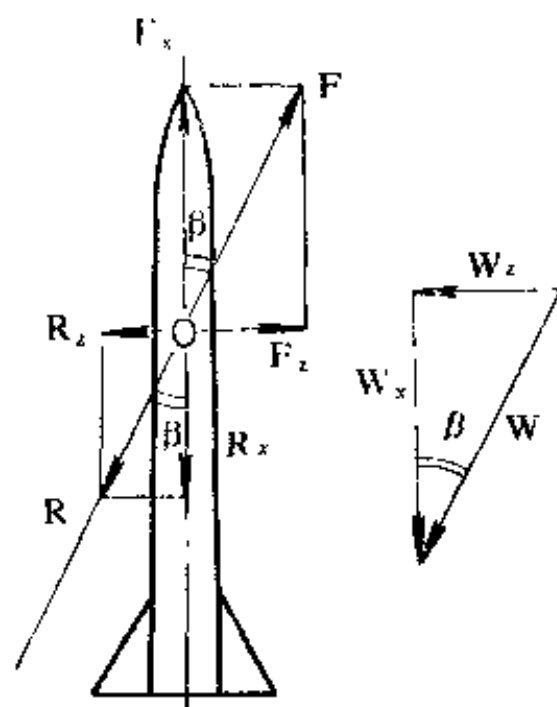


图 4-3 2 横风对弹丸的作用原理图

在分析了纵风和横风对弹丸的影响的基础上，为了确定斜风的作用，必须将斜风速度分解为纵向与横向两个分量。如果用 W 表示风速，用 W_x 表示纵向分量，用 W_z 表示横向分量，用 β 表示风向与射面之间的夹角，则：

$$W_x = W \cos \beta$$

$$W_z = W \sin \beta \quad (4-3-3)$$

例：来自右面的逆风， $\beta = 35^\circ$ ，风速10米/秒 求风的纵向分量和横向分量。

解： $W = 10$ 米/秒； $\beta = 35^\circ$

$$W_x = W \cos \beta = 10 \times 0.819 = 8.19 \approx 8 \text{ 米/秒；}$$

$$W_z = W \sin \beta = 10 \times 0.574 = 5.74 \approx 6 \text{ 米/秒。}$$

根据所得出的纵风和横风的速度，利用射表就可求出射程和方向的修正量。

用枪械射击时，纵风对高低的影响不大，故实际上可不予考虑。但横风能明显改变弹丸的飞行方向，故在较远射程上射击时应该加以考虑。

第五章 瞄准与瞄准装置

讨论瞄准时需进行与角度值有关的一些计算。下面介绍几种军事上采用的角度测量单位

第一节 角度测量

一、角度测量单位

在枪炮射击实践中通常采用方向分划、密位和“自然密位”作为测角单位。

1. 方向分划：如果将半径为 R 的圆周划分为 6000 等份（美军分为 6200 份，英军分为 6400 份），并将各点与圆心相连接（图 5-1-1），则得出 6000 个相等的圆心角。此圆心角称方向分划。

设方向分划对应弧长为 l ，用半径 R 的分数表示，得：

$$l = \frac{2\pi R}{6000}$$

将 $\pi = 3.14$ 代入，得：

$$l = \frac{R}{955} \text{ 或 } l \approx 0.00105 R$$

因此，一个方向分划约等于 $0.00105 R$ 半径。

2. 密位：如果设 $\pi = 3$ （而不是 3.14），则此时构成 $\frac{1}{6000}$

圆周的弧长将等于:

$$l = \frac{2\pi R}{6000} = \frac{2 \times 3.14 \times R}{6000} = \frac{R}{1000} = 0.001 R$$

由此所得之角度 (圆心角) 测量单位比方向分划的单位稍小, 称密位。在实际射击使用中, 密位较方向分划更方便, 故常用。

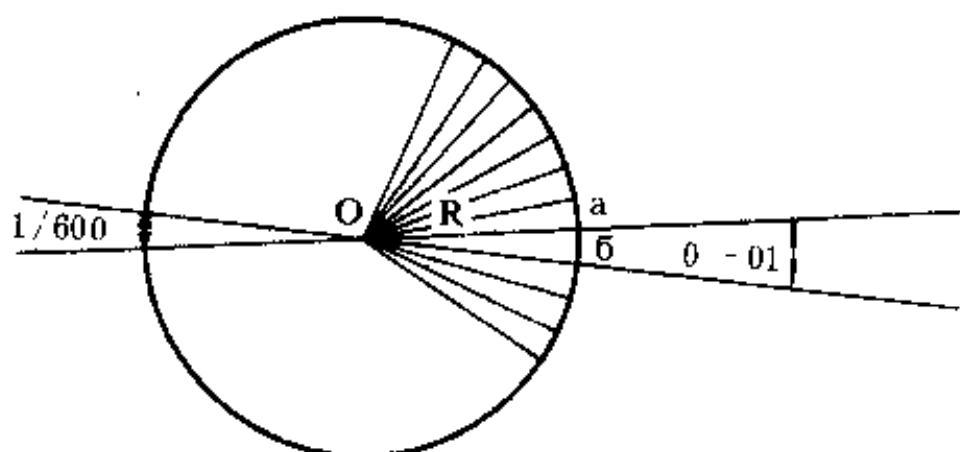


图 5-1-1 相当于一个方向分划的 a o 6 角:

$$\text{弧 } a \ 6 = l \frac{R}{955} \quad (\text{为清楚起见, 图中方向分}$$

划加以放大)

3. “自然密位”: 方向分划和密位是主要的测角单位。但角度值有时也以“自然密位”表示, 例如落角。“自然密位”不同于方向分划和密位, 它是角的正切自然值乘以1000 ($\text{tg } \alpha \cdot 1000$)。

密位和方向分划均作为角度测量单位, 但在数值上密位比方向分划约小 5 %。例如, 100 密位的角相当于 95 方向分划的角, 又如周长为 6000 方向分划约相当于 6280 密位。但当所

测角度很小时，可以认为方向分划即密位，反之亦然。只有在作精密测量时，才进行换算。

密位的写法和读法可参见下表。

表 5 - 1

用密位表示的角	写 法	读 法
3491	34 - 91	三十四 九十一
3405	34 - 05	三十四 零五
3000	30 - 00	三十 零
765	7 - 65	七 六十五
69	0 - 69	零 六十九
9	0 - 09	零 零九

通过方向分划很容易得出度制与密位的关系。

因一圆周为 360° 或6000方向分划，故：

$$360^{\circ} = 60 - 00$$

$$180^{\circ} = 30 - 00$$

$$90^{\circ} = 15 - 00$$

$$45^{\circ} = 7 - 50$$

$$6^{\circ} = 1 - 00 \quad \text{等等。}$$

不难看出， $1'$ 相当于16.7方向分划，或大约17密位；而一个方向分划（0 - 01）相当于 $3.6'$ 。

因此，必要时很容易由用度数测量角度改为用密位测量角度。

在射击实践中，当解决瞄准任务时常用的角度数值都不大，因此可以认为上述测量单位互等，它们可使用同一名称——密位。这一情况示于表 5 - 2。

表 5-2

角 位				密 位			
度	方向分划	密 位	自然密位	度	方向分划	密 位	自然密位
0-30'	0-08.3	0-08.7	0-08.7	15	15-00.0	15-00.0	15-00.0
1	9-16.7	0-17.5	0-17.5	30	30-00.0	30-00.0	30-00.0
2	0-33.3	0-34.9	0-34.9	45	45-00.0	45-00.0	45-00.0
3°	0-50.0	0-52.4	0-52.4	60	60-00.0	60-00.0	60-00.0
6'	1-00.0	1-04.7	1-05.1	75	75-00.0	75-00.0	75-00.0
15	2-50.0	2-61.8	2-67.9	90	90-00.0	90-00.0	90-00.0
30	5-00.0	5-23.6	5-27.4	105	105-00.0	105-00.0	105-00.0
				120	120-00.0	120-00.0	120-00.0
				135	135-00.0	135-00.0	135-00.0
				150	150-00.0	150-00.0	150-00.0
				165	165-00.0	165-00.0	165-00.0
				180	180-00.0	180-00.0	180-00.0
				195	195-00.0	195-00.0	195-00.0
				210	210-00.0	210-00.0	210-00.0
				225	225-00.0	225-00.0	225-00.0
				240	240-00.0	240-00.0	240-00.0
				255	255-00.0	255-00.0	255-00.0
				270	270-00.0	270-00.0	270-00.0
				285	285-00.0	285-00.0	285-00.0
				300	300-00.0	300-00.0	300-00.0
				315	315-00.0	315-00.0	315-00.0
				330	330-00.0	330-00.0	330-00.0
				345	345-00.0	345-00.0	345-00.0
				360	360-00.0	360-00.0	360-00.0

由于枪械射击时落角不大，故射表中落角用度数和“自然密位”表示，或只用“自然密位”表示。在实际计算时（如计算杀伤空间纵深时）由射表中取出的落角值是“自然密位”，而进一步计算时却用密位。当角度大于30°时，这些测量单位不能互相代替。

二、密位的实际应用

方向分划用于各种测角仪器的刻度盘，如方向分划盘、罗盘仪、测角仪和一些瞄准仪。密位用于测量角度（如望远镜），也用来在换算角度和长度时简化计算。

下面我们来建立密位、弧长及圆半径三者之间的关系。

设两个等远的地物之间的距离为 B ，它们的夹角为 γ ，通过地物所作的圆的半径为 R （ R 也就是地物至圆心的距离，图5-1-2）。

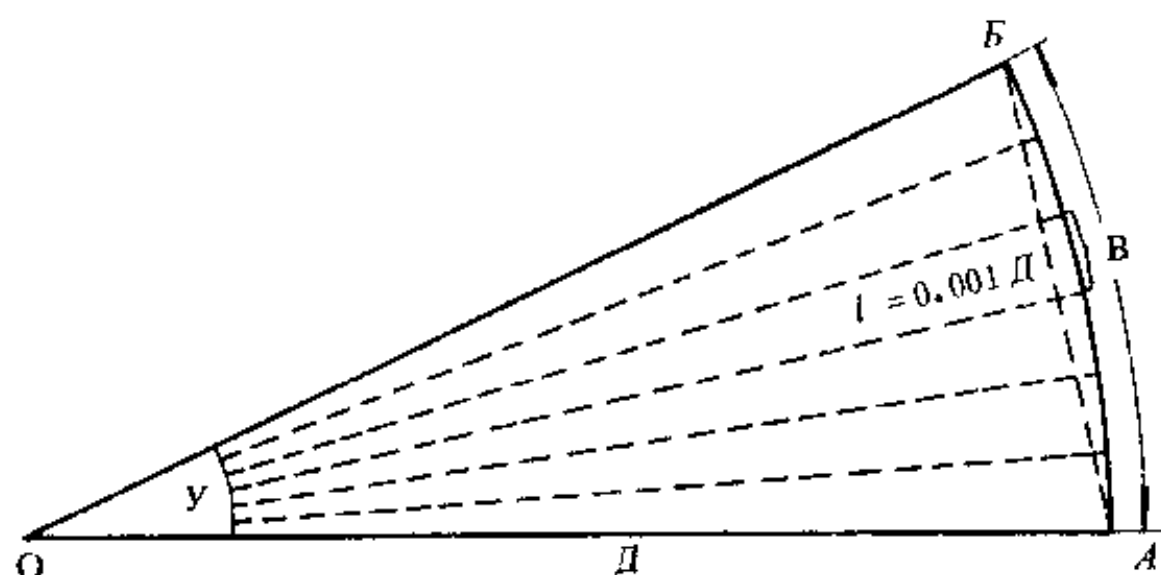


图 5-1-2 AB 段的测量:

$$B = l / Y, \text{ 或 } B = \frac{D \cdot Y}{1000}$$

等于 1 密位的弧长可根据公式 $l = 0.001 D$ 求出, 在图 5-1-2 中 $l = 0.001 D$ 。但由于两等远地物之间的角是密位的 Y 倍, 故弧长 B 将是弧 l 的 Y 倍。故:

$$B = l Y, \text{ 或 } B = 0.001 D Y$$

由此得:

$$B = \frac{D \cdot Y}{1000} \quad (5-1-1)$$

由这一公式求出:

$$D = \frac{B \cdot 1000}{Y} \quad (5-1-2)$$

$$Y = \frac{B \cdot 1000}{D} \quad (5-1-3)$$

1) 角度很小时, 弧长 B 约等于相对应的弦 AB (见图 5-1-2)。

这些公式广泛用于枪炮射击实践中，称为密位公式。下面用例子说明这些公式的应用。

利用公式（5-1-1）可计算出长度：两等远地物之间的距离、地物高度或宽度等。

例：从观察点看到两树间的地段如图 5-1-3 所示，此地段所对之角为 $0 - 25$ 。从观察点至树的距离都等于 1 公里，求两树间地段 AB 的长度。

解：从例中已知 $\Delta = 1000$ 米， $Y = 0 - 25$ ，根据公式（5-1-1）可求出 AB 地段：

$$B = \frac{\Delta Y}{1000} = \frac{1000 \times 25}{1000} = 25 \text{ 米}$$

利用公式（5-1-2）根据已知地物的大小和观测角可求出从观测点到地物（目标、方位物）的距离。

例：从观察点看到敌人坦克（高 2 米），用测角仪测得的角为 $0 - 05$ ，求至坦克的距离，

解：已知：B = 2 米，

$Y = 0 - 05$ ，

用公式（5-1-2）求得：

$$\Delta = \frac{B \times 1000}{Y} = \frac{2 \times 1000}{5} = 400 \text{ 米}$$

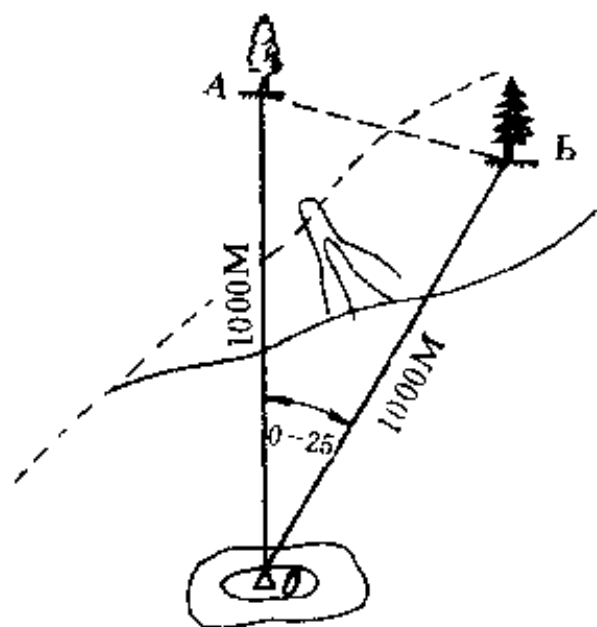


图 5-1-3 AB 地段的测量

$OB = OA = 1000 \text{ 米}$

在必要时可根据已知地物的高度（宽度）并用公式（5-1-3）求出两等分地物的夹角。

例：某方位物与目标（敌人机枪）之间的距离为150米，测量点至这些点的距离为1000米（用地图测得）。求方位物与目标之间的夹角。

解：已知：B = 150米，A = 1000米

由公式（5-1-3）得出：

$$\alpha = \frac{B}{A} \cdot \frac{1000}{\rho} = \frac{150 \times 1000}{1000} \\ = 150 \text{密位或 } 1^\circ - 50'$$

三、利用仪器或其它器械测角

在枪炮射击实践中使用普通的观测仪测角。在望远镜、潜望镜、方向盘镜筒、坦克瞄准镜等仪器中均有以密位计的分划镜¹，因此它们不仅是观测仪，而且是测角仪，如图5-1-4所示。

利用分划镜（如望远镜）测量某一角度时，必须使十字线对准方位物（地物）基底，然后看目标所重合的分划（右方，左方，上方）。例如，图5-1-5中的方向角为0 - 25，高低角为0 - 20。

¹ 分划镜上相邻刻线之间的距离可按已知公式计算：

$$B = \frac{f \cdot Y}{1000}$$

式中：f —— 物镜焦距，Y —— 给定角（密位）。在六倍望远镜中Y = 0 - 05，f = 123毫米：

$$B = \frac{123 \times 5}{1000} = 0.6 \text{毫米}$$

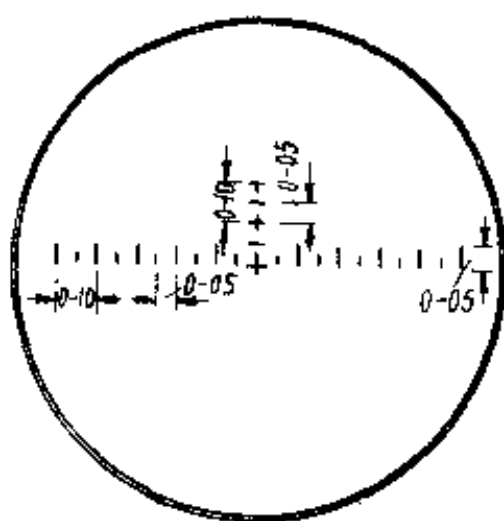


图 5-1-4 望远镜中的分划镜



图 5-1-5 利用望远镜测角

除分划镜外，方向盘和炮队镜等仪器都有专门的测角机构。这些机构的刻度单位采用方向分划，测角精度达 $0-01$ 。

在许多情况下利用随身物品测量角度，如手指、火柴、比例尺等，也可达到实际上足够的精度，但此时必须知道物品的角量。它可使用某种测角仪测得，也可按公式
$$Y = \frac{B \times 1000}{L}$$
 算出。

设需要求出手的食指相当于多少密位，可按下列方法进行：将手伸至离眼50厘米处，与眼齐平，肘部弯曲成大约直角；在地形上指定地物，用手指遮盖两地物的间隔宽度；利用测角仪（方位仪或望远镜）测量地物之间的夹角（以立足点为角的顶点）。所得之结果即以密位计的手指角量。

当需要用手指测角时，应将手按上述条件（手指距眼50厘米，与眼齐平）伸出并在地形上标出地物，用手指遮盖地

物的间隔。此被遮盖了的地物方向之间的夹角大约相当于手指角量(图 5-1-6)。

在这种情况下若无测角仪, 可通过计算求出随身物品的角量。例如置于离眼 50 厘米处的 1 厘米比例尺相当于:

$$y = \frac{1 \times 1000}{50} = 20 \text{ 密位,}$$

或 0 --- 20

必须指出, 用随身物品测角的精度主要取决于持物姿势的正确程度, 也就是保持物品始终在与眼平齐, 离眼一定距离上(如 50 厘米)。

距离测量精度不仅与角度测量精度有关, 而且也与地物的直线尺寸(宽度或高度)有关。

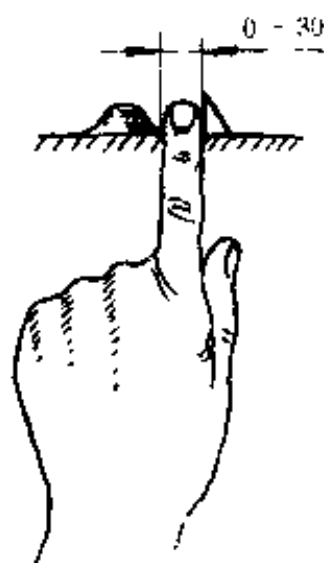


图 5-1-6 用手指测角

第二节 瞄准的一般概念

众所周知, 旋转弹丸在飞行中由于重力和空气阻力的作用不断沿发射线下降和偏离射击方向。因此, 为了命中目标, 必须考虑弹丸在该射程上的下降量和可能的方向偏差, 而赋予枪膛轴线在空间的一定位置。

为使平均弹道通过目标(弹道上的予定点)而赋予枪膛轴线在水平面上和垂直面上的一定位置的操作称瞄准。赋予枪膛轴线以所需之水平面上的位置的操作称水平瞄准。赋予枪膛轴线以所需之垂直面上的位置的操作称高低瞄准。

方向瞄准和高低瞄准可同时完成,此种瞄准称合并瞄准,也可分别先后完成,即分别瞄准。

用卡宾枪、手枪、冲锋枪、轻机枪及其它枪械射击时只采取合并瞄准,而用迫击炮射击时,无论是否看得见目标均采取分别瞄准

根据射击任务性质、目标能见度及瞄准具结构,瞄准可分为直接瞄准和间接瞄准。直接瞄向目标称直接瞄准、用枪械射击时都实施直接瞄准。

从武器所在处看不见目标时,利用辅助点(标杆)所进行的瞄准称间接瞄准。

下面讨论瞄准的原理。设目标位于II点(图5-2-1)。如果将枪膛轴线直接瞄向目标,则弹丸在重力作用下沿发射线下降,从目标下方通过(或未达到目标)。此外,弹丸在风力

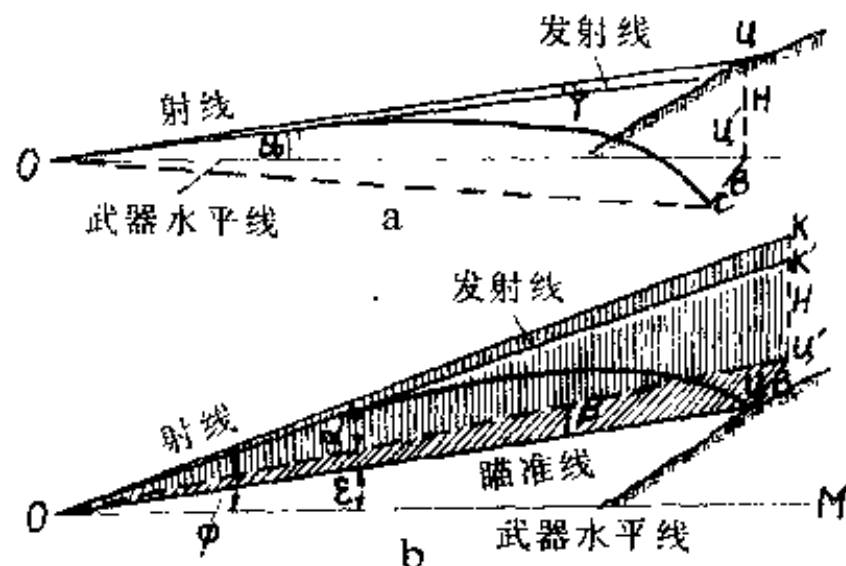


图 5-2-1 瞄准实质

OH——瞄准线; OK——射线; OK'——发射线;
H——弹丸下降量; α角(II OK)——瞄准角;
角KOK'——发射差角; ε角(II OM)——目标高低角;
β角(II OH)——方向修正角; φ角(KOM)——射角

影响下或由于偏流而可能在水平面上偏离目标。因此，为使弹丸（确切地说是平均弹道）通过 U 点，射线不应直接指向目标，而应在考虑发射差角的情况下上抬一定高度——相应的弹丸下降量 H ，并应稍偏，以抵消方向偏差 $UU' = B$ （见图5-2-1a）。

如图5-2-1b所示，瞄准时可利用瞄准装置或瞄准镜构成足够准确的几何图。各种瞄准具中均有照准器。在最简单的瞄准具上，照准器是照门和准星。

以下为讨论瞄准原理时所用术语定义：

瞄准点 U ——武器所瞄准的目标上或目标外的点。间接瞄准时利用辅助地物或专门设置的标杆进行瞄准。在这种情况下，地物或标杆称瞄准点（ U ）。

瞄准线——从射手眼睛通过表尺照门上沿中心及准星顶端到瞄准点的直线。

瞄准基线长——表尺照门上沿中心至准星顶点的直线距离。

因为目标和武器的尺寸以及准星突出在火身轴线上的高度与射程相比是很小的，故通常把目标和武器当作点（图5-2-2）。这时可用“目标线”代替“瞄准线”，目标线即连接起点和目标的直线（ OU ）。

表尺距离——由起点到弹道与瞄准线交点的距离

射线——发射前枪膛轴线的延长线。

射面——通过射线的垂直面。

射角——射线与枪口水平面之夹角。

发射线——弹丸出枪口瞬间枪膛轴线之延长线。

发射差角——射线和发射线所夹的角。如发射线高于射

线，发射差角为正；如低于射线，发射差角为负。发射线与射线相重合则发射差角为零。

目标线垂直面——通过起点和目标的垂直面。

瞄准面——通过瞄准线的垂直面。

瞄准角 α ($\angle OK$ 或 $\angle O'OK$)——瞄准线与射线之间的夹角 (见图 5-2-1b)。

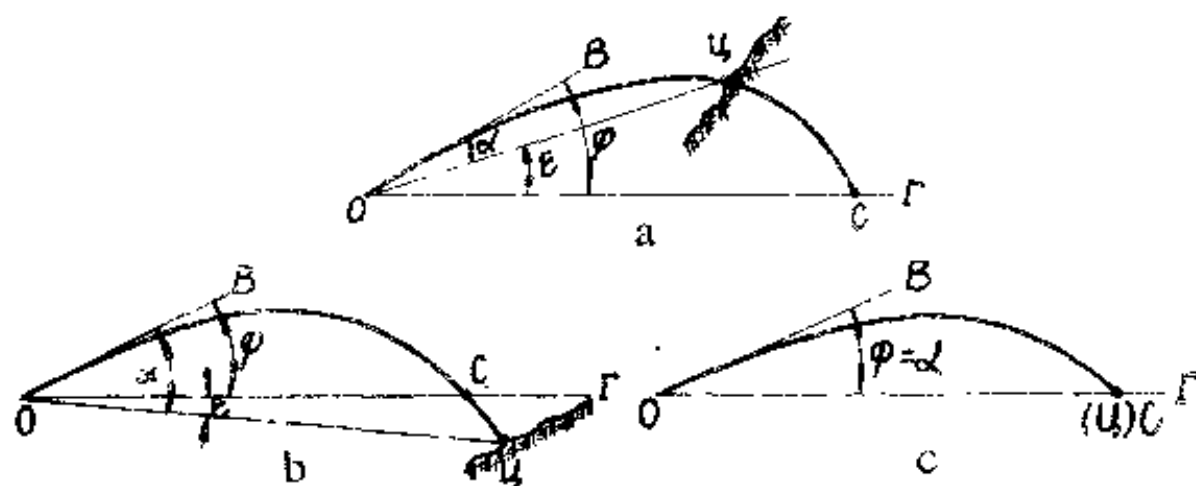


图 5 2 2 射角、瞄准角及目标高低角之间的关系

$$\begin{aligned} a, \epsilon > 0; \quad \phi = \alpha + \epsilon; \quad b, \epsilon < 0; \\ \phi = \alpha - (-\epsilon); \quad c, \epsilon = 0, \phi = \alpha \end{aligned}$$

根据瞄准具的不同结构，瞄准线可能位于射面内（如自动步枪、冲锋枪），也可位于瞄准面内（如轻机枪表尺不在“零”上时）。但瞄准角 α 始终是在射面内（第二种情况下是射面上的投影）。直接瞄准时，方向修正角是射面与目标线垂直面之间的夹角。

在间接瞄准时，侧向瞄准角 β 可看作是射面与瞄准面之间的夹角。

目标高低角 ϵ ——目标线（实际上也就是瞄准线）与膛

口水平面之间的夹角。目标高低角可能是正值也可能是负值。如果目标在膛口水平面之上，则目标高低角为正值（+），如果目标低于膛口水平面，则目标高低角为负值（-）（见图5-2-2）。

通常所讲的目标高低角 ε 位于射面内。此时认为，射角 φ 等于瞄准角 α 与目标高低角 ε 的代数和（见图5-2-2）：

$$\varphi = \alpha + \varepsilon \quad (5-2-1)$$

为赋予枪膛轴线以所需之位置，首先应确定瞄准角和方向修正角的大小。这项工作实质上即装定瞄准具，是射击开始诸元准备工作的一部分。

将预备诸元装入瞄准具，也就是使瞄准线与枪膛轴线之间形成所需之角。此工作为解决瞄准任务的第一阶段。装定时只操作瞄准机构。

解决瞄准任务的第二阶段是：在不改变装定角的前提下，利用瞄准机构或手动使瞄准线对正瞄准点。此时枪膛轴线才位于所需之空间位置。

第三节 瞄准角与目标高低角的关系

对明显高于或低于膛口水平面的目标射击时，不仅射角值随目标高低角值变化，而且为达到同一斜距离，瞄准角本身也随之变化。

瞄准角随目标高低角而改变是因为弹道曲率改变之故。在真空中射击时，瞄准角与目标高低角之间的关系可用下式求出：

$$\sin(2\alpha + \varepsilon) = \sin 2\alpha_0 \cos^2 \varepsilon + \sin \varepsilon \quad (5-3-1)$$

式中: ε ——目标高低角;

α_0 ——目标高低角为零时的瞄准角;

α ——给定目标高低角 ε 时的瞄准角。

在空气中射击时, 尽管空气阻力的作用对射角有较大影响, 但瞄准角与目标高低角的关系仍有共同性。因此, 在许多情况下 (瞄准角不大时) 使用林德公式有实际需要的足够精度, 可用来计算在空气中射击时的瞄准角。

例: 用轻机枪对位于膛口水平面的目标射击, 射程为500米时要求装定瞄准角 $\alpha_0 = 0^\circ 26'$ (表尺5)。当目标位于500米斜距离处, 其高低角为① $\varepsilon = +15^\circ$; ② $\varepsilon = -15^\circ$ 时, 求瞄准角?

$$\begin{aligned} \text{解: ① } \sin(2\alpha + \varepsilon) &= \sin 0^\circ 52' \cdot \cos^2 15^\circ + \sin 15^\circ \\ &= 0.0151 \times 0.9659^2 + 0.2588 = 0.2729; \\ 2\alpha + 15^\circ &= 15^\circ 50'; \quad 2\alpha = 50'; \quad \alpha = 25'. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{② } \sin(2\alpha - \varepsilon) &= \sin 0^\circ 52' \cdot \cos^2(-15^\circ) + \sin(-15^\circ) \\ &= 0.0151 \times 0.9659^2 - 0.2588 = -0.2447; \\ 2\alpha - 15^\circ &= -14^\circ 10'; \quad 2\alpha = 50'; \quad \alpha = 25'. \end{aligned}$$

由例中看出, 为命中高低角等于 15° 而射程等于500米的目标, 瞄准角 α 应比瞄准角 α_0 小 $1'$ 。这就是由于弹道曲率改变 (目标高低角改变) 而作的瞄准角修正量, 该量通常用以下等式表示:

$$\Delta \alpha_\varepsilon = \alpha - \alpha_0$$

1. 该式系炮兵学院Φ. Φ. 林德教授根据抛物线理论提出的, 故命名为林德公式。

对于各种斜距随着目标高低角的逐渐增大, 瞄准角将逐渐减小, 而瞄准角由于目标高低角改变所作的修正量 $\Delta \alpha_e$ 之绝对值却逐渐增大。

例: 用轻机枪对500米射程上的目标射击时, 目标高低角分别为① $\varepsilon = +25^\circ$, ② $\varepsilon = +50^\circ$, ③ $\varepsilon = -50^\circ$, 则瞄准角 α 及其修正量 $\Delta \alpha_e$ 将等于:

$$\text{① } \alpha_0 = 26' , \alpha = 23' 30'' ,$$

$$\Delta \alpha_e = \alpha - \alpha_0 = 23' 30'' - 26' = -2' 30'' ;$$

$$\text{② } \alpha_0 = 26' , \alpha = 16' 30'' ,$$

$$\Delta \alpha_e = \alpha - \alpha_0 = 16' 30'' - 26' = -9' 30'' ;$$

$$\text{③ } \alpha_0 = 26' , \alpha = 16' 30'' ,$$

$$\Delta \alpha_e = \alpha - \alpha_0 = 16' 30'' - 26' = -9' 30'' .$$

目标高低角同上, 但射程为700米($\alpha_0 = 47'$)时, 瞄准角 α 及修正量 $\Delta \alpha_e$ 将分别为:

$$\text{① } \alpha = 43' ,$$

$$\Delta \alpha_e = \alpha - \alpha_0 = 43' - 47' = -4' ;$$

$$\text{② } \alpha = 30' 30'' ,$$

$$\Delta \alpha_e = \alpha - \alpha_0 = 30' 30'' - 47' = -16' 30'' ;$$

$$\text{③ } \alpha = 30' ,$$

$$\Delta \alpha_e = \alpha - \alpha_0 = 30' - 47' = -17' .$$

因此, 对明显高于(低于)膛口水平面的目标射击时, 为提高射击效果, 应考虑瞄准角对目标高低角所作的修正量。

枪械射击时瞄准角很小, 实际上不超过 6° 。在这种条件下可变换林德公式, 设 $\cos \alpha$, $\cos \alpha_0$ 以及 $\cos 2\alpha$ 和 $\cos 2\alpha_0$ 均等于1。实际上, 如果 $\alpha = 6^\circ$, 则 $\cos 2\alpha = \cos 12^\circ = 0.978$, 接近于1。

将林德公式稍加变换，写成：

$$2\sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \cos \varepsilon + \cos 2\alpha \cdot \sin \varepsilon$$

$$= 2\sin \alpha_0 + \cos \alpha_0 \cdot \cos^2 \varepsilon + \sin \varepsilon ,$$

设 $\cos 2\alpha = 1$ ； $\cos \alpha = 1$ 和 $\cos \alpha_0 = 1$ ，

则 $2\sin \alpha \cdot \cos \varepsilon + \sin \varepsilon$

$$= 2\sin \alpha_0 \cdot \cos^2 \varepsilon + \sin \varepsilon$$

两边消去 $\sin \varepsilon$ ，然后化简，得：

$$\sin \alpha \approx \sin \alpha_0 \cdot \cos \varepsilon \quad (5-3-2)$$

在设计大口径机枪用的一些高射瞄准具时使用上述公式来考虑目标高低角。

如果枪械以较小的目标高低角 ($\varepsilon < \pm 15^\circ$) 实施射击，则可认为公式 5-3-2 中 $\cos \varepsilon$ 实际上等于 1。此时 $\sin \alpha \approx \sin \alpha_0$

$$\text{即 } \alpha \approx \alpha_0 \quad (5-3-3)$$

也就是说，当目标高低角较小时 ($\varepsilon < \pm 15^\circ$)，可以认为瞄准角不随目标高低角而改变。此结论称弹道“刚性”原理，因为它表示弹道是在不改变形状的情况下旋转（图 5-3-1），即 $\alpha \approx \alpha_0$ ， $OB \approx OB_0$ 和 $\theta_c = \theta_{c0}$ （落角等于射表内的落角）。

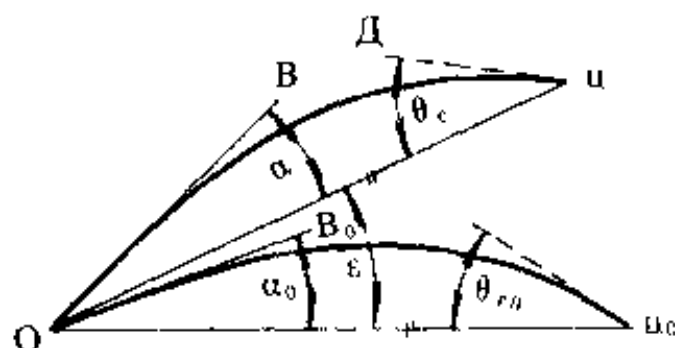


图 5-3-1 弹道“刚性”原理

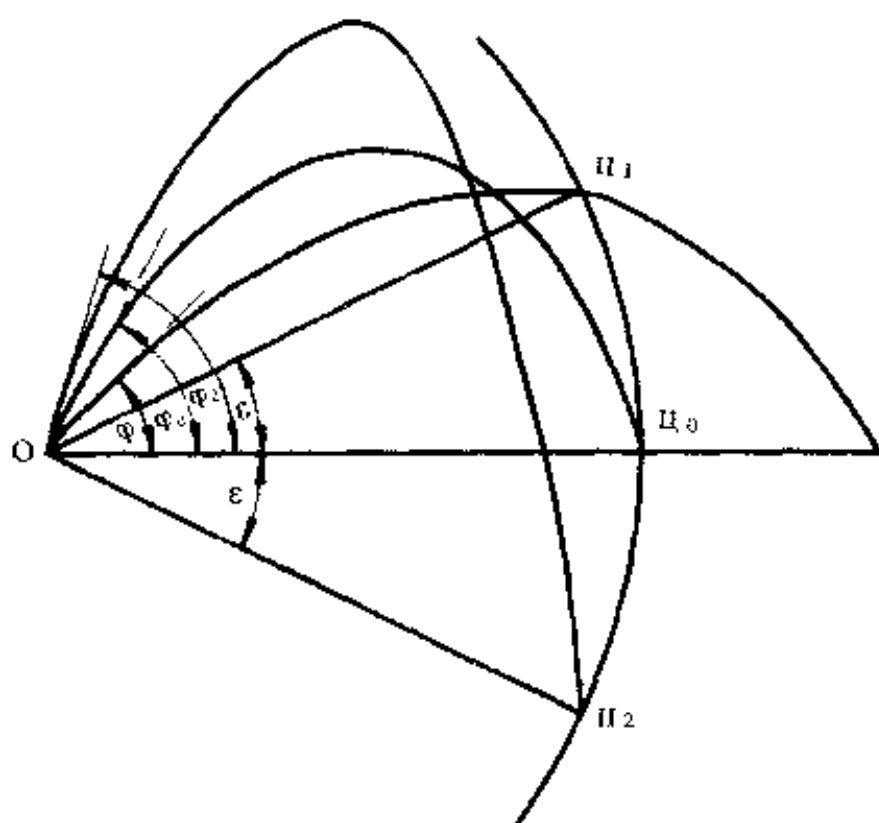


图 5-3-2 82 毫米迫击炮射击时 φ 与 ε 的关系

因此，当目标高低角不大 ($\varepsilon < \pm 15^\circ$)，射程相同时，射击使用的表尺量与目标位于膛口水平面上时相同。

迫击炮通常在射角大于 45° 的条件下进行射击。此时目标高低角对射角 φ 有影响。

由图 5-3-2 可知，迫击炮对位于同一斜距离上的目标射击时 ($OII_1 = OII_2 = OII_0$)，在高低角不同的情况下，如果目标低于膛口水平面，则应加大射角；如果目标高于膛口水平面 ($\varphi_1 < \varphi_0$ 和 $\varphi_2 > \varphi_0$)，则应减小射角。

第四节 瞄准装置

武器瞄准装置应能迅速和准确地进行瞄准（照准）。

枪械用瞄准具可分为缺口式瞄准具、照准器式瞄准具、光学瞄准具、夜间用瞄准具及枪用高射瞄准具

一、缺口式瞄准具

缺口式瞄准具由照门和准星构成。照门可以有不同形状：直角——半圆形、半圆形、矩形和三角形等（见图 5-4-1）。准星也有矩形、三角形等不同结构形式。

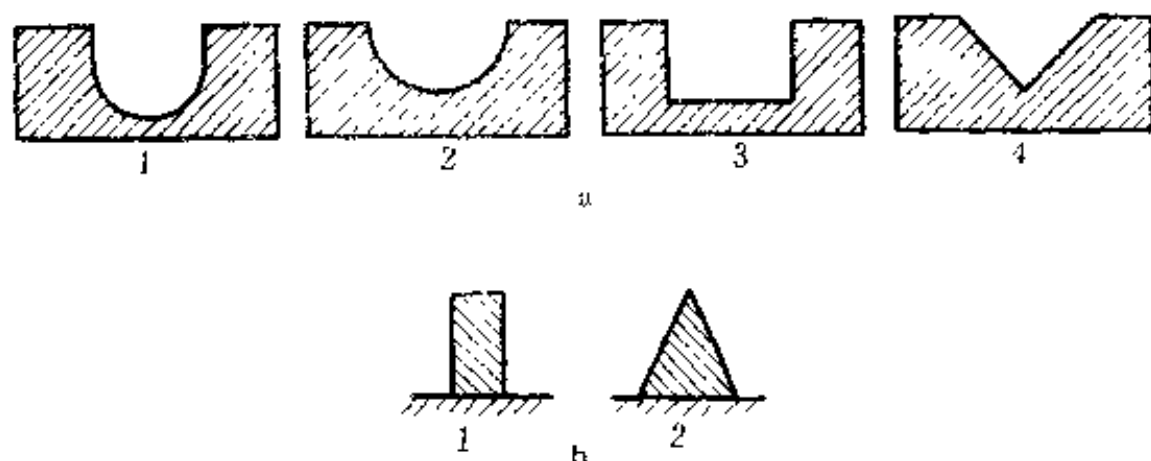


图 5-4-1 照门、表尺和准星的形状

a. 照门形状：1、直角——半圆形；2、半圆形；3、矩形；4、三角形。b. 准星形状：1、矩形；2、三角形。

经验证明，在一般情况下直角——半圆形照门与矩形准星相结合的瞄准具效果最好。卡宾枪、手枪、冲锋枪等枪械上均采用这种表尺照门。

眼与照门的间距为250—300毫米（重机枪上较小）。此时，准星能见宽度应在2.0—2.9密位范围内，而照门能见宽度应在4—5密位范围内。

缺口式瞄准具上的瞄准角装定机构也有不同的结构。最普通的是弧形表尺、框形表尺和柱形表尺（图 5-4-2）。

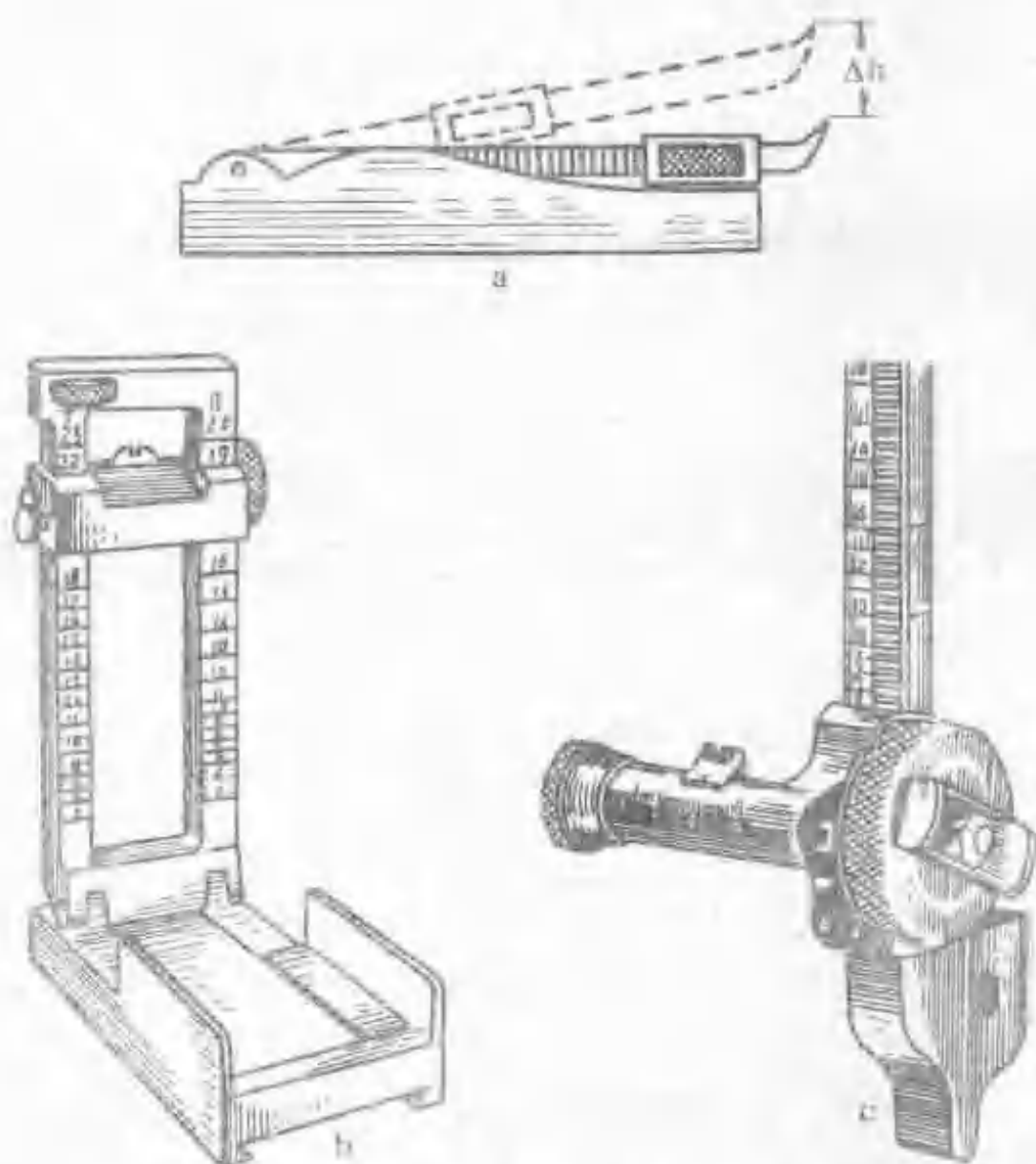


图 5-1-2 a. 弧平表尺；b. 恒距表尺；c. 柱形表尺

装定瞄准角和方向修正角的方法：改变表尺高度，即照门超出准星顶端的高度，即可装定瞄准角；左右移动照门或将瞄准点前置一个角度，即可装定方向修正角。

准星高度 l （图 5-4-3）即枪膛轴线到准星顶端的法线距离。如重机枪的准星高度为 56 毫米。

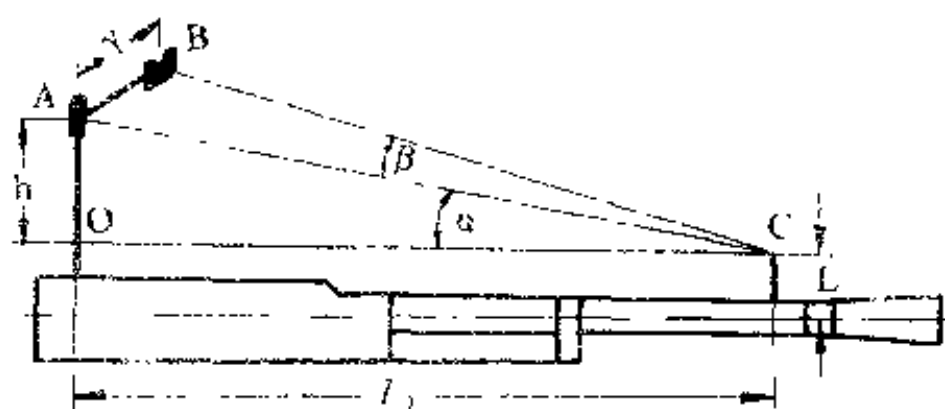


图 5-4-2 表尺高度与瞄准角的关系

瞄准具高度 h 即枪膛轴线至表尺照门上沿中心的距离与准星高度之差。如果表尺高度等于零,则此时的装定称零位。表尺装定零位时,瞄准线与枪膛轴线相平行,称瞄准零位线。

表尺高度与瞄准角 α 的关系如下:

由三角形 AOC (见图 5-4-3) 可知, 表尺高度:

$$h = l_0 \operatorname{tg} \alpha, \text{ 或 } h = \frac{l_0 \cdot \alpha'}{1000}$$

式中: α ——以度表示的瞄准角或 α' ——以密位表示的瞄准角;

l_0 ——表尺装定零位时的瞄准基线长。

例如 AK 式冲锋枪当表尺装定 4 时, 其表尺高度为 2.95 毫米 ($h = \frac{378 \times 7.8}{1000}$)。

缺口式瞄准具有瞄准角距离分划, 每个分划值通常为 100 米, 有时为 50 米。

为了现地构成方向修正角 β , 缺口式表尺上有时采用活动照门 (如重机枪上)。照门上的分划通常以密位计。分划线

之间的距离 (γ) 可按下式计算:

$$\gamma = l_0 \operatorname{tg} \beta$$

或按公式 (5-1-1)

$$\gamma = \frac{l_0 Y}{1000}$$

式中: Y ——一个分划的角量 (通常 $Y = 0.01$, 有时为 0.02)。

利用有固定照门的缺口式瞄准具构成方向修正角时, 需将瞄准点前置一个 β 角。前置量通常以给定射程上目标的能见尺寸 (人形) 计。

用缺口式瞄准具进行瞄准的原理如下 (图 5-4-4) :

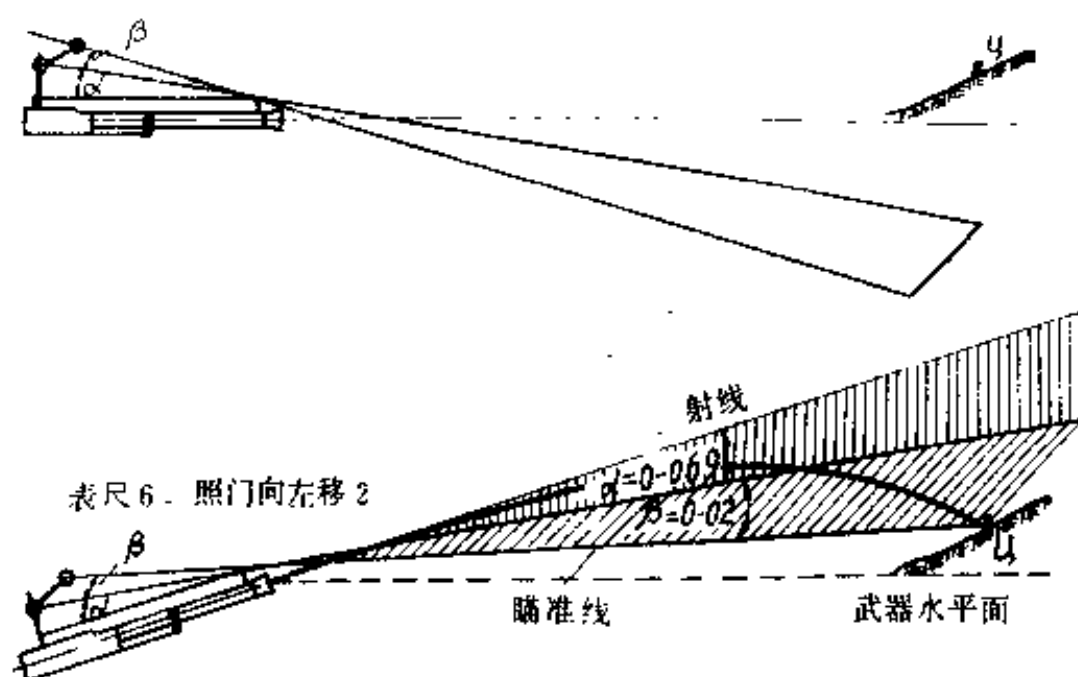


图 5-4-4 利用缺口式瞄准具进行直接瞄准

设重机枪在600米射程上射击时, 开始诸元为: 表尺 6, 照门向左移 2 ($\alpha = 0 - 06.9$ 和 $\beta = 0 - 02$)。将这些诸元装

定入瞄准具。

若此时通过表尺照门和准星顶端看去，则瞄准线低于目标且方向偏右。操作照准机构，使瞄准线与瞄准点相重合。如果此时表尺照门上沿中心、准星顶端及瞄准点三点成一线，则枪膛轴线就位于所需之位置。

缺口式瞄准具还可用来对运动目标进行射击。

对运动目标射击时开始诸元的准备与对固定目标射击时相同，必须确定瞄准角和方向修正角，这些角的大小除与上述各因素有关外还与提前量有关。目标位移所需之瞄准前置量称提前量。提前量与目标运动速度、方向以及目标距离有关。

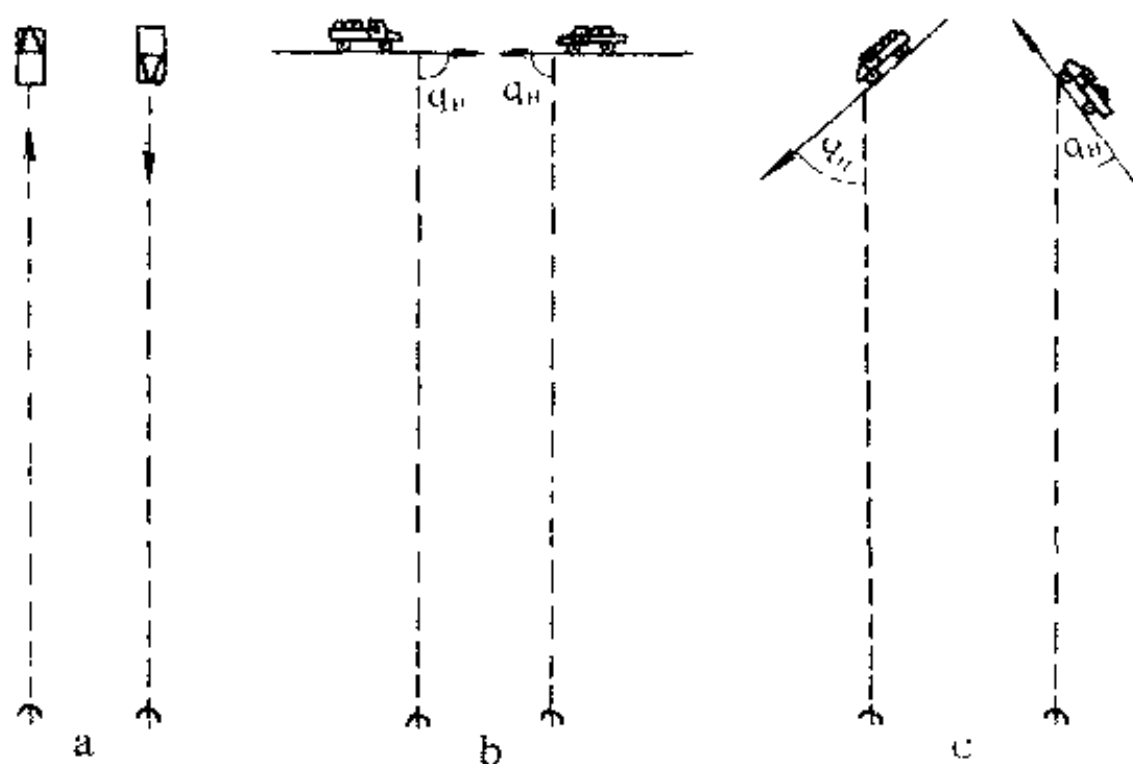


图 5.4.5 目标航向

a. 正向; b. 侧向; c. 斜向

目标运动方向以航向角 q_H 表示，航向角即目标运动方向（目标航向）与正对武器方向之间的夹角。当航向角 $q_H = 0$ 时，

目标航向为正向；当航向角 $\varphi = 90^\circ$ 时，目标航向为侧向；当航向角不等于直角时，目标航向为斜向（图 5-4-5）。

下面讨论对运动目标射击时开始诸元的准备程序。

设用半自动步枪进行射击，目标为400米距离上沿前沿奔跑的人形（目标运动速度 $v_u = 3$ 米/秒）。

如果以表尺4直接瞄准 A_0 （图 5-4-6）进行发射，显然不可能命中，因为在弹丸飞行期间目标移动到 A_y 点，位移量即直线提前量。

$$S = v_u t_u$$

式中： t_u ——弹丸达到400米射程的飞行时间。

为了在上述条件下命中目标，必须在不改变表尺装定的情况下将射向沿目标运动路线移动一个提前量 $v_u t_u$ 。

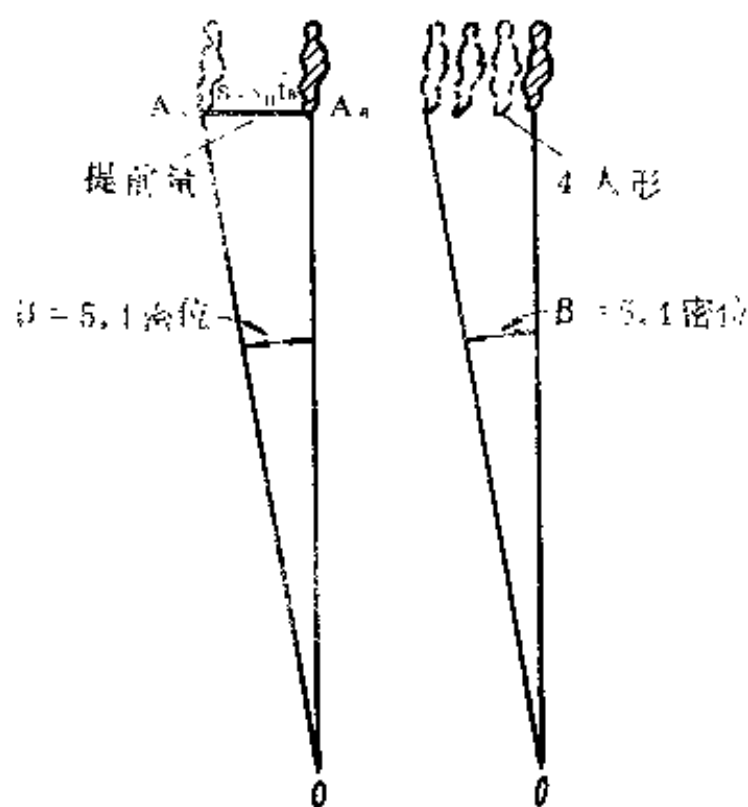


图 5-4-6 方向提前量

求直线提前量。为此首先要从表中查出弹药飞行时间 $t_0 = 0.72$ 秒，然后将此值代入下式。

$$S = v_0 t_0 = 3 \times 0.72 = 2.16 \text{ 米}$$

但实际地确定以米计算的提前量是不可能的，故通常以目标的轮廓、即以人形计算，设人形宽等于0.5米，则瞄准点人约高前置4个人形（ $2.16 : 0.5$ ）。因此，在该射程上方向修正角（方向提前量）将等4。

$$\beta = \frac{2.16}{0.001 \Delta} = \frac{2.16}{0.001 \times 400} = 5.4 \text{ 密位}$$

当目标在射面内运动时，以及在某些情况下以斜向运动时（如航向角很小或目标速度很快）要考虑距离提前量（操作时间提前量）。

用这一提前量来修正距离上的改变，即指挥员准备开始诸元、下达命令、计算射击准备（操作时间）所需时间内目标的行程。如果操作时间 $t_p = 30$ 秒，则目标运动速度为 $v_0 = 3$ 米/秒时目标的位移量（提前量）等于： $Y_{av} = 3 \times 30 = 90$ 米，或大约等于1个表尺分划。如果目标运动速度 $v_0 = 10$ 米/秒，则 $Y_{av} = 10 \times 30 = 300$ 米，即3个表尺分划。所以实际上装定的表尺小于（大于）开始距离，对步行目标为1—2个分划，对摩托车目标为2—3个分划。

利用缺口式表尺还可对空中目标射击（枪对空中目标（飞机、直升飞机、伞兵）射击时，通常是在500米距离上用表尺3。由于弹道平直和目标高低角大，表尺3可保证在这一距离上平均弹道通过目标自身高度。

↑ 若弹药飞行期间目标在射面内的位移很小，则在实际计算中，不予考虑距离修正量。

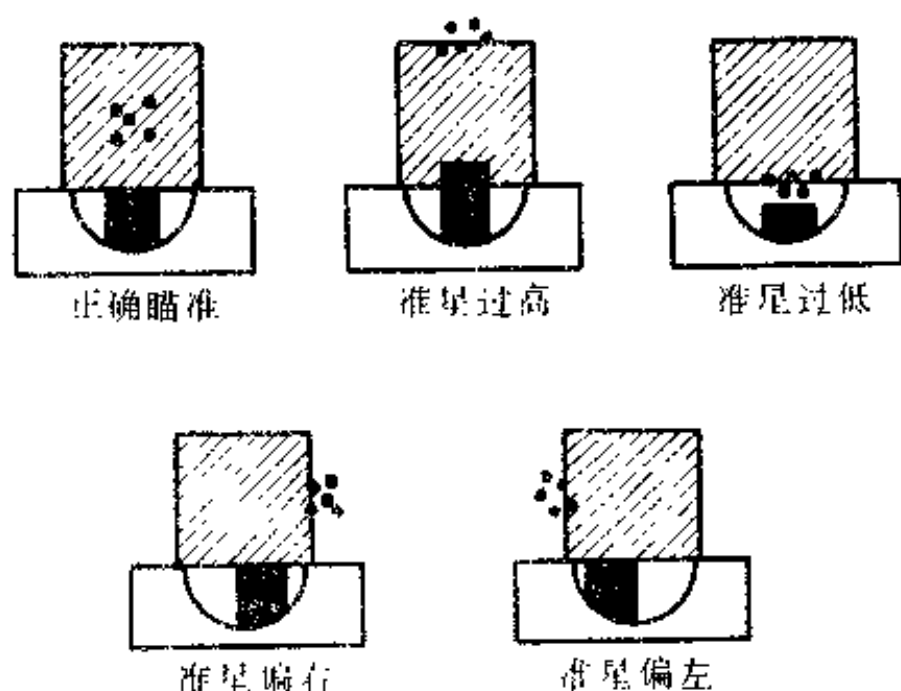


图 5-4-7 瞄准有误差时弹丸的可能偏差

对空中目标射击时方向提前量的求法同于对地面运动目标射击时。

利用缺口式瞄准具对地面目标射击时很重要的一点是：射手应保持准星对准照门上沿中心（保持与准星齐平），因为即使准星稍有变动，也会使平均弹道偏离瞄准点。

瞄准中最典型的误差如图 5-4-7 所示：

- 1) 准星偏右（偏左）——平均弹道偏右（偏左）；
- 2) 准星偏高（偏低）——平均弹道偏高（偏低）；
- 3) 枪面倾斜——平均弹道偏向倾斜一侧和偏低。

举例说明之。用冲锋枪和重机枪在400米射程上射击。设瞄准时有同样误差：准星向一侧偏移0.5毫米。求在两种情况下瞄准误差对平均弹道偏离瞄准点的影响（图 5-4-8）。

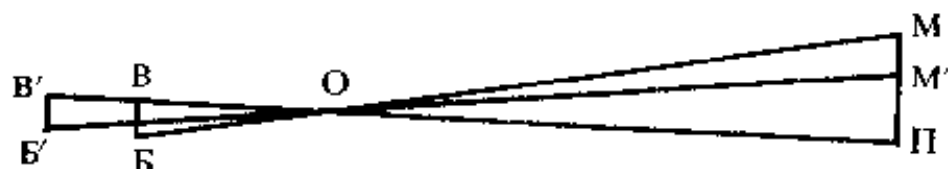


图 5-4 8 瞄准基线长度对平均弹道偏差的影响

已知冲锋枪的瞄准基线长 $l_0 = 378$ 毫米, 重机枪的瞄准基线长 $l'_0 = 855$ 毫米; $BB' = B'B' = 0.5$ 毫米(根据假设条件); $OB = l_0 = 378$ 毫米; $OB' = l'_0 = 855$ 毫米; $OП$ ——射程等于 400 米; $ПM'$ 和 $ПM$ ——机枪和冲锋枪的平均弹道偏差。

三角形 BOB 和 $MOП$ 、 $B'O B'$ 和 $M'OП$ 相似, 故:

$$ПM = \frac{BB' \cdot OП}{OB} = \frac{0.5 \times 400000}{378} \approx 529 \text{ 毫米或 } 52.9 \text{ 厘米。}$$

$$ПM' = \frac{B'B' \cdot OП}{OB'} = \frac{0.5 \times 400000}{855} \approx 234 \text{ 毫米或 } 23.4 \text{ 厘米。}$$

本例说明, 准星与照门缺口的偏差能引起很大的射击误差, 尤其是用短枪管武器射击时。

准星偏高(偏低)能引起平均弹道在高低上的偏差。此时的偏差量与方向上的偏差量情况一样。

必须指出, 在保持表尺缺口上沿和准星齐平, 对中的条件下, 瞄准线相对于瞄准点的微小偏移对平均弹道偏差没有大的影响, 对射击精度的影响实际上也较小。

枪面倾斜对射击结果有所影响, 从图 5-4-9 看出, 当正确瞄准时, 弹道通过 $П$ 点。若武器向右(向左)倾斜 ν 角, 则发射线的延长线描出以 T_n 为中心、 $T_n R$ 为半径的圆的弧 $П_1 П_2$ 。因此, 弹道与目标的交点 $П_1$ 将向右(向左)偏和低于 $П$ 点。

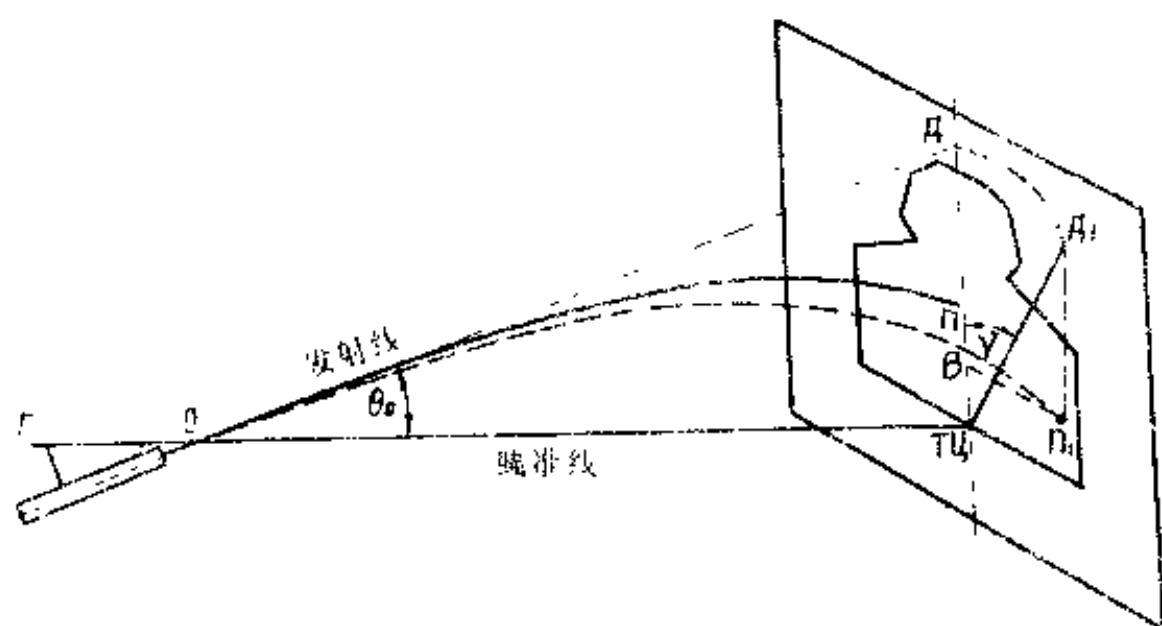


图 5-19 自动步枪枪面倾斜示意图

正如计算所表明，在射程不大的情况下，方向偏差 BH 和高低偏差 BI 均较小。例如，冲锋枪在200米射程上用表尺3射击，枪面倾斜角 $\gamma = 5^\circ$ ，平均弹着点的方向偏差约为10厘米，高低偏差为0.4厘米；在400米射程上的方向偏差为27厘米，高低偏差为1.2厘米。

因此，当射程较短时，枪面倾斜对射击精度无明显影响。但这并不意味着允许枪面倾斜，如轻机枪以倾斜枪面在700—800米射程上射击时方向偏差相当可观。此外，若瞄准具位置倾斜，则会增加瞄准时的困难，加大瞄准误差，以致射击准确度显著降低。

缺口式瞄准具是枪械用的主要瞄准具。利用它可取得在中、近射程上射击的良好效果。使用缺口式瞄准具时的瞄准

精度取决于是否善于保持眼睛与表尺缺口的相对位置不变、目标的外形尺寸、照明条件及目标距离。在看得清目标的情况下，随着射击距离的增加，目标的视角将逐渐变小。因此瞄准误差将随之增大。

试验表明，使用缺口式瞄准具时，瞄准误差的最大值为 $2' \sim 6.5'$ 或 $0.5 \sim 1.8$ 密位。此值随目标的性质、照明条件等的不同而改变。

二、照准器式瞄准具

为使瞄准更加简便和改善射击准确度，制造出所谓照准器式瞄准具。这种瞄准具的表尺结构为一带中心圆孔的板，孔的直径为 1.5 毫米左右；此板称照准器（图 5-4-10）。准星有各种形状：矩形的、环形的以及顶端呈球状的。

图 5-4-11 为照准器式瞄准具的结构原理。

照准器式瞄准具有以下优点：
准星顶端与照准孔形成的视角较小，因此眼睛可以不费力地将照准孔中心对准准星，然后瞄向目标。准星顶端相对于照准孔中心的跳动是不可免的，但由于视场小，跳动的直线量也就很小。

此外，为不过份减小视场，照准器式瞄准具安装在机匣后部、靠近射手眼睛的地方，这样可加长瞄准基线，从而提高射击准确度。

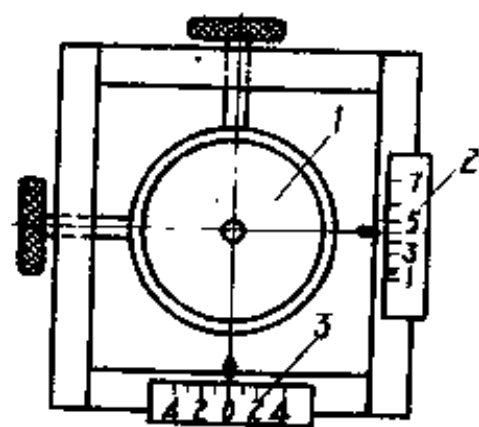


图 5-4-10 照准器结构图

- 1、照准器； 2、瞄准角分划板；
3、方向修正分划板。

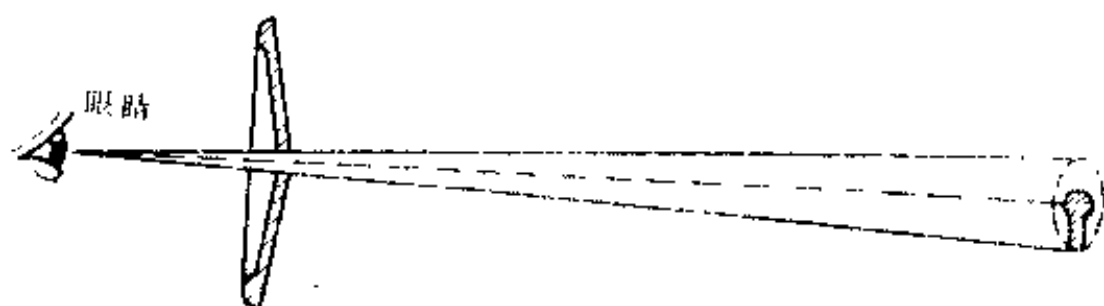


图 5-4-11 照准器式瞄准具构造原理图

但与缺口式瞄准具相比，照准器式瞄准具也有缺点。

因为照准孔小，故视场很受限制，于是增加了搜索目标和对闪现目标、运动目标射击时的困难。另外，照准孔易被尘土、雪等所堵塞。

照准器式瞄准具由于有这些缺点而未被广泛用于战斗武器，小口径运动枪和7.62毫米竞赛枪采用此种瞄准具。在射击比赛中，照准器式瞄准具有助于获得优良成绩。

三、光学瞄准具

光学瞄准具用来对较小视角下观察到的远目标和小目标进行射击，以及在能见度有限的情况下进行射击。

步枪光学瞄准具是带光学部件的普通镜筒（图5-4-12）。光学部件由物镜、转向系统和目镜组成。在物镜的焦面上形成缩小的物体倒像。倒像通过转向系统成为正像。目镜用来观察放大的物体正像。

在物镜焦面上有带瞄准刻线的镜框。为了能在各种射程上射击和考虑风及偏流的方向修正量（或目标的运动），瞄准具有专门的调整机构，利用它们通过移动瞄准刻线就可装定瞄准角和方向修正角。

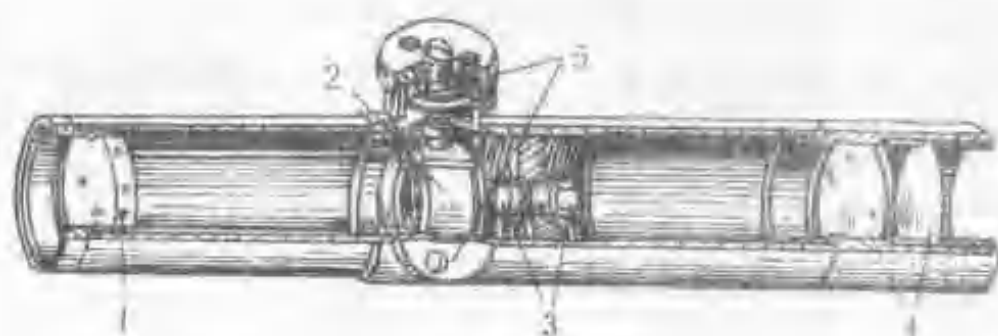


图 5-4-12 光学瞄准具剖视图

- 1—物镜；2—带瞄准刻线的透镜；3—转动系统
4—目镜；5—瞄准角和方向感正角固定机构

在光学瞄准具中，目标的像和瞄准刻线位于同一平面上。通过目镜可同时看到。瞄准时射手只需将瞄准刻线尖端对准目标。因此，利用光学瞄准具进行瞄准的好处是迅速、准确和减少疲劳。实践证明，利用ПУ型瞄准具瞄准时，最大误差在0.09—0.3密位范围内。

ПУ型瞄准具的战术技术诸元如下：重270克，长169毫米，视场 $4^{\circ}30'$ ，倍率3.5，入瞳直径21毫米，出瞳直径6毫米，出瞳距离72毫米^{*}。

必须指出，光学瞄准具的出瞳距离总是较大。这是为了保护眼睛在武器后坐时免受目镜碰撞，也为了便于进行瞄准。

瞄准具在武器上的位置应经过正确计算，使射手在正确瞄准姿势下眼睛对准出射光瞳。仅在此种情况下，瞄准具视场内各点的光线都能进入眼内。若不遵守这一要求，则会产生

* 入射光瞳与出射光瞳：限制光束投射到物镜上的孔称为入射光瞳，其直径称入瞳直径。一般由物镜框或有效光阑决定，入射光瞳的光线经过目镜后成像的象称为出射光瞳，其直径称出瞳直径，其距目镜之距离称为出瞳距离。

在瞄准误差。如果射手眼睛离出射光瞳过近或过远，则瞄准具视场内将出现圆形暗影，使视场缩小，并增加观察和射击的困难。如果眼睛位置偏向瞄准具光轴的一侧，则在瞄准具视场内眼睛偏向的一侧会出现月牙形暗影，此时弹丸偏向暗影相反一侧，如图 5-4-13 所示。

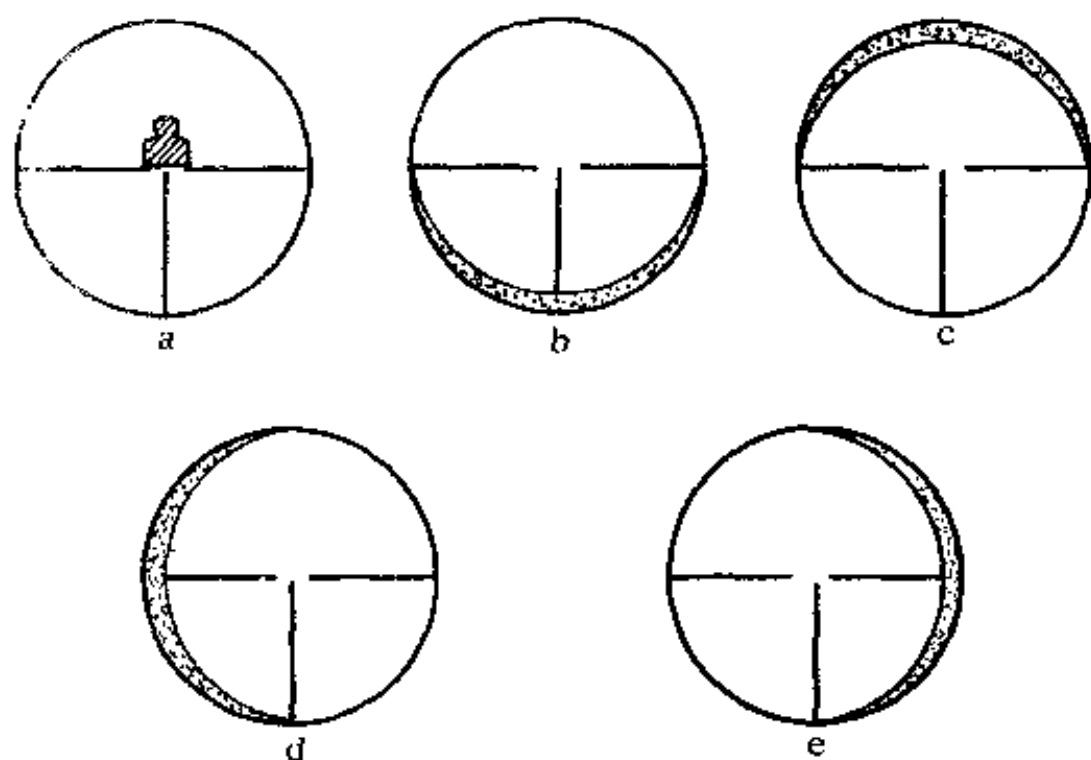


图 5-4-13 通过光学瞄准具瞄准时的误差

- a、正确瞄准；
- b、暗影在目镜下沿——平均弹着点偏高；
- c、暗影在目镜上沿——平均弹着点偏低；
- d、暗影在目镜左沿——平均弹着点偏右；
- e、暗影在目镜右沿——平均弹着点偏左。

四、地面用夜间瞄准具

一般的机械和光学瞄准具只能适用于白天瞄准射击。夜间使用这些瞄准具瞄准就相当困难或不可能。虽然一些步兵

用瞄准具在照准装置上增加了照明或涂以发光物质，但这种瞄准具只能对本身发光的可见目标瞄准，对于不发光的目標，由于难以看清目标，所以不能实施精确的瞄准

很久以前人们就非常重视夜间瞄准具的研究和发展工作早在第二次大战期间一些国家就使用了主动红外瞄准具，战后几十年夜间瞄准具得以迅速的发展。不仅装备了主动红外瞄准具，而且大量装备了各种微光夜视仪。近年来对“热成像”技术也进行了开发工作，今后将得到进一步的发展和应用

下面主要介绍红外线及其性能、主动红外及微光夜间瞄准具的基本构造原理

1. 红外线及其性能

1800年英国天文学家威廉·赫舍尔在研究太阳光谱彩色线的温度时发现在红区边界之外温度计还受热，这种现象证明了在红区之外有一种人眼看不见的光，人们把这种不可见的光谱称为“红外线”

根据光的电磁理论，光就是一种电磁振荡。单色辐射的波长就是这种振荡在一个周期内传播的距离，各种光的波长如表5-3

其中从红光到紫光的谱段为可见光，其它谱段都是不可见光。

任何发热的物体都要辐射红外线，红外线具有热效应，例如太阳辐射的总能量中红外线占60%，在普通白炽灯中红外线的能量约占全部辐射能的95%，仅5%左右是可见光。

红外线的特性接近红光，并遵守光学的反射、折射定律。在波动性方面它也具有干涉、绕射、偏振等性能

表 5 - 3

谱 段	波 长	谱 段	波 长
红 外 线	500 - 0.780	青 光	0.500 - 0.580
红 光	0.780 - 0.620	兰 光	0.480 - 0.450
橙 光	0.620 - 0.585	紫 光	0.450 - 0.380
黄 光	0.585 - 0.575	紫 外 线	0.380 - 0.01
黄 绿 光	0.575 - 0.550	伦琴射线	
绿 光	0.550 - 0.510	γ 射 线	

与可见光不同的是它可以比较容易地通过某些物质，如黑色照像纸、厚胶木、厚纸板等。

像光线一样红外线以约300,000千米/秒的速度由辐射源向各方面传播。

2. 主动红外瞄准具的基本构造及工作原理:

主动红外瞄准具主要由以下几部分组成: 物镜组、目镜组、光电转换管、电源及红外探照灯。其工作原理简图如图 5-4-14。

所谓主动红外瞄准具就是在该瞄准装置上装有红外探照灯，用以照明目标。红外探照灯一般有两种: 一种是用普通白炽灯作光源加上红外线滤光板，它可吸收可见光而只让红外光通过; 另一种是用专门的材料制作的只发出一定波长红外光线的光源。红外探照灯用低压电源供电。

当打开红外探照灯把目标照亮时，目标把一部分红外光反射到瞄准具的物镜组上，物镜把目标成像在光电转换管的光电阴极上。

光电转换管是一个抽成真空的玻璃管，管的一端是一个

特制的光电阴极，当红外线照射上面时便产生电子，照射到光电阴极各个点上的光通量越大，则光电阴极上对应点所发射的电子也愈多，目标上各点反射不同数量的红外线，光电阴极便在对应点上发射不同数量的电子。

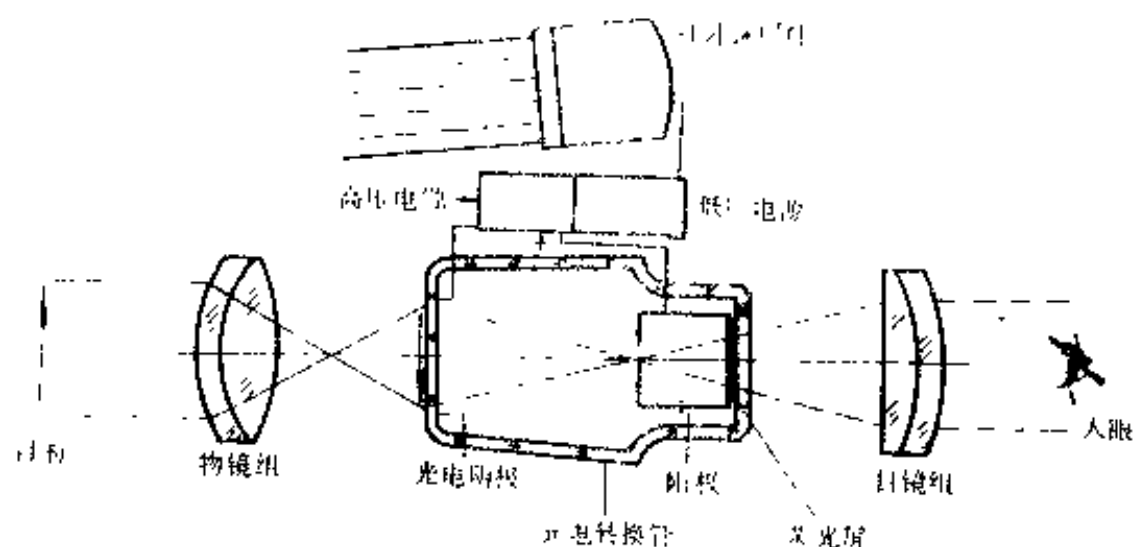


图 5-1-14 主动红外瞄准具工作原理简图

光电转换管内装有阳极，管的另一端是荧光屏。当光电转换管接通高压电源后，光电阴极发射的电子在电场作用下向带“+”电荷的阳极运动并被加速。电子打在荧光屏上。在向荧光屏运动的路程中静电场使电子流聚焦。这种聚焦作用与光线被光学透镜聚焦相似。电子流聚焦的结果使荧光屏产生更加清晰的影像。高速电子流撞击荧光屏，荧光屏就能发出较其吸收光的波长更长一些的可见光。

因为光电阴极每一点抛出一定数量的电子，所以严格地说，落到荧光屏每一点上的电子数量也是一定的。荧光屏上每一点的亮度决定于落到荧光屏各个点的电子数量。落点发

光屏某一点上的电子愈多，则该点发出的光愈多，它也就愈明亮

荧光屏上肉眼可见的目标各点的影像，其发光亮度与物体表面上各点由红外线探照灯所造成的亮度的分布相对应。荧光屏上的像通过目镜组的放大作用，人眼便可看到被观察的目标。

瞄准具上还装有瞄准分划及高低方向修正装置，以保证夜间射击的准确性。

由于主动红外夜间瞄准具要使用红外线探照灯，这就非常容易被敌人反红外器材发现，所以主动红外夜间瞄准具逐渐被微光夜视瞄准具所取代。

3. 微光夜间瞄准具

微光夜间瞄准具亦称被动式红外瞄准具，其工作时不用红外探照灯照明目标，而利用微弱光照下目标所反射的光线来观察和瞄准目标。微光瞄准具的构造示意图如图 5-4-15 所示。

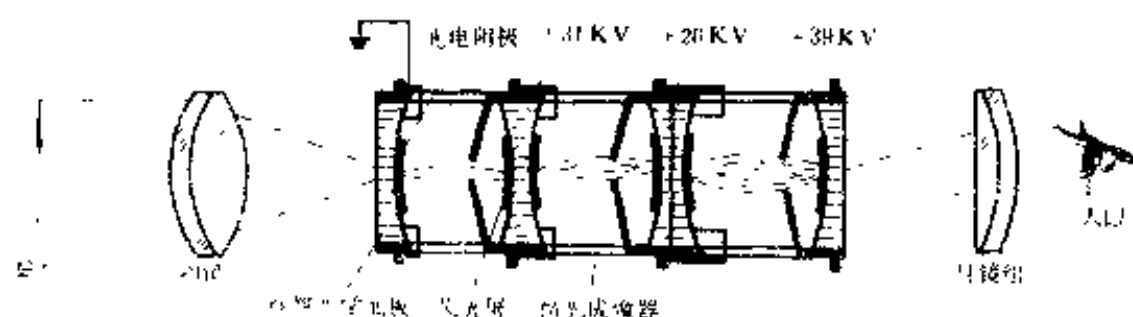


图 5-4-15 微光成像系统示意图

其简单工作原理是：来自目标的辐射由物镜会聚并成像

于微光成像器的光电阴极上，光电阴极将从目标辐射的光子转换成光电子，在电场的作用下将其加速并聚焦在荧光屏上。微光成像器是利用纤维光学面板将三个单级像增强管耦合在一起，这是为了有足够的增益，从而得到可见的目标影像。

荧光屏上的影像再经过目镜放大，人眼便可以看到微光下目标的像。

在研制的第二代第三代微光成像器件中，它只用了一个单管，管内装有一块由几十万个二次电子倍增通道组成的微通道板，用来保证足够的增益，使像有足够的亮度。这样就解决了耦合结构的体积、重量、高电压和防强光等问题。

微光夜视器从六十年代以来，经过几代的研制，在一些发达的国家得到了比较广泛的应用。不仅制成了微光夜间瞄准具，而且制成了各种夜间用的观测器材。今后还将进一步地开发和应用。

五、枪用高射瞄准具

由于现代高射瞄准具极为复杂，关于其构造的详细叙述载于专门教程内。现仅对高射瞄准原理和瞄准具的基本构造加以简要说明。

射击飞机同射击地面运动目标一样，需予先求出提前量。因为空中目标运动速度很快，并可在空间作任意方向飞行，故利用一般枪械瞄准具很难实施有效射击，有时是不可能的。因此，为提高射击效率，机枪（主要是大口径机枪）装有专门的高射瞄准具。

现代高射瞄准具可保证在装定输入诸元后找到弹丸与目标在空间的相迁点，即解决所谓命中问题。

的夹角 $\angle Q_1P_1O_1$ 。有时用航向参量 p 代替航向角 Q_1 。航向参量是由机枪到目标航向在枪口水平面的投影之间的最小距离。

运动参量在观测目标时确定，但发射后它们可能改变。这里假设当弹丸飞至提前点的时间内（提前时间内）目标作直线等速水平运动或沿固定方向的斜线运动。这两个假定是高射瞄准具解决命中问题的基础。

解决命中问题的几何原理如图 5-4-17 所示。

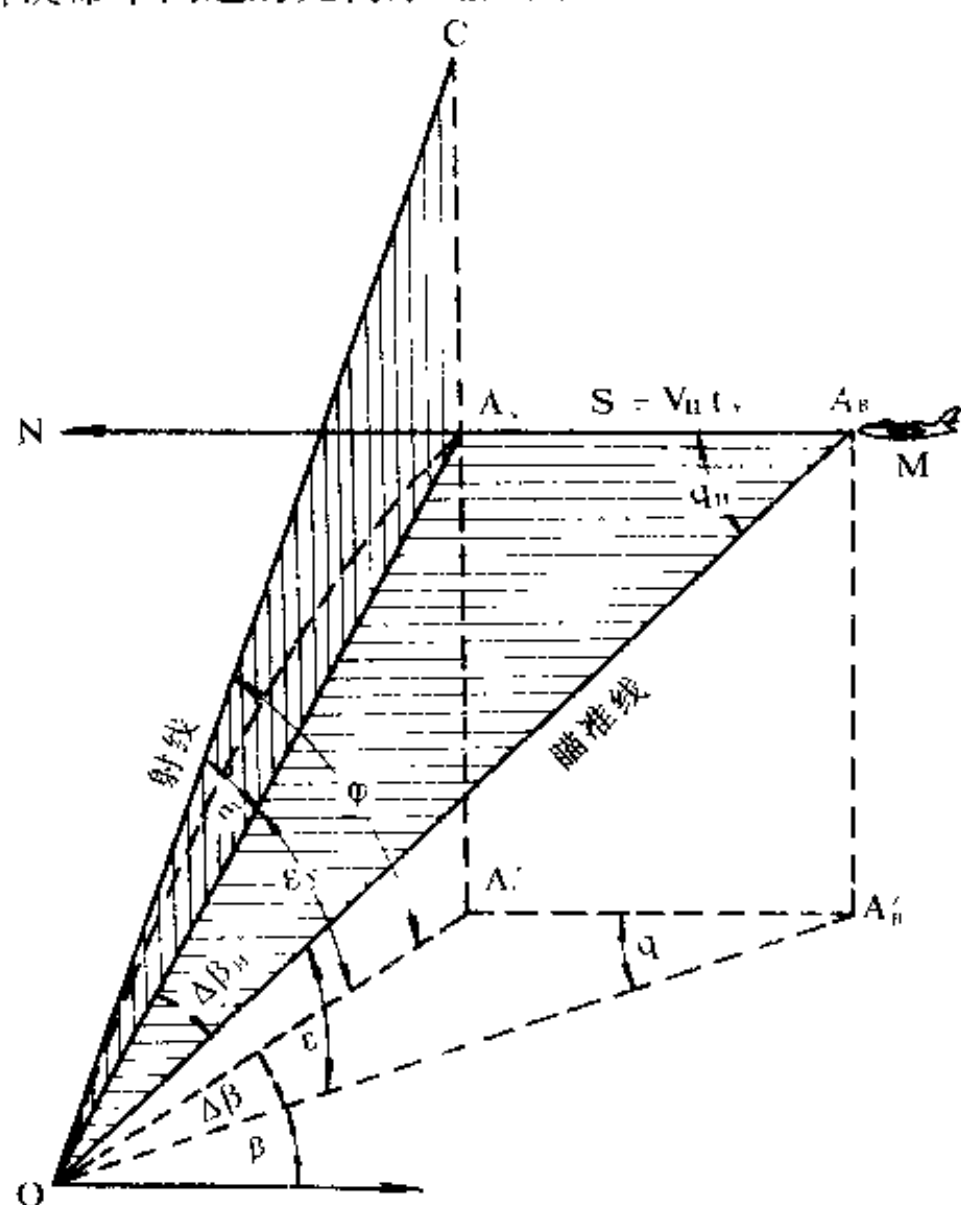


图 5-1-1: 解决命中问题的示意图

设目标在MN方向上作直线等速运动，且沿航向角 φ_0 水平飞行。在给定瞬间目标位于 A_0 点，若将瞄准具瞄向 A_0 点并进行射击，则目标在弹丸飞行时间内已到达 A_y 点，即由 A_0 点沿MN移动：

$$S = v_0 \cdot t_y$$

式中： v_0 ——目标速度；

t_y ——弹丸在 OA_y 距离上的飞行时间。

此外，弹丸在重力作用下沿枪膛轴线延长线下降。为使弹丸命中目标，当目标位于 A_0 点时就应将武器瞄向C点进行发射。也就是说，武器以方向角 $\beta + \Delta\beta$ 和射角 $q = \alpha_1 + \varepsilon_v$ ，其中 $\alpha = \beta + \varepsilon_v \cos \gamma$ （ α 较小时的林德公式）

将 A_0 、 A_y 、 A'_y 、 A'_0 和C与O点相连接，得三角形 OA_0A_y 、 $OA'_0A'_y$ 和 OA_yC 。三角形 OA_0A_y 和 $OA'_0A'_y$ 称提前三角形；前者在目标航向斜面内，后者在水平面内。垂直面内的三角形 OA_yC 称弹道三角形。

在提前三角形中：

A_0 ——发射时目标点（发射瞬间目标位置）；

OA_0 ——当时斜距离；

OA'_0 ——当时水平距离；

A_y ——提前点（ A'_y ——水平面上提前点）；

OA_y ——提前斜距离；

OA'_y ——提前水平距离；

A_0A_y ——目标在提前时间 t_y 期间的行程

（ $A_0A_y = S = v_0 t_y$ ）；

t_y ——提前时间，设其等于弹丸在距离 OA_y 上的飞行时间；

$\Delta\beta$ ——角提前量（在目标航向斜面内的—— $\Delta\beta$ ）

ε_y ——提前点 A_y 的高低角；

OA_x 、 ε_y 、 $\beta + \Delta\beta$ ——提前点 A_y 的坐标

为了有效射击首先应利用瞄准具构成提前三角形和弹道三角形。这一任务是比较特殊的，因为要完成这一任务必须知道提前点 A_y 的坐标，它们取决于 $S = v_{Hx} \cdot t_y$ （ $A \cdot A$ ）的大小和方向，同时 $S = v_{Hx} t_y$ 本身又与提前点的坐标有关。因此，提前三角形和弹道三角形是近似完成的，但对实际应用有足够的准确性。下面讨论如何基本完成这些三角形（ $OA \cdot A_x$ 和 $OA_y \cdot C$ ）。

空间的提前三角形 $OA \cdot A_y$ 是通过在武器上构成相似的提前三角形 $Oa \cdot a_y$ 来完成的。利用高射瞄准具就可构成符合给定射击条件的提前三角形。空间的弹道三角形也是通过这种方法完成的。

根据武器的种类和解决命中问题的精确度，高射瞄准具有不同的结构，通常是比较复杂的。

最简单的一种是所谓的环形缩形瞄准具，如图5-4-18所示。瞄准具由基座和前、后照准器组成。前照准器由固定在支架上的四个同心环和套环（中心环）所组成，此支架以及环的平面在射击时始终应垂直于瞄准线 OA 。后照准器为固定在后支架上的小球形体（球形照门）。前后支架相互平行。瞄准具的安装位置使通过球形照门和中心环的零位瞄准线位于射面内或至少平行于射面。

瞄准具的构造原理基于：提前三角形是由前照准器环的半径大小（ $R = a_x, a_y$ ）和瞄准基线长 l 决定的，而环的半径大小和瞄准基线长度则是根据目标坐标和航向斜面内运动参

量所选定的。

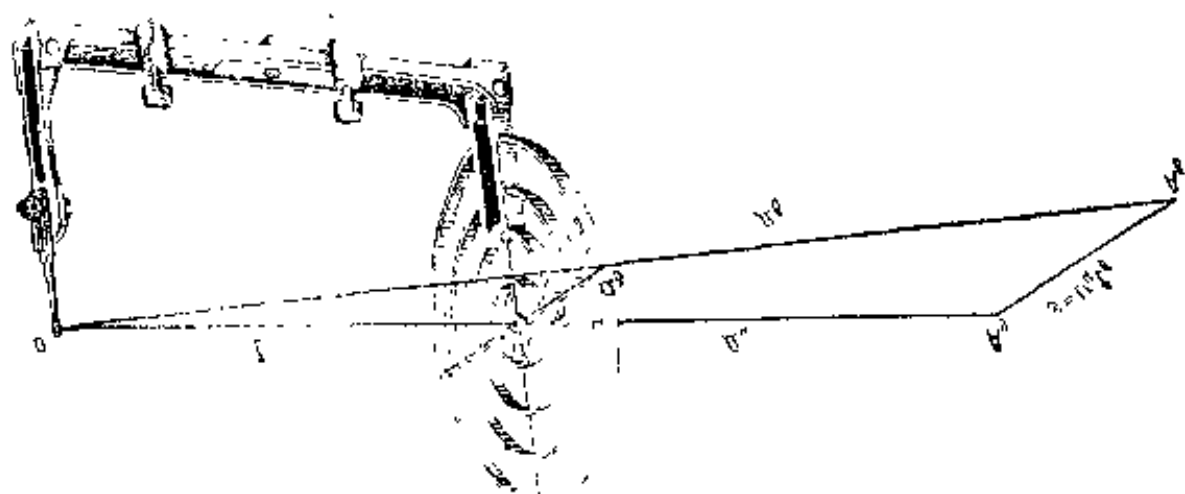


图 5-4-18 高射缩形瞄准具

在 $OA_y = OA_B$ 和 $t_y = t_B$ 条件下解决命中问题示意图

下面讨论如何用缩形瞄准具完成提前三角形。

设用重机枪对以下目标射击：目标座标 $OA_B = \Delta_B = 1000$ 米，目标高低角 $\varepsilon = +60^\circ$ ，方位角 $\beta = 0^\circ$ ；运动参量——速度 $v_H = 600$ 公里/小时，航向角 $\theta_H = 90^\circ$ ，俯冲角 $\lambda = 0^\circ$ ，即目标作水平飞行。

设在弹丸飞行时间内目标沿水平面作直线等速运动。则可认为不管目标高度如何，其在相等斜距离上的飞行时间是不变的。

为完成三角形，如图 5-4-18 所示，应知道提前斜距离 $OA_y = \Delta_y$ 以及弹丸在飞行 Δ_y 距离时目标的行程 $s = v_H \cdot t_y$ ，但如前所述这些值是互相关联的，故不能准确求出。

假设距离 $OA_y = OA_B$ 和时间 $t_y = t_B$ ；由此得出目标在弹丸飞行时间内的行程为 $s = v_H \cdot t_B$ ，式中 t_B ——弹丸在 Δ_B

距离上的飞行时间

由于三角形 $OA_B A_y$ 和 $Oa \cdot a_y$ 相似，故可写出下式：

$$\frac{R}{v_{\text{II}} t_{\text{II}}} = \frac{l}{OA_B}$$

$$R = l \cdot \frac{v_{\text{II}} \cdot t_{\text{II}}}{OA_B} \quad \text{和} \quad l = R \cdot \frac{OA_B}{v_{\text{II}} \cdot t_{\text{II}}}$$

实际上用 OA_B 相应距离上弹丸飞行平均速度 v_{cp} 和同一距离上弹丸飞行时间的乘积 $OA_B = v_{\text{cp}} \cdot t_{\text{II}}$ 来表达距离 OA_B 更为方便。用此值代替 OA_B 和消去 t_{II} 便得出所谓计算式：

$$R = l \cdot \frac{v_{\text{II}}}{v_{\text{cp}}} \quad \text{和} \quad l = R \cdot \frac{v_{\text{cp}}}{v_{\text{II}}}$$

根据使用方便这一要求，选择瞄准具作图比例 K 。因为半径长度 R 与目标运动速度 v_{II} 成正比，所以对各种瞄准器的环来说 $R : v_{\text{II}} = K$ 是一常数。因此 $R = v_{\text{II}} \cdot K$ (R ——毫米， v_{II} ——米/秒)。

如果作图比例 $K = 0.479$ ，则目标速度 600 公里/小时 (167 米/秒) 对应的环半径 $R = 167 \times 0.479 \approx 80$ 毫米；而速度 $v_{\text{II}} = 450, 300, 150$ 公里/小时时，对应的环半径 $R = 60, 40, 20$ 毫米。

现在我们来求瞄准基线长度，为此首先求弹丸飞行平均速度 v_{cp} 。

$$v_{\text{cp}} = \frac{OA_B}{t_{\text{II}}} = \frac{1000}{2.06} \approx 485 \text{ 米/秒}$$

$$l = R \frac{v_{\text{cp}}}{v_{\text{II}}} = K v_{\text{cp}} = 0.479 \times 485 \approx 232 \text{ 毫米}$$

严格地说，瞄准基线长度 l 应该与每一射程成正比。但

为了便结构简单，对这一要求忽略不计而将瞄准基线长度 l 取为常数。

这样，在下列条件中，如果瞄准通过圆球形照门即直径为 60 毫米的环上的一个点，在该点上，使目标看上去似乎向环的中心航行，这时在瞄准器上将形成一个满足上述条件的提前量三角形，而借助于这个三角形，在 OA_0A 空间内将形成相似提前量三角形。此时，角提前量等于：

$$\Delta\beta_0 = \frac{V_{\text{目标}}}{V_{\text{炮}}} \cdot 1000 \text{ (密位)}$$

这样就解决了命中问题的一部分——提前量计算。

弹道三角形的求解必须按式 $\alpha_1 = \alpha_0 \cos \varepsilon$ 考虑目标高低角。本例中 $\alpha_0 = 55'$ ， $\cos 60^\circ = 0.5$ ， $\alpha_1 = 55 \times 0.5 = 27'$ 。

多数瞄准器，甚至比环形更复杂的瞄准器，都采用固定的瞄准角。通常当 $\varepsilon = 0$ ，对应距离为 1000 米。

这样，又解决了命中问题的另一部分。瞄准器中的瞄准角必须考虑球形照门和环中心对枪膛轴线的高差。

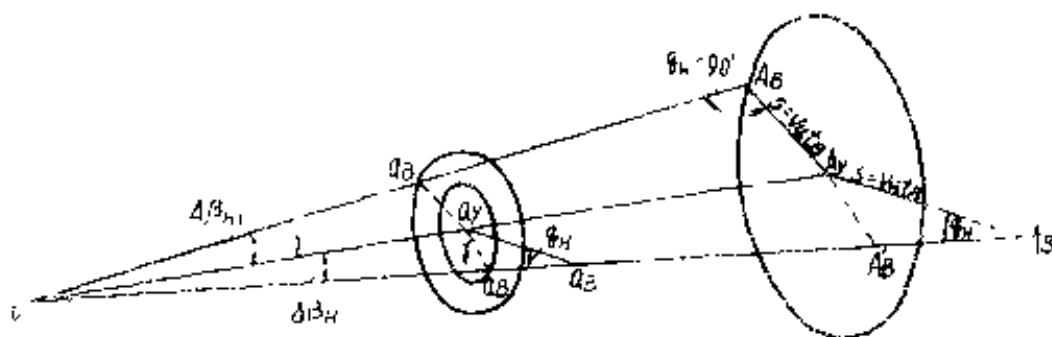


图 5-4-10 航向角不等于 90°，前瞄准器与
照准线 Oa' 垂直时求解命中问题

带有与照准线垂直布置的照准器使用方便，可以在瞄准过程中计算提前量，不仅在航向角等于 90° ，而且在航向角不等于 90° （即目标航向不平行于照准面（照准环）的情况下，也能计算提前量。

在此情况下，把目标航向看作是所谓投影面（与照准线垂直的平面）上的投影。在相应的环上瞄准时，如果正确选择照准点 a_n （使目标向中心移动），投影 $A'_n A_n$ 总是平行于半径 $\gamma = a'_n a_n$ （图5-4-19），两个三角形 $OA'_n A_n$ 和 $Oa'_n a_n$ 相似。

$$\gamma = l \cdot \frac{V_n}{V_{cp}} \sin \alpha_n \quad \text{或} \quad \gamma = R \cdot \sin \alpha_n$$

例如，到目标的距离 $L_n = 1000$ 米，目标运动速度 $V_n = 600$ 公里/时（167米/秒），航向角 $\alpha_n = 50^\circ$ ，

$$\begin{aligned} \text{则} \quad \gamma &= l \cdot \frac{V_n}{V_{cp}} \cdot \sin \alpha_n \\ &= 0.232 \times \frac{167}{485} \times 0.766 \\ &\approx 61 \text{ 毫米} \end{aligned}$$

此时，瞄准点应选在 $R = 60$ 毫米的环上。如航向角等于 30° ，则 $\gamma = 69$ 毫米，瞄准点应选在 $R = 80$ 毫米和 $R = 60$ 毫米两环之间。

由于瞄准基线长 l 通常为一常数，因此，环半径与目标速度、航向角以及到目标的距离有关。这些数值都应代入式中。根据这些数值，利用专门编制的表格求瞄准过程中的提前量（对环形瞄准器来说，就是求环号）。

通常根据飞机型号确定目标速度，目测距离和航向角。

实际上可以根据观察者看到的飞机机身长度与其实际长度之比（即飞机的缩影比）来求 $\sin \alpha_0$ 。因此，目标航向用目标缩影^①来计算，作为代入式中的数值取缩影等于：1/4（15°～165°），1/2或2/4（30°～150°），3/4（50°～130°）及4/4（90°）。由此得出瞄准具名称——高射缩影瞄准具。这种瞄准具还包括光学照准器（即单环或多环瞄准镜）以及更为复杂的瞄准镜。

环形瞄准具除了不能计算出距离提前量以外，最大的缺陷是瞄准时在环上或两环之间都没有固定瞄准点，而必须选一假定的点。这就造成相当大的瞄准误差，此外，训练瞄准手要花很多时间。

还有一种没有上述缺陷的自动高射瞄准具。这种瞄准具结构复杂，但和缩影瞄准具一样也是应用提前量三角形和弹道三角形这一原理。

注①，如果在三角形 $A_0 A_R A_1$ （图 5-4-19）中取 γ 边为原值， α 取 $A_0 A_1$ 边为瞄准时所看到的机身长度，不难看出目标缩影在数值上等于 $\sin \alpha_0$ ，因为 $A_0 A_1 = \gamma \sin \alpha_0$ 。

第六章 弹道形状及其实用意义

第一节 关于弹道低伸性的一般概念

具有不同弹道特性（如初速）的弹丸在同一射程上射击时，其弹道形状各不相同。

在射击实践中常要比较几种武器在同一射程上或同一种武器在不同射程上射击时弹丸的弹道。在这些情况下弹道形状是以其在瞄准线上的高度来表示的。在瞄准线上高度较小的弹道称低伸弹道。此外，弹道低伸性可按落角大小来衡量，落角愈小，则弹道愈低伸。

下面举例比较连用机枪和冲锋枪在同样射程上的弹道高（表 6-1）。

表 6-1

武器	初 速 米/秒	表 尺	距 离 (米)					
			50	100	150	200	250	300
连用机枪	810	3	7	15	19	19	13	6
冲锋枪	710	3	14	28	33	31	21	0

弹道高单位：厘米

从表中看出，机枪射击时的弹道比冲锋枪射击时的弹道更低伸。

弹道低伸性取决于射程和弹丸的弹道性能

对弹道低伸的武器而言，弹道高随射程的增加而增加，而弹道低伸性却愈来愈差。

弹道形状对射击效率有很大影响。

第二节 表尺危险界及直射距离

射击精度取决于多种因素，其中包括表尺高度与目标真实距离的相符程度。但在有些情况下，由于弹道低伸，对距离的测量误差实际上不影响射击结果。



图 6-2-1 表尺危险界

假设射手以同一表尺高度射击位于不同距离上的高度相同的目标，同时不改变瞄准点。不难看出（图 6-2-1），此时 CA 段 OB 段上的目标可能被命中，即目标位于表尺危险界内。

表尺危险界通常只取落点附近的，而且只取其纵长（升弧部分构成的危险界没有实用意义）。

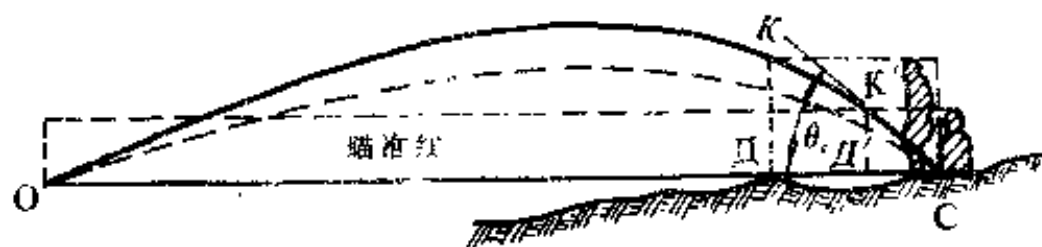


图 6-2-2 表尺危险界纵长与目标高度
和弹道低伸程度之间的关系

因此，表尺危险界的定义是：瞄准线上弹道降弧不超过目标高度的一段距离称表尺危险界，或表尺危险界纵长。

表尺危险界（ Π_{nn} ）取决于目标高度和弹道低伸程度。同样射击条件下，目标越高或弹道越低伸，则表尺危险界越大（图 6-2-2）。

表尺危险界纵长可用以下方法求出：

1. 根据弹道高度：对单个目标射击时，表尺危险界纵长可通过比较降弧高度与目标高度求出。

例：用连用机枪对胸靶射击（目标高度0.5米），射程600米。求表尺危险界纵长。

解：根据弹道高表查出，用表尺6射击时，500米射程处超过瞄准线上的弹道高为0.8米。因此，表尺危险界纵长与100米之比等于0.5米与0.8米之比*。

$$\frac{\Pi_{nn}}{100} = \frac{0.5}{0.8}; \quad \Pi_{nn} = \frac{0.5 \times 100}{0.8} = 62.5 (\text{米})$$

2. 根据落角或危险界系数：当目标高度小于给定表尺下最小弹道高的 $\frac{1}{3}$ 时，可根据落角或危险界系数求表尺危险界纵长。此时落角系相对于瞄准线而言。根据弹道“刚性”原理，如果目标高低角不超过 $\pm 15^\circ$ ，对应于一定斜距离的落角近似等于在相应水平射程下的表定落角。

如果弹道降弧取为直线BC（图 6-2-3），则表尺危险界纵长AC（ Π_{nn} ）可根据密位公式（5-1-2）求出：

$$AC = \frac{AB \cdot 1000}{\theta_c} \quad (6-1-1)$$

* 在300、400米距离上弹道末端取为直线。

$$\text{或 } H_{nn} = \frac{B_u \cdot 1000}{\theta_c}$$

式中: B_u ——目标高度 (米);

θ_c ——落角 (密位)。

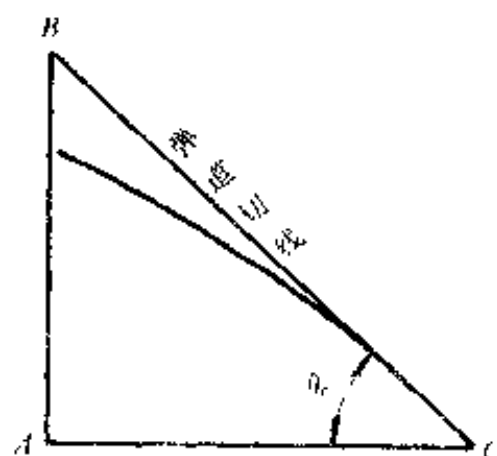


图 5-2-3 求危险界纵长的求法

例: 连用机枪在 700 米射程上对 0.5 米高度的目标射击, 求 H_{nn}

解: 根据射表查得 $\theta_c = 0 - 14$ 。将已知值代入公式 (5-4-1) 得:

$$H_{nn} = \frac{B_u \cdot 1000}{\theta_c} = \frac{0.5 \times 1000}{14} \approx 36 \text{ (米)}$$

为简化计算可利用专门的危险界系数表。危险界系数 K 为无名数, 由 1000 除以相应于一定射程 L 的落角 θ_c 得出:

$$K = \frac{1000}{\theta_c}$$

危险界系数列于射表内。

图 5-2-4 表示危险界系数的求法。表示方法约为 1 米高目标的表尺危险界纵长。

表尺危险界纵长可由公式^②求出

$$\Pi_{nn} = B_H \cdot K \quad (6-1-2)$$

例：班用机枪在600米射程上对胸靶射击。求 Π_{nn} 。

解：根据射表查得 $K=56$ ；目标高度 $B_H=0.5$ 米。

$$\Pi_{nn} = B_H \cdot K; \quad \Pi_{nn} = 0.5 \times 56 = 28 \text{ 米}$$

当弹道最高点不超过给定目标高度时，弹道弯曲度对射击结果无重大影响，也就是说在这种情况下是直射。如果在整个表尺射程上弹道在瞄准线上的高度不超过目标，此时的射击称直射。此时得出的最大射程称直射距离（图6-2-4）。

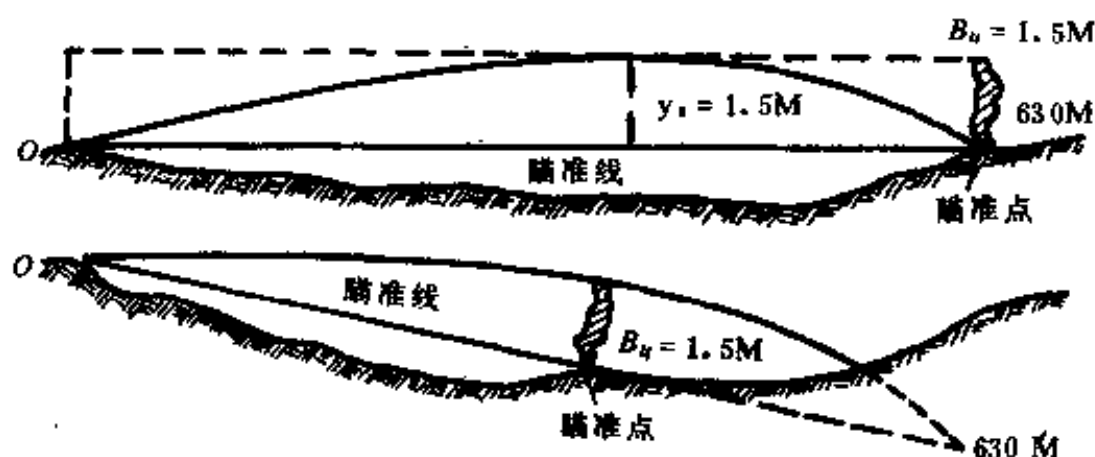


图 6-2-4 连用机枪对跑步目标的直射距离

用同一支枪射击时，随目标高度不同，直射距离也不同，此时目标越高，直射距离越大。

用不同类型的枪对同一目标射击时，弹道越低伸，即枪和枪弹的弹道性能越好，则直射距离越大。因此，对任一目标（通常取50厘米高的胸靶）的直射距离是武器战斗性能的

注② 由于BC线（图6-2-3）高于弹道，故表尺危险界的值总是小于真值。

重要标志，通常载于有关的射击教范中。

根据射表可近似求出直射距离。为此须比较目标高度和在给定表尺下瞄准线上的最大弹道高。如果目标高度等于或大于最大弹道高，则直射距离等于或大于表尺射程。

例：求班用机枪对1.5米高的跑步人形靶的直射距离。

解：根据射表查出，以表尺5射击时最大弹道高等于1.2米，以表尺6射击时为2米。因此，对这一目标的直射距离将小于600米和大于500米。通过插值得出在550米射程上射击时的最大弹道高等于1.6米。因此，直射距离将是550米左右（表尺5.5）。

当比较各种枪（冲锋枪、机枪等）在近距离上（400米以内）的弹道低伸性时，常用它们对同一目标的直射距离来衡量。直射距离越大，则弹道越低伸，也就是说武器的弹道性能越好。

了解直射距离并在战斗情况下正确地利用它，可使射手在近距离上射击时不必转换表尺，而这一点在击退敌人反冲击时尤其重要。

机枪的有效射击通常要考虑直射距离。

例如组织防御火力体系时，短兵火力是根据对卧姿靶的直射距离（300米以内）确定的，侧射火力是根据对跑步人形靶的直射距离（600米以内）确定的。在分队两侧布置机枪可组成交叉火力，交叉火力与正面冲锋枪火力相配合构成对胸靶的直射距离上的枪械火力密集区（400米）。

当选择表尺和瞄准点时，通常力求使平均弹着点与目标中心重合得更准确和获得最大命中公算。如果瞄准点是目标下沿中心，则表尺的装定位置应能使弹丸通过目标中心或目

标的最宽部分。

例：连用机枪在400米射程上对半身靶(靶高1米)射击，表尺应如何装定？

可以装定表尺5，瞄准目标下沿，因为在400米距离上瞄准线上的弹道高等于0.5米也就是二分之一目标高度。

此时，由射表可知，在整个表尺射程上（即500米）对该目标都是危险界。因此，距离测量中的可能误差对射击结果几乎没有什么影响。此外，瞄准目标下沿中心比较容易，且准确度较高。实践证明，在400米射程上对底部较宽的目标射击时，应瞄准目标下沿中心，所装定的表尺应保证弹丸的平均弹道通过目标中心。

对于较高的和明显的目标，可取目标中心作瞄准点；此时表尺的装定应与目标距离相一致，因为目标处的弹道高等于零。

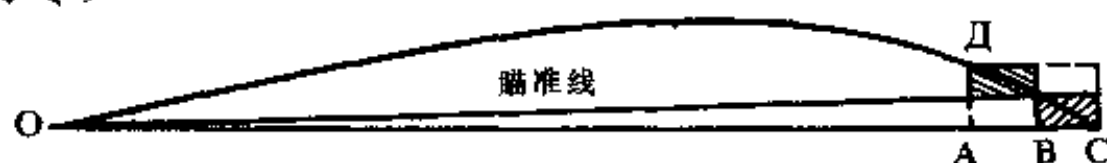


图 6-2-5 AB 和 BC 一对于二分之一目标高度的危险界纵长

如果距离测量中的偏大误差和偏小误差不超过相当于目标高度上半部和下半部(图 6-2-5) 的危险界纵长 (AB 和 BC)，这时也能杀伤目标。

例：班用机枪用表尺5进行射击，瞄准位于500米处的跑步人形靶 ($B_H = 1.5$ 米) 的中心。求对于目标高度 (0.75米) 上半部的表尺危险界纵长。

解：根据射表查出弹道高，用表尺5射击时，对于目标高度上半部的危险界纵长为88米。若在距离测量中有误差且

目标偏近（距离412米）或目标迅速向射手跑来，在这种情况下不用转换表尺和改变瞄准点就可能命中目标。

当目标实际距离为550米时，使用表尺5也可能命中目标，这由以下计算可看出。当瞄准目标中心时，射角等于8.7密位（瞄准角 $\alpha = 7.2$ 密位，瞄准点高低角 $\varepsilon' = \frac{0.75 \times 1000}{500} = 1.5$ 密位）。

根据射表查出，射角等于8.7密位时水平射程大约550米。

虽然在这些射击条件下危险界可以抵消在距离测量中一定程度的偏差，但瞄准目标中心，尤其在射程超过500米时，要比瞄准目标下沿中心困难得多。这是因为：一方面射手（机枪手）不易看清以暗色目标为背景的深色准星；另一方面准星的目视角度值（ α 密位左右）比目标宽得多（一倍以上），给选择瞄准点造成困难。

因此，在超过500米的距离上对任何有生目标射击时，瞄准点应选目标下沿中心。此时，为了使平均弹道通过目标中心，故不能装定与目标距离一致的表尺。但在这种情况下，目标一般位于表尺危险界范围内及距离测量误差偏向小数，故表尺装定通常向大数归整。

距离测量误差随射程增加而增大，但危险界纵长却减小，故危险界对射击结果的影响也减小。

第三节 实地危险界

低伸火力对敌人的杀伤在很大程度上取决于射击时的地形。

对纵深目标或沿地形运动的单个目标射击时，根据地貌情况，平均弹道可通过目标或高于目标（图 6-3-1）。

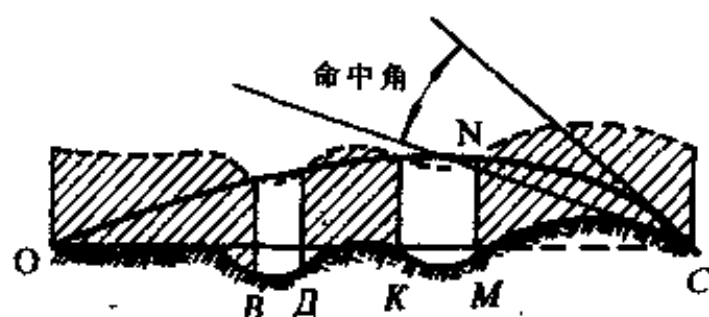


图 6-3-1 实地危险界

在现地上弹道不高于目标的地段长度称为实地危险界纵长（ Π_{nn} ）。

从图 6-3-1 中看出，对于高度为 MN 的目标而言，地段 OB、DK 和 MC 是危险界。从图中还可看出：实地危险界纵长取决于目标高度、目标所在地区和弹丸与地面相迁点的地貌性质，换句话说，取决于目标高度和命中角。

必须考虑落点处的地貌。弹道与目标（地面、障碍物）表面的交叉点称命中点 Π （图 6-3-2）。

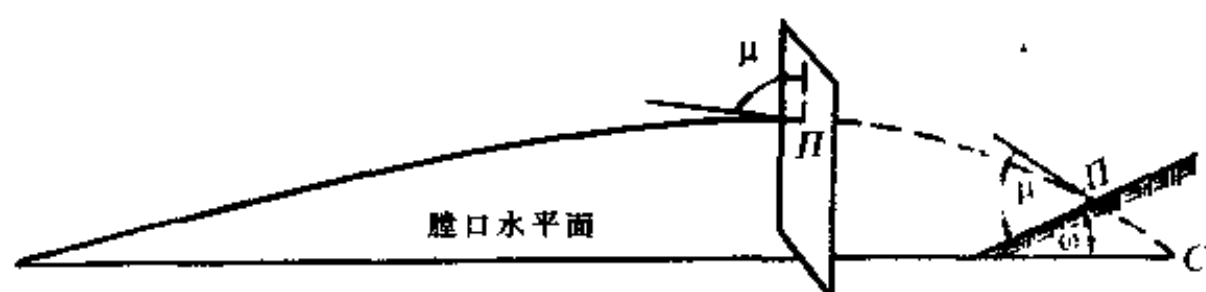


图 6-3-2 命中点 Π 、弹丸与障碍物及地面相遇时的命中角 μ 、倾斜角 ω

由起点到命中点的距离称实际射程。

命中点的弹道切线与目标点的地（地面、障碍物等）表

面切线之间的夹角 μ （图6-3-2）称命中角。在计算中，命中角取小于 90° 的角。

命中点的地面切线与水平面（目标水平面）之间的夹角称倾斜角 ω （见图6-3-2）。设朝向射手的斜面为正斜面，其倾斜角为正；与此相反的斜面为反斜面，其倾斜角为负。

如果弹丸直接命中地面上某处的目标，由于目标相对于膛口水平面的倾斜度和位置是不同的，故命中角也各不相同。

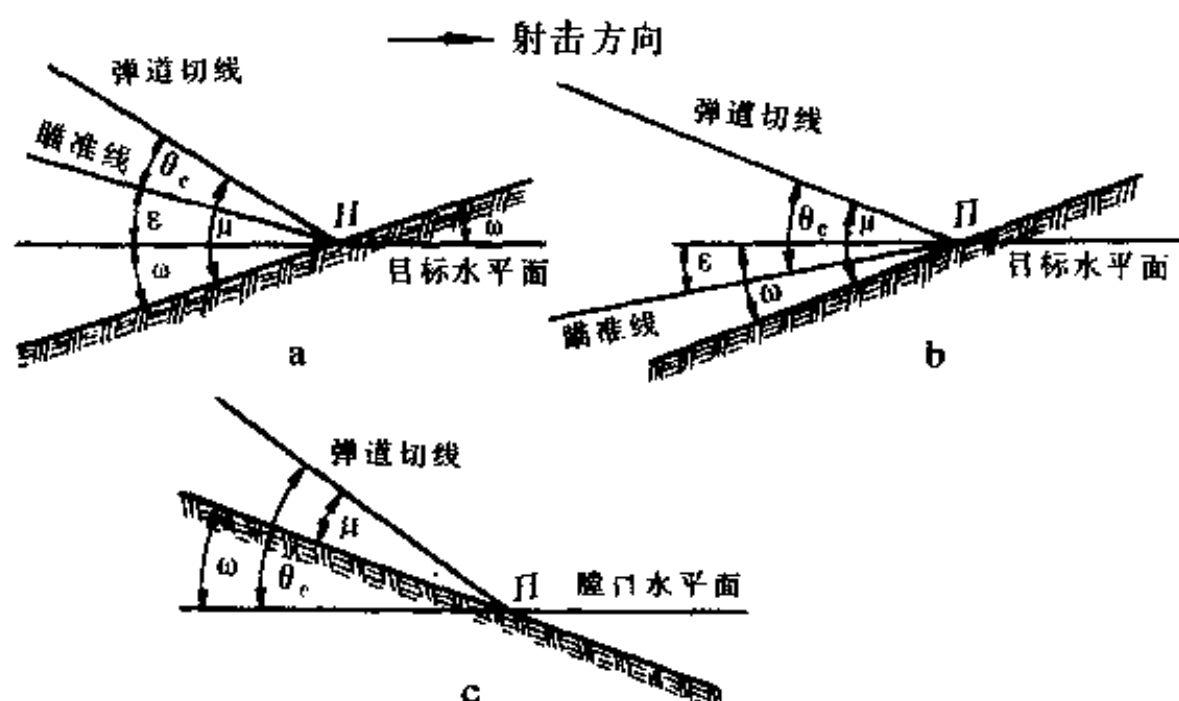


图 6-3-3 命中角与落角、倾斜角、目标高低角之间的关系

下面将列出命中角、落角、倾斜角和目标高低角之间的关系式，为此需研究各种射击情况。

假设从上往下对正斜面进行射击，如果弹道末端为直线，则通过命中点 Π 引一瞄准线，并通过此点引一目标水平线，就能明显地看出命中角 μ 、落角 θ_c 、倾斜角 ω 和目标高低角 ε 之间的关系（图6-3-3）：

$$\mu = \theta_c + \omega - (-\varepsilon) \quad (\text{图 6-3-3a})$$

当从下往上射击时

$$\mu = \theta_c + \omega - (+\varepsilon) \quad (\text{图 6-3-3b})$$

显然, 当 $\varepsilon = 0$ 时

$$\mu = \theta_c + \omega$$

如果是反斜面 (负倾斜角) 和 $\varepsilon = 0$, 则:

$$\mu = \theta_c - \omega \quad (\text{图 6-3-3c})$$

在所有上述情况下, 代入公式的倾斜角均应有符号: 若为正斜面, 取“+”号; 若为反斜面, 取“-”号。

高低角 ε 的符号: 若目标低于膛口水平面, 取“-”号; 若目标高于膛口水平面, 取“+”号, 即:

$$\mu = \theta_c \pm \omega - (\pm \varepsilon) \quad (6-3-1)$$

例: 设落角 $\theta_c = 0 - 30$ 、倾斜角 $\omega = -0 - 10$ 和目标高低角 $\varepsilon = -0 - 20$, 求命中角。

解: 把已知值代入公式 6-3-1, 得:

$$\mu = \theta_c \pm \omega - (\pm \varepsilon) = 30 + (-10) - (-20) = 30 - 10 + 20 = 40 \text{ 密位。}$$

$$\text{或 } \mu = 0 - 40$$

(注: 如果计算结果是命中角为负值或等于零, 则说明从该发射阵地射击, 不能命中目标。)

根据目标高度、弹道范围内的地貌及命中角的变化, 实地危险界的纵长也随之改变。

在此情况下, 若地面倾斜度与瞄准线一致, 则实地危险界纵长取决于弹道曲率和目标高度。

实践中最常见的是需要求出弹道降弧段目标区域 (也就是对斜面射击时) 内的实地危险界的纵长。通常取弹道降弧超过目标高度的地段长度为实地危险界的纵长。

$\sin(180^\circ - \mu)$ 和 $\sin\theta_c$ 。

得出下式:

$$\Pi_{nm} = \frac{\Pi_{nn} \cdot \theta_c}{\mu} \quad (6-3-2)$$

因此, 实地危险界纵长与沿瞄准线的表尺危险界纵长及落角成正比, 而与命中角成反比。

例: 连用机枪在600米射程上对半身靶 ($B_{\Pi} = 1$ 米) 进行射击, 该靶位于斜度为0-25的正斜面上, 求 Π_{nm} 。

解: 根据射表查出表尺6时400米和500米射程的弹道高之差为0.30米。目标高度与较小的弹道高之差为0.20米 ($1 - 0.80$)。根据相似三角形的比例关系得:

$$\Pi_{nn} = 100 + \frac{100 \times 0.20}{0.30} = 167 \text{ 米}$$

命中角

$$\mu = \theta_c + \omega = 18 + 25 = 43 \text{ 密位}$$

根据公式 (6-3-2) 求 Π_{nm} :

$$\Pi_{nm} = \frac{\Pi_{nn} \cdot \theta_c}{\mu} = \frac{167 \times 18}{43} \approx 70 \text{ 米。}$$

在目标高度不超过 $\frac{1}{3}$ 最大弹道高的情况下, 实地危险界纵长与目标高度及命中角的关系如下:

$$\Pi_{nn} = \frac{B_{\Pi} \cdot 1000}{\theta_c}$$

将 Π_{nn} 值代入前述公式中, 得

$$\Pi_{nm} = \frac{B_{\Pi} \cdot 1000}{\mu} \quad (6-3-3)$$

例: 连用机枪在1000米射程上对1.5米高度的目标射击。

设倾斜角为(1) $\omega = 0-20$; (2) $\omega = -0-20$ 和目标高低角等于零, 求 Π_{NM} 。

解: 根据射表求出落角:

$$\theta_c = 0-32$$

1. 根据公式 (6-3-1) 求出命中角:

$$\mu = \theta_c + \omega$$

$$\mu = 32 + 20 = 52 \text{ 密位, 或 } 0-52。$$

根据公式 (6-3-3) 求危险界纵长 Π_{NM} :

$$\Pi_{\text{NM}} = \frac{B_{\text{M}} \cdot 1000}{\mu} = \frac{1.5 \times 1000}{52} \approx 29 \text{ 米}$$

2. $\mu = \theta_c - \omega$, $\mu = 32 - 20 = 12$ 密位, 或 0-12

$$\Pi_{\text{NM}} = \frac{1.5 \times 1000}{12} = 125 \text{ 米。}$$

因此, 如果目标高低角为零, 则对正斜面射击时实地危险界纵长减小, 而对反斜面射击时实地危险界纵长增大^①。

为达到较大的实地危险界纵长, 要尽量减小命中角。这要求善于选择发射阵地和射击方向, 因此命中角的大小也与目标高低角有关。在相同条件下从上往下射击时 (目标高低为负), 实地危险界纵长减小, 而从下往上射击时 (目标高低为正), 实地危险界纵长增大 (图 6-3-5)。

实地危险界的意义: 在整个危险界纵长范围内不用改变表尺装定和人为地实施纵深散布射就可杀伤 (在保持瞄准点

①公式 (6-3-3) 只有在这种情况下才是正确的, 即目标所在区的整个危险界长度上斜线对水平面的倾斜角都相同时。在危险界相当大的情况下, 地貌性质可能如图 6-3-1 所示。此时, 显然不可利用公式 (6-3-3) 求危险界纵长。

况下)沿纵深的群集有生目标和沿射面运动的单个有生目标。因此,重要的是:在组织火力配系时,各种武器发射阵地的选择都要考虑自己所处的地形和目标所在地形。在许多情况下,若能使瞄准线尽可能地接近目标所在地区的地面,则是有利的。根据这些理由,例如在准备夜间射击时,最好使部分机枪的发射阵地低于可能出现目标的地段。在斜坡上选择发射阵地时应力求前方地形尽可能保持相同的斜度,这能在很大程度上增加危险界的纵长,因为弹道束靠近地面。在能见度有限的条件下射击时,这一点尤其重要。

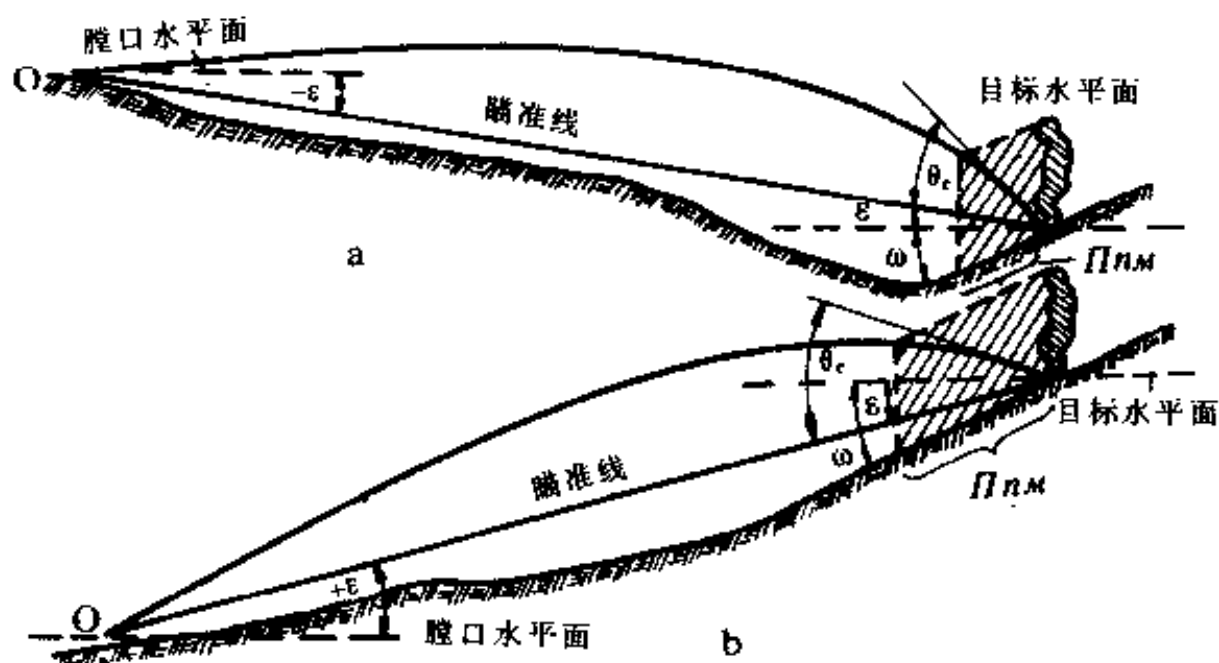


图 6-3-5 实地危险界纵长与目标高低角的关系

a — 目标低于膛口水平面; b — 目标高于膛口水平面。

第四节 遮蔽界和死界

如果在弹道束的途中有弹丸不能穿透的某一障碍物,则部分弹丸命中障碍物,另一部分弹丸从上方紧贴遮蔽物顶端

的地方通过（图 6-4-1）。

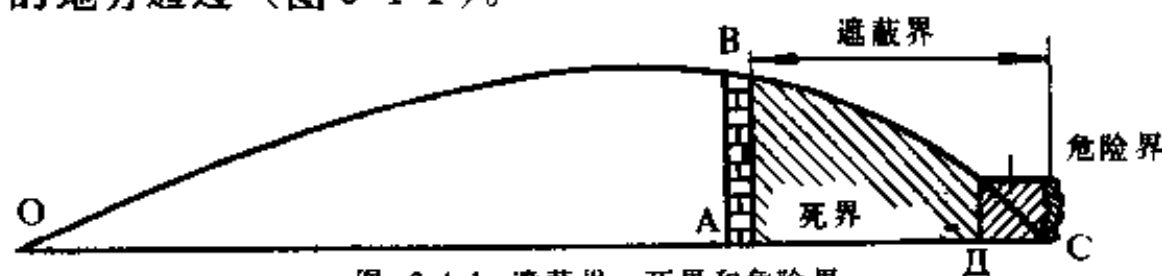


图 6-4-1 遮蔽界、死界和危险界

自弹丸不能穿透的遮蔽物的后缘至命中点的界限称遮蔽界纵长，或简称遮蔽界（ Πn ）。

遮蔽物后面的弹道逐渐下降，并在某一阶段能穿过一定高度的目标，这一阶段为危险界（ ΔC ）。

在遮蔽界的某一区段（ $A\Delta$ ），目标在给定射击条件下不会被弹丸命中。弹丸不能命中目标的遮蔽界部分称死界（ $M\Pi$ ）。

危险界纵长取决于遮蔽物高度、目标高度、弹道低伸程度和遮蔽物后面的地貌。

从图 6-4-1 看出，死界的纵长是遮蔽界纵长与危险界纵长之差。因此，计算死界时，首先要计算遮蔽界纵长和危险界纵长。危险界纵长的求法如前所述。

1. 举例说明遮蔽界纵长的求法。

连用机枪对遮蔽物后面的目标射击，遮蔽物高 3 米，位于 600 米处。求遮蔽界纵长 Πn 。

为使弹丸越过遮蔽物，必须赋予枪膛以射角 φ ，在此例条件下（图 6-4-2）：

$$\varphi = \alpha + \varepsilon'$$

式中： α ——与遮蔽物距离相应的瞄准角； $\alpha = 8.1$ 密位（根据射表）；

ε' ——遮蔽物视度角（瞄准点高低角）。

$$\varepsilon' = \frac{By \cdot 1000}{\Pi} = \frac{3 \times 1000}{600} = 5 \text{密位} (0-05)。$$

因此,射角 $\varphi = 8.1 + 5 = 13.1$ 密位, 它相当于水平射程 $OC = 850$ 米。

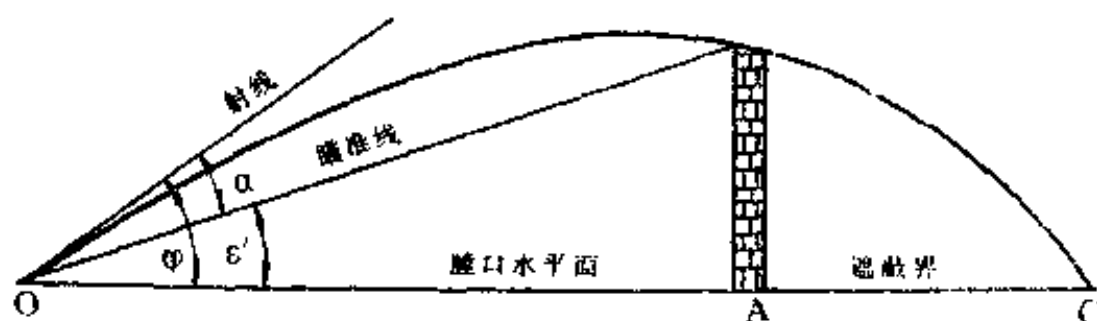


图 6-4-2 根据瞄准角求遮蔽界纵长

遮蔽界纵长为所得距离与遮蔽物距离之差, 即:

$$\Pi n = OC - OA$$

$$\Pi n = 850 - 600 = 250 \text{米}$$

根据瞄准线上的弹道高表也可求出遮蔽界的纵长。此时需查出与遮蔽物高度和距离相对应的弹道高, 该弹道所用之表尺指出水平射程, 而水平射程与遮蔽物距离之差即遮蔽界纵长。

例: 班用机枪进行射击, 至遮蔽物的距离为500米, 遮蔽物高度为1.3米, 求遮蔽界纵长。

解: 根据射表查出, 500米以上等于遮蔽物高度 (1.3米) 的弹道高需使用表尺 6。

$$\text{故 } \Pi n = 600 - 500 = 100 \text{米}$$

如果遮蔽物高度小于最大弹道高 (与遮蔽物距离对应的弹道) 的三分之一, 可按下式求出遮蔽界纵长:

$$\Pi n = By \cdot 1000 / \theta_c, \text{ 或 } \Pi n = By \cdot K \quad (6-4-1)$$

式中: B_y ——遮蔽物高度;

θ_c ——与遮蔽物距离相对应的落角。

例: 重机枪用轻弹进行射击, 表尺10, 遮蔽物高度为1.8米。求遮蔽界纵长。

解: 已知遮蔽物距离为1000米。根据射表查出与遮蔽物距离相对应的落角: $\theta_c = 0-30$ 。

按公式 (6-4-1) 得出:

$$\Pi n = \frac{B_y \cdot 1000}{\theta_c} = \frac{1.8 \times 1000}{30} = 60 \text{ 米。}$$

根据分析按公式 (6-4-1) 得出的 Πn 值的几何概念看出, 显然不可根据遮蔽物距离所对应的落角计算遮蔽物后面的实际遮蔽界纵长。

设 AC' (图 6-4-3) ——遮蔽物高度, 遮蔽物与射手的距离为 OA 。假设所选之弹道恰好越过遮蔽物上沿, 落点为 C 。则实际遮蔽界纵长可用 AC 段表示。由于遮蔽物高度与到遮蔽物的距离相比是很小的, 故可认为 $OC' = OA$ 。将 AC' 段延长至 B 点, 令 $AC' = C'B$, 再将 $C'B$ 段沿 OC' 线移动, 直到上端离开弹道为止。设 $B'C$ 段降弧为直线。则 $A'C'$ 段可看作沿瞄准线 OC' 的遮蔽界纵长。根据公式 (6-4-1) 求得的遮蔽界纵长正是这一段, 因为我们利用此法不能直接求出 AC 值。然而在一定场合下, $A'C'$ 段与 AC 段的值相差很小。

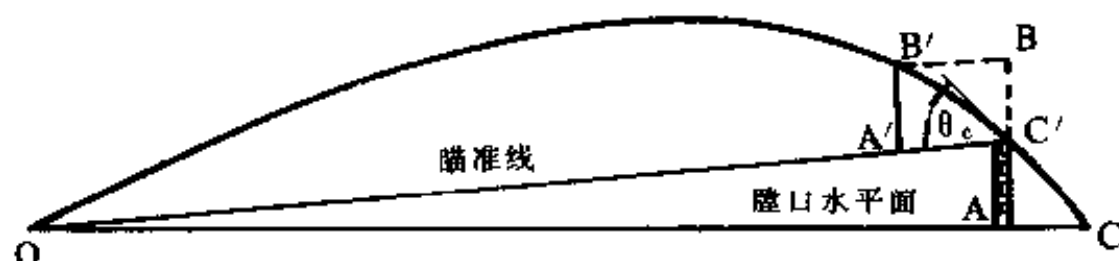


图 6-4-3 根据落角(按密位公式)求遮蔽界纵长

用两个三角形 $A'B'C'$ 和 ACC' (图 6-4-4) 表示图 6-4-3 中的右半部。 AC' 边与 $A'B'$ 对应相等, $\angle AC'C$ 与 $\angle A'B'C'$ 对应相等。为了使三角形全等, 也就是使 $A'C'$ 边等于 AC 边, 必须使 $\angle C'AC$ 与 $\angle B'A'C'$ 相等。但 $\angle C'AC$ 是直角, 而 $\angle B'A'C'$ 与直角相差为 ε' (遮蔽角)。由此得出结论, 如果遮蔽角 ε' 很小, 可按公式 (6-4-1) 求遮蔽界纵长。遮蔽物离起点越远和遮蔽物高度越小, 则遮蔽角越小。如果遮蔽物高度不超过遮蔽物距离所对应的最大弹道高的三分之一, 就允许使用公式 (6-4-1)。因此, 在上例条件下, 遮蔽物距离为 1000 米时最大弹道高为 5.5 米, 而遮蔽物高度不应超过 1.8 米。此时遮蔽角 ε' 大约为 0-02。在这种情况下, $A'C'$ 与 AC 值近似相等。

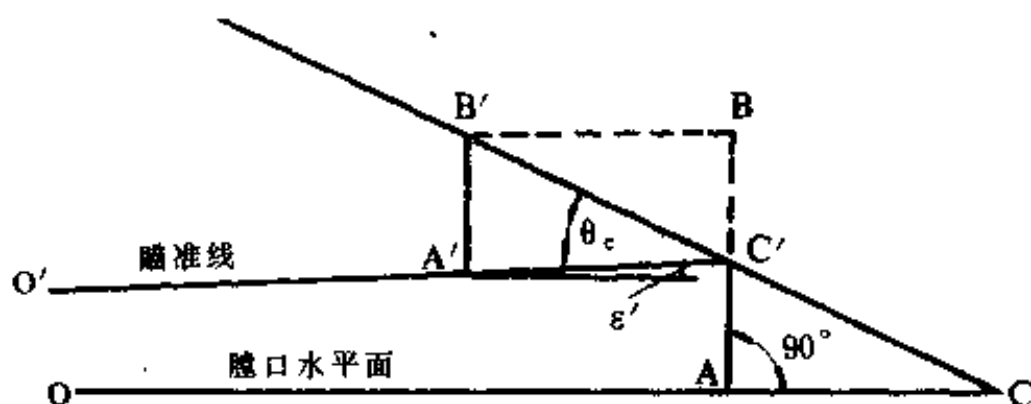


图 6-4-4 求遮蔽界纵深

所以, 在用公式 (6-4-1) 计算遮蔽界纵长时, 我们实际求出的是 $A'C'$ 段, 而假设它等于 AC 段。如果遮蔽角 ε' 不大, 则误差很小。

1. 死界纵长的求法: 如前所述, 死界的纵长为遮蔽界纵长与危险界纵长之差。

$$M_n = \Pi_n - \Pi_{nn} \quad (6-4-2)$$

例: 连用机枪对高 3 米的遮蔽物后面的目标射击, 遮蔽物距离 700 米, 目标高度 1.5 米。求死界纵长。

解：先求遮蔽界的纵长。在弹道高表内查出700米射程上与遮蔽物高度相近的弹道高为3.2米，相应表尺9。故遮蔽界纵长大于100米。弹道高与遮蔽物高度相差 $3.2 - 3.0 = 0.2$ 米。设在800米距离上仍保持此差值（设弹道末段相互平行）。在800米射程上用表尺9，弹道高为2米，所求弹道高为 $2 - 0.2 = 1.8$ 米。

$$\text{则： } \Pi_n = 100 + \frac{100 \times 1.8}{2} = 100 + 90 = 190 \text{ 米。}$$

再求危险界纵长。

设水平射程 $X = 700 + 190 \approx 900$ 米，根据弹道高表查出危险界纵长： $\Pi_{nn} \approx 75$ 米。

求死界纵长：

$$M_n = \Pi_n - \Pi_{nn} = 190 \text{ 米} - 75 \text{ 米} = 115 \text{ 米。}$$

有时可按下式求死界纵长：

$$M_n = \frac{(B_y - B_u) \cdot 1000}{\theta_c}$$

$$\text{或 } M_n = (B_y - B_u) \cdot K \quad (6-4-3)$$

从上面例子中看出，在一定条件下可以命中位于遮蔽物后面的目标。知道了计算遮蔽界和死界纵长的方法，就能提前知道用某种武器在离遮蔽物多远的地方可以杀伤什么样的目标。

如果遮蔽物后面的地形升高或降低，则遮蔽界和死界也减小或增大。

用弹道低伸的武器射击时不能命中直接位于遮蔽物后面的目标。弹道低伸程度愈大，则死界的纵长愈大。因此，为了在这种射击条件下命中目标，选择发射阵地时必须考虑使命中角尽可能大，或者利用曲射武器，如迫击炮。

第七章 弹丸对目标的作用

研究弹丸对目标作用规律的科学叫终点弹道学。人们通常也把弹丸（破片）对有生目标的杀伤规律和弹伤的防治规律的研究称为创伤弹道学。

研究弹丸对目标的作用首先要明确武器弹药的类型和目标的性质，也就是要明确武器弹药的战术使命和任务。就步兵武器而论，其主要的战术任务是：杀伤近距离内暴露的和有一般防护（钢盔、避弹衣和轻型掩蔽部等）的敌有生目标。此外，作为步兵伴随和加强的火器（如手榴弹、枪榴弹、轻型火箭筒和迫击炮等），还可以压制和击毁敌人的坦克和其他轻型装甲目标及掩体。

武器和弹药的类型及目标的性质决定了弹丸对目标的作用方式和规律。一般步兵武器弹丸对目标的作用大致可分为：

- 弹丸对有生目标的杀伤作用；
- 弹丸对硬目标的侵彻和穿甲作用；
- 榴弹及其破片对目标的杀伤作用；
- 弹丸对坦克车辆及其他硬目标的聚能破甲作用；
- 特种弹丸对目标的杀伤破坏作用等。

应当指出弹丸命中目标时，其对目标的作用常常是上述作用的综合。事实上是不存在弹丸对目标的单一因素的作用。这里只是为了研究和说明问题的方便而分类的。

第一节 弹丸对有生目标的杀伤作用

弹丸以一定的速度和能量射入有生目标的肌体内，由于各种物理作用的结果，可以使其立即丧失生命或失去战斗力。这些物理的杀伤作用是：

一、弹丸的侧向杀伤作用。弹丸以相当高的速度和能量射入有生目标的肌体时，伤道不局限于弹丸直接贯穿的部份，而且在其周围也存在着相当大的损伤区，这种侧向作用甚至会间接造成损伤区的粉碎性骨折（见附录图7-4）。弹丸命中目标时的速度和在目标内释放的能量是加大侧向作用的主要因素。随着弹丸速度和释放能量的增加，侧向杀伤作用也增加，甚至在肌体内形成很大的临时性空穴，（见附录图7-2，7-3，7-5，7-6），临时性空穴的直径约为永久伤道直径的26倍左右。这种临时性空穴是因弹丸命中目标时迅速释放能量过程中产生的超压引起的。临时性空穴加大了肌体的变形和损伤。另外，当弹丸从稀薄的空气介质迅速进入稠密的肌体（肌体密度为 $1000 \sim 1100$ 公斤/米³）时，所受阻力剧增使弹丸的翻转力矩加大，破坏了弹丸的飞行稳定条件，弹丸的章进动的角度随之加大，甚至使弹丸在目标内出现翻滚，造成弹丸侧向作用的加大。弹丸在肌体内的变形和爆炸是加大侧向作用的另一重要因素。试验证明美国M—193, 5.56毫米弹丸最易在目标内产生变形和爆炸，造成复杂性伤道（见附录图7-4）。

二、液体动力作用。当弹丸高速射入有生目标体内液体聚集的部位（如心脏、胃、脑和膀胱等）时，会产生与爆炸

弹相似的杀伤作用，而且随体内液体量的增加而增大。弹丸的这种杀伤作用被称为液体动力作用。其原因是，弹丸由空气进入密度很大液体聚集的肌体时，阻力加大，能量释放加剧，由于液体的不可压缩性，使这些能量以压力波的方式向四周迅速传播而对肌体造成爆炸性破坏。随着弹丸速度的增加这种破坏作用也就越大。一般认为，产生液体动力作用的弹丸，其速度不应小于600~700米/秒。

三、停止作用。停止作用是指弹丸命中有生目标后使其丧失战斗力的能力。停止作用的好坏取决于命中后，有生目标丧失战斗力的时间，时间越短，停止作用就越大。对经常用于杀伤近距离敌人的手枪等自卫武器，要求使敌人中弹后立即丧失战斗力。停止作用与弹丸的侧向作用，液体动力作用和命中目标的部位有关。

对杀伤作用的评价标准，一般是用命中敌有生目标后弹丸损失的（即传给目标的）能量来衡量。根据实战统计和实验测量结果表明：使无防护的有生目标失去战斗力所需要的动能为8~10公斤·米。这个数据还应考虑到命中部位。上述动能8~10公斤·米是指弹丸击中头部、胸部和腹部等要害处。如果命中眼睛，则只需1~2公斤·米即可致伤，命中非要害部位（如手、脚），即使有更大的动能也不足以致命或丧失战斗力。

十二层尼龙防弹布叠合在一起大约能吸收20公斤·米的能量。用5.56毫米铅心弹丸击穿尼龙避弹衣或钢盔需要40~42公斤·米的动能；用56式7.62毫米普通弹击穿美制钢盔的一侧并穿入有生目标的头部约需31公斤·米的动能。

为了获得尽可能大的杀伤效果，在弹丸设计中多采取以

下措施:

1. 在保证弹丸飞行稳定的条件下尽量增大枪管缠度,使弹丸进入目标后迅速失去稳定,产生翻滚和横弹,扩大杀伤效果。

2. 采用易于变形的材料使弹丸命中目标后产生膨胀或变形,扩大致伤效应。

另外,可以选取适当的弹形或结构使其能在单位时间内释放给目标更多的能量,来增大弹丸或破片对目标的杀伤效果。例如钝头弹比尖头弹能给目标传递更多的能量。

弹丸在不同的飞行距离上,由于弹丸的速度、能量及飞行稳定性的不同,在弹道各段上的杀伤效果也各不相同。在近距离上,由于弹丸的速度高、能量大,所以击中目标后各种杀伤作用得以充分发挥,杀伤效果就大。这时杀伤的主要因素是弹丸的侧向作用和液体动力作用。随着距离的加大,弹丸命中目标后的杀伤作用主要是弹丸在目标中的翻滚造成的杀伤效果。

第二节 弹丸对目标的侵彻和穿甲作用

一、弹丸对目标的侵彻作用

各种枪弹不仅要暴露的有生目标进行射击,还要对位于轻型掩蔽部内的有生力量进行射击,因此弹丸的侵彻力——弹丸穿透各种障碍的能力具有特别重要的意义。弹头的侵彻作用取决于障碍物的性质、弹丸的直径及结构形状等。弹丸命中目标时的动能越大,其侵彻作用也就越大。一般常用断面

比能 $E_{cs} = \frac{E_c}{S}$ 来衡量不同口径武器的弹丸对目标的侵彻作用。

式中： $E_c = \frac{q}{2g} V_c^2$ 命中目标时的动能（公斤·米）；

$S = \frac{\pi}{4} d^2$ 弹丸的横截面积（厘米²）；

V_c ——弹丸命中目标时的速度（米/秒）；

q ——弹丸重量（公斤）；

d ——弹丸直径（厘米）。

弹丸的断面比能越大，其侵彻作用也就越大。所以当弹丸能量相同时，口径减小，其侵彻目标的作用增加。随着射击距离的增加，弹丸的侵彻作用减小。但是对铅心或软质钢心的普通弹来讲，在很近的距离上也会出现相反的结果，即弹丸命中目标的速度很大时，其侵彻能力不仅不增加反而会减小。这是因为速度很大时，弹丸命中目标过程中变了形，增大了能量损耗，减小了侵彻目标的作用所致。表 7-1 是 53 式轻弹进行试验测得侵彻沙层和木头的结果。

表 7-1

弹 丸 速 度 (米/秒)	弹 丸 侵 彻 速 度 (毫 米)	
	沙 层	木 材
885	140	300
750	160	750
600	320	420
300	240	120

通常弹丸侵彻作用是以侵彻一定深度的目标物来表示

的。例如53式轻弹在100米距离上对各种目标物的侵彻深度如表 7-2。

表 7-2

目 标 物 名 称	侵 彻 深 度 (毫 米)
钢 板	6
砂 砾	120
砖 墙	150
土 层	450
沙 层	450
橡 木 板 墙	450
枯 木 板 墙	500
泥 炭 层	2800
捣 固 的 雪 层	3500
稻 草 堆	4000
现 地 稻 禾	10000 (100米以内)

各种弹丸对不同目标物的侵彻能力一般是通过试验求得的。为统一衡量各种弹丸对目标的侵彻能力，目前世界各国仍采用测量弹丸侵彻干红松木板深度的方法作为统一的衡量标准。试验证明，弹丸穿透25.4毫米（即1英寸）厚的干红松木板所需要的能量与弹丸杀伤人员时所需要的能量基本相同，其断面比能约为 $17.5 \text{ 公斤} \cdot \text{米} / \text{厘米}^2$ ，所以通常把弹丸或榴弹破片能否穿透1英寸红松木板作为衡量弹丸是否具备杀伤有生目标能力的基本依据。

二、弹丸对目标的穿甲作用

穿甲作用是指弹丸穿透钢板的能力。为了杀伤掩蔽在钢甲后面（如飞机、装甲车辆等）的敌有生目标，要求弹丸具备有一定的穿甲能力，因此，在某些武器弹药中配备有专门的穿甲弹丸。

弹丸的穿甲作用是一个比较复杂的物理过程，所以它给研究穿甲机理带来一定的困难。目前对弹丸穿甲机理的研究虽有一定进展，但还不很成熟。弹丸命中目标时的速度和能量是确定弹丸穿甲作用的决定性因素。除了弹丸命中目标时的速度和能量之外，其侵彻和贯穿钢甲的破坏形式尚取决于：弹丸穿甲钢芯和钢甲目标的机械性能；弹丸穿甲钢芯的结构与形状；弹丸侵入钢甲的深度和弹丸与钢甲目标之间的命中角等。一般弹丸对钢甲目标的破坏形式可归为以下四种：

（1）韧性破坏

弹丸碰击并侵入钢甲时，随着穿甲钢芯的穿入，钢甲金属由于受到钢芯的迅速挤压面向最小抗力的方向产生塑性变形。在弹丸入口处周围有金属向外堆积，出口处有部分金属被带出，并出现裂纹。穿孔直径大致等于钢芯直径（图 7-2-1a）。当尖头钢芯穿入较软的钢甲时多出现此种破坏形式。

（2）冲孔式破坏

冲孔式破坏有时也称为冲塞破坏。它的特点是当弹丸侵入钢甲一定深度后，钢甲冲出一块圆形的塞子，钢塞的厚度一般均接近于钢甲的厚度，穿孔的入口和出口直径均大于弹径，如图（7-2-1b）所示。钝头穿甲钢芯穿透韧性较低的钢甲时常出现这种形式。高速弹丸即使没有穿甲钢芯，在穿透薄钢板时也会出现这种破坏形式，如53式7.62毫米铅芯弹在近距离侵彻薄钢板时就会出现类似的情况。

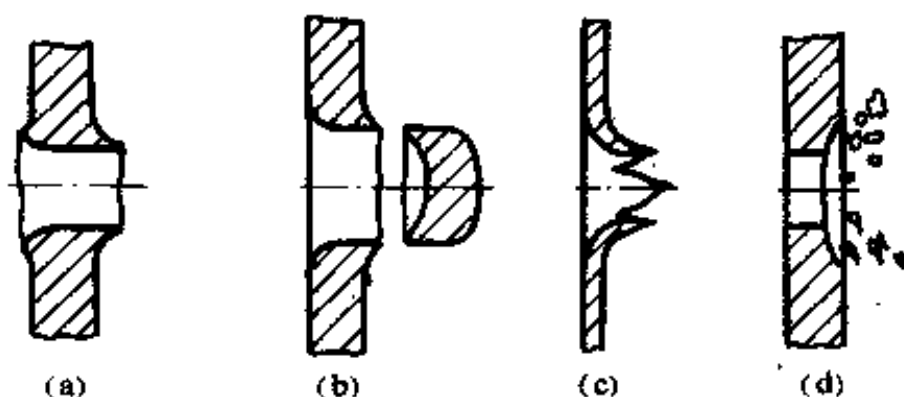


图 7-2-1 钢甲的破坏形式

a — 韧性破坏 b — 冲孔式破坏 c — 花瓣形破坏 d — 破碎甲式破坏

(3) 花瓣式破坏

弹丸侵彻薄钢甲时，靠近弹尖较近的钢甲变形较大，当其应力达到钢甲材料的破坏极限时，变形较大的部分便产生裂纹，因而出现花瓣破坏。这时，穿孔的直径大大超过弹芯直径，花瓣的数目则取决于装甲的厚度和弹丸的着速。实验证明，当着速大于600米/秒的尖头弹丸侵彻薄钢甲时，极易产生这种破坏形式（图7-2-1c）。

(4) 破碎穿甲

弹丸以高速碰击厚而硬度高的钢甲目标时，易产生破碎穿甲形式。此时孔径大于弹径，穿孔的内壁不光滑（图7-2-1d），一般孔径约为弹径的1.5~2.0倍。

以上所讲的是指穿甲钢芯在穿甲过程中不破坏的情况。通常，在穿甲过程中穿甲钢芯的破坏和弹芯质量的损耗是造成穿不透钢板的主要原因。实践证明，适当降低弹丸尾部和中部的硬度提高其韧性，是防止钢芯折断破坏的有效措施。但硬度不能降低过多，以防钢芯穿甲时因墩粗而影响穿甲。

一般计算普通穿甲弹穿透一定厚度的钢甲所需要的速度 V_c 可用下列公式：

$$V_c = K \cdot \frac{d^{0.75} \cdot b^{0.7}}{q^{0.5} \cdot \cos \alpha} \quad (7-2-1)$$

式中: V_c ——穿透装甲所必需的速度 (米/秒);

d ——弹丸直径 (分米);

b ——装甲厚度 (分米);

q ——弹丸重量, 根据实际实验结果证明, 对枪弹弹丸选其钢芯重量为宜 (公斤);

α ——着角;

K ——穿甲系数。

K 值与钢甲的机械性能和弹丸结构有关。对现代装甲和普通穿甲弹而言, K 值的范围为 2200~2600, 一般计算时取 $K = 2400$ 。上述公式称德马尔 (法国) 公式, 它是在大量射击试验的基础上建立的经验公式。由于此公式比较简单, 在工程计算中有一定的准确性, 因此得到了较为广泛的应用。不同装甲材料的 K 值列于表 7-3。

表 7-3

装 甲 材 料	K 值
软铁	1530
2П钢板	2400
克鲁伯钢:	
表面硬化	2200
表面未硬化	2100
特种钢	2400
(苏) 均质装甲钢板	2242~2403 ①

① 该数据由射击试验得出。

第三节 榴弹及其破片对目标的杀伤作用

通常所说的榴弹，是指在弹体内装有炸药，当其爆炸时利用炸药气体的膨胀功或破片动能来摧毁目标的弹丸。榴弹用于杀伤包括敌人作战装备和有生力量在内的空中和地面目标。一般对榴弹的基本要求是，在作用半径尽可能大的情况下能得到最多的有效破片。

由于榴弹在战争中有着十分重要的地位和作用，所以在近代战争中它得到了广泛地应用和迅速的发展。步兵分队不仅有手榴弹、而且还配备了不占编制或少占编制并以多种方式发射的榴弹（如枪掷榴弹、火箭榴弹以及其他配有专用发射方式的榴弹等）。步兵分队配备各种发射方式的不占编制或少占编制榴弹以后，不仅克服了手榴弹投不远投不准的弊病，而且同迫击炮一起大大加强了步兵分队独立作战的能力。

配备于步兵分队的榴弹主要是对地面目标实施爆破和杀伤。

1. 弹丸的爆破作用 弹丸在目标处爆炸时，生成高温高压气体，这种爆轰产物猛烈地向四周膨胀，强烈地作用于周围介质或目标本身，使目标遭到破坏，我们称其为弹丸的爆破作用。爆破作用是弹丸直接爆炸作用和空气冲击波作用的综合。弹丸与目标直接接触爆炸，依靠爆轰产生的直接破坏作用，我们称之为直接作用（如炸药包、碎甲弹、榴弹壳体爆炸形成破片的过程等）。除直接作用外，空气在爆炸时形成的冲击波，它有一定的超压，这时的空气介质有很大的速度，

就像一阵剧烈的强台风作用于障碍物（当然台风与冲击波还有许多性质上的差别），使目标遭到不同程度的破坏。

爆炸直接作用是指爆轰产物对周围介质或物体的猛烈作用，致使与炸药直接接触的物体受到强烈的破坏。这种作用也称为炸药的猛炸作用。

根据计算可知，装药密度为 1.6克/厘米^3 的梯恩梯装药，在爆炸完的瞬间，爆轰生成物的压力、密度、温度及速度的数值如下：

压力 $\approx 200000\text{公斤/厘米}^2$ ；

密度 $= 2.13\text{克/厘米}^3$ ；

温度 $= 3350^\circ\text{K}$ ；

速度 $= 1750\text{米/秒}$ 。

由这些概略的数据可以看出，炸药爆炸完毕后，爆轰生成物的压力、密度、温度及速度都很大。在极短的时间内，以这样大的压力作用于周围物体时，物体将受到很大的冲量，产生很大的变形速度，而改变其原来的形状。既然爆轰生成物破坏作用很强，是不是它的破坏范围也很大呢？实践证明，爆炸生成物破坏作用距离是不大的，仅限于炸点附近。例如，对于一般猛炸药，当爆轰产物膨胀到半径为装药半径的1.7倍时，压力将下降到原来的 $1/100$ 以下，仅为 2000公斤/厘米^2 左右。可见，对于如金属等高强度的物体，这时炸药的爆炸直接作用已很微小了。当然对有生目标这时的直接作用还是很大的。

2. 冲击波的破坏作用 弹丸在空气中爆炸时，高温高压的爆轰产物好像是以超音速推进的活塞，将空气从原来的位置迅速地排挤出去。这时空气的压力和密度迅速上升，形成

一个空气压缩层，层内的压力、密度和温度有一个比原来明显不同的突跃改变。同时压缩层以超音速的速度向周围运动。此运动的压缩空气层就称为冲击波。

榴弹爆炸后产生的冲击波，其压力比大气压力高，其质点运动速度也很大，表 7-4 所列是某些炸药爆炸后，其空气冲击波的最初参数。从表中可以看出，由于冲击波具有很高的压力和高速运动的质点，所以当它作用于有生目标时有很大的破坏力。

表 7-4

空气冲击波的最初参数	梯恩梯	黑索金	泰恩
装药密度 (克/厘米 ³)	1.6	1.69	1.69
爆速 (米/秒)	7000	8200	8400
冲击波的压力 (公斤/厘米 ²)	570	760	810
冲击波的速度 (米/秒)	7100	8200	8450
冲击波阵面后的空气速度 (米/秒)	6450	7450	7700

表 7-5

冲击波的超压 Δp (公斤/厘米 ²)	破坏能力
对于人员的杀伤情况	
小于0.2	没有杀伤作用
0.2~0.3	轻伤
0.3~0.5	中伤
0.5~1.0	重伤甚至死亡
大于1.0	死亡
对兵器的破坏情况	
0.2~0.5	各种飞机轻微损坏
0.5~1.0	各种活塞式飞机完全破坏, 喷气式飞机严重破坏
大于1.0	各种飞机完全破坏

空气冲击波的破坏作用通常以冲击波阵面上的超压（即波阵面压力与波阵面前未扰动的大气压力之差）或障碍物所受到的比冲量来衡量。也就是说，冲击波的超压或比冲量愈大，其破坏作用也愈大。冲击波的超压对各项目标的破坏能力见表 7-5 所列数据。

从表 7-5 可以看出，冲击波的超压并不太大，那么，冲击波为什么会产生巨大的破坏作用呢？这是因为：超压是冲击波作用在障碍物或人体单位面积上的力，而事实上，障碍物或人体受冲击波作用的面积很大，这样受到的总作用力就很大，因此它的破坏作用是很大的。

当冲击波对目标的作用时间远远大于目标本身的固有振动周期时，常用冲击波的超压作为其破坏作用的衡量指标。不同情况下计算超压的公式有：

装 TNT 炸药的弹药在空中破炸时，空气冲击波超压常用下面的经验公式计算。

$$\Delta p = 0.84 \frac{\sqrt[3]{\omega}}{R} + 2.7 \frac{\sqrt[3]{\omega^2}}{R^2} + 7 \frac{\omega}{R^3} \quad (7-3-1)$$

式中： Δp ——在距离为 R 处冲击波波阵面的超压（公斤/厘米²）；

R ——冲击波距爆炸中心的距离（米）；

ω ——装药重量（公斤）。

对其他炸药，应把炸药量换算成梯恩梯当量代入（7-3-1）公式。所谓梯恩梯当量即一定重量的某炸药相当梯恩梯的重量数。

梯恩梯当量可用下式计算：

$$\omega_{\text{当}} = \frac{Q_v}{Q_{v\text{梯}}} \quad (7-3-2)$$

式中: $\omega_{\text{当}}$ ——某炸药的梯恩梯当量 (公斤);

ω ——某炸药的重量 (公斤);

Q_v ——某炸药的爆热 (仟卡/公斤);

$Q_{v\text{梯}}$ ——梯恩梯的爆热 (仟卡/公斤)。

装梯恩梯炸药的弹药在地面爆炸时, 空气冲击波的超压由于地面的反射作用而加强。因为炸药在空气中爆炸时, 其冲击波为圆球形, 而在地面爆炸时, 同样大小的能量所形成的冲击波为半球形 (如图 7-3-1 所示) 这时如果忽略消耗于使土壤变形的能量, 则冲击波的能量密度比在空气中爆炸时的能量密度大一倍。这样, 计算超压的公式应当改为:

$$\Delta P = 0.84 \frac{\sqrt[3]{2\omega}}{R} + 2.7 \frac{\sqrt[3]{(2\omega)^2}}{R^2} + 7 \frac{2\omega}{R^3}$$

$$\text{或 } \Delta P = 1.06 \frac{\sqrt[3]{\omega}}{R} + 4.3 \frac{\sqrt[3]{\omega^2}}{R^2} + 14 \frac{\omega}{R^3} \quad (7-3-3)$$

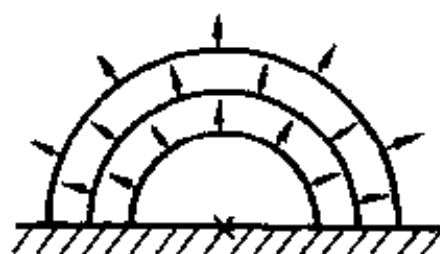


图 7-3-1 弹药地面爆炸时空气冲击波的形成

应当指出, 步兵分队配备的榴弹其爆破杀伤范围均比其弹体破片的杀伤范围小。

3. 榴弹破片的杀伤作用 破片的杀伤作用是榴弹杀伤目标的主要形式。它的作用半径一般都超过榴弹爆破作用半径。破片对目标的杀伤主要是靠破片的能量和速度, 所以速度高而能量大的破片, 对目标的杀伤作用也就越大。和枪弹弹丸对有生目标的杀伤作用一样, 破片对有生目标杀伤时也

会产生侧击作用，液体动力作用，穿入有生目标肌体后，也会形成临时性空腔，从而扩大其杀伤效果。

榴弹的破片作用还取决于杀伤破片数目的多少和杀伤面积的大小。前面已经讲到，榴弹要在作用半径尽可能大的情况下，得到最多的有效破片数。所以在设计榴弹时必须把增加有效破片数量放在优先的地位。所谓有效杀伤破片，系指在榴弹破片有效作用距离上，具有能够杀伤目标的能量和速度的破片。一般榴弹破片的杀伤面积是以杀伤半径来表示的。根据杀伤目标的概率，杀伤半径分为有效杀伤半径和密集杀伤半径。

有效杀伤半径是指这样的圆半径，在此圆面积内一发榴弹爆炸时至少杀伤50%以上的目标。

密集杀伤半径是指在这一半径的圆面积内，一发榴弹爆炸时至少能杀伤90%以上的目标。密集杀伤半径比有效杀伤半径约小3/5~2/3。一般手榴弹的密集杀伤半径约为5~10米。

应当指出，对手投的榴弹还要求有一定的安全半径，以防投掷后破片伤及自己。据实验统计，近代手榴弹的安全半径在25~35米范围。

步兵榴弹破片基本上分为预制型和非预制型两种，在有的分类中还加入综合型。非预制型的榴弹其弹壳是一个整体，它在爆炸时生成的破片数量及破片重量的分布与弹壳的金属重量、结构形状及炸药装药量有关。一般计算这类榴弹的破片数量可用尤斯特洛夫提出的经验公式进行计算。公式如下：

$$N_0 = \alpha_{\text{BH}} \frac{\sigma_s}{\sigma_{\text{bE}}} \cdot \frac{x^2 + 0.5}{x^2 - 1.0} \cdot \frac{\omega}{d} \quad (7-3-4)$$

式中: N_0 —— 破片总数 (指收集到的);

$\alpha_{\text{об}}$ —— 由炸药的性质决定的系数 (对梯恩梯 $\alpha_{\text{об}}=46$);

ω —— 炸药装药重量 (公斤);

d —— 弹体直径 (厘米);

σ_s —— 弹体材料弹性极限 (公斤/毫米²);

σ_b —— 弹体材料强度极限 (公斤/毫米²);

ε —— 弹体材料在爆炸时的延伸率;

x —— 决定弹的杀伤效能的综合结构参数。对不同的装填系数 η ($\eta = \omega/q$, q 为弹体金属重量) 的战斗部其平均数值如下:

$x = 1.8$ (当 $\eta = 7\%$ 时);

$x = 1.5$ (当 $\eta = 10\%$ 时);

$x = 1.4$ (当 $\eta = 15\%$ 时)。

近代榴弹,特别是步兵分队配用的榴弹,为了减轻重量,保持或增大威力,多采用破片预制的战斗部。这种预制破片的结构形状有球形、圆柱形、方片形、三角形和箭形等。破片的重量多在0.2~1克范围内。炸药装药一般为梯恩梯或其他猛炸药,装药量大,所以它的破片速度很高。由于采用了预制破片,有效破片数量也大大增加,因此威力也有很大的提高。一般采用预制破片的步兵榴弹其破片数约为250~500片。据近代战伤统计 (特别是美国侵越战争中的统计),采用预制破片的榴弹,在战斗中造成的伤情特点是:

1. 伤口多 由于破片预制后数量增加,榴弹爆炸后的破片密度加大,因此人员常常多处受伤。据统计,伤两处者占受伤人数的90%,两个部位以上者为70%;200例伤员中,体表伤口共2800处,平均每人14处,最多的达318处。

2. 盲管伤多 预制破片的质量很小,穿入肌体后,能量和速度衰减很快,故常存留在肌体内而形成盲管伤。根据440例钢珠破片伤的统计,盲管伤占72.3%,贯通伤仅占15%,特别是颅脑部位,钢珠破片伤道几乎全部是盲管伤。

3. 损伤重 近距离上的人员,伤情常常相当严重。这是因为:多处受伤使整个伤情变重;由于破片速度大:其侧向杀伤作用、液体动力作用也很大,能形成空穴和粉碎性骨折;伤道多,盲孔伤多,肌体内存留物多,防治二次损伤也相对增加。

采用预制、高速、小质量破片的榴弹在战争中证明它具有较强的生命力,所以在一些西方国家特别是美国,常把该类榴弹子母序列化,也就是以子弹为基础发展各种类型的母弹(如炮弹、导弹、航弹等)。如美国在105毫米火炮榴弹中采用子母序列预制破片战斗部,在爆炸时可产生0.52~1.2克的破片7800个;然而100毫米杀伤榴弹采用非预制战斗部,爆炸后产生1克以上的破片数则为1357片。

由此可以看出,采用预制、高速、小质量破片的榴弹战斗部,能够提高榴弹的杀伤作用,特别是对步兵使用的榴弹,更具生命力。

第四节 弹丸对坦克车辆及其他 硬目标的聚能破坏作用

利用弹丸内所装炸药爆炸时的聚能效应,并使炸药表面的金属罩形成高能金属射流,以此来击穿装甲,我们称其为弹丸的破甲作用。这种破甲方式不要求弹丸有很高的着速和数量很多的炸药,因而战斗部可以减轻,以致可以装备最小

的战斗单位，直到单个士兵。这是一般穿甲弹所不如的。所以在步兵分队以枪掷、火箭推进、手掷及其他轻型发射方式的破甲弹得到了广泛的装备和使用。

人们在生产实践活动中发现“聚能反应”已有近百年的历史。早在十八世纪，它就被广泛应用于采矿工业上，但用于军事，并作为反坦克武器却只有四十多年的历史。1936年德国法西斯在侵略西班牙的战争中首先使用了聚能破甲弹。第二次世界大战期间，由于战场上出现了大量坦克和其他装甲目标，也相应地研制了大量的聚能破甲弹药。因此在第二次世界大战以后的三十余年中，不但聚能理论有了很大的发展，破甲弹的破甲深度也有了很大的提高，而且其实际应用范围也在不断扩大。世界各国装备的反装甲武器，大都采用有聚能破甲的装药结构。

一、聚能破甲的基本现象

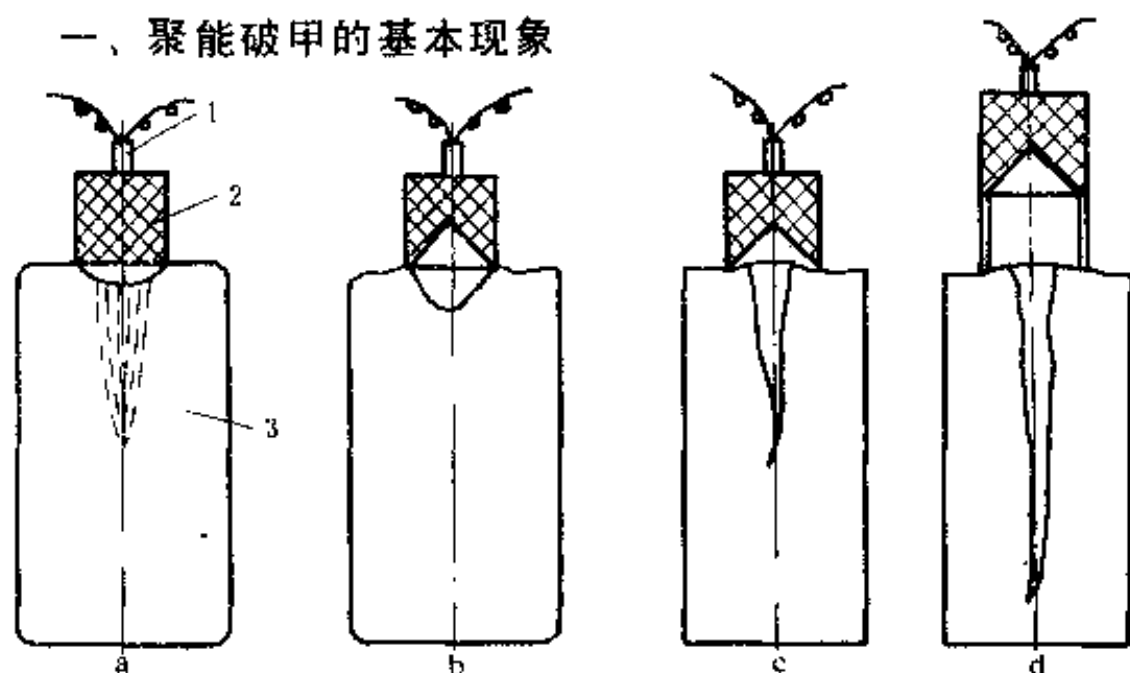


图 7-4-1 不同装药结构破甲效果的比较

1 电雷管； 2 装药； 3 钢靶柱

由如下的简单实验,我们可以观察到聚能效应的现象。

在四根相同材料的靶柱上,安置四个结构形式不同的炸药柱,如图 7-4-1 所示。四个药柱用相同类型的炸药,在药径尺寸、炸药量、炸药密度和起爆方法上条件一致,它们的区别仅在于药柱底部形状不同,即:

图 7-4-1(a) 所示,药柱底部为平面;

图 7-4-1(b) 所示,药柱底部有一个锥形空穴;

图 7-4-1(c) 所示,药柱底部不仅有锥形空穴,而且有空穴表面衬有铜质金属罩(通常称为药型罩);

图 7-4-1(d) 所示,装药结构与图 7-4-1(c) 相同,但与靶柱离开一定高度(习惯上称此高度为炸高)。

从起爆后各药柱对靶柱的破坏作用的效果来看,程度差异很大,所得数据列于表 7-6 中。

表 7-6*

装药结构	装药与靶柱的相对位置	破甲深度(毫米)
药柱底部是平的	直接接触	浅凹坑
药柱底部呈锥形凹穴	直接接触	6~7
锥形凹穴内有药型罩	直接接触	80
锥形凹穴内有药型罩	炸高70毫米	110

* 注:实验条件为:靶柱材料为中碳钢,装药尺寸为 $\phi 30 \times 100$ 毫米,炸药为梯恩梯、黑索金各50%铸成;用8#电雷管起爆。

由表 7-6 所列结果可以看出,药柱有锥孔和无锥孔,有药型罩和无药型罩,有炸高和无炸高的爆破效果明显不同。有相同锥孔和药罩的炸药柱在离靶柱70毫米处起爆后,其破甲深度是同样锥孔无药罩和炸高的药柱破甲深度的17倍之多。我们称此为破甲弹的聚能效应。

聚能现象的研究告诉我们，影响聚能破甲效能的基本因素是：

- 聚能穴的形状和尺寸；
- 聚能穴衬罩的材料；
- 爆炸瞬间由目标物到聚能穴口部的距离（炸高）和某些其他因素等。

二、锥孔装药破甲作用的物理实质

根据爆轰理论可知，一定形状的药柱，在爆炸后所产生的高温、高压的爆轰产物，是近似地沿炸药表面法线方向飞散的。对一定形状的炸药而言，其爆炸能量在各个方向上的分布是不相同的，因而它在各个方向上对目标物的破坏作用也不相同。

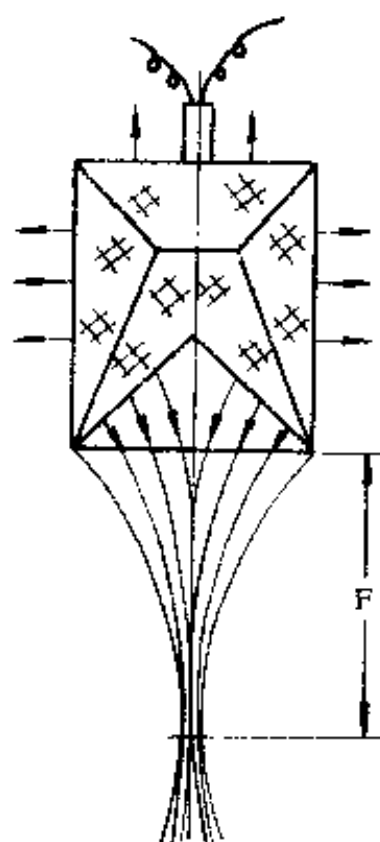


图 7-4-2 无罩聚能装药
爆轰产物的飞散

无罩聚能装药对靶的破坏作用之所以比无聚能穴装药高，主要原因在于：雷管的起爆位置及装药的特殊形状所引起的爆炸能量的重新分配。二者对比，关键在于装药形状的改变，在于与靶柱接触处有一定形状的聚能穴。

无罩聚能装药的有效装药及爆轰产物的飞散方向，如图 7-4-2 所示。雷管起爆时，爆轰波由起爆点开始向前传播。当爆轰波到达聚能穴顶部，并继续向前传播时，高温、高压的爆轰产物沿聚能穴表面的法线方向飞散；同时向轴线集中，并在轴线上汇合，

从而形成了一股高温、高速、高密度的聚能流。高能炸药聚能流的速度最高可达12000~15000米/秒。在距聚能穴底部一定距离的某一断面上，聚能流的直径最小，单位断面上的能量最高，该点常称为焦点，通常以F表示。小于此距离时，气流尚未来得及很好的聚集，而大于此距离时，由于质点的相互冲击，聚能量迅速向四周扩散。两者都使得作用于靶的能量密度不是最大，而影响破甲效果。

焦点处聚能流的密度，较无聚能穴装药的爆轰产物密度高4~5倍。

当无罩聚能装药与靶直接接触时，如图7-4-1(b)所示，虽然集中了一部分能量，但由于聚能流尚未很好地聚集起来，所以其破坏效果较无聚能穴时为大，但其实际效能却未充分发挥。

与无罩聚能装药相比，带有药形罩的聚能装药结构，在爆炸时发生了完全不同的物理现象。

由起爆点开始传播的爆轰波，当到达药形罩表面时，药形罩金属由于受到强烈的压缩，从四周迅速向轴线运动。它的运动速度大致在1000~3000米/秒范围内变化。由于以这样高的速度在轴线上碰撞，而从药型罩表面挤出一部分金属来，并以更高的速度沿轴线方向向前运动。随着爆轰波连续地向药型罩底运动，而从罩的内表面连续不断地挤出金属来。当药型罩全部被压向轴线后，最后在轴线上形成了一股高温、高速、高能量密度的金属射流，和一个伴随金属射流并以低速运动的杵体（图7-4-3）。

金属射流细而长，其长径比可达100左右。由于它的横断面积很小，因而能集中很高的能量。当它与目标直接接触作用时，破甲效果远远超过无罩聚能装药。破坏效果如图7-4-

1(c)所示。当有罩聚能装药不与目标直接接触，而有一定炸高起爆时，为金属射流创造了有利的条件，所以其破甲深度能进一步增加。当有罩聚能装药的炸高选择得合理时（此时炸高常称为最有利炸高），破甲深度可达药型罩直径的6~7倍，有的高达8倍之多。

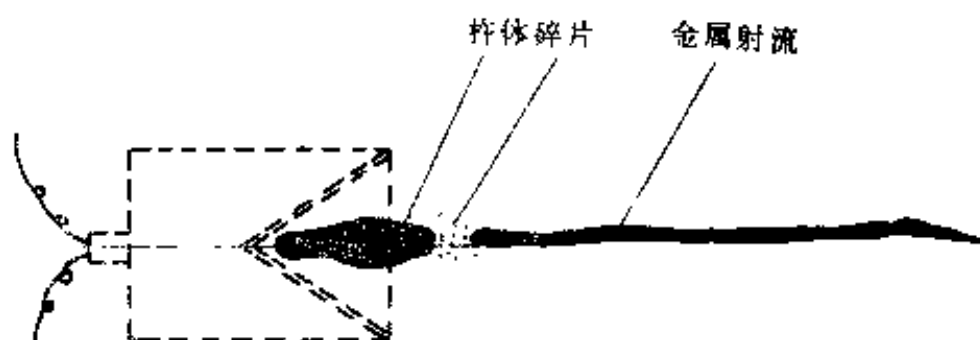


图 7-4-3 有罩聚能装药爆炸时形成的射流和金属药体

一般对比衡量破甲弹性能时，常用两个不同表达弹丸破甲深度的指标。

当弹径 $d > 45$ 毫米时，破甲深度用下式表示为宜

$$H = nd$$

式中： H ——破甲深度（毫米）；

n ——系数（现代破甲弹 $n = 4.5 \sim 6.5$ ）

当弹径 $d < 45$ 毫米时，破甲深度以下式表达为宜。

$$H = n' \omega$$

式中： ω ——弹体装药量（克）；

n' ——为系数（毫米/克）。现代破甲弹 $n' = 1 \sim 3.5$ 毫米/克。

上述两经验公式不仅表明了弹的破甲深度，而且也表明了弹的研制技术水平的高低。也常以此对某些破甲弹药进行

破甲深度的估算。

锥孔装药的破甲弹其破甲能力几乎与射距无关。它具有穿甲力大，造价便宜，制造简单，发射时武器后坐后冲小等优点，所以它在步兵分队中，作为近程反坦克武器得到了广泛的应用。

三、特种弹丸对目标的杀伤破坏作用

特种弹是指在特殊气候条件、特殊地形条件和遇有特种目标物或为达到某种特定杀伤效果而在战斗中使用的专用弹。一般它不是部队的主用弹。如现代战争中常常出现的燃烧弹，毒气弹、细菌弹、烟幕弹及照明弹等。

从例举的弹药名称不难想到上述弹药的主要用途，对其杀伤目标的方式也能知其一二。为了不多重复，只对燃烧弹做些简单介绍。

燃烧性武器于第一次世界大战时就开始使用。1932~1933年日内瓦裁军会议上曾提出，燃烧性武器应当同化学和细菌武器一样，禁止在战时使用，但是直至二次世界大战时，作战双方均未受此限制。燃烧性武器的类型很多，依其作用对象可分为两类：一类主要用在纵火烧毁建筑物，或破坏公用设施和交通；另一类主要用作战场上的烧伤武器，以杀伤有生力量和破坏军用物资。实际上它们之间并无明显的区别和界限。

燃烧弹就其燃烧剂分类而言它可以分为以下几种。

1、以油料为燃烧剂的燃烧弹

(1) 油料燃烧弹 包括各种凝固汽油弹。凝固汽油弹通常由纳磅粉混入汽油内，配成5~12%的溶液制成。纳磅粉

是由一份环烷酸，一份油酸和两份椰子油皂化后分离出的月桂酸和棕榈酸混合而成。

一般的凝固汽油弹可产生 $800\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 高温。在凝固汽油中加金属热剂，产生的温度高达 $1500\sim 2000^{\circ}\text{C}$ 。

凝固汽油弹不仅能产生高温，而且能够粘在人的皮肤上，燃烧时间又较长（约 $4\sim 15$ 分钟），还能产生一氧化碳，引起人员中毒，所以其杀伤力是很大的。

（2）燃料空气炸弹 燃料空气炸弹也称为窒息弹或窒息性吸氧弹。这种弹的燃烧剂是石油副产品环氧乙烷，它的爆炸力约为梯恩梯的 $3\sim 4$ 倍。该弹的主要杀伤作用是冲击波，爆轰燃烧反应耗氧引起的窒息、热力杀伤作用等。

2、磷弹 通常磷弹的装料是：白磷 4% ，苯 86% ，橡胶 10% 。磷弹爆炸时，磷到处弥散造成人员烧伤，有的磷物质微粒进入伤口造成肌体燃烧。磷弹爆炸燃烧可产生 $900\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 的高温。

3、含金属燃烧剂的燃烧弹 这种弹内装镁或铝热合剂。弹药爆炸时可产生 2000°C 高温，装镁镆合金燃烧剂的弹药爆炸时除产生高温外还伴有毒气和烟雾，以扩大对有生目标的杀伤。

铝热燃烧剂（ 73% 氧化铁和 27% 铝粉），因本身能产生氧，故在没有空气的情况下也能燃烧。它能产生 $2200\sim 3000^{\circ}\text{C}$ 高温，人员烧伤时可深达骨组织。

第八章 公算理论概说

第一节 公算理论的任务

射击学理是根据经验数据和由公算理论建立的数学方法来研究射击规律，制定射击规则的理论。

公算理论是数学中研究大量偶然事件的客观规律的一门科学。

在一定条件下可能发生或不发生的事件为偶然事件。

根据条件的具体情况，该事件可能是必然的，或不可能的，或偶然的。

例如，一个优秀射手在20米距离上用手枪对胸环靶射击。考虑到具体条件（射手技术水平、武器质量、目标尺寸等），可以认为一般命中目标是必然事件，但在这些条件下全部弹丸命中同一点是不可能的事件，命中靶子的某一处（“10环”、“9环”等）则是偶然事件。

大量性质偶然事件的特点是：产生偶然事件的条件可能重复无数次。这样的事件称大量性质的偶然事件。属于此类事件的有：命中目标、测量误差等。

在大量性质的偶然事件出现次数与尽可能相同条件下进行的试验的次数之间存在一定的规律。

第二节 事件的分类

在公算理论中，事件用大写的拉丁字母A、B、C、D表示

根据试验条件，偶然事件可分为相容事件和相斥事件。

如果试验中某一事件的出现排除另一事件出现的可能性，此类事件称为相斥事件。

例如用手枪对胸环靶射击一发弹，此时可能命中“10”环，也可能命中“9”环，或者脱靶。如果命中了“10”环，则完全排除了出现另一结果的可能性。因此，发射一发弹时所有可能事件都是相斥事件。

在有些条件下某一事件的出现不排斥另一事件的同时出现。此类事件称为相容事件。

例如，迫击炮射击的一发炮弹可能掠过目标形成远弹并且偏右。远弹并不排除偏右的可能性，故远弹和偏右是相容事件。

一组相斥事件中，所有可能出现的事件的总和，称完整的事件组合。例如，对目标发射一发弹，命中和脱靶就是这组事件完整的事件组合。又如，对目标发射两发弹，其完整的事件组合为：第一发命中，第二发脱靶；第一发脱靶，第二发命中；两发皆命中；两发皆脱靶。

根据不同的具体条件，构成完整组合的相斥事件的数量可能不同。例如，用手枪对4号比赛靶射击一发弹，可能有11个相斥事件（或“10”环、或“9”环……或脱靶）。

如果完整的事件组合只由两个事件组成，这样的事件称对立事件。

例如用于对移动人形靶射击。为弹。再命中。也可能脱靶。此等事件为互立事件。若用 A 表示命中，其对立事件——脱靶——用 $\bar{A}$ 表示。——作“非 A”。

第三节 事件出现频率

在需要对比类似试验的结果时，通常要确定：在同样条件的全部试验中，人们所关注的事件的出现频率。

某事件的出现次数 (m) 与所进行的试验次数的总数 (n) 之比称该事件的出现频率。

$$W(A) = \frac{m}{n} \quad (8-3-1)$$

式中：W(A)——事件 A 的频率。

例：在同等条件下射击 10 发弹，6 发弹命中。命中（事件 A）频率等于：

$$W(A) = \frac{m}{n} = \frac{6}{10} = 0.6$$

从计算本身就能看出事件频率的主要特性。

1. 事件出现频率是无名数；最小值为零，最大值为 1。

$$0 \leq W(A) \leq 1$$

如果射击时命中数为 0，则命中频率等于零〔W(A) = $\frac{0}{n} = 0$ 〕。如果每发弹都命中，此时 m = n，命中频率等 1。

2. 事件出现频率随试验次数的变化而变化。

设发射 5 发弹，4 发弹命中，则命中频率等于 4/5，或 0.8。如果第 6 发弹又命中了，则命中频率增大到 5/6；如果脱靶，则减为 4/6。

试验中事件频率的变化是必然的。试验次数较少时，变化是明显的。但在大量试验时，多一次或少一次试验，对事件频率无甚影响。

譬如，在同等条件下射击99发弹，80发弹命中，命中频率为0.808，如果第100发弹也命中，则命中频率增加到0.81，也就是说仅仅增加了0.002。

在给定的具体条件下，事件频率可能在一定数值的上下波动。

例如用校正过的自动步枪对胸靶射击大量枪弹。此时表尺为3，射程为100米，并记下每个弹着点距目标中心的高低偏差。不难看出，在目标下半部的命中频率是在0.5上下波动。

试验证明：具有这种稳定频率的大量性质的偶然事件是很多的。

第四节 事件出现公算和公算定理

如果在给定条件下，大量试验时，事件A的频率在一定值的上下波动，则此值即为事件出现公算，用 $P(A)$ 或 P 表示。

设在相类似条件下大量射击时，每100发射弹中约有81发命中（命中频率 $W(A) = 0.81$ ）。由此可以说，在给定条件下的命中公算 $P(A) = 0.81$ 。如果重复这种射击，则可指望平均每5发射弹中有4发命中。

事件公算就是在给定条件下以数字表示的事件出现的客观可能性。

下面讨论公算定理:

定理一: 偶然事件出现的公算取值范围为 0 到 1。这是因为: 事件公算是一个数, 大量试验时, 该事件出现频率就在此数上下波动。因此, 公算的取值就是大量试验时事件频率的取值。

定理二: 必然事件的公算等于 1。

定理三: 不可能事件的公算等于零。

定理四: 两个 (或两个以上) 相斥事件中的一个事件 (不论那一个事件出现) 出现的公算等于这些事件公算的和。此定理通常称为公算加法定理, 写成:

$$\begin{aligned} &P(\text{或 } A \text{ 或 } B \text{ 或 } C \cdots\cdots) \\ &= P(A) + P(B) + P(C) + \cdots\cdots \end{aligned} \quad (8-4-1)$$

有时可以简写成:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots\cdots \quad (8-4-1a)$$

式中: $P_1 = P(A)$, $P_2 = P(B)$ 等等。

由此定理得出一系列推论:

1. 如果事件 A 、 B 、 C ……组成完整事件的组合, 则其中之一 (无论那一个) 的出现是必然的, 由于必然事件的公算等于 1, 故

$$P = P_1 + P_2 + \cdots + P_n = 1$$

也就是说, 组成完整组合的事件公算总和等于 1。

这一推论对检查是否构成完整的事件组合 (计算完整事件) 有重要意义, 是计算公算时必不可少的。

2. 对立事件 A 和 $\bar{A}$ 组成完整的事件组合, 因此 $P(A) + P(\bar{A}) = 1$ 。对立事件公算 $P(\bar{A})$ 常用 q 表示, 则 $p + q = 1$ 。因此, 对立事件公算之和等于 1。

由此可知 $P + Q = 1$ 。如果已知对立事件中一个事件的公算，则可求出另一事件的公算。

例 1：设用卡宾枪对有两个不同直径的环靶射击。对小环的命中公算 $P_1 = 0.2$ ，对大环的命中公算 $P_2 = 0.3$ ，对靶的其余部分（环外）的命中公算 $P_3 = 0.45$ 。一发射弹时对靶的命中公算是多少？

因条件中未说明人们关注的事件是这三项中的具体哪一项，故按加法规则求公算：

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 0.2 + 0.3 + 0.45 = 0.95$$

出现这些事件中的任何一个都符合假设条件。

此例中的完整组合由 4 个事件组成：命中小环、命中大环、命中环外部分和脱靶。脱靶公算等于：

$$q = 1 - 0.95 = 0.05$$

例 2：对人形靶的命中公算 $P = 0.7$ ，求脱靶公算。

由于命中和脱靶是对立事件，其公算总和为：

$$P + q = 1$$

故所求公算 $q = 1 - P = 1 - 0.7 = 0.3$

定理五：两个和两个以上相容的独立事件的公算等于这些事件的公算之积。

$$\begin{aligned} P(A、和 B、和 C \cdots) \\ = P(A)、P(B)、P(C) \cdots \end{aligned} \quad (8-4-2)$$

可简写成：

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdots \quad (8-4-2a)$$

这一定理通常称公算乘法定理。

例：两具反坦克武器对同一目标各射击一发弹。第一具的命中公算 $P_1 = 0.7$ ，第二具的命中公算 $P_2 = 0.6$ 。求两发

弹的命中公算。

第一具武器射击时的命中情况不影响第二具武器射击时的命中公算，故这些事件是独立事件。

按乘法定理求公算：

$$P = P_1 \cdot P_2 = 0.7 \times 0.6 = 0.42$$

一事件的出现影响另一事件的公算，前两个事件的出现又影响第三个事件的公算等等，这类事件称相关事件。

在这种情况下成立的公算乘法定理下：两个或两个以上相关事件的公算等于第一事件的公算与各后续事件（假设所有事件都出现）的公算之积。

例：用迫击炮对目标所在的灌木丛射击。平均弹道通过灌木丛的公算 $P_1 = 0.7$ ；在平均弹道通过灌木丛的条件下对目标的命中公算 $P_2 = 0.4$ 。求对目标的命中公算。

此时对目标的命中公算首先取决于平均弹道是否通过灌木丛。如果平均弹道通过灌木丛是必然事件（ $P_1 = 1$ ），则对目标的命中公算 $P_2 = 0.4$ ，但根据假设条件，第一事件出现的公算只有 $P_1 = 0.7$ ，故所求之公算 P 将小于 0.4 。按乘法定理得：

$$P = P_1 \cdot P_2 = 0.7 \times 0.4 = 0.28$$

第五节 公算计算方法

根据试验条件和事件性质的不同，所采用的公算计算方法也是不同的。下面研究一些主要的计算方法。

统计法：这一方法的实质是根据统计数据，也就是根据在尽可能相同的条件下进行的大量试验求出公算。因为公算

是事件频率的稳定值。如果有大量试验结果，就可能以较高的精度确定事件频率，这时事件频率就接近于事件公算。

经典法：根据实验中某事件出现的有利机会数 m 与实验中所有相斥的和同等可能的机会数 n 之比来求事件公算 $P(A)$ ，称经典法。事件 A 的公算 $P(A)$ 可表示如下：

$$P(A) = \frac{m}{n} \quad (8-5-1)$$

例：由30人组成的分队准备进行射击检查。已知：分队中9名是优秀射手，14名是良好射手，7名是中等射手。问凭“抽签”指定检查员时，优秀射手被指定为检查员的可能性（公算）是多少？

解：“抽签”意味着射手中之任一人都有同等可能被指定为检查员。此外，因为同时只能指定一名，故任一射手被指定为检查员，对于其他射手都是相斥事件。设优秀射手被指定为检查员是事件 A 。30名射手中的每个人都可能被指定，故全部机会数 $n = 30$ 。又因全部机会数中只有9个可能是优秀射手被指定，故有利于事件 A 的机会数 $m = 9$ 。因此，优秀射手被抽中的公算：

$$P(A) = \frac{m}{n} = \frac{9}{30} = 0.3$$

由于在早期的公算理论中此法是主要计算方法，故称经典法。现在此法仅在有限范围内应用，在枪炮射击实践中常与其它方法配合使用。

用几何量之比求公算的方法：有时会遇到这样的情况，即有利于一定事件的机会数与全部可能的机会数之比，可视为某一几何量（如面积）之比。

例：飞机向面积为 $S = 2500 \text{米}^2$ 的地段投弹。在该地段上，炸弹命中任一点是同等可能的。地段上有一面积 $S_1 = 200 \text{米}^2$ 的目标，求炸弹对目标的命中公算。

在这种情况下，所求公算可按目标面积与整个地段面积之比进行计算：

$$P(A) = \frac{S_1}{S} = \frac{200}{2500} = 0.08 \text{ 或 } 8\%。$$

在此例中，我们用面积比代替了机会数之比，同样还可采取长度比，体积比、重量比等其它几何量之比。这一方法由此得名，是枪炮射击实践中广泛应用的一种方法。

通过已知公算求未知公算的方法：在许多情况下直接求未知公算是不可能的。有时即使可能，但不方便。在这些情况下可利用公式，通过公式能在已知某事件公算的前提下求出所需之公算。前面讨论的是各种方法的最简单的应用：在对立事件中若已知其中一事件的公算，则可求出另一事件的公算，以及计算数个相斥事件中某一事件的公算等等。

下面讨论的公式及关系式也是通过已知公算求未知公算。

第六节 全公算及试验后的假定公算

在制定某些射击规则时，常需考虑在作出各种假定条件下事件出现的公算。该事件由于条件不同而有不同的公算。

设对位于矩形地段上的目标进行射击。我们把地段分为三段：地段 I、II、III。由于在准备开始诸元中有误差，我们不能准确知道平均弹道所经过的地段——地段 I 或 II、III，而只知道平均弹道所经过的地段的公算，也就是假定公算

$P_I = 0.2$ 、 $P_{II} = 0.5$ 和 $P_{III} = 0.3$ 、同时还已知处于不同地段的平均弹道对目标的命中公算： $p_I = 0.05$ ， $p_{II} = 0.7$ ； $p_{III} = 0.1$ ，

问：无论平均弹道经过地段 I，或地段 II，或地段 III，其对目标的命中公算是多少？

在下列情况下，目标可能被命中：

1. 平均弹道经过地段 I；此时平均弹道通过地段 I 并命中目标，对目标的命中公算可作为复杂事件。数个简单事件同时出现或逐次出现按乘法定理求得：

$$P_I \cdot p_I = 0.2 \times 0.05 = 0.01$$

2. 平均弹道经过地段 II：此条件下对目标的命中公算等于：

$$P_{II} \cdot p_{II} = 0.5 \times 0.7 = 0.35$$

3. 平均弹道经过地段 III：此条件下对目标的命中公算等于：

$$P_{III} \cdot p_{III} = 0.3 \times 0.1 = 0.03。$$

因为我们需要求出无论平均弹道经过哪一地段时的目标命中公算，而这些事件是相斥的，故按加法定理求得：

$$\begin{aligned} P &= P_I \cdot p_I + P_{II} \cdot p_{II} + P_{III} \cdot p_{III} \\ &= 0.01 + 0.35 + 0.03 = 0.39 \end{aligned}$$

这就是事件的全公算（无条件公算）。

一般情况下全公算公式可写成：

$$\begin{aligned} P &= P_1 \cdot p_1 + P_2 \cdot p_2 + \cdots + P_n \cdot p_n \\ &= \sum_{i=1}^n P_i \cdot p_i \end{aligned} \quad (8-6-1)$$

计算全公算时，必须考虑组成完整组合的各种相斥的假

定。全部假定公算之和总是等于1

试验后的假定公算公式:

在试验后,由于试验结果的出现,将会根本改变试验前所作出的各种假定的公算。因此,有必要研究在试验结果已经出现的条件下,假定公算的变化情况。这就是要计算试验后的假定公算。解决这一问题,对论证试验规则具有重要意义。

继续分析上面的例子。设在上述条件下已射出一发弹,目标已被命中。问试验后原有假定的公算将会如何变化?

下面求试验后平均弹道经过各地段的公算(试验后假定公算),此时把试验结果(命中目标)考虑在内。

为此,我们在这里先介绍一下公算乘法定理(定理五)的另一表述法:两个独立事件A和B共同出现的公算等于事件A的公算乘以事件A已出现的条件下事件B的公算,用 $P_A(B)$ 表示。由于A与B互为独立事件(即一事件出现的公算与另一事件是否出现无关),因此上述结果也等于事件B的公算乘以事件B已出现的条件下事件A的公算。用数学关系式表示,就是:

$$P(A \text{ 和 } B) = P(A) \cdot P_A(B) = P(B) \cdot P_B(A) \quad (8-6-2)$$

在本例中,若用 Q_i (代表 Q_I 、 Q_{II} 、 Q_{III})表示有一定试验结果后,平均弹道通过各地段的假定公算,则式中的 $P_A(B)$ 就是 Q_i , $P(A)$ 就是全公算, $P(B)$ 与 $P_B(A)$ 分别就是试验前的假定公算与在该假定条件下的事件公算。因此可得:

$$Q_i = \frac{P_i p_i}{\sum_{j=1}^n P_j p_j} \quad (8-6-3)$$

根据此式可求出原有假定在试验后的公算,

$$Q_I = \frac{P_I \cdot p_I}{\sum_1^n P_j \cdot p_j} = \frac{0.01}{0.39} = 0.026$$

$$Q_{II} = \frac{P_{II} \cdot p_{II}}{\sum_1^n P_j \cdot p_j} = \frac{0.35}{0.39} = 0.897$$

$$Q_{III} = \frac{P_{III} \cdot p_{III}}{\sum_1^n P_j \cdot p_j} = \frac{0.03}{0.39} = 0.077$$

试验后的假定公算之和如试验前的一样, 总是等于 1。据此可以校核计算结果是否正确。

$$\sum_1^n Q_i = 0.026 + 0.897 + 0.077 = 1$$

从计算中看出, 试验结果的出现在很大程度上改变了原有假定的公算。如今平均弹道经过地段 II 的公算几乎是必然的。

假定公算提供了“最可能实现的假定”的依据, 使我们能最合理地解决下一步试验 (如试射) 的程序。

相继使用全公算公式和假定公算公式, 就有可能制定适当的射击程序和以适当的弹药消耗来完成各项任务。

第七节 重复试验中事件至少出现一次的公算

在枪械担任的射击任务中, 一般说来, 一发弹命中单个目标即可完成任务。因此, 射击数发枪弹时, 事先知道至少

一发弹命中目标的公算是很重要的。

举例说明，对目标射击 5 发弹，每一发弹的命中公算 $p = 0.5$ 。

发射 5 发弹 ($n = 5$)，有下面 6 个由命中和脱靶组成的事件组合：① 5 发命中，0 发脱靶；② 4 发命中，1 发脱靶；③ 3 发命中，2 发脱靶；④ 2 发命中，3 发脱靶；⑤ 1 发命中，4 发脱靶；⑥ 0 发命中，5 发脱靶。

根据此例的条件，命中几发弹和命中的顺序可不考虑，重要的是 5 发弹中至少一发命中目标的可能性是多大。在上述 6 个组合中，前 5 个都包括至少一发命中，只有最后一个无命中弹。因此，至少一发命中的公算等于除第 6 个组合外所有组合的公算之和。用 P_1 表示至少一发命中的公算。最后一个组合的公算，即全部脱靶的公算等于 q^n ，或 $(1-p)^n$ 。

$$\text{因为 } P_1 + q^n = 1$$

$$P_1 = 1 - q^n$$

$$P_1 = 1 - (1-p)^n \quad (8-7-1)$$

按此式解题，得

$$P_1 = 1 - (1-p)^n = 1 - (1-0.5)^5 \approx 0.969, \\ \text{或 } 96.9\%.$$

因此，至少一发命中的公算等于 1 减去其对立事件（即脱靶）的公算的 n 次方， n 为试验次数。

第八节 根据已知的公算求该事件至少出现一次所需进行的试验次数

将 $P_1 = 1 - (1-p)^n$ 式两边取对数，得 n 值：

$$n \lg (1-p) = \lg (1-P_1),$$

$$n = \frac{\lg \frac{1}{1-p}}{\lg (1-p)} \quad (8-8-1)$$

例：用冲锋枪进行射击，一发射弹对目标的命中公算 $p = 0.3$ 。求：当至少一发弹命中目标的公算不小于80%时所需发射的弹数。

解：按公式 8-8-1 计算

$$\begin{aligned} n &= \frac{\lg (1 - P_1)}{\lg (1 - p)} = \frac{\lg (1 - 0.8)}{\lg (1 - 0.3)} \\ &= \frac{\bar{1} \cdot 3010}{\bar{1} \cdot 8451} = \frac{-0.6990}{-0.1549} \approx 4.5 \end{aligned}$$

由于发射弹数不可能是小数，故将得数向最接近 4.5 的较大的整数归整，即 $n = 5$ 。这就是说，每 5 发弹为一次射击，进行 100 次射击时，每次至少命中一发弹的射击有 80 次，全部脱靶的射击为 20 次。

第九节 偶然量及偶然量的期望值

在每次试验中取一定数值，但事先无法确定的量，在公算理论中称为偶然量。

例如，发射 n 发弹时的命中弹数 m ，某一发弹距离平均弹着点的偏差、测量的偶然误差等都是偶然量。

在公算理论中，偶然量的应用有重大意义。必要时，每一事件都可能与一定的偶然量有关。例如，测量误差（测量结果与真值之差）就是被视为偶然量来研究的。

为了确定偶然量，必须知道偶然量所能取的各种数值及每一数值或每一组数值的公算。但在实践中并非任何时候都

能确定全部偶然量，因此经常利用偶然量的平均示性数

偶然量示性数之一即偶然量的平均值或期望值

首先讨论试验中得出的偶然量的平均值

设在同等条件下进行10次射击，每次射击5发弹。5发弹都命中目标的有3次，4发弹命中的有4次，3发弹命中的有2次，1发弹命中的有1次。

问：平均每次射击有几发弹命中？

用 x_{cp} 表示此偶然量的平均值：

$$\begin{aligned}x_{cp} &= \frac{5 \times 3 + 4 \times 4 + 3 \times 2 + 1 \times 1}{10} \\&= 3.8 \text{ 发弹命中}\end{aligned}$$

或写成：

$$\begin{aligned}x_{cp} &= 5 \times \frac{3}{10} + 4 \times \frac{4}{10} + 3 \times \frac{2}{10} + 1 \times \frac{1}{10} \\&= 3.8 \text{ 发弹命中}\end{aligned}$$

5、4、3、1是命中弹数的个别值，即该偶然量的个别值。分数 $\frac{3}{10}$ 、 $\frac{4}{10}$ 、 $\frac{2}{10}$ 、 $\frac{1}{10}$ 分别是这些偶然量个别值的出现频率。

用 x_1 、 x_2 、…… x_n 表示偶然量的个别值，用 w_1 、 w_2 、…… w_n 表示这些个别值相应的出现频率，从而可将上式写成：

$$x_{cp} = x_1 w_1 + x_2 w_2 + \dots + x_n w_n \quad (8-9-1)$$

因此，试验中得出的偶然量平均值等于偶然量个别值与其相应出现频率之积的总和。

由于大量试验时事件频率在该事件公算的上下波动，故可认为：偶然量的平均值，也就是偶然量的期望值，等于偶

然量个别值与其相应公算之积的总和。

用 $M(x)$ 表示期望值，可将上式写成：

$$M(x) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \cdots + x_n p_n \quad (8-9-2)$$

式中： $x_1, x_2, \cdots$ ——偶然量的个别值；

$p_1, p_2, \cdots$ ——偶然量个别值 (x) 的出现公算。

计算 $M(x)$ 时应注意：公算总和 $p_1 + p_2 + \cdots + p_n = 1$ ，象事件公算总和那样组成完整的组合。

期望值在任何时候都是名数，根据偶然量个别值的符号和单位，它可能是正数，也可能是负数。

例：射手用手枪对 4 号比赛靶进行射击。由于射击准备良好，全部射弹均未超出黑环。对“10 环”的命中公算 $p_1 = 0.15$ ；对“9 环”的命中公算 $p_2 = 0.30$ ；对“8 环”的命中公算 $p_3 = 0.35$ ；对“7 环”的命中公算 $p_4 = 0.20$ 。

求一发射弹时命中环数的期望值。

解：检查一下偶然量的个别值是否有遗漏？

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 0.15 + 0.30 + 0.35 + 0.20 = 1$$

于是可认为：偶然量有以下个别值 $x_1 = 10$ 环、 $x_2 = 9$ 环、 $x_3 = 8$ 环、 $x_4 = 7$ 环。

$$\begin{aligned} \text{故 } M(x) &= x_1 p_1 + x_2 p_2 + x_3 p_3 + x_4 p_4 \\ &= 10 \times 0.15 + 9 \times 0.30 + 8 \times 0.35 + 7 \times 0.20 \\ &= 1.5 + 2.7 + 2.8 + 1.4 = 8.4 \text{ 环} \end{aligned}$$

这就是说：在给定射击条件下，可指望平均每次射弹命中 8.4 环。如果射击 5 发弹，则可予期平均命中环数等于

$$5 \times 8.4 = 42 \text{ 环}$$

在射击实践中，计算相斥事件偶然量的期望值有重要意义。

设对人形靶射击一发弹。命中公算等于 p ，求命中弹数的期望值。显然，一发射弹时的偶然量（命中弹数）只可能有两个个别值： $x_1 = 1$ 和 $x_2 = 0$ 。命中公算为 $p_1 = p$ ，脱靶公算 $p_2 = q$ ，因此

$$\begin{aligned} M(x) &= x_1 p_1 + x_2 p_2 \\ &= 1 \times p + 0 \times q = p \quad \text{发弹命中} \end{aligned}$$

也就是说，一次试验时，相斥事件中一个事件出现数的期望值在数值上等于该事件的公算。

这里说在数值上相等，是因为公算是无名数，而期望值是名数，其单位与偶然量个别值的单位相同。

期望值常用 a 表示。于是上式可写作： $a_1 = p$

例：发射弹的命中公算 $p = 0.5$ 。求一发射弹时命中弹数的期望值。根据以上所述 $a_1 = p = 0.5$ 发。

必须指出，命中弹数不可能是分数。 $a_1 = 0.5$ 发是指射击多发枪弹时一发射弹的命中数的平均期望值。

进行两次以上试验时，命中弹数的期望值就不等于一次试验时偶然量的公算。设一次试验时的命中公算等于 p ，脱靶公算等于 q 。求两发射弹时命中弹数的期望值

先求变量 x 的个别值及其公算。

$x_1 = 2$ 发弹命中；发射两发弹时两发弹命中目标的公算为复杂事件，按乘法定理计算：

$$p_2 = p \cdot p = p^2$$

$x_2 = 1$ 发弹命中；两发射弹中一发命中可能按不同顺序发生：

① 第一发命中，第二发脱靶；此顺序时的公算等于 $p \times q$ 。

② 第一发脱靶，第二发命中；此顺序时的公算等于 $q \times p$ 。

因为无论按何种顺序发生均可，故两发射弹中一发弹命中的公算可按加法定理求得：

$$p \times q + q \times p = 2pq$$

因此 $p_2 = 2pq$

$x_3 = 0$ ；两发射弹均脱靶的公算

$$p_3 = q \times q = q^2$$

将所得值代入公式 (8-9-2)，得：

$$\begin{aligned} M(x) = a_2 &= x_1 \times p^2 + x_2 \times 2pq + x_3 \times q^2 \\ &= 2 \times p^2 + 1 \times 2pq + 0 \times q^2 \\ &= 2p(p + q) \\ &= 2p \end{aligned}$$

一般情况下：

$$a_n = np = na_1 \quad (8-9-3)$$

例：一发射弹时的命中公算 $p = 0.7$ 求3发射弹时命中弹数的期望值。

解： $a_3 = 3p = 3 \times 0.7 = 2.1$ 发弹命中。

如果试验的最终结果是由数个偶然量决定的，则这些偶然量的和的期望值等于这些量的期望值之和。例如，数门迫击炮对同一目标射击，此时命中目标弹数的期望值等于每门炮的命中目标弹数的期望值之和。

第九章 误差理论概说

第一节 测量误差

在枪炮射击实践中常要测量各种量，最常测量的是目标距离、方位物与目标之间的角度及炮弹炸点对目标的偏差。

无论用什么方法测量某一量，每次所得的结果都是近似的，它大于或小于被测之量的真值。换句话说，根据不同的测量方法和测量者的熟练程度，每次都有一定的测量误差。

实际测量结果（近似结果）与所测之量的真值之间的差称测量误差。

$$X_i - X_0 = \Delta_i \quad (9-1-1)$$

式中： X_0 ——所测之量的真值；

X_i ——某次测量的结果；

Δ_i ——测量结果的误差。

误差以绝对值和符号表示其特征。误差的绝对值越小，也就是说测量结果越接近所测之量的真值，该测量也就越准确。如果 $X_i > X_0$ ，误差为正；如果 $X_i < X_0$ ，误差为负。

误差分系统误差（固定误差）和偶然误差。

系统误差是由一些固定不变的原因（对于某一方法或某种测量仪器）产生的，其值和符号也是不变的。这些原因的影响可能预先知道，故排除它们引起的误差也很容易。例如已知2米的量地规有-4厘米的误差（量地规两脚开度的真值比2米少0.04米）。知道这一点后，只要把量地规测得的结

果增加 2 %，就可修正此系统误差。

偶然误差是由误差的许多原因相互影响而产生的。每个这样的误差都产生所谓的基础误差。在给定测量条件下，此误差的值和符号都有偶然性。每次测量时，基础误差的组合可能十分不同。因此，在多次测量时，综合误差可能有各种不同的偶然值。预先考虑和排除这种误差是不可能的。

偶然误差是误差的许多原因相互作用的结果，而且每次重新测量时都有不同的偶然值。

偶然误差是我们下一步要研究的对象。研究偶然误差出现和相互关系的一般规律的公算理论称偶然误差理论，或简称误差理论。

第二节 误差定律

由公算理论得知，大量试验时的偶然现象呈现出某些规律。偶然误差也是如此。

在多次测量的情况下，偶然误差的出现服从于一定的规律，此规律表现出误差值与其出现频率之间的关系。由公算理论还知道，在相当大量的试验时，事件频率与事件公算的差别很小。因此可以认为，在偶然误差的大小和符号与偶然误差的公算之间也存在一定的关系。

偶然误差的绝对值和符号与偶然误差公算之间的关系称偶然误差定律。

误差服从于不同的定律。同我们最有关的是误差的标准定律（有时简称高斯定律），因为枪炮射击实践中大多数测量误差都服从于这一定律。

测量误差的定律可用解析法和实验法求出。下面只谈根

表 9 - 1

i	x	Δ_i	i	x _i	Δ_i	i	x _i	Δ_i	i	x _i	Δ_i	i	x _i	Δ_i
1	972	- 28	21	926	- 74	41	1053	+ 53	61	980	- 20	81	1082	+ 82
2	1063	+ 63	22	959	- 41	42	959	- 41	62	1097	+ 97	82	979	- 21
3	976	- 24	23	1021	+ 21	43	1107	+ 107	63	1038	+ 38	83	1046	+ 46
4	963	- 37	24	886	- 114	44	1025	+ 25	64	992	- 8	84	989	- 11
5	1089	+ 89	25	914	- 86	45	937	- 63	65	937	- 63	85	1071	+ 71
6	967	- 33	26	1008	+ 8	46	1093	+ 93	66	1034	+ 34	86	1112	+ 112
7	1105	+ 105	27	986	- 14	47	1017	+ 17	67	888	112	87	983	17
8	951	- 49	28	1049	+ 49	48	978	- 22	68	944	- 56	88	1075	+ 75
9	935	- 65	29	1019	+ 19	49	1007	+ 7	69	1024	+ 24	89	995	- 5
10	1008	+ 8	30	980	- 20	50	954	- 46	70	1005	+ 5	90	1028	+ 28
11	1032	+ 32	31	1018	+ 18	51	947	53	71	998	- 2	91	1070	+ 70
12	1124	+ 124	32	930	- 70	52	990	- 10	72	1029	+ 29	92	969	- 31
13	977	- 23	33	944	- 56	53	1001	+ 1	73	1072	+ 72	93	988	- 12
14	948	- 52	34	1013	+ 13	54	1062	+ 62	74	897	- 103	94	1064	+ 64
15	1059	+ 59	35	994	- 6	55	1038	+ 38	75	1074	+ 74	95	973	- 27
16	1012	+ 12	36	1036	+ 36	56	879	- 121	76	1044	+ 44	96	1039	+ 39
17	973	- 27	37	908	- 92	57	965	- 35	77	987	- 13	97	1022	+ 22
18	1057	+ 57	38	919	- 81	58	922	- 78	78	1047	+ 47	98	883	117
19	939	- 61	39	1074	+ 74	59	1039	+ 39	79	995	- 5	99	1067	+ 67
20	969	- 31	40	1052	+ 52	60	963	- 37	80	1086	+ 86	100	971	29

据试验数据求误差定律的实验法。

设从两个观察站用交叉法对同一距离进行100次测量。求出各次测量结果的误差列入表9-1中。

为找出偶然误差的值和符号与其出现频率之间的关系，将所得误差分组。把正、负误差按每30米为一组分开，然后计算各组的误差数量。将计算结果列成表9-2。

表 9 - 2

误差值 (米) 从…… 到……	负误差 (-)					正误差 (+)				
	-120	-90	-60	-30	0	0	+30	+60	+90	+120
	-150	-120	-90	-60	-30	+30	+60	+90	+120	+150
误差数	1	5	9	14	21	16	15	13	5	1
误差频率 (%)	1	5	9	14	21	16	15	13	5	1

根据此表数据可绘制出误差值与其出现频率之间的关系图。为此在水平轴上（见图9-2-1）从0点向两旁引线，以30米为误差比例单位，误差出现频率以百分数表示。得出的一系列矩形面积清楚地说明有一定值和符号的误差的出现频率。

此处只用了100次测量作例子。要确定偶然误差的出现规律，测量次数是不够的。但即使在这种情况下也能做出一些结论。例如，从图中可见：值小的误差出现较频繁，而值大的误差出现次数较少。此外，值大的误差和值小的误差二者数目大致相同。

下面研究目测距离时的大量试验数据。上例中只引用了测量同一距离时得出的100个误差，全部误差均以米表示。下

面引用对不同距离测量时的试验数据。实践证明，目测距离的误差值与被测之距离成正比。因此，所有目测误差值可不用米表示，而以相对于被测距离真值的百分比表示。

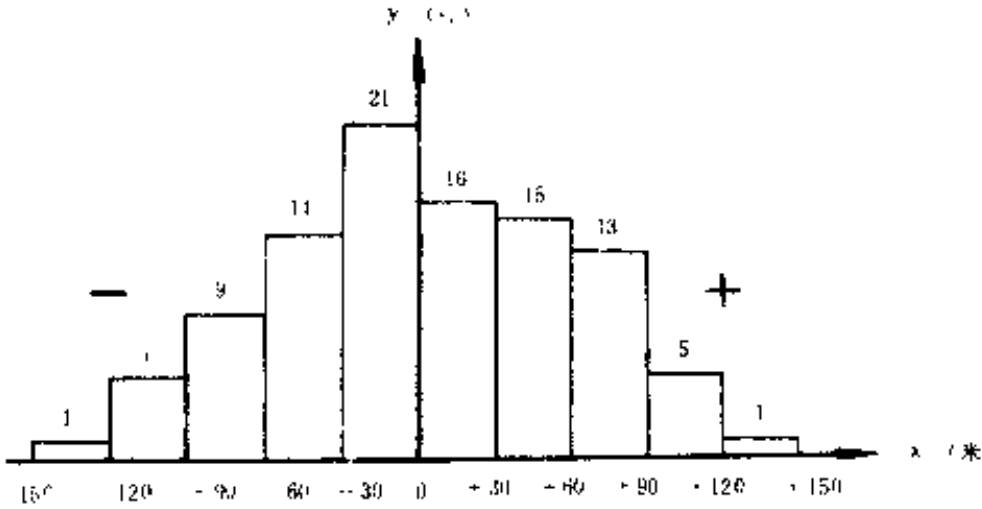


图 9-2-1 测量距离时误差分布的部分情况

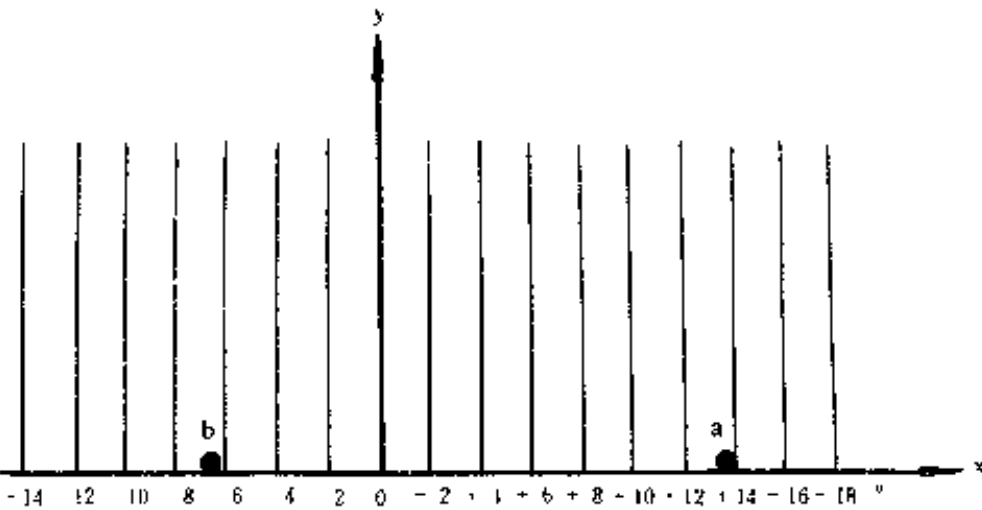


图 9-2-2 大量测量结果的处理

为了将所得之误差分组和进行处理须绘制图表。图表的一部分示于图 9-2-2。图表的右半部为正误差，左半部为负误差。在 OX 轴上，从 O 点以误差 2 % 为比例单位向两旁延

伸。下面举例说明误差的分组方法。

例1 目标的真实距离 $x_0 = 747$ 米（用最准确的方法——皮尺、从数点进行测量的交叉法或测距仪等方法测得的）。某次测量结果 $x_i = 850$ 米。此次测量结果的误差：

$$\Delta_i = x_i - x_0 = 850 - 747 = +103 \text{ 米}$$

相对误差为：

$$\frac{103 \times 100}{747} \approx +13.8\%$$

将此误差值标记在图9-2-2中的a点。

例2 目标的真实距离 $x_0 = 685$ 米。某次测量结果 $x_i = 640$ 米。此次测量结果的误差

$$\Delta_i = x_i - x_0 = 640 - 685 = -45 \text{ 米}$$

相对误差为：

$$\frac{-45 \times 100}{685} \approx -6.6\%$$

将此误差值标记在图9-2-2中的b点。

假设我们得出足够多的误差值，并按上述方法将它们画成图。根据各组的误差频率，在同--基线上按比例画出矩形框图（图9-2-3）。

分析得出的图表，可以确定误差值及其符号与误差频率之间的几条规律：

1. 误差愈大，误差出现的频率就愈小。此点可从图表证实，随着误差的增大，矩形框的高度越来越小。

2. 同等界限内的正、负误差的出现频率大致相等。从图中看出，距OY轴等远的矩形框的高度大致相同。

3. 每种测量方法都有其误差极限。从图9-2-3中看出，

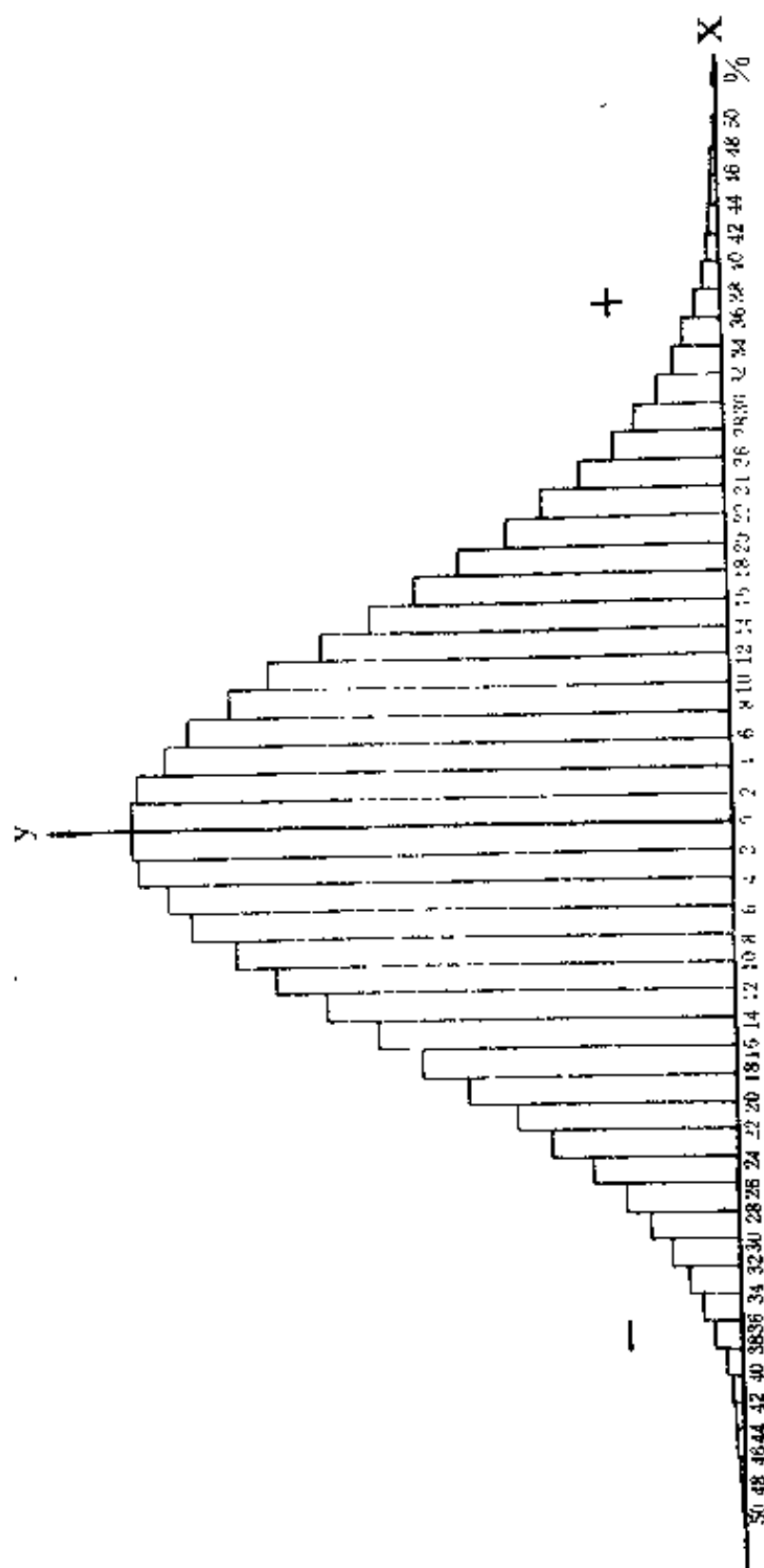


图 9-2 3 日测距仪时大量误差的分布

相应于最大误差出现频率的矩形框与OX轴趋于重合。

上例中得出的全部误差按其值分组,各组的间隔为2%,于是我们得出一个误差频率阶梯图(图9-2-3)。阶梯数及其尺寸取决于我们绘图时给定的误差间隔的大小。间隔愈小,阶梯愈多。随着误差间隔无限减小,阶梯曲线逐渐平滑,最后成为光滑的曲线ABB(图9-2-4)。

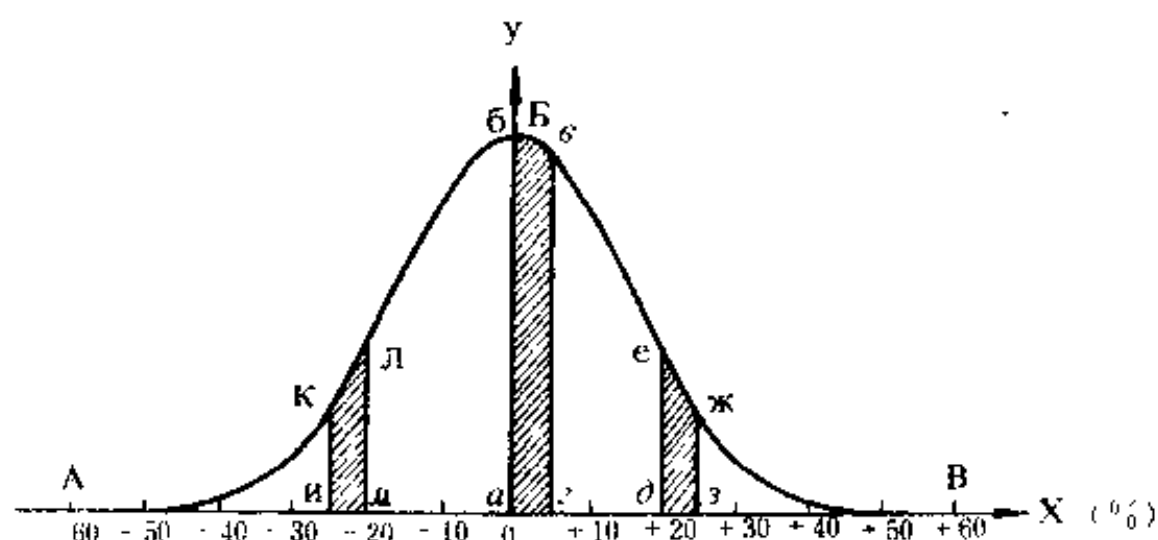


图 9-2-4 表示偶然误差标准定律的曲线

由于我们所有的讨论都立足于大量的试验,因此可认为ABB是一条表示误差标准定律的光滑曲线。误差标准定律有以下三个特征:

1. 误差所得公算随误差值的增大而减小,反之,误差愈小,所得公算愈大。
2. 绝对值相等而符号不同的误差,其公算相等,即绝对值相等的正、负误差所得公算相等。
3. 各种测量方法都有其误差范围。误差值超过此范围的误差,其公算很小。在实践中通常不予考虑。

误差定律的这三个特征可以概括为：误差的分布是不均匀的、对称的和有极限的。

由图 9-2-4 看出，测量误差未超出 AB 范围，因此，这些范围内的误差所得公算之和等于 1 或 100%。根据这一点，ABB 曲线所包括的面积也取为 1 或 100%。

在某一小范围内，误差的相应坐标和曲线部分所限定的面积比以 ABB 曲线为界的整个面积小几分之几，此误差所得公算比 1 或 100% 也就小几分之几。根据这点，我们可以比较给定范围内误差所得公算，为此需比较相应于此范围的面积。

例 1：图 9-2-4， $ab\sigma z$ 所包括的面积比以 ABB 曲线为界的面积小几分之几，0 到 +5% 范围内误差所得公算就比 1 小几分之几。

例 2 $ab\sigma z$ 面积比 $de\kappa z$ 面积大几倍，0 到 +5% 范围内的误差所得公算就比 +20% 到 +25% 范围内的误差所得公算大几倍。

例 3 因为 $иклм$ 面积等于 $de\kappa z$ 面积，故 -20% 到 -25% 范围内误差所得公算等于 +20% 到 +25% 范围内误差所得公算。

第三节 公算误差、误差梯尺

在枪炮射击实践中，常要鉴定各种测量方法的精确度。此时，利用算术平均误差、平均平方误差和公算误差作为衡量精确度的尺度。最常用的是公算误差，用字母 E 表示。

将全部误差按递增或递减的顺序排列成一行，绝对值大于全部误差前一半误差中的任何一个，并小于后一半误差中

的任何--个的误差就叫做公算误差。

根据此定义,求100个测量结果的公算误差(见表9-3)。为此,将全部误差的绝对值按递增顺序排列(表9-3)。由于共有100个测量结果,故公算误差位于第50个误差与第51个误差之间。第50个误差的绝对值为39米,第51个误差的绝对值为41米。故公算误差等于:

$$\frac{39 + 41}{2} = 40 \text{ 米}$$

它比全部误差前一半误差中的任何一个大,比后一半误差中的任何一个小。

表 9-3

N	Δ	N	Δ	N	Δ	N	Δ	N	Δ
1	-1	21	+19	41	+33	61	-53	81	+74
2	2	22	20	42	34	62	+53	82	+75
3	5	23	20	43	+35	63	56	83	+78
4	5	24	21	44	36	64	-56	84	81
5	-5	25	-21	45	37	65	+57	85	+82
6	+6	26	22	46	+37	66	+59	86	+86
7	-7	27	+22	47	+38	67	-61	87	+86
8	8	28	+23	48	+38	68	+62	88	+89
9	8	29	-24	49	+39	69	-63	89	+92
10	+8	30	24	50	+39	70	-63	90	+93
11	10	31	+25	51	41	71	+63	91	+97
12	11	32	27	52	+41	72	+64	92	+103
13	12	33	-27	53	+44	73	-65	93	+105
14	12	34	28	54	+46	74	+67	94	+107
15	13	35	+28	55	+46	75	-70	95	+112
16	13	36	-29	56	+47	76	+70	96	+112
17	14	37	+29	57	+49	77	+71	97	+114
18	17	38	-31	58	+49	78	+72	98	+117
19	17	39	31	59	+52	79	-74	99	+121
20	18	40	+32	60	+52	80	+74	100	+124

现在利用测量不同距离(Δ)时获得的以百分比表示的

大量误差（图9-3-1），求目测距离时的公算误差。

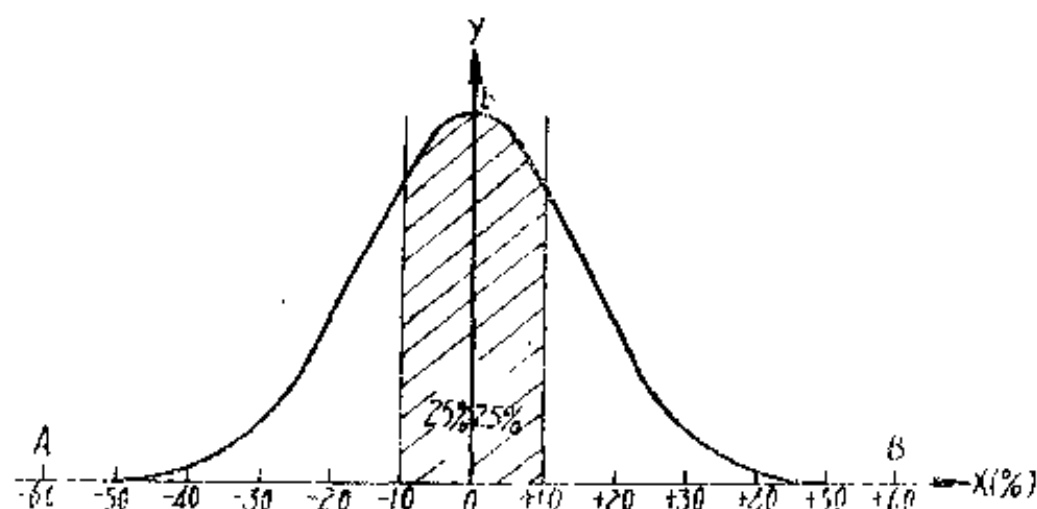


图 9-3-1 通过划出半数误差求公算误差

假设误差数足够多，但又不是无限的，我们就能计算所有误差。

在OY轴的两侧各划出占全部误差数25%的误差（图9-3-1），并用两条与轴线平行的直线分开，于是得出两个相等部分，它们共包括全部误差的一半。从图中看出，这一半误差中的任何一个都不超过所测距离的10%。而另一半误差（即这两部分以外的）中的任何一个都大于所测距离的10%，因此，值为10%的误差就是目测距离的公算误差。

将剩余的一半误差按每隔10%且（一个公算误差）为一组区分开，于是在OY轴两侧划出和前两个部分等宽的若干部分（图9-3-2）。计算每一部分内的误差数，并求其与全部误差数的百分比，此时我们就可得出各部分误差的出现频率。如果前两个部分分别包括全部误差的25%，则其余部分（均以公算误差为单位）随着逐渐远离OY轴而分别为16.1%，

6.7%、1.8%、0.3%、0.1%。

我们取了足够数量的误差，此时可以认为事件频率等于事件公算。因此，图 9-3-2 是误差标准定律的数字表示法：它表示出误差值及其符号与误差获得公算之间的数字关系。例如，根据这个图，我们可以说，在从 0 到 $\pm 1E$ 范围内误差的公算为：

$$25\% + 25\% = 50\%$$

在从 0 到 $\pm 2E$ 范围内，误差的公算等于：

$$16.1\% + 25\% + 25\% + 16.1\% = 82.2\%$$

余者按此类推

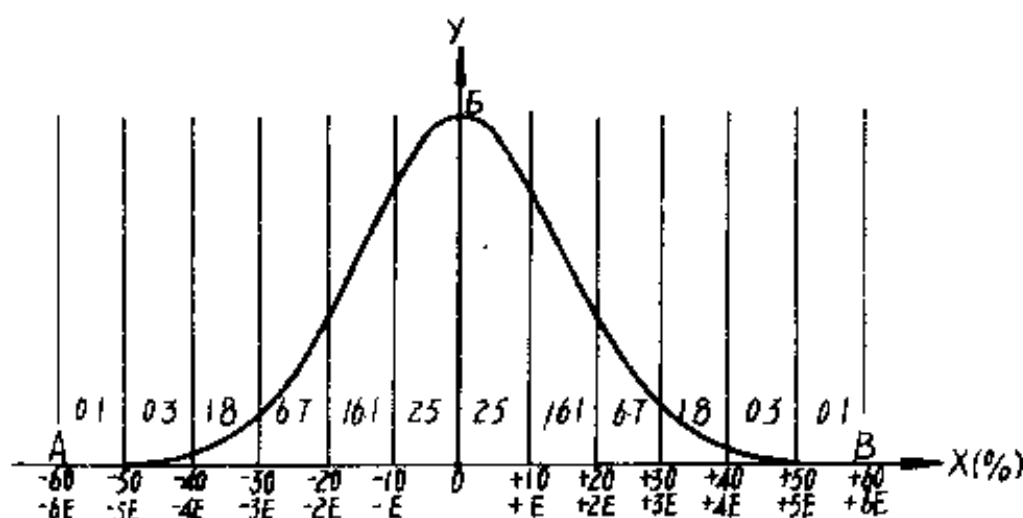


图 9-3-2 误差标准定律的数字表示法

(以目测距离为例,此时 $E = 10\%$)

根据图 9-3-2 中的数据，可以说测量误差的值可达到 $\pm 5E$ ，甚至 $\pm 6E$ 。但从此图看出，这样大的误差所得公算是很小的。事实上，大于 $4E$ 的误差的公算等于 $2(0.3\% + 0.1\%) = 0.8\%$ 。这就是说，平均 1000 次测量中只有 8 次测量的误差可能大于 $4E$ 。因此，为了简化计算，通常对这样的误差忽略

不计误差的标准定律也可以用误差梯尺（即用数字）表示，如图 9-3-3。在这种情况下，任何测量方法的误差范围取为 $\pm 4E$ 。

图 9-3-3 的误差梯尺是以公算误差 E 的整数编制的，也可以任何精度、即 E 的任何分数来编制这样的误差梯尺。图 9-3-4 的误差梯尺可以求出精确度达 $E/2$ 和 $E/4$ 范围内误差的获得公算。例如，误差的获得公算在 $\pm E/2$ 范围内等于 $0.13 + 0.13 = 0.26$ 或 26% ；在 $\pm 5E/4$ 范围内等于 $(0.25 + 0.051) \times 2 = 0.602$ 或 60.2% ；在从 $-3E/2$ 到 $+E/4$ 范围内等于 $0.09 + 0.25 + 0.067 = 0.407$ 或 40.7% ，在从 $+E/2$ 到 $+7E/4$ 范围内等于 $0.12 + 0.09 + 0.037 = 0.247$ 或 24.7% 。

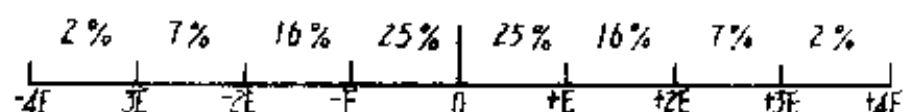


图 9-3-3 精确度达 $1E$ 的误差梯尺

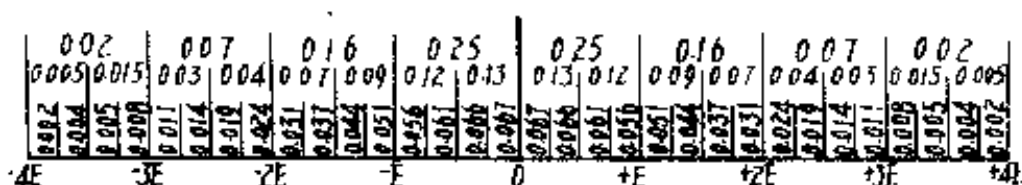


图 9-3-4 精确度达 $0.25E$ 的误差梯尺

当计算需要高精度时，可利用精确度达 $0.01E$ 的误差梯尺。这种梯尺为表格形式（见附录表 2）。表中，从 $-4E$ 到 $+4E$ 范围内误差获得公算作为此范围的函数。给定范围内误差获得公算通常用下式表达：

$$P = [\Phi(\beta_2) - \Phi(\beta_1)] / 2 \quad (9-3-1)$$

式中： β ——以公算误差的倍数表示的误差范围，即

$$\beta_1 = \Delta_1 / E, \quad \beta_2 = \Delta_2 / E,$$

P——此误差获得公算；

ϕ ——表示P与 β 相互关系的函数。

注意： $\phi(-\beta) = -\phi(\beta)$, $\phi(0) = 0$

下面举例说明 $\phi(\beta)$ 表的使用法：

假设到目标的距离的真值为800米。观察者用目测方法测出的结果有某误差。测量结果的公算误差为目标距离的10%，在此时E为80米。

现按给定范围内误差获得公算的求法解下例：

例1：求出100米范围内误差所得公算。（图9-3-5）。

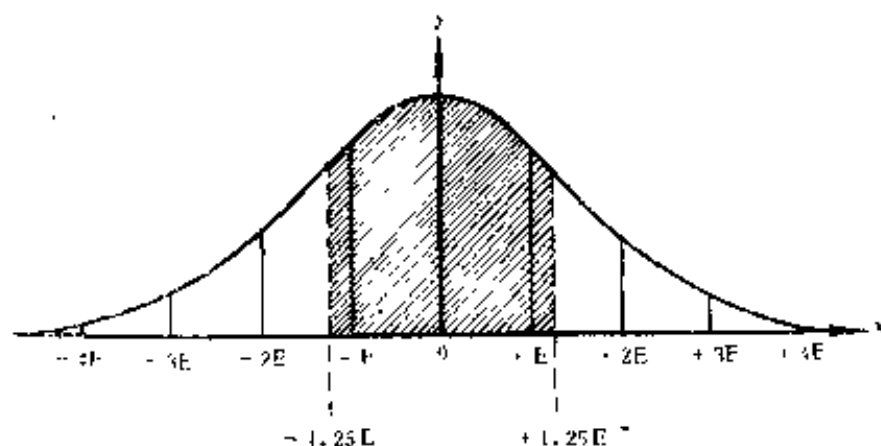


图 9-3-5 从0到 $\pm 1.25E$ 的误差范围

$$\text{解： } \beta = \pm \frac{\Delta}{E} = \pm \frac{100}{80} = \pm 1.25$$

误差获得公算

$$P = \frac{1}{2} [\phi(1.25) - \phi(-1.25)] = \frac{1}{2} [\phi(1.25) + \phi(1.25)] = \phi(1.25) = 0.601 \text{ 或 } 60.1\%$$

例2：求从0到-124米范围内负误差获得公算(图9-3-6)。

$$\text{解： } \beta = \frac{\Delta}{E} = \frac{-124}{80} = -1.55$$

因为只要求得出负误差获得公算，故

$$P = \frac{1}{2} [\Phi(0) - \Phi(-1.55)] = \frac{1}{2} \Phi(1.55) \\ = \frac{1}{2} \times 0.704 = 0.352 \text{ 或 } 35.2\%$$

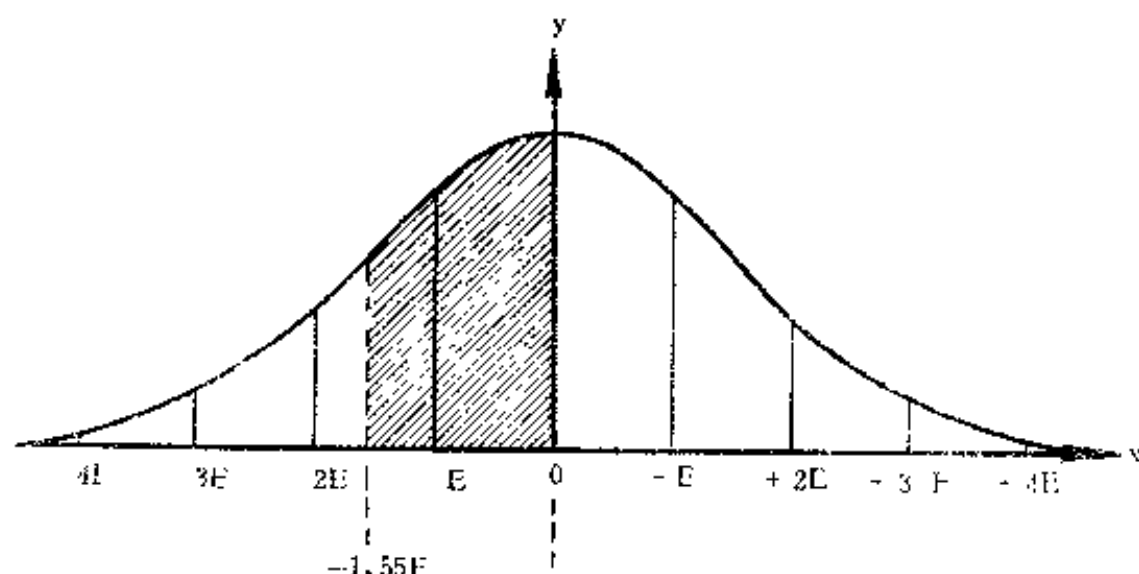


图 9-3-6 从 0 到 $-1.55E$ 的误差范围

例 3：求从 -48 米到 $+116$ 米范围内误差获得公算（图 9-3-7）。

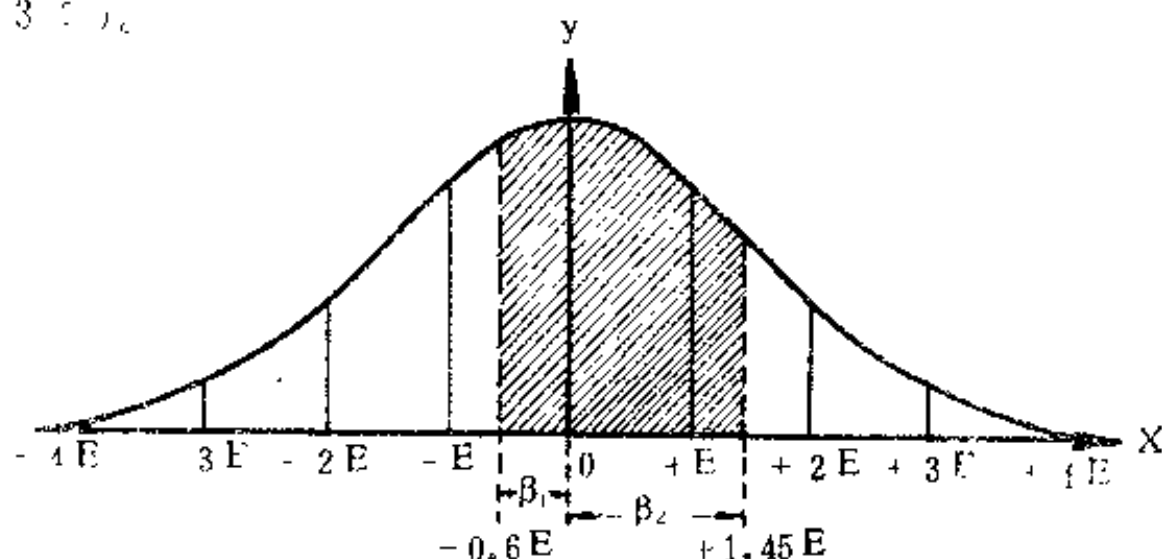


图 9-3-7 从 $-0.6E$ 到 $+1.45E$ 的误差范围

$$\text{解: } \beta_1 = \frac{-48}{80} = -0.6$$

$$\beta_2 = \frac{116}{80} = 1.45$$

$$\begin{aligned} P &= [\Phi(\beta_2) - \Phi(\beta_1)] \cdot 2 \\ &= [\Phi(1.45) - \Phi(-0.6)] \cdot 2 \\ &= [\Phi(1.45) + \Phi(0.6)] \cdot 2 \\ &= [0.672 + 0.314] \cdot 2 = 0.493 \text{ 或 } 49.3\% \end{aligned}$$

例 4: 求从 +36 米到 +96 米范围内误差所得公算 (图 9 3 8)

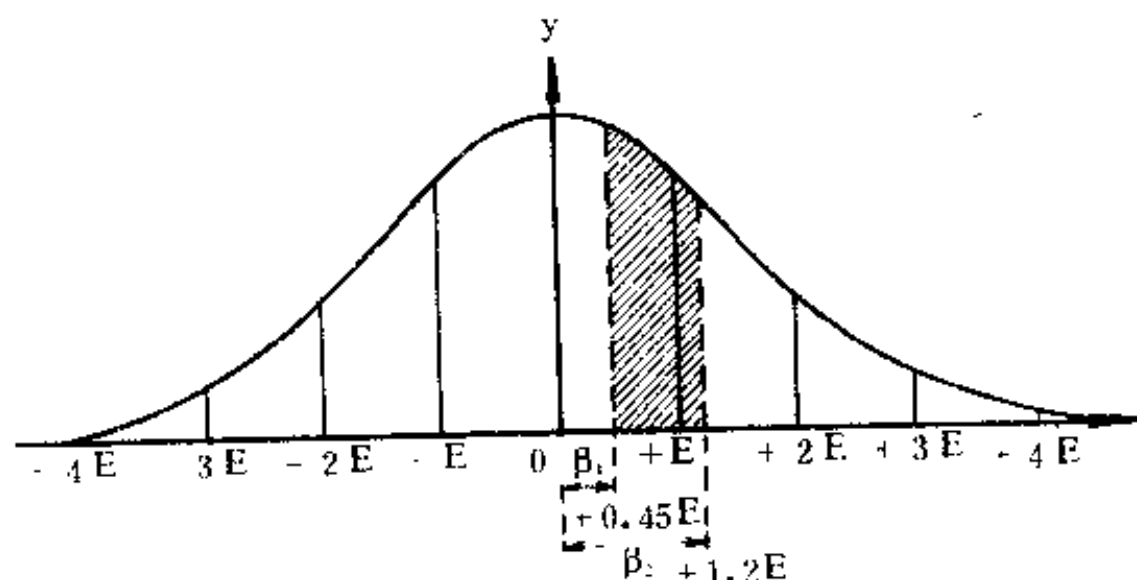


图 9 3 8 从 0.45E 到 +1.2E 的误差范围

$$\text{解: } \beta_1 = \frac{36}{80} = 0.45$$

$$\beta_2 = \frac{96}{80} = 1.2$$

$$\begin{aligned} P &= [\Phi(\beta_2) - \Phi(\beta_1)] \cdot 2 \\ &= [\Phi(1.2) - \Phi(0.45)] \cdot 2 \\ &= [0.582 - 0.239] \cdot 2 \approx 0.172 \text{ 或 } 17.2\% \end{aligned}$$

第四节 根据测量结果求公算误差-公算误差、 算术平均误差与平均平方误差之间的关系

前面我们求误差值时曾假设被测量的真值为已知。而实际上，在开始测量某个量时，真值是不知道的，否则就没有必要测量了。因此，为了求出每个测量结果的误差，就不是与被测量的真值作比较，而是同最接近真值的近似值相比较。此近似值取所有测量结果的算术平均值，也就是取平均测量结果。

将测量结果的总和除以测量次数即得出各次测量的平均结果

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (9.4.1)$$

式中： x_1, x_2, x_n ——测量结果；

n ——测量次数。

例：十个人测量同一地物的距离。此时得出下列结果：
930、1150、1071、730、1050、955、760、1260、839、1015米。
求平均结果

解：将测量结果代入公式：

$$\begin{aligned} x_{cp} &= \frac{930 + 1150 + 1071 + 730 + 1050 + 955 + 760 + 1260 + 839 + 1015}{10} \\ &= \frac{9760}{10} = 976 \text{ 米} \end{aligned}$$

必须强调，所测之量的近似值与真值是不相等的，进行

的测量次数愈少，二者的差别愈大；测量次数愈多，所得的平均结果愈接近真值。

用平均结果作为被测之量的真值 x_0 ，我们就有可能求出各次测量的误差

按上例条件求各次测量的误差。如果 $x_{cp} = 976$ 米，则各次测量误差为： $-46, +174, +95, -246, +74, -21, -216, +284, -137, +39$ 米。

在本章开始时，我们讨论了按某一误差在全部误差绝对值的排列中的位置求公算误差的方法。并以100个测量值（或100个误差）为例。在这样多的试验次数时，这种求公算误差的方法是足够准确的。但在实践中，通常测量次数是不多的。在这种情况下，前面讨论的求公算误差的方法就不能保证所需要的精度。为证实这一点，下面举例说明。对同一距离进行10次测量，得出10个误差。将这些误差的绝对值按递增顺序排列：21、39、46、74、95、137、174、216、246、284米。其公算误差：

$$E = \frac{95 + 137}{2} = 116 \text{ 米}$$

假设再进行一次测量——第11次测量。我们将看到公算误差值如何随最后一次测量结果而变化。如果第11次测量误差大于137米，则公算误差为137米；如果第11次测量误差小于95米，则公算误差为95米。

因此，我们看到，公算误差值只由于一次测量结果就会发生很大的变化。所以，当测量次数不多时，不能根据误差在全部误差绝对值排列中的位置求公算误差。

在这种情况下，求公算误差近似值的方法通常有两种：

根据算术平均误差值，或根据平均平方误差值。为此，必须知道这两种误差的求法，以及这些误差与公算误差之间的数量关系。

算术平均误差 E_1 等于全部误差绝对值之和除以误差数

$$E_1 = \frac{|\Delta_1| + |\Delta_2| + \dots + |\Delta_n|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta_i|}{n} \quad (9-4-2)$$

式中： $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ ——测量误差；

n ——误差数。

按上例条件，进行了10次测量，得出10个误差，其算术平均误差为：

$$E_1 = \frac{46 + 17.4 + 95 + 24.6 + 74 + 21 + 21.6 + 28.4 + 13.7 + 39}{10} \\ = 133.2 \text{ 米}$$

公算误差 E 与算术平均误差 E_1 之间存在以下数量关系：

$$\text{即：} E = \rho \sqrt{\pi} E_1$$

其中： $\rho = 0.4769$

$$E \approx 0.8454 E_1 \approx 5E_1/6$$

如果已知算术平均误差，则根据此关系很容易求出公算误差。

在此例中，公算误差等于：

$$E = 5E_1/6 = 5 \times 133.2/6 = 111 \text{ 米。}$$

平均平方误差 E_2 等于各误差平方之和除以误差数减1的平方根。

$$E_2 = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n-1}}$$

式中: $\Delta_1, \Delta_2 \cdots \Delta_n$ —— 测量误差;

n —— 误差数。

根据此例, 10次测量的平均平方误差为:

$$E_2 = \sqrt{\frac{46^2 + 174^2 + 95^2 + 246^2 + 71^2 + 21^2 + 216^2 + 284^2 + 137^2 + 39^2}{9}}$$
$$= \sqrt{\frac{255142}{9}} = \sqrt{28349} \approx 168.4 \text{ 米}$$

公算误差 E 与平均平方误差 E_2 之间存在以下数量关系:

$$E \approx 0.6745 E_2 = 2 E_2 / 3$$

如果已知平均平方误差, 根据这一关系很容易求出公算误差

此例中公算误差为:

$$E = 2 E_2 / 3 = 2 \times 168.4 / 3 \approx 112 \text{ 米}$$

因此, 如果我们有10次测量的结果, 就先求出被测之量的近似值和每次测量的误差, 然后可用三种方法求公算误差:

- 根据在全部误差绝对值的排列中的位置, $E = 116$ 米;
- 根据算术平均误差, $E = 111$ 米;
- 根据平均平方误差, $E = 112$ 米。

在讨论第一种方法时, 我们得知其精确度不足。实际上, 只要多增加一次测量 (第11次), 就能使所求之量 E 大大改变 (从116米变成137米或95米)。

为证实后两种方法的优越性, 如同对第一种方法那样, 对它们也进行检验, 即在10次测量之后增加第11次测量, 观察所求之量 E 的变化。设在某种情况下此误差为140米 (大于137米), 在另一种情况下为80米 (小于95米)。用后两种方法求公算误差, 结果如下:

第11次测量误差为140米时,按算术平均误差法求得 $E = 111.5$ 米;按平均平方误差求得 $E = 108$ 米。

可以看出,如果根据算术平均误差或平均平方误差求公算误差,则增加的测量不会使公算误差值发生大的变化

第五节 平均结果的公算误差

在测量次数有限的情况下,将平均结果 x_{cp} 作为被测之量的真值 x_0 ,就会有一定的误差,此误差称平均结果误差

对同一量用同样方法进行同样次数的测量时,平均结果误差却各不相同。这是因为每个平均结果误差都是各次测量中偶然因素影响的结果,都具有偶然性

假设对同一量用同样方法进行多次测量,并将测量结果按获得顺序分组,每几个结果为一组。求每一组的平均结果和每一平均结果的误差。于是,我们获得不同值的各平均结果误差,它们都服从于平均值公算误差的标准定律

平均值的公算误差等于测量方法公算误差除以测量次数的平方根:

$$R = \frac{E}{\sqrt{n}} \quad (9-5-1)$$

式中: R ——平均值的公算误差;

E ——此测量方法的公算误差;

n ——测量次数。

例: 16个射手目测同一地物的距离。根据各次测量结果求出平均结果 $x_{cp} = 750$ 米,用此值作为被测距离的近似值。计算各次测量误差,根据各次测量误差求出测量方法的公算

求平均结果的公算误差R。

解: $R = \frac{E}{\sqrt{n}} = \frac{80}{\sqrt{16}} = 20$ 米

如果用平均结果 $x_{cp} = 750$ 米作为被测之量的真值 x_0 ，如前所述，就有一定的误差——平均结果误差。在讨论误差梯度时（图9-5-1），可作出下列结论，以说明本例所得结果的意义：

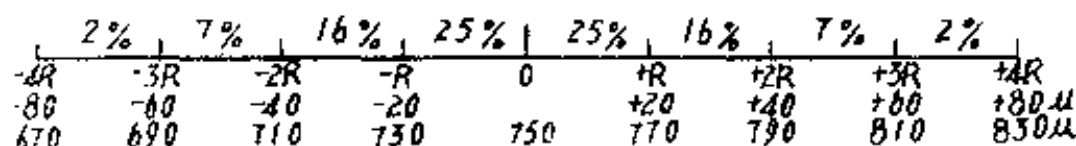


图 9-5-1 平均结果的误差梯度

1. 平均结果误差在 0 到 $+R$ 范围内, 即 0 到 ± 20 米范围内的公算等于 $0.25 + 0.25 = 0.50$ 或 50%。因此, 所测真值在 730 米 ($750 - 20$) 到 770 米 ($750 + 20$) 米范围内的公算为 50%。所测真值在 0 到 $\pm 2R$ 范围内, 即 710 米 ($750 - 40$) 到 790 米 ($750 + 40$) 范围内的公算为:

$0.16 + 0.25 + 0.25 + 0.16 = 0.82$ 。余者类推。

2. 本例中的误差界限是 $\pm 4R = \pm 80$ 米。故被测距离真值在 670 米 $(750 - 80)$ 到 830 米 $(750 + 80)$ 范围内。

我们讨论的是16次测量结果得出的平均结果。如果此例中每个测量结果的公算误差 $E = 80$ 米，则16个测量结果的平均结果公算误差 R 就等于20米。

因此，如果我们用平均结果作为所测值的近似值，就能使测量精确度提高4倍 ($\sqrt{16} = 4$)。

显然，随测量次数的增多，平均结果的精确度也就越来越高。然而在枪炮射击实践中，不可能化费很多时间去进行多次测量。因此，有必要求出测量次数的合理界限，以便在尽可能短的时间内得出足够准确的平均结果。

表 9-4 中的第一栏是各种测量次数 n ；第二栏是与一次测量结果的精度相比较， n 次测量结果的精度提高的倍数，用系数表示 ($K = \sqrt{n}$)；第三栏是与前面结果相比较，精度的增长情况，用百分数表示。

表 9-4

n	$K = \sqrt{n}$	$\Delta k (\%)$	n	$K = \sqrt{n}$	Δk
1	1	—	6	2.45	9.4
2	1.41	41	7	2.65	8.2
3	1.73	22.7	8	2.83	6.8
4	2	15.6	9	3	6
5	2.24	12	10	3.16	5.3

根据表内数据可看出，增加前几次测量时，精度提高得最快。如果一次测量时的精度取为 1，则两次测量时，精度为 1.41 倍、或提高 41%。三次测量时，与一次测量结果的精度相比较，精度为 1.73 倍；与第二次测量的平均结果的精度相比较，则提高 22.7%。四次测量时，与一次测量结果的精度相比较，精度为 2 倍；若与第三次测量的平均结果的精度相比较，则提高 15.6%。其余依此类推。

第二和第三次测量时，精度的提高尤其明显。因此，用迫击炮射击时，至少进行两次观察，才可修正方向分划。

当测量次数增加到 4 次以上时，精度的提高明显减缓。

在实践中也考虑到这一情况。例如用单发射击校正枪的射效时，限于用4发弹求平均弹着点的位置（测量的平均结果）。

第六节 平 面 误 差

在枪炮射击实践中，我们常遇到这样的测量，不仅要考虑其误差的大小和符号，而且要考虑误差在平面上的方向。例如，射击时的远弹和近弹是距离（高低）误差，这些误差的方向与引面相重合。而在一般情况下，弹丸对目标的误差既有大小和符号，又有方向。

具有一定的大小和方向的误差称误差向量，这种误差在图上以向量表示，即有大小和方向的直线线段，而且线段的值和方向与该误差的值和方向相对应。

假设测量距离 OH ，产生正误差。在图9-6-1中，此误差用向量 a_0 表示（为清楚起见，此向量画在 H 点下面）。向量的值（通过与线段 OH 相比较）表示误差的大小，向量的方向表示误差的方向。

测量时，我们往往不知道误差值，否则就可以考虑它或排除它了。我们只知道误差所服从的定律、误差的方向和公算误差值。例如，我们知道目测距离的误差向量，其方向沿枪对目标的瞄准线，这样的误差服从于标准定律，该测量方法的公算误差为距离的8~10%。如果每次测量结果都得出一个误差向量，那末，在进行多次测量时就会得出误差向量的总体或误差向量族。

在空间沿同一直线的误差向量族简称为向量族。对这一术语应理解为整个误差向量的总体，而不是单个的误差向量。

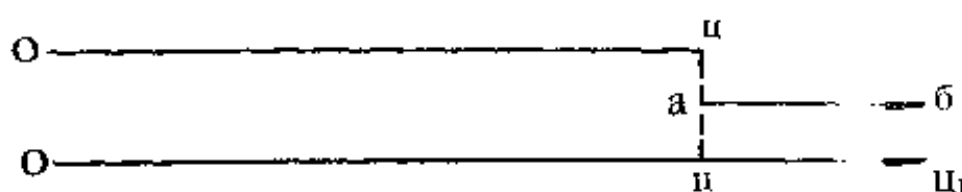


图 9-6-1 误差向量



图 9-6-2 向量族的公算误差

向量族的公算误差在图上以向量表示，即以线段表示，其方向与误差方向一致，其值等于公算误差值，可简称为向量误差。例如，向量AC和AB（图9-6-2）表示测量时的向量族，其在空间的方向是MN，与被测目标的方向相重合。A点为起点，向量族的公算误差值等于AC和AB。图9-6-3中的向量AC和AB表示武器瞄准目标时的方向误差，其公算误差在空间的方向垂直于射面。

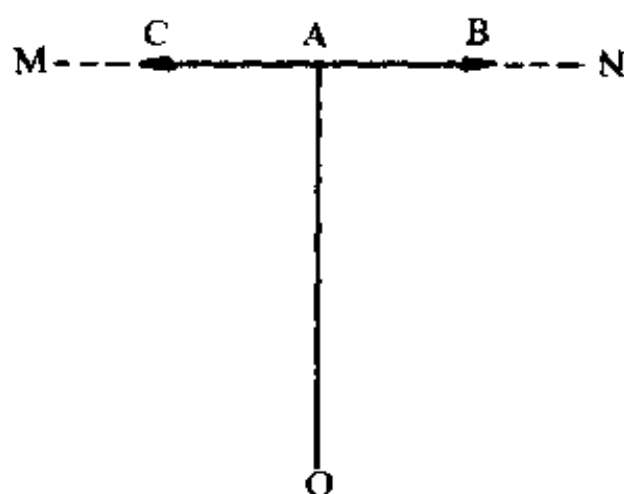


图 9-6-3 与射面垂直的方向误差

1、同一直线方向的误差向量的相加

误差向量的相加。同一直线方向的误差向量按代数方法相加。

例：（图 9-6-4）。用 82 毫米迫击炮进行射击，在考虑气象条件、测距和装定表尺分划时有以下误差：

——测量目标距离时的误差 +70 米（图 9-6-4 的向量 $a\delta$ ）；

——修正气温时的误差 +20 米（图 9-6-4 中向量 $a\epsilon$ ）；

——考虑纵风时的误差 -30 米（图 9-6-4 中向量 $a\epsilon$ ）；

总误差 $\Delta = +70 + 20 - 30 = +60$ 米（图 9-6-4 中的向量 Δ ）。

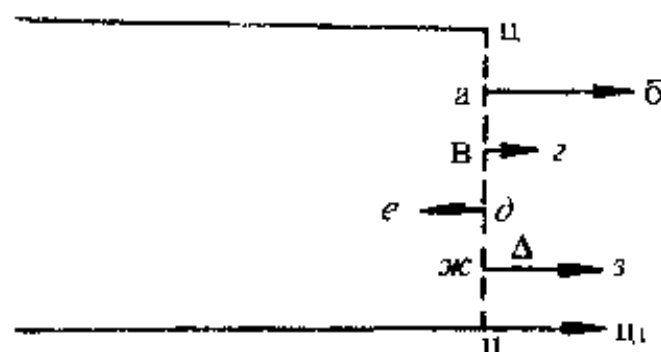


图 9-6-4 同一方向的误差向量的相加

向量族公算误差的相加。测量某个量时，有数个误差在起作用。设这些原因中的每一个都有服从于标准定律的向量族，并有自己的公算误差。所有这些原因相互作用的结果得综合误差，它也服从于标准定律。这些向量族公算误差的相加，按向量合成办法进行，这一点不同于同一直线上诸误差向量的相加，需引起注意。

综合误差的公算值可按下式计算：

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2} \quad (9-6-1)$$

式中： E ——综合误差的公算值。

$E_1, E_2, \dots, E_n$ ——各原因的公算误差。

例：连用机枪射击时产生许多误差，造成平均弹道对目标的距离偏差。

求距离的综合误差或平均弹道对目标的公算误差，设：

——测量距离时的向量误差为10%；

——考虑气象条件时给出的向量误差为3%；

——进行高低瞄准时给出的向量误差为5%。

按上式计算得：

$$E = \sqrt{10^2 + 3^2 + 5^2} = \sqrt{134} \approx 11.5\%$$

2. 同一平面上不同方向的误差向量的相加。

误差向量的相加。在同一平面上不同方向的误差向量用几何法按平行四边形法则相加。

下面举例说明：

例1：轻机枪对人头靶进行一次点射（图9-6-5）。射击精度按照平均弹着点与目标中心吻合的程度来评定。

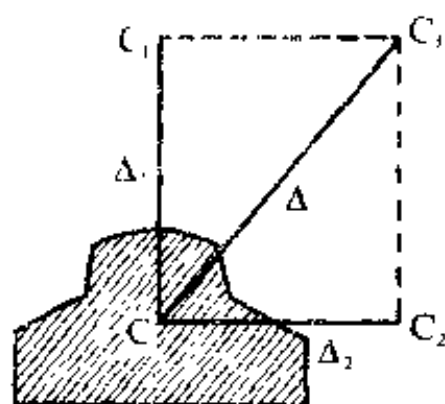


图 9-6-5 同一平面上两个方向相互垂直的（高低和方向）误差向量的相加

假设射手在射击时同时有两个误差：一个是高低误差，为 Δ_1 （装定表尺时的误差）；另一个是方向误差，为 Δ_2 （估计横风时的误差）。

平均弹着点由于误差 Δ_1 从 C 点移至 C_1 点, 由于误差 Δ_2 移至 C_2 , 这两个误差同时作用的结果使平均弹着点从 C 点移至 C_3 点

同时出现的两个不同方向的误差 (Δ_1 和 Δ_2) 产生一个综合误差, 或称合成误差 (Δ)。

例 2: 观察员在地图上标记 U 点 (目标) 时, 同时有两个误差 (图 9-6-6): 一个是距离误差 Δ_1 (距离测量中的误差); 另一个是方向误差 Δ_2 (测量目标偏离方位物方向的误差)。

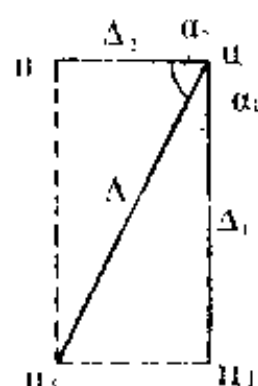


图 9-6-6 两个方向相互垂直的 (高低和方向) 误差向量的相加

误差 Δ_1 和 Δ_2 同时作用的结果产生综合误差, 或合成误差 Δ , 图上目标的位置不在 U , 而在 U_3 点

我们讨论的是同一平面上方向互相垂直的误差向量的相加。对射击实践而言, 这是最典型的情况, 在这种情况下, 综合误差 (合成误差) 的值按直角三角形的斜边计算, 此时两个直角边为已知。用公式表示如下:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}$$

误差方向取决于综合误差向量的方向与一个分误差向量的方向所夹之角 (图 9-6-6)。

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = -\frac{\Delta_2}{\Delta_1} \quad \text{或} \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{\Delta_1}{\Delta_2}$$

例：设 $\Delta_1 = 120$ 米和 $\Delta_2 = 30$ 米，求综合误差的值和方向

$$\text{解：} \Delta = \sqrt{120^2 + 30^2} = \sqrt{15300} \approx 124 \text{ 米}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = 30 / 120 = 0.25 \text{ 相应于 } 14^\circ \text{ 角}$$

向量族公算误差的相加 设由于某些原因产生方向相互垂直的向量族，一个原因产生 OX 方向的向量族，另一原因产生 OY 方向的向量族（见图 9-6-7），此时，两个方向上的各

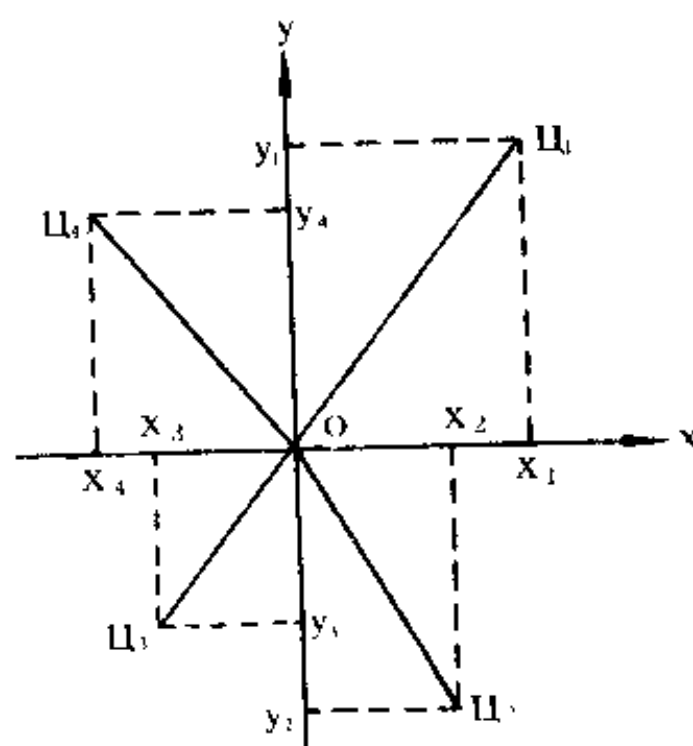


图 9-6-7 椭圆误差形成图

向量误差可能有不同的组合，组合的结果可产生大小和方向各不相同的综合（合成）误差。例如：

误差 X_1 和 Y_1 产生综合误差 OH_1 ；

误差 X_2 和 Y_2 产生综合误差 OH_2 ；

误差 X_3 和 Y_3 产生综合误差 OH_3 ；

误差 X_4 和 Y_4 产生综合误差 OH_4 。

因此，产生两个方向的向量误差的一些原因同时起作用时，得出平面上各个方向的向量误差。

由两个不同方向的向量误差相加而得出的平面上的向量族称平面误差。

不同方向且服从于标准定律的向量误差相加时，所得之全部误差均不超过椭圆面积（图9-6-8）。这种情况下的平面误差称椭圆误差。

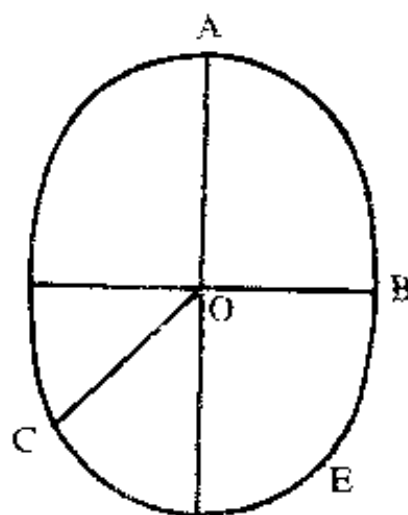


图 9-6-8 椭圆误差

同一平面上不同方向的且服从于标准定律的向量误差相加所得之平面误差称椭圆误差。

如果向量误差OA和OB（图9-6-8）相互垂直，则它们是椭圆E的主半轴。——纵半轴和横半轴等于该方向上向量族

的公算误差的椭圆就叫单位椭圆。

一般，大量射弹在面积上的散布就是椭圆形。例如火炮对地面目标射击时，沿射向的距离误差就构成散布椭圆的纵轴，垂直于射向的方向误差就构成散布椭圆的横轴。如果，该火炮的距离散布大于方向散布，则大量射弹就在地面上构成了纵长横短的散布椭圆。而且，如果其纵半轴和横半轴的长度分别等于该方向上射弹散布的 1 个公算误差值，则这样的散布椭圆即称为单位椭圆。

由单位椭圆中心至圆周上任一点的直线表示该方向上的公算误差值。例如，直线 OC 即该方向上的公算误差值。

实际上，任一方向上可能的最大误差为该方向上的公算误差的 4~5 倍。实践中可能出现两个相互垂直方向上的公算误差相等的情况，此时椭圆就成为圆。这种情况下的平面误差叫做圆误差。

两个方向相互垂直而且大小相等的向量误差相加所得之平面误差即为圆误差。

第十章 弹道散布

第一节 弹道散布及弹道束

假设用同一武器同一瞄准装置进行大量瞄准射击，在射击前和射击进行时采取一切可能的措施，创造对各发射弹都相同的条件。这些措施是：射击前对武器进行检查和周密准备；枪弹由密封包装中取出，并且是同一批，质量最好的；射击由优秀射手在晴朗无风的天气中进行；每次射击不慌不乱地精确瞄准。

初看起来，可能觉得在这样的射击条件下，所有射弹都应沿着同一弹道飞行，而实际上这是不可能的。虽然采取了许多措施，但每发射弹仍然沿着各自的弹道飞达终点而互不重叠。

由同一武器在同一条件下射击出现的射弹散乱现象称为射弹的自然散布或弹道散布。

弹道散布不可避免，也无法消除。因为不可能为各发射弹创造完全相同的条件。这是由大量不可避免的因素造成的。这些因素可以分为下面三类：

1. 造成初速不一致的诸因素
2. 造成发射角及发射方向不一致的诸因素。
3. 影响弹丸在空气中飞行的诸因素

下面我们来研究上述各类因素中影响散布的最主要的

因素:

一、造成初速不一致的诸因素:

1. 发射药重量不一致。发射药重量变化越大,射弹的初速变化就越大。随着发射药量的增加,初速也增加。

2. 弹丸重量不一致。当发射药量一样时,弹丸重量变化越大;初速变化就越大。弹重增加,初速减小。

3. 发射药理化性能不一致。

4. 发射药温度不一致。点火瞬间发射药温度愈高,射弹初速就愈高。所以,发射时药温变化越大,初速的变化也就越大。

5. 弹壳容积不一致,影响不同射弹的装填密度,从而影响初速。

二、造成发射角及发射方向不一致的诸因素:

1. 高低和方向瞄准不一致。

2. 表尺装定不一致(在迫击炮及火炮系统射击中装定不精确)。

3. 武器水平规正不一致(武器侧倾)。

4. 射击时武器发射差角及方向偏差不一致。用自动步枪射击时,由于肩部枪托支承点不一致,或者自动步枪重心位置不一致,发射差角就有不同数值。手枪射击时,由于手关节握持位置不同,所得发射差角也不同。

5. 自动武器射击时枪管的角振动。

枪管在自动射击时发射角和方向将有不同的数值,因为对每一发射弹来说这些数值都取决于前一发射击后的枪管位

置，也与枪管的角振动有关。此外，枪管的角振动还与枪座结构（缓冲器及其质量）、枪座技术状态（存在间隙或机件磨损）以及武器发射阵地选择（场地性质及土壤状态）有关。

冲锋枪和轻机枪射击时，枪管的角振动还与射手的训练水平——自动射击时是否善于掌握武器有关。

三、影响弹丸在空气中飞行的因素：

1. 气象条件的变化，主要是在射击时间间隔内风的变化。

2. 弹丸重量不一致。弹丸愈重，其断面密度愈大，因而空气阻力加速度减小；在这种情况下，如初速增加一样，射弹飞行距离增大。

3. 弹丸形状不一致，影响空气阻力加速度。

4. 迫击炮弹形状不一致（弹体和尾翼不对称），影响各个方向上的偏差。

我们列举了影响弹道散布的主要因素，所有这些因素的影响是不可避免的。因此，弹道散布也是不可能消除的。但是，在许多情况下，可以而且必须采取一切措施来减小射击条件的不一致性，从而减小弹道散布范围。例如：散布与枪弹构造（弹丸和发射药的重量、弹丸和弹壳的形状）有关，因此，为了减小散布值，必须选用同一批制造、密封包装、质量良好的枪弹和合格的枪进行射击。因为散布与射击和瞄准训练水平有关；因此，应当对士兵进行射击方法的训练。

由于射弹自然散布的结果而得到的射弹弹道的总和称为弹道束（图10-1-1）。

用某一平面横切弹道束，便获得许多落点（弹着点）。

这些落点彼此相距一定距离并占据一定面积，称为散布面。

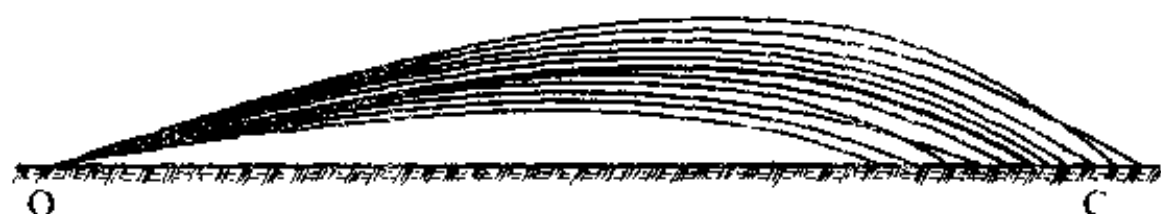


图 10-1-1 弹道束

散布面的大小在垂直面上用高低和方向测定；在水平面上用距离和方向测定（图10-1-2）。

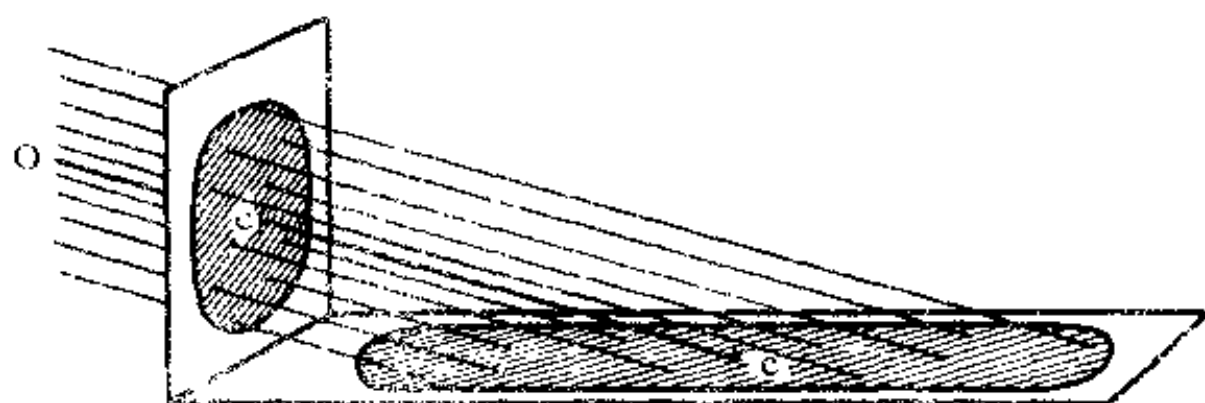


图 10-1-2 在垂直面和水平面上的散布面

在膛口水平面或瞄准线平面上弹道束的位置，用平均弹道来确定。平均弹道是一个假想的弹道，在弹道全程内它通过弹道束的中央（见图10-1-1，10-1-2中之OC）。根据平均弹道，可确定弹道束与膛口水平面或瞄准线的关系位置。

平均弹道与目标（障碍物）表面的交点称为散布中心（平均弹着点）。

散布的大小对射击效果产生不同的影响。对于单发射击武器（步枪、狙击步枪、迫击炮、加农炮）来说，尽可能减

少散布总是有利的。

当不存在平均弹道偏离目标中心的误差或者这种误差很小时，用自动武器点射，最好有不大的散布。但是，这种条件只是在射击竞赛或某些教学射击训练时才会出现。这时候表尺装定完全符合目标射程和射击时的气象条件。对这种射击，减少散布是必要的，因为射击的好坏是由靶上弹着数量和距目标中心的距离来确定的。

在实弹射击和战斗条件下，产生使平均弹道偏离目标中心的误差（测定距离、估计气象条件及瞄准的误差等）是不可避免的。这些误差可能是如此之大，以至在点射（散布较小）时全部弹道束从目标旁边通过。在战斗条件下，为了杀伤有生目标，命中弹数没有什么决定意义。因为至少命中一发，已完全足够了。考虑到这一点，用自动武器点射时，有较大的散布（到某一限度）有时是合适的。因为在这种情况下，弹道束击中目标的可能性增加了。

第二节 弹道散布规律

上面已经确定，弹道散布与许多因素有关。绝大多数因素在不同程度上都与各种测量的偶然误差有关。例如瞄准不一致，就是射手造成的误差，而发射药重量不一致则是发射药称量时造成的误差。

引起弹道散布的多数误差都服从于标准分布定律，因此由这些误差造成的弹着点对散布中心的偏离也必然服从这一定律。可能有这样一些误差，他们服从不同于标准定律的某个其它定律，但是在总的误差系统中，这些误差的影响是微

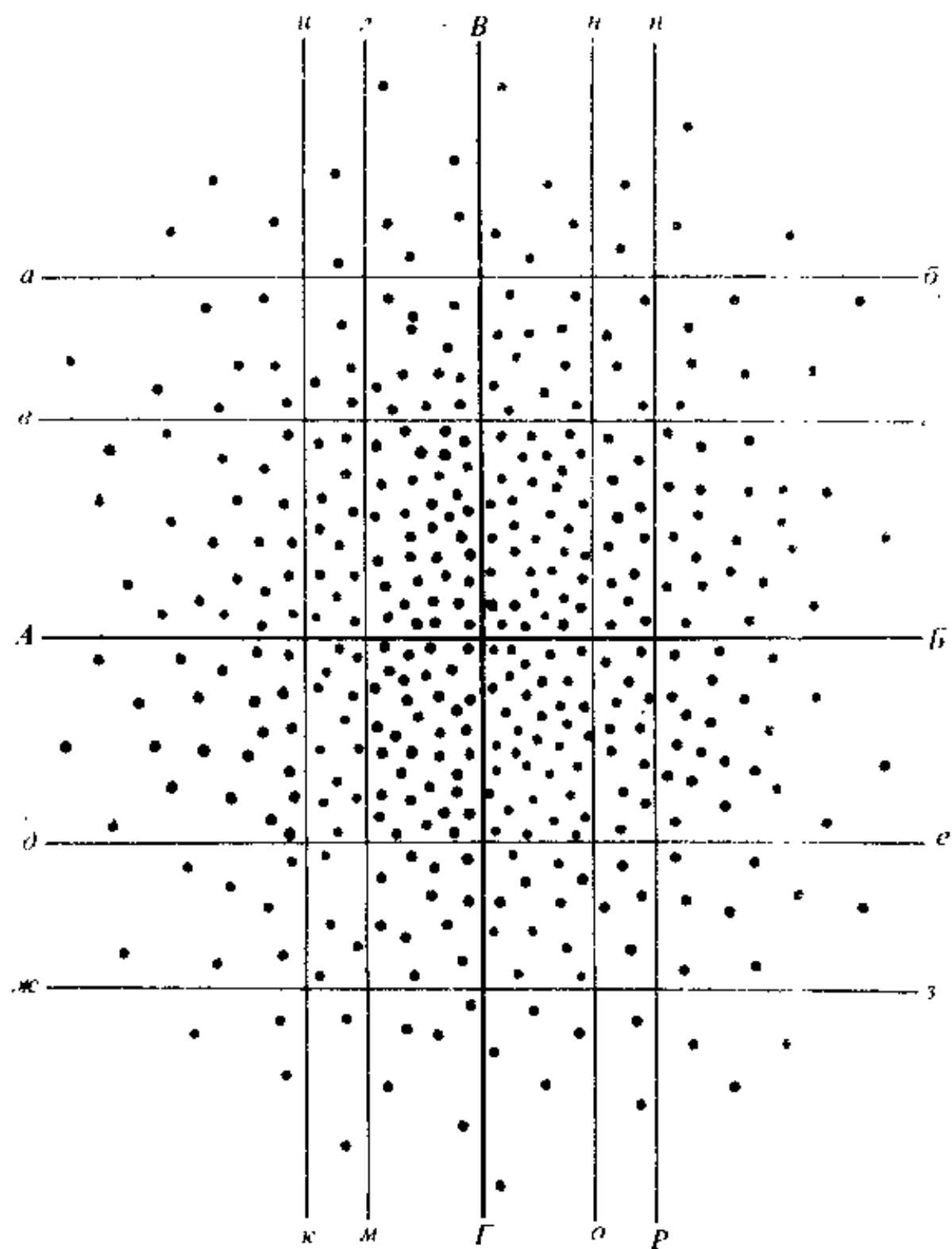


图 10 2 1 在垂直面上射弹散布的典型情况

不足道的。因此可认为弹道散布服从标准分布定律——标准误差定律。实验数据证明了这个结论。

适用于射击的标准分布定律有如下特点：

1. 随着各个弹着点对散布中心偏差量的增大，其公算减少。反之，偏差量愈小，其公算愈大。

2. 在绝对值相等而符号不同的范围内，各个弹着点对散布中心偏差的公算相等。

3. 在任何条件下由任何武器射击时，各个弹着点对散布中心的偏差都有自己的范围：个别偏差在数值上可能超过这个范围，但其公算很小，在实际上可以忽略不计。

我们来看一个例子，在散布面范围内，弹着点散布的特点。

图10-2-1示出在垂直散布面上包括四百个弹着点。在散布面上作垂直线和水平线，每条线把弹着点数分为两半；AB（水平）线为高低散布轴；BT（垂直）线为方向散布轴。取两轴线交点为散布中心（平均弹着点）。

由图10-2-1得出下列几点：

1. 愈接近散布中心，弹着点分布愈密；距离散布中心愈远，分布愈稀。因此，散布是不均匀的。

2. 在离散布轴距离相等且彼此平行的散布界内，其弹着点数大致相等；因此，散布是对称的。例如散布界 $ab\theta z$ 和 $de\kappa z$ 内弹着点数是相同的；散布界 $иклм$ 和 $нопр$ 内也是如此。

3. 散布面有一定范围。

因此，弹道散布定律的这三条规律可以简单地归纳为：散布是不均匀的、对称的和有一定范围的。

第三节 弹道散布的度量

在理论上和实际上，常常要考虑射击时的散布现象，考虑对平均弹道（散布中心）的可能偏差范围。因此需要有散布的度量单位。

散布的度量单位是：公算偏差（与公算误差同义、下同）、散布密集界以及包括半数弹着或全部弹着的圆半径。

一、公算偏差

我们来研究仅与一组因素、例如初速不一致有关的弹道散布。

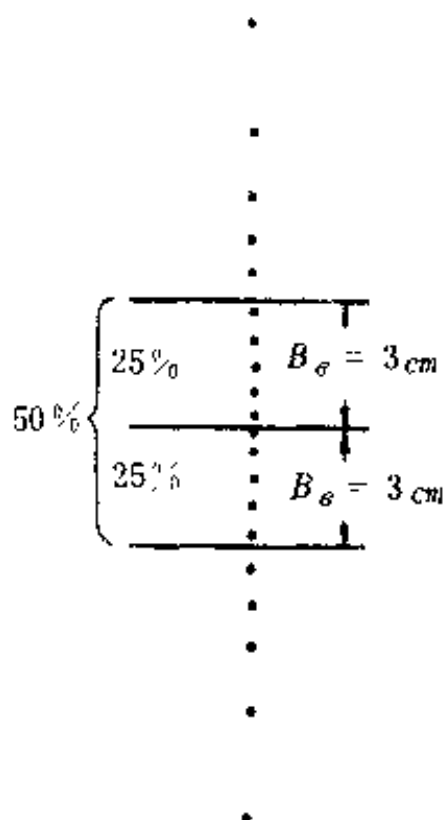


图 10-3-1 与初速
有关的高低散布

假设有一种武器，仅初速不一致，其公算偏差为 5 米/秒。在某一距离上射击时，枪弹对散布轴高低偏差为 3 厘米。根据误差定律得知，弹着点对散布轴的分布特点只与初速不一致有关。

对 50% 的射弹来说，初速的误差将在 $0 \sim \pm 5$ 米/秒范围内波动。因此，此半数射弹对散布轴的高低偏差也将在 $0 \sim \pm 3$ 厘米范围内波动（图 10-3-1），其余射弹将具有误差大于 5 米/秒的不同初速，因此，这些射弹对散布轴的高低偏差，每一个都大于 3 厘米。

因此，我们确信：引起弹道散布的误差服从标准定律，那么由于这些误差而产生的弹道偏差也将服从标准定律。

由于公算偏差是误差的度量单位，所以取公算偏差作为给定方向（单向）的散布度量单位。

公算偏差是这样 一个偏差，按绝对值来说，它比全部偏差的一半中任何一个都大，而比另一半偏差中的任何一个都小。

人们在三个方向上研究弹道散布：高低、距离和方向，采用如下公算偏差符号： B_{σ} ——高低公算偏差； B_{ρ} ——距离公算偏差； B_{δ} ——方向公算偏差。

上面讨论了与初速不一致这一组因素有关的弹道散布，现在来研究弹道散布高低的特性，然后研究弹道散布距离的特性以及三组因素同时作用的特性。为此采用同一直线方向的向量误差相加公式。为了适用于弹道散布，此公式可写为：

$$B_{\sigma} = \sqrt{B_{\sigma_1}^2 + B_{\sigma_2}^2 + B_{\sigma_3}^2} \quad (10-3-1)$$

式中： B_{σ} ——三组因素同时作用时造成的高低综合公算偏差。

B_{σ_1} ——初速不一致造成的高低公算偏差。

B_{σ_2} ——发射角不一致造成的高低公算偏差。

B_{σ_3} ——影响弹丸在空气中飞行的因素所造成的高低公算偏差。

例： $B_{\sigma_1} = 3$ 厘米； $B_{\sigma_2} = 8$ 厘米； $B_{\sigma_3} = 5$ 厘米；

$$B_{\sigma} = \sqrt{3^2 + 8^2 + 5^2} = \sqrt{98} \approx 10 \text{ 厘米}$$

将各种因素造成的公算偏差相加，同样可得到方向综合

公算偏差

各种武器的公算偏差数值由实际试射确定。

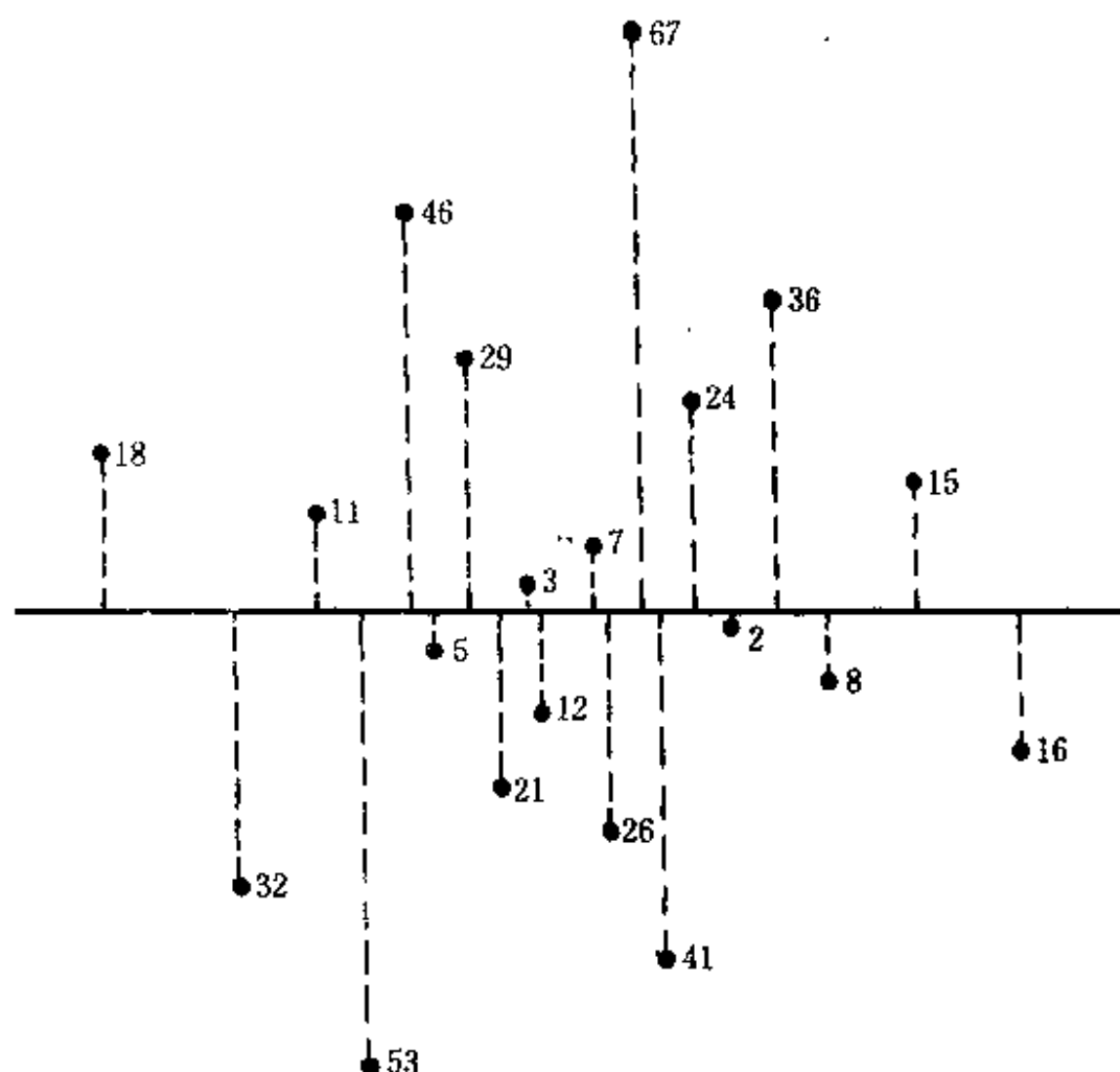


图 10-3-2 计算弹着点对高低散布轴的偏差数值

假设在尽可能同样的条件下，用同一支自动步枪对立靶发射枪弹20发。在靶上找出全部弹着点，在高低方向上画出散布轴。量出每个弹着点对散布轴的偏差值（图10-3-2）。将所得偏差的绝对值按递增（或递减）顺序写出：2，3，5，7，8，11，12，15，16，18，21，24，26，29，32，36，41，46，53，67（厘米）。在这些偏差中求这样一种偏

差, 它比半数偏差中的任何一个都大, 而比另外一半偏差中的任何一个都小。显然, 满足此条件的偏差为:

$$\frac{18+21}{2} = 19.5 \text{ 厘米}$$

19.5厘米就是高低公算偏差值。

在上一章中已经证明当测量次数不多时, 公算误差 E 的合适数值应按算术平均误差 E_1 及平均平方误差 E_2 确定。同理, 当射弹数目不多时, 公算偏差 B 的合适数值应按算术平均偏差 B_1 或平均平方偏差 B_2 确定。

当射弹数目较大时, 公算偏差数值可用更简单、有足够精确度的方法确定。

假设, 在尽可能相同的条件下由同一武器发射100发弹。在立靶上获得100个弹着点, 如图10-3-3所示。在高低方向上画出散布轴。由散布轴两侧各数出25%弹着点。被数出来的弹着点用平行于散布轴的直线隔开, 得到两个相邻的散布界。

设每个散布界的高度为20厘米, 这就是高低公算偏差 B 。当射击数目不多时, 含25%弹着的两个相邻散布界的高度可能不一样, 这时公算偏差应取这两个散布界高度之和的一半。

与散布轴紧接并包括25%弹着的两个散布界组成了一个包括50%弹着的散布界。这里包括了对散布轴的偏差小于公算偏差值的弹着点。偏差大于公算偏差值的其它弹着点位于此界限范围之外。

包含全部弹着的50%, 沿散布轴纵向对称分布的散布界叫做半数必中界。

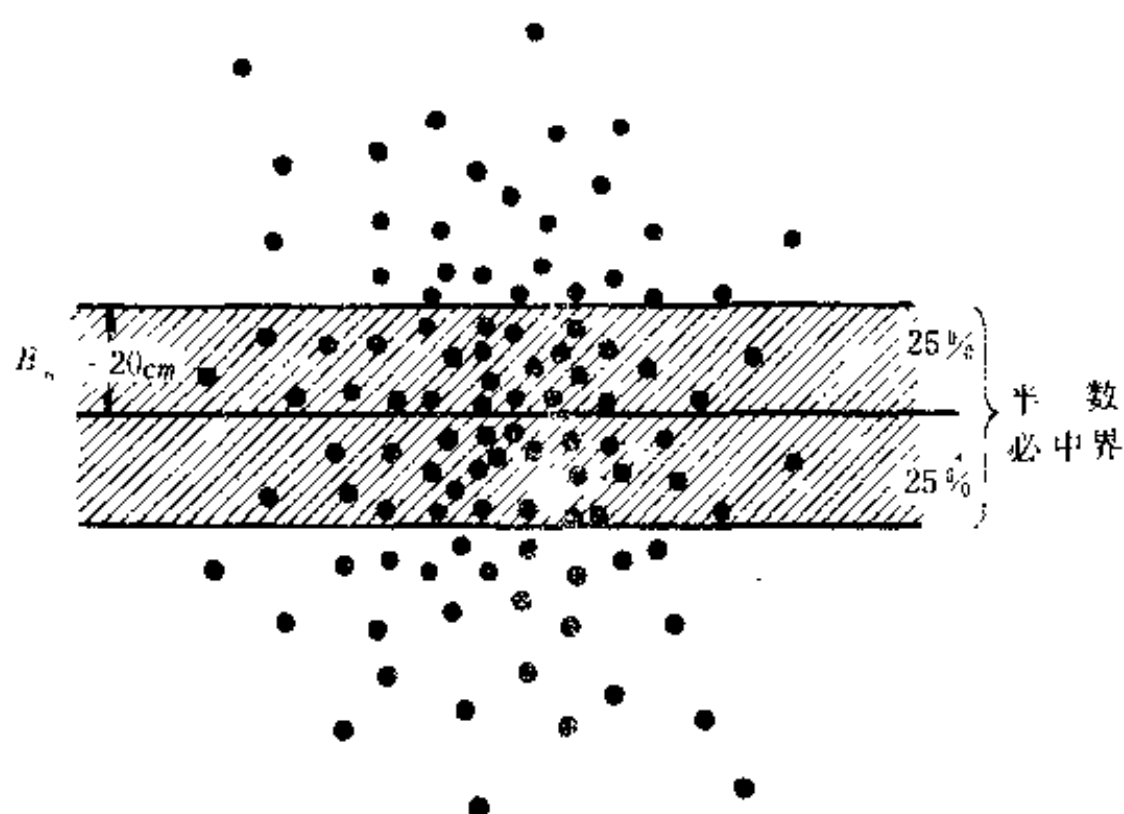


图 10-3-3 使用沿散布轴两侧各数25%全部弹着的方法求高低公算偏差值

这样，我们求出了高低公算偏差， $B_n = 20$ 厘米。这度量只表示高低公算偏差值。

用同样方法对垂直散布轴进行所有测量和计算，可以求出方向公算偏差 B_o （图10-3-4）。同样还可以求出距离公算偏差（ B_r ）。

散布梯尺。现在我们在整个散布面范围内来研究弹着高低分布的特征。

假设在同一条件下用同一武器，不是发射100发弹，而是大量的射弹，以便能更精确地阐明散布规律。设 $B_n = 20$ 厘米，从散布轴向两侧每隔 $B_n = 20$ 厘米划出一条散布界，直到包括全部弹着点为止。在这种情况下，散布轴每侧可以分出

4—5个散布界；大量射击时，每侧可分出6个散布界，其弹着数值分布类似图9-3-2中所示。如果将散布面划分为若干个散布界，使其等于公算偏差的一半，那么按照这些散布界离散布轴的距离，其弹着分布为：13.2%，11.80%，9.4%，6.7%，4.3%，2.4%，1.2%，0.6%，0.2%，0.1%，0.07%，0.03%，（图10-3-5）。

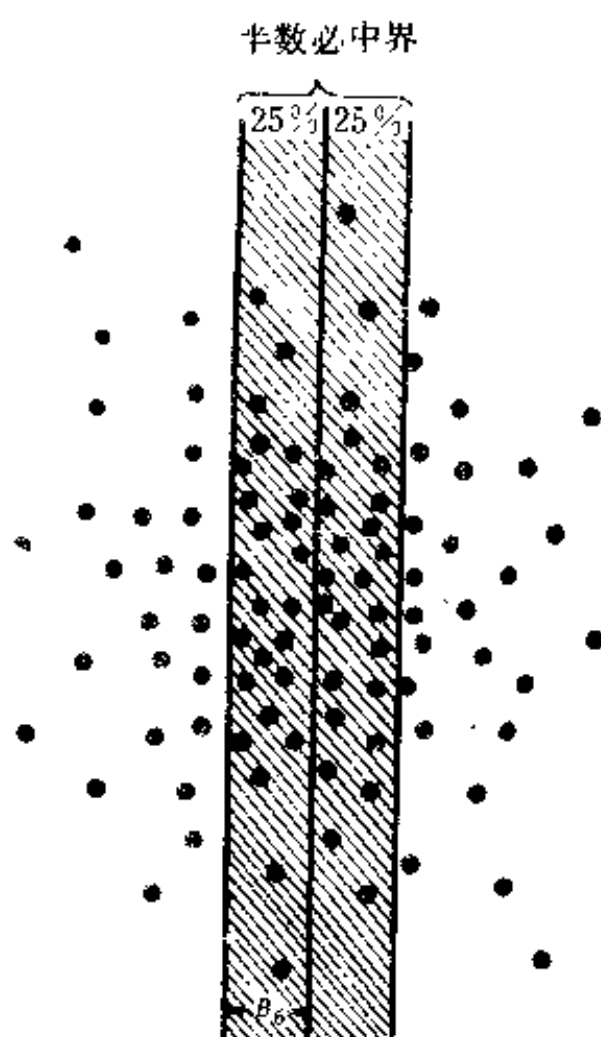


图 10-3-4 按照沿垂直散布轴两侧弹着数量求方向公算偏差 B_0

0.1 %	0.03 %
	0.07 %
0.3 %	0.1 %
	0.2 %
1.8 %	0.6 %
	1.2 %
6.7 %	2.4 %
	4.3 %
16.1 %	6.7 %
	9.4 %
25 %	11.8 %
	13.2 %
25 %	13.2 %
	11.8 %
16.1 %	9.4 %
	6.7 %
6.7 %	4.3 %
	2.4 %
1.8 %	1.2 %
	0.6 %
0.3 %	0.2 %
	0.1 %
0.1 %	0.07 %
	0.03 %

图 10-3-5 大量射击时度量单位等于 $1B_0$ 和 $0.5B_0$ 时弹着分布

方向（垂直面或水平面）和距离（水平面）的弹着分布特征也是这样的。

利用散布定律数值表示法，在散布面范围内可以求出任一散布界的弹着百分数。例如：在 $\pm 2 B_{\sigma}$ 散布界范围内（图10-3-6）为 $2(25\% + 16.1\%) = 82.2\%$ ；在 $+1 B_{\sigma}$ —— $-2 B_{\sigma}$ 范围内（图10-3-7）为 $25\% + 25\% + 16.1\% = 66.1\%$ 等等。

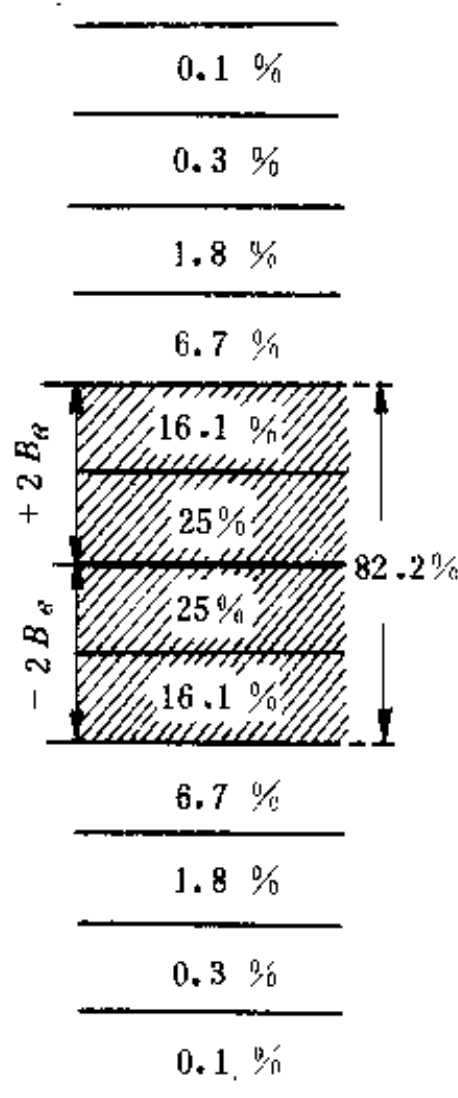


图 10-3-6 散布界等于 $\pm 2 B_{\sigma}$ 时弹着分布

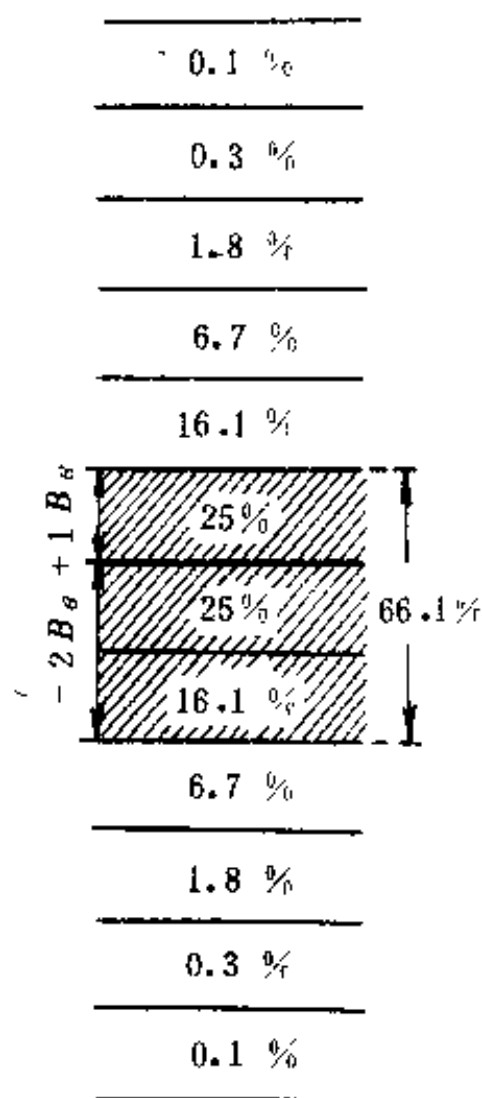


图 10-3-7 散布界为 $+1 B_{\sigma}$ 至 $-2 B_{\sigma}$ 时弹着分布

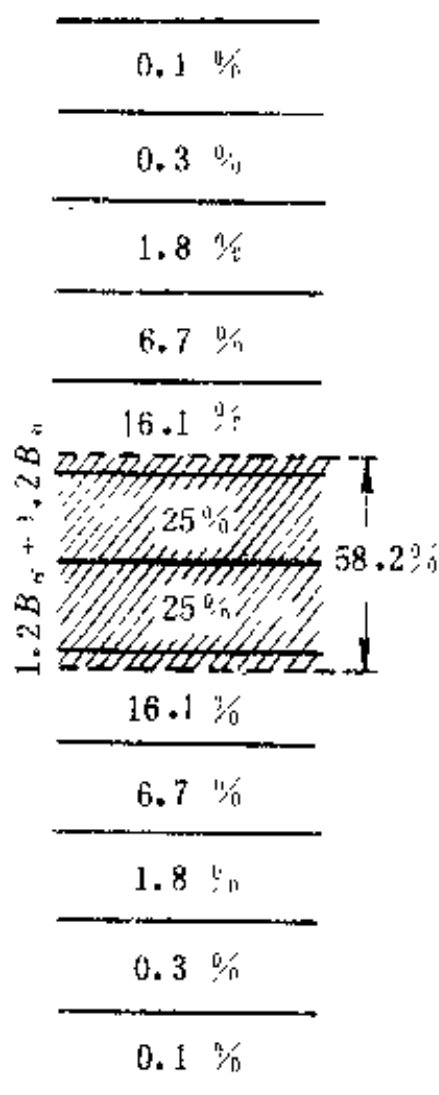


图 10-3-8 散布界等于 $\pm 1.2 B_s$ 的弹着百分数

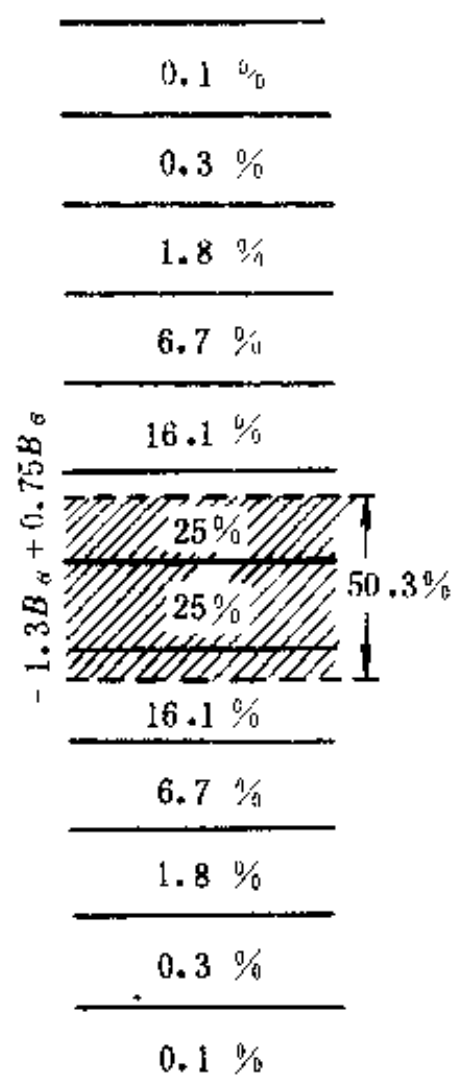


图 10-3-9 散布界从 $+0.75 B_s$ 到 $-1.3 B_s$ 的弹着百分数

在精度要求较高的计算中，任意大小(用公算偏差表示)的散布界的弹着百分比可用 $\Phi(B)$ 值表求出(见附表2)。

例 1：求散布界等于 $\pm 1.2 B_s$ 的弹着百分数(图10-3-8)。

解：由附录表 2 得

$$\Phi(1.2) = 0.582, \text{ 或 } 58.2\%$$

例 2：求散布界从 $+0.75 B_s$ 到 $-1.3 B_s$ 的弹着百分数

(图10-3-9)

解：由附录表又得， $\Phi(0.75) = 0.387$ ， $\Phi(1.30) = 0.619$ 。此界限内弹着百分数等于：

$$\frac{1}{2} (0.387 + 0.619) = 0.503 \text{ 或 } 50.3\%$$

由散布定律数值表示法（图10-3-6）可以看出，弹丸对散布轴的偏差大于 $4B$ （4个公算偏差）出现的公算是很小的。

根据这一点，为了简化计算，一般认为整个散布面（高低、方向、距离）由8个散布界复盖（散布轴每侧各4个），每个散布界等于一个公算偏差。在这种情况下，按照散布界距离散布轴两边的距离大小，将每个散布界的弹着分布百分数去零取整，分别为弹着总数的25%，16%，7%和2%。

表示各散布界（等于一个或部分公算偏差）内弹着百分数分布状况的尺度称做散布梯尺（图10-3-10）。

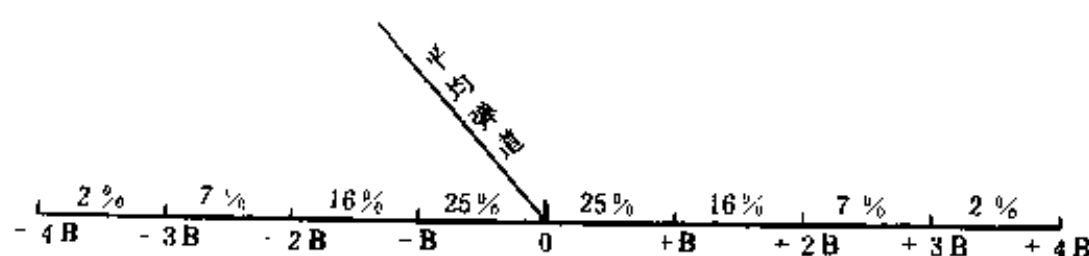


图 10-3-10 散布梯尺

因此，公算偏差就成为散布的度量单位之一。这个度量单位是很适用的，因为它完整地描述了散布定律的特征。已知公算偏差值及散布梯尺，很容易求得在已知方向上由8个

公算偏差组成的整个散布面。例如： $B_x = 20$ 厘米， $B_y = 15$ 厘米，可以认为整个散布面的高度为 $20 \times 8 = 160$ 厘米，其方向为 $15 \times 8 = 120$ 厘米。

已知公算偏差值及散布梯尺，可以作出在距散布中心任意距离的范围内，弹着点分布密度的结论。在此基础上作出进一步射击的决定。

例：迫击炮射击， $B_0 = 20$ 米，已知散布中心在目标以近 $2.5 B_0$ 处。根据散布梯尺目标位于包括7%弹着点的散布界内。为了更有效地击中目标，必须增加射程 $2.5 B_0$ ，即50米，才能使散布中心与目标中心相重合，以获得最大的命中公算。

散布椭圆。到目前为止我们仅在某一个方向研究弹道散布。现在我们从面积上来研究弹道散布或弹着分布。

由于弹道散布在任何方向上都遵守标准定律，那么，由两个方向（按平面误差向量加法的一般法则）上的散布同时作用而得到的散布将具有椭圆形状。这一点从表示垂直面弹着数值分布（百分数）的图10-3-11中看得很清楚（精确到0.1%）。

举例说明：图10-3-11为弹着点在高度为 $0.5 B_x$ 、宽度为 $0.5 B_y$ 的长方形目标内分布的情况。若目标恰好位于排黑体字的长方形内，则长方形A由垂直带和水平带两个散布界相交组成。垂直带含9.4%弹着点，水平带含11.8%。很显然，在整个垂直带的9.4%弹着点中，通过长方形A的弹着只有11.8%，也就是9.4%的11.8%或

$$\frac{11.8 \times 9.4}{100 \times 100} = \text{全部弹着数的} 1.1\%。$$

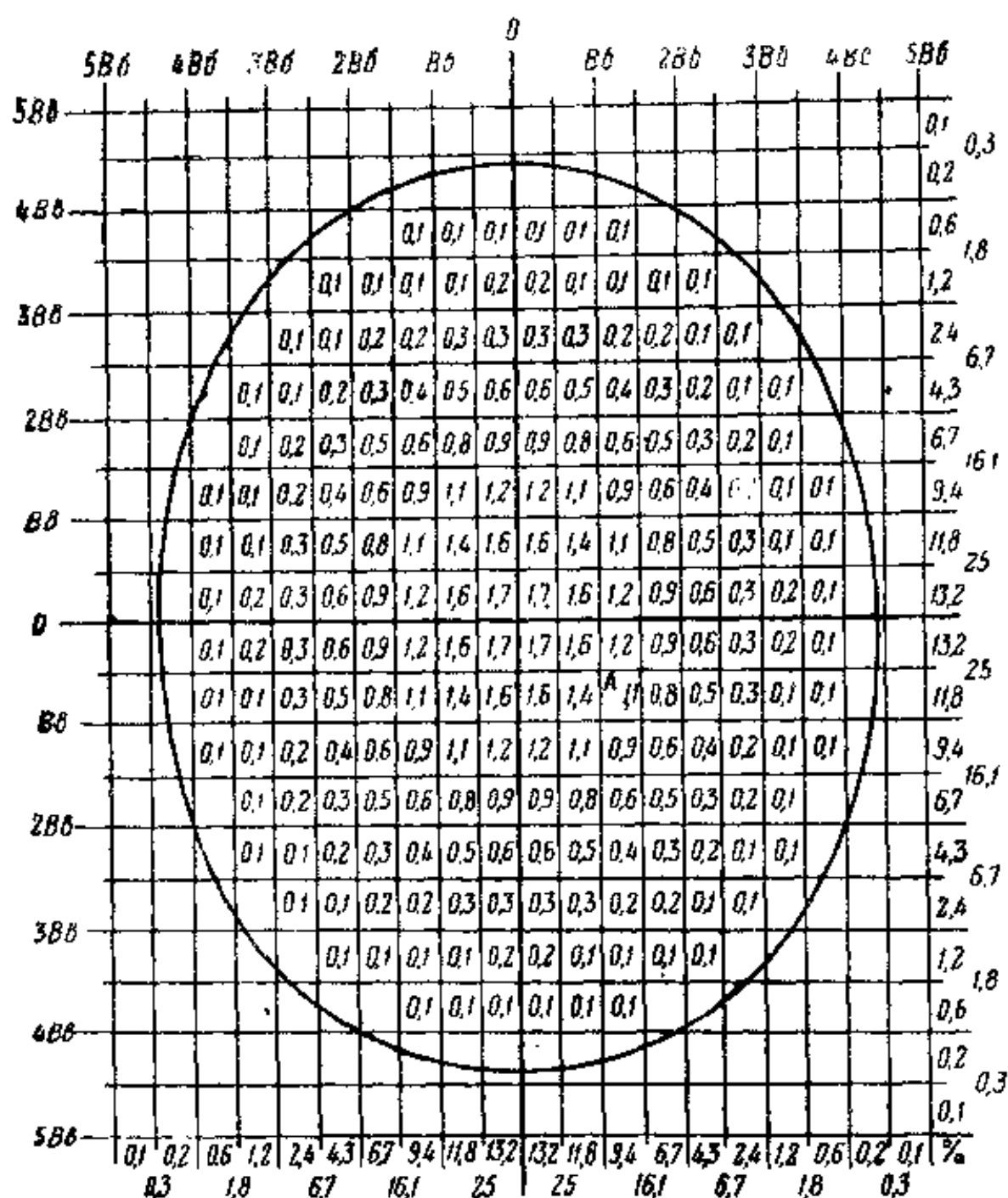


图 10-3-11 散布椭圆

二、散布密集界及散布的中央半数必中界

图10-3-12所示弹着情况同图10-3-2一样。

根据已知数据求平均平方偏差值 B_2 。

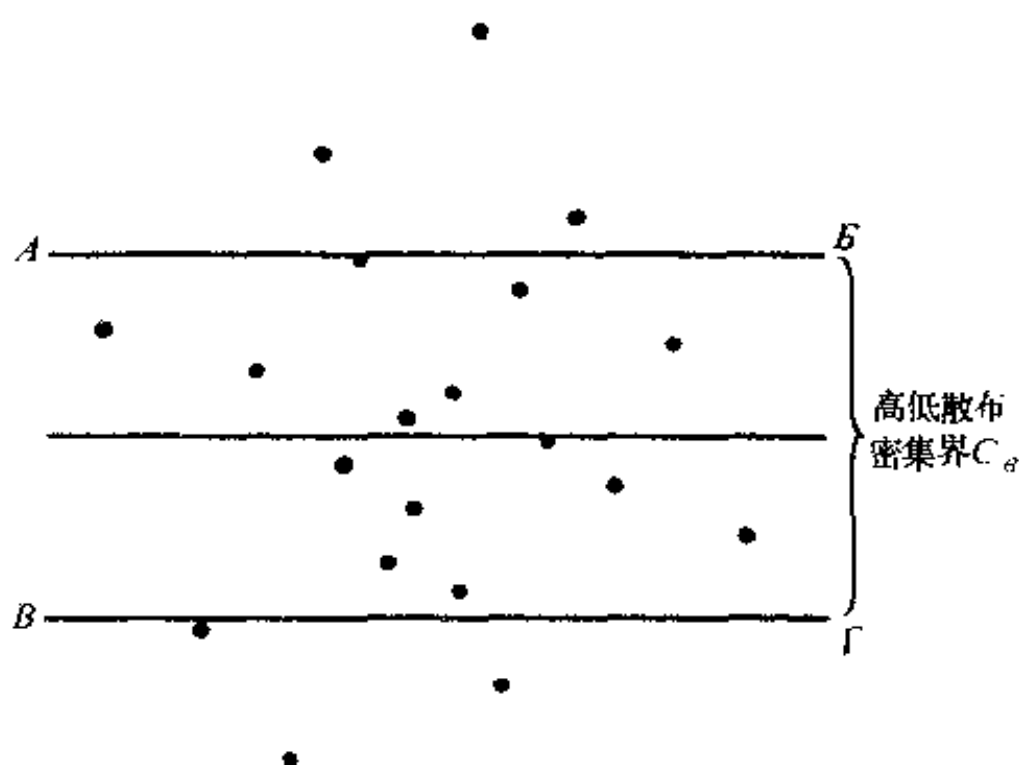


图 10-3-12 用平均平方偏差求散布密集界

平均平方偏差等于所有偏差的平方和除以偏差数减 1 的平方根，而称均方差：

$$B. \sqrt{\frac{2^2 + 3^2 + 5^2 + 7^2 + 11^2 + 12^2 + 15^2 + 16^2 + 18^2 + 21^2 + 24^2 + 28^2 + 29^2 + 32^2 + 36^2 + 41^2 + 48^2 + 53^2 + 67^2}{19}}$$

$$\sqrt{\frac{17140}{19}} = \sqrt{902} \approx 30 \text{ 厘米} \quad (20-1)$$

如果从散布轴向上和向下各取一等于均方差的线段，并由此线段末端引直线 AB 和 BΓ 平行于散布轴，得散布界 AEBΓ。由图可见，此界中包括 14 个弹着点，为全部弹着的 70%。等于 $\pm B_2$ 的散布界 AEBΓ 中包括了其偏差小于均方差的所有弹着点。

我们研究了大量射击的特殊情况，现在来全面地研究这个问题，如果进行相当数量的射击，求在 $\pm B_2$ 散布界内弹

着百分数应当是多少。

大家知道，在公算偏差 B 和均方差 B_2 之间存在下列关系：

$$B = \frac{2}{3} B_2 \text{ 或者更精确些 } B = 0.6745 B_2$$

$$\text{由此：} B_2 = \frac{B}{0.6745} \approx 1.483 B$$

由表 $\Phi(\beta)$ (见附录表 2) 求得 $\Phi(1.483) = 0.683$ ，或 68.3 %

这样，我们求出在大量射击时，等于 $\pm B_2$ 的散布界包括全部弹着的 68.3 %。对散布轴的偏差小于均方差的所有弹着点都在其中。这个散布区称作散布密集界。

为了简化计算，散布密集界内的弹着数取为 70 %。此界以外有全部弹着的 30 %，即散布密集界的两侧各为 15 %。

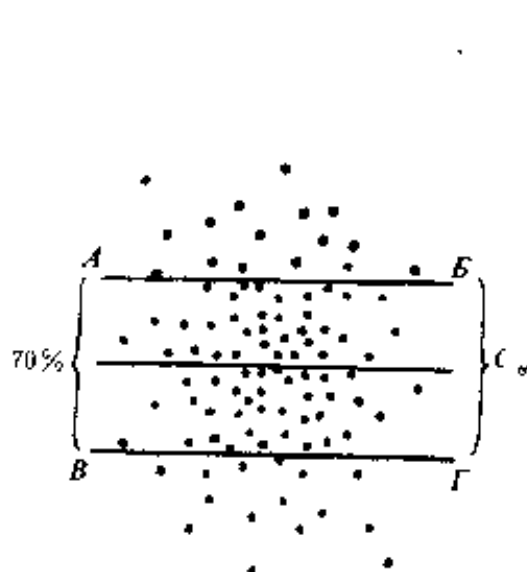


图 10-3-13 求散布轴两侧各有 35 % 的弹着的散布密集界

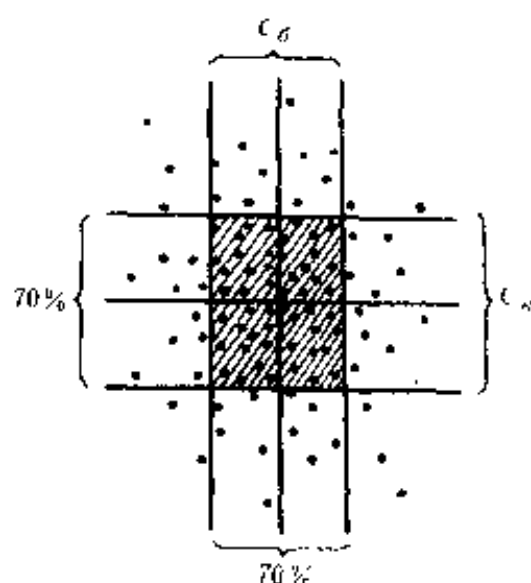


图 10-3-14 高低、方向散布密集界 中央半数必中界

高低散布密集界用 C_h 表示，方向散布密集界用 C_d 表示，距离散布密集界用 C_r 表示。

图10-3-13所示为在尽可能同样的条件下对垂直靶射击获得的100个弹着点。为了求得高低散布密集界，必须由紧靠散布轴向上和向下各数35%的弹着点并用平行于散布轴的直线将它们隔开。包括70%弹着点的 $A B B' \Gamma$ 区域也就是高低散布密集界 C_h 。

由图可见，散布密集界在已知方向上约占散布面的三分之一。散布密集界和整个散布面这一比例关系在解决各种武器的射击任务时经常用到。

对各种类型射击武器，在任何距离上射击时，散布密集界的大小，每隔100米，都在射表中示出。根据此表很容易求出在任意方向上的全散布。

例：重机枪用轻弹射击，射程800米。根据射表所示散布密集界高低为1.2米，方向为0.92米，距离为67米，因此在垂直面上全散布高低为： $1.2 \times 3 = 3.6$ 米，方向为 $0.92 \times 3 = 2.76$ 米，在水平面上全散布距离为 $67 \times 3 = 201$ 米。

两个不同方向的散布密集界相交而得的矩形称作散布的中央半数必中界。

如果每一个散布密集界（高低、方向）分别包括70%的弹着点，那么由两个散布密集界交叉组成的中央矩形面积中则包括70%的70%，

$$\text{即：} \frac{70 \times 70}{100 \times 100} = 49\%， \text{取整数} 50\%，$$

由两个散布密集界交叉形成的并包括全部弹着点的半数（50%）的矩形称为中央半数必中界。

由图10-3-14可见，在散布面的不大的一部分中心面积中，包含了散布最密集的半数射弹。

在不要求高精度的某些理论计算中，可以假设在中央半数必中界范围内，弹着是均匀分布的。在此假设的基础上，可以得出如下结论：要达到对小型目标的有效杀伤，击中中央半数必中界就足够了。

这样，我们研究了散布的两种度量单位，公算偏差和散布密集界，并建立了它们之间的关系。

现在来看 $\Phi(\beta)$ 值表，含70%弹着的散布密集界包括了这样一些弹着点，其偏差（从散布轴两边向上向下、向左向右）不大于1.54 B。因此，散布密集界的宽度等于 $1.54 \times 2 = 3.08 B$ 。

在此基础上概略地认为散布密集界等于3个公算偏差（每边为1.5公算偏差），即

$$C_{\alpha} = 3 B_{\alpha} ; \quad C_{\beta} = 3 B_{\beta} ; \quad C_{\delta} = 3 B_{\delta} \quad (10-3-2)$$

例：轻机枪射击，射程500米，由表查出散布密集界 $C_{\alpha} = 81$ 厘米； $C_{\beta} = 78$ 厘米。由此得：

$$B_{\alpha} = 81 : 3 = 27 \text{厘米} ;$$

$$B_{\beta} = 78 : 3 = 26 \text{厘米} .$$

三、半数必中圆的半径

近距离射击时，在垂直面上散布面接近圆形。在这种情况下不仅可以用散布密集界和公算偏差来讨论散布量，同样可以用包括半数必中圆半径 R_{50} 或者用包括全部弹着的圆半径 R_{100} 来讨论散布量。

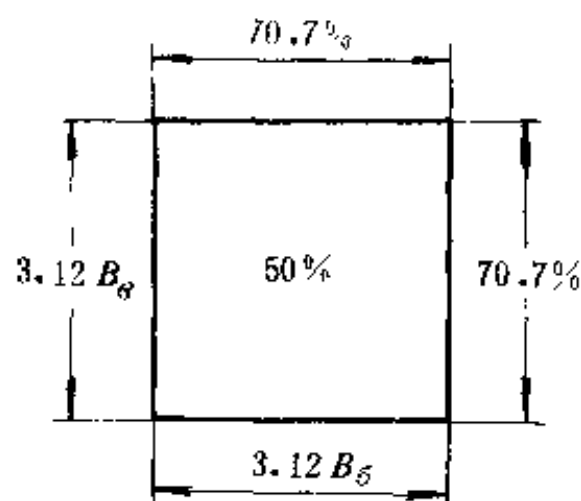


图 10-3-15 包括 50%
弹着的正方形

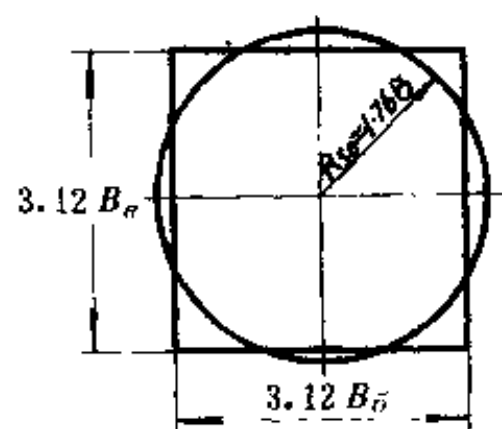


图 10-3-16 包括 50%
弹着的正方形和圆形

求 R_{50} 值步骤如下：求散布中心（平均弹着点）。将圆规的定位脚置于散布中心，找出包括半数弹着的圆半径。用同样方法，求包括全部弹着的最小半径 R_{100} 。这就是求 R_{50} 、 R_{100} 值的图解法，其精度与弹着点数目有关。很显然，弹着点数目增加，求散布半径值的精确度也随之增加。

我们来研究求 R_{50} 的解析方法，特别是在大量射击时，此法的精确度远远大于图解法。首先需要确定 R_{50} 和公算偏差之间的关系（当 $B_x = B_y$ 时）。

图10-3-15为一正方形，其中心与散布中心重合。设此正方形内包括0.5（50%）弹着点。求用 B 值表示的正方形边长和面积。

如果所求正方形内包括半数弹着，那么很明显，此正方形是由两个互相垂直，每一个都包括 $\sqrt{0.50} = 0.707$ 弹着点的散布界交叉组成。由 $\Phi(\beta)$ 值表查得，含 0.707 弹着点的散布界包括了对散布轴两边的偏差不大于 1.56 B 的所有弹着点。

因此，每个散布界（垂直的和水平的）的宽度或正方形任一边都等于：

$$1.56B \times 2 = 3.12B$$

此正方形的面积等于 $(3.12B)^2$

图10-3-6，在同一正方形上作圆，使圆面积等于正方形面积。可以认为，在此情形下，同样大小的圆面积和正方形面积将包括同样数目的弹着点。如果正方形面积内有弹着点的50%，那么也有同样数目的弹着点在圆面积之内。

求圆的半径。此圆面积与边长等于3.12B的正方形面积相等，列出等式：

$$\pi R_{50}^2 = (3.12B)^2$$

$$\text{得 } R_{50} = \sqrt{\frac{(3.12B)^2}{3.14}} = \frac{3.12B}{1.77} \approx 1.76B$$

因此包括50%弹着点的圆的半径为：

$$R_{50} = 1.76B \quad (10-3-3)$$

利用此式，已知公算偏差量，很容易求得半数必中圆的半径。

例：自动步枪单发射击，射程200米，射表值 $B_x = 7$ 厘米， $B_y = 7$ 厘米。求 R_{50} 值。

解： $R_{50} = 1.76B = 1.76 \times 7 = 12.3$ 厘米

R_{50} 值还可以在高低公算偏差和方向公算偏差彼此不相等的情况下求得。在这种情况下取 B 值等于 $\sqrt{B_x \times B_y}$

$$\text{得 } R_{50} = 1.76\sqrt{B_x \cdot B_y} \quad (10-3-3a)$$

例：半自动步枪射击，射程200米，射表值 $B_x = 6$ 厘米，

$B_{\delta} = 4$ 厘米。求 R_{50} 值。

$$\begin{aligned}\text{解: } R_{50} &= 1.76 \sqrt{B_{\sigma} \times B_{\delta}} = 1.76 \sqrt{6 \times 4} \\ &= 1.76 \times 4.9 \approx 8.6 \text{ 厘米}\end{aligned}$$

上例中求 R_{50} ，我们利用了表中的平均值 B_{σ} 和 B_{δ} 。为了在射击的每一种特殊情况下，考虑弹着分布，应按下列步骤确定 R_{50} 值：

- 作高低、方向散布轴；
- 量出对散布轴的弹着偏差量；
- 求高低、方向均方差；
- 利用关系式 $B = 2/3 B_2$ 求 B_{σ} 和 B_{δ} 值；
- 用公式 (13-3-3a) 求 R_{50} 值。

现在我们来研究 R_{100} 和 R_{50} 两者之间的比例关系。

我们已经确定 $R_{50} = 1.76 B$ ，如果认为整个散布量等于 $\pm 4 B$ ，则：

$$R_{100} = (4 \div 1.76) R_{50} = 2.3 R_{50}$$

如果整个散布量等于 $\pm 6 B$ ，则

$$R_{100} = (6 \div 1.76) R_{50} \approx 3.4 R_{50}$$

通常认为 $R_{100} = 2.5 R_{50} \text{——} 3 R_{50}$

四、高低散布量与方向散布量之比

为了求出高低散布量与方向散布量之比，我们来观察图 10-3-17。图中算出了两个弹道，彼此相隔一个公算偏差的距离。因此，AB 为高低公算偏差 B_{σ} ，AC 为距离公算偏差 B_{δ} 。

如果把落点附近的一段弹道近似地看作直线。此时 B_{σ}

和 B_d 将有下列关系:

$$B_g = B_d \cdot \operatorname{tg} \theta_c \quad \text{或} \quad B_d = \frac{B_g}{\operatorname{tg} \theta_c}$$

对射击武器来说, 落角很小, 小角的正切值可用该角除以1000来代替, 而不会产生大的误差。因此表达 B_g 和 B_d 的关系式可写为:

$$B_g = \frac{B_d \cdot \theta_c}{1000} \quad (10-3-4)$$

$$B_d = \frac{B_g \cdot 1000}{\theta_c} \quad (10-3-5)$$

同样: $C_g = \frac{C_d \cdot \theta_c}{1000} \quad (10-3-4a)$

$$C_d = \frac{C_g \cdot 1000}{\theta_c} \quad (10-3-5a)$$

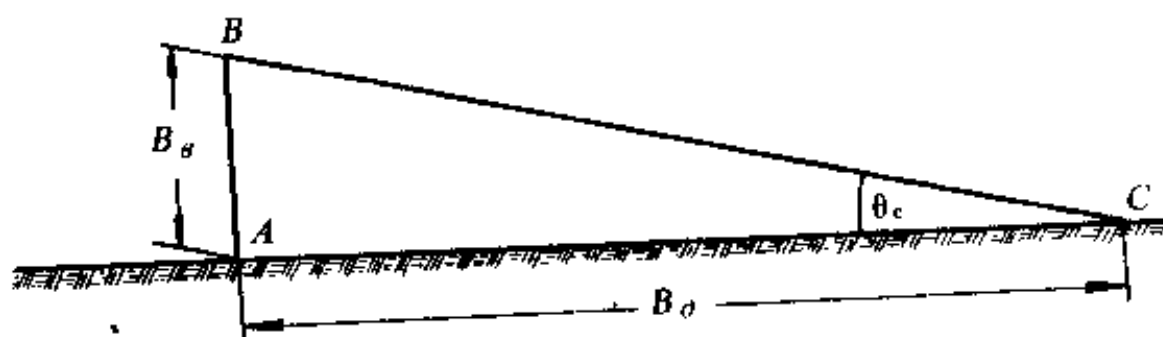


图 10-3-17 高低公算偏差与距离公算偏差之间的关系

例 1: 重机枪用轻弹射击, 射程 800 米, $B_d = 22$ 米, $\theta_c = 0' - 18$, 求 B_g 值。

$$\text{解: } B_g = \frac{B_d \cdot \theta_c}{1000} = \frac{22 \times 18}{1000} = 0.396 \text{ 米}$$

例 2：连用机枪射击，射程 900 米， $C_{\sigma} = 1.7$ 米， $\theta_c = 0 - 25$ ，求 C_{σ} 值。

$$C_{\sigma} = \frac{C_{\sigma} \cdot 1000}{\theta_c} = \frac{1.7 \times 1000}{25} = 68 \text{ 米}$$

五、散布性能表定值和当时散布

对每种武器制定了射表，表中给出散布密集界和公算偏差值，用来说明在每隔 100 米的不同距离上散布的特征。这些散布特征值实际上是通过实射得出的。在不同条件下同一距离上的大量射击中，得到不同的公算偏差和散布密集界值。在此基础上求得这些数值的平均值，并把它们作为真值（表定值）。

由此可见。部队使用武器时，散布特征的个别值可能大于或小于平均（表定）值。

问题在于引起弹道散布的原因，对于射击的各种情况来说，不是固定不变的。因此，对于一种武器在同一射程下，其散布值不可能一样。例如，在某一射击场合枪弹的质量可能比另一场合中的高，因此前者射击时的散布比后者小。在同一射程射击时，散布值还和气象条件、目标和瞄准点的能见度、武器（机枪、迫击炮）放置是否标准、自动步枪依托状况等因素有关。射手训练程度愈好，射击准备和瞄准时误差愈小，散布也就愈小。

与射击的一定时间有关的散布称作当时散布。

对当时公算偏差（散布密集界）可以理解为这样一种公算偏差（散布密集界），它说明当时进行大量射击的弹着点或命中点的特征。试验数据表明，当时公算偏差（散布密集界）

可能大于或小于表定值一倍半至二倍。在制定某些射击规则时，这一点必须考虑。例如，在制定超越射击安全规则时，估计到可能出现的最大高低散布，需将表定散布量增大一倍。

第四节 求少量射击时散布中心的位置 (平均弹着点)

本章开头所研究的求散布中心（平均弹着点）的位置的方法，只是在大量射击时才给出相当精确的结果。

在少量射击时（2—5发），求散布中心（平均弹着点）位置采用线段连续分割（图解法）法。用这种方法确定平均弹着点详见射击教范。

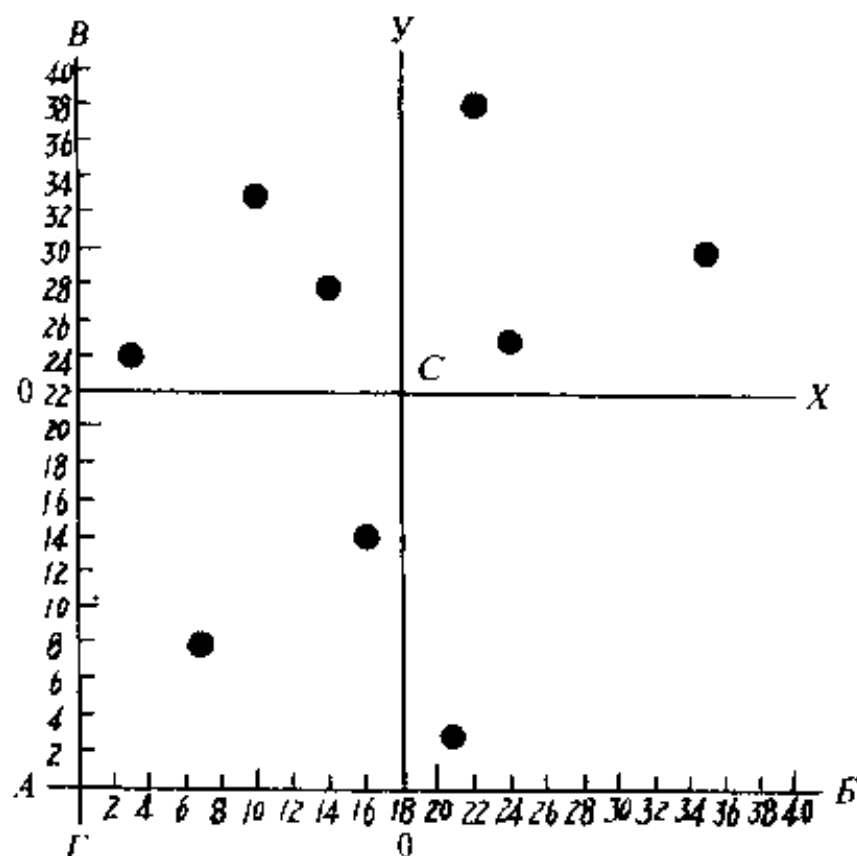


图 10-4-1 用算术平均值法确定散布中心位置。
在弹着点分布位置以外作任意直线 AB

如果射弹数多于5发，象用计算法求平均值那样求散布中心位置更为方便。

现举例说明，由自动步枪对垂直靶进行10发瞄准射击，距离200米，获得10个弹着点，如图10-4-1所示。求散布中心位置。

首先求高低散布轴（水平轴），为此在靶上作一任意水平线AB，使此线处于所有弹着点的下方。量出每个弹着点对AB的偏差值（厘米），根据所有弹着点的已知偏差值求平均值：

$$x_{cp1} = \frac{24 + 8 + 33 + 28 + 14 + 3 + 38 + 25 + 17 + 30}{10}$$

$$\approx 22 \text{ 厘米}$$

由水平线AB向上取22厘米，作直线OX平行于AB，取直线OX为高低散布轴。

用同样方法求方向散布轴（垂直轴）。为此在靶上作任意垂直线BΓ，使此线处于所有弹着点的左方。量出每个弹着点对BΓ的偏差值（厘米），根据所有弹着点的已知偏差值求平均值：

$$x_{cp2} = \frac{22 + 10 + 35 + 14 + 24 + 3 + 28 + 16 + 7 + 21}{10}$$

$$= 18 \text{ 厘米}$$

由垂直线BΓ向右取18厘米，作直线OY平行于BΓ，取直线OY为方向散布轴。取OX轴和OY轴的交点为散布中心或平均弹着点（C）。

上例中任意水平线和垂直线AB、BΓ处于弹着点分布位置以外。应当指出：这两条线也可以通过弹着点分布区。

此时求高低、方向散布轴应取所有弹着点偏差的代数和除以弹着数。

求散布中心位置的公算误差。在确定散布中心位置时，每次我们放过了数值不详的某种误差。根据误差定理，如果已知某一方向的公算偏差值，在确定散布中心位置时，可以求出散布中心在该方向的公算误差。

这个问题可用平均值公算误差公式求解，推导过程省略。为了适合射弹散布情况，公式可写成：

$$R = \frac{B}{\sqrt{n}} \quad (10-4-1)$$

式中：R——确定某一方向散布中心位置时的公算误差。

B——该方向上的公算误差。

n——观测数（弹着点或炸点）。

再来看图（10-4-1），图中按10发弹着求出散布中心在C点。由于弹着点数目不多，所以散布中心的真正位置可能在C点的上方或下方，也可能在C点的左侧或右侧。如果在同一条件下以大量射弹继续射击就可以证明这一点。

用本例所列条件在确定高低散布中心位置时求公算误差。为此必须首先求 B_y 值。量出弹着点对高低散布轴的偏差后，我们得到：+2，-14，+11，+6，-8，-19，+16，+3，-5，+8厘米。

为了提高计算的精确度，用均方差求 B_y 值：

$$B_y = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2^2 + 14^2 + 11^2 + 6^2 + 8^2 + 19^2 + 16^2 + 3^2 + 5^2 + 8^2}{9}}$$
$$\approx 7.3 \text{ 厘米}$$

在测定高低散布中心位置时，已知 $B_y = 7.3$ 厘米 求公

算误差。

$$R = \frac{B}{\sqrt{n}} = \frac{7.3}{\sqrt{10}} \approx 2.3 \text{ 厘米}$$

这就是说，在足够大量射击时，同样条件下，散布中心可能高于或低于C点；在 ± 2.3 厘米范围内，公算等于50%；在 ± 4.6 厘米范围内，公算等于82%。

用同样方法还可以在测定方向散布中心位置时求其公算误差。

第五节 数门迫击炮或数挺机枪 射击时的散布

当迫击炮（机枪）排对单一目标射击时，在以前列举的所有散布因素之上，还要加上迫击炮（机枪）的射效差。在瞄准装置有同一装定分划的情况下，这个射效差表现在各炮的散布中心不在同一距离上。即各炮的散布中心在距离上并不重合。因此，一个排齐射时的散布量比单炮（机枪）射击时的要大一些。

产生迫击炮（机枪）射效差的主要原因有：武器射效矫正不正确；瞄准装置规正不正确；枪（炮）膛磨损不一，因而初速各不相同。

实际上射效差是迫击炮排或机枪排以同样的瞄准具分划在相同射击距离上进行射击时表现出来的。因此对目标射击时，瞄准具的分划要进行修正。但是即使在这种情况下，全部消除射效差也是不可能的。因此在进行射效差的修正之后，也就是说，在把迫击炮弹（枪弹）的飞行距离之差转换为相应的表尺分划加以修正之后，各门迫击炮（机枪）的散布中

心，仍然是不会重合的。

现在我们来研究用两门迫击炮射击时，在下面两种情况下，距离散布的数值和特征：第一种情况——迫击炮的射效差等于 $3B_0$ （图10-5-1），第二种情况——迫击炮的射效差等于 $4B_0$ （图10-5-2）。1、2两行数字表示第一和第二门迫击炮的炮弹弹着点距离分布百分数，第三行数字表示两门迫击炮的炮弹弹着点的距离分布百分数。以两门迫击炮弹弹着分布值（第三行）为座标，连接各座标点成一曲线，此曲线清楚地表明两门迫击炮射击时，炮弹距离散布的特征。在这种情况下要以8个新的公算偏差（OY轴每侧各4个）来重新计算弹着分布。所得新的弹着分布值标注在横坐标轴的上面一行。

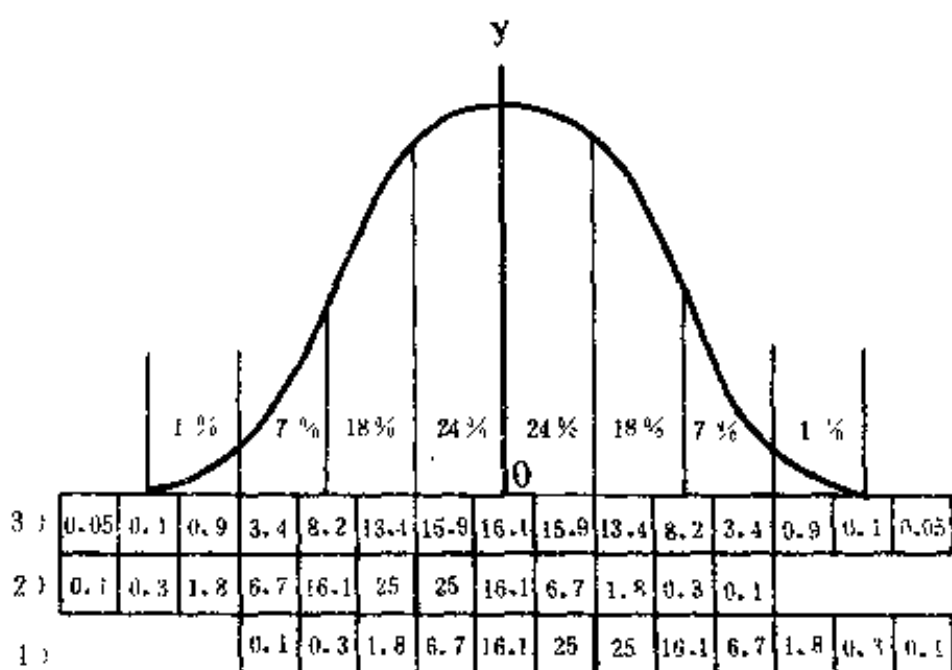


图 10-5-1 迫击炮的射效差等于 $3B_0$ ，两门迫击炮射击时迫击炮弹的距离散布

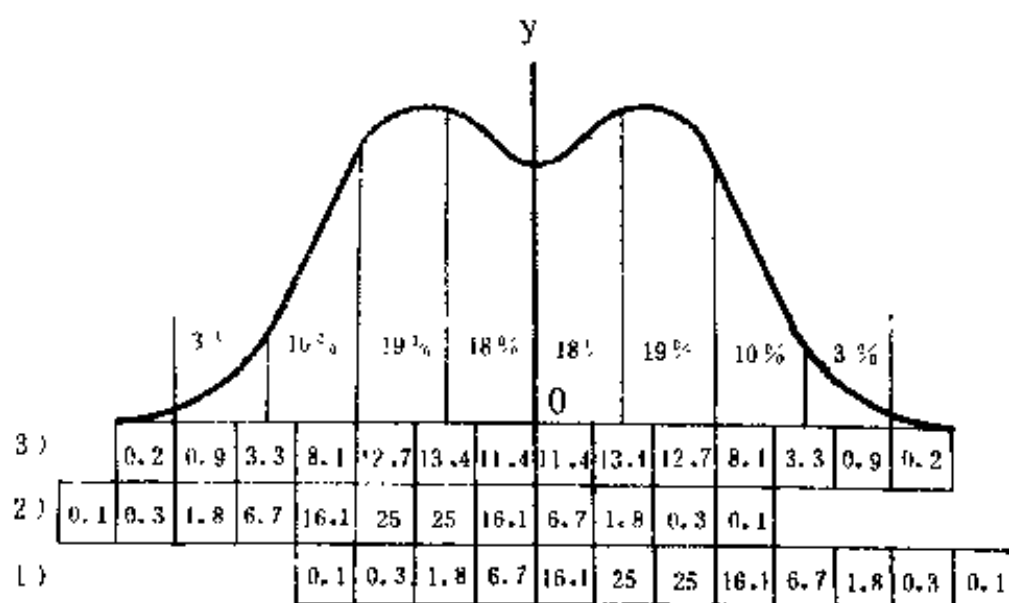


图 10-5-2 射效差为 $4B_0$ 时，两门迫击炮
射击时迫击炮弹的距离散布

比较图10-5-1和10-5-2中的曲线和弹着分布数，可以看出下列各点：

在迫击炮射效差等于 $3B_0$ 的第一种情况下，距离弹着分布数和曲线与一门迫击炮射击时的散布定律接近。因此在排齐射时，可将散布定律当作标准定律。

在迫击炮射效差等于 $4B_0$ 的第二种情况下，甚至不能认为迫击炮弹的距离分布大致服从标准定律，因为最密集的弹着点不在整个散布面的中央。

由此可作出这样的结论：以散布定律为基础拟定的单门迫击炮射击规则，只是在每门迫击炮的射效差不大于 $3B_0$ 时，才能用于迫击炮（机枪）排的射击。

第六节 各种射击条件下的射弹散布

一、散布的大小与射击距离的关系

引起射弹散布的各个原因在射击距离变化时对散布的影响各不相同。如果我们把方向散布大小的变化看成仅与射击方向变化有关（不存在其它因素的作用），那么很容易得出结论：在这种情况下，方向散布量的变化与射程成正比。此时用密位表示方向散布的大小，因为它对射程来说是一个常数。如果高低散布只和发射角的变化有关，当射程变化时，高低散布的变化和上述情况完全一样。

但是也有这样一些散布原因，在其作用下，散布大小的变化并不与射程成比例。弹丸初速的变化就是这样。

几种散布原因同时综合作用的结果使得高低散布和方向散布不和射程成比例，而是略为快一些。

表10-1中列出重机枪在不同射程上射击的全散布的平均值，可以说明这一点。

表10-1

射 程 (米)	100 - 300	400 - 600	700 - 900	1000 - 1200
$8B_x$ (用密位表示)	3.0	3.4	3.9	4.4
$8B_y$ (用密位表示)	2.6	2.9	3.0	3.1

从表中可以看出：方向散布的增加比高低散布的增加要慢一些；因此，随着射程增大，散布椭圆在高度上逐渐伸长。

已知 $C_D = \frac{C_e \cdot 1000}{\theta_e}$ ，由此式可知，随着 C_e 的增加距离

散布密集界增大； θ_c 增大，距离散布密集界减小。如果随着射程的增加， C_g 和 θ_c 值以不同速率增大的话，那末距离散布密集界的大小对各种射程将不是一个常数。也就是说，随着射程增加，距离散布量的变化趋势与 C_g 或 θ_c 值哪一个增长较快有关。

表10—2 所列为重机枪用轻弹射击每隔 500 米射程的 C_g 、 C_d 和 θ_c 值。

表10—2

射 程 (米)	500	1000	1500	2000	备 注
C_g (米)	0.63	1.61	2.78	8.5	C_g 增大, C_d 值也增大
θ_c (密位)	6.4	30	81	166	θ_c 增大, C_d 值减小
C_d (米)	98	53	36	51	

由表可见：

1. 重机枪射程由500米增加到1500米， C_d 减小，因为 C_g 增加的速率比 θ_c 小。 C_g 仅仅增加了4.4倍 ($2.78 \div 0.63 \approx 4.4$)，而 θ_c 则增加了12.7倍 ($81 \div 6.4 \approx 12.7$)。

2. 重机枪射程由1500米增加到2000米， C_d 增大，因为 C_g 增加的速率比 θ_c 大。 C_g 增大了3.06倍 ($8.5 \div 2.78 \approx 3.06$)，而 θ_c 只增加了2.05倍 ($166 \div 81 \approx 2.05$)。

具有高初速和低伸弹道的其它类型射击武器也有相似的规律性。

迫击炮射击的特点是：随着射程的增加（用同一装药），落角不是增大而是减小。因此，射程增加时，距离散布量不

断增大。

射击武器近距离射击时，高低对称的弹道束和水平面相交时形成不对称的散布面。在此不对称的散布面上，近处半数落点的散布纵深比远处半数落点的要小。例如重机枪射击，射程400米，近处部分 C_0 （35%弹着点）散布纵深30米，而远处部分 C_0 （其余35%弹着点）散布纵深为90米。

对于弹道十分低伸、射程很短的武器，距离散布密集界的表定值通常取弹道起点下方10厘米处的水平而上的值。

从弹道起点开始，弹道在不同距离上以不同落角与水平面相交。落点愈近，落角愈大。已知随落角增大，距离散布量减小；因此整个散布中包括半数弹着的近处部分将比包括半数弹着的远处部分小。同样，包括35%弹着点的 C_0 近处部分将比包括35%弹着点的远处部分小。

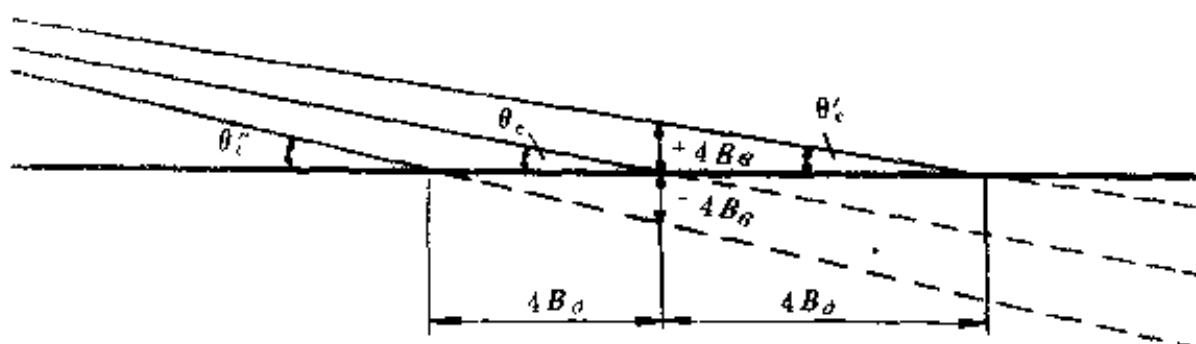


图 10-6-1 近距离射击时，弹丸的不对称距离散布

我们用图来说明。图10-6-1表示由中间的、上边的、下边的三条弹道组成的弹道束降弧部分。

同时看出，弹道束在高低上对称，因为 $+4B_0$ 和 $-4B_0$ 相对应的线段等长。

如果中间的弹道以 θ_c 角穿过水平面，则上边远处的弹道以较小的 θ'_c 角，下边（近处）的弹道以较大的 θ''_c 角穿过水

平面。角 θ_c' 和 θ_c 与 $4B_o$ 值相对应，前者大于后者。由此得出：近处半数弹着散布的纵深比远处半数弹着小。

类似的讨论不仅对于近距离射击适用，而且对任何距离都适用。但是，随着距离的增大，落角之差对两边弹道逐渐失去了实际意义。因此可以认为在远距离射击时，在任何平面上，弹丸距离散布与散布轴对称。

二、距离散布的大小与地形倾斜度的关系

散布密集界和距离公算偏差的表定值只表示高低角为零时，弹着在膛口水平面上的散布。

实地距离散布只有在落点区域的地貌在膛口水平面上时，也就是在命中角和落角相等时，才和表定值一致。

在其它射击情况下，当命中角大（小）于落角时，距离公算偏差值将小（大）于表定值。

从图10-6-2可知，命中角的大小随地貌而变化。因此不难想象，距离公算偏差随地形倾斜度而变化。

对正斜面或自上而下射击时，命中角大于落角；因此 $B_{o\mu}$ 小于表定值 B_o 。对反斜面或自下而上射击时，命中角小于落角， $B_{o\mu}$ 大于表定值 B_o 。

因此，散布大小（ B_o 、 C_o ）与落角 θ_c 和命中角 μ 之比有关。

我们要来建立这种关系，为此先看图10-6-2，图中示出射击的三种可能情况。

图10-6-2a 第一种情况：落点区域的地形是水平的，目标高低角等于零。在这种情况下命中角 μ 等于落角 θ_c ，距离公算偏差值 $B_{o\mu}$ 等于表定值 B_o 。

第二种情况 (图10-6-2b), 对正斜面射击, 命中角 μ 大于落角 θ_c , 距离公算偏差值 $B_{o.m}$ 小于表定值 B_o ,

第三种情况 (图10-6-2c), 对反斜面射击, 命中角 μ 小于落角 θ_c , 距离公算偏差 $B_{o.m}$ 大于表定值 B_o 。

利用密位公式由三角形ACD (图10-6-2b) 得:

$$B_o = \frac{B_g \times 1000}{\theta_c}$$

由三角形BCE得:

$$B_{o.m} = \frac{B_g \times 1000}{\mu}$$

将第二式除以第一式:

$$\frac{B_{o.m}}{B_o} = \frac{B_g \cdot 1000}{\mu} \div \frac{B_g \cdot 1000}{\theta_c}; \quad \frac{B_{o.m}}{B_o} = \frac{\theta_c}{\mu}$$

$$\text{由此得: } B_{o.m} = B_o \frac{\theta_c}{\mu} \quad (10-6-1)$$

$$\text{同样可以求出: } C_{o.m} = C_o \frac{\theta_c}{\mu} \quad (10-6-1a)$$

例1 用重机枪轻弹对倾斜度为 $0-50$ 的正斜面射击, 射程900米, 目标高低角等于负 $0-10$ 。 $\varepsilon = 0-10$ 。

求距离散布密集界的大小。

解:

① 用射表求出: $C_o = 59$ 米, $\theta_c = 0-24$

② 计算命中角大小:

$$\begin{aligned} \mu &= \theta_c \pm \omega - (\pm \varepsilon) \\ &= 24 + 50 + 10 \\ &= 84 \quad (0-84) \end{aligned}$$

③ 计算实地距离散布密集界的大小

$$C_{om} = C_o \frac{\theta_c}{\mu} = 59 \cdot \frac{24}{84} \approx 17 \text{ 米}$$

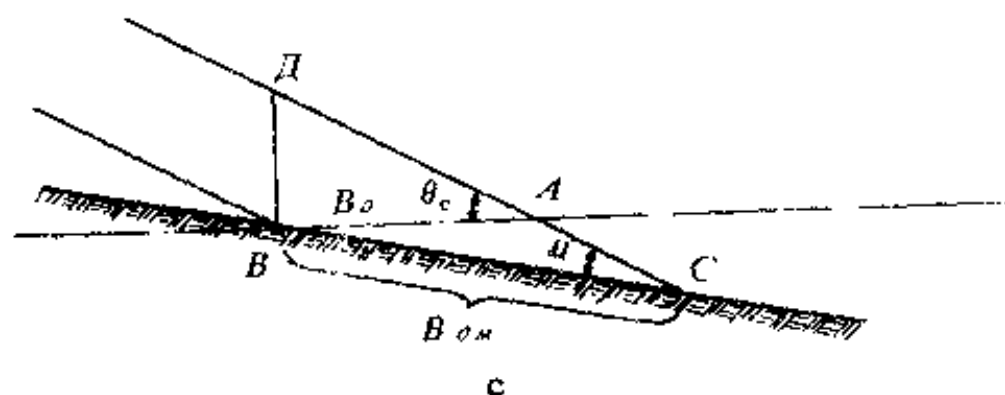
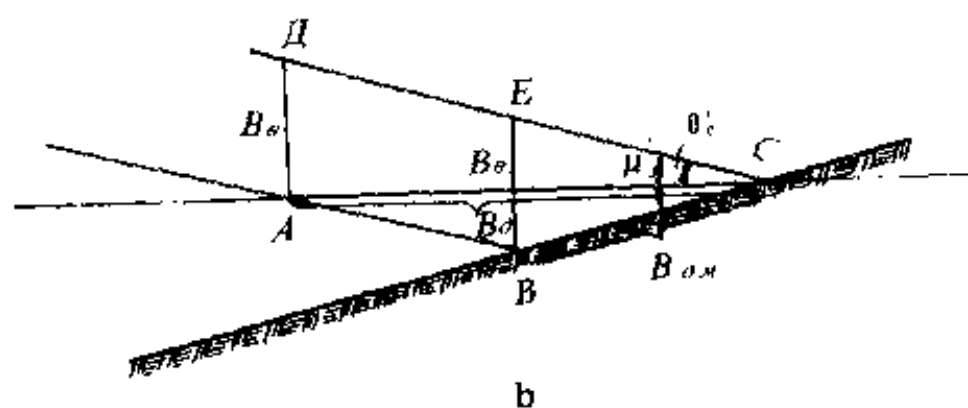
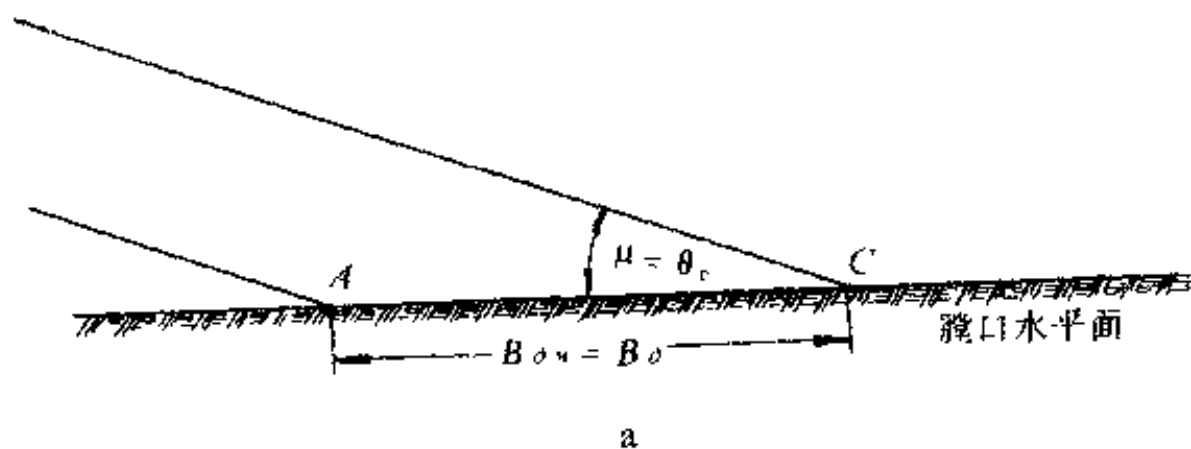


图 10-6-2 武器射击时，距离散布大小与地貌的关系

解:

① $C_d = 43$ 米; $\theta_c = 0 \sim 47$

② $\mu = 47 - 30 + 10 = 27$ (0—27)

$$\textcircled{3} \quad C_{dM} = C_d \frac{\theta_c}{\mu} = 4.3 \times \frac{47}{27} \approx 75 \text{ 米}$$

由例题可见, 地形稍微不平对距离散布大小产生很大的影响。落角愈小, 与地形不平有关的散布大小变化愈大。

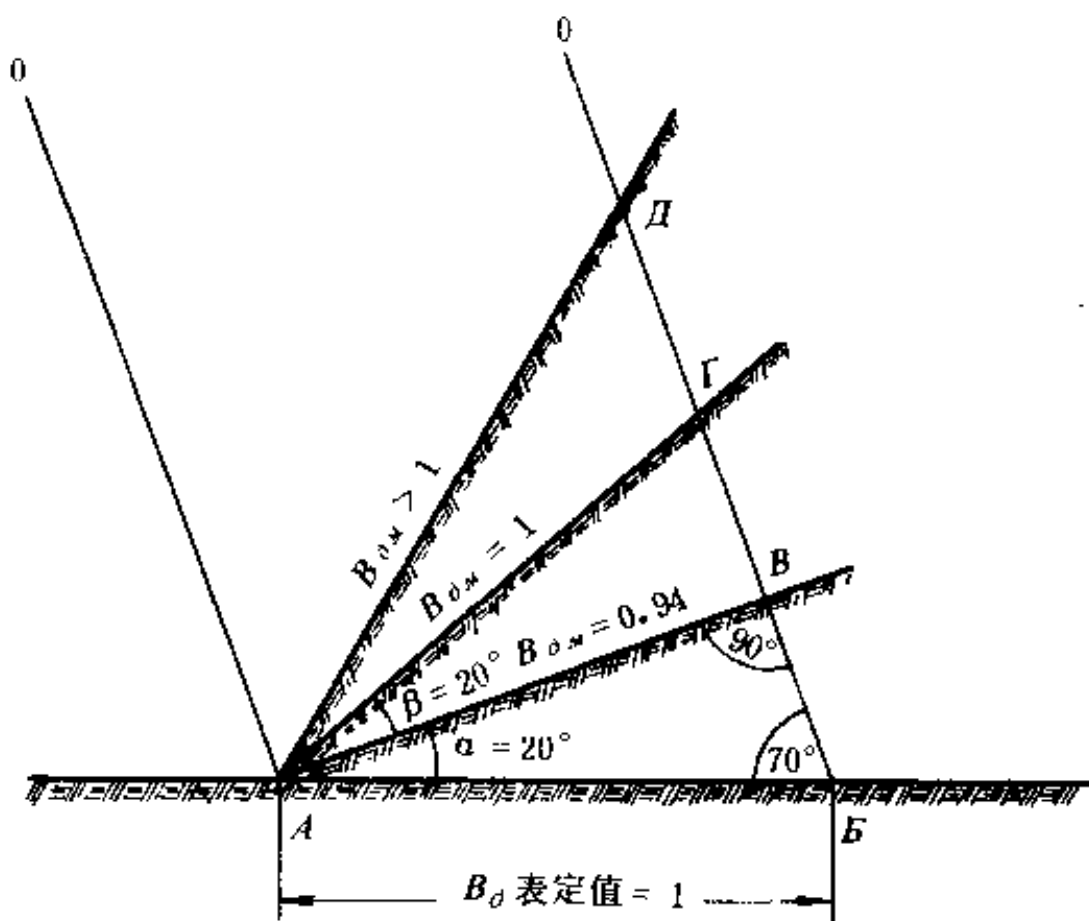


图 10-6-3 迫击炮射击时距离散布大小与地貌的关系

迫击炮弹的弹道特点是落角大，因此迫击炮对正斜面射击时， B_{θ} 值的变化与弹道非常低伸的武器射击时的变化稍有不同。

图10-6-3所示为相隔一个公算偏差的两个弹道OA和OB的末端；AB为水平面上的一个距离公算偏差（表定值），AB、AI'和AJ为在不同倾斜度的斜面上的距离公算偏差。由此得知以下各点：

1. 在 α 角范围内，斜面倾斜度增加， B_{θ} 值逐渐减小，在与平均弹道末段垂直的AB斜面上 B_{θ} 值最小。

2. B_{θ} 减小的程度与正斜面倾斜度有关，为了对这一点有一个概念，我们来求解直角三角形ABB'。设 $\angle BBA'$ （落角）等于 70° ，则斜面倾斜角 $\alpha = 90^\circ - 70^\circ = 20^\circ$ 。AB为斜边，AB'为 $\angle BBA'$ 的对边。如果表示水平面上 B_{θ} 大小的直线AB=1，那末表示斜面上 B_{θ} 的 $B_{\theta_{\alpha}}$ 将等于0.94，即等于 $\angle BBA'$ 的正弦。因此，在落角为 70° ， $B_{\theta_{\alpha}}$ 在 20° 的斜面上将有最小值。此时 $B_{\theta_{\alpha}}$ 与表定值 B_{θ} 之比，说明 B_{θ} 减小程度的系数等于0.94，或 B_{θ} 的大小总共减小6%。

3. 在 β 角范围内，斜面倾斜度增加， $B_{\theta_{\alpha}}$ 值逐渐增加，在BI'斜面上将再次等于表定值 B_{θ} （等于1）。很显然，这种情况将发生在 β 角等于 α 角时。本例中，在斜面倾斜度为 40° 时， $B_{\theta_{\alpha}}$ 等于表定值 B_{θ} 。

这就是迫击炮对正斜面射击时 B_{θ} 值的变化特点。

当迫击炮对反斜面射击时， $B_{\theta_{\alpha}}$ 的大小在任何情况下都比表定值 B_{θ} 大。

由表10-3可以看出：82毫米迫击炮射击时，由于斜面倾斜度不同， $B_{\theta_{\alpha}}$ 值将大于或小于 B_{θ} 值。

表 10 - 3

落 角 (度)	正 斜 面				落 角 (度)	反 斜 面			
	10°	20°	30°	40°		50°	60°	70°	80°
50	0.9	0.8	0.8	0.8	50	0.8	1.2	1.2	—
55	0.9	0.85	0.8	0.8	55	0.85	1.15	1.4	10.0
60	0.9	0.9	0.9	0.9	60	0.9	1.15	1.4	2.6
65	0.9	0.9	0.9	0.9	65	1.0	1.1	1.6	2.1
70	0.96	0.94	0.96	1.0	70	1.08	1.1	1.4	1.9
75	1	1	1	1.1	75	1.2	1.1	1.4	1.7
80	1	1	1	1.1	80	1.3	1	1.3	1.5
85	1	1	1	1.2	85	1.4	1	1.2	1.4

注：在迫击炮射击的多数情况下，落角在70°左右

根据上表的诸元可得出下列结论:

1. 迫击炮对正斜面射击时, 距离公算偏差因倾斜度不同而产生的变化很小, 可以忽略不计。

2. 迫击炮广泛采用对反斜面射击。这时 $B_{0\alpha}$ 值将大大超过表定值 B_0 。因此对位于反斜面的目标, 计算射击诸元时, 对此必须加以考虑。

第七节 弹道散布的危险地带

在表尺装定不变的射击情况下, 具有一定高度的目标可能遭受杀伤的区域叫作危险地带。

水平面上的危险地带的纵长等于整个距离散布与该目标的表尺危险界之和 (图10-7-1)。

危险地带的宽度等于整个方向散布的宽度。

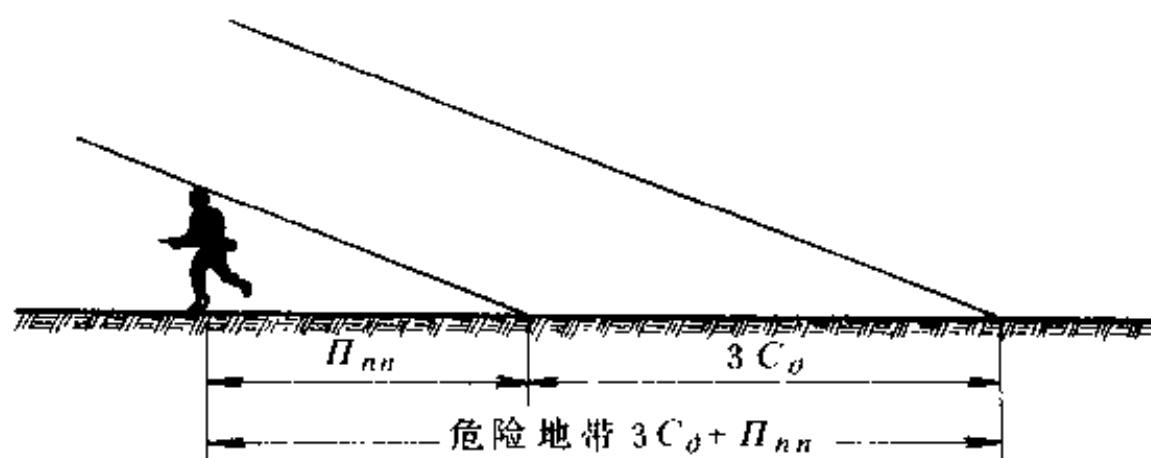


图 10-7-1 危险地带

我们来研究距离散布和危险地带与地形倾斜的关系。已知这两个数与落角 θ_c 、命中角 μ 之比有关, 即:

$$3C_{oM} = 3C_o \frac{\theta_c}{\mu} \text{ 和 } \Pi_{nM} = \Pi_{nn} \frac{\theta_c}{\mu}$$

因此，实地危险地带的纵深是 $3C_{oM}$ 和 Π_{nM} 之和，由下式计算：

$$\Pi_{zM} = (3C_o + \Pi_{nn}) \frac{\theta_c}{\mu} \quad (10-7-1)$$

例：由重机枪以轻弹对位于倾斜度为 $0-50$ 的斜面上跑步人形靶射击（靶高 1.5 米），射程 1000 米。目标高低角等于负 $0-20$ 。求实地危险地带的纵深。

解：1. 由射表（射程 1000 米）求：距离散布密集界 $C_o = 53$ 米；危险界系数 $K = 33$ ；落角 $\theta_c = 0-30$ 。

2. 求表尺危险界：

$$\Pi_{nn} = B_y \cdot K = 1.5 \times 33 \approx 50 \text{ 米}$$

3. 求命中角：

$$\begin{aligned} \mu &= \theta_c + \omega - (\pm \varepsilon) \\ &= 30 + 50 + 20 = 100 \quad (1-00) \end{aligned}$$

4. 求实地危险地带纵深：

$$\begin{aligned} \Pi_{zM} &= (3C_o + \Pi_{nn}) \frac{\theta_c}{\mu} = (159 + 50) \frac{30}{100} \\ &= 209 \times \frac{30}{100} \approx 63 \text{ 米} \end{aligned}$$

第八节 自动武器射击时散布的特点

在本章开头列举的散布原因中，有的仅在自动武器射击时产生影响。

设对同一目标，用同一表尺分划进行数次短点射，而且在每一次点射前进行仔细的瞄准。

点射的第一发射弹与第一发以后各发射弹无关，其后每个点射中的每一发射弹都与前一发射弹有关，因为此时射击是在前一发射击改变了枪管方向的条件下实施的，而且，前一发射击之后，后坐力改变了武器的初始位置。此外，对自动武器来说，活动机件的撞击也影响后一发射击。由此可知，后一发射弹的散布必然有别于前一发射弹的散布。专门射击试验证实了这一推测。试验表明，点射时后一发射弹的散布总是比前一发散布大。对于较轻的武器——冲锋枪，这点特别明显。看一看有关的射表就可以证明这一点。射表中分别列出了单发和点射时散布的大小（ C_0 和 C_6 ； B_0 和 B_6 ）。例如冲锋枪200米单发射击 $C_0 = 0.20$ 米， $C_6 = 0.20$ 米，而点射时 $C_0 = 0.35$ 米， $C_6 = 0.35$ 米。

此外，各种自动武器的试验射击表明，第一发和其后各发射弹的平均弹着点之间有一些偏差，而且两者分别地符合标准定律（见图10-8-1）。

第一发射弹平均弹着点和其后各发射弹平均弹着点之间的偏差及射弹散布的大小，不仅与武器结构特点有关，而且在很大程度上与射手训练水平有关。经验证明，对射手的认真训练，可使第一发射弹和其后各发射弹的平均弹着点之间的偏差缩小。在这种情况下可以认为所有射弹的散布都服从同一标准定律，其特征用一组公算偏差（ B_0 和 B_6 ）来衡量。例如，经过训练的优秀射手以轻机枪或连用机枪射击时，第一发射弹和其后各发射弹的平均弹着点之间的距离总共不过是射击距离的千分之0.2—0.3，对整个散布不产生任何影

响。对训练不足的机枪、冲锋枪射手来说，第一发射弹和其后各发射弹的平均弹着点之间的距离——后各发射弹的散布可能是相当大的，在解决射击任务时必须考虑。

以上是点射时射弹散布的共同特点。下面具体研究各种类型射击武器的散布特点。

一、重机枪射击时射弹散布

由于重机枪有稳固的枪架，射击时第一发射弹和以后各发射弹的散布大小是一样的。因此把一次点射分为第一发射弹和以后各发射弹就没有意义了。

枪架装置可以人工增加正面散布和距离散布。在进行正面散布射时，在人工散布范围内射弹的正面分布被认为是均匀的，即在每米正面上有相同的射弹数。射弹高低散布是符合散布规律的。此时高低散布量将大于表定值，因为射表中给出的散布量是对定点射击时的散布量。实践证明：进行正面散布射时，高低散布增加到 $1.5 \sim 2$ 倍（平均为 1.75 倍）。在对集团目标实施正面散布射求命中公算时，必须考虑散布扩大量。

用各种固定装置实施射击时，射弹的散布与表定值相一致。如果稍微松开方向机，则散布增大 $1.5 \sim 2$ 倍。

在射击阵地上机枪的架设对射击密集度有很大影响。在一般有草皮的地面上射击有较好的效果。此时，最好使机枪枪身与架杆在一线上。如果枪身与架杆轴线成一定角度，在进行长点射时将会看到机枪向一侧移动。因此在射击时必须注意。

二、轻机枪和连用机枪射击时的射弹散布

为了保持武器有较高的机动性能，轻（连用）机枪装有轻便脚架，因此在点射时总是比重机枪有较大的散布。

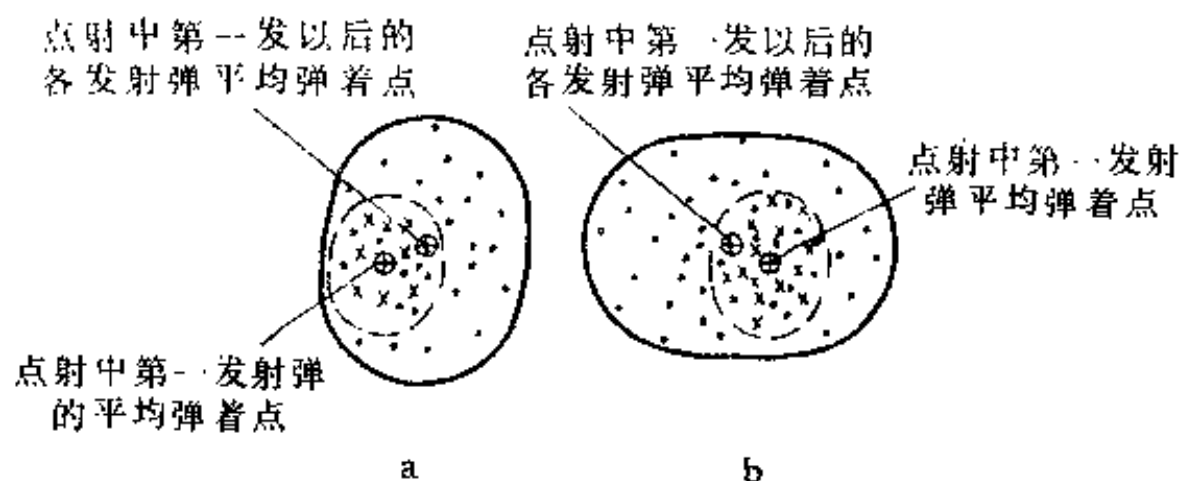


图 10-8-1 轻机枪和连用机枪射击时的散布

a — 连用机枪射击时第一发和其后各发射弹的散布。

b — 轻机枪射击时第一发和其后各发射弹的散布。

由于武器后坐，活动部件运动和射手对武器移动的反应，一次点射中第二发及以后各发射弹的散布要比第一发射弹散布大得多。

轻机枪和连用机枪射击时，综合射弹的散布图像如图 10-8-1 所示。从图中可见，连用机枪射击时，第一发以后各发射弹的弹着点在第一发射弹的平均弹着点的右上方，而轻机枪射击时，则在左上方。但不能认为这是一种有规律的现象。例如，在一次射击试验中，用连用机枪进行 48 次射击，每次射击中进行 10 次点射。在 26 次射击中，第一发射弹以后各发射弹的平均弹着点，都在第一发射弹平均弹着点的右上

方。在3次射击中，这些平均弹着点都在左上方。在5次射击中是在右下方。在4次射击中，是在左下方。轻机枪射击时，方向综合散布较大。第一发以后的各发射弹的平均弹着点的偏差大小在很大范围内波动（在任何方向达3密位），也可能每次射击都不一样。

应当指出，如果机枪手经过长时间练习后，能够正确的掌握武器并作好射击前的准备，就可以大大减少第一发射弹以后的各发射弹的散布，使第一发和其后各发射弹的平均弹着点相一致。这说明机枪手的技能对获得优秀射击成绩具有决定意义。

三、冲锋枪射击时的射弹散布

冲锋枪射击可利用依托，也可不用依托。冲锋枪射弹散布要比轻机枪大得多，这是很自然的事。

冲锋枪射击明显的特点是：第一发以后的各发弹着位置距第一发弹着点很远。在不远的距离上对一个靶子射击，就能明显地看到形成两组（椭圆）弹着点（图10-8-2）。这种现象的解释是：由于枪弹较重和冲锋枪重量相对较轻，因而武器后坐量大，严重地影响点射时第一发以后各发弹着的位置。此时第一发以后各发射弹的偏差因射击姿势而异。卧姿有依托射击，第一发以后各发射弹主要偏向左下方。这些偏差对每个冲锋枪手总是不变的。偏差的大小决定于射击准备和握枪的特点。卧姿无依托射击时，射弹散布比有依托时大得多；通常第一发以后各发射弹偏向左上方。跪射和立射时，第一发以后各发射弹明显偏向右上方；散布大小与各种射击预备动作关系不大。



图 10-8-2 用冲锋枪射击、卧姿有依托、射程
100 米时获得两个群集散布面的情况

第十一章 在已知平均弹道与目标的关系位置条件下求命中公算

第一节 命中公算的一般概念 命中公算与各种条件的关系

知道了某种武器在给定距离上射击时目标上的散布量，不管这个目标与平均弹道的相互位置如何，都可以计算一发射弹对该目标的命中公算。

假定用某一武器在一定的和尽可能一致的条件下，对矩形目标进行大量射击，获得一散布椭圆。散布椭圆与目标的关系位置如图11-1-1所示，每100发射弹命中75发，脱靶25发。

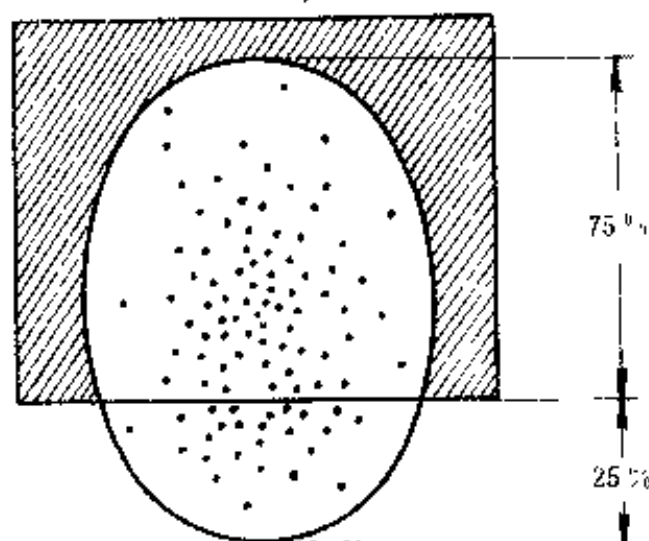


图 11-1-1 散布椭圆与目标的关系位置

现在我们提出这样一个问题：如果用同一武器，在获得散布椭圆的同一条件下，发射一发弹，命中这个目标的公算多大？由图可见，公算是两个矛盾事件中的一个，或者命中，

或者脱靶。在大量射弹射击时，根据命中数和脱靶数的比值可以推断，75比25大多少倍，命中公算就比脱靶公算大多少倍。因为根据本例条件每100发射弹命中75发，或每4发命中3发，那么1发射弹的命中公算就可以表示为小数0.75，或 $\frac{3}{4}$ 。命中公算数值上不仅可以表示为小数，也可表示为百分数，所以本例中的命中公算等于75%。

因此，可以给命中公算以如下定义：命中公算是这样一个数，它表明在给定的射击条件下，命中目标的可能性。

如果发射大量射弹，平均100发射弹有75发命中，或者说平均4发弹有3发命中，但绝不是说，每发射4发就一定有3发命中。因为只有在发射大量射弹时，事件的频率才与事件公算的数值接近。假设发射很多组射弹，每组4发，并在每组发射后计算命中弹数，此时每组射击的结果将不会完全一样。也就是说，每组4发射弹中的命中弹数，有的超过3发，有的不到3发。但在统一计算大量射弹和命中弹数时就可看到，平均每4发射弹中就有3发命中。

射击时，通常都力求使射弹命中目标中心。假设表尺分划和瞄准点符合这个条件，则大量射击时平均弹道和目标中心重合。但是只发射一发弹，而散布又是不可避免的，所以即使精确瞄准，射弹对平均弹道还是会有某些偏离，也就是在一定范围内（在该方向上的4个公算偏差）偏离目标中心。此时射弹可能命中目标，也可能不命中，其命中公算决定于目标面积与散布面积之比。

图11-1-2所示是三个大小不同的目标，这些目标的中心与三个相同的散布椭圆中心相吻合。当散布不大时，整个椭圆在目标面积之内（图11-1-2a），就是说百分之百的命中，即

命中公算等于1或100%。图11-1-2 b所示目标面积小于散布椭圆，目标命中公算小于1或100%。图11-1-2 c所示目标面积大大小于散布椭圆，命中目标的公算比第二种情况还要小。

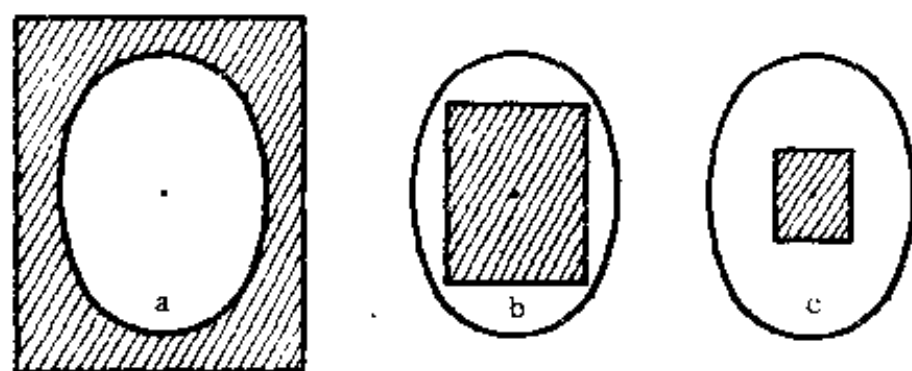


图 11-1-2 命中公算与目标大小的关系

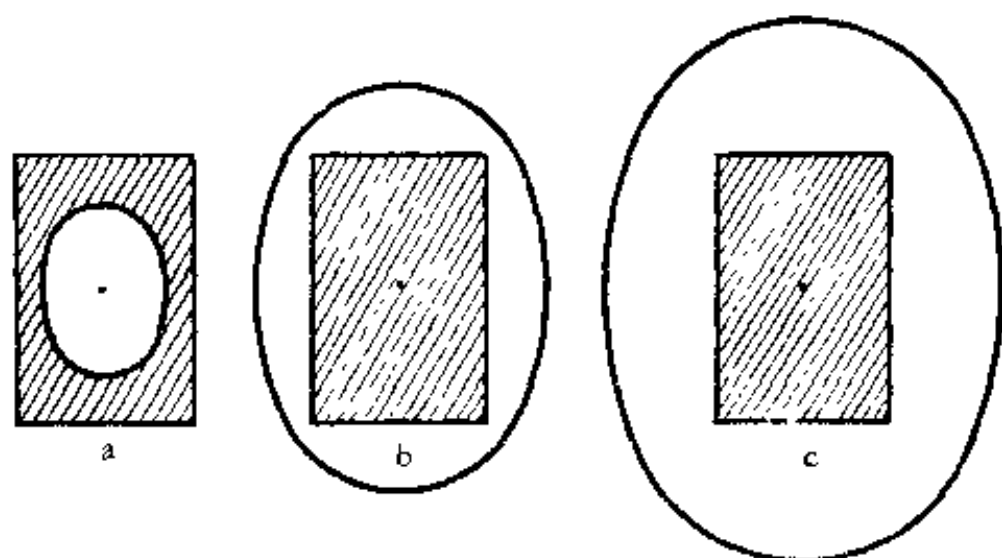


图 11-1-3 命中公算和散布面大小的关系

这样，在其他条件（散布量，散布中心对目标的关系位置）相同情况下，目标尺寸愈大，命中公算就愈高。

图11-1-3所示为三个大小不一的散布椭圆，其中心与尺寸大小相等的目标中心相吻合。

当散布不大时（图11-1-3 a）整个椭圆在目标面积之内——百分之百命中，也就是说目标命中公算等于1或100%。

如果散布椭圆大于目标（图11-1-3b），则目标命中公算小于1或小于100%。如果散布椭圆大于目标很多（图11-1-3c），则目标命中公算比第二种情况还要小。

放在其他条件（散布量、散布中心对目标的关系位置）相同的情况下，散布愈小，命中公算愈大。

图11-1-4所示为三个正面大而纵深小的相同目标。目标假二个射向不同而大小相同的散布椭圆所复盖。而且在三种情况下散布椭圆中心都和目标中心重合。在图11-1-4 a所示的射击方向下（正面射击），目标命中公算与图11-1-4b、c所示的射击情况相比将是最小的。在侧向射击（图11-1-4c）情况下，目标命中公算最大，因为在这种情况下整个目标都为散布椭圆所复盖并处于射弹散布最密集的范围。

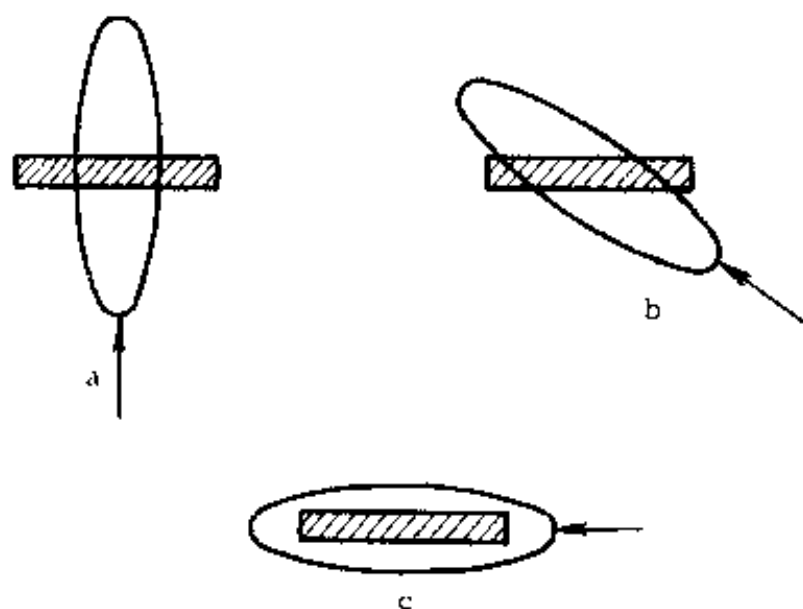


图 11-1-4 命中公算与射击方向的关系

所以，如果目标正面大纵深小，则在侧射和斜射时将有最大的命中公算。而对纵深大的目标实施正面射则最为有利。

我们研究了平均弹道和目标中心吻合的情况。上述情况

(见图11-1-2、11-1-3) 仅在(对固定目标)进行竞赛和训练射击时才可能发生。在实弹射击中,特别在战斗中,由于测定目标距离(表尺装定)、估计气象条件、瞄准等都存在不可避免的误差,平均弹道对目标中心总是有某种偏差。偏差可能很大,以致目标处于散布以外,在这种情况下,不可能命中目标,换句话说,就是命中公算等于零。

只有目标的全部或部分在散布面之内,才可能命中目标。大家知道,在散布面范围之内弹道分布是不均匀的;因此在图11-1-5中每一个目标的命中公算都不一样:目标1命中公算大于目标2,目标2命中公算大于目标3。

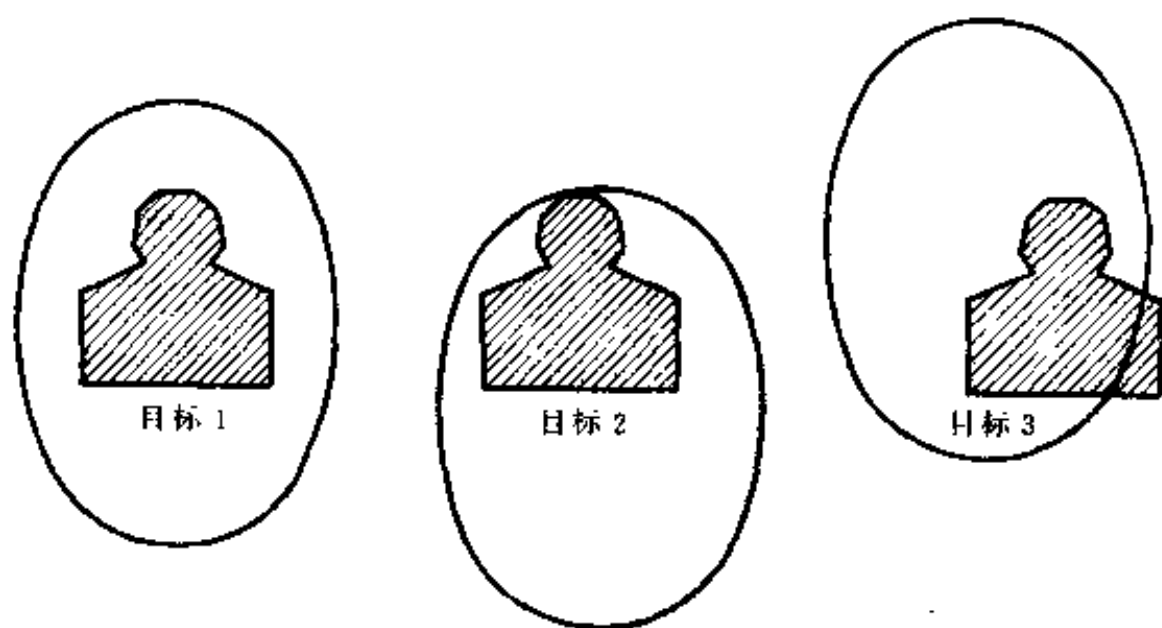


图 11-1-5 命中公算与散布椭圆对
目标中心相对位置的关系

因此,在其他条件(散布、目标大小)相同的情况下,散布中心距目标中心愈近,命中公算愈大。为了在较大程度上增加命中公算,必须尽可能精确地选定射击开始诸元。为此,要经常地练习确定目标距离以及修正气象条件等。

综上所述，可以得出如下结论：命中公算取决于目标大小、散布面大小、射击方向以及散布中心对目标中心的相对位置。

我们进一步来研究发射一发弹时目标命中公算的各种求解方法。各种求解法的共同原则可归纳如下：为了求命中公算，首先需要确定覆盖目标的那一部分散布面，然后根据散布规律计算出通过这一面积的弹着百分数。所需散布量由射表求出，而射表是根据大量试验射击结果编制的。

第二节 近似法求命中公算

一、按散布中央半数必中界求命中公算

此法仅在目标面积小于或等于散布中央半数必中界，但在任一方向都不超出此区范围时采用。在计算时假定在散布中央半数必中界范围内射弹散布是均匀的，此时可用比较目标面积和散布中央半数必中界的方法来求命中公算。因为散布中央半数必中界包括所有弹着的一半（50%），所以目标面积比散布中央半数必中界小多少倍，目标命中公算比50%也小多少倍。即

$$p : 50\% = s : (C_{\sigma} \cdot C_{\delta})$$

式中： p ——目标命中公算；

s ——目标面积；

$C_{\sigma} \cdot C_{\delta}$ ——散布中央半数必中界的面积。

根据所得比例式求

$$p = \frac{50\% \cdot s}{C_{\sigma} \cdot C_{\delta}} \quad (11-2-1)$$

例：用班用机枪在500米距离上对人胸目标射击，目标边缘不超出散布中央半数必中界，求命中公算。

解：查射表求出： $C_a = 0.81$ 米， $C_b = 0.78$ 米。由表 11 见附录）得人胸目标面积 $s = 0.18$ 米²。

$$P = \frac{50\% \times 0.18}{0.81 \times 0.78} \approx 14.2\% \text{ 或 } 0.142$$

二、用散布梯尺求命中公算

当目标或目标的一部分超出散布范围，可用散布梯尺来求命中公算。

假设散布椭圆与目标关系位置如图 11-2-1 所示。利用散布梯尺求该目标命中公算，应按下列顺序进行计算：

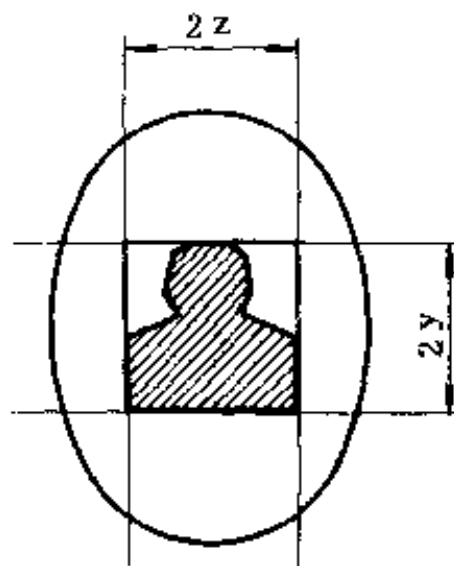


图 11-2-1 确定单个目标的命中公算

1. 求无限长的界限 $2y$ 的命中公算，此界限高度等于目标高度*。

* 长度大于8个公算偏差，两端在散布椭圆以外的界限称作无限长的界限。

2. 求无限长的界限 $2z$ 的命中公算,此界限宽度等于目标宽度。

3. 求界限 $2y$ 和 $2z$ 相交而成的长方形的命中公算。不难看出,命中于此长方形内的射弹,同时也是命中于界限 $2y$ 和 $2z$ 内的射弹。所以,长方形内的命中公算等于界限 $2y$ 和 $2z$ 内命中公算的积。如果界限 $2y$ 的命中公算等于 P_{2y} ,界限 $2z$ 的命中公算等于 P_{2z} ,则长方形命中公算可表示如下:

$$P = P_{2y} \cdot P_{2z} \quad (11-2-2)$$

4. 求目标命中公算。假设在长方形范围内的射弹散布是均匀的,则目标面积 s 比长方形面积 S ($S = 2y \cdot 2z$) 小多少倍,目标命中公算 P 比长方形的命中公算也小多少倍。即

$$\frac{P}{P_{2y} \cdot P_{2z}} = \frac{s}{S}$$

由已得比例求:

$$P = P_{2y} \cdot P_{2z} \cdot \frac{s}{S}$$

目标实际面积与围绕目标四周的长方形面积之比通常称作目标的人形系数并用字母 K 表示。利用这些符号,求目标命中公算的式子可写成一般式:

$$P = P_{2y} \cdot P_{2z} \cdot K \quad (11-2-3)$$

式中: P ——目标命中公算;

P_{2y} ——与目标同高的无限长界限内的命中公算;

P_{2z} ——与目标同宽的无限长界限内的命中公算;

K ——目标的人形系数。

现举例说明求目标命中公算的方法。

例 1: 重机枪在 300 米距离上以轻弹对人头目标射击。

知平均弹着点与目标中心重合，求人头目标的命中公算。

解：查射表知道，在300米距离上 $B_a = 0.11$ 米， $B_b = 0.10$ 米。查表1（见附录）求得：人头目标高度为0.3米，宽度为0.5米，人形系数为0.73。

以任意比例标出高低散布梯尺和方向散布梯尺（图11-2-2）。以相同比例在图上按照目标的高度和宽度标出两条无限长的界限，利用散布梯尺，求出这两条界限的命中公算。

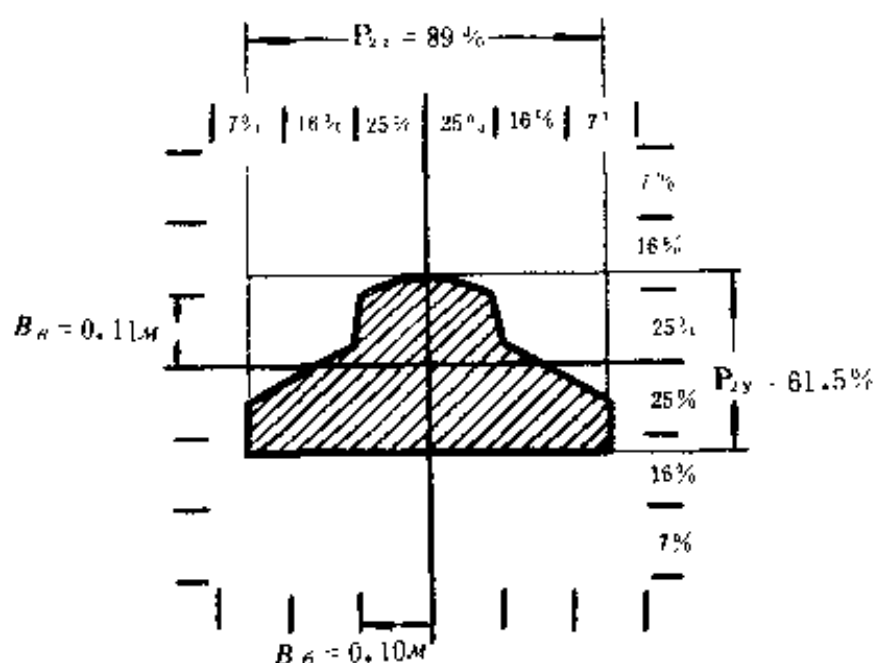


图 11-2-2 求人头目标的命中公算，
平均弹道通过目标中央上方。

散布横轴将界限 $2y$ 平分分为两条高各为0.15 ($0.30 \div 2$) 米的界限。每条界限包括 $1.36B_a$ ($0.15 \div 0.11$)，即包括25%的弹着的界限一条和包括16%的弹着的界限为0.36条。假定在宽度等于一个公算偏差的各条界限内的散布是均匀的，则界限 $2y$ 的命中公算为：

$$p_{2y} = (25\% + 0.36 \cdot 16\%) \cdot 2 = 61.5\%$$

散布纵轴将界限 $2z$ 半分为两条宽各为 0.25 ($0.50 \div 2$) 米的界限。每条界限包括 $2.5B\sigma$ ($0.25 \div 0.10$)。界限 $2z$ 的命中公算为:

$$p_{2z} = (25\% + 16\% + 0.5 \times 7\%) \cdot 2 \approx 89\%$$

人头目标命中公算为

$$p = p_{2y} \cdot p_{2z} \cdot K = 0.615 \times 0.89 \times 0.73 \approx 0.40 \text{ 或 } 40\%$$

例 2: 射击条件与例 1 相同, 但平均弹道高于目标中心 0.18 米 (图 11-2-3)。

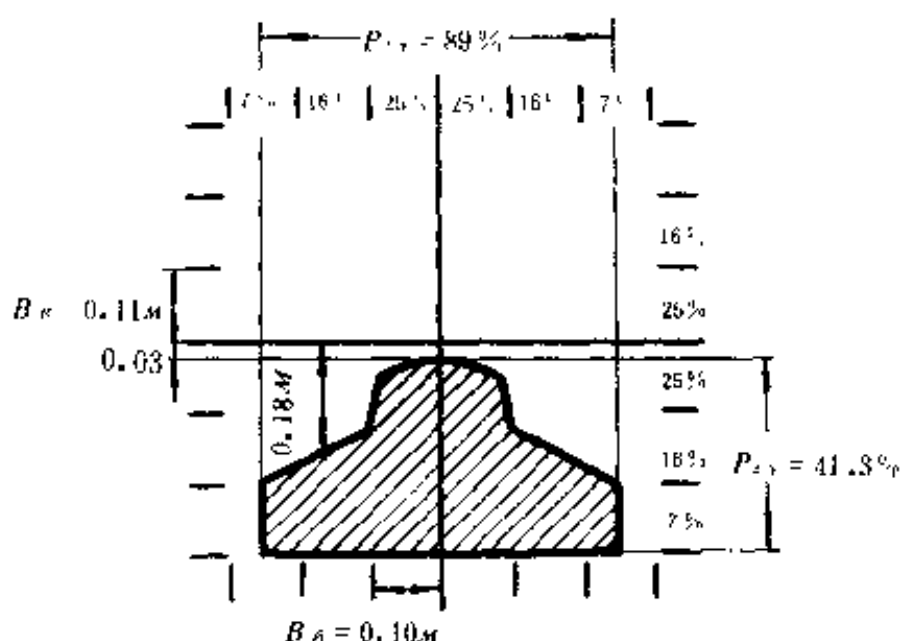


图 11-2-3 求人头目标的命中公算
平均弹道高于目标中心。

解: 用散布梯尺求界限 $2y$ 的命中公算。

如果散布横轴高于目标中心 0.18 米, 则目标的上沿将低于散布中心 0.03 米 ($0.18 - \frac{0.30}{2}$)。由图可见, 当散布中心与目标的关系位置如上述时, 界限 $2y$ 内可能出现的弹着如下:

——包括 25% 弹着的界限内的 $\frac{8}{11}$ 或 0.73 弹着

- 包括16%弹着的界限内的全部弹着;
 - 包括7%弹着的界限内的全部弹着。
- 因此, 界限2y的命中公算为:

$$p_{2y} = (0.73 \times 25\%) + 16\% + 7\% = 41.3\%$$

界限2z的命中公算为:

$$p_{2z} = 89\% \text{ (同例1)}$$

人形目标的命中公算为:

$$p = p_{2y} \cdot p_{2z} \cdot K = 0.413 \times 0.89 \times 0.73 = 0.268, \text{ 或 } 26.8\%$$

人形目标的命中公算也可根据考虑人形系数的目标换算尺寸求得。附录中表1给出了目标换算尺寸。

第三节 根据射表求命中公算

用散布梯尺求命中公算时, 我们假定在等于一个公算偏差的界限范围内散布是均匀的, 这就产生了某种误差。

为了精确计算, 采用一种比较完善的求命中公算的方法——利用误差在一定范围内的获得公算表, 即 $\Phi(\beta)$ 函数表 (见附录表2)。此法不仅更准确, 而且比前面的方法更简单, 因为利用此法可以大大简化计算。

一、求界限命中公算

求界限命中公算时, 界限与散布轴对称或不对称均可用 $\Phi(\beta)$ 函数值求出。

首先研究界限对称布置情况, 即散布轴通过目标界限中央 (图11-3-1)。

当界限对散布轴对称时, 为了求界限命中公算, 要用相

应方向的公算偏差去除界限宽度的一半，然后根据附表求出整个界限的命中公算。

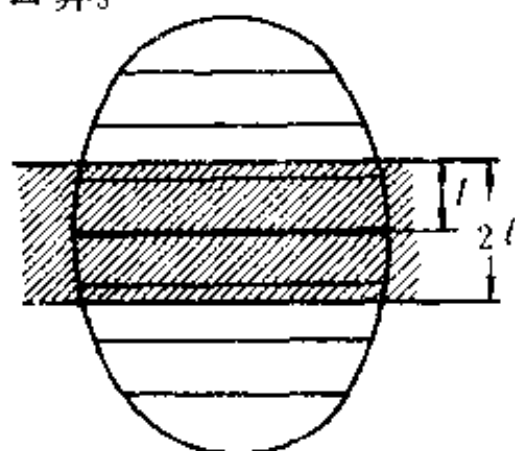


图 11-3-1 当散布轴将界限平分
为相等部分时求界限命中公算

取界限宽度等于 $2l$ ，以公算偏差表示的界限一半等于 l/B 。函数表第一栏给出了 l/B 值，第二栏内是界限 $2l$ 的命中公算。因此第二栏的数字是 l/B 的函数，或 $\Phi(l/B) = \Phi(\beta)$ 。因此，当散布轴与界限中央重合时，界限命中公算用下式求得：

$$p_{2l} = \Phi\left(\frac{l}{B}\right) = \Phi(\beta) \quad (11-3-1)$$

当界限与 B_y 方向一致时，用 $2y$ 来表示界限 $2l$ ；当界限与 B_z 方向一致时，用 $2z$ 来表示；当界限与 B_x 方向一致时，用 $2x$ 来表示。因此，与界限宽度的方向有关的式 (11-3-1) 将有下列形式：

$$p_{2y} = \Phi\left(\frac{y}{B_y}\right) \quad (11-3-1a)$$

$$\text{或 } p_{2z} = \Phi\left(\frac{z}{B_z}\right) \quad (11-3-1b)$$

$$\text{或 } p_{2x} = \Phi\left(\frac{x}{B_x}\right) \quad (11-3-1c)$$

例 1：用冲锋枪在 500 米距离上进行单发射击。如果高低散布轴通过界限中央，求高度为 1 米的界限命中公算。

解：根据射表求出距离 500 米时 $B_{\sigma} = 0.19$ 米。 $2y$ （界限高度）= 1.0 米， $y = 1.0 \div 2 = 0.5$ 米

$$p_{2y} = \Phi\left(\frac{y}{B_{\sigma}}\right) = \Phi\left(\frac{0.50}{0.19}\right) = \Phi(2.63)$$

由公算表求得：

$$p_{2y} = \Phi(2.63) = 0.924, \text{ 或 } 92.4\%$$

例 2：用冲锋枪在 500 米距离上进行点射。如果方向散布轴通过界限中央，求宽为 0.9 米的界限命中公算。

解：由射表知，在 500 米距离上 $B_{\sigma} = 0.30$ 米

$$2z = 0.9 \text{ 米}, z = 0.9 \div 2 = 0.45 \text{ 米}$$

$$p_{2z} = \Phi\left(\frac{z}{B_{\sigma}}\right) = \Phi\left(\frac{0.45}{0.30}\right) = \Phi(1.50)$$

由公算表求得：

$$p_{2z} = \Phi(1.50) = 0.688, \text{ 或 } 68.8\%$$

例 3：82 毫米迫击炮以 6-98 表尺分划（距离 1200 米）用 1 号装药，向宽为 12 米的长形山谷射击。射向与山谷长度垂直，距离散布轴沿着山谷中央通过。求山谷的命中公算。

解：查射表知，在 1200 米距离上 $B_{\sigma} = 17$ 米。

$$2x = 12 \text{ 米} \quad x = 12 \div 2 = 6 \text{ 米}$$

$$p_{2x} = \Phi\left(\frac{x}{B_{\sigma}}\right) = \Phi\left(\frac{6}{17}\right) = \Phi(0.35)$$

查公算表求得：

$$p_{2x} = \Phi(0.35) = 0.187, \text{ 或 } 18.7\%$$

现在我们来研究，当界限位置与散布轴不对称时，怎样

求界限的命中公算

在图11-3-2中，散布轴与界限边缘重合。此界限宽度可写成是界限 $2l$ 的一半。如果界限 $2l$ 的命中公算用公式(11-3-1)求出，则界限 l 的命中公算显然等于

$$P_l = \frac{1}{2} \Phi \left(\frac{l}{B} \right) \quad (11-3-2)$$

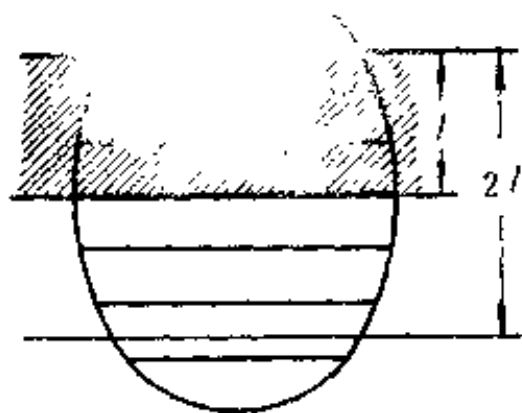


图 11-3-2. 当散布轴
与界限边缘重合时，
求界限的命中公算

图11-3-3和11-3-4显示了散布轴与界限中央的关系位置不一致的两种情况。第一种情况(图11-3-3)散布轴从界限内通过，但与界限中央不重合；第二种情况(图11-3-4)散布轴从界限外通过。图中标有下列数值。

Δl ——散布轴离界限中央的距离；

l_2 ——散布轴离界限上边缘的距离，在一切情况下 $l_2 = l + \Delta l$ ；

l_1 ——散布轴离界限下边缘的距离，在一切情况下 $l_1 = l - \Delta l$ ；

研究图11-3-3和11-3-4后，可得出如下结论：

第一种情况(图11-3-3)下，界限 $2l$ 的命中公算等于界限 l_2 和 l_1 的命中公算之和；

在第二种情况(图11-3-4)下，界限 $2l$ 的命中公算等于界限 l_1 和 l_2 的命中公算之差。

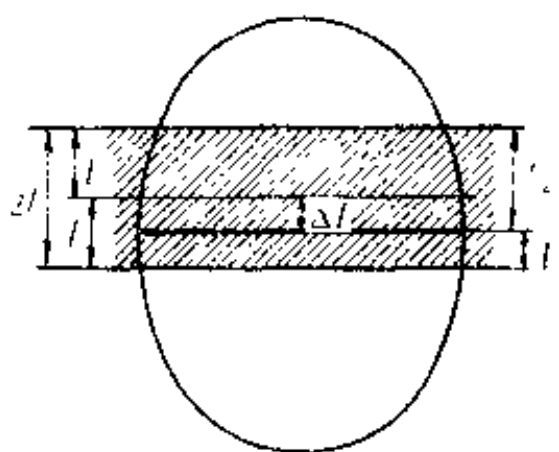


图 11-3-3 散布轴通过
界限内但不与界限中央重
合，求界限的命中公算

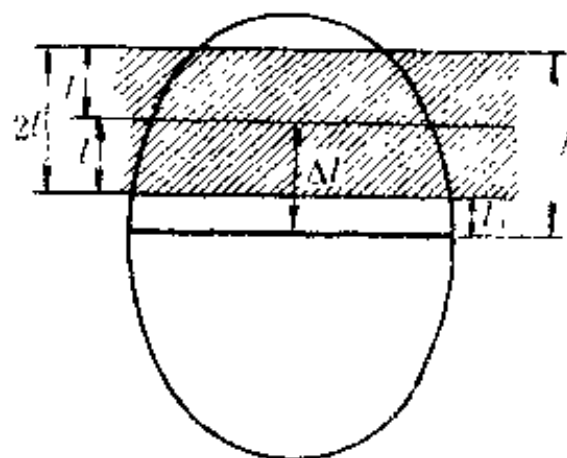


图 11-3-4 散布
轴从界限外通过，
求界限的命中公算

在两种情况下，界限 l_2 的命中公算等于

$$Pl_2 = \frac{1}{2} \Phi \left(\frac{l_2}{B} \right)$$

界限 l_1 的命中公算等于

$$Pl_1 = \frac{1}{2} \Phi \left(\frac{l_1}{B} \right)$$

根据上述情况可以将界限 $2l$ 的命中公算用下式表示：

$$p_{2l} = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{l_2}{B} \right) \pm \Phi \left(\frac{l_1}{B} \right) \right] \quad (11-3-3)$$

当散布轴从界限内通过时取正号，当散布轴从界限外通过时取负号。按此规定时，不再考虑 l_1 和 l_2 本身的正负号。

当界限宽度与 B_y 方向一致时，用 Δy , y_2 和 y_1 来表示相应的 Δl , l_2 和 l_1 ；当界限宽度与 B_z 方向一致时，用 Δz , z_2 和 z_1 来表示；当界限宽度与 B_x 方向一致时，用 Δx , x_2 和 x_1 来表示。

根据界限宽度的方向不同，公式（11-3-3）可写成下列形式：

$$p_{2y} = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{y_2}{B_{\sigma}} \right) \pm \Phi \left(\frac{y_1}{B_{\sigma}} \right) \right] \quad (11-3-3a)$$

$$\text{或 } p_{2z} = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{z_2}{B_{\sigma}} \right) \pm \Phi \left(\frac{z_1}{B_{\sigma}} \right) \right] \quad (11-3-3b)$$

$$\text{或 } p_{2x} = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{x_2}{B_{\sigma}} \right) \pm \Phi \left(\frac{x_1}{B_{\sigma}} \right) \right] \quad (11-3-3c)$$

例1：重机枪在500米距离上以轻弹进行射击，如果散布轴在界限中央之上0.1米处通过，求高度为0.3米的界限的命中公算。

解：由射表查得在500米距离上 $B_{\sigma} = 0.21$ 米。

$$2y = 0.30 \text{ 米； } y = 0.15 \text{ 米； } \Delta y = 0.10 \text{ 米}$$

$$y_2 = y + \Delta y = 0.15 + 0.10 = 0.25 \text{ 米}$$

$$y_1 = y - \Delta y = 0.15 - 0.10 = 0.05 \text{ 米}$$

根据本例题条件 y （0.15米）值大于 Δy （0.10米）值；因此，散布轴在界限内通过。公式（11-3-3a）中应为正号。

$$\begin{aligned} p_{2y} &= \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{y_2}{B_{\sigma}} \right) + \Phi \left(\frac{y_1}{B_{\sigma}} \right) \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{0.25}{0.21} \right) + \Phi \left(\frac{0.05}{0.21} \right) \right] \\ &= \frac{1}{2} [\Phi(1.19) + \Phi(0.24)] \\ &= \frac{1}{2} [0.578 + 0.129] \approx 0.354, \text{ 或 } 35.4\% \end{aligned}$$

例2：82毫米迫击炮以表尺分划6-02（射程1000

米) 用一号装药向宽度为10米的长形山谷进行射击。如果平均弹道在靠近山谷中心7米处通过, 求对山谷的命中公算。

解: 由射表查得, 距离1000米上 $B_0 = 15$ 米

$$2x = 10 \text{ 米}; x = 5 \text{ 米}; \Delta x = 7 \text{ 米}$$

$$x_2 = x + \Delta x = 5 + 7 = 12 \text{ 米}$$

$$x_1 = x - \Delta x = 5 - 7 = -2 \text{ 米}$$

本题中 x (5米) 值小于 Δx (7米) 值; 因此, 散布轴在界限以外通过。公式中应为负号。

$$\begin{aligned} p_{2x} &= \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{x_2}{B_0} \right) - \Phi \left(\frac{x_1}{B_0} \right) \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{12}{15} \right) - \Phi \left(\frac{-2}{15} \right) \right] \\ &= \frac{1}{2} [\Phi(0.80) - \Phi(-0.13)] = \frac{1}{2} [0.411 - 0.070] \\ &= 0.1705 \text{ 或 } 17.05\% \end{aligned}$$

二、求长方形和各种外形的单个目标的命中公算

在研究用散布梯尺求单个目标的命中公算时, 曾经导出了一般式 (11-2-3):

$$p = p_{2y} \cdot p_{2z} \cdot K$$

把由式 (11-3-1, a) 所得 p_{2y} 值和由式 (11-3-1, b) 所得 p_{2z} 值代入上式, 我们就得到平均弹道和目标中心重合时求单个目标的命中公算的公式:

$$p = \Phi \left(\frac{y}{B_0} \right) \cdot \Phi \left(\frac{z}{B_0} \right) \cdot K \quad (11-3-4)$$

当平均弹道与目标中心不重合时, 为了得到求单个目标

的命中公算公式，要将式 (11-3-3, a) 及 (11-3-3, b) 中的 p_y 及 p_z 值代入公式 (11-2-3)。乘以人形系数后得：

$$p = \frac{1}{4} \left[\Phi\left(\frac{y_2}{B_y}\right) \pm \Phi\left(\frac{y_1}{B_y}\right) \right] \cdot \left[\Phi\left(\frac{z_2}{B_z}\right) \pm \Phi\left(\frac{z_1}{B_z}\right) \right] \cdot K \quad (11-3-5)$$

同理可以导出求长方形的水平目标（迫击炮射击时）的命中公算的公式。

当平均弹道与长方形中心重合时 ($K = 1$)：

$$p = \Phi\left(\frac{x}{B_x}\right) \cdot \Phi\left(\frac{z}{B_z}\right) \quad (11-3-4, a)$$

当平均弹道与长方形中心不重合时 ($K \neq 1$)：

$$p = \frac{1}{4} \left[\Phi\left(\frac{x_2}{B_x}\right) \pm \Phi\left(\frac{x_1}{B_x}\right) \right] \cdot \left[\Phi\left(\frac{z_2}{B_z}\right) \pm \Phi\left(\frac{z_1}{B_z}\right) \right] \quad (11-3-5, a)$$

例 1：卡宾枪在 300 米距离上对人头目标进行射击，如果平均弹道与目标中心重合时，求命中公算。

解：由射表查得 $B_x = 0.09$ 米； $B_z = 0.07$ 米

目标高度 $2y = 0.30$ 米； $y = 0.30 \div 2 = 0.15$ 米

目标宽度 $2z = 0.50$ 米； $z = 0.50 \div 2 = 0.25$ 米

目标人形系数 $K = 0.73$

$$\begin{aligned} p &= \Phi\left(\frac{y}{B_y}\right) \cdot \Phi\left(\frac{z}{B_z}\right) \cdot K = \Phi\left(\frac{0.15}{0.09}\right) \cdot \Phi\left(\frac{0.25}{0.07}\right) \cdot 0.73 \\ &= \Phi(1.67) \cdot \Phi(3.57) \cdot 0.73 = 0.740 \times 0.985 \times 0.73 \\ &= 0.532, \text{ 或 } 53.2\% \end{aligned}$$

例 2：82 毫米迫击炮以表尺分划 6 - 47（射程 1100 米），用 1 号装药对大小为 $2x = 10$ 米， $2z = 6$ 米的长方形目标射击。如果平均弹道在靠近目标中心 8 米，偏右 2 米处通过，求目标的命中公算。

解：由射表查得： $B_0 = 16$ 米， $B_6 = 5.7$ 米

$$x = 10 \div 2 = 5 \text{ 米； } \Delta x = 8 \text{ 米}$$

$$x_2 = x + \Delta x = 5 + 8 = 13 \text{ 米}$$

$$x_1 = x - \Delta x = 5 - 8 = -3 \text{ 米}$$

$$z = 6 \div 2 = 3 \text{ 米； } \Delta z = 2 \text{ 米}$$

$$z_2 = z + \Delta z = 3 + 2 = 5 \text{ 米}$$

$$z_1 = z - \Delta z = 3 - 2 = 1 \text{ 米}$$

$$p = \frac{1}{4} \left[\Phi\left(\frac{x_2}{B_0}\right) - \Phi\left(\frac{x_1}{B_0}\right) \right] \cdot \left[\Phi\left(\frac{z_2}{B_6}\right) + \Phi\left(\frac{z_1}{B_6}\right) \right]$$

$$= \frac{1}{4} \left[\Phi\left(\frac{13}{16}\right) - \Phi\left(\frac{3}{16}\right) \right] \cdot \left[\Phi\left(\frac{5}{5.7}\right) + \Phi\left(\frac{1}{5.7}\right) \right]$$

$$= \frac{1}{4} [\Phi(0.81) - \Phi(0.19)] \cdot [\Phi(0.88) + \Phi(0.17)]$$

$$= \frac{1}{4} [0.415 - 0.102] \cdot [0.447 + 0.091]$$

$$\approx 0.042, \text{ 或 } 4.2\%$$

第四节 实施正面人工散布射时 单个面目标的命中公算

在战斗中经常有对单个面目标实施人工散布射击的情况。

现在来研究实施正面人工散布射时,求命中公算的顺序。



图 11-4-1 目标位置在 AB 范围内的灌木丛中

假设我们已知在 AB 正面上的灌木丛中有一伪装目标,目标的准确位置不知道,因此必须对正面 AB 范围实施人工散布射击。

在 AB 范围内实施散布射击时,会有一小部分射弹落到此范围以外。为了简化计算,我们将认为 100% 射弹都在人工散布范围内,而且在此范围内散布是均匀的。

设在此情况下,高低散布大于目标高度,则部分射弹高于或低于目标通过,而另一部分射弹在长方形 $ab\alpha\beta$ 范围内通过,如图11-4-2所示。



图 11-4-2 在人工散布面积范围内
目标可能位置区域

求此长方形面积及其命中公算

长方形面积等于目标高度与人工散布正面宽度 ϕ_r 的乘积，即 $S = 2y \cdot \phi_r$ 。

长方形的命中公算等于长方形组成部分的命中公算的乘积。宽 AB 等于人工散布的正面宽度，其命中公算等于 1 或 100%，高 az 等于目标高度，其命中公算等于 p_{2y} 。因此，长方形的命中公算等于 $1 \cdot p_{2y} = p_{2y}$ 。

目标面积 S 比长方形面积 $2y \cdot \phi_r$ 小多少倍，目标的命中公算 p 就比长方形的命中公算 p_{2y} 少多少倍。即：

$$p : p_{2y} = S : (2y \cdot \phi_r)$$

由此比例得：

$$p = \frac{p_{2y} \cdot S}{2y \cdot \phi_r} \quad (11-4-1)$$

式中： p ——目标命中公算；

p_{2y} ——等于目标高度的界限内的命中公算；

S ——目标面积；

$2y$ ——目标高度；

ϕ_r ——散布正面，即目标正面宽度。

例：目标为正面 10 米的灌木丛中的胸靶其距离为 400 米。如果重机枪以轻弹对灌木丛宽度进行正面散布射，散布轴通过目标中央，求目标的命中公算。

解：由射表查得 $B_s = 0.16$ 米。进行正面散布射时 B_s 将比射表值大，为表值的 1.5 ~ 2 倍，平均值为 1.75 倍。

求等于目标高度的界限内的命中公算：

$$\begin{aligned} p_{2y} &= \Phi\left(\frac{y}{B_s \times 1.75}\right) = \Phi\left(\frac{0.25}{0.16 \times 1.75}\right) = \Phi(0.89) \\ &= 0.452, \text{ 或 } 45.2\% \end{aligned}$$

求目标命中公算:

$$p = \frac{p_{zy} \cdot s}{2y \cdot \phi p} = \frac{0.452 \times 0.18}{0.5 \times 10} \approx 0.016, \text{ 或 } 1.6\%$$

第十二章 射击的可靠性和经济性

在战斗中完成射击任务时，射击者必须遵守对射击提出的两条基本要求：第一，射击必须是可靠的；第二，射击必须是经济的。

所谓射击的可靠性就是：同样的射击（用同一方法，对同一距离上的同一目标，用同一数目的射弹）多次重复进行，射击任务能够完成的次数。

所谓射击的经济性就是：以尽可能少的弹药消耗完成射击任务。

根据上述要求制定各种武器的射击规则，并计算完成射击任务的弹药消耗量。

从射手方面来说，要非常正确地执行这两条要求，只有牢记射击规则，并善于在实践中根据这种武器的战斗性能、目标性质、战斗条件以及现有弹药数量来运用这些规则。

第一节 用单个目标的杀伤 公算衡量射击可靠性

各种枪对单个生动目标射击时，通常只要有一发弹命中，就可以杀伤目标。因为命中一发弹也可能杀伤目标，因此，一发弹的命中公算同时也表明了一发弹的杀伤公算。例如，如果命中公算 $P = 0.3$ ，则一发弹的目标杀伤公算也等于0.3。

如果对同一目标发射数发弹，可能一发也不命中，可能命中一发，可能命中数发。因为不论命中几发（至少命中一发），射击任务都可完成。所以，发射一定数量的射弹时，目标杀伤公算可根据至少命中一发弹的公算来判定。

由第八章第七节已知，重复试验时，该事件至少出现一次的公算 P_1 等于

$$P_1 = 1 - (1 - P)^n$$

（见公式 8-7-1）

将此式用于射击，式中数值表示：

P_1 ——至少命中一发的公算（不少于一发射弹的命中公算）；

P ——发射一发射弹时的命中公算；

n ——发射弹数

例：如果发射一发射弹，命中公算 $P = 0.1$ ，求发射10发弹时目标的杀伤公算（即至少命中一发的公算）。

$$\begin{aligned}\text{解： } P_1 &= 1 - (1 - P)^n = 1 - (1 - 0.1)^{10} = 1 - 0.9^{10} \\ &= 1 - 0.348 = 0.652, \text{ 或 } 65\% \text{（取整数）}\end{aligned}$$

求得的至少命中一发的公算值 $P_1 = 65\%$ 应理解为：如果在命中公算 $P = 0.1$ 的条件下，每次发射10发弹，进行多次发射，则在100次射击中，有65次射击每次均能命中一发或数发弹（在本例条件下至少不少于1发，至多不多于10发），而有35次射击一发也未命中。

因此，射击的可靠性或者目标杀伤公算是根据至少命中一发弹的公算来判定的。

如果命中公算 P 在每发射击时没有变化，上述公式不仅在单发射击时，而且在点射（齐射）时也可用来求目标的杀

伤公算。

例：如果以短点射（点射长短一样或不一样没有关系）射击，全部射弹的总数 $n = 16$ ，各发射弹的命中率是一样的并等于0.2。则目标杀伤公算等于：

$$P_1 = 1 - (1 - 0.2)^{16} = 1 - 0.8^{16} = 1 - 0.028 = 0.972$$

或97.2%

但在第十章中曾经指出，点射时，第一发以后的各发弹可能比第一发射弹的散布大，此外，第一发弹与以后几发弹的平均弹着点可能不重合。在这种情况下，第一发弹以后的每一发弹的命中公算均不同于第一发弹（每次点射中的）的命中公算。

这种情况下，求目标杀伤公算的顺序见例题。

例1：冲锋枪对300米距离上人胸目标进行两次3发点射。设第一发和以后几发的平均弹着点与目标中心重合，求目标杀伤公算。

解：由射表查得：单发射击时 $B_x = 0.10$ 米； $B_y = 0.10$ 米；点射时 $B_x = 0.17$ 米； $B_y = 0.17$ 米；目标高度 $2y = 0.50$ ；目标宽度 $2z = 0.50$ 米；人形系数 $K = 0.72$ 。

1. 求（点射中）第一发（共两发）的目标杀伤公算

（1）目标命中公算

$$\begin{aligned} P &= \phi\left(\frac{y}{B_y}\right) \cdot \phi\left(\frac{z}{B_x}\right) \cdot K = \phi\left(\frac{0.25}{0.10}\right) \cdot \phi\left(\frac{0.25}{0.10}\right) \cdot K \\ &= \phi(2.5) \cdot \phi(2.5) \cdot K = 0.908 \times 0.908 \times 0.72 \approx 0.60 \end{aligned}$$

（2）目标杀伤公算

$$P_{1(1)} = 1 - (1 - 0.6)^2 = 1 - 0.4^2 = 0.84$$

2. 求（点射中）第一发以后各发（共4发）的目标杀伤

公算:

$$(1), p = \Phi\left(\frac{y}{B_{\sigma}}\right) \cdot \Phi\left(\frac{z}{B_{\sigma}}\right) \cdot K = \Phi\left(\frac{0.25}{0.17}\right) \cdot \Phi\left(\frac{0.25}{0.17}\right) \cdot K \\ = \Phi(1.47) \cdot \Phi(1.47) \cdot K = 0.679 \times 0.679 \times 0.72 \\ \approx 0.33$$

$$(2), P_{1(\text{носл})} = 1 - (1 - 0.33)^4 = 1 - 0.67^4 = 0.80$$

3. 求考虑第一发和第一发以后各发射弹的目标杀伤公算:

仅考虑第一发弹的非杀伤公算等于

$$1 - P_{1(1)} = 1 - 0.84 = 0.16$$

仅考虑第一发以后各发的非杀伤公算等于

$$1 - P_{1(\text{носл})} = 1 - 0.80 = 0.20$$

在全部 (6发) 射弹发射情况下, 不命中目标的公算等于

$$[1 - P_{1(1)}] \cdot [1 - P_{1(\text{носл})}] = 0.16 \times 0.20 = 0.032$$

点射时, 考虑第一发和以后各发弹的目标杀伤公算 P_1

$$P_1 = 1 - 0.032 = 0.968, \text{或 } 96.8\%$$

求解同类问题时, 公式的一般形式可写为:

$$P_1 = 1 - (1 - P_{1(1)}) \cdot (1 - P_{1(\text{носл})}) \quad (12-1-1)$$

例 2: 除第一发以后的几发弹的平均弹着点位于目标中央左 0.20 米, 低 0.20 米 (图 12-1-1) 外, 所有条件与例 1 同。

解: 1. 第一发 (共 2 发) 射弹的目标杀伤公算 $P_{1(1)} = 0.84$ (同例 1)

2. 求第一发以后几发 (共 4 发) 射弹的目标杀伤公算

$$(1), p = \frac{1}{4} \left[\Phi\left(\frac{y_2}{B_{\sigma}}\right) + \Phi\left(\frac{y_1}{B_{\sigma}}\right) \right] \cdot \left[\Phi\left(\frac{z_2}{B_{\sigma}}\right) + \Phi\left(\frac{z_1}{B_{\sigma}}\right) \right] \cdot K$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{4} \left[\Phi \left(\frac{0.45}{0.17} \right) + \Phi \left(\frac{0.05}{0.17} \right) \right] \cdot \left[\Phi \left(\frac{0.45}{0.17} \right) + \Phi \left(\frac{0.05}{0.17} \right) \right] \cdot K \\
&= \frac{1}{4} \cdot [\Phi(2.65) + \Phi(0.29)] \cdot [\Phi(2.65) + \Phi(0.29)] \cdot K \\
&= \frac{1}{4} \cdot [0.926 + 0.155] \cdot [0.926 + 0.155] \cdot 0.72 = 0.21
\end{aligned}$$

$$(2), P_{I(\text{ноч.})} = 1 - (1 - 0.21)^4 = 1 - 0.79^4 = 0.61$$

3. 求考虑第一发和第一发以后的射弹的目标杀伤公算:

$$P_I = 1 - (1 - 0.84) \cdot (1 - 0.61) = 1 - 0.062 = 0.938$$

或 93.8%

如果实施几个相同的点射, 求目标杀伤公算的顺序还可以如下:

1. 求一个点射 (上法所示) 时目标杀伤公算。

2. 在给定点射数量的射击情况下, 求目标杀伤公算:

$$P_t = 1 - (1 - P_{I(\text{оч.})})^s, \quad (12-1-2)$$

式中: $P_{I(\text{оч.})}$ ——一个点射时的目标杀伤公算;

s ——上述点射数量。

例: 题目同例 1。

解: 1、例 1 中已经求出的点射中第一发射弹的目标杀伤公算

$$P_{I(\text{оч.})} = P = 0.60$$

2、点射中第一发以后 (共 2 发) 射弹的目标杀伤公算:

$$\begin{aligned}
P_{I(\text{ноч.})} &= 1 - (1 - P)^n = 1 - (1 - 0.33)^2 \\
&= 1 - 0.67^2 = 0.55
\end{aligned}$$

3、一个点射时目标杀伤公算

$$P_{I(\text{оч.})} = 1 - (1 - 0.60)(1 - 0.55) = 1 - 0.18 = 0.82$$

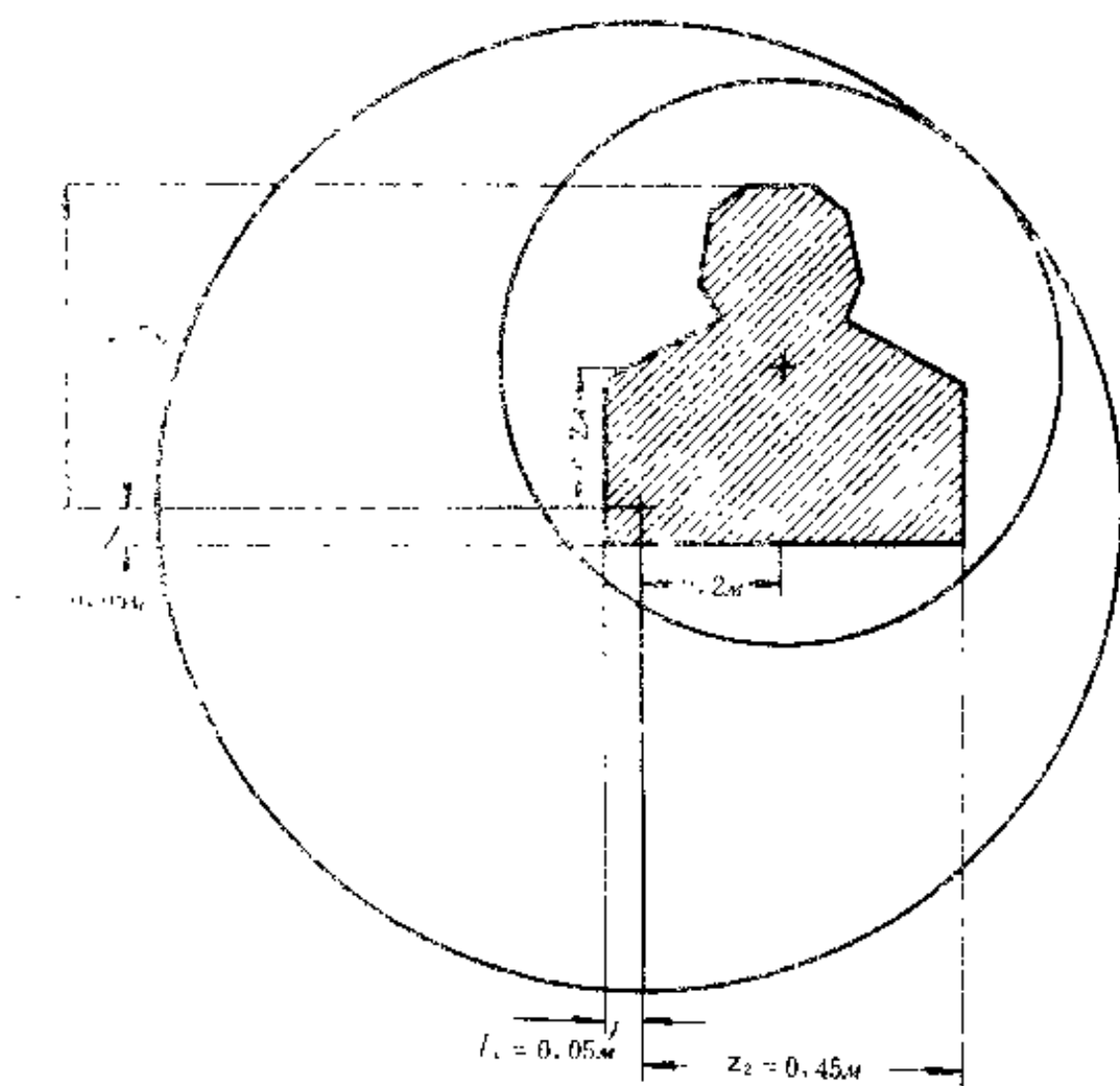


图 12-1-1 当第一发射弹和第一发以后各发射弹的平均弹着点之间存在间距，求目标杀伤公算

4. 二个点射时目标杀伤公算

$$P_I = 1 - (1 - P_I(\text{eq.}))^2 = 1 - (1 - 0.82)^2 \\ = 1 - 0.18^2 = 1 - 0.032 = 0.968, \quad \text{或} 96.8\%$$

由此可见，所得结果与用第一种方法（例题 1）解本题时完全一样。

在实际中重要的不仅是要解决各种弹药消耗情况下射击的可靠性，而且要解决相反的问题——为了保证不同程度的

射击可靠性，需要多大的弹药消耗量。

如果每一发射弹的命中公算都无变化（单发射击或在点射时），采用公式（8-8-1）求所需弹数：

$$n = \frac{\lg(1 - P_1)}{\lg(1 - P)}$$

式中： P_1 —— 给定的目标杀伤公算；

P —— 发射一发弹的命中公算。

例：如果发射一发弹的命中公算 $P = 0.2$ ，求射击可靠性（至少一发命中的公算）为 0.9（90%）时所需弹数。

解：将 P_1 及 P 值代入式（8-8-1）得：

$$n = \frac{\lg(1 - 0.9)}{\lg(1 - 0.2)} = \frac{\lg 0.1}{\lg 0.8} = \frac{\bar{1} . 0000}{\bar{1} . 9039} = \frac{10000}{969} \approx 10 \text{ 发弹}$$

如果在实施相同的点射时，每一个点射中第一发以后的射弹命中公算与第一发射弹（每个点射中）的命中公算不同，求保证给定的目标杀伤公算所需弹药消耗量的顺序如下：

1. 用以前研究过的公式求一次点射时目标杀伤公算。
2. 用下式求点射数

$$s = \frac{\lg(1 - P_1)}{\lg(1 - P_{1(\text{eq})})} \quad (12-1-3)$$

式中： P_1 —— 给定的目标杀伤公算；

$P_{1(\text{eq})}$ —— 一次点射时目标杀伤公算。

3. 用下式求射弹数

$$n = s \cdot k, \quad (12-1-4)$$

式中： s —— 点射次数；

k —— 一次点射（点射长度）的射弹数。

大家知道，目标杀伤公算随射弹数（射击时弹药消耗量）

增加而增大。但是必须符合射击经济性的要求。在符合射击经济性的条件下，射击的可靠性应该是多大呢？

为了解决这个问题，我们来绘制在不同的命中公算下，与给定的目标杀伤公算有关的弹药消耗量曲线。

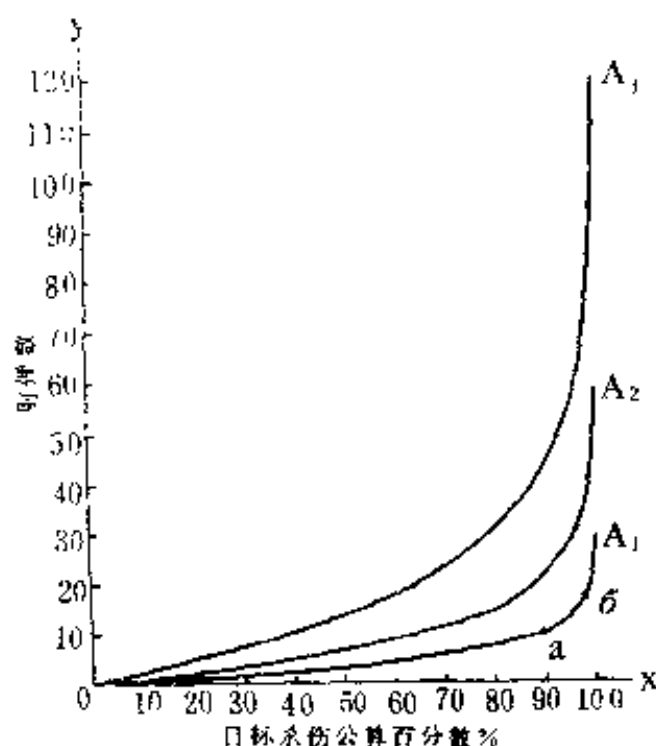


图 12-1-2 不同的目标杀伤公算与
弹药消耗量关系曲线

在图12-1-2上，在OX轴上按比例截取与各种不同的杀伤公算（百分数）相应的线段，在OY轴上也按比例截取与不同弹数相应的线段。

首先绘制命中公算 $P = 0.2$ 时弹药消耗量曲线。

在前面例题中我们已经知道，在 $P = 0.2$ 时，为了获得目标杀伤公算 $P_1 = 90\%$ ，必须发射10发弹。在已制成的图上标出与90%相应的垂直线和与10发弹相应的水平线的交点（图12-1-2中a点）。求 $P_1 = 98\%$ 时所需弹数：

$$n = \frac{\lg(1 - 0.98)}{\lg(1 - 0.2)} = \frac{\lg 0.02}{\lg 0.8} = \frac{\bar{2}.300}{\bar{1}.9031} = \frac{-1.6990}{-0.0969} \approx 18 \text{发}$$

在图上标出与98%相应的垂直线和与18发弹相应的水平线的交点（图12-1-2中6点）。

在对P不同的值进行类似的计算并找出垂直线和水平线相应的交点之后，我们得到一系列点，将这些点连成光滑的曲线，就得到曲线OA₁，这条曲线清楚地表明所需弹数与给定的目标杀伤公算的关系。在图12-1-2上，用同样方法作出命中公算P=0.1时的曲线OA₂，和命中公算P=0.05时的曲线OA₃。

根据对得到的曲线的分析，可以对在符合节约弹药要求的条件下，射击可靠性应该是多大的问题作出结论：显然，如果目标杀伤公算接近90%，可以认为射击是足够可靠的。规定杀伤公算极其接近100%是不适宜的，因为这要求增加相当人的弹药消耗。例如曲线表明：要将杀伤公算从90%增加到98%，必须将射击的弹药量大约增加1倍。

第二节 用命中弹数的期望值 衡量射击的经济性

大家知道，在一次实验中事件出现次数的期望值在数值上等于该事件出现的公算（见第八章）。

用于射击上此式可写成：

$$a_1 = P$$

式中：P——命中公算；

a₁——发射一发弹命中弹数的期望值。

例如：如果命中公算P=0.4，则发射一发弹的命中弹数

的期望值, $a_1 = 0.4$ 。

如果各发射弹的命中公算 P 和期望值 a_1 是相同的, 则发射 n 发弹的命中弹数期望值可用公式 (8-9-3) 求得:

$$a_n = nP = n \cdot a_1$$

式中: n ——发射弹数;

a_n ——发射 n 发弹的命中弹数期望值。

例: 迫击炮对一定面积上的试射过的目标射击, 求发射 10 发弹的命中弹数期望值, 已知 $a_1 = P = 0.2$ 发。

解: $a_n = n \cdot a_1 = 10 \times 0.2 = 2$ 发

这就是说, 发射数组射弹, 每组 10 发, 在每组射弹中, 我们得到不同的命中弹数, 但在进行大量射击时, 每 10 发射弹平均命中 2 发。

如果在相同的条件下, 重复多次射击, 所得命中弹数的平均数就叫作命中弹数的期望值。

公式 (8-9-3) 既可用于单发射击时求目标命中弹数期望值, 也可用于点射 (齐射), 如果各发射弹命中公算 P 相同的话。

点射时, 第一发射弹和以后各发射弹的命中公算不同, 命中弹数期望值可由下式求出:

$$a_n = n_1 \cdot P_1 + n_{\text{послед}} P_{\text{послед}} \quad (12-2-1)$$

式中: n_1 ——第一发射弹数;

P_1 ——点射的第一发弹命中公算;

$n_{\text{послед}}$ ——第一发以后的射弹数;

$P_{\text{послед}}$ ——点射的第一发以后的射弹命中公算;

例: 如果射击总弹数为 12 发, 点射的第一发命中公算 $P_1 = 0.2$, 以后每一发的命中公算 $P_{\text{послед}} = 0.1$, 求 3 次点射的命中弹数期望值。

$$a_2 = 0.2 + 9 \times 0.1 = 0.6 + 0.9 = 1.5 \text{ 发}$$

由式 (8-9-3) 可得:

$$n = \frac{a_n}{a_1} = \frac{a_n}{P} \quad (12-2-2)$$

利用此式可求出为了获得规定的目标命中弹数而需要的射弹平均数。

例: 迫击炮对一定面积上的试射过的目标射击。命中公算 $P = 0.4$ 。为了完成射击任务, 要求 2 发命中目标。求所需平均弹数。

假设射手有可能观察到每发射击的结果 (实施等速射), 并在命中两发后立即停止射击。现在求命中两发所需的平均弹数。

用式 (12-2-2) 解得:

$$n = \frac{a_n}{P} = \frac{2}{0.4} = 5 \text{ 发}$$

对结果应作如下理解: 在这种射击条件 ($P = 0.4$, 有可能观察每发弹的射击结果) 下, 为了获得 2 发命中, 有时不需要发射 5 发, 有时则需要 5 发以上。平均计算, 每发射 5 发弹可命中 2 发。

比较两次射击, 第一次射击在 $a_1 = P = 0.5$ 条件下进行, 第二次在 $a_1 = P = 0.2$ 条件下进行。

假设射击者有可能观察每发弹的结果, 为了完成射击任务要求 2 发命中。在第一次射击中为了完成射击任务所需射弹平均数

$$n = \frac{2}{0.5} = 4 \text{ 发}$$

第二次射击中

$$n = \frac{2}{0.2} = 10 \text{ 发}$$

因此，发射一发的命中弹数的期望值愈大，完成射击任务所需的弹数愈少，射击就愈经济。

因此，根据命中弹数的期望值就可以判定某种射击的经济性有多大。

在自动武器射击时，重要的是知道为完成某个射击任务所需点射的平均次数。

设进行数次点射，每次 K 发弹，每次点射的目标杀伤公算（至少一发命中公算）相同。射击者在每次点射后有可能观察射击结果并在目标被击中后立即停止射击。

在 K 发弹的点射时，如果目标杀伤公算小于 100%，则目标可能会被第一次、第二次、第三次点射杀伤，但进行多次射击时，平均需 s 次点射才能杀伤目标。

已知单发射击时，为了命中一发而需要的平均弹数为：

$$n = \frac{1}{a_1}$$

式中： $a_1 = P$

同理，至少命中一发所需的平均点射次数等于 1 除以一次点射的目标杀伤公算

$$s = \frac{1}{P_{(0.01)}} \quad (12-2-3)$$

例：命中公算 $P = 0.2$ ，进行每次 4 发的点射。求至少有一发弹杀伤目标所需的平均点射次数。

解：1. 求一次点射的杀伤公算

$$P_{1(04)} = 1 - (1 - P)^k = 1 - (1 - 0.2)^4 = 1 - 0.8^4 \\ = 1 - 0.41 = 0.59$$

2. 求杀伤目标所需的平均点射次数:

$$s = \frac{1}{P_{1(04)}} = \frac{1}{0.59} \approx 1.7 \text{ 次点射}$$

已知杀伤目标所需的平均点射次数及每次点射的弹数 K , 根据公式 (12-1-4) 很容易求出平均弹数:

$$n = s \cdot k$$

根据本例条件, 平均弹数为:

$$n = s \cdot k = 1.7 \times 4 = 6.8 \text{ 发}$$

将由公式 (12-2-3) 所得的 s 值代入式 (12-1-4), 则求点射时平均弹数的公式可以写成:

$$n = \frac{k}{P_{1(04)}} \quad (12-2-4)$$

例: 进行数次 6 发的点射 (齐射), 一次点射的杀伤公算 $P_{1(04)} = 0.40$, 求杀伤目标所需的平均弹数。

$$\text{解: } n = \frac{k}{P_{1(04)}} = \frac{6}{0.40} = 15 \text{ 发}$$

第三节 确定射击可靠性的简便方法 和求达到规定的目标杀伤公算所需 弹药量的简便方法

设各次发射的命中公算不变。我们将研究由于发射次数的增加, 即由于命中目标的期望值增大, 目标杀伤公算将起什么样的变化。现举发射弹数不同的射击情况加以说明。这

三个情况的命中公算相同，均为0.1或10%。

第一种情况，对目标发射5发弹

目标命中弹数的期望值为

$$a_n = n \cdot a_1 = 5 \times 0.1 = 0.5 \text{ 发}$$

目标的杀伤公算：

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 - (1 - P)^n = 1 - (1 - 0.1)^5 = 1 - 0.9^5 \\ &= 1 - 0.59 = 0.41, \text{ 或 } 41\% \end{aligned}$$

第二种情况，对目标发射10发弹：

$$a_n = 10 \times 0.1 = 1 \text{ 发}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 - (1 - 0.1)^{10} = 1 - 0.348 = 0.652, \\ &\text{或 } 65.2\% \end{aligned}$$

第三种情况，对目标发射20发弹

$$a_n = 20 \times 0.1 = 2 \text{ 发}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 - (1 - 0.1)^{20} = 1 - 0.9^{20} = 1 - 0.122 \\ &= 0.878, \text{ 或 } 87.8\% \end{aligned}$$

根据计算结果看出，目标的杀伤公算随着命中弹数的期望值增大而增大。但是目标的杀伤公算不是直接与命中弹数的期望值成比例地变化。实际上，当 $a_n = 0.5$ 发， $P_1 = 0.41$ 时， a_n 增大到2倍， P_1 大约增大到1.5倍； a_n 增大到4倍， P_1 大约增大到2倍。

现在来研究如果命中弹数的期望值不变，目标的杀伤公算如何随着命中公算变化。为此，取 a_n 值相等，但目标的命中公算不等的两种情况来说明。

第一种情况，对目标发射40发弹，命中公算 $P = 0.05$ ，求目标杀伤公算。

目标命中弹数期望值

$$a_n = 40 \times 0.05 = 2 \text{ 发}$$

目标杀伤公算

$$P_1 = 1 - (1 - 0.05)^{40} = 1 - 0.95^{40} = 1 - 0.129$$

$$= 0.871, \text{ 或 } 87.1\%$$

第二种情况。对目标发射20发弹，命中公算 $P = 0.1$ ，求目标杀伤公算：

$$a_n = 20 \times 0.1 = 2 \text{ 发}$$

$$P_1 = 1 - (1 - 0.1)^{20} = 1 - 0.9^{20} = 1 - 0.122$$

$$= 0.878, \text{ 或 } 87.8\%$$

计算结果证明，在第一种和第二种情况下的命中弹数期望值均为2发，但在第一种情况下的目标杀伤公算为87.1%，而第二种情况下的目标杀伤公算为87.9%。就是说，目标的杀伤公算和命中公算有关。

表 12 - 1

命中 公算 P	目 标 命 中 弹 数 期 望 值 a_n				
	1	2	3	4	5
	目 标 杀 伤 公 算 值 P_1				
0.01	0.637	0.868	0.952	0.983	0.994
0.02	0.638	0.868	0.952	0.983	0.994
0.03	0.638	0.869	0.952	0.983	0.994
0.05	0.640	0.871	0.953	0.983	0.994
0.10	0.652	0.878	0.958	0.986	0.995
0.20	0.672	0.893	0.965	0.990	0.996
0.30	0.700	0.906	0.972	0.993	0.997
0.40	0.720	0.922	0.978	0.994	0.998
0.50	0.750	0.938	0.984	0.996	0.999
0.60	0.785	0.951	0.990	0.998	0.999

为了比较，在表12-1中指出了目标杀伤公算与命中公算

及命中弹数的期望值的关系。

由表可见,对0.3以内的不同的命中公算,目标的杀伤公算在数值上差别不大,可忽略不计;而且假定,在各种情况下,当命中公算小于0.3时,目标的杀伤公算只与命中弹数的期望值有关。这一假定使我们可以利用编好的目标杀伤公算与命中弹数期望值的关系表,使得求目标杀伤公算和弹药消耗量的计算简化。此表是按照命中公算 $P=0.1$ 计算的(见附录表3)。因此在运用此表时,如果命中公算大于或小于0.1,将产生某些误差。

例如,由表12-1查得,当命中公算 $P=0.3$ 时,命中弹数的期望值 $a_n=1$ 发,相对应的目标杀伤公算 $P_1=0.700$,或70%。按附录表3解此题时,我们求得 $P_1=0.652$,或65.2%,产生的误差小于4.8%,与真实结果(70%)的相对误差为6.86%即小于7%(取整数)。这样的误差可以认为是最大的误差。因为从表12-1中可以看到,随着命中弹数的期望值增大, P_1 值的误差越来越小。例如,当 $P=0.3$ 时,命中弹数的期望值 $a_n=3$ 发,相对应的目标杀伤公算 $P_1=0.972$,按附录表3解此题我们求得 $P_1=0.958$,此时产生相对误差为-1.4%。如果在同样的条件($P=0.3$; $a_n=3$)下,解相反的问题——求所需弹药数量——相反误差将为+1.4%。

利用附录表3用具体的例子来求解典型问题。

例1:目标的命中公算 $P=0.12$ 。发射15发弹,求目标的杀伤公算。

解:1. 求命中弹数的期望值

$$a_n = n \cdot P = 15 \times 0.12 = 1.8 \text{发}$$

2. 由表3求得,当 $a_n=1.8$ 发时,目标的杀伤公

算 $P_1 = 0.850$, 或 85% 。

例 2: 目标的命中公算 $p = 0.08$ 。如果目标的杀伤公算 $P_1 = 0.90$ 或 90% , 求平均所需弹药消耗量。

解: 查附表 3 求得当目标杀伤公算 $P_1 = 0.90$ 时, 相应的命中弹数的期望值 $a_n = 2.18$ 发。换句话说, 为了使杀伤公算等于 0.90 , 应该进行一定数量的发射, 使平均命中弹数等于 2.18 发。则弹药平均消耗量为:

$$n = \frac{a_n}{a_1} = \frac{2.18}{0.08} \approx 27 \text{ 发}$$

例 3: 连用机枪实施点射, 每次点射 16 发。命中公算 $P = 0.03$ 。射击者有可能观察每次点射结果。目标一经射中, 射击立即停止。求完成射击任务所需点射平均次数和平均弹数。

解: 1. 求一次点射 (16 发) 时目标命中弹数的期望值:

$$a_n = n \cdot a_1 = 16 \times 0.03 = 0.48 \text{ 发}$$

2. 由附表 3 求得, 当 $a_n = 0.48$ 发命中时, 目标杀伤公算 $P_1 = 0.397$ 。

3. 求点射的平均次数:

$$s = \frac{1}{P_1 (0.4)} = \frac{1}{0.397} \approx 2.5 \text{ 次点射}$$

4. 求平均弹数:

$$n = s \cdot k = 2.5 \times 16 = 40 \text{ 发}$$

第四节 决定杀伤单个目标所需 弹药消耗量的主要条件

完成射击任务所需弹药的总消耗量是由许多条件决定的。首先决定于能否看到射击结果并及时修正表尺分划, 以

便找出更准确地杀伤目标的表尺分划,观察弹着的条件愈好,表尺分划的选定就愈精确,对目标杀伤所需的弹药就愈少。

下面我们来研究杀伤目标所需的弹药量,如果表尺分划选定得正确,而且在射击过程中不需变换。

现在来研究,在射击者能观察到每次发射(或每次点射)结果并在杀伤目标后立即向另一目标转移火力的情况下,杀伤单个目标所需弹药的消耗量。

假设用自动步枪对同样的目标在同一距离上实施单发射击。因此,对每个目标和每一发射弹其命中公算 p 值都是相同的。

在此条件下,一个目标的弹药消耗量的计算采用为获得一发命中所需射弹平均数的公式(12-2-2)。

例:命中公算 $p = 0.2$

$$a_1 = p = 0.2$$

为了获得一发命中所需射弹平均数

$$n = \frac{1}{a_1} = \frac{1}{0.2} = 5 \text{ 发}$$

在上述条件下,这种求射弹方法的正确性可用下面的讨论加以证明。

在大量射击时将出现这种情况,为了获得一发命中,有时需要多于或少于5发射弹,但平均发射5发获得一发命中。因为对一个目标获得一发命中就停止对其射击,所以每个被命中的目标只有一发射弹。所以由此得出结论,每5发射弹平均杀伤一个目标,或者是每杀伤一个目标,平均需发射5发弹。

射击教范中杀伤单个目标所需射弹数量表就是如此计算的。

现在假设使用自动武器实施点射。射击者能够观察到每次点射的结果，杀伤目标后立即向另一目标转移火力。在这种情况下，对一个目标的弹药消耗量，按点射时所需射击次数公式（12-2-4）计算。

我们来研究弹药消耗量与点射长度的关系，并对各种射击条件下的点射长度究竟应该是多少，作出某种结论。

求解这样的问题：以连用机枪射击，命中公算 $p = 0.1$ ，求点射次数和平均发射弹数，每次点射长度 $k = 3$ 发。一次 k 发点射，目标杀伤公算为

$$P_{I(ou)} = 1 - (1 - P)^k = 1 - (1 - 0.1)^3 = 1 - 0.9^3 \\ = 1 - 0.729 = 0.271$$

平均点射次数

$$s = \frac{1}{P_{I(ou)}} = \frac{1}{0.271} \approx 3.7 \text{ 次}$$

平均发射弹数

$$n = s \cdot k = 3.7 \times 3 = 11 \text{ 发}$$

表 12 - 2

点 射 长 度 k	平均点射次数 s	平均发射弹数 n
1	10	10
3	3.7	11
5	2.4	12
8	1.75	14
10	1.50	15
15	1.26	19
20	1.14	23
25	1.08	27

这意味着，进行 3 发点射时，目标可能被第一次或第二

次点射所杀伤。但进行大量射击时，杀伤每个目标平均要3.7次点射。或者进行3发点射时，杀伤一个目标所需要的总的弹药消耗量可能多于或少于11发，但进行大量射击时，杀伤每个目标平均需11发弹。

用同样方法求另外一些 k 值($p=0.1$)的 s 和 n 值并列入表内(表12-2)。

根据表中数据，可得出下列几点看法：

1. 随着点射长度的增加，命中目标所需的平均射弹数也随之增加。由此得出结论，对单个固定目标射击时，点射长度愈长，射击的经济性愈差；最经济的是单发射击。

2. 随着点射长度增加，平均点射次数减少。

我们来看一看点射长度是如何影响完成射击任务所需时间的。为此，比较两种射击情况，其中第一次实施3发点射，第二次8发点射。为了简化计算，分别将两次点射次数 s 向大的方向化为整数。按表12-2，3发点射时得： $s=4$ ； $n=4\times 3=12$ 发。8发点射时得： $s=2$ ； $n=2\times 8=16$ 发。

假设2次点射的间隔为2秒，而理论射速为每秒10发，则第一次点射需时7.2秒($2\times 3+0.1\times 12=7.2$)，第二次点射需时3.6秒($2\times 1+0.1\times 16=3.6$)。

由此可见，点射愈长，完成射击任务所需时间愈少。

这样，可作出一般结论：点射愈长，弹药消耗量愈大，完成射击任务所需的时间愈少。

点射长度应该是多少，才能最好地满足射击的可靠性和经济性要求呢？对这个问题很难给出一般回答，因为在实际战斗中可能有极不相同的情况。

可能遇到这样的情况：完成射击任务的时间具有次要意

义，而弹药数量有限。显然，在这种条件下必须节省弹药实施短点射。但常常有这种情况，完成射击任务的时间具有决定性的意义。此时，为了在时间耗费最少的情况下保证足够的射击可靠性，必须在一定程度上放宽弹药经济性的要求，而增加点射长度。

目标的性质对点射长度也有影响，假设目标出现在隐蔽工事附近，随时都可能隐蔽起来。对这样的目标重复射击的可能性很小，所以应当进行保证对目标有足够的杀伤可靠性的一次点射。

尽管战斗情况不一，但对点射长度总还可以确定某些一般规则。

由表12-2可见，为了杀伤目标（当 $p=0.1$ ），如果单发射击时平均需要10发弹，则3发点射时弹药平均消耗量增加不多（仅增加1发），而平均点射次数减少到3.7，即将近3倍。当点射长度为3发至10发时，弹药平均消耗量增加到1.4倍（ $15 \div 11 \approx 1.4$ ），而平均点射次数减到2.5倍（ $3.7 \div 1.5 \approx 2.5$ ）。由此可以作出结论，当 $p=0.1$ 时，点射射击少于10发弹是不适宜的，因为完成射击任务要求很多时间。因此，在该条件（ $p=0.1$ ）下最短的点射长度可以认为是10发，也就是命中弹数的期望值等于一发弹（ $a_n = 10 \times 0.1 = 1$ ）的点射。这一结论可以推广到任何命中公算的任何射击。例如，如果实施轻机枪射击，命中公算 $p=0.2$ ，则5发点射时 a_n 等于1；因此最短的点射长为5发点射。

现在来研究，在射击观察困难的条件下，怎样计算杀伤目标所需的弹药量。假设对相同目标进行单发射击，对每个目标进行射击时以及每一发子弹的命中公算值不变。因为不

可能观察每发弹的射击结果，所以射击者也不能在目标刚被命中后立即停止射击。显然，在这种情况下应该对每个目标发射一定数量的射弹。

在研究能够观察到的单发射击时，我们曾经规定，对一个目标的平均弹药消耗量按公式 (12-2-2) 计算。例如，如果命中公算 $p = 0.2$ ，则为了获得一发命中的平均射弹数 $n = \frac{1}{0.2} = 5$ ；因此，对一个目标平均需要 5 发弹。

如果对每个目标发射 5 发弹，而且没有可能观察射击结果，我们来看看将是什么结果。

当对每个目标发射 5 发弹，目标杀伤公算 $p = 0.2$

$$P = 1 - (1 - 0.2)^5 = 1 - 0.8^5 = 1 - 0.328 \\ = 0.672, \text{ 或 } 67\% \text{ (取整数)}$$

由于对每个目标发射 5 发弹，则大量射击时就可显示出，每一百个被射击的目标中，平均只有 67 个或 67% 被杀伤。显然，在该条件（不可能观察到每发弹的射击结果）下，每个目标 5 发射弹不能保证足够的射击可靠性。

前面曾经规定，目标杀伤公算接近 90% 的射击，称作足够可靠的射击。现在来计算杀伤公算等于 90% 时，每个目标所需射弹数。

由附录表 3 求得，目标杀伤公算 $P_1 = 0.90$ 时，相应的命中弹数的期望值 $a_n = 2.18$ 发，则

$$n = \frac{2.18}{0.2} \approx 11 \text{ 发}$$

我们在利用公式 (8-8-1) 解题时，也得到近似结果。

当射击者没有可能观察到每发射弹的结果并在目标一经击中就停止射击时，就是这样计算一个目标的弹药消耗量。

现在来比较一下在上面所研究的两种情况下 ($p = 0.2$) 计算出来的一个目标所需射弹数的结果。假设在这种情况下, 对20个相同目标进行射击。

在第一种情况下 (能够对每发射弹的结果进行观察), 杀伤20个目标平均需要100发弹 ($5 \times 20 = 100$)。

因为 $a_1 \cdot p = 0.2$, 100发射弹命中弹数的期望值 $a_n = 100 \times 0.2 = 20$ 发, 目标共20个, 其中每个仅有一发命中。

在第二种情况下 (不能对每发射弹的结果进行观察), 命中18个目标 (90%) 需要220发弹 ($11 \times 20 = 220$)。

此时 $a_1 = p = 0.2$, 则 220 发射弹命中弹数的期望值 $a_n = 220 \times 0.2 = 44$ 发, 比第一种情况大2.2倍。因此将出现某些目标被1发, 2发和更多射弹杀伤的情况。

由上述比较可以看出, 第一种情况下的射击比第二种情况下的射击经济得多。同时也可看出, 对单个目标射击时善于和仔细观察具有多大的意义。

连发射击时, 当每发射弹的命中公算不变时, 计算一个目标所需射弹的方法和单发射击时一样。计算所得的射弹数要保证能使杀伤目标的公算接近90%。由于不能观察射击结果, 没有任何根据来实施数次点射。如果该类武器技术性能容许的话, 就应该以目标杀伤公算所需的全部射弹实施一次点射。这样的射击对杀伤目标来说更为可靠 (目标来不及隐蔽), 时间更为节省。

第五节 对横宽集团目标实施正面 散布射的可靠性和经济性

对集团目标射击的可靠性用进入该目标的杀伤人形数或

杀伤人形百分数计算。例如，一般认为，对集团目标的歼灭射要杀伤80%的人形，压制射要达到50%。

在完成射击任务时，射手应有一个概念，即发射一定数量射弹时，集团目标可能受杀伤的程度有多大；反之，在对某目标完成某种程度的杀伤任务时，射手必须知道需要消耗的弹药数。

假设由数个大小相同的人形组成一个集团目标，配置在某一地区。如果对该目标所在的整个地区实施 n 发均匀的人工散布射，问能够杀伤多少个人形（百分数）。设发射 n 发弹时，该目标一个人形的杀伤公算等于0.6，或60%。这就是说，在100次同样的射击中，有60次该人形被命中一发或数发射弹，有40次未命中。

如果由100个同样的人形组成集团目标并对这整个目标实施均匀散布射，则每个人形的杀伤公算是相同的而且都等于60%。这样，就有根据认为：发射 n 发弹时，将有60个人形被杀伤，占整个集团目标的0.6，或60%。

因此，当规定射弹数量时，集团目标预期杀伤人形的平均百分数在数值上等于在相同射弹数目下一个人形的杀伤公算（百分数）。

这就是说，为了求得集团目标预期杀伤人形的百分数，求出一个人形的杀伤公算就足够了。所得的以百分数表示的结果将说明射击的可靠性。

为了求得一个人形的杀伤公算，必须首先知道这个人形的命中公算。横宽集团目标中一个人形的命中公算可按人工正面散布射时求单个目标的命中公算方法求得，即按公式（11-4-1）：

$$p = \frac{p_{2y} \cdot s}{2y \cdot \phi_p}$$

求得 p ，已知射弹数 n ，很容易求出预期人形平均命中数：

$$a_n = n \cdot p$$

然后由附录表 3 求与所得 a_n 值相应的人形杀伤公算（杀伤人形百分数）。如果将 p 值代入式 $a_n = n \cdot p$ 中，则得到正面散布射时求 a_n 的公式：

$$a_n = \frac{p_{2y} \cdot s \cdot n}{2y \cdot \phi_p} \quad (12-5-1)$$

例：重机枪在500米距离上，用重弹对配置在30米正面上的几个人胸目标进行正面散布射。

如果对这些目标射击耗弹100发，而且平均弹道从目标中间通过，求预期杀伤人形的平均百分数。

解：由射表求得正面散布射时 B_a （增大1.75倍） $= 0.19 \times 1.75 \approx 0.33$ 米：

$$2y = 0.50 \text{ 米； } y = 0.50 \div 2 = 0.25 \text{ 米；}$$

$$s \text{ (人形面积) } = 0.18 \text{ 米}^2；$$

$$n = 100 \text{ 发；}$$

$$\phi_p \text{ (散布正面) } = 30 \text{ 米}$$

求：

$$p_{2y} = \Phi\left(\frac{y}{B_a}\right) = \Phi\left(\frac{0.25}{0.33}\right) = \Phi(0.76) = 0.392$$

$$a_n = \frac{p_{2y} \cdot s \cdot n}{2y \cdot \phi_p} = \frac{0.392 \times 0.18 \times 100}{0.50 \times 30} = 0.47 \text{ 发}$$

由附表 3 求得，当 $a_n = 0.47$ 时，一个人形的杀伤公算等于0.39，或39%。因此，预期人形杀伤平均百分数为39%。

可以看出，用此法计算集团目标的杀伤公算时，相对预期目标杀伤数与集团目标的密度无关，但是绝对的预期目标杀伤数，将随着集团目标的正面人形之间的间隔大小而不同。在上例的条件下，当正面配置10个人形目标时，预期命中4个。正面配置5个时，预期命中2个。

我们研究了在发射一定数量射弹时，确定集团目标杀伤程度的方法。为了从理论上论证射击规则，必须求解相反的问题，即规定杀伤程度，求杀伤目标需要的弹药消耗量。

由公式 (12-5-1) 求 n 值，求规定了杀伤程度，杀伤集团目标所需射弹数的公式如下：

$$n = \frac{a_n \cdot 2y \cdot \Phi_p}{P_{2y} \cdot s} \quad (12-5-2)$$

式中 a_n 根据给定的集团目标杀伤程度由附录表3求出。

例：重机枪以重弹向正面50米处跑步人形实施正面散布射。射距900米。平均弹道通过目标中心。

求杀伤50%人形目标所需弹药数。

解：求： $a_n = 0.66$ （由附录表3）；

B_s （增大1.75倍） $= 0.35 \times 1.75 \approx 0.61$ 米；

$2y = 1.50$ 米； $y = 0.75$ 米；

$s = 0.6$ 米²

$\Phi_p = 50$ 米。

计算：

$$P_{2y} = \Phi\left(\frac{y}{B_s}\right) = \Phi\left(\frac{0.75}{0.61}\right) = \Phi(1.23) = 0.593$$

$$n = \frac{a_n \cdot 2y \cdot \Phi_p}{P_{2y} \cdot s} = \frac{0.66 \times 1.50 \times 50}{0.593 \times 0.6} = 140 \text{发}$$

上述求集团目标杀伤公算和完成射击任务所需射弹数的方法，具有相当简便这一优点。但是，只是在下列条件下，这种方法才有较准确的结果，即：到人头目标的距离不小于200米；到人胸目标的距离不小于300米；到半身目标的距离不小于400米；到跑步目标和全身目标的距离不小于500米。随着到目标的距离不断减小（与上述距离比较），用上述方法求解类似问题的误差就逐渐增大，并且可能相当大。

在这种情况下，应采用求解此类问题的其他方法，以获得准确结果，而不利用附表3。

对正面实施均匀的人工散布射时，第一发以后的射弹都是枪管在水平面上作几乎相同的角位移后发射出去的。如果没有自然散布，在对靶板射击时，我们将得到具有相等间隔的一系列弹着点。因为自然散布是不可避免的，所以严格地说，靶板上弹着点的分布不会是均匀的，因此每一发射弹对自己的散布中心都有一定的偏离。

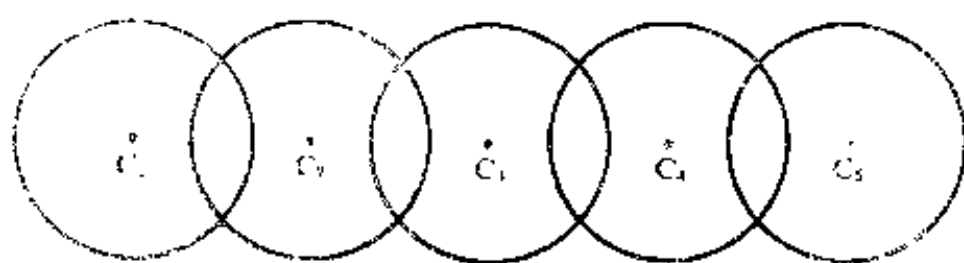


图 12-5-1 正面散布射时射弹的散布

图12-5-1中所示的散布中心（ C_1 、 C_2 、 C_3 ……）是等间隔的，而且，这些散布中心分别与第一发、第二发、第三发射击瞬间的枪管方向对应。每次发射用一个散布面表示，在散布面范围内均可能有弹着。

如前所述，为了确定集团目标的预期人形杀伤平均百分

数，必须计算某一人形的杀伤公算（百分数），所得结果就是预期人形杀伤百分数。

利用这一原理，我们来解下列问题（不利用表3）。在200米距离上用重机枪以轻弹对跑步人形实施正面散布射，求某人形目标的杀伤公算以及预期杀伤人形平均百分数。如果在每10米正面上消耗20发弹，散布轴通过所有人形的中心。

写出求解此题必需的某些数据： $B_n = B_6 \approx 0.12$ 米（增大1.75倍）；目标高度 $2y = 1.5$ 米；目标宽度 $2z = 0.5$ 米。因为在目标正面的每一米上消耗2发弹，所以 $C_1, C_2, C_3 \dots$ 之间的间距等于0.5米。

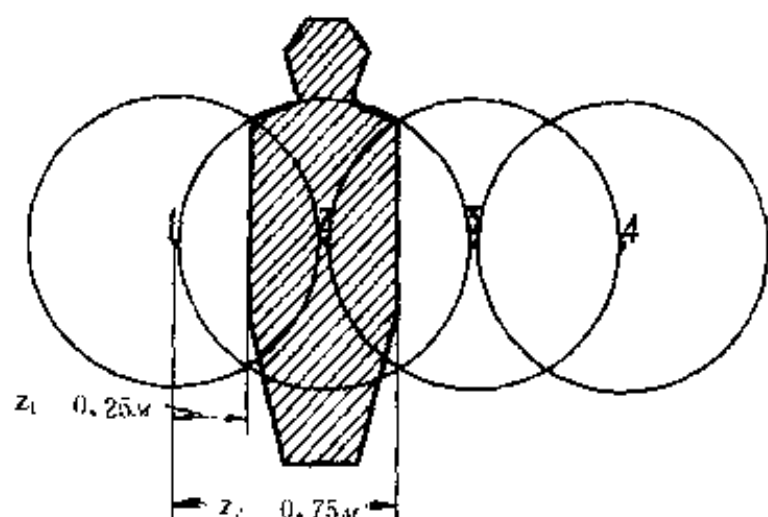


图 12-5-2 求目标杀伤公算（某次发射的散布中心与目标中心重合）

在图12-5-2中以一定比例表示出第一、第二、第三和第四次发射时散布中心的位置，互相间隔0.5米，以及当一个目标中心与全部发射弹中的某一次发射的散布中心重合时，该目标所处的位置。

当目标成此种状态时，求该目标的杀伤公算。由图可见，人形（靶子）可能被第一发或第二、第三发射弹命中。先求

第一发，尔后求第二第三发射弹命中目标公算（人形目标杀伤公算）。由于高度等于目标高度的界限的命中公算 $p_{2y} = 1$ ，所以目标的命中公算等于该目标宽度界限的命中公算。

第一发射弹的命中公算：

$$p_1 = p_{2x} = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{z_2}{B_6} \right) - \Phi \left(\frac{z_1}{B_6} \right) \right] = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{0.75}{0.12} \right) - \Phi \left(\frac{0.25}{0.12} \right) \right] \\ \approx \frac{1}{2} [\Phi(6.25) - \Phi(2.08)] = \frac{1}{2} (1.00 - 0.839) = 0.08$$

第二发射弹的命中公算：

$$p_2 = p_{2x} = \Phi \left(\frac{z}{B_6} \right) = \Phi \left(\frac{0.25}{0.12} \right) = \Phi(2.08) = 0.839 \approx 0.84$$

第三发射弹的命中公算：

$$p_3 = 0.08 \quad (\text{与第一发射弹同})$$

求至少命中一发射弹的杀伤公算：

$$p_1 = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3) \\ = 1 - (1 - 0.08)(1 - 0.84)(1 - 0.08) \\ = 1 - (0.92 \times 0.16 \times 0.92) \\ = 1 - 0.135 = 0.865, \text{ 或 } 86.5\%$$

我们所取的是最有利的情况 即目标中心与某一次发射的散布中心相重合。

图12-5-3所示为目标中心在两次相邻射弹的散布中心之间 求目标在此状态时的杀伤公算。不需任何计算可以看出，第二发和第三发射弹的目标命中公算是相同的，均等于0.5 发射两发时至少命中一发的杀伤公算为

$$P_1 = 1 - (1 - 0.5)^2 = 1 - 0.25 = 0.75, \text{ 或 } 75\%$$

因此，在较好的射击情况下，目标的杀伤公算为0.865，

而在较坏的情况下,目标的杀伤公算为0.750,在一般情况下,可以认为目标杀伤公算

$$P_i = (0.865 + 0.750) \div 2 = 0.807, \text{或} 80.7\%$$

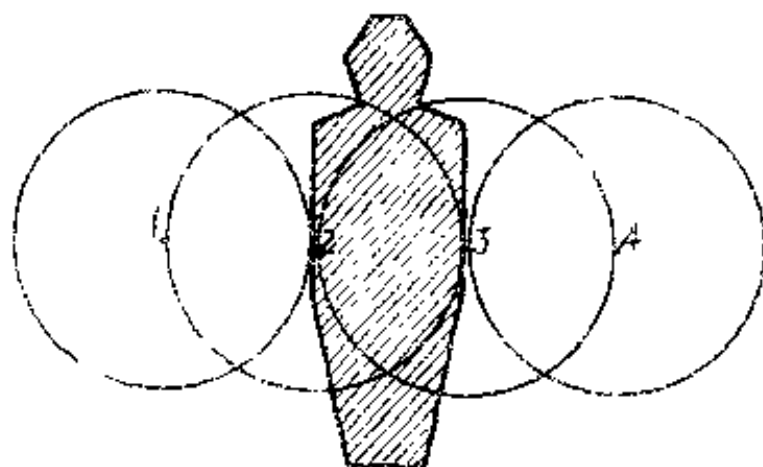


图 12-5-3 求目标杀伤公算 (目标中心处在某两次发射的散布中心之间)

为了比较起见,再用附表3来解此题。

根据该题条件,在1米的目标正面上有2发射弹;因此,在一个目标宽度内(0.5米),平均有1发射弹命中。由于全部射弹都在宽度等于目标高度的界限范围内,则命中一个目标的期望值 $a_n = 1$ 发。由附表3查得, $a_n = 1$ 发时,一个目标的杀伤公算 $P_i = 65\%$ 。

由此例可见,利用附表3求目标杀伤公算(预期杀伤目标平均数)的方法所得结果明显偏低。

第十三章 估计射击中可能的误差

求目标命中公算和杀伤公算

第一节 求命中公算

在实际射击中，散布中心对目标中心总是有某种偏差产生。这种偏差的原因是射击中伴生的偶然误差。属于偶然误差的有：测定目标距离的误差、计算气象条件修正量的误差、装定表尺分划的误差以及瞄准误差等。这些误差中一部分是产生散布中心高低（距离）偏差的原因，另一部分误差是产生方向偏差的原因，还有一部分误差既是产生高低偏差又是产生方向偏差的原因。

上面我们研究了散布中心与目标中心重合时，以及散布中心在任意给定的位置时求命中公算的方法。然而常见的情况是射击前我们不知道散布中心将偏向何方，因为我们不可能知道在这次射击中将产生的误差量。在这种情况下，用估计射击误差来求命中公算。

射击中多数误差服从标准定律。因此，由于两个不同方向（高低和方向）的向量误差族同时作用的结果，平均弹道将按照椭圆误差规律分布于目标周围，也就是说，散布中心的散布是不均匀的、对称的和有界限的。

假设在未经测量的某一距离上，在两个大靶板上设置两个相同的目标，用装有光学瞄准镜的狙击手步枪对这两个目标进行射击。

由一名射手以同一表尺分划对第一目标进行射击，表尺分划根据准备诸元选定。设对第一个目标共发射 100 发，在靶板上获得 100 个弹着。

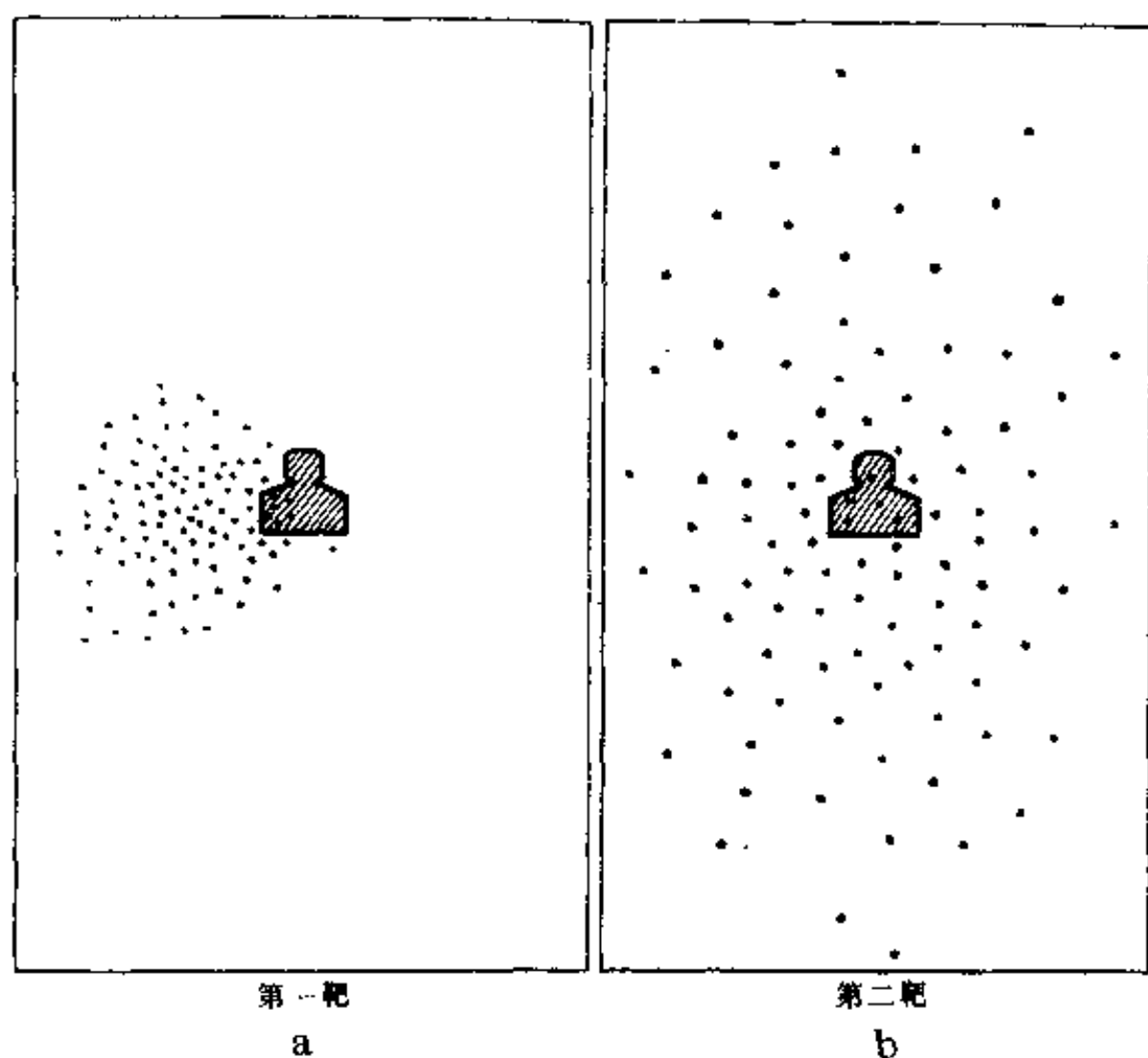


图 13-1-1 散 布 面

- a 各发射弹的表尺装定误差为常数时
- b 各发射弹的表尺装定误差值不一样时

由 100 名射手对第二个目标射击，而且每个射手自行完成射击任务，即自行测量目标距离、估计气象条件、装定相

应的表尺分划和方向修正分划，进行瞄准，发射一发弹。这样，对第二个目标发射100发弹，在靶上也获得100个弹着。

比较第一个和第二个靶板上射弹（弹着）散布情况（图13-1-1）。

第一个靶板上的射弹散布只是第十章开头所叙述的那些原因的结果。平均弹道对目标中心的偏差带有偶然性。因为这种偏差是射手在选定表尺分划时发生的偶然误差相互作用的结果。但是对整个发射100发来说，这种误差为一常数。

对第二个靶板射击时，除了第十章开头叙述的那些原因外，还有其它一些原因对射弹散布也有影响，如确定和装定表尺分划的误差。如果对第一个目标射击时，这些误差对所有射弹都是相同的，那末对第二个目标射击时，这些误差对每次发射都有不同的值了。第二个靶上的散布椭圆比第一个靶上的大得多也正说明了这一点。

假设射击中有几个引起平均弹道对目标中心产生高低偏差的因素，公算偏差为 a 、 b 、 c 等。如果高低散布表定值是 B_h ，则整个散布（估计射击中的误差）的高低公算偏差值可用标准定律的公算误差和的公式求出。整个散布椭圆的高低公算偏差：

$$R_h = \sqrt{B_h^2 + a^2 + b^2 + c^2} \quad (13-1-1)$$

方向公算偏差：

$$R_d = \sqrt{B_d^2 + a_1^2 + b_1^2 + c_1^2} \quad (13-1-2)$$

大家知道，大量射击时平均弹道围绕目标中心对称分布。因此，估计射击中可能误差求命中公算时，可以认为整

个散布椭圆的中心总是和目标中心重合（见图13-1-1b）。

为了得出根据估计误差求单个目标命中公算的公式，应将公式11-3-4中 B_x 和 B_y 用相应的综合误差 R_x 和 R_y 值代替

$$P = \phi\left(\frac{y}{\sqrt{B_x^2 + a^2 + b^2 + c^2}}\right) \cdot \phi\left(\frac{z}{\sqrt{B_y^2 + a_1^2 + b_1^2 + c_1^2}}\right) \cdot K$$

例：用重机枪以轻弹对人胸靶进行射击，表尺装定7。具有估计测定距离、横风和瞄准的误差，求命中公算。

误差值如下：

高低上：

$$B_x = 0.33 \text{ 米}$$

a —— 目测距离的公算误差等于距离的10%或者等于70米，此公算误差使平均弹道在高低上偏差0.91米（ $70 \frac{\theta_c}{1000} =$

$$70 \frac{13}{1000} = 0.91 \text{ 米}）。$$

b —— 高低瞄准公算误差等于0.5密位，约0.35米。

方向上：

$$B_y = 0.26 \text{ 米}$$

a_1 —— 确定横风修正值的公算误差，等于在1米·秒的风速作用下的方向偏差。由修正量表求得：在射程为700米时，风速为2米·秒的横风修正量为1.1密位，约0.77米。则风速为1米·秒的横风修正量的公算误差等于 $0.77 : 2 = 0.38 \text{ 米}。$

b_1 —— 方向瞄准公算误差等于0.25密位，约0.18米。

解：目标高度 $2y = 0.50$ 米； $y = 0.5 \div 2 = 0.25$ 米。
目标宽度 $2z = 0.50$ 米； $z = 0.50 \div 2 = 0.25$ 米

人形系数 $K = 0.72$

$$\begin{aligned} P &= \Phi\left(\frac{0.25}{\sqrt{0.33^2 + 0.91^2 + 0.35^2}}\right) \cdot \Phi\left(\frac{0.25}{\sqrt{0.26^2 + 0.38^2 + 0.18^2}}\right) \cdot 0.72 \\ &= \Phi\left(\frac{0.25}{1.02}\right) \Phi\left(\frac{0.25}{0.49}\right) \cdot 0.72 \\ &= \Phi(0.24) \Phi(0.51) \cdot 0.72 \\ &= 0.129 \times 0.269 \times 0.72 \approx 0.025 \text{ 或 } 2.5\% \end{aligned}$$

第二节 求单个目标的杀伤公算时 各种误差对杀伤公算的影响

我们来研究利用射击中的误差求目标杀伤公算的步骤以及各种误差对射击的影响问题。

每一种测量方法或某一动作（瞄准、估计横风作用等）的公算误差值都不是不变的，并取决于人员的训练程度。军官、士兵的训练水平越高，射击中的误差就越小，射击可靠性也越大。

为了弄清各种误差对单个目标的杀伤公算的影响，我们来研究表13-1。表中列出了每种测量（动作）的两种公算误差值：最小公算误差值——适用于训练水平较好的人员，最大公算误差——适用于训练水平较差的人员。

为了解释计算方法，我们来探讨重机枪在600米距离上对人胸目标射击的情况。为了简化计算，将人胸目标面积用同样大小的正方形面积 0.42×0.42 来代替。即取目标大小的换算面积为 0.18 米²。

表13 - 1

公 算 误 差	偏离平均弹道的误差						
	高 低			方 向			
	目测距离 的误差 (距离的 百分数)	瞄准的 误差 (密位)	估计气 温的 误差 (度)	武器射效 修正 误差 (密位)	估计横 风的 误差 (米/秒)	瞄准的 误差 (密位)	武器射效 修正的 误差 (密位)
最小的	8	0.3	5	0.1	0.75	0.2	0.1
最大的	16	0.6	10	0.2	1.5	0.4	0.2

注：众所周知，对每一批武器来说，射效修正误差是一种系统误差（在某一方向误差值相同）。自然，这样的误差在必要时可以事先加以估计。但在这里，我们是用偶然获得的机枪只发射一次点射来研究射击。这样规定问题，武器射效修正的误差可以认为是偶然误差，并以某公算误差加以表示。

假设没有任何降低目标杀伤公算的误差，且平均弹道与目标中心重合。用我们熟悉的方法可求得目标杀伤公算接近于1的射弹数。现假定目标杀伤公算 $P_1 = 0.96$ (96%)，用前面研究过的方法解此题，即先求出对目标的命中公算 $P =$

$\Phi\left(\frac{y}{B_{\sigma}}\right) \cdot \Phi\left(\frac{z}{B_{\sigma}}\right) = 0.2$ ，再由 $n = \frac{\lg(1 - P_1)}{\lg(1 - P)}$ 求得所需射弹数 $n = 15$ 发。

现在我们来确定，估计了所有误差的影响，在进行15发一次点射时，该目标的杀伤公算应是多大。首先研究每次测量的公算误差为最小时的情况。

求出在600米距离上，垂直面上的公算误差值（用前面

叙述过的方法)。高低公算偏差为:

a —— 目测距离的公算误差等于距离的 8%, 使平均弹道高于或低于目标中心 0.44 米。

b —— 高低瞄准的公算误差等于 0.3 密位, 使平均弹道高于或低于目标中心 0.18 米。

c —— 估计气温的公算误差等于 5° , 使平均弹道高于或低于目标中心 0.06 米。

z —— 机枪射效矫正的公算误差等于 0.1 密位, 使平均弹道高于或低于目标中心 0.06 米。

综合高低公算误差为:

$$E_y = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + z^2} = \sqrt{0.44^2 + 0.18^2 + 0.06^2 + 0.06^2} \\ \approx 0.48 \text{ 米}$$

方向公算偏差:

a_1 —— 估计横风速度的误差等于 0.75 米/秒, 使平均弹道偏向目标中心一边 0.20 米。

b_1 —— 瞄准时的方向公算误差等于 0.2 密位, 使平均弹道偏向目标中心一边 0.12 米。

c_1 —— 机枪射效矫正的公算误差等于 0.1 密位, 使平均弹道偏向目标中心一边 0.06 米。

综合方向公算误差为:

$$E_z = \sqrt{a_1^2 + b_1^2 + c_1^2} = \sqrt{0.20^2 + 0.12^2 + 0.06^2} \\ \approx 0.24 \text{ 米}$$

根据所得计算结果在图 13-2-1 上以一定比例画出目标和平均弹道对目标中心的可能所在地域。此地域划分为 64 个

相等的长方形，边长等于 $1 E_y$ 和 $1 E_z$ 。可以任意假设平均弹道在某个长方形内。每个假设都有一定的公算，此外，每个假设都对应着一定的目标杀伤公算。

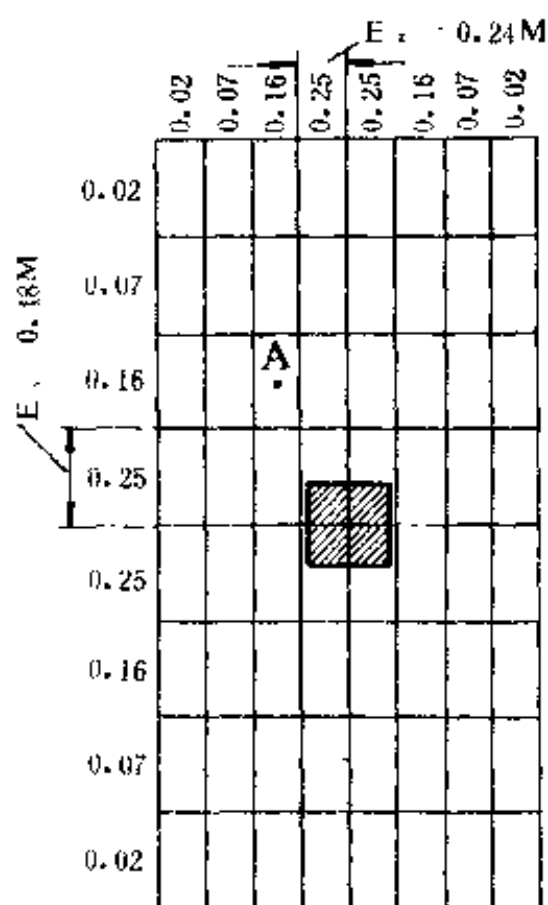


图 13-2-1 平均弹道对
目标的可能所在地域

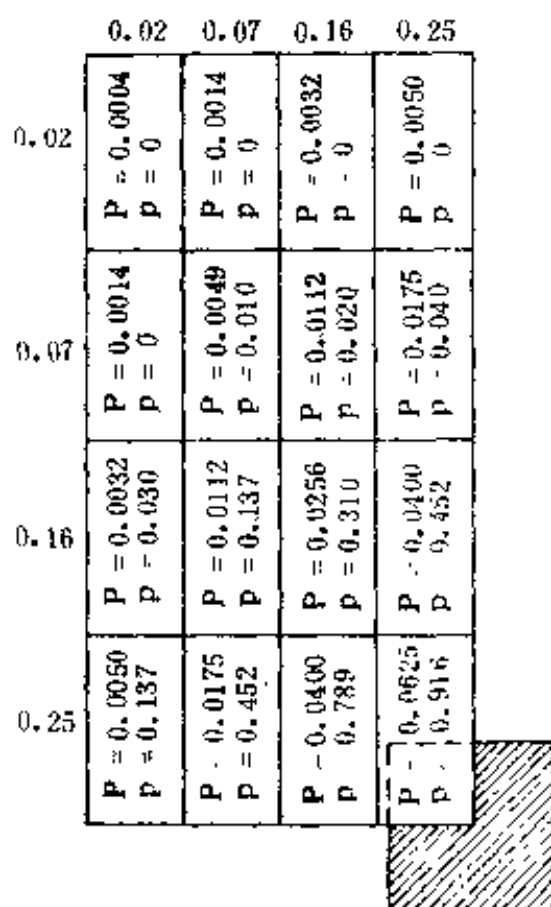


图 13-2-2 四分之一地
域内的 P 和 p 值

举例求平均弹道在长方形 A 内的假定公算。由图可见，此长方形是两个界限相交形成的。散布中心在此两个界限内的公算各为 0.16 此时平均弹道在长方形 A 中的假定公算为：

$$P_A = 0.16 \times 0.16 = 0.0256$$

现在求目标的杀伤公算。为此，应该知道发射一发弹时

的命中公算 此题按(11-3-5, a)求解: 当平均弹道在长方形 A 中, 目标命中公算为 0.024 ($P = 0.024$, 或 2.4%) 当发射 15 发弹时, 在此假设下目标杀伤公算等于

$$P_{1A} = 1 - (1 - 0.024)^{15} = 1 - 0.976^{15} \\ = 1 - 0.69 = 0.31$$

这样, 我们求出了平均弹道在长方形 A 内的假定公算 $P_A = 0.0256$ 时, 对目标杀伤公算 $P_{1A} = 0.31$

这样, 经过计算并在图 13-2-2 上标出了 P 和 p 的值 这些值对应于平均弹道位于目标中心左上方四分之一的长方形内, 其它四分之三地域内的 P 和 p 值将是类似的 (字母 P 表示散布中心的假定公算, p 表示目标命中公算)

目标杀伤公算总值, 根据求事件全公算公式求出, 即散布中心可能落在某地段内的假定公算与散布中心在该地段内对目标的杀伤公算乘积的和,

$$P_T = P_1 p_1 + P_2 p_2 + \dots + P_n p_n$$

如果将图 13-2-2 中的 P 和 p 值代入此式中, 进行相应的计算并把结果增大四倍, 则得 $P_T = 0.50$ (50%)。

这是重机枪在表尺装定 600 米、一次点射 15 发对人胸目标射击、综合高低公算误差 $E_h = 0.48$ 、综合方向公算误差 $E_r = 0.24$ 时的目标杀伤公算 如前指出, 这样的误差是最小的, 是经过良好训练的机枪手所能允许的公算误差。

如果用同样的方法根据最大的公算误差 ($E_h = 0.96$ 米, $E_r = 0.48$ 米) 来计算目标的杀伤公算, 则得 $P_T = 0.18$ (18%)。

我们运用此法来研究在 200--1000 米以内各个距离上对人胸目标射击时, 公算误差对目标杀伤公算的影响 所得结果列入表 13-2

根据此表作出图13-2-3，此图清楚地说明最小和最大误差对目标杀伤公算的影响。

我们暂时只研究了所有最小和最大误差对射击的共同影响。但我们的主要任务是研究各组误差对射击的分别影响。

以后的计算方法仍以表尺装定为6来说明，假设机枪手目测距离训练较差，但在其他方面有着较好的训练。在此情况下，求综合高低公算误差时，应该将测定距离的部分公算误差取为最大误差，取其他所有测量的公算误差为最小误差，此时我们得到

$$E_y = \sqrt{0.88^2 + 0.18^2 + 0.06^2 + 0.06^2} = 0.90 \text{ 米}$$

综合方向公算误差与公算误差全为最小时的相同，即 $E_y = 0.24$ 米。

如果用前面研究过的方法，根据上面的条件计算目标杀伤公算，则得

$$P_1 = 0.315, \text{ 或 } 31.5\%$$

如果约定，把在最小公算误差条件下的射击看成是正常的，并把此时的目标杀伤公算取作1，那末所得的值 $P_1 = 0.315$ 与相应的正常射击条件的 $P_1 = 0.50$ 之比值为0.63 ($0.315 \div 0.5 = 0.63$)。

用同样的方法研究在200—1000米范围内各个距离上射击时，各组误差对目标杀伤公算的影响，所得结果列入表13-3。根据表内数值作曲线图13-2-4。此图表清楚地说明在各个不同的距离上各种误差对射击的影响。

根据上表内数据和曲线图，可以作出一系列具有很大实际意义的结论。

表 13 - 2

射 击 条 件	射 距 (米)								
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
	发 射 弹 数								
	3	4	6	10	15	22	30	40	50
杀 伤 公 算 %									
无 误 差	100	100	96	96	96	96	96	96	96
所有误差 均 最 小	97	83	69	59	50	41	32.5	25	19
所有误差 均 最 大	70	47.5	33	24.5	18	13.5	10	7	5.6

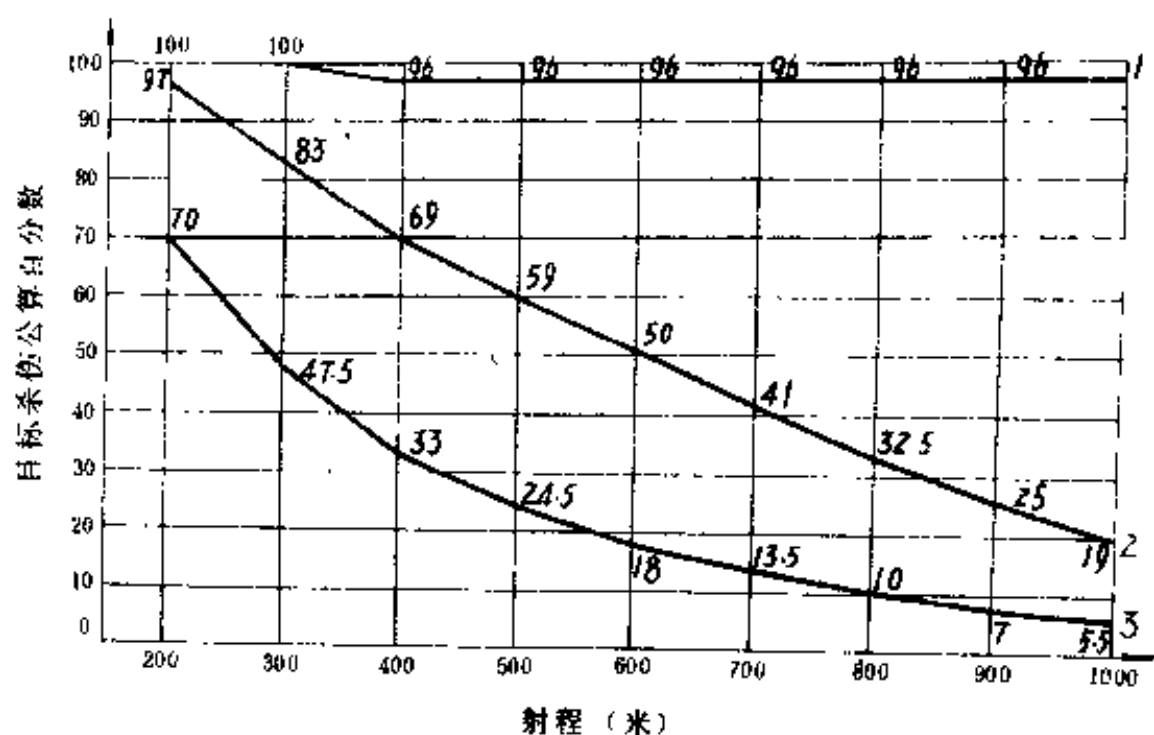


图 13 - 2 - 3 射击中的误差与目标杀伤公算的关系曲线
 1 — 无误差时; 2 — 公算误差最小时; 3 — 公算误差最大时

武器射效矫正和估计气温的最大误差对射击不产生重大影响。

对射击影响最大的是目测距离、瞄准和估计横风的误差。表内的数据和曲线图说明，不同距离上的误差所产生的影响也不同。例如目测距离和估计横风的误差对射击的影响，随着距离增加而增大，而且在各种不同距离上，对射击影响最大的是目测距离的误差。

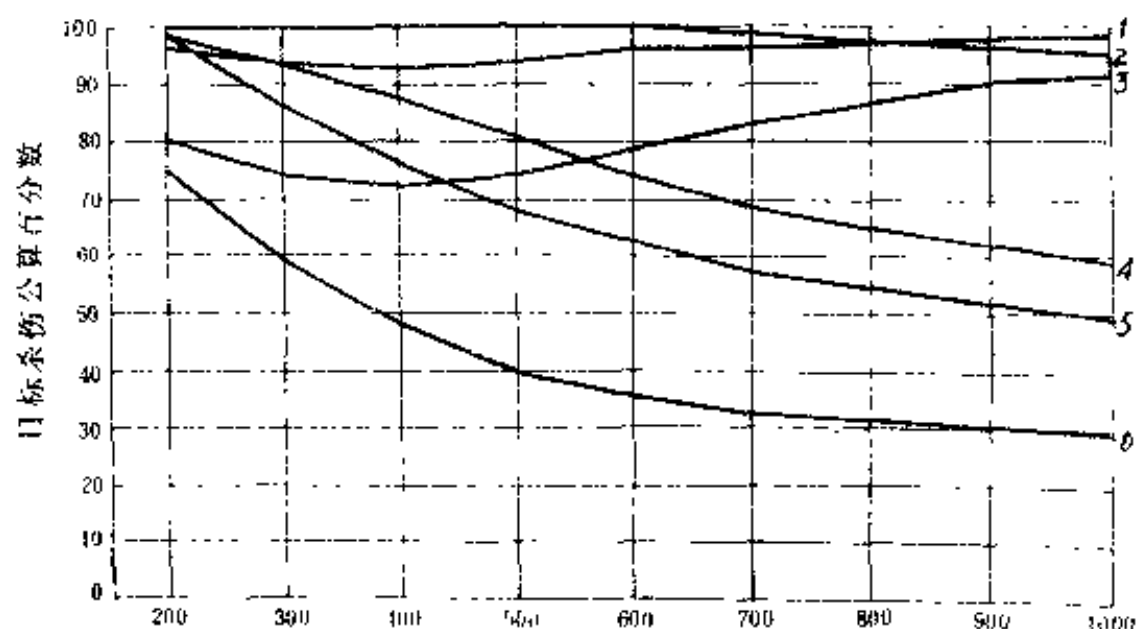


图 13-2-4 误差对射击的影响曲线

- 1 - 武器射效矫正的误差；2 - 估计气温的误差；
 3 - 瞄准的误差；4 - 估计横风的误差；
 5 - 目测距离的误差；6 - 所有最大误差

在 450 米距离内射击时，瞄准误差对射击的影响比其他的误差大。例如在 300 米距离上射击时，瞄准误差降低目标杀伤公算 0.26，而测定距离的误差只降低目标杀伤公算 0.14

、与全部误差均为最小误差的目标杀伤公算 $P_0 = 83\%$ 当作 1 时作比较) 瞄准误差的曲线从 400 米起逐渐上升, 并依次与目测距离误差和估计横风的误差曲线相交。这就是说, 在 450 米以上的距离上, 目测距离的误差对射击的影响比其他的误差大。例如在 800 米距离上射击时, 目测距离的误差降低目标杀伤公算 0.45, 估计横风的误差降低目标杀伤公算 0.35, 而瞄准误差只降低目标杀伤公算 0.13 (与 $P_0 = 32.5\%$ 当作 1 作比较)。

根据以上研究情况, 可以作出总的结论:

在战斗条件下射击, 目标的杀伤公算不仅决定于瞄准的准确性, 还决定于是否善于目测距离和估计横风。如果在 400 米以内的距离上射击时, 准确的瞄准具有最大的意义, 那末在 600 米以上距离上射击, 目标的杀伤公算就主要取决于目测距离和估计横风的准确性了, 因此在对分队人员进行训练时, 对这些问题要特别注意。

所有这些结论也适用于其他各种枪的射击, 因为这些武器的弹道性能与重机枪的弹道性能没有多大的区别。

表 13 - 3

公算误差		程 射 (米)									
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
最大的	最小的	发 射 弹 数									
		3	4	6	10	15	22	30	40	50	
相 对 的 目 标 系 伤 公 算											
—	全 部	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
目测距离误差	所有其他误差	0.99	0.86	0.76	0.68	0.63	0.58	0.55	0.52	0.50	
瞄准误差	所有其他误差	0.80	0.74	0.72	0.74	0.79	0.83	0.87	0.90	0.91	
估计横风误差	所有其他误差	0.99	0.94	0.88	0.81	0.74	0.69	0.65	0.62	0.59	
估计气温误差	所有其他误差	1	1	1	1	1	0.98	0.97	0.96	0.95	
武器射效矫正误差	所有其他误差	0.96	0.94	0.93	0.94	0.96	0.96	0.97	0.975	0.98	
全 部	—	0.75	0.59	0.48	0.40	0.36	0.33	0.32	0.31	0.295	

参考文献

1. 步兵自动武器及弹药设计手册
国防工业出版社 1977年版
2. 身管武器和火药火箭内弹道学
谢 庚译
国防工业出版社 1965年版
3. 外弹道学
浦 发、张粉编
国防工业出版社 1958年版
4. 弹丸作用和设计理论
华 恭、欧林尔编
国防工业出版社 1975年版
5. 反坦克弹药作用原理
张浩波编著
国防工业出版社 1980年版
6. 漫谈风偏
《兵器知识》1980年第4期
7. 红外线
黄致中译
人民邮电出版社1967年版



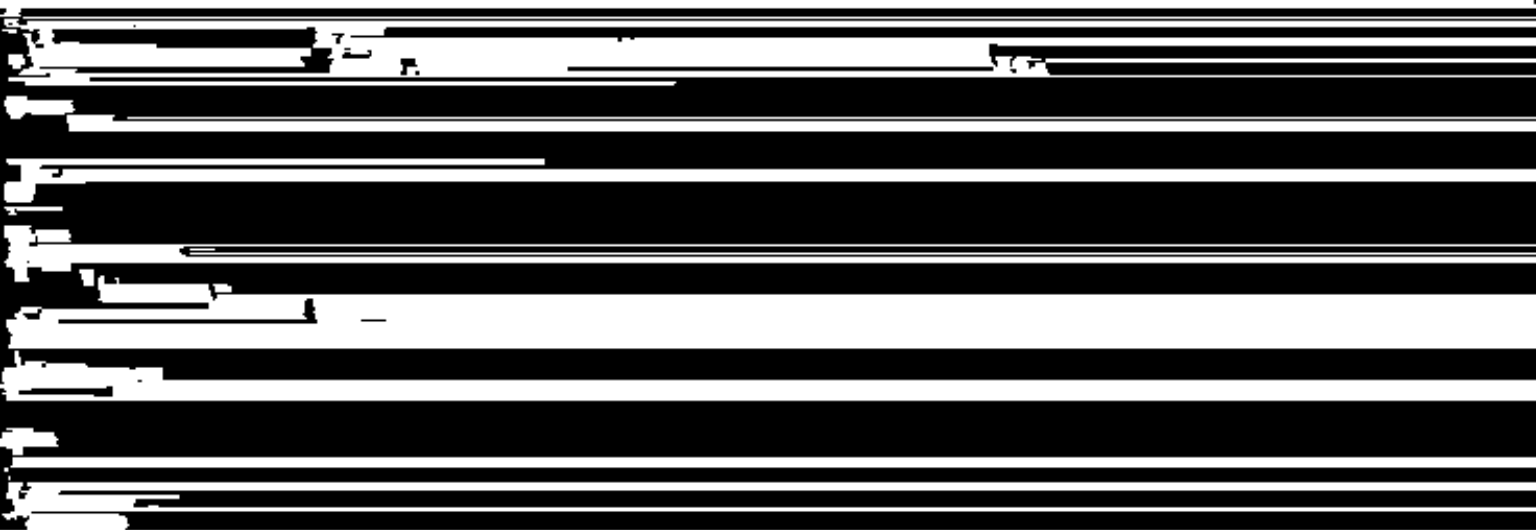


表 1 目标的大小、面积和人形系数表

目标(靶)名称	目标的大小			引伸目标的大小			
	宽 (厘米)	高 (厘米)	面积 (平方米)	人形 系数	宽 (厘米)	高 (厘米)	面积 (平方米)
人头目标(5号靶)	50	30	0.11	0.73	42	26	0.11
人胸目标(6号靶)	50	50	0.18	0.72	42	42	0.18
半身目标(7号靶)	50	100	0.40	0.80	45	89	0.40
跑步目标(8号靶)	50	150	0.60	0.80	45	134	0.60
跑步目标(8号甲靶)	50	150	0.40	0.53	36	111	0.40
全身目标(9号靶)	50	170	0.65	0.76	44	148	0.65
机枪靶(10号靶)	75	55	0.27	0.65	61	44	0.27

续表 2

β	$\Phi(\beta)$	差	β	$\Phi(\beta)$	差	β	$\Phi(\beta)$	差	β	$\Phi(\beta)$	差
0.05	0.02690	538	0.29	0.15508	527	0.53	0.27921	501	0.77	0.39649	469
0.06	0.03228	538	0.30	0.16067	527	0.54	0.28479	501	0.78	0.40208	469
0.07	0.03766	537	0.31	0.16562	526	0.55	0.28934	502	0.79	0.40766	466
0.08	0.04303	537	0.32	0.17088	526	0.56	0.29436	500	0.80	0.41052	465
0.09	0.04840	537	0.33	0.17614	524	0.57	0.29936	499	0.81	0.41517	462
0.10	0.05377	537	0.34	0.18138	524	0.58	0.30435	498	0.82	0.41979	461
0.11	0.05914	537	0.35	0.18662	523	0.59	0.30933	497	0.83	0.42440	459
0.12	0.06451	536	0.36	0.19185	522	0.60	0.31430	495	0.84	0.42899	458
0.13	0.06987	536	0.37	0.19707	522	0.61	0.31925	494	0.85	0.43357	456
0.14	0.07523	536	0.38	0.20229	520	0.62	0.32419	492	0.86	0.43813	454
0.15	0.08059	535	0.39	0.20749	519	0.63	0.32911	491	0.87	0.44267	452
0.16	0.08594	535	0.40	0.21268	519	0.64	0.33402	490	0.88	0.44719	450
0.17	0.09129	534	0.41	0.21787	517	0.65	0.33892	488	0.89	0.45169	449
0.18	0.09663	534	0.42	0.22304	517	0.66	0.34380	486	0.90	0.45618	446
0.19	0.10197	534	0.43	0.22821	515	0.67	0.34866	486	0.91	0.46064	445
0.20	0.10731	533	0.44	0.23336	515	0.68	0.35352	483	0.92	0.46509	443
0.21	0.11264	532	0.45	0.23851	513	0.69	0.35835	482	0.93	0.46952	441
0.22	0.11796	532	0.46	0.24364	512	0.70	0.36317	481	0.94	0.47393	439
0.23	0.12328	532	0.47	0.24876	512	0.71	0.36798	479	0.95	0.47832	438
0.24	0.12860		0.48	0.25388		0.72	0.37277		0.96	0.48270	

续表 2

β	$\Phi(\beta)$	差	β	$\Phi(\beta)$	差	β	$\Phi(\beta)$	差	β	$\Phi(\beta)$	差
0.96	0.48270	435	1.37	0.64454	350	1.78	0.77009	261	2.19	0.86036	180
0.97	0.48705	434	1.38	0.64804	348	1.79	0.77270	258	2.20	0.86216	178
0.98	0.49139	431	1.39	0.65152	346	1.80	0.77528	257	2.21	0.86394	176
0.99	0.49570	430	1.40	0.65498	343	1.81	0.77785	254	2.22	0.86570	175
1.00	0.50000	428	1.41	0.65841	341	1.82	0.78039	252	2.23	0.86745	172
1.01	0.50428	425	1.42	0.66182	339	1.83	0.78291	251	2.24	0.86917	171
1.02	0.50853	424	1.43	0.66521	337	1.84	0.78542	248	2.25	0.87088	170
1.03	0.51277	422	1.44	0.66858	335	1.85	0.78790	246	2.26	0.87258	167
1.04	0.51699	420	1.45	0.67193	333	1.86	0.79036	244	2.27	0.87425	166
1.05	0.52119	418	1.46	0.67526	330	1.87	0.79280	242	2.28	0.87591	164
1.06	0.52537	415	1.47	0.67856	328	1.88	0.79522	239	2.29	0.87755	163
1.07	0.52952	414	1.48	0.68184	326	1.89	0.79761	238	2.30	0.87918	160
1.08	0.53366	412	1.49	0.68510	323	1.90	0.79999	236	2.31	0.88078	159
1.09	0.53778	410	1.50	0.68833	322	1.91	0.80235	234	2.32	0.88237	158
1.10	0.54188	407	1.51	0.69155	319	1.92	0.80469	231	2.33	0.88395	155
1.11	0.54595	406	1.52	0.69474	317	1.93	0.80700	230	2.34	0.88550	155
1.12	0.55001	403	1.53	0.69791	315	1.94	0.80930	228	2.35	0.88705	152
1.13	0.55404	402	1.54	0.70106	313	1.95	0.81158	225	2.36	0.88857	151
1.14	0.55806	399	1.55	0.70419	310	1.96	0.81383	224	2.37	0.89008	149
1.15	0.56205	397	1.56	0.70729	309	1.97	0.81607	221	2.38	0.89157	147
1.16	0.56602		1.57	0.71038		1.98	0.81828		2.39	0.89304	

续表 2

β	$\phi(\beta)$	差	β	$\phi(\beta)$	差	β	$\phi(\beta)$	差	β	$\phi(\beta)$	差
1.16	0.55602	396	1.57	0.71038	306	1.98	0.81828	220	2.39	0.89304	146
1.17	0.55998	393	1.58	0.71344	304	1.99	0.82048	218	2.40	0.89450	145
1.18	0.57391	391	1.59	0.71648	301	2.00	0.82266	216	2.41	0.89595	143
1.19	0.57782	389	1.60	0.71949	300	2.01	0.82481	214	2.42	0.89738	141
1.20	0.58171	387	1.61	0.72249	297	2.02	0.82695	212	2.43	0.89879	140
1.21	0.58558	384	1.62	0.72546	295	2.03	0.82907	210	2.44	0.90019	138
1.22	0.58942	383	1.63	0.72841	293	2.04	0.83117	207	2.45	0.90157	136
1.23	0.59325	380	1.64	0.73134	291	2.05	0.83324	206	2.46	0.90293	135
1.24	0.59705	378	1.65	0.73425	289	2.06	0.83530	204	2.47	0.90428	134
1.25	0.60083	377	1.66	0.73714	286	2.07	0.83734	202	2.48	0.90562	132
1.26	0.60460	373	1.67	0.74000	285	2.08	0.83936	201	2.49	0.90694	131
1.27	0.60833	372	1.68	0.74285	282	2.09	0.84137	198	2.50	0.90825	129
1.28	0.61205	370	1.69	0.74567	280	2.10	0.84335	196	2.51	0.90954	128
1.29	0.61575	367	1.70	0.74847	277	2.11	0.84531	195	2.52	0.91082	126
1.30	0.61942	366	1.71	0.75124	276	2.12	0.84726	193	2.53	0.91208	124
1.31	0.62308	363	1.72	0.75400	274	2.13	0.84919	190	2.54	0.91332	124
1.32	0.62671	361	1.73	0.75674	271	2.14	0.85109	189	2.55	0.91456	122
1.33	0.63032	359	1.74	0.75945	269	2.15	0.85298	188	2.56	0.91578	120
1.34	0.63391	356	1.75	0.76214	267	2.16	0.85486	185	2.57	0.91698	119
1.35	0.63747	355	1.76	0.76481	265	2.17	0.85671	183	2.58	0.91817	118
1.36	0.64102	352	1.77	0.76746	263	2.18	0.85854	182	2.59	0.91935	116
1.37	0.64454		1.78	0.77009		2.19	0.86036		2.60	0.92051	

续表 2

β	$\Phi(\beta)$	差	β	$\Phi(\beta)$	差	β	$\Phi(\beta)$	差	β	$\Phi(\beta)$	差
2.60	0.92051	115	3.01	0.95767	68	3.42	0.97893	37	3.83	0.99021	19
2.61	0.92166	114	3.02	0.95835	67	3.43	0.97930	37	3.84	0.99040	19
2.62	0.92280	112	3.03	0.95902	66	3.44	0.97967	36	3.85	0.99059	18
2.63	0.92392	111	3.04	0.95968	65	3.45	0.98003	36	3.86	0.99077	18
2.64	0.92503	110	3.05	0.96033	65	3.46	0.98039	35	3.87	0.99095	18
2.65	0.92613	108	3.06	0.96098	63	3.47	0.98074	35	3.88	0.99113	17
2.66	0.92721	107	3.07	0.96161	63	3.48	0.98109	34	3.89	0.99130	17
2.67	0.92828	106	3.08	0.96224	62	3.49	0.98143	33	3.90	0.99147	17
2.68	0.92934	104	3.09	0.96286	60	3.50	0.98176	33	3.91	0.99164	17
2.69	0.93038	103	3.10	0.96346	60	3.51	0.98209	32	3.92	0.99181	16
2.70	0.93141	102	3.11	0.96406	60	3.52	0.98241	32	3.93	0.99197	16
2.71	0.93243	101	3.12	0.96466	58	3.53	0.98273	31	3.94	0.99213	16
2.72	0.93344	99	3.13	0.96524	58	3.54	0.98304	31	3.95	0.99229	15
2.73	0.93443	98	3.14	0.96582	56	3.55	0.98335	30	3.96	0.99244	15
2.74	0.93541	97	3.15	0.96638	56	3.56	0.98365	30	3.97	0.99259	15
2.75	0.93638	96	3.16	0.96694	55	3.57	0.98395	29	3.98	0.99274	14
2.76	0.93734	94	3.17	0.96749	55	3.58	0.98424	29	3.99	0.99288	14
2.77	0.93828	94	3.18	0.96804	53	3.59	0.98453	29	4.00	0.99302	129
2.78	0.93922	92	3.19	0.96857	53	3.60	0.98482	28	4.10	0.99431	108
2.79	0.94014	91	3.20	0.96910	52	3.61	0.98510	28	4.20	0.99539	88
2.80	0.94105		3.21	0.96962		3.62	0.98538		4.30	0.99627	

续表 2

β	$\Phi(\beta)$	λ	β	$\Phi(\beta)$	λ	β	$\Phi(\beta)$	λ	β	$\Phi(\beta)$	λ
2.80	0.94105	90	3.21	0.96962	51	3.62	0.98538	27	4.30	0.99627	73
2.81	0.94195	89	3.22	0.97013	51	3.63	0.98565	27	4.40	0.99700	69
2.82	0.94284	87	3.23	0.97064	50	3.64	0.98592	26	4.50	0.99766	18
2.83	0.94371	87	3.24	0.97114	49	3.65	0.98618	26	4.60	0.99808	40
2.84	0.94458	85	3.25	0.97163	48	3.66	0.98644	25	4.70	0.99848	31
2.85	0.94543	84	3.26	0.97211	48	3.67	0.98669	25	4.80	0.99879	26
2.86	0.94627	84	3.27	0.97259	47	3.68	0.98694	25	4.90	0.99905	21
2.87	0.94711	82	3.28	0.97306	46	3.69	0.98719	24	5.00	0.99928	16
2.88	0.94793	81	3.29	0.97352	45	3.70	0.98743	24	5.10	0.99942	33
2.89	0.94871	80	3.30	0.97397	45	3.71	0.98767	23	5.20	0.99955	10
2.90	0.94954	79	3.31	0.97442	44	3.72	0.98790	23	5.30	0.99965	7
2.91	0.95033	78	3.32	0.97486	44	3.73	0.98813	23	5.40	0.99972	7
2.92	0.95111	76	3.33	0.97530	43	3.74	0.98836	22	5.50	0.99979	2
2.93	0.95187	76	3.34	0.97573	42	3.75	0.98858	22	5.60	0.99984	2
2.94	0.95263	75	3.35	0.97617	42	3.76	0.98880	21			
2.95	0.95338	74	3.36	0.97657	41	3.77	0.98901	21			
2.96	0.95412	73	3.37	0.97698	40	3.78	0.98922	20			
2.97	0.95485	72	3.38	0.97738	40	3.79	0.98942	20			
2.98	0.95557	71	3.39	0.97778	39	3.80	0.98962	20			
2.99	0.95628	70	3.40	0.97817	38	3.81	0.98982	20			
3.00	0.95698	69	3.41	0.97855	38	3.82	0.99002	19			
3.01	0.95767		3.42	0.97893	38	3.83	0.99021				

表3 当 $P=0.1$ 时, 目标杀伤公算
与命中一个目标时的弹数期望值的关系表

d_n	P	d_n	P_1	d_n	P_1	a_n	p
		0.92	0.621	1.82	0.853	2.72	0.943
		0.94	0.629	1.84	0.856	2.74	0.941
		0.96	0.637	1.86	0.859	2.76	0.937
		0.98	0.644	1.88	0.862	2.78	0.935
	0.100	1.00	0.652	1.90	0.865	2.80	0.947
0.10							
	0.110	1.02	0.659	1.92	0.868	2.82	0.949
0.12	0.137	1.04	0.666	1.94	0.871	2.84	0.950
0.14	0.155	1.06	0.673	1.96	0.873	2.86	0.951
0.16	0.173	1.08	0.680	1.98	0.876	2.88	0.952
0.18	0.190	1.10	0.687	2.00	0.879	2.90	0.953
0.20							
	0.207	1.12	0.693	2.02	0.882	2.92	0.954
0.22	0.224	1.14	0.700	2.04	0.884	2.94	0.955
0.24	0.240	1.16	0.706	2.06	0.887	2.96	0.956
0.26	0.256	1.18	0.712	2.08	0.889	2.98	0.957
0.28	0.271	1.20	0.718	2.10	0.891	3.00	0.958
0.30							
	0.286	1.22	0.724	2.12	0.893	3.02	0.960
0.32	0.301	1.24	0.730	2.14	0.895	3.04	0.962
0.34	0.316	1.26	0.735	2.16	0.898	3.06	0.964
0.36	0.330	1.28	0.741	2.18	0.900	3.08	0.966
0.38	0.344	1.30	0.746	2.20	0.902	3.10	0.968
0.40							

续表 3

a_n	P_1	a_n	P	a_n	P_1	a_n	P_1
0.42	0.358	1.32	0.752	2.22	0.904	3.30	0.970
0.44	0.371	1.34	0.757	2.24	0.906	3.35	0.971
0.46	0.384	1.36	0.762	2.26	0.908	3.40	0.972
0.48	0.397	1.38	0.767	2.28	0.910	3.45	0.974
0.50	0.410	1.40	0.772	2.30	0.912	3.50	0.975
0.52	0.421	1.42	0.776	2.32	0.913	3.55	0.976
0.54	0.434	1.44	0.781	2.34	0.915	3.60	0.978
0.56	0.446	1.46	0.786	2.36	0.917	3.65	0.979
0.58	0.458	1.48	0.790	2.38	0.919	3.70	0.980
0.60	0.469	1.50	0.794	2.40	0.921	3.75	0.981
0.62	0.480	1.52	0.799	2.42	0.922	3.80	0.982
0.64	0.491	1.54	0.803	2.44	0.924	3.85	0.983
0.66	0.502	1.56	0.807	2.46	0.926	3.90	0.984
0.68	0.512	1.58	0.811	2.48	0.927	3.95	0.985
0.70	0.522	1.60	0.815	2.50	0.928	4.00	0.986
0.72	0.532	1.62	0.819	2.52	0.930	4.20	0.989
0.74	0.542	1.64	0.823	2.54	0.932	4.40	0.990
0.76	0.551	1.66	0.826	2.56	0.933	4.60	0.992
0.78	0.561	1.68	0.830	2.58	0.934	4.80	0.994
0.80	0.570	1.70	0.834	2.60	0.935	5.00	0.995
0.82	0.579	1.72	0.838	2.62	0.936	5.20	0.996
0.84	0.588	1.74	0.841	2.64	0.937	5.40	0.997
0.86	0.596	1.76	0.844	2.66	0.939	5.60	0.998
0.88	0.605	1.78	0.847	2.68	0.941	5.80	0.999
0.90	0.613	1.80	0.850	2.70	0.942	6.00	0.999

附注: a_n ——命中弹数的期望值; P_1 ——目标杀伤公算。

表 4 (甲) 圓形散布网

(比例尺为0.5公算偏差)

	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.50	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
5.0							1	1	1	1	1	1	1	1						0.1
4.5					1	1	1	2	3	3	3	3	2	1	1	1				0.2
4.0				1	1	2	4	5	7	8	8	7	5	4	2	1	1			0.6
3.5			1	1	3	5	8	12	15	16	16	15	12	8	5	3	1	1		1.2
3.0		1	1	3	6	10	16	23	29	32	32	29	23	16	10	6	3	1	1	2.4
2.5		1	2	5	10	18	29	40	50	56	56	50	40	29	18	10	5	2	1	4.3
2.0	1	1	4	8	16	29	45	63	79	89	89	79	63	45	29	16	8	4	1	6.7
1.5	1	2	5	12	23	40	63	89	111	124	124	111	89	63	40	23	12	5	2	9.4
1.0	1	3	7	15	29	50	79	111	139	156	156	139	111	79	50	29	15	7	3	11.8
0.5	1	3	8	16	32	56	89	124	156	174	174	156	124	89	56	32	16	8	4	13.2
0.5	1	3	8	16	32	56	89	124	156	174	174	156	124	89	56	32	16	8	3	13.2
1.0	1	3	7	15	29	50	79	111	139	156	156	139	111	79	50	29	15	7	3	11.8
1.5	1	2	5	12	23	40	63	89	111	124	124	111	89	63	40	23	12	5	2	9.4
2.0	1	1	4	8	16	29	45	63	79	89	89	79	63	45	29	16	8	4	1	6.7
2.5		1	2	5	10	18	29	40	50	56	56	50	40	29	18	10	5	2	1	4.3
3.0		1	1	3	6	10	16	23	29	32	32	29	23	16	10	6	3	1	1	2.4
3.5			1	1	3	5	8	12	15	16	16	15	12	8	5	3	1	1		1.2
4.0				1	1	2	4	5	7	8	8	7	5	4	2	1	1			0.6
4.5					1	1	1	2	3	3	3	3	2	1	1	1				0.2
5.0							1	1	1	1	1	1	1	1						0.1
	0.1	0.2	0.6	1.2	2.4	1.3	6.7	9.4	11.8	13.2	13.2	11.8	9.4	6.7	4.3	2.4	1.2	0.6	0.2	0.1

正方形的边长等于0.5公算偏差，正方形的数值是公算值的

万分之一 (0.01%)

表 4 (乙) 环靶的命中公算

本表是在平均弹道通过环靶中央的条件下制定的, $B_{R_{50}}$ 式中: R —环靶半径; R_{50} —弹道的半径。

$\phi(B)$ ——环靶的命中公算 (百分比)

B	$\phi(B)$	B	$\phi(B)$	B	$\phi(B)$	B	$\phi(B)$	B	$\phi(B)$
0.00	0.0	0.60	22.1	1.20	63.1	1.75	88.0	2.30	97.1
0.05	0.7	0.65	25.4	1.25	66.1	1.80	89.1	2.35	97.8
0.10	0.8	0.70	28.8	1.30	69.0	1.85	90.7	2.40	98.2
0.15	1.5	0.75	32.3	1.35	71.7	1.90	91.8	2.45	98.4
0.20	2.7	0.80	35.8	1.40	74.3	1.95	92.8	2.50	98.7
0.25	4.2	0.85	39.4	1.45	76.7	2.00	93.9	2.55	98.9
0.30	6.0	0.90	41.9	1.50	79.0	2.05	94.6	2.60	99.0
0.35	8.1	0.95	46.5	1.55	81.0	2.10	95.3	2.70	99.1
0.40	10.5	1.00	50.0	1.60	83.0	2.15	95.9	2.80	99.3
0.45	13.1	1.05	53.4	1.65	84.9	2.20	96.5	2.90	99.7
0.50	15.9	1.10	56.8	1.70	86.5	2.25	97.0	3.00	99.8
0.55	18.9	1.15	60.0						

表 5 以公算偏差为单位的散布网

	$-4B_{\sigma}$	$-3B_{\sigma}$	$-2B_{\sigma}$	$-1B_{\sigma}$	0	$+1B_{\sigma}$	$+2B_{\sigma}$	$+3B_{\sigma}$	$+4B_{\sigma}$	
2%	0.04%	0.11%	0.32%	0.50%	0.50%	0.32%	0.14%	0.04%		$+4B_{\sigma}$
7%	0.14%	0.49%	1.12%	1.75%	1.75%	1.12%	0.49%	0.14%		$+3B_{\sigma}$
16%	0.32%	1.12%	2.56%	4.00%	4.00%	2.56%	1.12%	0.32%		$+2B_{\sigma}$
25%	0.50%	1.75%	4.00%	6.25%	6.25%	4.00%	1.75%	0.50%		$+1B_{\sigma}$
25%	0.50%	1.75%	4.00%	6.25%	6.25%	4.00%	1.75%	0.50%		0
16%	0.32%	1.12%	2.56%	4.00%	4.00%	2.56%	1.12%	0.32%		$-1B_{\sigma}$
7%	0.14%	0.49%	1.12%	1.75%	1.75%	1.12%	0.49%	0.14%		$-2B_{\sigma}$
2%	0.04%	0.14%	0.32%	0.50%	0.50%	0.32%	0.14%	0.04%		$-3B_{\sigma}$
	2%	7%	16%	25%	25%	16%	7%	2%		$-4B_{\sigma}$

表 6 基本射表

射 击 距 离	瞄 准 角	落 角	最大弹道高	到的弹道最高点	弹丸飞行时间	弹丸的落速	弹丸的动能	公 算 偏 差				散布密集界		危险系数 K	射 击 距 离
米	密位	密位	米	米	秒	米/秒	公斤/米	距离 (B ₀)	高低 (B _H)	方向 (B _G)	距离 (C _H)	高低 (C _H)	方向 (C _G)		米
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

(1) 1953 年式重机枪的基本射表 (一九〇八年式轻弹)															
弹丸重 9.6 克								发射差角为负 3 分							
								初速为 865 米/秒							
100	2.2	0.9	0.02	51	0.11	781	298	8 + 18	0.04	0.03	25 + 55	0.12	0.10	--	100
200	2.5	1.7	0.07	105	0.25	702	242	11 + 21	0.07	0.07	35 + 65	0.22	0.20	--	200
300	3.3	2.9	0.20	160	0.40	630	195	11 + 26	0.11	0.10	35 + 80	0.35	0.31	--	300
400	4.4	4.4	0.43	216	0.57	564	156	10 + 29	0.16	0.14	30 + 90	0.19	0.43	--	400
500	5.6	6.4	0.76	274	0.75	504	121	32	0.21	0.18	98	0.63	0.55	156	500
600	6.9	9.3	1.2	334	0.97	450	99	28	0.26	0.22	87	0.81	0.67	107	600
700	8.6	13	1.8	396	1.21	403	80	25	0.33	0.26	76	1.00	0.79	76	700
800	10	18	2.7	459	1.47	364	66	22	0.39	0.30	67	1.20	0.92	56	800
900	13	24	3.9	522	1.75	334	56	19	0.46	0.34	59	1.40	1.05	42	900
1000	15	30	5.5	585	2.06	311	48	17	0.53	0.39	53	1.61	1.18	33	1000
1100	18	38	7.7	647	2.40	293	42	16	0.60	0.43	48	1.83	1.32	26	1100
1200	21	47	11	708	2.77	277	38	14	0.67	0.48	43	2.05	1.47	21	1200

续表 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
(2) 1953 年式重机枪的基本射表 (一九三〇年式重弹)															
弹丸重 11.8 克			发射差角为负 4 分					初速为 800 米·秒							
100	2.5	1.2	0.02	50	0.13	741	330	10-26	0.06	0.06	30+80	0.18	0.17	-	100
200	3.0	2.0	0.09	102	0.27	688	285	13+26	0.09	0.09	40+80	0.27	0.27	-	200
300	3.9	3.2	0.22	155	0.42	638	245	11+28	0.12	0.12	35+85	0.37	0.37	-	300
400	4.7	4.6	0.42	209	0.58	591	210	10+29	0.15	0.15	30+90	0.47	0.47	-	400
500	5.8	5.4	0.70	264	0.76	547	180	28	0.19	0.19	89	0.57	0.57	158	500
600	7.2	8.7	1.1	321	0.95	506	154	26	0.22	0.22	78	0.68	0.67	115	600
700	8.6	12	1.6	380	1.16	467	131	23	0.26	0.25	69	0.80	0.77	86	700
800	10	15	2.3	441	1.39	430	111	20	0.30	0.29	62	0.93	0.88	67	800
900	12	19	3.3	503	1.64	396	94	19	0.35	0.32	57	1.08	0.99	53	900
1000	14	24	4.6	565	1.91	366	80	17	0.41	0.36	53	1.26	1.10	42	1000
1100	17	30	6.2	627	2.20	341	69	16	0.48	0.40	50	1.47	1.21	34	1100
1200	20	36	8.1	685	2.50	321	61	16	0.56	0.43	48	1.71	1.32	28	1200
1300	23	43	10	751	2.84	303	55	15	0.65	0.47	46	1.90	1.43	23	1300
1400	27	51	13	813	3.19	292	50	15	0.75	0.51	46	2.31	1.55	20	1400
1500	31	59	16	875	3.55	281	46	15	0.87	0.55	45	2.67	1.67	17	1500

注: 近距离的距离散布中心与平均弹着点是不相重合的; 表定数字表示距低平射弹定起点 10 厘米之水平面上的距离
 距离公算偏差和距离散布密集界的中心的相近值与远值

续表 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
(3) 1953年式轻机枪的基本射表 弹丸重9.6克 发射药角为负6分 初速为840米/秒															
100	2.8	0.9	0.04	51	0.13	758	281	—	0.07	0.07	—	0.20	0.20	—	100
200	3.6	2.0	0.11	104	0.26	678	225	—	0.11	0.10	—	0.35	0.30	—	200
300	4.4	3.5	0.22	158	0.42	605	179	—	0.16	0.15	—	0.50	0.45	—	300
400	5.6	5.2	0.42	214	0.60	539	142	—	0.23	0.20	—	0.70	0.60	—	400
500	6.7	7.6	0.76	272	0.80	481	112	—	0.29	0.26	—	0.90	0.80	132	500
600	8.1	10	1.3	332	1.02	431	92	—	0.36	0.33	—	1.1	1.0	95	600
700	9.7	14	1.9	394	1.26	390	75	—	0.42	0.39	—	1.3	1.2	70	700
800	12	19	2.8	457	1.52	357	62	—	0.49	0.46	—	1.5	1.4	53	800
900	14	25	4.1	521	1.80	330	53	—	0.56	0.52	—	1.7	1.6	40	900
1000	17	32	5.8	585	2.11	308	46	—	0.62	0.59	—	1.9	1.8	31	1000

续表 6

(4) 1891/30 年式步枪的基本射表															
弹丸重 9.6 克															
发射差角为负 5 分															
初速为 865 米/秒															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
100	2.2	0.9	0.02	51	0.11	781	298	—	0.03 0.015	0.02 0.015	—	0.07 0.05	0.06 0.05	—	100
200	2.8	1.7	0.07	105	0.25	702	242	—	0.04 0.03	0.04 0.03	—	0.13 0.09	0.11 0.09	—	200
300	3.6	2.9	0.20	160	0.40	630	195	—	0.06 0.045	0.06 0.045	—	0.19 0.14	0.17 0.14	—	300
400	4.7	4.4	0.43	216	0.57	564	156	—	0.08 0.06	0.08 0.06	—	0.26 0.19	0.24 0.19	—	400
500	6.1	6.4	0.76	274	0.76	504	124	—	0.11 0.08	0.10 0.08	—	0.34 0.25	0.32 0.25	156	500
600	7.5	9.3	1.2	334	0.97	450	99	—	0.14 0.10	0.13 0.10	—	0.43 0.32	0.41 0.31	107	600
700	9.2	13	1.8	396	1.23	403	80	—	0.17 0.13	0.17 0.13	—	0.53 0.41	0.51 0.37	76	700
800	11	18	2.7	459	1.47	364	66	—	0.21 0.16	0.20 0.14	—	0.65 0.49	0.62 0.43	56	800

注：分母为用狙击步枪带瞄准镜射击时的散布情况。

续表 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
(5) 1953 年式骑枪的基本射表															
弹丸重 9.6 克				发射角 0 分 7 秒				初速为 820 米/秒							
100	3.3	1.5	0.04	51	0.13	740	260	—	0.03	0.03	—	0.08	0.08	—	100
200	3.9	2.3	0.12	105	0.28	660	202	—	0.05	0.04	—	0.14	0.13	—	200
300	4.7	3.5	0.26	162	0.44	588	160	—	0.07	0.06	—	0.21	0.19	—	300
400	5.8	5.2	0.49	222	0.62	524	128	—	0.09	0.08	—	0.29	0.26	—	400
500	7.2	7.9	0.84	279	0.82	468	103	—	0.13	0.11	—	0.39	0.31	139	500
600	8.9	11	1.34	339	1.04	412	83	—	0.17	0.14	—	0.51	0.43	80	600
700	11	15	2.08	396	1.29	377	67	—	0.21	0.18	—	0.65	0.54	58	700
800	13	20	3.06	456	1.57	342	54	—	0.26	0.22	—	0.81	0.67	44	800
(6) 1956 年式班用轻机枪的基本射表															
弹丸重 7.9 克				发射差角为 0				初速为 735 米/秒							
100	1.4	1.4	0.03	51	0.14	640	185	—	0.05	0.05	—	0.15	0.15	—	100
200	2.2	2.6	0.12	105	0.31	557	125	—	0.10	0.08	—	0.30	0.30	—	200
300	3.6	4.6	0.31	161	0.50	483	95	—	0.15	0.14	—	0.46	0.45	215	300
400	5.3	7.8	0.65	219	0.72	424	73	—	0.20	0.19	—	0.63	0.61	127	400
500	7.2	12	1.20	279	0.97	373	57	—	0.26	0.25	—	0.81	0.78	82	500
600	10	18	2.0	340	1.26	332	45	—	0.32	0.31	—	1.00	0.96	56	600
700	13	25	3.3	401	1.59	300	36	—	0.39	0.37	—	1.20	1.14	40	700
800	17	33	5.1	462	1.96	276	31	—	0.46	0.43	—	1.42	1.33	30	800
900	22	43	7.5	523	2.36	258	27	—	0.54	0.49	—	1.67	1.52	23	900
1000	27	55	10.5	584	2.79	244	24	—	0.63	0.56	—	1.95	1.72	18	1000

续表 6

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16															
(7) 1956 年式半自动步枪的基本射表															
弹丸重 7.9 克				发射角为 0°				初速为 735 米/秒							
100	1.4	1.1	0.03	51	0.14	640	165	—	0.03	0.02	—	0.08	0.07	—	100
200	2.2	2.6	0.12	105	0.31	557	125	—	0.06	0.04	—	0.16	0.14	—	200
300	3.6	4.6	0.31	161	0.50	485	95	—	0.09	0.07	—	0.26	0.23	215	300
400	5.3	7.8	0.65	219	0.72	424	73	—	0.12	0.10	—	0.38	0.33	127	400
500	7.2	12.2	1.2	279	0.97	373	57	—	0.17	0.14	—	0.53	0.44	82	500
600	10	18.0	2.0	340	1.26	332	15	—	0.23	0.19	—	0.71	0.57	56	600
700	13	25.0	3.3	401	1.59	300	36	—	0.30	0.24	—	0.92	0.72	16	700
800	17	33.0	5.1	462	1.96	276	31	—	0.38	0.29	—	1.16	0.89	30	800

续表 6

射 击 距 离 米	瞄 准 角	落 角	后 大 弹 道 高 米	到 水 平 最 高 点 的 距 离 米	弹 丸 飞 行 时 间 秒	弹 丸 的 落 速 米·秒	目 标 的 处 动 弹 能 公斤·米	单 发 射				连 发 射				危 险 界 系 数 K	时 距 离 米
								公算偏差		散布 密集界		公算偏差		散布 密集界			
								高 低 (B _B)	方 向 (B _G)	高 低 (C _B)	方 向 (C _G)	高 低 (B _B)	方 向 (B _G)	高 低 (C _B)	方 向 (C _G)		

(8) 1956 年式冲锋枪基本射表																	
弹丸重 7.9 克				发射差角为负 6 分				初速为 710 秒									
100	3.1	1.2	0.03	51	0.15	611	152	0.04	0.04	0.10	0.10	0.06	0.06	0.19	0.19	--	100
200	4.2	2.9	0.13	105	0.33	524	113	0.07	0.07	0.20	0.20	0.11	0.11	0.35	0.35	--	200
300	5.8	5.5	0.35	162	0.54	450	83	0.10	0.10	0.31	0.31	0.17	0.17	0.52	0.52		300
400	7.8	9.3	0.75	221	0.78	389	61	0.14	0.14	0.44	0.43	0.23	0.23	0.71	0.71	1.07	400
500	10	14	1.4	281	1.05	341	46	0.19	0.19	0.58	0.57	0.30	0.30	0.92	0.92	70	500
600	13	20	2.4	342	1.35	305	37	0.25	0.23	0.76	0.73	0.38	0.38	1.15	1.15	49	600
700	16	28	3.8	403	1.69	281	32	0.32	0.29	0.96	0.91	0.46	0.46	1.40	1.40	36	700
800	21	36	5.7	464	2.07	268	29	0.40	0.35	1.19	1.11	0.54	0.54	1.67	1.67	27	800

(9) 1950年式和1954年式冲锋枪的基本射表
 1950年式冲锋枪的发射差角为正4分
 1954年式冲锋枪的发射差角为负16分

弹丸重5.52克

初速为500米/秒

射击距离 米	瞄准角		落角	最大弹道高 厘米	弹丸飞行时间 秒	弹丸的 运动能 公斤米	散布密集界		
	1954年式 冲锋枪	1950年式 冲锋枪					单发射	连发射	方 向 (C_{α})
	密位	密位					高低 (C_{α})	高低 (C_{α})	方 向 (C_{β})
100	5	4.2	2	7	0.25	35	21	31	29
200	8.6	7.2	8	36	0.54	24	42	56	54
300	13.1	11.4	15	98	0.87	19	67	90	84

(10) 1954年式手枪的基本射表

弹丸重5.52克

初速为420米/秒

射击距离 米	瞄准角 密位	最大弹道高 厘米	弹丸飞行时间 秒	目标处的 弹丸动能 公斤米	散布半径	
					R_{100}	R_{50}
25	1.5	0.5	0.1	40	7.5	4.5
50	3.5	1	0.2	35	16.0	8.5

续表 6

(11) 54式12.7毫米

发射药角为负3分

射 击 距 离	瞄 准 角		落 角		最 大 弹道高	全弹道 最高点 的水平 距 离	弹丸飞 行时间	落 速	目标处 弹丸的 动 能
X	α		θ		Y	X_s	t_s	V_s	E_s
米	度分	密位	度分	密位	米	米	秒	米 秒	公斤·米
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	0 09	2.5	0 03	0.9	0.03	51	0.12	790	1537
200	0 10	2.8	0 06	1.7	0.09	102	0.25	753	1396
300	0 12	3.3	0 10	2.9	0.19	154	0.39	718	1270
400	0 15	4.2	0 14	4.1	0.34	207	0.54	685	1156
500	0 18	5.0	0 18	5.2	0.55	260	0.69	654	1054
600	0 21	5.8	0 22	6.4	0.9	314	0.85	624	960
700	0 25	6.9	0 27	7.8	1.3	369	1.01	595	873
800	0 29	8.1	0 33	9.6	1.8	425	1.18	566	789
900	0 33	9.2	0 40	11.6	2.4	482	1.36	538	714
1000	0 38	10.6	0 48	14.0	3.1	540	1.55	511	644
1100	0 43	11.9	0 57	16.6	3.9	599	1.75	485	579
1200	0 49	13.6	1 07	19.5	4.9	659	1.97	459	519
1300	0 55	15.3	1 19	23.0	6.1	720	2.21	433	462
1400	1 02	17.2	1 33	27.0	7.6	782	2.47	408	410
1500	1 09	19.2	1 49	31.7	9.4	845	2.74	385	365
1600	1 17	21.4	2 07	36.9	11.5	908	3.02	365	328
1700	1 26	23.9	2 27	42.8	13.9	971	3.31	348	298
1800	1 36	26.7	2 49	49.2	16.7	1035	3.61	333	273
1900	1 46	29.4	3 13	56.1	19.9	1100	3.92	320	252
2000	1 57	32.5	3 38	63.4	23.5	1165	4.24	309	235
2100	2 08	35.6	4 04	71.0	28	1229	4.57	300	222
2200	2 20	38.9	4 31	78.8	32	1292	4.91	292	210
2300	2 33	42.5	4 59	87.0	37	1354	5.26	285	200
2400	2 46	46.1	5 28	95.4	42	1416	5.63	279	192
2500	3 00	50.0	5 58	104.1	48	1477	6.01	273	184
2600	3 15	54.1	6 29	113.2	54	1538	6.39	267	176
2700	3 31	58.6	7 02	122.7	61	1598	6.77	262	169
2800	3 47	63.0	7 37	132.9	69	1657	7.16	257	163
2900	4 04	67.7	8 14	143.7	77	1716	7.56	252	157
3000	4 21	72.5	8 52	154.7	86	1774	7.96	247	150
3100	4 39	77.5	9 31	166.1	96	1832	8.37	243	145
3200	4 58	82.8	10 11	177.7	106	1889	8.79	239	140
3300	5 18	88.3	10 52	189.7	117	1946	9.22	235	136
3400	5 39	94.1	11 35	202.2	129	2003	9.67	231	132
3500	6 00	100.0	12 20	215.3	142	2060	10.14	227	127

高射机枪基本射表

初速 820 米/秒

穿甲燃烧弹 (弹头重 18.3 克)						穿甲燃烧曳光弹 (弹头重 13.9 克)						射击 距离 X 米
公算偏差			散布密集界			公算偏差			散布密集界			
距离 B ₀	高低 B _h	方向 B _δ	距离 C ₀	高低 C _h	方向 C _δ	距离 B ₀	高低 B _h	方向 B _δ	距离 C ₀	高低 C _h	方向 C _δ	
米	米	米	米	米	米	米	米	米	米	米	米	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
—	0.07	0.04	—	0.21	0.11	—	0.08	0.06	—	0.24	0.18	100
—	0.13	0.08	—	0.40	0.25	—	0.16	0.11	—	0.48	0.35	200
—	0.20	0.13	—	0.60	0.41	—	0.24	0.17	—	0.74	0.54	300
—	0.27	0.19	—	0.82	0.59	—	0.34	0.23	—	1.04	0.73	400
67	0.34	0.25	205	1.05	0.78	90	0.44	0.29	275	1.34	0.93	500
64	0.42	0.31	196	1.29	0.97	85	0.54	0.36	258	1.66	1.14	600
61	0.50	0.38	187	1.54	1.17	80	0.64	0.43	243	1.98	1.35	700
58	0.58	0.45	178	1.80	1.37	75	0.75	0.51	230	2.30	1.57	800
55	0.67	0.52	170	2.06	1.58	71	0.86	0.59	219	2.64	1.80	900
53	0.76	0.59	162	2.34	1.79	68	0.98	0.67	209	3.00	2.04	1000
51	0.86	0.66	155	2.64	2.01	65	1.11	0.75	200	3.40	2.29	1100
49	0.96	0.73	149	2.94	2.23	62	1.25	0.83	191	3.82	2.51	1200
47	1.07	0.80	143	3.26	2.45	60	1.39	0.91	183	4.26	2.79	1300
45	1.18	0.87	137	3.60	2.68	58	1.56	0.99	177	4.76	3.04	1400
43	1.29	0.94	131	3.96	2.91	57	1.76	1.07	173	5.38	3.30	1500
41	1.42	1.02	125	4.34	3.14	56	2.01	1.15	171	6.16	3.56	1600
39	1.55	1.10	119	4.74	3.37	56	2.33	1.23	170	7.14	3.82	1700
37	1.68	1.18	113	5.14	3.61	56	2.72	1.31	173	8.32	4.08	1800
35	1.82	1.26	107	5.56	3.86	57	3.17	1.39	175	9.70	4.34	1900
33	1.96	1.34	101	5.98	4.11	58	3.69	1.47	178	11.30	4.60	2000
31	2.10	1.42	95	6.42	4.36	59	4.28	1.56	182	13.1	4.86	2100
29	2.24	1.50	90	6.86	4.61	61	4.93	1.65	187	15.1	5.12	2200
27	2.39	1.58	85	7.32	4.87	63	5.62	1.74	192	17.2	5.38	2300
26	2.55	1.66	81	7.80	5.13	65	6.37	1.83	199	19.5	5.64	2400
25	2.71	1.75	77	8.28	5.39	67	7.19	1.92	206	22.0	5.90	2500
24	2.87	1.84	73	8.78	5.65	69	8.08	2.01	213	24.6	6.16	2600
23	3.04	1.93	70	9.30	5.91	71	9.06	2.10	221	27.7	6.43	2700
22	3.22	2.02	68	9.85	6.18	74	10.2	2.19	229	31.2	6.70	2800
21	3.40	2.11	66	10.4	6.45	77	11.5	2.28	237	35.1	6.97	2900
21	3.60	2.20	65	11.0	6.73	80	12.8	2.37	245	39.1	7.24	3000
21	3.82	2.29	65	11.7	7.01	—	—	—	—	—	—	3100
21	4.06	2.38	66	12.4	7.29	—	—	—	—	—	—	3200
22	4.31	2.47	68	13.2	7.57	—	—	—	—	—	—	3300
23	4.57	2.56	71	14.0	7.85	—	—	—	—	—	—	3400
24	4.84	2.66	75	14.8	8.13	—	—	—	—	—	—	3500

(12) 56式14.5毫米四联

续表 6

基本射表

弹丸重63.6克

发射药量为9分

射击距离	瞄准角		落角		最大 弹道高	弹道 顶点的 水平 距离	飞行 时间
X	α_0		θ	●	Y	X_s	t_r
米	度 分	密位	度 分	密位	米	米	秒
100	0 25	6.9	0 02	0.6	0.02	51	0.11
200	0 15	4.2	0 04	1.2	0.07	102	0.22
300	0 14	3.9	0 07	2.0	0.15	154	0.34
400	0 14	3.9	0 10	2.9	0.27	207	0.47
500	0 15	4.2	0 13	3.8	0.44	261	0.60
600	0 17	4.7	0 17	4.9	0.67	315	0.74
700	0 19	5.3	0 21	6.1	0.96	370	0.89
800	0 22	6.1	0 26	7.6	1.3	426	1.04
900	0 25	6.9	0 32	9.3	1.8	483	1.20
1000	0 29	8.1	0 38	11	2.4	542	1.37
1100	0 33	9.2	0 45	13	3.0	602	1.55
1200	0 37	10.0	0 53	15	3.7	663	1.74
1300	0 41	11.0	1 02	18	4.6	725	1.94
1400	0 45	12.0	1 12	21	5.7	788	2.16
1500	0 50	14.0	1 24	24	7.0	851	2.39
1600	0 56	16.0	1 38	29	8.5	914	2.62
1700	1 03	17.0	1 53	33	10	978	2.87
1800	1 10	19.0	2 10	38	12	1043	3.14
1900	1 18	22.0	2 29	43	15	1109	3.41
2000	1 26	24.0	2 49	49	17	1175	3.70
2100	1 35	26.0	3 10	55	20	1241	4.00
2200	1 44	29.0	3 33	62	24	1307	4.31
2300	1 54	32.0	3 58	69	28	1373	4.64
2400	2 05	35.0	4 25	77	32	1439	4.98

● 落角密位为“自然密位”即 $t_r \theta \times 1000$

高射机枪（地面）

（穿甲燃烧弹）

初速 945 米/秒

落 速	目 标 处 弹 丸 的 动 能	公算偏差		散布密集界		射击距离
		高 低	方 向	高 低	方 向	
V_c	E_c	B_B	B_6	C_B	C_6	X
米/秒	公斤·米	米	米	米	米	米
905	2654	0.14	0.22	0.4	0.7	100
863	2413	0.24	0.31	0.7	1.0	200
821	2184	0.36	0.44	1.1	1.3	300
780	1971	0.48	0.56	1.5	1.7	400
741	1779	0.58	0.70	1.8	2.1	500
703	1601	0.70	0.83	2.2	2.5	600
667	1441	0.82	0.96	2.5	3.0	700
632	1294	0.94	1.10	2.9	3.4	800
599	1162	1.05	1.23	3.2	3.8	900
567	1042	1.17	1.37	3.6	4.2	1000
536	930	1.29	1.51	4.0	4.6	1100
507	833	1.40	1.64	4.3	5.0	1200
480	746	1.52	1.78	4.7	5.5	1300
454	668	1.64	1.91	5.0	5.9	1400
430	599	1.75	2.04	5.4	6.3	1500
408	539	1.87	2.18	5.7	6.7	1600
388	488	1.99	2.31	6.1	7.1	1700
370	444	2.11	2.45	6.5	7.5	1800
353	404	2.22	2.58	6.8	7.9	1900
338	370	2.34	2.72	7.2	8.4	2000
325	342					2100
314	319					2200
305	301					2300
298	288					2400

表7 瞄准线上平均弹道高表

表尺 距离(米)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	
	厘				米					
1953年式重机枪(1908年式轻弹)										
1	1	0	-2							
2	1	5	4	0	-8					
3	6	13	17	17	11	0	-17			
4	11	24	34	37	37	31	20	0	-26	
1953年式重机枪(1930年式重弹)										
1	-1	0	-4							
2	2	6	5	0	-10					
3	7	14	18	18	12	0	-18			
4	12	25	35	38	38	32	20	0	26	
1953年式轻机枪										
1	1	0	4							
2	2	6	5	0	9					
3	7	15	19	18	13	0	-18			
4	13	27	36	41	41	34	20	0	25	
1891/30年式步枪										
分子是普通表尺的结果										
分母是ПУ式和ПЕ式瞄准镜的结果										
1	$\frac{3}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{-5}{-4}$							
2	$\frac{6}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{-10}{-9}$					
3	$\frac{10}{8}$	$\frac{17}{15}$	$\frac{20}{19}$	$\frac{19}{18}$	$\frac{12}{12}$	$\frac{0}{0}$	-18			
4	$\frac{18}{13}$	$\frac{28}{26}$	$\frac{37}{35}$	$\frac{40}{39}$	$\frac{40}{39}$	$\frac{32}{31}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{-27}{-27}$	

人 1.2

距离, 米	50	100	150	200	250	300	400	500
人								

1953 年式骑枪

1	6	9	8	10	11			
2	11	19	27	31	34	37	40	43
3	17	29	43	57	73	89	107	127

1956 年式班用轻机枪

1	6	8						
2	11	18	27	38	51			
3	17	29	43	62	84	107		
4	24	42	63	92	127	166	207	248
5	31	60	89	124	167	216	268	320

1956 年式半自动步枪

1	1	0	5					
2	5	11	9	0	16			
3	13	25	29	28	38	0	11	
4	21	42	53	62	81	57	31	0
5	32	63	88	105	115	116	96	85

1956 年式冲锋枪

1	1	0	8					
2	6	12	9	0	19			
3	14	28	33	31	21	0	33	
4	24	48	63	72	72	62	39	0
5	36	72	100	123	136	138	127	103

1954 年式和1950 年式冲锋枪

分子是1954年式冲锋枪的弹道高

分母是1950年式冲锋枪的弹道高

1 (10)	7	0	21					
	7	0	25					
2 (20)	24	36	29	0	57			
	24	33	25	0	50			
3 (30)	17	82	98	92	56	0	90	
	15	76	90	86	58	0	91	

续表 7 1954 年 式 手 枪

距 离 (米)		10	15	20	25	30	40	50
		10	15	20	25	30	40	50
在25米距离上 实施射效矫正的方法		瞄准线上的平均弹道高 (厘米)						
平均弹着点和瞄准点相重合		6.4	0.5	0.3	0	-0.3	-1.3	-3.2
平均弹着点高于瞄准点12.5厘米		5.1	8.0	10.4	12.5	14.7	18.7	21.8

续表 7 53 年式重机枪、连用轻机枪和1891 30 年式步枪

弹丸重9.6 克

1948年7月(苏)

表 尺	距 离 (米)											
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
5	0.3	0.6	0.7	0.5	0	0.6	-2.2					
6	0.5	1.0	1.2	1.1	0.8	0	1.2	3.0				
7	0.7	1.4	1.7	1.8	1.7	1.2	0	1.8	4.0			
8	0.9	1.8	2.3	2.1	2.1	0.4	1.3	0	3.2	3.1		
9	1.2	2.3	3.0	2.7	3.4	3.8	3.7	2.1	0	2.9	1.1	
10	1.5	2.9	3.9	3.6	4.3	5.1	4.2	2.1	1.8	0	3.9	8.4
11	1.8	3.6	4.9	4.6	5.4	6.3	5.4	3.6	3.6	3.3	0	1.1
12	2.2	4.4	6.1	7.8	8.1	10	9.1	7.6	7.6	4.3	0	0

53 年 式 重 机 枪

续表 7

弹丸重 11.8 克

1953 年式市弹

表 尺	距 离 (米)										
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
5	0.3	0.6	0.7	0.5	0	0.7					
6	0.5	0.9	1.1	0.9	0.7	0	-1.0	-2.8			
7	0.7	1.3	1.5	1.6	1.4	0.9	0	-1.5	2.0		
8	0.9	1.6	2.0	2.3	2.4	2.0	1.3	0	2.0	1.1	
9	1.1	2.0	2.7	3.2	3.4	3.2	2.7	1.9	3.4	2.5	
10	1.3	2.5	3.4	4.7	4.7	4.5	4.3	3.4	2.0		
11	1.6	3.0	4.2	5.2	5.8	5.3	4.7	3.0	4.7	4.0	1.6
12	1.9	3.5	5.1	6.1	7.4	7.7	8.3	7.0	7.0	6.7	1.2

续表 7 56年式班用轻机枪和半自动步枪

表 尺	距 离 (米)									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
米										
6	0.9	1.6	2.0	1.9	1.3	0	-2.2			
7	1.2	2.3	3.0	3.3	3.0	1.3	0	-3.0		
8	1.6	3.1	4.2	4.5	5.0	4.3	2.7	0	4.1	
9	2.1	4.1	5.7	6.8	7.4	7.1	5.9	3.6	0	5.2
10	2.7	5.2	7.4	9.1	10.2	10.5	9.8	7.9	4.7	0
										5.1

注：带负号“-”的是指弹道在瞄准线之下

续表 7 56年式冲锋枪

表 尺	距 离 (米)									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
米										
6	1.0	1.8	2.3	2.3	1.6	0	-2.6			
7	1.4	2.6	3.4	3.7	3.4	2.2	0	-3.4		
8	1.8	3.4	4.7	5.4	6.5	4.8	3.0	0	-4.3	

表 8 气象和弹道变化的修正量

射 击 距 离 (米)	距 离 修 正 量 (米)					高 低 修 正 量 (米)					方 向 修 正 量			射 击 距 离 米	
	气温每增减1℃ 和装药温	大气压力每米 增减10毫米	初速每增减 10米/秒	纵 风 10米/秒	气温每增减1℃ 和装药温	大气压力每米 增减10毫米	初速每增减 10米/秒	纵 风 10米/秒	与射面成角 度的横风 (4米/秒)	偏 差 米	密 位	密 位			
1	2	3	4	5	6	7	7	7	8	9	10	11	12	13	14

重机枪、连用轻机枪、1953年式轻机枪、1891—30年式步枪和1953年式骑枪射击时

彈丸重9.6克

初速为 82" --- 865 米/秒

100	2	0	2	0	0.00	0.00	0.00	0.02	0.2	0.00	0.6	100
200	4	0	4	0	0.01	0.00	0.01	0.09	0.4	0.01	0.6	200
300	6	1	6	1	0.02	0.00	0.02	0.20	0.7	0.02	0.1	300
400	8	1	8	2	0.04	0.00	0.04	0.40	1.0	0.04	0.1	400
500	10	2	9	3	0.07	0.01	0.06	0.68	1.4	0.07	0.1	500
600	13	3	10	4	0.12	0.03	0.09	1.08	1.8	0.12	0.2	600
700	16	4	11	6	0.21	0.05	0.15	1.54	2.2	0.14	0.2	700
800	19	5	12	8	0.35	0.09	0.22	2.16	2.7	0.24	0.3	800
900	22	6	13	11	0.54	0.14	0.30	2.88	3.2	0.43	0.5	900
1000	26	7	13	14	0.80	0.20	0.39	3.60	3.6	0.62	0.6	1000
1100	30	7	13	17	1.1	0.28	0.49	4.50	4.1	0.87	0.8	1100
1200	33	8	13	21	1.6	0.38	0.62	5.66	4.6	1.20	1.0	1200

续表 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1956 年式班用轻机枪, 半自动步枪和冲锋枪射击时													
弹丸重 7.9 克		初速 为 710 米/秒											
100	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
200	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
300	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
400	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
500	13	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
600	16	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
700	19	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
800	22	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
900	25	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1000	29	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
弹丸重 5.52 克		初速 为 500 米/秒											
100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
200	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
300	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

气象要素变化的修正量

(53年式重机枪用1930年式重弹射击)

续表 8

弹丸重11.8克

初速300米/秒

射击距离 (米)	距离修正量(米)			气象要素修正量			修正量			修正量	修正量	修正量
	气温和 装药温度 每增 减10℃	大气 压力 每增 减10 毫米	初速每 增 减 10米/秒	纵风 10米/秒	气温和 装药温度 每增 减10℃	大气 压力 每增 减10 毫米	初速每 增 减 10米/秒	纵风 10米/秒	射角修正 (度, 分, 秒)	定偏 (米)	定偏 (米)	修正量
100	2	0	2	0	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.2	0.0	190
200	5	0	4	0	0.04	0.00	0.01	0.00	0.08	0.4	0.0	240
300	7	0	6	0	0.02	0.00	0.02	0.00	0.24	0.7	0.0	330
400	9	1	8	1	0.04	0.00	0.04	0.01	0.40	1.0	0.0	400
500	11	1	10	2	0.00	0.01	0.06	0.02	0.70	1.1	0.0	500
600	13	2	11	3	0.12	0.02	0.10	0.03	1.02	1.7	0.0	600
700	16	3	13	4	0.19	0.04	0.16	0.05	1.40	2.0	0.0	730
800	19	3	14	6	0.28	0.06	0.22	0.09	1.84	2.3	0.1	800
900	22	4	15	8	0.31	0.08	0.29	0.15	2.24	2.6	0.1	900
1000	25	5	16	10	0.59	0.12	0.38	0.21	3.00	3.3	0.1	1000
1100	28	6	16	13	0.84	0.18	0.48	0.38	3.50	3.5	0.1	1130
1200	32	7	17	15	1.00	0.23	0.61	0.57	4.02	3.6	0.2	1200
1300	35	7	18	19	1.50	0.32	0.76	0.82	5.00	4.0	0.3	1300
1400	38	8	18	22	1.90	0.41	0.92	1.10	6.02	4.3	0.4	1400
1500	41	9	19	26	2.10	0.53	1.10	1.50	6.90	4.6	0.5	1500

表 9 高低两用轻机枪

斜距离 (米)	米										高低 (度、角)	高低 本 度
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000		
-35	20	10	-30	-	60	-	70	80	90	100	110	120
-30	-10	-20	10	10	50	60	60	60	60	60	60	60
25	10	20	-30	30	30	40	40	40	40	40	40	40
20	10	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
-15	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

重机枪、连用轻机枪、1953年式轻机枪、1891 30年式步枪和1953年式骑枪射击的

弹丸重9.6克 切速与靶心 0.05 米

续表 9

斜距 (米)	高低 (度)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000	4100	4200	4300	4400	4500	4600	4700	4800	4900	5000	5100	5200	5300	5400	5500	5600	5700	5800	5900	6000	6100	6200	6300	6400	6500	6600	6700	6800	6900	7000	7100	7200	7300	7400	7500	7600	7700	7800	7900	8000	8100	8200	8300	8400	8500	8600	8700	8800	8900	9000	9100	9200	9300	9400	9500	9600	9700	9800	9900	10000	10100	10200	10300	10400	10500	10600	10700	10800	10900	11000	11100	11200	11300	11400	11500	11600	11700	11800	11900	12000	12100	12200	12300	12400	12500	12600	12700	12800	12900	13000	13100	13200	13300	13400	13500	13600	13700	13800	13900	14000	14100	14200	14300	14400	14500	14600	14700	14800	14900	15000	15100	15200	15300	15400	15500	15600	15700	15800	15900	16000	16100	16200	16300	16400	16500	16600	16700	16800	16900	17000	17100	17200	17300	17400	17500	17600	17700	17800	17900	18000	18100	18200	18300	18400	18500	18600	18700	18800	18900	19000	19100	19200	19300	19400	19500	19600	19700	19800	19900	20000	20100	20200	20300	20400	20500	20600	20700	20800	20900	21000	21100	21200	21300	21400	21500	21600	21700	21800	21900	22000	22100	22200	22300	22400	22500	22600	22700	22800	22900	23000	23100	23200	23300	23400	23500	23600	23700	23800	23900	24000	24100	24200	24300	24400	24500	24600	24700	24800	24900	25000	25100	25200	25300	25400	25500	25600	25700	25800	25900	26000	26100	26200	26300	26400	26500	26600	26700	26800	26900	27000	27100	27200	27300	27400	27500	27600	27700	27800	27900	28000	28100	28200	28300	28400	28500	28600	28700	28800	28900	29000	29100	29200	29300	29400	29500	29600	29700	29800	29900	30000	30100	30200	30300	30400	30500	30600	30700	30800	30900	31000	31100	31200	31300	31400	31500	31600	31700	31800	31900	32000	32100	32200	32300	32400	32500	32600	32700	32800	32900	33000	33100	33200	33300	33400	33500	33600	33700	33800	33900	34000	34100	34200	34300	34400	34500	34600	34700	34800	34900	35000	35100	35200	35300	35400	35500	35600	35700	35800	35900	36000	36100	36200	36300	36400	36500	36600	36700	36800	36900	37000	37100	37200	37300	37400	37500	37600	37700	37800	37900	38000	38100	38200	38300	38400	38500	38600	38700	38800	38900	39000	39100	39200	39300	39400	39500	39600	39700	39800	39900	40000	40100	40200	40300	40400	40500	40600	40700	40800	40900	41000	41100	41200	41300	41400	41500	41600	41700	41800	41900	42000	42100	42200	42300	42400	42500	42600	42700	42800	42900	43000	43100	43200	43300	43400	43500	43600	43700	43800	43900	44000	44100	44200	44300	44400	44500	44600	44700	44800	44900	45000	45100	45200	45300	45400	45500	45600	45700	45800	45900	46000	46100	46200	46300	46400	46500	46600	46700	46800	46900	47000	47100	47200	47300	47400	47500	47600	47700	47800	47900	48000	48100	48200	48300	48400	48500	48600	48700	48800	48900	49000	49100	49200	49300	49400	49500	49600	49700	49800	49900	50000	50100	50200	50300	50400	50500	50600	50700	50800	50900	51000	51100	51200	51300	51400	51500	51600	51700	51800	51900	52000	52100	52200	52300	52400	52500	52600	52700	52800	52900	53000	53100	53200	53300	53400	53500	53600	53700	53800	53900	54000	54100	54200	54300	54400	54500	54600	54700	54800	54900	55000	55100	55200	55300	55400	55500	55600	55700	55800	55900	56000	56100	56200	56300	56400	56500	56600	56700	56800	56900	57000	57100	57200	57300	57400	57500	57600	57700	57800	57900	58000	58100	58200	58300	58400	58500	58600	58700	58800	58900	59000	59100	59200	59300	59400	59500	59600	59700	59800	59900	60000	60100	60200	60300	60400	60500	60600	60700	60800	60900	61000	61100	61200	61300	61400	61500	61600	61700	61800	61900	62000	62100	62200	62300	62400	62500	62600	62700	62800	62900	63000	63100	63200	63300	63400	63500	63600	63700	63800	63900	64000	64100	64200	64300	64400	64500	64600	64700	64800	64900	65000	65100	65200	65300	65400	65500	65600	65700	65800	65900	66000	66100	66200	66300	66400	66500	66600	66700	66800	66900	67000	67100	67200	67300	67400	67500	67600	67700	67800	67900	68000	68100	68200	68300	68400	68500	68600	68700	68800	68900	69000	69100	69200	69300	69400	69500	69600	69700	69800	69900	70000	70100	70200	70300	70400	70500	70600	70700	70800	70900	71000	71100	71200	71300	71400	71500	71600	71700	71800	71900	72000	72100	72200	72300	72400	72500	72600	72700	72800	72900	73000	73100	73200	73300	73400	73500	73600	73700	73800	73900	74000	74100	74200	74300	74400	74500	74600	74700	74800	74900	75000	75100	75200	75300	75400	75500	75600	75700	75800	75900	76000	76100	76200	76300	76400	76500	76600	76700	76800	76900	77000	77100	77200	77300	77400	77500	77600	77700	77800	77900	78000	78100	78200	78300	78400	78500	78600	78700	78800	78900	79000	79100	79200	79300	79400	79500	79600	79700	79800	79900	80000	80100	80200	80300	80400	80500	80600	80700	80800	80900	81000	81100	81200	81300	81400	81500	81600	81700	81800	81900	82000	82100	82200	82300	82400	82500	82600	82700	82800	82900	83000	83100	83200	83300	83400	83500	83600	83700	83800	83900	84000	84100	84200	84300	84400	84500	84600	84700	84800	84900	85000	85100	85200	85300	85400	85500	85600	85700	85800	85900	86000	86100	86200	86300	86400	86500	86600	86700	86800	86900	87000	87100	87200	87300	87400	87500	87600	87700	87800	87900	88000	88100	88200	88300	88400	88500	88600	88700	88800	88900	89000	89100	89200	89300	89400	89500	89600	89700	89800	89900	90000	90100	90200	90300	90400	90500	90600	90700	90800	90900	91000	91100	91200	91300	91400	91500	91600	91700	91800	91900	92000	92100	92200	92300	92400	92500	92600	92700	92800	92900	93000	93100	93200	93300	93400	93500	93600	93700	93800	93900	94000	94100	94200	94300	94400	94500	94600	94700	94800	94900	95000	95100	95200	95300	95400	95500	95600	95700	95800	95900	96000	96100	96200	96300	96400	96500	96600	96700	96800	96900	97000	97100	97200	97300	97400	97500	97600	97700	97800	97900	98000	98100	98200	98300	98400	98500	98600	98700	98800	98900	99000	99100	99200	99300	99400	99500	99600	99700	99800	99900	100000	100100	100200	100300	100400	100500	100600	100700	100800	100900	101000	101100	101200	101300	101400	101500	101600	101700	101800	101900	102000	102100	102200	102300	102400	102500	102600	102700	102800	102900	103000	103100	103200	103300	103400	103500	103600	103700	103800	103900	104000	104100	104200	104300	104400	104500	104600	104700	104800	104900	105000	105100	105200	105300	105400	105500	105600	105700	105800	105900	106000	106100	106200	106300	106400	106500	106600	106700	106800	106900	107000	107100	107200	107300	107400	107500	107600	107700	107800	107900	108000	108100	108200	108300	108400	108500	108600	108700	108800	108900	109000	109100	109200	109300	109400	109500	109600	109700	109800	109900	110000	110100	110200	110300	110400	110500	110600	110700	110800	110900	111000	111100	111200	111300	111400	111500	111600	111700	111800	111900	112000	112100	112200	112300	112400	112500	112600	112700	112800	112900	113000	113100	113200	113300	113400	113500	113600	113700	113800	113900	114000	114100	114200	114300	114400	114500	114600	114700	114800	114900	115000	115100	115200	115300	115400	115500	115600	115700	115800	115900	116000	116100	116200	116300	116400	116500	116600	116700	116800	116900	117000	117100	117200	117300	117400	117500	117600	117700	117800	117900	118000	118100	118200	118300	118400	118500	118600	118700	118800	118900	119000	119100	119200	119300	119400	119500	119600	119700	119800	119900	120000	120100	120200	120300	120400	120500	120600	120700	120800	120900	121000	121100	121200	121300	121400	121500	121600	12170
-----------	-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------

表10 (甲) 九百三年式7.12毫米重机枪射击时完成射击任务
所需的射弹数量 (1909年式轻弹)

射 击 距 离 (米)	10米正面上 的人头目标 (5号靶)		10米正面上 的人胸目标 (6号靶)		10米正面上 的跑步目标 (8号靶)		10米正面上 的跑步目标 (8号甲靶)		10米正面上 的全身目标 (9号靶)		10米正面上 的机炮靶 (10号靶)		射 击 距 离 (米)
	杀伤 50%	杀伤 80%	杀伤 50%	杀伤 80%	杀伤 50%	杀伤 80%	杀伤 50%	杀伤 80%	杀伤 50%	杀伤 80%	杀伤 50%	杀伤 80%	
100	22	50	16	36	22	50	28	64	10	36	22	50	100
200	28	65	19	43	23	52	28	64	17	38	24	56	200
300	35	80	23	50	27	54	29	67	18	39	30	60	300
400	47	105	30	69	36	57	28	64	20	40	30	60	400
500	57	131	37	84	28	63	27	65	2	46	22	56	500
600	70	158	44	101	29	68	30	67	22	49	26	60	600
700	86	195	51	119	32	74	32	73	24	52	33	75	700
800	103	233	59	137	35	80	35	79	25	55	39	88	800
900	120	275	68	157	38	86	38	87	26	58	45	103	900
1000	140	319	78	177	41	92	42	96	27	61	52	118	1000
1100	160	364	88	200	44	100	44	106	29	64	58	135	1100
1200	180	410	99	225	46	107	46	115	31	67	66	150	1200

表 11-2-1 全弹、所需药片弹及药片

[illegible]

续表10 : 乙

1	2	3	4	5	6	7	8
1953 年式骑枪射击时							
100	1	1	1	1	1	1	100
200	2	1	1	1	1	1	200
300	3	2	1	1	1	1	300
400	4	3	2	2	2	2	400
500	5	3	2	3	2	2	500
600	6	4	2	3	3	3	600
700	9	6	3	4	3	3	700
800	12	8	3	4	4	4	800
1956 年式班用轻机枪射击时							
100	2	2	2	2	2	2	100
200	2	2	2	2	2	2	200
300	4	3	2	2	2	2	300
400	6	4	2	3	2	3	400
500	10	6	3	4	3	5	500
600	13	8	4	5	3	6	600
700	20	12	5	7	4	10	700
800	27	16	6	9	5	12	800
900	35	20	7	11	7	15	900
1000	46	27	9	15	8	19	1000
1956 年式半自动步枪射击时							
100	1	1	1	1	1	1	100
200	2	1	1	1	1	1	200
300	2	2	1	2	1	1	300
400	3	2	2	2	2	2	400
500	4	3	2	2	2	3	500
600	7	4	2	3	2	4	600
700	10	6	3	4	3	5	700
800	16	10	4	6	4	7	800

续表10 (乙)

射 击 距 离 (米)	人头目标 5号靶	人胸目标 6号靶	跑步目标 8号靶	跑步目标 8号甲靶	全身目标 9号靶	机 枪 靶 (10号靶)	射 击 距 离 (米)
	单发射 连发射	单发射 连发射	单发射 连发射	单发射 连发射	单发射 连发射	单发射 连发射	
1956年式冲锋枪射击时							
100	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	100
200	2 3	2 2	1 2	2 2	1 2	2 2	200
300	3 5	2 4	2 2	2 3	2 2	2 3	300
400	4 8	3 5	2 3	2 3	2 2	2 4	400
500	6 12	4 8	2 2	3 5	2 2	3 6	500
600	9 19	6 12	3 3	4 7	3 3	4 9	600
700	14 30	8 16	3 5	5 9	3 3	6 12	700
800	20 41	12 24	5 9	7 13	4 4	9 18	800
1950年式和1954年式冲锋枪射击时							
100	4	3	2	2	2	2	100
200	8	5	4	4	3	3	200
300	16	9	6	6	1	3	300

表11 一九五二年二〇〇毫米迫击炮基本射表
甲 选择装药表

0 - 832 以上尾翼杀伤迫击炮弹
M - 5 式引信

射 击 距 离 米	基 本 装 药		号 装 药		号 装 药		引 信 高 度 米
	$v_0 = 70$ 米 秒		$v_0 = 132$ 米 秒		$v_0 = 175$ 米 秒		
	表 尺 分 划	落 角 度	表 尺 分 划	落 角 度	表 尺 分 划	落 角 度	
1	2	3	4	5	6	7	8
85	3 33	85					85
100	3 50	84					100
200	4 58	78					200
300	5 81	71	3 33	85			300
400	7 36	61	3 41	84	3 33	86	400
500	10 00	46	1 14	81	5 30	85	500
600			4 49	79	3 71	84	600
700			4 83	78	3 93	83	700
800			5 23	70	4 16	82	800
900			5 61	74	4 39	81	900

续表 11 (甲)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1000			6 02	71	4 61	80	1 37	82	1040
100			6 47	69	4 84	79	1 35	82	1040
200			6 98	66	5 09	77	1 33	81	200
300			7 58	63	5 34	76	4 71	80	300
400			8 05	60	5 60	75	1 60	79	400
500			10 00	49	5 88	74	1 60	78	500
600					6 16	72	3 20	78	600
700					6 46	70	3 19	77	700
800					6 77	69	3 11	76	800
900					7 11	67	3 04	75	900
2000					7 19	65	6 37	74	2000
100					7 42	64	6 40	73	100
200					8 46	60	6 64	72	200
300					9 20	58	6 88	71	300
400					10 00	51	7 14	69	400
500							7 42	68	500
600							7 73	66	600
700							8 07	65	700
800							8 46	62	800
900							8 94	61	900
3000							9 20	57	3000
3040							10 00	54	3040

31

V. 1. 4.

• 434 •

杀伤迫击炮弹
引信

基本装药
初速70米/秒

瞄准角		落角	末速	飞行时间	公算偏差		射击距离
α		θ_c	v_c	t_c	$B_{\perp}$	$B_{\parallel}$	米
度	分	度	米/秒	秒	米	米	米
85	00	85	67	14	1.2	1.1	85
84	00	84	67	14	1.4	1.2	100
77	31	78	67	14	2.8	1.6	200
70	09	71	66	13	4.1	1.9	300
60	51	61	66	12	5.3	1.7	400
45	00	46	66	10	6.3	1.6	475

续表11 (乙)

表尺分划

“密位”

0-832 直 十 尾 翼

M 5 式

射 击 距 离	表 尺	射 击 距 离 的 改 变 量	最 大 弹 道 高	修 止 量					
				方 向		距 离			
				横 风 速 度	纵 风 速 度	偏 差 量			
						气10 毫 压米	气 温 10°	初 速 1 %	弹 重 每 增 加 个 符 号
1	11	Δ11	Y	ΔZω	ΔXω	ΔX _H	ΔX _T	ΔX _{vo}	ΔX ₀
米	分 划	分 划	米	密 位	米	米	米	米	米
255	3 33	0 16	763	72	29	1	1	5	+ 1
300	3 48	0 17	760	69	29	1	1	6	+ 1
400	3 81	0 17	752	63	30	1	2	7	- 2
500	4 14	0 17	744	56	31	1	3	9	+ 2
600	4 49	0 17	734	47	32	1	4	10	+ 3
700	4 84	0 18	722	40	34	2	4	12	+ 3
800	5 21	0 19	707	35	35	2	4	14	- 4
900	5 61	0 20	690	30	37	2	5	15	+ 4
1000	6 02	0 22	669	27	38	2	6	17	+ 4
1100	6 47	0 25	644	25	40	3	6	18	+ 5
1200	6 98	0 28	612	22	42	3	7	20	+ 5
1300	7 58	0 35	572	19	43	3	8	22	+ 6
1400	8 35	0 53	519	16	42	3	8	23	+ 6
1500	9 93		412	14	40	3	9	25	+ 7
1605	10 00		393	14	40	3	9	25	+ 7

杀伤迫击炮弹

引信

一号装药 (环形)

初速 132 米/秒

瞄 准 角		落 角	末 速	飞 行 时 间	公 算 偏 差		射 击 距 离	
					距 离	方 向		
α		θ_c	v_c	t_c	B_d	B_b	L	
度	分	密 位	度	米 / 秒	秒	米	米	米
85	00	1417	85	118	25	7.5	7.5	255
84	06	1402	85	118	25	8.0	7.4	300
82	08	1369	83	117	25	9.2	7.2	400
80	08	1338	81	117	25	10	7.0	500
78	05	1301	79	117	25	11	6.8	600
75	57	1266	78	117	25	12	6.6	700
73	43	1229	76	117	24	13	6.4	800
71	22	1189	74	117	24	14	6.2	900
68	52	1148	71	116	24	15	5.9	1000
66	10	1103	69	116	23	16	5.7	1100
63	08	1052	66	115	23	17	5.6	1200
59	33	992	63	115	22	18	5.4	1300
54	56	915	59	114	21	18	5.2	1400
45	24	757	51	112	19	19	5.0	1500
45	00	750	49	112	18	19	5.0	1505

续表11乙

表尺分划

“密位”

0 832 21 十 尾 翼

M 5 式

射 击 距 离	表 尺	射 击 距 离 的 改 变 50 米 时	最 大 弹 道 高	修 正 量						
				方 向 横 风 速 度	纵 风 速 度	距 离				弹 重 个 符 号 每 增 加 号
						偏 差 量				
						气10 毫 压米	气 温 10	初 速 1 %		
Δ	Δ	Δ	Δ	ΔZ ₁₀	ΔX ₁₀	ΔX ₁₀	ΔX ₁	ΔX ₁₀	ΔX ₀	
米	分 划	分 划	米	密位	米	米	米	米	米	
125	3 33	0 11	1250	91	67	3	4	5	0	
500	4 50	0 11	1210	89	68	3	4	7	- 1	
600	3 71	0 11	1240	81	68	3	5	8	- 1	
700	3 93	0 11	1230	78	69	4	5	10	- 1	
800	4 16	0 11	1220	72	70	4	6	12	- 2	
900	4 39	0 12	1210	66	70	4	7	13	+ 2	
1000	4 61	0 12	1200	60	71	4	9	15	- 3	
1100	4 84	0 12	1190	53	72	4	10	17	- 4	
2000	5 09	0 13	1170	47	73	5	11	18	- 4	
3000	5 31	0 13	1160	43	71	5	11	20	- 4	
4000	5 60	0 14	1140	40	76	5	12	21	+ 5	
5000	5 88	0 14	1120	37	77	5	13	22	- 5	
6000	6 16	0 15	1090	35	78	5	13	24	- 5	
7000	6 46	0 16	1060	33	78	6	14	26	- 6	
8000	6 77	0 17	1030	31	79	6	15	27	+ 6	
9000	7 11	0 18	993	29	80	7	15	29	+ 6	
20000	7 49	0 21	956	27	80	7	16	30	+ 6	
10000	7 82	0 26	911	25	80	8	17	32	+ 7	
20000	8 13	0 32	850	22	80	8	18	33	+ 7	
30000	8 20	0 65	754	19	78	8	18	35	+ 8	
35500	10 00		650	18	75	8	19	36	- 8	

杀伤迫击炮弹
引信

二号装药
初速175米/秒

瞄 准 角		落 角	末 速	飞 行 时 间	公 算 偏 差		射 击 距 离
					距	方	
α		θ_c	V_c	t_c	B_{Δ}	B_6	Δ
度 分	密 位	度	米 秒	秒	米	米	米
85 00	1417	86	148	32	14	13	425
84 02	1400	85	148	32	15	13	500
82 43	1379	84	147	32	16	12	600
81 23	1357	83	147	32	16	12	700
80 03	1334	82	146	32	17	12	800
78 42	1311	81	146	32	18	12	900
77 20	1289	80	145	32	19	12	1000
75 56	1266	79	144	31	20	11	140
74 29	1241	77	144	31	21	11	200
72 58	1216	76	143	31	22	11	300
71 23	1190	75	142	31	23	10	400
69 44	1162	74	142	30	24	10	500
68 01	1134	72	141	30	25	9.9	600
66 14	1104	70	141	30	26	9.6	700
64 22	1073	69	140	29	27	9.4	800
62 21	1039	67	140	29	28	9.1	900
60 05	1001	65	140	28	29	8.8	2000
57 28	958	63	139	27	30	8.5	100
54 15	904	60	138	26	31	8.3	200
49 50	830	56	136	25	32	8.0	300
45 00	750	51	135	23	32	7.7	355

续表11 (乙)

表头分划

“密位”

0-832 尾翼

M-5 式

射 击 距 离 米	表 尺	时 表 尺 的 改 变 量 分 划	最 大 弹 道 高 米	修 正 量						
				方 向		距 离				
				横 风 速 度 米 秒	纵 风 速 度 米 秒	偏 差				
						气 压 毫 米	气 温 10°	初 速 米	弹 重 每 一 号	增 加 符 号
	分 划	分 划	米	密 位	米	米	米	米	米	米
515	3 33	0 08	1656	130	105	5	7	7	0	
600	3 48	0 08	1640	124	105	5	8	8	0	
700	3 65	0 09	1630	117	106	5	9	9	0	
800	3 82	0 09	1620	109	105	5	10	11	- 1	
900	4 00	0 09	1610	102	107	5	11	12	+ 1	
1000	4 17	0 09	1600	95	107	5	12	13	+ 2	
1100	4 35	0 09	1580	87	108	5	13	15	+ 2	
200	4 53	0 09	1570	80	108	6	14	16	+ 2	
300	4 71	0 09	1560	73	109	6	15	18	+ 3	
400	4 90	0 09	1540	67	109	6	16	19	+ 3	
500	5 09	0 10	1530	62	110	7	17	20	+ 3	
600	5 29	0 10	1510	57	112	8	18	22	+ 3	
700	5 49	0 11	1490	53	113	8	19	23	+ 4	
800	5 71	0 11	1470	49	114	9	20	24	+ 4	
900	5 94	0 11	1450	46	116	9	21	25	+ 4	
2000	6 17	0 11	1430	44	117	10	23	27	+ 4	
100	6 40	0 12	1400	41	119	10	24	28	- 4	
200	6 64	0 12	1370	39	120	10	25	29	+ 5	
300	6 88	0 13	1340	37	121	10	26	30	+ 5	
400	7 14	0 14	1310	35	122	10	27	32	+ 6	
500	7 42	0 15	1280	34	123	11	28	33	+ 6	
600	7 73	0 16	1240	32	123	11	28	35	+ 6	
700	8 07	0 19	1190	30	122	12	29	37	- 6	
800	8 46	0 23	1130	28	121	13	30	39	+ 7	
900	8 94	0 29	1060	26	118	13	31	42	- 7	
3000	9 58	0 52	950	24	114	13	32	44	+ 8	
3010	10 00		875	23	112	13	33	45	+ 8	

杀 伤 迫 击 炮 弹

三号装药

引 信

初速211米·秒

瞄 准 角		落 角	末 速	飞 行 时 间	公 算 偏 差		射 击 距 离
					距 离	方 向	
α		θ_c	V_c	t_c	B_{Δ}	B_6	L
度 分	密 位	度	米/秒	秒	米	米	米
85 00	1417	86	165	37	18	16	515
84 08	1402	85	165	37	19	15	600
83 06	1385	85	164	37	20	15	700
82 04	1368	84	163	37	21	15	800
81 01	1350	83	163	37	22	15	900
79 57	1333	82	162	36	23	14	1000
78 53	1315	82	161	36	24	14	100
77 49	1297	81	161	36	25	14	200
76 44	1279	80	160	36	26	14	300
75 38	1261	79	160	36	27	14	400
74 29	1241	79	159	36	28	13	500
73 17	1221	78	159	35	29	13	600
72 02	1201	77	158	35	30	13	700
70 44	1179	76	158	35	31	13	800
69 23	1156	75	157	35	32	12	900
68 00	1133	74	157	34	33	12	2000
66 36	1110	73	157	34	35	12	100
65 19	1086	72	156	34	36	12	200
63 42	1062	71	156	33	37	12	300
62 10	1036	69	155	33	38	11	400
60 30	1008	68	155	33	39	11	500
58 39	977	66	154	32	41	11	600
56 35	943	65	153	31	42	11	700
54 14	904	63	153	30	43	10	800
51 24	856	60	152	29	44	10	900
47 30	792	57	151	28	45	10	3000
45 00	750	54	151	27	45	10	3040

表 12 一九六三年式 60 毫米迫击炮(榴弹)简明射表

射 角 (密位)	装 药	基本装药 (号)	号		
			一 号	二 号	三 号
135		4 - 17			
160		4 - 19			
200		5 - 03			
250		5 - 73			
300		6 - 62	4 - 42		
350		7 - 71	4 - 77		
400			5 - 13	1 - 35	
450			5 - 51	4 - 60	
500			5 - 92	4 - 85	
550			6 - 36	5 - 11	
600			6 - 81	5 - 37	
650			7 - 40	5 - 64	
700			8 - 09	5 - 93	
750			8 - 15	6 - 23	5 - 20
800				6 - 56	5 - 41
850				6 - 92	5 - 62
900				7 - 31	5 - 81
950				7 - 77	6 - 08
1000				8 - 32	6 - 32
1050				9 - 07	6 - 58
1100					6 - 85
1150					7 - 14
1200					7 - 45
1250					7 - 80
1300					8 - 19
1350					8 - 67
1400					9 - 31

表13 目标不在炮口水平面上时的
表尺分划修正量表

O - 832 M 十尾翼杀伤迫击炮弹

目标不在炮口水平面上时，为了要得出射击时的表尺装定量，就应将表尺分划与炮目标高差修正量代数相加。

例如：到目标的距离1300米；目标低于炮口水平面120米。用一号装药射击。从射表中查出表尺分划为7 - 58。从修正量表中查出修正量为负0 - 42。射击的表尺分划则为7 - 16。

附注：六尾翼炮弹可使用这些修正量表。但在使用时必须注意装药的比例：

六尾翼炮弹	十尾翼炮弹
二号装药	一号装药
四号装药	二号装药
六号装药	三号装药

十 尾 翼 杀 伤

表 尺 分 划

射 距 (米) 高于 低于 迫击炮 (米)	400	600	800	900	1000
20	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{3}$
40	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{7}{6}$
60	$\frac{2}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{11}{10}$
80	$\frac{4}{3}$	$\frac{7}{5}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{16}{12}$
100	$\frac{4}{4}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{15}{12}$	$\frac{20}{15}$
120	$\frac{6}{5}$	$\frac{10}{7}$	$\frac{15}{12}$	$\frac{19}{15}$	$\frac{25}{18}$
140	$\frac{7}{6}$	$\frac{12}{9}$	$\frac{18}{14}$	$\frac{23}{17}$	$\frac{30}{21}$
160	$\frac{8}{7}$	$\frac{14}{10}$	$\frac{22}{16}$	$\frac{27}{19}$	$\frac{35}{24}$
180	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{12}$	$\frac{25}{17}$	$\frac{31}{21}$	$\frac{40}{27}$
200	$\frac{11}{8}$	$\frac{18}{13}$	$\frac{28}{20}$	$\frac{35}{25}$	$\frac{46}{31}$

- 附注: 1. 分子——修正量为正 (目标高于迫击炮炮口水平面),
 2. 分母——修正量为负 (目标低于迫击炮炮口水平面),
 3. 分子位置上的横线系表示不能命中目标

迫 击 炮 弹

一号装药 (环形)

修正量表

初速132米/秒

1100	1200	1300	1400	射 距 (米)
				目标 $\frac{\text{高于}}{\text{低于}}$ 迫击炮 (米)
$\frac{4}{4}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{11}{8}$	$\frac{17}{13}$	20
$\frac{9}{8}$	$\frac{14}{11}$	$\frac{24}{15}$	$\frac{38}{26}$	40
15	$\frac{22}{16}$	$\frac{38}{22}$	$\frac{-}{39}$	60
$\frac{21}{15}$	$\frac{30}{21}$	$\frac{54}{20}$	$\frac{-}{52}$	80
$\frac{28}{19}$	$\frac{40}{26}$	$\frac{70}{35}$	$\frac{-}{65}$	100
$\frac{34}{23}$	$\frac{50}{30}$	$\frac{87}{42}$	$\frac{-}{78}$	120
$\frac{42}{26}$	$\frac{62}{34}$	$\frac{-}{48}$	$\frac{-}{92}$	140
$\frac{50}{30}$	$\frac{74}{39}$	$\frac{-}{55}$	$\frac{-}{107}$	160
$\frac{58}{34}$	$\frac{88}{43}$	$\frac{-}{62}$	$\frac{-}{122}$	180
$\frac{66}{38}$	$\frac{102}{48}$	$\frac{-}{68}$	$\frac{-}{137}$	200

十 尾 翼 杀 伤

表 尺 分 划

射 距 (米) 目标 $\frac{\text{高于}}{\text{低于}}$ 迫击炮 (米)	800	1000	1200	1400	1600
20	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$
40	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{3}$
60	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{5}$
80	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{7}{7}$
100	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{9}{8}$
120	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{11}{10}$
140	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{11}{9}$	$\frac{14}{12}$
160	$\frac{5}{5}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{12}{11}$	$\frac{16}{14}$
180	$\frac{6}{6}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{14}{12}$	$\frac{19}{16}$
200	$\frac{7}{6}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{16}{14}$	$\frac{22}{18}$

- 附注: 1. 分子——修正量为正 (目标高于迫击炮炮口水平面),
 2. 分母——修正量为负 (目标低于迫击炮炮口水平面),
 3. 分子位置上的横线系表示不能命中目标。

迫 击 炮 弹

二号装药 (环形)

修正量表

初速175米/秒

1800	2000	2100	2200	2300	射 距 (米)
					目标 $\frac{\text{高于}}{\text{低于}}$ 迫击炮 (米)
$\frac{2}{2}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{13}{12}$	20
$\frac{5}{5}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{11}{9}$	$\frac{19}{14}$	$\frac{23}{23}$	40
$\frac{7}{7}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{17}{13}$	$\frac{30}{20}$	$\frac{36}{36}$	60
$\frac{9}{9}$	$\frac{16}{13}$	$\frac{23}{18}$	$\frac{43}{26}$	$\frac{47}{47}$	80
$\frac{13}{12}$	$\frac{21}{17}$	$\frac{30}{22}$	$\frac{58}{32}$	$\frac{58}{58}$	100
$\frac{16}{14}$	$\frac{26}{20}$	$\frac{38}{26}$	$\frac{74}{38}$	$\frac{68}{68}$	120
$\frac{19}{16}$	$\frac{32}{23}$	$\frac{46}{30}$	$\frac{74}{44}$	$\frac{76}{76}$	140
$\frac{23}{19}$	$\frac{38}{27}$	$\frac{55}{34}$	$\frac{74}{49}$	$\frac{84}{84}$	160
$\frac{26}{21}$	$\frac{45}{30}$	$\frac{66}{38}$	$\frac{74}{54}$	$\frac{91}{91}$	180
$\frac{30}{24}$	$\frac{52}{34}$	$\frac{79}{42}$	$\frac{74}{59}$	$\frac{97}{97}$	200

十 尾 翼 杀 伤

表 尺 分 划

射 距 (米) 目标 $\frac{\text{高于}}{\text{低于}}$ 追击炮 (米)	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2100	2200
20	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$
40	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{3}$
60	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{4}$
80	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{5}$
100	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{7}{6}$
120	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{8}{8}$
140	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$
160	$\frac{4}{3}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{11}{9}$	$\frac{12}{10}$
180	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{11}{9}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{14}{11}$
200	$\frac{6}{5}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{13}{10}$	$\frac{15}{11}$	$\frac{17}{12}$

- 附注：1. 分子——修正量为正（目标高于追击炮炮口水平面）
 2. 分母——修正量为负（目标低于追击炮炮口水平面）。
 3. 分子位置上的横线系表示不能命中目标。

迫 击 炮 弹

三号装药 (环形)

修正量表

初速 211 米·秒

								射 距 (米)
2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	
								目标 $\frac{\text{高于}}{\text{低于}}$ 迫击炮 (米)
1	2	2	2	3	4	6	9	
1	1	2	2	2	3	5	8	20
3	3	4	5	6	8	12	19	
3	3	4	4	5	6	9	15	40
4	5	6	7	9	12	17	30	
4	5	6	7	8	10	13	22	60
6	7	8	9	12	17	24	45	
6	7	8	9	10	13	17	28	80
8	9	11	13	16	21	31	64	
7	8	10	11	13	16	21	35	100
9	11	13	16	20	26	39	86	
9	10	12	14	16	19	25	40	120
12	14	17	20	24	31	48	—	
10	12	14	16	19	23	30	46	140
14	17	20	23	28	37	58	—	
12	14	16	18	21	26	34	52	160
16	19	23	27	33	43	68	—	
13	15	18	20	24	30	38	57	180
19	22	26	32	39	52	78	—	
14	16	20	23	28	35	44	62	200

表14 一九六五年式82毫米无坐力炮(榴弹)简明射表

射 距 (米)	长 尺 (密位)	高角变化 —密位距 离改变量 (米)	飞行时间 (秒)	最大弹道高 (米)	修 正 量		
					横风10米·分 (密位)	纵风10米·秒 (米)	弹重增加 —个符号 (米)
1	2	3	4	5	6	7	8
100	11	9	0.5	0.5	1	1	1
200	22	9	1.0	1.5	1	1	3
300	33	9	1.5	2.5	2	2	4
400	44	8	2.0	4.5	3	3	5
500	57	8	2.5	7.3	3	4	6
600	69	8	3.1	11	4	5	7
700	83	8	3.7	16	5	7	8
800	96	7	4.2	21	6	9	9
900	110	7	4.8	28	6	12	10
1000	124	7	5.4	36	7	15	10

续表14

1	2	3	4	5	6	7	8
1100	140	6	6.0	45	8	18	11
1200	156	6	6.7	56	8	22	11
1300	173	6	7.4	68	9	25	12
1400	190	6	8.1	81	10	29	12
1500	208	5	8.8	96	11	33	13
1600	227	5	9.6	113	11	37	13
1700	250	5	10	132	12	42	14
1800	270	4	11	153	13	47	14
1900	293	4	12	178	14	52	14
2000	318	4	13	206	15	57	14
2100	344	4	14	237	16	63	15
2200	373	3	15	273	17	70	15
2300	405	3	16	313	18	77	15
2400	440	3	17	362	19	84	15
2500	480	2	19	420	20	92	15
2600	521	2	20	485	21	101	15

表15(甲) 一九六九年式40毫米火箭筒射表

药温15℃

气温15℃

初速120米/秒

射 距 (米)	高 角		飞行时间 (秒)	最大弹道高 (米)	落 角 (度)	落 速 (米/秒)	横风偏差 (米)	公算偏差	
	密 位	度 分						高 低 (米)	方 向 (米)
50	10.9	0 39	0.272	0.17	0.5	225	0.15	0.00	0.08
100	18.8	1 08	0.512	0.35	0.6	280	0.39	0.12	0.17
150	22.6	1 21	0.700	0.51	0.7	273	0.62	0.22	0.26
200	25.2	1 31	0.854	0.72	0.8	265	0.83	0.32	0.34
250	28.0	1 41	1.010	1.00	1.1	255	1.03	0.41	0.42
300	31.4	1 53	1.185	1.38	1.3	244	1.21	0.48	0.49
350	35.4	2 07	1.390	1.91	1.6	232	1.38	0.55	0.54
400	39.5	2 22	1.625	2.70	2.0	219	1.53	0.62	0.59
450	44.1	2 39	1.885	3.80	2.3	206	1.66	0.68	0.64
500	48.4	2 54	2.163	4.94	2.7	193	1.78	0.74	0.68

表 13: 乙 一九六九年式 40 毫米火箭筒不同药温时高角与射距的关系

射距 米	药 品 药 温			药 温			药 温			药 温			药 温			药 温			射距 米
	40℃	20℃	0℃	度分	密位	度分	-10℃	度分	密位	-15℃	度分	密位	-20℃	度分	密位	-35℃	度分	密位	
50	12.8	0 46	12.0	0 43	11.4	0 41	11.1	0 40	10.9	0 39	10.7	0 39	10.3	0 37	9.9	0 36			50
100	22.0	1 19	20.8	1 15	19.6	1 11	19.0	1 08	18.8	1 08	18.5	1 07	17.7	1 04	16.8	1 00			100
150	26.8	1 36	25.2	1 31	23.7	1 25	23.0	1 23	22.6	1 21	22.2	1 20	21.1	1 16	20.0	1 12			150
200	30.2	1 49	28.4	1 42	26.5	1 35	25.6	1 32	25.2	1 31	24.7	1 29	23.3	1 24	22.0	1 19			200
250	33.7	2 01	31.6	1 54	29.6	1 47	28.5	1 43	28.0	1 41	27.5	1 39	26.0	1 34	24.5	1 28			250
300	37.6	2 15	35.3	2 07	33.1	1 59	32.0	1 55	31.4	1 53	30.9	1 51	29.2	1 45	27.6	1 39			300
350	40.2	2 33	39.8	2 23	37.4	2 15	36.0	2 10	35.4	2 07	34.8	2 05	33.0	1 59	31.1	1 52			350
400	47.0	2 49	44.2	2 39	41.5	2 29	40.2	2 25	39.5	2 22	38.9	2 20	36.9	2 13	34.9	2 06			400
450	52.6	3 09	49.5	2 58	46.4	2 47	44.8	2 41	44.1	2 39	43.3	2 36	41.0	2 28	38.8	2 20			450
500	58.1	3 29	54.6	3 17	51.0	3 04	49.3	2 57	48.4	2 54	47.6	2 51	45.0	2 42	42.4	2 33			500

表16 (甲) 一九七〇年式62毫米单兵火箭筒明射表

约温 与飞行时间 射距 (米)	15℃			50℃			-10℃		
	高 角		飞行时间 (秒)	高 角		飞行时间 (秒)	高 角		飞行时间 (秒)
	度 分	密 位		度 分	密 位		度 分	密 位	
50	0 44	12.3	0.3648	0 44	12.1	0.3625	0 45	12.5	0.3670
100	1 31	25.4	0.7475	1 30	25.0	0.7417	1 34	26.0	0.7563
150	2 21	39.2	1.1475	2 19	38.6	1.1377	2 25	40.3	1.1619
200	3 14	54.0	1.5633	3 11	53.2	1.5523	3 20	55.4	1.5852
250	4 11	69.8	2.0039	4 7	68.7	1.9867	4 18	71.8	2.0340

注：直射距离：高温 167 米

常温 166 米

低温 164 米

表16 (乙) 一九七〇年式62毫米单兵火箭弹道高表

药温 射程 (米) 弹道高 (米) 距离 (米)		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
		0.16	0.11										
50℃	50	0.42	0.64	0.65	0.14	0							
	100	0.71	1.22	1.51	1.58	1.43	1.04	0.41					
	150	1.01	1.82	2.41	2.79	2.93	2.84	2.51	1.93	1.08	0		
	200	1.34	2.48	3.40	4.10	4.57	4.81	4.81	4.55	4.03	3.23	2.16	0.79
	250	0.16	0.10										
- 40℃	50	0.44	0.68	0.69	0.47	0							
	100	0.74	1.27	1.58	1.66	1.50	1.10	0.44					
	150	1.06	1.91	2.53	2.93	3.09	3.00	2.66	2.05	1.17	0		
	200	1.40	2.59	3.55	4.28	4.28	5.03	5.03	4.76	4.21	3.38	2.26	0.82
	250	0.16	0.11										
15℃	50	0.43	0.65	0.66	0.45	0							
	100	0.72	1.24	1.53	1.61	1.46	1.06	0.42					
	150	1.03	1.85	2.46	2.84	2.99	2.91	2.57	1.98	1.12	0		
	200	1.36	2.52	3.46	4.17	4.65	4.90	4.89	4.63	4.10	3.29	2.20	0.81
	250												

表17 (甲) 密位与度分的换算表

密 位 · 0-00	1 00	2 00	3 00	4 00	5 00	6 00	7 00	8 00	9 00	
	度									
0 00	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
10 00	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114
20 00	120	126	132	138	144	150	156	162	168	174
30 00	180	186	192	198	204	210	216	222	228	234
40 00	240	246	252	258	264	270	276	282	288	294
50 00	300	306	312	318	324	330	336	342	348	354

表17 (乙)

密 位	0-00 度 分	0-01 度 分	0-02 度 分	0-03 度 分	0-04 度 分	0-05 度 分	0-06 度 分	0-07 度 分	0-08 度 分	0-09 度 分
0-00	0 00	0 04	0 07	0 11	0 14	0 18	0 22	0 25	0 29	0 32
0 10	0 36	0 40	0 43	0 47	0 50	0 54	0 58	1 01	1 05	1 08
0 20	1 12	1 16	1 19	1 23	1 26	1 30	1 34	1 37	1 41	1 44
0 30	1 48	1 52	1 55	1 59	2 02	2 06	2 10	2 13	2 17	2 20
0 40	2 24	2 26	2 31	2 35	2 38	2 42	2 46	2 49	2 53	2 56
0 50	3 00	3 04	3 07	3 11	3 14	3 18	3 22	3 25	3 29	3 32
0 60	3 36	3 40	3 43	3 47	3 50	3 54	3 58	4 01	4 05	4 08
0 70	4 12	4 16	4 19	4 23	4 26	4 30	4 34	4 37	4 41	4 44
0 80	4 48	4 52	4 55	4 59	5 02	5 06	5 10	5 13	5 17	5 20
0 90	5 24	5 28	5 31	5 35	5 38	5 42	5 46	5 49	5 53	5 56

表18 角度与密位的关系表

角 度 大 小				角 度 大 小			
度	测角器分划	密 位	自然密位	度	测角器分划	密 位	自然密位
0°30′	0-08.3	0-08.7	0-08.7	60°	10-00.0	10-47.2	—
1°	0-16.7	0-17.5	0-17.5	90°	15-00.0	15-70.8	—
2°	0-33.3	0-34.9	0-34.9	120°	20-00.0	20-94.4	—
3°	0-50.0	0-52.4	0-52.4	150°	25-00.0	26-18.0	—
6°	1-00.0	1-04.7	1-05.1	270°	45-00.0	47-12.4	—
15°	2-50.0	2-61.8	2-67.9	300°	50-00.0	52-36.0	—
30°	5-00.0	5-23.6	5-77.4	360°	60-00.0	62-83.2	—
45°	7-50.0	7-85.4	10-00				

表 19 各种枪射效矫正规则表

(右捷456页)

武器名称	距	表	靶	长方形靶的大小	检查点距瞄准点的高度	平查 均点的 弹的许 着点可 距偏 检差	单发 发 射 弹 数			环少 内的 包弹 含着 至数
							发	查	环	
单位	米	分划	米	厘米	厘米	厘米	发	厘米	发	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1954年式手枪	25	—	1×1.5	靶 环 (直径25)	12.5或0	5	4	15	3	
50年式和54	100	20	1×1	30(高)×20(宽)	50年式—30 54年式—36	5	4	20	3	
年式冲锋枪	50	10	1×1	30×20	7		4	15	3	
1956年式 冲锋枪	100	3	1×1	35×25	28	5	4	15	3	
1891/30 步 枪	100	3	1×1	30×20	17	5	4	15	3	

续表19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
狙击步枪	100	3	1×1	30×20	17/15瞄准镜	5/0瞄准镜	4	8	4
1953年式骑枪	100	3	1×1	30×25	19	5	4	15	3
1956年式半自动步枪	100	3	1×1	35×25	25	5	4	15	3
1953年式轻机枪	100	3	1×1	30×20	15	5	4	15	3
连用轻机枪	100	3	1×1	35×25	15	5	4	15	3
1956年式班用轻机枪	100	3 横表 尺0	1×1	35×25	24	5	4	15	3
1953年式重机枪	100	3 横表 尺0	1×1	30×20	轻弹—13 重弹—14	3	4	12×10	3
12.7大口径机枪	100	3	1×1	40×30或环靶 (直径20厘米)	9	在直径20厘米的杓查环内6发弹着	8	20	6

注：1. 求射弹密集度时，平均弹着点须与环中心重合；

2. 求准星移动量时，以厘米为单位的平均弹着点偏差量乘以修正系数。

表19 各种枪射效矫正规则表

(左接454页表右)

左接454页表

发 射 弹 数	连 发 射 击 时				准 星 移 动 毫 米 时 平 均 量	准 星 旋 转 一 圈 时 平 均 量	修 正 系 数 的 准 确 数 字	修 正 系 数 的 概 略 数 字	瞄 准 基 线 长
	发 射 次 数	检 查 环	平 均 弹 着 点 距 检 查 环 的 内 包 含 的 至 少 数	厘 米					
发	次	厘 米	厘 米	发	厘 米	厘 米			毫 米
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
—	—	—	—	—	16	16	0.0624	0.06	156
—	—	—	—	—	50年式—26 54年式—28	20	50年式—0.0365 54年式—0.0352	0.04 0.04	50年式—365 54年式—352
—	—	—	—	—	50年式—13 54年式—14	10	50年式—0.073 54年式—0.074	0.07 0.07	50年式—365 54年式—352
—	—	—	—	—	26	20	0.0378	0.04	378
—	—	—	—	—	16	16	0.0616	0.06	616

续表19
(左接455页表右)

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
—	—	—	—	—	16/10	16/10	0.0616	0.06	616
—	—	—	—	—	24	24	0.0416	0.04	416
—	—	—	—	—	21	16	0.04805	0.05	480.5
8	2-3	20	5	6	16	12	0.0616	0.06	616
10	3-4	20	5	8	16	10	0.0616	0.06	620
8	3-4	20	5	6	17	17	0.05955	0.06	595.5
10	1	16×14	高低6 方向5	8	12	12	0.0855	0.08	855
—	—	—	—	—	9	9	0.1113	0.11	1113

表 20 各种枪械性能诸元表 (右接 459 页)

诸元	武器名称	一九五四年式 7.62 毫米 手枪	一九五六年 式 7.62 毫米 半自动步枪	一九五六年 式 7.62 毫米 冲锋枪	一九五六年 式 7.62 毫米 开用轻机枪	一九五八年 式 7.62 毫米 连用机枪
1		2	3	4	5	6
口径 (毫米)		7.62	7.62	7.62	7.62	7.62
使用子弹		51 式	56 式	56 式	56 式	53 式
自动方式		管退式	导气式	导气式	导气式	导气式
闭锁方式		枪管摆动	枪机偏移	机头回转	闭锁片偏移	闭锁片偏移
射击方式		半自动 (单发)	半自动 (单)	单、连	连	连
供弹具		弹匣	弹夹	弹匣	弹链盒	弹链盒
容弹量 (发)		7	10	30	50 × 2	250
射击距离 (米)						
表尺		50	1000	800	1000	1500
有效距离 (对地)		50	400	单发 400 点射 300	800	1000
有效距离 (对空)		-	400	400	500	500
最大距离		800	2000	2000	2000	3000
理论射速 (发/分)				600	650	600
实际射速 单发 (发/分)		30	35 ~ 40	40	-	-
实际射速 连发 (发/分)		-	-	90 ~ 100	150	250

续表20

1	2	3	4	5	6
武器重(不带弹)(公斤)	0.85	3.75	3.85	7.38	枪身重11.46
实弹匣(箱)重(公斤)	0.152	0.18	0.91	2.42(100发)	9.63(250发)
空弹匣(箱)重(公斤)	0.078	-	0.42	-	-
武器全重(带弹)(公斤)	0.93	3.93	4.34	9.0	22.63
脚架重(公斤)	-	-	-	(0.52两脚架)	1.54两脚架
全枪长(毫米)	195	枪刺打开1332 1425	带枪刺1140 878	1037	1272
枪管长(毫米)	116	520	415	520	605
膛线部分长(毫米)	92.5	474	369	474	550
瞄准基线长(毫米)	156	480	378	595.5	617
膛线	四条右旋	四条右旋	四条右旋	四条右旋	四条右旋
缠距(毫米)	240	240	240	240	240
枪弹全长(毫米)	34.85	56	56	56	77.16
枪弹全重(克)	9.94~10.72	15.9~16.9	15.9~16.9	15.9~16.9	22.5
弹丸重(克)	5.52	7.9	7.9	7.9	9.6
发射药重(克)	0.55	1.60	1.60	1.60	3.0
初速(米/秒)	420(V ₀)	735	710	735	840
枪口动能(公斤·米)	50	218	203	218	346
最高膛压(公斤/厘米 ²)	1850~2100	2800	2800	2800	3100

续表 20

各种枪械性能诸元表

(左接 158 页表右)

武器名称 诸元	一九五七年 式7.62毫米 重机枪	一九五四年 式12.7毫米 机枪	一九五六年 式14.5毫米 四联机枪	一九五八年 式14.5毫米 双联机枪
口径(毫米)	7.62	12.7	14.5	14.5
使用枪弹	53式	54式	56式	56式
自动方式	导气式	导气式	管退式	管退式
闭锁方式	枪机偏移	卡铁偏移	机头回转	机头回转
射击方式	连	连	连	连
供弹具	弹链盒	弹链盒	弹链箱	弹链箱
容弹量(发)	250	70	$30 \times 5 = 150$	$30 \times 5 = 150$
射击距离(米)				
表尺	2000	3300	2000	2000
有效距离(对地)	1000	1500	2000	2000
有效距离(对空)	500	装甲目标800	装甲目标1000	装甲目标1000
最大距离	3000	7000	12000	12000
理论射速(发/分)	600~700	600	2200~2400(四管)	1100~1200(双管)
实际射速 单发(发/分)				
实际射速连发(发/分)	300~350	80	600(四管)	300(双管)

续表20

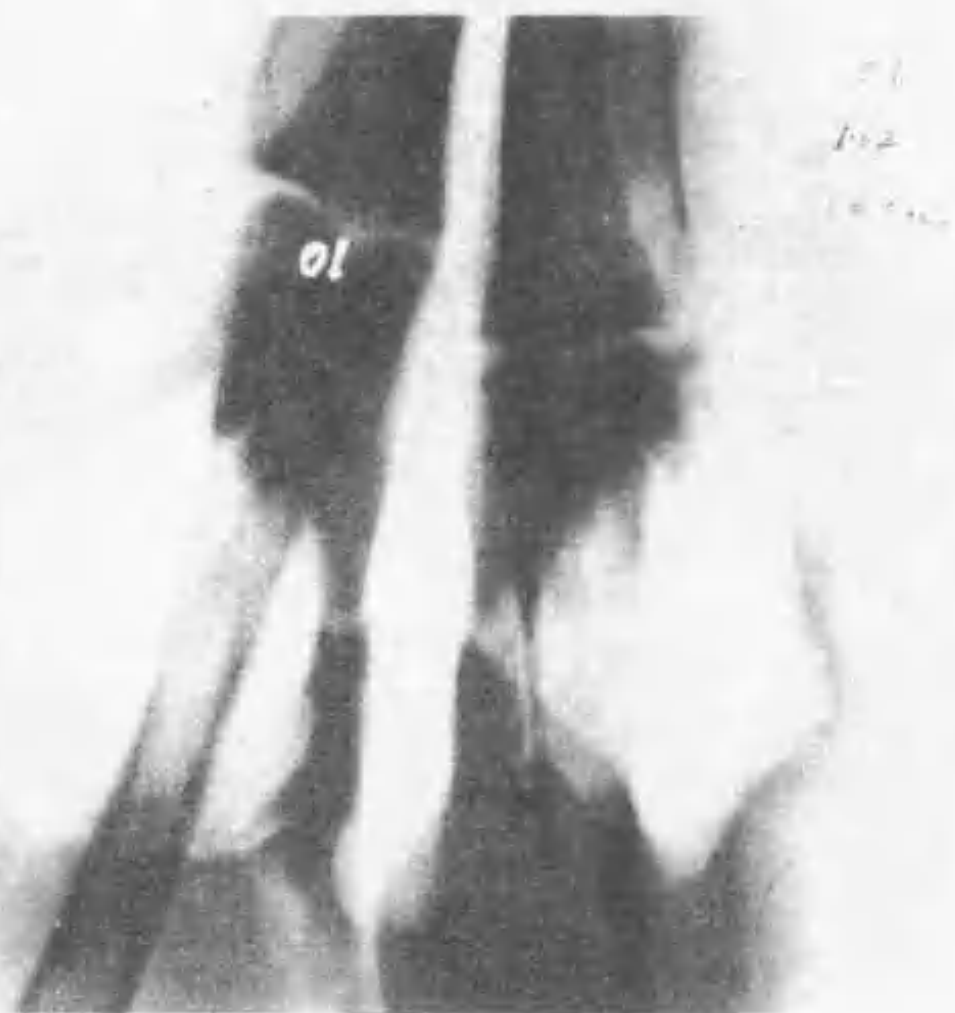
1	7	8	9	10
武器重(不带弹)(公斤)	枪身重13.5	枪身重32	枪身重47.5	枪身重47.5
实弹匣(箱)重(公斤)	9.63	13.6 (70发)	42 (150发)	42
空弹匣(箱)重(公斤)	—	4.5(空弹匣及箱)	—	—
武器全重(带弹)(公斤)	44.63	100.6 (含弹匣3公斤, 弹具2公斤)	2128	614
脚架重(公斤)	21.5 (柜形轮架)	50 三脚架	1770	465
全枪长(毫米)	1580	2328 战斗, 1590 (枪身)	—	—
枪管长(毫米)	720	1003	1312	1342
膛线部分长(毫米)	655	890	1215	1215
瞄准基线长(毫米)	855	1113	—	—
膛线	四条 右旋	八条 右旋	八条 右旋	八条 右旋
弹距(毫米)	240	380	420	420
枪弹全长(毫米)	77.16	147	156	156
枪弹全重(克)	22.5	125	188	188
弹丸重(克)	9.6	48.3	63.6	63.6
发射药重(克)	3.0	17	32	32
初速(米/秒)	865	820	990	990
枪口动能(公斤·米)	366	1740	3200 × 4	3200 × 2
最高膛压(公斤/厘米 ²)	3100	3000	3250	3250

附 图



附录图 7 - 1

56式7.62毫米枪弹弹丸以738米/秒的碰击速度贯穿
132毫米厚的狗后双肢时的情况。



附录图 7 - 2

56式7.62毫米普通弹弹丸以738米/秒的碰击速度贯穿116毫米狗后双肢后1.616毫秒时所形成的瞬时空腔。



附录图 7 - 3

美M193 5.56毫米枪弹弹丸以 950米/秒的碰击速度贯穿 120毫米厚的狗后双肢后 1.616毫秒时形成的瞬时空腔、粉碎性骨折及弹丸破碎情况



附录图 7 - 4

56式7.62毫米枪弹弹丸以738米/秒的碰击速度贯穿140毫米厚的狗后双肢后1.097毫秒时形成的瞬时空腔及粉碎性骨折情况。



附录图 7 - 5

直径 5.56 毫米, 重 0.1 克的钢球, 以 1500 米/秒的碰击速度射穿 56 毫米厚的狗后肢后 0.569 毫秒时形成的瞬时空腔。



附录图 7 - 6

直径 5.56 毫米，重 0.1 克钢球，以 1500 米/秒的碰击速度射穿 53 毫米厚的狗后肢后 1.097 毫秒时形成的瞬时空腔。

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 步兵武器射击学理

作者 =

页数 = 4 6 9

S S 号 = 0

出版日期 =

V s s 号 = 8 3 3 7 4 4 6 7