

火箭弹构造与作用



Construction and Function of Rocket Projectile

朱福亚 主编



国防工业出版社
National Defense Industry Press

内 容 简 介

本书全面地介绍了现代火箭弹的构造及其作用。主要内容包括:野战火箭弹、反坦克火箭弹、航空火箭弹、海军火箭弹、火箭增程弹、特种火箭弹和民用火箭等。对典型的火箭弹不但提供了基本结构,还给出了发动机内弹道性能参数、结构及质量参数和装填参数等,并配有大量的图表,可读性强。

本书可以作为火箭导弹技术专业的本科生及研究生的教材或参考书,亦可供从事火箭导弹技术研究工作的有关技术人员、管理人员参考,并可供部队指战员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

火箭弹构造与作用 / 朱福亚主编. —北京:国防工业出版社, 2005.9

ISBN 7-118-04068-1

I. 火... II. 朱... III. 火箭弹. IV. TJ415

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 086348 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 $\frac{3}{4}$ 362 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1—2500 册 定价:30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

· 发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

火箭武器在现代战争中发挥着越来越重要的作用,可以预见,在未来战场上仍将扮演重要的角色,因此,系统详细地介绍火箭弹的结构及作用是编写本书的主要目的之一。通过本书的学习,使读者能够学习到火箭弹的基本知识,并在此基础上能更好地学习和掌握本专业的其他课程。

本书是按照火箭武器专业培养目标、业务范围以及教学大纲的要求编写的。它是从事火箭研究的工程技术人员的参考书。书中全面系统地介绍了中外各种类型中先进的、有代表性的火箭弹,配有 300 多份图表,可以使读者更容易掌握书中内容和对火箭弹结构的理解。对设计不同类型的火箭弹提供了一定的帮助。全书共分为 11 章,除了对火箭武器的基础知识做了必要的介绍之外,还按照火箭弹使用的分类对各种典型的火箭弹做了较详尽的介绍,其中包括火箭弹的基本结构,固体火箭发动机的内弹道性能参数、结构及质量参数、装药及装填参数等。通过本书的学习,可以使读者对火箭弹有一个较全面的了解,同时还对专业课程的学习提供了帮助。

这是一本内容涉及较广的书籍,有些材料是取自国内外的有关刊物、报告及专门出版物,因此不能一一列举,在此一并向原作者深致谢意。

参加本书编写的有朱福亚、鞠玉涛、周长省、王栋、王政时、余陵。其中朱福亚主编了第一章、第三章、第四章,鞠玉涛编写了第二章、第五章,周长省、王政时编写了第六章、第七章、第十章,王栋、余陵编写了第八章、第九章、第十一章。余陵、李坚、陈雄等同志为本书的图表制作做了大量的工作,使它增色不少。孙思成老师认真审阅和修改,并提出了不少宝贵意见,在此均表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中缺点错误在所难免,衷心希望读者批评指正。

编者
2005 年 3 月

目 录

第一章 火箭武器基础知识	1
1.1 火箭武器的发展及性能特点	1
1.2 火箭武器的战术运用及射击指挥	3
1.3 火箭弹的分类及发射方法	5
1.4 火箭弹外弹道	8
1.5 火箭弹散布	16
第二章 火箭弹的组成及作用	22
2.1 火箭弹的组成	22
2.2 火箭弹战斗部	23
2.3 火箭发动机工作原理及主要性能参数	28
2.4 火箭发动机结构	32
2.5 稳定装置	35
2.6 导向装置及其他旋转装置	42
第三章 野战火箭弹	43
3.1 概述	43
3.2 野战火箭弹战斗部结构特点及杀伤威力计算	44
3.3 野战火箭弹发动机的特点	49
3.4 涡轮式火箭弹	52
3.5 尾翼式火箭弹	61
3.6 简易制导火箭弹——俄罗斯 300mm 火箭弹	90
第四章 反坦克火箭弹	100
4.1 概述	100
4.2 反坦克火箭弹总体结构特点	100
4.3 破甲原理及破甲战斗部设计	103
4.4 反坦克火箭弹总体对发动机的一般要求	108
4.5 国内外反坦克火箭弹	109
4.6 反坦克火箭弹发展趋势	127
第五章 航空火箭弹和火箭炸弹	129
5.1 概述	129

5.2	航空火箭弹总体技术的一般要求	130
5.3	航空火箭弹发动机的特点	131
5.4	国内外航空火箭弹	133
5.5	火箭助推炸弹	155
5.6	航空弹药发展趋势	158
第六章	海军火箭深水炸弹	159
6.1	火箭深水炸弹的发展及分类	159
6.2	火箭深水炸弹战术技术指标及发射动作顺序	161
6.3	火箭深水炸弹外弹道特点	163
6.4	火箭深水炸弹战斗部装药量	165
6.5	典型火箭深水炸弹	166
6.6	火箭深水炸弹的现状与展望	178
第七章	火箭增程炮弹	179
7.1	概述	179
7.2	火箭增程炮弹的关键技术及增程发动机的特点	179
7.3	典型的火箭增程炮弹	180
7.4	火箭增程炮弹的现状和发展趋势	196
第八章	特种火箭弹	198
8.1	化学火箭弹	198
8.2	燃烧火箭弹	200
8.3	照明火箭弹	203
8.4	信号火箭弹	205
8.5	干扰火箭弹	206
第九章	民用火箭	207
9.1	“织女”1号气象火箭	207
9.2	锥-22型人工防雹塑料火箭	211
9.3	HJM-X型火箭锚	214
9.4	JY-1型船用求救火箭	216
9.5	火箭在软着陆系统中的应用	217
第十章	火箭弹引信	219
10.1	概述	219
10.2	地地火箭弹引信	220
10.3	空地火箭弹引信	222
10.4	空空火箭弹引信	224

10.5 火箭弹引信小结	229
第十一章 火炸药与火工品	230
11.1 火药	230
11.2 火箭火药的选用	234
11.3 炸药	235
11.4 火工品	239
参考文献	244

第一章 火箭武器基础知识

1.1 火箭武器的发展及性能特点

1.1.1 火箭武器发展简况

我国是火箭的发源地。据史料记载,公元 969 年(宋开宝元年)冯义升和岳义方两人发明了火箭并试验成功。公元 1161 年宋军就有了初期的火箭武器——“霹雳炮”,并应用于军事。我国的火药及火箭技术大约于 13 世纪—14 世纪传入阿拉伯国家,以后又传入欧洲。19 世纪初,英国人 W. 康格里夫研制了射程为 2.5km 的火箭弹。20 世纪 20 年代—40 年代,德国、美国、苏联等国都研制并发展了各自的火箭武器,其中,苏联制造的 BM-13 式火箭炮,可连发 16 发弹径为 132mm 的尾翼式火箭弹,最大射程达 8.5km,在第二次世界大战中发挥了重要的作用,苏军战士爱称它为卡秋莎。第二次世界大战后,苏联仍然重视火箭武器的发展,先后研制了 EM-14、EM-21、EM-24 和夫劳克火箭弹及其火箭炮,至 20 世纪 70 年代—80 年代又研制了口径为 220mm 与 300mm 的多管火箭炮及火箭弹,其中 300mm 火箭弹最大射程已达到 70km。美国、德国、意大利等国也十分注重火箭武器的研制工作。美国沃特公司研制生产的 MLRS 多管火箭炮系统,于 1983 年正式装备美国陆军,同年 5 月,根据与美国达成的协议,德、法、英、意四国组成 MLRS 欧洲制造集团,为欧洲国家制造 MLRS 多管火箭炮系统,另外,日本、韩国、新西兰、澳大利亚、荷兰、希腊、土耳其及以色列等国,也都先后购买了这种多管火箭炮。MLRS 多管火箭炮系统是一种全天候、间瞄、面打击武器,能对敌纵深的集群目标和面积目标实施突然的密集火力袭击,具有很高的火力密度。在 1991 年的海湾战争中,美国陆军共投入了 189 门 MLRS 多管火箭炮,发射了 17000 多发双用途子母火箭弹,共倾泻了 1170 多万枚子弹,对伊拉克的地面部队造成了极大的损伤。伊军士兵把多管火箭炮倾泻的密集子弹,称为可怕的钢雨。它是最令人生畏的武器系统之一。

20 世纪 50 年代,火箭弹的最大射程约为 10km,60 年代—70 年代大多数火箭弹的最大射程为 20km,而 80 年代新发展火箭弹的射程已超过 30km~40km。美国等国家研制的 MLRS 制导火箭弹射程达到 70km,意大利研制的非洛斯 70 式 315mm 火箭弹射程已达到 70km,中国研制的 WM-80 型 273mm 火箭弹最大射程超过 80km。更大射程的火箭弹也正在研制中。随着射程的增大,为了保证必要的射击精度,新研制的远程火箭弹大多数采用了简易制导或弹道修正的措施,这也是当前火箭武器发展的一种趋势。

1.1.2 火箭武器性能特点

尽管精确制导等高新技术武器越来越多地在战场上大量使用,但常规武器仍然占有重要的地位。从近年来发生的几次局部战争看,现代战争呈现出战场态势变化迅速、火力

猛烈灵活、战场的正面和纵深加大等特点。这就要求常规武器具有更大的威力、更远的射程、更猛烈的火力、更好的射击精度和更高的机动性。火箭武器是常规炮兵及其他军兵种武器装备的重要组成部分,它与身管火炮及其弹丸相比具有许多特点。

1. 射程远

射程远是指能发射射程远的火箭弹。火炮要提高射程,必须提高弹丸的初速 v_0 ,但火炮弹丸的初速是受到火炮炮身寿命和火炮本身机动性的制约。火炮弹丸初速 v_0 增大,势必要求膛压增高,而膛压高对炮膛的烧蚀就会变得非常严重,将导致火炮寿命的急剧下降。此外,初速 v_0 大,则使火炮的后坐力增大,而为了保证火炮的稳定性,炮的质量就要增加,从而使得火炮的机动性变差。所以说火炮弹丸的初速 v_0 不能提得很高。

对于火箭武器来说,它不受这些限制,从现代火箭技术的发展来看,要把火箭武器的速度提得很高是不成问题的,其原因是火箭弹自带动力装置——火箭发动机,而且火箭炮也基本不存在类似身管火炮的后坐力和烧蚀问题。

2. 威力大

威力大是指火箭武器具有猛烈的火力,能在很短的时间内,在一定的面积上构成强大的火力。具体表现在:

(1) 火箭弹战斗部弹径选择范围大。如果将战斗部设计成预制破片战斗部或子母弹战斗部,则战斗部具有更大的威力。

(2) 战斗部本体的壁厚可以设计得比较薄,因而战斗部里可以装填更多的炸药装药。

(3) 现代野战火箭发射装置多为多联装,一般是 20 管 ~ 40 管,战斗中通常营、连齐射,因而能在短时间内(约 10s ~ 20s)发射大量的火箭弹,形成强大的火力密度,达到突袭的效果。以 BM-21 火箭炮为例,一个营(18 门炮)齐射(约 20s),能发射 720 发火箭弹,这相当于 54 式 122mm 榴弹炮 20 个营 360 门火炮的齐射火力。BM-27 火箭炮发射子母火箭弹,两门火箭炮一次齐射发射的火箭弹,可以毁伤 100m ~ 150m 内的目标。美国 MLRS 多管火箭炮一门炮一次齐射可以抛出 7728 枚子弹,覆盖面约 60000m²。

因此,火箭武器能在很短的时间内,在一定的面积上构成强大的火力密度,以猛烈的火力摧毁敌方装备并给敌方人员以重大的毁伤和精神上的巨大震撼。

3. 机动性能好

火箭武器可以做到车炮合一,即火箭发射装置可以放在汽车或装甲车辆上。若把发射装置放到越野汽车上,最大时速可达到 60km/h 以上;若把发射装置放到小型履带车上,最大时速可达 50km/h 以上,可见其机动性能很好。作战时可以使火箭炮很快地从集结区域运动到发射阵地。同时,发射完毕后也能很快地撤出阵地或转移阵地。其次,可以设计成小巧、轻便、可分解的火箭炮。例如 107mm 火箭炮是一门小型可分解的火箭炮,它小巧轻便,总重只有几百千克,可以用吉普车牵引、骡马驮载,还可用人力来搬运。因此它受地形和气候条件的影响较小,适合各种情况下战斗,如山地、水网、稻田地等。实践表明,130mm 火箭炮和 107mm 火箭炮从射击完毕到撤出阵地只要几分钟的时间,同时射击准备也较简单。

4. 密集度差

密集度差意味着射弹散布大,精度差。这样,火箭炮在使用上存在一定的缺陷,不适于对点目标的射击。因为对点目标的射击经济性较差,消耗时间和弹药量大,一般不能在

短时间内完成射击任务。但对面目标射击时,射弹散布大又使火力分配较简单,射弹能在一定区域内较均匀地覆盖面目标,以取得较高的毁伤公算,具有更好的射击效果。

5. 发射阵地容易暴露

发射阵地容易暴露是目前火箭炮的缺陷。产生这个缺点的主要原因是火箭炮在射击时产生大量的烟尘及火光,不易隐蔽。特别是当遮蔽物较小,射程较近,发射阵地靠前或夜间射击时,最容易暴露发射阵地的位置,招致敌人炮火反击。该缺陷目前主要靠提高火箭炮系统的运动机动性来弥补。

6. 持续射击能力差

122mm 火箭弹一次齐射可发射 40 发火箭弹,有的火箭炮一次齐射甚至比 40 发还要多。虽然一次齐射发射时间很短,但装弹时间较长。为此,目前正致力于配备装弹车,以便在原地或附近预备阵地上快速装填弹药,实施第二次齐射。

1.2 火箭武器的战术运用及射击指挥

1.2.1 火箭武器的战术运用

所谓战术运用是指火箭武器的战术使用及应完成的战斗任务。

火箭武器的战术使用及战斗任务,是根据火箭武器的特点及战术要求来确定的。根据炮兵战斗条令的规定,炮兵运用的基本原则是:集中使用,适时机动,密切协同,迅速、准确、突然、猛烈地实施火力突击。上述基本原则同样也是炮兵火箭和其他军兵种火箭的使用原则。下面根据火箭武器的特点,只对炮兵火箭在具体使用上特别强调几点。

1. 集中使用,突然开火

集中使用,突然开火是炮兵火箭运用的首要原则。集中使用是“集中优势兵力,各个歼灭敌人”的军事思想在炮兵运用上的具体体现,是贯彻打歼灭战军事思想的重要内容。根据炮兵火箭的特点及各次战斗中使用火箭炮的经验,为了达到集中使用,突然开火的目的,通常要求炮兵火箭在战术使用时注意四个方面的问题。

(1) 建立正确的炮兵火箭的战斗部署,将兵力兵器集中到主要方向上,在决定性时机,进行突然袭击,打击最重要的目标,避免零打碎敲,分散火力。

(2) 通常情况下,应以炮兵火箭营作为基本火力单位,合成军队指挥员直接掌握,作为机动火力,根据需要机动使用,以便以优势的火力支援步兵、坦克兵的战斗行动和打击临时出现的重要目标或加强下级炮兵火力。

(3) 不宜担任随伴炮兵(即加强到步兵营、步兵连和步兵排)直接支援步兵、坦克兵的战斗。在使用火箭炮前,必须考虑坦克兵和步兵的安全,要根据具体火箭武器的精度,留出较大的安全距离,一般安全距离应在 500m 以上。因此,炮兵火箭的火力与步兵、坦克兵的冲击,往往脱节,致使步兵、坦克兵不能及时有效地利用其火力突击效果。显然,炮兵火箭直接支援步兵、坦克兵战斗是不适宜的。

(4) 炮兵火箭应严密伪装,隐蔽自己的行动,以达到突然袭击,争取主动的目的。在战斗中应尽量减少直接对目标试射,广泛采取不经试射的直接效力射,诸元准备应尽量多利用身管炮的射击效果或采用精密法及其他更加先进的方法,并在射击的过程中随时进

行必要的修正。

2. 广泛地实施炮兵火箭的机动性

炮兵火箭具有良好的机动性能,但同时又容易暴露发射阵地,因此广泛地实施炮兵火箭的机动,具有重要的意义。它是达到集中使用火箭炮的重要手段,是在战斗中保存自己,更好地消灭敌人的有力措施。广泛地实施炮兵火箭的机动可以达到迅速集中、迅速分散的战术要求。

炮兵火箭的机动分为兵力机动和火力机动两种。而兵力机动是达到火力机动大量杀伤敌人的一种手段。战斗过程中,应尽量实施火力机动,因为火力机动简便易行,奏效快。但当火力机动不可能或不利于有效地完成任务时,则应实施兵力机动。根据炮兵火箭的特点,在一个阵地上不宜久留,完成任务后应迅速转移。

3. 与身管炮配合使用

根据炮兵火箭的特点,当对重要的有掩盖的或装甲目标射击时,通常与身管炮进行重叠射击,方能发挥最大的效力。同时,为了保障顺利完成任务,在炮兵火箭射击时,应要求远程火炮积极压制敌人炮兵,给炮兵火箭以火力支援。

4. 有确实可靠的弹药保障

现代战争中,炮兵火箭的弹药消耗量是巨大的。为了充分发挥炮兵火箭的作用,在战斗过程中,必须保证有足够的弹药。为了解决这个问题,通常火箭炮部队都有专门的弹药运输分队予以保障,或者专门为火箭炮设计弹药运输车配备给火箭炮部队。关于火箭武器的基本战斗任务,可以概括成一句话来说:压制和歼灭敌人不动的或运动较慢的较大面积暴露的有生力量和技术兵器。在战斗过程中可以参加炮火准备、炮火反准备及炮火反击。具体地说,火箭武器可以完成如下战斗任务:

- (1) 歼灭和压制敌集群的有生力量和技术兵器。
- (2) 歼灭和压制敌集结的登陆、上陆工具和坦克、装甲、运输车辆。
- (3) 歼灭和压制敌炮兵连、指挥所、雷达站、通信枢纽、机场和军事仓库等军事目标。
- (4) 压制敌轻型工事、支撑点内的有生力量及军用储备。
- (5) 封锁敌登陆场和渡口,进行布雷和排雷,开辟通路及攻击水面目标和潜艇等。

1.2.2 火箭武器的射击指挥

关于火箭炮的射击指挥,目前各军事大国都在致力于研制自动化程度高和精度更好的射击指挥系统,力求加快射击指挥速度、提高精度和可靠性,增强保存自己的能力。具体要求就是使火箭炮进入阵地和退出阵地快,发射时命中率高,参与操作的人员少。目前美国的 MLRS 火箭炮和德国的 110mm 火箭炮已经装备了先进的射击指挥系统。德国 110mm 火箭炮采用了瑞士研制的全天候射击指挥系统“战场哨兵”。该系统的方案是采用一部雷达来跟踪和测量试射弹道,尔后由“柯拉”II(CoraII)型电子计算机求取射击诸元。在地炮射击指挥系统中,目前只有“战场哨兵”系统采用了雷达,该系统因配有雷达而具有全天候的作战能力。据资料报道,用该系统指挥火箭炮射击时命中率可达 75%,而用一般方法只能达到 25%的命中率。用该系统进行一天的战斗所节省的弹药费用就相当于一套这种系统的价格。

炮兵射击指挥,一种是技术射击指挥,一种是战术射击指挥。技术射击指挥是把呼唤

火力的口令转换成相应的射击诸元和射击命令,也就是决定射击开始诸元和修正量。战术射击指挥是对一个或数个分队行使的战术指挥,它包括选择目标、确定射击分队和为每一任务分配弹药等。也就是说,根据对被攻击目标和可能采用的攻击方法的分析,以及对敌我兵力情况、弹药消耗与补给情况进行的分析,由计算机给出一个最佳火力计划方案。由技术射击指挥系统和战术射击指挥系统组成的射击指挥系统一般包括电子计算机、通讯系统、诸元显示器、前方观察员用信息机、炮位侦察雷达等。如前所述,配备先进的射击指挥系统不仅可以大幅度提高反应速度,保证高速灵活而保密的通信,迅速准确地计算射击诸元,而且还能为指挥员提供关于目标选择、火力分配、弹药补充计划等方面的建议。因此射击指挥系统已成为现代炮兵火箭武器实施作战任务不可缺少的神经中枢。

射击指挥过程大致如下。

在做好射击准备之后,当前方观察员(或空中观察员)发现目标时,用激光测距机或雷达求出目标的坐标和距离等,然后由观察员用信息机通过无线电通信网把坐标传送到射击指挥中心的电子计算机,计算出的射击诸元通过有线或无线通信线路传送到炮阵地的火箭炮诸元显示器上。火箭炮发射后,由前方观察员(或空中观察员)或雷达观察炸点。出现偏差时,求出偏差量或修正量,再送到指挥中心计算机,计算出的修正诸元送到火箭炮,修正射击。

显然,这种射击指挥系统的工作程序,与手工计算相比计算速度更快,精度和可靠性更高。因此,炮兵的射击效果和自身的生存能力大为提高,弹药消耗量大大减少,能以最短的时间、最少的弹药消耗量和最小的损失取得最大的毁伤效果。

炮兵射击指挥工作通常包括以下几项:组织与实施侦察;确定目标的性质;决定目标坐标;求得弹道、气象及技术诸元;计划火力、弹药补充,决定效力射诸元;下达呼唤、转移和停止射击口令;修正射击,检查射击效果;组织通信联络。其中大部分工作应由先进的射击指挥系统来完成。

1.3 火箭弹的分类及发射方法

1.3.1 火箭弹的分类

第二次世界大战后,随着科学技术的发展,战争形式和武器装备均呈现多样化。火箭武器也有了很大的发展。目前世界各国研制了各种火箭弹,为了更全面地从不同角度和层面认识和研究火箭弹,可从下列几个方面对火箭弹加以分类。

1. 按战斗使用范围分类

(1) 炮兵火箭弹 这种火箭弹装备于炮兵部队,按射程远近供各级炮兵使用,它从地面发射,攻击敌方军事设施、工事和有生力量,其战斗部多数设计成杀伤爆破弹。由于火箭武器散布大的原因,长期以来,射程大多在 20km ~ 30km 以下,但近年来随着火箭综合技术的发展,射程已有提高,60km ~ 80km 火箭弹已经生产出来并装备部队。属于这类火箭弹的有中国的 273mm 火箭弹、美国的 227mm 火箭弹、俄罗斯的 300mm 火箭弹等。

(2) 反坦克火箭弹 它是供步兵使用的消灭敌人坦克、装甲车辆,摧毁敌碉堡、轻型掩体等火力点的武器,必要时也可攻击敌武装直升机。它是一种直接瞄准射击型武器,其

特点是弹重轻、命中精度高、携带方便。这类武器的战斗部常常设计成空心装药破甲弹,如国产的89年式80mm反坦克火箭弹,法国的阿皮拉反坦克火箭弹都属此类。

(3) 空军火箭弹 它装备于飞机和武装直升机,用于攻击敌方地面步兵支撑点内的各种目标,它的战斗部多数为杀爆战斗部,它必须具备一定的杀伤半径和数量较多的杀伤破片,如90mm航空火箭弹和130mm航空火箭弹就是其中两种。

(4) 海军火箭弹 常见的是一种由军舰发射的海军火箭深水炸弹,专门用来攻击海面上的目标和水面下潜艇。目前国内装备有79年式弹径为204mm和252mm两种火箭深水炸弹。

(5) 防空火箭弹 专门用于对付低空或超低空飞行的飞机或直升机,保护我步兵和军事设施免受敌机空中袭击。火箭弹通常设计得比较小和简单,以便对敌机可能进入的空中封锁区进行大面积的射击。

(6) 其他军用火箭弹 例如工程兵部队装备的各种在雷区中开辟通路用的扫雷火箭弹和用来远程快速布雷的布雷火箭弹,以及照明火箭弹、烟幕火箭弹等。

2. 按火箭弹用途分类

(1) 主用弹 供直接杀伤敌人有生力量和摧毁非生命目标的火箭弹统称主用弹。值得强调的一点是,主用弹对目标必须是起直接毁伤作用的。这类弹包括杀伤火箭弹、杀伤爆破火箭弹、爆破火箭弹、空心装药破甲火箭弹及燃烧火箭弹等。当主要用来杀伤敌方人员时,主要采用杀伤火箭弹;破坏敌人的土木工事、装备设施、车辆、建筑物时,一般采用杀伤爆破火箭弹;若侧重于破坏敌方雷场,各类地堡或地下军事设施,则宜采用爆破火箭弹。

为了对付坦克、装甲车辆等装甲目标,一般采用空心装药破甲弹和碎甲弹。空心装药破甲弹又可分为纯火箭发射的空心装药破甲弹和由无后坐力炮发射的火箭增程空心装药破甲弹两类。

(2) 特种弹 能够完成某些特殊战斗任务的火箭弹称为特种弹。这类火箭弹对目标无明显毁伤作用。主要包括照明弹、烟幕弹、干扰弹和宣传弹几种。

(3) 辅助弹 供学校教学和部队训练使用的火箭弹,如各种火箭弹教练弹。

(4) 民用弹 例如民船上装备的抛绳救生火箭,气象部门发射的高空气象研究火箭和防雷降雨火箭,以及海军用的火箭锚等。随着经济与科学技术的发展,民用火箭将得到进一步的发展,可运用到多个领域。

3. 按稳定方式分类

(1) 尾翼式火箭弹 这种火箭弹在飞行过程中依靠安装在火箭弹尾部的尾翼装置来保持飞行稳定。飞行稳定是指火箭弹在空气中飞行时,弹轴基本沿弹道切线方向,不仅不会翻跟斗,而且弹轴摆动的幅度不大;碰击目标时,弹头部中心轴线与目标水平面夹角符合设计计算要求。它的原理是当在火箭弹体尾部安装尾翼时,作用在飞行中的火箭弹体上的空气动力的合力着力点(称为压力中心)会移至弹体质心之后,当火箭弹体受到外界扰动时,不论弹体如何摆动,弹体本身都能产生一个稳定力矩来克服外界扰动力矩的作用,使弹轴线始终围绕弹道切线摆动并逐渐趋向一致。

(2) 涡轮式火箭弹 这种火箭弹也称为旋转稳定火箭弹,它在飞行中是依靠弹体绕自身纵轴高速旋转产生的陀螺力矩来保持飞行稳定的。这种弹在飞行中当受到外界翻转力矩或其他干扰力矩作用时,该陀螺力矩能抗衡外界力矩的作用,保持弹轴处于正常方

向,使火箭弹可靠地飞向目标。

4. 按获得速度的方法分类

(1) 普通火箭弹 火箭弹的飞行速度由自身携带的火箭发动机提供,当火箭发动机装药燃烧完毕时,飞行速度达最大值。

(2) 火箭增程弹 这种火箭弹的飞行速度首先在火炮发射时获得,当火箭弹出炮口后,火箭增程发动机开始工作,火箭弹的速度再次增加。火箭增程发动机工作结束时,飞行速度达到最大值。一般来说,火箭增程发动机是这种弹的辅助动力装置。

1.3.2 火箭弹发射方法

通常所说的火箭武器是指各种火箭弹与它们的发射装置以及发射指挥系统和运弹车等构成的一个完整系统。显然,不管火箭用于什么目的,也不管是何种类型的火箭弹,它们都离不开发射装置。发射装置由定向系统、瞄准系统、发火系统和运动系统四大部分组成,有时也把定向系统、瞄准系统和发火系统组成的发射系统称为发射架。由于定向系统中定向器有管式、轨式及笼式等结构,所以又有与之对应的所谓管式发射架、轨式发射架及笼式发射架之分。火箭弹装于定向器内,定向器长度大于火箭弹全长,发射时火箭弹沿定向器滑行而离开发射装置。由若干个定向器组装成定向系统,它与瞄准系统及发火系统组合成发射架。它用来支承并固定火箭弹,使火箭弹处于所需位置;在发射过程中,启动火箭弹,并赋予火箭弹正确的飞行方向。由此可见,作为火箭武器,火箭弹和它的发射架是一个整体,火箭弹的结构方案与所选发射架的类型应互相匹配。下面主要介绍各种发射架的定向器。

1. 管式发射架

管式发射架的定向器主体是发射管。其长度一般随火箭弹的性能、用途、火箭使用环境以及密集度等因素而定,长度可以在一点几倍弹长到几倍弹长之间变化。其发射管可以做成光滑的内膛,也可以做成带有一定缠角的螺旋沟槽的光滑内膛。前者常用于发射高速旋转或不旋转的火箭弹,而后者常用于发射带有导向钮和折叠式尾翼的火箭弹,以便使火箭弹低速旋转。除以上两种发射管外,有时也将发射管设计成带有与其轴线平行的导向条的发射管,用以支承弹径小于发射管的火箭弹。当火箭弹通过这种带导向条的发射管时,导向条可以防止火箭弹摆动并减小管与弹之间的摩擦。采用管式发射架发射火箭弹有许多好处:首先,由薄壁管制成的发射管所占空间小,发射管与发射管之间排列紧密,以至可以在一个发射架上安装几十个发射管,实现一次齐射可以连续发射几十发火箭弹的期望;其次,火箭弹在管内运动时,燃气受到发射管的约束,比较平顺地向后流动,对相邻的火箭弹及发射管的扰动都较小,因此可减小对发射架的扰动,从而减小对火箭弹飞行的初始扰动。对单兵使用的火箭弹,为了保护射手不受燃气伤害,通常要采用发射管发射。对尾翼式火箭弹来说,若采用发射管发射,通常是将弹的尾翼设计成可折叠式尾翼。

2. 轨式发射架

轨式发射架其定向器由类似于铁轨的导轨构成,著名的卡秋莎火箭炮采用了这种发射架。火箭弹靠导向钮支承在导轨上,当火箭弹向前运动时,导向钮沿导轨滑动。导向钮是火箭弹的一个部件,在火箭弹离开发射架导轨后,导向钮可能固定、收拢或抛掉,因为这种火箭弹的滑行距离很短,所以通常不考虑摩擦力的作用。轨式发射架可分为单轨、多轨

和螺旋导轨。单轨发射架仅有一个供火箭弹运动的导轨,它的优点是架子质量轻、运动机动性好、便于使用;多轨发射架具有两个或更多个导轨,导轨联装起来能同时发射一定数量的火箭弹,通常尾翼式火箭弹可采用这种发射方案。导轨都必须具有足够的宽度,在设计导向钮时,必须使火箭弹在通过导轨时,能消除横向运动,或者使横向运动保持最小,以减小火箭弹出轨时的初始扰动。若将发射架的导轨扭转一个适当的角度,可以制成螺旋导轨式发射架,用来发射低速旋转火箭弹,以提高密集度。这种发射架应有多根导轨,便于给火箭弹提供一对转矩,而一根导轨是构不成螺旋导轨发射架的,这一方法和炮膛或枪膛的来复线沟槽相似。但是,螺旋导轨发射架并不像火炮那样要求提供足够的旋转速度以保证达到陀螺稳定。它所提供的是低转速,目的在于克服火箭发动机推力偏心和因火箭弹加工不精确而在飞行中造成的偏差。

轨式发射架常用于发射不可折叠的尾翼式火箭弹,而螺旋导轨发射架既可用于发射可折叠尾翼的火箭弹,也可设计成发射不可折叠尾翼的火箭弹。

3. 笼式发射架

由多根细管子做导轨组成笼式定向器,由这种定向器组成的发射架,既适合发射尾翼式火箭弹,也适用于发射涡轮式火箭弹,特别是弹径较大、射程较远的火箭弹,通常都采用这种笼式发射架来发射。这种发射架的优点是发射架刚度好,并可省去发射导向钮。但发射架占用的空间位置大,一辆发射车上可装定向器数量较少,因而一次齐射发射的弹数较少。

4. 其他类型发射架

(1) 限流式发射架 它也是一种管式发射架,其发射管管底直径和内膛直径相比有一定程度的缩小,但并不完全封闭。这种管式发射架仅用于要求产生某些特殊作用的场合。如果将发射管管底部做成火箭喷管的形式,则可获得一定的前进推力,此力在一定程度上可以抵消由于发射火箭弹而导致的后坐力。发射管内产生较高的压力,可以在不改变火箭尺寸的情况下,使火箭获得较高的出炮口速度。

(2) 同时离轨式发射架 火箭弹在发射时,通常有前后两个定心部支承弹体沿定向器轴线运动。当前定心部滑离定向器后,只剩下后定心部一处约束,因而弹体运动不可避免地受到扰动,造成火箭弹的落点散布。只有后定心部在定向器上滑动的阶段称为半约束期。理论上把半约束期的作用时间变为零可消除因前后定心部先后离轨而引起的扰动。由此引出了同时离轨方案,这种方案的定向器实际上是一种阶梯式定向器,使火箭弹的前后定心部同时脱离定向器。实践证明,采用这种同时离轨的发射架来发射火箭弹,火箭弹的密集度能有较大的提高。

1.4 火箭弹外弹道

火箭外弹道学是一门研究火箭弹在发射架(即火箭炮)之外运动规律的专门学科。所谓弹道是指火箭在空间飞行时,其质心所经过的路线,它是一条空间曲线。从火箭侧面看,弹道的投影如图 1.1 所示。

图 1.1 中, O 为弹道起点,也是炮口位置, v_0 为炮口速度, v_0 与水平面的夹角 θ_0 称发射角。 K 为火箭发动机工作结束点, S 为弹道最高点, C 为弹道落点, OK 段称为主动段,

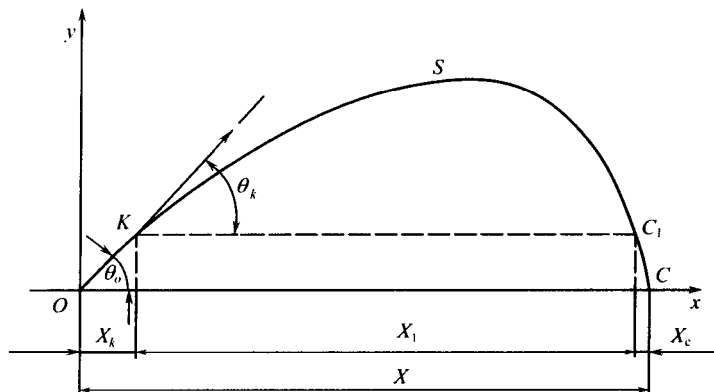


图 1.1 弹道

KSC_1 段称为被动段, C_1C 段称为被动结束段, 各段弹道弧长所对应的距离分别以 X_k 、 X_1 、 X_c 表示时, 火箭的全射程为

$$X_m = X_k + X_1 + X_c \quad (1.1)$$

主动段距离 X_k 取决于火箭在此段内的飞行速度、火箭发动机工作时间和发射角 θ_0 , 它可能是几十米至几百米或者更大些, 在全射程中占的比例不大。被动结束段距离 X_c 与发射角有关, 射角越大, 落角越大, X_c 越小, 在全射程中占的比例也不大。被动段距离 X_1 是弹道的主要段, 占全弹道比例最大。

1.4.1 作用在火箭上的空气动力

作用在火箭上的空气动力是由于迎面气流和火箭互相作用而产生的。这种互相作用在弹体表面上产生连续分布的正压力和两个切向应力, 如图 1.2 所示。此外, 还在喷管出口后部产生一个低压区(主要是在发动机停止工作后产生)。

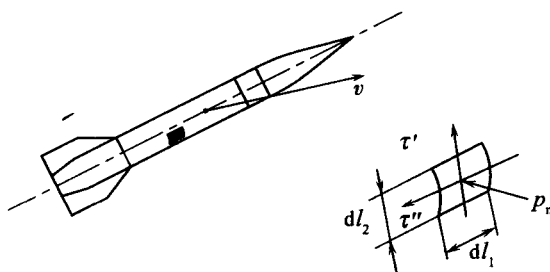


图 1.2 作用在火箭弹上的空气动力

由于切向应力和底部负压的作用, 产生了两个阻止火箭运动的力, 这两个力通常称为摩擦阻力和底部阻力。如果将正压力的合力与气流坐标系联系起来, 则可以将其分成两个分力, 即与运动速度方向相反的分力和垂直于运动方向的分力。第一个分力称为阻力(因正压力而产生), 第二个分力称为升力。

这样, 火箭与迎面气流的空气动力的相互作用产生的总力可以表示为两个分力: 迎面阻力 X 和升力 Y 。在这种情况下, 阻力 X 是由摩擦力、底部负压和正压力沿气流坐标系

方向的分力组成

$$X = X_f + X_b + X_n \quad (1.2)$$

升力 Y 是由正压力沿气流坐标系方向的垂直分力构成。

空气阻力是由于火箭与空气相对运动而产生的,因此空气阻力必然与反映空气特性的密度和可压缩性有关,而气流的可压缩性又取决于气流(火箭弹)速度和空气中的声速之比,即马赫数 $Ma = v/a$ 。空气阻力也与反映火箭特性的形状和大小有关,以及与它们互相间的相对运动特性——相对速度的大小和方位有关。

根据实验和理论分析相结合的方法,可得出空气阻力的一般表达式

$$X = \frac{\rho v^2}{2} S_m C_{X_0} \left(\frac{v}{a} \right) \quad (1.3)$$

式中 ρ ——空气密度;

v ——火箭速度;

S_m ——火箭最大横截面积, $S_m = \frac{\pi}{4} D_e^2$;

D_e ——火箭最大直径;

a ——声速;

$C_{X_0} \left(\frac{v}{a} \right)$ ——空气阻力系数,下标“0”表示火箭纵轴与质心速度方向的夹角为零。

它由三部分组成

$$C_{X_0} = C_{X_f} + C_{X_b} + C_{X_n} \quad (1.4)$$

式中 C_{X_f} ——火箭摩擦阻力系数,它取决于沿弹体外表面的切向应力;

C_{X_b} ——火箭底部阻力系数,它取决于弹体底部压强;

C_{X_n} ——火箭弹体头部阻力系数,它取决于沿弹体外表面的正压力。

1.4.2 空气阻力系数、弹形系数及阻力定律

从空气阻力的一般表达式(1.3)中不容易看出火箭外形对空气阻力的影响,但实际上弹形对阻力的影响是很显著的,这个影响包含在阻力系数 C_{X_0} 中。

对于同一发火箭弹来说,阻力系数 C_{X_0} 是随马赫数 $Ma = \frac{v}{a}$ 的变化而变化的。为了说明火箭弹弹形对阻力大小的影响,可取不同形状的火箭做实验,分别测出它们各自的 $C_{X_0}-Ma$ 曲线,由不同形状火箭弹的 $C_{X_0}-Ma$ 曲线的差异,可以直接反映出弹形的影响。外弹道研究者曾经对无翼的旋转弹丸进行了 $C_{X_0}-Ma$ 曲线的测定研究,图 1.3 所示的是三条不同弹形的 $C_{X_0}-Ma$ 曲线,最上面的一条是一般弹形的 $C_{X_0}-Ma$ 曲线,其他两条是标准弹形的 $C_{X_0}-Ma$ 曲线,从曲线看出,只要弹丸形状相差不大,在同一马赫数处,两个不同弹丸的阻力系数比值,与另一马赫数下的比值近似相等,即

$$\frac{C_{X_0}(Ma_1)}{C_{X_0}(Ma_2)} \approx \frac{C_{X_0}(Ma_2)}{C_{X_0}(Ma_1)}$$

由此可得

$$\frac{C_{X_0}(Ma)}{C_{X_0}(Ma)} = i \quad (1.5)$$

式中 $C_{X_0}(Ma)$ ——标准弹形的阻力系数。

比值 i 说明了某弹丸的外形与标准弹丸的外形相似的程度,故称 i 为弹形系数。 i 越近于 1,在外弹道学意义上弹形越相似。

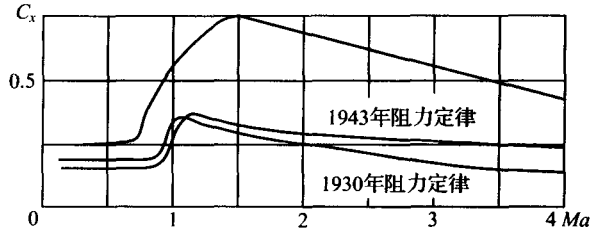


图 1.3 不同弹形的 $C_{X_0}-Ma$ 曲线

通常人们把标准弹的 $C_{X_0}-Ma$ 曲线叫做阻力定律。根据标准弹头部尺寸的不同,所测得的 $C_{X_0}-Ma$ 曲线也不同。早期人们用的是西亚切阻力定律,它用的标准弹是一组圆弧形弹头,弹头长度为弹径的 1.2 倍~1.5 倍。后来为适应速度较高的较细长弹丸的需要,又选取了一组弹头长度为 3 倍~3.5 倍弹径的弹丸,测出 $C_{X_{043}}-Ma$ 曲线平均值,称为 1943 年阻力定律。此外,人们还用过 30 年阻力定律,其标准弹头部长度在 3.5 倍弹径左右。目前的旋转弹与 1943 年阻力定律用的标准弹外形较为接近,故在弹道计算中均使用 1943 年阻力定律,以后不作申明时,所论阻力定律都是指 1943 年阻力定律。

综上所述,可以看到弹形系数 i 具有下述几个性质:它决定于弹丸本身的形状,而与弹径无关;决定于所取阻力定律,它是对给定的阻力定律而言的;各种形状不同的弹丸的 $C_{X_0}-Ma$ 曲线,并不是很准确地服从式(1.5)所表示的关系。弹丸在飞行过程中,由于 Ma 的不断改变,它的弹形系数也会随着 Ma 的变化而变化,即弹形系数在弹丸飞行过程中是 Ma 的函数,而并非一个常数。但所选弹形与标准弹的弹形越相近,其变化也会越小;反之变化就越大。在弹丸飞行过程中,由于弹形系数实际上是变化的,所以在实际应用中,常取其所研究弹道段上的一个平均值。

1.4.3 空气阻力加速度,弹道系数

如前所述,弹丸在空间运动时受到空气阻力的作用,但影响大小还与弹丸本身质量有关。设弹丸的质量为 m ,则阻力加速度 a_X 为

$$a_X = \frac{X}{m} \quad (1.6)$$

将式(1.3)代入式(1.6),并考虑式(1.5),可写成

$$a_X = \frac{iD_e^2}{m} 10^3 \frac{\rho}{\rho_{0N}} \frac{\pi}{8} \rho_{0N} 10^{-3} v^2 C_{X_0} \left(\frac{v}{a} \right)$$

$$\text{令 } a_X = c \cdot H(\gamma) \cdot F(v, a) = c \cdot H(\gamma) \cdot v \cdot G(v, a) \quad (1.7)$$