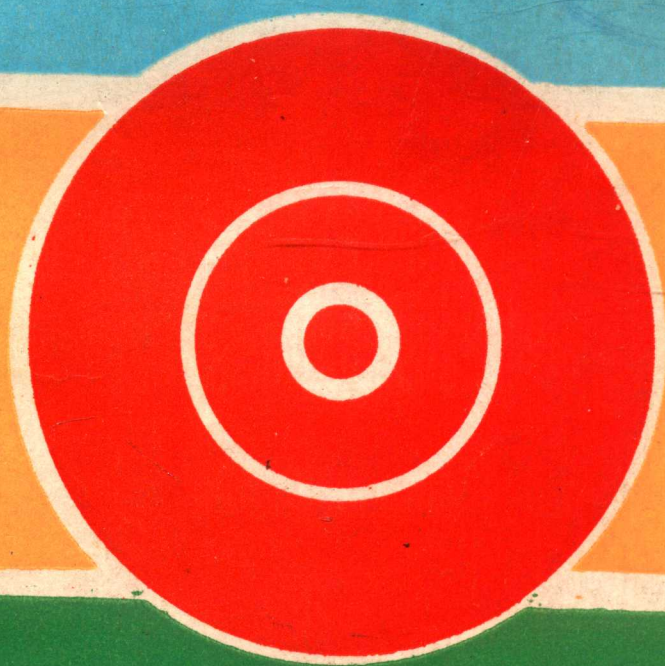


# 导弹制导技术

娄寿春 主编



宇航出版社

# 导弹制导技术

娄寿春 主编



宇航出版社

685964

## 内 容 简 介

本书讨论了导弹制导的基本概念和各种制导技术。1-4章介绍导弹武器系统和目标特性、环境及导弹控制的问题；5-8章详细讨论现代导弹制导技术的原理、实现方法，并做了定量分析；9章介绍最佳控制在制导中的应用；最后，介绍导弹制导技术的发展趋势。

本书内容先进，取材丰富，编排合理，既有一定的深度，又紧密结合应用。叙述深入浅出、语言流畅、图文并茂。是目前全面介绍导弹制导技术的一本好书。

本书可作高等院校电子工程专业、军事院校有关专业高年级学生学习制导原理课程的教材，也可作导弹武器设计、制造、检验、使用部门的工程技术人员自学导弹制导原理的参考书。

编 者 娄 寿 春

## 导 弹 制 导 技 术

娄寿春 主 编

责任编辑 李明观

\*

宇航出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

空军导弹学院印刷厂印刷

\*

开本：787×1092 1/16 印张：21.25 字数：530千字

1989年2月第1版第1次印刷 印数：1—50000册 定价：8.50元

ISBN7-80034-237-9/V·011

488282



## 前 言

第二次世界大战后，由于战争发展的需要，各国相继研制了近500余种导弹武器，小的可单兵便携，大的洲际导弹重达300t。为了提高导弹的射程、射高和制导精度，现代导弹的制导系统采用了各种高技术。为帮助设计、制造、检验和使用导弹武器的工程技术人员全面、系统的了解各种制导技术，1986年5月，国家教委委托“电子系统教材编审小组”制定了《导弹制导技术》一书的编写内容和要求。本书便是在该编审小组的指导下编写的。

按照惯例，本书主要应讨论各种导弹制导技术的概念、实现原理和应用的技术及其分析，即书中第5~8章的内容，但考虑到电子工程专业的本科生和工作在设计、制造、检验、使用部门的工程技术人员，对导弹控制方面的知识可能了解的较少，为了自学方便，本书在第3、4章介绍了导弹控制方面的知识。第9章则介绍了最佳控制在制导中的应用，最后讨论了导弹制导技术的发展趋势。

本书1、2、3、4、9章由娄寿春编写；5、6章由黄德庆、娄寿春编写；7章由艾继煜编写；8章由惠田公编写；导弹制导技术发展及其趋势由娄寿春、许宪东编写。娄寿春对全书稿子进行了修改统编。许宪东同志在编写中做了大量的组织工作。

在搜集资料和编写中，曾得到哈尔滨工业大学、西北工业大学、北京航空航天大学等单位有关同志的帮助。西安电子科技大学的戴树森教授曾对本书内容的编排给以指导，西工大陈新海教授审阅了前五章，并提了许多宝贵意见，国防科技大学陆仲良教授审阅了全部稿子，空军导弹学院周伯金教授审阅修改了部分稿子。编写中还得到姜兴叶、景占荣同志的大力支持。这里对他们深表感谢。在编写、印刷中，特别要感谢空军导弹学院训练部首长和机关领导的指导和支持。

本书内容广泛，需要的高技术知识很多。由于编著者水平所限，难免错误，望读者批评指正。

编著者

1988年12月于空军导弹学院



# 目 录

第一章 绪论	1
1.1 导弹的分类和组成	2
1.1.1 导弹的分类	2
1.1.2 导弹的组成和功用	4
1.2 导弹制导系统	13
1.2.1 制导系统的功用和组成	13
1.2.2 制导系统的分类	14
1.2.3 对制导系统的要求	17
1.3 导弹系统	19
参考文献	21
第二章 目标特性和环境	22
2.1 目标的特征及目标的运动	22
2.1.1 目标的特征	22
2.1.2 目标的运动	23
2.2 目标的电磁辐射和散射特性	27
2.2.1 电磁频谱	27
2.2.2 目标的红外辐射	28
2.2.3 目标的雷达散射特性	29
2.3 电磁环境和空气动力环境	31
2.3.1 电磁环境	31
2.3.2 空气动力环境	35
参考文献	36
第三章 导弹的动态特性和导弹的控制方法	38
3.1 导弹飞行时受的力和力矩	38
3.1.1 气体流动时的基本规律	38
3.1.2 导弹的升力和阻力	40
3.1.3 作用在导弹上的力	42
3.1.4 作用在导弹上的力矩	46
3.2 导弹运动方程组	50
3.2.1 常用坐标系间的关系	50
3.2.2 导弹的运动方程组	55
3.3 导弹的机动性能	57
3.3.1 机动性	57

3.3.2 过载 .....	58
3.4 导弹的动态特性 .....	60
3.4.1 导弹的稳定性和操纵性 .....	60
3.4.2 导弹运动方程的线性化 .....	62
3.4.3 导弹的传递函数 .....	64
3.5 导弹的控制方法 .....	68
3.5.1 导弹控制方法分类 .....	68
3.5.2 气动力控制 .....	69
3.5.3 推力矢量控制 .....	75
参考文献 .....	77
<b>第四章 导弹控制系统</b> .....	<b>78</b>
4.1 导弹控制系统的敏感元件 .....	79
4.1.1 陀螺仪 .....	79
4.1.2 加速度计 .....	86
4.1.3 无线电高度表 .....	89
4.2 执行机构 .....	90
4.2.1 电机式执行机构 .....	90
4.2.2 气压、液压式执行机构 .....	92
4.3 典型的导弹控制系统 .....	94
4.3.1 地空导弹控制系统 .....	94
4.3.2 导弹高度控制系统 .....	97
4.4 关于制导回路的一些问题 .....	98
4.4.1 制导回路的概念 .....	99
4.4.2 对制导回路的要求 .....	99
4.4.3 数字计算机对制导回路的影响 .....	101
参考文献 .....	102
<b>第五章 遥控制导</b> .....	<b>103</b>
5.1 遥控制导方法和导弹的弹道 .....	103
5.1.1 重合法 .....	105
5.1.2 前置点法 .....	108
5.1.3 遥控制导时导弹的弹道 .....	111
5.2 遥控制导设备的观测跟踪装置 .....	111
5.2.1 雷达跟踪器 .....	111
5.2.2 光电跟踪器 .....	117
5.2.3 各种观测跟踪器的比较 .....	124
5.3 遥控指令制导 .....	125
5.3.1 遥控指令制导的类型 .....	125

5.3.2	遥控指令制导的引导指令形成装置 .....	127
5.3.3	引导指令的发射和接收 .....	136
5.3.4	将导弹快速引入跟踪视场的技术 .....	142
5.4	驾束制导 .....	143
5.4.1	雷达驾束制导 .....	143
5.4.2	激光驾束制导 .....	146
5.5	遥控制导回路和制导误差 .....	150
5.5.1	遥控制导回路 .....	151
5.5.2	制导误差和命中概率 .....	155
	<b>参考文献</b> .....	158
<b>第六章 雷达自导引</b> .....		159
6.1	自导引引导方法和导弹的弹道 .....	160
6.1.1	追踪法 .....	160
6.1.2	固定前置角法 .....	162
6.1.3	平行接近法 .....	163
6.1.4	比例接近法 .....	164
6.1.5	自导引导弹的实际弹道 .....	169
6.2	雷达导引头的基本工作原理 .....	169
6.2.1	雷达导引头的分类 .....	170
6.2.2	雷达导引头的一般组成 .....	173
6.2.3	对雷达导引头的基本要求 .....	175
6.3	半主动式雷达导引头 .....	177
6.3.1	半主动式连续波雷达导引头主要技术问题 .....	177
6.3.2	典型的连续波导引头 .....	179
6.3.3	连续波导引头的角跟踪技术 .....	185
6.3.4	自导引中引导指令的形成 .....	187
6.4	毫米波导引头 .....	188
6.4.1	毫米波导引头的优点 .....	189
6.4.2	毫米波导引头技术 .....	191
6.5	数字式雷达自导引系统 .....	193
6.5.1	数字式雷达自导引系统的微计算机 .....	193
6.5.2	数字式雷达自导引系统 .....	195
6.5.3	对弹上计算机的要求 .....	197
6.6	雷达自导引制导回路和制导误差 .....	198
6.6.1	雷达自导引制导回路 .....	198
6.6.2	雷达自导引系统的制导误差 .....	204
	<b>参考文献</b> .....	208



<b>第七章 光电自导引</b> .....	209
7.1 红外自导引(非成象).....	209
7.1.1 红外导引头的基本组成.....	209
7.1.2 红外光学系统.....	210
7.1.3 调制器.....	212
7.1.4 光电转换器(红外探测器).....	224
7.1.5 误差信号放大器(误差信号处理器).....	225
7.1.6 跟踪系统.....	229
7.1.7 红外导引头的工作.....	230
7.2 红外成象自导引.....	231
7.2.1 红外成象导引头的基本组成.....	232
7.2.2 红外摄像头.....	233
7.2.3 目标图象识别和跟踪技术.....	242
7.2.4 典型的红外成象自导引系统.....	247
7.3 电视自导引.....	248
7.3.1 电视自导引的基本原理.....	249
7.3.2 电视导引头中的跟踪器.....	249
7.3.3 典型的电视自导引系统.....	252
7.4 激光自导引.....	253
7.4.1 激光导引头分类.....	253
7.4.2 振幅和-差式单脉冲激光导引头.....	255
7.4.3 阵列式脉冲激光导引头.....	255
<b>参考文献</b> .....	259
<b>第八章 自主制导</b> .....	260
8.1 方案制导.....	260
8.1.1 方案制导系统的组成.....	260
8.1.2 方案制导的应用.....	261
8.2 天文导航.....	264
8.2.1 星体的地理位置和等高圈.....	265
8.2.2 六分仪的组成及工作原理.....	265
8.2.3 导弹天文导航系统的组成与工作原理.....	267
8.3 惯性制导.....	270
8.3.1 惯性制导的基本原理.....	271
8.3.2 陀螺稳定平台.....	274
8.3.3 解析式惯性制导系统.....	280
8.3.4 半解析式惯性制导系统.....	282
8.3.5 几何式惯性制导系统.....	284

8.3.6 捷联式惯性制导系统 .....	285
8.3.7 组合式惯性制导系统 .....	287
8.4 地图匹配制导 .....	290
8.4.1 地形匹配制导 .....	291
8.4.2 景象匹配制导 .....	295
8.4.3 地图匹配-惯性制导系统 .....	303
<b>参考文献</b> .....	<b>304</b>
<b>第九章 最佳控制在制导系统中的应用</b> .....	<b>305</b>
9.1 最佳控制理论的基本问题 .....	306
9.1.1 状态和状态空间 .....	306
9.1.2 性能指标 .....	310
9.2 最佳控制理论在制导系统中的应用 .....	311
9.2.1 引入时间最小的最佳控制律 .....	311
9.2.2 基于二次型的最佳制导规律 .....	316
<b>参考文献</b> .....	<b>319</b>
<b>导弹制导技术的发展及其趋势</b> .....	<b>320</b>
<b>附录1 美国导弹的代号</b> .....	<b>327</b>
<b>附录2 美军通用频段标符</b> .....	<b>329</b>

# 第一章 绪 论

火箭和导弹，都是无人驾驶的飞行器。目前，世界各国几乎都拥有不同类型的火箭和导弹。什么是火箭，什么是导弹呢？所谓火箭，是指利用喷射一部分自身携带的工质而产生反作用力，既能在大气层中运动，又能在无空气的空间运动的无人驾驶飞行器。根据不同的用途，火箭运载的物体——有效载荷也不同。当它装有战斗部系统时，称为火箭武器。当它携带仪器、设备、动物时，则称为科研火箭。火箭武器可以是能操纵的或是不能操纵的，前者称为可控火箭，如弹道式火箭等；后者称为非可控火箭，如火箭弹等。导弹则是一种装有战斗部的可控制飞行器。它的动力装置可以是火箭发动机，也可以是空气喷气发动机。导弹必须有制导设备，对它飞行的全过程或某些阶段进行控制。

火箭和导弹的诞生和发展，是同社会生产力、科学技术发展的水平和社会需要紧密相联系的。火药是我国古代的四大发明之一，我国又是火箭的发源地。早在公元7世纪，我国唐代的炼丹家孙思逸，就在前人长期实践的基础上总结记载了火药的配方。到了公元10世纪的宋朝初期，我国制成了世界上第一支火箭——火药火箭。此后，宋军作战就经常使用火箭武器。明代时期，制造了能装多支火箭，可以齐射的火箭车，即增强了射击密度，又给火箭以一定的发射方向，提高了命中精度。火箭武器从13世纪才传到阿拉伯，后来又传到欧洲。19世纪后，由于出现了射程远、命中率高的火炮，使当时处于原始阶段的火箭相形见绌，因此，火箭武器的发展停顿了一段时间。

在火箭武器发展的同时，人们渴望能从远距离上控制运动的物体。1903年，美国人制造了世界上第一架有人驾驶的飞机。1917~1918年，德国人做了用单路无线电通信系统控制双翼飞机模型的飞行试验。1918年，法国人第一次用无线电操纵一架真实飞机在空中逗留了约一个小时。1933年，苏联和其他一些国家的科学家制成了多路无线电遥控系统，并用于控制无人驾驶飞机的飞行，为制导技术的形成和发展奠定了基础。

第二次世界大战期间，德国制造了世界上最早的弹道式导弹“V-2”和飞航式导弹（即巡航导弹）“V-1”。“V-2”导弹采用简单的惯性制导装置；“V-1”导弹则用预定的方案进行制导。同时，还研制了光学跟踪和雷达跟踪的无线电指令制导系统，准备用来制导地空导弹。其中，光学跟踪的无线电指令制导系统，先用雷达发现目标，然后，目标跟踪员将光学装置的“+”字交叉点对准目标，并使其乘坐的平台及发射架一起转动。平台上还有导弹跟踪员，通过光学装置观测导弹的偏差，利用控制杆，向导弹发出相应的无线电指令，控制导弹飞向目标。在二次大战期间，美国为了对付日本的“自杀飞机”，研究了雷达自动导引（主动式）的“云雀”舰空导弹。“V-1”、“V-2”导弹在战场上使用过，其他导弹没有得到应用。这些导弹的制导系统，虽然精度低、可靠性差，但它为后来制导技术的进一步发展、改进、完善，提供了初步理论和借鉴。

第二次世界大战后，美、苏等国获得了法西斯德国的导弹及制导设备的设计资料、实物和研究人員，并集中了大量人力、物力和财力，在各自的进攻、防御思想推动下，开展



了一系列的导弹研究计划。由于当时及后来的航空和航天技术、自动控制技术、电子技术的发展，特别是微型固体电子技术、高速电子计算机技术、红外技术、激光技术、物理学和制造工艺技术等的蓬勃发展，为制导技术的发展和提高逐步准备了物质条件。于是，各种型号、各种用途的导弹相继出现。由于美、苏在二次大战后进行着空前的核武器竞争，当前它们都拥有庞大的战略核导弹力量。战术导弹是现代发展最快的武器，目前，任何一架战斗机或一艘舰船，都将所装备的导弹做为衡量其战斗性能的标志之一。地空导弹和反坦克导弹已装备到单兵。历次的局部战争表明，导弹武器是现代战争中最新式的武器，是一个国家国防现代化的重要标志之一。

制导技术的发展，还为人类对宇宙空间的探索和太空旅行等开辟了广阔的前景。1957年苏联发射了世界上第一颗人造地球卫星，接着美、苏等国又相继多次发射了各种用途的人造地球卫星。1970年4月，我国首次把人造地球卫星送入轨道。1961年4月，苏联把世界上第一艘载人飞船送入轨道。1969年7月，美国宇航员首次登上月球表面。由于多种人造地球卫星的发射和载人航天器的考察飞行，使世界各国能精确地传递天气情报，转播电视节目，进行远距离通信，并对地球物理、天文、大地等进行测量，对宇宙空间进行考察等。

本书首先讨论与制导技术有关的各种理论和概念。然后，讨论目前正在使用的各种导弹(特别是各种战术导弹)制导设备的技术特点和基本工作原理。最后，简要地说明了最佳控制在导弹制导中的典型应用。为了学好书中的内容，读者必须具备有关的电子线路、雷达原理、自动控制等方面的知识。

## 1.1 导弹的分类和组成

### 1.1.1 导弹的分类

自二次世界大战后期以来，世界各国先后研制、装备了约500多种导弹。为了便于区分，通常以作战使命、飞行弹道、发射点和目标位置等特征来进行分类。

#### (一)按作战使命分类

分为战略导弹和战术导弹。

**战略导弹** 用于执行战略任务的导弹，通常使用核战斗部。由国家最高统帅部决定它的使用。

**战术导弹** 用于执行战役战术任务的导弹，如攻击地面目标、飞机、坦克和舰船等。这种导弹在局部战争中已大量使用。战术导弹通常使用常规战斗部，也可使用小当量的核战斗部。

战略导弹与战术导弹的划分并不十分严格，如世界各国对地地战术导弹射程的划分就不太一致。

#### (二)按飞行弹道的特点分类

分为弹道导弹和有翼导弹。

**弹道导弹** 它的飞行弹道除了一小段是有动力并进行制导的主动段外，其余弹道是靠

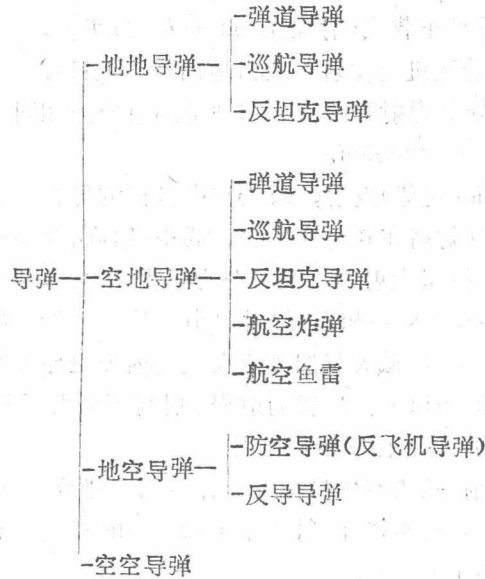
惯性及地球重力作用下在空气稀薄的高空飞行的被动段。

**有翼导弹** 这类导弹在稠密大气层中飞行，通过弹体、弹翼、舵面产生空气动力，去控制和稳定它的飞行。多数战术导弹都属于有翼导弹。

(三)按发射点和目标位置的特征分类

导弹的发射点和它攻击的目标，可以在空中(飞机、直升飞机)、地面、水面(舰)和水下(潜艇)。这样，就可把导弹分为空空导弹、空地导弹、地空导弹、地地导弹等，如表1-1所示。

表1-1 导弹的分类 (按发射点和目标位置分)



**地地导弹** 指从陆地表面、水面(舰上)、地下(井)、水下(潜艇)发射，攻击地面目标、水上舰船等的导弹。其中，弹道导弹按射程又可分为：近程(射程在1000km以下)、中程(射程在1000~2400km)、中远程(射程在2400~6400km)、远程(射程在6400km以上)

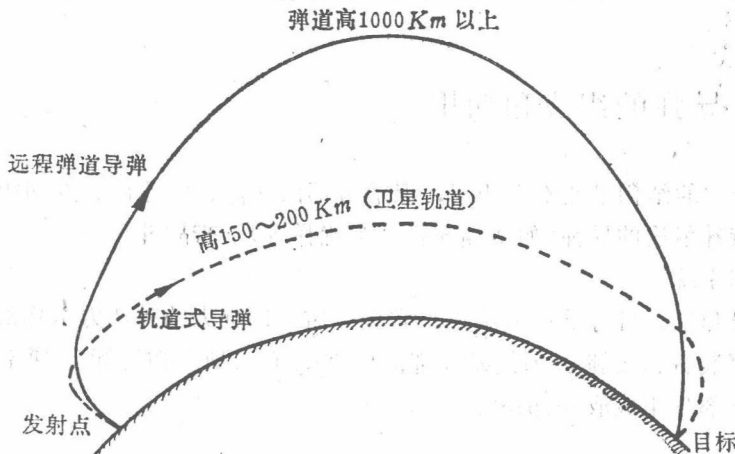


图1-1 弹道导弹与轨道式导弹的弹道比较

弹道导弹。射程在1000km以下的弹道导弹，只用于战场火力支援，因此属于战术导弹。射程在1000km以上的弹道导弹，一般是战略导弹。还有一种轨道式导弹可列入弹道导弹的序列。所谓轨道式导弹，是将弹道导弹的弹头送入绕地球运行的卫星轨道，并控制弹头在目标区域上空减速(制动)，使其再入大气层，以攻击目标。它的轨道比弹道导弹的弹道低得多(一般200km左右)。这种导弹的突防能力强，对方无法判断它的弹着点。地地导弹中的巡航导弹，也有远程、中程、近程之分。目前，一般把射程大于1000km的巡航导弹，称为远程巡航导弹。把射程小于160km的巡航导弹，称为近程巡航导弹。射程介于中间者，称为中程巡航导弹。远程巡航导弹，一般执行战略任务。反坦克导弹则分为轻型便携式(射程在1000~2000m)和重型车载式(射程在4000m左右)两种。

**空地导弹** 指从飞机、直升飞机上发射，攻击地面或海上目标的导弹。目前，很少有空中发射的弹道导弹。空地巡航导弹射程的划分与地地巡航导弹相同。用机载空地导弹作反坦克导弹，其射程一般在4000~40000m。

**地空导弹** 指从地面或海面(舰船)发射，攻击空中目标的导弹。按最大射高，可分为高空(射高在15km以上)、中空(射高在6~15km)、低空(射高在0.1~6km)、超低空(射高在0.1km以下)的地空导弹。按最大射程，又可分为远程(射程大于100km)、中程(射程在20~100km)、近程(射程在5~20km)和短程(射程小于5km)地空导弹。目前，美、苏还布署了反导导弹，它是一种专门拦截大气层外或大气层内弹道导弹的导弹。前者的射程一般大于350km，射高也在300km以上。后者的射程、射高一般大于50km。为了拦截低空飞行的巡航导弹，有些地空导弹也兼有反导作用。

**空空导弹** 指从飞机上发射，攻击空中目标的导弹。它一般分为远距(射程大于40km)截击、中距(射程在10~40km)和近距格斗(射程小于10km)的空空导弹。所谓近距格斗，是指在激烈的空战中攻击对方的战斗机。

目前，有的把导弹发射点和攻击的目标按空和面(地面、海面)来区分。这样，导弹则可分为空空、空面、面空和面面等导弹。欧、美等西方国家已统一了此种分类法。

导弹的分类还有其它方法。例如，为突出攻击的对象，可按目标特征分类，如反坦克导弹、反舰导弹、反潜(艇)导弹、防空导弹(反飞机导弹)等。还有的只按发射点来分类，如机载导弹、舰载导弹、车载导弹、潜射导弹、炮射导弹等。这里，不一一赘述了。

## 1.1.2 导弹的组成和功用

上述各种导弹的结构虽然不太相同，但通常都由弹体、战斗部、发动机和制导设备四大部分组成。特殊用途的导弹(如诱骗导弹、干扰弹等)不带战斗部。

### (一)战斗部系统

战斗部是导弹摧毁目标的有效载荷。它爆炸后，以强大的破坏力杀伤敌方有生力量或摧毁敌方的军事装备和设施。为使战斗部能可靠、有效地杀伤目标，通常由战斗部、引信、保险机构三部分组成战斗部系统。

#### (1) 战斗部

战斗部通常分为普通装药(常规)战斗部和核战斗部。



常用的常规战斗部有爆破型、聚能穿甲型和破片型(杀伤型)三种。

**爆破型战斗部** 主要用于摧毁地面和海上目标。它是以前导弹到达目标时的动能对目标穿透、冲击及炸药的爆炸效应来摧毁目标的。炸药的爆炸效应使爆炸处生成大量的高温高压气体以及由于推撞周围介质(空气、水、岩土等)而造成强的冲击波,使地面建筑倒塌、有生力量死亡。地地导弹的常规爆破型战斗部如图1-2。爆破型战斗部的特点是壳体较薄、容积较大,以便多装炸药。

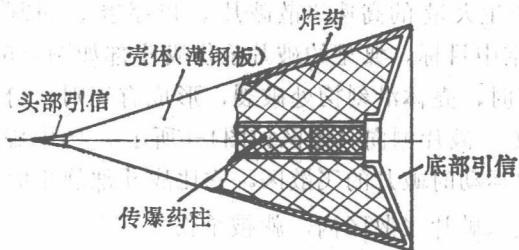


图1-2 地地导弹爆破型战斗部结构

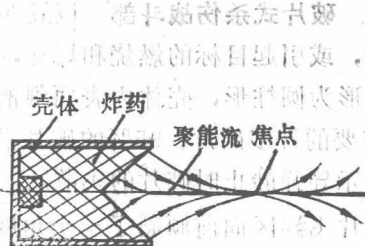
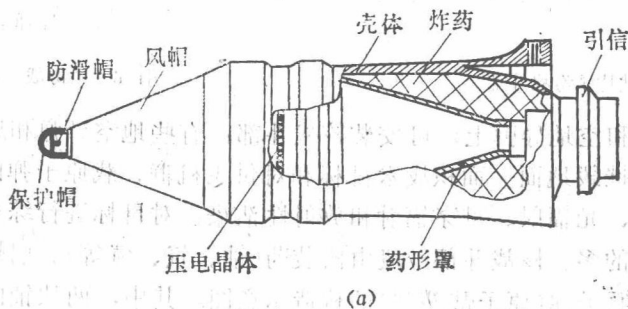
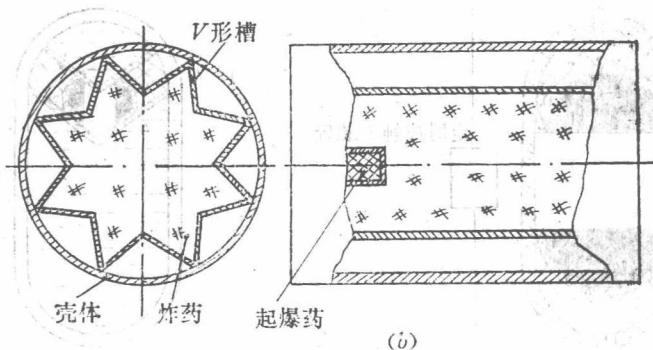


图1-3 聚能流的形成原理

**聚能穿甲战斗部** 主要用于对付地面防御工事、坦克、装甲车及水面舰艇等。它主要是利用炸药爆炸时产生的聚能流穿透厚的装甲或混凝土。这种战斗部形成聚能流的原理如图1-3所示。圆柱形炸药一端作成圆锥形凹槽(聚能槽)。炸药爆炸时,紧贴聚能槽的部分爆炸生成物起初沿法向飞出,在聚能槽中心轴线上撞击汇流,然后沿轴线向前冲击,形成速度极高的聚能流。其动压很大,温度很高,容易烧熔并穿透钢甲。图1-4(a)为反坦克导



(a)



(b)

(a) 反坦克导弹聚能破甲战斗部结构

(b) V形装药聚能战斗部

图1-4 聚能战斗部

弹的聚能战斗部。当导弹的战斗部碰到坦克时，压电引信立即作用，其电雷管引爆传爆炸药管，进而引爆炸药，爆炸产物急剧挤压金属药型罩，形成聚能金属流，以穿透装甲。防滑帽防止导弹碰击目标时的滑跳。风帽保证导弹头部有良好的气动外形，并使战斗部撞击目标时，聚能流的焦点正好落在目标装甲上。图1-4(b)为空舰导弹上的一种聚能战斗部。其外形呈圆柱形，战斗部周围有八个同尺寸的V形槽，该槽有聚能作用。因此，每个V形槽都形成一条金属聚能流，只要一、二个槽起作用，对目标的破坏威力就很大。

**破片式杀伤战斗部** 该战斗部爆炸时，产生大量的 高速飞散破片，以穿透、切割目标，或引起目标的燃烧和爆炸，主要用于攻击空中目标。典型的破片杀伤战斗部如图1-5，外形为圆柱形，壳体内表面刻槽。当炸药爆炸时，壳体沿刻槽处破裂，形成有规则、符合需要的许多破片。95%的破片沿侧向高速飞散，破片侧向飞散区如图1-6所示。图中虚线表示导弹静止时破片的飞散区。实线表示导弹运动时破片的飞散区，它比战斗部静止时的破片飞散区向前倾斜了一个角度。如果目标进入破片飞散区内，就被杀伤。

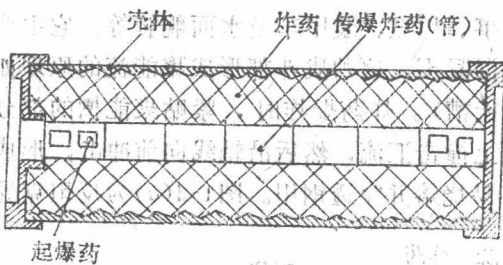


图1-5 典型的破片杀伤战斗部

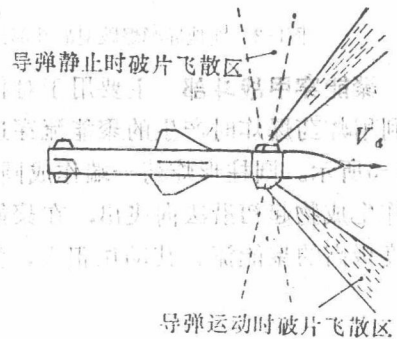
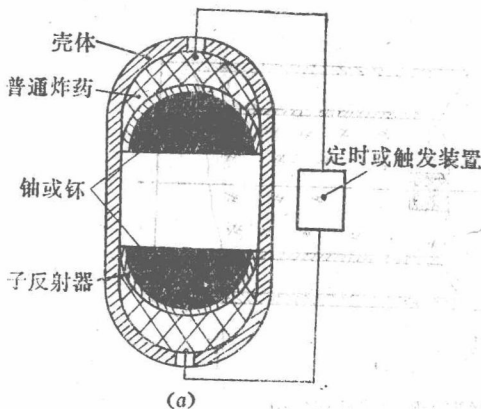
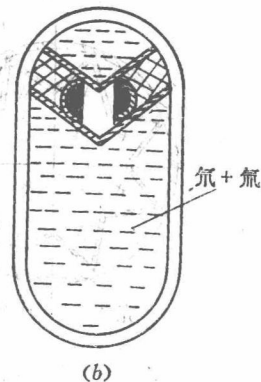


图1-6 杀伤战斗部破片飞散区

在战略地地导弹和空地导弹上，可安装核战斗部；有些空地导弹和战术地地导弹上，也装有核战斗部，以摧毁地面大面积战术目标和对付飞机群、载原子弹的轰炸机。核战斗部爆炸时，用冲击波、光辐射、贯穿辐射和放射性沾染，对目标进行综合摧毁。其威力范围比常规战斗部要大的多。核战斗部一般由核装药(铀、钚、氚等)、引爆装置、壳体三部分组成。图1-7(a)为原子弹(原子战斗部)的构造示意图。其中，两块铀的质量都小于发生



(a) 原子弹构造示意图



(b) 氢弹构造示意图

图1-7 核战斗部构造示意图

链式反应的“临界质量”。若要反应时，先使普通炸药爆炸，将两块铀结合在一起，使铀块大于临界质量，引起链式反应。中子反射器的作用是把铀中大部分飞出的中子反射回反应区内，以便稍微降低临界质量数值。弹壳很厚且耐高温，爆炸时能防止核装药过早地飞散，从而增加威力。图1-7(b)为氢弹构造示意图。为了造成氢弹反应的超高压、高温条件，氢弹中装了一个小原子弹，它相当氢弹的引爆装置。弹的外壳很厚，起爆后弹内产生超高压、超高温，使氘氚立即发生核聚变，转化成大能量，其威力比原子弹大的多。目前，原子弹的威力从几万 t 到几百万 t TNT 当量。氢弹的威力可达50万 t 到几千万 t TNT 当量，制造更小的氢弹尚有困难。

还有一种中子弹，它和原子弹、氢弹不同。是一种利用聚变反应的热核武器。从理论上讲，它只有聚变过程。纯聚变能量，约80%以高能中子的形式释放出来，光辐射和冲击波则大大减弱，不会产生大量的放射性物质污染大片地区，其大量高速中子，在局部地区形成一片浓密的中子雨。处在中子射线作用范围内的人员，会受到严重的伤害。中子的穿透能力很强，能穿透最新式的坦克。尽管这种坦克能经得住核爆炸的冲击波和高温，并能防止污染物的侵入，但阻挡中子射线的效果不大。中子的作用时间短，中子弹袭击后，军队可很快进入目标区作战。中子弹是一种新研制的战术核武器，但未经实战考验。

除上述常规战斗部、核战斗部外，战术导弹还可装有燃烧战斗部、化学战斗部、细菌战斗部等，它们可引起目标的燃烧，向目标施放毒气，传播毒菌伤害生物，使敌方战斗力和生存力遭受破坏。

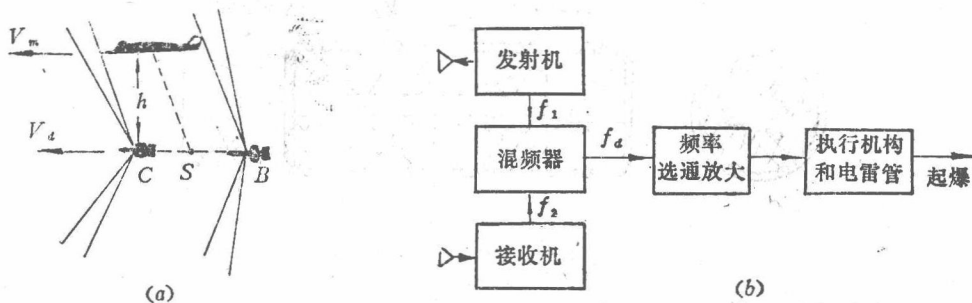
## (2) 引信和保险机构

战斗部是靠引信起爆的。引信保证战斗部在恰当的时机和地点爆炸，使目标遭受到最大程度的破坏。保险机构则保证战斗部在不应起爆时绝对安全，如对战斗部维护、处理和运输等。

根据对目标的作用方式，引信可分为触发引信和非触发引信两大类。按工作原理则可分为无线电引信、红外引信、多卜勒引信等。

**触发引信** 是在导弹撞击目标时，利用引信中重物的惯性作用来激发起爆炸药，使战斗部起爆。一般用于攻击坦克、军舰的聚能战斗部和攻击地面、水面目标的爆破战斗部。

**非触发引信** 它分为时间引信和近炸引信。时间引信也叫钟表引信，它可按预定好的时间起爆。可做导弹的自毁引信，或多级火箭的点火、分离等。近炸引信是在导弹离目标一定的距离时，利用电磁波或目标的红外辐射能的作用，接通战斗部的起爆电路，由电流的生成热激发起爆炸药，使战斗部起爆。近炸引信多用于攻击活动目标的导弹。图1-8(a)是



(a) 近炸引信引爆战斗部时机

(b) 无线电(雷达)近炸引信方块图

图1-8 无线电近炸引信原理图



无线电(雷达)引信的作用示意图,图中实线所示的扇形区为导弹运动时战斗部破片的飞散区。显然,若使战斗部在BC区域内爆炸,就有部分破片击中目标。若在BC区域的中点S处爆炸,则杀伤目标的概率最大。图1-8(b)为无线电(雷达)近炸引信的简化方块图,它应用了多卜勒效应。发射机产生频率为 $f_1$ 的连续振荡,经天线发射出去,由于目标、导弹间有相对运动,则引信接收的目标回波频率为 $f_2$ 。 $f_2 - f_1 = f_d$ ,  $f_d$ 称多卜勒频率。经混频后,得到频率为 $f_d$ 的多卜勒信号,再经选频放大器放大。随着导弹逐渐接近目标,多卜勒信号的幅值逐渐增大。当该信号持续一定时间后,使执行机构起动,电雷管工作,适时引爆战斗部。红外近炸引信有两路光学接收装置,当它们接收到目标的红外辐射时,便各自产生脉冲信号。只有当两路接收装置输出的脉冲信号在时间间隔上符合一定要求时,引信立即起动执行机构,引爆战斗部。

保险执行机构保证导弹飞离发射点后,按预定的程序分几次解除保险,引信在解除最后一级保险后,才能开始工作。

## (二) 发动机

发动机是推动导弹飞行的动力装置。导弹用的发动机都是喷气发动机,其燃料在发动机内燃烧,产生高温、高压燃气,燃气高速地向后喷出,使导弹获得反作用力,即发动机的推力。发动机每秒钟喷出的燃气越多,发动机的推力就越大。根据燃料燃烧时所需氧化剂的来源不同,可分为火箭发动机和空气喷气发动机两大类。火箭发动机自带燃料和氧化剂,不需要外界空气助燃,可在真空中工作,不受导弹飞行高度的限制。按氧化剂和燃烧剂的物理状态不同,又分为固体火箭发动机和液体火箭发动机。空气喷气发动机自带燃烧剂,从空气中取得氧化剂。因此,空气喷气发动机只能在稠密大气层中工作。根据空气增压方式不同,空气喷气发动机又分为涡轮喷气发动机和冲压喷气发动机。

### (1) 固体火箭发动机

固体火箭发动机的推进剂(燃烧剂和氧化剂的总称),是由固体燃烧剂(如黑色火药、无烟火药等)、氧化剂及其他添加剂混合组成。发动机主要由燃烧室、喷管、火药柱和点火装置等部分组成,如图1-9。火药柱装在燃烧室内,由点火装置点燃,燃烧时产生的高压燃气在喷管内膨胀,高速喷出,发动机产生反作用力。

固体火箭发动机结构简单、使用方便、工作可靠,可在短时间内产生很大的推力。但其工作时间短,一般在十分之几至一百秒内。所以,这种发动机多用在空空、空地、地空导弹和近程地地导弹上。它可做主发动机,也可做助推器。

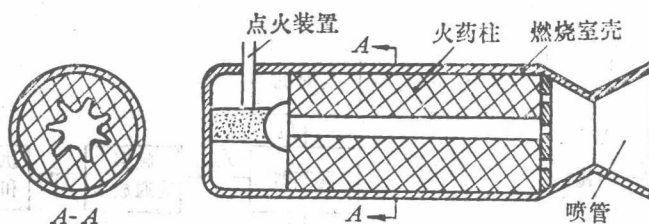


图1-9 固体火箭发动机

### (2) 液体火箭发动机

这种发动机采用液体推进剂。多数情况下,推进剂中的氧化剂(如液氧、硝酸等)与燃