

导弹制导系统原理

Daodan Zhidao Xitong Yuanli

卢晓东 周 军 刘光辉 编
赵 斌 周凤岐



国防工业出版社

National Defense Industry Press

导弹制导系统原理

卢晓东 周 军 刘光辉 编
赵 斌 周凤岐

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书共分五篇,详细介绍了导弹制导系统与导引头的基本结构、红外/可见光/激光等光学制导系统的工作原理及组成、雷达制导系统的工作原理及组成、捷联导引头及多模复合导引头的工作原理及信息处理技术、常见导引头的半实物仿真技术等内容。全书涵盖内容系统全面、深度适中,也吸收了部分近期制导系统技术发展的新成果,具有新颖性,能使读者全面系统地了解当今精确制导武器制导系统的原理和相关技术以及实验方法等。每章后均有思考题,帮助读者掌握内容重点。

本书可作为高等学校飞行器制导与控制、飞行器设计、兵器科学与技术、电子信息与电子对抗、自动控制以及相关专业的高年级本科生和研究生课程教材,也可供航空、航天和兵器以及相关领域的科研人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

导弹制导系统原理 / 卢晓东等编. —北京: 国防工业出版社, 2015. 9
ISBN 978 - 7 - 118 - 10392 - 2

I. ①导… II. ①卢… III. ①导弹制导 IV.
①TJ765

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 199135 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 100048)
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 21 $\frac{1}{4}$ 字数 538 千字
2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777
发行传真:(010)88540755

发行邮购:(010)88540776
发行业务:(010)88540717

前 言

随着现代战争科技的发展,以导弹为代表的精确制导武器已经成为高技术战场武器的最主要力量。精确制导武器之所以区别于常规弹药,主要在于它的飞行轨迹可以受到制导控制系统的控制,从而精确命中目标。其中,制导系统作为对所攻击目标运动信息的测量环节是整个制导控制系统的重要前提和基础,其工作原理及误差特性直接影响精确制导武器的打击精度。本书针对当今精确制导武器的主要发展方向,详细介绍了以导弹为主的精确制导武器所采用的制导系统的形式、原理、功能、组成、分类和关键技术等。

根据所攻击目标和使用环境的不同,制导系统所采用的探测手段和制导方式也不相同。本书以光学制导和雷达制导为主线,分为五篇:第一篇为导弹制导系统概论,主要介绍了精确制导武器的概念与发展,导弹制导系统的概念、分类、导引方法以及导引头的功能和结构;第二篇为光学制导,主要介绍了光学制导基础、红外点源制导系统、红外成像制导系统、电视成像制导系统和激光制导系统;第三篇为雷达制导,主要介绍了雷达制导基础、雷达导引头工作原理、雷达制导系统;第四篇为捷联导引头和多模导引头,主要介绍了捷联导引头、多模复合的方法和滤波原理;第五篇为导引头半实物仿真,主要介绍了导弹半实物仿真原理,以及红外导引头、电视成像导引头、激光半主动导引头和雷达导引头的半实物仿真技术。各章均设置了思考题,以帮助读者掌握内容的重点。

本书是西北工业大学航天学院探测、制导与控制专业开设的陕西省精品课程“导引系统原理”规划教材,其前身是2000年西北工业大学出版社发行的由周凤岐教授编写的讲义《导引系统原理》,该讲义先后经过十多年的本科生教学使用。以周军、周凤岐教授为首的西北工业大学精确制导与控制研究所30多年来一直主持承担“导引系统原理”的课堂教学和配套实验教学,积累了丰富的教学实践成果,并于2008年被评为陕西省“精确制导与控制”优秀教学团队,2015年被评为陕西省劳模示范岗。本书正是在原讲义的基础上,将丰富的教学实践成果和长期从事导弹制导控制的科研经验有机结合,总结、凝练和提高而编写成的。编写过程中,编者在保证内容结构的系统性和完整性基础上,也吸收了部分近期制导系统技术发展的新成果,具有新颖性。此外,为了方便读者阅读和参考,本节还将部分常用的与制导系统相关的特性参数和基础知识列在附录中。

许多老师为本书编写提供了帮助,提出了许多宝贵意见和建议,研究生赵辉和吴天泽同学参与了本书插图绘制和全文校稿工作,在此谨向他们表示衷心的感谢;还要向本书所引用参考文献的所有作者表示诚挚的谢意,他们的学术成果丰富了本书的内容;同时也感谢国防工业出版社的同志们对本书出版付出的辛勤劳动。

由于水平有限,书中不当之处敬请广大读者不吝赐正。

编者

2015年3月于西安

目 录

第一篇 导弹制导系统概论

第 1 章 导弹与制导系统	1
1.1 导弹概述	1
1.1.1 导弹	1
1.1.2 导弹的分类	3
1.1.3 导弹飞行力学基础	8
1.2 导弹制导系统的概念与发展	12
1.2.1 导弹制导系统的概念	12
1.2.2 导弹制导系统的发展	15
1.3 导弹制导系统的分类	17
1.3.1 自主制导系统	18
1.3.2 遥控制导系统	20
1.3.3 自动寻的制导系统	21
1.3.4 复合制导系统	23
1.4 导弹制导系统的导引方法	24
1.4.1 追踪法	27
1.4.2 平行接近法	28
1.4.3 比例导引法	29
1.4.4 三点法	31
1.4.5 前置角法	32
思考题	33
第 2 章 导引头的功能和结构	34
2.1 导引头的功能	34
2.1.1 导引头的角稳定功能	35
2.1.2 导引头的角跟踪功能	38
2.1.3 导引头的角度预定和角度搜索功能	40
2.2 导引头的稳定方式	41
2.2.1 动力陀螺稳定方式	42
2.2.2 速率陀螺稳定方式	43
2.2.3 捷联稳定方式	44

2.3 导引头的稳定平台结构	45
2.3.1 三轴平台结构	45
2.3.2 两轴平台结构	47
2.4 导引头平台的主要性能指标	51
思考题	53

第二篇 光学制导

第3章 光学制导基础	55
3.1 光波的分类与特性	55
3.1.1 可见光的特性	57
3.1.2 红外线的特性	58
3.1.3 紫外线的特性	60
3.2 光学辐射基本概念	62
3.2.1 基本辐射量和光谱辐射量	62
3.2.2 辐射度学基本定律	67
3.3 光学系统基础	68
3.3.1 光学成像系统	68
3.3.2 常见的光学组件	72
3.4 光电探测器原理	77
3.4.1 光电探测器分类	78
3.4.2 光子探测器	78
3.4.3 红外辐射探测器	81
3.4.4 紫外辐射探测器	82
3.4.5 光电探测器的主要技术指标	83
3.5 目标与背景的光学特性	85
3.5.1 大气对光波的传输特性影响	86
3.5.2 目标与背景的可见光特性	88
3.5.3 目标与背景的红外特性	89
3.5.4 目标与背景的紫外特性	96
思考题	98
第4章 红外点源制导系统	99
4.1 红外点源制导系统原理	100
4.2 调制盘式点源制导系统	103
4.2.1 调制盘的工作原理	104
4.2.2 调幅式调制盘系统	109
4.2.3 调频式调制盘系统	110
4.2.4 调相式调制盘系统	112

4.2.5	调制盘的特性	113
4.3	非调制盘式红外点源制导系统	116
4.3.1	“十”字形和“L”形探测系统	116
4.3.2	玫瑰线扫描系统	118
	思考题	119
第5章	红外成像制导系统	120
5.1	红外成像制导系统原理	121
5.1.1	红外成像制导的特点	121
5.1.2	红外成像制导系统的组成	122
5.2	红外成像方式	123
5.2.1	红外扫描式成像系统	123
5.2.2	红外凝视成像系统	126
5.3	红外成像的图像处理	128
5.3.1	图像的数字化	129
5.3.2	红外图像预处理	131
5.3.3	红外图像目标的识别	134
5.4	影响红外成像的因素	136
5.4.1	大气传输和天候影响	136
5.4.2	高速运动影响	138
5.4.3	气动光学效应影响	139
5.5	红外对抗	141
5.5.1	红外干扰	141
5.5.2	红外隐身与红外伪装	145
5.5.3	红外抗干扰	146
	思考题	147
第6章	电视成像制导系统	149
6.1	电视成像制导系统原理	150
6.1.1	电视成像原理	150
6.1.2	电视成像制导系统的特点与分类	152
6.2	电视自动寻的制导系统	153
6.3	电视遥控制导系统	156
6.4	电视成像制导的目标跟踪	158
6.4.1	对比度跟踪	158
6.4.2	相关跟踪	163
6.4.3	其他跟踪算法	167
	思考题	168
第7章	激光制导系统	169
7.1	激光特性与激光测量	169
7.1.1	激光特性	170
7.1.2	激光测量原理	172

7.2	激光制导原理	174
7.3	激光半主动制导系统	176
7.3.1	激光半主动制导系统组成	177
7.3.2	激光半主动探测原理	178
7.4	激光主动制导系统	180
7.4.1	激光主动成像探测原理	180
7.4.2	激光主动制导技术的发展	185
7.5	激光驾束制导系统	187
7.5.1	激光驾束制导原理	187
7.5.2	激光驾束制导的编码原理	187
	思考题	189

第三篇 雷达制导

第8章	雷达制导基础	190
8.1	无线电波的分类与特性	191
8.2	无线电雷达的分类	193
8.2.1	雷达频段分类	194
8.2.2	军用雷达的分类	196
8.3	雷达基本方程与雷达截面积	197
8.3.1	雷达基本方程	197
8.3.2	雷达截面积的定义	199
8.4	雷达基本测量方法	200
8.4.1	雷达测角方法	200
8.4.2	雷达测距方法	202
8.4.3	雷达测速方法	203
8.5	雷达信号检测原理	204
8.5.1	雷达最小可检测信号	204
8.5.2	雷达脉冲累积检测方法	208
8.6	目标与背景的雷达辐射与反射特性	208
8.6.1	雷达目标辐射及反射特性	208
8.6.2	雷达背景辐射及反射特性	214
8.7	雷达的干扰与抗干扰	218
8.7.1	雷达的干扰	218
8.7.2	雷达的抗干扰	219
	思考题	221
第9章	雷达导引头工作原理	223
9.1	雷达导引头测角	223

9.1.1	雷达导引头相位测角法	223
9.1.2	雷达导引头圆锥扫描测角法	225
9.1.3	雷达导引头单脉冲测角法	227
9.2	雷达导引头测距	228
9.2.1	雷达导引头脉冲测距法	228
9.2.2	雷达导引头调频测距法	229
9.3	雷达导引头测速	232
9.3.1	连续波多普勒测速法	232
9.3.2	脉冲多普勒测速法	233
9.4	雷达导引头天线波束扫描方法	234
9.5	雷达导引头测量精度的影响因素	236
9.5.1	雷达导引头误差表示形式	236
9.5.2	雷达导引头测角精度的影响因素	237
9.5.3	雷达导引头测距精度的影响因素	238
9.5.4	其他影响雷达导引头测量精度的因素	239
	思考题	241
第 10 章	雷达制导系统	242
10.1	无线电遥控制导系统	242
10.1.1	无线电指令遥控制导系统	242
10.1.2	无线电波束遥控制导系统	245
10.2	雷达自动寻的制导系统	248
10.2.1	雷达主动寻的制导系统	248
10.2.2	雷达半主动寻的制导系统	250
10.2.3	雷达被动寻的制导系统	252
10.3	雷达成像制导系统	253
10.3.1	一维距离像雷达制导原理	253
10.3.2	合成孔径雷达制导原理	255
	思考题	257

第四篇 捷联导引头与多模导引头

第 11 章	捷联导引头	258
11.1	全捷联导引头	259
11.1.1	解耦解算中的坐标系	259
11.1.2	捷联惯性器件误差	260
11.1.3	捷联导引头姿态解耦	262
11.2	半捷联导引头	263
11.2.1	基于角度补偿的解耦方法	264

11.2.2	基于角速度补偿的解耦方法	267
11.2.3	半捷联导引头的解耦算法	268
11.2.4	影响半捷联导引头解耦精度的因素	269
思考题	.....	271
第12章	多模导引头	272
12.1	多模导引头的复合原则和常见形式	273
12.1.1	多模导引头的复合原则	273
12.1.2	多模导引头的常见形式	274
12.2	多模导引头的信息融合	275
12.2.1	多模导引头的信息融合结构	275
12.2.2	多模导引头的信息融合算法	277
12.3	红外/毫米波成像双模导引头设计方法	280
12.3.1	红外/毫米波成像复合制导系统总体结构	280
12.3.2	红外/毫米波成像复合制导子系统	282
12.4	导引头多源信息滤波原理	287
12.4.1	卡尔曼滤波	288
12.4.2	非线性滤波	289
12.4.3	导引头信息滤波仿真	292
思考题	.....	300

第五篇 导引头半实物仿真

第13章	导引头半实物仿真原理	301
13.1	导弹的半实物仿真原理	302
13.2	红外导引头的半实物仿真	304
13.2.1	典型红外成像仿真系统	305
13.2.2	红外成像仿真系统的主要技术指标	307
13.3	电视成像导引头的半实物仿真	308
13.4	激光半主动导引头的半实物仿真	310
13.4.1	光学系统轴线和转台内环轴线的对准	312
13.4.2	光学系统中心和转台三轴线交心的对准	312
13.5	雷达导引头的半实物仿真	313
13.5.1	雷达导引头半实物仿真设备	313
13.5.2	雷达导引头半实物仿真试验	317
思考题	.....	319
附录	.....	320
附录1	陀螺的定轴性和进动性	320
附录2	常见材料的光谱发射率	322

附录3	海平面水平路程上的水蒸气光谱透过率	324
附录4	常用红外光学材料的主要性能	328
附录5	增透膜材料的主要性能	328
附录6	蒸发金属膜的反射率	328
附录7	常见典型物体的反射面积与视角对应关系	329
附录8	四元数计算规则	331
参考文献	.....	334

第一篇 导弹制导系统概论

导弹是现代高科技战争中起重要作用的精确制导武器,也是当今世界各主要军事强国武器发展的重点方向。而精确制导武器与传统武器的关键区别是其具有制导系统。制导系统的基本功能是获取所攻击目标的位置和运动信息,并按照一定的制导规律形成制导指令。然后控制系统根据制导指令控制武器飞向目标。因此可以说,制导系统是精确制导武器的核心系统。

本书将以导弹为主要对象全面介绍制导系统的概念、分类、功能、原理、设计和实验方法。通过本书的学习可使读者对导弹的制导系统有一个全面系统的掌握,对导弹制导系统的设计方法和实验有一定了解。在学习制导系统知识之前,为了使读者明晰制导系统在导弹总体中的作用以及制导系统的功能和结构,本篇首先介绍导弹总体概念、分类和飞行力学基本原理,随后介绍导弹制导系统的分类、作用和导引方法,以及导引头的结构和功能等。

第 1 章 导弹与制导系统

1.1 导弹概述

1.1.1 导弹

在国际军事理论界对精确制导武器并没有统一的定义,在西方国家一般是指安装有制导系统且一次发射命中目标概率大于 50% 的武器,在俄罗斯的有关文献中是指命中目标概率接近于 100% 的武器。但无论如何定义,精确制导武器的本质是利用制导系统来提高命中精度。精确制导武器种类很多,常见的有导弹、制导炸弹、制导炮弹、制导鱼雷等,它们之间的区别大致如下:

(1) 导弹是指具有动力装置和制导控制系统的飞行武器。例如美国“响尾蛇”系列空空导弹和俄罗斯 9M112“眼镜蛇”炮射导弹等。

(2) 制导炸弹是指由飞机投放、无动力装置但有制导系统的飞行武器。例如美国 GBU 系列(图 1-1(a))和 MK 系列的航空炸弹。

(3) 制导炮弹是指由火炮发射后无动力飞行,且有制导系统的弹丸。例如美国“铜斑蛇”

和俄罗斯“红土地”激光制导炮弹(图 1-1(b))。

(4) 制导鱼雷是指在水下航行且带有制导系统的潜行武器。例如美国 MK-48 和中国“鱼”-6 制导鱼雷(图 1-1(c))。



图 1-1 几种常见的制导武器

当然,精确制导武器的分类并不是绝对的,随着现代武器的制导化、远程化和多功能化发展,一些制导武器之间的界限已经不太明显。例如制导炸弹为了增加攻击范围通常也会加装助推火箭发动机,这样制导炸弹实际上就变成了导弹。对于易混淆的制导炮弹和炮射导弹来说,两者的区别就在于武器发射出筒后是否还具有动力推进。如果出筒后还有发动机推动武器加速,则属于炮射导弹,否则就属于制导炮弹。

无论制导武器如何进行分类,其本质都是采用了制导系统。目前在导弹上所使用的制导系统种类最为丰富,因此,本书将以导弹为主要对象介绍各类制导系统。

以导弹为典型代表的精确制导武器在 20 世纪末期和 21 世纪初期的几场现代战争和局部冲突中都发挥了重要作用:1991 年的海湾战争中美军所使用的精确制导武器仅占总投弹量的 8% 左右;在 1998 年美军对伊拉克的“沙漠之狐”军事行动中这一比例已提高到 70%;到了 1999 年的科索沃战争,美军所使用的精确制导武器则占据总投弹量的 90% 以上;而在随后的 2003 年伊拉克战争和 2011 年的利比亚战争中,美军除了步枪、手雷和常规火炮外使用的几乎全部都是精确制导武器。正是由于精确制导武器在现代战争中的大量使用和所取得的辉煌战果,使其在现代高科技战争中具有举足轻重的地位,并已成为赢得战争胜利的重要因素。

导弹是精确制导武器家族中的典型代表,它是一种携带战斗部,依靠自身动力装置推进,由制导控制系统导引控制飞行航迹的飞行器。导弹通常由战斗部、推进系统、制导控制系统、弹体和弹上电源等五大部分组成,图 1-2 为美国“战斧”巡航导弹的总体组成示意图。

一般说来,导弹各部分的组成及功能如下:

(1) 战斗部。战斗部是导弹直接毁伤目标的专用装置,也称为导弹的有效载荷。它主要由壳体、战斗装药、引爆装置(或称引信)、保险和解保装置等组成。通常战斗部按照装药形式

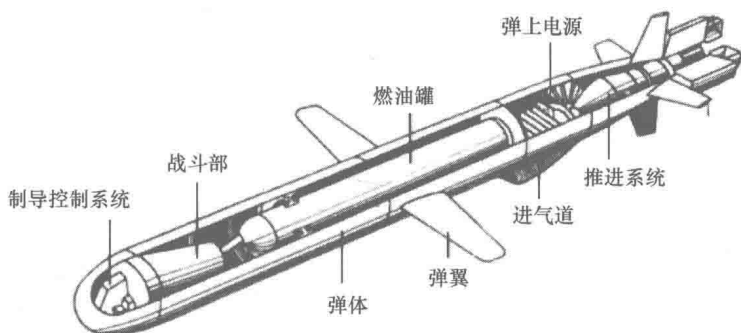


图 1-2 “战斧”巡航导弹总体组成示意图

可以分为核装药战斗部、常规装药战斗部和特种装药战斗部三类。其中常规战斗部根据毁伤机理可以分为杀伤战斗部、爆破战斗部、侵彻战斗部、聚能战斗部、子母战斗部、云爆战斗部等。

(2) 推进系统。推进系统是为导弹飞行提供动力的系统。它包括发动机、推进剂或燃料储箱和辅助设施(如管道、仪表、安装结构等)。有些导弹除了有主发动机外,还有助推发动机(如火箭),其主要作用是使导弹在起飞时实现快速加速。通常,按照喷气推进原理,发动机可以分为化学火箭发动机、空气喷气发动机和组合发动机三大类。化学火箭发动机包括液体(燃料)火箭发动机和固体(燃料)火箭发动机。组合发动机包括火箭—冲压发动机、涡轮—冲压发动机和涡轮—火箭发动机三种。各种射程较近的导弹通常采用固体火箭发动机,远射程的弹道导弹常常会采用液体火箭发动机,而对于飞行高度较低、飞行距离远的导弹则有时会采用类似飞机采用的空气喷气发动机(图 1-2 为具有下进气道的“战斧”巡航导弹)。

(3) 制导控制系统。制导控制系统同时具有制导功能和控制功能,它是导弹的核心和关键分系统,在很大程度上决定着导弹的作战性能,特别是打击精度。所谓制导功能是指:在导弹飞向目标的整个过程中,不断地测量导弹与目标的相对位置和运动信息,并按照一定规律计算出导弹跟踪目标所需要的指令,即制导指令,所谓控制功能是指:导弹根据制导指令按照特定的控制规律形成姿态或轨迹控制指令,据此驱动执行机构产生需要的操纵力或力矩控制导弹正向目标。

(4) 弹体。弹体是连接导弹各部分并承受各种载荷的结构部件。它必须具有足够的强度和刚度以及良好的气动外形,同时能提供弹上仪器正常工作所需的环境。弹体通常也是提供导弹升力的主要部件,因此它的表面通常安装有弹翼、尾翼或者安定面等。

(5) 弹上电源。弹上电源是给导弹各部分提供工作用电的能源部件,它一般包括原始电源(又称一次电源)、配电设备和交流装置。对于飞行时间较短的导弹,原始电源常采用一次性使用的化学电池,对于飞行时间较长的导弹则采用小型发电机。如图 1-2 所示的“战斧”巡航导弹利用其发动机的动力驱动小型发电机为全弹提供电力,这通常需要专门的调压变电装置(如变压器、交流器等)和配电器等配套装置。

1.1.2 导弹的分类

导弹的分类方法和准则很多,例如可按发射地点和目标位置分类,也可按飞行方式分类,还可按作战使命分类。表 1-1 列举了常见导弹的分类方式。

表 1-1 导弹武器的分类一览表

划分方式	导弹分类	导弹类型
按照发射地点和目标位置	面面导弹	岸舰导弹
		舰舰导弹
		舰地导弹
		舰潜导弹
		潜地导弹
		潜潜导弹
		地地导弹
	面空导弹	地空导弹
		舰空导弹
		潜空导弹
	空面导弹	空地导弹
		空舰导弹
		空潜导弹
	空空导弹	近距格斗导弹
		中距导弹
远距导弹		
按照作战使命	战略(型)导弹	
	战术(型)导弹	
按照结构和弹道特征	弹道式导弹	
	有翼式导弹	飞航式导弹(含巡航导弹)
		其他有翼导弹
按照射程远近	近程弹道导弹(射程小于 1000km)	
	中程弹道导弹(射程 1000 ~ 3000km)	
	远程弹道导弹(射程 3000 ~ 8000km)	
	洲际弹道导弹(射程大于 8000km)	
按照所攻击目标	攻击固定目标的导弹	
	攻击活动目标的导弹	反卫星导弹
		反弹道导弹
		反飞机导弹
		反坦克导弹
		反舰(潜)导弹

表 1-1 给出的导弹分类是从大原则上进行的分类,其中有以下几个概念需要说明。

(1) 面和空的概念。导弹的发射地点和目标位置可以在地面、地下、水面(舰船)、水下(潜艇)和空中(飞机、导弹、卫星或空间站),通常约定地面(包括地下)和水面(包括水下)统称为“面”。“空”是指大气层内的对流层和平流层,以及高度 100km 以下的临近空间。在实际应用中,有时为了明确“面”所指代的具体对象,会将内陆地面(地下)称为“地”,如地地导弹和地空导弹;将临海的地面称为“岸”,将海面的舰船称为“舰”,如岸舰导弹和舰空导弹;将

水下称为“潜”,如潜空导弹和潜地导弹。

(2) 战略和战术的概念。战略和战术是从对整个战争或者战局的影响程度来区分的。由于战争的地域范围和规模大小不同,因此战略和战术也是一个相对的概念。战略型导弹是指用于完成攻击具有战略价值目标任务的导弹,如核武器基地、军用机场、港口、防空和反导基地、重要军需仓库、工业和能源基地、交通和通信枢纽等。远程空空导弹和空面导弹通常都属于战略导弹,用来保卫重要城市和具有战略意义的地区和设施的远程面空导弹一般也属于战略型导弹。战术导弹是指用于完成攻击某个具体战役战术目标任务的导弹。战术导弹的类型很多,常见的如反坦克导弹、空空导弹、反舰导弹等。

(3) 有翼式导弹和弹道导弹。一般来说,配置有弹翼,主要依靠其所产生的空气动力进行机动飞行的导弹称为有翼式导弹。有翼式导弹除了飞航式导弹(含巡航导弹)外,分类表1-1中列出的面空导弹、空面导弹、空空导弹以及其他攻击活动目标的导弹均属于有翼式导弹。传统的弹道式导弹在非主动段按照抛物线运动,此类导弹没有弹翼,通常被称为弹头。近些年来,随着弹道导弹突防技术的发展,弹道导弹弹头还可通过增加舵面或者其他执行机构实现末段机动,所以这种按照结构和弹道特征进行分类的方式不是绝对的。

(4) 射程。在表1-1中,仅将弹道式导弹按照射程远近划分为近程、中程、远程及洲际导弹。对于其他战术导弹,射程远近的概念则各不相同。例如反坦克导弹射程在5km以上就可称为远程反坦克导弹,而空空导弹射程在10km以内都是近程空空导弹。因此,所谓近程、中程和远程需要在特定的导弹类别中描述才有意义。

尽管导弹的种类很多,但是纵观近20年来世界各地发生的局部战争和冲突,所使用的导弹主要为面空、空空、空面、空空、反舰(潜)导弹。下面简单介绍这几类常见导弹。

1. 空空导弹

弹道式导弹和飞航式导弹(包括巡航导弹)是这类导弹中的两种主要类型,其多用于攻击具有战略价值的固定或低速运动目标。空空导弹射程都比较远,可达几百乃至上万千米,特别是洲际弹道导弹,其装载有大威力的核战斗部(或称核弹头),是对敌方进行核威慑和核打击的主要武器。

传统弹道式导弹通常无翼或者只有尾翼,采用火箭发动机作为动力,发动机只在导弹发射初期的一小段弹道上工作,对导弹的控制也在这一小段弹道上进行,当导弹的飞行速度和姿态达到一定条件时发动机便停止工作,此点被称为关机点。通常把弹道式导弹从发射到主发动机关机这一段称为主动段弹道。此后弹头与弹体分离,弹头在很长的一段弹道上既无动力,也不进行控制,就像抛物体一样自由飞行,这段弹道被称为被动段弹道。现代弹道导弹为了进一步提高命中精度和突防能力,通常会在弹头再入大气层后对弹头进行制导控制,使弹头不再自由飞行,因此弹道式导弹的内涵也有了一定的拓展。图1-3所示为装有雷达地形匹配末制导系统的美国“潘兴”-2地地导弹。

飞航式导弹有一对较大的平面弹翼,外形与飞机很相像。由于飞行时间长,通常采用空气喷气发动机提供动力,而且在飞行全程工作。这种导弹由于飞行速度慢,机动能力有限,一般用于攻击地面固定目标或低速运动目标,如大型舰船等。巡航导弹是飞航式导弹的典型代表,一般都采用小尺寸低油耗的涡轮风扇空气喷气发动机。巡航阶段多采用惯性导航加地形匹配制导方式,其飞行高度很低,能够超低空进入目标区,不易被敌方雷达发现。此外,巡航导弹还采用动态路径规划技术进行航迹变更,从而增强突防能力,使其成为一种能执行快速、隐蔽、战略轰炸任务的导弹。从1991年的海湾战争开始,美国在多次的局部战争和冲突中,几乎都是

以巡航导弹的进攻拉开战争的序幕。图 1-4 所示为美国“战斧”巡航导弹。

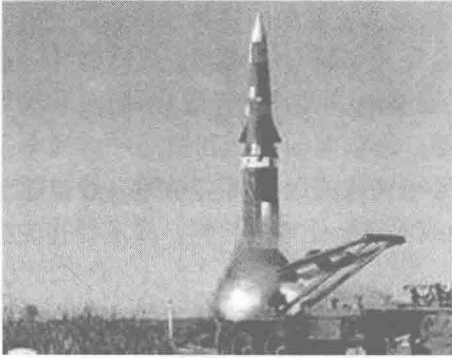


图 1-3 美国“潘兴”-2 地地导弹



图 1-4 采用涡轮风扇发动机的“战斧”巡航导弹

2. 面空导弹

面空导弹是由陆地或者海面发射用于攻击空中目标的武器,也常被称为防空导弹,如图 1-5 所示。这类导弹所攻击的空中目标包括飞机、导弹以及临近空间飞行器等,其射高从几十米到几百千米不等。常见的面空导弹有高空(射高 30km 以上)、中高空(射高 10 ~ 30km)、低空(射高 3 ~ 10km)和超低空(射高在 3km 以下)几种规格。其中超低空面空导弹是一种可单兵携带的小型野战防空武器,导弹装在管式发射筒内,由射手肩扛对空发射,攻击超低空入侵的敌机。这种导弹采取自动寻的制导系统,命中率较高,但由于导弹尺寸和重量较小,战斗部的威力有限。如图 1-5(b)所示的美国“毒刺”便携式防空导弹。



(a) 俄罗斯 S-300 防空导弹



(b) 美国“毒刺”便携式防空导弹

图 1-5 典型的面空导弹

3. 空面导弹

空面导弹是指从轰炸机、战斗机和攻击机等固定翼飞机或者武装直升机上发射,攻击地面、海面或水下目标的导弹。常见的类型有机载发射的弹道式导弹、飞航式导弹和战术空对面导弹等。

机载发射的弹道式导弹和飞航式导弹射程较远,一般装有核战斗部,属于战略空面导弹。战术空面导弹的主要任务是近距离火力支援,用以攻击地面雷达、桥梁、机场、坦克车辆以及舰船等目标。空面导弹如果采用被动雷达寻的制导系统,即利用对方雷达发射的雷达波束进行制导,则这类导弹称为反辐射导弹,如图 1-6 所示。另外,还有采用电视自动跟踪制导系统、激光半主动制导系统和红外成像制导系统的战术空面导弹,详见本书光学制导篇。