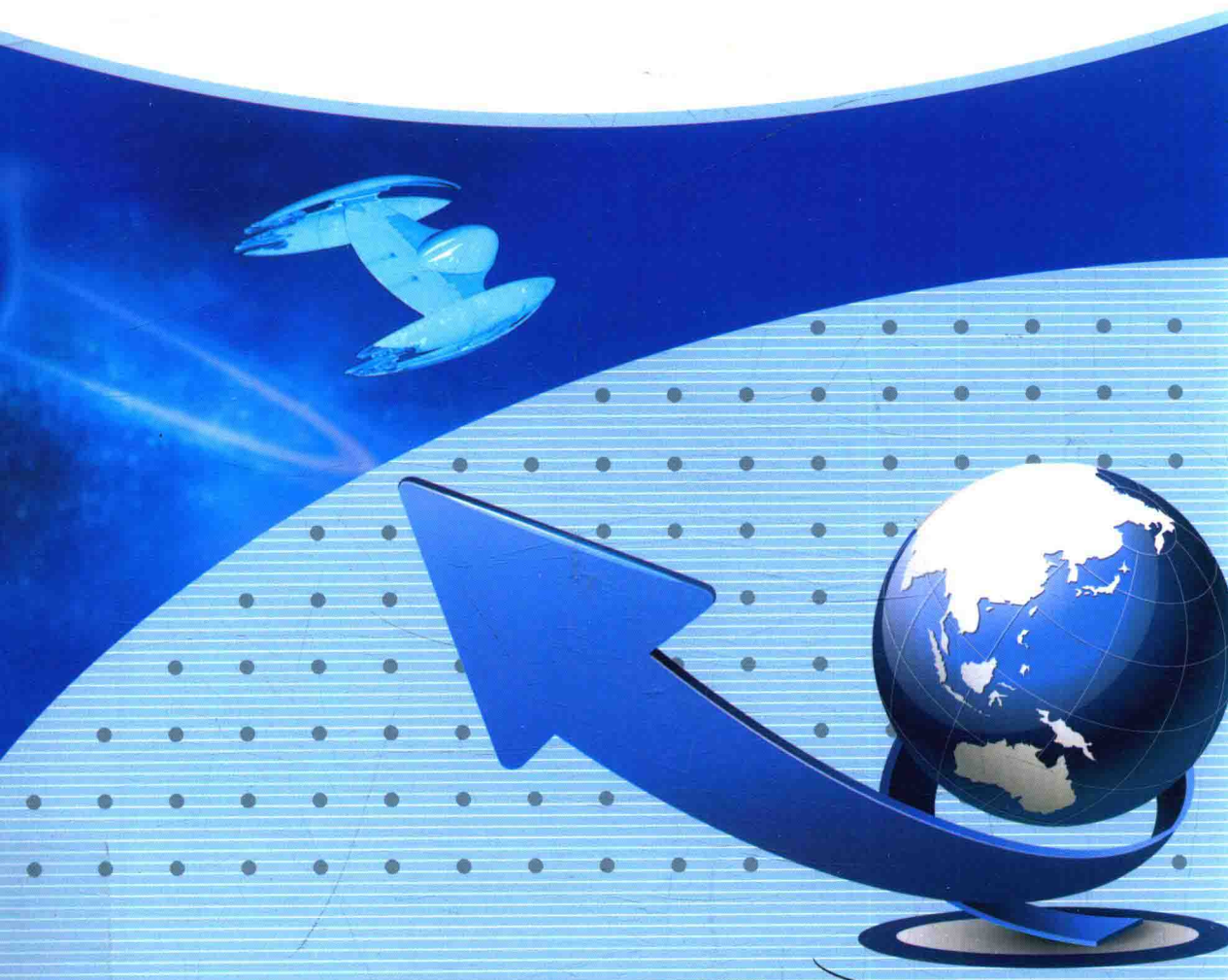




工业和信息化部“十二五”规划教材

航天飞行器设计

谷良贤 龚春林◎编著



西北工业大学出版社



工业和信息化部“十二五”规划教材

HANGTIAN FEIXINGQI SHEJI

航天飞行器设计

谷良贤 龚春林 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书主要介绍航天飞行器总体设计的有关问题。全书包括两个部分:飞行器设计和航天器设计。飞行器设计重点讲述导弹和火箭的分类、组成及设计方法,导弹战术技术要求及目标特性,导弹主要参数设计,导弹构形设计,导弹系统性能分析,多级运载火箭设计等;航天器设计重点介绍航天器任务分析与轨道设计,航天器空间物理环境,航天任务空间几何分析,航天分系统选择及设计,航天器参数预算及航天器构形设计等。航天飞行器设计覆盖了导弹、火箭及航天器总体、各分系统技术的主要内容,略去了专业学科论述的理论证明及公式推导,突出总体设计必备的关键知识及系统知识。

本书可作为高等院校相关专业本科生的教材,也可作为相关专业研究生的教材,还可供相关专业的科技人员及使用部门的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

航天飞行器设计 / 谷良贤, 龚春林编著. —西安:西北工业大学出版社, 2016. 2
ISBN 978-7-5612-4758-7

I. ①航… II. ①谷… ②龚… III. ①航天器—设计 IV. ①V423

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 036780 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:兴平市博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:33.5

字 数:822 千字

版 次:2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

定 价:68.00 元

前 言

为了适应国防专业对人才多样化、复合型、高素质、强能力的要求,需要进一步拓宽飞行器设计专业学生航天技术领域知识的基础性和全面性。对于飞行器设计专业的学生来说,在学习掌握了导弹、火箭总体设计理论知识的基础上,非常有必要了解并掌握有关航天器总体设计的理论及方法,从而学会如何运用这些方法进行航天飞行器设计及分析。本书正是在这一背景下编著的。

本书讲述导弹、火箭和航天器总体设计的基本理论、基本知识、设计原理和设计方法。由于导弹和航天器的种类较多,涉及的内容广泛,本书以有翼导弹和人造卫星为重点,介绍其基本理论和方法。在编著过程中,注重物理概念,选择主要的基本问题进行阐述,并力求反映最新的设计和工程技术,其中专业性很强的内容可查阅相关的参考文献。

全书共分13章。第1章讲述导弹、火箭、航天器的组成及其分类,系统的概念,航天飞行器总体设计的内容;第2~5章主要论述导弹战术技术指标内容及目标特性,导弹总体方案选择,总体参数及构形设计,分系统设计的要求等;第6章讲述导弹制导精度分析,杀伤概率计算,杀伤区及攻击区的概念;第7章论述运载火箭的概念及总体方案设计,运载火箭的总体技术性能参数;第8~13章主要介绍航天器的基本知识、航天分系统原理及主要设计参数。

本书由谷良贤、龚春林编著,康志宇参加了第8章的编写工作,刘鹏宇参加了第11章第6节的编写工作。在编著过程中,我们虽然力求阐述准确,内容系统、全面,文字简练,深入浅出,但限于水平,仍会存在疏漏和不尽完善之处,恳请读者和专家批评指正。

陈万春教授对全书进行了认真的审阅,康志宇研究员对第1,8~13章进行了认真的审阅,他们均提出了宝贵的修改意见。在此,对他们的辛勤劳动致以衷心的感谢。在本书编写过程中,参考了大量的国内相关书籍和兄弟院校的教材,在此对原作者深表谢意。

编著者

2015年12月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 导弹的组成及其分类	2
1.2 运载火箭的组成及其分类	8
1.3 航天器的组成及其分类.....	12
1.4 飞行器系统工程.....	24
1.5 飞行器研制阶段及总体设计的内容.....	30
思考题	36
第 2 章 导弹战术技术要求及目标特性	37
2.1 概述.....	37
2.2 战术技术要求.....	38
2.3 目标特性分析.....	40
2.4 导弹性能.....	43
2.5 发射方案选择.....	50
思考题	74
第 3 章 导弹主要参数设计	75
3.1 概述.....	75
3.2 导弹质量方程式的建立.....	78
3.3 导弹燃料质量的一般表达式.....	84
3.4 导弹相对量运动微分方程式的建立.....	85
3.5 导弹的主要设计参数.....	91
思考题与习题.....	101
第 4 章 导弹分系统方案选择及设计要求	103
4.1 推进系统方案选择和要求	103
4.2 引战系统方案选择和要求	132
4.3 制导控制系统方案选择和要求	153
4.4 总体结构方案选择和要求	200

4.5 弹上能源方案选择和要求	214
思考题与习题	232
第 5 章 导弹构形设计	233
5.1 概述	233
5.2 导弹外形设计	236
5.3 部位安排与质心定位	277
思考题与习题	289
第 6 章 导弹系统性能分析	291
6.1 导弹制导精度分析	291
6.2 防空导弹单发杀伤概率的计算	304
6.3 防空导弹武器的杀伤区和发射区	313
思考题与习题	319
第 7 章 多级运载火箭设计	320
7.1 运载火箭的概念	320
7.2 运载火箭的主要技术指标	324
7.3 运载火箭的总体方案设计	326
7.4 运载火箭的总体技术性能参数	347
思考题	360
第 8 章 航天器任务分析与轨道设计	361
8.1 航天器系统任务分析	361
8.2 航天器设计的特殊要求	364
8.3 航天器轨道设计	367
8.4 航天器几种常用轨道	372
8.5 航天器对地面的覆盖	376
8.6 太阳同步轨道主要参数的设计	379
思考题	383
第 9 章 航天器空间物理环境	384
9.1 近地空间环境	384
9.2 空间环境效应	399
9.3 运载火箭的力学环境	410
9.4 力学环境效应	412

思考题	412
第 10 章 航天任务空间几何分析	413
10.1 球面三角基础知识	414
10.2 定向天线波束覆盖计算	422
10.3 地面站跟踪弧段计算	425
10.4 太阳角计算	429
10.5 地影时间计算	430
10.6 发射窗口分析	431
思考题	436
第 11 章 航天器分系统选择及设计	437
11.1 概述	437
11.2 有效载荷的类型和要求	437
11.3 控制系统的类型和要求	448
11.4 推进分系统的类型和要求	457
11.5 电源分系统的类型和要求	462
11.6 测控和数据管理分系统的类型和要求	464
11.7 热控分系统方案的类型和要求	470
思考题	475
第 12 章 航天器主要参数预算	476
12.1 概述	476
12.2 推进剂预算	477
12.3 质量预算	484
12.4 负载功率预算	486
12.5 寿命指标分配	489
12.6 可靠性指标分配	490
12.7 精度指标分配	492
12.8 其他参数分配	494
思考题	496
第 13 章 航天器构形设计	497
13.1 概述	497
13.2 航天器外形设计	503
13.3 外伸部件布局设计	507

13.4 主承力构件方案设计.....	510
13.5 内部仪器设备总体布局.....	516
13.6 质量特性计算.....	519
13.7 其他设计.....	521
13.8 分析和验证.....	523
思考题.....	525
参考文献	526

第 1 章 概 论

在地球大气层或大气层以外的空间(含环地球空间、行星和行星际空间)飞行的器械通称为飞行器,一般应包括各种气球、飞艇、飞机、导弹、火箭、人造地球卫星、载人飞船、空间探测器等。但按飞行器在地球大气层中和大气层外的外层空间(太空)的航行活动,又可分为航空器、航天器等。其中,大气层中的活动为航空,所使用的飞行器为航空飞行器,如飞机等;大气层外的活动为航天,所使用的飞行器为航天飞行器,如人造卫星等。火箭和导弹的飞行轨迹跨越了航空和航天范围,因此,这两种飞行器很难严格地归属于航空飞行器或航天飞行器的范畴。因为火箭的整个飞行范围包含大气层和太空;各种近程的战术导弹是在大气层中飞行的,远程导弹和弹道导弹是跨大气层飞行的。另外一些新的航空航天飞行器也很难简单地按航空航天区分,例如,可重复使用跨大气层飞行器,它们既可以作为航天器在大气层外的轨道上运行,又可以在进入太空和返回太空时像普通飞机一样飞行。因此,在这种情况下就没有必要对它们进行严格的区分。飞行器的大致分类如图 1-1 所示。

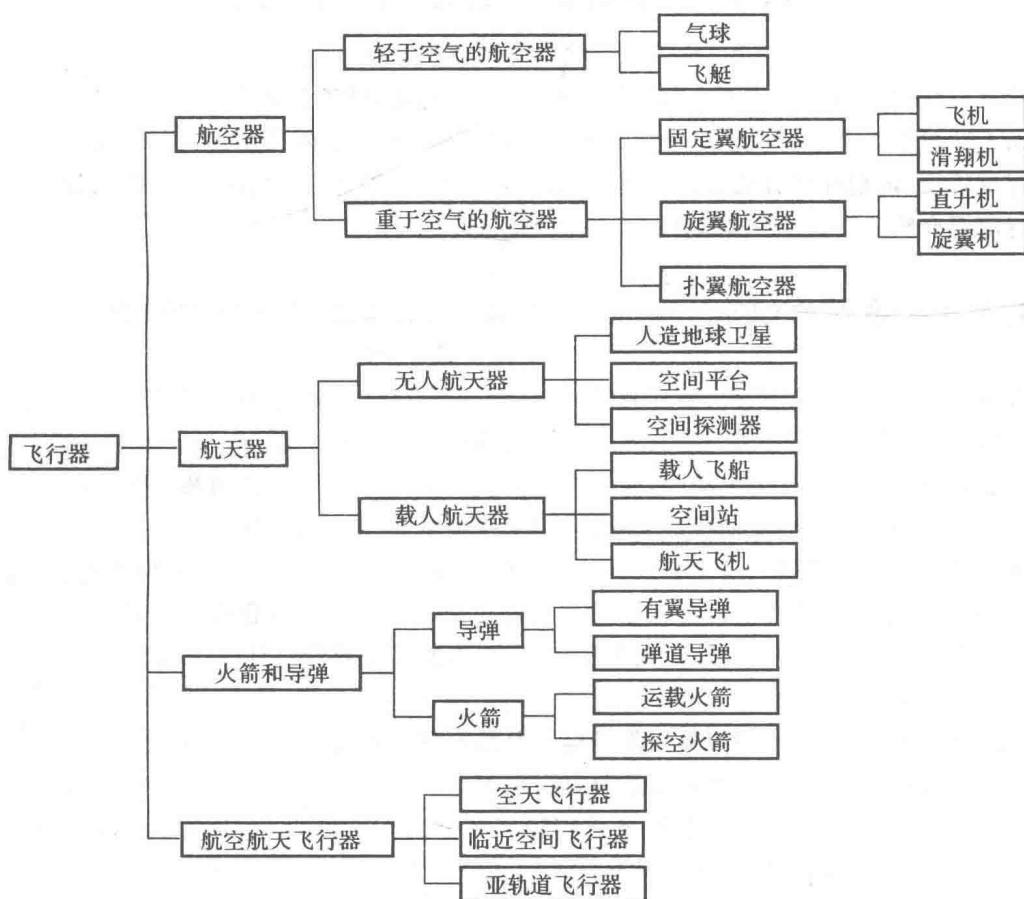


图 1-1 飞行器的分类

航空航天技术是 20 世纪人类在认识自然和改造自然的过程中最活跃、发展最迅速、对人类社会活动最有影响的科学技术领域之一,也是表征一个国家科学技术先进性的重要标志。它们综合运用了基础科学和应用科学的最新成就,应用了工程技术的最新成果。力学、热力学、材料学、电子技术、自动控制理论和技术、计算机技术、喷气推进技术,以及制造工艺等科学技术的进步都对航空航天科技的进步和发展发挥了重要作用。上述科学技术在航空航天领域的应用中相互交叉、渗透,产生了一些新的学科;航空航天技术发展中提出的新要求,又促进这些科学技术的进步。

航天飞行器总体设计是一项综合性很强的技术工作。它是应用空气动力学、飞行力学、结构力学、控制理论、电子技术、计算技术、喷气推进技术、热物理学、空间环境、优化理论以及其他应用学科和基础学科处理和解决飞行器总体问题的一门多学科交叉综合的学科。

总体设计在航天飞行器的所有设计工作中占有极其重要的地位,是航天飞行器的顶层设计,是创造性的设计,是定方向、定大局、定飞行器系统功能和性能的设计。因此,航天飞行器总体设计的好坏将直接关系到飞行器最终功能、性能、研制成本及周期能否满足用户要求,并且是否是最优。

1.1 导弹的组成及其分类

导弹是现代战争中的重要武器,是国防现代化的标志,随着战争需要的变化和科学技术的进步而不断发展。从 20 世纪 40 年代到现在,各国发展的导弹种类繁多。如果按气动外形和飞行弹道特征,可把导弹分成有翼导弹和弹道导弹两大类。本节对有翼导弹及其导弹武器系统进行简要介绍。

1.1.1 导弹的组成

有翼导弹通常由推进系统、引战系统、制导控制系统、弹体系统、能源系统等组成。

1. 推进系统

推进系统为导弹飞行提供动力,使导弹获得所需要的飞行速度和射程。近程战术导弹的推进系统都采用固体火箭发动机,固体火箭发动机分为单推力发动机和双推力发动机。远程亚声速导弹多采用涡轮喷气发动机或涡轮风扇喷气发动机。为了使导弹实现高速度、远射程的要求,采用了综合火箭发动机和冲压发动机两种发动机特点的组合式发动机。这种发动机具有比冲高、工作时间长、结构一体化等优点,在超声速远程导弹设计中得到了广泛应用。

2. 引战系统

引战系统由引信、安全解除保险机构以及战斗部三部分组成。引战系统的功能是在导弹飞行至目标附近时,探测目标并按照预定要求引爆战斗部、毁伤目标。

战术导弹一般装有近炸引信、触发引信和自炸引信三种引信,分别在导弹脱靶量满足要求、导弹直接命中目标、脱靶三种情况下产生战斗部引炸信号。近炸引信可分为光学引信(红外引信、激光引信等)、无线电引信(连续波多普勒引信、脉冲多普勒引信、频率调制引信、脉冲调制引信等)和复合引信(毫米波与红外复合引信等)三大类。

安全和解除保险机构用于导弹在地面勤务操作中、挂飞状态下及导弹发射后飞离载机一定安全距离内,确保导弹战斗部不会被引炸,而在导弹飞离载机一定时间和距离后,确保导弹能够可靠地解除保险,根据引信的引炸信号引炸战斗部。

战斗部是战术导弹的有效载荷,导弹对于目标的毁伤是由战斗部来完成的,其威力大小直接决定了对目标的毁伤效果。

3. 制导控制系统

制导控制系统由导引头、飞行控制系统组成。导引系统是用于探测目标的分系统,导引系统接收并处理来自目标、火控系统和其他来源的目标信息,跟踪目标并产生制导指令所需的导引信号送给飞行控制系统。导引系统按使用的信息种类分为红外导引系统、雷达导引系统、惯性导引系统和复合导引系统等。

飞行控制系统用来稳定弹体姿态和控制导弹质心按控制指令运动。飞行控制系统通过对弹体的俯仰运动、偏航运动以及横滚运动的控制,使导弹在整个飞行过程中具有稳定的飞行姿态和快速响应制导指令的能力,控制导弹按照预定的导引规律飞向目标。对于轴对称的战术导弹,一般采用侧滑转弯控制。通常有三个控制通道:俯仰和偏航是两个相同的控制通道,另一个是横滚控制通道。根据导弹工作原理不同,横滚控制有横滚角度控制和横滚角速度控制两种形式。对于面对称的导弹通常采用倾斜转弯控制方式。

4. 弹体系统

弹体系统将组成导弹的各个部分有机地连接成一个整体,并使导弹形成一个良好的气动力外形。弹体系统包括弹身、弹翼和舵面等。导弹各个舱段组成一体形成弹身,弹身、弹翼是产生升力的主要结构部件,舵面的功能是按照制导系统的指令操纵导弹飞行的。弹体系统通常具有良好的气动外形以实现阻力小、机动性高的要求,具有合理的部位安排以满足使用维护性要求,具有足够的强度和刚度以满足各种飞行状态下的承力要求。

5. 能源系统

能源系统提供导弹系统工作时所需的各种能源,主要有电源、气源和液压源等。

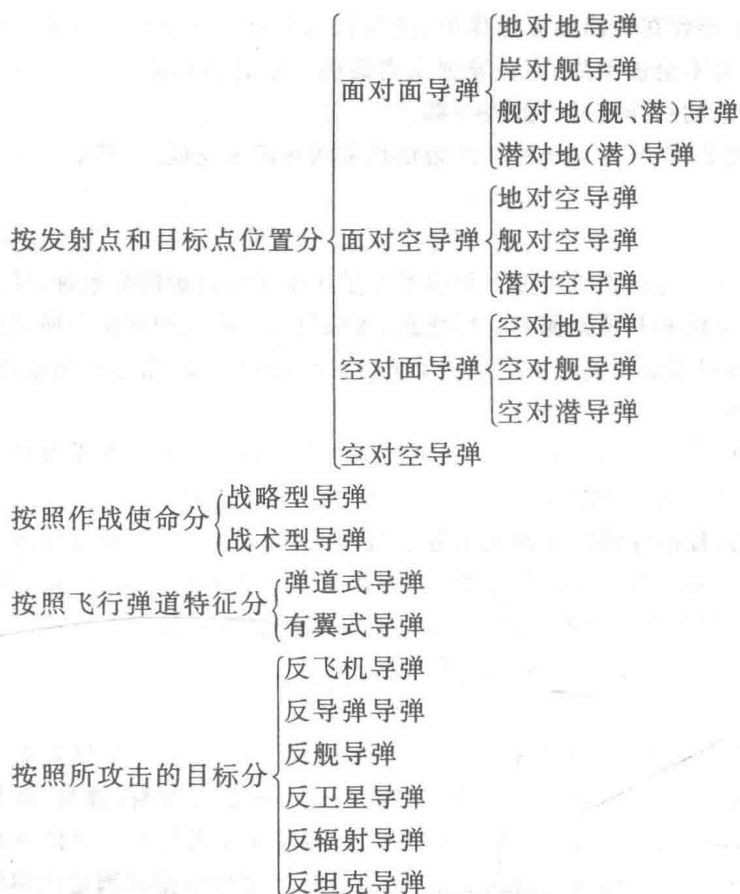
电源有化学热电池、涡轮发电机等种类,主要用于给发射机、接收机、计算机、电动舵机、陀螺和加速度计、电路板、引战系统等供电。

气源有高压洁净氮气或其他介质的高压洁净气源和燃气,主要用于气动舵机、导引头气动角跟踪系统的驱动以及红外探测器的致冷等。

液压源主要用于液压舵机、导引头角跟踪系统的驱动等。

1.1.2 导弹的分类

导弹的分类方法很多,但每一种分法都应概括地反映出它们的主要特征。通常导弹按照发射点和目标位置的不同,可分为面对面、面对空、空对面和空对空四大类。发射点和目标的位置可以在地面、地下、水面(舰船上)、水下(潜艇上)和空中,约定地面(包括地下)和水面(包括水下)统称为面。此外,还可按照作战使命、弹道特征以及所攻击的目标进行分类。常用分类方法如下:



按照以上分类,简要描述几类典型导弹的特点。

1. 面对面导弹

弹道导弹和巡航导弹是这类导弹中的两种主要导弹。弹道导弹是一种沿预先设定的弹道飞行,将弹头投向预定目标的导弹。弹道导弹只有尾翼或者无翼,它除了有动力飞行并进行制导的主动段弹道外,还有无控的被动飞行段椭圆弹道以及再入飞行段可控或无控弹道。早期弹道导弹的被动段全部沿着只受地球引力和空气动力作用的近似椭圆弹道飞行,近代这种导弹为了有效地攻击目标和提高突防能力,在飞行过程中,实现轨道平面的改变,或者在弹头再入段实现无动力或动力机动飞行。

按照作战任务,弹道导弹分为战略弹道导弹和战术弹道导弹。战略弹道导弹是一种威慑力量,用于毁伤敌方重要战略目标。战术弹道导弹一般指近程地地弹道导弹,用于毁伤敌方战役战术纵深内的目标。按射程远近,分为近程(1 000 km 以内)、中程(1 000~5 000 km)、远程(5 000~8 000 km)和洲际(大于 8 000 km)弹道导弹。按弹头装药分为核导弹和常规导弹。按主发动机推进剂分为液体弹道导弹和固体弹道导弹,目前,固体弹道导弹将会逐渐取代液体弹道导弹。按级数分单级和多级弹道导弹。

大部分航迹处于“巡航”状态的导弹称为巡航导弹。它的外形与飞机很相像,一般采用空气喷气发动机作动力,其航迹大部分是水平飞行段。巡航导弹用于攻击敌方纵深地域有价值的目标。在未来战争中,它能对制止战争升级、防止事态恶化起某种遏制作用,且可在遏制失效时立刻转化为对敌高价值、严密设防的战略和战役目标进行适时、精确、有效的打击。

按照作战任务,巡航导弹可分为战略巡航导弹和战术巡航导弹。按照速度大小,分为亚声速、超声速、高超声速巡航导弹。巡航导弹由于采用空气喷气发动机作为动力,具备体积小、质量轻的特点,因此可以从地面、空中、水面舰艇、潜艇等多种平台上发射。根据发射平台的不同,又可分为陆基巡航导弹、空射巡航导弹和舰(潜)射巡航导弹等。

2. 面对空导弹

这是由陆地上、海面上发射攻击空中目标的导弹,属于防空武器,因此也称为防空导弹。防空导弹是以拦截空中目标为主要对象的导弹武器,所攻击的空中目标有飞机、巡航导弹以及弹道式导弹等。

按照武器系统作战空域不同,防空导弹可分为中远程防空导弹、中近程防空导弹、近程末端防御与便携式防空导弹、反弹道导弹武器、反空间轨道目标导弹武器等。按照作战使命,防空导弹可分为区域防空导弹、点防御防空导弹。

近程末端防御与便携式防空导弹最大拦截斜距为 10 km 左右,包括海上末端防御自卫系统,陆军野战防空营级以下车载防空导弹、轻型弹炮结合型系统,以及单兵便携式防空导弹。

反弹道导弹是一种专门用于拦截弹道式导弹弹头的导弹。由于弹头这种目标的尺寸小,速度快,还可多弹头分导,这就要求反弹道导弹应该反应快、速度大、机动性好、制导精度高,利用核战斗部爆炸而摧毁目标。拦截高度为 35~40 km 以上的战区弹道导弹(TBM)防御系统,是当前发展的对 TBM 有效面防御武器系列,作为空天防御的新型号系列,能起反 TBM 与空天飞行器等的上层防御作用,同时亦可兼顾高空与大气层高层威胁目标的远程拦截任务。

反空间轨道目标导弹武器系列是主动防御的动能拦截武器系列,在未来的空间战与信息战中,可打击敌方的空间信息平台 and 作战平台,协助夺取制天权与制信息权。该系列包括反高轨道卫星、反低轨道卫星武器系统。因此,按反空间轨道目标的任务使命,它应列入空天武器系列。

区域防空导弹武器的作战使命是对陆上、海上具有重要战略、战术价值的区域目标提供防空保护,其保护目标通常具有较大的散布面积(如城市、战略集结地域以及水面舰艇编队等),国土防空作战和大型水面舰艇编队的防空作战通常具有此种特征。此类防空任务通常由前述的远高层区域反导武器、中远程防空导弹武器为主进行。

点防御防空导弹武器的作战使命是对陆上、海上具有重要战术价值的小范围、点目标提供防空保护,其保护目标通常集中在较小的区域内(如机场、小规模部队集结地、单艘水面舰艇等)。防空任务通常由中近程防空导弹武器、末端防空导弹武器为主进行。点防御防空导弹武器还在区域防空作战任务中承担作战使命,与区域防空武器构成完整的防空体系。

3. 空对面导弹

这是由飞机(轰炸机、歼击机和强击机)或由直升机上发射攻击地面、海上、水下固定目标或活动目标的导弹。其类型较多,有机载弹道式导弹、巡航导弹、反辐射导弹、空地反坦克导弹和一般空地导弹等。

机载空中发射的弹道式导弹和巡航导弹,射程很远,装有核战斗部,属于战略空对面导弹。战术空地导弹执行战场压制、遮断以及攻击纵深高价值目标的任务。

空对面导弹有采用被动雷达寻的制导系统,即利用对方雷达发射的波束进行制导,因此也把这种导弹称为反辐射导弹。反辐射导弹专门用来攻击地面和舰载各种雷达、配备雷达的导弹和高炮阵地等。其导引头装有目标位置和频率记忆电路,以便使导弹在目标雷达关机后仍

能按记忆的目标位置继续飞行,当目标雷达开机时将其重新捕获。

4. 空对空导弹

空对空导弹指从飞机上发射攻击空中目标的导弹。根据作战使用可以分为近距(300 m~20 km)格斗型空空导弹、中距(20~100 km)拦截型空空导弹和远距(>100 km)空空导弹。

根据导引方式可以分为红外型空空导弹、雷达型空空导弹、多模制导空空导弹。红外型空空导弹具有制导精度高、系统简单、质量轻、尺寸小、发射后不管等优点,其主要缺点是不具备全天候使用能力,迎头发射距离近;雷达型空空导弹具有发射距离远、全天候工作能力等强等优点;多模制导空空导弹采用多模导引系统,目前常用的多模制导方式有红外成像/主动雷达多模制导、主/被动雷达多模制导以及多波段红外成像制导等,多模制导可以充分发挥各频段或各制导体制的优势,互相弥补对方的不足,对于提高导弹的探测能力和抗干扰能力具有重要意义,可以极大地提高导弹的作战效能。

5. 反舰导弹

反舰导弹是用于海上作战、攻击敌方各种舰艇的导弹。根据发射点的不同,分为舰对舰、岸对舰、空对舰(潜)、潜对舰、舰对潜、潜对潜等六类。反舰导弹的射程从几十千米到几百千米不等。其主发动机多采用空气喷气发动机,也有用火箭发动机的,并都要用固体火箭发动机作助推器。射程较大的亚声速反舰导弹,几乎都用耗油率低的小型涡轮风扇发动机或涡轮喷气发动机,超声速反舰导弹多用火箭冲压组合发动机。

6. 反坦克导弹

反坦克导弹是专门用于攻击地面装甲目标(坦克、装甲车辆等)的导弹。它的尺寸小、质量轻,可单兵携带、车装、机载;射程近到几十米,远到十几千米,甚至更远;命中率高,威力大,是一种攻击坦克的有效武器。

迄今,世界各国研制的反坦克导弹已有三代产品。第三代反坦克导弹为发射后不管的导弹。多采用自主制导系统,制导方式有红外成像、激光半主动、主/被动复合毫米波制导等。第三代反坦克导弹威力大,射程较远,命中精度高,有的还能同时攻击多个目标。

1.1.3 导弹武器系统

单独的导弹不能完成作战任务,必须有其他系统(设备)与其配合,并通过一定的连接方式,构成一个完整的整体,才能完成赋予这个武器的作战使命,称这个整体为导弹武器系统。由此可见,导弹武器系统是由导弹和其他配套的技术装备和设施组成的,能够独立执行作战任务的系统。

导弹武器系统的组成随导弹的种类而异,但基本结构大致相同。

飞航导弹武器系统由飞航导弹、火控系统和保障设备三大部分组成,如图 1-2 所示。

导弹是武器系统的核心,直接体现了导弹系统的性能和威力,是攻击各种目标的武器。它由推进系统、引战系统、制导控制系统、弹体系统和能源系统组成。导弹在制导控制系统和推进系统的作用下在空中飞行,最后导向所攻击的目标;引信引爆战斗部,用以摧毁目标;弹上能源系统保证导弹从起飞直至击毁目标的全过程中给弹上设备供电,并把各设备有机地连接起来,使它们按程序协同工作。

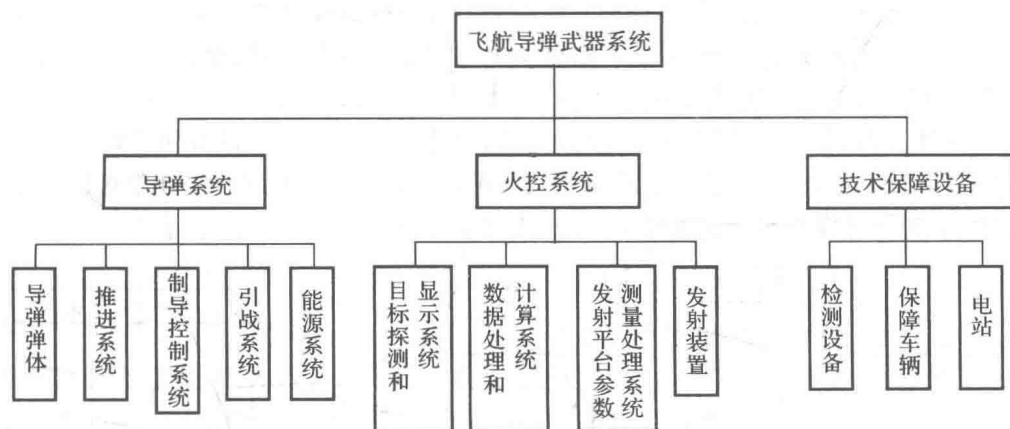


图 1-2 飞航导弹武器系统的组成

火控系统是导弹系统的重要组成部分,是发挥导弹作用的关键环节。随着导弹性能的提高、功能的增加和使用范围的扩展,导弹火控系统的功能越来越多,性能越来越先进。火控系统完成对目标信息的获取和显示、数据处理,发射平台参数测量和处理,计算装定射击诸元,射前检查,战术决策和实施导弹发射任务。该系统主要由目标搜索跟踪和显示系统、数据处理计算系统、发射平台参数测量处理系统、射前检查设备、发射装置、发射控制系统等构成。

目标搜索跟踪和显示系统用于搜索跟踪目标,测定和显示目标距离、目标方位、目标速度、目标航向等参数。发射平台参数测量系统用于对导弹载体运动参数,如载体速度、载体航向、载体姿态(滚转角,俯仰角)的测量。这个系统一般包括载体惯导平台或陀螺稳定平台、高度表、多普勒雷达等设备。上述所测目标及载体运动参数全部输给数据处理计算系统——射击指挥仪,解算射击诸元。计算结果由指挥仪向导弹定时机构装定自控飞行时间或自控飞行距离、向导引头装定自导距离(对自控加自导的制导体制而言)、向自动驾驶仪装定射击扇面角,射击指挥仪还向导弹的发射装置传送射击方位角,控制发射架转向所要求的方位。对于机载固定式发射架(或称挂架),射击指挥仪不控制发射装置的方位,只控制导弹的脱钩。对于空地导弹而言,指挥仪需向弹上惯导系统输入载体所测得的各种角度和速度信息,使导弹初始对准目标。

地面测试和保障设备用于完成导弹的检测、测试、维护、起吊、运输、贮存、供电和技术准备,以保障导弹处于完好的技术状态和战斗待发状态。地面测试设备包括导弹地面测试设备和发射装置地面测试设备等。按照导弹和发射装置维护等级的不同,测试设备一般又分为外场测试设备、内场测试设备以及工厂级测试设备等。这些不同等级的测试设备用于不同场合对导弹和发射装置进行功能和主要性能指标检查,确定其是否可用,以及在出现故障时确定故障部位。保障设备是为导弹和发射装置检测、对接、运输以及使用提供各种保障条件的相关设备。保障设备包括提供能源类设备(电源车、气源车、液压源车、燃料加注车)、吊车、运输车、装填车、技术阵地及仓库拖车、清洗车、通信指挥车和其他配套工具。地面测试和保障设备取决于导弹的用途、使用条件和构造特点。导弹的类型不同和发射方式不同,地面测试和保障设备的配置就有较大的差异。

防空导弹武器系统按参与作战的性质,可将导弹武器系统的所属装备划分为作战装备和支援装备。作战装备是防空导弹武器系统中直接参加从目标搜索、跟踪制导到拦截摧毁作战

全过程的配套装备。支援装备配属作战装备以完成对作战装备的技战术支援、后勤保障、训练任务等。通常支援装备又分为配属于作战分队的为直接支援装备,配置在维修基地的为间接支援装备。某野战型防空导弹武器系统组成如图 1-3 所示。

空空导弹武器系统用于搜索跟踪目标的雷达系统以及光电跟踪设备和导弹发控系统,均安装在同一载机上,而且往往和其他武器系统共用,其组成包括空空导弹、导弹火控系统、导弹发控系统、地面测试设备和综合保障设备等,如图 1-4 所示。

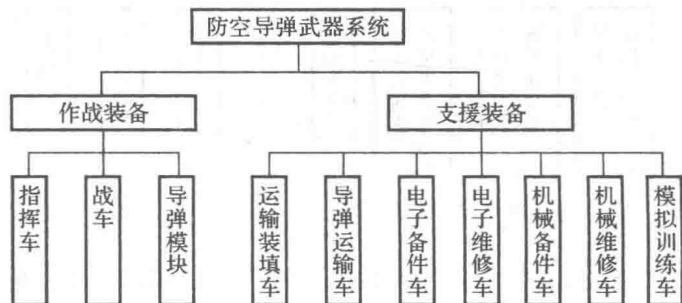


图 1-3 某野战型防空导弹武器系统组成框图

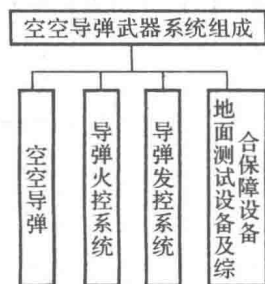


图 1-4 空空导弹武器系统组成

1.2 运载火箭的组成及其分类

发展航天技术最重要的基础是运载工具,即运载火箭。运载火箭是由液体弹道导弹演化而来的。利用洲际弹道导弹通过纵向加级(串联)或横向并联形成多级运载火箭,用来将各种人造卫星、飞船、空间站等航天器送入太空及遥远的天体。

运载火箭和洲际弹道导弹在飞行原理、箭体结构、推进系统和飞行控制系统等方面都基本相同。因此,弹道式导弹的发展,特别是洲际弹道式导弹的发射成功,为运载火箭提供了技术基础。但两者也各有不同的特点:对于导弹,最重要的是满足战术技术要求,提高战斗效率和生存能力;而对于运载火箭,最重要的是提高可靠性和各种轨道的运载能力,提高通用性和经济性。导弹要求尽量缩短发射的准备时间,因此最好采用固体或可贮存的液体推进剂;而运载火箭可以采用储存性差、能量高的冷冻推进剂(如液氢和液氧等)和廉价的烃类燃烧剂(如煤油、甲烷、丙烷等)。

1.2.1 运载火箭的组成

运载火箭和弹道导弹一般由以下分系统组成:有效载荷、箭(弹)体结构、推进系统、控制系统、飞行测量及安全系统、附加系统等。

1. 有效载荷

有效载荷是导弹和运载火箭的运载对象。运载火箭的运载对象是航天器,它不属于运载火箭的一个组成部分。把航天器送入预定的轨道是运载火箭的任务。航天器包括各种类型的卫星、载人飞船、太空试验舱、空间站、深空探测器等等。

对于导弹,有效载荷又是其全弹的组成部分。弹道导弹的运载对象是弹头,把弹头送至预定的目标区并摧毁目标是导弹的任务。弹头是毁伤目标的专用装置,主要由端头、战斗部、壳体 and 裙部以及引控系统等组成。

2. 箭体结构

箭体结构是火箭各个受力和支撑结构件的总称。装有液体推进剂的火箭箭体结构包括有效载荷整流罩、推进剂贮箱、仪器舱、箱间段、级间段、发动机承力结构、仪器支架、导管、阀门和尾舱、尾翼等。

箭体结构的功能是安装连接有效载荷、仪器设备、推进系统和贮存推进剂,承受地面操作和飞行中的各种载荷,维持良好的外形以保证火箭的完整性。

有效载荷整流罩的作用是在大气层内飞行时保护有效载荷、承受气动载荷和热流,并使火箭维持良好的气动外形。火箭飞出大气层后,整流罩即可抛掉,以减轻质量。

推进剂贮箱占据箭体结构的绝大部分,其作用除贮存推进剂外还是火箭的承力结构。仪器舱的作用是安装控制系统和测量系统的仪器设备。发动机承力结构用于安装发动机;并将推力传递给箭体结构。尾舱位于火箭尾部,一般是火箭竖立在发射台上的承载构件,又是发动机的保护罩。为了改善火箭的飞行稳定性,有的火箭在一级尾舱上安装有尾翼。

级间段是多级火箭级间的连接部件,一般采用杆系或带有开口的半硬壳式结构,以便于级间热分离时上面级发动机的燃气流能顺畅排出。

3. 推进系统

推进系统的功能是产生推力,推动火箭向前运动。液体火箭推进系统包括液体火箭发动机及推进剂输送系统,固体火箭推进系统就是固体火箭发动机。

液体火箭发动机一般由推力室、推进剂供应系统和自动器组成。目前运载火箭一般采用泵式推进剂供应,它按要求的流量和压力将推进剂泵入推力室,推进剂在燃烧室中雾化、蒸发、混合、燃烧而产生推力。

推进剂输送系统由推进剂贮箱、增压系统、推进剂调节系统以及阀门、导管组成,其作用是贮存必要的推进剂并把推进剂按要求从贮箱内输送到发动机,并给贮箱加注或泄出。泵式系统的推进剂贮箱增压压力是为了保证泵不发生气蚀以及增加贮箱轴向承载能力,因而贮箱增压压力低,箱体质量小。

大型运载火箭在输送系统中还设置了推进剂利用系统。它保证火箭在飞行时、在受到各种内外干扰条件下,氧化剂和燃烧剂按预定混合比消耗,使剩余量最小,从而增大运载能力。

4. 控制系统

控制系统的作用是控制火箭姿态稳定,使其按预定轨道飞行,并控制火箭发动机关机,达到预定的速度,将有效载荷送入预定的轨道。控制系统由制导、姿态控制和综合三部分组成。

制导系统:由测量、控制装置和计算机等组成。其功用是测量和计算火箭的位置、速度、加速度、轨道参数等,与装定参数比较,按预定规律形成制导指令。通过导引信号控制火箭方向,使它沿一定的轨道飞行;当满足发动机关机条件时发出关机指令,使有效载荷进入预定轨道。中国长征火箭系列的制导系统一般采用惯性制导。按其参照的基准不同,又分为平台惯性制导及捷联惯性制导。