

航天任务分析 与设计基础

沈怀荣 张占月 徐艳丽 王 华 编著



科学出版社

航天任务分析与设计基础

沈怀荣 张占月 编著
徐艳丽 王 华

科学出版社

北 京

内 容 简 介

人们建造系统复杂、造价昂贵的大型航天工程设施设备,其目的就是全过程支撑和保障航天任务的实施,而高质量完成航天任务的能力和水平又是一个国家经济、技术、国防等方面综合实力的反映。航天任务关键环节之一是进行综合、科学和尽可能合理的任务设计。本书是在作者多年航天任务分析与设计教学科研和应用实践的基础上,特别是在从事航天任务分析与设计研究生课程教学的基础上,将装备学院教材《航天任务设计基础》进行补充、修订和完善而成的。内容主要包括航天任务设计总体分析、近地空间环境分析、轨道和星座设计、卫星有效载荷分析、卫星公用平台设计、卫星发射系统和地面系统分析。

本书可作为从事航天任务分析与设计、航天技术运用、航天工程实践等相关领域的高等院校研究生的教材或参考书,也可供相关科研人员、工程技术人员、高等院校教师和高年级本科生等参考。

图书在版编目(CIP)数据

航天任务分析与设计基础/沈怀荣等编著. —北京:科学出版社,2015
ISBN 978-7-03-043094-6

I. ①航… II. ①沈… III. ①航天工程—设计 IV. ①V4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 016050 号

责任编辑:张海娜 高慧元 / 责任校对:桂伟利
责任印制:张 倩 / 封面设计:蓝正设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 2 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015 年 2 月第一次印刷 印张:16 1/4

字数:327 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

1957年10月,苏联第一颗人造地球卫星的成功发射,标志着人类进入太空时代。半个多世纪以来,随着航天技术的发展,航天活动日益频繁,其用途更趋广泛。系统更趋复杂,范围更为宽广。即使是发达国家也难以应对越来越多航天任务的成本需求,因此,如何以最经济的方式来开展必要的航天活动就成为航天科学技术工作者不懈努力的目标。航天任务就是整个航天活动的具体规模、目标、方法、技术等方面内容的综合体现,而航天任务的分析与设计就是要确定某个航天任务将要做什么,以及某个任务方案如何以最低的成本去实现。在航天任务设计过程中,除了要以航天活动规律和任务设计理论为支撑、遵循航天装备技术与运用等一系列客观要求限制外,还需要依据或遵照相关航天政策和法规。本书主要从航天任务分析与设计总体角度,为航天任务设计入门或是尚需进一步补充强化相关基础的读者,提供航天任务以及相关的航天典型系统设计的一般方法与步骤,重在筑牢航天任务分析与设计的基础。

作者为研究生开设航天任务分析与设计的课程已有12年,在最初几年里主要使用美国Wertz和Larson等的著作*Space Mission Analysis and Design* (Kluwer Academic Publishers, 1991)原版及其译著,但在教学和学习过程中,除了深感该书内容繁多、编纂复杂、较适合工程参考外,还有部分知识较为陈旧,一些素材案例等也不能满足研究生的教学要求。2006年,我们在此基础上进行了重新梳理筛选和内容更新,自编成教材《航天任务设计基础》。使用8年多来,该教材受到研究生的一致好评。其主要特点是体系严谨、内容精练、重点突出、合乎国情。在近几年航天相关的中高级任职教育研修班教学中,该教材也获得良好的评价。为了满足更多需要了解和学习航天任务分析与设计的读者的需要,我们又精心修改更新了一些陈旧内容,在原书基础上,更突出科学原理解读,并配上相应习题,希望读者也能更容易地领会书中较艰深的一些理论方法。

全书共6章。第1章为航天任务设计总体分析,主要阐述航天任务的基本概念和航天任务设计的一般方法步骤,给出约束航天任务设计的国际空间法律制度等相关内容。第2章为近地空间环境,主要给出空间环境影响要素、地球引力场、地球磁场、地球大气、真空和微重力、地球电离层、空间辐射及空间碎片等有关概念及其分析。第3章为轨道和星座设计,主要分析空间、天球、时间等时空基准,给出二体问题、轨道摄动、轨道机动等重要的航天动力学典型知识,重点讨论星下点轨迹、地面覆盖特性、轨道及星座等基本的轨道设计问题。第4章为卫星有效载荷,

给出有效载荷分类及设计过程总体分析,重点阐述光学遥感载荷工作原理,包括目标特征、成像望远镜、光-电-数据转换、数据处理等技术方法,并给出有效载荷设计实例。第5章为卫星公用平台,在对典型的公用平台组成、系统要求和约束条件、总体设计选择与决策、航天器尺寸、质量和功率分配预算等的设计分析基础上,给出卫星姿轨控制、空间推进、电源、结构与机构、星载计算机、通信、热控等分系统的相关技术分析与设计概要。第6章为卫星发射系统和地面系统分析,主要分析运载火箭的基本原理、结构与功能、测试发控系统方案、地面系统任务和组成、测试发射工艺流程、发射控制模式等基本问题,给出典型发射地面系统的主要设施设备案例,讨论确定航天发射窗口的影响因素及计算方法。

本书是在学习和借鉴国内外先进航天任务分析设计方法和大量研究成果基础上,结合作者长期从事航天任务分析与设计的教学和科研经验编著而成的。第1、5章由沈怀荣负责完成,第2、4章由张占月负责完成,第3章由徐艳丽负责完成,第6章由王华负责完成。沈怀荣负责对全书内容进行安排和设计,并完成了全书的审阅和修改定稿。

在本书的完成过程中还得到邵琼玲、杨露、王卫杰以及学习本课程的研究生的帮助,同时参考了许多国内外相关教材和专著,在此一并致以深深的谢意。

由于作者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

作 者

2014年8月

目 录

前言

第 1 章 航天任务设计总体分析	1
1.1 航天任务概念	1
1.1.1 航天任务组成	1
1.1.2 航天任务核心单元	3
1.1.3 航天任务举例	4
1.1.4 航天任务周期	10
1.2 航天任务设计一般步骤	11
1.2.1 目标确定	12
1.2.2 任务特性描述	14
1.2.3 任务评价	20
1.2.4 系统要求与分配确定	24
1.3 约束航天任务设计的国际空间法律制度	27
1.3.1 国际空间法的主要发展历程	28
1.3.2 国际空间法的主要内容	29
1.3.3 发射卫星与国际登记	30
习题	33
第 2 章 近地空间环境	34
2.1 空间环境影响要素	34
2.2 地球引力场	36
2.3 地球磁场	38
2.4 地球大气	39
2.5 真空和微重力	41
2.6 地球电离层	42
2.7 空间辐射	45
2.7.1 空间电磁辐射	45
2.7.2 空间带电粒子辐射	49
2.8 空间碎片	54
习题	56

第3章 轨道和星座设计	57
3.1 时空基准	57
3.1.1 空间坐标系	57
3.1.2 天球坐标系	62
3.1.3 时间系统	66
3.2 航天动力学基础	68
3.2.1 二体问题	68
3.2.2 轨道摄动	75
3.2.3 轨道机动	81
3.3 卫星轨道设计	84
3.3.1 星下点	84
3.3.2 地面覆盖	85
3.3.3 典型轨道	86
3.3.4 轨道设计过程	88
3.4 星座设计	90
3.4.1 星座设计的基本问题	91
3.4.2 星座覆盖的分析方法	95
3.4.3 星座设计的一般过程	97
习题	100
第4章 卫星有效载荷	101
4.1 有效载荷总体分析	101
4.1.1 有效载荷的分类	101
4.1.2 遥感载荷的分类	102
4.1.3 有效载荷设计过程	105
4.2 光学遥感载荷工作原理	108
4.2.1 目标特征	108
4.2.2 成像望远镜	110
4.2.3 光-电-数据转换	118
4.2.4 数据处理	120
4.3 火灾卫星载荷设计实例	121
4.3.1 设计过程	121
4.3.2 计算实例	127
习题	133

第 5 章 卫星公用平台	134
5.1 公用平台设计总体分析	134
5.1.1 公用平台组成	134
5.1.2 系统要求和约束条件	136
5.1.3 总体设计选择与决策	138
5.1.4 航天器尺寸、质量和功率的分配预算	139
5.2 姿轨控分系统设计分析	141
5.2.1 姿轨控分系统的任务及特点	143
5.2.2 姿态控制硬件组成	150
5.2.3 姿轨控分系统设计过程	152
5.3 空间推进分系统设计分析	160
5.3.1 推进分系统方案选择	160
5.3.2 推进分系统设计过程	161
5.4 电源分系统设计分析	164
5.4.1 电源分系统组成	164
5.4.2 电源分系统方案选择	166
5.4.3 电源分系统设计过程	168
5.5 结构与机构分系统设计分析	170
5.5.1 卫星构型	171
5.5.2 卫星构型设计过程	173
5.5.3 卫星结构	174
5.5.4 卫星结构设计过程	177
5.6 星载计算机分系统设计分析	180
5.6.1 系统组成及设计步骤	180
5.6.2 软件规模和处理时间估算	181
5.7 通信分系统设计分析	185
5.7.1 通信分系统设计要求及选择	185
5.7.2 通信分系统链路估算	188
5.8 热控分系统设计分析	191
5.8.1 系统组成	191
5.8.2 卫星热平衡	193
5.8.3 卫星热力学估算	195
习题	199

第 6 章 卫星发射系统和地面系统分析	200
6.1 发射系统分析	200
6.1.1 运载火箭飞行原理	200
6.1.2 运载火箭的结构与功能	202
6.1.3 国内外典型运载火箭	210
6.1.4 发射系统的确定	212
6.2 发射场系统设计	215
6.2.1 发射场选址与建设要求	215
6.2.2 发射场功能与组成	220
6.2.3 发射场主要发射设施	223
6.2.4 航天发射场选址与建设案例——海南发射场	229
6.3 发射任务要素与诸元分析	237
6.3.1 发射窗口	237
6.3.2 发射方位角	240
6.3.3 发射场位置	241
6.3.4 发射诸元	242
6.4 地面飞行与管理系统	243
6.4.1 地面系统的设计过程	245
6.4.2 地面系统的基本组成单元	246
6.4.3 典型的地面系统	248
6.4.4 设计考虑的关键因素	249
习题	250
参考文献	251

第 1 章 航天任务设计总体分析

航天任务(space mission)是整个航天活动的具体规模、目标、方法、技术等方面内容的综合体现。航天任务设计通常是确定具体的航天任务及其实现任务的方案,即确定某个航天任务将要做什么以及某个任务方案如何以最低的成本去实现。航天任务设计总是从一个或多个目标和约束条件出发,然后进一步以可能的最低成本满足这些目标要求和约束条件,其中,总体目标和约束条件是关键。在航天任务设计过程中,除了要以航天活动方法和任务设计理论为支撑、遵循航天装备技术与运用技术一系列客观规律的限制外,还需要依据相关航天政策和法规。本章主要从航天任务分析与设计的总体角度,讨论航天任务相关的基本概念和航天任务设计的一般方法和步骤。

1.1 航天任务概念

航天任务是指人类以空间应用或空间探索为目的而在空间实施的有确定目标(利用空间特性)的技术活动。航天任务极其广泛,可包括通信(中继)、导航、遥感(气象、侦察、观测、海洋)、科学探索(空间探测、空间生产)和其他(太空作战、太空葬礼等)。对几乎所有的航天任务而言,航天工程都是极其昂贵的,成本总是基本的制约因素。在讨论航天任务设计一般方法之前,了解和掌握相关概念是必要的。

1.1.1 航天任务组成

所有航天任务都是由许多相关部分(单元或部件)组成的,如图 1.1 所示,主要包括航天器及其有效载荷、空间轨道与星座、指挥控制(指令、控制和通信网)、航天运载与发射、地面支持保障(测控)、任务运行(应用)、任务对象等系统。对这些组成部分的合理安排即构成了航天任务体系结构。不同机构、不同的任务项目对任务单元的定义有所不同,但任何一项航天任务通常都离不开这些单元。

航天任务通常都是由天地间多个单元系统协同完成的,又可以分别看做由空间、地面、运输三个部分组合而成。空间部分由航天器(卫星)组成,过去通常是采用单个航天器来完成任务,如科学观测航天器或地球静止通信卫星。现代常使用多星合作完成任务,既可以用不同类别的卫星合作,也可以是同类别的卫星合作(铱星系统——66 颗)。地面部分包括航天任务交互(控制、接收与处理数据)、发射场、测控站、指控中心、各类用户(航天任务保障与操作、航天任务应用用户)等。

运输部分是使航天任务能实施的关键之一,由火箭、航天飞机等实现。

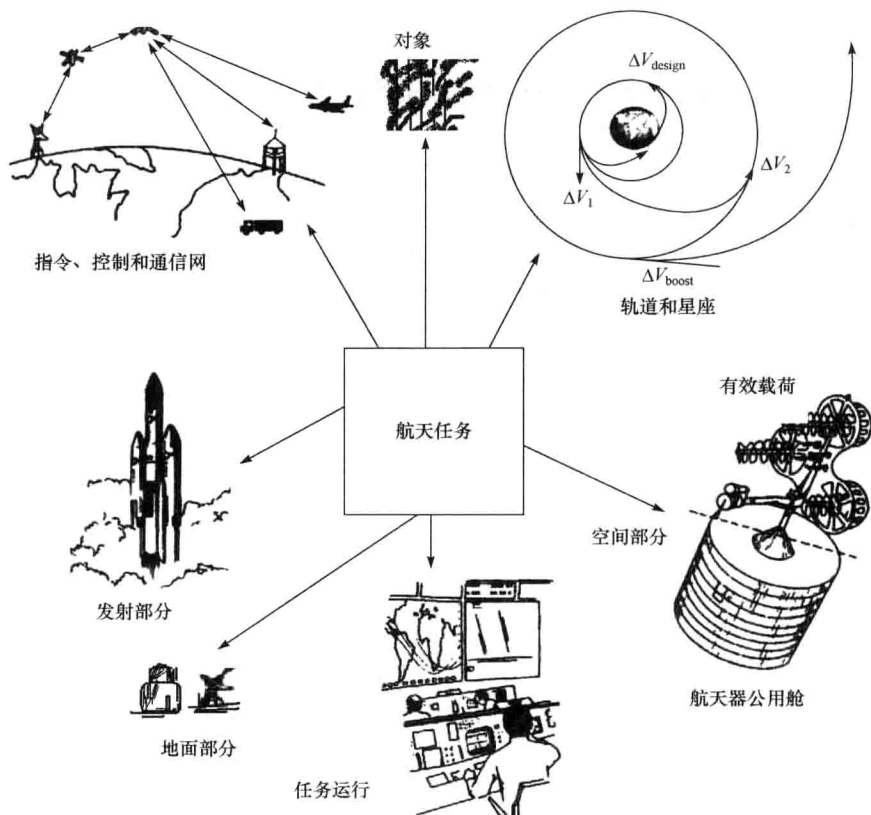


图 1.1 航天任务的结构单元组成示意

航天任务的主持机构提供并控制航天项目的预算,例如,美国主持机构包括美国国防部、美国航空航天局(NASA)等。尽管由不同机构主持项目的采购与运营的政策及过程有所不同,但其中的关键角色,即航天任务的运营者、受益人或具体用户、系统研制者却是相同的。任务运营者控制着空间和地面设备并对其进行维护,一般是应用性的工程机构。在我国,航天任务的运营者主要由中国人民解放军总装备部和原国家国防科技工业局所属部门担任。受益人或具体用户接受并使用航天任务的产品及所提供的服务功能,视航天任务的目标不同而有所不同。在科学研究任务中,用户是天文学家和物理学家,气象任务中是气象学家,通信和导航任务中就是广大的军用和民用用户,地球资源遥感任务中是地质学家和农学家,在军事任务中则是作战人员。系统研制者是航天任务的承办机构,主要是航天科技企业界,包括合同承包者、子合同承包者及研制和测试机构。航天任务的运营者和用户负责从技术上和财政上提出系统要求,系统研制者则必须根据变化的政治和资金约束条件,按时提供所需的产品或服务功能。

航天器在空间轨道为特定需求服务,装载于航天器上的服务于特定需求的设备,统称为航天器的有效载荷。航天器的有效载荷需要由航天器提供能量、信息以及适当的环境和条件才能正常工作。航天器上用于保证和支持有效载荷工作的设备统称为服务和支持系统。有效载荷、服务和支持系统都装在航天器的结构体上。为了便于安装布置和满足不同的要求,航天器的结构体一般分为几部分,整个航天器的结构体称为航天器结构平台。航天器结构舱和航天器结构平台配上必要的服务和支持系统,就分别称为有效载荷舱和航天器平台。航天器平台也称公用舱,不仅能提供航天器有效载荷所需的安装位置和支撑,而且能提供它们所需的环境和条件。

1.1.2 航天任务核心单元

航天任务中,航天器是核心单元,航天任务的主要特征是由航天器上携带的有效载荷确定的。航天器包括载人航天器和无人航天器两大类。载人航天器主要包括载人飞船、空间站、航天飞机和空天飞机等。无人航天器按其轨道是否环绕地球分为空间探测器和环绕地球航天器。空间探测器主要包括如月球探测器、行星和行星际探测器等。人们习惯于把在空间轨道上环绕地球运行(至少一圈)的无人航天器称为人造地球卫星,在不引起歧义时也简称人造卫星或卫星。人造卫星是发射数量最多、用途最广、发展最快的航天器。人造卫星发射数量约占航天器发射总数的90%以上。苏联于1957年10月4日发射了世界上第一颗人造地球卫星。美国于1958年2月1日首次发射人造地球卫星(“探险者1号”)。20世纪60~70年代,法国、日本也发射了本国的卫星。中国于1970年4月24日发射了人造地球卫星“东方红1号”,到目前已发射多种类型的人造地球卫星。

人造卫星由包含各种仪器设备的若干系统或分系统组成,可分为专用系统和保障系统两类。专用系统是指与卫星所执行的任务直接相关的系统,大致可分为探测仪器、遥感仪器和转发器三类。探测仪器如红外天文望远镜、宇宙线探测器和磁强计等,各种传感器如可见光照相机、成像雷达、多光谱相机等。保障系统(公用平台)主要由结构、热控制、电源、测控通信、姿态和轨道控制等组成。有些卫星还装有计算机,用以处理、协调和管理各分系统的工作。返回型卫星还有返回着陆系统,它由制动火箭、降落伞和信标机组成。

按航天任务用途可把人造卫星分为科学卫星、技术试验卫星和应用卫星三大类。科学卫星是用于科学探测和研究的卫星,主要包括空间物理探测卫星和天文卫星;技术试验卫星是进行新技术试验或为应用卫星进行试验的卫星;应用卫星是直接为国民经济和军事服务的卫星,其种类最多,发射数量也最多。按其是否专门用于军事目的又可分为军用卫星和民用卫星,有许多应用卫星都是军民兼用的。应用卫星主要有三大用途:①无线电信号中继;②对地观测;③导航定位。

1.1.3 航天任务举例

1. 科学探测任务

科学探测任务中卫星使用的仪器包括望远镜、光谱仪、盖革计数器、电离计、压力测量仪和磁强计等。借助这些仪器可研究高层大气、地球辐射带、地球磁层、宇宙线、太阳辐射和极光,观测太阳和其他天体。

2. 技术试验任务

技术试验任务中的卫星主要用于在空间轨道上对航天技术中的新原理、新技术、新方案、新仪器设备和新材料进行试验,试验成功后才投入使用。这类卫星数量较少,但试验内容广泛,例如,重力梯度稳定试验、电火箭试验、生物对空间环境适应性的试验、载人飞船生命保障系统和返回系统的验证试验、交会对接试验、无线电新频段的传输试验、新遥感器的飞行试验和轨道上截击试验等。

3. 无线电信号中继任务

这类卫星的种类较多,按服务区域不同,通信卫星可分为国际通信卫星、国内通信卫星、区域通信卫星;按用途不同,可分为军用通信卫星、海事通信卫星、电视广播卫星、数据中继卫星等。军用通信卫星又分为战略通信卫星和战术通信卫星,前者提供远程直至全球范围的战略通信,后者提供地区性战术通信和舰艇、飞机、车辆乃至单兵的移动通信。这些卫星上装有工作在各种频段的转发器和天线,它们转发来自地面、海上、空中和低轨道卫星的无线电信号,用于传输电话、电报和电视广播节目以及数据通信。这类卫星大部分运行在静止轨道上,还有一些采用大椭圆轨道,如苏联的“闪电号”通信卫星。卫星通信已成为现代通信的重要手段,在军事指挥控制上更具有特别重要的意义。1958年,美国发射了第一颗军事通信试验卫星“斯科尔号”。1963年2月发射了第一颗地球同步轨道通信卫星。地球同步轨道卫星能24h连续通信,是近40多年来发展最迅速的一种人造地球卫星,并且变成了商用通信工具。1964年8月,正式成立了由八个国家参加的“国际通信卫星财团”。从1965年4月到现在,使用国际通信卫星的国家已经有100多个。美国从1976年开始研制跟踪和数据中继卫星(TDRS),能对轨道高度在200~12000km范围内的所有用户卫星、载人飞船和空间站实现连续跟踪和数据通信。我国于1984年发射试验通信卫星,之后又成功发射了多颗地球同步通信卫星。目前世界上已有多频段、多用途、多类型的多种战略和战术通信卫星系统,涵盖UHF、SHF、EHF波段;运行轨道包括静止轨道、大椭圆轨道、低轨道等。卫星通信距离远、容量大、质量好、可靠性高、保密性强、生存能力好、灵活机动。

国外已经建立军用通信卫星系统的国家和国际组织有美国、俄罗斯、英国、法国和北约组织。典型的军用通信卫星包括:美国的“国防通信卫星”“舰队通信卫星”“军事星”;俄罗斯的“闪电”“虹”“地平线”等;英国的“天网”;法国的“电信”和北约的“纳托”等。美国在海湾战争中曾使用 11 颗不同的通信卫星为战场提供通信服务。通信卫星的发展趋势如下:建立卫星间通信链路和向高频段扩展;发射造价低、性能好的低轨道小卫星群;大力发展卫星移动通信和直播电视卫星;军用通信卫星将进一步提高保密性、抗干扰性、灵活性和生存能力。例如,美国战略战术卫星通信系统(Milstar)战时向总统和最高指挥当局提供最低限度的基本通信需求,以便在所有级别的冲突中指挥和控制美国战略和战术部队。主要技术为:采用星间链路,在地面设施受到破坏时可用来迂回,减少远距通信对中继的依赖,60GHz 无法被地面截收和干扰;采用多样化天线,进一步提高抗干扰能力;多层次部署,静止轨道+大椭圆轨道+备份轨道;以 EHF 为主,可用较小尺寸天线阵获得高方向性传输,采用宽频段扩频;采用星上信号处理技术,可自动控制与各系统的连接、自动控制到终端用户的传输路径;采用卫星自主控制技术,位置与姿态保持半年内无需地面支持;采用轨道机动,星上储备大量燃料供被攻击时变轨;采用抗核加固技术。

4. 对地观测任务

对地观测任务中主要使用地球资源卫星、军事侦察卫星、海洋卫星和测地卫星等。在这些卫星上装有对地观测的从紫外光到远红外光各种波长的遥感仪器或其他探测仪器,收集来自陆地、海洋、大气的各种频段的电磁波,从中提取有用的信息,分析、判断、识别被测物体的性质和所处的状态,因此又可称为遥感卫星。这些卫星可以直接服务于气象、农林、地质、水利、测绘、海洋、环境污染和军事侦察等方面。这类卫星许多采用太阳同步轨道,也有使用静止轨道和其他轨道的。

1) 地球资源卫星

1972 年 7 月美国发射了第一颗实验型“地球资源卫星 I”,后改称“陆地 I”,发现了世界上许多重要的矿藏资讯,纠正了一些地理参数,发现了日本大阪湾海面和美国纽约州的一条河流的严重污染状况,还拍摄了我国首都的照片,可以清晰地看出故宫、北京大学、东郊机场、密云水库和长城等建筑物。

法国政府于 1978 年开始研制“斯波特(SPOT)”地球资源卫星,“斯波特 1 号”从 1986 年起已开始服务。“斯波特”卫星上装有两台高分辨率摄像机。摄像机焦距长 1m,孔径 $f/3.5$ 。它们工作在四个光谱带:前三个波段的地面分辨率为 20m;最后一个波段的地面分辨率为 10m。“斯波特”卫星运行在太阳同步轨道上,轨道高 832km,倾角 98.7° 。两台摄像机同时工作,26 天内可以覆盖全球。

我国于 1977 年开始发射返回式对地观测卫星。轨道倾角 59.5° ,近地点

180km,远地点 490km。卫星由仪器舱和返回舱两部分组成。仪器舱内安装一台可见光地物相机和一台星空相机。地物相机在轨道上对国内预定地区进行摄影。星空相机对星空摄影,用于分析卫星对地摄影时的姿态误差。返回舱内装有返回用的制动火箭、回收系统和胶片盒等。

2) 测地(绘)卫星

测地任务包括地形测绘、重力场测绘等,它可以精确地测量出地理坐标、地球重力场的分布。在导弹的命中精度和人造卫星的轨道计算中,经常需要用到地球重力场的精确数据。可为航天器飞行轨道的设计和定轨计算、远程武器的发射和自由飞行控制、作战地形提供支持。测地卫星还可以测量出地壳的漂移情况。地壳的漂移往往和地震相联系,因此,测出地壳的漂移情况,可以为地震预报提供依据。1975 年以前,有的国家发射的测地卫星,它的地理坐标的定位误差小于 10m。1976 年发射的测地卫星,利用了先进的激光测距技术,甚至可以测量出每年只漂移 5cm 这样小的地壳运动的情况。

3) 军事侦察卫星

截止到 1998 年年底,苏联(俄罗斯)发射的侦察卫星 1242 颗,占其卫星总数的 58%,美国发射了 422 颗,占 50%。根据侦察卫星携带传感器的不同,侦察卫星主要可分为成像侦察卫星(包括光学成像和雷达成像两大类)、电子侦察卫星等,一般也包括海洋监视卫星、预警卫星、核爆探测卫星。与其他侦察监测手段相比,卫星侦察监测具有侦察范围广、时效性好、可重复观察性强、情报信息准确及获取途径安全合法等优点。成像侦察卫星多采用低轨的太阳同步轨道和近圆极轨道两种。电子侦察卫星除上述轨道外还布置在静止轨道上。卫星侦察及监测实际上是卫星遥感的一种形式。

照相侦察卫星装有可见光照相机、多光谱照相机、多光谱扫描仪和电视摄像机等各种不同遥感器。照相侦察卫星有返回型和传输型两种。返回型卫星拍摄的胶卷由暗道送入卫星的回收舱,随回收舱一起返回地面,一般用于可见光照相侦察,如“发现者”照相侦察卫星。返回型照相侦察卫星必须解决卫星从轨道上返回地面的技术。传输型照相侦察卫星把拍到的照片直接用无线电发回地面。因此,这种侦察卫星传递情报迅速,可以把一些活动的军事目标,如兵力调动、导弹核潜艇航向等资料立即报告地面。这种方法通常用电视摄像机、多光谱照相机和多光谱扫描仪等作为侦察手段。随着航天技术的不断发展,照相侦察手段的改进,照相侦察卫星的“寿命”越来越长。如美国的“大鸟”卫星,寿命已接近一年,KH-11 卫星的寿命已经超过三年。“长曲棍球”(Lacrosse)卫星是全天候、全天时工作的雷达成像卫星。能以多种波束模式(标准、精扫、宽扫和试验)对地面轨迹两侧的目标成像。精度为:标准 1m;精扫 0.3m;宽扫 3m;图像数据经 TDRS 中继卫星传输到白沙地面站后再经国内通信卫星传到贝尔沃堡。

电子侦察卫星是一种利用卫星上的无线电接收设备去接收敌方预警雷达和军用电台所发出的无线电波。分析这些无线电信号,可以知道预警雷达所用的脉冲频率、脉冲宽度等重要参数和军用电台的通信情报,还可以确定预警雷达和军用电台的位置。电子侦察卫星的“寿命”较长,一般可工作5年左右。

预警卫星是设在地球同步轨道上的一个忠于职守的“哨兵”,用于监视和发现敌方来袭的导弹并发出警报。装在预警卫星上的无线电雷达和红外探测器日夜监视着敌方洲际弹道导弹和核潜艇,一旦敌方导弹起飞,预警卫星在1.5min之内就能发现,并且通知地面指挥中心,以便采取相应的应战措施。预警卫星有效载荷主要为红外探测器,未来可能会使用雷达探测器。迄今为止,世界上只有美国和俄罗斯拥有实用型导弹预警卫星系统。目前预警卫星一般布置在静止轨道或大椭圆轨道上,几颗卫星组网使用。例如,天基红外系统(SBIRS)的任务是战略和战区导弹预警。为导弹防御指引目标,提供技术情报和战局分析。其组成为四颗高轨卫星(探测和跟踪助推段飞行的弹道导弹),若干颗近地轨道卫星(跟踪中段飞行的弹道导弹和末段飞行的冷再入弹头)。

4) 气象卫星

气象卫星可提供全球范围的战略地区和任何战场上空的实时气象资料,具有保密性强和图像分辨率高的特点,可向军队提供实时、非实时的全球气象数据,还可用于侦察卫星对几小时后待侦察地区的天气情况预报。气象卫星一般运行在高度800~1500km太阳同步轨道或地球静止轨道。气象卫星上装有电视摄像机拍摄全球的云图。气象卫星上还装有扫描辐射计,能敏感地探到一定波段的电磁辐射。探测的信号经过计算机处理,就可以得到云的形状、云顶高度、大气温度和湿度、海面温度和冰雹覆盖面积等。

自1960年美国发射“泰罗斯1号”第一颗气象卫星以来,世界上发射了许多类型的气象卫星,至今,美国和俄罗斯已经发射了100多颗气象卫星。我国于1988年9月首次发射太阳同步轨道试验气象卫星“风云一号”。“风云一号”卫星轨道高度900km,轨道倾角99°。卫星上装有可见光和红外辐射计,工作在五个波段,其中一个波段为红外,其余四个波段均在可见光范围内。可以日夜观测云层、陆地和海面温度等。辐射计获得的图像地面中心分辨率为1.1km,边缘分辨率为4km。我国已成功发射了“风云二号”气象卫星。目前正在研发的“风云四号”气象卫星是“风云二号”的后续星,为三轴稳定的光学遥感和微波遥感系列新一代静止气象卫星,装有10通道可见光和红外成像辐射计、干涉式高光谱大气垂直探测仪、微波辐射计、闪电成像仪、环境监测计、地球辐射收支仪及太阳X射线成像仪等。三轴稳定比目前“风云二号”卫星的自旋稳定更有利于高质量获取静止气象卫星遥感数据。

5. 卫星导航任务

卫星导航任务中使用的卫星通过发射无线电信号,为地面、海洋和空中用户导航定位,可以为各类武器提供精确的位置、速度和时间信息。目前使用的导航方法有天文导航、无线电导航和惯性导航。天文导航是通过观测天体,用天体的位置来确定船舰自身的位置和航向。这种方法设备简单,但是受到气象条件的限制。无线电导航是接收海岸电台发出的无线电波来确定船舰自身的位置。这种方法由于无线电波的传播距离有限,所以用于远洋航行有一定困难。惯性导航是根据船舰上的惯性组件(如陀螺仪等)指出的方向,经过计算来确定它自身的位置和航向。这种方法在长时间航行中,由于惯性组件会发生偏差(漂移),因此导航精度比较差。用导航卫星进行导航不受气象条件和航行距离的限制,而且导航精度也比较高。导航卫星上安装的无线电信标机不断向海上船舰发出无线电信号,远洋船舰装有无线电接收设备,根据接收到的无线电信号来确定船舰自身的位置和航向。

通常,人们用多颗卫星组成一个导航卫星网。20世纪70年代在国际上使用的导航卫星网是由美国发射的五颗“子午仪”导航卫星组成的。“子午仪”导航卫星最初是为美国海军“北极星”导弹核潜艇导航而发展起来的,许多国家的商船都使用这种卫星来进行导航。1973年起,美国开始研制新一代的导航星全球定位系统(GPS)。GPS星座对携带广播测距信号和星历的GPS卫星实行单向测距,由于用户钟与卫星钟存在一定钟差,需要同时观测到4颗卫星的伪距。为实现全球覆盖,GPS由24+3颗星在20000km高度组网工作,可以确保用户视场内至少能观测到6颗星,最多能观测到11颗星。GPS实现全球连续覆盖,高精度三维定位,最高定位精度优于10m,测速精度优于0.1m,近乎实时导航,接收机启动后,定位更新率可达每秒10次以上,抗干扰能力强,被动式全天候导航。GLONASS是Global Navigation Satellite System(全球导航卫星系统)的缩写,是苏联从20世纪80年代初开始建设的与美国GPS相类似的卫星定位系统,也由卫星星座、地面监测控制站和用户设备三部分组成,现在由俄罗斯联邦空间局管理。GLONASS的卫星星座由24颗星组成,均匀分布在3个近圆形的轨道平面上,每个轨道面8颗星,轨道高度19100km,运行周期11h15min,轨道倾角64.8°。与美国的GPS不同的是,GLONASS采用频分多址(FDMA)方式,根据载波频率来区分不同卫星(GPS是码分多址CDMA,根据调制码来区分卫星)。GLONASS卫星的载波上也调制了两种伪随机噪声码:S码和P码。俄罗斯对GLONASS采用了军民合用、不加密的开放政策。GLONASS单点定位精度水平方向为16m,垂直方向为25m。GLONASS卫星由质子号运载火箭一箭三星发射入轨,卫星采用三轴稳定体制,整体质量1400kg,设计轨道寿命5年。

GPS和GLONASS主要是为军事应用而建立的卫星导航系统。欧洲空间局