

卫星应用概论

朱继文 朱春晓 曲建光 编 著
周秋生 主 审



哈尔滨地图出版社

卫星应用概论

WEIXING YINGYONG GAILUN

朱继文 朱春晓 曲建光 编 著
周秋生 主 审

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

图书在版编目(CIP)数据

卫星应用概论/朱继文,朱春晓,曲建光编著. —哈尔滨:
哈尔滨地图出版社,2008.12
ISBN 978-7-80717-960-3

I.卫… II.①朱… ②朱… ③曲… III. 高分辨率-卫星
遥感-遥感图像-图像处理 IV.TP751

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 195970 号

哈尔滨地图出版社出版发行
(地址:哈尔滨市南岗区测绘路2号 邮政编码:150086)
哈尔滨市动力区哈平印刷厂印刷
开本:787 mm × 1 092 mm 1/16 印张:9.625 字数:246 千字
ISBN 978-7-80717-960-3
2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷
印数:1 ~ 1 000 定价:20.00 元

前 言

随着科学技术的不断发展,人们的生活发生了巨大的变化。在地球上生活的每一个人,几乎每天的日常生活都离不开人类的航天活动,离不开卫星对人类经济社会和人类生活质量提高的贡献,人们使用移动电话、观看电视节目、进行各种通讯,都将或多或少地利用到卫星,整个信息的高速传输,现在已经离不开卫星了。人们对卫星的应用产生了浓厚的兴趣和关注,但目前介绍卫星知识的书是比较匮乏的。因此,简明阐述卫星应用的基本理论和方法,用简洁的语言、概括性地介绍卫星应用是本书的出发点。

本书是作者在参阅了大量的有关卫星应用书籍和国内外的论文基础上编写的。全书共分六章,第一章主要介绍了人造卫星及卫星应用的概念;第二章介绍了卫星通信;第三章介绍了卫星导航;第四章介绍了卫星遥感;第五章介绍了气象卫星;第六章介绍了其他的科学卫星。本书由朱继文、朱春晓和曲建光共同编写,由朱继文定稿完成。

本书可作为普通高等学校测绘、地质、规划、土地、资源和环境等专业的本科生和研究生教材,也可供广大相应工作的科技人员和管理人员参考。

卫星应用正处在迅猛发展之中,由于作者水平有限,不成熟不完善之处在所难免,希望读者提出宝贵意见。

编 者
2008 年 11 月

目 录

第一章 人造卫星及卫星应用	1
第一节 引言	1
第二节 人造卫星	2
第三节 卫星应用系统的类型	3
第四节 应用卫星系统的组成	9
第五节 卫星轨道	10
第六节 卫星姿态的稳定方式	16
第七节 卫星应用系统的生命周期	18
第二章 卫星通信	22
第一节 概述	22
第二节 卫星通信系统	25
第三节 通信卫星的组成	27
第四节 卫星通信使用的频率	29
第五节 通信卫星的运行轨道	31
第六节 卫星通信线路、多址方式和信号调制	33
第七节 天象对卫星通信的影响	39
第八节 常见的卫星通信系统介绍	39
第九节 中国的卫星通信系统	44
第十节 通信卫星的发展前景和趋势	48
第三章 卫星导航	51
第一节 概述	51
第二节 卫星导航系统的组成及其分类	52
第三节 卫星导航定位系统介绍	52
第四节 GPS 信号结构和 GPS 接收机	60
第五节 GPS 定位原理	62
第六节 导航卫星系统的应用	76
第四章 卫星遥感	78
第一节 概述	78
第二节 遥感的电磁波谱与地物的波谱特性	80
第三节 遥感传感器	86
第四节 常用遥感卫星平台	93
第五节 遥感卫星应用	97
第五章 卫星气象	102
第一节 概述	102
第二节 气象卫星通道及气象卫星传感器	105

第三节	气象卫星观测资料及处理·····	106
第四节	气象卫星的应用·····	110
第五节	国外气象卫星系统·····	111
第六节	中国的气象卫星系统·····	114
第六章	科学卫星·····	121
第一节	测高卫星·····	121
第二节	重力卫星·····	131
第三节	GPS 无线电掩星卫星·····	136
第四节	地震电磁卫星·····	140
第五节	其他科学卫星·····	141
第六节	中国探月工程介绍·····	143
参考文献	·····	148

第一章 人造卫星及卫星应用

第一节 引言

卫星应用,是人类航天活动的最主要方面之一,它以地球为中心,利用所发射的各种各样的应用卫星,解决人类所面临的多种问题。现在,人类所发射的卫星已经超过 6 000 颗,其中我国所发射的卫星大约占全世界总量的 1%。卫星的种类多种多样,如有气象卫星、通讯卫星、资源卫星等。在人类所发射的各种卫星中,70% 被用于军事用途,如军事侦查、导弹预警、通讯指挥、导航、气象保障等。人类还利用卫星进行各种各样资源的勘测,包括地形地貌、地质构造、植被、水文、耕地、农作物、工矿、交通、经济、人口,甚至还包括生活水平调查。在气象和灾害预报中,卫星发挥了很重要的作用。在人们所熟悉的全球通讯、广播、电视和导航定位中,也需要依靠卫星的支持。现在可以这样说,目前在地球上生活的每一个人,几乎都离不开人类的航天活动,离不开卫星对人类经济社会和人类生活质量提高的贡献,人们使用移动电话、观看电视节目、进行各种通讯,都将或多或少地利用到卫星,整个信息的高速传输,现在已经离不开卫星了。

现在,卫星应用对人类社会各方面来说,意义是非常巨大的。

在经济上,卫星应用具有很高的经济和社会效益。多种应用卫星在通信广播、资源调查、环境监视、气象预报、导航定位等方面,已为人类做出了巨大的贡献。由于卫星的飞行速度快,运行高度高,所以可快速地大范围覆盖地球表面。例如,通过卫星使电视网络覆盖全国乃至全球;气象卫星可以进行全球天气预报,包括长期天气预报,这是许多常规手段都无法做到的。因而卫星应用技术具有极高的经济效益,据一些国家研究分析,卫星应用技术投资效益比达 1:10 以上。

在军事上,侦察卫星可以及时发现世界各个地区的军事活动和各类武器装备及军事设施的部署和分布,通信卫星可实现信息、指令的全球范围及时传递,导航卫星则为人员、战车、军舰、飞机的导航和武器的制导提供了保障。在各种卫星的支持下,战场的透明度得到了极大的提高,武器的打击效率也得到了空前的增长。卫星应用技术对国家军事能力的战略和战术两方面都提供了前所未有的支持和保障。谁占有了空间优势,谁就具有军事战略优势。这些都在近年来的几次地区性局部战争中得到充分体现。

在科学技术上,卫星应用技术也带动和促进了众多学科的发展。首先,卫星应用带动了技术发展,如电子技术、遥感技术、喷气技术、自动控制技术等;其次,对基础科学将有很大推动,包括计算科学、数学、物理、化学等;第三是形成了许多边缘学科,如空间工艺学、空间材料学、古空间生物学、卫星测地学、卫星气象学、卫星海洋学等。

在政治上,卫星应用技术可以极大地提高国家在综合国力及其在国际活动中的地位。

由于卫星应用技术有如此重要的意义,当今参加开发卫星应用技术的国家越来越多,已达到 60 多个,而应用卫星技术成果的国家几乎遍及世界各个角落。

本书将简要介绍卫星在通信、导航、遥感、气象和科学技术应用中的发展历史、关键技术

和主要成就。

第二节 人造卫星

其包括人造卫星和与此相对的天然卫星。环绕哪一颗行星运转,就把它叫做哪一颗行星的卫星。比如,月亮环绕着地球旋转,它就是地球的卫星。

“人造卫星”就是我们人类“人工制造的卫星”。科学家用火箭把它发射到预定的轨道,使它环绕着地球或其他行星运转,以便进行探测或科学研究。围绕哪一颗行星运转的人造卫星,我们就叫它哪一颗行星的人造卫星,比如常用于观测、通信等方面的人造地球卫星。

由于本书主要讨论的是有关人造卫星的问题,因此,为了叙述上的方便,在后面一般就简单地将人造卫星称为卫星。

卫星通常是由运载火箭从地球表面发射进入轨道,并且,其一旦进入运行轨道,就不必再需要进一步的火箭推进来维持其运动了。

第1颗人造卫星是前苏联于1957年10月4日所发射的Sputnik 1,该卫星重83.6 kg,约篮球大小,在该卫星上搭载了一台无线电信标和一个温度计。虽然Sputnik 1在轨道上仅运行了3周,但它的成功发射证明了卫星轨道运行的可行性,也开启了人类的空间时代。

1958年1月31日,美国成功发射了其第一颗人造卫星“探险者1号”。“探险者1号”卫星虽然很小,只有8.2 kg,但它携带了很多仪器,如盖革计数器、微流星撞击计数器、测温感应元件、进行了宇宙线和微流量测量,还测量了卫星内部和外壳的温度。“探险者1号”的最大贡献是帮助人们首次发现了地球辐射带,该地球辐射带被后人称为范·艾伦辐射带(Van Allen Radiation Belt)。范·艾伦辐射带是1958年由美籍物理学家詹姆斯·范·艾伦(James Van Allen)发现的一种高能粒子辐射带,由于这些高能粒子是被地球磁场所俘获的,因而它们沿地球磁场方向环绕地球分布(见图1-1),这个辐射带内的高能带电粒子对载人空间飞行和卫星材料、仪器都有一定的危害。范·艾伦辐射带分为两层,内层距地表约6 400 km,外层约为14 000 km,两层中的缝隙为辐射较少的安全地带,人造卫星可以在此区域内安全运行。

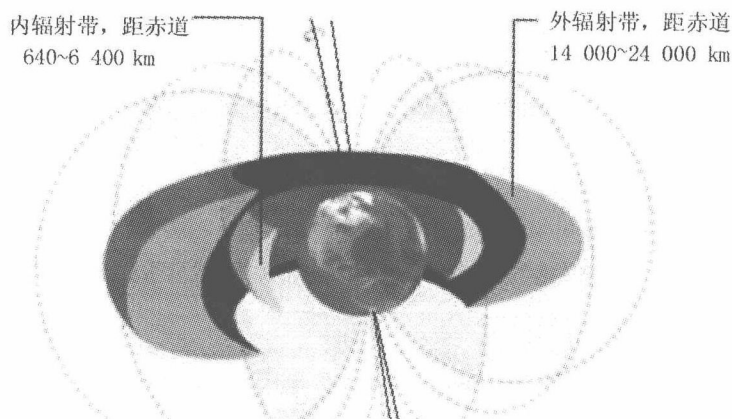


图1-1 范艾伦辐射带

在第一颗人造卫星发射后的头十年里,所有的卫星都是由美国或前苏联所发射的。20世纪60~70年代,中国、法国、日本也先后加入了发射人造卫星的行列,其中法国于1965年

11月26日发射了第一颗卫星;日本于1970年2月11日发射了第一颗卫星名为“大隅号”。中国则于1970年4月24日发射了第一颗卫星——“东方红一号”(见图1-2)。

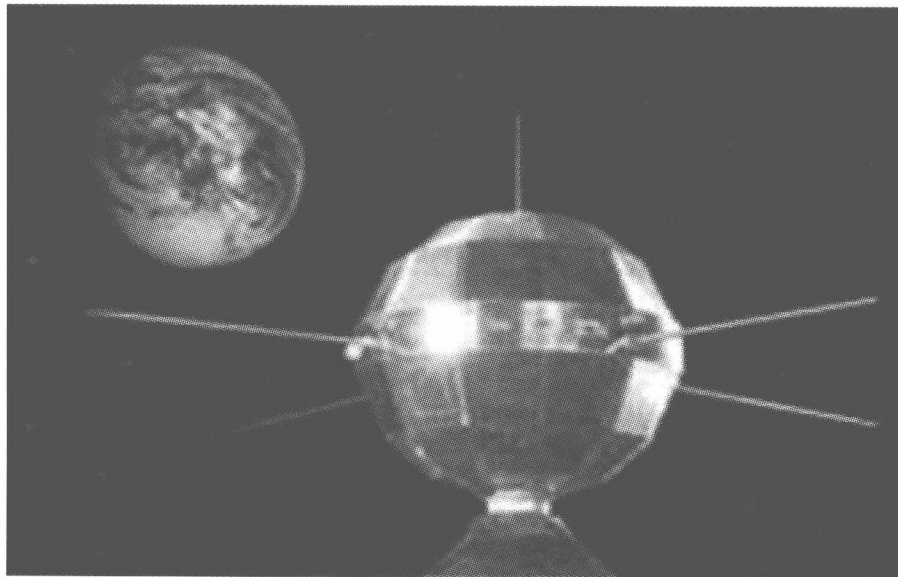


图1-2 “东方红一号”

卫星是人类目前发射数量最多、用途最广、发展最快的航天器,卫星发射数量约占航天器发射总数的90%以上。在20世纪50年代末到20世纪60年代初,各国所发射的人造卫星主要用于探测地球空间环境以及进行各种卫星技术试验。到了20世纪60年代中期,人造卫星开始进入应用阶段,各种应用卫星先后投入使用。从20世纪70年代起,各种新型专用卫星相继出现,性能不断提高。

到目前为止,各国政府和私营公司共发射了超过6 000颗的卫星,仍在发挥作用的在轨卫星只是其中的一部分,属于俄罗斯、美国的卫星居多,其他26个国家和17个多国组织也拥有卫星。目前,具有发射卫星能力的国家除了美国和俄罗斯外,还包括中国、法国、日本、印度和欧洲空间局(ESA, European Space Agency)。

围绕地球轨道运行的除了卫星以外,包括废弃的火箭箭身、宇航员的手套和其他一些空间碎片在内的人造物体也在围绕地球运行。由于这些物体对将来的空间飞行会带来碰撞的危险,世界上包括中国在内的许多国家都在研究对这些太空碎片的跟踪。

卫星的应用范围非常广泛,它是空间技术及应用的一个关键部分,在通信产业、军事情报和地球及外层空间的科学研究中均扮演着极其重要的角色。

第三节 卫星应用系统的类型

一、卫星的类型

从应用的角度出发,按照用途可以把人造卫星分为科学卫星、应用卫星和技术试验卫星等。

1. 科学卫星

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。科学卫星所使用的仪器(有效载荷)包括望远镜、光谱仪、盖革计数器(一种专门测量物质放射性的仪器)、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、宇宙射线、太阳辐射和极光,观测太阳和其他天体。

2. 技术试验卫星

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。航天技术中的新原理、新技术、新方案、新仪器设备和新材料往往需要在轨道上进行试验,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,如重力梯度稳定试验,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. 应用卫星

应用卫星是直接为国民经济和军事服务的卫星。在所有人造卫星中其种类最多,发射数量也最多。应用卫星按用途可分为通信卫星、气象卫星、侦察卫星、导航卫星、测地卫星、地球资源卫星、截击卫星和多用途卫星等。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:这类卫星发展很快,有国际通信卫星、国内通信卫星、军用通信卫星、海事卫星、广播卫星、跟踪和数据中继卫星和搜索营救卫星。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,如前苏联的“闪电”号通信卫星。

(2)对地观测平台:这类卫星有气象卫星、地球资源卫星、侦察卫星,被统称为对地观测卫星。在这些卫星上装有助于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,用来收集来自陆地、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。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。在对地观测卫星中,许多采用太阳同步轨道,也有一些采用静止轨道和其他轨道。

(3)导航定位基准:这类卫星有导航卫星、测地卫星等。在这些卫星上装有光信标灯、激光反射器和无线电信标机、应答机等。这种卫星的空间位置、到地面的距离和运行速度都可以预先确定,因而可用做定位、导航和大地测量的基准。地面固定的或移动的物体、空中飞机和海上舰艇,都可以利用这类卫星确定自己的坐标。用做导航基准的卫星通常采用中、高轨道。

人造地球卫星基本按照天体力学规律绕地球运动。但是实际运动情况要复杂得多,主要原因是受非球形地球引力场的影响,而低轨道卫星还要受大气阻力的影响,高轨道卫星,特别是静止轨道卫星还要受日、月引力和光压的影响。卫星的设计运行轨道取决于卫星的任务,最终轨道的形状和高低则取决于运载器赋予卫星的速度和方向。

二、常见卫星应用系统

工程技术人员已经开发研制出了许多种类型的卫星,每种类型都是针对某一特定的目的或任务。例如,电信业和传播业使用通信卫星在不需要电缆或微波中继的情况下,在很长

的距离上传送广播、电视和电话信号;导航卫星精确地确定出物体在地球上的位置;而气象卫星帮助气象学家预报天气;世界上一些拥有卫星的国家使用侦察卫星监视别国的军事行动;科学卫星则作为观察地球、其他行星、太阳、彗星和星系的空基平台,而且在其他范围还有非常广泛的应用。

1. 通信卫星

通信卫星的功能是作为全球通信网络的一部分,它提供了全球的无线电、电话和电视连接。

最初的所有卫星几乎都包含了一些通信设备,但它们并不能算做是通信卫星。第一颗通信卫星是1960年由美国所发射的“回声1号”(Echol)。它是一个巨大的金属球体,可以被动地将无线电信号反射回地球。但这种被动模式的运行方式很快让位给了主动或转发模式,在这些模式中,卫星上搭载了复杂的电子设备,这些设备接收来自地球的信号,对这些信号进行放大,然后再发送到地球上另外的地点。

由美国国家航空航天局(NASA, National Aeronautics and Space Administration)于1962年所发射的“中继1号”(Relay 1),它是“电星1号”(Telstar 1)的基础,是一颗由商业赞助的试验卫星,Relay1首次进行了跨大西洋的实况电视广播。但是,Relay和Telstar计划中的卫星不在地球同步轨道上,而地球同步轨道是连续通信网络的关键。

美国NASA的Syncom系列和世界上第一颗“晨鸟”(Early Bird,后来更名为Intelsat 1)卫星,最先使用了地球同步轨道。其中Syncom 3被美国用来对1964年东京奥林匹克运动会进行电视转播,这是首次跨太平洋的电视节目。原则上,3颗在地球赤道面上均匀分布的卫星就可以提供对地球表面的完全覆盖。在实践中,通常采用更多数量的卫星,以便提高系统的信息处理能力。

在1962年,美国国会通过了通信卫星法案,从而建立了通信卫星公司(COMSAT, Communications Satellite Corporation)。1964年,来自世界上其他国家的17个机构加入了COMSAT建立了国际通信卫星联盟(INTELSAT, International Telecommunications Satellite Consortium),该联盟的目标是建立全球商业通信网络,1974年它更名为国际电信卫星组织(ITSO, International Telecommunications Satellite Organization)。现在,INTELSAT拥有143个成员机构和由20多颗位于地球同步轨道的卫星所组成的网络,可以提供全球的即时通信,并且,超过2000个的地球站向卫星发送或从卫星接收信号。已有8个系列的Intelsat卫星在轨道上运行,最初是1965年的Intelsat 1(Early Bird),当前系列的卫星Intelsat 8可以同时支持22500双向电话呼叫和3套彩色电视广播,如果采用更先进的电子设备,更可以支持112500双向电话线路。

国际移动卫星组织(Inmarsat, International Mobile Satellite Organization)也是一个重要的组织。Inmarsat成立于1979年,它通过为船舶管理、救生和安全应用发展卫星通信来为海洋业服务。现在,它的用户包括了数千居住和工作在没有可靠地面网络的边远地区的人员。目前,Inmarsat拥有86个成员国和9颗位于地球同步轨道上的卫星(其中的4颗卫星为最新的Inmarsat 3,可提供重叠的全球覆盖,其余的作为备用或出租给其他的组织)。

除了INTELSAT和Inmarsat的卫星以外,还有许多其他的通信卫星在围绕地球运行,它们由个别的国家、组织和国际通信的商业投资者使用或用于某些专门业务或军事用途。被称为直播卫星的新一代卫星,可以直接向小型家庭天线传送信号,以提供像有线电视节目一

样的服务。

从 1957 年起,已经发射了超过 300 颗的通信卫星,现在,位于地球同步轨道上的卫星可以提供声音、数据和包括对全球家庭进行直接电视广播的电视通信。

2. 导航卫星

导航卫星可以用来确定装备了专门的无线电接收机的船舶、飞机,甚至汽车的位置。导航卫星向地球连续发送无线电信号,这些信号包含了数据,专用的无线电接收机可从这些数据中解译出有关卫星位置的信息,接收机还对信号进一步分析,以便确定卫星的运动速度和方向以及信号到达接收机所经过的距离,接收机能够利用这些数据计算出自身的位置,一些导航卫星甚至同时使用多颗卫星的信号可以立刻提供精确的位置信息。

美国海军在 1960 年发射了第一颗导航卫星 Transit 1B,到了 1996 年,美国停止了对 Transit 系统的支持。现在,美国空军掌握了一个由 24 颗卫星所组成,被称为 NAVSTAR 全球定位系统(GPS),根据所使用的接收机类型导航定位的方法,GPS 可以提供从 100 m 到 1 cm 的位置信息。由 24 颗卫星所构成的俄罗斯联邦的全球在轨导航卫星系统(GLONASS)所提供的精度与 GPS 相似。欧洲空间局也已开始建立自己的卫星导航系统,该系统被称为伽利略系统(Galileo),计划于今年建成。

3. 气象卫星

气象卫星携带着照相机和其他一些对准地球大气层的仪器设备,它们能够对恶劣天气进行早期警告,并且为准确预报天气提供帮助。美国 NASA 于 1960 年发射的电视和红外辐射观测卫星(TIROS, Television Infrared Satellite)1 号(TIROS 1),它能发送回地球云层覆盖的电视图像,并能够探测飓风的形成及绘出它们的路径,TIROS 1 共发送回了将近 2 300 幅地球及其大气的图片,应当是第一颗气象卫星。美国 NASA 还运营着地球同步运行环境卫星(GOES, Geostationary Operational Environmental Satellite)系列,该系列的卫星位于地球同步轨道,提供包括暴风雨跟踪在内的用于气象预报的信息。同样位于地球同步轨道的欧洲气象卫星 Meteosat 3 强化了 GOES。美国国家海洋和天气局(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)运营着 3 颗用于长期收集天气预报信息的卫星,这三颗卫星没有位于地球同步轨道,而是以相对较低的高度通过地球两极。中国、日本、印度和欧洲空间局也拥有类似的卫星。现在的气象卫星能够传送可见光和红外照片,既可以集中关注某一狭小区域,也可以是一个广大的区域,另外,它们还可以在空间进行调整,以获得宽大的覆盖。

4. 对地观测卫星

将科学仪器放入太空的一个主要优点是具有俯视地球的能力。对地球广大区域的观察,可以使对地球天气和气候进行研究的气象学家、科学家能够研究大尺度的气象图。对地球更详尽的观测,将为地图的绘制提供帮助,即使在人无法到达的地区也能进行地图的绘制。那些研究大陆和海洋的研究人员也能够从轨道上的有利位置中获益。

1972 年,美国发射了第一颗能够观察几乎整个地球的卫星的地球资源技术卫星 1(ERTS 1, Earth Resources Technology Satellite 1, 后来更名为 Landsat 1)。Landsat 1 采用通过地球南北两极上空的极轨道,由于地球在 Landsat 的轨道下自转,所以,每 18 个小时,该卫星几乎就能将地球上的任何地方观察一遍。Landsat 1 装备了多个照相机,不仅能够记录可见光影像,而且能够记录电磁波谱中其他波长的影像。这些照相机能够提供丰富有用的数据,例如,红外光影像可以让研究人员将健康的农作物与患病的农作物区分开来。在 1975 年至

1999 年的十几年里,还分别发射了另外 6 颗 Landsat 卫星。

Landsat 卫星所获得的成功极大地鼓舞了其他国家在轨道上安置地球监测卫星。从 1986 年起,法国发射了一系列被称为 SPOT 的卫星;日本在 1987 年发射了 MOS—IA(海洋观测系统 Marine Observation System);在 1988 年,印度遥感卫星 IRS—IA(Indian Remote Sensing)开始运行;在 1999 年 12 月,一个国际性的科学家和工程师团队发射了 Terra 卫星,该卫星携带了 5 种对地球及其健康状况进行观测和监视的仪器,该团队成员之一的美国国家航空航天局在 2000 年 4 月发布了由该卫星所拍摄的影像。

5. 军事卫星

军事卫星与相应的商用卫星相似,但是它所发送的经过加密的数据只有特殊的接收机才能解译。军事侦察卫星与其他的地球成像卫星一样拍摄照片,不过军事卫星的照相通常具有更高的分辨率。

美国军方运营着很多卫星系统。国防卫星通信系统(DSCS, Defense Statellite Communications System)由五颗位于地球同步轨道的航天器所构成,用于在军事单位间传递声音、数据和电视信号。国防支持计划(DSP, Defense Support Program)采用卫星对导弹发射做出早期预警,在海湾战争(1991)期间,DSP 用于对伊拉克飞毛腿导弹的发射进行预警。

一些军事卫星所提供的数据还对公众开放。例如,美国国防气象卫星计划(DMSP, Defense Meteorological Satellite Program)收集和发布全球天气信息;而前面曾提到的全球定位系统(GPS)能够为所有使用 GPS 接收机的人提供导航信息。

军事卫星中有一大类是侦察卫星,它是某个国家发射的用于提供有关外国军事行动情报信息的人造卫星。侦察卫星主要有 4 种类型。

(1) 早期预警卫星(Early, warning Satellite) 用来探测敌方导弹的发射。

(2) 核爆探测卫星(Nuclear, explosion Detection Satellite) 用来从空间探测和确定核爆炸。

(3) 照相监视卫星(Photo, surveillance Satellite) 提供敌方军事行动的照片,如洲际弹道的部署等。该类卫星有 2 种子类:细节探察卫星(Close - look Satellite)可提供高分辨率的照片,这些照片将通过再入舱返回地球;而面探察卫星(Area - survey Satellite)提供较低分辨率的照片,这些照片通过无线电传回地球。后来的卫星将这两种功能结合起来。还有其他的一些卫星采用雷达提供那些有云层覆盖或阴暗地区敌方行动的影像。

(4) 电子侦察卫星(Electronic - reconnaissance (ferret) Satellite) 在通过外国上空时获取和记录无线电发射和雷达发射的情况。

6. 科学卫星

科学家还采用卫星观测太阳、月亮,其他行星及其卫星、彗星、恒星和星系。

像恒星那样的天体会以可见光或许多其他类型电磁辐射的形式发出射线或辐射能量,不同波长的辐射为天文学家提供了不同的有关宇宙的信息,通过比可见光波长要长的红外辐射,可以发现星际尘埃云或其他未发出足够可见光的天体;X 射线是一种比可见光波长短的高能辐射形成,它能够显现出由剧烈碰撞或其他事件所引起的高温。已经证明,大气层之上的地球轨道对天文学家来说,是一个极佳的观测点。这是因为,地球的大气吸收了诸如紫外线、X 射线和伽马射线等高能辐射。虽然这种吸收作用可以保护地球表面,并使生命能够存在于地球之上,但它同时还将大量的天体隐藏到了大气层的后面,但是在轨道上运行的

卫星却能够提供更广阔的覆盖。

英国在 1962 年 4 月 1 日发射了第一颗天文卫星,以用于研究由太阳所辐射出的宇宙射线、紫外线和 X 射线。1968 年,美国 NASA 发射了第一个轨道天文台——OAO 1 (Orbiting Astronomical Observatory),它装备有紫外望远镜。1970 年,美国发射了专门用来进行 X 射线观测的 Unhurt 卫星。1972 年,发射了 Copernicus 卫星,其正式名称为 OAO 3,它是用来探测 X 射线和紫外辐射的。1978 年,美国国家航空航天局(NASA)的 Einstein 天文台,正式名称为高能物理天文台 2(HEAO 2, High - Energy Astrophysical Observatory 2)进入轨道,成为第一颗能够提供可与可见望远镜所提供影像细节相比拟的 X 射线望远镜。1983 年,发射了美国、荷兰和英国合作研制的红外天文卫星(IRAS, Infrared Astronomical Satellite)。IRAS 提供了第一幅红外波长的宇宙图,它是最成功的天文卫星之一。1989 年,美国 NASA 发射了宇宙射线背景探索者(COBE, Cosmic Ray Background Explore),以进一步寻找大爆炸(宇宙形成时的爆发假想)的证据。

1990 年,美国的航天飞机所发射的哈勃空间望远镜(Hubble Space Telescope)(见图 1-3),装备了 250 cm 的望远镜和数个由美国和欧洲国家所生产的高分辨率传感器,是一个广义的天文台。1993 年,航天飞机的宇航员修复了哈勃空间望远镜反射镜上的缺陷,使哈勃空间望远镜能够为天文学家提供具有惊人细节的天空影像。1999 年,美国 NASA 发射了 Chandra X 射线天文台,Chandra 是根据美国天体物理学家 Subramanian Chandrasekhar 命名的,与任何先前的 Chandra X 射线望远镜相比,其分辨率要高出 8 倍。

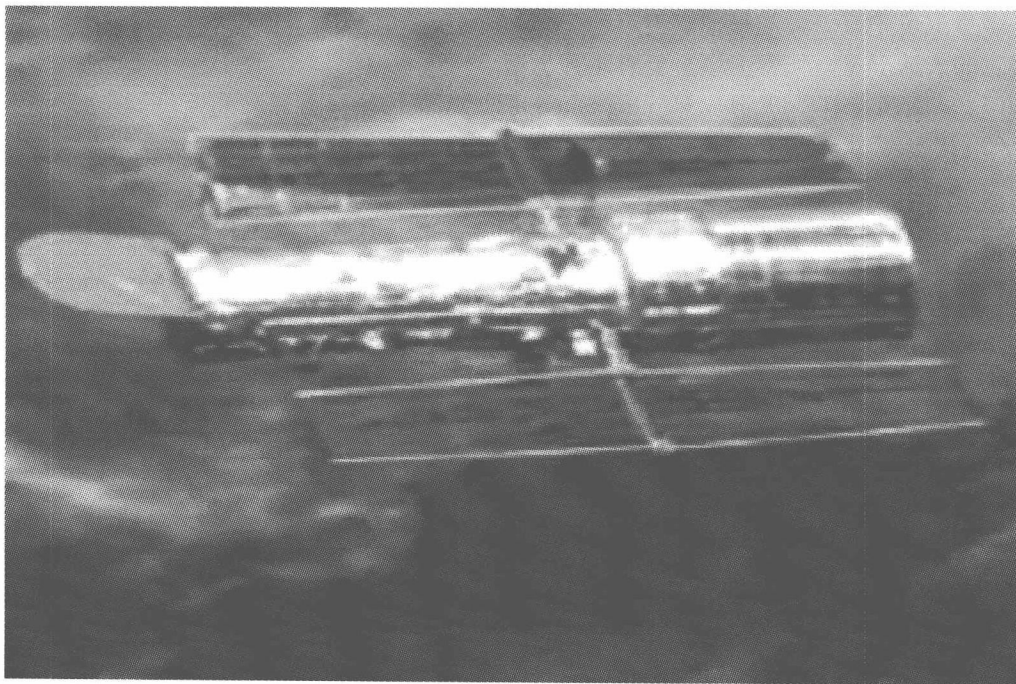


图 1-3 哈勃空间望远镜

一些科学卫星并不绕地球运行,用于空间探索的 Ulysses 卫星绕太阳运行,以研究太阳的两极和高纬度区域。伽利略(Galileo)航天器从 1995 年起绕木星运行,发回大量木星及其卫星的数据。

第四节 应用卫星系统的组成

完整的卫星工程系统通常由卫星、运载器、航天器发射场、航天控制和数据采集网以及用户台(站、网)组成。而卫星、航天控制和数据采集网和用户台(站、网)则组成了卫星应用系统,如卫星通信系统、卫星导航系统和卫星空间探测系统等。组成卫星应用系统的三部分有时也分别称为空间部分、监控部分和用户部分。虽然,不同卫星应用系统的各个部分在具体内容、功能和规模上有所不同,但各部分在各系统中所承担任务的性质却是大体相同的。

一、空间部分

卫星应用系统的空间部分由卫星或卫星星座所组成。一些系统的空间部分仅有一颗在轨的卫星,而另外一些系统则可能有数颗、数十颗甚至数百颗卫星,而这样的一组共同工作的卫星就被称为卫星星座。采用中、低轨卫星的应用卫星系统,其空间部分通常是按星座形式进行部署,因为,此类卫星相对于地面的运动角速度较高,如果需要对地面保持连续的覆盖,必须采用多颗卫星。如用于进行卫星导航的全球定位系统(GPS)、GLONASS 和 Galileo,用于进行地面移动卫星通信的铱系统(Iridium)和全球星系统(Global star)的空间部分就都是采用的星座形式(见图 1-4)。卫星应用系统的空间部分在整个系统中的地位最为重要,它决定了卫星应用系统的性质,并在系统中承担了用以实现系统目标的关键性任务。

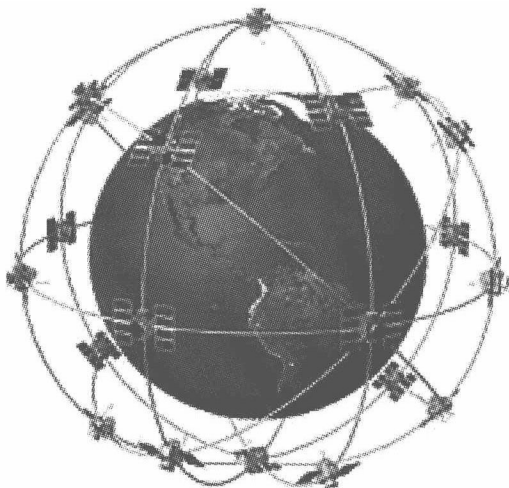


图 1-4 GPS 卫星星座

虽然,卫星的外形和内部结构可以千差万别,但是它们在系统组成上都可被划分为两大部分,即公用系统和专用系统。卫星的公用系统是指不管任何类型和用途的卫星都必须配备的系统;而专用系统则是指不同用途的卫星,为了完成其技术任务而配备的特有系统。

卫星的公用系统又常被称为公用平台,一般包括以下几个子系统:结构系统、热控制系统、电源系统、姿态和轨道控制系统、无线电测控系统和数据管理系统等。

卫星的专用系统又常被称为卫星的有效载荷(Payload),它是卫星用于完成任务的有效部分。不同用途的卫星具有不同的有效载荷,例如,资源卫星的有效载荷就是各种传感器,它包括可见光照相机、多光谱相机、多光谱扫描仪、红外相机、微波辐射计和微波扫描仪和合

成孔径雷达等,气象卫星的有效载荷包括扫描辐射计、红外分光计、垂直大气探测器和大气温度探测器等,通信卫星的有效载荷主要是通信转发器及通信天线,天文卫星的有效载荷是各种类型的天文望远镜(包括红外天文望远镜、可见光天文望远镜和紫外天文望远镜等)。

二、监控部分

卫星系统的监控部分由系统控制中心和通过不同数据通道连接而成的遍布全球的固定地面站或移动地面站组成。其中地面站又分为对卫星运行进行监测的站和与卫星进行通信联络的站。监控部分的作用是对在轨卫星的运行实施监控、向卫星发送指令、接收处理卫星所发回的任务数据,并进行系统信息的分发。

三、用户部分

卫星系统用户部分的作用是接收卫星所发送的信息来获得系统所提供的服务。如卫星导航系统中用户所使用的信号接收机,卫星通信系统中用户所使用的信号接收机或卫星电话等。

第五节 卫星轨道

卫星围绕地球运动的轨迹称为卫星运动轨道。不同用途的卫星都有一个共同的特点,即它们的轨道位置都在通过地球重心的一个平面内,卫星运动所在的轨道面称为轨道平面。本节介绍一些有关卫星运动轨道的基本知识。

一、卫星围绕地球运动的方程

以地球为中心运动的卫星,其运动可用万有引力定律来描述。该定律指出:任何两个质量分别为 m_1 和 m_2 、距离为 r 的物体之间都存在着引力,即万有引力 F ,其大小与两个物体的质量乘积成正比,而与它们之间距离的平方成反比,用公式表述如下:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1-1)$$

式中: $G = 6.668\ 462 \times 10^{-20} \text{ km}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$,称为万有引力常数。

设地球的质量为 M ,卫星的质量为 m ,卫星到地心的距离为 r ,如图 1-5 所示。

由万有引力定律可以导出卫星围绕地球运动的运动方程为

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = -G(M + m) \frac{r}{r^3} = \mu \frac{r}{r^3} \quad (1-2)$$

式中: r ——从地球指向卫星的位置矢量(又称矢径);

$M = 5.977\ 414 \times 10^{24} \text{ kg}$ ——地球质量;

$\mu = G(M + m) \approx GM = 3.986\ 013 \times 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$,称为开普勒常数。

二、卫星运动的基本规律

根据万有引力定律,可以导出卫星运动的三定律,即开普勒三定律。开普勒三定律揭示了卫星受重力吸引而在轨道平面上运动的规律。

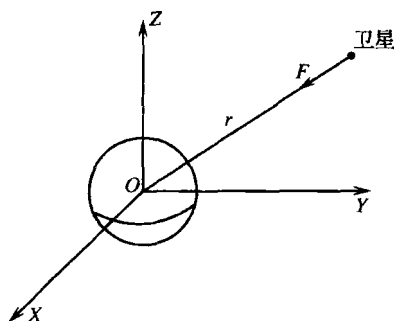


图 1-5 卫星相对于地球的坐标

1. 开普勒第一定律(轨道定律):卫星运动的轨道一般是 1 个椭圆,1 个椭圆有 2 个焦点,双体系的质量中心称为质心,它始终处在其中 1 个焦点上。质心与地球中心是重合的,即地球的中心始终位于该椭圆的 1 个焦点上。

这一定律表明,在以地球质心为中心的引力场中,卫星绕地球运行的轨道面,是一个通过地球中心的椭圆平面,这称为开普勒椭圆,其形状和大小不变。在椭圆轨道平面上,卫星离地心最远的一点称为远地点,而离地心最近的一点称为近地点,它们在惯性空间的位置也是固定不变的。卫星绕地心运动的轨道方程为

$$r = \frac{a_s(1 - e_s^2)}{1 + e_s \cos V_s} \quad (1-3)$$

式中: r ——卫星的地心距离;

a_s ——轨道椭圆的半长轴;

e_s ——轨道椭圆的偏心率;

V_s ——卫星的近点角,它描述了任意时刻卫星在轨道上相对于近地点的位置。

2. 开普勒第二定律(面积定律):在单位时间内,卫星的地心矢径 r , 即地球质心与卫星质心间的距离矢量,扫过的面积相等。此定律的数学表示式导出为

$$|r \times dr/dt| = \sqrt{\mu p}$$

3. 开普勒第三定律(轨道周期定律):卫星围绕地球运动 1 圈的周期为 T ,其平方与轨道椭圆半长轴 T 的立方之比为一常数,而该常数等于地球引力常数 GM 的倒数。

这一定律的数学表达式为

$$\frac{T_s^2}{a_s^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad (1-4)$$

式中: T_s ——卫星运动的周期,即卫星绕地球运动一周所需的时间。

假设卫星的平均角速度为 $n = \frac{2\pi}{T_s}(\text{rad/s})$, 得

$$n = \sqrt{\frac{GM}{a_s^3}} \quad (1-5)$$

由上式可以看出,当卫星运动轨道椭圆的半长轴确定后,就能够确定出卫星运行的平均角速度。

三、卫星轨道的摄动与分析

在推导卫星在轨道上的运动方程时,假设地球是一个规则的球体,并且卫星只受到地球