



卫星电视原理

WEIXING DIANSHI YUANLI

□ 刘进军 编著 □



国防工业出版社

National Defense Industry Press

卫星电视原理

刘进军 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书分为卫星电视基础原理和专业原理两部分内容。基础原理主要以卫星电视相关的卫星、卫星通信、卫星转发器等基础科目为主;专业原理以卫星电视、移动卫星电视、卫星电视标准、卫星电视传输等专业科目为主,特别介绍了国际上最新的技术和技术标准。

全书共分12章。第1章介绍了卫星的设计、制造、发射、运行、卫星的分类。第2章~第6章是通信卫星和高清电视卫星、宽带多媒体卫星的原理与技术,对卫星转发器进行了分析,介绍了卫星通信技术、系统和国际电联的规定。第7章分析了数字电视原理,并介绍欧洲 DVB-S2 标准等先进技术。第8章~第12章是卫星电视广播、传输、接收、干扰和损耗等原理和解决方案。

本书适应于卫星电视、卫星通信、广播电视专业的工程技术人员、卫星电视爱好者阅读,也可作为大专院校相关专业的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

卫星电视原理 / 刘进军编著. —北京:国防工业出版社,
2009.1

ISBN 978-7-118-05715-7

I. 卫... II. 刘... III. 卫星广播电视-理论 IV. TN943.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 063374 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)
北京奥鑫印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20¼ 字数 467 千字
2009年1月第1版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 35.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

在世界科技史上,第一代表一个时代,第一代表成功和强大,第一也代表艰难和漫长。任何一个第一都是建立在坚强的信念和坚定的科学精神之上的。卫星电视技术的发展也与以下技术发明密切相关。

1873年,英国科学家约瑟夫·梅证实硒元素具有光电效应;

1907年,俄国人鲍里斯·罗津发明了世界上第一台电子显像电视接收机;

1928年,英国贝尔德示范世界上第一台电子机械系统的彩色电视,清晰度很好;

1936年,英国开办世界上第一座电视台;

1945年,英国雷达军官克拉克提出建立太空转播站的大胆设想;

1957年,苏联发射人类第一颗人造卫星,并试验用飞机转播电视成功;

1962年,美国在世界上第一个利用卫星传播电视图像;

1969年,美国第一次卫星直播人类第一次登上月球实况;

1989年,日本广播协会第一次高清晰度电视系统的卫星试验广播成功;

2004年,日本、韩国的世界上第一颗宽带多媒体直播卫星直播手机卫星电视;

2005年,泰国的世界第一颗,也是最重的通信卫星 IP Star 宽带多媒体卫星发射成功。

科学成就了梦想,有了英国科学家约瑟夫·梅的发明,才有了俄国人鲍里斯·罗津的第一台电视机;有了克拉克的科学设想,才有了苏联的第一颗人造卫星;有了卫星和电视才有了卫星电视和卫星电视的发展。

至今,卫星技术的发展历程短暂而辉煌,其前景日新月异。卫星正朝重型卫星、纳米卫星、高频段卫星、激光卫星方向发展;广播电视卫星正从一般的通信广播卫星朝宽带多媒体卫星、StarIP 卫星、多波束卫星、高清卫星发展;卫星电视系统以移动卫星电视系统发展最快,如今手机卫星电视系统、手持、便携式卫星电视系统、车载卫星电视系统、列车卫星电视系统、海洋卫星电视系统和航空卫星电视系统等已经涵盖了全时空。

每一项新技术的诞生,都产生巨大的效益;每一次技术升级,先进的科技都将复杂的技术处理得越来越简单;每一项科技都伴随着大量的失败和淘汰。高科技的生命力越来越短,今天的高科技,明日就成“黄花”。

努力掌握国际先进理论技术成为发展、创新的捷径。先进的科技理论促进生产力、促进科学发展。

为了中国卫星电视事业正确、快速地发展;为了掌握、赶超国际先进的卫星电视理论与技术;为了提高卫星电视行业的研发、制造水平,作者特编写了本书。

本书以2000年以后,甚至本年度的国际上最新、最先进的理论、技术和设备作为素

材;以大量图表、照片印证相关理论与技术,力求图文并茂,直观易懂。

本书分为卫星电视基础原理和专业原理两部分内容。

基础原理主要以卫星电视相关的卫星、卫星通信、卫星转发器等基础科目为主。

专业原理以卫星电视、移动卫星电视、卫星电视标准、卫星电视传输、数字编码为主,特别介绍了国际上最新的理论和研究、发展方向。

对于书中采用素材相关的中外单位和个人,作者在此一并表示真挚的感谢。由于作者的水平和能力,本书存在的谬误,请读者批评指正。

刘进军

2008年3月18日

目 录

第 1 章 人造卫星	1
1.1 人造卫星	1
1.2 卫星分类	12
第 2 章 卫星系统	17
2.1 卫星系统	17
2.2 通信卫星系统	18
2.3 广播电视卫星系统	18
2.4 通信卫星的尺寸、质量和能量	25
第 3 章 通信卫星	26
3.1 通信卫星	26
3.2 通信卫星应用	36
3.3 通信卫星技术	39
第 4 章 广播电视卫星	43
4.1 广播卫星	43
4.2 直播卫星	48
4.3 高清电视卫星	56
4.4 宽带多媒体卫星	59
第 5 章 卫星转发器	72
5.1 卫星转发器	72
5.2 等效全向辐射功率	75
5.3 地球站品质因数	80
5.4 饱和通量密度	83
5.5 频率和极化计划	84
5.6 I/O 关系曲线与功率回退	85
第 6 章 卫星通信	88
6.1 卫星通信	88

6.2	卫星通信技术	93
6.3	卫星通信系统	99
6.4	卫星通信应用系统	102
6.5	卫星通信频率与轨位	104
第7章	卫星电视	108
7.1	数字电视	108
7.2	数字信号	119
7.3	DVB - S 标准	127
7.4	DVB - S2 标准	129
7.5	ABS - S 标准	134
第8章	卫星电视广播	136
8.1	卫星电视广播	136
8.2	卫星电视直播	141
8.3	卫星电视广播系统	148
8.4	广播频段	164
8.5	调制技术	172
8.6	电波的极化	179
8.7	预加重与去加重	186
8.8	加权信噪比	187
8.9	服务区	189
第9章	卫星电视传输	192
9.1	卫星电视传输	192
9.2	卫星电视传输技术	195
9.3	载波调制	196
9.4	信源编码	212
9.5	MPEG - 4 与 H. 264	220
9.6	多路复用与复接	226
9.7	频带传输	231
9.8	信道编码	232
9.9	噪声系数与噪声温度	250
9.10	载噪比	253
第10章	传输干扰与损耗	256
10.1	传输的干扰与损耗	256

10.2	自由空间传输损耗	257
10.3	电波的传输噪声	259
10.4	空间干扰	261
10.5	自然干扰	262
10.6	地面干扰	278
10.7	法拉第旋转	281
第 11 章	移动卫星电视传输	283
11.1	移动卫星电视	283
11.2	移动卫星电视系统	284
11.3	多址传输	292
11.4	多普勒频移	295
11.5	多径效应与阴影效应	298
第 12 章	卫星电视接收	304
12.1	卫星电视设计	304
12.2	卫星电视安装	308
12.3	卫星电视调试	311
12.4	卫星电视接收	312

第1章 人造卫星

1.1 人造卫星

1. 人造卫星的概念

卫星是指围绕行星运转的星体,如天然天体的月球、土卫六等。广义的卫星是指卫星和人造地球卫星;狭义的卫星是指人造地球卫星。

人造地球卫星(Satellites)是指环绕地球在空间轨道上运行(至少一圈)的无人航天器。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。人造卫星包括科学卫星、试验卫星和应用卫星三种,而应用卫星又分为军用卫星和民用卫星。人造卫星按运行轨道可以分为几种:低轨道(高度为200km~1200km);中轨道(高度为2000km~15000km);高轨道(高度为20000km以上地球静止轨道卫星的轨道高度为35786km,位于赤道0°上空。卫星必须按规定的高度运行,因为在运行轨道之间有2条十分危险的由高能粒子(高能电子和质子)组成的辐射带,称为范·艾伦辐射带。一条为内辐射带,高度在离地面1500km~1800km;另一条为外辐射带,高度在15000km~20000km。辐射带是太空的“百慕大”,因为这里的高能粒子穿透力很强,对卫星的电子设备损害很大,因此卫星必须避开这两个轨道禁区,即卫星可以迅速通过它但不宜停留。

人造卫星的轨道是根据任务和应用要求来选择的。如对地面摄影的地球资源卫星、照相侦察卫星常采用圆形低轨道;若为了尽量扩大空间环境探测的范围,可采用扁长的椭圆形轨道;为节省发射卫星的能量,卫星常采用赤道轨道和顺行轨道;对固定地区进行长期连续的气象观测和通信的卫星,常采用地球静止卫星轨道;需对全球进行反复观测的卫星可采用极地轨道;要使卫星始终在同一时刻飞过地球某地上空,始终在相同的光照条件下经过同一地区,采用太阳同步轨道。

2. 人造卫星的发展

1957年10月4日,苏联发射了世界上第一颗人造地球卫星。50年代末到60年代初期,各国发射的人造卫星主要用于探测地球空间环境和进行各种卫星技术试验。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70年代起,各种新型专用卫星相继出现,性能不断提高。2005年以来,高新技术的运用使卫星技术突飞猛进,发射密度明显增高,在轨寿命越来越长。

1958年2月1日,美国首次发射人造卫星“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日发射了人造卫星“东方红”1号;2006年10月29日,中国发射第一颗直播卫星鑫诺二号,定位失败。

目前,能够制造、发射人造卫星的有美国、俄罗斯、法国、日本、欧洲空间组织、中国、印

度、以色列和美国 Direct 公司等 30 多个国家和公司。

从 1957 年苏联第一颗卫星上天到 2007 年,世界各国总共发射成功了近 6000 个航天器。俄罗斯 3130 个,美国 1822 个,其他国家、地区和组织为 797 个;日本 114 个,中国 92 个,法国 53 个,印度 46 个等。其中通信卫星 1701 颗,遥感卫星 2137 颗,导航卫星 410 颗,科学卫星和试验卫星 1056 颗,空间探测器 148 个。据美国关注科学家联盟组织 2007 年初公布的世界卫星数据库显示,目前环绕地球飞行的共有近 800 颗各类卫星,其中 413 颗属于美国。2006 年,各国共成功发射了各类卫星和航天器 200 多颗,其中 20 颗商用同步通信卫星。

2004 年 6 月 29 日,美国发射“1 箭 8 星”。SpaceQuest/AMSAT-NA 公司的 AMSAT-Echo 通信卫星(radio-amateur)是 8 星中的 1 颗。

2007 年 3 月 8 日,美国在卡纳维拉尔角航天中心发射 1 箭 6 星,有“轨道快车”修复卫星和 MidStar - 1、STPsat - 1、CFEsat、FalconSat - 3 卫星。这些卫星的发射都是“美国空军宇宙探测计划 - 1”的一部分,主要任务是收集地球大气和近地空间资料、进行各类仪器和技术的太空试验。2008 年 4 月,印度发射成功 1 箭 10 星。2007 年 4 月俄罗斯同时将 14 颗卫星送上轨道。

俄罗斯航天设备制造科研所正在研制体积比奶粉桶稍大、重 5kg 的“最低配置技术”纳米卫星,有望在近年飞赴太空。与其他类型的卫星相比,纳米卫星的优点在于体积小,重量轻,不易被侦察发现,一般在 1kg ~ 10kg 之间,设计相对简单且制造周期短,便于在太空很快部署。

2004 年 7 月 18 日,欧洲阿丽亚娜 - 5 型火箭携带一颗名为“ANIK - F2”的加拿大通信卫星,从法属圭亚那的库鲁航天发射中心顺利升空,是第一颗重达 6t 的重型通信卫星。卫星装载了包括 C、Ku 和 Ka 频段共 94 台转发器,并采用氙离子推进系统进行轨道机动,还装有 2 台 C 频段和 Ku 频段双栅反射器、4 台 1.4m 的 Ka 频段传输反射器、4 台 0.9m 的 Ka 频段接收反射器和 2 台 0.51m 的 Ku 频段跟踪反射器。

2005 年 11 月 8 日,英国最大国际海事卫星 - 4F2(Inmarsat - 4F2)通信卫星,从海上平台成功发射到太平洋上空,卫星重达 6t。

2004 年 3 月 16 日,采用欧洲星 - 3000 平台的欧洲 W - 3A 通信卫星升空。W - 3A 载有 50 台 Ka 和 Ku 频段转发器,设计寿命是 15 年,提供商业通信、互联网和电视直播业务,信号覆盖欧洲、中东地区和非洲东北部。发射它的俄罗斯质子 - M 火箭采用了新的数字操作系统,第一级火箭的燃料燃烧更加彻底,并且火箭头部整流罩扩大,使火箭能够搭载的有效载荷提高了一倍,可将 6t 有效载荷送入地球同步转移轨道,可将 3.2t 的有效载荷送入地球静止轨道。

2004 年 8 月 4 日,西班牙的亚马逊 - 1 通信卫星发射。亚马逊 - 1 是在欧洲星 - 3000 卫星平台基础上研制而成的远距离通信卫星之一,总重 4540kg,有 63 台 Ku 和 C 频段转发器,可保证高质量的电视广播和卫星电话数字信号传输及宽带上网服务,信号覆盖南美洲大陆和包括西班牙、葡萄牙以及法国在内的欧洲西部地区。卫星服务期限为 15 年。

2007 年底,中国拥有国际、国内通信广播地球站 90 多座,全国共有卫星广播电视上行站 34 座,国内几十个部门和若干大型企业共建立了 100 多个卫星专用通信网,各类基

小口径终端站(VAST)约5万多个,业务覆盖通信、广播、远程教育、远程医疗等多个领域。

中国卫星通信公司、中国直播卫星公司、亚洲卫星公司、亚太卫星公司、鑫诺卫星公司等目前共拥有11颗通信和广播卫星。中卫一号、鑫诺一号、亚太 IIR、亚太 VI号、亚太 V号、亚洲2号、亚洲3S、亚洲4号等8颗广播、直播卫星;2007年发射的鑫诺3号、中星6B和2008年6月发射的中星9号3颗广播、直播卫星。中国的通信卫星可出租的商业用途的转发器:C频段转发器近300个;Ku频段转发器177个。

中国卫星的优势技术,如北斗定位卫星、载人航天技术、返回式卫星技术;通信卫星如战略通信卫星神通一号、战术通信卫星烽火一号、一代北斗卫星;2007年10月24日发射的嫦娥一号月球探测器等。

2007年,全球发射的商用同步通信卫星达30多颗,主要是电视直播卫星、Ka频段点波束宽带通信卫星、新一代国际移动通信卫星和重型通信卫星。

卫星、卫星发射、太空探索已成为有志者追求的目标。

2004年9月29日,世界上第一架私营载人航天器——“太空船1号”由“白色骑士”号火箭携带升空。10月4日,于美国西部时间4日晨7时再次成功飞入太空,7时49分在海拔15000m处与母船分离。飞船在上升过程中翻滚30多圈,到达约114.64km的高度,突破了公认的太空界限,打破了保持40多年的亚轨道飞行纪录。飞船飞行90s后,于8时13分在加州莫哈韦机场成功着陆。“太空船1号”由美著名太空工程师鲁坦设计,9月29日的飞行员是迈韦尔,63岁;10月4日的飞行员是宾尼,前海军战斗机飞行员,51岁。太空船1号意义重大,开辟了人类飞机进入太空的时代。

“太空船1号”赢得“安萨里X奖”1000万美元民间太空大奖。安萨里X大奖于10年前创设,目的是开拓太空旅游业,共吸引了来自世界各地的20多个小组报名参赛。按照竞赛规定:飞船必须完全利用私有资金建造,能率先把3名乘客或重量送上太空,并在两周内完成重复发射,谁就能获得1000万美元奖金。“太空船1号”的意义在于到达100km的垂直高度,这一高度被普遍认为已到达太空;小型太空船有在太空发射卫星的可能性。

美国硅谷35岁的已有两架私人飞机的亿万富翁艾龙·马斯克正倾家荡产、奇思妙想地要开辟一条便宜的太空航线,运费仅为美国国家宇航局(NASA)的1/10。

出生在南非的马斯科幼年随父母来到美国,曾经历过贫穷。在加拿大安大略省的皇后大学时,每天的生活费只有1美元。1995年,他放弃在美国斯坦福大学攻读的博士学位,开办一家名为Zip2的软件公司。1999年,当斯坦福的校友还未毕业,欠着一屁股学生贷款的马斯科创建了PayPal网上付费机制,被誉为最成功的网上付费方式。2002年,他将PayPal卖给eBay,成为股东。他的净资产是2.34亿美元。

人们不理解他为什么玩火箭,他总是回答:“我想学习如何让财富缩水”。马斯科有能力在海边买下一座五星级酒店,一辈子享受阳光和鸡尾酒,不用操心财富缩水,但他骄傲地说:“玩过高科技的人不可能去玩这种低水平的东西,除非让我接受大脑前叶白质切除术。”马斯科很单纯但有勇气和创意。他的最终目标是发射载人航天飞机,据称:10年内载人登月不在话下。他已制定登陆月球、火星的计划。

马斯科的“猎鹰1号”火箭,将搭载一颗由美国空军学院学生设计、重量为19.5kg的小型卫星,用于对空间离子、空间通信系统、GPS导航系统的影响进行研究。“猎鹰1号”

将卫星送到 500km 以外的近地轨道。他将成为私人发射太空火箭第一人；他的“猎鹰”系列中、大型火箭正整装待发，欲与美国国家宇航局(NASA)、各国的太空发射中心抢生意。

太空发射风险大、利润更高，想抢生意的还大有人在。美国一家小型火箭公司生产的“飞马座 5 号”即将发射卫星；各国的私人火箭公司、卫星公司正在做最后的准备。英国中学生研制的卫星，美国、澳大利亚卫星业余爱好者研制的卫星都已发射。卫星是高科技，但又好像是玩具。

3. 人造卫星技术

1) 人造卫星技术

人造卫星技术是研制、管理和应用卫星的工程技术，包括有效载荷技术、保障系统技术、卫星系统工程和卫星应用技术。

(1)有效载荷技术是与直接执行特定的卫星任务而研制的有效载荷有关的工程技术，如遥感技术、侦察技术、通信技术、导航技术和测地技术等。

(2)保障系统技术是与保障卫星有效载荷正常工作有关的工程技术，如结构与机构、热控制、姿态和轨道控制、测控、数据管理(星务管理)、电源及总体电路等技术。

(3)卫星系统工程是指按照系统科学的理论和方法，以信息技术为工具组织管理卫星的规划、研究、设计、制造、试验和应用的技术。

(4)卫星应用技术是由卫星有效载荷和用户应用系统组成的卫星工程系统的应用技术，如卫星通信系统、卫星遥感系统、卫星侦察系统和卫星导航系统等应用技术。

2) 人造卫星设计

(1) 卫星设计程序

卫星设计以卫星任务要求为依据，综合利用现代科学技术成果，以系统工程和优化的方法，用工程语言(建造规范、技术文件和图样)的形式指导卫星的制造、试验和使用。同时它也是研究卫星设计理论、方法和设计过程的一门综合性技术科学。

卫星设计从卫星顶层开始，再到以下层次有序地进行。顶层设计(总体设计)是对卫星任务进行分析，确定实现任务要求的技术途径和技术方案以及系统组成，然后对下层次(分系统)提出技术指标要求。分系统的设计则根据总体设计的技术要求，先进行方案设计，确定分系统的配置，再进行工程设计，以指导分系统的制造、试验和使用。

卫星设计还必须考虑在卫星组装完成后，进行一系列的地面试验(电性能测试和环境试验)，试验卫星工作的协调性和可靠性。卫星进行飞行试验时，要进行卫星在轨测试，必须达到预定使用要求。

(2) 卫星设计特点

①多学科设计：以多学科知识、新的预研成果、先进的制造工艺和试验手段作为设计的基础。卫星设计的学科基础包括空气动力学、飞行力学、航天动力学、工程控制论、电子技术、推进技术、传热学、结构力学、气动弹性力学、人机工程学等。各种卫星的设计还各有自身的特点。

②多系统设计：卫星是由多个分系统组成的整体，属于大系统，需要用系统工程的方法进行综合设计，其中总体设计尤为重要，设计协调工作繁多。

③仿真设计：卫星的设计理论和方法尚不完善，在设计过程中需要进行大量模拟和实物试验，为设计和修改设计提供依据。

④动态设计:为减轻重量,飞行器的刚度一般较小,设计时须将它作为弹性体充分考虑其动态特性。

⑤适应性设计:卫星飞行环境严酷,使卫星能够适应环境是飞行器设计的一个重要内容。

⑥可靠性设计:火箭只能一次使用,发射费用昂贵,卫星的安全性要求极高,卫星要能长时间连续工作。可靠性设计是设计工作的重要部分。

(3) 卫星设计内容

卫星设计是按照从总体到部分、从预测到验证的顺序进行的。

①首先根据卫星的任务和用途,把需要与可能结合起来,确定卫星的技术指标或战术指标,作为设计的依据。

②在指标确定的基础上,进行必要的工程分析、估算和试验,选择技术途径,对众多可行的总体方案进行比较,从中选出或综合出最合理的方案进行总体设计。

③选定卫星推进系统、卫星的外形和主要参数并确定部位安排。卫星都有在大气层内的飞行段,所设计的外形应有良好的空气动力特性,易于操纵或控制,设计时进行理论分析和计算,通过风洞实验来验证。

④在总体设计中提出卫星的各种载荷,选定主要结构用的材料。既要使卫星安全可靠,又要千方百计减小重量,这是所有卫星设计都会遇到和需要解决的难题。为此,不仅要从事体布局 and 结构设计上解决,进行仔细的结构分析、静强度分析、动强度分析、热强度分析和刚度分析,往往还要选用当代比强度和比刚度最好的材料。除铝合金、钛合金外,许多复合材料已广泛采用,如碳纤维和芳纶纤维材料等。

⑤复杂系统的综合设计是卫星设计会遇到的另一个难题。总体协调成为设计中非常重要又十分困难的工作。要将所有分系统和组件综合成一个有机的整体,使它能满足性能要求,彼此在结构、电气和工作方面又很协调一致。例如,避免火箭弹性振动与稳定系统耦合的协调设计;减小或消除大功率耗电时电压波动对有效载荷和计算机等精密仪器工作的影响;卫星姿态控制既要满足温度控制的要求,又要符合跟踪、导航和通信时天线方向性的要求等。在设计上解决这些协调问题需要进行综合设计,往往还要通过制作模型、进行仿真试验、综合匹配试验。

(4) 卫星设计方法

卫星设计方法有:统计法和系统设计法。

①统计法:选定一种与设计目标接近的、资料较全的、成功的卫星作为参考,用数理统计方法找出性能与设计参数的关系,经过分析对比,得出新卫星的相应关系,确定新卫星的总体设计参数。这种方法多应用于早期的卫星设计和现代卫星的改型。

②系统设计法:又称预研综合法。在对理论和关键技术进行预先研究的基础上,结合已有的理论和经验,将卫星及其有关部分看成一个大系统,应用系统工程的理论和方法,对综合出来的多个方案进行比较,利用计算机辅助设计找出最优方案。通过反复试验和验证,对某些问题作出工程判断,决定取舍,同时保证新技术的稳定使用,在此基础上完成卫星的工程图纸和技术文件的设计工作。这是现代常用的方法。在有的情况下两种方法可以兼用。

在卫星设计方面,人们已成功地解决了一系列重大技术难题。如新型卫星电源系统

和微电子器件;远距离甚至远达数十亿千米的信息传输;准确软着陆和返回地球的技术;卫星的遥感控制技术等。这些设计集中应用了当代最先进的科技成果。

3) 卫星设计寿命

人造卫星设计寿命是指根据研制任务书及合同规定而设计的卫星在运行轨道上应该达到的正常工作时间。这是卫星的重要技术指标之一,对它的要求在卫星研制任务书和合同中均要作明确的规定。卫星的设计寿命必须大于卫星在轨工作寿命。在卫星设计中,应充分采用经过飞行试验考验的成熟技术及其延伸技术,处理好采用成熟技术和采用新技术的关系。同时应开展可靠性设计,采用高可靠性的元器件,剔除早期失效的元器件;降级使用元器件,提高元器件的可靠性;采用冗余技术,防止单点失效造成整星故障。卫星的各类产品,必须按规定进行各种地面试验,将问题暴露在地面,使卫星不带问题上天。日前,地球静止通信卫星的设计寿命一般可达8年~10年,最高设计寿命已达15年。近地轨道对地观测卫星设计寿命一般为2年~5年。

4) 卫星星座

人造卫星星座是指以提高时间分辨率为宗旨,将单星模式工作的卫星按照一定的相位要求布放所形成的多星模式工作的卫星群。

在一个卫星通信系统中,所有按一定规则分布的卫星构成该系统的卫星星座。不同的卫星通信系统对组成卫星星座的卫星数量、运行轨道等性能有不同的要求。虽然结构各异,但卫星星座的作用都是提供地面段各设备间信号收发的转接或交换处理。

卫星星座主要分为两类:

(1) 同一轨道面内卫星以等间隔相位布放的星座。

(2) 另一种是不同轨道面内卫星以等间隔相位布放的星座。如苏联早期的电子侦察卫星有6颗卫星大致分布在3个轨道面内运行。还有一种6颗卫星布放在6个轨道面内的星座,轨道之间保持比较严格的 60° 的间隔。

针对时间分辨率要求高、重访周期短的观测要求,如灾害与环境监测预报,采用卫星星座的工作模式能得到较好的数据和图像质量。卫星根据星座设计要求布放到不同的相位,对卫星的发射也提出了较高的要求。同时,卫星还必须具有较强的变轨能力和轨道保持能力。地面测控系统对卫星轨道测量的要求也相应提高。

5) 卫星组网

人造卫星组网是指根据一定宗旨和任务,将多个以单星模式工作的卫星或以星座模式工作的卫星组织起来,建立一个完整的获取信息的网络。卫星组网后,不仅可以提高获取信息的时间分辨率,而且可以不间断地提供信息。卫星组网是未来卫星开发和应用的的发展趋势,如“国际通信卫星”、“国际海事卫星”、全球定位系统、宽带多媒体数据传输星座、数据中继卫星与各类遥感卫星的星间传输系统等。卫星组网是建立天基综合信息网(SBSIN)的重大步骤,卫星网则是天基综合信息网的重要组成部分。

6) 卫星有效载荷

人造卫星有效载荷是指直接执行特定卫星任务的仪器、设备或分系统。有效载荷的种类很多,即使是同一种类型的有效载荷,性能差别也很大。

返回型卫星返回舱的有效载荷有回收的信息载体、材料或制品。遥感卫星的有效载荷有多光谱扫描仪、红外扫描仪、合成孔径雷达、微波辐射计、微波散射计、雷达高度计、超

光谱成像仪以及遥感信息的数传设备。

通信卫星的有效载荷有通信转发器和天线。

导航卫星的有效载荷有卫星时钟、导航数据存储器及数据注入接收机。

侦察卫星的有效载荷有可见光胶片型相机、可见光 CCD 相机、雷达信息信号接收机(信道化接收机、测向接收机)和天线阵及大幅面测量相机等。

单一用途的卫星,一般装有一种或两种有效载荷;多用途卫星,一般装有几种有效载荷。随着航天技术的不断发展,有效载荷也在逐步向低功耗、小质量和小体积的方向发展,为提高卫星有效载荷比提供基础。

7) 卫星运行参数

(1) 轨道倾角:卫星的轨道位于一个通过地球中心的平面内,该平面称为轨道平面。卫星轨道平面与地球赤道平面之间的夹角称为轨道倾角。

(2) 运行周期:卫星绕地球飞行一圈所需要的时间称为运行周期。运行周期一般用分钟来计算;卫星的周期和轨道高度有固定的关系。高度越高,卫星的速度越慢,走一圈所经过的路程越长,周期也越长。

(3) 卫星高度:卫星与地球的距离称为卫星高度。沿圆形轨道运行的卫星,无论飞到哪里,离地面高度相同,因此只有一个高度参数。沿椭圆轨道运行的卫星,到地面的距离是随时变化的,轨道上离地面最近的位置称为近地点,离地面最远的位置称为远地点,这两个点到地面的距离,分别称为近地点高度和远地点高度。根据不同任务,卫星可以选用不同形状不同高度的轨道。

(4) 卫星运行轨道:为了便于说明卫星运行轨道的形状、大小、在空间的方位以及卫星在特定时刻所在的位置。卫星运行轨道常用一些特殊的量来描述,这些量称为轨道参数。

4. 人造卫星工程系统

完整的卫星工程系统通常由人造卫星、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。

5. 人造卫星应用系统

人造卫星和用户台(站、网)组成卫星应用系统,如卫星通信系统、卫星电视系统、卫星导航系统和卫星空间探测系统等。

6. 人造卫星平台

卫星平台(Platform),又称为服务舱(Sevice Module 或 Bus)。卫星平台由卫星保障系统组成、可以支持一种或几种有效载荷的组合物。卫星平台实际上就是除了有效载荷或有效载荷以外卫星的其余部分。

卫星平台可以由卫星保障系统组合成一个或几个舱段,例如服务舱、推进舱和返回舱。卫星平台不论安装什么有效载荷,基本功能是一致的,只是具体的技术性能会有所差别。

卫星平台特点是具有通用性。卫星平台在一定范围内适应不同有效载荷的要求,可以装载不同的有效载荷,卫星平台只做少量适应性修改即可。

卫星平台优点是采用这种公用平台的设计方法,可以缩短卫星研制周期,节省研制经费,提高卫星可靠性。

目前,国际上采用的新型通信卫星公用平台主要有波音卫星系统公司的“波音”702、洛克希德马丁公司的 AZI00、劳拉空间系统公司的 Fs13005、阿斯特里姆公司的“欧洲星”3000 十和阿尔卡特空间公司的“空间客车”3000 等。中国的卫星平台是东方红 3 号、东方红 4 号卫星平台。

卫星平台的系统:动力电源系统为卫星提供能源;姿态轨道控制系统保持卫星天线指向和运行轨道的准确;推进系统为卫星定轨、保持轨道和控制姿态提供动量;遥测、测距和指令系统和地面控制中心联系;温度控制系统保证卫星各种器件工作在合适的温度等。

7. 人造卫星的应用

人造卫星观测天体不受大气层的阻挡,可以接收来自天体的全部电磁波辐射,实现全频段天文观测。人造卫星的飞行速度高,一天绕地球飞行几圈到十几圈,能够迅速获取地球的大量信息,这是地面勘察和航空摄影无法比拟的。

人造卫星在几百千米以上高度飞行,不受领土、领空、地理和气候条件限制,视野广阔。一张地球资源卫星照片拍摄的面积达几万平方千米,在静止轨道上卫星可以“看到”40%的地球表面,这对通信非常有利,可实现全球范围的信息传递和交换。

人造卫星能飞越地球任何地区,特别是人迹罕至的原始森林、沙漠、深山、海洋和南北两极,并对地下矿藏、海洋资源和地层断裂带等进行观测。因此人造卫星可用于天文观测、空间物理探测、全球通信、电视广播、军事侦察、气象观测、资源普查、环境监测、大地测量、搜索营救等方面。

卫星应用产业对经济、社会和国家安全的影晌和渗透力是巨大而深远的,几乎延伸和渗透到了经济、社会、军事和普通百姓日常生活中的每一个领域,并给其他传统产业部门和商业部门带来了越来越多的商机,同时对通信、交通运输和农业等传统产业的升级改造也提供了新的技术和创新。过去 10 多年卫星应用产业,尤其是卫星通信业已在美国、欧洲和日本等发达国家首先得到迅速发展,并逐步扩展和渗透到亚洲、中东和南美的一些发展中国家,成为经济增长和社会进步的重要驱动力。

卫星应用产业主要包括卫星通信、卫星导航和卫星遥感三大部分。其中,卫星通信业在美欧等发达国家已实现了产业化、商业化和国际化,卫星导航业和卫星遥感业也已步入产业化轨道。

据不完全统计,全世界大约有 60 个国家和地区的 1100 多家航天公司参与研发、制造、部署和运营各种军民商用卫星系统,200 多个国家和地区已在利用卫星通信、导航、气象和遥感卫星的成果,形成了年销售收入达 900 亿~1000 亿美元市场规模的卫星产业。

8. 人造卫星的优越性

1) 卫星,包括航天事业的空间产业是一个国家综合国力日益强大的重要标志

卫星和航天事业所取得的各项重大成就对当今世界格局和国际地位产生着极其重要的政治影响。

在科技力方面,卫星、航天技术集当今世界航空航天技术之大成。如果没有高度发达的科学技术和科研能力,就不可能发展卫星和航天技术。

在经济力方面,卫星和航天是世界上最昂贵的科学技术,需要国家大量的资金投入。如果一个国家没有雄厚的经济基础和强劲的经济能力就不可能发展卫星和航天事业;同时,卫星、航天与国家防务力、社会力等密切相关。

1957年10月4日,苏联发射了世界上第一颗人造地球卫星;1961年4月12日,当苏联航天员加加林乘坐“东方”1号宇宙飞船安全返回,成为世界上第一个完成太空轨道飞行的航天员时,苏联人民举国欢庆。加加林不仅对苏联人民是一个极大的精神鼓舞,而且使他们整个国家都感到无比骄傲和自豪。当时在世界人民的心目中,苏联似乎一夜之间就成了世界头号强国,连美国也对苏联的成功表示无比惊讶。

当时的美国总统肯尼迪,对苏联载人航天工程的成功感到震惊,立即要求他的高级顾问们制定一项能够迅速战胜苏联的载人航天计划。根据肯尼迪总统的意图,当时的美国宇航局局长韦伯和国防部长麦克纳马拉提出了把“登月计划”作为美国战胜苏联的战略目标。他们认为,让美国航天员登上月球,不仅将会引起全世界的震动,而且将会提高美国的国际威望、鼓舞美国民众的信心、挽回美国的面子,让美国在世界人民心目中重新树立强大的形象。

为了实现这一国家目标,1961年5月,肯尼迪总统很快向全美国公民宣布,美国要投资250亿美元,集中全国最好的科研单位、高等院校和航空航天公司,一定要在10年之内将美国航天员送上月球。这就是美国著名的“阿波罗登月”计划。

经过美国近40万科技专家8年的艰苦努力,1969年7月20日,“阿波罗11号”飞船上的两名航天员顺利登上了月球。美国人终于如愿以偿。

“阿波罗登月”计划的成功不仅确立了美国在航天技术领域的世界领先地位,而且又重新恢复了美国在世界人民心目中的科技强国形象。发展载人航天,不仅是对一个国家领导人的宏伟气魄、远见卓识的考验,同样也是对一个国家综合国力、科技发展水平、参与国际事务能力和树立国家形象的挑战。

2) 卫星、航天等空间技术促进空间产业、制造加工业

空间技术、空间产业虽不能直接推动一个国家经济的发展,但卫星、航天技术对科技的发展有十分重要的影响。

从美国和俄罗斯的实验研究结果来看,目前空间材料加工中比较成熟和有发展潜力的项目主要是半导体材料加工、金属材料加工、玻璃(包括陶瓷)和光学元件加工、化学物质加工和生物材料加工等。比如:在地面用机械加工方法加工的光学器件,光学表面常常受到破坏,而且内部常有杂质迁入,表面的缺陷密度要比内部高得多。但是在失重条件下进行加工,就避免了地面上机械加工这些缺点,表面形状主要取决于表面张力,固化时没有热对流的干扰,也没有容器的污染,因此表面层完美无瑕,质地精良。

在空间环境中可进行生物材料的加工。目前,在空间生产的药物已达50多种,能有效治愈多种疑难疾病。诸如尿激酶,是一种抗血栓制剂,能预防和治疗心肌梗塞;干扰素,是抗病毒和治疗癌症的药物;生长激素,能刺激骨骼的生长,用于治疗侏儒症;抗胰蛋白酶,能延缓肺气肿的发展,增强癌症化疗的效果;抗血友病因子,用于治疗血友病;红细胞生成素,治疗贫血;胰腺 β -细胞,用于治疗糖尿病;表皮生长素,用于治疗烧伤。可以说,在空间制药,不仅生产速度快,而且产量高,药品疗效和质量也高。

3) 太空探索对人们的生活质量和生存产生了直接的影响

我们的日常生活用品很多都是空间技术转为民用的产物,很多东西最初是应太空活动的需要而发明的,各行业使用的不少技术也来自宇航机构的研究成果。

婴儿和大小便失禁的老年人使用的纸尿裤,最初被发明出来是为了解决宇航员长时