



卫星电视技术

WEIXING DIANSHI JISHU

□ 刘进军 编著 □



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内容简介

卫星电视技术

刘进军 编著

卫星(CIP)目録編查計圖

机械工业出版社·北京·普通平装本\朱林野申里江

01 0000

卫星(CIP)目録編查計圖

机械工业出版社·北京·普通平装本\朱林野申里江

开本385×1005, 1/16 印张18.5 字数45.1千字

2008年10月第1版第1次印刷 印数35,000册

国防工业出版社

(北京市海淀区中关村大街27号)

发行部:(010)88438433 北京·(010)88438433 编辑部:(010)88414474

发行部:(010)88438433 编辑部:(010)88414474

内容简介

本书以2000年后乃至近年来国际上最新、最先进的技术和设备作为素材,配以大量图表,介绍了卫星电视的相关理论与技术。

本书主要内容有:卫星技术、卫星天线原理与技术、移动卫星电视技术、高清卫星电视、立体卫星电视、IP卫星电视等技术和卫星电视系统等。重点叙述了手机卫星电视系统、便携卫星电视系统、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先进技术。

本书适合于高等院校卫星电视、卫星通信、广播电视专业作为教材或教学参考书,也可供卫星电视的科研、生产、管理运营人员及卫星电视爱好者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

卫星电视技术 / 刘进军编著. —北京:国防工业出版社,
2008.10

ISBN 978 - 7 - 118 - 05877 - 2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 108971 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 100044)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 18½ 字数 427 千字

2008 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 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)68427264

前 言

科学就是追求真理。在卫星电视的发展历程中,优胜劣汰的法则将许多技术和方案甚至个别新技术、新方案淘汰,只有最简单实用的才能胜出。本书介绍的卫星电视技术都是经过科学的检验、时间的考验胜出的先进技术,但未必是最好的技术。随着时间的推移和科技的进步,最好的技术肯定还在后面。

科技是螺旋式发展的。当一项技术发展到一定水平,受到当时科技水平的限制而停滞不前或遭到淘汰,但某一项新技术的诞生或交叉运用,老技术将会赋予新的生命,起死回生,重焕青春,所以,必须辩证地分析、看待技术和技术发展。

技术无止境。新技术的诞生和消亡,证明科技的不断进步和发展的速度越来越快。现今卫星技术、卫星电视技术日新月异,各种新技术、新系统、新产品层出不穷。只有掌握最新技术、最先进的技术,才能攀上科技高峰。

为了方便读者了解中国卫星电视事业的快速发展,使读者更好地掌握国际先进的卫星电视理论与技术,也为了提高卫星电视行业的研发、创新、制造水平,作者特编写了本书。

本书以2000年以后乃至近年来国际上最新、最先进的理论、技术和设备作为素材,配以大量图表、照片介绍相关理论与技术,力求图文并茂,直观易懂。

本书分为卫星技术、天线原理与技术、高清卫星电视、立体卫星电视、IP卫星电视等先进技术和卫星电视系统几部分。重点叙述了手机卫星电视系统、便携卫星电视系统、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,从系统和技术角度进行了详细分析。

本书介绍的最新技术和先进的设备,如卫星星历、立体卫星电视、透镜天线、相控阵天线、多波束天线、各种移动卫星电视天线、高清卫星接收机令人耳目一新。

对于书中参考和采用其素材的中外单位和个人,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6月28日

目 录

1.1	卫星发射技术	1
1.2	卫星发射方式	7
1.3	卫星发射	16
1.4	卫星入轨	21
1.5	卫星控制	28
1.6	卫星定位	32
1.7	卫星运行	36
1.8	卫星测控	40
1.9	卫星星历	40
1.10	卫星拯救	52
第2章	天线原理	60
2.1	天线原理	60
2.2	基本辐射单元	67
2.3	对称振子	71
2.4	方向特性	75
2.5	阻抗特性	80
2.6	效率特性	82
2.7	极化特性	83
2.8	有效特性	87
2.9	频带宽度	87
2.10	噪声温度	88
第3章	天线技术	89
3.1	反射面天线	89
3.2	表面波天线	103
3.3	微带天线	105
3.4	透镜天线	107
3.5	阵列天线	112
3.6	相控阵天线	115

3.7	多波束天线	123
3.8	平板天线	128
3.9	锥管天线	134
录 目		
第4章	移动卫星天线技术	137
4.1	Trac VisionA 系统	137
4.2	Trac VisionA7 技术	137
4.3	Trac VisionA7 安装	145
4.4	Trac VisionA7 测试	146
第5章	天线防护	147
5.1	天线罩	147
5.2	天线防雨	152
5.3	天线防雪	157
5.4	天线防雷	160
第6章	有条件接收	162
6.1	概述	162
6.2	密钥数据	167
6.3	加解扰技术	172
6.4	通用加扰算法	174
6.5	智能卡	176
第7章	高清卫星电视	181
7.1	高清卫星电视	181
7.2	高清天线	182
7.3	高清高频头	182
7.4	高清卫星接收机	184
7.5	高清卫星接收机芯片	191
7.6	高清功分器	193
7.7	高清接口	194
第8章	立体卫星电视	196
8.1	立体电视	196
8.2	立体电视原理与制式	197
8.3	立体电视成像技术	200
8.4	立体电视显示系统	203

8.5	立体电视显示技术	207
8.6	立体电视系统	209
8.7	全息电视技术	211
8.8	立体卫星电视	216
第9章 IPTV 卫星电视		218
9.1	Star IPTV	218
9.2	Star IPTV 发展	218
9.3	Star IPTV 前端	219
9.4	Star IPTV 传输	219
9.5	Star IPTV 接入解决方案	220
9.6	Star IPTV 接收系统	221
9.7	Star IPTV 软件	226
第10章 手机卫星电视系统		229
10.1	手机卫星电视	229
10.2	手机卫星电视发展	230
10.3	手机卫星电视特点	231
10.4	手机电视制式	231
10.5	手机卫星电视广播	233
10.6	手机卫星电视标准	234
10.7	手机卫星电视技术	235
10.8	卫星电视手机	236
第11章 手持卫星电视系统		245
11.1	AE-MB1 手持卫星电视接收机	245
11.2	iRiver PMP 手持卫星电视接收机	246
11.3	MTV-S10J 手持卫星电视接收机	246
第12章 便携式卫星电视系统		247
12.1	便携式卫星电视系统	247
12.2	迷你卫星电视系统	248
第13章 车载卫星电视系统		250
13.1	TracVision 车载卫星电视系统	250
13.2	RaySat 车载卫星电视系统	253
13.3	Winegard 车载卫星电视系统	258

13.4	CAMOS 车载卫星电视系统	258
第 14 章	列车卫星电视系统	261
14.1	TvTrain 列车卫星电视系统	261
14.2	21Net 列车卫星电视系统	263
第 15 章	海洋卫星电视系统	265
15.1	KVH 海洋卫星电视系统	265
15.2	Raymarine 海洋卫星电视系统	268
15.3	Sea - King 海洋卫星电视系统	269
15.4	Sea Tel 海洋卫星电视系统	271
15.5	船载电视卫星系统安装	277
第 16 章	航空卫星电视系统	279
16.1	Orbit - Tracking 航空卫星电视系统	279
16.2	Rantec 航空卫星电视系统	284
16.3	MIJET 航空卫星电视系统	286
16.4	航空卫星电视接收	287
10.4	手携卫星电视接收机	10.4
10.2	手携卫星电视接收机	10.2
10.6	手携卫星电视接收机	10.6
10.7	手携卫星电视接收机	10.7
10.8	手携卫星电视接收机	10.8
11.1	AE - MBI 手持卫星电视接收机	11.1
11.2	River PMP 手持卫星电视接收机	11.2
11.3	MTV - 2101 手持卫星电视接收机	11.3
12.1	便携卫星电视接收系统	12.1
12.2	便携卫星电视接收系统	12.2
13.1	车载卫星电视接收系统	13.1
13.2	RaySat 车载卫星电视接收系统	13.2
13.3	Wingard 车载卫星电视接收系统	13.3

第1章 卫星技术

1.1 卫星发射技术

卫星及其他航天器的发射是一项技术精尖、程序复杂的综合工程。大多数卫星领到的是一张单程车票,每次发射都是一次冒险的旅程,幸好现在发射技术越来越高,成功率在92%左右。2007年3月8日,美国在卡纳维拉尔角航天中心成功发射1箭6星。美国阿里安火箭发射同步轨道卫星运载能力已达10t,中国长征火箭发射的同步轨道卫星质量也已经有5t。

1. 齐奥尔科夫斯基公式

火箭理论的奠基人、“航天之父”苏联科学家齐奥尔科夫斯基说过十分精辟的名言:“地球是人类的摇篮,但是人类不能永远生活在摇篮里。”

齐奥尔科夫斯基大胆设想,提出了利用火箭进行星际航行和发射卫星的可能性,并建立了火箭结构特点与飞行速度之间的关系式,首先推导出单级火箭所能得到的理想速度公式,称为齐奥尔科夫斯基公式。

齐奥尔科夫斯基认为要挣脱地球引力和克服空气阻力飞出地球,单级火箭还做不到,必须用多级火箭接力等。他一生从未制造过他所构思的火箭,却为人类航天指明了方向。

1903年,齐奥尔科夫斯基的《利用火箭装置研究宇宙空间》一书,在宇宙航行方面开拓性地推论出:在不考虑空气动力和地球引力的理想情况下计算火箭在发动机工作期间获得速度增量的公式,即

$$v = w \ln \frac{m_0}{m_k}$$

式中: v 为速度增量; w 为喷流相对火箭的速度; m_0 和 m_k 分别为发动机工作开始和结束时的火箭质量。速度增量称为理想速度或特征速度。用这个公式可以近似地估计火箭需要携带的推进剂的数量以及发动机参数对理想速度的影响。当火箭运动速度接近光速时,计算理想速度则须利用相对论的原理,相应的公式为:

$$\frac{m_0}{m_k} = \left(\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}} \right)^{\frac{c}{2w}}$$

式中: c 为光速, $c = 299792.46\text{km/s}$ 。这个公式称为阿克莱公式或广义齐奥尔科夫斯基公式。

这个公式假设火箭在真空中飞行,而且不受地球重力的作用。从地面起飞的火箭,要受到地球重力和空气阻力的作用,因此所得速度总比理想速度小。由于受到火箭发动机比冲和火箭结构水平的限制,用单级火箭通常难以达到第二宇宙速度,因此远程火箭和运

载火箭往往使用多级火箭。多级火箭用两级或多于两级的火箭组成。多级火箭工作时先点燃最下面一级,即第一级。第一级工作结束后抛掉。随即点燃第二级,依此类推,直到带有有效载荷的末级将有效载荷送到预定轨道为止。多级火箭总的理想速度等于各级理想速度的总和。火箭的级数增加,初始重量就会减小。但级数过多系统会变得复杂。最经济的级数是2级~4级。

2. 火箭

1) 火箭的发展

20世纪初,齐奥尔科夫斯基从理论上证明了多级火箭可以克服地球引力而进入太空,并建立了火箭运动的基本数学方程,奠定了航天学的基础。他肯定了液体火箭发动机是航天器最适宜的动力装置,为运载器的发展指出了方向,并提出为实现飞向其他行星必须设置中间站,以及火箭在星际空间飞行的条件和火箭地面起飞条件。

美国的火箭专家、物理学家和现代航天学奠基人戈达德博士,把航天理论与火箭技术相结合,提出了火箭飞行的数学原理,指出火箭必须具有 7.9km/s 的速度才能克服地球引力。他研究了利用火箭把载荷送至月球的几种可能方案。戈达德从1921年开始研制液体火箭,于1926年3月16日进行了人类首次液体火箭飞行试验并获得成功,火箭长 3.04m ,飞行 2.5s ,达到 12m 高, 56m 远。他成为液体火箭的实际创始人。1932年,他首次用陀螺控制的燃气舵操纵火箭的飞行。1935年,他试验的火箭以超声速飞行,最大射程约 20km 。

1942年10月3日,德国首次成功地发射了人类历史上第一枚弹道导弹V-2,并于1944年9月6日首次投入作战使用。第二次世界大战期间,先后有约4300多枚V-2导弹袭击了英国、荷兰安特卫普港和其他目标。

V-2是单级液体火箭,全长 14m ,质量为 13t ,箭体直径 1.65m ,最大射程 320km ,发动机熄火高度 96km ,飞行时间约 320s ,命中精度圆公算偏差 5km ,有效载荷约 1t 。动力系统选用液氧/酒精液体火箭发动机,推力为 260kN (千牛,合 26.5tf (吨力)),最长工作时间 68s 。控制系统使用带程序装置和陀螺积分仪的自主式陀螺控制系统。V-2的成功在工程上实现了19世纪末、20世纪初航天技术先驱者的技术设想,并培养和造就了一大批有实践经验的火箭专家,对现代大型火箭的发展起到了继往开来的作用。V-2的设计虽不尽完美,但它却是人类拥有的第一件向地球引力挑战的工具,成为航天技术发展史上的一个重要里程碑。

第二次世界大战后,美、苏两国分别接收了参与V-2研制的部分专家、设备及资料,为美、苏两国在第二次世界大战后迅速发展火箭和导弹技术创造了有利的条件。20世纪40年代末至50年代末,在V-2的基础上,以美、苏为主研制的火箭武器得到了迅速发展,各种类型的导弹武器相继问世,形成了完整的导弹武器系统。通过各种型号导弹的研制,人们积累了研制现代火箭系统的经验并建立了初具规模的配套工业设施。人类已经初步掌握了进入太空的基本技能,冲出大气层向宇宙空间进军指日可待。

2) 火箭的分类

火箭根据能源的不同分为化学火箭、核火箭和电火箭等。化学火箭又分为固体火箭、液体火箭和混合推进剂火箭。火箭还可以按有无控制、用途、级数、射程和其他原则分类。火箭的分类方法虽然很多,但工作原理和组成部分基本相同。

3) 火箭的原理

火箭是靠火箭发动机喷射工质(工作介质)产生的反作用力向前推进的飞行器。它自身携带全部推进剂,不依赖外界工质产生推力,可以在大气层内,也可以在大气层以外飞行。

火箭推进原理是依据牛顿第三定律:作用力和反作用力大小相等,方向相反。火箭发动机点火以后,推进剂(液体的或固体的燃烧剂加氧化剂)在发动机的燃烧室里燃烧,产生大量高压燃气;高压燃气从发动机喷管高速喷出,所产生的对燃烧室(也就是对火箭)的反作用力,就使火箭沿燃气喷射的反方向前进。

固体推进剂,从底层向顶层或从内层向外层快速燃烧。

液体推进剂,用高压气体对燃烧剂与氧化剂贮箱增压,然后用涡轮泵将燃烧剂与氧化剂输进燃烧室。推进剂的能量在发动机内燃烧,转化为燃气的动能,形成高速喷气流,产生推力。

推力是表示火箭发动机性能的主要参数之一,是推进剂在推力室中燃烧产和的高温燃气经过喷管高速喷射而产生的反作用力。推力是直接作用在推力室内外表面上的力的合力。

比冲是衡量推进器推进力的单位,是表示火箭发动机性能的另一个重要参数,表示火箭发动机在稳定工作状态下,每单位质量的推进剂所产生的推力值,比冲的大小和喷管出口面积与推力室喉部面积之比(面积比)有关。面积比越大,比冲越高。喷管形状直接影响比冲的大小,即燃气从喷口喷出时的速度。

火箭的运动必须服从牛顿运动定律。火箭发动机工作时,喷出的高速气体给予火箭本体一个反作用力,即推力,使火箭的速度产生变化。在飞行过程中,随着推进剂的消耗,火箭的质量不断减小,速度不断增大。

4) 火箭的组成

火箭的基本组成部分有推进系统、箭体结构和有效载荷。有控火箭还装有制导和控制系统,还可根据需要在火箭上装设遥测、安全自毁和其他附加系统。

推进系统是火箭飞行的动力源。固体火箭的推进系统就是固体火箭发动机。液体火箭的推进系统包括发动机、推进剂贮箱、增压系统和管路活门组。

箭体结构的作用是装载火箭的所有部件,使之构成一个整体。通常固体火箭发动机的壳体和液体火箭的箱体构成箭体结构的一部分。除此之外,还包括尾段、级间段、仪器舱结构和有效载荷整流罩等部分。箭体结构应有良好的空气动力外形。

有效载荷是指火箭所要运送的物体。火箭的用途不同,有效载荷也不同。科学研究用的火箭的有效载荷是各种研究仪器。运载火箭的有效载荷则是人造卫星、载人和无人飞船或空间探测器等航天器。

多级火箭有三种组合形式:串联、并联和混合式。

串联式火箭:沿轴向连接成一个整体,结构紧凑,气动阻力小,发射设备简单。

并联式火箭:又称捆绑式火箭,各级沿横向连接,长度短,发射时所有的发动机可同时点火。并联式火箭的缺点是箭体横向尺寸大,发射设备复杂,费用高。在相同起飞重量的前提下,并联式火箭的运载能力稍低于串联式火箭。

串联和并联同时使用的组合方式:又称混合式,兼有上述两种方式的优点和缺点。

多级火箭的分离方式有冷分离和热分离两种。冷分离是两级先分开,然后上面级点火。热分离则是上面级先点火,然后再使两级分离。

20世纪40年代以来,火箭得到了飞速发展和广泛应用。火箭的结构日益庞大、复杂,精度不断提高。人造卫星运载火箭的质量已由早期的近10t提高到近3000t,运载低轨道卫星的能力也由几千克、几十千克提高到120t多。火箭将进一步向可靠性高、经济性好和多次使用的方向发展。化学火箭仍将占有重要的地位,电火箭将进入实用,太阳能火箭和光子火箭也有可能取得新的进展。

3. 运载火箭

运载火箭是由多级火箭组成的航天运输工具。运载火箭的用途是把人造卫星、载人飞船、航天站或空间探测器等有效载荷送入预定轨道。运载火箭是第二次世界大战后在导弹的基础上开始发展的。第一枚成功发射卫星的运载火箭是苏联用洲际导弹改装的卫星号运载火箭。

到2005年,美国、俄罗斯、法国、日本、中国、英国、印度、欧洲空间局、以色列等30多个国家已研制成功100多种大、中、小运载能力的火箭。最小的火箭质量仅10.2t,推力125kN(约12.7tf(吨力)),只能将质量为1.48kg的人造卫星送入近地轨道;最大的火箭质量近3000t,推力33350kN(约3400tf),能将质量为120t以上的载荷送入近地轨道。著名运载火箭有“大力神”号运载火箭、“德尔塔”号运载火箭、“土星”号运载火箭、“东方”号运载火箭、“宇宙”号运载火箭、“阿里安”号运载火箭、N号运载火箭、“长征”号运载火箭等。

1) 运载火箭组成

运载火箭一般由2级~4级组成。每一级都包括箭体结构、推进系统和飞行控制系统。末级有仪器舱,内装制导与控制系统、遥测系统和发射场安全系统,这些系统有一些组件分别放置在各级的适当部位。级与级之间靠级间段连接。有效载荷装在仪器舱的上面,外面套有整流罩。

许多运载火箭的第一级外围捆绑有助推火箭,又称零级火箭。助推火箭可以是固体或液体火箭,其数量可根据运载能力的需要来选择。

运载火箭的推进剂大都采用液体双组元推进剂。第一、二级多用液氧和煤油或四氧化二氮和混肼为推进剂。末级火箭采用高能的液氧和液氢推进剂。单组元推进剂,如无水肼,常用于末级火箭的辅助推进系统。

运载火箭的制导系统大都用自主式全惯性制导系统。进行星际飞行的火箭还要用天文导航和无线电导航系统。制导系统的仪器大部分装在仪器舱内。

整流罩是一种硬壳式结构,作用是在大气层飞行段保护有效载荷,飞出大气层后就可抛掉。整流罩往往沿纵向分成两半,由弹簧或无污染炸药索产生分离力。

整流罩直径一般等于火箭直径,在有效载荷尺寸较大时也可大于火箭直径,形成灯泡形的头部外形。

2) 运载火箭结构

在目前技术条件下,一般火箭发动机的喷气速度最大只能是2.5km/s,火箭前进的最大速度是4.5km/s。要把卫星送上几百千米的高空,并具有环绕速度,用单级火箭是很难达到的。在目前技术条件下,单级火箭无法使卫星达到环绕速度,不能做卫星的运载

火箭。多级火箭在航行过程中,把工作完毕而变得无用的火箭壳体和发动机抛掉,达到提高速度的目的。发射卫星只要用二级或三级火箭就足够,还可用一枚多级火箭同时发射多颗卫星。

多级运载火箭是一个整体,通常由几个单级火箭组成。一般用串联形式连接,各级头尾相接,也有下一级为并联、上面为串联的组合形式。整个运载火箭分为壳体、推进系统、飞行控制系统等。图 1-1 为中国长征三号乙运载火箭。

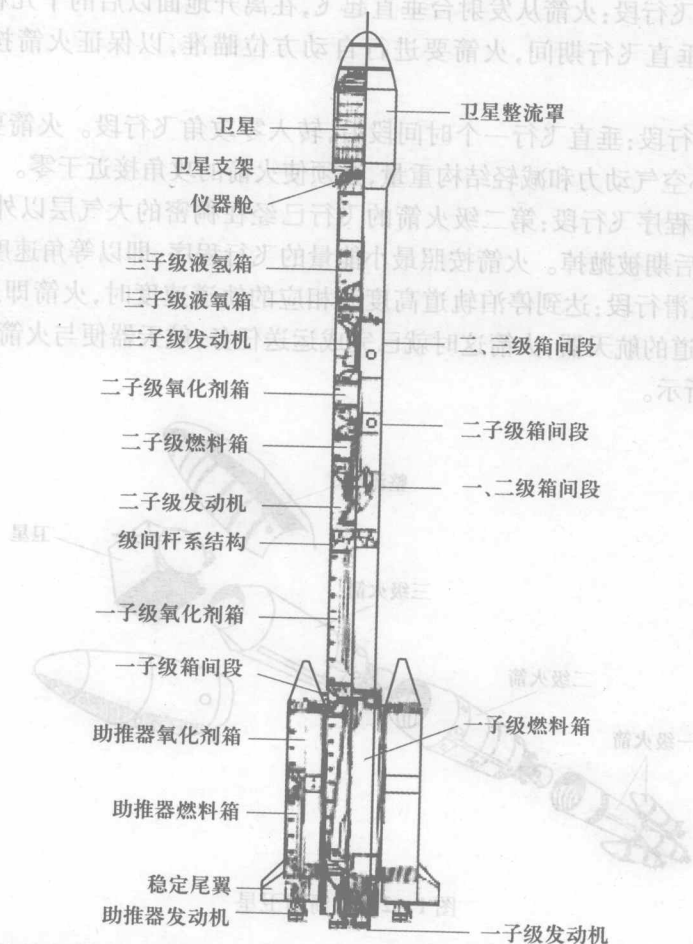


图 1-1 中国长征三号乙运载火箭

运载火箭还有各种分离系统,包括各级的分离,卫星与运载火箭末级的分离,卫星与整流罩的分离。级间分离系统既要保证各级牢固连接,又要在下面一级工作完毕之后,可靠地分离,同时启动上面一级发动机和控制系统工作。

3) 运载火箭技术指标

运载火箭的技术指标包括运载能力、入轨精度、火箭对不同重量的有效载荷的适应能力和可靠性。

(1) 运载能力:运载能力是指火箭能送入预定轨道的有效载荷重量。有效载荷的轨

道种类较多,所需的能量也不同,因此在标明运载能力时要区别低轨道、太阳同步轨道、地球同步卫星过渡轨道、行星探测器轨道等几种情况。表示运载能力的另一种方法是给出火箭达到某一特征速度时的有效载荷重量。各种轨道与特征速度之间有一定的对应关系。例如把卫星送入 185km 高度圆轨道所需要的特征速度为 7.8km/s,1000km 高度圆轨道需 8.3km/s,地球同步卫星过渡轨道需 10.25km/s,探测太阳系需 12km/s ~ 20km/s。

(2) 飞行程序:运载火箭在专门发射中心发射。火箭从地面起飞直到进入最终轨道要经过以下几个飞行阶段。

① 大气层内飞行段:火箭从发射台垂直起飞,在离开地面以后的十几秒钟内一直保持垂直飞行。在垂直飞行期间,火箭要进行自动方位瞄准,以保证火箭按规定的方位飞行。

② 零攻角飞行段:垂直飞行一个时间段后,转入零攻角飞行段。火箭要在大气层内跨过声速,为减小空气动力和减轻结构重量,必须使火箭的攻角接近于零。

③ 等角速度程序飞行段:第二级火箭的飞行已经在稠密的大气层以外,整流罩在第二级火箭飞行段后期被抛掉。火箭按照最小能量的飞行程序,即以等角速度作低头飞行。

④ 停泊轨道滑行段:达到停泊轨道高度和相应的轨道速度时,火箭即进入停泊轨道滑行。对于低轨道的航天器,火箭这时就已完成运送任务,航天器便与火箭分离。火箭与卫星如图 1-2 所示。

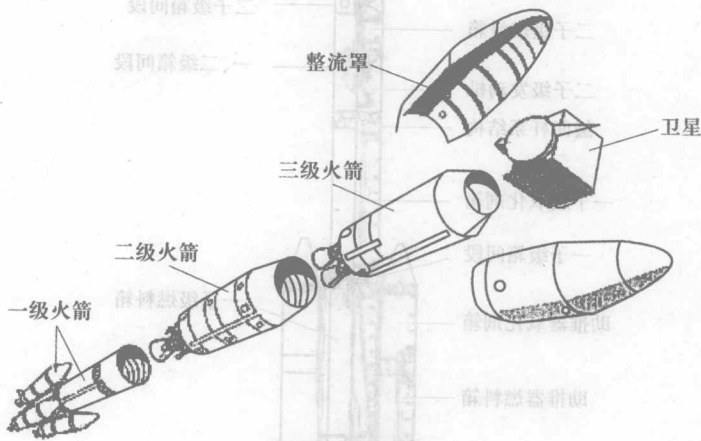


图 1-2 火箭与卫星

⑤ 过渡轨道段:对于高轨道或行星际任务,末级火箭在进入停泊轨道以后还要再次工作,航天器加速到过渡轨道速度或逃逸速度,航天器与火箭分离。

(3) 设计特点:运载火箭的设计特点是通用性、经济性和不断进行小的改进。发射费代表火箭的生产成本和研制费用,保险费则反映火箭的可靠性。火箭制造者一般都尽量采用成熟可靠的技术,并不断通过小风险的改进来提高火箭的性能。运载火箭不像导弹那样要定型和批量生产。每发射一枚都可能引进一点新技术,作一点小改进,这种小改进不影响可靠性。小改进积累起来就有可能导致大的方案性变化,使运载能力能有成倍的增长。

20 世纪 80 年代以来,一次使用的运载火箭已经面临航天飞机的竞争。这两种运载工具各有特长,在今后一段时间内都将获得发展。航天飞机是按照运送重型航天器进入

低轨道的要求设计的,运送低轨道航天器比较有利。对于同步轨道航天器,航天飞机还要携带一枚一次使用的运载器,用以把航天器从低轨道发射出去,使之进入过渡轨道。这样有可能导致入轨精度和发射可靠性的下降。更高级一次使用的运载火箭在发射同步轨道卫星时可以一次送入过渡轨道,比航天飞机稍微有利。这两种运载工具之间的竞争将促进可靠性的提高和成本的降低。

1.2 卫星发射方式

卫星发射是一项十分复杂的技术和系统工程。将卫星送入同步轨道或预定轨道有多种方式。卫星发射是一项从幻想到理想,从失败到成功的充满智慧、挑战和风险的科学事业。

1. 液体燃料火箭发射

液体燃料火箭是最常用的火箭。液体燃料能量大、制造容易,价格低,但体积大、质量大、有污染,储存要求高。

2. 固体燃料火箭发射

印度近年发射卫星的运载火箭是固体燃料火箭。目前世界上能用固体燃料火箭发射卫星的国家不多,只有美国、俄罗斯、日本、印度等少数国家。

固体燃料运载火箭,火箭发射总体质量小、运载量大、技术含量高、燃料无污染、准备时间短,是一种运载火箭的发展方向。固体燃料运载火箭成本很高。

3. 质子火箭发射

2003年4月7日7点47分,俄罗斯航空航天局与俄战略火箭军在位于哈萨克斯坦境内的拜科努尔发射场首次发射了一枚“质子-M”新型火箭,火箭携有一颗“屏幕-M”的电视广播通信卫星。14点31分,火箭将卫星准确送入了距地约3.5万千米的地球静止轨道。

俄航空航天局的“质子-M”火箭为赫鲁尼切夫航天中心在“质子-K”火箭的基础上新研制成功的重型火箭,有效载荷约为22t。新式火箭所配备的“微风-M”型火箭加速系统结构简单、功能先进,可与“质子-M”火箭的液体燃料发动机更好地配合,使火箭精确地沿预定方向稳定飞行。“微风-M”系统还能测量火箭的飞行轨迹和接收来自地面的遥感信号。在飞行过程中,当“质子-M”的各级火箭依次与火箭主体分离时,火箭的新型分离系统可确保火箭部件的散落区域大为缩小,从而减少了火箭发射对环境的影响。

4. 太空炮发射

前苏联和欧洲等国家都曾研制太空炮。最杰出的太空炮应属多级太空炮。这种太空炮将炮管沿赤道方向的山体放置;炮管可长达百米;炮管每隔一段距离对称或互称安置炸药箱。发射时,依次点燃从炮管底部到上部的炸药,产生连锁爆炸,强大的爆炸力将卫星射向太空。

20世纪60年代,“超级大炮”迷、加拿大武器专家杰拉德·布尔博士,试图发明一种可以将物体射进太空的大炮,发誓“把天打一个窟窿”。他将两门30m 战舰大炮的炮膛焊接在一起,终于制造出了“太空炮”,并打到180km 的高度,虽然不能达到300km 的高度成为轨道卫星,但用大炮发射卫星的设想成为可能。这门被称做“巴巴多斯岛大炮”的太空

炮有两个可行的用途:将炮弹射到地球上创纪录远的地方;将炮弹、卫星射入太空。布尔先生的“高海拔研究计划”,由加拿大蒙特利尔麦克吉尔大学和美国政府资助,“巴巴多斯岛大炮”进行了一系列向太空中发射借助火箭推动的太空探测器的尝试。太空炮发射正成为现实。新一代的太空炮,弹头装上飞翼和激光制导系统,已能发射高度100km以上,精确度1m的低轨道小卫星。

5. 飞机发射

1990年4月5日,人类第一次从飞机上发射卫星,在太空探索方面开始了一个新纪元——“微航天”时代。一架改装后的美国B52核轰炸机,升到约2000m高度时,放下一枚长15m、顶部有一个卫星的三级火箭,称为“柏伽索斯”号。5s后,火箭点火,直上太空,把约重200kg的一颗军用通信卫星送入穿过北极和南极上空600km高度的预定轨道上。在航天器发射方面使用微电子设备,大大减少了卫星和火箭的体积和费用,也使人们有了一种新方法把小的有效载荷送上太空。“柏伽索斯”号火箭装有一个翼,帮助飞行爬上太空,省去了昂贵的地面助推器。除了坚固得多的航天飞机外,还没有有翼的飞行器像“柏伽索斯”那样,以8倍声速的速度飞行,或受到如此高强的热和压力。这次发射有两个意义:一,宇航商业化的努力取得了新进展;二,用飞机发射卫星的可能性,可大幅度降低发射小卫星的费用。

俄罗斯利用飞机在空中发射航天器。从“安-124”飞机上借助“进步”型火箭把2.5t的卫星送入轨道。空中发射的最大特点是成本低。一次空中发射的全部费用不会超过2000万美元。为使“安-124”飞机适于空中发射,改装工作由俄“空中发射”公司、“空中”航空公司、“能源”航天火箭公司和乌克兰的安东诺夫设计局共同进行。

2003年5月,俄罗斯中央空气动力研究院采用M-55高空侦察机发射卫星。M-55高空侦察机是由俄罗斯米亚西舍夫设计局在M-17基础上研制的,是一种新型高空侦察机。采用飞机发射卫星,成本比地面发射场发射便宜90%。由于科技的发展,新技术的应用,80%的卫星质量均在100kg左右,而M-55高空侦察机所携带的助推火箭发射质量为5.5t,可以把300kg的卫星送入距地球200km远的轨道。M-55高空侦察机在携带助推火箭时,仍能保持相当的飞行高度,并将卫星送入预定轨道。

2000年1月26日,美国空军飞机携带一枚米诺陶或称人牛怪的火箭从加州商用航天港起飞,把4个有效载荷——美国空军的FAL-CON卫星、亚利桑那大学的ASUSAT、轨道科学公司和斯坦福大学建造的皮米卫星及空军研究光学校正的卫星送入轨道。火箭的第一级和第二级采用了原民兵-2导弹。

6. 航天飞机发射

航天飞机是一种新型的空间运载工具,是一种载人空间飞行器。航天飞机具有航空和航天两种飞行方式,能像火箭一样垂直起飞,像飞船一样沿轨道运行;能像飞机一样水平着陆。

1) 美国、俄罗斯航天飞机

美国有5架航天飞机,哥伦比亚号、挑战者号、发现号、亚特兰蒂斯号和奋进号,共进行了120多次飞行,发射、释放和拯救了多颗卫星。1986年,美国挑战者号航天飞机在升空后不久就爆炸,造成所有航天员遇难。

1988年11月15日莫斯科时间清晨6时,苏联的暴风雪号航天飞机从拜科努尔航天

中心首次发射升空,47s后进入距地面250km的圆形轨道。暴风雪号航天飞机绕地球飞行两圈,在太空遨游3h后,按预定计划于9点25分安全返航,准确降落在离发射地点12km外的跑道上,完成了一次无人驾驶的试验飞行。

2) 航天飞机结构

航天飞机结构十分复杂,主要由轨道器、助推器和外燃料箱三部分组成。航天飞机有200万个零件和超过300km长的电路,并以超过声速25倍的速度飞行。美国发现号航天飞机俯视、侧视示意图如图1-3所示。图1-4为航天飞机前视、后视示意图。

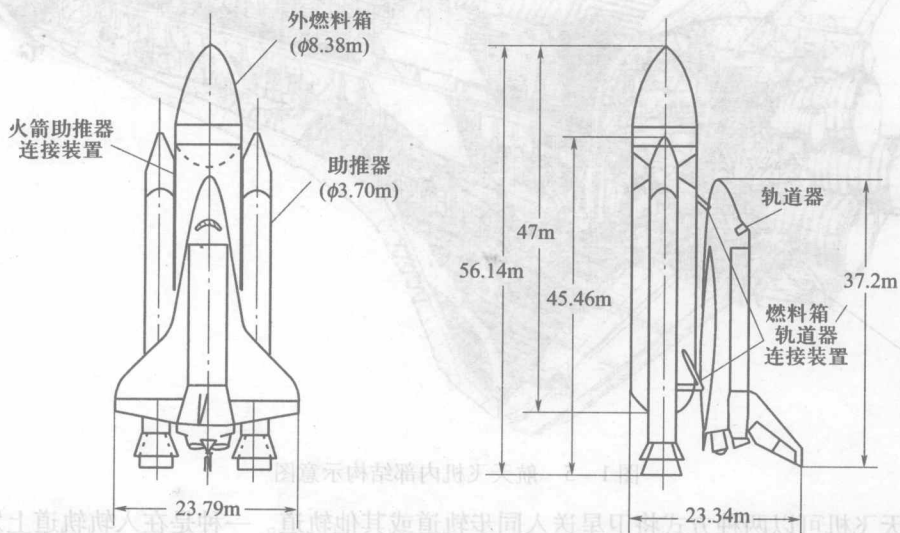


图1-3 航天飞机俯视、侧视示意图

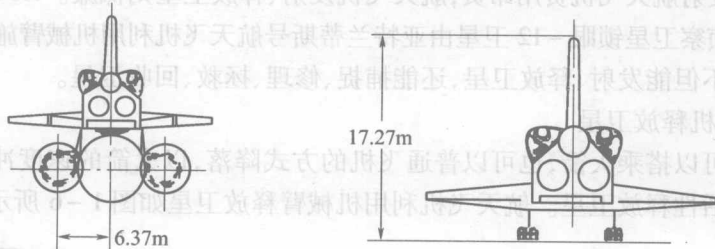


图1-4 航天飞机前视、后视示意图

(1) 轨道器:轨道器的形状如同三角翼飞机,前端是驾驶舱,中部为货舱,尾部装有三台液体火箭发动机。轨道器可重复使用100次以上。

(2) 助推器:助推器由两台平行安装的固体燃料火箭发动机组成,位于轨道器的双翼下,外燃料箱两侧的每台发动机可提供13000t的推力,以帮助航天飞机的垂直起飞。助推器工作结束后,溅落到海上回收。助推器可重复使用20次。

(3) 外燃料箱:又称外挂储箱,位于轨道器的机身下面,内装液态氢或液态氧推进剂,供三台主发动机使用。外燃料箱是航天飞机唯一不能回收的部件。

3) 航天飞机与卫星

航天飞机集火箭、卫星和飞机的技术特点于一身,能像火箭那样垂直发射进入空间轨