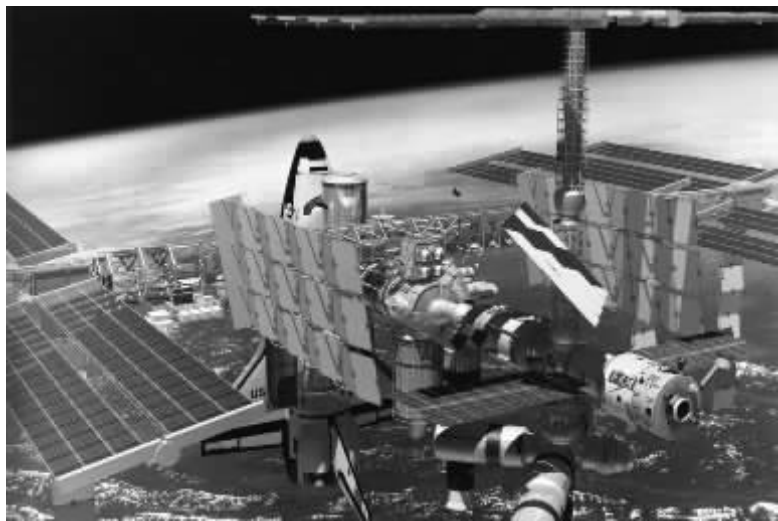


新世纪丛书

航天——人类史上的辉煌篇章

张乐臣 陈泽加 编著



复旦大学出版社

内容简介

本书向读者介绍人类为发展航天事业所做出的巨大而艰苦的努力,所取得的丰硕成果。全书共分6章,第一章讲述火箭的研制和发展;第二章回顾空间探索的历史;第三章讲述空间探索的基础科学知识;第四章介绍前苏联(以及俄罗斯)和美国竞争发展航天科技,争夺空间霸权的努力和成就;第五章介绍随着航天事业的发展而与人密切相关的航天医学;第六章介绍空间探索的前景,展望人类开发宇宙的美好未来和面临的主要问题。

本书内容全面,资料准确新颖,语言朴实生动,还有丰富的插图。航天事业爱好者和青少年从书中可以学到航天的基础知识,了解航天科技过去、现在和将来的发展以及对人类和社会所产生的影响。

目 录

第一章 火箭的研制和发展	1
第一节 概论	1
第二节 火箭的用途	2
一、导弹	2
二、探空火箭	3
三、运载火箭	4
四、推力器	4
第三节 火箭的工作原理	4
一、作用和反作用	4
二、推力和效率	5
三、火箭级分离	6
第四节 火箭推进器的类型	7
一、化学火箭	8
二、核火箭	13
三、电火箭	14
第五节 火箭的飞行	15
一、发射	16
二、稳定性和控制	18
第六节 火箭的历史	19
一、早期的军用火箭	19
二、研制更强大的火箭	20
三、冷战时期的火箭	22
四、航天飞机——可以反复使用的“火箭”	25
第二章 空间探索的历史	27
第一节 人造卫星发射成功	27
第二节 无人驾驶飞船探索月球	30

第三节 科学探索卫星	32
一、地球观察卫星	33
二、天文卫星	39
三、其他用途的卫星	43
第四节 行星探索	46
一、木星	47
二、金星	51
三、火星	55
四、其他行星	77
五、太阳系其他空间探索	83
第五节 载人空间探索	85
一、东方号和水星号	85
二、上升号飞船和双子座号	89
三、联盟号和早期的阿波罗	91
四、人类登上月球	94
五、礼炮号空间站	101
六、天空实验室空间站	104
七、和平号空间站	105
八、国际空间站	112
第六节 航天飞机	119
一、简介	119
二、航天飞机和支持系统	120
三、早期的使命	123
四、挑战者号的灾难	123
五、当前的使命	125
六、将来的使命	128
第三章 空间探索的科学	131
第一节 宇宙飞船设计的基本原理	131
第二节 进入太空	132

第三节	太空飞行	133
一、	太空飞行的路径	133
二、	太空飞行和导航	134
第四节	宇宙飞行对人的影响	136
一、	人员支持系统	136
二、	空间作业	142
第四章	空间探索和竞争	145
第一节	登月的竞争	145
第二节	前苏联的航天飞机	151
第三节	空间武器的竞争	155
第四节	美国国家导弹防御系统	159
第五节	空间探索的高昂代价	162
第五章	航天医学的发展	163
第一节	简介	163
第二节	航空医学	164
一、	历史	164
二、	生理学研究	165
第三节	航天医学	167
一、	历史回顾	167
二、	生理学上的发现	168
第六章	空间探索的前景	170
第一节	载人空间飞行	170
第二节	不载人宇宙飞行	172
第三节	国际合作	173
参考文献		175

前 言

航天 ,也就是说 ,需要我们飞向宇宙空间 ,去发现和研究地球以外宇宙的面貌和性质。

很久以前 ,人类就渴望能够离开自己居住的地球 ,去看一看外空的世界。到了 20 世纪下半期 ,这个梦想变成了现实。1957 年 ,前苏联发射了人类历史上第一颗人造地球卫星 ,标志着航天时代的开始。1961 年 ,人类第一次进入太空。从那时候起 ,宇航员停留太空的时间不断地刷新 ,他们甚至可以在地球轨道的空间站里成年累月地工作和生活。至今为止 ,几十个宇航员围绕月球飞行 ,有的还登上月球 ,在上面留下了自己的脚印。与此同时 ,无人驾驶探测器访问了月球、彗星、小行星等许多天体。那些人类还暂时不能到达的地方 ,也有探测器在进行探索。所有这些探险活动 ,都标志着航天新技术的诞生和不断进步。我们对自己居住的地球 ,对地球在太阳系、银河系和整个宇宙的认识也获得了丰硕的成果。

空间探索所面临的第一个挑战是 ,研究和制造足以把航天器送入轨道的、推力强大的运载火箭。这些火箭不但要有强大的推力 ,还必须能控制飞行路线、把航天器准确地送入预定轨道的导航和遥控系统。第二个挑战是制造航天器 ,这些航天器上的电子装置不但要重量轻 ,而且必须能经受得起火箭发射时的加速度和激烈的震动。制造这些装置必须有可靠的航天工程设备 ,采用更加严格的标准来进行制造和测试。与此同时 ,科学家和工程技术人员还得在地面上建立观察和跟踪站 ,以便和这些遨游太空的航天器保持无线电联系。

从 20 世纪 60 年代初期起 ,人类开始发射探测器去探索其他星球。这些星球离地球那么遥远 ,所以探测器的飞行时间都以月和年来计算。因此 ,这些探测器就必须特别可靠 ,能够在相当长的一段时间里不出故障。它们还得经受围绕在木星周围的辐射带、土星环中的粒子的伤害 ;经受比地球轨道航天器围绕地球飞行时所经受的温

度高得多的酷热。当然,它们的每次飞行在获得丰富的科学探测成果的同时,也会带来巨大的经济开支。今天,有关国家的宇航部门都在为减少这些惊人的开支而努力,并且取得了显著的成果。

人类并不满足于不载人的宇宙飞行,飞向宇宙是我们探测宇宙的必然结果。载人飞行是我们面临的更大的难题。其中多数关系到人在恶劣的宇宙空间环境中如何生存的问题。宇宙空间没有空气,宇航员必须携带可供自己呼吸的空气。此外,宇宙还有许多可以置人以死地的因素:太阳和宇宙射线可以伤害人的生命,微陨星、微陨石、陨尘会撞击飞船和步入太空的宇航员。背向太阳的时候,气温急剧下降,对着阳光的时候,温度会迅速上升,极端的低温和高温,也会置人于死地。

为了保证宇航员在太空的安全,必须设计出适合于他们穿戴的宇航服。所有的装备和工具都必须科学地设计和制造,所有从他们升空到返回地球可能遇见的危险都必须考虑周到。而且,宇航员进入太空不仅仅是为了生存,他们还有许多重要的事情要做。为此,必须研制提供太空飞行以及进行科学观察和科学实验所必需的设备和技木。

操纵宇宙飞船在太空飞行比在地球轨道上飞行要复杂得多。像“阿波罗”飞船的使命那样,把宇航员送上月球是更为严峻的考验。人类成功地把宇航员送上月球,又把他们安全地接回来,标志着航天技术已经达到了一个新的高峰。

“阿波罗”登月计划成功地实现以后,人类在太空的长时间飞行以及研制可以反复使用的航天器,成了航天技术的主要目标。前者在美国以及前苏联和俄罗斯的空间站中得到了实现,后者导致了美国航天飞机的数量和飞行次数不断增加。

我们现在努力的目标是保证宇航员能安全地在太空飞行一年以上,因为要想在地球附近的星球登陆,起码需要有一年以上的飞行时间。此外,还必须不断地把发射航天器的费用降下来。这些都是人类要实现更远的航天目标所必须首先解决的问题。

在本书中 ,读者将会读到 ,人类飞向宇宙和开发宇宙的向往由来已久 ,经过一代又一代人的艰苦努力 ,已经取得了辉煌的成果。但和以后的目标比起来 ,那真是万里长征才走完了第一步。远大的目标、艰苦的工作 ,还有待于我们这一代以至子孙万代不懈地努力。因为宇宙浩瀚无比 ,它的边缘非常遥远 ,也许它还是无穷无尽的。

本书的第一、四、五、六章由陈泽加编写 ;第二、三章由张乐臣编写。在编写过程中 ,得到张文凯、陈廷超、曹瑶青、周文晖的热情帮助 ,在此向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平所限 ,书中难免存在错误和不妥之处 ,敬请读者批评指正。

第一章 火箭的研制和发展

第一节 概 论

火箭是一种能够自我推进的装置,它自己携带推进燃料,还有助燃的氧化剂。火箭通过喷射燃料燃烧时产生的高温气体获得运动速度。高温气体向一个方向喷射,火箭则向相反的方向运动。如果以发动机的重量来作比较,各种重量相同的发动机,火箭发动机的推力最大。其他推进器的发动机,如螺旋桨推进器和喷气推进器的发动机都不能和它相比。火箭可以在太空使用,因为它不但带有燃料,而且携带助燃的氧化剂。它是现在唯一可以向太空发射,并且可以在太空飞行的飞行器。所有的航天器都必须直接或间接依靠火箭来发射,才能进入轨道。

火箭可以像烟花爆竹那么简单,它的推力很小。也可以像美国早期的运载火箭那样(见图 1-1)复杂和强大,它足以把载人登月飞船送上太空。

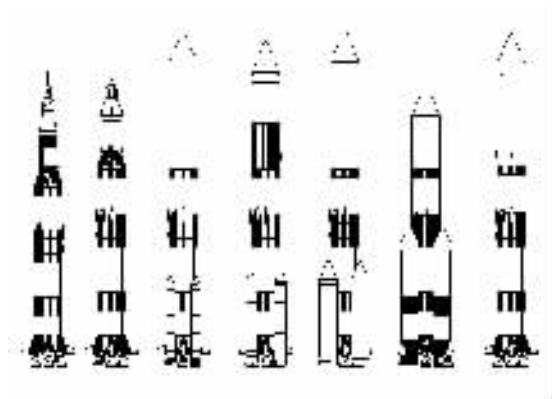


图 1-1 美国早期的运载火箭

火箭在地球上和空间都有广泛的用途。最普遍和最为人们所熟悉的,当算在现代战争中占据重要地位的导弹武器。它携带可以爆炸的弹头从空中飞向目标。火箭同样有许多方面的民用价值。如高层大气探测火箭,又叫探空火箭,它携带科学设备飞向高层大气层,帮助科学家更好地了解大气层的性质。火箭助推器能够帮助载有巨大重量的飞机从跑道上起飞。救生火箭可以把救生绳索携带到搁浅的遇难船上。在茫茫大海上遇难的船只可以用发射信号火箭的方法呼救。飞行员在空中碰到紧急情况时,火箭弹射座椅可以自动把他们弹射出来,挽救他们的生命。最简单的火箭——烟花爆竹,给人们带来欢乐已经有几个世纪了。制作火箭模型也是人们,尤其是青少年广泛的爱好之一。

第二节 火箭的用途

人们使用各式各样的火箭,其基本目的只有一个:携带物体飞越空间。军用火箭把爆炸装置送向目标;探空火箭把科学仪器送上高层大气层;运载火箭把航天器送入太空。小型助推火箭用来控制航天器的姿态或者修正航天器的飞行轨道。

一、导弹

导弹(missile),英文中的原意是指所有投向和射向敌方的物体,包括弓箭、子弹和其他武器。在现代军事的词汇里,导弹一般专指利用火箭或者空气喷气发动机推进,从空中射向敌方的爆炸装置。火箭发动机和空气喷气发动机的区别在于:火箭自己携带助燃的氧化剂,而空气喷气发动机则从它飞过的空气中吸取氧气。

导弹可以从地面、飞机,甚至水下潜水艇中发射。导弹瞄准的目标可以是空中的飞行物,也可以是地面的固定目标。有些导弹装有制导装置,可以自行导向飞向目标,这种导弹叫制导导弹,也可简称导弹。图 1-2 为前苏联设计的“通用”火箭系列,既可充当远程导弹,也可充当运载火箭。



图 1-2 前苏联设计的“通用”火箭系列

二、探空火箭

科学家通过发射探空火箭,把科学探测仪器送上高层大气,用来测量空气的性质、来自宇宙的辐射和其他数据。许多国家利用探空火箭观察和监测天气和环境污染。工程技术人员把探空火箭发射到预定的高度以后,通过遥控装置来关闭火箭的发动机。火箭利用惯性继续上升,地球引力和空气的摩擦力使它上升的速度不断减慢,直到最后停止上升,向地面自由落下。

探空火箭通常都携带无线电发射机,把测量到的数据发回地面。有些探空火箭携带降落伞,以便操纵人员能够收回火箭和上面的科学仪器。没有降落伞的探空火箭自由落下,因此工程技术人员在设计它的飞行路线时,必须让它们落在大海里或者是无人居住的地区,以避免地面上的生命受到伤害,财产遭受损失。



图 1-3 美国的“德尔它—3”型运载火箭,准备进行第一次发射试验

三、运载火箭

运载火箭把航天器送入空间。这类火箭比其他火箭的推力要强大多,因为它们要把很重的负荷以更快的速度送入轨道。为了把人造卫星送进围绕地球飞行的轨道,运载火箭的速度必须达到大约7.9千米/秒。如果要想让航天器摆脱地球的引力,飞向深空,运载火箭的速度则必须达到逃逸速度,即11.2千米/秒。为了达到这个速度,工程技术人员找到了最有效的方法,那就是多级运载火箭,通过多级火箭接力的方法,把航天器加速到预定的速度。图1-3为美国的“德尔它—3”型运载火箭准备进行第一次发射试验。

四、推力器

为了能够在太空控制航天器的飞行姿态或者修正它的飞行轨道,许多航天器都装备小推力(火箭)发动机,叫做推力器。它们能够帮助航天器改变飞行速度和方向,进入更高的轨道或者准备返回地球。

第三节 火箭的工作原理

不论是小型的还是大型的,简单的还是复杂的火箭,它们的工作原理都一样,那就是1687年英国科学家牛顿发现的作用和反作用力原理。牛顿在关于物体运动的第三定律中说:“当物体甲给物体乙一个作用力时,物体乙必然同时给物体甲一个反作用力,作用力与反作用力大小相同,方向相反,且在同一条直线上。”对于火箭来说,从尾部喷射出去的燃烧气体对火箭施加的力就是作用力,火箭在喷射气体施加的作用力作用下,向前方运动;它反过来施加在燃烧气体上的力就是反作用力(见图1-4)。

一、作用和反作用

火箭的运动方式很像泄气的气球。气球充气以后,里面的空气对气球内部各个方向的压力都是一样的。但是,假如气球的表面被戳开一个洞,里面的气体压力就会失去平衡,气体就会从洞口逃逸出

来。这时候就会看到 ,逃逸的气体向一个方向运动 ,气球会向相反的方向运动。

火箭通过燃烧燃料 ,然后向外排泄热气体的方法 ,产生推动它向前运动的力。为了这个目的 ,火箭必须自行携带燃料和助燃的氧化剂。携带液体燃料的火箭 ,它的液体燃料和氧化剂分别存储在不同的燃料箱里。火箭需要启动的时候 ,液体燃料和氧化剂在燃烧室里混合点火。火箭也像气球一样 ,有一个供燃烧气体喷射出去的出口 ,叫做喷嘴。火箭的喷嘴开在火箭的尾部 ,形状像个大碗 ,逐渐向外张开。它引导排泄气体的方向 ,让它们以最快的速度喷射出去 ,以提高火箭的推力和效率。

以前有些科学家认为 ,火箭喷射出去的气体必须要有物体(如地面或者空气)来阻挡它们 ,才能起作用。后来 ,火箭在真空中飞行的实践证明 ,这种说法是不正确的。事实上 ,火箭在太空真空里的推力比在空气中的推力更大。据推算 ,空气的压力和它所产生的摩擦力 ,使火箭在空气中的效率比在太空中的效率降低 10%。

二、推力和效率

一枚火箭的推力也就是使火箭离开地面升空而向下作用的力。在国际单位制中 ,工程技术人员用力的单位牛顿来测量火箭的推力。比冲量(I_{sp} ,又称比冲、比推力)是测量火箭发动机和推进剂重要性能的指标 ,它是火箭发动机产生的推力(牛顿)与其喷出介质每秒钟



图 1 - 4 纳粹德国的火箭试验

的质量流量(千克/秒)的比值 ,单位是牛·秒/千克。测量的方法和测量汽车每升汽油每千米所产生效率一样。现代固体推进剂的比冲量可以达到 3400 ~ 3900 牛·秒/千克。先进的液体推进剂已经达到 4200 ~ 4400 牛·秒/千克。



图 1 - 5 欧洲空间局的“阿里安—44L”
火箭

排气速度 ,也就是排泄气体离开火箭瞬间的速度 ,是测量火箭性能的另一个要素。排气速度越快 ,火箭的推力就越大。排气速度快的推进剂同样具有较高的比冲量。有烟火药的排气速度大约是 600 ~ 900 米/秒 ,液态氧和汽油的混合物燃料的排气速度大约为 2000 米/秒 ,液态氧和液态氢混合燃料的排气速度达到 4000 米/秒以上。火箭发动机的性能还取决于燃烧室、喷嘴的设计水平以及推进剂的压力。图 1 - 5 为欧洲空间局的“阿里安—44L”火箭。

三、火箭级分离

火箭虽然推力强大 ,但是依靠一枚火箭持久工作 ,把物体送到目的地 ,它的能量显然还是不够的。因此 ,执行发射航天器任务的时候 ,往往需要多枚火箭 ,或者说需要多级运载火箭才行。多级运载火箭的各级头尾相接 ,最底下的一级火箭首先点火。有些多级运载火箭的最初一级火箭上还附有助推火箭 ,以增加推力。从理论上说 ,多级火箭的级数可以无限制地增加。但是实际上 ,由于协

调各级火箭点火时间的复杂性,使级数受到一定的限制。把载人登月飞船送上太空的巨大的“土星—5”号运载火箭也只有4级,其中还包括“阿波罗”飞船自身携带的火箭。

最初一级,也是最强大的第一级火箭把要发射的航天器送入高层空气层,然后和其他火箭分离。发射航天器的大多数第一级火箭,如登月的“土星—5”号大型运载火箭的第一级火箭,它们的燃料燃烧完以后,就会和运载火箭分离,坠入大气层中烧毁。但现在有些航天器的第一级火箭,如发射航天飞机的助推火箭,可以回收修复后再使用。

由于第一级火箭已经脱离多级运载火箭,所以第二级火箭的负荷要轻一些。第二级火箭点火以后,航天器的速度就要提高很多。第二级火箭燃尽以后也会脱离坠落。第三级火箭点火以后,就可以把航天器送入围绕地球运转的轨道,或者送入太空。也就是说,第三级火箭把航天器加速到逃逸速度,脱离了地球。对于某些航天器来说,三级运载火箭也许还不够。

有没有办法减少运载火箭的级数呢?科学家想出了一个好办法,那就是先采用其他手段,先把航天器和运载火箭送到离预定轨道更近的地方。然后再点燃火箭,把航天器送到预定的轨道。如美国的“飞马座”火箭,它就是先用B—52型轰炸机送入空中,然后在空中点火,把卫星送入轨道。

第四节 火箭推进器的类型

火箭推进器基本上分为3种类型:化学火箭、核火箭和电火箭。化学火箭携带液态或者固态的化学燃料和氧化剂,或者化学燃料中含有助燃的氧,这些燃料和氧化剂统称为推进剂,核火箭利用核反应产生的热量来加热化学推进剂,使它燃烧,电火箭利用电场和磁场来加速并发射离子和基本粒子。离子是带有正电荷或者负电荷的原子,基本粒子是构成原子的质子、中子和电子等,是构成物质的基本

单位。

一、化学火箭

化学火箭的用途很广,大型固体燃料和液体燃料火箭用来发射航天器,也可以用做洲际导弹。小型化学火箭可用来做探空火箭、短程导弹,以及发射航天器多级火箭的上一级火箭。小型的液体燃料化学火箭是很好的推力器。因为在航天器需要修正轨道或者姿态的时候,它们可以随时方便地点火和熄火。在常温下燃烧的固体和液体燃料化学火箭是导弹最理想的选择。

化学火箭的燃料在火箭尾部碗状的燃烧室里燃烧,排气喷嘴的形状设计,可以让所使用的推进剂达到最大的推进效率。从半球状的燃烧室到火箭尾部喷嘴的管道最狭窄的部分叫喉道。喷嘴要承受燃烧气体很高的温度,所以是用耐高温的材料制成的。

1. 固体燃料火箭

固体燃料火箭是最简单的火箭。它们由两个主要部分组成:箭体,或者称壳体,燃烧室。推进剂存储在箭体里,箭体和燃烧室相接,喷嘴和燃烧室相连。大多数箭体都是圆柱形的,但有些用于在空间移动物体的固体燃料火箭则是球形的。固体推进剂叫装料,或者装药。固体燃料火箭一般使用电加热导线来充当点火器,把推进剂加热到燃烧的点火温度。点火器的导线一般通过喷嘴和推进剂的底部相连,或者穿过前面的小洞接入固体推进剂。

以前的固体燃料火箭所用的燃料包括有烟火药,以及含有硝化甘油和硝化纤维的双基推进剂。现在采用的固体燃料叫混合燃料,由合成橡胶或者合成塑料以及添加剂组成。添加剂包括把燃料粘合在一起的粘合剂、增加推力的金属粉末、控制推进剂燃烧速度的化学物质。

一般说来,火箭的燃料燃烧速度越快,它所产生的推力就越大,燃料燃烧的时间就越短。也就是说,燃料消耗的速度就越快。在设计固体燃料火箭时,必须考虑到燃料的燃烧速率,因为固体燃料一旦点火燃烧以后,要叫它熄灭非常困难。像运载火箭那样在很短的时

间里必须发出巨大推力的火箭,必须使用化学品来提高燃烧速率。其他一些要求推力不大,但作用时间长的火箭,则必须用化学品来降低它的燃烧速率。那些要求燃烧和推进时间比较长的火箭叫做巡航发动机。有些火箭装有小水箱和泵体,可以向推进剂喷射水或者其他灭火剂来中断燃烧。

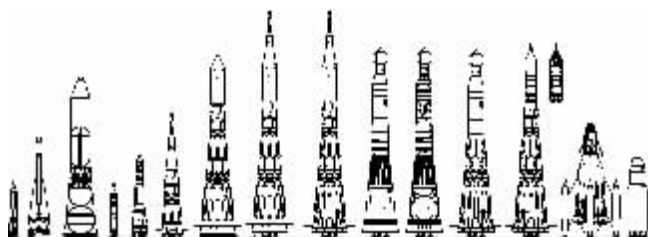


图 1 - 6 前苏联 60 年代设计的 N_1 火箭系列

还可以把混合燃料做成几块,然后在火箭的燃烧室里把它们堆积和连在一起,使它们能够产生更加强大的推力,作用时间也更长。美国把航天飞机送上太空的巨大的固体燃料运载火箭就是采用分舱连接的方法,使它产生的推力达到 1300 万牛顿。它是现在世界上最大的固体燃料火箭。推进剂采用星状腔结构,增加了它燃烧的面积,使它能够更快地燃烧,因而也增加了它的推力。

为了提高火箭的效率,工程技术人员尽可能地减轻火箭的自身重量。现代固体燃料火箭推进剂的重量大约已经占火箭总重量的 90%。即使是这样,再减轻箭壳的重量仍然可以提高火箭的效率。方法是使用比重比较轻的耐高温玻璃纤维和塑料作箭壳,采用先进的技术建造箭壳。这些方法在保持箭壳强度的同时,可以有效地降低箭壳的重量。图 1 - 6 为前苏联 60 年代设计的 N_1 火箭系列。

2. 液体燃料火箭

液体燃料火箭携带液态的燃料和氧化剂,它们储存在箭体内的燃料箱中,需要时再用泵打进燃烧室。液态燃料通常能够提供比固态燃料更大的推力,这主要是因为液态燃料的密度比固态燃料高。

而且只要简单地通过控制输往燃烧室的燃料流量,就可以控制燃烧的程度。只要把泵关掉,就可以完全中止燃烧。能够随意地点火和中止燃烧,对执行空间任务的航天器来说,是非常重要的。因为要改变航天器的方向和姿态,只需要火箭发出短暂的推力就可以解决问题。图 1-7 为美国的第一枚大型“红石”液体燃料火箭。



图 1-7 美国的第一枚大型“红石”液体燃料火箭

不过,液体燃料火箭的结构和控制系统比固体燃料火箭复杂。液体燃料火箭需要分别储存燃料和助燃剂,配置运转速度高、重量轻的泵体和喷嘴,以向燃料室喷射推进剂。最简单的液体燃料火箭使用不会爆炸的惰性加压气体(如氮气)把推进剂压入燃烧室。惰性加压气体储存在加压桶里,加压桶置于燃料箱之上。需要向燃烧室注入推进剂的时候,就把两个储存箱之间的阀门打开,加压气体就会把液体推进剂压入燃烧室。更为复杂的液体燃料火箭系统,用多个泵把燃料和氧化剂从装载它们的储存箱中注入燃烧室。

液体燃料火箭使用好几种类型的燃料和氧化剂。有些火箭使用常见的液体燃料,如酒精、汽油和煤油。和这些燃料一起用的氧化剂较多的是液态氧,液态氧用氧气冷却和加压制成。煤油是现代火箭使用得最多的液体燃料。

其他用来压缩和冷却成液态燃料的气体还有氢气等。一种物质温度降到凝固点以下仍然保持液态时,称为过冷。用作液态燃料的过冷气体称为低温燃料。有些液体燃料火箭中使用的氧化剂和燃料一接触就会自行点火燃烧,这种推进剂叫做自燃推进剂。它们的使用可以使火箭的点火系统简单化。有些低温燃料和氧化剂的混合物也是可以自燃的。采用单元推进剂的火箭把燃料和氧化剂混合并储存在一起,点火以后,单元推进剂自行提供助燃的氧化剂。

不使用自行点火推进剂的火箭需要装上点火器 ,或者其他点燃燃料和氧化剂的装置。一些早期的液态燃料火箭用火花塞当点火器。火花塞由两根连接电源的电线组成 ,相互之间有一点点空隙。两根电线通电加压以后 ,会产生电弧 ,发出火花。早期液态燃料火箭使用的火花塞安置在燃料喷射的路径上 ,或者安装在把液体燃料注入燃烧室的喷嘴里。

其他类型的点火器包括小型的引爆装置和金属片。当电流通过的时候它们会产生热量 ,点燃推进剂。有些不用自燃推进剂作为主要燃料的火箭 ,可以用少量的自燃燃料来点燃主要的推进剂。在这种火箭中 ,自燃燃料通常安置在与主要燃烧室相连的小燃烧室里。另一种点燃推进剂的办法是采用催化剂 ,利用它们化学反应产生的热量点燃推进剂。

液体推进剂在火箭发动机中燃烧的平均温度大约是 3000 。而用来制造大多数火箭的钢熔点大约只有 1370 ,因此必须想办法来冷却火箭的燃烧室 ,否则推进剂只要烧几秒钟就足以把它熔化。早期(20 世纪 20 和 30 年代)的液体燃料火箭经常发生爆炸事件 ,多数是由于这个原因。当时的科学家和工程技术人员试图采用耐高温材料 ,以及加上水冷套和铝散热器的办法来解决这个问题。

后来科学家又想出了再生冷却的办法 ,让进入燃烧室燃烧的液体燃料先在发动机的外壳循环。这样 ,燃烧产生的热量就会被外面的液体燃料吸收 ,发动机的外壳因此而得到冷却 ,液体燃料的温度得到提高。这些燃料的温度提高以后 ,燃烧起来也会更加有效。在另一种叫做薄膜冷却的技术中 ,一种特殊的燃料喷嘴把燃料和氧化剂喷射在燃烧室的内壁上 ,内壁的热量被液体吸收得到冷却。液体吸收热量以后挥发 ,这就像人出汗散热一样。然后 ,挥发的燃料就在燃烧室的中央燃烧。

大多数现代大型液态燃料发动机 ,如航天飞机主发动机的燃烧室 ,都采用复合管线束设计。这种燃烧室称为通心粉燃烧室(复合管线束燃烧室) ,因为构成燃烧室内壁的空心冷却管很像通心粉面条。

这种设计使燃烧室不但比以前的液体燃料燃烧室重量轻,而且具有更加良好的冷却性能。

使用低温推进剂和可储推进剂一样,都面临着许多需要解决的问题。低温推进剂的燃烧温度一般都比可储推进剂高,因此,火箭发动机的冷却技术也更为复杂。此外,使用低温推进剂的火箭必须设计出冷却燃料,不让它气化蒸发的方法。液态氢和其他液态气体燃料通常都是在低温下加压,气体在特殊的装置中分阶段冷却。液化后的气体必须存储在密封和保温的容器中,以保持低温状态并防止蒸发,或者重新气化逸入空中。

和其他液态燃料火箭相比较,液态自燃和单元推进剂火箭只有加压送料系统有一点微小的区别。在其他液态燃料系统中,采用惰性加压气体把燃料压进燃烧室,而在液态自燃和单元推进级火箭中,则采用自燃推进剂。自燃推进剂燃烧时的温度和可储推进剂差不多,所以采用自燃推进剂作燃料的火箭,也必须有使火箭发动机冷却的方法。

单元推进剂产生的推力要比所有采用二元推进剂,也就是把燃料和氧化剂分开的火箭的推力小得多。不过,单元推进剂火箭非常有用,因为它们只有一个燃料箱,简单,分量轻。燃烧的温度也远在钢的熔点之下,用不着去考虑冷却措施。因此,小型的单元推进剂火箭一般用来修正飞行器的轨道和姿态。用于这个目的的单元推进剂火箭都能够关闭和重新启动,而且有不同级别的推力。

3. 混合燃料火箭

混合燃料火箭发动机同时使用液体和固体燃料,一般是采用固体燃料和液体氧化剂。点火的时候把液体氧化剂喷射到固体燃料上面,在燃烧室里点燃。混合燃料系统同时具有固体燃料和液体燃料系统的优越性。混合燃料推进剂价格便宜,通过控制氧化剂流量的方法,可以控制它们的燃烧速率。不过,混合燃料火箭还处在试验阶段,尚未得到广泛的应用。目前只有几家火箭制造商在进行试验。混合燃料的比冲量大约为 2900 牛顿·秒/千克,相当于低温液态推进

剂的比冲量。

二、核火箭

核动力推进已经成功地应用于航海,现代核动力航空母舰和核潜艇的核动力几乎是取之不尽,用之不竭的。从理论上说,核动力火箭威力非常强大,可以用来发射飞行器,用于长距离的空间飞行。不过,到现在为止,还没有核动力火箭进入到外层空间飞行,只是在地球上大气层进行过试验。核动力火箭之所以没有进入实用阶段,主要是由于两个问题还没有解决,一是建造安全的核动力火箭非常复杂;二是火箭上携带具有放射性的核燃料总是令人提心吊胆。

核动力火箭的工作原理是这样的:利用核反应产生的热量来加热液态氢,使它变成过热气态气体(温度超过它的沸点)。这些气体从火箭尾部的喷嘴喷射出去,从而推动火箭的飞行。在核反应的过程中,铀和钚这些重原子产生裂变成轻元素,并释放出能量。由于核动力火箭能够把推进剂加热到非常高的温度,所以它产生的推力远比化学燃料火箭的推力大得多。有些核动力火箭的比冲量可以达到7800 牛顿·秒/千克,甚至更大。有些类型的核动力火箭发动机采用类似地面上用来发电的小型核反应堆,把在反应堆里循环的液态氢加热到过热程度。另一种叫做气体裂变核火箭的核动力火箭,能够产生高达14000 牛顿·秒/千克的巨大比冲量。气体裂变火箭通过使铀²³³等核燃料原子发生裂变的方法,产生炙热的火球,使喷射进来的液态氢转换成高压过热气体,从火箭喷嘴喷射出去,产生巨大的推力。

核裂变反应释放出大量的热能,使火箭获得强大的推力。但是,核裂变也会发出伽玛射线和中子射线,两者对火箭和附近的生物体都会产生危害,核反应堆产生的剧热也威胁到火箭的安全。为了减少核辐射,科学家和工程技术人员用厚厚的金属,如铅把反应堆保护起来;此外,还采用循环水或者液态氢的冷却系统给反应堆降温。

美国国家航空航天局等一些国家的航天机构都在加紧对核动力推进的研究。他们认为,核动力将为载人和不载人航天器飞向太阳

系以及太阳系以外的宇宙空间 ,提供广阔的前景。

三、电火箭

电火箭发动机使用电池、太阳能或其他能源来加速和发射带电粒子 ,从而获得推力。电火箭发动机有很高的比冲量 ,但是它们产生的



图 1 - 8 前苏联早期设计的有人驾驶火箭

的推力有限 ,只能在真空中以比较缓慢的速度推动较小的物体。不过 ,由于它们的推力小 ,效率高 ,因此它们只需携带很少的燃料。有些电火箭携带的燃料足够它们使用好几年 ,很适合于航天器在深空飞行中使用。用电火箭作为动力的人造卫星或者其他飞行器 ,必须先用更为强大的化学火箭发射进入太空 ,或者从太空船上发射。图 1 - 8 为前苏联早期设计的有人驾驶火箭。

美国的火箭制造商从 20 世纪 60 年代初期起 ,就开始进行电推进

的试验。第一台电子火箭发动机从电场中射出的铯原子流 ,是从火箭上携带的电池中产生的。电场把铯原子的电子剥离 ,产生离子或者带电原子。这些带电粒子更加容易受到电场的影响。在电场的作用下 ,这些带电粒子流被加速到很高的速度 ,然后从火箭的喷嘴中发射出去 ,从而产生推力。

等离子发动机是另一种类型的电火箭发动机。它利用强大的电流把普通气体变成等离子。等离子体中的许多原子已经离子化,或者最少已经有一个电子被剥离。这种变化使气体变成了由粒子、自由电子和中性原子组成的等离子体,里面带正电的离子和带负电的电子数量正好相等。

最普通的等离子火箭发动机的结构是这样的:一根电源的阴极或者阳极接入圆柱形的室中,室的另一端接上相应的阳极或者阴极。喷射器把中性气体喷入室内,然后接上强大的电流。电流使得一部分气体电离,并且利用这些带电粒子在阳极和负极之间输送电流,电离的结果在阳极和阴极之间,以及阴极的周围建立了磁场。正是这些磁场使带电粒子获得了加速度,从火箭的喷嘴中喷射出去。带电粒子和离子的碰撞使这些粒子的运动速度更快,从而产生更大的推力。

1992年开始,俄罗斯和美国的宇航专家开始研制霍尔推进器,也就是静止离子推进器。霍尔推进器的工作原理和前面描述的离子推进器一样,不同的是霍尔推进器有一个外部磁场。霍尔推进器的室舱处在磁场的包围之中,室舱内置有电流的阴极,室舱的推进器外缘则接上电流的阳极。中性气体从室舱的后面输入。由电流的阳极和阴极建立的电场使中性气体离子化,电场和磁场共同加速离子体,使它们从发动机的喷嘴中喷射出去。霍尔火箭在使人造卫星保持正确的轨道和姿态方面特别有用。大多数霍尔推进器的电源来自太阳能电池。采用霍尔推进器的火箭可以工作好多年。和化学燃料推进器相比,霍尔推进器的重量要轻得多,价格也便宜得多。

第五节 火箭的飞行

火箭有许多不同的用途,但是它们的飞行轨迹剖面图(它们的飞行动作以及这些飞行动作的规律)都有些相同之处。所有火箭的构造和设计都必须适合于发射,必须保证飞行时的稳定性和可控性。

一、发射

发射火箭有许多种不同的方法 ,采用哪一种方法 ,取决于这枚发射火箭的用途。用于军事目的的火箭和导弹 ,在发射之前必须加以隐蔽和保护 ,以免被敌人发觉和攻击。而用于发射载人航天器的火箭 ,首先要考虑的问题是保证航天器上人员的安全。

1. 导弹

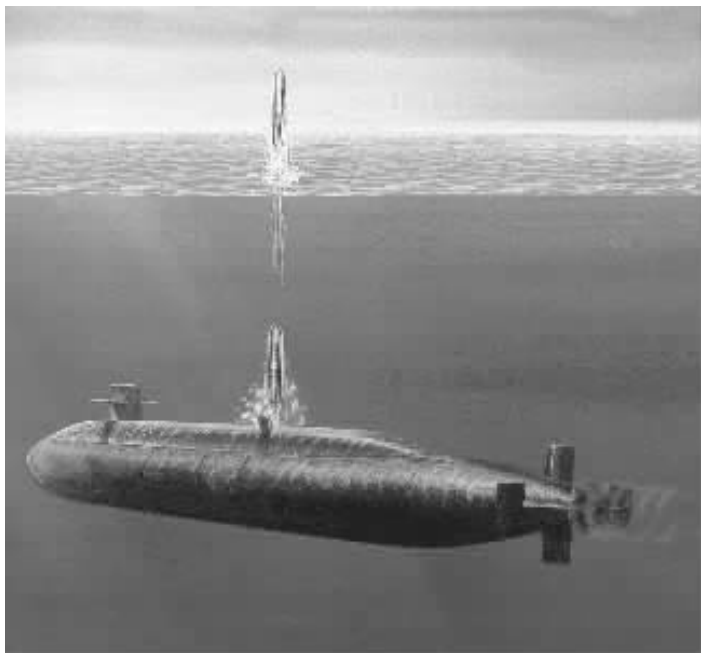


图 1 - 9 从潜艇上发射导弹

发射用于军事目的的导弹 ,首先要考虑的最重要的问题是导弹的隐蔽性 ,要尽可能地减少导弹在发射之前遭受敌人的攻击。从开阔地面上发射的导弹 ,一般采用固体燃料或者可存储的液体燃料火箭。因为和低温液体燃料火箭比起来 ,它们准备发射的时间要短得多。相反 ,从隐蔽发射场所(如防弹的地下发射隧道)发射的导弹 ,则

大多采用低温液体燃料火箭。因为装载低温液体燃料需要较多的时间,在露天发射场所操作显然很不安全。

从飞机上发射的火箭和导弹,一般都安装在飞机下面的武器挂架上。发射的时候,火箭和导弹先从挂架上投下,等下落到离飞机有一段安全的距离以后才开始点火,以免点火后火箭喷射的尾焰危及飞机的安全。

有些地对空导弹,如美国陆军、海军和海军陆战队使用的“霍克”地对空导弹,从移动的发射架上发射;“三叉戟”导弹,则是从潜艇上巨大的垂直发射管中发射。发射的时候,强大的气流把导弹推出管道和水面,等安全地脱离潜艇,不会危及潜艇的安全以后,导弹会自动点火并飞向目标。图 1-9 为从潜艇上发射导弹。

2. 探测火箭

发射使用固体燃料的探测火箭,要比发射导弹简单得多。探测火箭一般都比较轻,易于移动。只需用一个发射滑轨,就可以控制它最初几秒钟的飞行。美国早期用来发射“蜜蜂”探空火箭的发射塔,小到可以用船只来装运。为了寻找观察日蚀和其他科学家感兴趣的天文现象的最佳位置,船只可以把火箭和发射架运到最佳的地点去发射。

3. 航天器

发射航天器,特别是载人航天器,是一个非常复杂的过程,因为要尽量做到保证绝对安全。美国用“红石”运载火箭发射第一代载人“水星”飞船的时候,首先要在飞船的周围搭起结构像桥梁一样的巨大的活动塔架。塔架上还有升降电梯,以便工程师和工人对飞船进行必要的调整,给运载火箭加燃料,这就需要忙碌好几天。等燃料加足,宇航员登上飞船以后,再慢慢地把塔架移开。准备发射之前,工作人员最后把给飞船和运载火箭加注推进剂、供电、液、气等动力,以及提供信息用的脐带式管缆解开。这才算完成了发射前的准备工作。

发射有 111 米那么高的飞往月球的“土星—5”号运载火箭和飞

船,使用更大、也更加先进的活动发射台。发射航天飞机使用固定式的发射脐带塔,上面有电梯和移动臂,便于为航天飞机做好发射前的准备工作。把“土星—5”号和航天飞机送往发射场的是巨大的履带运输车,它足足有2700吨重。图1-10为美国的“土星—5”号火箭系列。

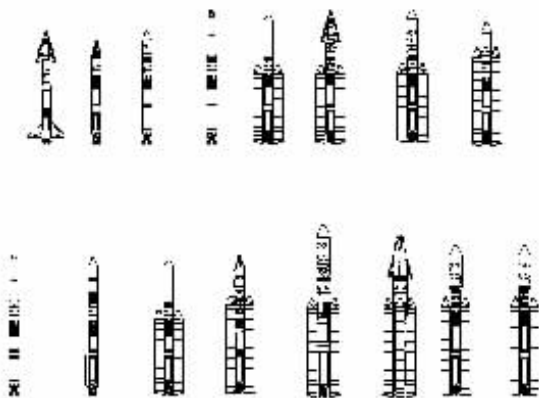


图1-10 美国的“土星—5”号火箭系列

二、稳定性和控制

火箭在飞行的过程中,由于空气阻力、风、推进器燃烧不稳定以及火箭自身微小的不规则运动等多方面的原因,会产生不稳定性,必须采用一些方法来加以控制。在这里,牛顿的第一运动定律得到了应用。牛顿第一运动定律称,运动中的物体将保持惯性运动的姿态。科学家想到,如果让火箭处于自转的状态,它的飞行方向就会稳定得多。依靠自旋来稳定的火箭的燃烧室里装有旋流器叶片,喷射出来的热气流经过旋流器叶片的时候,由于叶片的导向作用,火箭会发生自旋。

许多火箭装置使用陀螺仪来控制火箭的飞行方向。陀螺仪的原理也是应用牛顿第一定律。陀螺仪中有一个自由转动的圆盘,它安

装在一个基座上。基座和火箭是固定的,也就是说,它们的运动方向和速度完全一样。圆盘转动的动力来自电池。由于高速旋转的物体的方向相当稳定,所以当火箭和基座改变方向的时候,圆盘和基座之间的角度就会改变。火箭的自动跟踪系统根据这个角度的变化,就可以确定火箭飞行方向的变化,然后系统会通过活动燃气舵来调整喷出的气流,以修正火箭的飞行方向。

有些火箭可以通过改变发动机的位置来改变喷射气流方向,这种方法叫做万向架支承发动机技术。还可以使用活动燃气舵,以及在火箭的边缘安装小型的推进器,使火箭获得更好的操纵性和稳定性。

大型和远程的固体燃料火箭,则采用其他方法来稳定它们的太空飞行。其中一种是推力向量控制,采用推力向量控制技术的火箭喷嘴能够旋转,安装在喷嘴上的喷流偏转舵也能够对火箭的飞行方向进行微调。

今天,计算机技术的飞速发展使火箭的飞行控制技术更加先进。安装在火箭上的计算机随时都可以算出火箭偏离轨道的微小变化,并且立即发出指令,通过喷流偏转舵和小型推进器,或者更加先进的调控方法来纠正火箭的航向。

第六节 火箭的历史

中国是最早发明火箭的国家。早在 11 世纪中叶,我们的祖先就懂得了火箭的工作原理,并且造出简单的火箭。200 多年以后,火箭技术才传到阿拉伯和欧洲。最早的火箭主要用途是放烟火和发信号。火箭技术传到欧洲以后,就开始有人想用来当武器打仗。当然,最初的火箭不能和火炮相比。印度也是最早成功地把火箭当武器使用的国家之一。

一、早期的军用火箭

19 世纪初期,英国发明家威廉·康格里夫注意到当时关于印度

人使用火箭来攻击英国军队的报道。后来,康格里夫致力于改进火箭的研究,给火箭装上了弹头,也就是炸弹,它们在火箭发射以后会自行爆炸,使火箭的攻击力大大增加。此外,他还想方设法增加火箭的飞行距离。经过改进后的康格里夫火箭,射程、准确性和威力都有了很大的改进,开始在战争中显示威力。那时的火箭仍然采用棒状结构,以保证火箭能够在空中平稳地飞行。英国在与美国的1812—1815年的战争中,已经开始使用康格里夫火箭。其他国家也纷纷仿制。

康格里夫火箭尽管采用了棒状结构,但飞行的稳定性仍不理想,因而影响到了它的准确性和命中率。1844年,英国发明家威廉·黑尔发明了自旋稳定火箭。这种火箭依靠自身喷射出来的气体使火箭在飞行的过程中旋转,使它的飞行姿态相当稳定。这一发明不但使火箭的外貌摆脱了笨拙的棒状结构,而且准确性和命中率大为提高。不过,到了19世纪90年代,由于火炮技术有了突飞猛进的发展,威力比火箭更加强大,因而大大地削弱了火箭在战场上的地位。

二、研制更强大的火箭

19世纪80年代,一个名叫康斯坦丁·齐奥尔科夫斯基的俄罗斯教师阐述了火箭可以用于太空飞行的理论。在这以前,尽管牛顿在17世纪80年代就写下了他的第三条物体运动定律,但很少有科学家想到,这条定律可以应用于火箭的飞行运动。大多数科学家都认为,火箭之所以能够飞行,是因为它排出的气体推压空气,从而获得动力。太空中没有空气,因此火箭就不能飞行。

1. 最早的设想

1903年,齐奥尔科夫斯基发表关于火箭可以应用于太空飞行的理论,但是俄罗斯以外的国家都没有得到这一消息。在整个第一次世界大战期间(1914—1918年),火箭只是用于发送信号或者摧毁敌人的气球。与此同时,美国物理学家罗伯特·戈达德也开始独立地研究关于火箭应用于太空飞行的理论,并且开始着手进行新的采用固体燃料的火箭试验。

1919年,史密斯索尼恩研究所出版了一本戈达德研究成果的小册子,书名叫《飞往极端高空的方法》。在这本小册子中,戈达德论述了如何使用无烟火药来取代有烟火药,使火箭能够探索高层大气。他还简单地提到用无人驾驶的固体燃料火箭飞往月球的可能性。

戈达德的理论当时在报纸上得到广泛的宣传,使全世界都意识到了用火箭做动力进行太空飞行的可能性。有趣的是戈达德生性害羞,不喜欢张扬。因此从1921年开始,他更加保密地进行采用液体燃料的推进器试验。1926年,他首次发射了世界上第一枚液体燃料火箭。不过那时候知之的人甚少。

这一时期,出生于罗马尼亚的德国数学教师赫尔曼·奥伯特也独立地完成了他的太空飞行理论研究。1923年,他发表了题为《火箭飞往星际空间》的论文,阐述了采用液态燃料的火箭载人进行空间飞行的原理。这篇论文的影响比戈达德的小册子更大,在全世界掀起了讨论太空飞行的热潮,在德国尤其热烈。

20世纪的20和30年代,在西欧(尤其是德国)和美国,太空飞行和火箭俱乐部如雨后春笋般地涌现,大家都忙着进行自己的试验。



其中最出名的要算德国的太空飞船旅行学会,他们从1930年开始进行试验。也是在这一年,戈达德把他的实验室从人口密集的地区迁往新墨西哥州罗斯韦尔附近,等待着好天气,准备秘密、安全地发射他的试验火箭。

2. 第二次世界大战时期的火箭

1932年,纳粹德国军队开始秘密实施研制火箭的计划,他们雇用德国太空飞船旅行学会一些优秀的成员,如年轻有为的布劳恩,来从

图 1-11 纳粹德国的 V-2 火箭

事这项工作。1937年,德国火箭研究中心成立,布劳恩任技术指导。这项计划开始时还不怎么样,后来随着二战的逼近和爆发,研制经费不断增加。和一般人想像不一样的是,德国人当时并不了解戈达德研究火箭的详细情况,他们完全是独立地进行研制。二战期间,德国人研制出一系列比盟国更加先进的固体和液体燃料火箭。其中最成功的是A-4火箭(后来称V-2火箭,如图1-11所示),它是世界上第一种大型的液体燃料火箭,推力达到250000牛顿,射程达300千米。二战接近尾声的时候,美国和前苏联都千方百计地想得到V-2的研制计划、部件和科学家。美国军队把V-2的一些材料和研制人员,包括布劳恩带回美国。

三、冷战时期的火箭

第二次世界大战以后,世界进入以前苏联和美国为首的两大阵营相互对峙的冷战时期。研制和发展火箭和导弹武器,发射太空飞行器,进行太空竞争,是苏美两国争夺世界霸权的主要内容之一。两个超级大国在导弹武器和争夺太空等战略问题上又想称霸,又想搞平衡的相互竞争,弄得整个世界很不安宁,但也促使火箭和导弹的技术得到了迅猛的发展。

1. 稳定性和控制

为了保证导弹飞行和命中目标的准确性,保证航天器准确、安全地发射,必须不断地改进火箭的稳定性和可控性能。罗伯特·戈达德在他早期研制的火箭中安装应用空气动力学原理的空气舵,用它来控制火箭的飞行方向,增加它的稳定性。戈达德还成功地采用以电池为动力的陀螺仪。他把陀螺仪和燃气舵相连接,火箭偏离航向的时候,燃气舵会自动地纠正航向。

V-2火箭采用同样的方法来控制火箭的飞行。它上面装有一组由4个燃气舵组成的控制装置。燃气舵用耐高温的石墨制成,和陀螺仪相连接。火箭偏离航向的时候,燃气舵在陀螺仪的控制下,会改变排气的方向,从而纠正火箭飞行的偏差。

1948年,美国在进行MX-774火箭试验的时候,首先采用万向

架支承技术 ,从而使采用液体燃料发动机为动力的火箭飞行方向和稳定性得到了控制。第二年“海盗”探测火箭开始安装机动的小型推进器。这种方法后来普遍采用 ,并且和万向架支承技术相结合 ,使火箭的飞行路线更加准确和稳定。

2. 火箭用于空间飞行

20 世纪 50 年代初期 ,美国军队在新墨西哥州的白沙试验场对缴获德国的 60 多枚 V - 2 火箭进行测试。这些 V - 2 火箭使美国人在操纵和控制大型火箭方面获得了非常宝贵的经验。与此同时 ,布劳恩小组也在帮助美国人发展自己的火箭计划。1951 年 ,他们研制的第一枚“红石”火箭问世。与 V - 2 火箭相比 ,“红石”火箭的发动机作了很大的改进。V - 2 火箭有 16 个杯状喷嘴 ,非常笨重 ,有些火箭工程师称之为“管道工的噩梦”。“红石”火箭采用原先为“纳瓦尔霍”火箭设计的发动机 ,它的喷嘴都安装在一块平板上。



图 1 - 12 前苏联的 R - 7 洲际导弹

前苏联也不甘落后 ,他们也试射缴获的 V - 2 火箭 ,加速研制火箭的步伐。1954 年 ,他们在研究 V - 2 火箭的基础上 ,成功地造出第一枚 R - 7 洲际弹道导弹(图 1 - 12)。1957 年 10 月 4 日 ,前苏联用 R - 7 的改进型火箭把第一颗人造卫星送上地球轨道 ,全世界都为之震惊。为了迎接前苏联的挑战 ,1957 年 ,美国也想用自己研制的“先

锋”火箭来发射一颗卫星。可是“先锋”火箭很不争气,刚升空几秒钟就坠落下来,在自己的发射台上爆炸。美国人不得不求助于布劳恩的“红石”火箭,在对它进行改进以后,将其命名为“丘比特—C”。1958年1月31日,他们用它把美国的第一颗人造卫星“探险者—1”号送入轨道。

1961年,美国在空间探索方面多次落后于前苏联以后,为了挽回面子,美国总统肯尼迪宣布了载人登月计划。1962年,布劳恩小组开始从事研制“土星—5”大型运载火箭计划。1969年7月20日,威力强大的“土星—5”火箭把载有两名宇航员的“阿波罗—11”号送上月球。

3. 冷战时期的火箭

在相互竞争,努力研制飞得更远更高的太空火箭的同时,苏美两国还孜孜不倦地致力于研制威力更加强大的弹道导弹。这些能够飞越两大洲的弹道导弹,都是典型的携带核弹头的三级火箭。建造它们的目的是要摧毁敌国领土上的目标。但是,至今为止,前苏联以及以后的俄罗斯和美国之间,都从来没有发射过一枚弹道导弹。所以说,它们的数量和威力更重要的一个方面,是给对方形成一种威慑力量。不过,投入研制弹道导弹计划的巨大人力和物力,并没有完全白费,许多为导弹设计的火箭最终也能用来发射航天器。

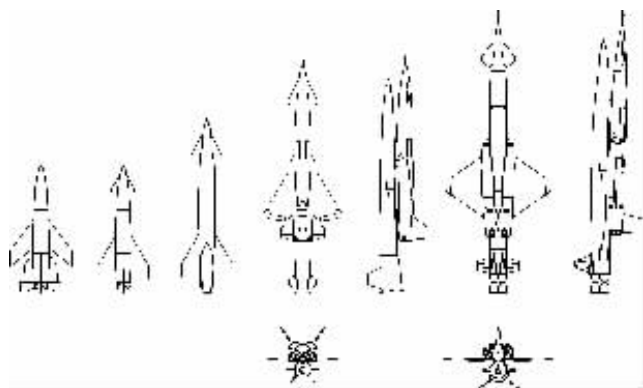


图 1-13 二战结束时美国设计的“纳瓦尔霍”洲际巡航导弹

美国最初研制的洲际弹道导弹,如“宇宙神”和“大力神”,都使用液体燃料推进器。这种导弹发射前的准备工作,包括灌注液体燃料,需要花费很长的时间。军方非常担心,这很容易遭到敌人的攻击。“大力神”的第二代“大力神Ⅱ”采用了混合自燃液体推进器(指氧化剂和燃料接触以后立即燃烧),使发射前的准备工作减少到1分钟。“大力神Ⅱ”平时保存在防弹的地下导弹发射井里,井上面有滑门,要发射导弹的瞬间才打开。

第二代洲际弹道导弹,如“民兵”导弹,则采用固体燃料,它们的维护所需要的时间更加短,也是从地下导弹发射井中发射。图1-13为二战结束时,美国设计的“纳瓦尔霍”洲际巡航导弹。

冷战时期,也曾计划从特种装备的火车上发射导弹。由于火车的运动性,对方更加难于发现导弹的位置。不过这种计划从来就没有实施过。

四、航天飞机——可以反复使用的“火箭”

20世纪50年代开始使用的大型火箭,如“宇宙神”、“大力神”等,尽管非常昂贵,都是消耗品。也就是说,它们都只能使用一次。从1981年开始升空的航天飞机系统,第一次装上可以重复使用的固体燃料助推火箭。这种固体燃料助推器把航天飞机送入轨道以后可以回收,经过修复以后又可以重新使用。但它还不是真正意义上的可以反复使用的装置。真正可以反复使用的实际上是轨道飞行器。所谓轨道飞行器是航天飞行系统的组成部分,它不同于运载火箭的助推级,是可以重复使用的空间运输系统。它的样子像航空飞机,所以我们称之为航天飞机。航天飞机的主发动机里装有电子控制计算机,能自动监视、控制和记录发动机的所有状态。由于采用了计算机控制技术,使航天飞机的液态燃料火箭发动机成为现在最先进的火箭发动机。每架航天飞机上装有3台这样的发动机,能发出165万牛的推力。

如今,一批航天飞机和一系列的消耗性航天器一起,已经成为美国发展空间计划的基础。在设计和使用火箭这一领域,全世界的许

多私人公司也在发挥着越来越大的作用。欧洲航天局也研制出几种威力强大的运载火箭 ,包括先进的“ 阿里安 ”火箭系列。苏联解体以后 ,尽管俄罗斯面临着财政方面的困难 ,但是他们研制和发展火箭的步伐也没有停止 ,如“ 能源 ”号大型运载火箭就是一个例证(图 1 - 14)。

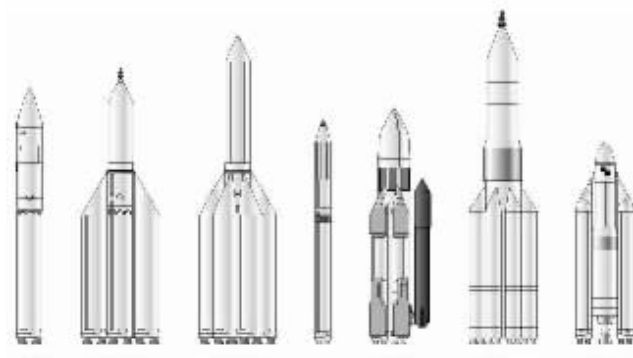


图 1 - 14 前苏联和俄罗斯的“ 能源 ”号大型运载火箭系列

第二章 空间探索的历史

第一节 人造卫星发射成功



第二次世界大战之后,由于美苏两个大国在发展航天事业方面走了两条截然不同的道路,因而所得结果也就各不相同。

前苏联非常重视远程火箭的研制,该项技术发展极其迅速。1957年8月26日,前苏联成功地发射了以两级液体火箭为运载器的洲际弹道导弹之后,对“R-7”导弹进行了某些改进,使火箭的总推力达到

图2-1 前苏联发射的第一颗人造卫星 4883千牛,是当时世界上最大的航天运载器。同年10月4日,前苏联成功地发射了世界上第一颗人造地球卫星“卫星—1”号。

“卫星—1”号的运载火箭是前苏联著名科学家科罗廖夫为首主持设计和制造的。它由中间的芯级火箭和捆绑在四周的4个助推级火箭组成。点火起飞时5台发动机同时工作,可产生约3860千牛的推力。飞行120秒后,4个助推级燃料基本燃尽,控制系统产生信号,自动地将完成使命的4个助推级抛于空间。这时,火箭的飞行高

度达到 50 千米,速度为 3.2 千米/秒。之后,芯级发动机继续工作 180 秒,将火箭和卫星加速到进入地球轨道所需要的 8 千米每秒的速度,也就是通常所说的第一宇宙速度。

“卫星—1”号的星体及其星上设备是以吉洪拉沃夫为主设计制造的。1956 年底,他建议“卫星造得小点、简单点,最好 30 千克”。科罗廖夫也是支持这一建议,他说:“第一颗卫星的外形应当简单而富于表现力,要近似于自然天体。在人们的意识中,它是人类航天时代开始的永恒象征。”他又说:“无线电发射应该有这样的波长,让世界各地的无线电爱好者都能接受到它的信号,要计算好它的轨道及其光学特性,使地球上所有的人都能亲眼看到它的飞行。”

“卫星—1”号是一个铝合金的密封球体,直径 0.58 米,重 83.62 千克,在卫星的周围有 4 根弹簧鞭状天线向后伸展。卫星所能探测的项目有:测量 200 ~ 500 千米高的大气速度、紫外线、压力、磁场和 X 射线等数据。为此,卫星内部安装了 3 个银锌电池组,两个无线电发射机交替工作,工作频率为 20.005 兆赫和 40.002 兆赫,还安装了热控制系统组件、转换元件、温度和压力传感器及其他的一些探测仪器。

“卫星—1”号的轨道参数:近地点 228.5 千米,远地点 964.1 千米,轨道倾角 65 度,运行周期 96.2 分钟,为一个椭圆形轨道。它在轨道上运行了 92 天,绕地球 1400 圈,于 1958 年 1 月 4 日再入大气层烧毁。

前苏联的这次成功发射,开创了人类进军宇宙空间的先河,使人类探索宇宙、开发利用空间,进入了一个新的异常活跃的历史阶段,激发了世界各国开始着手迎接这一历史高潮。同时也深深地刺痛了美国朝野上下,促使他们反省在航天领域中的政策失误。可见,航天技术的竞争从一开始就充满了政治色彩,航天技术成果首先较多地用于军事上也就不足为奇了。

实际上,美国早在 1946 年就提出了制造发射人造卫星的可行性论证报告,当时由于美国政府不够重视,一直到 1955 年 7 月才批准这个报告。而且由于美国发展航天技术的政策与前苏联不同,对发

展远程火箭技术没有投入足够的人力和物力,因而火箭技术尤其是远程火箭技术进展缓慢。因而在1957年12月6日,美国第一次发射的卫星没有取得成功。前苏联接连两次成功发射卫星之后,美国方如大梦初醒,加紧研制运载火箭。当“丘比特—C”火箭技术研制取得重大突破之后,此时再将它改制成卫星的运载火箭已不存在什么大的困难了。他们在“丘比特—C”火箭的基础上加装一枚“小上士”固体火箭,从而构成了一枚4级卫星运载火箭,取名为“朱诺—1”号火箭。

1958年1月31日,“朱诺—1”号运载火箭将美国第一颗人造卫星“探险者—1”号送入轨道(图2-2)。其轨道参数为:近地点600千米,远地点2534千米。“探险者—1”号卫星实际长度为2米,重为14千克。我们可以了解到美国虽然开始进入航天时代,但其运载火箭的推力与卫星的体积、重量与前苏联当时所发射的相比,都有较大的差距。使人相信,美国在发射卫星火箭技术方面落后于前苏联。



图2-2 美国发射的第一颗人造卫星

尽管如此,美国这次成功发射的卫星还是取得重大的科学成果。美国在“探险者—1”号上安装了范·艾伦博士设计的探测器盖革计数器,就是这个计数器在卫星绕过远地点时停止了计数。

科学家对这一现象进行深入研究分析,最后得知在卫星运行的这个高度上存在一条环绕地球的辐射带,后来,以计数器设计者的名字命名为“范·艾伦”带。正是由于这个“范·艾伦”辐射带,使计数器饱和而停止计数。“范·艾伦”辐射带被人们发现并认识,这是人类认识近地空间环境的第一次伟大发现。真是卫星个头不大,作用还不小呢。

随后 ,又有法国、日本分别发射各自的人造卫星。我国也于 1970 年 4 月 24 日第一次发射了自行设计和制造的人造地球卫星——“ 东方红—1 ”号。使我国成为世界上能独立发射卫星的国家。

第二节 无人驾驶飞船探索月球

在发射人造卫星方面 ,美国十分明显地落后于前苏联。但在登月的活动中 ,美苏之间也是憋足了气 ,要一比高低 ,决一雌雄。

人造卫星的发射成功 ,打开了通向宇宙的大门。人类也同时具有了进军宇宙的合适的交通工具——多级液体火箭。正是基于此 ,人类向往着探索宇宙。探向何方 ? 人们自然而然地将目光对准了月球 ,因为月球是地球的唯一卫星 ,而且是离我们最近的一个星球。人们关于月球的传说也最多 ,于是人类在开辟宇宙的过程中 ,首选第一站当然是月球了。

登月是一项十分庞大而且十分复杂的系统工程。首先人类对月球的认识在此之前仅仅是依靠观察。这种观察存在着很大局限性和不可靠因素 ,尤其是对月球的地理环境 ,人类的观察和认识尚有一些不明之处。

人在登上月球之前 ,必须解决好这样一些问题 :了解月球的地理环境 ,选择合适的着陆点。又由于飞离地球到达月球的过程中 ,空间环境与地球上有着极大的差异 :高真空、微重力、各种辐射线的照射。因此必须考虑到对人体的严重影响 ,并加以防范与保护。鉴于此 ,在登月之前 ,必须首先进行无人驾驶飞船的月球探索。通过动植物试验取得有关数据 ,验证某些技术措施的可行性以保证人在太空进行各种活动的安全。

美国和前苏联都开始进行无人驾驶飞船的研制工作。最先向月球发起攻击的是美国人 ,他们搞了一个无人月球探测计划 ,从 1958 年 8 月 18 日开始 ,连续的发射了“ 先锋 ”—1、2、3 号月球探测器 ,但均未获成功 ,不是途中爆炸就是推力不足中途返回地球 ,使计划受挫。

前苏联暗中高兴,但却没有因此而有任何的松懈,而是加紧了自己的研制步伐。继发射“月球—1”号探测器失败之后,于1959年9月14日,成功地发射了“月球—2”号探测器。由于它采用硬着陆的方式,使“月球—2”号上的探测仪器在撞击月面的瞬间彻底损坏,无法进行探测,因而得不到任何关于月球资料的数据。尽管如此,它毕竟是人类派往月球的第一个“使者”,在航天史上有深远的意义。同年10月4日,又发射了“月球—3”号探测器,这个重278千克的探测器绕过月球的背面,连续拍摄了40分钟的月球背面照片。这些月球背面的照片对于地球上的人类来说是极其珍贵的。这些照片公开在世人面前,使人们第一次看到月球背面地貌地形,因为月球的自转周期和公转周期相同,地球上的人们始终只能看到月球的一面,而另一面又称之为月球的背面,是地球上任何地区都无法看到的。前苏联人根据所得资料绘制了世界第一张月球背面图,对背面的环形山随心所欲地进行了命名,而无需同别人进行商量。

前苏联人的这“第一次”、“第一张”在世界上引起轰动,也刺激了美国人。1959年12月21日,美国制定了可以硬着陆的“徘徊者”计划。从1961年至1964年,美国一口气连续发射了6颗“徘徊者”,但它们真是不争气,要么没有到达月球,要么是没有发回任何照片。这之后,又发射了“徘徊者—7”号探测器,这次命中了月球的“云海”地区,在撞击月球之前17分钟内,探测器上的6架摄像机共拍了4308张探测器逼近月球的照片。通过这些照片,人类也是第一次看到了月球上直径一米左右的坑穴和几块直径不到30厘米的岩石。

1965年2月和3月间,美国又连续发射了“徘徊者—8”号和“徘徊者—9”号两颗探测器,它们向地球发回了10000多张高清晰度照片,从而澄清了一些与月球表面性质有关的争论。例如,在月球上是可以找到完全适合宇宙飞船降落的平滑地区。

正当美国人频频取得无人探测月球成果之时,前苏联人也不断地发射“月球”探测器,直至把“月球—13”号探测器送入了月球轨道。其中“月球—9”号取得了登月技术的重大突破——实现了在月球上

的软着陆。那是在 1966 年 2 月“月球—9”号经过 79 个小时的飞行抵达月球上空。在距月球表面 75 千米处“月球—9”号上的逆向制动火箭点火,探测器开始减速,其中的着陆部分——主要是仪器舱从探测器分离出来,它是被一个能自动充气的大气球包裹着降落在月球表面上的。仪器舱中的各种仪器完好无损,这样才得以源源不断地向地球发回各类照片和数据。从有关数据中得出一个使人振奋的结论:月球上的辐射不会对在月球上作短期停留的宇航员造成伤害。同年 3 月,前苏联人又紧接着创造了一个世界之最,发射“月球—10”号探测器,以 2.5 千米每秒的速度接近月球。当从月球旁边飞过后,逆向火箭点火减速,以 1.25 千米每秒的速度进入月球轨道,从而成为月球的第一颗人造卫星。它的轨道参数为:近月点为 350 千米,远月点为 1000 千米,轨道倾角 $71^{\circ}54'$,环月飞行周期为 3 小时。“月球—10”号向地球发回许多重要的科学资料,比如,月球附近的宇宙尘埃的密度比星际空间的密度大 1000 倍左右;月球周围存在着微弱而均匀的规则磁场等等。

已超过美国的前苏联,在 1968 年 9 月 15 日发射了“探测器—5”号。它在完成绕月飞行之后,又返回地球,平安地溅落在印度洋内。同年 11 月发射的“探测器—6”号在 4 天之后飞行到距月球 2420 千米处,之后它又绕到月球的背面,然后于 17 日再返回大气层,降落在前苏联的本土境内。

第三节 科学探索卫星

自从人造卫星问世以来,人们对利用、开发宇宙空间资源的热情日益高涨。宇宙空间具有从事某些科学活动的有利条件,为了能充分利用这些条件,许多国家都热衷于研制各种卫星,为人类社会服务。

全世界共向空间发射了 4000 多颗不同用途的卫星,对这些不同用途的卫星,选择其中一些与人类活动密切相关的卫星作一些介绍。

一、地球观察卫星

地球观察卫星就是利用宇宙空间的高远位置及高真空的有利条件,对地球及其大气层进行观测的应用卫星的一种。从宇宙空间上观察地球具有视野开阔、出入自由、连续持久而不需动力等一系列优点。再加上十分先进的遥感技术,使得地球观察卫星具有一双十分敏锐的“千里眼”,可以清晰地看清地面物体的形状、大小及颜色特征等,又能敏感到地面温度、结构成分等内在因素,也能探知到地表之下或水下所埋藏的奥秘。

气象卫星就是一种地球观察卫星,它是设在外层空间上不用人监护的“气象站”,是目前各国每天天气预报的主要资料来源。气象卫星在外空运行,高高在上,对地球上的各处都能一目了然。通过星上遥感仪器可以对陆地、海洋以及大气层进行观察和测量,这对保障各国的农业、渔业、畜牧业、航空航海业、建筑业、石油工业、船舶工业等的顺利发展有重大作用,因而各国投入巨大资金研制和发射气象卫星。迄今,全世界前后共发射了 180 多个气象卫星,仍在轨道上运行的还有 23 颗。

美国的气象卫星目前还是处于领先地位,拥有静止轨道和极轨轨道两类卫星。静止轨道是指其轨道平面与地球的赤道平面相重合,轨道高度在 36000 千米左右,在这种轨道上运行的卫星的轨道周期恰为 24 小时,正好与地球自转周期相同步,故又称之为“地球同步轨道卫星”。在这一轨道上的气象卫星所观测的总是某一固定地区,占地球的三分之一,因此可以得到这些地区的上空大气云层覆盖图,也就是我们常从电视气象预报中见到的。当晴空万里之时,又可获得该地区的地面图像。但由于卫星所处轨道极高,拍摄的卫星图像就没有低轨道卫星图像那样清晰、详尽,而且不能得到地球两极的气象图像资料,极轨轨道是指其轨道平面与赤道平面夹角近 90 度,其高度较低,仅有 700 ~ 1000 千米,在这种轨道上运行的气象卫星显现出十分突出的优点。

近极轨道上的卫星,每次绕地球飞行时都以很近的距离经过地

球的南北极 ,从而可得到详细的南北极的气象图像资料 ,弥补了静止气象卫星的不足。虽然该卫星覆盖地面很小的地区 ,但每幅图像的分辨率很高 ,图像清晰 ,又可重复对某一地区成像 ,达到连续观测气象的目的。

美国的极轨气象卫星的发展 ,经历了试验性卫星发展到目前正使用的“诺阿”系列的第四代先进的“TIROS/NOAA”卫星 ,一直保持完好的双星组网工作。目前在轨工作的是“诺阿—12”和“诺阿—14”卫星。前者用于产生分辨率为 1.1 千米的数字气象云图 ,后者用于测量大气参数 ,其分辨率可达到 110 千米。

90 年代中期发射的“诺阿—K、L、M、N 和 N’”极轨气象卫星由于增加了先进的微波探测器 ,因此 ,可以探测出大气的温度廓线 ,它是从原始的探测资料反演出精度好的温度廓线的。此外 ,还能探测雪覆盖范围和雪的厚度以及雪的状况 ;探测陆地和海洋的降水 ,区分海洋冰层是多年冰还是一年冰 ;测得有限范围的土壤温度等。卫星又把甚高分辨率辐射仪的第二通道的波段从 0.72 ~ 1.10 微米改为 0.82~0.87微米 ,并增加第六通道 ,它与第二通道交替使用 ,以提高对白天的雪和云的鉴别能力。美国还计划于 2000 ~ 2010 年再发射性能全新的“诺阿—O、P、Q”气象卫星。

同样 ,美国的静止轨道气象卫星也是经历了试验性卫星、第一代工作型卫星(即为第一代静止卫星)的过程。目前正在使用的“戈斯(GOES)—8、9、10”是美国第三代静止轨道气象卫星。与过去的相比 ,其特点是采用三轴稳定的方式 ,而且卫星上的成像仪和大气探测器可以同时进行探测 ,从而能得到更为精确的观测数据 ,更好地进行气象预报 ,为用户提供上佳服务。

前苏联在气象卫星技术方面就逊色于美国了 ,它仅拥有 2 个“流星”系列的极轨卫星 ,那就是“流星—2”和“流星—3”。两者轨道高度分为 950 千米和 1200 千米 ,是三星组网工作的。至今 ,共发射了 27 颗“流星”卫星 ,其中 21 颗为“流星—2”卫星 ,另外 6 颗为“流星—3”卫星 ,将来发展的趋势以“流星—3”取代“流星—2”。两个系列的卫

星都是传输 1920 千米的可见光图像,其分辨率小到 1.6 平方千米。

“流星”系列卫星提供了地球上三分之二以上地区的日常天气资料和大气辐射的资料,还可提供冷暖峰、喷气流方面的研究资料。

名为“电气”的卫星是俄罗斯 1994 年发射的首颗同步气象卫星,星重 2500 千克,定位于东经 73 度,为三轴稳定,设计寿命 2~3 年。星上携带的有效载荷为:一个通信有效载荷,一台可见光电视扫描仪,一台红外扫描仪,一个环境平台数据收集系统,数台辐射探测器及一个 UHF 成像传输系统。其空间分辨率分为可见光波段是 1~2 千米,红外波段是 5~8 千米。

我国也于 1988 年 9 月 7 日发射了一颗气象卫星,取名为“风云—1”号。它是一颗太阳同步轨道卫星,也是一颗极地轨道卫星。

“风云—1”号卫星是一个高 1.2 米,长宽各 1.4 米的立方体。太阳能电池阵展开之后,全长 8.6 米。星重 750 千克,轨道高度 900 千米。一昼夜可绕地球飞行 14 圈,可覆盖地球两次。这颗卫星在技术上有多项突破,如采用了新型碳纤维复合材料板,有由大量的硅光电池片组成的,可提供 800 瓦电力的大面积伸展式太阳电池阵。长寿命的高密度图像磁带记录仪和全数据三轴姿态稳定系统,以及高分辨率扫描仪等。这颗卫星的主要任务是获取全球气象信息,并向全世界各气象卫星地面站发送气象资料。此外,它还具有探测空间粒子成分的功能,从而可用于空间物理学的研究。

气象卫星作为一种非常理想的大气探测工具和气象通信工具,所产生的经济效益是极其诱人的。利用气象云图预报台风很准确,自投入使用以来,全球所发生的热带风暴,几乎无一漏报。美国过去每年因灾害性天气造成的损失高达 100 多亿美元,利用气象卫星资料后,每年可以减少约 20 亿美元。1986 年,有一次台风在我国广东汕头登陆,由于气象部门根据卫星资料提前 72 小时作出了准确的预报,有 3000 艘渔船提前进港,100 万平方千米的农作物提前抢收,35 座水库加强了安全措施,减少了近 10 亿元的损失,经济效益非常可观。相反,1970 年孟加拉湾的一次风暴和暴雨造成 40 万人死亡,这

又是多么惨痛的教训！

地球资源卫星也是地球观察卫星的一种，地球资源卫星的使用是受到气象卫星的启发而产生的，也是在气象卫星的基础上发展起来的。

地球资源卫星的工作过程是这样的：卫星上载有各种遥感设备，能获得地面目标物所辐射出来的微弱信息，同时也能接收由星上设备发射而又被目标物反射回来的信息。这些信息被送到卫星地面接收站的变换系统，地面系统对卫星进行跟踪与测量，接收、记录和处理卫星发来的图像和数据，根据用户的需要和要求对这些图像和资料进行加工处理，再分送给相应的服务系统。测绘、地质、海洋、环境保护以及林业等部门，均十分需要地球资源卫星所能提供的图像和数据。

世界上的第一颗地球资源卫星是美国 1972 年发射的“陆地卫星—1”，正是由于这颗卫星的出现，把人类观测地球的各种自然现象及其变化置于一个过去从未达到过的新高度，又把人们的视觉范围从可见光波段扩展到红外、紫外及微波区域。人类对地观测开始进入一个崭新的发展阶段。美国的“陆地卫星”从 1 号不断地发展，一直到 6 号地球资源卫星。美国的陆地卫星采取三轴对地走向姿态，其轨道为 900 千米高的近似圆形的太阳同步轨道（“陆地卫星”—1、2、3 号都是这样的），周期为 103 分钟，每天绕地球 14 圈。第二天它就向西偏 170 千米，18 天后又回到原轨道上运行。每一帧图像所覆盖的地面面积为 185×185 平方千米，相邻两帧图像重叠 14 平方千米。

美国从“陆地卫星”中获得的经济效益十分可观，比如 1977 年，美国利用陆地卫星图像对其玉米和大豆农作物进行估产，误差仅在 3% 之内。这对粮食的进出口计划是十分有价值的参考数据。人们利用陆地卫星所拍摄的图像发现了几十处地图上没有记载的湖泊，找到了苏丹的油田、巴西的锡矿、澳大利亚的铀矿。世界上已有 100 个国家陆续建立了“陆地卫星”地面站，接收陆地卫星所发送的图像信息，使用陆地卫星的资料。

当今最走红的地球资源卫星当属法国的“斯波特”卫星,它采用可见光红外和多光谱传感器对地球进行观测;“斯波特”—1、2、3是第一代,而1998年发射的“斯波特—4”是第一代的改进型。它在原来的谱段基础上新增加一个中红外谱段,用以估测植物水分,增强对植物的分类能力,也有助于对冰雪的探测。2000年计划发射的“斯波特—5”则是法国第二代地球资源卫星了,它打算装两台新型传感器,其单色光谱段可提供2.5的分辨率图像资料,3个多色光谱段的图像资料分辨率可达210米,而中红外光谱段的分辨率为20米。

曾经用“斯波特—2”号卫星拍摄到朝鲜的小城镇附近的核设施,其分辨率达到10米。该设施及与其有关的新建筑物清晰可见,被认为是用来生产核武器所需铀原料的。设施的生产能力还在不断的增加。照片中显示,在该设施以南有一座新的建筑,据分析认为里面装的是50兆瓦的核反应堆。对照片的进一步的分析得知,与反应堆建筑物相邻有一个核燃料回收的设施,这与生产铀相关。小城的北面还有一个地空导弹基地,南面有一个防空火炮阵地,这是保护设施。从照片上可以分辨出核设施内的办公楼和实验楼,各种道路,高压输电线,堤坝和保安篱笆,真可谓一览无余。

欧洲的第一颗地球资源卫星是“ERS—1”遥感卫星,它也是不错的,是世界上较为先进的对地观测卫星,它主要有这样的特点:

(1) 传感器采用先进的合成孔径雷达,可以不受自然条件限制,全天候地进行观测和成像。

(2) 可测量到其他地球资源卫星无法获得的参数,且分辨率高。

欧洲遥感卫星“ERS—1”号由“MK—1”平台和有效载荷舱组成,“MK—1”平台承载能力950千克,可提供电源、姿态控制、轨道控制和数据处理等各项服务。还带有一个装着300千克肼燃料的推力舱。卫星总重量为2400千克,有效载荷660千克,总功率1800瓦,工作寿命2年,运行于785千米高的太阳同步轨道上。星上装有一台合成孔径雷达,因而使卫星具有全天候、全天时工作能力。

“ERS—1”号卫星将取代现有的测量手段实施大范围的污染监

测,尤其是石油泄漏对海面的污染。它的雷达系统能发现大范围内的船只及其尾迹,依靠一系列通信设备为船舶导航提供服务。“ERS—1”所拍摄的卫星图像经加工处理就可用于农林、地质等方面的研究,尤其是卫星图像的快速实时处理更方便于森林地形、土地利用的制图。利用所得数据确定深海鱼群的种类,进行有效的渔业资源管理,提高捕鱼效率,探测冰的特征,支持海洋石油的勘探,了解近海的情况,为海上石油平台提供服务。曾经有一位法国人利用“ERS—1”号卫星图像,进行了一次沿着前苏联北海岸至东北航道的大胆航行,创造了顺利通过北冰洋海域的壮举。1991年8月,一艘法国船正是利用该卫星图像,找到了一条从欧洲到日本最有效而结冰又最少的航线,航行仅用了一个月的时间。“ERS—1”号卫星用途多,作用大,必将对地球资源卫星的发展产生深远影响。

20世纪90年代是地球资源卫星空前发展的年代,我国也开始进入这一领域,1988年开始与巴西合作研制一颗名为“资源—1”号的地球资源卫星,将采用太阳同步轨道和无线电传送的图像,覆盖我国全部陆地和海洋以及某些邻国的全部或大部分地区。

我国充分利用地球资源卫星提供的各项资料,用于科研与生产的各项活动,而且取得相当的经济效益。比如,测绘我国领土,由于卫星是登高远望,地形、地物尽受眼底,卫星只需拍摄500~2000张照片,十几天时间就可得到清晰、准确的全国地图。要是仍用传统的即使认为先进的航空测绘方法,也需拍50~100万张照片,并且需10年多时间,真是费力又费时而准确度也没有前者高,两者简直不能相比拟。卫星照片可为地震预报提供可靠的背景资料。例如,1989年10月21日,我国地震部门根据卫星照片上从大同阳高地区出现的温度增值现象,预报该地区近日内会有5级左右的地震,实际结果真是在23日发生了5.2级地震。这标志我国在利用卫星照片所显示出的红外异常而温度增值现象来预报地震方面,取得令人瞩目的成绩。

气象卫星将来的发展方向主要是:

(1)完善静止轨道气象卫星和低轨轨道气象卫星共同组网构成

的全球观测系统,两者相互弥补以得到全球范围内的完整气象信息资料。

(2) 极力主张发展一星多用,研制出以气象卫星为主,多领域服务综合性卫星,使之与地球资源卫星、海洋卫星相配合,对地球环境进行全方位的监视、观测,提高气象预报精度及准确性,以减缓或减少甚至消灭某些自然灾害。最终目的将使主动式微波遥感器获得广泛应用,建立起由空间平台、静止轨道卫星、极轨轨道卫星组成的多层次全球对地观测系统网,以保障人类的安康生活,促进社会的更大进步。

二、天文卫星

人类生活在地球,对地球之外的宇宙世界也非常感兴趣,广袤无垠的宇宙不时引起人们的遐想。然而,过去人类观测宇宙空间及其天体的方法与手段是很落后的。虽然发明了接受可见光的光学望远镜而使天文观测有了重大的突破,取得了不少“第一次”的发现,而且以后也想尽一切办法来完善与提高观测效果,比如造巨型望远镜并把它放到山上或飞机上进行高空观测。然而,这些都还没有超越大气层对天文观测所形成的障碍,观测结果也就不会有质的飞跃。

因为人们知道,地球之外的宇宙天体上不只是能辐射一定波长范围的普通可见光,而且同时也还辐射出其他许多波段的电磁波,如红外线、紫外线、X射线及 γ 射线等,在这些射线中提供了大量有关天体的信息。但十分可惜,这些射线被地球周围的大气层所散射或吸收,只有很少很少的小部分到达地球或根本到达不了地球。大气层给人类带来极大好处的同时,也给人类的天文学研究造成不少麻烦,增添了很多遗憾。

人造卫星升空了,卫星运行在地球大气层之上,那里的环境完全不同大气层内的地球。那里是高真空,高远位置,微重力,十分适合于天文观察与测量。由此自然而然地想到利用卫星进行天文观测,天文卫星也就应运而生了。

天文卫星对天体进行的观测,不是简单地像在地球上那样,把天

文望远镜搬到山上就行了 ,这其中涉及到的问题很复杂也很庞大 :有运输上的问题 ,如何把设备送上天 ? 此外还有设备是否适用于高真空、微重力的环境的问题 ,更有如何用足高真空、高远位置环境的有利条件充分发挥出观测性能的问题。



图 2 - 3 “哈勃”望远镜

这方面 ,美国又先行一步走在前面了 ,美国航空航天局制定了从观测可见光、红外光、直到 γ 射线的宇宙观测计划。计划中主要是研制和发射 4 个大型地球轨道天文观测台 ,它包括了“哈勃”空间望远镜(图 2 - 3)、 γ 射线观测卫星(GRO)、高级 X 射线天文物理设施(AXAF)、应用红外望远镜(SEQTE)。

这 4 个大型天文观测台中 ;“哈勃”空间望远镜是值得介绍一番的 ,这不仅因为它是美国航空航天局目前所研制的最为昂贵(造价 17 亿美元)、且技术又最复杂的航天器 ,同时也是航天飞机所能携带的最大的有效载荷 ,而且还因为它在工作过程发生了一系列趣事。

“哈勃”空间望远镜是几经周折终于在 1990 年 4 月 20 日由航天飞机“发现”号送入并释放在地球轨道上的。轨道参数为 613×620

千米,倾角为 28.5 度。飞行器在轨重 10 吨多,设计寿命为 15 年,97 分钟绕地球一周,一天可进出 15 次地球的阴影区。它的长度是 13 米,直径 4.2 米。“哈勃”空间望远镜由三大部分组成:光学部分(O-TAO);保障系统舱(SSM);科学仪器。工作过程是这样的:入射光由舱门进入,直接照射到直径 2.4 米的主镜上,主镜将照射的光反射到它前面 4.88 米处的副镜(直径为 0.3 米)上,由副镜将光进行聚焦,之后又重新反射回到主镜处,聚焦的光经主镜的中央小孔穿过到焦平面上成像。“哈勃”空间望远镜在 1983 年 10 月正式命名,原计划是准备在 1986 年 10 月发射,后因“挑战者”号航天飞机发生爆炸的严重事故,航天飞机被迫停止飞行而几经推迟,直到 1990 年 4 月 24 日才发射升空。在推迟的几年中,曾对“哈勃”空间望远镜作过一些改进:

(1) 改用了不易老化的新的太阳电池阵列,它比原来使用的电池阵列可多供 40% 的电能。

(2) 进一步地确定每 30 个月对“哈勃”空间望远镜重访一次,而不是过去所说的 3~5 年访问一次,以便进行维修、更换仪器和再发射的工作。最近的两次访问在 1993 年和 1996 年。

美国研制“哈勃”空间望远镜的目的,就在于希望通过它来解开宇宙起源的谜团。该望远镜的“巨眼”能看到 140 亿光年极其遥远的宇宙空间。又由于它的清晰程度比地面上的望远镜大 10 倍以上,它用于研究太阳系内的天体细节,寻找黑洞,拍摄几百个到上万个星系照片,找出星系的演化过程,对从事星团、星系团、星系介质等众多天文研究极为有价值。

1990 年 5 月 20 日“哈勃”首次睁开它的“双眼”,观察宇宙,发回了它的第一张照片。但人们很快就发现“哈勃”的主镜没有工作在最佳状态。在主镜与副镜之中,可能有一个镜片存在球面差而使成像模糊。还发现“哈勃”太阳能电池板的金属架因环境温差而反复热胀和冷缩,发生颤抖。

为使这架花费巨资研制的“哈勃”空间望远镜恢复正常工作,

1993 年 12 月 2 日“奋进”号航天飞机载着 7 名宇航员升空进行维修(图 2-4)。宇航员先是用机械臂将“哈勃”抓获收回到航天飞机的平台上,通过装有电视摄像机的机械手对“哈勃”进行观测,接着就开始在太空中对望远镜进行修复。

宇航员在太空中共进行了 5 次危险的舱外作业。这些作业主要是更换“哈勃”上的太阳能电池板,更换广角行星摄像机,又将重 290 千克的太空望远镜轴矫正光学器安装在舱内,在望远镜的塔状顶上安装了磁强计保护罩,如此等等。宇航员用极为先进的科学仪器重新装备了“哈勃”空间望远镜,以期提高望远镜的性能,充分地发挥其观测作用。这次修复工作为时 11 天,宇航员在太空中行走了 5 次,前后共工作了 35 小时 28 分,创造了航天史上之最。整个工程耗资 6.29 亿美元,也是令人咋舌。



图 2-4 “奋进”号航天飞机升空

12 月 13 日,航天飞机将修复好的哈勃空间望远镜重新放入地球轨道。“哈勃”恢复了正常工作之后,美国航空航天局向世界宣布了“哈勃”望远镜的几个惊人的天文发现:

(1) 在距地球 16.9 万光年的太空,发现了一颗命名为“1987A”号的超新星,它被发光气体形成的三个大彩色光环所包围着。

(2) 在“M87”银河的中心处,一个超热气盘正以 1.93 万千米每小时的速度高速旋转着,像流水一样注入一个容积有 200 万个太阳大小的黑洞之中。

(3) 在距地球 7000 光年的太空中 ,又发现一颗正在形成的新星。在其核的周围 ,急剧翻滚的宇宙物质源源不断地涌向更为遥远的太空。

现在人们通过天文卫星对宇宙空间的观测 ,再也不会受到地球周围大气层的干扰 ,可以完好地接收来自天体的所有电磁波 ,并根据所拥有的丰富信息 ,进行太阳物理、行星物理、恒星物理及星系物理学研究 ,充分地了解和掌握天体的发展演变过程。利用天文卫星可以实现对太阳更加详细的观测 ,从而对太阳有更充分的认识 ,掌握太阳发展的自然规律。这样就能很好地利用这些规律来保护地球的生态环境 ,用现代科学的高度发展给人类社会创造巨大的效益。

三、其他用途的卫星

人造卫星工作在高于大气层之上的宇宙空间 ,人们正是分别依据这些特殊环境设计与制造出了许多不同用途的卫星。除了我们前面叙述过的那些卫星之外 ,还有很多卫星在为实现人类的不同目的而工作 ,它们与人类生活关系十分密切 ,极大地改善了人类生活质量。

近年来 ,人们感到地球在变“小” ,越洋通信联系、卫星电视转播等可以达到地球的任一角落 ,而且又是那样的简单、清晰。用“日新月异”说明其变化之快 ,一点也不过分。人们真正发现我们居住的地球成为“地球村”了。这令人眼花缭乱的巨变 ,得归功于通信卫星的出现。通信卫星正是利用了空间高远位置特性 ,作为无线电波的接收和发送的空间中继站 ,其优点是地面上其他通信方式无法比拟的。通信卫星覆盖面广 ,通信信息量大 ,质量高 ,且投资较小 ,而盈利却很大。通信卫星是最先进入实用阶段并又很快实现商业化的一项航天技术 ,其经济效益是有目共睹的。比如 ,美国通用电视卫星转播的节目的数量比用微波线路传输多了一倍 ,相反 ,其费用却为过去的一半。每当发射一颗通信卫星 ,光免去铺设电缆就可节约 5 万吨的铜。曾有数字统计显示 ,美国国内的卫星通信业的收入 1978 年为 2.5 亿美元 ;1983 年上升为 10 亿美元 ;随着航天技术日益成熟和发展 ,研制

通信卫星的成本也因此而变得越来越少,就使得卫星的租金也会逐年减少,每条单向话路的租金从1965年的3.2万美元减少到1982年的4680美元,这可是几倍的变化啊!因此,世界各国都竞相发展卫星通信也不足为奇了。

一般地,通信卫星都是工作在3600千米高的地球静止轨道上,通信范围与其所能覆盖的地区一样,为地球的三分之一以上的地区。这样,只要在赤道上空均匀地布置3颗这种卫星,就可实现全球通信的目的,但令人遗憾的是地球的南北极地区不能包括在其中。卫星通信实际上是把卫星作为一个太空中转站。就是将要传输的信息(语音、图文传真、电视节目)先在所谓的卫星地面站进行加工处理并放大,使之成为调频或调幅高频电波信号,然后通过上行信道传送到在轨道上运行的通信卫星。接收到的信号又在此进行频率的变化和功率放大。再由卫星上的发射天线发向地球另一地区的卫星地面接收站,经过反变换之后得到原来的信息,从而完成了信息的变换与传送,达到通信的目的。当然,为了保证通信正常、高质量地进行,还必须要有能控制卫星位置、姿态即调整工作状态的一套遥控系统,通常称之为卫星遥测站。它就是接收卫星发出的遥控信号,并依此分析判断轨道上卫星工作状况,根据通信工作要求,或是纠正卫星的位置,使卫星始终处于“静止”,收发天线对准地球的固定地区,或是调整星上设备的工作状态,保证信号再加工工作正常地进行。

卫星通常所带给社会的巨大经济效益是难以估算的,通信设施的巨大增长,也促进了国民总产值的增长,两者似乎存在着一种线性关系。我们每个人都切身体会到通信事业的突飞猛进,给我们日常生活带来种种方便。然而,这静止轨道通信卫星所处的轨道很高,电波往返过程中信号产生很大的衰减,信号变得很微弱,地面终端都只能是车载、机载和船载的大型设备,不能用手机;同时也会产生较大的延时,这样人们在接受语音信号时就会有一种不舒服的感觉。为了克服这些缺点,又相继的研制出中低轨道通信卫星。

低轨道卫星移动通信系统中,较为有代表性的是美国的“铱”星

系统,它由 66 颗卫星组网,分布在 6 个轨道平面之内。轨道高度在 765 千米左右的卫星网,因轨道高度远低于静止轨道的高度,从而不存在静止轨道因通信距离大而带来的信号衰减严重及延时大的缺点,但同时却有投资大(约 34 亿美元)和技术风险高的缺点。近年又提出的中轨道卫星移动通信系统由 12 个卫星组网,轨道高度为 1000 千米,它兼有静止轨道和低轨道卫星系统的优点,又可提供最大仰角的全球覆盖。在静止轨道位置资源比较紧张的情况下,这种系统引起人们较大的兴趣。

在通信卫星之后又升起了一颗新星,那就是人们熟知的导航卫星。其中的佼佼者当属“全球卫星定位系统”,英文全称为“Global Position System”,简称为“GPS”。它是继“阿波罗”登月和航天飞机之后,人类取得的又一重大航天成果。

全球卫星定位系统由三大组成部分,空间部分是由 25 颗卫星构成“GPS”系统,分布于轨道倾角为 55 度,高度为 17600 千米的 6 条轨道上,每条轨道上均分布 4 颗 GPS 卫星,另外的一颗 GPS 卫星作备份用。它们绕地球运行周期为 11 小时 58 分钟。每颗星上都装有一台走时十分准确的原子钟,计时误差为 30 年不超过 1 秒。每颗星上又都有一台遥测发射机,工作频率为 2200 兆赫~2300 兆赫。这些卫星会不停地发出自己所处位置信号和时间信号,在地球的任何地方及任何时间,通过配套的接收器至少可接收到 4 颗卫星所发出的位置及时间信号;第二部分是控制部分,主要是用以对卫星进行跟踪与监控,它装有一台更加准确的原子钟,用于校准 24 颗 GPS 卫星上的原子钟。它将接收到的各卫星在轨的运行信息数据,进行汇集、分析处理,经处理后的信息由地面控制中心的发射天线传输给空间的每颗卫星,以使卫星能不断地发出在轨的实时信息;第三部分则是接收部分,又称为 GPS 接收器,主要用于接收最近几颗(至少 3 颗)卫星所发出的位置与时间信号。加上自身产生的时间信号与事先储存在 24 个卫星内的轨道数据和世界主要城市或标志物的经纬度数据进行比较,就能很快地得出接收器所处的地理位置,达到卫星定位的目的。

的。而且收到信号的卫星数目越多,定位精度就越高,有的精度可达到 10 米左右。

GPS 定位系统,已显示出其卓越的实用价值,尤其是在军事方面的应用更是令人叹为观止。这也正是美国国防部肯投入 30 亿美元巨资研制 GPS 定位系统的主要原因吧。事实上美国也确实得到了极大的回报。在 1990 年的海湾战争中,GPS 系统发挥出了巨大的作用,多国部队共装配了 17000 台 GPS 接收器。就在实施“沙漠风暴”的第一个晚上,多国部队的 7 架“B—52”战略轰炸机向伊拉克发射了 35 枚装有 GPS 接收器的巡航导弹,利用 GPS 接收系统的中制导以及末制导修正,导弹准确击中了要打击的军事目标,使伊军的通信、防空和电力系统全部瘫痪,为以后的胜利奠定了基础。

1957 年,前苏联发射第一颗人造卫星,当时还只是当作发展导弹的一种副产物,只是以一种和平方式显示一下导弹的威力。空间技术在初期也只是作为认识空间环境,在空间进行科学实验的一种手段。但是随着航天技术的不断发展,人们对宇宙空间认识也不断加深,眼界豁然开朗。在几百千米的高空之上存在着丰富的空间资源,一旦占据这个位置之后,就可以从事一些地球上无法进行的科研及生产活动。对于深受地球环境限制的人类来说,如何开发利用宇宙空间资源,向空间移民,成为当前空间技术的热门话题。在宇宙空间的物质资源中,有着比地球充足千万倍的太阳能。利用太阳能发电,将会使人类生活有一个质的飞跃。距人类最近的月球和火星上有一些地球很少或没有的物质,这些物质对人类社会也将产生重大影响。

第四节 行星探索

当得知人类所赖以生存的地球及太阳只是宇宙空间的一个普通的恒星系——太阳系中的一个星体,而且地球又是不算大的一颗行星时,这不能不引起人类的极大兴趣。宇宙是怎样形成的?生命的

起源在哪里？人类文明是否是太阳系中或宇宙里唯一的？人们是多么地想知道这一切，因此曾产生过许多理论或设想，有多少仁人志士为此而献出自己毕生的精力和才华。美国著名的天文学家埃德温·P·哈勃找到了关于宇宙大爆炸的理论的重要证据：一个天体越远，它的退行速度越快。关于宇宙之迷的兴趣也就越浓，在探索月球的同时，人类就已开始行星的探测了。

一、木星



图 2-5 “伽利略”号探测器

在太阳系的 9 大行星之中，木星这颗行星很有特点，曾相当引起过人们的关注。它的“身材”最为高大，体积是地球的 1316 倍，质量也是地球的 300 多倍，两者犹如西瓜比芝麻。木星常被西方人士称之为“朱庇特”，意为罗马神话中的众神之王，美国曾前后发射了 3 批探测器对木星进行科学的探索，这就是美国的“先驱者”号、“旅行者”号以及“伽利略”号探测器(图 2-5)。

作为探测木星的前驱，被称之为老寿星的“先驱者—10”号在茫茫的太空中漫游了 25 年之久，仍不断地向地面发回信息。但它原来的设计寿命只有 21 个月。目前距地球有 96.6 亿千米，以约 4.8 万千米每小时的速度飞离太阳系，它发回的无线电信息要 9 小时之后才能到达地球。在对木星的探测过程中，创下很多纪录，首先实现了人造天体对木星的第一次探测，认证了木星是太阳系中的“老大哥”之说，其自转速度之快居 9 大行星之首。“先驱者—10”号在 1973 年

12月接近木星时,拍摄到了木星及其卫星的照片,发现木星具有辽阔并高出地球磁场20~40倍的强大磁场及巨大的辐射带。发现木星存在一个美丽的云团大红斑,而且还被近似于土星的昏暗光环所包围着。探测器还第一次探知,木星星体是由液体和气体构成的。

为了解谜,美国又研制了探测木星的“伽利略”号探测器,只是因“挑战者”号航天飞机的灾难事故,发射被推迟了3年之久,最后于1989年才得以将它发射升空。“伽利略”号探测器是当时最先进最复杂的宇宙飞船,重3000千克,为一不规则的长方体,由轨道器、探测器和高增益天线组成。飞船的飞行轨迹是很有特点的:为了节省飞往木星所需的推进剂,利用行星引力来改变飞船轨道,获得飞船所需的加速度。“伽利略”号飞船被航天飞机释放入轨之后,先是向太阳方向飞去,于1990年2月与金星相遇,受到金星引力作用被加速到14290千米/小时的速度,沿着一个更大的绕太阳飞行轨道前进。2次飞经地球附近时,其速度达140300千米/小时。最后“伽利略”号飞船直奔木星而去。飞船采用不同寻常的飞行路线,节省了大量的推进剂,同时也克服了金星对其热辐射问题。

“伽利略”号飞船经6年的“长征”,行程3亿千米。在到达金星前的150天,飞船的探测器和轨道器相分离。轨道器在轨道上继续飞行,对木星的4颗最大的卫星进行观察。探测器进入木星的大气层,打开降落伞徐徐地下降,开始对木星的大气进行测量,把测得数据经轨道器的中继传到地面。探测器进一步降到更低的大气层时,由于压力加大和温度升高遭到破坏,最终气化不复存在。

“伽利略”号飞船在为期两年的探索中,有效数据源源不断地发回地面,使科学家们相信,木星上的很多物质可能仍保持着46亿年之前形成太阳和其他行星时的原始状态。这将丰富人类对太阳系起源及演化过程的认识,对整个天体会有更为清楚的了解。已经发现了木星的16颗卫星,仿佛是一个小太阳系。这也更加激起人们的兴趣,迫切期望“伽利略”号飞船能完成所要观测的项目,研究木星大气层和电离层的状况,木星等离子体的分布和高能粒子分布情况,观察

由于太阳风的波动和“木卫一”卫星变化而引起的磁层变化。飞船飞行到最后轨道时,它将成为飞过木星磁层的第一个宇宙飞行器。

人类正是在行星探索的过程中,渐渐地撩开木星的神秘面纱,对木星的认识层层加深。由于受到“阿波罗—11”号飞船登月成功的鼓舞,美国科学家们雄心勃勃地制定了一个“旅行者”计划,使用两艘飞船分两条路线进行行星探测。一条路线是从地球到木星再至土星,直到飞出太阳系;另一条路线从地球到木星,至土星,至天王星,再到海王星,最后飞出太阳系。从中不难看出后者路线长,观测的行星数目也多。

1977年8月20日,“旅行者—2”号发射升空,紧随其后是“旅行者—1”号于同年9月5日也发射升空,踏上它们各自不同的旅途。

“旅行者”—1、2号宇宙飞船(图2-6),无论在结构设计上或所带仪器上,两者没有什么两样,都是世界上最先进的宇宙飞船。它们自重825千克,起飞时的重量约为2100千克。飞船由探测器和推进舱组成。推进舱的作用是将“旅行者”加速到足够飞往木星的速度后即自动与探测器分离,坠入太空,弃之不管。而探测器便对木星进行探测,以完成“旅行者”所承担的任务,它共有17项之多。而为完成这些任务,探测器上携带了电视摄像机、红外辐射探测仪、光偏振计、等离子体波探测器等等大量先进仪器。

“旅行者”飞船到达木星以后,地面上给飞船下达有关的无线电指令,要经过40分钟之后飞船才能收到。到达土星后,需80分钟才能收到。姗姗来迟的指令,对“旅行者”的控制已失去意义。所以,“旅行者”必须依靠自己的高度自动化工作能力才可能很好地完成探测任务。

飞船上高度自动化的工作是靠计算机系统来实现的。这个系统能够检测包括自身在内的一切故障,并能自行排除或修复,如不能修复则立即启用备用设备代行工作。为了使地面能可靠地收到飞船自遥远的宇宙发来的信息,飞船装有发射能量十分集中的巨大的抛物面天线,直径达3.6米,是目前探测器中最大的天线。

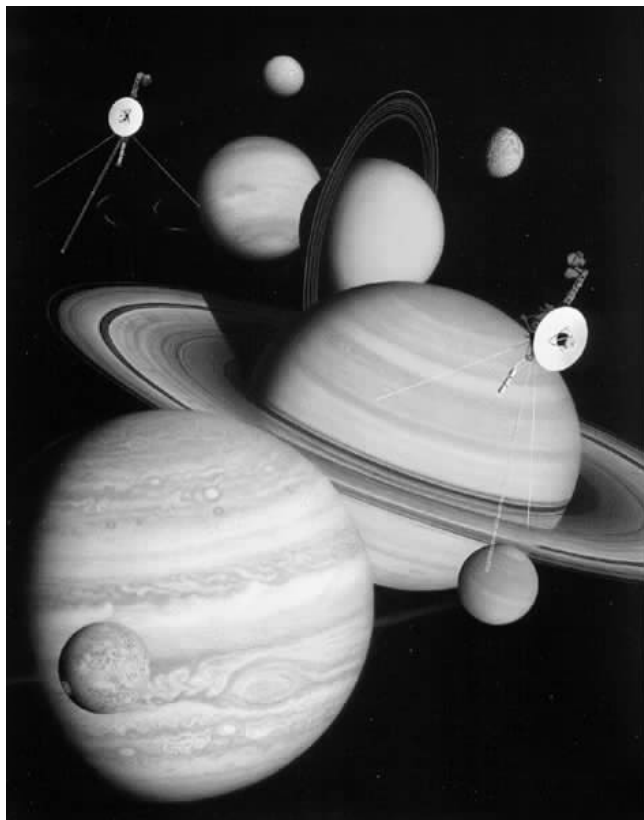


图 2-6 “旅行者—1”号和“旅行者—2”号在星际间漫游

“旅行者”飞船飞临木星越近,距太阳也就越远,受阳光照射就越微弱,到土星轨道上只剩百分之一了。使用太阳能电池作飞船的能源显然有问题,必须改用其他形式的能源,那就是放射性同位素发电机,将同位素在衰变过程中产生的热能转化成电能供飞船使用。如环-238的半衰周期为87.8年,它就 very 适合作为长期使用的能源。

由于飞行轨道不同,后发射的“旅行者—1”号却先“旅行者—2”号4个月抵达木星,两位人间来客——“旅行者”登门拜访了木星之

时,有了一连串的新发现,使科学家对木星有了一个较为全面的科学认识。

木星的半径为 71398 千米,自转周期为 9 小时 50 分钟,绕太阳公转周期却长达 12 年之久,质量是地球的 319 多倍,体积为地球的 1403 倍,不愧为“老大哥”。木星的周围被一个五彩光环包着,光环离木星中心有 12.8 万千米,环宽 9000 千米,环厚也有几千千米。木星大气上下激烈地翻滚,用天文望远镜观看时,其表面好像有一道横的条纹。

木星不但能反射太阳光,而且自身也发光,并且越来越亮,表面的平均温度在 -100°C 以下,但在某些地方其温度却反而高达 $3\sim 4$ 亿摄氏度。木星的内核为岩石核,中间是固态氢,外层则是液态氢,最外层是大气层,是由甲烷和氨氢组成的。两艘“旅行者”号完成探索木星使命之后再借助木星巨大引力来加速,改变航向,直奔土星而去。

在木星中所发现的大红斑,甚是引人注目。实际上大红斑是木星大气层中的一个大气旋,类似于地球上的龙卷风。但是木星大红斑长 2.5 万千米,宽 1.4 万千米,其大小完全可以装下两个地球。它又以 100 米每秒的速度高速运动着,6 天为一个周期逆时针方向旋转,由东向西移动,至今已有 300 年的历史。这与地球上的龙卷风相比,无论是范围、风速及存在时间都大得多,快得多。木星上大气的平均温度为 -100°C ,分子在这样低的温度之下,其运动应该相当缓慢,又哪有这样的气流能量呢?又是怎样维持几百年而不衰减?这些只待将来的“伽利略”号飞船告知人类了。

二、金星

金星和火星都是地球的近邻,但金星却是在地球的里侧更靠近太阳的一颗行星,且又是最亮的,每天早晨出现在东方。中国古时称它为“启明星”;西方称它为“维纳斯”,象征爱与美的化身。到了晚上,它又出现在西方,在中国又有“长庚星”之名。

金星在体积与重量上均与地球相差不多,两者又相距甚近,人们

又常把地球和金星比为“孪生姐妹”。金星的上空密布很厚的浓云，挡住人们的观察视线，很久以来人们无法窥视到它的真实面貌，因而众说纷纭，一直难有定论。第二次世界大战时，美国士兵把在空中突然发现的一银白色物体错当敌人的“高空侦察气球”，一阵猛炮轰击，“气球”仍是安然无恙。后来，才知道那“气球”竟然是金星。

为探索金星，美苏两国在探索月球的同时，业已开始了探测金星的各项准备工作。在探索行星的领域中，前苏联仅在金星的探索中稍有优势可言。首先，前苏联在完成了各种准备阶段的工作之后，于1961年2月12日发射了第一枚名为“金星—1”号探测器，但它只是从距金星10万千米空中匆忙而过，未取得任何结果。1962年以后8年中，前苏联又连续发射了7个探测器，其中“金星—7”号探测器取得了不少成果，首先是实现了在金星上的软着陆。在进入稠密的大气层的过程中，探测器与主体分离。“金星—7”号与地球之间的联系保持了35分钟以后中断，后来前苏联宣布又收到了探测器的信息，时间有23分钟之多，经分析认为这是探测器降落到金星表面上了。从发回的数据得知，金星表面温度为475℃，气压是地球上的100倍。从此，金星开始被撩开了神秘的面纱。而“金星—7”号探测器，则成为人类第一个成功地在金星上软着陆并工作的航天装置。在这以后的20年中，前苏联及美国曾相继发射过30多个金星探测器，其中有21次是成功的。

这些成功发射的探测器，向地球发回了大量珍贵照片和资料。比如，前苏联的“金星”—15、16号探测器，于1983年6月2日和7日发射升空，在绕太阳飞行4个月之后，分别于10月10日与14日进入金星的极地轨道，其周期24小时，轨道是位于金星北半球一侧的近地点1000千米，南半球一侧的远地点65000千米。这时开始向地面传回数据，两个探测器分别进行了星上的科研活动。这次与历次探测不同之处，在于探测器上安装的是合成孔径雷达，借助于旋转形成比实际天线大得多的雷达天线。可以完成的任务有：绘制金星地图，运用雷达共绘制了31.15亿平方千米地区的金星地图，占金星表

面的四分之一 ;再者 ,用红外频谱仪在 70 ~ 90 千米高的上空对金星大气进行了探测与研究 ,结果表明金星两极地区的大气层温度要高于赤道地区 ,这与地球刚好相反。金星昼夜温差极小 ,但夜晚却要略高白天。在离表面 50 千米的云层中含水量仅仅是百万分之三十 ,所以看出金星大气是异常干燥的。在以后的探测中又取得一些成果。前苏联探测金星具有一种百折不回的精神 ,之所以这样做有这么几个方面的原因 :美国在太阳系之外的探索中遥遥领先 ,前苏联深知是望尘莫及 ,为挽回一点颜面 ,只能另辟蹊径 ;又则是 ,前苏联在载人航天及军事空间领域中已消耗了大量资金 ,而所剩极其有限的资金只能集中起来专用于某一个方面。最后 ,考虑到金星是太阳系中人类无法登上的行星 ,正好选择金星作为使用探测器的目标。

美国人此时也不甘心让前苏联独享金星的胜利成果 ,也发射了一系列“水手”号探测器 ,其中有失败的也有成功的。由于人类对金星仍存在很多谜团 ,又很希望得到解答。1989 年 5 月 4 日 ,美国用“阿特兰蒂斯”号航天飞机(图 2 - 7)把一颗名为“麦哲论”号的金星探测器送入探测金星的征途。这是世上第一个用航天飞机发射的行星探测器 ,它的发射成功标志着美国沉睡了 11 年的行星探测计划又将得到复苏。“麦哲论”号在飞行 13 亿千米后 ,于 1990 年 8 月进入绕金星运动的椭圆形轨道 ,其轨道参数距金星表面的最高点是 8028 千米 ,最低点为 249 千米 ,运行周期为 3 小时零 9 分钟。当飞达轨道最低点时 ,雷达天线发射出一连串的雷达脉冲 ,穿过云层拍摄到长 16100 千米 ,宽 24 千米地带的一幅幅金星表面照片 ,用 243 天的时间实现了对金星 90% 以上的测绘工作 ,得到高分辨率的雷达图像 ,使人类对金星有了更全面的认识。

金星半径为 6070 千米 ,仅比地球小 308 千米。金星上空被 20 千米厚的浓云所笼罩着 ,其组成为浓硫酸微粒。在这个浓云之下是以二氧化碳为主的气体海洋 ,它占了大气组成的 97%。其余成分是氧、氮、氦、氩、氟等气体 ,而水气也只有百分之一。氧的含量不足 0.5% ,大气压是地球上的 100 倍。金星是个闪电多发地区 ,通常 5

分钟内即可产生 100 次以上的闪电。



图 2-7 “阿特兰蒂斯”号航天飞机

金星表面的温度一直是 $465 \sim 485$ 左右。70%是平原,20%为低洼地,10%是高原。在广大平原之中耸立的是四大高原,比珠穆朗峰还要高 3000 米的马克斯韦尔峰就在这里。赤道附近有一条长 1000 千米,深 3000 米的裂沟,与地球上东非大裂谷很相似。

金星上有 100 多个巨型浅坑,这与地球、月球和火星上的情况一样,估计是大的陨石撞击金星所至。最大的浅坑直径达 140 千米,而最早出现的浅坑距今已有 10 亿年之久了。

从金星表面上测得若干个温度在 700 的热点,据此可以判断,

金星近期曾有过火山活动 ,因此有可能存在着活火山。

三、火星

火星是太阳系中的第四颗行星 ,也是地球上的近邻 ,在地球的外侧轨道上运行。经过人们对其千百年的观测和研究 ,发现这个光荧荧的红色星球有时会靠地球很近 ,相距仅有 5600 千米的样子——这即是天文上称之为火星“大冲”。而通常的距离有 3 亿多千米。

迹象表明 ,火星与地球有许多相似之处 ,它的自转周期为 24.66 小时 ,略比地球多 40 多分钟。由于地球自转轴与其绕太阳转动的轨道平面并不垂直 ,有一个 $23^{\circ}37'$ 的倾角 ,这造成了地球上一年有四季的区分。而火星的自转轴也有 $25^{\circ}11'$ 的倾角 ,和地球相似 ,意味着火星同样存在着一年有四季的区分。只是由于火星距太阳的距离为地球的 1.5 倍 ,火星上的每个季节与地球上相应季节温度要低一些。火星上的南北极与地球一样覆盖白色的极冠 ,但不能肯定它们是水冰还是二氧化碳凝结的干冰。当然 ,火星与地球还是有差别的 :火星的半径为 3393 千米 ,约为地球的 53% ,体积只为地球的 15% ,质量也为地球的 10.7%。这些差别 ,在浩瀚无限的宇宙中 ,是微不足道的。火星上的表面物质呈氧化状态 ,故火星才显现红色。

随着人类对火星认识的加深 ,越来越觉得火星真像是一个“袖珍地球”。对它的兴趣自然浓于其他行星 ,传说多 ,议论多 ,联想也多。在许许多多的议论与联想中 ,有两个问题激发了人类极大的热情与兴致 ,“火星上有生命吗?”“人类何时移民火星?”这是十分诱人的问题。果真是如此的话 ,人类将不再孤独 ,星际空间一定再也不会寂寞了 ,人类将走出地球到火星及其他星际去旅行。想想这该是一种多么令人神往 ,壮观热烈的场景。同时 ,科学家认为 ,火星是一颗便于人类进行探测与研究的行星。通过对火星深入地研究 ,会了解和认识太阳的起源和演化过程 ,从而也能认识人类赖以生存的地球环境的形成过程 ,最终弄清生命的起源和人类的进化。

火星既然对人类有着如此强大的诱惑力 ,自然也吸引了美国和前苏联。两国纷纷竞相制定长期的计划 ,向火星发射各种探测器 ,以

期能率先揭开火星秘密 , 抢占这一空间领域 , 从而又开始了新一轮的美苏竞争。

前苏联从 1960 年 10 月开始 , 先后向火星发射了 7 枚火星探测器 , 是第一个试图向火星发起进军的国家 , 但结果却令人沮丧。这些探测器要么是通信中断 , 要么是没有进入轨道 , 一一失败。美国虽然在 1964 年 11 月才开始发射探测器 , 也是 7 个 , 却取得较为丰富的成果 , 发回了几百张火星照片及火星资料 , 对火星开始有了初步的认识。



图 2 - 8 “水手—2”号探测器

美国并不满足所取得的一点点成绩 , 前苏联也不会甘心失败 , 之后各自又进行过一系列的发射。其中不乏有成功的发射 , 1971 年 5 月 , 前苏联发射的“火星”探测器系列中的“火星—2”号着陆器降落到火星表面上 , 成为人类第一个落在火星表面的人造飞行物。美国发射的是“水手”号(图 2 - 8)及“海盗”号(图 2 - 9)系列探测

器 , 其中“海盗—1”号是最成功的一次 , 它在火星表面上实现了软着陆。用所携带的一台用于生物实验的仪器将一种化学药物分别注入到火星上的 9 个不同地点的土壤中 , 以获得土壤中是否有生命的信息 , 测试结果深受鼓舞 : 火星可能存在生命。

正是通过这样多次的探测 , 发现了氮、氧、碳、磷和硫 5 大生命必要元素。这是一项十分重要的发现 , 表明火星上具备了形成生命的物质条件。大气的探测中还发现溴气层的存在 , 而溴气能吸收太阳辐射的紫外线 , 为火星上生命的存在创造了有利的条件。此外 , 还得到了较为详尽的有关火星的资料 : 火星中确有大气 , 但很稀薄 , 大气中主要的成分是二氧化碳 , 约占 95.3% ; 水蒸气的含量仅有 0.01% ,

是地球上的五分之一 ;表面大气压为 7.5 百帕 ,相当于地球上 30 ~ 40 千米高度的大气压。火星表面的平均气温比地球低 30 以上 ,昼夜温差在 100 左右。火星表面凹凸不平 ,有很多的环形山 ,与月球上的环形山相似。从近景照片上看 ,发现地势起伏 ,岩石裸露 ,峭壁深谷 ,有山地又有平原 ,貌似地球 ,但无海洋。火星的北半球是火山区 ,最大的火山名为奥林匹斯山 ,直径 60000 米 ,高是 25000 米 ,为珠穆朗玛峰的 3 倍。南半球遍布峡谷 ,构成长为 2700 千米 ,宽 500 千米的峡谷系。没有发现火星有什么人造运河和液态水 ,却存在像是被水腐蚀过 ,而今业已干涸的长短不同的河床。据推测 ,在火星演化的初期阶段 ,火星表面上可能有很多冰层 ,形成杂乱无章的河流 ,距今已有 30 ~ 1 亿年 ,后来河水不知何故流失而留下干涸的河床。据此可说明火星曾像是有过水 ,这倒是让人兴奋的消息。

实际上 ,在火星上并没找到过一滴水。但是火星北极的极冠夏天没有全部消失 ,有部分依然存在。从“ 海盗 ”号的探测中而知 ,火星北极夏季气温在 - 73 ~ - 53 之间。如极冠是二氧化碳凝结的干冰 ,则在 - 127 时干冰就升华为二氧化碳气体了 ,极冠也就不复存在。据此可推断火星的北极极冠极有可能是水冰形成的。另外 ,在火星的高纬度地表之下曾发现厚厚的冰层 ,在风化的岩石层中也曾发现存在相当多的水。但火星上是否真的有水存在 ? 不是人们亲眼所见 ,一时还难下定论 ,因为这一结论实在关系重大 ,不能轻易地肯定或否定。

通过观测虽然加深了人们对火星的认识 ,然而新的疑问却也随着产生了。既已发现了可能存在水的条件或因素 ,而实际又没能找到一滴水 ;既有了构成生命蛋白质的 5 种元素 ,存在利于生命发展的有利条件 ,但却不曾找到任何生命物质。这种反反复复的探测 ,使人们不能肯定火星上是否有生命或存在过生命 ? 使火星表面形成河床的滔滔大水又哪里去了 ? 在两极和水冰层之下是否会有大量的水 ? 再则 ,除了略知“ 海盗 ”号探测器着陆点附近情况之外 ,火星更大地区的地质、地貌、气候和有无生物及其状况又如何 ? 还缺少更为全面的

了解和认识。为能全面地认识和了解火星,进而认识生命的本质,准确地认识地球上的大气循环,如此等等,必须进行载人的火星之行才行。鉴于此情此景,美苏两国都制定了长远规划,都想着尽快实现载人登上火星,早于他人揭开火星之谜。



图 2 - 9 “海盗”号探测器

进行载人的火星飞行谈何容易,目前对火星的认识还只能说知之不多,在此之前还有大量的探测与研究工作需要做。美国的载人火星探测计划开始阶段的情况是这样:

首先于 1992 年 9 月 25 日,发射了“火星观察者”飞行器作为绕火星轨道飞行的探路先锋,耗资达 4.5 亿美元。“火星观察者”的任务之一是寻找火星上的水迹。查清火星上水的来龙去脉是了解火星及其生命演化过程的关键所在。因为科学家认为火星历史上曾有过生命,只是可能由于 10 亿年前发生过某种大的灾害而中断了生命的演化。火星上还可能存在着靠呼吸二氧化碳和氮等气体以维持生命的微生物,查找这些微生物这是“火星观察者”的又一项任务。

“火星观察者”探测器(图 2 - 10)是第一颗新一代行星探测器,重量仅为 2487 千克,采用的是轴稳定,功率 1.1 千瓦,其上载有两台高分辨率的广角相机。它可提供有关火星表面尘暴、霜厚和云的情

况(尘暴是火星特有的天气现象),还可提供火星上峡谷、火山和以前其他未曾测得的地质特征。据此可以判断,物体如何被海浪或熔岩或冰川所移动,从而推断火星上的河床成因。



图 2-10 “火星观察者”探测器

“火星观察者”还载有 γ 射线频谱仪,可测出 320 千米宽、深 0.9 米区域内至少 16 种不同元素的含量。如能测得到氢元素的含量,对确定火星上是否有地下水是至关重要的。所携带的激光测高计,用以测绘火星的地形图,为未来的机器人或探险人员选择合适的着陆点提供依据。火星虽与地球有不少

相似之处,但其演化过程却是各有不同,希望通过这次的探测能了解地球与火星之间为什么会有如此差别之大的演化过程。但有谁能想到“火星观察者”竟会在仅差 3 天时间,即将到火星轨道时,突然消失得无踪影。前功尽弃,实在令人惋惜而又无奈,9.8 亿美元的投入就这样毫无痕迹地付之于流水。

火星上是否有危害人类生命的有毒物质及敌对生物?将载人火星飞行的着陆点选在哪里最为安全?丰富的火星资源又会在何处?这些问题的解决是想依靠 90 年代开始陆续发射的“火星漫游车”取样飞行器来完成。作为探测火星的先行者,“火星漫游车”降落到火星表面后,以 8 千米每天的速度移动。它能克服一米高的障碍物的阻拦,可跨越 1 米宽的裂缝,爬上 35 度的斜坡,又能自动钻探、取样、搅拌,然后又能将取得的样品自动地保存在 - 40 的容器内。美国计划发射几种“火星漫游车”飞行器,它们各自探测着陆区周围几千千米的区域。其中有的将返回火星轨道器,从而把采集到的火星标

本带回地球 ,供人们研究 ,为将在下一步进行的载人火星探索作好充分的准备。部分“火星漫游车”则留在火星 ,供将来登上火星的宇航员使用。

美国还在 1998 年左右以一箭携带多星的方式将至少 16 或 17 个定点探测器分别发送到火星表面 ,从而建立起一个无人火星探测网 ,进行为期两年的定点探测 ,以取得火星表面足够的地震和气候数据。

在无人探索火星的过程中 ,前苏联人原打算于 1994 年向火星发射两个轨道探测器 ,使它进入距火星两极 200 ~ 500 千米的近圆轨道。由 2 台高分辨率的立体电视系统选择好着陆地区 ,之后向火星表面释放着陆器。在下降过程中 ,先从着陆器里放出一个气球探测器 ,它由氮气球和仪器吊篮组成。在 10 ~ 15 天的飞行期间 ,气球探测器将能在 100 ~ 200 千米的范围内对火星进行详细的拍照 ,测量火星大气 ,分析土壤成份 ,研究火星地下电磁特性及内部结构。探测气球释放完之后 ,火星着陆器就降到火星的表面上。

与此同时 ,把所搭载的一个 6 轮的核动力漫游车放到火星上 ,该漫游车在 1 ~ 3 年的使用寿命中行程 100 千米 ,任务是进行土壤分析 ,钻探地表 ,查找水源和生命迹象。

留在轨道上的火星轨道器 ,还向火星表面投放 4 个钻地器 ,自由降落后钻入火星 1 ~ 5 米的表面深处 ,依靠所带仪器 ,在 1 ~ 2 年的期间里探测火星上的地震、热流、土壤。所得各项数据经火星的中继卫星转发到地球。

轨道器上所载有的其他仪器 ,用于寻找火星的地下水和探测诸如大气构成、辐射磁场和尘埃。此外 ,还将释放一颗卫星 ,使所处轨道稍有不同于轨道器 ,为的是精测火星引力的变化。这将对精确跟踪未来的着陆器有着很重要的作用。

俄罗斯还曾计划 ,1996 年用一返回式飞行器将轨道器拍摄的胶卷带回地面 ,为今后的火星取样飞行器选择适合的着陆点 ,还打算向美国借用“火星观察者”探测器作自己的火星漫游车与地球间的通信

中继钻。由于“火星观察者”业已失踪,这种的设想也随之成为泡影。探索计划不得不作些局部调整。

由于国际形势的变化,美俄两国对火星探测计划也不得不作出重大调整。首先是前苏联解体,人力物力都已分散,经济发展出现困难。资金不足迫使俄罗斯将计划或调整或推迟。美国则主要由于花巨资研制的“火星观察者”失踪及前苏联的解体,均促使美国考虑对这一庞大工程作重大修改。

无论是俄罗斯还是美国,为形势所迫对探测计划只是作某些调整,而绝不是放弃,总的目标没有变:向火星进军。

1992年之后,美俄都相应的放慢了探索火星的步伐,但到了1996年又掀起了探索火星的新一轮浪潮。美国和俄罗斯发射了探测器,比如美国的“火星环球勘探者(GMS)”和“火星探路者”及俄罗斯的“火星—96”探测器,但得到的结果却各有不同。

美国有一个长达10年的火星探索计划;“火星环球勘探者”和“火星探路者”就是这个计划中的一部分。“火星全球勘探者”号是于1996年11月17日发射升空,开始了它为期10个月,航程6.69亿千米遥远的火星之行。

“火星环球勘探者”发射质量1060千克,于1997年9月12日先进入绕火星运行的椭圆轨道,拟代替1992年神秘失踪的“火星观察者”。同时,为避免重蹈覆辙,“火星环球勘探者”采用了更新的动力推进系统。然后,渐渐地降低轨道高度及至脱离火星轨道而进入火星的稀薄大气层。这种摒弃传统的靠推力器产生的制动力进行减速,而利用每次飞过轨道最低点时与火星大气相互作用产生的大气阻力来进行减速,是“火星环球勘探者”的重要特点之一。

“火星环球勘探者”入轨后到1998年3月才正式工作,主要任务是探测火星表面、大气层和磁场。因而上面所携带的仪器有:进行表面和大气层照相的轨道照相机,它在367千米高的空中可以观测到火星表面上形如小汽车大小的物体,在687个地球日也即是一个火星年的时间里,便可绘制出火星99%的表面图;探测影响火星磁力

线和太阳风的磁强计和电子反射器 ;探测火星地貌和引力场的激光高度计 ;探测大气紫外线稳定的振荡器 ;进行矿物、冷凝物、尘土、高温物质及大气测量的高温发射频谱仪 ;还装有为将来进一步探测火星而准备的中继台。“火星环球勘探者”只是一系列火星探测器中的先行者 ,希望它安全抵达火星之后 ,能解答火星上的河床里是否仍有水 ? 是否存有原始生命 ? 这样一些尖端问题。

因故而两次推迟发射的“火星探路者” ,在 1996 年 12 月 4 日成功发射。虽然它的发射迟于“火星环球勘探者”20 多天 ,但由于选择了一条捷径 ,却先于“火星环球勘探者”于 1997 年 7 月 4 日(恰逢美国独立纪念日)在火星的阿端斯平原实现软着陆。它是继 21 年前的“海盗”号完成探测以来的第一个在火星上着陆的航天器。它一着陆 ,即开始了为期一年的科学探索任务 ,进行一系列的科学实验 ,拉开了火星漫游活动的序幕。

“火星探路者”航天器的着陆点选在了火星古冰山沉积海峡口。这里曾受到过洪水的猛烈冲刷 ,形成一片较为平坦的地块 ,取名为阿端斯平原 ,附近有各种各样的岩石。着陆的同时 ,“火星探路者”释放出一个有 6 个轮子的小型漫游车(SOJOURNET)——名为“索杰纳” ,这个漫游车是此次探测任务的主角。

“火星探路者”由一对轨道器和着陆器组成 ,总重 800 千克 ,着陆器重 264 千克。“火星探路者”一进入火星轨道便开始绕火星飞行。飞行到北纬 19.5 度 ,西经 32.8 度时 ,轨道器和着陆器分离。轨道器仍留在轨道上飞行 ,而着陆器却以 15 ~ 20 度的角度 ,6.3 千米每秒的速度从距火星表面 8500 千米的高度开始下降。进入火星大气层后 ,打开了一个直径 7.3 米的降落伞。着陆器上的雷达高度计也开始工作。当测得高度在 300 米时 ,着陆器所携带的一个气囊开始充气进行减速。测得高度在 50 米 ~ 70 米时 ,反推火箭点火工作 ,再减速。最后 ,着陆器在充好了气的气囊保护下 ,完好地降落在火星表面上。

着陆器是一个锥形四面体 ,触及火星表面时 ,由于其周围气囊吸收了下降时受到的冲击能量 ,因而着陆器落地瞬时实际上受到冲击

力是小于 50 毫克的 ,这样着陆器不会受到任何损伤。着陆后着陆器不管取何种姿势 ,它的三角形侧面像花瓣样自动张开 ,显露出内部的各种仪器及携带的漫游车。漫游车开出之后 ,着陆器就成为一个自动仪器工作站。

在地球控制中心的遥控指挥下 ,漫游车缓缓地驶出着陆器 ,它只有微波炉大小 ,是重 10.4 千克的 6 轮小车。它装有十分先进的仪器和可工作 7 ~ 30 天的放射性同位素发电机。“索杰纳”火星漫游车开始走向火星并不是一帆风顺的 ,与火星表面相接处的斜板被没排尽气体的气囊挡住 ,致使火星漫游车困在着陆器内 ,不能活动。幸好 ,在地球控制中心发出一系列遥控指令后 ,气囊将余气排除 ,障碍消失 ,漫游车才得以踏上火星 ,开始了它的探索工作。它与着陆器展开变成的自动仪器工作站保持着无线电联系。由于最大通信距离为 500 米 ,因此漫游车只能在自动仪器站周围 500 米的范围之内来完成它的工作。车子的前后轮均可独立操纵 ,转弯 ,最大车速为每分钟 1 米 ,可以爬上 15 厘米高的岩石。车的底盘上还有一个能鉴定土壤成份的仪器。这次火星漫游车的使命是 :探测着陆点处一定范围之内的不同地点不同成份的岩石和土壤 ,有选择地采集火星土壤样品 ,并进行详尽地分析研究 ;分析研究火星地质结构 ;火星表层之下几百米深的土层构造和火星表面磁场及土壤的电磁特性等。按计划这次探测工作定为 7 月 18 日结束 ,而实际是工作了几个星期 ,发出大量有价值信息 ,数据经自动仪器工作站并通过轨道器的中继传回地球。科学家们根据收到的图像数据进行分析研究 ,据说由于信息多 ,整理分析完这许多资料需用几年时间。目前已取得一些令人可喜的成果 :发现了一些火星上可能存在生命的证据。从所获得的一些照片来看 ,在 38 亿年前火星的阿端斯平原确实发生过特大洪水 ,因为拍摄到了受特大洪水冲刷堆积起的鹅卵石 ,岩石上面有洪水冲击的痕迹。从对岩石进行的分析来看 ,火星上的岩石与地球上曾发现的(据说是)火星陨石具有相同的化学组成。这至少说明那块在地球南极发现的叫作“阿兰山 84001”陨石确实是来自火星的陨石。在这块火

星陨石的裂缝中发现一种名为多环芳香烃化合物,这种化合物是微生物活动造成的,这很可能是生命活动的产物。

探测的结果使我们对火星气候有了更深入的了解。在距离火星表面 48 千米高空,目前测到大气层的最低气温为零下 170[°]。火星上的气候状况干燥、寒冷、天空灰蒙蒙的,基本上看不到蓝天。黎明时,天空中有云且呈红色。它是由尘埃构成的,还可能含有细小冰粒,太阳一出就消失了,因此有云但不下雨,天气远不如地球。中午时分,火星表面较为暖和,温度有 21[°],但在同一地点上方 1.5 米高的地方,气温却只有零下 12[°] 至零下 9[°]。这是非常有趣的事,在火星表面可以赤脚走路,但上身必须穿戴厚实,否则会冻坏身体。火星大气极其不稳定,气压和气温都变化很快,温度在几分钟内甚至几秒内升高或下降近 20[°] 左右。着陆器在 7 月份登陆火星时,正值火星北半球上的夏季,风较小。过段时间,这里进入秋季了,其情景是西北风怒吼,形成尘暴。这是火星气候所独有的天文现象,天气变得严寒恶劣。

对火星地表有了较为直观的认识。在许多火星照片中,有一些近景的特写镜头和 360 度的彩色全景照片,清晰地显示出所谓火星的阿端斯平原和地球上的荒漠很相似,呈红色。也有山丘高达 300 米左右,甚至还有陨石坑。这些都是人类不曾如此真切地看到过的火星景色。

对火星上的岩石土壤也有了初步的了解。漫游车曾对着陆点附近的几块岩石进行长达 10 个小时的扫描分析,得到结论是岩石的组成主要有石英、长石和正辉石,与地球上的岩石相似,这点都出乎科学家们的预料。火星上还存在着红、白、蓝三种颜色的岩石,向风侧的岩石呈浅蓝色,背风的西侧呈土红色,而埋在土中的则呈白色。有三种类型的土壤:一为细砂土,二为硬质土,第三种为松散的粉状土。在距着陆点几千米处,还发现一个长方形的陨石坑,这为其他小行星可能曾撞击过火星提供了线索。“火星环球勘探者”的这种探测大约持续到 2000 年。

“火星探路者”是人类探测火星最为成功的一次,总的成本还不及当年“海盗”号火星探测器的十五分之一,仅5亿美元左右,却获得了如此大量珍贵照片和数据,比预计的要多出5倍多。美国还将陆续发射各种火星探测器,构成一个火星考察网。

前苏联解体之后,俄罗斯火星探测方面又有些什么作为呢?

1996年11月16日,俄罗斯发射了“火星—96”探测器。人们刚刚欢呼“火星—96”发射成功,不过几小时就传来这个探测器因运载火箭故障没能进入轨道半途坠毁的消息,使得俄罗斯企盼已久的火星探险惨遭失败。

“火星—96”探测器是一项跨世纪火星探测计划的组成部分,而且又是一项国际性的考察计划。“火星—96”探测器重6.7吨,是人类有史以来向火星发射的最大的航天器,价值3亿美元。它是一个“三级”工作系统,按计划工作一年,将对火星表面进行拍摄,在不同的光谱区进行考察,研究火星的大气及其变化情况,分析火星土壤,作为对美国的“火星环球勘探者”和“火星探路者”两个探测器的补充。但现在这一切都只能是“纸上谈兵”,而没有实际意义了。

此次发射失利带来不小的负面影响,这次故障主要是运载火箭的第四级“质子—K”推进器二次点火没有成功,使整个探测器连同运载火箭都坠入地球大气中。其上有4个用放射性极强的“环”作燃料的发电机,这种“环”是高致癌物质,引起不少人的恐慌。澳大利亚一些军事和核专家曾组织了一个应急小组,等待探测器碎片落到地球上进行搜寻并加以消除。

俄罗斯的火星探索计划尽管首次出师不利,但俄罗斯并不打算放弃火星探测的计划。于是又与美国、乌克兰、法国等20多个国家联合,共同发起探索火星的浪潮。下一步将计划发射“火星—98”自动星际探测器。它是由轨道器和携带火星漫游车的返回舱及气球组成。该漫游车与美国的“索杰纳”漫游车性质相似,而俄罗斯的这部漫游车具备很强的生存能力,是一部自动化程度很高的车子,可以在陡峭的山坡上行走。每来回一次可达几百米,一天的行程可达1千

米。漫游车在火星上行走很多路程的关键在于车的高存活率,而这正是困扰研究这种漫游车的关键所在。漫游车重 60 千克,内装多种仪器,受地球遥控发送所测得的信息。气球探测器由法国制造的充氮气气球和仪器吊篮组成,在晚上降到火星表面。在吊篮内装有摄像机、气象土壤分析仪等。在气球飞行的 10 ~ 15 天内,对火星表面进行较为详细的照相,测量火星大气,其覆盖范围有 100 ~ 200 平方千米。

“火星—98”自动星际站是个多国合作的产物。在火星探索方面,显然是美国走在俄罗斯的前面,但美国还是没有半点懈怠之意,在为期 10 年的火星探索计划中安排设计制造第二套火星探测飞行器,共包括 2 个小型的飞行器,每个飞行器均由一对轨道器和着陆器组成,称之为“火星勘探者—98”轨道器和着陆器。为节省开支,美国努力试图制造小型便宜的星际飞行器,因而轨道器仅为“火星环球勘探者”重量的一半,也是“火星探路者”重量的一半,是目前世界上最轻的着陆器。这两颗飞行器 1998 年发送到火星上去,它们用于跟踪火星气候变化过程及寻找火星土壤中是否有水,探索火星的历史中是否曾存在过原始生命,这是个人们长期争论而不得解决的悬案。任务完成之后,轨道器将作为其他着陆器的数据中继卫星而留在轨道上。

图 2 - 11 为“火星气候卫星”于 1998 年 12 月 11 日发射成功。

接着,美国掀起称为“火星—98”的新一轮火星探测活动,1999 年 1 月和 12 月分别发射了“火星极地登陆者”和“深空—2”号微型探测器。这次探测活动的任务是寻找火星远古时其曾出现过的滔滔大水的迹象,设想通过地质考察,以揭示几百万年前的历史。

“火星极地登陆者”除与过去的一些探测器相同或相似的一些设备之外,还携带了 2 个重要的新系统,1.8 米长的机械手臂和高温气体挥发分析仪。利用该手臂可以挖出一个 0.6 米深的沟槽,这时装在手上的照相机便可拍摄火星地层的照片,以精确地描绘地下“冰”或地质晶体。机械手臂可以提供 8 个样品给气体分析仪进行分析。



图 2 - 11 1998 年 12 月 11 日 ,
“ 火星气候卫星 ” 发射成功

“ 火星极地登陆者 ” 微型探测器的登陆时间正是火星南极地区的夏季(图 2 - 12)。由于使用太阳能电池板 , 在这段时间能获得充分连续的太阳能 , 保证各种设备仪器可靠地工作。3 个月之后 , 火星南极秋季到了 , 接收的太阳能很少 , 致使“ 火星登陆者 ” 因电力不足而停止工作。地球上的控制中心曾试图在下个火星夏季到来时发出指令激活航天器 , 重新开始工作。

1999 年 12 月 , 又有 2 个形如篮球大小的太空球以 200 米每秒的速度撞击火星表面 ,

并释放微型探测器 , 该探测器钻进火星地表 2 米之下。这个微型探测器叫作“ 深空—2 ” 号 , 目的是确定火星表面是否存在水 , 这是解开火星上是否存在生命或是否曾存在过生命的重要线索。此外 , 还探测火星土壤温度及监测登陆点的天气情况。该登陆点靠近火星南极冰帽 , 距“ 火星极地登陆者 ” 的撞击点约 2000 千米远。该处岩层中多层的灰尘和冰可能会含有气候变迁的历史 , 可能是火星水冰的保存库。

微型探测器撞入火星表面之后 , 从头部伸出一个取样钻 , 钻取大约 100 毫克的土壤样品并逐渐加热超过 10 , 以确保样品中的水份被析出。实验数据存储于微控制器里 , 以后再发送出去。每个微型探测器内都有一个三轴加速度计 , 专用于测量撞击时的减速度及穿透土层的深度。所得数据暂存于其电脑之中 , 待“ 火星环球勘探者 ” 探测器飞经之时 , 再将数据经探测器传回地球的美国深空网。每个探测器的头部两端均有一个温度敏感器 , 测量土壤的导热性能 , 而尾

部装的是气压敏感器 ,用来采集气象数据 ,还能测量零至 2.5 千帕的绝对大气压(火星上的气压只是地球的 1%)。在其寿命阶段(即 50 小时) ,每一小时测量一次温度和气压 ,一直到电源耗尽为止。



图 2 - 12 “ 火星极地登陆者 ” 着陆火星

正是火星对人类有着巨大的诱惑力 ,从 60 年代开始 ,美苏(后是俄罗斯)先后多次向火星发射不少航天器。从美国的“ 海盗 ”号至“ 火星环球勘探者 ”直到“ 深空—2 ”号(图 2 - 13)及俄罗斯的“ 火星—98 ”等等的探测器 ,直达火星采集到了火星岩石及土壤样品 ,对火星进行了较为全面和深入的探索与研究 ,获得数量很多的照片及其他珍贵资料。人们对火星的认识较从前也有了本质上的飞跃。然而 ,这一切又都有一个致命的不足 ,对火星上的探测和取样均没有人直接参与 ,仅靠仪器设备自动测试、分析判断总有不慎之处。为了将来万无一失的载人登陆火星壮举得以实现 ,必须有人直接参与对从火星上所获取的样品进行测试及分析判断才行。鉴于目前的状况 ,只有将火星上的取样带回地球 ,达到人直接参与的目的。如何将火星样品

运回地球的课题极其自然地摆在了人们的面前。同时,在对 1984 年南极洲得到的一块陨石的研究中,发现了这块来自火星上的陨石上有与地球上的细菌化石相似物质,从而认定远在 36 亿年前火星上曾存在过微小单细胞生命形式。此消息一经披露,掀起了一股地外生命的研究热潮。人们急切地盼望将火星上采集到的火星岩石和土壤样品运回地球,以供研究,尽快地作出一个肯定的结论。

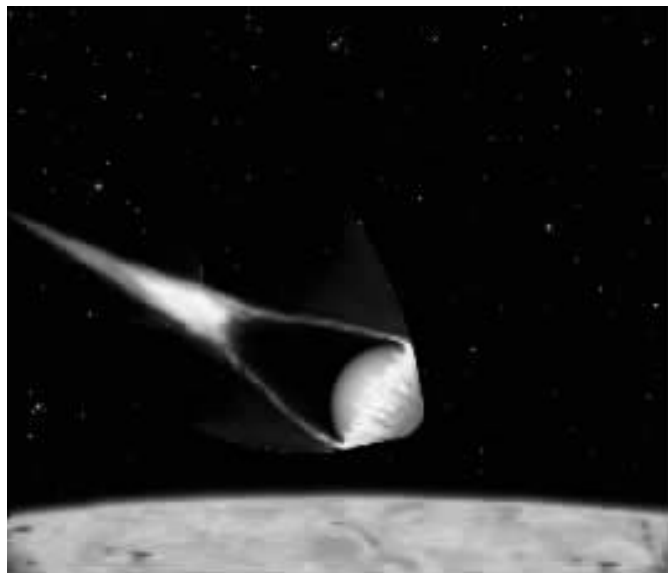


图 2-13 “深空—2”号抵达火星

为此,曾设想过一些方案,在 80 年代就有过一个方案参照“阿波罗”登月的经验,按照在轨停留方式,设计出航天器的飞行路线。这就是当航天器抵达火星上空时,立刻分解成两段,后段作轨道器绕火星飞行,作为火星和地球通信联系的中继站使用;前段就作为进入舱,穿过火星大气层而沿一条双曲轨道下降。这时,靠已张开的降落伞把着陆器从舱口拉出来,再缓缓落地。着陆后的第一个作业即开始建立火星与地球间的通信联系,进行各分系统的检查。在得到地

球控制中心的指示后 ,开出漫游车到指定地点去采集火星样品。

由于火星上的地形奇特、复杂 ,漫游车在采集标本过程中会遇到某种意外 ,需要及时地作出反应和处理。如果仅靠地球遥控 ,由于相距甚远 ,传送指令或信息时间需一个小时之久 ,漫游车会不能及时地逃离险境 ,从而不能完成采集任务。为避免这种境遇的发生 ,漫游车的设计制造要有极高度的智能化和自动化程度。漫游车上装着机械手、钻取岩芯装置、装卸和存放标本的设备以及电视摄像机等。

采集标本时 ,有的标本(如岩石)需按照严格的控制程序进行。对土壤中的挥发物必须予以捕获 ,而且不能在标本中随便变动它的位置。另外 ,对采集的标本还有个进行检疫和防污染问题 ,这就要求从地球上带去的所有物质必须是无菌的 ,采集标本才不会被地球带去的有机物所污染。同时 ,还必须保证从火星带回地球的标本中可能存在的生命安全。

每次采集归来 ,都将存放标本的聚四氯乙烯的小瓶放到着陆器的标本收集箱中 ,在最后一次采集的标本放好之后将收集箱密封好 ,再装到着陆器的上升飞行器里。接着 ,三级固体火箭发动机点火 ,将上升飞行器推到与轨道器相会合的轨道上。在上升器与轨道器相会合时 ,标本收集箱会自动地进入轨道器中。以后上升飞行器又与轨道器再分离 ,轨道器就作为返回飞行器 ,利用自身的固体火箭推进力进入地球空间的过渡轨道。抵达地球空间后 ,返回器将会重新定向 ,以便从其中再分离出所谓内含标本收集箱的地球轨道器。该地球轨道器又减速进入绕地球飞行的椭圆轨道 ,再由地球飞来的所谓轨道间运输飞行器将其回收 ,带往地球空间站 ,最后转移至地球。实现火星标本的回收工作。

这个像是接力赛一样的过程 ,就是人类要想从火星取得所需标本必须经历的基本过程。然而为实现这一过程的上述方案要耗资 10 亿美元 ,因费用实在太太大被搁置一边 ,再另寻觅良策。

1997 年 ,又提出一种实现的方案 ,据说只需 2 亿美元就可达到从火星上取回标本的目的。如此便宜 ,自然会引起了人们的兴趣。

大家都知道 ,降低消耗费用的关键是尽可能地利用火星上的已有资源 ,制造航天器回程所必需的推进剂。仅此一项 ,航天器从地球上发射时的起飞重量至少可以减少三分之二。这样一来 ,可以不必使用推力大而又昂贵的“大力神—4”运载火箭了。而且航天器又可直接将漫游车采集到的火星标本带回地球 ,而不必像接力赛一样地一个传一个 ,又省下一笔十分可观的费用。

问题是如何利用火星已有资源来制造推进剂？科学家是这样设想的 :火星上有很多二氧化碳 ,可以在火星上安装一套从地球带去制造推进剂的设备 ,在寒冷的晚上将二氧化碳吸进来 ,再在白天靠太阳的热辐射作用将二氧化碳送入化学反应器 ,在其中制造出液态氧来。

化学反应器依工作原理不同而有两种 ,一种化学反应器是美国洛克希德·马丁宇航公司研制的。其工作原理是 :将从地球带去的氢和火星吸收的二氧化碳在反应器内进行化学反应 ,生成甲烷和水 ,水经过电解而分解成氢和氧。于是以甲烷作燃烧剂而以氧作氧化剂 ,两者构成了航天回程时的发动机推进剂。而剩余的氢可以循环使用 ;另一种化学反应器是美国阿里佐纳大学研制的。其工作原理是 :利用氧化锆电池作能源将从火星上吸进的二氧化碳分解成氧和一氧化碳 ,氧留下待用而一氧化碳被排出。这需从地球带去可储存的丙烷作燃烧剂 ,与待用的氧一起作推进剂使用。这两种化学反应器均已制出 ,处于实验室使用阶段。

制造推进剂所需电能从太阳能电池中获得。航天器从火星上起飞 ,返回地球 205 天的回程飞行耗氧 970 千克左右。

设想的方案还有很多 ,现在只能作为备案待将来考虑。

方案中采用的是未经实践考验过的新技术。但取用火星标本已迫在眉睫 ,到底采用何种方案而结果又将会如何？估计在 2005 年前后会有结论 ,人们正翘首以待。

探测 ,取样等等这一切只是为了一个目的 ,就是为了将来载人登上火星。只有人登上火星之后方能最后接受对火星所作的一切结论 ,尤其是否存在生命或曾存在过生命？而只有人登上火星之后才

会作出权威的定论。被称之为“袖珍地球”的火星有许多地方相似于地球,人类早就有意将火星作为人的第二故乡,或移民或旅游。但不管怎样,首要的是先由少数宇航员登上火星作些实地考察及实践检验之后方有可能,否则都将无从谈起。

目前的状况是,人类对火星的认识已较为全面,航天技术都有较大的突破和发展,大部分的技术也经过实践的考验并业已成熟,基本上具备了载人登陆火星条件。载人的火星飞行将是 21 世纪人类最伟大的航天盛典。

已设想出了多种载人火星飞行方案,虽具体过程会有所不同,但总不外乎这样三种形式,即所谓的飞越飞行、对位飞行和会合飞行。飞越飞行是最简单的方案,是用火星航天器高速绕飞火星,宇航员只对火星作短暂观察,而不着陆火星表面。整个飞行估计一年之内即可完成,但科学价值低。对位飞行则宇航员可登陆火星并在其上生活 60 天,而飞行则需 1.5 ~ 2.5 年的时间。会合飞行最为有价值,宇航员在火星上生活时间长达 10 ~ 18 个月。这样长的时间内可进行科学观测与实验研究。究竟选用哪一种方案一时还难以确定。

完成载人火星飞行,还必须解决一些关键性的技术才行,这些关键性技术主要是指:

(1) 高性能的火箭推进技术:

实现载人的火星飞行一是距离十分遥远,二是既载人又载设备的有效载荷十分庞大而沉重,需要高比冲大推重比的发动机,如仍沿用过去的化学推进系统是很难满足这样高的要求的。必须使用非化学推进系统作运载火箭的动力源。非化学推进系统技术中比较成熟的是核火箭推进器和核电喷气推进器系统。这种推进系统需要的燃料最少,只是化学推进系统的 1/15 到 1/20。

(2) 先进的空气制动技术:

登陆火星的载人飞船通常需要 2 套减速制动装置。一套是飞船进入火星大气时使用,另一套则用于返回地球再进入地球大气层时使用。这 2 套制动装置将给设计带来许多困难和麻烦。再不能使用

过去的制动发动机产生反作用力的传统技术,必须用先进的利用大气阻碍作用的空气制动新技术。

(3) 更为先进的再生式生命保障和环境监控系统:

载人火星飞行与其他飞行不同之点是需时很长,往往要 1.5 ~ 3 年的时间。而宇航员需用的所有生活用品如果仍是从地球上带去的话,则需 37 ~ 75 吨之多。由于受到运载火箭推力的限制,这是根本不可能的。因此载人飞行的航天器上过去常用的生命保障和环境保障系统不再适用,必须以更为先进的再生式生命保障系统代替。所谓再生式生命保障和环境监控系统,就是从地球上带去少量的生活基本用品,以后则是通过对宇航员自身新陈代谢而产生的废物的处理,再生所需的氧、水及食物。

这种系统不可能做成全封闭式的,总有部分流失或损失,所损失部分还得从外界不断地补充。补充最佳方法是从火星上就地取材,开发利用火星上已有资源:如大气中的二氧化碳、氮气、水蒸气及土壤中的二氧化硅、氧化铁,还有极冠的永久冻土带及矿物质中存在的水冰等等。

此外,还得解决长时间的微重力及宇宙射线等对人体的伤害,以及回程时推进剂的补充源问题。要真正地实现载人火星飞行的梦想,仍需要人类做许许多多的工作。

何时开始载人火星飞行,估计在 2020 年到 2030 年间,大致轮廓设想是:先在地球与火星间建立一条廉价运输线,通常称之为地球和火星间的星际桥。主要内容是:建立一条包括地球、月球和火星在内的大椭圆飞行轨道,用一艘或两艘巡天飞船在该轨道上作惯性飞行,其运行周期为 2 年左右。在地球与月球系中存在一个地球月球引力平衡点 L_1 点(即所谓的自由点 L_1)处建立一个地-月太空港。而在低于“火卫一”(它距离火星的平均距离约 3220 千米)高度的火星轨道上再建立一个火星太空港。载人运输过程可以是,把去火星考察的宇航员、设备及生活物质先由地球的空天飞机或宇宙飞船送到近地轨道的太空港上,稍事休整,再经转运飞船送到自由点 L_1 处的地

- 月太空港休息 , 补充推进剂 , 等候时机。当巡天飞船靠上地 - 月太空港时 , 转运飞船立即离开地 - 月太空港 , 加速到巡天飞船的速度 , 并与其进行交会对接。之后转运飞船停放于巡天飞船的一个库中。宇航员则转移到巡天飞船上 , 一直到达火星附近为止。这一过程约需 5 ~ 7 个月的时间。当巡天飞船运行到火星附近时 , 即刻对转运飞船进行加注新的推进剂 , 并将宇航员、物质和设备等装到转运飞船上 , 再从巡天飞船上起飞而进入火星大气层。利用火星周围的稀薄大气的制动作用 , 转运飞船减速后进入绕火星的椭圆轨道。再通过“火卫一”和“火卫二”系统, 下降到火星太空港 , 停靠在其中。再用着陆器将人员、设备和物质一一送到火星表面 , 进行设备的安装调试工作 , 在火星上建立前哨站 , 以后再逐步地扩建成火星基地。

当采用的是地球轨道和火星轨道间的永久环行的巡天飞船时 , 则可以节省很多的能量。从地 - 月系飞至火星附近需时半年 , 要求巡天飞船必须备有长期旅行所需的各种各样的设备和物质及食品 , 有能进行食物生产以及循环再生产水和空气的设备。巡天飞船与太空港相似 , 它由 8 个标准空间站舱体组成 , 具有连续改变重力的能力。例如从地球飞往火星时 , 由开始 1 克重的重力逐渐地减小到 0.3 克重 ; 再由火星返回地球时 , 相反地由 0.3 克重而逐渐地增加到 1 克重 , 以使返回地球时 , 能恢复适应地球的重力环境。

火星太空港的构造类似于近地轨道的太空港 , 但其轨道高度却低于火星“火卫一”的轨道高度。为节省转运飞船降落和飞离火星所需推进剂 , 采用了所谓的系统技术。该项技术就是在“火卫二”的向上及向下方向各拖出一根长为 2400 ~ 5300 千米 , 直径为 0.8 毫米的系统缆 , 它能支撑 18 吨重的转运飞船的升降运动。“火卫一”也拖出 840 ~ 1000 千米可以上下的两条系统缆。来自地球的转运飞船依靠空气制动而进入高椭圆轨道 , 然后与“火卫二”卫星上的二系统缆中的一系统缆的上端交会 , 沿着该系统缆下滑 , 一直越过“火卫二”卫星 , 后又沿“火卫二”的下垂系统缆滑到其下端。当滑到最有利于“火卫一”卫星上垂系统缆的上端交会点时 , 即刻释放飞船进入了轨道 , 和“火卫一”一系

缆的上端交会。同前一样,最后滑到“火卫一”下垂系缆的上端,释放的飞船和火星太空港交会。根据动量可交变的原理,在有重力场中的太空中,利用系缆来升降航天器就可以节省大量的推进剂。在转运飞船离开火星太空港返回巡天飞船时,又可以用火星的两颗卫星上的系缆,沿着相反的方向进行即可。

以安排在 2004 年实施载人登陆火星计划为例,对相关方案作一番介绍。

该计划内容是,在 2004 年从国际空间站上或者月球上发射载人火星飞船,飞船由任务舱、旅行舱和科学仪器舱组成。其中的任务舱由多个生活舱构成,每个舱长 10.7 米,直径 4.3 米,重 5.16 吨,内部容积 162.5 立方米。生活舱的具体数量取决乘载的宇航员多少和完成任务的性质。任务舱的功用是提供各种工作和生活上的设施,为宇航员服务,此外又用于防止太阳爆发或其他来源的宇宙射线对宇航员的伤害。

旅行舱由上升部和下降部组成,主要功用是将宇航员和测试设备从火星轨道上运送到火星表面并能返回原轨道。

飞船上的科学仪器主要是一台大型天文望远镜及一些探测仪器。前者用于观测太阳和其他星体,后者可被发射到金星和火星附近的宇宙空间,用来观测空间环境的状况。在对位飞行中,将会有 3 名宇航员着陆火星表面,而另有 2 名宇航员留在轨道上。而在会合飞行中,5 名宇航员都在火星表面着陆。

载人火星飞行计划中,首次探测的目标将是火星的卫星“火卫一”。飞船中共有 3 名宇航员,向火星投放一只携带一辆漫游车的无人着陆舱,它将作为以后第二次飞行的备用居住舱。漫游车采集火星表面的样品,再送到“火卫一”上的飞船中。

计划 2007 年的第二次飞行中将会有宇航员到达火星表面。5 名宇航员着陆点选在第一次飞行中投放备用居住舱的那个地方。在此将展开对火星的观测和进行科学研究。

2011 年将进行第三次载人火星飞行。飞船先后抵达火星表面

和“火卫一”上 5 名宇航员继续以前的火星表面探测 ,并在“火卫一”上安装可生产推进剂的生产厂设备的前半部分。

第四次的载人飞行是在 2015 年进行。此次飞行与第三次任务相差不多 ,最后完成在“火卫一”上推进剂生产厂设备的全部安装 ,为今后人类访问火星打下可靠物质基础。

整个载人火星 4 次飞行计划 ,将耗资 4000 亿美元。这就是美国人的计划。

俄罗斯人则计划在 2005 ~ 2010 年执行载人火星飞行。他们的载人飞船可乘 4 ~ 6 名宇航员。飞船由推进舱、居住舱、降落与返回舱构成。为节省燃料采用了对位飞行的方式 ,宇航员在火星表面完成探测任务后飞回火星轨道 ,再乘飞船返回地球。

俄罗斯人设想在空间站上进行载人飞船的组装 ,采用的是核燃料发动机 ,这种发动机可减少 350 吨的重量。居住舱可提供氧、水、风和食物 ,配有通信器材 ,自动导航和控制设备 ,还能屏蔽宇宙射线的辐射和防止陨星的撞击。着陆舱类似于航空器 ,返回火星轨道时用舱内的上升火箭产生动力 ,整个探测飞行全过程将持续 18 个月。

随着科学技术日新月异的发展 ,如此巨大的航天系统工程仅是竞争是远远不够的 ,要想取得更大的成就必须实行世界各国的大联合 ,技术上的合作 ,充分利用各国所有成果 ,服务于全人类。资金上要共同投入 ,把分散的小股资金集中起来 ,投向一处 ,形成巨大的合力 ,问题就会容易解决得多。相信 21 世纪由于人类登陆火星 ,火星上的一切都将真相大白 ,对火星的认识了解一定会有质的突破与飞跃。完成探索火星的神圣使命 ,开辟人类的第二故乡 ,地球就不再孤单 ,人类不再寂寞。探测火星的目的是为改造火星 ,利用火星。人们也曾设想了几种改造火星的方案。

首先是使火星的温度上升到大约 37.8℃ ,以使冰熔化成液体或气体 ,这要看这冰是水冰还是干冰而定。再将火星大气中的二氧化碳循环分解出氧气来 ,供人类呼吸之用 ,并设想能在新开辟的“湖”中进行钓鱼的日常活动 ,这需经几个世纪乃至上万年的努力。

四、其他行星

太阳系中共有 9 大行星 ,从近太阳数起 ,它们排列顺序为 :水星、金星、地球、火星、木星、土星、天海星、海王星及冥王星。至于说还可能存在着其他行星 ,因尚无定论 ,不在此列。



图 2 - 14 “先驱者”准备送往发射场

为了研究太阳系 ,需先对已存在的 9 大行星进行探索。美国在 1972 年 3 月和 1973 年 4 月分别发射了“先驱者—10”号和“先驱者—11”号宇宙飞船(图 2 - 14) ,先是探测到了最大的木星和土星 ,继而又去了天王星和海王星 ,一直飞向太阳系的边缘。这两个宇宙探测器结构、形状及用途都相同 ,上面都装载着相同的仪器设备 ,像是一对“孪生子”。

主要的设备有 :作为探测器使用的能源是两台放射性同位素发电机 ;用途不尽相同的高、中、低增益的 3 种天线 ;姿态控制系统及遥测发射机等。它们于 1979 年 9 月飞临土星上空 21400 千米处 ,第一次对土星进行近距离的观测和多项科学考察 ,拍摄到了大量照片。继而又由“旅行者—7”号 1980 年 11 月对土星及其卫星的考察。综合这两次近距离的观测 ,人类对土星的认识确实是加深了许多。

从前 ,都是通过天文望远镜的观测来认识土星的 ,赤道半径是 6 万千米 ,体积是地球的 730 倍 ,而质量却仅有地球的 95 倍 ,可见其体积庞大 ,密度却比水还小。如若将土星放入浩瀚的宇宙海洋之中 ,它是唯一能在洋面上浮起的天体。土星距太阳的平均距离有 14.27 亿千米 ,公转速度很慢 ,周期是 29.5 年。而自转速度却很快 ,周期为 10

小时 14 分钟。土星是一颗很扁的球体 ,赤道半径比两极半径大出 6000 千米 ,相差部分近似地球的半径。

后来 ,人们又逐渐观测到土星的核心是由岩石构成 ,核外有 5000 千米厚的水冰及氢金属组成的壳层 ,外面被色彩斑斓的云带包围着 ,这些云带由氢、氮及甲烷组成。土星多彩的周围不是什么卫星 ,而是 5 色的美丽光环 ,从土星向外数而分别命名为 D、C、B、A、E 环 ,其中 B 环最宽又最亮。

土星周围的光环 ,无比壮观 ,极其灿烂辉煌 ,但人们感兴趣的则是土星存在的大量太阳系形成时期的原始物质。通过对土星的探测和研究 ,有助于人类揭示太阳演化和发展的奥秘。

“先驱”号和“旅行者”号都是近距离对土星进行观测 ,并获得大量的数据和照片 ,澄清了人们对土星的一些争论。

土星是太阳系中第二个巨大的行星。有点像一颗恒星 ,本身放出的能量比从太阳那里得到的能量要多。

土星具有数以千计的光环 ,而远不只是 5 个大环中套小环 ,环中有环 ,很像是唱片上的条条纹道。这些光环是由极多形状大小不同、直径在 7.6 厘米到 9 米之间的冰块组成 ,它们高速绕着土星旋转 ,在阳光的照耀下呈现出五光十色。光环的直径有 27 千米 ,厚度也足有 10 千米左右 ,由东向西自转。光环远望为红棕色 ,实际是每层的环都稍有不同 ,C 环是蓝色 ,B 环内层是橙色 ,外层为绿色 ,A 环是紫色。在 A 环与 B 环之间有段黑缝 ,这即是有名的“卡西尼环缝”。

土星周围的卫星数量究竟有多少 ? 很长时间为此而争论不休。“先驱者”号和“旅行者”号还在不断发现新的卫星。有报道说土星的卫星已增加至 23 颗 ,其中的 18 颗已完全确定而成为太阳系中第一卫星大家族。在这大家族中 ,“土卫六”曾令人瞩目 ,是人类发现的第一颗土星卫星 ,而且被认为是太阳系中体积最大的卫星 ,比行星中的水星还要大。但经“旅行者”号探测器的一次近距观测 ,根据从 35 千米外拍摄到的高分辨率照片中知道 ,原认为直径 5800 千米的“土卫六”实际直径是 4828 千米。这样一来 ,“卫星之王”的桂冠迫不得已

让给木星的卫星“木卫三”了；“土卫六”屈居第二。

土星上有强烈的磁场，这是多年用望远镜无法发现的新情况。探测器发回的大量信息甚至用高速计算机处理都来不及，要分析很长时间才可能获得一些有价值的资料。“旅行者—2”号就出现过这种情形，1981年8月25日“旅行者—2”号飞船到了土星附近，对土星进行观测，发回了大量的照片和数据，结果经过9年的处理分析后，方知又发现了土星的新卫星。1990年的时候，美国又有人从1981年拍摄到的30万张照片中，发现有11张照片中都显示出了一个小亮点，认为这又是一颗新卫星。据此，人们有理由想到，在已获得的土星照片和数据中，还将能发现些什么新问题，科学家正在继续研究分析之中。

“旅行者—2”号1980年离开土星之后，向太阳系的边缘飞行，探测“外行星”去了。因此，天王星就成为“旅行者—2”号宇宙飞船的第三站。天王星是在1781年被偶然发现的。它距地球十分遥远，用望远镜观看它十分模糊，对它的情况了解得很少，只知道它是一颗直径为5.2万千米的行星，公转一周需84年之久，而自转周期却只有15～17小时。但“旅行者—2”号经过8年的长途跋涉，行程48亿千米之后，于1986年1月24日从距天王星最近点飞过，一直连续观测到2月25日。继而在1988年1月24日的17点59分之时，“旅行者—2”号又横穿距其赤道10.707万千米的上空，飞行6个小时，使它精细地观测了天王星的面貌，拍到了大量近距离的照片。这是人类第一次这样近地观测距地球有30亿千米之遥的天体。

从1986年1月10日到1月24日，“旅行者—2”号在距天王星8.1万千米近距点的空中源源不断地向地球发送一些宝贵资料，补充或修正原有关天王星的一些认识。

天王星的自转周期准确地说是16小时48分钟。其绕太阳公转的姿态是与其他行星不同的，赤道面和轨道面的倾角为97度55分，公转周期为84年，阳光可以轮流地照射在它的南北极上。

天王星上的大气成分，修正为主要是氢，氦仅占10～15%，与

木星相似。这次探测又新发现了 2 条新环带 ,并重新测定原来的 9 条环带。这新旧的 11 条环带构造复杂 ,颜色各不相同 ,景色十分壮观。

天王星有一个强磁场 ,赤道处的磁场强度为 0.25 高斯 ,虽比地球上的 0.31 高斯略低。但就其总体而言 ,天王星内部磁场却很强 ,能量约是地球的 50 倍 ,其磁轴与自转轴间有 55 度的夹角 ,这是由于磁轴略有扭曲倾斜所致。由于强磁场 ,天王星能反射电波 ,所发射的无线电信号混乱短暂而强大。

从前只知道天王星有 5 颗卫星 ,这次又发现了 10 颗 ,对前后 15 颗卫星的直径全部进行了测定。原已知的 5 颗卫星直径 1180 ~ 4800 千米之间 ,而新发现的一个暂命名为“ 1985U1 ”,直径最大仅为 130 千米。另有“ 1986U7 ”直径为 15 千米 ,还有一个“ 1986U8 ”直径 20 千米 ,其余的 7 个直径大约 50 ~ 90 千米。在这些卫星当中 ,早就已知的“ 天卫—5 ”个儿最小但最为漂亮 ,地貌复杂又丰富多彩。上面有高达 6000 米的悬崖峭壁 ,宽达 20000 米的大峡谷。也有山脉 ,还有 24000 米高的山峰 ,深 16000 米的山谷。有的地面色调很亮 ,也有的很暗 ,参差不齐 ,样子很美。

天王星的表面会是一副什么样子 ? 曾有过许多猜测 ,从“ 旅行者—2 ”号传回的资料中 ,经仔细分析研究而知 ,天王星的表面是一个数千摄氏度高温的海洋 ,水深 8000 多米。然而对于这样的分析 ,地球上的人按照常识是难以接受的。实际上 ,由于天王星表面之上有浓密的数千千米厚的大气层 ,这层浓厚的大气产生了巨大的大气压力 ,使海洋中的海水即使在数千度高温之下也无法沸腾 ;同时 ,又因高温阻止大气的高压使水凝固 ,使得火星表面在高温下仍被深水洋面所覆盖。而且科学家们还认为 ,天王星的内核是与地球相似的熔化的岩石 ,温度很高使表面的海洋水温升高。也可能正是由于海洋的存在和熔化岩石的搅动 ,而使天王星的磁场没有规律可循。

在“ 旅行者—2 ”号进行探测的时候 ,天王星正被厚厚的云层遮盖着。有关天王星本身的情况 ,地表真情怎样 ,传回的数据还不多 ,详

情况究竟会如何？有待今后进一步的探测。

在完成了天王星的探测之后，“旅行者—2”号又继续向太阳系飞行，奔向它的太阳系旅行的最后一站——海王星。日夜兼程，总航程已达 72 亿千米。1989 年 8 月 24 日，它按计划要求，准时到达海王星北极 4827 千米的上空。

远在 45 亿千米之外的海王星，与我们相距实在遥远。一直到 1989 年之前，用高倍望远镜看它也只是一个小亮点，因此，人们所知还是点点滴滴。

“旅行者—2”号早在到达海王星之前的一个月，电视摄像机就开始对准海王星了。它以每小时 6 万多千米的速度直奔海王星，在掠过最近点的过程中，不断拍摄照片并发回地球。5000 张照片从 45 亿千米发回地球，即使用无线电波传输，也需要 4 小时零 6 分钟。人们在大屏幕上第一次看到了清晰如画的美丽的海王星。

在巨大的蓝色海王星上，好像有一只眼睛正在张望着地球。实际上它是一个巨大的鹅卵形的风暴，直径足有 1.28 万千米。这是太阳系中最大的风暴在肆虐横行，以每小时 2800 千米的速度由南向北移动。这说明了海王星的气象十分活跃，而且在大气中，有 3 个显著的亮斑和 2 个暗斑，亮斑以 18 小时为周期不停地转动着。

海王星上有 5 条光环，其中两条很亮，这是太阳系中第四个有光环存在的行星。在南极有美丽的极光，附近又有条宽 4345 米的巨形黑色风云带。当“旅行者—2”号横穿光环平面时，却遭受到 300 次每秒的粒子体暴风雪般的撞击。经过 2 个小时之后，又探测到光环的外侧存在约有 10000 千米厚的尘埃圆面。

“旅行者—2”号这次发现了 6 颗海王星的卫星，加上已知的 2 颗，从而认定海王星的周围存在 8 颗卫星。其中“海卫—1”是最大的，它的运行方向与其他卫星皆相反，是唯一沿着与母行星运行方向相反的轨道运行的卫星。“海卫—1”有许多特点是太阳系中令人感兴趣的探测目标。比如它的表面非常寒冷，气温竟有 - 236 之低。极冠因被冻结成固体的氮所覆盖，形成了一个耀眼的白色世界。

而赤道附近却是被一片冰层覆盖的蓝色地带。冰层竟是冰冻的甲烷形成的,变成了一个“蓝色卫星”。“海卫—1”上有座仍在喷发液氮的活的冰火山,这是太阳系内发现的第三个有活火山活动的天体。也是首次发现海王星的卫星上有“冰火山”。海王星的表面温度仅有 -240°C ,是太阳系中人类所知的最寒冷的天体,大气稀薄,产生的气压也仅是10个微巴,大气组成只有氮和甲烷两种气体。

“旅行者—2”号已顺利地按要求完成了探测行星的任务,继续飞离太阳系,向外飞向银河系。因此,它仍然被跟踪,寄希望于今后25年时间里还能收到它发回的信息。

太阳系中冥王星是人类20世纪以来唯一没有接近探测过的行星。其发现过程也颇为有趣,在发现了天王星和海王星之后,人们都以为太阳系也不过有7个或8个行星了。但没想到在20世纪初,曾发现天王星和海王星竟然偏离它们原来的轨道。人们寻找原因时则认为,在太阳系的远处一定有一个星体的引力场存在,轨道偏离可能就是在这个引力场作用的结果。不出所料,在1930年及1978年,先后发现了冥王星及其卫星——“卡戎”。

冥王星的直径约为2200~3000千米,为月球直径的三分之二。它是距太阳最远的一颗行星,平均距离达59亿千米,绕太阳一周的时间为248年,运行的轨道偏心率和倾角都很大。但其轨道的近日点却比海王星轨道半径还小。冥王星侧向自转,自转速度远比地球要慢,被认为是一颗很古怪的行星。它与其卫星有一种非同一般的特殊关系,两者靠得很近,仅有20000千米。冥王星自转周期与卫星绕冥王星旋转周期相同,均是6天19小时17分钟。冥王星的质量比原来预料的要小,与其卫星的质量比为11:1。而地球与月亮的质量比却是81:1。

由观测而知,“卡戎”上存在水冰。还有证据表明冥王星可能会把大气转给了“卡戎”,这是冥王星所独有的宇宙现象。

由于存在这样一些特征,人们对冥王星是颗行星还是一颗小行星,或者就是一颗卫星存有怀疑,争论不少,对冥王星的“身世”随之

出现了许多不同的说法。

有的说,冥王星原是海王星的一颗卫星,只是由于与其星体靠近而被加速,逃脱出了海王星的引力场成为一颗行星了;还有更多的离奇的说法称,在7500万年以前,在称作“法艾东”的行星上存在比地球有更高文明的有机生命,由于他们的一次不慎核实验而产生的一块特大碎片,一直冲过海王星,进入绕太阳运行的新轨道,而成为冥王星。另外,又有迹象表明,冥王星及其卫星都曾是1000多个冰“矮星”中的成员之一,它们运行于太阳系运行轨道之外,现存的不了了。关于冥王星的种种说法,引发了人们的极大兴趣,都想探个究竟。

鉴于此,促使美国的学者去说服他们的航空航天局(NASA),请求他们支持在21世纪之初,能对冥王星进行一次探测。具体时间定于2010年前后,设想的探测器为一个宽0.5米的6边形柱体结构,内装可见光照相机用于地质和地形的拍摄;紫外分光仪用于记录高空大气层特征,一个振荡器,用于测量低空大气特征等等。所需能源则由一台同位素发电机提供。

由于冥王星自转速度太慢,要同时用两个探测器才能进行有效地探测。这样所需总费用估算有14亿美元左右。这又将是一次惊人之举。而且由于探测器质量小,可直接向目标飞去,省钱、省力又省时,值得去一拼。

至此,整个太阳系基本上都已被探访过。随着航天科技不断地发展,人们的直接参与程度与范围也将加深和扩大。有理由相信太阳系以及宇宙空间演化历史、人类的生命起源及其他星球上是否存在生命等与人类生活有直接重大影响的问题,一定会完满地解决,而且为时也不会太晚。

五、太阳系其他空间探索

尽管人们较多关注“旅行者—2”号,实际上还有一个“旅行者—1”号深空探测器,它比前者晚发射了半个月。在12年中2个探测器相互配合,相辅相成共同进行探测深空的任务。本来是在完成探测之后,一起扬长而去,飞向宇宙空间更遥远的地方。但此时恰逢宇宙

的奇观即将发生 ,那就是人们通过计算而知的“ 6 星联视 ”活动。能碰到这样的机会 ,人类是绝对不该放过的。“ 6 星联视 ”乃是太阳系内的 9 大行星以各种不同的速度在不同的运行轨道上运动时出现的 ,行星能“ 同时 ”于一个黄道平面内近似直线排列的最为罕见的天文现象。发生这种现象的概率是 179 年一次 ,这是经历几代人才得以相遇的宇宙奇观。

之所以要由“ 旅行者—1 ”号来完成这样极为特殊的探测任务 ,是因为它的摄像系统计划于 1990 年 8 月关闭 ,停止使用。但为能充分地发挥该摄像系统的作用 ;“ 旅行者—1 ”号完成它的主要探测任务之后 ,再回过头来去完成抢拍一张太阳系家族的全家福的照片。

所谓“ 6 星联视 ”的宇宙奇观 ,是指连续观测到 6 颗或更多的行星(即如戏说的全家福)。在 20 世纪下半叶这个时机出现。但只有 1977 年 8 月 20 日以后的一个月之内发射的探测器才能赶上这个佳期。“ 旅行者—1 ”号向回飞 ,在距太阳 59 亿千米的“ 黄道平面 ”上空 ,于 1992 年 2 月 14 日 ,用 34 小时的时间成功地拍摄到了 64 张精彩绝伦彩色照片 ,把太阳系中的海王星、天王星、土星、金星、地球和木星等 6 颗行星都同时拍下来。只是因为冥王星相距太阳太远 ,而水星离太阳太近 ,火星却是因被太阳光淹没而没能拍到它们。经科学家精心镶嵌另拼成了一幅“ 6 星联视 ”太阳系图形。可以肯定地讲 ,这张照片就是我们这代人第一次 ,也是 20 世纪最后一次所能看到的“ 世界性的照片 ”了。这次“ 6 星联视 ”活动足以证明 ,美国科学家精心设计、精心计算以及高超的探测器技术均达到了炉火纯青的程度 ,使航天技术达到了一个新高峰。

对月球的探测也是对太阳系的探索的内容之一 ,只是由于活动搞得轰轰烈烈 ,有声有色 ,而且人类多次登上月球 ,鉴于此 ,有必要在以后单独叙述。

第五节 载人空间探索

一、东方号和水星号

20 世纪的 50 年代 ,前苏联和美国各自发射了人造卫星之后 ,认为通往宇宙之路已经打通 ,人类从此可以扬帆远航了。

人造卫星是一种无人驾驶的航天器 ,航天探索的作用很有限。人的能动作用是任何先进的设备无法替代的 ,对宇宙的探测尤为如此 ,最后解决问题 ,肯定的结论必须是由人直接介入才行。

由于社会生产力和科学技术的迅猛发展以及正确的指导思想 ,航天技术也随之蓬勃向前发展 ,尤其是在载人航天方面。1961 年 4 月 12 日晨 ,世界上第一位宇航员尤里·加加林 ,头带着白色密封头盔乘坐着“东方—1”号宇宙飞船进入太空。在地球大气层之外 ,绕地球飞行一周 ,历时 108 分钟 ,航程计为 40000 千米。前苏联在人类航天史上的第一次壮举一经见诸报端 ,立即在全世界范围内引起极为强烈反响 ,震惊美国朝野上下 ,促其深刻反省他们的航天政策的失误。

这艘载人的“东方—1”号飞船由球形再入密封舱、圆柱形设备舱和反推发动机组成。再入密封舱直径 2.3 米 ,重 2400 千克 ,内有一个供穿着宇航服的宇航员可以俯仰活动的自动弹射座椅。还有可供 10 天飞行的生命保障系统以及通信、导航、仪表监测等先进的仪器设备 ,设备舱内装有氧气设备 ,化学电池 ,为返回而用的制动发动机、燃料箱及其他辅助设备 ,舱外还有通信天线和测控天线等 ,飞船总重为 4.73 吨。发射时随着一声巨响 ,飞船随着运载火箭一起起飞 ,以 8 千米每秒的第一宇宙速度进入绕地飞行的椭圆形轨道。轨道参数 :近地点 181 千米 ,远地点 238 千米 ,轨道倾角 64.95 度 ,89.1 分钟绕地球一圈。飞船绕地球一圈后 ,启动制动火箭减速开始返回 ,在距地球 7000 米高度时 ,加加林从飞船的着陆舱中弹出 ,乘降落伞安全地着陆于前苏联本土的一片田野里。

飞船使用的运载火箭是“东方”号三级液体燃料火箭 ,全长 38.4

米,最大直径 10.3 米,起飞重量 287 吨,起飞推力 408 吨,推进剂采用的是液氧和煤油。飞船放置在火箭头部的整流罩内。

载人飞船的发射成功经历了一个非常艰苦的历程。通常发射载人飞船必须具备 3 个条件,那就是宇航员、载人飞船和运载火箭。这三者之中无论是缺少哪一个或者出现故障,载人发射都不可能成功。在发射成功的背后,前苏联为此付出不小的代价,为保证载人飞行绝对安全可靠,曾进行了 30 多次的生物飞行试验,并对宇航员进行了地面的模拟训练,结果是飞行试验都因种种原因而失败,损失惨重。1961 年 3 月 23 日,宇航员在一次地面的充满氧的暗室里训练时,一时疏忽,错将用过的酒精棉随手一扔,引起大火,宇航员被活活烧死在训练舱中。他们不幸成为人类为航天事业而献身的首批牺牲者。“东方—1”号成功地发射与返回,也不是一帆风顺的,也险些酿成悲剧。按照预定的程序,再入密封舱与设备舱分离过程原本只需 10 秒钟,然而实际却久久不能分离,而且由于制动火箭的反推力使飞船不停地翻滚,达 10 分钟之久。在这让人揪心的 10 分钟里,加加林忍受着头晕目眩,令常人难以忍受的折磨。幸好因祸得福,再入时的气动加热使两个舱段的连接件烧断,这才使加加林得以从噩梦中解脱出来,而成人类航天史上的第一位英雄。经过多次发射实验而最终由加加林乘坐的“东方”号载人飞船成功地进入轨道,而后又安全地返回地球,正式编为序号“东方—1”号飞船。

在完成了第一次的载人飞行之后,前苏联又发射了“东方—2”号载人飞船,时间为 1961 年 8 月 6 日,宇航员是 26 岁的格尔曼·C·季托夫。飞行轨道与前次相差不多,近地点 178 千米,远地点 444 千米,轨道倾角 64.93 度。在这次飞行中,宇航员第一次手控定向毫不费劲地驾驶飞船,第一次拍摄太空、地球和月球的照片;又进行了生物学研究和技术实验。季托夫在地球轨道上绕地球飞行 17 圈,费时 25 小时 11 分钟,第一次在太空中生活了一昼夜多,进行了 8 小时工作、吃饭、睡觉、锻炼等一系列的“一日生活”。这又创造了一个航天奇迹,证明了人在太空中可以较长时间地生活。25 小时的失重对人

的心血及呼吸系统、视觉和精神及其工作能力均不会造成不利影响，从而为人类能长时间在太空中生活提供了十分可靠的重要依据。

前苏联在全力地大搞“东方”号系列飞船之时，美国原想能抢在他们之前把载人飞船送上太空，正积极开展“水星”研制计划。从1958年10月开始，先后15次进行“宇宙神”运载火箭的亚轨道飞行实验，其中多数也是失败的。前苏联的“东方—1”号飞船载人实验成功之后，极大地刺激了美国，他们接连不断地6次发射“水星”号系列飞船，成功地进行了直上直下的亚轨道飞行试验以及2次载假人和动物的发射与返回试验。这之后，才在1962年2月20日发射了载人的“水星—6”号飞船，成功地把它送入预定轨道并绕地球3圈后安全返回地面（图2-15）。

美国这次成功实验晚于前苏联10个月时间，算是第三艘载人飞船。接着，1962年5月至1963年5月的一年时间里，又连续地进行第二次、第三次、第四次载人绕地球飞行，这项“水星”计划于1963年6月宣告结束，共进行了2次载人绕地球不到一圈的弹道飞行和4次载人绕地球的近地轨道飞行。

美国的“水星”系列飞船是首批绕地飞行的单座载人飞船，其外形呈圆锥形，顶部直径0.5米，底部直径1.83米，高2.9米，重1.35吨。宇航员坐在密封舱内也必须穿上宇航服。“水星”飞船规定在返回时，必须靠降落伞溅落在水上，这是与“东方—1”号飞船截然不同的。据此而知，美国此时载人飞行的航天竞赛中，还是比前苏联人落后了一步。

前苏联在创造了几个第一之后，又于1962年8月11日和12日，连发了2艘载人飞船“东方—3”号和“东方—4”号，它们在近地轨道上，实现航天史上的第一次2艘飞船的编队飞行。两船的宇航员以手动控制保持在一个固定的距离上同向飞行。宇航员们在各自的飞船内进行了相互观测活动。在座舱内，在失重条件下进行了自由移动的实验，还进行过两船间的通信联系，中央电视台和国际电视组织间直接进行了远距离的现场直播，实现了人类第一次空间电视直播；

同时也进行了空间生物研究的技术实验。两艘飞船在太空中飞行的时间分别为 94 小时 10 分和 70 小时 42 分钟 ,最后都顺利降在预定的地点。这样的一次编队飞行 ,是航天史上何等壮观的奇情异景啊 !



图 2 - 15 美国第一个宇航员艾伦·谢泼德返回地球

按照计划 ,前苏联又发射了“ 东方—5 ”号和“ 东方—6 ”号载人飞船 ,而“ 东方—6 ”号飞船 ,是计划中的最后一艘飞船 ,其乘员是一名妇女——捷列什科娃 ,她成为人类第一位翱翔太空的女性 ,被永载史

册。这次飞行的一个突出成果是 ,证明了妇女和男人一样 ,完全可以参加到征服宇宙空间的行列之中 ,同样地为人类进入太空、开发太空作出她们自己的贡献。“东方”号也至此完满地结束其历史使命。

二、上升号飞船和双子星座号

前苏联在“东方”号飞船完满地完成载人飞行试验后 ,马不停蹄地实施新一轮航天计划 ,研制了第二代载人飞船 ,命名为“上升”号。

这种“上升”号飞船实际没有什么特别之处 ,只是在“东方”号的基础上进行某些改装和改进而成。这是由于当时美苏之间明争暗斗十分剧烈 ,为了政治上的需要 ,前苏联在获悉美国正在搞双座的“双子星座”号飞船后 ,为争取时间 ,抢在美国之前而匆忙上阵改装“东方”号飞船为 3 座的载人飞船。

首先是将单座的“东方”号应急弹射座椅拆掉 ,去掉了备用降落伞 ,扩大再入密封舱的有用空间 ,使之能成为 3 座飞船。所以 ,直径加粗到 2.4 米 ,球形 - 圆柱形舱体长 6 米 ,重 5.32 吨。与“东方”号有所不同的是该飞船上装有软着陆系统 ,从而再入密封舱可以直接着落地面。飞船上还装有反推发动机等一些其他设备。

这样的载人飞船命名为“上升—1”号飞船 ,于 1964 年 10 月 12 日进入轨道 ,是当时世上第一艘多座载人飞船。“上升—1”号飞船的飞行任务是研究由不同专业编组而成的乘员组在太空中如何进行协调 ,开展各项科学实验工作。其乘务组的组成人员有 :飞船指令长 B·M·科马罗夫上校 ,飞船设计师 K·费奥克季斯托夫以及医学博士波·叶戈罗夫医生。飞船绕地球飞行了 24 小时 17 分钟 ,又是一次成功的试验。

紧接着 ,又对“上升—1”号进行了改进 ,增加了气闸舱 ,舱门启闭及宇航员出舱进入太空的控制系统 ,还有生命支持系统背包。改装后的载人飞船双座排列序号为“上升—2”号。其任务是研究人走出舱外进入太空时身体状态将会如何 ? 对人的机能有什么特别的影响 ?

人能否在空间行走 ? 在此之前还是难以回答的问题。“上升—2”号于 1965 年 3 月 18 日发射进入正常轨道。当飞船开始第二圈飞

行时,宇航员列昂诺夫在指令长的帮助下,穿好特别的宇航服,并将生命支持系统背包带好,吸足氧气,为了能与飞船保持联系和安全原因,身上系了一条5米长的保险绳,绳子中还包含了一根电话线,做好出舱的一切准备工作。列昂诺夫通过气闸门步入太空,开始了他的太空漫步。在距飞船5米左右的太空中,走了12分钟,进行了目视观测及其他一些简单的试验,然后安全返回飞船的座舱中,从而列昂诺夫成为世上第一个在太空行走的人,实现了人类上天行走的宿愿,幻想终成现实。

但这成功之中也还是冒着很大的风险,那是在“上升—2”号开始返回再入大气层时,竟然发生了自动导航系统失灵的险情。幸好指令长及时地靠手控操纵飞船,才得以安全返回。飞船行程3200千米,历时26小时,于3月19日安全着陆于前苏联境内。

“上升”号飞船前后只发射了两艘,最为引起注意的是:宇航员舱外活动穿的是什么样的“宇航服”?这是前苏联第一套实用型“宇航服”,主要是由网状内衣组成。这种内衣由很细的通心管编织而成,总长有100米,管内流过的是冷水,这样可以带走宇航员散发的热量,排放到空间,在网状内衣的外面罩上多层外套,手套也是同样的多层结构材料制成,脚上穿的是金属网眼靴,头带强化树脂头盔。这样的宇航服被证实是可以保证宇航员在太空行走时的安全的。

美国在1961年至1966年间,执行的是“双子星座”计划,相继的也实现了类似的太空行走。这次美国虽比前苏联又晚了3个月的时间,但美国宇航员怀特却在太空中行走了20分钟。图2-16为“双子星座—11”号的宇航员在太平洋被打捞上来的情形。

“双子星座”飞船也同样是在“水星”号的基础上改制而成的。高5.63米,底部直径3.1米,顶部直径1米,重3.7吨,飞船最前段是“交会回收舱”,内有交会雷达,自动驾驶仪和回收降落伞等。飞船最后面的再入控制舱内有小推力的姿控发动机、推进剂及气瓶等,这部分在返回进入大气层时被抛掉而坠毁于大气层中。中间最为安全的部位则是供宇航员工作和生活的座舱,内有环境控制系统、导航设备

以及日常生活用品等。在太空中自主飞行了 14 天。



图 2-16 “双子座—11”号的宇航员在太平洋中被打捞上来的情形

“双子座—6”号和“双子座—7”号两飞船在手控操纵之下实现了发现 - 追踪 - 紧跟 - 靠拢 - 交会飞行,它们在同一条轨道上以相同速度同向而行,两船有时竟相距只有 10 厘米的距离,真是不可想象。两个庞然大物相对地球高速飞行,竟能做出如此之近的编队飞行,不能不使人敬佩其技术之高超,设计计算之准确。由此,在太空的交会飞行技术方面,前苏联落后于美国有 3 年的时间。

三、联盟号和早期的阿波罗

航天活动最终的目的是认识宇宙,开发利用空间的资源,把地球的人类移民到某个天体。随着航天活动向更深层次方面发展,空间的航天器日益增多,航天器间的交会对接及分离也随之提到日程上来了。

实现太空交会前苏联比美国落后了 3 年。1968 年 10 月 26 日,前苏联于同一天同一地点接连发射的“联盟—2”号和“联盟—3”号才成功地实现了空间交会。



图 2 - 17 “联盟”号飞船

交会、对接与再分离是航天发展进程中不可少的一个过程 ,只有实现这一过程 ,航天才会有可能进一步向前发展。交会、对接与再分离的过程中有许多技术问题必须先解决好 ,否则将会导致船毁人亡的惨剧 ,后果和损失将是不可估量的。因此 ,凡是从事这项技术的一切部门或国家 ,都十分重视有关技术的可靠性和准确性。

先是美国在 1966 年 3 月 16 日 ,由“ 双子星座—8 ”号紧追已在前面的“ 阿吉纳 ”号飞船 ,在入轨后的第四圈追上了“ 阿桔纳 ”号 ,顺利地实现了两飞船的交会、对接 ,这是人类第一次在太空中驾驶飞船对接成功的先例。两飞船连在一起共同飞行了 35 分钟 ,然后再分离 ;“ 双子星座—8 ”号安全返回地球。

3 年之后的 1969 年 1 月 14 日和 15 日 ,前苏联接连地发射了第三代载人飞船“ 联盟—4 ”号和“ 联盟—5 ”号 ,使之在近地轨道上实现用手控操纵两飞船的太空交会、对接。尤其令人振奋的是 ,“ 联盟—5 ”号中的 2 名宇航员在进入太空后 ,再转入到“ 联盟—4 ”号飞船内 ,实现了第一次 4 人在太空飞船的相会对接飞行。这为以后的宇航员

在太空中相互往来提供了十分宝贵的经验。在这点上前苏联又比美国略高一筹了。

就在同一年的10月11日,12日和13日,前苏联又连连发射了“联盟—6”号、“联盟—7”号和“联盟—8”号3艘飞船,在太空中进行了交会编队飞行,并以手动操纵飞船在轨道上自由地飞翔。

前苏联所研制的“联盟”号载人宇宙飞船(图2-17),自然比“水星”号要先进得多,它们除仍可载乘2~3名宇航员之外,更主要的它们具有轨道交会与对接的能力。其目的是检验和掌握飞船运行在太空中交会、对接、分离和机动飞行的基本技术。它由轨道舱、返回舱和服务舱组成,全长7米,直径2.3米,重为6.8吨。轨道舱近似球形,内部容积4.9立方米,重1.2吨。宇航员一般就是在轨道舱内休息和工作,舱内有供休息和膳食所用的各种物品,有仪器设备、交会和对接系统、生命保障系统及部分通信器材等。舱壁上有4个舷窗,它又是作为宇航员出舱活动的过度闸道。出舱之前,宇航员必须要在先穿好宇航服,接好所有生命保障系统的管道,才能到舱外行走。轨道舱和返回舱都是密封结构,舱内环境适合人的生存条件,绝对大气压力为94.7~113.3千帕,温度为 20 ± 3 ,相对湿度40%~50%,返回舱呈钟形,底部直径约3米,长2.3米左右,重约2.8吨。内有3只座椅,前面是各种飞行指示仪表及控制开关。还有姿态控制和机动飞行的控制杆;服务舱则为一圆柱形,直径2.3米,长2.3米,重2.5吨。它分为前后两段,前段为密封高压的仪器舱,后段为不密封的发动机舱,内有两台变轨发动机作为返回地面时的制动发动机。在返回进入大气层前,轨道舱和服务舱均被抛弃,只剩返回舱回到地面。“礼炮”号空间站升空之后,“联盟”号即被用作向空间站接送宇航员的往返运输工具。开始了人类在空间的对接航行,使人类的宇宙飞行进入了一个崭新的阶段。“联盟”号前前后后共发射了40多次。以后又根据航天需要把“联盟”号稍加改进,提高了生命保障系统的可靠性和环境系统的舒适性,使它成为一种改进型的运输工具,并取名“联盟—T”号,作为第二代载人宇宙飞船再进而演

变成“联盟—TM”号。主要是作为向空间站转送宇航员的交通工具，使用至今。前苏联在“联盟—T”号的基础上改进了空间的交会技术、对接系统，完善了通信、紧急救援、制动发动机和降落伞系统，结构上采用了许多新材料，增加了有效载荷。由于“联盟—TM”号载人飞船的出现，又加上“和平”号空间站升空，人们对前苏联和俄罗斯的航天技术开始又有了新的认识与估计。

前苏联在加加林首先实现了载人航天飞行之后，又连续创造了几个世界第一，大大地伤害了美国极强的自尊心。他们决心和前苏联试比高低，以显示美国科学技术水平及其经济实力，于是制定了“阿波罗”载人登月计划，该计划是从1961年5月开始实施的。

“阿波罗”计划的第一步，是先确定登月方案，经反复论证而确定了月球轨道交会方案，因而早期的“阿波罗”飞船总体布置为由指挥舱、服务舱和登月舱构成。

但在“阿波罗”飞船的研制过程中，充满了艰苦与风险，甚至牺牲。美国先是成功地进行了不载人的“阿波罗”—1、2、3号飞船实验。就在为准备即将进行的“阿波罗—4”号飞船的一次模拟太空飞行实验中，意外情况发生了。突然间有一电路出现短路，产生电火花，火焰顿起，座舱内一片火海，3名宇航员被包围在浓浓的大火之中。此时，由于原设计打开舱门的时间为1.5分钟，这样无论舱内的宇航员还是舱外有关人员都不能打开门，而且因燃烧舱内形成负压，人们再用力也无济于事，3名宇航员就这样在众目睽睽之下活活烧死。而最为感人的一幕，则是在浓烈的大火之中宇航员格里索姆说的一段话：“如果我们死了，请大家不必大惊小怪，应把它看成一次普通事件，因为我们是从事着一种冒险的事业，我们不希望因此影响计划的进程，征服宇宙是值得用生命去冒险的。”这是何等惨烈悲壮的场景啊！人类正是以这样一种大无畏的精神去奋斗，才会有航天事业的蓬勃向前。“阿波罗”计划没有搁浅，仍在继续的向前。

四、人类登上月球

美国航天科技人员针对出现故障的“阿波罗—4A”号进行了改

进,增加了保证安全飞行的措施,从“阿波罗—4B”到“阿波罗—7”(图2-18)的连续近轨道飞行试验最终获得成功,达到预期的效果。进而才有载着3名宇航员的“阿波罗—8”号的绕月飞行。宇宙飞船的机动、交会、对接、分离技术极其可靠地得到了充分考验。改进之后的“阿波罗”飞船,高29米,直径10米,重45.7吨,其组成有指令舱、服务舱、登月舱。登月舱又分成上升段和着陆段,底部有4个支架是为在月球上实现软着陆而设计的;服务舱内装的是一些仪器和宇航员必需品,还有飞船的主发动机。舱体在飞船返回进入大气层之前被抛掉烧毁;指令舱则是飞船的最重要部分,将来只有它载着3名宇航员一起返回地面。



图2-18 “阿波罗—7”号飞船

1969年5月18日;“阿波罗—10”号又载着3名宇航员升空,24日进入月球卫星轨道,开始了全过程绕月飞行。在其上空15千米的近距离上观测了月球表面的情况,之后又安全返回地面。至此,美国已完成了载人登月的前期准备工作,积累了宝贵的经验。等待着人类登陆月球那一天的到来。

登月是人类向往已久的。月球是地球唯一的卫星,与其他行星或卫星相比,它离地球又是最近的。人类首先能看见和认识的是月球,人们看见了月球

而似乎又没有看清 ,对它充满了幻想与向往之情 ,尤其是一些科学家 ,他们十分热烈地期盼尽早实现人类登月。

月球直径 3476 千米 ,自转周期是 27 天 12 小时 44 分 ,而公转周期也恰为 27 天 12 小时 43 分 ,两者仅一分钟之差。可以认为月球的自转和公转周期相等。因此 ,在地球上始终只能看到月球的正面。

月球的运行轨道是近椭圆形 ,轨道半径 38 万千米。它的密度极不均匀 ,平均密度小于地球 ,但在称为月海处的地方密度却大于地球。月球的体积为地球的四十九分之一 ,而质量却是地球的八十一分之一 ,这种不成比例的数据 ,让人猜想月球内部可能是“空心”的。

月球的体积是太阳的 6400 万分之一 ,但从地球上看到的月球和太阳大小却相当 ,何能会如此呢 ? 原来太阳的直径是月球的 400 多倍 ,而太阳相距地球的距离也恰是月球距地球距离的 400 多倍。这个令人惊叹的巧合不禁让人发问 :月球为什么会恰恰处于太阳与地球之间的这么一个位置呢 ?

从地球上看到月球 ,在一个月中会出现不同形状的所谓“盈亏” ,这是由于月球运行时所处轨道位置与地球、太阳角度不同而形成的 ,“盈亏”无论是过去和现在都对地球和人类有着重大影响。

月球上的白天与黑夜交替周期为 15 天 ,周围少有大气 ,因此也没有植物和生物。月球上布满了环形山 ,到处是岩石 ,是个荒凉的世界。从地球上看到的黑暗地区称之为月海 ,月海又细分为静海、澄海、危海、云海、酒海、富海、神海、风暴洋和雨海。所谓的月海不是人们常识的水的海洋 ,而是岩石构成的洼地。

那月球上是否有水呢 ? 这是人们十分关注的问题。在相当长的一段时间里 ,人们皆认为月球上没有水。但不久前 ,美国一只军用飞船探测到 ,月球南极的一个巨大火山口内有一个冰湖 ,从而结束了月球没有水的论断。有解释说 ,月球南极火山口 ,是约在 30 亿年前被较大彗星撞击而成的陨石坑 ,直径有 2500 千米 ,坑深 13 千米。而彗星尾部所带有的水分留在陨石坑内 ,并且南极背向太阳 ,坑内温度可达 - 230℃ ,留下的水是以冰的形式存在的。

对于月球是如何诞生的？说法又很多，有兄弟说、亲子说、俘获说，直至十分新奇的宇宙飞船说。

重重迷雾笼罩月球，这迷雾最终被撩开只能在人类登陆月球之后。

万事具备，具有重大历史意义的人类登月旅行即将启程。1969年7月16日，美国东部时间9时32分“阿波罗—11”号载着3名宇航员在“土星—5”号运载火箭的携带下，准时顺利地点火升空直奔月球而去。

根据“阿波罗”飞船设计的程序，“阿波罗—11”号升空后，经75小时的飞行，于19日就进入了月球的引力圈。一切情况正常，按预定计划在20日晨到达月球4500千米的上空。此时，接到地面上休斯顿指挥中心的遥控指令，减速飞行进入月球轨道。服务舱的制动发动机点火喷射，使飞船不断地减速进入了近月点113千米，远月点为313千米的椭圆形的月球轨道。这时，“阿波罗—11”号绕月球一周需2小时，在轨道上宇航员们业已开始作登月前的准备工作。指令长阿姆斯特朗和登月舱驾驶员奥尔得林进入了名为“鹰”的登月舱，指令舱驾驶员柯林斯仍留在“哥伦比亚”号的指令舱中。待一切就绪后，宇航员与地面指挥联系，等待指令进行分离。

让人焦急而兴奋的时刻终于到来了。21日凌晨2时许，登月舱发动机点火与指令舱分离，指令舱继续绕月飞行，登月舱以6米每秒的速度下降。当宇航员检查仪器时，地面休斯顿中心也在同时进行监视。人们曾从读数中发现，似乎指挥中心难与登月舱直接通信联系，而需以指令舱作为中继站。实际上登月舱的每一动作都良好，而且源源不断地向地面发去大量的信息数据，至使休斯顿指挥中心的计算机过载而不能及时处理这些数据。突然间报警灯闪烁，经分析认为只是地面仪器失灵，登月舱却没有什么问题，一切正常。于是地面指令准备用自动着陆系统进行着陆。阿姆斯特朗从舷窗向外张望发现，原来选定的着陆点是一片乱七八糟的卵石，于是又继续飞行，避开这个危险的地区。经过10个小时努力，奥尔得林手控登月舱在

月面一处叫作静海的地方着陆成功(图 2 - 19)。

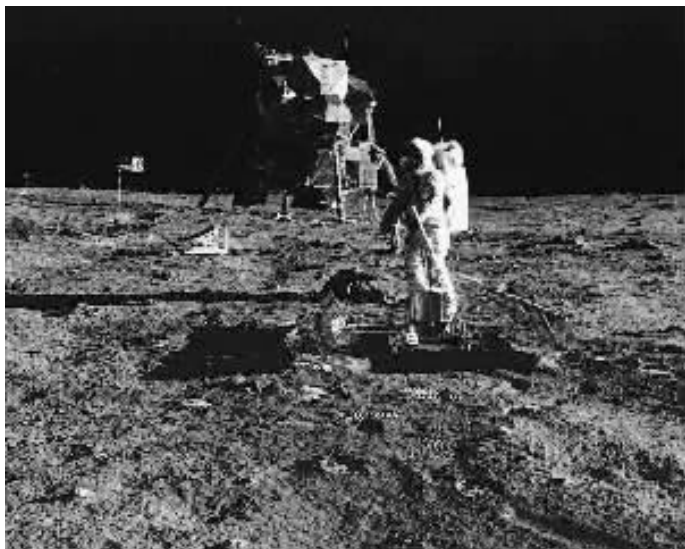


图 2 - 19 “阿波罗—11”号飞船宇航员登陆月球

7 月 21 日 11 时 56 分是个具有历史意义的时刻 ,登月舱门打开了 ,阿姆斯特朗从门中慢慢地挤出去 ,再小心翼翼把梯子竖到月面上。他先是站在一个 5 米高的小平台上 ,对这荒凉的月球巡视了几分钟 ,然后再一步一步地走下梯子 ,踏上了人们千年以来心往神驰的月球表面。登月舱的电视摄象机同时拍下了这一历史性镜头——人类在月球上的第一个脚印。全世界也有数百万电视观众亲眼目睹了这一人类登陆月球的辉煌场景。由于月球上的引力只有地球的六分之一 ,宇航员行动时显得轻飘飘的。

登上月球表面后 ,宇航员做的第一件事是在月面的着陆点上竖立起一块金属牌 ,上面镌刻着 :“1969 年 7 月 ,这是地球人在月球着陆的地方 ,我们代表全人类平安到达这里。”下面有“阿波罗—11”号的 3 名宇航员和总统的签名 ,随之又竖起了一面美国国旗。宇航员通过电视摄像 ,向地球上的人们播放了登月的实况 ,又和总统尼克松

通了电话,向美国人民和总统致敬!这一切之后,他们又安放了地震测量器和激光反射器,以便地面上的科学家能精确地测量地球与月球间的距离。阿姆斯特朗在月面上逗留了 2.5 小时,奥尔得林也呆了有几十分钟,然后把收集到的月球岩石和土壤样品带回登月舱内。在清理了登月舱内的垃圾和污水之后,他们在舱内睡了 8 小时。

2 位宇航员在月亮上共逗留了 21 小时 36 分钟。于 7 月 21 日,他们乘登月舱的上升段离开月球,然后与分离了 28 小时的轨道舱会合对接。当登月舱上升段向指令舱停靠时曾发生微微颤动,克服了点对接上的困难之后,宇航员进入指令舱,3 名宇航员此时又相会在一起了。

7 月 25 日凌晨 1 时 50 分,“阿波罗—11”号的指令舱安全返回地球,溅落在太平洋中部的海面上。人类终于敲开了月球的大门,登陆月球的航天之梦终于得以实现。

第一次成功登月之后,美国又在 1969 年 11 月 14 至 1972 年 12 月 7 日,连续地发射了“阿波罗”—12 ~ 17 号载人登月飞船,除“阿波罗—13”号因故失败外,其他皆获成功。前后有 12 名宇航员 6 次登上月球,对月球进行了广泛的考察,在月球上停留时间总共有 299 小时 34 分 38 秒,带回的月岩和土壤样品计 368 千克。至此,“阿波罗”耗资 255 亿美元,有 20300 个单位参加,人数超过 40 万,历时 11 年方宣告结束。不容怀疑是取得了巨大的成功。

“阿波罗”载人登月并不像科幻小说那样浪漫有趣,实际上是一件充满风险,需要惊人的胆量和意志的千秋大业。

前苏联的载人登月活动,刚刚起步还算顺利,曾由于成功发射“月球—2”号探测器,实现了月球上的硬着陆。

前苏联雄心勃勃,还在加加林上天之前业已开始执行著名的 N3 计划,先是发射“联盟”号飞船,进行无人绕月飞行。然后发射载人绕月飞船,最后进行载人登月。但为此而研制的“N—1”运载火箭十分不顺利。总设计师科罗廖夫曾宣布过:“谁能使火箭减轻 1 千克的质量,就给他 50 ~ 60 卢布的奖金”。然而问题仍然不断。后来又由于

前苏联政府的改组 ,火箭总设计师不幸病逝或被替换 ,使计划屡屡受挫。

1969 年 2 月 21 日 ,这个被称为火箭之王 ,高 104 米的“ N—1 ”运载火箭首次发射时 ,升空不久就凌空爆炸。同年 7 月 3 日 ,又再发射经改进的“ N—1 ”火箭情况更糟 ,在发射台上就爆炸了 ,连发射场也遭严重破坏。此时 ,前苏联载人登月计划实际上已流产了 ,后来又有 2 次失败的发射。前苏联人已看到这场以政治斗争为目的载人登月竞争必败无疑 ,只好草草收场 ,将有限的资金和人力偷偷地转移到空间站和航天飞机的研制中去了。因此 ,前苏联的载人登月计划逐于 1974 年被取消 ,以失败而告终。

前苏联的登月实施方法与美国最大区别在于 :美国是用一枚“ 土星—5 ”运载火箭将“ 阿波罗 ”飞船直接送入月球轨道 ,而前苏联的计划则是分两次进行载人飞行 ,先是用“ N—1 ”火箭送登月舱和登月宇航员进入绕月轨道 ,再用“ 质子 ”号火箭把类似“ 联盟 ”号的“ 探测 ”号载人飞船送入绕月轨道。登月任务完成后与登月舱相会对接。登月舱中的宇航员转入飞船 ,然后将他们送回地球。由于运载火箭存在问题 ,计划泡汤了。

美国宇航员从月球带回的月岩和土壤样品 ,分别采自月海和环形山 ,其中有古老的也有新生的 ,还有火山上的。科学家们对这些宝贵样品进行了科学的分析研究 ,期望能了解月球的地质结构和掌握其演化过程。研究后得知 :月球岩石的化学成分和地球上的岩石有很大的区别 ,月岩中含有钛、铬等高熔点元素很多。月球表面又随处可见圆形玻璃球状的微小粒子 ,这些粒子是某种物质在高温熔化后再冷却而形成的颗粒。

月球的土壤中含有铝、锰、钛、铬等 60 余种金属元素 ,其中有 6 种地球上从未发现过。据此可认为地球和月球不大可能是母与子的关系。

月岩中也不含水。在 30 万倍显微镜之下 ,没有在月球的样品中发现任何有机物 ,因而月球是不可能存在生命的。

月海的密度极大 ,引力超常 ,能使飞过其上空的登月舱发生下坠而变轨。

月球像只巨大的鼓 ;阿波罗—13 号飞船入轨后 ,宇航员曾用无线电遥控飞船的第三级火箭去撞击月面 ,结果使月球发生了持续 3 小时 20 分的月震。月震深度达 35 ~ 40 千米 ,表明构成月球和地球的物质不同。月球由具有传导特性的物质构成。以后又用“阿波罗—15 号”飞船制造过一次月震。“阿波罗”—12、14、15 号的宇航员在 3 个不同地区用月震仪观测 ,月震持续 1 小时 ,能传播到 1100 千米之外。如用同样的方法在地球上产生的地震 ,其持续时间和传播距离均相差很多。许多科学家据此推测月球中心可能是空的。

月球究竟来自何方 ?如它是一个外来的天体 ,当它进入太阳系时 ,应首先该被太阳俘获而成为太阳系的一个行星。但实际上它却是地球的卫星 ,这又是为什么呢 ?

人们原想通过载人登月 ,能揭开月球之谜 ,可又谁能想到原来的重重迷雾还没有完全揭开 ,却又产生新的疑团。真是宇宙无止境 ,科学无止境 ,人类探索也无止境。

五、礼炮号空间站

人造卫星的发射 ,载人飞船的使用 ,使人类在航天领域取得重大成就 ,对太阳系的认识不断加深与扩大 ,然而同时又感到它们的用途有较大的局限 ,还不能更好地满足人类日益增长的需要。卫星体积很小 ,用途单一 ,使用寿命短 ,可靠性差 ,即使有一点小错也会导致前功尽弃。而宇宙飞船无论是载人的或是运货的都只是作为一种空间运输工具 ,不能在其上进行实验和展开工作 ,不能进行在轨服务 ,而又致命的是它仅一次性使用。由于航天活动的要求日渐复杂、量大 ,为此曾多次发射卫星或飞船 ,费用极高 ,消耗很大 ,给发射国家在取得可观效益的同时又造成很大的经济压力 ,限制了航天事业进一步向前发展。鉴于此种情形 ,人们自然期望能有一种体积大 ,可长期停留在轨道上 ,装载多名宇航员及各种仪器设备的航天器提供在轨服务 ,从而可进行多项科学研究及加工制造活动。这种巨型航天器就

是我们熟知的空间站。

世界上第一个空间站是前苏联的“礼炮”号空间站,它于1971年4月19日发射。先是没载人,4天之后曾与载着3名宇航员的“联盟—10”号飞船相会对接,但宇航员并没有进入空间站。一个半月后又与载着3名宇航员的“联盟—11”号飞船进行对接,宇航员这次进入了“礼炮—1”号空间站。他们在站上工作和生活了23天18小时,但在返回时,却发生了不幸,因飞船座舱漏气失压而死亡。从1971年到1976年6月,前后共发射35个“礼炮”号空间站。这是前苏联空间站发展的第一阶段。

这些第一代空间站,采用的是舱段式结构,由几个形状不同尺寸也不一样的舱段相连而成,以圆形的压力舱作为空间站结构基础,空间站所有部件都是安装在舱段内和舱段外表面。它们只有一个对接口,每次也就只能与一艘飞船相对接。

“礼炮—1”号和“礼炮—2”号空间站都是重18吨;“礼炮”—3、4号各重18.9吨,工作容积85立方米,轨道倾角51.6度。发射入轨后,太阳能电池阵和天线能自动展开投入工作。

第一代空间站的特点是外形简单,容易实现,所用硬件较少,造价也就低。可一次发射入轨工作,而不必在轨道进行对接组装,因而实现的风险和技术难度都比较小。但同时也带来一系列的缺点:对接口很少(只有一个)不能扩展,从而限制了有效载荷的增大;由于连接不够灵活,一旦压力舱出现重大故障,需要取下修理就显得非常困难;由于结构形式的限制,不能合理布置空间站分系统和有效载荷,不同性质的设备及载荷只能在一个舱体中分成几个舱段设置,使得在轨更换十分不便;太阳能电池板也只能装在一个舱段上,因而太阳帆板面积的增大受到限制。因此,进一步提高这一代空间站的功能受到了约束。

5个“礼炮”号的空间站虽然是一种实验性质的空间站,但还是取得了重要成果。其寿命都很长,尤其是“礼炮—4”号空间站,由于“联盟—20”号飞船为其运送燃料,使它的寿命长达15个月,证实了

人类在空间站这样的环境中 ,在失重的条件下 ,是可以长时间工作和生活的。空间站和飞船曾进行了交会、对接的飞行试验 ,这为今后在空间使用各种航天器构成巨大的联合体积累了经验。也为建造大型空间站提供了可靠数据。

1977 年到 1982 年 ,前苏联又相继发射了“礼炮—6”号和“礼炮—7”号空间站 ,它们也属于第一代空间站 ,仍是舱段式结构 ,但已发展到第二阶段 ,是实用性空间站。它们采用了多接口技术 ,2 个空间站都有 2 个对接口 ,这样可以同时对接 2 艘飞船 ,2 艘飞船与空间站组成一个联合体。有效空间与有效载荷都比过去有所增大。在其运行期间进行了大量的对地球的观测 ;利用空间站的高真空及微重力进行材料加工 ,以及生命科学、天文科学、地球物理学的研究。2 个空间站都是 19 吨重。此外 ,还改进了在空间轮换宇航员和物质的补给方式 ,将往返天地间的运输航天器分为 2 种 ,一种是载人的“联盟—T”号飞船 ,另一种则是运货的“进步”号飞船。改进的结果是增加了货运量 ,降低了成本 ,也提高了安全性。这些航天站容纳宇航员在空间飞行时间很长 ,创造了宇航员连续在轨工作与生活了 237 天的世界记录。

“礼炮”号系列空间站还有军用与民用之分 ,主要区别在所处轨道上。军用空间站在低轨道上 ,高度一般是 260 ~ 270 千米 ,有利于侦察地面的军事设施 ,还可以定期弹射返回侦察密封舱 ,以便及时得到情报资料。但军用空间站飞行周期短 ,寿命也不长。民用空间站轨道高度一般为 340 ~ 350 千米 ,寿命较长。

“礼炮”系列空间站 ,只能利用前苏联本土上的 7 个地球观测站和 12 艘海上测量船进行遥测遥控以及通信联系。每当空间站绕地球一周时 ,与地面通信时间仅有 15 ~ 20 分钟 ,因此在使用与管理上都有许多不便。

1971 年后的 15 年间 ,所发射的“礼炮”号空间站中 ,仅有一个空间站因故没入轨而不能工作 ,其余均成功地空间飞行 ,基本上也没有中断过载人飞行 ,共载运宇航员 42 批 94 人次 ,最长的一次连续飞

行了 237 天。

六、天空实验室空间站

由于空间站所具有的得天独厚的空间环境 ,在上面可以开展一些地面无法进行的科研和生产活动 ,也可以用来发射更换及维修其他航天器。因此 ,美国当然不肯让前苏联独享这一领域 ,也极想占据一席之地。美国滞后于前苏联两年时间 ,于 1973 年 5 月 14 日发射了也属第一代的空间站 ,命名为“ 天空实验室 ”空间站。图 2 - 20 为宇航员在“ 天空实验室 ”里理发。



图 2 - 20 宇航员在“ 天空实验室 ”里理发

“ 天空实验室 ”总长 36 米 ,直径 7 米 ,重约 80 吨 ,工作空间容积有 361 立方米。由所谓土星工场和阿波罗指令服务舱两部分构成。土星工场中又包括了轨道工场、闸舱、仪器设备舱、多用途对接舱及太阳望远镜。

“ 天空实验室 ”在空间中运行了 2249 天 ,先后接纳过 3 批 9 名宇航员进入其中工作及生活。这些宇航员分别在空间站的时间为 28 天、59 天和 84 天 ,取得了一些较好的科研成果。同时 ,还执行过某

些军事任务 ,考察在空间军人长期生活和完成任务的能力 ,证明了宇航员也能适应执行某种军事任务的需要。这座“ 空间实验室 ”经过 10 个月的运行 ,由于财力所限 ,美国之后将其放弃 ,6 年后再入大气层时被烧毁。从此以后 ,美国很长时间再没有发射过空间站 ,走了另一条与俄罗斯不同的发展航天科技的道路。

七、和平号空间站



图 2 - 21 “ 和平 ”号空间站

还在“ 礼炮—7 ”号空间站飞行之前 ,前苏联就着手进行发射“ 和平 ”号空间站 (图 2 - 21)的各项准备工作。1986 年 2 月 20 日 ,“ 和平 ”号顺利升空 ,标志着前苏联空间站的发展进入了第二代。该空间站的发展采取积极、慎重、稳妥以及循序渐进的方针 ,充分地利用已成熟的航天技术 ,既

快又省地获得许多个世界第一。

空间站可作为轨道实验室以及暴露在外的平台设施。利用空间的高远位置资源 ,可以进行诸如空间生命科学、天文观测、对地观测和空间环境探测等多种科学项目的研究。

空间站作为生产车间 ,利用了空间的高真空微重力以及超纯净的条件进行材料加工、金属冶炼、制药生产的活动。从长远考虑 ,这种空间产业所产生的经济效益及社会效益将是不可估量的 ,前景十分诱人。

空间站在空间上是不受限制的 ,可作为大型天线的建造基地 ,为

发展空间激光通信和微波通信提供广阔的工作环境和场所。

在发展空间推进的新技术中,最为关键的问题是如何处理微重力条件之下的流体控制、低温推进剂的长时间储存以及低加速度的控制和减少喷管羽流污染等等。而开展这项新技术的研究,必须要求具有一定规模场所、电力供应和温度控制的实验室,而空间站却恰恰能满足这些方面的需求。

宇航员可以长时间地生活和工作在空间站中,使得空间站具有很强的在轨服务能力,不仅可以维护和修理自身的设备仪器,而且能对在轨的其他航天器进行修复、更换、再发射工作。

空间站在军事方面的应用更是不言自明的事实,这也正是美俄之间花费巨资角逐的政治原因之一,因此已有军事专家将外层空间排在陆、海、空之后的未来第四战场。外层空间的制天权对保卫国家安全将是十分重要的。

理想的空间站具有这样的功能及应用,然而“礼炮”系列空间站由于仅有单一对接口,舱段结构,限制了它的发展和应用。鉴于这种情况,前苏联又开始研制第二代空间站——“和平”号空间站,并于1986年2月20日,用“质子”号运载火箭将“和平”号空间站送入轨道,它的轨道参数为远地点306.5千米,近地点184.5千米,高度350~400千米,运行周期89分钟,轨道倾角51.6度。

这一代空间站是前苏联永久载人的中心舱。作为空间站的主站,是一个梯形圆柱体。舱体头部则为圆锥形,其顶部有一方形舱,上面有5个对接口。空间站底部则是第六个对接口。所以空间站共有6个对接口,其中有2个轴向对接口,用来对接“联盟—TM”号和“进步”号。另外4个侧向对接口对接科学实验舱体。梯形圆柱舱体的总长13米,有3种不同直径。最大直径为4米,最小直径为3米,分为工作舱、过渡舱、非密封舱,总重21吨。该空间站又增加了一个机械臂,它能将先对接在轴向对接口的科学舱转移到侧向对接口上。

“和平”号空间站的内部结构更为合理有效,装有新的生命保障系统,使起居空间更为舒适。站内生活环境与地球上更为相同或相

近。温度控制在 26 左右,相对湿度在 30%~70%之间,大气压在 107~129 千帕。站上能向宇航员提供单独休息和生活的房间,改善了他们的工作、生活条件。试验设备都是装在试验舱内,由 7 部电子计算机组成的大容量计算机综合系统,使空间站自动化程度更高。工作舱的两侧安装了 2 个面积为 80 平方米的高效砷镓太阳能电池阵,平均功率有 5.5 千瓦,比“礼炮”号高出一倍多。通过“宇宙—1700”中继卫星使地面对空间站进行必要的技术监测,又控制数据的传输。

“和平”号空间站还曾计划用作以后火星载人飞行的补给站。同时,它又为俄罗斯增加了一个军事侦察、指挥、控制、反卫星、导弹防御、卫星修复基地。在“国际空间站”之前,“和平”号空间站是目前世界上唯一在飞行的模块式结构空间站,可以多次重复地组合形成更加庞大的空间联合体。而且每个舱间是独立的,可以按需要进行扩展变换。较之第一代,无论是在功能上还是在规模上都有很大的改善和提高。

按照原计划,前苏联要在 1990 年之前将主站通过其上的 6 个对接口,分别与两艘飞船和 5 个专业实验舱——“量子—1”号舱、“量子—2”号舱、“晶体舱”、“光谱舱”和“自然舱”相对接,构成一个很像太空列车样的十分庞大的空间联合体。但由于经费、技术等原因,后来加上前苏联解体,使计划拖延了。“和平”号空间站的发射组建过程是时断时续,而且每一次的发射和对接都有惊心动魄的故事,令人既紧张又兴奋。为了向“和平”号空间站运仪器和补充物质,1987 年 2 月 6 日发射了“联盟 TM—2”号。在距“和平”号空间站已经不太远时,“联盟 TM—2”号开始准备与“和平”号进行对接,以实现物质与仪器的转运。这样两个在高空中高速运行的庞然大物实现对接,其难度是难以想象的,必须小心谨慎。

由于发射的时间选得很准,飞船运行轨道平面很快就与空间站轨道平面相重合了,即 2 个航天器运行在同一平面内。然而要实现对接,两个航天器还必须运行在同一条轨道上。因此,需将飞船运行

的椭圆轨道调整为圆形轨道。具体实现方法是：“联盟 TM—2”号继续绕地球飞行，经过远地点被加速后，再经过近地点，这样轨道也就会变得越来越圆了。这时它处于“和平”号空间站后方约 100 ~ 200 千米，下方约 20 ~ 40 千米的地方。说明空间站已进入飞船对接雷达捕获区之内。

飞船再一次加速，轨道变成了一个圆形轨道，开始追踪空间站。此时飞船需小心翼翼地调节它与空间站的相对速度。经过 2 小时的追踪调整，两者相距 500 米时，地面指挥中心确认飞船进入第一个待命点，要求飞船开始向空间站作大角度机动飞行。

经半小时的机动飞行，飞船就进入了以空间站对接口轴线为中心的锥形对接走廊。飞船逐渐调整姿态，使它的对接口轴线与空间站对接口轴线相重合。此时两者相距只有 200 米了，地面确认飞船已进入第二个待命点，要求飞船向空间站慢慢地平移过去。其相对速度必须很小而且均匀。又是半小时，相距仅为 40 米了，确认已进入第三个待命点，要求飞船启用冷气喷射系统控制自身的飞行，向空间站作最后的逼近。

这样 40 米的相对航程，足足飞行了近一个小时，相距仅几米远了。突然，感到微微一阵抖动，飞船与空间站对接成功。“和平”号与“联盟 TM—2”号飞船组成一个更大的联合体，它们继续地在太空中飞行。

接着，前苏联又利用 1986 年 3 月 15 日发射升空的“联盟 T—15”号飞船企图实现 2 个空间站间的转移飞行。载着两名字航员的“联盟 T—15”号飞船与“和平”号实现对接，待宇航员完成预定任务后，再转到早已在空间的“礼炮—7”号空间站上检查一下该站不能工作的具体原因。

5 月 5 日，“联盟 T—15”号与“和平”号分离后，转向“礼炮—7”号飞去。当轨道转移到“礼炮”号附近时，“联盟—15”号减慢速度，慢慢地接近已空无一人的“礼炮—7”号，进行了一些必要检测和修理之后，认为已很难再载人飞行了，只好又再返回到“和平”号飞船上。在

返回途中曾两次矫正飞船轨道,渐渐向“和平”号靠近。在两者相距 50 米时,再用手动操作进行对接,最后顺利完成转移飞行任务。前苏联终于成为航天史上实现转移飞行的首创者。1987 年 3 月 31 日,地面指挥中心通知已入住“和平”号的宇航员;“量子—1”号舱发射入轨,宇航员们急切地盼望着迎接它的到来。“量子—1”号舱是一个天文物理实验室舱,是由前苏联、欧洲航天局、荷兰、前东德和前西德联合研制的天文观测设备,用于对大气层之外的天文现象进行广泛的考察和研究,以及进行其他的一系列科学实验。它包括了实验舱、仪器舱和推进舱 3 部分。长 13.1 米,重 20 吨,推进舱使“量子—1”号舱产生机动,向“和平”号靠拢,以实现对接。4 月 5 日,“量子—1”号舱第一次接近“和平”号,但在相距 200 米处,它却突然从宇航员的视野中消失了。

4 月 9 日,它又一次接近“和平”号,宇航员感到了轻微震动,以为是对接成功。但地面指挥中心却告诉他们,在对接处还差几毫米,没有靠紧。通过舷窗发现,对接处夹着一样东西,并告之地面。为弄清真相,只有到舱外检查。

4 月 12 日打开舱门,宇航员飘出舱外。经过 1 个小时,按照地面指令,把对接杆退到 150 毫米时,就发现了一个塑料袋蒙在对接处,撕下后故障排除。“量子—1”号舱才与“和平”号空间站牢牢地对接在一起。

而“量子—2”号舱的发射却比原计划推迟了 2 年,于 1989 年 11 月 26 日升空入轨。它是一种实验专业舱,能使“和平”号空间站成为更先进的观测和实验基地,主要是由仪器-载荷舱、仪器-科学舱和闸门舱组成,总长 12 米,容积 65 立方米。作为补充装备专业舱,在与“和平”号对接后,为宇航员们提供了很好的生活和工作条件,淋浴、盥洗用水都是经过净化消毒的。为进出舱而设有专门的闸门舱,舱外活动还可以乘“太空自行车”。

1990 年 5 月 31 日,又发射了“晶体”号舱,它主要用于微重力条件下的材料科学研究,舱内有 6 个材料加工用的熔炼炉,4 个新药电泳装置和 2 台照相机,从而可以进行优质半导体材料加工生产和生

物生产工艺的实验。此外,舱上还设置一个新型的停靠装置,是为将来停靠 100 吨重的“暴风雪”号航天飞机而专门设计的。

而“光谱”号舱的发射却不顺利,主要是因前苏联解体,受到资金和其他政治方面的影响,发射一拖再拖,最终于 1995 年 5 月 20 日才发射入轨。“光谱”号舱原计划用于实验探测弹道导弹的发射和检测外层空间的技术,但因世界上的冷战局面已结束,因而改为用于民用科学实验。舱上装有大型地球遥感成像装置,还装有美国与欧洲航天局的关于生物医学和大气探测的一些仪器。

最后对接的舱体是“自然”号舱,它也是姗姗来迟,一直拖到 1996 年 4 月 23 日才升空。它是俄罗斯研制的最为先进和最为复杂的地球观测舱体。舱内装有 3 台辐射计,3 台光谱仪,2 台扫描仪和 1 台先进的大型合成孔径雷达。还装有俄法联合研制为研究地球大气垂直构造的激光雷达和美国提供的 600 多千克重的科研硬件。“自然”号舱投入使用后,对了解地球生态状况,保护自然环境以及美俄联合飞行任务的完成,都具有十分重要的意义。

“和平”号空间站经历 10 年,终于在 1996 年 4 月 23 日全部组装完毕。由“和平”号的主站、两艘飞船和 5 个专业实验舱组成的空间联合体,是当今世界上第一艘不落的太空“航天母舰”,总重有 130 吨,为人类认识自然和改造自然均作出了十分重大的贡献。十几年以来,共有 25 艘载人飞船,49 艘货运飞船,3 架航天飞机与它实现对接又再分离。有 10 个国家的 64 名宇航员登站工作,为进行国际间的航天交流活动提供了方便。站内从未中断过人员,这为人类长期在太空生活和工作积累了十分宝贵的经验。而且,俄罗斯宇航员波利亚科夫以及美国女宇航员露西德创造了在太空中连续生活 439 天和 188 天的世界记录。在“和平”号空间站上进行的大型航天器的交会对接、转移飞行、设备更换及维修等活动,更为将来在太空中组装更大型设备积累了丰富的经验。

经 10 年组装完成“和平”号空间联合体之时,却又恰逢当年曾宣布过的空间站 10 年寿命到时之日。显然目前在轨运行的“和平”号

空间站是超寿命工作了,空间站上的俄罗斯男女宇航员不断地创造载人航天的世界纪录。而且空间站还曾多次与美国航天飞机对接联合飞行,成为当今世界上仍在运行的载人最多、寿命最长、重量最重、技术最为先进的空间站。可以这样说,前苏联在空间站这一航天领域内是当之无愧的“大哥大”。

“和平”号空间站已运行十几年了,毕竟是超期服役,显得苍老,在为完成赋予它的任务方面有些力不从心。

第一,站上供电严重不足,虽然站上的每个独立舱体上均装有面积很大的太阳能电池板,但正是由于面积大彼此间遮挡了阳光而使供电能力下降,加上电池性能因自然衰减发电能力也下降,双管齐下而造成站上电能供应长期不足,供电能量仅有 10 千瓦了。这就不得不关掉一些用电设备,来保证更为重要设备的用电需要,以维持空间站基本的正常工作。因此,最后与空间站对接的自然舱没有用太阳能电池板,而是改用了锂蓄电池作电源,企图缓解这一矛盾。美国航天飞机也曾向“和平”号空间站运送新的太阳能电池板,以解燃眉之急。

第二,太空与地球间的往返运输能力不足,使得本可容纳 6 人长期生活的空间站,实际上只有 2~3 人在站上工作生活。据估计 3 名宇航员 1 个月生活中要消耗掉约 10 吨的氧气、食品及水。然而近年来,每年在天地之间往返的飞船只有 6~7 次的载人或载货的飞行,运力显然不能完全满足站上生活和工作的需要,造成站上生活物质的不足及实验项目的严重积压,也就很难发挥空间站原有的作用。

最后则是设备陈旧老化。有相当一部分是超期工作,最为严重的是姿态控制系统故障频发,宇航员在站内的大部分时间是去维修或更换站上设备及仪器,这必然会影响到他们正常的空间科研工作。所以会出现这种情况,归根结底的问题是俄罗斯资金短缺,难以保证“和平”号正常运行所需费用。据估算,要使它正常运行,每年至少需要 7.8 亿美元,实际上所能提供的只是这个数的六分之一,资金的缺口实在太大了。2000 年 6 月它处于无人状态下的飞行。俄罗斯无力

支付这笔费用。按照计划,空间站将坠毁在太平洋的预定水域中,但这需要用几个“进步”号飞船绑在空间站上,然后飞船发动机点火,胁迫空间站降低运行轨道,以控制落点。但所需的一笔费用,俄罗斯也无力负担。正是如此,“和平”号的命运是不言自明的了。

前苏联曾打算在“和平”号空间站运行到1999年时,发射“和平—2”号空间站以代替它。但是此时的俄罗斯经济不景气,资金实在是紧张又紧张,对“和平”号的日常维护也将难以维持,更无力再单独发射新的空间站了,从而放弃了“和平—2”号空间站的发射计划,转向参与美国领衔的“国际空间站”,开始航天活动的国际大合作。尽管是这样,目前仍在运行的“和平”号(或者也可称为“和平—1”号)空间站并没被遗弃,而且还参与了“国际空间站”的前期试验与准备工作,其所起的作用显然还是十分重要的。

八、国际空间站

前苏联在空间站的这一航天领域里领先于美国,这是无可争辩的事实,然而美国也没有停止这方面的研制工作。1984年1月24日,美国总统里根批准了美国航空航天局提出的发展和建造永久性空间站的计划。想一步登天,迎头赶上或超过前苏联。

美国原打算与欧洲航天局,日本及加拿大等合资联建空间站,故称之为“国际空间站”,建成后将先为美国、欧洲航天局、日本等国服务,之后再为世界其他国家服务。

“国际空间站”是第三代空间站,采用更为先进的桁架挂舱式结构,较之前苏联的第二代模块式结构,在技术上更为复杂,难度更大。然而其灵活性也将大大提高,可根据需要为不同任务而组装成不同的形式,可以将居住舱、实验舱及其他设施像挂衣服一样挂在桁架上。可根据用户的不同需要和用途灵活地组成各种形式的空间站,装在桁架上的主要部件的拆卸、安装、维修和更换都十分方便。可减少运行中的气动阻力,提高太阳能的利用效率,增大供给工作所需电源。

美国设计的这座桁架挂舱结构的空间站,采用的是双骨架方案,

竖向骨架两根各长 91.5 米 ,两者间距是 38.4 米 ,一根横向骨架长 154 米 ,宽 5 米 ,把两根竖架连接起来。“国际空间站”基本结构长度为 110 米 ,重 227 吨。这种结构形式可以为科学实验、工业生产及军事应用提供更大的使用空间和更灵活的结构组成 ,可供 8 名宇航员长期在站上生活和工作。

该空间站的运行轨道高度在 370 ~ 470 千米左右 ,倾角 28.5 度 ,为一圆形绕地球轨道。计划用 10 年时间建造成组成构件 ,然后用航天飞机将组件运到空间 ,再由宇航员在轨道空间上进行组装。最后建成的“国际空间站” ,可在空间绕地球飞行 35 年之久 ,而上面的各种设施 ,又可根据新任务、新技术、新系统的需要不间断地进行更换。

“国际空间站”是作为永久性的在轨研究设施和生产设施使用的 ,可开展空间科学实验和研究及至材料、药物等的加工制造等等。其中更有十分重要的军事应用。它将会是一个轨道实验室、组装维修中心 ,又是一个空间产品的生产厂 ,各行星的观测台和空间旅行的驿站。

美国这个建造计划的投资 ,伴随着计划的深入 ,费用也在不断地增加。从开始的 80 亿美元 ,逐步升级为 120 亿美元、370 美元 ,及至 1992 年估计的高达 1120 亿美元 ,数字惊人 ! 虽然美国各相关部门和企业以及协作的欧洲航天局、加拿大仍在继续执行规定的项目 ,但美国政府却在考虑修改这个耗资巨大、系统复杂的空间站计划了。设计方案已修改 10 次之多 ,工作进程也作了相应的调整。

为了研制这个空间站 ,美国已经投入了 380 亿美元 ,但离最后的结果还相差甚远 ,如不再进行下去 ,原已投入的巨资将付之东流 ,后果不堪设想。若继续搞下去 ,财源紧张 ,资金没有着落 ,困难重重 ,深感“山穷水尽疑无路”了。

而此时 ,又正值前苏联解体 ,冷战业已结束 ,俄罗斯也同时因发展航天缺少资金而在寻找合作伙伴。因此 ,为美俄双方或多方加强空间国际合作提供了机遇 ,给美国发展空间站带来了生机。

当时的俄罗斯经济极为困难 ,各方面都不景气 ,航天工业是每况

愈下,但是却有丰富的空间站研制与建造经验及技术,唯一缺少的是资金。美国看准了如能与俄罗斯合作共同搞空间站的话,可减少技术风险,少走一些弯路,反而可以节省十几亿美元的资金,这种事半功倍的好事,何乐而不为。于是在1993年9月2日,美俄共同签署协议,联合欧洲航天局、日本、加拿大等国共同建造“国际空间站”。

由美国牵头,俄罗斯作为主角之一,日本、欧洲、加拿大等参加的“国际空间站”计划,综合了“和平—2”号与第三代空间站的优点,既有模块式空间站宇航员少出舱的长处,又有桁架挂舱式空间站组站灵活性大的优越性。先是在地面上以舱段为单元由各国分别制造,然后再将它们一个一个地送往空间,在空间最后组装成完整的“国际空间站”。计划决定分三个时期进行,用10年时间最终完工。

第一时期是准备阶段,从1994年开始至1997年。在这个期间内,主要活动有美国航天飞机与还在运行的“和平”号空间站进行多次载人对接,运送美国宇航员到“和平”号上工作,以训练他们在站上工作和生活的能力,取得轨道交会对接方面的经验,也检验两个不同国家所制造的航天器相匹配可能出现的问题。鉴于“和平”号上的电力严重不足,为它送去了新的太阳能电池板,补充站上电能供应。又在“和平”号上增装了两个装有美国实验设备的实验舱,使美国得以开展科学实验,取得微重力、生命科学、地球资源探测的成果。1995年2月美国“发现”号航天飞机与俄“和平”号空间站的会合,同年2月美国“亚特兰蒂斯”号航天飞机又与俄“和平”号空间站首次实现历史性的对接飞行。类似这样的飞行还要进行6次。

通过这一时期的活动,使美国宇航员得到训练,收益不小,同时美国也向俄罗斯支付了4亿美元的费用,真是各得其所。

第二时期是“国际空间站”初期装配阶段,从1997年11月开始。首先,俄罗斯用一枚“质子—M”号火箭,将一个重19.5吨的俄制动功能舱,又称为“空间拖船”送入空间。它是空间站的基础,是一个类似于“和平”号的大型舱体,具有提供电源、推进、导航、通信、姿控、温控、充电等小气候环境的多项功能。这个功能舱是由“和平”号空间

站上的晶体舱演变而来的,其寿命为 13 年,电源最大的功率达 6 千瓦,并有可同时对接 4 个航天器的对接件。

俄制功能舱进入空间后,美国陆续发射结点舱、实验舱,构成 36.58 米长的空间站。俄罗斯发射了“和平—2”号服务舱、“联盟—TM”号飞船等,美国结点舱用于存储货物和调节电力供应,而“联盟—TM”载人飞船却作为宇航员返回地面的紧急救援工具。

在第二阶段中,多次发射航天飞机和“质子”号火箭,用它们运送宇航员和舱段,以期获得使用两种不同运载工具的实验经验。使“国际空间站”初具规模,并能保证 3 名宇航员长期在站上居住和工作。

第三时期,也即是“国际空间站”最终建成的时期,这是从 1998 年到 2004 年。先是将美国的主桁架、太阳能电池阵送往太空,并在轨道上进行组装。待开始供电之时,再将日本和欧洲航天局制造的各自的实验舱,日本提供的具有国际标准的有效载荷的机械臂,还有加拿大的移动服务系统都送入太空,最终完成整个空间站的全部组装工作。这个 400 多吨重、由数百个部件组成的庞然大物,用螺钉、螺栓、导线、插头等进行连接组合。整个工程估计需要 160 次、960 小时的太空行走,超过了以往所有太空行走时数之和。届时宇航员人数增至 6 人,宏伟的“国际空间站”计划大功告成,将开始它为期 10 年的空间飞行和作业。

为了建成这样一座庞大而又复杂的空间大厦,初步的框算,仅航天飞机就需进行 15 ~ 16 次之多的专门空间组装飞行。俄罗斯的“质子”号火箭和欧洲航天局的“阿里安—5”火箭也均加入运输工作。从 1998 年始至 2003 年,还需 8 ~ 9 次的航天飞机飞行。这其中还没有包括专门运送日本舱的 3 次飞行及 2001 年运送欧洲舱的 2 次飞行。运输将十分繁重,耗资巨大也惊人。“国际空间站”估计耗资 400 亿美元,各国具体应支付的费用是:美国 200 亿美元;俄罗斯 100 亿美元;日本 31 亿美元;欧洲航天局 85 亿美元;加拿大 10 亿美元;意大利 5.5 亿美元。也有人曾估算费用将可能增加一倍,美国实际支付可能是 572 亿美元。

最后建成的“国际空间站”的具体构成是这样的：有 6 个实验舱，其中包括美制的一个，欧洲航天局一个，日制一个及俄罗斯 3 个（提供的是科研机柜）。有 1 个美国的居住舱，容积为 1200 立方米，有一个大气压，内备有洗手间、卧室、厨房和医疗设备。此外，还有 2 个结点舱、一个服务系统和运输系统等构成。主桁架梁长 88 米，宽为 110 米，太阳能电池阵能提供 110 千瓦的电功率，总重 415 吨，使用寿命为 10 年。

“国际空间站”的服务系统包括了俄罗斯的功能舱和服务舱，还有加拿大的移动服务系统。该移动服务系统中的遥控机械臂长 16.8 米，它能使运送的 125 吨货物沿着主桁架移动，从而可进行空间站的硬件装配以及维修和更换。俄制服务舱中设有生命保障系统、推力器并具有居住功能（拥有洗手间和卫生设施），重 20 吨。

“国际空间站”的设计方案必须考虑到俄罗斯发射的方便，因而空间站运行轨道倾角需由过去的 28 度改成现今的 51.6 度，这样一来，就可能要减少航天飞机运送有效载荷的重量。美国为弥补这一损失，曾采用铝锂材料制造航天飞机的外储箱，减轻航天飞机的自重，以此抵消有效载荷的减少。

空间站先是在 350 千米高的轨道上进行对接组装，待完成之后，再将其缓慢地推升到 450 千米高的轨道上飞行。空间站的控制指令由美俄双方分担，美国方面负责空间站和航天飞机的控制管理，而俄罗斯方面则负责载人飞船和货运飞船的控制管理，它同时还是空间站运行的后备控制中心。“国际空间站”建成之后（图 2 - 22），将是人类有史以来规模最大、技术最先进的载人航天器，运行在 450 千米的轨道上。在空间站上，科学家们将利用空间微重力状态下的有利条件下，展开一系列科学研究和实验工作。比如，蛋白质晶体生产特殊材料聚合、流体实验、科学观测，甚至还可进行一些军事实验，还将展开研究人如何在空间长期安全生存的重大课题。

“国际空间站”对人类拥有如此巨大作用，但同时又是耗资巨大、风险也极大的工程。频繁地发射高速运行的巨大航天器，精确地交

会对接 ,紧张地操作和长时间舱外作业 ,如稍有不慎 ,动作不当 ,就会机毁人亡 ,后果不堪设想。



图 2 - 22 “国际空间站”建成后全貌

这风险首先始于发射 ,曾有统计数据表明 :俄罗斯每发射 12 次中 ,就有一次失败。俄罗斯的“质子—K”号运载火箭 ,每发射升空瞬间都会引发一阵狂风 ,其强度相当于 150 架巨型喷气发动机的推力。在发射空间站第一个组件时 ,引发的狂风比以往又大了许多 ,很是让人担心。

躲过发射的劫难之后 ,宇航员又很快面临更大风险 ,操纵高速运行的航天器交会对接则更是向命运的挑战。任何一次对接都会引起振动 ,超过允许速度的对接便可能使部件受挤压而变形或破裂 ,甚至破坏生命保障系统。空间站虽能承受“轻微的推进式对接” ,但部件间的接近速度不能大于 900 米每小时 ,对接不允许有丝毫的差错。又当宇航员在轨道上走出空间站进行部件组装的舱外作业时 ,无不小心翼翼。这是由于在地面上 ,一般设计的安全系数在 1.5 ~ 8 之间 ,但对于空间站这种上天的工程设计 ,由于受到体积及成本的约束

或影响,其部件的安全系数仅为 1.1。破裂或扭曲时仅有百分之十的摆动空间。这样的话,宇航员站在 10 米长的机械臂远端进行作业时,双脚固定在臂的端点上,如向前摆动只要有 2 次,就可能使承受平台折断。

空间站的组装大部分是舱外作业,一些难度较大的作业,在舱外时间需持续几个小时。例如安装天线,2 名宇航员穿着宇航服,在黑暗中需举起 12 米宽,重 10.4 吨的太阳能天线,将它缓慢移到托架的另外一端。顺利的话,安装也需 6 个小时。而宇航员在舱外时间越长,其受到陨石撞击的机会也就增大。宇航服被陨石击破哪怕只有分币大小的裂口,用不了 10 分钟时间,宇航员会因唾液从舌面被液化,眼球干枯,甚至还没来得及意识发生了什么就丧生。这种情形被形容为“微型杀手”。

虽然常会认为舱内比较安全,那也只是相对于而言。实际上,当空间站进入有阳光的轨道时,舱内的温度可达 250℃。而离开阳光之后,温度可又降到零下 100℃,温度忽热忽冷的骤变引起金属的疲劳甚至变形,空间站舱口四周的密封条会因此极易受损,造成漏气,给宇航员造成极大威胁。几个国家相聚在一起,共商研制“国际空间站”,充分利用各国的有限资金,发挥各自的技术特长,少走弯路,共同开发利用空间资源,这本是令人拍手称快的好事。但却又应验了“好事多磨”的那句老话。首先是由于“国际空间站”本身是个十分庞大而又复杂的系统工程,这当中一定会出现技术上、管理上及资金来源等诸多的困难与麻烦,而且还涉及到美国、俄罗斯、日本、欧洲及加拿大等许多国家,这种多国关系在协调处理上是很难的。人多口杂,欧洲航天局及日本对俄罗斯的加入早已不满,微词甚多。例如,把轨道倾角改为 51.6 度这件事,使日欧科学家很是恼火。因为轨道倾角的改变,随着航天飞机所携带的有效载荷也不得不作相应的改变,原来设计的不能用,日欧方面必须重新设计新的实验舱,这样势必增加研制费用,又推迟了发射时间。连美国人也有些担心,由于俄罗斯的参加,会带来一些技术上的问题,比如美国的电源和数据管理系统是

否与俄罗斯的一套相兼容。这样，“国际空间站”的研制与建造过程将不会是一帆风顺的，充满了曲折与困难。但无论如何，“国际空间站”终将会在太空中飞行，为征服宇宙开发太空作出应有的贡献。

2000年11月3日，俄罗斯“联盟 TM—31”号宇宙飞船与“国际空间站”成功地实现对接。宇航员美国人谢泼德、俄罗斯人吉德泽科和克里卡廖夫顺利抵达太空站，这标志着人类正式长期入住国际空间站的开始。

第六节 航天飞机

一、简介

从人造卫星到宇宙飞船乃至如今的空间站，所使用的运载工具都是一次使用的大推力多级运载火箭。它在现代航天事业中是一项极重要的关键技术，为航天事业的发展发挥了巨大作用。但在使用过程中，人们渐感到它还是存在许多不足之处。

首先，它的发射费用极高，每发射1千克载荷，所需费用1200美元，生产数量又极少。由于不能批量生产，生产周期长，成本很难降低，又是一次性使用，难以满足日益增长的航天运输的需要。

其次，运载火箭的可靠性也差，目前的多级火箭结构极为复杂，而使用的环境又十分恶劣，如有一级发生故障，将会造成整个发射的失败。人们从欧洲的“阿里亚娜—5”火箭发射失利，已深感如此。而作为运载火箭有效载荷的宇宙飞船，也由于返回再入大气时过载大，气动加热，使防热层易被烧毁，故也是一次使用，价格昂贵。另外，飞船的返回舱没有横向机动能力，其着陆点难以控制，可靠性大为下降，使人不免提心吊胆。

据此，人们自然会另寻出路，一种可以重复发射多次使用的新的航天器设想渐渐出现并提到日程上来了。图2-23为英国从空中发射的空天飞机。

由于航天发展的需要而出现的航天飞机，就是一种可以在宇宙

空间飞行的飞机。它能像运载火箭那样 ,搭乘多名宇航员并携带着有效载荷 ,点火之后垂直地起飞进入空间运行轨道 ,完成空间作业后 ,又像一般飞机那样 ,水平地降落在指定的机场上。之后 ,稍微准备又可以进行下次的宇宙飞行 ,去执行新的空间任务。



图 2 - 23 英国空天飞机从空中发射

美国的航天飞机是从几种设计方案中 ,进行比较、分析而最后选定的。该方案的航天飞机的结构主要由 4 大部分组成 ,一个轨道器 ,形如一般的飞机 ,其上装有 3 台主发动机 ,是航天飞机系统中核心部分 ,可以重复多次使用 ;一个外储箱形状是一尖头圆柱体 ,用于储存和输送轨道器主发动机所需的由液体燃料和液体氧化剂混合组成的液体推进剂 ,用完以后抛弃空间不再回收 ;还有 2 个固体火箭助推器 ,都是相同而又细长的圆柱体 ,平行地挂装在外储箱的两侧 ,完成助推任务以后即分离降落在预定地点 ,回收后供下次使用。助推器内装便于储存的固体燃料。这将给设计带来许多方便。

二、航天飞机和支持系统

航天飞机作为可重复使用的一种新型载人航天器 ,它具有足够大的推力使之进入预定轨道飞行 ,这是由其 3 台主发动机和 2 台助推发动机组成的动力系统来完成的。然而仅此还不能实现载人航天

飞行,更不能达到安全返回地球重复使用的目的,必须有其他系统的配合与支持,组成一个完整的航天飞机系统才行。支持系统主要是指:防热系统、环境控制和生命保证系统、电子和电源系统等。因此,对于一些支持系统虽然没有动力系统那样重要,也没有那样复杂,但却是十分必要的。

另外,还有轨道机动系统和反作用控制系统。它们是为轨道器在空间的入轨机动、轨道修正和不同轨道面的轨道变换、空间交会对接,各方向姿态稳定及控制等等的机动飞行而用,还用于轨道器的脱轨飞行和再入大气层的飞行。

1. 航天飞机的防热系统

它是支持系统中最重要也是最复杂的系统。航天飞机的飞行过程先是穿越大气层进入空间轨道,完成空间作业后又再入大气层而返回地面。由于两次在大气层中的高速飞行,周围的大气介质的阻力作用使航天飞机表面产生千度以上的高温。如没有防热系统,则轨道器可能被烧毁,外储箱的低温液氢和液氧将会挥发,助推器的回收也不可能。防热系统的设计与使用是航天飞机必不可少的。固体助推器在起飞不久被抛出回收,而外储箱是一次性使用,因而它们的防热设计简单,容易实现。但是轨道器却是参加全程的飞行,经历了各个阶段的气动加热,这部分防热设计则是航天飞机防热系统的重头戏。防热系统的主要功用就是保持轨道器的结构外形不变,对整个结构进行防热,并在某些局部区域兼有密封作用。

由于航天飞机在各个飞行阶段所经受环境的条件存在着差异,其防热系统也是有不同的类型,即使用不同的防热材料。也就是说,航天飞机的不同部位分别采用了不同的防热材料和防热方式。

2. 环境控制和生命保障系统

航天飞机在宇宙空间环境中飞行,和人类已习惯的地球大为不同,它是高真空而没有人类生命所必需的氧气,环境温度变化急剧,这种空间环境是不适合人类生存的。因此,载人的航天飞机需要有一套设备能仿制出一个近于地球环境条件的人类生存空间,这就是

环境控制和生命保障系统。

这个系统能调节乘员组座舱内的温度、湿度、气压,使它们始终保持在维持人员生命需要的范围内,同时还处理人员新陈代谢产生的废物(如二氧化碳、粪便及其他异味),向人员提供方便吸收和饮用的氧、水和食物等。宇航员到舱外活动时,还能提供保障宇航员正常舱外作业和生活的宇航服。

这样的系统在过去的宇宙飞船中已使用过,现在用于航天飞机中的系统则已经过改进,减轻了重量,提高了可靠性,简化维修及增加重复使用率。

3. 电子和电源系统



为监管航天飞机各个系统准确工作,及时掌握航天飞机的飞行情况和运行状态。在航天飞机上装配了最为先进的电子系统及足够需要的电源系统。图 2-24 为“发现者”号航天飞机。

电子系统中,因完成不同的处理控制和测量任务而进一步分为制导、导航和控制系统、通信跟踪系统、显示操纵系统、仪表计算机系统、软件数据处理系统、电源分配、飞行性能评定系统。这些系统被置于轨道器上的不同舱段之内,通过线路连接起来。

电源系统为整个航天飞机系统提供一切所需电能。一般情况下,已考虑了 7 天的飞行的需求,估算耗电 1600 多千瓦小时。电源系统中包括了 3 个专供点火工作的镍铬电池,最主要的是 3 个化学燃料电池,使用的燃料也是液氢和液氧。每个电池的平均功率为 7 千瓦,通常情况下,2 个电池已足够了,另一个作为备份而用。燃料电池的设计寿命为 5000 小时,按 7 天计算可以执行 29 次飞行任务。

2-24 “发现者”号航天飞机

三、早期的使命

最早提出研制航天飞机的是美国,发展最快的也是美国,设想是以航天飞机取代大型的运载火箭,促进航天事业向更深层次发展。美国明确地提出用航天飞机照管将来的空间站的计划。从1974年开始研制的“企业”号试验样机到1981年4月12日第一架实用的“哥伦比亚”号航天飞机首飞成功,标志着人类进入宇宙空间的第二个发展阶段的开始。

曾有上百万双眼睛盯着“哥伦比亚”号航天飞机的发射,发射时先是航天飞机的尾部冒出一团烟云,闷雷般轰隆响声震颤着大地,“哥伦比亚”号拔地而起,直插云端,进入预定绕地球的轨道。飞行过程中,除有一些防热瓦脱落之外,其他均正常。晚上7时,2名宇航员在舒适的卧室内开始睡眠。绕地球飞行了36圈后,启动脱轨发动机,降低飞行速度,接着又开动姿态控制发动机,以40度角进入大气层。最后机长用手动操作,驾驶着“哥伦比亚”号航天飞机,缓缓停在跑道上。此行证实了以航天飞机代替运载火箭的可能性,实现了代替运载火箭的最初使命。此后,“挑战者”号、“发现”号、“阿特兰蒂斯”号航天飞机相继出厂投入使用,开始了它们各自的运输飞行。

四、挑战者号的灾难

1983年4月4日,“挑战者”号航天飞机首次飞行之后,开始了它的航天历程。1986年1月28日,是它的第10次飞行,也是航天飞机的第25次飞行。这次飞行载有7名男女宇航员。这一天为包括美国总统里根及其夫人在内的亿万观众所关注。发射后的73秒,听得一声巨响,人们惊愕地眼见航天飞机爆炸成碎片,燃着烈火洒落到大西洋之中,7名宇航员全部遇难(图2-25)。航天史上最为悲惨的一幕呈现在众人面前,使人难以忘怀。

很快就开始进行事故调查。人们回忆起“挑战者”号从开始准备发射起就不顺利,因天气和航天飞机的原因一再推迟计划好的发射。

1月27日,发射前夕,肯尼迪航天中心的气温骤降至零下1℃。此时曾有参与制造固体火箭助推器的工程师,力主在这样的低温不

宜发射,理由是,当气温低于 7°C 时,轨道器与助推器连接处的排气孔会结霜,影响燃料排放废气的效果,直接后果是连接处产生更大裂缝,如一旦点火,将会是十分危险的。但令人痛心的是,当时的负责人否决了他们的意见,固执地照发不误。1月28日的结果不言自明了,巨大的投资,宝贵的生命毁于一旦,其教训足以警世后人终生不忘。



图 2 - 25 “挑战者”号航天飞机的悲剧

事后调查初步认定,造成惨剧的罪魁祸首竟是一只小小的密封圈。由于设计不当又加之当时的低温天气,在助推器连接处的这种密封圈失效,燃料火焰从其缝隙中喷出,吞没了附近的液氧箱,引起爆炸而发生惨剧。十分遗憾的是,在此之前的飞行中,助推器与轨道器相连的4个连接器中都曾产生过裂缝,可谁也不引起警惕,直至酿成惨祸方才如梦初醒,而此时所付出的代价实在太大了。

惨痛的事实告诫人们,面对如此复杂的高科技,如此庞大的航天器,来不得半点粗心大意,更不允许有丝毫的固执己见,否则将遗恨千古,永世受到良心的谴责。

五、当前的使命

90年代以来,航天飞机应用前景日益扩大,当前主要应用于“国际空间站”的前期准备工作。

从美、俄、欧、日、意等国签署协议,决定一起建造“国际空间站”后,航天飞机将在其中起着重要的运输工具的作用。先是为美国取得进驻空间站的实际经验,由2个不同国家单独研制的高速运行的庞然大物要实现在空间的交会对接。

1995年,美国“阿特兰蒂斯”号航天飞机代替俄罗斯的“联盟”号宇宙飞船执行向“和平”号空间站交换宇航员的飞行任务,即将“和平—19”乘员组送到空间站上,并把在站上已完成任务的“和平—18”乘员组接回地面。

为此,俄美双方都进行了许多协调与准备工作。由于天气原因被迫决定6月27日发射,发射窗口却仅有10分钟的时间,如能准时发射,则可使航天飞机升空后的第3天就可以与“和平”号空间交会对接;但若在发射窗口的最后3分钟内发射,则要在第4天才可能与空间站实现对接。

这天发射中心虽然是炎热潮湿,大雾迷漫,气候不利,航天飞机还是发射升空,标志着美国的航天飞机与俄罗斯的空间站首次对接开始,也标志着“国际空间站”计划开始实施。

发射点火后的第8分钟,“阿特兰蒂斯”号航天飞机抛掉外储箱,进入地球轨道。第45分钟,进行了2次轨道机动的喷气,使航天飞机进入了 292×157 千米的椭圆形轨道。这种轨道是美国航天飞机开始飞行以来高度最低的运行轨道。

就在航天飞机升空之时,“和平”号空间站正在伊拉克的上空飞行,航天飞机的低轨道可以迅速地缩小航天飞机与空间站间的距离。空间站每绕地球一圈,两者的距离可缩小1630千米。

发射后的3小时39分,“阿特兰蒂斯”号航天飞机进行NC—1点火,2分钟使航天飞机轨道升为 289×293 千米,与空间站的接近速度也减至每绕地球一圈距离缩小520千米。

6月28日,飞行进入第2天,机上宇航员对交会对接有关的设备作一次全面检查。除了手握式激光测距装置的电池组遗失之外(并不影响交会对接),其他一切正常。

飞行进入第3天,“阿特兰蒂斯”号航天飞机第一次看见了“和平”号空间站,当时两者相距65千米。

10点40分左右,“和平”号开始机动,调整成可以接受“阿特兰蒂斯”号的姿势。太阳能电池阵列也作了相应的调整,以防止交会对接期间遭受航天飞机尾焰的污染和损坏。

随着它们的逐渐靠近,机上交会对接雷达系统开始跟踪空间站,向宇航员提供测距和接近速度信息。在两者相距最后15米时,航天飞机有4次发动机点火的机会,利用机载导航信息对靠近进行微调。

航天飞机是从下面向空间站靠近的,这样可以充分利用自然力量便于航天飞机刹车。在相距约800米时开始用手动控制。最后阶段“和平”号上的宇航员使站上助推器和陀螺停止工作,使空间站呈现一种“自由漂浮”的状态。

航天飞机以3毫米每秒的接近速度向空间站靠近,在12点55分下达了对接命令,开始这历史性的对接。在靠近对接的过程中,航天飞机始终处在一个不断缩小的锥体内,在距站上的水晶舱1.2米处,航天飞机必须能在锥体中心的76毫米的范围之内。13点正,“阿特兰蒂斯”号航天飞机与“和平”号空间站对接成功。计算与发射都十分准确。

这时宇航员们调整航天飞机和空间站两者的气压,使之相等,为乘员组交换做好准备。对接后2小时美国宇航员进到空间站,美俄10名宇航员在“和平”号的基础舱内面对着量子天体物理舱口挥手照相,留下了这一历史瞬间。“和平—19”与“和平—18”乘员组进行了责任交换工作。

6月30日,美俄双方宇航员交换了礼物并签署了对接成功宣言之后,开始了联合飞行试验。

10名宇航员进行15项独立生物学调查,目的是研究人体在

微重力环境下如何工作和生活。调查包括 7 个方面的内容：微重力环境下人的心血管及肺功能、人的新陈代谢、神经科学、卫生学、卫生与辐射、行为和生物学。这些调查研究，在今后的几年里都将作为航天飞机与“和平”号空间站科学研究计划的一部分而持续地进行下去。

此外，开始从“和平”号舱内把一些设备及实验样品转移到“阿特兰蒂斯”号上，准备带回地球研究分析。同时又将带去的 200 千克食品、衣物和设备，170 千克的水及 50 千克的新鲜空气，转送到空间站上。

7 月 1 日早上，两个航天器间的舱口暂时关闭 3 小时。这期间空间站通过发动机改变自身的姿态，测试对接装置和通道适配器的性能，观察空间站机动如何影响其太阳能电池阵列。当舱口重新被打开时，物质交换继续地进行。这包括“和平—19”号乘员组 7 月中间将要使用的特制舱外行走工具。

7 月 2 日的主要活动则是了解心血管系统在微重环境下有何反应。对再入宇航服进行防漏检查，以便 7 月 4 日穿它登上“联盟”号飞船飞离“和平”号空间站记录下航天飞机与空间站分离的全过程。要保持联合体始终处于“太阳惯性”姿态，“和平”号的太阳能电池阵列应面向太阳，从而产生空间站急需的电能。

7 月 3 日这天，宇航员们拍摄了光谱舱出现故障的太阳能电池板照片，为以后舱外修复提供参考。

10 名宇航员举行了一个正式的告别仪式后，19 点 32 分“和平”号先行关闭舱门，48 分后“阿特兰蒂斯”号也关了舱门，为明日的脱离对接做好了准备。至此，25 千克氧，36 千克氮及 500 千克水已送到了空间站。

7 月 4 日，先是由俄方宇航员驾驶“联盟”号飞船离开空间站，在相距 100 米的地方观察拍摄“和平”号和“阿特兰蒂斯”号相分离的全过程，并中继回地球。

11 点 30 分，2 个航天器分离，但由于站上的一台计算机出现故

障,可能导致空间站产生漂移。因此,“联盟”号提前与空间站的量子舱重新对接。此时,航天飞机围绕空间站作缓慢飞行,观察记录“和平”号周围情况,为将来的再访做好必要的准备。这历史性的飞行历时9天19小时25分钟,绕地球154圈,以胜利而告终。

从这较为详细的“阿特兰蒂斯”号航天飞机与“和平”号空间站飞行对接与分离的全过程中,我们较为清楚地看到了航天飞机在当前的“国际空间站”计划启动之初所起到的作用。这是目前别的航天器所取代不了的,是一种技术高超、操作复杂、险象丛生的航天活动。俄罗斯和美国从中得益非浅。

这只是为组建“国际空间站”的前期准备工作,今后将有更多的航天飞机用来参与组建“国际空间站”的工作。“国际空间站”的第一个组件——“曙光”号多功能舱发射入轨后不久,在1998年12月4日,“奋进”号航天飞机运载着“国际空间站”的第二个组件——“团结”号节点舱并搭乘6名宇航员发射升空,把它与“曙光”号连在一起。为此,需要2名宇航员3次走出空间站,进行舱外作业。

6月5日,宇航员先捕捉到了俄罗斯的“曙光”号舱,然后使它与“团结”号对接,把2个舱的动力输送系统和数据传输系统连接起来,安装及展开天线,工具箱固定在空间站的外部,供给下批宇航员使用。6名宇航员进到了组装好的空间站内停留了一天,并进行了装修,为2000年进站的长住人员作好准备。航天飞机12月14日又施放了一颗跟踪鲸鱼的卫星,进行过一些科学实验、地球磁场的研究、试验新型太阳能电池等。

在目前的形式下,国际间正展开航天大协作之际,航天飞机为组建“国际空间站”继续作出它的一系列贡献。

六、将来的使命

随着“国际空间站”的即将建成及星际开发的开展,空间运输将十分繁忙,仅靠目前这种形式的航天飞机是难以胜任的。这种航天飞机的发射费用还是很高的,因为它要抛掉一些东西,比如外储箱,因此还不能完全重复使用。又加之从“挑战者”号的失事而知,这种

航天飞机的可靠性存在一定的问题,需再投入一些资金改进现在的航天飞机。现在航天飞机的发射费用是 2.97 亿美元,每千克载荷发射费用达到 15000 美元,与一次性运载火箭的价格相差不多。而造一架航天飞机轨道器的费用是 25 亿美元,这些耗资实在惊人,难以适应将来繁忙运输的需要。

针对目前航天飞机存在的不足,进行了一些重大技术改进,已有两种改进方案:

美国的“国家空天飞机计划”,其英文缩写为“SNASP”,这种飞机的机身和机翼合在一起,下面是发动机,是一种水平起飞一级入轨,发动机可多模工作。

还有英国的“霍托尔”空天飞机,也是水平起飞一级入轨。它的发动机很特别,其细节秘而不宣。据推测,是起飞时利用空气中的氧,当升到 26 千米高度时,再靠自身携带的液氧继续工作。

这种水平起飞的航天飞机,在加速过程中机翼产生升力,而不像火箭那样只靠发动机将起飞重量垂直抬起,故仅需机身总量的 50%~60% 的推力就够了。

研制这样的航天飞机必须解决以下关键技术。

(1) 发动机的工作循环选择。为能得到大的比重和大的推重比,采用组合发动机,这种发动机可以实现航天飞机的水平起降,充分利用大气中的氧,这种组合发动机实现方法之一是冲压发动机和火箭发动机的组合;另一种是涡轮发动机和冲压发动机的组合。另外还有飞机和发动机一体化设计问题。

(2) 结构和材料问题。由于航天飞机均需在大气层中高速飞行,其表面产生很高的温度,这将是十分严重的问题。一般的铝合金承受不了这样的高温,会变软不能受力。必须用既轻而且坚固又要耐高温的材料来制造航天飞机。

结构重量也要求很高,航天飞机水平起降一次入轨时,要求飞机的固定自重只能占起飞总重量的 17%。为能携带更多的燃料,必须减少结构重量。综上所述,航天飞机只能在选用新材料上多下功夫,

一般采用钛合金材料。

(3) 防热问题、空气动力的确定问题以及控制和分系统可靠性问题也是至关重要的。为保证控制和测量精度,航天飞机上的操作基本上计算机化了,采用的软件将会越来越多。

研制这种单级入轨重复使用的运载器,虽然研制费高达 185 亿美元,似乎费用是大了点。但从长计宜,发射载荷年费用仅需 14 ~ 16 亿美元,远低于运载同样载荷的运载火箭所需费用。这样用不了几年就可以收回全部投资。

这种新一代的航天飞机,估计 2006 年将取代目前使用的航天飞机和一次性火箭,每年都可进行 40 ~ 50 次载人或载货飞行,这其中有不少是服务于“国际空间站”的。

第三章 空间探索的科学

第一节 宇宙飞船设计的基本原理

宇宙飞船在 125 千米以上的空间飞行。在这样的高度上 ,基本上没有空气 ,是真空状态。飞船飞行速度大于 7.9 千米每秒 ,克服了地球引力 ,处于微重力的环境中。在轨道飞行过程中 ,时而向着太阳 ,时而又背着太阳 ,两者的温差极大 ,有时竟相差 300 以上 ,而且宇宙中又存在很强的辐射。在这样特殊的环境中飞行的宇宙飞船 ,工作条件将是十分苛刻的。

宇宙飞船作为其运载火箭的有效载荷置放于火箭头部的整流罩内。因此 ,宇宙飞船几何尺寸、结构形状及其重量均受到严格的限制。

宇宙飞船又称为载人飞船 ,在太空中作暂短飞行后 ,只有载人的密封舱安全返回地面 ,其余部分在返回过程中被抛入大气层中自行烧毁 ,所以也是一次性使用的航天器。

对于这样苛刻的使用条件 ,宇宙飞船的设计必将采用新技术、新材料、新工艺。共分成了 10 个系统进行分别设计 :

- (1) 材料结构系统 ;
- (2) 温度控制系统 ;
- (3) 姿态控制系统 ;
- (4) 遥控遥测系统 ;
- (5) 轨道机动系统 ;
- (6) 生命保障系统 ;
- (7) 防热系统 ;
- (8) 安全返回系统 ;
- (9) 计算机处理系统 ;

(10) 能源系统。

对这些系统的设计都有十分高的设计要求,不允许出现差错,否则,任一系统的任一小的疏漏,都可能造成不堪设想的后果。

第二节 进入太空

进行空间探索,在空间长期地进行科学考察活动,建立活动的基地。在这个探索过程中使用的工具称之为航天器,指的是人造卫星、宇宙飞船、航天飞机和空间站之类。航天器是相对于人们早已十分熟悉的飞机、气球之类的航空器而言的。

宇宙飞船等航天器作为大推力多级运载火箭的有效载荷,先由火箭送入近地轨道,使它获得 7.9 千米/秒的第一宇宙速度,沿着一个预定轨道飞行。又据飞船的不同用途,用飞船自身携带的轨道机动发动机变轨机动,达到所要求的运行轨道。

美国的“阿波罗”登月飞船,就是使用大推力的多级液体火箭“土星—5”号作为运载工具,将“阿波罗”飞船送入近地轨道后,飞船便开始独自飞向月球轨道。

前苏联曾在一种老式导弹运载火箭的基础上,利用捆绑技术加以改进成“东方”号系列运载火箭,将加加林乘坐的“东方—1”号宇宙飞船送上近地轨道。飞船在轨道上运行了 108 分钟之后,按照地面指令,启动制动火箭,离开运行的轨道,进入过渡的椭圆形轨道,重返大气层。最后宇航员连座椅一起从生活舱中弹出,降落在自己的本土上。

宇宙飞船要进入宇宙空间靠的是大推力多级液体火箭。先是宇宙飞船和所搭载的火箭高高地耸立在发射塔架上,按照地面控制指挥中心的指令,根据发射窗口的需要准时地使第一级发动机点火,运载火箭垂直地缓慢起飞升空,不断地加速,开始了加速飞行阶段。经过一定的时间,按照运行程序,运载火箭缓缓地转弯,上升到一定高度,基本达到了入轨所需的速度,也进入了与地面相平行的运行方

向,则第一级火箭已完成任务,燃料业已用完,第一级火箭关机分离。同时,第二级点火火箭继续飞行,当飞出大气层已不存在大气阻力,按程序抛掉火箭整流罩,在达到预定速度和高度时,第二级发动机关机分离,加速飞行阶段至此结束。

这时的火箭已获得很大的动能,由于2级火箭已被抛掉,重量轻了很多,进入惯性飞行阶段。当达到与指定轨道相切的位置时,则第三级火箭开始点火,进行最后加速,达到预定速度,即等于或大于7.9千米/秒的第一宇宙时,第三级发动机关机,其上的有效载荷宇宙飞船等被弹出,进入预定运行轨道,运载火箭完成运载任务。

第三节 太空飞行

一、太空飞行的路径

像宇宙飞船等这样的航天器,它们和一般航空器不同之处在于飞行在200千米以上高空,由于具有7.9千米/秒以上的速度,它们克服了地球引力。航天器进入太空飞行,除了必须有一定的高度和速度之外,还必须具有一个特殊的条件,即航天器的飞行必须沿着一条看不见而又确实存在的轨道飞行,常称之为运行轨道。航天器的用途不同,运行的轨道也不同,即轨道参数不同。也可根据不同的用途,通过航天器的轨道机动系统和控制系统改变运行轨道。

表征运行轨道的参数主要有:

(1)运行周期,是指航天器绕地球飞行一周的时间。它随轨道高度变高而增加,反之则减小。但周期不能太短,太短意味着轨道低,距地面近。当高度低于125千米时,则大气层的阻力会使航天器速度逐渐减小,最后会落入大气层中烧毁。

(2)轨道倾角,是指运行轨道平面与地球赤道平面间的夹角。轨道倾角的大小,决定了航天器所覆盖地球表面的大小。倾角大则覆盖面也大,反之则小。据此运行轨道的倾角大小分为3种轨道:轨道平面与赤道平面相重合,即倾角为零度的赤道轨道;轨道平面垂直

于赤道平面,即倾角 90 度的极地轨道;轨道平面与赤道平面间夹角在 $0 \sim 90$ 度之间的倾斜轨道。

运行轨道形状又有圆形轨道和椭圆形轨道之分。当航天器的飞行速度等于第一宇宙速度时,它的运行轨道就是圆形轨道;大于第一宇宙速度时,它的运行轨道就为椭圆形轨道。表征椭圆形状的参数是以近地点——距离地球最近的点和远地点——距离地球最远的点。这是椭圆形轨道中的 2 个最重要的点,近地点高度不能太低,否则,航天器由于是在大气层中运行,因速度快而可能被烧毁。例如,美国 1966 年 2 月 15 日发射的 3 颗军用卫星,就是因为它们的近地点高度低,分别为 117 千米、148 千米和 150 千米,在发射后的第二天先后烧毁。

二、太空飞行和导航

各种航天器进行空间探索,根据所需完成的任务决定了它们在不同的轨道上飞行,因而航天器也与航空器一样,在太空飞行也需要导航。空间导航与地面导航原理相类似,也是准确地选定一个已知参照目标,通过测量航天器与该参照目标间的距离和方位角度,经分析计算进而确定航天器所处位置,达到导航的目的。

但是又和地面导航有所不同。空间星体间的距离远比地球上的距离要大得多,在太空飞行中平常所用的基准坐标系变得遥远而不可靠,如沿用传统的“三角测量法”就会产生错误的结果。因此,一般的空间导航都是使用一系列的高精尖测量设备及采用先进的测量方法。只有这样,才能保证得到高精度的初始数据,经处理后才能最终达到空间导航的精度要求。

在初期航天器的无人空间飞行中,航天器的导航,特别是宇宙飞船的导航,大部分时间中是靠地基导航的,所使用的导航设备都是全自动的。地基导航用雷达测距,精度可达几米,用多普勒频移法测速,其频移的大小就反映出空间航天器相对于测控站的径向速度。还可以采用甚长基线干涉测量方法,原理是分别先测出两个相距很远的地面测控站接收来自同一航天器的时间,然后再将所得的这两

个时间与事先定的某个类星体光源抵达的时间相比较,从而可确定航天器相对于所选定类星体的方位。这两种方法的导航精度均很高,完全适用于空间导航。

自从开始了航天器的载人飞行之后,自主导航就越来越普遍地采用了。自主导航的航天器中必须具有以下一些设备:

高精度的惯性测量器件;

空间六分仪;

光学定位系统。

在要求绝对可靠的载人航天器中,宇宙飞船上的导航设备和地基导航系统都采用联合工作方式,这样做既保证了导航的高精度要求,而且当某一环节出现故障时,另一系统仍可继续工作,起到两种导航系统相互弥补的作用。

“阿波罗—12”号飞船的登月导航,是地基导航和自主导航相结合得十分成功的应用实例。

“阿波罗”飞船从近地轨道再到月球轨道要飞行3天时间,航程达40万千米。这对于行星探测来讲没有什么了不得的,但相对地球来讲,这个距离算得上十分遥远了。

从地面开始升空的上升段,飞行中主要是用飞船中的惯性器件进行导航。在进入近地轨道飞行时,则地面控制是主要的。美国航空航天局采用载人飞行网络提供飞船距离和速度信息,该网络中的S频带雷达用于在地球上测量视角,飞船上的空间六分仪进行星体的水平量测量作为辅助导航。

在进入月球轨道时期,因载人飞行网络的视线受到限制,这样一来,飞船上光学扫描望远镜和空间六分仪便成为主要的导航设备,实行自主导航。六分仪通过跟踪月球上的目标,来确定飞船飞行路线。为更加可靠,在向月球表面降落时,地面控制仍然保留在登月舱导航的环路中。返回地面时,飞船又靠惯性器件完成从月球的起飞导航。之后,登月舱利用甚高频测距及惯性导航,实现与指令舱的会合。六分仪利用星体的水平测量值,来引导飞船即指令舱踏上返回地球的

归程。及至最后,又再用惯性器件导航,完成再入和着陆地球的导航。

第四节 宇宙飞行对人的影响

一、人员支持系统

不论是载人的宇宙飞船还是可重复使用的航天飞机,尽管它们采用了人类最为先进的科技成果,自动化程度达到世界最高水平,但仍需人去操纵控制。为此必须进行人员的挑选工作,这些人员通常称之为宇航员。挑选宇航员的条件十分苛刻,是万里挑一。不仅要



有十分健康的体魄及较高的学历,还必须具有极好的心理素质和高尚的思想品质,决心献身航天的精神。只有具备了这些优秀条件的宇航员,才可能出色地完成航天所赋予他们的使命。

“阿波罗—13”号载人飞船事件很能说明这个问题。1970年4月11日,“阿波罗—13”号(图3-1)顺利升空后,开始一切正常,似乎相安无事,3名宇航员也显得轻松愉快。已飞行了56个小时,距月球还不到6万千米了,就在此时,

图3-1 “阿波罗—13”号整装待发

夜里9点零8分,突然听到一声巨响,宇航员们从梦中惊醒,面前的

报警灯全部闪亮,主电器电压也在下降。宇航员们意识到可能要大难临头了,立刻向地面控制中心报告情况。指令长洛弗尔从窗口看到一股气流从飞船的服务舱那里冒出来。当宇航员海斯慌忙通过两舱的过道时,看到一些电器的电压已降到零了,指令舱的3组燃料电池已有2组损坏了,另一组也快不行了。有一个氧气箱也空了,另一个氧气箱的压力正在迅速下降。这显然是有一个氧气箱爆炸了,另一个被炸破,因破洞而漏气。飞船的稳定遭到破坏而开始翻动起来。施韦格特几次企图用服务舱的推进器稳定船身,结果也都失败了。服务舱损坏严重,幸好指令舱和登月舱不曾受损,与地面的联系也不曾中断。

鉴于飞船出现这样严重的情况,登月已是不可能了,当务之急是千方百计使之安全返回地面,保证宇航员们的生命安全。由于服务舱电池损坏,便丧失了大部分能源、水和氧,只能寄希望于登月舱中有限能源、水和氧。但此时,飞船距月球较近了,月球引力对飞船起着主要的作用。这时的飞船又没有足够大的动力使其脱离月球引力返回地面,只有继续向前飞,待绕过月球后重新选择一条轨道返回,才有可能脱离目前的险境。

4月14日晨,尽管3名宇航员还好,但地面休斯顿指挥中心仍旧是一片焦急与繁忙。按原设计,登月舱的电源能源仅供2人用45小时,而今却要3人用100小时,显然相差甚远,令人不安。宇航员海斯也在计算,如关掉登月舱大部分系统的话,则电源就能延续到4天以上,但冷却水是个大问题,这又是不可缺的。但此时也顾不了那么多了,只能是到时候出现什么问题再解决什么问题。海斯因此关闭了登月舱的部分系统,他们的这一做法与地面不谋而合。休斯顿指挥中心对此是倍加赞赏,从而增加了共同战胜困难的信心。

经过了艰苦而又细致的考虑分析,在故障发生12小时之后,地面指挥中心果断地制定了逃生计划:先是继续向前飞,这是最节省燃料的返回途径。当飞船距月球218千米时,洛弗尔启动了登月舱的降落发动机,使飞船进入绕月轨道。在绕月飞行了21小时之后,又

再次启动登月舱发动机,则飞船转入返回地球的归途。这时宇航员已经是极度的疲劳,他们就轮流休息。

地面指挥中心虽然已编制好了返回地面的飞行程序,但登月舱的导航系统却无法使飞船精确对准地球。宇航员企图用航行望远镜寻找恒星作参照物。但由于爆炸故障发生后,飞船周围天空中充满了闪烁的碎片,无法找到恒星。在这危急关头,地面上的导航专家告知他们可以用太阳定向,结果喜获成功。



图 3-2 “阿波罗—13”号上的宇航员小约翰·L·斯威格特

此时,飞船直奔地球而去。在返回的途中,飞船上的能源、水、氧都越来越少,形势极为严峻,宇航员们感到悲观失望。地面人员不时提醒他们服用兴奋剂,驱散疲劳、寒冷与恐惧。为节省能源,以备再入大气时使用,飞船的温度调节系统也关掉了,舱内温度下降到 4°C ,人呼出的二氧化碳在不断增加,而氧气却在减少。宇航员们想尽办法去

克服这些困难。他们把指令舱的清洁空气灌入登月舱的圆形装置内,才使舱内的二氧化碳下降到正常水平。为取暖,宇航员们相互拥抱而坐。

16日下午7点30分,休斯顿向飞船发去了新编制的重返大气层

的程序表。到午夜 ,宇航员们兴奋起来了 ,因为他们隐隐约约地看到了一轮似眉毛状的地球 ,而且在一点一点地变大。不过“阿波罗—13”号飞船已偏离了它的正常返回轨道 ,必须及时精确选定进入地球的角度。角度过小 ,飞船可能在大气中被烧毁 ;角度过大 ,则飞船会从大气表面弹出 ,而永远无法返回地球。幸而“阿波罗—13”号飞船进入角度合适的浅平轨道 ,指令长紧抓住这极佳机会 ,启动登月舱姿控火箭 ,控制飞船沿着这条正确轨道飞行。

进入正常轨道后 ,宇航员按下启动爆炸螺栓 ,扔掉被炸坏的服务舱。此时 ,他们才看清服务舱被炸严重受损的样子。

2 名宇航员重新回到指令舱 ,封闭了登月舱的舱门。另一名宇航员打开了制导系统开关 ,发现电源还较为充足。电子仪表也没有因寒冷而有什么损坏 ,这才放心下来。于是宇航员带着感激与伤悲之情 ,把曾救过他们而今已无法使用的登月舱抛掉 ,永远不会忘记它的救命之恩。

飞船渐近大气层 ,休斯顿指挥中心云集了全体工作人员。4 月 17 日 ,“阿波罗—13”号的指令舱挂在 3 把大伞之下缓缓地溅落在太平洋中。“阿波罗—13”号飞船在登月过程发生危急情况之下 ,宇航员仍然驾驶飞船平安地返回地面 ,靠的就是宇航员的临危不惧 ,处惊不乱 ,沉着冷静。而且在危急时宇航员们精诚团结 ,齐心协力 ,共同克服种种困难 ,才有可能平安返航。这是和正确地挑选宇航员以及积极的培训分不开的。图 3 - 2 为“阿波罗—13”号上的宇航员小约翰·L·斯威格特。

人类要进入宇宙空间并想长时间地停留在空间工作和生活 ,将会碰到许多难题 ,只有很好地解决了这些难题 ,方可达到载人航天的目的 ,而这些难题可以简述为 :

(1) 运载火箭发动机点火工作过程中产生的冲击力 ,这有时竟达几十个 g 大。

(2) 航天器入轨作惯性飞行过程中产生的微重力环境。

(3) 高于大气层之上的宇宙空间呈真空状态 ,没有人赖以生存

的氧及其他气体。

(4) 宇宙空间存在着宇宙尘及流星体,它们有可能与航天器发生碰撞,对航天器及其人员造成损坏或损伤。航天活动发展到今天,空间残存许多航天器碎片——称之为空间垃圾,也可能与运行的航天器相撞,其后果同样也是可怕的。

(5) 航天器和宇航员都处于宇宙辐射和高能粒子的包围之中,极强的穿透力对航天员造成的损害是很大的。

(6) 返回再入大气层时产生的高温,甚者可达上千摄氏度。

正是这种种的难题,直接关系到航天器的安危,影响宇航员的衣食住行,因此载人航天器特别增加了人员支持系统,它能较好地解决载人航天器所能遇到的难题,实现载人的航天之梦。

人员支持系统又可细分为许多小的分系统:

1. 空气净化分系统和温度环境控制

航天器高速飞行在真空的环境之中,那里没有人生存所必需的氧气,温度也极不稳定,温差很大。空气净化分系统能使宇航员生活在加压密封的舱内,制造出一个与地球环境相同或相近的生存空间,使舱内始终有新鲜的氧气,气压保持在一个大气压左右,温度稳定在 $18 \sim 27$ 之间。这个系统还可以调节以及控制舱内湿度、二氧化碳的含量、臭味和舱内设备工作时产生的余热等,尽可能保证宇航员有一个舒适的工作和生活环境。

所需的新鲜氧气是从地面上带去的,它们一般储存在专用的气体储箱内。

空气净化分系统按照一定的流程进行工作,每小时有一定量的气体送入化学罐进行吸附和过滤,滤去二氧化碳和臭味,净化后的气体又送到热交器冷却。这既可以凝集舱内过量的水气,又可以排除舱内过多的热量,达到控制舱内温度和湿度的目的。冷凝处理后的气水混合物通过一个离心分离机,把空气分离出来再送到宇航员生活和工作的座舱内,达到净化空气的目的。

载人航天器从发射入轨至安全返回地面的整个飞行过程中,两

次往返大气层,高速摩擦产生的高温严重地危害着航天器和宇航员安全。虽然航天器本身已有结构防热设计,避免航天器被高温破坏,但仅仅靠它对宇航员的保护还远远不够,还需另有一套温度环境控制系统。该系统就能对航天器乘员座舱内的温度环境进行控制,使舱内温度自始至终地保持在一个合适的范围之内。

根据载人航天器的不同类型,温度环境控制也有不同的方式。对于一次使用的载人宇宙飞船,由于在轨运行时间不长,多数是采用被动式温度环境控制系统。方法是用多孔的耐热材料厚厚地包在飞船的外壁上,使航天器内外隔离开来,初步地控制舱内温度。在返回地面这些材料还没烧完时,飞船已平安地着陆了,舱里的宇航员也就相安无事。对于可重复使用的航天飞机就不能再用上面提到的简单方法了,原因是这种被动式控制精度不高,易霉烂腐蚀,又不便维修。必须用主动式温度环境控制系统。这种系统利用一些温控设备及其控制回路,对舱内的温度进行严格的监控和调节,使舱内温度始终保持在预定的范围之内。比如,前面提到的凝集式热交换器和舱壁冷却系统,就可以使舱内温度控制在 30℃ 左右。

2. 食物供应、水以及废物处理分系统

宇航员进入空间,驾驶着航天器进行各种操作,展开空间试验,处于一种高度兴奋与紧张状态,体力与精力的消耗都很大,需及时地进行补充。空间进食和饮水显得十分重要和讲究。

空间运行的航天器处于微重力状态下,一切物体均失去了重力作用,可以自由地飘浮在空中。这样,在空间的“吃”和“喝”形成一种独特方式,完全不同于地球上。

地球上常食用的食物已不能在空间供宇航员食用,因为这种食品极易产生渣屑,这些渣屑在宇宙空间失去重量会杂乱地飘浮在舱内各处,完全可能飞进宇航员的眼中或鼻孔中,对宇航员造成伤害。于是才有了宇航员的专用航天食品,这由最初的软管形式而逐渐改进成压缩方块食品乃至软包装罐藏食品。这种航天食品要十分注意营养的搭配,含有丰富的氮、钾、钙等元素。同时,宇航员的失重状

态,复杂的工作环境,都会影响他们的食欲,为了使食品能适合他们的胃口,应尽可能保持食物的原有风味。

航天食品分为所谓的正餐和点心,分别一份一份地包装完好储存在厨柜内。由于航天器所能搭载的有效载荷有限,航天食品的体积和重量也受到限制。厨柜内存放的食物数量是一定的,具体根据宇航员的人数,在空间工作天数而定。

航天器还设有厨房,备有冷热水管、烤箱和各种餐具等。可以对食品进行一些加热。

宇航员饮用及洗澡等运行期的所有用水在发射之前就存于储箱内,存量要足够。从健康的目的出发,用水均需通过一个离心发生设备进行杀菌消毒。

当宇航员人数较多,工作时间又长时,需水量大增,此时仍从地面带水到宇宙空间,在目前发射费用十分昂贵的情况下,将是十分不合算的。为此设置废水及废物处理分系统,把宇航员日常排泄及用过的废水回收处理成净水,达到循环使用节省有效载荷的目的。

这套系统主要包括了以处理废水为主的蒸馏设备。此外,还有过滤器、泵及储箱等辅助设备。而且又把尿液中的固体物及粪便等经压缩干燥处理后储存起来,最后带回地球供研究分析之用。

宇航员在宇宙空间睡觉和走路也不能像在地球上那样随心所欲,也都变得复杂起来。鞋子经过特别加工,可以固定在有网孔的地板上,走路还需小心慢走,一不留神,就可能飘在空中。睡觉不再用床,必须在睡袋里拉好拉链,挂在壁上或者立着睡都可以。至于舱外行走,那更是带有极大风险的艰辛旅途。

二、空间作业

航天的空间作业,有时需要宇航员走到舱外,参与一些操作。这种操作规程有的是事先计划安排好的,但也有的是因有意外情况而迫不得已而为之。不管属哪种情形下的操作,宇航员的准备工作基本一样,风险一样,都够惊心动魄的。

1992年5月7日,美国航天飞机“奋进”号就是为抢修国际通讯

卫星组织的“卫星—6”号卫星而进行的一次首航。这颗卫星本该是在 35000 千米高的同步轨道运行的地球同步卫星,只是由于发动机故障而没有进入预定的地球同步轨道,滞留在 550 千米高的轨道上飞行。这颗价值 1.57 亿美元的卫星,如不进行抢救,将是一个没有价值的废星,实在可惜了。

“奋进”号经 3 天的飞行,追上了“卫星—6”号。宇航员曾 2 次试图用一机械装置抓住卫星,均没有达到目的,卫星反而滚动起来。看来用工具回收卫星的目的很难实现。宇航员见当时的情况大胆决定:用手去抓。

这样做将会有很大风险,宇航员用手去抓卫星时,如手套被划破,裂口不大的话,还来得及返回航天飞机;但当裂口大于 6 毫米时,宇航员还来不及有什么反应就可能很快毙命;“摘星”也将失败,损失将会是十分惨烈的。

人的手总是比机械装置灵活得多,地面批准了宇航员的决定之后,宇航员开始做“摘星”的准备了。

3 名宇宙员走到舱外分别每隔 120 度的方位站在临时搭起的一个支架上,而且脚都被套住,以免用力过猛被飘走。机长随时作好点火准备,一旦认为有碰撞危险发生时,立刻点火及时将航天飞机避开。

5 月 13 日的下午,当航天飞机第 3 次接近“卫星—6”号时,宇航员们瞄准了时机,及时伸手将“卫星—6”号牢牢地抓住,拖入机上载荷舱内,然后将一台 11.5 吨的固体发动机与卫星相连。第二天再将它们放回宇宙空间,由地面遥控点火,先是将“卫星—6”号送至 83265 千米高的轨道上,然后再降到 35680 千米高的地球同步轨道运行。“卫星—6”号恢复正常工作,人类第一次“摘星”壮举虽然花费 930 万美元,但却挽回了上亿美元的损失,其经济效益是可观的。

宇航员到舱外活动,直接参与空间作业,为了保证他们的人身安全必须穿好特制的宇航服。宇航服就像一个小型的密封舱一样,它主要包括服装,还有头盔、手套、靴子及背包式生命保障系统。分为

舱内和舱外用的宇航服都是密封结构 ,里面装普通空气或纯氧 ,并使它们产生循环。宇航员呼出的二氧化碳和水蒸气能通过航天器里的相关装置或背包里的装置清除掉 ,采用水冷却或气体冷却的方式散热调节宇航服内的温度。

舱内用的宇航服内层是耐热的尼龙 ,中间是密封气体的橡胶 ,最外层则涂有聚四氟乙烯玻璃纤维布 ,共 3 层。而舱外用的则是多层布组成 ,这是因外舱环境要比舱内复杂得多 ,危险也大得多。比如 ,温度差很大 ,宇宙射线的照射 ,或陨石、宇宙垃圾的撞击等。

“国际空间站”有百余个组件的安装都需要在舱外进行作业 ,有的难度很大 ,要持续在舱外几个小时。比如天线的安装 ,需要 2 名宇航员身穿宇航服 ,在黑暗中举起 12 米宽 ,104 吨重的太阳能天线阵 ,将它慢慢地送到托架的另外一端 ,即使顺利的话 ,整个安装过程也要 6 个小时。而宇航员在舱外停留的时间越长 ,遭受微陨石或宇宙垃圾的撞击机率就越大 ,危险性随之增加。如宇航服被撞破分币大小的裂口 ,不消 10 分钟 ,宇航员就会命归黄泉。在轨道上对着阳光温度约可达 150 ,背离阳光时温度约在零下 130 ,这样大的温差对宇航员也是一种威胁。没有特别的宇航服穿在身上 ,是不可能进行舱外作业的。

第四章 空间探索和竞争

空间探索不但需要先进的科学技术,还需要巨大的财力支持。而一个国家愿意在空间探索中投入多少钱,和当时的政治气候有着密切的关系。冷战时期,美国和前苏联严重对峙,两个国家都在空间计划中投入大量的金钱。因为在太空建立优势,不论在政治上、军事上,都具有重大的意义。冷战以后,两国在开发空间方面投入的资金大量缩减。

正是在冷战达到高峰的时候,人类对空间进行探索的计划才真正得以实施。苏美两个超级大国的全面竞争,促进了他们各自空间计划的迅速发展。特别是前苏联发射了第一颗人造地球卫星以后,在美国造成了巨大的政治影响。美国人从肯尼迪总统到普通老百姓,在关切前苏联空间科学技术进步的同时,对美国深感失望,觉得真是太令人羞耻了。

1961年5月5日,美国人艾伦·谢泼德乘坐“水星”飞船升空,美国举国上下大大地庆贺了一番。20天以后,肯尼迪在国会发表演说:“我相信,在20世纪60年代结束之前,这个国家应该达到这个目标,把人类送到月球上去,并让他安全地返回地球。”这段话也就是“阿波罗”计划的起源。虽然说把人送到月球上去,对月球进行科学考察等等,也是人类登上月球的原因之一。但不可否认,冷战时期的地缘政治学是推动登月竞争的主要动力。不仅如此,冷战时期的竞争也影响着苏美两国发展无人驾驶探测器的空间探索计划。

第一节 登月的竞争

前苏联发射第一颗人造地球卫星以后,在空间探索方面又接二连三取得了一系列的辉煌成果,这些成就越来越吸引美国公众的注

意。1961年4月12日宇航员加加林成功地翱翔太空,迫于政治上和美国公众的压力,美国总统肯尼迪提出一项新的空间计划,要把人送到月球上去。其实,一向守口如瓶的前苏联人也已经在准备成为第一个把人类送上月球的国家。前苏联满怀信心地认为,他们有多多年积累的太空飞行经验,有向太空发射大型航天器的技术优势,完全有把握在空间探索的任何领域竞争中,胜过任何一个国家。

可是,前苏联过于自信,也低估了美国的决心和努力,这使自己在60年代初期浪费了许多宝贵的时间。正是在这一时期,美国人大规模地组建起航天研究中心、航天工业工厂、航天发射基地,为发展航天事业打下了雄厚的基础。

肯尼迪宣布登月计划以后,前苏联领导人赫鲁晓夫听取了航天专家、火箭发动机设计权威格卢什科的报告,准备执行布劳恩设想的登月方案,把宇航员送到月球上去。布劳恩的登月方案又称为地球轨道交会(EOR)方案,其要点是在地球轨道上组装航天器,然后再飞往月球。为了在地球轨道上组装飞往月球的航天器,单是把这些航天器部件送上地球轨道,根据当时的火箭运载能力,就需要发射15次以上。这种方法后来没有被美国国家航空航天局采用。格卢什科还提出另一种登月可能采取的办法:从地面直接向月球发射登月飞船。但这需要用比当时最先进的A—2运载火箭功率还要大15倍的大型火箭。那时候,美国还没有发射过威力像A—2一样的火箭。听了这些计划的汇报以后,赫鲁晓夫断定,肯尼迪的登月计划只是为了宣传,故前苏联的登月计划也因此而耽搁下来。

1962年7月,美国国家航空航天局为“阿波罗”登月计划选择了一种新的称为绕月轨道交会的登月方法。采用这种方法,“阿波罗”登月飞船进入月球轨道以后,将留在绕月轨道上,由宇航员驾驶登月舱登上月球。等完成考察计划后,登月舱再返回绕月轨道和正在做绕月飞行的飞船会合,然后返回地球。采用这种方法,可以用功率相对比较小的运载火箭来发射飞船,大约能够节约15亿美元。

这时候,前苏联才意识到,美国的登月计划已足以对他们构成严

重的挑战。但是他们仍然认为,要在 1970 年之前实现这个计划是不可能的。为了不浪费宝贵的资金,他们开始制定载人绕月飞行而不是登月计划。这也就是前苏联第一个载人月球探测计划。在以后的几年中,这个计划随着美国登月计划的进展和挑战,而不断地进行修改。

在那些年代里,关于前苏联空间探索和发展计划的细节已经由各种媒体慢慢地向全世界透露。尽管如此,载人登月计划的详细内容仍然披着一层神秘的面纱。

从 60 年代下半叶前苏联科学家发表的一些关于登月的谈话,大致可以看出前苏联这一时期为登月所进行的努力。

1965 年:

—“质子”号火箭将使载人绕月飞行或者登陆月球成为现实。

—到 1970 年,航天器将能够实现在轨道上对接,那时候,就可以从地球轨道上发射载人登月飞船。

—载人登月飞船可以在地球轨道上组装和发射。

1966 年:

—采用绕月轨道交会或者地球轨道交会的方法,能很快实现载人登月计划。登月飞船和宇航服正在研制之中。

—5 年之内,将训练出登月宇航员。

—准备在 5 年之内把宇航员送上月球。

—在宇航员登月的竞争中,我们不会败给美国,也用不着匆忙发射登月飞船。

1967 年:

—5 年之内,人类将经常往返于月球。

—绕月轨道交会的登月方法比直接登陆月球好。

1968 年:

—绕月轨道航天器的重量大约是 100 吨,而返回地球时航天器的重量大约是 5 ~ 7 吨。

—下一个目标是把载人飞船送入绕月轨道。宇航员登上月球之

前,必须先进行动物登月试验。

—载人太空计划的目标是征服月球。

—1969 年或者 1970 年,在地球轨道上装配登月飞船成功以后,人类将登上月球。1969 年,由机器人或者宇航员采集的月球岩石将在地球上展出。

—1969 年年底之前,别指望能实现绕月飞行。

—“探测—6”号飞船具有把宇航员送上月球的性能,但还有必要进行更多的试验。

1969 年:

—“探测—5”号和“探测—6”号证明,“探测”号飞船能够实现载人飞行。

—登月计划起码还需要 6 个月的准备时间,空间站的建设工作已经开始。

—登月计划已经无限期地延期。新的目标是在 1975 年之前建立半永久空间站。

1968 年,第一个太空人加加林曾为执行一项任务而加紧训练。前苏联女宇航员捷列什科娃在访问古巴的时候也曾透露,在 60 年代里,加加林将参加第一次登月活动。60 年代,前苏联建造了一系列飞船,为飞往地球轨道和远征月球提供联络和运输工具,这很像美国的深空跟踪网。1967 年 5 月,前苏联宇航员别利亚耶夫肯定,他很快将会接受绕月飞行的任务。这些事件说明,载人登月计划是前苏联当时的主要目标。

1962 年,苏美两国开始登月竞争的时候,美国航空航天局的登月计划已经基本确定,并得到认同。而前苏联的登月计划却作过 3 次重大的修改。开始时,准备用地球轨道交会的方法实现载人绕月飞行,并认为这是可以立即付诸实施的方法,美国人的登月目标在 1970 年之前不可能实现。前苏联的计划是这样的:先把一枚空载大型运载火箭送上地球轨道,用一艘自动输油飞船给它装满燃料。然后由载有 3 名宇航员的飞船在地球轨道上和运载火箭交会,再从地

球轨道上发射载人飞船 ,实现绕月飞行的目标。据加加林后来说 ,一个类似这样的计划从 1963 年 9 月开始实行。

在建造载人登月飞船的时候 ,前苏联显然模仿了美国通用电气公司关于“阿波罗”飞船的设计方案。这种飞船可以携带 3 名宇航员绕月飞行。飞船包括任务舱、钟型再入舱和推进舱 3 部分。前苏联后来建造的“联盟”号载人飞船很像这个设计方案 ,它的设计在许多方面和通用电气关于“阿波罗”号的构想很相似。

发射载人绕月飞船 ,将使用已有的 A—2 火箭和发射“上升”号以及其他不载人飞船的设备。但需要研制可以载 3 名宇航员的“联盟”号飞船、“联盟”B 空载火箭、“联盟”V 输油船的新设备。这个绕月飞行计划采用的是最典型的地球轨道交会方法 ,实现一次绕月飞行 ,必须从地球上进行 5 次发射。但是 ,这种方法所需要的技术非常复杂。从地球上分 3 次发射的“联盟”V 输油船 ,必须在地球轨道上和“联盟”B 空载火箭自动交会 ,并给它加油。然后 ,载有宇航员的“联盟”号飞船再升空和加好油的“联盟”B 火箭交会 ,由“联盟”B 火箭点火后把它送出地球轨道。

1963—1964 年 ,“飞行”号卫星(前苏联的轨道机动技术试验卫星 ,用于试验飞船的变轨和交会技术)可能已经对“联盟”B 进行试验。1967—1970 年 ,“联盟”号的一系列飞行 ,可以说是第一次登月计划的后续。由于登月计划需要飞船在地球轨道上实现对接 ,因此必须进行自动对接的试验 ,但是这个试验到 1967 年才最终完成。而载人飞船的对接 ,直到 1969 年第 4、5 次飞行时才得以实现。要想在登月竞争中取胜 ,这显然太晚了。

1964 年 ,前苏联已经看到 ,美国人的登月信心和能力在不断增强 ,而他们的地球轨道对接技术进展太慢 ,难于取胜。因此 ,他们认为 ,要想打败美国人 ,必须大力发展新的火箭和设备 ,像美国人已经做的那样。在这种情形下 ,他们对“联盟”号飞船进行改进 ,以便进行新的登月努力。原来准备用来进行绕月飞行的“联盟”号 ,现在也用来试验对于登月来说至关重要的轨道交会和对接技术。

原来的绕月飞行计划取消以后，“联盟”号不断地进行试验飞行，以掌握登月计划所需要的技术，前苏联开始为实现新的登月计划而努力。登月计划可能同时采用地球轨道交会和绕月轨道交会的方法。一种威力强大的新型助推火箭，将把登月飞船和地球轨道逃逸火箭送上地球轨道。然后，载有3名宇航员的重型月球探测器，将在地球轨道上和登月飞船对接，地球轨道逃逸火箭再把登月飞船和月球探测器送往月球。到达月球轨道以后，他们将采用和美国“阿波罗”号一样的方法登上月球。

1964年，前苏联调整登月计划，但他们并没有放弃在登月竞争中获胜的目标。新的登月计划中，也提供了1969年之前实现绕月飞行所需要的设备。一种轻型的“探测”号登月飞船，将由大型D-1e型“质子”号火箭发射，进行绕月飞行，同时也用来把宇航员送上地球轨道上准备飞往月球的登月舱。

“探测”号飞船在“联盟”号的设计基础上稍加改进，它的重量比“联盟”号轻，以便D-1e型“质子”号火箭能够把它送上绕月轨道。它也是载人登月计划的一个组成部分。原先设计时考虑起码能载一名宇航员绕月飞行，后来从没有进行过载人飞行。

新的登月计划是前苏联当时的主要空间计划，它包括在地面上建造许多新的装备和设施。携带专用推进剂储箱的重型“探测”号，将用来把宇航员送往太空和送回地球。为了节约，两种“探测”号飞船都用“质子”号火箭发射。

登月舱将负责把宇航员从绕月飞行的重型“探测”号飞船上送上月球表面，完成考察任务后，再把他们接回飞船。要把重型“探测”号飞船和登月舱送往月球，需要用逃逸火箭从地球轨道上把它们发射出去，并把它们送上月球轨道。

这一段时间里，前苏联先后在地球轨道上进行多次试验，然后进行绕月飞行试验。飞行试验从“联盟”号开始，接着是“探测”号。“联盟”号的第一次载人飞行以失败告终，前苏联最有经验的宇航员之一科莫罗夫不幸遇难。“联盟”号计划也因此延期一年。

在把宇航员送上月球的竞争时期,竞争的压力使前苏联领导人作出许多创造“太空奇迹”决定,这一方面是为了发展空间探索计划,一方面也是为了宣传的需要。第一个奇迹就是把一个妇女送上太空,1963年,女宇航员捷列什科娃实现了这一理想。第二个奇迹是两艘“上升”号载人飞船的两名宇航员实现了人类历史上的第一次太空行走。

前苏联当时的最大愿望是在十月革命50周年的时候,能够实现载人宇宙飞船环绕月球飞行,可惜这一愿望没有实现。而1968年10月,美国“阿波罗—8”号的宇航员却实现了这一理想。

“阿波罗—11”号飞船最终实现了肯尼迪的登月计划。它标志着美国的空间探索计划已经进入一个新的时期。美国航空航天局为此制定了一系列雄心勃勃的空间计划。可是这些计划没有得到国会的支持,投入空间计划的资金被大量资金压缩,只有航天飞机的计划获得了批准。20世纪60年代大量资金投入空间计划的时代似乎已经过去。

第二节 前苏联的航天飞机

1929年,齐奥尔科夫斯基发表论文指出,飞机如果用火箭作动力,它的飞行高度就不会受到大气层的限制。这篇论文大大地鼓舞了火箭爱好者科罗廖夫和格卢什科,掀起前苏联30年代研制和试验军用火箭飞机的高潮。

RP—318火箭飞机是1936年科罗廖夫为前苏联设计的第一架火箭飞机,它以科罗廖夫自己设计的SK—9滑翔机为基础,发动机采用格卢什科ORM—65型。但事实证明,这种发动机并不适用于载人飞行。正当格卢什科着手改进,研制新的ORM—65—2型的时候,1938年,他和科罗廖夫被逮捕并送往西伯利亚,后来病死在那里。尽管这项工作后来由别人接替,但进展缓慢。到1940年2月28日总算进行第一次试飞,试飞驾驶员是费奥多罗夫。飞机被拖到2600米高空以后抛离,这时速度为22米/秒。火箭点火以后,飞机加速到

140 米/秒 ,爬高到 2900 米。RP—318 火箭飞机总共试飞了 9 次 ,后来第二次世界大战爆发 ,试飞工作从此停下。

二战结束以后 ,斯大林把关在集中营的工程师释放出来 ,叫他们研究和吸取德国人的研究成果。战后不久的研究结果表明 ,在军事上 ,火箭飞机的用途远远比不上装上涡轮喷气发动机的战斗机。因此 ,各军事大国都投入巨大的力量研究喷气式作战飞机。不过 ,前苏联用火箭发动的有翼飞机的研制工作仍在进行。

前苏联航天飞机的第一个方案于 1958—1960 年由米亚西谢夫和齐宾分别独立设计 ,准备用科罗廖夫 R—7 火箭来发射。1960 年 ,这项计划中止 ,后由切洛梅主持设计另一种完全不同的航天飞机。1964 年 ,切洛梅的支持者赫鲁晓夫下台 ,计划又被取消。

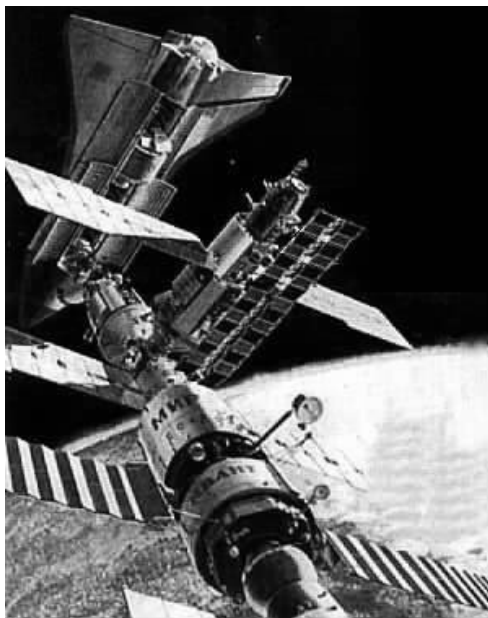


图 4- 1 “暴风雪”号航天飞机和“和平”号空间站对接

60 年代中期 ,美国开始研制航天飞机。由于担心美国利用航天

飞机占据空间优势 ,对其进行攻击 ,作为一种竞争 ,前苏联也开始实施历史上最宏伟的一系列研制航天飞机的计划 ,为研制和发展航天飞机进行不懈的努力。“暴风雪”号是前苏联研制的第一架不载人 ,也是较为成功的航天飞机。“暴风雪”号只试飞了一次 ,前苏联即宣告解体。1991 年苏联解体以后 ,俄罗斯面临更加严重的经济问题 ,航天飞机计划不得不停下来。

“暴风雪”号航天飞机

前苏联的“能源—暴风雪”号重复使用飞行系统 ,由“能源”号大型运载火箭和“暴风雪”号航天飞机组成。根据前苏联当时的“空间火箭综合规划” ,研制“能源”号大型运载火箭的工作大约在 1974—1975 年。这一时期 ,美国的航天飞机研制工作取得进展。前苏联领导人也获知美国国防部准备用航天飞机来执行一系列的军事计划 ,为了取得两国战略上的平衡 ,也希望研制出同样类型的航天飞机。图 4-1 为“暴风雪”号航天飞机和“和平”号空间站对接。

LKS 轻型航天飞机

1966 年 ,前苏联原先研究的载人航天飞机计划取消。然而到了 70 年代 ,与美国硕果累累的航天飞机计划相比 ,前苏联的航天飞机计划显然已经大大落后。1975 年 ,前苏联决定恢复研制载人航天飞机的计划。除了模仿美国航天飞机设计的“暴风雪”号航天飞机计划 1976 年正式开始外 ,与此同时 ,作为技术支援和竞争 ,研制轻型航天飞机(LKS)的工作仍在进行。到 1976 年 ,计划的前期工作得以完成 ,而且在一个月的时间里造出了和设计尺寸同样大小的飞机模型。设计者们向前苏联军方领导人展出模型 ,希望能说服他们用来取代“暴风雪”号的计划。

整个 LKS 航天系统由一架航天飞机和不可回收的载货舱组成。航天飞机重返地球之前 ,将用遥控的机械臂将需要运回地球的设备 and 样本送入航天飞机的货舱。后来欧洲航天局准备研制的赫尔梅斯小型航天飞机也是采用这种结构。

1981 年 ,LKS 小型航天飞机的计划中止。1991 年 3 月 ,飞机模型

也被捣毁。

OK—M 航天飞机

80 年代 ,前苏联着手设计比“暴风雪”号更小的代号为 OK—M 的航天飞机 ,以代替“联盟”号和“进步”号飞船 ,为空间站运输人员和货物。OK—M 采用“暴风雪”号的结构 ,主要的不同点在于采用单一机身(没有专用的货舱门 ,所有的货物都从尾部的舱口装卸)。乘员舱和货舱相互分开。隔热层采用“暴风雪”号的材料和结构。发动机、导航和控制系统在“联盟—TM”号的基础上加以改进。航天飞机上配备两台 400 千克重的主发动机和喷气操纵系统 ,喷气操纵系统由两台推进器组成。

航天飞机进入轨道以后 ,机上的 25 平方米太阳能板将打开 ,它的太阳能电池的最大供电能力为 2.5 千瓦。

OK—M 航天飞机共有 OK—M ,OK—M1 ,OK—M2 三种型号。

MAKS 航天飞机



图 4 - 2 前苏联的 MAKS 航天飞机

代号为 MAKS 的前苏联航天飞机的设计方案于 1988 年完成(图 4 - 2) ,由研制“闪电”卫星和“能源”号大型运载火箭的科学生产联合体共同设计 ,此外还有 70 家政府

部门和机构参加。据估计 ,MAKS 投入使用以后 ,前苏联来往于地面和地球轨道的运输费用将大幅度节省。这项计划虽然已经得到了前苏联政府的批准 ,但不久即取消了。

图—2000 航天飞机

针对美国进行 X—30 航空航天飞机的研制计划 ,前苏联于 1986 年 7 月 19 日发布命令 ,着手研制同类型航空航天飞机。前苏联国防

部同年9月1日发布这架单级入轨航空航天飞机的技术指标,要求发展有效、经济的技术手段,使飞机能在大气层高速飞行,并实现单级入轨,在外层空间实现跨大陆飞行,并执行和完成各种军事行动。

图波列夫接受了这项任务。图—2000 航天飞机(图4-3)的试验机代号为图—2000A。试验样机的任务是,对图—2000 航天飞机的各种先进的技术进行试验。它的设计机长为55~60米,翼展14米,起飞重量70~90吨,航速6马赫。样机的建造工作到1992年停止。



图4-3 前苏联的图—2000 航天飞机

图波列夫认为,一种设计方案很难满足军事上的要求,于是又有了图—2000B型。图—2000B更像是航程为10000千米的远程轰炸机,乘员2名,最大起飞重量350吨,空载重量200吨,机长100米,翼展40.7米,翼面积1250平方米。6台以液氢为燃料的发动机,使它能在3万米高空以6马赫的速度巡航。

图—2000 航天飞机升空时的重量为260吨,在地球轨道上航速可达25马赫,可把8~10吨有效载荷送入20万米高空的轨道。不过,和美国的X-30一样,它在大气层中的飞行可能有问题,8台喷气发动机可能还需要1台超音速冲压喷射装置或者火箭发动机的帮助才能进入轨道。

第三节 空间武器的竞争

70年代和80年代,冷战时期的互相猜疑和不信任仍然影响着

前苏联和美国的太空计划。双方继续投入大量的资金研究和发展导弹和核弹头。冷战时期军备竞赛所设计的洲际导弹,它们的飞行轨道都要经过外层空间。美国也花很大的力气来研究以外层空间为基地的战略防御倡议,这个多层防御拦截武器系统计划,也就是人们所熟悉的“星球大战”计划。不过,这个计划从来就没有实施过。两国为了拥有压倒对方的优势,不断地增加导弹的储备数量。后来双方都感到有点吃不消,不得不坐下来进行对话,签订限制战略武器条约,这种趋势才得以缓和下来。

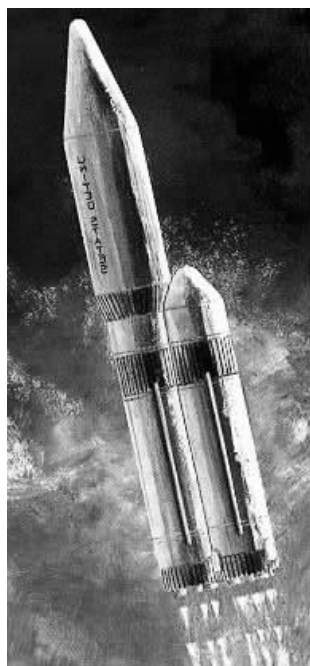


图 4-4 美国“星球大战”计划中研制的 ALS 运载火箭

60 年代末至 70 年代初,美国开始研究使用航天飞机摧毁外层空间和从外层空间进入大气层的军事目标。60 年代末期,劳伦斯利弗莫尔实验室开始研究以外层空间为基地的核武器激光器。它的中央是核弹,外面有几十根能够独立地瞄准目标的激光棒。核弹爆炸的时候,它的大部分能量将通过激光棒射向目标(激光棒在发射激光能量微秒后蒸发)。

与此同时,美国空军和航空航天局也在抓紧研究航天飞机使用这种激光武器的方法。从理论上来说,在航天飞机的一个舱里配备这种核武器激光器,就足以对付前苏联整个洲际弹道导弹系统,不但可以在这些导弹发射的时候摧毁它们,而且可以在实施第一次打击的时候把它们消灭在导弹发射井里。这样重大的军事项目,当然会引起前苏联情报部门的严重关注。

也是在这一时期,美国航空航天局也在努力争取政府批准一个

衔接“阿波罗”空间计划的航天计划。当时的尼克松政府决定,取消美国空军的航天飞机计划,把他们的要求并入航空航天局的计划中。美国空军的要求之一是,从范登堡空军基地把航天器送入极地轨道,然后在轨道上施放秘密武器装置,在轨道上飞行一圈以后即返回范登堡空军基地。这个要求迫使航空航天局放弃原先选择的无后掠角直机翼的航天飞机设计方案,而采用更为笨重的双三角翼设计,以保证航天飞机有足够的性能完成空军的指令。

当时,前苏联领导人意识到,他们最担心的事情发生了。美国设计的航天飞机,正是他们在60年代初期想研制,后来又放弃的用来实施第一次打击的多弹头 UR—500 和 N1 超级重型火箭的现代版。

美国还开始研究不用核爆炸的定向能武器。1968年,他们对一个气体动力激光器进行分析,看看它能不能用作卫星反导弹系统。1971年,宇航公司研制出一个红外氟—氢激光器样品。1975年,洛克希德公司第一个构想出把激光武器和可展开的反射镜安装在卫星上。图4-4为美国“星球大战”计划中研制的 ALS 运载火箭。

前苏联方面也不甘落后,一方面,他们根据无线电工业部的主张,从50年代就开始研制反弹道导弹系统;另一方面,根据布德克尔的主张,在一个秘密研究所研究中性粒子束武器。

60年代末和70年代初,前苏联研究院、设计局、科学院和总参谋部进行了无数次的讨论和研究,其中的课题之一是,科罗廖夫提出的用作中性粒子束武器平台和截击飞行器星座后勤支持的 MKBS 空间站。这一课题后来由于 N1 火箭被取消而放弃。

1976年2月17日,针对美国的航天飞机计划,前苏联政府发布命令,开始研究“星战”技术。“暴风雪”号航天飞机计划开始启动。代号为“范”的计划也开始执行,这个计划分两个阶段。“范—1”计划包括基础研究和初步的激光、中性粒子束、电子轨道炮、新型轨道截击火箭、新的常规武器和核弹头、新型反导弹导弹等新式武器的技术和实施方案,以及支持这些新式武器的外层空间平台。“范—2”计划将利用第一阶段研究的成果进行原型样机和试飞试验。至于部署这

些外层空间作战系统 ,那还是以后的事情。

70 年代和 80 年代 ,前苏联开展大规模的研究计划 ,力图研制出能摧毁飞行中的火箭、大气层中的飞行器、海上的行船和陆地目标的太空飞船。但是早期的研究结果并不乐观。研制和生产 IS—A 反卫星系统的科学生产联合体 ,曾要求研究一种能在 5 ~ 25 分钟内摧毁上万枚重返大气层的弹道导弹和飞行器系统的可能性 ,要求摧毁效率达到 99.8% ,结果表明 ,这种系统在技术上是实际的 ,在经济上也是划不来的。

在对付突然袭来的诸多目标方面 ,定向能武器可能会更好。但是 ,前苏联当时对带电粒子束技术进行的大量实验表明 ,还有许多技术问题有待解决 ,这就需要很长的时间。

激光武器试验的结果也是如此 ,要产生高能量的激光器 ,也面临着技术和经济上许多困难。当时领导激光武器研究的是前苏联国防部长的儿子尼古拉·乌斯季诺夫 ,研究战略和战术激光武器的费用高达当时国防开支的 1%。

建立在萨雷沙甘的“月亮高地—3”激光试验中心 ,最终造出高能量的“红宝石”和二氧化碳激光器。不过 ,用作反弹道导弹武器 ,它的能量还不够 ,只能用于反卫星武器 ,主要是使航天器上的光学仪器致盲。

1983 年 ,美国国防部官员爱德华·特勒向里根总统鼓吹 ,4 年之内就能部署像桌子那么大的 X 射线激光器 ,那时候 ,就可以把整个美国笼罩在坚不可摧的保护网下面。于是这一年 ,里根政府提出战略防御倡议 ,也就是空间防御计划 ,又称“星球大战计划”。X 射线激光器的研究工作又轰轰烈烈地开展 ,而且很快带动定向能武器和导弹截击武器系统。

前苏联方面很快作出反应。安德罗波夫下令追加对“范—2”计划的投资并加快研究进度。与此同时 ,前苏联在外交方面也积极采取主动 ,建议禁止所有以外层空间为基地的武器 ,单方面延迟对改进型的 IS—MU 反卫星武器的试验。作为一次警告 ,1984 年 10 月 10

日 ,前苏联用“月亮高地—3”低能激光系统跟踪美国的“挑战者”号航天飞机 ,导致航天飞机上的机器发生故障 ,宇航员短暂失明 ,引起美国的外交抗议。

第四节 美国国家导弹防御系统

国家导弹防御系统是美国政府继“星球大战”计划以后提出的、又一旨在建立空间军事优势的庞大计划 ,整个计划预计耗资 600 亿美元。

美国政府宣称 ,它的国家导弹防御系统的目标 ,是建立一个经济和技术上可行的、符合反弹道导弹条约的、在受到有限的弹道导弹攻击威胁时能保护美国的防御系统。这些威胁包括意外的、非官方的或者来自第三世界和拥有核能力国家的弹道导弹的攻击 ,特别是保护美国(包括全部 50 个州)免受来自无赖国家有限的战略弹道导弹的攻击。

具体的方法是 :

- 在作出决定的时候部署能对付弹道导弹威胁的国家导弹防御系统

- 监视和侦察敌方发射的弹道导弹并进行跟踪
- 利用地基雷达继续对弹道导弹进行跟踪
- 使用碰撞的方法在大气层外摧毁袭来的弹道导弹

美国国家弹道导弹防御系统由天基侦察监视系统和固定的陆基导弹防御系统组成 ,主要有下面 5 个部分 :

- 陆基拦截器系统(GBIs)
- 作战管理、指挥、控制和通讯系统(BMC3),包括作战管理、指挥和控制系统(BMC2)以及飞行拦截器通讯系统(IFICS)
- X 波段雷达
- 改进型早期预警雷达
- 防御支持系统卫星/天基红外系统

陆基拦截器是国家导弹防御系统的进攻武器。它的任务是在大气层外拦截袭来的弹道导弹,并通过碰撞来摧毁它。拦截器在发射以后的飞行途中,通过飞行拦截器通讯系统(IFICS)接收来自作战管理、指挥和控制系统(BMC2)的信息,不断地修正对方导弹方位数据,使拦截器上的传感器能够鉴别和锁定目标,最后命中和摧毁目标。

陆基拦截器系统包括拦截器以及它的发射、支持设备和人员。按照美国现在的计划,每个拦截器发射基地可容纳 20 枚拦截导弹,并且能扩充到容纳 100 枚。所有的拦截导弹都安放在地下发射井中,只有在遭到弹道导弹袭击时才发射。

作战管理、指挥和控制系统(BMC2)是作战管理、指挥、控制和通讯系统(BMC3)的组成部分。在有弹道导弹袭来的情况下,国家导弹防御系统将通过 BMC2 来控制 and 操作, BMC2 提供决策支持系统、作战管理系统、作战管理显示以及了解情况信息。监视卫星和地面雷达锁定目标,并把跟踪信息传送给作战管理系统,作战管理系统再把目标信息传给拦截器。

飞行拦截器通讯系统(IFICS)也是作战管理、指挥、控制和通讯系统(BMC3)的组成部分。它分布在各个地区的地面站,和陆基拦截器保持密切的联系,提供目标的各种数据。陆基拦截器和作战管理、指挥和控制系统(BMC2)之间的信息交流,起码需要 14 个(7 对)飞行拦截器通讯系统(IFICS),才能支持整个国家导弹防御系统。飞行拦截器通讯系统(IFICS)包括一个密封在直径为 5.8 米屏蔽器里的无线电传输/接收机。整套设施自动工作,不用专人来操作,只有要维修的时候才需要人来。

X 波段/陆基雷达架设在地面上,是一种多功能雷达。在国家导弹防御系统中,它负责跟踪、鉴别袭来的弹道导弹,并对目标作出毁伤效果评定。雷达采用高频率和先进的雷达信号处理技术,提高目标的分辨率,以准确地鉴别相互之间很接近的物体,为作战管理、指挥和控制系统提供袭来导弹早期飞行和实时跟踪的数据。

改进型早期预警雷达是一种相控阵监视雷达,用来侦察和跟踪

射向美国的弹道导弹。它在现有的早期预警雷达基础上加以改进，主要是装备更加先进的软件。

美国现有的防御支持系统卫星能够担负起早期预警卫星的作用。但由于它在地球轨道上的位置比较固定，扫描模式也固定不变，所以显得比较简单，难于满足国家导弹防御系统的要求。下一阶段，天基红外系统将取代防御支持系统卫星，也可能把两者结合起来使用。目前，美国空军仍在对防御支持系统卫星/天基红外系统进行研究。图 4-5 为美国国家导弹防御系统示意图。

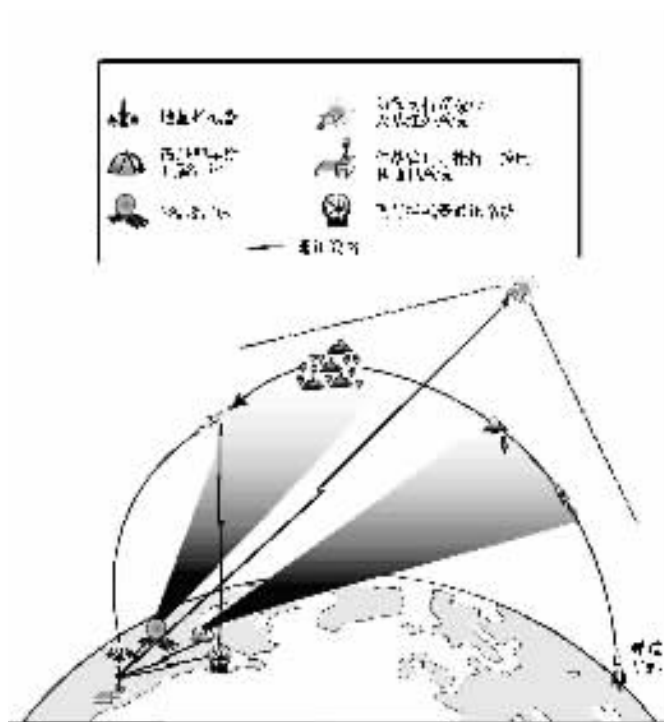


图 4-5 美国国家导弹防御系统示意图

第五节 空间探索的高昂代价

有人可能认为,空间技术的发展似乎没有其他领域那么快。的确是这样,空间探索的代价实在太昂贵了。在某种程度上来说,能不能实施空间计划,标志着一个国家的经济实力。俄罗斯后来之所以在建造空间站方面困难重重,主要的问题在于她的经济发展的不稳定性。

经费问题是影响人们对发展空间计划的政治立场的重要因素。美国发展“阿波罗”登月计划取得了成功,但是巨大的开支(数量高达1000亿美元)也导致了强烈的批评。他们认为根本没有必要派人去登上月球,使用遥控设备同样也可以达到目的,而且花钱要少得多。当然,这种观点有它偏颇之处,目前遥控设备或者说是机器人还无法和有经验的宇航员相比。但这也说明了空间开发的经费问题是分歧最大,也是最容易遭到批评的关键问题。即使是反复使用的航天飞机也遭到异议,认为靠它把卫星送上近地轨道并不比用火箭发射,如“土星—5”、“大力神Ⅲ”,便宜多少。因此,一个国家在考虑发展空间计划的时候,科学价值往往不是决定的因素,经费倒成了最敏感的问题。美国在制定航天计划的时候,总是要把它的预算和其他方面的预算做比较。美国国会一再削减航空航天局的开支,规定到2000年,它的雇员不得超过实施“阿波罗”计划以前的水平。

为了把空间计划高昂的代价减下来,20世纪90年代末期,科学家开始探索发展一种单级而且可以重复使用的航天器。还有人提出,未来昂贵的空间开发计划应该由各个国家联合进行。许多科学家都主张人类登上火星的计划应该是国际性的,起码在经费上应该大家分摊。不过,考虑到科学上、政治上和其他各方面的种种因素,这种计划要变成现实,共同派遣“联合国”宇航员去实现星际航行,恐怕还要10年,甚至几十年的时间。

第五章 航天医学的发展

第一节 简介

航天医学是在航空医学的基础上发展起来的,航空医学研究人在大气层中飞行时所受的生理和心理影响。而研究人在大气层以外的外层空间飞行所受的影响,则称为航天医学。1953年,美国医学协会正式将航天医学列为医学科学的一个专业。

研究航空航天医学的目的是,保障人在大气层和外层空间飞行承受各种环境和心理压力时,能保证安全、有效地工作和生活。这些环境因素有超高温、低气压、辐射、噪声、振动、失氧、加速和减速时对人体产生的强大作用力等等。外层空间飞行对人体产生的危害因素还有失重、运动病(晕动病、晕机病)、飞行疲劳症、由于日夜周期的改变而产生的饥饿或失眠,以及由此引起的不适、因空间狭小和孤独引起的心理问题等。这些问题的解决,主要依靠飞行前高强度的模拟训练以及精心设计飞行器和里面的设施。

现在普遍认为,19世纪法国生理学家保罗·伯特是现代航空医学之父。他研究空气压力对气球驾驶者健康的影响的成果,在第二次世界大战中得到广泛的应用,而且促进了这一研究领域的蓬勃发展。

1948年,第一家研究航天医学的机构在美国成立。50年代以后,由于航天技术取得长足的进展,航天医学也被公认为是一个重要的医学分支。民用和军用航空航天医学专家也建立了选择航空航天飞行员和其他人员的健康标准,保证他们在飞行时不会遇到什么影响工作的健康问题。在航空航天医学方面接受训练的医学工作者,称为航空航天医生。

航空医生和专家为飞行员制定和实施训练计划,为飞机乘客采

取防止航空病和可能受伤的措施,也帮助训练在空中运输伤员和病人的医务人员。他们还研究防止空运和空中旅行传播疾病的可能性。在航天医学方面,他们对在空间飞行的宇航员进行监测,指导他们处理和解决飞行时出现的生理问题,对宇航员进行返回地球以后的身体检查,调查空间飞行对身体产生的负面影响。除了临床上的问题以外,他们还帮助设计航天器上的工作和生活设施、人员应急系统和保护设备,以保证飞行人员的安全。

第二节 航空医学

航空医学专业人员研究人对航空飞行所产生的压力的反应,研究如何对飞行员进行适当的保护,使他们在飞行的时候维持最高的工作效率。同时,他们还对飞行对身体产生的作用进行临床研究,并且积极和航空工程师合作,研制和生产更加安全的飞机。

一、历史

航空医学诞生于 18 世纪初期,当时飞机还没有问世,研究的对象是驾驶气球升空的驾驶员和气球爱好者,这些人当中不少是物理学家。

1784 年,法国物理学家罗齐耶把地球上的第一个气球送上天空。一年以后,美国波士顿的物理学家杰弗里斯第一个在气球上研究上层空气的成分。第一个全面地研究飞行对人体健康影响的是法国医生贝尔,1874 年,他以《空气的压力》为题,发表了关于空气压力和成分的改变对人体影响的研究成果。1894 年,维也纳生理学家施勒特设计了第一个空中使用的氧气面罩。气象学家贝尔松使用他的氧气面罩,创造了当时飞行高度 9150 米的世界纪录。

1912 年,也就是飞机问世以后 10 年左右,有关飞行员在空中飞行的健康标准的规定已经制定。在这方面贡献最为突出的是美国航空医学的先驱者利斯特医生。1918 年,他在纽约建立实验室。第二年,飞行医生学校成立。1929 年,在鲍尔的领导下,航空医生协会成

立。1934年,位于俄亥俄州代顿市的美国赖特飞机场,开始配备研究高速飞行对人体影响的各种设备。第一套飞行员使用的加压服,也在这一年由飞行员波斯特设计和试穿。1942年,英国人弗兰克斯设计出第一套抗荷服。喷气式飞行问世以后,飞机的飞行速度大大提高,为了帮助驾驶喷气式飞机的飞行员设计更好的系紧装置,美国飞行医生斯塔普用以火箭为动力的雪橇进行了一系列的试验。1954年12月10日,他们在一次试验中,在1.4秒的时间内,把雪橇的速度从286米/秒减速到零。

二、生理学研究

航空生理学主要研究高空高速飞行对人的影响,它包括加速、减速、大气压以及减压这些因素。在民用航空医学中,还要考虑到乘客的晕机问题。

1. 高速度的影响

高速度本身对驾驶员不会造成伤害。问题在于加速和减速时的过载会造成危险。在这里,我们通常用重力加速度 g 的多少倍来表示。比如,一架飞机从俯冲中拉起的时候,飞行员所承受的过载可能会高达 $9g$ 。如果 $4g \sim 6g$ 的过载持续几秒钟以上,飞行员就会出现视觉模糊,甚至完全丧失视觉的现象。保护的办法是让飞行员穿上专门设计的抗荷服。在这种情况下,抗荷服会给飞行员的腹部和腿部施加压力,防止血液在这些部位累积。迅速减速的时候,头部也需要有适当的保护,否则头穴就会觉得发胀,甚至会产生激烈的头痛。当飞机水平直线加速的时候,飞行员会承受一股推向座位的压力,目前已经设计出适当的保护装置,高达 $50g$ 的水平直线加速度也不会对飞行员造成严重的危害。

2. 氧气供应

驾驶飞机或坐飞机在高空旅行的时候,首先要考虑的问题当然是氧气的供应问题。血液是人体唯一能存储氧气的地方。短暂缺氧的时候,虽然肌肉还可以工作,但人体内有害的物质很快就会积累起来。大脑和眼睛是缺氧最容易受损害的器官。

在海平面高度 1 个大气压的条件下 ,大气中含有 21% 的氧气。高度升到 4575 米时 ,人的呼吸和生命还能够正常维持。如果超过这个高度 ,就必须靠设备保持机舱里的大气压力或者补充氧气 ,以维持人的正常呼吸和对氧气的需求。

高空飞行的军用飞机上都有供氧装置。飞行高度超过 3050 米时 ,要求机上人员都必须使用它。飞机高度超过 10675 米的军用飞机 ,驾驶舱里都有增压装置。除了军用飞机以外 ,所有飞行高度超过 10675 米的飞机都安装加压呼吸装置。飞行高度超过 16775 米的军用飞机 ,都装备有附加供氧装置的加压服。

根据民航的有关规定 ,商用飞机都有增压舱和供氧系统。例如 ,在 6710 米高空飞行的飞机 ,它的“座舱高度”(与座舱内气压相对应的气压高度)必须维持在 1830 米。

3. 高空对人体的影响

人在高空 ,最容易出现的问题是由于缺氧而产生的低氧症。飞机从大气层底部的对流层爬高 ,到达 3900 米时 ,人体就会产生缺氧的现象。飞机进入同温层 ,也就是到达 10675 米高空时 ,正常呼吸吸入的氧气已经难以保证血液中有足够的供人体需要的氧。

人体组织缺氧会引起一系列的反应。开始的时候 ,神经系统会产生轻微的幻觉 ,然后人的注意力和判断能力会逐渐丧失 ,最后会出现昏迷 ,呼吸和脉搏加快。持续的缺氧会造成大脑的损伤以至死亡。

4. 高空病

随着高度的增加 ,大气的压力逐渐减少。到达 9150 米时 ,人体组织中的氮会由于大气压力的降低而气化 ,变成小气泡从液体中逃逸出来。出现这种情形的还有人体内破裂的脂肪细胞。这些小气泡会进入循环系统 ,在血管中形成气体栓塞。航空医学上称为高空气体栓塞症 ,也就是高空病。其结果可能会造成神志混乱、瘫痪或者神经与循环系统崩溃。高空病最常见 ,也是最早出现的症状 ,是由于气泡对腱和神经产生压力 ,大关节感到疼痛 ,血管产生痉挛。起飞前呼吸纯氧 ,把体内的氮排泄掉 ,不失为是预防高空病的一种有效方法。

飞机在高空由于事故造成机舱内的气压急剧下降时,人体内产生的气泡也会损害心脏等其他器官。

5. 晕机

晕机是由于人的内耳的迷路器官发生紊乱造成的,心理因素有时也起一些作用。这种运动病,可以通过起飞前服用含有莨菪胺或者抗组胺剂的药物来预防。

6. 时差

由于飞机的速度越来越快,现在飞机的驾驶员和乘客在不到一天的时间内可以跨越许多时区,其结果会造成生理节奏的混乱,导致他们注意力和工作效率的降低。这就是人们通常说的飞行时差反应。这种情况对旅客来说可能关系还不是很大,但对需要连续飞行的驾驶员来说,会关系到飞行的安全问题。

第三节 航天医学

美国航空航天局在负责非军事目的的空间科学研究飞行项目的同时,还负责航天医学这一学科。它以在外层空间飞行的宇航员为研究对象。外层空间飞行给人体造成的危险和在大气层中飞行相似(如加速和减速作用力对人体的影响、对人造空气和气压的需求、噪声和震动的影响等等),对付和解决的方法也和在大气层中飞行大致相同。不过,航天医学科学家还必须研究两个新的课题,那就是失重和宇宙射线对人体的影响。

一、历史回顾

最早开始收集人在太空飞行中各种反应资料的是德国人。20世纪40年代,斯特鲁戈特领导的一个小组已经开始这项工作。1949年,斯特鲁戈特被任命为美国德克萨斯州兰道夫空军基地航空医学研究所(现为德克萨斯州布鲁克斯空军基地航天医学研究所)空间医学部主任。

1948年,美国和前苏联同时开始用火箭进行动物实验。1957

年,前苏联把一只狗送入地球轨道。1958年,美国用一只猴子进行试验。实验结果表明,在采取了适当的防护措施以后,太空飞行对生物没有多大危险。1961年4月12日,前苏联宇航员加加林第一个实现了人类在太空中翱翔的理想,同时也证明了人在太空航行是安全的。

前苏联实现载人太空飞行以后,美国随后进行了水星—红石的亚轨道飞行,水星和双子星的轨道飞行;“阿波罗”登月飞行,天空实验室轨道试验飞行,以及航天飞机的航天飞行。

20世纪80年代,前苏联宇航员开始不断地创造人在太空失重或者“微重力”环境下停留时间的纪录。长期失重对人体的影响开始成为航天医学着重研究的课题。

二、生理学上的发现

人类开始太空飞行的头几年,大家都没有注意到太空飞行对生物体会产生什么严重的影响。第一次登上月球的宇航员返回地球以后,曾隔离21天进行检疫。后来这项规定也被取消,因为没有发现有什么传染性的病原体。宇航员在太空飞行时,科学家用许多专门设计的微型仪器对他们的身体进行各种测试,包括心律、脉搏、体温、血压、呼吸、语言和精神状态、脑电波等等。测验的结果表明,这些都没有多大的变化。虽然血液中荷尔蒙和盐分的含量有些改变,但没有对人体构成什么危害。为了解决失重情况下宇航员的进食问题,科学家把食物都装在软管里,进食的时候再往嘴里挤。科学家还专门设计了各种装置,用来收集各种液体和固体的废物。太空中没有像地球上那样的白天和黑夜,但是宇航员仍按照地球上的时间来安排作息制度。

科学家预料,几个人长期关闭在那么狭小的航天器空间里,出现心理问题是在所难免的。所幸的是,在挑选宇航员的时候已经注意到了这一点,选中的宇航员都要求心理稳定,意志坚强,加上太空中的工作和生活既紧张又有规律,所以至今为止,宇航员还没有出现过什么心理问题。

由于保护措施得当,宇宙辐射也没有给宇航员造成多少威胁。短期的轨道飞行所受辐射的剂量大约相当于照一次 X 光。亚轨道飞行也大致如此。不过,在天空实验室和空间站长期工作的宇航员所受的剂量就要大得多。所以,太空飞行应该尽量避免太阳耀斑活跃时期,以免宇航员受到过量的 γ 射线的辐射。

虽然科学家已经猜想到,重力对于生物的生长和发育是必不可少的,然而长期在微重力的条件下生活所引起的生理变化,还是令医生们吃惊不小。有些问题还相当严重。1984 年,3 名前苏联宇航员在“礼炮”号空间站工作和生活 237 天以后,医生发现他们骨骼中的一些物质成分流失,肌肉发生萎缩等现象。特别是心脏肌肉的萎缩往往会造成严重的后果。血液的成分在长期失重以后也发生变化,携氧细胞的数量大量减少。

1985 年“挑战者”号航天飞机在执行 7 天的飞行任务时,上面载有 24 只大鼠和 2 只猴子,它们是用来进行试验的。返回地球以后,科学家不但证实了骨骼成份流失和肌肉萎缩这一观点,而且发现它们分泌生长所需的荷尔蒙的数量也有所减少。

这些发现和现象后来在制定载人航天飞行时都加以考虑。在宇航员繁忙的空间工作计划中,又增加了锻炼身体这一项,以保持骨骼和肌肉的健康和力量。永久性的载人空间站也将由宇航员轮流上去工作,以避免在微重力的情况下长期逗留,给人体造成不可弥补和恢复的伤害。

第六章 空间探索的前景

空间探索的前景如何,由许多因素决定。既要科学技术的进步,又要看整个世界的政治形势和国与国之间的关系,既要看政府部门的决策,又要看普通老百姓对空间探索的态度。不过,可以预见,在不远的将来,航天飞机将继续在地球轨道上飞行,不载人的航天器将继续在太阳系里穿梭;也许载人飞船也会重返月球,甚至飞往太阳系的其他星球。至于飞出太阳系以至更远的宇宙,那恐怕还是很遥远的事情。空间探索技术的进步,目前只会激起人们向往着早日飞往太阳系以外的星球的愿望,激发科幻小说作家更加广泛的创作热情和读者对这一题材更加浓厚的兴趣。

第一节 载人空间飞行

1968年,有一部片名为《2001:宇宙奥德赛》的科幻电影轰动一时。片中的画面描写人类在地球的轨道上建立了巨大的轮状空间站,商业宇宙飞船忙忙碌碌地来往于地球和空间站之间。在月球上,有人类建造的航天基地,从那里乘坐飞船可以飞往木星。时间老人不紧不慢地把人类带进了2001年。电影中的情节终于没有在现实生活中出现。不过,可以肯定的是,在从2001年开始的21世纪里,人类不会只居住在地球上。在太阳系,以至太阳系以外的星球上,都会留下人类的足迹。

以美国为主,有多国参加合作的“国际空间站”原计划于新世纪开始的第一年投入使用。美国航空航天局打算航天飞机起码要飞到2012年,到时候可能会用一种单级入轨航天器来取代它。可是现在有些专家预言,要在短时期内研制出单级入轨航天器还有许多困难,还需要用两级入轨的第二代的航天飞机来过渡。从技术上来说,两

级入轨航天器要比单级入轨航天器容易制造。

载人空间飞行所面临的最大问题是经费来源,不论是飞往地球轨道还是飞出地球轨道,都需要巨大的资金。在过去的几年中,没有一个国家或是国际组织打算载人飞向月球,更不要说飞向火星了。除非是看得见的利益超过所投入的资金,否则这种事情起码在目前不大可能会实现。

有些业内人士,如“阿波罗—11”号的宇航员阿尔德兰认为,载人航天事业的发展,可以依靠开辟太空观光旅游业来解决。通过发行太空旅游彩票,鼓励人们到地球轨道上去度假,可以为太空旅游业增加收入。另一方面,在地球和地球轨道之间来往运输旅客的飞行器,将来还可以用来充当到月球和火星上去的运输工具。有好几家机构已经开始推出商业载人太空飞行计划。1996年,美国一家奖励基金会宣布,它将奖励1000万美元给制造和运行航天飞机的私人组织,要求是这架航天飞机要能携带3名人员,飞行高度至少要在100千米以上。据说,到1998年,已经有16个组织报名参加竞争,估计2001年将开始首次飞行。

阿尔德兰和许多开发宇宙的专家都认为,将来远征、探测月球和火星,不能只停留在派“阿波罗”式的航天器去观察和登陆,应该着眼于建立起永久的居住点。居住在那里的人类先锋当然不会像在地球上一样,在土地上盖起自己的房子。他们得栖息在空间站里,从恶劣的环境中提取生命不可缺少的氧气、水等必需品。值得高兴的是,1998年,月球探索者发现,在月球的两极有和土地混合在一起的冰层,这对人类来说,是非常宝贵的资源。在火星上,科学家也发现,能够从火星的空气中提取氧气,水也能从深埋地下的冰层中获得。

现在,我们还无法预计将来人类开发月球和其他星球的细节。大多数空间开发科学家都认为,到21世纪中叶,人类就可以在月球和火星上居住。但是,人类如何往返于地球、月球和火星?他们到哪里去要干什么?这些问题仍在争论之中。不过,根据人类在地球上进行探险和开拓的历史,首先要解决的问题,应该是怎么把飞往外

星的费用降下来。

第二节 不载人宇宙飞行

在世纪之交的时刻,在 20 世纪的最后几年和 21 世纪开始的时期,不少空间探索机构都安排和计划了许多不载人航天器的航天飞行。美国航空航天局制定的地球探测计划(MITE),目标是从全球系统这个角度来观察地球,记录自然变化和人类的活动对地球环境的影响。作为实施这一计划的奠基石,1998 年夏天,美国地球观察系统航天飞机第一次飞向太空,比预定的计划晚了一些时间。

按照美国航空航天局的计划,未来几年中将连续有航天器飞往火星,其中包括载有登陆车的火星“探险者”号。假如进展顺利,2003 年,美国将发射一艘宇宙飞船登陆火星,把火星的土壤和岩石样本带回地球。

美国近期的探测计划中,还包括近地小行星交会探测。按照原来的计划,探测器 1999 年开始飞往爱神星(小行星 433 号)轨道进行观察。到 2004 年,“漆雾”号飞船将穿越彗星飞行,并收集彗星尘土带回地球。

木星的卫星“木卫二”也将是我们近期内重点考察的星球,因为有许多迹象表明,在它那厚厚的冰层下面,似乎有着水的海洋。在一系列探测“木卫二”的计划中,将有一辆登陆车登上“木卫二”,并钻穿冰层,以取出可能存在的海洋中的水样。像考察火星一样,科学家对寻找“木卫二”过去或者现在可能存在生命的迹象非常感兴趣。当然,实现这些考察计划的难度非常大。但是,一旦能够发现地球以外的人和生命的形式,其意义将是不可估量的,同时也必将激起人类开发宇宙的巨大热情。

2004 年夏天,“卡西尼”太空船将拜访土星。到时候,从“卡西尼”太空船上起飞的惠更斯探测器将进入土星最大的卫星“土卫六”的大气层,并对其像云层一样的大气层进行分析。目前已经发现,它

的大气层中含有有机分子。

美国航空航天局还打算派探测器去考察水星、天王星和海王星；大约在 2010 年，一对轻型探测器将以很高的速度飞往至今还没有航天器光临过的冥王星。

在新千年的空间开发计划中，科学家将继续研究新的空间探测技术，并把它们装备到航天器上去。作为采用新技术的开端，1999 年 1 月，美国以太阳能为动力的“深空探测器—1”号造访了一颗小行星，2000 年，它还造访彗星。

一系列先进的轨道望远镜已经由航天飞机送上地球轨道，其中包括高级 X 射线天文物理设施。一个命名为“起源”(Origins)的计划，准备以安装在地球上和空间的望远镜来专门搜索宇宙中像地球一样的行星。

第三节 国际合作

70 年代初期，两个超级大国之间的紧张局势得到某种程度上的缓和。1975 年，美苏两国开始准备联手实施“阿波罗—联盟”号飞船的科研任务。

70 年代开始，除了前苏联和美国以外，许多国家也开始实施他们的空间探索计划。1975 年，欧洲航天局成立，它包括法国、意大利、德国、英国等 13 个成员国。欧洲的宇航员也登上了航天飞机，访问前苏联和俄罗斯的“和平”号空间站。70 年代后期开始，欧洲的一系列“阿里安”火箭不断地发射商业卫星，而且已经在全世界占有相当的份额。欧洲航天局的空间计划包括行星探索，其中包括计划于 2004 年登上土星的卫星“土卫六”。这也是欧洲和美国进行合作的“卡西尼”土星探测器计划的一部分。

1995 年 12 月 2 日，欧洲空间局主办的国际合作太阳物理研究卫星(Soho)，简称日光层观测台升空。参加这个项目的除了欧洲航天局以外，还有美国、独联体、日本和捷克。主要任务是观测太阳表面、

日冕和太阳风等。图 6-1 为日光层观测台迎着阳光翱翔。



图 6-1 日光层观测台迎着阳光翱翔

此外,中国、日本和印度也独自成功地发射了人造卫星。目前都在研制威力更加强大的火箭,以求把载人航天器送上轨道。日本还和加拿大、俄罗斯和欧洲航天局进行合作,为“国际空间站”出力。

1993 年,美国考虑建立“国际空间站”的计划,准备把俄罗斯吸收进来当作自己的伙伴。当然,这在冷战结束之前是不可能的。美国和俄罗斯在太空领域进行合作的新时代就此开始。其中最

引人注目的是两国宇航员共同登上航天飞机飞行,共同登上俄罗斯的“和平”号空间站。2000 年 11 月 3 日,两国宇航员又携手登上了“国际空间站”,成为空间站的第一批居民。

空间开发是人类历史上耗资空前巨大的计划,从事这一计划的各国科学家都渴望有一个持续缓和和安定的国际环境,以便联合起来共同努力,开展多种探测活动。1998 年,参与建造国际空间站的一些国家和组织,如日本、欧洲航天局,由于经济上的问题,提出要重新考虑参加这一项目的合作问题。

各个国家联合起来开发宇宙,除了在经济上可以实现节约以外,更重要的是开展国与国之间的合作,可以增进各国人民之间的友谊。“阿波罗”的宇航员曾经说过,在飞往月球的茫茫宇宙中,我们人类居住的地球就像无比浩瀚的大洋中一个美丽的小岛,那是几十亿年以来,人类在广袤的宇宙中唯一赖以生存的家园。

参考文献

- [1] 凌福根 , 吴国庭等 , 航天飞机 , 国防工业出版社 , 1979
- [2] 陈丹 , 张敏 , 通往宇宙的路标 , 中国青年出版社 , 1980
- [3] 陈治平 , 冯晖 , 燕凌媛 , 航天史话 , 长春出版社 , 1988
- [4] 胡海棠 , 共圆航天梦——人类伟大的壮举 , 金盾出版社科学出版社 , 1998
- [5] Dennis Newkirk , Almanac of Soviet Manned Space Flight , Gulf Publishing Company , 1990
- [6] Mark Wade , Encyclopedia Astronautica , 2000