

# 日本航天技术

## Space Technology in Japan

林来兴

(空间技术研究院控制工程研究所研究员)

日本开发航天技术从1955年研制探空火箭开始,至今35年,已成为世界第4个用自己制造火箭发射卫星的国家,也是继美、苏之后第3个能独立发射地球同步卫星的国家。从1970年2月发射第一颗“大隅”号卫星,到1989年底日本已成功发射了43颗航天器,仅次于苏、美两国。1990年3月18日又成功发射了日本第一颗月球卫星“缪斯A”号,已经发回月球的清晰照片。

日本作为一个经济大国和技术强国,正凭借其雄厚实力,在卫星、空间探测器、载人飞行、运载火箭、空间站及其应用等方面制定了一个全面的发展计划,预计从1986年到2000年的15年间,日本政府对空间投资总额将超过400亿美元,另外还有民间投资200亿美元,平均每年达40亿美元,这一计划如果实现,日本将超过西欧而成为仅次于美、苏的空间大国。

### 应用卫星

日本应用卫星研制始于60年代初。现在日本应用卫星(包括技术实验卫星)基本上可分为五大系列,每一个系列都以日本著名鲜花命名。

1. **通信卫星,命名为“樱花”**。从1977年成功发射日本第一颗地球同步轨道通信卫星至今,已经成功发射了6颗。发射这些同步通信卫星使用的是日本自己研制的N-2运载火箭以及美国“德尔它”和欧洲“阿里安-4号”运载火箭。此外,日本还有三颗地球同步通信卫星,发射失败。

日本通信卫星技术基本上接近世界水平。卫星姿态控制采用双自旋稳定,卫星设计寿命达7年,通信容量在几万话路以上。

日本通信卫星技术,已经通过技术试验卫星V号进行移动体通信实验。例如1987年发射的技术实验卫星装有移动通信目的转发器。这些实验主要是为短波通信的小型船舶和飞机的通信与航

行,以及陆地移动通信实现卫星通信提供基础技术。这些移动通信实验已获得良好结果。

为适应通信卫星大型化的要求,日本相继提出了开发“试验型高级通信技术卫星”和“通信技术验证卫星”的发展计划。前者旨在开发新频段卫星通信技术,用于个体无线电通信和袖珍式遇险呼叫通信等。目前该卫星研制工作快要结束,计划在1991年发射。后者是为了在空间实验多波束卫星通信技术,这种技术主要利用大型星上天线形成窄波束,从而增加地球站信号功率通量密度,达到增加传输容量和地球站小型化的经济效果。这种卫星计划在1992年发射。

2. **广播卫星,命名为“百合花”**。日本广播卫星是在美国应用技术卫星“ATS-6”(1974年发射)和加拿大通信技术卫星“CTS”(1976年发射)的基础上发展起来的,目的是为了了解决日本偏远地区的电视视听困难问题。

日本1978年成功发射第一颗广播卫星,至今已经成功发射了3颗,是第一个发射实用直接广播卫星的国家。这种广播卫星采用三轴零动量姿态控制方式,卫星设计寿命为4年。在卫星主体上下两端展开的太阳电池帆板,跨度为9m,太阳能电池输出功率为1kW,天线指向精度为0.1°。在日本本土内采用直径为1~1.6m,在偏远地区采用直径为2.8~4.5m的抛物面天线,可以获得高质量图象。

目前由于第3颗广播卫星上三个转发器(功率为100W)中有两个出了故障,为此日本准备在1990年和1991年用H-1运载火箭发射第四和第五颗广播卫星。这两颗广播卫星主要技术改进是:增加收视频道,增大发射功率,太阳能电池输出功率增为1.6kW,卫星寿命提高到7年。

3. **气象卫星,命名为“葵花”**。由于日本地处北方,原计划开发极轨气象卫星。后来世界气象组织实施的全球大气研究计划期望日本能填补西太平

洋地区气象观测的空缺,同时日本也拟借机实现静止气象卫星计划,于是改变了原先发展极轨气象卫星的计划。

日本开发静止气象卫星计划大致分为两个阶段。第一阶段是引进技术,第一颗静止气象卫星是向美国休斯公司购买的,于1977年7月用美国“德尔夫”火箭发射,日本主要负责卫星计划的实施以及地面设备工作。第二阶段,第二颗静止气象卫星全部由日本研制,运载工具为日本的N-2火箭。到现在日本已经成功发射了四颗静止气象卫星。卫星姿态采用双自旋稳定,天线指向精度 $0.5^\circ$ 。卫星设计寿命为5年。日本静止气象卫星的任务大致如下:获取西太平洋地区的气象资料,用于天气预报;获取有关台风的生成、发展、经由地区等资料;向国内及西太平洋沿岸各国发布气象信息(国际合作);用1.7GHz频率播发拍摄的云图及有关气象信息。日本和邻近各国都可以接收这些气象数据。

4. 海洋观测卫星,命名为“桃花”。对于四周环海,粮食欠缺和资源贫乏的岛国日本,发展地球资源卫星,特别是海洋观测卫星尤其重要。日本第一颗海洋观测卫星(MOS)已经在1987年2月发射成功。第二颗海洋观测卫星目前已经研制完毕,并且通过了技术性能验收,不久即将发射。

日本海洋观测卫星为单翼太阳能电池帆板的箱型结构,姿态控制为三轴稳定,这种不对称结构的姿态稳定是当前卫星控制技术的一个难点。卫星设计寿命为两年,轨道高度为900 km,太阳同步轨道。“桃花一号”卫星利用可见光近红外辐射计观测日本长崎县大村湾地区图象,东西长40 km,南北宽36 km,图象上能清楚分辨出长崎机场跑道和大村市街道。

日本在成功研制海洋观测卫星的基础上,自1984年起开始以石油等矿物资源勘测为主的地球资源卫星(ERS-1)的研制工作,并计划使用自己的运载工具H-1火箭发射地球资源卫星-1号。星上除装有与海洋观测卫星1号相类似的光学观测仪器外,还载有合成孔径雷达,通过获取由卫星发送的微波反射来观测地表面细微的凹凸变化,不受昼夜、天气变化和地面覆盖条件限制,所获得的地表数据准确可靠。不久将发射的日本地球资源卫星分辨率为18 m,比美国陆地卫星5号(30m)高。

5. 技术试验卫星,命名为“菊花”。日本为了更快掌握空间技术,从1975年起专门发射一系列技术试验卫星,至今已经成功发射5颗,并且获得良好的试验结果。例如,技术试验卫星1号(1975年9月发射)用来验证火箭发射技术和掌握卫星跟踪与控制技术;技术试验卫星2号(1977年2月发射)用来试验地球同步卫星技术;技术试验卫星3号和

4号用来试验H-1火箭和掌握大功率人造卫星通用技术。技术试验卫星5号(1987年发射)用来试验移动通信卫星技术。

日本将来还计划继续发射新的技术试验卫星,例如技术试验卫星6号,通过它来掌握大型广播、通信、气象等卫星技术和验证H-2火箭的技术性能。

## 科学卫星和空间探测器

日本在1970年成功发射的第一颗“大隅”号卫星就是科学卫星,卫星重24 kg,首次使用自己研制的L-4S火箭,把卫星送入倾角为 $31^\circ$ ,近地点350 km,远地点5 140 km的椭圆轨道。此后,又相继成功发射了19颗科学卫星(至1989年底),占日本卫星总发射量43%,这个比例数在世界上是最高的。

日本发射的科学卫星中除有5颗是进行空间环境和火箭性能的试验外,还有为解开有关宇宙形成、进化之谜进行天文观测的卫星,有探测地球高层大气、电离层磁层等离子体等结构的卫星,有研究行星间各种物理现象的观测卫星。日本科学卫星在空间科学研究和实验方面获得了很大成果。

日本第5号科学卫星“极光”号于1978年2月4日发射成功。在星上首次使用紫外成像法拍摄了极光。为了观测的需要,卫星姿态控制与众不同。从卫星主体上对称地伸出两根2 m长的悬臂,它们与自旋轴垂直。在两根悬臂的末端装有和自旋轴平行的强磁棒,由于磁棒经常保持与当地磁力线平行,从而使自旋轴也自动与地磁线平行。在这样姿态控制下,星上摄象机正好可以拍摄极光。卫星采用了准极地轨道。用M-3H型火箭把卫星送上轨道,在第三级火箭装上远地点发动机,在轨道运行约半圈的地方用定时器点火,从而使远地点在北半球上空,这对于观测极光非常有利。

日本哈雷彗星探测器为国际合作作出很大贡献。日本于1986年先后发射两颗哈雷彗星探测器。探测器直径为1.4 m,高0.7 m,呈圆柱形,姿态为自旋稳定,装有能与地球远距离通信的高增益抛物面天线。在探测器离哈雷彗星最近时,地球和探测器间距离约为 $1.7 \times 10^8$  km,从地球发射电波到达探测器需10分钟左右。这个距离大约是地球和地球同步轨道卫星距离的5 000倍,电波强度大约是实际信号的2 500万分之一。要达到这样远距离通信,而探测器的发射功率和天线尺寸又不能太大,所以只有在地面上建立大天线。日本专门建立了一个64 m直径的大型天线,保证哈雷彗星观测任务顺利完成,获得了有关哈雷彗星

紫外区域、行星间等离子体等方面大量科学数据。

日本利用科学卫星进行研究,虽然不算太早,但发展速度很快。在当今空间科学研究中,日本已走在前列。日本每一颗科学卫星虽然不比其他国家的大,但是实施方法却独具特色。日本科学卫星的重量连续增加,轨道高度范围不断加宽,研究领域相应扩大,基本上形成了研究地球物理学、天文学等各类科学的卫星系列。

运载工具

日本与美、苏不同,它没有导弹运载火箭的技术基础,因此日本的第一批火箭是从国外引进的,然后逐步过渡到自己研制。日本总共研制了三种类型的运载火箭:

1.M系列固体运载火箭。这种固体火箭有3级和4级两种,用于发射科学卫星和气象观测火箭,运载能力为80 kg至800 kg之间。

2.N系列运载火箭。这种运载火箭是在引进美国“德尔它”火箭的基础上,加上日本自己开发的一级构成的。N系列火箭的第一级和第二级为液体燃料,第三级为固体燃料。N系列火箭分N-I型和N-II型两种。它们外径相同,但N-II型比N-I型长2.79 m,重量增加了44.92 t,制导方式也由N-I型的无线电制导改为惯性制导。从1975年至今使用这两种火箭已成功发射各类卫星近20颗。通过这两种火箭的研制和使用,日本初步掌握了运载火箭的研制、生产、发射和遥测跟踪技术。N系列火箭结构尺寸和性能见表1。

表1 日本N型和H型运载火箭的尺寸和性能

|                  | N-I  | N-II | H-I  | H-II   |
|------------------|------|------|------|--------|
| 长(m)             | 33   | 35   | 40   | 49     |
| 直径(m)            | 2.4  | 2.4  | 2.4  | 4.0    |
| 总重(t)            | 90   | 135  | 140  | 256    |
| 发射到地球同步轨道的能力(kg) | 约130 | 约350 | 约550 | 约2 200 |

3.H系列运载火箭。日本为了今后能独立发射各种大、中型应用卫星,决定在N系列火箭基础上独立自主地研制H系列火箭,进一步摆脱美国的限制。H系列火箭分为H-I和H-II两种。H-I是从1980年开始研制的一种三级运载火箭,1987年研制成功,并用来发射地球同步轨道卫星。H-II是从1985年开始研制的一种大型二级运载火箭。可以预计,H-II火箭于1992年研制成功后,不仅能大大提高日本的航天发射能力,而且由于它完全采用日本的技术,可以摆脱美国的控

制而打入航天发射国际市场。H系列火箭结构尺寸和性能见表1。

日本空间实验舱和航天飞机

空间实验舱和航天飞机是日本90年代赶超世界水平的两项空间技术。前者是日本积极响应美国要求参加的“自由号”永久性载人空间站的一部分。后者则致力于自己研制航天飞机,争取在2010年左右建成日本自己的永久性载人空间站和航天飞机。

1.空间实验舱

“自由号”空间站第一期工程主要舱段有4个,美国负责两个(一个实验舱和一个居住舱),日本负责一个实验舱,西欧负责一个实验舱。日本负责的实验舱主要承担材料制造、生命自然科学、科学观测、地球观测、通信、物理工程学等各种实验。实验舱简称JEM(Japanese Experiment Module)。

JEM由密封舱、外部舱和后勤舱组成,其结构组成见图1。实验舱将由美国航天飞机分两次发射入轨,然后在轨道上组装。宇航员可以穿着宇航服在密封舱和后勤舱之间往返,可以从外部舱取回或送入实验材料。JEM主要结构性能如下:

密封舱:圆柱体,直径为4 m,长度为10 m,重量17.8 t,有效空间24 m<sup>3</sup>,直接与空间站连接。宇航员不穿宇航服就可以在舱内工作。密封舱实际是1个微重力实验中心,装有各种实验仪器和微重力实验装置。另外还配备有机械手,能组装与拆卸其他舱段。

外部舱:箱形结构,重量2.8 t,有效空间为15 m<sup>3</sup>。外部舱是专供完成必须在空间环境下进行的实验用的设备。外部舱与密封舱连接,并由密封舱提供各种所需补给物资,传送各种信号。

后勤舱:由密封部分和外露部分组成。重量3.9 t,有效空间为23 m<sup>3</sup>。后勤舱用来贮存和输送整个实验舱所需的实验材料,实验用气体,备用的实验装置和仪器。

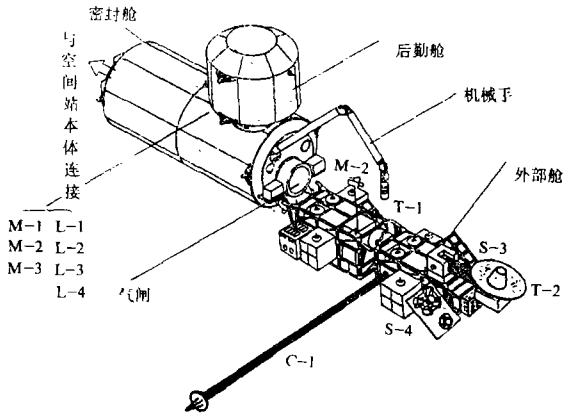


图1 空间实验舱结构图

JEM通常由一名宇航员进行所有系统的管理和操作,为此采用了集中管理,自动化和机器人技术,以减轻宇航员的工作量。

1985年开始进行JEM的预先设计工作,1987年转入基本设计阶段。整个实验舱计划在1995年完成研制任务,1996年发射入轨,然后与美国和西欧的实验舱交会对接,组成“自由号”空间站,实现日本第一个宇航员在自己的空间实验舱工作的计划。实验舱设计运行寿命为10年。

## 2.“希望号”航天飞机

在“自由号”空间站发射前后,为配合向空间站运送人员和物资,日本计划研制一种小型航天飞机,并命名为“希望号”。研制费用计划为20亿美元。“希望号”航天飞机基本要求如下:

(1)运送空间站日本实验舱和其他平台早期的回收货物;

(2)“希望号”航天飞机驮载在H-II火箭的顶部,垂直发射;

(3)由地面控制,作无人飞行;

(4)在飞机跑道上自动着陆,跑道长3 000 m;

(5)具有重复使用的功能,为未来发展空天飞机作技术准备。

“希望号”航天飞机发射重量为10 t,可运载1.2 t有效载荷,机长11.5 m,高2.5 m,后部装有2台轨道机动发动机,并用一个2.5 m长,0.5 t重的适配器将“希望号”装在H-II火箭的顶部,航天飞机的结构见图2。机翼呈三角形,具有良好飞行特性。机尾有两个垂直安定面,再入时起稳定作用。航天飞机具有轨道机动性能,可用交会雷达进行测量,然后控制“希望号”航天飞机,直至相距几米时,转为由空间站遥控系统控制。当“希望号”航天飞机被遥控系统捕获后,进而引导到空间站的对接口,最后实现与空间站对接。

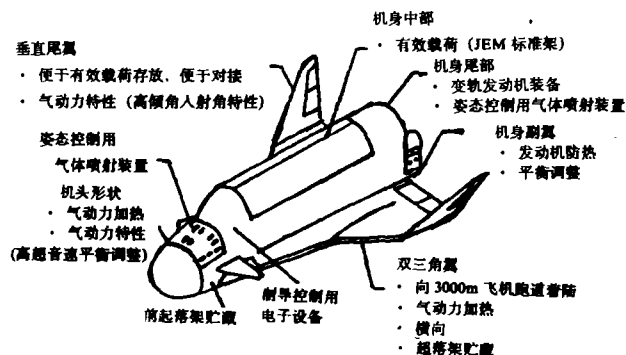


图2 “希望号”航天飞机结构图

“希望号”航天飞机计划在1996年左右发射。

## 展 望

今后25年日本航天技术主要发展规划可以大致分为三个阶段:

(1)1996年前,日本航天技术开发将以观测与实验用的小型空间平台为先导,以对接到“自由号”空间站的日本实验舱为核心,以发射“希望号”航天飞机为奋斗目标,积极参加国际合作,依靠本国技术力量,大力发展航天技术。

(2)2005年前,计划发射下列四种航天器:轨道服务飞行器,极轨与同轨转移飞行器,实用数据中继卫星,太阳能发电卫星,使日本航天工业初具规模,形成以空间新材料加工、新工艺、生命科学为主线的空间产业。

(3)2015年前,发射空天飞机,建立日本独立空间站、空间救护中心、空间居民点;制定月球、火星基地开发计划。

(责任编辑 宋义荣)