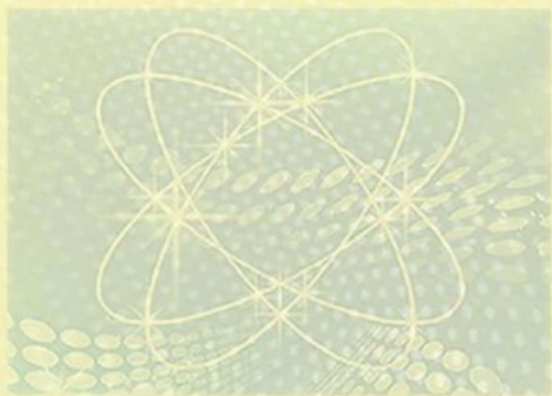


学生航空航天知识

地球的宠儿： 探测器与空间站





目 录

第一章 帮你认清航天器	(1)
一、航天器的简介	(1)
二、航天器的结构	(8)
第二章 探测器	(14)
一、全面了解探测器	(14)
二、苏联的探测器系列	(17)
三、月球轨道环行器	(18)
四、月球车	(19)
五、“月球”号探测器	(21)
第三章 各国探测器大观	(23)
一、“先驱者”号探测器	(23)
二、彗星探测器	(24)
三、“火星”号探测器	(25)
四、“海盗”号探测器	(26)
五、“勘测者”号探测器	(27)
六、“徘徊者”号探测器	(28)
七、“旅行者”号探测器	(29)
八、“水手”号探测器	(30)
九、“太阳神”号探测器	(32)
十、“金星”号探测器	(33)

第四章 空间站	(35)
一、空间站的由来与发展	(35)
二、空间站的功能与结构	(44)
三、空间站上的生活设施	(48)
四、空间站的特征和优越性	(52)
第五章 前苏联的空间站	(55)
一、“礼炮”号空间站	(55)
二、“和平”号空间站	(64)
第六章 美国与欧洲的空间站	(75)
一、“天空实验室”空间站	(75)
二、“空间实验室”空间站	(79)
三、好事多磨的国际空间站	(92)
1. 多国联手 同心合作	(95)
2. 特殊的“动力塔”构型	(96)
3. 大显身手的“自由”者	(97)
4. 日本人的“自由”之家	(98)
5. “自由”号的超期服役	(98)
6. 改名后的新型“自由”号	(101)
第七章 空间站的广泛应用	(105)
一、空间站上的种植	(105)
二、空间站上的金属合成	(108)
三、空间站上的医学试验	(110)
四、空间站的军事应用	(112)
五、空间站的工业化前景	(116)
六、太空发电站	(120)

七、空间站的其他应用.....	(123)
第八章 空间站的生命线	(127)
一、宇宙飞船与空间战.....	(127)
二、“联盟”号飞船.....	(134)
三、“联盟”号的两次发射失败.....	(140)
四、成功的“联盟”号系列飞船.....	(144)
五、航天器的交会和对接.....	(146)
六、空间运输的航天飞机.....	(150)

第一章 帮你认清航天器

一、航天器的简介

在地球大气层以外的宇宙空间,基本上按照天体力学的规律运行的各类飞行器,又称空间飞行器。世界上第一个航天器是苏联 1957 年 10 月 4 日发射的“人造地球卫星”1 号,第一个载人航天器是苏联航天员加加林乘坐的“东方”号飞船,第一个把人送到月球上的航天器是美国“阿波罗”11 号飞船,第一个兼有运载火箭、航天器和飞机特征的航天飞机是美国“哥伦比亚”号航天飞机。航天器为了完成航天任务,必须与运载器、航天器发射场和回收设施、航天测控和数据采集网和用户台站(网)等互相配合,协调工作,共同组成航天系统。航天系统是大型的系统工程。航天器是执行航天任务的主体,是航天系统的主要组成部分。

作用 航天器的出现使人类的活动范围从地球大气层扩大到广阔无垠的宇宙空间,引起了人类认识自然和改造自然能力的飞跃,对社会经济和社会生活产生了重大影响。

航天器在地球大气层以外运行,摆脱了大气层阻碍,可以接收到来自宇宙天体的全部电磁辐射信息,开辟了全波段天文观测;航天器从近地空间飞行到行星际空间飞行,实现了对空间环境的直接探测以及对月球和太阳系大行星的逼近观测和直接取样观测;环绕地球运行的航天器从几百公里到数万公里的距离观测地球,迅速而大量地收集有关地球大气、海洋和陆地的各种各样的电磁辐射信息,直接服务于气象观测、军事侦察和资源考察等方面;人造地球卫星作为空间无线电中继站,实现了全球卫星通信和广播,而作为空间基准点,可以进行全球卫星导航和大地测量;利用空间高真空、强辐射和失重等特殊环境,可以在航天器上进行各种重要的科学实验研究。

分类 航天器分为无人航天器和载人航天器。无人航天器按是否环绕地球运行分为人造地球卫星和空间探测器。通常,航天器分为人造地球卫星、空间探测器和载人航天器,它们按用途和飞行方式还可进一步分类。

人造地球卫星 简称人造卫星,是数量最多的航天器,约占航天器总数的90%以上。它按用途分为科学卫星、应用卫星和技术试验卫星。科学卫星用于科学探测和研究,主要包括空间物理探测卫星和天文卫星等。应用卫星是直接为国民经济和军事服务的人造卫星。应用卫星按用途分为通信卫星、气象卫星、侦察卫星、导航卫星、测地卫星、地球资源卫星、截击卫星和多用途卫星等。应用卫星按是否专门用于军事又可分为军用卫星和民用卫星,有许多应用卫星是军民兼用的。

空间探测器 又称深空探测器,按探测目标分为月球探测器、行星和行星际探测器。各种行星和行星际探测器分别



用于探测金星、火星、水星、木星、土星和行星际空间。美国1927年3月发射的“先驱者”10号探测器,预计在1986年10月越过冥王星的平均轨道,将成为第一个飞出太阳系的航天器。

载人航天器 按飞行和工作方式分为载人飞船、空间站和航天飞机。载人飞船包括卫星式载人飞船和登月载人飞船。航天飞机既是航天器又是可重复使用的航天运载器。

编号 国际科学联合会空间研究委员会(COSPAR)规定,凡进入空间运行轨道的航天器、运载火箭末级和碎片等人造天体均使用统一国际编号。从1957年到1962年12月31日,航天器和其他人造天体的编号是发射年度序号加上希腊字母,后者表示年度内的发射次序。同一次发射的多个人造天体,用附标阿拉伯数字来区别,按它们的亮度或其他指标编排顺序。由于航天器发射数量日益增加,这种编号方法已不适用。从1963年1月1日起采用新的编号方法,原希腊字母改为三位阿拉伯数字,原附标改为拉丁字母(与阿拉伯数字易混淆的I、O字母不采用),按航天器、运载火箭末级、碎片等次序排列。例如,中国第一颗人造卫星——“东方红”1号的编号是1970-034A,运载火箭末级的编号是1970-034B。

运动原理 航天器在天体引力场作用下,基本上按天体力学的规律在空间运动。它的运动方式主要有两种:环绕地球运行和飞离地球在行星际空间航行。环绕地球运行轨道是以地球为焦点之一的椭圆轨道或以地心为圆心的圆轨道。行星际空间航行轨道大多是以太阳为焦点之一的椭圆轨道的一部分。航天器克服地球引力在空间运行,必须获得足够大的初始速度。环绕地球运行的航天器,如人造地球卫星、卫星式

载人飞船和航天站等要在预定高度的圆轨道上运行,必须达到这一高度的环绕速度,速度方向与当地水平面平行。在地球表面的环绕速度是 7.9 公里/秒,称为第一宇宙速度。高度越高,所需的环绕速度越小。无论速度大于或小于环绕速度,或者速度方向不与当地水平面平行,航天器的轨道一般变成一个椭圆,地心是椭圆的焦点之一。若速度过小或速度方向偏差过大,椭圆轨道的近地点可能降低较多,甚至进入稠密大气层,不能实现空间飞行。航天器在空间某预定点脱离地球进入行星际飞行必须达到的最小速度叫做脱离速度,预定点高度不同,脱离速度也不同。在地球表面的脱离速度称为第二宇宙速度。从地球表面发射飞出太阳系的航天器所需的速度称为第三宇宙速度(见宇宙速度)。实现恒星际航行则需要更大的速度。

系统组成 航天器由不同功能的若干分系统(或系统)组成,一般分为专用系统和保障系统两类。专用系统又称有效载荷,用于直接执行特定的航天任务;保障系统又称通用载荷,用于保障专用系统正常工作。

专用系统 不同用途航天器的主要区别在于装有不同的专用系统。专用系统种类很多,随航天器执行的任务不同而异。例如,天文卫星的天文望远镜、光谱仪和粒子探测器,侦察卫星的可见光照相机、电视摄像机或无线电侦察接收机,通信卫星的转发器和通信天线,导航卫星的双频发射机、高精度振荡器或原子钟等。单一用途航天器装有一种类型的专用系统,多用途航天器装有几种类型的专用系统。

保障系统 各种类型航天器的保障系统往往是相同或类似的,一般包括以下一些系统:



1. 结构系统:用于支承和固定航天器上的各种仪器设备,使它们构成一个整体,以承受地面运输、运载器发射和空间运行时的各种力学和空间环境。结构形式主要有整体结构、密封舱结构、公用舱结构、载荷舱结构和展开结构等。航天器的结构大多采用铝、镁、钛等轻合金和增强纤维复合材料。

2. 热控制系统:又称温度控制系统,用来保障各种仪器设备在复杂的环境中处于允许的温度范围内。航天器热控制的措施主要有表面处理(抛光、镀金或喷刷涂料),包覆多层隔热材料,使用热控百叶窗、热管和电加热器等。

3. 电源系统:用来为航天器所有仪器设备提供所需的电能。人造地球卫星大多采用蓄电池电源和太阳电池阵电源系统,空间探测器采用太阳电池阵电源系统或空间核电源,载人航天器大多采用氢氧燃料电池或太阳电池阵电源系统。

4. 姿态控制系统:用来保持或改变航天器的运行姿态。航天器一般都需要姿态控制,例如使侦察卫星的可见光照相机镜头对准地面,使通信卫星的天线指向地球上某一区域等。常用的姿态控制方式有三轴姿态控制、自旋稳定、重力梯度稳定和磁力矩控制等。

5. 轨道控制系统:用来保持或改变航天器的运行轨道。航天器轨道控制以轨道机动发动机提供动力,由程序控制装置控制或地面航天测控站遥控。轨道控制往往与姿态控制配合,它们构成航天器控制系统。

6. 无线电测控系统:包括无线电跟踪、遥测和遥控3个部分。跟踪部分主要有信标机和应答机。它们不断发出信号,以便地面测控站跟踪航天器并测量其轨道。遥测部分主

要由传感器、调制器和发射机组成,用于测量并向地面发送航天器的各种仪器设备的工程参数(工作电压、温度等)和其他参数(探测仪器测量到的环境数据、敏感器测量到的航天器姿态数据等)。遥控部分一般由接收机和译码器组成,用于接收地面测控站发来的遥控指令,传送给有关系统执行。

7. 返回着陆系统:用于保障返回型航天器安全、准确地返回地面。它一般由制动火箭、降落伞、着陆装置、标位装置和控制装置等组成。在月球或其他行星上着陆的航天器配有着陆系统,其功用和组成与返回型航天器着陆系统类似。

8. 生活保障系统:载人航天器生活保障系统用于维持航天员正常生活所必需的设备和条件,一般包括温、湿度调节、供水供氧、空气净化和成分检测、废物排除和封存、食品保管和制作、水的再生等设备。

9. 应急救生系统:当航天员在任一飞行阶段发生意外时,用以保证航天员安全返回地面。它一般包括救生塔、弹射座椅、分离座舱等救生设备。它们都有独立的控制、生命保障、防热和返回着陆等系统。

10. 计算机系统:用于存贮各种程序、进行信息处理和协调管理航天器各系统工作。例如,对地面遥控指令进行存贮、译码和分配,对遥测数据作预处理和数据压缩,对航天器姿态和轨道测量参数进行坐标转换、轨道参数计算和数字滤波等。航天器计算机有单机、双机和多机系统。

特点 航天器在运动方式、环境与可靠性、控制和系统技术等方面都有显著的特点。

运动方式 航天器大多不携带飞行动力装置,在极高真空的宇宙空间靠惯性自由飞行。航天器的运动速度为八到十



几公里每秒,这个速度是由运载器提供的。航天器的轨道是事先按照航天任务来选择和设计的。有些航天器带有动力装置用以变轨或轨道保持。

环境与可靠性 航天器由运载器发射送入宇宙空间,长期处在高真空、强辐射、失重的环境中,有的还要返回地球或与其他天体上着陆,经历各种复杂环境。航天器工作环境比航空器环境条件恶劣得多,也比火箭和导弹工作环境复杂。发射航天器需要比自身重几十倍到上百倍的运载器,航天器入轨后,需要正常工作几个月、几年甚至十几年。因此,重量轻、体积小、高可靠、长寿命和承受复杂环境条件的能力是航天器材料、器件和设备的基本要求,也是航天器设计的基本原则之一。对于载人航天器,可靠性要求更为突出。

控制 绝大多数航天器为无人飞行器,各系统的工作要依靠地面遥控或自动控制。宇航员对载人航天器各系统的工作能够参与监视和控制,但是仍然要依赖于地面指挥和控制。航天器控制主要是借助地面和航天器上的无线电测控系统配合完成的。航天器工作的安排、监测和控制通常由航天测控和数据采集网或用户台站(网)的中心站的工作人员实施。随着航天器计算机系统功能的增强,航天器自动控制能力在不断提高。

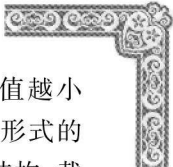
系统技术 航天器运动和环境的特殊性以及飞行任务的多样性使得它在系统组成和技术方面有许多显著特点。航天器的电源不仅要求寿命长,能量大,而且还要功率大,从几十瓦到几千瓦。它使用的太阳能电池阵电源系统、燃料电池和核电源系统都比较复杂,涉及到半导体和核能等项技术。航天器轨道控制和姿态控制系统不仅采用了很多特有的敏感器、

推力器和控制执行机构以及数字计算装置等,而且应用了现代控制论的新方法,形成多变量的反馈控制系统。航天器结构、热控制、无线电测控、返回着陆、生命保障等系统以及多种专用系统都采用了许多特殊材料、器件和设备,涉及到众多的科学技术领域。航天器的正常工作不仅决定于航天器上各系统的协调配合,而且还与整个航天系统各部分的协调配合有密切关系。航天器以及更复杂的航天系统的研制和管理,都须依靠系统工程的理论和方法。

展望 随着航天飞机和其他新型空间运输系统的使用,空间组装和检修技术的成熟,人类将在空间建造各种大型的空间系统,例如,直径上千米的大型光学系统、长达几公里的巨型天线阵和永久性空间站等。未来航天器的发展和应用主要集中在三个方面:进一步提高从空间获取信息和传输信息的能力,扩大应用范围;加速试验在空间环境条件下生产新材料和新产品;探索在空间利用太阳辐射能,提供新能源。从空间获取信息、材料和能源是航天器发展的长远目标。

二、航天器的结构

航天器各个受力和支承构件的总成,它的作用是安装、连接各种仪器设备和动力装置,满足它们所需要的环境要求,承受地面操作、发射、轨道飞行和返回地面时的外力,并保持航天器的完整性。对航天器结构的基本要求是重量小、可靠性高、成本低等,通常用结构质量比,即结构重量占航天器总重



的比例来衡量航天器结构设计和制造的水平,这个比值越小表示水平越高。航天器任务的多样性决定航天器结构形式的多样性。航天器结构一般分为卫星结构、空间探测器结构、载人飞船结构和航天飞机结构。早期近地轨道卫星大多为固定式结构。为了增加航天器的功能和扩大航天器的尺寸,现代卫星和空间探测器也采用一些可展开式结构。这种结构在发射时藏在运载火箭的有限容积内,到了空间展开成较大的结构。需要返回地面的航天器,特别是载人飞船,对结构又有新的要求,从而形成与再入防热、着陆、救生、生命保障等要求相适应的许多特殊结构形式。随着航天飞机的诞生,又出现了兼有飞机、火箭和航天器特性的新型结构。

卫星结构 卫星结构虽然多种多样,但从功能上看大都由承力部件、外壳、安装部件、天线、太阳能电池阵结构、防热结构、分离连接装置组成。为了达到多用途和提高经济效益的目的,后又发展出公用舱结构。

1. 承力部件 它与运载火箭相连接,承受发射过程中的推力和弯矩。因而需要有很高的强度和刚度。承力部件有以下几种形式:薄壁圆柱(或截锥)壳、波纹或蜂窝夹层圆柱(或截锥)壳、杆件组成的支架等。承力部件采用铝合金、钛合金和碳纤维复合材料等。

2. 外壳 它处于卫星的最外层,形成卫星的外表面,也可兼作承力构件。外壳的形状多种多样,如球形、多面柱形、锥形和各种不规则的多面体等。除维持外形外,外壳还应满足表面积、热控制、卫星内容积、各种表面开孔、空间辐射防护等要求。外壳的结构形式有:(1)半硬壳结构:由薄的外蒙皮、桁条、隔框等组装而成。外蒙皮的常用材料是铝合金,根据热控

制要求经过必要的表面处理,如抛光、喷漆、镀金等。桁条和隔框常用铝合金型材制成,也有用镁铸件的。(2)蜂窝结构和夹层结构:一般由铝合金制成。现代也采用碳纤维复合材料作为表板材料。(3)整体结构:由机械铣切或化学铣切等整体壁板组装而成,它能减少半硬壳结构所需的铆接工作量并容易获得良好的刚度。(4)柔性张力表面结构:由张紧的柔性薄膜制成。如气球式卫星的外表面。

3. 安装部件 结构型式可以是仪器舱、盘式构件或支架。安装部件的功能是保证仪器设备安装的各种要求,如安装精度、密封性、热控制、防振、防磁等。为了保证足够高的刚度,可采用蜂窝夹层结构、波纹夹层结构、铸造或机械铣削的整体壁板和由型材组装的支架等。仪器安装面积不足时,可采用多层或多面的安装部件。

4. 太阳能电池阵结构 安装太阳能电池的构件。其结构型式有下列几种:(1)体装结构:在航天器本体表面直接粘贴太阳能电池片。这种结构多使用本体的外壳,可以是半硬壳式结构或蜂窝结构、夹层结构,现代已发展为套筒式伸展结构,进入空间轨道后外筒沿导轨伸展,增加太阳能电池阵的面积。(2)可展开式结构:可展开式的太阳能电池翼,简称太阳翼。这种结构分为刚性折叠、柔性折叠和柔性卷式三种。刚性折叠式结构由刚性板通过铰链连接而成,以铰链弹簧为动力展开成翼状。刚性板用蜂窝夹层板制成,也有采用刚性边框和张紧柔性薄膜组合的半刚性板。柔性折叠式结构由薄膜和折臂式(或望远镜镜筒式)的展开机构组成。薄膜用玻璃纤维布或碳纤维布增强的聚酰亚胺制成,为防止电池相互接触,在薄膜间插入一层衬垫。柔性卷式结构由薄膜和支杆组成,可用卷筒卷成

很小体积,其支杆类似金属卷尺,靠电机和传动装置展开成具有一定刚度的长直杆。

5. 抛物面天线结构 抛物面形状的天线反射器分为固定式和展开式两种:(1)固定式天线:反射器是一个大面积的薄壁构件,有蜂窝夹层、肋骨网式和薄壳三种结构型式,以蜂窝夹层结构用得最多。为了防止热变形影响天线的电性能,通常用膨胀系数很小的石墨纤维或有机纤维的复合材料来制作反射器。(2)可展开式天线:有撑伞一样展开的伞状天线、类似花朵开放的花瓣天线、鱼网式的张力索天线和桁架式天线。它们都由反射面部件、展开反射面的动力部件和支承反射面的部件组成。反射面部件一般由金属或非金属网等柔性材料制成。动力部件有弹性元件、可件缩充气管或马达驱动的传动机构。

6. 分离连接装置 卫星在发射时必须可靠地连接在运载火箭上;入轨后又必须可靠地与运载火箭分离。为实现这种功能,采用了专用的分离连接装置。为减少分离时冲击的影响,卫星与火箭之间多采用包带夹块式分离连接装置,用侧向爆炸螺栓解锁。

空间探测器结构 空间探测器的型式多样,具有与卫星相同的部分,如承力部件、天线、太阳电池阵结构等;也有一些特殊型的结构,如探测臂和着陆装置。探测臂往往由可以伸展的杆件组成,它的功能是把有特殊要求的探测仪器伸出探测器本体之外,以免受本体磁场或辐射的干扰,这种探测臂有时也用在卫星上。需要在行星或月球表面着陆的空间探测器采用着陆支架、着陆舱等着陆装置。硬着陆的着陆装置须有良好的缓冲性能。在行星或月球表面上行走的探测器(如

自动月球车)则须有挠性轮之类的挠性结构,以适应凹凸不平的表面。

载人飞船结构 载人飞船与卫星和空间探测器的结构型式有较大区别。早期发射的飞船大多是截锥加上圆柱段,最外面都有隔热结构。例如“阿波罗”号飞船的结构由救生塔、指挥舱、服务舱、登月舱等几大部分组成。救生塔是一个桁架式的塔形结构。它的功能是在发射过程出现紧急情况时,使飞船逃离危险区。登月舱是一个极其复杂的特殊结构,供载人登月之用。指挥舱的外形呈圆锥形,是需要返回地面的部分。它的外部由烧蚀材料层和不锈钢蜂窝佳层组成隔热外壳。内部是铝蜂窝夹层结构的密封舱体,用多根锻铝纵梁加强。密封舱体为航天员提供可靠的工作环境。服务舱的外壳是一个铝蜂窝夹层的圆柱壳体。舱内有铝合金的径向壁板,用以安装主发动机、燃料和氧化剂箱等设备。载人飞船和返回式卫星在重返大气层时会遇到极高的温度,必须采用特殊的隔热结构。

航天飞机结构 航天飞机一般由轨道器、助推器、外贮箱三部分组成。助推器实际上是两枚固体火箭。外贮箱与火箭贮箱类似。轨道器是返回部分,它是一个类似于飞机的薄壁结构,但增加了特殊的表面隔热结构。约70%的表面上覆以陶瓷隔热瓦,它与烧蚀隔热结构不同,可以多次重复使用。轨道器分为前机身、中机身、后机身、机翼、尾翼等几部分。前机身又分为头锥和乘员舱两部分。乘员舱是由铝合金蒙皮和加强桁条焊接而成的密封舱。中机身是一个铝合金半硬壳结构的大型货舱,许多部件采用了新型复合材料结构。例如,主框元件采用碳纤维增强铝合金材料,大型的货舱舱门采用以碳



纤维复合材料为表板的蜂窝夹层结构。货舱内有机械操作臂,它由三节杆件组成。

航天器结构的发展趋势是复合材料结构将更多地替代金属结构,公用舱结构将得到更广泛的应用。随着大型航天器的发展,网络式、柔性、空间装配式等更新型的结构形式正处于研究阶段。