

55

杨 广 耀 编

航天飞机



科 学 出 版 社

航 天 飞 机

杨 广 耀 编

科 学 出 版 社

1984

内 容 简 介

本书系统、全面地介绍了航天飞机的发展、基本结构和有关宇航员的训练试飞情况。全书共分绪论、航天飞机的概况、航天飞机、从起飞到着陆、宇航员的选拔与训练、空间实验室、航天飞机的功能及其发展、航天飞机与空间发展等八章。

本书叙述深入浅出，通俗易懂，适合中等文化程度的广大青年、学生和对宇航技术与航天飞机感兴趣的读者阅读。

航 天 飞 机

杨 广 耀 编

责任编辑 陈永锵

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年9月第 一 版 开本:787×1092 1/32

1984年9月第一次印刷 印张:5 3/4

印数:0001—6,250 字数:130,000

统一书号:15031·595

本社书号:3692·15-6

定价: 0.75元

目 录

一、绪论	(1)
通往宇宙空间的历程	(1)
航天飞机设计思想的形成	(5)
空间应用时代的到来	(8)
二、航天飞机的概况	(13)
航天飞机的全貌	(13)
固体火箭助推器	(20)
航天飞机的主发动机	(24)
外贮箱	(32)
轨道机动系统和反作用控制系统	(36)
三、航天飞机	(43)
空间技术的新成就	(43)
驾驶舱与座舱	(46)
货舱	(51)
防热系统	(55)
各种分系统及其设备	(60)
航天飞机的运输和低空试验飞行	(73)
轨道飞行试验	(81)
四、从起飞到着陆	(88)
发射与入轨	(88)
施放有效载荷	(92)
向高轨道运送有效载荷	(96)
返回着陆	(101)
发射基地	(105)
八十年代初期的舱位已定完	(109)

五、宇航员的选拔与训练	(114)
宇航员的选拔	(114)
宇航员的训练	(118)
女宇航员在成长	(122)
把身体锻炼得更健壮	(125)
六、空间实验室	(129)
航天飞机与空间实验室	(129)
空间实验室的结构	(132)
观测计划	(137)
空间实验室的未来	(141)
七、航天飞机的功能特点及其发展	(145)
航天飞机的优越性	(145)
苏联、法国、欧洲和日本的航天飞机	(150)
航天飞机的发展前景	(157)
空间运输系统	(161)
八、航天飞机与空间开发	(164)
组装大型空间结构物及其通信平台	(166)
空间工厂	(169)
太阳能发电站	(172)
空间城	(175)
开发月球和小行星	(178)

一、绪 论

通往宇宙空间的历程

地球是我们的老家。它是一个直径约为13000公里的球体，绕着太阳转动，距太阳约15000万公里。太阳的直径为地球的一百多倍。太阳是银河系的一颗恒星，在银河系里象太阳一类的恒星有千亿颗以上，银河系大得实在惊人。可是，在人类目前能观测到的地方，至少有成亿个象银河系大小的星系。可见，整个宇宙空间确实是广阔无垠。人类在同大自然作斗争的漫长岁月里，对宇宙的认识也经历了漫长的路程，而人类对宇宙空间的探索和利用，也必然是没有尽头的。

当古代的人，看到飘浮在天空中的彩霞和云雾，会很自然地产生腾云驾雾的遐想，看到在空中飞翔的昆虫和飞禽，也会产生骑上仙鹤大鹏或长上翅膀飞往九霄云外的梦幻。人类能思索会劳动，自由地翱翔于太空的希望，必然产生出无数美好的神话，伴随着神话和传说，出现了无数广泛流传、情节动人的幻想故事，如嫦娥奔月一类的神话故事就是广泛流传的典型。在世界上其它国家，如印度、埃及、希腊、罗马等也流传着许多形形色色的有关飞行的神话、传说和诗歌，它们都集中地反映了人类飞出地球的理想。可是，当时的生产能力毕竟太低了，飞往太空的憧憬只能寄托于这些美丽的幻想。

二千多年前，我们的祖先发明了风筝。栩栩如生、形态万千的风筝能够在蓝天下飞升、滑翔，这不能不说是人类实

现飞往太空理想的一个进步。因为风筝不仅是有益的玩物，而且曾被人们作为研究高空气象、天空静电和滑翔的工具。发明第一架飞机的莱特兄弟，就曾用风筝研究过飞行。

据历史记载，早在春秋时代的墨子和鲁班、东汉的张衡都曾制作过木鸟，试图利用木鸟进行飞行，显然这是不可能的，可是它反映了古人研究飞行的强烈愿望。唐代的炼丹家发明了火药，为人类的发展作出了重大贡献。宋代的劳动人民又利用火药制成了火箭，从而成为现代火箭的始祖。五代时，还出现了热空气气球，即孔明灯。明代还曾有人试图用火箭和风筝进行飞行试验。至于最原始的军用火箭，是在1232年的宋金战争中出现的，这种火箭首次利用燃烧黑色火药，排出大量气体的反作用力将箭射出。在古代的战争中，我国的火箭逐渐传入西方，成吉思汗远征欧洲时，曾把火箭当作武器使用。到十五世纪，世界上都已知道火箭了，但是由于火箭命中率不如火炮，所以直至十九世纪火箭仍未被广泛用作武器。

历史上，欧洲也不断有人探索飞行的途径，可是一直没有获得任何引人注目的进展和成果。到了十八世纪七十年代，由于工业革命创造的条件，人们发明了气球和飞艇，这样就使人类乘坐着气球，初次实现了飞离地球表面的愿望。随后，在十八世纪末至十九世纪的四十年里，气球和飞艇在军事和交通运输上继续得到应用并积累了一些航空的经验。

随着工业生产的进一步发展和科学技术水平的提高，在人们研究各种类型的模型飞机和飞机的大量实践基础上，终于导致美国的怀特兄弟于1903年用双翼型飞机，成功地完成了世界上第一次有动力装置、可以驾驶的飞行。这是航空史上的重大事件。1914—1918年的第一次世界大战促进了航空技术的发展，在战争中飞机先是用作侦察，并出现了反侦察

的驱逐机，随后用作轰炸并出现了反轰炸的歼击机。战争末期，又出现了攻击地面部队和工事的强击机。飞机把战争的范围从地面扩大到空中。战争也提高了飞机的性能，促进了航空工业的发展。第一次世界大战后，飞机的使用范围从军事应用扩大到交通运输。到了第二次世界大战，飞机的数量显著增加，分工越来越细，飞机的结构和性能进一步完善，在军事上完全形成了独立的军种。二次大战后，随着科学技术的发展，航空技术也获得了全面发展。飞机的发动机从活塞式演变到喷气式推进。现代飞机的升限可达稠密大气层的顶端（37000米左右），飞机的速度可达音速的3倍，时速为3600公里，飞机的航程可达20000公里以上，飞机的运载能力可达100多吨，或载500名乘客，或装载重型坦克、装甲车、大炮、直升飞机和洲际导弹。今天，人们乘坐飞机在天空中飞行已经是日常生活中司空见惯的事情了。从第一架飞机上天至今，航空技术的发展已经经历了八十年的历程，它在工业、农业、交通运输和国防事业中，具有重要的地位。不过，航空技术仅能使人类在低层大气中飞行，比起浩瀚无际的宇宙空间，飞机只不过是贴着地面飞行而已。

人类要实现飞出大气层到“广寒宫”去漫游的理想，必须找到既能在真空中工作，又能达到宇宙速度的推进能力的工具，才能跨进宇宙空间的门槛。我国古代发明的火箭正是实现这种理想的动力装置。可是，直到二十世纪的初叶，人类方把火箭的原理和宇航的概念结合起来，并建立起科学的基础。在这方面，俄国的齐奥尔科夫斯基和美国的高达德等人作出很大的贡献。齐奥尔科夫斯基利用液体推进剂的火箭飞往月球和行星的设想，提出了多级火箭和惯性导航的概念，并最早建立了火箭推进的速度公式。高达德于1926年首次成功地进行了火箭发射试验，从而为液体火箭的发展作出

了成就。而利用火箭的原理和概念，研制出的第一枚可控制的现代火箭，是1942年德国人在底内门德研制的V-2型液体导弹。V-2于1942年10月首次发射成功，使用液氧酒精作推进剂，比推力为210秒（比推力是指每秒消耗1公斤推进剂所产生的推力，其量纲是公斤/公斤/秒，简化后也可写作秒），最大速度为2公里/秒。在二次大战末期，曾发射了大量V-2导弹飞越英吉利海峡，袭击了英伦三岛。

二次大战后，美国和苏联均在V-2基础上，继续发展弹道式导弹。1957年8月苏联发射成功了第一枚洲际导弹，紧接着美国于同年12月也发射了自己的洲际导弹。用于军事武器的导弹技术的飞速发展，为卫星运载火箭的研制奠定了坚实的基础。1957年10月4日苏联成功地发射了第一颗卫星，美国于1958年1月31日也发射了卫星。此后，苏联相继研制成功东方号、联盟号和质子号等运载火箭；美国研制了雷神、宇宙神、大力神、土星等运载火箭；日本、西欧、印度和我国等也都研制并发射了自己的运载火箭。1969年，美国用土星号火箭成功地把阿波罗载人飞船送上了月球，实现了人类历史上的第一次载人登月飞行。土星号火箭是世界上最大的火箭，它的高度为110米，总重2700吨，能把45吨重的阿波罗飞船送往月球。由于现代科学技术的迅速发展，从而也不断地促进了导弹、火箭和空间技术的飞快发展。

即将在八十年代初期投入使用的航天飞机，就是现代航空技术、火箭技术、空间技术三者的综合产物。它是一种既继承了火箭导弹和空间技术全部性能的运载工具，又兼具航空飞机主要特点的飞行器。在一定程度上，航天飞机将在人类飞行的漫长历程中竖起一个新的里程碑。

虽然，人类飞出地球，实现“嫦娥奔月”的理想，经历了几千年的漫长岁月，而近20多年来的火箭、导弹、卫星和

深空探测技术的蓬勃发展，却为空间的开发和应用创造了广阔的道路。而航天飞机的出现，必将使人类飞往宇宙空间的宏大理想，以更大的规模、更快的速度、不断地向前发展。

航天飞机设计思想的形成

如前所述，航天飞机是现代卫星和载人飞船技术、运载火箭技术和航空技术综合发展的产物。但是，这种可以重复使用的火箭飞机的设计思想却由来已久。早在三十年代初，奥地利的维也纳人赫费特、瓦里尔和桑格尔等就曾提出用火箭发动机作动力装置的飞机，试图使用这种火箭在高空进行高速飞行，并形成以这种飞机进行空间飞行的设计思想。这也可以看作是航天飞机的早期设计思想的萌芽。这种设计思想与以俄国的齐奥尔科夫斯基、美国的高达德等人采用多级火箭的设计思想是有区别的。齐奥尔科夫斯基和高达德等人的设计思想是以多级弹道火箭作空间飞行的运载工具。这种空间飞行器只能使用一次。而火箭飞机不仅要飞离地球，而且还要能返回地面，可以重复使用。虽然这是一种更经济和全面的设想，但是由于技术条件的限制，当时是根本无法实现的。不过，发展一种可重复使用的火箭飞机，作为飞向宇宙空间的思想，却从来没有被放弃过，研究工作也从未间断过。

二次大战前夕，一些国家出于军事上的需要，许多设计师为了使飞机达到更高的高度和速度，曾试用火箭发动机作为飞机的动力装置。如1939年德国工程师冯·布劳恩利用以过氧化氢和甲醇作推进剂的火箭发动机，研制了HE-178型火箭飞机，时速曾达到850公里。1941年德国又研制了ME-163型火箭飞机，时速达到1000公里。苏联人也曾于1939年设计过RP-318型火箭滑翔飞机。1942年苏联人还设计过B I-1

型火箭歼击机。这类有人驾驶的火箭飞机的设计，对于发展可重复使用的载人的空间运输系统都可以看作是一种有益的尝试和促进。

第二次大战期间，德国成功地研制了V-2型火箭。与此同时，曾计划给V-2火箭配置上机翼，以制成一种自动控制的A-9型超音速火箭飞机。另外，还设计了A-10型两级火箭飞机。其第一级就是带机翼的A-9型火箭飞机，它可以使第二级火箭达到能在35分钟内飞行4000多公里的速度，而这两项设计尚未实现，战争就已结束。有关的研制人员都先后到了美国和苏联，著名的火箭设计师冯·布劳恩则到了美国。另外，二次大战期间，也还有人提出利用火箭飞机往返月球的探险计划，并公布了飞行轨道和设计草图。

二次大战结束后，论述有关有重复使用火箭飞机的设计思想更加活跃。参加的科学家和工程师也越来越多。1947年美国就曾报道过一种往返月球的两级可回收的空间运输系统。1952年冯·布劳恩论述了可重复使用的大型助推火箭的设计概念。1959年美国又有人发表文章，描述了飞往近地轨道、可重复使用的空间运输系统的设想。这期间各国科学家和工程技术人员，为了把火箭技术和航空技术结合起来，不仅进行了各种技术途径的探索和研究，而且还作了大量设计和研制实践。譬如，美国进行了X系列火箭飞机的研制和飞行试验，这是一种用火箭发动机作动力的带翼飞行器，本身不能直接从机场起飞，要用母机带到空中，然后脱离母机，用自身的火箭发动机飞行，并像飞机一样返回，在机场跑道上水平着陆。可进行航空和空间技术的研究试验、高空环境探测和高速再入试验。由美国贝尔公司设计的X-1型火箭飞机，于1946—1947年间进行首次超音速飞行。在1959—1968年间X-15型火箭飞机曾进行过近200次的飞行试

验，最大速度达到7300公里/小时，马赫数为6.7，最大高度为106公里。远远超出了大气层的范围。在1969—1975年间以B-52作母机，为美空军和宇航员进行了大量研究飞行。美国还曾进行过HL-1080M₂型升力体飞行器的研究。这些研究工作，对于探索可重复使用的空间运输系统的技术途径，都作出了有益的贡献。

可是，要实现地面和轨道间载人的多次往返飞行，必须高度综合载人飞船，运载火箭和现代航空技术的性能特点。如果没有空间技术、火箭技术和航空技术的高度发展，也就没有条件和基础研制航天飞机。

1957年美国制定了载纳-索尔载人亚轨道飞行计划，这项计划拟用大力神火箭把一种载人的滑翔机送入近地轨道，以研究利用空气动力滑翔和再入大气层时的机动飞行能力。但是，这项计划在研制过程中，遇到了再入稠密大气层时飞机头部和机翼前缘产生的高温问题，这在当时还没有能力解决所需要的新型结构和耐热材料。另外，加上研制经费昂贵，以及许多关键技术尚未突破而使这项计划半途而废。

进入六十年代后，美国相继成功地完成了水星、双子座、阿波罗和天空实验室等载人空间飞行计划。通过这一系列载人轨道飞行的探索和试验，不仅证实了人在加速度、失重、高真空、强辐射等恶劣的空间环境中能够生存，而且还能有效地工作、显示了人在宇宙空间同样具有任何自动化的设备所不能代替的能动作用。与此同时，还发展并掌握了诸如轨道交会、对接、宇航员舱外活动等一系列载人轨道飞行的基本技术，也验证了空间工业生产、生物医学和天文物理学等研究的广阔前景。这就为发展大型的载人空间运输系统创造了条件、提供了雄厚的技术基础。这时期，欧洲各国的许多科研人员也在考虑搞航天飞机，英国、法国、意大利和

西德的许多公司还进行了系统的研究，并得到欧洲空间组织的支持。甚至欧洲希望能与美国合作研制航天飞机。1967年5月欧洲各国在美国的加利福尼亚州举行了廉价空间运输系统的学术会议，英、法和西德等国的科技人员发表了航空空间运输工具的研究报告。还应当指出，六十年代和七十年代欧美各国研制的超音速运输机，也为航天飞机的研制提供了有价值的经验。

到了六十年代末期，人类已经研制了多种洲际导弹，各种类型的运载火箭和大型喷气客机及运输机。已经全面地掌握了火箭、载人飞船和现代航空技术。这就进一步完善了空间运输系统的预先研究工作，为航天飞机的研制积累了经验、储备了技术。同时，耗资巨大的阿波罗登月探险计划行将结束，从而得以把人力、物力和财力转移和集中到新型空间运输系统的研制工作方面上来，这就最后导致了1962年2月阿波罗后续计划的拟定和1972年尼克松政府批准了当时预计耗资55亿美元的航天飞机研制计划。

空间应用时代的到来

1957年人们发射了人造地球卫星，使人类超越了地球表面的限制，突破了地球大气的屏障、进入了广阔无垠的宇宙空间，从此揭开了空间应用时代的序幕。1961年又首次乘宇宙飞船，摆脱了地球引力的束缚，使人类的活动范围从陆地、海洋、空中扩大到宇宙空间。

二十多年来，随着科学技术的飞速发展，空间技术的发展规模日益扩大。迄今为止，先后进入空间轨道的卫星、飞船和深空探测器等有效载荷已近3000个，据估计全世界从事空间技术的人员近百万，每年投入空间技术的资金上百亿美

元。本世纪初，俄国人齐奥尔科夫斯基曾首先系统地提出了利用液体火箭进行宇宙活动的理论。可是，直到第二次世界大战后，空间技术方在火箭和导弹技术的基础上迅速发展起来。目前已疾步跨入一个以实际应用为主体的新时代。

五十年代末期的空间技术还处于初期试验阶段，这期间主要是试验基本技术，其中包括运载火箭及其系统的研究、设计、制造、试验和发射，以及人造卫星、载人飞船、深空探测器及其系统、结构、设备的研制和试验。

六十年代空间技术发展的主要特点是从试验阶段进入实际应用阶段。首先在军事上得到了广泛地应用。空间技术在现代科学技术、特别是现代电子科学的基础上，发展很快，应用也逐渐成熟。美国在六十年代初期，相继试验了卫星在侦察、通信、导航、气象、测地等方面的应用技术。这时期，在其所发射的人造卫星上使用了各种特殊仪器和设备。利用空间的特殊环境条件，或收集各种探测数据，或遥感天空和地面，或传送各种信息，或进行各种专门试验，或将太阳能转变为电能，进行了种种应用试验，人也首次飞出了大气层。美国通过发射一系列通信卫星的试验活动，验证了卫星通信的可行性，解决了轨道选择问题以及地球同步轨道卫星的发射、运行和控制的基本技术，并考验了远地点发动机，旋转稳定卫星的设计原理和相应的地面终端技术。总之，证明了通信卫星有着广阔的发展前途。

这样到了六十年代中期，美国开始在宇宙空间部署了各种军事卫星网。相继发射了战略侦察卫星系统、全球战略通信网、全球导航卫星网、全球气象卫星系统、预警卫星系统，并先后投入使用，尔后又得到不断的完善。与此同时，美苏两国通过各自发射的载人飞船计划，证实了人在宇宙空间的活动和工作能力，并发展了载人飞船的基本技术。通过

阿波罗计划，还使人类登上了月球，丰富了基础科学知识……。

七十年代的空间技术已经越来越广泛地渗透到人们日常生活和对地面各种现象的研究中去了。其中应用最广、发展最快的要算卫星通信技术、地球资源卫星以及气象和导航卫星了。1958年美国发射了第一颗通信实验卫星，产生了卫星通信技术。1965年发射了世界上首颗商业性通信卫星，进一步打开了远距离、大容量通信的新局面，引起了现代通信体系的重大变革，随着卫星通信技术的不断改进，通信容量的不断增加，卫星对人类社会的通信产生了越来越大的影响。1964年成立的国际卫星通信组织，至今已有100多个国家参加。该组织发射的通信卫星承担着一半以上的国际电话、电报和全部的洲际电视业务。现在正在地球同步轨道上运行的国际通信卫星5号，其通信容量达12500个双向话路和二个彩色电视通道，全世界都能收到它传递的信号。通信卫星沟通了世界各国的联系，今天只要花很少的费用，就能迅速地接通洲际电话，而且清晰可靠。人们通过卫星转播，可以从电视上看到世界各地发生的重要事件的实况，今天的通信卫星与人类的生活息息相关。现在通信卫星的用途不仅用于一般的电话、电报和电视转播，而且正在发展由卫星转播的电视教育，以及通过卫星印刷报纸和进行远距离医疗病人等业务。目前，许多国家还竞相发展了国内通信卫星和直播电视卫星。直播电视卫星的功率比现有的商用通信卫星大几十倍，只要在家庭电视机上装上一根小天线和其它装置，就可以不经地面站和电视台转播直接接收卫星发来的电视。

利用人造卫星从空间勘测地球资源，具有许多特殊的优越性。美国发射地球资源卫星的实践证明，这是一种多用途的卫星，它涉及到国民经济的许多重要领域，具有重大的经

济价值和潜在的军事用途，所以有着广阔的发展前途，利用地球资源卫星对地球进行遥感，能更精确地绘制地图、更广泛地进行矿产资源的普查，能对洪水、水利资源和某些作物的产量作出预报，如1977年美国利用卫星观测到苏联当年小麦产量为9140万吨，结果比苏联公布的数字只少60万吨。自1972年美国发射陆地卫星以来，已经收集了上百万张地球资源图片，编汇、贮存起来，供各单位利用。世界上许多国家都相继开展了地球资源遥感应应用活动。据说，计有100多个国家使用了美国资源卫星图象，有50多个国家同美国宇航局订有利用美国资源卫星资料的合作协议，并且有几十个国家准备或已经建立了资源卫星地面接收台站，资源卫星是七十年代空间技术中一件引人注目的事。

目前，已有许多气象卫星每天不停地围绕着地球运行，日夜监视着地球上的风云变幻，并且不断发送大量的资料、数据和图象。这些带有电视摄影机和特殊遥感装置的气象卫星，为气象工作者提供了丰富的资料。利用气象卫星探测并预报飓风、台风及其它灾难性的暴风雨雪，使千百万人畜的生命得以拯救，使无数的财产免遭损失，使许多国家的国民经济得到巨大的经济收益。例如，苏联每年从气象卫星计划中受益高达10亿美元。

利用卫星导航系统实现了对船舶和飞机的高精度导航，也减少了生命财产的损失，减轻了泄漏的原油对环境的污染。

七十年代，人类还通过美国的天空实验室和苏联的礼炮号试验性空间站揭示了进行空间生产、空间居住、开发月球和小行星、建造太阳能电站等近地空间开发的广阔前景。

由于空间技术飞速发展，推动了整个科学技术和国民经济的发展。例如数字式手表、微型电子计算器或计算机，就

是在阿波罗计划中发展起来的集成电路技术的附带成果。在研制阿波罗飞船及其土星火箭中，为了协调两万多家厂商研制的上千个部件，发展了一套利用系统工程理论的先进管理技术。许多企业由于采用这套管理技术，提高了工作效率、发展了生产。另外，各种科技领域也都在充分利用空间计划发展起来的新技术，而且这些新技术也都在积极地向民用工业转移。例如，通过使用空间计划发展的新技术，家庭能节省大量的能源。在飞机、汽车、船舶和建筑物的设计中，运用空间飞行器使用的计算机结构分析技术，使得其结构更加合理、安全。

空间技术的应用除了对日常生活产生直接的影响之外，还不断丰富了人类的知识宝库，并将产生更大的影响，其中有些影响目前还无法预料。例如，发射的许多深空探测器对太阳系各大行星的探测，对银河系和更远的宇宙的观测活动等。

八十年代，随着航天飞机的使用，空间技术将出现新的、更大的进展。空间技术在人类活动中将被应用得更加普遍和广泛。在八十年代，目前一次使用的运载火箭的发射数量将逐步减少，甚至有可能被淘汰。载人的空间实验室和各种用途的人造卫星将被置于航天飞机的巨大货舱里，运送到近地轨道，以进行工业生产和科学实验。太阳能电站卫星、空间居住、空间工业生产、开发月球和小行星的研制方案将进一步具体化。在整个八十年代，可能不会再看到类似载人登月这种不切实际应用的登月计划，更不会把人送到行星上去。八十年代的空间技术，将以近地空间的开发和军事应用为主要特点。总之，一个以空间应用为其特征的时代已经展现在人们的眼前。