

青少年 **科** **普** **知** **识** 读本

打开知识的大门，进入这多姿多彩的殿堂

学生科普
重点推荐

飞天的神话

——航空航天

伊 记◎编著

河北出版传媒集团
河北科学技术出版社



内 容 简 介

这里有多姿多彩的火箭，形态各异的人造卫星，还有宇宙飞船、航天飞机、空间探测器。这些航天器大家族共同谱写着远征天疆的雄壮乐章。这里还有无数的飞天勇士创造出的惊人奇迹：从加加林的创举到龙的传人杨利伟的凯旋；从列昂诺夫进行世界第一次出舱活动到中国出舱活动第一人翟志刚在太空挥舞着中国国旗；从航天员探索太空到世界级富豪叩问苍穹……人类探索太空的脚步在勇往直前。

本书意在提高青少年朋友对航空和航天的关注程度，培养他们探索航空航天领域的兴趣。

青少年**科**普**知**识**读**本

打开知识的大门，进入这多姿多彩的殿堂

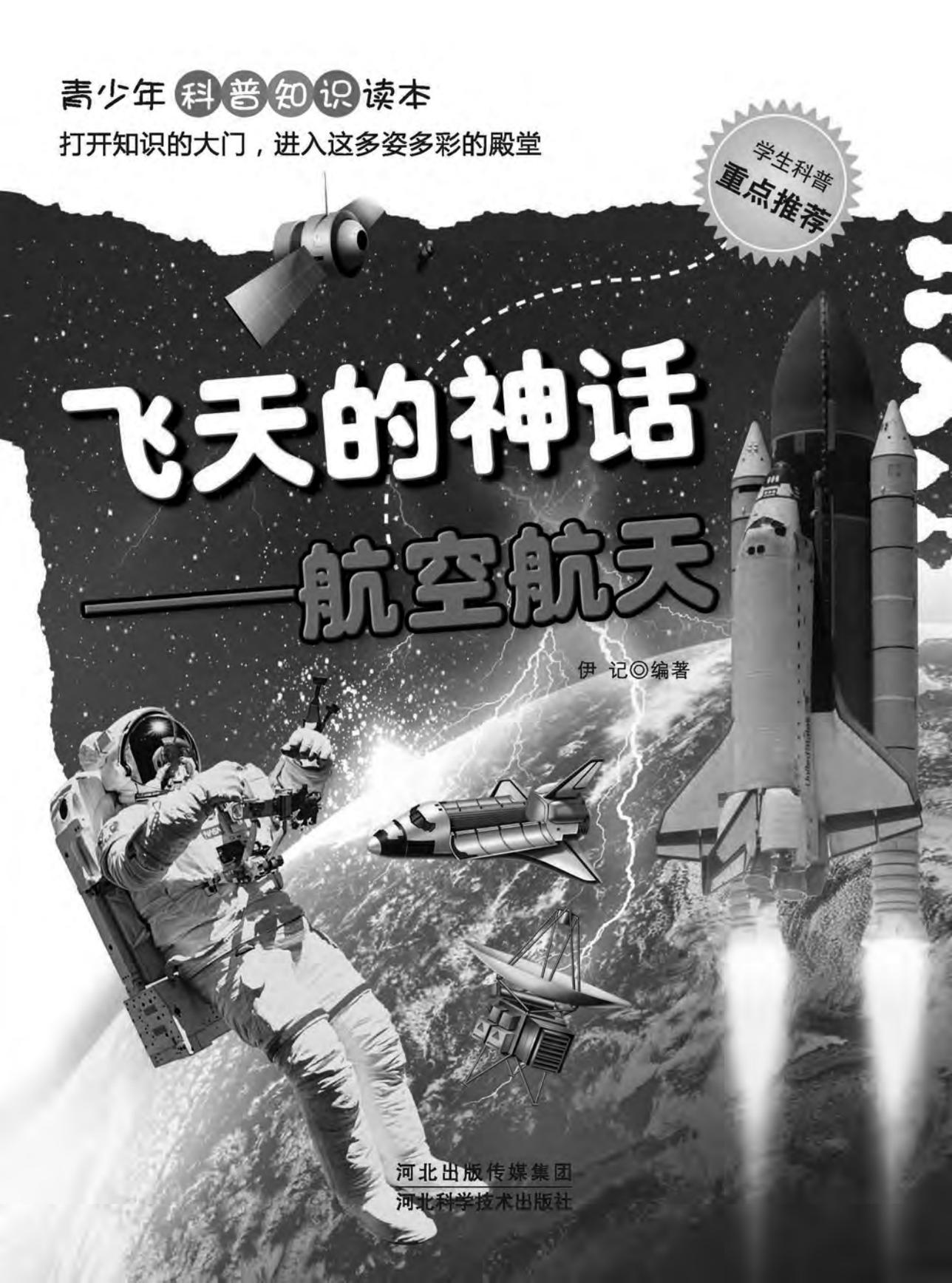
学生科普
重点推荐

飞天的神话

——航空航天

伊 记◎编著

河北出版传媒集团
河北科学技术出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

飞天的神话——航空航天 / 伊记编著. -- 石家庄 :
河北科学技术出版社, 2013.5
ISBN 978-7-5375-5855-6

I. ①飞… II. ①伊… III. ①航空 — 青年读物②航空
— 少年读物③航天 — 青年读物④航天 — 少年读物 IV.
①V-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 096163 号

飞天的神话——航空航天

伊记 编著

出版发行 河北出版传媒集团
河北科学技术出版社
地 址 石家庄市友谊北大街 330 号(邮编:050061)
印 刷 三河市杨庄刚利装订厂
经 销 新华书店
开 本 710×1000 1/16
印 张 13
字 数 160 千字
版 次 2013 年 6 月第 1 版
2013 年 6 月第 1 次印刷
定 价 25.80 元



前言

Foreword



人类渴望飞行的梦想源远流长，想像鸟儿一样自由地翱翔于蓝天，但是人类没有翅膀，如何才能飞上蓝天呢？这就得益于人类智慧的大脑了。如今，人们不但可以飞上蓝天，还能比鸟儿“飞”得更快、更高、更远，实现了人类飞上蓝天的神话。

本书既突出航空发展的历程，又注重对其科学思想、科学方法的探究，涵盖了很多学科领域；既突出趣味性，又兼顾知识的系统性和全面性，把复杂的科学知识用简明、通俗的语言加以描述或说明，深入浅出，展现航空航天业百年的辉煌历程，发掘不同时期不同事件发生的深刻缘由。让这本书带着我们追随人类飞向蓝天的足迹，走过一个个以过去、现在和未来航空航天为主题的场景，体验波澜壮阔的航天旅程！在这里你可以从地球飞向神秘的天空，触摸那遥远而又神秘的星球，也可以翱翔天际，体验一场难忘的太空之旅！让孩子们飞向蓝天、飞向太空、飞向未知世界的同时，去探索太空里更多的奥秘。

本书内容丰富有趣，详尽地介绍了各种航天飞行器以及不断发展中的航空新技术，集科学性、系统性、逻辑性、知识性、趣味性于一体，使读者青少年能够更直接、更客观地了解航空航天技术的昨天、今天和明天，把握未来航空技术发展的方向。

《飞天的神话——航空航天》一书，倾听文明的声音，纵观航天史上的奇迹，包罗趣味科普知识，丰富课外阅读视野。



Foreword

前言





第一章 人类航空发展历程

人类首次靠热气球“登天”	2
飞艇的诞生	4
带“翅膀”的飞行器——飞机	6
垂直起降的直升机	8
客机——空中交通工具	10
掠翼飞机	13
民用运输机	15
新的驱动力——喷气式飞机	17
以水面为跑道的水上飞机	19
特殊的客机——公务机	21
超音速客机	23
逃避雷达追踪的隐身飞机	24
水陆两栖飞机	25
飞离地球的航天飞机	27
探索宇宙的星际飞船	31

目 录



目 录



第二章 军事航空器的发展

F-15“鹰”式战斗机	34
F-16“战隼”轻型战斗机	44
军用运输机	48
轰炸机	57
侦察机	82
预警机	87
直升机	92
无人驾驶飞机	108

第三章 人类的航天史

火箭实验的创始者	112
运载能力最大的商用运载火箭	114
第一颗人造卫星	116
第一艘航天飞机	118
第一艘载人飞船	119
最长寿的太空探测器	120



月球不再神秘	122
人类探索金星的进程	124
人类探索木星的进程	130
人类探测水星的进程	131
人类探索火星的进程	133

第四章 航天飞行器科技大观

载人航天器的分类	138
宇宙飞船的类型	140
载人航天器与航天飞机有什么不同	144
“挑战者号”航天飞机	146
太空望远镜和著名的“哈勃太空望远镜”	147
探索空间站	150
第一艘“空间渡船”	156
探秘月球的“阿波罗”	158
“麦哲伦号”金星探测器	160
“伽利略”飞向木星	161
“旅行者1号”	162
“旅行者2号”	163

目 录



目录



核动力火箭	165
光 帆	166
“勇气号”和“机遇号”	167
“嫦娥一号”	169

第五章 载人航天

“阿波罗”计划	174
最早飞上太空的宇航员	176
人类首次太空行走	178
人类首次月球车行驶	180
第一位踏上月球的宇航员	182
航天史上第一位女指令长	184
最早的女宇航员	186
在太空中工作时间最长的人	188
航行次数最多的宇航员	190
载人航天吉尼斯	192
航天史上最大的惨剧	194
新航天大国的崛起——“嫦娥工程”	196

第一章 人类航空发展历程



人类首次靠热气球“登天”

虽然人类怀揣着飞行的梦想并不断实验、探索，但是人类始终未能如愿地登上理想的高空，与蓝天、白云做更亲密的接触。热气球出现后，人类才勇敢地踏上了高空。

纸片的启发

18 世纪，法国造纸商蒙戈菲尔兄弟因受碎纸屑在火炉中不断升起的启发，



用纸袋集聚热气做实验，使纸袋能够随着气流不断上升。1783 年 9 月 19 日，在巴黎凡尔赛宫前，蒙戈菲尔兄弟为国王、王后、宫廷大臣及 13 万巴黎市民进行了热气球的升空表演。同年 11 月 21 日下午，蒙戈菲尔兄弟又在巴黎穆埃特堡进行了世界上热气球第一次载人空中航行。

热气球飞行了 25 分钟，在飞越半个巴黎之后降落在意大利广场附近。

飞行动力

热气球的唯一飞行动力就是风。对于环球飞行的热气球来说，必须选择速度和方向都合适的高空气流，并随之运动，才能高效地完成飞行。就像环球旅



行时需要不停地换飞机一样，热气球需要搭乘不同的气流。热气球的高度通常要达到十几千米，在不同的高度受气流影响时飞行的速度是不同的。需要调整速度时，飞行员所要做的工作就是调整热气球的高度，从而改变飞行速度。

主要构成

热气球，更严格地讲，应该叫做密封热气球，由球囊、吊篮和加热装置三部分构成。球囊是由强化尼龙制成的。尽管它的质量很轻，但很结实，是不透气的。吊篮由藤条编制而成，着陆时能起到缓和冲击的作用。而燃烧器是热气球的“心脏”，用比一般家庭煤气炉大150倍的能量燃烧压缩器制成，点火燃烧器是主燃烧器的火种。一直保持火种，即使被风吹也不会熄灭。另外，热气球上有两个燃烧系统，以防备空中出现故障。

热气球运动

热气球运动具有航空体育比赛、探险、休闲、空中摄影、高空作业、气象探测、旅游观光、空中广告、地质地貌测绘、青少年科普教育等多重功能。热气球运动在国外已经流行很久，近些年来在国内开始受到人们的热捧。尤其是热气球运动是一项老少皆宜的运动和健身项目，因而具有非常广泛的受众面。

投资者的新宠

世界上很多精明的企业家都不惜投入巨资赞助热气球比赛和探险活动。如可口可乐、百事可乐、米其林和财富杂志等都有自己庞大的热气球队伍。日本本田公司连续十几年赞助日本举办百球规模的热气球大赛，柯达公司赞助美国的热气球比赛已经发展到有七百多个热气球参赛的规模。我国的热气球运动开展以来，越来越受人们的欢迎，企业家和飞行爱好者都从不同的角度关注着这项时尚运动的发展。

飞艇的诞生

空气同水一样，也有一定的密度。当存在于空气中的物体密度小于空气的密度时，这个物体就会慢慢地飘浮起来，也就是说，空气也有浮力。飞艇就是在这种浮力的作用下不断升上高空的。人们把密度小于空气的气体充入气囊内，气囊就带着舱体飞了起来。

飞艇与热气球

有人可能会将飞艇与热气球混淆起来，它们两个虽然外形很像，但有着本质的区别。首先，二者的升空方式不同：热气球是将空气加热使之密度减小，借助空气浮力升上高空；而飞艇气囊内所充入的气体本身密度就比空气密度小，因而能够在空气中飘浮。其次，飞艇依靠发动机和推进器，不像热气球完全靠风力作为前进的动力。

飞艇的发展史

1852年，法国人亨利·吉法尔用蒸汽机装配了第一艘部分可操纵的飞艇。这个雪茄形状的飞艇长44米，直径12米，发动机输出的功率是3马力，时速10千米。

德国的齐伯林研制的飞艇开创了一个飞艇广泛用于商业飞行和军事目的的新时代。

齐伯林出生于一个德国贵族家庭，快50岁时才以中将军衔退出现役，开始从事

飞行事业。他的第一艘齐伯林式飞艇“LZ-1”号于1900年试飞（此时在新大陆，莱特兄弟正专心于他们的飞机研究）。

1906年，他制造了一艘新的飞艇“LZ-3”号。“LZ-3”号的飞行取得了完全成功，两个小时飞行了97千米。到这个时候，齐伯林的成绩终于引起了德国政府的重视。

1937年，载着97名乘客的大型飞艇“兴登堡”号在美国赫特湖附近的机场着陆时爆炸起火，飞艇时代就算结束了。“兴登堡”号是德国人1936年制成的，它曾10次往返于美国和德国之间，总共运送旅客1000多人，但最终发生了飞行史上有名的空难。



喜爱的“食物”

飞艇也是一个“挑食”的家伙，充入飞艇大气囊的气体，其密度必须小于空气密度。人们通常使用的是氢气和氦气，但它们也都有其自身的不足之处。氢气的重量虽然轻，但它是一种可燃性气体，这给运行中的飞艇带来了很大的安全隐患，不小心就会发生起火、爆炸等事故。氦气虽然不具有可燃性，但它比氢气重一些，要产生相同的浮力，飞艇的体积就要非常大，这样的庞然大物是很不容易控制的。

齐伯林飞艇

1900年，德国的弗迪南德·冯·齐伯林伯爵将两台内燃机发动机应用在他的飞艇上。这艘飞艇也就是有名的齐伯林飞艇。另外，他还对飞艇的气囊作了改造。他用铝材做飞艇的骨架，用来保持气囊的形状不变，气囊中也有很多分割的小气囊。这种气囊结构不同于以前的软式飞艇，需要气体的压力才能保持形状，人们便将这种飞艇称为“硬式飞艇”。

飞艇的应用

早期的飞艇多用于军事活动，但是存在体积大、速度慢的问题。现代的飞艇大都用来在特定的场合渲染气氛，如在巴塞罗那奥运会上，飞艇出现在会场上空，用来宣传和空中摄像。近些年又出现了高空执行预警侦察的专用飞艇。这种飞艇配有太阳能电池，能够长期飘浮于高空执行预警和侦察任务。由于飞行高度的关系，这种比空气轻的飞行器可以避开暴风雪和狂风，长达数年地模仿同步卫星与地面保持相对固定的位置。

带“翅膀”的飞行器——飞机

当看到鸟和昆虫挥动着翅膀在空中飞翔的时候，人类也想尝试一下。于是，人类怀揣着最初的梦想开始了对飞翔的探索。凭借着坚持到底的信念和不断探索的精神，终于有一天人类飞上了蓝天。飞机出现了，它带着人们飞翔在更高的高空，人们似乎伸开双臂就可以拥抱蓝天。

插翅而飞

一直以来，人类从鸟挥动翅膀得到启发，利用羽毛或其他人造物做成类似翅膀的工具，靠挥动双臂或者其他机械的方式想要飞翔。其中最著名的有达·芬奇设计并制造的扑翼机。达·芬奇是15世纪欧洲文艺复兴时期伟大的文艺、科学巨擘。他不仅在绘画上有很高的造诣，在科学研究上也有着自己的突出贡献。他设计的扑翼机有宽大的翅膀，还有一个三角形的尾羽，完全模仿鸟的样

子设计。人仰卧在机翼中部，拉动特制的手柄来控制翅膀挥动，但他的这一设计并没有获得成功。

最初的试验

英国的乔治·凯利爵士发明了第一架滑翔机，但不能称为真正意义上的飞机。在他之后，1874年和1884年法国的迪唐普尔和俄国的莫查依斯基，相继推出了自己发明的飞机。虽然他们采用蒸汽机驱动，可飞机只能作短距离的跳跃飞行，仍旧不能算是真正的飞机。

真正的飞机

莱特兄弟将真正意义上的飞机带给了人类。1903年，他们制造的“飞行者”1号是第一架依靠自身动力，并且能够载人飞行的飞机。这架飞机经过了4次试飞，不断改进，在最后一次试飞的时候在空中停留了59秒，飞行距离达到260米。

冯如发明飞机

冯如是中国最早的飞机设计师和飞行员。他于1908年制造出自己的第一架飞机。1909年9月21日，他在美国奥克兰市附近的派得蒙特山丘上试飞成功。后来他又对自己的飞机进行了新的调整和改良。他后期研制的飞机时速可达105千米，能够在高度为210米的高空上飞行32千米。



首次飞越大西洋

1919年6月14日，人类驾驶着飞机首次飞越了大西洋。完成这一重要使命的是英国的阿尔科克上尉和布朗中尉。他们驾驶着“维米”式飞机，从加拿大纽芬兰的圣约翰斯起飞，次日凌晨降落在英国境内。飞行当天天气非常恶劣，但最终他们还是在艰难中顺利完成了飞行。

垂直起降的直升机

在遇到一些紧急情况时，人们需要飞机的援助。但是，在一些特殊的地方，没有能够供飞机起飞和降落的长距离跑道。于是，人们开始思考有没有一种可以垂直起降的飞机，能够在较小的空间内直升直降。直升机的出现，实现了人类的这一美好的愿望，帮助人们解决了许多实际中的困难。

直升机的发明

很早以前发明家们就已经认识到，得到升力的途径之一是使用一种叫做水平旋翼的旋转器械。在19世纪的欧洲，人们对旋翼飞行器或称直升机（它们出名后的叫法）颇感兴趣。路易斯·布雷格特与雅克·布雷格特兄弟俩建造了一架精心设计的直升机。它有4个聚集在飞行员周围的水平旋翼，飞行员坐在飞机的中部。兄弟俩于1907年9月在法国杜埃试验了自己的航空器。他们没有去冒自由飞翔的危险，而是用绳子把飞机拴在地面上后再启动发动机。直升机上升了约1.5米，然后又重新降落到地面上。



与此同时，法国人保罗·科尼也在制造一架直升机。1907年11月，他在科西厄克斯进行了第一次飞行，这次，直升机作了一次短暂的、无绳子拴着的飞行。直升机终于离开了地面。

布雷格特兄弟俩和科尼进行了试验，但是第一架实用的直升机直到20世纪30年代才制造出来。伊戈尔·西科斯基在1939年建造了第一架真正成功的直升机 VS-300。

家族的母版

1939年春，美国的伊戈尔·西科斯基完成了 VS-300 直升机的全部设计工作，同年夏天制造出一架原型机。这是一架单旋翼带尾桨式的直升机，装有三片桨叶的旋翼，旋翼直径约 8.5 米，尾部装有两片桨叶的尾桨。其机身由钢管焊接结构，由 V 型皮带和齿轮组成传动装置。这种单旋翼带尾桨式直升机成为现在最常见的直升机类型，很自然地被称为直升机家族里的母版。



起飞的奥秘

直升机的旋翼高速旋转，在与周围的空气相互作用中产生了向上的升力，这就是直升机起飞的动力。它主要是靠桨叶的旋转产生，所以即使在半空中直升机的发动机停止运转，飞行员仍旧可以通过特殊的装置使桨叶保持转动，防止机体快速下降。

民用直升机

直升机自问世以来，在民用领域获得越来越广泛的应用。1947年10月，美国洛杉矶航空公司首次用S-51直升机开辟世界上第一条直升机固定邮政航班。第一条直升机国际航线是1953年在比利时开辟的，那一年S-55直升机把布鲁塞尔、鹿特丹和马斯特里赫特与法国里尔联系起来。后来在一些大城市的两个机场之间建立了直升机航班，如英国伦敦的希思罗机场和盖特威克机场之间、日本东京的成田和羽田机场之间。

民用直升机的另一次大发展是围绕开发北海油田展开的。英国、荷兰、挪威有很多家直升机公司为这个地区的油气田探测、海上钻井平台提供后勤服务，运输人员和物资。

直升机在农业上也得到广泛应用。根据英国直升机顾问委员会的资料，苏联有7000架直升机用于农业，远远领先于美国（1000架）和英国（60架）。

其他能应用直升机的领域还有地质勘探、水电建设、鱼汛侦察、交通管理、观光旅游、抢险救灾、新闻采集、影视制作、环境监测、治安巡逻、公安执法等。

客机——空中交通工具

客机狭义指民航客机，是体型较大、载客量较多的集体飞行运输工具，用于来往国内及国际商业航班。民航客机一般由航空公司运营。执行商业航班飞行的客机主要分为干线客机、支线客机。客机按航程分为短程、中程、远程。客机按起飞重量与载客量分为小型、中型、大型。客机按驱动方式分为螺旋桨式客机、喷气式客机。

客机的简史

专门设计的客机出现于1919年。英国最早制造一架DH-16单发动机的4座客机。在后来层出不穷的螺旋桨客机中，美国研制的DC-3（1935年）曾被认为是最出色的。20世纪50年代出现的喷气式客机，是民用航空技术的重大发展。1956~1958年投入航线使用的客机，巡航速度在800千米/小时以上，飞行高度在万米以上。代表性的客机有英国的“彗星”IV、苏联的图-104、美国的波音707和DC-8。20世纪60年代初出现的中、短程客机采用了耗油率较低的涡轮风扇发动机，机翼有高效率的增升装置，缩短了起降滑跑距离。代表性的有美国的波音727、波音737、DC-9，英国的“三叉戟”。20世纪70年代出现的宽机身客机大大提高了载客能力，由以前客机的100~150人增加到350~500人。代表性的机型有美国的波音747、DC-10、L-1011，欧洲的A-300和苏联的伊尔86。20世纪80年代初研制的中程客机的特点是省油、低噪声和机载设备先进。代表性机型有美国的波音757、波音767、欧洲的A-310等。

客机的分类

客机依其分类标准的不同，可有以下划分方法。

(1) 按飞机的用途划分，有民用航空飞机和国家航空飞机之分。国家航空飞机是指军队、警察和海关等使用的飞机，民用航空飞机主要是指民用飞机和直升机，民用飞机指民用的客机、货机和客货两用机。

(2) 按飞机发动机的类型分，有螺旋桨飞机和喷气式飞机之分。螺旋桨式飞机，包括活塞螺旋桨式飞机和涡轮螺旋桨式飞机。飞机引擎为活塞螺旋桨式，这是最原始的动力形式。它利用螺旋桨的转动将空气向机后推动，借其反作用力推动飞机前进。螺旋桨转速愈高，则飞行速度愈快。喷气式飞机，包括涡轮喷气式和涡轮风扇喷气式飞机。这种机型的优点是结构简单，速度快，一般时速可达500~600英里（1英里=1.609344千米）；燃料费用节省，装载量大，



一般可载客 400 ~ 500 人或 100 吨货物。

(3) 按飞机的发动机数量分, 有单机(动机)飞机、双发(动机)飞机、三发(动机)飞机、四发(动机)飞机之分。历史上曾经出现过六发飞机, 即协和飞机, 于 1959 年首飞, 2003 年退役, 其速度可在

15 000 米的高空上达到 2.02 倍音速。

(4) 按飞行的速度分, 有亚音速飞机和超音速飞机之分。亚音速飞机又分低速飞机(飞行速度低于 400 千米/小时)和高亚音速飞机(飞行速度马赫数为 0.8 ~ 8.9)。多数喷气式飞机为高亚音速飞机。

(5) 按飞机的航程远近分, 有近程、中程、远程飞机之分。远程飞机的航程为 11 000 千米左右, 可以完成中途不着陆的洲际跨洋飞行。中程飞机的航程为 3000 千米左右, 近程飞机的航程一般小于 1000 千米。近程飞机一般用于支线, 因此又称支线飞机。中、远程飞机一般用于国内干线和国际航线, 又称干线飞机。

我国民航总局采用按飞机客座数划分大、中、小型飞机。飞机的客座数在 100 座以下的为小型, 100 ~ 200 座为中型, 200 座以上的为大型。

支线客机

支线客机通常是指 100 座以下的小型旅客机, 主要用于大城市与中小城市之间的旅客运输。支线航空是 20 世纪 60 年代才开始兴起的, 但发展速度很快, 特别是在美国 1978 年对民航运输业采取“放松管制”政策以后, 发展更加迅速。

支线客机按座位多少, 形成不同的档次, 主要有 10 座级(一般为 8 ~ 9 座)、20 座级(15 ~ 21 座, 一般为 19 座)、30 座级(28 ~ 40 座)、50 座级



(40~65座)、80座级(70~85座)、100座级(90~110座)。各航空公司可以根据不同航线的距离和客源情况,选择最佳机型。从世界范围看,航空运输呈不断增长的趋势,导致航线和机场拥挤问题日益突出,由于新建或扩建机场都受到用地紧张、保护环境等因素的限制,使支线飞机的研制出现大型化的趋势。据美国联邦航空局统计,1978~1987年间美国支线航空客机的平均座位数从11.9个增加到20.1个,增长68.1%,到1999年已加大到29.1个。另外,从全世界不同时期各类支线飞机的比例也能看出支线飞机大型化的趋势。

美国是支线航空最发达的地区,目前共有1922架支线客机,其中大部分是涡轮螺旋桨式飞机(占73.1%),其次是活塞式飞机(占24.8%)、直升机(占1.1%)和喷气式飞机(占1%)。从座位数看,数量最多的是10~19座飞机,占总数的39.5%。但研制生产支线飞机的厂家大多在欧洲(英国、荷兰、法国、意大利、德国和瑞典)及世界其他地区,如加拿大、巴西、印尼、中国等。

掠翼飞机

早期的飞机多采用直机翼,后来为提高飞机的飞行速度,作超音速飞行,飞机发明家们竭尽智力地研究机翼的形状和布局,而前掠、后掠、变后掠、斜翼和X翼等形形色色的飞机机翼就是他们独具创新的设计。这些机翼有一个共同特点就是都带有掠角,因此,我们把装有这些机翼的飞机统称为掠翼飞机。

第一架前掠翼飞机是第二次世界大战中出现的德国制容克JU-287大型喷气轰炸机。它的最大飞行速度是810千米/小时,比当时的任何螺旋桨飞机都快得多。有人认为这种飞机的试飞成功是高速飞机设计的一项革命性突破。但奇怪的是,在飞行中发现,铝合金前掠翼发生严重颤振和翼梢扭曲变形,成为它的

致命弱点，这种飞机的研制因此而搁置。

20 世纪 80 年代，随着复合材料和控制技术的进步，前掠翼飞机才东山再起，重新发展。美国格鲁门公司研制了两架 X-29A 前掠翼验证机，机翼上用碳纤维复合材料，以特殊铺层的办法制作蒙皮而解决了这一关键问题。在爱德华空军基地试飞时，发现这种飞机的升力增大了 30% ~ 40%，阻力减小了 10% ~ 20%，重量减轻了约 25%，飞行速度达到音速的 1.5 倍，取得了惊人的成果。

现在，美国计划将 X-29A 验证机的试验成果应用到先进技术战斗机的方案上，着手研制具有实战能力的前掠翼战斗机。他们提出的方案很多，其中最具特色的是前掠双垂尾的布局。这种战斗机作大机动飞行时前掠立尾前方的气流恰好垂直于它的前缘，这样，方向舵就会达到非常好的气动效果，而且横侧操纵能力也会大大增强。当然发动机的转向喷口也可以帮助纵、横向操纵，使其更加机动灵活。

后掠翼飞机，人们对它并不陌生。早期的一些亚音速战斗机为了改善性能也采用后掠机翼，美国在 20 世纪 40 年代初研制成功的 XP-55 战斗机就是典型的一种。现役超音速战斗机的机翼都带后掠，令人瞩目的美国 F-16 和俄罗斯米格-29 战斗机就是采用大后掠角的边条翼和三角翼组合的布局，使气动特性得到极大改善。

第二次世界大战结束时，美国从德国法西斯手中缴获了大量国防机密资料，发现梅塞施米特公司当时正在设计变后掠翼的 P-1101 战斗机。该设计可使平直机翼转成后掠翼，又可把后掠机翼转成平直机翼，这引起美国空军的极大重视，并决定制造样机进行试验。1948 年，贝尔公司承担了研制任务，样机定名为 X-5 变后掠翼研究机。

1951 年，第一架可变后掠翼飞机试飞成功。1964 年，美国的 F-111 变后掠翼战斗机问世，轰动世界。此后各国飞机设计师纷纷效仿，先后已有十多种先进的变后掠翼战斗机和轰炸机问世。如美国的 F-14，俄罗斯的米格-23、米格-27、苏-27 等战斗机；美国的 B-1、俄罗斯的“海盗旗”等超音速战略轰炸机等。

变后掠翼飞机在高速飞行时机翼转成大后掠角，飞机的阻力小，加速性能好，抗阵风能力强；起落和低速飞行时，机翼转成平直和小后掠角，飞机的续



航时间增长，经济性能好，起落距离短，安全，因而成为现代战斗机和轰炸机设计中的重要举措。

X形机翼飞机的方案很早就有了。美国对它的研究也不少，而美国航空公司在20世纪80年代末提出X形机翼的新型战斗机方案却很奇特。

这种飞机机翼为X形翼，一副前掠，一副后掠，像一只大蝙蝠。飞机的机身短，进气道和发动机都装在腰部，喷口处于X形翼后缘交汇处。发动机的喷气流从机翼表面上向后诱导出强气流，不但带走前掠翼与边条翼交汇处形成的乱流，而且这股气流产生的环量可以大大提高机翼的升力，据估计，这种飞机的机动性能将极其优越。

美国西科斯基公司提出了直升机和X型翼飞机结合为一体的新方案，用X形机翼进一步进行转换试验。计划中的这种飞机具有极强的性能，在各种飞行条件下都能够达到最佳的飞行状态，人们正企盼着这种新型飞机的问世。

民用运输机

航空中用于客货运输的飞机，我们称之为民用运输机。民用运输机在飞机家族中占有非常重要的地位，人类发明飞机的最初愿望就是为了客货高速、不受约束自由地运输，实现自己的飞翔梦想。由于服役时间长、经验丰富，民用运输机自然而然地就成为“老前辈”。

发展过程

民用运输机虽然在飞机诞生后不久就产生了，但是直到20世纪30年代才趋于成熟。当时美国和德国制造了以活塞式发动机为动力装置的飞机。第二次

世界大战结束后，航空技术发展很快。20 世纪 50 年代出现了涡轮螺旋桨飞机，如英国的“子爵”号飞机等。同一时期，涡轮喷气式运输机研制成功，这被认为在民用运输机的发展史上具有划时代的意义。

分 类

民用运输机是一个非常笼统的概念，根据不同的分类标准又可以把它细分为不同的种类。通常根据起飞重量的差异分为小型、中型、大型三种。按航程远近不同可分为近程、中程、远程三种。按用途又可以分为客机和货机。

机身构造

机身是整个飞机的主体，布置有客舱、行李舱和服务舱，前部布置驾驶舱和操纵系统。为了保证旅客的安全和舒适，现代客机的客舱都是增压密封舱，舱内装有空调、供氧、救生等设备。周到的服务，舒适的环境，让旅客在享受高空之旅的时候暂时缓解焦躁和不安的情绪。

私人飞机

公务包机（专机）和私人飞机，从类别上说它们均属于客机，并根据机型不



同归入到远程、中程或短程客机里面。远程包机目前也只有政府才能拥有，如美国总统的“空军”一号。中程和短程公务包机很多企业已经拥有了，其中又以小型公务包机为最多。私人飞机目前只有短程一种，乘员 2~5 人的最为普遍，费用比较高昂，只有少部分人才能够拥有。

民航客机的未来

随着民航事业的迅速发展，乘坐飞机的人越来越多。一方面使一些繁忙航线的航班数量迅速增多，给空中交通管制带来很大负担；另一方面人们对于远程航线特别是越洋航线的飞行时间仍感偏长，迫切需要缩短时间的愿望也越来越强烈。

因此，未来的客机需要朝高速化和巨型化方向发展。要实现这一目标，还需要很长的一段路要走。

新的驱动力——喷气式飞机

驱动飞机前进的动力有很多。在发现蒸汽机、内燃机可以为飞机提供这种动力的同时，人们还发现了喷气的力量，这是一种区别于前两者的动力驱动方式。喷气式飞机就是依靠这种动力，实现了人类追求更快、更高的飞行目标。

第一架喷气式飞机

1939年8月27日，人类航空史上第一架喷气式飞机试飞成功。它是飞机设计师亨克尔和燃气涡轮专家奥海恩共同制作完成的，名为He-178喷气式战斗机。这架飞机的机身由亨克尔设计，发动机是奥海恩研制的推力为380千克的HeS-3B涡轮喷气发动机。在巨大的轰鸣声中，这架飞机冲上蓝天，带领着飞机进入了喷气时代。

喷气的原理

如果以为世界上的动力装置只有蒸汽机和内燃机，那么喷气发动机就要不“高兴”了。喷气发动机是利用压气机先将空气吸入，然后在燃烧室内让燃油燃烧，加热空气。加热后的空气带动涡轮转动，涡轮又带动压气机给气体加压。最后，这种高压的燃气从发动机的排气锥和推力喷管喷出，产生向后的推力。

喷气式飞机表演

现在，人们由喷气式飞机尾部拉烟现象得到启发，在一些特殊的场合安排了特别的“拉烟表演”。表演中，喷气式飞机尾部喷出五颜六色的烟雾，不断变换飞行路线，在空中留下美丽的图案。这种烟雾的产生，是因为在飞机的翼尖、机腹或者机尾安装了专门的烟雾释放装置，能够在表演中释放出烟雾来，它与喷气式飞机在自然状况下产生的烟雾并不一样。

留在天上的尾巴

当喷气式飞机从天空中飞过的时候，人们常常会看到它身后拖着一条长长的“尾巴”，在飞机飞过很长一段时间后，仍旧留在天空中。这条“尾巴”叫做飞机“尾迹云”。只有当喷气式飞机在 20℃ 的环境中飞行，而且空气湿度很高，接近于饱和，同时大气又比较稳定的时候才会出现。飞机尾部喷出的废气使空中的低温高湿空气凝结，就形成了人们看到的长长的白色“尾巴”。

应用于战争

因为喷气式飞机的飞行速度很快，所以人们一直都在考虑将其应用在军事方面。在第二次世界大战中，喷气式飞机就投入了使用。英国和德国都将一部



分喷气式飞机应用在这次战争中，美国和日本也从英、德两国那里引进了制造喷气式飞机的技术。

以水面为跑道的水上飞机

普通飞机的起飞、降落和停泊都要以平坦、坚实的陆地作支撑，可有一种特殊的飞机，它可以在水面自由地完成许多动作，让其他飞机望尘莫及，这就是水上飞机。水上飞机可以根据人们特殊的需要，在水面上又快又好地完成飞行或其他任务，是人类水上作业的好帮手。

“两栖动物”

水上飞机可以看做是“飞机与船的结合”。最早实现这种结合的是法国人亨利·法布尔。他从1907年开始了对水上飞机的研究。1910年3月28日，他所研制的飞机第一次试飞，但是没能离开水面。后来，他对这架飞机进行了改良。在第二次飞行中，飞机离开水面飞行了500米，真正成就了“飞机与船的结合”。世界上第一架水上飞机就此诞生了。

第一架水上飞机

亨利·法布尔制造的世界第一架水上飞机，严格来说是一架浮筒式的水上飞机，就是将普通飞机的起落架改装成可以在水面上浮起的浮筒。整个机身是木质结构，浮筒是用弹性较好的胶合板制作而成。整架飞机在水中由三个浮筒支撑，一个装在机身前面，另外两个分别装在机翼下面。

浮筒式水上飞机

浮筒式水上飞机一般多是小型飞机。在机身下方装有一或两个浮筒，将机身与水面分离，有些飞机在机翼两边还装有小型辅助浮筒，以避免飞机因为往两侧倾斜而翻覆的危险。自第一次世界大战开始，巡洋舰以上的军舰多半会携带一架或者更多的浮筒式水上飞机，进行远距离侦查、目标搜索等任务。当飞机降落时先降落在军舰附近的海面上，然后由军舰上的起重机将飞机吊回舰上并安置妥当。这一类搭载方式的浮筒式水上飞机也可以由水面直接起飞。

用途广泛

水上飞机由于特殊的性能，用途非常广泛，最早人们将它应用在军事活动中。装上炸弹、鱼雷等的水上飞机，是很好的进攻武器。在第一次和第二次世界大战中，水上飞机在侦查、进攻、与空军协同作战等方面，都是功不可没。在和平年代，当油轮不慎在海中泄漏时，水上飞机可以帮助喷洒化学药剂，清理水面上的浮油，防止造成污染。另外，在一些需要特殊气氛的场合，水上飞机还能够进行精彩的水上表演。

未来的畅想

人们对水上飞机的思考和改进并没有停下来。人们希望将水上飞机和潜艇结合起来，实现水上、水下、空中三栖作业。有人提议将其与潜艇合用，可以将飞机从水下射出；也有人提议对机翼进行改造，将其设计为可折叠式的，在水下时将其折起，到空中再展翼。这些都还是初步的设想，人们还在不断地探索中。

特殊的客机——公务机

公务机是在行政事务和商务活动中用做交通工具的飞行器，也称行政机或商务飞机。公务机一般为9吨以下的小型飞机，可乘4~10人。但有的国家把总统、国王、皇室成员专用的要人专机也列入通用航空范围，这时波音747这样的大型飞机也可以列入公务机行列了。

公务机中也有许多如“湾流”“奖状”“挑战者”等机型的喷气式飞机。这些飞机的飞行速度与大型机相比毫不逊色，巡航高度可达12000米，最大航程有的可达到12000千米。大多数国外公司都使用现代的、多台涡轮风扇发动机或涡轮螺旋桨发动机的公务机，或者安全性能高的直升机。

用 途

在一般人的概念中，公务机就是私人小飞机。但这样理解并不全面，在国外的确有许多私人拥有公务机，然而国内相当多的公务机都属于公务机租赁公司，当用户需要的时候可以向租赁公司租用，许多即将飞到上海来的公务机就是临时被一些公司老板租用的。当然，世界大跨国集团一般会拥有由数架公务机组成的机队，并配备飞行和地勤人员。

优 势

公务航空公司或私人营运的公务机不受航班时间的限制，不受目的地的限制，因而有很好的行程灵活性、时间保证性和乘坐稳定性。



公务航空是一种非常安全有效的旅行方式，能使人力和时间的效率最大化。对乘客来说，利用公务航空不仅能够节约雇员的时间，增加途中的效率，使非商务时间最小化；还能够确保行业机密，反映一个企业的正面形象，并满足个人对旅途安全性和舒适性的要求。

乘坐公务机旅行，是企业良好经营业绩的展现。它将集中体现公司对时间和效率的极大关注，树立蓬勃向上的企业形象。用公务机接送重要客户也将给客户留下深刻的印象，使商业信誉升值。

发展潮流

当今大公司领导人在商务旅行时都坐的是公务包机。与此同时，海尔、华晨等公司也作出了同样的选择。包租公务机，正成为一些大企业商旅人士的首选。而“远大”“春兰”等企业，更组建了自己的公务机队。至于海外大公司，《财富》500强中已有341家公司拥有了自己的公务机或公务机队。

发达国家的状况

公务航空是按照某一旅客或机构的特殊要求，通过专门设计的航线，在约定时间内向旅客提供包机飞行服务。许多大公司使用公务飞机运送人员和紧急物品到分布在各地的公司或客户地点。

目前全世界在飞的民用飞机总数约为38万架，但航班飞机不到10%，90%以上都是公务机和工业、农业、娱乐及体育用飞机。

发达国家公务机较多，如美国拥有各种飞机20.5万架，公务机的年飞行小

时早已超过航班飞机的年飞行小时。有 1.5 万家企业用自己的飞机从事公务运输。在美国，适合公务机起降的机场较多。航班飞机适用的机场不到 600 个，但适应中型飞机起降的机场超过 5000 个，适合小型飞机起降的机场则约有 19 000 个。

超音速客机

1986 年 2 月，美国总统里根要求研制一种空天飞机的民用型高超音速客机，这使超音速客机的研制经过 1/4 世纪的沉寂后开始升温。美国将这种超音速客机命名为“东方快车”，会大大提高跨越太平洋运输的巨大潜力。

空天飞机作为一种高超音速运输机，具有推进效率高、耗油低、载客量大、飞行速度快等优点，是实现全球范围空中运输的一种经济而有效的工具。

“东方快车”是一种大型民用客机。外形尺寸比一般客机长两倍，载客 305 名，航程 12 870 千米，巡航时速 5600 千米，最大时速 16 090 千米，飞行高度 30 千米。它所采用的推进系统是多循环方式的组合式发动机组，使用液氢做推进剂。这种飞机使用费用与目前的宽体客机波音 747 等差不多。



逃避雷达追踪的隐身飞机

隐身飞机是指利用各种技术手段减弱或改变自身特征信息使之不易被发现的飞机。“隐身”（亦称“隐形”）仅是一种借喻，并非指飞机在目视能见距离内不被发现。

隐身飞机采取的技术措施主要有雷达隐身技术和红外隐身技术。①雷达隐身技术。主要有低散射气动外形技术、隐身材料技术和阻抗加载技术等。低散射气动外形技术是设计适当的气动外形布局以减弱飞机在雷达接收方向的散射效应。如采用翼身融合体和半埋式座舱，使机翼与机身、座舱与机身平滑过渡，融为一体；减少飞机表面能造成散射的突起物，对外挂武器进行保形设计或内埋设计；采用S形弯曲的进气道和尾喷管，在进气道和尾喷管内加隔板，抑制进气道和尾喷管空腔反射和压气机、涡轮的镜面反射；采用尖头的翼型和进气道唇口；将飞机的所有边缘设计为少数几个平行方向，使所有边缘的雷达散射波集中形成少数几个固定方向的反射波束，其他方向的反射波很弱，形成闪烁的雷达信号，不易辨别；尽量减小飞机的几何尺寸，减少飞机部件。隐身材料技术是在飞机表面涂敷电磁波吸收材料，以减小飞机的雷达截面积；尽可能使用复合材料。阻抗加载技术是在飞机金属表面并联等效负载，以改变飞机的固有电磁谐振特性，减小飞机的雷达截面积。②红外隐身技术。主要是通过改进结构设计和应用红外物理学研究的成果来吸收和减弱飞机的热辐射能量，使红外探测设备难以发现。发动机是飞机的主要热辐射源。采用二元喷管，取消加力燃烧室，在燃料中加入添加剂，使燃料充分燃烧，可以减弱排气的红外辐射；采用异形喷管以改变红外波长，使工作在特定波长的红外探测器失效；对发动机尾喷口的喷焰进行遮挡，改变喷口喷流方向，在喷管外安装红外吸收装置等



措施，都可以达到一定的红外隐身效果。此外，在机身上涂敷红外吸波涂料，用加碳纤维吸热复合材料覆盖机身，可进一步提高红外隐身的效果。

第二次世界大战期间，一些飞机采用经试验的迷彩涂料，降低飞机与天空背景的对比度，减小飞机的目视特征。这是最早、最简单的隐身飞机。20世纪60年代初，美国的U-2和SR-71侦察机开始采用雷达隐身技术。1978年，美国政府批准F-117A攻击机研制计划，主要从气动布局、发动机配置和材料选用等方面采取措施，具有很强的隐身能力，其前视雷达反射截面积只有0.01平方米。1989年7月，原型机首飞的美国B-2轰炸机，采用飞翼式外形，将机身、驾驶舱、发动机舱和机翼融合成一体，再加上其他措施，使其雷达反射截面积不超过0.4平方米，如同蓝天中的一只小鸟。

隐身飞机可以有效地提高生存力，但也存在一些弱点。①隐身的特殊要求可能使飞机外形在气动方面不符合最佳设计，会引起气动阻力增大，结构重量增加，从而引起性能下降。②雷达吸波材料本身有局限性，如F-117A的吸波材料主要是针对厘米波的，对米波和毫米波无效。现代研究的超视距雷达、光学雷达、双基地/多基地雷达、谐波雷达和无源雷达，都具有较先进的反隐身能力。③难以设置外挂武器，载弹量少，作战能力单一。④研制生产费用昂贵，维护修理困难。尽管如此，隐身特性已成为第四代战斗机的一个重要特征。

水陆两栖飞机

随着社会经济的迅猛发展，人们对空中交通运输工具提出了更高的要求。发展航空运输的前提是必须有完善的机场设施。但修建一个标准陆上机场需要占地1000万平方米，耗费数万亿美元的资金，在耕地面积日趋减少的情况下，这一要求显得越来越难以满足。



另外，机场必须修建在大城市的远郊。虽然空中飞行速度很快，但从住处到机场的距离所花费的时间有时会比空中飞行的时间还要长，因此，在几百千米的短途飞行中，乘飞机反倒麻烦，还不如乘高速列车方便。

为了改变上述缺点，人们研制了一种水陆两栖飞机，这种飞机既可以在水上起降又可以在陆上机场或简易跑道上起降，因而适用范围非常广泛。对比陆上飞机，这种飞机的主要优越性有以下几方面。



首先，水陆两栖飞机机动性能好，使用方便。这种飞机既可以在海滨城市的海面上起降，又可以在内陆城市的机场或简易跑道上起降，不再依靠陆上固定的航空港。如遇到一些需要紧急救护事件和特殊公务飞行，水陆两栖飞机对机场的选择性范围大，并可快速抵达。

其次，水陆两栖飞机适用于支线客货运输的发展。由于水陆两栖飞机适合水、陆机场起降，不仅能实现有水域地区之间的相互通航，而且能实现有水域地区与无水域地区之间的相互通航。

再次，水陆两栖飞机解决了水上飞机远距离转场飞行难的问题。因为远距离转场时，水陆两栖飞机可利用陆上机场作为临时降落场。

以上特点说明，虽然水陆两栖飞机比同量级的陆上飞机和水上飞机造价高，技术复杂程度大，但与它的使用价值和实用性相比，显得微不足道。

目前，世界上已生产使用的水上飞机和水陆两栖飞机已达 360 多个品种，2 万多架。其中，水陆两栖飞机 29 个品种，2 千多架。这些飞机主要用于军事方面的作战、轰炸、侦察、巡逻、反潜、布雷、运输等，以及民用方面的专线包机旅游客运、空中摄影、公安监控及消防和侦缉、公务飞行、农林作业和森林灭火、体育运动、水域旅游、海上救护等，用途十分广泛。

飞离地球的航天飞机

航天飞机，又称为太空梭或太空穿梭机，是可重复使用的、往返于太空和地面之间的航天器，结合了飞机与航天器的性质。它既能代表运载火箭把人造卫星等航天器送入太空，也能像载人飞船那样在轨道上运行，还能像飞机那样在大气层中滑翔着陆。航天飞机为人类自由进出太空提供了很好的条件，它大大降低了航天活动的费用，是航天史上的一个重要里程碑。作为一种可重复使用的天地往返运输器，航天飞机是现代火箭、飞机、飞船三者结合的产物。它能像火箭一样垂直起飞，像飞船一样绕地球飞行，像飞机一样水平着陆。航天飞机是人类有史以来建造的最复杂的机器，强大的运载能力使其成为独一无二的航天器。正是在航天飞机强大运载能力的支持下，人类才有可能一步步修建国际空间站，为人类登陆月球、奔向火星乃至更广阔的宇宙空间铺平了道路。

航天飞机的组成部分

航天飞机是一种垂直起飞、水平降落的载人航天器。它以火箭发动机为动力发射到太空，能在轨道上运行，且可以往返于地球表面和近地轨道之间。它由轨道器、固体燃料助推火箭和外储箱三大部分组成。

1. 外部燃料箱

外表为铁锈颜色，主要由前部液氧箱、后部液氢箱以及连接前后两箱的箱间段组成。外部燃料箱负责为航天飞机的3台主发动机提供燃料。外部燃料箱是航天飞机三大模块中唯一不能重复使用的部分，发射后约8.5分钟燃料耗尽，外部燃料箱便坠入到大洋中。



2. 一对固体火箭助推器

这对火箭助推器中装有助推燃料，平行安装在外部燃料箱的两侧，为航天飞机垂直起飞和飞出大气层进入轨道提供额外推力。在发射后的前两分钟内，与航天飞机的主发动机一同工作，到达一定高度后，与航天飞机分离，前锥段里降落伞系统启动，使其降落在大西洋上，可回收重复使用。

3. 轨道器

即航天飞机本身，它是整个系统的核心部分。轨道器是整个系统中唯一可以载人的、真正在地球轨道上飞行的部件，它很像一架大型的三角翼飞机。它的全长 37.24 米，起落架放下时高 17.27 米，三角形后掠机翼的最大翼展 23.97 米，不带有效载荷时重量 68 吨，飞行结束后，携带有效载荷着陆的轨道器重量可达 87 吨。它所经历的飞行过程及其环境比现代飞机要恶劣得多，它既要有适于在大气层中作高超音速、超音速、亚音速和水平着陆的气动外形，又要有承受载入大气层时高温气动加热的防热系统。因此，它是整个航天飞机系统中设计最困难、结构最复杂、遇到问题最多的部分。

航天飞机大显身手

航天飞机一登上宇宙航行的舞台便大显身手。在航天领域扮演着越来越重要的角色，它能执行各种各样的任务。

1. 施放卫星

航天飞机可以将载人的和不载人的有效载荷送入地球环形轨道。航天飞机



轨道级的货舱可以放置一颗巨型卫星，或者5~8颗小卫星，如资源卫星、导航卫星、气象卫星、通信卫星等。从航天飞机上发放卫星极其简单。飞机飞入预定轨道后，驾驶员将飞机调整到合适高度、姿态，按动按钮，卫星便被弹出货舱，进入轨道。

1981年11月11日，美国“哥伦比亚号”航天飞机进行第一次商业飞行任务，施放两颗通讯卫星：美国的SBS-3和加拿大的安尼克-C。1983年4月20日，美国的“挑战者号”航天飞机一次施放了三颗卫星。这不仅简化了卫星的发射过程，也大大降低了发射成本，提高了发射精度。

2. 回收、检修航天器

如果太空中的卫星上某个部件或某一系统发生故障，将使整个卫星失效，被白白遗弃，造成很大浪费。航天飞机出现后，这一问题便得到解决。

航天飞机可以调整自己的飞行轨道、速度、姿态，与发生故障的卫星交会，用机械手将卫星回收舱内进行检修，然后再将卫星重新送入轨道，也可以将卫星带回地面修理。

由于航天飞机这一特殊功能，使人造卫星的设计思想发生了变化。原来，是按每次具体任务的要求对每个卫星进行单独设计，研制费用极高。现在提出了“多重任务组件式”的设计思想，这是一种积木式、多层复用的办法。在标准的机架上，有标准化的姿态控制、数据处理、电源、通信等每个卫星必备的共用系统，另外有许多标准接口，根据每次任务的需求接上不同的设备，完成任务后航天飞机将其收回，更换下一回任务所需要的设备，再送入轨道，成为一颗新的卫星。

1980年2月14日，美国发射的太阳能峰年测控器，便是这种新式卫星。这颗价值7700万美元的卫星上天9个月后姿态控制系统便失灵了，飞行高度在慢慢下降，美国便发射了航天飞机去营救这颗卫星。航天飞机先飞近这颗卫星，然后用机械手将它收回机舱，更换损坏部件后，重新将卫星放回轨道，这颗卫星又复活了。

修复哈勃太空望远镜更显示了航天飞机的本领。1997年2月，美国的“发现号”航天飞机的宇航员进行了5次出舱修理工作。航天飞机先飞行到哈勃太

空望远镜的下部，然后伸出巨大的机械手抓住它并放在后部的平台上，宇航员走出机舱为它“医治”，给它换上了最先进的设备，为断裂、剥落的地方进行了修补，然后将其送回原来的轨道。这次维修工作用了 3.5 亿美元的费用，使价值 20 亿美元的哈勃太空望远镜重新开始了太空观测。

3. 空间实验室

以前做一项太空实验必须发射一颗卫星，实验完成后卫星或被遗弃在太空，或坠毁，造成巨大浪费。因此在设计航天飞机时，就有人提议在航天飞机上设计一个空间实验室。这个实验室可以根据不同的太空实验任务携带不同的仪器，适应性、灵活性很强。它和航天飞机一起起飞，一起返回，可以重复使用，只要更换其中的仪器设备，便可以做不同的实验。

空间实验室是和航天飞机连成一个整体的，它不可以在空间单独存在，可以说是航天飞机的一个大配件。实验室工作人员可以在航天飞机的机舱内生活、休息，工作时由专门的通道进入实验室。实验室的电源、通信等都与航天飞机共用。

空间实验室由实验舱和辅助舱组成，它是封闭的，可以根据不同的任务安装不同的设备，内部的工作环境舒适。另外空间实验室还有一个直接暴露在太空的 U 型工作台，用来进行一些太空空间实验。空间实验室能够满足天体观测、对地观测、医学实验、生物学实验、物理化学实验、空间工业技术等各项科学研究工作的需要。

4. 太空交通工具

航天飞机起飞时的超重仅为地面重力的 3 倍，返回时只有 1.5 倍，一般健康的人都可以乘坐，甚至妇女、儿童也没有问题。因此，航天飞机不仅可以为空间运送货物，接送往返于太空的各种科技人员，而且可以向地球上的普通人开放，开展太空旅游业。

航天飞机一登上历史舞台，便大显身手。美国制造了“哥伦比亚号”、“挑战者号”、“发现者号”、“亚特兰蒂斯号”航天飞机。计划平均每年发射 60 次。

现在世界上许多国家都正在积极地研制航天飞机，在未来的航天事业中，航天飞机将发挥不可估量的作用。

探索宇宙的星际飞船

人类已经不仅满足于探测地球附近的星球，早已经将目光瞄向了整个星际，肩负这一遥远探测任务的就是那些长途跋涉的星际飞船。

在完成登月任务后，美国和苏联又分别向水星、金星和火星发射过各种探测器。其中，美国的“水手”10号宇宙探测器3次飞过水星，发回了6000张水星照片。“先驱者”1号、“先驱者”2号和苏联的“金星”11号、“金星”12号等探测器都曾飞近金星进行探测，并在金星上软着陆成功，取得了宝贵的成果。

为了探测火星上究竟有没有生命，美国和苏联还发射了“海盗”号、“探测器号”和“水手号”等探测器。其中最成功的是“海盗”1号和“海盗”2号，它们先后于1976年7月和9月在火星上着陆，进行了生命考察试验和拍照等活动。



在人类所发射的这些星际飞船中，最值得一提的是美国在1977年8月20日发射的“旅行者”2号。它重约825千克，由6万多个零件组成，安装有电视摄像机等十多种仪器。这个集现代科技成果之大成的宇宙探测器，自从发射上天后，孤身遨游，闯荡了多半个太阳系，取得了惊人的探测成果。

它的第一站是考察木星，在那里发现了木星的3颗新卫星；第二站是探测土星，从它发回的高分辨率彩色照片中，科学家发现了6颗新的土星卫星；第

三站是访问天王星，发现这颗远离太阳的地球上竟然有闪电现象，并有强大而混乱的无线电信号；第四站是观察海王星，在那里发现包围着海王星的一个大磁场和星上一条 4300 千米宽的黑色风云带。告别海王星后，“旅行者”2 号继续向太阳系边缘飞去，直至飞出太阳系，奔向宇宙深处。

为了能在其他星球上发现高级智慧生物，“旅行者”2 号还携带着人类献给外星人的礼物——“地球之音”唱片。在这张可以储存 10 亿年、直径 30.5 厘米的铜质唱片上，录制了表现人类起源和文明发展的 115 张图片，其中有我国的万里长城和中国人用餐的两张画面。它还录下了 35 种地球自然界的风雨雷电、鸟鸣兽叫、人笑婴啼等声音，以及地球上不同时代、不同地区、不同民族的歌曲 27 首，还有人类用 55 种语言向外星人发出的问候语。

“旅行者”2 号在宇宙探测中取得的巨大成果，在人类探测宇宙的历史上留下极为光辉的一页。

第二章 军事航空器的发展



F-15 “鹰” 式战斗机

美国麦克唐纳·道格拉斯公司的 F-15 “鹰” 式战斗机是世界上最出色的战斗机之一，是战后第三代喷气战斗机的代表。

F-15 是一种全天候高机动性战术战斗机，用于空中优势作战任务。目前麦道公司已经被波音公司兼并。

F-15 被公认为一种优秀的空中优势战斗机。它的优势是以比以往任何一种战斗机都要优越的机动性、操纵性、航程、火力和电子设备为基础的。F-15 的电子和武器系统无论在有支援的本方空域，还是敌占区域，都能有效地发挥作用。而其他的一些战斗机往往过于依赖地面基地的支援。

F-15 具有高度的机动性和加速性能，其推重比极高，超过 1，而单位翼载荷则很低。单位翼载荷（飞机重量与翼面积的比值）是决定机动性的关键因素，加上 F-15 的发动机推重比很高，使得 F-15 即便是在高速转弯的时候也不会丧失速度。下图中 F-15 在表演起飞后快速爬升。

F-15 采用固定式切角三角形上单翼，不带前缘和后缘机动襟翼。固定弯度的普通锥形扭转机翼提高了机动性。前缘后掠角 45° ，展弦比为 3，根梢比为 4，相对厚度翼根处为 6.6%，翼尖处为 3%。上反角 1° ，安装角 0° 。机翼采用多梁抗扭盒型破损安全结构。前梁为铝合金，后三根梁是钛合金的。



少量钛合金壁板，多为铝合金机械加工整体壁板。机翼装有均为铝合金蒙皮全



铝蜂窝夹层结构的前、后缘，副翼和襟翼。在 C、D 型上，内侧机翼的前部和后部都扩大成整体油箱。机翼无除冰系统。

F-15 机身底部外形略带弯曲。进气道外侧凸出，安装有机炮，此外还起到翼根整流和安装平尾及垂尾的作用。此处突起在大迎角时产生涡流，可推迟机翼失速和提高尾翼效率，类似于边条。背部座舱后边装一块最大开度为 35° 的减速板。全金属半硬壳式结构，机身由前、中、后 3 段组成。铝合金结构前段包括机头雷达罩、座舱和电子设备舱。中段是机翼连接部分，部分采用钛合金件承受大载荷，约占此段重量的 20.4%。前 3 个框是铝合金的，后 3 个框是钛合金的。后段为钛合金结构发动机舱。锯齿形前缘的平尾为全动式，面积大，可满足高速飞行和机动需要。平尾和垂直安定面均为硼纤维复合材料、钛合金抗扭盒、全厚度铝夹芯和硼—环氧树脂复合材料面板构成的蜂窝壁板蒙皮。采用全铝蜂窝结构前后缘。方向舵采用碳纤维—环氧树脂材料梁肋和硼—环氧面板和铝夹芯蒙皮。

采用两台普拉特·惠特尼公司 F100-PW-100 加力式涡轮风扇发动机，单台最大推力 72.5 千牛，加力推力 111.1 千牛。二元多波系可调进气道装有一组调节板和一个放气门，可自动保证最佳激波位置和进气量控制。1989 年起新生产的 F-15 可换装通用电气公司的 F110-GE-129 涡轮风扇发动机（单台加力推力 129 千牛）。机身内有 4 个燃油箱，左右机翼内各有一个燃油箱。机内载油量 A 型为 5185 千克。C 型为 6103 千克。此外在机身和机翼下最多还可带 3 个 2309 升副油箱。

能执行多种任务的电子系统也是 F-15 和其他战斗机的一个重要区别。F-15 的电子系统由平视显示器、APG-63 火控雷达、惯性导航系统、飞行控制系统、高频无线电通信设备、战术导航系统、自动着陆系统组成。另外还装有一个中央电子战系统、敌我识别系统、电子对抗装置和中央数字式计算机。

F-15 的平视显示器能将机上综合电子系统收集到的各种基本飞行信息显示在飞行员面前的宽幅屏幕上。该显示器能在任何光线条件下正常工作，它使得飞行员不需要低头查看驾驶舱内的各种仪表，就能够完成跟踪并击落敌机的任务。

F-15 采用 APG-63 或 APG-70 多普勒通用火控雷达系统，具有上视上射能力，也具有在地面杂波干扰的条件下发现低空目标的能力。该雷达能在超视距到近距离、高空到贴地高度的范围内搜索和跟踪普通敌机或高速的小型目标，如空空导弹。该雷达将探测到的信息送到中央计算机，以更有效地运用武器。在近距离格斗中，该雷达自动跟踪敌机，并将信息显示在平视显示仪上。F-15 的电子战系统能自动提供告警，并对选定的目标实施自动电子对抗。

作为一种优秀的战斗机，F-15 能携带一系列的空对空武器。机上的自动武器管理系统能使得飞行员安全而有效地进行空中作战。在作战中，F-15 的飞行员只需盯住平视显示仪，双手分别控制操纵杆和油门杆上的各个武器及电子设备按钮即可。当飞行员改变当前选定的武器时，平视显示仪上会立即显示该武器所对应的虚拟导引线。

F-15 可使用四种不同的空对空武器：其机腹可携带四枚 AIM-7F/M “麻雀” 导弹或 AIM-120 AARAAM 先进中距空空导弹，机翼下的两个挂架共可携带四枚 AIM-9L/M “响尾蛇” 近距空空导弹或 AIM-120 导弹，右翼根下固定安装有一门 M61A1 20 毫米加特林机炮。

第一架 F-15A 于 1972 年 7 月出厂。双座教练改进型 F-15B 于 1973 年 7 月首飞，1974 年 11 月交付使用。1976 年 1 月，第一架正式为作战部队生产的 F-15A 服役。A 型一共生产了 385 架，其中装备美空军 366 架（含转给以色列的 24 架），出口以色列 43 架。F-15B 也可用于执行制空作战任务。B 型除第二个座椅和座舱盖加大以外，与 A 型几乎没有什么区别。B 型比 A 型约重 363 千克，没有 AN/ALQ-135 电子对抗设备，其他与 A 型相同。F-15B 共生产了 60 架，7 架出口以色列。

A、B 型的改进型 F-15C、D 于 1979 年开始进入美军序列。这两种新型号是 PEP2000 改进计划的产物，于 1979 年 2 月首次飞行。改进包括利用机内剩余空间多装内部燃油 907 千克，可挂容积 900 升的外挂副油箱。可增挂两个保形外挂油箱，此油箱可装 2211 千克的 JP-4 燃油，也可装侦察传感器、雷达探测和干扰设备、激光标识器、微光电视设备、侦察照相机等设备。保形外挂油箱挂在发动机进气道两侧，阻力很小，不降低飞机的载荷因数和速度极限，不影



响其他外挂点的使用。AIM-7F“麻雀”导弹可挂在保形油箱的转角处。最大起飞重量增至30 600千克。C型采用了两台普惠公司的F100-PW-200或229型涡扇发动机，每台推力10 646千克。1983年，美国空军与麦克唐纳·道格拉斯公司签订了F-15“多阶段改进计划”的合同，换装AN/APG-70火控雷达，该雷达存储量达1000K，处理速度提高两倍。采用新型中央计算机，容量增加3倍，处理速度提高两倍。原有武器控制板换为与计算机相连的霍尼韦尔彩色显示屏，火控系统、电子对抗系统也有改进。改进后的F-15具有发射新型AIM-7、AIM-9和AIM-120空空导弹的能力。共生产488架，出口以色列24架，沙特75架。并对沙特阿拉伯的F-15进行升级。

F-15C型和D型装有专门设计的低阻保形副油箱。两个保形油箱分别安装在两个翼根下，进气道两侧，对飞行速度的影响非常小。每个保形油箱携带约4222升燃油，能减少F-15C/D空中加油的次数，增长在作战空域的留空时间。使用保形油箱时，并不影响原有的各种武器的挂装和发射。AIM-7F/M“麻雀”导弹甚至还能外挂在保形油箱的边角挂架上。

F-15E型是F-15的双座双重任务重大改型，用于执行全天候空对空及远距离对地遮断任务，偏重对地攻击。它的后驾驶舱经过升级，安装了四个多用途阴极摄像管显示器。机上的环形激光陀螺惯性导航系统和三余度线传操纵系统能确保飞机做自动地形跟踪飞行。

为执行夜间及恶劣气象下的低空高速战术对地攻击任务，F-15E装备了APG-70雷达及LANTIRN低空导航及红外目标指示吊舱。

1983年2月，F-15的多级别改进计划启动，第一种改进型MSIP F-15C于1985年出厂。改进计划包括升级中央计算机；换装具有重编程能力的火力控制装置，这使得F-15能够使用AIM-7、AIM-9、AIM-120A的改进型号；换装新的战术电子战系统，包括ALR-56C雷达告警接收装置和ALQ-135对抗装置。MSIP的最后四十三架战斗机换装了休斯APG-70雷达。

F-15的C、D、E型在1991年的海湾战争中取得了26:0的空战佳绩，充分证明了这一系列战斗机的超人作战能力。F-15E主要在夜间出动，借助LANTIRN吊舱，F-15E执行了大量攻击伊拉克弹道导弹发射车和炮兵阵地的任务。

F-15 还参与了伊拉克南北禁飞区的巡逻任务和北约在前南地区的军事行动。

到 1992 年底停产时，麦道公司共生产各型 F-15 1224 架（F-15E 209 架）。日本还专利生产了 172 架 F-15J/DJ。至 1992 年底以色列共接收了 81 架 F-15A/B 和 C/D。沙特共接收了 98 架 F-15C/D，其中有 22 架是美国 1990 年 8 月的紧急援助。

随着时间推移，F-15 虽然战斗力仍优于大多数现役战斗机，但机体结构略显老态。2002 年 3 月军方已建议更换 F-15 的所有垂直翼面，以补救慢性水浸入、裂纹和孔洞扩展等老化问题。空军正设法为 F-15 的垂直翼面改装新型部件，改进修理工艺，以减少两次计划基地维护之间的现场维修工作。

2002 年 4 月雷神公司获得价值 1.16 亿美元的合同，为 F-15 机队提供 23 套新型 APG-63（V）1 雷达。交付时间定于 2004 年 12 月。

2004 年 3 月，洛克韦尔·科林斯公司已获得美空军一项合同，升级 F-15 的通信系统，以支持国土防御任务。这项升级工程将使该飞机能更敏捷地从事国土安全活动。按照这项新合同，洛克韦尔·科林斯公司将采用多频无线电替代该机现有的军用单频无线电。该多频带无线电能提供甚高频通信，可直接同民用航空空中交通管制当局和民用飞机通信联系。该合同将向空军交付最多 810 部无线电，其中大部分工作正在洛克韦尔·科林斯公司的工厂完成。洛克韦尔·科林斯公司政府系统部通信系统副总裁兼总经理 Brune King 说：“增加这种新型无线电，对于美空军和空中国民警卫队的 F-15 飞行员是一项重要的改进，因为它将使飞行员在执行国土安全任务时，直接同民航团体协调。另外，该无线电还保持了它所替换的原无线电的所有军用频带能力，因此它也保持了同美国其他军事部队和联军的互用性。”由于世界上已部署了 14 000 多部无线电，所以在所有美国和国际军事部队范围内，AN/ARC-210 产品系列已成为多频带、多模无线电的公认标准。该无线电已装备世界上 130 多个型号飞机。

2004 年 3 月，美空军部长罗奇表示空军也考虑使 F-15C/D 具备对地攻击能力。主要原因是在伊拉克战争中，用于制空的 F-15C 没有用武之地，而美海军却在 F-14 上安装了传感器吊舱及相关武器用于对地攻击。美空军计划用“金



鹰”来命名改进后的 F-15C。F-15C 的对地攻击能力改进研究正由美空军的空战司令部 (ACC)、F-15 系统项目办公室 (SPO) 及空军参谋部进行。其中, SPO 进行可行性研究和技术分析, ACC 则研究潜在价值。根据前几年完成的一份初步报告, 这项改进工作将采取螺旋式发展方式, 分四个阶段进行。报告中采取了一系列假定: 改进 179 架 F-15C、1760 数据总线、926 千米作战半径及 1297 千米作战半径。F-15C/D 的潜在对地攻击武器包括 JDAM、“宝石路 II/III”系列激光制导炸弹。雷达改进及传感器吊舱都在考虑之中。美空军已有 18 架 F-15C 装备了雷声公司 APG-63 (V) 2 有源相控阵雷达, 目前正在考虑为整个 F-15C 机群装 AESA 雷达的事宜。美空军在 2005 财年预算申请中, 要求拨款 5730 万美元进行 F-15C/D 的精确空对地装备的研发。

2004 年 10 月, 美国空军表示第三师第 12 和第 19 中队的 F-15C 战斗飞行员现在已经在用 APG-63 (V) 2 有源相控阵雷达进行值班飞行。虽然这种雷达的大部分性能数据还是保密的, 但是作为世界上第一部在战斗机上执勤的 AESA 雷达, 即雷声公司制造的 APG-63 (V) 2 雷达可以探测到 90 千米以外的小型巡航导弹和隐身飞机, 而在这个距离上原来的 F-15C 雷达只能发现常规尺寸的有人驾驶战斗机。五角大楼的雷达专家用另外一种说法, 即 F-15C 的原装雷达在 90 千米处发现的目标, 对于 X 波段的 AESA 新雷达 V2 而言, 在 180 千米处即可发现同样的目标。APG-63 (V) 2 雷达的优点还不止是增加了作用距离和分辨率, 更重要的是它具有同时跟踪多个目标的能力。因为要打击的目标, 即巡航导弹大多数情况下是采用多发齐射方式。F-15C 原雷达一般情况下只能对一个, 最多两个巡航导弹进行跟踪; 而 APG-63 (V) 2 雷达可以同时以更高的精度跟踪多个目标, 并制导多枚先进中距空空导弹 (AMRAAM) 实施攻击。

自从空军第三师的两个 F-15C 中队在 2000 年改装 APG-63 (V) 2 雷达以来, 部队已经开发了若干新的战术, 并增加了所能对付的目标类型和数目。飞行员提高了作战取胜的信心。因为, 早些时候在印度该师的 6 架 F-15 在模拟空战中被击败曾经引起了很大的震动。后来我们才知道, 参加模拟空战的 F-15C 战斗机并未装备 AESA 雷达, 而且导弹的射程被限制在 36 千米, 同时是在 1 架对 3 架不平等的条件下进行的。现在每个中队 18 架 F-15C 中有半数飞机装备

APG-63 (V) 2 雷达，它的天线口径还是由数百个第一代 AESA “砖块”结构的收/发模块组成，而第二代收/发模块的尺寸小于 1 平方英寸。该雷达约有 3600 个接收和发射单元，排列在一个接近正方形的天线框架上。AESA 雷达波束快速运动能力，使之可以同时跟踪多个目标，并发射和制导导弹进行拦截。雷达可以在很远的距离上发现小型或具有隐身能力的巡航导弹和飞机，使得 F-15C 战斗机有足够的时间在对方还没有来得及发现自己时，将其击毁。它可以向挂载 AIM-120C 增程先进中距空空导弹的 F-15 战斗机提供先验目标信息。在导弹飞行过程中，雷达还可提供修正信息，以便提高命中精度。过去对远距离小型目标的探测任务是由米波雷达来完成的，但是它的精度较低；目前 E-10A 的 AESA 雷达可以实现远距离、高精度的探测目的。新型的 AESA 雷达还为它的载机 F-15C 本身的雷达截面积的减小作出贡献。因为对于传统的机械扫描雷达，当它的天线探测到目标时，正好是它的天线平面对准目标，因此，也就形成了很强的反射；如果说在前一时刻敌方还没有发现你，这时他将发现你。而 AESA 雷达天线阵面是固定安装的，并同飞机纵轴有几度的夹角，如同 F/A-22 的雷达一样，其天线阵面的反射是很小的。

尽管 APG-63 (V) 2 雷达有上述种种优点，但仍然将被更为先进的 APG-63 (V) 3 所代替。因为前者需要太多的冷却和供电。飞机要为装载这样的雷达进行大量的改装工作。另外，由于雷达太重，还要在飞机尾部加装 600 磅 (272 千克) 的配重，以便平衡飞机的重心。这时改装后的飞机将比原来飞机增重 1000 磅 (454 千克)。这对飞机的航程和油耗没有太大的冲击，但对飞机的机动性却有一定的影响。这将通过配备高机动的 AIM-9X 近距空空导弹 (射程为 22 ~ 30 千米) 和头盔瞄准系统加以弥补。雷声公司研发的新型 APG-63 (V) 3 雷达同 F-15C 原型的机械扫描雷达 V1 相比重量基本相同，因此不需在飞机尾部加装配重；同时，原型飞机的供电也可以满足 APG-63 (V) 3 雷达雷达的要求。APG-63 (V) 3 雷达的后勤保障需求大为降低，极大地增加了部队的机动能力。APG-63 (V) 2 雷达的 AESA 天线采用“砖块”结构；APG-63 (V) 3 雷达则采用“瓦片”结构 (即为 F/A-18E/F 改装 APG-79 AESA 雷达所采用的一种更小型的 AESA 结构形式)。V3 型的 AESA 阵面将可减重 240 磅 (109 千

克)。同时，V3 型雷达的故障诊断能力也有大幅度的改善。

尽管 APG-63 (V) 2 雷达采用的是第一代 AESA 技术，飞行员们还是对其褒奖有加，并希望把它配载在更多的飞机上。空军官员关切的是如何在战术使用上更有效的发挥 AESA 雷达的作用，是否能够形成对多个来袭巡航导弹的攻击几何图形，是否有足够的空空导弹实施攻击。因为你已经有了不会漏掉任何一个目标的探测手段。空军官员还表示，准备增加 F-15 的外挂载荷，把现在还没有利用的翼尖挂点挂载 AMRAAM 导弹或是把内侧的 AIM-9X 近距离导弹移至翼尖挂架，而把腾出来的内侧挂架挂载 AMRAAM 导弹。战斗机雷达的另外一个不足是其有限的视场。虽然 V2 已经比原来装载的雷达视场有所增加，但是仍然不能达到全方向。飞行员希望用数字雷达告警接收机，如 ALR-69A (V) 来填补那些雷达还不能覆盖的空域。

2004 年 12 月，根据美国空军授予的一份总额 600 万美元的任务合同，MTC 技术有限公司领导的项目组将努力改善 F-15 战斗机数据链 (FDL) 间的系统接口以及战术空中导航 (TACAN) 传输信号。项目组成员还包括 ARINC 公司和传感器



系统有限公司。升级工作将包括装配改进的战斗机数据链和战术空中导航传输信号的原型天线、相关系统测试以及为 F-15 机队改进制造更新系统。

2005 年 10 月，第 64 “侵略者”中队是目前美空军唯一的空战假想敌中队，美空军在 2006 年某个时候为它装备大约 8 架 F-15 战斗机，补充其现有的 12 架 F-16 战斗机，使之达到满编状态。这些飞机都将采用独特的褐色或蓝色涂装，使之在美空军的“红旗”和其他演习中易于识别。在 20 世纪 70~80 年代美空军曾有 4 支满编的 AS，其中 1 支部署在英国，1 支部署在菲律宾，剩下的 2 支部署在本土内华达州的内利斯空军基地。它们在空战中模拟苏联战斗机的特点及战术，与美空军及其盟国空中力量的飞行员进行对抗演练，训练了数千名飞

行员。但是，防务预算的减少使其规模在 1990 年曾缩小到只剩 7 架 F-16，而这些飞机及其机组人员都被吸收到“红旗”中队中，组成了名为“对手战术分队”的建制。2003 年该分队又被重编为第 64 中队，并补充了 5 架 F-16。目前，第 64 中队的活动包括支持 F/A-22 战斗机的作战测试、在每次“红旗”演习中扮演“红军”、参加每年在加拿大举行一次的“枫叶旗”多国空战演习等。第 64 中队指挥官保罗·哈夫曼中校表示，美空军在许多方面都需要 AS 的支持，因此它的恢复是有意义的。美空军所有战斗机部队的指挥官们都希望能通过 AS 了解对手，使自己能赶上威胁增长的速度。为此，第 64 中队在美空军许多基地向新飞行员传授空战理论，而不仅仅是在“红旗”演习中。该中队还将发起“引路”活动，把自己在训练方面的专长传授给美空军其他作战部队，近几年该中队增编新机对手教官飞行员为其提供人力物力基础。由于美空军作战部队平时的训练已相当繁忙，故采用上门授课方式可减轻其负担。

不过，至少在最近两年内，“引路”活动可能因第 64 中队在内利斯基地执行的任务太多而无法实现。2004 年，仅为支持 F/A-22 的作战试验和战术开发，该中队就在内利斯基地飞行了大约 300 个架次，共 700 小时。该中队全部 12 架 F-16 的年飞行小时数通常高达 2500 小时。第 64 中队面临的一个挑战是由于美空军面对的主要威胁已发生变化，它也必须与时俱进，而不能再通过模拟苏联战斗机来提高美空军的作战能力。为此，美空军已在内利斯基地建立了一个新的“对手战术群”，它包括“红旗”演习的有关建制、第 64 中队和 1 个情报中队。据称 ATG 最终还将吸收空间战和信息战领域的专家，从而实现全面的威胁模拟。迄今为止，第 64 中队仍采用苏联依靠集中式地面指挥控制体系的空战模式，编有经验丰富的地面控制截击指挥官。然而，美空军潜在的对手，即使装备着苏联/俄罗斯的米格-29 和苏-27 战斗机，其作战模式也都在逐步向西方靠近，即更加重视飞行员的自主性并正在形成空中作战体系。尽管哈夫曼认为，这些潜在对手在行政系统上仍然是高度集中和受控的，但有迹象表明某些国家正在给予飞行员更大的空战自主权。例如，在 2004 年 2 月 16 日至 27 日的美—印“对抗—印度”2004 演习中，美空军参演的 F-15C 飞行员对印度米格-29 和苏-30 的飞行员所表现出的灵活性和能力留下了非常深刻的印象。哈夫曼表示



通过这次演习，美空军看到了一个很有能力的国家，许多很有能力的非美制装备。而作为这次演习的结果，第 64 中队正在持续改进和升级其战术中。

基本技术数据如下。

机长：19.45 米

机高：5.65 米

翼展：13.05 米

空重：12 973 千克

最大起飞重量：30 845 千克（制空战斗机 20 244 千克）

最大燃油重量：6103 千克（机内），9818 千克（外挂，2 个保形油箱和 3 个副油箱）

最大外挂武器载荷：10 705 千克

进场速度：232 千米/小时

实用升限：18 300 米

起飞滑跑距离：274 米（截击）

着陆滑跑距离：1067 米（截击，不用减速伞）

最大续航时间：5 小时 15 分钟（无空中加油），15 小时（空中加油）

转场航程：5745 千米（带保形油箱），4631 千米（不带保形油箱）

F-16 “战隼” 轻型战斗机

F-16 “战隼” 轻型战斗机，美军主力轻型战斗机。1972 年 1 月，美国空军正式提出“轻型战斗机”研制计划，目的是验证在战斗机上采用新技术，并没打算真的搞一个投产型号。可是四个月，却从五家参加投标的公司中选定通用动力公司的 401 和诺斯罗普公司的 P600 两个方案，并签订合同要求两家公司各制造两架原型机，进行试飞竞争。通用动力公司的 401 方案军用编号为 F-16；诺斯罗普公司的 P600 军用编号为 F-17，原型机制成后，经过一年时间的竞争试飞。

1974 年 4 月，美国政府决定从中选择一种继续发展，使之成为实用的轻型战斗机，与重型战斗机 F-15 搭配使用，以弥补由于后者复杂昂贵而造成的购置数量不足，后来人们称此为“高低配置”。这一决定是美国空军原本没有预料到的，因此 F-16 的出现可以说是有些偶然因素。1975 年 1 月，美国空军宣布通用动力公司的 F-16 中选，这就是 F-16 战斗机的由来。而 F-17 虽然败阵，但是在后来的海军“高低配置”选择中，却又击败了 F-16，成为了后来的 F/A18 战斗机（主要的一个原因是海军认为单发动机的 F-16 安全性不够，不足以应付严格的航母起降要求）。

第一架 F-16 原型机于 1973 年 12 月出厂，1974 年 2 月首次试飞。F-16 生产型于 1976 年 12 月首飞，1978 年底开始交付部队使用。现已成为美国空军的主力战机之一。国外用户包括比利时、丹麦、荷兰、挪威、以色列、埃及、希腊、土耳其、巴基斯坦、韩国、泰国、新加坡等国家，而中国台湾省也有订购。难怪 F-16 有“国际战斗机”之誉。

F-16 的外形据说是从 50 多种方案中挑选出来的，采用悬臂式的中单翼，

平面几何形状为切角三角形。前缘有随迎角和飞行速度的变化而自动下偏以改变机翼弯度的襟翼，采用这种设计可使飞机在大迎角时仍保持有效的升力系数，从而提高飞机的机动能力。后缘有全展长的襟副翼，既可像普通襟翼那样起增加升力的作用，又可以左右差动进行横向操纵。翼根前缘是大后掠角边条，可改善大迎角时的气动性能，同时可减轻飞机的结构重量。F-16的外形相当漂亮，很有明星风范，也成了美军“雷鸟”表演队的专用机。



机身半硬壳结构，采用翼身融合体的设计，使机身与机翼平滑连接，不但可减小飞行阻力，提高升阻比，而且对结构强度有好处，可减重 258 千克，也对减小雷达反射面积很有好处。尾部有全动式平尾，平面形状与机翼相似，翼根整流罩后部是开裂式减速板。垂尾较高，安定面大，后缘是全翼展的方向舵。腹部有两块面积较大的安定翼面。起落架为可收放的前三点式。座舱盖为气泡形的，飞行员视野很好，内装零—零弹射座椅。控制系统采用四余度电传操纵技术，主要由信号转换装置、飞行控制计算机、电缆和动作装置组成。

早期的 F-16 装一台普惠公司的 F100-PW-100 型涡扇发动机，最大推力 72.5 千牛，加力推力 111.1 千牛；1984 年后生产的 F-16 改装通用动力公司的 F110-GE-100 发动机。

到目前为止，F-16 有十多种改型，包括：A 型单座战斗机、B 型双座战斗教练机，两型产量达到 1744 架。

由 A 型改进而来的 C 型和 B 型的改进型 D 型，C、D 型加起来超过 2200 架。

F-16MLU 型，是 F-16 的“中期寿命改进型”；台湾的 F-16 使用了部分 MLU 型的技术，装备 APG-66 (V) 3A 型火控雷达，能使用 AIM-7E “麻雀”中距空空导弹。

还有最先进的 F-16ES 型，1998 年为阿联酋制造，在翼根上安装了两个外



挂保形油箱，载油量大增；座舱盖前加装了一个光学搜索系统，外形与俄罗斯设计的产品有相似之处；能使用 AIM120AAMMR 先进中距空空导弹。

还有侦察机、先进技术实验机等特殊类别。



参加海湾战争的 F-16 战斗机还进行了“准隐身改造”，座舱盖、风挡镀了薄金属膜，翼面前缘、进气口等部位涂有反雷达涂层，使得 F-16 雷达反射面积减到了 1 平方米。F-16 存在的主要问题是，作为低档配置，它的空战能力与专门的空中优势战斗机无法相

比，不断的改进又着重于对地攻击方面；尤其在对地攻击非常强调的航程方面，有了不少改进，但是采用的方法如加装保形油箱却增加了自重，进一步减弱了空战能力。因此要用好 F-16，必须依靠强大空中优势战斗机部队去夺取制空权，然后能放手大干，这也是台湾空军所面对的一个难以解决的问题。

2005 年 3 月，美军正式接受最后一架全新生产的 F-16 战斗机。此后洛·马新生产的 F-16 将全部用于外销。

2005 年 12 月，洛克希德·马丁公司航空分部预计 F-16 将有 100 至 200 架的国际订货，如果获得印度订货将可能更多，这将使 F-16 的生产延续的时间更长。洛·马公司制造 F-16 的 5 种型别，正在改装土耳其等机队的飞机，同时公司还积极争取希腊、巴基斯坦和印度的订单。洛·马公司航空部 F-16 项目副总裁 June Shrewsbury 称，F-16 仍是一个非常健康而有生命力的项目。她说，希腊预计将购买至少 30 架，最多可能达 40 架 F-16。巴基斯坦希望购买 55 架第 50 或 52 批次 F-16，另外有 20 架的意向，但是受到该国强烈地震的影响计划被迫推迟，预计该计划不久后将会恢复。

F-16A 技术数据如下。

翼展：9.45 米

全长：15.09 米



高度：5.09 米

空重：7070 千克

最大起飞重量：16 057 千克

内载燃油量：3160 千克（4060 升）

最大挂载能力：6800 千克

发动机：P&WF100-PW-200 型涡轮风扇发动机一具

发动机推力：11 350 千克

最大爬升率：15 240 米/分钟

升限：15 240 米（46 250 英尺）

最大航程：3890 千米

电子系统数据如下。

火控雷达：WestinghouseAN/APG-66（V）2A

最大搜索距离：185 千米

导航系统：LittonLN-93 型激光陀螺仪

电子战系统数据如下。

雷达预警系统：LittonAN/ALR-56M 型雷达预警系统

电子对抗系统：AN/ALE-47 红外诱饵、干扰丝撒布器、RaytheonAN/ALQ-

184（V）2 型电子对抗吊舱

武器系统数据如下。

固定武装：GEM61A120 毫米机关炮

武器挂点：左右翼端各一、翼下各三、机腹挂点一，计九个挂点

军用运输机

军用运输机是运送军事人员、武器装备和军用物资的大型飞机，具有载重量大，续航能力强等特点，执行空运、空降、空投等任务。

军用运输机自卫能力较差，战斗中必须由战斗机护航。军用运输机开始是由轰炸机和民用飞机改装而成，后来逐渐发展成独立机种。20世纪60年代中期，采用噪声小、耗油低的涡轮风扇发动机。以后动力装置不断革新，性能大幅度提高。美制C-5A战略运输机，装有4台涡轮风扇发动机，巡航速度871千米/小时，航程4700千米，载重120吨。可搭乘345名全副武装的士兵。军用运输机还正朝多机身、大功率的方向发展。

C-2A“灰狗”运输机

C-2“灰狗”是海军航空母舰舰载运输飞机，进行海岸设备和海上航母打击大队的人员、后勤物资和邮件的重要运输。



C-2A(R)飞机能够运送重达10000磅的货物飞行超过1000分钟。19架C-2A最初在20世纪60年代开始采购，并于1987年逐步被淘汰。39架新生产型的替代C-2A(R)飞机在20世纪80年代采购，如今现役还保有35架，该型飞机进行重大的机身和航空

电子设备的改进。2个舰队后备中队，每个海岸各一个。这2个中队还在每个航空母舰上部署了2架C-2飞机的分队。

C-17 “环球空中霸王Ⅲ”

C-17“环球空中霸王Ⅲ”是麦道公司（现并入波音公司）为美国空军研制的一种采用上单翼、四发、T形尾、带后卸货板的新型运输机。机身长53米，机高16.8米，翼展503米，外形尺寸与C-141相当。最大起飞重量263吨，最大载荷为150吨。机上带75.8吨载荷时，C-17可从2320米长的跑道起飞，然后在915米长的简易跑道上着陆。该机性能先进，装备部队后在多次局部战争中表现出了极佳的作战能力。由于美军不再订购新的C-17，而外国客户的订购数量不足，C-17的生产线面临关闭的危险。波音公司正努力谋求更多国内外订单，以维持生产线的生存。

C-17采用大型运输机常规布局。机翼为悬臂式上单翼，前缘后掠角 25° ，NASA翼梢小翼高2.90米。悬臂式T形尾翼。垂直安定面与机身连接处向前伸有小背鳍，嵌入式方向舵分为上、下两段，升降舵分为两段。液压可收放前三点式起落架，可靠重力



应急自由放下。前起落架为双轮，主起落架为6轮。前起落架向前收入机身，主起落架旋转 90° 向里收入机身两侧整流罩内。可在铺设与未铺设的跑道上使用。起落架装有碳刹车装置。

C-17容战略和战术空运能力于一身。在货舱设计上，尽管C-17外形尺寸和C-141差不多。但其货舱尺寸却与外形尺寸比C-17大的C-5“银河”相当。按能在货舱中两排布置6辆卡车的要求，货舱宽度为5.48米，长26.82米，高3.76米。吉普车可3辆并列，也可装运3架AH-64攻击直升机。各种被空运的车辆可



直接开入舱内。机舱中心线和机舱两壁可装折叠式座椅。空投能力包括空投 27 215 ~ 49 895 千克货物，或空降 102 名伞兵。为了装载陆军最重的装备——55 吨重的 M1 主战坦克，货舱地板由铝合金纵梁加强，达到了 60 吨的最高承载能力。

C-130 “大力士”

C-130 “大力士” 中型战术运输机，由美国洛克希德飞机公司制造。1951 年开始设计，1954 年 8 月原型机首次试飞，1956 年 12 月生产型开始交付美国空军使用。可以服务于战区内的空行动。

C-130 可在前线简易机场跑道上起落，向战场运送或空投军事人员和装备，返航时可用于撤退伤员。改型后用于执行各种任务。C-130 能够进行昼夜和不良天候下的行动，为作战部队提供快速后勤支援。



货物运输可以通过伞降、低空伞降系统或者着陆来完成。作为一个战术运输平台，它可以装载 92 名地面部队或者 64 名伞兵和装备。它也可以作为医疗撤退平台，能够装载 74 名伤患和服务人员。

C-130 是生产时间持续最长的战术运输机。已发展了 30 多种型别，除用于运输的基本型外，还发展出用于试验研究、南极空运、军援出口、武装攻击、用于发射和控制靶机、电子监视、空中指挥、控制和通信的型别；还有搜索救援和回收型、空中加油型、特种任务型、气象探测型、海上巡逻型；此外还有

大量民用型别。

基本数据：4台艾利逊公司的T56-A-15涡桨发动机。单台功率3355千瓦（4500当量马力）。机组人员4名，正副驾驶员、领航员和货物装卸员，机舱可运载92名士兵或64名伞兵或74名担架伤员，以及加油车、155毫米口径重炮及牵引车等重型设备。



尺寸数据：翼展40.41米，机长29.79米，机高11.66米，机翼面积162.12平方米，机舱（不含驾驶舱）长12.6米、宽3.13米、高2.18米，主轮距4.35米，前主轮距9.77米。

重量数据：使用空重34170千克，正常起飞总重70310千克，最大超载起飞总重79380千克，最大载重19870千克，燃油量36300升。

性能数据：最大巡航速度620千米/小时，经济巡航速度556千米/小时，实用升限（起飞重量58970千克）10060米，海平面爬升率9.65米/秒，起飞滑跑距离1090米，着陆滑跑距离（着陆重量58970千克）518米，最大载重航程4000千米。

安-12 运输机

安-12，北约代号为“幼狐”，苏联安东诺夫设计局研制的一种四发涡桨军用运输机，由安-10民用机发展而来。安-12原型机于1957年3月首飞。定型生产超过900架，军用民用均有涉及，1973年停产。

安-12BP于1959年进入苏军服役。其规格、尺寸、性能与同时期的美国C-130大力神运输机非常相似，被视为其对应版本。1960年代，中国从苏联购买了若干架安-12运输机，并计划在国内设置生产线。但随后中苏关系急剧恶

化，苏联撤出技术援助，计划未能成行。直到1975年，中国在其基础上仿制的运输机首飞成功，改变了这一状况。到1981年，中国已经完全具备独立制造安-12的能力，并已经以“运八”为投产的运输机命名，此后，运八的发展逐渐跳出安-12的框架，并发展出独立的衍生型号和改进型号。

安-22 远程重型军用运输机

安-22是苏联安东诺夫设计局研制的远程重型军用运输机，是世界上最大的涡轮螺旋桨飞机。主要用于运送部队和大尺寸、大重量的军事装备。可在边远地区的简易机场起落。

1962年安东诺夫设计局开始设计，原型机于1965年2月27日首次试飞，当年首次在航展上公开亮相。1967年末开始交付使用，1974年停产。共生产85架，其中空军50架，民航35架。该机创造了多个飞行世界纪录。



安-22货舱容积640立方米，可运载地空导弹、火箭发射车、导弹运输车、坦克、汽车等。驾驶舱内乘员5~6人，驾驶舱后面有一个与主货舱隔开的可容纳28~29名乘客的机舱。

安-22投入服役时，是苏联唯一可运载T-62坦克的运输机，可载重80吨飞行5000千米。货舱容积639平方米，除可运载T-62坦克外，还可运载“飞毛腿”导弹、火箭发射车、导弹运输车、桥梁、汽车等重型军事装备。苏联曾使用安-22执行战略空运任务，飞往西半球、非洲和中东，在出兵前捷克斯洛伐克及阿富汗时所使用的的主要运输机是安-22。

采用4台库兹涅佐夫HK-12MA涡桨发动机，功率 $4 \times 15\,000$ 轴马力，每台发动机驱动一对直径为6.4米的四叶同轴对转螺旋桨，着陆时可反桨，缩短着陆距离。该机具备在野战机场起降的能力。前起落架为双轮，每个主起落架为

3组共6轮，轮胎气压可在飞行或停放时进行调节，从而适应不同的跑道条件。

安-22曾多次创造世界飞行纪录。1967年10月26日，创造了14项有效载重—高度飞行纪录。由于安-22的经济性和安全性不好，订货不多，只生产85架就停产了。安东诺夫设计局20世纪60年代末曾试图将安-22机身加长，改型成双层客舱的民用客机，载700名乘员，但由于技术难度大，又没有适用的大功率发动机，所以这项计划未能实现。安东诺夫设计局已研制出新型安-124重型运输机来代替安-22。

安-225式重型运输机

安-225是苏联安东诺夫设计局（现为乌克兰安东诺夫航空科学技术联合体）研制的世界上最大的六发涡轮风扇式重型运输机，用于在飞机外部装运航天飞机、火箭发射器部件和其他大型货物。1985年中期开始设计研究，1988年12月21日原型机首次飞行。1989年5月13日首次做了背带“暴风雪号”航天飞机的飞行。至今只生产了1架飞机。

20世纪90年代末，由安东诺夫航空科学技术联合体以及乌克兰Motor-Sych公司共同改装这架飞机，以符合国际航空标准，改装计划耗资2000万美元。于2001年5月试航成功。

北约组织给安-225的绰号是“哥萨克人”，它既可在舱内装运货物，也可背带运载航天飞机、火箭发射器部件



或其他大型货物。安-225于1985年开始研制，于1988年12月21日原型机首飞。在1989年3月22日在3.5小时飞行时间内，安-225创造了多项世界纪录。由于其每飞行小时的费用高（3.5~4.0万美元），因此销量不佳，截止到1998年底只生产1架。飞机单价为2.5~3.2亿美元（1998年币值）。

安-225运输机机身采用普通半硬壳式轻合金结构。上翘式机头舱门。机翼



为后掠式，由中央翼段和安-124 机翼组成。两个垂直尾翼安装在带上反角的水平尾翼两端，所有翼面都后掠。起落架为液压操纵可收放前三点式。机长 84.00 米，机高 18.20 米，翼展 88.40 米。动力装置为翼下吊挂 6 台 D-18T 涡轮风扇发动机，单台推力 229.5 千牛，有反推力装置。最大起

飞重量 600 000 千克，最大商载（内部载货或外部载货）250 000 千克，最大载油量超过 300 000 千克。最大巡航速度 850 千米/时，航程（内部载货 200 000 千克）4 500 千米，最大燃油量航程 15 400 千米。驾驶舱内 6 名空勤人员。机翼中央段后底层货舱上方为运载 60 ~ 70 名人员的客舱。底舱从机头至机尾贯通，地板用钛合金制成。货舱长 43.00 米，宽 6.40 米，高 4.40 米。货舱内可装载 16 个标准集装箱，80 辆“拉达”型轿车和各种重型自动卸货卡车，外部挂载所需要的地面试验设备和现场维修设备。在机翼中央翼段上方有两根载货用的纵梁，机背上可负载超长尺寸的货物，如俄罗斯“能源”号航天器运载火箭和“暴风雪”号航天飞机等。

由于安-225 是在安-124 基础上加大，很多地方和安-124 相似。与安-124 相比，安-225 加长了翼展，货舱长度增加，取消了后部装货斜板/舱门，使飞机总重和载重能力都增加 50%，为避免在机身背部携带外载时产生气流干扰问题，垂直尾翼由单垂尾改成双垂尾。为在机背上运送大型货物，机身上方有两个承力支点。起落架共有 32 个机轮，每侧主起落架比安-124 增加两对机轮。机翼中央部分增加两台发动机。

伊尔-76 中远程大型运输机

伊尔-76“耿直”式中远程大型运输机，是苏联伊柳申设计局研制的一种大型运输机。

伊尔-76 于 1971 年 3 月试飞，1975 年服役。乘员 7 人，翼展 50.45 米，机长 49.59 米，机高 14.76 米，最大时速 850 千米，巡航时速 750 ~ 800 千米。巡航高度 9000 ~ 12 000 米，实用升限 15 500 米，航程 5000 千米。最大起飞重量 170 000 千克，载运量 40 000 千克或 150 名士兵，可载运各种装甲车辆、高炮或防空导弹。

伊尔-76 还可执行伞降任务，空投货物或经妥善包装的军用车辆。其最大载重量约 40 吨，可空投一个连的伞兵，或 3 辆伞兵战车。



20 世纪 60 年代末，由于苏联军事空运主力机型——安-12 已经显得载重小和航程不足，苏联为了提高其军事空运能力，决定研制一种近似于美国 C-141 重型运输机的运输机。第一架伊尔-76 原型机于 1971 年 3 月 25 日在莫斯科中央机场首次试飞，同年 5 月 27 日在第 29 届巴黎国际航空博览会上公开展出。1974 年由苏联空军航空运输司令部进行鉴定验收，认为飞机达到要求。

截止到 1997 年，共生产了 950 多架，年生产量近 50 架。除俄罗斯空军和民航使用数百架伊尔-76 运输机外，还有 100 多架出口到世界上很多国家，如阿尔及利亚、伊朗、英国、叙利亚、印度、捷克、波兰、伊拉克、利比亚、阿富汗、古巴和中国等。

伊尔-76 机身为全金属半硬壳结构，截面与安-124 不同，基本呈圆形。机头呈尖锥形。机舱后部装有两扇蚌式大型舱门，货舱内有内置的大型伸缩装卸跳板。机头最前部为安装有观察窗的领航舱，其下为圆形雷达天线罩。伊尔-76 还采用了全金属多梁破损安全结构悬臂式上单翼。上单翼不阻碍机舱空间，后掠角 25° 机翼。全金属半硬壳式机身的截面基本呈圆形，前机身有两扇舱门，后机身底部有两扇蚌壳式舱门，向下开的中间壁板可作为货桥。军用型机尾装有炮塔，后期部分改用民用型的机尾。悬臂式全金属 T 型尾翼的平尾安装角可调，方向舵和每侧升降舵上都有调整片。动力装置为 4 台索洛维耶夫设计局生



产的D-301M涡扇发动机，分别吊装在两侧内翼之下，单台推力117.6千牛。每台发动机都装有蚌壳式反推力装置。内翼和外翼前后梁之间为整体油箱，总燃油量81 830升。军用型机翼下有4个外挂点，每个可挂500千克炸弹、照明弹、标志弹。

机头雷达罩内装有大型气象雷达和地形测绘雷达。货舱可运载150名全副武装士兵，或120名伞兵；还可装运各种军用车辆或设备。货舱后部有蚌壳式舱门和货桥，带有装卸导轨，导轨宽度可调。机舱顶部有2台电动起重机，每台起重5000千克。有2台绞车，每台牵引拉力为3000千克。这些随机装卸系统缩短了机场装卸货物时间，增加了飞机的周转率。货舱为气密式，在10 668米高空可保持3000米高度的气压，必要时可给驾驶舱增压。



为适应粗糙的前线机场跑道，伊尔-76采用了低压起落架系统，以及能在起降阶段低速飞行时提供更大升力的前后襟翼。伊尔-76还具有改装成飞行医院的能力。采用液压可收放前三点式多轮低压轮胎起落架，共20个机轮。轮胎装有胎压调节系统，飞行中可调节所需要的胎压。

伊尔-76机上装有全天候昼夜起飞着陆设备，包括自动飞行操纵系统计算机和自动着陆系统计算机。机头雷达罩内装有大型气象和地面图形雷达。伊尔-76安装有电子对抗设备，包括雷达告警接收机、箔条红外诱饵发射装置、外挂电子对抗吊舱。多种伊尔-76的改进型上装有雷达瞄准的2门23毫米口径的自卫火炮。在许多民用的伊尔-76上也有这一火炮系统，这是因为苏联军方希望民用的伊尔-76在战时也能迅速为军方所用。

轰炸机

轰炸机是对地面目标及海上目标实施轰炸的军用飞机。它的特点是：航程远，载重大，突击力强等，按载弹量区分重型（10吨以上），中型（5~10吨），轻型（3~5吨）；按航程分远程（8000千米以上），中程（3000~8000千米）和近程（3000千米以内）。按执行任务区分战略轰炸机和战术轰炸机（歼击轰炸机）。

“二战”期间的美制 B-29、英制“兰加斯特”、苏制杜-2 轰炸机等都是著名机种。战后，美国研制了 B-52 亚音速轰炸机，载弹量达 18~26t；苏制 Tu-20 型，载弹量 15~25 吨。20 世纪 60 年代末，可变后掠翼超音速轰炸机问世，美制 FB-111、苏制“逆火”图-22M 等，它们都备有先进火控系统。可保障全天候精确轰炸，可携带常规炸弹、精确制导炸弹、巡航导弹和其他导弹。

随着现代武器准备的发展和空战特点的改变，今后轰炸机将向抗电子干扰、“隐身”、提高突防能力和生存能力、提高轰炸精度等方向发展，以 B-1、B-2 隐形轰炸机为代表。

轰-5 轰炸机

轰-5 战术轰炸机，是我国以苏制伊尔-28 喷气轰炸机研制的轻型战术轰炸机。轰-5 采用两台涡轮喷气发动机，平直翼型，在当时是相当先进的一种前线轰炸机。机头的玻璃舱是领航员及轰炸手座舱，为导航和光学轰炸瞄准提供了良好视野。

1948 年 7 月 8 日，苏联伊留申飞机设计局的试飞员 V. K. 克契纳奇驾驶伊



尔-28 轰炸机原型机首飞。1950 年“五一”节，伊尔-28 首次公开出现，同年开始装备苏联空军和海军航空兵部队，共生产几千架。伊尔-28 轰炸型是伊尔-28 的基本型，可携带常规炸弹或小型核武器。



中国空军首次在 1955 年 1 月 18 日发动的解放一江山的三军联合战役中使用了杜-2 和伊尔-28 轰炸机，成功地掩护了登陆部队作战，有力打击了敌人的环岛防御工事和守军舰只。之后，中国军方打算获取苏联授权组装生产伊尔-28，但在 1959 年，中苏关系恶化，此计划破产。中国军方开始通过局部改进伊尔-28 的设计，自行仿制生产，并取得号为轰-5。轰-5 于 1963 年 1 月开始投入研制，1966 年 9 月 25 日，首架轰-5 在哈尔滨厂试飞成功。1967 年 4 月，轰-5 进入量产，随后装备部队。1984 年，轰-5 停产。轰-5 采用了两台涡喷-5 甲型涡喷发动机，该发动机是歼-5 战斗机使用的涡喷-

5 发动机的改进型，单台推力可达 26.48 千牛。

轰-5 的主要设备包括轰炸雷达、自动领航仪、敌我识别器及各种通信导航设备等。炸弹舱在机身中部，正常载弹量 1000 千克，最大载弹量 3000 千克。机头一门固定航炮，机尾炮塔有两门活动航炮。炸弹舱内携带 4 枚 500 千克或 12 枚 250 千克炸弹。翼下还有 8 个挂架，可挂火箭弹或炸弹。机头机尾各装两门 23 毫米机炮，总备弹量为 650 发。

轰-5 基型衍生出了轰-5 甲，加大了航程，减小了起降滑跑距离。还有鱼雷轰炸机、核弹投放机、轰教-5 教练机和光学摄影侦察型轰侦-5、电子对抗机等机型。其中轰侦-5 的航程大于轰-5 基型。

轰-5 在国内装备了空军和海军航空兵。在海军内使用的是轰-5 鱼雷型，主要作为鱼雷轰炸机使用，可外挂鱼雷和副油箱。

轰-6 轰炸机

轰-6 轰炸机，原型为苏制中型喷气轰炸机图-16。图-16 于 1948 年开始研制，直到 1990 年还有少量在苏军中服役。该机的各个改型在苏联军中担任了战术战略轰炸、侦察、反舰、巡逻监视等多种任务，形成了一个用途广泛的型号系列。我国于 1959 年开始引进并仿制图-16，在此基础上研制出轰-6 轰炸机。至今该机仍是我军战略轰炸力量的核心，并且还在对其动力、航电及机载武器不断进行改进。预计轰-6 系列将至少服役至 2020 年左右。

轰-6 是当时中国试制的吨位最大的飞机，全机零件多，结构复杂，技术难度及工作量大。该机于 1968 年由西安飞机制造公司试制成功，结束了中国不能制造中型轰炸机的历史，填补了许多航空工业的空白。

轰-6 采用悬臂式中单翼，双梁盒式结构。焦点线后掠角 35° ，翼弦平面下反角 3° ，安装角 1° 。整个机翼由中央翼、左右中外翼和左右外翼组成。机翼后缘全展长上装有内、外襟翼和副翼。襟翼为后退开缝式，最大偏转角 35° ，副翼上装有内



气动轴向补偿和调整片。全金属半硬壳机身结构，蜂腰流线型机身。机头有玻璃镶嵌的领航员及轰炸手座舱，驾驶舱下机腹部的凸起内装导航雷达。驾驶舱内两名飞行员均有独立的操纵系统，操纵系统分硬式操纵和混合式操纵。起落架由前、主起落架和尾橇组成。前起落架装有油液氮气缓冲支柱，双轮，有前轮转弯机构。主起落架也各有一个装有油液氮气的缓冲支柱，支柱头部各铰接有一个小车架，小车架上装有前后并列的 4 个机轮。在机身尾部还装有着陆阻力伞。仿制时还有一些小改进，如图-16 的垂直尾翼翼尖为木质结构，对材质要求苛刻，结构复杂，工艺方法落后，生产效率低。结果在试制时从大量的木



材中勉强做出了一件。最后决定用玻璃钢代替木材，经一年多时间设计制出了玻璃钢翼尖，强度、电性能均满足设计要求。发动机舱位于机身两侧。发动机采用西安航空发动机公司仿制的涡喷-8 发动机，单台海平面推力 7650 千克，最大推力 9310 千克，瞬间推力 10 300 千克。由于国内工业技术的限制，涡喷-8 发动机比原型的图曼采夫发动机推力小 3000 多千克，但经过在气动外形上的



努力，轰-6 的速度比图-16 基型还略有提高。涡喷-8 的原型为苏联 PD-3M 发动机，最大推力 93 千牛，相当于涡喷-6 的 3 倍，全重 3.1 吨，最大直径 1.4 米。为生产这种庞然大物，必须匹配几百台精密、专用、大型设备和大型试车台。它的涡轮盘毛坯要万吨水压机锻制，每台发动机，其原材料需高温合金 15 吨，有色金属 9.5 吨以上。当时世界上仅美、英、苏才有能力生产这种大推力发动机。1961

年，涡喷-8 试车成功。从这个漫长的认识客观规律的征程中，中国设计、工艺、生产人员积累了大量宝贵经验，培养出一批高水平发动机专家。

轰-6 的主要作战武器为多种普通炸弹，舱内正常载重量 3000 千克。

机上装有共 7 门 23 毫米自卫机炮，机头一门，机身上、下、尾部炮塔各两门，由射击瞄准雷达或光学瞄准具控制。1981 年，在轰-6 机上加装第二代自动领航轰炸系统，深受部队欢迎。为了提高轰-6 的自卫生存能力，1980 年，完成了轰-6 机加装自卫干扰设备的改装。

其炸弹武器包括核弹、普通炸弹、高阻爆破炸弹等。主要作为常规轰炸力量使用，并能使用我国研制的各种空投型核武器。

轰-6 原型机研制成功后，西飞进一步研制了轰-6 的第一个正式型号轰-6 甲。在此之前，西安飞机制造厂于 1963 年接收了哈尔滨飞机制造厂 1959 年用苏联散件组装的一架轰-6（实际上这是一架我国组装的图-16），改装为核航弹

运载试验机，代号 21-511 任务，1964 年改装完毕。1965 年 5 月 14 日，中国轰炸航空兵某师李源一机组驾驶这架图-16 飞机，首次空投原子弹爆炸成功。1988 年 5 月 15 日，轰-6 甲通过生产定型，解放军空军拥有了国产化的大型轰炸机，同年 10 月 15 日军工产品定型委员会正式批准投产。1967 年，轰-6 甲执行了我国第一次氢弹试爆，并取得成功。

随后在甲型的基础上发展了轰-6 乙型中程侦察机，1979 年定型，装有航丁-42 型红外相机。到 1975 年，轰-6 丙型开始论证，1977 年开始研制，1980 年首飞，1983 年 5 月完成鉴定，同年底交付空军。主要改动包括加装电子干扰、电子侦察、电子警戒及可



投放金属丝或金属箔条，增强了轰-6 的自卫能力。之后还发展了轰电-6 I/II 电子干扰机、轰电侦-6 I/II 电子侦察机等。1987 年 I 型机由空军开始研制，1990 年 6 月首飞，1992 年定型。II 型机 1993 年开始研制，1996 年定型。

海军航空兵于 1967 年轰-6 还在研制时就提出了研制反舰改型轰-6 丁（轰-6D），因“文化大革命”影响，1981 年 8 月 29 日才首飞成功。经多次导弹试射后，1984 年 12 月 24 日轰-6 丁通过技术鉴定，批准生产交付使用。1985 年通过鉴定。轰-6D 主要作为反舰导弹载机，保留了原有作战能力，装备了 C-601、C-801 等多种反舰导弹。

轰-6 基本技术数据如下。

机长：34.800 米；翼展：34.189 米；机翼面积：167.55 平方米；机翼平均气动力弦长：5.021 米；机高：9.850 米；最大平飞速度：1014 千米/小时；巡航速度：0.75 马赫；正常起飞重量：72 000 千克；最大起飞重量：75 800 千克；最大着陆重量：55 000 千克；正常载弹量：3000 千克；最大载弹量：9000 千克；自卫武器：7 门航炮；实用升限：13 100 米；最大航程：6000 千米；起



飞滑跑距离：1670 米；着陆滑跑距离：1655 米（不放减速伞），1050 米（放减速伞）。

斯图卡俯冲轰炸机

Ju-87 斯图卡俯冲轰炸机是“二战”期间最著名的轰炸机，取得了辉煌的战绩。德国在这种轰炸机的帮助下成功发动闪电战，开启了第二次世界大战。

斯图卡轰炸机从 1938 年开始服役，仅 1938 年一年就生产了 950 架。在“二战”开始之前，德国空军就已经装备了 9 个俯冲轰炸机团，共 350 架斯图卡轰炸机。斯图卡轰炸机有一个非常显著的特点，它的机头冷却进气口装有一个发声装置。这让斯图卡在俯冲时能够发出一种极为尖锐的声音，以制造一种恐怖心理，打击了敌人士气。



1939 年 9 月 1 日，德军撕毁《日内瓦协议》，发动对波兰的全面进攻，意味着第二次世界大战全面爆发。在对波兰的整个会战中，德军出动了 200 多架斯图卡轰炸机攻击波兰重要据点和保护德国的突进机械化部队。其中 140 架 Ju-87 对华沙市附近的桥梁、炮兵阵地、街道和铁路进行了大规模准确的轰炸，摧毁了波兰人精心修筑的大量坚固据点，迫使失去了重要据点的十多万华沙守军投降。9 月 16 日，斯图卡袭击了布祖拉河两岸的许多渡口，当场击沉了海尔港内 1540t 的“韦佛尔”号驱逐舰及“克里夫”号布雷舰。9 月 9 日，15 万波兰军队终于会合到一起，它们向波兹南的德军发动大举进攻。但是此时德军的空军联络小分队已经和巡航的斯图卡联络上，冲锋的波兰人还没有遇到德军的地面部队就遭到大批斯图卡的轰炸。

在整个对波兰的战役中，斯图卡大显神威，仅仅损失了 38 架，大约占参战斯图卡总数的 10%（这个数字少于德国空军的平均战损——18%），这也成就

了斯图卡轰炸机的赫赫声名。但是由于大部分波兰空军主力在开战一周内就失去战斗力，而且波兰军队也缺少足够的防空武器，使得斯图卡的一些缺点被掩饰了。这些缺点在之后的战役中集中爆发出来！

在1940年争夺丹麦和挪威的战争中，斯图卡表现得仍然十分出色，除了用精确的投弹支援德国步兵以外，斯图卡R型还曾成功封锁了海岸线，切断了英国远征军对这两国的支援。但在随后的法兰西战役中，斯图卡的很多问题集中体现出来。

首先，斯图卡的速度很慢，机动性很差。如果没有足够的己方战斗机保护，在敌方的战斗机攻击下，斯图卡打不过又逃不掉。其次，斯图卡的机身较为脆弱，关键部位没有装甲保护。如果遭遇到敌军防空火力和敌军战斗机的袭击，很容易战损。最后，斯图卡的航程较短，需要占领敌军的



机场予以使用，这在战时并不容易。在大不列颠战役中，斯图卡就因此吃了大亏。会战一开始336架Ju-87B参与对英国的轰炸。但是德军主力Bf-109战斗机的航程太短，无法全程保护轰炸机。在英国上空斯图卡经常在没有护航的情况下遭遇英国机动性极强的喷火式和飓风式的打击。斯图卡根本无法对付，曾经一天之内被击落30架。为了避免更重大的损失，德军停止了使用斯图卡轰炸英国。

Ju-87DD型是斯图卡的最终版本，也是最完美的型号。它是在Ju-87B的基础上，根据法兰西战役和大不列颠战役的教训进行的最终改进型。它主要针对斯图卡的三个主要缺陷：航程短、空战能力差和对地空武器防御能力差进行了完善。采用新式的1400马力的尤莫211J型引擎。全新的引擎让飞机时速提高到400千米以上，航程扩大到1200千米，载弹量也增加到1800千克（载弹量相当于一般的轻型中空轰炸机了）。为了提高空战能力，在后舱换装了一挺双联装MG17机枪，增加了飞机的自卫能力。为提高对地面武器的防御能力，在



关键部位加装了重达 1000 千克的装甲。这种设计使得飞机在俯冲的时候可以承受机枪和小口径火炮的打击。D 型除了保留斯图卡系列差劲的机动性能以外，整体作战能力比 B 型提高了一倍左右。整个 D 型作为斯图卡的主力机型，“二战”期间一共生产了 3000 架。



Ju-87G 型是斯图卡系列的反坦克型，它的最大特点就是机翼二侧改装二门 37 毫米 Flak18 型长管反坦克炮，配有 24 枚钨芯穿甲弹，初速高、穿透力强，火力十分强大。该飞机 1943 年改装成功，在 1943 年的库尔斯克会战开始大量使用。其实这也是德军无奈的举动。德国在进攻苏联以后很快发现自己的主力坦克都无法和苏联主力 T-34 坦克对抗。

传统的斯图卡的反坦克作战，都是以近距离投掷炸弹，用破片将坦克摧毁。这对于英、法装甲薄弱但是机动性强的坦克很有效，但是很难破坏装甲厚重的苏联坦克。曾经有过 30 架斯图卡空袭一支集结的苏联坦克部队，结果斯图卡投出了全部的炸弹，只摧毁了一辆坦克。

相比起来，如果使用坦克炮从上面攻击坦克最为脆弱的顶部装甲，作战的效果要好得多。对于一个有经验的斯图卡 G 型飞行员，只用一二发炮弹就可以摧毁一辆坦克。在 Ju-87G 服役的期间，击毁了数千辆苏联各种坦克，很大程度上帮助德国人抵抗了红色装甲洪流。

英国“兰开斯特”轰炸机

“兰开斯特”轰炸机是“二战”期间英国皇家空军轰炸机的主战机型，在性能上能与美国的 B-17 轰炸机相媲美。这是一种可对区域目标进行密集轰炸，而不是对点目标进行精确轰炸的夜间轰炸机，是第二次世界大战后期英国空军实施夜间进攻最成功、最著名的轰炸机。兰开斯特轰炸机的最大载弹量达 22

000 磅（约 10 吨）。在实施区域空袭时，可以投掷巨型圆柱体重磅炸弹，巨大爆炸当量可以产生无比的破坏威力。“兰开斯特”累计出击 156 192 架次，高居全英之首！累计投弹 608 612 吨，占英国皇家空军战时总投弹量的 2/3！

兰开斯特轰炸机于 1941 年开始服役，配备了 1280 马力的劳斯莱斯“梅林-20”发动机。后期改进中，除了对发动机功率和个别细节有所提高外，兰开斯特系列并无其他大的改进。整个服役期间，兰开斯特系列累计生产量达到 7377 架。

“兰开斯特”飞机采用梯形悬臂中单机翼常规布局，4 台发动机均安置在相对较厚的机翼上。近矩形断面的机身前部，是一个集中了空勤人员的驾驶舱，机身下部为宽大的炸弹舱，椭圆形双垂尾和可收放后三点起落架。“兰开斯特”弹舱内可灵活选挂各式



航空炸弹，除 250 磅常规炸弹外，还可半裸悬挂 4000 磅、8000 磅、12 000 磅直至 22 400 磅（1 磅 \approx 0.45 千克）的各式大型炸弹，用于对特殊目标的打击。自卫武器是 8 挺 7.7 毫米口径机枪，分别装在机头和机背的双管炮塔以及机尾的四管炮塔上。兰开斯特必须应付德国的高射炮火和战斗机，它面对的是装备雷达的德国夜间战斗机。

作为战时英国最大的战略轰炸机，以夜间空袭为主要作战手段，几乎包揽了全部重要的战役、战斗任务，以意外少的损失，赢得了巨大战果，为反法西斯事业作出了不可估量的贡献。

美国波音 B-17 轰炸机

波音 B-17 又被称为“飞行堡垒”，它也许是“二战”中美国制造的最著名的重型轰炸机，它的声望远超过了生产数量更多的同胞：联合公司的 B-24 解

放者。美国一共生产了 12 677 架 B-17，到 1944 年 8 月，美国陆军航空军至少已有 33 个 B-17 轰炸机大队部署在海外作战。

1943 ~ 1945 年间，美国陆军航空军在德国上空进行的规模庞大的白天精密轰炸作战中，B-17 由于优异顽强的表现而声名大振。“飞行堡垒”具有优良的高空性能与出色的抗损能力，往往在遭到巨创后仍能继续飞行，而且在后期的改进型号中，B-17 装备了更强大的防御武器，安全性能得到了进一步提升。这些因素都增加了飞机在战斗中的存活率，挽救了许多机组成员的生命。

B-25 轰炸机

B-25 是北美公司在“二战”期间研发的产品，被誉为“二战”全球战场中最为优秀的中轻型轰炸机之一。在二次世界大战期间，B-25 主要是在太平洋战场发挥作用。虽然 B-25 的航程依旧很短，但是猛烈地扫射使它成为一种令人生畏的武器。

B-25 的改进型 B-25G 拥有对地面的强大攻击能力，这种能力来源于其机鼻里安装的 77 毫米口径加农炮。这是“二战”实战中最大口径的机炮，用来对付运输船和登陆艇等移动迅速的小型船只非常有效。同时，B-25G 机头还装有 4 挺（机身两侧各装有 2 挺）12.7 毫米口径的机枪，使得 B-25 具有了强大的扫射能力。



B-25 的成名还因为在 1942 年执行了轰炸东京的任务，虽然这次轰炸并未对日本形成大的实质性的伤害，但是其战略意义是非常巨大的。当时日本偷袭珍珠港得手，并且在太平洋战场上屡屡取得胜利，成功地控制了西太平洋。经过太平洋战场上的屡战屡胜，日本军队士气高昂，美军则因屡受打击而士气低落。在这样的背景下，轰炸东京的计划就应运而生了。因此这个计划从制订出

来就表明了形式意义大于实际意义，旨在打击日军的嚣张气焰。

但是在当时的技术条件下，美国航母上的舰载机作战半径较小，如果采用舰载机作为轰炸主力，必须让航空母舰驶近日本本土达到作战半径才能进行空袭。而航母驶近日本本土，又会遭受日军本土上的轰炸机的威胁，一旦航母遭受损失，则会得不偿失。经过精心策划后，美国军方决定让“大黄蜂”号航母载着空军的16架B-25轰炸机前去完成这项任务。经过测试，B-25轰炸机恰好能够从航母上起飞，但是无法降落在航母上。这意味着轰炸东京是一条“不归之路”。美国军方策划轰炸机完成任务之后径直往西飞行，在中国内地降落。计划制订之后，军方开始召集志愿飞行员。

1942年4月18日，载着16架B-25的“大黄蜂”号航母从旧金山起航，向目标地——离日本本土800海里的北太平洋驶去。途中航母被一艘日本渔船意外发现，轰炸编队不得不提前起飞。16架B-25起飞之后，“大黄蜂”航母立刻返航。轰炸机则扑向东京、神户、横滨和名古屋四座城市。



这次轰炸对日本造成的损失非常有限，而且这16架轰炸机在完成任务之后全部损毁，但是这次轰炸对日本人士气的影响是不可估量的。同时，这次轰炸促使日本在准备不足的情形下发动抢夺中途岛的战役，并最终在中途岛惨败，逆转了太平洋战场上的局势。

B-29 轰炸机

波音B-29是美产四引擎涡桨轰炸机，号称“超级空中堡垒”，是整个“二战”中最杰出的重型轰炸机，在“二战”期间多次重大战役中大显神威。B-29轰炸机在当时创下了多个轰炸机之最：最大载弹量9吨、最远航程6000千米，在万米升限的高空还能以600千米/小时的速度巡航。

B-29 不单是二次世界大战时各国空军中最大型的飞机，同时也是当时拥有各种最新科技的武器之一。在 B-29 上使用的新科技包括加压机舱、中央火控、遥控机枪等。B-29 是二次世界大战末期美军对日本城市进行焦土空袭的主力，很好地完成了美国陆军航空军“让战火在敌国的领土上燃烧”的战略轰炸意图，摧毁了日本的战争基础，加速了日本的投降。同时，在日本投掷的两颗原子弹也是由 B-29 轰炸机完成，日本对 B-29 的称呼因此变成了“地狱火鸟”。

B-29 设有 10 个乘员座位，机身长度为 30.2 米，翼展为 43.1 米，高度为 8.5 米，翼面面积为 161.3 平方米，空载重量可达 33 800 千克，满载重量可达 54 000 千克，最高起飞重量为 60 560 千克。B-29 的动力装置为 4 个莱特 R-3350-23 超级增压星形发动机，每个发动机的功率可达 2200 匹马力（1600 千瓦）。B-29 的最大速度为 574 千米/小时，作战续航距离为 5230 千米，实用升限达 10 200 米。主要型号有 B-29A、B-29B、B-29D、XB-29、YB-29、B-29“生产型”等。

B-52 “同温层堡垒”战略轰炸机

B-52 轰炸机又名 B-52 “同温层堡垒”战略轰炸机，是美国空军服役时间最长的亚音速远程战略轰炸机。它由美国波音公司研制，主要用于执行远程常规轰炸和核轰炸任务。B-52 从 1948 年 10 月开始设计，1952 年第一架原型机首飞，1955 年 6 月生产型 B-52B 开始装备部队，先后发展了 A、B、C、D、E、F、G 和 H 等 8 型。B-52 于 1962 年 10 月停产，共生产 744 架。现在仍在服役的是 B-52H。

外形尺寸：翼展 56.4 米，机长 48.5 米，机高 12.4 米，机翼面积 371.50 平方米；机翼后掠角 35°；主轮距 2.41 米，前主轮距 15.48 米；武器舱容积 23.53 立方米。重量及负载：空重 83 250 千克，最大起飞重量 219 600 千克，可携带约 31 500 千克各型弹药。

最大时速：在 6313 米时为每小时 639 英里（1028 千米）或为 0.91 马赫；巡航速度：525 英里/小时（845 千米/小时）。



实用升限：15 151 米；最大航程：14 080 千米（无空中加油）；带 4540 千克弹药时作战半径是 4880 英里（7854 千米）；机组：5 人。

作为美军第一种真正的洲际战略轰炸机，B-52 沿袭了 B-47 的气动外形。B-52 采用大展弦比后掠上单翼、低平尾、单垂尾、翼下成对吊装 8 台喷气发动机的布局形式。

机翼采用悬臂式上单翼布局，大展弦比，平面形状呈梯形，机翼蒙皮是变厚度的，挠性较大。机翼后缘装有富勒襟翼，放下的最大角度为 50°。机翼为抗扭盒形结构，左右翼根固定在穿过机身并与其等宽的中央翼段上。机翼前、后大梁根部用大螺栓与机身加强框连接。固定前大梁的机身框。

B-52 采用细长的全金属半硬壳式机身结构，侧面平滑，截面呈圆角矩形。前段为气密乘员舱，中段上部为油箱，下部为炸弹舱。后段逐步变细，尾部是炮塔，其上方是增压的射击员舱（在 G、H 型上取消）。射击员舱与前机身乘员舱有一条通道。机身挠性很大，因此停机时机身两端分别下垂大约 25 毫米，同时蒙皮出现斜向皱纹，升空后方消失。



B-52 翼下装四组八台涡轮喷气发动机，两台发动机间装有防火隔层，每台发动机都装有马鞍形滑油箱。两个外挂点和两个副油箱外挂点。机头下的两个突起物是红外夜视仪器，用于夜间或恶劣气候条件下低空突防和确定目标。B-

52H 装 8 台普惠公司的 TF33-P-3/103 涡轮风扇发动机，分 4 组分别吊装于两侧机翼之下，单台推力 7650 千克。H 型机内装油量为 174 130 升。空中加油受油口在前机身顶部。

B-52 不同型号飞机的尾部装有不同的机枪，G 型机装备有 AN/ASG-15 防御火控系统，控制 4 挺 0.50 毫米口径的机枪。H 型机使用 AN/ASG-21 防御火近代系统，控制 M61A1 型 20 毫米机炮。

B-52 载弹量非常大，可携带 31 500 千克各型核弹和常规弹药。核弹有空射巡航导弹、斯拉姆导弹、高级巡航导弹、航空核弹。多种常规弹药以及联合直接攻击弹药、风力修正弹药布撒器等精确制导弹药、AGM-84 鱼叉、AGM-86C 空射巡航导弹、AGM-142 突眼、联合空地防区外武器等。

为了在美国战略要求和军费收缩中取得平衡，美国对 B-52H 战略轰炸机进行了多次改进。近年为使其能在 21 世纪之初继续保持战斗力，或使其能够多服役 40 年左右，美空军计划进一步对该飞机进行改进。



B-52 的主要作战任务一般包括常规战略轰炸、常规战役战术轰炸和支援海上作战。轰炸攻击范围大，空中加油后可飞抵地球任何一点轰炸。作战使用灵活，可挂载各种常规炸弹和精确弹药飞临目标上空实施轰炸，又可在离目标 1000 千米以外处发射空射巡航导弹对目标打击。

飞机自身没有隐形能力，在攻击设防目标时需要大量飞机护航或支援。

B-52 的作战方式在几十年内经历了巨大的转变。从最初的高空高亚音速突防核轰炸，到越战时的中高空地毯式常规轰炸，再到 20 世纪 80 年代的低空突防常规轰炸，以及 20 世纪 80 年代开始的战略巡航导弹平台概念，体现了军事航空技术的发展和变革。自 20 世纪 90 年代起，美国为 B-52 增加了使用 JDAM 等先进廉价制导武器的能力，使得 B-52 的作战能力倍增。到了阿富汗反恐怖战争期间，为对付大量的低价值面目标，B-52 重执地毯式轰炸方式，但辅助以

地面特种部队的精确定位和实时通报，有效地打击了原本难以压制的塔利班地面部队。

B-52 在战争中的表现

B-52 第一次使用是在越南战争中，它是当时进行大面积轰炸的主要工具，曾对越南南北方目标以及老挝、柬埔寨等地区目标进行过 126 615 架次轰炸（1965 年 8 月至 1973 年 1 月 15 日），投弹量为 250 万吨。整个越南战争中，B-52 出动量占各种作战飞机总量的 1/10 弱，但却投下近 1/2 的炸弹重量（三百多万吨）。在作战全期，有 17 架 B-52 被北方地空导弹或战斗机击落，另有 12 架非战斗损失。

在海湾战争中，B-52 同样大显神威。据统计，在整个海湾战争中，B-52 共飞行了 1624 个任务，投施 72 000 枚弹药，总 25 700 吨，占美国投空弹药总量的 29%，空军投放弹药总量的 38%。B-52 所投炸弹震天动地的巨大爆炸声，使伊拉克军队晕头转向，大大削弱了伊军的士气和战斗力。

在科索沃战争中，美军大量使用 B-52H 投掷大面积杀伤武器，攻击南斯拉夫大型目标，使许多机场、工业区等遭到巨大破坏。

2001 年 10 月 7 日美国开始了对塔利班基地组织的军事行动，以 B-52 为首的战略轰炸机起到了极大作用。美国从陆地空军基地出动的战术战斗



机，包括 F-14、F-15 和 F-16 的投弹量仅占总投弹量的 5%；从航母上出动的使用率更高战术飞机（占整个出动架次的 75%），其投弹量也只占总投弹量的 25%。相反，载弹量巨大的 B-1、B-2、B-52 的轰炸机，尽管其出动架次只占空袭行动的 10%，其投弹量却占到了总投弹量的 70%。美国凭借着强大的战略轰炸机，不仅可从数百千米外的空军基地或航空母舰出动飞机来实施打击任务，



更可从本土以远程轰炸机发起攻击，且一次攻击取得的效果更大。

2003年3月起，B-52又参与了对伊拉克的猛烈空袭，攻击的目标是总统官邸、通信指挥机构和地空导弹发射场，同时对伊拉克周围的共和国卫队阵地，进行了“地毯式轰炸”。这种强大的轰炸力能够形成巨大的战略威慑，是美国在对外军事行动中的利器。而且美国军方不断地提升B-52的命中精度，不断地在B-52上挂载新型炸弹，使得轰炸的破坏力更加巨大。

美国 B-1B “枪骑兵” 战略轰炸机

B-1“枪骑兵”超音速战略轰炸机是美国洛克维尔国际公司1974年研制的变后掠翼超音速战略轰炸机，主要用于执行战略突防轰炸、常规轰炸、海上巡逻等任务，也可作为巡航导弹空中发射平台使用。



1962年美国空军提出“先进的人驾驶战略飞机计划”，要求研制一种低空高速突防轰炸机作为B-52的后继机。1969年11月开始招标，1970年6月选定洛克维尔公司研制原型机，编号为B-1，1974年12月23日原型机首飞，改进型B-1B于1982年11月研制，首架生产型于1984年10月8日试飞。由于美国一直就巡航导弹和战略轰炸机哪一个更有效的问题争论不休，致使该机的研制周期长达20多年。

B-1B轰炸机机长44.81米；机高10.36米；翼展全展开时为41.67米，全后掠时为23.84米；机翼面积为181.20平方米；机翼后掠角 $15^{\circ} \sim 59.5^{\circ}$ ；最大起飞重量216365千克；舱内载弹量为34019千克，外挂弹量为26762千克；最大燃油量88450千克；作战半径可达5543千米，最远航程为12000千米，飞行升限18000米。

B-1B轰炸机为可变后掠式布局，采用翼身融合体技术，将机翼和机身作为一个整体进行设计，既减少了阻力又增加了升力，四台发动机两两并列装在

机翼下的发动机短舱内，座舱乘员为4人。B-1B采用低空飞行控制系统，机身两侧装活动前翼，略带后掠角，无副翼，横向操纵完全靠机翼上的扰流片和全动平尾的差动来实现，与B-1A相比该机加强了结构，更换了攻击电子系统的主要元件，重新设计了防御电子系统，改进了软件，并进行了隐身处理，使其雷达反射截面积为B-1A的1/10，B-52的1/100。

B-1主要有两种型别：B-1A原型机（只生产了4架）和B-1B具有多任务能力的改进型。1986年，首架B-1B开始服役，同年10月形成初始作战能力。至1988年初美国空军订购的100架B-1B已全部交付完毕，但随着美国军费的削减，服役飞机的数量逐步减少。



机身内共有3个武器舱，可以携带的武器有：8枚AGM-86B巡航导弹、AGM-69短距攻击导弹、12颗B-28或24颗B-61/B-83核炸弹，常规武器有84颗227千克的Mk-82或24颗908千克的Mk-84炸弹。机身下的8个外持架可以携带14枚AGM-86B或AGM-69导弹，8颗B-28，14颗B-43/B-61/B-83核炸弹，14颗Mk-84或44颗Mk-82常规炸弹，也可携带副油箱。

B-2 “幽灵” 轰炸机

B-2“幽灵”轰炸机是美国空军重型隐形轰炸机，由美国诺思罗普公司为美国空军研制。它能从美国本土或前沿基地起飞，在无需支援飞机护航的情况下，穿透敌复杂防空系统，攻击高价值、强防御、最急迫的目标。它是美国空军在21世纪的一支有效的威慑和作战力量。目前B-2只有B-2A型。B-2从1978年开始研制，首架飞机于1989年7月首飞，第1架B-2轰炸机“密苏里幽灵号”于1993年12月交付。



B-2 的研制过程是研制原子弹的“曼哈顿”工程之后美国保密程度最高的军事科研工程。1982 年 4 月 8 日诺斯罗普公司购置了洛杉矶郊区的毕柯莱佛拉地区的一座闲置厂房，并将其改装成保密工厂。军队与保安人员 24 小时进行监控。为防止苏联潜艇潜入加利福尼亚近海监听计算机软件系统发出的电磁辐射，毕柯莱佛拉的计算机辅助设计、辅助制造终端装置所在的房间，都采用了特制金属板进行电磁屏蔽。每台计算机都装有特制的罩套，未经批准的人员无法看到荧幕。关键岗位上的工人全部进行测谎试验，严防间谍与吸毒者。只有少数高级管理人员知道计划的细节，且监控更加严格。参与计划的诺斯罗普公司的一位副总裁的加拿大籍夫人被迫入籍美国。在远离厂区的地区注册了假公司，用于交接从转包商运来的部件。这些部件在深夜用无标记的卡车转运到毕柯莱佛拉。空军官员访问毕柯莱佛拉一律要换穿便服。更甚的是偌大的国会中只有 8 名议员知道此事。



外界首次得知 B-2 是在 1988 年 4 月 20 日，美国空军首次展示了一幅 B-2 飞机的不准确的手绘彩图，世界为之一震。同年 11 月 22 日，编号为 AV-1 的 B-2 原型机在全世界的瞩目下终于“千呼万唤始出来”，成

为美国公众争相一睹的怪物。这期间，B-2 原型机经历了军方进行的多次秘密试飞和严格检验，生产厂家不得不根据空军方面提出的种种意见和各种苛刻要求不断进行设计修改。首架原型机 1988 年 11 月出厂，1989 年 7 月首次进行了 2 小时 20 分的试飞。首架原型机主要进行气动及适航试飞；第二架原型机主要进行载荷试飞及扩大包线试飞，该机没有标准的隐身构形；第三、第四架原型机装有全套电子设备，主要进行电子设备、隐身及武器试飞；第五、第六架主要进行武器和实际服役试飞。在历时整整 5 年之后，1993 年 12 月，美国空军终于接收了第一架作战型的 B-2A 型飞机。1997 年 4 月 2 日，首批 6 架 B-2A 隐身轰炸机正式服役。

B-2 的主要参数

B-2A 轰炸机机身长 20.9 米，高 5.1 米，翼展 52.12 米，最大载重 18 144 千克，实用升限 15 240 米，正常起飞重量 152 635 千克，机上装有 4 台美国通用动力公司出产的 F118-GE-100 型涡扇发动机，每台发动机推力 7854 千克，机组人员 2 名，飞机在空中不加油的情况下，作战航程可达 1.2 万千米，空中加油一次则可达 1.8 万千米。每次执行任务的空中飞行时间一般不少于 10 小时，美国空军称其具有“全球到达”和“全球摧毁”能力。



B-2A 隐身性能首先来自它的外形：采用翼身融合的扁平无尾飞翼机体，机翼前缘为直线，机翼后掠 33° ，飞机头部到翼尖成锐角，机翼后缘成双“W”锯齿形，外形像一只巨大的黑蝙蝠。巨大的锯齿状后缘由 10 条直的边缘组成，从而可使雷达波从后缘和上沿两个方向反射出去，以较大的

角度偏离飞机的尾后区域。B-2A 无垂直尾翼，这就大大减少了飞机整体的雷达反射截面。机体下方没有设置武器舱或武器挂架，连发动机舱和起落架舱也全部埋入到了平滑的机翼之下，从而避免了雷达波的反射。另外，机翼前缘全部包覆一层特制的吸波材料。位于机翼前部、内装雷达扫描天线阵列的两个方形突出部件，也采用了特殊的吸波材料。此外，B-2A 的整个机体都喷涂上了特制的吸波油漆，这在很大程度上降低了敌方探测雷达的回波。

B-2A 飞机的整个机身，除主梁和发动机机舱使用的是钛复合材料外，其他部分均由碳纤维和石墨等复合材料构成，不易反射雷达波。并且这些不同的复合材料部件不是靠铆钉拼合，而是经高压压铸而成。整个飞机的雷达反射截面只有 $0.1 \sim 0.001$ 平方米，与一只小鸟相当，仅为 B-1B 的 $1/100 \sim 1/10$ 。所有的武器系统都隐藏在机体内，机身外无任何武器挂架，在机身内装有旋转

式发射架，连发动机舱和起落架舱也全部埋入到了平滑的机翼之下，既减少了飞行阻力，又可以有效避开雷达探测。飞机采用了能吸收雷达波的蜂窝结构，飞机外表面的材料及灰色涂料都有减少雷达波的反射、热辐射的特点。

B-2A 飞机的发动机进气口放置到了机翼的上方，呈 S 状，可让人射进来的探测雷达波经多次折射后，自然衰减，无法反射回去。发动机喷嘴则深置于机翼之内，也呈蜂巢状，使雷达波能进不能出。此外，发动机构件内还装有气流混合器，它可将流经机翼表面的冷空气导入发动机中，持续降低发动机室外层的温度。喷嘴呈宽扁状，使人在飞机的后方无法看到喷口。特别是由于采用了喷口温度调节技术，喷嘴部分的红外暴露信号大为减少，飞机的隐身性能大为增强。此外还将氯氟硫酸喷混在发动机排出的尾气中，以消除发动机的目视尾迹，最终达到隐身目的。



B-2 的动力装置是 4 台通用电气公司的 F118-GE-110 无加力式涡扇发动机，单台发动机的最大单位推力可达 7854 千克。这样强大的动力系统使 B-2 飞机能进行超音速飞行，并保证 152 635 千克的最大起飞重量。B-2 在不进行空中加油的情况下，作战航程可达 1.2 万千米，如果在空中加油一次

次则可达 1.8 万千米。

B-2 的设备

B-2A 飞机上有许多先进的机载电子系统，如侦测、导航、瞄准、电子对抗等系统，B-2A 侦测雷达为 AN/APQ-181 型阵列雷达，由休斯公司制造。具有频谱较窄、信号不易被敌截收的优点。这种电子扫描式阵列雷达系统，内有 2 片雷达天线阵列，特点是不需外加旋转或摇摆式天线，只通过信号阵位的改变和组合，就可对不同角度和不同方位进行扫描。工作频率在 12 ~ 18 吉赫，旁

波瓣极小，抗电子干扰的能力很强。工作模式共有 21 种，最突出的是合成孔径雷达工作模式和反合成孔径雷达模式。前者主要用于扫描陆地地貌，可清晰地获取 161 千米距离内地表的扫描图像，供飞机对地面目标轰炸时使用；后者则主要用于识别和捕捉海上目标，最远有效距离可达 128 千米。B-2A 轰炸机可使用地形匹配和地形规避技术，使其能贴地低空突入敌方空域去实行轰炸任务。B-2A 上还配有先进的 NSS 导航系统。该系统内包括两种导航设备，一种是惯性导航单元，一种是 NAS-27 型天文导航单元，分别为 B-2A 提供先进的自动导航和最常用的星座对位导航方式，双重确保飞行安全。机上的目标瞄准系统采用的是全球定位辅助瞄准系统，可将选定的目标锁定并放大四倍，方便机组人员对目标的识别和瞄准，从而提高炸弹的命中精度，炸弹击中目标的误差通常小于 6 米。B-2A 还带有型号为 APQ-50 型的电子对抗系统。该系统既可为飞机提供雷达预警，又能迅速侦悉敌方雷达所处的方位坐标。飞机上的 ZSR-62 型主动式电子对抗系统能够快速、主动地对敌进行干扰和压制。飞机上还有一些其他电子系统，如 TCN-250 塔康系统、VIR-130A 自动着陆系统、AN/APR-50 雷达告警接收机以及 ZSR-63 防御辅助设备。另外还有通信管理系统和驾驶舱内的各种显示系统，它们能够将所有传感器获取的信息及图像汇合并显示出来，供机组人员判断处理情况、与地面相关部门联络时使用。两名机组成员的座位前面，各设有 4 个 15.2 厘米大小的全彩色多功能显示屏。



由于 B-2 的先进性、保密性和可维护性的缘故，加上产量少、通货膨胀，造成 B-2 造价昂贵。1995 年，根据美国空军与诺思罗普公司的合同规定，厂家以每年 3 架的生产速度制造出 20 架 B-2A，每架飞机约合 6 亿美元。最终加上研制费用，购买一架 B-2A 的费用超过 20 亿美元。

B-2 的战场表现

B-2 自服役以后参加了三次战争。1999 年 3 月 24 日，2 架 B-2 从怀特曼空军基地起飞，经过 30 小时连续飞行、两次空中加油后，向南联盟的目标投放了 32 枚 908 千克联合直接攻击弹药，这是 B-2 首次参加实战。在整个科索沃战争中，6 架 B-2 共飞行了 45 个架次，对南联盟的重要目标投放了 656 枚联合直接攻击弹药，B-2 的飞行出动不到战争中飞机总出动量的 1%，投弹量却达到总投弹量的 11%。摧毁了南联盟近 33% 的目标。

在阿富汗战争中，在战争的头 3 天里，共 6 架 B-2 从本土起飞，经太平洋、东南亚和印度洋，对阿富汗实施空袭后再到迪岛降落，创造了连续作战飞行 44 小时新纪录，并投掷了 96 枚联合直接攻击弹药。

在伊拉克战争中，B-2 共出动 49 架次。其中，27 架次以本土怀特曼为起降基地，飞越大西洋航线，实施远程奔袭，飞行时间约 35 小时。另外 22 架次是以一个前沿基地为起降基地，对伊拉克的指挥、控制、通信等设施进行了精确的打击。

图-16 轰炸机

图-16 是苏联图波列夫设计局为苏联空军设计的双发高亚音速中程轰炸机，是根据能对西欧北大西洋公约组织成员国的重要军事目标进行战略轰炸的要求而设计的。性能和尺寸大致和美国的 B-47、英国的“勇士”“胜利者”和“火神”轰炸机相当。

图-16 于 1950 年开始研制，设计编号为图-88。1952 年首次试飞，1955 年交付使用。图-16 为服役编号。该机大约生产了 2000 架，1966 年开始退役，到 1992 年仍在服役的各型图-16 为 63 架左右。

图-16 采用细长流线型机身，后掠机翼，两台涡轮喷气发动机紧靠机身两侧，平尾和垂尾均有较大后掠角。机翼悬臂式中单翼，双梁盒形结构。整个机



翼由中央翼、左右内翼、左右外翼组成。中央翼装在机身上，与内翼在机身两侧对接。内翼可卸，平面形状呈梯形。在内翼上装发动机短舱的前、中段及主起落架。机身半硬壳式结构，椭圆形截面。机身由前气密座舱、前段、中段、后段和后气密座舱5个部分组成。前气密座舱包括以镁合金铸件为骨架的透明机头罩。各段对接面均为工艺分离面。前段及后段为油箱，中段为武器舱。

图-16 机高 10.8 米，机长 34.8 米，翼展 32.93 米，翼面积 164.65 平方米。空重 37 200 千克，正常起飞重量 72 000 千克，最大起飞重量 75 800 千克，正常载油量 14 050 千克。机上装有 2 台 AM-3 型或 PG-3M 型涡轮喷气发动机，AM-3 型的推力为 8700 千克，PG-3M 型的推力为 9500 千克。6000 米高空最大速度为 992 千米/小时，巡航速度一般为 750~800 千米/小时。实用升限 12 300 米。最大重量起飞时，升限为 11 000 米。一般活动高度 8000~10 000 米。载弹 3 吨的最大航程可达 6000 千米，最大作战半径为 2300 千米。续航时间约为 7 个小时。

图-16 机高 10.8 米，机长 34.8 米，翼展 32.93 米，翼面积 164.65 平方米。空重 37 200 千克，正常起飞重量 72 000 千克，最大起飞重量 75 800 千克，正常载油量 14 050 千克。机上装有 2 台 AM-3 型或 PG-3M 型涡轮喷气发动机，AM-3 型的推力为 8700 千克，PG-3M 型的推力为 9500 千克。6000 米高空最大速度为 992 千米/小时，巡航速度一般为 750~800 千米/小时。实用升限 12 300 米。最大重量起飞时，升限为 11 000 米。一般活动高度 8000~10 000 米。载弹 3 吨的最大航程可达 6000 千米，最大作战半径为 2300 千米。续航时间约为 7 个小时。

图-22M 超音速战略轰炸机

图-22M 超音速战略轰炸机绰号“逆火”，是苏联图波列夫设计局在图-22“眼罩”基础上进行了极大的改进设计出的超音速变后掠翼中型战略轰炸机。与图-22 相比，图-22M3 在外观上最主要的改变是改用了切口状二元进气口。

由于图-22M 既有战略核轰炸，又有战术轰炸的能力，所以一直以来都是争论的焦点。在美国和苏联进行裁军谈判期间，苏联以其航程不到 7000 千米为由，坚称其为中程战术轰炸机，而美国则认为图-22M 能够携带大威力反舰导弹，并且具有远距离快速奔袭的能力，认为其为战略轰炸机，要求削减其数量。

因此图-22M 成为了美苏之间裁军谈判的主要焦点之一。

图-22M 由图波列夫设计局于 20 世纪 60 年代中期开始研制，1969 年向外界透露，随后开始飞行试验。1970 年 7 月，美国卫星在喀山地区发现了该原型机。图-22M 共制造



了 12 架预生产型用于各种试验，生产型于 1974 年左右开始交付。发动机采用两台 NK-25 涡扇发动机，单台最大加力推力 245.2 千牛。机上设备包括具有对地、对海下视能力的搜索雷达、轰炸导航雷达、SRZO-2 敌我识别系统及仪表着陆系统。

图-22M 外形最大的特色无疑是其变后掠翼设计。低单翼外段的后掠角可在 $20^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 内变化，垂尾前方有长长的脊面。机尾有一个雷达控制自卫炮塔，装一门 23 毫米双管炮。机腹弹舱中可挂 12 吨常规炸弹或半埋式携带一枚 AS-4 “厨房”空对地导弹，或在翼下外挂 2 枚 AS-4 或 AS-6 “王鱼”空对地导弹，也可在进气道下方挂架上挂 12 颗 500 千克炸弹。可作贴地飞行突防，是自动化程度很高的先进机种。



“逆火”轰炸机经不断改进，先后发展了 A、B、C 三种型别，对应的俄罗斯型号是图-22M、M-2、M-3。图-22M 为基型，从目前保存在莫尼诺苏联空军博物馆的样机来看，机头仍有空中加油传感器，可见当初研制图-22M 时就考虑至空中加油的技术要求。每侧翼根有一个很大的主起落架收容舱，影响了航程的延长。据介绍图-22M 的航程受到限制，仅装备了一个中队。

大量装备苏联空海军部队的是图-22M2，该型别飞机有了进一步的改进，翼展加大，翼下起落架整流罩减小，性能有所提高，只因为受“限制战略武器会谈”的影响，拆除了空中加油设备，应当注意的是拆除不等于放弃。最近据一位曾在图-22M 轰炸机基地服役过的士兵说，所有图-22M 飞机基地都备有空中加油探管，如果需要可在1小时内将其安装上去。B型的机腹可半埋式携带一枚射程460千米的AS-4空对地导弹，尾炮塔装有雷达瞄准的一门GSH-23 23毫米双管机炮。

图-95 轰炸机

Tu-95 轰炸机被北约组织取代号为“熊”，由苏联图波列夫设计局研制。它是目前全世界唯一仍服役中的大型四涡轮螺旋桨发动机的远程战略轰炸机、空射导弹发射平台、海上侦察机以及军用客机。Tu-95 在冷战期间大量服役于苏联空军和苏联海军航空队。

从历史的角度来看，从苏联空军开始到现在的俄罗斯空军，机种机型已经更换了不少，唯有轰炸机仍使用 Tu-95 没有改变；它的“长寿”原因：因为它的体积与滞空能力形成多种不同的功能性。以轰炸机的角度而言，Tu-95 就像是美国空军的 B-52



轰炸机；稍微修改便又可做不同功能用途，而不像 B-52 轰炸机的用途有单一化的情形，可以作为运输机、轰炸机、侦察机，甚至是军用客机。不过 Tu-95 原本的用途就是作为战略上核武器投掷的平台，之后再衍生出成为其他功能与用途的载具。

侦察机

侦察机是专门用于从空中获取情报的军用飞机，现代空中主要侦察工具之一。按执行任务可分为战略侦察机和战术侦察机。战略侦察机一般具有航程远和高空、高速飞行性能，用以获取战略情报，多是专门设计的。战术侦察机具有低空、高速飞行性能，用以获取战役战术情报，通常用歼击机改装而成。

侦察机的发展

飞机在军事上的最初应用是进行侦察。1910年6月9日，法国陆军的玛尔科奈大尉和弗坎中尉驾驶着一架亨利·法尔曼双翼机进行了世界上第一次试验性的侦察飞行。这架飞机本是单座飞机，由弗坎中尉钻到驾驶座和发动机之间，手拿照相机对地面的道路、铁路、城镇和农田进行了拍照。可以说从这一天起，最早的侦察机诞生了。



第一次世界大战的侦察飞行发生在1910年10月爆发的意大利—土耳其战争中。10月23日，意大利皮亚查上尉驾驶一架法国制造的布莱里奥X1型飞机从利比亚的黎波里基地起飞，对土耳其军队的阵地进行了肉眼和照相侦察。此后，意军又进行多次侦察飞行，并根据结果编绘了照片地图册。

第一次世界大战爆发后，欧洲各交战国都很重视侦察机的应用。在大战的

初期，德军进攻处于优势，直插巴黎。1914年9月3日，法军的一架侦察机发现德军的右翼缺少掩护，于是法国根据飞行侦察的情报，趁机反击，发动了意义重大的马恩河战役，终于遏止了德军的攻势，扭转了战局。

第二次世界大战中，侦察机应用得更广泛，出现了可进行垂直照相及倾斜照相的高空航空照相机和雷达侦察设备，大战末期还出现了电子侦察机。



20世纪50年代，侦察机的飞行性能显著提高，飞行速度超过音速，机载侦察设备也有很大改进。拍摄目标后几十秒钟就能印出照片，并可用无线电传真传送到地面。还出现了一些专门研制的侦察机，如美国的U-2侦察机。20世纪60年代研制出3倍音速的战略侦察机，如美国的SR-71侦察机，其最大飞行速度超过M3.0，实用升限达25千米左右，照相侦察1小时的拍摄范围可达15万平方千米。20世纪80年代初，有的国家就开始着手研制飞行速度为M5.0左右、升限超过3万米的高空高速侦察机。无人驾驶侦察机将得到更广泛的应用。

侦察机的主要设备

侦察机一般不携带武器，主要依靠其高速性能和加装电子对抗装备来提高其生存能力。通常装有航空照相机、前视或侧视雷达和电视、红外线侦察设备，有的还装有实时情报处理设备和传递装置。侦察设备装在机舱内或外挂的吊舱内。侦察机可进行目视侦察、成像侦察和电子侦察。成像侦察是侦察机实施侦察的重要方法，它包括可见光照相、红外照相与成像、雷达成像、微波成像、电视成像等。

侦察机的未来

侦察卫星的出现，取代了相当一部分侦察机的作用。另外由于防空导弹的发展，使侦察机深入敌方的飞行变得日益危险。但侦察机仍得到继续发展。目前有人驾驶侦察机主要执行在敌方防空火力圈之外的电子侦察任务，大部分深入敌方空域的侦察任务由无人驾驶侦察机来执行。侦察机的“隐身”技术正在得到应用和发展。

EP-3 侦察机

EP-3 是美国洛克希德·马丁公司研制的电子侦察机，它是美国海军 P-3 “猎户座”海上巡逻机的改造型。美军从 1969 年开始使用 EP-3 电子侦察机。



EP-3 是美国的一种陆基情报侦察机，机上配备了尖端的电子信息拦截系统，它可以探测并追踪雷达、无线电以及其他电子通信信号。它具有全天候侦察的能力，机动性较强，能迅速地提供所需情报。该型机的主要缺陷是无法进行空中加油，因此不得不依靠他国的基地才能进行空中侦察。

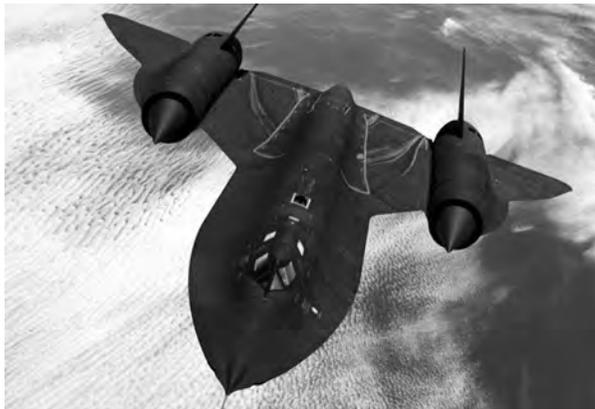
冷战时期，EP-3 曾为美国中央情报局和国家安全局等情报机构提供服务。20 世纪 90 年代的海湾战争、科索沃战争，EP-3 用于窥探敌情。除美国外，日本也用 P-3C 改装成 EP-3 装备日本海上自卫队。

SR-71 超音速侦察机

SR-71 超音速侦察机绰号“黑鸟”，是由美国洛克希德公司研制的 M3 高空

战略侦察机，于1963年2月开始研制，1964年12月开始试飞，1966年1月交付使用，1990年全部退役。SR-71机体重量的93%为钛合金，其气动外形为三角翼、双垂尾，发动机布置在机翼上。SR-71有三种改型：A型，战略侦察型，共生产25架；B型，教练型，共生产2架；C型，由A型改装的教练型。

SR-71侦察机的飞行高度能够达到30000米，最大速度能达到音速的3.5倍，被称为“双三”。因此SR-71比现有绝大多数战斗机和防空导弹都要飞得高、飞得快，出入敌国领空如入无人之境。SR-71侦察机曾经在以色列



上空执行任务时，以军的F-4战斗机向它发射了AIM-9“响尾蛇”空空导弹，但是导弹的飞行速度却比SR-71还慢，对它无可奈何。

SR-71是第一种成功突破“热障”的实用型喷气式飞机。为此机身采用低重量、高强度的钛合金作为结构材料；机翼等重要部位采用了能适应受热膨胀的设计，因为SR-71在高速飞行时，机体长度会因为热胀伸长30多厘米；油箱管道设计巧妙，采用了弹性的箱体，并利用油料的流动来带走高温部位的热量。尽管采用了很多措施，但SR-71在降落地面后，油箱还是会因为机体热胀冷缩而发生一定程度的泄漏。

SR-71A是“黑鸟”家族中生产架数最多的一种型号。该机于1963年2月开始研制。1964年10月29日1号机出厂，并被运往负责试验的加利福尼亚州旁姆戴尔工厂，在完成地面试验后，于同年12月22日首次飞行。1964年12月7日，美国空军决定向加利福尼亚州比尔空军基地提供SR-71战略侦察机使用，并组建了第4420战略侦察机联队。该联队即是美国空军第9战略侦察联队的前身。1965年SR-71通过了美国空军战略司令部的鉴定，并在1966年1月开始交付第9战略侦察联队使用。

U-2 侦察机

U-2 是美国洛克希德公司研制的单发动机涡喷式高空侦察机，可在



21 000 米的高空飞行、照相、使用雷达侦察及截听通信。主要用于执行战略或战术的照相和电子侦察任务。1956 年开始装备美空军。机长 15.11 米，机高 3.96 米，起飞重量 7384 千克，最大飞行速度 804 千米/时，最大升限 2.134 万米，航程 4180 千米，机载设备有：8 台照相侦察用的全自动照相机，能全天候工作且分辨率高，4 部实施电子侦察的雷达信号接收机、无线电通信侦察机、辐射源方位测向机和电磁辐射源磁带记录机等。

U-2 于 1955 年试飞，1956 年开始装备部队，主要类别 A、B、C、D、R、S 型。乘员 1 人，装备 J75-P-13B 涡喷式发动机，1×7714 千克推力。翼展 31.39 米，机长 19.13，机高 4.88 米，最大时速 692 千米，巡航速度 692 千米/小时。爬升率 25.5 米/秒，实用升限 21 000 米，最大起飞重量 18 597 千克，作战半径 2800 千米，最大航程 8000 千米。续航时间为 12 小时。能够携带各类传感器和照相设备，对侦察区域实施连续不断的高空全天候区域监视。

预警机

预警机是装有远程预警雷达、能用于监视和警报敌方飞机或导弹活动的飞机，有“千里眼”之称。新型预警机除监视、警报功能外，还具备地面指挥所的职能，形成“空中预警和指挥系统”。

预警机的发展史

预警机最早出现在第二次世界大战末期，当时美国海军将警戒雷达装到飞机上，用于提前发现躲在舰艇雷达盲区内低空飞行接近舰队的敌机。这种空中预警系统最大的价值在于它具有探测到地面雷达不能达到的隐藏在地平线下面目标的俯视能力，由于地球是球体，地面雷达对7万米以外的目标，因位于水平线之下而捕捉不到，而空中预警系统在约1万米高空飞行，能同时捕捉半径460千米范围内贴近海面或地面飞行的飞机、导弹以及海上舰艇等多种目标。空中预警机就像老鹰一样，有一双能从高空瞄准猎物的锐利的眼睛。



早期的预警机采用普通脉冲雷达，下视能力很差，一般只能用于杂波强度比较弱的海上，担负有限的警戒任务，也就是只能警戒不能指挥。20世纪40



年代末、50年代初，西方装备的 TBM-3W、AD-3W、WV-2、EC-121C 和“塘鹅”等均属此类。20世纪60年代以来，由于电子技术、微波技术的迅速发展，预警机雷达多采用以机载动目标显示或脉冲多普勒体制，具有良好的下视能力，加上数据处理能力和导航、通信技术的进步，预警机的功能由单纯警戒发展到可同时对多机目标实施指挥引导，于是发展成为高度机动的空中警戒和指挥系统。美国 E-3A 是这类高级预警机的典型代表。

预警机在战场上的运用

在现代的军事活动中，预警机的运用非常广泛，而且取得了骄人的战绩。



1982年发生在叙利亚和以色列之间的贝卡谷地空战中，以色列空军之所以能取得79:1的辉煌战果，E-2预警机功不可没。1982年6月9日开战之前，以军首先在地中海的安全空域9000米高空部署了两架E-2C“鹰眼”预警机，居高临下

监视叙利亚导弹发射场和空军基地的行踪。只要叙军飞机一起飞，就被E-2雷达发现，依靠其电子设备及时把叙利亚机型、航速、航向、高度等数据，连续不断地传送给以军战斗机。E-2C预警机中3部由操纵员控制的显示台的荧光屏上，显示着100多架参战飞机的飞行航迹数据，把双方飞机清清楚楚地区别开来，向以军及时提供“制定威胁”和15个最佳截击建议方案，确定攻击来袭目标的先后顺序，使以色列飞机“眼明手快”，迅速占领有利位置，采取适当机动，从而能大量击落叙利亚飞机。而叙利亚飞机由于没有预警机通报信息和指挥，犹如瞎子跟明眼人打架，只能处于被动挨打的地位。以致造成空战79:1的悬殊结局。

1991年海湾战争是一次以空袭为主要作战方式的战争。多国部队共出动11

万多架次飞机，平均每天 2600 多架次，最多的一天达 3500 架次。如此大密度的飞行活动，多国部队靠 34 架预警机，组织十分严密，指挥得心应手，基本上没有发生差错。在为数不多的空战中，多国部队击落伊拉克 44 架飞机，而自己并没有一架被对方击落，这其中预警机功不可没。

E-2 “鹰眼” 预警机

E-2 绰号“鹰眼”，于 1956 年开始设计，1960 年 10 月 21 日，首次试飞，1964 年 1 月正式交付美国海军使用。

E-2 的布局十分独特，其尾部有四个垂直安定面，机翼和垂直安定面前缘都有充气式防冰罩。为了方便舰上停放，其机翼可以折叠。飞机背部的大圆盘是旋转雷达天线罩，可探测范围达到 480 千米，能自动和连续跟踪 250 个空中目标并能导引飞机或导弹对其中 30 个目标进行截击。

E-2 “鹰眼” 舰载预警机服役已超过了 40 年。现在的 E-2C 飞机拥有世界领先的空中指挥控制能力。“鹰眼” 预警机能够同时对空中和对水面的监视，打击和拦截控制，战斗管理以及搜索和营救。

首架生产型的 E-2C，于 1973 年交付使用，装备了 APS-145 雷达，能够同时跟踪超过 2000 个目标，并能控制拦截 20 个空中目标。美国海军现在使用 4 种外形的 E-2C Group II 飞机，在服役的时间内经历了重大的改进。

现在 E-2C 的生产型是鹰眼 2000，首架于 2002 年进入现役，包括一台改进型商用现货任务计算机、一台新的操作员显示器、升级过的制冷系统、改进型卫星通信和 USG-3 联合接战能力（CEC）系统。装备有 CEC 的鹰眼 2000 和 E-2C 飞机于 2002 年在阿富汗首次部署。E-2C 飞机已经完全胜任在阿富汗和伊拉克的打





击控制和加油控制行动的能力。海军持续采购鹰眼从 2000 年一直到了 2007 年。



同时，海军于 2002 年开始部署一种新版本 E-2D 先进鹰眼飞机。主要是进行了重要的雷达和航空电子设备的升级。E-2D 飞机希望能够在 2011 年形成初始作战能力。E-2D 飞机的核心是 ADS-18 电子扫描阵列雷达。E-2D 将进行多项改进和升级，包括座舱内战术显示器、一个改进的机身、新的发动机驱动发电机和新的发动机传动箱。诺思罗普·格鲁曼公司在 2007 新年开始进行 2 架 E-2D 发展

飞机的测试，并于 2008 年开始生产试验性飞机，于 2009 年开始小批量生产，2010 年形成初始作战能力。

E-2C 是 E-2 系列的第三种型别（前两种分别是 E-2A 和 E-2B）。E-2 的主要任务是舰队防空预警和空中导引指挥，自 1977 年换装新型雷达以来，E-2C 也可在陆地上空执行预警和指挥任务。由于其独特的战术技术性能，显赫的战绩以及适中的价格，它成为预警机中最为畅销的一种机型。E-2C 由载机和监视雷达、数据处理、数据显示与控制、敌我识别、通信、导航和无源探测 7 个电子系统组成。以色列曾经在 1982 年的中东战争中应用 E-2C 预警机和其他电子武器系统成功地进行了电子战，取得了良好的作战效果。

为适应未来战争的需要，美国海军正在实施 E-2C 预警机改进计划。通过改进后，E-2C 将一直可使用到 2015 年，甚至可延续使用到 2030 年。

E-3 预警机

E-3 是波音公司根据美国空军“空中警戒和控制系统”计划研制的全天候远程空中预警和指挥飞机，有下视能力，能在各种地形上空执行空中预警任务。

从1963年提出要求，经过几年研制，1975年以波音707客机为基础改制的原型机首次试飞，1977年第一架生产型交付使用。

E-3的主要机载设备有雷达、敌我识别、数据处理、通信、导航与导引、数据显示与控制6个分系统。雷达为威斯汀豪斯公司研制的AN/APY-1型S波段脉冲多普勒雷达，平板隙缝式天线装在转速6转/分的天线罩内。天线罩直径9.1米、厚度1.8米、重6.8吨，



装在后机身上4.27米的地方。天线可根据不同作战条件把360°方位圆分成32个扇形区，选用不同的工作模态和抗干扰措施。敌我识别器是以AN/APX-130询问机为基础的高方向性询问接收式敌我识别系统，其天线在雷达天线的背面。通信系统装有14种高频、甚高频、超高频设备，在第三批飞机上装有三军通用的分时数字传输系统。导航系统装两套“轮盘木马”Ⅳ惯导系统，ANR-99奥米加导航仪，ANP-200多普勒导航仪，数据显示与控制系统为9台多用途数据显示与控制台，用以显示目标与背景信息，在显示器的下方用表格显示目标的各种数据。显示器还以放大32倍的倍率指挥多机作战。数据处理系统的核心为IBM公司的CC-1中央计算机，具有存储量大运算速度快（每秒运算74万次）、故障自检和多重处理能力，最多能同时搜索、发现600个目标，并对其中200个目标进行识别和跟踪。

E-3预警机上通常有17名工作人员，其中驾驶员4名、系统操纵人员13名。E-3能执行与地面拦截控制中心相同的任务，实际上也是一个空中指挥所。它可直接向己方执行任务的战斗机发送目标的方位和高度等数据，并实施正确的引导，使己方占据有利位置。E-3在离基地1850千米处执行警戒任务的留空时间为8小时。当飞行高度为12200米时，警戒范围为445千米。如等高中加油一次，留空时间可延长到14小时。

直升机

直升机主要由机体和升力（含旋翼和尾桨）、动力、传动三大系统以及机载飞行设备等组成。旋翼一般由涡轮轴发动机或活塞式发动机通过由传动轴及减速器等组成的机械传动系统来驱动，也可由桨尖喷气产生的反作用力来驱动。目前实际应用的是机械驱动式的单旋翼直升机及双旋翼直升机，其中又以单旋翼直升机数量最多。



直升机的最大速度可达 300 千米/小时以上，俯冲极限速度近 400 千米/小时，使用升限可达 6000 米（世界纪录为 12 450 米），一般航程可达 600 ~ 800 千米。携带机内、外副油箱转场航程可达 2000 千米以上。根据不同的需要直升机有不同的起飞重量。当前世界上投入使用的大型直升机最大的是俄罗斯的米-26（最大起飞重量达 56 吨，有效载荷 20 吨）。



直升机的突出特点是可以做低空（离地面数米）、低速（从悬停开始）和机头方向不变的机动飞行，特别是可在小面积场地垂直起降。由于这些特点使其具有广阔的用途及发展前景。在军用方面已广泛应用于对地攻击、机降登陆、武器运送、后勤支援、战场救护、侦察巡逻、指挥控制、通信

联络、反潜扫雷、电子对抗等。在民用方面应用于短途运输、医疗救护、救灾救生、紧急营救、吊装设备、地质勘探、护林灭火、空中摄影等。海上油井与基地间的人员及物资运输是民用的一个重要方面。

目前直升机相对飞机而言，振动和噪声水平较高、维护检修工作量较大、使用成本较高，速度较低，航程较短。直升机今后的发展方向就是在这些方面加以改进。

常见直升机类型

单旋翼直升机：单旋翼带尾桨（Ducted Fan）一个水平旋翼负责提供升力，尾部一个小型垂直旋翼（尾桨）负责抵消旋翼产生的反扭矩。例如，欧洲直升机公司制造的 EC-135 直升机。

单旋翼无尾桨（NOTAR）一个水平旋翼负责提供升力，机身尾部侧面有空气排出，与旋翼的下洗气流相互作用产生侧向力来抵消旋翼产生的反扭矩。例如，美国麦道直升机公司生产的 MD520N 直升机。



双旋翼直升机：纵列式（Tandem）两个旋翼前后纵向排列，旋转方向相反。例如，美国波音公司制造的 CH-47 “支努干” 运输直升机。

纵列式：两个旋翼左右纵向排列，旋翼轴间隔较远，旋转方向相反。例如，苏联米里设计局研制的 Mi-12 直升机。

共轴式：两个旋翼上下排列，在同一个轴线上反向旋转。例如，苏联卡莫夫设计局研制的卡-50 武装直升机。

武装直升机

武装直升机是指装有武器并执行作战任务的直升机。亦称攻击直升机或强击直升机。主要用于攻击地面、水面和水下目标，为运输直升机护航，也可与敌直升机进行空战。具有机动灵活，反应迅速，适于低空、超低空抵近攻击，能在运动和悬停状态开火等特点。多配属陆军航空兵，是航空兵实施直接火力支援的新型机种。武装直升机可分为专用型和多用型两种。专用型武装直升机是专门为进行攻击任务而设计的，其机身窄长，机舱内只有前后或并列乘坐的2名乘员（甚至1名乘员），作战能力较强；多用途武装直升机除用来遂行攻击任务外，还可用于运输、机降、救护等。



反坦克作战是武装直升机的主要用途之一，因此武装直升机又被称为“坦克杀手”；它与坦克对抗时，在视野速度、机动性及武器射程等诸方面明显处于优势地位。舰载武装直升机还可扩大舰艇或舰队的作战范围，增强作战能力。武装

直升机一般携带机枪、航炮、炸弹、火箭和导弹等多种武器，最大平飞时速300千米以上，续航时间2~3小时。武装直升机广泛用于现代局部战争，在战争中发挥了重要作用，受到世界各国的关注。

直-5 直升机

直-5是我国生产的第一种直升机，也是新中国直升机科研应用的开端。直-5直升机是哈尔滨飞机制造公司根据苏联的米-4直升机图纸仿制而成。

直-5可承担战场军需物资运输、医疗救护伤员、运载伞兵机降、侦察等任

务，还可改装为武装直升机。直-5在我国直升机行业发展中起到的尖兵作用不可磨灭。

1966年8月，哈尔滨飞机制造厂设计师提出采用792涡轮发动机的直-5改进型设计方案，希望用这种改进型直-5来取代直-5，改进型直-5后来被称为直-6。



直-8 直升机

直-8是中国直升机设计研究所与昌河飞机工业公司共同研制生产的多用途中型直升机。该机于1976年开始研制，首架原型机于1985年12月首飞，首架生产型直-8于1989年交付中国海军航空兵使用。

直-8的总体布局为单旋翼带尾桨布局，旋翼为6片矩形胶接全金属桨叶，尾桨为5片桨叶，船形机身，带水密舱，两侧有固定水陆两用短翼浮筒，不可收放前三点式起落架，可以进行水上起降。安装了3台涡轴6型发动机，单台最大起飞功率1128千瓦。

直-8的尺寸数据：旋翼直径为18.90米，尾桨直径4.00米，机长23.05米，机高（旋翼、尾桨旋转）6.66米；机身长20.27米。重量及载荷数据：空重为7095千克和7550千克（带装备），最大起飞重量为10592千克和13000千克（带副油箱）。性能数据：起飞重量9000千克，最大平飞速度315千米/小时，最大巡航速度266千米/小时，巡航速度255千米/小时，实用升限6000米，最远航程830千米，续航时间2小时30分钟。

直-9 直升机

直-9 直升机是我国哈尔滨飞机制造公司引进法国的 SA-365N 型海豚 2 专利、研制生产的双发轻型多用途直升机。1980 年 10 月正式引进专利生产，1982 年完成了首架直-9 直升机的装配。



直-9 的旋翼系统由 4 片复合材料桨叶，星形柔性旋翼桨毂组成，其尾桨为涵道风扇尾桨，由一个桨毂和 13 片模锻的轻合金桨叶组成。直-9 的另一大特点是尾梁两侧装有平尾，平尾两端各有一块垂直端板，可以改变飞机的飞行性能。直-9 的起落架为可收放的前三点双

腔油一气减震轮式起落架，动力装置为 2 台特博梅卡公司的“阿赫耶”1C 涡轴发动机，单台功率为 522 千瓦。直-9 用途十分广泛，可用于人员运输、近海支援、海上救护、巡逻、空中摄影、鱼群观测、护林防火并可作为舰载机使用。此外，直-9 还可改装成反坦克型、海上搜索与救护型、反潜型、侦察校正型及通信型等。

从 1988 年起，我国开始实施直-9 国产化。1992 年 1 月 16 日，首架国产直-9 型（直-9A-100）飞上了蓝天，随后顺利完成了各项试飞科目。在 1992 年底的直-9 国产化整机技术鉴定会上，鉴定结果表明直-9 的国产化率已经达到了 72%，可投入批生产。直-9 目前的型别有以下三种：直-9，最初的专利生产型，至 1990 年底协定的 50 架已全部生产完毕；直-9A，继直-9 后继续生产的型别，相当于 SA-365N1；直-9A-100，国产直-9 型，也是目前的生产型。



直-11 直升机

直-11 是由中国直升机设计研究所与昌河飞机工业公司共同研制生产的轻型多用途军民两用型直升机，是我国直升机行业从专利生产、测绘仿制走向自行设计的第一个机种。1989 年批准立项，1992 年开始全面研制，1994 年 12 月串装首飞，1997 年起开始陆续交付使用。如今已建立了外场信息管理系统及良好的售后服务体系。

直-11 的总体布局为单旋翼尾桨式布局。旋翼为 3 片柔性复合材料桨叶，尾桨为 2 片桨叶，其起落架为带阻尼器的滑橇式固定起落架。直-11 的动力装置为一台涡轴 8A（WZ8A）改型发动机，起飞功率 510 千瓦，最大连续功率 450 千瓦，巡航功率 350 千瓦。



直-11 的尺寸数据：旋翼直径 10.69 米，尾桨直径 1.86 米，机身长 11.24 米，机全长 13.01 米，机高 3.14 米。重量及载荷数据：空重 1253 千克，最大起飞重量 2200 千克，正常起飞重量 2000 千克。性能数据：最大平飞速度 278 千米/小时，巡航速度 292 千米/小时，航程 600 千米，续航时间 3.7 小时。

米-4 直升机

米-4 是苏联米里直升机实验设计局（现改称米里莫斯科直升机制造厂）设计的单旋翼带尾桨多用途直升机。米-4 于 1951 年开始设计，1952 年 8 月试飞，1953 年投产，1969 年停产，共约生产 3500 架。



按照使用途径，米-4 直升机有三种不同的类型。

米-4 基本军用型

可载 14 名士兵或 1600 千克货物，如吉普车或 76 毫米反坦克炮等。该型在机身下面有领航员吊舱。机身后部有两扇蛤壳式货舱门。米-4 近距支援型在吊舱前方装有机炮

和空地火箭。米-4 反潜型在机头下装有搜索雷达，机身后部装有拖曳式磁异探测器。机身两侧，主起落架前装有照明弹，标志弹或声呐浮标。米-4 电子对抗型的座舱前后两侧装有许多通信干扰天线。

米-4N 旅客型

座舱可容纳 8 ~ 11 名旅客和 100 千克行李。舱内有通风、加温、隔音设备。客舱门位于机身左侧后部。座舱后部有厕所、存衣室和行李舱。米-4N 采用方形舷窗，而米-4 其他型则采用圆形舷窗。机身下部设有吊舱，机轮带有整流罩。米-4N 用于伤病员救护时，座舱内可载 8 副担架和 1 名医务人员。

米-4C 农机型：

座舱内装有可容纳 1000 千克药粉或 1600 升药液的化学容器。机身尾部有喷洒农药的装置。喷洒范围：在前飞速度为 60 千米/小时时，宽度为 48 ~ 80 米，喷洒速度为 18 升/秒（药液）或 20 千克/秒（药粉）。

米-8 直升机

米-8 直升机是由苏联米里设计局研制的一款直升机，它又被称为米-8 河马战术运输直升机，是该设计局最成功的设计产品，也是迄今为止世界上生产数量最多的直升机。自从 20 世纪 60 年代研制成功后，米-8 河马直升机已经被出口到世界上的许多国家。这种型号的直升机不止在苏联、东欧国家和亲苏的第三世界国家服役，而且也被一些西方国家大量购买。米-8 的优点是：寿命

长、坚固耐牢、能够承担各种军用和民用飞行任务。截止到2003年年底，米-8已经在70个国家的空军和陆军中服役，产量超过了12300架。目前，还在执行飞行任务的河马直升机数量在3650架左右，其中俄罗斯装备了1950架，其他国家装备了1700余架。

米-8的原型机于1961年6月24日首飞，当时米里设计局称其为V-8。这架V-8安装了一台发动机，被北约称为河马-A。1962年8月2日，装有2个发动机的V-8A（北约代号河马-B）改进型进行了首飞，并成为后来量产的米-8的原型。1965年，喀山



直升机公司开始批量生产米-8河马-B直升机，这种直升机主要用于人员运输。紧随其后，米-8的第一种军用型M-8TV也于1968年进入苏联军队服役。米-8TV可装载2个或4个16管57毫米火箭发射巢或是2000千克重的航空炸弹。1973年，米里设计局又设计成功米-8TV的改进型，北约称为河马-E，和米-8TV相比，河马-E的火力更加强大，它可以装在6个32管57毫米火箭发射巢，2000千克的航空炸弹和4枚9M17P（AT-4）反坦克导弹。在随后的几年里，米里设计局又以米-8TV为基础，陆续推出了多种特殊用途的直升机，诸如电子侦察、通信侦察、电子干扰和战场指挥直升机。

米-24 武装直升机

米-24是苏联米里设计局莫斯科直升机厂研制的武装直升机，是苏联的第一种专用武装直升机。于20世纪上个世纪60年代末开始研制，1969年首飞，1973年装备部队。约有1250架在独联体服役，并装备包括阿富汗、越南、阿尔及利亚、安哥拉、古巴、印度等国家军队。

现有型别：米-24A，早期型别；米-24D，武装型，用于空对空及空对地攻击，座舱重装甲，武器系统有USUP-24机炮，机头装12.7毫米机枪，KPS-53A光电瞄



准具；米-24V，类似米-24D，改进翼尖发射巢及4个翼下挂架，最多可携带8枚AT-6“螺旋”无线电制导的反坦克导弹，翼下挂架可选装AA-8“蚜虫”空对空导弹，类似米-24，但机头换装双管30毫米机炮；米-24R，每次可采集6个土壤样本，以供NBC战分析（原子战、生物战、化学战）；米-24K，在机舱装更大照相机；米-24BMT，扫雷型；米-24生物勘查型，用于探索水面上油污染及季节性水位变化；米-25，米-24D的出口型；米-35，米-24V的非武装出口型；米-35P，米-24P的出口型，米-35M，为满足俄罗斯军方最新机动性要求而升级，装米-28直升机的旋翼、尾桨和传动系统，减轻了重量，装备新的电子设备。



米-24装有2台卡里莫夫TV3-117涡轴发动机，每台功率为1633千瓦。武器系统包括一挺遥控4管“卡特林”12.7毫米机枪，储弹量1470发，4枚AT-2“蝇拍”式反坦克导弹，多种火箭、炸弹、布雷器，最多可装1500千克常规炸弹，试装AA-8“蚜虫”、AA-11“射手”空空导弹。

米-24P空重8200千克，正常起飞重量11200千克，最大起飞重量12000千克。最大平飞速度335千米/小时，巡航速度270千米/小时，实用升限4500米，作战半径（最大军用载荷）160千米，航程（标准内部燃油）500千米，最大续航时间4小时。

米-26 直升机

米-26是苏联米里设计局（现改名为米里莫斯科直升机厂股份公司）研制的双发多用途重型运输直升机，北大西洋公约组织给的绰号为“光环”。这种直升机是继米-6和米-10以后发展的重型运输直升机，也是当今世界上最重的直升机。为开发西伯利亚及北方沼泽和冻土地带，前苏联决定发展一种全天候重型运输直升机。在20世纪70年代初开始方案论证，目标是其装载能力要达

到以前生产直升机的 1.5~2 倍以上，正式研制工作大约持续了 3 年，原型机于 1977 年 12 月 14 日首次试飞。1981 年 6 月，米-26 的预生产型在 34 届法国巴黎航空展览会上首次公开展出，1982 年开始研制军用型，1983 年米-26 交付使用，1986 年 6 月开始出口印度。总计制造了约 300 架。目前仍在生产。米-26 已发展有米-26A、米-26T、米-26P 及米-26M 等多种型别。

米-26 直升机具有极其明显的军事用途，这种直升机最大内载和外挂载荷为 20 吨，相当于美国洛克希德公司 C-130 “大力士”的载荷能力。米-26 直升机主要用于没有道路和其他地面交通工具不能到达的边远地区，为石油钻井、油田开发和水电站建筑工地运送大型



设备和人员。米-26 往往需要远离基地到完全没有地勤和导航保障条件的地区独立作业，因此，要求直升机必须具备全天候飞行能力。

旋翼系统为传统的铰接式旋翼，桨毂是钛合金制成的，有挥舞铰和摆振铰，带有阻尼器，没有弹性轴承或轴向铰。这种旋翼由 8 片等弦长桨叶组成，是世界采用桨叶片数最多的单旋翼。每片桨叶由一根管状钢质桨叶大梁和 26 个玻璃钢翼型段件组成。段件内部用翼肋和加强构件加固，中间填以蜂窝填料，前缘有不可拆卸的钛合金防蚀条。桨叶具有中等程度的扭转角，桨叶厚度沿展向向桨尖方向变薄，后缘装有调整片，可在地面上按飞行状态的需要进行调整。尾桨由 5 片玻璃钢制桨叶组成，位于尾梁右侧，钛合金尾桨毂。为适应高寒地区使用，旋翼和尾桨桨叶均装有电加热防冰装置。旋翼转数为 132 转/分。传动系统包括 V-26 风扇冷却的主传动系统。主减速器传动功率为 14 710 千瓦。单发工作时传动功率 8500 千瓦。尾传动轴位于座舱顶。机身传统的全金属铆接的半硬壳式吊舱尾梁结构。蛤壳式后舱门，备有折叠式装卸跳板。尾梁下表面平直。为了防火发动机舱用钛合金制成。垂直尾面向左偏置。尾桨安装在垂直尾面右

侧。水平尾面位于垂直尾面与尾梁的交接处。

卡-50 武装直升机

卡-50，原编号为卡-136，是苏联卡莫夫设计局研制的新型共轴反转旋翼武装直升机。北约组织给予的绰号“喙头”，俄军将其命名为“黑鲨”或“狼人”。卡-50于1977年完成设计，原型机于1982年7月27日进行首次飞行，1984年首次公布，1991年开始交付使用，1992年底获得初步作战能力。



卡-50主要用于完成反坦克任务，此外还可用来执行反舰/反潜、搜索和救援、电子侦察等任务。卡-50采用了很多先进技术，如红外抑制技术、红外诱饵撒布装置和装甲、先进的火控技术。1996年，卡莫夫设计局公开了卡-50的双座型卡-52，俄军将其命名为“短吻鳄”。

卡-50与卡-52协同作战，形成黄金搭档。

AH-1 武装攻击直升机

AH-1“眼镜蛇”是贝尔公司为美国陆军专门研制的世界上第一种“专门设计的专用的”武装攻击直升机。20世纪60年代中期，美国陆军根据越南战场上的实际需要，迫切要求迅速提供一种高速的重装甲重火力武装直升机，用来为运兵直升机提供沿途护航或为步兵预先提供空中压制火力。因为当时用普通运输直升机临时加机枪改装的火力支援直升机不仅速度慢，而且无装甲保护，火力也不强。

AH-1“眼镜蛇”直升机由于其飞行与作战性能好，火力强，被许多国家

广泛使用，并几经改型。AH-W“超眼镜蛇”直升机是新近推出的最新型反坦克直升机。该机更突出了高温高原性能，具有全天候昼夜作战能力和一定的空战/自卫能力。贝尔公司1989年又发展了4桨叶的AH-1(4B)W“毒蛇”直升机，采用了先进无轴承旋翼，载运能力将提高1倍，飞行性能也将有较大提高。



AH-64 阿帕奇武装直升机

AH-64“阿帕奇”直升机是美国最先进的具有全天候昼夜作战能力的武装直升机，由美国原休斯直升机公司研制，编号休斯77型。AH-64直升机于1975年开始研制，主要用于反坦克作战。与其他直升机相比，“阿帕奇”的突出特点是：一是火力强，它以反坦克导弹为主要武器，另外还有机炮和火箭等；二是装甲防护和弹伤容限及抗坠性能好；三是飞行速度快；四是作战半径大，可达200千米左右；五是机载电子及火控设备齐全，具有较高的全天候作战能力和较完善的火控、通信、导航及夜视系统；六是具有“一机多用”能力。

在第一次海湾战争实施大规模空袭前22分钟，8架“阿帕奇”攻击直升机从750千米外的基地起飞，发射了3枚“海尔法”导弹，导弹沿着波束飞向伊拉克西部两个地面雷达站，不到2分钟，就彻底摧毁了它，从而为空袭部队提供了安全走廊，保证了空袭成功。



其后，AH-64“阿帕奇”直升机又以单机摧毁23辆坦克的纪录载入史册。



AH-64 的最大平飞时速 307 千米，实用升限 6250 米，最大爬升率 16.2 米/秒，航程 578 千米。主要武器：机头旋转炮塔内装 1 门 30 毫米链式反坦克炮、4 个外挂点可挂 8 枚反坦克导弹和工具，19 联装火箭发射器。最大起飞重量 7890 千克。机上还装有目标截获显示系统和夜视设备，可在复杂气象条件下搜索、识别与攻击目标。它能有效摧毁中型和重型坦克，具有良好的生存能力和超低空贴地飞行能力，是美国当代主战武装直升机。

S-70 战斗突击运输直升机

S-70 是西科斯基飞机公司为美国陆军研制的双发单旋翼战斗突击运输直升机。美陆军编号 UH-60A、UH-60C，绰号“黑鹰”。1972 年开始研制，第一架原型机于 1974 年 10 月首飞，1977 年 8 月开始生产，1979 年 4 月开始交付使用。该机的主要任务是战斗突击运输，伤员疏散、侦察、指挥及兵员补给等任务，是美国陆军 20 世纪 80 年代直升机的主力。



“黑鹰”作为突击运输直升机在执行低飞作战任务时，极易遭受地面火力攻击，故该机在提高生存力方面采取了很多措施。例如，其机身及旋翼在制造上大量使用各类防弹材料，驾驶舱和发动机的关键部件均设有装甲；两台发动机由机身隔开，相距较远，如有一台被击中损坏，另一台仍可继续工作。而“黑鹰”的抗坠毁措施尤其值得一提，它采用固定式抗坠毁起落架、机身下部的蜂窝状填料，以及高效减震座椅等。

“黑鹰”的改进型有 SH-60B“海鹰”，反潜/反舰导弹防御型；EH-60A 电子对抗型；HH-60D“夜鹰”是空军的战斗支援型；EH-60B 远距离目标跟踪系统型；SH-6F 美国海军用作战型。

除美国之外，S-70 的主要出口装备国有希腊、日本、澳大利亚、西班牙、



泰国、韩国等。

CH-46 运输直升机

CH-46“海骑士”运输直升机首飞于1958年，正式服役于美国海军则在1960年，担任运输物资、人员等任务。虽然并非是特种作战直升机，但它却经常执行一些特种军事任务。

CH-46直升机是美国海军陆战队最主要的军用直升机之一，这种直升机外形有点像公共汽车，双螺旋桨。海军陆战队主要用它把部队从舰上运到岸上，或把部队从营地运到作战前沿位置。而美国海军则用这种直升机把装备运到舰上或执行搜索与救援任务。

CH-46直升机由美国波音公司制造。在整个服役期内，CH-46直升机问题多多，命运时起时落。由于事故频繁，加上又不能弃之不用，所以美军只得经常进行检查，而且海军陆战队下令每架CH-46每次只能载12人而不是原来规定的25人，所以每小时飞行的代价比以前上升了75%。



在越南战争期间，这种直升机发挥了极大的作用。CH-46初次服役是在越南战争时期，一开始用于从海军舰只上向陆上运送部队和货物，或者从陆上送到舰上，另外还执行了成千上万次救护受伤陆战队员的任务。自从越战以来，CH-46几乎参加了所有美军大型的军事行动，包括2001年的阿富汗战争以及伊拉克战争。

CH-47 运输直升机

CH-47“支奴干”是美国波音·伏托耳直升机公司研制的双旋翼纵列式全天候中型运输直升机，美国公司编号波音 114/414。1956 年开始研制，1961 年 4 月 28 日，第一架原型机 YCH-47A 总装完成。1961 年 9 月 21 日，进行首次悬停飞行。该机是根据美国陆军的全天候中型运输直升机要求设计的，可以在恶劣的高原高温组合条件下完成运输任务。



“支奴干”直升机的主要型别有：CH-47A，最初生产型，第一架于 1962 年 8 月 16 日交付给美国陆军，共交付美国陆军 354 架，泰国皇家空军 4 架，现已停产；CH-47B，CH-47A 的发展型，1967 年 5 月 10 日开始交付，总共生产了 108 架，1968 年 2 月交付完毕；CH-47C，CH-47B 的改进型，加强

了传动系统，满足了美国陆军提出的新要求，即在大气温度 35℃、1220 米高度条件下，外挂 6800 千克载荷起飞，活动半径 56 千米，CH-47C 于 1967 年 10 月 14 日首次试飞，1968 年 3 月开始交付，1980 年夏天交付完毕，共交付美国陆军 270 架；CH-47D，CH-47 系列的最新改进型，第一架标准原型机于 1979 年 5 月 11 日首次试飞，1984 年 2 月 28 日首次装备美 101 空降师达到初始作战能力，能执行各种战斗与支援任务，包括运送部队、火炮装置和战场补给。

“支奴干”出口的国家 and 地区相当广泛，主要包括英国、西班牙、澳大利亚、韩国等，我国也曾在 20 世纪 80 年代购买过 6 架“支奴干”直升机。

“山猫”直升机

“山猫”是英国韦斯特兰直升机公司和法国航宇公司共同研制的多用途直升机。该机1968年4月开始研制，韦斯特兰公司领导设计工作。1971年3月21日，第一架“山猫”的原型机首飞。1974年初，“山猫”开始批量生产，装备在英国海军、陆军和法国海军。



“山猫”作为一种多用途的军用直升机，到目前为止已有20种不同改进型。其中主要有：“山猫”AH-Mk1，英国陆军通用型；“山猫”HAS-Mk2，英国海军轻型反潜反舰直升机；“山猫”HAS-Mk3，加大功率的英国海军型；“山猫”HAS-Mk3GM，英国海军阿拉伯海湾巡逻型。

“海豚”直升机

“海豚”是法国航宇公司（现欧洲直升机公司）研制的一种轻型运输直升机。1972年6月原型机试飞成功，20世纪70年代中期开始交付使用。目前已发展了多种型别，主要包括：SA365N，运输型；SA365F，反舰反潜型；SA365M，多用途军用型。



“海豚”直升机采用了大量复合材料，涵道式尾桨提高了安全性，起落架为前三点可收放式，机载设备比较先进，可执行多种任务。包括我国在内的许多国家，都引进了“海豚”直升机。

无人驾驶飞机

由无线电遥控设备或自备程控系统操纵的无人驾驶飞机。无人机有一次性和多次永久性两种。着陆或降落伞回收。根据用途机上载有各种电子设备。它主要用于科研、军用高空侦察、训练靶机、核取样等。随着现代化电子遥控技术的提高，无人机发展很快。20世纪70年代出现实时遥控无人机，由操纵人员地面或空中通过电视摄像机、数据传输等电子装备实施遥控。20世纪80年代，美国等西方国家开始研制无人驾驶的骚扰机、对地攻击机、目标探测机、遥控直升机等。在未来，无人驾驶飞机的发展速度必定会更加迅速，其用途也将更加广泛。



无人机还可降低成本。一架“影子”无人机造价仅55万美元，还不到F-15战机的1%。按美国空军审计机构的评估，培养一名F-15战机飞行员的费用更是高达260万美元。同时，无人机的战场存活率高。即使是非隐形设计的无人机，由于其尺寸小，发动机功率低，雷达反射截面积仅为0.1平方米，很难被发现。而最新研制的无人机更是采取了各种先进的隐身技术，使其在雷达隐身、红外隐身和声隐身等方面都能达到相当高的程度。

目前，世界各国军队正大力研制装备无人机。显然，随着信息传输技术、计算机技术和飞行状态控制技术的发展和进步，无人机将广泛地用于空战，并最终引起空战模式的革命。

“全球鹰” 无人机

“全球鹰”机长：13.5米；机高：4.62米；翼展：35.4米；最大航程：25945千米；机载燃料：超过7吨；最大起飞重量：11.6吨；飞行时间：41小时。可在距发射区5556千米的范围内活动，可在目标区上空18288米处停留24小时。探测设备：携带光电、红外传感系统和合成孔径雷达。

“全球鹰”无人机在海外联合作战行动中的需求非常旺盛，自2001年以来，“全球鹰”无人机的成功飞行时间超过3.1万小时。

由诺斯罗普·格鲁曼公司和美国空军联合推出的新一代高空无人驾驶飞机——RQ-4 Block 40型“全球鹰”无人机揭开了神秘面纱。Block 40型“全球鹰”于2010年服役。这种无人机安装了一个先进的、全天候的多平台雷达传感器，从而保证



Block 40型“全球鹰”能够实时提供侦察情况，使作战部队拥有前所未有的探测、跟踪和识别静止和移动目标的能力。

美国间谍飞机的最大供应商诺斯罗普·格鲁曼公司正在从亚洲国家寻找买主。韩国和日本已经向该公司表达了购买美军最先进“全球鹰”间谍无人机的意向。美国媒体称，除了韩国和日本希望利用“全球鹰”无人机应对朝鲜半岛紧张局势外，一些东南亚国家，如新加坡也在积极与诺斯罗普·格鲁曼公司磋商，联系无人机购买事项。

“苍鹭” 无人机

“苍鹭”无人机是以色列飞机工业公司马拉特子公司研制的一款大型高空



战略长航时无人机。该机的研制计划始于 1993 年底，1994 年 10 月第一架原型机首飞，整个研制时间为 10 个月，1996 年底正式投入使用。

“苍鹭”无人机主要用途是实时监控、电子侦察和干扰、通信中继和海上巡逻等任务。

它可携带光电、红外雷达等侦察设备进行搜索、探测和识别，进行电子战和海上作战。在民用方面还可进行地质测量、环境监控、森林防火等。

第三章 人类的航天史



火箭实验的创始者

罗伯特·戈达德是美国最早的火箭发动机发明家，是“火箭实验创始者”，被公认为现代火箭技术之父。

戈达德出生于美国马萨诸塞州，在他 17 岁的时候就向往火星之旅了。十年以后戈达德认识到，唯一能达到这个目的的运载工具就是火箭。从那时起，他就决定将自己献身于火箭事业。24 岁从渥切斯特技术学院毕业后进入克拉克大学攻读博士学位。1911 年他取得博士学位后留校任教。1914 年他开始用火药制成许多小型固体火箭，对火箭理论进行实验性研究。他发现要使火箭达到宇宙航行所需的能量和速度，只有采用液氧、液氢为燃料的火箭发动机才能取得成功。

1919 年，戈达德在经典名著《到达极高空的方法》中，透彻地阐述了火箭运动的基本数学原理，同时详尽论证了火箭把人和仪器送上月球的可行性，开创了航天飞行和人类飞向其他行星的时代。1922 年 3 月，戈达德向克拉克大学提交了液体火箭的总体设计方案，研制出用液氧和煤油来推进的液体火箭。1925 年在他的实验室旁的小屋里，一台液体推进剂的火箭发动机进行了静力试验，1926 年成功地进行了世界第一次液体火箭发动机的飞行。在马萨诸塞州的奥本，冰雪覆盖的草原上，戈达德发射了人类历史上第一枚液体火箭。火箭长约 3.4 米，发射时重量为 4.6 千克，空重为 2.6 千克。飞行延续了约 2.5 秒，最大高度为 12.5 米，飞行距离为 56 米。这是一次了不起的成功，它的意义正如戈达德所说：“昨日的梦的确是今天的希望，也将是明天的现实。”

戈达德于 1929 年又发射了一枚较大的火箭，这枚火箭比第一枚飞得又快又高，更重要的是它带有一只气压计、一只温度计和一架来拍摄飞行全过程的照

相机，这是第一枚载有仪器的火箭。1931年，戈达德采用与现代火箭相仿的程序发射方法，他首先采用陀螺仪控制火箭的飞行方向，火箭的飞行时速猛增至885千米，飞行高度达到了2500米。1935年，戈达德的火箭冲破了20千米，时速超过1193千米，首次实现了人造飞行器的超音速飞行。

此外，他还获得火箭飞行器变轨装置和用多级火箭增大发射高度的专利，并研制了火箭发动机燃料泵、自冷式火箭发动机和其他部件。他设计的小推力火箭发动机是现代登月小火箭的原型，曾成功地升空到约2千米的高度。他一共获得过214项专利。

戈达德的研究极端缺少经费，而且挑剔的舆论界也不放过这位严谨的教授。《纽约时报》的记者们嘲笑他甚至连高中的基本物理常识都不懂，而整天幻想着去月球旅行。他们称戈达德为“月亮人”。为新闻界左右的公众也对这位科学家的工作表示怀疑和不理解，但这都不能撼动顽强的戈达德。最好的办法是走自己的路，继续自己的研究，而对公众的反应保持沉默，因为他很清楚这种讥讽是不会持久的。

意想不到的是报界的报道引起了美国航空界先驱人物之一林白的注意。在亲自考察了戈达德的试验和计划之后，他立即设法从格根海姆基金会为戈达德筹得5万美元。这对于极端缺少资金而又迫切需要进行实验设计的戈达德真是雪中送炭。这时马萨诸塞州对于戈达德的计划就显得太拥挤了，于是在1930年他的全家和四个助手迁到新墨西哥州的罗斯威尔建立他的发射场。到1941年，除了短暂的中断之外，他在这里从事了在科技史上最令人瞩目的个人研究计划。

戈达德虽然成功地发射了世界上第一枚液体火箭，但最初并没有引起美国



政府的重视和支持，所以到他逝世时美国的火箭技术还远远落后于德国。直到1961年苏联宇航员加加林上天后，美国才发表了戈达德30年来研究液体火箭的全部报告。后来，他被誉为美国的“火箭之父”，被追授了第一枚刘易斯·希尔航天勋章，美国宇航局的一座空间飞行中心被命名为“戈达德空间研究中心”。

戈达德的坎坷而英勇的一生，所留下的报告、文章和大量笔记是一笔巨大的财富。这些财富不仅对后人的研究起到了重要的作用；而且对各国航天的历史起到了不可替代的作用。对于他的工作，冯·布劳恩曾这样评价过：“在火箭发展史上，戈达德博士是无所匹敌的，在液体火箭的设计、建造和发射上，他走在了每一个人的前面，而正是液体火箭铺平了探索空间的道路。当戈达德在完成他那些最伟大的工作的时候，我们这些火箭和空间事业上的后来者，才仅仅开始蹒跚学步。”

运载能力最大的商用运载火箭

阿丽亚娜5型运载火箭是目前世界上运载能力最大的商用运载火箭。当进行单星发射任务时，它可以把6500千克的有效载荷送入地球同步转移轨道，而进行双星发射任务时，可以把6000千克的有效载荷送入相同的轨道。

人类历史上的第一枚现代运载火箭是在1957年10月由苏联发射成功的，它把世界上第一颗人造地球卫星送入了太空，从此为人类发展航天运输和空间应用技术开创了先河，并奠定了坚实的基础。而即使欧洲在“二战”期间，由德国研制了著名的V-2火箭，它被公认是后来人类现代运载火箭和洲际弹道导弹发展的雏形。但“二战”结束后，德国作为战败国，这项技术不仅被迫搁置，而且美国还从德国掠走了大量的火箭部件和技术设计人员，从而壮大了本



国的火箭开发实力。由于历史政治原因，欧洲一直没有大规模发展航天运输技术，直到1973年7月31日欧洲空间局成立时才结束了这种局面。

1973年12月，欧洲空间局开始联合投资研制阿丽亚娜型运载火箭，这是一种液体三子运载火箭，研制工作历时6年，投资费用约10亿美元（1988年币值）。1979年12月，第一枚阿丽亚娜1型火箭首次亮相，并圆满完成了第一次飞行任务，1981年正式投入商用。自此，欧洲的运载火箭技术获得了快速发展。特别是进入20世纪80年代以后，由于商业通信卫星技术的迅猛发展及其大量应用，推动了运载火箭的不断发展。欧空局又在阿丽亚娜1型运载火箭基础上陆续研制了阿丽亚娜2型、阿丽亚娜3型、阿丽亚娜4型和阿丽亚娜5型运载火箭，从而使阿丽亚娜系列运载火箭的地球同步转移轨道运载能力从最初的1850千克增加到6500千克。

由于目前世界上最大的商业通信卫星质量不超过5.5吨，而大部分商业通信卫星的质量介于2.5~4吨之间，因而阿丽亚娜5型运载火箭不仅具有发射世界上最大的高轨道商业通信卫星的能力，还具有一箭发射两颗较大高轨道卫星的能力，这样可以大大降低用户费用。

阿丽亚娜5型运载火箭由4种型号组成，它除使用了改进的一子级外，还使用了在阿丽亚娜4型运载火箭三子级基础上改进而成的新型低温上面级，经过改进后，它的地球同步转移轨道运载能力提高到8吨（单星）。而运载能力最大的阿丽亚娜5型改进型改进后，地球同步转移轨道运载能力将提高到12吨（单星）。2002年第一种改进型阿丽亚娜5型运载火箭投入使用后，欧洲空间局停止生产旧的阿丽亚娜4型运载火箭。

在过去十几年里，阿丽亚娜系列运载火箭不仅在激烈的国际商业卫星发射市场竞争中获得了巨大的成功，并且推动了人类现代运载火箭技术的发展。同时，也带动其他航天大国开发研制了新一代运载火箭。如20世纪90年代中期，美国、俄罗斯和日本分别研制了“德尔它4”“宇宙神5”“安加拉”和“H-2A”系列运载火箭，由于这些运载火箭全部采用了“系列化、标准化、模块化”的设计方案，并且由于引入了高性能发动机等，不仅使其具有了与阿丽亚娜5型运载火箭相当的运载能力，还使生产成本大幅降低。这些运载火箭在本



世纪初陆续发射成功，并在未来形成一定的生产规模。大批新型运载火箭涌入国际航天发射市场后，必将对未来的市场格局产生重大影响，阿丽亚娜5型运载火箭的竞争优势也必将受到影响。

第一颗人造卫星

世界上第一颗人造地球卫星——人造地球卫星1号是苏联在1957年10月4日发射的。



1957年10月4日苏联拜科努尔航天中心天气晴朗。人造卫星发射塔上竖立着一枚大型火箭。火箭头部装着一颗圆球形的有4根折叠杆式天线的人造卫星“斯普特尼克”1号。随着火箭发动机的一声巨响，火箭升腾，在不到两分钟的时间里消失得无影无踪。世界上第一颗人造卫星发射成功了。

消息迅速传遍全球，各国为之震惊，世界各大报刊都在显要位置用大字标题报道：《轰动20世纪的新闻》《科技新纪元》《苏联又领先了》《俄国人又打开了通往宇宙的道路》等。

这颗卫星的本体是一只用铝合金做成的圆球，直径58厘米，重83.6千克。圆球外面附着4根弹簧鞭状天线，其中一对长240厘米，另一对长290厘米。



卫星内部装有两台无线电发射机——频率分别为 20.005 兆赫及 40.002 兆赫，无线电发射机发出的信号，采用一般电报讯号的形式，每个信号持续时间约 0.3S，间歇时间与此相同。此外还安装有一台磁强计、一台辐射计数器，一些测量卫星内部温度和压力的感应元件及作为电源的化学电池。尽管这颗“小星”在天空不过逗留了 92 天，但它却“推动”了整个地球，加快了各国发展空间技术的步伐。

它在拜克努尔发射场由一支三级运载火箭发射。起飞以后几分钟，卫星从第三级火箭中弹出，达到第一宇宙速度（7.9 千米/秒），进入环绕地球飞行的轨道。它距离地面最远时为 964.1 千米，最近时为 228.5 千米，轨道与地球赤道平面的夹角为 65° ，以 96.2 分钟时间绕地球 1 周，比原来预计的所需时间多 1 分 20 秒。在秋夜的晴空中，有时它像一颗星星在群星中移动，肉眼可以看到它。这颗卫星的运载火箭于 1957 年 12 月 1 日进入稠密大气层陨毁。卫星在天空中运行了 92 天，绕地球约 1400 圈，行程 6000 万千米，于 1958 年 1 月 4 日陨落。为了纪念人类进入宇宙空间的伟大时刻，苏联在莫斯科列宁山上建立了一座纪念碑，碑顶安置着这个人造天体的复制品。

历史总不乏戏剧性，据当年担任苏联航天泰斗科罗廖夫第一助手的切尔托克院士近来在莫斯科透露，在那次震惊世界的航天发射中，苏联航天设计师的主要目的是进行洲际导弹发射实验，送人造卫星上天只是顺便的搭载实验而已！

原来，苏联航天设计师们只想尽快打造一枚能携带核弹头并能达到美国本土的洲际弹道导弹，那时，面临这项主要任务的苏联航天设计师们根本瞧不上实验携带的人造卫星，认为它不过是颗圆铁球、“小玩具”，不会有太大的用途。因此，卫星发射上天的消息会在全世界引起巨大反响是苏联航天设计师们根本没想到的。这真是“有心栽花花不活，无心插柳柳成荫”，洲际弹道导弹发射试验失败了，但人类第一颗人造卫星却上天了！苏联也因此戴上了“把第一颗人造卫星送上天”的桂冠。

不久，为了给载人航天预做试验，苏联又发射了第一颗载有名叫“莱依卡”的小狗乘坐的“卫星”2号人造地球卫星。据有关报道，当年美国总统肯

尼迪被苏联这个强劲的对手的惊人之举惊呆了，整个美国航天界为此整整反省了一周。

第一艘航天飞机

1976年9月17日，人类历史上第一架航天飞机被拖出了洛克威尔的帕玛戴



尔总装大楼。这架编号为 101，取名“企业号”的航天飞机是美国航天飞机计划中第一架原型机。“企业号”航天飞机长 37.2 米，宽 23.8 米，高 17.4 米，空重 72.6 吨，载荷舱长 18.2 米，宽 4.6 米，能将 29.5 吨重载荷送上 370 ~ 1110 千米高的空间轨道，并可从空中带回 1.45 吨重

载荷。在具有辅助电源的前提下，可在太空停留 30 天，并可执行各种太空使命。“企业”号航天飞机如今已经退役，在完成了它的测试使命并进行过一系列遍及海外多国的展示之旅后，美国政府将其捐给史密森尼学会作为馆藏。

第一艘载人飞船

“水星号”飞船（Mercury spacecraft）美国第一个载人飞船系列。飞船由圆台形座舱和圆柱形伞舱组成，在发射时，水星号飞船的顶端还有一个高约5米的救生塔。在座舱外面大钝头处覆盖一层很厚的防热材料。飞船返回前点燃制动火箭，然后抛弃制动火箭组合件，再入大气层，下降到低空时打开降落伞，航天员与飞船一起溅落在海上，由直升机和打捞船只回收。1961年5月5日“水星号”飞船进行了首次亚轨道载人飞行，运行中航天



员曾试验使用手控装置保持飞行路线，进行滚动和偏航飞行，拍摄了地球陆地构造、气象云图和天体等照片。美国第一个载人飞船系列从1961年5月至1963年5月共发射6艘。前两次是绕地球不到一圈的亚轨道飞行，后4次是载人轨道飞行。主要目的是试验飞船各种工程系统的性能，考察失重环境对人体的影响、人在失重环境中的工作能力以及对发射和返回过程中遇到超重的忍耐力等。“水星”飞船是美国的第一代载人飞船，总共进行了25次飞行试验，其中6次是载人飞行试验。“水星”飞船计划始于1958年10月，结束于1963年5月，历时4年8个月。“水星”计划共耗资3.926亿美元，其中飞船为1.353亿美元，占总费用的34.5%；运载火箭为0.829亿美元，占总费用的21.1%；地面跟踪网为0.719亿美元，占18.34%；运行和回收操作费用为0.493亿美元，占



12.6%；其他设施为0.532亿美元，占13.46%。“水星”计划的主要目的是实现载人空间飞行的突破，把载一名航天员的飞船送入地球轨道，飞行几圈后安全返回地面，并考察失重环境对人体的影响、人在失重环境中的工作能力。重点是解决飞船的再入气动力学、热动力学和人为差错对以往从未遇到过的高加速度和零重力的影响等问题。

“水星”飞船总长约2.9米，底部最大直径1.86米，重1.3~1.8吨，由圆台形座舱和圆柱形伞舱组成。座舱内只能坐一名航天员，设计最长飞行时间为2天，飞行时间最长的一次为34小时20分，绕地球22周。“水星”计划的6次载人飞行共历时54小时25分钟。

“水星”飞船的姿态控制系统以自控为主，另有两种手控方式作为备份。航天员仅在必要时使用手控装置控制飞船的飞行姿态，在飞船操纵方面仅起到辅助作用，基本上是一名供地面研究人员了解人对空间飞行环境适应能力的受试者。但在飞行中也表现出了人的主观能动性。

最长寿的太空探测器

“先驱者10号”在茫茫太空中遨游了41年，向地面发回有关木星的大量科学数据，它是迄今为止人类发射的空间考察器中飞行时间最长和距离地球最遥远的星际探测器。

“先驱者10号”于1972年3月2日踏上征途，经过1年零9个月的长途跋涉后，穿过危险的小行星带，闯过木星周围的强辐射区，与1973年12月3日与木星相会。它飞临木星时，沿木星赤道平面从木星右侧绕过，在距木星13万千米的地方穿过木星云层，拍摄了第一张木星照片，并进行了十多项实验和测量，向地球发回第一批木星资料，为揭开木星的奥秘立下头功。在木星巨大的

引力加速下，直向太阳系边疆飞去。于1989年5月24日飞越过冥王星轨道，带着给外星人的“礼品”——“地球名片”，向银河系漫游而去。

“先驱者10号”重量为260千克。它配有太阳能电池和11台由放射性同位素 ^{238}Pu 钷作燃料的衰变温度差发电机。该探测器上装有2.7米直径的抛物面天线，对地球定向，发射机用8瓦功率向地面深空跟踪网传输信号。它的原设计寿命只有21个月，其主要使命是实现人类首次对木星的探测。但实际上它的“探测生命”之长，远远超出了人们的预期。“先驱者10号”的最后一次信号是1997年1月22日接收到的，其中已无任何遥测数据。2月7日，宇航局位于加利福尼亚州、澳大利亚和西班牙的巨型天线“深空网络”与该



探测器的联络都没有取得任何结果。专家们认为，由于放射性同位素动力源已衰变殆尽，探测器估计已无力再向地球发送信号。美宇航局于是决定放弃与探测器继续联系的努力。

在四十二年的漫漫星际旅行途中，“先驱者10号”创下了诸多的航行纪录。它实现了人造天体对木星的探测。人们知道，无论从体积还是质量，木星都超过其他七大行星的总和，素有太阳系“老大哥”之称。它自转一周仅需9小时50分钟，因而自转速度也居九大行星之首。木星的外表具有美丽的云团大红斑和高于地球20~40倍的强磁场。所有这些都令科学家着迷。然而在此之前，美国和苏联两个航天大国的太空探测器都不曾飞近木星，其原因是环绕木星的有一个小行星带。小行星带区有许多从地面上难以看到的小天体。专家们担心，进入小行星带的探测器很可能遭到碰撞而毁掉。庆幸的是“先驱者10号”安然地进入并穿过火星和木星之间的小行星带，没有受到任何擦伤。1983年，它又第一个飞出太阳系向金牛座飞去，但据估计，它至少还得再飞200万年，才能掠过与金牛座距离最近的恒星。在这之后，科学家仍不定期地与“先驱者”10



号联系，并在此基础上试验了一些尖端通信技术。“先驱者 10”号还发现：太阳风随距离的增加并不减弱，碰撞加热几乎不损失动能；太阳风暴增长时，日球可以沿磁赤道向外膨胀，其形状极像卵形；当激波和扰动接近日球边界时，它们可以同日球外面的星际介质堆积在一起；在太阳极大时，能探测到一种神秘的高能氦离子成分，它是渗入日球边界的星风中的中性氦在太阳附近被太阳紫外线辐射电离而成的。此外，该探测器还尝试找寻太阳系内存在第九颗行星的证据，探测能够证明爱因斯坦相对论的引力波。

“先驱者 10 号”还携带了一张镀金盘，它不仅能反映出太阳系在银河系的位置和太阳系的主要成员，还画有“先驱者 10 号”探测器的外形、飞行轨迹以及男女地球人的简图。按照科学家的建议，名片上还画有氢元素的谱线，因为氢是宇宙中最普通最丰富的元素，只要外太空存在智慧生物，就一定能看懂氢元素的资料。如果外星人获得这张“名片”，破译了“名片”上的内容，就有可能与地球人取得联系。这是一个多么美好的理想啊！但事实上，宇宙太大了，仅“先驱者 10 号”飞出太阳系就用了 20 多年，即使它能到达离地球最近的恒星，恐怕也要几百万年以后了。

月球不再神秘

自 1969 年 7 月 16 日，美国“阿波罗 11 号”飞船首次实现载人登月以来，根据对月球的多次实地勘探和对从月球带回的岩石、土壤进行分析研究的结果，人类对月球的面貌已有了较多的了解。科学家认为，月球上的岩石比地球上的还要古老，月球和地球几乎是由同样的化学元素构成的，只是组成的成分有所不同。例如，月岩所含的钙和铝比地球上的岩石含量要高，月球没有磁场，其外壳比较稳定，近 30 亿年以来几乎没什么变化。尽管天文学家早就认为，月球

体态娇小，引力柔弱（为地球的1/6），根本不具备缚住大气的能力，在向阳面的高温下，任何气体分子都会轻而易举地达到脱离速度而逃之夭夭。但对月球的实测表明，月球表面并不是没有任何大气的，只是大气层太稀薄，而且大气成分比较复杂，随时空多变，通常在黑夜时的大气成分主要由40%的氩、40%的氦和20%的氮组成，到日出时还会加入极少量的甲烷和氨等，有些地区的大气中还会发现极



微量的氢、氦、钠、钋和钾原子等。美国科学家日前宣称，月球上有冰存在，这就可能为探索月球奥秘的人们提供饮用水，也可将冰分解为氢和氧，从而为火箭提供燃料。

从实地勘探中发现，月球上总共有30多万座环形山，星罗棋布，彼此环抱，最大的环形山，直径近300千米、海拔高达6000米以上，十分壮观。遗憾的是，由于月球上没有水源，这些山都是光秃秃的，寸草不生，十分荒凉。显然，要想使如此荒漠的月球世界成为适合于生物生存的天堂，最终变成一个生机勃勃、万物竞存、鸟语花香的天上人间，当务之急是解决月球上的供水问题。多年来，科学家们已提出过多种设想。有一个解决办法是：采掘月球上储量极为丰富的氧化铁，用太阳能熔化炉进行熔炼，使其放出大量的氧，与运输飞船从太空中收集制取的液态氢相结合，来生成供月球开发需要的水。这种在月球和太空就地取材，合成制水的方案，从原理上是可行的，但要实施这一巨大的工程，绝不是轻而易举的，涉及能源、采掘、运输、生活等一系列问题需要配套解决。

对人类最富吸引力的，是月球土壤中含有大量的气体状“ ^3H ”，这是一种比目前地球上核电站所用的氘原料的放射性要低得多的核材料。“ ^3H ”原本大



量存在于太阳喷射出来的高能粒子流（太阳风）中，在几乎没有大气的月球上，“太阳风”直接降落下来，久而久之，在月面的沙粒、岩石中，大约集聚有 100 万吨这种材料，若能进行大量开采，不但可供月球开发所需能源，还可为 21 世纪地球核聚变提供用之不竭的核能原材料。

月球的白天和夜间持续时间都长达半月之久，白天气温最高达 127℃，夜间温度又低达零下 183℃，如此酷热严寒而又温差剧变的气候，是月球上没有 人烟和生命的另一个重要原因。俄罗斯科学家已对如何利用月球上的土壤和岩石制造水泥等建筑材料，然后利用这些材料建筑一座可以调节室温，使其适合于人类居住的生活基地做过长期研究。有一个方案是，他们通过对月球的一些实测数据进行分析，认为月球很可能是一个空心球体。基于这一认识，有朝一日，就可在月球表面打一条通道，进入月球地壳深处的“地下月宫”，在那里建造一座适于人类居住的“地下城”。这样，乘坐飞船奔月的旅游者，可在这座“地下城”找到过夜的旅馆。科技工作者就可以以这座“地下城”为基地从事月球资源勘探、太空产品生产、天文观测等活动。在“地下月宫”这个永久基地未建成之前，科学家建议可以先在地球上制成一些预制塑模构件，形成一个自动竖升的巨型圆筒。事先装配好后，用宇宙运输船送到月球表面，圆筒在月球表面一登陆即自动分成两半打开，并自动形成一座多层结构的建筑物，作为初登月球“志愿者”的临时居所。

人类探索金星的进程

苏联和美国从 20 世纪 60 年代起，对揭开金星的秘密倾注了极大的热情和探测竞争。迄今为止，发往金星或路过金星的各种探测器已经超过 40 个，获得了大量的有关金星的科学资料。



1. 前苏联金星探测开先河

在太空探测器探测金星以前，有的天文学家认为金星的化学和物理状况和地球类似，在金星上发现生命的可能性比火星还大。20世纪50年代后期，天文学家用射电望远镜第一次观测了金星的表面。

苏联于1961年1月24日发射“巨人号”金星探测器，在空间启动时因运载火箭故障而坠毁。

1961年2月12日试验发射“金星1号”，这个成功飞往金星的探测器重643千克，在距金星9.6万千米处飞过，进入绕太阳轨道后失去联络，结果一无所获。

1967年6月12日，苏联发射了“金星4号”飞船，同年10月18日进入金星大气层。“金星4号”的着陆舱直径1米，重383千克，外表包着一层很厚的耐高温壳体，设计极限压强为25个大气压。着陆舱进入大气层后展开降落伞，在降落伞的作用下缓慢下落，探测数据及时发送到轨道舱，然后返回地球。当着陆舱下降到距离金星表面为24.96千米时，信号停止发射，估计是着陆舱被金星的高气压压瘪了。

“金星5号”的发射时间为1969年1月5日，它的设计同“金星4号”非常接近，只是更结实一些。在着陆舱下落过程中，获得了53分钟的探测数据。当着陆舱下落到距离金星表面24~26千米时被大气压坏，此时的压力为26.1个大气压。

“金星6号”于1969年1月10日发射，同年5月17日到达金星。着陆舱一直下降到距离金星表面10~12千米。

1970年8月17日，苏联发射了“金星7号”，并于1970年12月15日到达金星。该飞船的着陆舱能承受180个大气压，因此成功地到达了金星表面，成为第一个到达金星实地考察的人类使者。传回的数据表明，温度高达470℃。大气成分主要是二氧化碳，还有少量的氧、氮等气体。至此，人类撩开了金星神秘的面纱。

1972年到达金星表面的“金星8号”化验了金星土壤，还对金星表面的太阳光强度和金星云层进行了电视摄像转播，金星上空显得极其明亮，天空是橙



黄色，大气中有猛烈的雷电现象，还有激烈的湍流。

1975年至1984年是金星探测的高潮期。1975年6月8日和14日先后发射了“金星9号”和“金星10号”，于同年10月22日和25日分别进入不同的金星轨道，并成为环绕金星的第一对人造金星卫星。两者探测了金星大气结构和特性，首次发回了电视摄像机拍摄的金星全景表面图像。

1978年9月9日和9月14日，苏联又发射了“金星11号”和“金星12号”，两者均在金星成功实现软着陆，分别工作了110分钟。特别是“金星12号”于12月21日向金星下降的过程中，探测到金星上空闪电频繁、雷声隆隆，仅在距离金星表面11千米下降到5千米的这段时间就记录到1000次闪电，有一次闪电竟然持续了15分钟。

1981年10月30日和11月4日先后上天的“金星13号”和“金星14号”，其着陆舱携带的自动钻探装置深入到金星地表，采集了岩石标本。

研究表明，金星上的地质构造仍然很活跃，金星的岩浆里含有水分。从二者发回的照片知道，金星的天空是橙黄色，地表的物体也是橙黄色的。“金星13号”着陆区的温度是457℃，“金星14号”的着陆地点比较平坦，是一片棕红色的高原，地面覆盖着褐色的沙砾，岩石层比较坚硬，各层轮廓分明。“金星13号”下降着陆区的气压是89个大气压；“金星14号”下降着陆区为94个大气压，这样大的压力相当于地球海洋900米深处所具有的压力。

在距离地面30~45千米的地方有一层像雾一样的硫酸气体，这种硫酸雾厚度大约25千米，具有很强的腐蚀性。探测表明，金星赤道带有从东到西的急流，最大风速达110米/秒，金星大气有97%是二氧化碳，还有少量的氮、氩及一氧化碳和水蒸气。主要由二氧化碳组成的金星大气，好似温室的保护罩一样，它只让太阳光的热量进来，不让其热量跑出去，因此形成金星表面的高温和高压环境。

1983年6月2日和6月7日，“金星15号”和“金星16号”相继发射成功，二者分别于10月10日和14日到达金星附近，成为其人造卫星，它们每24小时环绕金星一周，探测了金星表面以及大气层的情况。探测器上的雷达高度计在围绕金星的轨道上对金星表面进行扫描观测，雷达的表面分辨率达1~2千



米，可看清金星表面的地形结构，成功绘制了北纬 30° 以北约 25% 金星表面地形图。

1984 年 12 月苏联发射了“金星—哈雷”探测器，1985 年 6 月 9 日和 13 日与金星相会，向金星释放了浮升探测器——充氦气球和登陆舱，它们携带的电视摄像机对金星云层进行了探测，发现金星大气层顶有与自转同向的大气环流，速度高达 320 千米/小时，登陆设备还钻探和分析了金星土壤。“金星—哈雷”探测器在完成任务后利用金星引力变轨，飞向哈雷彗星。综观苏联金星探测的特点，主要是投放降落装置考察，以特殊的工艺战胜金星上高温高压，取得了金星表面宝贵的第一手资料。

2. 美国金星探测后来居上

苏联航天技术的辉煌成就，极大地刺激了美国人。20 世纪 60 年代初，美国宇航局根据肯尼迪总统提出的登月计划，全力开展探月活动；但又看到苏联对金星的探测活动，格外着急。美国当局立即决定分兵两路，在实施登月的同时，拿出一部分力量来探测金星。

美国于 1961 年 7 月 22 日发射“水手 1 号”金星探测器，升空不久因偏离航向，只好自行引爆。1962 年 8 月 27 日发射“水手 2 号”金星探测器，飞行 2.8 亿千米后，于同年 12 月 14 日从距离金星 3500 千米处飞过，首次测量了金星大气温度，拍摄了金星全景照片，但由于设计上的缺陷，在探测过程中，光学跟踪仪、太阳能电池板、蓄电池组和遥控系统都先后出了故障，未能圆满执行计划。

1967 年 6 月 14 日发射“水手 5 号”金星探测器，同年 10 月 19 日从距离金星 3970 千米处通过，做了大气测量。1973 年 11 月 3 日发射“水手 10 号”水星探测器，1974 年 2 月 5 日路过金星，从距离金星 5760 千米处通过，对金星及其大气做了电视摄影，发回上千张金星照片。

从 1978 年起，美国把行星探测活动的重点转移到金星。1978 年 5 月 20 日和 8 月 8 日，分别发射了“先驱者—金星 1 号和 2 号”，其中 1 号在同年 12 月 4 日顺利到达金星轨道，并成为其人造卫星，对金星大气进行了 244 天的观测，考察了金星的云层、大气和电离层，研究了金星表面的磁场，探测了金星大气



和太阳风之间的相互作用；还使用车载雷达测绘了金星表面地形图。

1988年1月两位美国地质学家报告说，金星表面的阿芙洛狄忒高原地区具有与地球上洋脊十分相似的特征，他们分析了美国“先驱者—金星1号”宇宙飞船环绕金星时用雷达信号测量金星表面的结果，发现金星阿芙洛狄忒高原的岩层断裂模式与地球上洋中脊附近的情况很相似，其主脊两侧的特征近似呈镜像对称，这也正是洋中脊的重要特征。那里的高山、峡谷以及断层诸方面的分布特征表明金星的地壳在扩张，其每年几厘米的扩张速度与地球的海（洋）底扩张相仿。

“先驱者—金星2号”带有4个着陆舱一起进入金星大气层，其中一个着陆舱着陆后连续工作了67分钟，发回了一些图片和数据。在金星的云层中不同层次具有明显的物理和化学特征，金星上降雨时，落下的是硫酸而不是水，探测还表明，金星上有极其频繁的闪电；金星地形和地球相类似，也有山脉一样的地势和辽阔的平原；存在着火山和一个巨大的峡谷，其深约6千米、宽200多千米、长达1000千米；金星表面有一个巨大的直径达120千米的凹坑，其四周陡峭，深达3千米。

为了在探测金星方面取得更大的成就，美国宇航局决定要利用其在雷达探测技术方面的先进设备，透过金星浓密的云层，详细勘察金星的全貌和地质构造。

1989年5月4日，“亚特兰蒂斯号”航天飞机将“麦哲伦号”金星探测器带上太空，并于第二天把它送入金星的航程。“麦哲伦号”金星探测器重量达3365千克，造价达4.13亿美元。后来的事实说明，“麦哲伦号”是当时最先进最为成功的金星探测器。

“麦哲伦号”装有一套先进的电视摄像雷达系统，可透过厚厚的云层测绘出金星表面上小如足球场的物体图像，其清晰度胜过当时所获金星图像的10倍！它装载的高分辨率综合孔径雷达，其发射、接收天线与著名的“旅行者”号探测器定向天线相似，也是3.65米直径的抛物面形天线，但其性能比前者提高了许多，它在金星赤道附近250千米高空时，分辨率也可达到270米。

“麦哲伦”的中心任务是对金星作地质学和地球物理学探测研究，通过先



进的雷达探测技术，研究金星是否具有与河床和海洋构造，因苏联有科学家推测，大约40亿年前金星上有过汪洋大海。

“麦哲伦”经过15个月的航行，于1990年8月10日点燃反向制动火箭，使其速度由每小时3.96万千米减至2.79万千米，进入围绕金星的轨道。“麦哲伦”探测器运行中沿金星子午线绕一圈约需要189分钟，扫描宽度为20~25千米；从北极区域到南纬60°计划进行37分钟的观测，行程约1.5万千米。8月16日“麦哲伦”发回第一批照片。

“麦哲伦”拍摄到金星上一个40千米×80千米大的熔岩平原，雷达的测绘图像非常清晰，可以清楚地辨认出火山熔岩流、火山口、高山、活火山、地壳断层、峡谷和岩石坑。金星火山数以千计，火山周围常有因陨石撞击而形成的沉积物，像白色花朵。“麦哲伦”发现金星上的尘土细微而轻盈，较易于被吹动，探测表明金星表面确实是有风的，很可能像“季风”那样，时刮时停，有时还会发生大风暴。金星表面温度高达280~540℃。它没有天然卫星，没有水滴，其磁场强度也很小，大气主要以二氧化碳为主，一句话，它不适宜生命存活。它的表面70%左右是极为古老的玄武岩平原，20%是低洼地，高原大约占了金星表面的10%，金星上最高的山是麦克斯韦火山，高达12000米。在金星赤道附近面积达2.5万平方千米的平原上，有3个直径为37~48千米的火山口。金星上环绕山极不规则，总共约有900个，而且痕迹都非常年轻。

“麦哲伦”拍摄了金星绝大部分地区的雷达图像，它的许多图像与苏联“金星15号”和“金星16号”探测器所摄雷达照片经常可以重合拼接起来，使判读专家得以相互印证，从而使得人们对金星有进一步的了解。

“麦哲伦号”从1990年8月10日至1994年12月12日一直围绕金星进行探测，最后在金星大气中焚毁。

1990年2月飞往木星的“伽利略号”探测器途径金星，成功地拍摄金星的紫外和红外波段的图像，照片上显示金星大气顶部的硫酸云雾透过紫外光非常突出。

虽说金星空间探测硕果累累，但仍然有许多待解之谜。譬如说，金星上确曾有过海吗？金星上的温室效应是在什么时候、怎样发生的？目前金星表面是经过大规模的火山活动而重新形成的吗？金星大气的精确化学成分是什么……

据报道，2001年日本文部科学省宇宙科学研究所制订出一个金星探测计划，在2007年用M-5火箭发射金星探测器，它在2009年进入围绕金星的大椭圆轨道，其近地点约300千米，远地点约60 000千米；它通过携带的5台可穿透金星大气的特殊红外摄像机、紫外摄像机探测金星大气和地质构造。未来的金星探测需要长寿命的登陆舱、专门的下降探测装置、遥控探测气球以及监视金星大气的轨道器等。

人类探索木星的进程

迄今为止，人类共发射了4艘宇宙飞船，即“先驱者”10号、11号，“旅行者”1号和2号前往木星探测。

“先驱者10号”于1972年3月2日上午发射升空，一路上考察了行星际物质；1973年12月3日与木星会合，在离木星13万千米处飞掠而过，探测到木星规模宏大的磁层，研究了木星大气，送回300多幅木星云层和木星卫星的彩色电视图像。

“先驱者11号”飞船于1973年4月6日发射，1974年12月5日到达木星。它离木星表面最近时只有4.6万千米，比“先驱者10号”近两倍。送回有关木星磁场、辐射带、重力、温度、大气结构以及4个大卫星的情况，并按地面指令调整航向，飞越在地面因视角不合适而难于观测的木星南极地带。“先驱者11号”在完成任务后，向着土星飞去。

1977年8月20日和9月5日，美国又相继发射了“旅行者1号”和“旅行者2号”飞船。这两艘飞船在仪器设备方面比“先驱者”10号和11号先进。“旅行者1号”于1979年3月飞临木星，在3天之内探测了木星和4个伽利略卫星，以及木卫五，拍摄了数以千计的彩色照片，并进行了一系列科学考察。



“旅行者2号”于1979年7月飞临木星，对木星进行了考察。两艘飞船在离开木星后，还要继续探测土星、天王星和海王星，然后飞出太阳系，到茫茫的宇宙中去寻找知音。

人类探测水星的进程

尽管水星是地球的近邻，但人类对于它的了解却非常有限；对它的探索也仅在几十年前进行过唯一的一次。水星究竟是怎样形成的？它的上面到底有没有水？为什么它的密度如此之高？一系列的问题都有待解答。

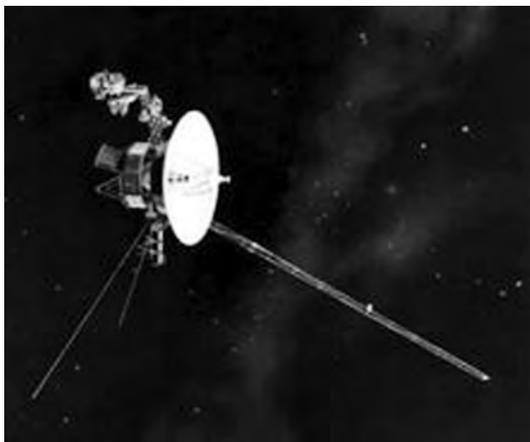
1974年3月，“水手10号”实现了人类与水星的第一次近距离接触。它3次飞过水星上空，拍摄下了数千张水星表面的图片。然而，令人遗憾的是，“水手10号”只拍摄下了水星的远景和其表面45%的图片，而这个星球另一半究竟是什么样子，对人们来说，依然是个谜。

随着航天器隔热技术和计算机技术的发展，时隔30年后，美国宇航局终于再次向水星发射了一架航天器——“信使号”，对这颗神秘星球展开探索。

因为水星与太阳的距离过于接近，地球上的观测设备和太空中的哈勃望远镜等面对强烈的阳光照射，都难以对它进行直接观测，因此，这次发射“信使号”的探测行动意义重大。总重量1100千克，体积相当于一辆普通SUV汽车的“信使号”探测器，是由NASA投资开发、美国卡内基学院和约翰·霍普金斯大学应用物理实验室主导负责研制；先后有6个国家的20多个研究机构提供了重要的帮助。

“信使号”探测器总成本4.27亿美元，总重量1100千克（探测器主体500千克+推进器600千克），主体体积1.27米×1.85米×1.42米（长×宽×高）。

为了让探测器适应水星特有的大气环境和高温，科学家作出了一系列的尝



试，并最终制造出了“全副武装”的“信使号”。

2004年美国东部时间8月2号凌晨，北京时间2号下午，“信使号”探测器，搭乘“德尔塔2号”火箭，飞向水星。

在2006年10月年和2007年6月，“信使号”两次经过距离水星最近的行星——金星，尤其是第二次到达距离金星表面300千米的上空。

这一过程为科学家更好地调整“信使号”的飞行方式和倾斜角度打下基础，从而顺利地进入水星轨道。

据悉，2008年1月和10月以及2009年9月，“信使号”3次接近水星运行轨道，拍摄下日光照射下的水星图像；同时科学家借这几次机会对“信使号”的工作方式做最后的测试和调整。最终在经过近7年的漫长飞行旅程之后，“信使号”在2011年3月正式进入水星的运行轨道，开始为期一年的观测和记录工作。

根据计划，“信使号”的探索工作于2012年3月正式结束，而科学家对于“信使号”搜集的所有数据的分析和结论，将要等到2013年才能完成。

虽然人类至今对水星还知之甚少，但“信使号”的发射，以及其他正在进行中的水星探索计划让我们相信，对水星的深入了解已经指日可待。

人类探索火星的进程

人类使用空间探测器进行火星探测的历史几乎贯穿整个人类航天史。几乎就在人类刚刚有能力挣脱地球引力飞向太空的时候，第一个火星探测器也开始了它的旅程。最早期的探测器几乎都失败了，而对火星的探测也就是在一次又一次的失败中不断前进。

苏联在第一颗人造地球卫星上天5年以后，就开始了火星探测。1962年11月，苏联发射了“火星1号”探测器，1963年6月13日飞跃火星，获得了太阳风、行星际磁场和流星体的探测资料，这是人类首次成功的火星探测飞行，揭



开了人类探测火星的序幕。但是当1963年3月21日它飞行到距离地球1.06亿千米的距离时，却与地面永远失去了通信联系。3天以后，苏联的又一枚探测器升空，这枚探测器同样面临着失败的命运，仅仅到达环绕地球轨道，此后火箭未能再次成功点火，两个月后坠入地球大气层烧毁。

1964年，美国也先后向火星发射了两枚探测器“水手3号”和“水手4号”。“水手3号”于12月5日发射升空，是美国发射的第一枚火星探测器，然而探测器的保护外壳未能按预定计划成功与探测器分离，导致探测器偏离轨道，最终导致失败。“水手4号”于12月28日发射升空，这是有史以来第一枚成功到达火星并发回数据的探测器。



“水手4号”是八角柱形，装有四块太阳能电池板和摄影装置等，全重261千克。“水手4号”从地球出发安全飞行了8.5亿千米，于1965年7月14日从距离火星9650万千米处飞过。它拍摄了22幅火星表面的照片，用无线电遥传回地球。“水手4号”拍摄的地带是火星北半球的普罗彭蒂斯地区，并在亚马逊沙漠越过火星赤道，广及南半球的锡伦海、奎登奇斯海等。在“水手4号”发回的照片中，科学家发现了与月球表面类似的密布的大小环形山，发现的仅有300座。以后又进行了更为详尽的考察，火星上的环形山总数大概有数万座。也就是说，火星的地形不及地球平坦，更近似月球。

此后，“水手4号”又在环绕太阳轨道上花费3年时间对太阳风进行探测。“水手4号”发回的数据表明火星的大气密度远比此前人们认为的稀薄。

“水手4号”拍摄了火星照片之后，就形成了围绕太阳旋转的人造卫星，它携带的太阳能电池能把阳光转变为电能，今后仍能与地球保持联系。

1967年9月14日，美国宣布，在7分钟里，“水手4号”至少被17颗陨石击中，探测器机体上被撞开几个洞，但并未发生严重故障。

1971年12月，苏联的“火星3号”飞船的登陆舱在火星上软着陆。1976年7月20日和8月7日，美国的“海盗1号”和“海盗2号”飞船的登陆舱分别在火星上着陆成功。登陆舱主要进行了生物探测试验，两个登陆舱的着陆点都选择在估计水分较多，生命存在可能性较大的地方。

美国的“火星探路者”飞船代表了火星探测的重要阶段。火星在地面工作人员的遥控下在火星上行驶，实现了对火星较大范围的移动考察。

“火星探路者”于1997年7月4日在火星上名为“战神谷”的地区着陆，7月6日凌晨1时59分，“漫游者号”探测车驶下飞船的坡道，踏上火星表面。这是人类的车辆首次在火星大地上行驶。数小时后开始传回火星表面的彩色图像。1997年11月4日，“火星探路者”飞船正式结束使命，它总共传回有关火星地貌、日出和日落的9669幅照片，取得了许多重要的科学成果。

1999年3月，美国发射的“火星全球勘探者”飞船开始对火星绘图，并收集火星形态、地貌、重力、天气和气候、表面和大气层以及行星际磁场的的数据，每7天完成一次对火星全球的绘图。至2001年4月，“火星全球勘探者”飞船



围绕火星运行了1万多个轨道周期，发回的探测数据已经超过了此前历次火星探测成果的总和，仅NASA在网上公布的火星全球勘探者飞船拍摄的照片就已超过6.7万张。

2001年4月7日，美国发射了“火星奥德赛”飞船，于2001年10月24日到达火星，绘制了火星表面化学元素和矿物的分布图形，寻找火星的水源。

2003年6月2日，欧洲空间局发射了“火星特快”飞船，同样将探测火星是否有水作为重要目标。

2003年，美国航空航天局先后发射了两个火星探测车“机遇号”和“勇气号”，并在2004年1月在火星安全着陆后，就不断地向地球发回前所未有的清晰的火星大地图片。当初预定这2台探测车的工作时间为3个月。但是过了三年半，现在它们仍然顺利地在继续执行观测使命（虽然也出现过一些问题，但最终还是顽强地“活”了下来）。

“勇气号”和“机遇号”火星探测车在火星探测中做出的最精彩的表现是分别发现和确认火星过去曾经有液态水，而且可能是大洪水。

如“勇气号”于2005年3月20日（第431个火星日）拍摄了被它碾压过的沙地，沙地呈白色，是一种含硫酸盐较多的物质，这是曾经有过水的有力证据。“机遇号”同样发现和拍摄了火星上曾经有过液态水的图片，如在2005年11月23日至12月5日拍摄的多幅图片中，可以清楚地看到岩石表面具有明显的沉积岩特性，属于水成岩，因此，可确认火星在过去有过液态水。“机遇号”发现火星上过去存在过水或大洪水的证据还有多处：如“机遇号”拍到的一些图片显示，其着陆地周围的岩石上嵌有球形颗粒“蓝莓果”，经过研究，科学家们认为它们可能是被水浸泡过的多孔岩石中所溶解矿物的凝结物等。

精彩表现之二是“机遇号”火星探测车在高低起伏的火星表面行走，在驶过一个又一个沙丘时，曾一度被陷在两个沙丘之间的洼坑里动弹不得，困在那里长达一个多月。但最终还是在美国航空航天局工程技术人员的几度努力下，找到脱身的方法，终于被解救出来，一直工作到现在。据有关资料介绍，“勇气号”和“机遇号”火星探测车至今“筋骨”硬朗，仍在执行观测、拍片的使命。

精彩表现之三火星上多尘埃、沙土。“勇气号”探测车在一处名为“丈夫

山”的地方“抓拍”到火星上的龙卷风。因此，作为火星探测车动力源的太阳能电池板上必然会留存大量的沙尘而导致电池板失效，届时，探测车就“无能为力”了。但结果正相反，龙卷风把太阳能电池板上的沙尘吹干净了。这应该是两架探测车能够如此超长期服役的原因之一。

2007年，美国国家航空航天局的“凤凰”号启程前往火星，并在经历将近一年、6.75亿千米的旅程之后，已在2008年5月25日成功登陆火星北极。主要任务是寻找火星土壤中可能存在的生命迹象。

美国国家航空航天局的火星科学实验室于2011年11月25日启程前往火星，它于2012年8月6日在火星表面着陆，有6个轮子，拥有前所未有的机动性能，并且使用核能提供电力，至少在火星表面工作一个火星年的时间。同时，火星科学实验室还携带各种先进的仪器，它配有200万像素的主照相机，配合10倍光学变焦镜头和三色真彩色感光能力，将可以拍摄到超清晰度的全景照片，同时这部相机还将内置MPEG-2硬件影片压缩能力，可以拍摄每秒10画格的高清晰影片，相机本身将配有至少256MB内存和8GB闪存以暂时保存拍摄的照片和影片，配合火星通信轨道器提供的基于激光通信的超高带宽支持，火星科学实验室将会使现在正在火星上工作的双胞胎火星车“勇气号”和“机遇号”相形见绌。

美国的火星样本取回任务计划将于2013年实施，计划于2016年将半千克左右的火星土壤和岩芯样本送回地球作进一步研究。这个计划包括一个环绕火星轨道运行的返回装置和一到两个着陆装置，着陆装置可能配备有可以小范围移动的火星车，如果那时火星科学实验室仍然可以工作，可能也会利用火星科学实验室在大范围内提前采集样本，或者再发射一枚类似火星科学实验室的火星探测车用于这个目的。采集样本以后，样本将会被一枚小型火箭发射到火星轨道，与返回装置对接，这个对接也可能不只一次，然后由它将样本一次性送回地球。

2018年的火星任务将是一个着陆器，用于寻找火星上可能存在生命的证据。

2020年将会有更多的样本返回任务实施，用于将火星样本送回地球。

第四章 航天飞行器科技大观



载人航天器的分类

载人航天是指人类驾驶和乘坐载人航天器在太空从事各种探测、试验、研究、军事和生产的往返飞行活动，其目的在于让人类更好地认知整个宇宙。

载人航天器能突破地球大气的屏障，克服地球引力，把人类的活动范围从陆地、海洋和大气层扩展到太空，使人类能更广泛和深入地认识地球及其周围的环境，更好地认知整个宇宙，并充分利用太空和载人航天器的特殊环境从事各种试验和研究活动，开发太空及其丰富的资源。



根据飞行和工作方式的不同，载人航天器可分为载人飞船、空间站和航天飞机三类。

载人飞船是能保障宇航员在外层空间生活和工作、执行航天任务并返回地面的航天器。它运行时间有限，是仅能一次使用的返回型载人航天器。载人飞船可以独立进行航天活动，

也可作为往返于地面和空间站之间的“渡船”，还能与空间站或其他航天器对接后进行联合飞行。飞船容积较小，受到所载消耗性物资数量的限制，不具备再补给的能力。

载人飞船用途很多，主要包括进行近地轨道飞行，试验各种载人航天技术，如轨道交会与对接和宇航员在轨道上出舱、进入太空活动等；考察轨道上失重和空间辐射等因素对人体的影响，发展航天医学；进行载人星际飞行；为空间



站接送人员和运送物资；进行军事侦察和地球资源勘测；进行临时性的天文观测等。

苏联于1961年4月12日发射了世界上第一艘“东方号”载人飞船，后来又相继发射了“上升号”飞船和“联盟号”飞船。“水星计划”是美国1958年开始实施的第一个载人航天计划。1969年7月21日，美国成功发射阿波罗Ⅱ号登月飞船，人类载人航天和空间探索取得重大突破。

空间站与载人飞船相比，具有容积大、载人多、寿命长、可综合利用的优点，是发展航天技术、开发利用宇宙空间的基础设施。1971年，苏联发射了第一个空间站礼炮号，标志着人类航天技术进入新的阶段。迄今俄罗斯已经发射了三代共8艘航天站。

航天飞机是美国继“阿波罗”之后的又一项庞大航天计划。这个计划的主要优势在于：技术上有创新，有利于保持美国的技术领先地位；用途广泛，可满足军民两方面发射、修理和回收卫星以及运送人员、物资等需要；可多次重复使用，能显著降低运载成本。

美国从1972~1981年集中大量财力研制航天飞机，经过近10年的努力终于研制成功并投入使用。1981年，美国发射了世界上第一架航天飞机—哥伦比亚号，接着又相继研制了“挑战者号”“发现号”“亚特兰蒂斯号”和“奋进号”航天飞机（1986年“挑战者号”、2004年“哥伦比亚号”相继失事）。

宇宙飞船的类型

宇宙飞船是一种运送航天员或货物到太空、并安全返回的航天器。它一般可载2~3名航天员，在轨运行时间通常为几天到半个月，能基本保证航天员在太空短期生活并进行一定的工作。宇宙飞船经过五十多年的发展，技术日臻成熟，飞船也已发展成为一个庞大的家族。

宇宙飞船除了有载人飞船外，还有货运宇宙飞船、载人货运混合型宇宙飞船。若按照飞行任务的不同可分为卫星式载人飞船、登月式载人飞船和行星际载人飞船。

目前用途最广的是卫星式载人飞船，如中国的“神舟”五号、六号、七号、八号、九号飞船均属此类。它像卫星一样在距地面几百千米的近地轨道上飞行，飞行速度为第一宇宙速度（7.9千米/秒），根据其结构组成可分为一舱式、二舱式和三舱式3种。一舱式只有座舱，二舱式由座舱和服务舱组成，三舱式是在二舱式基础上再增加一个轨道舱。有的还附有气闸舱、对接机构，但在载人飞船上均配置应急救生装置。

登月式载人飞船是在两舱式飞船的基础上增设一个登月舱而成。当登月飞船进入月球轨道时，航天员可乘坐登月舱在月面着陆，完成在月面的任务后再乘登月舱飞离月面。该种飞船在美国“阿波罗计划”中已多次使用，并获得成功。

行星际载人飞船是未来的宇宙飞船。根据发展需要，行星际载人飞船要向这三个方面发展：一是有多种功能；二是返回落点的控制精度要达到百米级范围以内；三是返回地面的座舱经适当修整后可重复使用。据报道，美国珀杜大学研究人员正在研制一种地球与火星之间来回飞行的旅游星际飞船，它利用太

阳、行星及卫星的引力将游客送到目的地。美国航空航天局还在研制核能动力星际飞船，这种飞船能在2个月内从地球飞到火星，命名为“普罗米修斯计划”。它自带小型核能发电机，时速可达到8.7万千米/小时，这一速度大约是普通航天器的3倍。有了核能航天器，就能用比



目前短得多的时间将乘员送到比月球更远的地方去。美国德克萨斯有一家名为“集体行动”的公司，正在研制一艘有一个足球场那么大的太阳能飞船，称之为“人类首架星际飞船”。据资料介绍，该星际飞船的目的地是穿越太阳系进入神秘的银河系世界去探访。俄罗斯也不示弱，决心与美国在行星际载人飞船方面较较劲，2002年12月首次发射了以太能为动力的“宇宙1号”飞船，开创了以太能为动力的航天器新时代，并计划研制光子航天器。光子是一种极微小的能量包，既可能是波，也可能是一种粒子，无数光子的反射使飞船受到力量相等的反作用力，从而使光子飞船虽加速比较缓慢，但能持久加速，足以使它在星际快速飞翔。

在飞船的研制中，美、俄两国各有千秋，在登月式飞船中美国是一枝独秀（俄罗斯至少尚未实际使用过），而卫星式飞船应该是俄罗斯技高一筹：俄罗斯至今在飞船上已发展了三代，第一代是“东方号”，第二代是“上升号”，第三代是“联盟号”，最新型的“联盟”飞船为“联盟-TMA”型。当然，在航天飞机方面，俄罗斯自愧不如。航天飞机是一种载人的太空飞行器。它的最突出优点在于可以反复使用，因此是空间技术发展进程中的一个突破。它为人类探索宇宙、开发太空领域提供了经济实用的工具，所以航天飞机的发明被称为人类通向宇宙之路的又一里程碑。在航天飞机诞生之前，人类探索太空的工具，不论是人造卫星、登月飞船，还是随后的太空实验室，都是通过发射一个又一个功率巨大的运载火箭来把它们送上太空的。运载火箭是使卫星和飞船进入预定



轨道运行的主要运输工具。

研究、设计和制造这样的运载火箭需要耗费大量的人力、物力和财力，这种代价高昂的运载火箭只能使用一次；每发射一次卫星或飞船都要重新制造一个甚至几个运载火箭。1969年，美国发射的第一次把人送上月球的“土星5号”运载火箭和“阿波罗”登月飞船，起飞总重量为2800多吨，但除了约5吨重的登月指令舱外，全部器件只使用一次就丢弃在宇宙空间。像这样的发射，每次要花费1750万美元。正因为如此，所以美国的“阿波罗计划”到1972年12月19日，“阿波罗17号”宇宙飞船运载3名宇航员登月归来以后，就此告一段落。

不过，有很多宇航方面的专家不肯罢休，他们始终认为探索宇宙，能为人类带来无法估量的好处。所以，每年仍然有一大批人造卫星飞上天空。美国宇航局的科学家还利用“阿波罗计划”中已造好而没有来得及利用的“土星5号”火箭，成功地发射了太空实验室。然而，由此也带来了麻烦：施放到太空围绕地球运转的人造卫星并不能保证百分之百地投入使用，有时由于装在它“肚子”里的仪器设备发生了意料不到的故障，导致整个卫星失效。像这种局部损坏，只需稍加修理就能正常工作的人造卫星为数不少。它们不能发挥作用，只是绕着地球一圈又一圈地转，变成了太空的“流浪汉”，如果碰巧撞上了正在正常飞行的人造卫星，还会引起一场爆炸。还有比人造卫星更复杂、高级、造价更高的太空实验室，一旦它储存的食物、氧气、实验物品用完以后，无法得到补充，结果也逃脱不了被丢弃的命运。它和失效的人造卫星一样，白白占据了地球上空目前已经显得很“拥挤”的运转轨道的位置。

当然，也可以另外派一艘宇宙飞船到轨道上去给实验室补充给养。但这样一来，问题又涉及每次要动用一枚只能用一次、价值几千万美元的运载火箭，花费太大了！

这种被动局面严重地阻碍了宇宙航行事业的蓬勃发展。因此，研究一种可以重复使用的工具，以便大大降低宇宙航行的成本，就成了人们发展宇宙航行事业需要解决的当务之急。对于这种未来的运载工具应该具备什么特点呢？各方面的专家为当时还没有出生的“胎儿”勾勒了一副大致的“面貌”：它必须



可以重复使用、经久耐用，在完成了各项任务以后，能像普通飞机一样返回，在常规机场跑道上平稳降落。它必须能携带各种各样的人员，包括没有受过专门飞行训练的普通人。它必须有较宽大的货舱，可以容纳各种各样的物品，而随机的科学家只需通过短距离的通道就能够进入货舱，进行各项理化实验。它能随时改变自身的运行轨道，跟正在绕地球运转的各种人造卫星、太空实验室靠拢甚至对接，从而对那些失效的人造卫星进行维修保养工作，为太空实验室运送物资，担负太空紧急救援任务。它必须能施放和回收各种人造卫星，或者作为一种中间站，供飞往其他星球的宇宙飞船起落逗留。一句话，它是一种具有运载火箭性质、来回于太空与地球之间、像飞机一样的宇宙运输工具……它的名称就叫“航天飞机”。

美国是最早研究航天飞机各种可行方案的国家。从1972年停止“阿波罗计划”以后，就立即集中5万名高级技术人员，花了差不多10年时间和将近100亿美元的研制费用，终于把一张张蓝图上的设想变成了一架真正的航天飞机。

1981年4月12日，世界上第一架航天飞机“哥伦比亚号”，在一片欢呼声中徐徐上升，进入太空，在轨道上遨游了54小时后，安全返回地面。至1991年止，有5架航天飞机曾在太空遨游，其中美国有4架，苏联有1架。航天飞机往返于地球表面和近地轨道之间。运送有效载荷（如卫星、物品等）的飞行器，可以重复使用。

航天飞机设计成用火箭推进的飞机，它发射时像火箭那样垂直起飞，返回地面时能像滑翔机或飞机那样下滑和着陆，集中了许多现代科学技术成果，是火箭、航天器和航空技术的综合产物。

美国“哥伦比亚号”航天飞机由一个轨道器、1个外储箱和2个固体火箭助推器组成。

轨道器是航天飞机最复杂的部分，它的外形是一个三角翼滑翔机，长约37米，高17.3米，翼展24米，它的货舱能把29.5吨重的有效载荷送上地球轨道，并能把15吨重的有效载荷带回地面。它可乘坐3~7名航天员，在轨道上连续飞行7~30天。

外储箱是航天飞机最大的部件，也是唯一不可回收的部件，用于储存航天

飞机的燃料——液氢和液氧，并向发动机输送燃料。它长 47.1 米，直径 8.38 米，装满燃料后重约 740 吨。固体火箭助推器内装固体燃料，为航天飞机垂直起飞和飞出大气层提供约 78% 的动力。它长 45.5 米，直径 3.7 米，重约 566 吨，使用寿命为 20 次。

从 1981 年 4 月到 1991 年 4 月，航天飞机在太空中飞行了 40 次，完成了许多科学实验和研究项目，也执行了多次军事飞行任务，取得了许多重大科学技术成果，获得巨大的经济效益。

2008 年 7 月 7 日，美国宇航局宣布现役 3 架航天飞机——“奋进号”“亚特兰蒂斯号”和“发现号”在 2010 年底前退役，同时启用新一代的“战神”火箭和“奥赖恩”载人飞船，承担美国人重返月球等载人飞行任务，不过奥巴马总统上台后，取消了“星座”项目，鼓励美国航空航天局发展商用载人航天器。

载人航天器与航天飞机有什么不同

载人飞船与航天飞机都能将航天员送入太空。它们具有载人航天器某些相同的特征。如它们都有环境控制和生命保障系统、应急救生系统、测控通信系统、交会与对接系统、返回着陆系统等。但它们在采用的技术和承担的任务等诸多方面都有很大的不同。它们的主要不同处如下。

航天飞机是一种有翼载人航天器，完成轨道飞行任务，由它本身携带的固体火箭助推器和轨道器主发动机作垂直起飞完成。返回地球时借助机翼获得升力，像飞机一样滑翔着陆，能准确降落在跑道上。无论是起飞还是返回，在整个过程中所产生的加速度较小，对航天员的影响远比飞船小，而且航天飞机上的各种条件如环境空间等都比较舒适。



载人飞船是一种无翼的载人航天器，靠运载火箭发射升空，完成轨道任务后只能以弹道式等方式返回地面，落地的误差较大（和航天飞机能准确对准跑道降落相比，其误差相差数十倍到更大）。无论是升空和返回加速度都很大，即会出现过载。因此，对航天员有更高的要求，必须经过特殊训练。

航天飞机还是一种可部分重复使用的航天器。它由轨道器、固体助推器、液体推进剂外储箱组成，其中轨道器使用后经维修可再次发射，设计寿命为可重复使用 100 次（主发动机为 50 次），固体助推器可重复使用 20 次，外储箱仅能使用一次。



航天飞机运载能力很大，可将 29.5 吨物资送入 185 ~ 1110 千米的近地轨道，可载 3 ~ 7 人，独立飞行 10 ~ 20 天。它可用于空间运输、对地观测和天文观测、进行出舱活动，还可用来发射人造卫星、在轨维修航天器、回收失效卫星、开展空间科学实验和供军事侦察，或将 14.5 吨的货物运回地面。美国航天飞机经过 5 年研制，于 1977 年 6 月首次试飞取得成功。1981 年 4 月 12 日，在肯尼迪航天中心，航天员约翰·杨和克里平驾驶航天飞机在太空翱翔，揭开了航天史上新的一页。它集火箭、卫星和飞机的技术特点于一身，它能像火箭那样垂直发射进入空间轨道，又能像卫星那样在太空轨道飞行，还能像飞机那样进入大气层滑翔着陆。1981 ~ 2000 年，美国共有 5 架航天飞机进行了共 101 次飞行（“哥伦比亚”号 26 次，“挑战者号”10 次，“发现号”28 次，“亚特兰蒂斯号”22 次，“奋进号”15 次）。

载人飞船目前只能使用一次（不能重复使用），运载能力也有限，一般只能载 3 人和几百千克物资，在轨飞行 10 天左右。可用作空间运输等和航天飞机相类似的用途（登月载人飞船则可以执行登月飞行任务）。

航天飞机看似功能出众，但它结构复杂，技术难度大，制造和运行成本昂贵，而且至今还有一些关键问题没有得到根本解决。两次空难，14 名航天员殒



命，使航天飞机从昔日的辉煌急速滑落下去，迫切需要有更新的航天器来替代。

载人飞船则具有结构简单、技术成熟、研制周期短、成本低等特点。因此，选择载人飞船还是航天飞机，对任何一个国家来说，要根据本国国情、国力等来做决策，我国就是根据国情、国力等走载人飞船的道路，走高起点的载人飞船道路！事实证明是正确的。而能重复使用的载人飞船正在考虑之中，它的出现只是时间问题。

“挑战者号” 航天飞机

“挑战者号”航天飞机是肯尼迪航天中心发射的第2架航天飞机，“挑战者”的名字来源于英国海军的一艘研究船，19世纪70年代，该船曾在大西洋和太平洋中航行过。



同其前任一样，“挑战者号”航天飞机为美国的航天科学发展作出了巨大贡献。1982年，“挑战者号”开始正式服役，在完成了9次成功飞行后，1986年1月28日，载着7名成员的“挑战者号”在发射73秒后爆炸，这一惨剧震惊了世界。其实，“挑战者号”航天飞机最初只被设计为用于进行可靠性测试（STA-099）。在当时的条件下经过减重改进后的机体结构根本无法通过计算得到每一部件的受力情况，因此唯一保险的方法就是利用实验进行测试。“挑战者号”最初就是扮演这样的角色。

1978年2月4日，罗克韦尔公司完成“挑战者号”主框架后送交洛克希德



公司第 42 车间进行结构测试，实验在专门为航天飞机设计的重达 43t 的试验台上进行了 11 个月，试验台上有 256 个液压杆，作用于 836 个载荷作用点，在计算机的控制下，基本可以模拟航天飞机在发射、爬升、入轨和着陆时的载荷状态。3 个 100 万磅重的液压装置模拟主发动机的推力。此外，还进行罗克韦尔公司原本被授权花费 26 亿美元建造两架航天飞机用于静态测试。1978 年，美国政府决定不把“企业号”投入运营，这将导致当时的美国只有“哥伦比亚号”一艘可用的航天飞机。1979 年 1 月 29 日，NASA 决定同罗克韦尔公司追加合同，将“挑战者号”改造为用于太空飞行的航天飞机。“挑战者号”于 1979 年 11 月 7 日返回罗克韦尔公司，开始了转为专用轨道飞行器的过程，这次改动规模仍非常大。为了将“挑战者号”上原先安装的伪成员舱改为可用，机身要进行大改；而机翼也必须经过加强才能抵消实验测试带来的破坏；座舱中还要加入两个显示屏。

“挑战者号”空重 70.5 吨，装上发动机后重 79.43 吨，比“哥伦比亚号”轻 1.31 吨。发生爆炸之前，“挑战者号”航天飞机共完成了 9 次飞行，在轨道上飞行了 987 圈，太空飞行时间为 69 天。

太空望远镜和著名的 “哈勃太空望远镜”

地球周围被一层厚厚的大气所包围。这层大气是人类赖以生存繁衍的根本。没有它，地球就会像月球那样成为一个没有生命的死寂世界。但是，这层厚厚的大气却为天文观测设置了重大的障碍。这层大气使天文观测受到歪曲，使精确度大打折扣。天文学家为了尽量减少大气层的影响，往往要把天文台建筑在人迹罕至的高山上，理由很简单，就是为了在那里可以得到比较多的晴天，具



有比较稳定的大气环境，为天文观测创造有利的条件。然而，即使是在高山上也远远比不上将望远镜架设在地球轨道上来得好，它不仅可以在地面看到更多的天体和细节，而且观测的距离会更深远。为此，美国航空航天局决定要建造这样一架架设在太空中的天文望远镜。



太空望远镜要完成的使命包括以下几个方面。

一是测定宇宙的距离；二是测定宇宙的年龄，因为太空望远镜若能看到一百多亿光年或更远的地方，那或许就能看到一百多亿年的情景；三是洞察宇宙的命运，宇宙怎样发展下去；四是推测宇宙星系的变化，因为有了太空望远镜，就能使我们看到不同年龄的星系，从而可以描绘出星系变化的图像；五是寻找地球以外的行星系，也就是去寻找其他的太阳系。现在已知银河系中就有 2000 亿颗恒星，除了太阳系难道别的恒星周围就没有行星？若有行星，那么这个“新太阳系”中是否也有生命？有了太空望远镜，肯定会找到类似于人类居住的太阳系，因为它“站得高，看得远”；六是探测黑洞，由于黑洞有无比巨大的吸引力，能把周围一切物质吸进去，因此对黑洞无法直接观测，只能通过黑洞的温度变化和能量辐射被太空望远镜侦察出来；七是探测类星体，类星体处在十分遥远的空间，很难看到它的本来面目（在地面上观测，类星体只是一个点），依靠太空望远镜或许能揭开它的神秘面纱；八是从太空中观测太阳系，比在地球上观测要清楚得更多更多。还可以提出一些其他的探测内容。可以这样说，太空望远镜肩负着帮助人类进一步认识宇宙太空的重大使命。

“哈勃太空望远镜”

“哈勃太空望远镜”是美国航空航天局主持建造的一座巨型空间天文台，也是迄今为止在天文观测项目中投资最多、最受关注的一架太空望远镜。为纪念杰出的天文学家哈勃而定名为“哈勃太空望远镜”。

“哈勃太空望远镜”

自1994年发射入太空后，至今近二十年的时间里虽然数度身患“重症”，但均“妙手回春”。它在空间观测中立下了丰功伟绩，取得了一系列极有价值的发现，例如，它观测的最远距离已达140亿光



年。并证明在某些星系中央存在超高质量黑洞；拍摄到第一幅太阳系外的行星图像；对千载难逢的“彗木相撞”做了详细的观测；对火星等太阳系行星的气候情况进行了研究等。因此，“哈勃太空望远镜”大大增进了人类对宇宙的了解，使天文学家有可能跟踪宇宙发展的历史。

哈勃太空望远镜的主要数据如下：

镜筒长度13.3米，镜筒直径4.3米，总重量1.16万千克，主镜直径2.4米，副镜直径0.34米，预计寿命约15年。

可观测范围：可见光、紫外光与红外光。

太阳能电池板面积：11.8米×(2~3)米。

轨道高度：600千米。

绕地球一周：95分钟。

能看到的最暗天体：30星等（约相当于人眼视力的40亿倍）。

哈勃太空望远镜主要组成件：主镜、副镜、精密导光器、恒星追踪器、无

线电天线、科学仪器，太阳能电池板等。

哈勃太空望远镜的简要工作过程如下。

太空中的微弱星光首先进入直径 2.4 米的主镜，然后通过主镜集光再反射到 0.34 米直径的副镜上，再通过主镜中央的小孔聚焦在观测仪器上。恒星追踪器可以保证星象的位置准确稳定，精密导光器可使星象十分清楚。其他各种仪器可根据不同的目的开展有关工作，通过无线电天线接收地面指令。太阳能电池板提供望远镜工作所需的能源。

探索空间站

由于宇宙飞船体积较小，人在飞船上的行动不便，在太空停留的时间又不长，不能携带太多的科学仪器设备进行科研活动，而且一个接一个的发射也耗费了巨额资金和大量的人力、物力。为了开发太空，人们需要建立长期生活和工作的基地。这就迫使人们考虑建造体积更大、活动更自由的飞船，以便装上更多的生活用品和仪器设备，送上轨道长期运行。在这种情况下，空间站就应运而生了。

空间站是一种在近地轨道长时间运行，可供多名航天员在其中生活工作和巡访的载人航天器。小型的空间站可一次发射完成，较大型的可分批发射组件，在太空中组装成为整体。在空间站中要有人能够生活的一切设施，不再返回地球。

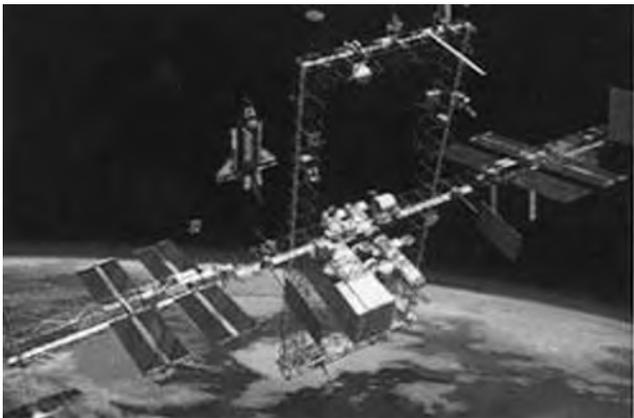
到目前为止，全世界已发射了 9 个空间站。其中苏联共发射 8 座，美国发射 1 座。

苏联是首先发射载人空间站的国家。其“礼炮 1 号”空间站在 1971 年 4 月发射，后在太空与“联盟号”飞船对接成功，有 3 名航天员进站内生活工作近

24天，完成了大量的科学实验项目，但这3名航天员乘“联盟11号”飞船返回地球过程中，由于座舱漏气减压，不幸全部遇难。

1986年2月20日，苏联发射了“和平号”空间站，这是第二代空间站。2000年底，俄罗斯宇航局因“和平号”部件老化（设计寿命10年）且缺乏维修经费，决定将其坠毁。2001年3月23日，“和平”号最终坠入地球大气层。

1973年5月14日，美国成功发射一座叫天空实验室的空间站，它在435千米高的近圆空间轨道上运行，宇航员用58种科学仪器进行了270多项生物医学、空间物理、天文观测、资源勘探和工艺技术等试验，拍摄了大量的



太阳活动照片和地球表面照片，研究了人在空间活动的各种现象。直到1979年7月12日在南印度洋上空坠入大气层烧毁。

20世纪80年代，美国宇航局提出了建造国际空间站的建议。随后，欧洲航天局11国和日本、加拿大、巴西等陆续加入。1993年11月1日，美俄签署协议，决定携手建造国际空间站。

在国际空间站从蓝图走向现实的过程中，各国宇航员借助“和平”号实现了多种形式的空间合作，为国际空间站的顺利建造提供了保障。1995年3月，俄美联合小组乘坐“联盟TM-21”飞船完成了同“和平号”空间站的对接，随后与美“奋进号”航天飞机对接，使同时在太空飞行的总人数达13人。同年6月29日，美“亚特兰蒂斯号”航天飞机与“和平号”首次对接成功并进行了5昼夜联合飞行，标志着国际空间合作进入一个新时代。

在经过了若干年准备之后，国际空间站的建设于1998年进入实质性装配阶段。同年11月20日，俄“曙光号”功能货舱被成功送入轨道；12月4日，美“团结号”节点舱实现了与“曙光号”的对接。随后美、俄火箭进行多次发射，

运送舱段、设备等，使空间站初具规模，可供宇航员长期居住，并具备了开展科研工作的条件。

2000年7月12日，俄罗斯成功发射了国际空间站服务舱“星辰号”，并与空间站联合体顺利对接。该舱使空间站能够接待长期宇航考察组，加快了整个工程的建设。同年11月2日，美国人谢泼德与俄宇航员克里卡廖夫和吉德津科成为国际空间站的首批长期住户。

按计划，建成后的国际空间站将是个“太空中的城市”，成为人类在太空中长期逗留的一个前哨。空间站主结构长88米，首尾距离110米，体积为1300立方米。它将包括6个实验舱和1个居住舱、3个节点舱等，总重500吨。整个项目到2005年结束，空间站寿命在15年以上。

从“和平号”到国际空间站，人类外空探索事业承前启后，薪尽火传。

最早的国际空间站

国际空间站，又名“阿尔法”空间站，它由美国、俄罗斯、日本、加拿大、巴西和欧洲航天局的11个成员国共16个国家联手筹建，是世界航天史上第一次由多国合作建造的最大的空间工程。国际空间站的结构非常复杂、体积庞大，投资总额超过630亿美元，由6个实验舱、一个居住舱、两个连接舱、服务系统及运输系统等组成，是一个长88米，重约430吨的庞然大物。

国际空间站的设想是1983年由美国总统里根首先提出的，即在国际合作的基础上建造迄今为止最大的载人空间站。经过近十余年的探索和多次重新设计，直到苏联解体、俄罗斯加盟。1993年11月1日，美国宇航局与世界上唯一拥有长期航天飞行经验和向轨道运送大型物品经验的俄罗斯航天局签署协议，决定在“和平”号空间站的基础上建造一座国际空间站。1998年1月29日，15个国家的代表在美国华盛顿签署了关于建设国际空间站的一系列协定和3个双边谅解备忘录，计划用9年时间建成国际空间站，到2006年全部建设完毕。

1994~1998年，美、俄两国完成航天飞机与俄罗斯“和平”号空间站的9次对接飞行。美国宇航员累计在“和平”号空间站上工作2年，取得了航天飞

机与空间站交会对接以及在空间站上长期进行生命科学、微重力科学实验和对地观测的经验，可降低国际空间站装配和运行中的技术风险。1998 ~ 2001 年，美国和俄罗斯等国经过航天飞机、“质子”号火箭等运输工具 15 次的飞行，完成了国际空间站第二阶段的装配工作。2001 ~ 2006 年，国际空间站完成装配，达到 6 ~ 7 人长期在轨工作的要求。此阶段先组装美国的桁架结构和俄罗斯的对接舱段，接着发射日本实验舱和欧空局的哥伦布轨道设施等。



目前，空间站已建成“曙光”、“星辰”等 6 个舱以及机械臂和太阳能电池等外部设施。最终建成的国际空间站包括 6 个实验舱、1 个居住舱、3 个节点舱以及平衡系统、供电系统、服务系统和运输系统，总重量约为 500t。

其主要结构是：①基础桁架。它用来安装各舱段、太阳能电池板、移动服务系统及站外暴露试验设施等。②居住舱。它主要用于航天员的生活居住，其中包括走廊、厕所、淋浴、睡站和医疗设施，由美国承担研制与发射到太空。③服务舱。它内含科学仪器设备等服务设施，也含一部分居住功能，由俄罗斯研制并发射。④功能货舱。它内设有航天员生命保障设施和一部分居住功能（如厕所、卫生设施等），以及电源、燃料暂存地等，舱体外部设有多个对接口，由俄罗斯研制并发射。⑤多个实验舱。其中美国 1 个、欧空局 1 个、日本 1 个、俄罗斯 3 个。美国、日本和欧空局的 3 个实验舱将提供总计为 33 个国际标准的有效载荷机柜；俄罗斯的实验舱中也有 20 个实验机柜。另外，日本的实验舱还连有站外暴露平台，用于对空间环境直接接触实验。⑥3 个节点舱。它们由美国和欧空局研制，是连接各舱段的通道和航天员进行舱外活动的出口。此外，节点 1 号舱还可作为仓库，用于存储；节点 2 号舱内有电路调节机柜，用

于转换电能，供国际合作者使用；节点3号舱为空间站的扩展留有余地。⑦能源系统和太阳能电池帆板。它们由美国和俄罗斯两国提供。⑧移动服务系统。它由加拿大研制。

装配完成后的国际空间站长110米，宽88米，大致相当于两个足球场大小，总质量达400余吨，将是有史以来规模最为庞大、设施最为先进的人造天宫，运行在倾角为 51.6° 、高度为397千米的轨道上，可供6~7名航天员在轨工作，之后国际空间站将开始一个为期10~15年的永久载人的运行期。

寿命最长的空间站

开展载人航天事业的最终目的不是创造辉煌和连篇不断地谱写光彩夺目的史诗，而是全面、深刻地开发和利用宇宙资源。为实现这一目的，一方面必须发展一种通向太空的经济高效的常规运输手段，另一方面就是要建立永久性航天基地。“空间站”就是向这种永久性的航天基地发展的过渡形式。

空间站是能载人进行长期宇宙飞行的航天器，又称航天站或轨道站。由于宇宙飞船体积较小，人在飞船上的行动不便，在太空停留的时间又不长，不能携带太多的科学仪器设备进行科研活动，而且一个接一个的发射也耗费了巨额资金和大量的人力、物力。这就迫使人们考虑建造体积更大、活动更自由的飞船，以便装上更多的生活用品和仪器设备，送上轨道长期运行，就像一个搬到空间去的实验室。人们称它为空间站，它是宇宙飞船发展的必然结果。

空间站一般重达数十吨，可居住空间数百立方米。它基本上由几段直径不同的圆筒串联组成，分为对接舱、气闸舱、轨道舱、生活舱、服务舱和太阳能电池翼等几个部分。对接舱一般有数个对接口，可同时停靠多艘载人飞船或其他航天器，是空间站的停靠码头。气闸舱是宇航员在航道上出入空间站的通道。轨道舱是宇航员进行科研和工作的场所，装有各种必需的仪器设备。生活舱是宇航员吃饭、休息和娱乐的地方。服务舱主要用来承装动力和能源系统。太阳能电池翼通常装在空间站本体的外侧，为空间站上各个仪器设备提供电源。

目前世界上寿命最长的空间站是前苏联发射的永久型空间站“和平号”。

1986年2月20日，苏联发射了第三代永久型空间站“和平号”。它有6个对接口，可作为联盟号载人飞船和其他专业舱停靠的太空基地。“和平号”总长13.13米，最大直径4.2米，轨道重约21吨。“和平号”空间站的轨道倾角为 51.6° ，轨道高度



300~400千米。自发射后除3次短期无人外，站上一直有航天员生活和工作。它提供基本的服务、航天员居住、生保、电力和科学研究能力。

“和平号”是一个阶梯形圆柱体，预计寿命10年。它是由工作舱、过渡舱、非密封舱3个部分组成的，共有6个对接口。“和平号”作为一个基本舱，可与载人飞船、货运飞船、4个工艺专用舱组成一个大型轨道联合体，从而扩大了它的科学实验范围。4个专业舱都有生命保障系统和动力装置，可独立完成在太空机动飞行。这包括工艺生产实验舱、天体物理实验舱、生物学科研究舱和医药试制舱。这几个实验舱可根据任务需要更换设备，成为另一种新的实验舱。在空间站中，宇航员们进行了天体物理、生物学、材料工艺试验和地球资源勘测等科学考察活动。

“和平号”空间站不但接待了“联盟T号”和“联盟TM号”载人飞船，还先后与“进步号”、“进步M号”货运飞船对接组成轨道联合体。最大的轨道联合体全长达35米，总重70吨，俨然像一座太空列车，绕地球轨道不停地飞驰。

“和平号”是世界上第一个载人、在宇宙空间长期运转的宇宙空间站。自1986年升空以来绕地球飞行了近8万圈，行程35.2亿千米，共有28个宇航组、15个国家的138名宇航员和科学家在这里工作、生活过，进行了几千次科学实验，对人类科学事业发展作出了巨大贡献。

“和平号”空间站原设计寿命10年，到1999年它已在轨工作了12年多，

从1999年8月28日起，“和平号”进入无人自动飞行状态，至2001年3月23日，“和平号”平安坠落在南太平洋预定海域，完成其历史使命。作为人类历史上最为成功的长期载人空间站，“和平号”无疑将永垂史册。

第一艘“空间渡船”

空间渡船又称轨道转移飞船，是一种正在研究中的空间运输器。由乘员舱（也可没有）、推进剂箱、动力装置及制动盘等组成。可以有人或无人。由大型运载系统把它送到空间站，由它将大型有效载荷或人员在空间站与静地轨道、月球间转移。采用积木式结构，能重复使用，其动力可以是化学能或电能（太阳能或核能）。由于仅在空间轨道中转移，所需动力较小，又能重复使用，故成本较低。

航天飞机可称得上是第一种“空间渡船”。航天飞机，是一种兼有航天器和航空飞机两者特性的大型运载工具，英文为 Space Shuttle，其中 Shuttle 就是梭子的意思。由于航天飞机具有在地球和轨道间重复往返行动的功能，所以也称之为“太空梭”。

在天上居住的梦想的历史比希腊文化乃至19世纪凡尔纳关于登月的天才预测要年轻得多。它包括生活并工作在地球以外的空间，建立空间站和太空建筑等。这个梦想是由19世纪末以来的几代科幻小说家笔下涌现的无数关于太空探索的幻想构成的。这些讨论太空时代细节的文字也启发火箭先驱们要创造一种可以往返于地球和太空之间的货船，以满足空间站建设和维护的需要。

德国人冯·布劳恩曾是V-2火箭的总设计师，也是后来“阿波罗登月计划”的总导演。在20世纪40年代末50年代初的岁月里，人造卫星计划尚未被美国政府看重，洲际导弹更只是一个模糊的影子。冯·布劳恩乐得向普通人推



销他征服太空的宏伟蓝图。1952年3月，在发行量超过1000万的《科里尔》杂志封面上，出现了一枚货运火箭在太平洋上空攀升的瞬间。在内文中，布劳恩设想要建造一个轮辐式空间站，数千人在其中生活。为了向这个太空城运送人员物资，有一枚高度超过24层楼房、重达7000吨的火箭（相当于一艘驱逐舰）充当渡船。火箭的头两级配有降落伞，在燃料耗尽后可以在水面上回收，火箭的第三级带有翼翅，可以像滑翔机一样从太空中螺旋式下降，并以飞机的方式着陆。这正是20年后，冯·布劳恩执掌NASA时美国航天飞机的蓝图。甚至，布劳恩对其功能的设想也被后来的航天飞机设计者采纳——“望远镜主要用于研究宇宙的外层区域，对宇宙的这种测绘将得到在地球上无法企及的成果。但是这台带摄影机的望远镜也可以转动，拍摄下面的地球，这样一来，‘铁幕’也就不存在了……”。这正是后来航天飞机释放哈勃太空望远镜和对地面进行军事侦察的预言。不要忘记，布劳恩是一个经历过战争、讲究实际的工程师，他在1952年预测“这种航天器可以改装成一种极其有效的原子弹运载工具……还可以提供军事史上最重要的战术和战略优势。航天器上的人有充足时间发现敌人发射火箭的企图，从而有可能在火箭还没有打到他们之前，就发射反导弹导弹把它摧毁”。

1969年4月，美国宇航局提出建造一种可重复使用的航天运载工具的计划。1972年1月，美国正式把研制航天飞机空间运输系统列入计划，确定了航天飞机的设计方案，即由可回收重复使用的固体火箭助推器，不回收的两个外挂燃料储箱和可多次使用的轨道器三个部分组成。经过5年时间，1977年2月研制出一架“创业号”航天飞机轨道器，由波音747飞机驮着进行了机载试验。1977年6月18日，首次载人用飞机背上天空试飞，参加试飞的是宇航员海斯（C. F. Haise）和富勒顿（G. Fullerton）两人。8月12日，载人在飞机上飞行试验圆满完成。又经过4年，第一架载人航天飞机终于出现在太空舞台，这是航天技术发展史上的又一个里程碑。1977年8月12日上午，美国宇航局在加利福尼亚莫哈维沙漠上空成功地进行了航天飞机的第一次大气试验飞行。这架命名为“企业号”的航天飞机由一架波音747型飞机托载飞行，到达6736米的高空，指令长海斯点燃一组起爆器，使航天飞机脱离母机。然后，由驾驶员驾驶



它绕了一个大圈子。最后，在爱德华兹空军基地降落。

1981年4月12日，在卡纳维拉尔角肯尼迪航天中心聚集着上百万人。参观第一架航天飞机“哥伦比亚号”发射。宇航员翰·杨（John W. Young）和克里平（Robert L. Crippen）揭开了航天史上新的一页。这架航天飞机总长约56米，翼展约24米，起飞重量约2040吨，起飞总推力达2800吨，最大有效载荷29.5吨。它的核心部分轨道器长37.2米，大体上与一架DC-9客机的大小相仿。每次飞行最多可载8名宇航员，飞行时间7~30天，轨道器可重复使用100次。

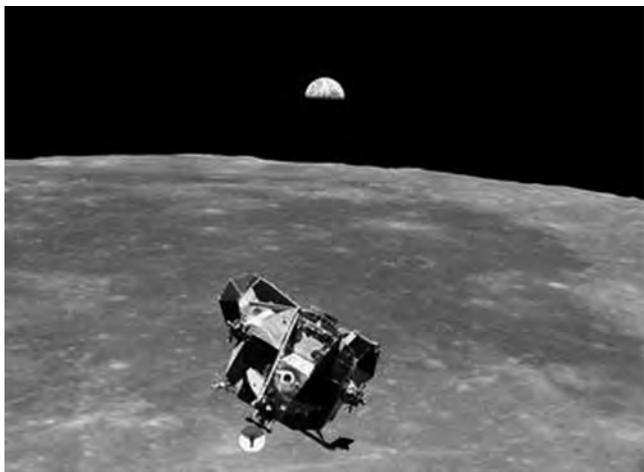
探秘月球的“阿波罗”

总结一下美国和苏联在20世纪50年代末到70年代，月球探测经过的一些非常艰难的历程。开始是击中月球，但这是非常艰难的——38万千米远的距离，而且要很准确地落在月球上。苏联科学家曾经有一句话，说这就好像是在几千米以外用手枪打一只苍蝇。月球距离地球确实非常遥远，也是很难控制住的。击中月球以后就是逼近月球，然后就在月球上硬着陆、软着陆，最后进行环月飞行，然后是载人环月飞行，然后是载人登上月球，取样返回地球，大约经过了一个将近20年的漫长的探索过程。

一张美国宇航员把美国国旗插在月球上的照片，让很多人流传说“阿波罗”登月是假的，最主要的一个证据就是这面旗帜竟然在月球上飘扬，因为月球上没有风，没有大气，旗帜怎么会飘扬？大家看到这张图后，这个疑问是可以解决的。因为这面旗帜是用一根杆子撑起来的，撑得不很整齐，所以看起来像飘扬。实际上就像我们打伞一样，是撑开插在月球上的，只不过没有撑直就是了，所以这个旗帜显得有点飘扬，但这绝不是“阿波罗”没有登上月球的证据。



那么，“阿波罗”工程究竟会给人们带来什么效益呢？月球探测是不是只是一种非常巨大的消耗呢？应该说，“阿波罗”工程是当时规模最大、耗资最多的一项科技项目。由于“阿波罗计划”的出现，导致在 20 世纪 60 年代至 70 年代，产生了液体燃料火箭、微波雷达、无线电制导、合成材料、计算机等一大批高科技的工业群体。后来这个计划取得的技术进步又向民用转移。应该说，“阿波罗计划”带动了整个科学技术的发展和工业的繁荣，而且带来了非常巨大的经济效益。据不完全统计，“阿波罗计划”派生出了大约 3000 种应用技术的专利成果，包括航天航空、军事、通信、材料、医疗卫生、计算机和其他民用等。“阿波罗计划”当中，每投入 1 美元，就可以获得 4~5 美元的产出。所以，月球的探测绝对不仅仅是一个花费巨额经费的工程，同时它也对人类、对整个科学技术产生了巨大的推动作用，更使人们获得了很多实际的效益。



“麦哲伦号”金星探测器

麦哲伦是葡萄牙的航海者，16世纪20年代初，他率领船队完成了首次环绕地球的航行。

1989年5月5日，“麦哲伦号”金星探测器，由美国航天飞机“亚特兰蒂斯号”携上太空。它是美国11年来发射的第一个从事星际考察的探测器，也是从航天飞机上发射的第一个担负这种任务的探测器。

“麦哲伦号”探测器将在太空游弋15个月，行程约13亿千米，计划1990年8月飞入金星引力圈内，最后点燃火箭发动机，进入一条周期约为3小时的绕金星轨道。

“麦哲伦号”探测器的主要使命是：了解金星的地质情况，如表面构造、电特性等；研究火山和地壳构造以及形成金星表面特性的原因；了解金星的物理学特性，如密度分布和金星内部的力学特性等。

“麦哲伦号”探测器上采用了先进的合成孔径雷达，对金星进行探测，并绘制金星图像。

1990年8月10日，“麦哲伦号”探测器顺利到达金星。8月16日，探测器上的合成孔径雷达开始对金星表面进行探测，虽然只获得金星表面的一小部分资料，但图像非常清晰，可以清楚地辨认出断层、火山熔岩流、火山口、高山、峡谷和陨石坑。“先驱者金星号”探测器发现金星上可能曾经有过水，“麦哲伦号”将要“看看”金星上是否有河床和海滩等。

在西方被称作女神维纳斯的金星，总被浓云密雾包围着，让“麦哲伦号”透过浓云密雾，早日揭开金星的面纱。

“伽利略”飞向木星

在古代，我们的祖先发现，在太空的亿万颗星辰中，有5颗特别明亮的星穿行其间。这就是水星、金星、火星、木星和土星，而木星的亮度仅次于金星，名列第二。在太阳系的八大行星中，无论从体积或是质量上衡量，木星都是排行第一。

为揭开木星的奥秘，1989年10月18日，美国“亚特兰蒂斯号”航天飞机发射了考察木星的“伽利略号”探测器。

从20世纪70年代初至今，人们孜孜不倦，试图揭示木星的秘密，先后发射了“先驱者10号”、“先驱者11号”、“旅行者1号”和“旅行者2号”等探测器访问木星和它的卫星，



人们逐渐揭开了被色彩斑斓的浓密云层笼罩着的木星的奥秘，使人们对木星有了初步了解。

考察发现，木星有一个由大量的黑色碎石块组成的宽大光环，光环的宽度达数千千米，厚度为30千米，组成光环的黑色碎石块大小不等，大的有数百米，小的有数十米。

木星的卫星有多少？过去说法不一。经考察，迄今为止，发现木星有4颗大卫星和12颗小卫星，木星和它的卫星系统很像一个小型的太阳系。“伽利略



号”将围绕木星飞行 11 圈，进行历时两年的考察，它将依次考察木星的 4 个大卫星：木卫一、木卫二、木卫三和木卫四。它携带的照相机比“旅行者号”上的照相机灵敏度高 100 倍，加上考察时它靠近木星卫星的距离比“旅行者号”近，因此，“伽利略号”将满载而归。

“旅行者 1 号”

1989 年 8 月 25 日，亿万观众从电视里欣赏了“旅行者”发回的神秘太空壮景。

“旅行者”是美国行星和行星标探测系统。“旅行者 1 号”是 1977 年 8 月发射的，它的任务是详细观测木星、木星卫星、土星、土星卫星和土星环。



“旅行者 1 号”，原名为美国“水手计划”中的“水手 11 号”，是一艘无人外太阳系核动力太空探测器，携带有 105 千克科学探测仪器。它的主体是扁平的十面棱柱体，顶端装有一直径为 3.7 米的抛物面天线，左右两侧各伸出一根悬臂，较长的一根是磁强计支柱，短的一根是科学仪器支架。它的飞行速度

比截止到目前的任何人造太空船都较快一点，使较它早半个月发射的姊妹船“旅行者 2 号”永远都不会超越它，即使在地球以比两艘太空船要高的发射速度送上太空的“新视野号”也如是。它的一生里曾受惠于几次的引力加速。“旅



行者1号”目前正处于太阳影响范围与星际介质之间，将于2012年真正意义上飞出太阳系。“旅行者1号”已经进入了日鞘，即介乎太阳系与星际物质之间的终端震波区域。如果“旅行者1号”最终在离开日球层顶后仍能有效运作，科学家们将有机会首次量度到星际物质的实际情况。太空船发出的信号需要16个小时以上才能抵达它的控制中心，美国太空总署与位于加州帕萨蒂纳的加州理工学院合作的喷气推进实验室。“旅行者1号”在沿双曲线轨道运行，并已经达到了第三宇宙速度。这意味着他的轨道再也不能引导太空船飞返太阳系，与没法联络的“先驱者10号”、已停止操作的“先驱者11号”及其姊妹船“旅行者2号”一样，成为了一艘星际太空船。根据美国太空总署2012年5月7日的消息，“旅行者1号”现在已经飞到了太阳系边缘，很快将驶出太阳系范围，成为一艘在恒星空间旅行的飞船，为传播地球文化和联络其他宇宙生物服务。

“旅行者2号”

太阳系八大行星中，天王星地处太阳系的边远地带，距地球约28亿千米，相当于地球到土星距离的两倍。它像地球一样有公转和自转，不过由于距太阳太远，绕太阳公转一周长达84年之久。天王星是个庞然大物，它的体积比地球大64倍，质量约为地球的15倍，其大气主要成分是氢和氦。

“旅行者2号”，以18千米/秒的速度向天王星进发。

1986年1月24日，在距天王星表面只有107080千米处掠过，用它携带的各种现代化科学探测手段，对这颗奇特的大行星进行人类有史以来首次近距离考察，拍摄它多姿多彩的“身姿”及“面容”，并将拍摄的照片及其他信息通过无线电波及时发回地球。经过2小时45分钟后，这些电波穿越浩瀚的宇宙深空到达地球，由地面的64米大型抛物面天线接收并送入计算机处理。科学家们



利用大型计算机进行一系列分析计算，就可以揭开这颗至今了解甚少的行星的真实面目，也为探索太阳系的起源和进化问题提供重要的证据。

“旅行者 2 号”是何物呢？它是一艘携带各种科学仪器的飞船，重量为 820 千克，外形为 16 面体，中央有一个存放燃料的球形箱体，四周安装各种

无线电设备，如直径为 3.7 米的抛物面天线等。

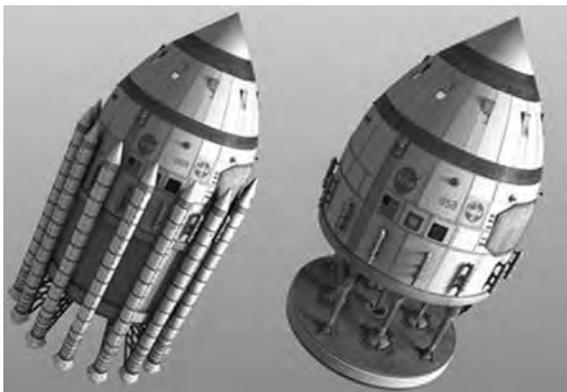
“旅行者 2 号”飞船携带 12 种科学仪器，以及“地球之音”——向外星人的问候语和反映地球人类文明的照片。这些科学仪器可分为三大类：一是摄像设备，用于拍摄天王星的各种图像；二是空间环境探测设备，用于探测宇宙射线、宇宙粒子、磁场等；三是射电天文接收机，用于探测大气层和电离层的特性等。“旅行者 2 号”不负众望，将丰硕成果送到人间。“旅行者 2 号”发现，天王星大气中氦的含量为 10% ~ 15%，其余是氢。大气中有风暴云，但没有大气漩涡。高层大气的温度很高，在南极上空达 1800℃，而北极达 2400℃，真令人惊讶！“旅行者 2 号”还发现天王星有 10 颗卫星，但它们都比较小。这样，天王星就有 15 颗卫星了。地面观测发现天王星有 9 条环，“旅行者 2 号”发现它至少有 20 条环，这些环由冰块组成，个别的为碎石块组成。

“旅行者 2 号”传回的资料很多，这些资料将帮助人们了解天王星的奥秘。

核动力火箭

20 世纪 50 年代，随着和平利用原子能的呼声日益高涨，原子火箭发动机应运而生。法国人设计了以水为工作物质的原子能火箭，它靠核反应堆产生的热量将水汽化，高速喷射出的水蒸气能使星际飞船逐渐加速。火箭要喷出 5000 吨的水才能在 50 年内把飞船送往最近的恒星——比邻星（距地球 4.22 光年）。

一般化学火箭的结构质量占总质量的 6% ~ 10%，有效载荷仅占 1%；而原子能火箭的结构质量占总质量的 12% ~ 15%，但有效载荷可占总质量的 5% ~ 8%。以氦为燃料的核聚变火箭，排气速度可达 15 000 千米/秒，足以在几十年内把宇宙飞船送到别的恒星。



聚变比裂变放出更大的能量。在一个核聚变推进系统中理论上每千克燃料能够产生 100 万亿焦耳能量——比普通化学火箭的能量密度高一千万倍。核聚变反应将产生大量高能粒子。

用电磁场约束这些粒子，使之向指定方向喷射，飞船就可以高速前进了。为安全起见，核飞船至少应在近地轨道组装。为利用月球上丰富的氦资源，月球也是理想的组装发射地。此外也可以在拉格朗日点（此点处的物体在绕地球运转的同时保持与月球相对距离不变）处完成组装，原材料从月球上用电磁推进系统发送。

光 帆

中国古代的纸鸢无法和现在的超音速飞机同日而语，也无法和今人设想的喷射式推的星际飞船相提并论。相对于核动力火箭来说，以下几种进入太空的方法更有可能在未来的星际飞行中使用。

15 世纪地理大发现时期，西欧的水手们扬帆远航，驶向传说中的大陆。未来的星际航行恐怕还要借助“帆”这种古老的工具，只不过驱动“太空帆”的不是气流而是光。早在 20 世纪 20 年代，物理学家就已证明电磁波对实物具有压力效应。1984 年，科学家提出，实现长期太空飞行的最佳方法是向一个大型薄帆发射大功率激光。这种帆被称为“光帆”。它采用圆盘状布局，直径达 3.6 千米，帆面材料为纯铝，无任何支撑结构，其最大飞行速度可达到光速的 1/10。在搭载 1 吨的有效载荷时，飞抵半人马座的 α 星仅需 40 年或更少的时间。以这个速度，太空船可以在两天内从太阳飞到冥王星，但要是飞越另一个太阳系并对其进行考察，这速度显然太低了。

为了进行详细的考察，可以采用“加速—减速”的飞行方案。这时光帆直径取 100 千米，使用功率为 7.2×10^{12} 瓦的激光器向它发射激光。在减速阶段，将有一个类似减速伞的小型光帆被释放出来。它把大部分激光向飞船的前进方向反射，以达到制动的目的。

虽然要求较高，但较其他形式的星际飞船而言，光帆是在技术和经济上最容易实现的方案。根据估算，在使用金属铍作为帆面材料时，飞到半人马座 α 星的总费用为 66.3 亿美元，这只相当于阿波罗计划投资的 1/4。

“勇气号”和“机遇号”

“勇气号”和“机遇号”是美国为了探索火星而发射的漫游机器人。经过半年多的星际旅行，美国“勇气号”火星车于美国太平洋时间2004年1月3日20时35分左右，在火星表面成功着陆，并于20时52分向地球发回第一个信息。



“勇气号”登陆过程中，全球共有3个联络站，分别位于西班牙的马德里、澳大利亚的堪培拉和美国的加利福尼亚。

“勇气号”外部为登陆舱，只有当火星车和登陆舱都发回信号，才能证实整个登陆计划成功。

三周以后，美国“机遇号”火星车于美国当地时间1月24日晚在火星的梅里迪亚尼平原成功着陆。由于“勇气号”登陆火星后不久即遭遇麻烦，“机遇号”的表现就更加引人关注。

因为从地球到“机遇号”的指令传递时间长达10分钟，所以“机遇号”当晚只能根据预设程序自动完成着陆。整个着陆过程与“勇气号”的着陆如出一辙：当火星车连同降落伞一起接近火星时，它的外层气囊弹出，同时火箭制动发动机向地面喷出火焰，增加着陆缓冲力。此后，降落伞绳索自动断开，被气囊包裹得严严实实的“机遇号”像皮球一样在火星表面进行长达数分钟的弹



跳、翻滚，直至最后落稳。

目前，“机遇号”已找到了4个证据证明曾有液态水从其着陆区域的岩石上流过。第一个证据是火星车拍到的照片，上面发现岩石上嵌有小球，而且小球并非集中在岩石特定岩层中。这显示它们有可能是被水浸泡过的多孔岩石中所溶解的矿物的凝结产物。



第二个证据是火星车相机和显微成像仪的图片，上面发现岩石上有很多奇怪的小孔。一般来说，矿物盐晶体在位于咸水中的岩石内部成长，然后经过腐蚀或溶解而消失，通常就会形成类似

特征。

第三个证据来自火星车上的阿尔法粒子 X 射线分光计发现在岩床中有大量的硫。其他仪器的观测显示，这些硫以硫酸盐形式存在。这进一步证明岩石曾经浸泡在水中。

最后一个证据来自火星车的穆斯鲍尔分光计，在岩石中发现了名为黄钾铁矾的水合硫酸铁矿物质，一般来说，岩石处于酸性湖泊或酸性温泉环境下有可能会形成这种矿物质。

另外，“机遇号”还拍摄了大量照片，并寻找了其他一些可能证明火星上有水的证据，比如，它着陆点附近到处都是赤铁矿，这是水存在的典型证据之一。在接下来的时间里，“机遇号”将试着分析这些赤铁矿，进一步探索火星上有水的历史。

美国宇航局下一步的目标是从火星上取样，而“机遇号”所在的梅里迪亚尼平原是优先考虑的取样区，因为这一区域具有典型的火星地貌。

“嫦娥一号”

“嫦娥一号”绕月飞行卫星上共装有6套25台高科技设备。这些设备在我国都属首次使用，有的是世界首创。这些设备有CCD立体相机、激光高度计、

成像光谱仪、Y/X射线谱仪、微波探测仪、太阳高能粒子和低能粒子探测仪等。为了绘制完整的立体月球地图。利用搭载的CCD立体相机和激光高度计，两台仪器结合起来，一张比较精细、全面的月球立体图就可显现出来。CCD相机同时对卫星飞行的前方、下方和后



方进行拍照。科学家把不同视角的3张照片合成后，即可获得月球的立体地图。激光高度计是由激光器、望远镜和接收电路3个部分组成，它在探月卫星的发射阶段和转移阶段都处在“睡眠状态”。当卫星进入环月轨道后，激光高度计会“自觉”苏醒过来，首先向月面发射激光束，并立刻用望远镜把反射回来的光束变成电信号，接着接收电路迅速进行精确计算，在最短的时间里得出该探测点的月球海拔高度。激光高度计完成绕月飞行后，月面的每个探测点（包括南北极的黑暗深坑）的海拔高度就一清二楚了。这些数值再和CCD立体相机所拍摄的高精度图像相叠加，就是一幅完整而精确的全月球立体地形图。

要探测月球上一些元素的分布，首先要了解哪些元素可能对地球有用，其储量和分布又如何？“嫦娥一号”将做14种元素的全月球分布图，包括美国已



做过的5种元素（铁、钛、铀、钍和钾）。元素分布图的确定可以为将来月球基地选址提供参考。“嫦娥一号”卫星上搭载的Y/X射线谱仪就可完成这一使命。月球土壤的厚度和 ^3H 的资源量的探测由“嫦娥一号”卫星上的微波探测仪来完成。微波探测仪可以对微波波段的物体进行照相，探测这些物体的微波辐射强度。由于微波探测仪能够实行全天候工作，除了可以不分白天黑夜工作，还具有一定的穿透功能，能够探测

到埋藏在一定深度的物体。科学家们通过对月球微波辐射强度的分析，便可估算出月球上 ^3H 的总量，而且还能知道哪些地区比较多，哪些地区比较少。根据资料显示，用微波探测仪进行月壤厚度和 ^3H 资源量的探测是世界上首次，或许探测的精确度不会很高，甚至比较粗略。但通过加强对月球微波遥感后的地面仿真研究和模拟试验，再借鉴以往的经验，应该说可以达到一个前所未有的新认识。 ^3H 是一种宝贵的可控核聚变发电重要原料，如果我国用 ^3H 材料进行发电，只需要十多吨 ^3H ，就可解决我国一年的全部能源需求。而在月球上却储藏着可供全人类使用700年的 ^3H 。

为了监测从地球到月球这38万千米范围内的空间环境（目前我国仅监测7万千米内的空间环境）和记录原始太阳风数据，研究太阳活动对地—月空间环境的影响。“嫦娥一号”上的太阳高能粒子探测器和低能离子探测器可以探测到4万~40万千米间的空间环境。这些关键的科学数据对今后深空航天器的环境防护设计具有重要的参考价值。

卫星飞行轨道的选定是一项极为重要的技术内容，是我国卫星第一次进行



38 万千米这样漫长而遥远的飞行，飞行轨道的选定更是不能等闲视之。

飞行轨道的选定必须能满足这样几个要求：一是能实现对全月面进行观测，因此拟选择月球极轨。二是使获得的数据具有相同的分辨率，拟采用近月圆轨道。三是要具有较高的图像分辨率。为此，轨道高度拟设置在 100 ~ 200 千米以内。四是根据“嫦娥一号”应有一年的使用寿命，如果选定的轨道高度为 100 千米，可能会因月球引力场的异常，而在半年内坠落月面，这是我们所不希望出现的。为避免万一有这样的情况发生，轨道高度应向高端定位，即 200 千米。五是必须考虑光照条件，在一年的绕月飞行中，仅靠太阳板的单轴旋转已不能满足要求，为此需设计成卫星作 90° 旋转的飞行姿态。在日光下，卫星的光照时间为 82 分，阴影时间为 45 分，卫星的飞行周期为 127 分。六是卫星轨道高度的保持很重要，估计由于月球引力场等的作用，一年内“嫦娥一号”的飞行轨道有可能滑落至 100 千米左右，因此必须对“嫦娥一号”的飞行轨道作出调整，根据经验，其轨道高度调整的时间为每两个月一次。



奔月轨道的选择，应是一条远地点为 38 万千米的大椭圆轨道。“嫦娥一号”卫星采取的是近地点为 600 千米，并逐步增加近地点速度，以抬升远地点的方式。加速则采用三次加速方案，使卫星的远地点高度分别达到 5.1 万千米、7.1 万千米和 12 万千米左右。这三次轨道变化周期分别需 16 小时、24 小时和 48 小时。这样的设计将有利于地面测控系统的工作。

当“嫦娥一号”卫星通过三次加速后，踏上了一条地—月转移轨道，向着月球飞去。下一步最为关键的是“嫦娥一号”卫星要能被月球捕获，而且要非常完美地被捕获，万一捕获得不够完美，将使卫星掠月而过或撞月触地，“嫦娥

一号”一旦掠月而过，可能再也完不成绕月飞行、探月的任务，撞月触地的结果和掠月而过相同，都是严重的失误。

“嫦娥一号”要能被月球正常捕获必须进行3次减速，使轨道周期从12小时、3.5小时变为环绕月球的极地圆轨道所设定的127分钟。这3次减速是由设在卫星上的测控系统实施的。

“嫦娥一号”卫星测控系统主要完成卫星的自动调整和卫星姿态的确定，对月、对地、对星、对太阳的多体跟踪与控制等功能。为完成卫星在轨运行的各项任务，卫星上装有诸多仪器，如对日敏感器、对月紫外敏感器、对星敏感器、推力控制器、星载计算机等，并且卫星上的制导、导航、控制具有自我诊断和故障处理能力。为了确保运行可靠，星载计算机等均采取冗余设计，并对“嫦娥一号”卫星的数据处理系统作了认真周密的设计，还将以往卫星设计的经验应用到“嫦娥一号”卫星上并作出适应性修改。

第五章 载人航天



“阿波罗”计划

简单地讲，“阿波罗”计划是由美国制订的一项庞大的空间研究和发展计划，目的是实现人类登月。

这项计划是有史以来人类所制订的最大规模的科学技术计划，从计划开始到最后一次登月结束历时约 11 年。它先后动员了 4.3 万名工程师和科学家、2 万多家企业、150 余所大学和 80 多个科研机构，耗资 255 亿美元。其参加人数之多，耗资之巨举世无双。它所带来的成果之丰难以计数，它不仅开辟了人类通往月球的道路，同时对于天文学研究，对人类探测更广阔的宇宙深空提供了信心和力量，鼓舞人类去探测更遥远的星空。

使用“阿波罗”作为登月计划的名字，是基于这样的缘由：阿波罗是古希腊神话中的太阳神，他掌管诗歌、音乐等方面的职权，代表着光明和希望。他和月亮女神阿尔忒米斯是双胞胎。起名“阿波罗”计划表达了美国登月的决心，也包含着虔诚请求太阳神保佑成功的含义。

“阿波罗”计划的确定经过深思熟虑和专家们的充分论证与支持。一方面，当时宇航科技的发展，尤其是火箭技术和载人航天的出现，已具备了登月的条件。另一方面则和当时美苏航天竞争中美国面临苏联“领先”的严峻挑战，促使美国当时的总统肯尼迪果断做出登月决定。

“阿波罗”计划确定后，接下来要制订切实可行的登月方案。专家们当初提出了五种方案。

第一种方案是“直接登月法”，使用超大型运载火箭把宇宙飞船发射到绕月飞行轨道上，然后飞船开动制动火箭，从轨道下降，慢慢地在月面软着陆。当航天员在月球勘探完成后再点燃飞船上的火箭返回地球。这种方案的优点是



简单、直接，但需研制超大型运载火箭，无论从技术上还是经费上难度均很大。另外，宇宙飞船降落时的安全性也是个问题。

第二种方案是“地球轨道交会法”，将登月飞船分成五部分，用较小的火箭把它们分别送入环绕地球的轨道上，再由航天员将沿轨道飞行的五个部分组装成飞船，飞往月球，返回地球时先飞回地球轨道，与等候在那里的另一艘宇宙飞船对接，然后进入大气层返回地面。此方案的最大特点是不需要使用超大型火箭，但是要求5次分开发射，在时间上不允许有丝毫偏差，才能顺利组装起来，否则后果不堪设想。

第三种方案是“加油飞机法”，先送一加油飞机进入地球轨道，作为登月飞船的“轨道加油站”。当宇宙飞船进入轨道后，在那里加注所需燃料，再发动火箭飞向月球。这种方案也可以避开超大型火箭的使用，但要在轨道上加注液氢燃料也是非常危险而复杂的。

第四种方案是“月球表面会合法”，先用不载人飞船将部分燃料和供应品送上月球，待航天员登上月球后，在返回地球时，添加已送上月球的燃料等物品。但该方案仍然危险性极大，因为航天员降落地点若离供应品太远则无法使用，还有可能供应品已损坏，如不能使用就无法返回地球。

第五种方案是“月球轨道交会法”，利用“土星”5号运载火箭将3名航天员乘坐的飞船送入地球轨道，然后飞船和火箭分离，飞船经惯性飞行3天后进入月球轨道，其中两名准备登月的航天员就进入登月舱（飞船由指令舱、服务舱、登月舱3部分组成），并和指令舱分离，靠登月舱上自带的制动火箭降落到月面上，返回时，两名航天员登上登月舱发动火箭与指令舱会合，逐步将登月舱、服务舱抛掉，返回地球。

经过专家们细致、认真、比较后最终选择了第五种方案，它设计巧妙，回程时重量又大大减轻，是最有希望实现的。在攻克了无数个困难后，“阿波罗”11号飞船终于在1969年7月20日成功登上月球，2名航天员阿姆斯特朗和奥尔德林报告“着月了”，这是人类第一次踏上月球。整个“阿波罗”计划共发射了17艘飞船，其中“阿波罗”11~17号都是进行载人登月的，除了“阿波罗”13号“有惊无险”顺利返回地球外，其余6艘“阿波罗”飞船均成功登陆月球。

最早飞上太空的宇航员

1961年4月12日，在人类航天史上，这是具有开创性意义的一天。上午9时7分，苏联“东方号”载人飞船在苏联哈萨克中部的拜拜努尔发射场发射升空，飞行108分钟后，于萨拉托夫州捷尔诺夫卡区斯梅洛夫村附近着陆，其间共飞行40 868.6千米，最大飞行速度28 260千米/小时，最大飞行高度327千米。这是人类有史以来的第一次载人航天飞行，苏联宇航员尤里·加加林，“东方号”的唯一乘员，从此作为第一位飞上太空的人而永载史册。



加加林1934年3月9日出生于苏联斯摩棱斯克州格扎茨克区的一个农民家庭。1951年，他以优异成绩毕业于柳别尔齐职业中学，成为受训冶金工人并继续在萨拉托夫工业技术学校学习，业余时间学习飞行。1955年以优异成绩从工业技术学校毕业后，开始在奥伦堡航空军事学校学习飞行，1957年参加原苏联军队，并成为原苏联北方舰队航空军团的一名歼击机飞行员。

1959年，俄罗斯宇航之父科罗廖夫着手进行载人宇宙飞行的研究。莫斯科决心要抢在华盛顿之前，把载人飞船送入太空，宇航员的选拔工作因此变得相当紧迫。数千名符合选拔条件的空军飞行员参加了进入宇航员训练中心的角逐，加加林和其他19名歼击机驾驶员经过



层层筛选，最终获取了苏联首批宇航员的光荣身份。加加林以坚实的爱国精神、对飞行成功的坚定信念、优秀的体质、乐观主义精神、随机应变的机智、勤劳、好学、勇敢、果断、认真、镇静、纯朴、谦逊和热忱成功入选。除以上条件外，对于第一名航天员的人选，赫鲁晓夫当时还作过如下指示：必须是纯俄罗斯人。因而，具备同等条件的乌克兰族的航天员托夫成为首次航天的预备航天员。

加加林提前两小时就进入了飞船，随后就出现了不愉快的事情。先是发现舱门未关，后来又发现加加林忘了打开通信开关，无法与地面联络。马尔杰缅甸夫急中生智，利用一个小电台调出频率，总算恢复了与加加林的联络。“但距点火还有很长时间，为了让加加林别太紧张寂寞，总设计师让我给加加林放点音乐，我给他放了奥库德热维的流行歌曲。”倒计时数秒的最后一瞬，加加林喊出了那个流芳百世的名句：“飞起来了！”当时还没有地面与飞船间的视频系统，基地只听见他的声音，却不见其人。整个飞行全部录音，磁盘的重量就达40千克。磁盘后来都装进箱子。贴在箱口的封条上写着：“绝密永久保存。”

“东方号”宇宙飞船于1961年4月12日莫斯科时间上午9时零7分发射，在最大高度为301千米的轨道上绕地球一周，历时1小时48分钟。历史将永远记住这一刻：1961年4月12日10时55分，加加林在顺利完成宇宙之行后于萨拉托夫州斯梅洛夫卡村附近着陆。这次飞行之后，世界各国报纸立即对此进行了报道，使加加林的名字在全球家喻户晓。加加林也因此荣获列宁勋章并被授予“苏联英雄”和“苏联宇航员”称号。在这次历史性的飞行之后，加加林曾多次出国，访问过27个国家，22个城市授予他“荣誉市民”称号。

首次太空飞行之后，加加林积极参加训练其他宇航员的工作，1961年5月成为宇航员队长，1963年12月荣升为宇航员训练中心副主任。在训练其他宇航员的同时，他自己并没有放弃训练，梦想着能够再次进入太空。1967年4月，他完成了“联盟号”飞船首次飞行的培训准备工作，成为宇航员科马罗夫的替补。他在进行宇航训练之余，并未放弃驾驶歼击机，还专门进入茹科夫斯基航空军事学院继续学习飞行，并于1968年毕业。

1968年3月27日，加加林在驾驶喷气式双座飞机进行训练时坠机身亡，与他同时遇难的还有飞行教官谢廖金。政府当时曾成立专门委员会对坠机事件进



行调查，但却一直未公布调查结果。加加林遇难原因也就有了各式各样的说法和版本。据说，事故调查委员会成员都是一流专家，他们调查了从技术设备到飞行员全部操作的每项细节，却未发现任何异常情况，从技术上找不到导致事故的原因。但事故毕竟发生了，于是专家们只好猜测当时到底发生了什么事情：一是飞行员在下降时可能把云朵当成了突然出现的障碍；二是出现一群飞鸟；三是飞机陷入另一架飞机的尾迹或上升的纵向气流当中。

加加林死后，其骨灰被安葬在克里姆林宫墙壁龛里，他的故乡格扎茨克被命名为加加林城，他训练所在的宇航员训练中心也以他的名字命名。为纪念加加林首次进入太空的壮举，俄罗斯把每年的4月12日定为宇航节，在这一天举行隆重的纪念活动，缅怀这位英雄人物。

人类首次太空行走

苏联航天员列昂诺夫在1965年3月18日乘“上升-2”号飞船遨游太空时，冒险出舱活动24分钟，成为世界上太空行走第一人。

列昂诺夫1934年5月30日出生于克麦罗沃州。1953年参加苏军。毕业于丘古耶夫军事航空学校（1957）和茹科夫斯基军事工程学院（1968）。曾在苏军航空兵部队当飞行员。1960年进入航天队。

1965年3月18日莫斯科时间上午10时，“上升-2”号飞船轰鸣着，载着两名航天员从拜科努尔发射场升空，其中别列亚耶夫为指令长，列昂诺夫是驾驶员。他们乘飞船进入了497.7千米×173.5千米、倾角64.79°的预定轨道。飞船入轨后，他们便为太空行走做准备。在别列亚耶夫的帮助下，列昂诺夫将一个生命保障系统背包套在自己的压力服外边，开始吸纯氧，吸了一个多小时后便出舱了。为保持与飞船的联络及安全，列昂诺夫身上系着一根与飞船相连的

绳链，绳链长 5.35 米，内有一根电话线，很像婴儿的脐带。

当飞船飞到第 2 圈时，列昂诺夫在确认座舱密封完好后打开了向内开的舱门，随着别列亚耶夫的一声“祝你好运”，列昂诺夫浮游进入密封过渡舱，给自己的航天服充压，并检查过渡舱的密封性，调整头盔。此后，列昂诺夫关上座舱盖，于 11 时 34 分 51 秒进入茫茫太空，成为世界上第一个在太空漫步的人。



事后他说，当我准备好出舱时，轻轻地推了一下舱盖，于是人就像一个软木塞一样呼的一下便冲出了舱口。出舱后列昂诺夫在太空不仅浮游，还翻筋斗，并从舱外卸掉一个相机，移动了几件舱外物体。事实证明，太空并不那么可怕，人只要穿上航天服和带上生保背包，就能在舱外工作和生存。10 分钟后，别列亚耶夫提醒列昂诺夫准备返回座舱，可此时却出了麻烦。列昂诺夫报告说取回舱外相机有困难，相机放进过渡舱时，一松手它就漂走，如此反复数次都是徒劳。最后，列昂诺夫硬把相机推进通道，并用脚踩住，这才将相机放下。可这时列昂诺夫已精疲力竭，出汗量超出了他的航天服所能吸收的量。在他本人进入过渡舱时，又遇到了新问题。为了踩住相机，他的脚先进到过渡舱里，可身子怎么也进不去了，他被卡在了舱门口。这是因为太空是真空的，无法从外部对航天服施压，此时的航天服比想象的要鼓得多，如气球一样。此外，因戴头盔不能擦汗，汗水流到了眼睛上，汗气也使面罩模糊。这时，列昂诺夫除了听到自己的心在咚咚地急促跳动外，什么也看不清，听不见。突然他灵机一动，给航天服放气降压。一次不行两次，两次不行三次，直到将航天服压力降到了极危险的低限，即从 40 千帕降到 25 千帕。他终于穿着瘪下来的航天服活着进了舱门。列昂诺夫在太空行走了 10 分钟，但为了挤进舱门他却拼力花了 14 分钟。一返回舱内后，不能重复使用的过渡舱即被抛掉。



列昂诺夫因完成这次飞行，被授予“苏联英雄”称号。1975年7月15日~20日，作为船长参加了苏联“联盟-19号”飞船（随航工程师是库巴索夫）和美国“阿波罗号”飞船的联合航天。这是航天史上第一次按照“联盟—阿波罗”计划进行的重大的联合科学实验。它是根据1970年5月24日苏维埃社会主义共和国联盟和美利坚合众国之间签订的为和平目的研究和利用宇宙空间的合作协定进行的。在6昼夜飞行过程中，首次检验了靠拢和对接协调吻合设备，实现了苏美航天飞船的对接和两艘飞船乘员的相互换乘，进行了联合科学研究实验。由于胜利地完成了这次飞行，表现英勇，再次荣获“金星”奖章。

为表彰列昂诺夫在开发宇宙空间方面建立的功勋，苏联科学院授予他“齐奥尔科夫斯基基金质奖章”1枚，国际航空联合会授予他“宇宙金质奖章”2枚。此外，还荣获保加利亚人民共和国社会主义劳动英雄和越南社会主义共和国劳动英雄称号。获“列宁勋章”2枚，“红星勋章”和三级“在苏联武装力量中为祖国服务勋章”各1枚，奖章及外国勋章多枚。月球背面一环形山以其名字命名。

人类首次月球车行驶

月球车是在月球表面行驶并对月球考察和收集分析样品的专用车辆。世界上第一颗人造卫星发射成功后，人们便开始了飞向地外天体的准备。然而，在对月球表面探测过程中，采取什么的运输工具才有可能在月面上进行实地考察呢？于是，产生了月球车。为了使月球车在月面上能够顺利行驶，美国、苏联曾发射了一系列的卫星探测，并对月面环境进行了反复的科学实验，为在探测器上携带月球车的成功打下了可靠的基础。

月球车分为两类：无人驾驶月球车——由轮式底盘和仪器舱组成，用太阳能电池和蓄电池联合供电。这类月球车的行驶是靠地面遥控指令。有人驾驶月球车——这是由宇航员驾驶在月面上行走的车。主要用于扩大宇航员的活动范围和减少体力消耗，可随时存放宇航员采集的岩石和土壤标本。这类月球车的每个轮子各由一



台发动机驱动，靠蓄电池提供动力，轮胎在 -100°C 低温下仍可保持弹性，宇航员操纵手柄驾驶月球车，可向前、向后、转弯和爬坡。

1970年11月17日，苏联发射的“月球17号”探测器把世界上第一台无人驾驶的月球车——“月球车1号”送上月球。此车约重1.8吨，在月面上行驶了10.5千米，考察了8万平方米的月面。此后苏联送上月球的“月球车2号”行驶了37千米，并向地球发回了88幅月面全景图。

1971年7月31日，美国“阿波罗15号”宇航员戴维斯·R·斯科特和詹姆斯·B·欧文进行了人类首次有人驾驶月球车行驶，他们驾驶着4轮月球车，在崎岖不平的月球表面上，越过陨石坑和砾石行驶了数千米。斯科特和欧文成为在月球上漫步的第7位和第8位人，而且是第一个在月球上驾车行驶的。

他们于30日在月球的“雨海”登陆，并于美国东部时间31日上午9时25分离开“隼号”登月舱。几分钟之后，他们从宇宙飞船上卸下月行车，开始了他们的勘探旅行。游车的前舵轮操作不灵，但是按设计只有后轮驱动，后驱动轮运转良好。

当宇航员们在埃尔鲍陨石坑的边沿停下时，位于休斯敦的任务控制台打开了游车的电视摄影机，向地球传送非常清晰的彩色图像。电视观众可以看到宇航员挑选和采集月石标本。有一次，他们兴奋地喊道：“这里有些漂亮的供地质



研究用的岩石。”他们驾车行驶了两小时，走了8千米，之后又回到登月舱。斯科特和欧文在驾驶月行车做更多的旅行，共行驶了27.9千米后，与同在指挥船中的另一名“阿波罗15号”宇航员阿尔弗雷德·M·沃顿会合，一起返回。

此后的“阿波罗”16号、17号携带的月球车，分别在月面上行驶了27千米和35千米，并利用月球车上的彩色摄像机和传输设备，向地球实时地发回宇航员在月面上活动的情景及离开月球返回环月轨道时登月舱上升及发动机喷气的景象。

第一位踏上月球的宇航员

月球早在史前就已被人所知道。它是空中仅次于太阳的第二亮物体。由于月球每月绕地球公转一周，地球、月球、太阳之间的角度不断变化；我们把它叫做一个朔望月。一个连续新月的出现需要29.5天（709小时），随月球轨道周期（由恒星测量）因地球同时绕太阳公转变化而变化。

在太空探索中，月球作为我们的近邻，因其特殊的位置，丰富的资源而又重新受到关注。由于月球具有几乎没有大气层，没有磁场，弱重力场和稳定的地质构造等特征，所以从月球上发射深空探测器比在地球上要容易得多。因此，未来的月球基地不仅可以作为一个天然的发射平台，还是一个理想的太空探测的中转站。

第一批在月球上登陆的人是美国宇航员阿姆斯特朗和奥尔德林。他们乘坐“阿波罗11号”宇宙飞船经过100小时的飞行到达月球。

阿姆斯特朗在过16岁生日时成为持有执照的飞行员，1947年为海军飞行学员。他在印第安纳州西拉斐特市珀杜大学学习航空工程。1955年成为国家航空咨询委员会（NACA），即后来的国家航空和航天局（NASA）的民用飞机研

究飞行员。1962年参加航天计划。1966年3月为“双子座-8”号宇宙飞船特级驾驶员。

1969年7月16日，阿姆斯特朗同小奥尔德林、科林斯一起乘“阿波罗11号”飞船飞向月球。4天后于美国东部夏令时下午4时18分，由他手控操纵“鹰”号登月舱在宁静海西南缘附近的平坦地带着陆。7月21



日美国东部夏令时下午1时56分，飞行指令长阿姆斯特朗爬出登月舱的气闸室舱门，在5米高的进出口台上待了几分钟，以安定一下激动的心情。然后他伸出左脚慢慢地沿着登月舱着陆架上的一架扶梯走向月面。他在扶梯的每一级上都稍微停留一下，以使身体能适应月球重力环境。走完9级扶梯共花了3分钟，4时17分他小心翼翼地把左脚触及月面，然后鼓起勇气将右脚也站在月面上。于是在月球那荒凉而沉寂的土地上第一次印上了人类的脚印。当时他说出了此后在无数场合常被引用的名言：“这是个人迈出的一小步，但却是人类迈出的一大步。”

阿姆斯特朗和奥尔德林在月面上总共停留了21小时18分，在舱外活动了2小时21分钟。在这无声无息的环境里，他们安装了自动月震仪、激光后向反射器、太阳风测试仪，并收集了23千克的月球岩土标本，插上了一面美国星条旗。电视摄像机不断地把他们的活动拍摄下来送回地面，使地面上千千万万观众与他们一道经历了这一场冒险。当时，他们的另一位同胞柯林斯却在500千米高的月空中飞行，以等候他们的胜利归来。

7月24日美国东部夏令时下午12时51分，“阿波罗11号”飞船降落太平洋。同年获总统颁发的“自由勋章”。

1971年，阿姆斯特朗从国家航空和航天局辞职。1971~1979年任俄亥俄州辛辛那提大学航空航天工程教授，1979年后任俄亥俄州莱巴嫩市供应油田设备

的卡德韦尔国际有限公司董事长。1985年3月任太空问题全国委员会成员。1986年2月任调查航天飞机事故的总统委员会副主席。20世纪80年代起，他还曾担任多所公司的董事或董事长。1999年7月20日，美国在华盛顿航空航天博物馆举行仪式，纪念人类首次登月30周年。戈尔副总统在仪式上将“兰利金质奖章”授予首次登上月球的美国宇航员尼尔·阿姆斯特朗和他的同伴埃德温·奥尔德林以及驾驶指令舱的迈克尔·柯林斯。

航天史上第一位女指令长

艾琳·柯林斯1956年11月19日出生于美国纽约，1978年获锡拉丘兹大学数学和经济学学士学位。1986年获斯坦福大学硕士学位。1989年获韦伯斯特大学航空系统管理学硕士学位。

1976年，美国空军首次招收女性接受军事飞行训练，使她有机会进入空军试飞驾驶员学校。1979年结束空军飞行员训练，任T-38教练机飞行员至1982年。1983~1985年任C-141型飞机机长。1986~1989年在美国空军学院任助理教授。1990年1月从试飞驾驶员学校毕业的同时被挑选接受宇航员培训。升为空军中校，承担过教练机飞行员、飞行教员和军用运输机机长的工作。她驾驶过30多种不同的飞机，累计飞行时间已有4000多个小时。1991年7月起成为宇航员。

实际上，柯林斯并不是第一个女宇航员。1963年，苏联宇航员捷列什科娃就独自一人驾驶太空飞船遨游太空71个小时。但是苏联著名的火箭设计和太空技术专家罗廖夫·科罗廖夫对捷列什科娃非常不满。据他的记录，捷列什科娃在这次太空之旅中屡屡犯错，以至于他发誓“以后再也不让女人参与太空计划了”。科罗廖夫是个言出必践的人，在他的影响下，此后的19年里，苏联再没

把一位女性送上太空。

捷列什科娃驾驶太空飞船遨游太空时，柯林斯才刚刚6岁。即使不算这个苏联女宇航员，在柯林斯之前，美国的宇航员队伍中也出现了不少女性的身影。从小就向往天空的柯林斯为了自己的飞天梦想不断努力。1995年1月3日至11日，38岁的柯林斯担任了代号为STS-63的任务，随“发现号”航天飞机升上太空。为缅怀激励自己创造这一纪录的先辈，把1932年以女性身份首次单人驾机飞越大西洋的阿米莉亚·埃尔哈特使用过的一块



头巾带在身边，完成了“发现号”2月3日至11日的飞行。柯林斯是美国航天史上第一个航天飞机女驾驶员，而在她之前的女宇航员所从事的都是医疗、后勤支持等工作。之后，柯林斯担任了1997年5月15至24日代号为STS-84航天任务的飞行员。

1998年3月，柯林斯被召往白宫，当时的美国第一夫人希拉里·克林顿在白宫正式宣布任命她为美国宇航局唯一的女性航天飞机机长。在此之前美国38年的航天史上，从未有一个女性能够成为航天飞机的领导者，担负起完成一次重大航天行动的重任。1999年7月她成为有史以来第一位女航天飞机指令长。在美国，女飞行员驾驶飞机、甚至战斗机已不是新鲜事，但女宇航员担任指令长却是首次。7月23日，柯林斯坐到指令长的位置上，实现了很多女性的梦想。为此，美国宇航局邀请了美国政界、航空航天领域、科学界和工程界的数十位知名女性前往肯尼迪航天中心为柯林斯送行，如卫生和公众服务部部长唐娜·沙拉拉、13位女性国会议员、民谣歌手朱迪·柯林斯。希拉里、切尔西和美国女足也在参加完白宫的一个活动之后赶到发射现场。

柯林斯的丈夫帕特·扬斯抱着他们3岁半的女儿布里奇特目睹柯林斯所乘



的“哥伦比亚号”在耀眼的火焰中升空。41岁的扬斯自己是一名飞行员，对妻子的飞行充满信心。一些好心人为首位女航天飞行指令长的处女飞行发出了欢呼。一个在航天部门工作的女士挥舞着一个条幅，上面写着“艾琳，只管去做吧”。她驾驶“哥伦比亚号”航天飞机完成了7月23至27日的飞行。

2005年7月13日，柯林斯作为资深航天员，又承担一个具有历史性的重任，担任了“发现号”的机长。这次成功的飞行，使得在“哥伦比亚号”航天飞机失事两年多之后，美国的航天飞机再次成功进入太空，她和她的机组成员的完美表现，挽救了因“哥伦比亚号”失事而遭受打击的美国宇航局的声誉乃至命运。

最早的女宇航员

瓦莲京娜·一弗拉基米罗夫娜·捷列什科娃是世界上最早的女宇航员，也是第一位实现登上太空的女性。她是俄罗斯唯一的女将军，被誉为“民族英雄”、“世纪女性”，获得过联合国“和平金奖”、“列宁勋章”、“齐奥尔科夫斯基奖章”等，是世界上十几个城市的荣誉市民，月球背面的一座环形山以她的名字命名。

茫茫宇宙，无尽太空，充满了多少未知与神秘，激起了人类无数的幻想，期盼着能有一天可以畅游其间，体会那一片虚空中的真实。随着第一位宇航员加加林的升空，人们朝着幻想终于走出了第一步，迄今为止已有相当多的宇航员乘坐宇宙飞船离开了地球，有的甚至将足迹印上了另一个星球——月球。然而，由于宇宙飞行对体力、智力的严格要求，以及飞行历程中充满的不确定性和危险性，使相当长的一段时间内，“宇航员”的荣誉只能属于男人。

1963年6月14日和1963年6月16日苏联连续发射了由贝柯夫斯基驾驶的

“东方-5”和由捷列什科娃驾驶的“东方-6”号航天飞船。两艘飞船的入轨时间相差两天，在轨道上的最近距离相隔4.8千米，而在同一天返回地面。

这次飞行的意义在于，“东方-6”号飞船的驾驶员捷列什科娃是世界上第一个飞进宇宙的女性。这次飞行正是在国际妇女代表大会开幕的前夕。这一事实本身强有力地表明，妇女可以在任何方面与男人并驾齐驱。

捷列什科娃本来是一名跳伞运动员。1961年12月加入航天员的训练队伍。1962年初，苏联挑选女宇航员一事在严格保密的情况下紧锣密鼓地展开。当时主要是从各地航空爱好者俱乐部的女飞行员和女跳伞运动员当中挑选。先是从数百人当中选出60人参加体检。经过层层筛选，最后选中5人。训练期间她刻苦钻研火箭技术，学习飞船理论知识，顽强地锻炼身体。她总是尽最大努力去完成医生及设计师对她提出的任何学习和训练任务。委员会决定由她的航空俱乐部的队友塔季扬娜—莫洛兹切娃担任首飞，由她做替补。然而在飞天前的一次体检中，意外却发生了：莫洛兹切娃竟然怀孕了！这确实让委员会全体人员非常吃惊，但他们将此事严格控制在小范围之内，最后决定由替补捷列什科娃完成人类首次飞天壮举。

1963年6月16日格林尼治时间9时30分，她乘坐“东方6号”宇宙飞船在拜克努尔宇宙飞行场起飞，从而成为进入宇宙空间的第一位妇女。她在离开地面233千米的地方，环绕地球飞行48圈以后，于1963年6月19日8时16分平安地在卡拉干达东北620千米的地方着陆，总共飞行了70小时46分钟。

飞行归来载人舱近地弹射时，她的头被头盔狠狠撞了一下，等到着陆后，人们发现她的脸部和太阳穴处发青，整个人也几乎没有什么知觉。她被紧急空运到莫斯科进行抢救，直到晚上苏联最权威的医疗专家才向人们宣布，她现在脱离了生命危险，这时大家才算松了一口气。





之后她与驾驶“东方3号”的宇航员尼古拉耶夫结婚，组成了世界上第一个航天家庭。1964年6月8日，捷列什科娃生下一个女孩儿，取名为仪琳娜。仪琳娜也被称为“第一个太空婴儿”。如今，仪琳娜已经长大成人，而且跟其他人没有任何区别。

其他女宇航员也有骄人的成绩。俄罗斯宇航员叶莲娜·孔达科娃（1957至今）在“和平号”空间站创女性连续太空滞留时间纪录。1994年10月4日，她和两名男宇航员一起乘“联盟-TN20”宇宙飞船到达“和平号”空间站，在太空飞行169天后于1995年3月22日返回地面，创女性连续太空滞留时间纪录。1995年4月12日，叶利钦总统授予她“俄联邦英雄”荣誉称号。

女宇航员所创造的最长飞行时间纪录是188天4小时14秒，这位宇航员是美国的香农·卢西德。1996年3月22日，她乘坐美国的“亚特兰蒂斯STS76”号宇宙飞船抵达“和平”号空间站，同年9月26日乘“亚特兰蒂斯STS79”号返回地面。她在空间站停留时间超过任何其他美国宇航员。返回地面后，她即被克林顿总统授予“国会太空”荣誉勋章。

在太空中工作时间最长的人

俄罗斯宇航员瓦列里·波利亚科夫1994年1月8日进入太空至1995年3月22日顺利返回地面，在太空中“生活”了439天（其中有437天在“和平号”轨道空间），创下了人类在太空生活单次时间最长的纪录。1995年4月12日，俄罗斯“宇航节”这一天，叶利钦总统授予他“俄联邦英雄”荣誉称号。

世界上首次载人宇宙飞行是在1961年4月12日，苏联宇航员加加林少校乘坐“东方”号宇宙飞船在太空飞行了108分钟。第2个是他的同胞季托夫少校，他于1961年乘“东方”2号宇宙飞船飞行了一天多——25小时18分钟。

1965年12月4日，美国宇航员弗兰克·博尔曼和詹姆斯·洛弗尔突破了10天大关，他们二人在轨道上呆了13天18小时35分31秒。1971年6月，苏联宇航员多布罗沃斯基和帕查耶夫又夺回了纪录：他们乘“联盟11号”飞船登上“礼炮号”空间站，并随其飞行了23天18小时21分43秒。宇宙飞行时间纪录在苏联人和“礼炮号”和“和平号”空间站与美国人及其空间站“天空试验室”之间易手。在波利亚科夫创造纪录前，保持者为苏联上校季托夫和随船工程师马纳罗夫，成绩为365天22小时39分47秒。



最初波利亚科夫计划在太空飞行500天，即按专家们所说的“绕地球飞行8000周，行程3亿千米”。飞船发射原定于1993年11月中旬，后由于技术原因推迟。1994年1月8日，在拜科努尔发射场，“联盟TM-18”宇宙飞船把指令长阿法纳西耶夫上校、随船工程师乌萨切夫和考察宇航员、医生波利亚科夫送往“和平号”空间站，开始了第15次太空考察。在这次飞行中，波利亚科夫将进行人类历史上时间最长的宇宙飞行，要在空间轨道上连续工作400天以上，这是前所未有的壮举。

最初波利亚科夫计划在太空飞行500天，即按专家们所说的“绕地球飞行8000周，行程3亿千米”。飞船发射原定于1993年11月中旬，后由于技术原因推迟。1994年1月8日，在拜科努尔发射场，“联盟TM-18”宇宙飞船把指令长阿法纳西耶夫上校、随船工程师乌萨切夫和考察宇航员、医生波利亚科夫送往“和平号”空间站，开始了第15次太空考察。在这次飞行中，波利亚科夫将进行人类历史上时间最长的宇宙飞行，要在空间轨道上连续工作400天以上，这是前所未有的壮举。

波利亚科夫成功地完成了他的计划，在“和平号”轨道空间生活了439天，绕地球飞行了7000多周，航程达2亿9000万千米，飞行最大高度（远地点）400千米。如果加上所有的飞行时间，波利亚科夫在太空上的总天数达到了678天16小时58分6秒，共绕地球飞行了10864圈，这又是一项绝对世界纪录。值得一提的是，波利亚科夫的第一次太空飞行就相当引人注目：1988年4月27日，他乘“联盟6号”宇宙飞船上天，在“和平号”空间站上工作了241天。

专家们开玩笑地说，在太空飞行这么长时间，完全可以飞到火星去了。实际上，这样的目标已经确定了，而波利亚科夫的亲身实践从生物医学角度证明



了飞往火星的可能性。波利亚科夫在飞船着陆后，不用外界的帮助，自己独立从降落舱中走出，显示出超人的能力。而且，在着陆第二天，他就能轻松地在久违了的母亲大地上散步了，并无需别人帮助自己走去进行医学检查。在此之前，为了实现这一切，科学家和宇航员们花费了33年的时间。

俄航天专家认为，未来的火星载人飞行所需时间将不少于440天，在如此长时间的星际飞行过程中保证宇航员的健康极为重要。预计火星载人飞行中将有一名具有医生身份的宇航员参加，以保证对参与火星飞行的多名宇航员直接进行医疗检查并提供相关的医疗保障服务。2005年62岁的有医生身份的波利亚科夫在庆祝1995年太空飞行完成10周年前夕向此间媒体介绍说，他打算参与未来的火星飞行，创造高龄宇航员参与太空飞行的纪录。

航行次数最多的宇航员

驾驶航天飞机在太空翱翔是很多人的梦想。不过，要想成为一名合格的宇航员，并不是一件轻松的事情，而且即使是那些专业的宇航员，也不一定有机会可以亲身经历一次“太空之旅”。

在美国的142名宇航员中，有1/3的宇航员从来没有真正执行过太空任务。已经在美国国家航空航天局工作了8年的乔治·扎姆卡就是其中的一个。他说：“虽然每一个在航空航天局工作的宇航员都渴望能到太空中去执行任务，但是事实上可以实现这一愿望的宇航员并不多。”

在那些还没有到过太空的宇航员中，除了一些新手之外，其他人都已经等待了几年甚至是十几年。1967年就被选为宇航员的斯托里·马斯格雷夫，在足足等待了16年之后终于有机会完成了他的遨游太空梦。

斯托里·马斯格雷夫出生于波士顿，在马萨诸塞州他父母的农场中长大。



1967年8月，马斯格雷夫被NASA（美国航空和宇航局）选拔成为第一批宇航员——科学家中的一员，经过完整的宇航员培训，他参与到了太空实验室的设计与研制项目中，成为第一次太空实验室行动的修补飞行员。马斯格雷夫帮助设计了宇航服、生活维持系统、气锁、用于太空行走以及其他太空船外活动的有人驾驶机动舱。直到1983年，他才等来了人生中的第一次太空飞行。顺利完成任务的马斯格雷夫并没有“我终于做到了”的激动感觉。在16年的等待中，马斯格雷夫从来不必通过让自己忙碌于工作和致力成为最优秀的人来排解焦虑。在自传《太空是我的事业》中，马斯格雷夫说：“我从来没有为不能上太空烦恼过，太空对我来说是一项事业，它不是什么通向其他成功之路的跳板，因此我总是尽自己最大努力做好每一件事。”

他从1983年至1996年共完成太空飞行6次，合计53天。1983年4月7日他参加“挑战者号”航天飞机的处女航，当地时间下午4点23分，马斯格雷夫在他第一次航天飞行中，从打开的货舱舱门走了出去，此时他的宇宙服拴有一根长约15米的保险丝，以免他飞离航天飞机而去。马斯格雷夫在太空中时而伸腿舒脚，时而自由飘飞，时而凝神定气，好不自在，从而成为世界上第一位从航天飞机步入太空的人。在他的第二次太空飞行任务中，他担任了发射和再进的系统工程师，并在轨道运行中担任飞行员。

在马斯格雷夫太空飞行中，最富戏剧性的是第五次，在“奋进者号”航天飞机上，马斯格雷夫承担了修理哈勃太空望远镜的任务。经过为期11天的工作，哈勃望远镜恢复了全部功能。这次修理共需要五次太空行走，其中有三次是由马斯格雷夫完成的。

1996年11月19日至12月7日，61岁的斯托里·马斯格雷夫驾驶“哥伦比亚”号航天飞机第六次飞入太空，成为当时进入太空的年纪最大的宇航员。这次飞行历时17天15小时53秒，飞船共绕地球轨道运行278圈，创运行圈数最高纪录，飞行里程超过1127万千米。

1997年，在执行了6次飞行任务后，他离开了美国宇航局，此后，他为报纸和杂志撰写了大量有关空间科学的文章，还为多个机构担任科技顾问。在好莱坞悬念大师布赖恩·德·帕尔玛导演的《火星之旅》中，马斯格雷夫参与了



剧本、布景、特技甚至是演员选择的准备工作。

美国宇航员约翰·扬是1965年至1983年第一个完成6次太空飞行的人。6次航行合计34天。另一位完成6次太空飞行的宇航员是富兰克林·张一迪亚士（哥斯达黎加），他在1986年至1998年共在太空飞行6次，合计52天。

载人航天吉尼斯

从载人飞船到航天飞机，再到如今的空间站，一部人类飞天的历史，已经走过了42年，为“首”的纪录层出不穷，现摘选其中若干。

1961年4月12日，苏联宇航员加加林乘“东方”1号飞船升空，历时108分钟，代表人类首次进入太空。

1969年7月21日，美国宇航员阿姆斯特朗走出“阿波罗”11号飞船的登月舱，在月面停留21小时又18分钟，成为人类踏上月球第一人。

1984年2月7日，美国宇航员麦坎德列斯和斯图尔特不拴系绳离开“挑战者号”航天飞机，成为第一批“人体地球卫星”。

1967年4月24日，苏联宇航员科马洛夫，乘“联盟”1号飞船返回地面时，因降落伞未打开，成为第一位为航天殉难的宇航员。

1971年4月9日，苏联发射世界上第一艘长期停留在太空的“礼炮”1号空间站。

1981年4月21日，美国成功发射并返回世界上首架航天飞机“哥伦比亚号”，使可重复使用的天地往返系统梦想成真。

1965年3月18日，苏联宇航员列昂诺夫走出“上升”2号飞船，离船5米，停留12分钟，实现人类航天史上第一次太空行走。

1969年1月14~17日，苏联的“联盟”4号和5号飞船在太空首次实现交



会对接，并交换了宇航员。

1975年7月15~21日，美国的“阿波罗号”飞船和苏联的“联盟”19号飞船在太空联合飞行，成为载人航天的首次国际合作。

1995年6月29日，美国“亚特兰蒂斯号”航天飞机与俄罗斯“和平号”空间站第一次对接，开始了总计9次的航天飞机与空间站的对接，为建造国际空间站拉开了序幕。

俄罗斯的波利亚科夫于1994~1995年间在“和平号”空间站上连续停留438天，成为在太空时间待得最长的男宇航员；而美国的露西德于1996年在“和平号”上停留了188天，成为在太空时间待得最长的女宇航员。

1986年2月20日进入轨道的苏联“和平号”空间站，在太空中运行了13年，成为寿命最长的空间站。

1995年3月2~18日，“奋进号”航天飞机在太空中飞行，上面的7位宇航员加上“和平号”上的6位宇航员，共有13位宇航员同时在太空，成为同时在太空中人数最多的一次。

1986年1月28日，“挑战者号”航天飞机起飞时发生爆炸，7位宇航员全部遇难，成为迄今最大的一次航天灾难。

航天飞机最长的一次太空飞行，是1996年11月19日起飞、12月7日降落的“哥伦比亚号”，历时17天15小时53分钟。

航天史上最大的惨剧

“挑战者号”航天飞机是美国航空太空总署旗下正式使用的第二架航天飞机。它于1983年4月4日至4月9日进行了首次飞行。绕地球80圈，航程达330万千米，整个发射和着陆过程都很顺利。轨道飞行期间，宇航员充分试验这架航天飞机的各个系统，还施放了一颗大型跟踪与数据中继卫星，进行了9年来的第一次舱外空间行走，试验了新型宇宙服。此外，还做了一系列空间医学和科学试验。除了“挑战者号”施放的那颗巨大的通信卫星由于卫星本身火箭的原因未能达到预定的同步轨道之外，整个飞行获得成功。



1986年1月28日，美国“挑战者号”航天飞机载7名宇航员，进行它的第10次飞行。这一天早晨，成千上万名参观者聚集到肯尼迪航天中心，等待一睹“挑战者号”腾飞的壮观景象。上午11时38分，在人们目送之下，竖立在发射架

上的“挑战者号”点火升空，直飞天穹，看台上一片欢腾。7秒时，飞机翻转，16秒时，机身背向下，底朝上完成转变角度；24秒时，主发动机推力降至预定功率的94%，42秒时，主发动机按计划减低到预定功率的65%，以免航天飞机穿过高空湍流区时由于外壳过热而使飞机解体。这时，一切正常，航速已达677米/秒，高度已达8000米；52秒时，地面指挥中心通知指令长斯科比将发动机恢复全速。59秒时，高度10000米，航天飞机接近音障，遇上极大的空气



压力，主发动机已加速到104%，火箭助推器已燃烧了将近45万千克固体燃料。此时，地面控制中心和航天飞机上的电子计算机荧光屏幕上显示的各种数据都未见任何异常。65秒时斯科比向地面报告：“主发动机已加大”，这是地面测控中心收听到的斯科比的最后一句报告词。但航天飞机飞到73秒时，空中突然传来一声闷响，只见价值12亿美元的“挑战者号”顷刻之间爆裂成一团橘红色火球，碎片拖着火焰和白烟四散飘飞，坠落到大西洋。7名机组人员全部遇难，造成了世界航天史上最大的惨剧。这是美国进行25次载人航天飞行中首次发生在空中的大灾难。“挑战者号”的爆炸，使美国举国震惊，华盛顿和其他各地均下半旗志哀。当时的中华人民共和国主席李先念于第二天发电报给美国总统里根，对美国航天飞机内7名宇航员不幸遇难表示哀悼。

世界上掌握载人航天技术的国家很少，当时已经研制成功航天飞机并投入使用的，仅有美国一家。

美国的航天飞机除“挑战者号”以外，还有“哥伦比亚号”“发现号”和“阿特兰蒂斯号”。它们已从试验性飞行向实用方面发展。一些科学家利用太空中的特殊条件，进行了各种各样的试验和研究。“挑战者号”7名遇难的宇航员中，有一名叫麦考利夫的女教师，她准备在“挑战者号”进入第四天飞行时，在太空向地面的学生讲两堂课，每堂15分钟，以此标志航天飞机走向更为实用的阶段。由于这次意外事故而使空中课堂的计划未能实现，麦考利夫作为一名教师以身殉职。在美国新罕布什尔州的康科德中学，当学生们从电视上看到“挑战者号”载着他们的老师飞向太空时，兴奋得欢呼起来。然而不久，面对“挑战者号”突然爆炸的画面，学生们不禁目瞪口呆，继而失声痛哭。

在科学探索的道路上，牺牲是不可避免的。在“挑战者号”爆炸之前，苏联和美国的宇航员都曾由于意外事故而牺牲，但这并没有影响人类探索太空的行动。人类向未知的太空的探索、前进的步伐是永远不会停止的。

新航天大国的崛起——“嫦娥工程”

中国在进入 21 世纪之后，在航天科技上取得了举世瞩目的成就，而近期，中国又开启了探索月球的“嫦娥工程”计划，这一计划必将载入史册。月球探测是我国空间科学和技术发展的第三个里程碑。在综合分析国际上月球探测已取得的成果，以及世界各国“重返月球”的战略目标和实施计划后，再考虑到我国的科学技术水平、综合国力和国家整体发展战略，近期我国的月球探测以不载人为目的，其探月工程命名为“嫦娥工程”。共分为三个发展阶段，它们之间保持一定的连续性、继承性和前瞻性。



第一阶段：称为“绕”，研制和发射第一颗月球探测卫星——“嫦娥 1 号”。2007 年 10 月 24 日，“嫦娥 1 号”由长征 3 号甲运载火箭成功发射升空并进入预定轨道，于 11 月 7 日进行第三次近月制动进入周期为 127 分钟、

高度为 200 千米的工作轨道。至此，“嫦娥 1 号”的奔月之旅取得了圆满成功，还获取全月球高精度三维立体图像。“嫦娥 1 号”还对月球表面的环境、地貌、地形、地质构造和物理场进行了探测，并勘察了月球 14 种有用元素的分布特点与规律，勘测了月壤的特征与厚度，估算³氦的分布与资源量，探测地—月空



间环境。其中获取月球高精度三维立体图像和探测月壤厚度等是国外尚没有进行过的项目。全月球表面三维立体图像的获得可用于划分月球表面的基本构造和地貌单元，可以进行月球撞击坑形态、大小、分布、密度等的测量和分析，能勾画出月球地质构造演化史和对月球重力场进行研究，而探测月壤的特征也具有重大的研究价值，月球固体表面的年龄至少已有 40 亿年，由于太阳风无休止地轰击月球表面，因此月壤含有独特的太阳辐射历史，其完整的程度，在太阳系其他行星或卫星表面是难以找到的，这就为研究太阳活动的演化历史，以及太阳对地球气候变化的影响提供一条便捷的途径。至于对地—月空间环境的探测，所获得的太阳风数据可以为后续月球控测工程提供所需的月球轨道空间环境数据。

第二阶段：称为“落”，发射月球软着陆器，试验月球软着陆和月球车技术，就地勘测着陆区区域的地形地貌、地质构造、岩石成分与分布，探测月壤和月壳的厚度与结构……归结起来，有这样几个探测目标：月表形貌与地质构造调查；月表物质成分和资源勘察；月球内部结构研究；日—地—月空间环境探测等。第二阶段的探测是直接着陆区作近距离的探测，亦即在第一阶段遥感探测的基础上对区域月表进行精细的探测，两者互为补充，可以深化对月球的认识，初步定于 2012 年左右发射。

这里再对月表物质成分和资源勘察说几句，月表物质成分了解月球演化历史的关键，也是月球科学最基础的工作。月球蕴含丰富的矿产和能源资源，特别是月壤中含有地球上无法企及的大量核聚变燃料³ 氦，开发和利用月球资源是人类探测月球的动力之一。从中可以看出对月表物质成分和资源勘察的重要性与必要性。月球内部结构的研究也是科学家们所关注的问题，月球内部的结构组成不但体现月球目前的状态，还记录着其形成和演化的信息。月球内部结构的探测不仅可以使人类认识月球的状态、结构和组成，而且为了解月球的起源和演化提供了最可靠最直接的证据。通过对月球内部结构的研究，还可以获取月震和小天体撞击月球的确切资料，从而为完善月球内部结构的模型提供直接的科学依据。

第三阶段：称“回”，把在月球采集的样品送回地球，在实验室作精确的



测试、分析和研究。要实现这个目的，必须发射带有自动采样返回舱的着陆器（或月球车），选择合造的地点进行钻孔采样和机械臂采样，然后返回舱从月面起飞，将月球样品带回地球，在实验室作精确的测试分析和研究。第三阶段工程实施后必然会进一步深化对月壤、月亮和月球形成演化的认识，这样会给今后月球基地的选址和建设提供重要依据。

在第三阶段中采集月球样品必须使用机器人，据资料介绍，经过多年的研制，我国已建成模拟的“机器人遥控操作系统”，即模拟科学家在地面操作太空机器人做一系列的动作。太空机器人将在中国人登上月球前承担主要的探测任务。与此同时，在第三阶段中，我国自行研制的月球车也将在探测月球中亮相，计划于2017年前后实施“回”工程。“嫦娥工程”作为我国探月计划第一阶段“绕月飞行”的名字，其缘由来自我国古代嫦娥奔月的美丽传说。很自然，要执行绕月飞行的第一颗卫星被称为“嫦娥一号”。

“嫦娥工程”由五大系统组成，它们分别是：

运载火箭系统：选择以发射“东方红3号”为主的“长征3号”甲。该运载火箭取得9次发射9次成功的佳绩，而其中7次是发射“东方红3号”。“长征3号”甲运载火箭符合发射绕月卫星需要较大的运载能力和高可靠性的要求。据资料介绍，“长征3号”甲运载火箭，其奔月轨道的运载能力可达1750千克。为了发射“嫦娥一号”卫星，火箭又进行了多项适应性改进，特别在可靠性方面更下了大力气，对多项关键环节均采取了冗余设计。

月球探测卫星：第一颗“嫦娥一号”绕月卫星，主要以成熟的“东方红3号”通信卫星为基础，充分利用、继承其成熟的技术和相关卫星的经验。就其目前的技术状态，“嫦娥一号”是一颗脱颖而出的新卫星。

“嫦娥一号”卫星所承担的任务主要有4个方面，即为月球“画像”，获取月球表面三维影像等（已在前一题中作了说明，这里不再述说）。为完成这4个方面的任务，“嫦娥一号”卫星上装有6大类设备，共25台仪器，如光学成像系统（CCD立体相



机，干扰成像光谱仪），激光高度计，Y/X射线谱仪，微波探测器，空间环境探测（太阳高能粒子探测器，低能离子探测器），数管系统等。

其中CCD光学系统采用正下方、前方、后方的3幅二维原始数据构成月表的三维立体图像。这样，对卫星的姿态和精确定轨提出了更高的要求。干涉成像仪是一种利用不同物体具有不同光谱特性来成像的一种相机。它对月面进行多光谱遥感，可以实现区域性的资源和物质特性等数据提供。Y/X射线谱仪是根据各种元素受宇宙射线激发产生的Y和X射线能谱的差异，可以获得不同元素的分布。如Y可以对Th、U、K等元素，x射线可以对Na、S、Ni等元素，而对于Fe、Ti、Al、Mg等元素则这两种射线都可获取其信息。微波探测，卫星上常采用微波/毫米波辐射计。利用不同频段的微波在月壤中穿透深度不同的特点，对月壤厚度进行测定，“嫦娥一号”卫星上设计4个不同的频段。空间环境探测，主要测量太阳风中的重离子成分、质子能谱、低能离子成分及在空间的分布。

发射场系统：选择我国发射地球同步轨道卫星的西昌卫星发射中心。为适应探月卫星的特点，该发射场进行了多处改进，特别在安全和可靠性上做了更多的改进。

测控系统：为提高轨道测量精度，首次采用甚长基线干涉仪（VLBI）为探月卫星的测、定轨道提供赤经和赤纬，以提高对“嫦娥一号”JAY绕月卫星

的地面导引能力。

地面应用系统：即“嫦娥一号”卫星的下行数据接收，数据处理和研究及实施在轨业务的运行。亦即该系统包括月球探测卫星（“嫦娥一号”）运行管理中心、数据接收中心、数据预处理、数据管理、科学应用与研究 5 个分系统组成。

在这里还要提一笔的是，在“嫦娥一号”卫星上将搭载 30 多首乐曲，当它进入绕月轨道后，在距地球 380 000 千米外的遥远太空会向地面传回一首首优美的乐曲。这 30 多首代表中国优秀文化乐曲的天籁之音将响彻寰宇。乐曲是从 150 余首推荐的曲目中选出的，《谁不说俺家乡好》等乐曲有幸获选，并且能在月球上空这样一个特殊的场合来播放，向世界传播显得更加有意义。在实际播送中，我们听到那清晰、逼真的乐曲声，就像在家里播放时一样……

360° 探索·世界之最

UFO绝密奇案

不可思议的大自然

不为人知的科学奇谜

超自然现象背后的玄机

从北到南去畅游

地理知识大观

地球景观探奇

地外星球大揭秘

动物奥秘追踪

飞天的神话——航空航天

高端武器：世界先进武器大博览

海洋大探秘

化石：生命演化的传奇

环境科学知识

环球水怪之谜

军事纵横

科技未解之谜

科学发明与创造

昆虫奇闻

难以想象的天文奇观

能源科学知识

你不了解的气象季候

你不了解的太阳系之谜

奇趣生物探秘

青少年知识小百科

人类地球未解之谜

人体透视：生命的密码

神奇外来客

神奇植物大揭秘

生命溯源探幽

太空知识探秘

探索神秘的宇宙

探寻恐龙的足迹

天文地理奥秘

铁血纵横：王牌武器

鲜为人知的月球奥秘

现代科技下的战争

行星大探秘

喧嚣的海洋

血与火的战争：军事天地

寻访闻所未闻的秘境

最具魅力的名城古镇

远古的霸主——恐龙

你不知道的濒危动植物

鸟兽寻踪

奇幻宇宙大探秘

奇妙的科技

十万个为什么：科学家也难搞懂的问题

十万个为什么：那些你所不知的囧问题

责任编辑：翟春平

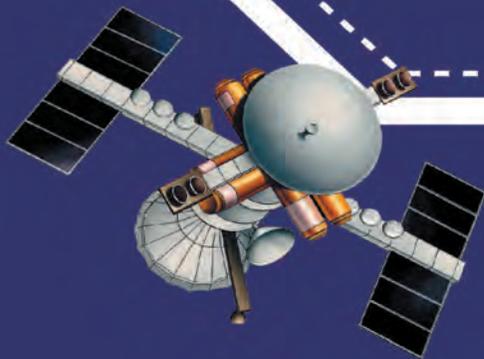
图书策划：腾飞文化

封面设计：盛世博悦

青少年**科普**知识读本

QINGSHAONIAN KEPU ZHISHI DUBEN

本读本是我们在新时期为当代青少年量身定做、专业打造的一套融科学性、知识性、趣味性为一体的全方位提升青少年素质水平的优秀图书。它涵盖了青少年在成长的重要时期不可或缺的科普知识，带领青少年探索神秘的大千世界，激发青少年对科学及未知空间的求知欲。我们希望以此引领青少年探求无穷的科学知识，让青少年在对知识的渴求与完善中不断成就自我。



ISBN 978-7-5375-5855-6



定价：25.80元