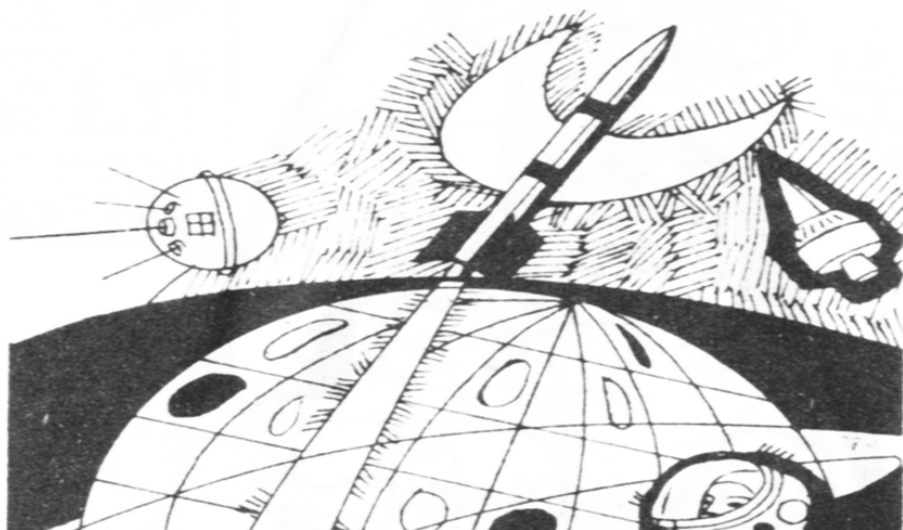


航空、航天常识(二)

王文杰 主编



目录

空中加油机的诞生及发展	1
无人驾驶飞机的诞生及发展	8
形形色色的航母舰载飞机	21
舰载战斗机	22
舰载攻击机	25
舰载反潜机	29
舰载预警机	31
舰载侦察机	32
舰载空中加油机	33
舰教电子战飞机	34
隐形杀手——隐身飞机	36
航空客货运量增长	43
电传操纵系统	44
航空导航的发展	44
“导航星”系统（GPS）	91
导航卫星	94
“子午仪”导航卫星	97
“陆地卫星”1号	99
反卫星卫星	103
返回式卫星	106
纳米卫星	108
气象卫星	111
生物试验卫星	114
小卫星	116
预警卫星——太空“哨兵”	119
军事首脑的“耳目”	122
窃听侦察卫星	125

照相侦察卫星	127
胶卷回收型和电传输型	127
普查型和详查型	130
侦察卫星	130
中国的侦察卫星	132
军用载人航天器	135
载人飞船	136
空间站	137
航天飞机	138
V - 2 火箭	139
第一枚液体燃料火箭	140
第一颗人造卫星	140
小狗“莱依卡”	141
划时代的飞行	142
卫星的发射	143
“东方”号火箭	144
火箭向东发射	144
“长征”2号E型火箭	145
中国“长征”3号甲火箭	146
人造卫星的分类	147
通信卫星	147
卫星地面站的构成	148
美国的通信卫星	148
国际卫星通信系统	149
气象卫星	150
“风云”1号	151
民用气象卫星	151
战略卫星通信系统	152

“发现者”	153
地球资源卫星	154
“资源”1号卫星	155
遥感卫星	156
海洋监视卫星	157
民用间谍卫星	157
纳米技术卫星	158
“金星”号探测器	159
“火星”号探测器	160
“旅行者”2号	162
“水手”号探测器	162
“海盗”号探测器	163
飞机发射卫星	164
“伽利略”号探测器	164
“尤里西斯”号	166
“阿波罗”4号空难	167
三次重要试飞	168
航天飞机	169
“暴风雪”号	170
“联盟”号宇宙飞船	171
太空轨道转移飞行	172
“联盟”TM2号	173
“亚特兰蒂斯”号与“和平”号对接	173
“哥伦布”号计划	174
东方快车	175
“发现”号与“和平”号交会	175
“哈勃”太空望远镜	176
卫星的发射	177

空中加油机的诞生及发展

空中加油机是一种专门给正在飞行中的飞机和直升机补加燃料的飞机。

飞机刚刚诞生的时候，因为没有加油机，发生了许多既有趣、又令人遗憾的事情。比如，两架飞机进行空战，一架飞机追逐攻击另一架飞机，就在胜利在望之时，忽然飞机油料指示器发出油将用尽的警告。此时，飞行员纵有天大的本领也无济干事，只能望“机”兴叹，赶快返航。又比如，一架飞机要作长途飞行，油如果不够，只能中途停下来，加完油再继续飞行。但是，如果是一架挂满炸弹的轰炸机飞上天空，要让它停下来加油，那事情可就麻烦了，除非它把炸弹全部扔掉，否则机场是不会允许它降落的。因为，万一降落时机上炸弹因颠簸而引起爆炸，那后果可就不堪设想了。

由于飞机落到地面加油非常麻烦，因此人们一直梦想什么时候能把加油站搬到空中去。1923年8月27日，人们的这一愿望终于实现了。那一天，在美国加利福尼亚州的圣地亚哥湾上空，人们看见有两架飞机，在一上一下、一前一后地编队飞行。忽然，从上面一架飞机上垂下一根10多米长的软管。下面那架飞机上有一人站在座舱里，伸手捉住这根飘摇

不定的软管，把它插进自己飞机的油箱。少顷，一股航空燃油从上面那架飞机注入了下面这架飞机的油箱。可不要小看这件事情，这可是航空史上的一个伟大创举。它标志着人们梦想已久的“长翅膀的加油站”从

此诞生了！上面那架代号为 DH - 4B 的飞机，因此被作为世界上第一架加油机而载入航空史册。

早期的空中加油都是由手工操作的，犹如进行惊险的空中特技表演，因此不可能得到普及。1933 年，苏联一架 TB - 1 式轰炸机采用 A.H.扎帕诺万内研制的加油设备，成功地给一架 P - 5 侦察机进行了空中加油。1934 年，美国也研制出了空中加油设备。在第二次世界大战期间，空中加油技术开始用于实战。战争中，美、英两国的许多轰炸机在大西洋上空进行空中加油，然后再对德国本土进行远程奔袭。

40 年代中期，英国首先研制出“绞盘软管”式空中加油设备，安装在早期的空中加油机上。1948 年底，美国空军从英国购买了全套空中加油设备，安装在自己的加油机上，组建了一个 KB - 29 和 KB - 50 加油机中队。1949 年 3 月 2 日，美国 B - 50 轰炸机经 KB - 29M 加油机的 4 次空中加油，实现了环球一周的不着陆飞行，航程达 37532 公里。此举标志着空中加油技术达到了一个新的水平。

50 年代初，美国研制出更先进的硬管式（即伸缩套管式）空中加油设备。不久，苏联也研制出类似的加油设备。1957 年 1 月，美国空军的 5 架 B - 52 战略轰炸机从加利福尼亚州卡斯尔空军基地起飞，在加油机的支援下，作环球飞行。整个航程历时 45 小时 15 分钟。为保障这次实施全球空中打击的演练，美国空军共出动了 98 架 KC - 97 加油机。此举在世界上曾引起极大的轰动。

随着空中加油技术的不断完善，加油机的作用越来越引起了人们的极大兴趣。许多航空专家把它称作是航空史上的里程碑。因此，在以后的几十年中，这种长翅

膀的加油站在飞机家族中迅速庞大起来，并在许多次战争中立下了赫赫战功。

空中加油机之所以受到人们的青睞，主要是得益于它的四种本领：第一个本领，可以增大作战飞机的航程和作战半径。作战飞机的航程和半径主要是由载油量决定的。采用空中加油的手段就可以弥补飞机载油量的不足，使其能够执行远远超过飞机作战半径的远程轰炸任务。第二个本领，可以增加飞机的载弹量。对于起飞重量有限的轰炸机和攻击机来说，弹和油是一对突出的矛盾：要想多带弹，只能少装油；要想多载油而飞得远一些，就得少载弹。空中加油机出现后，使这一问题迎刃而解。有加油机作保障，轰炸机和攻击机起飞时可以尽量多载弹，飞出一定距离后，再进行空中加油，这样既能多载弹，又能飞得远了。第三个本领，能够救援空中缺油的飞机。对于因故障、中弹而失去燃油的飞机或因其他原因而无油返航的飞机，实施空中加油可以使其顺利返回基地。第四个本领，能够增强空袭的突然性。采用空中加油，可以使飞机部分地摆脱对机场的依赖，空袭前不需要预先向前进机场转场，直接从远离突击目标的机场起飞，发动突然袭击。

目前的加油机主要采用两种加油方式，也就是软管加油和硬管加油。

软管加油系统主要由输油软管卷盘装置、压力供油机构和电控指示装置组成。胶皮软管一般长 16~30 米，外端有加油锥管及伞状锥套。受油机机头或翼尖上伸出一个固定收放式受油管。加油时，加油机抛出软管，受油机从后下方接近加油机，然后慢慢加速，靠冲力将受油插头插入锥管，顶开加油管末端的单向活门，开始接

受加油。加油过程由电子装置控制。这种加油装置结构简单，便于拆装。每套装置每分钟可输油 1.6 千升，一架加油机可以安装数套，同时为数架飞机加油，吊舱式软管加油系统还可以由战斗机或攻击机携带，进行“伙伴加油”。

硬管加油系统安装在加油机机身内。加油机尾部装有一根可伸缩的半刚性加油管，由主管和套管两部分组成，全长约 14 米，伸缩范围约 6 米。当受油机飞至加油机后下方适当位置，加油机伸出输油管，插入受油机机头上方的受油口，自动锁定后即开始加油，这种装置每分钟最多可输油 6.5 千升。装备硬管加油系统的加油机在尾部设有一个加油操纵舱，由 1 名加油操纵员控制加油过程。

空中加油不同于地面加油，稍有不慎，即可能酿成大祸，必须严格遵循加油程序。加油程序一般分为四个阶段：第一阶段是会合阶段。由于加油机和受油机的速度不同，必须约定会合空域、航线、时间，会合时，受油机要比加油机的飞行高度低 60 米，以防相撞。第二个阶段是对接。两机对接时，除加油和通话开关外，飞行员不得按动其他电钮，以防误触武

器开关或其他开关，引起危险。第三阶段是加油。受油机与加油机在这个时候的高度、速度及相互位置都必须严格一致，当受油机加进一部分油时，飞机的重量就会增加，而加油机的重量减轻：两机必须随时调整自己的速度、高度。第四阶段是解散。这个时候，必须是受油机减速，然后再作脱离动作。

目前，世界上有不少国家都装备了空中加油机，总数量超过千架。其中最为先进的当属美国的 KC - 135、

KC - 10 和俄罗斯的伊尔 - 78。

KC - 135 由美国著名的波音飞机公司制造，是从驰名世界的波音 707 客机的基础上发展而成的。自 1954 年美国空军购买了首架 KC - 135 起，截止到目前一共购买了 700 多架。KC - 135 共有 10 个机身油箱（位于前后机身和机尾上），1 个中央翼油箱，每个机翼上还各有 1 个主油箱和一个备用油箱。最大载油量 118.11 千升，可供加油量 60.2 千升。KC - 135 可以给各种性能不同的飞机加油，在加油时排除了让受油机降低高度及速度的麻烦，既提高了加油安全性，也提高了受油机执行任务的效率。它采用伸缩套管式空中加油系统，加油作业的调节距离为 5.8 米，可以在上下 53 度和横向 30 度的空间范围内活动。更让人惊奇的是，它可以同时给几架战斗机进行加油。当它仅用一个油箱加油时，每分钟可加油 1.514 千升。前后油箱同时使用时，每分钟可以加油 3.028 千升。KC - 135 的机组共 4 人：正、副驾驶，领航员及加油操纵员。加油操纵员的任务是完成加油机与受油机之间的联络、对接及控制加油量的工作。

KC - 135 初显身手是在 60 年代的越南战争期间。1964 年 6 月 9 日，4 架 KC - 135 加油机首次参加实战，为美国空军的 8 架 F - 100 战斗机加了油。从那以后，KC - 135 就一直活跃在越南战场上。

但最值得一提的是在这次战争中，KC - 135 还创造了一个史无前例的空中奇迹。那是在 1967 年 5 月 31 日，美国空军的一架 KC - 135 正在越南北部湾上空给两架 F - 100 战斗机进行空中加油。突然，从远处天际又钻出两架 A - 3 型加油机，请求 KC - 135 为它们加油。原来，两架 A - 3 是由旧式轰炸机改装的螺旋桨加油机，它自

身用燃油同加给其它飞机的燃油不一样，因此虽然“肚子”里装满了油，但自己却不能用。

当这两架 A - 3 刚接通 KC - 135 加油机上的输油管，开始受油时，突然，又有两架 F - 8 战斗机飞来要求 A - 3 为它们加油，因为 F - 8 只能使用 A - 3 “肚子”里的油。而当时的情况已十分危急，其中 1 架 F - 8 战斗机的油料只够用几分钟了。此刻挽救面临绝境的 F - 8 只有一个办法，那就是 A - 3 在接受 KC - 135 加油的同时，为 F - 8 进行加油。于是航空史上的奇迹出现了。只见 KC - 135 加油机的油管接着两架 A - 3 加油机，A - 3 加油机的油管又连接着两架 F - 8 战斗机，在空中排出了一个壮观的队列。KC - 135 的这一“壮举”不仅挽救了这些油料将尽的战鹰，而且也使自己从此声名大振。

在海湾战争中，空中加油机又为多国部队赢得战争的胜利立下了汗马功劳。据统计，战争期间，美国空军的 KC - 135 和 KC - 10 加油机一共为多国部队的飞机加油 5.1 万多次，共输送了 7.1 亿升燃油，并且全部成功。海湾战争结束后，各种新闻媒介对 F - 117、F - 14、F - 15、F - 16 等战斗机和精确制导武器进行了连篇累牍的报道，视其为战争中的英雄。然而，在制定作战计划的美军专职人员心目中，却一直把空中加油机群作为这场战争的领衔主角。

在美国空军中，除了 KC - 135 外，还有一种性能比较超群的主力加油机。它是由美国著名的麦道公司生产的 DC - 10 型喷气式客机改装成的 KC - 10。它的最大载油量达 161 吨，几乎是 KC - 135 的 2 倍。此外，KC - 10 还有一个特长，那就是他既能为其他飞机加油，又能在空中接受加油。KC - 10 问世后，一直活跃在美国

空军的各次行动中，但发挥最为出色的还要算是在 1986 年空袭利比亚那次作战中。当时，美国为了除掉利比亚首脑卡扎菲，派出了 100 多架飞机对利比亚发动空袭。其中，参加这次空袭的 FB - 111 轰炸机要从英国起飞。由于法国和西班牙拒绝 FB - 111 穿越其领空，因此，FB - 111 只得绕道直布罗陀海峡飞抵利比亚，飞行距离达 5000 多公里，而 FB - 111 的活动半径却只有 1100 公里。为此，美国空军从本土紧急调动 10 架 KC - 10 飞抵英国。空袭那天，30 架 KC - 10 和 KC - 135 与 18 架 FB - 111 一起编队飞行，在途中为 FB - 111 进行了 4 次加油，使得 FB - 111 顺利飞抵目标并准时发起空袭。在返航途中，它们又为 FB - 111 进行了两次加油，使它们顺利飞回英国的基地。经此一战，KC - 10 立时名声大振。

俄罗斯空军的伊尔 - 78 也算得上是空中加油机中的佼佼者。它的最大航程可达 5000 公里，最大载油量 112 吨，可同时为 3 架飞机加油。

无数次实战证明，空中加油机已成为现代空中战场上不可缺少的机种。但空中加油机也有缺陷，最大的问题是没有自卫能力，既无火力系统，又无预警装置。于是，它那硕大的身躯便成为了敌机攻击的绝好目标。为了保证空中加油的安全，目前主要是依靠飞行情报的准确性，选择安全的加油区，依靠战斗机护航，依靠空中预警机提供敌方威胁的情报等等。

如何提高加油机的自卫能力，已成为大国空军的一个重要研究课题。比如，美国就提出了一个设想：在加油机上综合采用无源探测、威胁回避和空中形势监测技术，以防御红外和

雷达制导武器的攻击。相信改进后的空中加油机会

如虎添翼、成为更加耀眼的空中明星。

无人驾驶飞机的诞生及发展

无人驾驶飞机，通常被简称为无人机。也许有很多人没有见过它的模样，不过，它很好辨认，因为在飞机家族的诸成员中，数它的个头最小了。所以，当你什么时候看到空中有一种个头比一枚空空导弹大不了多少的飞机，那恐怕就是无人机了。

现代战争已是坦克、大炮、飞机、军舰多兵种之间有机配合，空地海天电一体的立体战争。其技术之先进、杀伤力之强和危险性之大，都是前所未有的。而无人机以其体积小、重量轻、机动性好、飞行时间长和便于隐蔽为特点，尤其是因其无人驾驶，特别适合于执行危险性大的任务，故在现代战争中正发挥着越来越大的作用。如在 1982 年发生的贝卡谷地之战和 1991 年爆发的海湾战争中，无人机在侦察监视、干扰敌方雷达通信系统和引导己方进攻武器等方面，都发挥了极其重要的作用。

无人机的诞生可以追溯到 1914 年。当时第一次世界大战正进行得如火如荼，英国的卡德尔和皮切尔两位将军，向英国军事航空学会提出了一项建议：研制一种不用人驾驶，而用无线电操纵的小型飞机，使它能够飞到敌方某一目标区上空，将事先装在小飞机上的炸弹投下去。这种大胆的设想立即得到当时英国军事航空学会理事长戴·亨德森爵士赏识。他指定由 A.M.洛教授率领一班人马进行研制。

最初的研制是在一个名叫布鲁克兰兹的地方进行

的。为了保密，该计划被命名为“AT 计划”。经过多次试验，研制小组首先研制出一台无线电遥控装置。飞机设计师杰佛里·德哈维兰设计出一架小型上单翼机。研制小组把无线电遥控装置安装到这架小飞机上，但没有安装炸弹。

1917 年 3 月，在第一次世界大战临近结束之际，世界上第一架无人驾驶飞机在英国皇家飞行训练学校进行了第一次飞行试验。可是飞机刚起飞不久，发动机突然熄火，飞机因失速而坠毁。

过了不久，研制小组又研制出第二架无人机进行试验。飞机在无线电的操纵下平稳地飞行了一段时间。就在大家兴高采烈地庆祝试验成功的时候，这架小飞机的发动机又突然熄火了。失去动力的无人机一头栽入人群。

两次试验的失败，使研制小组感到十分沮丧，“AT 计划”也就此画上了句号。但 A.M.洛教授并没有灰心，继续进行着无人机的研制。功夫不负有心人，10 年后，他终于取得成功。1927 年，由 A.M.洛教授参与研制的“喉”式单翼无人机在英国海军“堡垒”号军舰上成功地进行了试飞。该机载有 113 公斤炸弹，以每小时 322 公里的速度飞行了 480 公里。“喉”式无人机的问世在当时的世界上曾引起极大的轰动。

几乎与此同时，英国皇家空军也研制了几种不同用途的无人机，其中有用陀螺仪控制的空中靶机，有用无线电控制、可投放鱼雷的无人机，甚至还开始研制无人驾驶的攻击机。但经过反复试验，英国皇家空军最后确定制造一种用陀螺仪控制的无人机。这种无人机既可当靶机，也可携带炸弹。后来，皇家空军又对这种无人机进行了改进，采用预编程序的无线电遥控装置，并装上

了大功率发动机，使这种无人机的速度增大到每小时 310 公里。英国皇家空军一共制造了 12 架这种取名为“拉瑞克斯”的无人机，该机还曾装上火炮，成功地从战舰和地面基地进行了发射试验。

随着无人机技术的逐步成熟，到了 30 年代，英国政府决定研制一种无人靶机，用于验校战列舰上的火炮对飞机的攻击效果。1933 年 1 月，由“费雷尔”水上飞机改装成的“费雷尔·昆士”无人机试飞成功。此后不久，英国又研制出一种全木结构的双翼无人靶机，命名为“德·哈维兰灯蛾”。在 1934~1943 年间，英国一共生产了 420 架这种无人机，并重新命名为“蜂王”。

英国人在无人机的研制上捷足先登，美国人也不甘落后。早在 1915 年，美国的斯佩里公司和德尔科公司就曾研制出第一架无人机。这架无人机总重只有 272 公斤，由 1 台 30 千瓦的活塞式发动机作为动力，装在一个 4 轮滑车上，草地上铺设了滑轨。飞机发动后，带动滑车在滑轨上滑行。达到一定速度后，飞机即脱离滑轨飞上天空，然后由一个简单的陀螺仪装置控制飞行方向，由一个膜盒气压表自动控制飞行高度。1915 年，这架被取名为“空中鱼雷”的无人机不仅成功地进行了试飞，而且被装上 136 公斤炸药成功地进行了攻击目标试验。

此后不久，美国陆军的查尔斯·F·凯特林又研制出一种无人机，并取名为“凯特林飞虫”。该机颇似普通的双翼机，总重量为 238.5 公斤，可携带 82 公斤炸弹，飞行速度达到每小时 88 公里。1918 年 9 月，美国陆军开始试飞“凯特林飞虫”，并于 10 月 22 日终于把它送上了天空。

30 年代美国的一个叫雷金纳德·德里的航空专家为

美国陆军研制出了供打靶用的无线电遥控机。1939 年，美国又研制出了一种上单翼无人机，取名为 RP - 4。

1941 年，珍珠港事件爆发。因战事所需，美国陆、海军开始大批订购靶机，其中 OQ - 2A 靶机 984 架、OQ - 3 靶机 9403 架、OQ - 13 靶机 3548 架。后两种靶机均安装上了大功率的发动机，飞行速度可达每小时 225 公里，飞行高度达 3000 米。

在第二次世界大战中，美国陆军航空队曾大量使用无人靶机，并在太平洋战场上使用过携带重型炸弹的活塞式发动机无人机对日军目标进行轰炸。战争期间，美军还打算将报废的 B - 17 和 B - 24 轰炸机改装成携带炸弹的遥控轰炸机。驾驶员先驾驶这种遥控轰炸机至海边，然后跳伞脱身，遥控轰炸机则在无线电的遥控下继续飞行，直至对目标进行攻击。可惜由于所需经费巨大，再加上操纵技术过于复杂，美军最终还是放弃了这一研制计划。在此期间，美国海军也曾研制出 3 种喷气式无人机，分别取名为“格劳伯”、“富根”、“加格勒”，但因种种原因，都未能正式装备部队。

二战结束后，随着航空技术的飞速发展，无人机家族也逐渐步入其鼎盛时期。时至今日，世界上研制生产的各类无人机已达近百种，并且还有一些新型号正在研制之中。而随着计算机技术、自动驾驶技术和遥控遥测技术的发展和在无人机中的应用，以及随着对无人机战术研究的深入，无人机在军事方面的应用日益广泛，被誉为“空中多面手”、“空中骄子”。

截止到目前为止，无人机的功能及作用主要有以下几种：

作为靶机。这是无人机的最初用途，可用于地面

防空和空中格斗武器的试验与训练。如美国诺斯罗普公司研制的 MD2R5 靶机，最大飞行高度 8250 米，可装红外曳光管和雷达信号增强器，还可带拖靶作为火炮和导弹的靶标。美国瑞安公司的 BQM - 34 靶机飞行速度为 1.5 马赫，飞行高度达 1.83 万米，可用于模拟敌方战斗机。面对日益严重的反舰导弹的威胁，美国海军还开发了 BQM - 74C 型掠海飞行无人机，用于评估舰载反导系统。

侦察监视。这也是无人机最早的用途之一。无人侦察机可以深入阵地前沿和敌后一二百公里，甚至更远的距离。它依靠装在机上的可见光照相机、电影摄影机、标准或微光电视摄像机、红外扫描器和雷达等设备，完成各种侦察和监视任务。一般来说，一架无人机可携带一种或几种侦察设备，按预定的程序或地面指令进行工作，最后将所获得的信息和图像随时传送回地面，供有关部门使用；也可以将获得的所有信息记录下来，待无人机回收时一次取用。随着高新技术的发展和应用，无人机上的设备性能也在不断提高，同时还增加了一些新的装备，应用范围进一步扩大。如装备全球定位系统（GPS）后，无人机可与侦察卫星和有人驾驶侦察机配合使用，形成高、中、低空，多层次、多方位的立体空中侦察监视网，使所获得的情报信息更加准确可靠。

骗敌诱饵。使用无人机吸引敌方的火力或整个防空系统，进而将其破坏或摧毁，是近一二十年人们为无人机开发出的新用途。作为诱饵之用的无人机，其主要使命是协同其他电子侦察设备遂行诱骗侦察；或作为突防工具，为有人驾驶飞机提供防空压制；或与反辐射武器配合使用，压制和摧毁敌防空系统。为此，这种无人

机与其他用途的无人机有所不同。为了提高作为诱饵的欺骗效果，常常要采取一些措施，如进行特殊设计，并装上适当的电子设备，使其具有与欲模拟的目标有相仿的机动能力和信号特征；安装角反射器等无源装置，增大无人机的雷达反射面积；安装射频放大设备，增强雷达反射信号。总之，就是千方百计让敌方容易发现它，吸引敌方的注意力。一般来说，在执行诱骗任务时，诱骗无人机先在前沿阵地上空模仿有人驾驶飞机作战术飞行，刺激或诱发敌防空武器系统中的雷达开机，然后己方侦察设备趁机完成侦察任务。用作突防工具时，无人机先于己方的攻击机群从侧面到达敌防空体系所保护的目标区，迷惑敌方雷达，消耗敌防空兵器。这些无人机由于采用了增大雷达反射截面积和信号强度等措施，具有很强的欺骗性。敌方的雷达将首先截获到这些假目标，但很难识别，导致把这些错误的情报传递到敌火控雷达系统和防空武器。这样，一方面可使敌防空雷达网在对付这些假目标上消耗大量时间，另一方面敌武器系统会对其开火或发射导弹，消耗防空火力，从而降低对己方攻击机的威胁。事实证明，诱饵无人机曾在几次局部战争中发挥了相当重要的作用。例如，在 1973 年的第四次中东战争中，以色列使用美国的“鹪鹩”式小型无人机作为诱饵，欺骗敌防空火力，掩护自己的飞机进攻。据介绍，曾有 1 架无人机诱使 32 枚“萨姆”导弹对其发射。随后，以军的 F-4 战斗机和 A-1 攻击机紧随其后，顺利完成了对埃军阵地的攻击任务。

实施干扰，如果说诱饵无人机是想方设法让敌方发现自己，吸引敌防空火力，那么，在多种对抗中用于干扰的无人机则是要使敌方的电子、通信和光电系统成

为“瞎子”、“聋子”。在雷达对抗中，无人机可以通过机载辐射电磁波发射器对敌方雷达进行有源干扰，也可通过施放箔条或金属干扰丝等对敌方雷达进行无源干扰。在通信对抗中，无人机可装备通信干扰设备对敌方通信系统进行干扰，使其通信中断，指挥失灵。目前发展的趋势是向干扰雷达和干扰通信同时进行方式发展。因为要想使敌方地域的所有雷达都受到完全干扰是不大可能的，那么未受干扰压制的雷达所获得的有关目标的信息，可以通过通信线路传送到已受干扰雷达阵地上。所以，只有在干扰雷达时，同时对通信系统也予以干扰，才能使敌方高炮和导弹阵地无法得到所需要的情报信息。为此，一架无人机可同时装备两种或两种以上的干扰设备，根据需要灵活运用；也可是两种或多种不同用途的无人机或无人机与电子战飞机之间的协同作战。英国研制的“君主”系统，就是使用多架无人机，分别携带电子侦察设备、雷达干扰设备和通信干扰设备，飞临敌方阵地上空遂行电子战任务的一个综合系统。在光电对抗中，无人机的作用潜力也是十分引人注目的，它可以装备烟雾装置，瓦解敌方的光电制导武器的进攻；也可以装备闪光灯具，作为红外诱饵，引偏敌方的红外制导武器；还可以利用它机动灵活和滞空时间长的特点，把携带的曳光弹准确地投放到所需的位置上。

对地攻击，作为一种空中运载工具，无人机也能携带多种对地攻击武器，飞往前线或深入敌占区纵深，对地面军事目标进行打击；它可以用空对地导弹或炸弹对敌防空武器实施压制；用反坦克导弹等对坦克或坦克群进行攻击；用集束炸弹等武器对地面部队集结点等进行轰炸。特别值得一提的是反辐射攻击无人机。这是一

种利用敌方雷达辐射的电磁波信号,发现、跟踪,以至最后摧毁雷达的武器系统。它不仅可用于攻击敌方雷达、干扰机和其他辐射源,而且高速反辐射无人机加装复合制导装置等设备后,还可用于攻击敌预警机和专用电子干扰飞机。美国的“勇敢者”200型和德国的KDAR就属于反雷达无人机。KDAR采用无尾、十字形机翼的布局形式,机翼还可折叠起来,放入一个6.1立方米的标准容器内。该容器既是储存和运输的包装,又是发射装置,每个容器可装20架KDAR无人机。

校射,主要用于火力引导和对射击效果进行评估。美国洛克希德公司生产的“苍鹰”就是这样一种无人机。它装有测距机。自动跟踪电视摄像机、激光指示器和热成像仪,可通过抗干扰的数据链向地面传送位置修正指令,能为“铜斑蛇”激光制导炮弹和机载“海尔法”反坦克导弹指示目标。

通信中继,如美国的“先锋”式无人机装有抗干扰扩频通信设备、大功率固态放大器、全向甚高频和超高频无线电台中继设备等,可在C波段进行数据、信号、话音和图像通信,通信距离为185公里。

无人机除了具备上述7种功能外,还有其他飞机所不具备的特长。一是费用低廉。无人机的造价通常在几万至几十万美元之间。与有人驾驶飞机相比,价格差距十分悬殊,相当于有人驾驶飞机的 $1/100 \sim 1/1000$ 。无人机操纵人员只需半年的常规培训,而培养一名有人驾驶飞机的飞行员,必须经过4年以上的专门培训,且耗资巨大。无人机执行与有人机相同的任务时,所耗燃料也相当少,通常只占有人机的1%。二是隐蔽性好,生存能力强。无人机的长度基本在10米以内,重量大多在1~

2 吨之间；因此，它在空中活动十分轻捷自如，各种探测器材很难发现它的行踪。三是使用简便，适应性好。无人机既可以近距离滑跑升空，也可以直接发射升空；既可以在公路上起飞，也可以在海滩、沙漠上起飞，因而可在前线广泛使用。无人机的回收也很方便，既可以用降落伞和拦阻网回收，也可以利用起落架、滑橇、机腹着陆。如加拿大的 CL - 227 “哨兵”无人机还可以像直升机一样进行垂直起降。此外，无人机能适应各种环境，可以毫无顾忌地进出核生化武器的沾染区，并可以在各种复杂气象条件下连续飞行。

军用无人机问世 80 年以来，曾在战争中发挥过重要作用。特别是在二战后的局部战争中，无人机可说是出尽了风头。在越南战争中，由于苏制地对空导弹的大量运用，使美军的有人驾驶飞机损失数量急剧上升。为减少损失，彻底摧毁北越防空阵地，美军在“火蜂”靶机的基础上改进而成了 147 型无人侦察机，用于收集北越防空部署的情报。整个战争期间，147 型无人机对北越及中国南部边境进行了数千架次的高、低空侦察和电子干扰。据统计，自 1964 年 8 月 ~ 1975 年 6 月，147 型无人机共飞行了近 3500 架次，返回 2900 架次，回收率在 80% 以上，提供的情报量占美军总情报量的 80%。

不过，无人机最出色的表现，还要属 1982 年爆发的以叙贝卡谷之战。以色列的“侦察兵”和“猛犬”无人机参加了这次战斗。6 月 9 日，“侦察兵”和“猛犬”首先模拟以军喷气式战斗机的电子图像，飞临叙军地空导弹阵地上空，诱使叙军“萨姆 - 6”导弹的制导雷达开机。敌制导雷达一开机，“侦察兵”和“猛犬”立即把截获的无线电信号传给早已等候在空中的 E - 2C “鹰眼”预警

机，“鹰眼”再把这一信息传给 F - 4“鬼怪”式战斗机。“鬼怪”获得信息后便沿着叙军导弹制导雷达的波束，发射“百舌鸟”反雷达导弹，准确无误地摧毁了“萨姆 - 6”的制导雷达，使敌“萨姆 - 6”顿时变成“瞎子”。与此同时，“侦察兵”和“猛犬”还把截获的信息传送给埋伏在贝卡谷地西南部黎巴嫩山脉背面的“狼”式地对地反雷达导弹。随后，众多“狼”式导弹沿着“侦察兵”和“猛犬”提供的波束，直射叙军导弹阵地，将其彻底摧毁。战后，专家评论说，是“侦察兵”和“猛犬”结束了“萨姆 - 6”的时代。此后，无人机备受瞩目。

在 1991 年的海湾战争中，多国部队使用了“马特”、“先锋”、BQM - 147A“艾克斯雄蜂”、ACM - 141A 等多种无人机，使用时间长达数千小时。其中仅“先锋”无人机就投入了 6 架，飞行时间近 1600 小时。据统计，其间共完成 37 次舰炮火力引导、校射任务，从而指引美军取得摧毁伊军 1 个炮兵连、2 个弹药库、2 个防空阵地、3 个指挥观察所和 1 个雷达阵地的辉煌战绩。战后，参战部队对无人机的表现称赞不已。

正是由于无人机本领出众、使用安全方便并屡创佳绩，从而越来越受到军事专家们的器重。而随着新技术的开发和利用，综合功能更强、飞行性能更好、使用范围更广的无人机将活跃在未来战场上。下面介绍几种已经问世或即将问世的新型无人机。

“密码”无人机。这是美国西科斯基飞机公司应国防部要求研制的一种小型无人机，主要用于向战场指挥员提供与战斗进展有关的战场实时信息。“密码”机外型十分奇特，酷似一个面包圈。该机飞行高度 2500 米左右，巡航半径 30 公里，内装光学照相机、前视红外传感

器及其它可执行军事任务的传感器。它主要担负在中低空范围内对敌各种目标的侦察搜索任务，并可利用机上地面穿透雷达探测地下的雷达等装置。

多功能无人机。这种无人机将集侦察、校射、监视、战果评估、目标识别、无线电中继、对地攻击等多功能于一体，可在距敌较远时进行干扰、诱骗等软打击，也可在必要时对地面重要目标进行攻击。美国波音公司研制的“秃鹰”就是这样一种无人机。“秃鹰”是一种大高度、长续航时间的自主式无人机，可用于执行战略侦察、监视。目标探测、反潜战、指挥、控制、通信、大气监测、海关与边防巡逻等任务。该机采用全复合材料机体结构，具有很轻的大展弦比承载机翼。该机巡航速度每小时 148 公里，最大升限 2.736 万米，航程 1.48 万公里，续航时间 120 小时。其中升限和续航时间均创造了无人机的飞行记录。

微型无人机。为进一步扩大无人机的使用范围，使无人机能直接为班、排、连等低级别作战单位提供实时的情报保障，国外正积极开发微型无人机。这种无人机最长约 2 米，仅重几公斤，使用时可由单兵发射筒发射。如美国布兰登布雷飞机结构公司和伞翼公司正在研制的“天球”无人机，最大重量仅 9 公斤左右，最长留空时间为 2.5 小时，除可以垂直起降外，还可在 7 米×7 米的场地上发射与回收。

新一代微型侦察机即将走出实验室。可以放在手掌上的这种微型飞机翼展 15 厘米，靠体积仅有纽扣大小的电动或喷气发动机推动。它将被用于侦察卫星和军用侦察机监视不到的死角，使士兵能够看到山背面的情况或发现躲在被轰炸后的建筑物内的敌人。微型侦察机可以

放在军用挎包里，它装备有摄像机、红外线传感器或雷达探测器等，甚至有电子鼻，以便通过士兵的气味发现他们。

据悉，科学家在研制微型飞机的发动机方面已经取得很大进展。美国麻省理工学院的艾伦·爱泼斯坦正在制造一种直径仅为一厘米的蜗轮喷气发动机，其提供的动力能保证微型飞机的时速达到 300 公里，因为速度是确保在大风中稳定飞行的关键。他们相信，6 个月内一种微型喷气发动机就可以投入使用。

佐治亚工学院的罗布·米切尔森则提出使用脉冲式喷气发动机，他已经造了一个模型，如同一支短粗的钢笔。另一个办法，是用电动机带动螺旋桨。尽管微型电动机提供动力还存在困难，但美国国防部对制造微型技术研究所的工程师们制造的一种 1 厘米大的直升机，还是表现出了极大的热情，希望在一年内能够看到几种样机试飞。专家指出，将来当有只鸟在你头上转或房间里有蚊子叫时，请你当心，也许有人正在监视你。

人工智能无人机。为使无人机真正成为“空中士兵”，国外正在积极发展人工智能无人机。如英国塞肯公司的“塞肯”观察与攻击自动飞行器，可在空中监视目标的同时自动判断目标的军事价值。当它认为目标值得攻击时，就自动调整飞行状态，精确地向目标发起俯冲攻击。

空战无人机。为减少有人驾驶飞机在空战中的损失，国外正研制用于空对空交战的无人机。由于无人机动时不受飞行员抗过载能力的限制，空战时，可进行超常规机动，对导弹等高速攻击武器可进行有效的规避。同时，由于无人机被敌方机载雷达截获的概率低，故在

空战中的损失要大大低于有人驾驶飞机。例如，美国研制的高机动空中格斗无人机，在与 F - 4 “鬼怪” 式战斗机进行空战格斗试验中，曾成功地躲避开 F - 4 所发射的 “麻雀” 导弹的攻击，并占领了 F - 4 后侧有利的攻击位置。另外，美国还在进行 “天眼” 无人机携带 “轻标枪” 和 “针刺” 空对空导弹的试验，用于与直升机、攻击机空战。

长时间留空无人机。为对目标进行长时间监视，弥补无人侦察机留空时间短、对同一目标反复侦察时所需航次多等不足，长时间留空无人机便应运而生。如美国洛克希德公司的

微波动力无人机，可在高空飞行 60 天以上。目前，国外的长时间留空无人机最大续航时间可达 1 年，可对目标进行连续不断的侦察、监视。

反导弹无人机。为对付日益增多的地对地战术导弹的攻击，国外正积极研制用于拦截导弹的无人机。这种无人机可在距所防卫目标较远处击毁来袭导弹，从而克服了 “爱国者”、C - 300 等一类导弹拦截距离近、反应时间长、拦截成功后的残体仍对目标有一定损害作用的不足。

预警无人机。与载人预警机相比，预警无人机的经济性好、费效比低且生存能力强。预警无人机与载人预警机一样，集预警、指挥、控制和通信功能于一身，可起到活动雷达站和空中指挥中心的作用。平时可用来进行空中值勤，监视敌方行动，战时可加大预警距离，扩大己方的拦截线并且可以通过它统一控制战区内的所有防空武器，有效指挥三军作战。预警无人机既可单独作用，又可与载人预警机配合使用。单独使用时，预警

无人机利用下行数据传输线，将所获得的情报信息传到地面指挥控制中心。配合使用时，预警无人机率先部署在 200 ~ 300 公里外，将所获得的情报发送给载人预警机，以此扩大预警范围，避免载人预警机穿行于危险区域。美国格鲁门公司研制的 D754 就是一种典型的预警无人机。该机装有新型机载共形相控阵雷达，能够在复杂电子环境中探测和识别像巡航导弹这样的低空飞行目标。此外，机上还装有红外等多种传感器。

隐身无人机。1995 年 6 月 1 日，由美国洛克希德公司、马丁公司和波音公司联合研制的世界上第一种隐身无人机——“蒂尔”-3(绰号“暗星”)，在美国加利福尼亚州的洛克希德公司斯昆克工厂公开展出。该机外形奇特，机翼硕大，机身扁平，有头无尾。“暗星”之所以采用这种奇特的外形，主要是为了减小雷达反射截面积，以增强隐身性能。机身的底部涂成黑色，也是基于此种考虑。该机在 1.37 万高度可巡航 8 小时，活动半径 1800 公里，巡航速度每小时 240 公里。据介绍，该机将装备合成孔径雷达或电光探测设备，在续航 8 小时时，总监视覆盖面积为 4.8 万平方千米；在 1 米分辨率时，搜索速度为每小时 5480 公里，能显示 0.3 米的目标象点；单机可截获目标 600 个。该机还具有自主起飞、自动巡航、脱离和着陆的能力，而且可在飞行中改变自己的飞行程序，以执行新的任务。

形形色色的航母舰载飞机

航空母舰上的主要武器就是几十架至上百架的各种

舰载飞机，如战斗机（歼击机）、攻击机（强击机）、反潜机、预警机、侦察机、空中加油机、直升机、运输机等等，有的还有电子对抗机、无人驾驶飞机等。航空母舰搭载了上述各种舰载飞机后，形成强大的综合作战能力，使航空母舰成为舰队的核心，成为海上的“舰王”。因此，舰载机是航空母舰称雄之本。舰载飞机一般是在航空母舰出海执行作战任务时上舰，在航空母舰完成任务返回基地后又飞回到岸上的机场。

舰载战斗机

舰载战斗机一般具有战斗和截击两种功能。其主要任务：一是同敌机进行空战，消灭和打击敌战斗机，夺取作战区的制空权和制海权，保证己方的攻击机顺利对敌执行攻击任务；二是和己方预警机构成航空母舰的防空体系，当空中预警机发现敌方进攻的轰炸机和导弹时，在预警机和舰上指挥中心的指挥和引导下去截击敌方的轰炸机和导弹，将其击毁，以保护己方舰船不受敌方的攻击。

现代舰载战斗机都是超音速喷气式飞机，具有速度快、爬升快、火力猛、机动灵活等特点。以下是几种较先进的舰载战斗机：

美国 F - 14 “雄猫”舰载战斗机。F - 14 “雄猫”舰载战斗机是美国格鲁门飞机公司为美国海军研制的变后掠翼重型舰载战斗机，主要用于护航、舰队防空，也可携带常规炸弹和空对空导弹执行远距离遮断和近距离空中支援任务。1972 年 10 月装备航空母舰。F - 14 采用串列双座、双发、双垂尾、变后掠翼的布局形式，能根

据飞行速度自动变换后掠角。采用变后掠翼，一是可以改善超音速飞机的起降性能，解决高低速之间的矛盾；二是可缩小停放空间，以便上舰使用。其缺点是结构复杂，重量有所增加。F - 14 没有副翼，尾翼由双垂尾和可差动的自动平尾组成。差动平尾不但可以起俯仰操纵作用，同时可以代替副翼起横侧操纵作用。F - 14 的机身全为全金属的半硬壳结构，机头可以向上折起。机上装有 2 台 TF30 - P - 412 涡扇发动机，单台加力推力为 93.1 千牛；F - 14D 则装 2 台 F110 - GE - 400 涡扇发动机，单台推力为 125 千牛。F - 14 机长 19.1 米，机高 4.88 米，翼展为 19.45 米（后掠角 20° 时）10.15 米（后掠角 75° 时）。飞机空重 18191 公斤，最大起飞重量 33724 公斤。高空最大平飞速度 2485 公里/小时（2.34 马赫），海平面最大平飞速度 1470 公里/小时（1.2 马赫），最大巡航速度 740 ~ 930 公里/小时。海平面最大爬升率 150 米/秒，实用升限 15240 米，作战半径 720 公里。最大航程约 3220 公里。F - 14 装有 1 门 20 毫米 6 管“火神”航炮，备弹 675 发；机下有 10 个外挂架，机身和机翼挂架可同时挂 6 枚“不死鸟”远距空对空导弹和 2 枚“响尾蛇”近距空对空导弹，或同时挂 4 枚“麻雀”中距空对空导弹和 4 枚“响尾蛇”近程空对空导弹；对地攻击时可载各种炸弹，最大载弹量 6577 公斤。机上装有火控雷达、大型高功能红外扫描装置、火控计算机、平视显示器等组成的火控系统；包括数据传输、保密通信、机内通话等通信系统；惯性导航系统、塔康系统、雷达高度表、自动控制着舰接收机、姿态航向参考系统；以及敌我识别应答器、雷达警戒系统、主动电子对抗装置和干扰丝施放器等。F - 14 的使用要求是：首先是护航，夺取和保持

制空权；其次是舰队防空，能从航空母舰上起飞执行截击任务。F - 14 格斗能力很强。在中距离时，可使用“麻雀”导弹进行全向攻击；近程格斗主要使用“响尾蛇”导弹。F - 14 有多种型别：A 型为最初生产型；D 型是 A 型的改进型，除换装发动机外，还对 60% 的电子设备作了改进；RF - 14A 为侦察型。

俄罗斯雅克 - 141 垂直/短距起降战斗机。雅克 - 141 是前苏联海军研制的第三代舰载战斗机。雅克 - 141 采用双尾撑和双垂直尾翼，它既能保证足够的航向和横侧操纵性能，又利于在航空母舰上停放，其结构重量也比单垂直尾翼轻。雅克 - 141 战斗机的翼展为 10.1 米，折叠后为 5.9 米，但仍为三角形机翼。装 1 台 R - 79 发动机，加力推力约 123 千牛，滑跑起飞重量为 19 吨，垂直起飞航程为 1400 公里。短距起飞航程为 2100 公里。雅克 - 141 除装 30 毫米航炮外，还装备有 AA - 10 和 AA - 11 空对空导弹，它的空战能力十分突出。此外，该机还能外挂数枚空对舰导弹，而且其机载雷达足以完成射程为 60 公里左右的空对舰导弹的火控任务。如果装备了大超音速导弹，则其对舰攻击能力将更加提高。目前，“库兹涅佐夫”号航空母舰已成功试验了米格 - 29 “支点”式战斗机、苏 - 25 “蛙足”战斗轰炸机和苏 - 27 “侧卫”战斗机等的起降。

俄罗斯海军苏 - 27 “侧卫”战斗机。苏 - 27 具有吨位大、航程远、机动性强、速度大等特点，可携带中、近程空空导弹，可以在各种复杂气象条件下全天候执行空中拦截、格斗任务，并具有对地攻击能力。1986 年，苏 - 27 开始装备部队。以苏 - 27 “侧卫”B 为例，机身长 21.94 米，高 5.93 米，翼展 14.7 米；空重 17.7 吨，

正常起飞重量 23 吨，最大起飞重量 33 吨；采用全金属双梁结构，无副翼，前缘为全翼展机动襟翼，后缘为襟副翼；起飞着陆时为手动控制，飞行过程中靠计算机控制；机上装有 2 台加力式涡轮风扇喷气发动机，单台推力约 118 千牛，最大飞行速度为 1.35 马赫，实用升限 1.8 万米。该机火力强大，除装有 1 门 30 毫米航炮外，还有 10 个武器外挂架，可悬挂各种空空导弹、航空炸弹和航空火箭弹。苏—27 舰载型（即苏—27B）总体布局与岸基型相似，但加装了可动前翼，外翼可折叠，装着舰钩，能进行空中加油，去掉了岸基型较长的尾锥。西方专家估计，苏—27 与美国 F-14 的性能不相上下，具有多目标同时打击力。

舰载攻击机

舰载攻击机的主要任务，是对敌方海上和陆上目标实施轰炸和攻击，它是航空母舰的主要攻击力量。其特点是：攻击火力强，攻击武器是鱼雷、导弹和炸弹；

机动灵活，它比一般轰炸机的体积小、重量轻，能作低空和超低空飞行，有的能垂直/短距起降，十分灵活；

既能轰炸，又能空战；航程较远

美国 A-6“入侵者”攻击机。该机是并列双座、双发的高亚音速舰载攻击机，善长低空和夜间攻击，1963 年开始服役。机长 16.69 米，机高 4.93 米，翼展 16.15 米（机翼折叠后为 7.72 米）；空重 12132 公斤，最大起飞重量 28.58 吨；机内载油量 7.23 吨，外挂燃油 4558 公斤；海平面平飞速度 1037 公里/小时，巡航速度 763 公里/小时；实用升限 12925 米，最大爬升率 39 米/秒；

航程 1627 公里；有 5 个外挂架，每个挂 1633 公斤，最大外挂载荷 8165 公斤，可装载 28 颗 226.8 公斤炸弹或 3 颗 907 公斤炸弹和 2 个 1135 升副油箱，还可携带“响尾蛇”空对空导弹进行自卫，因而俯冲攻击目标的破坏能力很强；装有 2 台发动机，单台推力 41.4 千牛；装备有多功能导航和攻击雷达、导航和攻击计算机，攻击效果摄像机、惯性和多普勒导航设备、多功能显示器、前视红外装置、激光照射器及一整套通信系统和仪表。A - 6“入侵者”攻击机具有水平攻击，俯冲攻击、跃升攻击、上仰攻击和甩损攻击等多种攻击方式。在 1991 年的海湾战争中，有 48 架 A - 6E 和 30 架 EA - 6B 参战。

美国 A - 7“海盗”攻击机。A - 7 是美国凌·特姆科·沃特公司研制的亚音速攻击机。首批 A - 7 攻击机 1968 年开始交付使用，共生产 459 架，是美国海军和空军都在使用的攻击机。主要执行轻型攻击、近距离支援和阻击等战术任务。在 1991 年的海湾战争中，主要遂行浅近遮断攻击任务。机长 14.06 米，机高 4.9 米，翼展 11.8 米，外翼折叠后为 7.24 米；空重 8.68 吨，最大起飞重量 19.05 吨；最大平飞速度 1100 公里/小时，巡航速度 769~855 公里/小时；实用升限 14780 米，活动半径约 600~900 公里；装有 2 门 20 毫米航炮、1 门 20 毫米 6 管炮，机外有 8 个挂架，可选挂导弹、电视和激光制导炸弹、普通炸弹、火箭弹等，最大载弹量为 8346 公斤；电子设备有 1 台导航/武器投放电子计算机、多普勒雷达及显示器等。

A - 7 攻击机有 A、B、C、D、E、H、K 等型号。其中 A - 7E 是海军舰载攻击机的主要改型，装有红外线探测器和平视装置，提高了夜间活动能力。进气口位于

机头雷达下方，后掠式机翼有明显的下反角，水平尾翼上端切去一角，以减小机高，便于在航空母舰上停放。

美国 A - 12 隐身舰载攻击机。该型机又称“复仇者”2 型，采用三角机翼外形，尾翼呈直线形状，没有垂直尾翼，仅为 F/A - 18 雷达反射截面积的 20%；机长 11.58 米，翼展约 20.2 米，双翼可折叠到 10.5 米；起飞重量 50 吨；采用了先进的数字式航空电子设备和先进的发动机；可携带 12 吨有效负载飞行 1500 海里；它可携带激光制导导弹、高速反辐射导弹、“鱼叉”反舰导弹、“小牛”空对地导弹、“快速打击”水雷和“捕手”反潜鱼雷等；可以打击地面目标和海上舰只，摧毁岸上活动目标，完成布设水雷、反潜、反空袭作战、海上侦察、电子干扰及其他多种任务。A - 12 能否装备航空母舰，并取代 A - 6，目前仍是个未知数。

美国 F/A - 18“大黄蜂”战斗/攻击机。F/A - 18“大黄蜂”是美国麦道和诺思罗普飞机公司为美海军研制的舰载单座超音速多用途战斗及攻击机。主要用于舰队防空，也可实施对地攻击。第 1 架原型机于 1978 年 11 月首次试飞。该型机于 1983 年开始装备部队，正式服役。该机研制经费 21.12 亿美元，是美国海湾战争中的主力飞机之一。机身长 17.07 米，翼展 11.43 米（机翼折叠时为 8.38 米），机高 4.66 米；起飞重量 16651 公斤；实用升限 1.5 万米；最大平飞速度 1910 公里/小时，作战半径 740 公里；装有 1 门 20 毫米 6 管机炮，备弹 570 发，9 个武器挂架可挂 2 枚“响尾蛇”空对空导弹，2 个“麻雀”中距空对空导弹或各种空对地武器，其他挂点可挂导弹、副油箱或其他武器；装有 2 台涡扇发动机，其加力推力共计 2×71.2 千牛。

在 1991 年的海湾战争中,有 148 架 F/A - 18“大黄蜂”参战,共计投放了 17500 多吨弹药,攻击了伊拉克共和国卫队、防空阵地、弹药库等多种目标,而自己仅战损 1 架(非战斗损失 2 架);另有 6 架被伊军地面防空武器击伤,但均安全返航,并在 48 小时内又重新投入战斗。F/A - 18“大黄蜂”到 1998 年将生产 1650 架,其中美国海军将装备 945 架。

法国“超军旗”舰载轻型攻击机。“超军旗”舰载机法国海军航母上服役的唯一固定翼攻击机,主要承担对舰队实施空中掩护,保护舰队不受敌海军舰只攻击以及打击地面目标、照相侦察等任务。该机是 50 年代最流行的后掠翼型飞机,采用了下垂式前缘和双缝襟翼,虽使飞机重量增大,但却使其着舰速度减至 230 公里/小时。1978 年,首批“超军旗”交付法国海军使用。机身长 14.30 米,机高 3.86 米,翼展 9.6 米(折叠后为 7.8 米);最大起飞重量 12 吨,机内燃油 3.2 千升,外挂副油箱(机翼下 2 个 1100 升的副油箱,机身下 1 个 600 升副油箱)2.8 千升;最大平飞速度 1060 公里/小时,低空速度 1204 公里/小时;实用升限 1.37 万米;1 台不加力涡喷发动机,推力 49 千牛。武器为 2 门 30 毫米航炮,每门带弹 125 发;机身、机翼下共有 5 个挂架,可挂当量 1.5 万吨级的核航弹、400 公斤和 250 公斤炸弹和火箭发射巢等;装有惯性导航/攻击系统和大气数据计算机、先进的平视显示器和数字自动武器投射系统。在 1982 年的英阿马岛冲突中,阿根廷海军使用携带“飞鱼”空舰导弹的“超军旗”攻击机,曾一举击伤英国数艘舰艇,其中包括先进的“谢菲尔德”号驱逐舰,从此使其名声大振。

英国“海鹞”舰载战斗/攻击机。“海鹞”是英国由

“鹞”改型发展的多用途舰载垂直/短距起落战斗/攻击机。1978年首飞,1979年9月装备海军服役。该机曾在9个国家近40艘舰船上试用,甚至可以在西班牙海军木质甲板的军舰上使用。试用证明,“海鹞”具有很强的适应能力。其主要作战任务是:远程海上巡逻、舰队防空、攻击海上和地面目标、侦察和反潜等。机长14.50米(机头折转后为12.88米),机高3.71米,翼展7.70米;最大平飞速度1330公里/小时(高空)、1185公里/小时(低空),低空巡航速度650~833公里/小时;机翼外侧挂架可挂2枚“响尾蛇”空对空导弹,内侧挂架可挂“鱼鹰”或“鱼叉”空对舰导弹。“海鹞”的空战能力十分突出,所装备的“蓝狐”雷达可远距离发现目标,能全天候作战,推力换向装置使之具有特殊的格斗能力。为了缩短“海鹞”在舰船甲板上起飞滑跑距离,英国于80年代初成功地开发了飞机在舰上的“斜曲面跃飞”技术。通过在甲板前端设置27米×24米斜板,让飞机滑跑跃飞,再利用推力转向,使飞机在推力不足的情况下仍能在空中稳定加速。1982年英阿马岛海战中,英国2艘航空母舰上共搭载了34架“海鹞”飞机,出动1500多架次,击落阿根廷飞机31架,而自己却一架也未被击落。

舰载反潜机

舰载反潜机的主要任务是搜索和攻击敌潜艇。搜索、攻击潜艇一般分探测、识别、定位、跟踪、攻击等五个步骤进行。潜艇在水下航行时,机械运转会发出声波,发动机会放出热量和排出废气,钢质艇体会产生磁场等。这些现象,反潜飞机都可以通过专用设备探测出来,用

以判断潜艇的位置和深度，并进行跟踪。舰载反潜机常用的搜潜设备，有探测声波的声纳浮标，探测潜艇排气后而引起海水温度变化的红外探测仪，探测潜艇磁场变化的磁探仪，还有探测潜艇伸出水面的通气管、潜望镜和各种天线的搜索雷达等。舰载反潜机有了这些设备，可在 1 小时内，查明几千平方公里海面有没有敌潜艇在活动。当它发现敌潜艇后，紧接着就可以实施攻击，使用空投反潜鱼雷、深水炸弹、反潜火箭等摧毁敌潜艇(图 35)。

舰载反潜机的速度要比舰艇的速度快得多，这就使它能够及时的到达指定的海域，在较短的时间内，完成大海域的搜索和攻击敌潜艇的任务。舰载反潜机具有良好的低速、低空性能，航程远，续航时间长，容易对敌潜艇实施低空连续跟踪和重复捕捉。

美国 S - 3A “北欧海盗”舰载反潜机。该机装有较先进的反潜综合电子系统，其中数字计算机是整个反潜武器系统的核心。它可以迅速集中处理各种搜潜设备所获得的信息，进行判断、选择攻击方案、定位、攻击。机上载有 60 个声纳浮标，主被动式音响传感器，前视红外探测仪，磁异探测仪等。因此它可用多种方式搜索潜艇。机上还配备了全景照相机、电子对抗设备和自动导航系统等。该型机于 1974 年装备部队。最大起飞重量 21.32 吨，最大速度 816 公里/小时，升限 10670 米，航程 5550 公里，机长 12.26 米，机高 6.93 米，翼展 20.93 米（折叠时 8.99 米），动力为 2 台涡扇发动机，功率 24×2.96 兆瓦，主要武器为炸弹、深水炸弹、火箭、导弹、鱼雷、水雷等。S - 3B 是 S - 3A “北欧海盗”反潜机的改进型，比 S - 3A 增加了声纳情报处理功能以及装备了

“鱼叉”导弹发射装置。最大飞行速度 834 公里/小时，作战航程 3700 公里。

舰载预警机

舰载预警机是用于舰队的防空预警，并能指挥引导己方飞机遂行作战任务的舰载机，有固定翼预警机和预警直升机。固定翼预警机可随航空母舰到远洋活动。机背上装有盘形雷达天线，机内装有战术数据系统，包括雷达、敌我识别、情急处理、指挥控制、通信、导航和电子对抗等设备。能综合分析判断目标信息，识别目标，判断威胁程度，选择攻击武器，向海上指挥系统提供情报，引导己方飞机或舰空导弹攻击目标。现代舰载预警机将加装武器系统，增大航程，提高雷达的作用距离和抗干扰能力。舰载倾转旋翼式预警机，能垂直/短距起降，以使大、中型舰艇搭载，将有较大发展。

美国 E - 2C “鹰眼”舰载预警机（图 37）。美国研制了 3 架原型机，最新的 E - 2C 舰载预警机于 1973 年 11 月交付海军使用。E - 2C 的机长 17.55 米，机高 5.59 米，翼展 24.56 米，空重 17256 公斤，最大起飞重量 23544 公斤；最大平飞速度 560 公里/小时，巡航速度 498 公里/小时；实用升限 9388 米，最大航程 2580 公里；采用 2 台涡桨发动机，单机最大功率 4.91 兆瓦；机翼可以折叠。该机外型奇特，除机身上方安装一个蘑菇状的天线罩外，在水平尾翼面上装有四片垂直翼面；这是为了避免天线罩产生的尾流对尾翼的干扰而采取的一种特殊的气动布局。天线罩内安装有警戒搜索雷达天线和敌我识别器天线，罩子直径 7.32 米、厚 0.76 米。机上雷达能够监控

1250 平方公里的空中目标。搜索雷达在 8000 米高度工作时，对目标探测距离分别为：低空轰炸机 460 公里，低空巡航导弹 269 公里，海面舰船 360 公里。能自动连续跟踪 600 个以上的空中目标，指挥引导己方 40 批飞机遂行战斗任务。E - 2C 舰载预警机主要用于航空母舰战斗群的空中警戒，作为舰队的防空力量用于海面早期预警。E - 2C 预警机保护海上编队，能比舰载警戒雷达提供更多的预警时间。

舰载侦察机

舰载侦察机的主要任务是获取敌方军事情报，为舰队作战提供敌情资料。

电子侦察是这种飞机的主要侦察方式。机上的电子侦察设备，能接收敌方雷达和通信设备工作时所发射的无线电波，通过截取敌方无线电信息，测定敌方设备的性能和位置。电子侦察的主要对象是敌方的早期预警雷达、火控雷达和海面拦截设备等。

照相侦察是侦察机的又一种侦察方式。照相侦察可获得敌方海面和陆上的大量军事情报。这种飞机装有航空侦察照相机，其中有垂直照相机或侧向和三向照相机，高、低空全景照相机等。照相机所拍摄的照片，在紧急情况下，可由飞机上的照相处理设备在空中进行处理后，将照片信息再传递到航空母舰上去。

舰载侦察机还可以对敌方进行电子干扰。机上携带有电子对抗设备，如超短波通信干扰机、欺骗干扰机、杂波干扰机、干扰丝投放器等，可对敌方进行电子干扰，使敌方有关的电子设备不能正常工作，如雷达搜索不到

目标，无线电通信中断、武器制导系统失灵等，这就为舰载战斗机和攻击机突破敌方防线提供有利的条件。

美国 RA - 5C 舰载攻击侦察机：它的最大速度为 1900 公里/小时，实用升限 1.8 万米，最大航程为 4800 公里。它是一种全天候、在高空和低空都能进行照相和电子侦察的飞机。

舰载空中加油机

空中加油机是专门用来给空中作战飞机进行加油的。它主要装载燃油，通过加油机上的加油系统将燃油输给其他空中飞行的舰载飞机，以提高舰载飞机的航程。

空中加油系统由两部分组成：一部分装设在加油机上，另一部分装设在受油机上。为了使受油机减轻重量，要求把空中加油的大部分设备安装在加油机上。空中加油的几种方式：飞杆式加油。飞杆是一根可伸缩的半刚性杆，安装在飞机尾部。飞杆的末端对称地安装两个短翼，操纵它，就可使飞杆在一定的角度范围内移动。飞杆是由坐在加油机尾部座舱的一名飞杆操纵员操纵的。空中加油时，操纵员将飞杆放到加油状态，通过信号指挥受油机接近伸出的飞杆。当受油机接近加油机尾部 5 ~ 10 米距离时，两机保持位置不变，然后由飞杆操纵员操纵飞杆上的短翼，使飞杆移动，进入受油机的受油口。操纵员锁上连接器后开始加油。加油完后，操纵员开锁收回飞杆，两机脱开。这种装置的特点是有专门的加油员，飞杆输油流量大，加油时间短，加 800 升燃油的时间约需 4 ~ 7 分钟。软管漏斗式加油。这种加油设备由一个漏斗、一根长 20 ~ 30 米的软管和一个绞盘组

成，漏斗是一个很轻的锥形容容器，漏斗连在软管上，软管绕在绞盘上。空中加油时，加油机内的人员把加油装置选定在工作状态，绞盘转动，软管从飞机里自行放出。受油机的驾驶员看到加油机尾部的黄褐色灯亮，就知道一切都准备好了。他操纵飞机把机上受油管伸进漏斗，漏斗内部的加油接头自动夹紧受油管，油就开始自动流进受油机。加油完毕后，受油机驾驶员操纵飞机，降低飞行速度，在预定拉力下，受油管与漏斗断开。以上两种加油方式，虽然载油较多，但飞行速度慢、飞得低。但舰载飞机的速度快、飞得高，用上述方法给舰载机加油比较困难，于是又出现了一种新的加油方式，叫“伙伴加油”。它是两架性能基本相同的飞机，一架作加油机，机上带油和一套软管漏斗装置，另一架带武器。它们同时去执行同一任务。在离目的地 $2/3$ 的空域时，加油机将油输给带武器的攻击机，而加油机则在某处等待，以便给自己的“伙伴”再加油。因此，人们将这种加油机称为“伙伴加油机”。

舰教电子战飞机

舰载电子战飞机是一种凭借本机装备的敏感的接收机和大功率干扰机等电子设备，干扰敌方的雷达和无线电通信设备，使之不能正常工作，以达到掩护己方飞机顺利执行作战任务的舰载飞机。

EA - 6B 舰载电子战飞机。由于美国海军 EA - 6A 舰载机上装设的干扰机，所能辐射的功率和覆盖频段都十分有限，越来越不适应现代海战的需要。为此，美国海军拨款，研制出一种专门用于电子战的舰载飞机 EA

- 6B。该机于 1971 年 1 月开始装备部队。机长 18.24 米，机高 4.95 米，翼展 16.5 米，空重 14588 公斤，最大起飞重量 29483 公斤，海平面最大速度 987 公里/小时，巡航速度 774 公里/小时，实用升限 11580 米，最大航程 3254 公里。该机的主要电子对抗设备装在外挂的电子吊舱内。为了有足够的动力携带外挂负载，采用 2 台推力各为 49.8 千牛的轴流式涡轮喷气发动机。电子对抗设备采用综合接收系统设计，其特点是对电子干扰设备和己方防御的干扰设备具有控制能力，即己方的电子干扰设备对敌方的雷达、无线电信号反应灵敏，而对敌方的干扰信号则不敏感，并能同时对战术干扰设备进行监视。该机装备的雷达告警接收机（AN/ALR - 67）具有高截获概率、高测向精度、全向覆盖和广泛的信号识别能力。AN/ALQ - 99D 大功率战术杂波干扰系统是 EA - 6B 的核心系统，采用外挂吊舱式，每架飞机最多可携带 5 个吊舱。每个吊舱里有 2 台有源干扰发射机。该系统可自动完成发现和识别信号、干扰天线定向和干扰发射机变频等电子对抗措施。AN/ALQ - 126 欺骗式干扰机是一种有源干扰设备。它可将敌方雷达照射到本机上的脉冲信号接收下来（延迟），并以大功率再将它们发射出去（回授），使敌方雷达跟踪这个干扰信号，从而产生方位和高度误差。这样，本机的真实位置就被隐蔽了。机上还装有 AN/ALE - 39 干扰物投放设备、超短波通信干扰机等。

EA - 6B 常用战术有两种：一种是护航干扰（亦称伴随干扰），EA - 6B 直接加入突击机群编队，保持连续对敌方地对空雷达和高炮炮瞄雷达进行干扰，抑制战场一带的敌方防空指挥系统，进攻结束后，EA - 6B 再回到编队中的位置；另一种是远距干扰，EA - 6B 在突击

机群进入目标区的同一方向上提前 5~6 分钟抵达预定活动区,活动区选择在敌方地对空导弹和高炮射程之外,与被攻击目标保持 48~80 公里的距离,EA-6B 在活动区作往返航线或椭圆形航线飞行,对敌方火控雷达和指挥通信系统实施不间断的干扰,为己方的突击机群提供通向被攻击目标的“保护走廊”,支援其作战。

到 80 年代末,EA-6B 电子战飞机约有 80 架,在越南战争后期、美国袭击利比亚以及海湾战争中都充分发挥了作用,取得了较好的效果。

隐形杀手——隐身飞机

所谓隐身飞机,就是利用各种技术减弱雷达反射波、红外辐射等特征信息,使敌方探测系统不易发现的飞机。目前,飞机隐身的方法主要有以下三个方面:一是减小飞机的雷达反射面,从技术角度讲,其主要措施有设计合理的飞机外型、使用吸波材料、主动对消、被动对消等;二是降低红外辐射,主要是对飞机上容易产生红外辐射的部位采取隔热、降温等措施;三是运用隐蔽色降低肉眼可视度。

生存能力差是轰炸机最大的弱点,因此飞机隐身技术首先被用于价格昂贵的战略轰炸机上。B-1 是 60 年代即开始研制并准备用于取代 B-52 的新型战略轰炸机。但由于研制周期长,再加上美国历届政府决策上的反反复复,直到 1981 年才又被里根政府批准上马,并将其改名为 B-1B“枪手”。该机最大飞行速度 1.25 马赫,最大航程 1.2 万公里,最大载弹量达 34 吨,是目前世界上载弹量最大的轰炸机。但该机最为引人注目之处却是

其先进的隐身性能。由于 B - 1B 采用了隐身设计和大量使用吸收电磁波材料，其雷达反射截面积只相当于 B - 52 的 1%。

继 B - 1B 之后，美国又于 80 年代开始研制更为先进的 B - 2 隐身战略轰炸机，并于 1989 年 7 月开始试飞，1993 年开始装备部队使用。但由于苏联瓦解，美国国会认为这种飞机失去作战对象而且飞机价格很高，最终只批准除原型机 1 架以外再采购 20 架。据估计，研究这种飞机和买这 21 架飞机一共耗资 445 亿美元，相当于这种飞机每架的代价是 21 亿美元以上。这种飞机可以说是世界上最昂贵的飞机。而且在今后 20 年的使用期间，其维修保养和使用费按现在价格还需要 230 亿美元。

B - 2 飞机的隐身性能非常好。它虽然个头很大，但却前所未有地采用“飞翼布局”，整个飞机像一片树叶，没有任何尾翼。从侧面看，机身像只“麻雀”，全长 21 米，翼展 52.4 米，机高只有 5.2 米，机翼面积 477 平方米。飞机外形设计完全按隐身要求，各种边缘线条都互相平行，外侧机翼向后伸出很多；进气口和尾喷口都隐藏在机翼上方，进气道呈 S 形。由于采用了这种奇特的外形，故使其对雷达的有效反射截面积大大减小，仅相当于 B - 1B 的 1%。飞机外表没有任何突出的大线或其他物品，所有武器都隐藏在机身内，不设任何武器挂架。机身外表的灰色和淡蓝色的涂层具有吸波功能，使雷达发射的波束有很大一部分被它吸收掉。燃料中加入特殊添加剂，使其不会产生白色的凝结尾迹等。初步估计，这样大的一架飞机对雷达波的反射水平只相当于 F - 22 战斗机的 1/4 左右。但从它顶面或下面照射，其雷达反射面不会小。

B - 2 起飞重量为 181.5 吨，其中燃料 72.5 吨，载油系数 0.40。飞机的阻力很小，因为没有尾翼，全机就是一片机翼，上面附有三个不大的鼓包，一个为机身，两个为发动机舱。一共 4 台发动机，是新研制的，耗油率很低，飞机最大航程达 1.11 万公里，如进行一次空中加油可飞 1.85 万公里。飞机挂载的对地攻击武器都放在机身的弹舱内以免破坏飞机隐身性能。最大挂弹量 18 吨，可以挂各种空地导弹和制导炸弹。如果挂常规炸弹可挂 80 枚 27 公斤低阻炸弹或 16 枚 910 公斤低阻炸弹。

飞机自卫能力主要靠隐身、夜间出动和强大的电子干扰设备，本身没有自卫枪炮或空空导弹。美空军计划令这种飞机“独来独往”，不进行战斗机护航。事实上这种飞机航程那么远，战斗机护航也很困难。这种飞机在研制过程不断受到经费和国会内各种责难的困扰，技术也不十分成熟。据说，前 16 架 B - 2 飞机只能供飞行测试和训练用，不具备利用导弹进行对地攻击的能力，飞机隐身性能也不完整。到第 17、18、19 架飞机才具备使用精密制导武器的能力。而隐身性能要在第 20、21 架飞机上才能完全达到原设计水平。因此 B - 2 飞机的前 19 架只能起到验证飞机的作用而不是成熟的批量生产型飞机。

B - 2 飞机每台发动机的最大推力为 84.3 千牛，飞机起飞推重比只有 0.19，与推重比大于 1.0 的战斗机不能相比。这种飞机只要求飞亚音速。低空突防飞行马赫数 0.80，最大飞行速度每小时 1050 公里，巡航速度每小时 800 ~ 900 公里，升限 1.5 万米。每次飞行留空时间很长，即使不空中加油也可飞 10 小时左右。机上两人可轮流休息，如无特殊情况飞机可交自动驾驶仪操纵。座

舱内的气压条件和生活设施都比较好。

自从飞机诞生以来,垂直尾翼就如同舰船的舵一样,成为了飞机控制方向的必不可少的部件。然而,B-2飞机却没有垂直尾翼,那它又是怎样操纵方向的呢?原来B-2飞机机翼后缘一共有8片可以活动的操纵舵面。除此之外,飞机机尾末端还有一片近似三角形的、由计算机控制的舵面,主要用来平衡飞机,称为“配平舵面”。它可以随时上下偏转一个小角度,自动减轻低空高速突防时由于大气中的紊乱气流引起的飞机颠簸。

在机翼后缘的舵面中靠近当中的6片称为升降副翼。如果它们左右对称的舵面都向上或向下偏转时,起升降舵的作用,可控制飞机的俯仰,如果左右舵偏转不一致或作相反方向偏转,例如左翼的副翼向上偏、右翼的副翼向下偏,则起副翼作用,使左右机翼升力不同,令飞机倾斜或克服倾斜。这些舵面同时具有升降舵和副翼的作用,称为“升降副翼”。

最靠近翼尖的两片活动舵面功能更复杂。在构造上每片舵面还可分为上下两半,可分别向上或向下偏转,也可以上下两片合起来作为一个舵面偏转。它们的转动都是分别控制的。它们的功能有四:如果一边的舵面上下两片分别张开一定角度,增加这一侧机翼的阻力,它起的是方向舵的作用,使飞机转弯;如果左右舵面上下两片都同时张开,两侧机翼的阻力相等,不会使飞机转弯,但总阻力增加,它起减速板的作用,可使飞机速度很快减慢下来;如果这种舵面上下两片合在一起一齐偏转,一侧向上,另一侧向下,它起一般的副翼作用,使飞机倾斜;如果左右两侧合起来的舵面同时向上向下偏转,它起升降舵的作用。大多数情况下。这四片舵面的

主要功能是令飞机转弯或保持航向，所以称为“阻力方向舵”。总的来看，B-2飞机的操纵系统（也是电传操纵系统）设计得相当精巧和复杂。

自从1993年第7架B-2飞机到达部队以后已经使用5年之久。结果发现隐身飞机的问题很多。首先是吸波涂料问题。这种涂料在飞机表面的附着力并不好，每次长期飞行后都要加以修补，而新涂上的涂料要在一定温度、湿度的条件下固化。因此飞机一定要在条件良好的空调机库内进行维护。据统计，飞机平均每飞行1小时后维护工时要120小时左右。这就是进行完8小时长途飞行返回机场，20名维护人员要干48小时维修工作。而在这些工作任务中，修补吸波材料占39%。由此可见维修工作量之大。一般现代战斗机每飞行1小时后的平均维修工作量是10~20小时。

另外吸波材料怕下雨，怕潮湿。下雨天气将飞机表面弄湿以后其隐身性能大为下降，涂料易脱落。所以每次飞行完毕的飞机都要推回机库内存放。这种飞机目前很少派驻海外基地，因为还没有合适的海外机库供它使用。而修建一个高标准的这样大的机库要几千万美元。即使在现在的基地，飞机的良好率也达不到要求的74%，只有26%（1997年统计）。这就是说12架飞机的部队平均只有3架可用，其他都处于维修状态。当然这种情况会随着设备、技术和熟练程度的提高而逐渐好转。但美国原来期望的，B-2飞机比其他轰炸机更能作出快速反应，可以在紧急需要时24小时之内出动执行战备任务的能力显然尚难实现。但有一点可以肯定，这是代表21世纪末最新技术的武器，是一种不可忽视的空中打击力量。

科索沃上空 B - 2 隐形轰炸机的“幽灵”刚刚隐去，B - 3 战略轰炸机已悄然出现在美国飞机设计师的绘图板上。据报道，美国飞机研制专家正云集俄亥俄州帕特森空军基地，精心设计一种能以 5 倍音速飞行的高超音速隐形战略轰炸飞机 B - 3，以使用此机种在 2030 年左右替代时下的 B - 2 隐形轰炸机，独霸新世纪的天空。

正在设计中的 B - 3 隐形战略轰炸机，拥有新颖的外形和结构设计，状如蝙蝠。新机种的机身、机头和机翼浑然融为一体，从设计草图上看，B - 3 完全是 B - 2 隐形战略轰炸机与子弹头轿车外形的完美结合，且更得其隐身。在结构上，B - 3 隐形战略轰炸机也充分利用上、下、后三个表面所封闭的有限空间，大胆革新布局，既可以避免地面雷达的跟踪，又可降低被红外线发现的可能性，从而达到隐身的最佳效果。其机身雷达的散射截面大大少于 B - 2 隐形战略轰炸机的 0.3 平方米，甚至低于 F - 117 的 0.01 ~ 0.1 平方米。

继隐身战略轰炸机研制成功之后，美国空军又将这一技术应用于战斗轰炸机和战斗机的设计上。

1988 年 11 月 10 日，美国国防部新闻发言人公开宣布，美国空军已经研制成功一种新型战斗轰炸机，其编号为 F - 117A。至此，这个被严格保密了近 10 年的怪物终于首次亮相。1990 年 4 月 21 日，美国空军专门安排 F - 117 作了第一次公开展示，上万名观众有幸目睹了它的风采。

F - 117 的外形它看上去非常古怪。它面呈黑色，头部像个楔子，后缘呈锯齿状，机尾很像燕尾。更为与众不同的是，其全身找不到一丝曲线和曲面的痕迹，整个飞机几乎都由直线和平面组成，连它的机翼和 V 型尾声

翼也都采用了没有曲线的菱形。这种独特的外形使 F - 117 具有了一种前所未有隐身本领。因为这种外形可以改变雷达波的反射角度，从而大大减少飞机在雷达屏幕上的显示信号。此外，就连飞机的发动机进气口、尾喷口、座舱盖接缝、起落架等部位，也都经过有益于隐身的特别设计，采用这些措施后，F - 117 的雷达反射截面积只有 0.01 ~ 0.1 平方米，与一只小鸟的雷达反射截面积相差无几，使得先进的雷达也难以发现其踪迹。

YF - 22 和 YF - 23 是美国 90 年代初研制出的“先进战术战斗机”(ATF)样机。前者是由洛克希德、波音公司和通用动力公司联合研制的；后者是由诺思罗普公司和麦道公司联合研制的。两种样机在 90 年代初经过一系列竞争较量，最后以 YF - 22 胜出而告结束。

F - 22 “猛禽”是一种单座、双发动机、双垂直尾翼的隐身战斗机，是第四代超音速战斗机的典型代表。从外观上看，F - 22 具有流线型机身，并且不像其他的战斗机那样外挂武器、明火执仗、咄咄逼人，而是暗藏杀机、不露锋芒。这正是第四代战斗机区别于第三代战斗机的一个显著的技术标志。它的最大平飞速度达到 2 马赫，实用升限 1.5 万米。在设计制造中，该机采用了一系列先进的技术，如在飞机外形上采用了先进的低阻隐身技术设计，在结构上采用了高强度的复合材料、机外无外挂武器、格状网栅冷却尾喷口燃气、外表涂有吸波材料等。采用这些技术后，F - 22 不仅大大减轻了体重，降低了飞行阻力，更重要的是具有了很高的隐身性能。它对雷达探测波的反射截面积只有 F - 15 的 1/80，约为 0.08 平方米。

此外，美国的 SR - 71 “黑鸟”高空战略侦察机和 A

- 12 “复仇者”舰载攻击机，也都使用了隐身设计。SR - 71 “黑鸟”侦察机利用圆滑的外形与特殊涂料来降低雷达反射波，再加上超过 3 马赫的速度，使得它不仅不易被发现，即使被发现了，一般空空导弹也因速度仅在 2~3 马赫之间而无法追上它。而 A - 12 “复仇者”舰载攻击机的外形则更是独特，看上去就像是一个三角板。

继美国采用隐身技术之后，其他各国也不甘落后。俄罗斯研制出的世界上第一种可变速超音速垂直起降战斗机“雅克”- 141，也采用了隐身技术。英国研制的“旋风”F - 3 型战斗机以及英、德、意联合研制的“欧洲战斗机”，也都采用了灰色隐身涂料，具有较好的隐身性能。日本研制的 FS - X 战斗机，采用能大幅度降低雷达反射截面的外形，特选复合材料，并覆盖吸波涂料，同样具有很好的隐身性能。瑞典的 JAS - 39 新型战斗机也采用了许多隐身技术。

总之，“消灭敌人，保存自己”是一切作战所追求的最高境界。为此，各国空军在不断提高飞机作战性能的同时，也在普遍地采用隐身技术以“保存自己”。

航空客货运量增长

20 世纪 40 年代之后随着机票价格日益低廉航空运输量急速增长。1937 年除苏联外世界各地航空公司的乘客总数约有 200 万。1947 年增至 2100 万。1957 年达 9000 万。到 1967 年每年进出纽约肯尼迪机场的乘客已达 1100 万人。到 1979 年即客运班机服务开办 60 年后全球每年销售的机票已达 7.5 亿张。

从 1958 年起乘飞机横越大西洋的人比乘船的多。从 1950 年至 1975 年乘飞机横越大西洋的人数增加了 40 倍而轮船乘客则减少了 80%。甚至导致了豪华旅行的巨型远洋客轮从此停航。航空客、货运输也大量增长。目前一架波音 747 F 型飞机全年的运输量可与 1939 年全世界各航空公司客货运输量的总和相抵。

电传操纵系统

电传操纵是一种新型的飞机操纵系统，特点是把驾驶员的操纵指令转变为电信号来进行操纵。由微型驾驶杆、敏感元件、计算机、伺服机构和舵机等部分组成。微型驾驶杆一般装在座舱的侧操纵台上，当驾驶员操纵它时，电传系统立刻将机械动作转变为电信号，经计算机计算放大后，通过舵机使舵面偏转。电传操纵系统的优点是结构简单，体积和重量小，易于安装和维修、操纵灵敏度高，无滞后现象。

航空导航的发展

20 ~ 30 年代无线电测向是航海与航空仅有的一种导航手段而且一直沿用至今。不过后来它已成为一种辅助手段。第二次世界大战期间无线电导航技术发展迅速出现了双曲线导航系统，雷达也开始在舰船和飞机上用作导航手段如雷达信标、敌我识别器和询问应答式测距系统等。远程测向系统也是在这一时期出现的。飞机着陆开始使用雷达手段和仪表着陆系统。40 年代后期伏尔导航系统研制成功。

50 年代出现塔康导航系统、地美依导航系统、多普勒导航雷达和罗兰 C 导航系统等。60 年代出现了“子午仪”卫星导航系统超远程奥米加导航系统。70 年代微波着陆系统同步测距全球定位系统也都研制成功并陆续投入使用。80 年代初期建成奥米加地面系统。同步测距全球定位系统也已投入了使用。

1992 年，在瑞典的航空站试验了一种最新型的导航系统，借助从卫星来的信号该系统能使飞机顺利地跑道上着陆。美国参加了这一系统的研制工作。这些卫星归美国国防部管理，是收集和传输有关各种观测目标所在地点信息的全球卫星群的一部分。在瑞典的试验表明，该系统工作中的最大误差为 3 米~4 米。为了防止敌人捕获，从卫星来的信号以某种失真形式传输，这样，只有在离接收信号设施半径不超过 100 米的地方才能正常接收它们。新系统的主要目的是在每架飞机周围形成一个半径为 150 米的独特的“安全球”。只要“安全球”的边界遭破坏，自动警报信号装置即起动，“侵犯”立即清楚的显示在屏幕上。

90 年代，美国运输部联邦航空局 F A A 投入使用一种新的飞行管制系统这个系统采用计算机软件汇集和处理来自全美国各地的大量信息。

美国联邦航空局的目标是要在全国的 12500 个机场都使用这个系统目前这套系统的成本是 200 万美元而联邦航空局的最高目标是要研制出一个价值几十亿美元的高度自动化的航空管制系统它要能在几乎无人干预的情况下监视飞机航行和指导飞行员操纵飞机。在联邦航空局的飞行控制室里计算机被输入一个指令后荧光屏上就显示出正在纽约上空飞行的飞机鸟瞰图。图上的线根据

空域划分图上还有很多小黑点和飞机图形。小黑点表示在低空飞行的飞机和私人飞机而飞机状的图形则表示大型民航客机。当输入另一个指令后小黑点便从屏幕上消失了只剩下表示大型民航客机的图样再输入一个指令这些大型客机便被自动涂上不同的颜色每种颜色代表飞机将飞往不同的目的地。因此根据荧光屏上每架飞机的不同颜色便可知道它前往何地。这个系统能将各个地方管理站的所有信息都汇总到联邦航空局使得能够在一个屏幕上看到全美国任一地区的空中交通情况。从各地汇总到联邦航空局的航空信息存入计算机然后利用特制的软件将它们同时显示在计算机终端上。

空中加油机的诞生及发展

空中加油机是一种专门给正在飞行中的飞机和直升机补加燃料的飞机。

飞机刚刚诞生的时候，因为没有加油机，发生了许多既有趣、又令人遗憾的事情。比如，两架飞机进行空战，一架飞机追逐攻击另一架飞机，就在胜利在望之时，忽然飞机油料指示器发出油将用尽的警告。此时，飞行员纵有天大的本领也无济干事，只能望“机”兴叹，赶快返航。又比如，一架飞机要作长途飞行，油如果不够，只能中途停下来，加完油再继续飞行。但是，如果是一架挂满炸弹的轰炸机飞上天空，要让它停下来加油，那事情可就麻烦了，除非它把炸弹全部扔掉，否则机场是不会允许它降落的。因为，万一降落时机上炸弹因颠簸而引起爆炸，那后果可就不堪设想了。

由于飞机落到地面加油非常麻烦，因此人们一直梦想什么时候能把加油站搬到空中去。1923年8月27日，

人们的这一愿望终于实现了。那一天，在美国加利福尼亚州的圣地亚哥湾上空，人们看见有两架飞机，在一上一下、一前一后地编队飞行。忽然，从上面一架飞机上垂下一根 10 多米长的软管。下面那架飞机上有一人站在座舱里，伸手捉住这根飘摇

不定的软管，把它插进自己飞机的油箱。少顷，一股航空燃油从上面那架飞机注入了下面这架飞机的油箱。可不要小看这件事情，这可是航空史上的一个伟大创举。它标志着人们梦想已久的“长翅膀的加油站”从此诞生了！上面那架代号为 DH - 4B 的飞机，因此被作为世界上第一架加油机而载入航空史册。

早期的空中加油都是由手工操作的，犹如进行惊险的空中特技表演，因此不可能得到普及。1933 年，苏联一架 TB - 1 式轰炸机采用 A.H. 扎帕诺万内研制的加油设备，成功地给一架 P - 5 侦察机进行了空中加油。1934 年，美国也研制出了空中加油设备。在第二次世界大战期间，空中加油技术开始用于实战。战争中，美、英两国的许多轰炸机在大西洋上空进行空中加油，然后再对德国本土进行远程奔袭。

40 年代中期，英国首先研制出“绞盘软管”式空中加油设备，安装在早期的空中加油机上。1948 年底，美国空军从英国购买了全套空中加油设备，安装在自己的加油机上，组建了一个 KB - 29 和 KB - 50 加油机中队。1949 年 3 月 2 日，美国 B - 50 轰炸机经 KB - 29M 加油机的 4 次空中加油，实现了环球一周的不着陆飞行，航程达 37532 公里。此举标志着空中加油技术达到了一个新的水平。

50 年代初，美国研制出更先进的硬管式（即伸缩套

管式)空中加油设备。不久,苏联也研制出类似的加油设备。1957年1月,美国空军的5架B-52战略轰炸机从加利福尼亚州卡斯尔空军基地起飞,在加油机的支援下,作环球飞行。整个航程历时45小时15分钟。为保障这次实施全球空中打击的演练,美国空军共出动了98架KC-97加油机。此举在世界上曾引起极大的轰动。

随着空中加油技术的不断完善,加油机的作用越来越引起了人们的极大兴趣。许多航空专家把它称作是航空史上的里程碑。因此,在以后的几十年中,这种长翅膀的加油站在飞机家族中迅速庞大起来,并在许多次战争中立下了赫赫战功。

空中加油机之所以受到人们的青睐,主要是得益于它的四种本领:第一个本领,可以增大作战飞机的航程和作战半径。作战飞机的航程和半径主要是由载油量决定的。采用空中加油的手段就可以弥补飞机载油量的不足,使其能够执行远远超过飞机作战半径的远程轰炸任务。第二个本领,可以增加飞机的载弹量。对于起飞重量有限的轰炸机和攻击机来说,弹和油是一对突出的矛盾:要想多带弹,只能少装油;要想多载油而飞得远一些,就得少载弹。空中加油机出现后,使这一问题迎刃而解。有加油机作保障,轰炸机和攻击机起飞时可以尽量多载弹,飞出一定距离后,再进行空中加油,这样既能多载弹,又能飞得远了。第三个本领,能够救援空中缺油的飞机。对于因故障、中弹而失去燃油的飞机或因其他原因而无油返航的飞机,实施空中加油可以使其顺利返回基地。第四个本领,能够增强空袭的突然性。采用空中加油,可以使飞机部分地摆脱对机场的依赖,空袭前不需要预先向前进机场转场,直接从远离突击目标

的机场起飞，发动突然袭击。

目前的加油机主要采用两种加油方式，也就是软管加油和硬管加油。

软管加油系统主要由输油软管卷盘装置、压力供油机构和电控指示装置组成。胶皮软管一般长 16 ~ 30 米，外端有加油锥管及伞状锥套。受油机机头或翼尖上伸出一个固定收放式受油管。加油时，加油机抛出软管，受油机从后下方接近加油机，然后慢慢加速，靠冲力将受油插头插入锥管，顶开加油管末端的单向活门，开始接受加油。加油过程由电子装置控制。这种加油装置结构简单，便于拆装。每套装置每分钟可输油 1.6 千升，一架加油机可以安装数套，同时为数架飞机加油，吊舱式软管加油系统还可以由战斗机或攻击机携带，进行“伙伴加油”。

硬管加油系统安装在加油机机身内。加油机尾部装有一根可伸缩的半刚性加油管，由主管和套管两部分组成，全长约 14 米，伸缩范围约 6 米。当受油机飞至加油机后下方适当位置，加油机伸出输油管，插入受油机机头上方的受油口，自动锁定后即开始加油，这种装置每分钟最多可输油 6.5 千升。装备硬管加油系统的加油机在尾部设有一个加油操纵舱，由 1 名加油操纵员控制加油过程。

空中加油不同于地面加油，稍有不慎，即可能酿成大祸，必须严格遵循加油程序。加油程序一般分为四个阶段：第一阶段是会合阶段。由于加油机和受油机的速度不同，必须约定会合空域、航线、时间，会合时，受油机要比加油机的飞行高度低 60 米，以防相撞。第二个阶段是对接。两机对接时，除加油和通话开关外，飞行

员不得按动其他电钮，以防误触武

器开关或其他开关，引起危险。第三阶段是加油。受油机与加油机在这个时候的高度、速度及相互位置都必须严格一致，当受油机加进一部分油时，飞机的重量就会增加，而加油机的重量减轻：两机必须随时调整自己的速度、高度。第四阶段是解散。这个时候，必须是受油机减速，然后再作脱离动作。

目前，世界上有不少国家都装备了空中加油机，总数量超过千架。其中最为先进的当属美国的 KC - 135、KC - 10 和俄罗斯的伊尔 - 78。

KC - 135 由美国著名的波音飞机公司制造，是从驰名世界的波音 707 客机的基础上发展而成的。自 1954 年美国空军购买了首架 KC - 135 起，截止到目前一共购买了 700 多架。KC - 135 共有 10 个机身油箱（位于前后机身和机尾上），1 个中央翼油箱，每个机翼上还各有 1 个主油箱和一个备用油箱。最大载油量 118.11 千升，可供加油量 60.2 千升。KC - 135 可以给各种性能不同的飞机加油，在加油时排除了让受油机降低高度及速度的麻烦，既提高了加油安全性，也提高了受油机执行任务的效率。它采用伸缩套管式空中加油系统，加油作业的调节距离为 5.8 米，可以在上下 53 度和横向 30 度的空间范围内活动。更让人惊奇的是，它可以同时给几架战斗机进行加油。当它仅用一个油箱加油时，每分钟可加油 1.514 千升。前后油箱同时使用时，每分钟可以加油 3.028 千升。KC - 135 的机组共 4 人：正、副驾驶，领航员及加油操纵员。加油操纵员的任务是完成加油机与受油机之间的联络、对接及控制加油量的工作。

KC - 135 初显身手是在 60 年代的越南战争期间。

1964年6月9日，4架KC-135加油机首次参加实战，为美国空军的8架F-100战斗机加了油。从那以后，KC-135就一直活跃在越南战场上。

但最值得一提的是在这次战争中，KC-135还创造了一个史无前例的空中奇迹。那是在1967年5月31日，美国空军的一架KC-135正在越南北部湾上空给两架F-100战斗机进行空中加油。突然，从远处天际又钻出两架A-3型加油机，请求KC-135为它们加油。原来，两架A-3是由旧式轰炸机改装的螺旋桨加油机，它自身用燃油同加给其它飞机的燃油不一样，因此虽然“肚子”里装满了油，但自己却不能用。

当这两架A-3刚接通KC-135加油机上的输油管，开始受油时，突然，又有两架F-8战斗机飞来要求A-3为它们加油，因为F-8只能使用A-3“肚子”里的油。而当时的情况已十分危急，其中1架F-8战斗机的油料只够用几分钟了。此刻挽救面临绝境的F-8只有一个办法，那就是A-3在接受KC-135加油的同时，为F-8进行加油。于是航空史上的奇迹出现了。只见KC-135加油机的油管接着两架A-3加油机，A-3加油机的油管又连接着两架F-8战斗机，在空中排出了一个壮观的队列。KC-135的这一“壮举”不仅挽救了这些油料将尽的战鹰，而且也使自己从此声名大振。

在海湾战争中，空中加油机又为多国部队赢得战争的胜利立下了汗马功劳。据统计，战争期间，美国空军的KC-135和KC-10加油机一共为多国部队的飞机加油5.1万多次，共输送了7.1亿升燃油，并且全部成功。海湾战争结束后，各种新闻媒介对F-117、F-14、F-15、F-16等战斗机和精确制导武器进行了连篇累牍的

报道，视其为战争中的英雄。然而，在制定作战计划的美军专职人员心目中，却一直把空中加油机群作为这场战争的领衔主角。

在美国空军中，除了 KC - 135 外，还有一种性能比较超群的主力加油机。它是由美国著名的麦道公司生产的 DC - 10 型喷气式客机改装成的 KC - 10。它的最大载油量达 161 吨，几乎是 KC - 135 的 2 倍。此外，KC - 10 还有一个特长，那就是他既能为其他飞机加油，又能在空中接受加油。KC - 10 问世后，一直活跃在美国空军的各次行动中，但发挥最为出色的还要算是在 1986 年空袭利比亚那次作战中。当时，美国为了除掉利比亚首脑卡扎菲，派出了 100 多架飞机对利比亚发动空袭。其中，参加这次空袭的 FB - 111 轰炸机要从英国起飞。由于法国和西班牙拒绝 FB - 111 穿越其领空，因此，FB - 111 只得绕道直布罗陀海峡飞抵利比亚，飞行距离达 5000 多公里，而 FB - 111 的活动半径却只有 1100 公里。为此，美国空军从本土紧急调动 10 架 KC - 10 飞抵英国。空袭那天，30 架 KC - 10 和 KC - 135 与 18 架 FB - 111 一起编队飞行，在途中为 FB - 111 进行了 4 次加油，使得 FB - 111 顺利飞抵目标并准时发起空袭。在返航途中，它们又为 FB - 111 进行了两次加油，使它们顺利飞回英国的基地。经此一战，KC - 10 立时名声大振。

俄罗斯空军的伊尔 - 78 也算得上是空中加油机中的佼佼者。它的最大航程可达 5000 公里，最大载油量 112 吨，可同时为 3 架飞机加油。

无数次实战证明，空中加油机已成为现代空中战场上不可缺少的机种。但空中加油机也有缺陷，最大的问题是没有自卫能力，既无火力系统，又无预警装置。于

是，它那硕大的身躯便成为了敌机攻击的绝好目标。为了保证空中加油的安全，目前主要是依靠飞行情报的准确性，选择安全的加油区，依靠战斗机护航，依靠空中预警机提供敌方威胁的情报等等。

如何提高加油机的自卫能力，已成为大国空军的一个重要研究课题。比如，美国就提出了一个设想：在加油机上综合采用无源探测、威胁回避和空中形势监测技术，以防御红外和

雷达制导武器的攻击。相信改进后的空中加油机会如虎添翼、成为更加耀眼的空中明星。

无人驾驶飞机的诞生及发展

无人驾驶飞机，通常被简称为无人机。也许有很多人没有见过它的模样，不过，它很好辨认，因为在飞机家族的诸成员中，数它的个头最小了。所以，当你什么时候看到空中有一种个头比一枚空空导弹大不了多少的飞机，那恐怕就是无人机了。

现代战争已是坦克、大炮、飞机、军舰多兵种之间有机配合，空地海天电一体的立体战争。其技术之先进、杀伤力之强和危险性之大，都是前所未有的。而无人机以其体积小、重量轻、机动性好、飞行时间长和便于隐蔽为特点，尤其是因其无人驾驶，特别适合于执行危险性大的任务，故在现代战争中正发挥着越来越大的作用。如在 1982 年发生的贝卡谷地之战和 1991 年爆发的海湾战争中，无人机在侦察监视、干扰敌方雷达通信系统和引导己方进攻武器等方面，都发挥了极其重要的作用。

无人机的诞生可以追溯到 1914 年。当时第一次世界大战正进行得如火如荼，英国的卡德尔和皮切尔两位将

军，向英国军事航空学会提出了一项建议：研制一种不用人驾驶，而用无线电操纵的小型飞机，使它能够飞到敌方某一目标区上空，将事先装在小飞机上的炸弹投下去。这种大胆的设想立即得到当时英国军事航空学会理事长戴·亨德森爵士赏识。他指定由 A.M.洛教授率领一班人马进行研制。

最初的研制是在一个名叫布鲁克兰兹的地方进行的。为了保密，该计划被命名为“AT 计划”。经过多次试验，研制小组首先研制出一台无线电遥控装置。飞机设计师杰佛里·德哈维兰设计出一架小型上单翼机。研制小组把无线电遥控装置安装到这架小飞机上，但没有安装炸弹。

1917 年 3 月，在第一次世界大战临近结束之际，世界上第一架无人驾驶飞机在英国皇家飞行训练学校进行了第一次飞行试验。可是飞机刚起飞不久，发动机突然熄火，飞机因失速而坠毁。

过了不久，研制小组又研制出第二架无人机进行试验。飞机在无线电的操纵下平稳地飞行了一段时间。就在大家兴高采烈地庆祝试验成功的时候，这架小飞机的发动机又突然熄火了。失去动力的无人机一头栽入人群。

两次试验的失败，使研制小组感到十分沮丧，“AT 计划”也就此画上了句号。但 A.M.洛教授并没有灰心，继续进行着无人机的研制。功夫不负有心人，10 年后，他终于取得成功。1927 年，由 A.M.洛教授参与研制的“喉”式单翼无人机在英国海军“堡垒”号军舰上成功地进行了试飞。该机载有 113 公斤炸弹，以每小时 322 公里的速度飞行了 480 公里。“喉”式无人机的问世在当时的世界上曾引起极大的轰动。

几乎与此同时，英国皇家空军也研制了几种不同用途的无人机，其中有用陀螺仪控制的空中靶机，有用无线电控制、可投放鱼雷的无人机，甚至还开始研制无人驾驶的攻击机。但经过反复试验，英国皇家空军最后确定制造一种用陀螺仪控制的无人机。这种无人机既可当靶机，也可携带炸弹。后来，皇家空军又对这种无人机进行了改进，采用预编程序的无线电遥控装置，并装上了大功率发动机，使这种无人机的速度增大到每小时310公里。英国皇家空军一共制造了12架这种取名为“拉瑞克斯”的无人机，该机还曾装上火炮，成功地从战舰和地面基地进行了发射试验。

随着无人机技术的逐步成熟，到了30年代，英国政府决定研制一种无人靶机，用于验校战列舰上的火炮对飞机的攻击效果。1933年1月，由“费雷尔”水上飞机改装成的“费雷尔·昆士”无人机试飞成功。此后不久，英国又研制出一种全木结构的双翼无人靶机，命名为“德·哈维兰灯蛾”。在1934~1943年间，英国一共生产了420架这种无人机，并重新命名为“蜂王”。

英国人在无人机的研制上捷足先登，美国人也不甘落后。早在1915年，美国的斯佩里公司和德尔科公司就曾研制出第一架无人机。这架无人机总重只有272公斤，由1台30千瓦的活塞式发动机作为动力，装在一个4轮滑车上，草地上铺设了滑轨。飞机发动后，带动滑车在滑轨上滑行。达到一定速度后，飞机即脱离滑轨飞上天空，然后由一个简单的陀螺仪装置控制飞行方向，由一个膜盒气压表自动控制飞行高度。1915年，这架被取名为“空中鱼雷”的无人机不仅成功地进行了试飞，而且被装上136公斤炸药成功地进行了攻击目标试验。

此后不久，美国陆军的查尔斯·F·凯特林又研制出一种无人机，并取名为“凯特林飞虫”。该机颇似普通的双翼机，总重量为 238.5 公斤，可携带 82 公斤炸弹，飞行速度达到每小时 88 公里。1918 年 9 月，美国陆军开始试飞“凯特林飞虫”，并于 10 月 22 日终于把它送上了天空。

30 年代美国的一个叫雷金纳德·德里的航空专家为美国陆军研制出了供打靶用的无线电遥控机。1939 年，美国又研制出了一种上单翼无人机，取名为 RP - 4。

1941 年，珍珠港事件爆发。因战事所需，美国陆、海军开始大批订购靶机，其中 OQ - 2A 靶机 984 架、OQ - 3 靶机 9403 架、OQ - 13 靶机 3548 架。后两种靶机均安装上了大功率的发动机，飞行速度可达每小时 225 公里，飞行高度达 3000 米。

在第二次世界大战中，美国陆军航空队曾大量使用无人靶机，并在太平洋战场上使用过携带重型炸弹的活塞式发动机无人机对日军目标进行轰炸。战争期间，美军还打算将报废的 B - 17 和 B - 24 轰炸机改装成携带炸弹的遥控轰炸机。驾驶员先驾驶这种遥控轰炸机至海边，然后跳伞脱身，遥控轰炸机则在无线电的遥控下继续飞行，直至对目标进行攻击。可惜由于所需经费巨大，再加上操纵技术过于复杂，美军最终还是放弃了这一研制计划。在此期间，美国海军也曾研制出 3 种喷气式无人机，分别取名为“格劳伯”、“富根”、“加格勒”，但因种种原因，都未能正式装备部队。

二战结束后，随着航空技术的飞速发展，无人机家族也逐渐步入其鼎盛时期。时至今日，世界上研制生产的各类无人机已达近百种，并且还有一些新型号正在研

制之中。而随着计算机技术、自动驾驶技术和遥控遥测技术的发展和在无人机中的应用，以及随着对无人机战术研究的深入，无人机在军事方面的应用日益广泛，被誉为“空中多面手”、“空中骄子”。

截止到目前为止，无人机的功能及作用主要有以下几种：

作为靶机。这是无人机的最初用途，可用于地面防空和空中格斗武器的试验与训练。如美国诺斯罗普公司研制的 MD2R5 靶机，最大飞行高度 8250 米，可装红外曳光管和雷达信号增强器，还可带拖靶作为火炮和导弹的靶标。美国瑞安公司的 BQM - 34 靶机飞行速度为 1.5 马赫，飞行高度达 1.83 万米，可用于模拟敌方战斗机。面对日益严重的反舰导弹的威胁，美国海军还开发了 BQM - 74C 型掠海飞行无人机，用于评估舰载反导系统。

侦察监视。这也是无人机最早的用途之一。无人侦察机可以深入阵地前沿和敌后一二百公里，甚至更远的距离。它依靠装在机上的可见光照相机、电影摄影机、标准或微光电视摄像机、红外扫描器和雷达等设备，完成各种侦察和监视任务。一般来说，一架无人机可携带一种或几种侦察设备，按预定的程序或地面指令进行工作，最后将所获得的信息和图像随时传送回地面，供有关部门使用；也可以将获得的所有信息记录下来，待无人机回收时一次取用。随着高新技术的发展和应用，无人机上的设备性能也在不断提高，同时还增加了一些新的装备，应用范围进一步扩大。如装备全球定位系统（GPS）后，无人机可与侦察卫星和有人驾驶侦察机配合使用，形成高、中、低空，多层次、多方位的立体空中侦察监视网，使所获得的情报信息更加准确可靠。

骗敌诱饵。使用无人机吸引敌方的火力或整个防空系统，进而将其破坏或摧毁，是近一二十年人们为无人机开发出的新用途。作为诱饵之用的无人机，其主要使命是协同其他电子侦察设备遂行诱骗侦察；或作为突防工具，为有人驾驶飞机提供防空压制；或与反辐射武器配合使用，压制和摧毁敌防空系统。为此，这种无人机与其他用途的无人机有所不同。为了提高作为诱饵的欺骗效果，常常要采取一些措施，如进行特殊设计，并装上适当的电子设备，使其具有与欲模拟的目标有相仿的机动能力和信号特征；安装角反射器等无源装置，增大无人机的雷达反射面积；安装射频放大设备，增强雷达反射信号。总之，就是千方百计让敌方容易发现它，吸引敌方的注意力。一般来说，在执行诱骗任务时，诱骗无人机先在前沿阵地上空模仿有人驾驶飞机作战术飞行，刺激或诱发敌防空武器系统中的雷达开机，然后己方侦察设备趁机完成侦察任务。用作突防工具时，无人机先于己方的攻击机群从侧面到达敌防空体系所保护的目标区，迷惑敌方雷达，消耗敌防空兵器。这些无人机由于采用了增大雷达反射截面积和信号强度等措施，具有根强的欺骗性。敌方的雷达将首先截获到这些假目标，但很难识别，导致把这些错误的情报传递到敌火控雷达系统和防空武器。这样，一方面可使敌防空雷达网在对付这些假目标上消耗大量时间，另一方面敌武器系统会对其开火或发射导弹，消耗防空火力，从而降低对己方攻击机的威胁。事实证明，诱饵无人机曾在几次局部战争中发挥了相当重要的作用。例如，在 1973 年的第四次中东战争中，以色列使用美国的“鹬鸪”式小型无人机作为诱饵，欺骗敌防空火力，掩护自己的飞机进攻。据

介绍，曾有 1 架无人机诱使 32 枚“萨姆”导弹对其发射。随后，以军的 F-4 战斗机和 A-4 攻击机紧随其后，顺利完成了对埃军阵地的攻击任务。

实施干扰，如果说诱饵无人机是想方设法让敌方发现自己，吸引敌防空火力，那么，在多种对抗中用于干扰的无人机则是要使敌方的电子、通信和光电系统成为“瞎子”、“聋子”。在雷达对抗中，无人机可以通过机载辐射电磁波发射器对敌方雷达进行有源干扰，也可通过施放箔条或金属干扰丝等对敌方雷达进行无源干扰。在通信对抗中，无人机可装备通信干扰设备对敌方通信系统进行干扰，使其通信中断，指挥失灵。目前发展的趋势是向干扰雷达和干扰通信同时进行方式发展。因为要想使敌方地域的所有雷达都受到完全干扰是不大可能的，那么未受干扰压制的雷达所获得的有关目标的信息，可以通过通信线路传送到已受干扰雷达阵地上。所以，只有在干扰雷达时，同时对通信系统也予以干扰，才能使敌方高炮和导弹阵地无法得到所需要的情报信息。为此，一架无人机可同时装备两种或两种以上的干扰设备，根据需要灵活运用；也可是两种或多种不同用途的无人机或无人机与电子战飞机之间的协同作战。英国研制的“君主”系统，就是使用多架无人机，分别携带电子侦察设备、雷达干扰设备和通信干扰设备，飞临敌方阵地上空遂行电子战任务的一个综合系统。在光电对抗中，无人机的作用潜力也是十分引人注目的，它可以装备烟雾装置，瓦解敌方的光电制导武器的进攻；也可以装备闪光灯具，作为红外诱饵，引偏敌方的红外制导武器；还可以利用它机动灵活和滞空时间长的特点，把携带的曳光弹准确地投放到所需的位置上。

对地攻击,作为一种空中运载工具,无人机也能携带多种对地攻击武器,飞往前线或深入敌占区纵深,对地面军事目标进行打击;它可以用空对地导弹或炸弹对敌防空武器实施压制;用反坦克导弹等对坦克或坦克群进行攻击;用集束炸弹等武器对地面部队集结点等进行轰炸。特别值得一提的是反辐射攻击无人机。这是一种利用敌方雷达辐射的电磁波信号,发现、跟踪,以至最后摧毁雷达的武器系统。它不仅可用于攻击敌方雷达、干扰机和其他辐射源,而且高速反辐射无人机加装复合制导装置等设备后,还可用于攻击敌预警机和专用电子干扰飞机。美国的“勇敢者”200型和德国的KDAR就属于反雷达无人机。KDAR采用无尾、十字形机翼的布局形式,机翼还可折叠起来,放入一个6.1立方米的标准容器内。该容器既是储存和运输的包装,又是发射装置,每个容器可装20架KDAR无人机。

校射,主要用于火力引导和对射击效果进行评估。美国洛克希德公司生产的“苍鹰”就是这样一种无人机。它装有测距机。自动跟踪电视摄像机、激光指示器和热成像仪,可通过抗干扰的数据链向地面传送位置修正指令,能为“铜斑蛇”激光制导炮弹和机载“海尔法”反坦克导弹指示目标。

通信中继,如美国的“先锋”式无人机装有抗干扰扩频通信设备、大功率固态放大器、全向甚高频和超高频无线电台中继设备等,可在C波段进行数据、信号、话音和图像通信,通信距离为185公里。

无人机除了具备上述7种功能外,还有其他飞机所不具备的特长。一是费用低廉。无人机的造价通常在几万至几十万美元之间。与有人驾驶飞机相比,价格差距

十分悬殊，相当于有人驾驶飞机的 $1/100 \sim 1/1000$ 。无人机操纵人员只需半年的常规培训，而培养一名有人驾驶飞机的飞行员，必须经过 4 年以上的专门培训，且耗资巨大。无人机执行与有人机相同的任务时，所耗燃料也相当少，通常只占有人机的 1%。二是隐蔽性好，生存能力强。无人机的长度基本在 10 米以内，重量大多在 1~2 吨之间；因此，它在空中活动十分轻捷自如，各种探测器材很难发现它的行踪。三是使用简便，适应性好。无人机既可以近距离滑跑升空，也可以直接发射升空；既可以在公路上起飞，也可以在海滩、沙漠上起飞，因而可在前线广泛使用。无人机的回收也很方便，既可以用降落伞和拦阻网回收，也可以利用起落架、滑橇、机腹着陆。如加拿大的 CL - 227 “哨兵”无人机还可以像直升机一样进行垂直起降。此外，无人机能适应各种环境，可以毫无顾忌地进出核生化武器的沾染区，并可以在各种复杂气象条件下连续飞行。

军用无人机问世 80 年以来，曾在战争中发挥过重要作用。特别是在二战后的局部战争中，无人机可说是出尽了风头。在越南战争中，由于苏制地对空导弹的大量运用，使美军的有人驾驶飞机损失数量急剧上升。为减少损失，彻底摧毁北越防空阵地，美军在“火蜂”靶机的基础上改进而成了 147 型无人侦察机，用于收集北越防空部署的情报。整个战争期间，147 型无人机对北越及中国南部边境进行了数千架次的高、低空侦察和电子干扰。据统计，自 1964 年 8 月~1975 年 6 月，147 型无人机共飞行了近 3500 架次，返回 2900 架次，回收率在 80% 以上，提供的情报量占美军总情报量的 80%。

不过，无人机最出色的表现，还要属 1982 年爆发的

以叙贝卡谷之战。以色列的“侦察兵”和“猛犬”无人机参加了这次战斗。6月9日，“侦察兵”和“猛犬”首先模拟以军喷气式战斗机的电子图像，飞临叙军地空导弹阵地上空，诱使叙军“萨姆-6”导弹的制导雷达开机。敌制导雷达一开机，“侦察兵”和“猛犬”立即把截获的无线电信号传给早已等候在空中的E-2C“鹰眼”预警机，“鹰眼”再把这一信息传给F-4“鬼怪”式战斗机。“鬼怪”获得信息后便沿着叙军导弹制导雷达的波束，发射“百舌鸟”反雷达导弹，准确无误地摧毁了“萨姆-6”的制导雷达，使敌“萨姆-6”顿时变成“瞎子”。与此同时，“侦察兵”和“猛犬”还把截获的信息传送给埋伏在贝卡谷地西南部黎巴嫩山脉背面的“狼”式地对地反雷达导弹。随后，众多“狼”式导弹沿着“侦察兵”和“猛犬”提供的波束，直射叙军导弹阵地，将其彻底摧毁。战后，专家评论说，是“侦察兵”和“猛犬”结束了“萨姆-6”的时代。此后，无人机备受瞩目。

在1991年的海湾战争中，多国部队使用了“马特”、“先锋”、BQM-147A“艾克斯雄蜂”、ACM-141A等多种无人机，使用时间长达数千小时。其中仅“先锋”无人机就投入了6架，飞行时间近1600小时。据统计，其间共完成37次舰炮火力引导、校射任务，从而指引美军取得摧毁伊军1个炮兵连、2个弹药库、2个防空阵地、3个指挥观察所和1个雷达阵地的辉煌战绩。战后，参战部队对无人机的表现称赞不已。

正是由于无人机本领出众、使用安全方便并屡创佳绩，从而越来越受到军事专家们的器重。而随着新技术的开发和利用，综合功能更强、飞行性能更好、使用范围更广的无人机将活跃在未来战场上。下面介绍几种已

经问世或即将问世的新型无人机。

“密码”无人机。这是美国西科斯基飞机公司应国防部要求研制的一种小型无人机，主要用于向战场指挥员提供与战斗进展有关的战场实时信息。“密码”机外型十分奇特，酷似一个面包圈。该机飞行高度 2500 米左右，巡航半径 30 公里，内装光学照相机、前视红外传感器及其它可执行军事任务的传感器。它主要担负在中低空范围内对敌各种目标的侦察搜索任务，并可利用机上地面穿透雷达探测地下的雷达等装置。

多功能无人机。这种无人机将集侦察、校射、监视、战果评估、目标识别、无线电中继、对地攻击等多功能于一体，可在距敌较远时进行干扰、诱骗等软打击，也可在必要时对地面重要目标进行攻击。美国波音公司研制的“秃鹰”就是这样一种无人机。“秃鹰”是一种大高度、长续航时间的自主式无人机，可用于执行战略侦察、监视。目标探测、反潜战、指挥、控制、通信、大气监测、海关与边防巡逻等任务。该机采用全复合材料机体结构，具有很轻的大展弦比承载机翼。该机巡航速度每小时 148 公里，最大升限 2.736 万米，航程 1.48 万公里，续航时间 120 小时。其中升限和续航时间均创造了无人机的飞行记录。

微型无人机。为进一步扩大无人机的使用范围，使无人机能直接为班、排、连等低级别作战单位提供实时的情报保障，国外正积极开发微型无人机。这种无人机最长约 2 米，仅重几公斤，使用时可由单兵发射筒发射。如美国布兰登布雷飞机结构公司和伞翼公司正在研制的“天球”无人机，最大重量仅 9 公斤左右，最长留空时间为 2.5 小时，除可以垂直起降

外，还可在 7 米 × 7 米的场地上发射与回收。

新一代微型侦察机即将走出实验室。可以放在手掌上的这种微型飞机翼展 15 厘米，靠体积仅有纽扣大小的电动或喷气发动机推动。它将被用于侦察卫星和军用侦察机监视不到的死角，使士兵能够看到山背面的情况或发现躲在被轰炸后的建筑物内的敌人。微型侦察机可以放在军用挎包里，它装备有摄像机、红外线传感器或雷达探测器等，甚至有电子鼻，以便通过士兵的气味发现他们。

据悉，科学家在研制微型飞机的发动机方面已经取得很大进展。美国麻省理工学院的艾伦·爱泼斯坦正在制造一种直径仅为一厘米的蜗轮喷气发动机，其提供的动力能保证微型飞机的时速达到 300 公里，因为速度是确保在大风中稳定飞行的关键。他们相信，6 个月内一种微型喷气发动机就可以投入使用。

佐治亚工学院的罗布·米切尔森则提出使用脉冲式喷气发动机，他已经造了一个模型，如同一支短粗的钢笔。另一个办法，是用电动机带动螺旋桨。尽管微型电动机提供动力还存在困难，但美国国防部对制造微型技术研究所的工程师们制造的一种 1 厘米大的直升机，还是表现出了极大的热情，希望在一年内能够看到几种样机试飞。专家指出，将来当有只鸟在你头上转或房间里有蚊子叫时，请你当心，也许有人正在监视你。

人工智能无人机。为使无人机真正成为“空中士兵”，国外正在积极发展人工智能无人机。如英国塞肯公司的“塞肯”观察与攻击自动飞行器，可在空中监视目标的同时自动判断目标的军事价值。当它认为目标值得攻击时，就自动调整飞行状态，精确地向目标发起俯冲

攻击。

空战无人机。为减少有人驾驶飞机在空战中的损失，国外正研制用于空对空交战的无人机。由于无人机机动时不受飞行员抗过载能力的限制，空战时，可进行超常规机动，对导弹等高速攻击武器可进行有效的规避。同时，由于无人机被敌方机载雷达截获的概率低，故在空战中的损失要大大低于有人驾驶飞机。例如，美国研制的高机动空中格斗无人机，在与 F - 4 “鬼怪” 式战斗机进行空战格斗试验中，曾成功地躲避开 F - 4 所发射的“麻雀” 导弹的攻击，并占领了 F - 4 后侧有利的攻击位置。另外，美国还在进行“天眼” 无人机携带“轻标枪” 和“针刺” 空对空导弹的试验，用于与直升机、攻击机空战。

长时间留空无人机。为对目标进行长时间监视，弥补无人侦察机留空时间短、对同一目标反复侦察时所需航次多等不足，长时间留空无人机便应运而生。如美国洛克希德公司的

微波动力无人机，可在高空飞行 60 天以上。目前，国外的长时间留空无人机最大续航时间可达 1 年，可对目标进行连续不断的侦察、监视。

反导弹无人机。为对付日益增多的地对地战术导弹的攻击，国外正积极研制用于拦截导弹的无人机。这种无人机可在距所防卫目标较远处击毁来袭导弹，从而克服了“爱国者”、C - 300 等一类导弹拦截距离近、反应时间长、拦截成功后的残体仍对目标有一定损害作用的不足。

预警无人机。与载人预警机相比，预警无人机的经济性好、费效比低且生存能力强。预警无人机与载人

预警机一样，集预警、指挥、控制和通信功能于一身，可起到活动雷达站

和空中指挥中心的作用。平时可用来进行空中值勤，监视敌方行动，战时可加大预警距离，扩大己方的拦截线并且可以通过它统一控制战区内的所有防空武器，有效指挥三军作战。预

警无人机既可单独作用，又可与载人预警机配合使用。单独使用时，预警无人机利用下行数据传输线，将所获得的情报信息传到地面指挥控制中心。配合使用时，预警无人机率先部署在 200 ~ 300 公里外，将所获得的情报发送给载人预警机，以此扩大预警范围，避免载人预警机穿行于危险区域。美国格鲁门公司研制的 D754 就是一种典型的预警无人机。该机装有新型机载共形相控阵雷达，能够在复杂电子环境中探测和识别像巡航导弹这样的低空飞行目标。此外，机上还装有红外等多种传感器。

隐身无人机。1995 年 6 月 1 日，由美国洛克希德公司、马丁公司和波音公司联合研制的世界上第一种隐身无人机——“蒂尔”-3(绰号“暗星”)，在美国加利福尼亚州的洛克希德公司斯昆克工厂公开展出。该机外形奇特，机翼硕大，机身扁平，有头无尾。“暗星”之所以采用这种奇特的外形，主要是为了减小雷达反射截面积，以增强隐身性能。机身的底部涂成黑色，也是基于此种考虑。该机在 1.37 万高度可巡航 8 小时，活动半径 1800 公里，巡航速度每小时 240 公里。据介绍，该机将装备合成孔径雷达或电光探测设备，在续航 8 小时时，总监视覆盖面积为 4.8 万平方千米；在 1 米分辨率时，搜索速度为每小时 5480 公里，能显示 0.3 米的目标象点；

单机可截获目标 600 个。该机还具有自主起飞、自动巡航、脱离和着陆的能力，而且可在飞行中改变自己的飞行程序，以执行新的任务。

形形色色的航母舰载飞机

航空母舰上的主要武器就是几十架至上百架的各种舰载飞机，如战斗机（歼击机）、攻击机（强击机）、反潜机、预警机、侦察机、空中加油机、直升机、运输机等等，有的还有电子对抗机、无人驾驶飞机等。航空母舰搭载了上述各种舰载飞机后，形成强大的综合作战能力，使航空母舰成为舰队的核心，成为海上的“舰王”。因此，舰载机是航空母舰称雄之本。舰载飞机一般是在航空母舰出海执行作战任务时上舰，在航空母舰完成任务返回基地后又飞回到岸上的机场。

1. 舰载战斗机

舰载战斗机一般具有战斗和截击两种功能。其主要任务：一是同敌机进行空战，消灭和打击敌战斗机，夺取作战区的制空权和制海权，保证己方的攻击机顺利对敌执行攻击任务；二是和己方预警机构成航空母舰的防空体系，当空中预警机发现敌方进攻的轰炸机和导弹时，在预警机和舰上指挥中心的指挥和引导下去截击敌方的轰炸机和导弹，将其击毁，以保护己方舰船不受敌方的攻击。

现代舰载战斗机都是超音速喷气式飞机，具有速度快、爬升快、火力猛、机动灵活等特点。以下是几种较先进的舰载战斗机：

美国 F - 14 “雄猫”舰载战斗机。F - 14 “雄猫”舰载战斗机是美国格鲁门飞机公司为美国海军研制的变后

掠翼重型舰载战斗机，主要用于护航、舰队防空，也可携带常规炸弹和空对空导弹执行远距离遮断和近距离空中支援任务。1972 年 10 月装备航空母舰。F - 14 采用串联双座、双发、双垂尾、变后掠翼的布局形式，能根据飞行速度自动变换后掠角。采用变后掠翼，一是可以改善超音速飞机的起降性能，解决高低速之间的矛盾；二是可缩小停放空间，以便上舰使用。其缺点是结构复杂，重量有所增加。F - 14 没有副翼，尾翼由双垂尾和可差动的自动平尾组成。差动平尾不但可以起俯仰操纵作用，同时可以代替副翼起横侧操纵作用。F - 14 的机身为全金属的半硬壳结构，机头可以向上折起。机上装有 2 台 TF30 - P - 412 涡扇发动机，单台加力推力为 93.1 千牛；F - 14D 则装 2 台 F110 - GE - 400 涡扇发动机，单台推力为 125 千牛。F - 14 机长 19.1 米，机高 4.88 米，翼展为 19.45 米（后掠角 20° 时）、10.15 米（后掠角 75° 时）。飞机空重 18191 公斤，最大起飞重量 33724 公斤。高空最大平飞速度 2485 公里/小时（2.34 马赫），海平面最大平飞速度 1470 公里/小时（1.2 马赫），最大巡航速度 740 ~ 930 公里/小时。海平面最大爬升率 150 米/秒，实用升限 15240 米，作战半径 720 公里。最大航程约 3220 公里。F - 14 装有 1 门 20 毫米 6 管“火神”航炮，备弹 675 发；机下有 10 个外挂架，机身和机翼挂架可同时挂 6 枚“不死鸟”远距空对空导弹和 2 枚“响尾蛇”近距空对空导弹，或同时挂 4 枚“麻雀”中距空对空导弹和 4 枚“响尾蛇”近程空对空导弹；对地攻击时可载各种炸弹，最大载弹量 6577 公斤。机上装有火控雷达、大型高功能红外扫描装置、火控计算机、平视显示器等组成的火控系统；包括数据传输、保密通信、机内

通话等通信系统；惯性导航系统、塔康系统、雷达高度表、自动控制着舰接收机、姿态航向参考系统；以及敌我识别应答器、雷达警戒系统、主动电子对抗装置和干扰丝施放器等。F - 14 的使用要求是：首先是护航，夺取和保持制空权；其次是舰队防空，能从航空母舰上起飞执行截击任务。F - 14 格斗能力很强。在中距离时，可使用“麻雀”导弹进行全向攻击；近程格斗主要使用“响尾蛇”导弹。F - 14 有多种型别：A 型为最初生产型；D 型是 A 型的改进型，除换装发动机外，还对 60% 的电子设备作了改进；RF - 14A 为侦察型。

俄罗斯雅克 - 141 垂直/短距起降战斗机。雅克 - 141 是前苏联海军研制的第三代舰载战斗机。雅克 - 141 采用双尾撑和双垂直尾翼，它既能保证足够的航向和横侧操纵性能，又利于在航空母舰上停放，其结构重量也比单垂直尾翼轻。雅克 - 141 战斗机的翼展为 10.1 米，折叠后为 5.9 米，但仍为三角形机翼。装 1 台 R - 79 发动机，加力推力约 123 千牛，滑跑起飞重量为 19 吨，垂直起飞航程为 1400 公里。短距起飞航程为 2100 公里。雅克 - 141 除装 30 毫米航炮外，还装备有 AA - 10 和 AA - 11 空对空导弹，它的空战能力十分突出。此外，该机还能外挂数枚空对舰导弹，而且其机载雷达足以完成射程为 60 公里左右的空对舰导弹的火控任务。如果装备了大超音速导弹，则其对舰攻击能力将更加提高。目前，“库兹涅佐夫”号航空母舰已成功试验了米格 - 29“支点”式战斗机、苏 - 25“蛙足”战斗轰炸机和苏 - 27“侧卫”战斗机等的起降。

俄罗斯海军苏 - 27“侧卫”战斗机。苏 - 27 具有吨位大、航程远、机动性强、速度大等特点，可携带中、

近程空空导弹，可以在各种复杂气象条件下全天候执行空中拦截、格斗任务，并具有对地攻击能力。1986年，苏-27开始装备部队。以苏-27“侧卫”B为例，机身长21.94米，高5.93米，翼展14.7米；空重17.7吨，正常起飞重量23吨，最大起飞重量33吨；采用全金属双梁结构，无副翼，前缘为全翼展机动襟翼，后缘为襟副翼；起飞着陆时为手动控制，飞行过程中靠计算机控制；机上装有2台加力式涡轮风扇喷气发动机，单台推力约118千牛，最大飞行速度为1.35马赫，实用升限1.8万米。该机火力强大，除装有1门30毫米航炮外，还有10个武器外挂架，可悬挂各种空空导弹、航空炸弹和航空火箭弹。苏-27舰载型（即苏-27B）总体布局与岸基型相似，但加装了可动前翼，外翼可折叠，装着舰钩，能进行空中加油，去掉了岸基型较长的尾锥。西方专家估计，苏-27与美国F-14的性能不相上下，具有多目标同时打击力。

2. 舰载攻击机

舰载攻击机的主要任务，是对敌方海上和陆上目标实施轰炸和攻击，它是航空母舰的主要攻击力量。其特点是：攻击火力强，攻击武器是鱼雷、导弹和炸弹；

机动灵活，它比一般轰炸机的体积小、重量轻，能作低空和超低空飞行，有的能垂直/短距起降，十分灵活；

既能轰炸，又能空战；航程较远

美国A-6“入侵者”攻击机。该机是并列双座、双发的高亚音速舰载攻击机，善长低空和夜间攻击，1963年开始服役。机长16.69米，机高4.93米，翼展16.15米（机翼折叠后为7.72米）；空重12132公斤，最大起飞重量28.58吨；机内载油量7.23吨，外挂燃油4558

公斤；海平面平飞速度 1037 公里/小时，巡航速度 763 公里/小时；实用升限 12925 米，最大爬升率 39 米/秒；航程 1627 公里；有 5 个外挂架，每个挂 1633 公斤，最大外挂载荷 8165 公斤，可装载 28 颗 226.8 公斤炸弹或 3 颗 907 公斤炸弹和 2 个 1135 升副油箱，还可携带“响尾蛇”空对空导弹进行自卫，因而俯冲攻击目标的破坏能力很强；装有 2 台发动机，单台推力 41.4 千牛；装备有多功能导航和攻击雷达、导航和攻击计算机，攻击效果摄像机、惯性和多普勒导航设备、多功能显示器、前视红外装置、激光指示器及一整套通信系统和仪表。A - 6“入侵者”攻击机具有水平攻击，俯冲攻击、跃升攻击、上仰攻击和甩损攻击等多种攻击方式。在 1991 年的海湾战争中，有 48 架 A - 6E 和 30 架 EA - 6B 参战。

美国 A - 7“海盗”攻击机。A - 7 是美国凌特姆科·沃特公司研制的亚音速攻击机。首批 A - 7 攻击机 1968 年开始交付使用，共生产 459 架，是美国海军和空军都在使用的攻击机。主要执行轻型攻击、近距支援和阻击等战术任务。在 1991 年的海湾战争中，主要遂行浅近遮断攻击任务。机长 14.06 米，机高 4.9 米，翼展 11.8 米，外翼折叠后为 7.24 米；空重 8.68 吨，最大起飞重量 19.05 吨；最大平飞速度 1100 公里/小时，巡航速度 769 ~ 855 公里/小时；实用升限 14780 米，活动半径约 600 ~ 900 公里；装有 2 门 20 毫米航炮、1 门 20 毫米 6 管炮，机外有 8 个挂架，可选挂导弹、电视和激光制导炸弹、普通炸弹、火箭弹等，最大载弹量为 8346 公斤；电子设备有 1 台导航/武器投放电子计算机、多普勒雷达及显示器等。

A - 7 攻击机有 A、B、C、D、E、H、K 等型号。其中

A - 7E 是海军舰载攻击机的主要改型, 装有红外线探测器和平视装置, 提高了夜间活动能力。进气口位于机头雷达下方, 后掠式机翼有明显的下反角, 水平尾翼上端切去一角, 以减小机高, 便于在航空母舰上停放。

美国 A - 12 隐身舰载攻击机。该型机又称“复仇者”2 型, 采用三角机翼外形, 尾翼呈直线形状, 没有垂直尾翼, 仅为 F/A - 18 雷达反射截面积的 20% ; 机长 11.58 米, 翼展约 20.2 米, 双翼可折叠到 10.5 米; 起飞重量 50 吨; 采用了先进的数字式航空电子设备和先进的发动机; 可携带 12 吨有效负载飞行 1500 海里; 它可携带激光制导导弹、高速反辐射导弹、“鱼叉”反舰导弹、“小牛”空对地导弹、“快速打击”水雷和“捕手”反潜鱼雷等; 可以打击地面目标和海上舰只, 摧毁岸上活动目标, 完成布设水雷、反潜、反空袭作战、海上侦察、电子干扰及其他多种任务。A - 12 能否装备航空母舰, 并取代 A - 6, 目前仍是个未知数。

美国 F/A - 18“大黄蜂”战斗/攻击机。F/A - 18“大黄蜂”是美国麦道和诺思罗普飞机公司为美海军研制的舰载单座超音速多用途战斗及攻击机。主要用于舰队防空, 也可实施对地攻击。第 1 架原型机于 1978 年 11 月首次试飞。该型机于 1983 年开始装备部队, 正式服役。该机研制经费 21.12 亿美元, 是美国海湾战争中的主力飞机之一。机身长 17.07 米, 翼展 11.43 米(机翼折叠时为 8.38 米), 机高 4.66 米; 起飞重量 16651 公斤; 实用升限 1.5 万米; 最大平飞速度 1910 公里/小时, 作战半径 740 公里; 装有 1 门 20 毫米 6 管机炮, 备弹 570 发, 9 个武器挂架可挂 2 枚“响尾蛇”空对空导弹, 2 个“麻雀”中距空对空导弹或各种空对地武器, 其他挂

点可挂导弹、副油箱或其他武器 ;装有 2 台涡扇发动机 ,其加力推力共计 2×71.2 千牛。

在 1991 年的海湾战争中 ,有 148 架 F/A - 18 “ 大黄蜂 ” 参战 ,共计投放了 17500 多吨弹药 ,攻击了伊拉克共和国卫队、防空阵地、弹药库等多种目标 ,而自己仅战损 1 架(非战斗损失 2 架);另有 6 架被伊军地面防空武器击伤 ,但均安全返航 ,并在 48 小时内又重新投入战斗。F/A - 18 “ 大黄蜂 ” 到 1998 年将生产 1650 架 ,其中美国海军将装备 945 架。

法国 “ 超军旗 ” 舰载轻型攻击机。“ 超军旗 ” 舰载机法国海军航母上服役的唯一固定翼攻击机 ,主要承担对舰队实施空中掩护 ,保护舰队不受敌海军舰只攻击以及打击地面目标、照相侦察等任务。该机是 50 年代最流行的后掠翼型飞机 ,采用了下垂式前缘和双缝襟翼 ,虽使飞机重量增大 ,但却使其着舰速度减至 230 公里/小时。1978 年 ,首批 “ 超军旗 ” 交付法国海军使用。机身长 14.30 米 ,机高 3.86 米 ,翼展 9.6 米 (折叠后为 7.8 米);最大起飞重量 12 吨 ,机内燃油 3.2 千升 ,外挂副油箱 (机翼下 2 个 1100 升的副油箱 ,机身下 1 个 600 升副油箱) 2.8 千升 ;最大平飞速度 1060 公里/小时 ,低空速度 1204 公里/小时 ;实用升限 1.37 万米 ;1 台不加力涡喷发动机 ,推力 49 千牛。武器为 2 门 30 毫米航炮 ,每门带弹 125 发 ;机身、机翼下共有 5 个挂架 ,可挂当量 1.5 万吨级的核航弹、400 公斤和 250 公斤炸弹和火箭发射巢等 ;装有惯性导航/攻击系统和大气数据计算机、先进的平视显示器和数字自动武器投射系统。在 1982 年的英阿马岛冲突中 ,阿根廷海军使用携带 “ 飞鱼 ” 空舰导弹的 “ 超军旗 ” 攻击机 ,曾一举击伤英国数艘舰艇 ,其中包

括先进的“谢菲尔德”号驱逐舰，从此使其名声大振。

英国“海鹞”舰载战斗/攻击机。“海鹞”是英国由“鹞”改型发展的多用途舰载垂直/短距起落战斗/攻击机。1978年首飞，1979年9月装备海军服役。该机曾在9个国家近40艘舰船上试用，甚至可以在西班牙海军木质甲板的军舰上使用。试用证明，“海鹞”具有很强的适应能力。其主要作战任务是：远程海上巡逻、舰队防空、攻击海上和地面目标、侦察和反潜等。机长14.50米（机头折转后为12.88米），机高3.71米，翼展7.70米；最大平飞速度1330公里/小时（高空），1185公里/小时（低空），低空巡航速度650~833公里/小时；机翼外侧挂架可挂2枚“响尾蛇”空对空导弹，内侧挂架可挂“鱼鹰”或“鱼叉”空对舰导弹。“海鹞”的空战能力十分突出，所装备的“蓝狐”雷达可远距离发现目标，能全天候作战，推力换向装置使之具有特殊的格斗能力。为了缩短“海鹞”在舰船甲板上起飞滑跑距离，英国于80年代初成功地开发了飞机在舰上的“斜曲面跃飞”技术。通过在甲板前端设置27米×24米斜板，让飞机滑跑跃飞，再利用推力转向，使飞机在推力不足的情况下仍能在空中稳定加速。1982年英阿马岛海战中，英国2艘航空母舰上共搭载了34架“海鹞”飞机，出动1500多架次，击落阿根廷飞机31架，而自己却一架也未被击落。

3. 舰载反潜机

舰载反潜机的主要任务是搜索和攻击敌潜艇。搜索、攻击潜艇一般分探测、识别、定位、跟踪、攻击等五个步骤进行。潜艇在水下航行时，机械运转会发出声波，发动机会放出热量和排出废气，钢质艇体会产生磁场等。这些现象，反潜飞机都可以通过专用设备探测出来，用

以判断潜艇的位置和深度，并进行跟踪。舰载反潜机常用的搜潜设备，有探测声波的声纳浮标，探测潜艇排气后而引起海水温度变化的红外探测仪，探测潜艇磁场变化的磁探仪，还有探测潜艇伸出水面的通气管、潜望镜和各种天线的搜索雷达等。舰载反潜机有了这些设备，可在 1 小时内，查明几千平方公里海面有没有敌潜艇在活动。当它发现敌潜艇后，紧接着就可以实施攻击，使用空投反潜鱼雷、深水炸弹、反潜火箭等摧毁敌潜艇。

舰载反潜机的速度要比舰艇的速度快得多，这就使它能够及时的到达指定的海域，在较短的时间内，完成大海域的搜索和攻击敌潜艇的任务。舰载反潜机具有良好的低速、低空性能，航程远，续航时间长，容易对敌潜艇实施低空连续跟踪和重复捕捉。

美国 S - 3A “北欧海盗”舰载反潜机。该机装有较先进的反潜综合电子系统，其中数字计算机是整个反潜武器系统的核心。它可以迅速集中处理各种搜潜设备所获得的信息，进行判断、选择攻击方案、定位、攻击。机上载有 60 个声纳浮标，主被动式音响传感器，前视红外探测仪，磁异探测仪等。因此它可用多种方式搜索潜艇。机上还配备了全景照相机、电子对抗设备和自动导航系统等。该型机于 1974 年装备部队。最大起飞重量 21.32 吨，最大速度 816 公里/小时，升限 10670 米，航程 5550 公里，机长 12.26 米，机高 6.93 米，翼展 20.93 米（折叠时 8.99 米），动力为 2 台涡扇发动机，功率 24×2.96 兆瓦，主要武器为炸弹、深水炸弹、火箭、导弹、鱼雷、水雷等。S - 3B 是 S - 3A “北欧海盗”反潜机的改进型，比 S - 3A 增加了声纳情报处理功能以及装备了“鱼叉”导弹发射装置。最大飞行速度 834 公里/小时，作战

航程 3700 公里。

4. 舰载预警机

舰载预警机是用于舰队的防空预警，并能指挥引导己方飞机遂行作战任务的舰载机，有固定翼预警机和预警直升机。固定翼预警机可随航空母舰到远洋活动。机背上装有盘形雷达天线，机内装有战术数据系统，包括雷达、敌我识别、情急处理、指挥控制、通信、导航和电子对抗等设备。能综合分析判断目标信息，识别目标，判断威胁程度，选择攻击武器，向海上指挥系统提供情报，引导己方飞机或舰空导弹攻击目标。现代舰载预警机将加装武器系统，增大航程，提高雷达的作用距离和抗干扰能力。舰载倾转旋翼式预警机，能垂直/短距起降，以使大、中型舰艇搭载，将有较大发展。

美国 E - 2C “鹰眼”舰载预警机。美国研制了 3 架原型机，最新的 E - 2C 舰载预警机于 1973 年 11 月交付海军使用。E - 2C 的机长 17.55 米，机高 5.59 米，翼展 24.56 米；空重 17256 公斤，最大起飞重量 23544 公斤；最大平飞速度 560 公里/小时，巡航速度 498 公里/小时；实用升限 9388 米，最大航程 2580 公里；采用 2 台涡桨发动机，单机最大功率 4.91 兆瓦；机翼可以折叠。该机外型奇特，除机身上方安装一个蘑菇状的天线罩外，在水平尾翼面上装有四片垂直翼面；这是为了避免天线罩产生的尾流对尾翼的干扰而采取的一种特殊的气动布局。天线罩内安装有警戒搜索雷达天线和敌我识别器天线，罩子直径 7.32 米、厚 0.76 米。机上雷达能够监控 1250 平方公里的空中目标。搜索雷达在 8000 米高度工作时，对目标探测距离分别为：低空轰炸机 460 公里，低空巡航导弹 269 公里，海面舰船 360 公里。能自动连

续跟踪 600 个以上的空中目标 ,指挥引导己方 40 批飞机遂行战斗任务。E - 2C 舰载预警机主要用于航空母舰战斗群的空中警戒 ,作为舰队的防空力量用于海面早期预警。E - 2C 预警机保护海上编队 ,能比舰载警戒雷达提供更多的预警时间。

5 . 舰载侦察机

舰载侦察机的主要任务是获取敌方军事情报 ,为舰队作战提供敌情资料。

电子侦察是这种飞机的主要侦察方式。机上的电子侦察设备 ,能接收敌方雷达和通信设备工作时所发射的无线电波 ,通过截取敌方无线电信息 ,测定敌方设备的性能和位置。电子侦察的主要对象是敌方的早期预警雷达、火控雷达和海面拦截设备等。

照相侦察是侦察机的又一种侦察方式。照相侦察可获得敌方海面和陆上的大量军事情报。这种飞机装有航空侦察照相机 ,其中有垂直照相机或侧向和三向照相机 ,高、低空全景照相机等。照相机所拍摄的照片 ,在紧急情况下 ,可由飞机上的照相处理设备在空中进行处理后 ,将照片信息再传递到航空母舰上去。

舰载侦察机还可以对敌方进行电子干扰。机上携带有电子对抗设备 ,如超短波通信干扰机、欺骗干扰机、杂波干扰机、干扰丝投放器等 ,可对敌方进行电子干扰 ,使敌方有关的电子设备不能正常工作 ,如雷达搜索不到目标 ,无线电通信中断、武器制导系统失灵等 ,这就为舰载战斗机和攻击机突破敌方防线提供有利的条件。

美国 RA - 5C 舰载攻击侦察机 :它的最大速度为 1900 公里/小时 ,实用升限 1.8 万米 ,最大航程为 4800 公里。它是一种全天候、在高空和低空都能进行照相和电子侦

察的飞机。

6. 舰载空中加油机

空中加油机是专门用来给空中作战飞机进行加油的。它主要装载燃油，通过加油机上的加油系统将燃油输给其他空中飞行的舰载飞机，以提高舰载飞机的航程。

空中加油系统由两部分组成：一部分装设在加油机上，另一部分装设在受油机上。为了使受油机减轻重量，要求把空中加油的大部分设备安装在加油机上。空中加油的几种方式：飞杆式加油。飞杆是一根可伸缩的半刚性杆，安装在飞机尾部。飞杆的末端对称地安装两个短翼，操纵它，就可使飞杆在一定的角度范围内移动。飞杆是由坐在加油机尾部座舱的一名飞杆操纵员操纵的。空中加油时，操纵员将飞杆放到加油状态，通过信号指挥受油机接近伸出的飞杆。当受油机接近加油机尾部 5~10 米距离时，两机保持位置不变，然后由飞杆操纵员操纵飞杆上的短翼，使飞杆移动，进入受油机的受油口。操纵员锁上连接器后开始加油。加油完后，操纵员开锁收回飞杆，两机脱开。这种装置的特点是有专门的加油员，飞杆输油流量大，加油时间短，加 800 升燃油的时间约需 4~7 分钟。软管漏斗式加油。这种加油设备由一个漏斗、一根长 20~30 米的软管和一个绞盘组成，漏斗是一个很轻的锥形容器，漏斗连在软管上，软管绕在绞盘上。空中加油时，加油机内的人员把加油装置选定在工作状态，绞盘转动，软管从飞机里自行放出。受油机的驾驶员看到加油机尾部的黄褐色灯亮，就知道一切都准备好了。他操纵飞机把机上受油管伸进漏斗，漏斗内部的加油接头自动夹紧受油管，油就开始自动流进受油机。加油完毕后，受油机驾驶员操纵飞机，降低

飞行速度，在预定拉力下，受油管与漏斗断开。以上两种加油方式，虽然载油较多，但飞行速度慢、飞得低。但舰载飞机的速度快、飞得高，用上述方法给舰载机加油比较困难，于是又出现了一种新的加油方式，叫“伙伴加油”。它是两架性能基本相同的飞机，一架作加油机，机上带油和一套软管漏斗装置，另一架带武器。它们同时去执行同一任务。在离目的地 $2/3$ 的空域时，加油机将油输给带武器的攻击机，而加油机则在某处等待，以便给自己的“伙伴”再加油。因此，人们将这种加油机称为“伙伴加油机”。

7. 舰载电子战飞机

舰载电子战飞机是一种凭借本机装备的敏感的接收机和大功率干扰机等电子设备，干扰敌方的雷达和无线电通信设备，使之不能正常工作，以达到掩护己方飞机顺利执行作战任务的舰载飞机。

EA - 6B 舰载电子战飞机。由于美国海军 EA - 6A 舰载机上装设的干扰机，所能辐射的功率和覆盖频段都十分有限，越来越不适应现代海战的需要。为此，美国海军拨款，研制出一种专门用于电子战的舰载飞机 EA - 6B。该机于 1971 年 1 月开始装备部队。机长 18.24 米，机高 4.95 米，翼展 16.5 米，空重 14588 公斤，最大起飞重量 29483 公斤，海平面最大速度 987 公里/小时，巡航速度 774 公里/小时，实用升限 11580 米，最大航程 3254 公里。该机的主要电子对抗设备装在外挂的电子吊舱内。为了有足够的动力携带外挂负载，采用 2 台推力各为 49.8 千牛的轴流式涡轮喷气发动机。电子对抗设备采用综合接收系统设计，其特点是对电子干扰设备和己方防御的干扰设备具有控制能力，即己方的电子干扰设

备对敌方的雷达、无线电信号反应灵敏，而对敌方的干扰信号则不敏感，并能同时对战术干扰设备进行监视。该机装备的雷达告警接收机（AN/ALR - 67）具有高截获概率、高测向精度、全向覆盖和广泛的信号识别能力。AN/ALQ - 99D 大功率战术杂波干扰系统是 EA - 6B 的核心系统，采用外挂吊舱式，每架飞机最多可携带 5 个吊舱。每个吊舱里有 2 台有源干扰发射机。该系统可自动完成发现和识别信号、干扰天线定向和干扰发射机变频等电子对抗措施。AN/ALQ - 126 欺骗式干扰机是一种有源干扰设备。它可将敌方雷达照射到本机上的脉冲信号接收下来（延迟），并以大功率再将它们发射出去（回授），使敌方雷达跟踪这个干扰信号，从而产生方位和高度误差。这样，本机的真实位置就被隐蔽了。机上还装有 AN/ALE - 39 干扰物投放设备、超短波通信干扰机等。

EA - 6B 常用战术有两种：一种是护航干扰（亦称伴随干扰），EA - 6B 直接加入突击机群编队，保持连续对敌方地对空雷达和高炮炮瞄雷达进行干扰，抑制战场一带的敌方防空指挥系统，进攻结束后，EA - 6B 再回到编队中的位置；另一种是远距干扰，EA - 6B 在突击机群进入目标区的同一方向上提前 5 ~ 6 分钟抵达预定活动区，活动区选择在敌方地对空导弹和高炮射程之外，与被攻击目标保持 48 ~ 80 公里的距离，EA - 6B 在活动区作往返航线或椭圆形航线飞行，对敌方火控雷达和指挥通信系统实施不间断的干扰，为己方的突击机群提供通向被攻击目标的“保护走廊”，支援其作战。

到 80 年代末，EA - 6B 电子战飞机约有 80 架，在越南战争后期、美国袭击利比亚以及海湾战争中都充分发挥了作用，取得了较好的效果。

隐形杀手——隐身飞机

所谓隐身飞机,就是利用各种技术减弱雷达反射波、红外辐射等特征信息,使敌方探测系统不易发现的飞机。目前,飞机隐身的方法主要有以下三个方面:一是减小飞机的雷达反射面,从技术角度讲,其主要措施有设计合理的飞机外型、使用吸波材料、主动对消、被动对消等;二是降低红外辐射,主要是对飞机上容易产生红外辐射的部位采取隔热、降温等措施;三是运用隐蔽色降低肉眼可视度。

生存能力差是轰炸机最大的弱点,因此飞机隐身技术首先被用于价格昂贵的战略轰炸机上。B-1 是 60 年代即开始研制并准备用于取代 B-52 的新型战略轰炸机。但由于研制周期长,再加上美国历届政府决策上的反反复复,直到 1981 年才又被里根政府批准上马,并将其改名为 B-1B“枪手”。该机最大飞行速度 1.25 马赫,最大航程 1.2 万公里,最大载弹量达 34 吨,是目前世界上载弹量最大的轰炸机。但该机最为引人注目之处却是其先进的隐身性能。由于 B-1B 采用了隐身设计和大量使用吸收电磁波材料,其雷达反射截面积只相当于 B-52 的 1%。

继 B-1B 之后,美国又于 80 年代开始研制更为先进的 B-2 隐身战略轰炸机,并于 1989 年 7 月开始试飞,1993 年开始装备部队使用。但由于苏联瓦解,美国国会认为这种飞机失去作战对象而且飞机价格很高,最终只批准除原型机 1 架以外再采购 20 架。据估计,研究这种飞机和买这 21 架飞机一共耗资 445 亿美元,相当于这种飞机每架的代价是 21 亿美元以上。这种飞机可以说是世界上最昂贵的飞机。而且在今后 20 年的使用期间,其维

修保养和使用费按现在价格还需要 230 亿美元。

B - 2 飞机的隐身性能非常好。它虽然个头很大，但却前所未有地采用“飞翼布局”，整个飞机像一片树叶，没有任何尾翼。从侧面看，机身像只“麻雀”，全长 21 米，翼展 52.4 米，机高只有 5.2 米，机翼面积 477 平方米。飞机外形设计完全按隐身要求，各种边缘线条都互相平行，外侧机翼向后伸出很多；进气口和尾喷口都隐藏在机翼上方，进气道呈 S 形。由于采用了这种奇特的外形，故使其对雷达的有效反射截面积大大减小，仅相当于 B - 1B 的 1%。飞机外表没有任何突出的大线或其他物品，所有武器都隐藏在机身内，不设任何武器挂架。机身外表的灰色和淡蓝色的涂层具有吸波功能，使雷达发射的波束有很大一部分被它吸收掉。燃料中加入特殊添加剂，使其不会产生白色的凝结尾迹等。初步估计，这样大的一架飞机对雷达波的反射水平只相当于 F - 22 战斗机的 1/4 左右。但从它顶面或下面照射，其雷达反射面不会小。

B - 2 起飞重量为 181.5 吨，其中燃料 72.5 吨，载油系数 0.40。飞机的阻力很小，因为没有尾翼，全机就是一片机翼，上面附有三个不大的鼓包，一个为机身，两个为发动机舱。一共 4 台发动机，是新研制的，耗油率很低，飞机最大航程达 1.11 万公里，如进行一次空中加油可飞 1.85 万公里。飞机挂载的对地攻击武器都放在机身的弹舱内以免破坏飞机隐身性能。最大挂弹量 18 吨，可以挂各种空地导弹和制导炸弹。如果挂常规炸弹可挂 80 枚 27 公斤低阻炸弹或 16 枚 910 公斤低阻炸弹。

飞机自卫能力主要靠隐身、夜间出动和强大的电子干扰设备，本身没有自卫枪炮或空空导弹。美空军计划

令这种飞机“独来独往”，不进行战斗机护航。事实上这种飞机航程那么远，战斗机护航也很困难。这种飞机在研制过程不断受到经费和国会内各种责难的困扰，技术也不十分成熟。据说，前 16 架 B - 2 飞机只能供飞行测试和训练用，不具备利用导弹进行对地攻击的能力，飞机隐身性能也不完整。到第 17、18、19 架飞机才具备使用精密制导武器的能力。而隐身性能要在第 20、21 架飞机上才能完全达到原设计水平。因此 B - 2 飞机的前 19 架只能起到验证飞机的作用而不是成熟的批量生产型飞机。

B - 2 飞机每台发动机的最大推力为 84.3 千牛，飞机起飞推重比只有 0.19，与推重比大于 1.0 的战斗机不能相比。这种飞机只要求飞亚音速。低空突防飞行马赫数 0.80，最大飞行速度每小时 1050 公里，巡航速度每小时 800 ~ 900 公里，升限 1.5 万米。每次飞行留空时间很长，即使不空中加油也可飞 10 小时左右。机上两人可轮流休息，如无特殊情况飞机可交自动驾驶仪操纵。座舱内的气压条件和生活设施都比较好。

自从飞机诞生以来，垂直尾翼就如同舰船的舵一样，成为了飞机控制方向的必不可少的部件。然而，B - 2 飞机却没有垂直尾翼，那它又是怎样操纵方向的呢？原来 B - 2 飞机机翼后缘一共有 8 片可以活动的操纵舵面。除此之外，飞机机尾末端还有一片近似三角形的、由计算机控制的舵面，主要用来平衡飞机，称为“配平舵面”。它可以随时上下偏转一个小角度，自动减轻低空高速突防时由于大气中的紊乱气流引起的飞机颠簸。

在机翼后缘的舵面中靠近当中的 6 片称为升降副翼。如果它们左右对称的舵面都向上或向下偏转时，起

升降舵的作用，可控制飞机的俯仰，如果左右舵偏转不一致或作相反方向偏转，例如左翼的副翼向上偏、右翼的副翼向下偏，则起副翼作用，使左右机翼升力不同，令飞机倾斜或克服倾斜。这些舵面同时具有升降舵和副翼的作用，称为“升降副翼”。

最靠近翼尖的两片活动舵面功能更复杂。在构造上每片舵面还可分为上下两半，可分别向上或向下偏转，也可以上下两片合起来作为一个舵面偏转。它们的转动都是分别控制的。它们的功能有四：如果一边的舵面上下两片分别张开一定角度，增加这一侧机翼的阻力，它起的是方向舵的作用，使飞机转弯；如果左右舵面上下两片都同时张开，两侧机翼的阻力相等，不会使飞机转弯，但总阻力增加，它起减速板的作用，可使飞机速度很快减慢下来；如果这种舵面上下两片合在一起一齐偏转，一侧向上，另一侧向下，它起一般的副翼作用，使飞机倾斜；如果左右两侧合起来的舵面同时向上向下偏转，它起升降舵的作用。大多数情况下。这四片舵面的主要功能是令飞机转弯或保持航向，所以称为“阻力方向舵”。总的来看，B-2 飞机的操纵系统（也是电传操纵系统）设计得相当精巧和复杂。

自从 1993 年第 7 架 B-2 飞机到达部队以后已经使用 5 年之久。结果发现隐身飞机的问题很多。首先是吸波涂料问题。这种涂料在飞机表面的附着力并不好，每次长期飞行后都要加以修补，而新涂上的涂料要在一定温度、湿度的条件下固化。因此飞机一定要在条件良好的空调机库内进行维护。据统计，飞机平均每飞行 1 小时后维护工时要 120 小时左右。这就是进行完 8 小时长途飞行返回机场，20 名维护人员要干 48 小时维修工作。

而在这些工作任务中，修补吸波材料占 39%。由此可见维修工作量之大。一般现代战斗机每飞行 1 小时后的平均维修工作量是 10 ~ 20 小时。

另外吸波材料怕下雨，怕潮湿。下雨天气将飞机表面弄湿以后其隐身性能大为下降，涂料易脱落。所以每次飞行完毕的飞机都要推回机库内存放。这种飞机目前很少派驻海外基地，因为还没有合适的海外机库供它使用。而修建一个高标准的这样大的机库要几千万美元。即使在现在的基地，飞机的良好率也达不到要求的 74%，只有 26%（1997 年统计）。这就是说 12 架飞机的部队平均只有 3 架可用，其他都处于维修状态。当然这种情况会随着设备、技术和熟练程度的提高而逐渐好转。但美国原来期望的，B - 2 飞机比其他轰炸机更能作出快速反应，可以在紧急需要时 24 小时之内出动执行战备任务的能力显然尚难实现。但有一点可以肯定，这是代表 21 世纪末最新技术的武器，是一种不可忽视的空中打击力量。

科索沃上空 B - 2 隐形轰炸机的“幽灵”刚刚隐去，B - 3 战略轰炸机已悄然出现在美国飞机设计师的绘图板上。据报道，美国飞机研制专家正云集俄亥俄州帕特森空军基地，精心设计一种能以 5 倍音速飞行的高超音速隐形战略轰炸飞机 B - 3，以使用此机种在 2030 年左右替代时下的 B - 2 隐形轰炸机，独霸新世纪的天空。

正在设计中的 B - 3 隐形战略轰炸机，拥有新颖的外形和结构设计，状如蝙蝠。新机种的机身、机头和机翼浑然融为一体，从设计草图上看，B - 3 完全是 B - 2 隐形战略轰炸机与子弹头轿车外形的完美结合，且更得其隐身。在结构上，B - 3 隐形战略轰炸机也充分利用上、

下、后三个表面所封闭的有限空间，大胆革新布局，既可以避免地面雷达的跟踪，又可降低被红外线发现的可能性，从而达到隐身的最佳效果。其机身雷达的散射截面大大少于 B - 2 隐形战略轰炸机的 0.3 平方米，甚至低于 F - 117 的 0.01 ~ 0.1 平方米。

继隐身战略轰炸机研制成功之后，美国空军又将这一技术应用于战斗轰炸机和战斗机的设计上。

1988 年 11 月 10 日，美国国防部新闻发言人公开宣布，美国空军已经研制成功一种新型战斗轰炸机，其编号为 F - 117A。至此，这个被严格保密了近 10 年的怪物终于首次亮相。1990 年 4 月 21 日，美国空军专门安排 F - 117 作了第一次公开展示，上万名观众有幸目睹了它的风采。

F - 117 的外形它看上去非常古怪。它面呈黑色，头部像个楔子，后缘呈锯齿状，机尾很像燕尾。更为与众不同的是，其全身找不到一丝曲线和曲面的痕迹，整个飞机几乎都由直线和平面组成，连它的机翼和 V 型尾声翼也都采用了没有曲线的菱形。这种独特的外形使 F - 117 具有了一种前所未有隐身本领。因为这种外形可以改变雷达波的反射角度，从而大大减少飞机在雷达屏幕上的显示信号。此外，就连飞机的发动机进气口、尾喷口、座舱盖接缝、起落架等部位，也都经过有益于隐身的特别设计，采用这些措施后，F - 117 的雷达反射截面积只有 0.01 ~ 0.1 平方米，与一只小鸟的雷达反射截面积相差无几，使得先进的雷达也难以发现其踪迹。

YF - 22 和 YF - 23 是美国 90 年代初研制出的“先进战术战斗机”(ATF)样机。前者是由洛克希德、波音公司和通用动力公司联合研制的；后者是由诺思罗普公司

和麦道公司联合研制的。两种样机在 90 年代初经过一系列竞争较量，最后以 YF - 22 胜出而告结束。

F - 22 “猛禽”是一种单座、双发动机、双垂直尾翼的隐身战斗机，是第四代超音速战斗机的典型代表。从外观上看，F - 22 具有流线型机身，并且不像其他的战斗机那样外挂武器、明火执仗、咄咄逼人，而是暗藏杀机、不露锋芒。这正是第四代战斗机区别于第三代战斗机的一个显著的技术标志。它的最大平飞速度达到 2 马赫，实用升限 1.5 万米。在设计制造中，该机采用了一系列先进的技术，如在飞机外形上采用了先进的低阻隐身技术设计，在结构上采用了高强度的复合材料、机外无外挂武器、格状网栅冷却尾喷口燃气、外表涂有吸波材料等。采用这些技术后，F - 22 不仅大大减轻了体重，降低了飞行阻力，更重要的是具有了很高的隐身性能。它对雷达探测波的反射截面积只有 F - 15 的 1/80，约为 0.08 平方米。

此外，美国的 SR - 71 “黑鸟”高空战略侦察机和 A - 12 “复仇者”舰载攻击机，也都使用了隐身设计。SR - 71 “黑鸟”侦察机利用圆滑的外形与特殊涂料来降低雷达反射波，再加上超过 3 马赫的速度，使得它不仅不易被发现，即使被发现了，一般空空导弹也因速度仅在 2~3 马赫之间而无法追上它。而 A - 12 “复仇者”舰载攻击机的外形则更是独特，看上去就像是一个三角板。

继美国采用隐身技术之后，其他各国也不甘落后。俄罗斯研制出的世界上第一种可变速超音速垂直起降战斗机“雅克”- 141，也采用了隐身技术。英国研制的“旋风”F - 3 型战斗机以及英、德、意联合研制的“欧洲战斗机”，也都采用了灰色隐身涂料，具有较好的隐身性能。

日本研制的 FS - X 战斗机，采用能大幅度降低雷达反射截面的外形，特选复合材料，并覆盖吸波涂料，同样具有很好的隐身性能。瑞典的 JAS - 39 新型战斗机也采用了许多隐身技术。

总之，“消灭敌人，保存自己”是一切作战所追求的最高境界。为此，各国空军在不断提高飞机作战性能的同时，也在普遍地采用隐身技术以“保存自己”。

航空客货运量增长

20 世纪 40 年代之后随着机票价格日益低廉航空运输量急速增长。1937 年除苏联外世界各地航空公司的乘客总数约有 200 万。1947 年增至 2100 万。1957 年达 9000 万。到 1967 年每年进出纽约肯尼迪机场的乘客已达 1100 万人。到 1979 年即客运班机服务开办 60 年后全球每年销售的机票已达 7.5 亿张。

从 1958 年起乘飞机横越大西洋的人比乘船的多。从 1950 年至 1975 年乘飞机横越大西洋的人数增加了 40 倍而轮船乘客则减少了 80%。甚至导致了豪华旅行的巨型远洋客轮从此停航。航空客、货运输也大量增长。目前一架波音 747 F 型飞机全年的运输量可与 1939 年全世界各航空公司客货运输量的总和相抵。

电传操纵系统

电传操纵是一种新型的飞机操纵系统，特点是把驾驶员的操纵指令转变为电信号来进行操纵。由微型驾驶杆、敏感元件、计算机、伺服机构和舵机等部分组成。微型驾驶杆一般装在座舱的侧操纵台上，当驾驶员操纵它时，电传系统立刻将机械动作转变为电信号，经计算机计算放大后，通过舵机使舵面偏转。电传操纵系统的

优点是结构简单，体积和重量小，易于安装和维修、操纵灵敏度高，无滞后现象。

航空导航的发展

20 ~ 30 年代无线电测向是航海与航空仅有的一种导航手段而且一直沿用至今。不过后来它已成为一种辅助手段。第二次世界大战期间无线电导航技术发展迅速出现了双曲线导航系统，雷达也开始在舰船和飞机上用作导航手段如雷达信标、敌我识别器和询问应答式测距系统等。远程测向系统也是在这一时期出现的。飞机着陆开始使用雷达手段和仪表着陆系统。40 年代后期伏尔导航系统研制成功。

50 年代出现塔康导航系统、地美依导航系统、多普勒导航雷达和罗兰 C 导航系统等。60 年代出现了“子午仪”卫星导航系统超远程奥米加导航系统。70 年代微波着陆系统同步测距全球定位系统也都研制成功并陆续投入使用。80 年代初期建成奥米加地面系统。同步测距全球定位系统也已投入了使用。

1992 年，在瑞典的航空站试验了一种最新型的导航系统，借助从卫星来的信号该系统能使飞机顺利地跑道上着陆。美国参加了这一系统的研制工作。这些卫星归美国国防部管理，是收集和传输有关各种观测目标所在地点信息的全球卫星群的一部分。在瑞典的试验表明，该系统工作中的最大误差为 3 米 ~ 4 米。为了防止敌人捕获，从卫星来的信号以某种失真形式传输，这样，只有在离接收信号设施半径不超过 100 米的地方才能正常接收它们。新系统的主要目的是在每架飞机周围形成一个半径为 150 米的独特的“安全球”。只要“安全球”的

边界遭破坏，自动警报信号装置即起动，“侵犯”立即清楚的显示在屏幕上。

90年代，美国运输部联邦航空局 FAA 投入使用一种新的飞行管制系统这个系统采用计算机软件汇集和处理来自全美国各地的大量信息。

美国联邦航空局的目标是要在全国的 12500 个机场都使用这个系统目前这套系统的成本是 200 万美元而联邦航空局的最高目标是要研制出一个价值几十亿美元的高度自动化的航空管制系统它要能在几乎无人干预的情况下监视飞机航行和指导飞行员操纵飞机。在联邦航空局的飞行控制室里计算机被输入一个指令后荧光屏上就显示出正在纽约上空飞行的飞机鸟瞰图。图上的线根据空域划分图上还有很多小黑点和飞机图形。小黑点表示在低空飞行的飞机和私人飞机而飞机状的图形则表示大型民航客机。当输入另一个指令后小黑点便从屏幕上消失了只剩下表示大型民航客机的图样再输入一个指令这些大型客机便被自动涂上不同的颜色每种颜色代表飞机将飞往不同的目的地。因此根据荧光屏上每架飞机的不同颜色便可知道它前往何地。这个系统能将各个地方管理站的所有信息都汇总到联邦航空局使得能够在一个屏幕上看到全美国任一地区的空中交通情况。从各地汇总到联邦航空局的航空信息存入计算机然后利用特制的软件将它们同时显示在计算机终端上。

“导航星”系统（GPS）

“子午仪”导航卫星系统高挂太空，给数以千艘船舶指明航向，可惜美中不足，不能全球、连续、实时、高精度地给运动物体导航，不能为它们提供高度和速度信息，当然更不能为飞行中的飞机导航。1973年12月，美国国防部又制定了一个“导航星”全球定位系统（GPS）的国防导航卫星计划，建立一个供各军种使用的统一的全球军用导航卫星系统，原定15年建立。美国空军需要用“导航星”系统对高度机动飞行的飞机进行导航，也想利用它来控制“灵巧”武器，打击预定的目标。

“导航星”系统（GPS）基本工作原理是计算卫星发射机和地球上接收机之间的距离。如果同时接收来自三颗卫星的信号，把接收每一信号的时间记录下来，利用已知的无线电传播速度，就能计算出接收机所在的位置，然后以每一卫星到接收机的距离为半径，以卫星为中心，作一个球体，这样，对三颗卫星可以作出三个球体，这三个球体的交点就是接收机的所在位置。不过，要作精确的计算，时间上必须严格同步，不然，一微秒的误差，会造成300米的定位误差。为此，利用一个导航卫星来授时，这样接收机同时接收来自四颗导航卫星的信号，也就是说至少要使四颗导航卫星同时出现在接收机的视场范围之内，使接收机能“看得见”，才能“听得到”。不论在地球哪一个角落，要求任何时刻都能同时收到四颗导航卫星的信号，才能精确地定位。

“导航星”全球定位系统的组成为三大部分：空间、

控制和用户。

空间部分包括 18 颗卫星，它似 18 个“勇士”，在大空充当“向导”。它们均匀分布在六个轨道平面上，轨道倾角为 53 度，轨道高约两万公里，周期 12 小时，保证任何用户最低能连续看到四颗卫星。这就是，任何时候太空都有 18 个“勇士”中的四位以上，可以为潜艇、船只或地面车辆等充当“向导”。

“导航星”的每颗星重，I 型约 460 公斤，11 型卫星比 1 型卫星约大 $\frac{1}{3}$ ，重为 787 公斤，以 1575 兆赫和 1228 兆赫频率向地球发送信号。

控制部分由一个主控站、一个数据传输站和四个监控站组成，主要任务是跟踪并保证卫星导航数据准确无误。

用户设备主要由天线、接收机、数据处理装置和显示装置等组成。接收机接收四颗卫星发送的导航信号，数据处理装置对数据进行处理，以获得用户所在三维位置（空间位置）、速度和时间数据，并可以换成用户所需地理坐标系或其他坐标系表示的位置数据，在显示装置上显示。

“导航星”全球定位系统取代了目前使用的许多无线电导航系统。它的应用，解决了战争中最大问题之一——精确的定位问题。它精确的定位数据能使武器提高击中目标的能力，使部队大大提高作战效率，原因是三维定位精度可达 16 米，三维速度精度高于 100 毫米/秒，时间精度可达 100 纳秒。

“导航星”系统具有全球、全天候、连续、实时定位、精度高、抗干扰性强、不需要在国外设站、用户不需发射无线电信号、使用简单、不限制用户等优点，因

此应用极其广泛，适于航空、航海、航天领域的飞行器和舰船，以及地面各种车辆和部队等，也非常适用于陆、海、空各军种作战需要，如“导航星”系统与武器系统相结合，会大大改善侦察敌情。目标定位、部队行军、弹药投放及联合军事行动等军事活动的效果。

“导航星”全球定位系统在军事上更是大显身手。它能为地面车辆、军事人员充当“向导”，也能为航空、航海、航天等范围内的飞机、舰艇、卫星、航天飞机等进行导航和定位。它不仅给出飞机等每时每刻的地理坐标，而且还给出飞机等的飞行高度和速度。飞行万里的洲际导弹也可能借助“导航星”进行制导，以提高命中目标的精度。显然，“导航星”将进一步提高巡航导弹和类似武器的制导精度，遥控飞机也将受益匪浅。它将更广泛地应用于投弹和武器发射、照相侦察、照相制图和大地测量、飞机着陆导航、空中交会、加油、空投和空运、航空交通控制和指挥、火炮的定位和射击、靶场试验和测量、反潜战、布雷、扫雷、船只位置保持、搜索和营救工作等。

凡是需要精确定位的部门，都将是导航卫星的服务对象。如美国海军的一艘大型军舰，在能见度很低的情况下，利用“导航星”成功地沿一条仅有 32.2 米宽的航道驶出圣地亚哥港。一架 F-16 飞机，在一次利用“导航星”进行盲目投弹试验中，奇迹般的把炸弹投掷到离目标只有 3~6 米近处。一次直升机利用“导航星”进行夜间飞行，着陆时盲目着陆点距标志点仅差 0.9 米—1.2 米，可见，用“导航星”导航，其效果远远超过普通导航设备。更有趣的是 1980 年 4 月，在美国营救被伊朗扣留人质的行动中，“导航星”成功地把 14 架美国

军用飞机引导到沙漠中的正确位置，而且还引导了夜间飞行的直升机同森林中隐蔽的装甲运输车会合。虽然，营救扣留人质的行动未获成功，“导航星”在行动中充当了好“向导”的重要作用。在1991年的海湾战争中“导航星”系统更是大显身手。

导航卫星

导航卫星是为地面、海洋、空中和太空用户导航定位的人造地球卫星。

自1960年美国发射世界上第一颗导航卫星以来，美国和苏联已发射了数十颗各种类型的导航卫星，其中有低轨道和中高轨道的导航卫星，还有交通管制卫星和搜索营救卫星等。

30多年来，导航卫星系统的用户遍布全球，有效地为各种军用舰艇和民用船只进行导航定位，并广泛用于海洋测量和石油勘探定位以及大地测量和地球重力场研究等许多领域。

那么，导航卫星是怎么发展起来的呢？

说起指南针，人们是很熟悉的。它作为我国古代劳动人民的四大发明之一，不仅帮助我国古代人民远涉重洋同世界各国人民架起了友谊的桥梁，而且对世界文明的发展作出了贡献。指南针的奥秘在哪里呢？原来，所有磁体都具“同极性相斥、异性性相吸”的特性，而地球本身就是一个大磁体，这个大磁体和小磁针由于“同性相斥，异性相吸”，磁针的南极总是指向地球的北极，即指向南方。指南针成了人类导航的工具。根据指南针

的原理做成的船舶导航仪器就叫罗盘(磁罗盘)。把一根磁棒用支架水平支撑起来,上面固定着一个从0度到360度的刻盘,再用一航向标线代表船舶的纵轴,这就是一个简单的磁罗盘。刻度盘上的零度与航向标线之间的夹角叫作航向角,表示船舶以地磁极为基准的方向。这样,在茫茫大海中航行的船舶,可根据夹角的大小判断出航行的方向。

但是,由于地磁场分布不均,常使磁罗盘产生较大的误差。

20世纪初无线电技术的兴起,给导航技术带来了根本性的变革。人们开始采用无线电导航仪代替古老的磁罗盘。由于无线电波不受天气好坏的影响,它在白天夜里都可以传播,所以信号的收、发可以全天候。用无线电导航的作用距离可达几千公里,并且精度比磁罗盘高,因此被广泛使用。但是,无线电波在大气中传播几千公里过程中,受电离层折射和地球表面反射的干扰较大,所以,它的精度还不是很理想。

当今,每天都有数以百计的船舶航行在茫茫的海洋里。不幸的是全世界大型轮船中,每年都有几百艘在海上遇险。其中有半数事故是由于航行原因造成的,使世界商船队里每年都有几十艘船沉没!

最常见的一种事故就是搁浅。它在沉没的船只中,所占比例比较大。例如,从1969年至1973年间,由于搁浅造成了4000艘船的不幸,其中218艘船已完全报废。另一种航海事故是碰撞,特别是海岸附近、窄水道区和港口通道上,更容易发生,当然,这与船只不断增加也有关。例如,通过英吉利海峡的舰船,一昼夜就有400~500艘,由于昼夜或浓雾中航行,船只碰撞的危险

时刻存在，难怪海员们说这里是危险的航道。

虽然航海技术和设备在不断完善，但仍不能满足今天的要求。现在航道上出现的差错，不仅给船只和乘员带来巨大的危险，而且常常给周围环境、海洋中的动物世界带来巨大的危害。从超级油轮上流出的石油，有时把沿海几公里的水面都给盖住了，并引起几千种海洋动物和鸟类的死亡……

正因为如此，人们请求卫星来帮忙。1958年初，美国科学家在跟踪第一颗人造地球卫星时，无意中发现收到的无线电信号有多普勒效应，即卫星飞近地面接收机时，收到的无线电信号频率逐渐升高；卫星远离后，频率就变低。这一有趣的发现，揭开了人类利用人造地球卫星进行导航定位的新纪元。卫星定位导航，是由地面物体通过无线电信号沟通自己与卫星之间的距离，再用距离变化率计算出自己在地球或空间的位置，进而确定自己的航向。

这种设在天上的无线电导航台，就是现在的导航卫星，也可以说是当今的“罗盘”。目前已有不少国家利用人造地球卫星导航。这种导航方法的优点主要是：可以为全球船舶、飞机等指明方向，导航范围遍及世界各个角落；可全天候导航，在任何恶劣的气象条件下，昼夜均可利用卫星导航系统为船舶指明航向；导航精度远比磁罗盘高，误差只有几十米；操作自动化程度高，不必使用任何地图即可直接读出经、纬度；导航设备小，很适宜在舰船上安装使用。于是，卫星导航系统应运而生了。

“子午仪”导航卫星

早在 1959 年，美国开始发射名叫“子午仪”的导航卫星。第一颗导航卫星没有发射成功，1960 年，两颗试验型导航卫星被送上太空。1963 年 12 月，第一颗实用“子午仪”导航卫星真正高挂大空。1964 年 6 月，“子午仪”导航卫星系统开始为携带 10 余枚潜地导弹的“北极星”导弹核潜艇精确地定位，为潜地导弹准确地命中目标服务。1967 年，这个导航卫星系统组成网并允许为民用船只使用，为航行在一望无际的大洋中的船舶指明方向。

“子午仪”导航卫星系统又称海军导航系统，属美国低轨道导航卫星系列。卫星运行在高度约 1100 公里的近圆极轨道，目的是为了减少多普勒效应减弱。它们在轨道面上均匀分布组成围绕地球的空间导航网，六颗卫星在轨道上的配置似鸟笼形状。它可为全球任何地方的水下潜艇、水面船只、地面车辆和空中飞机等用户服务，用户每隔 1.5 小时左右就可以接收每颗卫星以 150 兆赫与 400 兆赫频率连续播送的无线电信号。地球上的用户根据发送的信号，便可以确切地知道卫星在太空轨道上的位置。

地球上各用户仔细地记录无线电信号中的多普勒频移，这就好像日常生活中，使用收音机收听电台的广播节目一样。人们根据多普勒效应，用计算机就能确定出地球上运动体（如潜艇等）所在的位置。这样，即使潜艇在浩瀚的海洋水下航行，时时刻刻都能知道自己在何

处，在大海深处航行数月也不会迷失方向。

地球上的用户，利用“子午仪”导航卫星发送的无线电信号来确定自己所在的位置，一颗卫星的定位精度在 20~50 米。如果在一天内把数颗卫星飞越 30 多次的数据都收集起来，然后进行平均计算，可以把定位误差减小到最小，这样就可以把定位精度提高到几米。

对于固定不动的地面台站，采用卫星多次飞越的数据来提高定位精度，显然是一个很好的办法。但是对于航行在水中的潜艇、水面的船舶，它们的导航接收机安在活动的艇、船上，还必须精确地知道它们航行的速度，否则，定位精度将会大大降低。对于翱翔在空中的飞机，由于在两次导航定位的时间间隔内，飞行距离可达 1000 公里以上，显然，不能用“子午仪”导航卫星来进行导航，而需要研制更先进的导航卫星系统。

“子午仪”导航卫星系统包括哪些部分？

由三大部分组成：发送导航信息的卫星，它高挂太空；对卫星进行连续跟踪和控制的网，它分布于全球；接收卫星发送的信号和进行导航计算的用户设备，它设置在地面、水面、水下或空中。卫星主体是八棱柱体，高 25.4 厘米，宽 45.7 厘米，有一根长 22.86 米的稳定杆，从柱体的顶部伸出，杆子末端带有一个重约 1.36 公斤的质量块。四块短形太阳能电池帆板从棱柱体侧面伸出，形成十字形，帆板长 167.6 厘米，宽 25.4 厘米。

“子午仪”导航卫星携带的主要设备有：两台指令接收机。两台石英晶体振荡器和两台多普勒发射机等。卫星接收地面站发送来的未来 12~16 小时的卫星轨道参数和指令，并存入卫星的数字存贮器内，然后，每隔两分钟，卫星就播发一次轨道参数和时间信号，供地球

上用户使用。

地面跟踪和控制网负责连续跟踪“子午仪”卫星，计算和预报卫星运行轨道，并不断向卫星输送新的轨道参数。它包括跟踪站、计算中心、控制中心、注入站和授时站等，其中跟踪站负责测定并预报未来 16 小时内卫星的轨道参数，编制与火车时刻表类似的卫星运行时刻表(星历表)；控制中心负责将卫星的各种数据送至跟踪和控制网中各台站；注入站的任务比较简单，它根据星历表每隔 12~16 小时，用超高频时间信号对卫星上的石英钟进行一次校准，精度在 50 微秒之内。

“子午仪”导航卫星的用户约一万户，其中军事用户占 60%~70%。

“子午仪”导航卫星系统虽然不十分完善，但初步解决了军事用户的要求。它似“灯塔”，挂在太空，繁忙地为美国核潜艇和水面舰艇指示方向，为西欧南美洲等国的各种远洋船舶导航及海上定位，也为海上石油勘探定位以及陆地测绘，特别是山区和森林地区测绘服务。

苏联在 1973 年 5 月首次宣布发射成功的“宇宙”1000 号卫星，是一颗新导航卫星，为全球导航服务。从 1970 年以来，苏联不断地发射导航卫星，并建立了类似“子午仪”的导航卫星系统，为苏联潜艇、船只及车辆等导航服务。

“陆地卫星”1 号

从 1962 年起，人们开始研究航天遥感技术，并逐步应用遥感技术来研究地球资源，遥感技术的发展为从太

空观测地球资源奠定了技术基础。1966年,美国提出了“地球资源观测卫星计划”,研究遥感技术和太空观测在地球资源勘测中,对哪些领域有用以及如何利用等问题。1967年,美国地质调查所提出卫星携带电视摄像机,沿太阳同步轨道飞行,对地球进行重复观测的建议。这建议后来被美国国家航空和航大局采纳了。

这样,经过几年的酝酿和研究,逐步形成了地球资源卫星的设想。

1972年7月23日,美国发射了世界上第一颗地球资源卫星,后改名为“陆地卫星”1号。1975年1月22日,美国又发射了第二颗卫星。这样,两颗地球资源卫星在太空运行,不断地收集着世界各地的自然资源信息。由于地球资源卫星每隔18天可将地球全部拍摄一遍,而第二颗卫星发射时使它与第一颗在相位上相差180度,这样,两颗卫星一起重复观测同一地区的时间就缩短为9天。

“陆地卫星”采用近极地圆形太阳同步轨道,能使卫星的轨道面每天顺着地球自转的方向转动一度,这与地球绕太阳公转的速度(0.9856 度/天,约每天一度)恰好相等。这样,既使得卫星对地球任何地点都能观测,又保证了卫星在同一时刻飞临某个地区,从而实现了定期勘测的目的。

“陆地卫星”携带的仪器,主要有:多光谱扫描仪、反波束光导管摄像机、宽频磁带记录仪和一套数据收集和转发系统等。多光谱扫描仪和反波束光导管摄像机都属于多光谱遥感器。它们同时拍摄卫星正下方的地面图像,每次拍摄的面积长宽各为185公里的正方形,相当于我国海南岛的面积,每天拍摄照片上千张。这些照片

变成电信号后发送给地面接收站或贮存在宽频带记录仪里，待卫星飞临地面站上空时，再将图像信息发送给地面。卫星上还装有姿态控制系统，经常校正卫星飞行姿态，保证遥感器对准地面勘测目标，也保证太阳能电池有充足的日照条件。

1978年6月，美国发射了第一颗海洋资源卫星——“海洋卫星”1号。可惜工作105天后，由于卫星故障而失灵。卫星上有五种主要遥感仪器：一台L波段合成孔径雷达，它是第一台空间对地遥感的成像雷达，观测带宽为100公里，分辨率为50米，可在各种天气条件下观测海水特征、海水漂移、水陆界面、海水波浪，寻找鱼群，测绘航路；一台雷达高度计，用来测量海浪、海涌的高度及海面的粗糙度；一台微小组散射计，用以测量海面风的方向和速度；一台微波辐射计，用以测定海面温度、海水分布及海面；一台可见光和红外扫描辐射计，用以拍摄海洋照片，帮助人们识别海洋、暴风雨、海水、岛屿等。

占全球总面积71%的海洋，是一个尚待开发的巨大宝库。利用海洋资源卫星观测海洋，可以提供整个海洋状况，包括海洋深度、海洋温度、海洋流、冰山、潮汐、海啸、海洋生物。海洋污染、风、雨和雾等海洋资料，还可以提供河口、港湾的冲积物及其沉积过程。日本利用卫星照片绘制了世界海岸线图。美国利用“海洋卫星”1号拍摄的照片，绘制出一幅世界三大洋的海底地形图，为人类发展海洋航运、全国开发海洋提供了方便。海洋资源卫星还可帮助人们勘测海洋冰情、海洋流以及作流冰警报，为舰船标绘安全而经济的航线。

“海洋卫星”与“雨云”7号气象卫星的高度相互

重叠，彼此补充，增加了海洋环境的观测种类和观测时间，可以获得更多的海洋资源信息。

地球资源卫星发射以后，证明它在勘查、监视和管理地球资源方面是一个很有效的工具。它在地质构造、探矿、地震。森林清查、土地利用、城市规划、农作物产量监视、海洋研究以及环境污染监测方面，发挥了较大的作用。

目前，除美国建立了地球资源卫星地面接收站和地球资源数据中心外，苏联也发射了数颗地球资源卫星。此外，中国、法国、日本、德国、欧洲空间局、荷兰、加拿大、澳大利亚等国家和组织，也在研制地球资源卫星，其中一些国家已建立了地球资源卫星地面接收站，以直接接收卫星图像。

我国已发射了 10 多颗遥感卫星。它们为国土普查、地面环境、地质矿产资源等提供了精细准确的照片。这些照片为我国提供了大量的地球资源信息，同时对我国的地貌、第四纪地质、新构造运动、水文地质等有详细的反映，在工程地质、水文地质、环境地质、城市建设、大型工程建设、生态环境、地质灾害、环境污染等方面也提供了宝贵的资料，而且为开展陆地水文、流域规划、水利效益、水资源等预测和调查提供了新依据，也为研究土地利用，农林植被分布，规划草原及畜牧业、水面及养殖业等提供了科学依据。

目前，我国正与巴西共同研制地球资源卫星，为开发地球资源作出了新的贡献。

反卫星卫星

1975年，苏联进行了一次损坏或摧毁太空（外层空间）运行卫星的武器试验，试图有朝一日，能将太空对手消灭掉。几个星期后，苏联又进行了另一次试验。一颗卫星从苏联哈萨克斯但的丘拉坦基地发射，进入轨道后就追赶另一个在太空运行着的苏联卫星。经过一阵追逐之后，后发射的卫星靠近并“停”下来观察它的“猎物”，然后，离开一定距离，自身爆炸。这次不动声色的演习说明，“猎者”可以根据地面指令来“获取”它的“猎物”。

类似这样的试验，苏联进行了几十次，而美国，也在进行研究和试验。这些试验中的“猎者”就是被人们称为太空“歼击机”的截击卫星。

众所周知，在现代战争中，要想掌握战争主动权，必须设法发挥自己卫星的“千里眼”和“顺风耳”的作用；同时，为了使敌人处于被动挨打的地位，又要想方设法使对方成为“瞎子”和“聋子”。因此，敌对双方都千方百计设法消灭对方的军用卫星，保护自己，这样，就促使反卫星武器的发展。太空“歼击机”——截击卫星（反卫星卫星）就是消灭“敌人”的有效太空武器之一。

一物降一物。对于活跃在太空的“间谍”，敌对国不会袖手旁观，必然寻找反“间谍”的对策，从而促使反卫星武器的发展。如今不论太空“间谍”如何诡计多端，也难逃出反卫星武器之“手”，这是矛与盾发展的必然。

1980年4月18日,在苏联领土上空,苏联的“宇宙”1174号卫星,以仅8公里之差的距离,超过了两个星期前发射的“宇宙”1171号卫星。这两颗卫星在浩瀚太空几乎碰撞了,这是怎么一回事呢?原来“宇宙”1174号卫星是苏联的截击卫星,而半个月前发射的“宇宙”1171号,则是苏联的特制靶星。由于制导系统的一点点错误,致使这次撞击没有完全成功。在几百公里的太空,这两个“宇宙”号卫星的轨道之差不应该是8公里,而只能是几百米甚至是几十米。这是苏联从1968年以来的第17次截击卫星摧毁目标(靶星)的试验。实际上,苏联一直进行截击卫星试验,仅1968年10月和1970年10月,就进行了四次截击卫星的试验。

1968年10月19日,苏联从列宁格勒附近的普列谢茨克基地发射了作为目标的“宇宙”248号卫星,次日从中亚的丘拉坦基地发射了截击卫星“宇宙”249号,进入一个椭圆轨道。而后,由地面出无线电控制指令,“宇宙”249号开始作轨道机动,去接近“宇宙”248号,要求“宇宙”249号接近到248号100米至200米内。然后,249号又自动离开248号。在适当距离时,它的战斗部爆炸,而由“宇宙”248号上的各种仪器记录和拍摄战斗部爆炸的试验结果。据报道,“宇宙”249号爆炸后,分裂成25块碎片。11月1日苏联又发射了截击卫星接近“宇宙”252号,试验情况与“宇宙”249号类似。

两年之后,苏联又进行了截击卫星的试验,1970年10月20日发射了作为目标的“宇宙”373号卫星,10月23日发射了截击卫星“宇宙”374号。374号入轨后第二圈,开始机动变轨去接近373号。这次试验与上次

不同的是,在 373 号上装有类似“空对空”的无控火箭武器,当 374 号接近到一定距离时,从 373 号发射火箭武器,摧毁“宇宙”374 号。

这几次试验都是在同一轨道面内进行轨道机动,去接近目标的。这种截击卫星在同一个平面内所完成的机动,称为共面机动。当然,这种情况在实战中是少有的。

试验中使用的是常规武器,而不是核武器。把武器放在目标卫星上,可以使一个截击卫星多次进行拦截试验。

从 1971 年起,苏联对反卫星武器开始了第二阶段的试验,采用了追逐方法,去接近目标、击毁目标。

1971 年 2 月 9 日,苏联发射了目标——电子监听卫星“宇宙”394 号(它既担负电子监听使命,又当作被攻击的目标),半个月之后,又发射了截击卫星“宇宙”397 号。尔后,根据地面指挥控制中心发出的指令,“宇宙”397 号开始机动变轨,去接近“宇宙”394 号。机动变轨除轨道高度变化外,还不断地改变轨道倾角,从初始的 62 度变化至 65.8 度,进入“宇宙”394 号的轨道面,并与之相遇,这时,从“宇宙”397 号发射火箭武器,摧毁了“宇宙”394 号。这可以说是苏联反卫星武器的首次综合性的试验。

3 月 19 日苏联又发射了目标——电子监听卫星“宇宙”400 号,4 月 1 日发射了截击卫星“宇宙”402 号,它进入了一条较低的椭圆轨道。然后,“宇宙”402 号向上作轨道机动,进入了一条与“宇宙”400 号很相近的近圆轨道。4 月 9 日苏联又发射了截击卫星“宇宙”404 号,入轨后向上作机动,去接近“宇宙”400 号,最终

进入了一条与“宇宙”400号很相近的轨道。不久，进行战斗部试验，“宇宙”402号被分裂成许多碎片。

12月初，苏联又进行了另一次综合性的拦截试验。

这四次试验表明，苏联试图使“间谍”卫星具有保卫自己和摧毁敌方空间目标的能力。

试验中，进行轨道的空间机动，即改变轨道的高度，也作轨道倾角的改变。这种综合机动，首先是改变轨道平面，然后接着机动到目标的轨道上。轨道倾角变化在5—10度范围内，表明苏联截击卫星具有较大的轨道机动能力，而且试验中采用由一个截击卫星完成

返回式卫星

通常，卫星发射入轨之后，就在太空执行任务，并不需要返回地面。如通信、导航。气象卫星都是如此。但是有的卫星却需要回到地面，如侦察卫星获得的情报。科学实验卫星携带的实验品等。这就是返回式卫星。研制返回式卫星是卫星发展史上的一个重要突破。

使卫星顺利从太空返回需要解决一系列复杂的技术难题。这些问题主要包括卫星的调姿、制动、防热、软着陆、标位及寻找等等。

首先，卫星返回之前先要调整飞行状态，即脱离原来的运行轨道。卫星脱离原有轨道的速度叫做再入速度。再入速度与地平线所形成的俯角称为再入角。卫星重返大地对再入角的要求十分严格，一般须在3~5度。因为如果太大，卫星将会陡直地进入大气层，会引起较大的空气阻力和磨擦加热；如果太小，则卫星将仍在原轨道

上运行，再入速度与再入角都靠一支小型助推火箭来控制。火箭的点火时间、推力方向、推力大小与时间长短都会影响到再入速度和再入角的准确度。这就要求有灵敏而可靠的火箭制动（反推）发动机。

其次，卫星在降落过程中，要磨擦生热。尤其是当它降到离地面 60—70 千米时，与大气层磨擦产生大量的热能，使其表面发生燃烧。为此，必须采用适当的防热设施，来保证回收舱在再入大气层时能够维持内部的正常温度。这就需要有特殊的耐高温材料。

再次，卫星返回地面需要很长的运行区间，必须不间断地对卫星进行精确测量和全程跟踪，并根据实测轨道参数对卫星的程序控制数据进行必要的控制和管理，为此就要建立更大范围、更多功能的地面测控网。

最后，卫星降落到离地 10~20 千米时，尽管速度已经大大减小，但仍然有 200 米/秒左右。如果以这样的速度撞击地面，卫星必然粉身碎骨。因此，必须使用减速伞来再次降低速度。通常先要打开一顶较小的副伞，初步减速；当卫星降落到离地面只有 5 千米的高度时，再打开主伞，使卫星速度小于 10 米/秒。降落伞的打开必须非常准时，否则卫星就不能够安全着陆。

除此之外，卫星降落后，还必须能够准确标示出自己的位置，以便于地面人员寻找。标位方法一般有两种：一是在卫星上安装信标机，在离地面 20~30 千米时发出无线电信号，地面收到信号后测定卫星的方位和距离；二是在卫星上安装灯光信标，在着陆时发出强烈的闪光，以引起搜索人员的注意。当地面人员利用这些标位信号发现卫星后，即根据卫星所处的位置，分别采取陆上、海上和空中回收等方式将卫星回收。

返回式卫星主要有三个用途。一是作为观测地球的空间平台。返回式卫星所获取的各种对地观测信息资料,可以带回地面进行分析处理和详细研究。二是作为微重力试验平台。利用微重力条件,在空间进行各种科学实验,生产和制造地面难以获得的材料和物品。三是作为发展载人航天技术的先导。因为宇航员必须采取与返回式卫星相似的方法返回地面,只有掌握了卫星返回技术,才能为载人航天打下基础。因此,返回式卫星在世界各类航天器中占有重要地位。目前,全世界只有美国、俄罗斯和中国掌握了卫星回收技术。

纳米卫星

近年来,由于军用卫星向大型化、多功能发展,随之带来的风险也不断增加。在军事领域,由于卫星的功能越来越强,其独特的优越性已越来越明显,在侦察、监视、导航、预警和 C4I 等系统中,军用卫星起着举足轻重的作用,已成为各主要军事强国战争体系的有机组成部分。然而现代军用卫星体积越造越大,功能越造越复杂,随之也带来了许多问题。

一是要承受经济损失的风险。由于体积的增大,重量增加,成本提高,对卫星的发射技术要求高,一旦发射失败,就会造成难以估量的经济损失。

二是要承受功能丧失的风险。一方面,由于功能高度集中;反而增加了卫星的脆弱性,只要其中某一部件或某一分系统损坏,就会影响整个卫星功能的发挥。另一方面,随着各种反卫星武器系统的出现,军用卫星遭

受攻击的可能性越来越大。功能高度集中的卫星，一旦遭受攻击，将很可能丧失全部功能。如 1981 年用高能激光器，使美国一颗军用卫星中的照相、红外电子设备完全失效。1997 年 10 月 17 日，美国也进行了激光打卫星试验。为此，军事部门已将目光投向了小型卫星、微型卫星。

纳米技术的发展为卫星小型化、微型化提供了技术基础。

人们在改造自然的进程中，已经从物质的毫米—微米层次进入到分子—原子的纳米层次，纳米技术也应运而生。纳米技术的基本特征是以精确完美的控制和准确入微的离散方式，快速排布分子或原子结构，按照人的意向操纵原子、分子或原子团、分子团，制造出具有特定功能的微型设备，从而使物质加工处理技术提高到前所未有的水平。

将纳米技术、新材料技术应用于军用卫星领域，就可以使机电系统微型化，实现新一代军用卫星袖珍化。若超导技能取得重大的突破，将进一步推动卫星向小型化、微型化方向发展。

设计思想上的突破，为纳米卫星的提出奠定了理论基础。

一般来说，小卫星重 10~500 公斤，微型卫星的重量比小卫星低了一个数量级，重 100 克~10 公斤。但无论是小卫星还是微型卫星，其设计思想均未脱离传统卫星设计“一体式”结构的思路，即自身具有某种完整的实用功能，而在现有的技术条件下，一体式结构的卫星，重量很难进一步减轻。若要使微型卫星进一步减轻重量，需要从设计思想上来一个根本性的变革，用一种前所未

有的方法来设计卫星，即采用“分散的星座式”结构。采取这种设计的卫星，重量可以降到 100 克以下。这也就为纳米卫星提供了理论基础。

因此，美国于 1993 年首次提出纳米卫星的概念。

纳米卫星采用 MRMS（微型机电一体化系统）中的多重集成技术，利用大规模集成电路的设计思想和制造工艺，不仅把机械部件像电子电路一样集成起来，而且把传感器、执行器、微处理器以及其他电学和光学系统都集成于一个极小的几何空间内，形成机电一体化的、具有特定功能的卫星部件或分系统，使装置轻小、坚固，可靠性提高，从而出现更多优势：一是卫星具有可重组性；二是分布式的星座结构，可以大大提高卫星的生存能力；三是纳米卫星重量轻，可不使用大型运载工具进行发射，其成本可比一般卫星大大降低；四是分布式的星座结构，可以多次发射；五是纳米卫星的研制将不再需要大型的实验设施和高跨度厂房，而可以在大学、研究所的实验室里进行，给研制工作带来了极大的方便，也降低了研制费用。

纳米卫星虽然有非常诱人的前景和优势，但纳米卫星目前还停留在概念阶段，要想变成现实，还需解决一些技术问题：

发展纳米卫星的第一步，是利用其核心技术——MEMs 使现有卫星分系统和部件微型化，研制有较强功能的微型卫星，然后再发展分布式的空间系统结构关键技术，最终实现超小型的纳米卫星。若在太阳同步轨道的 18 个等间隔的轨道面上，各自等间隔地布置 36 颗功能不同的纳米卫星（共 648 颗），就可保证在任何时刻、对地球上任何一点都能进行连续覆盖与监视，相当于三

颗地球同步观测卫星的功能。若在太空的不同轨道上设置 1000 颗具有低功率（一瓦）发射机/接收机的纳米卫星，可构成一个相控阵雷达系统，能产生有很强方向性的一千瓦射频或微波波束。

从目前的发展来看，采用 MEMS 技术使航天器制导、导航、控制系统小型化的工作已初露端倪。

纳米卫星的应用前景非常广阔，但要真正变成现实还有很长的路要走。

气象卫星

迄今，世界各国发射近 200 颗气象卫星，约占世界发射总航天器的 50%。这些气象卫星是何时入轨的呢？

“泰罗斯”号气象卫星是美国发射的第一个试验气象卫星系列。从 1960 年至 1965 年间，共发射了 10 颗，除最后两颗为太阳同步轨道外，其余的轨道倾斜角为 48 度和 58 度。“泰罗斯”为美国提供了大量气象资料，也为以后发射气象卫星提供了宝贵经验。美中不足的是云图的分辨率不高，实时性也不理想。因此美国研制了更先进的气象卫星——“艾萨”号。

“艾萨”号是第一代太阳同步轨道气象业务应用卫星，从 1966 年至 1969 年，先后发射了九颗，轨道倾角约 102 度，轨道高度约 1400 公里，云图的星下点分辨率为 4 公里。

也许有人要问，太阳同步轨道是什么轨道呢？

在生活中，常见与太阳同步现象，如我们种植的向日葵就与太阳同步。太阳同步顾名思义，即卫星总是对

着太阳。如果卫星的轨道平面绕地区自转轴旋转的方向与地球公转的方向相同,卫星轨道平面旋转角速度等于地球公转的平均角速度(即 360 度/年或 0.9856 度/天)时。这种卫星轨道,就是太阳同步轨道。显然在太阳同步轨道上运行的卫星,以相同方向经过同一纬度时,当地时间是相同的,例如,卫星由南向北(上升段)经过北纬 40° 上空是当地时间早晨 8 点,以后(上升段)经过北纬 40 度都是当地时间早晨 8 点。

美国第三代太阳同步轨道气象系列是“泰罗斯 N/诺阿”卫星。它与地球静止环境业务卫星等系列配合默契,共同组成太空“巡逻兵”,严密监视全球天气变化。这个系列的第一颗卫星是 1978 年 10 月 13 日发射的,卫星在太空工作了 28 个月。以后每年发射一颗,共发射了八颗。

“泰罗斯 N/诺阿”卫星,长 3.7 米,直径 1.9 米,发射重量约 1.4 吨,轨道倾角 98.6°,高度约 850 公里,轨道形状近似圆形,周期 102 分钟。在太空两颗卫星同时观测,但彼此相隔 90 度。卫星携带的气象观测仪器主要有:高分辨率扫描辐射计和垂直探测器。它拍摄的云图等资料可以实时地传输给地面,在卫星飞经地面接收站时,再传输给地面。1982 年英阿马岛战争中,美国向英国提供大量气象图资料,就是由这类卫星获得的。现在,世界上 120 多个国家约有 1000 个自动云图接收站、80 多个高分辨率云图接收站,每天都在接收这类气象卫星的云图。

太空“巡逻兵”的另一个成员是地球静止环境业务卫星。它是美国第一代地球静止轨道气象卫星,第一颗是 1957 年 10 月 16 日发射的。卫星外形是一个圆柱体,

高 2.6 米,直径 1.9 米,重 294 公斤;工作寿命 3 年。卫星携带的气象遥感器是可见光和红外扫描辐射计,星下点分辨率:可见光为 900 米,红外为 8 公里。它拍摄的云图一帧有 1280 条扫描线,对连续观测四帧以上的云图进行数据处理,可获得风速和风向,风速的精度约 3 米/秒。卫星观测的原始云图数据可及时传送到地面,经数据处理后,再通过卫星每隔 3 小时向各地广播一次适用的云图资料,各地接收后便可以进行气象预报。这类卫星还携带数据收集系统,可以收集一万个地面气象站、海洋自动浮标和无人看守的自动气象站所获处的温度、压力、湿度等环境资料。它每半小时提供一张云图每天由计算机处理出 1200 个以上风速和风向数据,广播 400 多种传真气象图。在美国除海洋大气局外,还有 200 多个用户接收它的云图。它还为世界服务,从西起澳大利亚,东至西欧和非洲,有 1200 多个站接收它的资料。

美国接连不断向太空发射气象卫星,苏联也不示弱。苏联从 1963 年起开始研制气象卫星,起初,苏联只是利用一些“宇宙”号(先后发射了 16 颗)进行气象观测,并且让两颗卫星分别运行在两个相互垂直的轨道平面上。

1969 年,苏联首次发射了“流星”I 型气象卫星,采用太阳同步轨道,通常保持 2~3 颗卫星运行在相互垂直的轨道平面上。这样就可以提供全球气象资料。后来这类卫星由“流星”2 型卫星系列所取代。“流星”2 型卫星系列是获得全球覆盖的卫星系列,迄今已发射八颗。

“流星”2 型卫星的运行轨道为近似圆形的近极轨道,高 890 公里,轨道倾角 81.2 度,周期 102.5 分钟,并总有两颗卫星同时在轨道上工作,卫星星体呈圆形,

高 5 米，直径 1.5 米，重约 2.75 吨，有两个太阳能电池翼板。“流星”2 型气象卫星每天两次探测全球有关云层分布、雪和冰层覆盖、星下点地面的辐射温度、云顶高度等数据；进行大气层温度垂直分布的测量，观测贯穿地球大气层的太阳辐射通量；将数据分配给苏联及其他国家的 60 个自动图像传输终端。可见“流星”H 型气象卫星担负的任务也很繁重。

气象卫星并不是美苏独有，其他国家也纷纷研制，日本发射了两颗地球静止气象卫星，欧洲；空间局发射了两颗地球静止轨道气象业务卫星，印度也发射了通信广播和气象多用途卫星。我国已发射的卫星中，一些科学实验卫星也带有气象观测仪器。

1988 年 9 月 7 日，我国自己的气象卫星——“风云”1 号进入太空，为预报气象而巡逻在太空。

目前，气象卫星已每天为我们服务了。例如每天的电视节目中，在天气预报时都展现一幅彩色卫星云图照片。它是我国“风云

生物试验卫星

在人类进入太空之前，狗、猴子和老鼠等动物曾在太空饱尝了各种“滋味”。它们是人类在太空旅游的先驱者。苏联的小狗莱依卡就是世界上第一只真正在太空绕地球轨道飞行的动物。它为苏联航天员加加林的太空飞行铺平了道路。

人们可以这样说，没有动物的先驱飞行，就没有今天的载人航天活动。那么，猴子、狗和老鼠在航天活动

中起什么作用呢？

1957年11月3日，苏联发射了第一颗载狗莱依卡的人造地球卫星，首先把小狗送上太空。这次试验，为人类登天开辟了通路。这颗卫星就是世界上第一颗生物卫星。

第二次世界大战结束后，美国和苏联就开始了太空生物学试验。1946年，美国空军的科学家用V—2火箭将一只猴子发射到60公里的高度，通过遥测设备记录了猴子在飞行中的心电、呼吸和血压等的变化，分析了失重对动物的影响。这只猴子取名叫埃伯特。它是第一只飞得最高的灵长类动物。由于当时人们尚未掌握回收技术，这只猴子为人类探索首次奉献了生命。

美国在进行太空载人飞行之前，如1961年，也先后两次把两只黑猩猩送入太空旅行，为美国第一次载人航天探路。

从1949年起，苏联先后进行过40次生物火箭试验，其中包括狗、老鼠和猴子等动物。1957年后，苏联又发射了九颗带有生物的卫星。

为什么要发射生物卫星呢？

生物卫星是一种专用于在空间进行生命科学实验的人造地球卫星。它相当于一个太空生物实验室，可研究失重、超重和其他各种空间飞行环境对生物生长、发育、代谢、遗传等方面的影响和防护措施，揭示在地面条件下发现不了的生物学问题，是研究太空生命科学的重要工具。

在生物卫星上进行科学实验，有许多特殊的优点和有利条件，是载人飞船和航天站所不能取代的，因此，它是进行太空生命科学研究必不可少的工具。

生物卫星主要由服务舱和返回舱等两部分组成。返回舱是卫星的主体，是返回地面的部分，内装各种实验生物（如狗、猴子、老鼠等）、记录仪器、制动火箭（减速火箭）和回收系统。

服务舱是卫星与运载火箭的接合部分，内装有卫星的姿态控制系统、电源系统和其他保证卫星正常工作的设备。

生物卫星上的试验生物是多种多样的，主要是狗、猴子。猩猩和大、小白鼠，此外，有些生物卫星也有细菌、植物、种子、爬行类动物、昆虫、蛙、蝇、兔、鱼类和其他哺乳动物等。

小卫星

在众多卫星中，还有一种廉价卫星——小卫星（轻卫星）引人注目。

小卫星非常小，一般在 50 ~ 450 公斤，内装的是可买到的商店零售电子元件，而非特别昂贵的电子设备。它不仅成本低，而且能很快装备出来。制造小卫星，一般只需半年就可发射升空了。

小卫星的最大优点是易于发射。如果将火箭在 B-52 轰炸机高速飞行的高空上发射，那么发射的时间、地点具有极大的灵活性，而且从空中发射，加上机翼给予的升力，意味着它能比类似大小但从地面发射的火箭，多携带 30% 的负载。

小卫星，尽管无法取代中继电话及电视节目的大型通信卫星，但其潜在应用很多。如将信息发给飞经上空

的小卫星，小卫星作轨道邮局，存贮信息，到它飞经目标时再将信息发回地面。极地轨道小卫星每天至少飞经地球各点两次。它绕轨道一周约需 90 分钟，在此其间地球旋转 20 度，因此信息在几小时内就能从地球上一点转到另一点。而且极地轨道小卫星比地球同步通信卫星离地面近得多，因此，它把信息发回地面只需较小的功率，且接收信息的设备（一台计算机、一台无线电接收机和天线）可装入公文包里。

小卫星，还能进行遥感。现代电子摄像机小巧可靠，足可装到小卫星上，而且拍出来的照片和气象卫星拍出的一样好。适当装备的小卫星还能够讯问设置于各地的地震、气象和海洋传感器。军事人员对小卫星更感兴趣。大卫星易被作为攻击目标，如用一组小卫星进行同样工作，就很难受到毁坏，替代也容易得多。美国国防部高级研究计划局在小卫星投资了 3500 万美元，意在为军用大型侦察、导航及通信卫星寻找替代物。

近几年来，小卫星技术的发展，给建立全球低轨道卫星移动通信网提供了重要条件，因此，发展全球低轨道卫星移动通信系统的热潮迅速兴起，卫星移动通信已蔚为规模。

“大哥大”话机、BP 机、出租汽车的无线电通信，对我国民众来说已不陌生。这类通信称为地面蜂窝状移动通信。这类通信开始时，尚限制在某些地区，不能在全国和全世界范围内进行。如果将地面蜂窝状移动通信和通信卫星结合起来，就可以实现真正的“全球通”了。从这一概念出发，美国摩托罗拉公司推出“铱”系统计划，即数字化全球个人卫星通信系统。

“铱”系统由 66 颗卫星绕地球运动而组成，因为它

像铯原子核外的电子绕核运动一样,故而得名。其实,铯原子核外的电子数有 77 个。摩托罗拉公司在设计之初是想发射 77 颗卫星的,因而将此计划命名为“铯”。只是后来经过科学家精确计算,只需发射 66 颗卫星,就可覆盖全球各个角落,于是摩托罗拉公司将卫星的实际发射数作了调整,但此时“铯”计划已名声在外,不好更改了,因而给人们增添了一个名不符实的事例。尽管如此,它给人类带来的实际好处,确是实实在在的。

“铯”系统的卫星运行在高 780 公里近圆形极轨道上,由于其距地面近,在同样发射功率下,到达地面时的信号强,因而用户可用手持话机通话。

“铯”系统采用了星间链路新技术,每一颗卫星与其相邻的前后左右四颗卫星之间,可直接交换信息,因而可减少地对地站的依赖。

“铯”系统的 66 颗卫星运行在六条轨道上,每条轨道上平均分布 11 颗卫星。同一轨道上相邻两颗卫星距离 2024 公里,这样,站在地球的任何一个点,都可享受这些卫星的通信服务。

“铯”系统的每颗卫星,重 386 公斤,星体尺寸 2.3 米调 1.2 米,三轴稳定,工作寿命 5 年。卫星本体的六个侧面,每个面都是相控阵天线,能用 48 个波束照射地面,形成 48 个蜂窝区 110 条双工话路,因此总共有 696960 路信道。借助“铯”系统的帮助,用户使用发射功率为 500 毫瓦的手持话机,就可以实现全球移动通信。

“铯”系统的业务用途,除了提供全球数字化话音通信外,还可以用于传真、数据传输。自动报告位置和双向消息传送。全球寻呼等,也为全球军事通信开辟了一条新河。

从 1997 年 5 月头五颗“铱”卫星进入轨道起,至 1998 年 5 月 17 日止,在短短一年零十几天的时间内,铱卫星公司创纪录地完成了“铱”卫星星座的部署工作,为“铱”系统在 1998 年 9 月 23 日正式提供应用奠定了坚实的基础。

“铱”系统的部署共用三种火箭发射了 15 次,其中,美国“德尔它”2 号火箭发射九次,每次五星,共发射 45 颗卫星;俄罗斯“质子”号火箭发射三次,每次七星,共发射 21 颗卫星;中国“长征”2C/SD 号火箭发射三次,每次两星,共发射六颗卫星。至 1998 年 9 月,共有 72 颗“铱”卫星进入了轨道,但可工作的卫星只有 67 颗,有五颗卫星失效。

“铱”系统在 1998 年 9 月作为全世界第一个投入商业应用的卫星全球移动电话系统,成为公众瞩目的中心,但其竞争者也紧随其后,力图在日益发展的卫星移动电话市场中占有一席之地。与之想竞争的卫星移动电话系统还有四个:“全球星”系统、ICO 全球通信公司的系统、“艾科”系统、“伊里普索”系统。加上计划过于庞大,完成期限过长,导致公司不堪重负,2000 年初,“铱”计划被迫中断,公司宣告破产。

预警卫星——太空“哨兵”

预警系统有着机智、敏锐的“眼睛”。它日夜注视着对方洲际导弹发射阵地的动静。万里之外的狡猾“敌人”——导弹的发射,躲不过眼观六路的“哨兵”——预警卫星。

人们面对突然来袭的核导弹，除了迅速钻进防空洞之外，更积极有效的措施是，在导弹飞行途中进行拦截，将它击落。但是拦截导弹说来容易，做起来难。无论是消极躲避还是积极防御，都要争取一个预警的时间，即从发现导弹来袭到导弹命中目标的时间。为了取得较长的预警时间，世界各国都在研究和制造洲际导弹预警系统。

美国为了对付苏联的洲际导弹，早在 60 年代初，就用了 5 年时间建成了“北美弹道导弹预警系统”，配有直径 42 米的巨型天线、作用距离为 4800 公里的超远程雷达。但是，由于地球曲面的阻挡，只有当导弹爬高到 250 公里高空时，雷达才能探测到目标，预警时间仅一刻钟，这对处于一级战备的战略空军和导弹部队，也许还来得及应战，但对全国军队进入临战状态、城市居民疏散隐蔽，显然来不及。

人造卫星上天后不久，人们开始研制导弹预警卫星。60 年代初，美国开始发射预警卫星。这种卫星在人们头顶日夜奔忙，监视着不平静的地球。卫星上配置的红外探测器对导弹喷焰非常敏感。它能在千里之外遥“看”导弹的发射，并把核袭击的危险信息及时发回地面防空中心，可以赢得半小时宝贵的预警时间。

大家知道，一切物体只要温度高于绝对零度（即零下 273 摄氏度），都会辐射肉眼看不见的红外线。当洲际导弹的发动机点火后，由高温气体形成的喷焰将产生强大的红外线辐射。卫星上的红外探测器能在导弹发射后几十秒钟内向地面站报警。不过，早期的预警卫星会把高空云层反射的太阳光当作导弹尾焰的红外辐射，而误认为是一次大规模的核袭击。这样的事情，在美国就发

生过，曾造成一时的混乱。

为了消除虚警，人们在顶警卫星上同时配上高分辨率远视镜头的电视摄像机，当红外探测器探测到导弹喷焰时，立刻控制电视摄像机自动地拍摄目标区域的图像，于是地面站的电视屏上以每秒 1~2 帧的速度，显示出导弹喷焰的运动图像。根据喷焰在不同高度上的不同形状，就可判断是否真有导弹来袭，并可粗略地测出导弹主动段的飞行轨迹。

导弹喷焰辐射的红外线波长，主要在 2.7 微米左右，因此目前卫星上的红外探测器多采用硫化铅探测器阵列。它由约 2000 个单元器件排列而成，最敏感的波长为 2.7 微米。当卫星在 3.6 万公里高的地球同步轨道上运行时，整个红外探测器阵可“看”到地球表面的 40%。

从 1971 年以来，美国部署在大西洋上空的四颗地球同步顶警卫星，共探测到全世界 1000 多次导弹发射，其中包括苏联的 SS-18、SS-19 洲际导弹和 SS-N-8 潜地导弹的发射。星载红外探测器在导弹发射后 90 秒钟内，就能探测到导弹并一直跟踪到导弹发动机熄火为止，所获信息经过中继通信卫星转发，在 3 分钟内就可传送到地面。

眼观六路的预警卫星，能够明察秋毫，及时发现地球上的导弹发射，了解敌情，并使突然袭击的危险性降低。

典型的太空“哨兵”有美国 60 年代初发射的“发现者”19 号、21 号和“米达斯”导弹预警试验卫星，70 年代以后发射的 647 预警卫星（又称综合型导弹预警卫星）等。

军事首脑的“耳目”

通信卫星在军事上的作用早已引人注目。60年代后期,美国、英国和北大西洋公约组织分别建成了三个军用卫星通信系统,一直担负着主要干线的战略通信任务。此后,这些系统不断改进和完善,现已成为C3I(指挥、控制、通信和情报的英文缩写)系统中的重要部分。在美国,约有70%的长途军事通信是经卫星传送的。苏联的各级指挥机构中,也广泛使用卫星通信,构成指挥、控制和通信系统。

1975年美国企图控制东南亚地区,牵制苏联,于5月12日派军舰“马亚克斯”号入侵柬埔寨海湾,结果引起世界强烈的反对,这就是轰动一时的“马亚克斯”号事件。事件发生中,位于地球静止轨道上的“国防通信卫星”2号,为美国总统、国防部指挥官与特遣部队指挥员和飞机驾驶员之间提供了通信线路,直接接受五角大楼的指挥,使国防部指挥畅通无阻。

1980年,美国组织了营救被伊朗政府关押人质的军事行动。美国飞机和舰队都参加了这次大规模的军事行动。华盛顿通过军用卫星传递来往的电信和情报信息,与大西洋和印度洋的舰队保持密切联系,调动海军舰船,支援了这次军事行动。

1986年菲律宾出现政治危机前,总统马科斯通过通信卫星,及时了解到美国国会、政府和里根总统对菲律宾局势及他本人的态度并同意他前往美国后,马科斯只得放弃了对反对派的武力镇压,立即逃往美国,因而避

免了一场大规模的流血事件，为科拉松·阿基诺和平登台当总统创造了条件……

当今，军事通信已成为军事当局的耳目。它沟通国家指挥机构和战场指挥官的联络，有效地对战场形势进行监视和控制，快速地向指挥官发送命令，及时调动和部署兵力，忠实地为军事行动服务。为此，美国、苏联、英国和北大西洋公约组织都建立了军用卫星通信系统。其中，美国采取军民分开，军方独自建立卫星通信系统，以便更有效地为军事服务，并可根据军方的要求，建立保密性和抗干扰性能好的卫星系统。苏联采用军民合用的办法，民用的“闪电”型卫星兼负战略通信任务，这在经济上是很合算的，但使用上受限制，为此，苏联也将逐步建成专门为军事服务的军用卫星通信系统。

军事通信卫星与民用通信卫星，为什么要分道扬镳呢？

主要是由于军事通信卫星有特殊的要求，如通信保密性好、抗干扰能力强、紧急情况下在无通信设施的地区能迅速建立通信线路以及确保战时系统的生存能力等。

为保证军事通信畅通无阻，各国都在建立军事通信卫星系统，如美国有国防卫星通信系统、舰队卫星通信系统和空军卫星通信系统等三个军用卫星通信系统。

国防卫星通信系统担负主要任务是：充当国防部各部门的“信使”，充当国防部直接指挥控制全球军事行动的“信使”，为参谋长联席会议、联合司令部和特种司令部指挥和控制部队、收集预警站的信息等服务。目前在太空效力的“信使”是“国防通信卫星”2型，共16颗。1971年11月多级火箭将第一对卫星送进太空。由于“国

防通信卫星”2型性能不够先进,1982年10月30日,美国又把第一颗“国防通信卫星”3型送入地球同步轨道,3型有12颗,在90年代逐步取代2型卫星。“国防通信卫星”3型是当今最先进的军用通信卫星,通信容量比2型大两倍。它具有抗干扰性能好、生存能力强和通信机动性好等优点,是军事上的好“信使”。

军队卫星通信系统由四颗卫星组成,覆盖全球,第一颗于1978年2月发射入轨。舰队卫星为海军提供抗干扰的舰队广播、海岸之间数据交换,充当导弹潜艇、航空母舰、巡洋舰。飞机等的“信使”。每颗卫星有23条信道,其中海军10条,空军12条,国防部1条。舰队卫星系统投入使用是美军战术通信现代化的一个重要标志,从根本上改变了主要依靠短波无线电通信的局面。

舰队通信卫星的后续卫星称为租用卫星,90年代接替舰队通信卫星。美国海军最关心的仍是俄罗斯战略核武器的攻击问题,特别是潜艇的攻击。为此,海军正准备发展自己的独立卫星通信系统,即称之为“绚丽玛瑙”卫星计划。

空军卫星通信系统是美国战时最主要的指挥和控制“信使”。它担负着两大使命,一是指指挥执行统一作战计划的部队,包括空军的轰炸机、洲际弹道导弹、空射巡航导弹及潜地导弹;二是指指挥战场的作战部队,包括陆军的武器系统和空军的地射巡航导弹。

1975年3月发射了第一颗卫星,1980年12月发射了第五颗卫星,现已建立在核战争条件下,通信不中断的军事战略。战术和数据中继卫星系统。该系统有通信容量大,抗干扰性好,生存能力强等优点。

苏联的军用卫星分两类,一类是军民合用的通信卫

星，另一类是军方专用的战术通信卫星。由于苏联部分领土位于高纬度地区，因而“闪电”型通信卫星采用轨道倾角 65 度，远地点 4 万公里、近地点 500 公里的大椭圆轨道。“闪电”型通信卫星从 1965 年 4 月 23 日发射第一颗至今，共发射了 100 余颗。它们是苏联指挥、控制和通信系统的主要手段。苏联境内主要的司令部及东欧一些国家的军事部门都装备了地面固定接收站，充分利用太空“信使”——“闪电”型卫星传递命令和信息。

窃听侦察卫星

在航天技术高度发展的时代，人们可以利用人造地球卫星，窃取常规手段难于获得的敌方情报，如对方战术意图、兵力部署及武器装备等。

在太空遨游的电子侦察卫星是窃听能手。它利用捕获无线电波的方式来获取情报。电子侦察卫星的任务主要有：一是确定敌方地面防空雷达和反导弹雷达的精确位置、信号特性和作用距离，以便使轰炸机或弹道导弹不被雷达发现和跟踪；二是确定敌方军用电台的位置和信号特性，以便战时将其摧毁掉，而更重要的任务在于平时窃听军事通信中的重要情报。

通常，雷达或军用电台的工作频率属高频段，因此，它的作用距离有一定限制。一个幅员辽阔的国家，为了保卫本国的安全，在远离疆界的腹地往往要布设许多防空雷达。如果在外国用舰船或飞机等一般的方法测量敌方防空雷达的位置和特性，那是极为困难的，甚至无法办到。但是，如果用卫星去侦察，就能打破国境线的障

碍,“无忧无虑”地测定敌方雷达的位置和特性。

电子侦察卫星的窃听方式比较巧妙。当卫星经过敌方上空时,卫星上的磁带迅速地录下雷达信号和其他电磁辐射源,然后在自己国土地面站上空又把磁带记录信号“快手快脚”地输送到地面站,经地面分析、研究或破译,就能掌握敌方地面雷达的位置和特性,从而偷偷窃听到许多敌方重要信息。

窃听能手——电子侦察卫星在太空飞行的轨道,近地点高度 300 至 500 公里,因此,窃听能力很强。它与照相侦察卫星一样,具有普查型和详查型两类。

普查型“窃听能手”,用来对敌方地面大面积侦察,测定地面雷达的大致位置,窃听地面雷达的工作频段。

详查型“窃听能手”,用来捕获感兴趣的雷达特性和电台信号的详细情报,用搜索型外差接收机窃听地面的无线电信号。

目前,多数电子“窃听能手”既能作一般监视,对地面进行普查性窃听工作,又能对地面各种无线电信号进行搜索和窃听,一颗卫星身兼普查和详查两种功能。一般说来,电子侦察卫星上的计算机里贮存所有已知的敌方雷达信息(如位置和信号特征)。如果卫星一旦探测到新的雷达位置和新的信号,下次经过这一地区上空时,便会自动地对这些特性进行分析,并对新的雷达进行定位,以确定雷达的精确位置。因此,窃听能手——电子侦察卫星能无一遗漏地探听清楚地面雷达、无线电台等的位置和信号特征。

海湾战争中,电子侦察卫星为多国部队提供了伊拉克的无线电指挥中心和防空雷达准确位置,从而帮助多国部队彻底摧毁了伊拉克的指挥系统。

照相侦察卫星

在各种卫星侦察手段中，照相侦察发展得最早、最快，数量最多，技术也最成熟。它具有分辨率高、察微知著、一览无余、了如指掌的优点。照相侦察是把长焦距、高分辨率的摄影机安装在卫星上，对地面目标摄影来获取情报的。所摄照片的分辨率主要取决于卫星的轨道高度和成像系统的质量。经过多年的改进，摄影机质量不断提高，分辨地面目标的能力也越来越强。美国的第四代侦察卫星“大鸟”使用的摄影机在 160 公里高空上能够分辨出地面 300 毫米大小的物体。这样高的分辨力，不仅能够准确地测定出洲际导弹地下井的位置及其尺寸，而且能够识别出飞机、坦克以至汽车的型号。

胶卷回收型和电传输型

照相侦察卫星按胶片传输的方式不同，分为胶卷回收型和电传输型两类：

胶卷回收型照相侦察卫星上，一般装有高分辨率的长焦距、大孔径的窄角镜头照相机。当卫星飞临地面目标上空时，相机按地面指令或按照自动程序控制进行拍照，曝光后的胶片送入暗盒，贮存于回收舱内，在预定的时间把回收舱抛了出来，送回地球上的某一回收区。地面人员或在陆地上，或在海洋上，或在天空中回收它。根据回收次数的要求，卫星上可以装载若干个回收舱，像邮递员每天送报纸那样，隔一定时间向地面弹射一个

载满胶片的回收舱。

电传输型照相侦察卫星上，一般装有中分辨率的广角镜头照相机，对既定目标摄影成像后，将胶片在卫星上干洗（自动显影），再送进光电扫描仪。胶片在光电扫描仪内被一束光依次照射，就如同一个人阅读报纸一样，一行一行地扫描下去，并将这种变化的光信号又转变为电信号，通过无线电系统发射到地面上来。地面站的无线电接收机接收到这些信号后，再将其还原成图像或照片。

胶卷回收型和电传输型侦察卫星各有长短。前者采用光学摄影获得照片的分辨率，比其他各种成像方法的分辨率要高 10 倍，用它对战略目标进行重点侦察，效果甚佳。但这种方法传送照片不及时，容易贻误战机。后者的优点是能够快速获得情报，完成“实时侦察”或“近实时侦察”，缺点是照片上的图像经过光电转换及无线电传输以后，分辨率大为降低。这种方法往往用于对地面目标的普查。

在实际应用中，上述两种卫星往往配合使用，互为补充。一般先发射一颗电传输型侦察卫星对地面进行普查，如果发现可疑的目标需要详查的话，再发射胶卷回收型侦察卫星，进行高分辨率摄影，将胶片送回地面认真判读和分析，这样就能够较好地完成侦察任务了。

电视侦察是进行实时侦察的重要手段之一。它能及时，快速地把侦察到的情报传递给地面。在进行电视侦察的人造卫星上，除携有电视摄像机外，还装有与之配合工作的电磁（磁带或磁鼓）录像机。电视摄像机对地面目标侦察所获得的电视图像，送入电磁录像机记录下来，当卫星经过本国地面接收站上空时，通过无线电传

输方式发送给地面，这样可做到“近实时”侦察。如若借助于通信卫星作为中继系统，便能够达到“实时”侦察的效果了。

同回收胶卷侦察相比，电视侦察获取情报的速度快，能够做到“实时”或“近实时”传送，便于随时了解敌方的活动情况。这个特点在战争时期尤为重要。

电视侦察随着反卫星武器发展独具长处，由于拦截卫星的出现和拦截技术的不断改进，侦察卫星被击毁的可能性越来越大。回收胶卷型卫星若一旦被敌方击毁或破坏，将一无所得，甚至胶卷还有可能被敌人从空中劫掠。而采用电视侦察时，由于将所得的图像实时或近实时地发回地面，所以即使卫星遭受攻击，在这以前地面上业已获得了敌方的一些情报。

通过对电视侦察的普查图像的分析，能够随时掌握敌方的新变化和新动向，从而有针对性地发射回收胶卷型侦察卫星，有选择地进行拍摄，就能大大地提高胶卷的利用率。

同电传输的方式相比，电视侦察也有自己的优点。电传输方式是一边拍摄一边冲洗，并通过光电拍描下传，所以需要在全世界各地设接收站。而电视侦察则不需要，因为它可以把图像用磁录像机“贮存”起来，到达本国接收站上空时再“放”出来，或通过通信卫星直接发送回本国接收站。其次，电传输方式需要装载很多胶卷，胶卷用完之日，便是卫星丧失工作能力之时。而电视侦察，只要设备和卫星本身不发生故障，就能一直使用下去。

假若在电视摄像管前加上不同的滤色片，就能得到一组多光谱图像，有利于重点地分析地形地物。

当然,采用电视侦察也有不理想的地方,主要是它的分辨率要比照相侦察低。另外,它的成像面偏小。这个缺陷可采取同时使用几台摄像机组成摄像机阵的办法加以弥补。

普查型和详查型

(一) 普查型

从1959年2月开始发射太空“间谍”——“发现者”号起,美国先后发射了300余颗照相侦察卫星。在发展“发现者”号卫星的同时,从1960年10月起,开始发射普查型照相侦察卫星,至1972年5月止,11年半中共有98颗普查卫星入轨,其中11颗失败,成功87颗(含19颗电子侦察卫星)。

普查卫星装有一架照相机,在卫星上冲洗已拍好的胶卷,然后用光束扫描。

侦察卫星

侦察卫星,是游弋在太空中的“间谍”。

迄今,在已发射的数千颗人造地球卫星中,侦察卫星的数量几乎占1/3。这些侦察卫星主要为军事目的服务,如监视别国的军事行动、兵力部署,侦察别国的导弹核武器基地、海军基地、空军基地、兵工厂、弹药库、军营、交通枢纽和军事指挥控制中心等。

用人造地球卫星对地面目标进行侦察,要比飞机侦察优越得多,其理由是:

卫星在距地面几百公里(一般 150 至 700 公里)的高空中翱翔,居高临下,视野广阔,一“眼”望去,能够侦察到地面的几千、几万平方公里的面积,而一张普通航空观测照片覆盖的地表面积仅为 10 多平方公里;

卫星的飞行速度很快,它以每秒 7.8 公里(时速 2.8 万公里)左右的速度绕地球飞行,这样就能在很短的时间内侦察到非常辽阔的地区;

不受国界及地理条件限制,能获得其他手段难得到的情报。

卫星侦察具有得天独厚的优点,从而引起了人们的高度重视,并在军事和国民经济等方面得到广泛应用。

50 年代初,美、苏两国为了获取对方军事情报,对卫星侦察的可能性进行了一系列探索。从 1959 年 2 月至 1962 年 2 月,美国进行了 38 次侦察卫星“发现者”的发射试验,其中 23 颗载有可回收的胶卷舱。美国科技人员对侦察照片进行了分析,弄清苏联洲际导弹及其他战略武器的数量和部署情况,使美国在与苏联进行武器谈判时趾高气扬。意外的收获,更加刺激了美国发展侦察卫星的欲望。美国尝到了向太空发射侦察卫星的甜头,使太空侦察卫星与日俱增,而且在照片清晰度及情报信息传递等方面都有了长足的进展。

苏联侦察卫星的研制,比美国起步稍晚,但苏联不甘落后,暗暗与美国较量,50 年代末至 1963 年秋,先后发射了九颗侦察卫星,以它们监视美国、欧洲及全球。随后,苏联增加侦察卫星数量,每年平均发射侦察卫星数量为 30 余颗。

侦察卫星顾名思义,是利用光电遥感器或无线电接收机等侦察设备,从地球轨道(从 180 公里至 3.6 万公

里高度)上对下面目标实施侦察、监视或跟踪,以搜集地面、海洋或空中目标的情报。它搜集到的情报信息,由胶卷、磁带等记录贮存于返回舱内,加以回收;或者通过无线电传输方式实时或延时传输到地面接收站,经处理,从中提取有价值的情报。

侦察卫星一般包含照相侦察、电子侦察、海洋监视、核爆炸探测和导弹预警卫星等。这些侦察卫星就是目前在人空搞侦察活动的“间谍”。

历次局部战争如海湾战争等,太空“间谍”——侦察卫星都活跃在太空。

中国的侦察卫星

1958年,毛泽东主席号召“我们也要搞人造卫星”,从此开创了中国的航大事业。不过,当时卫星的实用价值尚不明朗,最初的卫星计划更多出于政治目的。

70年代,当美、苏两国在载人航天以及登月方面竞争进入白热化时,中国政府明智指出,要把力量集中到实用的应用卫星上来。当时中国的经济力量薄弱,假若加入仅具象征意义的载人航天竞争,将耗尽中国的资源,却没有实际收获。而将有限的资源投入侦察卫星、通信卫星、气象卫星等应用卫星上,不仅成本低,而且受益大。

中国自从1970年4月24日发射成功第一颗人造卫星“东方红”1号后,就把研制发展应用卫星作为空间技术发展的主要方针。到1977年底,中国已发射了自行研制的40颗卫星,其中返回式侦察卫星17颗、气象卫星3颗、通信广播卫星8颗、科学技术试验卫星12颗。

空间技术在国防、经济应用方面逐步扩大,取得重大效益;在增强国防实力,提高中国的国际地位方面,正发挥越来越大的作用。

中国很早就认识到返回式侦察卫星的重要性。早在 1965 年制定中国卫星系列规划时,就把返回式侦察卫星确定为中国卫星发展规划的一个重点,并于 1975 年获得首次飞行试验和返回成功,成为继苏联和美国之后,第三个成功发射返回式卫星的国家。这一成就重要性在于:从此中国拥有了自己的战略侦察手段,可以为中国的战略导弹确定目标,并能监视别国的军事部署和兵力调动情况,还能检查中国自己军事目标的伪装情况,军事上的价值无法估计:

在政治上,侦察卫星帮助中国确立了强国地位。当今即使是日本、德国等发达国家也还没有这类卫星。

在经济上,侦察卫星还有巨大的经济价值。例如,中国侦察卫星对京津塘地区拍摄的卫星照片,经处理分析,为面积为 5.5 万平方公里的区域提供了大量有关水资源、土地利用、森林资源、海岸带状况等多种资料,查明了该地区 47 县级单位的耕地、水域、森林、盐碱地、风沙地、侵蚀地的面积和人均耕调地面积等。

在防灾抗灾上,其能力更是其他手段难以比拟的。例如,在中国侦察卫星照片上,可以清楚地识别一些地质灾害地段,从而能不将重要设施建造在这些地段上,避免重大经济损失。

迄今,中国研制成功了三个型号的侦察卫星,成功发射了 17 颗侦察卫星,其中只有 1993 年发射的一颗没有按计划返回。

一般说来,侦察卫星可按任务分为普查和详查两类:

普查分辨率低，但侦察范围较大；详查则相反，它分辨率高，但侦察范围小。

中国第一个型号的返回式侦察卫星，又称“国土普查遥感卫星”，它重 1.8 吨，从 1975 年到 1987 年共发射了九颗。它所获得的卫星照片的特点是：比例尺大、图像清晰、灰度等级较高、视野开阔。

中国第二个型号的返回式侦察卫星，又称“摄影测量卫星”，是一种高分辨率的详查卫星。它重 2.1 吨左右，从 1987 年到 1993 年共发射了五颗。

它所获得的卫星照片精度高，可对地面“感兴趣的目标”精确定位和绘制地图，具有很大的军事价值。它每一幅卫星照片所覆盖的面积是航空摄影的 140 倍，比野外作业的效益提高 12.4 倍。

中国第三个型号的返回式侦察卫星属第二代卫星，比前两个型号的侦察卫星有很大的进步。

中国新型返回式侦察卫星，重 3 吨多，其中可回收部分的重量和容积增加了 53% 和 15%，密封舱容积增加了 20.3%。从 1992 年到 1996 年，中国连续成功地发射和回收了三颗。

与第一代侦察卫星相比，第二代卫星的轨道寿命、照片的分辨率、胶片的装片量以及胶片的有效利用率，都有大幅度增加。卫星一次飞行提供的情报数量要比第一代侦察卫星高出 13 倍以上，这是巨大的飞跃。第二代侦察卫星的研制成功，使中国侦察卫星技术更加完善。

侦察卫星对地侦察效率，很大程度上取决于侦察设备的技术性能，因此各国都非常重视侦察设备技术的发展。中国已在空间光学侦察设备的研制方面取得举世瞩目成就，不但过去发射上天的空间照相机非常成功，并

正在研制多种新类型的空间侦察设备。

在 1975 年 11 月 26 日发射入轨、3 天后回收的第一颗返回式侦察卫星上，装载的就是中国研制的第一代空间可见光侦察照相机。由于卫星上使用的照相机要求几乎万无一失的可靠性，超出常规的图像高分辨率，以及耐受真空、低温和发射时强烈震动的特殊能力，所以设计和生产难度极大，迄今全球也只有个别国家能够生产。

中国空间相机经过三种型号改进后，水平有进一步提高。就对地照相机来讲，经历了从棱镜扫描式全景相机、画幅式测量相机到“节点”式全景相机的发展阶段。

任何国家，现役侦察卫星的真实侦察能力都属最高机密。中国侦察卫星上的恒星相机是用来精确测定卫星及地面目标的位置的。目前，中国的恒星相机摄星能力，从最初可测四等星提高到七等星，可测星的数量从 10 颗左右提高到近 200 颗，这是很大的进步。它从一个侧面证明中国航天照相机技术达到了一个高水平，显示中国已经能够极精确地测定地球上任一点的位置，可以为战略武器指示目标。

军用载人航天器

载人航天器包括载人飞船、空间站、航天飞机和正在研制中的单级火箭式的空天飞机，它们都可执行军事任务。但它们的军事应用至今大多只是一种设想。载人航天器可军用也可民用，军用载人航天器实际上仅就载人航天器的军事应用而言。

载人飞船

载人飞船是能保证宇航员在空间轨道上生活和工作，执行航天任务并返回地面的航天器，它的运行时间有限，仅能一次性使用，可独立进行航天活动，也可以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在轨道上对接后进行联合飞行。典型的载人飞船由对接装置、轨道舱、返回舱、仪器设备（主要装有动力和电源设备等）舱和太阳帆板等部分组成。载人飞船容积较小，所载消耗性物质数量有限，不具备再补给能力，不能重复使用。但它是第一种将人直接送入太空的航天器，是航天技术在人造卫星技术基础上的新的突破。

载人飞船能担负的军事使命有：作为地面与空间站的军事运输工具，可向空间站运送各种军事补给物资以及接送人员，进行空间救护等；试验新的军用航天设备；用于特定目标的侦察与观察等。

1961年4月12日，前苏联发射了世界上第一艘“东方”号飞船，后来又发射了“上升”号飞船和“联盟”号飞船。与此同时，美国也相继发射成功“水星”号飞船、“双子座”号飞船和“阿波罗”号飞船等载人飞船。70年代后，美国放弃了飞船，转而发展技术难度更大的航天飞机，而苏联则继续改进完善“联盟”号飞船，使其性能有了很大的提高。例如，“联盟T”和“联盟TM”是苏联在“联盟”号基础上研制而成的高性能的载人飞船，至今“联盟TM”载人飞船仍在使用的。

空间站

空间站是大型、绕地球轨道作较长时间航行的载人航天器，是多用途的空间基地。空间站的建立标志着载人航天技术发展进入一个新阶段。世界主要航天大国无不把建立长期性载人空间站（空间基地或空间基础设施）作为发展载人航天的目标。

与载人飞船相比，空间站具有容积大、载人多、寿命长和可综合利用的优点。由于空间站可载许多复杂的仪器设备，并可由人直接操作，因而可以完成复杂的、非重复性的工作任务。

空间站被认为是发展航天技术、开发和利用宇宙空间的基础设施。任何国家要想真正参与空间的开发利用，都必须建立空间站。这是因为：空间站是卫星、飞船、航天飞机等各类航天器和宇宙探测器的轨道基地，可以停靠、维修保养各类航天器及宇宙探测器，并对它们进行后勤供应，从而可大大确保其运行的安全性，延长使用寿命，提高经济效益。空间站是航天器与地球之间的中转站，例如可由货运飞船（卫星式飞船）、载人飞船或航天飞机等天地往返运输系统不断地将物资和人员由地面送往空间站，同时又可将有关资料、研究结果及人员等运回地面。空间站作为空间基地，可以在上面建造大型空间系统并将其部署在工作轨道上，还可以通过轨道转移飞行器和轨道机动飞行器将各种卫星发射部署到不同的轨道上，特别是可以空间站为基地向宇宙深处发射各种宇宙探测器。空间站是人在空间利用高真空和失重环境进行科学研究和材料加工制造的好场所，还

可由人在空间完成地球资源勘测、天气预报、天文观测等多种任务，并均能获得在地面上所不能获得的结果。

空间站有重要的军事应用价值，将对高技术战争以巨大的影响。

从理论上分析，空间站有广阔的军事应用前景。例如：军用航天飞机或空天飞机以空间站为基地可对付任何卫星式作战平台，并随时对全球任何地方构成威胁。空间站可以部署、组装、维修和回收各种军用航天器，并可试验、部署和使用空间武器等。空间站是可以俯瞰全球的理想的侦察基地，可以直接参与跟踪、监视、捕获和拦截敌方航天器和洲际弹道导弹的作战行动。

1981年，前苏联“礼炮”6号空间站上的宇航员曾从空间站上发射一枚导弹摧毁靶星。1987年，前苏联的“和平”号空间站曾用激光束瞄准并跟踪一枚洲际导弹。这些试验曾使美国人极为担心。此外，空间站还可以在军用卫星、飞机和地面监视系统的配合下，成为空间预警、指挥、控制、通信和情报中心。因此，建立空间站对于未来的高技术战争具有战略意义。

自1971年前苏联发射了世界上第一个空间站以来，到目前为止，只有前苏联和美国独立发射过空间站。前苏联发射了8个空间站，其中7个“礼炮”号空间站，1个“和平”号空间站。美国只发射了一个“天空实验室”空间站，目前正在与多国合作加紧研制“阿尔法”国际空间站。

航天飞机

航天飞机是部分可重复使用的、往返于地面和近地

轨道之间运送有效载荷并完成特定任务的空间飞行器。航天飞机有多种设计方案，现已研制成功的航天飞机是由轨道器、助推器(即助推火箭)、外燃料箱三部分组成。这种航天飞机垂直发射。由火箭运载入轨，入轨时助推火箭及燃料箱均抛掉，只有轨道器在轨道上飞行，执行轨道任务后再重返大气层并滑翔着陆。

V - 2 火箭

V - 2 工程开始于 1940 年。

第二次世界大战期间，正是德国的 V - 2 火箭曾给英国带来巨大灾难，当时又叫“飞弹”。V - 2 工程起始于 A 系列火箭研究，由冯·布劳恩主持，是 1936 年后在佩内明德新建火箭研究中心的重点项目。A 系列火箭经过许多新的改进，性能大大提高，由纳粹的宣传部长戈培尔命名为“复仇使者”，所以代号变为 V - 2。

V - 2 工程的目标是扩大容积和承载重量，以容纳自控、导航系统和战斗部。1942 年 10 月 3 日，V - 2 试验成功，年底定型投产。从投产到德国战败，前德国共制造了 6000 枚 V - 2，其中 4300 枚用于袭击英国和荷兰。

V - 2 是单级液体火箭，全长 14 米，重 13 吨，直径 165 厘米，最大射程 320 千米，射高 96 千米，弹头重 1 吨。V - 2 采用较先进的程序和陀螺双重控制系统，推力方向由耐高温石墨舵片操纵执行。V - 2 在工程技术上实现了宇航先驱的技术设想，对现代大型火箭的发展起了承上启下的作用。成为航天发展史上一个重要的里

程碑。

第一枚液体燃料火箭

1926年3月16日，在大雪覆盖的美国马萨诸塞州奥本郊外的沃德农场，戈达德检查了发射架，把一枚长3.04米，重5.5千克的小型液体燃料火箭安装到发射架上。他和助手特别仔细地检查了火箭顶端长0.6米的火箭发动机，又依次检查了发射架下部的两个液氧和煤油贮存箱，还有燃料阀门和输送管道。当准备工作全部就绪后，下午2点30分，正式点火发射。这是戈达德研制的液体燃料火箭，它耗费了这位注定要载入史册的科学家的20多年的心血。一声巨响，火箭发动机尾部喷射出熊熊火焰，火箭离开发射架向空中飞去。火箭飞行了2.5秒，上升高度为12米，坠落后离发射架5612米。世界上第一枚液体燃料火箭就这样发射成功。

1930年7月15日，戈达德在第一个飞越大西洋的飞行员林白的帮助下，从著名慈善家古根海姆那里筹得资金，把试验基地迁到新墨西哥州罗斯韦尔东北的梅斯卡勒罗农场。同年12月30日，又一枚戈达德火箭试验成功，发射高度610米，飞行距离300米，速度达到每小时800千米。

第一颗人造卫星

1957年10月4日，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。那天，天气晴朗苏联拜科努尔航天中心的人造卫星发射塔上，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。

这颗卫星直径只有 580 毫米，重 83.6 千克，在密封的铝壳内，装着一只化学电池、一只温度计、一台双频率的小型发报机。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，推动了各国发展空间技术的步伐。不久，1957 年 11 月 3 日，为给载人航天预作试验，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。

小狗“莱依卡”

苏联在发射了第一颗人造地球卫星之后仅一个月，又发射了第二颗人造卫星，这颗卫星重 508 千克，锥形。与第一颗卫星不同的是这颗卫星上增设了一个密封生物舱，舱内有一位特殊的宇航员。这位宇航员是一只名叫莱依卡的小狗。科学家们为了使小狗能够有规律地用餐，还特制了一套自动供食装置，信号灯每天三次定时亮起来，莱依卡看见灯亮就知道该用餐了。小狗的身上连接着测量脉搏、呼吸、血压的医学仪器，通过无线电随时把这些数据传递到地面。为了使舱内保持新鲜清洁，还

安装了空气再生装置和处理粪便的装置，并使舱内保持一定的温度和湿度。由于当时技术水平的限制，这颗卫星无法回收。莱依卡在卫星生物舱内生活了一个星期，完成了全部实验任务后，科学家们让它服毒自杀了。

划时代的飞行

1961年4月12日，世界上第一艘载人宇宙飞船苏联的“东方”号发射升空。

宇航员加加林这时躺在飞船的弹射座椅上，他正从报话机里描述人类从未见到过的情景：我能够清楚地分辨出大陆、岛屿、河流、水库和大地的轮廓。我第一次亲眼见到了地球表面的形态。地平线呈现出一片异常美丽的景色，淡蓝色的晕圈环抱着地球，与黑色的天空交融在一起。天空中，群星灿烂。轮廓分明。但是，当我离开地球的黑夜一面时，地平线变成了一条鲜橙色的窄带，这条窄带接着变成了蓝色，复而又成了深黑色。”

苏联莫斯科电台同时广播了一则消息：“尤里·加加林少校驾驶的飞船在离地球169千米和314千米之间的高度上绕地球运行。飞船的轨道与赤道的夹角是64.95度。飞船飞经世界上大多数有人居住的地区上空。”

这是人类第一次绕地球飞行，具有划时代的意义，同时也需要极大的勇气。1960年5月，“东方”号原型卫星的减速火箭发生点火错误，使卫星在空间烧毁。第二年12月，再入密封舱进入错误轨道，并在大气层中燃烧，装在密封舱里的两条狗化为灰烬。不过这次却很成功，只发生了通话短时不畅、飞船返回时短时旋转等小问题。

加加林划时代的飞行是在当地时间 9 点 07 分开始的,正好 108 分钟后绕地球运行了一周,他回到了自己的国土上。降落地点是斯梅洛伐卡村,村民们看到加加林头戴一顶白色的飞行帽,身着一套笨重的增压服时,惊讶得目瞪口呆。“东方”号飞船重约 4.73 吨,由球形密封座舱和圆柱形仪器舱组成。座舱直径 2.3 米,乘坐一名宇航员。舱外覆盖防热层,舱内有维持 10 昼夜的生命保障系统,还有弹射座椅和仪器设备。飞船再入大气层时,抛掉末级火箭和仪器舱。当座舱下降到离地 7000 米时,宇航员弹射出舱,由降落伞着陆。“东方”号飞船既可自控也可手控,它的轨道近地点为 180 千米,远地点约 222 千米至 327 千米,运行周期是 108 分钟。

卫星的发射

首先,当装有卫星的运载火箭耸立在发射台上,全部准备工作完毕,按照“倒计时程序”进入最后预备阶段。随着地面控制中心的发射指令:“9、8、7、6、5、4、3、2、1 秒 发射”,第一级火箭发动机点火,运载火箭开始脱离发射架上升,而且速度越来越快。这就是加速度飞行段开始了。

运载火箭从地面发射到把有效载荷送入预定轨道,称为发射阶段。在这一阶段所飞经的路线就叫做发射轨道。运载火箭的发射轨道一般为三大部分,即加速飞行段、惯性飞行段和最后加速段。

运载火箭垂直起飞后 10 秒钟到数 10 秒钟后,开始按预定程序缓慢地转弯。发动机继续工作约 100 多秒后,

运载火箭已上升到 70 千米左右高度，基本达到所需的入轨速度和与地面接近平行的方向时，第一级火箭发动机关机分离，同时，第二级火箭发动机点火，继续加速飞行。此时，已飞行 2~3 分钟，高度已达 150 千米~200 千米，基本已飞出稠密大气层，按预定程序抛掉箭头整流罩。接着，在火箭达到预定速度和高度时，第二级火箭发动机关机、分离，至此加速飞行段结束。

这时，运载火箭已获得很大动能，在地球引力作用下，开始进入惯性飞行段，一直到与卫星预定轨道相切的位置，第三级火箭发动机开始点火，进入最后加速段飞行。当加速到预定速度时，第三级火箭发动机关机，卫星从火箭运载器弹出，进入预定的卫星运行轨道。至此，运载火箭的任务就算完成了。

“东方”号火箭

苏联的“东方”号火箭是发射第一颗卫星的火箭。由“卫星”号火箭加一个第三级组成。火箭全长 38.36 米，起飞重量 287 吨，有效载重 4725 千克。新研制的火箭第三级称为 E 级，长约 3.1 米，直径 2.58 米，采用两个环形推进剂箱以缩短火箭长度。新 E 级的优越性体现在仅 100 千克重的发动机能产生高达 5 吨的推力，并带有 4 个姿态控制喷管。

火箭向东发射

航天器的运载火箭差不多都是向东发射，这是因为

地球是在围绕太阳公转的同时，还在自西向东自转。在赤道上速度最快，约为 465 米/秒，纬度越高，速度越小，到了两极，速度就等于零了。地球上的一切物体实际上在地球的自转过程中都获得一定的转动惯量，都有个向东的惯性力，运载火箭飞离地球，为了发挥地球自转所给予它的向东的惯力，提高飞行速度，所以运载火箭总是自西向东方向发射，顺着地球自转方向运行，这称为“顺行轨道”。其倾角大于零度而小于 90 度。

如果向西发射，不但不能利用地球自转速度，反而要额外付出能量去抵消这部分惯性力，从而必须付出更大的推力。凡卫星自东向西逆着地球自动方向运行的，称为“逆行轨道”。其倾角大于 90 度而小于 180 度。

“长征”2号E型火箭

“长征”2号E型火箭是以两级液体助推火箭为芯级，周围捆绑4枚长液体助推火箭的大型运载火箭。起飞重量460吨，起飞推力600吨，可将8.8吨有效载荷送入200千米~400千米圆轨道，再加一个第三级火箭，还可把2.5吨~4吨重的有效载荷送入35786千米的地球同步轨道。它的4枚助推火箭，每个长3.35米，直径2.25米。整个火箭长49.7米，芯级直径3.35米。芯级一级发动机为4机并联，加上4个助推火箭，总推力 8×75 吨。二级发动机采用高膨胀比的大喷管。它适合于发射低高度、圆轨道卫星，如果再配置液氢—液氧推进剂上面级，构成长征2E/HD号，其发射能力和技术水平与“阿丽亚娜”火箭相当。

由于有了巨大的运载发射能力，中国已成为第三个掌握氢氧火箭技术的国家，第三个掌握卫星回收技术的国家，第三个独立承担国际商业发射的国家，第四个掌握“一箭三星”技术的国家，第五个独立研制和发射地球静止轨道卫星的国家，第五个掌握运载火箭捆绑技术的国家。

中国“长征”3号甲火箭

1994年2月8日，中国发射新型运载火箭“长征”3号甲成功地将“实践”4号空间探测卫星送入轨道。

“长征”3号甲是在“长征”3号的基础上改进而成。火箭全长52.52米，火箭直径、整流罩均超过“长征”3号。“长征”3号甲同样是三级液体助推火箭，一、二级为常规燃料，第三级为液氢液氧燃料。第三级把直径由2.25米增大到了3米，并增加贮箱长度，推进剂由8.2吨增加到17.6吨。整个起飞重量240吨，起飞推力300吨，其同步转移轨道的运载能力由原来的1.4吨提高到2.6吨。它是中国目前高轨道上运载能力最大的火箭，具有一箭多星和适应多种轨道卫星发射要求的能力。

1994年11月30日，“长征”3号甲火箭又把中国新一代通信卫星“东方红”3号发射升空。“长征”3号甲不仅适用于各种大、小卫星发射的需要，而且其发展潜力很大。中国正在用它作芯级，并利用中国已经成熟的捆绑技术，发展“长征”3号乙、“长征”3号丙火箭，由此形成并利用中国运载能力最大的火箭群体，其中“长征”3号丙火箭的地球同步转移轨道运载能力可达到48

吨。

人造卫星的分类

60 年代以来,人造卫星的发射数量约占航天器发射总数的 90% 以上,它是用途最广、发展最快的航天器。一般来说,人造卫星可按运行轨道分为:低轨道、中高轨道、地球同步轨道、地球静止轨道、太阳同步轨道、大椭圆轨道和极轨道 7 大类。但是人们习惯上更多是按用途划分为科学、技术试验和应用卫星三个大类。

应用类卫星直接服务于国民经济和军事需要,在人造卫星中种类最繁杂,发射量也高居榜首。按用途的性质,应用卫星也可分为三个大类:信号中继——用于电话、电报、广播、电视及数据传输的广播通信卫星;对地观测——用于气象观测、资源勘探和军事侦察的卫星;导航定位基准——用于导航、定位和测量的导航及大地测量卫星。

通信卫星

通信卫星分为国际通信卫星和国内通信卫星两大类。国际通信卫星是指国际间的卫星通信组织发射的卫星。1964 年 4 月,在美国成立了一个国际商用卫星通信组织,它已先后发射了 6 代 34 颗国际通信卫星,卫星代号是 I NTELSAT - 号。它的转发器数量由开始的 2 个,已逐步增加到目前的 30 个;通信容量由 号 240 路电话通道扩展到 号 12 万条话路和 3 路彩色电视通

道；设计寿命也由 1.5 年增长到 7~10 年。不过，国际通信卫星的功率比较小，国内的通信业务不能用它传送。另外，用它来转播电视节目，需要地面站接收后送到电视台才能转播给用户。

卫星地面站的构成

通信卫星的信号，必须通过卫星地面站进行传送。它一般由 6 个分系统组成：

天线分系地面站的天线好像一口大锅，面向通信卫星，它的直径一般是 10.30 米，由天线本身、馈电部分、跟踪部分和驱动部分组成。

发射分系统将需要播发的音频和视频信号调制到工作波段的载波上，经大功率放大后，经天线向卫星发射出去。

接收分系统接收来自卫星的信号，经放大、检波后，再发送到终端系统。

终端分系统由载波电话终端设备、电视终端设备、传真终端设备和数据终端设备等组成。

通信监控分系统负责对地面站内的各种设备进行监视、控制和定期测试。

电源分系统为全部地面站设备提供电源。

地面站是卫星通信系统中重要的组成部分，各种用途的地面站略有差异，但基本设施相同。

美国的通信卫星

1958 年 12 月 18 日，美国首先发射一颗携带了美国

总统讲话录音带的“斯科尔”号卫星，试验了卫星向地面发送语音的可行性。

1961年7月10日，美国又发射了“电星”1号通信卫星，成功地进行了横跨大西洋的美国与法国、英国的首次电视中继转播、照片传真和电话通信实验。它们都是近地轨道卫星，轨道周期短，只有90多分钟到100多分钟，经过某地上空的时间最多只有十几分钟，两地要用同一卫星通信的机会很少。

国际卫星通信系统

苏联集团国际卫星通信系统该系统早在1971年11月15日由苏联、东欧等9国筹建，后又发展了越南、叙利亚等5个成员国。此外，还有一些发展中国家也租用该系统的卫星通信信道进行国际通信。该系统主要提供电视节目、电视电话会议和数传服务。

欧洲卫星通信系统始建于1985年9月1日，截止1990年上半年已有27个成员国，由5颗卫星组网，为各成员国提供视频会议、电话会议、高速传真、电视教育和各种商业通信等。

阿拉伯卫星通信系统主要用于阿拉伯国家间通信联络和建立农村地区通信网、电视广播节目等。由3颗卫星组成，于1985年投入使用。主要使用C频段和S频段 2500~2690兆赫。

非洲国家卫星通信系统于1985年8月筹组，由非洲的22个国家在欧洲空间局帮助下组网，已开始投入使用。

国际海事卫星通信系统这是专门提供海事通信的国

际组织，到 1989 年 4 月已经对 8759 个船舶电台 包括陆上设置的 965 个电台 提供了电报、电话直通业务以及遇险呼救服务。该系统在大西洋、太平洋和印度洋上空各发射一颗通信卫星，使用频率分为：星—船间 16 千兆赫 ~ 15 千兆赫频段，星—岸间 6 千兆赫 ~ 4 千兆赫频段。

气象卫星

气象卫星实质上是一个高悬在太空的自动化高级气象站，是空间、遥感、计算机、通信和控制等高技术相结合的产物。由于轨道的不同，可分为两大类，即：太阳同步极地轨道气象卫星和地球同步气象卫星。前者由于卫星是逆地球自转方向与太阳同步，所以又称太阳同步轨道气象卫星；后者是与地球保持同步运行，相对地球是不动的静止轨道气象卫星，又称地球同步轨道气象卫星。卫星云图的拍摄也有两种形式：一种是借助于地球上物体对太阳光的反射程度而拍摄的可见光云图，只限于白天工作；另一种是借助地球表面物体温度和大气层温度辐射的程度，形成红外云图，可以全天候工作。

气象卫星，可连续、快速、大面积地探测全球的大气变化情况。从 1960 年 4 月 1 日美国发射第一颗试验气象卫星至 1990 年底，30 年间全世界共发射 116 颗气象卫星，形成了全球气象卫星网，消灭了全球 4/5 地方的气象观测空白区，使人们能获得连续的、全球范围内的大气运动规律，作出精确的气象预报，大大减少灾害性损失。据统计，如果对自然灾害能有 3 ~ 5 天的预报，就可以减少农业方面的 30% ~ 50% 的损失，仅农、牧、渔

业就可年获益 1.7 亿美元,每年还能减少经济损失 50 亿美元。例如,自 1982 年至 1983 年,在中国登陆的 33 次台风无一漏报。1986 年在广东汕头附近登陆的 8607 号台风,由于预报及时准确,减少损失达 10 多亿元。

“风云”1 号

中国于 1988 年 9 月 7 日首次发射了一颗太阳同步轨道实验性气象卫星,星上主要遥感仪器是两台五通道可见光和红外扫描辐射仪,扫描宽度可达 3000 千米,星下点分辨率为 1.1 千米。卫星发送资料有三种方式:一是甚高分辨率图像传输 HRPT 发射机;二是高分辨率图像传输 APT 发射机;三是延时图像传输 DPT 发射机。卫星进入近圆形轨道不久,就发回了气象信息。这颗气象卫星星体呈六面体,为 1.4 米×1.4 米×1.2 米,星体外侧对称安装 6 块太阳电池帆板,全部展开后星体总长 8.6 米,6 块帆板上共装有 14000 片太阳能电池,可以产生 800 瓦电力,电池效率为 11.5%~12%。卫星轨道高度 900 千米,倾角 99 度,运行周期 103 分钟,姿控方式为三轴稳定对地定向。

民用气象卫星

1968 年 8 月,从一颗“艾萨”卫星发出的最新云图,预示一场罕见的强台风就要来临。于是,气象部门立即向当地居民发出警报,要求他们迅速向北转移。结果,避免了一场可能会造成 5000 多人死亡的悲剧。

1985 年 8 月,中国东北三省受到 6 号、8 号、9 号

强台风的袭击，河水暴涨，泛滥成灾。由于气象部门根据卫星云图及早地做出了正确的预报，减少了损失。

1986年4月21日14时，中国国家气象局卫星气象中心根据卫星红外云图的分布，及时发现了内蒙兴安盟地区长70千米~80千米，宽25千米的森林大火。为及时扑灭山火发挥了不可替代的作用。

被命名为“卡拉”和“卡米尔”的飓风曾被国际气象组织准确测出，及时的预报使30万人撤离，5万人免于丧生。

战略卫星通信系统

美国从1966年就开始正式发射军用通信卫星，它们的名称为“国防卫星通信系统” DSCS。1991年的海湾战争中，美国军队就大量采用卫星通信，在海湾战场上负责多国部队前线总指挥的中央指挥司令部，利用TCS 9200卫星系统将沙特、伊、科边境的战况，及时传送到远在10000多千米之外的美国五角大楼。国防通信局处理的从沙特到美国本土的通信业务中有90%是经卫星传输的，卫星通信系统成为远程战略通信的主角。它大大增强了多国部队的战斗力和安全性。在整个海湾战争期间，多国部队以美国全球军事指挥控制系统 WWMCCS 为核心，进行战略任务和组织协调工作，以国防数据网 DDN 为主要战略通信手段，用三军联合战术通信系统 TRI TAC 来协同陆、海、空军的战术通信，构成了完整的陆、海、空、天一体化通信网，保障了战区通信的需要。

在这些通信网络中，卫星通信是战区中央指挥司令

部与美国五角大楼总指挥部和各盟国指挥当局的主要战略通信手段。多国部队通过国防卫星通信系统，动用了14颗通信卫星，它们包括用于战略通信的“国防通信卫星”型2颗、“国防通信卫星”型4颗；用于战术通信的舰队通信卫星3颗，“辛康”型通信卫星4颗。还有一颗主要用于英军通信的“天网”通信卫星。多国部队各军兵种都配有一批国防卫星通信系统接收机和通信接口。另外，在沙特的美军部队还配有一支20人组成的卫星通信分队操作卫星地面站，用以确保卫星通信网正常运转的。

“发现者”

1959年2月28日，美国发射了第一颗试验侦察卫星“发现者”1号。“发现者”系列卫星是一种回收型照相侦察卫星，通过它拍摄的照片，曾侦察到苏联研制新一代洲际导弹及其拜科努尔发射场的情况。它是用雷神—阿金纳运载火箭从范登堡空军基地发射升空的，是美国第一颗成功的极地轨道卫星。从那时直到1962年2月，美国一共发射了38颗“发现者”侦察卫星，其中成功进入轨道的26颗，成功回收的12颗。“发现者”卫星与“阿金纳”末级火箭连为一体进入轨道，长5.94米，直径1.52米，呈圆柱形，起飞重量3850千克，轨道重量770千克。最后一颗“发现者”38号重952千克，卫星的回收舱长0.68米，直径0.84米，重135千克。“发现者”卫星轨道呈椭圆形，近地点介于103千米至208千米，远地点介于208千米至1032千米，入轨后运行1至4天。

从 1961 年至 1972 年,美国研制和发射了第二代照相侦察卫星。卫星的性能越来越好。10 年内,这一代卫星共发射成功 87 颗,其中包括 19 颗电子侦察卫星。70 年代以后,美国大量使用第三代名叫 KH-9 的详查侦察卫星,共发射入轨 95 颗,其中 8 颗为电子侦察卫星。最初在轨道上只能飞行 14 至 17 天,发展到后期可达到 90 天。

1982 年英阿马岛之战,美国利用侦察卫星及时发现了阿根廷“贝尔格拉诺将军”号巡洋舰的座标和航向,英军统帅部在接到美国的情报后及时进行部署,于同年 5 月 2 日,英军核动力潜艇“征服者”号一举击沉“贝尔格拉诺将军”号,舰上 368 名官兵全部丧生。

地球资源卫星

地球资源卫星是 1972 年才开始发展起来的新型卫星,它是航天技术与遥感技术相结合的产物。美国于 1972 年 7 月 3 日发射了 ERTS-1 号第一颗地球资源卫星,随后又连续发射了 5 颗陆地卫星和 1 颗海洋资源卫星。1975 年 11 月 26 日,中国发射了第一颗返回式遥感卫星,到 1990 年,中国共发射了 12 颗返回式遥感卫星,回收成功率达 100%,后来还发射了“资源”1 号卫星。这些卫星都获得了大量地球资源勘探资料。苏联从 1977 年起发射了“流星”系列地球资源卫星和海洋勘测卫星。法国于 1986 年也发射了先进的“斯波特”商用地球资源卫星。

地球资源卫星对工农业生产和地质、水文、海洋、矿藏、环境监测、生态平衡和预防自然灾害都有巨大作

用。比如用飞机进行航空测量中国领土一遍,需拍 150 万张照片,费时 10 年;而用地球资源卫星测绘,则只需约 500 张照片,几天就可完成。要把整个地球测量一遍,也只不过需要 18 天就可完成,一个星期就可拍摄和积累地面景物照片 1 万张。地球资源卫星可以寻找矿藏和油田,找水和查火,预报农作物病虫害和产量,查清牧草分布和浮游生物的分布与密度。目前,全世界有 100 多个国家和地区利用这种卫星的遥感资料,发现了许多重要的矿藏和水利资源。

“资源”1 号卫星

“资源”1 号地球资源卫星是中国和巴西政府联合研制并由中国发射的。这是一种 778 千米太阳同步极地圆轨道卫星,绕地周期 100.4 分钟,每天 14.35 周,其中绕经中国上空 3 周,覆盖地球目标的重复周期 26 天。设计工作寿命 2 年,在中国三个地面站配合下,卫星传输的遥感图像可覆盖中国全部陆地、海域和大部分邻国的全部或大部领域,并可获取国外任一区域的地面图像信息,经地面加工处理成各种所需的图片,供用户使用。

“资源”1 号地球资源卫星的星体外形是:一侧装有三块太阳能电池阵组成的单翼太阳帆板的长方体,发射时的尺寸为 $2000 \times 2280 \times 3215$ 毫米,飞行状态时的尺寸为 $2000 \times 8440 \times 3215$ 毫米,总重 1450 千克。星载遥测仪器是 CCD 相机。地面多光谱分辨力达 20 米。红外多光谱扫描仪的地面分辨力达 80 米和 160 米。由于采用多光谱观察,对地观察范围大,数据收集快,有利于动态和快速监测。图像信息由无线电传输。

这颗地球资源卫星的主要任务是：监测国土资源的变化，每年更新中国全国利用图，测量耕地面积，估计森林蓄积量，监测农作物长势、产量和草场载畜量及每年变化，监测自然及人为灾害，快速查清洪涝、地震、风沙等破坏情况，对沿海经济开发、滩涂利用、水产养殖、环境污染等提出动态情报，勘探地下资源，圈定黄金、石油、煤炭和建材等资源区，监督资源的合理开发等。此外，它还可以快速收集气象、水文、水利、海洋、环境监测、地震监测和石油勘探等部门的数据。

遥感卫星

1975年11月26日中国首次发射返回式遥感卫星，到1992年已发射13颗。这种卫星和地球资源卫星的性质是一致的，只是它工作寿命短，只有5~15天，但是可以回收。它是小椭圆近地轨道，近地点175千米~210千米，远地点320千米~400千米，倾角为57度~70度，周期90分钟。卫星观测覆盖区域在南北纬70度之间，覆盖面积约2000万平方千米，约为中国的两个版图之广。

卫星直径2.2米，高3.14米，圆锥体，重1800千克~2100千克。星载可见光照相机等遥感仪器，能获得大量对地观测照片，具有分辨力高、畸变小、比例尺适中等优点。可广泛应用于科学研究和工农业生产领域，包括国土普查、石油勘探、铁路选线、海洋海岸测绘、地图测绘、目标点定位、地质调查、电站选址、地震预报、草原及林区普查、历史文物考古等多个领域。1992年8月9日下午4时，中国发射了一颗工作寿命已延长

到 15 天的返回式遥感卫星，这是中国发射。

海洋监视卫星

海洋监视卫星是 70 年代发展起来的十分先进的卫星技术。它是用于探测、识别、跟踪、定位和监视全球海面舰艇和水下潜艇活动的卫星，它能提供舰船之间、舰岸之间的通信。由于它所覆盖的海域广阔，探测目标多而且是活动的，所以它的轨道较高，并且多采用多星组网体制，以保证连续监视。这类卫星分为电子型和雷达型两类。它是军事预警和侦察卫星发展的一个重要分支。

海浪的高度、海流强度和方向、海面风速、海水温度和含盐量等等数据，都是极宝贵的军事情报。苏联和美国都先后发射了这种卫星。美国的“海洋”1 号卫星能利用其侧视雷达全天候地监视海上小型船只，它还能探测出高度不过 10 厘米的海浪。

民用间谍卫星

冷战结束使许多武器变得多余了。但是间谍卫星则可能由军用改为民用。于监视军队部署情况的卫星现在可以用来为城市地区运输系统和环境管理人员和计划人员提供以前无法得到的信息。1994 年，美国总统克林顿批准间谍卫星用于商业目的以后，发达国家已争先恐后地生产“空间高分辨率遥感卫星”。这种原来用。

自 1995 年至 20 世纪末的五年间，将有一系列商业卫星环绕地球运行并记录数据。它们将每隔几小时用数

字图像向地面站传送信息。地面站将加工这些数字图像，并把它们连同大量有关的数据输入个人计算机的信息系统。到 1997 年，能辨认地球上一米见方的物体的卫星将投入运行。印尼政府计划使用这样的设备搜集 100 个城镇土地使用情况的数据。由于设在一个国家的接收站可以得到另一个国家的数据，各国政府是否会相互指责进行间谍活动。科学家们认为：由于每个国家都能得到同样的信息，要保守的秘密就越来越少了。这种情况将促进全球的稳定。

纳米技术卫星

所谓纳米技术，就是研究尺寸为 0.1 纳米 ~ 100 纳米的微细粒子——电子、原子和分子的运动规律和特性，根据这些规律和特性，人们再去研究纳米生物学、纳米机械、纳米电子、纳米制造等技术，综合这些技术成果进而研制出纳米卫星。

纳米卫星绝不是一个简单的小卫星。以集成电路为例，1992 年生产的 16 兆位的芯片，集成度高达 3200 万个元器件，线条宽为 0.5 微米，即 500 纳米；而后来生产的 64 兆位的芯片，线条宽为 0.3 微米，即 300 纳米，集成度可达 12800 万个元器件；20 世纪末可出现 1000 兆位的芯片，线条宽只有 100 纳米，集成高度达 200 亿个元器件。在下个世纪，进入纳米空间，集成度会达到 2 万亿个元器件，线条宽为 0.1 纳米，利用这类产品制成卫星，空间技术将会爆发一场革命。

“金星”号探测器

苏联最早向金星发射探测器，曾于 1961 年 1 月 24 日，进行了一次试验性发射，但因探测器失去控制而失败。20 天后，2 月 12 日，苏联第一个金星探测器“金星”1 号发射上天。这个探测器重 643 千克，装有轨道测量系统、发动机校正装置和首次启用的远程通信装置、新型耐高温太阳能电池等先进设备。飞到距金星 10 万千米后这个探测器与地面的通信中断。

1965 年 11 月 12 日和 15 日，苏联又成功发射了“金星”2 号和 3 号探测器，它们均重 963 千克，装有电视摄像系统和考察金星的全套设备。“金星”2 号在翌年的 2 月 27 日飞到距金星 2.4 万千米处掠过时，通信中断；“金星”3 号在次年的 3 月 1 日接近金星时遥测失灵，无法判明它的着陆舱是否抵达金星表面。

1967 年 6 月 12 日，“金星”4 号发射升空，探测器重达 1106 千克，飞行 128 天后与金星交会，放出着陆舱。1 个半小时后，它探测了金星大气层的密度、温度及化学成分，但着陆舱还未到达金星表面就被高气压压瘪了。

1969 年 1 月 5 日和 10 日，苏联发射了“金星”5 号和 6 号探测器，它们分别于同年 5 月 16 日和 17 日在金星着陆，测量了大气的数据，但未能发回金星表面的资料。

1970 年 8 月 17 日发射的“金星”7 号，终于在同年 12 月 15 日实现在金星的软着陆，首次向地球传回了金星表面的情况。“金星”7 号重 1180 千克，其中着陆舱约 500 千克。它在 23 分钟的降落过程中，考察了金星大

气层的内部情况及表面结构。传回的数据表明,着陆舱受到的压力达 90 个大气压,温度高达摄氏 470 度。大气组成主要是二氧化碳,还有少量的氧、氮等气体。“金星”7 号成为第一个到达金星实地考察的人类使者。

此后,苏联又发射了 9 个金星探测器。1972 年 3 月 27 日升空的“金星”8 号,同年 7 月 22 日着陆舱探测了金星表面的土壤,从发回的图像表明,金星表面十分明亮。

1975 年 6 月 8 日和 14 日,“金星”9 号和 10 号启程,4 个月后的 10 月 22 日和 25 日,它们分别进入不同的金星轨道,两个探测器的着陆舱重量均增加到 1560 千克。1978 年 9 月 9 日和 14 日发射的“金星”11 号和 12 号,在金星表面软着陆后工作 110 分钟。1981 年 10 月 30 日和 11 月 4 日上天的“金星”13 号和 14 号,携带有自动钻采装置,在金星上采集了岩石样品。1983 年发射的“金星”15 号和 16 号,发回了金星图像。1984 年 12 月,苏联发射两个“韦加”号探测器,于 1985 年 6 月 11 日和 15 日先后向金星表面投放探测装置,对金星土壤和云层进行了考察,向地面发回了宝贵资料。“金星”号系列探测器总共进行了 24 年的飞行考察。

“火星”号探测器

最早向火星发射探测器的也是苏联,1962 年 11 月 1 日,苏联率先向火星发射了“火星”1 号探测器。“火星”1 号重 863.5 千克,探测器直径 1.1 米,高 3.3 米,装有 2 块太阳能电池板和折叠式抛物面天线。探测器上装有拍摄火星表面照片并把照片传回地面的装置,还装有考

察火星上有机物、磁场、辐射带等的观测仪器。它升空 4 个月后,于飞向火星途中,在距地球 1 亿多千米处与地面的通信中断,没有完成飞近火星考察的任务。1971 年 5 月 19 日和 28 日,苏联成功发射了“火星”2 号和 3 号探测器,半年后它们相继进入环绕火星的轨道,成为火星的第一批人造卫星。“火星”3 号总重 4650 千克,其中着陆舱重 816 千克。它在同年 12 月 2 日进入火星轨道后,环绕火星运行 12.5 天,然后在火星表面软着陆,6 分钟后就开始向地球发出电视信号,因火星上强烈尘暴的影响,电视信号仅连续发送了 20 秒钟。这是人类第一个到达火星的探测器。

1973 年,一组 4 个火星探测器又发射升空,结果都未达到预定目的。7 月 21 日升空的“火星”4 号,于 1974 年 2 月 10 日飞到距火星 2200 千米处,由于制动系统故障,未能进入火星轨道。7 月 26 日上天的“火星”5 号,于 1974 年 2 月 12 日进入火星轨道,向地面发回火星表面照片,但很快停止工作。8 月 5 日“火星”6 号出发,到 1974 年 3 月 12 日在火星表面着陆,但着陆 1 秒钟后与地面通信中断。8 月 9 日“火星”7 号启程,于 1974 年 3 月 9 日从距火星 1300 千米处掠过,降落装置发生故障,探测器去向不明。由于“火星”号探测连连受挫,苏联暂时中断了这项计划。

1988 年 7 月 7 日和 12 日,苏联又相继发射“火卫一”福波斯 1 号和 2 号探测器,揭开探测火星新计划的序幕。这两个探测器各重 4 吨,装有各种科学仪器、太阳能电池帆板、天线、姿控发动机、电视摄像机等。它们在太空飞行 200 天后到达接近火星的轨道,对火星及其第一颗卫星进行科学考察。

“旅行者”2号

天王星是F·W·赫歇尔于1781年3月13日偶然发现的一颗直径达5.2万千米的神秘行星,它公转一周需84年,自转周期为15~17小时,它距地球十分遥远,用天文望远镜观察它总是模模糊糊。美国的“旅行者”在探测木星、土星之后,在1985年至1989年之间先后探测了天王星和海王星。

最先到达天王星的是“旅行者”2号。1985年11月4日,它开始接近天王星,经过8年时间,航行48亿千米之后,于1986年1月24日从距天王星最近点飞过,然后仍继续观测到2月25日。在1988年1月24日那天的17时59分,“旅行者”2号横穿距天王星赤道10.707万千米处,先后航行长达6个小时,使它仔细地观察了天王星的真面貌,拍摄了大量珍贵照片。在如此近距离上考察一颗距地球30亿千米远的天体,还是第一次。

“旅行者”2号从1986年1月10日开始向地球传回它对天王星的所见所闻的精美照片,到1月24日这天,在距天王星最近点8.1万千米的空中,珍贵的资料源源发回地面。

“水手”号探测器

美国主要有两种探测器纳入火星探测计划,即“水手”号和“海盗”号。

“水手”4号于1964年11月28日发射升空,重260

千克。它于 1965 年 7 月 15 日在距火星 9280 千米处掠过，拍摄了 22 张火星照片。1969 年 2 月 24 日发射的“水手”6 号，于当年 7 月 31 日在距火星 3400 千米处飞越，拍摄了 175 张火星照片。3 月 27 日升空的“水手”7 号，8 月 5 日在距火星 3200 千米处掠过，拍回 126 张火星照片。1971 年 5 月 30 日“水手”9 号发射成功，它于同年 11 月 14 日进入火星轨道，距火星 1280 千米，运行将近一年时间，拍摄了 7329 幅火星照片。

美国还依据这些资料首次为火星上的火山、峡谷、高地和洼地命名。

“海盗”号探测器

在“水手”号探测的基础上，美国实施“海盗”号火星着陆探测计划，共研制了两个“海盗”号火星探测器。它长 5.08 米，重 3530 千克，其中轨道飞行器重 2330 千克。1975 年 8 月 20 日发射“海盗”1 号，1976 年 6 月 19 日进入火星轨道，7 月 20 日降落装置在火星表面软着陆成功，进行了拍照和考察，在火星上工作 6 年，于 1982 年 11 月停止发回信息。1975 年 9 月 9 日“海盗”2 号发射上天，1976 年 8 月 7 日进入火星轨道，9 月 3 日降落装置在火星表面软着陆成功，在火星上的考察至 1978 年 7 月停止。这两个探测器专门对火星上有没有生命存在的实验作了 4 次检查。1992 年 9 月 24 日，美国又发射了“火星观察者”探测器，1993 年 12 月飞抵火星轨道考察地理情况和气候状况，为将来载人火星探测道路。

飞机发射卫星

1990年4月5日,人类第一次从飞机上发射升上太空的火箭,在太空探索方面开始了一个新纪元——“微航天”时代。这天一架改装后的美国B-52核轰炸机呼啸升空,在飞机升到约2000米高度时,放下了一枚挂在右机翼下的长15米、顶部有一个卫星的三级不载人火箭,称为“柏伽索斯”号。5秒钟后,这枚火箭点火,直上太空,把约重200千克的一颗军用通讯卫星送入穿过北极和南极上空600千米高度的预定轨道上。在航天器发射方面使用微电子设备,大大减少了卫星和火箭的体积和费用,也使人们有了一种新方法把小的有效载荷送上太空。“柏伽索斯”号火箭装有一个翼,帮助它飞行爬上太空,从而省去了昂贵的地面助推器。除了坚固得多的航天飞机外,还没有有翼的飞行器像“柏伽索斯”那样,以音速8倍的速度飞行,或受到如此高强的热和压力。这次发射成功有两个意义:第一,它使宇航商业化的努力取得了新进展;第二,现在创造的用飞机发射卫星的可能性,可大幅度降低发射小卫星的费用。

“伽利略”号探测器

“伽利略”号木星探测飞船,是美国动员了成千上万名专家和工程技术人员,耗费了巨额资金研制成功的。

1989年10月18日,“伽利略”号木星探测器由“阿特兰蒂斯”号航天飞机“伽利略”号。这是迄今世界上发射的最复杂、最先进的行星际探测飞船,它是用来执

行美国经过 10 年精心准备的最重要的木星探测计划的。

“伽利略”号向太阳轨道飞行两年,于 1990 年通过金星,于 1990 年 12 月以时速 1.429 万千米的速度,首次通过地球轨道,再以时速 12.71 万千米的速度,于 1992 年 12 月第二次通过地球轨道和地—月交会轨道,并对它们都“顺便”进行红外观测。最后以时速 14.03 万千米的速度,于 1995 年 12 月 7 日到达木星。它的轨道器在释放出探测器后,就成为木星的人造卫星,探测器则下降到木星表面,并及时发回探测数据。

“伽利略”号起飞总重为 2550 千克,由轨道器和大气探测器两部分组成。轨道器于 1995 年 7 月到达木星轨道前 150 天,放出大气探测器后,沿着木星椭圆轨道执行探测任务,并绕木星飞行 22 个月,拍摄木星及其卫星的照片;大气探测器深入木星大气层深处探测大气层的成分和物理特性。这个探测器以每秒 48 千米的速度进入狭窄的通道进入大气层,它承受了 400 克的加速度,表面压力高达 14.2×10^6 帕,表面温度高达 7800 高温,在它打开降落伞徐徐下降的过程中,展开了各种测量工作。随着高度下降,大气压力和气温越来越高,最后高达 2.03×10^6 帕,这时,球形探测器被压垮,整个工作历时 1 小时。

“伽利略”号的轨道器结构独特,采用双自旋结构,由一个每分钟数圈慢速旋转的自旋舱和一个定向舱组成。自旋舱有一台直径 5 米的抛物面天线和无线电传输装置、一台主发动机和两组辅助的小型喷管,以钚为燃料的热核电发电机、磁强计和等离子体粒子遥感装置、高能粒子检测仪、尘埃粒子检测仪等。而定向舱体积比较小,里面只装备着多种光学摄像装置、一架小型天线、

CCD 照相机。这种照相机比“旅行者”号上的照相机灵敏度高 100 倍。轨道器的重量为 2205 千克。大气探测器由制动防热罩和球形仪器舱组成。防热罩是一个 120 度锥角的钝头圆锥壳体,表面覆盖着一层很厚的碳-碳烧蚀防热层。这层防热罩的重量占了探测器总重的 50%。球形仪器舱里装备了大气组分探测计、质谱仪、氦气浓度计、测云计、辐射计、高能粒子探测计等多种探测仪器设备,还装备有降落伞系统、无线电发射装置和电源系统。大气探测器的重量为 345 千克。

“尤里西斯”号

1990 年 10 月 6 日,“尤里西斯”号探测器从美国“发现”号航天飞机舱内推出,之后,探测器用它自身的三级火箭加速,向着绕地轨道飞走,背向太阳而去。这是人类第一次从三维立体角度探测太阳的南北极。

“尤里西斯”号离开母机后,经 16 个月的航行,于 1992 年 2 月到达木星;然后沿垂直轨道航行两年零 3 个月,于 1994 年 5 月 25 日到达太阳南纬 70 度上空,用 4 个月时间在南极上空飞行、考察,其中在 1994 年 7 月到达离太阳最高点,开始向北飞行;然后于 1995 年 2 月初,它在距太阳 2.2 亿千米上空,从南向北跨越太阳赤道;1995 年 5 月 26 日飞抵太阳北纬 70 度地区上空,也用 4 个月时间探测、考察北极地区,于 1995 年 7 月飞越北极最高点,9 月再飞到北纬 70 度上空飞离北极区。

这个奇特的运行轨道,实际上是利用引力跳板技术,让探测器在太阳面前突然沿竖起 90 度的新轨道向太阳两极飞去,它的总航程为 30 亿千米,历时 5 年。

“尤里西斯”号的四大任务：一是太阳风和太阳磁场的三维结构情景；二是太阳的日冕、耀斑、电磁辐射的成因、变幻情景；三是太阳系星际空间、行星际气体的空间分布情景；四是太阳极区宇宙尘、伽马射线、宇宙射线、X射线、等离子体，以及重力波脉冲等的成因和活动情景。通过这些研究，为爱因斯坦提出的广义相对论所预示的重力波的存在找到证据。

“尤里西斯”号总重为 385 千克，共有 9 台专用设备，包括测高、测速、测磁、测光等仪器，能探测伽马射线、太阳风、太阳磁场、宇宙射线、红外、紫外射线的测试仪，高清晰度摄像机和信息转送仪器等。

“阿波罗”4号空难

1967 年 1 月 27 日下午，三位宇航员在当地时间 13 点进入离地 66 米高的“阿波罗”4号飞船座舱。倒数计时进入读秒时突然中断，飞船座舱冒出浓烟大火。现场救护工作虽然非常及时，但是大火最终还是把 4 号飞船烧得只剩下了外壳。40 岁的格里索姆，36 岁的怀德和 31 岁的查菲，都已葬身火海。事故发生后，由 15 人组成的调查组，经过两个月的调查表明，事故直接原因是电线绝缘不良引起短路，导致纯氧密封舱的大火。同时也暴露了飞船应急救生系统不完善的设计缺陷。为此，死难者家属上诉法院，要求飞船制造厂商赔偿 1000 万美元，成为诉讼史上第一宗太空事故赔偿案。

三次重要试飞

1968年10月11日,“阿波罗”7号载着三名宇航员由“土星”1B号火箭送入地球轨道。重点任务是进行交会技术的演练,它利用抛弃在轨道上的第三级火箭,模拟登月时逼近、停靠和会合的飞行技术,为8号飞船环月飞行作准备。在11天的飞行中,还进行了主发动机点火,及检查各系统的工作。

1968年12月21日,“阿波罗”8号飞船绕地球2圈后,第三级火箭点火。当第三级火箭脱离后,8号飞船进入40万千米长的月球椭圆轨道。12月23日,飞船进入月球引力范围,在主发动机逆喷射下,飞船减速向月球靠近。25日凌晨8号飞船越过月背,正式进入近月点112千米、远月点312千米的环月轨道。绕月3圈后,飞船把近月点降到100千米,并拍摄了大量月球资料。环月10圈后,主发动机点火,飞船脱离月轨,返回地球。1968年12月27日上午,“阿波罗”8号顺利在太平洋中部海域溅落。

3月3日,“阿波罗”9号做最终的登月舱试飞。9号飞船入轨后,两名宇航员从指令舱进入登月舱。一名宇航员走出登月舱,在空间检验登月服的性能。在宇航员返舱之后,登月舱脱离指令舱单独飞行。宇航员在飞行中作姿态控制和登月下降火箭的喷射试验。然后再作离月上升火箭的启动试验,直至与指令舱会合联接为止。这次会合演习历时9小时之后,登月舱被抛离,9号飞船继续飞行5天,演练飞行追踪技术。3月13日,“阿

波罗 ” 9 号溅落在大西洋上。

航天飞机

航天飞机，英文为 SpaceShuttle，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”。

航天飞机是在飞机的基础上发展起来的航天器。航天飞机的用途极为广泛，并有独特优越性：首先，货舱容积大，可容纳 29 吨载荷，具有运载大型卫星及空间站部件的能力；其次，货舱遥控机械手可释放卫星，也可捕获卫星入舱修理，或带回地面；其三，能在低轨道上把所运载的卫星发射到离地 36000 千米的同步高轨道上；第四，利用航天机，可把地球上制作的部件运至空间，以便在空间组装成大型结构；最后，能破坏或俘获敌方卫星，部署太空武器，释放吸光材料干扰定向能武器，和以激光来摧毁陆基战略核武器。

航天飞机，是火箭、航天器和飞机的三位一体的崭新组合。最初的设计，是想把它建造成每年能进行 60 次太空飞行的廉价的“太空运输卡车”，为在太空中运行的航天器提供后勤保障。但是经过近 10 年的发展，航天飞机已经成为一个多功能实验室、货物运载装置和工作车间。经过近 20 年的研究、试验，美国于 1981 年 4 月 12 日第一次把一架航天飞机发射上天，成为能自由往返于天地之间的航天器。到 1992 年 6 月，世界上有 4 架美国航天飞机在运行，苏联一架航天飞机停在机库里，西欧国家和日本的航天飞机也正在研制中。作为航天器运

输系统,航天飞机一般包括:轨道器 航天飞机机体、固体助推器和外挂燃料箱三大部分。由于它的性能和特殊用途,目前仍然吸引许多国家在积极研制和改进它。

“暴风雪”号

“暴风雪”号是苏联航天飞机,总研制费用高达 100 亿美元,原计划每年最多可进行 2~4 次飞行。

“暴风雪”号外型与美国航天飞机极为相似,机身全长 40 米,高 16 米,机身直径 5.6 米,翼展 24 米,有效载荷货舱直径 4.7 米,长 18.3 米,可将 30 吨载荷送入低轨道,能运回 20 吨货物,比美国的航天飞机货舱稍大一点儿。乘员舱容积 70 立方米,可供 2~4 名宇航员使用,另有 6 个座位供乘员使用,其中除机长、驾驶员外,还有卫星修理人员 2 名,机械手操作员 1 名,科研人员 2~3 名。全机起飞总重 105 吨,着陆重量 82 吨。

“暴风雪”号航天飞机的飞程序是:航天飞机首先被推力为 3550 吨的“能源”号运载火箭推到亚轨道速度之前,第一级液体火箭发动机脱离,被抛到苏联领土之内,然后,到 160 千米高度时,启动自身的发动机,将航天飞机助推到轨道速度,这时,主发动机和大型燃料箱把航天飞机送到可能进入轨道的高度后,即脱离航天飞机作为第二级溅落在海面上。同时再次启动机上发动机,使“暴风雪”号到达高度为 260 千米的圆轨道,返航着陆情况与美国航天飞机一样。着陆速度为 340 千米/时,地面滑跑距离 1100 米~2000 米。“暴风雪”号带着着陆伞,当速度减到时速 50 千米时,弹出制动着陆伞。

“联盟”号宇宙飞船

“联盟”号飞船总长 7.5 米，最大直径约 2.7 米，重约 6.8 吨，由球形轨道舱、钟形返回舱和圆柱形服务舱组成。轨道舱分成生活区和工作区，前端有个与“礼炮”号轨道站对接的舱口，宇航员将通过它进入“礼炮”号内部。返回舱是宇航员的座舱，与轨道舱相贯通，舱内有操纵设备、显示仪器、减震座椅、生命保障系统、制动火箭和降落伞。返回舱的钟式造型及外表的防热层，有利于再入大气层时减速隔热。服务舱的密封部分有定向和稳态系统，非密封部分装有发动机、推进剂及辅助电源，舱外有天线和两个太阳电池板。飞船在返回时，抛弃轨道舱和服务舱，返回舱单独再入大气层。

1967 年 4 月至 1981 年 5 月，苏联共发射 40 艘“联盟”飞船，其中 22 艘与“礼炮”号实现对接。80 年代后，“联盟”系列改型为可载 3 人的“联盟”T 号系列飞船。

“联盟”号飞船坎坷多难。由“宇宙”133 号飞船改制的第一艘无人驾驶“联盟”号，在入轨后无法实现姿态控制，由地面无线电引爆自毁。“联盟”号第二次无人飞行试验时，因计算机点火程序混乱，在发射台上与运载火箭一起被炸毁。第三次无人飞行于 1967 年 2 月进行，在再入大气层时，飞船头部防热层被烧穿，堕入咸海沉没。1967 年 4 月 23 日，“联盟”1 号正式载人升空，但飞船左侧太阳电池翼板无法展开。4 月 24 日在返回舱返回地面的过程中，因降落伞故障坠毁。

1971 年 6 月 7 日，“联盟”11 号载 3 名宇航员，再

度入轨与“礼炮”号进行对接。对接取得成功，三位宇航员进入了“礼炮”号大圆筒式的轨道舱，在轨道舱里生活了23个昼夜，进行了天文、生物、摄影等观测实验。但是，在返回途中，联盟1号飞船座舱阀门泄漏，造成密封舱缺氧，3名宇航员被窒息死亡。

太空轨道转移飞行

1986年3月15日，两名宇航员乘“联盟”T15号与“和平”号对接，这是一次轨道转移飞行。首先，要使两座航天站都处于同一平面内。因此，两者的倾角同为51.6度。它们的发射时间和地点也要求一样，“和平”号的发射窗口只有5秒钟，否则将差之万里。其次在转移飞行中，由“联盟”T15与“礼炮”7号相距2000千米开始，逐步缩短到12千米，然后，靠自动系统进一步靠近到2200米时，由宇航员亲自操纵飞船停靠、对接。他们在站上对1000台仪器完成了一系列检查，拆卸了“进步”号送来的货物后，于5月5日乘“联盟”T15号飞船离开了“和平”号，向“礼炮”7号飞去。他们要去实地检查一下已经停止工作的“礼炮”7号，看看有无可能修复后使它继续工作。在“礼炮”7号上工作50天后，再离开它，飞回“和平”号。

两位宇航员按照上述步骤先与和平号脱离对接，驾驶“联盟”T15飞船向“礼炮”7号飞去。当飞至“礼炮”7号附近时，“联盟”T15号缓缓接近它，最后与它对接成功。宇航员进入空无一人已停止工作很长时间的“礼炮”7号，进行了大量检查和修理工作。但是，“礼炮”7号已经很难再进行载人飞行了。宇航员只好回到

“联盟” T15 号飞船上，操作飞船与“礼炮” 7 号脱离对接。在返回途中，他们两次矫正飞船运行轨道，逐步向“和平”号靠拢。在距“和平”号 50 米处，宇航员用手操纵对接，最后终于顺利、准确地完成了对接。

“联盟” TM2 号

1987 年 2 月 28 日，载着两名宇航员的“联盟” T M2 号飞船与“和平”号对接成功。“联盟” TM2 号载人飞船是专门为和平号轨道站往返运送宇航员的工具，被称为“太空客车”。飞船全长 7.5 米，最大直径为 2.2 米，重约 7 吨，由返回舱、轨道舱和服务舱组成，可搭载 2~3 人。返回舱供宇航员入轨、对接、返回时使用，装有控制系统、减震座椅、降落伞系统和软着陆反推发动机。轨道舱是供宇航员进行科技实验、体育锻炼、进餐和休息的密封舱，也可作为气闸舱用，通过它可与“和平”号对接。服务舱是非密封舱，安装飞船的推进系统和姿控装置，供定向交会用。其上装有宇航员逃逸系统，可供飞船发射后 2 分钟 30 秒内使用。还装有两套新的空地通信线路，可与航天站和地面指挥中心取得联系。

“亚特兰蒂斯”号与“和平”号对接

1995 年 6 月 27 日，美国一架载有 7 名宇航员的航天飞机从卡纳维拉尔角升空，并开始追赶“和平”号空间站，最后以每秒钟不超过 3 厘米的相对速度靠近。格林尼治时间 6 月 29 日 13 时对接成功。这是一次历史性的对接。有史以来的最重航天器 100 吨重的航天飞机

和 123 吨重的空间站 在距离地面约 395 千米的轨道上 , 以相对于地面 2.8 万千米/时的速度飞行 夜晚用望远镜可观察到 。 航天飞机为 “ 和平 ” 号带去了设备、食品和其他补给品。两国宇航员联合开展了一系列空间医学实验。美俄 苏 航天器的第一次空间对接是在 20 年前的 1975 年 , “ 阿波罗 ” 飞船和 “ 联盟 ” 号飞船共同飞行两天。 “ 亚特兰蒂斯 ” 号的这次飞行 , 也是自谢泼德亚轨道飞行以来美国的第 100 次载人飞行。7 月 4 日 , “ 亚特兰蒂斯 ” 号与 “ 和平 ” 号脱离。乘该航天飞机升空的两名俄罗斯宇航员留在 “ 和平 ” 号上继续飞行 , 原在 “ 和平 ” 号上的 3 名宇航员乘航天飞机返回地面 , “ 亚特兰蒂斯 ” 号返回时的乘员增至 8 人。7 月 7 日返回地面 , 带回了 “ 和平 ” 号上的部分实验标本。

“ 哥伦布 ” 号计划

欧空局联合 11 个国家 , 正在执行一项研制 “ 赫尔梅斯 ” 号航天飞机和 “ 哥伦布 ” 号空间站的计划。 “ 哥伦布 ” 号空间站由增压舱、极轨平台、服务舱和尤里卡平台组成。增压舱是空间站主体 , 为航天员工作和生活的场所 ; 极轨平台用于对地观测 ; 服务舱载有动力、温控、通信和其他保障系统 ; 尤里卡平台是航天员从事空间科学实验的地方。 “ 赫尔梅斯 ” 号小型航天飞机实际上也是空间站系统的一个组成部分。

东方快车

美国的下一步载人航天目标,是建造“东方快车”空天飞机和“自由号”永久空间站。目前正在研制一种叫 X-30 的试验型样机,差不多像今天的 DC-9 客机大小,是“东方快车”的 1/3。最关键的技术是要解决制造大型组合式推进装置、轻型高强度耐高温材料、高超音速飞动结构外形和先进的控制系统。空天飞机能像普通飞机那样从地面水平起飞,以高超音速在大气层内飞行,并直接加速进入地球轨道飞行,完成任务后返回大气层,又像飞机那样水平着陆,完全达到能重复使用的目的。预计 21 世纪初能够进入轨道飞行。

“发现”号与“和平”号交会

1995 年 2 月 3 日,美国“发现”号航天飞机发射升空。这次飞行的主要任务是实现与俄罗斯“和平”号空间站的在轨交会,随机一同进入太空的有五名美国宇航员和一名俄罗斯宇航员。

2 月 6 日,“发现”号航天飞机经过 3 天的机动飞行,从空间站的下方绕飞到空间站上方 120 米处停泊下来,然后以每小时 4.8 千米的相对速度向空间站靠拢。19 时 20 分,航天飞机与空间站相距 11.3 米,航天员们互相招手示意。在接近过程中,他们进行了通信联络、雷达与激光传感等多种用于对接的试验。13 分钟后,“发现”号航天飞机逐渐拉开与空间站的距离,环绕空间站飞行一周后,再次启动机动发动机,离开了空间站,于 2 月

11 日安全返回地面。

这次航天飞机与空间站的太空交会是继 1975 年美国“阿波罗”飞船与苏联“联盟”号飞船实现对接以后两国航天器的首次轨道会合，在此之前美国航天员已乘坐俄罗斯飞船进入了“和平”号空间站。这次空间交会说明美俄这两个世界航天大国在航天领域已开始了全面的合作，国际空间站已进入了工程建造的第一阶段，拉开了国际空间站建造的序幕，它的成功为空间站建造的顺利实施奠定了坚实的基础。

“哈勃”太空望远镜

太空望远镜是由美国国家航空航天局负责研制的一台空间天文望远镜，以美国天文学家埃德温·P·哈勃命名，以纪念他在 20 世纪前半期于星系天文学和宇宙结构组成方面所作出的杰出贡献。

“哈勃”太空望远镜实质上为一颗大型天文卫星，犹如一座空间天文台。由于它在地球稠密大气层外的宇宙中工作，从而消除了地面天文观测的障碍；避开了大气层对天体光谱的吸收和大气层湍流对天体观测的影响，使得该望远镜的性能大大地提高。

这架望远镜能观测到比现在所能观察到的最暗的还要暗 50 倍的天体，其视距最大值能由地基天文望远镜的 20 亿光年扩展到 140 亿光年。用天文学的行话来说，就是太空望远镜能观察到 28 或 29 等星，而地基望远镜只能观察到 24 等星。

这架太空望远镜的上述优异性能，使人们探测宇宙的视野大为扩展，观测天体的距离大大地延长了。这就

为天文学工作者进一步地、更深入地观测和研究天体的起源、演变和星系结构等问题，创造了极好条件。

“哈勃”太空望远镜是有史以来最大和最精密的天基天文望远镜。其外形呈圆柱状，全长 13.1 米，直径约 4.5 米，总重约 12 吨，主要由光学望远镜装置、保障系统和科学仪器三部分组成。

航天飞机是太空望远镜的唯一运载工具，它主要承担望远镜的发射入轨、在轨更换仪器设备与检修以及回收等任务。

跟踪和数据中继卫星是位居地球静止轨道的通信卫星，由美国的“挑战者”号航天飞机发射入轨。它在太空望远镜系统中承担着信息的中转传输任务；即把望远镜观测得到的数据转发给地面，并将地球站对望远镜的跟踪和遥控信息转发上去。太空望远镜系统所需的两颗跟踪和数据中继卫星由美国的航天飞机于 80 年代中、后期发射入轨，分别定位在西经 41° 和 170° 赤道上空。这两颗卫星与一个地球测控站组网，则能使“哈勃”太空望远镜在其运行的 85% 时间内与地面保持联系。

“哈勃”太空望远镜将在空间轨道工作 15 年以上。从而为天文学界提供了一个新的强大的天文观和工具，定能为人类进一步揭示宇宙奥秘作出新贡献。

卫星的发射

首先，当装有卫星的运载火箭耸立在发射台上，全部准备工作完毕，按照“倒计时程序”进入最后预备阶段。随着地面控制中心的发射指令：“9、8、7、6、5、4、

3、2、1 发射，第一级火箭发动机点火，运载火箭开始脱离发射架上升，而且速度越来越快。这就是加速度飞行段开始了。运载火箭从地面发射到把有效载荷送入预定轨道，称为发射阶段。在这一阶段所飞经的路线就叫做发射轨道。运载火箭的发射轨道一般为三大部分，即加速飞行段。惯性飞行段和最后加速段。运载火箭垂直起飞后 10 秒钟数到 0 秒钟后，开始按预定程序缓慢地转弯。发动机继续工作约 100 多秒后，运载火箭已上升到 70 千米左右高度，基本达到所需的入轨速度和与地面接近平行的方向时，第一级火箭发动机关机分离，同时，第二级火箭发动机点火，继续加速飞行。此时，已飞行 2 - 3 分钟，高度已达 150 千米— 200 千米，基本已飞出稠密大气层，按预定程序抛掉箭头整流罩。接着，在火箭达到预定速度和高度时，第二级火箭发动机关机、分离，至此加速飞行段结束。这时，运载火箭已获得很大动能，在地球引力作用下，开始进入惯性飞行段，一直到与卫星预定轨道相切的位置，第三级火箭发动机开始点火，进入最后加速段飞行。当加速到预定速度时，第三级火箭发动机关机，卫星从火箭运载器弹出，进入预定的卫星运行轨道。至此，运载火箭的任务就算完成了。