

# 探索太空

## (二)

创洁 编著



# 目 录

宇航工具的出现 .....	1
运载火箭 .....	1
人造卫星 .....	8
航天飞机 .....	16
航天站 .....	22
探测器 .....	35
航天发射场 .....	45
展翅翱翔，探访迷宫 .....	49
曲径通幽，窥视天宫 .....	49
倾听太空，寻找第二个家园 .....	66
人类开始飞出地球 .....	73
科幻成真——航天飞机研制成功 .....	82
“阿波罗”登月 .....	98
“探路者”登上火星 .....	111
蓝天惊魂唱悲歌 .....	115
中华航天技术的成就 .....	127
中华火箭上九天 .....	128
中华卫星的成功发射 .....	135

## 宇航工具的出现

### 运载火箭

#### 1. 向上帝挑战的庞然大物——运载火箭

根据物理学知识，我们知道，要使卫星或飞船克服地球引力，进入环绕地球的轨道运行，需要达到或超过 7.9 公里/秒的第一宇宙速度才行；要使飞船或星际探测器摆脱地球引力的束缚，实现太阳系内的星际航行，进行科学考察，至少需要达到 11.2 公里/秒的第二宇宙速度才行；要使星际探测器摆脱太阳的引力，到太阳系外去银河系探索宇宙的奥秘，则必须要达到 16.6 公里/秒的第三宇宙速度。在目前技术条件下，要达到这么高的速度，只有利用火箭推动，而且单级火箭是无能为力的，只有依靠多级火箭。所以，运载火箭都是多级的，又细分为有两级的，三级的，也有四级的。

组合方式基本上可以分为两大类，一类是各级首尾相接的串联式运载火箭；另一类是下面两级并联，上面一级串联的串并混合式运载火箭。

整个运载火箭是由箭体结构，动力装置和控制系统三大部分组成的。

运载火箭的大小是由飞行任务要求的有效载荷和飞行轨道决定的。飞行轨道相同，有效载荷越大，起飞重量越大；有效载荷不变，飞行轨道越高，起飞重量越大。

由于卫星和飞船等空间飞行的轨道都比较高,重量较大,所以运载火箭都是一些身高体重的庞然大物。它们的重量少则几十吨,一般为一百多吨到几百吨,重的可达二三千吨。高度一般在30米左右,大的40~50米,有的可达100多米。粗直径在1米以上,一般为3米左右,最粗的可达4.8米。通常,有效载荷占运载火箭起飞重量的(1~2)%。就是说,发射一颗一吨重的人造卫星,运载火箭就得有50~100吨重。这与飞机等运输工具相比,其运输效率是不高的。

## 2. 直冲九霄——运载火箭的发射

运载火箭从地面发射起到把有效载荷送入预定轨道止,称为发射阶段。在这一阶段所飞经的路线就叫做发射轨道。发射轨道一般分为加速飞行段、惯性飞行段和最后加速段三部分。下面,就以三级运载火箭发射轨道人造卫星为例,介绍一下典型的发射过程。

发射前,运载火箭最后检验合格、准备完毕,载着卫星耸立在发射台上,由地面控制中心倒计时到零便下令使第一级火箭发动机点火。在震天动地的轰鸣声中,火箭拔地而起,冉冉上升,加速飞行段由此开始了。经过几十秒钟,运载火箭开始按预定程序缓慢地向预定方向转弯;100多秒钟后,在70公里左右高度,第一级火箭发动机关机、分离;第二级接着点火,继续加速飞行。这时火箭已飞出稠密大气层,可按程序抛掉卫星的整流罩。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。随后,运载火箭靠已获得的能量,在地球引力作用下开始惯性飞行段,一直到与卫星预定轨道相切的位置止。此时,第三级火箭发动机点火工作,开始了最后加速段飞行。当加速到预

定速度时，第三级发动机关机，卫星与火箭分离，进入预定轨道。至此，运载火箭的运载使命就全部完成了。

与上述发射轨道相比，发射地球同步卫星、载人登月飞船及星际探测器等的轨道要复杂得多，但原理上雷同。

### 3. 摇探“大力神”——运载火箭的控制

现以中国“长征3号乙”运载火箭将菲律宾马部海卫星送入预定轨道的全部控制过程为例，说明火箭入轨的各个阶段的工作情况和各级箭、星分离的时间。各个控制的控制程序列于表6-1和表6-2中。表6-1为发射准备程序，表6-2为飞程序。

### 4. 冯·布劳恩——掌握通天大门钥匙的人

二次世界大战末期，德国法西斯为了挽救自己垂死的命运，从1944年9月6日到1945年3月27日，向英、比利时等国发射了4300多枚“复仇”2号(V-2)火箭(导弹)，造成人员和财产的惨重损失。V-2箭虽在战争中扮演了极不光彩的角色，但它在技术上的成功却使人类向征服太空迈进了一大步，成为现代大型火箭的鼻祖，构筑了航天史上重要的里程碑。

孕育V-2火箭的首要人物是冯·布劳恩。

布劳恩(1912~1977)出生于德国维尔西茨(今波兰维日斯克)一个富豪家庭，父亲做过魏玛共和国教育部和农业部部长。中学时代，发奋读书，刻苦钻研，还给奥伯特写信，表示自己如何喜爱火箭研究。1930年，18岁的布劳恩由于才学出众，被破格吸收为德国宇宙航行学会最年轻的会员。1932年他毕业于柏林工学院，2年后成为该校的物理学博士。

1932年11月1日，尚在大学中的布劳恩便被聘用

为非军人雇员，帮助多恩伯格从事火箭研究。在距柏林不远的库默斯多夫试验场内，火箭研究小组很快就试制成功了一台小型液体火箭发动机，燃烧 60 秒，推力达到 1370 牛。透过成功，布劳恩意识到火箭研制是一项十分复杂的系统工程，不是几个人就能把技术问题全部解决的，必须组织一批科学家分工协作，才能使火箭工程顺利发展。在他的倡议、组织下，德国宇宙航行学会中一批才学出众的专家集中到了火箭研究小组中，从 1932 年 11 月至 1935 年，研究小组已有 80 名科学家，布劳恩成为小组的核心人物。

在布劳恩的领导下，火箭研究小组从 1933 年开始研制 A 系列火箭，到 1942 年他们已经研制了推力分别为 2646 牛、8820 牛、13328 牛和 27970 牛的 A1 ~ A4 液体火箭，并且于 1937 年建成了世界闻名的佩纳明德火箭研究中心，这时布劳恩小组有 118 名工程技术专家，平均年龄 26 岁。

A-4 火箭 1942 年 10 月首飞成功，它的飞行速度接近 2 千米/秒，飞行距离达到 189.8 千米。法西斯垂青于它的军用价值，下令把 A-4 火箭改型为 V-2 导弹，用作战争武器。V-2 导弹全长 14 米，直径 1.65 米，起飞质量 13 吨，装有十字形尾翼，以酒精和液氧作推进剂，发动机推力为 260 千牛，飞行速度 5 倍于音速，能将 1 吨重的弹头发射到 275 ~ 320 千米的地方。

战后，布劳恩为美国政府工作，1945 年至 1955 年，他组织领导了美国弹道导弹武器计划的实施，先后在 V-2 导弹基础上研制成功了单级液体红石导弹和丘辟特导弹。1957 年 10 月 4 日苏联抢先把世界上第一颗人造卫星送上地球轨道后，布劳恩又受命主持把单级丘辟特

导弹改装为四级丘辟特运载火箭的工作。1958年2月6日，布劳恩主持研制的丘辟特C运载火箭，把美国第一颗人造卫星送上了天空，开拓了美国通向天空的道路。这种火箭的第一级是红石导弹的改进型，第二、三、四级分别是11个、3个和1个固体火箭，由于推力较小，美国第一颗卫星的重量只有苏联的第一颗卫星的1/10。

此后，布劳恩参加了包括研制宇宙飞船及运载火箭的“水星”载人飞行计划、“双子座”载人飞行计划，参与了把几种中程导弹改制成“雷神”系列、“宇宙神”系列、“大力神”系列运载火箭的工作，为美国的航天计划立下了汗马功劳。而他最辉煌的成就，是他为美国阿波罗登月计划而研制的“土星5”号巨型运载火箭。“土星5”号是一种三级液体火箭，加上阿波罗飞船全长110.6米，直径10米，起飞质量2840吨，能把100吨重的卫星送上地球轨道，或者把50吨重的飞船送上月球轨道。从1967年至1973年，“土星5”号一共发射了13次，其中6次将阿波罗载人飞船送上了月球。布劳恩和他的杰作“土星5”号火箭在人类航天史上写下了最为光辉的一页。

1970年布劳恩到华盛顿任美国航宇局副局长，负责空间计划，1972年退休。1977年因患癌症去世。

## 5. 初战告捷以外的梦想

### 形形色色的设想

齐奥尔科夫斯基曾经说过：“火箭对我来说，只是通向太空深处的一种办法，如果有另外的登天办法，我也会采纳，问题的实质是能够飞离地球并到太空居留。”

在齐奥尔科夫斯基之后，还有人提出过形形色色的登天设想。如美国人提出的“戴松球”、“擎天柱”，英国

人提出的“轨道塔”，苏联人提出的“宇宙梯”、“宇宙链”、“太空传送带”等等。

一个叫马依波罗的人提出，在地球赤道上建一座很长很高的桥，桥顶高出地面几百千米，远在稠密大气层之上。如果让航天器沿桥面往上行驶，当到达桥顶时，不需要很大的动力，就可离开桥顶进入太空飞行。

由于月球总是用同一面对着地球，因此，有人设想，如果在月球的这一面中央栓一条绳子，让绳子一直垂到地面，那么，沿着绳子就可爬上月球，或到达在不同高度轨道上运行的航天器上。其实，只要把人员和物资吊在绳头上的篮子里，也可以到达约4万千米的高空。因为月球是沿着一条椭圆轨道绕地球运行的，就是说，它有时离地球近，最近时，距离为363300千米；有时离地球远，最远时，距离为405500千米。如果绳子的长度为363300千米，那么，当月球离地球最近时，篮子就正好到达地面。这时，人员和物资进入篮子中，随着月球继续绕地球运行，篮子离地面越来越高。到月球离地球最远时，篮子就到了42200千米的高空了。因此，这个篮子可以给42200千米轨道高度以下的航天器运送人员和物资。当然，也可以给更高轨道上的航天器，甚至给月球基地运送人员和物资，而且不用费力爬绳子，只要在绳子上安装升降机就可以了。

那么，在对地静止轨道卫星上栓一条绳子，可不可以利用这条绳子向太空运送人员和物资呢？大家可以独立思考，作出回答。

### 电磁线圈炮

电磁线圈炮是将强电流通入线圈，产生巨大的电磁力，使线圈内载着航天器的射弹不断加速，最后被弹射

出去的航天发射装置。

美国桑迪亚实验室研制的长 0.8 米，直径 0.1 米，有 6 级线圈的原型线圈炮，可使 5 千克射弹的出口速度达到 335 米/秒，一些工程问题解决后，线圈炮是发射小卫星的理想工具。一个线圈炮一天可以发射 100 多次，费用只有火箭的百分之一，特别适合高频次的发射。

### 氢气炮

氢气炮好比一支巨大的气枪，它用高压氢气将卫星从发射管中弹射出去。

美国劳伦斯·利弗莫尔实验室正在研制的氢气炮，结构形状呈 L 形。一部分在地面上，是一根长 82 米，直径 36 厘米的泵管，泵管中有一个重 4 吨的钢制活塞；另一部分由塔架支撑着，倾斜地指向天空，是一条长 47 米、直径 10 厘米的发射管。两部分呈直角。发射时，将甲烷与空气的混合物注入泵管的一头，隔着活塞靠近发射管的一头泵管内则充氢气。点燃甲烷和空气的混合物，产生爆炸，推动活塞，压缩氢气，使氢气的压力迅速上升到 4100 大气压，将炮管中的卫星高速推出。为承受氢气压缩时产生的巨大冲击，装在泵管两端滑橇上各重 100 吨的缓冲器向后滑动 3 米，而发射管中的反作用力则由一个 10 吨重的缓冲器和填满胶体物质的容器来吸收，反作用力使胶体物质通过容器的孔隙喷出，使发射管得到保护。

1993 年，劳伦斯·利弗莫尔实验室在范登堡空军基地用原型氢气炮向太平洋上空发射炮弹，5 千克的炮弹可达到 450 千米高度的轨道。全尺寸的氢气炮建成后，可将 10 吨重的有效载荷送入 450 千米高的轨道，或将 2 吨重的有效载荷送上月球。发射费用只有航天飞机的

1/40。

## 人造卫星

### 1. 人造卫星的大家族

每当仰望黄昏或黎明前的晴朗夜空时，我们常常会看到有明亮的“星星”快速飞过，时间不过二分钟就会消失。其运行轨迹有时为东西向，有时呈南北向。这就是地球人类自己制造的人造地球卫星。

#### 人造地球卫星概况

人造卫星的运行轨道(除近地轨道外)通常有三种：地球同步轨道，太阳同步轨道，极轨轨道。

地球同步轨道：是运行周期与地球自转周期相同的顺行轨道。

太阳同步轨道：是轨道平面绕地球自转轴旋转的、方向与地球公转方向相同、旋转角速度等于地球公转的平均角速度(360度/年)的轨道，它距地球的高度不超过6000公里。

极轨轨道：是倾角为 $90^\circ$ 的轨道，在这条轨道上运行的卫星每圈都要经过地球两极上空，可以俯视整个地球表面。气象卫星、地球资源卫星、侦察卫星常采用此轨道。

在地球上的许多国家中，能够自己制造和发射卫星的国家并不多。其中最早实现自己制造、发射卫星的国家有前苏联、美国、法国、日本和中国。这五个国家可以称为发射卫星的明星国家。

#### 人造地球卫星的分类和应用

在目前发射成功的卫星中，包括科技实验考察、通

信、气象、导航、地球资源、军事侦察、海洋监视、早期预警、数据中继、军用测地等用途的卫星。它们在各自领域大显神通，使人类传统文明和军事技术发生了革命性的变化。

人造地球卫星具有对地球进行全方位观测的能力，其最大特点是居高临下，俯视面大。一颗运行在赤道上空轨道的卫星可以覆盖地球表面 1.63 亿平方公里的面积，比一架 8000 米高空侦察机所覆盖的面积多 5600 多倍。因此，对完成通信、侦察、导航等任务来说，它具有其他手段无法比拟的优势。

另据专家 1989 年底统计，在已发射成功的各类卫星中，除去军用和科研实验用以外，民用的通信、广播、气象、导航及地球资源卫星共计 1093 颗，占各国发射总数的 27.6%。其中通信和广播卫星共 658 颗、气象卫星 163 颗、导航卫星 239 颗、地球资源卫星 33 颗。这些卫星的工作寿命都很有有限，大部分为 1~2 年，最长的不超过 10 年。按设计寿命统计，目前仍在轨道上工作的应用卫星并不很多，实际上 1983 年以前发射的应用卫星已基本上停止工作。目前经常保持在轨道上正常工作的约为 200 颗左右，最多时不超过 400 颗。

人造地球卫星的广泛应用，又进一步推动了整个空间科技的发展，它的种类越来越多，功能越来越全，用途越来越广，成为航天器中发展最迅速、最活跃的一种。

## 2. 太空鸿雁的微波塔——通信卫星

自 1958 年 12 月美国发射第一颗称为“斯科尔”的有源实验型通信卫星，1962 年 6 月开始部署实用型通信卫星，特别是 1964 年美国发射“辛康-3”地球静止轨道卫星获得成功后，充分显示了卫星通信具有覆盖范围大、

通信容量大、传输质量高、机动性好、生存力强和经济、成本低等优点，从而引起世界各国广泛重视，纷纷投入了大量人力、物力来进行开发活动，导致了新的卫星通信时代的到来。

随着大规模集成电路、卫星能源和大功率电子器件等关键技术的不断进步，通信卫星的容量和传输质量有了飞速进步。如最初的国际“通信卫星1号”，卫星上只有两台转发器，通信容量为240条双向话路或1路电视。90年代使用的第六代国际通信卫星，转发器已增加到58台，通信容量达到12万条话路和3条彩色电视信道，寿命达13年。与此同时，地面接收站的小型化也进展很快，从而给卫星通信展示了更大发展的前景，并产生了难以估量的社会效益和商业利益。迄今，卫星通信已能为社会提供上百种以上的服务，除电报、电话、传真、数据传输、电视广播、远距离教育、无线电广播和海事移动通信外，还能提供电视电话会议、数据广播、应急救灾、遥远医疗、银行汇兑、电子文件分发、报刊印刷、电子邮政、资料检索与传送以及计算机联网等业务。同时，由于卫星通信的发展，实现军队自动化指挥的自动化通信网成为现实，并广泛应用到作战指挥、武器控制、情报处理、后勤指挥及军务管理等各个领域，大大提高了现代高技术战争的水平。

为更好发挥通信卫星的作用，实现全球通信的设想。1991年正式提出的由66颗卫星组成的低轨道铱星全球通信系统工程已开始启动，1997年5月5日，美国麦道公司研制的“德尔塔I型”运载火箭从加利福尼亚范登堡空军基地首次将5颗铱星送入太空，该计划于1998年年底基本完成系统组网，并开始投入运行。这样，由

美国摩托罗拉公司研制的“铱星”群和个人便携式电话组成的全球移动通信系统，将实现对地球表面任何一处“天衣无缝”的覆盖。无论你走到地球的任何地方，是陆地、海洋还是天空，只要你利用入网的便携式移动电话，拨出对方号码，“铱星”系统便可自动在全球为你搜索接通。“铱星”体积小(直径约1米，高度约2米)，重量轻(385公斤)，又是低轨道(约765公里)运行，不仅发射费用低，工作可靠，又不依赖其他地面通信设备，其发展前景，已引起世界各国的高度重视。

### 3. 巡天风云的“万里眼”——气象卫星

气象卫星，主要用于气象观测。据美国统计，气象卫星的经济效益巨大。该国每年用于气象卫星工程的投资约3亿美元，而通过气象卫星的服务得到的效果，可折算成每年增产或减少灾害损失达20亿美元，投资效益比为1:7。据前苏联有关当局估计，前苏联的气象卫星的投资效益比高达1:10。

被称之为“巡天千里眼”的气象卫星按运行轨道可分为两类：一类是太阳同步轨道气象卫星。由于卫星是逆地球自转方向与太阳同步，沿着太阳早升晚落的方向运行，每圈都要经过地球两极上空，故又称极地轨道气象卫星。卫星运行高度通常为数百公里，可观测全球的气象数据，供中长期数值天气预报用；另一类是与地球保持同步运行，相对地球是静止的地球静止轨道气象卫星。这类卫星轨道比较高，观测范围更广阔，通常用于对同一地区进行长期、持续观测，及时提供有关天气预报数据。卫星对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；另一种是借助于地球表面物体温

度和大气层温度辐射的程度不同，形成红外云图，可以全天候工作。显然，两类卫星和两种云图的拍摄形成共同配合使用，即可起到取长补短、相得益彰的作用，提高气象预报的准确效果。

迄今，气象卫星有的已发展为以气象为主的多用途对地观测卫星，不仅用于提高天气预报精度和准确度，还可用于海洋观测、冰雪和水文监测、庄稼生长以及病虫害和土壤墒情的监测等，在国民经济中发挥着越来越巨大的作用。

#### 4. 火眼金睛的勘探者——地球资源卫星

资源探测卫星，用于对地球资源和海洋环境的勘测以及对某些自然灾害的监测，主要有地球资源卫星和海洋监视卫星等。如果说气象卫星为了及时对变迁的大气层进行大面积和多次数的观测，它注重的光观测仪器必须有较大的视场角，而对其分辨率没有过高要求的话；那么地球资源卫星对观测仪器的性能选择则恰恰相反，它希望卫星上的光谱扫描仪对地面的分辨率要高，而相对地可以缩窄观测幅宽。地球资源卫星对发展国民经济的作用重大，如前苏联曾利用卫星获取的资料发现若干个金刚石矿，在第聂伯-顿涅茨的沼泽地区发现大油田。美国通过卫星勘察，在南非发现一个世界上最大的镍矿，在撒哈拉大沙漠找到巨大的沙下古河道和多个淡水源。

被称作“耳、目”双全的海洋监视卫星，也是一种重要的对地观测卫星，它既能获取图像信息，又能截听电子信号，主要用于掌握海洋水文资料等环境状况和可能的变化，这对及时掌握他国海军在海洋中的活动情况，提高本国海军的远洋作战能力，避免或减少海洋环境对海上作业的不利影响以及对测算海洋浮游生物分布、探

测鱼群走向、预报渔讯等有重要意义。

### 5. 洞察一切的谍报员——侦察卫星

号称“太空间谍”的侦察卫星，是对地观测卫星中最为兴旺的一个“家族”，在全球已上天的数千颗卫星中约占 1/3 的数量。侦察卫星的种类繁多，大体分为照相侦察卫星和电子侦察卫星两大类。

世界上第一颗照相侦察卫星是美国于 1959 年 2 月 28 日发射的“发现者 1 号”。自 1962 年春进入实际应用以来，已先后发展了五代。第一代、第二代为“发现者”系列，第三代为“萨莫斯”系列，1966 年投入使用。第四代是取名为“大鸟”的“普详结合型”侦察卫星，1971 年开始使用。它既能大范围监视，也能“低近观察”（分辨率为 0.3 米）；既能以无线电方式发送侦察结果，也能以回收方式对信息进行收集，因而誉满全球。第五代是 1976 年开始使用的“锁眼-11”和“锁眼-12”，其特点是采用无线电实时传送数字图像信息，利用率高，工作寿命长达三年。

世界上第一颗电子侦察卫星也是由美国送入太空的。从 1963 年 8 月至 1984 年底，美国共发射 36 颗“普查型”电子侦察卫星，这种体重只有 60 公斤的“小间谍”通常作为照相侦察卫星的子卫星一起发射。从 1964 年 5 月至 1971 年 7 月，美国还发射过 17 颗“详查型”电子侦察卫星，重量接近两吨，故通常用运载火箭单独发射。美国曾用这种卫星于 1968 年截获前苏联出兵捷克的有关情报信息。从 1973 年 3 月起，美国开始发射由美、英、加、澳四国共同开发的“流纹岩”号电子侦察卫星，能截获微波通信、长途电话和无线电信号等，曾用于监测和截获前苏联和中国的导弹遥测信号。从 1979 年起，美

国还发展了第三种电子侦察卫星“P-11”，主要针对中国、前苏联的防空雷达进行窃听，同时也用于核查限制战略武器的执行情况。前苏联从1967年10月至1984年底，共发展了三代“宇宙号”电子侦察卫星，主要用于电子和雷达信号侦察。1987年，前苏联开始使用新一代的“宇宙号”海洋学/电子侦察卫星，该星为“一星多用”，既进行海洋研究和冰情观察，又肩负电子侦察任务。

侦察卫星是军事斗争中不可缺少的重要手段，迄今，美、俄两国70%以上的重要军事情报，都靠侦察卫星获得，这对在战争中了解敌情、出奇制胜尤其至关重要。如在海湾战争中，美国使用的“KH-12”型侦察卫星，可在数百公里高空侦察到地面10厘米大小的目标。一种名叫“长曲棍球”的侦察卫星可在不良气候下，侦察到1600公里以外的目标和探测到地下几米深的物体。而取名“漩涡”和“大酒瓶”的两种通信侦察卫星，可在近4万公里的高空监视敌方的无线电通信，它们同地面侦听站配合，甚至可以了解到伊拉克军事小分队的交谈情况。侦察卫星还可用于导弹预警。海湾战争中，美国“爱国者”导弹能频频击中伊军的“飞毛腿”导弹，同侦察卫星及时提供“飞毛腿”的弹道数据和分布情况也是分不开的。

## 6. 高悬碧空的“指南针”——导航卫星

卫星定位导航，首先是由地面物体(车辆、行人)、海上舰船或天上飞机等，通过无线电信号沟通自己与卫星之间的距离，和用距离变化率计算出自己在地球上或空间的位置：当得知自己的位置坐标及其变化后，即可进一步知道自己的航向，从而引导自己向预定的目标前进。

60年代初，美国为了解决“北极星”导弹核潜艇的

精确定位问题,美国于1978年开始发射了一种以卫星为基础的无线电导航系统,称为导航星/全球定位系统(NAVstar/GPS)。该系统是由美国国防部组织海、陆、空三军,耗资100亿美元共同研制的,历时20年,被誉为与“阿波罗”登月飞船、航天飞机齐名的美国三大航天工程。全系统由18颗导航卫星组网(另有6颗备份星)于90年代初完成部署。这18颗卫星分布配置在6个2万公里高的圆形轨道上,倾角为 $63^\circ$ ,运行周期为12小时,可以保证全球任何地方的用户始终都能至少看到4颗导航卫星,以确保其导航精度。

GPS系统由空间部分、控制部分和用户部分三大块组成。空间部分即上述的24颗卫星(含6颗备份星),它们以周期0.5恒星日(约11小时58分钟)绕地球运行,持续不断地向地球发出卫星的轨道数据和时间数据等为定位计算所需要的导航信息。控制部分即对GPS卫星进行跟踪和管制的地面控制站,用于跟踪GPS卫星的轨道参数,修正卫星发出的导航信息,并负责整个GPS系统的运行管理。用户部分就是用户的接收装置,用户通过接收来自若干个GPS卫星所发的无线电信号,再测定卫星发出的信号时间和用户收到这一信号的时间差,即可得知用户用卫星的距离。由于卫星在太空的位置事先已经知道,这样,只要计算出用户距三颗卫星的距离值,即可确定自己在地球某一点的位置(经度和纬度)。当然,对于处在三维空间的飞机而言,光知道经度、纬度还不够,还需接收GPS的第4颗卫星发来的信号来确定自己所处的高度。

GPS的用户接收装置可以做得像香烟盒那么大,只有50克重,随身携带非常方便。GPS的每一个卫星都搭