

百科知识丛书

空间探索

苑正修 译

知识出版社

百科知识丛书
空 间 探 索

苑正修译

知 识 出 版 社 出 版
北京安定门内外馆东街甲1号

新华书店上海发行所发行 上海海峰印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 3.625 字数 76,000

1980年7月第1版 1980年7月第1次印刷

印数 1-7,000

书号: 13214·2 定价: 0.31 元

本书全面而概括地阐述空间飞行原理、人在空间、空间飞行简史、现代不载人空间飞行、载人空间飞行、空间探索的未来。对宇宙航行和空间探索的科学知识，作了系统扼要的介绍。最后的“特写”部分，对首次“阿波罗”登月成功，以及宇航员们在月球上的活动情况，作了详尽的叙述，并配有生动的照像图片。书中还附有空间探索大事记编年表，截至1974年7月为止的有关宇航和空间探索方面的重大事件均一一载入，资料相当详尽。书中大部分内容由著名的美国火箭和宇航科学家沃纳·冯·布朗撰稿。

本书译自1976年版《美国百科全书》的“空间探索”条。本书适合于从事空间科学的科技人员，以及具有大专文化程度的广大读者阅读参考。

目 录

一、空间飞行原理	2
进入空间	2
飞行轨道	4
导航问题	6
空间飞行器的设计	8
参考文献	11
二、人在空间	12
参考文献	16
三、空间飞行简史	17
火箭技术的先驱者	18
火箭的发展	21
空间飞行的成就	23
参考文献	27
四、现代不载人空间飞行	28
地球探空飞船	28
月球探索	28
行星际飞行	36
行星际探空器	42
参考文献	43
五、载人空间飞行	44

苏联的任务·····	44
“水星”和“双子星座”计划·····	46
“阿波罗”计划·····	48
参考文献·····	58
六、空间探索的未来 ·····	59
利用未来的空间飞行器进行遥控探测·····	60
探索月球·····	62
行星际空间旅行·····	64
飞出太阳系·····	68
参考文献·····	70
特写——首次登上月球的人们 ·····	71
“阿波罗”11号的乘员组·····	72
飞向月球·····	73
在月球轨道上·····	74
向月球表面降落·····	75
在月球表面上·····	77
在月球上工作·····	78
返回地球·····	82
“阿波罗”11号登月的部分图片及说明·····	87
附录 空间成就——有关空间探索方面重要里程碑	
的编年表 ·····	96

所谓空间探索，是指利用不载人的或载人的**人造卫星**和**探空飞船**，对宇宙空间及其中的研究对象进行的直接考查。许多世纪以来，人们就观察并记载了太阳、月亮、恒星和行星的运动情况。自从十六世纪初叶发明了望远镜以及各种各样的科学仪器以来，科学家们开扩了人们对宇宙的新观念。然而，直到二十世纪中期尚不可能将人造器具或人本身送出到他所居住的地球之外，以便对空间环境、月球，以至太阳系内其他行星如火星、金星等进行考查。

空间探索现在还局限于太阳系的范围，如太阳及其行星，以及行星的卫星，此外还有流星、彗星等空间物体。人类总有一天能够把探空飞船送往其他的恒星和星系，然而关于人类将来必须用以克服时间和空间障碍的手段，从任何实际意义上说来，现在都还是不得而知的。

本文第一节讨论运载工具是如何被推入空间的，它们所使用的动力，它们所遵循的轨道，以及对各种不同任务的设计要求等。第二节概述空间旅行者所要遇到的特殊的人体生理方面的问题。第三节是关于空间飞行的有趣的历史，从早期著作中出现的一些想法直到首次实现空间飞行为止。现代的不载人空间飞行在第四节中阐述，载人空间飞行为第五节。第六节即最后一节讨论未来对整个太阳系进行探索的计划和设想，同时也考虑对其他恒星进行载人的或不载人的探索的可能性。最后的特写部分描述了“阿波罗”11号在1969年6月

的航行情况，这是人类首次登上月球的开始。

关于空间探索技术和成就的进一步资料，参见《美国百科全书》的《宇宙航行学》、《宇宙航行人》、《宇宙飞行及高空飞行两用机》、《火星》、《月球》、《国家宇航局》、《火箭》、《人造卫星》、《空间往复运输》、《金星》各条。

一、空间飞行原理

要想把即使是最简单的人造卫星发射送入围绕地球飞行的轨道，科学家们都必须解决许多复杂的问题。这里包括：地球引力问题，卫星发射后的控制问题，以及卫星所处空间环境的性质。

进 入 空 间

空间飞行器的发射及其完成任务所需的动力是由火箭来提供的。一个火箭的反作用力叫做火箭的推力。在起飞时，如果推力达到运载火箭重量的两倍，空间飞行器就可以以一个 g 的初始加速度(32.2 英尺或 9.8 米/秒²) 开始上升。为了进入轨道，空间飞行器则必须获得大约为 18,000 英里/小时(28,800 公里/小时)的末速度。

多级火箭 火箭技术的先驱者们掌握了一种增加空间飞行器的末速度的办法，那就是把火箭的推进系统分为多级。他们发现把各级从下往上逐个依次叠合在一起，然后于飞行中把燃烧完的空推进剂箱逐个地抛掉，这样由于自重的减轻，可

以达到的速度就大为增加。对于空间飞行来说，这种分级的办法极为重要，因为空间飞行器的重量即有效负载，通常只占起飞时的多级运载火箭的总重量的百分之一的一小部分。

当多级火箭向上飞行时，随着第一级火箭推进剂的逐渐消耗，火箭的重量不断地减轻。于是火箭的加速度就一直增大，直到第一节火箭的燃料耗尽时为止，这时第一级火箭（包括推进剂箱、火箭发动机以及支撑结构等）即被抛掉。之后，第二级火箭开始点燃，此时已经获得每小时数百或数千英里的速度的空间飞行器，开始再次加速飞行。这一过程一直持续到末级火箭获得预定飞行速度并被抛掉为止。

上升速度 在一定范围内，执行空间任务时离地和穿过大气层所花的时间越长就越不经济。在加速度低时，因地球引力的作用，空间飞行器每秒会损失 32 英尺（9.8 米）的速度，从而使空间飞行器要消耗大量的火箭推进剂。因此，飞行器获得轨道速度或逃逸速度越快，它需要用来克服地球引力所消耗的推进剂就越少。

当空间飞行器与地球之间的距离增大时，地球引力对空间飞行器的上升运动所加的阻力效应将会逐渐减弱。在 100 英里（160 公里）的高度上，地球与空间飞行器之间的引力将比在地球表面时的引力小百分之一；在 1,700 英里（2,700 公里）的高度上，则为在地球表面时的引力的二分之一；在 60,000 英里（96,000 公里）时，则为二十分之一。当空间飞行器在远离地球达数百万英里之外的宇宙空间时，这种地球引力就可以忽略不计了。

对于一个空间飞行器来说，为了不致造成结构上的损坏，其可能承受的加速度是有一定限制的。同样，对于载人的空间飞行说来，一个空间旅行者即使在安置和保护适当的情况

下，起飞时也经受不了超过 $5g$ 或 $6g$ 以上的加速度。大加速度起飞，由于是在密度较大的低层大气层作高速飞行，也会遭受气动阻力的损失。因此，在确定初始发射速度和到达预定高速的速率时，应该考虑加速度的上限和下限。

飞 行 轨 道

二次世界大战之后不久出现的用以探索上层大气层的探空火箭，可垂直发射到 100 英里(160 公里)以上的高空。这些单级或两级的火箭，在其推进剂消耗完毕(燃烧终止)的瞬间，可以达到的最大时速为 3,000~5,000 英里 (4,800~8,000 公里)。大约在 15~20 英里(24~32 公里)的高度上，即行出现燃烧终止。之后，火箭依靠惯性继续上升，但因重力的影响其速度逐渐减低，当升到最大上升高度时，速度就减到零值。然后火箭开始下降并逐渐增速，直到最后摔进荒漠或海洋而告终。这类火箭所能达到的最大高度和速度尚不足以获得一个能围绕地球飞行的闭合轨道。由于这种轨迹的形式具有一定的起端和终端，且不具备重复性，通常称为“弹道”。

绕地轨道飞行 当一个火箭(包括火箭的末级和空间飞行器)在 125 英里(200 公里)以上的高度上，达到每小时至少 18,000 英里(28,800 公里)的烧尽速度，且向着与地球表面基本上相平行的方向飞行时，就可以建立起围绕地球飞行的轨道。在这一飞行高度上，由于大气分子极为稀疏，因此气动阻力基本上可以忽略不计。这样，这种轨道空间飞行器或人造地球卫星，将象月球(地球的天然卫星)围绕地球旋转一样成年地留在高空。在这种飞行速度上，卫星所产生的离心力正好与地球引力所产生的吸引力相平衡。由于地球引力随距离

增加而减小，在离开地球较远的轨道上所需的轨道速度就小些。

在发射地球卫星时，其运载火箭开始是垂直上升的，然后慢慢向东倾斜，当燃烧终止时完成 90° 的偏转，并在预定的高度上达到足够用来进入轨道的速度。卫星的发射总是朝东的，这是因为地球是以平均每秒 1,000 英尺 (300 米) 的速度向东旋转的缘故。在赤道上的实际转速为每秒 1,040 英尺或 317 米，随着纬度的增高而逐渐减低。当然也可以朝西发射卫星，但这时的发射速度则需增加约 2,000 英尺 (610 米)/秒。

随着轨道高度的增高，轨道周期 (环绕地球一周所需的时间) 也增长，轨道速度则减小。高度 1,075 英里 (1,718 公里) 时，周期为两小时；而高度为 26,000 英里 (41,600 公里) 时，周期则为 24 小时。后者与地球自转一周的时间相等，这种卫星 (如果是在赤道轨道上) 就叫做**地球同步卫星**。这意味着该卫星将永远停留在地球表面某一点的上空。在此高度上的卫星轨道速度大约为每小时 7,000 英里 (11,200 公里)。月球的轨道高度为 240,000 英里 (384,000 公里)，轨道周期约为一个月，轨道速度为每小时 2,300 英里 (3,100 公里)。

地球卫星通常沿椭圆轨道运行。当然也可以将地球卫星送入圆形轨道。但由于发射时需要有速度和方向的更为精确的控制，圆形轨道比较难于获得。如果燃烧终止时的速度大于所要求的圆形轨道速度，则燃烧终止时卫星将处于近地点 (空间飞行器的椭圆轨道离地球最近的那一点)；如果燃烧终止时的速度小于所要求的圆形轨道速度，则燃烧终止时卫星将处于远地点 (空间飞行器的椭圆轨道离地球最远的那一点)。

行星际飞行 要想逃离地球引力的吸引作用，空间飞行

器必须至少获得每小时 25,000 英里(40,000 公里)的速度。这也是到达火星或金星所必须的最小速度,而到达木星则至少需要每小时 32,000 英里(51,000 公里)的速度。飞向冥王星或最近的恒星至少需要每小时 37,000 英里(59,200 公里)的速度。

飞向月球或其他行星需要精确的计时和精确的制导和速度的控制,因为太阳系的这些成员都是在不断地运动着的。理想的情况是,空间飞行器能保持在消耗能量最少的飞行轨道或弹道上飞行。这种消耗能量最少的弹道是椭圆形轨迹,叫做转移轨道。在飞向火星的转移轨道上,随着飞离地球和太阳的引力场而必须进行减速,因为火星的轨道速度比地球的轨道速度要小些。而金星则比地球具有较大的轨道速度,因此飞向金星的转移轨道就需要进行增速。为了改变速度,通常在飞行途中也需要使用火箭的推力。如果原计划仅仅打算飞过而不是进行着陆的话,则不需要这种行星轨道速度的精确配合。由于这些行星的相对轨道位置都是随时变化的,发射时间的计算就显得特别重要。例如火星和金星的相对轨道位置,大约每隔两年方才提供一次能得到能量消耗最小的转移轨道这种良好的机会。参见《宇宙航行学》。

导 航 问 题

空间飞行需要三维的导航,而不象在地球表面或大气层中飞行那样只需要二维的导航。不仅如此,由于地球的旋转、行星及其他空间物体的轨道速度、各种各样重力场的影响、遥远的飞行距离以及太阳系内各个成员之间的不断变化着的相对位置,所有这些都要求不断开拓科学技术的能力以获得

高精度的导航。飞向月球和行星的导航，还需要从地球上进行连续的跟踪，并不断改变空间飞行器的飞行速度和方向。

惯性制导 对空间飞行器制导和控制的要求，依空间飞行器的型式和任务而有很大的不同。多数制导系统基本上是位置记忆系统，称为惯性制导。利用自旋陀螺就可以把空间飞行器相对于原定计划速度的任何偏差或变化精确地测量出来。

对于与原定飞行计划的任何显著偏差，都必须进行修正，才能达到预定的飞行轨道。在发射阶段，这种修正可通过及时改变微调式推力火箭发动机、火箭发动机尾喷管内喷气导流控制叶片（燃气舵）或平衡环吊装式火箭的角度来实现。对于执行探月任务的场合，此种偏差数据和所需要的修正推力，可以储存在空间飞行器上计算机的记忆系统中，并同时向地面跟踪站进行发送。对于飞行的中途修正或晚期中途修正，可借助于点燃一个具有精密规定的方向和在精密规定的时间内工作的火箭发动机来实现。利用这种推力就可以把空间飞行器置于正确的飞行轨道上，从而完成其预定的任务。当进行动力调节时，加速度的测量必须连续进行。修正后的飞行轨道与原定轨道之间的偏差量又被用作进一步动力调节的参考，如此反复进行，直到飞行结束为止。

跟踪和通信 无论绕地轨道飞行还是执行探月和行星际空间的任務，由于地球自转的原因，使得必须建立许多跟踪站，才能与空间飞行器保持连续的无线电和雷达联系。为此目的，在全世界范围内已经建起了带有巨型天线的跟踪站网。通过遥测技术（将温度、压力、加速度等数值转变为无线电信号后发送出去），就可以从跟踪站对空间飞行器的飞行轨道及其工作情况进行监测。也可以向空间飞行器发出指令或询问。

这样,尽管空间飞行器远在成千上万英里以外,也可与它进行“对话”。为保证飞行器上无线电发射机和接收机的正常工作,要求它的天线能精确定向,并备有太阳能电池的供电系统。对于遥远空间的探空任务,还要能够对太阳或其他行星进行“锁定”,以便用它作为飞行的参考点。在绕地轨道飞行中,可以同时利用寻日扫描器和地平扫描器为空间飞行器定位。

由于跟踪站要求获得大量的数据,而对空间飞行器上收、发信机的传输功率要求又是有限制的,因此采用了数据压缩和高速发信的技术。当以编码信号从地球发出询问时,飞行器上的数据和照片的记忆和存储系统就便于发送信息。

人工控制飞行 当空间飞行器上载人时,利用人的判断和选择能力,使得飞行器的制导和通信工作便利一些。然而,由于飞行器中有人,就必须增加一些附加的监测设备。

通常,对载人空间飞行器飞行的调节指令,系由地面发给飞行器,而由空间旅行者在规定时间执行。当由于空间旅行者的身体情况或由于人工控制失效,以致空间旅行者不能完成调节指令时,还可以进行超越控制。当两个空间飞行器在绕地轨道上进行会合时,转移轨道的数据由地面提供。这些数据是在对两个飞行器进行跟踪的基础上获得的。一旦一个空间飞行器与另一空间飞行器建立起雷达联系后,空间旅行者就可以自行靠拢目标,甚至可以通过直接的目视观察进行最后的对接或调节。

空间飞行器的设计

空间飞行器设计的组成部分,依空间飞行器的任务和操作要求而定。美国和苏联所执行的空间飞行计划的范围极其

广泛，因而空间飞行器的设计也是很不相同的。空间飞行器所拟抵达的目标、准备执行的任务、其将面临的物质条件、飞行期限以及是否载人等等，都是空间飞行器设计中应考虑的基本问题。

显然，一个空间飞行器的设计就是在需要与现实之间、在预算和完成任务的时限范围内进行反复的折衷。从设计方案的设想开始，一直到工程研制和试验，都要把达到较低的最后重量作为经济上首要考虑的问题。大型运载火箭是极其昂贵的，能够经济地回收助推器的办法，目前还没有找到。有关运载火箭的资料，参见《火箭》条。

在一个空间飞行器的设计中，应同时考虑许多因素。由于设计的严格要求，需要有一个能够在工作上密切配合的由技术专家、系统工程师以及管理人员组成的队伍。这些以工业界、科学院校和政府为独特的背景而组成的设计小组，在方案设想阶段能够利用以往空间计划的经验。

不载人的卫星和空间飞船 一个地球卫星可以用作一个通信接力站、监测地球气象、绘制自然资源图或侦察核爆炸。所有这些任务，对卫星(飞船)上的传感器和仪器、高度控制、火箭推力、电源供应、无线电收发信机、计算机、惯性制导以及在某些场合下的着陆和回收等，都有着特殊的要求。

所设计出来的大多数人造卫星和探空飞船，都不准备返回地球和回收。因此，它们不必经受重返大气层时的高加速度的负载，也不需要热防护。在空间轨道上，亦即在失重的条件下，以地球上的标准看来，空间飞行器就显得很轻飘。可伸展的天线一直可伸到几百英尺长。太阳能电池的巨大翼板可以张开，以便吸收阳光，并将光的辐射转变为电能。蓄电池组是现成的电源，以备短时大功率供电以及当空间飞行器进入

地球阴影时的供电之用。

载人空间飞行器 对于载人的空间飞行器，必须考虑空间旅行者的防护和供应问题。这里包括：防辐射，一个环境控制系统，以供给氧气、从座舱中排除二氧化碳、以及调节温度和压力。必须供应食物和水，同时也要设法收集排泄的废物。此外，还要为空间旅行者提供仪表显示、控制、告警以及目视观测和通信的手段。最后，在设计和试验载人飞行器时还要用到衡量可靠性的、称作**适人用性**(man rating)这一术语。

重返大气层的设备 地球卫星的回收，需要使用制动火箭，其推力方向与飞行轨迹相反。空间飞行器由于每秒钟失掉数千英尺的速度，就向地球坠落。当飞行器进入大气层的外缘时，开始产生气动阻力，空间飞行器以急转的弧线飞向地球。因飞行器与大气摩擦而产生的热量是如此之大，如果不加适当的屏蔽，就会使空间飞行器达到白炽的程度。为了经受住这种重返大气层时的热量，采用专门的热屏蔽材料，在隔热的空间飞行器逐渐变慢时，它可以通过蒸发作用而吸收热量。在大约 15,000 英尺(4,600 米)的高度上，先放出一个小的引导伞，紧接着放出一至数个主降落伞。在美国，载人空间飞行器是在海上进行回收的。在苏联，曾在陆地上回收过。苏联宇航员可以在最后降落阶段，先从空间飞行器中弹射出去，然后再利用降落伞着陆。

在月球上着陆时，由于没有大气层，也就不具备气动阻力回收的可能性。因此，在最后降落阶段，要使用制动火箭。雷达传感器在精确的瞬间启动制动火箭，在距月球表面几英尺的高度上使空间飞行器处于悬浮状态。然后关闭火箭发动机，空间飞行器就从几英尺的高度上直接跌落在月球表面上。由于月球的重力只有地球重力的六分之一，所以冲撞的问题无

关紧要。

已有自动探测组件利用阻力装置在金星和火星上着陆，因为这两个行星都已证实有大气层存在。金星的大气层较厚，同时其表面也很热，因此需要研制一种能经受住高温的组件。相反，火星的大气层与地球的大气层相比要薄得多，并且其表面温度也不是问题，困难在于要获得足够的气动阻力。

弗雷德里克·C·杜兰特 III

史密斯索尼亚学院

国家航空和航天博物馆

参 考 文 献

1. Clarker, Arthur C., *Prelude to Space* (reprint, Lancer 1971).
2. Classtone, Samuel, *Sourcebook on the Space Sciences* (Van Nostrand-Reinhold 1965).
3. Rappe, Harry O., *Introduction to Astronautics*, 2vols. (Academic Press 1966).
4. Steinhold, Ernst, ed., *Aerospace Research and Development* (RAAS Publications 1970).
5. Von Braun, Wernher, *Space Frontier* (reprint, Holt 1967).

二、人 在 空 间

人类对空间的征服,不仅需要对付极为恶劣的环境条件,而且还得克服空间飞行本身的影响问题。当离开地球时,空间旅行者首先飞离维持生命的稠密大气层,并在进入真空空间之前,在上升过程中还要经过逐渐稀薄的大气层。在起飞和重返大气层的过程中,人体还得承受震动和巨大的加速力和减速力。而在空间旅行时,人体又处于失重的状态。不仅如此,当空间旅行者离开所熟悉的地球上的社会和物质环境,单独一个人或一个小组长时处于困难的工作条件中,还会蒙受一些在地球上所未曾遇到过的心理上的苦恼。为了确保空间旅行者的安全,所有这些因素都必须加以考虑。

生命维持系统 人类惯于在其中生活的大气层,含有21%的氧、78%的氮和1%的其他气体,总的大气压力为760毫米(29.9英寸)汞柱。借助生命维持系统可为空间旅行者提供模拟的地球大气层,从而为其提供必需的氧气和某种惰性气体,并保持适当的压力。供氧要有足够大的压力,以便使红血球能够充满肺内的气囊。红血球把氧气输送到全身。由于氧气和二氧化碳气的交换作用,进入肺气囊中的氧气的分压会有某些变化,但通常为150毫米(5.9英寸)汞柱。生命维持系统的压力,在理想情况下应该与地球上的气压相等,但由于其所含氧气的百分比增大了一些,所以座舱内的总压力就可以减低到200毫米(7.9英寸)汞柱。

氧气的分压超过150毫米汞柱对人体是有害的,如果分