

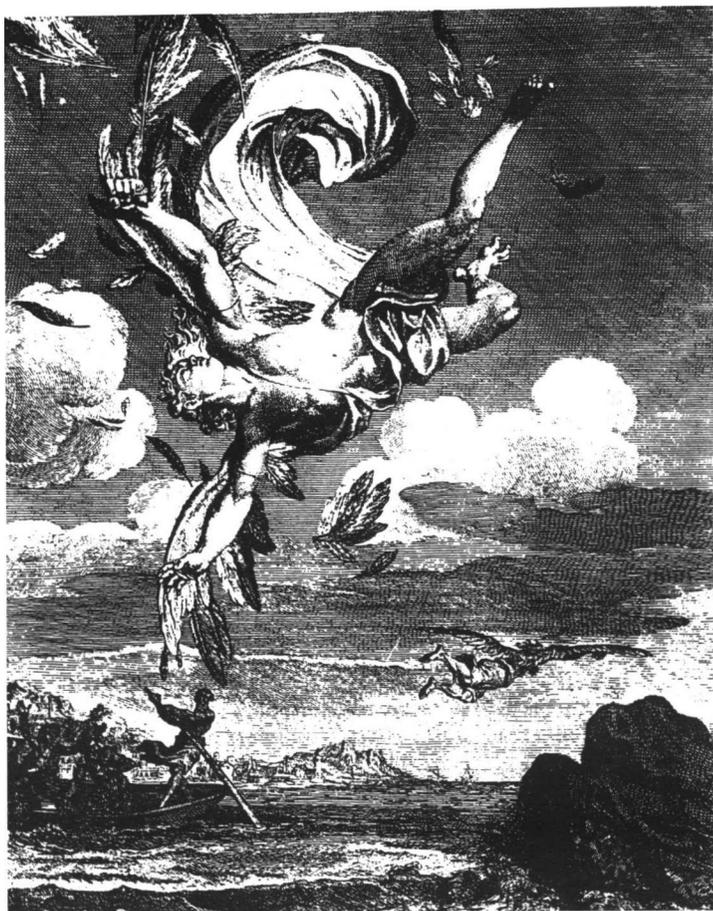
## 一 奇妙而独特的太空环境

### 奇妙的宇宙空间

浩瀚无边、广袤无际的宇宙空间，散布着无数的星星，我们人类赖以生存的家园——地球，只是这个大家庭中的一员。在几十万年的漫长岁月中，人类在地球上不断地繁衍生息，不断地发展壮大。人们面对着满天闪烁的繁星寄寓了无限的遐想。宇宙空间一直使人类感到神秘莫测，人类对上苍充满了敬畏和崇拜之情。

人类在征服大自然的过程中，很早就自然而然地产生了飞向天空的愿望。也许是天空中飘荡的白云，也许是天上飞翔的鸟儿，使人类产生了渴望飞天的梦想。远古人类对飞天的梦想，表现在各种脍炙人口、流传至今的神话传说之中，如我国民间就有嫦娥奔月的美丽传说，古希腊也有代达罗斯飞日的神话故事。

千百年来，为了实现这一梦想，古今中外出现了许许多多勇敢的探索者和可歌可泣的飞行尝试，许多人甚至献出了宝贵的生命。在经历了无数次的实践和失败之后，直到 20 世纪的 60 年代初，人类才终于实现了飞出地球，进入太空的梦想。1961 年 4 月 12 日苏联航天员尤里·加加林乘坐东方号飞船首次遨游太空，并安全返回地面。这一天是一个标志，它标志着载人航天新纪元的开始。8 年后，人类又再创奇迹——1969



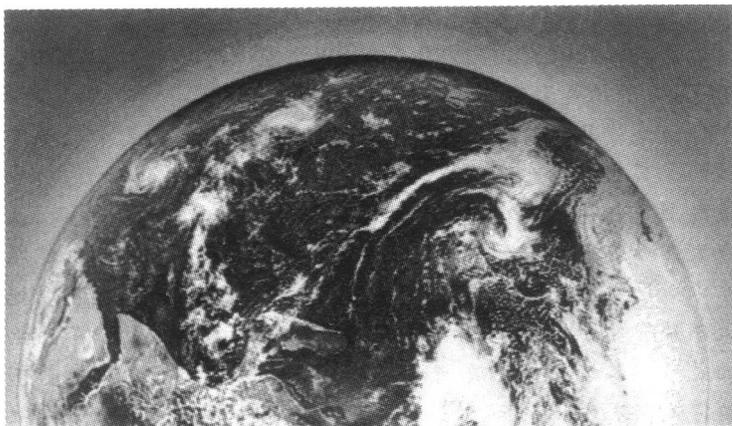
代达罗斯飞日

年7月21日，美国航天员阿姆斯特朗和奥尔德林乘阿波罗11号飞船实现了人类千百年来梦寐以求的登月梦想，这是20世纪一个伟大的里程碑，是人类历史上永恒的壮举！

人类终于跨入了高度发达的航天时代，有能力进入太空，有机会观察、了解和感受太空及我们的家园——地球，揭开太

空的神秘面纱。那么，太空究竟是什么样的呢？让我们听一听从太空凯旋归来的航天员们是如何描述太空环境和我们的家园的。

### 地球堪称宇宙间最美丽的天体



宇宙间最美丽的天体——地球

苏联航天员尤里·加加林是第一个有幸从太空看地球的人。他在首飞中兴奋地向地面报告说：“妙极了，我看到了大地、森林、河流，地球太美了！”透过舷窗，他看到有一层淡蓝色的光围绕着地球。后来，加加林回忆这次飞行时说：“我不感到孤独，我觉得我是在大自然的怀抱里，我似乎闻到了春天原野的芬芳……”

美国航天员迈克·马伦说：“从太空望去，地球之美真是难以言传，只能用心去感受。那种快乐无法形容，我只能这么说：新婚之夜、孩子出生、儿童过圣诞节……把人生所有最美之事全加起来，其所赋予你的快乐也不过如此。”

从月球上看地球，可以看到蔚蓝的大海，还可以看到闪闪发光的白云。航天员们说，从月球上看地球，就像一个远离家门的游子在异国他乡突然看到了故乡，那份惊喜，那份亲切，令人终身难忘！

### 日出和日落是太空中最美的景象

航天员在太空，都很想欣赏一下太空中日出和日落的壮丽景色，这恐怕是太空中最美丽的景象了。

迈克·马伦写道：“航天员所看到的所有景象之中最美不过的是日出。请想像一下，航天飞机正处在地球的阴影里，你透过舷窗往外望去，眼前是一片漆黑，什么也看不见。接着，就在太阳升起前约一分钟，一丝细细的、极深极深的紫色出现在东方。这颜色是大气层作用的结果。大气层犹如一块棱镜，把太阳纯净的白光分解得七彩缤纷。最先出现在东方地平线上的是一抹靛蓝。太阳逐渐升高（但仍在地平线之下），靛蓝下边浮起层次不同的蓝色亮影。蓝色之后是橘红色，而后是红色。这些光最终汇成了一条斑斓的长虹，无比壮观、美丽地勾画出地平线的轮廓。此时的景观之美达到了极致。转眼间，一轮红日喷薄而出，各种颜色瞬间褪尽，大地清晰地呈现在你的眼底。日落的景象与日出相似，只是过程相反而已。太空飞行的诸多妙处之一就是，你每隔 45 分钟就能欣赏一次如此赏心悦目的美景，因为航天飞机在轨道上飞行一圈需时 90 分钟，正好在一度日出和一度日落间完成。”

日落时，也会升起彩带，不是彩虹胜似彩虹，十分好看。日落之后，太空一片漆黑，此时航天员如果眺望太空，会感到无比的孤独和恐惧，不知地球在哪儿，好像掉进了黑洞，掉进了深渊。因此，此时千万不要看太空，而应该欣赏地球的夜景。

## 欣赏地球的夜景也是一大享受

每天晚上，航天员们总要观看地球上的灯火。他们可以看到美国城市彻夜不眠的灯火，非洲大陆一片片的灌木林火，阿拉伯地区油田的火焰，以及欧亚大陆桥明亮的路灯。

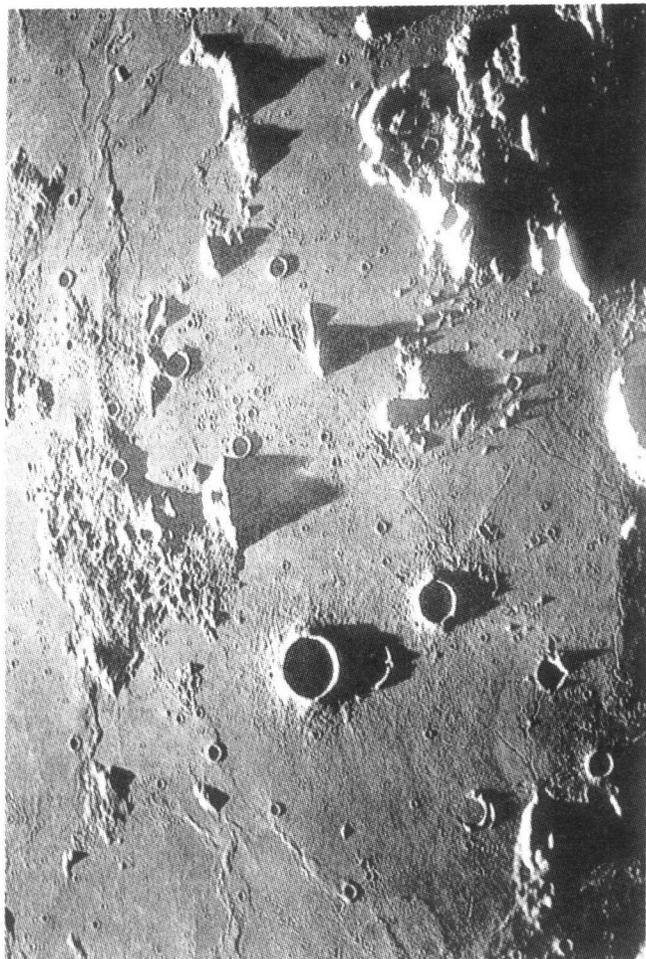
航天飞机在高倾角轨道（轨道倾向地球北极）飞行时，航天员还可以看到北极光。北极光呈绿黄色或淡红色，位于距地表约 50 英里的高度，航天员从太空往下望去，它犹如一块毛绒绒的、不断变化的帘幕，那景象非常壮观。

## 月球上的一切都 and 地球上不同

月球，是我们的近邻，人类曾对它寄寓了无限美好的遐想。到目前为止，它是人类涉足的第一个也是惟一的一个外星球。人类共有 6 艘载人飞船登上了月球，全世界共有 12 名航天员在月球上留下了自己的脚印，并给我们带回数百公斤的月球岩石。他们给月球留下了月球车和一些仪器，以及代表人类意愿的不锈钢铭牌：“1969 年 7 月，地球上的人类在此首次登上月球，我们代表全人类和平来此。”

美国阿波罗 15 号飞船的指令长大卫·斯科特回忆道：“月球是一个死气沉沉的不毛之地，没有水，没有空气，没有声音，但对我这个热爱高山的人来说，它却是一个美丽的世界。当我走出登月舱，面对眼前这个陌生的世界时，我感到吃惊，山峰看起来那么近，那么高。这是因为月球要比地球小得多，月平线比地平线也就近得多，在月球上对距离与高度的感觉也就会产生偏差。更令我吃惊的是，第一眼望去，山峰是金黄色的，特别是德尔塔山，朝阳给它抹上了一层辉煌的金色，美丽极了。”

月球表面的引力只有地球引力的  $1/6$ 。如果你在地球上能举起 50 千克的重物，那么你在月球上就可以举起 300 千克



从太空看月球上的山峰

重的东西。在月球上行走，虽然穿着笨重的舱外航天服，走起路来却轻松自如，如同袋鼠那样一跳一跳地前进，但必须是慢动作，当然这要事先经过训练。

### 太空旅游，奇妙无比！

去太空旅游的人可以享受奇妙的乐趣。你可以在茫茫太空之中观日出和日落，遥望地球，做游戏和玩耍，也可以在月球上徒步旅行。月球表面的环形山、凹坑、山谷、山脉可以使人置身于地球上做梦也找不到的旷野环境。在重力仅是地球  $1/6$  的环境中游泳、跳舞和进行球类比赛也是令人心旷神怡的活动。

### 严酷而又复杂的环境

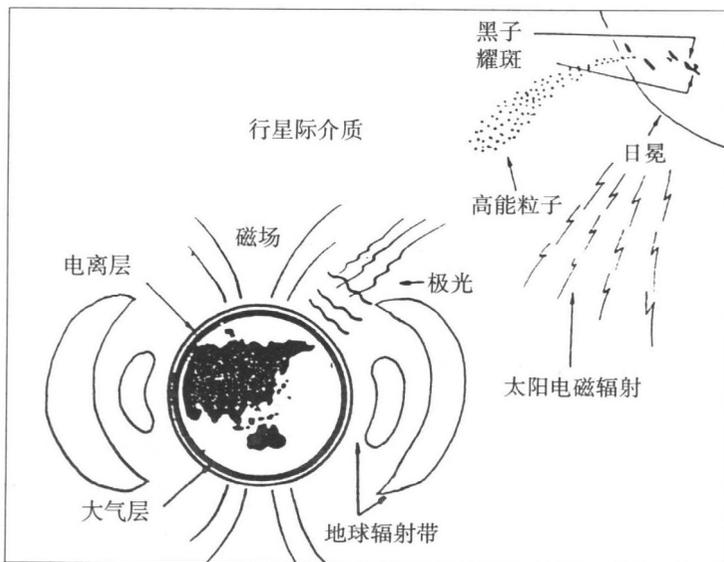
然而，宇宙空间环境是不适于人类生存的极端恶劣的环境，人在航天中可能遇到的环境既复杂又特殊。太空中的各种环境因素如真空、宇宙辐射、高温、低温、微流星体、失重等，都会对人的生理和心理产生不利的影 响，稍有疏忽，便可能有生命之忧。因此，人类要进入太空，除了必须有运载火箭给我们提供足够的动力之外，最重要和最关键的技术就是，必须给人创造一个与地面大气环境相似的人工生存环境，提供各种相应的防护装备，以对抗各种环境因素的不利影响。

### 近似真空的缺氧环境使人无法生存

人类和一切生物之所以能在地球上生活，是因为地球表面覆盖了一层大气，这个大气层中有我们赖以生存的氧气。由于地心引力的作用，80% 的大气分子集中在离地面 15 公里以内的大气层内。随着离地球表面高度的增加，空气越来越稀薄，大气压力越来越低。这种环境会置人于死地。因为，当人从地

球上海平面一个大气压的环境下，迅速上升到压力极低的环境时，溶解在人体组织和体液中的气体，会突然转变成游离的气体——主要是氮气，并形成气泡，这些气泡会压迫局部组织，会堵塞心脏和脑部的血管，使人产生缺氧反应，危及生命安全。另一方面，在高空大气中的氧气压力也会相应降低，使人吸入气体中的含氧量减少，造成供氧不足。当人肺脏中氧的压力只有地面的一半时，血液中的氧饱和度会降到 70%。科学实验证明 当人处在 6000 米高空时，就会严重缺氧，因而会有生命危险。因此，载人航天器必须提供与地面大气环境相似的人工环境，以确保航天员在航天飞行时的安全。

宇宙辐射是宇宙空间存在的另一个严酷的环境因素



地球—太阳间的空间环境

宇宙辐射是宇宙空间存在的另一个严酷而特殊的环境因素，是威胁载人航天安全的另一个重要物理因素。宇宙辐射主要有来自银河系的宇宙辐射、太阳宇宙辐射、地球俘获的内外辐射带，还有电离辐射。银河系的宇宙辐射是指银河系以及银河系之外的宇宙辐射。太阳宇宙辐射来自太阳耀斑产生的辐射、太阳低能粒子辐射以及太阳经常性发出的光和热的辐射。地球辐射带是近地空间由于地磁场对带电粒子的俘获作用而形成的一个高强度的辐射区。

当载人航天器穿过内辐射带或停靠在内外辐射带附近时，当载人航天器在太阳黑子出现耀斑时发射，当航天员出舱活动或登上其他星球之时，航天员便会受到更多、更强的辐射。这些辐射必然会损害人体的组织和器官，产生急性和慢性放射病，如电离辐射会使毛发白化，危及航天员的健康和生命安全。

此外，宇宙空间还存在着从太阳光球表面发出的强烈的蓝光、紫外线与红外线。由太阳发出的红外线具有较强的穿透能力和显著的热效应，它可以导致皮肤起水泡、眼睛内的晶体混浊和视网膜烧伤。紫外线的辐射异常强烈，对航天员的皮肤和眼睛也会产生严重的影响和损伤。所以，航天员在出舱活动或登上其他星球时，如修复哈勃望远镜和登月，必须穿防护服、戴防护眼镜。

### 失重或微重力是宇宙空间最显著的环境因素

载人航天器进入轨道飞行后，将处于失重的状态。失重是宇宙空间中最显著的环境因素，它对人体的心血管、前庭、视觉、运动协调等机能的影响，会导致人体机能水平的降低和空间工作能力的下降；在长期飞行中，还存在骨质损失和肌肉萎缩的现象。在失重状态下，人可能还会遇到空间运动病的麻烦，它会使人产生严重的不适症状，如头晕、目眩、恶心、呕吐、

出汗和空间定向障碍等等，从而影响人的健康和工作。

### 超重、振动和噪声也是航天飞行中会遇到的问题

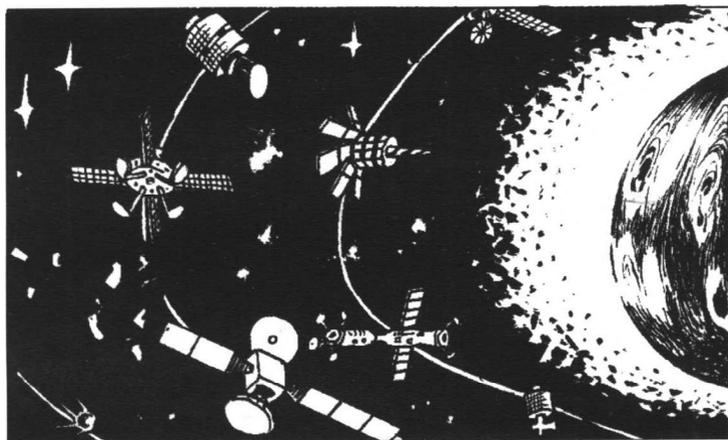
除失重之外，在航天器上升和返回的过程中，航天员还会受到超重、振动与噪声的作用。航天员受到的超重主要是胸一背向超重，它使航天员的呼吸功能、心血管功能和工作效率发生异常。其次，也会受到头一盆向超重和侧向超重的作用，虽然超重过载值不高，但对人的识别、判断及操作等能力有一定的影响。超重会使人感到身体的重量沿重力方向增加；内脏器官，如心脏、膈、消化器官等沿重力方向移位并发生变形；血液重量增加，血液在体内沿重力方向再分配。如头一盆向超重时，人会感到有一双无形的手在自己的肩上朝下摠，双腿像灌了铅似的沉重；胸一背向超重时，人会感到仿佛有一只手在自己的胸部使劲朝下摠。当遇到高过载时，头部供血不足可能会引起视觉障碍与意识丧失。幸运的是，在正常的载人航天飞行中，超重过载值较低而且作用时间是短暂的。随着航天技术的发展，超重过载的影响将会越来越弱。除了在工程设计上采取必要的防护措施外，如采用减振设计，配备减振坐垫和防噪耳塞，采取合理的姿势等，实施航天员的超重耐力选拔和训练也是非常必要的。

### 心理问题在长期飞行中较为突出

航天员的心理问题在短期飞行中并不严重，但在长期航天飞行中却较为突出，值得重视。因为在飞行中，人身居狭小有限的生活空间，活动受到影响，个人的隐私和自由也将受到干扰和限制。与社会隔绝的孤寂，与亲人分离的痛苦，身体的不适，危险的存在，都会给航天员带来很大的压力，并可能导致严

重的心理障碍，如厌烦、焦虑、不安、抑郁、头痛、易怒和睡眠障碍等等，最终会影响飞行任务的完成。因此，一方面对航天员应进行严格的心理选拔和训练；另一方面，也必须对航天员提供有效的心理支持和心理保健，以保障航天员的心理健康。

### 太空垃圾是载人航天飞行潜在的危險因素



太空垃圾

宇宙空间，还存在一些太空垃圾，它们或是彗星和流星崩解成碎片的陨星，或是失效的人造卫星和航天器，或是航天器中抛出的废弃物。它们在空中自由地飞行。这些太空垃圾虽小，但它们的运行速度很快，一旦与载人航天器相撞，有可能对航天器造成严重的破坏，对航天员的生命安全构成威胁。尽管目前它对载人航天并不构成很大威胁，但是随着人类航天活动的日益增多，太空垃圾与载人航天器相撞的可能性就会逐渐加大，因此这个问题已越来越引起各国航天专家的重视。

## 优越的环境条件和丰富的资源

既然宇宙空间存在那么多对人体有不利影响的环境因素，人类为什么还要发展载人航天事业呢？

首先，人类永无止境地探索自然奥秘的本性促使人类在继陆地、海洋、天空之后向更新、更广阔的太空迈进。其次，太空有着极其独特和宝贵的环境资源，如微重力、超洁净、高真空、丰富的太阳能，以及其他星球上丰富的矿藏，这对于生活在人口爆炸、资源日益匮乏的地球上的人类来讲，有着巨大的吸引力。利用这些环境条件，可以生产出地球上难以制成或虽能制成但成本却很昂贵的产品，如电子工业发展需要的高纯度、大晶体硅材料与砷化镓材料，医药工业需要的高纯度特效药等，还可以利用太空环境加工制造无焊缝空心滚珠，培育农作物的优良品种，等等。总之，发展载人航天事业是人类开发和利用空间资源的必由之路。

另外，载人航天技术是一项高度综合性的先进技术，它能够提高国家的威望和声誉，推动国民经济的发展，推动国防建设，增强军事实力，促进和带动基础学科和其他科学技术的发展。载人航天技术对当今世界的政治、经济、军事、科学技术等诸多方面具有重大影响，它已经成为衡量一个国家综合国力的重要标志，也是一个国家科学技术发展程度的集中反映和具体体现。因此，世界各主要国家，包括美国、俄罗斯、中国、日本、加拿大和西欧各国都在以各种方式努力发展自己的载人航天技术，都想在 21 世纪的载人航天领域拥有自己的一席之地。

## 二 什么人能当航天员？

### 航天员在载人航天中的地位和作用

载人航天的一个显著特点是有人的参与。一般我们把乘坐载人航天器进入太空并执行特定任务的人称为航天员。前面我们已经介绍了宇宙空间环境对人的影响，我们已经知道载人航天飞行对人的身体素质和心理素质要求很高。那么，是不是只要身体素质和心理素质好的人就能当航天员呢？为了更清楚地解答这个问题，我们在这里有必要谈一谈航天员在载人航天飞行中的地位、作用和任务，以及他们对载人航天飞行的影响。

#### 航天员在载人航天中的地位

航天员在载人航天中处于重要的地位。这主要表现在：

第一，航天员是载人航天各系统应给予安全保障的首要目标。

第二，火箭和载人航天器的设计一方面必须考虑人的承受能力，降低超重、振动、冲击和噪声等因素对航天员的不利影响；另一方面，也必须考虑人一机工效的问题，载人航天器上各种人机界面设计、人机功能分配和仪器设备的操作必须尽可能地符合人一机工效的原理，便于航天员在载人航天飞行中使用和操作。



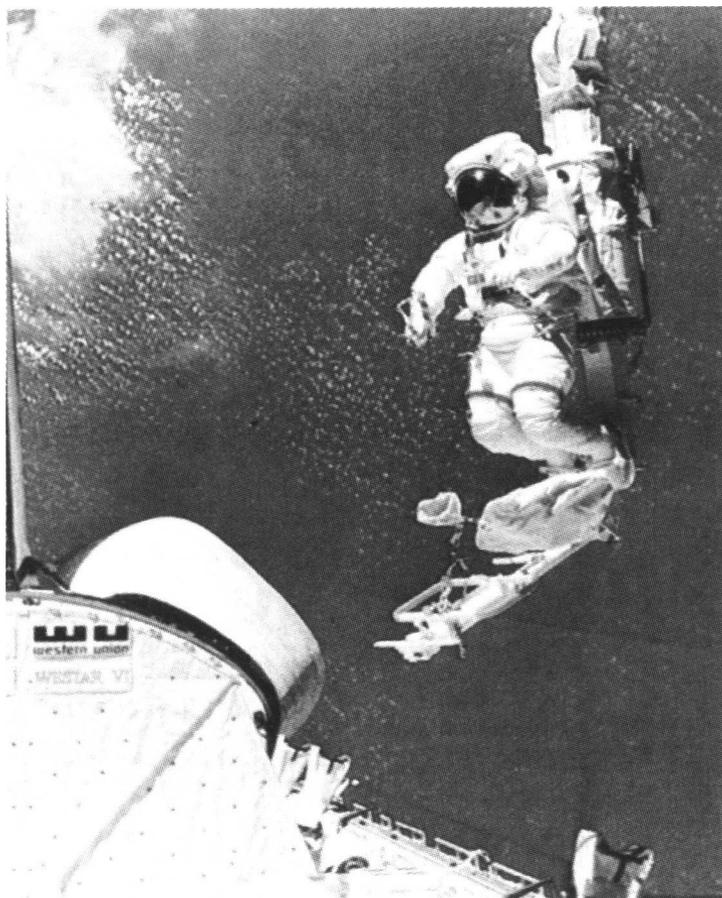
航天员在载人航天中起着重要作用

第三，为了使航天员能更好地驾驶和操纵航天器，及时正确地处理可能出现的意外和紧急情况，保证飞行安全，并最终完成航天任务，除了在工程设计上要采取必要的措施之外，还必须实施航天员的选拔和训练，以及医学监督与医学保障，以保障航天员在训练中和飞行中的身体健康。航天员既是受训者又是被服务和保障的对象。因此，可以认为航天员在载人航天中处于一种近似于中心的重要地位。航天员既是载人航天各系统保障和服务的对象或者是需要重点考虑的因素，又是航天任务的承担者和参与者。

#### 航天员在载人航天中的作用和任务

在载人航天飞行初期，航天员仅仅是一名乘客或飞船驾驶员，航天员在飞行中的主要任务是监视飞船仪表，控制和管理

飞船上的各种仪器和设备。20世纪60年代末期，航天员的工作任务中增加了新的内容，即出舱活动。70年代以后，载人空间站和航天飞机的出现，使航天员又增加了交会对接和科学实验任务。随着航天技术的发展，空间实验的内容也不断增加，



航天员在太空作业

航天员可以进行军事侦察、地球资源勘查、天文气象研究、特殊材料加工和生命科学实验等。今天，航天员已由飞船的乘客、驾驶员成了月球探险家、空间科学家、航天器工程师、军事观察员和太空教师等等，发挥了越来越重要的作用。

航天员除了能执行很多任务之外，另一个重要的作用就是，在大多数情况下航天员可以使航天器飞行得更安全、更可靠、寿命更长，他们还能使完成任务的成功率更高。因为训练有素的航天员可以发挥人的主观能动性、创造性和应变能力，及时发现、处理和解决以下几个方面的问题：

1. 载人航天器的硬件出现故障时，航天员能实施检查和修理，使其恢复正常工作；

2. 载人航天器的自动控制系统失灵时，航天员能用人工控制的方法使其安全返回地面；

3. 航天员能独立地接受载人航天器上各类仪表显示的信息，作出快速反应，并对其进行判断和决策；

4. 在与地面失去联系时，航天员能独立完成任务；

5. 当航天器上出现意外和紧急情况时，航天员能对形势进行快速的判断和评价，并及时采取措施予以处理；

6. 航天员的存在可以简化航天器上某些仪器设备的自动化设计。

总之，航天员的作用主要体现在两个方面：一方面航天员可以完成很多地面无法完成的任务，做很多地面无法做到的事情，如新材料的加工生产等；另一方面航天员能对航天器实施有效的监督、控制、操作和管理，发挥主观能动性，提高航天飞行的安全性和可靠性，出色地完成飞行任务，如著名的阿波罗13号飞船乘员组就是这方面成功的典范。

### 航天员对载人航天计划的负面影响

然而，由于航天飞行中的许多环境因素都会对航天员的生

理和心理产生不利影响，尤其是失重环境给航天员的操作造成了许多预想不到的困难，同时航天员面对航天特殊环境和复杂的航天器系统，也可能会出现监督、判断、决策和操作上的失误，从而导致危险，影响飞行任务的完成。例如，1966年3月16日，美国双子座8号飞船在轨道运行时，由于航天员操作失误，飞船姿态失去控制，不久发动机电路短路。该飞船原计划在轨道运行3天，由于上述故障只飞行10.5小时就提前返回。又如，1969年3月3日，美国阿波罗9号航天员因空间运动病而修改了登月活动计划。当时，登月舱驾驶员麦克迪维特穿航天服时出现严重呕吐而不得不暂停登月，以致浪费掉昂贵的几个小时，直到他身体恢复后，才完成登月活动。再如，1997年6月25日，由于俄罗斯和平号空间站上的两名航天员（指令长瓦西里·齐布利耶夫和随船工程师亚历山大·拉祖特金）对进步M—34号货运飞船与空间站对接速度的判断失误，而造成了空间站在轨运行11年中的最严重的事故。

## 航天员应具备的基本素质

载人航天活动是一项高风险和极具挑战性的职业活动，它具有工作环境特殊，职业技能复杂，飞行任务艰巨和危险性大等特点。航天员的表现会直接影响载人航天任务的完成，因而它对航天员的道德修养、身体素质、心理素质、知识储备和技能储备等都有很高的要求，这不是任何人都可以胜任的。我们必须从特定的人群中按照一定的标准选拔出预备航天员，并对他们进行较长时间的严格训练，才能培养出能胜任载人航天任务的高素质合格航天员。

尽管不同类型的航天员在航天活动中执行的任务不同，对他们的身体素质、心理素质和专业技术水平等要求也不相同，但不管是何种类型的航天员，他们所应具有的基本素质都是相同的。这些基本素质是：



#### 航天员要有良好的素质

有献身载人航天事业的理想和信念；有良好的思想素质、身体素质、心理素质和对航天飞行环境的耐力和适应能力；具有旺盛的精力、顽强的意志、坚忍不拔的勇气和毅力以及较好的团结协作精神，能在复杂的航天环境中，保持情绪稳定；具有科学的头脑、充分的专业知识、熟练的操作技能、灵活的应变能力和完成飞行任务的能力。

## 三 航天员的分类

### 航天员队伍的发展过程

说到航天员的分类，首先我们要简要地回顾一下航天员队伍的发展过程。

1961年4月12日苏联航天员尤里·加加林乘坐东方号宇宙飞船成功地进入了地球轨道，在太空遨游108分钟后返回地面，实现了人类进入太空飞行的梦想。它标志着航天事业的发展进入了一个新纪元——载人航天飞行时代。尤里·加加林因成为世界上第一位飞向太空的航天员而永载史册，他是人类征服太空的英雄们的杰出代表。到目前为止，已有20多个国家的300多名航天员遨游了太空，形成了一支独特的航天员队伍。

#### 苏联（俄罗斯）的航天员队伍

加加林是苏联选拔和训练出的第一批航天员，他原是一名优秀的空军飞行员。苏联的前几批航天员全部来自空军，都是优秀的歼击机驾驶员。他们飞行技术过硬，有的甚至还是第二次世界大战中的英雄。但随着人类征服太空技术的不断进步，太空飞行任务的范围不断扩大，任务的内容不断增加，操作也日趋复杂，因而航天员的队伍也随之不断发展壮大，航天员队伍的构成也逐渐丰富、多样。航天员成了一种新的特殊职业，



尤里·加加林

航天员的类型也由单一到多元。

在苏联，最先打破飞行员垄断进入航天员队伍的是俄罗斯生物医学问题研究所的医学监督和医学保障专家。接着，能源科学生产联合体（飞船研制生产单位）、星星公司（舱内和舱外航天服研制生产单位）、赫鲁尼切夫科学生产联合体（空间站核心舱制造单位）以及苏联科学院的专家都纷纷加入到航天员队伍的行列之中。

## 美国的航天员队伍

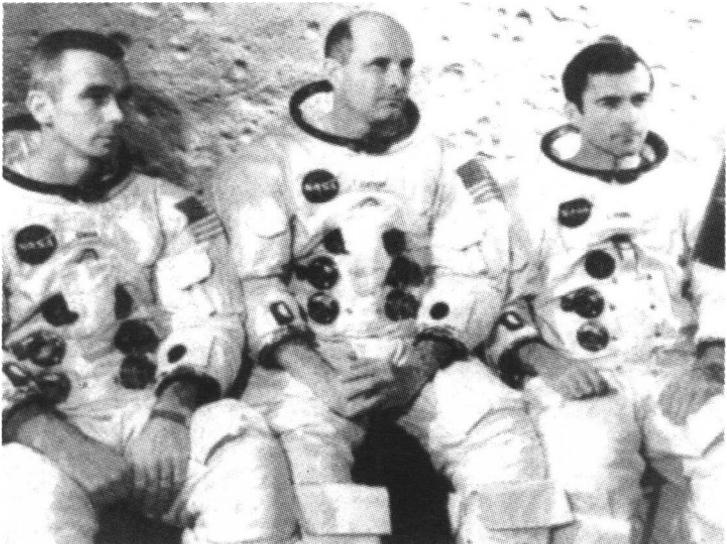
美国第一个载人航天飞行计划代号是“水星计划”，1959年4月2日，NASA( National Aeronautics and Space Administration )即美国国家航空航天局宣布已为“水星计划”选出了7名航天员，他们平均年龄35.2岁，全都是现役的空军试飞员，均毕业于试飞学校，至少有1500小时的高性能喷气式飞机的飞行经历。被选出的航天员组成了美国首批航天员队伍并成为美国早期载人航天计划的核心。和加加林首飞一样，“水星计划”的每次飞行仅由一人完成，航天员必须靠自己的智谋、飞行前的训练和地面指挥控制中心的专家来帮助解决飞行中随时可能出现的问题。



双子座7号的两名航天员

在随后进行的“双子座计划”中，开始由两名航天员组成乘员组共同完成飞行任务，航天飞行的时间增加了，人数也增加了，随之而来的问题也增加了，比如，需要协调乘员之间的活动问题、出舱操作问题及在同一封闭狭小环境中相处达两星期之久的问题。同时，更广泛的科研任务要求这两名“双子座计划”的航天员既要当科学实验观察人员又要当实验人员，这就要求他们掌握更多的科学知识。

到“阿波罗计划”实施时，乘员组的人数增加到 3 人，飞行任务也更加复杂，他们必须完成登月的任务。很显然，此时无论是航天员的数量还是种类，首批航天员已不能满足任务的需要。因此，为了满足后续航天计划的需要，美国在其载人航天计划的第一个十年中共实施了 6 次航天员选拔，其中有 4 次是选驾驶员，2 次是选科学家航天员（1965 年和 1967 年）。



阿波罗 10 号的 3 名航天员

在航天飞机出现之前，要求航天员必须是“全能”的。甚至对科学家航天员的身体要求也同驾驶员一样，他们必须进行喷气式飞机的飞行训练。航天飞机的出现，使得飞行乘员组人数进一步增加，由于航天飞机的复杂性，需要有专业的航天员参与，他们要像民航班机飞行那样组成乘员组飞行。航天飞机乘员组一般有 5 名航天员组成：指令长 1 人、驾驶员 1 人、执行有关任务的任务专家 2~3 人。有时还有载荷专家同行。迄今为止，航天飞机乘员组人数最多时达 8 人。而航天飞机额定人数为 10 人，上层 4 个座位，下层 6 个座位。



发现号航天飞机的 7 名机组成员

在航天员队伍不断壮大的过程中，无论是美国还是俄罗斯，逐渐形成了目前这样一种格局：来自空军飞行员的航天员主要担任指令长和驾驶员的角色，来自航天器研制生产单位的航天员一般承担随船工程师 / 任务专家的职能，来自科学院等科研单位的科学家们则作为载荷专家在长期飞行的空间站上

或航天飞机上从事科学研究和实验工作。

## 航天员的分类

现在，我们知道了在航天飞行乘员组中有指令长、驾驶员、随船工程师 / 任务专家、载荷专家，那么他们到底有什么不同？在航天飞行中他们各自承担什么任务呢？

目前，航天员队伍有职业航天员和非职业航天员两大类。职业航天员是指专门从事航天飞行工作的航天员，根据所承担的任务不同其分工也不同。对职业航天员的分类和称呼，美俄两国略有不同。美国分为指令长、驾驶员、任务专家。俄罗斯则分为指令长、驾驶员和随船工程师。非职业航天员主要是指专门从事某项科学研究和实验的科学家航天员，他们也被称为载荷专家。他们以自己原职业为主，兼顾航天飞行工作，是临时到太空工作或活动的航天员。

### 职业航天员

指令长：犹如飞机的机长、轮船的船长，是乘员组内的指挥，是乘员的直接领导，负责整个航天飞行任务的顺利完成和航天器的驾驶和操作控制，因此他必须首先是一个合格的驾驶员。同时，指令长在长期飞行中还承担大量的科研实验任务。无论是美国还是苏联（俄罗斯），一个乘员组只有一名指令长，均从驾驶员中选出。

驾驶员：美国航天飞机的乘员组设有一名专门的驾驶员，在航天飞机发射和着陆之时就坐在驾驶舱右座（指令长坐在左边的位置上），相当于普通飞机副驾驶的位置。他要配合指令长完成驾驶和操纵航天飞机的任务，但事实上他掌握操纵杆的时间最多不会超过几秒钟，因为操纵杆几乎全由指令长掌握。驾驶员要想真正拥有驾驶航天飞机的权力，还得等到自己升为指令长的那一天。一般来讲，大多数驾驶员在执行一两次



首位女指令长柯林斯

航天飞行任务之后都有机会得到提升。驾驶员也跟指令长一样要接受专业技术训练并协同有关专家工作。与航天飞机不同，飞船的乘组人数只有 2~3 人，不另设专门的驾驶员。

任务专家（简称 MS）：美国职业航天员的一种。所谓任务



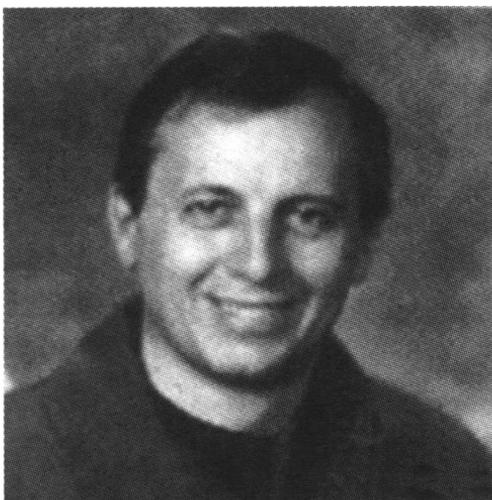
驾驶员阿施拜

专家即指负责完成该次航天计划具体使命的航天员，他们在航天飞行中的工作是负责航天器维护，载荷管理，走出载人航天器进行空间活动（如操纵遥控机械手释放或回收卫星、组装大型空间平台、修复哈勃望远镜、修理空间航天器），对太空与地球进行观察研究及科学实验活动。这类职业航天员在多人航天器上才有。由于航天器大小、复杂程度和任务的多少不同，在一次飞行中任务专家的数量也不相同。他们按具体任务分工又分为 M51、M52和 M53。哪位 M5具体做什么由指令长来决定。他们执行的任务与他们的学位或加入美国航空航天局前的职业无关。M52还负有额外的责任，在发射和着陆之时坐在指令长和驾驶员的后边或中间充当飞行助手，帮助他们应付紧急情况。他们必须通晓航天飞机各系统的情况和任务要求。

指令长和驾驶员同任务专家之间常常开一些善意的玩笑。任务专家们自认为是执行太空任务的“头脑”，而指令长和驾



航天任务专家哈乌利



航天任务专家托哥尼尼

驶员只不过是训练有素的猴子。指令长和驾驶员则反唇相讥说，任务专家在太空不过是打杂的罢了。这个玩笑生动地说明了指令长、驾驶员和任务专家之间的工作关系。



航天任务专家柯莱曼

随船工程师：俄罗斯把与任务专家角色相似的航天员叫做随船工程师，实际上就是乘员组中的工程专家。随船工程师负

责确保航天器的正常运行，对航天器各系统设备进行必要的维修、检查和出舱活动，他们的职责和工作与任务专家相似。与指令长一样，他们同时也承担了大量的科研实验任务。



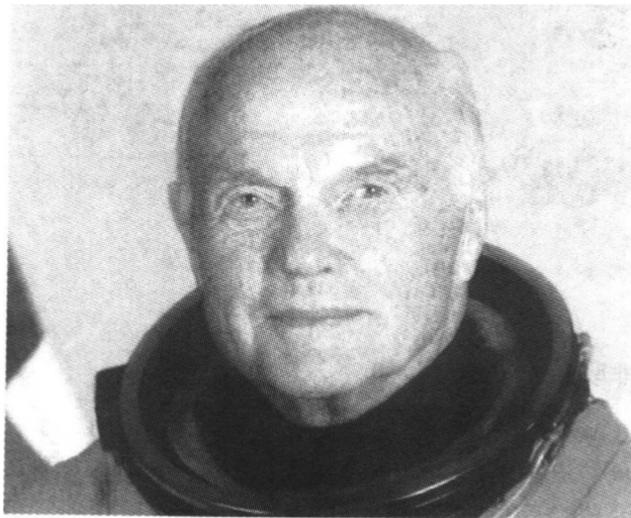
和平号上的指令长瓦拉里·科泽

## 非职业航天员

**载荷专家：**载荷专家并不是职业航天员。他们是在航天科研领域有特殊专长的人，一般都是科学家。他们在长期飞行的空间站或航天飞机上从事固定的科学研究和实验工作。他们完成航天任务之后，便回各自原来的单位继续从事自己的科研

工作。对他们的医学选拔标准相对要低一些，他们只接受部分训练，如怎样使用马桶、进餐和救生等。他们只是航天飞行器的乘客，只负责用他们自己的装备——有效载荷进行有关实验和研究。所谓有效载荷是指为了完成某种科学实验或者为了实现某种应用所研制的设备或装置。飞船的有效载荷就是为在飞船上进行空间科学实验等研究活动所研制的船载设备或装置。俄罗斯载人航天计划后期主要以搭载外国航天员为主，旨在开拓国际空间合作的道路。

除了载荷专家之外，还有其他一些以政治宣传、教育或观赏旅游为目的的乘载人飞行器进入太空的人，他们可能是教师、公务员或其他各种职业的人员，如美国挑战者号航天飞机第十次飞行乘员组的克里斯塔·麦考利夫，她就是一名教师。我们相信，随着航天技术的不断发展，总有一天，许许多多的普通人可以在遨游太空时加入到非职业航天员的队伍中来。



美国航天员约翰·格伦

## 四 航天员是怎样选拔出来的？

航天员选拔是保证飞行安全和完成航天任务的一个重要环节，在载人航天计划中一直受到高度重视。美苏两国，在 20 世纪 50 年代末都把首批航天员的选拔当做国家大事来抓，专门成立了国家级的选拔工作组。载人航天实践的经验表明，载人航天的成功与航天员的严格选拔和训练是分不开的。科学合理的选拔有助于降低训练中的淘汰率，从而保证航天员的质量和数量都能满足载人航天计划的需要，并降低选拔训练成本。那么，航天员到底是按照什么标准以及如何被挑选出来的呢？

### 概 述

所谓航天员选拔，是指从特定人群中挑选出能够满足航天员选拔标准的航天器乘员的过程，是对候选人进行各种检查和评价的过程，它包括预备航天员选拔、训练期的选拔和航天飞行后的再选拔。

预备航天员选拔，是指从其他职业的申请人中选拔出那些达到选拔标准、可以参加训练的预备航天员的过程，主要是针对候选者的基本条件、身体素质和心理素质进行检查和评定。

训练期的航天员选拔，是预备航天员成为正式航天员及执行航天飞行任务航天员的必由之路，贯穿训练的全过程。训练

期的选拔要综合考虑身体素质、心理素质及训练成绩等各方面的情况。要定期进行医学检查，临床医学检查的项目与预备航天员选拔时相同，但无论是临床各科的常规检查，还是特殊理化检查都进行得更加细致。特别重要的是临飞前的生理机能状态检查，不仅是飞行前医学评定的需要，而且也是评价航天飞行对航天员机体影响的基本依据。

航天飞行后的再选拔，是指即使是正式的航天员在执行完一次航天飞行任务之后，如还要执行下一次航天飞行任务，那么他也必须重新接受选拔，而且除了地面例行的选拔项目之外，他在飞行中的表现，如完成任务的情况、身体状况、情绪、人际关系等，也是影响他是否参加下次飞行的重要因素。由于训练期的选拔和飞行后的再选拔的项目、内容、方法和标准与预备航天员的选拔基本相同，而且相比之下，预备航天员的选拔最为重要，因此本书只较详细地介绍预备航天员的选拔过程。以下行文中，如不特别说明，所述航天员选拔就是指预备航天员的选拔。

航天员选拔一般分基本资格审查、医学选拔和心理选拔三大类。选拔的目的，就是挑选出那些有希望成为合格航天员的候选人，这些候选人被认为是有希望在规定的期限内通过严格的训练而具备执行航天飞行任务能力的优秀人员。

要实施选拔，首先必须制定选拔标准。航天员选拔标准主要是根据航天飞行任务、飞行时间、载人航天器及其装备、航天飞行环境因素对人的需求而提出的，一般包括对候选人的基本条件、身体素质和心理素质三个方面的要求。

载人航天初期，对候选人身体和飞行经验的要求很高，并且限定在有经验的试飞员或空军优秀的歼击机飞行员中选拔。当时，苏美两国都认为，将优秀的飞行员经过训练后送入太空是一条捷径，这对当时美苏两国急于成为载人飞行领先国来讲是非常必要的。因为优秀的飞行员或试飞员熟悉航空飞行技



从飞行员中选拔航天员

术和理论，具有学习航天飞行相关理论和技术的良好的基础，尤其是飞行员具有很好的身体素质和心理素质，具有在各种紧急情况下沉着冷静、机智果敢处理问题的快速反应能力和应变能力，此外，他们的身材和体重也符合载人飞船的要求。苏联在选拔首批航天员时，载人航天计划的总设计师柯罗廖夫提出的基本要求是：健康状况良好；具有高超的飞行技能；热爱工作，勤奋好学，有掌握火箭飞行器飞行技术的迫切愿望；身高不超过 175 厘米，体重 70 ~ 72 千克，年龄不超过 30 岁。美国首批航天员选拔的基本条件是：年龄不大于 35 岁；身高不超过 177.5 厘米；有工程和自然科学学士学位；身心健康，无可检出的疾病；有 1500 小时以上的飞行经验；有对抗环境应激能力和

良好的复原能力；运动技能熟练；感觉能力强等等。

今天，无论是美国，还是俄罗斯，都已制定了一整套比较完善的选拔标准，对不同职业的航天员（指令长、驾驶员、随船工程师或任务专家、载荷专家）、不同载人航天器（飞船、航天飞机、空间站）的航天员和担负不同飞行任务的航天员有着不同的选拔标准和训练要求。在身体条件、对航天环境的耐受性和适应性以及心理素质方面，对指令长和驾驶员的要求最严，标准最高，任务专家次之，载荷专家相对最低。

航天员的选拔从本质上说是优中选优的过程，它涉及临床医学、航天医学、心理学等学科领域。按照航天员选拔标准实施选拔时，对候选者医学选拔和心理选拔的所有结果均要进行评定。评定采取单项评定和综合评定相结合、定性与定量相结合的原则和方法。综合评定既有部分的综合，如临床各科间的综合评定，又有全部选拔内容的综合评定。在评定时应重视候选人的整体素质，充分考虑其机体的储备能力和潜力以及可训性。

## 基本资格审查

如果你想当航天员，首先必须提出申请，并且需要按照要求填写各种表格，提供各种个人档案、学位证书等资料。然后，选拔机构按照航天员基本条件的要求对所有申请人从年龄、职业、资历、政治思想等方面进行初步筛选，这就是基本资格审查。

目前，美俄等国一般要求申请者要具备以下条件：年龄在 25 ~ 45 岁，男女均可，爱国家，有献身载人航天事业的愿望和精神，身体健康，心理素质优良。不管是哪类航天员候选人，都要求最低要有数学、自然科学或工程技术学士学位。实际上，没有高学历的任务专家候选人是缺乏竞争力的。指令长和驾驶员候选人应具备 1000 小时以上的飞行经验，对任务专家和



航天员的基本资格审查

载荷专家虽无飞行经验方面的要求，但事实上，到目前为止，美国 100% 的航天员都是飞行员实验学校的毕业生，而且不是军队的飞行员入选航天飞机驾驶员的可能性极小。对于载荷专家除要求高学历外，还要求有相关的实际工作经验和较强的独立工作能力。另外，随着国际空间合作的日益增加，参与“国际空间站计划”或搭乘美国航天飞机或到俄罗斯空间站工作的载荷专家候选人，如能说一口流利的英语或俄语，入选的可能性就会加大。

### 医学选拔

由于航天飞行对航天员的身体素质要求很高，因此需要对符合基本条件的入选者进行严格的医学选拔。航天员医学选拔包括临床医学选拔和生理功能选拔两大部分，目的在于选出身体素质好和对航天环境因素有较高耐力的人。选拔的重点放在排除临床各科器质性或功能性疾病上，并在此基础上对机体的贮备能力、调节能力及对航天飞行环境耐受和适应能力进

行优选。在选拔实施过程中，对有任何危及飞行任务成功、乘员健康与安全的不合格项的候选人均进行单项淘汰，不再继续检查。

### 临床医学选拔

临床医学选拔是航天员选拔中的基础和重要环节，主要是对候选人进行临床各科的身体检查和评定，目的在于淘汰那些在临床各科检查中不符合临床医学选拔标准的有器质性或功能性疾病或障碍的候选人，这些问题或疾病可能会妨碍他们作为航天员执行航天飞行任务。



临床医学选拔

与航天任务有关的医学问题主要有：人体的肌肉骨骼失调，心血管失调，社会心理障碍，神经前庭改变，辐射暴露限度等。

临床医学选拔标准一般分三级。指令长和驾驶员必须符合Ⅰ级，要求最高；任务专家或随船工程师必须符合Ⅱ级，要求次之；载荷专家要达到Ⅲ级，要求最低。评定一般分为3类，即合格、不合格和个别评定。目前被评定为医学不合格的主要问题是视觉和心血管方面的缺陷。如果发现某项结果超出正常范围，要结合其他临床结果进行综合评定。一般采用病史调查、临床各科常规检查和特殊检查三种方法进行。

### 1. 病史调查

了解候选人的病史对全面掌握和预测候选人的健康情况是非常重要的和必要的，它主要通过询问病史和查看医疗、保健和体检等健康记录资料这两种途径来完成。一位经验丰富的医生，通过问诊和对病史的分析，就能对许多疾病做出有价值的诊断或发现一些潜在性疾病。有些你得过的疾病虽然好了，或是你没有得过某种疾病但你的家族有这种遗传病或有人得过，那么在航天飞行时，由于各种环境因素、任务负荷的刺激和影响，就有可能会使你旧病复发或诱发出某种疾病。询问病史主要是了解候选人的籍贯、居住地，是否有肺结核、肝炎等传染病接触史，是否有过敏、变态反应史、外伤史，特别是有无颅脑损伤、晕厥、意识丧失；有无晕车船史；有无眩晕和耳鸣、夜盲、视物模糊和变形以及复视；家族中是否有遗传病（如白血病、癫痫）及可能与遗传有关的疾病（如高血压、糖尿病、精神病等）。

### 2. 临床各科常规检查

采用临床上通用的常规检查方法对候选者进行临床各科的检查，包括内科、外科、神经精神科、皮肤性病科、眼科、耳鼻喉科、口腔科、传染病科检查；如果选拔女航天员则还要进行妇科检查。

#### (1)内科检查：

采用常规的检查方法对人体的心脏、肺脏、血管、胃肠道、肾脏以及血液和内分泌器官等进行检查。检查候选者是否有心血管系统、呼吸系统、消化系统、血液、内分泌和代谢等方面的疾病和功能障碍。如有冠心病、高血压、心率过缓、活动性肺结核、胸膜炎后遗症、气喘、肺气肿、肝炎、甲状腺疾病、糖尿病、严重的贫血等都不合格。神经系统检查包括对颅神经、运动神经、感觉神经、植物神经以及神经反射等各方面的检查，以判断有无神经系统病变和病损部位。

#### (2)外科检查：

包括对候选者的头颅、颈部、胸腹部、脊柱、四肢、皮肤、淋巴结、泌尿、肛门与生殖器等进行全面详细的检查，以排除外科系统的各种疾病。特别要重视脊柱的病变和慢性的腰腿痛，同时也要注意观察候选者的身体发育情况和营养状况，如体型是否匀称，肌肉是否发达，精神是否饱满，反应是否灵敏、协调等。

#### (3)精神科检查：

精神科检查主要在外观、语言、行为、意识、思维、情感、运动、智能、定向力与自知力等方面观察有无异常，判断有无明显的或潜在的精神疾病。凡是有精神病发作史或在性格和行为上的病变，如心理性遗忘症、有严重的酒精与药物嗜癖史等均认为不合格。

#### (4)眼科检查：

眼科检查除常规检查外，重点放在屈光、视野、眼压、明暗适应能力等内容。色盲者不合格，但轻度近视戴眼镜的人如当载荷专家和任务专家还是有希望的。

#### (5)耳鼻喉科检查：

航天飞行对耳鼻咽喉器官有较明显的影响，特别是耳的能即耳气压功能、听觉功能和前庭功能在航天环境下十分重要。鼻、鼻窦的通气及咽喉在影响或妨碍发音和吐字方面的疾



第一个女航天员瓦莲金娜·捷列什科娃

病也需要重视。凡是慢性或过敏性鼻窦炎、喉炎、影响发音或说话的功能病变、美尼尔氏病等，以及未达到规定听力标准的均视为不合格。

#### (6) 口腔科检查：

对航天员来说，口腔疾病检查也是很重要的，因为牙病会给航天员带来痛苦和危险。凡是有牙周病、严重龋齿、口腔畸形、口腔肿瘤、口腔黏膜和唾液腺疾病等均被认为不合格。

#### (7) 妇科检查：

对女性候选者必须进行妇科检查，并且在进行任何放射性检查之前应做妇女妊娠测验。凡是生殖泌尿系统或附属解剖结构的任何致残障碍，妨碍任务执行者为不合格；凡有子宫和附件的任何急性和慢性疾病、复发性卵巢囊肿病史或子宫出血病史者为不合格。

### 3. 临床特殊检查

除了对候选者进行常规检查外，还必须采用一些特殊的物理和实验室检查方法对其做进一步深入的检查，以便为临床医生提供更高层次、更客观、更详细、更丰富的客观信息，帮助医生认识更深层次的疾病和对疑难病的确诊或排除，而且为今后对航天员的健康状况进行跟踪和评定提供宝贵的基础资料。临床特殊检查包括实验室检查和 X 线检查、超声波检查、核磁共振成像检查、心电图、脑电图、肺功能、内窥镜检查以及其他一些先进的无创伤物理检查。实验室检查主要包括临床化验、血液生化、血清学、免疫学、内分泌学和微生物学等方面的检查，实验室检查要抽取血液、尿液和大便，进行常规的和特殊的理化检查，对各种重要的身体内分泌激素、重要的酶和无机元素的含量进行测定。还有排除特殊疾病用的各种特殊检查，以及身体对疾病抵抗能力的免疫学指标检查等。

#### 生理功能选拔

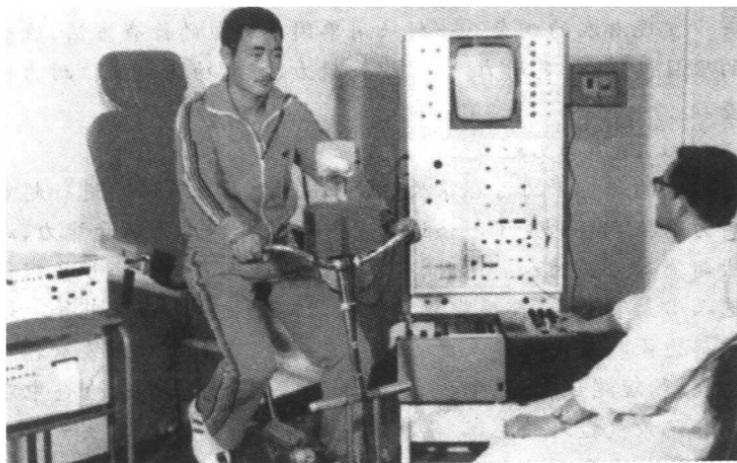
通过了临床医学选拔的候选人还必须经过生理功能选拔。生理功能选拔包括常规生理功能选拔和航天环境因素耐力选拔两大部分。所谓生理功能选拔，是指在临床医学选拔的基础上，对候选人机体的储备能力、调节能力以及对航天飞行环境耐受和适应能力进行检查和评定。目的是进一步检查候选人有无潜在性疾病或功能障碍，优选出机体储备能力强、调节功能好、对航天特殊环境因素耐力好的候选人。对候选人生理功能的评价，是根据候选人主观、客观的反应和对各种生理指标的分析后给出的。对每项生理功能检查的评定一般为良、中、差，在单项检查评定的基础上还要进行综合评定。

##### 1. 常规生理功能选拔

常规生理功能检查一般包括心血管功能、肺功能和脑功能检查。在实施过程中，一般将心血管功能检查与肺功能检查结



阿波罗飞船和联盟19号飞船机组成员（后排右一为列昂诺夫）



航天员心脏功能选拔方案实验

合进行。心血管功能检查除进行常规心电图检查、24小时动态心电和血压的检查外，还利用自行车功量计和跑台给受检者提供一定强度的运动负荷刺激，以便了解候选人的心肺功能、

体能状况和有无潜在性疾病或功能障碍。运动前，要测肺通气功能、气道阻力等指标；运动中，要测最大通气量、最大氧耗量、氧脉搏、代谢当量、运动心电图、血压、心率及运动超声心动图检查的各种指标；并要注意观察被检者的主客观反应，如胸闷、心前区疼痛、呼吸困难、面色苍白等。凡有潜在性心肺功能障碍或体力耐力不良者应被淘汰。脑功能检查的目的是选拔出脑功能基本素质佳，尤其是能在应激状态下保持较好适应能力的人，并进一步挖掘某些潜在性的疾病如癫痫等。

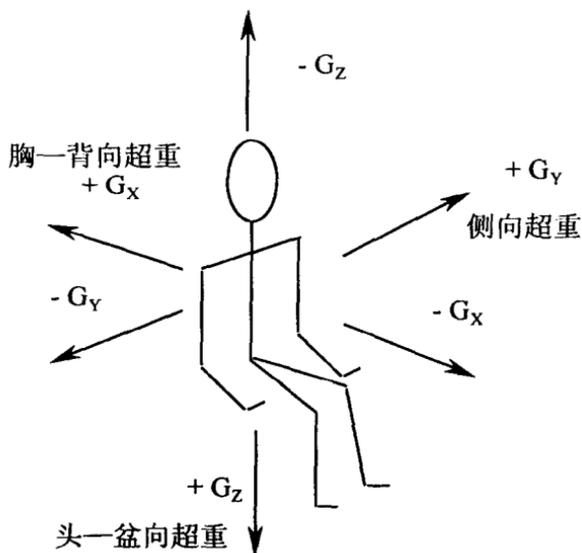
## 2. 航天环境因素耐力选拔

这是航天员选拔中最具特色的项目，目的是择优选出对航天特殊环境因素耐力好、适应能力强的候选人，淘汰对航天特殊环境因素非常敏感或耐力差的人。而且通过该项选拔，可以进一步了解候选人的机体调节能力、储备能力及适应能力，进一步发现潜在的疾患。一般采用单因素刺激的检查方法，检查的项目包括：超重耐力、低压缺氧耐力、前庭功能和立位耐力检查。

### (1) 超重耐力检查：

人的超重耐力存在很大的个体差异，因此有必要进行超重耐力选拔。目的是了解候选人对超重因素作用的耐受能力，淘汰超重耐力差的人。同时，超重耐力检查也可以进一步暴露候选人心血管功能、前庭植物神经功能及大脑的供血状况等。超重耐力检查是采用载人离心机来完成的，在离心机上装有各种生理、物理测试仪器，电视、通话和摄像系统，以便在检查中观察和记录被检者的主客观反应。候选者一般要接受头一盆向和胸一盆向两个方向的超重耐力检查。头一盆向耐力检查的过载值是重力加速度的3倍，用+3G表示，过载峰值持续时间30秒，胸一盆向耐力检查的过载值为+4G~+8G，峰值持续时间50秒。

在选拔中对候选者耐受的过载值、主观感觉及生理反应进



超重作用示意图

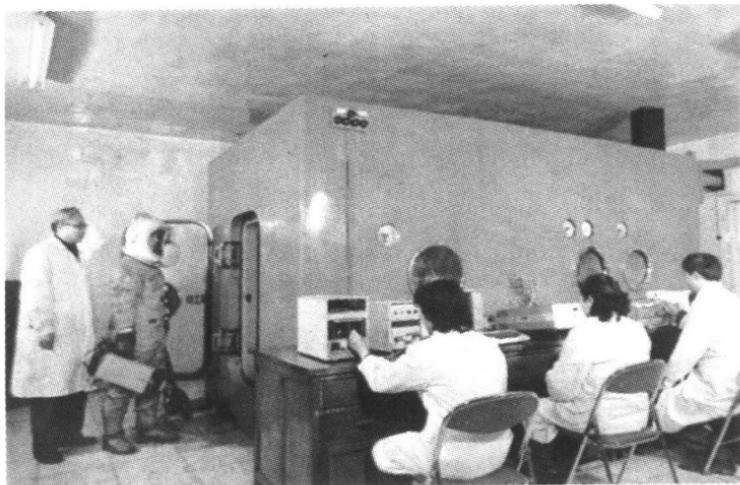
行评价。通常将耐力水平分为良、合格、不合格。一般头一盆向耐力不低于  $+3G$ ，胸—背向耐力应为头一盆向耐力的 3 倍为合格。在检查中，如果有明显的心血管功能调节不良及前庭植物神经系统不良反应者为不合格。

## (2) 低压缺氧耐力检查：

航天飞行中也会遇到低压和缺氧的因素，人体对此也存在很大的个体差异。低压缺氧耐力检查是利用低压舱检查缺氧耐力的一种功能性负荷实验。目的是排除对低压和缺氧敏感者，同时也能进一步挖掘隐匿型癫痫和潜在的心血管疾病。一般进行 5000 米和 10000 米高度的检查，以检查被检者对减压的敏感性。当舱压突然改变时，可以检查耳咽管通气功能。此时，缺氧耐力较低或不正常的人，会出现头痛、恶心、出汗、面色苍白、呼吸加快、心率或血压突然下降等情况，少数受检者还会



列昂诺夫（前）从太空归来



低压变温舱—用于研究人体在低压环境下不同温湿度的生理反应及对抗措施

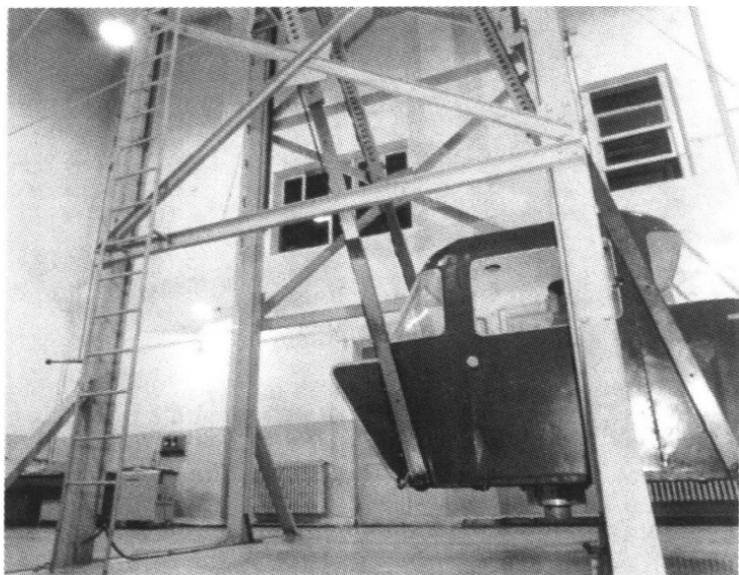
出现晕厥等反应。

### (3) 前庭功能检查：

空间运动病发病率较高，而且机体的反应较重，对航天员身体健康和工作能力有较严重的不利影响。载人航天的实践经验表明，对候选者进行前庭功能的严格选拔仍然是十分必要的，目的是挑选出前庭功能稳定性好，对前庭刺激敏感性差的人。检查项目包括：利用平行秋千进行线性加速度敏感性测定；利用转椅进行科氏加速度敏感性的测定；进行冷热刺激敏感性测定（半规管功能检查）。在检查过程中，注意受检者的反应，如是否头晕、恶心、呕吐、面色苍白、出汗等，并记录心电图、胃电图、血压及眼震图等指标来观察、分析其前庭—植物神经反应。凡出现明显前庭—植物神经反应者为不合格。

### (4) 立位耐力检查：

航天员返回地面后，常出现立位耐力降低，表现为心率加



用于运动病研究的电动秋千

快、脉压降低、晕厥等心血管失调现象。立位耐力检查的目的是要进一步发现被检者心血管系统的潜在疾患、调节适应能力和储备能力。检查包括下体负压耐力检查和头倒位耐力检查。凡有潜在疾患、调节障碍等耐力不良者应被淘汰。

此外，在早期航天员选拔中，还进行过振动耐力检查、噪声耐力检查、高温耐力检查、长时间隔绝适应能力检查等特殊环境因素耐力检查。但是，随着航天技术的不断进步和发展，这些项目已经被取消，不再是航天员选拔的内容了。总之，航天员医学选拔逐渐趋向于简单化、常规化和标准化。

## 心 理 选 拔

航天飞行是一项高风险的活动，航天员承受着巨大的心理负荷，航天员不仅要具有良好的身体素质，还必须具备良好的



国际宇宙计划的第七乘员组成员。右为尤里·罗曼年科(苏)，  
左为阿纳多·塔马约·门德斯(古巴)。

心理素质。心理选拔的目的是挑选出心理素质优良者进入航天员队伍，淘汰有潜在性心理病理异常和障碍的候选人以及个性偏离和障碍的候选人。这对于航天飞行的安全和航天任务的完成尤为重要。心理选拔主要通过调查、观察、会谈、测验和

模拟实验方法选出心理素质好的预备航天员。目前国际上通用的心理测验方法和评价标准在航天员选拔中得到了广泛应用。

由于心理选拔的内容和方法很多，所得的结果也不一。因此，在检查中除了有明确的心理病理性证据，可以进行单项淘汰外，一般情况下都必须将调查法、观察法、会谈法、测验法所得的所有结果进行综合评定。综合评定一方面要依靠专家全面权衡航天员各项心理品质的相互关系，根据经验和以往实验结果给出航天员各项心理品质的权值；另一方面要借助于多元统计分析，特别是模糊数学的综合分析方法来进行综合评定。

#### 调查法

广泛而比较详细地收集航天员申请人的有关材料，其目的是通过调查、综合分析对申请人的政治思想、生活经历、学历、飞行资历、事业状况、家庭状况、社会关系、兴趣爱好、特长和既往史等情况有个初步印象。调查法包括文件分析、社会调查、座谈等方式，文件主要指个人档案、学业成绩、证书等。此外，本人的作品和书信日记以及家属、亲戚、朋友、同学、同事领导的评价、看法等，都可成为调查材料。

#### 观察法

这是一种有目的、有计划地对被试者的心理、行为进行观察并作出评价判断的方法。它可以作为一种独立的方法，但经常与其他方法结合进行，如在心理会谈、心理测验、航天环境因素耐力检查、集体活动等场合进行观察。观察内容包括动作、表情、言语、情绪、意志、认知特点、个性特征等。

## 会谈法

这是心理学家与候选人通过面对面的谈话，从交谈的答案中获取信息的一种主动方法，是航天员选拔中不可缺少的方法之一。会谈时，心理学家或是按照事先已组织好的问题提纲进行提问，或是与候选人随意进行交谈；交谈的内容和所提的问题，如家庭情况、职业活动、爱好、社会交往、特殊事件、是否受过挫折等，都是为了了解候选人成就动机、情绪、冒险意识、竞争意识、人际关系、意志、反应能力、家庭背景、职业技能等。



英国女航天员海伦·沙曼

## 测验法

测验法是心理学选拔方法中应用最广泛的一种，这种测验方法比较简便、经济、易于实施，可分为心理能力测验和个性心理测验。心理能力测验，有一般能力测验，包括知觉速度、目标知觉、符号转换、图形归类、找规律填数、机械理解等能力测验，还有判断决策能力测试，包括跟踪能力、判断决策能力和警觉能力。个性心理测验有明尼苏达多相个性测查表测试和图片投射测验等。通过这些测验可了解候选人的基本个性特征、心理品质与心理能力。



俄罗斯女航天员康达科娃和她的同伴

## 模拟实验法

这种方法是利用环境条件和设备，模拟航天中的一些环境因素，对候选人进行测试，以了解其心理耐受性与适应性。该

方法往往与航天环境因素耐力检查结合进行。常见模拟实验有载人用离心机实验，低压舱实验，航天综合模拟器实验，温度舱实验等。

## 航天员选拔的实施

上面我们已经介绍了航天员选拔的项目、内容、方法和标准，接下来我们介绍实施航天员选拔计划的步骤和程序。实施航天员选拔，一般由负责载人航天计划的部门，组织临床医学专家和航天医学专家成立选拔委员会，制定选拔标准和方法，确定选拔实施程序，执行选拔各阶段的任务，负责作出评定意见或建议。一般来讲，选拔实施分以下几个阶段：

第一个阶段是初选阶段，该阶段主要是按照选拔的基本条件对申请人提供的各种个人资料、档案进行基本资格审查和初步临床体检，目的是筛除有明显疾病和功能障碍者。合格者可进入下一阶段的选拔。在该阶段，也可能会安排面试，如美国国家航空航天局在审查完所有申请者的个人简历后，从中挑选若干人到约翰逊航天中心接受面试。面试是非正式的，考官们通过 1 个小时的随意交谈对受试者是否适合当航天员作出评估。申请者性格是否合群是考官们最关心的。考评组在面试时，会提一些最能显示受试者这方面气质的问题，比如，你有什么样的爱好？你对什么最感兴趣？你在以往从事的工作中喜欢哪些，不喜欢哪些？你为什么当航天员？等等。

第二个阶段为复选阶段，即对初选合格者进行全面、深入、详细的临床医学检查、生理功能检查和心理检查。该阶段各种检查的主要目的是：了解候选者有无临床上尚没有表现的潜在疾病；确定机体功能的储备能力、调节能力和对航天环境因素的耐力以及心理状况。临床医学检查，通常在指定的权威医疗单位住院进行，并严格按照医学选拔标准排除一切可能的疾病和功能障碍。临床检查全面而深入，包括了临床各科常规检查



日本第一名职业航天员毛利卫

以及详细的实验室生化检查和影像检查等特殊物理检查。生理功能检查一般在航天医学机构进行，目的在于进一步挖掘潜在性疾病和发现功能异常者，并从功能上择优选择适合航天环境、有利于完成任务的人。心理学检查，旨在揭示候选人性格的各个方面以及在应激条件下的行为和情绪反应复选阶段是航天员选拔中最重要的阶段，候选人通过该阶段的选拔和综合评定后即可进入航天员队伍接受训练。

第三个阶段是评定录取阶段，又称定选阶段。该阶段的主要任务是对候选者各项检查结果进行综合评价，并确定合格人选。

## 五 航天员是如何进行训练的？

### 概 述

载人航天飞行的重要标志是有人的参与，航天员的特殊作用表现在对航天器及其舱载设备的控制、操作、照料、维护和修理以及执行对地观察、科学实验等任务方面，因此，要想成为一名真正的、合格的航天员，仅有健康的身体和良好的心理素质是远远不够的，还必须掌握与载人航天相关的专业知识和各种操作技能。

实施航天员训练的主要目的是：1. 在精心选拔的基础上进一步提高航天员的身心素质及对航天特殊环境因素的耐力和适应能力；2. 通过学习和各种操作训练，使他们掌握与载人航天相关的知识和各种技能，包括对航天器的操纵、控制，对飞行工况的监视，对应急状态和故障的识别、判断和处理，对舱内设备的管理与维护，对各种安全保障装备、测量通信设备、有效载荷、日常生活与工作用品的使用和操作，交会对接和出舱活动操作，以及返回地面后救生与生存的技能等。简而言之，航天员训练的目标就是，要使航天员在身体上、心理上、思想上、知识储备和技能上具备执行航天飞行任务的能力。

航天员训练项目和内容的设置主要取决于航天飞行环境、航天器、航天飞行任务三个方面的需求。航天员的训练项目和内容很多，涉及面较广而且复杂，这就决定了训练必须既全面



女航天员在航天飞机上工作

又有重点和针对性。按照训练目的不同，航天员训练一般包括体质训练、基础理论培训、心理训练、航天环境适应性训练、航空飞行训练、救生与生存训练、专业技术训练、飞程序训练和大型联合演练；而每一种训练又由若干项不同的训练科目组成。除了大型联合演练之外，其他所有的训练项目都是航天员所必须接受的。对乘坐相同类型和型号航天器的航天员来讲，这些训练内容基本相同。

大型联合演练，是指在临近发射前的一段时期，由执行任务的乘员组（包括后备乘员组）与飞行期间地面支持人员一起配合完成的模拟发射、在轨飞行、返回着陆后的营救等过程的演练，就像是一场正式演出前的彩排。

一般来讲，载人航天飞行训练对不同类型的航天员（指令

长、驾驶员、任务专家/随船工程师、载荷专家)，不同航天器（飞船、航天飞机、空间站）的航天员和担负不同实验任务的航天员有着不同的训练要求，这主要表现在训练学时、考核标准和训练内容的深浅程度方面有所不同。每一名航天员的训练安排应侧重其所负责承担的任务方面的训练。如随船工程师进行舱外活动的训练要比指令长的学时多；载荷专家的航空飞行训练不要求能单飞，一般由教练员驾驶教练机带飞；但是航天飞机的指令长和驾驶员则必须进行大量的飞行训练，以便掌握航天飞机的驾驶技术。

职业航天员训练一般需要 3.5 年至 4 年的时间，载荷专家的训练一般需要 2.5 年的时间。职业航天员的训练实施通常分成三个阶段，各阶段所要达到的目标不同，训练的重点和要求不同，训练的组织形式也不尽相同。训练安排遵循了由一般到特殊、由单项到综合、由简单到复杂、由易到难的循序渐进原则。

### 基础训练阶段

时间为 6 个月至 1 年。训练的重点是基础理论培训。该阶段的训练目标是使航天员熟悉航天飞行环境的特点，了解航天飞行的基本工作原理、飞行器结构特点与运行方式，以提高航天员飞行时的工作能力。训练内容涉及空间环境、航天科技理论、医学知识等方面的基础知识。一般来讲，基础理论训练主要在基础训练阶段完成，但在后两个阶段，也可能会根据需要安排部分基础课的学习，如英语、俄语和星空识别等。

### 航天专业技术训练阶段

通常需要 1 年至 2 年的时间。训练重点是专业技术训练。目的是使航天员掌握航天飞行所需的各项操作技能。训练内容以航天器技术和各种操作技能训练为主，包括飞船或航天飞



职业航天员的失重训练

机的驾驶和控制，飞船或航天飞机上各种设备的操作，空间各种实验操作，常规交会对接驾驶训练，失重飞机飞行训练，救生与生存训练，医学保障方面的训练等。训练不仅有正常状态下的操作训练，也有故障和应急状态下的对策训练。

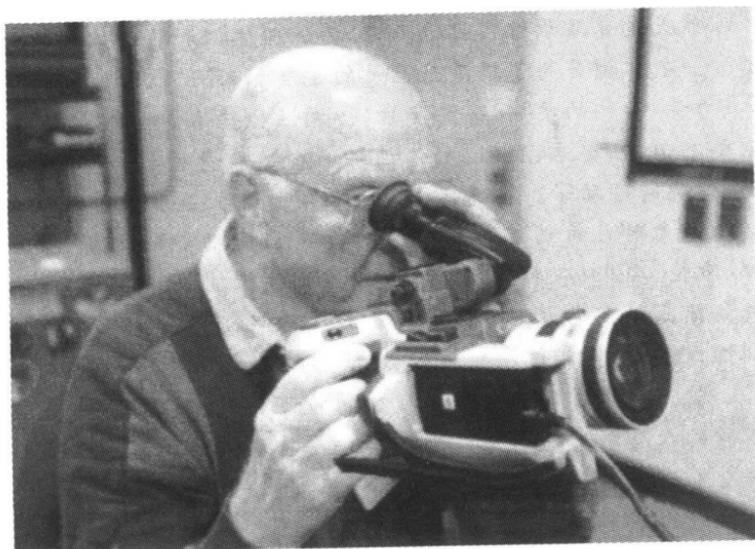
### 飞行程序与任务模拟训练阶段

时间大约 1.5 年。训练的重点是飞行政程序训练。目的是使航天员掌握从进舱开始至返回着陆全过程的飞行程序。训练内容通常包括载人航天飞行程序训练，本次飞行任务的技术训练，特殊交会对接训练，部分专业技术训练，救生与生存训练及大型联合演练。

航天员的体质训练、心理训练、航空飞行训练与航天环境适应性训练贯穿训练的全过程。在整个训练期间，有些训练项目或内容，即使已经完成了训练，达到了训练要求，每隔一段时间在适当的时候还是要安排进行复习训练，如通信设备的使用、数据处理系统的操作等。美国航天员指出，任何时候如果课程间隔时间超过 6 个月，就需要一段时间的训练使航天员恢复到以前的熟练水平。

航天员的训练周期较长，训练项目和内容很多，训练强度和难度也较大，有的训练项目还具有一定的危险性。如航空飞行训练，进入太空的第一位航天员加加林就是在进行飞行训练时牺牲的。说实话，并不是每一个受训者都能完成所有的训练任务。在训练期间，有些人因身体等各方面的原因而被淘汰，淘汰率约为 50%。因此，能否通过严格的训练，对每一位受训的航天员来讲，都是一场严峻的考验和挑战。通过训练，他们提高了身心素质，磨炼了意志，获得了特殊职业技能，丰富了学识，职业素养得到了全面提高。

航天飞行归来后，航天员还要继续训练，为参加下次飞行做好准备。训练项目和内容主要是根据飞行任务的需要来安



练习使用 35 毫米的摄像机

排，当然还有其他维持性的复习训练，如体质训练、航天环境适应性训练、航空飞行训练、航天器的驾驶技术训练等。此外，航天员也可能被安排做一些其他工作，如帮助测试新的软件等，但是不管做什么，都可以看成是另一种形式的训练。总之，航天员从入选开始训练的那一天起，一直都要接受严格的、不间断的训练。

## 体 质 训 练

航天飞行对人的身体素质要求很高。经验表明，体质训练是提高和巩固航天员身体素质、增强机体的抗病能力、增强航天员对大多数航天环境因素的适应性和耐受能力及在航天飞行中保持旺盛精力的一种重要的、有效的方法，也有助于培养航天员良好的心理素质。体质训练贯穿于航天员训练的全过程，一般每周训练 2~3 次，每次训练约 2 小时。

航天员体质训练项目很多，分为一般体训和特殊体训两大类。一般体训是为了提高航天员的速度和耐力，改善他们的形体、力量、身体的柔韧性、灵活性、协调性和整体调控能力，项目主要有田径、游泳、爬山、形体训练、体操、健身操、各种球类运动、弹跳网运动等。特殊体训是有针对性地提高航天员对航天环境因素耐力的训练。其中包括提高前庭功能的训练，如旋梯、滚轮、蹦床、浪木、旋转秋千、三维翻滚机、趣味田径活动等；包括提高超重耐力而专门进行的加强胸部、腹部和四肢肌肉的训练；还包括提高低压缺氧耐力的训练，如游泳和登山等。

航天员体质训练有两个突出的特点，一是针对性很强，对不同的人有不同的训练计划。二是要特别注意保障航天员的安全和避免运动损伤，以便降低训练期间的淘汰率。为此，在



心肺功能运动实验

训练前要进行体检，并在训练过程中采取一些防范措施。

### 基础理论培训

基础理论培训是入选预备航天员入选后所必须接受的第一项基础性训练，是航天员训练第一阶段的重点训练项目，训练持续时间一般为半年至1年，总学时一般在300~600甚至上千学时不等。目的是使他们建立载人航天飞行的基本概念，掌握相关的基础知识，为后续的专业技术训练奠定基础。预备航天员入选后，应根据他们的文化基础水平、专业背景及载人飞行中的任务需要有针对性地安排基础课程，因而每一个航天计划的基础理论培训的课程设置、内容和学时安排都不完全相同。课程的内容主要涉及以下几个方面：



基础理论培训

#### 与飞行环境有关的课程

这些课程主要有宇宙物理学、大气物理学、天文学等，目的是使航天员系统了解载人航天飞行的空间环境。

### 与航天技术相关的课程

这些课程涉及与运载火箭和航天器基本原理和操纵有关的空气动力学、飞行力学、宇宙航行学基础、航天飞行控制理论、空间制导、导航和控制技术、火箭发动机、航天测控与通信技术、载人航天器的设计原理及其舱载系统、航天工业基础、发射总体等。目的是使航天员建立载人航天的基本概念，初步了解航天器及其运载火箭的设计、结构、组成和运行原理，掌握相关的基础知识，为后续的专业技术训练打下基础。

### 涉及人本身的有关课程

这些课程主要有解剖学基础、生理学基础、航天医学基础、临床医学基础知识、心理学基础等。目的是使航天员了解航天飞行对人的影响及采取的防护对抗措施，飞行中可能发生的疾病、损伤和不适反应，学会诊断、处置和救护方法，为航天环境适应性训练、飞行医学监督与医学保障技术训练及其他一些涉及医学的训练打下基础。

### 与飞行任务有关的课程

这些课程主要有地质学、微重力、流体物理、材料科学、生命科学、空间科学、信息学、地球生态监控基础等。这类课程的选择要根据飞行任务来确定。

### 其他基础课程

这些课程主要有高等数学、力学基础、自动控制基础、英语或俄语、计算机基础、电工电子学基础、机械学、地理与气象基础等。这类课程的设置主要应考虑受训者的基础水平和其他因素。比如，假设你是一位要参加美国航天飞机飞行的载荷专家，你可能就要学习英语；如果你要到俄罗斯的和平号空间站



美国航天员万斯·布兰德在飞行前苦练俄语

上去工作，你可能就要学习俄语。又如，地理与气象基础是为了使航天员了解有关航天器返回着陆地域的地理与气候特征而开设的，是必修的课程，课程的内容因着陆地域的不同而不同。

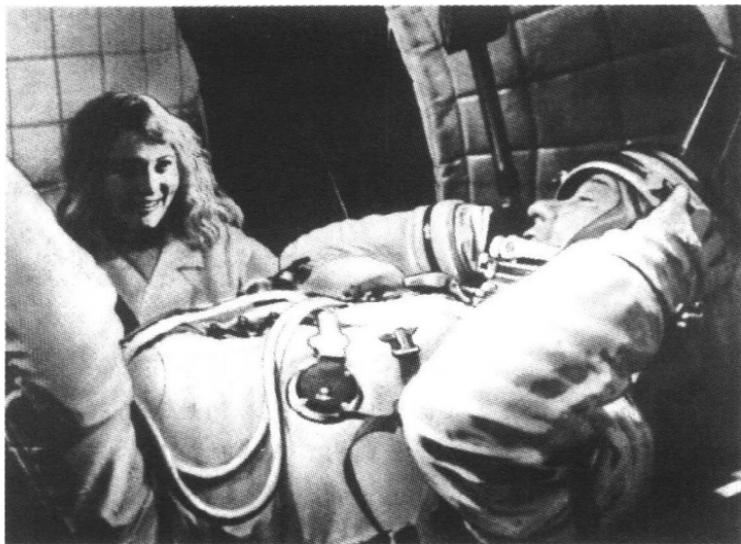
## 心理训练

航天员心理训练的主要项目有：航天心理学基础与心理健康教育，狭小环境中的隔离训练，放松训练，表象训练，乘员组心理训练等。

### 隔离训练

这是航天员心理训练中最重要和最具特色的内容之一，目的是了解和培养航天员在狭小环境中个体行为方式、工作能力、耐受和适应能力，发现受训者潜在的问题，了解受训者的潜能。它既是心理训练的项目，又是训练期心理选拔的重要内

容。通常使受训者单人住在一间狭小的隔离室里，不睡眠，按事先设计好的作息时间表，进行心理、生理的测试。受训者在此期间不仅要进行仪器操作，还要写日记，或进行文学创作和体育锻炼等。他们的用餐食品，由隔离室传递窗口按时供应。这种训练通常采用连续 3 ~ 7 天不间断的方式进行。



航天员在接受心理训练

### 放松训练

该项训练可以使航天员掌握各种放松方式和情绪的自我调节方法，帮助航天员缓解紧张的情绪。常用的方法有瑜伽放松功、松弛反应法、渐进性肌肉放松、自生性训练、自我催眠和自我暗示、他人催眠和生物反馈训练等。

## 表象训练

该项训练一般结合放松训练、专业技术训练、飞程序等训练进行。通常使航天员在放松的状态下，想像某些操作的方法、程序和动作要领，想像应急情况出现时所应采取的措施，想像航天器内部的布局等等，在其头脑中建立清晰的表象，以帮助提高训练效果。

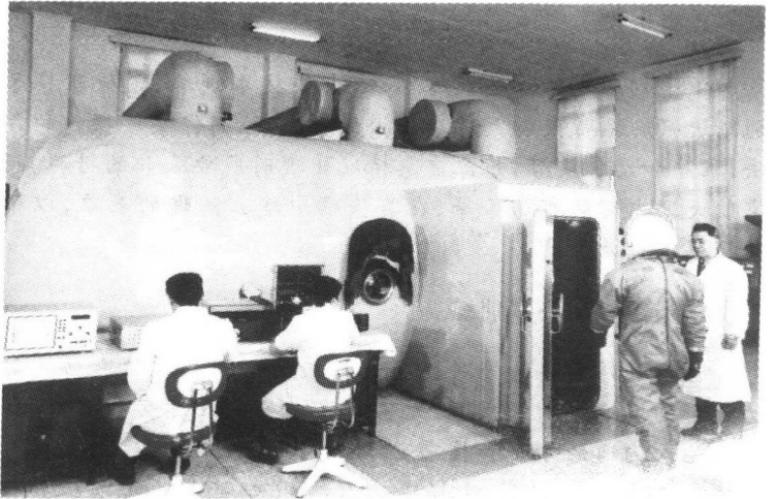
## 乘员组成员心理训练

该项训练主要是针对提高乘员组的心理相容性和协作能力进行的。通过训练，使航天员掌握正确的人际交往技能，学会与他人沟通的方法和技巧，学会如何解决乘员组内的矛盾、冲突和缓和人际关系，掌握给他人提供心理支持的方法和技巧，养成乘员组协作习惯，了解言行对乘员组效率的影响以及如何提高协作效率的方法，以提高乘员组的整体效能。

当然，所有的训练都能帮助航天员建立自信，在飞行前做到胸有成竹。尤其是航空飞行训练、跳伞训练、救生与生存训练对培养航天员勇敢、无畏、沉着、冷静、坚强、果断等优良心理素质，提高他们分析、判断、决策反应能力和心理稳定性是非常有效的。可见，心理训练与其他航天职业训练有着密切关系，起着相辅相成的作用。

## 航天环境适应性训练

在载人航天初期，美苏两国都对航天环境因素耐力选拔和适应性训练给予了极大的关注。随着载人航天经验的增多和航天器性能的改善，航天环境因素的训练在美国后来的载人航天计划中有些减少。尽管有些项目被取消了，有的训练负荷和强度减少了，但航天环境适应性训练仍然是航天员特别是指令长和驾驶员选拔和训练的重要内容。

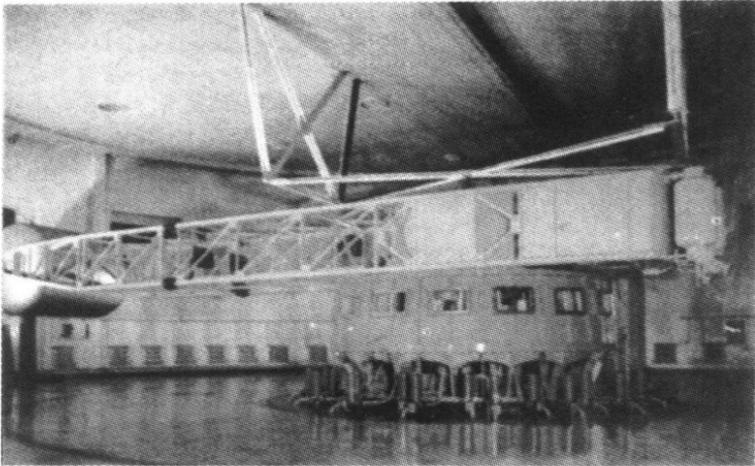


模拟航天环境的低压舱

航天环境适应性训练的目的在于提高航天员对航天飞行特殊环境因素的耐力与适应能力，以及返回地面后的再适应能力。目前还保留的训练项目主要有超重耐力适应性训练、前庭功能训练、失重训练。该项训练根据各人的耐受水平，确定训练强度和次数，充分体现了因人而异和注重实际训练效果的原则。若未达到要求，应适当加大训练强度和增加训练次数；若已达到训练要求，则只做维持性训练。

### 超重耐力适应性训练

通过超重耐力适应性训练，使航天员掌握正确的呼吸对抗动作，增强和维持航天员抗超重的能力和稳定性。超重耐力适应性训练主要是进行胸—背向耐力维持训练和抗胸—背向呼吸动作训练。一般每半年进行一次，贯穿于航天员训练的全过程。在飞行前 2 个月至 3 个月，还要按真实的飞船正常上升和返回的超重曲线进行训练，使航天员实际体验飞船上升和返回



用于模拟超重加速度的大型离心机

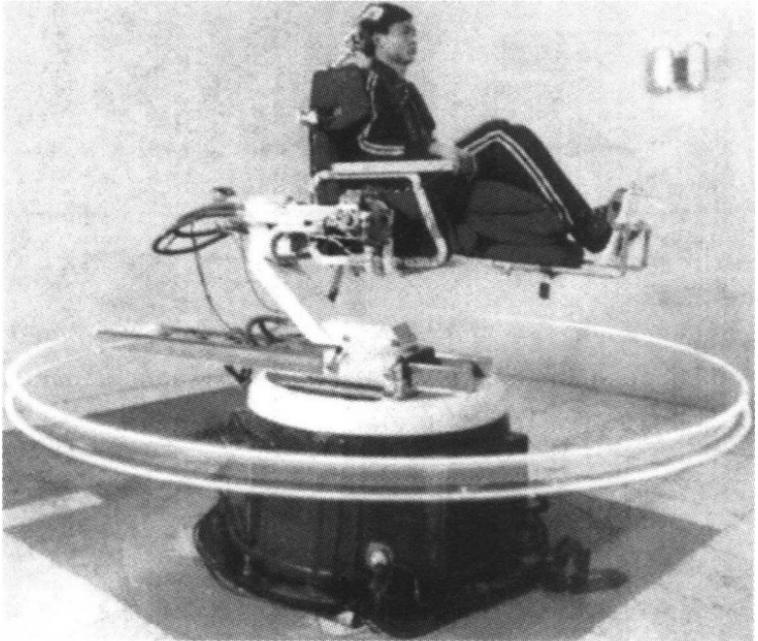
过程中超重作用过程、特点和反应。

超重耐力训练的主要设备是载人离心机。训练教员可以在控制室内观察和记录航天员的表情、通话、各种生理指标和反应动作情况，当出现问题时可以及时中止训练。训练结束后，教员将根据受训航天员的主、客观反应对其超重耐力和反应特征作出科学的评价。

### 前庭功能训练

空间运动病是航天员在最初几天中可能遇到的麻烦问题，其发病率达 30% ~ 50%，它使航天员产生严重不适症状而影响其健康和工作效率。多数学者认为空间运动病起源于前庭系统，而且实践证明，前庭功能训练，可以提高航天员的前庭功能稳定性，使航天员掌握预防运动病的方法和技巧，减轻运动病的症状程度，是预防空间运动病的重要措施。

前庭功能训练分主动前庭功能训练和被动前庭功能训练。



用于研究空间运动病和进行航天员前庭功能选拔和训练用的多功能自动转椅

主动训练与体质训练结合，进行一些多方向自体旋转的运动项目，如弹跳网、滚轮、旋梯等运动，可以锻炼前庭器官感受器和运动系统功能；被动训练主要在电动秋千和转椅上进行，通过使受训者经常反复地接受线性加速度和科氏加速度的刺激，提高人体对运动刺激的耐受性，达到不发生眩晕和错觉的目的。主动训练带有游戏性质，受训者较愿意接受，可以在较轻松的环境下达到训练目的；而过多的被动训练则会增加受训者心理负担，容易引起抵触情绪，影响训练效果。所以前庭功能训练通常采用主动和被动训练相结合的方式。该训练平时以主动训练为主，但在飞行前 1 个月左右，却以被动训练为主，达

到标准后改为主动训练。此外，训练时还可以采用生物反馈训练、呼吸调节训练、印度瑜伽功等自我放松方法来预防运动病的发生。俄罗斯非常重视前庭功能训练，而美国目前已取消了前庭功能训练，他们采用给航天员注射药物的方法来防止运动病的发生。



用于评价前庭功能的冷热刺激实验

### 失重适应性训练

失重除了会使人产生不适的反应外，它更给人的操作带来意想不到的困难。由于轨道飞行的失重状态下的运动和操作与地面完全不同，因此，使航天员了解和熟悉失重环境，体验失重的飘浮感和人体的某些生理反应，熟悉和掌握失重环境下运动和各種操作的技巧，对圆满完成航天飞行任务是十分必要

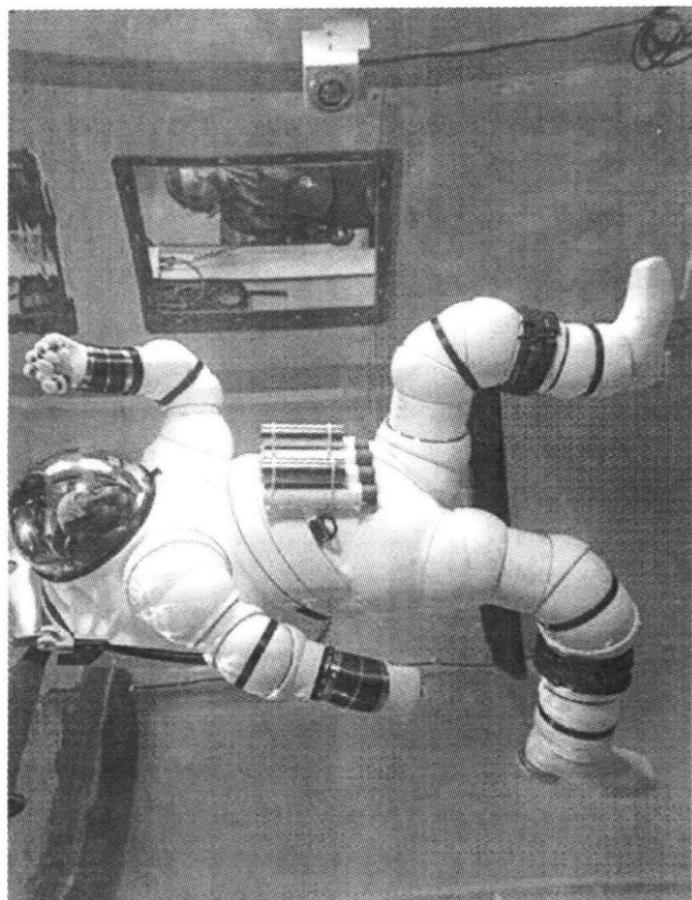
的，这也是进行失重适应性训练的主要目的。

### 1. 失重飞机飞行训练



失重飞机飞行训练

利用高性能失重飞机做连续的开普勒抛物线飞行，可产生重复的失重环境，可用于航天员训练。如俄罗斯的伊尔-76MDK 失重飞机 1 个起落可飞 15 ~ 20 个抛物线，每个抛物线可产生 25 ~ 28 秒的失重时间；美国的 KC-135 失重飞机 1 个起落可飞 20 ~ 30 个抛物线，每个抛物线可产生 25 秒左右的失重时间。失重飞机是由高性能的喷气式飞机改装而成的，机舱内较宽敞，两边装有把杆，并铺有厚厚的软垫，为防万一还备有降落伞。训练内容分为两类：一是失重条件下机体的一般感受和反应体验训练，如飘浮训练、定向能力训练等，目的是提高航天员对失重应激的生理、心理稳定性，并让航天员学会在失重条件下保持姿态平衡和运动的方法，使之从生理、心理和身体运动方面适应失重环境。二是操作技能训练，进行航天服穿和脱、进食和饮水、转移物体、抛接重物、阅读书写、摄影录像、仪器设备操作以及使用工具等训练，以提高航天员在失重条件下



太空行走训练

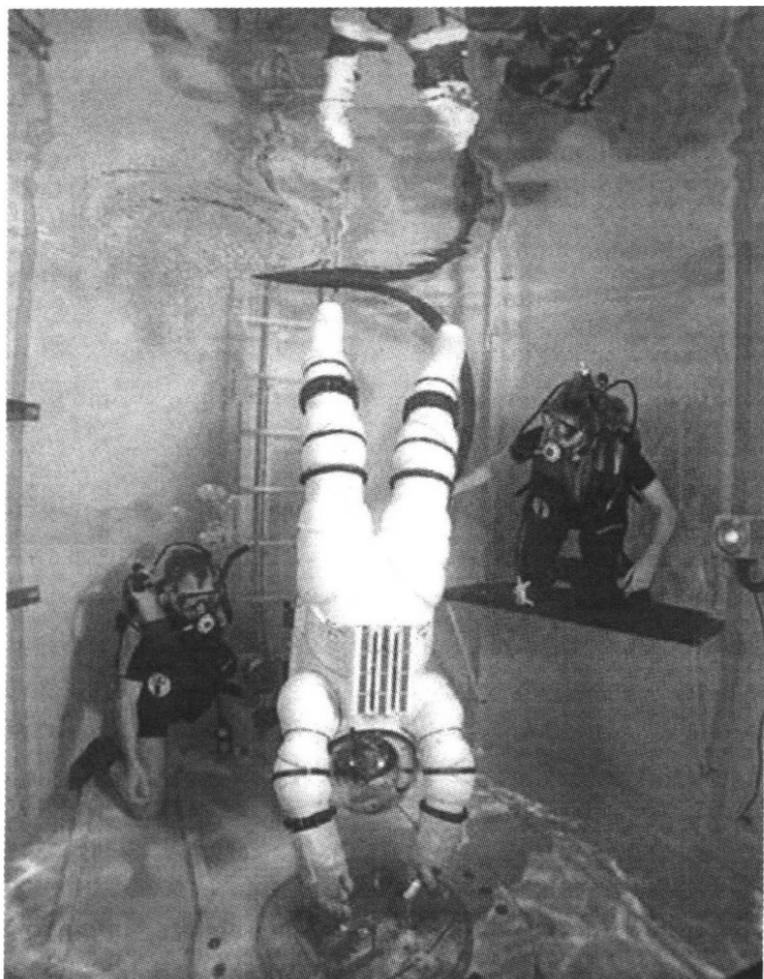
生活和工作的技能。由于做抛物线飞行时，是超重和失重交替进行，受训者要特别注意避免受伤。失重飞机训练是一项负荷较大、较艰苦而且危险的训练，对航天员身体和意志也是一种考验。

## 2. 血液重新分布训练

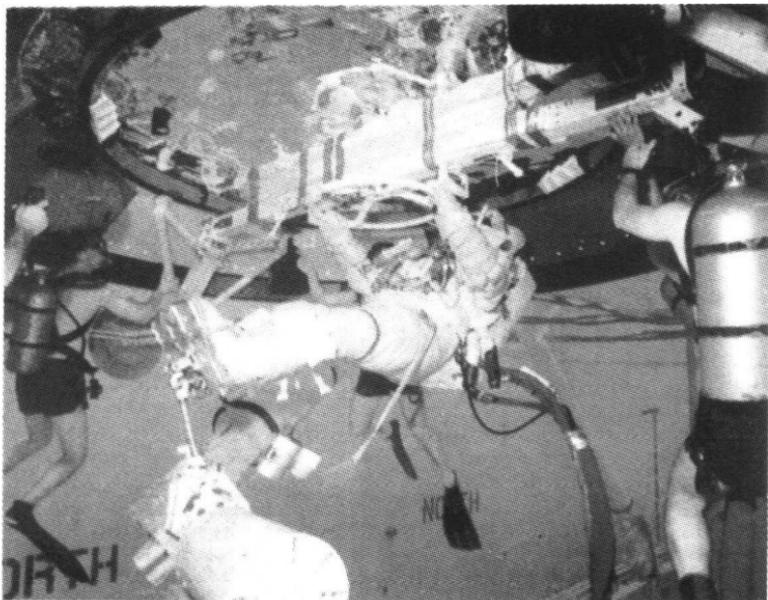
除了失重飞行之外，利用立位转床进行体位改变的训练，可以模拟失重时血液往头部转移所引起的生理反应，使航天员对失重条件下血液重新分配和由此产生的各种效应有所体验和适应。立位转床训练时，航天员取仰卧位固定于立位转床上，立位转床每隔几分钟便改变一次角度，这样反复进行，不断地给心血管感受器施加刺激，以锻炼心血管的调节机能，直至达到对这种快速血液重新分布具有一定的适应能力为止。利用立位转床进行的体位改变训练一般安排在航天员执行航天任务前的 2~3 个月进行，对于减轻航天员在航天飞行的初期，特别是头 24 小时的不良反应，从而保持工作能力有益。此外，在发射前的 1 个月内，也有让航天员头低位（ $-6^{\circ}$ ）睡眠的做法，作用机理与立位转床训练类似。

## 3. 失重水槽训练

失重水槽是训练航天员掌握在模拟失重条件下的操作技能，尤其是出舱活动训练的重要设备。失重水槽很大，可将 1:1 的空间站或飞船的实物模型放置其中，这对于出舱活动训练，特别是出舱进行特定的装配和维修任务训练是非常有利的。当航天员在失重水槽训练时，可利用增减配重和漂浮器来调节平衡和稳定，使航天员能够保持在同一深度进行某项操作训练，从而模拟微重力环境的操作效应。另外，为了减小阻力的作用，受训者在水中应采取慢速谨慎的运动方式。航天员在进行失重水槽训练前，必须经过有关的理论培训和动作训练，在实施失重水槽训练时，首先必须着潜水服，带上氧气瓶，在教员（都是专业潜水员或达到专业水平的业余潜水员）的帮助和保



失重水槽训练



水中进行失重模拟训练

护下，学会潜水及运动和操作的技巧，适应后才能穿上舱外航天服在水槽内进行各种操作训练，主要是出舱执行各种任务的操作训练。训练用的舱外航天服与实际飞行时的不同，如在航天服的腰部和裤角处，可以放置铅块作为配重调整重心位置，以调节平衡和稳定。该训练还有助于航天员熟悉穿着笨重的航天服时如何工作。

### 航空飞行训练

航空飞行训练一直是航天员职业训练的重要组成部分。载人航天初期，航天员都是从空军优秀的飞行员或试飞员中选出，一个重要的原因就是，飞行员具有高空作业的能力和经验，具备在紧急情况下快速反应和处理问题的应变能力，因此进行

航空飞行训练，可以保持和提高他们的这些能力，并培养他们良好的心理品质，还有助于提高他们的超重耐力和前庭功能。

俄罗斯加加林航天员训练中心现行的《航天员训练大纲》中明确规定，指令长每年要进行 70 多小时的飞行训练，随船工程师每年也要进行 10 多小时的飞行训练。美国航天员在基础训练阶段，驾驶员利用双座 T-38 喷气式飞机每月飞行 15 小时，以保持其飞行技术；任务专家则每月至少飞行 4 小时。指令长和驾驶员进行飞行训练的时数要远远超过其他类型的航天员。而载荷专家则是只坐在教练机上由教员带飞。

相比之下，美国航天员的航空飞行训练比俄罗斯多很多。主要是因为美国航天员（主要是指指令长和驾驶员），必须掌握航天飞机驾驶技术，因此保持他们的飞行技能非常重要。他们在一年考察期结束后，还要利用一架商用喷气式飞机进行大量的航天飞行驾驶技能训练，尤其是练习着陆技术。这架飞机经改装后，能像真的航天飞机一样滑行。该机驾驶舱的左侧有仪表盘、驾驶杆和制动闸，跟真的航天飞机的驾驶舱完全相同。窗口上安有电视屏，让指挥员能感受到真正的航天飞机降落时的景象。一位航天员要成为指令长，必须进行 800 次着陆训练，以保证航天飞机能够平稳着陆。只有指令长和驾驶员接受航天飞机的着陆训练。

由此可见，目前美俄两国进行航空飞行训练目的有很大的不同。但有一点认识却是相同的，那就是航空飞行训练是提高航天员心理素质的一种非常有效的手段。

训练一般在歼教机上进行，至于选取什么科目，每个科目的训练时间多长则要根据航天员的个人情况而定。一般来讲，指令长、随船工程师训练的难度要大一点，训练的时间也要长一些，他们经带飞检查后可坐在歼教机前座上驾驶飞机；而任务专家、载荷专家训练的难度和时间应适当降低和缩短，他们可以只体验航空飞行，而不驾驶飞机。通常，航空飞行训练须

定期进行，间断训练的时间不宜太长。

航空飞行训练是一项有危险的训练，到目前为止，世界上已有 16 名航天员在航空飞行训练中丧生，其中包括加加林。尽管如此，该项训练却依然进行着，并发挥着重要作用。

### 专业技术训练

专业技术训练的的目的是使航天员掌握载人飞行所必须具备的各种技能及相关的专业理论知识，包括对航天器姿态的操纵、控制，对应急状态和故障的识别、判断和处理，对各种装备的使用和操作，对舱内设备的照料与维护，对飞行时日常生活和工作用品的使用和操作。进行有效载荷的操作和空间实验、交会对接、出舱活动、舱外作业等任务，是航天员训练中非常重要的内容。



在飞船模拟器上训练

不同的航天计划，航天员专业技术训练的项目和内容不同。专业技术训练主要取决于航天器系统和航天飞行任务的需求。所以，专业技术训练一般分为两大类，一是航天器技术训练，目的是使航天员掌握航天器的驾驶和舱内各种装备、仪器的操作技能。二是飞行任务技术训练，主要是针对每一次飞行所要完成的特定任务而进行的，不同的飞行计划任务是不同的，因而任务训练的内容也相应不同，有正常状态下的操作训练，也有故障和应急状态下的对策训练。

### 航天器技术训练

航天器技术训练是每一位航天员都必须接受的训练。根据航天器的类型，有选择地安排飞船或航天飞机技术训练。如果要参加空间站飞行，还必须增加空间站技术训练。对相同型号和相同类型的航天器来讲，该训练是相同的，但对不同类型的航天员的要求却不同。按照先理论后实践的原则，对每一个系统、每一项操作都要先授课，然后在单项训练器和模拟器上进行操作训练，以便航天员能熟练掌握各种操作技能。

理论授课内容包括航天器系统及其各分系统的组成、结构、布局和配置，舱载设备的功能、作用、结构、工作原理和过程、运行工况和特性、操作方法和程序、故障情况、安全措施，航天器的运动控制理论等相关专业理论。

操作训练包括航天器的制导、导航与控制系统，数据处理系统，测控与通信系统，环境控制与生命保障系统，电源系统，仪表照明系统，应急救生系统，推进系统，乘员系统等的操作训练，使航天员熟练掌握航天器的驾驶技术、飞行控制系统检查、航天服的穿脱与气密性检查、舱载计算机的使用和数据管理、舱内湿度的调节、废物处理、个人卫生、就餐、饮水、就寝、摄像、药箱使用、舱载医监设备的使用、生理指标监测等。



试穿航天服

## 飞行任务技术训练

飞行任务技术训练一般包括有效载荷训练、出舱活动训练和交会对接训练。

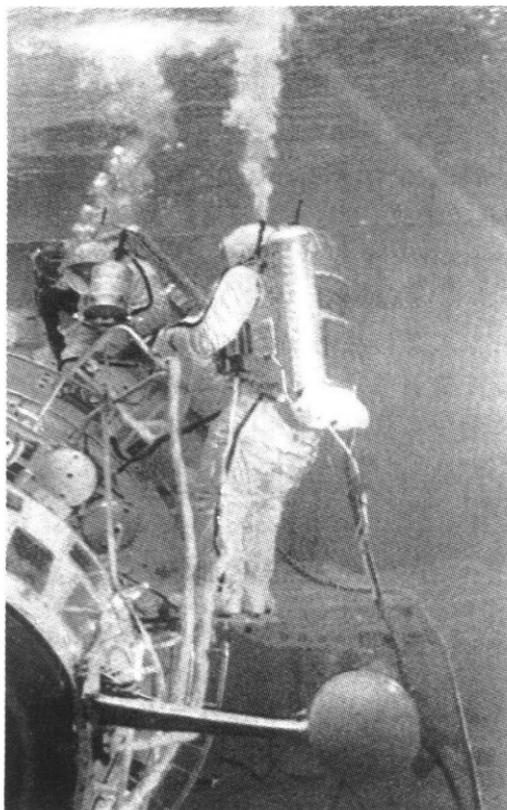
### 1. 有效载荷训练

这种训练是载荷专家接受的任务训练，训练时间大约占其训练总时间的一半。有效载荷训练包括：熟悉载荷本身或与载

荷有关的科学理论知识与技术；了解每个载荷硬件的特点及其操作与维修的方法；具体掌握操作和试验的人机界面的特点与程序；进行单个项目实验；参加载荷项目的综合测试以及有关轨道器系统和数据管理系统等训练。载荷专家用于每个实验的训练时间平均为 15 小时。

## 2. 出舱活动训练

该训练包括舱外航天服的使用技术训练，航天员的出舱和进舱，出舱后的舱外行走与操作，以及潜水基础理论的学习和



在失重水槽中进行出舱活动训练

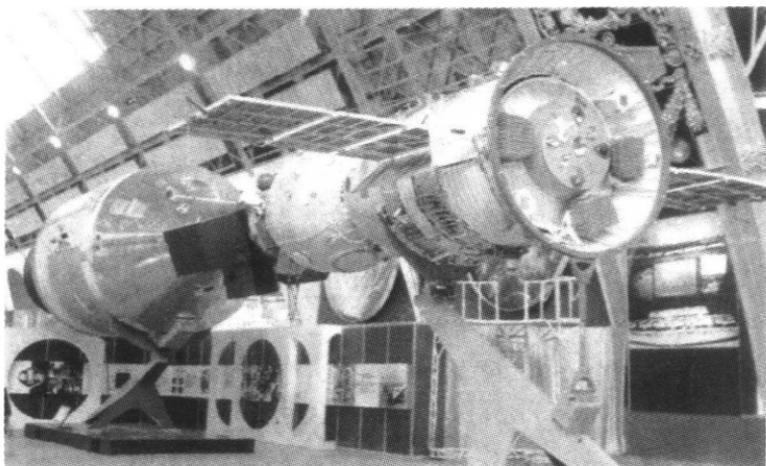
实践。通过训练，使航天员了解和掌握舱外航天服的结构、性能和工作原理及穿脱等操作技能，了解和掌握出舱前的操作、打开舱门及完成舱外作业返回后关闭舱门的操作方法和程序，掌握舱外行走和作业的技能。该训练除理论授课外，主要的训练方法是在舱外航天服训练器上进行出舱、进舱的操作和程序训练，及在失重水槽中进行轻装潜水和实际操作训练等。在失重水槽中进行出舱活动训练的内容主要有：进出舱的方法和操作技巧；设备与装置的操作、检测、修理和更换训练；航天器之间定向定位与交会对接的模拟练习；行走和捕获技术练习等。

### 3. 交会对接训练

交会对接是指航天器之间的接近、连接和停靠，如航天飞机与和平号空间站的对接。当航天器经变轨引入目标区后，需要航天员不断地控制航天器的姿态，不断地测定与修改对接目标的距离和接近速度，以达到与该目标物的接近、连接和停靠。交会对接是一项非常重要而又复杂的技术操作，关系到空间活动（救援、合作等）的成败，而交会对接主要靠航天员的操纵来完成，因此对航天员的要求很高。航天员除了学习必要的理论之外，还将在专项训练器上进行操作训练，以掌握手控定向操作、手控靠近和停靠技术。该训练器装有制导和控制系统以及推进系统的各种控制器和显示装置，还提供视觉显示的星象背景和光学系统。

## 飞行程序训练

航天员仅仅熟练掌握了各种操作技能是不够的，还必须了解和掌握飞行程序，即知道什么时候该做什么，而且要养成习惯，做到非常熟练。飞行程序包括从发射前航天员进舱开始一直到返回着陆全过程的飞行时刻和事件。通常将飞行时段划分为待发段、上升段、轨道运行段和返回段。飞行程序训练主要包括：正常的飞行程序训练、应急飞行程序训练和故障程序



联盟号飞船和美国阿波罗号飞船对接模型

训练。训练的目的在于：使航天员熟练掌握载人航天飞行各阶段的飞行程序，包括正常飞行和应急飞行程序；熟悉和体验飞行环境、过程；培养航天员在飞行过程中正确识别、判断和处理故障的能力，包括对应急情况的判断和处理能力。此外，飞行程序训练是以乘员组的形式进行的，它对提高乘员之间的相互配合和协调能力也是非常有益的。

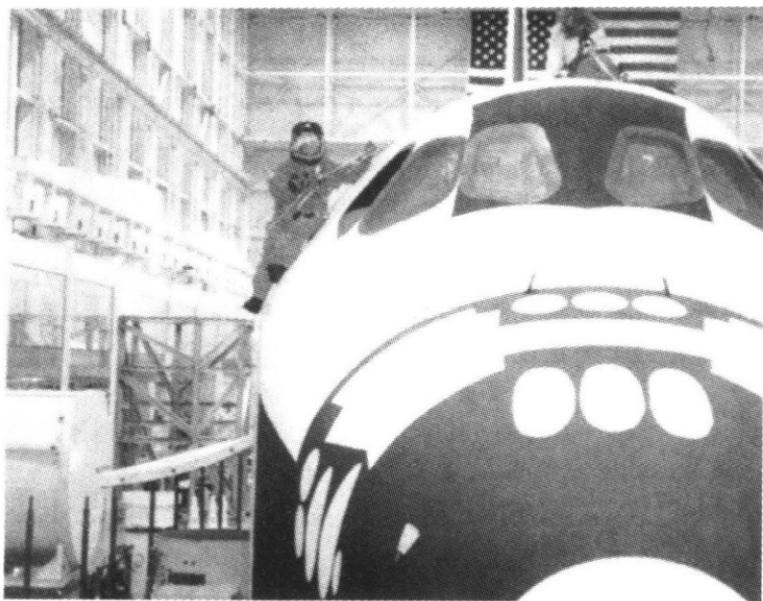
模拟器是飞行程序训练的主要设备，它的内部结构与布局和真实的航天器相同，并能够模拟航天器飞行时的视景、振动、噪声效果，运动基模拟器还可以模拟运动效果，因此在模拟器上进行训练可以使航天员熟悉和体验飞行环境和过程。

航天飞行中的应急状态一般有压力应急、温度应急、火灾应急和航天员个人医学应急。当这些应急情况出现时，意味着航天员必须提前结束任务而返回。对这些应急状态应采取何种对策和措施是早有预案的，并制定了相应的飞行程序，我们称之为应急飞行程序。通过应急飞行程序的训练，航天员将熟练掌握对应急状态的识别、判断和处理技能。



测量航天员在穿上航天服后的最适宜的活动范围

利用模拟器进行故障训练，是为了培养航天员在飞行过程中识别、判断和处理故障的能力。在训练中，教员可以设置任何故障，然后观察航天员的反应和操作情况如在发射前1分



在航天飞机上模拟紧急情况训练

钟设置发动机故障、发射前 2 分钟出现电路故障等等，不一而足。总之，所有能设想出的故障都要进行大量的训练，直至航天员对事故的反应成为本能，能够像呼吸一样自然。

### 救生与生存训练

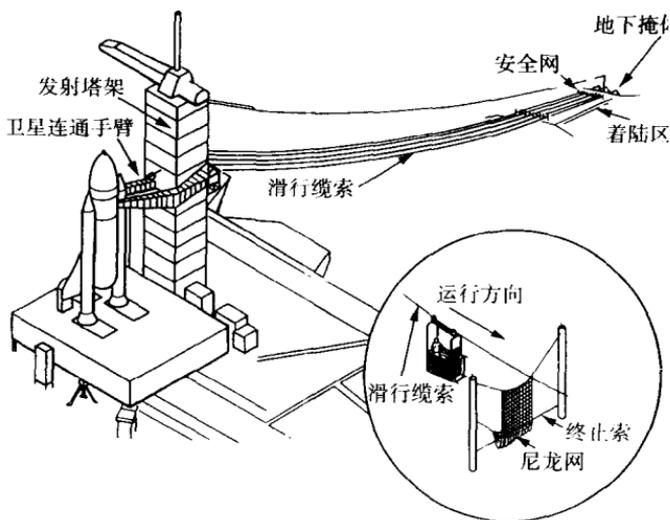
航天员从进舱开始，直到返回着陆被营救为止都面临着潜在的危险。通过救生与生存训练，使航天员掌握发射前、飞行中、返回后的救生与生存技能，主要包括发射前紧急撤离训练，飞行中的救生训练，着陆后的出舱训练、生存训练和营救训练。

#### 待发段的救生训练

航天员一般在发射前 2 ~ 3 小时进舱。从航天员进舱开始，一直到火箭点火升空的这一时段被称为待发段。火箭和航

天器在待发段都有可能出现各种故障，其中有些故障会威胁到航天员的生命安全，因此工程设计上采取了相应的救生措施以保证航天员的生命安全。这些救生措施各国虽不尽相同，但目的都是为了在出现紧急情况时能迅速将航天员撤离转移到安全地带。一般有紧急撤离防爆电梯、紧急撤离滑道、紧急撤离索道及飞船的逃逸救生等措施。如发射前火箭燃料发生泄漏，虽不一定爆炸，但因燃料有剧毒会威胁航天员的生命。此时，通过升降机或电梯下降到火箭基座是不明智的，因为火箭基座正是危险最大的区域，为此必须使航天员迅速离开。美国航空航天局采用了紧急撤离索道系统。他们给航天员准备了撤离筐（共有 7 个），架在长 1200 英尺的钢缆上。撤离筐与航天飞机舱门等高，下有滑轮。仅需 30 秒，航天员即可撤离到远离发射塔架的安全地带。然后或是进入地下掩体等候危险过去，或是驾驶军用载人装甲车迅速撤走。

待发段救生训练的项目和内容，是根据采用的救生措施来



发射场紧急撤离索道系统

确定的，但无论采用何种方法，紧急撤离训练必须做到以下两点：1. 使航天员熟悉待发段可能出现的各种危险情况、相应的措施和紧急撤离的设施、装备；2. 使航天员熟练掌握紧急撤离时所要完成的各项操作、撤离程序和相关技能，如美国航天员要掌握装甲车的驾驶技术。

飞船设有逃逸救生系统，可以在待发段实施逃逸。但是，在待发段实施逃逸救生，意味着此次航天计划的夭折，付出的代价太大，所以轻易不会启用，而且一般也不会让航天员进行手动控制实施逃逸。飞船实施逃逸时，航天员基本上是被动的经历这一过程，所以这方面的训练主要是进行理论授课和观看录像，使航天员了解飞船逃逸系统的设计、工作原理、逃逸飞行的过程和特点及待发段出现何种故障时须实施逃逸。

### 上升段的救生训练

航天器在上升过程中，也会出现各种危险情况，需要对航天员实施救生。飞船在上升过程中的救生手段主要是逃逸救生，但在载人航天初期飞船采用的是弹射救生装置，航天飞机的救生手段是实施跳伞。无论是早期飞船的弹射救生，还是航天飞机的跳伞救生，航天员都要进行相应的跳伞训练，只是跳伞训练的方式有所不同。

#### 1. 逃逸救生训练

在上升段实施飞船逃逸救生的主要方式是自动控制，包括船上和箭上的程控指令和由地面指挥控制中心发出遥控指令；当程控和遥控都失灵时，才由航天员实施手控逃逸，手控逃逸是提高系统安全性可靠性的备份措施。有关上升段飞船的逃逸救生训练跟待发段基本相同，另外增加的训练内容是在模拟器里进行相应的手控操作及程序训练。

#### 2. 跳伞训练

载人航天初期，因为飞船采用的是弹射救生技术，当出现

紧急情况时可以将航天员快速弹出危险区后用降落伞安全降落，因此要对航天员进行跳伞训练。美国挑战者号航天飞机爆炸后，美国国家航空航天局的专家们在航天飞机上又装备了跳伞系统，给每一位航天员都配备了背包式降落伞。当航天员跳伞时，必须将降落伞的背带挂在一根特设的杆子上，并顺着杆子滑到机翼下面，在人机脱离时伞将自动打开。

跳伞训练的另一个重要作用是，可以帮助培养航天员大胆、勇敢、沉着、冷静、坚强、果断等优良的心理素质，减少对危险的未知因素的恐惧，提高紧急状态下的心理应急能力。另外，通过跳伞中短时间内一系列的操作活动，如对地面的通信联络训练和对复杂着陆地形的安全降落训练，可提高航天员快速分析、判断、决策等能力。

#### 轨道运行段和返回段的救生训练

航天器入轨后，如果有紧急情况发生，航天员将按照飞行前制定好的方案，在地面指挥控制中心的指挥下，提前返回。如果航天员在空间站出了问题，或者是空间站有问题需要航天员撤离，都必须由飞船或者航天飞机将他们营救撤出。这些训练是结合应急飞行程序训练完成的，需要在模拟器中进行大量的模拟训练。

#### 着陆后的救生训练

当航天员应急返回或在返回过程中航天器姿态自动控制失灵时，航天器就会降落在其他地方，给地面的救援工作带来一定困难。而当航天员的生命受到威胁时，航天员必须立即出舱以保护自己，这属于一种自救行为。那么，什么情况下，航天员必须出舱？出舱前要做哪些准备？如何出舱？出舱时乘员之间如何配合协作？等等，这些都是航天员必须了解和掌握的重要内容，我们把与此相应进行的训练叫做“着陆后出舱训



跳伞训练



进行直升机悬吊的营救训练

练”。通过该训练使航天员了解和掌握着陆后可能出现的各种危险情况及应当采取的相应措施、出舱前准备工作的内容、操作方法和程序（如在返回舱内脱舱内航天服、穿抗浸防寒服等），以及在正常和异常情况下的出舱方法、程序和技巧，尤其是海上出舱的方法和程序。

不论是在陆地上还是在水上，当情况紧急航天员出舱后，常用的营救办法是利用直升机对航天员进行救援，将航天员悬吊到直升机上。为此要进行直升机悬吊的营救训练，使航天员掌握悬吊装备的使用，学会配合营救的方法和动作要领。此外，航天员还要学习有关国际救援的常识。

### 着陆后的生存训练

航天员应急返回时，可能会在非预定的区域着陆，这些区



冲击塔—用于模拟冲击环境、研究人的抗冲击耐力及防护措施的大型设备。

域可能是无人居住的不毛之地、不容易进入的地区，或是汪洋大海之中。当着陆点远离寻找和营救基地，而且又无法建立通讯联系，或着陆点（或溅落点）周围的气候条件很差，航天员无法被及时救援时，航天员不得不依靠自己及所携带的个人救生物品维持生存。影响生存能力的因素有很多，有主观因素也有客观因素。实践证明，航天员长时间地生存首先取决于他的生存技能，还有良好的机体储备以及克制和控制恐惧的能力。因此，必须对航天员进行着陆后的生存训练，使航天员了解和熟悉航天器返回着陆后可能遇到的沙漠、海洋、森林等恶劣环境的特征，并掌握生存技能；同时也可以锻炼他们的意志，培养他

们良好的心理品质。因生存训练是以乘员组的形式进行的，所以它对加强乘员组成员之间的团结协作和协同配合的精神，提高乘员组完成任务的能力也是非常有益的。另外，野外生存训练，对于评价和研究乘员组内航天员个人心理素质、性格特点和人际关系也是很有价值的。

生存训练一般分为三个部分：一是学习相关的生存知识。包括使航天员了解和熟悉飞船有可能降落区域的地理气候特征，如沙漠、海洋、寒区、热带雨林等；明白哪些因素对机体有不利影响及防护方法；学会识别可食用的动、植物和有毒的动、植物，学会取火、备餐、辨认方向、建造住所的方法，等等。掌握了这些生存知识能提高航天员的自信心。二是个人救生装备的使用训练。为了使营救人员能迅速发现航天员及提高航天员的生存能力，每次飞行都给每一个航天员配备有个人救生物品和装备。在训练过程中，要求航天员必须了解这些器材、物品和装备的性能、原理、使用方法及其功能，重点是掌握操作技能。三是野外生存训练。如安排航天员在不同地理气候环境下进行野外生存训练，应根据航天器可能着陆的区域及返回的季节选择训练项目和生存活动的内容。

航天员的野外生存训练一般有海上（夏季）、沙漠（夏季）、寒区（冻土地、沼泽地等）、森林的生存训练。海上生存训练的目的在于，使航天员了解和熟悉海洋环境特征；了解并掌握海上舱内工作及注意事项；掌握正确的出舱、着水的方法和动作要领；掌握海上生存的技能。海上生存训练一般与海上出舱训练结合进行，航天员主要是练习出舱的方法和程序及进行联络求救（发信号弹、释放烟火管等）、食用救生食品和饮水等。在沙漠、森林和寒区等陆地的生存保障活动主要有：利用返回舱、降落伞及其他器材建造防风沙掩体或热防护掩体；使用通讯联络设备进行求救活动；确定方位；利用手边器材建造临时住所；生篝火；实施自救和互救并预防疾病；通过狩猎、钓鱼和



海上自救——救生筏实验

收集可食用的野生植物等来补充食品和饮水储备；行军转移；防备野兽害虫和毒蛇的袭击。这也是实施野外生存训练的主要内容。训练时通常将乘员组成员、返回舱和个人救生包放在某一环境中，让航天员在此环境中呆上 24~48 小时，让他们运用所学的知识 and 技能进行求救和生存活动。但为了保证安全，教员会以一定的方式与受训者保持联系。野外生存训练也可以和负责营救的部门结合进行演习。

### 大型联合演练

从广义上来说，大型联合演练也属于航天员训练的范畴，是每一名参加过太空飞行的航天员都经历过的训练，目的是使飞行乘员组成员和地面支持人员能较真实地体验航天飞行计划实施的过程，进一步明确本次计划的组织、运行方式与程序，加强乘员组成员与地面支持人员之间的配合与协调，增强航天员完成任务的信心，也有助于各系统及时发现问题。因此，美



释放烟火进行联络求救

苏两国都非常重视大型综合演练，航天员执行航天任务前一般都要进行这种演练。这种演练一般分为两大类：一是乘员组与载人航天器、运载火箭、发射场、飞行指挥控制中心的合练，主



星城——加加林宇航员培训中心的加加林塑像

要有利用全任务模拟器完成的人与飞行指挥控制中心的合练、人—船合练和在发射场进行的人—船—箭合练；另一类是乘员组成员与着陆场系统的回收营救人员之间的合练，包括陆上和海上的回收与营救演练，一般在实地按实际程序进行，让航天员实际体验返回后出舱至被营救的全过程。

## 六 航天员在航天飞行中的健康与安全保证

### 航 天 服

提起航天员，人们首先想到的恐怕就是航天员身穿航天服的形象。当年，美国航天员阿姆斯特朗身穿航天服登月的照片以及他的那句充满哲理的名言“对一个人来说，这只是一小步，但对人类来说，却是巨大的飞跃”，传遍了全世界，深深地印在了人们的脑海里，永远地留在了人们的记忆之中。不知你知道不知道，航天服可不是一件普通的服装，它是保障航天员在飞行中生命安全的最重要的个人救生防护装备。

1872年，法国科幻作家儒勒·凡尔纳在他的科幻小说中



美俄太空服比较：

左为俄罗斯海鹰 M 太空服

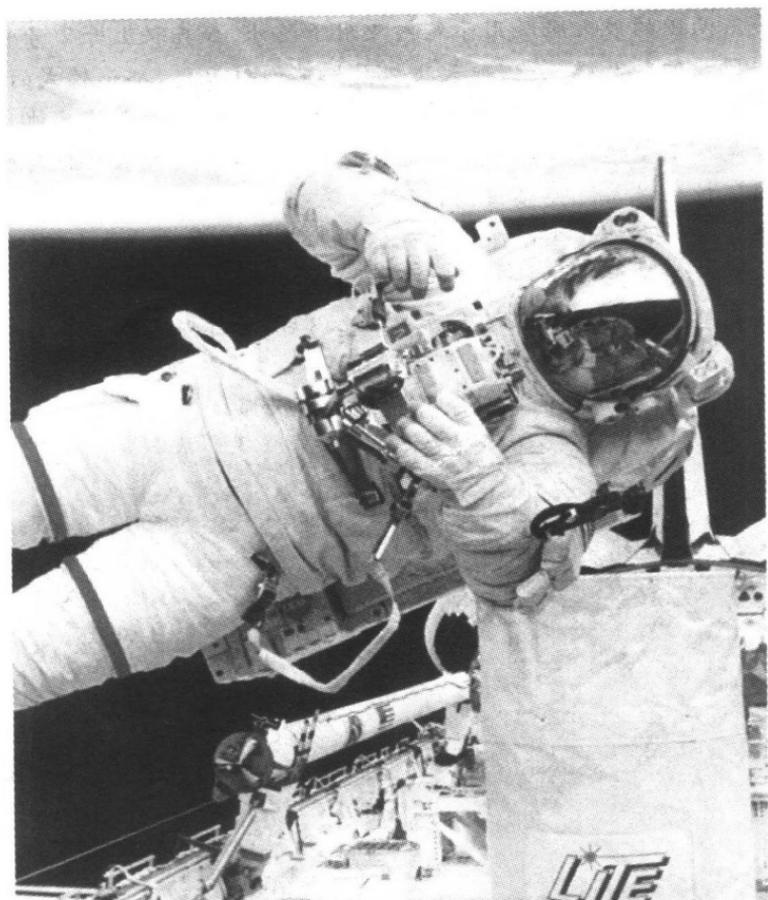
右为美国奥兰型舱外活动太空服

提到航天旅行者需要压力服保护。到 20 世纪 60 年代这一幻想变成了现实。航天服，这一重要的装备为航天员提供了生命保障和防护，帮助人类实现了千百年来登月的梦想。阿姆斯特朗说，如果没有航天服，就不可能将登月变成现实。但是，人们对航天服重要性的认识，却是付出了血的代价的。苏联联盟 11 号飞船，在再入返回的过程中，因飞船加压通风阀失灵，导致飞船舱内压力迅速下降，由于舱内 3 位航天员没有穿航天服，因此全部遇难。这一惨痛的教训，使人们认识到，在航天飞行的特殊阶段，如发射、再入返回和轨道运行段应急时，航天服对保护舱内航天员的生命是多么地必要和重要。

因为太空是近似真空的环境，因此，载人航天器必须是加压密闭舱，而且必须有环境控制和生命保障系统，以给航天员创造一个生存的环境。但是在航天飞行过程中，如果航天器被外来物体击穿，或是航天器系统发生某些故障，会造成乘员舱的压力快速下降，航天员的生命将受到威胁，此时，航天服因具有充气加压的重要功能将起到保护航天员生命安全的关键作用。

举一个生活中的例子，可以帮助你理解航天服充气加压的作用。大家知道，汽水开瓶后会冒出气泡，为什么？因为二氧化碳是通过加压溶于汽水之中的，而瓶盖则起到保持压力的作用。航天服充气加压时可以使人体保持一定的外部气压。大气层相当于我们的“瓶盖”，但太空中没有大气层，航天器的密闭加压舱就是“瓶盖”，当加压舱出问题，起瓶盖作用的就是航天服。

航天服分为舱内航天服和舱外航天服两大类。舱内航天服结构与功能较简单，舱外航天服结构复杂，具有更加全面的防护性能和功能。舱内航天服通常是为一位航天员定做的，而舱外航天服则不行，如俄罗斯舱外航天服只有一种尺寸，可适合各种体型和身高的航天员。



美国航天员在航天飞机敞开的货舱中试验新型的舱外活动航天服

### 舱内航天服

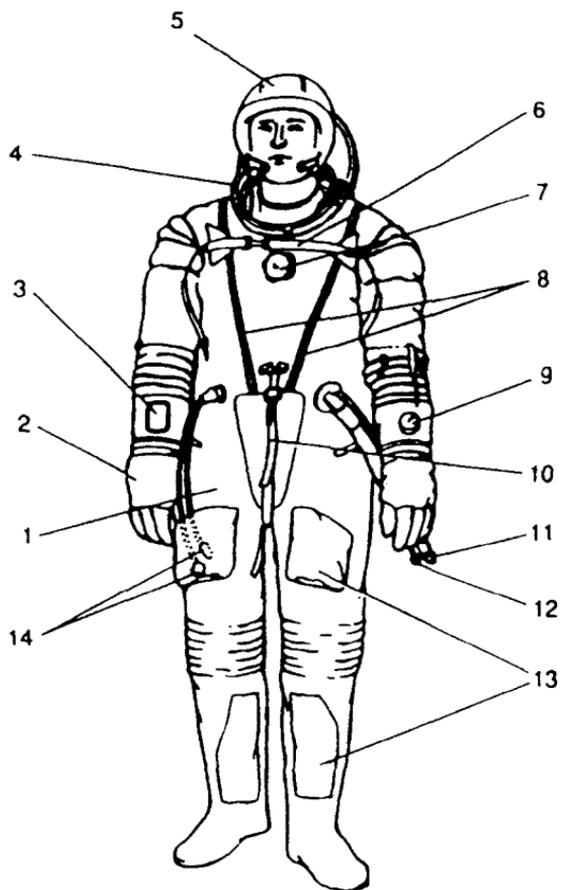
舱内航天服是航天员在航天器内使用的航天服。它是在高空飞行密闭服（简称压力服）的基础上发展起来的。压力服的特点是，当它在充气加压时可呈拟人状态，人在其内全身可处于同一均匀的大气压力环境中。在早期的载人航天计划中，

美苏两国的航天服既用于舱内又用于舱外，如苏联上升 2 号和联盟号的航天服，美国航天飞机计划前的航天服，都是软式的，即在全压服外，加上软的外罩，除头盔可拆卸外，外罩的其他部分是一个整体。当航天员在舱内使用航天服时，将航天服与舱内环控生保系统连接使用；当航天员去舱外活动时，就将航天服与一个自持式生命保障背包组合形成舱外航天服。1977 年苏联航天员罗曼年科和格列奇科首次穿奥兰型半硬式航天服从礼炮号空间站上出舱活动。从此以后，舱外航天服与舱内航天服就分开了，航天员用半硬式航天服作为舱外活动航天服，而用比较轻的、软的航天服作为舱内航天服。



舱内航天服制作

舱内航天服工作时应与舱内通风供氧装置连接。它的主要作用是在人体周围创造适宜人生存和工作的微小气候环境，用于防护低压环境对人体的危害。如有需要也可增加对高温、低温或有害气体环境对人体危害的防护作用。如果应急救援时间较长，根据需要也可配置尿收集装置，使航天服还具有收



联盟 TM 舱内航天服

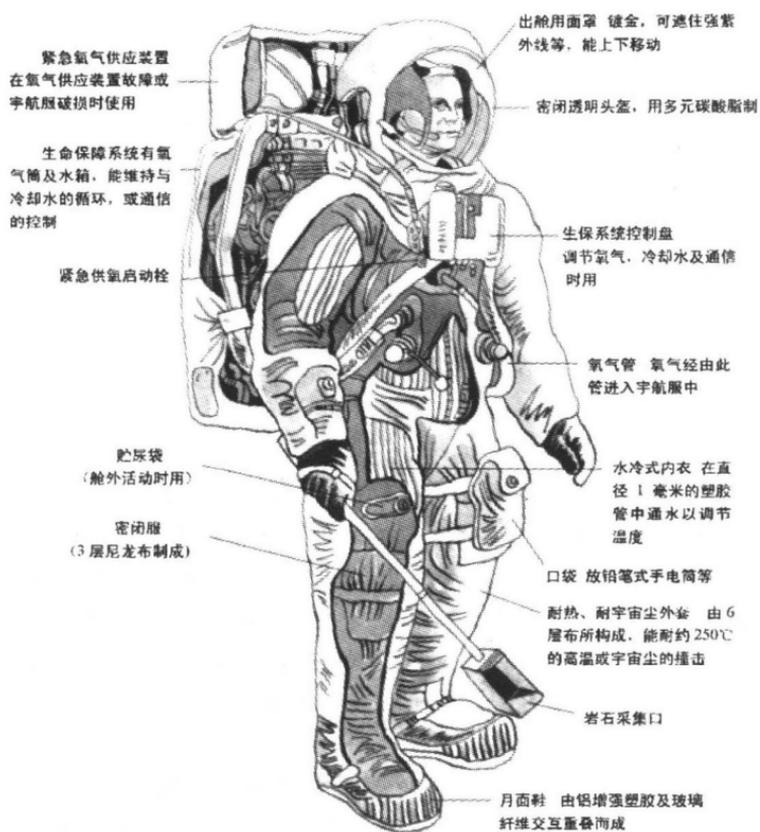
1. 航天服外罩 2. 手套 3. 反光镜 4. 头盔连接器  
 5. 有通信头戴的帽子 6. 带弹簧钩的横向皮带 7. 压力调节器  
 8. 前拉链 9. 压力指示器 10. 前调节躯干带  
 11. 通风管道 12. 氧气供应软管 13. 口袋  
 14. 通讯和医用传感器的电连接器

集和储存航天员尿液的功能。

舱内航天服一般由航天头盔、压力服、通风和供氧软管、可脱戴的手套、靴子及一些附件组成。航天头盔，一般带有密闭的启闭机构和球面形的全景面窗。压力服，是航天服的主体，一般为连体式，具有很好的气密性，能够在充气加压时保持拟人形态，并保证人体关节活动的一定范围。压力服装主要由气密层和限制层组成，采用特殊的材料和加工工艺手工制成。航天手套带有密封轴承的腕部断接器，既可以把航天手套戴在压力服的袖口上，并保证气密性，也可以将手套脱掉。靴子，有与压力服构成整体的靴子（不单独使用），也有具有断接器的可穿脱密封靴子，还有可穿在压力服限制层的套靴。通风供氧软管，应与舱内通风供氧装置相连，在正常情况下，能够给穿着航天服的航天员提供全身的通风，使航天员处于相对舒适的环境中；当座舱出现压力应急时，给服装通风的风机会自动关闭，使航天服处于密封供氧状态，应急供氧装置通过服装供氧软管将氧气送入航天服内，一部分氧气将进入头盔内供航天员呼吸及头部散热，然后由压力调节器排出。

此外，压力服上还装有一些附件，主要有：1. 压力调节器，能控制压力服的两种工作压力，使头盔内外气体相通，当航天员返回地面处于昏迷状态时，可保证短时间内不窒息，当服装压力超过一定值时，能自动泄气避免服装压力升高；2. 压力表，安装在压力服左袖口上方，可显示压力服内腔压力；3. 反光镜，装在右袖口上方，长方形，用于观看和检查头盔面窗关闭情况及压力调节器所处的状态等等。

舱内航天服的穿脱相对来讲不算复杂，如果在轨道飞行中，出现压力应急时，航天员必须在几分钟之内迅速穿好航天服，这通过地面训练完全可以做到。



登月航天服结构

## 舱外航天服

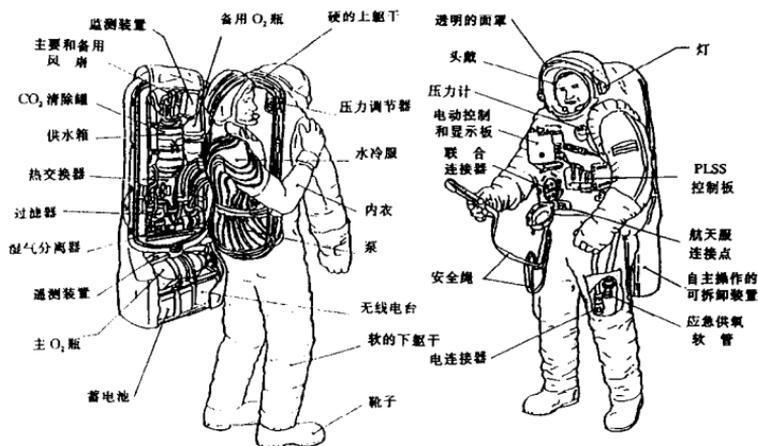
世界上最昂贵的服装恐怕要数舱外航天服了。它是手工制作的，一件造价高达上千万美元。舱外航天服实际上是最小的载人航天器，是航天员走出航天器到舱外作业时必须穿戴的防护装备，而且必须与背包式生命保障系统连用，使服内环境维持在规定的水平。舱外航天服与背包装置配套称为舱外活动装置。舱外航天服大约重 275 磅，除了具有舱内航天服所有的

功能外，还增加了防辐射、隔热、防微陨石、防紫外线等功能，并在服装内增加了液冷系统（液冷服），以保持人体的热平衡。它的结构复杂，功能较多，重量和外形庞大，造价昂贵，操作和训练也更加复杂。

舱外航天服按其压力单位可分为两类，一类是服装压力为 25.0 ~ 40.0 千帕的低压力值，航天员出舱前需要吸氧排氮；二是压力高于 50.0 千帕的高压力值，出舱前不需要吸氧排氮。目前，美俄两国使用的舱外航天服都是属于第一种类型。尽管美国已经研制出了第二种类型的舱外航天服，即“不吸氧排氮服”，它是最先进的航天服，但由于其体积庞大且太重，因此还没有在航天飞行中得到实际应用。

舱外航天服主要由外套、气密限制层、液冷通风服、头盔、手套和靴子等组成，是一种多层次、多功能的个人防护装备。它的结构特点是：采用硬质的上躯干，上面装有双臂和生命保障系统组件。头盔与上躯干为一整体，不能跟随航天员头部运动。通过气密轴承和一个自由度的关节连接来保证四肢各关节的活动性能。有硬结构，也有软的部分，是混合式结构。软的部分采用气囊和约束结构。

外套是由多层防护材料组成的真空隔热屏蔽层，具有防辐射、隔热、防火、防微陨石的功能。气密限制层是舱外航天服最重要的部分，通常选用无毒性、重量轻、抗压强度高、伸长率小的织物和橡胶材料制成。它的作用是保持服装气密，限制服装膨胀，使各大关节具有一定的活动度。液冷通风服穿在气密限制层内，在服装的躯干和四肢部位有网状分布的塑料细管，液体流过时可将热量带走。此外还装有通风管。头盔有两种，均通过颈圈与服装连接，一种面窗可随意启闭，在应急减压时可自动或手动关闭并自锁；另一种是由聚碳酸酯模压成头形壳体，平时不戴，必要时戴上。头盔外还有防护罩和护目遮阳装置。手套、靴子与服装通过断接器连接，袜子和气密限制层连



和平号空间站上使用的奥兰—DMA 航天服

成一体，通常有 3 种型号供选用。

背包装置，又被称为便携式生命保障系统，主要由氧源（气瓶）和供氧调压组件、水升华器和水冷却循环装置、空气净化组件、通风组件、通信设备、应急供氧分系统、控制组件和电源、报警分系统、遥测分系统等组成。它能够为航天员提供呼吸用氧，并控制服装内的压力和温度，清除航天服内二氧化碳、臭味、湿气和微量污染。当航天员出舱活动时，将背包装置与舱外航天服配套使用，可以保证航天员在舱外活动长达 8~9 小时之久。当舱内生命保障系统发生故障时，也可为航天员提供应急生命保障。

各种舱外航天服的基本组成、结构和功能大体上相同，但如何穿脱却有两种不同的样式。一种是以俄罗斯的舱外航天服为代表的后开门式，或称背部穿/脱结构；另一种是以美国的舱外航天服为代表的分体式，或称腰部穿/脱结构。

苏联（俄罗斯）奥兰型舱外航天服的结构特点是：采用坚硬的躯干，与头盔结合成一个整体，而四肢为软的囊，航天员从航天服背部的一个铰链门进入航天服，并将便携式生命保障系



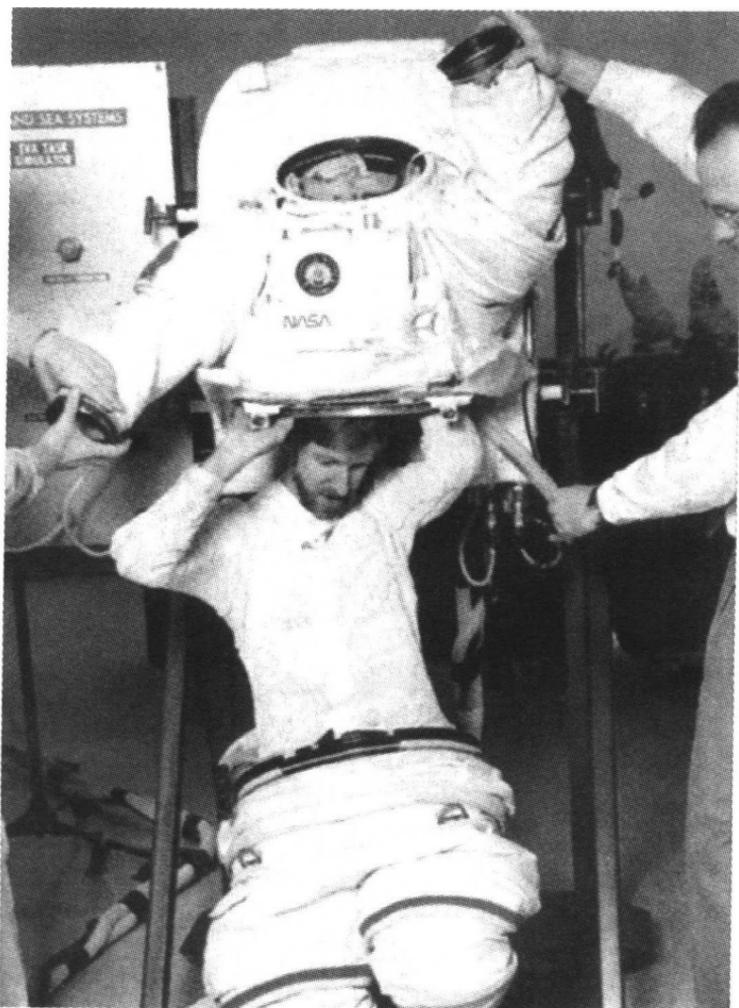
俄罗斯新研制的海鹰 M 航天服与以前的海鹰号相比，膝盖处和前臂新增了关节铰链，头盔上部增开了一个舷窗，航天员可以朝上看，工作起来更方便，该航天服适合身高 1.65~1.85 米的航天员。

统的大多数部件安装在门盖上，这既增加了可靠性，也减轻了重量。在此基础上，还有三种改进型，即奥兰 D、奥兰 DM 和奥兰 DMA。改进型的奥兰型舱外航天服，增加了功能，改进了性能，提高了可靠性；由原来需用脐带与站上系统相连，变成完全



俄罗斯的舱外航天服采用背脱式穿戴，穿起来比较贴身，有利于轨道作业，航天员吸氧排氮的时间只需半小时。

自持式方式工作。目前，和平号空间站上的舱外航天服是奥兰DMA，它的操作特点是：后开门进入，自己穿脱，可重复使用，



美国的舱外航天服属于 5 件式。分头盔、上、下身和手套。它采用上下穿脱法，里面的内衣考究，穿起来不易让人疲劳，但因采用的压力较低，出舱前航天员吸氧排氮的时间需 1 小时。

可几名航天员共用。

美国舱外航天服的结构在航天飞机飞行时已基本定型，它的结构特点是：硬的上躯干，有 5 种尺寸，可与其他部分进行不同的组合，以适合不同的航天员穿用；软的下躯干、袖子、手套、裤腿和靴子。手套按人定做，泡形头盔可拆卸。便携式生保系统装在硬躯干的后面，手动控制和显示器装在前面。服装的上下躯干由一个腰部断接器连接，是一种腰部穿 / 脱的分体式结构。航天员穿它时，从腰环进入，先穿下躯干，然后穿上躯干，但通常需要别人帮助。与俄航天服不同之处还有：服装内装有饮水袋和尿收集器。

相比之下，大多数航天员认为俄罗斯的舱外航天服非常耐用，结构简单，在许多方面很灵巧，赞扬它的后开门式，但认为美国的手套比俄罗斯的好，在加压条件下可从桌面上拾起一枚硬币，而且操作时压力低，手易活动，不易疲劳。



抗浸护寒服低温水浸泡试验

## 航天员医学保证措施

人在航天飞行中，尤其是飞行的头几天和长期飞行中，常常会有不适的反应，如心律失常、运动病、骨质损失，也有可能发生疾病。为此，必须采取一些科学有效的医学保证措施。航天员在飞行中的医学保证措施主要有：

1. 在航天器上配备生理指标的监测设备，对航天员实施生理指标监测；

2. 携带航天药箱，以提供航天飞行时所需药物和医疗器械；

3. 在长期飞行中，进行科学的体质训练；

4. 建立地面飞行指挥控制中心医学专家的值班制度，保持与航天员的联系；

5. 在航天员出舱活动前后，必须进行医学检查，在出舱活动中，也要监测生理参数；

6. 航天员每天要进行自我医学监督，并按要求填写好健康记录表；

7. 检测航天器座舱环境参数，如舱压、温度、湿度、氧分压、二氧化碳分压、有害气体的浓度等，并监测辐射剂量等。

舱载医监设备是用于对航天员实施生理指标监测的重要设备，它可以实时监测、提取、记录和处理航天员的生理参数，如心电、呼吸、血压、体温、脉搏等，并可通过航天器的遥测系统，将航天员的生理信息传送到地面飞行指挥控制中心。飞控中心的医学专家，通过对这些信息的分析判断，通过对电视图像和与航天员的通话，就可对航天员的健康状况作出较准确的评价。如果航天员在飞行中，身体出现了不适，那么航天员可在地面医生的指示下，按照医嘱，依靠航天药箱中的药物和训练中掌握的医学知识和自救互救技能，进行治疗和处置。但是，当航天员发生危及生命的疾病时，如心血管病、突发性肺

炎、急性肾炎、脑膜炎、急性阑尾炎、消化系统溃疡穿孔等，或有不可完全治愈的疾病，如烧伤、扭伤、眼病等，或得了流感等传染病，或有影响工作的心理障碍等问题时，就必须使其中止飞行，提前返回。

航天药箱中药物的选择首先要考虑航天飞行中常见病、多发病的治疗，一般有抗运动病的药物（如吗啉、东莨菪碱贴剂等）、安眠药、止痛药、解热镇痛药、抗菌素、止泻药、助消化药、抗心律失常药、抗辐射药、降血压药、止咳药、抗过敏药、眼药膏、创可贴等等，以及剪刀、绷带、纱布、镊子等医疗器械。

此外，为了减少航天员在飞行中患病的可能性，在发射前的一段时间内要进行检疫并采取相应的防疫措施，如美国航空航天局规定，在发射前 1 周要限制航天员与病人接触、家里有年龄不满 18 岁孩子的航天员不能在家住等等，以确保航天员在升空前一周内不能带有病菌，不能感冒或染上其他疾病。如果对某位航天员的健康状况有所怀疑，就要求他跟同事们在一起时戴上口罩。发射前 3 天，飞行乘员组成员全部住进发射场的检疫区。

## 其他个人救生物品

除了要保证航天员在飞行过程中的健康和安全之外，保障航天员返回地面后的健康和安全也是非常重要的。因此，在飞行中的每名航天员都配备有个人救生装备，或叫救生包。这些装备包括通讯联络器材，如烟火管、海水染色剂、太阳反光镜、信号枪和信号弹、闪光标位器、无线电台、全球定位系统（GPS）等。此外，航天员还配备有救生与生存物品，如救生艇筏、抗浸防寒服、救生口粮、饮用水、药箱、自卫手枪、刀、驱鲨剂、防风火柴、太阳镜、指南针、钓鱼装具、应急灯、钢丝锯、海水淡化剂等。

## 七 太空中的日常生活

失重是太空中最显著也是最奇妙的环境因素。它会使人产生某些不适反应，也会使简单的操作变得非常困难。不过它也会使航天员单调艰苦的生活充满许多意想不到的乐趣，给航天员带来一种全新的、奇妙的感受和体验。

### 行 走

人在地球上走，而航天员在太空里飘。飘来飘去，多么轻松惬意！是啊，人如果进入了太空，那就脱离了地球的引力（可以忽略不计），进入了一个无所谓上和下、几乎没有重力作用的世界。你会感到飘飘然，一动就会飘起来。你可以轻松地飘来飘去，但你必须学会如何用手指的轻轻动作来控制好你的身体。如你只须用手指在舱壁上轻轻一点，你就能飘起来。如果有人用手指轻轻点你一下，你就会飞过整个机舱。你可以睡在天花板上。你必须习惯身体姿态的任何变化。你还必须对自己手、脚的位置特别小心，以免出现问题。

### 服 装

航天器入轨后，航天员便脱掉航天服，换上工作服。他们不用穿鞋，只穿袜子。航天员的工作服一般根据飞行时间长短来准备，有专门定做的，也有在商店里买来的。工作服没有固

定的款式，但最常见的是连身工作服，颜色可由航天员自选。航天员的服装一般都是纯棉制品。除工作服外，还有长袖和短袖运动上衣、运动短裤、短袜和半长筒袜。



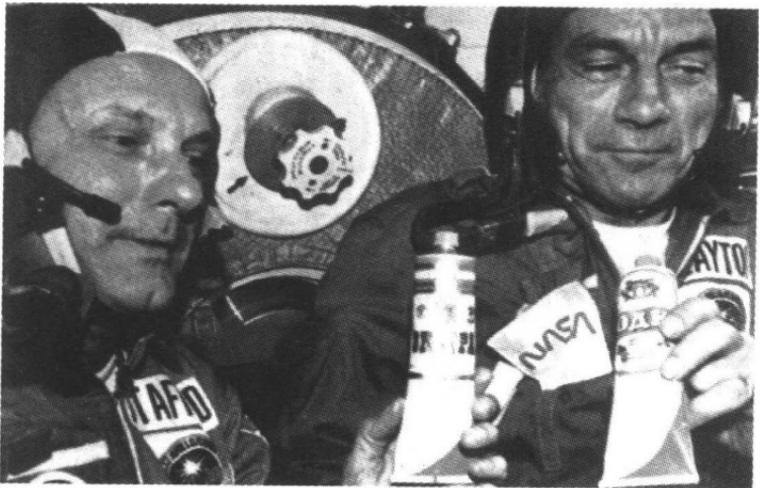
入轨后的服装

空间站上的航天员一般都是进行要长期飞行的，所以工作服的种类和数量就较多。有长袖连身工作服、无袖连身工作服、防寒连身工作服、马夹式连身工作服。防寒工作服内层为纯棉，外层为化纤面料。各类工作服每人一套。内衣均为纯棉针织品，具有良好的吸汗透气性能。运动用内衣每 4 天可以换一套，工作和睡觉时穿的内衣，每 7 天换一套。

航天飞机的航天员，在入轨后一般会换穿上衬衫和短裤。在他们的裤腿上有带钩的尼龙条带，以便能放置餐盘和活动手袋。他们的手袋很大，钢笔、铅笔、记事簿、餐具、录音机等全装在里面。每人共有 3 套衬衣和短裤。脏衣服装在帆布袋里，跟气闸舱里装压力服的网袋放在一起。

## 吃 饭

飞行中，每天进餐的次数、间隔时间、每餐食品量、进餐的时间安排等都要根据航天员的生活、工作和锻炼情况来合理安



美国航天员斯塔福德和 D·斯莱顿在苏联联盟 19 号飞船上，从有伏特加标志的软管中吸食面包糊

排。如苏联礼炮 6 号在飞行任务中是每天四餐制，美国是采用一日三餐制。早期的航天食品均制成糊状装入软管内，吃时像挤牙膏一样。如今，在航天飞机上就餐，基本上与地面上一样。每人一个托盘当做餐桌，把托盘放在腿上，用钩刺式胶带粘住。将食品盒嵌在托盘的凹槽里，即食食品则用托盘一角的钢夹夹住。托盘上有一块磁条，使餐具不致飞走。

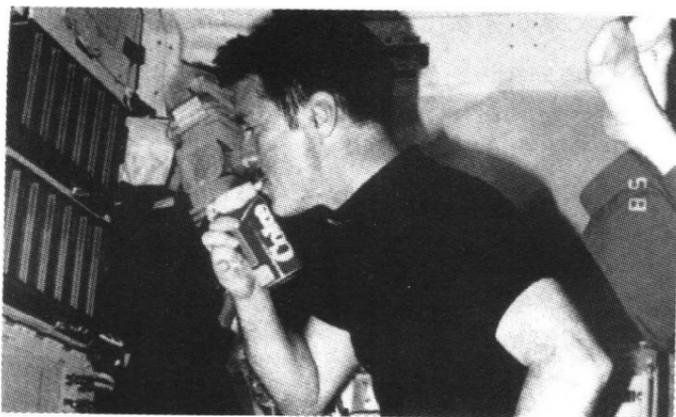


日本航天员毛利卫（中）学着用筷子吃饭

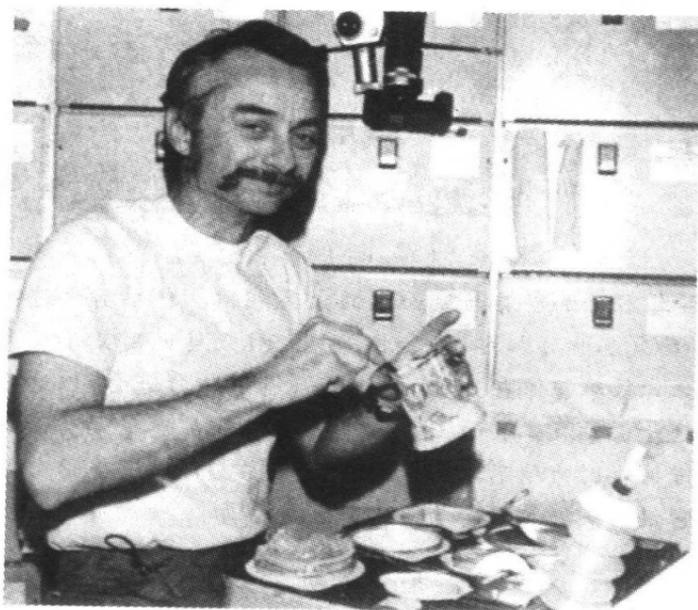
吃饭程序和餐具与地面上的大致相同。就餐前要进行准备，如给复水食品加水，给食物加热。航天员也用叉子或勺子吃饭。你很难想像在失重的状态下，能用餐勺进食，但这是事实。这是由于液体表面张力的作用。进餐时，你的动作必须缓慢而仔细。因为稍不注意，食物就会飞起来，你还得用勺子或手把它捉回来。吞咽食物比地面上更容易。

## 喝 水

在容积小的飞船乘员舱里，饮用水常采用增压式水箱贮存和供给。航天飞机的电力系统备有液氢和液氧供发电用，发电



在太空喝可口可乐



美国航天员欧文·加利奥特正在太空实验室吃冷饮

的副产品是水，供航天员饮用和备餐。空间站上的废水经处理后可当做饮用水。在飞行中，航天员不能喝啤酒、葡萄酒或含酒精的果汁。

在太空中喝水，不能采用我们在地面上常用的方式，而必须用吸管吸。此外，还有一种非常独特的喝水方式。因为在失重环境下，所有液体，因表面张力的作用，当自由飘浮在舱内时都呈球状。因此，航天员拿起一听罐装饮料，可以将饮料往外挤，挤出的饮料迅速变成一个滚圆的小球，然后他（她）飘迎过去，把它一口咽下。航天员们既把它当做一个观察失重环境下液体表面张力作用的实验，也把它当做一个游戏。

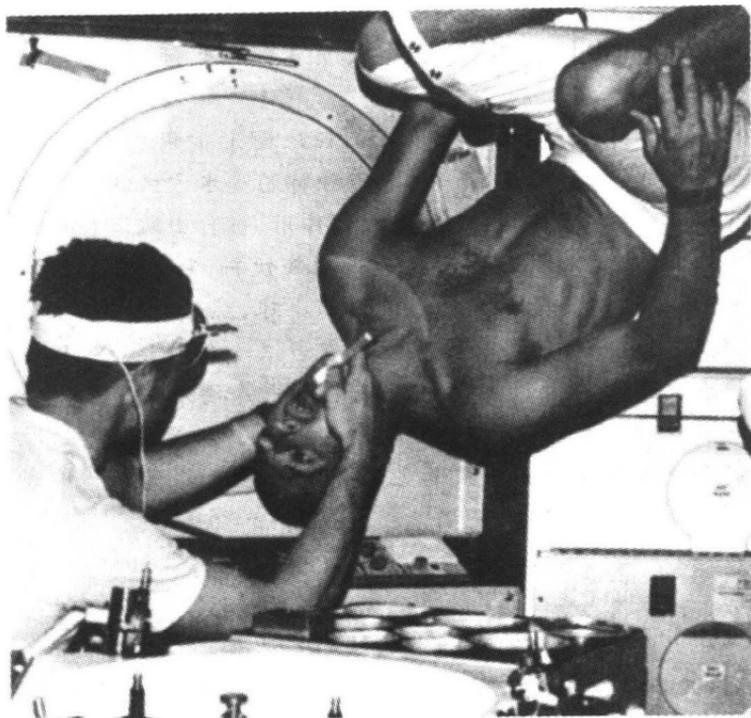
然而，航天员们跟水打交道时都特别小心，因稍不留神，水可能会被吸进空调系统或其他设备中，弄湿电子元件，造成短路。

## 用 药

在太空中用药，需要一定的技巧。比如，当你想点眼药水时，你必须将瓶口贴着眼球挤药水。当需要进行静脉滴注，除了采用特制的器械外，你可以用血压计的橡皮球将药液挤入血管。

## 睡 觉

航天器里没有床，因为你可以 anywhere、以任何姿势睡觉，但要用特制的睡袋。睡袋每人一个，内衬可以更换。空间站上一般 20 天更换一次。航天员将它固定在舱壁上或天花板上，然后钻进去，拉上拉链。这样既保暖又不会飘走。醒来后，要将睡袋翻过来晾 2 小时左右后收起来。有时候，需要连续昼夜干活，休息的人无法安静入睡，美国国家航空航天局就在航天飞机上配备四个像柜子的卧铺，重叠放在中舱右舷处。将卧铺的滑动门关上，就可安然入睡了。在太空中睡觉最有趣、最



进行口腔检查

奇怪的一个现象是：人睡着了，两臂却会自己摆动。

### 洗漱和梳妆

与在地面上一样，洗漱和梳妆是每日生活必不可少的内容。刷牙可用牙膏牙刷，也可用口腔清洁剂和口腔清洁指套，但你必须把泡沫吐在卫生纸或纸巾上。将浸有口腔清洁剂的口腔清洁指套，套在手指上或牙刷上，清洁牙齿，按摩牙龈，去除口臭。用过的指套放在垃圾箱内。航天员可用有杀菌作用的湿手巾擦脸擦手，也可用酒精或湿布蘸上肥皂擦手。

在太空中你的头发会飘起来。留长发的航天员，如果不把



看，美国女航天员莎莉·赖德在太空睡得多么香！



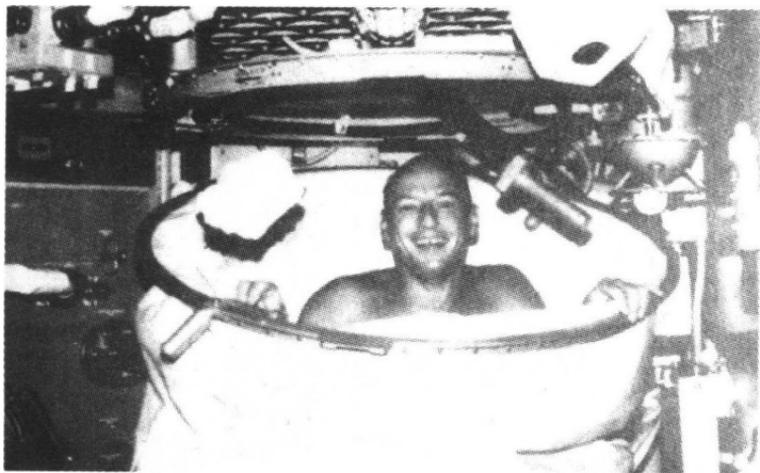
站着也能睡觉

头发扎好，每天头发都是乱糟糟的。理发用具一般为商店出售的电动推子，但多数航天员却习惯用剪刀剪短头发。剃须的方法和用品与地面上的相同。此外，航天飞机上还专为女航天员准备了梳妆台和化妆用品，如口红、眼影、胭脂和睫毛膏等，但不能有指甲油。

## 洗 澡

当有人问“航天员在太空飞行中最想做的事是什么”时，美国航天员迈克·马伦回答说：“冲个澡！……忽然一两个星期不洗澡，实在难受。尤其是升空第三天，只要能冲个澡哪怕是送命都成。”这恐怕也是大多数航天员的共同感受。因为航天飞机上没有洗澡设备，航天员在十多天飞行中都不洗澡，而是用湿布蘸肥皂擦拭来清洁身体。可见，在太空中洗澡是多么困难的事！然而洗发就容易多了，一般使用不需要漂洗的香波即可。

在飞船里就更不可能有洗澡设施了，因为飞船太狭小了，



在太空洗澡



在太空淋浴

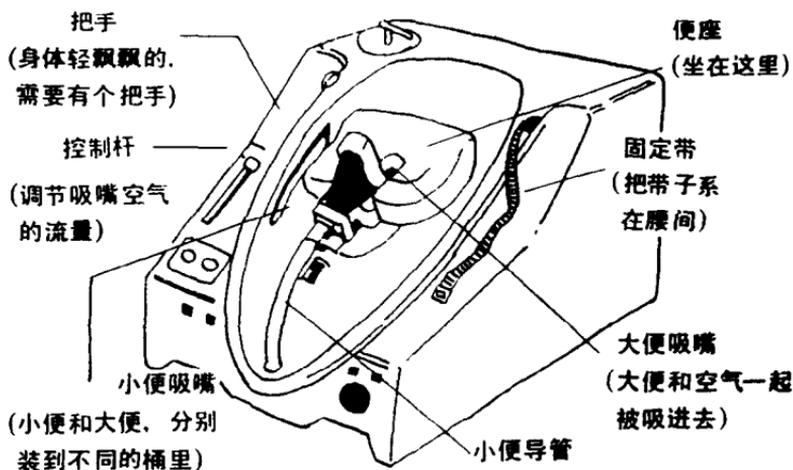
航天员只能用湿毛巾擦擦身体。

美国的空间实验室有淋浴装置，当你淋浴时必须用帘子围住身体免得水滴飘走，用过的水通过真空管被吸掉。俄罗斯空间站上，过去也有淋浴设备，因操作困难已被淘汰，现在航天员们用湿毛巾清洁身体。按要求，他们每7天必须彻底清洁一次身体（包括理发），并换上干净的衣服，以保持身体的清洁。

## 大 小 便

早期的飞船上，没有便桶。航天员在整个飞行期间都戴着一种像安全套式的装置。这是一种接触密封式尿收集装置，使用起来既不方便也不卫生。大便收集装置是一种特殊的收集袋，形状像一顶宽边帽，帽檐用胶带粘在航天员的臀部，因在阿波罗号飞船使用而被称为“阿波罗袋”。航天员大便后，在袋中加入杀菌剂，将袋口密封。

现在，航天飞机的尿收集器与大便桶结合成一体，既能用于站姿，又能用于坐姿。便桶上有一根吸尿管，尿液经这根管子进入贮尿管，贮尿管每隔三四天倒一次。吸尿管的吸头有两种，男性用漏斗状吸头，女用吸头则是根据女性的生理构造设计的，不会有泄漏。小便后用水冲洗并用杀菌剂控制臭气和细菌。便桶的两侧各有一个把手，航天员需要方便时便飘到便桶上，将两个把手向内拉，让它们像铐子一样铐住自己的大腿，排便时人就不会飘走了。便桶右侧有一个控制杆，能开、关便桶



航天飞机休息舱里的厕所

的盖板和吸孔。方便后要立即清洁便桶。便桶用真空吸尘器来清洁，用活性炭空气过滤净化系统去除臭味。此外，还有备用的“阿波罗袋”，在便桶坏了时使用。返回地球后，有专人负责清洁便桶。

还需要说明的是，当航天员穿着航天服时，男性就必须戴上尿液收集装置，女性则用一种吸水能力很强的、像婴儿用的尿不湿或纸尿裤那样的“尿布”。不过有的男航天员也选用尿布。

## 垃圾处理

垃圾要分干、湿两类，分开存放。湿的垃圾，如食物残渣、用过的尿布和呕吐袋等，放在一个垃圾箱内。干垃圾则装在帆布袋里挂在舱壁上。当垃圾太多时，还要将它们压实。航天飞机上有一种带消音器的手提式吸尘器，用来清除空气净化器滤下的织物纤维和废渣。

## 生理变化

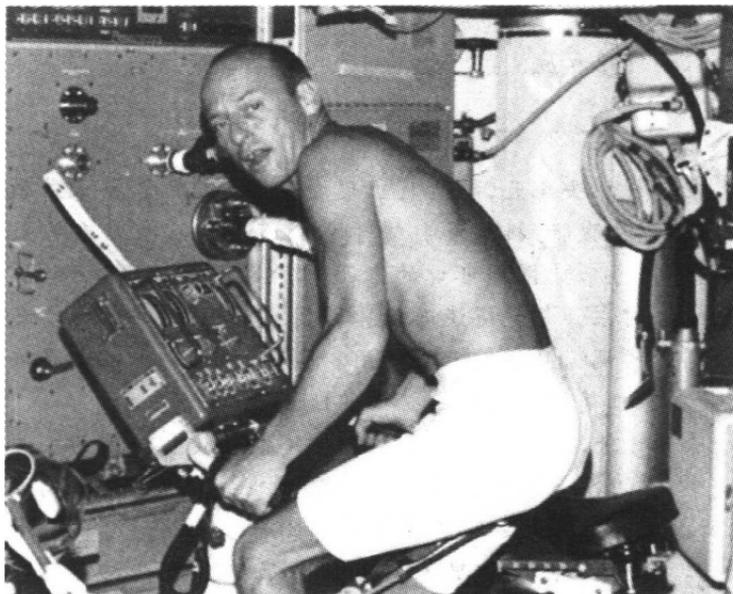
在飞行的头几天，航天员出现食欲减退，嗅觉和味觉敏感度减低，以及腹胀、排气和打嗝等胃肠道不适反应。有些航天员还感到，原来觉得挺可口的东西到了太空就不那么好吃了，甚至吃任何东西都觉得淡而无味。因此，航天飞机上备有各种香辣刺激的调味品供航天员选用。当然，这些调味品都是液体状，装在像眼药水瓶一样可挤压的瓶子里。

除此之外，航天员的外观也发生了某些变化。因为在失重环境中，人的各个脊椎之间会变得比较松弛，因而身高会有所增加，所以飞行时航天员穿的航天服都比平时训练时穿的要长一些。只要你在失重环境里呆上两小时，血液就会平均分布到身体各个部位。你会发现，腿变细了，上半身却膨胀了，每块肌肉都鼓鼓胀胀的，面部也肿胀了，长脸变成了圆脸，皱纹也不见了。

## 身体锻炼

当人体长时间处于失重状态时，人的运动机能减退，代谢机能发生变化，会造成肌肉萎缩，骨质脱钙，别的矿物质也会损失，所以在太空中航天员的骨头都会变得脆弱。一个星期，脱钙对航天员没有太大的影响，但较长时间就不能掉以轻心了。而且随着失重时间的增加，影响程度越加明显。为此，航天员在太空飞行时，尤其是在长期飞行中，每天必须进行体育锻炼。

美国国家航空航天局为飞行少于 13 天的航天员制定一套锻炼计划，但是否执行由航天员自己决定。对飞行时间超过 13 天的航天员，医生便要求他们必须锻炼。当锻炼为非强制性要求时，大多数航天员都不会按照计划去锻炼，因为他们不想放弃观赏太空美景的机会，还有一个原因是运动后不能洗澡



航天员在空间站里做骑自行车运动

实在是太难受了。实践表明，航天员在飞行一个月左右后，心肌的力量会轻微减弱，但在短期飞行中不会有太大变化。

为了使航天员在 30 天以上的飞行中保持正常的身体状态和工作能力，俄罗斯和平号空间站上装备了各种适用于失重条件下使用的训练设备，如可以脚踏和手摇的自行车功量计、跑台、企鹅服、橡皮条拉力器、下体负压裤等。要求航天员在飞行中必须不间断地进行特殊的体质训练，训练标准负荷约为体重的 70%。

## 娱乐与休闲

航天员在太空也有娱乐活动，他们最喜欢的娱乐就是观赏窗外的美景。执行任务的时间那么短暂，而太空美景却永远也看不够。每个航天员，一有空闲就贪婪地把目光投向窗外，手头还拿着一块布，随时擦干净鼻子留在窗玻璃上的印痕。航天员观赏太空风景，可不仅仅是休息和消遣，因为海洋学家、气象学家和地质学家总在不断地向美国国家航空航天局索要航天员拍摄的照片，这些都是非常珍贵的资料。航天飞机的航天员飞行 10 天以上，在飞行中可休假半天。但大多数航天员可能都不愿意什么也不干而休息，谁都希望自己乘员组可以收集到更多的资料，拍更多的照片。

在太空中的另一项娱乐就是欣赏音乐，美国国家航空航天局给每名航天员发了随身听，既可放 CD 又可放磁带。航天员常常在音乐声中、在观看太空美景时睡着。飞行时间较长的，还可以带录像带。航天飞机上有录像机，跟彩色电视监视器连接即可观看。

## 航天食品

失重对人的机体有多方面的不良影响，如果营养不当就会加重某些不利影响，而合理的膳食营养措施能部分改善失重引



航天员在睡眠限制器中读书



航天员在和平时号上弹吉他

起的某些营养素的代谢紊乱。因此在长期的飞行中，营养要求比较严格。美俄两国都制定了航天膳食营养素供给量标准。航天食品，首先必须卫生合格，营养合理，保证能量的供给，其次要尽可能适合个人的口味。一般把航天员在飞行中日常进餐的食品称作食谱食品。除了食谱食品外，航天器上还有为发生意外情况需延长飞行时间而准备的储备食品、为出舱活动准备的舱外活动食品，以及装在航天员个人救生包里、供航天员返回地面后食用的救生食品。



航天员在礼炮号空间站内正通过观察孔拍照

## 航天食品的类型

食谱食品按使用方便性可分为即食食品和非即食食品。即食食品打开包装就能食用，非即食食品则需要在食用前稍加制备。按照食品的加工、保藏和使用方法可分为干燥食品、辐



美国女航天员香农·露西德在和平号空间站光谱舱中的私人图书馆里看书

照食品、新鲜食品、中水分食品、热稳定食品、自然型食品、复水食品、复水饮料、冷藏冷冻食品。储备食品的类型与食谱食品相同，但不能选储存期短及需要特殊储存设备的食品。救生食品主要由含高脂肪、低蛋白质和适量碳水化合物的压缩干粮组成。

航天飞机上准备了各种各样的食物，保存和食用的方式也各不相同。大多数是即食食品，有烤肉、肉丸等。还有脱水食品，有肉类，也有蔬菜、水果类。还有些易拉罐罐装食品，如水果、布丁、糖果、点心、花生酱、三明治等。升空的头两天还可有新鲜食品吃。在空间站工作的航天员，在运输飞船或航天飞机与之对接后，也能吃到从地球上带来的新鲜水果和食品。脱水食品（复水食品）都装在塑料盒子里，盒子的一角有一层隔膜。食用前，先对食品进行还原充水。将充水设备的空心针管插入盒内，转动充水器的旋钮即可调节热水或冷水的注入量。



航天员在食用脱水食品

### 航天食品的包装

航天食品有软包装，也有硬包装。它既要方便在失重状态

下使用，又要结实耐磨，还要考虑在食用过程中不会使航天员受伤。

### 未来的太空食品再生系统

载人航天未来的目标是建立永久性空间站和在其他星球上建立基地，如火星基地等。空间站和太空基地的食品若依靠从地球携带和定期运送的方式显然是不经济，也是不现实的。因此，必须在航天器上建立食品的再生系统，必须能够在航天器上生产出食用动、植物，并能加工成可食用的食品。这是一项非常复杂而且难度很大的工程，它涉及物理学、化学、生物学、机械、电子等许多学科领域。

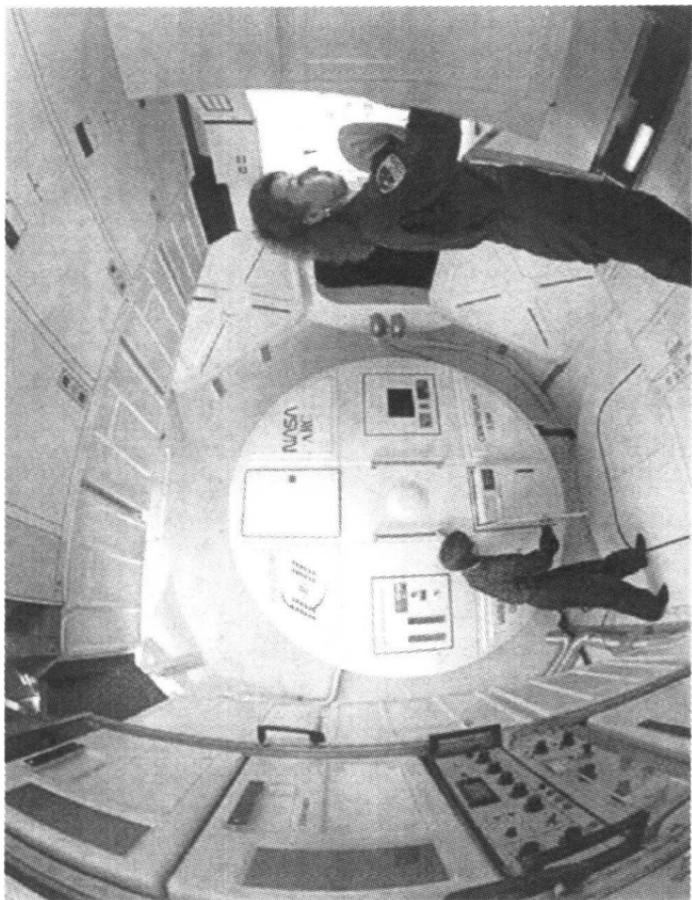
## 八 在太空中工作

载人航天计划最重要的任务之一就是航天员能够圆满完成某项任务。尽管每次飞行中航天员的工作不尽相同，但概括起来，航天员在太空中大致要完成四个方面的工作：1. 航天器系统运行管理工作。2. 航天员生活与工作管理。3. 载荷试验与管理。4. 交会对接和出舱活动任务。

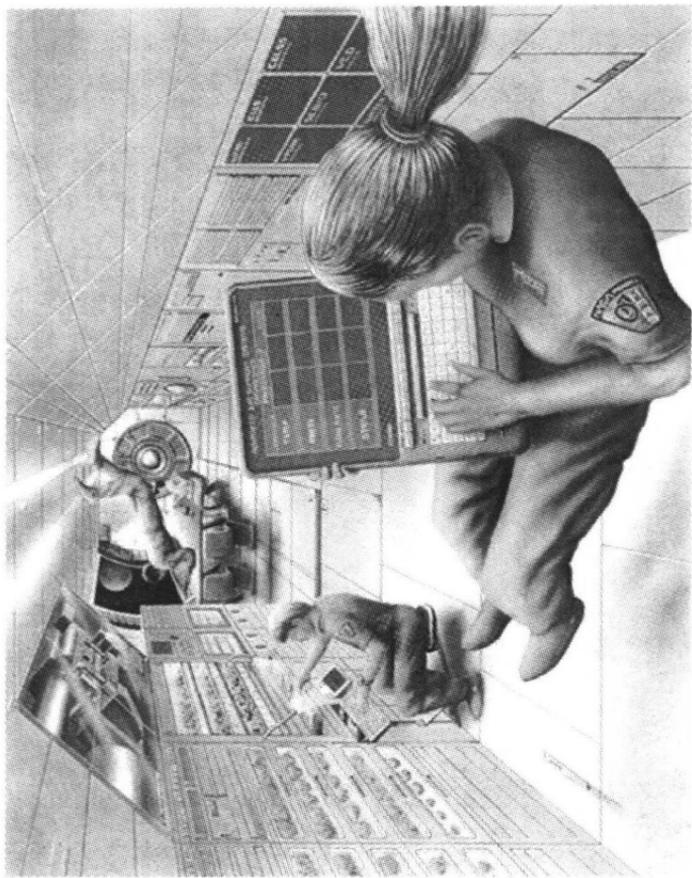
### 工作和生活规律的改变

航天飞行中，航天员的一切活动是按照飞行时间来安排的。航天器发射升空时，航天器上的电脑就从00:00:00:00开始计时，分别显示日、时、分、秒。航天员就按照这个时间执行作息制度，什么时间该干啥就干啥。因此航天员在发射前，就要开始改变他们的作息时间表。例如，如果发射时间是凌晨3点，那么航天员就在下午2点至晚上10点之间睡觉。当他们起床时，高强度的照明系统会使航天员感觉真是天亮了，这有助于航天员自我调整，以适应航天飞行的作息规律。也有航天员采取注射药物的办法来调整自己的生理节律。

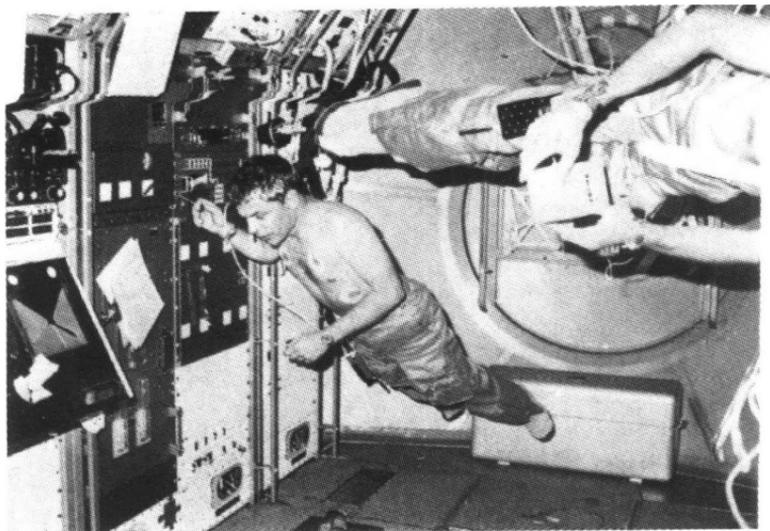
在空间站飞行，乘员组人员分成两班轮流休息和值班。如果是坐航天飞机去释放卫星，则全体人员统一作息。一旦有紧急情况，地面指挥控制中心会用警铃叫醒航天员。有趣的是，美国的地面指挥控制中心用播放音乐来唤醒航天员起床，这些



航天员在太空工作



航天员在太空工作



航天员在太空工作

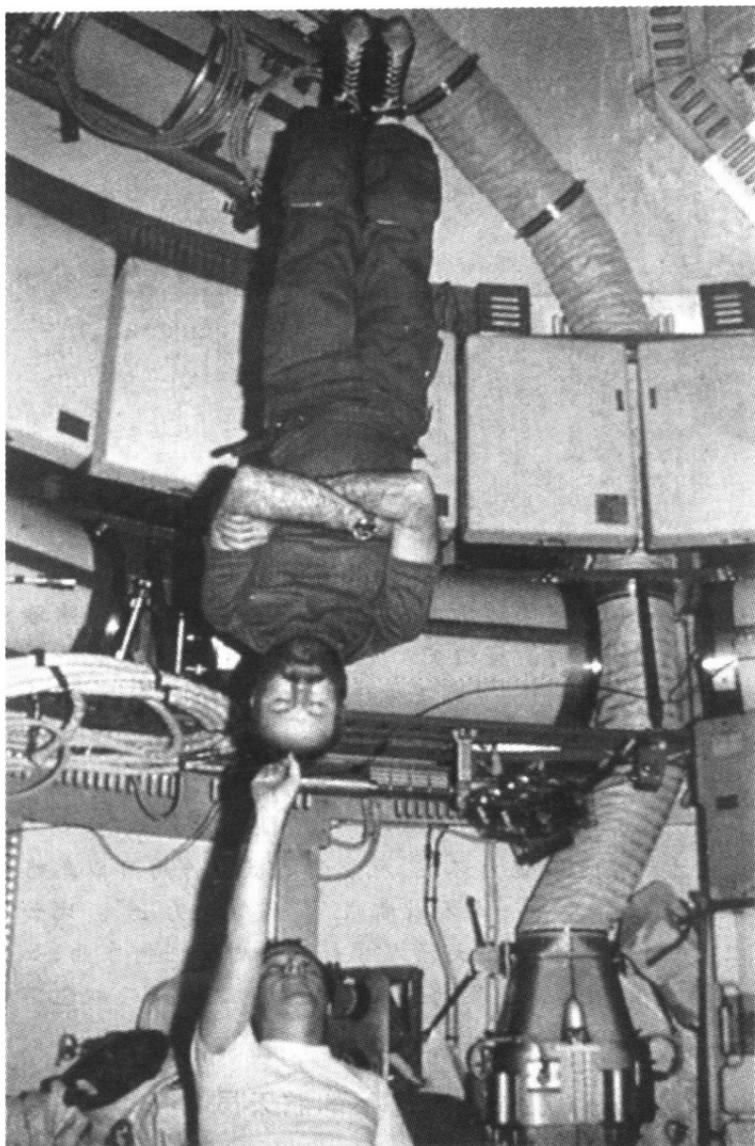
音乐是由指控中心的通讯主任选择播放的。航天员每次睡觉最长不超过 8 小时。有的航天员要睡足 8 小时，更多的人愿意早起，观赏太空。航天员在太空通常睡眠 5 ~ 7 小时，比在地面上的睡眠时间要少。

### 在太空中人人都成了“大力士”

由于太空是微重力环境，人受到的重力作用可以忽略不计，因而在太空中每一个人就都成了“超级大力士”。比如你可以用一个手指将一个大活人举起。舱内的任何东西，如重 97 磅的座椅，在地球上搬动起来很吃力，但在航天飞机上不费吹灰之力就可以将它移动。

### 在失重状态下的航天员

在太空中，除了背痛和呕吐之类的不适生理反应外，大多数航天员感觉在失重环境中最难适应的是工作时间的增加。



太空“大力士”

如在地球上给录音机换电池只需 2 分钟，而在太空却需要 10 分钟才能完成。此外，像备餐、用餐、大便等等，也都要比在地球上多用上 10 倍的时间。这是因为在失重状态下，航天员很难正确控制自己的四肢，操作起来比较困难。尤其是在舱外抓住一件东西往往要费很大的力气，而且有一定的危险，必须经过训练和使用一些特殊工具才行。

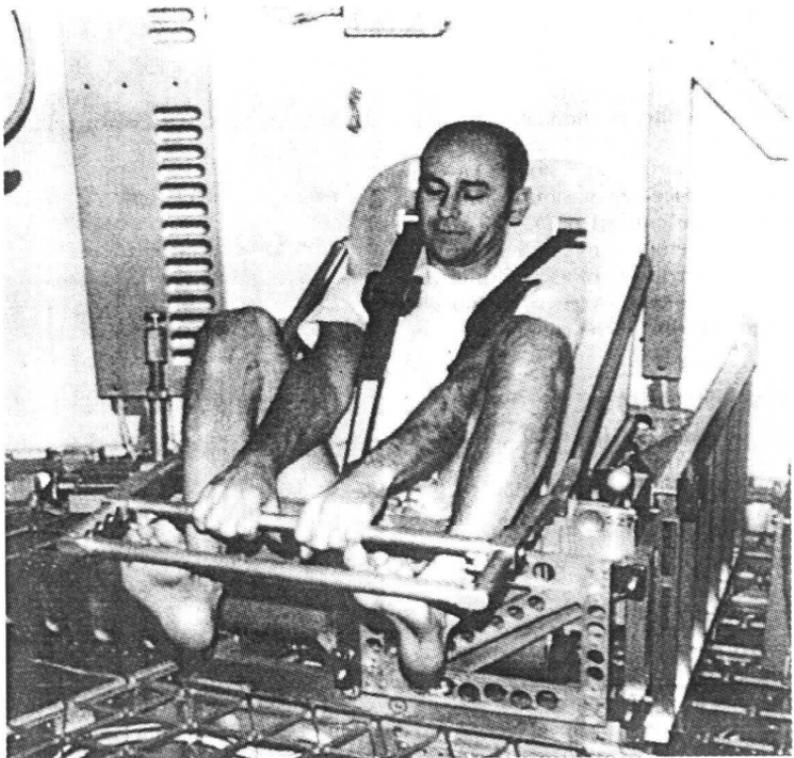
## 科 学 实 验

航天员在太空要进行各种科学实验，这是他们的一项重要工作。例如，航天员可以利用太空独特的微重力环境，进行各种性能优良的新材料的加工和生产实验，如制取非常纯的砷化镓半导体材料。这种材料可以引起微电子学上的一次革命，它的经济价值非常高，据初步估计每千克价值可达 100 万美元。航天员还可以利用“电泳仪”——一种特殊的制药装置，从蛋白质中提取激素，像尿激酶—抗栓药，每单位剂量的价值可高达 1000 美元以上。

航天员常常用自己作被试者。他们采集自己的生物样品，测试自己的生理参数，以研究人体在失重条件下机体的生理和生化的变化。他们还进行生物在失重状态下的发育、繁殖与生长的观察和研究。

航天员进行的空间科学研究，主要是观察和研究太阳系的各种物理和化学现象。对地球环境、太阳、月球面、地球磁场、电离层、大气层等空间环境进行深层次的观察研究，他们还利用太空望远镜观察研究天体的运行规律。

在太空失重的环境下，许多实验项目，既是科学研究，又可当做游戏，因为你可以观察到许多与地面上完全不同的、十分有趣的物理现象。如气泡游戏：取一个大口瓶，在瓶中灌半瓶水，盖上盖子，用力晃动瓶子，瓶子里面立刻充满了大大小小的气泡。然后，把这只瓶子放在地板上，不一会儿，瓶中只剩下一



航天员在使用质量测量实验装置

个大气泡，位于瓶的正中央。如果是在地面上，只要将充满气泡的瓶子静静地放置一会儿，所有的气泡都会消失。然而，在失重的环境中，情况就完全不同了。瓶内气泡不会因为密度小而逸出液面。由于表面张力的作用，瓶内的小气泡就会汇聚成球形的大气泡而稳定下来。

## 舱外作业

人在舱内可以轻松自如地飘来飘去，但如走出密闭座舱，到太空去行走，就是一件非常惊险的事情了。首先，航天员必



在太空中进行蛋白晶体生长实验

须穿上舱外航天服，背负便携式生命保障系统。其次，要进行吸氧排氮。航天员到舱外作业时，必须严格按照出舱程序执行。

常规的出舱前准备工作有：检查携带的生命保障系统装置，穿航天服，进行出舱前的吸氧排氮，调试好为舱外活动用的通话、电视摄像、人体稳定与移动装置和舱外操作的工具以及监督航天员身体状况的装置等。

航天员舱外作业内容很多，通常有在轨道上释放和回收卫



航天员在航天飞机携带的“空间实验室”中做实验

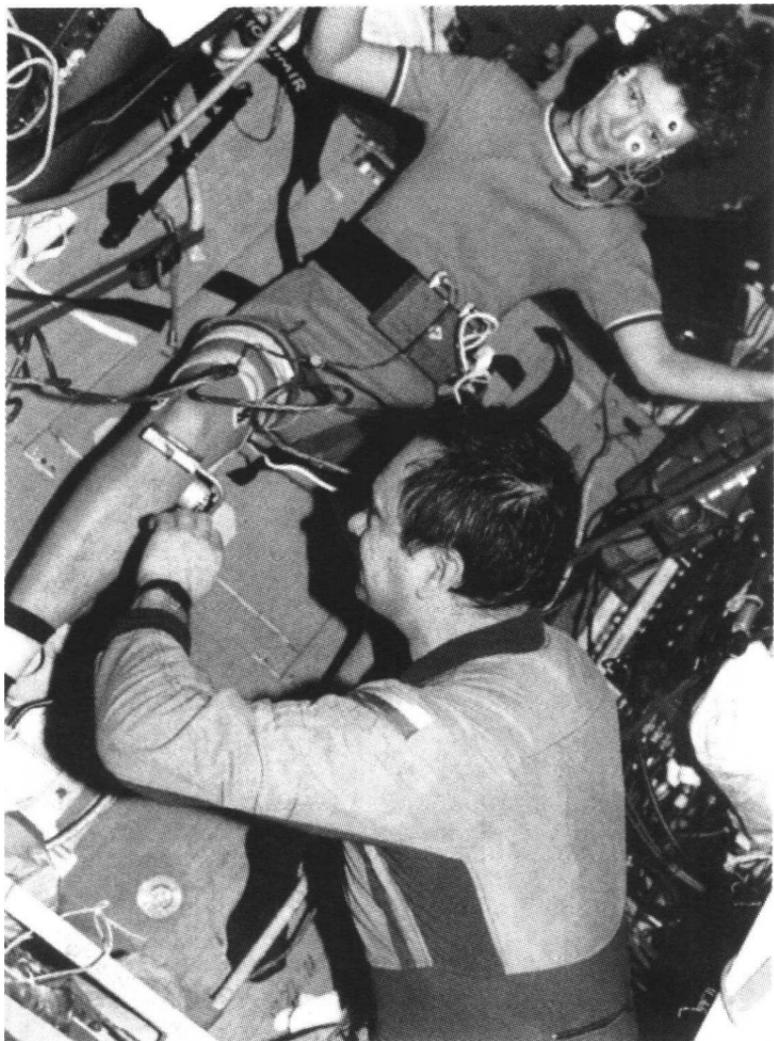
星，观察宇宙环境下航天器的表层及其他设备的变化与工作状态，各种空间设备和器件的检测、修理、更换和安装，进行科学与技术试验以及空间探测等，如维修著名的哈勃望远镜。航天员在进行舱外作业时，必须十分小心，因为在太空中，定向很困难，分不清速度的快慢，容易出问题。

航天员出舱活动时，在他的舱外航天服的脖领下放有一块高能压缩饼干和一袋水，航天员只须低头就可以吃到饼干，就可以含住吸管喝水。当航天员在载物舱平台工作时，靴子后跟有一块片状物，将其固定在平台上就可以了。有时，也会把航天员锁定在机器手臂上进行工作。在太空行走时，须扶着载物平台上的栏杆移动。所谓“走”其实是只用手，而脚根本派不上用场。

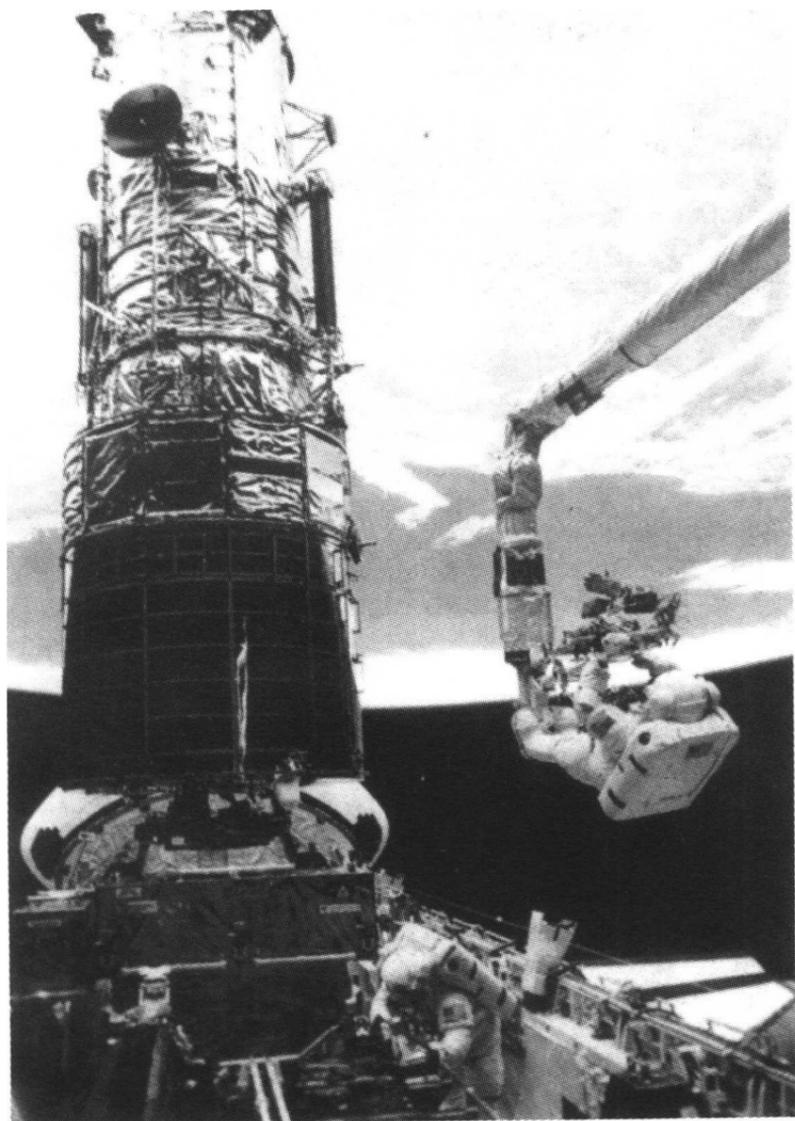
航天员完成舱外作业后，返回过渡舱内，关好舱门，启动增压装置，在舱内压力达到原水平后，脱去航天服和背包装置，最后进行相应的医学检查。



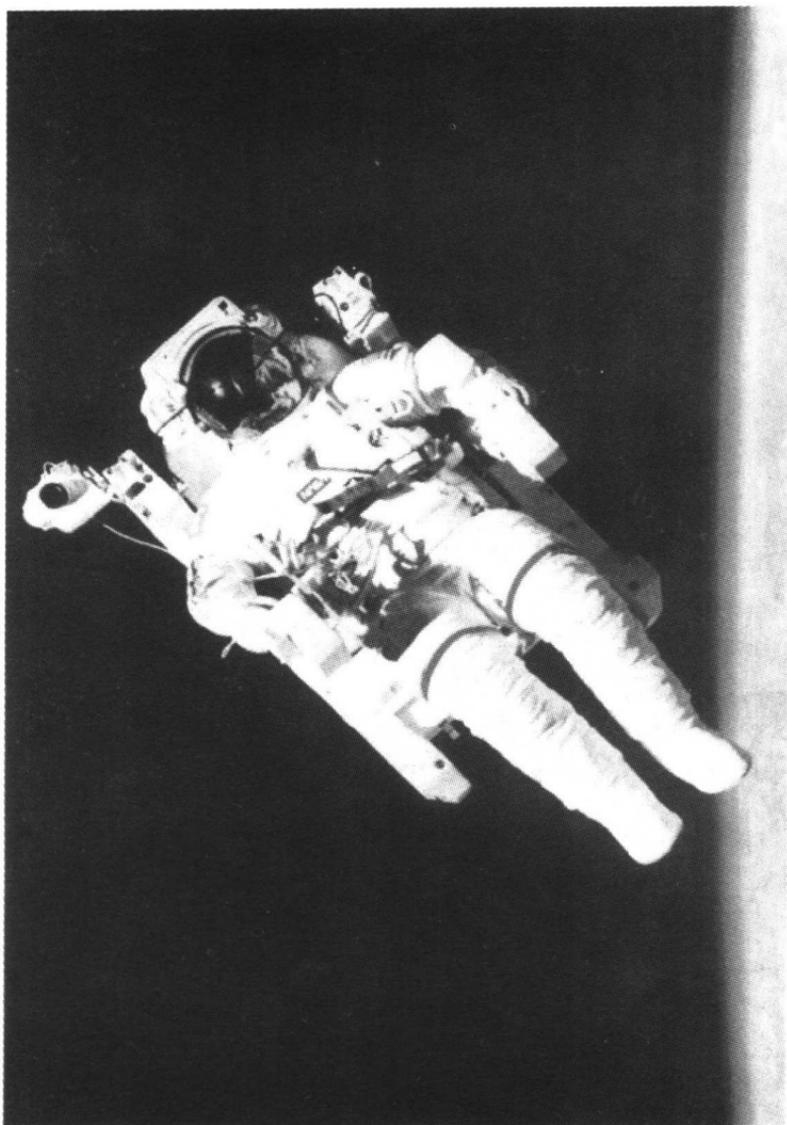
美国航天飞机第 67 次飞行中的航天员正在做科学实验



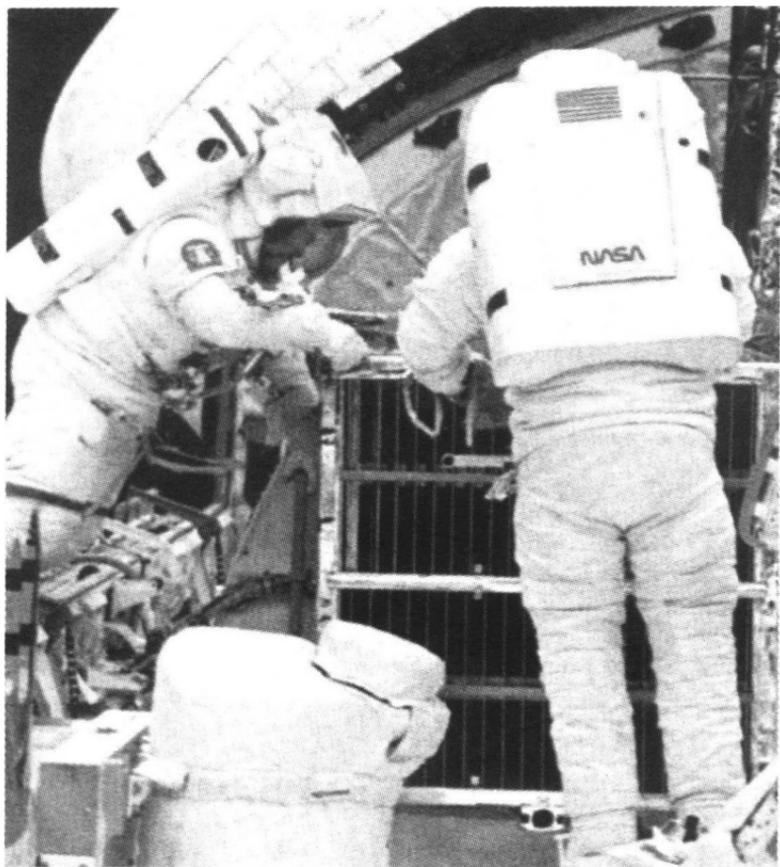
俄罗斯航天员叶琳娜·康达科娃和瓦列里·波利亚科夫在和平号空间站进行医学实验



航天员在航天飞机机械臂上工作



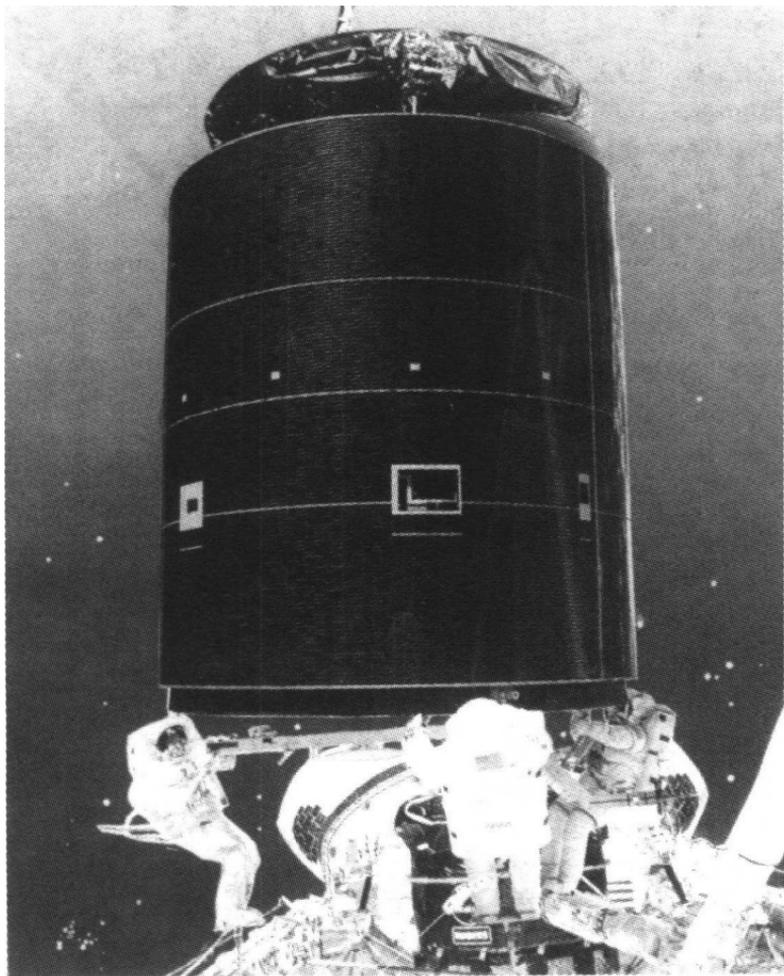
人体卫星——不系安全带在太空行走



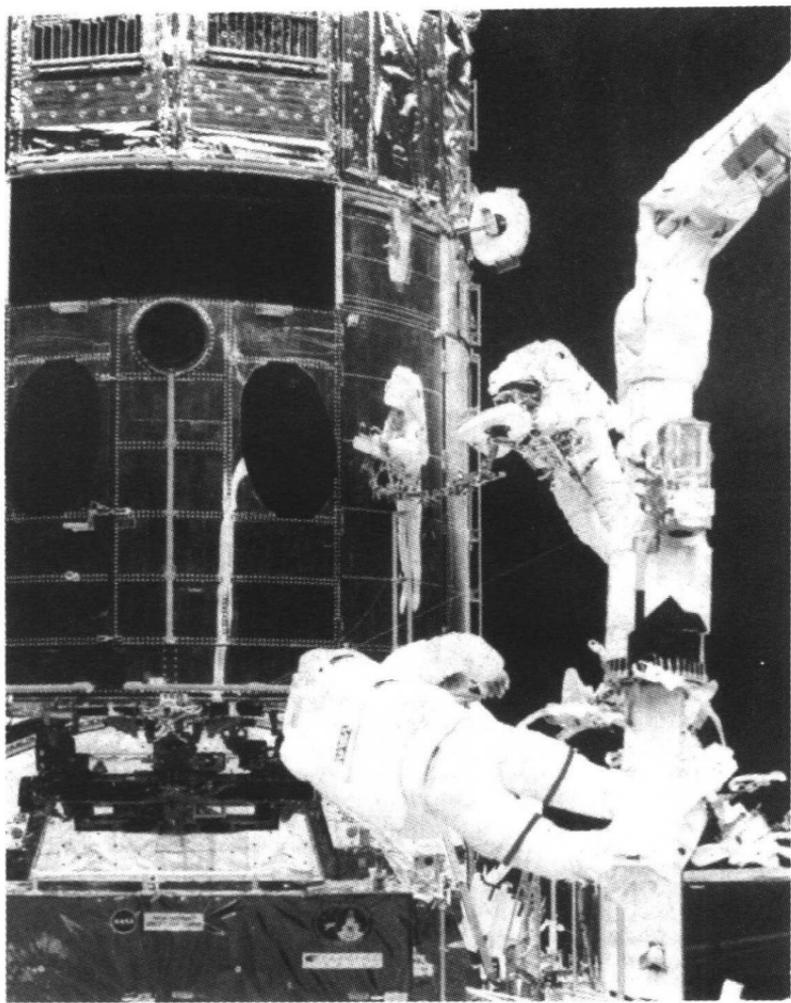
航天员在航天飞机货舱内修理捕捉回来的卫星

如果航天员要到舱外距离较远的地方时，就要配备载人机动装置。这种装置通常是座椅式的。载人机动装置，是航天员在空间自由行进的装置。1984年2月7日，美国航天员麦坎德利斯和斯图尔特两人，从挑战者号航天飞机上出舱，第一次使用了载人机动装置，他们不系安全带在空间自由行进，他们驾驶载人机动装置飞离航天飞机约91米。载人机动装置是由

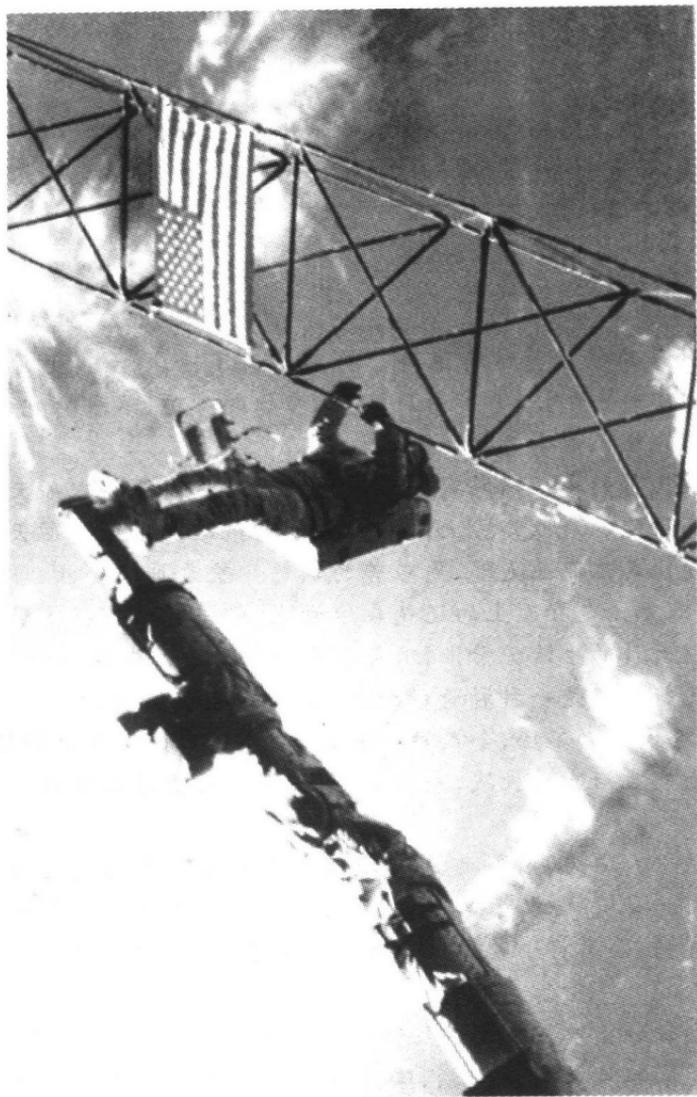
推进剂储存容器、供气装置、喷气推进器、控制器、空间定向系统和电源等组成。推进剂常采用高压氮气作为空间行进的动力。航天员可操作左右机械臂上的控制器，来控制机动装置上不同部位的氮气喷出量，以改变行进的速度、方向和姿态。



3 名航天员同时出舱捕获卫星



航天员在太空修理哈勃望远镜



太空作业

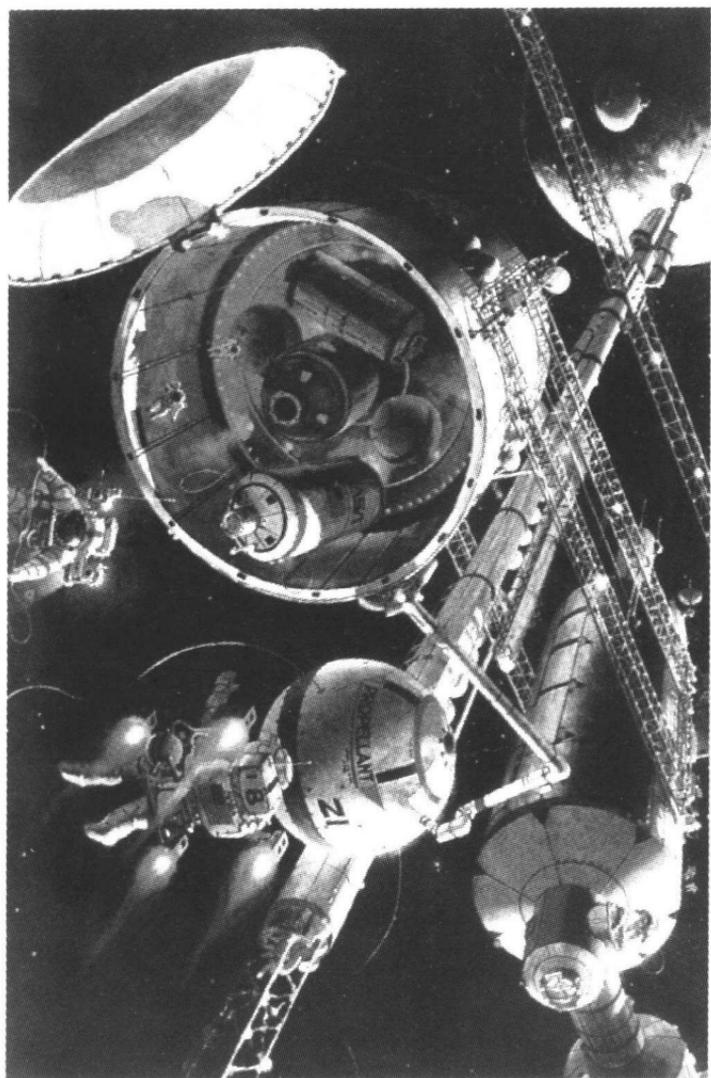
## 九从“超凡”到“平凡”

有一位航天员这样说过：“当你远离了地球，置身于漆黑的太空中时，四周一片寂静，月亮就在你的身边，这种感觉，世界上有几个人能亲身体会？”

航天员的生活确实有许多不平凡之处。因为载人航天事业是高风险的事业，对航天员的要求很高，这就意味着航天员要接受比其他职业更多、更艰苦的训练。航天员的生活、学习和工作，无论是在天上的还是在地面上，都与我们有很多的不同。航天员的生活既紧张、艰苦和危险，又新奇、刺激和奇妙。航天飞行确实是一种神奇的旅行，到处是充满神秘的“谜”的世界，令人激动不已，令人目不暇接，令人感到惊讶甚至恐怖。由于太空生活富于挑战，充满激情，从而也就更增加了它的魅力。

被世人誉为“航天之父”的俄罗斯科学家齐奥尔科夫斯基说过：“地球是人类的摇篮。但是，人类不能永远生活在摇篮里。开始，人类将小心翼翼地穿过大气层，然后便去征服整个太阳系。”

浩瀚的太空还有许多秘密尽管还不为人类所知，但是，人类已越来越清楚地认识到，除了地球陆地资源和海洋资源之外，太空资源是人类生存和发展的第三希望，也是最大的希望、最后的希望、永恒的希望，太空是人类未来生存和发展的新天



宇宙是人类未来的家园

地，太空将被建设成为美丽的家园。这是人类的又一梦想！

随着科学技术的不断进步，人类在同大自然作斗争的漫长岁月里，不断扩大着自己的活动范围，从陆地到海洋，从穿云破雾到“巡天遥看一千河”，人类实现了自己一个又一个梦想。也许有一天，我们许多人都能够像坐飞机那样买张票，去太空观光、旅游，去太空工作、学习和生活。到那时，我们也将体验和分享航天员的超凡生活，超凡生活将进入普通人的世界，超凡生活终将变成平凡生活！

人类在奋斗中将会再一次梦想成真！