

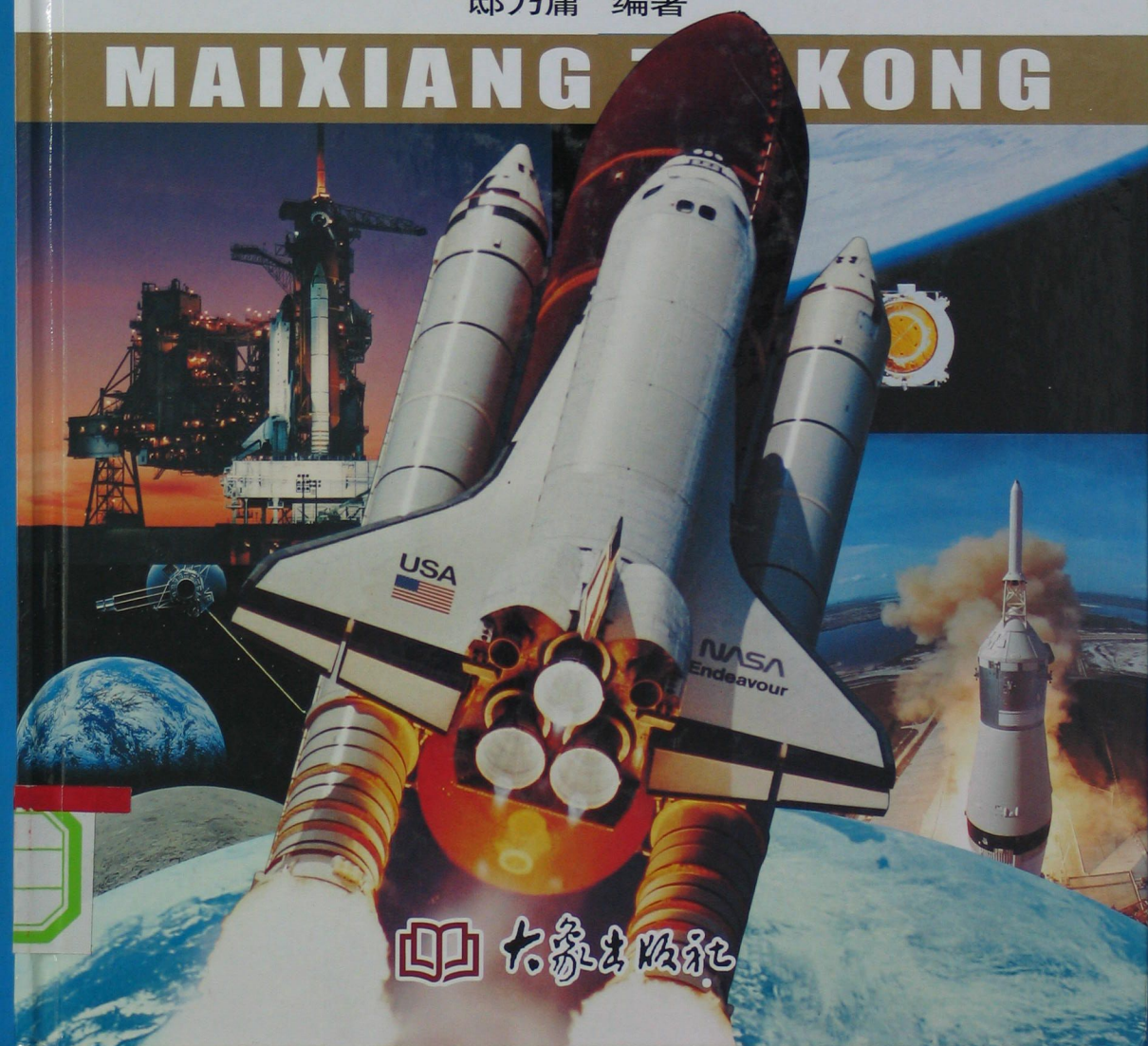
载人航天百科知识图解

迈向太空

(二)

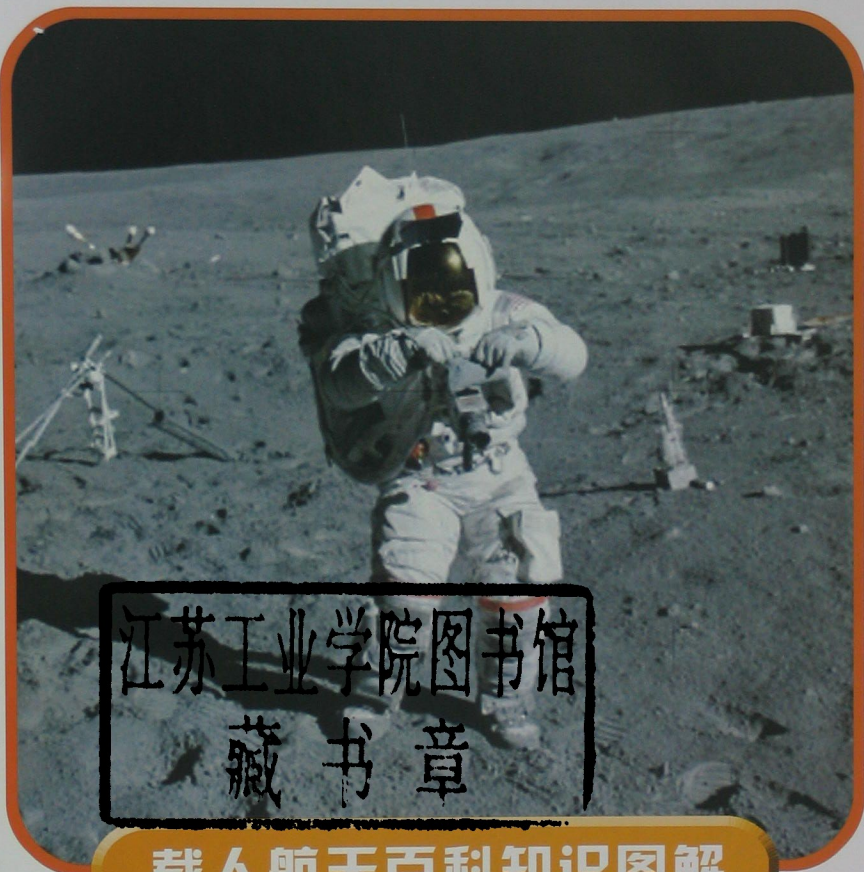
邸乃庸 编著

MAIXIANG TAIKONG



大众出版社

国防大学 2 093 6620 1



江苏工业学院图书馆
藏书章

载人航天百科知识图解

迈向太空



大众出版社

ACT70/02

图书在版编目(CIP)数据

迈向太空:载人航天百科知识图解/邸乃庸编著. —郑州:大象出版社, 2004.1
ISBN 7-5347-3269-7

I. 迈… II. ①邸… III. 载人航天飞行—图解 IV. V 529-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第100196号

责任编辑 陈 刚 王 卫 王晓宁 孟建华

责任校对 钟 骄

装帧设计 张 伟 高银燕 高金燕 毕焕玉

出 版 大象出版社(郑州市经七路25号 邮政编码 450002)

经 销 大象出版社发行部(电话: 0371-5726194)

印 刷 河南省瑞光印务股份有限公司

版 次 2004年1月第1版 2004年1月第1次印刷

开 本 890 × 1240 1/16

印 张 32

印 数 1-3000册

全套定价 160.00元(每册40.00元)

若发现印、装质量问题,影响阅读,请与承印厂联系调换。

印厂地址:郑州市二环路35号

邮政编码:450012 电话:(0371) 3955319



向“迈向太空”的读者朋友表示真
诚的祝愿。祝愿你们努力学习
航天知识，加入到迈向太空，探索
宇宙的行列中来。实现飞天梦，开
发太空资源，为人类造福。

杨利伟

2003. 10. 18.



作者简介

邱乃庸，航天专家，1965年毕业于北京航空学院（现北京航空航天大学）火箭系，分配至航天部第一研究院（现中国运载火箭技术研究院）从事战略导弹和运载火箭总体设计工作。1992年参与我国载人航天工程经济、技术可行性论证，1993年中国载人航天工程办公室成立，被调入该办公室任工程总体室第一任负责人，经历了我国载人航天工程自论证至成功实现首次载人航天飞行的全部过程。



本书作者与杨利伟合影

前言

人类诞生在地球上，世世代代在地球上繁衍生息。人类对未知世界的不懈探索，为追求更美好的生活的辛勤劳作和创造，一直在不断改造着这个世界，同时，也在不断扩展自己的生存空间和活动领域：先是从陆地扩展到海洋，继而又在天空中翱翔，1961年4月12日，随着加加林乘坐东方号飞船环绕地球飞行，人类的生存空间和活动领域又从地球扩展到了太空。

人类进入太空并不满足于创造“纪录”，而是要开发太空资源，为人类社会的发展提供新的动力。

太空蕴藏着丰富的资源。在航天事业开启之前，太空是人类从未涉足的领域。航天事业开创了人类利用太空资源的新时代。各种人造卫星利用太空的高度资源，为人类提供着广泛的服务，使人类社会以前所未有的发展速度进入了高度发达的信息社会。而载人航天的发展，为人类开发太空失重、真空、深冷、太阳能等诸多资源创造了条件，将使人类获得更为强劲的发展动力，为人类社会的进一步发展注入新的活力。

杨利伟乘坐我国自己研制的载人航天器成功遨游太空，也宣布了中国载人航天时代的到来，载人航天已经成为现代人类社会的重要组成部分。向人们广泛地介绍载人航天知识，帮助人们深入了解载人航天事业，使更多的人理解并支持载人航天事业，是我们教育图书出版工作者义不容辞的责任。

《迈向太空》以大量翔实的图片和通俗易懂的文字，将代表当代高科技的载人航天知识奉献给普通读者，引导读者进入载人航天的神秘世界，共同分享航天的愉悦。这套书是一部全面、系统叙述载人航天知识的科普图书，包含了载人航天工程的各个方面。读者通过阅读这套书，可以了解载人航天的发展历程、载人航天器、航天员、载人航天设计师，载人航天的发射和返回、测控与通信、太空生活、太空实验以及载人航天未来展望等方面的科学知识，获得载人航天知识的完整概念。《迈向太空》还专辟一册详细介绍了中国的载人航天工程，为每一个关心中国航天事业的读者描述了中国载人航天的壮丽画卷。

迈向太空，探索宇宙，开发太空资源，造福全人类，是载人航天的努力方向，也是中国载人航天的奋斗目标。我们真诚期望更多的人，特别是青少年朋友，关心热爱载人航天事业，学习航天人那种不懈探索的精神，不断开发自己的潜能，为实现这个宏伟的目标、为人类社会更加光辉灿烂的明天共同奋斗。

大象出版社

世界载人航天图片主要来源

NASA 网站

作者

阿列克赛·卡马洛夫

克雷格·科沃尔特

丹尼斯·戴维森

斯文·纳德森

理克·格戴斯

帕特·罗灵斯

马克·道曼

约翰·弗雷桑尼特

阿索舍特斯

卡尔文·汉密尔顿

斯科特·巴罗斯

C·PH·斯考迪特

R·里恩哈德

中国载人航天图片作者

邸乃庸

沈力平

王朋

周雁飞

王宁

鞠浪

林西强

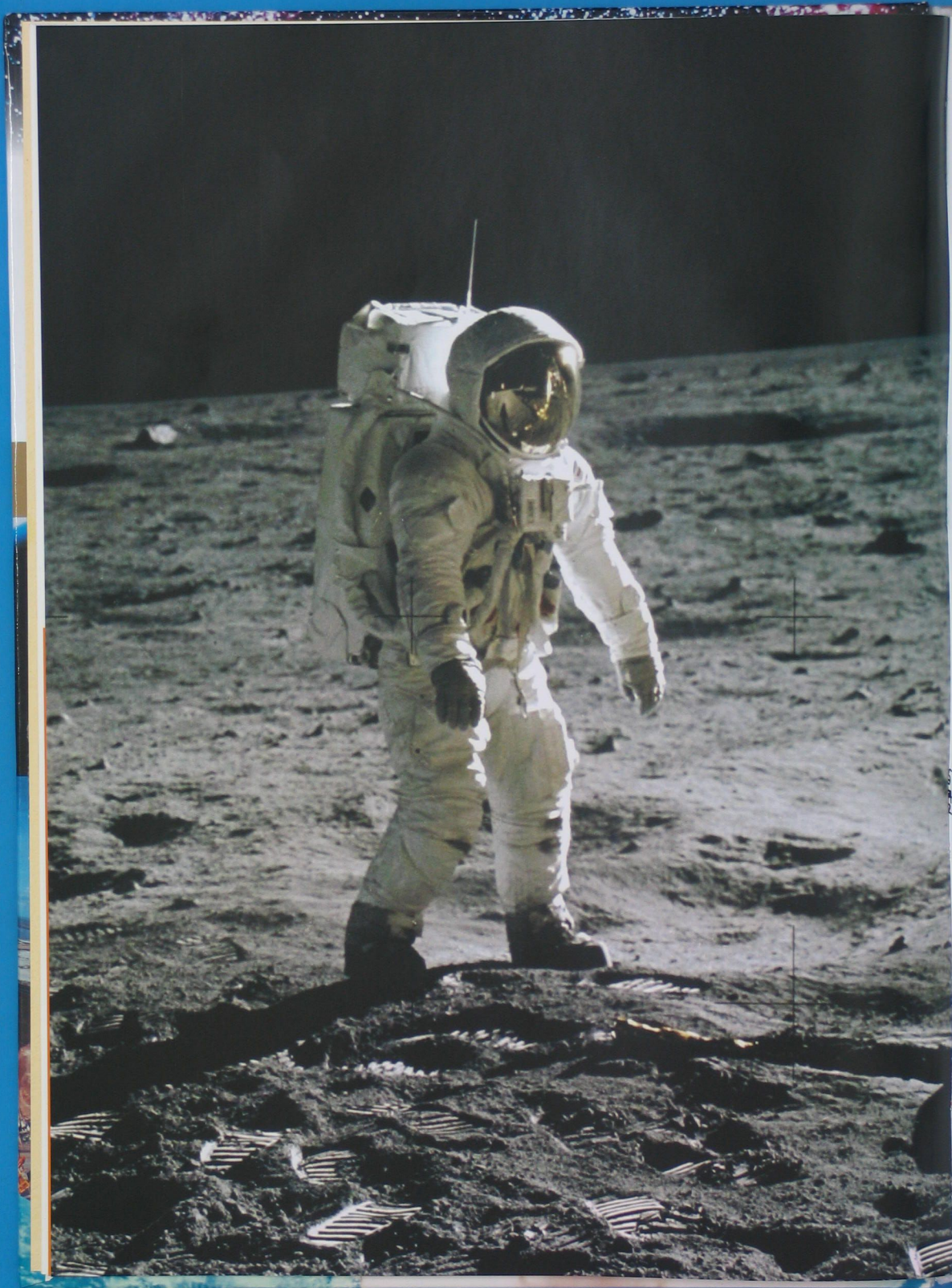
张桐胜

牛爱民

致谢

中国载人航天工程副总设计师沈力平先生，郝淳先生和黄伟芬女士，以及许多同行对本书的编写给予了热情帮助，在此，一并表示真诚的谢意。

作者



目 录

载人航天的特殊设计与试验

载人航天器的特殊设计	1
交会对接设计	20
返回着陆设计	26
航天服设计	30
载人航天器地面试验	37
载人航天器飞行试验	42

载人航天器的发射与测控

载人航天器发射过程	45
载人航天发射场	64
地面控制中心	72

载人航天器的返回与着陆

载人航天器的着陆区	77
载人航天器的返回过程	78

登月

登月飞行过程	95
登月飞行试验	101
月球车	103
登月航天员的训练	106
在月球上	111

载人航天的 特殊设计与试验

载人航天器的设计,除了具有与一般卫星相似的太空飞行功能外,与卫星不同的主要是人的生存、人的生活、人的工作和人的安全设计,还包括发挥人的功能的出舱活动设计,以及载人航天器必须具备的交会对接等功能设计。

载人航天器的地面试验项目较卫星增加了许多,这些增加的试验项目大多是用于验证上述与人有关的设计和载人航天器特殊功能设计的正确性、协调性和适应性。

载人航天器研制后,在载人飞行之前,要进行若干次无人飞行试验,

全面考核载人航天器及载人航天飞行所涉及的各个系统的功能和性能,只有确认航天器和相关系统全面满足载人航天飞行的要求后,才能实施载人航天飞行。

载人航天器的特殊设计

载人航天器与不载人的航天器(如卫星)相比主要的区别是:载人航天器具有对于人的生存、生活和工作的保证能力,即提供人生存、生活的环境和人工作的条件;不载人的航天器则没有这种能力。

短期载人航天器由于体积较小,不能按功能分别设置舱段,常常是生活和工作在同一个舱段内,生活设施比较简单。长期载人航天器体积较大,功能设施齐全,一般按功能分成多个区段,航天员生活和工作比较便利。

舱内生活保障系统设计

环境控制和生命保障系统是用来提供航天员生活环境和生命保障的。它保证密封舱内空气压力和成分、湿度和温度在航天员生存、生活和工作需求的范围内,保证温度和湿度在要求的范围内,为航天员提供比较舒适的生活和工作环境。在出现紧急情况时,能够以另外的手段保障航天员的生命安全。

在地面上,人生存最主要的条件是氧气、水和食物。在太空,除此之外还包括周围环境。

舱内氧气保障

载人航天器的空气环境要求

空气环境包含的主要内容是:环境的气压、环境气体成分、环境气体的温度和湿度。

环境的气压和气体成分:世界上已经使用过的载人航天器座舱气体压力制度有两种,一种与地面上一样,气压101.3千帕,氧占21%,氮占79%。另一种压力制度是34千帕,舱内的气体是纯氧。现代使用的载人航天器(飞船、航天飞机、太空站),都采用101.3千帕压力制度。

舱内供航天员呼吸用的氧气的氧分压需要保持在一定的范围内,才能供给全身各组织器官需要的氧。座舱内氧分压最低不低于19.3千帕,最高不超过25千帕,氧分压过低、过高都不好。

每位航天员每天消耗氧气580升

(0.84千克),需要不断地为座舱补充氧气。

氧气的供应

消耗式

短期载人航天器一般采用高压气态存储纯氧、直接供氧的方式进行氧气供应,即携带航天员在飞行期间内



国际太空站上的航天员在更换氢氧化锂贮罐。



国际太空站服务舱的电解水产生氧气设备。

所需的全部氧气，以高压气态方式贮存在贮气容器内，减压后输入座舱，供航天员使用（如联盟号飞船、神舟号飞船）。也可以低温液态方式贮存，转换成气态后再向座舱供应（如阿波罗号飞船）。这都属纯消耗方式。

再生式

长期载人航天器如果也采用纯消耗方式供氧，其消耗量比较大。以国际空间站为例，7位航天员一年的常规消耗量为2 200千克。考虑航天员进行工作时耗氧量会有所增加，再加上舱段泄漏所需消耗的气体，另需补充的氧气超过2 500千克。如果计入容器质量的话，从地面运送这些氧气的总质量超过7 000千克。由此可见，消耗式供氧的补充供应成本十分昂贵，因此，长期载人航天器采用氧气再生循环方式供氧。

目前，长期载人航天器氧气的再生采用的方法是将废水再生，通过对再生水电解产生氧气和氢气，其中氧气占近90%，向舱内供氧，氢气则排放到舱外，消散在太空中。

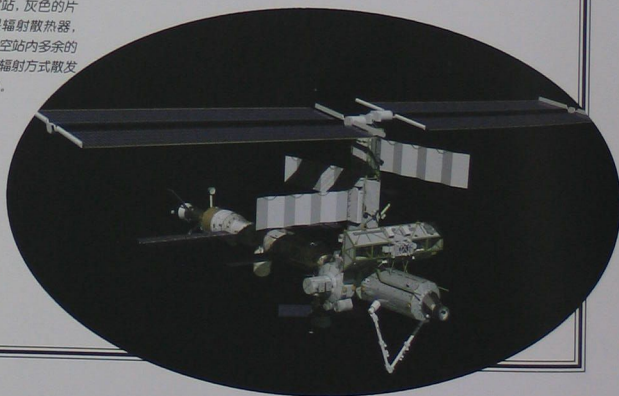
空气对流

由于失重，在地面存在的对流现象消失，舱内空气静止不动，航天员将其头部周围的氧气逐渐消耗后，其他空间的氧气不能依靠空气的自然对流来补充，航天员将会感到缺氧。因此，在舱内设置若干台风扇，强迫舱内空



国际太空站上的航天员在二氧化碳清除装置旁工作。

国际太空站，灰色的片状结构是辐射散热器，将国际太空站内多余的热量通过辐射方式散发到太空中。



气不断地流动，避免出现缺氧情况。

有害气体的清除

航天员呼出的二氧化碳，主要采用吸附剂吸收的办法来清除。吸附剂一般使用氢氧化锂或超氧化钾。超氧化钾在吸收二氧化碳的同时，还可以释放氧气。

一般1名航天员每天产生二氧化碳490升(0.98千克)。多名航天员一年时间产生的二氧化碳量相当巨大，仅仅采用吸附剂吸收的办法，成本高，效果也不理想。目前，正在研制将二氧化碳还原成氧气和水的处理装置，可望不久用于太空站上。

航天员也释放出少量的其他有害气体，如甲烷、氨、丙酮、甲醇和一氧化碳等，舱内材料和设备也可能释放一些挥发气体。这些微量气体约有20多种，必须不断地将它们清除掉。主要采用的清除方法是活性炭过滤（去除臭气和碳氢化合物）、催化氧化（去除一氧化碳）和过滤（去除尘埃等小颗粒物）。舱内主要微量有害气体允许的极限浓度为（单位：毫克/立方米）：一氧化碳10.0，氮氧化物0.4，氨5.0，碳氢化合物100.0，丙酮5.0，甲醇25.0，甲烷（容积的）0.5%。

温度、湿度控制

载人航天器舱内设备工作时会产生大量热量。每位航天员每天产热11 700千焦，排湿1 800克。在舱外，航天器在太空朝太阳面温度高达120℃至160℃，而背太阳面则低至-80℃

至 -60°C 。这种复杂的内外部条件要求必须进行有效的温度、湿度控制,才能为航天员提供比较好的生存环境。

航天器舱段结构上设计有隔热层,防止内外热量交换,为内部的热控制创造条件。舱内部的热量则是通过与冰箱制冷系统相同的气—液式热交换器,将舱内空气中多余的热量和设备产生的热量,带至设置在舱外的热辐射器,向太空散发(由于没有空气,热的散发只能以辐射方式进行)。

短期载人航天器也可以采用消耗式的蒸发剂散热方式散热。蒸发剂一般使用水(如阿波罗登月舱),水向太空蒸发带走热量,控制座舱内的温度。

湿度控制与温度控制一并进行,热交换器中形成冷空气的同时将空气中的湿气冷凝成水,即达到了除湿的效果。

温度控制系统所使用的介质为流体。太空失重环境中流体的特性明显不同于地面:地面热交换系统中的热介质上升、冷介质下沉现象消失;热

空气上升、冷空气下沉现象消失。因此,温度控制设计不能依据传统理论进行,需要研究新的理论。

水的供应

消耗式

短期载人航天器水的储备按每人每天2.5千克考虑(只考虑饮用水),采用贮水器供水,产生的废水不考虑重复使用,为纯消耗式。

航天飞机使用的电源是燃料电池,即利用氢和氧反应产生的热能发电,反应的副产品是水,供航天员消耗。

再生式

长期载人航天器除考虑饮用水外,还要考虑卫生用水,每

人每天按5千克配置。由于需求量大(7位航天员1年需水13000千克),不能依靠地面供应,必须重复使用。废水(卫生用水、人和试验动物尿液、汗液和呼吸形成的冷凝水)经处理后再生为饮用水。呼吸和汗液构成空气中的湿气,冷凝后形成比较纯净的冷凝水。尿液的处理采用蒸馏净化方法,即通过蒸发与冷凝两个过程,取得纯净水。其他废水的处理经过三步:第一步是将颗粒等杂质以过滤方式去除;第二步是通过多层过滤去除

国际太空站联合舱内景,航天员身后是软式临时贮水袋。

航天员在国际太空站服务舱整理硬壳式水容器。



有机物和无机物杂质；最后经过催化氧化反应器，去除挥发性有机化合物，并杀死细菌和病毒。经过这种处理后，废水就成为非常纯净的饮用水。现有技术已能实现冷凝废水、卫生废水、尿液废水的水回收率分别达到100%、95%、90%左右，大大减少了地面供应量。

考虑到人的心理承受因素，从尿液中提取的水目前只作为卫生用水使用，或用于产生氧气。

食品供应

食品基本上是已经加工好的贮存食品，食品设计主要考虑生物学、操作和工程三方面的要求。

生物学要求食品要安全和具有营



用生长很少量的芽菜的办法解决新鲜食品问题。种子放入食品包装盒内，加入水后开始生长，可以为长期飞行的航天员提供新鲜食品。



航天飞机上的加热食品——肉饭（龙虾和稻米肉饭）。

每天能为每位航天员提供2800大卡热量，并且在营养成分上要保持一定的平衡，蛋白质占16%至17%，脂肪占30%至32%，碳水化合物占50%至54%。

操作要求食品包装便于在失重环境中操作，能够保证食品满足贮存期要求，食品容易准备，不需要耗费航天员太多精力，进食容易，食品垃圾处理简单，并且是用袋装处理。

工程要求食品包装轻质，体积小（密度高），在飞行中的气压、过载、振动等环境中能够安全贮存。食品的另

航天员在品尝航天食品，以确定自己喜欢的菜单。



养，容易消化和吸收。

安全性是设计航天食品时首先考虑的因素。例如，人们在地面进食时，撒上一点盐和胡椒粉是很正常的事。然而在太空失重环境中这样做，盐和胡椒粉就会飘逸开来，有堵塞通气口的危险，或者会污染设备，甚至会进入航天员眼睛、口腔、鼻子内，对航天员健康构成威胁。又如，航天食品内若含有较多流动的汤汁，则很可能在进食时四处飞溅，污染、腐蚀舱内的仪器、仪表和各种部件，不利于飞行安全。



国际太空站服务舱中的厨房，正中是饮用水加热器，水分配器在加热器的上部，有热水和温水出水口。

一个要求就是限制加水量。

在菜单中增加任何一项食品，必须要通过一系列严格的研究与开发程序之后，才能获得批准。并且，要在失重飞机上进行试验，以便确切地知道该食品在失重环境中进食有何反应。

航天员可以自己配置食谱，但必须由营养师复核，以确保营养的平衡。

为了试验食品的保鲜期，研究人

员把它们放在特制的密封容器中，然后在模拟的太空环境里保存，定期取出化验。试验很费时间，如果食品上注明保质期为2年，那么它起码要经过2年时间的存放试验。

太空食品的检验，主要依据食品的味道、营养价值、食用方便性、保存时间和微生物安全性（细菌含量）来评价。包装和食用准备技术也是评价内容。

在长期载人航天器上要配备厨房，设置食品存放柜、冰箱、脱水食品复水装置、烤箱、餐桌、餐具等就餐用品。餐具的设计主要考虑在失重环境中使用的可能性和方便性。就餐后餐具用湿巾进行清洁。

天地往返载人航天器一般携带3类食品：日常食品，航天员在飞行中每天正常就餐所食用的食品；储备食品，也称应急食品，在因特殊情况或出现故障需要延长飞行时间时航天员食用的食品；救生食品，航天员返回未能在预定地点着陆，在等待救援期间食用的食品。对于执行出舱活动的载人航天器，还需要携带第4类食品——出舱活动食品，即航天员进行舱外活动时食用的食品。

生活设施设计

卫生设施

载人航天器上配备有卫生设备，包括洗漱设备、厕所、淋浴器等。

在只有几天飞行任务的短期载人航天器上不配备马桶，只配备个人使



联盟号飞船上使用的大小便收集器。

迈向太空 (二)

用的大小便器具,它是以抽气方式收集排泄物。在航天飞机以及长期运行的太空站上,才配备马桶,为抽气马桶,空气流量为每分钟 250 升。

解决个人卫生问题一般使用湿巾,只有长期载人太空站才设置淋浴

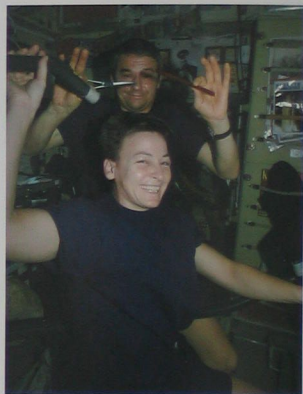
器。淋浴器为一个密闭间,也是利用空气的流动带动水向一定方向流动,以抽吸方式将水抽走。

剃须和理发,也使用抽吸方式将剃下的胡须和发屑吸走。

国际太空站航天员在服务舱修面。



航天员在天空实验室淋浴。筒形淋浴罩从地板拉到天花板,并固定,水从航天员手中拿着的软管喷出,被下面的抽吸管吸走,控制按钮设在软管上。



航天员在国际太空站服务舱理发,真空吸尘器用来吸除新剃下来的发屑。

航天员在国际太空站刷牙。



锻炼设施

在载人航天器上要设置航天员锻炼设备，特别是在长期载人航天器内长期工作的航天员更需要进行身体锻炼，以防止肌肉萎缩和骨质疏松。锻炼设备设计考虑的主要因素是：①失重环境，在失重环境下能够达到锻炼效果；②锻炼的力度，要模拟地面引重力环境中的锻炼力度和效果；③锻炼内容，主要是肌肉、骨骼和肺功能；④使用性能，使用简便、灵活，安装方便；⑤设备体积和质量，设备体积要尽量小，质量要尽量轻，以便少占

航天员在国际空间站服务舱进行功率自行车锻炼。功率自行车装置设计在地板下面，将地板翻开即可使用，以减少占用地板上面空间。



航天员在哥伦比亚号航天飞机轨道器飞行舱睡眠。

用宝贵的太空站容积和质量。

睡眠设施

载人航天器的设计要考虑为航天员创造舒适的睡眠条件。睡眠条件要考虑人已经习惯了的地面睡眠情况，尽量接近地面条件。同时，要考虑光线和噪声等对航天员睡眠的干扰。

睡眠设备设计要考虑的主要因素是：①必须为固定式，防止睡眠中航天员随处飘浮；②占地少，为折叠式，不用时可以收起；③舒适性，尽量模拟在地面的习惯睡眠状态，后背要有压迫感，提高睡眠质量；④透气性，身体各处要能够透气，防止身体散发的水分聚集；⑤阻燃性，所用材料均为阻燃材料，防止火灾的发生。

航天飞机上的三位沉睡的航天员刚刚被起床的铃声唤醒，他们正在准备从睡铺中飘浮出来，开始他们 12 小时的工作。



舱外活动设计

现代的载人航天已经不仅仅局限于航天员在舱内活动，很多工作（如维修、组装、实验等）都需要航天员在舱外工作，出舱活动已经成为现代航天员太空活动的重要组成部分。载人航天器的舱外活动系统为航天员的出舱活动提供了安全保障。

出舱活动过程

在地面环境中，我们人身体表面承受的大气压力的总和约为2万千克，身体的组织结构和所有的脏器都已经



在出舱准备期间，航天员身着液冷服和通风服，进行深呼吸——吸氧排氮。



航天员准备关闭航天飞机气闸舱的舱门，以便气闸舱内的航天员进行出舱活动。

适应这种压力。当环境压力降低到一定程度时，溶解在体内血液和组织中的气体就会游离出来，在血液和组织中聚集成气泡。氧气是我们身体所需要的，而氮气气泡则会在血管中成为气栓堵塞血管，出现减压病，危及航天员生命。

舱外航天服为低压航天服，为了防止航天员出舱活动时出现减压病，在出舱前，要将身体内的氮降低到一定程度。采用的办法是：吸纯氧置换出身体内的氮，使存留在身体里的氮减少到不会影响航天员身体健康的程度。这个过程称为“吸氧排氮”，大约

需要3小时。

在太空，航天员出舱不能像在地面那样开启舱门就出舱，否则不但舱内的气流会迅速泄光，而且在快速流动的气流作用下，航天员也会像炮弹一样被“发射”到太空中。航天员出舱，必须有一个过渡过程，这个过渡过程在过渡舱内进行。过渡舱将舱内的气体与外界环境隔绝，起到闸门的作用，也称为“气闸舱”。

气闸舱有两个舱门，一个与座舱相通，另一个通往太空。航天员穿好

两位航天飞机航天员在气闸舱内进行准备出舱活动。

