

JIUTIANLANYUE

九天揽月

ZhongGuo TaiKong ZhanLue FaZhan YanJiu

中国太空战略发展研究

郭荣伟 著



国防大学出版社

GuoFangDaXueChuBanShe

九天揽月

——中国太空战略发展研究

郭荣伟 著

国防大学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

九天揽月:中国太空战略发展研究/郭荣伟著.

—北京:国防大学出版社,2014.10

ISBN 978-7-5626-2226-0

I. ①九… II. ①郭… III. ①空间探索—发展战略—研究—中国

IV. ①V111

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 158460 号

九天揽月——中国太空战略发展研究

郭荣伟 著

出版发行:国防大学出版社

地 址:北京市海淀区红山口甲 3 号

邮 编:100091

电 话:(010) 66772856

责任编辑:冯国权

责任校对:吴 静

封面设计:许 楠

经 销:新华书店

印 刷:北京润田金辉印刷有限公司

开 本:710×1000 毫米 1/16

印 张:22

字 数:372 千字

版 次:2014 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:49.00 元

(如有印装错误,本社负责调换)



序 言

乘槎九天揽明月，高歌玉宇唱神舟。

2013年6月11日，随着一声惊天动地的巨响，“长征”2号F型火箭从酒泉卫星发射中心腾空而起，直冲九霄，将载有三名航天员的“神舟”十号飞船再次送上广袤的太空。中国——这个有着千年飞天梦想的国度，开创了载人航天的新壮举。

中华民族是最早产生飞天梦想的伟大民族。“嫦娥奔月”的神话故事家喻户晓。敦煌壁画上的飞天艺术形象美妙绝伦。中国明代的万户，更是成为人类历史上用火箭进行升空飞行试验的第一人。而今天，杨利伟、费俊龙、聂海胜和景海鹏等10人的太空之行，使中华民族的飞天梦想变成了现实。

人类为什么渴望“登天”？如果说这种愿望最初主要是出于好奇心的话，那么到了今天，人类渴望登天有哪些现实的目的？中科院院士、国家“两弹一星”功勋奖章获得者王希季介绍说，人类要进入太空是为了达到三个目的：

一是了解认识太空，从而更深入地认识地球和人类自己。50多年来，世界各国为实现此目的而发射的各类航天器有上千个之多，空间科学获得了巨大的发展。人类对空间观察的能力已发展到百亿光年以上的距离，创建和发展了空间天文学、空间物理学、空间化学、空间材料学、空间生命学、空间医学等新兴的、交叉学科。与此同时，在空间寻找、发现新的资源，为开发利用空间资源作准备。二是开发利用太空资源，造福人类。迄今发射到空间轨道上的5000多个航天器中，大多数是开发利用空间资源和与其有关的航天器。气象卫星、导航卫星、通信广播电视卫星、遥感卫星等从空间获取、传输、转发陆地、海洋和大气层信息的系统已成为现代社会的有机的、不可或

缺的组成部分，极大地影响和推动着人类社会和文明的进步与发展。空间太阳能资源和月球上的核聚变材料氦-3 能源资源，相对于地球能源而言，可以说是取之不尽、用之不竭的。

三是扩大人类的生存空间。从发展上看地球恐怕还是不够大的。历史上，人类总是不断拓展自己的生存空间，从陆地、海洋到大气层，再到外层空间。空间技术的先驱者、俄国的齐奥尔科夫斯基院士说：“地球是人类的摇篮。人类决不会永远躺在这个摇篮里，而会不断探索新的天体和空间。人类将首先小心翼翼地穿过大气层，然后再去征服太阳系。”

对于一个国家来说，开发太空还能够带动经济，提升国力，提高其国际地位，增强民族自信心和凝聚力。人类每一次的飞天之举，都引起世人的瞩目，都激荡着国人的胸怀。

太空对人类有着巨大的诱惑。并且由于太空是一个没有划界的领域，谁先开发谁先受益，许多国家都纷纷向太空进军，一些航天大国更是展开了激烈的竞争。太空成为新的战略制高点。

在迈向太空的征程中，中华民族经历了艰辛的漫长的探索之路。从 1958 年毛泽东发出“我们也要搞人造卫星”的号召，到 1970 年《东方红》乐曲响彻太空；从 1992 年载人飞船正式列入国家计划，到今天中国航天员第二次寰宇巡行，中华民族奉献给世界的是一个又一个自强不息的奇迹。

在新世纪，随着载人飞船一次又一次的发射成功，中国推出了新的太空计划，在优先安排近地轨道探测的同时，向深空探测进军，开启探月工程。探月卫星“嫦娥”二号于 2010 年进行了绕月飞行，2013 年 12 月 24 日“嫦娥”三号又实现了落月探索，2020 年前后中国人将有望登上月球，实现太空遨游。中国新世纪的太空计划，向人们展现了一幅开发太空的美好蓝图。

正如习近平在 2013 年 6 月 24 日与“神舟”十号航天员通话时指出：飞天梦是强国梦的重要组成部分。随着中国航天事业的快速发展，中国人探索太空的脚步会迈得更大、更远。发展航天事业是一个庞大的系统工程，需要专业人员和各界人士的共同努力，需要全国人民的大力支持和热情拥护。

认识航天，了解航天，支持中国的航天事业，这是 21 世纪的中国航天向国人发出的呼唤。这也是编著本书的初衷和缘由。



目 录

第一章

太空的诱惑 (1)

宇宙旅行的梦想 1

独特的太空资源 4

太空可能的未来 16

第二章

太空新挑战 (25)

新的战略制高点 25

太空竞争群雄并起 32

中小国家和地区跃跃欲试 42

弱势者可能面临的危机 45

第三章

艰辛的探索 (52)

领导人的关怀 52

导弹研制 60

火箭腾飞 66

卫星上天 72

庞大的航天测控网 76

第四章

走向21世纪 (101)

太空发展新蓝图 101

面临新一轮角逐 105

赶上一流尚有时日 111

奋起直追，有所作为 113

第五章

载人航天壮举 (117)

从“曙光”号到“神舟”号 117

解读载人飞船工程 125

“神舟”一至十号飞船的区别 137

中国腾飞的必由之路 144

中国航天员队伍 145

载人航天精神 149

第六章

载人航天远景 (153)

让中国空间站遨游在太空 153

打造“通天之梯” 164

向宇宙深空进军 177

第七章

畅想月球 (188)

昔日的“阿波罗”计划 189

第二次登月热潮 191

启动“嫦娥”工程 198

月球探测三大难关 202

探月亮点——“月球车” 203

第八章

造福社会 (208)

太空开发的巨大效益 208

“太空信使”连接千家万户 214

“太空神眼”观测大地风云 218



航天国际发射威振海外 225

太空实验造福人类 226

第九章

构筑安全屏障 (238)

“深度撞击”带来的“撞击” 238

太空军事争夺的焦点——制天权 245

打造“天军” 250

形形色色的太空武器装备 258

未来的太空军事对抗 271

建立中国的卫星导航系统“COMPASS” 278

第十章

快步走向世界 (282)

融入国际社会 282

“长二捆精神”特色道路 286

“双星”合作前景广阔 289

“南南合作”的典范 296

促进中国空间法的国际交流 300

附

中国的航天 (307)

参考文献 (343)



第一章 太空的诱惑

仰望苍穹，看着变化万千的美景，深邃的蓝天，神秘的星空，以其独有的魅力一直在吸引着人们。放射着无限光和热的太阳一直作为万物生命的源泉而被人们憧憬着，银光闪闪的月亮给人类的心灵带来对美的向往，满天闪烁的点点星辰更令人感到无限神秘。太空太多的诱惑，使很多人梦想脱离地球，飞到太空去，漫游大宇宙，这是人类的一个夙愿。

宇宙旅行的梦想

广袤无垠的太空，有史以来就充满着灿烂神奇的色彩，也流传着无数美丽的神话。

◆嫦娥奔月

传说中国古时候，嫦娥和后羿都是天神，由于触犯了天条，被罚到人间。到了人间后，嫦娥和后羿勇敢地同恶魔作斗争，为民除害，做了许多好事。王母娘娘为了奖励他们，送他们一人一粒长生不老药，吃一粒可保长生不死，吃两粒可成仙升天。后羿交给嫦娥保管，说好等后羿狩猎回来，晚上沐浴后一人



嫦娥奔月图

一粒，确保长生不死，等以后向王母娘娘求情再要两粒。嫦娥在人间已经待了很长时间，厌倦了人间枯燥乏味的生活，非常向往天宫的生活。于是，她不等后羿回来，独自把两粒长生不老药都吃了，身子便不由自己地飘然上了天，王母娘娘为了惩罚她，让她做了广寒宫主人。从此，嫦娥落住月球，开始了广寒宫寂寞和凄凉的生活。

◆爱琴坠海

在古希腊神话中，有这样一个故事：底德洛斯是一个巧妙的机械师、建筑家和雕刻家。在克里特岛他为米诺斯国王造了一座迷宫，在整个工程完成后，荒淫的米诺斯国王囚禁了这位建筑师和他的儿子爱琴。后来，底德洛斯用蜡制的双翼和儿子一起飞出了克里特岛。当他们在海上飞行时，由于爱琴过分高兴，飞得太高，离太阳太近，蜡翼被熔化而坠入大海，不幸淹死了。后人为了纪念他，把他葬身的大海取名为爱琴海……

◆万户升天

在14世纪末，中国宋朝有一个叫万户的科学家，在座椅背后安装了47支当时最大的火箭，两手各持大风筝，他让人把自己捆在椅子上，再用火同时点燃火箭。万户试图借助火箭的推力和风筝的升力上天，结果火箭将万户



万户飞天塑像



第一章 太空的诱惑

连同他的风筝炸得粉身碎骨。但是，他是世界上第一个试验用火箭的推力上天的人。如今，为纪念这位勇敢传奇式的人物，月球表面东方海附近的一个环形山就以万户命名。

◆开普勒的梦幻

德国著名天文学家开普勒（1571—1630），通过对行星运动的大量观测，并根据第谷的数据推导出了行星绕太阳运行的三大定律，即一是所有的行星都运行于以太阳焦点之一的椭圆轨道；二是对于给定的行星范围其指向太阳的向量在相等的时间内扫过相等的面积；三是对于任何两颗行星，其轨道周期的平方正比于与太阳距离的立方。开普勒第一定律说明：太阳的中心与行星绕着它运行的椭圆轨道的一个焦点重合。第二定律说明：行星在绕太阳的椭圆轨道上运行时，速度是不断发生周期变化的。在离太阳最近的一点（近日点），速度最快，在离太阳最远的一点（远日点），速度最慢。但是，太阳中心和行星中心之间的连线，在相同的时间间隔内，从椭圆上扫过的面积是相等的。第三定律则说明：行星绕太阳运行一圈所花的时间，与椭圆轨道的半长轴（椭圆长轴的一半）有关，半长轴越长，花的时间越长。开普勒又把自己的智慧转为幻想，于1609年写了一本小说《梦幻》，描述了“航天员”依靠魔力登上月球。虽然属于科幻小说，但小说表现了一定程度的先见之明，作者预见了加速度和宇宙真空问题及它们对人体的作用。

◆凡尔纳臆想旅月

法国科学幻想小说作家儒勒·凡尔纳（1828—1905），在他所著的小说《从地球到月亮》一书中，描述过一种假想：用300米深的洞穴代替大炮炮筒，内填720吨火药，用来向月球发射“登月飞船”，人们从炮塔上或用其他同样不可思议的方法乘坐在密封的登月飞船内去月球“旅行”。

◆齐奥尔科夫斯基撰文探月

齐奥尔科夫斯基（1857—1935），俄国物理学家和火箭技术先驱。生于俄国梁赞州伊热夫斯克。自幼因病失去听觉，靠自学成才。他利用火箭进行太空探索的设想发表于1903年。他的著作有《在地球之外》《关于天和地的幻想》等。齐奥尔科夫斯基详细地描绘了在火箭里飞行和生活的条件、在人造地球卫星上的侨民、关于拜访月球和其他小行星，等等。从19世纪末到20

世纪初叶，齐奥尔科夫斯基研究了怎样才能飞离地球，怎样才能使物体在没有空气的宇宙空间飞行，登月旅行采用什么速度、什么途径，等等。他最后得出结论，飞出地球只有采用火箭，别无他法。自1911年起他研究火箭技术的基本理论和多级火箭技术。他提出使用火箭不能作宇宙飞行，使用多级火箭才可以飞出地球的想法。他通过计算，认为要作宇宙旅行就必须用多级火箭。他还说，由于液体燃料可以产生很大的推力，将来必然会使用流体燃料火箭。

美丽的神话故事，无情地鞭挞了人世的残暴与邪恶，也朴素地反映了古人对于探索宇宙奥秘、揭示未知世界的神往。但在生产力十分低下的时代，人们无所凭借，只能以神话来表达意愿，寄托希望。无论故事的情节多么动人，除了幻想，还是幻想……

科学是人们摆脱幻想、实现意愿最理想的一种力量。人类在同大自然作斗争的漫长岁月里，正是随着科学的发展与进步，而不断扩展自己的活动范围：从陆地到海洋，从穿云破雾，到“巡天遥看一千河”。自1957年10月4日第一颗人造地球卫星上天以来，航天技术的发展速度超过了人们不久前最大胆的想象。今天，太空不再是可望而不可即的禁区了，而是人类活动的新的舞台。

独特的太空资源

太空是指地球大气层以外的宇宙空间，又称空间或外空。太阳系以内的空间可分为行星空间和行星际空间，太阳系以外的空间可分为恒星际空间、恒星系空间和星系空间等。地球空间是一个行星空间，是地球引力的作用区域。地球是太阳系内的九大行星之一，是一个平均半径为6371千米的椭圆形球体。若按地球引力作用范围来确定，其半径为从地心向外约93万千米；若按地球磁层所及范围来确定，其半径为地心向外约6.5万千米。行星空间是指行星引力的作用范围空间，或行星磁层、大气层所及范围。1981年召开的国际宇航联合会第32届大会上，将100千米作为外层空间的下限。

从空间技术的发展趋势看，在未来相当长时期内，超出地球作用球面的航天器一般将用于科学探索，难以具有直接的军事用途，因此国内外有关空间作战的著作普遍认为，空间力量的主要作战区域将是以100千米为内径（下限面），930000千米为外径（上限面）的空心球体。



第一章 太空的诱惑

按照有关国际组织的定义,把地球静止轨道(高度约 35800 千米)以下的空间称为近地空间,距地面 8 万 ~ 76.8 千米(后一数字等于地球到月球距离的 2 倍)的外层空间称为深空。迄今人类发射的航天器,包括各种卫星、飞船、空间站、航天飞机等,绝大多数运行在近地空间。航天器如不因为大气阻力而过早陨落,其轨道高度一般须距地面超过 180 千米。

当我们仰望天空时,除了云彩和日月星辰外,其他什么也看不到,似乎太空是一个空荡荡的世界。其实不然,太空中蕴藏着丰富的资源,有着各种取之不尽、用之不竭的宝藏。据目前技术手段所获取的资料来分析,太空的资源,主要有环境资源、能源资源、矿藏资源、旅游资源和信息资源等。

◆环境资源

太空独特的环境,既是人类征服太空的障碍,也是一种十分宝贵的资源。无论军事活动还是太空产业,都离不开它。如对导弹的侦察、监视、预警和跟踪,以及核检测、太空战、太空武器、卫星通信、地球资源探测、气象观测等都与太空特殊的环境分不开。1989 年,国际空间联合会将人类面临的环境分为四类:第一类环境为陆地;第二类环境为海洋;第三类环境为空中;第四类环境为空间,即太空。太空环境主要有:空间轨道、真空、微重力、电离层、空间粒子辐射、空间碎片、陨星体,以及其他一些如深冷、超静、无菌、无尘埃等独特的资源。

空间轨道。空间轨道一般在距地球 100 千米以上。由于距地球表面 100 千米以上的空间,居高临下,视野广阔,在空间轨道上运行的航天器可连续、定期、重复地观测地球,且活动不受阻碍。但适合于航天器运行的轨道又非常有限,因此,空间轨道成为航天大国争夺的重要资源。

人造地球卫星绕地球运动时其质心运动的轨迹,简称卫星轨道。通常只着眼于卫星与地球的相对位置,而不考虑地球绕太阳公转。

卫星轨道按形状分,有圆形轨道和椭圆形轨道两种。在圆形轨道,地心处于轨道圆心的位置,常用的轨道参数有:轨道高度,即轨道至地心的距离减去地球的平均半径,单位为千米;轨道平面倾角,即卫星轨道平面与地球赤道平面之间的夹角,以度为单位;运行周期,即卫星绕地球运行一圈所用的时间,以小时或分钟为单位。对椭圆形轨道,地球处在椭圆两个焦点之一的位置。常用的轨道参数有:近地点高度、远地点高度、轨道平面倾角和运行周期。大椭圆轨道是椭圆的长轴比短轴大得多的轨道,因为地球本身不是

一个真正的球体，卫星的运动不仅有地球引力的作用，还会受到月球、太阳和其他天体的引力，因此以上所说的圆形轨道或椭圆形轨道只是近似的圆或椭圆。

从使用的角度划分，卫星轨道可分为太阳同步轨道、极轨道、地球同步轨道、地球静止轨道等几种。卫星选用哪种轨道，主要取决于卫星所担负的任务。例如，照相侦察卫星和雷达成像侦察卫星一般选用太阳同步轨道，目的是使卫星能在每天基本相同的光照条件下飞经同一地区；电子侦察卫星选用圆形轨道，是为了准确地确定电磁辐射源的位置，方便信号处理；导弹预警、通信、广播等卫星通常选用地球静止卫星轨道，使卫星能覆盖地面更大的范围和与地面保持相对静止；气象卫星和资源卫星多选用极轨道，为的是实现全球覆盖（见表 1.1）。苏联（俄罗斯）的“闪电”号通信卫星选用椭圆形轨道，是为了使卫星每转一圈能有较长的时间与国内保持通信联系。

表 1.1 卫星轨道种类、使用范围和轨道特点比较

轨道种类	轨道使用范围	轨道特点
静止轨道	可对地面 1/3 区域提供连续的通信与气象观测	轨道倾角为 0° ，偏心率也为 0°
同步轨道	也可对地面 1/3 区域提供连续的通信，但由于倾角的不同，覆盖区也有不同程度的变化。如倾角为 25.3° 的同步轨道，可扩大南北极为覆盖区	倾角为 1° 以下，最大为 33°
太阳同步轨道	对同一纬度的地点以大致相同的当地平均太阳时进行观察，如摄影卫星	由于轨道同太阳光保持一定的角度，可有效利用太阳光观察地面
回归轨道	在地球的特定区域反复进行观察	利用不同的时间对地面同一地域进行观察
准回归轨道	对地球表面的大部分地区，每隔一定时间反复进行观察	卫星的视野范围以不同时间对大致相同地区，部分重叠依次覆盖全球

空间轨道的选择，影响空间航天任务的完成。通常，可将空间轨道分为低轨道（100 ~ 1500 千米）、中轨道（1500 ~ 35800 千米）和高轨道（35800 千米以上）三大类。航天器的运行轨道越高，其环绕速度就越小（见表 1.2）。



第一章 太空的诱惑

为了更深入地研究空间轨道对航天器的影响，这里对三类空间轨道的特性和所担负的任务进行分析：

表 1.2 空间轨道高度与环绕速度、运行周期的关系

轨道高度（千米）	环绕速度（千米/秒）	运行周期（时、分、秒）
200	7.791	1.28.28
300	7.732	1.30.27
500	7.619	1.34.32
1000	7.356	1.45.02
3000	6.525	2.30.31
6000	5.679	3.48.18
35800	3.076	23.59.04
380000	1.02	27.322 天

低轨道（LEO）的影响

运行于低轨道的航天器具有明显的优势：一是距离地面较近，不仅有利于获取较高分辨率的对地观测信息（一般侦察卫星和气象卫星均处于该类轨道），而且有利于对目标区陆地、海上、空中目标实施快速准确的侦测。二是轨道高度对通信质量影响较大，越靠近地球（越靠近地面通信设施），卫星通信所需能量就越少，用于接收/发送信号的天线就越小，这可满足不同通信用户的需求。三是进入低轨道所需能量较少。受空间运载能力的限制，大多数航天器（特别载人航天器）一般运行于此类轨道。四是位于低轨道的航天器每 1.5~2 小时绕地球一周，因此可更好地完成既定任务。但航天器位于低轨道也存在一些不足：一是可视区相对较小，仅占地球表面的 1.4% 左右；二是受大气阻力的影响，轨道衰减严重，航天器需消耗一定的能量，以保持轨道位置；三是易受到攻击，生存能力弱；四是对地面特定目标、区域的观测持续时间短、重访问隔周期长。

中轨道（MEO）的影响

位于该类轨道的航天器，受大气阻力的影响较小，运行过程中不消耗能量或极少消耗能量，因此，适于执行长期的任务。但由于距离地面较远，观测分辨率有所降低。一般来说，位于该类轨道的航天器较适于完成普查型侦察、资源探测和导航定位等任务。目前，美国的全球定位系统（GPS）和俄

罗斯的导航定位系统（GLONASS）均位于中轨道。

高轨道（HEO）的影响

最有价值的高轨道是距离地面 35800 千米、倾角为 0° 的地球同步静止轨道，其运行周期与地球自转周期相等，从地面上看，位于该轨道的航天器是静止不动的，这极有利于对地球表面特定目标、区域实施持续的执行任务。由于轨道高度高，使得该轨道上的航天器不仅视野广阔，静态覆盖范围可达全球表面的 42%，而且较其他两类轨道，也不易受到破坏，安全性较好，适于通信、数据中继、定点侦察监视和弹道导弹早期预警等军事任务。存在的主要缺点是无法覆盖高纬度（超过 70° ）的区域。目前，极少有航天器位于距离地面 35800 千米以上的空间轨道。

真空环境。太空空气稀薄，处于真空或近真空的环境。航天器一般是在真空或近真空环境中运行，大气阻力可以忽略不计，有利于航天器在外层空间进行长期部署。通常位于较高轨道的航天器，可有效运行数年至数十年。但是，在高真空环境中，航天器的表面材料升华加速，氧化膜易遭破坏，这将造成航天器与外部环境介质间的摩擦加剧。如果不能有效地进行防护，最终将导致航天器使用寿命的降低。

在真空环境中，几乎不存在物质的对流，因此也不存在对热的传导，热的传递仅仅通过辐射来实现。因此，当航天器运行于受太阳照射的轨道段时，其环境温度可达 $100^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。而当航天器运行于地球阴影区时其环境温度则降为 -100°C 以下，温差高达 $200^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 。在如此恶劣的热环境中，要求航天器具有完善的温度控制系统，保证航天器内部各种设备、人员处于适当的温度环境之中（一般来说，电子设备的工作温度为 $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ；蓄电池的工作温度为 $5^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ ），否则将导致航天器运行的失败。例如，美国的“天空实验室”由于发射时外表面温控涂层被破坏，入轨后工作舱内的平均温度高达 50°C 以上，因此被迫采取应急措施，才勉强恢复到正常的工作状态；日本的首发卫星，由于热设计的问题，造成星载电子设备温度升至 60°C 以上而停止工作，使得卫星仅在预定轨道上运行了六圈。

高真空是进行许多科学实验、发展航天技术、生产电子产品和高级药品的理想环境。太空的高真空资源，引起了许多科学工作者的极大兴趣，正在探讨开发利用这一特殊资源的各种方案。随着航天技术的发展，高真空将造福于人类。

失重环境。航天器环绕地球运行时，航天器内的一切物体均处于失重状



第一章 太空的诱惑

态。失重条件对于航天器的结构设计影响不大，甚至可以说利多弊少，因为航天器结构基本不承受由自身重量所产生的压力；对于航天器的温度控制稍有影响，因为失去了对流调节温度的手段；对于航天器的姿态控制、轨道机动有一定的影响，因为液体燃料将无法依靠自身的重量流入发动机的燃烧室，造成发动机如使用液体燃料时，必须利用气体进行压送，然而液体燃料一旦与气体混合，极易形成泡沫，使燃料难以完全燃烧。因此，在失重条件下发动机应尽量使用固体燃料，若使用液体燃料时，必须将燃料与气体完全隔开。对于航天器内的各类电子设备，失重对其无任何影响。



航天员在失重环境中的状况

对于进入太空的人员而言，在失重状态下，由于大量血液涌向头部，循环系统的功能会发生紊乱，从而导致心血管疾病，并且平衡系统会产生“错误”的平衡感觉信号，使人产生倒置感，而引起眩晕、恶心、呕吐等症状。长期处于失重状态，骨骼不再承受压力，将造成明显的脱钙症状，久不用力的肌肉，也会发生萎缩。如果不采取各种有效的措施缓解失重这一问题，那么进入太空的人员将会很快丧失活动能力。

电磁环境。电磁环境主要指电离层、地球磁场以及空间粒子的辐射。

电离层是指大气层中存在的能反射无线电波的电离介质区域。电离层通常分为 D、E、F1 和 F2 层，从 60 千米左右起一直延伸至 2000 千米高度的空间。短波电磁射线流（X 射线、 γ 射线）及原子核内反应生成的粒子（ α 粒子、 β 粒子、质子、中子）构成的粒子射线称为电离（穿透）辐射。电离辐射能深入物体和材料内部，并在很大程度上使其电离。电离辐射的强度以粒子在物质中的路程或粒子能完全被吸收时吸收物的质量（克/厘米²）描述。

电离层对航天器的影响主要表现在：一是对通信系统的影响。为了避免电离层的反射效应，卫星通信使用频率的下限取决于电离层的临界频率，通常采用高频、甚高频和超高频。但由于电离层中存在不规则体，会使经其传播的无线电波受到法拉第效应和电离层闪烁的影响，使无线电波发生时延、信号衰落，通信质量下降。更为严重的是，由于太阳的剧烈活动而引起电离