

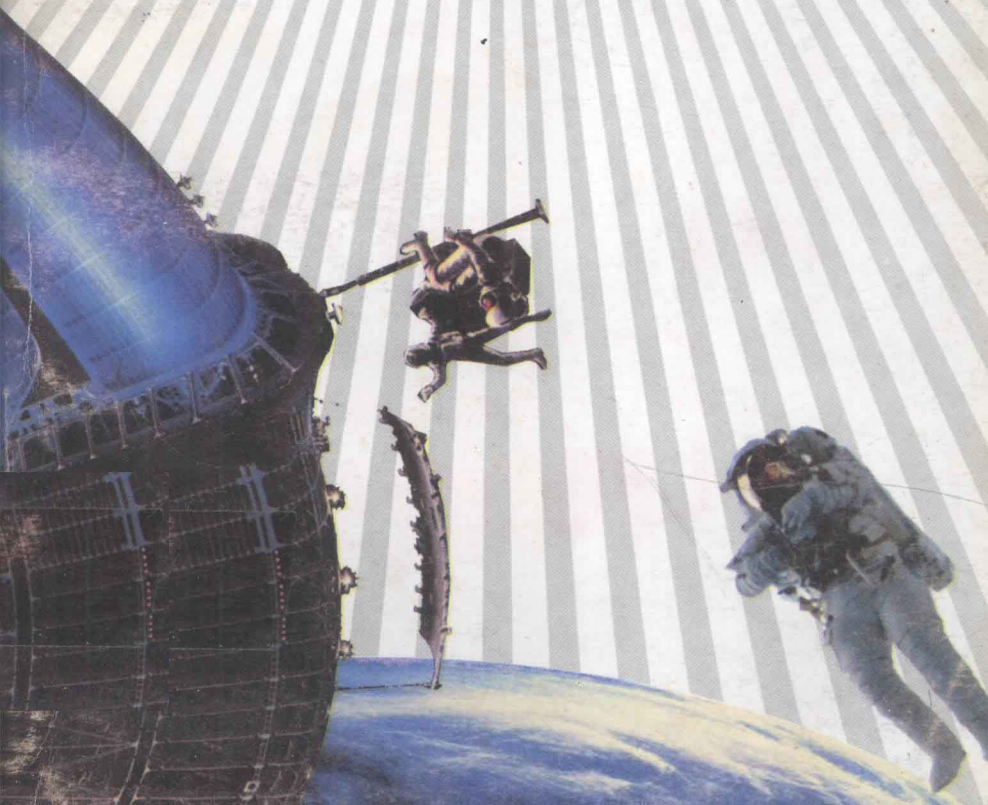
科 学 家 谈 未 来 科 技



遨 游 太 空

李大耀 / 编著

◆ 湖南师范大学出版社



遨游太空

李大耀 编著

湖南师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

遨游太空 / 李大耀编著. —长沙: 湖南师范大学出版社, 2001.6

(科学家谈未来科技)

ISBN 7—81081—047—2/V·001

I. 遨 ... II. 李 ... III. 航天—普及读物
IV. V4—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 030178 号

遨游太空

编 著: 李大耀

策 划: 龚维忠

组 稿: 孙利军

责任编辑: 阙永忠

责任校对: 刘琼琳

湖南师范大学出版社出版发行

(长沙市岳麓山)

湖南省新华书店经销 湖南省岳阳印刷厂印刷

850×1168 32 开 4.125 印张 95 千字

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—5200 册

ISBN7—81081—047—2/V·001

定价: 8.50 元

总 序

徐冠华

(国家科学技术部部长)

《科学家谈未来科技》丛书与广大读者见面了。它们精练地介绍了现代科学技术基础知识，并主要论及其未来发展趋势。

丛书共有 14 册，它们涉及物理世界、化学世界、宇宙繁星、茫茫太空、广阔深邃的海洋、人类居住的行星地球、生命之谜、太空生存与地外文明、太空航行、绿色能源、造万物的材料、制造自动化、信息世界、社会可持续发展等。全书图文并茂，向读者展现出自然界的图景，以及人类在生存和发展中改变自然环境的多种技术。它们包含着大量的知识，引导读者不断地追求知识，进入无限宽广的科学技术世界。

在人类发展的历史长河中，科学技术是人类创造的最成熟的知识体系，正是它使人类认识自然、认识自我，摆脱愚昧，从而建立起近现代文明，并将一直指引着人类走向更加文明的世界。

在构筑人类文明的过程中，中华民族曾创造了灿烂辉煌的古代文明，但自近代以来，我们落后了。华夏儿

女从反思中觉醒，并经一百多年的艰苦奋斗，才从近代社会转向了现代社会。在未来社会中，更需要崭新的科学技术知识，这就使我们立志，必须终生不断地学习，创造崭新的知识，最大限度地从整体上提高全民的科学文化素质。惟其如此，在新的历史时期，中华民族才能再现辉煌。

丛书的宗旨就在于启迪广大民众，特别是广大青年，在进入人类知识的海洋中，奠定牢固的基础，开拓视野，激起求知的兴趣，立志攀登科学技术的高峰。

徐冠华

2001年1月3日

前 言

遨游太空是对航天的一种通俗说法。现阶段的航天，主要指人造的飞行器在地球稠密大气层之外（即太空）、太阳系之内的飞行。用于航天的飞行器称为航天飞行器（简称航天器），用于发射航天器并将其送入太空的飞行器称为航天运载器。

航天虽然是人类自古以来的理想，但其蓬勃发展则始于 20 世纪 50 年代后半期。自 1957 年 10 月 4 日前苏联使世界上的第一个航天器——伴侣 1 号（或译成卫星 1 号）人造地球卫星进入环绕地球运行的轨道，至 2000 年年底，全世界共进行了约 4100 次成功的发射（其中载人航天飞行约 230 次），共将 5400 余个航天器送入太空，使 400 余名航天员（按人次计，约 800 人次）进行了太空遨游。

航天的兴起和发展，使人类的活动范围由地球的陆地、海洋和稠密大气层跃上了广阔无垠的太空，地球的天然卫星——月球表面还留下了人类的足迹。由各类航天器探测研究太空环境、开发利用太空资源，极大地深化了人类对自然的认识，有力地推动了人类文明的进程。用于实现遨游太空的航天技术（又称空间技术）及其产业已成为当代最活跃、最具影响力和最有发展前景的新兴生产力之一。

本书首先从开发利用太空资源为人类造福的角度论述了为什么要遨游太空，接着以航天运载器和航天器为重点介绍了如何才

能实现太空遨游以及 20 世纪遨游太空的业绩，然后展望了 21 世纪初期太空遨游的前景，最后简述了中国在航天事业上取得的进展。期望青少年读者通过阅读本书，能对遨游太空的基本知识和基本情况有一个较全面、系统的认识，并由此增加对遨游太空的兴趣和增强向科学技术进军的愿望。

目 录

前 言	(1)
第一章 遨游太空的目的	(1)
第一节 太空——人类进入的新天地	(1)
第二节 太空资源——航天致力开发的对象	(3)
第三节 航天技术——遨游太空的手段	(10)
第二章 遨游太空的前提	(13)
第一节 宇宙能量	(13)
第二节 火箭推进原理	(18)
第三节 多级火箭	(22)
第四节 航天运载器的组成和分类	(26)
第五节 航天运载器的飞行程序和发射弹道	(29)
第六节 航天发射场和航天测控网	(34)
第三章 遨游太空的器具	(38)
第一节 航天器的分类	(38)
第二节 航天器的系统组成	(43)
第三节 航天器轨道的一般讨论	(54)
第四节 人造卫星的运行轨道	(57)
第五节 深空探测器的轨道	(64)
第四章 遨游太空的业绩	(68)

第一节	型号众多的航天运载火箭	(68)
第二节	一枝独秀的美国航天飞机	(73)
第三节	大显神通的人造卫星	(77)
第四节	探月察星的深空飞行器	(87)
第五节	载人巡天察地的飞行器	(93)
第五章	未来的太空遨游	(98)
第一节	较快、较好、较省地遨游太空	(98)
第二节	国际空间站	(104)
第三节	月球基地和载人火星飞行	(107)
第六章	中国的航天事业	(111)
第一节	中国航天事业的发展宗旨和发展原则	(111)
第二节	20 世纪的中国航天	(112)
第三节	未来 10 年的中国航天	(121)
参考文献		(123)

第一章 遨游太空的目的

太空是地球稠密大气层之外的空间区域，为外层空间或宇宙空间的同义词，往往又称为空间，在中国还称为天。

在古代神话中，天上有天宫，天宫是神仙居住的世界。在天宫里，有金碧辉煌的宫殿和玉柱灿烂的楼阁，有千年不谢的奇花和万载常青的异草。飞上太空，到天宫一游，反映了古代人们对美好生活环境的向往。

在现代人们特别是科学家的眼光中，飞上太空绝对不是到想象中的天堂去拜访虚缈的神仙，欣赏华丽的玉宇，而是因为太空中有众多未知的奥秘，存在着不少为地球表层及其稠密大气层里所没有的独特资源。到太空中去，探测研究太空奥秘，开发利用太空资源，以深化人类对自然界的认识，满足人类对自身幸福的需求，是人类去实现遨游太空的基本动力和根本目的。

第一节 太空——人类进入的新天地

人类的生息之地——地球，可近似地看做一个半径等于 6371 千米的正球体。地球表面大体上可分为陆地和海洋两部分。其中，陆地指地球表面未被海水浸没的部分，其面积约为 1.48 亿平方千米，约占地球表面积的 29%；海洋指地球表面被水覆盖的广大部分，其面积约为 3.62 亿平方千米，约占地球表面积

的71%。在地球表面之外，有一个为地球引力场和地球磁场所束缚的气体层（称为地球大气层）。地球大气层内的大气密度随距地面高度的增加按指数规律迅速下降，在海拔100千米处的大气密度约为海平面大气密度的 $1/1 \times 10^6$ 。以哪个高度（为相对于地球表面的高度，下同）作为稠密大气层与太空的分界面，既随科学技术领域的不同而异，又是一个涉及各国权益的问题。因为，根据国际法，各国拥有领空权，一个国家的领空别国不得侵犯（这里的“空”实际上指的是航空活动的范围——稠密大气层）；而太空则是全人类的开发范围，决不能通过主权利要求、使用和占领或其他任何方法据为一国所有。尽管如此，从环境特点和资源开发利用的角度，把海拔100千米左右的高度作为太空的下界是合宜的。

人类在其文明发展的进程中，首先适应和认识，进而开发和利用的是地球的陆地环境以及陆地上的土地、山、水和动物、植物等资源，进一步开发和利用的是陆地的矿物资源。随后，对环境的认识和资源的开发扩大到海洋。20世纪初期，这个进程深入到稠密大气层（1903年12月，世界上首次出现了有人驾驶的飞机）。20世纪50年代以来，这个进程又扩大到太空。1957年10月，世界上首次实现了人造天体（航天器）的太空遨游。从此，世界进入了航天时代。

太空，这个人类进入的新天地，其重要性已得到科技界和社会的公认。国际宇航联合会于1981年在意大利罗马召开的第32届年会，首次把太空与地球的陆地、海洋和稠密大气层并列为人类的四大环境，称陆地为第一环境，海洋为第二环境，稠密大气层为第三环境，太空为第四环境。联合国大会曾将1992年定为“国际空间年”，以促进各国联合起来共同迎接航天时代的挑战，

使全人类都可以从空间科学的新发现和空间的实际利用中获得最大效益。联合国第 54 届大会决定，自 2000 年起，将每年的 10 月 4 日至 10 日定为“世界空间周”，以庆祝空间科技为改善人类生存条件以及对提高人类生活水平作出的贡献。

第二节 太空资源——航天致力开发的对象

诚如地球的陆地、海洋和稠密的大气层内拥有可供人类开发利用的资源一样，太空中也有可供人类开发利用的资源。

太空资源指太空天然存在的或航天器进入太空轨道而自然产生的有用的特性，是航天器问世以来才得以开发利用的。太空资源作为专门术语，在中国出现于 1983 年左右。自那时以来，探索研究太空环境、开发利用太空资源是航天的主要任务，已逐步成为人们的共识。1993 年，江泽民总书记为中国空间技术研究院成立 25 周年的题词就是：“发展空间技术 开发空间资源”。

现今已开发利用得较好或可望开发利用的太空资源主要有以下几类：

- 相对于地球表面的高远位置（简称太空高远位置）；
- 高真空和超洁净；
- 地球引力场；
- 航天器内部的微重力环境（又称太空微重力）；
- 太空太阳能；
- 月球资源。

上述这几类太空资源的开发利用程度不尽相同。其中，太空高远位置资源是迄今为止由航天器开发利用比较广泛和取得重大经济、技术、军事和社会效益的一项太空资源，主要用来获取、处理、传输或储存各类地球信息；高真空和超洁净资源、地球引

力场资源是为各类航天器利用的资源，其中前一项资源的利用促进了空间天文学的发展；太空微重力资源和太空太阳能资源的开发利用尚处于试验、研究和创造条件的阶段，有待航天技术的进一步发展才能达到一定的规模；月球资源要待月球基地成为现实后，才能适度开发利用。

一、太空高远位置资源

相对于地球表面的高度是一项价值巨大的资源。唐代诗人王之涣的诗：“白日依山尽，黄河入海流。欲穷千里目，更上一层楼。”反映了所在位置愈高，视野就愈宽广这样一个道理。

太空相对于地球表面的高程度是地面上的高塔和山峰或在地球稠密大气层中飞行的气球和飞机等望尘莫及的。世界上最高的人造建筑物——加拿大多伦多广播电视塔，只有 553 米高。地球之巅——喜马拉雅山珠穆朗玛峰的海拔，只有 8848 米。飞机、气球飞行高度的最大值不超过海拔 50 千米。而太空距地球表面的高度至少为 100 千米左右。距地面的高度愈大，可观察的地域就愈大。表 1-1 给出几个典型高度处的可观察地域相对值（以最大可观察地域面积与地球表面积之比值表示）。

表 1-1 距地面高度与可观察地域的关系

距地面的高度（千米）	10	200	36000
可观察地域的相对值（%）	0.07	15.2	42.4

二、太空高真空、超洁净资源

太空位于地球稠密大气层之外，那里仅存在极其稀薄的大气。海拔 165 千米处的大气密度，仅为海平面大气密度的 $1/1 \times 10^9$ 。大气密度以及大气中所含尘埃的数密度随高度的变化趋势，大致按指数规律迅速下降。因此，高真空和超洁净是太空环境的

显著特征之一，这也是“太空”得名的缘由。表 1-2 给出几个典型海拔处的大气密度相对值（以大气密度与海平面大气密度之比值表示）。

表 1-2 大气密度随海拔变化的关系

海拔 (千米)	18	33	67	96	125	245	540	980	2750
大气密度 相对值	1×10^{-1}	1×10^{-2}	1×10^{-4}	1×10^{-6}	1×10^{-8}	1×10^{-10}	1×10^{-12}	1×10^{-14}	1×10^{-16}

太空高真空、超洁净环境是航天器能在其中长期运行的先决条件。这一环境特征使在航天器上对天体的观察要比传统的在地面观测台站进行的天文观察优越得多，可以获取到宇宙全谱段的电磁辐射图像，有助于人们较全面地认识宇宙。

三、地球引力场资源

地球的质量为 5.976×10^{24} 千克。在地球外部，地球的引力场近似于一个位于地心（地球质心）的、质量等于地球质量的质点所产生的引力场（地心引力场）。就是说，地球对其外部某物体（视作质点）的吸引力 F 可以近似地写成

$$F = \mu \frac{m}{r^2} \quad (r \geq R) \quad (1-1)$$

式中 μ 为地球引力常数（为万有引力常数与地球质量的乘积，等于 $398603 \text{ 千米}^3/\text{秒}^2$ ）， m 为物体的质量， r 为物体与地心之间的距离（地心距）， R 为地球半径（取其平均值 6371 千米 ）。

诚然，航天器要飞上太空，必须克服地球引力对它的无形桎梏。但是，航天器一旦飞上太空，包括地球在内的天体引力就决

定了它的运动规律。对于环绕某天体（例如地球）运动的航天器来讲，该天体的引力就是维系航天器作这种运动的作用力。由此可见，地球（或其他天体）的引力场是航天器能长期驻留在其周围空间的必要因素。

四、太空微重力资源

太空微重力并不是说太空本身是微重力环境。以地球周围的空间为例，在那里，一个相对于地球静止的物体的重力 G 基本上就是该物体所受到的地球吸引力。根据式 (1-1)， G 可表示成

$$G = G_0 \frac{R^2}{r^2} \quad (r \geq R) \quad (1-2)$$

式中， G_0 为物体在地球表面处所受到的地球吸引力。

从式 (1-2) 可见， G 与地心距 r 的平方成反比。只有当 r 趋近于无穷大时，重力 G 才趋于零。

太空微重力的真实含义为，在航天器作无动力运动时，其内部物体在固连于航天器的参考系中量度出的视重力极小（即接近完全失重）。

失重状态在日常生活中也会遇到（图 1-1）。例如，人站在电梯内的磅秤上，当电梯向下加速运动时，人会发现磅秤上的指示重量（视重力）要比平时的重量（即地面处静止状态的视重力）小，好像失去了一部分体重（部分失重）。如果电梯向下的加速度等于地球引力（重力）加速度，则磅秤上的指示重量就等于零（完全失重），这时人也会感到似乎飘浮在空中。反之，当电梯作向上加速运动时，磅秤上的指示重量要比平时的体重大，宛如增加了一部分体重（超重）。

微重力环境基本上摆脱了重力的约束和影响。在那里，物体

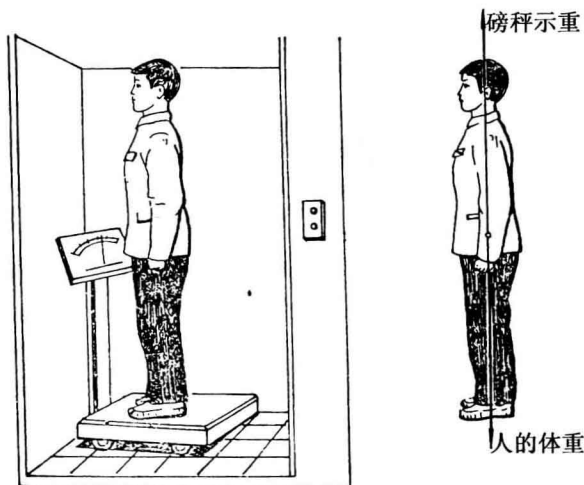


图 1-1 失重 (电梯向下加速)

没有“轻”和“重”之分，液体或气体中的物体也无所谓“沉”与“浮”，人也可以随意在空中漫游。在各种产生微重力环境的方法中，航天器内部微重力水平之高、微重力持续时间之长引人注目。表 1-3 给出各种试验方法所产生的微重力水平和微重力持续时间。

表 1-3 各种试验方法产生的微重力比较

试 验 方 法	视重力与地面重力之比	持续时间
从高塔或落管中投放载荷	$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-3}$	几秒钟
从高空气球投放载荷	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3}$	0.5~1 分钟

续表 1-3

飞机作抛物线飞行	$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-1}$	几十秒钟
探空火箭惯性飞行	$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$	5~10 分钟
航天器	$1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-3}$	若干天到若干年

太空微重力资源在材料和药物制备等方面有广阔的应用前景。

五、太空太阳能资源

太阳是太阳系的中心天体，它源源不断地向外部辐射出巨大的能量。

太阳能是地球上各种能量的源泉。但是，每年在地球上大约只有一半的时间才能接收到经过地球稠密大气层及其中的云层、尘埃、水汽等吸收、折射、散射和遮挡后强度减弱、波段受损的太阳能。与此相比，太空太阳能的时间利用率、强度和波段的完整性显著地高于或好于地面上的太阳能。例如，沿地球静止轨道（位于赤道平面，距地面高度约 36000 千米的圆形顺行轨道，参见第三章第四节）运行的航天器，每年有 99% 的时间都能接收到太阳光的照射，即其日照时间约为地面日照时间的一倍。

太空太阳能要成为地面能源的重要组成部分，需要在太空兴建大型太阳能发电站（太阳能卫星）。由这种卫星将接收到的太阳能转换成微波或激光能量向地面发射，然后由地面将装置接收到的能量转换成电能。

六、月球资源

月球是地球唯一的天然卫星，是最接近地球的地外天体。

通过在地面对月球的长期观察和航天器对月球进行的近旁观