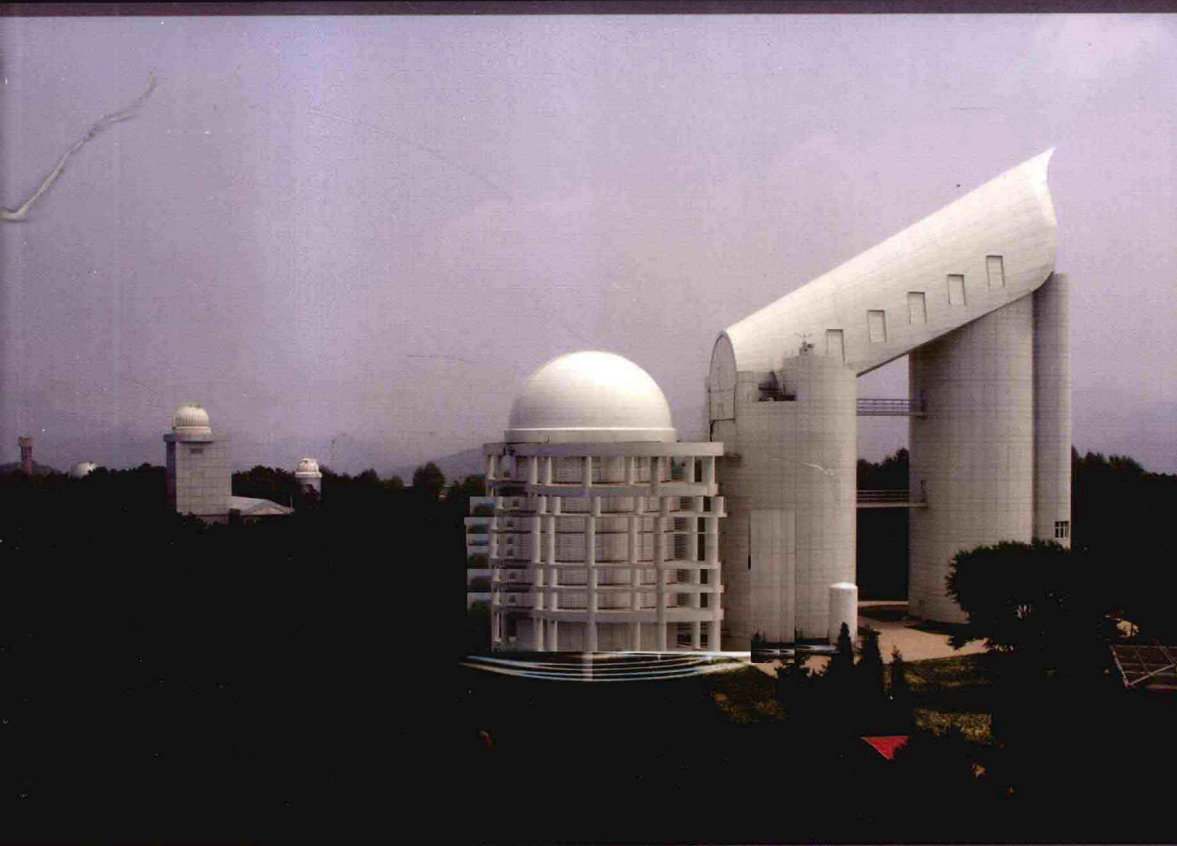


话说宇宙

林元章 著



科学出版社

话说宇宙

林元章 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

星星离我们有多远? 太阳为何会发光? 彗星和流星雨是怎么回事? 宇宙真的在膨胀吗? 到底有没有外星人? ……本书通过 10 个专题, 介绍了月球、太阳、日食和月食、太阳系、星空、恒星世界、银河系和河外星系、宇宙的演化、外星人问题, 以及探测宇宙的利器等, 用通俗的语言对各类天体和宇宙结构作了系统的讲解。

对有志于了解天体和宇宙以及天文学基本知识的中学生、大学生和同等文化程度其他读者, 这本天文科普读物, 很值得一读, 相信读后必将会有所助益。

图书在版编目(CIP)数据

话说宇宙 / 林元章著. —北京: 科学出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-03-036311-4

I. ①话… II. ①林… III. ①宇宙—普及读物 IV. ①P159-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 001343 号

责任编辑: 钱 俊 鲁永芳 / 责任校对: 钟 洋

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 东方人华

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 1 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2013 年 1 月第一次印刷 印张: 16 3/4

字数: 327 000

定价: 68.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

2007年5月14日温家宝总理在同济大学对师生的一次讲话中,曾经谈到“一个民族有一些关注天空的人,他们才有希望;一个民族只是关心脚下的事情,那是没有未来的”。温总理关于星空的激情诗作《仰望星空》(见附录),更是令人印象深刻。

星空和宇宙,总是给人神秘的感觉。星星离我们有多远?太阳为何会发光?它的光芒还能持续多久?日食和月食是如何发生的?彗星和流星雨是怎么回事?太阳系和银河系的构造如何?宇宙真的在膨胀吗?到底有没有外星人?天文学家如何获得遥远天体的知识?……我们脑海中有太多的疑问。同时,包括我国在内的众多国家正在争先恐后地探测月球,甚至还探测火星、木星、土星、金星、小行星和彗星。我国的嫦娥探月工程有哪些具体内容?花费巨大的人力、物力和财力进行月球探测值不值得?对其他天体的探测有何意义?这些也是人们关注的焦点。总之,天文学永远是自然科学中最令社会大众,尤其是大、中学生感兴趣的学科之一。

然而,许多人却分不清天文学与气象学的区别,他们不知道气象学研究的领域是地球大气内(主要是对流层)的各种现象,如风、云、雨、雪;而天文学则是研究地球大气外的物体(称为天体),如日、月、星星。也有许多人分不清星星中行星和恒星的含义。更有甚者,还会受到诸如“UFO就是外星人”,以及“三星或五星连珠表示将发生天灾人祸,甚至世界末日”的误导。因此,天文基础知识的普及教育又是科普工作中相当急迫和重要的领域。

笔者在中国科学院紫金山天文台和国家天文台从事天文学专业研究工作40年(1957~1997年)。退休后曾在中国科学院研究生院讲授“太阳物理学”课程,持续8年。从2002年开始,怀着专业科研人员从事科普工作是一种社会责任的信念,通过参加中国科学院老科学家科普宣讲团,加入了科普群体。除了接受安排,到北京市的中、小学和少数大学作一次性的专题报告外,还在北京大学附属中学(北大附中)和中国人民大学附属中学(人大附中)开设选修课“话说宇宙”。本书就是根据多年讲课的讲稿整理和补充形成的。笔者试图通过十个选题,尽量用比较通俗的语言,对月球、太阳、日食和月食、太阳系、星空、恒星世界、

银河系和河外星系，直到宇宙深处，对天文学的基础知识进行系统的讲解。本书定位的读者层次主要是高中生，不过根据笔者在选修课讲授中的经验，感到对于选修此课的初中生（他们大多是天文爱好者），理解本书的大部分内容也并无困难。笔者相信，本书对于有兴趣了解宇宙基础知识的大学生和社会大众，也会有所帮助。

林元章

2012年3月

目 录

前言

第一章 探测月球	1
一 月球概述	1
二 月球探测的意义	7
三 月球探测的历史回顾	11
四 中国的嫦娥探月工程	15
第二章 我们的太阳	21
一 为什么要研究太阳	21
二 太阳的基本构造	23
三 太阳活动现象	28
四 太阳对地球的影响	33
五 太阳的演化	37
第三章 天象奇观日月食	42
一 日食和月食是如何发生的?	44
二 日食和月食的类型及其发生频率	46
三 日全食的观测意义	52
四 我国的日全食和日环食观测	56
第四章 走进太阳系	62
一 从冥王星降级说起	62
二 大行星及其空间探测	67
三 太阳系的小天体	85
第五章 仰望浩瀚的星空	93
一 星座、星名和星等	93
二 恒星距离和绝对星等	104
三 恒星的光度、大小、质量和密度	109
四 恒星的信息宝库——光谱	112

第六章 恒星世界真奇妙	120
一 双星	120
二 变星	123
三 耀星、新星和超新星	125
四 星团、星云和星际物质	130
五 恒星的诞生和消亡	136
第七章 巡游宇宙岛屿	147
一 银河系	147
二 正常河外星系	151
三 特殊星系	155
四 星系团和超星系团	160
五 宇宙背景辐射	163
第八章 宇宙是如何演化的?	168
一 早期的宇宙模型	168
二 标准大爆炸宇宙模型	173
三 宇宙极早期的暴胀模型	179
四 暗物质、暗能量和宇宙加速膨胀	183
第九章 外星人在哪里?	191
一 UFO 不是外星人	191
二 太阳系外行星搜索	198
三 尝试与外星人沟通	205
第十章 探索宇宙的利器	214
一 天体的辐射和天文望远镜分类	214
二 太阳望远镜	217
三 地基天文光学望远镜	225
四 射电天文望远镜	238
五 空间望远镜	251
参考书目	258
附录	259

第一章 探测月球

一 月球概述

月球俗称月亮，是地球的天然卫星。月球环绕地球运行的轨道近于圆形，它绕地球一周的时间为 27.3 天。月球与地球的平均距离为 384400 公里，或者粗略地说，约为 38 万公里。38 万公里是个什么概念呢？如果我们乘坐速度为每小时 1000 公里的飞机从地球出发，需要 16 天才能到达月球；如果改乘每小时 200 公里的火车，就需 80 天才能到达；如果在地球和月球之间架起一座天桥，那么以每小时 6 公里的步行速度日夜兼程，就需 7.3 年才能到达月球。不过如果我们乘坐速度为每小时 5500 公里的火箭，只需 70 小时就能到达月球。我们知道世界上最快的速度是光的传播速度，即每秒 30 万公里，因此从月球发出的光线或者无线电波，只需 1.3 秒就能到达地球。

月球的直径是 3476 公里，或粗略地说约 3500 公里，稍大于地球直径 12756 公里的 $\frac{1}{4}$ ，大体上相当于亚洲的大小，但其表面面积约为中国的 4 倍（图 1.1）。月球体积是地球的 $\frac{1}{49}$ 。月球的质量为 7350 亿亿吨，是地球质量的 $\frac{1}{81}$ 。月球的平均密度为每立方厘米 3.34 克，小于地球的平均密度每立方厘米 5.52 克。



图1.1 航天器拍摄的地月合影

人们从农历月初至月终的不同日子里，看到月球的形状（称为月相）

是不一样的（图 1.2）。这是由于月球环绕地球运行的过程中，从地球上的人们看到月球被太阳照亮的面积和形状不同造成的。图 1.3 中央为地球，环绕它的是位于不同位置时的月球，太阳光从右面射向地球和月球，它们面向太阳的半球为亮区，背向太阳的半球为暗区。图中最外层圆圈上的一排小圆圈表示当月球在不同



图1.2 月相变化

位置时从地球上看到的月相。农历初一时，从地球上只能看到月球未被太阳光照亮的暗半球，因此实际上看不见月亮（称为新月）；农历上旬，人们看到月球被太阳照亮的区域逐渐增大，就是上弦月；到了农历十五或十六，从地球上看到的正好是它被太阳照亮的整个半球，成了一轮满月；到了农历下旬，人们看到月球被太阳照亮的区域又逐渐变小，这就是下弦月；到了下一月的农历初一，月球又变成了看不见的新月。

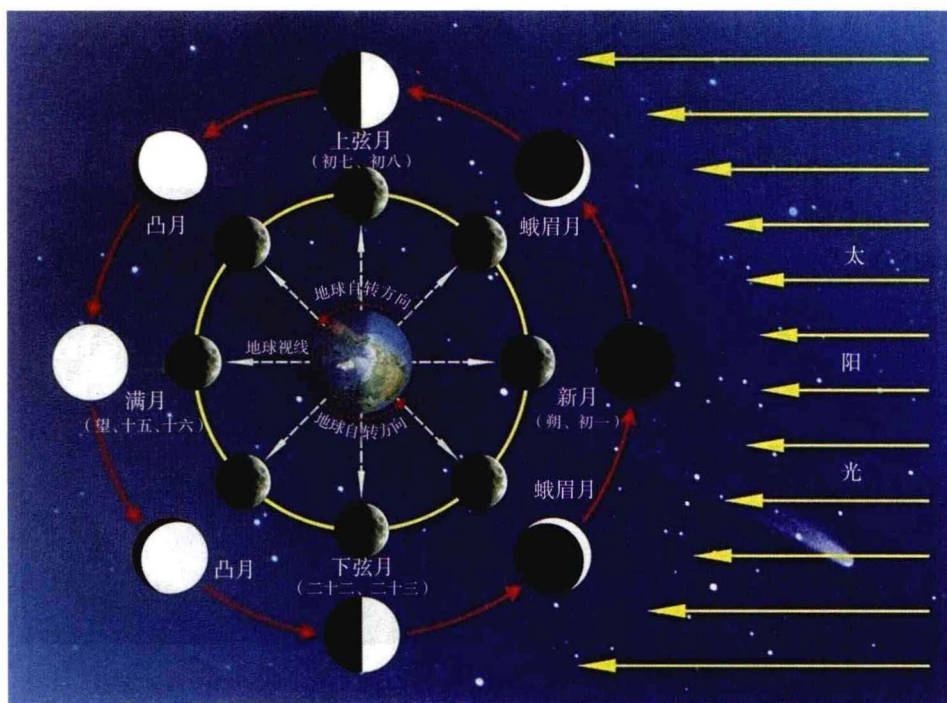


图1.3 月相变化原理

月球的自转周期与它环绕地球公转的周期相同，都是 27.3 天，因此它总是以固定的半球面向地球，另一半球永远背向地球，从地球上是不看到的。只有利用绕到月球背面的航天器才能看到月球的背面。图 1.4 是用绕月航天器拍摄到的月

球背面。那么为什么说月球以固定半球朝向地球就表明其自转周期与公转周期相等呢？如图 1.5 所示。设月球上有一具无线电天线，若月球无自转而只有公转，天线的方向将永远朝上，为左图。右图则表明月球公转一周过程中，天线总是朝向地球，它的方向也正好在空中旋转了 360 度，即月球也自转一周，可见月球自转一周正好也公转了一周（图 1.5）。

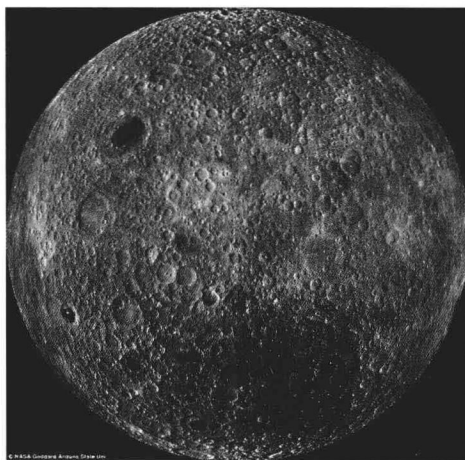


图1.4 月球背面

月球环境与地球的最大差别或

许就是月球上既没有空气，也基本上没有水。由于月球质量太小，它的引力只有地球的 $1/6$ ，这样微弱的引力无法把空气吸引住并留在月球上，因为气体的热运

动能轻而易举地摆脱掉

这样小的引力而逃离月

球。由于没有大气的保

护，月球表面如果曾经

有过大片水域，也必定

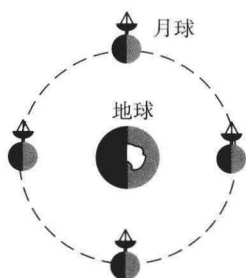
会在炽热的太阳光照射

下很快蒸发散失。不过美

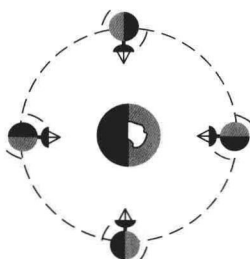
国于 1994 年和 1998 年

发射的两个月球探测器，

以及 2008 年美国安装在



假如月球没有自转



自转一周刚好等于公转一周

图1.5 月球自转与公转周期示意图

印度探月航天器上的微型合成孔径雷达和 2009 年美国发射的“月球勘测轨道器”，都观测到在月球的南极和北极附近太阳光照不到的永久阴影区中，有水冰的痕迹。据推测可能是一些以冰为主要成分的彗星撞击月球后留下的“遗骸”，因处在永久阴影区中而免受蒸发散去。不过这一问题尚需进一步探测证实（图 1.6）。

月球表面并不光滑，而是高低不平。我们看到月亮上有些地方较为明亮，有些地方较为黑暗，从而想象月面上有吴刚伐树和玉兔捣药等，当然只是美丽的传



图1.6 月球南极区



图1.7 满月

说（图 1.7）。实际上我们看到的亮区是月球上的山脉和高地，较暗的区域则是平原和凹地。月球地貌最突出的特色就是有很多近于圆形的环形山。目前认为这些环形山的成因有两种：其一是由月球形成早期的火山爆发造成的；另一原因是太阳系小天体撞击的结果。图 1.8 是月面上不同区域的名称，可见高耸地带多以山



图1.8 月面上不同区域的名称

脉命名，低平地区则称为洋或海，环形山大多用历史上的科学家命名，例如我国古代著名的科学家张衡、祖冲之和郭守敬等。图 1.9 为月面上某局部区的小山峰和环形山，其中山峰的阴影很长，表明太阳刚刚升起。月球上最高山峰的高度可达 10000 米，比地球上的最高峰珠穆朗玛峰还高。图 1.10 是月球南部的第谷环形山，其直径为 86 公里，其中心山峰高度为 2300 米。

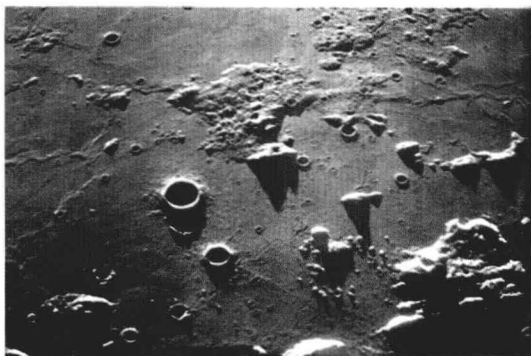


图1.9 月面局部区的小山峰和环形山

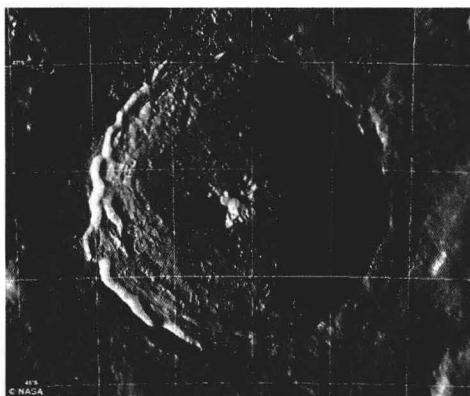


图1.10 第谷环形山

由于月球没有大气和大片水域，结果出现了许多与地球上完全不同的独特景象。首先是没有地球上常见的风、云、雨、雪等天气现象，也没有任何生物和生命活动。其二是声波无法借助空气传播，说话听不见、打炮无声响，因此月球表面是一片荒芜和寂静的世界。其三是由于没有大气和海洋起缓冲和调节作用，月球上的昼夜温差极大，在强烈的太阳光照耀下，

白天的最高温度可高达 127°C ；夜间因失去阳光，温度急速下降到 -183°C 。更有意思的是由于没有大气散射太阳光，即使在白天，月球上看到的天空也是漆黑的，太阳和星星同时出现，相互辉映，同时还会看到非常壮观的蓝白色地球（主要是地球上海洋和云彩的颜色），它的角直径比太阳还要大 4 倍，这是一幅多么美妙的动人景象呀！

月球是一颗寂静星球的含义还不只是上述这些。地球上除了有多彩纷呈的天气变化和繁荣昌盛的生命现象外，还经常会发生来自地壳板块运动和地球内部原因造成的火山爆发、地震和海啸等剧烈活动。与此相对照，月球上既无火山爆发也无海啸。安装在月球上的月震仪探测结果表明月震非常微弱，这表明月球已基

本上凝结成一块固体。另一方面，安装在月球上的磁场仪的测量结果表明月球几乎没有磁场。大家知道，地球存在磁场，按照目前的观点，地球的磁场是由地球内部熔化的金属导体流动造成的。因此月球几乎没有磁场也间接证明月球内部已经基本凝固和没有流体运动。根据研究，月球大约在 30 亿年前就已经是这种状态。与此相反，地球正处在活动的高峰期，与地球相邻的火星则处于活动晚期。估计过很长时间以后，地球的活动会减弱到与现在的火星相当，而过 40 亿年之后，地球也会变成目前月球的状态。

那么月球是如何诞生的呢？这个问题还没有公认的答案。而且这个问题可能与地球的形成甚至太阳系的形成关系密切，天文学家尚未取得统一的见解。目前认为有几种可能。第一种观点认为月球是与地球同时形成的。通常认为整个太阳系是由一块巨大的星云演化形成的，星云的绝大部分物质通过自身的引力作用，收缩凝聚成为太阳，少量剩余的物质碎片形成了行星和它们的卫星，月球就是在这样的过程中与地球同时形成的，这种观点称为“同源说”。另一种可能就是在地球初步形成之后，但尚未完全凝结时，由于受到地球自转的离心力和太阳引力的共同作用，或者有另一巨大的星球从地球旁边经过，借助它的强大引力，从地球中拉出一团物质，然后演化成月球，这种观点称为“分裂说”。第三种可能就是太阳系中有很多小天体，包括大量的小行星，由于它们的质量太小，当它们在太空中运行时容易受到大行星的引力扰动，使它们的轨道变化不定。因此也不排除某一小行星经过地球附近时，地球通过自己的巨大引力把它俘获过来，成为自己的卫星，这就是“俘获说”。有人针对这一问题和上述三种可能的答案，形象和风趣地比喻月球到底是地球的“妹妹”“女儿”或是“妻子”？对月球起源的探讨已成为月球研究中的热门课题。

根据对美国阿波罗载人探月带回的月岩样本进行分析后，多数学者转而相信月球是在几十亿年前尚未凝固时，受到一颗火星大小的小行星撞击后，抛出的地球物质凝聚形成的。但是近年来又有人提出，鉴于月球正面（向着地球的一面）与月球背面（背向地球的一面）地貌的显著差别，即正面比较平整和光滑，而背面有更多山地，因而认为月球原先是由两个孪生的月亮（一大一小）碰撞形成的。这种观点认为，当两个月亮尚未完全凝固时，较小的月亮（其质量只有目前月球的 $1/3$ ）从背面撞击大月亮，导致小月亮粉身碎骨，像泥巴抹到皮球上那样造成月球背面的粗糙地貌。如果真是如此，必定会造成目前月球内部的密度不均匀。因此有两种途径

可以检验这种理论,其一是到月球背面取得岩石样品,分析其是否与正面月岩成分不同,目前还做不到这一点。另一途径就是分析月球的重力场分布,进而反推月球内部的物质分布是否有二球合成一球的痕迹。美国于 2011 年 9 月 10 日发射的“圣杯”孪生探测器(全名为 Gravity Recovery and Interior Laboratory,即月球重力恢复和内部实验室,简称 GRAIL),其主要目的就是为了验证这种理论。“圣杯”由两个探测器“圣杯 A”和“圣杯 B”组成,其大小与洗衣机相当,它们由火箭同时发射,一小时后分离,经过约 418 万公里航行(途经距地球 150 万公里的拉格朗日点 L1 后再奔向月球,这样可节省燃料,关于拉格朗日点可参阅第十章第五节),分别于 2011 年 12 月 31 日和 2012 年 1 月 1 日到达月球,定轨于离月面 50 公里的高度绕月运行,两个探测器一前一后,相距 200 公里。它们将进行 9 个月的探测。当探测器经过强重力区上空时会受到加速,经过弱重力区上空时会受到减速,于是可以通过分析两个探测器之间的距离变化,反推得到月球重力场分布,进而推测月球内部的物质构成和密度分布,探讨月球起源问题。

月球自转与公转周期相同并非偶然,而是月球与地球之间相互作用的结果。月地之间最重要的互动就是月球和地球的引力场造成对方的潮汐现象。月球对地球产生的海洋潮汐已众所周知。地球同样对月球产生潮汐力。实际上月球早期的自转比现在要快,而且当时月球表面尚处于熔岩状态,地球对其产生的潮汐摩擦使其自转逐渐减慢,直到其自转周期与公转周期相等,而此时月球表面也已凝固,潮汐不再存在,从而保持了这一状态。另一方面,月球对地球产生的潮汐力还会使地球物质重新分布和变形,这又反而使月球受到加速,导致其公转运动轨道逐渐扩大,缓慢地沿螺旋线远离地球。据估计这种效应将使月球以每百年大约 3.8 厘米的速度远离地球。实际上月球引力对地球产生的潮汐摩擦也会使地球自转逐渐变慢,从而使地球的自转周期每百年增加 0.00164 秒,导致在几十亿年之后,地球的自转周期与月球绕地球的公转周期相同,即地球上的一天与一个月相等,估计其长度大约为现在的 43 天。那时地球上只有某半球面对月球,住在另外半球的人必须长途旅行到另一半球才能看到月亮。

二 月球探测的意义

我国于 2007 年 10 月 24 日成功发射了“嫦娥 1 号”探月航天器。同年 9 月

14 日日本发射了“月亮女神 1 号”，2008 年 10 月 22 日印度发射了“月船 1 号”，2009 年 6 月 18 日美国发射了“月球勘测轨道器”，紧接着 2010 年 10 月 1 日我国又发射了“嫦娥 2 号”探月航天器。迄今已经实施月球探测的国家和国际组织有俄罗斯、美国、日本、中国、印度，以及欧洲空间局。已经宣布要进行月球探测的国家还有英国、德国、奥地利、乌克兰、波兰、加拿大、巴西和韩国。月球基本上是一块死气沉沉的大石头，为什么会有这么多国家对它感兴趣，愿意投入庞大的人力、物力和财力对它进行探测研究呢？这种巨大投入到底值不值得呢？首先，根据 1984 年联合国通过的《月球条约》的规定，月球领土和资源为各国共有，但谁先开发谁先受益，这一情况与南极洲的规定相类似。因此凡是有技术条件的国家，都不愿意放弃这种权利，争先进行月球探测，以备将来开发利用。那么进行月球探测除了可以显示科技水平，以及宣扬国力和国威外，还有哪些具体价值呢？按照目前的估计，进行月球探测至少有以下几种开发价值。

1. 巨大的能源

月球上可利用的能源有两种，即太阳能和同位素氦-3（即 ^3He ）。由于月球无大气，月球表面接收到的太阳光强度比地球表面强得多。而且月球的自转周期为 27.3 天，再加上它绕地球公转的因素，使月球上一昼夜按地球日的长短算为 29 天多。换句话说，月球上任一地点都是连续 14 天多处于白天，然后连续 14 天多处于夜晚。因此只要在月球上不同经度的地方分别建造几个大面积的太阳光聚集器，它们就会轮流处于白天强烈的阳光照射下，就能获得永不间断的强大太阳辐射能。把它转换为电能，然后以激光或微波形式向地球传输，让人类享用取之不尽的可再生清洁能源。

月球上的另一种可利用能源是同位素氦-3。氦元素通常都以原子量为 4 的氦-4 存在，它的原子核由 2 个质子和 2 个中子组成。氦-3 是氦-4 的同位素，它的原子核由 2 个质子和 1 个中子组成，原子量为 3。氦-3 与氢的同位素氘结合发生聚变反应会产生质子和氦-4，并且释放出能量。由于地球上的氦-3 非常稀少，有人估计只有 15~20 吨，几乎没有利用价值。因此目前在受控核聚变反应的研究中，通常采用氢的同位素氘（即 ^2H ，海水中有许多氘）或氚（即 ^3H ，可由元素锂通过辐射获取）作为燃料。不过研究表明用它们作聚变反应试验时，产生的高能中子会通过所谓“边缘聚集吸收”而严重损害实验装置，从而影响产能效率和增加成本。若用氦-3 作为燃料，其附产物为质子，就不会有这些麻烦。因此氦-3

是一种理想的受控核反应燃料。月球上的氦-3 系来自太阳。太阳的巨大辐射能是由太阳中心区的核聚变产生的，氦-3 作为这种反应的副产物随太阳风一起逃离太阳。由于月球没有大气和磁场的保护，太阳风能够长驱直入抵达月球表面（图 1.11），经过漫长岁月的积累，

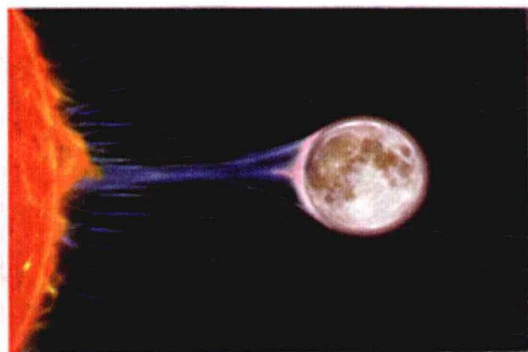


图 1.11 太阳风直达月球示意图

估计在月球土壤中可能储存有 100 万~500 万吨氦-3。若用氦-3 作为燃料的核电站供电，每年只要 100 多吨的氦-3，就能提供全世界的能源需求。因此月球的氦-3 燃料估计可提供地球上几千年至上万年的能源需求。

2. 矿产资源

迄今的探测结果表明月球上有非常丰富的矿产资源。大家知道钛是航空、

航天和其他高科技行业中的重要材料，月球玄武岩中钛铁矿（ FeTiO_3 ）的总含量约有一千多万亿吨，可提炼的金属钛在一百万亿吨以上。月球上还有一种称为克里普（KREEP）的岩石，富含钾（K）、稀土元素（REE）和磷（P），并因此而得名（图 1.12）。估计月球上的稀土元素含量有几百亿吨，钍和铀的含量分别为 8.4 亿吨和 3.6 亿吨。另外还有相当丰富的铬、镍、钾、钠、镁和铜等金属，以及磷和硅等非金属，均有开发价值。

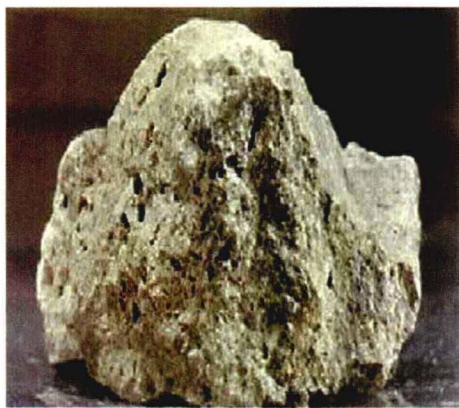


图 1.12 月面上的克里普岩石

3. 航天基地

月球引力只有地球的 1/6，一个体重为 60 公斤的成年人在月球上的重量只有 10 公斤，因此我们看到航天员在月球表面行走时表现为轻飘飘的跳跃式前进。由于月球引力这样弱，从月球上发射航天器就变成轻而易举。例如，从地球上发

射环绕地球运行的人造卫星，运载卫星的火箭速度必须达到每秒 7.9 公里（称为第一宇宙速度）；若要发射脱离地球奔向月球的航天器，火箭速度必须达到每秒 11.2 公里（称第二宇宙速度）；若要使航天器克服太阳的巨大引力而逃离太阳系，火箭速度就须达到每秒 16.7 公里（称第三宇宙速度）。目前从地球上利用多级火箭可以达到第一和第二宇宙速度，但要达到第三宇宙速度则相当困难。因此发射探测非常遥远行星（如海王星）的航天器，都把航天器的轨道设计成经过木星和土星，利用这二颗大质量行星的巨大引力产生的助推作用，使航天器进一步加速到第三宇宙速度奔向太阳系边缘，完成遥远行星的探测任务之后，离开太阳系。然而如果从月球上发射航天器，不管是使航天器绕月运行，或是脱离月球奔向地球或其他行星，所需的运载火箭速度和推力比从地球上发射要小得多。因此月球是一个理想的航天基地和中继站。

4. 天文观测基地

地球大气给地面上的天文观测带来很大损害。首先，由于地球大气对太阳光的散射，白天时天空很亮，超过星星的亮度，这就是白天看不见星星的道理。实际上除了星星之外，其他一些天象如太阳的最外层大气——日冕，因其亮度比天空暗，也无法看见。只有在日全食时，当眩目的太阳被月球遮住，使天空变暗之后，才能看到银白色的日冕。但在月球上，由于没有大气，天空永远是漆黑的，即使是在白天，太阳和它的银白色日冕、星星还有美丽的地球，都能看见。夜晚的星星也比地球上看到的明亮得多。天文学家能够随心所欲进行各种观测。更重要的是由于地球大气对天体辐射的吸收程度与辐射波长有关，天体的辐射中能够穿透地球大气到达地面的只有波长大约从 300 纳米（纳米简记为 nm， $1\text{ nm}=10^{-7}$ 厘米）至 700 纳米的可见光和波长从 1 毫米至 10 米的无线电波，以及波长从 700 纳米至 1mm 的红处光中的一部分。波长短于 300 纳米的紫外光和 X 光，则被地球大气中的电离层和臭氧层几乎完全吸收，部分红外光被地球大气中的水汽和其他分子吸收，10 米以上的无线电波被电离层反射。这样，在地球上要观测这些不能到达地面但包含重要信息的天体辐射，就必须借助航天器飞越高空进行观测。然而在月球上由于没有任何大气吸收，天文学家就能对天体进行从 X 光直到低频无线电波的全波段观测。另外，由于地球磁场的存在，天体发射的粒子（它们大多是带电粒子，如电子、质子和各种原子核）因受到地磁场的偏析作用而不能到达地面，因此地面无法观测这些粒子。然而月球没有磁场，这些粒子可以直达月球