



国家出版基金资助项目 “十二五”国家重点出版规划项目

月球与人类丛书

丛书主编 钟志华

月球万象

教育部深空探测联合研究中心 组编

分册主编 肖 龙

湖南大学出版社



国家出版基金资助项目

“十二五”国家重点出版规划项目

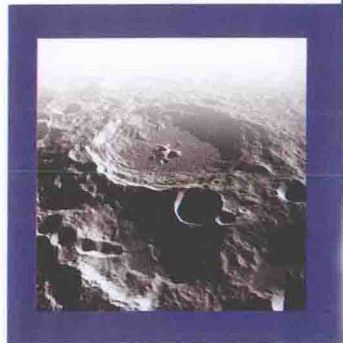
丛书主编 钟志华

月球与人类丛书——

YUEQIU YU RENLEI CONGSHU ——

YUEQIU WANXIANG

月球万象



教育部深空探测联合研究中心 组编

分册主编 肖 龙

湖南大学出版社

内容简介

月球是地球唯一的天然卫星。月球的运动与人类的生活息息相关,对人类文明的进步产生了深刻的影响。本书从人类关于月球的神话传说、宗教哲学、文学艺术、风俗习惯等方面诠释了人类文化同月球的关系;从月球的地形地貌、内部结构等方面阐述了月球的地质特点;从月球的矿产资源、特殊环境等方面揭示了月球巨大的开发利用价值;从月球的起源与演变探讨了月球起源的四大假说,预测了月球演化的未来走向;从人类探月的过程分析了未来人类探月的动因、特征、模式与手段。

适合科学爱好者及青少年阅读。

图书在版编目(CIP)数据

月球万象/肖龙主编. —长沙:湖南大学出版社, 2014. 4

(月球与人类丛书/钟志华主编)

ISBN 978-7-5667-0641-6

I. ①月… II. ①肖… III. ①月球探索—青少年读物

IV. ①V1-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第064611号

月球与人类丛书——月球万象

YUEQIU YU RENLEI CONGSHU——YUEQIU WANXIANG

组 编:教育部深空探测联合研究中心

丛书主编:钟志华 分册主编:肖 龙

丛书策划:雷 鸣

项目责任人:刘非凡

责任编辑:王和君 张建平 张 毅 责任校对:全 健

出版发行:湖南大学出版社有限责任公司

社址:湖南·长沙·岳麓山邮编:410082

电话:0731 88822559(发行部), 88822264(编辑室)

0731 88821006(出版部)

传真:0731 88649312(发行部), 88822264(总编室)

电子邮箱:hnuplff@126.com

网址: <http://www.hnupress.com>

印装:湖南天闻新华印务有限公司

开本:730×960 16开 印张:11 字数:181千

版次:2014年4月第1版 印次:2014年4月第1次印刷

书号:ISBN 978-7-5667-0641-6/V·2

定价:38.00元

版权所有,盗版必究

月球与人类丛书编委会

顾 问 王礼恒 吴伟仁
主 编 钟志华
副主编 焦维新 谢更新
编 委 张建华 肖 龙 杨力行
启 涛 邓湘金 岳 娜
彭盈盈 粟石军 杨小俊

“月球万象”分册

分册主编 肖 龙
编写成员 肖 龙 杨力行



目 录

第一章 月球印象/1

1. 太阳系中的月球/1
2. 月球表征/3
3. 月球的运动/5
4. 月球的构造/7
5. 月球资源/9
6. 日食、月食现象/10
7. 潮汐效应/19
8. 月球未解之谜/21

第二章 月亮文化/25

1. 月亮传说：听妈妈讲月亮的故事/25
2. 感悟月亮：先哲对月亮的思索/32
3. 月亮情结：今月曾经照古人/37
4. 月光曲：明月千里寄相思/45
5. 月亮文化：举杯邀月庆中秋/50

第三章 月宫探秘/55

1. 滴水不见的月海/55
2. 绵延起伏的山脉/67



3. 千疮百孔的月表/72
4. 大小相异的盆地/81
5. 难以琢磨的水冰/85
6. 令人惊异的月尘/92
7. 曾经活跃的火山/100
8. 极不均匀的月壳/114
9. 消失已久的磁场/119
10. 神秘莫测的内核/123

第四章 月球资源环境/128

1. 月壤中的宝藏——氦-3：人类未来的新能源 /128
2. 月岩中的有用矿物：巨大的资源宝库/133
3. 月球环境与利用/140

第五章 月球起源/145

1. 关于太阳系起源的假说/145
2. 关于月球起源的假说/148
3. 月球的演变与发展/154



第一章 月球印象

1. 太阳系中的月球

我们现在所处的太阳系是一个恒星系统。这个恒星系统之所以被称为太阳系，是因为它是以太阳为中心，由太阳和所有受到太阳引力约束的天体所组成的一个系统（见图1-1）。在这个系统中有8颗行星，按照离太阳的距离从近到远，它们依次为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星。此外还有至少165颗已知的卫星，以及数以亿计的形形色色的小天体。月球就是太阳系中的一颗普通的卫星。

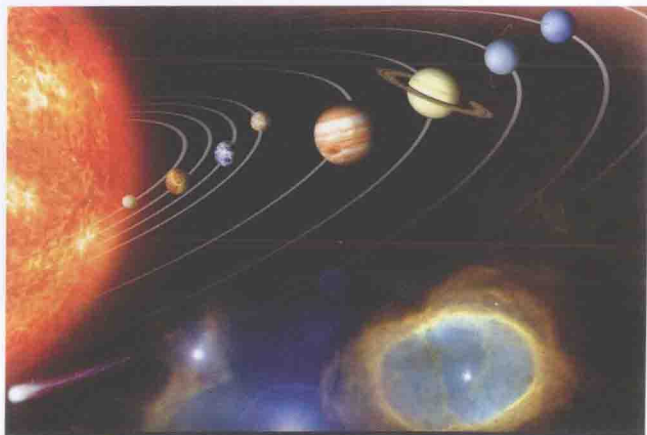


图1-1 太阳系

卫星是环绕一颗行星按闭合轨道周期性运行的天体。但是如果两个天体质量相当，它们所形成的系统一般称为双行星系统，而不是一颗行星



和一颗天然卫星。由于月球的直径只有地球的 $1/4$ ，质量是地球的 $1/81$ ，因此，月球成为环绕地球这颗行星运转的天然卫星。在太阳系里，除水星和金星外，其他行星都有天然卫星。

卫星环绕行星运行，行星又环绕着恒星运转。在太阳系中，太阳是恒星，地球及其他行星都环绕太阳运转，月亮、土卫一、天卫一等星球则分别环绕着地球或其他行星运转，这些环绕行星运行的星球就叫作行星的天然卫星。

在太阳系中，可以从不同的角度观察月球，目前地球人类所能做到的，就是从地球和火星两个星球来观察月球。图1-2是在地球上能够看到的最为清晰的月球图片之一。



图1-2 在地球上看见月球



图1-3 “阿波罗”飞船在月面拍摄的地球照片

2. 月球表征

月球是一个南北极稍扁、赤道稍许隆起的扁形球，它的平均极半径比赤道半径短500 m。南北极区也不对称，北极区隆起，南极区洼陷约400 m。月球的平均直径约为3 476 km，大约是地球的1/4，体积大约是地球的1/49。月球的表面积有 $3\,800 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，还不如亚洲的面积大。月球的质量约7 350亿亿吨，月面重力则差不多相当于地球重力的1/6。

月球表面有阴暗区域和明亮区域之分，明亮区域是高地，阴暗区域是平原或盆地等低陷地带，前者被称为月陆，后者被称为月海。从整个月球表面看，月海约占月球总面积的20%。当然，月海并不是真正的海洋。早期的天文学家在观察月球时，以为发暗的地区都有海水覆盖，因此把它们称为“海”。著名的有云海、湿海、静海等，它们与地球上的海洋和海湾是完全不同的，那里根本连一滴水都没有。月球上的高原和山脉，其组成



物质主要是比较古老的岩石，对太阳光的反射能力很强，相比之下显得非常明亮。“阿波罗”号系列飞船在月球上实地考察的结果证明，这种对月面明暗区域的解释，是完全正确的。在明亮山脉部分，那里山脉纵横、层峦叠嶂，到处都是星罗棋布的环形山，还有许多大小由小行星和陨石撞击或月球表面的火山喷发造成的凹坑，即月坑（见图1-4）。月球上直径大于1 km的月坑多达33 000多个。

月球本身并不发光，只反射太阳光。月球亮度随日、月间距离和地、月间距离的改变而变化。并且月球也不是一个良好的反光体，它的平均反照率只有7%，其余93%的太阳光均被月球吸收。月海部分的反照率更低，约为6%，所以看上去暗淡无光，而月面高地和环形山的反照率则达到17%，因此月球呈现出明暗不同的差异性来。

月球有一个非常稀薄、接近真空的大气层。由于缺少像地球大气层的保护，太阳光直接照射在月球上面，所以生命很难存在。月球早期岩浆与火山活动时释放了大量的火山气体，然而这些火山气体却不知在何时消失殆尽。如今月球上极稀

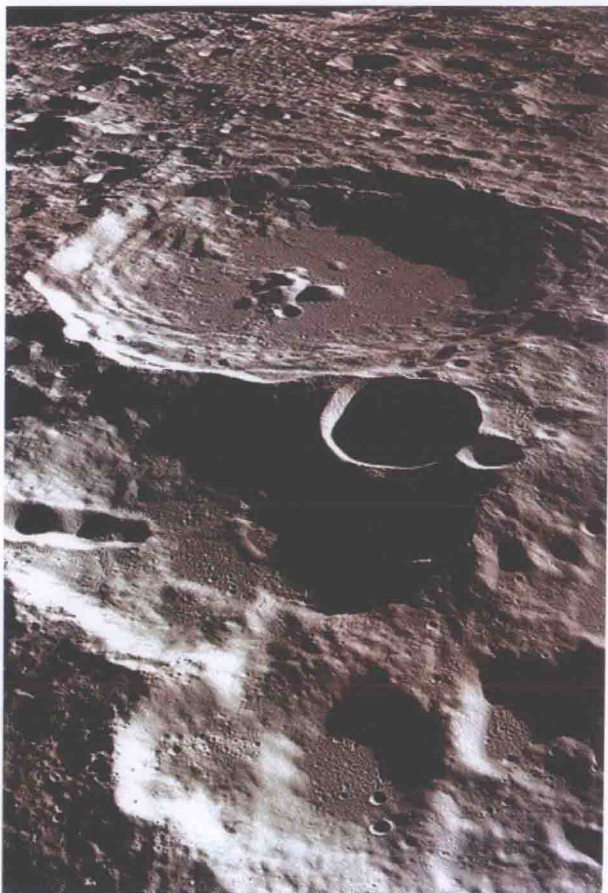


图1-4 月坑



薄的大气层有可能来自于太阳风。由于月球上没有类似地球上的大气，再加上月面物质的热容量和导热率又很低，因而月球表面昼夜的温差很大。白天，在阳光垂直照射的地方温度高达 127°C ；夜晚，温度可降低到 -183°C 。月面土壤中较深处的温度则很少变化，这是由于月面物质导热率低造成的。大量的观测数据表明，月球的磁场非常弱。

现在的月球表面既无大气，也无水分，没有风霜雪雨，没有江河湖海，更不要说鸟语花香的生命现象了，月球就是个死寂的星球。但是，这并不意味着月面上什么变化都没有发生过，在月球已经存在和演化的几十亿年历史中，不可能是一片空白，什么事情也没有发生过。事实上，月球的地质活动曾经很强烈。

3. 月球的运动

月球作为地球的天然卫星，也是距离地球最近的较大天体，它与地球的平均距离约为 $384\,400\text{ km}$ 。月球从它诞生之日起就一直围绕地球旋转，并且同地球一起构成一个地月系统，共同围绕着太阳运转。月球围绕地球的旋转轴和轨道呈确定的几何关系。见图1-5。

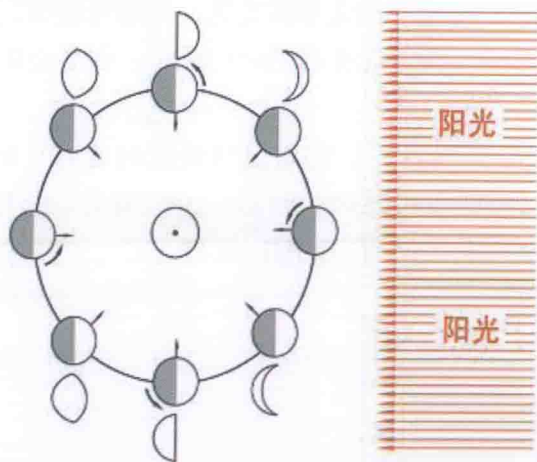


图1-5 月球运行轨道



月球和地球都是围绕地月系统的质量中心转动。地月质量中心到地球中心和到月球中心的距离之比等于质量的反比率。这个距离大约离地球中心4 671 km，离月球中心则有379 729 km。因此，月球虽然不是围绕地心旋转，但仍然围绕地球在旋转。月球以椭圆轨道绕地球运转，科学上把月球在这个轨道运行的轨迹称为白道。白道和黄道（即地球绕太阳运行的轨迹）倾斜角成 $5^{\circ} 8' 843''$ 的角度，因而月球总是在黄道附近的星座徘徊。月球绕着地球运转的时候，其特殊引力吸引着地球上的水与其共同运动，形成了潮汐。潮汐也为地球早期水生生物走向陆地创造了条件。

月球在绕地球公转的同时进行自转，周期同为27.32166日，正好是一个恒星月，所以我们看不见月球背面。这种现象是卫星世界常见的规律，可以称之为同步自转。月球在自己的轨道上绕地球运行的平均速度为1.023 m/s，同时，月球以每年13 cm的速度，远离地球。这就意味着，总有一天月球会离开我们的视线，但恐怕至少需要几十亿年。

月球每天东升西落的运动是地球自转的反映。月球围绕地球的转动表现于它在星座间自西向东移动，移动一周历时一个恒星月，平均每天东移 13° ，因此，月球升起的时间平均每天推迟50分钟左右。不过，一年四季中每天月球升起实际的推迟时间是不一样的，这并不是月球的运动有多大的差异，而是白道和地平的交角在变化。月球升起时，如果白道和地平的交角小，月球比前一天升起推迟的时间就短；如果交角大，升起推迟的时间就长。

月球运动呈椭圆轨道，它离地球最远时有406 699 km，最近时约356 399 km，平均距离约为384 400 km。由于地月系的几何关系，在地球上观看月球起落时间是不同的。见图1-6。

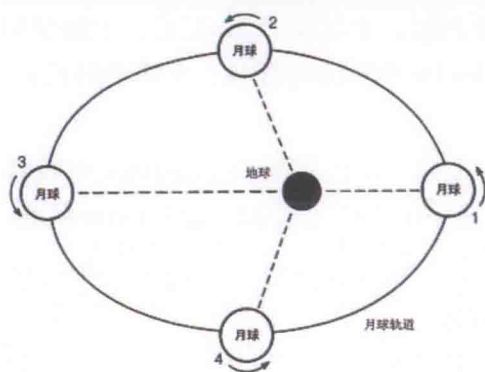


图1-6 月球起落时间差

4. 月球的构造

月球是一个主要由硅酸盐成分岩石构成的刚性球体。跟地球一样，月球内部也具有层圈结构，从中心到月表，月球依次可分为月核、月幔和月壳三层圈。见图1-7。



图1-7 月球构造

月壳：处于月球内部构造的上部，厚60~65 km。根据月岩类型和性质



的不同,可分为上下两层,上层厚25 km左右,下层厚30~40 km。在月壳的表层,包括从表面到深约2 km的区域,主要由斜长岩等月岩碎块和粉尘般土壤组成。

月幔:月亮之下是月幔,它是月球内部构造的中间部分,也是整个月球体积的最大部分。月幔的范围至少可以延续至1 000 km的深度,穿过此深度后,月震波速很快衰减,表明其内部物质是不均一的,有可能存在熔融层,因此月幔被分为上月幔、下月幔和衰减带。上、下月幔的界面在约500 km深度处,而下月幔与衰减带界线的深度约为1 000 km。上月幔主要由辉石组成,橄榄石为次发矿物(辉石/橄榄石 >1);下月幔的矿物组成与上月幔相同,但橄榄石比辉石多(辉石/橄榄石 <1)。在约1 000 km的深度,岩石发生了部分熔融,这一段是深月震的发源地。估计月幔的温度约为500℃。

月核:月球表面约1 000 km以下的月球中心区域称为月核,它厚约700 km,温度可达800℃。月震数据表明,月球不可能像地球一样有一个高密度的铁镍金属核,而可能是由热的、具有一定可塑性的、部分熔融的硅酸和铁、镍、硫所组成的,相当于地球的软流圈,很可能处于熔融状态,主要由铁、镍、硫等物质构成。

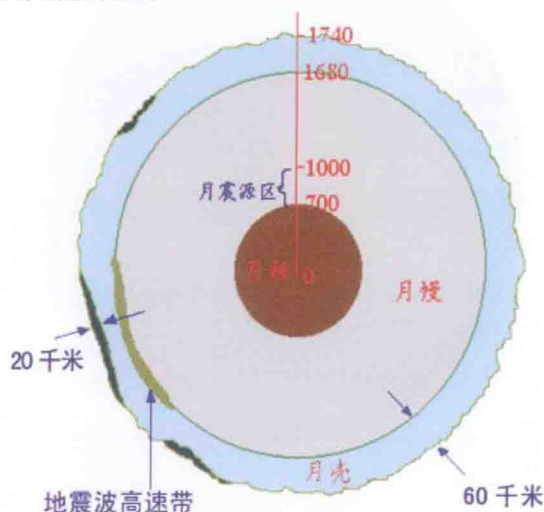


图1-8 月球内部构造



5. 月球资源

月球的矿产资源极为丰富，地球上最常见的17种元素，在月球上比比皆是。以铁为例，仅月面表层5 cm厚的沙土就含有上亿吨铁，而整个月球表面平均有10 m厚的沙土。月球表层不仅铁异常丰富，铝的含量也十分丰富。

月球拥有的稀有金属的储藏量也比地球要多。月球岩石中含有地球中全部元素和60种左右的矿物，其中6种矿物是地球没有的。月球上的岩石主要有三种类型，第一种是富含铁、钛的月海玄武岩；第二种是斜长岩，富含钾、稀土和磷等；第三种主要是由0.1 ~ 1 mm的岩屑颗粒组成的角砾岩。

月球土壤中还含有丰富的氦-3。氦-3被认为是一种高效、清洁、安全、廉价的核聚变发电燃料。氦-3是氦的同位素，含有两个质子和一个中子。它有许多特殊的性质，其中最主要的性质是它作为能源的潜力。氦-3可以和氢的同位素发生核聚变反应，但是与一般的核聚变反应不同，氦-3在聚变过程中不产生中子，所以放射性小，而且反应过程易于控制，既环保又安全。地球上氦-3的储量总共不超过几百千克，难以满足人类的需要。而月球土壤中氦-3的含量估计为715 000 t。从月球土壤中每提取1 t氦-3，可得到6 300 t氢、70 t氮和1 600 t碳。这对于能源日益紧缺的地球来说，无疑是一大福音。

月球表面的22个主要的月海里分布着大量的月海玄武岩，这些月海玄武岩中蕴藏着丰富的钛、铁等资源。而在月球高地的岩石中，又富含钾、稀土元素和磷等资源。此外，在月球上广泛分布的克里普岩，又富含钍、铀元素和稀土元素，总资源量为225亿~450亿t。此外，月球还蕴藏有丰富的铬、镍、钠、镁、硅、铜等金属矿产资源。

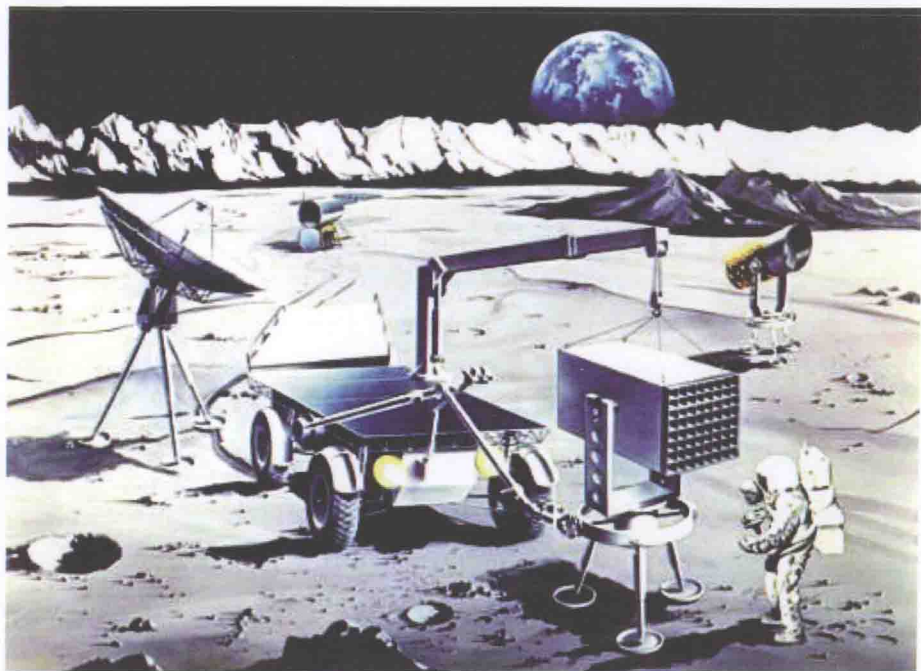


图1-9 月球资源开发基地

6. 日食、月食现象

6.1 传说中的日食、月食

较之其他宇宙天文现象，日全食更具有强烈的视觉震撼力。刚刚还是艳阳当空，突然间太阳消失，大地一片黑暗，阴风四起，气温下降，百鸟归巢，鸡犬不安，此情此景不由得让人毛骨悚然、心生恐惧。

远古时代，人们不知道日食发生的原因和机理是什么，他们都认为日食是一种超自然现象，是灾难降临的先兆。古代人类对日食充满了敬畏与恐惧，并试图用各种方法去抚慰上天，乞求神灵的保护，由此也留下了很多关于日食的传说。



在中国，“天狗食日”的传说早就广为流传。按照这一传说，日食是“天狗”吞食太阳造成的。为了拯救太阳，民众们便会成群结伙，鸣锣击鼓，举火照明以驱赶天狗。天狗听到地上响声大作，便会吓得把太阳吐出来。对此传说，上至帝王将相下至黎民百姓都深信不疑。古人甚至将日食现象同政治联系起来。汉文帝时，文帝就认为日食是上天对君臣治国不力的一种警示。因此当日食发生时，统治者也会痛心疾首地自我反省，一方面检讨自己，一方面告示后人。



图1-10 台湾嘉义民众敲盆驱赶天狗吞日

其他国家和民族的历史上也留下了很多关于日食的传说和记载，绝大多数民族都认为日食现象是太阳被一种怪物吞食了，至于这个怪物是什么，却众说纷纭，莫衷一是。斯堪的纳维亚人认为这个怪物是天狼，阿根廷人认为是美洲虎，印度人认为是一种怪兽，西伯利亚人认为是吸血的僵