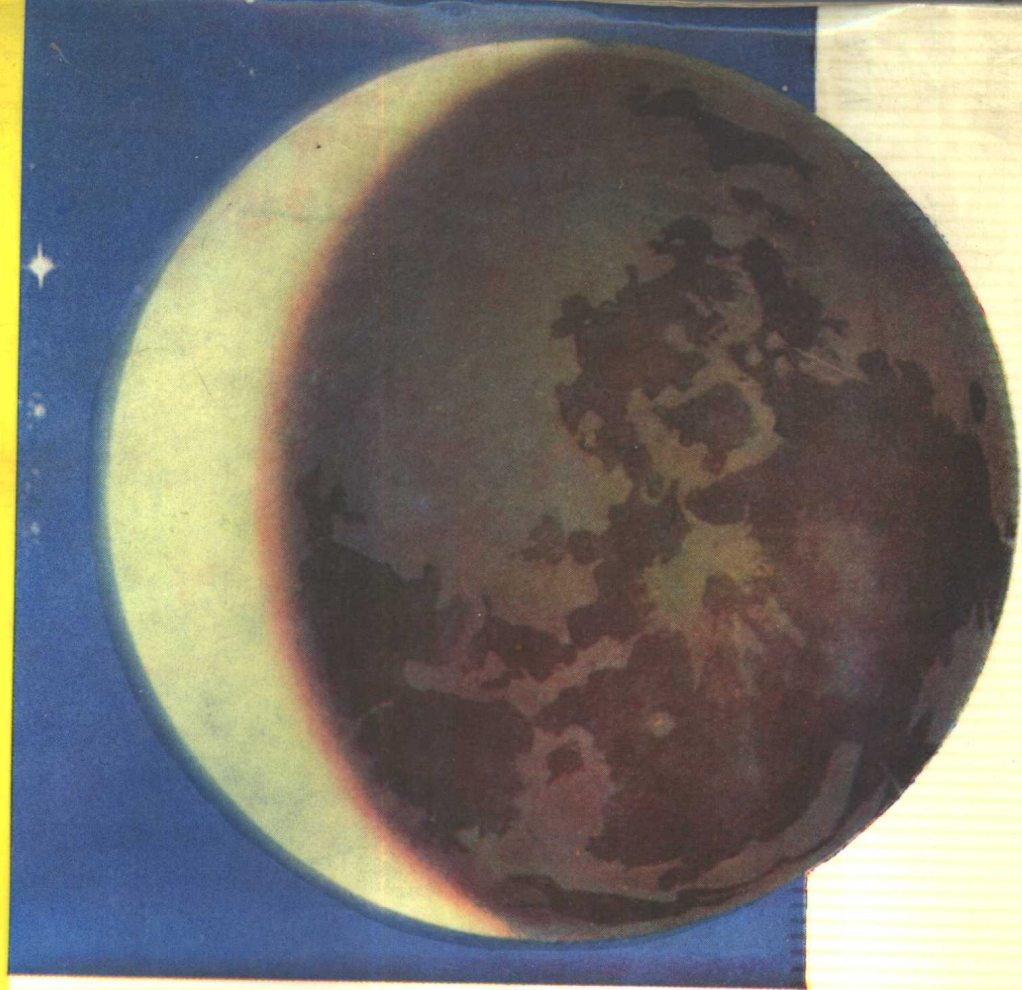




月质学研究进展

中国科学院贵阳地球化学研究所 编

科学出版社

内 容 简 介

本书是在综述评论现代科学技术对月球月质研究的最新成果基础上集体编写的,资料来源主要是第一、二、三、四次国际月球科学讨论会的研究报告论文和国外有关期刊、杂志以及专著、文集、年鉴等。全书共计六章,概括地介绍了月质学研究历史和现状。编写内容首先从月球表面形态着手,进而深入阐述月球的内部构造;由月球的岩石类型、矿物组成进一步综合说明月球岩浆活动规律;由月球样品的同位素年龄测定、同位素的演化来论证月球演化的时间序列;由月球物质中的核类变异进而阐明月球在宇宙空间的辐射历史;由月球的基本特征归纳月球的成因与演化过程。书末附有月球“地形”名称表。

月 质 学 研 究 进 展

中国科学院贵阳地球化学研究所 编

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1977 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1977 年 10 月第一次印刷 印张: 20 1/4 插页: 10
印数: 0001—2,330 字数: 485,000

统一书号: 13031·606

本社书号: 883·13—14

定价: 3.60 元

限 国 内 发 行

编写说明

美帝国主义和苏联社会帝国主义基于争霸世界的需要,不顾他们国内人民的反对,耗费了巨额资财,组织了多次登月活动 and 月球考察,取得了一些关于月球的科学资料。《月质学研究进展》主要是根据对月球所进行的各种观测和所采集的月样分析研究成果,以及各种大气外观测工具对月球探测的资料进行编写的。资料来源主要是:第一、二、三、四次国际月球科学讨论会的研究论文;至1973年底以来发表于《科学》(*Science*)、《自然》(*Nature*)、《月球》(*The Moon*)、《地球和行星科学通讯》(*Earth Planet Sci. Lett.*)、《地球化学与宇宙化学》(*Geochim. et Cosmochim. Acta*)、《地球和行星内部物理学》(*Phy. Earth Planet Interiors*)、《地球物理与空间物理评论》(*Rev. of Geophys. and Space Phys.*)、《地球物理研究杂志》(*J. Geophys. Res.*)、《陨石》(*Meteorites*)、《地球化学》(*Геохимия*)、《陨石学》(*Метеоритика*)等杂志上有关月球研究的文献;近四年来出版的有关月球研究的专著和天文、核物理等学科年鉴内有关的论文。

在本书编写中,有许多名词由于国内尚无统一译名,加之又出现了许多新名词,除采用中国科学院名词编译出版委员会编写的有关学科的译名外,有些译名作如下说明:

(1) 月表的“地形”,我们划分为月面环形构造(包括月海、类月海、湾、沼、湖、月坑等)、月陆(包括高地、山脉、峭壁等)、月谷和月溪以及月面辐射线。月表最常见的一种“地形”是“crater”,我国天文界均译为环形山,这种“地形”的主体是圆形凹坑,环形山只是凹坑的边缘隆起,有些凹坑的周围并没有环形山环绕,故将“crater”一词译为月坑。

(2) 月球表层的土壤,由于组成比较复杂,采用的名词也很不一致,有的用“月壤”(soil)、也有用“表土”(regolith)或“月尘”(fine)、“细粉”(dust)、“碎块”(fragment)和“石屑”(chip)。在一般综合论述中我们统一称“月壤”,而在具体叙述中仍采用原文的名词。

(3) 新的岩石、矿物名称,我们是根据矿物和岩石的命名与译名原则而暂定的如:

“Luny rock-I”,是指由冲击作用形成的并由低钙辉石、均质斜长石、钾长石、钛铁矿、磷灰石和白磷钙石组成的细粒岩石碎块,故音译为“路尼岩-1”。“KREEP”,是指含有较高的钾(K)、稀土元素(REE)及磷酸盐(P)组成的特殊岩石类型,音译为“克里普岩”。

月岩的新矿物,根据其产地、成分、结构等特征而译名。如静海石(Tranguiltiyite, $[\text{Fe}_8^{2+}(\text{Zr} + \text{Y})_2\text{Ti}_3\text{Si}_3\text{O}_{24}]$), 低铁假板钛矿(ferropseu-dobrookite 或 armalcolite, $[(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Ti}_2\text{O}_5]$), 钛铬铁矿或铬钛铁晶石(titano-chromite 或 chromian ulvöspenel, $[(\text{Fe}, \text{Ti}, \text{Al}, \text{Cr})_3\text{O}_4]$), 铁三斜辉石(pyroxferroite, $[\text{CaFe}_6(\text{SiO}_3)_7]$)。

本书各章执笔分工如下:序言由欧阳自远编写;第一章由谢先德、褐锐光编写;第二章由王道德编写;第三章由林文祝编写;第四章由周新华、朱炳泉编写;第五章由朱炳泉、刘训生、周新华编写;第六章由欧阳自远编写;附录由褐锐光、谢先德编写。袁燊林提供了部分资料。涂光炽、于津生、袁燊林、李肇辉等对本书提出了宝贵意见。南京紫金山天文台行星室、北京天文馆、中国科学院科学技术情报研究所有关同志对本书的编写给予了热情的帮助,促成了这部书稿。

序 言

月球是我们居住的星体——地球唯一的卫星。自古以来人类一直在辨认月球的真实面貌,探索月球的运动规律,揭露月球的奥秘,研究月球对地球的各种作用与影响。

月球是怎样形成与发展的?它的外貌有哪些主要特征?它的运动遵循哪些基本规律?它的内部又是怎样构成的?以及它对人类的生产实践和科学实验活动究竟有什么意义等等。随着科学技术的发展,人类的认识正在不断地深化。

根据伟大领袖毛主席关于“**洋为中用**”的教导,我们在综合现代科学技术对月球研究所取得的成果基础上,编写《月质学研究进展》一书,向读者介绍月球“地质”研究的概况和进展;对天文、地球物理、地球化学、地质和有关学科的科学工作者也有一定的参考价值。

月质研究的主要成果,对认识地球的起源、地球早期的演化历史是一个借鉴;对探讨太阳系的形成、运动和发展历史也提供了科学论据。月球的历史雄辩地证明:**“自然界也总是不断发展的,永远不会停止在一个水平上。”**

本书的编写是由月表的形态着手,进而深入阐述月球的内部构造;由月球的岩石类型、矿物组成进一步综合说明月球岩浆活动规律;由月球样品的同位素年龄测定、同位素的演化来论证月球演化的时间序列;由月球物质中的核类变异进而阐明月球在宇宙空间的辐射历史;由月球的基本特征归纳月球的成因与演化过程。

月球的研究史大致可分为三个阶段:

(1) 从古代至二十世纪五十年代,人类只能从地球上利用各种工具对月球的正面进行观测、测量与计算,了解月球的形状、大小、密度、月球与地球的距离、月面高差与月球运动规律,并根据这些资料编制了各种月表月貌图与月表构造图,建立了各月表单元形成的相对年表。通过反照率与反射光谱测量已对月表物质成分有了粗略的认识。

我国有悠久而又系统的天文观测记录,对于月球也有过许多科学的观测、记载与计算。在公元前十四—十二世纪,我国商代的甲骨文里,保存了一批世界最古的月食记录,从出土的文物中可以证实,早在商代我国劳动人民已经知道利用大、小月和根据自然现象的周期变化,把十二个月算作一年,将闰月设在年终,称为十三月。在祖庚、祖甲时代的卜骨上曾记载一年中有两个六月,证明当时已经知道在年中置闰。

东汉永光年间(公元前100年前后),贾逵发现并计算了月亮在轨道上变速的具体数值。以后,刘洪精密测得近点月日数值为27.55336日(近代测定的数据为27.55455日)。

东汉时杰出的天文学家、机械制造家张衡,对于月球的观测有独特的见解,在他的天文著作《灵宪》里,提出了我们所看见的月亮是被太阳照明的部分,并且说明了月食是由于地球阴影遮住太阳光所引起。

南北朝著名的科学家祖冲之,创造了新的历法——大明历,并改进闰法,第一次在历中考虑了岁差。祖冲之根据月球在轨道上速度的变化,测定了月球由交点环行一周再回到交点所需要的日数为27.21223日(近代测定值为27.21222日)。

我国古代劳动人民和进步的科学家,对月球的科学观测和见解积累了大量资料,无数

的历史事实雄辩地说明：我国古代劳动人民在科学技术上作出了伟大的贡献，对世界文明的发展起了重大的推动作用。

(2) 1957—1968年，由于大气外观测技术的发展和一系列卫星对月球的观测，对月球的背面有个初步了解；编制了全月球的月质图和构造图；对月球的磁场、宇宙辐射与太阳风对月表的影响积累了较多的资料；研究了月球的轨道运动，月球的自转，月心重力常数等。对月面的 α 散射、 γ 射线和红外光谱分析测定，初步提供了一些有关月表化学组成的数据。

(3) 1969年，阿波罗-11(A-11)登月以来，相继有八次登月，共采集270多公斤的月球样品，对月球的一些主要科学问题有个轮廓性的了解。但美、苏两霸耗费了巨额资财，进行登月活动，其实质不外是为了空间争霸、捞取政治资本。对月球的科学研究所取得的成果与它的巨额经费相比是极不相称的。苏修的登月计划屡遭失败，只有两次不载人发射取得了少得可怜的月球样品，也未作出象样的科学分析数据。美帝不顾国内的经济危机，七年内“阿波罗计划”中，有两万家公司、120多个研究所和大学的研究机构参加，足足耗费了近300亿美元，因此遭到国内人民的强烈反对。虽然所采集的月球样品，经美、苏、西欧各国、日本、加拿大和澳大利亚等100多个研究机构的工作，召开了四次月球科学讨论会，但所取得的科学考察成果是比较零散的，对月球规律的认识是很有限的，月球的许多基本问题仍然含混不清。

人类通过长期的观测研究，目前对月球可以提出以下初步的看法。

(1) 月球可能是太阳星云在冷却过程中早期高温凝聚的产物。

凝聚形成月球可能需要 10^2 — 10^7 年。

月球的年龄约46亿年。

(2) 月球在41亿年前外部200—300公里曾产生过比较广泛的熔融或局部熔融，由于岩浆分离作用形成富铝的斜长岩成分的原始月亮或高地；在月亮形成后不久(40—41亿年前)产生过形成了花岗质岩石的重熔作用；在39亿年前月球经历了一系列不稳定行星体(直径为100公里左右)广泛而剧烈的冲击形成大型月海盆地的过程——雨海事件。31.5—39亿年前，月球产生了多次富铁、钛的玄武岩喷发，形成广泛分布的充填月海的玄武岩。32亿年以来，月球的活动进入比较宁静的阶段。大型陨石体、彗星体的冲击仍不断发生，相继产生月面的各种月坑与辐射月坑。也可能存在规模较小的火山活动，形成受月球构造控制的链状分布的月坑。月球的个别月坑仍有喷气活动。月震的能量仅地球地震能量的百万分之一，月震震源区在深达700—1000公里的部位。

(3) 已编制出各种比例尺的月貌图、正面构造图与月球月质图。基本上建立了月表单元形成的相对年表与顺序。对于月表的月海盆地、月坑和辐射月坑的成因，以陨石碰撞月表冲击形成来解释较合理，少部分月坑是火山作用的产物。

(4) 月表出露的岩石(就八个登月点附近而论)基本上可划分为三种类型：①富铁有时富钛的月海玄武岩，在31.5—39亿年间由月球内部富铁和贫斜长石的区域因放射能加热而部分熔融产生的。②富含放射性元素、难熔微量元素的非月海玄武岩。③富铝的高地斜长岩，是岩浆分离作用的产物。未发现大型花岗岩体。

目前，月岩中共发现有55种矿物，其中有六种地球上未曾发现的新矿物。

(5) 月岩和月壤中发现有地球中的全部化学元素。月岩的化学成分与太阳星云的平

均化学成分相比较富含难熔的亲岩元素,而缺失亲铁、亲铜和挥发性元素,具有较低的K/U和较高的Cr/V比值。据计算难熔元素占月球质量的65%,而富铁及难熔元素的残余液体凝结组成250公里的月球外壳。

(6) 月岩的矿物学、岩石学研究证明:月岩是在很高的还原条件下形成(O_2 、 H_2O 及S的分压很低);没有次生的含水矿物;月球上不存在有大气、水体和生物等外营力作用。月岩有很明显的冲击变质效应。

(7) 月球的重力场研究,发现月球存在有许多质量瘤(Mascons)。月球几乎没有磁场。月表热流的测量以及电导率的测定与计算表明月球内部是刚性的;月球内部的温度是比较低的,可能有部分熔融,与地球相比月球内部是“冷”的。月震波的传播速度的研究,可以将月球内部划分为月壳(0—60公里)、上月幔(60—700公里)及下月幔。月球可能没有“金属核”或“液态核”。

(8) 银河宇宙射线、太阳宇宙射线及太阳风的辐射,引起了月表物质一系列的核反应,形成多种宇宙成因核,造成了月样中各种同位素组成的变异。各种宇宙成因核在月样中的分布呈现出明显的深度效应。通过月球物质核类变异的研究已对宇宙射线的能量、太阳风的成分有了更深刻的了解。宇宙暴露年龄的研究对月表5亿年以来的辐射历史有个轮廓性的认识,并表明月岩与陨石有着完全不同的辐射历史。

(9) 月球样品中有机质的含量极低($< 1\text{ppm}$),虽然发现有甲烷、乙烷、乙烯、乙炔、各种链状和环状结构的碳氢化合物、卟啉、各种氨基酸和核酸等有机化合物,但是没有任何证据表明月表存在有生命能力的有机体。考虑到月表的环境(昼夜温度变化达 $\pm 150^\circ\text{C}$,高真空,无水、强烈的太阳和宇宙辐射和不断的陨石与宇宙尘埃的冲击),有机体在月表存在的可能性是极小的。

(10) 月表大气层的密度与化学组成经质谱测定,主要成分是 He^4 和 Ar^{40} ,月表的白天与黑夜其浓度为 3×10^3 和 6×10^4 原子/厘米³。月球大气层在“古代”含有较高浓度的 Ar^{40} 与 Pu^{244} 裂变成因Xe。在阿里斯托逊等月坑上部大气内含有极微量的 Ra^{222} 及 Po^{210} 。

尽管对月球的观测和月样的研究进行了大量的工作,但对月球许多基本问题的认识仍然是有争议的,甚至大多数问题是模糊不清的,如:

(1) 月球的成因,不论是分裂说、双星说或捕获说,还是最近提出的一些综合成因模型,都难以圆满地说明月球的基本特征和演化规律。地球、月球形成的时间和演化过程仍然是很不清晰的。

(2) 月球早期的演化史,包括太阳星云凝聚形成月球的时间与过程;特别是40亿年前月球物质演化的时间序列,能量的来源,早期物质的分布与分异特征等问题至今众说不一,各种假说的根据也不足。

(3) 月球内部的构造,各壳层的物理性质与化学组成;月球内部温度的分布和热的传导方式;月球岩石剩磁的成因及月球是否有月核;月球内部物质运动的主要形式;质量瘤的成因等等,仍然是各持己见,甚至是完全对立的见解。

(4) 月球高地斜长岩、非月海玄武岩及月海玄武岩的成因联系;它们的初始成分等问题,现在也仅仅是提出一些推测。

(5) 月表“海”、“陆”分布的特征,月球正面比背面海区多而高地山系少,辐射月坑的

成因等,至今陨石成因说和火山成因说仍在争论。

(6) 月球与地球(包括类地行星)形成和演化的共性与特性;月球的演化过程对地球远古演化史(32—46亿年)的重要意义,当前还没有取得比较一致的认识。

当然,我们不能奢求一切问题都要解决,但是,十五年来,一系列大气外观测的卫星、飞行器和八次登月研究的结果,所取得的成效远远没有实现预期的设想。曾有人扬言,只要给他一块月球样品,即可解决月球的全部问题,显然这种看法不符合认识论原理。对于月球的研究,只能说仍然处于资料积累、认识逐步深化的阶段。

月球的研究对我们认识地球的形成、运动、现状和将来都密切相关,对促进一系列新技术的发展和新的科学领域的开拓都具有重要意义。

毛主席教导我们:**“在生产斗争和科学实验范围内,人类总是不断发展的,自然界也总是不断发展的,永远不会停止在一个水平上。因此,人类总得不断地总结经验,有所发现,有所发明,有所创造,有所前进。”**月球的奥秘将会逐步揭示出来,月球的规律将会逐渐认识、掌握与利用。

目 录

编写说明

序言

第一章 月球的一般特征和月面月质概况	1
第一节 月球的一般特征	1
第二节 月面概况	2
一、月面环形构造	2
二、月陆、山脉和峭壁	14
三、月谷和月溪	15
四、月面辐射线	17
第三节 月质构造特征	18
一、月面主要构造单元	18
二、断裂和褶皱	22
三、全月构造与大地构造特征的对比	24
第四节 月面月史和月质分区概述	25
一、月史时代的划分	26
二、月史分期各论	27
三、月史分期与地史分期的对比	29
四、月面月质分区概述	30
第二章 月岩及月壤的物质成分	41
第一节 阿波罗登月舱及月球自动站着陆点的一般月质特征	41
一、A-11 着陆点的一般月质特征	43
二、A-12 着陆点的一般月质特征	43
三、L-16 着陆点的一般月质特征	43
四、A-14 着陆点的一般月质特征	44
五、A-15 着陆点的一般月质特征	45
六、A-16 着陆点的一般月质特征	46
七、L-20 着陆点的一般月质特征	47
八、A-17 着陆点的一般月质特征	47
第二节 月球的岩石类型	48
一、月球的基本参数及月岩的一般特征	48
二、月海玄武岩	54
三、非月海玄武岩	64
四、高地岩石	71
五、月壤和月尘	90
六、月球玻璃	96
七、月岩及月壤的冲击变质效应	97

第三节 月岩的矿物成分	98
一、造岩矿物及副矿物	98
二、月球新矿物	110
第四节 月球的化学成分	115
一、月球的微量元素	116
二、月球的常量元素	119
第五节 月岩的实验研究	120
第六节 月岩与地球岩石、陨石和玻璃陨石的比较	125
一、月岩与地球岩石的比较	125
二、月岩与陨石的比较	127
第三章 月壤、月岩的物理性质和冲击变形组构	135
第一节 月壤性质	135
一、月壤的形成	136
二、月壤的一般性质	136
三、月壤机械性质	138
第二节 月岩物理性质	140
一、电学性质	140
二、磁学性质	143
三、热学性质	146
四、弹性波传播	150
第三节 月样冲击变形组构	153
一、冲击波试验	154
二、月样变形组构	156
第四节 小结	158
第四章 月球物质同位素年龄研究	164
第一节 引言	164
第二节 月球样品 Rb-Sr 年龄研究	167
一、概述	167
二、样品处理和分析方法	168
三、月岩 Rb-Sr 年龄	170
四、月壤 Rb-Sr 体系讨论	178
五、月球物质 Rb-Sr 体系演化模式初步探讨	180
第三节 月球样品的 Ar^{40}/Ar^{39} 年龄测定	182
一、 Ar^{40}/Ar^{39} 年龄测定的原理与方法	182
二、月球样品 Ar^{40}/Ar^{39} 年龄测定结果	184
三、月样普通 K-Ar 年龄测定结果	188
第四节 月球样品铀-钍-铅年龄测定	189
一、U-Th-Pb 年龄计算和多阶段模式	190
二、分析方法	191
三、月岩的 U-Th-Pb 年龄测定结果	193
四、月壤的 U-Th-Pb 年龄研究	197

五、月球铅同位素演化	199
第五节 月球演化年代学初步讨论	200
一、海洋玄武岩的充填	200
二、雨海碰撞事件及其有关的变质作用与岩浆活动	201
三、形成花岗质岩石的岩浆活动	202
四、斜长岩月壳的形成	202
第五章 月球物质核类变异与辐射效应研究	204
第一节 月球物质中的太阳风及捕获稀有气体	205
一、月球物质中捕获稀有气体同位素比值与含量的确定	206
二、月球土壤中颗粒大小对捕获太阳风浓度的影响	208
三、矿物与物质成分对捕获太阳风的影响	209
四、月球角砾岩中的异常捕获气体组成及其成因问题	209
第二节 月球岩石中银河系宇宙射线散裂成因稀有气体及其辐射历史研究	211
一、散裂成因稀有气体与靶元素的关系	211
二、散裂稀有气体含量和同位素比值的计算	212
三、月球岩石与土壤的宇宙射线暴露年龄	213
四、月球岩石中的热中子流及辐射深度研究	218
五、太阳宇宙射线对产生宇成稀有气体的影响	220
第三节 月球物质中的宇成放射性核类研究	220
一、月球物质中宇成放射性核类的产率	221
二、根据宇成放射性核类深度变化来研究月球表面过程	222
第四节 月球岩石中的 Pu^{244} 、 U^{238} 自发裂变 Xe	223
一、根据裂变 Xe 计算月岩的 U-Xe 年龄	224
二、月球角砾岩中的外加 Pu^{244} 裂变 Xe 和 ^{129}I 蜕变 Xe	225
第五节 月球物质稳定同位素组成	225
一、氢和氧同位素的变异	226
二、碳、硫、硅的同位素组成	230
三、Li、B、Mg、Ti、Cr、V 同位素组成的初步讨论	232
第六节 月球物质的核径迹研究	234
一、月球样品中 U 的分布和裂变径迹测时	234
二、粒子径迹及月岩侵蚀速度和暴露年龄的研究	238
三、月球样品中超铀与超重元素的裂变径迹	241
第六章 月球的形成与演化	248
第一节 月球的成因简述	248
一、太阳系的基本特征	249
二、太阳系起源假说	250
三、月球的成因	252
第二节 太阳星云的化学演化和月球成因的模型	258
一、太阳星云的化学演化与月球形成时的化学背景	258
二、碳质球粒陨石包体的研究及月球成因的模型	262
第三节 月球物质演化的时间序列	266

一、月球形成的年龄	266
二、月球物质放射性同位素测定的年龄	267
三、月面单元形成的相对年龄	270
四、月样的宇宙线暴露年龄	271
第四节 月球的内部构造及演化模型	272
一、月球的内部构造	272
二、月球内部构造的演化模型	276
第五节 月球的热历史	280
一、月球早期演化的能源	280
二、计算月球热历史的基本参数及长寿期放射性同位素的衰变能	283
三、月球热历史的讨论	286
四、月球表层的热历史	292
第六节 月球演化史	293
一、月球演化的轮廓	294
二、陨石的演化阶段与月球、地球	294
三、月球与地球演化特征的比较	301
参考文献	303
附录：月球“地形”名称的中外文对照表	313

第一章

月球的一般特征和月面月质概况

第一节 月球的一般特征

宇宙飞行器对月球的精密观测表明,月球基本上是一个圆球体,形状跟地球相似,南北极处稍扁,赤道处膨胀,极半径约比赤道半径短 500 米。实际上,月球的形状有点像倒放着的梨子,其北极地区隆起些,而南极地区则洼下去 400 米。

月球的直径为 3476 公里,等于地球直径的 27%。月球的质量为 7.35×10^{22} 公斤,等于地球质量的 1/80。月球的面积是地球面积的 1/14,与亚洲的面积相等,向着地球的一面,即正面几乎就等于南美洲的全部面积。月球物质的密度比地球小得多,只有 3.34 克/厘米³(地球为 5.52 克/厘米³),因此月球的体积却等于地球体积的 1/50。月球的引力比地球小得多,只有地球引力的 1/6,它所引起的自由落体加速度为 1.62 米/秒²,而地球为 9.8 米/秒²。假如一个人在地球上重 60 公斤,那么在月球上只重 10 公斤。

月球上的视野半径比地球的小一半。例如一个中等身材的成年人,如果站在月球表面上能看到 2.5 公里远的距离,那么他在地球上就能看到 5 公里以外的物体。

月球离地球的平均距离为 $384400 \pm 2-3$ 公里,约等于地球赤道长度的 10 倍。由于月球环绕地球运转不是沿着一条正圆的、而是一条稍微有些扁的椭圆轨道,因此月地间的距离变化很大,最近时可近至 363300 公里,最远时可远至 405500 公里。

每年月球伴随地球环绕太阳运行一周,同时这两个星体又互相围绕着它们的公共质心而运行。实际上是它们的公共质心在环绕太阳运行,所作出的椭圆形轨道就是地球的运行轨道。因地月系的公共质心离地球中心只有 4.66 公里,位于地球的内部,所以月球虽不是绕地心而确是绕地球运行。月球在自己的轨道上绕地球运行的平均速度为 1.02 公里/秒,绕地球一周所需要的时间平均为 27 天 7 小时 43 分 11.5 秒,称为恒星月。而连续两次新月之间所经历的时间,平均为 29 天 12 小时 44 分 2.8 秒,称为会合月或朔望月(在农历初一时是“朔”,十五时是“望”)。一个恒星月后要过两天多时间才完成一个会合月,这是因为月球经过一个恒星月之后,在恒星之间再度大致回到其原来的位置时,太阳本身在这段时间里也已经向东移动了一段距离的缘故。

除了绕地球公转外,月球还有本身的自转。月球的自转周期恰好等于它绕地球公转的周期,即都是 27 天 7 小时 43 分 11.5 秒,因此,我们在地球上总只能看到月球的同一个半面。由于所谓的月球天平动的结果,月亮看起来有些“颤动”,这样我们就有可能看到月球的另一半球的一小点儿。实际上,人们从地球上能观测到月球整个表面的 59%,但还有 41% 的月面用肉眼或望远镜是无法看到的。

由于月球和地球一样也绕轴自转,所以在月球上也跟在地面上一样,有白天和黑夜之

分。不过月球上的一昼夜,就是它自转一周的时间那么长,即一个月,就是说,月球上任何一个地方都连续有相当于地球的14天左右的时间是白天,14天左右的时间是黑夜。

长期的科学观测和近年来宇航员登月直接考察的结果证实,现代月球上没有显著的磁场,在风暴洋中测得的静磁场和风暴洋的月岩标本的剩余磁场强度,均为36伽偶左右,即只占地球磁场(约5万伽偶)的万分之几。登月考察还进一步证实了月球上没有水,也没有大气,当然也就没有江河湖海等水域和大气圈了。白天里月球上受到阳光照射的部分,温度高达零上130℃—150℃,而夜间则下降到零下160℃—180℃,并且温度变化很大,在一小时内温度可升高或下降180℃。月食的时候,我们所观测到的月球表面的迅速冷却(两小时之内温度下降250℃之多),就说明了月球表面具有极小的导热性。据“A-11”号在静海地区测量月球表层温度的昼夜变化不超过1米深。从月球采回的标本所进行的热发光试验表明,温度的变化仅在表面以下12厘米范围内进行。由于月球没有大气圈的保护,所以它经常受到陨石的轰击和太阳辐射的强烈照射,它的表面坑洼不平。加上温度变化太大,月球表面的岩石发生强烈的机械破坏作用,结果使月球表面的大部分地区为一层厚度不等的月尘、岩屑和岩块物质所覆盖。因为月球上没有大气,阳光直照在月面上而不会产生光的折照和反射现象,因此在月面上既看不到美丽的早霞和晚霞,也看不到蓝天,所看到的天空只是一团漆黑。由于在月球上无大气传播声波,所以在月球上也就听不到一点声响。很显然,月球上根本不会有植物和动物,连细菌也很难生存。所以说,月球实际上是一个无风、无水、无生命、无声响、冷热剧变、非常干旱的寂静世界。

第二节 月面概况

月球表面实际上并不像我们用肉眼所见到的那样洁白光莹,而是起伏凹凸得十分厉害(图1.1和1.2)。用一般的或大型的天文望远镜,都能在不同程度上看出月球表面的陆地、山、海、溪、谷、湖、湾、沼和辐射纹等各种细致特征(照片1.1和1.2)。应该指出,因为月球上没有水和大气,没有风霜雨雪,所以把地球上水域的各种名称应用到月球上去,是名不符实的,只不过在大小和形态上有其类似性罢了。

一、月面环形构造

(一) 月海和类月海

1. 月海

我们平常用肉眼所看到的月面上的暗黑色斑块,称为“月海”。月海实际上是宽广的平原,一滴水也没有。已知的月海有22个,绝大多数均分布在月球的正面(即向着地球的一面,图1.3),只有东海、莫斯科海和智海位于月球的背面(即背向地球的一面,图1.4),月球正面的月海约占整个半球表面积的一半,且在北半球特别显著(图1.5)。最大的月海是风暴洋,位于月球正面北半部的西侧,面积约500万平方公里。在它的东方为雨海(照片1.3),面积88万7千平方公里。月球正面中央偏东北的静海(照片1.4),面积26万平方公里。东西延伸达1500公里的冷海,呈带形分布于月球正面的最北边(照片1.3)。此外,位于月球正面较大的月海还有澄海、丰富海、酒海、危海、云海(照片1.5)、湿海、知

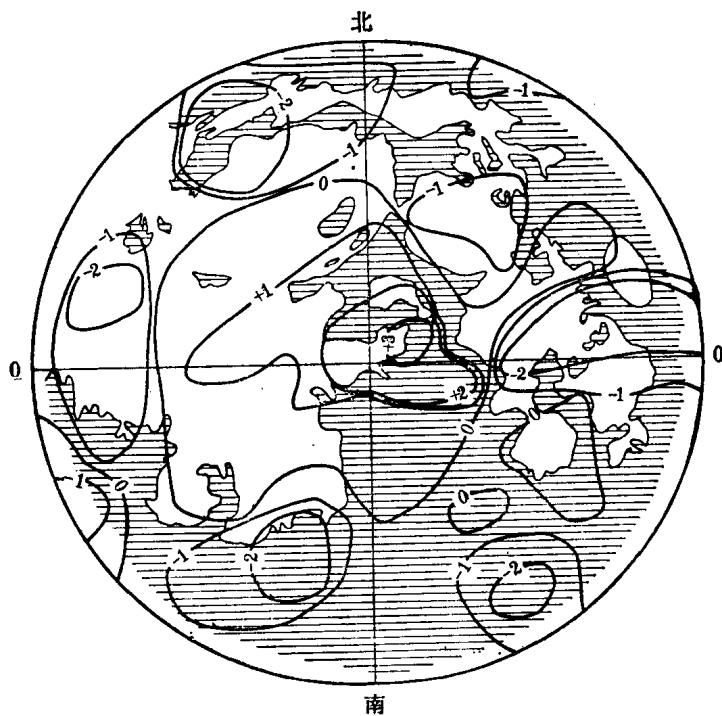


图 1.1 月球正面地形图
1. 月陆; 2. 等高线(公里)。

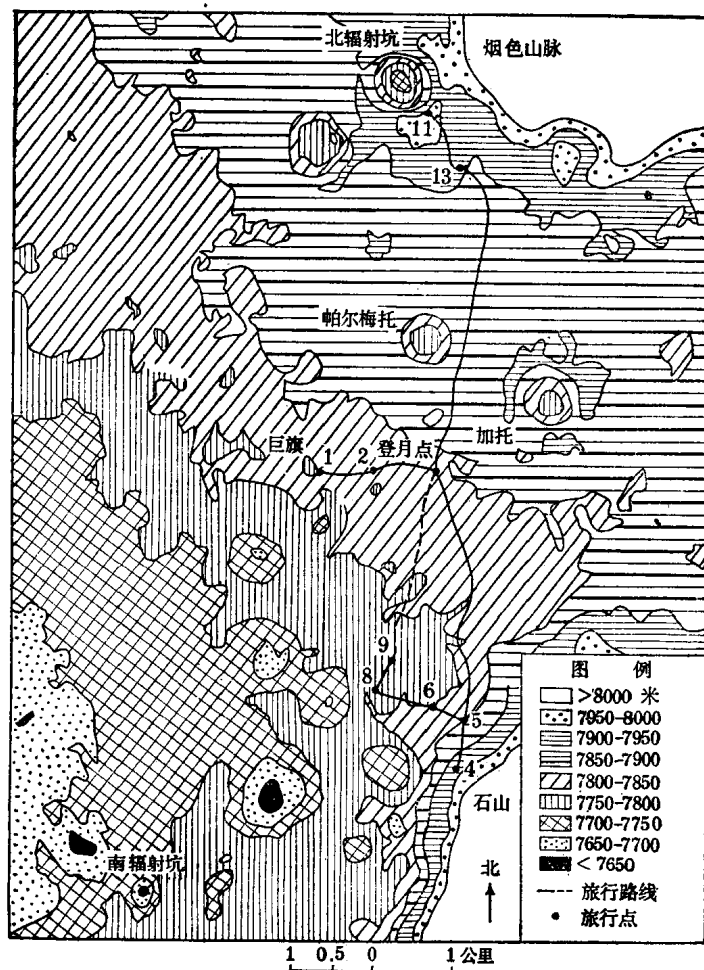


图 1.2 阿波罗-16 登月点地区地形图

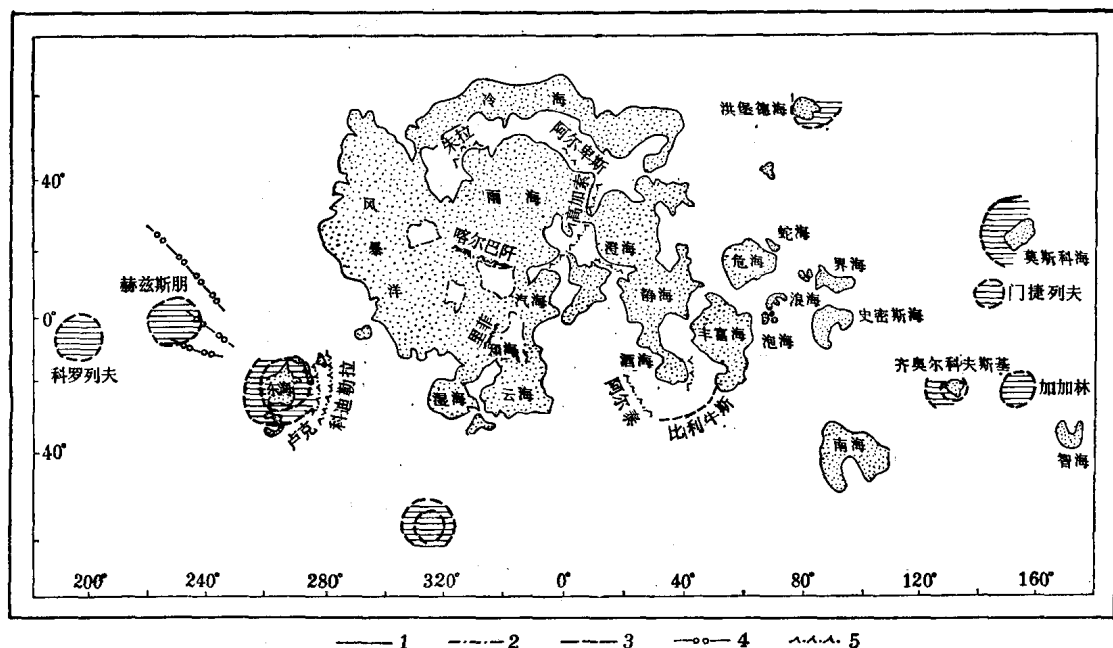


图 1.5 全月球简图

1. 洋、海、湾； 2. 岛； 3. 类月海； 4. 山链； 5. 山脉。

海、界海、史密斯海和南海等，它们的面积多在 7 万到 28 万平方公里之间。月球正面中心部位的汽海（照片 1.4），最东北面的洪堡德海，危海东北角上的蛇海以及丰富海东北角上的泡海和浪海，面积都比较小，约为 1—5 万平方公里左右，差不多等于一个大型月坑的面积。月面上环形月海的平均直径列于表 1.1 中。

表 1.1 环形月海的平均直径

名 称	直 径 (公 里)	名 称	直 径 (公 里)
月海带 (包括风暴洋、云海、静海、云海、静海)	2850	南海	410
风暴洋 (包括邻近的海)	1740	湿 海	360
雨 海	1150	知 海	350
静 海	990	史密斯海	300
雨海的中央部分	900	虹 湾	290
雨海的北环	810	汽 海	270
澄 海	620	浪 海	230
露 湾	590	暑 湾	225
丰富海的中心部分	550	界 海	225
云 海	430	洪堡德海	200
危 海	420	泡 海	160
酒 海	410	死 湖	160

大多数月海具有圆形封闭的特点，但有不少圆形月海相互之间是联接着的。孤独的危海是一个例外，它具有六边形的特点。圆而封闭的月海大多为山脉（细长伸延的高地）所包围，最突出的例子是雨海，其四周环绕着亚平宁、高加索、阿尔卑斯、朱拉和喀尔巴阡等山脉。这些山脉虽不连贯，但都是雨海周围环状外壁的一部分（图 1.3 及照片 1.3）。

月海海面为玄武岩质熔岩所掩盖,比月陆要低得多,如静海和澄海比月球平均水准面低 1700 米左右,湿海要低 5200 米,最低的是雨海东南部,在那里海底深达 6000 多米,因而澄海与雨海的海面高差很大,致使亚平宁山脉与高加索山脉之间联结这两个月海的海峡,明显地呈一斜面。

月海海面上常见有不少岭形隆起(照片 1.6),称之为海岭。按其形态,大体上可分为弧形海岭(大体平行于月陆轮廓),呈对角线分布的海岭和脉状不规则海岭(图 1.6)。

月海伸向月陆的部分称“湾”和“沼”,有一些小的月海则称为“湖”。月球正面上最大的湾是露湾(图 1.3),位于风暴洋的最北部,它的面积比危海还要大一些。位于月球正面中心部位的暑湾和中央湾,也都是风暴洋东岸上的海湾,面积为 3—4 万平方公里左右。雨海西北角上有名的虹湾呈半圆形,被朱拉山脉所包围。看来虹湾原是一个大型月坑(直径为 290 公里左右),其一半以上为雨海熔岩所掩埋,在雨海中现在仍可清楚地见到被掩埋的月坑外环壁的痕迹。雨海东边的眉月湾被阿基米德、奥托利克和阿里斯基尔三个月坑所环绕,其面积只有数千平方公里。



图 1.6 月海海岭的各种类型

月面上已知的“沼”有三个,它们是雨海东面的腐沼,云海南面的疫沼和静海东面的梦沼。它们的面积均在 2—3 万平方公里之间。

月面上的“湖”为数不多。面积最大的梦湖(约 7 万平方公里)和较大的死湖(约 2 万平方公里)都分布在澄海的北边。面积不大的、细长形的春湖、夏湖、秋湖等均位于东海盆地的西面。

2. 类月海

月球的背面以月陆为主,月海极少,但有一些直径为 500 公里左右的巨大圆形凹地,按其形状和大小可以与月海相比,但与月海不同的是,在其宽阔的底面上并没有被暗黑色的熔岩物质所填满,并可见到若干小的月坑散布在它上面。此种凹地称为“类月海”(Талассоиды)。И. Н. 利普斯基(Липский)对于类月海的具体性质曾有过如下的描述:“类月海的一个例子是在月球背面北纬 3° , 西经 125° 处,有一个最大直径为 430 公里的、似圆形沉陷凹地(即赫兹斯朋凹地)(图 1.4),其内壁非常陡峭,而外壁看来不明显,即没有上抬的周壁,凹陷的床面具有不规则的‘地形’,在其正中有断层通过。……在月球正面没有见到这种明显的类月海,只是詹森和克拉维两个月坑与类月海有某些相似之处”。

A. B. 哈巴科夫(Хабаров)认为,月球正面包围酒海的奇妙的沉陷“地形”在过去一定是 1000 公里以上直径的巨大类月海,其中有一部分后来被熔岩所覆盖,成为酒海,尚残留其周壁的一部分,即现在所见到的阿尔泰峭壁和比利牛斯山脉。И. Н. 利普斯基也认为月海和类月海为同一起源,都是内因形成的,这也就是说,在月球正面熔岩填满沉陷凹地形成月海,而在月球背面则由于某些原因未形成大规模的熔岩流,只形成类月海。

G. P. 凯珀(Kuiper)和 W. K. 哈特曼(Hartman)认为:“我们把大而圆的凹地称为‘盆地’(Basin),这种盆地一般为具有伴生辐射构造的同心圆状构造,并或多或少地为

月海物质所填满,换言之,盆地就是圆形月海所占据的凹地,类月海就是没有被月海物质所填满的盆地,而月坑则是较小的凹地。统计发现月盆的直径频率关系与月陆区月坑是很一致的,所以形成月海的月盆、类月海和月坑这三者均属同一起源。……不能把月盆与月海相混,因为不能肯定二者是在同一过程中形成的。实际上,詹森是没有填满月海物质的月盆,而细长形的冰海则不是月盆”。

从上述可知, W. K. 哈特曼等人所提出的“月盆”是包括类月海在内的更为广泛的概念。

3. 东海月盆

东海月盆是一个直径达 1000 公里的巨大环形构造。它位于南纬 15° , 西经 89° 。月盆的中央部分是东海, 直径只有 250 公里。包围东海西半部的是具有三层同心圆状的构造(图 1.7, 照片 1.7)。根据人造月球卫星拍摄的东海及其周围地区的全景照片, 得知东海

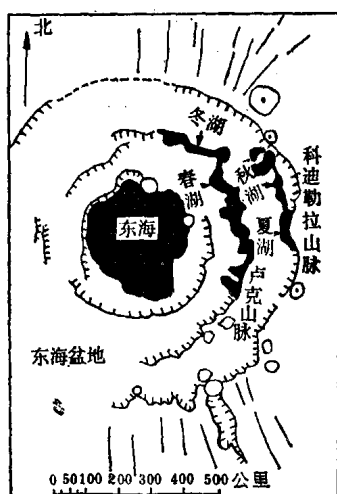


图 1.7 东海月盆简图

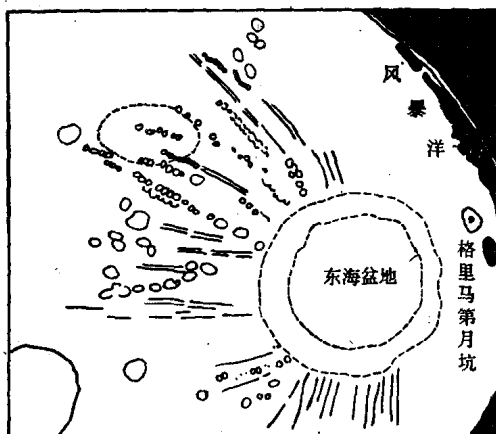


图 1.8 东海月盆的辐射状构造线

北面和西面的达朗贝尔坑壁和科迪勒拉山脉, 实际上是包围东海的巨大环状周壁的一部分。此巨大环状“地形”的最外环直径约 1000 公里, 其内壁高达 1000 米。这种“地形”可

称为月盆, 也可以看作是一种类月海。在东海大月盆的周围, 可看到很多辐射状裂缝或线状构造, 这种构造的特点与月坑的辐射纹不同, 大多为长沟状或由小月坑呈链状排列而成, 而且这些构造线都是从月盆中心发育起来的(图 1.8)。在东海东北侧所见到的、由许多小月坑排列成行的构造, 在月球正面上是见不到的。但有些人认为, 雨海也具有辐射状构造线, 并称之为雨海构造系(图 1.9), 雨海东北的阿尔卑斯月谷被认为是这种构造线之一。酒海南面的勒伊塔月谷和其他一些线状构造, 也被认为是从酒海及包围它的阿尔泰峭壁和比利牛斯山脉的环形构造发射出来的辐射状构造。因此一些人认为, 辐射状构造可能是月海和类月海(或大型月坑)等巨大环状“地形”的共同特征。

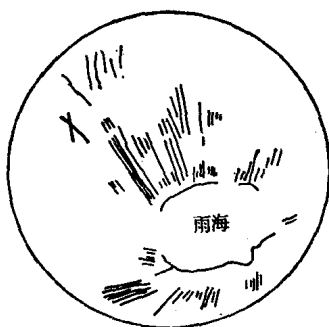


图 1.9 雨海的辐射状构造线
(茵布留姆体系)