

高等学校教材

地球科学概论

杨 桥 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等学校教材

地球科学概论

杨 桥 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

这是一本集地球科学基本概念、基本理论以及发展趋势为一体的大学专业基础课教材。全书共分4个部分,在介绍了地球行星的位置、地质年代及物质组成的基础上,系统介绍了地球表层系统和岩石圈动力系统,最后讨论了当代地球科学在人口、资源与环境方面所面临的问题。本书图文并茂,既是地球科学专业很实用的教材,也可供相关专业技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

地球科学概论/杨桥主编.
北京:石油工业出版社,2004.8
高等学校教材
ISBN 7-5021-4732-2

I.地…

II.杨…

III.地球科学-高等学校-教材

IV.P

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第070868号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.cn

总 机:(010)64262233 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:河北天普润印刷厂印刷

2004年8月第1版 2004年8月第1次印刷

787毫米×1092毫米 开本:1/16 印张:17.125

字数:435千字 印数:1-3000册

定价:20.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

这是一本集地球科学基本概念和基本理论、当代地学理念及趋势为一体的、为当代大学生进行素质教育而编写的一本教材。

为满足现代教学需求,本书以地球系统科学这一新的科学理念和地球观来着重阐述地球科学的基本知识和基本理论,探讨地球各子系统的特点、规律及它们之间的相互关系,结合现代人类对地球的认识过程,讨论了人类关注的环境、资源(能源)与灾害等社会问题。

当代地球科学的发展,早已超过了工业革命以来以开发利用自然资源达到聚集财富的目的。20世纪地球科学家的科学观念发生了重大变化,其中对后来地球科学发展具有深远影响的基本认识是:(1)地球是一个整体的系统,其不同的圈层通过多种途径相互作用,且在很大程度上决定地球整体系统的演化方向;(2)人类活动已成为地球系统演化的重要营力之一,在有些方面已超过自然力的作用;(3)天体运动对地球系统有重要影响。正是这些观念层次的认识,导致了地球系统科学的逐步产生和发展,并使不同圈层相互作用过程和机理、人与环境的相互作用研究成为本世纪地球科学基础理论研究的前沿。地球科学观念和认识的变化导致了地球科学的重大发现有:(1)板块构造:从垂直到水平、从区域到全球、运动学和动力学问题,岩石圈运动。(2)全球变化:从局部到整体、从微观到宏观、原因和动力问题、地球表层。(3)地球系统科学:更大范围的、更加宏观的、综合性的、板块后的地球科学时代。

21世纪地球科学的发展应具有:多学科、多方向、尺度可转换、受信息驱动、可预测、以模型为基础、与教育相结合、虚拟的和全球性等特点。新世纪地球科学的社会发展功能是建立在全方位化,多学科系统整合研究,以及现代地球信息技术构筑的平台上,体现其科学、经济、社会发展功能的全方位性的变化,并满足经济和社会发展的多方面需求。“地球科学”的任务是理解地球过程:“过程—资源—地球管理”和“认识—利用—保护”及其交换关系,评估人类对自然平衡和自然循环造成的影响;并与其他科学进行跨学科的合作,为解决在工业方面紧迫的、与社会发展关系重大的环境、资源、灾害、生态等问题做出贡献,为实施“地球管理”的未来发展方向奠定基础。但地球系统科学的难点:不同圈层中不同时间尺度过程的耦合及圈层相互作用。人类不仅有合理地、理智地开发和利用自然资源的权力,更应有一份在全球实施的“地球管理”的义务,才可能胜任保护作为生存空间的地球,给未来子孙后代保留一个可接受的生存条件这一责任!中国拥有 $960 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的国土及近 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的海疆。其幅员辽阔、地势雄伟、山川壮丽、地质条件复杂而多变、矿产资源丰富而多彩。环太平洋地震带、火山带与阿尔卑斯—地中海—喜马拉雅山构造带在此交汇;发育有“世界屋脊”之称的青藏高原;举世无双的第四纪黄土沉积地貌,还有西南的喀斯特地貌、西北的戈壁、沙漠等等。

中国地球科学工作者们经过长期的努力,为中国和全球的地学事业做出了较大的成绩。如近年来,中国科学院院士、中国“黄土之父”刘东生因以黄土沉积为重要线索,对第四纪以来全球性周期性及突变性气候事件的研究而荣获2002年国际环境最高科学成就奖——泰勒奖,以及2003年度国家最高科学技术奖;中国地质大学殷鸿福院士主持的“全球二叠纪—三叠纪界线层型”研究,将我国浙江省长兴县煤山剖面被国际地质科学联合会正式确定为“全球二叠纪—三叠纪界线层型剖面 and 点位(俗称金钉子, $2.5 \times 10^8 \text{ a}$)”,其中古生物化石牙形石的完整序

列被作为确定这一界限的标准而被入选“2001年中国基础科学研究十大新闻”。还有被誉为20世纪最惊人的发现——澄江动物群与寒武纪大爆发。诠释并回答了寒武纪大爆发这一重大疑难科学问题；探索了脊椎动物、真节肢、螯肢和甲壳等动物的起源等理论问题。

在2003年度世界科学TOP排序中(25个国家),地球科学位居14,属于基准线附近的水平。但我们面临的问题太多,太多。如美国NASA固体地球科学计划中提出的问题:(1)板块边界变形的特征是什么?对地震灾害意味着什么?(2)构造、地貌、水文和生物过程是如何相互作用以塑造地形并产生自然灾害的?(3)冰体、海洋和固体地球是如何相互作用的?它们将如何影响海平面的变化?(4)岩浆系统是如何演化的?火山在什么条件下喷发?(5)什么是地幔和地壳动力学?地球表面是如何响应的?(6)什么是地球磁场动力学?它与地球系统是如何相互作用的?

当前,在中国存在的地球科学问题有:(1)中国已成为世界能源、矿产资源生产和消费大国:自然资源供需矛盾十分突出;有限资源浪费巨大;地表浅层和易寻找的矿产资源已所剩无几。(2)中国已经进入持续性生态短缺和大范围复合性环境污染阶段:生态退化日益加剧;环境污染已经发展到令人触目惊心的程度;环境健康问题日益突出。(3)全球环境变化将加剧我国生态与环境的恶化趋势;灾害频繁、灾害严重。(4)未来中国将面临人口、资源、环境等巨大压力及新的挑战。

回答这些问题,解决这些难题,既是一个科学问题,也是一份社会责任!我们的社会要发展,而且还要可持续发展。基于这一现实,当代大学生为科学奉献、为社会尽职,责无旁贷!时不我待!任重道远!

因此,《地球科学概论》这一教材,在国内外大学里均作为素质教育课程,用以打造一个全新的大学生的知识结构;加强大学生们对地球科学的认识和“管理地球”的意识;提高对复杂环境问题的认知程度,构筑一个服务于科学界和全社会的知识体系;培养对当代科学、经济、社会的一份职责!

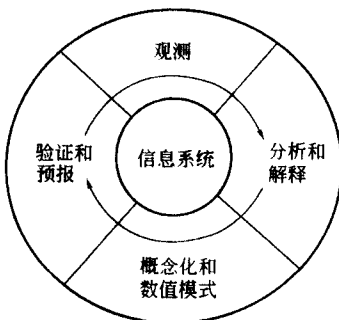


图1 地球系统科学的研究方法
(据美国国家航空和宇航管理局地球系统科学委员会,1992)

4个步骤以循环方式连接并用全球信息系统

由于地球是一个开放的、复杂的巨系统,同时具有很宽的时空尺度谱:空间尺度—行星尺度(地球半径);时间尺度—所有时间尺度。包括固体地球科学从几千年至几十万年到几百万年至几十亿年;地球系统科学从几十年至几百年;大气、海洋和生物学从几秒至几小时到几天至几个季度,其作用又极其复杂。现代地球科学的研究方法与其他学科研究方法大体相似,通常包括4个步骤:(1)观测数据的采集;(2)观测资料的分析 and 解释;(3)概念和数值模式的建立或实验;(4)模式的验证及变化趋势的预测。这些步骤形成一种循环的程序,因模式的验证需要通过观测进行比较来检验和修改;而模式反过来又常常为研究进展所需的观测提供新的见解(图1)。

由于地球科学具有科学实验的难于重复性,因而产生对野外观测,数据采集,甚至全球持续中、长期的,系统的定量观测的依赖性。因为这是地球科学研究的第一步,也是基础资料的来源,它能解决一些问题。如人类生存环境正面临污染、破坏等一系列问题,这在环境变化研究中需要回答的有:(1)自然环境如何变化?(2)自然环境变化原因?(3)自然环境变化趋势?(4)在环境变化背景下,人类将如何持续发展?这些问题都要从地质记录中寻找答案,而这些答案只有进行长期而系统的观测

才能获得。传统地质学就是基于野外的观察、大量的事实而发展起来的学科。英国地质学家莱伊尔(C. Lyell, 1830—1895)利用现今所能看到的地质现象,地质作用的规律,其反推地质历史时期事件发生的特点、条件及大致的演化过程,提出了“现实主义原理”,即“将今论古”的原理。“现在是理解过去的钥匙”对认识地球演化发展的历史起到了重要的促进作用。今天,这一历史比较法仍然是解释地球过去演化历史的基本思维方法之一。

在观测数据的基础上,通过资料分析和解释,人们将力图识别可用过程即物理、化学和生物学所决定的综合现象加以解释的数据分布形式。从资料形式到过程的过渡是从定性向定量认识转换中的重大的一步,正是这一步揭示了状态变量的合理组合以及他们之间的主要依存关系。

而数学和数值模式推动了分析和解释工作的进展,包括与其他过程有定量联系的过程以及过程之间的相互作用进行数值运算。此外,还为资料和知识的结合,为促进理论工作的发展提供了一个框架。

验证和预报是周期性研究的最终环节。模拟研究的结果至少应再现地球的现状并能解释它的过去。与地球科学资料进行比较是对模式性能的严格检验,往往会既暴露出这些模式的不完全之处,又进而提出新的模式和新的观测。

而这4个研究步骤都是与全球信息系统同步发展的。信息系统将用以接受、处理和储存新的观测资料,并通过新的计算机技术和不同研究小组分享结果来促进资料的分析和解释,用以支持那些能明确地处理地球各部分之间的相互作用的先进数据模式的发展,以及用以将目前的结果外推,以便确认和模拟全球变量的未来变化趋势。

地球科学基于它所涉及的包罗万象的系统研究,要将其相关知识、理论融合自成体系,或章章出彩,节节精辟,在有限的时间里实在难为了编者。地球科学之浩大、理论之精深、编写之困难,只有编写地球科学概论,方知实为遗憾的艺术!

本书是由石油大学(北京)资源与信息学院地球科学系教师编写而成。绪论及第三(大部分)、五、六、七、十、十一、十二、十三、十四、十六章等均由杨桥编写;第四章由周子勇和杨桥编写,第一和十五章由周子勇编写;第二和第三章(小部分)由李东明编写;第八和九章由杨革联编写,在每章后面均附有一篇英文阅读材料。全书由杨桥统编,并进行多次修改,最后完成定稿。

在编写第十六章中,承蒙国家自然科学基金委地球科学部柴育成先生提供了大量资料,在此特别地表示深深地谢意!

感谢我的学生,何书先生为本书编绘了部分精美的图件。

最后,深深地感谢我的先生,漆家福教授对该书的关注和支持!

杨 桥
2004年5月

目 录

第一部分 固体地球

第一章 地球行星与行星科学	3
第一节 地球行星及其圈层结构	3
第二节 地球在宇宙中的位置	5
第三节 地球的形成与演化	8
第四节 人类对宇宙的探索	10
本章小结	16
第二章 地球的地质年代	18
第一节 相对地质年代	18
第二节 同位素地质年代	20
第三节 地质年代表	22
第四节 地球的生物演化史	23
本章小结	26
第三章 地球的物质组成	29
第一节 元素的分布	29
第二节 地壳中的矿物	31
第三节 地壳中的岩石——火成岩	35
第四节 地壳中的岩石——沉积岩	38
第五节 地壳中的岩石——变质岩	41
第六节 岩石的轮回	43
本章小结	44

第二部分 地球表层系统

第四章 地球的外部圈层	49
第一节 大气圈	49
第二节 水圈	57
第三节 生物圈	60
第四节 风化作用与土壤	62
本章小结	73
第五章 海洋与海岸带	76
第一节 海水的运动	77
第二节 海蚀作用及海蚀地貌	83
第三节 海岸沉积作用与海积地貌	86
第四节 海岸带的演化	89

第五节 海岸带的灾害	91
本章小结	94
第六章 河流与洪水	97
第一节 地面流水	97
第二节 河流的地质作用及河流地貌	102
第三节 洪水	110
本章小结	113
第七章 地下水及其作用	116
第一节 地下水的基本概念	116
第二节 地下水的潜蚀作用及喀斯特地貌	117
第三节 地下水及其他作用	120
本章小结	122
第八章 冰川及冰川作用	124
第一节 冰川的形成和类型	124
第二节 冰川的作用及冰川地貌	126
第三节 冰川对环境的影响	130
第四节 冰川与第四纪	131
本章小结	132
第九章 风与荒漠、黄土	134
第一节 风的作用特征	134
第二节 风成地貌	134
第三节 干旱区荒漠的类型	137
第四节 黄土与黄土地貌	138
本章小结	140

第三部分 岩石圈动力系统

第十章 地震及地球的内部构造	145
第一节 地震	145
第二节 地球的内部构造	152
本章小结	158
第十一章 岩石圈板块构造	161
第一节 岩石圈板块构造回顾	161
第二节 岩石圈板块	166
第三节 岩石圈板块构造理论的要点	168
第四节 岩石圈板块构造体系	173
第五节 岩石圈板块构造与含油气盆地	181
本章小结	183
第十二章 岩石的变形与地质构造	186
第一节 岩石变形	186
第二节 构造现象——地质历史的记录	188

第三节 岩石的变形——断裂	191
第四节 岩层的弯曲变形——褶皱	193
第五节 地质构造与油气圈闭	196
本章小结	196

第四部分 当代地球科学所面临的问题

第十三章 人口、资源与环境	201
第一节 人口与环境	201
第二节 资源及可持续发展	208
本章小结	210
第十四章 能源资源	211
第一节 能源资源	211
第二节 化石燃料能源	215
第三节 可再生能源	220
本章小结	227
第十五章 数字地球	229
第一节 数字地球的基本概念	229
第二节 数字地球的基本理论及关键技术	231
第三节 数字地球的应用	236
本章小结	238
第十六章 地球系统科学	242
第一节 相关术语	242
第二节 地球系统科学	245
第三节 地球系统科学的全球主要研究计划简介	253
本章小结	261
参考文献	263

第一部分

固 体 地 球

第一章 地球行星与行星科学

第一节 地球行星及其圈层结构

一、地球行星的形状

地球这颗行星形成于 46×10^8 a 前,是太阳系中目前唯一已知存在生命的行星。人类对于地球的形状和大小的认识有十分悠久的历史。最早较为科学地测出地球的形状及大小的要追溯到公元前 3 世纪。当时古希腊的厄拉多塞(Eratosthenes)注意到这样一个事实,即同一时间位于埃及的两个相距 800km 之遥的城市,太阳照射的角度是不同的。在一个城市太阳位于头顶,而同一时间在另一城市,太阳光线已发生偏斜。他认为太阳的偏斜一定是由地球表面弯曲引起的,由此他判断地球是圆的,同时根据建筑物的阴影,他用几何方法求出地球的周长约为 40000km,地球的半径为 6400km。这是一个非常接近后来精确测量的数字。我国战国时期哲学家惠施也早已提出地球呈现球形的看法。1519 年葡萄牙航海家麦哲伦率领的 5 艘海船,用 3a 时间,完成了第一次环绕地球的航行,从而直接证实了地球是球形的。上个世纪下半叶,科学技术的迅速发展,特别是高精度的微波测距、激光测距、人造卫星等技术的应用,人们可以精确地测量地球的大小和形状。

根据国际大地测量与地球物理联合会 1980 年公布的地球的主要数据如下:

赤道半径	6378.137km;
两极半径	6356.752km;
平均半径	6371.012km;
扁率	1/298.257;
赤道周长	40075.7km;
子午线周长	40008.08km;
表面积	$5.101 \times 10^8 \text{km}^2$;
体积	$1.0832 \times 10^8 \text{km}^3$;
到太阳的平均距离	$1.496 \times 10^8 \text{km}$;
公转一周的时间	365.256d;
自转一周的时间	23h 56min 4s。

二、地球的圈层结构

地球圈层以上地幔中的软流圈为界分为地球外圈和地球内圈两大部分(图 1.1)。地球外圈由大气圈、水圈、生物圈和岩石圈组成;地球内圈由地幔圈、外核液体圈和固体内核圈组成。这样,整个地球总共包括 8 个圈层,其中岩石圈、软流圈和地球内圈一起构成了所谓的固体地球。

(1)大气圈(atmosphere):地球外圈中最外部的的气体圈层,它包围着海洋和陆地。大气总质

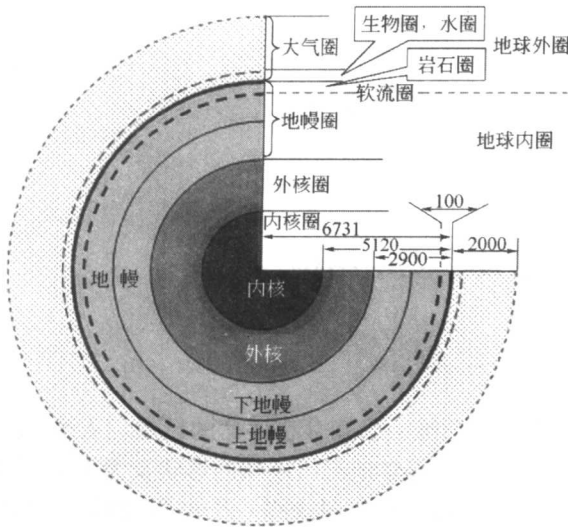


图 1.1 地球圈层结构示意图(单位:km)

量的 90% 集中在地表以上 15km 以内, 99.9% 在 50km 高度以内。在 2000km 高度以上, 大气极其稀薄, 逐渐向星际空间过渡, 而无明显的上界。

(2)水圈(hydrosphere):地球上被水和冰雪所占有或覆盖而构成的圈层,它是一个连续但不很规则的圈层。水圈中的水以三态形式存在,大部分为液态,如海洋、河流、湖泊、水库、沼泽、土壤中的水。部分为固态,如极地的广大冰源、冰川、积雪和冻土。水圈的水和大气圈、生物圈、岩石圈之间有极密切的关系,并形成各种方式的水交换。整个水圈的水,约 2800a 才完成一次交换。大气圈和水圈相结合,组成地表的流体系统。

(3)生物圈(biosphere):生物圈的概念是奥地利地质学家休斯(E. Sness)1875年首次引进自然科学的。20世纪20年代,经苏联地球化学家维尔纳茨基(В. И. Вернадский)提倡,才引起人们的注意。生物圈是指地球上所有的生物,包括人类及其生存环境的总合。生物圈由岩石圈的上层部分、大气圈的下层部分和水圈的全部构成。

(4)岩石圈(lithosphere):岩石圈是由美国地质学家巴雷尔(J. Barrell)于1914年根据板块理论提出的地球圈层概念。它包括地壳和上地幔的上部。岩石圈的厚度是变化的,大洋部分在洋中脊的最新部分只有6~8km,在最老部分则有100km;大陆岩石圈更厚一些,基本上在100~400km之间。

(5)软流圈(asthenosphere):最早也是由美国地质学家巴雷尔与岩石圈同时提出的地球圈层的概念。古登堡在1926年最早提出在距地球表面以下约100km的上地幔中有一个明显的地震波的低速层,证实了软流圈的存在。也就是由于这个软流圈的存在,将地球外圈与地球内圈区别开来。

(6)地幔圈(mantle):位于莫霍面和古登堡面之间的圈层。南斯拉夫人莫霍洛维奇首先利用地震波探索地球内部结构。他以1909年的一次地震观察研究为基础,提出在地下存在1个界面,在这个界面的位置,地震波的传播出现了不连续的情况,表明地球内部是分层的。后人为了纪念莫霍洛维奇的这一贡献,将这个界面称为“莫霍面”。莫霍面的深度在大陆下面是33km,在海洋处很薄,为6km,平均约为17km。从地表到莫霍面之间的部分称为地壳。

德国地球物理学家古登堡在1913年发现,在距离地表2900km的地下,地震波的传播出现了异常,说明此处也存在一个界面,由于界面上下物质性质不同,造成了地震波传播的异常。这个界面后来被称为“古登堡面”。以上两界面之间的圈层称为地幔圈。从古登堡面一直到地心的部分称为地核,它包括内核与外核。因此根据莫霍面和古登堡面可以把固体地球分为地壳、地幔和地核三部分。

(7)外核圈(outside core):位于地面以下约2900km~5120km深度。整个外核圈基本上可能是由动力学粘度很小的液体构成。

(8)内核圈(inside core):位于 5120~6371km 地心处。根据对地震波速的探测与研究,该圈层为固体结构。地心处温度为 5500~6000℃。

第二节 地球在宇宙中的位置

一、地月系统

月球是地球唯一的天然卫星,它与地球有着密切的演化关系。月球和地球相距平均只有 $384401 \pm 1\text{km}$ 。形状近于椭圆,其赤道带略呈隆起。月球的直径为 3460km,约为地球直径的 $3/11$,其体积仅为地球的 $1/49$ 。月球物质的平均密度为 3.34g/cm^3 ,重力加速度为 1.62m/s^2 。由于月球的引力比地球小 6 倍,月球上大气极为稀薄,还不到地球表面大气密度的一万亿分之一,月球上没有火山活动,没有水,也没有生命,更没有风、雨、雪等天气现象,是一个平静的世界。

根据对建立在月球上的阿波罗 11 号和 12 号月震台记录资料的分析,以及对月球表面和月岩的研究,可知现今的月球内部也有圈层结构,但与地球内部的圈层结构并不完全相同。月球表面山岭起伏,峰峦密布,按照与地球表面地形相类似的划分方法,月球表面也可以划分出不同的“地形”:

(1)月海:月球表面的阴暗区称为月海。月海并不是真正的海,月海里没有水。月海指的是月球上的一些不规则洼地或界线清楚的山脉所围成的圆形盆地,主要分布在月球的正面,在月球背面有一些直径为 500km 左右的巨大圆形凹地,称为类月海。月海和类月海是月球受小天体撞击产生永久变形并被玄武岩充填而形成的。

(2)月陆:月球表面高出月海的地区。其水准面一般比月海高出 2~3km。

(3)环形山:月球表面圆形坑四周的隆起。

(4)其他表面特征:月球表面还有一种窄而长的负地形,其长度从几千米到几百千米,大者称为月谷,小者称为月沟或月溪。月球表面还有一种细长而弯曲的突起,与月海的边缘平行,称为月球皱纹。它可能是由于月球内部岩浆上涌把月亮顶起所致。此外月球表面的赤道带有与地球火山很相似的穹窿和锥状构造,它们可能是月球上的火山。

(5)月岩:月球的表面覆盖着松散层,由岩石碎块、砂和尘土组成,称为月壤。在月海中,月壤厚为 2~10m,在月陆上厚达 90m。月壤是月球外层的岩石受陨石撞击破碎以及因昼夜温差变化悬殊,发生差异性胀缩、碎裂的产物。根据对月壤的研究,可知月球上的主要岩石相当于地球上的基性岩,其形成年龄最轻的也有 3000Ma。

地球与月球构成了一个天体系统,称为地月系。在地月系中,地球是中心天体,因此一般把地月系的运动描述为月球对于地球的绕转运动。然而,地月系的实际运动,是地球与月球对于它们的公共质心的绕转运动。月球既围绕地月系统的质心沿椭圆轨道绕地球运转,同时又参与地球绕太阳的公转运动。公共质心的位置在离地心约 4671km 的地球体内。月球的自转和公转都是自西向东的。月球的这种自转,称为同步自转。地球与月球绕它们的公共质心旋转 1 周的时间为 27d7h43min11s,并且在同一时间里月球恰好自转 1 周,即月球绕地球公转的时间与它自转的时间相等,所以月球永远只有一面对着地球。

由于地球、月球及太阳的相对运动,咱地球上观察月球时会周期性地出现月亮圆缺的各种形状即月相(图 1.2)。

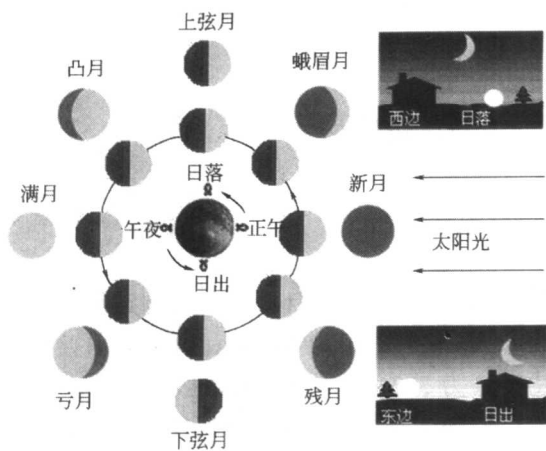


图 1.2 地月系统及月相(据 Tarbuck L.)

当月球运行到太阳和地球之间,月球遮住了太阳,便是日食;当月球运行到地球的背后,被地球遮挡,便出现月食现象。因此日食一定发生在农历初一的朔,月食一定发生在农历十五或十六的望。但是由于月球运行轨道的关系,并非每月的初一都有日食,每月的十五、十六都有月食。

二、太阳系

以太阳为中心存在着一个受太阳引力支配的天体系统——太阳系(solar system)。地球是太阳系中的一员。太阳是太阳系中唯一的一颗恒星,其质量占整个太阳系的 99.87%,能发出强烈的光和热。围绕太阳旋转的是一个

行星体系。太阳系主要由九大行星及众多的小行星、卫星、彗星和陨星等组成。太阳系的九大行星由里向外依次为:水星(Mercury)、金星(Venus)、地球(Earth)、火星(Mars)、木星(Jupiter)、土星(Saturn)、天王星(Uranus)、海王星(Neptunian)、冥王星(Pluto),见图 1.3,小行星主要分布于火星、木星之间。其基本参数见表 1.1。

表 1.1 太阳系主要星体的基本参数

行星	赤道半径, km	扁率	质量 地球 = 1	密度 g/cm ³	重力(地球 = 1)	恒星 日长	赤道对 轨道 倾斜	绕太阳 旋转 1 周 (地球年)	卫星数	公转(平均)半径, km
水星	2440	0.0000	0.0500	5.46	0.38	58.6d	< 10°	0.241	0	58 × 10 ⁶
金星	6050	0.0000	0.8200	5.26	0.89	243d	6°	0.616	0	109 × 10 ⁶
地球	6378	0.0034	1.0000	5.52	1.00	23h56min	23°27'	1.00	1	150 × 10 ⁶
火星	3395	0.0052	0.1100	3.96	0.38	24h37min	24°55'	1.88	2	229 × 10 ⁶
木星	71400	0.0620	317.9400	1.33	2.64	9h50min	3°4'	11.99	17	779 × 10 ⁶
土星	60000	0.1080	95.1800	0.70	1.17	10h14min	26°45'	29.50	23	1427 × 10 ⁶
天王星	25900	0.0100	14.6300	1.24	1.03	约 24h	97°53'	84.00	20	2871 × 10 ⁶
海王星	24750	0.0260	17.2200	1.66	1.50	约 23h	28°48'	165.00	2	4496 × 10 ⁶
冥王星	1350		0.0024	1.50		6.39d		248.00	1	5913 × 10 ⁶
太阳	69.6 × 10 ⁴		33 × 10 ⁴	1.409		日面赤道自转周期 25d		表面温度 5770K, 中心温度 1500 × 10 ⁴ K		
月球	1738.2		1/81	3.34		月地平均距离 3.88 × 10 ⁵ km				

注:据杨达源,《自然地理学》,2001。

九大行星中,一般把水星、金星、地球和火星称为类地行星,把木星、土星、天王星和海王星称为类木行星。

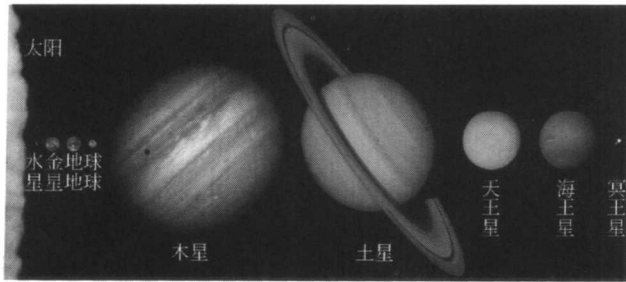


图 1.3 太阳系中九大行星的分布

类地行星的共同特点:

- (1)类地行星主要由石质和铁质构成,有固态表面,半径和质量都较小,但密度较高。
- (2)类地行星自转较慢。
- (3)类地行星的磁场比较弱。
- (4)类地行星有少量卫星或没有卫星。地球有 1 个卫星即月球,火星有 2 个卫星:火卫一和火卫二,水星和金星没有卫星。

类木行星的共同特点:

- (1)类木行星主要由氢、氦、冰、甲烷、氨等构成,石质和铁质只占极小的比例,质量和半径均远大于地球,但密度却较低,没有固体的地壳。
- (2)类木行星自转速度快,大气层都形成气流带及强烈的气候现象,如木星持续最少 300 多年的大红斑台风。
- (3)类木行星有强大的磁场和类似土星环的环状结构。
- (4)类木行星都有为数不少的卫星,到目前为止,天文学家发现木星有 16 个卫星,土星 18 个,天王星 15 个和海王星 8 个,比地球的 1 个和火星的 2 个要多很多。

冥王星则既不属于类地行星,也不属于类木行星,是特殊的一颗行星。

太阳系的天体以太阳为中心作高速旋转。太阳系中行星的分布及运转几乎都在一个共同的平面,称为黄道面。行星运动有两种主要形式:自转和绕太阳公转。

行星绕太阳的公转遵循开普勒(J. Kepler)三定律(图 1.4)。

开普勒第一定律(椭圆定律):所有行星绕太阳的运动轨道是椭圆,太阳位于椭圆的 1 个焦点上。该定律是关于行星运行的轨道形状定律。

开普勒第二定律(面积定律):连接行星和太阳的直线在相等的时间内扫过的面积相等。

开普勒第三定律(调和定律):行星绕太阳运动的公转周期(T)的平方与它们的轨道半长径(a ,即到太阳的平均距离)的立方成正比。即行星的轨道半径越大,其公转的周期越长,反之就越短。若用公式表示,为:

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{T_3^2}{a_3^3} \cdots = K$$

第一、第二两定律描述的是行星的轨道形状和行星在轨道中的运动。第三定律描述的是任意两颗行星绕太阳运转的对比。

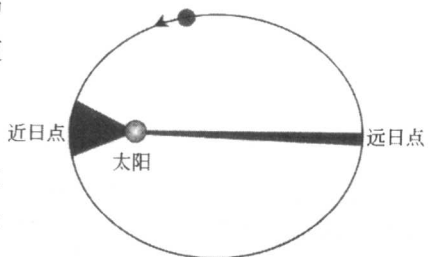


图 1.4 开普勒第一定律、第二定律

第三节 地球的形成与演化

一、宇宙起源与大爆炸理论

1. 红移现象与哈勃定律

当波源和观察者之间有相对运动时,观察者接收到的频率会发生变化,当波源远离观察者时,观察者所接收到的波源的频率比波源本身发出的频率要低,反之则要高。多普勒于1842年首先发现声波的这一现象,不仅是声波,所有波都有这种现象,这种现象便称为多普勒效应(doppler Shift),见图1.5(a)。

光是一种电磁波,也同样有多普勒效应。光波与声波的不同之处在于,光波频率的变化使人感觉到是颜色的变化。如果发光体远离我们而去,则我们所接受到的发光体的光波频率要比其固有频率低,即波长要变长,在可见光谱上则表现为光的谱线向红光方向移动(即观察者所见到的发光体的颜色比发光体本身的颜色要红),这种现象称为“红移(red shift)”,见图1.5(b);如果发光体朝向我们运动,我们接受的频率比发光体固有频率要高,波长变短,光的谱线就向蓝端偏移,称为“蓝移(blue shift)”。

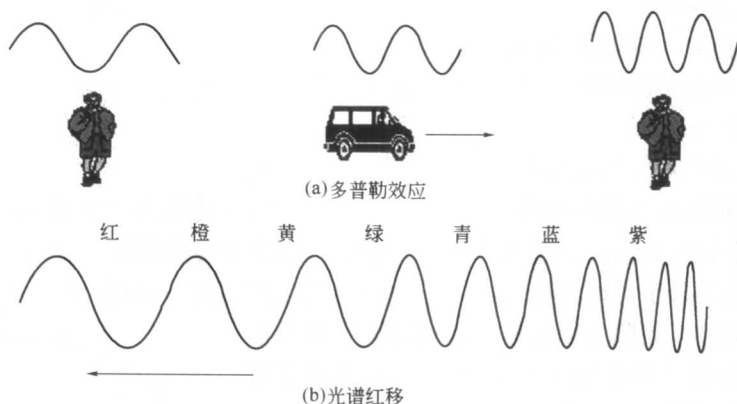


图 1.5 多普勒效应与红移示意图

20世纪20年代后期,哈勃(E. Hubble)发现了红移现象,即来自星系的光谱呈现某种系统性的红移。这说明星系正在远离我们。将星系中特定原子的光谱与地球上实验室内同种原子的光谱进行比较,就可以确定光源正在以多大的速度退行。哈勃发现,离我们越远的星系运行速度越高,而且两者之间存在线性关系,这个关系称为哈勃定律。

2. 宇宙起源的两种著名的假说

关于宇宙的起源,天文学发展史上提出了各种各样的宇宙模型假说。本世纪比较有影响的宇宙模型主要有两种。一是稳态理论(steady state theory),一是大爆炸理论(the big bang)。

稳态理论由托马斯·戈尔德(Thomas Gold),赫尔曼·邦迪(Herman Bondi)及弗雷德·霍伊尔(Fred Hoyle)于20世纪40年代后期提出,他们认为宇宙在膨胀的同时,物质也正以恰当的速度不断创生着,这一创生速度刚好与因膨胀而使物质变稀的效果相平衡,从而使宇宙中的物质密度维持不变。因此稳态理论认为,宇宙在任何时候,平均来说始终保持相同的状态。但是当宇