

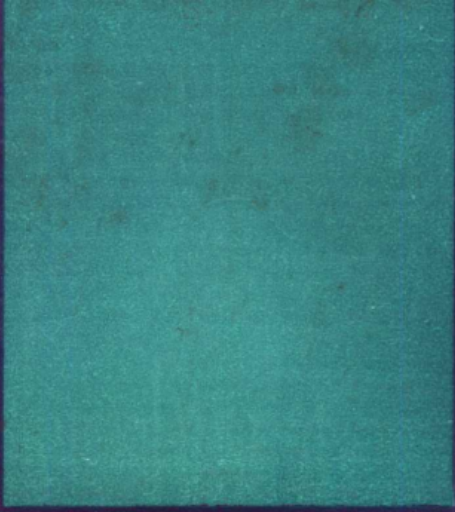
XIANDAI DIZHIXUE
JIANG ZUO

现代地质学 讲座

赵懿英 方一亭主编
南京大学出版社



地质出版社



XIANDAI
DIZHIXUE
JIANGZUO

现代地质学
讲座



封面设计
张乃军

ISBN 7-305-00678-5

P·47 定价：2.80 元

现代地质学讲座

赵懿英 方一亭 主编

南京大学出版社

1990·南京

内 容 简 介

本书为综合性大学文、理科学学生选修地质学而编写。全书除前言、后语外，共分十六章，按地球概况、矿物岩石、地史古生物、动力和数学地质、水文工程、矿产资源、地球物理的顺序编排。书中内容既介绍地质学的基础知识，也介绍专门地质学知识；既有传统地质学概念，更着重贯穿现代地质学基本观点，并注重科学性、哲理性、通俗性、趣味性。

本书可以满足各类高等学校不同专业的学生了解地球科学基础知识的需要，因此可作为大学生选修地质学课程的教材，也可供地质科技工作者、研究生及勘测技术人员参考，对中、小学自然、地理课的教师以及爱好地球科学的其他人员来说也是一本有益的参考书。

现 代 地 质 学 讲 座

赵懿英 方一亭 主编

•

南京大学出版社出版

(南京大学校内)

江苏省新华书店发行 丹阳练湖印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 11.5 插页: 1 字数: 277 千

1990年6月第1版

1990年6月第1次印刷

印数: 1—2000

•

ISBN 7-305-00678-5

P·47 定价: 2.80 元

前 言

《现代地质学讲座》是南京大学地球科学系面向全校学生开设的一门公共选修课。开课目的在于传播地质学知识,开拓学生的知识面,改变学生知识结构,提高学生科学素养,使学生了解地质学发展的趋向及地质学的重要性。

众所周知,地质学是以地球为研究对象的一门学科。地球又是人类赖以生存的地方。从人们日常生活中的衣、食、住、行到现代高科技的精尖产品,无不仰仗于地球所赋存的资源。现在世界95%的能源和75~80%的工业原料主要来自矿产资源,而资源的开发又离不开地质学的研究。此外,地质环境的变迁直接影响和控制着生物及人类的生长、发育、繁衍与绝灭,也直接影响国家经济发展战略目标的成败和社会的发展,所以具有远见卓识的政治家都十分重视地球科学的研究和开发工作。

即使人们在业余之暇去游山玩水、访古寻幽,若懂一些地质知识就会增添生活的情趣,譬如说,桂林为何出现奇峰异洞?黄山为何出现万笏朝天?西湖为何山明水秀……。大自然的奇山异景无不蕴藏着富有趣味的地质奥秘。

因此,处在科学发达的时代,在这学科纷繁的学府里作为现代大学生掌握一些地质学基础知识是完全必要的。

为此,地球科学系决定以1988年所用的教学讲义为基础,正式编写出版《现代地质学讲座》一书,以飧读者。

由于本课程面对全校不同系科、不同年级的学生,因此其内容选择既注重科学性、哲理性,也重视通俗性、趣味性。这样,既能满足学生开阔眼界、拓宽知识的要求,又能使学生提高学习兴趣,进一步了解地质科学的各种专业知识,从中受到教益和启发。

本书内容按地球概况、矿物和岩石,地史与古生物、动力地质和数学地质、水文工程、矿产资源、地球物理的顺序编排,并由我系学有所长、有一定教学经验的教授、副教授等编写。

本书共分十六章,负责编写的成员分工:第一章夏邦栋;第二章夏邦栋、冯祖钧;第三章罗谷风、陈武;第四章周新民;第五章张景荣;第六章孙肅;第七章夏树芳;第八章方一亨;第九章曹励明;第十章马瑞士、张庆龙;第十一章冯祖钧;第十二章朱学愚;第十三章罗国煜;第十四章赵懿英;第十五章胡受奚、周顺之;第十六章王良书。施央申教授为本书写了后语。参加本课程教学和教材建设的成员还有吕洪波、施贵军和张文兰。

本书编写贯彻少而精的原则,每章一般在1万字左右,并努力做到深入浅出,图文并茂。

本书除供选课学生使用外,对地质科技工作者、大学生、研究生及勘测技术人员也是一本有益的参考书。

本书由赵懿英、方一亨主编,夏邦栋、胡受奚指导。全书插图由高秀英描绘。

限于主编水平,书中缺点错误在所难免,恳请读者批评指正。

主编 1989.12.

目 录

第一章 地质学的过去、现在与未来	1
第一节 地质学是从实践中发展起来的科学.....	1
第二节 地质学发展的道路.....	2
第二章 地球概说	5
第一节 地球的自转.....	5
第二节 地球的形貌.....	6
一、大陆.....	7
二、海洋.....	7
第三节 塑造地球形貌的动力.....	10
一、地质作用的特征.....	10
二、地质作用的类型.....	1
第四节 地球的内部.....	13 ₁
第三章 矿 物	15
第一节 矿物及其分类.....	15
一、矿物的概念.....	15
二、矿石的概念.....	1 ⁶
三、矿物的分类.....	17
第二节 矿物的主要性质.....	17
一、矿物的形态.....	17
二、矿物的物理性质.....	20
三、矿物物性与成分的关系.....	22
第三节 矿物的识别和利用.....	23
一、矿物的识别.....	23
二、矿物的利用.....	23
第四章 岩石和岩石学	26
第一节 火成岩.....	27
第二节 沉积岩.....	28
第三节 变质岩.....	30
第五章 花岗岩的成因与成矿	33
第一节 花岗岩概述.....	33
第二节 花岗岩成因的两种对立观点.....	34
第三节 花岗岩的成因系列.....	35
第四节 花岗岩形成的大地构造背景.....	37
第五节 花岗岩与成矿.....	38

一、花岗岩成矿方式的几种假说	38
二、矿化花岗岩体的特征	39
第六章 地质学史中有关岩石成因的两大论争	43
第一节 火成论与水成论的论争	43
第二节 岩浆派与变成派的论争	45
第七章 地球的沧桑变迁史	47
第一节 地球的诞生及其历史的划分	47
第二节 早期地球表面的特点	47
第三节 元古宙晚期的地球	50
第四节 早期古生代的地球	51
第五节 晚古生代的地球	52
第六节 中生代的地球	54
第七节 新生代的地球	56
第八章 灾变论与渐变论	59
第一节 居维叶的灾变论	59
第二节 渐变论的兴起	59
第三节 新灾变论的崛起	61
第四节 生物演化的点断平衡	64
第九章 地球化学环境与生命	67
第一节 地球形成初期的地球化学环境	67
一、地球的原生大气圈	67
二、地球上次生成因的原始大气圈与水圈	68
第二节 生命的起源	68
第三节 生命活动与地球化学环境的变迁	70
第四节 现代地球化学环境对人类生存与发展的影响	71
一、化学元素与人类	72
二、人类与地球化学环境	73
第十章 活动论与固定论	75
第一节 两种海陆观	75
第二节 海陆永恒说	76
一、大洋的成因	76
二、大陆的形成	76
三、陆桥说	77
第三节 活动论的兴起	78
一、历史的回顾	78
二、魏格纳的大陆漂移说	79
三、大陆漂移说的“搁浅”	81
四、大陆漂移说的复活	81
五、海底扩张说	83
六、板块构造	88

第四节 固定论者的异议和见解	89
一、固定论者的异议	89
二、别洛乌索夫-贝梅伦“大洋化”假设	90
三、地球膨胀说的兴起	91
第五节 大地构造学的展望	92
第十一章 数学地质简介	94
第一节 什么是数学地质	94
一、反演计算方法	94
二、模拟计算方法	94
第二节 应用实例	95
一、矿产预测	95
二、地震预测	96
三、成矿作用物理-化学条件的模拟计算	97
四、地质学自动推理的一种方法	98
第十二章 水资源和地下水	100
第一节 全世界的淡水资源	100
一、全球的水储量和更新期	100
二、水循环和世界水资源	101
三、全世界的水资源利用概况	104
四、中国的水资源特点及其开发利用	107
第二节 重要的淡水资源——地下水	109
一、地表水资源和地下水资源的特点	109
二、地下水的赋存、运动和分类	109
三、地下水的水质	111
第三节 地下水与环境	113
一、水资源不合理开发引起的环境问题	113
二、地下水污染	117
三、地下水资源的管理	118
第十三章 工程地质学的基本任务与课题	120
第一节 引言	120
第二节 工程地质学的基本任务与课题	121
一、能源	121
二、城镇建设	123
三、矿产资源和军事工程建设	123
四、交通运输建设	123
第三节 研究观点	124
第十四章 铀矿——当今核能的源泉	126
第一节 铀矿概况	126
一、铀矿及其用途	126
二、人们认识和利用铀的简况	127
第二节 铀矿是怎样形成的	129

一、铀成矿的根据(内因).....	129
二、铀成矿的条件(外因).....	130
第三节 世界和我国的铀矿资源.....	131
第十五章 世界和我国的矿产资源	133
第一节 概述.....	133
第二节 燃料-能源矿产资源.....	137
第三节 金属矿产资源.....	140
第四节 非金属矿产资源.....	148
第十六章 地球物理场	154
第一节 地震活动及其成因和预报.....	154
一、地震活动规律.....	154
二、地震成因与地震预报.....	156
三、地震灾害与预防.....	158
四、地震波传播与地球内部结构.....	160
第二节 地球的重力场.....	161
一、正常重力场.....	162
二、异常重力场.....	162
三、地壳均衡.....	163
四、重力异常与地壳结构.....	164
第三节 地球的磁场.....	164
一、地磁场的基本特征.....	164
二、岩石磁性与地壳结构.....	166
三、古地磁学.....	167
第四节 地热研究.....	167
一、地表热流.....	168
二、地球内部温度分布.....	169
三、地热资源利用.....	169
后语	171

第一章 地质学的过去、现在与未来

第一节 地质学是从实践中发展起来的科学

人们生活在地球上，衣食住行，一切生产活动、社会活动都离不开地球。为此，人们要认识地球、了解地球。地质学就是在人类实践活动的基础上形成和发展起来的关于“地球道理”的科学。

地质思想的孕育和萌发经过了几千年。可以说，中国、古埃及、古希腊等具有最悠久文明史的国家是地质思想萌生的故乡，因为地质思想的萌生与文明的兴起和发展是不可分割的。

矿业与医药事业是地质思想萌发的最早激发点，也是其推动力。

中国有本《山海经》，著于公元前 2000 多年，书中记载了 17 种矿物的名称及其物理性质。春秋战国时期的《管子》一书曾写道，“上有磁石者下必有铜”，“上有赤者，下有铁”。唐代段成式写了一本书，书中记道：“山上有葱下有银，山上有韭下有金，山上有姜下有铜、锡，山有宝玉，木旁枝皆下垂”。

明代李时珍在《本草纲目》一书中系统地记叙了 275 种矿物、岩石与化石的名称、性质、产出状态以及采掘的方法。可以认为这不仅是一本经典性的药理学大全，也是一本地质学百科全书式的最早著作。书中记载的许多矿物、岩石与化石至今仍是中药配方的重要成分。

除了矿业与医药事业是地质思想萌发的激发点外，火山爆发、地震灾害，河水泛滥等自然灾害对人类带来的威胁也是促使地质思想兴起的重要原因。

人们在社会活动与生产实践中对自然现象进行的朴素观察和认识也是促使地质思想萌发的力量。如人们在开采料石中认识了岩石的若干特征；在开掘运河中发现了岩石的成层现象，发现了岩石中所埋藏的古代生物遗体——化石；在旅游观察中发现了“沧海桑田”变化的若干事实，认识了一些地质景观的特点，并对这些特点的成因作出了解释，……。

地质学作为一门科学至今还只有近 200 年的历史。因此它是一门年轻的科学。值得一提的是英国人莱伊尔(C. Lyell, 1797~1875)，他全面地继承了赫顿(J. Hutton, 1726~1797)的地质思想，于 1830 年写了《地质学原理》一书，这本书将各种地质知识和地质思想加以系统化，同时深入地论证了古代地质作用与现代地质作用的相似性，确立了“将今论古”——“现在是认识过去的钥匙”这一地质学原理；为进行地质学研究工作找到了一条普遍运用的，也是最基本的方法。这本书的问世，标志着地质学的正式诞生。

地质思想发源于世界上的文明古国，而地质学作为一门自然科学却出现于 18 世纪的欧洲，这不是偶然的，这体现了社会生产力的蓬勃发展对自然科学思想和理论发展的客观需要和巨大的促进作用。

地质学是从实践中来的，它又服务于实践。当前地质学对人类社会担负着以下重大的使命。

(1) 地质学要用自己的理论与方法, 指导人们去寻找更多更好的矿产资源, 为发展生产和科学技术事业, 为提高人民的生活服务。

众所周知, 黑色金属、有色金属、稀有金属以及许多非金属矿产是与发展国家的军事、科学技术、工农业生产密切相关的; 黄金与能源更具有特殊意义。地下水资源, 广义地说也是一种矿产资源。我国是地下水资源缺乏的国家, 急须加强地下水的勘探与合理开发利用。

所有这些金属与非金属矿产、能源与水资源都需要用地质学的理论和实践去查明。

(2) 运用地质学的理论和知识与地质灾害作斗争。地质灾害中地震、火山爆发、滑坡、泥石流等对人们生命财产危害的严重性是勿须赘言的。它们的特征是具有突发性, 常使人们遭难于顷刻之间。另外一些地质灾害, 如地面沉降, 风沙袭击, 流水冲刷, 环境污染等, 也具有严重后果, 但它们进行得较为缓慢, 常使人受难于不知不觉之中。而所有这些地质灾害都有其发生与发展的规律, 这些规律需要用, 也只有用地质学的知识加以查明, 并采取措施予以防范。

(3) 地质环境与人体健康有密切关系, 一些地方性疾病或某些地区的高发性疾病, 如克山病及大骨节病等, 与该区岩石和土壤中某些元素的缺乏或过多有关。有的地区癌症或心血管病发病率特别高也有类似的原因。近来, 环境医学已成为地质学与医学间的一门边缘学科而萌发起来, 它需要地质学家与医学家的共同努力而尽快成长。

由上述可见, 地质学在解决矿产资源、能源、环境当代三大社会问题方面均具有重大意义, 起着巨大作用。可以简略地说, 为了国家的富强和人民的安康, 地质学承担着光辉使命和崇高职责。现在, 我国已经有一支极其强大的地质科技队伍, 为完成地质学的使命而工作着。

地质学不仅在解决实际问题中有重大意义, 而且在解决理论问题中也不可缺少。如当代自然科学基本理论问题中的天体起源问题和生命起源问题都是与地质学研究紧密相联的。所以, 地质学也是处于自然科学理论战线前沿的科学。

第二节 地质学发展的道路

地质学的发展是快速的。它的发展经历着由合到分, 再由分到合, 目前正处在新的联合的过程之中。

莱伊尔开创的地质学是古典的地质学或传统地质学, 其特点是地质学被作为一门统一的学科, 这一发展过程大约经历了 100 年的历史, 可以说我国解放以前的地质学具有这一特点。那时, 地质学缺乏明细的分科, 一位地质学家能通晓地质学的各个领域, 能从事各个方面的地质科技工作。同一个人可以既是古生物学家, 又是构造地质学家, 还可以是第四纪地质学家, 而且在不同的领域里都能做出出色的成绩和贡献。

随着整个自然科学的蓬勃发展, 随着数理化等基础学科日益向地质学渗透, 地质学由古典的、朴素的统一状态走向了详细分工的道路。在每一细分的领域里都形成了各具特色的分支学科, 从而使地质学向现代化道路上迈开了重要的步伐。这一发展过程就总体而言经历了半个多世纪, 我国解放后的地质学就明显具有这一特色。现在地质学的各个分支领域都已发展到很高程度, 真是繁花似锦, 夺目争艳。地质学的分科研究大致说来有以下五个方面。

(1) 研究组成地球的物质, 目前着重研究的是地壳与上地幔。这是一个内容很丰富的领

域,其中还可分出更多、更细的分支。如研究组成地壳的最基本的物质单位——元素,它的性状及其在地壳中的行为;研究地壳中的元素如何组合成矿物以及矿物的性状,形成条件和利用;研究地壳中的矿物如何组合成为岩石以及岩石的特征、形成和演变的规律。各种金属与非金属矿产都是产生在岩石中的有用矿物的聚积体,对这种聚积体也有专门的研究。其中的分支学科有地球化学、矿物学、岩石学、矿床学等。

(2) 研究地壳的结构。地壳是由各种不同岩石组合而成的,如同房屋是由各种建筑材料组合而成一样。在这一领域中就必须弄清岩石是按什么方式组成地壳的,不同地区地壳的结构有何不同。其中的分支学科有构造地质学、地球物理学等。

(3) 研究地球的历史。地球形成至今已有 46 亿年了。地质学要弄清这 46 亿年来地球的演化史,尤其是地球自开始出现生命以来约 30 亿年的历史。其中的分支领域有古生物学、地史学、第四纪地质学等。

(4) 研究地质学的应用问题。如工程地质、水文地质、地震地质、环境地质、煤田地质、石油地质、核能地质等等都是这一领域的研究对象。

(5) 研究地质方法学问题。为了地质学的发展,方法学研究成为一些专门的分支领域,其中有同位素地质学、数学地质学、遥感地质学等。

由于地质学分工日益细密,古典地质学出现了崭新面貌,表现为地质学研究由宏观走向微观,由描述性走向理论性,由形态学走向成因学,由定性走向定量,由单一的野外观察走向室内模拟实验,由大陆走向海洋。现在进行地质研究固然仍以到大自然中去实际考察为基础,但是,越来越多地要借助于数学、物理学、化学的手段来进行工作,尽最大可能来提高地质学家的分辨能力、穿透能力、鉴定能力、运算能力、模拟能力、遥感能力。现代电子显微镜的运用使地质学能在放大 80 万倍的条件下直接观察矿物内原子的排列状况;地质学家已能运用高温、高压以及超高压技术去模拟地幔中物质的性状及成分。目前已能提供 10^8 bbar 以上的压力(超过地幔顶部所在处的压力)与 10000°C 之温度(地核、地幔界面所处的温度为 3700°C ,地心温度约为 4500°C)。放射性同位素年龄测定方法能用以正确确定各种岩石形成的年龄(由几千年到几十亿年的范围)。计算机的运用能有效地查明地质体的成因并解决地质找矿工作中的实际问题。电视机与偏光显微镜的结合能够将岩石的微观特征直接显示到萤光屏上。从一张张航空照片和卫星照片上可清楚地判识出一个地区的地质结构。10 000 m 深度以上的大陆超深钻井能将地壳深部的地质情况直接揭示出来。深海钻探能够在深逾 5 000 m 的水域下钻,取得洋底数百米深处的岩石并全面测试该处地质特征。

地质学发展所达到的高水平和所取得的系统而深入的成果促使地质学有了现代化的面貌。60 年代初兴起的板块构造学说标志着由传统地质学向现代地质学的彻底转变。板块构造学说是关于全球构造的理论,是地质学诸多理论和学说中最高层次的理论。它刷新了人们在近 200 年来地质学发展中建立起来的传统认识,它总揽全局,将地球上诸多地质作用的发生、发展统一到岩石圈板块的相互作用这一根本性的动力之中,从而将许多分离的地质学分科又重新纳入到综合研究的轨道,发现了过去认为各自独立的地质作用之间的内部联系,对有关的地质现象作出了合理的回答,把地质科学推进到崭新的阶段。

在板块构造理论的推动之下,地质学由分工走向了高一级的联合之路。在这条发展道路上,地质研究工作具有新的综合性特色。任何一项重大成果的取得都是多方法、多手段、多学科协同作战的结果。研究的地域由陆地扩大到海洋。海洋面积占地球表面的 $2/3$ 。板块构

造的理论正是从海底地质研究中孕育出来的,要充分发展板块构造理论也必须继续深入研究海洋。在研究海底地质的工作中也是综合性与系统性相结合,绝无单学科、单领域的工作。因为这样的工作固然不可能获得重大成果,更要损失最珍贵的研究机遇和浪费巨大的投资。

在大陆地质研究中,对于大陆边缘的研究给予了最大重视。因为位置界于大陆和大洋之间的大陆边缘是大陆地质与大洋底地质的过渡带和关联带。在这里出现了地壳中最强烈的地震带、火山活动带、变质作用带与沉积作用带,它是研究各种地质作用的形成原因和发育过程的最有利地带,同时,在这里发育了各种金属和非金属矿床,具有最重要的矿产资源远景。

在大陆地质的研究中,除了用新的观点、新的理论和新的方法,对过去已研究过的地区重新进行评价并进一步深入探索其规律以外,对于过去工作较薄弱的领域——前寒武纪地质给予特别的关心。因为它是研究地球演化历史中较古老阶段(6亿年前)的地质情况,工作有较大的难度。板块构造理论是从研究中生代以来的地质历史中建立起来的,已经证明,它适用于古生代,但是它是否适用于更老时代,即前寒武纪,则需要更多的客观事实来判明。已知的规律是,地质时代越古老,地壳越薄,其温度越高,其刚性程度也越低。这些是不利于板块活动的因素。因此古老地质时代的板块活动特征必然引起地质学家的十分关心;同时,这也是关系到对地球演化规律的正确认识问题,具有重要的理论意义。

与对地球进行研究的同时,行星地质的研究也提到了议事日程。人们已经登上了月球,今后还将开发月球。为此,月质学研究是必不可少的,也是首当其冲的。金星与火星是离地球较近的两个行星。它们的性质特征与地球有很大相似性,一个接一个的飞行器亲临了这些星体的上空,拍摄下大量珍贵的照片,供人们研究,设想在不久的将来,人们也将会登上这些星体,对这些星体进行全面而系统的“地质”研究。

行星地质的研究能提供重要的信息来进一步说明地球的演化规律。因为地球和太阳系的其他星体是“姊妹”,它们具有统一的组成成分,具有共同的形成原因,因此也应有相似的发展演化规律。不过有的星体演化较快,如地球,而有的星体演化较慢,如月球。同时,因为它们的一些具体特征不尽相同,所以其演化状况会有所差异。正是这些发展演化上的差别能够补充、充实和完善人们对地球演化规律的认识。这对于更深刻的了解地球和开发地球具有十分重要的意义。

我们可以预期,在诸多途径的配合下,在不远的将来,地质学有可能像预报天气那样,准确预报地震的来临;有可能以最简便、最经济、最有效的方法,源源不断地揭示出各种矿产资源,满足人类日益增长的需要;有可能控制和改变各种不利的地质环境,维护人们的生命财产安全和身体健康。地质学将为人类做出更加伟大的贡献。

参 考 书 目

1. 叶良辅,地质学小史,商务印书馆,1930。
2. 章鸿钊,中国地质学发展小史,商务印书馆,1937。
3. 王嘉荫,中国地质史料,中国出版社,1963。
4. B. B. 齐霍米罗夫,地质学简史,地质出版社,1959。
5. 夏邦栋主编,普通地质学,地质出版社,1984。
6. 中国科学院地球化学研究所,地质地球化学进展,贵州人民出版社,1980。
7. 中国科学院地球化学研究所,月质学研究进展,科学出版社,1977。
8. 李长生,有关环境地质学某些问题的初步探讨,地球化学,1975,第2期。

第二章 地球概说

地球是在宇宙中运行着的一个星体，它自身在不断发展变化着。地质学就是以地球作为研究对象的一门科学。本课程后述各章的内容也都是围绕着地球这一主体展开的，为了便于学习，我们首先应对地球的自转和总貌有所了解。

第一节 地球的自转

地球自转与地壳运动、地震、地磁场以及大陆漂移等都有密切联系。地球的自转轴与地表两个交点就是地北极和地南极。地球由西向东自转，地轴的位置相当稳定，地北极在地面上的移动一般在 10m 至 20m 之内。自转速度虽也较稳定(自转一周为一个太阳日，即平均为 86400 太阳秒)，但有微小变化(一个太阳日每百年约增长 1 毫秒)。地球自转的变化是非均匀性的，可从转速的变化和转轴的变化两方面来谈。

地球自转的角速度是每小时 15° ；在赤道上的线速度为 464m/s。但通常表示自转速度的变化是用日长(一个太阳日之长)。设日长为 L ，其变化为 dL ，则日长的相对变化量(即转速的相对变化量)为 $d\sigma = -dL/L$ ，式中取负号是因地球自转的长期变化主要是减速，即日长在增加。日长的相对变化速率为 $\alpha = d\sigma/dt$ (每年)。测量现在的日长变化可用石英钟，铯原子钟等。而研究长期的日长变化则靠对古代天文、地理资料的考证和古生物学提供的信息。根据珊瑚化石的某种性能推算出在泥盆纪时(约距今 3.7 亿年前)一年约有 400 天。显然，日长比现在短，转速比现在快。

地球自转速度的变化是短期的、长期的、周期性的和趋势性的变化的叠加。半月，周月，半年和周年的变化是由固体潮和风造成的。10年期的变化可能是地幔与地核的运动造成的。百年期的变化可能起因于地球转动惯量的变化。千年期的变化主要是潮汐摩擦的缘故，而转动惯量及海平面的变化也起重要作用。以地质时间为尺度的变化则是各种成因叠加的结果。从长期变化的总趋势来看是减速的，日长的相对变化速率(α)每年约为 5×10^{-10} 。短期变化中以周年变化幅度最大。

地球自转轴的变化也是由长、短周期叠加的。周年的变化主要由气团的季节移动引起。14 个月的变化(钱德勒晃动)起因于尚未完全了解的随机冲击和阻尼。其变化周期及其成因基本上与转速相同。在地质历史上引起自转轴变化的原因主要是大陆漂移，地幔对流，沉积和冰川作用等。

自转轴的变化表现为在空间的运动和在地面的运动两个方面。转动着的地球在日月引力的作用下，其自转轴在空间的位置会被迫地发生变动，包括进动和章动。在地球上，黄道面与赤道面的夹角是 $23^\circ 27' 08''$ ；黄道面与白道面的夹角是 $5^\circ 08' 43''$ 。如果地球不旋转，则日月对赤道处突起的地球施加的引力力矩将使这三个轨道面趋于一致。但地球是在不停地作陀螺式旋转，其回转效应保持着这些面夹角，于是产生了进动和章动。进动表现为天极(地球自转

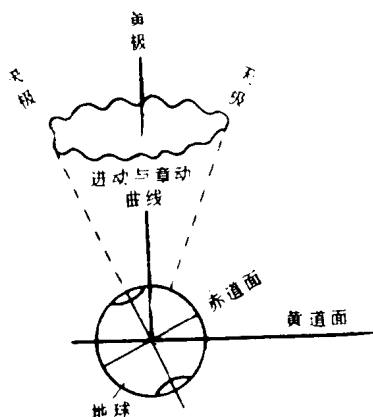


图 2-1 地球进动与章动示意图

轴在天球上的交点)绕黄极(黄道的两个几何极)的回旋移动;章动表现为天极相对于黄极作“点头”式运动。这两种运动结合起来,使得天极围绕黄极的转动轨迹呈一条波浪起伏的封闭曲线(图 2-1)。进动周期为 25 788 年,其前进方向与地球自转方向相反,即自东向西,故地轴每年自东向西移动 $50''$ 。

自转轴在地面的运动是指在没有外力矩的作用下,由于地球自身的原因(如风,地震,幔核动量交换等)而产生的自由运动。它们的周期有长有短,其主要特征是地球自转轴相对于形状轴发生位置的移动,通常称为晃动(图 2-2)。自转轴在地面上的极点的移动叫做极移。通过观测可以绘制出某

一段时间内的极移曲线,如图 2-3 就是一例。由图可见,极移呈螺旋形曲线,大约 14 个月

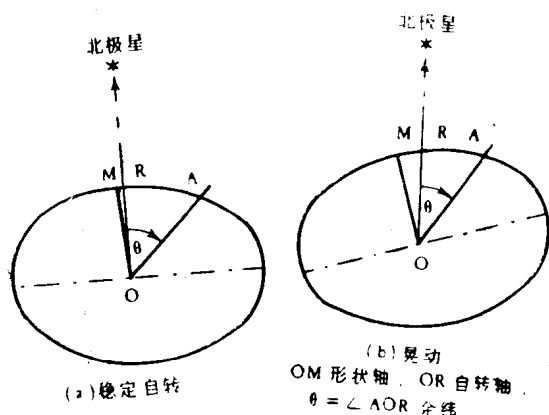


图 2-2 自转轴的方向与纬度变化

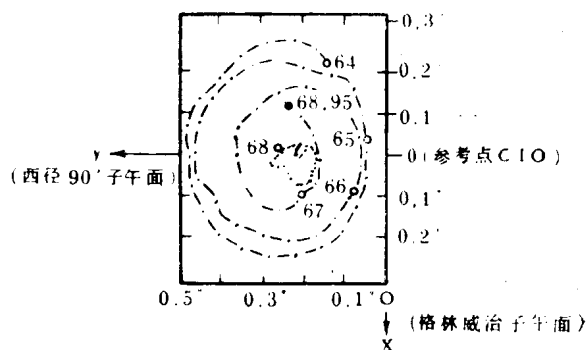


图 2-3 1964~1968 极移曲线

旋转一周。极移曲线的幅度是会改变的。在这个 1964~1968 年间的曲线上极移幅度是逐渐减小的,其范围仅 14m 左右。但从 1900 年以来的记录看,最大极移范围可达 21m。将极移曲线中的不同周期成分进行分解,其主要成分是周年变化和 14 个月变化,后者就是著名的钱德勒晃动。

第二节 地球的形貌

人们常以为地球形状是圆的。事实上,地球并不十分圆,甚至有点不规则。

精密的卫星测量数据表明,不仅地球的赤道半径(6378.140km)比两极半径(6356.779km)要大 21.364km,而且南半球要比北半球“膨大”一些,且南极内凹约 30m,北极外凸约 10m,因此,地球的形状似乎像“梨子”(图 2-4)。

地球表面参差起伏。大约有 70.8% 的面积为海域,有 29.2% 的面积为陆地。海域主要分布在南半球,陆地主要分布在北半球,而且非洲、南美洲、北美洲、大洋洲以及欧洲等大陆的形状均为尖端向南的倒三角形。另外,大西洋东西两岸的海岸线形态十分吻合。所有这

些地球形态学方面的现象都是令人非常感兴趣的。

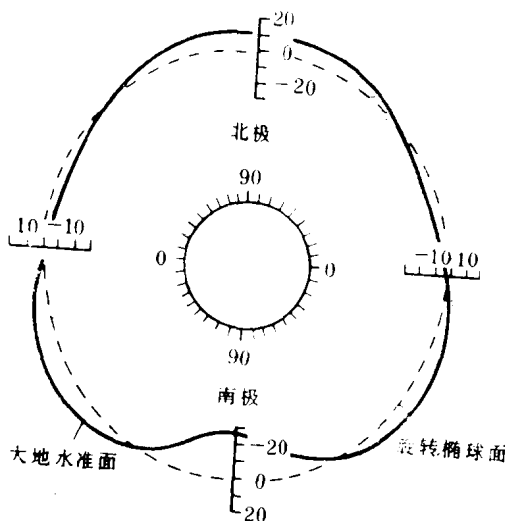


图 2-4 地球的形状 (图中比例尺单位为米)

实线 (比例尺夸大) 表示大地水准面, 虚线为理想的椭球体切面 (据 King 等, 1969)

一、大 陆

陆地上山脉与盆地(平原或高原)呈一种镶嵌的势态。全球主要的山系基本上呈南北走向或东西走向。其中著名的南北向山系如欧亚分界的乌拉尔山脉, 北美西部的科迪勒拉山脉, 南美西部的安底斯山脉, 北美东部的阿帕拉契亚山脉; 著名的东西向山系如阿尔卑斯山脉, 喀尔巴阡山脉, 高加索山脉, 喜马拉雅山脉, 它们自西而东横贯欧亚两洲。我国境内的主要山系也是以南北向山系与东西向山系交织为特色。如阿尔泰山、天山、昆仑山、祁连山、秦岭、南岭等皆作东西走向, 而贺兰山、六盘山、龙门山、横断山以及太行山等则大致呈南北向延伸。

全球著名的平原(盆地、高原)如美国的密西西比平原, 南美的亚马逊河平原, 非洲的刚果盆地, 美国的密西西比平原, 我国的华北平原、塔里木盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地、青藏高原、云贵高原等, 它们均位于纵横交错的山脉之间, 平原(盆地、高原)与山脉是相伴而存的。

二、海 洋

洋底并非是完全平坦的世界。洋底有绵延全球的海底山脉, 称为洋脊或洋中脊, 其总长度达 64 000 km, 洋脊高度 2~4 km, 宽度 1 000~4 000 km, 洋脊的横剖面为低缓的三角形, 并向两侧过渡为十分平坦的大洋盆地, 因此, 洋脊可谓地球上最雄伟的山脉。有意思的是洋脊轴部发育有平行洋脊走向的裂谷, 它们是因断裂而形成的地壳的巨大裂口, 来自地下深部(地幔)的岩浆不断沿着裂谷向洋底地表涌溢。洋底还有一座座孤立的没于水下的海山, 其中有一些海山的顶部是平坦的, 称为海底平顶山或盖奥特。海山是由洋底火山喷发物质堆积而成的, 露出水面的则是岛屿, 如夏威夷群岛, 海底平顶山则是火山成因的岛屿受海浪侵蚀被削平以后沉没水下而成, 其平坦的顶面上常常保存有受侵蚀与冲刷而形成的火山岩成分的卵石。

洋底与大陆之间有一个宽阔的过渡带, 即大陆边缘(图 2-5)。它环绕着洋底并向洋底方

资料书

向倾斜，但倾角很小，最大为几度，它是大陆向大洋方向的自然延伸，其地质结构与大陆的关系十分密切。

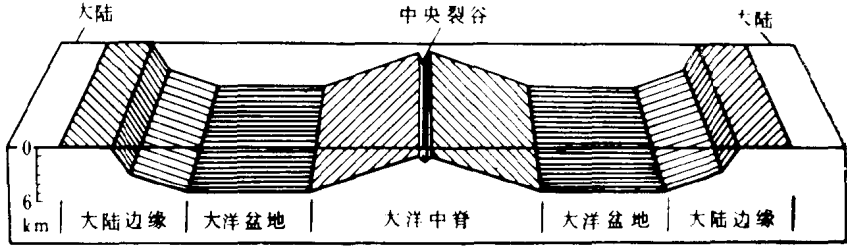


图 2-5 海底地形单元的划分

大陆边缘的地貌形态对不同大洋来说不尽相同，分为大西洋型和太平洋型两种。

(1) 大西洋型 大陆边缘 以大西洋两侧为代表，地貌上分为陆架、陆坡及陆隆三部分(图 2-6)。陆架是毗邻陆地的浅水平台(水深一般小于 200m)，微微向大洋方向倾斜，平均坡度仅 0.1° 。大陆架各处宽度不等，宽者如北冰洋巴伦支海陆架，宽达 1300km，我国东海陆架最宽处约 560km。陆坡是陆架向大洋方向的延伸部分，其坡度稍大，平均为 4.5° ，宽度 20~100km，该带水域最深达 2km。陆隆是陆坡与洋底的交接带，其坡度仅 $5' \sim 35'$ ，宽可达 1000km，水深最大可达 5km，陆隆与大洋盆地是逐渐过渡的。

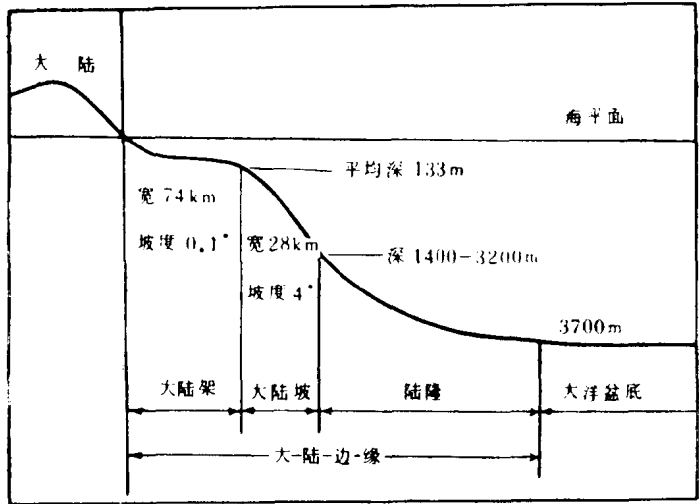


图 2-6 大西洋大陆边缘的地貌单元

(2) 太平洋型大陆边缘以环太平洋带为代表，其地貌特征明显不同于大西洋型，表现为陆坡发育，陆架很窄，陆隆缺失，代之以特征显著的火山岛弧(或山弧)及与之相伴的海沟(图 2-7)。

火山岛弧是以火山喷发物为基础而建立起来的一系列呈弧形排布的岛屿，主要见于西太平洋(图 2-8)。火山山弧是以火山喷发物为主体的呈弧形延伸的山脉，其代表是南美洲西海岸的安底斯山脉。岛弧或山弧向海一侧是深凹的海沟，为地球表面最低的地带，其最深者为西太平洋的马里亚纳海沟，水深为 11033m。海沟和岛弧(山弧)总是相伴而生，且是地震活动最为强烈的地带，而岛弧和山弧又是全球火山活动最强烈的地带，因此，它们对于研究大陆边缘地质具有特别重要的意义。