

地质学基础

主编 于兴修 杨 铭
武羨慧

高等学校试用教材

黄河出版社

地 质 学 基 础

主 编 于兴修 杨 铭 武羨慧

副主编 贾书翠 江富建 庞子营

马 捷 王景平

编 委(按姓氏笔划为序)

于兴修 马 捷 王贵诚 王景平 江富建

吾买尔江买买提 杨 铭 庞子营 武羨慧

贾书翠 莫其贵 梁亚红

黄 河 出 版 社

责任编辑 李景荣

封面设计 庞 涛

书名 地质学基础
主编 于兴修 杨 铭 武羨慧
出版 黄河出版社
发行 黄河出版社发行部
(济南市英雄山路 19 号 250002)
印刷 山东费县第二印刷厂
规格 850 × 1168 毫米 32 开本
11 印张 315 千字
版次 1997 年 9 月第 1 版
印次 1997 年 9 月第 1 次印刷
印数 1—2000 册
书号 ISBN7 — 80558 — 934 — 8/K · 21
定价 15.80 元

前 言

作为高师地理专业基础课的地质学基础课程,在内容上应符合地理专业的需要,在体系上应符合教学规律,在措施上应处理好传授知识和发展能力的关系,高度重视能力的培养,突出实践环节。同时,应结合中学地理教学改革和发展的实际,面向 21 世纪,反映地质学发展的新成果,介绍地质学的发展趋势。

我们自 1995 年起就根据国家教委的要求,进行了新教学方案的试行工作,本课程教学的改革即根据其要求同时进行。在试行新教学方案的过程中,我们一方面认真总结提高,一方面广泛吸取全国各地同行专家的意见和建议,从而加大了本课程教学内容和教学方法改革的力度。为了保证本课程教学改革质量的提高,使其更加符合新教学方案的要求,特编写此教材。

本书共分九章和一个附篇,着重叙述了地质学的基本理论和基本方法。重点阐述了内力和外力地质作用以及它们产生的各种地质现象;扼要介绍了地球及地壳的物质组成;简要地介绍了矿床和矿产的基本知识;概括地叙述了地壳发展历史;最后归结到人类与地质环境的关系上。

本书由于兴修草拟编写大纲。编写内容分工如下:绪论(于兴修)、第一章(梁亚红、吾买尔江买买提)、第二章(马捷、梁亚红、杨铭)、第三章(杨铭)、第四章(庞子营、马捷、武羨慧)、第五章(武羨慧、王贵诚、江富建)、第六章(贾书翠、莫其贵、王贵诚)、第七章(于兴修)、第八章(王景平、李春生、穆柱松)、第九章(王景平)、附篇(贾书翠、庞子营、于兴修、莫其贵、穆柱松)。全书由于兴修、杨铭、武羨慧统稿。

本书可作为地理专业的教材,也可供培训、自学、函授教育使用。在使用本教材时,各地可结合实际,对某些内容做适当增减。

本书在编写、出版过程中,得到了许多领导、专家的支持和帮助,在此一并致谢。由于我们的水平有限,经验不足,书中定有漏误之处,敬请广大读者批评指正。

编者 1997 年 7 月

目 录

绪论	(1)
第一章 导论	(5)
第一节 地球的内部结构与地壳	(5)
第二节 地质作用与地质年代	(15)
第二章 外力地质作用	(25)
第一节 风化作用	(25)
第二节 剥蚀作用	(35)
第三节 搬运作用	(45)
第四节 沉积作用	(49)
第五节 成岩作用	(57)
第三章 内力地质作用	(60)
第一节 构造运动	(60)
第二节 岩浆作用	(65)
第三节 变质作用	(74)
第四节 地震作用	(78)
第四章 地壳的物质组成	(91)
第一节 矿物	(91)
第二节 岩浆岩	(103)
第三节 沉积岩	(110)
第四节 变质岩	(117)
第五节 三大类岩石的转化	(120)
第五章 矿床的基本知识	(122)
第一节 矿床概述	(122)
第二节 矿床的成因类型	(126)

第三节	几种重要的能源矿产·····	(139)
第四节	几种重要的金属矿产·····	(149)
第五节	宝石和玉石·····	(155)
第六节	矿产资源的合理开采利用·····	(168)
第六章	地质构造 ·····	(177)
第一节	岩层产状和接触关系·····	(177)
第二节	褶皱构造·····	(192)
第三节	断裂构造·····	(205)
第四节	地质图的判读·····	(230)
第七章	大地构造学说介绍 ·····	(248)
第一节	板块构造学说·····	(248)
第二节	几种大地构造学说简介·····	(269)
第八章	地壳发展简史 ·····	(277)
第一节	地史的研究方法·····	(277)
第二节	世界地史概况·····	(290)
第三节	中国地史概况·····	(299)
第九章	人类与地质环境关系的协调 ·····	(321)
第一节	环境与地质环境概述·····	(321)
第二节	地质灾害对人类与地质环境的影响·····	(322)
第三节	人类活动对地质环境的破坏·····	(324)
第四节	地质环境与人体健康·····	(326)
附篇	室内实习 ·····	(329)
实习一	矿物物理性质的观察·····	(329)
实习二	常见矿物的观察·····	(334)
实习三	常见岩石的观察·····	(335)
实习四	地质图的阅读分析·····	(336)
实习五	化石的观察·····	(339)

绪 论

一、地质学的研究对象、研究内容和分支学科

地质学是一门自然科学，它的研究对象是地球。目前，人类生活主要局限于地球表面，同时，也由于科学技术的限制，地质学主要研究地球的岩石圈，研究岩石圈的物质成分、结构构造、发展历史以及地质学在人类活动中的应用。

随着生产和科学的发展，地质学逐渐发展成若干既有联系又各有特殊性质和任务的学科。研究岩石圈物质成分的分支学科有：结晶学、矿物学、岩石学、矿床学等；研究地质作用和岩石圈结构构造的分支学科有：动力地质学、构造地质学、大地构造学、地质力学、火山地质学、地震地质学等；研究岩石圈发展历史的分支学科有：古生物学、地层学、地史学、第四纪地质学、古地理学等；研究地质学应用问题的分支学科有：水文地质学、工程地质学、海洋地质学、环境地质学等；研究地质工作技术手段的有：同位素地质学、遥感地质学、数学地质学、地球物理勘探、地球化学探矿、矿产普查勘探方法等。此外，近年来还出现了天文地质学、天体地质学等新的边缘学科。

二、地质学的研究方法

地球的历史长达 46 亿年以上，多数地质作用发生和延续的时间都很长，人们既不能对过去的地质作用进行观察，也难于对正在进行的地质作用都作全过程的观察。地球是个复杂的球体，多种矛盾交错存在，造成了地质作用的复杂性。这就决定了地质学的一般研究方法主要是野外观察、室内实验和综合分析。

（一）野外观察

野外观察是直接观察自然界的地质现象，野外观察可在地表、海洋和空中进行。因为地质现象和过程是随时间、地点和条件的

变化而变化，所以各个地区、各个时段都有值得观察的内容。通过全面、系统、细致的观察，可以直接取得丰富而翔实的第一手资料，所以野外观察是地质学最基本的研究方法。野外观察需要利用一些工具、设备、技术和手段。

（二）室内实验

室内实验是在实验室对野外收集到的矿物、岩石和化石等标本进行物理、化学和生物方法的实验。由于许多地质现象和过程规模大、持续时间长、条件复杂，难于使用一般方法进行实验，因而需要采用模拟实验。模拟实验是在野外调查的基础上作出假设，力求模仿自然界的主要条件，缩小规模，缩短时间，在室内重现自然界的地质过程和现象，以求得正确的了解和解释。例如应用高温高压技术模拟地幔物质和性状的实验等。

（三）综合分析

地质科学常采用“将今论古”的历史比较方法，对所取得的资料作综合研究。“将今论古”的含义是指根据研究现代地质作用所得出的规律，去认识和恢复地质时期中地质事件的过程。例如，在高山上发现了含珊瑚化石的石灰岩，即可推断此高山曾经是浅海环境，因为现代珊瑚只能生活在温暖的浅海环境中，后来由于地壳运动抬升才成了高山。又如在现代火山活动地区，常可见到岩浆喷出地表、凝固结形成的火山岩。因而，当在某地发现火山岩时，就可得出结论，该地区在地质年代中曾经有过火山喷发活动。

但是，一个地质过程往往要经历漫长的地质时期才能完成，地质时期的自然条件，又并不完全和现在相同。例如，地壳形成的初期，火山活动强烈，空气中二氧化碳的含量比现在高得多，二氧化碳溶解于水，使水呈酸性，因此海水的酸度也比现在高。现代的胶体溶液铁矿，形成于浅海，而当时由于铁在酸度高的海水中溶解度大，可以搬运到离岸较远的地方，故多形成于深海中。因

而，运用“将今论古”原则时，不能机械地将现代进行着的地质作用与过去类比，必须以辩证唯物主义和历史唯物主义的思想为指导，结合不同时期的其它条件才能正确地认识过去与认识现在。

三、地质学在经济建设和人民生活中的作用

当前，世界范围的新技术革命正在蓬勃发展，随着经济建设的高度发展和生活水平的提高，人类共同面临着资源、环境等重大问题，这些问题都与地质科学有着十分密切的联系。地质学对上述问题的解决，对促进国家和社会的繁荣，对人民生活条件的改善，均有重要的作用。

（一）地质学在开发地下资源中起着巨大的作用

我们知道，发展工业首先要查明各种矿产资源和工程设施的地质条件，不探明必要的矿产资源，冶金、化工、建材等基础工业的发展，就处于盲目的状态；搞工程建设先要弄清地质条件，不查明地质情况，铁道、电站、桥梁、水库坝址等就不能定线、定点和设计施工；国民经济发展所需的煤炭、石油等能源资源，也要通过地质调查探知其分布和储量。因此，地质工作是国民经济各部门发展的“尖兵”，必须走在各类建设的前面。

（二）地质学在人类与灾害性自然现象的斗争中，具有重要意义

地球是人类生存的场所。它的运动和变化，直接影响着人类的安危。一些突发性的地质事件，往往造成巨大的灾害，使人民的生命财产遭受重大损失，强烈的地震和火山喷发、大型的山崩和滑坡等就属此例。人类和这些自然灾害进行斗争，就必须应用地质学的知识，研究它们产生的机理和发展的规律，从而采取有效措施，进行防护，将自然灾害所造成的损失，减至最低程度。

（三）地质学与环境保护和治理的关系甚为密切

现在，人类的活动已成为一种巨大的地质营力。矿产的勘探和开采常造成环境的破坏和污染；水库的兴建常常引起岸坡再造

和崩塌；过量开采地下水，常引起大面积地面沉降、海水入侵和土地盐碱化；森林的过度砍伐和草原的破坏又可导致水土流失和河湖淤积。地质环境的破坏和恶化，已严重威胁着人类的生活和生产的发展。此外，地质环境还与人体健康息息相关，一些地区的调查已证实，地方病的产生，往往和该地岩石和土壤中微量元素含量的异常，以及水质污染有关。我国有的地方癌症发病率高，也有类似的地质原因。因此，在利用、改造自然的过程中，控制环境的破坏和恶化，是当前一项紧迫的任务。在保护和改善地质环境、造福于人类的事业中，地质学有着极其重要的作用。

四、高师地理专业开设地质学的意义

地质学是地理专业一门重要的专业基础课。地质学和地理学都是研究地球的科学，同属地学的范畴。地质学和自然地理学的联系特别密切，在漫长的地质历史中，地壳在不断演化，改造着地表形态，并使地球表面的水圈、大气圈和生物圈发生变化，从而形成新的自然地理环境。所以，地壳的演化对地表自然地理环境的形成和发展有着重要影响。因此地质学是地理专业中的一门重要的专业基础课。它与自然地理基础的其他内容——水文学、地貌学、土壤学和区域地理学等均有密切的联系。例如，水系的发育，地表海洋、湖泊、山岳、平原的形成和变化，都受地质构造的控制；土壤层的发育与性质，取决于母岩的物质组成；矿产资源的地理分布主要受成矿规律的支配等。总之，这些内容的学习，都需要具备地质学的基础理论。不仅如此，学习有关矿物、岩石、矿床、地质作用、地壳运动、地质发展史等地质基础知识，对今后从事中学地理教学，开展地学课外活动等，都是必不可少的。

第一章 导 论

第一节 地球的内部结构与地壳

一、地球的内部结构

(一) 对地球内部结构的探测

研究地球内部物质和结构，仅靠研究出露于地表的矿物和岩石是不够的。目前，最深的钻孔约 12km，这个深度对于半径有 6371km 的地球来说，仅为其六百分之一。因此，迄今人们主要是依靠各种间接的方法了解和划分地球的圈层构造，例如，地震波的传播、热和电的传导、地磁和重力情况以及通过研究陨石等天体物质。其中，利用地震波在地球内部的传播情况是最重要的途径。

地震波分为体波、面波和自由振动等类型。体波又可分为纵波（P 波）和横波（S 波），纵波可以在固态、液态和气态的介质中传播，而横波仅能在固态介质中传播。同一固态介质中，纵波的传播速度为横波的 1.73 倍。

地震波传播速度取决于所通过的介质性质（密度、刚性等）。如果地球为均质的，地震波传播速度在任何方向和任何深度应该相同。但从表 1—1 所列数据看，地震波传播速度是呈现有规律变化的，这说明地球内部是非均质的。

根据地震波的传播数据，可以制成地球内部地震波传播速度曲线图（图 1—1）。

表 1-1 地球内部圈层的物理特征

圈 层		深度 (公里)	地震波速度 (公里/秒)		密 度 (克/立方厘米)	压 力 (10^6 大气压)	温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	附 注
			V _p	V _s				
地壳	上层	15	5.6	3.4	2.6	0.000	14	岩石圈
	康拉德面		6.0	3.6	2.70			
	下层		6.6	3.8	2.90	0.005	180-300	
	莫霍面 =		7.6	4.2	3.0	0.010	400-1000	
地幔	上地幔	70	8.0	4.4	3.32			软流圈
	低速层	60	8.2	4.6	3.34	0.019	500-1100	
	250	250	8.2	4.55	3.6	0.068	1000-1600	
	250	400	9.0	4.98	3.85	0.140	1200-2000	
	雷克蒂面 =	650	10.2	5.65	4.1	0.218	1300-2250	
	下地幔	1000	11.43	6.35	4.6	0.400	1850-3000	
地核	古登堡面 =	2900	13.32	7.11	5.7			液态
	外核		8.1	0	9.7	1.500	2850-4400	
	内核	5100	11.0	3.6	12.7	3.320	4720-720	
	核	6371	11.3	3.7	13.0	3.700	5000-6000	

从图 1-1 和表 1-1 中可以看出地震波在地球内部的传播速度一般随深度递增,但又不是等速增加,而是在若干深度处发生突然变化。这种波速发生突然变化的面叫不连续面,它标志着地球内部可以划分为若干个同心的球形面,在所有的不连续面中,有两个变化最显著的,叫一级不连续面。

一个在地下平均 35km 处(指陆地部分)。在此不连续面以上,纵波速度为 7.6km/s,以下则急剧增为 8.1km/s;而横波则由 4.2km/s 增到 4.6km/s,这个一级不连续面称莫霍维奇不连续面,简称莫霍面或莫氏面(M 面)。

另一个在 2900km 处。在这里纵波速度由 13.64km/s 突然降。

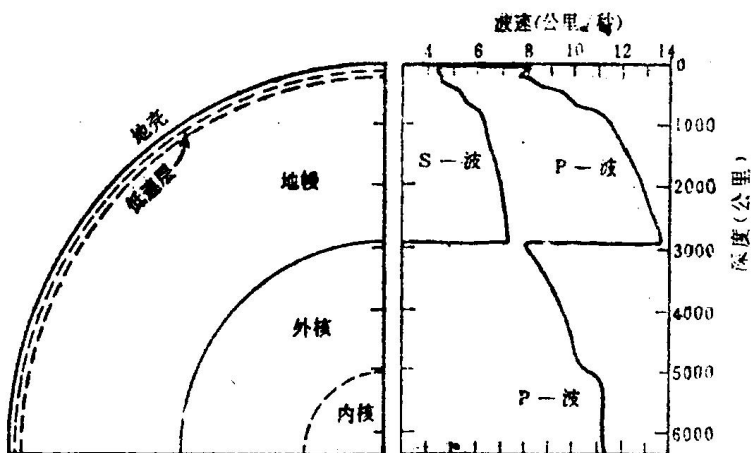


图 1—1 地球内部地震波速度曲线

到 8.1km/s ，而横波至此则完全消失。这个面称古登堡不连续面 (G 面)。

这两个一级不连续面，将地球内部划分为三个圈层：地壳、地幔和地核 (图 1—1、图 1—2)。

如表 1—1 所示，除上述一级不连续面外，还可以划出几个次一级不连续面。说明在地壳、地幔和地核各圈层内部，还可以划分出次一级的圈层构造。

(二) 地球的内部结构

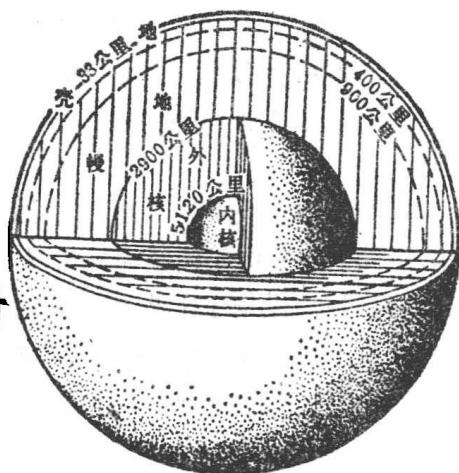


图 1—2 地球内部圈层构造示意图

地壳 位于莫霍面以上的部分称地壳。它主要由富含硅和铝的硅酸盐类岩石组成，表面凹凸不平，和大气圈、水圈、生物圈直接接触。地壳体积约占地球总体积（10832 亿立方公里）的 1%，质量约为地球总质量（ $5.976 \times 10^{27} \text{g}$ ）的 0.4%。

地壳表面岩石的平均密度是 2.65g/cm^3 ，温度和压力处于常温常压状态，往下逐渐增加，到地壳底部密度增加到 3g/cm^3 、温度约 1000C 、压力最大可增至 1 万多个大气压。

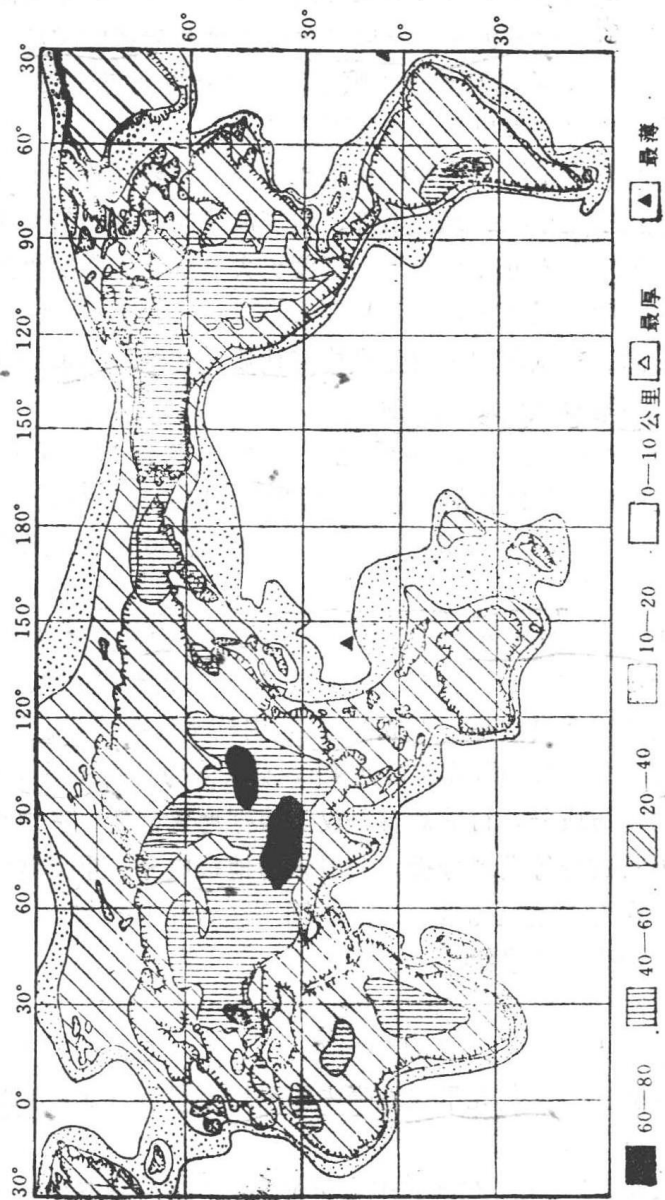
地壳的厚度，各地有很大差异，大约变化于 5~70km 间（图 1—3）。

地幔 指莫霍面以下到古登堡面以上的圈层，深度为地壳底部到 2900km 处。由于纵波和横波都能通过，且速度都比在地壳中大得多，因而此圈层仍属固态物质，硬度比钢还大。其体积占地球总体积的 83%，质量占地球总质量的 68.1%，物质密度约从 3.32g/cm^3 递增到 5.70g/cm^3 ，即在地幔下部接近于地球的平均密度。压力随深度而增加，界面上压力可达约 150 万个大气压，温度也随深度缓慢增加，上部约为 $1200 \sim 1500 \text{C}$ ，下部约为 $1500 \sim 2000 \text{C}$ 。

从莫霍面到古登堡面，地震波传播速度大体是缓慢而均匀变化的，中间缺少一级不连续面的情况，说明地幔物质较地壳具有很大的均匀性。但是地震波又显示在 413km 和 984km 深处各有一个次一级不连续面存在，即拜尔勒面和雷波蒂面。由此可见，地幔物质又具有一定的分异性。目前，一般以 984km 为界，把地幔分为上地幔和下地幔。

上地幔 也称橄榄岩层，推测此层主要为铁镁硅酸盐类。

上地幔的地震波变化比较复杂，物质状态多变，顶部为约 70km 厚的刚性盖层。它与地壳组成岩石圈（厚约 50~150km），主要由结晶岩石组成。在深约 70~250km 范围内，存在一低速层——古登堡低速层。据推测这是因为放射性元素大量集中、蜕变



生热，产生高温异常，形成潜柔性的塑性层，或局部呈熔融状态的缘故。所以又称软流圈。一般认为这可能是岩浆的发源地。同时，地壳运动、岩浆活动和火山喷发活动等皆可能与此层有关。低速层以下，还存在着更次一级的不连续面。

下地幔 据推测下地幔的化学成分与上地幔相近，但金属氧化物和硫化物比上地幔有所增加，地震波速向深处均匀而缓慢递增，说明其物质成分比较均匀，密度更大。从软流圈底界到地幔底界是中间圈，强度大，且不易变形。

岩石圈、软流圈和中间圈是构造地质学按物质强度和变形方式把地壳和地幔划分的三个圈层。

地核 是从古登堡面到地心的最内部圈层。半径约为3470km，占地球总体积的16%、总质量的31.5%。物质密度较大，温度3000~4000℃、最高近6000℃，压力达300~360万个大气压。地核以深度5100km附近为界分为外核和内核，外核不能传播横波，且纵波波速骤降。因而判断它的物质呈液态，是高温所致。在高温作用下，物质产生强烈的对流，并影响地幔的物质运动。有人认为它还可能是地磁场形成的原因。内核不仅纵波波速增大，又出现横波（由一部分纵波转换而来），所以认为其物质呈固态。关于地核的物质成分，目前尚有争议。根据地核密度、室内高压实验和铁陨石成分等资料分析，一般认为地核成分以重元素铁、镍为主，并含有少量轻元素，如硫、氧等（约占10~15%）。

二、地壳的化学组成

据地球化学分析，在地壳中已发现90多种化学元素，但是它们的含量差别很大。其中，以O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、H、Ti等为主。这些元素在地壳中的平均重量百分比称克拉克值或元素丰度（表1—2）。

由表1—2可知，在地壳中含量最多的是氧，约占地壳总重量的1/2；其次是硅，占1/4强；再次是铝，约占1/13。表1—2中