

地质学基础

河南大学地理系、地质组编

河南大学函授部

前 言

《地质学基础》函授教材，系根据高等师范院校本科地理专业函授教学需要而编写的。

本教材的编写共分七章，即：总论、矿物、岩石、矿床、地质构造、大地构造学说介绍和地壳发展历史。

教材在编写过程中，参照了八〇年教育部颁发的高等师范院校地理系本科《地质学基础》教学大纲；注意贯彻了理论联系实际的原则；并结合中学地理教学实际和考虑函授教学的特点，所以，在内容的安排上，基本保持教材的系统完整性，便于学生自学，使学生获得较为系统的地质学基础知识。

在编写教材时，是以宋春青、张振春编著的《地质学基础》为基本参考书，并参考了武汉地院等四院校合编的《构造地质学》和陈希廉等编的高等学校试用书《地质学》等有关书刊。为此，对作者谨致谢意。

本教材的编写分工：第一、二章（瞿鸿模），第三章（马礼球）第四、六章（冯兴祥）、第五章严希敏、第七章（周天驹）。

全稿由严希敏统一修编，最后由冯兴祥校阅定稿。

由于编者水平有限，编写时间短促，加之，编写函授教材缺乏经验，教材中一定会有不少缺点和错误，恳切希望使用本教材的同志不吝指正。

编 者

一九八四年六月

目 录

第一章 总 论

- 第一节 绪言..... (1—2)
- 第二节 地球的结构..... (3—9)
- 第三节 地质作用和地质年代..... (9—11)

第二章 矿 物

- 第一节 矿物的概念和形态..... (12—17)
- 第二节 矿物的化学性质..... (17—19)
- 第三节 矿物的物理性质..... (19—24)
- 第四节 矿物的分类和重要矿物..... (24—42)

第三章 岩 石

- 第一节 岩浆岩..... (43—68)
- 第二节 沉积岩..... (68—80)
- 第三节 变质岩..... (80—87)

岩 石 小 结

第四章 矿 床

- 第一节 矿床的概念和分类..... (88—89)
- 第二节 内生矿床..... (89—93)
- 第三节 外生矿床..... (93—98)
- 第四节 变质矿床..... (98)

第五章 地质构造

- 第一节 地壳运动..... (99—107)
- 第二节 岩层产状..... (107—111)
- 第三节 岩石变形分析的力学基础..... (112—115)
- 第四节 褶皱..... (115—123)
- 第五节 断裂..... (123—136)
- 第六节 地质图的知识 and 阅读..... (136—140)
- 第七节 地震..... (140—146)

第六章 大地构造学说简介

- 第一节 地槽——地台学说简介..... (147—151)
- 第二节 地质力学学说简介..... (151—155)
- 第三节 板块构造学说简介..... (155—161)
- 第四节 我国的大地构造理论..... (161—162)

第七章 地壳的发展历史

第一节	地史的研究方法.....	(163—170)
第二节	前古生代地史.....	(170—175)
第三节	早古生代地史.....	(176—183)
第四节	晚古生代地史.....	(183—191)
第五节	中生代地史.....	(191—196)
第六节	新生代地史.....	(197—204)

第一章 总 论

第一节 绪 言

一、地质学的研究内容和分科

地质学是一门研究地球的科学。目前,研究的最主要对象是地球的表层,也就是地壳。

地质学研究的主要内容:(1)地壳的组成物质;(2)地壳运动及其所引起的各种构造变动;(3)地壳的发展历史及生物演化规律;(4)地质学在人类生产方面的应用。

按照研究的内容和性质,地质学进一步建立和划分为许多分支学科,主要有:

(1)研究地壳物质组成方面的有:结晶学、矿物学、岩石学等。

(2)研究地壳运动和形变方面的有:构造地质学、地貌学、大地构造学等。

(3)研究地壳演变历史方面的有:古生物学、地层学、地史学、第四纪地质学等。

(4)应用地质学方面的有:矿床学、找矿及勘探学、石油地质学、煤田地质学、工程地质学、水文地质学、环境地质学、地震地质学等。

(5)与别的学科密切相关的边缘学科分支有:地球化学、地球物理学、数学地质学、天体地质学等。

另外,随着科学技术的不断发展,一些新的技术手段不断应用于地质学中,又出现了一些新的学科,如深部地质学、海洋地质学、遥感地质学等。

二、地质学的特点和研究方法

(一)地质学的特点

由于地质学的研究内容和对象不同于其它学科,所以它具有很大的特殊性。

1、地质学中所涉及的时间和空间,远远超出人类的生存时间和能够直接接触的空间。地壳自形成以来,已知最古老的岩石年龄大约有三十八亿年,在这漫长的时间里,发生过许多地质事件,地质事件持续的时间往往以百万年甚至亿年为单位。就是地质年代中最晚的一个时期——第四纪开始距今也有二、三百万年。所以,学习地质学时要充分注意到时间的悠久性这一特点。目前,人类活动还只限于地壳表层,地壳的深部人们还不能到达。而地质学要研究地壳深部甚至更深一些的问题,目前只能根据在地表或浅部所能得到的信息和标志来分析、推测深部的情况。

2、地质学是复杂的自然科学。地球是一个非常复杂的球体,既包括有机界,又包括无机界;既经历了漫长的历史,又有广阔的空间。在不同的时间和空间,有不同的物质基础和外界因素,就使地壳形成不同的变化过程和复杂多样的变动结果。

3、地质学是实践性很强的一门科学。任何科学理论的建立,都要以一定的实际材料为基础,并受到实践的检验。自然科学的实践包括两个方面:一是到自然界去调查研究;一是在实验室进行实验。对于地质学来说,前者是最基本的,也是最主要的实践。地质作用的过程和原理,一般来说,很难在实验室内简单地模拟再现,例如火山爆发、古生物演化、山脉的形成等等。所以,地质学把地球作为最好的“实验室”。

(二)地质学的研究方法

由于地质学具有上述主要特点,就决定了地质学研究方法的特殊性。

1、野外调查研究。野外工作是地质工作必不可少的工作，并且是很重要的。通过野外工作，搜集和积累大量的感性材料，将这些材料分析对比，经过整理，去伪存真，去粗取精，使之系统化，上升成为理论，再用这些理论去指导实践，在实践中进一步检验、补充、发展它。因此，野外调查研究是地质学最基本的工作。

2、实验工作。为了配合野外工作，还需进行些实验工作。如对矿物、岩石样品进行镜下鉴定，对它们的化学成分、物理性质、内部结构进行实验分析工作。又如，为了生产的实际需要和探讨某些地质现象的成因和发展规律，进行各种模拟实验。随着科学技术的不断发展，各种现代化的测试手段也会逐渐加强。

3、历史比较法。由于“地质学按其性质来说主要是研究那些不但我们没有经历过而且任何人都没有经历过的过程”，所以在研究分析过去的地质事件时，就需要根据现代的地质作用，利用现在的已知，推断过去的未知，即“将今论古”的方法。例如，在现代的海洋中有泥沙的沉积，还繁殖着各种螺蚌等等的海生生物；假如在组成高山的地层中找到了海生螺蚌化石，就可以判定这高山所在的地方曾经是一片汪洋。这一方法，早在北宋时期我国学者沈括（1031—1095）就曾应用了，他根据太行山麓岩石中有螺蚌化石和砾石层等推断该地区在古代曾经是海滨。英国莱伊尔（C. Lyell）在1830年以大量的实际资料奠定了“将今论古”的理论基础——“现实主义原理”，他指出“现在是认识过去的钥匙”，即根据现代的地质作用推断过去的地质作用，利用现在的已知，推断过去的未知，莱伊尔“将今论古”的观点对地质学的发展起了历史性的积极作用，但是，他错误地认为现在和地质历史时期的地质作用都是一样的，所不同的只是量的差别，强调地壳的演化和发展是渐变的。这种概念被称为均变论。现代地质学接受了莱伊尔现实主义原理的合理部分，发展成为现今的历史比较法，就是用现在分析过去，恢复地质历史，必须具体情况具体分析，不可一概而论。历史的发展也不是简单的重复和循环，过去不会和今天完全一样，今天也不是过去简单的重演。所以，在学习地质学时，必须以历史唯物主义的观点，辩证的方法来观察和分析，不能只是简单地、机械地以今证古。

三、学习地质学的意义

地质学同我们的生活实际有着密切的关系，它在国民经济建设中占有十分重要的地位。例如矿产资源的寻找和开发、地下水的探明和利用、大型工程的修建等等都与地质学紧密相关。

地理专业学习地质学的目的，首先在于为学习地理提供必要的地质学基础知识、理论和方法，这些也是中等学校地理教师在教学上所不可少的基本知识。例如，地理学包括自然地理学，自然地理学以研究地理环境为对象，而地壳是地理环境的一个重要组成部分，研究环境首先就要研究地壳。在研究区域自然地理时，了解区域地质构造和大地构造、地壳的发展史是必不可少的，否则就无从下手。又如学习经济地理时，时常联系到矿产资源和能源问题，因此掌握必要的地质学知识，特别是矿物、矿床方面的知识，有助于研究经济地理的有关问题。

地质学是一门具有重要理论意义和实践意义的自然科学，通过地质学的学习，也为今后开展有关科学研究和生产实践活动准备必要的条件。学好地质学对于理解和掌握唯物辩证法也是有重要意义的。

第二节 地球的结构

地球是一个巨大的实心的三轴椭球体，它的赤道半径有6378公里。

地球的表面海洋与陆地并存，其中海洋面积为36100万平方公里，约占地球总面积的70.8%，陆地面积是14900万平方公里，只占地球总面积的29.2%。地球上的海洋是连成一片的，而陆地是相互分离的。

地球是个非均质体，它内部各部分的密度是不相同的，地表各地的重力也是不相等的。地球还象是一个巨大的磁铁，在它的周围形成了地磁场。地球还是个巨大的热库，在它内部储存着巨大的热能，这就是新能源的一种——地热能。

地球的物质成分和分布是不均匀的，具有同心圈层构造，此圈层构造分为外部圈层（包括大气圈、水圈、生物圈）和内部圈层（包括地壳、地幔、地核）。

一、地球的外部圈层

（一）大气圈

大气圈是环绕地球最外部的气体圈层。空气是地球自然物质组成中最轻的物质，它包围着固体地球，成为地球最外面的一个圈层——大气圈。土壤及某些岩石中也含少量空气，是大气圈的地下部分，其深度一般不超过3公里。大气圈没有明显的上界，在高达二、三千公里的高空，还有大气存在的痕迹。

大气圈由下而上又分为对流层、平流层、中层、暖层（又叫电离层）、散逸层。由于地心引力，使大气圈79%的质量聚集在对流层中，一切天气变化也都发生在这里。对流层与地质作用关系最密切，如大气中的氧和碳酸气、大气的温度变化以及风雨雪等，都直接作用于地表的岩石，影响着地壳岩石的形成和破坏。

（二）水圈

水圈是一个连续而不规则的液体圈层。水圈的主体是海洋，占97.2%；另外为陆地水（包括江河、湖泊、沼泽、冰川、地下水等）；此外，还有极少的水存在于生物体和大气中。由于水在地表分布不均匀，所以水圈是一个连续而不规则的圈层。

地球上的水大约有14亿立方公里，若地球表面完全没有起伏，则全球将被深达2745米的海水所覆盖；若地球上的冰川、冰盖全部融化，则海洋水位将升高70米。

由于太阳辐射热的影响，促使水圈中的水在不断地进行循环。水在循环过程中转换的强大动能对地壳起着改造作用。如降水、流水对岩石进行冲刷、溶解；相对静止的水又起着淤积、沉淀作用，经过漫长的时间，沉积下来的物质又会形成新岩石。同时，水又是一切有机体的生长要素，而有机体是改变地球面貌的又一个重要因素。从以上可看出，水是参与地球发展和地壳变化的最积极因素之一。

（三）生物圈

生物圈是地球表层由动物、植物、微生物等生命物质所构成的圈层。生物圈系指有机体所分布和活动的地球外圈，包括接近地表的大气圈和地壳表层。在15公里以上的高空还有生物的踪迹，在大洋水下10公里深处及陆地上7.5公里深的钻井中都能找到活的生物体。但是，生物圈的核心部分是从地表向上100米到水下100米的空间里。

生物是推动地壳发展的有力因素之一。生物的新陈代谢及死后遗体分解出来的各种气体和有机酸等，可与地表物质直接或间接发生作用，从而改变地壳的物质成分和结构状态。如

煤和石油都是生物遗体堆积演化而成。岩石的风化、土壤的形成，都有生物的积极参与，象植物的根系扎进岩石缝隙中，对岩石起着“根劈”作用。生物参与了许多地质作用。

二、地球的内部圈层

对地球内部圈层的研究，采用直接的方法是很困难的，目前，最深的钻井也只不过10公里左右。现阶段主要是采用地球物理方法中的地震法，根据地震波在地球内部的传播情况，来划分内部圈层。

地震波基本上分为纵波（P）和横波（S）。纵波质点振动的方向与波的传播方向一致，波的传播速度最快，它能通过固态、液态和气态介质；横波的质点振动方向与波的传播方向垂直，传播的速度慢于纵波，且只能通过固态介质。

地震波的传播速度与介质的物理性质有关。由于地球是非均质体，所以地震波在地内的传播速度是不同的，一般是它随深度而增加，并在数处作跳跃式的变化（见表1—1）。

从表1—1中可以看出，地震波在地球内部传播时，波速在好几处发生突然变化。这种波速发生突变的面叫不连续面，它标志着在地球内部可以划分出几个不同的圈层。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33公里处（指陆地部分）。在这个界面上下，纵波速度从7.6公里/秒急增到8.1公里/秒；横波由4.2公里/秒增加到4.6公里/秒。这个一级不连续面称莫霍洛维奇不连续面，简称莫霍面或莫氏面。

另一个在2900公里深处。在这里纵波速度由13.64公里/秒突然降为8.1公里/秒，而横波到此完全消失。这个一级不连续面称古登堡不连续面，简称古登堡面。

这两个一级不连续面，就将地球内部划分为地壳、地幔和地核三个圈层（图1—1和图1—2）。

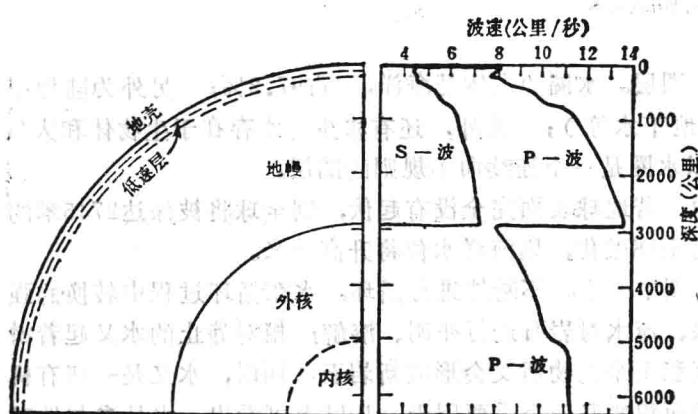


图1—1 地球内部震波纵波P和横波S传播速度曲线

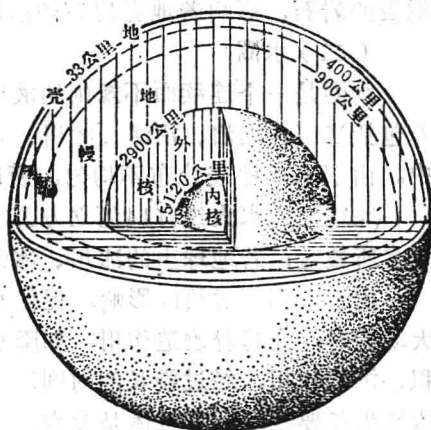


图1—2 地球内部圈层构造示意图

在表1—1中可以看出，除一级不连续面外，还可以划出五个次一级的不连续面，根据这些次一级的不连续面，在地壳、地幔、地核内部，还可以划分出次一级的圈层构造。

（一）地壳

地壳是地面以下到莫霍面以上，地球表层的硬壳部分，它主要由富含硅和铝的硅酸盐类岩石所组成。表面岩石的平均密度为2.65克/立方厘米，温度和压力处于常温常压状态；向下就逐渐增加，到地壳底部密度增加到2.9克/立方厘米，温度增高到1000℃左右，压力最大可增至一万多个大气压。地壳的总质量为 5×10^{18} 吨，约占整个地球质量的0.8%。地壳的体

第 11 卷 第 1 期

分 层	不 连 续 面	深度 (半径) (公里)	位置深度 (公里)	纵波速度(P) (公里/秒)	横波速度(S) (公里/秒)	密 度 (克/立方厘米)	压 力 (大气压)
地 壳	— 康拉德面 —	海平面 (6371) — (6351) —	地面 10—15 20	5.5 5.6 6.4 7.6	3.2 3.2 3.7 4.2	2.7 2.8 2.9	9000
	— 莫霍面 —	— (6338) —	33	8.1 7.8 7.9 8.1 8.4 ⁺	4.6 4.5 4.4 4.4 ⁺ 4.6	3.32 3.37 3.42 3.47 3.53	140000 270000 382000
	古登堡低速层	地下50 } 低 至 } 速 250 } 度 带	80 150 190 270	8.97	5.0	3.64	140000
地 幔	— 拜尔勒面 —	— (5958) —	413	11.3	6.3	4.60	270000
	高里村高速层	720 (最深地震)	900	11.42	6.3	4.64	382000
	— 雷波蒂面 —	— (5387) —	984	12.5 13.6 13.64	6.8 7.3 7.3	5.13 5.60 5.66	1368000
地 核	— 古登堡面 —	— (3471) — 速度降低	2900	8.1	—	9.71	3180000
	外核	— (1667) —	4703	10.4 11.2	—	11.7	12.0 15.0
	过渡层	— (1216) —	5120 5154	9.6 11.3	—	— 约 16	大约3300000
	内核	(中心)	5200 6371	—	—	17.9	约3600000

——一級不連續面；——次一級不連續面
(据李四光：《天文、地质、古生物》，略作补充)

积约为地球的1%。

1.地壳的厚度 整个地壳的平均厚度为20公里（据罗诺夫，1967）。地壳根据其内部结构的差异，又分为大陆型地壳（简称陆壳）和大洋型地壳（简称洋壳）。

陆壳厚度大，并且越往高山地区厚度越大，我国西藏高原及天山地区厚达70公里左右（见表1—2）。陆壳的平均厚度为33公里，这一数字很重要，经常用到。

表1—2 我国一些地区的地壳厚度（据 S、P'）波确定

（丁韞玉，1965）

地 区	坐 标		地壳中平均 纵 波 速 度 a (公里/秒)	地壳平均厚度 (公里)
	北 纬	东 经		
广 州	23.09°	113.33°	6.1	31±3
昆 明	25.12°	102.74°	6.1	53±3
拉 萨	29.64°	91.03°	6.1	71±3
成 都	30.66°	104.01°	6.2	47±3
*上 海	31.10°	121.19°	6.1	31±2
南 京	32.06°	118.79°	6.2	32±3
西 安	34.25°	108.92°	6.1	42±3
兰 州	36.05°	103.83°	6.1	53±3
北 京	40.04°	116.18°	6.1	46±3
包 头	40.60°	110.02°	6.1	45±4
长 春	43.83°	125.31°	6.1	39±3

* 据在上海市郊佘山测定

洋壳厚度小，在太平洋厚度最小，只有5公里，在大西洋和印度洋部分为 10~15公里。洋壳平均厚度为7.3公里。

2.地壳的化学组成 地壳中含有的化学元素达百余种，几乎包括周期表中所有的元素。它们在地壳中的分布情况以它们在地壳中的平均重量百分比来表示，称为克拉克值，或称之为在地壳中的丰度。各种元素在地壳中的含量差别很大，含量最多的元素有十种：O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、H、Ti，它们共占地壳总重量的99.34%，而其余的只占0.66%。其中氧的含量又最多，约占地壳总重量的二分之一；其次是硅，占四分之一强；再者是铝，约占十三分之一（表1—3）。由上可知，各元素在地壳中的含量是很不均的，就是同一种元素，在不同的地区和不同的深度上，其分布也是不均的。至于许多重要的有用金属元素，它们的含量甚微，如金只占 $5 \times 10^{-7}\%$ ，为什么能成为有价值的矿产呢？这是由于在地质作用下，它们会在某些地段发生富集，成为矿床。地壳中的各类岩石的主要成分是以Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg的含氧盐（特别是硅酸盐）及氧化物所组成的矿物。

3.地壳的结构 从表1—1中可看到，在地壳部分，有一个次一级的不连续面，叫做康拉德面，它把地壳又分为上下两层（见图1—3）。

表1—3地壳中主要元素的平均含量（重量%）

元 素	据克拉克和华盛顿 (1924)	据 费 尔 斯 曼 (1933—1939)	据维诺格拉多夫 (1972)	据 泰 勒 (1964)
氧(O)	49.52	49.13	47.00	46.40
硅(Si)	25.75	26.00	29.00	28.15
铝(Al)	7.51	7.45	8.05	8.23
铁(Fe)	4.70	4.20	4.65	4.63
钙(Ca)	3.29	3.25	2.96	4.15
钠(Na)	2.64	2.40	2.50	2.36
钾(K)	2.40	2.35	2.50	2.09
镁(Mg)	1.94	2.25	1.87	2.33
氢(H)	0.88	1.00	—	—
钛(Ti)	0.58	0.61	0.45	0.57
磷(P)	0.12	0.12	0.093	0.105
碳(C)	0.087	0.35	0.023	0.02
锰(Mn)	0.08	0.10	0.10	0.095

注：（1）克拉克、华盛顿、费尔斯曼等是根据在可见地壳部分（即16公里以上）所采取的几千个岩石样品，进行化学分析得出的平均值，作为在地壳中的平均含量；同时，岩石样品是按照岩石在地壳中的百分比（即岩浆岩为95%，变质岩为4%，沉积岩为1%计算的）。

（2）维诺格拉多夫、泰勒等是考虑到莫霍面以上地壳部分的典型岩石（即花岗岩和玄武岩）及其比值进行计算的。

上层岩石的平均成分大致与花岗岩差不多，地震波在此层中的传播速度也与在花岗岩中的传播速度相近似，故把此层叫花岗岩层。其化学成分以O、Si、Al为主，K、Na也较多。此层的厚度变化很大，在陆壳上普遍存在这一层，山区较厚，有时达40公里，在平原常为10余公里；而在洋壳上此层显著变薄，甚至缺失（如在太平洋中部）。所以花岗岩层在整个地球表面是一个不连续圈层。此层的密度较小，平均为2.7克/立方厘米。在这一层的表层，很多地方分布着固结和未固结的沉积岩层，而沉积岩的物质组成主要由花岗岩层破碎、分解再经沉积而来，所以沉积岩层可以看作是花岗岩层的一部分。

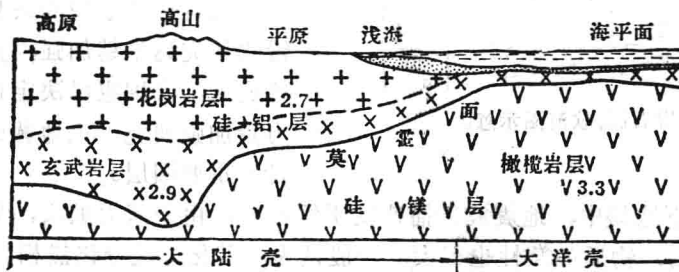


图1—3 地壳构造示意图（据李四光，经简化）

地壳的下层叫玄武岩层，化学成分仍以O、Si、Al为主，但比起上层则相对减少，而Mg、Fe、Ca成分则相应增多，其平均化学组成和玄武岩相似。此层无论是在陆壳或洋壳均有分布，为一连续圈层，只是厚薄有差异。在大陆平原地区厚达30公里；但在缺失花岗岩层

的深海盆地，则仅有5—8公里厚，其上直接为海洋沉积层和海水所覆盖。平均密度为2.9克/立方厘米。

从以上可看出，大陆型地壳和大洋型地壳有明显的区别：陆壳的厚度较大，花岗岩层和玄武岩层均有，为双层结构；洋壳的厚度较小，在玄武岩层之上只有很薄的或根本没有花岗岩层，大部分是单层结构。地壳厚度的差异、物质密度不均和花岗岩层的不连续分布，为地壳结构的主要特征。由于地壳物质在水平和垂直方向上分布都不均匀，就势必导致地壳物质经常在重新分配调整，以保持相对均衡，这是引起地壳运动的因素之一。

（二）地幔

莫霍面与古登堡面之间的这一层叫做地幔。物质密度大约从3.32克/立方厘米递增到5.66克/立方厘米，在其下部接近于地球的平均密度。温度随深度缓慢增高，上部约为1200~1500℃，下部约为1500~2000℃。压力也随深度而增加，下界面上的压力可达约140万个大气压。地幔的总质量为 4.05×10^{21} 吨，占地球的67.8%。其体积占地球总体积的82%。因此地幔是地球的主体部分。

在地幔中，存在两个次一级不连续面，目前一般以深984公里的雷波蒂面为界，把地幔分为上地幔和下地幔。

1. 上地幔 从测得的地震波数值来看，与在橄榄岩中测得的数值相似，所以上地幔也称橄榄岩层，又称榴辉岩层。Fe、Mg的成分在这一层中显著增加， SiO_2 成分减少，主要为铁镁的硅酸盐。

从莫霍面到50公里深处，地震波传播较快，是由结晶质固体岩石组成，它与地壳连在一起构成地球表层的岩石圈（见图1—4）。

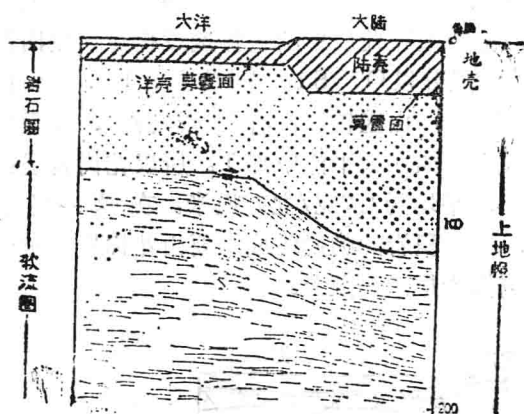


图1—4 地壳、地幔、岩石圈、软流圈示意图

在深约50—250公里范围内，震波波速较慢。为古登堡低速层（表1—1）。据推测，这里放射性元素大量集中，蜕变后发出大量的热，产生高温异常，使固态物质塑性增大，或局部呈熔融状态。故这一部分又叫做软流层（圈）（见图1—4）。一般认为这里可能是岩浆的发源地，同时，地壳运动、岩浆活动等都与此层有关。

随着板块学说的兴起和发展，对上地幔的研究越来越加强，并且已经取得了一些成果。我国也已决定在这一领域，集中力量加强研究。上地幔已经成为了为人瞩目的重要圈层。

2. 下地幔 在下地幔中，地震波传播速度平缓增加。由于压力加大，故形成高密度物质。由于温度也升高，物质的塑性也很大。一般认为，其化学成分仍然相当于铁镁的硅酸盐，与上地幔没有本质区别。但也有人认为，这一部分主要由金属硫化物和氧化物组成，铬、铁、镍等成分显著增加，称之为金属层或硫化物—氧化物层。

（三）地核

古登堡面（深2900公里）以下直至地心，称为地核。地震波穿过古登堡面后，波速突

变，纵波从13.64公里/秒骤降到8.1公里/秒，而横波消失。所以地核的外圈为液态，称为外核；核心为固态，称为内核；中间有一过渡区，称过渡层（表1—1）。

地核的密度很高，达9.7—17.9克/立方厘米；地核总质量为 1.88×10^{21} 吨，占整个地球质量的31.5%；压力达到300~360万个大气压；温度为2000~3000℃，最高不超过5000℃。

关于地核的物质成分说法不一。根据目前超高压实验，一般认为主要是由铁、镍组成，还含有硅、硫等轻元素。

第三节 地质作用和地质年代

一、地质作用

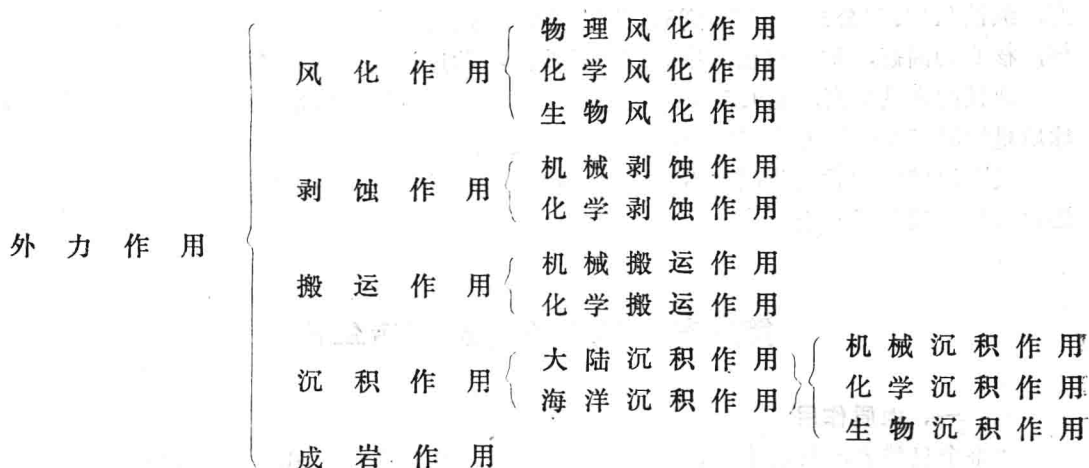
“整个自然界，从最小的东西到最大的东西，从砂粒到太阳，从原生生物到人，都处于永久的产生和消灭中，处于不断地流动中，处于无休止的运动和变化之中”（恩格斯《自然辩证法》）。无数地质现象充分说明了地壳也是遵循这一规律的。例如火山的爆发，使地下深处的岩浆喷出地表，改变了地表的物质组成和地表形态；地震的发生，使有些地方明显上升或下降，形成许多断裂构造；高山不断遭受破坏，夷为平地；而沧海又不断被泥砂填平，成为桑田；坚硬的岩石会风化破碎成泥砂，而松散的泥砂经过漫长的时间会形成新的岩石。从以上说明，地球自形成以来，地壳无时不在发展变化中，组成地壳的物质，永远处在不断地转移和重新组合的过程中，地表形态和地壳构造也在不断地改造和演变着。这种引起地壳组成物质、地壳构造和地表形态等不断的形成和变化的作用，通称地质作用。

任何地质作用都是由地质营力引起的，力要涉及到能的消耗和转换。如果不考虑物质运动过程中能的转换，按照地球上能的初始来源来分，有来自地球内部的能和来自地球以外的能。内部的能主要包括地球自转产生的旋转能、地心引力给予物体的重力能以及由于地球中的放射性元素发生蜕变等原因产生的地热能等；外部能主要指太阳幅射能和日、月引力能。

根据能的来源不同和作用的主要部位的差别，地质作用分为内力地质作用（简称内力作用）和外力地质作用（简称外力作用）（见表1—4）。内力作用以地球内部能为能源，主要在地下深处进行，并可波及地表；外力作用以外部能为主要能源并在地表或地表附近进行。

表1—4 地质作用分类

内 力 作 用	地 壳 运 动	水 平 运 动
		升 降 运 动
	岩 浆 活 动	喷 出 作 用
		侵 入 作 用
	变 质 作 用	
	地 震 作 用	



地质作用每时每刻都在进行着，只不过有的作用短暂而猛烈，易于觉察，如火山爆发、大的地震、山洪爆发等；有的作用则长期持续缓慢进行，在短期内不易观察，如海陆变迁、山脉隆起、岩石的风化等。缓慢长期的地质作用短时虽看不出后果，但经过漫长的时间，其后果是巨大的，影响是深远的。象世界屋脊——喜马拉雅山，原来那里曾经是海洋，后来以平均每年几毫米的速度上升，经过三千多万年才变成了今天最雄伟的高山。地壳表层有些地方有厚上万米的沉积岩层，那是由一颗一粒的泥砂长期沉积成岩的结果。

各种地质作用是独立的，又是相互联系的，是对立的又是统一的。如一个地方高山上的岩石遭受风化剥蚀，而其相邻的低洼地方一定会发生堆积，经过漫长时间，又会形成新的岩石。地质作用有的对地壳起着破坏作用（改造），有的对地壳起着建设作用（建造），两种作用是同时进行的，只不过是在一定的时间、一定的地点，以某种作用占优势而已。

地壳的发展变化是内力作用与外力作用反复进行的结果。内力作用不断地改造地壳造成高山、盆地，作用的趋势是使地壳表面变得高低不平；外力作用是在内力作用的基础上进一步加工塑造，起着削高填低的作用，力求使地表夷平。总的来看，内力作用起着主导作用。地壳就是这样地在内、外力的共同作用下不断地向前发展着。

二、地质年代

地质时间系统最初主要是根据各种岩石的相对新老关系、即形成的先后顺序建立起来的，称为相对地质年代。它只表示顺序，不表示各个时代单位的长短。本世纪初，开始用测定岩石中放射性同位素蜕变产物的方法确定岩石的绝对年龄，叫做同位素地质年龄，也叫绝对地质年代。目前在地质学研究和实际工作中，同时使用相对年代和绝对年代，但仍是以前者运用更为方便和普遍。

（一）相对地质年代

相对地质年代是根据生物的发展和岩层形成的顺序，将地壳历史划分为与生物发展相对应的一些自然阶段。

地层是按时代先后层层沉积下来的，如果它的顺序没受过扰动，下面的地层较老，上面的地层较新，这叫做地层层序律。同时，在沉积地层中常常保存有古生物的遗体或遗迹，叫做化石。生物是从低级向高级连续而又分阶段地发展的，所以在老地层中只能找到低等生物化石，在较新的地层中能找到较高等的生物化石。因此，根据地层顺序和古生物可以把地层划分为若干大小不同的单位，称地层单位，各个地层单位所代表的时间，称地质时代单

位，两者是相对应的。最大的地层单位叫宇，宇下面分为界，每个界又分为几个系，每个系又分为三个或二个统。形成一个宇的时间叫宙，形成一个界的时间叫代，和系、统相对应的时间分别为纪、世。它们的对应关系如下：

地质时代单位	地层单位
宙·····	宇
代·····	界
纪·····	系
世·····	统

按时代早晚顺序，把地质年代进行编年，称为地质年代表（见封底插页）。相对地质年代由老到新划分为隐生宙和显生宙，前者包括太古代和元古代，后者包括古生代、中生代、新生代。目前国际上把太古代和元古代已上升为宙。

（二）同位素地质年龄

许多岩石中含有微量的放射性元素，除一般熟知的铀、钍等外，还有某些其他元素的同位素。如一般钾是原子量为39的 K^{39} ，无放射性，而其同位素 K^{40} 具放射性，可蜕变为 Ar^{40} （氩）。放射性同位素的衰变速度一般用半衰期表示，半衰期即放射性同位素减少到一半所需的时间。根据岩石中放射性元素蜕变规律测定的岩石生成年龄即同位素地质年龄。最常用的方法为铀铅法。在自然条件下，铀按一定速度蜕变为铅和氦这两种终结元素。 U^{235} 的半衰期为七亿年，一克 U^{235} 在一年中有七十四亿分之一克裂变为铅（ Pb^{207} ）和氦。如果按一定要求进行岩石采样，并用专门仪器测定岩石中放射性元素和终结元素的含量，就可以根据放射性元素蜕变的比例，计算出岩石的实际年龄。此外还有铷锶法、钾氩法、 C^{14} 法等。

第二章 矿 物

第一节 矿物的概念和形态

一、矿物的概念

在人们的日常生活中，随时都可以见到在地球上广泛分布着的矿物，如我们吃的盐、做豆腐用的石膏、中药用的朱砂（辰砂）和雄黄、做铅笔芯用的石墨、制化肥用的黄铁矿等等，它们都是矿物。它们都是在地质作用下，由地壳中的化学元素进行化合和分解而形成的。它们都有一定的化学组成，如盐是由氯和钠两种元素组成的，石膏是由钙、硫、氢、氧四种元素组成的，而石墨则只是由一种元素碳组成的。我们还会直观感觉到盐有咸味，石墨有滑感污手，石膏较软，雄黄为桔红色等等。这些都是它们各自的主要物理性质。总之，矿物是地壳中的化学元素在各种地质作用下所形成的，具有一定化学成分和物理性质的自然均一体。是组成岩石的基本单元。

目前，自然界中已发现的矿物有3300多种，但最常见的只有五、六十种，构成岩石主要成分的（称为造岩矿物）只不过二、三十种。绝大部分矿物是固态的，只有极少数是液态的（如自然汞）和气态的（如天然气、 H_2S ）。

矿物在外界条件发生变化时，它也会发生变化而生成新矿物。例如黄铁矿 FeS_2 在氧化条件下会变成褐铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ；当条件又改变时，褐铁矿又会脱水变为赤铁矿 Fe_2O_3 。

有用矿物在地壳中富集起来具有开采价值就成为了矿床。矿物是人类生产资料和生活资料的重要来源之一，是组成岩石的物质基础。各种矿物都具有各自的形态和物理性质，这是鉴定它们的主要依据。

二、晶体和非晶质体

上面已说过，自然界中的矿物大部分呈固态存在，而且大部分是晶体，只有个别的为非晶质体。

（一）晶体

1. 晶体的概念 常见而熟悉的晶体，如水晶、岩盐等。晶体的真正含义是什么呢？

凡是内部质点（原子、离子或分子）按一定的空间格子构造有规律重复排列的固体，称为晶体。

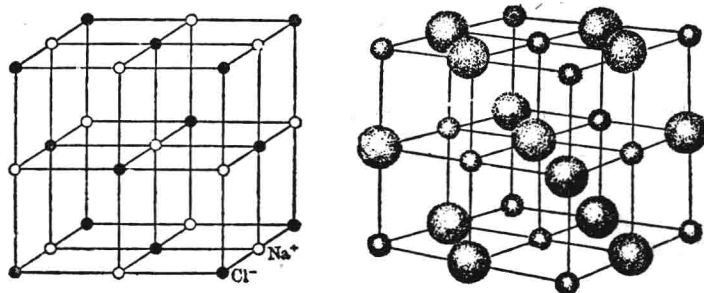


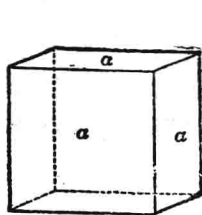
图 2-1 岩盐的内部构造(右图中, 小球代表 Na^+ , 大球代表 Cl^-)

图2—1为岩盐的内部构造，从图中可以看到 Na^+ 、 Cl^- 作有规则的重复排列，形成格子状构造；并且这种排列是在三度空间进行的，结果就形成一种空间格子构造。岩盐具有的立方体规则外形，正是受这种空间格子构造所制约的必然结果。晶体都具有格子构造。

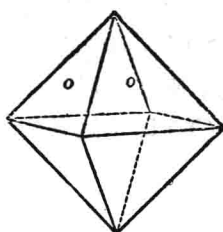
晶体往往具有一定规则的几何外形（但并不是所有晶体都具有，也有例外），晶体规则的外表是由一些几何平面、直线和点构成的。这些未经人为加工而自然形成在晶体最外部的平面叫晶面；两个晶面相交的直线叫晶棱；晶棱的交点叫顶点（或角顶）。

2. 晶体的形态 晶体的形态可分为两类：单形和聚形。

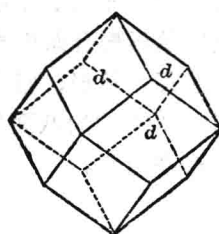
单形——由形状相同、大小相等的晶面组成的形体，称为单形。单形共有47种，常见的有12种（图2—2）。



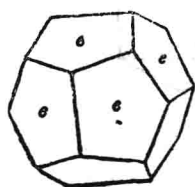
(1) 六面体 (a)



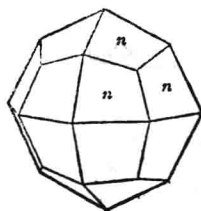
(2) 八面体 (o)



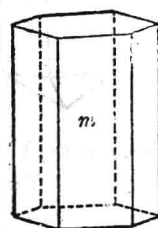
(3) 菱形十二面体 (d)



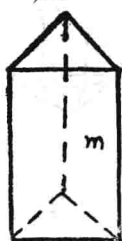
(4) 五角十二面体 (e)



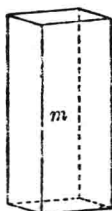
(5) 四角三八面体 (n)



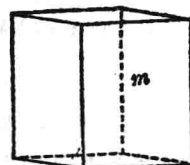
(6) 六方柱 (m)



(7) 三方柱



(8) 正方柱 (m)



(9) 斜方柱 (m)