

高等学校教材

地质地貌学

沈阳农业大学 左建 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等学校教材

地质地貌学

沈阳农业大学 左建 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本教材系以高等学校水利水电类专业教学指导委员会、地质及岩土力学组于1997年6月讨论通过的《地质地貌学》教材编写大纲为依据,并在吸取兄弟院校多年教学经验的基础上进行编写的。

全书共分十五章,主要内容有:地球;矿物;岩石;地质构造;风化作用;地面流水的地质作用及其所形成的地貌;地下水的地质作用及地貌特征;风的地质作用及其地貌特征;冰川的地质作用及地貌特征;冻土的形成及特征;湖沼、海洋地质作用及其地貌特征;气候地貌;土壤;植被;我国地貌概述。

本教材适用于水土保持专业、水资源专业及农业水利工程专业,也可供水利电力类其他专业和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地质地貌学/左建主编. —北京:中国水利水电出版社, 2001.5

高等学校教材

ISBN7-5084-0509-9

I. 地… II. 左… III. 地质作用-地貌学-高等学校-教材 IV. P931

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第02913号

书 名	高等学校教材 地质地貌学
作 者	沈阳农业大学 左建 主编
出 版	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn
发 行	电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部) 新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	水利电力出版社印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 16.5印张 391千字
版 次	2001年5月第一版 2001年5月北京第一次印刷
印 数	0001—1100册
定 价	20.40元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本教材是根据高等学校水利水电类专业教学指导委员会 1997 年新修订的水土保持专业和水资源专业教学计划中《地质地貌学》课程教学大纲所规定的学时和内容编写的。此外，还适当地反应了本学科新成就和发展方向。

本教材适用于水土保持专业、水资源专业和农业水利工程专业，也可供水利电力类师生及其他专业工程技术人员参考。

本书由沈阳农业大学左建教授主编。

参加教材编写的有：沈阳农业大学左建教授（绪论、第一、二、三、四、十五章）、孔庆瑞教授（第五、六、七、八章）、郭成久副教授（第九、十章）、周林飞讲师（第十一、十二章），四川大学丁志茂副教授（第十三、十四章），全书图稿由沈阳石油化工厂左莎工程师绘制，并协助主编完成了抄写、整理书稿等工作。

本教材由郑州工业大学万长吉教授主审，他对教材进行了认真的审阅，提出了许多宝贵意见和建议。有关的兄弟院校参加了本教材编写大纲的讨论，并提供了多年的教学资料和经验。本教材经教学指导委员会岩土和地质教学组两次讨论，多次修改后出版，在此，谨向有关同志表示感谢。

鉴于编者水平有限，时间仓促，教材中难免有不当之处，请读者提出宝贵意见。

编 者

2000 年 6 月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 地球	3
第一节 地球的基本特征	3
第二节 地球的构造	5
第三节 地壳及地质作用	7
复习思考题	11
第二章 矿物	12
第一节 矿物的基本特征	12
第二节 矿物的分类和主要矿物	20
复习思考题	28
第三章 岩石	30
第一节 岩浆岩（火成岩）	30
第二节 沉积岩	39
第三节 变质岩	45
第四节 岩石的工程地质及水文地质性质评述	48
复习思考题	49
第四章 地质构造	50
第一节 地壳运动的一般特征	50
第二节 地层年代和岩层产状	51
第三节 褶皱构造	53
第四节 断裂构造	55
第五节 地震	62
第六节 地质构造与土壤、水土保持的关系	68
第七节 地质图的阅读	69
复习思考题	77
第五章 风化作用	78
第一节 风化作用的类型	78
第二节 影响风化作用强度的因素	81
第三节 主要矿物和岩石的风化	82
第四节 风化壳	85
第五节 风化作用与生产建设	88
复习思考题	89

第六章 地面流水的地质作用及其所形成的地貌	90
第一节 地面流水的概念	90
第二节 片状流水的地质作用	91
第三节 沟谷水流及其所形成的地貌	93
第四节 河流的地质作用及其形成的地貌	96
第五节 滑坡的特征及整治措施	108
第六节 地面流水与水土保持、土壤和水资源的关系	112
复习思考题	114
第七章 地下水的地质作用及地貌特征	115
第一节 自然界的水循环	115
第二节 地下水的类型及其特征	120
第三节 不同地貌区的地下水	126
第四节 岩溶(喀斯特)地貌	130
第五节 地下水的农业利用	137
复习思考题	141
第八章 风的地质作用及地貌特征	142
第一节 风的地质作用	142
第二节 风成黄土及黄土状土的地貌	147
第三节 黄土高原的水土流失与水土保持	151
复习思考题	154
第九章 冰川的地质作用及其地貌特征	155
第一节 冰川的形成	155
第二节 冰川地貌特征	160
第三节 冰碛物与古冰川的研究意义	164
第四节 冰川地貌与生产建设的关系	167
复习思考题	170
第十章 冻土地貌的形成及特征	171
第一节 冻土的形成	171
第二节 冻土地貌的形成及特征	176
第三节 融冻堆积与冻土地貌的发育特点	182
第四节 冻土地貌与生产建设的关系	185
复习思考题	186
第十一章 湖沼、海洋的地质作用及其地貌特征	188
第一节 湖沼的地质作用	188
第二节 海洋的地质作用及其地貌特征	194
第三节 海水的运动	195
第四节 海岸地貌	196
第五节 海洋沉积作用的特点	198

第六节 研究湖泊、沼泽及海洋地质作用的意义	201
复习思考题	203
第十二章 气候地貌	204
第一节 气候地貌的分带性	204
第二节 湿润气候地貌	207
第三节 干旱气候地貌	209
第四节 气候地貌的多代性	210
复习思考题	211
第十三章 土壤	212
第一节 自然土壤的形成与土壤的分布规律	212
第二节 土壤的基本特征、机械组成和类型	214
第三节 水在土壤中存在的形态和土壤的水理性质	217
第四节 土壤对径流的影响	221
复习思考题	223
第十四章 植被	224
第一节 植被及其类型	224
第二节 植被分布的特征	228
第三节 植被对径流的影响	230
第四节 植被对环境的改造作用	234
复习思考题	237
第十五章 我国地貌概述	238
第一节 地貌形成的规律	238
第二节 陆地构造地貌类型	239
第三节 海底地貌特征	244
第四节 我国地貌区划概述	245
第五节 地貌研究在农业生产中的意义	246
复习思考题	249
附录 课堂实习参考计划	250
主要参考文献	257

绪 论

一、地质地貌学研究的对象和任务

人类生活在地球上，从事各种劳动，一切生活资料和生产资料都要取之于地球。人们为了更好地索取地球资源，就必须研究地球物质的组成和分布规律，以及形成和变化规律；研究这些物质的运动规律、发展过程及其结果；研究这些资源利用的技术方法。随着生产和科学的不断发展，逐渐形成了一门新科学——地质地貌学。

地质地貌学研究的对象是地球，当前主要是研究地壳，即地球表面几十公里厚的岩石及地貌特征。

地质地貌学研究的主要任务是：

- 1) 研究地壳的形成和物质成分与结构的变化规律；
- 2) 研究地质作用的原因和条件，以及作用过程和结果的基本原理；
- 3) 研究地壳结构、地表形态的变化特征和发展规律；
- 4) 研究地质作用的相互关系及其在改造地壳过程中的基本规律。

二、地质地貌学的特点和研究方法

地质地貌学和其他自然科学一样，应以辩证唯物主义作为研究的指导思想。

地壳是物质的，凡是物质都在运动，有运动才有变化和发展。因此，地壳是永远在运动和变化发展的。地壳的运动有时是很剧烈的（如火山、地震），但多数是非常缓慢的（如地壳升降、风雨、流水等所引起的变化），经过漫长的时间，它们就会出现由量变到质变的巨大变化。因此，在学习中必须以唯物的观点，辩证的方法来观察和分析各种地质现象，才能得出正确的结论。

地质地貌学具有以下特点：

1. 时间的悠久性

地球自形成迄今已有数十亿年的历史，多数地质变化要经过数百万年甚至数千万年的时间才能完成。有人打过这样的比喻：假如地球的历史是一部很厚的书籍，那么，人类的历史只不过是最后一卷、最后一页、最后一行而已。所以，学习地质地貌学要充分考虑时间悠久性这一特点。

2. 地区的差异性

地球拥有巨大的空间。在不同的地区有不同的物质基础和外界因素，因而也有不同的变化过程。在漫长的历史中，虽有统一的发展规律，但各地区的地质发展过程有很大的差异。例如我国的华北和华南地区，由于地质经历不同，地质特点也就大不相同了。所以不能根据一个地区的情况去推测全球，而应根据各地区的具体情况，进行具体分析，才能得出正确的规律。

3. 变化的复杂性

地球是一个非常庞大复杂的球体，既包括有机界，又包括无机界；既有漫长的历史，又

有广阔的空间。在发展的过程中必然充满各种矛盾，因而决定了地壳变动的复杂性。在研究任何地质问题时，必须考虑各方因素的影响，抓住主要矛盾，来分析各种地质现象和变化规律。

根据上述几个特点，我们采取以下研究方法：

(1) 野外观察。为了认识地壳发展规律，必须进行野外调查研究。在野外调查实践中收集大量感性材料，将这些材料加以整理和分析，综合归纳出规律性。

(2) 实验和模拟实验。为了研究矿物、岩石的化学成份、物理性质及内部结构，必须采取各种手段进行实验和分析；同时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，也必须进行各种实验。

(3) 历史比较法。它是凭借对现代各种地质现象观察和了解作为基础，根据现代的地质作用，推断过去的地质现象；恢复地质历史。例如，现在鱼是生活在水中的，但在高山地层中找到了鱼化石，由此可以判定这座高山所在地区过去是海洋。但历史发展并不是简单的重复和循环，必须分析比较，才能得出正确的结论。

三、本课程学习的目的要求

通过学习，理解地壳物质组成和地貌特征，以及地壳变化的一般规律。提出下列几点要求：

- 1) 学习并掌握地球的一般特征，建立正确的时间、空间观念。
- 2) 重点认识造岩矿物、常见的岩石和风化产物的特点，识别常见矿物和岩石鉴定方法。
- 3) 了解在内外地质作用下形成地貌和沉积体的特点，以及与农业生产的关系。
- 4) 重点学习地下水运动规律，合理开发利用地下水资源，为工农业生产服务。

第一章 地球

地质地貌学是一门研究地球的科学。主要研究地壳的物质组成、成因、产状、构造变动以及地表起伏形态和发生发展的分布规律，并服务于生产的科学。本章仅就这方面有关的一些问题作一简单介绍。

第一节 地球的基本特征

一、地球的形状和大小

地球是一个绕着地轴高速旋转的球体。它的表面形态并不是理想的球形，而是一个椭圆形，即赤道部分略为膨大，两极略为收缩的扁球形。它的大小数据如下：

赤道半径 (a):	6378.2km;
极半径 (b):	6356.9km;
平均半径 $\left(\frac{2a+b}{3}\right)$:	6371km;
地球扁度 $\left(\frac{a-b}{a}\right)$:	$\frac{1}{298.3}$;
赤道圆周长:	40076.6km;
表面积:	5.1 亿 km ² ;
质量:	5.98×10^{19} t;
平均密度:	5.52g/cm ³ ;
体积:	108×10^{10} km ³ 。

二、地球的物理性质

地球的主要物理性质包括：地球的密度、压力、重力、地热、磁性、电性、放射性和弹性等。地球的主要物理性质简述如下：

(一) 地球的密度和压力

据计算，地球的平均密度为 5.52g/cm³，而实际测得地壳上部物质的平均密度为 2.7~2.9g/cm³。因此，可以推测地球内部深处物质的密度是随深度递增的。根据地震资料可知地球内部物质的密度确实是随着深度的增加而逐渐增加的，并且分别在深度 984km、2898km 和 5125km 的地方作跳跃式增加。这表明地球内部物质是不均匀的，而地核的物质可能处于高密度状态。

地球内部的压力受上覆物质质量的影响，随着深度的增加而递增。它的变化情况为，自地表到地深处约 33km 处是随深度增加而均匀增加的；从 33km 到 984km 深度范围内压力从 9000×10^5 Pa 很快增加到 38.2×10^9 Pa；然后随着深度的增加又缓慢地增加，在 2898km 深度可增加到 136×10^9 Pa；最后向着地心作缓慢地递增，地心压力可达 360×10^9 Pa。

(二) 地球的重力

地球表面的重力是指地面处所受地心引力和该处的地球自转离心力的合力。地心引力与质量成正比,与地心距离的平方成反比。地球赤道半径大于两极半径,引力在两极比赤道大,离心力在两极接近于零,而赤道最大。但离心力值在重力值中所占的比例极小(仅三分之一),因此,地球的重力随纬度增加而增大。根据重力与纬度关系,所计算出各地重力值,叫做正常重力值。由于各地岩石种类与构造不一样,用重力仪测定的重力值与正常重力值常不符合,这种偏差称为重力异常。重力异常表明地下有密度较大的金属矿物或者有密度较小的石油、岩盐等物质分布,通过重力异常调查,可以研究地壳构造与寻找地下矿产。

(三) 地球的磁性

地球具有磁性,好像是一个巨大的磁体,也有两极,但地磁场的南北极与地理的南北极的位置不重合。同时地磁极的位置也在不断改变,1970年测出磁北极在北纬 76° 、西经 101° ,磁南极在南纬 66° 、东经 140° 。而地磁指午线与地理指午线间有一夹角,叫做磁偏角。磁针只有在地磁赤道附近才是水平的,磁针越移向磁两极,倾斜程度越大。在磁极区,磁针直立,磁针与水平面的夹角称磁倾角,单位磁极在地球某一点所受的磁力大小称为该点磁场强度。磁偏角、磁倾角、磁场强度叫地磁三要素。根据地磁在地球上的分布规律,可以计算出某地地磁三要素的正常值,实测数值与正常值不一致的现象叫地磁异常。地磁异常是地下有磁性矿床或地质构造发生变化的标志,因此,可以利用地磁异常勘测磁性矿床和地质构造情况。

组成地壳的矿物、岩石所具有的磁性也是地球磁性的一部分,许多岩石由于含有磁性矿物,它们能在地磁场作用下磁化而显磁性。因此,研究不同地质时期的岩石的剩余磁性有助于了解古代地壳的变化情况和地球磁场的变化。近代土壤学,通过研究成土母质和土壤矿物的磁学性质,用来了解成土过程的特点,进行土壤诊断。还可利用磁场影响土壤结构,以及使用磁化水进行灌溉。

(四) 地球的电性

地球具有较弱的自然电流,称为大地电流。有自然电流分布的地段为自然电场。这种自然电场可由局部金属矿体同水溶液相互作用而产生,分布范围较小;分布范围较广阔的区域性自然电场,可能与大气圈的电离作用或电磁场有关。大地电流是一种不稳定电流,其强度和方向在时间上有周期性变化,自低纬度向高纬度电流强度逐渐增大。电流的主要方向在赤道及两极近东西向,在中纬度则与子午线约成 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 角。它的强度和方向还与地下深处的地质构造情况有关,当有金属矿体时,则其附近电流强度增大、方向也会出现变化,物探中的采用电法勘探就是以此为依据。

(五) 地热

地球表面受太阳辐射热的影响而温度变化很大,在 $-70\sim 70^{\circ}\text{C}$ 之间。温度随季节、纬度高度和海陆分布情况而有所差异。这种温度变化只影响地表不深的地方,平均约为15m。再往深处 $20\sim 25\text{m}$ 的地段,由于太阳辐射热影响不到,且保持当地常年平均温度,因此叫常温层。

常温层以下的地内温度,钻探资料表明,垂直往下的温度随深度的增加而有规律的增加,增加情况各地不同,地温每升高 1°C 而往下增加的深度叫地温增加级。地温增加级一般平均为33m,例如在五洲大致为40m(我国大庆为20m,房山为50m),但地温增加并非按

每深 33m 而升高 1℃，因为地内深处的物质密度、压力和状态各有不同，故温度增加到一定深度时，越深越慢，推测地心温度不会超过 2000~5000℃。

地热的来源，除地表来自太阳辐射热外，主要来自地球内部。关于地球内部热的来源问题，主要是由放射性元素蜕变释放出来的，其次是重力能、化学反应能、结晶能和地球转动能等。

地球是一个庞大的热库，地热能是最廉价的能源之一，对它的开发利用已经成为地质科学和综合科学技术之间的一个新领域。

地球除上述性质外，还有放射性、地球的弹性等。

第二节 地球的构造

地球的构造是指地球的组成物质在空间分布和彼此间的关系。地球物质的成分和分布是不均匀的，具有层圈构造。地球固体表面以上的各层圈为外部构造，地球固体表面以下的各层圈为内部构造。

一、地球的外部构造

地球的外部构造包括自地表以上的大气圈、水圈和生物圈。现将各圈的特征简述如下：

(一) 大气圈

包围在地球最外面的气态物质所组成的层圈。这一层圈的分布以地面往上至少高达 2000~3000km 的范围。此圈由下而上又分为对流层、平流层、电离层和扩散层。大气圈中的主要成分为氮、氧、氩、碳、氦和氢等元素。大气的总质量约为 $513 \times 10^{13}t$ ，约为地球的百万分之一，但对地面的物理情况和生活环境却产生决定性的影响。大气的结构、成分和性质主要随着高度而变化。起初不同的分子渐渐地分解成原子，以后这些原子又受到太阳辐射粒子的作用而发生电离，变成离子和电子。所以大气可分为中性大气和电离大气。在约 500km 以上的高空，中性大气已经很少，主要是离子和电子，它们的运动由地球空间的磁场和太阳风决定。大气分布极不均匀，受地球引力作用，约有 79% 的质量集中在平均厚度 11km 范围内的对流层中。在对流层中，温度、湿度和压力等分布很不均匀，故气体常发生强烈的对流和产生风、云、雨、雪等，从而调节和促进水圈的循环。

(二) 水圈

水圈由地球表层分布于海洋和陆地上的水和冰所构成的。水的总体积约为 14 亿 km^3 ，其中海洋水占总体积的 98.1%，陆地水只占 1.9%。可见，水在地表分布是很不均匀的，主要集中在海洋。水圈中各部分水的成分和物理性质有所不同，其成分除以水为主外，尚含有各种盐类。例如，海水含盐度高，平均为 35%，以氯化物（如 NaCl、MgCl 等）为主；陆地水含盐度低，平均小于 1%，以碳酸盐（如 $Ca [HCO_3]_2$ ）为主。水受太阳热的影响，可不停地循环。由于水的循环，形成了外力地质作用的动力。它们在运动过程中可不断产生动能，对地球表面进行改造。

(三) 生物圈

生物圈是由地表各种生物构成的。它们在生活活动、新陈代谢及死后遗体分解出各种气体和有机酸等过程中，可与地表的物质直接或间接地发生各种物理、化学的作用，从而

改造地表物质。

二、地球的内部构造

地球内部也具有层圈构造，包括地壳、地幔和地核等三个主要层圈（见图 1-1）。

对于地球内部，目前人们能够直接获得资料进行观察的深度是很小的，最深的钻孔也没超过 15km。分圈的依据主要是利用地震法。地震法是利用地震波（纵波与横波）在地内传播速度的变化，从而间接地分析了解地内物质分布情况（见图 1-2）。地震波在地内的传播速度是随深度而增加的，并在数处作跳跃式的变化；此外，横波不能通过地心。从地震波在地内传播速度的变化，发现有两处极明显的分界面，叫地震分界面。第一地震分界面（又叫莫霍面），是在平均深度 33km 处；第二地震分界面（又叫古登卜面），是在地深 2898km 处（见表 1-1）。

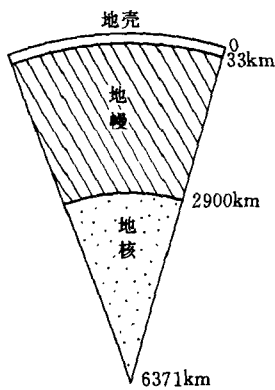


图 1-1 地球内部结构示意图

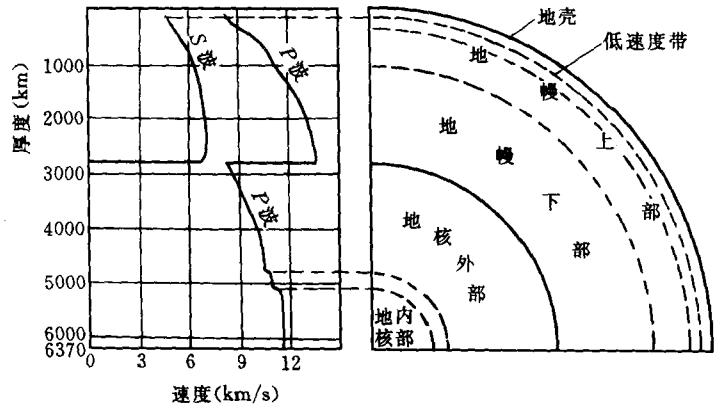


图 1-2 地球各层地震波传播速度图

表 1-1 地球内部层圈构造及有关数据

分层	深度(半径) (km)	纵波(P)速度 (km/s)	横波(S)速度 (km/s)	密度 (g/cm ³)	压力 (Pa)	
地壳(大陆)	海平面(6371)	5.5	3.2	2.7		
	莫霍分界面	6.8	3.6	2.8		
地幔	50 } 低速度带					
	250 }	7.9~8.1	4.4	3.32		
	413(5958)	8.97		3.64	1.41855×10 ¹⁰	
	720(最深地震)				2.735775×10 ¹⁰	
	984(5387)	11.42		4.64	3.85035×10 ¹⁰	
下地幔		13.64	7.3	5.56		
古登卜面	2898(3473)				1.386126×10 ¹¹	
地核	外部地核	速度降低	8.10	通不过	9.71	
		4703(1668)	9.7		11.76	3.222135×10 ¹¹
	过渡层		10.31			
	内部地核	5125(1246)		?	约 14	约 3.343725×10 ¹¹
	6371(中心)	11.23		约 16	约 3.6477×10 ¹¹	

地壳、地幔和地核（依据地震波在地内的传播速度区分）三个主要层圈（见图 1-2），其特征简述如下：

（一）地壳

地壳是地球上部的一个层圈，厚度很不均匀，主要是由硅、铝、氧化物组成，呈结晶质固体岩石，密度 $2.7\sim 2.9\text{g/cm}^3$ 。各种地质作用（如构造运动、岩浆作用、变质作用等）就发生在这里。但是地质作用和矿产的形成在一定程度上还要受地壳以下物质的影响，特别是上地幔的影响。地壳占地球总质量的 1.5%。

（二）地幔

自地壳下限 33km 到 2898km 的层圈称为地幔，它占地球总质量的 66%。根据地震波传播速度的特征，又分为上地幔和下地幔两部分。

上地幔内地震波传播速度是不均匀的，从莫霍面到 50km 深处，地震波传播速度较快，这一地段是由结晶质固体岩石组成的，与地壳连结在一起构成地球的岩石圈。自 50~250km 深处地震波传播速度较慢，为低速带，这一带的物质可能呈熔融状，称为软流层。玄武岩质岩浆可能来源于此带。250~984km 深处地震波传播速度较快，但变化很不均匀。上地幔的物质成分主要为镁铁硅酸盐，物质呈结晶质固体，塑性增大。物质的平均密度为 3.8g/cm^3 ，温度为 $1200\sim 1500^\circ\text{C}$ ，压力达到 $3.8\times 10^{10}\text{Pa}$ 。

下地幔中地震波传播速度呈平缓地增加。物质成分除硅酸盐外，金属氧化物、硫化物等，特别是铁、镍成分明显增加。物质的平均密度为 5.6g/cm^3 ，温度 $1500\sim 2000^\circ\text{C}$ ，压力可达 $1.37802\times 10^{10}\text{Pa}$ ，物质呈非结晶质固体，塑性很大。

（三）地核

地核是自第二地震面分界面到地心的部分，占地球总质量的 32.5%。据地震波的传播速度特征又分为外部地核、过渡层和内部地核三层。外部地核是液态，从 2898km 以下，纵波速度突然下降，横波消失，其深达 4703km 深处；此带往下到 5125km 深处，为过渡层；由此层到地心为内部地核，是固态。地核的物质密度可达 16g/cm^3 ，温度为 $2000\sim 5000^\circ\text{C}$ ，压力可达 $3.6\times 10^{11}\text{Pa}$ 。关于地核的物质成分目前说法不一，一般认为主要是由铁、镍组成，还含有少量的硅、硫等元素。

第三节 地壳及地质作用

地壳是地球最上面的一个固态层圈、以莫霍面为下限、地壳厚度很不均匀，最厚的大陆地壳（我国的青藏高原）厚度在 65km 以上，最薄的海洋地壳厚度仅有 5km。

一、地壳的表面形态

地壳表面高低起伏变化很大，基本上分为陆地和海洋两大部分。陆地面积为 1.49 亿 km^2 ，占地壳表面积的 29.2%，海洋面积约为 3.61 亿 km^2 ，占地壳表面积的 70.8%。海陆分布是不均匀的，陆地主要集中在北半球，占北半球总面积的 39%，而南半球陆地面积只占 19%。陆地最高点是在我国西藏的珠穆朗玛峰，海拔高度为 8848.13m，海洋最深处是在太平洋西部的马里亚纳群岛附近的海渊，深达 11033m。

陆地地形按其起伏高度又分为：山地、丘陵、高原、平原和盆地。

海底并不是平坦的，地形也有起伏变化，而且有的地方地形相当复杂。按海水深度和地形特点，海底地形可分为海岸带（滨海带）、浅海带（陆棚或大陆架）、半深海带（大陆坡）、深海带（洋床或洋盆）和深海沟、海岭等（见图 1-3）。

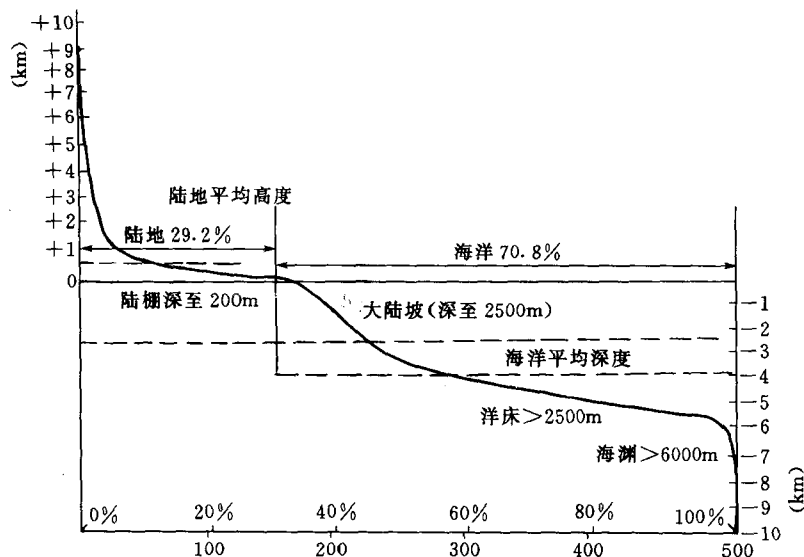


图 1-3 海洋分带图

二、地壳的结构

根据地壳组成物质的差异，将地壳分为两层（见图 1-4）。

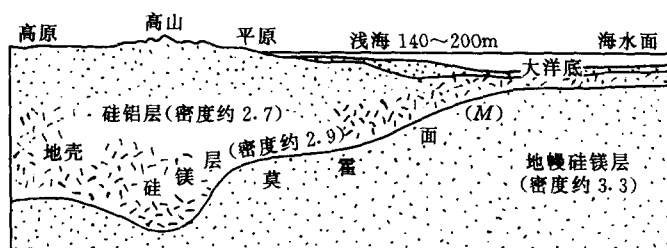


图 1-4 地壳结构示意图

（一）花岗岩质层

花岗岩质层在地壳上部呈不连续分布，厚度为 0~22km。其在陆地上较厚，在海洋较薄或缺失。化学成分以硅、铝为主，故又称硅铝层。密度较小，平均为 2.7g/cm^3 ，压力小，放射性高。

（二）玄武岩质层

玄武岩质层是花岗岩质层下面的地壳，下部呈连续分布的一层，以莫霍面为下限，深达 20~80km，各地不等，平均深 33km。化学成分除硅、铝外，铁、镁相对增多，故称为硅镁层。密度较大，约为 2.9g/cm^3 ，压力可达 $9.11925 \times 10^8\text{Pa}$ ，温度在 1000°C 以上。

地壳的物质，不仅在垂直方向上有显著差异，而且在水平方向上，陆地和海洋地区也

有很大的差异，即陆地上层有很厚的花岗岩质层，而海洋区则主要是玄武岩质层。在太平洋底和某些内陆海底只有硅镁层而没有硅铝层。因此，地壳又可分为大陆地壳和海洋地壳两种类型。

地壳的总厚度在高山和高原区最大可达 50~60km，天山南部甚至厚达 80 多 km；平原地区多为 35~40km，大洋地区最薄，一般只有 4~7km。其总的规律是地表越高的地区地壳越厚，特别是其中的硅铝层越厚。其高出的部分多出来的质量通过增加地壳厚度和减少地幔厚度抵销。在地表低部地区则正好与此相反。因此，在一定深度以上，各层沿垂直方向的总质量在各地区趋于一致。这些现象有些类似漂在水上的木块，木块高出水面部分的质量等于浸入水下部分所排开水的质量(等于浮力)，是地壳在重力作用下的均衡代偿现象。高原及褶皱山区重力测量的结果发现，这些地区不仅未因高出一般地区而使重力值增高，反而普遍较低，证明山是有“根”的，而且“根”的密度不大，主要是硅铝层，所以才出现这种情况，当重力尚未完全均衡代偿时，就出现重力负异常。

三、地壳的物质成分

组成地壳的固体物质在地质学中称为岩石，地壳是由岩石组成的。例如，花岗岩是组成地壳的一种岩石，岩石又是由矿物组成的，花岗岩就是由石英、长石等矿物组成的。矿物是由各种化学元素组成的化合物。例如石英是由硅和氧这两种元素组成的，长石是由硅、铝、氧、钾、钙元素组成的。可见，组成地壳最基本的物质是化学元素。因此，研究地壳的物质就要研究它的化学元素、矿物和岩石以及它们之间的联系。

地壳中含有周期表中所有的元素。元素在地壳中的分布情况可用它在地壳中的平均质量百分比(克拉克值)来表示。地壳中主要化学元素的克拉克值如表 1-2 所示。

从表中可知，组成地壳最主要的 9 种化学元素占了地壳总质量的 98.13%，其余 90

表 1-2 地壳中主要化学元素克拉克值表

元素	克拉克值 (%)	元素	克拉克值 (%)	元素	克拉克值 (%)
O	49.13	Fe	4.20	Mg	2.35
Si	26.00	Ca	3.25	K	2.35
Al	7.45	Na	2.40	H	1.00

多种元素只占 1.87%。可见，元素在地壳中分布是很不均匀的。工业上重要的金属元素除铁、铝外，其他如铜、铅、锌、锡、钨等在地壳中含量很低，但他们在自然界各种地质作用条件下，可以相对富集，当元素在局部地区富集，其含量达到工业要求时，就成为矿产。但有的元素(如铀、钍、镭、锕等)不易富集，呈分散状态存在于岩石和矿物中，称为分散元素。

地壳中的化学元素除少数呈单质出现外，绝大部分以各种化合物出现，其中以含氧的化合物最常见。地壳上部(深约 16km)按氧化物折算的平均化学成分质量百分比列举如下：

SiO ₂	59.87%	P ₂ O ₅	0.26%
Al ₂ O ₃	15.02%	MgO	4.06%
Fe ₂ O ₃	} 5.98%	CaO	4.79%
Fe ₂ O		Na ₂ O	2.39%
H ₂ O	1.86%	K ₂ O	2.93%
TiO ₂	0.72%		
CO ₂	0.52%		

上述数值表明，地壳中分布最多的是硅和铝的氧化物，它们共占总量的约 75%，其他只占 25%。

矿物在地壳中又形成有规律的集合体，称为岩石。组成地壳的岩石有三大类：即岩浆岩（火成岩）、沉积岩和变质岩。

四、地质作用

（一）地质作用的概念

恩格斯在自然辩证法中指出：整个自然界，从最小的东西到最大的东西，从沙粒到太阳，从原始生物到人都在不断地运动和变化中。地球自形成以来，一直处于变化之中，今天所看到的地球，只是它的全部运动和发展过程中的一个阶段。这种由于自然动力引起地壳的物质成分、构造和地面形态发生运动、变化和发展的各种作用，称为地质作用。地质作用是地壳形成以来极为普遍的自然现象。有的地质作用进行得很快，易于被人察觉，如火山喷发、地震、山崩、泥石流等。但更多的地质作用进行得非常缓慢，例如地壳升降运动，即使在相当剧烈的地区，每年升高只不过几毫米，但经过长期发展变化，常常使地壳发生巨大的变化。大家熟知的喜马拉雅山地区在几千万年前却是一片汪洋，由于该地区地壳不断的上升，才形成今天这样雄伟的世界最高峰。

（二）地质作用类型

按地质作用动力能的主要来源和发生作用的主要部位，将地质作用分为两大类：内动力地质作用和外动力地质作用。

1. 内动力地质作用

内动力地质作用的能量来源于地球本身，主要有地球自转所产生的旋转能、重力作用所形成的重力能，以及放射性元素蜕变产生的热能等。地内能促使地壳物质成分、地壳内部构造、地表形态发生变化的地质作用称为内动力地质作用（简称内力作用或内生作用）。包括地壳运动、岩浆活动、变质作用和地震。

地内物质的机械运动表现为地壳的升降运动及水平运动，这两种运动又可以引起地壳上巨厚岩层的弯曲和破裂，从而改变地壳的构造，形成高山及平原。岩石破裂时释放出巨大能量会引起强烈地震。地壳运动的地区，形成地壳的脆弱地带，引起地内灼热岩浆上升活动，爆发火山，形成各种岩浆岩。地壳运动及岩浆活动可使早期形成的岩石发生变质作用，形成变质岩。

2. 外动力地质作用

外动力地质作用是由地球以外的能源，也就是由太阳辐射能和日月引力能所产生的动力（如风、地面流水、地下水、冰川、湖泊和海洋等），在地壳表部进行的各种地质作用叫做外动力地质作用（简称外力作用或表生作用）。外动力地质作用有风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和成岩作用等。

太阳辐射热除了直接作用于地壳岩石之外，更主要的是引起大气圈、水圈、生物圈的不断循环和运动。这些常年不断运动着的物质都对地壳产生影响，促使地表的矿物岩石发生变化；并且经过物质的搬运、沉积和硬结成岩，形成各种各样的沉积岩，同时改变了地壳外貌，地质作用分类见表 1-3。