



中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

地质学基础

● 主 编 李东华



● 煤炭工业出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

地质学基础

主 编 李东华
副 主 编 陈春龙
参编人员 王学强 贾 林

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

地质学基础/李东华主编. —北京: 煤炭工业出版社, 2006

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-5020-2905-2

I. 地… II. 李… III. 地质学—专业学校—教材
IV. P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 058154 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
北京房山宏伟印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 13
字数 301 千字 印数 1—5,000
2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷
社内编号 5692 定价 26.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

系统阐述了地质学的基本知识和基本理论。共分八章：第一章地球与地质作用，第二章矿物岩石，第三章地史基础知识，第四章地质构造，第五章矿床，第六章矿产勘查，第七章水文地质，第八章工程地质。

本书可作为普通中专勘探与掘进专业、地质与测量专业等非地质类专业的教学用书，也可作为技工学校、中级地质技术人员培训用书及参考用书。

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，以满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2006年6月

前 言

本套教材是中国煤炭教育协会和煤炭工业出版社受教育部职业与成人教育司委托,根据2000年教育部《面向21世纪职业教育课程改革和教材建设规划》勘探与掘进专业教学指导方案,结合目前工程实际情况,组织部分职业教育院校的教师编写而成。教材编审委员会于2005年8月在北戴河召开了教材编写大纲审定会议,2006年4月在镇江召开了审稿会,会后各书主编根据提出的意见进行修改与完善。各书主审人员对书稿进行了认真的审阅。

勘探与掘进专业中等职业教育国家规划教材全套书共7本,可作为中等专业学校、技工学校和职业中学勘探与掘进专业及相关专业的通用教材,可作为企业在职人员的培训教材,也可作为从事矿山勘探与掘进、矿井地质的技术人员以及生产组织管理者的参考用书。

本套教材力求内容先进性、实用性和系统性的统一,同时考虑中等职业教育的特点、人员培养的基本规格和知识、能力、素质结构的要求,着重学生生产实践能力培养。使学生在牢固掌握勘探与掘进专业必需的文化基础知识和专业知识的基础上,具有综合职业技能和全面素质,具有继续学习的能力、创业创新能力。

《地质学基础》一书是勘探与掘进专业中等职业教育国家规划教材中的一本,石家庄工程技术学校的李东华编写了绪论、第四章地质构造、第六章矿产勘查、第七章水文地质,宁夏煤炭工业学校的陈春龙编写了第二章矿物岩石、第五章矿床,石家庄工程技术学校的王学强编写了第三章地史基本知识,甘肃煤炭工业学校的贾林编写了第一章地球与地质作用、第八章工程地质;石家庄工程技术学校的巩望旭担任此书主审。在此,对在本教材成书过程中提供帮助的人士深表感谢!

中等职业学校“勘探与掘进专业”

教材编审委员会

2006年6月

目 录

绪 论	1
第一章 地球与地质作用	3
第一节 地球概述	3
第二节 地壳的物质组成	12
第三节 地质作用	13
复习思考题	20
第二章 矿物岩石	21
第一节 矿物	21
第二节 岩石	28
复习思考题	44
第三章 地史基本知识	45
第一节 地层划分	45
第二节 年代地层(地质年代)表	50
第三节 地壳演化简史	53
复习思考题	60
第四章 地质构造	61
第一节 岩层的产状	61
第二节 褶皱构造	68
第三节 断裂构造	75
第四节 地质图基本知识	91
复习思考题	114
第五章 矿床	116
第一节 矿产及矿床的基本概念	116
第二节 成矿作用和矿床成因分类	117
第三节 矿床简介	118
复习思考题	128
第六章 矿产勘查	129
第一节 矿产勘查概述	129

第二节 矿产勘查方法与矿产勘查工程·····	131
第三节 矿产勘查的任务和要求·····	144
复习思考题·····	146
第七章 水文地质·····	147
第一节 地下水的基本知识·····	147
第二节 地下水的赋存条件·····	152
第三节 地下水的分类·····	157
复习思考题·····	164
第八章 工程地质·····	165
第一节 土的基本特征、组成和结构·····	165
第二节 一般土的工程地质特征·····	169
第三节 岩石的物理性质·····	175
第四节 岩体的工程地质特征·····	183
复习思考题·····	191
第九章 基本实训与实习·····	192
第一节 矿物标本实验·····	192
第二节 岩石标本实验·····	193
第三节 地形地质图的识读·····	193
第四节 图切剖面图的绘制·····	194
第五节 地质罗盘的使用·····	194
附录 A 地质年代表 (旧)·····	196
参考文献·····	198

绪 论

一、地质学的研究对象、分科和任务

地质学是研究地球的一门自然科学，它主要研究固体地球的组成、构造及其形成和演化规律。当前地质学研究的重点是地壳和与它有密切关系的部分。

地壳是与人类生产和生活最有直接关系的部分，也是相对较易于观测研究的部分，因此是当前研究的重点。然而，地壳的发展演化与其下面的地幔和地核以及其外部的大气、水和生物等均有密切的关系，因此，随着科学技术的发展，地质学的研究领域在不断地深入和扩大。

按照地质学研究的内容和性质的不同，地质学建立和形成了许多分支学科。

(1) 研究地球（主要是岩石圈）物质组成及其变化规律的学科有：结晶学，矿物学，岩石学等。

(2) 研究地球结构、地壳运动及地表形态形成发展变化规律的学科有：构造地质学，大地构造学，地貌学等。

(3) 研究地球形成历史演变规律的学科有：地史学，地层学，古生物学等。

(4) 研究地质学应用问题的学科有：矿床学，工程地质学，煤田地质学，石油天然气地质学，水文地质学，找矿勘探地质学等。

(5) 研究防范灾害，保护环境及利用环境方面内容的学科有：地层地质学，环境地质学及旅游地质学等。

(6) 研究地质学的研究方法和手段的学科有：同位素地质学、数学地质学和实验地质学等。

地质学的发展必须利用其他学科的理论与方法，如地质学与物理学结合，形成地球物理学，与化学结合形成地球化学，其他还有地质力学、遥感地质等。正是由于各学科间的交叉与渗透，拓宽了地质学的研究领域，丰富了其研究方法，推动了地质学的发展。

二、地质学的特点及其研究方法

地质学的研究对象主要是地球，属于地球科学（简称地学）的范畴，是六大基础自然科学的组成部分。地质学的研究对象及其内容既不同于数学，也不同于物理和化学，而是具有它自己的特殊性，从而也具有它自己的研究方法。

(一) 地质学的特点

(1) 地质学研究领域所涉及的时间悠久、空间广阔 地球自形成以来已经有 4.6Ga 的历史，在这样漫长的时间里，地球曾发生过沧海桑田、翻天覆地的重大变化，而其中任何一个变化和事件，任何矿物和岩石的形成和演化，都往往要经历数百万年甚至数千万年的时间。对这些变化和事件，人们必须通过分析地球本身发展过程中所遗留下来的各种记录来进行研究。

地球具有巨大的空间，在不同地点和不同深度，其具有不同的物质基础和外界因素，因而有不同的发展过程。海洋大陆的各个部分、地球表层和深部，都有其不同的发展过程，因此，既研究它们的共性，也研究它们的差异性和相关性，才能全面、深入地找出地球的发展规律。

(2) 地质学具有多因素互相制约的复杂性 它所研究的对象和内容，从矿物岩石等无机界的变化到各种生命出现的演化，从常温常压环境到目前还不能人为模拟的高温高压环境，从各种变化的物理过程、化学过程到生物化学过程，从地球本身各个部分的物质能量转化到地球与外部空间的物质能量转化等等，充满了各种矛盾和相互作用的复杂过程。任何一种地质过程，都不可能是单一的物理过程和化学过程，地球自诞生以来，不仅形成了光怪陆离的矿物世界、岩石世界、海洋大陆、高山深谷，也出现和演化成了种类繁多的生物世界。

(3) 地质学是来源于实践而又服务于实践的科学 地质学必须首先是以地球为大课堂，以大自然为实验室，进行野外调查研究，掌握大量实际资料，进行分析对比归纳，得出初步结论，然后再用以指导生产实践，并不断修正、补充和丰富已有的结论。

(二) 地质学的研究方法

地质学的上述特点决定了地质学的研究方法主要是在实践的基础上，进行推理论证。

(1) 野外地质调查 为了认识地壳发展的客观规律，了解一个地区的地质构造和矿产分布情况，除了搜集和研究前人资料外，必须进行野外调查研究，积累大量感性资料，对其分析对比，归纳分类。只有通过“实践、认识、再实践、再认识”循环往复的形式，才能得出反映客观事物本质的结论。

(2) 历史比较法（现实类比法） 这是一种研究地球的历史，重塑地质时代的古地理环境，即“以今证古”的研究方法。当前正在进行着的各种地质作用和方式，和地史时期是一样的，所不同的只是量的差别。同时，也应注意到地球发展的阶段性和不可逆性，以及在地球发展的不同阶段中自然条件的特殊性。例如大气成分不同、海陆分布形式不同、生物状况不同、地壳运动的方式和强烈程度不同等，因此各种地质作用如风化、侵蚀、搬运、沉积等作用的方式、速度也有差异。研究地球的历史，必须根据具体情况，而不是简单地、机械地以今证古。

地质学研究方法始终要坚持以辩证唯物论为指导。地质现象是复杂的、研究中必须综合考虑各种影响因素和条件及其相互关系；必须以发展变化的观点分析论证。

地质学具有很强的实践性，研究中要理论联系实际，在不断实践探索中深化认识充实理论。

第一章 地球与地质作用

矿产是人类赖以生存和发展的重要资源之一。各种矿产大都存在于地壳之中，它们是地壳物质运动和演变的产物。这些运动和演变不是孤立地进行的，而是与地球内外的物质运动，以及与其他星体有密切关系。因此，在学习地质学有关内容之前，应该了解有关地球的基本知识。

第一节 地球概述

一、地球的形状、大小和表面特征

(一) 地球的形状、大小

关于地球的形状和大小，人们的认识经历了一个不断深化的过程。很长时间以来，地球一直被认为是球状体。当最早使用较精确的三角测量法对地球的形状进行研究时，发现通过极点的半径与赤道半径相差 21 km，认识到地球不是一个正球体，而是一个沿旋转轴被压扁的扁球体。后来，牛顿从理论上证明，在引力作用下，地球沿旋转轴方向受挤压力作用，使其具有椭球或旋转球体的形状。牛顿的这一理论和计算，后来被世界各国完成的经线或纬线弧的测量所证实。同时这些测量还表明，地球不仅沿两极方向被压扁，而且沿赤道也有某种程度的被压扁，最大和最小赤道半径长度相差 213 m，也就是说，地球不是两轴的，而是三轴的椭球体。根据卫星轨道分析发现，地球也并非标准的旋转椭球体，而是一个梨状体，北极凸出约 10 m，南极凹进约 30 m，中纬度在北半球凹进，在南半球凸出（图 1-1）。

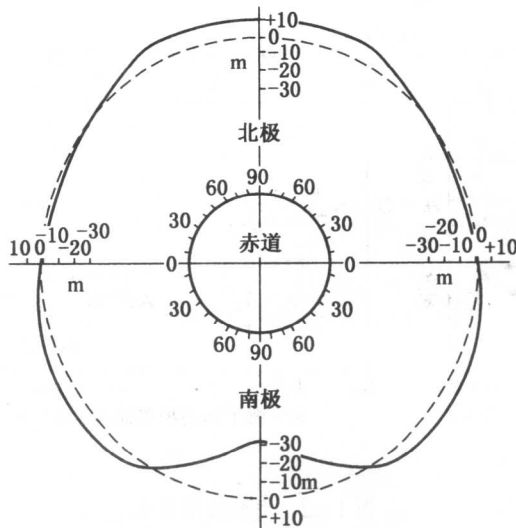


图 1-1 大地水准面（实线）与旋转椭球面（虚线）的关系示意图

实际的地球表面崎岖不平，为了便于测算，以平均海平面通过大陆延伸所形成的封闭曲面作为参考面，此参考面称为大地水准面。地球的形状和大小通常就是指大地水准面的形状和大小。大地水准面是一个等位面，其上的重力方向处处都与该表面垂直，这样就可以引入重力的概念，结合大地测量对地球的形状和大小进行研究。目前利用人造卫星轨道变化作校正，已经可以相当精确地求得地球的各种数据。

表 1-1 为 1975 年第十六届国际大地测量和地球物理协会 (IUGG) 决议采用的根据人造卫星观测及卫星轨道变化推算的地球形状数据。

表 1-1 地球形状参数

赤道半径 (a) /km	6 378.140	子午线周长 /km	40 008.08
两极半径 (c) /km	6 356.779	表面积 /km ²	5.1007×10^8
平均半径 (a^2c) ^{1/3} /km	6 371.004	体积 /km ³	1.0832×10^{12}
扁率 ($d = \frac{a-c}{a}$)	1/298.275	地球质量 (M) /km	$(5.9742 \pm 0.0006) \times 10^{24}$
赤道周长 /km	4 007 524	万有引力常数 (G) / ($m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}$)	$(6.672 \pm 0.004) \times 10^{-4}$

(二) 地球的表面特征

地球的表面积大约为 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，分为陆地和海洋两大部分。陆地面积约为 $1.49 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，约占地球表面积的 29.2%；海洋面积约为 $3.62 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，约占地球表面积的 70.8%。海陆面积之比约为 2.5:1，它们在地球表面分布极不均匀，65% 以上的陆地分布在北半球。地球表面形态最明显的特征是高低起伏不平。大陆的平均海拔高度为 875 m，最高处为珠穆朗玛峰，海拔 8 844.43 m；最低点为死海，达 -397 m。海洋底的平均深度为 3 729 m (图 1-2)，最深处为太平洋马里亚纳群岛东侧的马里亚纳海沟，深达 11 033 m。以平均海平面为标准，地球表面上的高度统计有两组数值分布最广泛：一组在海拔 0~1 000 m 之间，占地球总面积的 20.8%；一组在海平面以下，其中又以 4 000~5 000 m 深的海盆面积最广，占地球总面积的 22.6%。

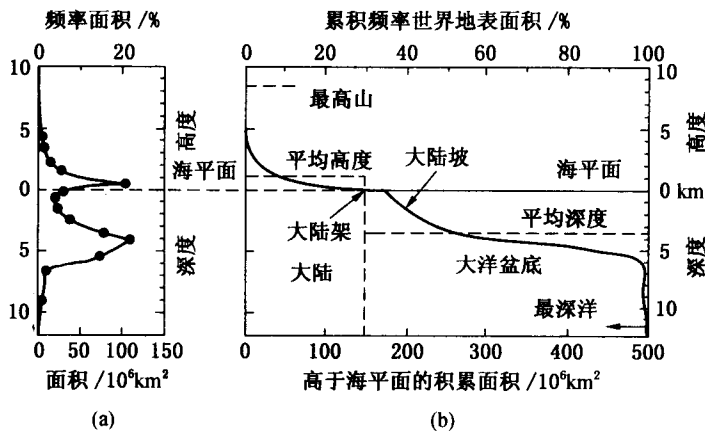


图 1-2 海陆起伏曲线

(表示不同高度地形所占百分比)

a—频率分配；b—累积高深曲线

1. 陆地的表面形态

大陆按高程特征，可分为高山、丘陵、平原、高原、盆地和洼地。其中平原、丘陵、盆地面积最大，占地球表面积的 20.8%。大陆部分最主要的地形特征是一系列呈弧形或线形展布的山系。

陆地被山系所分隔，表面稍有起伏，内部相对高差一般不超过数十米的是平原和高原，它们面积较广。世界上最大的平原是亚马逊平原，面积达 $560 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。我国有华北平原、松辽平原、长江中下游平原等。海拔高程在 600 m 以上，表面较为平坦或略有起伏的广阔地区称为高原。世界上著名的高原有伊朗高原、埃塞俄比亚高原、巴西高原及我国的蒙古高原、青藏高原等。其中，青藏高原是世界上最高的高原，海拔在 4 000 m 以上；巴西高原是最大的高原，面积达 $500 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上。此外，尚有四周为山系或高原限制的低地，因其外形似盆而称为盆地；介于山地和平原之间的高低不平、连绵不断的低矮浑圆的小山丘地形，称为丘陵。大陆上有着众多的河流组成的水系和湖泊，也是地球表面的重要特征，它的运动也是促使地表形态发生变化的重要因素。河流的流动在一些山脉和高原上刻切形成纵横交错的沟壑和峡谷；在平原地区则形成网状的河系，并不断堆积泥沙，是大陆向海洋扩展的重要方式。

2. 海底的表面形态

海洋地形和大陆地形一样复杂多样，而且在规模上更庞大、外貌上更为壮观。它既有比大陆更广泛、更平坦的平原，还有更险峻、更宏伟的山脉和深陡的峡谷。但因海底不像大陆那样长期经受着各种外力作用的破坏，而是受以沉积作用为主的改造，故总体上看仍比大陆表面简单些。

根据海底地形的基本特征，可将其分为大陆边缘、海岭、深海盆地等地形单元（图 1-3）。



图 1-3 海底地形示意图

1) 大陆边缘

大陆边缘也是大陆与大洋盆地之间的连接地带，占海洋总面积的 1/5 左右。它包括大陆架、大陆坡和大陆基。

大陆架是大陆边缘的主要地形单元，是紧靠大陆分布的浅海台地，是大陆在水下的自然延伸部分，其范围由海岸线向外海延伸，直至海底坡度显著增大的转折处。大陆架部分的海底坡度平缓，一般小于 0.3° ，平均为 0.1° 。大陆架的水深一般不超过200 m，最深可达550 m，平均水深130 m，平均宽度为75 km。

大陆坡是位于大陆架外缘到深海海底、地形明显变陡的地带。大陆坡的宽度为20~100 km，平均为20~40 km。其水深一般不超过2 000 m，平均坡度为 $4^\circ 25'$ 。坡脚的深度为1 400~3 000 m。大陆坡在许多地方被通向深海底的深海“V”形峡谷所切割。这些深海峡谷深达数百米，两壁陡峭，坡度可达 45° 以上。有的峡谷可能是被淹没的河谷。

大陆基是大陆坡与大洋盆地之间的倾斜坡地。其坡度通常为 $5^\circ\sim 35^\circ$ ，多分布于水深2 000~3 000 m的海底，主要由海底滑塌浊流和海流搬运的碎屑物堆积而成。海沟发育的太平洋地区没有这一地形单元，而在海沟不发育的印度洋、大西洋中，大陆基广为分布。

2) 海岭

一般将海底的山脉称为海岭。其中，位于大洋中间、常发生地震和地壳运动较强烈的海岭称为洋脊或洋中脊。洋脊或洋中脊为海底线状隆起地带，呈一系列鱼鳍状山脉，其中部最高，中央部位常有一条巨大的裂谷，称为中央裂谷，谷深可达1~2 km，谷宽可达13~48 km。太平洋洋中脊因其裂谷不明显而称之为洋隆或洋中隆。洋中隆通常高出海底2~3 km，宽度可达1 500~2 000 km。洋中隆在各大洋中均有分布，且相互衔接，全长65 000 km，占海洋表面积近1/4，是地球表面最大的“山系”。

3) 海沟

平行于岛弧或沿着大陆边缘呈断续延伸的两壁较陡、狭长的、水深大于6 000 m的深海槽，称为海沟。海沟是地球表面最低洼的地区，其长度一般在500~4 500 km，宽40~120 km，深度多在6 000 m以上。全球已知海沟近30条，多发育在太平洋和大西洋；海沟多位于大洋盆地的边缘，其两侧边坡中靠近大洋侧的边坡较缓，而靠近大陆侧的则较陡。

海沟的一个重要特点是，在其靠近大陆的一侧有一条与其平行的隆起地形。若海沟紧靠大陆时，隆起地形为海岸山脉，二者组成海沟-山弧系；若海沟靠近大陆一侧为海时，该隆起则是呈弧形排列的岛屿，弧顶朝向大洋一侧，称为岛弧，二者组成海沟-岛弧系。海沟-岛弧系是地球表面地震频繁发生的地带，并有火山分布。

4) 深海盆地

深海盆地是海洋中另一类大型地形单元，它是介于大陆边缘及洋中脊之间的平坦地带，是海底地形的主体，约占海洋面积的43%，平均深度在海平面以下4 000~5 000 m。深海盆地中主要有深海丘陵、深海平原和海山3种地形。

二、地球的圈层构造

地球的圈层构造是指依据地球的物质成分和物理状态的不同，把地球划分成几个连续的、同心圆状的物质结构。它反映了地球的组成物质在空间的分布和彼此之间的关系，表明地球不是一个均质体。地球的圈层构造是在地球漫长的发展过程中逐步形成的。地球以地表为界可分为内圈层和外圈层。内圈层包括地壳、地幔和地核，外圈层包括大气圈、水圈和生物圈（图1-4）。每个圈层都有自己的物质组成、运动特点和性质，并对地质作用

各有不同程度的、直接的和间接的影响，因此了解每个圈层的划分和主要特征，有助于我们对地质作用的理解。

(一) 地球内圈层的划分及其主要特征

1. 地球内圈层的划分

地球内圈层即地球内部的圈层。地球内圈层直接的观测资料较少，目前，最深的钻孔也仅 10 000 多米。对地球内部构造的研究主要利用地球物理学和天体物理学的资料进行。

根据地震波速度的变化特征，可以将地球内部划分出两个最明显，也是最重要的界面。第一个界面位于地下 5~60 km 深处。大陆该界面平均深 33 km，最深可达 60 km 以上；大洋区较浅，平均为 11~12 km，有些地区小于 5 km，最浅处位于洋底以下不足 500 m。此界面附近波速突然增大，是地壳与地幔的分界面，称为“莫霍面”。另一界面位于地下 2 900 km 深处，是地幔与地核的分界面，地震波穿过此界面时波速突然降低，因此可推断这一界面以下的地核部分为液态物质，此界面称为“古登堡面”。根据这两个界面，将地球内部划分为地壳、地幔和地核 3 个圈层。

2. 地球内圈层的主要特征

1) 地壳

地壳是地球内圈层中最外的一个圈层，位于地表和莫霍面之间。地壳按结构特点分为大陆地壳和大洋地壳两种主要类型，它们在结构、成分及演变历史上都有差别。地壳厚度变化很大。大洋地壳较薄，平均厚 6 km，一般厚度在 5~8 km 之间；大陆地壳较厚，平均厚 33 km，一般厚度在 20~80 km 之间，说明地壳下界面是起伏不平的，地壳厚的地方已陷入上地幔中。整个地壳平均厚度 16 km，只有地球半径的 1/400，所以说地壳仅仅是地球表面的一层薄壳。

大陆地壳是指大陆部分的地壳，它具有双层结构，可分为上、下两层（图 1-5）。上层地壳叫硅铝层或花岗岩层，因其成分与以硅、铝为主的花岗岩质岩石一致而得名。这一层只有大陆地壳才有，大洋地壳没有此层，因此呈不连续分布。下层地壳叫硅镁层或玄武岩质层，因其与由硅、镁、铁、铝组成的玄武岩成分相当而得名。此层大陆及大洋地壳均有，呈连续分布。且由硅铝层到硅镁层，密度是逐渐增加的，平均增加 0.1~0.5 g/cm³。硅铝层的密度为 2.6~2.7 g/cm³，硅镁层的密度约为 3.3 g/cm³。

根据地震波传播速度的快慢和有关钻探资料分析，地壳的上层由沉积岩和花岗岩质层组成，因这些岩类的主要成分是硅（SiO₂ 占 62%）和铝（Al₂O₃ 占 14.1%），所以地壳的上层也称硅铝层。这层的平均密度为 2.7 g/cm³，仅在大陆上存在，是一个不连续的圈层。地壳的下层，由玄武岩组成，其主要成分是硅（SiO₂ 占 49.6%）、铁（Fe₂O₃·FeO 占 8.8%）、镁（MgO 占 7.2%），因而也称硅镁层。这层的平均密度为 2.9 g/cm³，在陆地和海洋底均有分布，是一个连续的圈层（图 1-5）。

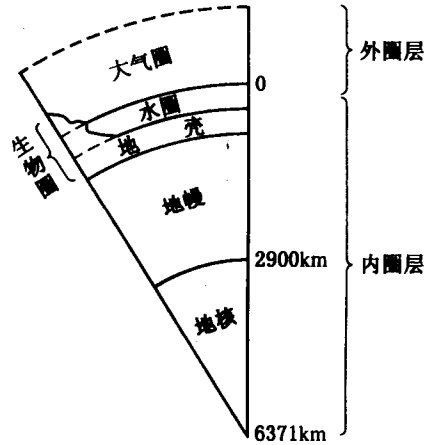


图 1-4 地球的圈层构造

根据地壳的厚度、结构和组成的差异，可将地壳划分为两大类型：大陆地壳和大洋地壳，简称陆壳和洋壳。陆壳和洋壳的分界不是以海陆分界的海岸线为界，而是以大陆基分带的。陆壳和洋壳完全不同：陆壳厚而轻，花岗岩和玄武岩连续分布；洋壳薄而重，缺失花岗岩质层，玄武岩直接裸露洋底。

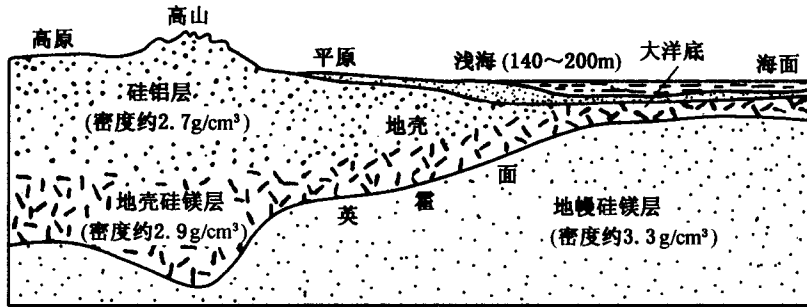


图 1-5 地壳结构示意图

2) 地幔

地幔是地球内部位于地壳与地核之间的构造层，也叫中间层，介于莫霍面和古登堡面之间。地幔厚 2 800 km 以上，体积占整个地球的 82.3%，质量占整个地球的 67.8%，是地球的主体部分。根据地震波速度变化特征，将地幔在地下 984km 处分为上、下两层。

上地幔的平均密度为 3.58 g/cm^3 。根据密度、波速以及地质和陨石等资料，上地幔的物质成分相当于含铁、镁很高的超基性岩，称为地幔岩。上地幔中地震波速度变化较为复杂，在 100~150 km 深处形成低速带。低速带的边界不像其他圈层那样清晰，尤其是底界的深度不很确定。由于低速带塑性大，为上部固态岩石的活动创造了有利的条件。因此，构造地质学中将低速带称为软流层；而将其上的由固态岩石组成的地壳和上地幔层，合称岩石圈。

下地幔密度较高，达 5.18 g/cm^3 以上，深度为 984~2 900 km，其物质成分一般认为是以铁镁硅酸盐矿物为主，其化学成分与上地幔无明显差别。

3. 地核

自古登堡面以下至地球中心的部分为地核。其厚度为 3 473 km，占整个地球体积的 16.3%，占总质量的 1/3。一般认为，其物质成分为铁、镍。根据地震波速变化特征，可将地核分为外核、过渡层、内核 3 层。外核平均密度约 10.58 g/cm^3 ，厚度为 1 742 km。由于纵波速度急剧降低，横波不能通过，证明外核是液态物质，温度超过了岩石的熔点。过渡层的厚度只有 515 km，波速变化复杂，并测得速度不大的横波，可能是液态向固态过渡的一个圈层。内核厚 1 216 km，平均密度为 12.9 g/cm^3 ，测得纵波与横波。从地面接收到的内核的横波是由纵波转换形成的，因此，内核肯定是固体。

(二) 地球的外圈层的划分及其主要特征

1. 地球外圈层的划分

地球外圈层是指包围在地球表层的地球组成部分。根据其物理性质和形态的差异可分

为大气圈、水圈和生物圈，它们包围着地球，各自形成连续完整的外圈层。地球外圈层的形成是地球演化的结果。大气圈和水圈的形成先于生物圈，而生物圈的形成又对大气、水及地球表层的演变产生巨大的影响。由于地壳的运动和太阳能的作用对地球外圈层的面貌不断进行改造，因此许多重要矿产，如煤、石油、岩盐、石膏和大部分的铁、铝等的形成，都与这一过程密切相关。

2. 地球外圈层的主要特征

1) 大气圈

大气圈由包围在地球最外部的气体组成。其厚度达几万千米，总质量约为 5.3×10^{18} kg，约为地球总质量的一百万分之一。由于受地心引力的作用，地球表面大气最稠密，几乎全部大气集中在距地面 100 km 以内的高度范围，且其中 3/4 又集中在 10 km 的高度范围内。因此，接近地面的大气密度最大，向外大气密度逐渐稀薄，最后过渡为星际气体，因而大气圈的上界没有明显的界限。接近地表的大气压力也最大，随高度的增加大气压力减小。海平面平均气压约为 1.013 MPa，至 20 km 高度，大气压力约为地面压力的 1/10。大气温度随高度的增加而呈不规则的变化。在距地面约 10 km 高度内，温度随高度增加而下降；在 500 km 高度以外为等温。大气的成分随高度的不同也在发生变化。在 100 km 高度以下的大气，即通常所谓的空气，主要有 18 种气体混合而成，主要成分为氮和氧，其中 CO_2 、 O_3 、 H_2O 等次要成分对地质作用有较大意义。低层大气中除气体外，还含有数量不定的大气微粒，包括液体和固体粒子，其来源有陆地的岩石、矿物，土壤的尘粒，也有海洋的盐粒和生物的孢子、花粉等。

2) 水圈

地球表面的 3/4 面积是被海洋所覆盖着，一些高山和极地上发育着冰川和冰盖，陆地上分布着大大小小的河流、湖泊和沼泽，近地表的岩石孔隙和裂隙中还有地下水在环流，它们构成了围绕地球表面的连续水圈。这一特点，是地球与太阳系其他行星的主要区别。据估计，水圈质量为 1.5×10^{18} t，仅占地球质量的 0.024%。97.5% 的水集中在海洋，极地的冰盖和高山上的冰川占全球水量的 1.9%，其余均分布在陆地上的各种水体——河流、湖泊和沼泽及地下水（表 1-2）。

表 1-2 地球上各类型水量估计

水的类型	水量/ 10^4 km^3	占总量的比例/%
海洋	137 000.0	97.481 1
冰盖和冰川	2 674.0	1.902 7
湖水	22.9	0.016 3
地下水	841.7	0.598 9
河水	0.13	0.000 1
大气水分	1.3	0.000 9
合计	140 540.03	100.0

3) 生物圈

生物圈是指生物分布和生命活动的地带，它也构成连续的圈层。生物主要生活和分布