



石油高等院校特色规划教材

地质学基础

陈清华 章大港 宋全友 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

石油教材出版基金资助项目

石油高等院校特色规划教材

地质学基础

陈清华 章大港 宋全友 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书简明扼要地阐述了地质学科的基本知识和基础理论,反映了该学科领域的新进展。全书以地质作用及其结果和产物特征为主线,介绍了地球地质特征、矿物、岩浆作用与岩浆岩、变质作用与变质岩、外动力地质作用、沉积岩、沉积相、地层与地质年代、地质构造、板块构造、含油气盆地等内容。书末附有实验指导。

本书可作为石油高等院校石油工程专业、船舶与海洋工程专业、海洋油气工程专业地质学基础课程的教材,也可作为勘查工程与技术、地理信息系统、岩土工程、测量工程、土木工程、资源环境与城乡规划管理等专业的教材,还可供相关专业的科研、生产人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地质学基础 / 陈清华, 章大港, 宋全友主编.

北京: 石油工业出版社, 2016.12

石油高等院校特色规划教材

ISBN 978-7-5183-1455-3

I. 地…

II. ①陈… ②章… ③宋…

III. 地质学 - 高等学校 - 教材

IV. P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 221310 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京市朝阳区安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址: www.petropub.com

编辑部: (010) 64523693 图书营销中心: (010) 64523633

经 销: 全国新华书店

排 版: 北京乘设伟业科技排版中心

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 开本: 1/16 印张: 13.5

字数: 352 千字

定价: 28.00 元

(如发现印装质量问题, 我社图书营销中心负责调换)

版权所有, 翻印必究

前 言

地质学基础是石油高等院校石油工程专业、船舶与海洋工程专业、海洋油气工程专业及勘查工程与技术专业等与地学相关专业开设的一门专业基础课。学完本课程后,学生能掌握地质学的基本概念、基本理论,正确理解各种地质作用发生的根本原因、作用过程及其相互关系,并能运用所学的地质学原理和知识对相关的地质现象做出正确的分析与论述;了解地质工作的一些基本方法,能识别常见矿物、岩石;掌握地质构造的基本概念和基本知识,学会分析及使用一些常见的地质图件,为后续课程如石油地质学、油气田地下地质学、储层地质学等专业课程的学习和研究提供一定的专业知识基础。

随着石油工业的快速发展与地质认识的不断深入,石油高等院校的专业培养方案也不断调整,基础地质教材内容的更新与完善势在必行。中国石油大学(华东)地球科学与技术学院地质系普通地质学教学组各位同仁依据实际教学需求,在遵循“少而精”原则和保持地质科学系统性的前提下,力求加强专业针对性,合作编写了本书。本书以地质作用为主线,主要包括了各种地质作用的基本原理和过程及其产物和结果特征、地壳或岩石圈的运动规律及其发展演化历史等内容。

本书共分十二章,含附录,由陈清华负责统稿。各章节分工如下:陈清华编写第一章;宋全友编写第二章;贾军涛编写第三章、第五章;章大港编写第四章、第六章、第七章、第八章;冀国盛编写第九章;李勇编写第十章、第十一章、第十二章;吴花果编写实验一、实验二、实验三;谢开宁编写实验四。

中国石油大学(华东)吕洪波教授对本教材进行了认真细致的审阅,并提出了许多建设性的意见。依据其意见,编者对稿件进行了修改。中国石油大学(华东)地球科学与技术学院地质系的相关领导和教授也给予了大力支持和具体指导,研究生陈金金同学完成了大量的基础工作,在此深表感谢。

由于本书内容涉及面广,编者水平有限,书中不当与疏漏之处,望各位专家、同仁及广大读者予以批评和指正。

编者

2016年5月

目 录

第一章 绪论.....	1
第一节 地质学的研究对象	1
第二节 地质学的研究内容	2
第三节 地质学的研究方法	3
思考题	4
第二章 地球概述.....	5
第一节 地球表面特征	5
第二节 地球内部结构	9
第三节 地质作用	13
第四节 地壳的物质组成	15
思考题	17
第三章 矿物.....	18
第一节 矿物的相关概念	18
第二节 矿物的化学成分	19
第三节 矿物的鉴定特征	22
第四节 矿物的分类与命名	28
第五节 常见矿物	33
思考题	37
第四章 岩浆作用与岩浆岩.....	38
第一节 岩浆作用	38
第二节 岩浆岩的特征	47
第三节 岩浆岩的分类与常见岩浆岩	52
思考题	55

第五章 变质作用与变质岩	56
第一节 变质作用	56
第二节 变质岩	62
第三节 变质岩的分类与常见变质岩	65
思考题	70
第六章 外动力地质作用	71
第一节 风化作用	71
第二节 剥蚀作用	77
第三节 搬运作用	90
第四节 沉积作用	93
第五节 成岩作用	94
思考题	95
第七章 沉积岩	96
第一节 沉积岩的一般特征	96
第二节 沉积岩的分类与常见沉积岩	102
思考题	112
第八章 沉积相	113
第一节 概述	113
第二节 河流相	114
第三节 湖泊相	118
第四节 三角洲相	121
第五节 海岸相	125
第六节 海洋碳酸盐岩沉积相	132
思考题	137
第九章 地层与地质年代	138
第一节 地层	138
第二节 地质年代	138
第三节 地质年代表	142
思考题	144

第十章 地质构造	145
第一节 岩层的产状、厚度及出露特征	145
第二节 地层接触关系	149
第三节 褶皱	152
第四节 节理	158
第五节 断层	160
思考题	168
第十一章 板块构造	169
第一节 板块构造基本问题	169
第二节 板块活动与地质作用	175
思考题	179
第十二章 含油气盆地	180
第一节 含油气盆地的概念	180
第二节 含油气盆地分类	181
第三节 含油气盆地内部构造单元	183
第四节 中国含油气盆地基本特征	186
思考题	187
参考文献	188
附录 实验指导	190
实验一 认识常见矿物	190
实验二 认识常见岩浆岩和变质岩	193
实验三 认识常见沉积岩	198
实验四 分析地质图	202

第一章 绪 论

现代自然科学的学科体系包括六大基础自然科学:数学、物理学、化学、天文学、生物学和地球科学。地球科学,简称地学,包括地质学、地理学、地球物理学、地球化学、大气科学、海洋科学等分支学科(汪新文,2005)。地质学是与人类的生存与发展密切相关的一门学科,其主要任务是认识地球的过去、现在,并预测其未来的发展趋势,为人类的生存与发展、环境保护等提供理论指导。

第一节 地质学的研究对象

一、地质学的定义

地球由固体地球及其外围的水圈、大气圈和生物圈所构成。固体地球又分为地壳、地幔和地核 3 个圈层。地壳和上地幔低速层之上部分主要由岩石组成,称为岩石圈,构成固体地球的表层,是在当前的科学技术条件下易于观测和研究的部分。

总之,地质学的研究对象是地球,受客观条件限制,目前主要研究岩石圈的物质组成、结构、构造、形成与演化以及岩石圈与水圈、大气圈和生物圈发生物质循环和能量交换的过程。

二、地球的特点

地球作为地质学的研究对象,有以下特点。

(一)时间的漫长性

地球的年龄长达 46 亿年,在这漫长的历史中,地球上发生了许多重要的地质事件,如海陆变迁、山脉形成、生物进化等。这些地质事件的发生通常是在缓慢的过程中完成的,往往需要数百万年乃至数千万年的时间。地质纪年的单位是百万年(Ma),这与人们日常生活中惯用的时间单位差别较大。

人类有限的历史不可能见证大多数的地质作用过程,这就造成了地球演化时间漫长与人类历史短暂的矛盾。不过,人们可以根据地质作用的遗迹去了解过去地质事件的特点。

(二)空间的广阔性

地球是一个庞大的星球,其平均半径约 6371km,表面积 $5.1 \times 10^8 \text{km}^2$ 。当前,人类通过各种手段只能观测地下深度不超过 12km 范围内的现象。地球本身又是一个不均一的球体,它的不同部分在物质组成、运动状态和演化特点上都具有一定的差异,这也造成了地球空间广阔与研究者观测范围相对有限的矛盾。整个地球是一个有机整体,地球的不同圈层不仅在空间上表现为连续的整体,而且圈层之间互相作用、互相影响、互相渗透,某一个部分的变

化会对其他部分有一定的影响。因此,地质学把地球作为一个整体进行研究,并将其逐渐发展为全球性的科学。

(三)过程的复杂性

地球经历了漫长的地质演化历史,地质作用过程既可在地球表层常温常压下发生,也可在地下深处高温高压下发生。早期发生的地质作用的产物会遭受后期地质作用的改造,因此地质作用过程及其产物通常是极其复杂的,而且这种过程具有漫长性和不可逆性,这使得地质学研究的难度颇大。但是,地质作用过程并不是杂乱无章的,而是有规律可循的。地质学研究的根本任务就是恢复地质作用过程,并总结其规律。

第二节 地质学的研究内容

按照研究内容及其性质,可将地质学划分为许多相互联系又各自独立的分支学科。地质学的研究内容可概括为以下几个方面。

一、岩石圈的物质组成

岩石圈的物质组成是地质学研究的重要内容,主要包括岩石圈的元素及其同位素,矿物和岩石的基本特征、分布及其形成过程,所对应的主要分支学科有地球化学、矿物学、岩石学等。

二、岩石圈的结构与构造

岩石圈的结构与构造也是地质学研究的重要内容,主要是阐明岩石圈的结构、构造特征及其形成与演化规律,所对应的主要分支学科有构造地质学、大地构造学、地球动力学、地球物理学等。

三、地球的历史

地球的起源与演化、地球圈层结构的形成、岩石圈以及古生物的形成与演化一直是地质学研究的重要内容,所对应的主要分支学科有古生物学、地层学、地史学等。

四、地球的资源

寻找人类生存与发展所必需的资源始终是地质学的一项基本任务,所对应的主要分支学科有矿床学、煤田地质学、石油地质学、水文地质学等。

五、地球的环境

人类赖以生存的环境的合理利用与保护更是地质学的一项重要任务,所对应的分支学科有工程地质学、环境地质学、海洋地质学、第四纪地质学等。

第三节 地质学的研究方法

一、地质学的思维方法

地球无时无刻不在发生着各种各样的地质作用。地球有 46 亿年的演化历史,人类不可能目睹地球历史上发生的所有地质作用过程。但可以通过对过去地质事件遗留下来的地质现象的考察,利用现今发生的地质作用规律,去反推过去地质作用的过程,这就是历史比较法,又称为“将今论古”或现实主义原则。这一原理是苏格兰地质学家 Lyell (1797—1875) 于 1830 年在苏格兰地质学家 Hutton (1726—1797) 均变论学说的基础上创立的,其最早的说法是“The present is the key to the past”(现代是打开过去的钥匙)。实际上,早在 1086 年,中国北宋时期的沈括就曾根据在太行山上发现的海洋生物化石,提出太行山过去曾经是海洋,这是“将今论古”思维方法的更早应用。

当前正在发生的地质作用只是地球漫长历史中的一个很短的片断,而过去形成的地质现象记录了地质作用的过程。因此认识过去能够帮助我们更好地了解现在并预测未来,这种方法称为“以古论今、论未来”(舒良树,2010)。

“将今论古”与“以古论今、论未来”相结合是地质学的基本思维方法,是地质学基本的方法论。

二、地质学的研究方法概述

1830 年 Lyell《地质学原理》一书的出版标志着地质学作为一门独立学科出现。地质学历经近 200 年的发展,逐渐形成了自身特有的研究方法,概括如下。

(一)野外地质调查

地质现象是地质作用的产物,野外是地质学的天然实验室,开展野外地质调查是地质学研究的前提。通过观察各种野外地质现象,可以确定地质体之间的空间关系及其形成的先后次序,并可以采集各种标本用于实验室分析测试,从而总结地质作用的特点和规律。

(二)仪器观测

仪器观测是地质学获取定性、定量资料的重要手段。20 世纪初,地球物理学家利用地震台站获取的地震波数据,对地球的内部结构实现了重要的划分。20 世纪中期,海底测深(声呐)技术对于海底扩张说的提出及海洋地质学的发展起到了重要的推动作用。20 世纪 70 年代之后,人造地球卫星在资源普查中发挥了重要作用。近年来,在全球海底建设的海底观测网对于观测海底地质作用过程起到了重要作用。另外,20 世纪后半叶之后,人类通过发射月球及火星探测车或探测器,已将地质学研究扩展至宇宙空间,逐渐形成了行星地质学这一地质学分支学科。

(三) 实验室测试分析与科学实验

在实验室利用各种仪器对野外采集的样品进行分析测试,有时还需要进行实验模拟,从而获取样品的矿物、元素、同位素等物质组成及相关地质作用过程的定性和定量证据,这有助于对地质现象和地质作用的深入研究。

(四) 综合分析解释

在丰富的野外观察与室内分析数据与资料的基础上,综合运用地质学的理论分析地质作用的特点、恢复地质作用过程、总结地质作用规律,并指导人类解决生存与发展所面临的诸多重大问题。

思考题

1. 地质学研究的对象是什么? 主要研究内容有哪些方面? 重点何在?
2. 地质思维中重要的方法论是什么?

第二章 地球概述

运用现代化的观测手段,天文学家在大约 36×10^9 光年的范围内已观察到 10 亿个以上的星系,而银河系仅是其中的一个。银河系有包括太阳在内的 1400 多亿颗恒星,它们形成一个“饼”状旋转体,其直径大约为 1×10^5 光年;太阳系位于银河系之中,距银河系中心有 3.2×10^4 光年。

太阳系有一个恒星,即太阳,周围有八大行星(自内向外依次是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星)围绕着它旋转,它们的运行轨道都呈椭圆形,太阳则位于这些椭圆的其中一个焦点之上;此外,太阳系中还有 33 颗围绕各个行星旋转的卫星、数千颗小行星和 10 多万颗彗星等。太阳系的直径大约 $118 \times 10^8 \text{km}$ 。地球是离太阳较近的一颗行星,它有一个卫星,即月球。

第一节 地球表面特征

一、地球的形状及大小

固体地球的表面起伏不平,大部分为海水所覆盖。为便于测算,以平均海平面通过大陆延伸所形成的封闭曲面(即大地水准面)作为参考面,地球的形状和大小就是指大地水准面的形态和大小。国际大地测量和地球物理协会于 1975 年公布的修订的地球参数如下:

赤道半径(a)	6378.140km
两极半径(c)	6356.755km
平均半径(R)	6371.004km
扁率 $[(a-c)/a]$	1/298.257
赤道周长($2\pi a$)	40075.360km
子午线周长($2\pi c$)	39940.670km
表面积($4\pi R^2$)	510070100.000km ²
体积($\frac{4}{3}\pi R^3$)	1083157900000.000km ³

以上参数可勾绘出一个长、短半径相近的椭圆,将该椭圆绕地球轴回转一周则可得到一个旋转椭球体。地球的实际形状与该椭球体稍有差异,地球的南、北两半球并不对称,北极凸出约 10m,南极凹进约 30m,中纬度在北半球稍凹进,而在南半球稍凸出(不到 10m),看似一个梨形(图 2-1)。

地球的外形是其内部特征的反映。第一,地球接近于旋转椭球体,说明地球具有一定的塑性,是地球自转离心力作用的结果。第二,地球的实际外形与旋转椭球体并不完全重合,说明地球内部物质是不均匀的。

二、固体地球表面的形态特征

固体地球表面高低不平,以平均海平面为界,分为海洋和大陆两大地理单元。海洋的总面积为 $3.61 \times 10^8 \text{km}^2$, 占地表面积的 70.8%; 平均深度为 3729m, 最深处深度为 11034m, 位于西太平洋的马里亚纳海沟。大陆面积为 $1.495 \times 10^8 \text{km}^2$, 占地表面积的 29.2%; 平均海拔高度为 875m, 最高处为珠穆朗玛峰, 其海拔高度为 8844.43m (2005 年 5 月测量数据)。

(一)大陆地表的形态

陆地地形十分复杂,按照高程和起伏特征,可分为以下主要单元。

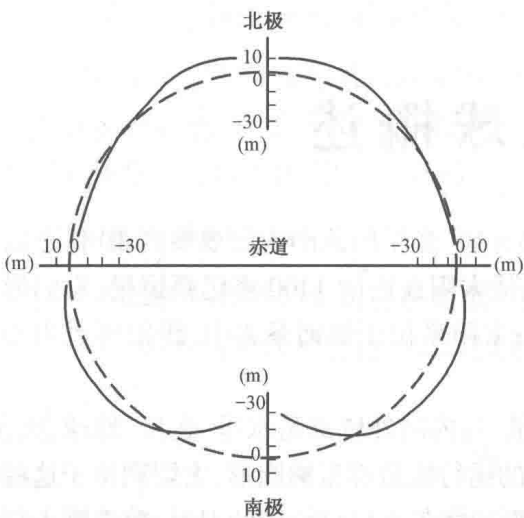


图 2-1 大地水准面和扁球体(据 K.Hele 等, 1969)
实线(比例尺已夸大)为大地水准面;
虚线为地球的理想扁球体

1. 山地

海拔高度在 500m 以上,地形起伏高差在 200m 以上的地区叫山地或山岳,其分类见表 2-1。

表 2-1 山岳分类(据中国科学院地理所,修改)

类型	海拔高度, m	切割深度, m	实 例
极高山	>5000	>1000	喜马拉雅山脉主体
高山	5000~3500	1000~500	昆仑山脉等主体
中山	3500~1000	500~200	秦岭、大巴山脉主体
低山	1000~500	略大于 200	中、高山的较低部分

呈线状延伸的山地叫山脉,世界上有许多著名的山脉,如南美洲和北美洲西缘的海岸山脉、亚洲的喜马拉雅山脉、欧洲的阿尔卑斯山脉等。在成因上相联系的若干相邻的山脉总称山系。

2. 丘陵

丘陵为大陆地表海拔高程在 500m 以下,切割深度不超过 200m (一般为数十米)的起伏地形,如川中丘陵、东南沿海丘陵等。

3. 平原

平原是面积广阔、地势平坦或略有起伏、海拔高程在 600m 以下的地区,如我国的华北平原、松辽平原、长江中下游平原等。

4. 高原

高原是海拔在 600m 以上,地势较为平坦或有一定起伏的广阔地区,如我国的青藏高原、云贵高原等。

5. 盆地

四周是山地或高原、中央相对凹下且较平坦(平原或丘陵)的地形称盆地,如四川盆地、塔里木盆地、柴达木盆地等。

6. 洼地

大陆内部高程在海平面以下的地区称为洼地,新疆吐鲁番盆地的克鲁沁地区就低于海平面 155m。

7. 裂谷系统

裂谷系统是大陆上的一些规模宏伟的线状低洼谷地,其延伸可达数千千米,宽仅数十千米,两壁(或一壁)为断崖。如世界上著名的东非大裂谷(图 2-2),全长超过 6500km,其内部分布一系列峡谷和湖泊。



图 2-2 东非大裂谷示意图

(二)海底地形

海底地形的复杂性并不比大陆逊色,有弧形与线状延伸的海底山脉与面状展布的海底平原和盆地,而且其规模都非常庞大,面貌更为奇特壮观。

海洋是由海和洋组成的。洋是远离大陆、面积宽广、深度较大的水域,世界的大洋有太平洋、大西洋、印度洋、北冰洋,洋是海洋的主体;与洋有一定程度隔离的水域称为海,海在大洋的边缘,与陆地毗邻的海有渤海、黄海、东海、南海、日本海等。

根据海底地形的成因与特征,把海底地形划分为大陆边缘、大洋盆地和大洋中脊三个大型地形单元(表 2-2)。其中大洋盆地的面积占海洋面积的二分之一,大洋中脊约占三分之一。

表 2-2 大型海底地形单元及其面积比率

单元名称	面积, 10 ⁶ km ²	占海洋面积百分比, %	占地球表面积百分比, %
大陆边缘	80.1	22.3	15.8
大洋盆地	162.6	44.9	31.8
大洋中脊	118.6	32.8	23.2

1. 大陆边缘

1) 大陆边缘的结构

大陆边缘是指大陆与深海盆地之间被海水淹没的地带,包括大陆架、大陆坡和大陆基(又称大陆隆)。海沟和岛弧归于大陆边缘,但也有人将海沟与岛弧划为另一类地形单元。

(1) 大陆架。大陆架是海洋与陆地接壤的近海浅水平台,其范围是从海岸的低潮线起向海洋延伸到海底地形坡度显著增大的转折地段为止。大陆架地势平坦,坡度一般小于 0.3°,平均 0.1°,外缘水深一般不超过 200m,最深的可达 550m(北冰洋巴伦支海),平均水深 130m。大陆架宽度各地不一,欧亚大陆和北冰洋沿岸的大陆架宽度在 1000km 以上,而有的地区非常狭窄甚至缺失,如日本列岛大陆架宽度仅 4~8km,拉丁美洲西海岸大陆与深海盆地之间仅以海沟相隔,世界上大陆架的平均宽度为 70km。

(2)大陆坡。大陆架之外地形坡度较陡的地带称为大陆坡。其平均坡度为 3° ,最大可超过 20° ;水深范围从200m起到3000m以上。大陆坡是地球上最壮观的斜坡,它以20~40km宽度的条带围绕着大陆架。

大陆坡上最显著的特征是发育许多两岸陡峭、高差很大的巨型槽谷,称为海底峡谷。有的甚至横切整个大陆坡和大陆架而与现代或近代河口相连,其规模远远超过陆地上的任何峡谷。这种峡谷有的是由大陆坡上的滑塌作用刻蚀而成;有的是陆上大型河流水下河谷的延伸部分。

(3)大陆隆、岛弧、海沟。大陆隆是大陆坡外缘与深海盆地之间的缓倾斜地区,坡度仅 $5' \sim 35'$ 。地球物理资料表明,有的大陆隆下面过去曾经是海沟。

呈弧形延伸很长的火山列岛形成岛弧。太平洋北部的阿留申群岛、千岛群岛、日本列岛、琉球群岛,直至菲律宾、巽他、所罗门、马里亚纳群岛,以及大西洋加勒比海中的大、小安的列斯群岛都属于弧形岛链,是岛弧的典型例证。岛弧地带具强烈的火山作用,深源地震发育,有较高的热流值和重力正异常。在岛弧靠大洋一侧常发育长条形的巨型深海凹槽,称海沟。大陆地壳和大洋地壳的分界线出现在海沟处,海沟横剖面呈不对称的“V”形,靠岛弧一侧坡度较陡,靠大洋一侧坡度较缓,深度一般大于6000m,延伸可达数千千米。海沟地带浅源地震频繁,有重力负异常,热流值较低。海沟与岛弧平行伴生构成一个统一体。

大陆边缘地壳性质与大陆壳相同,因为它是大陆地壳的水下延伸部分。

2) 大陆边缘的类型

大陆边缘的结构是研究大陆与海底接触关系及演变的重要依据,根据目前实际存在的情况,按地表形态可将大陆边缘分为以下三种类型。

(1)大西洋型大陆边缘。此类大陆边缘以大西洋为代表,由大陆—大陆架—大陆坡—深海盆地组成,没有海沟,一般大陆架较宽。

(2)安第斯型大陆边缘。此类型大陆边缘以南美洲西岸边缘为典型,大陆坡与深海盆地之间有海沟,而且大陆边部有并行的山脉(大陆边缘山脉)—大陆架和大陆坡—海沟—深海盆地,大陆架和大陆坡一般很窄。

(3)日本海型大陆边缘。此类大陆边缘与安第斯型有些类似,不同之处是由岛弧代替了海岸山脉,岛弧与大陆之间还有一片海域,称为弧后盆地,即由大陆—弧后盆地—岛弧(包括其旁侧较窄的大陆架、大陆坡)—海沟—深海盆地组成。弧后盆地情况比较复杂,少数为深海,如西南太平洋;大多数为不典型的海洋,称为边缘海,如日本海,深度较浅,没有典型的洋脊,地形和以后章节将要介绍的地壳结构与正常的深海盆地有一定差别;另外,还有相当数量的弧后盆地为浅海,海底主要为大陆架,如我国东部海域。这些复杂关系反映了大陆与海底演化过程的多样性。

2. 大洋盆地

大洋盆地(又称深海盆地)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(或中隆)之间的较平坦地带,水深一般为4000~5000m,约占海洋面积的43%,有三种主要地形单元。

1) 深海平原

深海平原水深一般在4000~5000m,地势极为平坦,平均坡度小于 $1/1000$,甚至小于 $1/10000$,广布于大西洋洋中脊两侧。

2) 深海丘陵

深海丘陵由相对高度在几十米到几百米的圆形或椭圆形山丘组成,集中分布在洋脊或岛屿附近,由火山活动形成。

3) 海山

深海盆地中规模不大,地势比较突出的孤立高地称海山。其中相对高程在 1000m 以上,隐没于水下或露出海面呈锥状者,称为海峰。海峰大多由火山岛组成,有的海峰基座是火山岩,顶部由生物碎屑灰岩或珊瑚礁组成。另一类是隐没于水下的平顶海山,也叫盖约特(图 2-3)。

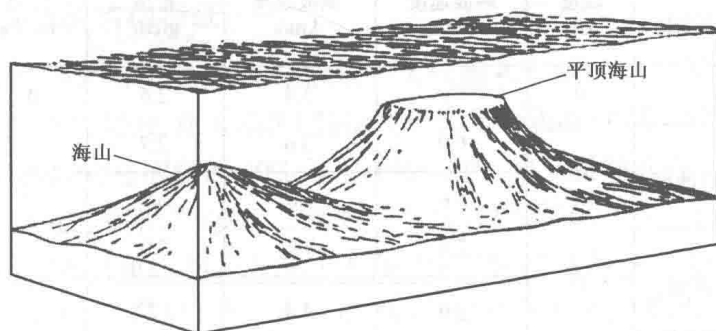


图 2-3 海山和平顶海山(据柳成志等,2010)

3. 大洋中脊

大洋中脊是大型海底地形单元之一,包括洋脊与洋隆、海岭。

1) 洋脊与洋隆

大型海底山脉在大西洋中呈“S”形延伸,北端穿越冰岛进入北冰洋,南端向东绕过非洲进入印度洋呈“Y”形分叉,其北支经亚丁湾进入红海,另一支向东经澳大利亚南伸入南太平洋,再转向北经东太平洋伸入加利福尼亚湾,在北美大陆西海岸潜没,然后再转向西北进入北太平洋,连绵在 60000km 以上,宽度在 1000~3000km,比深海盆地高 2000~3000m,构成地壳表面最大的山系。构造活动活跃、有强烈火山活动的海底山脉称为洋脊。大西洋洋脊恰好位于大西洋的中央部位,故又称洋中脊。大西洋、印度洋、北冰洋洋脊的中央有明显的大裂谷,深 1~2km,宽数十千米,称为中央裂谷。东太平洋洋脊无明显的裂谷,地震活动也较弱,称为洋隆。

2) 海岭

大洋中还有一些几乎没有构造地震、属大陆型地壳的小型水下山脉,称为海岭。它可能是大陆地壳下沉到海平面以下形成的。

第二节 地球内部结构

一、地球内部圈层的划分

地球的内圈就是地球内部物质分布的圈层。目前所掌握的对地球内圈的直接观测资料较少,因为地球上最深的钻井才 11km,因风化剥蚀而出露在地表的岩石,其原来的形成深度

最多也不超过 25km,这些与地球的半径 6378.140km 相比,是微不足道的。对地球内部圈层结构特别是对地球深部结构的认识主要来自于一些间接资料,而且主要是地球物理方面的资料。根据地震波在地球内部的传播形式和传播速度的变化情况,可推测出内部物质成分、物质状态、分布的深度范围,各圈层物质的密度、重力和承受的压力等各项数值。根据这些资料,可以对地球内部圈层进行划分,划分结果见表 2-3。

表 2-3 地球内部圈层及物理数据(据宋青春等,2006)

圈 层			不连续面	深度 km	纵波速度 km/s	横波速度 km/s	密度 g/cm ³	压力 10 ¹¹ Pa	温度 ℃	附注
名称	代号									
地壳	A	A'	康拉德面	0	5.6	3.4	2.6	0	14	岩石圈
		A''		10	6.0	3.6	2.7	0.003	180~300	
				6.6	3.8	2.9				
		地幔		上地幔	B'	莫霍面	33	8.0	4.4	
8.2	4.6		3.34				0.019	500~1100		
B''	古登堡低速层		60		7.8	4.2	3.4	0.031	700~1300	
			7.7		4.0	6.5	0.050	800~1400		
			8.2		4.55	3.6	0.069	1000~1600		
			C'		拜尔勒面	400	9.0	4.98	3.85	0.14
C''	雷波蒂面			1000		10.2	5.65	4.1	0.218	1300~2250
			下地幔	D'	古登堡面	2900	11.43	6.35	4.6	0.40
12.8	6.92					5.1	0.88	2500~3900		
D''	2752			13.63		7.31	5.6	1.34	2800~4300	
	13.32			7.11		5.7				
E	4640			8.1		—	9.7	1.50	2850~4400	
	8.9	—		10.4		1.95	3700~4700			
地核	过渡层	F		4640	12.0		12.0	3.01	4500~5500	
				10.4	2.07	12.5	3.24	4700~5700		
				11.2	1.24	12.7	3.33	4720~5720		
	内核	G		5155	9.6	3.6	12.9	3.54	4900~5900	
11.3				3.7	13.0	3.65	5000~6000			

注：══ 一级不连续面；—— 次一级不连续面。

地球内部有两个最明显也最重要的地震波速度变化的界面。一是莫霍面,该界面是前南斯拉夫地震学家莫霍洛维奇于 1909 年发现的,是地壳和地幔的分界面,在大陆上其平均