



远程教育“十二五”规划教材

# 煤矿地质学

MEIKUANG DIZHIXUE

主 编 何 保

副主编 张亚明



东北大学出版社  
Northeastern University Press

远程教育“十二五”规划教材

# 煤矿地质学

主 编 何 保

副主编 张亚明

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 何 保 2013

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿地质学 / 何保主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2013. 1  
ISBN 978-7-5517-0267-6

I. ①煤… II. ①何… III. ①煤田地质 IV. ①P618. 110. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 307158 号

---

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph@neupress.com

http://www.neupress.com

印 刷 者: 沈阳航空发动机研究所印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 17.25

字 数: 442 千字

出版时间: 2013 年 1 月第 1 版

印刷时间: 2013 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑: 杨俊岩

封面设计: 刘江旻

责任校对: 辛 思

责任出版: 唐敏志

---

ISBN 978-7-5517-0267-6

定 价: 29.00 元

## 远程教育“十二五”规划教材建设指导委员会

主 任 姜茂发

常务副主任 卢俊杰 刘常升

委 员 (以姓氏笔画为序)

于天彪 马 明 吕文慧 孙新波

巩亚东 宋叔尼 李鸿儒 李 晶

杜宝贵 陈国秋 周成利 赵 文

徐文清 栗 志 黄卫祖 蒋 敏

# 目 录

<b>第一章 地球概况与地质作用</b>	<b>1</b>
第一节 地球的形状和大小 .....	1
第二节 地球的物理性质 .....	4
第三节 地球的圈层构造 .....	7
第四节 地质作用 .....	9
<b>第二章 矿物与岩石</b>	<b>26</b>
第一节 矿 物 .....	26
第二节 岩 石 .....	33
<b>第三章 古生物与地层</b>	<b>46</b>
第一节 古生物 .....	46
第二节 地层的划分、对比及地质年代表 .....	47
<b>第四章 地质构造</b>	<b>54</b>
第一节 岩层产状 .....	54
第二节 褶皱构造 .....	62
第三节 断裂构造 .....	68
<b>第五章 煤与含煤岩系及煤田</b>	<b>84</b>
第一节 煤 .....	84
第二节 含煤岩系 .....	96
第三节 煤田及聚煤区 .....	99
<b>第六章 影响煤矿生产的主要地质因素</b>	<b>101</b>
第一节 煤厚变化因素 .....	101
第二节 地质构造因素 .....	108
第三节 岩浆侵入体因素 .....	122
第四节 岩溶陷落柱因素 .....	127
第五节 瓦斯因素 .....	133
第六节 其他地质因素 .....	142
<b>第七章 矿井水文地质与灾害防治</b>	<b>150</b>
第一节 地下水基本知识 .....	150

# 第一章 地球概况与地质作用

## 第一节 地球的形状和大小

### （一）地球的形状

地球的形状是指全球静止时海平面的形状，即大地水准面的形状。研究地球的形状，无论是对人类的实践，还是对科学实践，都有重要意义。

地球的形状看起来像一只梨子：赤道部分鼓起，是它的“梨身”；北极有点放尖，像个“梨蒂”；南极有点凹进去，像个“梨脐”。整个地球像个梨形的旋转体，因此，人们称它为“梨形地球”。其实，确切地说，地球是个三轴椭球体（图 1-1）。

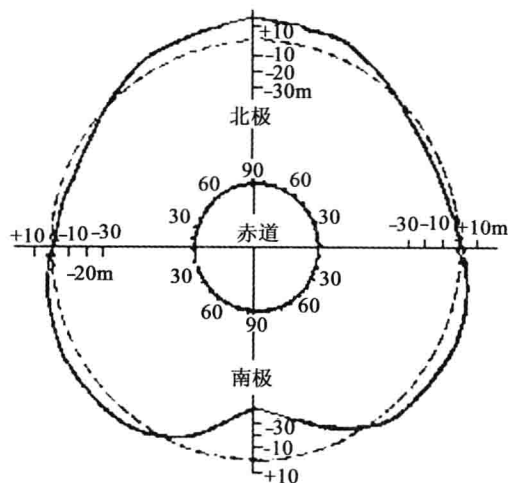


图 1-1 地球形状示意图（据 Jacoby）

### （二）地球的大小

现将 1970 年天文历、1971 年第 15 届国际大地测量和地球物理协会决议采用的有关地球形状和大小数据叙述如下。

- 赤道半径：6378.160km；
- 两极半径：6356.755km；
- 平均半径：6371.025km；
- 赤道周长：40076.604km；
- 表面积： $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ ；

体积： $1.08 \times 10^{12} \text{km}^3$ ；

质量： $5.98 \times 10^{27} \text{g}$ ；

平均密度： $5.52 \text{g/cm}^3$ 。

### (三) 地球的表面特征

地球表面积大约为  $5.1 \times 10^8 \text{km}^2$ ，分为陆地和海洋两大部分。陆地面积约占地球表面积的 29%，海洋面积约占 71%。

#### 1. 陆地的表面形态

按照高程起伏特征，陆地表面可分为山地、丘陵、平原、高原、盆地和洼地等地形。

##### (1) 山地

山地是指海拔在 500m，相对高程在 200m 以上的地区。一般山地起伏很大，坡度陡峻，沟谷幽深，多呈脉状分布。山地的表面形态奇特多样，有的彼此平行，绵延数千公里；有的相互重叠，犬牙交错，山里套山，山外有山，连绵不断。

##### (2) 丘陵

丘陵是高低起伏、坡度较缓、连绵不断的低矮隆起高地。海拔高度在 500m 以下，相对起伏在 200m 以下。中国自北至南主要有辽西丘陵、淮阳丘陵和江南丘陵等。黄土高原上有黄土丘陵。

##### (3) 平原

平原是海拔较低的平坦的广大地区，海拔多在 0 ~ 500m，一般都在沿海地区。中国有三大平原，分布在中国东部。东北平原是中国最大的平原，海拔为 200m 左右，广泛分布着肥沃的黑土。华北平原是中国东部大平原的重要组成部分，大部分海拔在 50m 以下，交通便利，经济较发达。长江中下游平原大部分海拔在 50m 以下，地势低平，河网纵横，有“水乡泽国”之称。

##### (4) 高原

海拔高度一般在 1000m 以上，面积广大，地形开阔，周边以明显的陡坡为界，比较完整的大面积隆起地区称为高原。高原与平原的主要区别是海拔较高，它以完整的大面积隆起区别于山地。高原是在长期连续的大面积的地壳抬升运动中形成的。有的高原表面宽广平坦，地势起伏不大；有的高原则山峦起伏，地势变化很大。世界最高的高原是中国的青藏高原，平均海拔为 4500m，面积为 250 万平方千米。高原最本质的特征是地势相对高差低而海拔相当高。

##### (5) 盆地

盆地是四周高（山地或高原）、中部低（平原或丘陵）的盆状地形。根据盆地的地球海陆环境，从总体上将其分为大陆盆地和海洋盆地两大类型。

中国有四大盆地，分别是塔里木盆地、准噶尔盆地、柴达木盆地和四川盆地。

##### (6) 洼地

洼地是指近似封闭的比周围地面低洼的地形，包括陆地上的局部低洼部分。洼地因排水不良，中心部分常积水成湖泊、沼泽或盐沼和位于海平面以下的内陆盆地。

例如，我国新疆吐鲁番盆地的最低处在海平面以下 154m，整个盆地有  $4050 \text{km}^2$  低于海平面，是世界上面积最大的内陆洼地之一。

## 2. 海底的表面形态

海底地形和大陆地形一样复杂。根据海底地形的基本特征，可将其分为大陆边缘、海岭、海沟、深海盆地等地形单元。

### (1) 大陆边缘

从地质学的角度看，海洋边缘的浅海区域是被海水淹没的大陆，称作大陆边缘。大陆边缘占海洋总面积的 15.3%，其主体是大陆架，其次为大陆坡和大陆隆（图 1-2）。

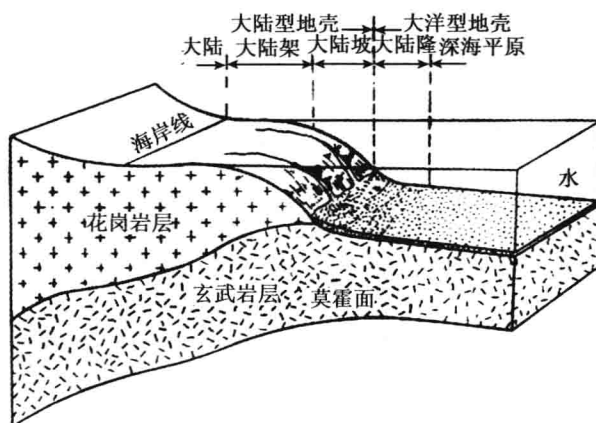


图 1-2 大陆边缘的组成单元

大陆架是围绕大陆分布的浅水台地，是大陆在水下的自然延伸部分。其表面平坦，平均坡度为  $0^{\circ} \sim 0.7^{\circ}$ 。大陆架内有时有平缓的小丘和洼地，高差可达 20m。

大陆坡位于大陆架外侧。其平均坡度为  $4.3^{\circ}$ ，最大可达  $20^{\circ}$  以上；平均宽度为 28m；坡脚深度为 1400 ~ 3200m。大陆坡是海底地形最复杂的地段，常常有许多通向海洋反向的海底峡谷。

大陆隆是大陆坡与深海盆地之间，主要由陆源粉砂和黏土堆积而成的倾斜平缓的海底扇或沉积裙。

### (2) 海岭

海岭又称为海脊，有时也称为“海底山脉”（图 1-3）。狭长延绵的大洋底部高地一般在海面以下，高出两侧海底可达 3 ~ 4km。位于大洋中央部分的海岭称为中央海岭或大洋中脊。大洋中脊出露海面的部分形成岛屿，夏威夷群岛中的一些岛屿就是太平洋中脊出露部分。

### (3) 海沟

海沟是深度超过 6km 的狭长海底凹地。两侧坡度陡急，分布于大洋边缘（图 1-3）。地球上最深、也是最知名的海沟是马里亚纳海沟，它位于西太平洋马里亚纳群岛东南侧，深度大约为 11.034km。

### (4) 大洋盆地

大洋盆地是海洋的主体，约占海洋总面积的 45%，其周边有的与大陆裙相邻，有的直接与海沟相接（图 1-3）。其中主要部分是水深在 4 ~ 5km 的开阔水域，成为深海盆地。深海盆地中最平坦的部分成为深海平原，其坡度一般小于  $1/1000$ ，甚至小于  $1/10000$ ，是地



表最平坦的地区。

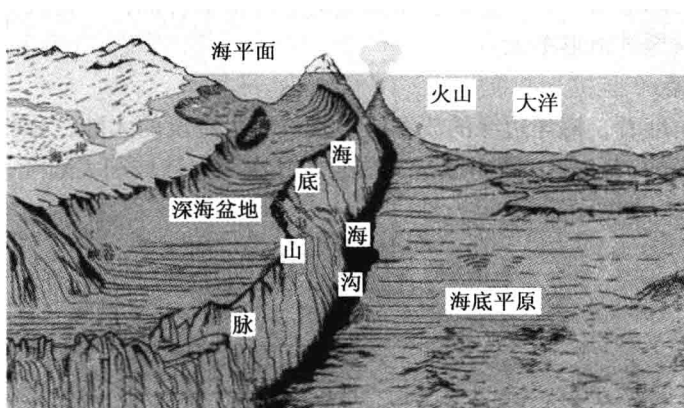


图 1-3 海岭、海沟与深海平原地形

## 第二节 地球的物理性质

地球的物理性质能反映其内部物质组成。人类可以根据其性质进行找矿并开发矿产资源。

地球的物理性质主要通过密度、地压、地热、地磁、重力和放射性等反映出来。

### (一) 密度

根据物理方法，可以计算出地球的平均密度为  $5.52\text{g}/\text{cm}^3$ ，而地表岩石的平均密度仅为  $2.7 \sim 2.8\text{g}/\text{cm}^3$ ，覆盖地表的海水密度更小。由此可知，地球内部深处的物质密度一定大于  $5.52\text{g}/\text{cm}^3$ 。地球物理方法的测定结果表明，地球内部的物质密度是随着深度增加而不均匀增加的。在地幔和地核有几个深度，密度呈跳跃式增加（图 1-4）。此变化也反映出地球内部物质成分和状态的变化，说明地球内部可能是由几个密度有显著差异的物质层组成。

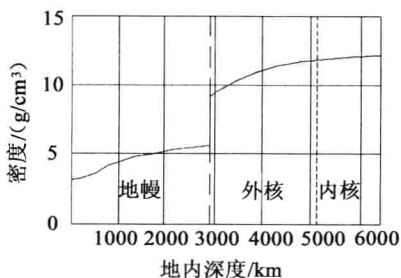


图 1-4 地球内部密度的垂直分布

### (二) 地压

地压是指地球内部的压力，主要是静压力。由于地球本身的重力作用，使得上部岩石

对下部岩石产生压力, 岩石所处位置越深, 其所受压力就越大。在矿井中, 随着开采深度的增加, 地压逐渐增大, 给巷道和工作面的支护带来较大困难。

研究表明, 在地下 10km 处的压力约为  $3.03 \times 10^8$  Pa, 在 35km 处压力变为  $1.01 \times 10^9$  Pa, 在 2900km 处压力可达  $1.37 \times 10^{11}$  Pa, 推测地心压力高达  $3.64 \times 10^{11}$  Pa (图 1-5)。

此外, 地压还包括地壳运动产生的应力。该应力以水平力为主, 随着深度增加而增加。由于应力具有方向性, 因此, 可在某些地段集中。在煤矿生产过程中, 因为力的平衡遭到破坏, 极易产生冲击地压。由此可带来岩爆、煤与瓦斯突出等灾害事故。因此, 应加强对地压的研究。

### (三) 地 热

火山喷发、地下温泉等现象表明, 地球蕴藏着巨大的热能。

根据地表以下地热的来源和温度分布, 由地表向地下, 可将地壳分为变温层(带)、恒温层(带)和增温层(带)。

#### (1) 变温层(带)

变温层(带)又称为外热层, 是指地下温度明显受到地表大气温度影响的地带。该层主要能量来源为太阳辐射能, 温度变化主要受季节和昼夜变化的影响, 平均深度为 15m 左右。

#### (2) 恒温层(带)

恒温层(带)位于变温层(带)之下, 该层温度基本上常年保持不变, 温度大致相当于当地年平均气温。

#### (3) 增温层(带)

增温层(带)又称为内热层, 位于恒温层之下, 其温度只受地球内部热能影响的地带。其主要特点是温度随着深度的增加而增加。

增温层(带)的温度随着深度的变化率可用地温梯度或地热增温率来表示。

① 地温梯度。沿地球半径方向, 由恒温层底界向下单位距离内温度增加的度数。通常, 深度每增加 100m 温度增加的度数称为地温梯度, 用  $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  来表示。

② 地热增温率。又称为地温率, 是地温梯度的倒数。沿地球半径方向, 地温每升高  $1^{\circ}\text{C}$  时所增加的深度, 用  $\text{m}/^{\circ}\text{C}$  表示。

地热对煤矿生产有很大影响, 尤其是采掘工作进入较深水平时, 应充分考虑地热问题。主要原因在于井下温度过高, 会直接影响一线工人的身体健康, 影响生产效率和安全生产。因此, 我国于 2007 年颁布了《煤矿井下热害防治设计规范》国家标准, 编号为 GB 50418—2007, 自 2007 年 12 月 1 日起实施。

现在我国一些矿井主要采取冰和水制冷降温系统, 加大送风量, 增大巷道断面, 加大通风巷道的修护力度, 减少通风阻力, 保证充足的风量等措施, 以降低工作面的温度。

虽然地热对矿井生产有害, 但它也是一种可以利用的廉价资源。地热开发和利用越来越受到相关部门的重视。

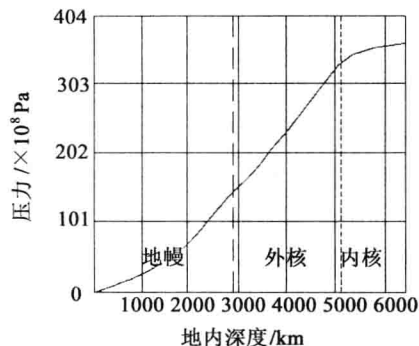


图 1-5 地球内部压力的垂直分布

#### (四) 地 磁

地球周围空间存在磁场，称为地磁场。地磁场也存在南极和北极，与地理上的南极和北极不重合。地理子午线与磁子午线之间的夹角称为磁偏角。磁子午线偏向地理子午线东侧，称为东偏；反之，称为西偏（图 1-6）。

用地质罗盘测岩层或岩体产状时，若岩层或岩体所在地区磁偏角东偏，则实际产状等于未校正的罗盘读数加上磁偏角；若岩层或岩体所在地区磁偏角西偏，则实际产状等于未校正的罗盘读数减去磁偏角。

#### (五) 重 力

地球对物体的引力和物体因地球自转产生的离心力的合力称为重力。地心引力的大小与物体距地心的距离成反比。地球赤道半径大于两极，因此同质量的物体在两极的重力大于在赤道的重力。

地表实际测得的重力值往往与理论值不符，这种现象称为重力异常。实测值大于理论值的称为正异常，实测值小于理论值的称为负异常。

一般而言，大陆的重力异常大都低于正常值，属于负异常；海洋大部分重力异常大于正常值，属于正异常。

引起重力异常的原因很多，主要是由于地下物质组成不同引起的。在地下由密度较大的物质（金属矿产和基性岩）组成的地区，常显示正异常；而由密度小的物质（非金属矿产）组成的地区，常显示负异常。因此，地球物理勘探中的重力勘探就是利用该原理来找矿和查明地质构造。

#### (六) 放射性

某些元素的原子通过核衰变自发地放出  $\alpha$  或  $\beta$  射线（有时还放出  $\gamma$  射线）的性质，称为放射性。

一般情况下，无论是各类岩石（天然石材）中，还是土壤和海水中，普遍存在不同数量的（但都是微量或很微量的）放射性元素。由水成（沉积）生成的大理石类和板石类中的放射性元素含量，一般都低于地壳平均值的含量（其中只有少量的黑色板石可能高于地壳平均值）；花岗岩类的放射性元素含量也都低于地壳平均值的含量；“浅色系列”中真正的花岗岩类和由火成岩变质形成的片麻状花岗岩及花岗片麻岩等，其放射性元素含量稍高于地壳平均值的含量。

在大剂量放射性的照射下，人体和动物会受到某种损害。如在 400rad 的照射下，受照射的人有 5% 死亡；若照射 650rad，则人 100% 死亡。照射剂量在 150rad 以下，死亡率为零，但并非无损害作用，往往需要经过 20 年以后，一些症状才会表现出来。放射性也能损伤遗传物质，主要是引起基因突变和染色体畸变，使一代甚至几代受害。

##### (1) 放射性废水的处理

放射性废水的处理方法主要有稀释排放法、放置衰变法、混凝沉降法、离子交换法、蒸发法、沥青固化法、水泥固化法、塑料固化法和玻璃固化法等。

##### (2) 放射性废气的处理

铀矿开采过程中所产生的废气和粉尘，一般可通过改善操作条件和通风系统得到解

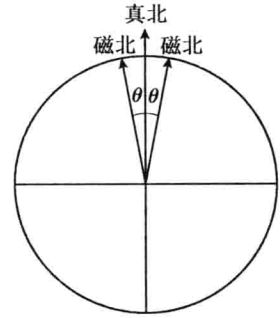


图 1-6 现代地理北极与地磁北极关系示意图

决；实验室废气，通常是进行预过滤，再通过高效过滤后排出；燃料后处理过程的废气，大部分是放射性碘和一些惰性气体。

### (3) 放射性固体废物的处理和处置

放射性固体废物主要是被放射性物质污染而不能再用的各种物体。可以通过焚烧、压缩、去污、包装等方法进行处理和处置。

放射性元素以恒定的速度衰变，不受环境变化的影响。因此，可以通过测定岩石或矿物中放射性元素及其衰变产物数量的方法，测定其形成时代。该方法称为同位素年龄法或绝对年龄法。

## 第三节 地球的圈层构造

目前研究结果表明，地球不是均质体。其物质组成的分布呈同心圈层结构，大致以地壳表层为界，分为内圈层和外圈层。内圈层和外圈层又可分为几个不同的圈层。

### (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。目前，对地球内部构造的研究主要是利用地球物理学和天体物理学的资料，得出较为确切的内部圈层构造模式。

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的界面，即莫霍面和古登堡界面。根据这两个界面，地球内部划分为地壳、地幔和地核三个一级圈层。

地震波在地面以下平均约 33km 处有一个显著的不连续面，该面称作莫霍界面。

莫霍界面为地壳和地幔的分界面，是不连续面。在莫霍界面上，地震波的传播速度急剧改变，说明地壳和地幔之间密度不同。

古登堡发现地下 2900km 处地震波的传播速度有明显的变化，后证实这里是地核与地幔的分界面，这个界面称为“古登堡界面”。通过此界面向下，纵波突然下降，横波完全消失（图 1-7）。

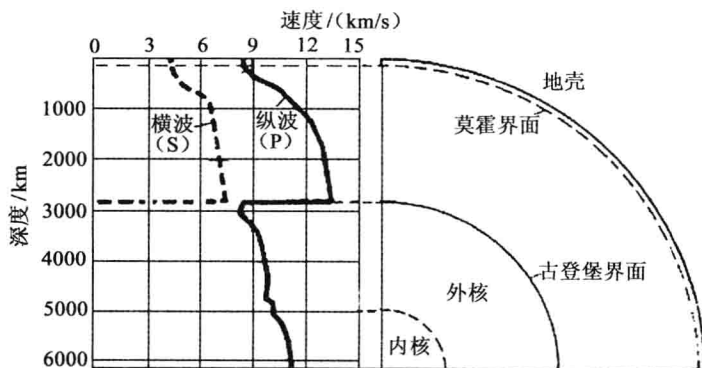


图 1-7 地震波速度与地球内部构造示意图

## 2. 地球内圈层的主要特征

### (1) 地壳

地壳是地球固体地表构造的最外圈层，整个地壳平均厚度约为 33km，其中大陆上的平均厚度是 30~40km，在褶皱山系区域可到 50~75km，在岛弧地区约为 20~30km，而在大洋地区只有 6~10km。

根据地壳组成物质的差异，地壳又可分为硅铝层和硅镁层（图 1-8）。

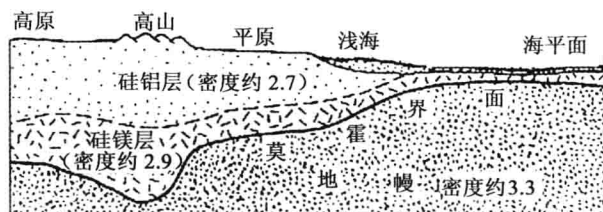


图 1-8 地壳结构示意图

① 硅铝层。是地壳上部不连续分布的一层。陆地上较厚，海洋底较薄或尖灭，平均约 10km。化学成分以硅、铝为主，称为硅铝层。由于其平均化学组成与花岗岩相似，该层又可称为“花岗岩质层”。

② 硅镁层。在大陆和海洋均有分布，是连续圈层，以莫霍界面为下限。该层富含硅和镁，称为硅镁层。由于该层平均化学组成与玄武岩相似，又可称为“玄武岩质层”。该层在大陆较厚，可达 30km；海洋区较薄，为 5~8km。

### (2) 地幔

地幔是指莫霍界面至深 2900km 的古登堡界面的圈层。由于其位于地壳之下、地核之上，因此又称为中间层。它占地球体积的 83%，质量占地球质量的 66%。根据地震波在地幔中的传播速度特征，以 1000km 深度为底界，可将其分为上地幔和下地幔两部分。

### (3) 地核

地核是地球的中心部分，指位于 2900km 深处以下直至地心。地核又分为外地核和内地核两部分。地核占地球总质量的 16%，地幔占 83%，而与人们关系最密切的地壳仅占 1% 而已。

## (二) 地球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地球表面的地球组成部分。根据其物理性质和状态的差异，可分为大气圈、水圈和生物圈。地球外圈层是地球长期演化的结果。大气圈和水圈的形成先于生物圈，而生物圈的形成对大气圈和水圈的演化产生巨大的影响。

### 2. 地球外圈层的主要特征

#### (1) 大气圈

大气圈又叫作大气层，由包围地球最外部的的气体组成。大气层的成分主要有氮气，占 78.1%；氧气占 20.9%；氩气占 0.93%；还有少量的二氧化碳、稀有气体和水蒸气。

大气层的空气密度随着高度而减小，越高空气越稀薄。大气层的厚度大约在 1000km 以上，但没有明显的界限。整个大气层随着高度不同表现出不同的特点，分为对流层、平流层、中间层、暖层和散逸层。与人类及地质作用最密切的是对流层，其次是平流层。

## (2) 水 圈

水圈是地球表面和接近地球表面的各种形态的水的总称。它包括海洋、河流、湖泊、沼泽、冰川,以及土壤和岩石孔隙中的地下水、岩浆水、聚合水,生物圈中的体液、细胞内液、生物聚合水化物等。

水圈内全部水体的总储量为 13.86 亿  $\text{km}^3$ ,其中海洋为 13.38 亿  $\text{km}^3$ ,占总储量的 96.5%。分布在大陆上的水包括地表水和地下水,各占余下的一半左右。在全球水的总储量中,淡水仅占 2.53%,其余均为咸水。

地球上的水从地表蒸发,凝结成云,降水到径流,积累到土中或水域,再次蒸发,进行周而复始的循环过程。因水循环而产生的外力地质作用,对塑造地表形态产生较大影响,也为生物的生存和演化提供了必要条件。

## (3) 生物圈

生物圈是指地球上凡是出现并感受到生命活动影响的地区,是地表有机体包括微生物及其自下而上环境的总称。生物圈包括海平面以上约 10km 至海平面以下 10km 处,包括大气圈的下层、岩石圈的上层、整个土壤圈和水圈。但是,大部分生物都集中在地表以上 100m 到水下 100m 的大气圈、水圈、岩石圈、土壤圈等圈层的交界处,这里是生物圈的核心。

# 第四节 地质作用

地质作用是指由于受到某种能量(外力、内力、人为)的作用,而引起地壳组成物质、地壳构造、地表形态等不断变化和形成的作用。

有些地质作用进行的速度十分迅速和剧烈,易被人类察觉,甚至还能造成严重灾害,如地震、火山喷发、山洪、泥石流、海啸等。大多数地质作用进行的速度不易被察觉,如喜马拉雅山在三千万年前还是一片汪洋大海,而今却成为世界最高峰;我国兰州附近厚达 200m 的黄土,则是二十万年时间内沉积而成的。

根据地质作用进行的场所和能量来源不同,可将地质作用分为两大类:内力地质作用和外力地质作用。内力地质作用是在地壳或地幔中进行的,能量主要来自地球内部,如地球重力能、旋转能和放射性物质衰变所产生的热能等;外力地质作用是在地壳表面或接近地表的地方进行的,能量主要来自地球外部,主要是太阳的辐射能。

## 一、内力地质作用

由地球的旋转能、重力能和地球内部的热能等引起的促使整个地壳物质成分、地壳内部结构、地表形态发生变化的地质作用称为内力地质作用。它包括构造运动、地震作用、岩浆作用和变质作用。

### (一) 构造运动

构造运动是由地球内动力引起的机械运动。是由地球内力引起地壳乃至岩石圈的变位、变形和洋底的增生、消亡的机械作用,以及相伴随的地震活动、岩浆活动和变质作用。构造运动产生褶皱、断裂等各种地质构造,引起海、陆轮廓的变化,地壳的隆起、拗陷和山脉、海沟的形成等。

### 1. 构造运动的基本形式

按照构造运动进行的方向,可将其分为水平运动和垂直运动两种基本形式。

① 水平运动。是指地壳在水平方向起主要作用的力,即与地面成切线方向的力(包括地壳的压缩和拉张)作用下,地壳岩层所发生的运动。这种运动使相邻块体受到挤压,或者被分离拉开,或者剪切错动,甚至旋转。水平运动主要使地壳的岩层弯曲和断裂,形成巨大的褶皱山脉和断裂构造。因此,水平运动又称为造山运动。

② 垂直运动。是指地壳块体沿着地球半径方向发生的上升或下降的运动。垂直运动常常表现为规模很大的隆起或拗陷,从而造成海陆变迁和地势高低起伏。由于地壳上升使海水退却,一部分海底成为陆地;地壳下降,海水侵入,原来的陆地变为海洋。因此,垂直运动又称为造陆运动。

### 2. 构造运动的基本特点

构造运动具有如下基本特点。

① 构造运动具有普遍性和永恒性。任何区域和任何时间都在发生运动。构造运动不但过去有、现在有,将来也不会停止。通常,把新第三纪以来的地壳运动称为新构造运动。

② 构造运动具有方向性。构造运动的方向最基本的有两种:水平运动和垂直运动。水平运动和垂直运动是构成地壳整个空间变形的两个分量,彼此不能截然分开,但也不能等同看待。它们在具体空间和时间中的表现常有主次之分,在一定的条件下,还可彼此转化。

③ 构造运动具有非均速性。构造运动的速度有快慢,即使缓慢的运动,其速度也不是均等的。总的来说,构造运动的速度在时间和在空间上都不均等,有强有弱。

④ 构造运动具有不同的幅度和规模。构造运动的幅度常大小不一,这与运动的方向和速度有关。当运动的方向在长期内保持一致而且速度又较快时,其运动的幅度就增大;若运动的方向变化频繁,其幅度就小。

## (二) 地震作用

由构造运动、火山喷发等引起的地壳快速颤动称为地震。将孕震、发震和余震的全部作用过程称为地震作用。

### 1. 基本概念

① 震源。地震的发源地,是地下深处发生地震的地点。

② 震中。是指地震波首先达到地面的地点,即震源在地表面的垂直投影点(图1-9)。

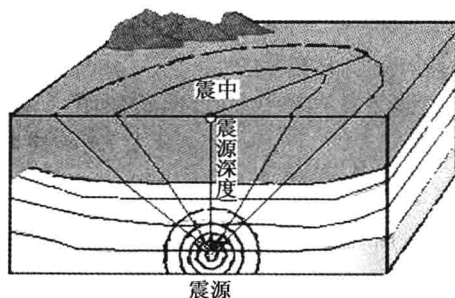


图1-9 震源、震中和震源深度示意图

③ 震源深度。震中至震源的距离。如 2008 年我国汶川 8.0 级地震的震源深度约为 18km。

④ 震级。是指地震时释放能量的大小。一次地震只有一个震级，以该次地震中的主震震级为代表。震源释放出的能量越多，震级就越大。

地震震级是根据地震仪记录的地震波振幅来测定的，一般采用里氏震级标准。地震震级分为 9 级，一般小于 2.5 级的地震人无感觉；2.5 级以上人有感觉；5 级以上的地震会造成破坏。

一般将小于 1 级的地震称为超微震；大于或等于 1 级，小于 3 级的称为弱震或微震；大于或等于 3 级，小于 4.5 级的称为有感地震；大于或等于 4.5 级，小于 6 级的称为中强震；大于或等于 6 级，小于 7 级的称为强震；大于或等于 7 级的称为大地震；8 级及 8 级以上的称为巨大地震。

⑤ 地震烈度。是指地震对地表和建筑物的破坏程度。2008 年我国汶川发生的地震，震中烈度最高可达 12 度。

地震烈度往往与地震震级、震中距、震源深度等有关。一次地震的震级只有一个，但是该次地震的烈度可能不止一个。中国地震烈度划分为 12 度。

I 度：无感，仅仪器能记录到；

II 度：个别敏感的人在完全静止中有感；

III 度：室内少数人在静止中有感，悬挂物轻微摆动；

IV 度：室内大多数人、室外少数人有感，悬挂物摆动，不稳器皿作响；

V 度：室外大多数人有感，家畜不宁，门窗作响，墙壁表面出现裂纹；

VI 度：人站立不稳，家畜外逃，器皿翻落，简陋棚舍损坏，陡坎滑坡；

VII 度：房屋轻微损坏，牌坊和烟囱损坏，地表出现裂缝及喷沙冒水；

VIII 度：房屋多有损坏，少数破坏路基塌方，地下管道破裂；

IX 度：房屋大多数破坏，少数倾倒，牌坊和烟囱等崩塌，铁轨弯曲；

X 度：房屋倾倒，道路毁坏，山石大量崩塌，水面大浪扑岸；

XI 度：房屋大量倒塌，路基堤岸大段崩毁，地表产生很大变化；

XII 度：一切建筑物普遍毁坏，地形剧烈变化，动植物遭毁灭。

⑥ 地震波。是指从震源产生向四外辐射的弹性波。

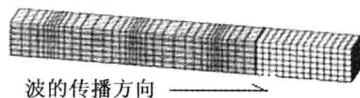
地震波按照传播方式，分为 3 种类型：纵波、横波（图 1-10）和面波。

纵波是质点振动方向与传播方向相同的地震波，地壳中传播速度为 5.5 ~ 7km/s，最先到达震中，又称为 P 波。它能在固、液、气体中传播，使地面发生上下振动，破坏性较弱。

横波是质点振动方向与波的传播方向垂直的地震波，在地壳中的传播速度为 3.2 ~ 4.0km/s，第二个到达震中，又称为 S 波。它仅能在固体中传播，使地面发生前后、左右抖动，破坏性较强。

面波又称为 L 波，是由纵波与横波在地表相遇后激发产生的混合波。其波长长、振幅强，只能沿地表面传播，是造成建筑物强烈破坏的主要因素。

纵波（P 波）



横波（S 波）

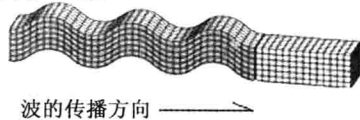


图 1-10 横波和纵波示意图



## 2. 地震的成因类型

根据地震的成因,可将地震分为构造地震、火山地震、陷落地震和诱发地震等。

① 构造地震。由于地壳构造运动使深部岩石薄弱部位的应变超过容许值,岩层发生断裂、错动而引起的地面振动。破坏性地震主要属于构造地震。据统计,构造地震约占世界地震总数的90%以上。

② 火山地震。由于火山作用,如岩浆猛烈冲出地面、气体爆炸等引起的地震称为火山地震。这类地震只占全世界地震的7%左右,在我国很少见。

③ 陷落地震。由于地表或地下岩层突然大规模陷落或崩塌而造成的地震,如地下溶洞或旧坑崩塌所引起的。这类地震的震级很小,造成的破坏很弱,次数也很少,约占3%。

④ 诱发地震。因人为因素(如由于水库蓄水或深井注水等)引起的地震。工业爆破、地下核爆炸等造成的振动,有时也会诱发地震。

按照震源深度,地震可分为浅源地震、中源地震和深源地震。

- 浅源地震。震源深度小于70km的地震。全世界85%以上的地震都是浅源地震。浅源地震波及范围小,但破坏力大。如2008年我国汶川8.0级地震的震源深度约为18km,属于浅源地震,该地震对地表建筑物造成极大的破坏。

- 中源地震。震源深度在70~300km的地震,占12%,破坏性大。

- 深源地震。震源深度大于300km,占3%。震源深,波及范围大,破坏性小。

## 3. 地震带的分布

① 中国地震带。中国是多地震的国家之一,地震带可划分为:东南沿海及台湾地震带;燕山南麓、华北平原两侧与太行山东麓、山西中部盆地和渭河盆地地震带;贺兰山、六盘山向南横越秦岭,至滇东地区地震带;喜马拉雅—滇西地区,是地中海—南亚地震带经过中国的部分;从西昆仑至祁连山和河西走廊地震带;新疆帕米尔至天山南北地震带(图1-11)。

② 世界地震带。世界上主要有三大地震带:环太平洋地震带、欧亚地震带、海岭地震带(图1-12)。

环太平洋地震带分布在太平洋周围,包括南北美洲太平洋沿岸和从阿留申群岛、堪察加半岛、日本列岛南下至我国台湾,再经菲律宾群岛转向东南,直到新西兰。这里是全球分布最广、地震最多的地震带,所释放的能量约占全球的3/4。

欧亚地震带从地中海向东,一支经中亚至喜马拉雅山,然后向南经我国横断山脉过缅甸,呈弧形转向东,至印度尼西亚;另一支从中亚向东北延伸,至堪察加,分布比较零散。

海岭地震带分布在太平洋、大西洋、印度洋中的海岭地区(海底山脉)。

### (三) 岩浆作用

岩浆作用是指地下深处岩浆沿构造破裂带侵入地壳或喷出地表,岩浆在上升过程中,与围岩相互作用,不断改变自身的化学成分和物理状态。岩浆的这种侵入、喷出活动至冷凝成岩石的全部过程,称为岩浆作用。

#### 1. 岩浆概念

岩浆是地壳深处或上地幔天然形成的、富含挥发组分的高温黏稠的硅酸盐熔融体,它是形成各种岩浆岩和岩浆矿床的母体。