

煤  
矿  
地  
质  
学

中国矿业学院煤田地质勘探教研室 编

煤炭工业出版社



# 煤矿地质学

中国矿业学院煤田地质勘探教研室 编

煤炭工业出版社

## 内 容 提 要

本书内容包括：煤矿地质学基础、影响煤矿生产的地质因素、地质资料的获得与使用。主要是矿业学院建井、采煤专业的教材，也可供生产部门参考使用。

## 煤 矿 地 质 学

中国矿业学院煤田地质勘探教研室 编

\*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 20<sup>1</sup>/<sub>2</sub>插页2

字数 490 千字 印数1—14,160

1979年6月第1版 1979年6月第1次印刷

书号15035·2223 定价2.20元

# 前 言

煤矿地质学是采煤、建井专业技术人员必修的技术基础课，它主要介绍与煤矿基建、生产有关的地质知识。

什么是地质学？概括地说，地质学是研究地球的科学，重点对象是地球外表的一层薄壳——地壳。地壳与我们的生活有着密切的关系，它不仅是人类生息的地方，并且还蕴藏着极其丰富的矿产资源，煤就是其中的一种。

我国煤炭资源极为丰富，储量居世界前列。煤又是我国主要的能源，所以，实现四个现代化的宏伟规划，要求煤炭工业有个飞速的发展。当前，随着采煤机械化、自动化的发展，对影响煤矿生产的各种地质因素的了解，要求越来越高，认识地质现象、掌握地质规律，已成为广大煤矿生产工作者的迫切愿望。本书密切结合煤矿的特点，比较全面的介绍了有关的地质知识。

全书共分三部分内容。第一部分为“煤矿地质学基础”，扼要介绍了地球的形成、发展和变化过程，矿物岩石、地质时代、生物演化以及有关煤炭资源的形成和分布等问题。第二部分是“影响煤矿生产的地质因素”，主要介绍井下生产过程中经常遇到哪些地质问题，如何鉴别、处理。第三部分是“地质资料的获得与使用，主要介绍煤矿各设计阶段所需要的地质资料，各种地质资料如何使用。

为便于战斗在生产第一线的广大读者学习参考，我们把采煤、建井专业所需要的地质学内容合编成一册。但在作为教材使用时，可根据专业需要、矿区特点、学时安排，选择有关章节重点讲授。

本教材由于双忠、王绍章、崔玉秀、林民鼎同志执笔。在编写过程中，得到南桐矿务局红岩煤矿、淮南基建局、徐州矿务局及兄弟院校等单位的热情帮助，提供了许多宝贵意见和资料，对教材的编写起了重要作用。在此，一并致谢。

由于我们的政治思想水平和业务水平低，加之时间仓促，必然存在不少缺点和错误，热忱地希望读者批评指正。

# 目 录

## 第一篇 煤矿地质学基础

第一章 地球概况 .....	1
第一节 地球及其在宇宙中的地位 .....	1
第二节 地球的圈层构造 .....	3
第三节 地球的几种物理性质 .....	8
第四节 地质作用与地壳运动 .....	11
第二章 矿物和岩石 .....	17
第一节 矿物 .....	17
第二节 岩浆岩 .....	29
第三节 变质岩 .....	38
第四节 沉积岩 .....	41
第三章 地层、古生物和地史概述 .....	57
第一节 地层及地质时代的确定 .....	58
第二节 地层系统和地质时代 .....	60
第三节 古生物简介 .....	64
第四节 地史概述 .....	71
第四章 煤及煤系 .....	77
第一节 煤的形成和综合利用 .....	77
第二节 煤的物质组成和性质 .....	81
第三节 煤系的组成 .....	92
第四节 煤系的类型 .....	100

## 第二篇 影响煤矿生产的地质因素

第一章 地质构造 .....	107
第一节 单斜构造 .....	108
第二节 褶曲构造 .....	113
第三节 断裂构造 .....	122
第四节 读图方法 .....	140
第五节 地质力学及其在煤矿生产中的应用 .....	143
第二章 煤层厚度的变化 .....	155
第一节 煤层厚度变化的原因 .....	155
第二节 煤厚变化对生产的影响 .....	158
第三节 煤厚变化的探测工作 .....	159
第四节 生产中处理煤厚变化的一些实例 .....	163
第三章 矿井水 .....	165
第一节 地下水的基本知识 .....	165

第二节	矿井水的来源	175
第三节	矿井涌水量的预测方法	185
第四节	矿井水的防治	195
<b>第四章</b>	<b>岩溶塌陷</b>	<b>208</b>
第一节	岩溶塌陷的成因及特征	208
第二节	岩溶塌陷误判的原因及判别标志	211
第三节	岩溶塌陷的处理方法	212
<b>第五章</b>	<b>岩浆侵入活动对煤矿的影响</b>	<b>215</b>
第一节	岩浆侵入体的一般特点	215
第二节	生产矿井对岩浆侵入体的观测与研究	218
第三节	岩浆侵入体对煤矿生产的影响及处理方法	220
<b>第六章</b>	<b>岩土层的工程地质条件</b>	<b>221</b>
第一节	土的工程地质性质	221
第二节	岩石的工程地质性质	234
第三节	与建井施工有关的工程地质问题	239

### 第三篇 地质资料的获得与使用

<b>第一章</b>	<b>煤田地质勘探</b>	<b>253</b>
第一节	煤田地质勘探阶段的划分及各阶段的任务	253
第二节	煤田地质勘探方法	257
<b>第二章</b>	<b>井田精查勘探地质报告——矿井设计的依据</b>	<b>266</b>
第一节	井田精查勘探地质报告的内容	266
第二节	井田精查勘探地质报告的使用	269
第三节	地质资料的审查与评价	284
<b>第三章</b>	<b>建井时期的地质工作</b>	<b>285</b>
第一节	煤矿建井地质工作的主要任务	285
第二节	布置井筒检查钻孔的方法和要求	288
第三节	建井时期的几种常用图件	290
<b>第四章</b>	<b>矿井生产时期的地质工作及地质说明书</b>	<b>297</b>
第一节	矿井生产时期的地质工作	297
第二节	生产勘探	299
第三节	地质说明书	299
第四节	矿井储量管理	312
<b>附录</b>		<b>319</b>
<b>主要参考文献</b>		<b>322</b>

# 第一篇 煤矿地质学基础

## 第一章 地球的概况

我们开采的各种矿产赋存在地壳（地球表面的一层薄壳）之中。各种矿产的形成是地壳物质运动和演变的产物。这些运动和演变又不是孤立地进行的，而是与地壳内部和外部的物质及其运动，甚至与其他星体（特别是太阳）有密切关系。在本章我们将概略地介绍下列内容：

1. 地球及其在宇宙中的地位；
2. 地球的圈层构造；
3. 地球的几种物理性质；
4. 地质作用与地壳运动。

虽然本章涉及的某些问题，在科学发展的现阶段还不能得到完善的解决，但对它们有一个初步的了解，有助于我们更好地去认识自然界的各种地质现象。

### 第一节 地球及其在宇宙中的地位

在古代，人们对于自然界的认识能力很低，对于‘天’、‘地’、日、月、星辰等等不能作科学的解释，于是产生了各种各样的神话和传说。例如，我国就有〈盘古氏开天辟地〉、〈女娲氏炼石补天〉等神话和〈天圆地方〉等传说。

随着生产活动的日益发达，人们对自然界的了解也逐步增多。特别是在天文学、物理学、化学及生物学这几门自然科学的影响下，专门研究地球的科学——地质学也在不断地发展，使人们对自己劳动、生息的地球，逐步有了较多的认识。

#### 一、地球的形状和大小

我们居住的地球是个不停地转动着的巨大球体，它一方面围绕地轴自转（地球赤道上自转线速度每小时达1600多公里），同时还围绕着太阳公转（地球公转线速度每小时达10万多公里）。由于它一直在急速旋转，所以地球的形状实际上并不是一个理想的圆球体，而是一个扁球体。其赤道半径稍长，而极半径稍短。所谓地球的扁率就是指地球长短半径之差与长半径之比，它也是描述地球形状的主要参数之一。自从人造地球卫星出现以来，扁率测量的精度大大提高了。有关地球形状和大小的数据如下：

地球赤道半径	6,378.160公里
地球的极半径	6,356.755公里
扁率	1/298.25
地球的表面积	约为 $5.1 \times 10^8$ 平方公里

地球的体积	约为 $1.08 \times 10^{12}$ 立方公里
平均密度	5.517克/厘米 <sup>3</sup>
地球的质量	$5.976 \times 10^{21}$ 吨

如果你想对地球的形状了解得更直观些，那末请看图1-1-1。

在古代，不少思想界的先驱曾为了探索地球的形状而绞尽脑汁。但他们只能根据海边远航归来的船桅或是月蚀时地球在月球上的阴影等等现象，来间接推测地球的形状。而如今，由于科学技术的飞速发展，我们已经一目了然地直接见到它的真面貌了。



图 1-1-1 这就是我们居住的地球  
(卫星拍摄的地球照片)

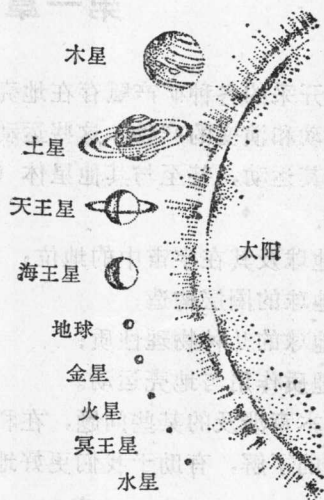


图 1-1-2 太阳系九大行星与太阳  
的体积比例示意图

## 二、地球在宇宙中的地位

与我们日常生活中所接触的物体相比，地球是个大得难以想像的“庞然大物”。但是，如果考察一下地球在太阳系中的地位，那末我们的地球就十分渺小了（见图1-1-2）。

太阳是颗自己能发光发热的恒星，其体积约比地球大130万倍。太阳系的直径约120亿公里。与我们地球相比，太阳和整个太阳系是多么巨大，多么辽阔！太阳除自转外，它还携带了整个太阳系在银河系中围绕着银河系的中心，以每秒230公里的速度不停的旋转着。

太阳本身是一团炽热的气体，表面温度约 $6000^{\circ}\text{C}$ ，内核温度估计高达 $2000\sim 3000$ 万度。太阳时刻散发出巨大的能量，这是引起地球表面各种地质作用的能源，使地球的面貌经常发生着变化。“万物生长靠太阳”。地球上生物界的生存和发展离不开太阳的光和热。从能量转化的角度来谈，我们开采的煤炭所发出的光和热，其来源首先就在于古代的植物吸收了太阳发出的能量，通过生命活动转化为植物有机体。因此有人把煤称为“太阳石”。由此可见，太阳与地球表面地质作用的进行和某些重要矿产的形成关系极为密切。

如果我们放开眼界从整个银河系来看，那末太阳和太阳系又成了它的极其渺小的组成部分了。银河系是个巨大的旋涡状星系，它是由较明亮的星体及较暗淡的星云、星团等物质组成的。它的总质量约相当于2亿个太阳，直径约10万光年（光年是天文工作者用来衡量



宇宙空间距离的单位，1光年也就是一年时间内光的行程，相当于 $9.46 \times 10^{12}$ 公里)。在银河系中各式各样的星星就有1000亿颗以上（图1-1-3）。

但银河系在广阔无际的宇宙空间中只是个有一定形状、一定边际的“小天地”。近年来，随着科学技术的进展，天文工作者已在银河系之外拍摄到10亿多个旋涡状星系，其中有许多星系的质量和体积都比银河系还大，可见银河系在整个宇宙空间也不占什么重要地位。

随着科学的进展，目前人们对宇宙的研究已扩大到了一百亿光年的遥远空间。科学的事实雄辩地证明了宇宙在时间和空间上都是无限的。宇宙中的物质都在不断地运动和发展之中。星球也是如此，有些正在衰老和消亡，另一些则正在形成和新生。

至于说到地球的起源，百多年来一直是自然科学中尚待解决的重大基本问题之一。目前仍处于各种科学假说纷争的局面。根据最近若干年内地球化学及地球物理学所获得的研究成果，现在人们倾向于一种新的星云假说，一方面赞同地球的起源问题应与太阳系的形成联系在一起，是个统一的过程，另一方面又认为太阳系的各个行星，是由星云中温度并不高的气体、尘埃及类似各种陨石的固体物质逐渐聚集成成的，最初并不曾经历赤热熔融的状态。地球在形成初期是没有大气和水的，当然也没有海洋了。大气及水都是后来由固体地球的内部物质的不断演化而生成的。目前地壳中还保存有大量水、二氧化碳、氮、硫、氯及挥发性金属汞（这些物质在太阳上很稀少）等物质的事实，有力地支持了这一认为地球是由比较冷的固体物质聚集而成的假说。

以上我们介绍了有关地球的形状、大小和起源方面的一些情况。如果单从体积大小来看，我们的地球在宇宙中只是个极其渺小的星体。但是，如果从另一个角度来看，我们的地球在宇宙和太阳系中占有特殊重要的地位。在它的漫长的发展过程中，逐渐形成了它的圈层构造，它表面的气、水、地壳三圈，对生命的滋生和生物的发展提供了有利的环境，特别是随着生物界的演化，出现了能认识和改造自然的人类。这种特殊优越的物质条件正是其他许多星体所缺乏的。

## 第二节 地球的圈层构造

我们采矿工作者为了开采地下的矿产资源，经常要在地下岩石中开凿各种井巷工程，一般的深度是几百米至几千米。对整个地球说来这仅涉及它外壳上极薄的一层。除此之外，地球的其余部分在物质组成上有哪些特点？与我们采矿活动直接涉及的矿产和岩石又有什么关系？为了回答这些问题，我们应该对组成地球的各个圈层有所了解。

目前的研究表明，地球本身不是由均一的物质组成的。按照物质的成分和物态的差别，可将地球分为一个核心和围绕着核心的几个同心圈层。我们能直接观察到的圈层称外

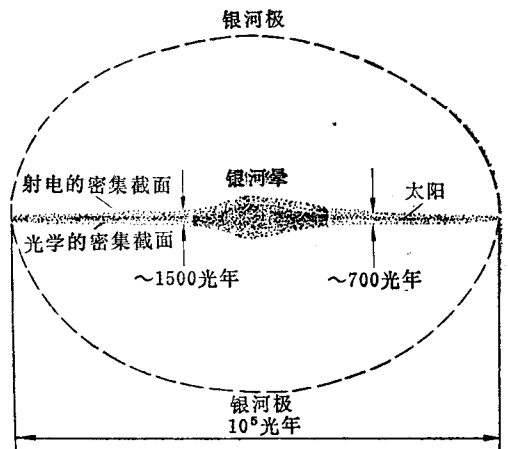


图 1-1-3 银河系的纵剖面

圈层；我们无法直接观察到的则称为内层圈（图1-1-4）。值得注意的是，目前这种圈层构造，并不是在地球生成的最初阶段就已具备，而是在地球漫长的发展过程中逐步形成的。

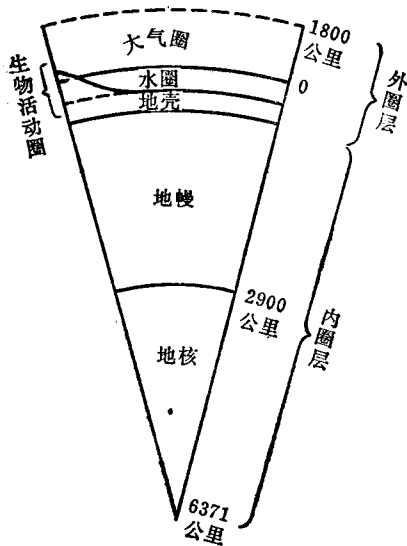


图 1-1-4 地球的圈层构造

### 一、地球的外圈层

根据组成外圈层的物态的不同，可分为三个圈层：气态的大气圈；液态的水圈和固态的地壳。如上所述，目前我们所见到的气、水、地壳三圈并不是地球生来就有的，而是地幔的物质经历了几十亿年的漫长演变的结果。在这外部三个圈层形成之后，地球上才开始有生命的滋生和生物界的发展。反过来，一旦生物界大量繁殖和发展之后，又对气、水、地壳三圈的演变产生巨大的影响。

此外，大气圈、水圈及地壳彼此间又相互影响。由于地壳的运动，往往给气、水两圈增添许多来自地球内部的物质成分；而气、水两圈又在太阳能的推动下，对地壳的面貌不断地进行改造。我们今天开采的许多重要矿产，如煤、石油、岩盐、石膏和大部分铁、铝、磷、锰等等的形成都是与这一过程密切相关的。

#### （一）大气圈

是地球最外面的一个圈层。它笼罩着陆地和海洋，其上界可达1800公里或更高的高空，逐渐向星际空间过渡。目前了解得最清楚的主要是大气圈底部几十公里的范围。例如自地表到10~17公里的高空称为对流层，大气圈总质量的75%全集中在这一层内，物质成分主要是氮（78%）和氧（21%），此外还有少量二氧化碳、水蒸汽等。由于靠近地表的温度高，高空的温度低，寒暖气流在此层内对流。所有的风、云、雨、雪等天气现象全发生在这一层内。因此它对地球上生物的生长、发育和地表面貌的变化起着极大的影响。

大气圈的存在，除了为生物界的生存提供了必需的二氧化碳和氧等物质，保证了适宜于生命活动的温度、湿度等条件外，还起到了保护生物免受强烈的宇宙射线和陨石等宇宙物质伤害的作用。例如，大约在四亿多年前，高空臭氧层的最终形成，遮挡了对生物有害的大量紫外线，为陆生植物的生长创造了有利条件。

#### （二）水圈

地球的水圈是在原始大气圈的成分中有了大量水蒸气之后才逐渐形成的。目前地球表面大多数地方为海洋所占。海洋的面积约为36200万平方公里，相当于地球总面积的71%。此外，在陆地上还广泛分布着湖泊、河流，在地下还存在着大量的地下水。因此也应将水圈看成是地球的一个具有连续性分布的圈层。

地球表面水圈的存在，对生命的起源、生物界的演化、发展和沉积矿产的形成曾起过十分重要的作用。例如，我国目前已发现的沉积型铁、锰、铝、磷等矿产，主要都是形成在古代靠近海岸的浅海地带。邻近大陆的浅海底下，往往蕴藏着丰富的石油和其他矿产资源。目前，许多国家都非常重视海底矿产资源的勘探和开发。我国海域辽阔，海底的矿产资源也是十分丰富的。例如我国大陆边缘的渤海、黄海、东海和南海主要属于浅海区，储

油的远景极大。水圈的主体是海洋，根据近年来获得的资料表明，海底地形也和陆地上一样，同样是十分复杂的。大洋中有峻峭的海岭，高出海底达几千米，绵延长达几万公里，还有高地、海底峡谷、海底火山、平顶山、珊瑚岛、深海沟等。

现将海洋总的分带情况和地质特征简单介绍如下（图1-1-5）：

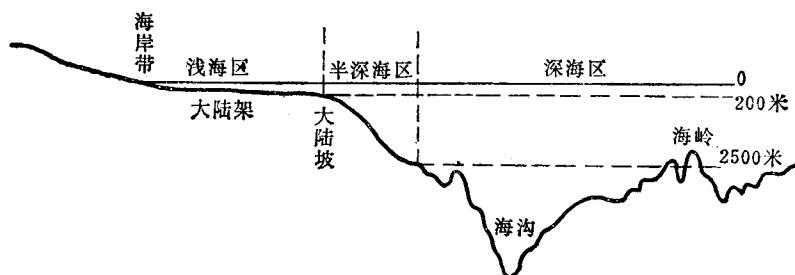


图 1-1-5 海洋分区及海底地形示意图

1. 海岸带 海边水深在20米以内的地带。其特点是落潮时可露出水面，涨潮时又被海水所淹，经常受到海浪的冲击。

2. 大陆架 海水深度不超过200米，所以这一带的海称为浅海。大陆架是大陆边缘的延展部分，它是大陆上搬运来的物质大量堆积的场所。由于空气和阳光充足、营养丰富，所以是海洋中生物繁殖最多的地方。由于这种有利条件，大陆架的沉积物中常蕴藏着丰富的石油。因此，近年来许多国家都在大力开展对大陆架的研究。

在第四纪大冰期时，由于大量的水变成了冰，导致海面下降，所以现今的大陆架曾露在当时的海面之上。

3. 大陆坡 由大陆架再向外洋延伸，海底坡度突然加大（可由几度到二十多度），水深由200米至2500米，这一带的海称为半深海。

大陆坡是地球的一个十分重要的表面特征。地球物理勘探的结果表明，海洋岩石和大陆岩石的密度、磁化强度等均有明显差别，而这两大类岩石分布的边界就出现在大陆坡上。因此，大陆坡才是陆壳和洋壳之间的边界。

4. 大洋盆地 海水深度自2500米至6000米，这部分的海称为深海或大洋。在大洋盆地的中部常分布着海下山脊，称为海岭。

5. 海岭 或称大洋中脊。近年来，由于海洋考察工作的进展，在大西洋、太平洋及印度洋中都发现有海岭。例如，大西洋中央的海岭北起北极海、纵贯大西洋，向南绕经好望角，直向印度洋中延伸。其高度可达3000米，宽度超过200公里。与陆上的山脉常是受挤压而形成的成因相反，海岭与火山相似，具有张裂的特点。在大西洋海岭的中央，有一条深2000米、宽50多公里的断裂谷。海洋中浅源地震的震源大多沿海岭分布，海岭的热流值也较高（较世界各地的平均值高2~3倍）。所以，近年来新兴的海底扩张假说认为：来自地幔上层的物质正是由海岭中的裂口涌出，并向两侧扩张形成新的海底。

6. 海沟 在大洋（主要是太平洋）的边缘，往往分布着深沟，称为海沟。海水的深度一般有8000米至10000米左右。世界上最深的海沟在菲律宾群岛以东，深达11000米。这些海沟在地质上也有很大的重要性，因为地球上最强烈的地震和火山活动都发生在它们的附近（靠大陆的一侧）。根据板块构造学说，不断扩张的大洋地壳和地幔上部的岩石正是在海

沟处向下俯冲，被带进地幔的深处而被“消化”掉。

### (三) 地壳

是地球外部的一层薄壳，它是目前地质科学主要的研究对象。各种矿产资源的形成和保存，是与地壳的运动和演化分不开的。

地壳的厚度各地不一。一般的规律是：大陆所在的地方地壳较厚，如平原区厚约30公里左右；高原及高山区则更厚些，例如我国的青藏高原，地壳厚达70公里左右；而海洋所在的地方地壳较薄，往往不到10公里。

组成地壳的物质从元素成分来看，大致可分为上、下两层：

1. 上层 比重较轻，约2.6~2.7。成分以硅、铝为主，所以常称为硅铝层。
2. 下层 比重较大，约2.8~2.9。成分除硅、铝以外，还含有较多的铁、镁，所以常称为硅镁层。

在大陆地区的地壳一般均有这两层物质，而在海洋地区，其地壳的硅铝层往往很薄，有的地区（如太平洋）甚至完全缺失，而只有硅镁层。地壳的厚度和物质组成的变化情况见图1-1-6。

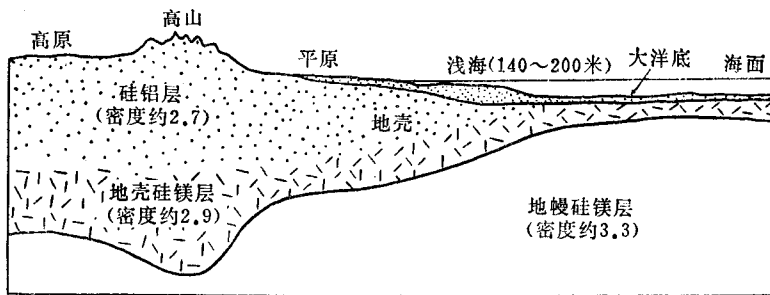


图 1-1-6 地壳厚度和物质组成示意剖面

虽然已发现的化学元素达百余种，但它们在地壳中的分布是极不均匀的，各元素所占的百分比相差也极悬殊。现将占最主要地位的十种元素在地壳中的平均重量百分值介绍如下：

氧 (O)	46.60	钠 (Na)	2.83
硅 (Si)	27.72	钾 (K)	2.59
铝 (Al)	8.13	镁 (Mg)	2.09
铁 (Fe)	5.00	钛 (Ti)	0.44
钙 (Ca)	3.63	氢 (H)	0.14

上述情况表明：氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、钛、氢十种元素共占地壳总量的99.17%，其中氧几乎占了1/2（如按体积百分比计算则达93.77%），硅占了1/4强。相比之下，其他90多种元素（其中有许多是组成重要的金属和非金属矿产的元素）在地壳中的平均含量是极其稀少的。

如果元素在地壳中完全按照其平均含量均匀地分布，那么不仅许多对国民经济和国防意义重大的矿产（如铜、铅、锌、钨、钼、金、银、铀、铍、锂等）均将因太分散而无法开采，甚至象铁这样的在地壳中平均含量较多的元素也将无法开采。这是因为目前可供开



采的铁矿石其含铁量应大于25~30%，也就是说要比地壳中铁的平均含量大5~6倍，才能满足目前工业开采的要求。

随着地壳的不断运动和演化，地壳中的各种化学元素在各种地质作用的影响下，也不断地进行着迁移和聚积，分散和集中。正因为如此，所以不少元素虽然在地壳中的平均含量极为稀少，但仍然有可能在某种有利的地质条件下富集起来，形成有经济价值的矿产聚集体，也就是矿床，成为我们采矿工作者的开采对象。

以上是地球的外圈层气、水、地壳三层的概况。由于考虑到生物活动对这三圈的巨大影响，因此有人曾建议在外圈层中增加一个生物圈，其范围包括大气圈的下部、水圈的全部以及地壳的浅部。这样，地球的外圈层就包括气、水、地壳及生物四个圈层。

许多岩石和矿产的形成(例如煤、石灰岩等等)全有生物的直接或间接参与。所以，生物活动的地质意义是应该充分考虑的。特别是人类已经成为地球的主人，随着科学技术的发展，人类认识自然和改造自然的能力日益强大，人类的活动已成为改变地球面貌的重要因素。

## 二、地球的内圈层

地球内部的物质成分和物理状态是怎样的呢？这些问题长期以来一直受到人们的重视。这是因为许多金属矿产(如铅、锌、钨、钼等)的形成，以及一些严重的自然灾害(如火山爆发、地震)的发生，显然与地球内部的物质及其运动有密切关系。

以往只能根据火山喷发出的物质来推测地球内部的情况。近几十年来则利用地震波来研究地球内部的构造和物理状态。

地震波主要有两种类型：一种叫纵波(P波)，它的传播速度较快，而且在固态及液态的介质中均能透过；另一种叫横波(S波)，它的传播速度较慢，而且只能在固态的介质中透过。不论纵波还是横波，其传播速度都决定于介质的弹性和密度。介质的弹性越强，密度越大，地震波在其中传播的速度也越快。因此，可以根据地震波传播速度的快慢变化，反映地球内部物质的物理状态(图1-1-7)。

目前根据地震波所提供的信息，对地球内部情况的了解大致如下：

1. 在地下几十公里深处(平均为35公里)，地震波速度突然增大，表明在该处存在一个界面，其上下物质有显著的差别。由于这一界面是南斯拉夫人莫霍洛维奇在1909年首先发现，所以称为莫霍面(M界面)。在这界面以上的部分就是地壳，以下的部分就是地幔(其底界在深约2900公里的地方)。由于地壳的厚度各地不同，所以莫霍面不是一个平坦的界面，而是高低起伏的。

2. 在地幔上部，地震波速度有一个低速带(较其上下均低)。目前的解释是在这一深度的

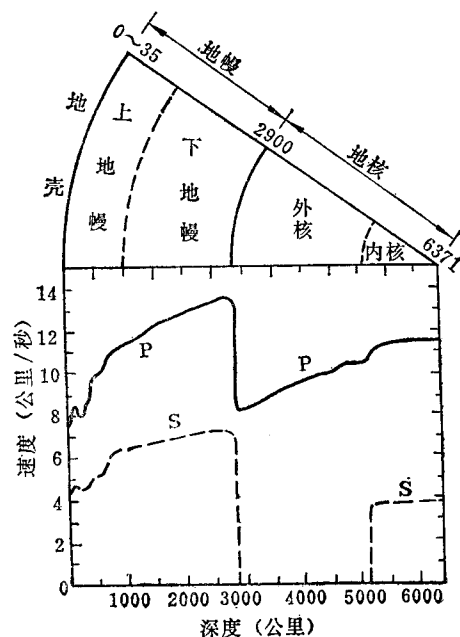


图 1-1-7 地震波速度变化与地球内部分层

岩石，其温度已接近熔点，但尚未熔化，所以地震波的速度比别处低。这一低速带的厚度也是不均一的，其顶面的深度变动于70~150公里的范围内；其底面的深度变动于200~360公里的范围内。地幔上部的这一低速带又称为软流层，它在地质上相当重要，很可能许多重要的地质作用都与它有关。例如，它很可能就是高温熔融的岩浆的发源地。按照新兴的板块构造学说，地壳运动就是各个板块在地幔软流层上按各自的方向和速度移动。

3. 在地下深约2900公里的地方，纵波（P）的速度突然下降，而横波（S）完全不见了。这表明该处物质的物理状态又有了明显的变化，这就是地幔与地核之间的界面。这一界面是个固态与液态的相变界面，这是因为下地幔地震波的速度最快，说明该处物质是呈固态的，而地核的外层（外核）不能使S波通过，所以外核只能是液态的（当然，这是处于高温、高压条件下的液态）。据推测，外核主要由熔融的铁和镍的混合物组成，其中还包含少量的硅及硫。

4. 在地下深约5145公里处，又出现一个液态变固态的相变界面，这就是内外地核之间的界面。P波的速度又有明显加快，同时P波穿入内核时可转换成S波，穿出时又转换成P波。这表明内核是固态的。据推测，组成内核的物质的化学成分与铁陨石相似。

### 第三节 地球的几种物理性质

地球的物理性质从不同侧面反映了地球内部的物质组成。目前，人们已利用这些知识来为开发地下的矿产资源服务。

现将与采矿工作关系较大的若干种物理性质如密度、地压、地热、地磁和重力简要介绍于下。

#### 一、密度

根据物理方法计算得出的地球平均密度是5.52。但地表岩石的密度为1.5~3.3，平均为2.7，比起地球的平均密度要小得多，因此可以知道地球内部物质的密度一定要比5.52还大。根据地球物理方法的测定，知道地球内部物质的密度是随深度而增加的，但并不是均匀地增加，而是在2900、5100公里等好几个深度作跳跃式增加，越接近地球的中心，物质的密度越大。这种变化也反映了地球内部物质成分和状态的变化。密度随深度变化的大致情况见图1-1-8。图中的两条曲线反映了不同研究者的资料。

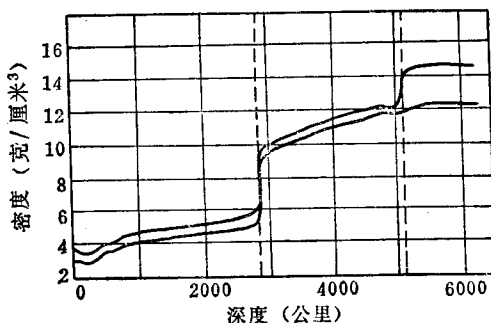


图 1-1-8 地球内部物质的密度随深度变化情况

#### 二、地压

地球内部的静压力也是越往深处越大。由于地壳表层岩石的平均密度为2.7。所以地下浅处（我们目前采矿工作所涉及的深度）的平均静压力如表1-1-1。

表1-1-1所列数据，仅表示来自上复岩层重量的静压力随深度而增加的一般规律。除此之外，地压还包括来自地壳运动的应力。这种地应力通常以水平力为主，也有随深度而加大的趋势。地应力常具有方向性，并可在

某些地段特别集中。这种来自地壳运动的应力在地压中往往占主要地位。

在矿山巷道中对地应力进行观测，发现水平应力可超过垂直应力达1.5~3.5倍，有时

甚至可达9倍。

表 1-1-1

距地表的深度 (米)	静压力 (公斤/平方厘米)
100	27
500	135
1000	270
5000	1350

在煤矿区，可以通过对矿区地质构造的分析和仪器测量来测定这种地应力的方向、大小和应力集中的地段。这方面的研究有助于解决巷道的维护、煤及瓦斯突出的预测等矿井开采过程中常遇到的问题。

### 三、地热

近来，根据地球物理学的有关资料，对地球内部温度情况的推断见图1-1-9。

对煤矿工作者来说，我们关心的主要是地壳表层的地热状况。因为随着采矿技术和生产的发展，开采深度逐渐加大，有的矿井已超过千米。有些新井的第一开采水平就已深达500~600米。所以地热问题已成为我国煤矿建设和生产中的新问题。

#### (一) 地壳浅部温度概况

根据钻井测温资料，目前已知自地表向下，温度的变化可分为下列三带：

1. 变温带 这是地球表面主要受太阳辐射热影响的地带。由于热源主要来自外部，所以又称外热带。此带深度自地表以下约15~30米。

2. 恒温带 这是地表以下温度开始不发生季节性变化的地带。其温度大体上接近当地年平均地表温度，比当地年平均气温高0.8~2℃。在我国一些煤矿区，此带深度大多在地下20~30米。

3. 增温带 位于恒温带以下。其温度来自地球内部的热源，所以又称内热带。在此带，总的趋势是温度随深度的增加而升高，但增加的速度，各地差别也很大。

增温带中温度随深度的变化，可用增温梯度(G) (又称地温梯度或地热增温率) 来表示，这是指每增加一定深度，温度升高的度数。通常以每深100米温度升高的度数(℃/100M) 来表示。

增温梯度值的大小，可以反映一个地区地热状况的特点。它往往与当地的地质构造条件、岩石导热性能、岩浆活动以及水文地质情况等因素有关。

根据世界各地的资料，在地壳运动不活跃的古老地块区，增温梯度很小，每深百米增温可小于一度；在主要由沉积岩组成的近代沉降地区，每深百米增温二至四度；在近代地壳运动活跃有近代火山或岩浆活动的地区，增温梯度很高，每深百米可达六至八度；在有活火山活动的地区则每深百米增温可高几十度。但绝大多数地区的增温梯度都在每深百米

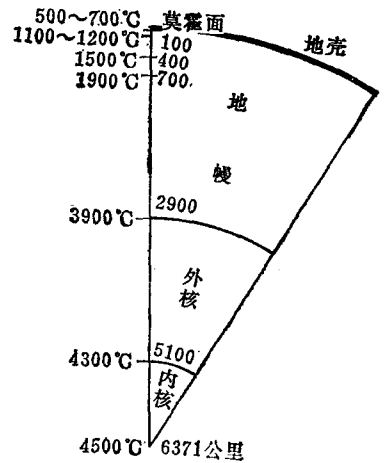


图 1-1-9 地球内部温度示意图

增温二至五度之间，平均为每深百米增温三度。所以我们把接近平均增温梯度的地区称为正常地热区，而由于某些地质原因使地壳表层的增温梯度偏离平均值较大的地区称为地热异常区。

我国华北太行山两侧不少煤矿区，由于煤系下面有巨厚的石灰岩系，其中地下水活动活跃，并不断有大气降水补给，所以增温梯度偏低，约 $1\sim 2^{\circ}\text{C}/100\text{M}$ 。

另一些煤矿区由于位于构造隆起区或深断裂附近，地温梯度往往偏高，约 $3\sim 4^{\circ}\text{C}/100\text{M}$ 。

对采矿工作者来说，当采矿工作进入较深水平时，应充分考虑地热问题，因为井下气温过高，会直接影响工人健康、生产率的提高和安全生产。因此，《煤矿安全生产试行规程》规定井下高温作业地点要采取降温措施。

有时，有些煤矿的热害是由地下热水的涌出带来的。这是因为深部循环的地下水往往是地热的载体。它使巷道中风流温度升高，湿度加大，劳动条件恶化。地下热水对井下的材料和设备还有腐蚀性。因此，地下热水比一般的水害更为严重地影响煤矿的正常生产。

## (二) 地热的利用

地球内部蕴藏着巨大的热能，有人曾作过如下估计：地下热能的总量约为全部煤储量可能释放的能量的一亿七千万倍。因此，目前许多国家都十分重视地下热能的开发和利用。在目前的技术条件下，主要是利用地下热水和热蒸汽（图1-1-10）。

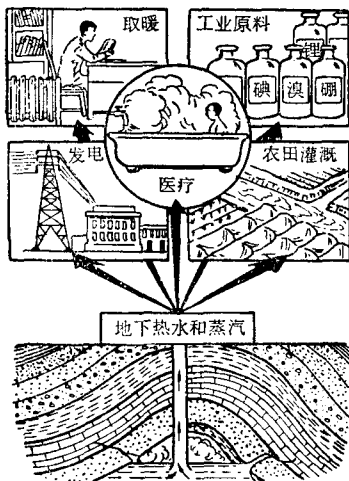


图 1-1-10 地热的利用

我国对地下热能的勘探和开发利用已获得了可喜的成果。自1970年以来，已先后在广东、河北、湖南、西藏等地建成了地热试验电站。除发电外，还广泛地应用于取暖、医疗及其他工农业生产中。

## 四、地磁

地球是个大磁体，我国劳动人民早在公元前1000多年就已经发现了天然磁石的吸铁性和指极性。后来又发明了指南针，为世界的文明作出了重大贡献。由于地球的南、北磁极和地理的南、北极并不在同一个地方。因此磁针所指的方向在各地并不都严格地指向正南北，而往往偏离若干度，这一角度称为磁偏角。因此，当我们使用罗盘测量方位角时，必须根据当地的磁偏角进行校正，例如我国东部地区磁偏角偏西，校正时应减去磁偏角度数。同时，罗盘上的磁针只有在近于赤道的地方才真正处于水平状态，一般则是倾斜的（向两极方向倾角有规律地增大）。磁针与水平面的交角称为磁倾角。罗盘上磁针有一端往往加有细铜丝，就是为了使磁针保持水平，抵消磁倾角的影响。

由于地下岩石的磁性可以产生一个附加磁场，其方向与地球的正常磁场未必一致。如果磁性岩石的体积足够大，就可以在平滑的地磁背景上产生一些偏离。这个偏离称为磁异常。磁异常是地下岩性变化的一种反映，可以用仪器在地面、海上或空中进行测量。现在，这种技术已广泛应用于矿产的勘探或解决其他地质问题上。

## 五、重力

地球表面的重力是地心对地面物质的引力和地球自转离心力的合力。在赤道上地球的



半径长些、离心力也大些，所以赤道上的重力值最小（重力加速度为 978 厘米/秒<sup>2</sup>）。向两极方向重力值逐渐增大（两极地区最大，重力加速度达到 983 厘米/秒<sup>2</sup>）。因此我们可以计算出地表任何地区理论上的重力值。但是，在实际工作中常遇到实测的数据与理论上的重力值不符，这种现象称为重力异常。产生重力异常的原因很复杂，主要是由于地球并不是一个均质体，地球表面各地的物质成分有所不同，因此质量也有所不同。例如，在密度较大的物质（铁、镍、铬、铜、铅、锌等）分布的地区，实测重力值常大于理论重力值，称为正异常；在密度较小的物质（如煤、石油、岩盐、石膏等）分布的地区，实测重力值常小于理论重力值，称为负异常。地球物理探矿工作中使用的重力探矿就是应用这一原理，利用重力异常来研究地壳构造和探寻地下矿产资源的分布情况。

#### 第四节 地质作用与地壳运动

前面我们已经介绍过地壳是地球外面的一层薄壳，在地球的圈层构造中它只占很薄的一层。在地球漫长的演变历史过程中，随着地球的转动和内、外各圈层物质的运动，组成地壳的物质也处于不停地运动和变化之中。促使地壳物质发生运动和变化的各种自然作用都称为地质作用。

有些地质作用进行得比较迅速和剧烈，它们较易被人们察觉，有时甚至还能造成严重的自然灾害。例如，地震和火山爆发就是如此。但在更多的情况下，有些地质作用进行得十分缓慢，所以很难被人们察觉。正因为如此，古代人常以为山是最稳定不变的了，所以俗语有“稳如泰山”一说。但从地质学的观点，也就是从地壳发展的历史来看，任何一座山也并不是稳定不变的。山上的岩石在日晒、风吹、雨淋、水流等等的影 响下，逐渐崩碎和溶解，变成泥、砂和可溶物质，最后被河流携带着，一直搬运到湖泊、海洋中去，再形成新的沉积物，……为将来形成新的岩石和山脉准备着物质基础。这些时刻进行着的地质作用往往容易被人忽视。但是，天长日久，经历了若干万年、甚至百万年、千万年，正是这些地质作用却能造成地壳面貌的巨大变化。它们一方面能将高山夷为平地；另一方面又能使沧海变为桑田，甚至变成象现今的喜马拉雅山脉那样的高山。

根据作用进行的场所及能源的不同，可将地质作用分为两大类：一类是在地壳中或地幔中进行的地质作用，它们的能源来自地球内部，主要是地壳及地幔物质的物理和化学变化，例如放射性物质蜕变所产生的热能等等，因而这类地质作用就称为内力地质作用，例如，岩浆的喷出和侵入活动、变质作用及地壳运动；另一类是在地壳表面或接近表面的地方进行的地质作用，它们的能源来自地球以外，主要是太阳的辐射热能，因而这类地质作用就称为外力地质作用，例如，风化、剥蚀、搬运、沉积等作用。

这两类地质作用虽然在进行的场所及能源方面，彼此间有所区别。但是它们之间又互相依存，互相影响，又都受重力（包括日、月的引力）和地球本身的旋转运动（主要是绕轴自转及绕日公转）的控制。

由于各种矿产都是地质作用的产物。不同的地质作用形成不同的岩石和矿产，所以岩石及矿产又成为曾经发生过的地质作用的见证或记录。为了了解有关矿产在地壳中形成和分布的规律，就必须首先对有关地质作用进行研究，掌握它们在自然界中进行的客观规律，从而为多快好省地建设我们伟大的社会主义祖国服务。

从地壳发展和地球演变的总过程来看，内力地质作用是促使地壳发展和演变的主导作