

高等学校教学用书

地 质 学

(修 订 版)

冶 金 工 业 出 版 社

高等学校教学用书

地质学

(修订版)

陈希廉等编

冶金工业出版社

高等学校教学用书

地 质 学

· (修订版)

陈希廉 等编

冶金工业出版社出版

《北京北河沿大街嵩祝院北巷39号》

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 25 1/2 字数610千字

1979年7月第一版 1979年7月第一次印刷

1986年5月第二版 1986年5月第四次印刷

印数20,301~32,300册

统一书号: 15062·4415 定价4.15元

再 版 前 言

本书自1979年7月出版以来，已三次印刷，共发行20300册。第一版由于编写匆忙，存在不少缺点和问题；随着地质学的发展，有不少内容已较陈旧。此次修改是在广泛听取各有关院校教师及读者意见的基础上进行的。改正了初版中的缺点，更新了陈旧的内容如矿床成因理论及水文地质分析法等，考虑到地质经济学对提高矿山生产经济效益的重大作用，补充了“地质经济及其在矿山的应用”一章。

在此向关心本教材再版并提出宝贵意见的同志表示衷心的感谢。

编 者

1985.5.

前 言

《地质学》系根据冶金工业部1977年冶金高等院校教材会议所制定的金属矿床开采专业教学计划编写的。

本教材简要地阐述了地壳、地质作用、矿物、岩石、地质年代、地质构造和地形地质图等地质学基础知识，以及矿床、水文地质、地质勘探和矿山地质工作等基本知识。同时，结合金属矿床开采专业实际需要，分析了主要地质因素如矿体形状、产状、围岩性质、地质构造和水文地质条件等对矿山开采的影响，充实了阅读、评审和应用地质资料等内容。

本教材力求反映当前国内外先进的地质科学成就，对目前地质界一些尚有争议的问题，作者就自己的见解进行了阐述。

由于编写时间短促，编者水平有限，在教材的体系和内容等方面一定还存在着不少缺点和问题，请使用本教材的广大师生给予批评指正。

本教材第七、八、九、十章由东北工学院刘海宴编写，第一、三章由重庆大学欧阳道编写，北京钢铁学院陈希廉编写第十七、二十、二十一、二十二章和第十九章第四节，吴炳肃编写第六、十五、十六章，西安冶金建筑学院肖荣久编写第十一、十二、十三、十四章，武汉钢铁学院金克家编写第二、十八章和第十九章第一、二、三节，江西冶金学院李中林编写第四、五章；全书由陈希廉主编。书中插图主要由重庆中梁山煤矿郑苑贤清绘。

在编写教材工作中，曾得到有关院校领导和同志的指导与帮助。在此，我们表示衷心的感谢。

编 者

一九七八年七月

目 录

绪论	1
第一篇 地质学基础知识	3
第一章 地壳及地质作用概述	3
第一节 地球及地球的构造	3
第二节 地球的主要物理性质	6
第三节 地壳的物质组成	8
第四节 地质作用概述	9
第二章 矿物	19
第一节 矿物的形态	19
第二节 矿物的物理性质	22
第三节 矿物的化学性质	26
第四节 矿物的分类及鉴定	30
第三章 岩石	42
第一节 岩浆岩	43
第二节 沉积岩	54
第三节 变质岩	64
第四章 地质年代及地层系统	70
第一节 确定地质年代的方法	71
第二节 地质年代及地层系统	73
第三节 我国地史概述	73
第五章 地质构造	78
第一节 岩层产状及其测定	78
第二节 岩石变形的力学分析	84
第三节 褶皱构造	89
第四节 断裂构造	93
第五节 地质构造与成矿的关系	105
第六节 地质构造对矿山开采的影响	109
第七节 大地构造理论简介	111
第八节 地质力学简介	115
第六章 地形地质图及其阅读	123
第一节 地形图简介	123
第二节 矿区(床)地形地质图的用途	129
第三节 矿区(床)地形地质图填绘过程简介	130
第四节 地形地质图的读图步骤	130
第五节 不同产状的岩层或地质界面在地形地质图上的表现	131

第六节 不同地质构造在地形地质图上的表现	133
第七节 地形地质剖面图及其绘制方法	138
第二篇 矿床	143
第七章 矿床概述	143
第一节 矿床、矿体和围岩	143
第二节 矿体的形状和产状	144
第三节 矿石	147
第四节 成矿作用和矿床的成因分类	148
第八章 内生矿床	150
第一节 概述	150
第二节 岩浆矿床	151
第三节 伟晶岩矿床	156
第四节 气化—热液矿床	160
第五节 火山成因矿床	178
第九章 外生矿床	187
第一节 概述	187
第二节 风化矿床	189
第三节 沉积矿床	193
第十章 变质矿床	205
第一节 概述	205
第二节 区域变质矿床的成矿过程	206
第三节 受变质矿床的一般特征和矿床实例	208
第四节 沉积受变质铁矿床的采掘特点	210
第三篇 矿床水文地质	213
第十一章 地下水的基本知识	213
第一节 概述	213
第二节 水在岩石中存在的形式及岩石的空隙性和水理性质	214
第三节 地下水的物理性质和化学成分	217
第四节 地下水的分类及各类地下水的特征	222
第十二章 矿坑充水因素的分析	231
第一节 矿坑充水水源的分析	231
第二节 矿坑充水通道（或水路）的分析	234
第三节 影响矿坑充水水量大小的其它因素	239
第四节 矿床水文地质分类	241
第五节 矿区（矿床）水文地质图	242
第十三章 矿坑涌水量的预测和测定	245
第一节 地下水运动的基本规律	245
第二节 矿坑涌水量的预测方法简介	250
第三节 矿坑涌水量的测量方法	255

第十四章	矿坑水的防治	256
第一节	矿坑突水的预计	256
第二节	矿山一般性防排水措施	261
第三节	矿床疏干	266
第四节	注浆堵水	271
第四篇	地质勘探及矿山地质工作	275
第十五章	矿床地质调查研究概述	275
第十六章	地质勘探中矿床的揭露	277
第一节	矿床的勘探类型	278
第二节	地质勘探中揭露矿体的工程手段	280
第三节	地质勘探工程的总体布置	283
第四节	地质勘探工程的间距	286
第五节	地质勘探工程的施工顺序	287
第六节	矿产储量的分类和分级	291
第十七章	生产勘探中矿床的揭露	292
第一节	生产勘探中揭露矿体的工程手段	293
第二节	生产勘探工程的总体布置	297
第三节	生产勘探工程的间距	300
第四节	生产勘探中的探采结合问题	303
第十八章	矿床现场地质调查中的资料收集	307
第一节	原始地质编录简介	308
第二节	矿产取样简介	311
第十九章	矿床地质调查资料的综合及研究	316
第一节	综合地质编录简介	316
第二节	矿山常用综合地质图件	317
第三节	矿产储量计算	326
第四节	地质综合研究简述	342
第二十章	矿山地质管理工作	349
第一节	矿量管理工作	350
第二节	矿石质量管理工作	350
第三节	现场施工生产中的地质管理工作	355
第四节	采掘单元停采或结束时的地质管理工作	356
第二十一章	地质资料的评审及应用	357
第一节	地质勘探资料的评审和应用	357
第二节	矿山地质资料的评审及应用	369
第二十二章	地质经济及其在矿山的应用	374
附录一	部分矿床主要工业类型简表	388
附录二	《地质学》常用术语中英对照表	389

绪 论

地质学是研究地球，主要是研究地壳的科学。具体地讲，它是研究地壳的构造、物质组成、发展变化以及矿产的形成和分布规律等内容的科学。

地质学是在人类开采矿产资源和进行某些与地质条件有关的工程建设（如水利建设、交通建设）等生产实践活动中发展起来的。它的发展推动了采矿工业和某些工程建设的发展，而这些生产实践活动又进一步揭露了地质体，为地质学的研究和发展积累了更多的实际资料。

矿产资源埋藏在地壳内，它们的物质组成、分布情况和赋存条件等都存在着一定的规律。为了进行矿山建设和生产，首先必须用地质学的方法和理论对矿产资源进行调查研究，查明和掌握其规律，以指导矿山建设和生产的正确进行。

利用地质学的方法和理论对地质体进行调查研究的工作，称地质工作。矿山的设计、基建和生产都离不开此项工作。地质工作不仅为开发矿业寻找和确定矿山基地，同时又为矿山设计、基建和生产提供必要的地质资料。

地质工作贯穿在整个矿床开采过程的始终。在矿山建设和生产中有许多问题需要根据地质条件正确处理解决。在矿山企业设计之前，采矿工作者要详细、全面阅读和审查地质勘探报告中的地质资料，运用地质资料了解和分析矿区地质条件，包括矿体的空间位置及几何形态、矿石质量、矿区地质构造、开采技术条件、矿区水文地质条件等，以便做出最合理的矿山企业设计，指导矿山基建和生产的进行。譬如，在开采方式的选择上，是露天开采还是地下开采，地下开采中是采用斜井开拓还是竖井开拓以及采用何种采矿方法等一系列问题，都要依据地质条件制定合理的方案。在矿山投入基建和生产后的地质工作中，采矿人员应配合地质人员进一步查明矿床的地质条件，为开采设计、采掘进度、计划编制等工作提供更详细可靠的地质资料。同时，还必须深入现场，及时调查研发生产中所出现的地质问题，例如，矿体的突然尖灭或错失；矿体形状或产状的急剧变化；矿石类型或质量的意外变化；可能出现的矿坑突水、片帮、冒顶问题等。这些问题的合理解决，都需要地质工作先行，所以许多采矿工作者都深有体会地说：“地质工作是采矿工作的眼睛”。

《地质学》是金属矿床开采专业的专业基础课，为了使学生掌握必要的地质学基础知识和有关地质工作的基本知识，本教材着重说明了地质作用所产生的各种地质现象，矿物及岩石的肉眼鉴定方法和常见矿物及岩石的特征，主要矿床的成矿过程、工业类型以及它们的特点（着重与开采有关的特点），地质勘探工作与矿山地质工作的主要内容与方法，影响矿山生产的主要地质因素（矿体形状、产状、围岩性质、地质构造和水文地质条件等），如何阅读、分析及使用地质资料（尤其是图纸资料），以及局部（如矿块）的储量计算等。

如上所述，地质学的主要研究对象是地壳。研究地壳应从现场和实验室两方面着手。现场调查是以广阔的大自然作为实验室，直接积累丰富的原始地质资料，并收集各种岩矿标本或样品，为室内鉴定、化验及综合研究提供依据。在室内研究中，一方面是对现场收

集的矿物、岩石、矿石标本或样品进行鉴定或化验；另一方面还要对现场调查所收集的文字记录和图纸等资料进行综合整理，并结合室内岩矿鉴定和化验结果，研究总结出规律性的结论。随着科学的发展，愈来愈多的新技术在地质学研究中得到广泛应用。如在野外调查工作中目前已大量应用地球物理勘探、地球化学勘探和航空地质测量等技术；再如发射资源卫星及遥感技术的应用，对研究地壳和探找矿产资源也起了很大作用。在室内研究中，目前也已开始广泛应用电子探针、离子探针、电子显微镜等新技术和数学地质等新方法。这些新技术、新方法的应用，为地质学的研究和发展开辟了广阔的前景，从而加快了地质科学前进的步伐。

第一篇 地质学基础知识

地质学研究的对象是地球。地壳中矿产的形成都和地球表面以及地球内部的地质作用有关。而地质学基础知识,则着重说明地壳的物质组成、发展变化以及各种矿产资源的蕴藏规律。通过对地质学基础知识的学习,要求能对地质学有全面的了解,对各种地质作用、地质现象、矿物岩石、地层层序、地质构造及地质图等有初步的认识,为学习成矿理论、矿床类型、矿床水文地质知识、勘探方法和矿山地质工作方法等,打下必要的基础。

本篇重点是矿物、岩石和地质构造等。矿物和岩石是组成矿床的物质基础;地质构造不仅控制矿床的形成,而且是矿床开采所必须考虑的主要地质因素之一。

第一章 地壳及地质作用概述

地球是人类居住的地方。人们开采的各种矿产赋存在地壳(地球表面的一层硬壳)之中,各种矿产的形成是地壳物质运动和演变的产物。这些运动和变化不是孤立地进行的,而是与地壳内部和外部的物质及其运动有密切关系。因此,在学习地质学主要内容之前,应当对地壳及其运动有一概略了解。

第一节 地球及地球的构造

地球是太阳系中的一员。太阳系是由太阳和绕其旋转的九大行星及其卫星、小行星和流星群组成(图1-1)。

随着生产发展和科学进步,人们对于地球的形状有了正确认识。即地球不是一个理想的圆球体,而是一个旋转椭球体。赤道半径约为6378公里,极半径约为6357公里,两者相差约21公里。

地球围绕通过球心的地轴(连结地球南北极的理想直线)自转,自转轴对着北极星方向的一端称北极,另外一端称南极。地球表面上,垂直于地球自转轴的大圆称赤道。地球表面上,连接南北两极的纵线称经线,也称子午线。通过英国伦敦格林威治天文台原址的那条经线为零度经线,也称本初子午线。从本初子午线向东分作180度,称为东经;向西分作180度,称为西经。地球表面上,与赤道平行的小圆称纬线。赤道为零度纬线。从赤道向南和向北各分作90度,赤道以北的纬线称北纬,以南的纬线称南纬。

地球表面积达5.1亿平方公里,其中海洋占71%,陆地面积仅占29%。陆地和海洋在地表的分布很不规则,我们把大片陆地叫大陆或洲,大片海域叫海洋,散布在海洋或河湖中的小块陆地叫岛屿。陆地和海底都是高低不平的。陆地上有低洼的盆地,高耸的山脉。大陆平均高度为860米(以海平面为0米标高计算)。我国喜马拉雅山珠穆朗玛峰高8848.13米,是大陆上的最高峰。海洋底也有高山和深沟,太平洋中马利亚纳群岛附近的海渊深达11033米,是海洋中最深的地方。地球表面最大高差可达20公里左右。由此可知,地球的形状是极端复杂的。

依据地球内部放射性元素的蜕变速度，地球从产生到现在大约经历了45~60亿年。在这漫长的历史中，地球经历了多次沧桑之变。由于地球物质不断发生分异作用，使地球内

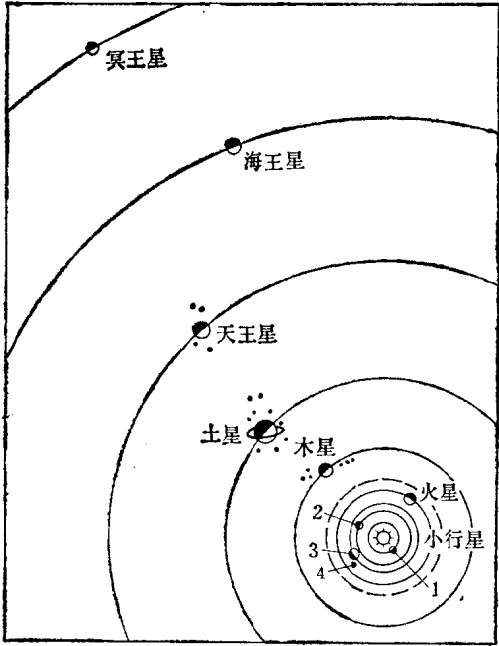


图 1-1 行星围绕太阳旋转示意图
1—水星；2—金星；3—地球；4—月亮

部分出了不同的圈层。目前，地球内部构造分圈主要是根据地球物理，特别是地震波资料得出。地震波在地球内部传播速度的变化如表1-1。

利用表列数据，可编出地球内部地震波传播速度曲线（图1-2）。图中纵坐标表示地震波传播速度，横坐标表示距离地面的深度。

从所列图表中，可以看出存在着两个明显的分界面：一个在30~80公里深处，纵波从6.83公里/秒增加到7.75公里/秒，横波由3.66公里/秒增加到4.35公里/秒，这个界面称为莫霍洛维奇面，是地壳的下界面。另一个界面在2900公里深处，纵波从13.64公里/秒，突然下降到8.11公里/秒，而横波不能通过此面，称古登堡面。根据这两个界面，可将地球内部分为三个圈层（图1-3）。这三个圈层处在不同

深度，具有不同的物理性质，如表1-2所示。现将各圈特征简述于后。

地震波在地球内部传播速度 表 1-1

深 度 （公里）	波 速 （公里/秒）		地 震 界 面
	纵 波	横 波	
0	5.55	3.23	—— 一级莫氏界面 ——
30~80（上）	6.83	3.66	
30~80（下）	7.75	4.35	
900	11.30	6.30	—— 一级古氏界面 ——
2822	13.64	7.31	
2900	8.11	横波不能通过	
5000	10.44		
5200	9.72		
6371	11.37		

一、地壳

地壳是地球表面的一个坚硬外壳。其平均厚度33公里。组成地壳的岩石除地壳最表层有占岩石总量约5%的沉积岩外，地壳上部岩石平均成分相当于花岗岩类岩石，其化学成分富含硅、铝，又叫硅铝层；下部岩石平均成分相当于玄武岩类岩石，其化学成分除硅铝外，铁、镁相对增多，又叫硅镁层。海洋底部主要是硅镁层，有的地方只有很薄的硅铝层或完全缺失硅铝层，如图1-4所示。

地球内部各圈层物理状况

表 1-2

圈 层 名 称	深 度 (公里)	密 度 (克/厘米 ³)	压 力 (大气压)	温 度 (℃)
地 壳	33 (平均)	2.7	9000	1000
		2.9		
地 幔	984	3.32	382000	约1500
		4.64		
		5.66		
地 核	2898	9.71	1368000	约2000
	6371	17.90	3600000	约5000

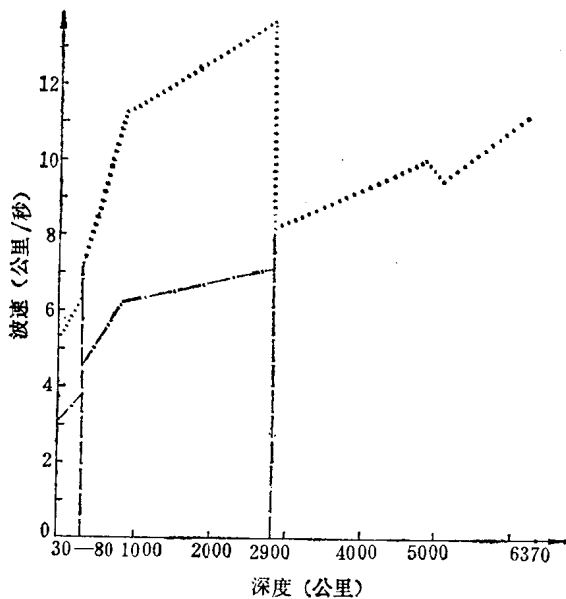


图 1-2 地震波在地球内部传播曲线图

.....纵波；- - -横波

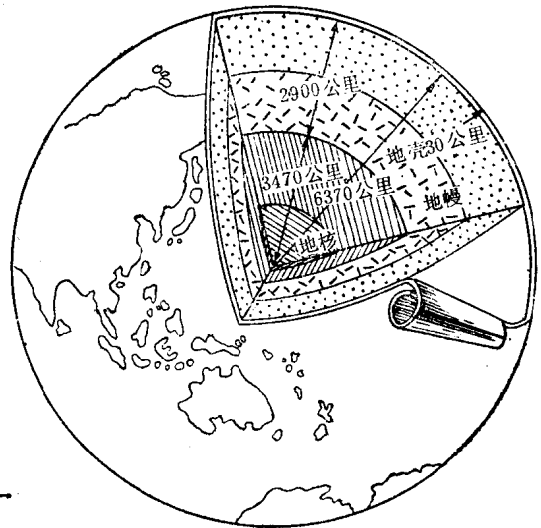


图 1-3 地球构造示意图

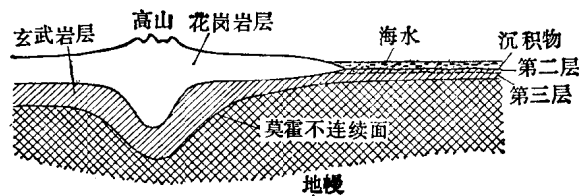


图 1-4 地壳构造断面图

二、地幔

地幔是地壳以下至2900公里深处的一个圈层，又称中间层。它的物质成分具有过渡性质，故又可称为过渡圈。按其物质成分和所处状态的不同，可分为上地幔（主要由硅酸盐类物质组成）和下地幔（主要由铁、镍金属氧化物和硫化物组成）。二者的分界面约在900~1000公里深处。近年来，地球物理学和地质学研究发现，在上地幔上部，深约60~250

公里的范围内，存在一个不连续的地震波低速度带，因放射性元素大量集中，蜕变生热使这一带内有局部熔融状态的物质存在，一般认为这可能就是岩浆发源地。上地幔的下部范围，只有深源地震才能达到，其深度可达720公里深处。

三、地核

2900公里以下的中心部分称地核。又可分为内核和外核，界面约在5200公里深处。地核的组成物质为铁、镍的金属氧化物和硫化物，故又称为铁镍核心。

地球内部各圈层的物质运动，是产生各种地质现象的内动力的泉源。如地球内部，特别是地壳下部及地幔组成物质的运动，就可以引起地壳的运动、化学变化和热力作用，又可以进一步引起物质熔化形成岩浆，岩浆产生后，又将导致一系列其它运动和变化。因此，对于地球内部各圈层的了解，有助于我们研究地球形成和发展的历史。

第二节 地球的主要物理性质

人们在生产实践和科学研究中，逐渐积累了有关地球物理性质的知识，这些性质从不同的角度反映了地球内部的物质组成。

一、质量和密度

根据牛顿万有引力定律，计算得出地球的质量为 5.98×10^{27} 克，再除以地球的体积，则得出地球的平均密度为5.52克/厘米³。直接测出构成地壳各种岩石的密度为1.5~3.3，平均密度为2.7~2.8，尚有密度为1的水分布。因此推测地球内部物质密度更大，这个推测，为地震波在地球内部传播速度的观测所证实。据地震波传播速度与密度的关系，计算出地球内部密度随深度的增加而增加（详见表1-2），地心密度可达16~17克/厘米³。

二、压力

随着地球深部密度的递增，由于上覆岩石重量的影响，地球内部压力亦随深度的增加而增大。其变化情况根据地震波推测各深度的压力如下：

深度（米）	100	500	1000	5000	10000
压力（公斤/厘米 ² ）	27	135	270	1350	2700

上列数据仅代表压力随深度增长的一般规律。在各矿区，由于当地地质条件的差异，除上覆岩层重量之外，还受其它因素影响。因此，具体地段的压力可能较表列数据略有增减。

矿山开采中，由于形成了开采空间，可能出现各种地压显现现象，直接影响矿山生产，应充分注意。

三、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叫重力。其作用方向大致指向地心。引力大小与物体距地心距离的平方成反比。地球赤道半径大于两极半径，故引力在两极比赤道大；而离心力两极接近于零，赤道最大。因此，地球的重力随纬度的增高而增大。

根据万有引力定律，可以计算出任何地区的重力值。凡一地区实测重力值与理论计算值一致的，称正常重力值。由于地壳物质分布不均匀，密度大小有差异，地形有起伏。因此，实测重力值与理论计算值往往不同，这种偏差称为重力异常。实测重力值大于理论计算值时，叫正异常，表明地下有密度大的物质分布，如铁及高品位的铜、铅、锌、镍等金

属矿床。实测重力值小于理论计算值时，叫负异常，表明地下有密度较小的物质分布，如盐矿、石膏和煤矿等。地球物理学上的重力探矿就是根据这个道理，利用重力异常来了解地下物质分布，探明地下矿产，查明地质构造等。

四、温度（地热）

地球热力的来源，外部来自太阳的辐射热；内部主要来自放射性元素蜕变时析出的热以及元素化学反应放出的能。

目前，根据世界各地钻探资料表明，地球上大部分地区，从常温带向下平均每加深100米，温度升高3℃左右，这种每加深100米温度增加的数值，叫做地热增温率（图1-5）。而把温度每升高1℃所需增加的深度，称为地热增温级。地热增温级的平均数值为33米。若按上述简单规律推算，地心的温度将达到20万度，这显然是不可能的。现代地球物理学的研究证明，上述规律只适用于地表以下20公里深度范围。如果深度继续增加，地球内部的导热率也将随之增大，地温的增加则会大大变慢。据推测地球中心温度不超过3000~5000℃。

由于各地地质构造、岩石导热性能、岩浆活动、放射性元素的存在以及水文地质等因素的差异，不同地区的地热增温率是不同的。凡一地区实际地热增温率大于平均地热增温率时，称该地区有地热异常。据此，即可发现和进一步利用该地的地下热能。

地热异常区蕴藏着丰富的热水和蒸汽资源，是开发新能源的广阔天地。目前世界上有十多个国家利用地热发电。1970年以来，我国先后在广东丰顺、河北怀来建成地热实验电站。地下热水还用于工业锅炉、取暖、医疗等。

但就采矿工作来说，地热对矿区开采是不利的。特别是当采矿工作进入深水平时，应充分考虑地热因素，及时调整通风系统，加强通风措施，改善劳动条件，并采取有效办法，化害为利加以适当利用。

此外，研究地球的热状态和热历史，对进一步认识地球的发展和地壳运动也有着十分重要的理论意义。

五、地磁

地球的磁性，明显地表现在对磁针的影响方面。磁针所指的方向（亦称地磁子午线）就是地磁的两极。地磁两极与地理两极是不一致的（图1-6）。因此，地磁子午线与地理子午线之间有一定夹角，称磁偏角。其大小因地而异。使用罗盘测量方位角时，必须根据当地磁偏角进行校正。

磁针只有在赤道附近才能保持水平状态，向两极移动时逐渐发生倾斜。磁针与水平面

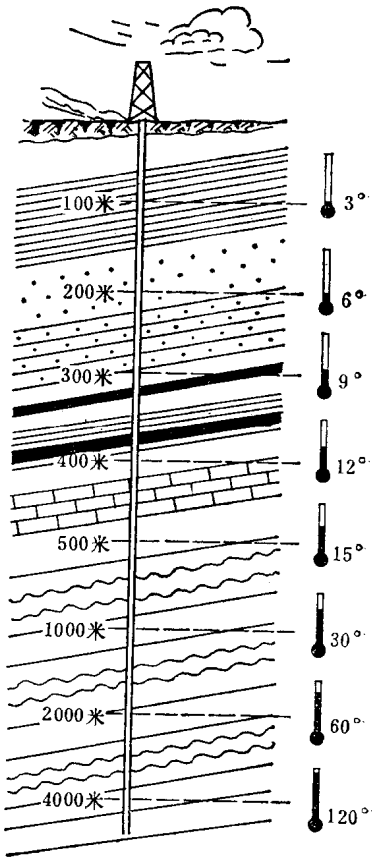


图 1-5 地热增温率示意图

的夹角，称为磁倾角。各地磁倾角不一致。地质罗盘上磁针有一端往往捆有细铜丝，就是为了使磁针保持水平。我国处于地球北半部，因此，在磁针南端多捆有细铜丝，以校正磁倾角的影响。

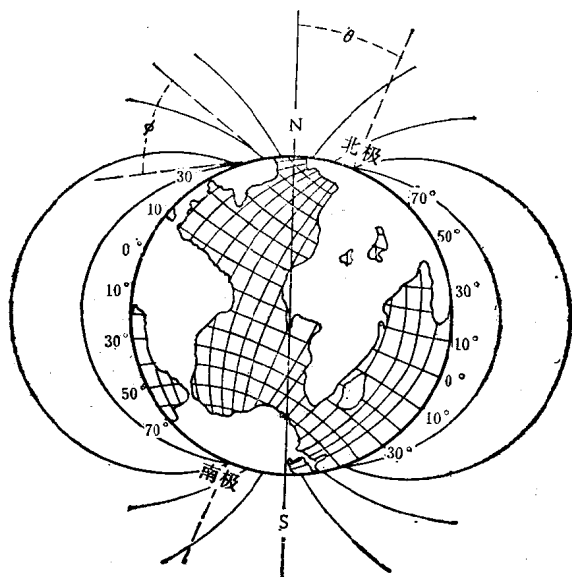


图 1-6 地磁要素及地球周围磁力线分布示意图

θ —磁偏角； ϕ —磁倾角

地球上某一点，单位磁极所受的磁力大小，称该点的磁场强度。磁场强度因地而异，一般是随纬度增高而增强。

磁偏角、磁倾角、磁场强度称为地磁三要素，用以表示地表某点的地磁情况。根据地磁三要素的分布规律，可以计算出某地地磁三要素的理论值。但是，由于地下物质分布不均，某些地区实测数值与理论计算值不一致，这种现象叫地磁异常。引起地磁异常的原因，一是地下有磁性岩体或矿体存在；另一是地下岩层可能发生剧烈变位。因此，地磁异常的研究，对查明深部地质构造和寻找铁、镍矿床有着特殊的意义。地球物理学中的磁法探矿，就是利用上述原理。

六、放射性

地球内部放射性元素含量虽少，分布却很广泛，且多聚集在地壳上部的花岗岩中，向地心则逐渐减少。地球所含放射性元素主要是铀、钍、镭。此外，钾、铷、钷和铯等也具有放射性同位素。根据放射性元素蜕变的性质，可以用来计算地球岩石的年龄、寻找有关矿产。同时，放射性元素蜕变所产生的热能，是地质作用的主要能源。

第三节 地壳的物质组成

根据岩石和陨石的化学组分分析，得知组成地壳的化学成分以O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、H等为主。这些元素在地壳中的平均重量百分比（称克拉克值）各不相同：

氧 (O) 49.13	硅 (Si) 26.00	铝 (Al) 7.45
铁 (Fe) 4.20	钙 (Ca) 3.25	钠 (Na) 2.40
钾 (K) 2.35	镁 (Mg) 2.35	氢 (H) 1.00

它们占了地壳总重量的98.13%。其中氧几乎占了一半，硅占1/4强，其它近百种元素只占1.87%。可见地壳中元素含量是极不均匀的。如工业上有较大经济意义的Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mo等元素，在地壳中平均含量极小。但它们在各种地质作用下可富集成有价值的矿床。

地壳中的化学元素不是孤立地、静止地存在，它们随着自然环境的改变而不断地变化。这些元素在一定的地质条件下，结合成具有一定化学成分和物理性质的单质或化合物，称为矿物，如石墨、石盐等。由一种或多种矿物所组成的集合体，称为岩石，如花岗

岩由石英、长石、云母等矿物组成；大理岩由方解石组成。因此，矿物和岩石是组成地壳的基本单位。

第四节 地质作用概述

地球自形成以来，在漫长的地质历史进程中，其成分和构造时刻都在变化着。过去的大海经过长期的演变而成陆地、高山；陆地上的岩石经过长期日晒、风吹逐渐破坏粉碎，脱离原岩而被流水携带到低洼地方沉积下来，结果高山被夷为平地。海枯石烂、沧海桑田，地壳面貌不断改变，具有了今天的外形。所有引起矿物、岩石的产生和破坏，从而使地壳面貌发生变化的自然作用，统称为地质作用。

在自然界，有些地质作用进行得很快，很激烈，如山崩、地震、火山喷发等，可以在瞬间发生，造成一定灾害。有些地质作用则进行得很缓慢，不易被人们所察觉。据1950年测量资料表明，近百年中，荷兰海岸下降了二十一厘米，平均每年下降了两毫米。我国喜马拉雅山的珠穆朗玛峰，近一百万年来，升高了三千米，这个总数虽大，但若以每年平均计算，仅升高了三毫米，这是任何人也感觉不到的。这就是说，缓慢的过程，如果经过漫长的时间，也能引起地壳发生显著的变化。

地质作用按其能源不同，可以分为内力地质作用和外力地质作用两大类。

一、内力地质作用

由地球转动能、重力能和放射性元素蜕变的热能，产生的地质动力所引起的地质作用，它们主要是在地壳中或地幔中进行的，故称为内力地质作用。其表现方式有地壳运动、岩浆作用、变质作用和地震等。岩浆岩、变质岩及其与之有关的矿产，便是内力地质作用的产物。现将各种内力地质作用分述于后：

1. 地壳运动 由地球自转速度的改变等原因，使得组成地壳的物质（岩体）不断运动，并改变它的相对位置和内部构造，称地壳运动。它是内力地质作用的一种重要形式，也是改变地壳面貌的主导作用。

根据大地水准测量资料表明，芬兰南部海岸以每年1~4毫米的速度上升；丹麦西部沿岸则以每年1毫米的速度下降；而北美加利福尼亚沿岸，自1868~1906的38年间，平均每年以52毫米的速度向北移动。

在海岸地区，珊瑚岛和波切台地的高出海面，常是该地区陆地缓慢上升的标志。我国西沙群岛的珊瑚礁，现已高出海面15米。珊瑚礁是在海水深度0~80米内生长的，这足以说明西沙群岛近期是处于缓慢上升的。由于海浪对海岸的冲蚀作用，在海岸上常常见到波切台地、海蚀凹槽和海崖等现象。这些现象如果现在已经远离海岸，而且显著地高出了现在的海平面，最大的海浪也不能冲蚀它们，这也是海岸近期缓慢上升的标志。例如，广州附近的七星岗南麓（图1-7）。相反，珊瑚岛、波切台地等被淹没在深水或半深水下面，说明该地区海岸在近期是逐渐下降的。

上述实例，从不同角度反映出地壳是在不断运动的。按地壳运动的方向，可分为升降运动和水平运动两种形式。

水平运动：是地壳演变过程中，相对地表现较为强烈的一种运动形式。也是当前被认为形成地壳表层各种构造形态的主要原因。

地球是一个急速旋转的椭球体，当其高速度旋转时，将产生巨大的离心力，它和地球