

矿管干部培训教材

汇编

(修订版)

上册

孙 锦 陈庆寿 主编

中国地质大学出版社

再 版 前 言

本书 1990 年 4 月初版发行五千套，现已全部售光。为满足矿管干部培训的需要，在广泛征求读者意见的基础上，对原书进行了修改与增删，力求较初版时有所提高。

本书编写人员有：林培英（第一篇一、二、三章）、赵崇贺（第一篇四、五、六章）；刘瑾璇（第二篇）；吴蕴珉（第三篇）；陈庆寿（第四篇）；郭声远（第五篇）；蒋德全（第六篇）；刘清高、姜丽霞（第七篇）；孟澍森（第八篇）；李万亨（第九篇）；林松曾、于加（第十篇）；魏吉祥（第十一篇一、二、三章）、孙 锦（第十一篇四、五、六、七章）；陈富治（第十二篇）；傅鸣珂（专题一）；梁庆初（专题二）；周秀华（专题三）；侯振才（专题四）；李佩基（专题五）。主编：孙锦、陈庆寿。

由于我们水平有限，加之时间仓促，书中误差与不足在所难免，欢迎批评指正。

编者

一九九一年七月

目 录

上 册

第一篇 地质学基础

第一章 地 球	(1)
第一节 太阳系	(1)
第二节 地球的形状、大小和表面特征	(1)
第三节 地球的圈层构造(结构)	(2)
第四节 地质作用概述	(5)
第五节 地壳的物质组成	(7)
第二章 矿 物	(8)
第一节 矿物的通论	(8)
第二节 各类矿物的特征	(16)
第三节 宝石、玉石、彩石、砚石	(30)
第三章 岩 石	(33)
第一节 岩浆岩	(33)
第二节 沉积岩	(39)
第三节 变质岩	(45)
第四章 地层的地质年代及地质历史年代表	(55)
第一节 地层、地层层序律	(55)
第二节 地层的划分及对比的方法	(55)
第三节 地层单位	(56)
第四节 我国主要地质时期的地质发展史	(57)
第五章 构造地质学基础	(60)
第一节 岩层的产状	(60)
第二节 地层的接触关系	(63)
第三节 褶皱构造	(64)
第四节 断裂构造	(68)
第五节 地形图与地质图	(70)
第六章 矿床学基础	(78)
第一节 有关矿床的几个基本概念	(78)
第二节 矿床的成因类型	(82)

第二篇 地质勘探及矿山地质工作

第一章 概论	(95)
第二章 地质勘探工作简述	(97)
第三章 矿山设计及基建地质简述	(105)
第四章 生产勘探工作	(107)
第五章 矿山取样工作	(119)
第六章 矿山地质编录	(128)
第七章 生产矿山储量计算	(144)
第八章 矿山地质管理工作	(161)
第九章 矿山岩体移动的地质调查	(172)

第三篇 矿山测量

第一章 方向、距离及角度测量	(177)
第一节 测量学与矿山测量学的任务	(177)
第二节 地球的形状大小及地面点位的表示方法	(178)
第三节 方向测量	(180)
第四节 距离测量	(183)
第五节 角度测量及视距测量	(184)
第二章 水准测量	(196)
第一节 水准测量的原理	(196)
第二节 水准测量的仪器和工具	(196)
第三节 水准测量的作业与计算	(197)
第四节 水准测量的检核	(198)
第三章 经纬仪导线测量	(200)
第一节 概述	(201)
第二节 经纬仪导线测量的外业工作	(201)
第三节 经纬仪导线测量的内业工作	(202)
第四节 三角高程测量计算	(205)
第五节 平面控制点的展绘	(206)
第四章 地形图的认识和应用	(207)
第一节 地形图的基本知识	(207)
第二节 地形图的应用	(212)
第五章 矿井联系测量	(218)
第一节 概述	(218)
第二节 一井定向	(220)

第三节	两井定向	(223)
第四节	高程联系测量	(225)
第六章	井下经纬仪导线测量	(228)
第一节	概述	(228)
第二节	矿用经纬仪的构造	(228)
第三节	井下经纬仪导线测量	(229)
第四节	井下悬挂罗盘仪导线测量	(232)
第五节	井下高程测量	(234)
第七章	井巷施工测量	(237)
第一节	巷道开切的测量工作	(237)
第二节	巷道中线点的测设	(237)
第三节	曲线巷道中线的测设	(239)
第四节	巷道腰线点的测设	(241)
第八章	贯通测量	(245)
第一节	概述	(245)
第二节	水平巷道的贯通	(245)
第三节	倾斜巷道的贯通	(246)
第四节	竖井的贯通	(248)
第五节	贯通后实际偏差的测定及中、腰线的调整	(249)
第六节	地质勘探工程中的贯通测量	(250)
第九章	矿山测量图及其应用	(252)
第一节	概述	(252)
第二节	矿山测量图的应用	(254)
各章复习题		(256)
主要参考文献		(258)

第一篇 地质学基础

第一章 地球

地球是人类居住的地方，人们要在地球上生存下去，就必须对地球进行研究，探索地球的表面特征及其构造(结构)的特点，人类生存环境与地质作用关系，掌握其变化规律，并运用这些规律指导开发利用地下矿产资源和预测灾害及保护自然环境使地球能广泛服务于人类。因此，在学习地质学基础之前应当对地球的知识有一概略了解。

第一节 太阳系

地球是太阳系中的九大行星之一。太阳位于太阳系的中心，它拥有巨大的体积和质量，因而具有强大的吸引力，可把水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星等九大行星和这些行星的卫星

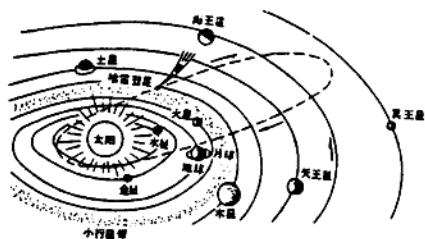


图 1-1 太阳系的结构示意图

及火星与木星之间 2900 多颗小行星，还有一些彗星、流星和一些星际物质都吸引到自己的周围。这些星球都各以自己的轨道围绕太阳不停地旋转，构成了直径 79 个天文单位(地球至太阳的距离 = 1, 496 亿公里称为一个天文单位)的庞大统一体系，称为太阳系(I-1)太阳是距地球最近的一颗恒星，地球是太阳系九大行星中的一个较小的成员，

地球的形成和特征都与太阳有密切的关系

第二节 地球的形状、大小和表面特征

一、地球的形状、大小

地球是一个近似旋转椭球体，赤道半径约为 6378 公里，极半径为 6357 公里，两者相差约 21 公里，通常把地球椭球体体积相等的正球体的半径称为地球的平均半径(6371 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)自西向东不停地旋转叫做地球的自转，自转轴对着北极星方向的一端称为北极，另外一端称为南极。地球表面上，垂直于地球自转轴的大圆称为赤道。地球表面上，连接南北两极的纵线称为经线；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。这样就给地球表面建立了一个实用的坐标系。

二、地球表面特征

地球表面分为海洋和陆地两部分，其大部分为海洋所覆盖。地球表面积为 5.1 亿平方公里，其中海洋面积约为 3.61 亿平方公里，约占 71%，陆地面积为 1.49 亿平方公里，约占 29%。这与中国古代“三山、六水、一分田”的说法极为相似。地球表面海陆分布是不均匀的，我们把大片陆地叫大陆或洲（如七大洲、亚洲、非洲、欧洲、大洋洲、北美洲、南美洲、南极洲），大片海域叫海洋，（如太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋），散布在海洋或河湖中的小块陆地叫岛屿（如海南岛、青海湖的鸟岛）。

大陆地形起伏不平，高差悬殊、形态复杂，有山脉、高原、盆地、湖泊等。世界最高的山脉是我国喜马拉雅山脉，它的主峰珠穆朗玛峰海拔高度为 8848.13 米，是大陆上的最高峰。世界上最高的高原是青藏高原，海拔 4000 米以上，最大的平原是亚马逊平原，5600000 平方公里，最大的沙漠是撒哈拉沙漠 7770000 平方公里，最长的河流是亚马逊河 6480 公里，最大的瀑布是安赫尔瀑布落差 979 米，最大的淡水湖是苏比利尔湖 82400 平方公里，最大咸水湖是里海 371000 平方公里。海洋底面的地形也很复杂，有海岭、海沟、大洋盆地、大陆边缘等，世界上最深的海沟是西太平洋中的马里亚纳海沟，深达 11022 米。地球表面最大高差可达 20 公里左右。由此可知，地球形状是极为复杂的。

第三节 地球的圈层构造(结构)

地球的构造(结构)是指地球组成物质在空间的分布和彼此之间的关系。从整个地壳发展历史来看，目前已经确定的地壳最老岩石的年龄为 46 亿年，而沉积圈岩石最老的年龄竟达 36 亿年(苏联科拉半岛)，其中有生命记载的岩石年龄为 31 亿年(南非)。地球经过 40 多亿年的演化，使其内部物质不断发生分异作用，形成地球内部圈层构造(层圈结构)。从上可知，地球内部圈层构造并不是一开始就有的。在原始地球上，由于温度很低，物质大部分呈固态存在，轻重不同的各种物质彼此混杂在一起。只是当原始地球体积已变得相当大，其内部放射性元素蜕变过程中释放出的热能逐渐积聚起来，使其温度不断升高，物质呈现塑性状态以致熔融时，地球内部的物质才在重力作用下发生分异作用，最重的物质下沉到地球的深处组成地核；较轻的物质在地球的上部构成地幔；地幔中更轻的物质则上升到地球表面形成地壳。

地球大致以地壳表层为界，分为两大部分，从地壳表层往内至地心称内部圈层构造，以地壳表层往外至高空称外部圈层构造。

一、地球的内部构造(结构)

从地表至地心深达 6371 公里处称为地球的内圈。现今世界上最深的钻孔深度为 11 公里，这个深度对于地球平均半径 6371 公里来说，才为其六百分之一，仅仅钻透了地球的表皮。因此，对地球内部的认识和研究，仅靠对出露于地表的矿物、岩石的研究是不够的，还要根据地球物理，特别是地震波在地球内部传播速度变化，来探索地球内部的奥秘，传递地球内部构造信息，人们根据地震波在不同介质中传播、折射、反射和被吸收的规律，利用精密的地震仪器对地球内部进行探测，便能了解地球内部的构造。

地震发生时，产生地震波，主要有纵波(P)和横波(S)两种，并向四面八方传播，纵波可以在固态、液态和气态的介质中传播，而横波只能在固态介质中传播，同一固态介质中，纵波的传播速度为横波的1.73倍。根据实测资料表明，地震波从震源发出后，其传播速度随深度增加而增加，并作弯弓形转回到地面。在介质性质变化较大的地段，波速发生突变，波的传播路线出现转折(图1-2)。波速突变面，称波速不连续面。

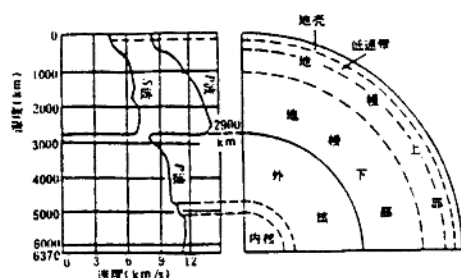


图1-2 地震波在地球内部各圈层中传播速度曲线图

1909年南斯拉夫地震学家莫霍洛维奇(A. Mohorovicic 1857—1936)根据地震记录，首先发现在巴尔干半岛地下33公里以内纵波的传播速度为6—7公里/秒，在此深度以下纵波的传播速度突增到8公里/秒。证明在大陆地面以下

33公里左右普遍存在着一个波速不连续面，称为莫霍洛维奇不连续面，简称莫霍面。莫霍面之上是地球本体最外层的硬壳，称为地壳。1925年，康拉德(D. Conrad)又发现在深20公里附近的地壳内部也存在一个波速突变的界面，在此面上纵波的波速从6.1公里/秒突增到6.4—7.0公里/秒，这个界面称为康拉德面。它的发现，表明地壳本身的结构也是不均匀的。

从地下60—250公里的范围内，地震波的纵波明显降低，横波在此带上的一些地段不易通过，为低速带，因为放射性元素大量集中，蜕变生热，以及大量矿物相转变放热等原因，使该带的物质状态局部可能呈熔融状，温度约为1500℃左右，它为上部固态岩石的活动创造了有利的条件。构造地质学又把低速带称为软流圈。一般认为可能是岩浆发源地。

从软流圈的顶界(60公里)至地表由各种岩石组成的固态圈层，叫做岩石圈。

1914年美国地球物理学家古登堡(B. Gutenberg)证实了在地下深约2900公里处



图1-3 地球内部构造示意图

存在一个不连续面，在此界面上纵波(P)波速由13.3公里/秒突降至8.1公里/秒，横波(S)波速由7.1公里/秒降为零(表1-1)即不能通过，这个不连续面，称为古登堡面。

从莫霍面到古登堡面之间的圈层称为地幔，古登堡面以下为地核。因此，莫霍面称为壳—幔界面，古登堡面又称为幔—核界面。

由于横波不能通过地核，因而推测地核是液态的。1936年，丹麦地震学家来曼(lehmann)发现在古登堡面之下另有一个波速的突变面，在此界面上，纵波(P)逐渐上升，横波又复出现。说明在液态地核的内部仍然存在着固态物质，位于地球中心的这些固态物质称为内核，其外部的液态物质称为外核。内、外核之间，还有过渡层存在。

根据地震波资料可知地球不是一个均质体,而是一个由不同物质组成的,且呈不同状态存在的若干同心圈层构成的球体(图 I-3)综上所述,地球内部圈层构造有地壳、地幔、地核。

地球内部圈层和物理数据

表 1-1

圈 层			深度 (海平面 以下 km)	地震波速度 (km/s)		密 度 (g/cm ³)	重 力 (m/s ²)	压 力 10 ⁹ Pa	温 度 (℃)	物 质 状 态
名 称	代 号	不连续面		纵波 V_p	横波 V_s					
地 壳	A	莫霍面	0	5.6	3.4	2.6	9.81	0	14	固 态 岩 石
			10	6.0	3.6	2.7	9.83	0.5	500	
				6.6	3.8	2.9				
			33	7.6	4.2	3.0	9.84	1	1000	
地 幔	B	低速层	60	8.0	4.4	3.3				塑 性 状 态 软 流 圈
				8.2	4.6	3.4	9.86	2.5	1400	
			100	7.8	4.2	3.5	9.89	6.8	1600	
	C		250	8.1	4.2	3.7	9.94	14	1700	
			400	9.0	5.0	4.7	9.98	40	2000	
	D	古登堡面	1000	11.4	6.3	5.7				
地 核	E		2898	13.3	7.1	5.7	10.80	150	2700	液 态
	F		4620	10.4	2.1	12.0	6.10	298		
	G		5155	11.2	3.6	12.7	4.30	332		
			6371	11.3	3.7	13.0	0	370	3200	

(一) 地壳

地壳是由固态岩石构成的地球外壳,上至地表,下至莫霍面。其平均厚度为 33 公里。组成地壳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、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,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。

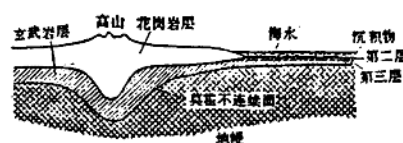


图 1-4 地壳构造断面图

(二) 地幔

在莫霍面以下至古登堡面之间的圈层称为地幔。其深度从 33—2900 公里之间厚达 2867 公里。主要由固态物质组成。其体积占地球的 82%, 是地球的主体部分。根据地震波推测,一般以 984 公里深度为界,将地幔分为上、下两层。

上地幔,主要由超基性岩组成,Fe、Mg 含量高。其平均密度为 3.5。在深度 60—250 公里间有一层呈塑性或局部熔融状态的软流圈层存在,这可能是岩浆的发源地。

下地幔，成分上与上地幔相似，但 Fe 的含量显著增高。其密度高达 5.1。

(三) 地核

从古登堡面以下至地心的部分，为地球的核心部分。其成分是由铁镍合金组成。还可能含有 Fe-S 或 Fe-Si 的合金。地核的体积占地球的 16.2%，密度达 9.7—13.6，与铁陨石相似。根据地震波在地核内的传播和吸收情况判断，地核分为内核和外核，内核为固相，外核为液相，内、外核之间为液体—固体的过渡相。

二、地球的外部构造(结构)

从地表以上至几千公里的高空，都属于地球外部，这个广阔的空间是由大气圈、水圈和生物圈组成的。在以太阳能为主的地球外能作用下，这几个圈层中的物质都在不停地运动、发展和演化，不断地改变着地球的面貌。根据其物理性质和状态可分为：

(一) 大气圈

大气圈位于地球最外层，是包围地球外面的一层大气，主要由各种气体(包括氮、氧、氩三种单质气体和二氧化碳、水蒸汽两种气态化合物等)混合组成的。大气的密度由于受地球引力的影响，随高度的增加而降低，变得越来越稀薄。大气圈没有明确的顶界，而底界一般认为是地表，但是大气能渗透到地下数公里深的岩石孔隙和裂隙之中。

(二) 水圈

连续包围地球表层的水的闭合圈称为水圈。是分布在地球表面的海水、冰川、湖泊和沼泽及河流内的水，地下水等共同构成了基本连续的水圈。地球表面存在着的水圈是地球与太阳系其它行星的主要区别。

水圈中的水，其总量为 14 亿 Km^3 ，占地球质量的 0.2%，海洋水是水圈的主要部分，占地球上的 97.3%，其它形式的水量只占 2.7%。

(三) 生物圈

地球表层有生命活动的圈层称为生物圈。生物在地球上分布很广，主要集中在地表和水圈中，特别是在阳光、空气和水分充足而温度又适宜的地方，生物更为集中。在这些地区的生物活动能力很强，新陈代谢速度亦快，其对地表的改造也特别显著。

人类生存于生物圈中，生物圈不仅为人类提供了衣、食等生活资料，还形成了人类不可缺少的大量矿产资源，如煤、石油、天然气等。

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，地壳在不断地运动，其表面形态，内部结构，物质成分时刻都在变化着，只不过在不同的时间和地区，其剧烈程度和表现形式不同。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的风吹、日晒、雨淋逐渐破坏碎裂，脱离原岩而被流水携带到江、河、湖、海等低地，原来沉积的水平状态岩层受地壳运动的影响，发生褶皱、断裂、节理等构造现象。海枯石烂、沧海桑田、地壳面貌不断改变，具有了现在的外形。促使地壳或岩石圈的物质组成、结构、地表形态的变化和发展的各种作用，统称为地质作用。

在自然界，有些地质作用进行得快，易被人们所觉察，如意大利的维苏威火山，我国唐山大地震可在瞬间发生，造成一定灾害，也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。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。

一、内力地质作用

由于地球自转、重力和放射性元素蜕变等能量在地壳深处产生的动力对地球内部及地表的作用称内力地质作用。根据其动力和作用方式可分为四种，如地壳运动、岩浆活动、地震及变质作用等。岩浆岩、变质岩及其有关的矿产都与内力作用密切相关。

(一)地壳运动 使地壳发生变形、变位的地质作用，称为地壳运动。地壳运动还包括上地幔软流圈以上固体岩石的运动，所以又称为岩石圈运动。按地壳运动方向，可分为升降运动和水平运动两种形式。

1. 升降运动(垂直运动)

是指地壳沿铅垂方向或沿地球半径方向进行的运动。升降运动能使地壳上升或下降，并使岩层发生弯曲或断裂，常常在大范围内缓慢地进行，形成区域隆起和坳陷，主要控制海、陆分布的轮廓，以及控制地表岩石的剥蚀和沉积作用进行的强度。因此又将升降运动称为造陆运动。如果一个地区表现为上升运动，其相邻地区常表现为下降运动。如我国华北平原，近代属于相对沉降地区，与它相毗邻的太行山区和泰山区则属相对上升地区。具有均衡补偿的特点。

2. 水平运动

是指地壳沿着地球切线方向发生的运动，即地壳上的岩层平行于水平面方向的运动。在水平运动显著的地区，岩层受到挤压、拉伸、平移、旋扭，发生强烈变形和变位，形成复杂的褶皱带和断裂带，造成带状山系，还常常伴随有岩浆活动和变质作用。在地形上，常表现为高峰深谷，山脉连绵。如我国的喜马拉雅山、昆仑山等，都是这种水平挤压运动造成的。因此，地壳的水平运动又称为造山运动。

地壳的升降运动和水平运动都是普遍存在的，往往在一个范围较大的地区，可以同时发生这两种形式的地壳运动，只是有主次之分，并随时间的推移，地壳运动形式也会不断发生变化。

(二)岩浆作用 岩浆的形成、运移直至凝固结成岩的全部作用过程。

(三)变质作用 由于地壳运动及岩浆活动，使早先形成岩石受到高温、高压及化学活动流体的影响，导致它们矿物成分和结构构造(有时还有化学成分)发生了不同程度的变化，这些变化总称为变质作用。

(四)地震作用 由内力引起地壳(岩石圈)的快速颤动。往往是一种能量快速释放的形式。

二、外力地质作用

是由地球范围以外的能源所产生的地质作用。它的能源主要来自太阳辐射能以及太阳和月球的引力，地球重力能等。其作用方式有风化、剥蚀、搬运、沉积和成岩作用。外力作用总趋势是削高补洼把地夷平，沉积岩和外生矿床就是外力地质作用的产物。

(一)风化作用 在物理风化(温差、冰劈)化学风化(溶解、水化、氧化、碳酸盐化)和生物风化作用下，使岩石在原地遭受破坏的作用。

(二)剥蚀作用 流水、冰川、风将风化产物从岩石上剥离下来，同时也对未风化的

岩石进行破坏，不断改变岩石的面貌。

(三)搬运作用 剥蚀下来的物质，在外力作用下，离开母岩区，经过长距离搬运，到达沉积区的过程。

(四)沉积作用 被搬运的物质到达适当场所，由于介质条件的变化而发生沉积的过程。

(五)固结成岩作用 松散沉积物转变为沉积岩的过程。

在地壳演化过程中，内力地质作用与外力地质作用是相互联系又相互矛盾的，内力地质作用在造成地表崎岖不平过程中起着主导作用；外力地质作用总趋势是削高补低，使地面趋于平坦，地壳就是在对立统一的矛盾发展中，不断运动和不断演化的。

第五节 地壳的物质组成

地壳是由各种岩石组成的，岩石是矿物的集合体，而矿物又是由各种化学元素组合而成的。因此，组成地壳的基本物质是元素。为了了解地壳的化学成分及元素的分布状况，许多科学家做了大量的研究工作。如美国地质调查所的克拉克(F. Clarke)先后用了三十多年的时间，从世界各地采集了具有代表性的岩石样品约五千多块进行了化学分析，以此为基础计算出地壳上层(16公里厚)中50余种元素的平均质量百分比，于1889年提出了第一张地壳元素分布(丰度)表；并在1924年与华盛顿(H.S. Washington)共同发表了地壳元素分布资料。后来为了纪念克拉克，国际上把地壳中元素平均含量的质量百分比，称为克拉克值。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、Mg、Na、K、H等为主。这些元素在地壳中平均质量百分比各不相同：

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

它们占了地壳总质量的98.13%。其中氧几乎占一半，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铜、铅、锌、钨、锡、钼等元素，在地壳中平均含量很少，但它们在各种地质作用下可富集成有工业价值的矿床。

第二章 矿物

第一节 矿物的通论

一、矿物的概念

矿物是地壳中各种地质作用的产物，它具有一定的化学成分(绝大多数为化合物，少数为单质元素)和晶体结构，从而具有一定的形态、物理性质和化学性质，它是岩石和矿物的组成单位。

在实验室条件下获得的人工化合物，虽然成分和性质与天然矿物类似，但它不是地质作用产物，称为“人造矿物”或“合成矿物”。来自地球以外其他天体的天然单质或化合物，称为宇宙矿物。

自18世纪地质学诞生以来，纵览各种矿物的名称，可以发现一个规律，即各种非金属矿物一般用“石”，如金刚石、绿柱石、电气石等；而金属矿物则习惯称为矿，如黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿等。

二、晶体与非晶体

自然界绝大多数矿物均呈固态存在，根据固态矿物内部结构特点，可将其分为晶体与非晶体。

晶体物质的内部质点(原子、离子或分子)按一定规律重复排列，从而构成格子构造，具有格子构造的物质称为结晶质。具有规则几何外形的(即结晶多面体)结晶质，称为晶体，如石英、磁铁矿、方解石等(图2-1)。

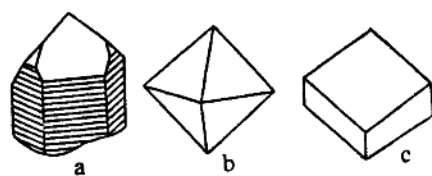


图2-1 石英(a)、磁铁矿(b)及方解石(c)的晶形

结晶质中不具规则外形的称晶粒(如岩盐)。如果把形状不规则的岩盐颗粒置于NaCl过饱和溶液中，经过一定时间后可以生成规律立方体。事实上，具有立方体形状的岩盐和不规则外形的岩盐颗粒(晶粒)，两者除外部形状不同外，其它性质都相同。

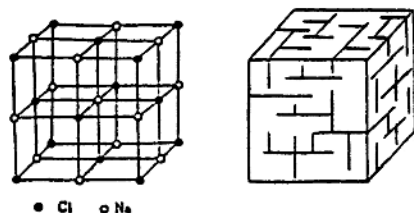


图2-2 岩盐NaCl的晶体结构及其立方体晶形

这种现象于1912年经过德国学者劳厄(Max Von Lawe)通过X射线研究查明，不论岩盐颗粒外形规则与否，其内部质点都呈有规律排列，这些质点(Na^+ 和 Cl^-)在三维空间作周期性重复排列而构成空间格子构造(图2-2)，从而揭示了岩盐的形态与内部结构之间内在的本质联系。后来，用X射线对大量的矿物进行类似的分析研究后得出结论认为：矿物大部分具有质点

呈有规律重复排列而成的格子构造。

在实际晶体的结构中，划分出来的最小平行六面体称晶胞(或称单位晶胞)。整个矿物晶体可视为晶胞在三维空间平行地、毫无间隙地重复地堆砌而成。因此，当矿物晶体生长到某一瞬间停止时，也就是相当于晶胞堆砌到那一瞬间为止，因而我们所见到的矿物晶体就会呈现出几何结晶多面体外形。晶胞的形状和大小与晶胞棱长(a、b、c)和晶棱的夹角(α 、 β 、 γ)有密切关系，所以称它们为晶体常数、晶格常数。

结晶多面体外面的平面称为晶面，两个晶面的交线称晶棱，不平行的晶棱汇集成的交点称角顶，这三者称之为组成晶体的三要素。

晶体按其对称分类，可分低级、中级、高级三个晶族。三个晶族又按其对称特点不同，分为七个晶系，它们都不具有高次轴(凡轴次高于二次的对称轴)。中级晶族包括三方、四方、六方晶系，它们必有一个高次轴。高级晶族只有一个等轴晶系，具有多于一个的高次轴。

非晶质体的内部结构与晶质体的内部结构完全不同，它的内部质点排列没有规则，杂乱无章，因而不具有规则的几何外形。非晶质体又分为两种：一种是玻璃质体，它是地壳深处的岩浆喷出地表，迅速冷却，质点来不及按规则排列凝固而成，如火山玻璃；另一种是胶质体，是从胶体

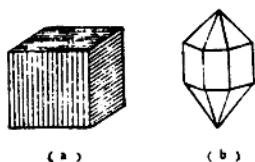


图 2-3 单形和聚形
a—黄铁矿的单形；b—石英的聚形

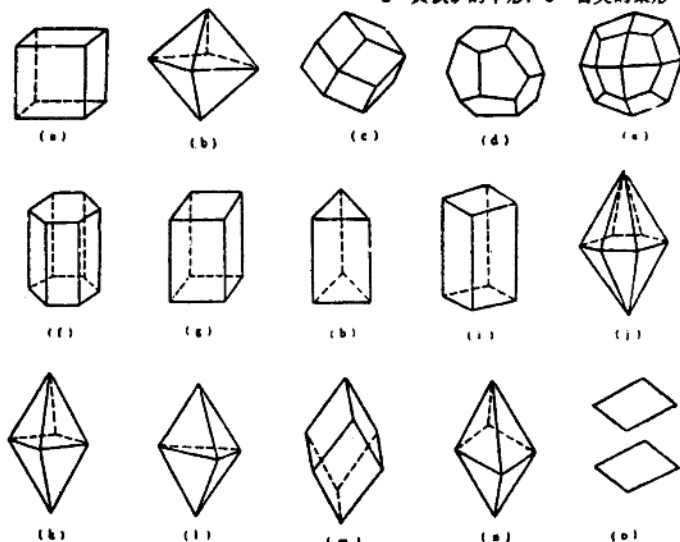


图 2-4 十五种常见晶体的单形

溶液中沉淀凝聚、固结而成，如玛瑙。晶质与非晶质并非是一成不变的，在一定温度、压力条件下是可以互相转化的，如非晶质蛋白石可转化为结晶的石英；玻璃质是一种不稳定的物质，随着时间的推移，它们会逐渐转化为结晶物，这叫脱玻化作用，因此一般只有在较新的喷出岩中才有玻璃质存在。

三、单形和聚形

晶体的形态可分为两种类型：一类是由形状相同大小相等的晶面所组成的晶体，称为单形，如黄铁矿的立方体晶形，就是由六个同形等大的正方形所组成的；另一类则是由两种以上单形聚合而成的晶体，称为聚形(见图 2-3)。如石英晶体通常是由六方双锥和六方柱这两种单形聚合而成的。常见晶体的 15 种单形及代表性矿物见图(2-4)及表(2-1)。

还应注意：同种矿物因其形成时物理化学条件不同，可以出现几种不同的晶形，例如磁铁矿有八面体也有菱形十二面体的单形，不同矿物又可以有相似的晶形，如绿柱石、磷灰石都呈六方柱的晶形，因此在鉴定矿物时还必须注意其他物理性质的特征。

常见的晶体形态

表 2-1

晶体名称	晶面数目	晶面形状	常见矿物
立方体 a	6	正方形	方铅矿、黄铁矿、萤石
八面体 b	8	等边三角形	磁铁矿、黄铁矿、萤石
菱形十二面体 c	12	菱形	石榴石、磁铁矿、萤石
五角十二面体 d	12	五边形	黄铁矿
四角三八面体 e	24	四边形	石榴石
六方柱 f	6	矩形	石英、绿柱石、磷灰石
四方柱 g	4	矩形	锡石、金红石
三方柱 h	3	矩形	电气石
斜方柱 i	8	平行四边形	正长石、角闪石、辉石
六方双锥 j	12	等腰三角形	磷灰石、高温石英
四方双锥 k	8	等腰三角形	锡石、金红石
三方双锥 l	6	等腰三角形	石英
菱面体 m	6	菱形	方解石、白云石、菱铁矿
斜方双锥 n	4	不等边三角形	自然硫
平行双面 o	2		云母、石墨

双晶是指两个或两个以上同种晶体的规则连生，从外形上看，在连生的晶体中，一个单体(B)可以通过一个假想平面(双晶面)与相邻晶体成镜像反映，或者绕一假想轴(称双晶轴)旋转 180° ，而与相邻单体(A)彼此平行或重合，这时此二晶体(A、B)称双晶(图 2-5)。例如正长石的卡式双晶，斜长石的聚片双晶、石膏的燕尾双晶(图 2-6)。

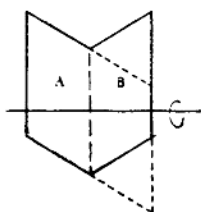


图 2-5 双晶现象示意图

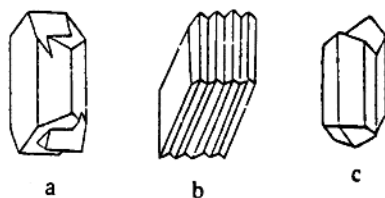


图 2-6 几种双晶类型

a: 卡式双晶(正长石), b: 聚片双晶(斜长石), c: 燕尾双晶(石膏)。

四、矿物的化学性质

(一) 矿物的化学成分

矿物是地壳中各种化学元素在地质作用下有规律结合的产物，按其化学组成可分两类：一类是单质，是由同种元素以原子状态自相结合形成的自然元素矿物。如自然金(Au)、金刚石(C)、石墨(C)等。另一类是化合物，是由两种或两种以上不同元素组成的矿物，自然界绝大多数矿物均属此类。

化合物矿物可分为：

1. 简单化合物矿物：由一种阳离子和一种阴离子化合而成如方铅矿(PbS)。

2. 络合物矿物：由阳离子和络阴离子组成的化合物及各种含氧盐矿物一般均属此类，如硬石膏(CaSO_4)、方解石(CaCO_3)等。

石墨和金刚石物理性质的比较

表 2-2

物理性质	石 墨	金 刚 石
形 状	六方片状	八 面 体
颜 色	黑 色	‘ 无色(或带各种色调)
透 明 度	不 透 明	透 明
光 泽	金 属	金 刚
摩氏硬度	1	10
解 理	完全 // {0001}	中 等 // {111}
比 重	2.09~2.23	3.17~3.56
导 电 性	强、良导体	弱、半导体

(二) 同质异象

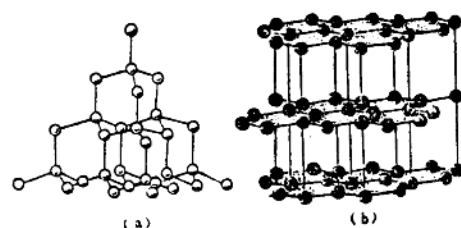


图 2-7 金刚石(a)及石墨(b)的晶体结构

化学成分相同的物质，在不同的物理化学条件下，可以生成具有不同的晶体结构，从而具有不同形态和不同物理性质的矿物，这种现象称为同质异象。如金刚石和石墨，虽然都是碳(C)所组成，但两者的晶体结构和物理性质却截然不同(如图 2-7)。

同质异象变体在一定温度、压力条件下，可以发生转变。如金刚石在高压条件下加热至 1300℃ 以上时，则转变为石墨。又如 α 石英(低温石英)当温度升高到 573℃ 以上时转变为 β 石英(高温石英)，当温度下降到 573℃ 以下时又转变为 α 石英(图 2-8、图 2-9)。同质异象体的转变，温度常常是主要条件。因此，我们可以根据同质异象的存在，判断矿物形成的温度。

(三) 类质同象

化学成分不同的物质，如果具有相似的晶体结构而且能够互相混合的，称类质同象。也即是说：物质结晶时，其晶体结构中本应由某种离子或原子占有的配位位置，一部分被介质中性质相似的他种离子或原子所占有，共同结晶成均匀的，呈单一相的混合晶体(简称混晶)，但不引起键性和晶体结构型式发生质变现象。例如黑钨矿(Mn 、 Fe)(WO_4)是由晶体结构相似的 FeWO_4 与 MnWO_4 这两种化合物互相混合而成的。

黑钨矿除可看作是 MnWO_4 和 FeWO_4 的混合晶体外，也可看作是 MnWO_4 晶体中一部分 Mn 被 Fe 替换(称类质同象替换)或 FeWO_4 晶体中一部分 Fe 被 Mn 替换的产物。按这种看法黑钨矿可以看作是 MnWO_4 与 FeWO_4 的固溶体，其中多者相当于溶剂，少者相当于溶质。

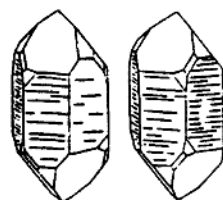


图 2-8 α -石英的晶形

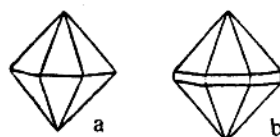


图 2-9 β -石英的晶形

a: 六方双锥； b: 六方双锥与六方柱的聚形

五、矿物的形态

矿物的形态是指矿物单体及集合体的形状而言。矿物的形态是内部结构与化学成分的外在反映。一定化学成分和内部结构的矿物具有一定的晶体形态特征。因此，矿物形态在鉴定上具有重要意义。另外，矿物的形态也受生成环境的影响，因此，矿物的形态特征又具有成因意义。

(一) 矿物的单体形态

1. 结晶习性 矿物晶体在形成过程中，往往生成有一定的常见形态为结晶习性，根据矿物晶体在三维空间发育程度不同，把结晶习性分为三种类型：

1) 一向延伸 晶体沿一个方向特别发育，其余两个方向发育差($a=b<c$)，呈针状、柱状、纤维状等，如角闪石、透闪石、阳起石、石棉、石膏等(图 2-10)。

2) 二向延展 晶体沿两个方向特别发育，而第三个方向不发育或发育差($a=b<c$)，呈片状、板状。如云母、重晶石、黑钨矿等(图 2-10B)。

3) 三向等长 晶体在三度空间发育程度大致相等($a=b=c$)呈等轴状、粒状。如石榴石、黄铁矿、磁铁矿等(图 2-10C)。

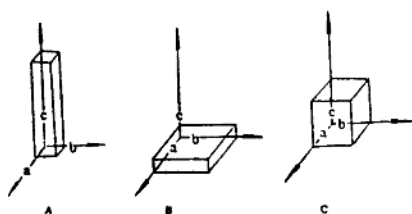


图 2-10 结晶习性分类示意图

A: 一向延伸 ($a=b<c$)，B: 二向延展 ($a=b>c$)，
C: 三向等长 ($a=b=c$)

2. 晶面条纹

晶面上带有一些细条纹。晶面条纹的方向因矿物种类不同而异(图 2-11)，黄铁矿立方体晶面上常各具一组平行的条纹。三组条纹互相垂直。石英的柱面上具有横纹(条纹方向垂直晶体的延长方向)、电气石具纵纹(条纹方向平行晶体延长方向)。

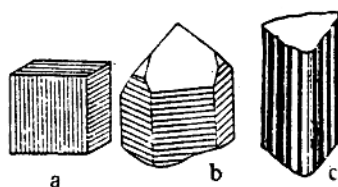


图 2-11 晶面条纹

a: 黄铁矿; b: 石英; c: 电气石

(二) 矿物集合体形态

矿物集合体的形态取决于单体的形态和集合的方式。可分为晶质集合体和隐晶质、胶质集合体。

1. 显晶质集合体 肉眼可以辨认单体的为显晶集合体

1) 由针状、柱状、纤维状等单体聚集而成的集合体，分别叫作针状集合体、柱状集合体、纤维状集合体。若此类矿物由一中心向四周生长形成放射状，则分别称为针状放射状、柱状放射状集合体。

2) 由板状、片状、鳞片状等单体聚集而成的集合体，分别为板状、片状、鳞片状集合体。

3) 由粒状矿物聚集而成的集合体则称粒状集合体。如果是由极细小颗粒紧密聚集而成集合体，则称为致密块状集合体。

4) 如果在晶洞中，矿物有良好生长条件，常常有较好的晶体聚集生长在一个基底上，称为晶簇。如石英晶簇(图 2-12)。

2. 隐晶质或胶态集合体，是用放大镜也看不见单体界限的集合体。