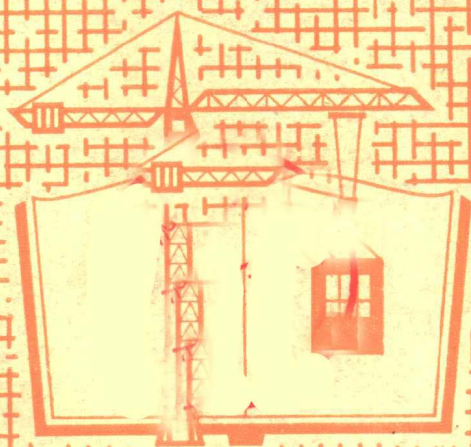


# 供水水文地质

刘兆昌 朱琨 编



高等学校试用教材

中国建筑工业出版社



高等学校试用教材

# 供水水文地质

(给水排水专业适用)

刘兆昌 朱琨 编

中国建筑工业出版社

## 前 言

本书是为高等院校给水排水专业编写的试用教材，是根据1978年全国给水排水专业教材编写会议的精神编写的。

本书在内容上尽量突出了当前国内外比较流行的观点和提法，同时对不同学派的观点亦有所反映，对水文地质勘察和计算方面所采用的某些新技术和新动向也作了简要的介绍。但因学时所限，有些内容只能力求简明扼要，无法详细论述。

本书由清华大学刘兆昌主编，兰州铁道学院朱琨参加编写，重庆建筑工程学院肖执中主审。在编写过程中，得到了同济大学等院校水文地质教研组、有关勘察设计单位及陕西省综合勘察院王强忠等同志的积极协助，特致以谢意。

由于编者水平有限，本书难免有不少缺点和错误，希读者批评指正。

编者 1979年3月

# 目 录

绪论 .....	1	第一节 地下水的物理性质 .....	58
第一章 基本的地质知识 .....	3	一、温度 .....	58
第一节 地球的构造 .....	3	二、颜色 .....	59
一、地球的分圈 .....	3	三、透明度 .....	59
二、地球表面的形态特征 .....	4	四、味 .....	59
三、地壳的物质组成 .....	6	五、嗅(气味) .....	59
第二节 矿物与岩石 .....	6	六、导电性 .....	59
一、主要造岩矿物的特征 .....	6	第二节 地下水的化学成分 .....	59
二、岩石的分类 .....	7	一、地下水中常见的化学成分 .....	59
第三节 岩层的地质时代 .....	14	二、地下水化学成分的性质 .....	61
一、地质时代的划分 .....	14	三、地下水的化学成分分析与 按化学成分分类 .....	63
二、地质年代表 .....	15	第三节 地下水化学成分的形成 与演变 .....	64
第四节 地质构造 .....	17	一、原始成分的影响 .....	64
一、地壳运动简述 .....	17	二、地下水在运动过程中的 各种作用 .....	64
二、岩层产状的概念 .....	18	三、人类活动对地下水化学成分 的影响 .....	66
三、岩层的接触关系 .....	19	第四节 地下水的化学成分与 人体健康 .....	66
四、褶皱 .....	20	一、地下水中化学成分(物质) 天然分布不均匀对人体 的影响 .....	66
五、断裂构造 .....	22	二、地下水的污染及其与 人体的关系 .....	67
第二章 地下水的埋藏与循环 .....	28	第四章 地下水的运动 .....	69
第一节 地下水的储存及岩石的 水理性质 .....	28	第一节 地下水运动的特点及其 基本规律 .....	69
一、地下水的储存空间 .....	28	一、地下水运动的特点 .....	69
二、地下水的储存形式 .....	31	二、地下水运动的基本规律 .....	70
三、岩石的水理性质 .....	33	第二节 地下水流向取水构筑物的 稳定流运动 .....	72
第二节 地下水的埋藏条件 .....	35	一、地下水取水构筑物的 基本类型 .....	72
一、构成含水层的基本条件 .....	35	二、地下水流向潜水完整井 .....	73
二、岩石按水文地质条件的划分 .....	37	三、地下水流向承压水完整井 .....	75
三、储水构造的概念 .....	39	四、地下水流向非完整井和直线 边界附近的完整井 .....	76
第三节 地下水的类型 .....	40	五、对裘布依型单井稳定流	
一、上层滞水 .....	40		
二、潜水 .....	41		
三、承压水 .....	44		
第四节 地下水的循环 .....	49		
一、地下水的补给 .....	49		
二、地下水的排泄 .....	50		
三、地下水的径流 .....	54		
四、地下水补给、径流、排泄 条件的转化 .....	55		
第三章 地下水的物理性质和 化学成分 .....	58		

公式的讨论.....	79	一、单斜岩层地区的地下水.....	135
第三节 地下水向取水构筑物的		二、背斜构造地区的地下水.....	136
非稳定运动.....	81	三、向斜构造地区的地下水.....	137
一、概述.....	81	第五节 块状岩层地区的地下水.....	137
二、无越流含水层中水流向井的		一、风化裂隙发育地区的地下水.....	137
非稳定流运动.....	82	二、侵入接触带中的地下水.....	138
三、越流系统中水流向井的非		第六节 岩层断裂发育地区的	
稳定流运动.....	88	地下水.....	139
四、对泰斯公式的评价.....	91	一、成岩裂隙发育地区的地下水.....	139
第四节 水文地质参数的确定.....	91	二、构造断裂地区的地下水.....	140
一、概述.....	91	第七节 岩溶地区的地下水.....	143
二、利用稳定流抽水试验计算		一、岩溶发育的规律.....	143
水文地质参数.....	92	二、岩溶水的储存形式.....	144
三、无越流含水层中利用非		三、岩溶水的基本特征.....	145
稳定流抽水试验计算水文		第八节 地下热水的形成和开发.....	147
地质参数.....	101	一、地下热水的形成条件.....	147
四、越流系统中水文地质参数的		二、地下热水的开发利用.....	148
确定.....	112	第六章 供水水文地质勘察.....	151
五、给水度和降水渗入系数的		第一节 概述.....	151
确定.....	118	第二节 水文地质测绘.....	152
第五节 研究地下水运动的数值		一、水文地质测绘的目的与任务.....	152
算法和实验室方法.....	120	二、水文地质测绘一般的方法	
一、数值算法的概念.....	121	与内容.....	152
二、实验室方法的基本原理.....	121	三、不同地貌区测绘的具体要求.....	155
第五章 不同地貌地区的地		四、遥感技术在水文地质调查中	
下水特征.....	123	的应用.....	156
第一节 山前倾斜平原区的地下水.....	123	第三节 水文地质勘探.....	162
一、洪积物及其形成规律.....	123	一、物探.....	163
二、冲洪积扇中的地下水.....	124	二、钻探.....	170
三、山间盆地中的地下水.....	125	第四节 抽水试验与地下水动态	
第二节 河谷平原区的地下水.....	126	观测.....	174
一、河流的沉积作用和冲积层.....	126	一、抽水试验.....	174
二、冲积层中的地下水.....	128	二、地下水动态观测.....	181
第三节 黄土地区、沙漠地区、		第五节 地下水资源评价.....	183
湖泊沉积地区、冰川堆积		一、“三量”评价法.....	184
地区、滨海岛屿地区的		二、储量算法.....	196
地下水.....	130	第六节 勘察资料的内容与阅读.....	200
一、黄土地区的地下水.....	130	一、勘察资料的内容及举例.....	200
二、沙漠地区的地下水.....	132	二、勘察资料的阅读和分析.....	209
三、湖泊沉积地区的地下水.....	132	附图一 $W(u) - \frac{1}{u}$ 量板曲线.....	211
四、冰川堆积地区的地下水.....	133	附图二 $W(u, \frac{r}{B}) - \frac{1}{u}$ 量板曲线.....	212
五、滨海岛屿地区的地下水.....	133		
第四节 成层岩层地区的地下水.....	135		

## 绪 论

埋藏在地表以下土石和岩石的孔隙、裂隙及溶隙（包括溶洞等）中的水称为地下水。为供水的目的而研究地下水的起源、形成过程、埋藏分布规律、物理性质和化学成分、运动规律、动态变化以及资源评价等内容的科学叫供水水文地质学。供水水文地质学是地质学的一个分科，涉及的范围较广，包括整个地质学的基础知识和水文地质知识等各方面的内容。

建国三十年来随着生产力的发展和新技术的不断引用，我国水文地质学不论在基础理论还是在勘察技术方面都有了很大的进展，尤其是近十几年来进展更快一些，例如引入了李四光的地质力学理论，从力学角度研究储水构造的形成条件，进而推断地下水的形成、储存与运动规律，为基岩地区的水文地质工作指出了新的方向；地下水运动的研究亦从裘布依的稳定流理论发展到泰斯的非稳定流理论，而且从七十年代起随着电子计算机技术的发展，地下水运动的数值解法（有限单元法等）及电模拟亦已开始用于供水水文地质勘察中；地下水资源的评价已从五十年代的普洛特尼柯夫的四大储量法逐步形成了适合于我国水文地质条件的、目前还在继续完善的“三量”（补给量、储存量和消耗量）评价方法；宇宙航行事业推动了水文地质勘察技术的发展，目前已广泛应用卫星图像来解释水文地质条件，为区域性的水文地质调查开创了新途径；物探工作亦由较简单的直流电阻率法发展到激发激化法等，另外地震勘探、重力勘探等也已用于水文地质勘察方面；在钻探技术自动化方面亦已开始引进和采用国外的新技术。

给水排水工作者的任务是选择水源地（水源比较）和设计取水构筑物，一般不去进行水文地质勘察工作。但选择水源和设计取水构筑物的依据是水文地质资料，因此对于给水排水工作者来说，掌握基本的水文地质知识，学会阅读和利用水文地质资料，能进行简单的水文地质计算，具备有地下水取水工程的基础知识，均是正确地选择水源和合理地设计取水构筑物的必要条件。

我国地大物博，自然条件优越，有着丰富的地下水资源。北方地区由于比较干旱，地表水源较少，地下水常常是重要的供水水源，如北京、西安、沈阳、太原、济南、石家庄、呼和浩特、兰州、包头等很多大中城市都在利用地下水作为供水水源，至于一般中小城市和广大农村对地下水的利用更为普遍。在地表水比较丰富的一些地区，由于地表水体容易被工业排除的废物所污染，而地下水则有水质好、水温低、不易污染、比较经济等优点，因而一般优先利用地下水作为供水水源，尤其是作为饮用水源。随着实现四个现代化进程的加快，国民经济各部门对水的需求量将会逐年增加，特别在一些新建设的工矿区，为满足生产和生活用水需要，寻求和勘探地下水常常成为急待解决的主要问题，甚至会影响到企业能否建立或是否能按计划投产。

目前，在开采利用地下水作为供水水源的过程中，已遇到一些新的问题。由于大量开采地下水，尤其在一些集中开采的地区，出现了区域地下水位持续下降、水量逐渐减少、

矿化度变高、地面下沉等问题。为了不使地下水源枯竭和开采条件进一步恶化，上海、北京、天津、西安、杭州等地均已采用了人工回灌措施，实际上有些国家开采的地下水水量中已有30%是人工回灌补给的。可见，只要大量地、集中地开采利用地下水，人工回灌将是必不可少的，亦是行之有效的措施。另外，一些地区的地下水被污染是现代工业化带来的水文地质方面的新问题，严重地威胁着地下水的开采利用。所以凡是在地下水被污染的地区，必须研究污染地下水的污染源和污染途径，以及进行污染物在含水层中的运移计算，进而对地下水中含污染物的浓度作出预测并采取有效措施。只有在开采过程中及时地解决所出现的各种新的水文地质问题，才能使供水有充分的保证。

地下水因储存在地表以下的岩石空隙中，所以与地表水相比，用地下水作为供水水源有下列优点：

1. 地下水在地层中渗透经过天然过滤，水质透明无色，一般不需净化处理。
2. 地下水（特别是深层地下水）因有上部岩层作为天然蔽障，一般不易受地表污物的污染，卫生条件较好。
3. 地下水温较低，常年变化不大，特别适宜于冷却和空调用水。
4. 地下水取水构筑物可适当地靠近用水户，输水管道较短，构筑物较简单，基建费用较低，占地面积也小。

由于地下水有上述优点，故在水源选择时一般都优先考虑地下水。但地下水也有其缺点，即：地下水中一般含盐量较多，水的硬度较高，有些地区在水质方面有时不能满足用水要求，水量不如地表水充沛。

# 第一章 基本的地质知识

## 第一节 地球的构造

地球是太阳系的一个行星，它是平均半径为6371公里的旋转椭球体。

### 一、地球的分圈

地球并不是一个均质体，而是具有圈层结构。以地表为界分为内圈和外圈。

#### (一) 地球内圈的特征

目前，人们对地球内部特征的研究主要靠地球物理的方法，即地震波观察、重力测量以及地磁测量等；另外也借助高温、高压实验的研究等。综合应用以上方法就可得到关于地球内部构造和状态的资料。例如：当向地球内部传播地震波时，就会发现地震波的传播速度在纵深方向上有明显的变化，但在横向上变化不大，而且地球各处在大致相同的深度上都有这种变化。这就表明地球内部在纵向上是不均匀的，呈同心圈层结构。从地表向下可分为三大圈层：地壳、地幔和地核，如图1-1所示。每一个大圈层还可再分为次一级圈层。

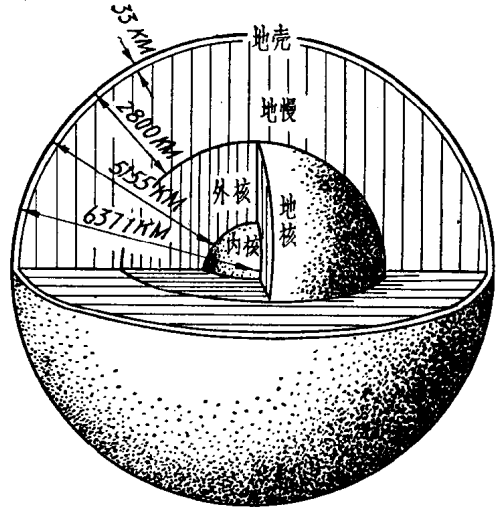


图 1-1 地球的内部分圈

地壳：地壳是地球最外面的一层

硬壳，它的厚度各地不等，最厚的地方是我国西藏高原地区，可达七、八十公里；最薄的地方是在一些深海地区，厚度仅几公里。大陆地壳的平均厚度约33公里左右，大洋地壳平均厚度只6公里。整个地壳的平均厚度是16公里，只有地球半径的 $\frac{1}{400}$ 。

地壳是由各种各样的固体岩石组成的。地壳表面岩石的平均密度是2.7克/厘米<sup>3</sup>，从地表愈往下，温度、压力和密度都逐渐增加，到了地壳的底部，温度大致增加到1000°C左右，压力最大达数万大气压。地壳是地质学研究的重点，是地下水储存和运动的场所。

地幔：地幔是指地壳底部起、直至深约2800公里的一个圈层。地幔上部亦有一薄层坚硬岩石，这层岩石和地壳一起统称为岩石圈，总厚度约60~100公里。其下是二、三百公里厚的一层软流圈，物质呈熔融塑性状态，强度较小，这里就是岩浆的源地。在长期的应力作用下，软流圈内的物质不断地发生着对流。软流圈以下的地幔物质，在强大的压力下已呈现固体状态。

地核：地核是指2800公里以下的地球中心部分，还可再分为内核和外核。地核主要由



铁镍物质所组成，密度为 9.71~16 克/厘米<sup>3</sup>，压力可达 370 万大气压，温度为 3000~6000°C，在这样的高温高压下，地核物质的原子结构已完全被破坏而呈“金属态”。

人们目前对地幔和地核了解的很不够，特别是对物质状态，大都属推测和假说。

### (二) 地球外圈的特征

地球表面以上，根据物质的性质和状态可分为大气圈、水圈和生物圈。它们环绕包围着地球，各自形成连续完整的外圈层。

大气圈：大气圈是指包围着地球的气体，厚度在几万公里以上，但由于受地心引力的作用，地球表面的大气最稠密，向外逐渐稀薄，所以大气压力随高度而递减。大气的温度在海平面是视纬度而不同，在空间是随着高度的增加而呈现出下降→增高→下降→猛增的规律。根据大气的物理特征和成分等，可将大气圈再分为各种圈层，如：对流层、平流层、中间层、热成层、外逸层。

水圈：水圈是指地球表层附近的水体。大部分汇集在海洋里，一部分分布在大陆表面的河流、湖泊里，以及冰雪分布在高山区，尚有一部分是埋藏于地表以下的岩石空隙中（地下水）。水圈的总质量是 166.4 亿亿吨，总体积为 3260 亿立方公里，各种水体估计见表 1-1。

由表 1-1 可知，陆地水比海洋水少的很多。但它们广泛分布于陆地上，与人类的活  
动关系较密切。尤其是地下水数量上更少，但它常常是人们的重要水源，也是水文地质学的主要研究对象。

生物圈：生物圈是指地球上生物（动物、植物和微生物）生存和活动的范围。在大气圈 10 公里的高空，地表以下 3 公里的深处和深、浅海底都发现有生物存在。但大量生物是集中在地表和水圈上层，包围着地球形成一个完整的封闭圈。

地球上水圈的分布 表 1-1

水体类型	百万立方公里	百分比	
陆地水 { 地面水 {	淡水湖	30	0.009
	咸水湖	25	0.008
	河流	0.28	0.0001
	冰层	7300	2.24
	地下水	2000	0.61
陆地水共计	9355.28	2.867	
海洋水	317000	97.1	
水圈总计	326000	100	

## 二、地球表面的形态特征

### (一) 地壳表面特征

地球是个椭球体，是指其总轮廓而言，其实地球表面是十分复杂的高低起伏的曲面，而这种起伏基本上可分为陆地与海洋两大部分。陆地面积为 1.49 亿平方公里，占地球表面积的 29.2%；海洋面积为 3.61 亿平方公里，占地球总面积的 70.8%。地球表面的最高点是喜马拉雅山的珠穆朗玛峰，海拔高程为 8848.13 米，最深处是太平洋的马利亚纳海沟，深度在海平面以下 11033 米。陆地部分平均高程为 860 米，海洋平均深度为 3900 米。地球上陆地的面积大都为 1000 米以下的平原、丘陵和低山，占地球总面积的 20.8%；海洋的面积中 4000~5000 米的海盆地分布最广，占地球表面的 22.6%，如图 1-2 所示。

从图 1-2 可以看出，地球表面近 71% 分布在海平面以下，若将地球表面地形拉平，则地球表面将位于现在的海平面以下 2.44 公里。

### (二) 陆地地形

根据陆地表面的高程和起伏变化，可把陆地地形分为山地、丘陵、平原、高原、盆地和洼地等类型。

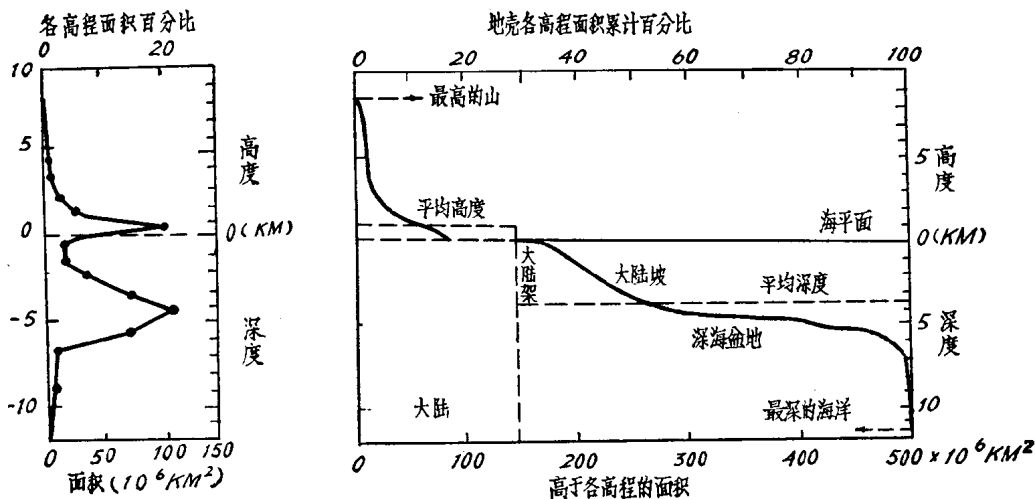


图 1-2 地壳表面各高程分布

**山地：**山地是低山、中山及高山的统称。海拔高度在500~1000米的叫低山，1000~3500米的叫中山，3500米以上的叫高山。我国是多山的国家，山地分布很广。

**丘陵：**丘陵是指地表起伏不超过200米的低矮地形。如我国东部丘陵、川中丘陵等。

**平原：**平原是指地球上地势宽广平坦或略有起伏的地区。平原大都分布在山地与海洋之间，以及大陆内部的山岳之间。平原按照海拔高程又可分为：海拔高程在200米以下的低平原，如我国的华北平原及东北平原；海拔高程在200~600米的高平原，如成都平原等。

**高原：**高原是指海拔高程在600米以上、表面较宽阔平坦或稍有起伏、四周常有崖壁与较低的地形单元分界的地区。我国的青藏高原是世界上最高的高原，海拔在4000米以上。

**盆地：**盆地是指四周是高原或山地、中央是低平地的地区。我国西南和西北有很多大小盆地，如：四川盆地、柴达木盆地、吐鲁番盆地等。

**洼地：**洼地是指高程在海平面以下的低洼地带，如我国吐鲁番盆地中的艾丁湖湖水面在海平面以下150米，称为克鲁沁洼地。

### (三) 海底地形

海底地形本来与人类的关系不如陆地地形密切，然而随着石油开采事业的发展，大陆架地区的地形特征已越来越引起人们的重视。

海底地形起伏很大，变化复杂，不亚于大陆，而且高差之大远超过陆地。根据海底地形特征，可进一步把海底分为大陆架、大陆坡、大陆基、海沟、岛弧、深海（大洋）盆地、洋中脊等单元。

大陆架是指紧邻陆地的、地势平坦的浅海水底平原。一般坡度小于 $0.1^\circ$ ，深度各地不等，通常是指水深在200米以内的水域，平均深度133米。我国沿海有宽阔的大陆架，渤海、黄海以及东海西部、南海大部组成了亚洲东部巨大的陆缘浅海，是世界上最大的大陆架之一，宽度由100多公里到500公里以上，水深一般为50米，最大水深180米，当前已成为世界关注的石油天然气贮藏地区。

### 三、地壳的物质组成

地壳是由各种各样的岩石组成的，而岩石本身又是由各种化学元素组成。因此要知道地壳的组成，首先要了解各种化学元素在地壳中的分布情况和分布规律。据目前所知，有10种元素已占地壳总重量的99.96%，见表1-2。其余近百种元素重量的总和还不足地壳总重量的千分之一。

地壳主要元素重量百分比

表 1-2

元素名称	含量百分比(%)	元素名称	含量百分比(%)
氧 O	46.95	钠 Na	2.78
硅 Si	27.88	钾 K	2.58
铝 Al	8.13	镁 Mg	2.06
铁 Fe	5.17	钛 Ti	0.62
钙 Ca	3.65	氢 H	0.14

各种化学元素在地壳中并不是均匀分布的，在不同地区及不同的深度上都是不均匀的。如地壳上部以O、Si、Al为主，Ca、Na、K亦较多，但地壳下部虽然仍以O、Si为主，但其它元素含量相对减少，Mg、Fe相应地增加。

化学元素在地壳的分布，除个别呈自然元素（如石墨、金等）外，其它元素大都以各种化合物的形式出现，尤以氧化物为最多。表1-3是地壳深度在16公里以内，按氧化物计算的平均化学成分重量百分比。

地壳主要氧化物重量百分比

表 1-3

氧化物	重量百分比(%)	氧化物	重量百分比(%)
SiO <sub>2</sub>	59.14	Na <sub>2</sub> O	3.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.34	MgO	3.49
FeO	6.88	K <sub>2</sub> O	3.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		H <sub>2</sub> O	1.15
CaO	5.08	TiO <sub>2</sub>	1.05

从表1-3可知，地壳中的主要成分是硅、铝的氧化物，占总重量的74.48%。

## 第二节 矿物与岩石

### 一、主要造岩矿物的特征

矿物是地壳中各种地质作用的自然产物，具有一定的化学成分和内部构造，因而也就有一定的物理和化学性质。个别矿物可以由一种元素组成，如：自然硫和金；但大多数的矿物是几种元素的化合物，如：盐、石英、赤铁矿等。矿物是地壳的基本组成部分，是矿石和岩石的组成单位。

矿物绝大部分呈固态，少数呈液态（如水、水银等）和气态（如天然气、硫化氢等）。

自然界的矿物种类很多，目前已知的有三千余种。各种矿物都有一定的外部形态和物

理性质，这些特征是肉眼鉴定矿物的主要依据。矿物的主要物理性质有：晶形、颜色、光泽、条痕、硬度、解理和断口、比重等。

**晶形：**自然界中的矿物可分为结晶的或非结晶的，其中结晶的占多数。结晶矿物由于内部质点（离子、原子或分子）作有规律的排列，外表常呈一定形态，矿物的晶形通常有：粒状、柱状、片状、板状、纤维状、放射状等。

**颜色：**指矿物新鲜面上的颜色。某些矿物具有特定的颜色，如磁铁矿是铁黑色；有的矿物因不同色杂质的混入而染成不同颜色，如纯净的石英是无色透明的，混入不同的杂质后可呈紫色、玫瑰色、烟色等。

**光泽：**指矿物的新鲜面上反射光线的能力。如：黄铁矿具有金属光泽，石英、长石具有玻璃光泽，石膏具有丝绢光泽。

**条痕：**指矿物粉末的颜色，即把矿物在毛瓷板上擦划，所得痕迹的颜色。有些矿物能有好几种颜色，但条痕的颜色却是固定不变的。

**硬度：**指矿物抵抗摩擦及刻划的能力。测定矿物的相对硬度常用摩氏等级，即按照矿物硬度的差异划分出十个等级，等级越高表示硬度越大，见表 1-4。如用甲矿物去刻划乙矿物，当乙矿物被刻出小槽并出现粉末，而甲矿物未受损伤，则甲矿物的硬度大于乙矿物。

**解理：**指矿物被敲击后沿一定结晶方向产生光滑平面的能力，裂开的光滑面就是解理面。

**断口：**矿物被敲击后，所产生的破裂面既无一定方向又不光滑就称为断口。

组成岩石最主要的矿物有二十多种，我们称这些矿物为造岩矿物，现将最常见的造岩矿物列表描述，见表1-5。

**摩氏硬度等级 表 1-4**

1度	滑石	6度	正长石
2度	石膏	7度	石英
3度	方解石	8度	黄玉
4度	萤石	9度	刚玉
5度	磷灰石	10度	金刚石

## 二、岩石的分类

岩石是在各种地质条件下由一种或几种矿物组成的集合体。在不同的岩石中地下水的成分、储存、运动和开采等条件也各有差异，因此，研究岩石与寻找、利用地下水有着密切的联系。

按成因可把自然界的岩石划分为三大类：岩浆岩、沉积岩和变质岩。

### （一）岩浆岩

#### 1. 岩浆岩的形成

岩浆是在地幔的软流圈中产出的物质，是富有挥发性成分的高温硅酸盐熔融体。岩浆沿着地壳岩石的裂隙上升到地壳范围内或喷出地表，热量逐渐散失，最后冷却凝固而成的岩石就叫岩浆岩，又称火成岩。

#### 2. 岩浆岩的特征

（1）产状：岩浆岩在空间的位置、形态和大小叫岩浆岩的产状。岩浆凝固的位置不同，所形成的岩浆岩产状也不一样。在地壳深处冷凝成的岩石叫深成岩，其产状多为岩基和岩株；常见的深成岩有：橄榄岩、辉长岩、闪长岩、花岗岩等。在地表深度较小处冷凝成的岩石叫浅成岩，其产状为岩盘、岩床、岩脉等；常见的浅成岩有：闪长玢岩、花岗斑

常见造岩矿物鉴定表

表 1-5

矿物名称	物理性质						其它
	晶形	颜色	光泽	条痕	硬度	解理和断口	
正长石	柱状、板状、粒状	肉红、灰白、褐黄色	玻璃	白色	6~6.5	二组完全解理、粗糙状断口	
斜长石	板状、柱状、粒状	白、灰白、浅绿	玻璃	灰白色	6~6.5	二组完全解理、粗糙状断口	
辉石	短柱状、粒状	灰绿色、墨绿色、褐黑色	玻璃	灰绿色 黑绿色	5~6	二组中等解理，夹角近90°。粗糙状断口	
角闪石	长柱状、纤维状、放射状	灰色、黑色及各种绿色	玻璃	灰绿色 黑绿色	5.5~6	二组完全解理、交角约124°，锯齿状断口	
黑云母	片状、板状	黑色、褐色	珍珠、玻璃	浅绿色	2.5~3	一组极完全解理	具有弹性
石榴子石	粒状(晶体为十二面体或四角三八面体)	棕色、暗红色、鲜绿色	玻璃(晶面) 油脂(断口)	白色	6.5~8.5	无解理、贝壳状断口	
橄榄石	粒状	绿色、黄绿色	玻璃或油脂	白色	6.5~7	无解理、贝壳状断口	风化后呈黄、棕红色
石英	柱状、粒状、块状	无色、白色或其它各色	玻璃或油脂	白色	7	无解理、贝壳状断口	
磁铁矿	块状、八面体	铁黑色	金属或半金属光泽	黑色	5.5~6.5	无解理	粉末有磁性，可被小刀吸起
方解石	菱面体、粒状、块状	白色、灰色	玻璃	白色	3	三组完全解理、粗糙状断口	遇稀盐酸起泡强烈
白云石	菱面体、块状、粒状	白色、浅黄、淡灰	玻璃	白色	3.5~4	三组完全解理(常弯曲)，粗糙状断口	粉末遇稀盐酸起泡
黄铁矿	块状、粒状、结核状	铜黄色	金属	黑绿色	6~6.5	无解理，贝壳状断口	
石膏	板状、纤维状	白色、灰色	玻璃、丝绸	白色	2	三组完全解理	

岩等。深成岩和浅成岩又统称为侵入岩。岩浆流出地表冷凝而成的岩浆岩称为喷出岩，因喷出岩是火山作用的产物，所以也称为火山岩，其产状为岩流（喷出岩层）和火山锥。常见的喷出岩有：玄武岩、安山岩、流纹岩等。岩浆岩的产状如图1-3所示。

(2) 结构：岩浆岩在不同的环境中形成时，由于物理条件不同，冷凝后结晶程度、颗粒大小和形状等方面都表现不同特点，统称为岩浆岩的结构。岩浆岩的结构类型主要有以下几种：



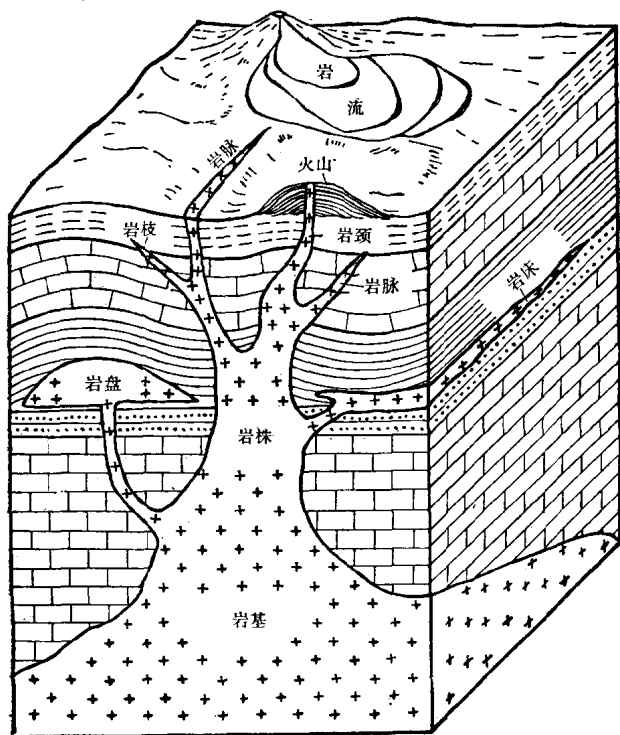


图 1-3 岩浆岩产状示意图

**晶粒状结构：**即岩石中的矿物全是比较大的结晶颗粒。深成岩常具有此结构。如图 1-4 所示。

**斑状结构：**即岩石中较大的矿物晶粒被细粒的、隐晶质的或玻璃质的基质所包围。浅成岩和喷出岩常具有此种结构。如图 1-5 所示。

**玻璃质结构：**岩石中的成分皆未结晶，此结构多见于喷出岩。

**(3) 构造：**岩浆岩中各组成部分在空间的排列及充填方式称为岩浆岩的构造。常见的构造有：

**块状构造：**各种矿物成分在岩石中均匀分布，无定向排列。深成岩如花岗岩等常具有这种构造。

**流纹构造：**岩石中有不同颜色的条纹，是熔岩流动时物质成分沿流动方向所作的定向排列。流纹岩常具有这种构造。

**气孔构造：**岩石中有许多大小不一的气孔，是熔岩冷凝时气体尚未全部逸出所形成。喷出岩如玄武岩等具有这种构造。

**杏仁构造：**喷出岩的气孔被后来的次生矿物如石英、方解石、沸石等所充填。玄武岩中常能见到这种构造。



图 1-4 晶粒状结构

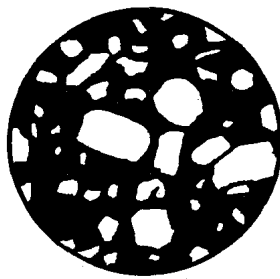


图 1-5 斑状结构

**(4) 矿物成分：**组成岩浆岩最主要的矿物是：橄榄石、辉石、角闪石、黑云母、斜长石、正长石、石英等，其中橄榄石是岩浆岩中所特有的矿物。

### 3. 岩浆岩的分类

按照岩浆岩的产状、化学成分、矿物成分、结构、构造等特征将常见的岩浆岩进行综合分类，见表 1-6。

#### (二) 沉积岩

##### 1. 沉积岩的形成

岩浆岩分类简表

表 1-6

岩石类型				超基性岩	基性岩	中性岩	酸性岩	
主要特征				SiO <sub>2</sub> 含量	<45%	45~52%	52~65%	>65%
				颜色	深(黑、绿、深灰)→浅(红、浅灰、黄)			
				主要矿物	橄榄石、辉石、角闪石、斜长石	斜长石、辉石、角闪石、橄榄石	斜长石、角闪石、黑云母、正长石、石英	石英、正长石、斜长石、黑云母
产状	构造	结构						
喷出岩	火山锥	块状、气孔状	玻璃质	少见	浮岩、黑曜岩			
	熔岩流	致密块状、气孔状、杏仁状、流纹状	隐晶质、斑状	少见	玄武岩	安山岩	流纹岩	
侵入岩	浅成岩	岩床盘脉	块状	晶粒状、斑状	少见	辉绿岩	闪长玢岩	花岗斑岩
	深成岩	岩基株	块状	晶粒状	橄榄岩、辉石岩	辉长岩	闪长岩	花岗岩

沉积岩是在地表及地表以下不太深处形成的岩体，它是在常温常压下由风化作用及某些火山作用所形成的沉积物，再经改造而成的。

沉积岩的形成过程一般经过下面三个阶段：

- (1) 原有的岩石(可为岩浆岩、变质岩或早期形成的沉积岩)在地表经过风化作用破坏，形成碎屑物和残余产物，如：粘土、砂、砾石及硅铝胶体化合物等。
- (2) 各种风化产物被水、风、冰等搬运在适当地段沉积下来。
- (3) 松散沉积物经过压固、胶结、重结晶等作用最后固结成岩。

2. 沉积岩的特征

(1) 产状：沉积岩多成层状分布，这是沉积岩的重要特征之一。层的上下为两个较平坦的平行或近于平行的界面所限，这两个面称为层面。层面之间同一岩性的层状岩石称为岩层。上下层面之间的垂直距离即为岩层的厚度。

由于沉积时条件的变化，沉积岩的产状可有正常、夹层、变薄、尖灭、透镜体等五种不同的形态，如图1-6所示。

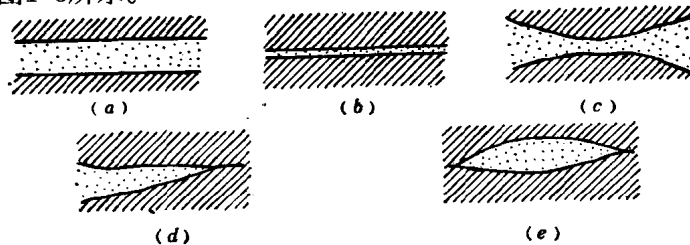


图 1-6 沉积岩的产状

(a) — 正常；(b) — 夹层；(c) — 变薄；(d) — 尖灭；(e) — 透镜体

(2) 结构：沉积岩的结构是指沉积物颗粒的大小、形状及结晶程度。沉积碎屑岩类（如：砾岩、砂岩、粉砂岩、火山角砾岩等）都具有沉积碎屑结构，即岩石或矿物碎屑被硅质、钙质、粘土质胶结在一起。如硬砂岩，碎屑物质的成分主要为石英、长石、云母及其它岩屑，但其中的石英、长石、云母大都失去原来矿物的结晶原形，而呈碎块状，并且是被泥质胶结在一起的。化学作用所形成的沉积岩常有结晶结构，如：石灰岩、白云岩等。

(3) 构造：沉积岩具有层理构造是其最大特征。层理厚薄不等，页岩层理最薄也叫页理。

(4) 矿物成分：沉积岩的矿物成分很复杂，与产生碎屑物的母岩有直接关系。但有些矿物却是沉积岩特有的，如：海绿石、蒙脱石、高岭石等。

(5) 化石：早期生物的遗骸或痕迹若被保存在沉积岩中，经过石化作用就能形成化石，有化石存在是沉积岩的特征之一。

### 3. 沉积岩的分类

沉积岩分布颇广，从数量上看虽然只占地壳的5%，却覆盖了地球表面75%的面积。自然界常见的沉积岩有：砾岩、砂岩、页岩、泥岩、石灰岩、凝灰岩、白云岩、盐岩等。其中分布最多的是页岩、砂岩、石灰岩，这三种沉积岩几乎占了沉积岩类总量的95%以上。

根据沉积岩的成因及成分特征，将沉积岩进行简单分类，见表1-7。

常见沉积岩分类表

表 1-7

分 类	特 征	岩石名称	物 质 来 源	
碎 屑 岩 类	火山碎屑 结 构	碎屑直径>100毫米	集 块 岩	
		碎屑直径：2~100毫米	火山角砾岩	
		碎屑直径<2毫米	凝 灰 岩	
	沉积碎屑 结 构	砾状结构 粒径>2.0毫米	砾 岩	母岩机械破坏碎屑产物
		砂状结构 粒径0.05~2.0毫米	砂 岩	
		粉砂状结构 粒径0.005~0.05毫米	粉 砂 岩	
粘 土 岩	泥质结构 粒径<0.005毫米	泥 岩 页 岩	母岩化学分解过程中形成的新生矿物——粘土矿物	
化学岩及生物 化 学 岩	结晶结构或生物结构	石 灰 岩 白 云 岩 石 膏 岩 油 页 岩 煤	母岩化学分解溶液产物；生物活动产物	

### 4. 松散岩石

沉积岩类还包括近代形成的未经压固、胶结的碎屑堆积物，称为松散岩石或第四纪松散堆积物，如：粘土、亚粘土、亚砂土、砂、砾石、卵石，及其它们的混合堆积物砂砾

石、砂卵石等。松散堆积物广泛覆盖于地壳表面，对地下水的形成和储存有更直接的关系。

松散堆积物的颗粒大小变化很大，大者达数米（如巨大的漂石），而细小的颗粒只能在显微镜下才能看见。通常按颗粒直径的大小（简称粒径），划分为粒组，每一粒组都是用两个数值作为粒径的上、下限，并给于适当的名称，见表1-8。

颗 粒 分 组

表 1-8

粒 组 名 称	分界粒径(毫米)	一 般 特 性
漂 石	>200	透水性大，无粘性，毛细管水上升高度极微，不能保持水分
卵 石	200~20	
粗 砾 石	20~10	
中 砾 石	10~4	
小 砾 石	4~2	
粗 砂 粒	2~0.5	易透水，无粘性，毛细管水上升高度不大，遇水不膨胀，干燥不收缩，呈松散状，不表现可塑性
中 砂 粒	0.5~0.25	
细 砂 粒	0.25~0.05	
粉 土 粒	0.05~0.005	透水性小，毛细管水上升高度较大，湿润时能出现微粘性，遇水时膨胀与干燥时收缩都不显著
粘 土 粒	<0.005	几乎不透水，结合水作用显著，潮湿时呈现可塑性，粘性大，遇水膨胀与干燥收缩都较显著

在自然界中，松散堆积物很少是由单一粒径的颗粒组成，而常常是不同粒径颗粒的混合物。因此，进行分类时不仅要根据单个粒径的大小，而且还需根据各种粒径的比例关系综合考虑。为此，常用土石颗粒的级配（也叫粒度成分）曲线来表示。各粒组的百分含量可用筛分法求得：即用一套不同孔径的标准筛来分离出与筛子孔径相应的粒组，然后分别称出各粒组的重量并计算各粒组占全部试样重量的百分比。

由于孔径过小的筛子在制造和分离技术上都有困难，故粒径小于0.1毫米的土粒已无法用筛分法，这类土可采用静水沉速分析法测定出颗粒沉降速度 $V$ ，然后用下式计算出颗粒直径 $d$ ：

$$d = 0.1127\sqrt{V} \quad (1-1)$$

式中  $V$ ——土粒在静水中沉降的速度（厘米/秒）；

$d$ ——土粒直径（毫米）。

为了进一步利用土样的级配资料以便于发现规律，往往用累计曲线图表示级配的特点，如图1-7所示。

由曲线图中可看出：某粒组上限的累计百分含量应等于该粒组及小于它的所有粒组的百分含量的总和；某粒组上、下限的累计百分含量之差，就是该粒组的百分含量。这样在级配累计曲线上可求得颗粒小于某一粒径的含量，如图试样中小于0.5毫米的土粒占60%，即 $d_{60}=0.5$ 毫米，也就是说筛分试样时，占重量60%的颗粒将通过筛孔为0.5毫米的筛子，其余40%的重量留在筛孔为0.5毫米的筛子上面，其中有的留在1毫米、2毫米……筛子上。同理，图1-7中 $d_{10}=0.12$ 毫米。