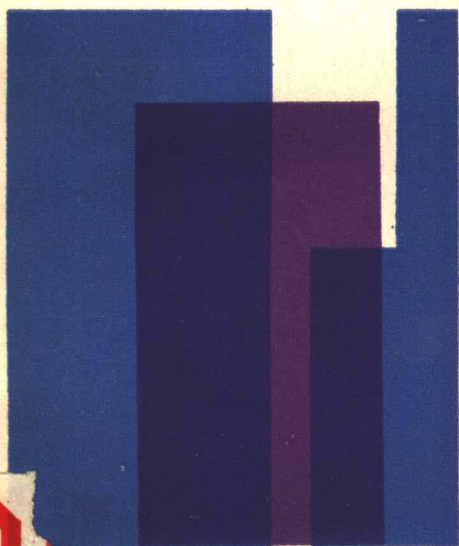


高等学校试用教材

供水水文地质

(第二版)

刘兆昌 朱 琨 编



中国建筑工业出版社

581
02

高等学校试用教材

供水水文地质

(第二版)

刘兆昌 朱琨 编

中国建筑工业出版社

56.581
276.02

本书是高等学校给水排水专业试用教材，共分七章。地下水的形成 地下水的物理性质和化学成分、地下水的运动、不同地貌区的地下水分布特征、供水水文地质勘察、地下水污染、地下水资源管理。主要介绍非稳定流理论、公式的应用条件、计算步骤和参数求法，地下水污染的途径和防治方法，地下水资源的管理。简要介绍了不同地貌区的地下水分布特征，遥感技术在水文地质勘察工作中的运用，以及勘察报告的阅读、分析和利用。

本教材涉及的知识较广，并反映了水文地质领域当前国内外的新技术和新动向。文字浅显易懂、系统性强，并附有大量图表和例题，便于读者掌握运用。

本书亦可供水文地质工作者和其它专业人员参考。

高等学校试用教材
供水水文地质
(第二版)

刘兆昌 朱琨 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京市平谷县大华山印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/16 印张：15 字数：365千字
1988年12月第二版 1988年12月第三次印刷
印数：13,041—19,040册 定价：3.05元
ISBN 7-112-00519-1/P·2

(5618)

0-0656

前 言

本书是为高等院校给排水专业编写的试用教材，是根据教材编审委员会第五次会议纪要在1979年第一版的基础上修订而成的。

为了适应开发利用地下水资源新的要求，本次修订中充实了地下水资源评价部份，增加了地下水污染和地下水资源管理的内容。

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教授主审。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

1987年5月

目 录

绪论	1
第一章 地下水的形成	3
第一节 水文循环	3
一、水分循环的类型	3
二、地下的水文循环	4
第二节 地下水的形成条件	5
一、岩石的分类	5
二、岩石的空隙特性和地下水的储存	9
三、构成含水层的基本条件	17
第三节 地下水的类型	18
一、上层滞水	19
二、潜水	20
三、承压水	22
第四节 地下水的循环	27
一、地下水的补给	27
二、地下水的排泄	28
三、地下水的径流	32
四、地下水补给、径流、排泄条件的转化	33
第二章 地下水的物理性质和化学成分	35
第一节 地下水的物理性质	35
一、温度	35
二、颜色	36
三、透明度	36
四、味	37
五、嗅(气体)	37
六、导电性	37
第二节 地下水的化学成分	37
一、地下水中常见的化学成分	37
二、地下水化学成分的性质	38
三、地下水的化学成分分析与按化学成分分类	40
第三节 地下水化学成分的形成与演变	41
一、原始成分的影响	41
二、地下水在运动过程中的各种作用	42
三、人类活动对地下水化学成分的影响	43
第四节 地下水的化学成分与人体健康	44

一、地下水中化学成分天然分布不均匀对人体的影响	44
二、地下水的污染及其与人类生存的关系	46
第三章 地下水的运动	47
第一节 地下水运动的特点及其基本规律	47
一、地下水运动的特点	47
二、地下水运动的基本规律	48
第二节 地下水流向取水构筑物的稳定流运动	50
一、地下水取水构筑物的基本类型	50
二、地下水流向潜水完整井	51
三、地下水流向承压水完整井	53
四、地下水流向非完整井和直线边界附近的完整井	54
五、对裘布依型单井稳定流公式的讨论	57
第三节 地下水向取水构筑物的非稳定流运动	60
一、概述	60
二、无越流含水层中水流向井的非稳定流运动	61
三、越流系统中水流向井的非稳定流运动	67
四、对泰斯公式的评价	70
第四节 水文地质参数的确定	71
一、概述	71
二、利用稳定流抽水试验计算水文地质参数	71
三、无越流含水层中利用非稳定流抽水试验计算水文地质参数	80
四、越流系统中水文地质参数的确定	89
五、给水度和降水渗入系数的确定	96
第五节 研究地下水运动的数值计算法和实验室方法	100
一、有限差分法简介	100
二、有限单元法简介	103
三、研究地下水运动的实验室方法	105
第四章 不同地貌地区的地下水分布特征	108
第一节 山前倾斜平原区的地下水	108
一、洪积物及其形成规律	108
二、冲洪积扇中的地下水	109
三、山间盆地中的地下水	110
第二节 河谷平原区的地下水	111
一、河流的沉积作用和冲积层	111
二、冲积层中的地下水	113
第三节 黄土地区、沙漠地区、湖泊沉积地区、冰川堆积地区、滨海岛屿地区的地下水	115
一、黄土地区的地下水	115
二、沙漠地区的地下水	116
三、湖泊沉积地区的地下水	117
四、冰川堆积地区的地下水	118
五、滨海岛屿地区的地下水	118
第四节 成层岩层地区的地下水	120

一、单斜岩层地区的地下水	121
二、背斜构造地区的地下水	121
三、向斜构造地区的地下水	122
第五节 块状岩层地区的地下水	123
一、风化裂隙发育地区的地下水	123
二、侵入接触带中的地下水	123
第六节 岩层断裂发育地区的地下水	125
一、成岩裂隙发育地区的地下水	125
二、构造断裂地区的地下水	125
第七节 岩溶地区的地下水	128
一、岩溶发育的规律	129
二、岩溶水的储存形式	130
三、岩溶水的基本特征	130
第八节 地下热水的形成和开发	133
一、地下热水的形成条件	133
二、地下热水的开发利用	134
第五章 供水水文地质勘察	136
第一节 概述	136
第二节 水文地质测绘	137
一、水文地质测绘的目的与任务	137
二、水文地质测绘一般的方法与内容	137
三、不同地貌区测绘的具体要求	140
四、遥感技术在水文地质调查中的应用	141
第三节 水文地质勘探	141
一、物探	142
二、钻探	149
第四节 抽水试验与地下水动态观测	153
一、抽水试验	153
二、地下水动态观测	160
第五节 地下水资源评价	163
一、地下水资源的分类及评价原则	163
二、地下水资源的补给量和储存量的计算	166
三、地下水资源允许开采量的评价	170
第六节 供水水文地质勘察报告	185
一、文字报告的内容	185
二、水文地质图件	186
三、其它资料	186
四、勘察报告的阅读和分析	186
第六章 地下水污染	189
第一节 地下水污染概述	189
一、地下水污染的定义	189
二、地下水污染的特点	189

三、污染源、污染物及污染途径	190
四、地下水污染评价	194
第二节 污染物在地下水中的物理、化学和生物过程	195
一、去除作用	195
二、微生物作用产生的转化和降解过程	201
第三节 地下水污染防治	202
一、保护地下水资源的措施	202
二、污染地下水的处理和净化	206
第七章 地下水资源管理	217
第一节 地下水资源管理的概念	217
一、地下水资源管理的必要性	217
二、允许开采量的确定	218
三、地下水的环境容量	219
第二节 开采地下水产生的公害及防治	219
一、地下水区域性大幅度下降	220
二、开采地下水引起的地面沉降	220
三、开采地下水引起的咸水入侵	223
四、地面下空气中的缺氧	223
第三节 地下水资源的人工补给	224
一、人工补给地下水的目的	224
二、人工补给地下水的水源和水质要求	226
三、地下水人工补给的方法及适用的水文地质条件	227
第四节 地下水资源管理模型及管理方案的制定	231
一、地下水资源管理模型	231
二、地下水资源管理的工作顺序	232

绪 论

埋藏在地表以下岩土孔隙、裂隙及溶隙（包括溶洞等）中的水称为地下水。人们从开发利用地下水作为供水水源角度出发，称为“地下水资源”。为供水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、水量评价、保护水质以及合理开采等内容的科学叫供水水文地质学。

在我国开发利用地下水作为供水水源经历了两个阶段：全国解放后到70年代初，开展了全国性的地下水资源的调查研究工作，完成了各省（除某些人烟稀少的边远地区外）小比例尺的水文地质普查，基本上摸清了全国范围内地下水资源的分布规律与埋藏条件，工作着重于“面”。从70年代以来，人们研究的重点已逐渐转向对地下水资源的合理开发利用，这阶段的主要任务是：（1）进一步评价地下水资源的水量，（2）解决开采地下水资源中出现的各种问题，（3）防止地下水污染，（4）加强地下水资源的管理，工作着重于“点”。

给水排水工作者的基本任务是选择最佳的取水方案和设计合理的取水构筑物，以保证开发地下水工作能够长期、安全和稳定的进行。为此，给水排水工作者必须掌握基本的水文地质知识，学会利用已有的水文地质资料，能够进行简单的地下水开采方面的计算，能提出保护地下水的具体措施，并具有地下水取水工程的基础知识。

我国有着一定数量的地下水。北方地区由于比较干旱，地表水较少，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开采地下水作为供水的主要水源，至于一般中小城市和广大农村对地下水的利用则更为普遍。在地表水比较丰富的南方地区，由于地表水体容易被工矿企业排放的废物所污染，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，特别在一些新建和扩建的工矿区，为满足生产和生活用水的需要，提供充足和优质的地下水常常成为急待解决的问题。

目前，在开发利用地下水作为供水水源的过程中，普遍出现的问题是：由于超量开采地下水，尤其是在一些集中开采的地区，出现了区域地下水位的持续下降（下降漏斗逐年扩大）、水量逐渐减少、水质恶化以及地面下沉等问题。为了不使地下水枯竭和开采条件进一步恶化，上海、北京、天津、西安以及杭州等地均已考虑或已采用人工回灌措施，事实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，随着工农业生产的发展，很多地区的地下水受到了污染，这是地下水在开发利用过程中遇到的又一个新问题。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、污染途径，以及进行对污染物在含水层中的迁移、转化的研究，进而对地下水中污染物的含量作出预测与评价，并采取有效的防护措施。只有在开采过程中及时地解决所出现的各种新问题，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 地下水的形成

空气和水是人类生存的基本条件。地球上的水以气态、液态及固态三种形式存在于大气圈、地表和地壳中。大气圈中的水降落到地面称为大气降水；地表上江、河、湖、海中的水称为地表水；埋藏在地表下岩土孔隙、裂隙或溶洞中的水称为地下水。三者的关系极为密切，而且是互相转换的。陆地上大部分淡水都埋藏在地表以下，地球上水量的分布状况可由表1-1所示。

均衡状态下地球上各类水体的分布及存留时间

表 1-1

水 体 分 类	体 积 (km ³)	占总水量体积的百分比 (%)	平均存留时间(a)
海 水	1.37 × 10 ⁹	97.2	40.00
冰帽和冰川水	2.92 × 10 ⁷	2.13	10000
地 下 水 (深度在4000m内)	8.35 × 10 ⁶	0.59	5000
淡 水 湖	1.25 × 10 ⁵	0.0089	100
咸水湖和内陆海	1.04 × 10 ⁵	0.0074	100
土壤滞留水	6.7 × 10 ⁴	0.00475	1
大气水分	1.3 × 10 ⁴	0.00092	0.1
河 水	1.25 × 10 ³	0.00009	1
总 计	1.41 × 10 ⁹	100.00	

(By Robert Bowen Ground Water 1980)

第一节 水 文 循 环

水是以三态(气态、液态、固态)的形式存在于自然界中，在一定的条件下各种状态的水可以相互转化。在太阳辐射的能量及地球引力的作用下，自然界中的水总是沿着复杂的路线和途径不断地运动、变化和循环。水分循环是自然界最重要的物质循环之一，它起着使地球各圈层相互联系的作用，并对各圈层间的能量进行调节。

一、水分循环的类型

水分循环一般包括三个阶段：降水、径流和蒸发。根据水分循环的过程，可将自然界中水分循环分为大循环和小循环两种类型。

大循环是指从海洋上蒸发的水气，被气流带到大陆上空，在适当条件下凝结后又降落到地表，其中一部分渗入地下转变为地下水，一部分重新蒸发进入大气中，另外部分在重力作用下汇入江河，最后流入海洋，这种海陆间的水分交换称为大循环，如图1-1所示。大循环是全球性的水分循环过程，其特点是：海洋向大陆输送水气，大陆则主要向海洋注入径流。

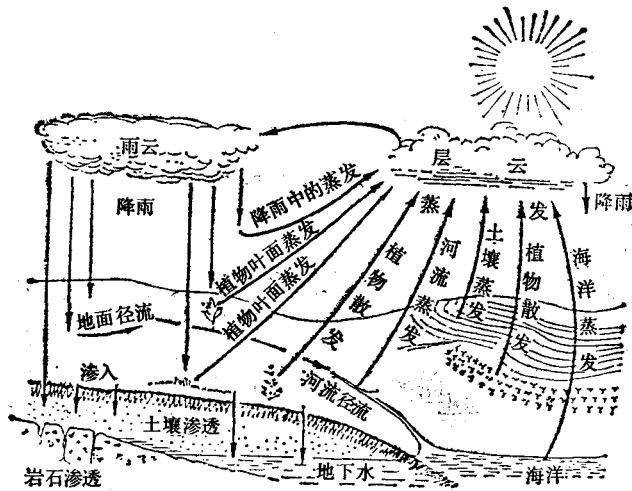


图 1-1 水分循环示意图

小循环是指从海洋蒸发的水气，在海洋上空聚集成云，后又凝结成雨、雪降落在海洋上，或是从陆地表面蒸发的水气及从海洋输向内陆的少量水气，在陆地上空凝结降落在大陆表面，这种局部的水分循环就是小循环。在海洋上进行的小循环又称为海洋小循环，而在陆地本身进行的局部循环又称为陆地小循环，如图1-1所示。实际上大循环是由许多小循环组成的复杂过程，在陆地小循环比较活跃的地区，蒸发的水气量及降水量都较多，该地区地表水和地下水的储存也比较丰富。

二、地下的水文循环

参加水循环的部分水量，通过大气降水或地表径流最终可以转换为地下水，其过程可由图1-2表示。

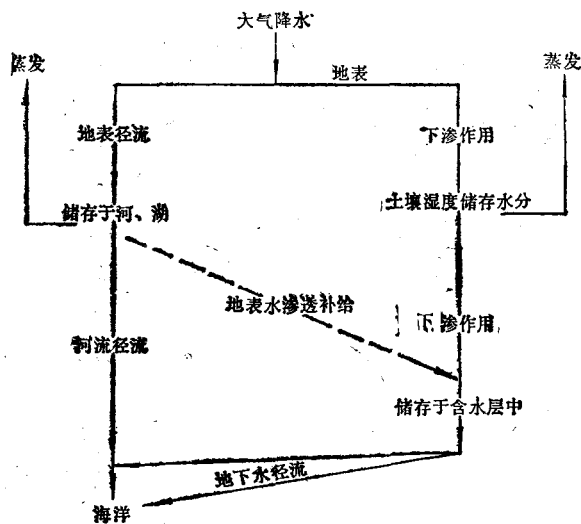


图 1-2 地下的水文循环过程

影响任何地区水文循环的诸因素都可以定量归纳为一个简单方程式，在进行地下水调

查时，方程式则表达了储存量的变化。当然在对地下水定量分析时，有必要纵观整个水文循环的环境。确定地下水循环方程的诸因素是一个长期观测过程，最佳的计算结果往往也只是个近似值，因此任何一个分析结果在被采用前都应进行必要的评价和验证。但当水文循环直接影响地下水的储存和径流时，一个定量估价某地区地下水均衡的基本方程式就可概括所有的水文循环因素。其基本方程形式如下：

$$\Delta Q = Q_{\text{补}} - Q_{\text{排}} \quad (1-1)$$

式中 ΔQ ——地下水储存量在观察期间内的变化值 (m^3)；

$Q_{\text{补}}$ ——该地区在水文循环中的补给水量 (m^3)；

$Q_{\text{排}}$ ——该地区在水文循环中的排泄水量 (m^3)。

理论上讲，在天然条件下如果观察期很长，而且又同时包括了旱季和雨季，该地区的补给水量就大致和排泄水量相等，地下水储存量的变化值就为零。

地下水体的天然补给包括：大气降水向地下渗透、河水及湖水的渗透流入及地下水的径流补给。人工补给地下水是指农田灌溉、水库、运河的向下渗透及通过注水井渗入地下水体。天然的地下水排泄包括流向河渠、地下水径流流出、泉水排出、蒸发和蒸腾等。人工排泄通常表现为抽取井水。如果某地区在所选定的观察时段内，起始时的地下水储存量少于终止时的储存量，则说明该地区的排泄量超过了补给量，反之则表明补给量大于排泄量。

第二节 地下水的形成条件

地下水形成及储存的最重要和基本条件是：岩层必须具有相互联系在一起的空隙，地下水可以在这些空隙中自由运动。这样的岩层在储备有地下水时就称为含水层。每个含水层的特性取决于组成含水岩层的物质成份、空隙特征、距地表的相对位置、与补给源的相互关系及其它因素等。地球的表层都是由岩石组成的，我们在这里所引用“岩石”一词是广义而泛指，无论是早期形成的坚硬岩石或是近期刚形成的松散堆积物都可笼统称为岩石。分析某地区的岩石特点、地质构造及水文循环特征等就可发现含水层的存在，从而进一步评价地下水开采价值。

一、岩石的分类

自然界岩石按形成原因可分为三大类：沉积岩、岩浆岩和变质岩。常遇到的岩石是沉积岩，因此有必要重点了解一下沉积岩（包括松散岩石）。

（一）沉积岩

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。

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1-2。

常见沉积岩分类表

表 1-2

分 类		特 征		岩石名称	物 质 来 源
碎 屑 岩 类	火山碎屑岩	火山碎屑 结 构	碎屑直径>100mm	集 块 岩	火山喷发碎屑产物
			碎屑直径：2~100mm	火山角砾岩	
			碎屑直径<2mm	凝 灰 岩	
	沉积碎屑岩	沉积碎屑 结 构	砾状结构 粒径>2.0mm	砾 岩	母岩机械破碎碎屑产物
			砂状结构 粒径0.05~2.0mm	砂 岩	
			粉砂状结构 粒径0.005~0.05mm	粉 砂 岩	
粘 土 岩		泥质结构 粒径<0.005mm	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 动物物	

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，并给予适当的名称，见表1-3。

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（也叫粘度成分）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：

$$d = 0.1127\sqrt{V} \quad (1-2)$$

粒组名称	分界粒径(mm)	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

式中 V ——土粒在静水中沉降的速度 (cm/s) ;

d ——土粒直径 (mm) 。

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1-3所示。

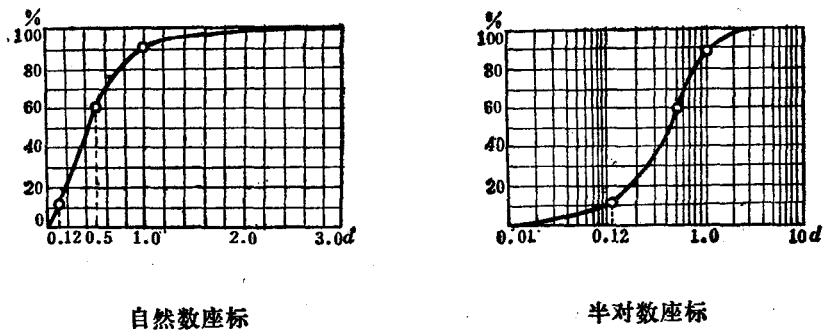


图 1-3 颗粒级配曲线

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, 下线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1-3中 $d_{10} = 0.12$ 毫米。

一般累计曲线在半对数坐标系中呈S形, 曲线中段愈接近垂直者则土粒越均匀, 如果累计曲线中段倾斜较缓时, 则土粒是不均匀的。不均粒土的透水性, 大致与该试样 d_{10} 对应的粒径所组成的均粒土的透水性相当, 所以 d_{10} 称为“有效粒径”。

根据松散堆积物的级配，可按表1-4分类定名。

松散岩石的分类和定名标准

表 1-4

类 别	名 称	定 名 标 准
碎石土类	漂石	圆形及亚圆形为主，粒径大于200mm的颗粒超过全重的50%
	块石	棱角形为主，粒径大于200mm的颗粒超过全重的50%
	卵石	圆形及亚圆形为主，粒径大于20mm的颗粒超过全重的50%
	碎石	棱角形为主，粒径大于20mm的颗粒超过全重的50%
	圆砾	圆形及亚圆形为主，粒径大于2mm的颗粒超过全重的50%
砂土类	角砾	棱角形为主，粒径大于2mm的颗粒超过全重的50%
	砾砂	粒径大于2mm颗粒占全重25~50%
	粗砂	粒径大于0.5mm的颗粒超过全重的50%
	中砂	粒径大于0.25mm的颗粒超过全重的50%
	细砂	粒径大于0.1mm的颗粒超过全重的75%
粘土类	粉砂	粒径大于0.1mm的颗粒不超过全重的75%
	轻亚粘土	塑性指数 $3 < I_p \leq 10$
	亚粘土	塑性指数 $10 < I_p \leq 17$
	粘土	塑性指数 $I_p > 17$

注：1. 定名时，应根据粒径分组由大到小，以最先符合者确定；

2. 野外临时定名，可采用一般常用的经验方法；

3. 塑性指数(I_p)：是指粘性土由流动状态变为可塑状态时的含水量与由可塑状态变成半固体状态时的含水量之差，一般以百分数的绝对值表示，但不带%符号；

4. 本表引自冶金部主编国家建委批准的“供水水文地质勘察规范”，对于某些土类界限与过去的一般分法有所不同。

概括地讲，最好的含水层往往分布在松散岩层中。地球表面很大部分是被松散岩层覆盖着，如果下部是整体的坚硬岩层，那么上覆的松散岩层中粗颗粒饱水的部分就成为最好的含水层。最常见的松散岩层分布在位置低的河流附近，这些松散堆积物中包含有河流冲积物、冰川沉积物、风积层、冲积扇及相类似的水或风驱动所沉积下来的颗粒状物质。另外，某些因风化作用而产生的残留堆积物也可以形成很好的含水层。

粗颗粒的坚硬岩石，例如碎屑岩类及砂岩类，通常也可成为很好的含水层，但是它们一般都埋藏在松散堆积物之下。这类坚硬沉积岩形成含水层的可能性取决于固结程度的好坏、裂隙的大小和延展性。

此外，大面积分布的整个沉积岩体，例如石灰岩、大理岩、石膏等也可以成为很好的含水层。这是因为它们具有相对可溶性，小的溶隙和裂缝可以发展为数厘米乃至数百米长的纵横交错的裂隙，最终可变成成为储存地下水极其丰富的地下溶洞或地下河。

(二) 岩浆岩

岩是储存和流动在地球深部，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。

在地壳深处冷凝成的岩石叫深成岩，常见的深成岩有：橄榄岩、辉长岩、花岗岩等。在地表下深度较小处冷凝成的岩石叫浅成岩，常见的有：闪长玢岩、花岗斑岩等。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。常见的喷出岩有：玄武岩、安山岩、流纹岩等。

岩浆岩作为含水层的价值大体上取决于受到机械应力破坏及风化作用的情况。总起来讲，未遭受破坏且结晶好的岩浆岩体不能形成含水层。但是在机械应力及其它应力的作用下，坚硬的岩浆岩一旦产生许多裂隙或断裂，就构成了储存地下水的条件，裂隙的宽度有的可达数厘米，甚至数十厘米。然而这些储水的裂隙是随着深度的增加而逐渐变小，以致最后基本消失，因此岩浆岩作为含水层的可能性也是随深度增加而减小。粗颗粒结晶的岩浆岩当发生风化后，表层完全被风化的物质及下部尚未风化的岩层之间往往有一个过渡带，这个过渡带很可能是很好的含水层。喷到地表的某些熔岩流，特别是粘滞性很强的玄武岩流，若发生有多次覆盖流动时，在覆盖的接触带间就可以形成极好的含水层。这是因为岩浆每次流动后形成的岩层上下层面很不平整，留下许多空隙，而且玄武岩体在冷凝时可以在垂直方向形成密布的裂隙，而某些松散堆积物又可保留在层面之上，直至被下一次岩浆流动所覆盖，夹在玄武岩层间的松散堆积物可以成为储水最理想的含水层。

(三) 变质岩

由于地壳运动、岩浆活动等地质作用影响，使早期形成的岩石处于新的物理、化学环境之下（温度、压力的改变，与化学活动性流体反应等），所形成新的岩石就称为变质岩。常见的变质岩有：片岩、片麻岩、千枚岩、板岩、大理岩、石英岩等。

变质岩在我国一般只分布在古老的山系地带，在地表出露的面积也是有限的。大致地讲，变质岩分布地区很难发现有供水意义的含水层。这由于大部分变质岩质地柔软，不易形成连贯好的裂隙，从而不具备储水条件。但是在变质岩地区寻找地下水时，应对大理岩及石英岩分布地段予以特别重视。大理岩是由石灰岩变质而成的，其化学特征与石灰岩有很大相似之处，在天然条件下均具有相对可溶性，容易形成溶隙及溶洞。石英岩是由颗粒状的石英砂岩变质而成（自然界也有沉积型的石英岩），由于该岩石致密且硬度大，一旦受应力破坏，就形成发育的裂隙而为地下水的储存提供了条件。

二、岩石的空隙特征和地下水的储存

(一) 地下水的储存空间

自然界的岩石，无论是松散堆积物还是坚硬的基岩，都具有多少不等、形状不一的空隙，没有空隙的岩石极为少见，但随着岩石性质和受力作用的不同，空隙的形状、多少、大小、连通程度以及分布状况等特征都有很大的差别，如图1-4所示。通常把岩石的这些特征统称为岩石的空隙性。

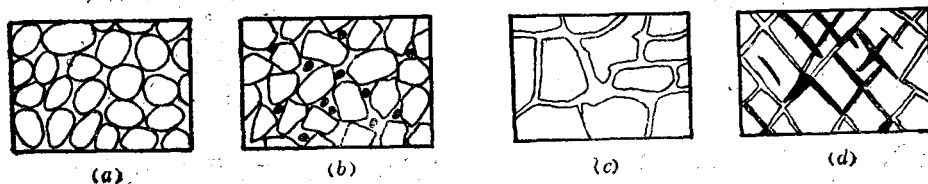


图 1-4 岩石中的各种空隙

(a) 分选及浑圆度良好的砾石；(b) 砾石中填充砂粒；(c) 石灰岩中受溶蚀而扩大的裂隙；(d) 块状结晶岩中的裂隙