

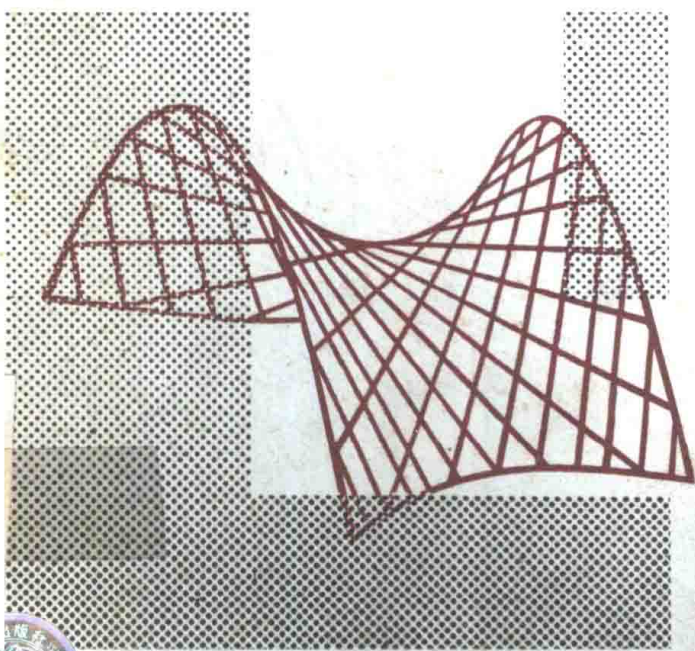
高等学校教材

# 供水 水文地质

(第三版)

刘兆昌 李广贺 朱 琨

● 中国建筑工业出版社



高等学校教材

# 供水水文地质

(第三版)

刘兆昌 李广贺 朱 琨

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

供水水文地质/刘兆昌等编. -3 版. -北京:  
中国建筑工业出版社, 1998  
高等学校教材  
ISBN 7-112-00519-1

I. 供… II. 刘… III. 地下水-供水水源-水文地质-高等学校-教材 IV. TU991.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 20918 号

高等学校教材  
供水水文地质  
(第三版)

刘兆昌 李广贺 朱琨

\*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)  
新华书店总店科技发行所发行  
北京市社科印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 $\frac{3}{4}$  字数: 432 千字

1998 年 6 月第三版 1998 年 6 月第七次印刷

印数: 35031—39530 册 定价: 14.60 元

ISBN 7-112-00519-1  
P·2 (8580)

## 前 言

本书是为高等院校给水排水工程专业编写的教材。主要是根据全国高等学校给水排水工程学科专业指导委员会的要求及有关的编写意见，并在1987年第二版的基础上修订而成。

本教材在修订过程中，为了保持《供水水文地质》课程内容的系统性、完整性，按照课程教学基本要求的征询意见，对教材的整体内容和深度作了适当的修改、增补和调整，考虑到给水排水工程专业课程的设置特点，增加了基础地质知识和供水水质评价两部分内容。

本书全面介绍了地质基础、地下水储存和循环、地下水的物理和化学性质、地下水的运动特征的基本理论；系统阐述了供水水文地质勘察的手段、方法和要求、以及国内外地下水水量计算、地下水资源评价的理论和方法；在论述地下水污染部分，重点介绍了地下水污染评价和治理的新理论、新技术和新方法，以及有关地下水资源合理开发利用和管理的基本内容。为了便于读者学习和掌握，利用大量的实例给予演示与说明，突出体现了本书的理论性和实用性。

本书由清华大学刘兆昌、李广贺，兰州铁道学院朱琨编写，重庆建筑大学汪东云教授主审。

本书不仅作为给水排水工程专业教学的教材，还可作为水文地质、工程地质、地质勘察、水利、环境工程、水资源管理专业的教学参考书，以及供有关的工程技术人员使用。

# 目 录

绪论	1
第一章 地质基础知识	3
第一节 地球的构造与形态	3
一、地球的分圈	3
二、地球表面的形态特征	4
三、地壳的物质组成	5
第二节 矿物与岩石	6
一、主要造岩矿物的特征	6
二、岩石的分类	8
第三节 岩层的地质时代	14
一、地质时代的划分	14
二、地质年代表	15
第四节 地质构造	16
一、地壳运动简述	16
二、岩层产状的概念	18
三、岩层的接触关系	19
四、褶曲	20
五、断裂构造	22
第二章 地下水的储存与循环	28
第一节 地下水的储存与岩石的水理性质	28
一、岩石的空隙特征和地下水储存	28
二、岩石的水理性质	33
第二节 含水层和隔水层	36
一、概述	36
二、构成含水层的基本条件	36
三、含水层的类型	38
第三节 地下水的类型	38
一、上层滞水	39
二、潜水	39
三、承压水	42
第四节 地下水的循环	46
一、水的分布与循环	46
二、地下水的循环	47
第三章 地下水的物理性质和化学成分	55
第一节 地下水的物理性质	55
一、温度	55

二、颜色 .....	56
三、透明度 .....	56
四、味 .....	57
五、气味 .....	57
六、导电性 .....	57
七、放射性 .....	57
第二节 地下水的化学成分 .....	57
一、地下水中常见的化学成分 .....	57
二、地下水化学成分的性质 .....	59
三、地下水的化学成分分析与按化学成分分类 .....	61
第三节 地下水化学成分的形成与演变 .....	63
一、原始成分的影响 .....	63
二、地下水在运动过程中的各种作用 .....	63
第四节 不同环境地下水化学特征与人类生存的关系 .....	65
一、地下水中化学成分天然分布不均匀对人体的影响 .....	65
二、地下水污染及其与人类生存的关系 .....	67
第四章 地下水的运动 .....	69
第一节 地下水运动的特征及其基本规律 .....	69
一、地下水运动的特点 .....	69
二、地下水运动的基本规律 .....	70
第二节 地下水流向井的稳定运动 .....	72
一、地下水取水构筑物的基本类型 .....	72
二、地下水流向潜水完整井 .....	73
三、地下水流向承压水完整井 .....	74
四、裘布依 (Dupuit) 公式的讨论 .....	75
五、裘布依 (Dupuit) 型单井稳定流公式的应用范围 .....	77
六、地下水流向非完整井和直线边界附近的完整井 .....	78
第三节 地下水流向井的非稳定运动 .....	80
一、非稳定流理论所解决的主要问题 .....	81
二、基本概念 .....	81
三、无越流含水层中水流向井的非稳定流运动 .....	82
四、越流系统中水流向井的非稳定流运动 .....	87
第四节 水文地质参数的确定 .....	91
一、利用稳定流抽水试验计算水文地质参数 .....	91
二、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 .....	99
三、越流系统中水文地质参数的确定 .....	109
四、给水度和降水渗入系数的确定 .....	116
第五节 研究地下水运动的数值法和物理模拟方法 .....	118
一、有限差分法 .....	119
二、有限单元法 .....	121
三、物理模拟法 .....	122
第五章 不同地貌区地下水的分布特征 .....	124
第一节 河谷平原区的地下水 .....	124

一、河流的沉积作用和冲积层 .....	124
二、河谷冲积层中的地下水 .....	125
第二节 山前倾斜平原区的地下水 .....	128
一、冲洪积扇中的地下水 .....	129
二、山间盆地中的地下水 .....	130
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 .....	131
一、黄土地区的地下水 .....	131
二、沙漠地区的地下水 .....	132
三、湖泊沉积地区的地下水 .....	134
四、冰川堆积地区的地下水 .....	135
五、滨海岛屿地区的地下水 .....	135
第四节 山区丘陵区的地下水 .....	137
一、块状岩石分布区的地下水 .....	137
二、层状岩石分布区的地下水 .....	139
三、构造断裂带发育地区的地下水 .....	141
第七节 岩溶地区的地下水 .....	143
一、岩溶发育的规律 .....	143
二、岩溶水的储存形式 .....	144
三、岩溶水的基本特征 .....	145
第八节 地下热水的形成和开发 .....	147
一、地下热水的形成条件 .....	147
二、地下热水的开发利用 .....	148
第六章 供水水质评价 .....	150
第一节 水质指标与水质分类 .....	150
一、水质指标 .....	150
二、水质分类 .....	151
第二节 饮用水水质评价 .....	152
一、饮用水对水的物理性质的要求 .....	154
二、对饮用水中普通盐类的评价 .....	154
三、对饮用水中有毒物质的限制 .....	154
四、对细菌学指标的限制 .....	155
第三节 饮用天然矿泉水水质评价 .....	155
第四节 工业用水水质评价 .....	156
一、锅炉用水的水质评价 .....	157
二、水的侵蚀性评价 .....	159
三、其它工业用水对水质的要求 .....	161
第五节 农田灌溉用水水质评价 .....	163
一、农田灌溉用水对水质的要求 .....	163
二、农田灌溉用水水质评价 .....	164
第七章 供水水文地质勘察 .....	167
第一节 概述 .....	167
一、供水水文地质勘察的任务 .....	167

二、勘察工作的内容与程序	167
三、勘察阶段的划分	168
四、允许开采量的精度及其保证率要求	168
第二节 水文地质测绘	169
一、水文地质测绘的目的和任务	169
二、水文地质测绘的方法	169
三、水文地质测绘的内容	170
四、不同地区水文地质测绘的特点	171
五、遥感技术在水文地质测绘中的应用	173
六、核技术在水文地质测绘中的应用	173
第三节 水文地质物探	173
一、电阻率法的原理及其在水源勘察中的应用	174
二、电测深法的原理及其应用	177
三、电测剖面法	178
四、电测井法	180
第四节 水文地质钻探	181
一、水文地质钻探的要求	181
二、水文地质钻探孔布置的原则	182
第五节 抽水试验	184
一、抽水试验的任务及类型	184
二、抽水井的一般构造和抽水设备	185
三、抽水试验的技术要求	187
四、抽水试验方法举例	188
五、抽水试验资料的现场整理与分析	189
第六节 地下水动态观测	190
一、影响地下水动态的因素	190
二、地下水动态观测点的选择和布置原则	191
三、地下水动态观测的内容	191
四、地下水动态观测资料的整理	191
第七节 地下水资源评价	192
一、地下水资源的分类	192
二、地下水资源的评价内容及评价原则	195
三、地下水资源的补给量和储存量的计算	197
四、地下水资源允许开采量的评价	201
第八节 供水水文地质勘察报告	215
一、文字报告的内容	215
二、水文地质图件	216
三、其它资料	217
四、勘察报告的阅读和分析	217
第八章 地下水污染	219
第一节 地下水污染概述	219
一、地下水污染的含义	219
二、地下水污染的特点	220



三、污染源、污染物及污染途径 .....	221
四、地下水质量监测与评价 .....	229
第二节 污染物在地下水系统中的物理、化学和生物作用过程 .....	231
一、物理作用 .....	232
二、化学作用 .....	232
三、生物作用 .....	238
第三节 地下水污染防治 .....	239
一、地下水资源的保护措施 .....	240
二、污染地下水的处理和净化 .....	244
<b>第九章 地下水资源管理</b> .....	<b>256</b>
第一节 地下水资源管理的基本概念 .....	256
一、地下水资源管理的内容、任务和目的 .....	256
二、地下水资源管理的必要性 .....	256
三、允许开采量的确定 .....	257
四、地下水的环境容量 .....	258
第二节 开采地下水产生的公害及防治 .....	259
一、区域性地下水水位大幅度下降 .....	259
二、开采地下水引起的地面沉降 .....	261
三、开采地下水引起的咸水入侵 .....	263
四、地面下空气中的缺氧 .....	264
五、过量开采引起的地面塌陷 .....	264
第三节 地下水资源的人工补给 .....	264
一、人工补给地下水的目的 .....	265
二、人工补给地下水的水源和水质要求 .....	267
三、地下水人工补给的方法及适用的水文地质条件 .....	268
第四节 地下水资源管理模型及管理方案的制定 .....	272
一、地下水资源管理模型及其应用 .....	272
二、地下水资源管理的工作程序 .....	273

## 绪 论

埋藏在地表以下岩石空隙中的水称之为地下水。水文地质学研究地下水在周围环境(岩石圈、大气圈、生物圈)以及人类活动影响下,数量和质量在空间上的变化规律,并运用这一规律有效地利用地下水和调节控制地下水以兴利避害。供水水文地质则是为供水目的研究地下水形成与埋藏、物理和化学性质特征、开采条件下的动态变化、水资源评价内容和方法,供水水源地勘察及其选择、地下水资源的合理开发利用与科学管理。供水水文地质学是水文地质学科的重要组成部分。

供水水文地质工作对于发展生产、改善人民生活质量方面起到了重要作用。水资源与土地、矿产和空气一样,是人类社会赖以生存和发展的必不可少的资源之一。近年来由于生产迅速发展,人口不断增加,城市规模的不断扩大,需水量迅速增加,水资源短缺矛盾日益突出,水环境的污染所导致的水质性缺水又加剧了水资源短缺的矛盾。因而水资源不足已成为世界上许多国家发展中一个重大问题。

我国的水资源短缺状况尤为严重。目前我国水资源人均占有量为  $2600\text{m}^3$ , 只占世界人均占有量的  $1/4$ , 据预测到 2000 年, 人均占有水资源将从现在的  $2600\text{m}^3$  下降到  $2000\text{m}^3$ , 而总需水量将上升到 8200 亿  $\text{m}^3$ , 水资源需要开发量将达  $6600\sim 6700$  亿  $\text{m}^3$ , 缺水  $480\sim 1060$  亿  $\text{m}^3$ , 现在中国 517 个城市中有 300 个缺水, 其中 100 个城市严重缺水, 北方 80% 以上的城市供水不足, 人均供水占有量仅占世界人均占有量的  $1/20$ , 由于供水不足, 城市工业每年损失 1200 亿元。

解决问题的途径是进一步开发与合理利用陆上地表及地下水资源。然而事实是, 由于长期以来人们已大量耗费了地表水资源, 地表水资源的严重污染已成为严酷的事实, 同时为保持生态平衡、发展能源和航运的需要, 使今后可供利用的地表水资源已十分有限, 可作为饮用的地表水资源也就更少了。

据美国专家 Luna B, Leopold 等人的计算, 地球上仅在地面以下 800 米深度内的地下水体积即达  $417\times 10^4\text{km}^3$  (800 米以下尚存有同等数量的地下水资源), 其含水量大约是世界河流、淡水湖、水库和内陆咸水总储量的 17.5 倍。

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屏障, 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。
5. 水量、水质受气候影响较小, 一般能保持较稳定的供水能力, 因此在很多缺少地表水的地区(如干旱半干旱的山前地区、沙漠、岩溶山地), 地下水常常是唯一的供水水源。

6. 可以利用含水层调蓄多余的地表水,增加有效水资源总量,工业上还可利用含水层的保温和隔热效应,开展地面水的回灌循环,达到节能、储水、节水的目的。

正是因为地下水有以上优点,所以在很多国家的供水总量中地下水供水量占有很大的比重。据我国水文地质学家陈梦熊院士在《我国地下水资源及其开发利用》(1983)论文中所作的统计,在干旱的利比亚、沙特阿拉伯半岛各国地下水占总供水量100%,以色列占75%,荷兰占66%,法国占33%,美国占22%~25%,苏联占24%,日本占20%。经过近十年的发展,地下水在供水总量中占的比例已进一步扩大。

据有关资料显示,我国总人口的75%饮用地下水。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。随着国民经济各部门对水的需求量逐年增加,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,直接影响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、水质恶化、地面裂缝、地面塌陷、大面积地面沉降、海水入侵一系列水环境问题及地质灾害。水资源的供需矛盾日益突出,个别地区面临地下水资源枯竭的问题。合理评价、开发利用和科学管理地下水资源已成为供水水文地质的首要任务。

40多年来,我国在生产力的不断发展和新技术不断引用的同时,为解决工农业生产和生活用水为目的供水水文地质的基础理论和勘察技术研究方面均取得了重大进展。地下水运动的研究亦从裘布依(Dupuit)的稳定流理论发展到泰斯(Theis)的非稳定流理论;从70年代起随着电子计算机技术的发展,地下水运动的数值模拟(有限单元法、有限差分法、边界元法)及电模拟已广泛应用于供水水文地质勘察中;地下水资源评价的理论概念也在不断地完善与发展,已从50年代的普洛特尼柯夫的四大储量(动储量、调节储量、静储量、开采储量)计算法,逐步形成适合于我国水文地质条件的“三量”(补给量、储存量和允许开采量)评价方法;在供水水文地质勘察中,广泛应用卫星和航空图像解释水文地质条件,为区域性的水文地质调查开创了新途径;物探方法在供水水文地质勘察中已得到广泛运用,各种地面电法、重力、磁力和地震勘探方法、激发极化衰减法、核技术的应用已取得了重要的成果;同位素技术已广泛运用在供水水文地质调查中。这些先进的理论、技术、方法、手段的发展与应用,极大地推动了供水水文地质理论与技术的日趋完善,为地下水供水水源的正确评价,正确选择奠定了基础。

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。

# 第一章 地质基础知识

## 第一节 地球的构造与形态

地球不是一个理想的圆球体，而是一个因其自转时惯性离心力的作用，地球赤道部分略为凸起，赤道半径略大于极半径的旋转椭球体。据有关资料，地球赤道半径为 6378.16km，极半径为 6356.755km，两者相差约 21.4km。

### 一、地球的分圈

地球并不是一个均质体，而是具有圈层结构。地球以地表为界分为内圈和外圈。

#### (一) 地球内圈特征

目前，人们对地球内部特征的研究主要靠地球物理方法，即地震波、重力测量和地磁测量；另外也借助高温、高压实验研究。通过地震波在地球内部传播速度的变化，发现在地表以下 30~80km 深处和 2800km 深处，存在着两个明显的分界面，前者称莫霍面，后者称古登堡面，两个界面把地球分成物质成分和性质不同的三个圈层，即地壳、地幔、地核（图 1-1）。

**地壳：**地壳是地球最外面的一层硬壳，它的厚度各地不等，最厚的地方是我国的西藏高原地区，可达 70~80km；最薄的地方是在一些深海地区，厚度仅几公里。整个地壳的平均厚度约 33km。

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  $2.7\text{g/cm}^3$ ，从地表往下，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  $1000^\circ\text{C}$  左右，压力最大达数万大气压。

地壳的物质组成也不是均一的，从大的差异上看，地壳可分为上下两层。上层是以硅、铝的氧化物为主要成分的岩石构成，称硅铝层，其成分相当于花岗岩。硅铝层在地壳上的分布并不连续，只在大陆地区发育，大洋盆地很薄或缺失。下层是以硅、镁或铁的氧化物为主要成分的岩石构成，称硅镁层，其成分与玄武岩相当。硅镁层分布连续。

由于地壳是各种地质现象和其它自然现象发生的场所，又与人类生活和生产活动密切相关，因此是地质学研究的重点。

**地幔：**地幔是指地壳底部起、直至深约 2800km 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 60~100km。其下是 200~300km 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

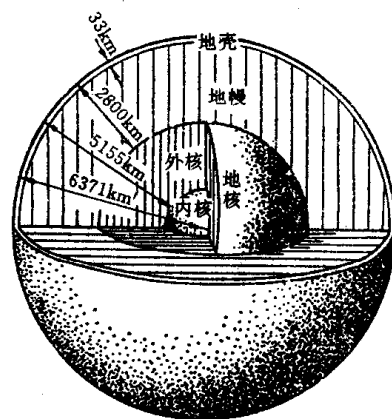


图 1-1 地球的内部分圈

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 2800km 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  $9.71\sim 16\text{g/cm}^3$ ，压力可达 370 万大气压，温度为  $3000\sim 6000^\circ\text{C}$ ，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”。

## （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）。

研究表明，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。尤其是地下水尽管在数量上较海洋水少的多，但它常常是人类生存的重要水源，也是供水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、地面以下 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。

## 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  $\text{km}^2$ ，占地球表面积的 29.2%；海洋面积为 3.61 亿  $\text{km}^2$ ，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 8848.13m，最深处是太平洋的马利亚纳海沟，深度在海平面以下 11033m。陆地部分平均高程为 860m，海洋平均深度为 3900m。地球上陆地的面积大都为 1000m 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 4000~5000m 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 2.44km。

### （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。

山地：山地是低山、中山及高山的统称。海拔高度在 500~1000m 的叫低山，1000~3500m 的叫中山，3500m 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 200m 的低矮地形。如我国东部丘陵、川中丘陵等。

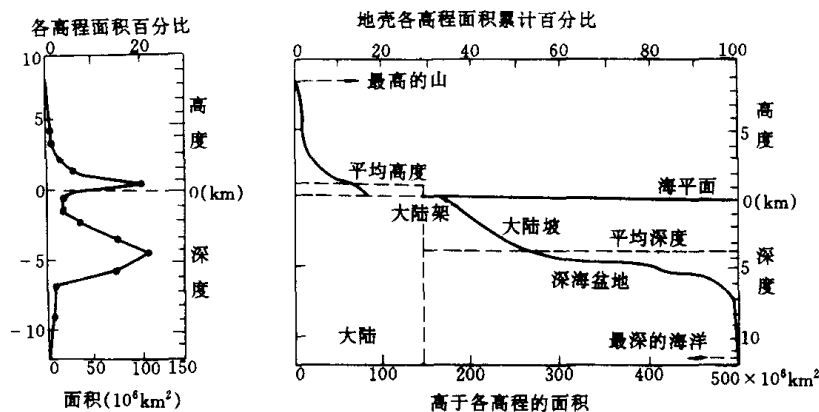


图 1-2 地壳表面各高程分布

**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 200m 以下的低平原，如我国的华北平原及东北平原；海拔高程在 200~600m 的高平原，如成都平原等。

**高原：**高原是指海拔高程在 600m 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 4000m 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 150m，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 200m 以内的水域，平均深度 133m。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 km 到 500km 以上，水深一般为 50m，最大水深 180m，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 1-1。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。

地壳主要元素重量的百分比

表 1-1

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 1-2 是地壳深度在 16km 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 1-2

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 } Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> }	6.88	K <sub>2</sub> O	3.13
		H <sub>2</sub> O	1.15
CaO	5.08	TiO <sub>2</sub>	1.05

从表 1-2 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 3000 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，石膏具有丝绸光泽。

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 10 个等级，等级越高表示硬度越大，见表 1-3。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。

摩氏硬度等级 表 1-3

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

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，所产生的破裂面即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 20 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 1-4。

常见造岩矿物鉴定表

表 1-4

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



续表

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	
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
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	

## 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生的物质, 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, 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, 其产状为岩流和火山锥。常见的喷出岩有: 玄武岩、

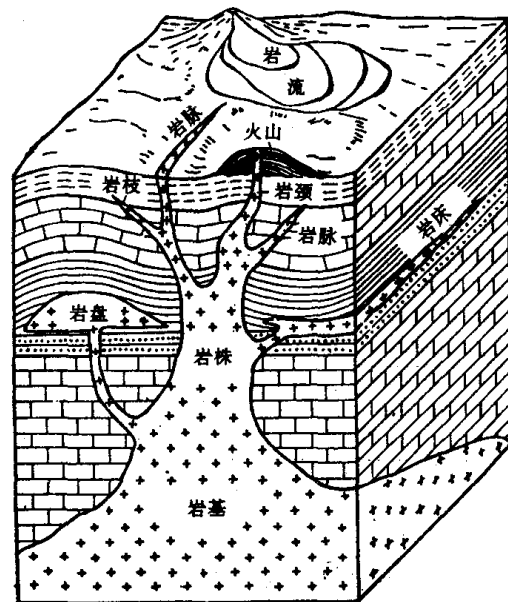


图 1-3 岩浆岩产状示意图