

中等专业学校试用教材

# 水文地质学

## (一)

水文地质学基础及水文地质调查

地质出版社

中等专业学校试用教材

# 水文地质学

(一)

水文地质学基础及水文地质调查

西安地质学院 主编

地质出版社

# 水文地质学

(一)

水文地质学基础及水文地质调查

西安地质学院 主编

\*

国家地质总局教育司教材室编辑

地质出版社出版

沧州地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

1979年8月北京第一版·1979年8月北京第一次印刷

印数1—9,690册·定价1.30元

统一书号: 15038·教43

# 前 言

为了进一步提高教学质量，使一般的水文地质理论与我国的实际情况能更好的结合。国家地质总局教育司于一九七七年确定编写中等地质学校适用的水文地质学教材，由原西安地质学校主编，南京、长春、赣州、郑州、广西、湖南地质学校为协编单位。

全书共分三册：第一册，水文地质学基础及水文地质调查；第二册，水文地质计算原理及方法；第三册，应用水文地质学。

全书在编写过程中收集了国内外有关资料和数据，力求结合我国实际情况，列举了一些实例。水文地质概念清楚。在水文地质测试技术、非稳定流计算及地下水资源评价等方面，尽可能反映七十年代国内外水文地质学发展水平和不同学术观点。在编写过程中，计算部分曾得到了水文地质研究所曲焕林、南京大学薛禹群、朱学愚；长春地质学院刘金山以及野外有关水文地质队的同志大力协助，在此表示感谢。

由于水平所限，时间匆促，书中定有不少缺点和错误，敬请指正。

编 者

一九七九年三月

# 目 录

绪论	1
第一篇 水文地质学基础	8
第一章 地下水的赋存及运动	8
第一节 自然界中的水循环	8
第二节 地下水的赋存	12
第三节 地下水的运动	31
第四节 影响地下水的主要因素	45
第二章 地下水的物理性质及化学成份	67
第一节 地下水的物理性质	69
第二节 地下水的化学成份	77
第三节 地下水化学成份的形成及对其影响的因素	92
第四节 地下水化学成份的分类及资料整理	101
第五节 地下水化学分带	114
第三章 地下水的分类及埋藏类型	118
第一节 地下水的分类	118
第二节 包气带水	122
第三节 潜水	125
第四节 承压水	141
第四章 孔隙水	151
第一节 冲积物中的地下水	151
第二节 洪积物中的地下水	156
第三节 黄土堆积物中的地下水	160

第四节	湖泊沉积物中的地下水	167
第五节	冰川沉积物中的地下水	170
第六节	风沙堆积物中的地下水	174
第七节	冻土区的地下水	179
第八节	滨海平原和海岛孔隙水	185
<b>第五章</b>	<b>裂隙水</b>	189
第一节	岩石裂隙的类型及其性质	189
第二节	不同类型裂隙中的地下水	191
<b>第六章</b>	<b>岩溶水</b>	203
第一节	概述	203
第二节	岩溶水特征	205
第三节	岩溶水分布规律	222
<b>第七章</b>	<b>泉</b>	234
第一节	泉的概述及研究泉的重要意义	234
第二节	泉的分类	236
第三节	泉的基本类型	238
第四节	泉的动态	242
第五节	泉对于研究地下水的意义	245
<b>第二篇 水文地质调查</b>		248
<b>第八章</b>	<b>水文地质测绘</b>	250
第一节	水文地质测绘概述	250
第二节	野外测绘前的准备工作	253
第三节	野外测绘工作方法内容与要求	256
第四节	不同地区水文地质测绘工作要点	278
第五节	水文地质测绘的资料整理	281
第六节	遥感技术在水文地质调查中的应用	284
<b>第九章</b>	<b>水文地质钻探</b>	299

第一节	水文地质钻探的任务与要求·····	299
第二节	水文地质钻探的布置原则及几个典型 地区钻探工作布置实例·····	301
第三节	水文地质钻孔设计及钻孔结构·····	305
第四节	钻孔简易水文地质观测·····	306
第五节	钻孔水文地质资料的编录、整理及 综合分析·····	316
<b>第十章</b>	<b>水文地质试验·····</b>	<b>318</b>
第一节	抽水试验·····	318
第二节	其它类型水文地质试验·····	357
<b>第十一章</b>	<b>地下水动态与均衡的研究·····</b>	<b>369</b>
第一节	影响地下水动态的因素·····	369
第二节	地下水动态类型·····	374
第三节	地下水动态观测网的布置及观测点的建立·····	377
第四节	地下水动态与均衡要素的观测内容和方法·····	380
第五节	均衡计算·····	386
第六节	地下水动态和均衡观测资料的整理·····	392
<b>第十二章</b>	<b>水文地质调查资料整理·····</b>	<b>399</b>
第一节	水文地质图的编制·····	399
第二节	报告书的编写·····	472
<b>第十三章</b>	<b>不同目的水文地质勘察简述·····</b>	<b>428</b>
第一节	城市与工矿企业供水水文地质勘察·····	428
第二节	农田供水水文地质勘察·····	430
第三节	矿区水文地质工作的内容和特点·····	432

## 绪 论

### 一、水文地质学的研究对象、目的、 任务及在国民经济建设中的意义

水文地质学是研究地下水的科学，它建立在地质分析的基础上，利用地质学、地球物理学、地球化学和水力学等学科的理论和方法，研究地下水的形成、分布、埋藏、运动以及物理性质、化学成分和气体成分等问题。同时，它也研究如何最经济、最合理的开发利用地下水（工农业供水及开发矿水等）和与地下水的危害（矿坑涌水及土壤盐碱化等）作斗争等对地下水的实际应用问题，使其更好地为人类造福，为社会主义建设服务。

地下水是指埋藏在地表以下岩石空隙中并与周围岩石进行着不停顿地相互作用的自然水。我们所常见的井水和泉水都是地下水。地下水如同铁、煤和石油等矿产一样，是一种天然的地下资源。与其它地下资源不同之处，在于它具有流动性的特点，它可以不断地从大气降水或地表水体得到补给。地下水在人类的生活中起着重要的作用。

由于工农业生产和建设事业的不断发展，从供水角度来说，各部门对地下水从数量和质量上都有一定的要求。如新建或扩建一座几十万到几百万人口的城市，每秒钟就需要供水几立方米到几十立方米；一座年产一百万吨的钢铁厂，每小时需水量达一百立方米；造纸厂制造一吨纸浆，要用去约四百立方米的水。饮用水要求质量较高的淡水；炼钢需要低温水；纺织要求水中不含铁锰杂质等等。而地下水较地表水在经济和卫生条件上都优越得多。世界上许多大城市都是利用地下水作为供水水源。我国北京、西安、太原、包头和乌鲁木齐等大城市都以地下水作为工



业、民用供水水源，至于中小城市和广大农村利用地下水作为供水水源的，更是遍及全国。

“水利是农业的命脉”，要实现我国“四个现代化”中的农业现代化，其中一个重要内容就是要实现农田灌溉的现代化。为此，除了继续开发利用地表水作为灌溉水源外，还必须大力寻找和开发地下水作为农田灌溉的水源。据不完全统计，目前我国已有农业机井一百三十万眼，井灌面积达一亿一千万亩。我国北方各省已在十多万平方公里的土地上找到了丰富的地下水，对这些地区的农业增产起着积极的作用。

矿水具有特殊的化学成分和气体成分或有相当高的温度，对某些疾病（如皮肤病、关节炎、肠胃炎、神经系统方面的疾病）能产生良好的医疗效果。我国矿泉很多，目前已发现有千余处，如陕西华清泉、北京小汤泉，辽宁汤岗子温泉和广东从化温泉等，都已成为劳动人民疗养的胜地。此外，当地下水中富含某种具有工业价值的化学成分时，还能提炼出食盐、钾盐、芒硝、溴化物和碘化物等贵重化学工业原料。如四川自贡地区从自流井中开采卤水取盐已有几千年的历史。

肥水对灌溉农田具有良好的效益。肥水中含有较高含量的硝态氮，一个地区每年如能开发利用地下肥水一千万立方米，就等于建造了一座年产一千五百吨硝酸铵的化肥厂。因此，开发利用地下肥水、掌握其形成规律，是水文地质工作中一项新的课题。

地下热水能为工农业生产和人民生活提供大量热源，近几十年来地下热水广泛用于取暖、发电、工业锅炉和农田灌溉等方面。如北京东南城区找到了 $39.2\sim 57^{\circ}\text{C}$ 的热水，为北京市工农业生产和改善人民生活提供了很大方便。我国热水类型很多，热水资源极为丰富，尤其是西部地区高温地热资源蕴藏更为普遍，目前全国已有二十几个省、市、自治区开展了地下热水的普查工作，已发现蕴藏地下热水的地方达1600余处，成为世界上地下热水资源最多的国家之一。

地下水有可资利用为人类造福的一面，但同时也有对人类危害的一面。在开发矿山和进行地下建筑及隧道涵洞施工中，由于坑道涌水，往往使施工复杂化和提高工程造价，甚至使人民的生命财产遭受巨大损失。如淄博煤矿，1935年北大井冒水时，奥陶纪灰岩岩溶水通过断层破碎带进入巷道，只一个多小时就把井底水泵房全部淹没，淹死矿工580人，估计冒水时的涌水量达6000立方米/小时。因此矿区水文地质工作应是矿产资源勘探工作中的重要组成部分，只有加强水文地质工作，掌握矿区地下水的规律，才能更好地确保矿山生产安全。

土壤盐碱化常成为发展农业生产的一大障碍。土壤盐碱化主要是在气候干旱或半干旱的条件下，因地下水位埋藏较浅，强烈蒸发，使地下水中盐份浓缩聚积地表而形成的。另外，不合理的灌溉制度也能造成次生盐碱化。我国西北、华北地区，土壤盐碱化现象比较普遍。为了改良土壤，防止灌区土壤盐碱化的蔓延，必须加强农田水文地质工作，研究和预测农田灌溉过程中的地下水位、水温、流量和化学成分等的变化，以制定出改良土壤的措施。

世界上一些大城市的地面沉降也是人类所面临的重大课题。根据我国对控制上海市地面沉降的研究，查明了过量地开采地下水，使地下水位大幅度下降，造成了软土层压缩，是引起上海市地面沉降的主要原因。

综上所述，不难看出，地下水对人类、对国民经济的发展，特别是对当前我国的工农业生产和国防建设事业，进而对促进我国“四个现代化”的早日实现，都起着重要的作用。因此，加强总结和积累我国在水文地质工作中的大量实践经验，进一步研究和发发展水文地质学的基础理论、先进技术和现代化工作方法，对于发展我国国民经济具有重大意义。

## 二、水文地质学与其它科学的关系

水文地质学是一门综合性的科学，它包括的内容很多、研究

的范围很广，它所涉及的许多问题是属于一些相邻学科所研究的内容。水文地质学与气象学、气候学、水文学、地貌学、成壤学、岩石学、构造学、地球物理学、地球化学、化学、物理学、静水力学、动水力学和水工建筑学等多种学科都有着密切的联系，尤其是地质学的联系更为紧密，因为它本身就是地质科学的一个分支。

根据目前水文地质学所研究的内容和范围，概括起来可将其纳为如下四个主要组成部分：即普通水文地质学；地下水动力学；水文地质调查和应用水文地质学。从某种意义上来说，普通水文地质学是基础理论部分，即理论的定性部分；地下水动力学同样也是基础理论部分，即理论的定量部分；水文地质调查（即水文地质普查与勘探）是水文地质工作的手段和方法部分；应用水文地质学则是水文地质学的应用部分。这四个组成部分，都相应地分别与上述诸学科紧密联系着。

由于近代科学的飞跃发展，一些现代先进技术方法（如遥感遥测、核子物理和放射性同位素方法，模拟试验和电子计算机技术等）的不断引进，使水文地质学理论和实践向着更深、更广和更加现代化的方向发展，同时它的内容也就越分越细了。目前，水文地质学已形成了以下几门独立的学科：

1. 普通水文地质学。是水文地质学的基础学科。主要研究自然界中水的循环，地下水的形成条件，水的物理性质和化学成份，地下水的分类以及不同类型地下水的基本特征和形成规律等问题。

2. 地下水动力学。是研究地下水运动的理论学科。利用水力学，流体力学的基本原理和数学物理，模拟试验等方法，研究地下水在岩石孔隙、裂隙和溶洞中运动的基本规律，从而对地下水的运动和流量进行近似的计算，为利用地下水资源和防治地下水危害提供设计资料。

地下水动力学建立在近代渗透理论的基础上，为了更好地反

映地下水运动的特征，今后必须研究渗透的物理化学特点，如应考虑扩散、吸附、蒸发和凝结作用的包气带水的运动规律，地下水与岩石相互作用下的渗透，含水层中的分子的扩散和对流扩散，渗透现象，粘土层的渗透等影响。

3. 地下水普查和勘探，也称专门水文地质学。研究水文地质测绘，勘探试验等工作方法，地下水动态与均衡，研究为各种目的（如城市供水、农田灌溉、水工建筑、矿区等）进行的水文地质调查工作方法。

4. 矿床水文地质学。研究矿床的水文地质特征和分类，地下水对抗道的影响，预测矿床开采时涌水量的大小以及采矿时防治地下水的措施。

5. 区域水文地质学。根据区域地质的特点，研究不同地区地下水的分布规律，为国民经济发展规划提供合理利用地下水的水文地质依据。

在区域水文地质调查中，用定量方法来分析和综合实际材料已经不够，近年来利用网络式仪器进行水文地质作用的模拟试验，取得了一定的成效，目前还采用遥感遥测，电子计算机技术研究区域地下水规律性和水资源评价。

6. 矿水学。研究医疗水和有工业开采价值的地下水的来源与形成规律，研究这种水的分布，开采方法和评价。

7. 水文地球化学。研究地下水各种化学成份的形成和分布的规律，地下水化学分带，研究地下水的形成及其“年令”。通过水文地球化学的研究，还可阐明地下水动态变化及水动力学规律，各种地方病与地下水化学成份的关系，地下水水质的污染，预测地下热水的性质和温度，并能指导进行水化学找矿等。

8. 古水文地质学。研究地下水形成过程中的轮回，它与地质构造轮回有密切的关系，从古地理和岩石数据基础上来评价古水动力条件，渗透性，对于寻找不同成份的地下水（淡水、矿水、卤水、），进行水资源评价提供依据。

由于现代的经济建设事业的发展，人们对客观物质世界认识的不断深化，水文地质学还不断产生一些新的分科，如放射性水文地质学，核子水文地质学，水文地热学，水文年代学，环境地质学等。

### 三、水文地质学的发展概况

水文地质学是一门比较新兴的科学，它是在本世纪二十年代随着生产的发展才成为一门独立的科学。在这以前人们对地下水的勘探和利用，仅作为地质工作一部分来研究。我国劳动人民在长期的劳动实践中，积累了丰富的开发利用地下水的实践经验并具有悠久的历史。尧代的土壤歌中就说：“日出而作，日入而息，掘井而饮，耕田而食”。说明当时已有了掘井利用地下水的知识。在周代，人民就已按地下水的不同水质分别加以利用，将淡水作为饮用和灌溉，咸水用作煮盐，温泉水用来沐浴。公元前二百五十年的战国时代，在四川自贡用竹制工具凿盐井深达500米取卤水煮盐，这是世界上最早的自流井，比法国对自流井的利用要早1500年。早在唐代，就发现了天然气，同时又发明了汲取深部地下水的工具——飞车，在寻找地下水的方法上，有气试、盘试、火试等方法。在打井方面，包括了择地，量深浅，察泉眼等一套方法，在明代，除了西北的坎儿井，水井的结构，就有了石井、砖井、木井、茅井、竹井和土井数种。我国劳动人民虽然在生产实践中很早就积累了许多利用地下水的宝贵知识，但是由于数千年的封建统治，以及近百年来帝国主义的侵略掠夺和国民党反动派的黑暗统治，这些经验都未能很好地总结和提高。

解放前，我国水文地质工作实际上是一个空白点。解放后在党和毛主席的英明领导下，水文地质工作得到了飞速的发展，不论在区域水文地质普查，矿区水文地质，工农业供水，矿泉调查等方面，都取得了许多显著的成就。水文地质职工队伍已发展到三万多人。1960年以来，还派了十多个地质考察组和水源队到蒙

丹，赞比亚等十四个国家援助。水文地质工作现已成为发展国民经济建设，加快实现“四个现代化”，支援世界革命中一支不可缺少的重要力量。

当前，由于社会主义革命和建设事业的飞跃发展，以及国外先进技术的应用，又给水文地质工作者提出了许多研究的新课题。例如：利用人工补给增加水资源，控制地面沉降；运用电子计算机，同位素方法研究地下水成因，评价区域地下水储量；地下水污染的防护和改造；利用卫星遥感技术寻找地下水源，圈定地下水开发远景区；实现地下水动态观测资料自动化，机器整理及遥控传递；发展水文地质中地球物理勘探新方法——地震法、极化法、微磁法等等。优越的社会主义制度，党和国家对水文地质科学的发展，提供了无限宽广的前途和非常有利的条件。我们必须奋发图强，刻苦学习，努力赶超世界先进水平，为中国革命和世界革命，特别是为早日实现我国的“四个现代化”作出更大的贡献。

# 第一篇 水文地质学基础

## 第一章 地下水的赋存及运动

### 第一节 自然界中水的循环

#### 一、自然界中水的分布

地球上的水按其存在地域可分为三部分，它们分别存在于大气圈、地球表面和地表以下的地壳中。大气圈的水以气态（水蒸气）液态（水滴、雨）或固态（冰晶、雪、雹等），主要存在于对流层中；地表水以液态或固态存在于地表的海洋、河流、湖泊以及两极和高山地区；地壳中的水——地下水则以气态、液态或固态主要存在于地壳表部的岩石和土的空隙中。

根据某些统计资料（见表1—1），除了海水之外，地下水在地球的总水量中占有重要的比重，为地表河流水总量的几万倍。特别是由于工农业的发展，在用水量不断增长，地表水越来越受到污染的情况下，地下水已经成为人类活动的主要用水水源。

#### 二、自然界中水的循环

表1—1中的数字是概略统计的资料，实际上各部分水处于动的平衡中，它们不断地从这一部分转化为另一部分，也就是说，它们在各种自然因素的影响下不断地进行着循环。

##### （一）自然界中水的大循环

在太阳热能的作用下，海洋水被蒸发成水汽进入大气中，

## 关于自然界中水的分布的几个统计资料

表1—1

(单位: 公里<sup>3</sup>)

水的分布		作者 G·P·卡里宁 (1968)	梶根勇 (1968)	R·L·奈斯 (1969)
大气水		14,000	12,600	13,000
地表水	海水	1,371,000,000	1,349,929,000	1,350,400,000
	冰	29,000,000	24,230,000	26,000,000
	河流水	1,200	1,200	1,700
	湖沼水(包括咸水和淡水)	750,000	219,000	230,000
	生物含水	—	1,200	—
地下水	土壤水	65,000	25,000	150,000
	地下水 (除土壤水外)	60,000,000	10,100,000	7,000,000
总 计		1,459,830,200	1,384,518,000	1,383,794,700

这些水汽可以被气流有规律地携带到大陆上空,在一定条件下凝结成水滴或冰粒(包括雪)降落到地面。降落的水一部分重新被蒸发返回大气;一部分渗入地下成为地下水;一部分汇入地表的河流、湖泊,其中绝大部分最后仍然流入海洋。水由海洋→空中→大陆→海洋的过程就称为自然界中水的大循环(图1—1),也称为海陆循环。自然界水的这种循环运动,周而始复,影响着地球表层的许许多多自然过程和所有的生命活动。当然,这种循环不是机械的、简单的重复,在赤道附近水的海陆循环比两极要频繁得多,在地球的初始时代要比现在频繁得多,在地壳运动相对活动时期与相对平静时期也有很大的差异。

在整个水循环中,由于地下水运动速度慢,所以它迟滞和调节了水的循环,并对水质起着重大的作用。

## (二) 自然界中水的小循环

海洋表面的蒸发是大陆上大气降水的主要来源,除此之外,大陆上河流、湖泊,地表岩土和植物蒸腾的水汽上升后,又重新



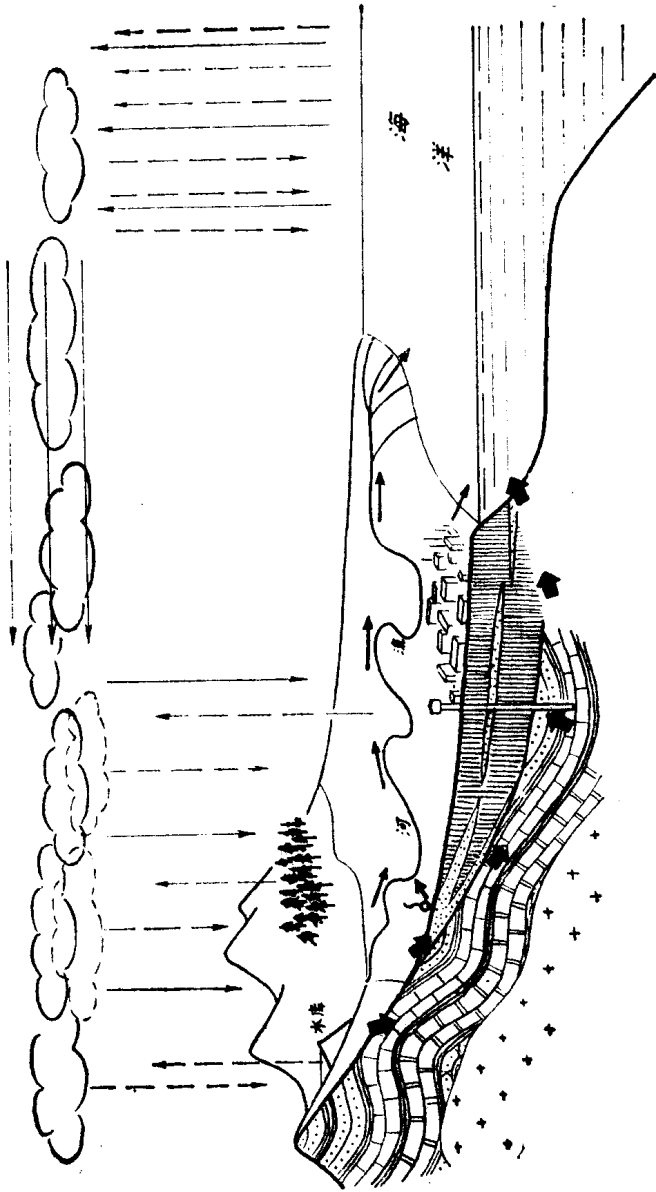


图 1-1 自然界的循环