

现代水文地质学

林学钰 廖资生 赵勇胜 苏小四 编著

地质出版社

· 北京 ·

内 容 提 要

该书是对 20 世纪水文地质科学的概括总结和对 21 世纪水文地质科学发展的展望。全书共分 8 章，约 30 万字。

本书的主要内容包括：水文地质学研究对象、创立过程、与相邻学科关系和地下水在人类社会发展中的作用；地球上的水循环和水资源；地下水的形成和基本特征；水文地质学基础和应用学科的主要研究内容；水文地质勘察技术与研究方法；21 世纪水文地质学的主要研究领域；21 世纪水文地质科学展望。最后，本书还对国际水文地质学术组织作了概略介绍。

本书是集学科基本内容、创立发展历史和 21 世纪主要科学成果为一体的综合性学术著作，可供从事水文、水资源与地下水管理等学科的教学、科研、工程技术人员阅读和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代水文地质学 李学钰等编著 北京：地质出版社，2000

地质出版社 地质出版社

I ① 地 ② 地 ③ 地 ④ 水文地质学 ⑤ 地质学

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 12345 号

地质出版社 地质出版社 地质出版社

责任编辑：屠涌泉

责任编辑：丁海云

出版发行：地质出版社

社址邮编：北京海淀区学院路 29 号，100029

电话：(010) 64631111 (邮购部)；(010) 64631112 (编辑室)

网 址：http://www.geopress.com.cn

电子邮箱：zhuo@geopress.com.cn

传真：(010) 64631111

印刷：北京中科印刷有限公司

开 本：16 开 印 张：10 张

印 张：10 张

字 数：30 千字

印 数：1 万册

版 次：2000 年 1 月北京第一版·第一次印刷

定 价：30.00 元

地质出版社 地质出版社 地质出版社

（凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页，脱页者，本社出版处负责调换）

序

水文地质学主要研究地下水在自然环境与人类活动影响下，数量和质量在时间和空间的变化与演变规律；并在此基础上，研究如何应用这一规律，有效地利用和调节控制地下水，以兴利防害，为人类造福。水文地质学在地质科学领域内，是应用地质学中的一个重要分支，也是最年轻的一个分支学科。作为地质科学与水文科学相互渗透、相互结合而形成的一门新的边缘学科，并发展成为一个系统的独立学科，实际上是从 20 世纪 50 年代开始的，所以中国水文地质学的发展历史，是与新中国的建立与发展分不开的。

近半个世纪以来，水文地质学的成长与发展大致可划分为两个阶段：从 20 世纪 50 年代到 70 年代中期，可称为奠基阶段，主要接受前苏联学术思想的影响，基本依照前苏联模式。从 20 世纪 70 年代后期到 80 年代，可以称为发展阶段。这一时期由于实行改革开放政策，国内外学术交流日益频繁，因此受西方学术思想影响较多。特别是系统科学、环境科学、现代应用数学与计算机技术等新思想、新理论与新技术的输入，使水文地质学的基本概念与研究范畴发生巨大变革，其结果使水文地质学从定性研究进入到定量研究阶段，纳入到系统工程的轨道，与现代科学更紧密地融合起来。因此我们可以把 20 世纪 50 年代至 70 年代奠基阶段的水文地质学称为传统水文地质学，而 20 世纪 70 年代后期至 80 年代发展阶段的水文地质学，称为现代水文地质学。

现代水文地质学的基本特征主要可归纳为：

(员) 与现代科学的新理论新学科紧密结合，如系统论、信息论、控制论及相应产生的系统科学、环境科学、信息科学等，对水文地质学的发展产生了重大影响。

(圆) 现代应用数学与水文地质学的结合，特别是数值模拟方法得到普遍应用，模型研究成为水资源研究的主要内容，使水文地质学从定性研究发展到定量研究的新阶段。

(猿) 从地下水系统与自然环境系统相互关系的研究，扩大到与社会经济系统关系的研究。对地下水资源的研究，也从数学模型发展到管理模型与经济模型的研究。

(源) 许多新的分支学科的产生与发展，如区域水文地质学、岩溶水文地质学、遥感水文地质学、环境水文地质学、医学环境地球化学、污染水文地质学以及数学水文地质学、水资源水文地质学。

(缘) 新技术、新方法的应用，除计算机技术外，遥感技术、同位素技术、自动监测技术，室内模拟技术，以及高精度水质分析技术等，都得到普遍应用，推动了水文地质学的发展。

半个世纪以来水文地质学的发展，由于紧跟现代科学的新思潮，从传统水文地质学，走向现代水文地质学，取得了重大进步。不仅在理论上有了极大提高，而且在实际应用中，对国民经济规划、国土整治、城市和工业建设，以及环境保护等，都发挥了重要作用。

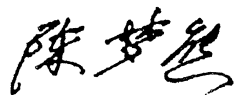
林学钰、廖资生、赵勇胜、苏小四 源位教授最新编著的《现代水文地质学》，在系统总结 50 年来我国水文地质学发展历史的基础上，真实全面地反映了 20 世纪我国水文地质

学的主要成就，实际上也是该书作者几十年来长期从事水文地质学教学工作和研究工作，在学术上的主要心得。新著完全以新的面貌出现，反映了新的内容、新的思路、新的理论；在章节安排上，完全破除了旧的框架，用新的形式，更好地表现出现代水文地质学的主要特色，构成一本内容丰富多彩，又具有创新意义的现代水文地质学。

新著在概要阐明水文地质学基础学科与基本理论的基础上，比较深入地探讨了地下水溶质的运移规律与弥散理论，污染质在地下环境中的运移作用及模拟、地下水资源的计算与评价、地下水管理模型的基本理论与模型建立的技术方法等，这些内容大部分都是该书作者多年来的主要研究目标。新著还论述了 21 世纪水文地质学的重要研究领域，提出新世纪水文地质学的努力方向，对促进水文地质学教育事业的发展和开展水文地质科学研究，具有一定的指导意义。

正当全国人民满怀信心地踏入新世纪之际，我国的经济建设已迈入高速发展时期，经济发展与资源、环境之间的矛盾日趋严重。如何协调好水资源与环境和社会经济可持续发展的关系，将是摆在我们面前的一项严峻任务。许多生产上的实际问题等待我们去解决，诸如城市水资源紧缺与水资源管理、西北干旱区水资源的合理开发利用与防止生态环境恶化、农田灌溉与建立节水农业、水污染与污染治理、长江三峡等重大工程对水环境的影响、海平面上升对沿海地区水环境的影响，等等。我们应理所当然地做好准备，满怀信心地迎接新世纪的挑战。

中国科学院院士



前 言

人类对地下水的认识和开发利用已有数千年的历史。从 19 世纪中期达西定律创建至今已有一百多年的历史。但水文地质学作为一门系统的独立学科则创立于 20 世纪 30 年代。尤其是 20 世纪 50 年代以来,随着我国经济和建设事业的发展、科技的进步和学科的交叉,水文地质学已形成一个较为完善的理论系统和方法体系,与初创时期对比,它的研究领域和内容都有了很大的拓展。回顾水文地质学的发展史,可以认为,目前水文地质学已由 20 世纪 30 年代的传统水文地质学演化到现代水文地质学的新时期,已成为地球科学的一个重要学科。

在编写过程中,作者力图做到真实全面地反映 20 世纪水文地质学的发展历史,概述其基本研究内容、基本理论和基本研究方法,并对 21 世纪的发展趋势做了预测。使本书既适合于大学文化程度的读者使用,又照顾到非专业读者的接受能力。按照水文地质学的特点,本书分为五篇:水文地质学及水资源概述、水文地质学的基础学科及其研究内容、水文地质学的应用学科及其研究内容、水文地质勘察技术与研究方法、20 世纪水文地质学的重要研究领域及 21 世纪的展望。

全书由林学钰主编。各章的执笔人为:前言(林学钰);第一篇(廖资生);第二篇(第三章,廖资生;第四章,林学钰、苏小四;第五、六章,赵勇胜);第三篇(第七、八章,廖资生;第九章,赵勇胜;第十章,林学钰、苏小四);第四篇(第十一~十四章,廖资生;第十五章,赵勇胜;第十六章,廖资生;第十七章,赵勇胜;第十八章,廖资生);第五篇(第十九章,林学钰;第二十章,赵勇胜),附录(赵勇胜)。由于作者业务水平限制,本书内容有错误和不妥之处,望读者提出批评、指正。

本书在编著过程中,得到陈梦熊院士、曹玉清教授、宫辉力教授等人的指导和帮助。于莉、张晓东、孙才志、王丽和李凌等老师在本书制图、誊写中作了大量的工作。在此一并致以深切的谢意。

作者

2003 年 12 月

目 录

序
前 言

第一篇 水文地质学及水资源概述

第一章 水文地质学概述	(员)
第一节 水文地质学的研究对象	(员)
第二节 人类开发利用地下水的历史	(圆)
第三节 水文地质学的创立过程	(猿)
第四节 地下水在人类生活、生产中的作用	(缘)
第五节 水文地质学的学科分类及其与相邻学科的关系	(怨)
第二章 地球上的水循环和水资源	(员)
第一节 地球水体的组成和水资源	(员)
第二节 地球上的水循环	(员)
第三节 地下水和地下水资源	(员)
第四节 地下水资源的基本特征	(员)

第二篇 水文地质学的基础学科及其研究内容

第三章 地下水的形成理论	(员)
第一节 地下水的赋存条件	(员)
第二节 地下水运动的基本规律	(圆)
第三节 地下水的补给、排泄和径流条件	(圆)
第四节 地下水的化学成分及其形成作用	(猿)
第五节 地下水的动态与均衡	(猿)
第四章 地下水运动的基本知识及地下水流问题的计算原理	(源)
第一节 地下水运动的基本知识	(源)
第二节 地下水流基本问题的计算原理	(苑)
第五章 水文地球化学原理	(员)
第一节 水文地球化学概述	(员)
第二节 络合作用与氧化还原作用	(员)
第三节 水岩作用	(员)
第六章 地下水溶质运移及弥散理论	(员)
第一节 微观弥散过程	(员)
第二节 宏观弥散	(员)

第三节 摇对流弥散方程	(页码)
-------------------	------

第三篇 摇水文地质学的应用学科及其研究内容

第七章 摇矿床与地下工程水文地质学	(页码)
第一节 摇矿床充水条件及矿床水文地质类型	(页码)
第二节 摇矿坑及地下工程涌水量预测	(页码)
第三节 摇矿井突水与预测	(页码)
第四节 摇矿床疏干防治水工作	(页码)
第五节 摇矿山开采地下工程开挖中的环境地质问题	(页码)
第八章 摇供水水文地质学	(页码)
第一节 摇供水水文地质学的目的任务	(页码)
第二节 摇地下水资源的概念和地下水资源的分类	(页码)
第三节 摇地下水资源评价	(页码)
第四节 摇地下水水质评价	(页码)
第九章 摇环境水文地质学	(页码)
第一节 摇原生环境水文地质问题	(页码)
第二节 摇人类活动引起的环境水文地质问题	(页码)
第十章 摇地下水管理	(页码)
第一节 摇地下水管理的含义	(页码)
第二节 摇地下水管理的内容	(页码)
第三节 摇地下水管理模型	(页码)
第四节 摇地下水管理模型的建立步骤	(页码)

第四篇 摇水文地质勘查技术与研究方法

第十一章 摇地质及水文现象分析方法	(页码)
第一节 摇地层的调查	(页码)
第二节 摇岩石性质的调查分析	(页码)
第三节 摇地质构造的调查分析	(页码)
第四节 摇地貌条件的调查分析	(页码)
第五节 摇地下水露头 and 井点的调查分析	(页码)
第六节 摇地表水的调查分析	(页码)
第七节 摇与地下水有关的环境地质及生态条件的调查分析	(页码)
第十二章 摇水文地质物探和遥感技术	(页码)
第一节 摇水文物探方法的基本原理	(页码)
第二节 摇地面物探方法	(页码)
第三节 摇地球物理测井方法	(页码)
第四节 摇遥感技术	(页码)
第十三章 摇水文地质钻探	(页码)
第一节 摇水文地质钻探的重要性和主要任务	(页码)

第二节摇水文地质钻孔的结构和钻孔设计	(页码)
第三节摇钻进过程中的水文地质观测工作	(页码)
第四节摇水文地质勘探钻孔的布置原则	(页码)
第十四章摇水文地质试验	(页码)
第一节摇抽水试验	(页码)
第二节摇钻孔注水试验	(页码)
第三节摇渗水试验	(页码)
第四节摇地下水水质弥散试验	(页码)
第五节摇连通试验	(页码)
第十五章摇地下水模型技术	(页码)
第一节摇水文地质问题与数学模型	(页码)
第二节摇优化规划法	(页码)
第三节摇系统动力学方法	(页码)
第四节摇层次分析法	(页码)
第五节摇数量化理论方法	(页码)
第六节摇灰色系统模型	(页码)
第十六章摇地下水动态与均衡的研究	(页码)
第一节摇地下水动态研究方法	(页码)
第二节摇地下水均衡研究方法	(页码)
第三节摇地下水动态与均衡的监测项目	(页码)
第十七章摇地下水研究中的同位素技术	(页码)
第一节摇同位素技术的基本原理	(页码)
第二节摇同位素在地下水研究中的应用	(页码)
第十八章摇水文地质图的编制	(页码)
第一节摇水文地质图的分类	(页码)
第二节摇区域性综合水文地质图的编制	(页码)
第三节摇水文地质图的编图历史与发展方向	(页码)

第五篇摇20世纪水文地质学的重要研究领域及21世纪的展望

第十九章摇20世纪水文地质学的重要研究领域	(页码)
第一节摇地下水系统理论的提出	(页码)
第二节摇“三水转化和地下水与地表水联合开发利用”观念的建立	(页码)
第三节摇地下水资源评价与水资源管理科学的新发展	(页码)
第四节摇环境水文地质学的诞生	(页码)
第五节摇基于遥感的地下水科学方兴未艾	(页码)
第六节摇地下水污染的控制与处理技术的发展	(页码)
第七节摇深部水文地质学的诞生	(页码)
第二十章摇21世纪水文地质科学展望	(页码)
第一节摇多相流理论研究	(页码)

第二节摇地下水模型的非确定性研究	(圆园园)
第三节摇含水层污染的控制和恢复治理	(圆园园)
第四节摇点源污染场地地下水污染的研究	(圆园园)
第五节摇全球环境变化及人类活动对地下水的影响	(圆园园)
第六节摇“猿”技术及网络的应用	(圆园园)
第七节摇地下水资源的可持续利用	(圆园园)
主要参考文献	(圆园园)
英文文摘	(圆园园)
附录：主要国际水文地质组织	(圆园园)

第一篇 水文地质学及 水资源概述

第一章 水文地质学概述

第一节 水文地质学的研究对象

水文地质学是一门研究地下水的科学。具体地说，它是研究地下水的赋存条件、形成条件、水量和水质时空的变化规律、水资源开发利用以及水与环境关系的一门科学。

随着水文地质学的发展，它的研究内容越来越广泛，其主要研究对象可归纳为六个方面。

第一，地下水赋存条件。地下水和地表水最大的差别是地下水赋存于岩石的空隙中。因此，要了解地下水赋存条件（或者说埋藏、分布规律）就必须研究岩石的时代、成因、物理和化学性质、产出状态、分布范围、空隙性及构造破坏程度与次生改造作用等基础地质条件。

第二，地下水资源形成条件及运动特征的研究。即研究地下水的补给、径流和排泄条件，以及地下水在天然和人为作用条件下的运动特征与地下水资源评价方法。

第三，地下水的水质。地下水水质包括物理及化学性质两方面。在化学性质方面主要研究地下水中的化学组分和微生物组分、水化学形成作用及人为活动对地下水水质的影响。在地下水的物理性质方面，从早期的单纯对水温、色、嗅、味等方面的研究，已扩展到对地下水放射性、地下水形成年龄等方面的深入研究。

第四，地下水动态规律的研究。地下水和其他地质矿产最大的区别之一，即是地下水的质与量均随着时间而变化。因此，为揭示地下水的形成条件和更好地利用地下水资源并防治其有害作用，研究地下水的动态变化规律便是地下水研究的主要内容之一。

第五，地下水与环境的相互关系。由于地下水是地球环境不可分割的组成部分，因此研究地下水就必须研究它和环境之间的相互作用，包括地下水的存在和活动对环境产生的影响以及地下水在人类活动影响下所导致的种种环境问题和工程安全问题。

第六，地下水资源的开发利用、保护与科学管理。即研究人类在开发利用地下水资源的同时，又能使地下水资源的再生能力和水质状态得到保护与改善，并取得最大的社会、经济和环境效益。

第二节 摇人类开发利用地下水的历史

自人类开始定居和从事农业生产活动后，便掀开了利用地下水的历史。根据中国的考古发掘和史书的记载，早在原始社会的母系氏族公社时期就开始了泉水的利用和浅井的挖掘。如《淮南子·脩务训》上记载说：神农除“教民播种五谷”和“尝百草之滋味”外，亦教民鉴别“水泉之甘苦”。考古发现我国最古老的水井——浙江余姚河姆渡水井，根据对支护木头的碳¹⁴年代测定，其修建时间在公元前~~猿猿~~~~猿猿~~年，但井深很小（仅~~猿猿~~厘米）。

在中国进入父系氏族公社时期（公元前~~猿猿~~~~猿猿~~年）以后，随着定居点的出现和农业生产的进步，水井已相当普遍。水井的深度不断增加，水井结构更加完善。沈树荣（~~猿猿~~年）根据考古资料对这一时期中国水井挖掘的历史作了如下总结：以河北邯郸润沟和河南洛阳姓李古井为代表的龙山文化时期（公元前~~猿猿~~~~猿猿~~年），井型为土井，水井深度已达~~远~~苑皂；商代的水井是一种长方形的水井（河北藁城台西发现的商代水井），井深已接近~~猿~~皂，井中有木制的井盘；西周（公元前~~猿猿~~~~猿猿~~年）早期已有石砌水井（江苏省东海县焦家庄西周早期遗址）和陶质井圈的瓦井。此外，在水井的提水工具上，这一时期也有了较大的进步。据元朝王祜的《农事》上说“汤旱，伊尹教民田头凿井以灌田，今之桔槔是也”。刘仙州根据这一记载并结合早商遗迹中有长方形的水井推断，这种灌溉机械可能创造于商代初期的成汤时期（公元前~~猿猿~~~~猿猿~~年）。从春秋时代的后期到中国第一个封建王朝——秦国建立这一时期，随着社会经济的较迅速发展，地下水的开发利用也有了明显的进步。例如据我国西汉年间《史记·河渠书》记载，我国新疆吐鲁番一带的坎儿井至少出现在公元前~~猿猿~~~~猿猿~~年之前；早在公元前~~猿猿~~年的秦朝蜀郡守李冰就发明了制盐法（即利用地下水煮盐）。汉朝初年（纪元初年）四川自贡一带开采地下水卤水煮盐之产业已十分兴旺，已能在岩石中开凿数十到百米以上的自流井。

在这一时期，欧洲、中东及埃及等人类文化起源较早的地区，地下水开发经历着和中国相似的历程。有关水井和井结构的记载，已在公元前~~猿猿~~~~猿猿~~年前的基督教《圣经》和《旧约全书》中有所记载。据可查阅的历史资料，古雅典在公元前~~猿猿~~年左右大街上已有公用水井，古罗马在公元前~~猿猿~~年以前即普遍利用泉水和井水（深度~~远~~苑皂）。古波斯时期（公元前~~猿猿~~~~猿猿~~年）已在德黑兰附近修建大规模的坎儿井为城市供水和附近地区农田灌溉之用。德黑兰附近最大坎儿井的深度已达~~猿~~皂，长达~~猿~~皂。

随着人类社会的发展和工业的出现，水井的开凿深度越来越大。欧洲的第一口深井是公元~~猿猿~~年在~~猿猿~~附近一个修道院内挖成的（但这一时期的水井深度很少超过~~猿~~皂）。这些水井按其所在地名被称为~~猿猿~~井（即自流井）。

世界凿井历史上的第一口超深井是我国~~猿猿~~年开凿的自贡燊海井，其深度达到~~猿~~皂。而在欧洲直到~~猿~~世纪末出现现代机械化的钻井技术后，其水井深度才超过~~猿~~皂。

人类大规模的开发利用地下水源，是在~~猿~~世纪末和~~猿~~世纪初欧洲国家进入工业革命之后，随着钻井机械技术的进步，工业、农业、城市迅速发展，供水量急剧地扩大，促使人们开始大规模的利用地下水源。中国的第一口城市供水机井，是在二十世纪初期于上