



中国地下水资源与环境

陈梦熊 马凤山 著



地震出版社

SEISMOLOGICAL PRESS

北京 (Beijing) 2002

中国地下水资源与环境

陈梦熊 马凤山 著

地震出版社

2002

图书在版编目(CIP)数据

中国地下水资源与环境/陈梦熊, 马凤山著. —北京: 地震出版社, 2002.7

ISBN 7-5028-2052-3

I. 中... II. ①陈...②马... III. ①地下水资源—资源开发—研究—中国②地下水—水环境—研究—中国 IV. ①P641.62②TV213

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 023444 号

内 容 提 要

本书比较系统全面地论述了我国地下水资源的时空分布及其合理开发利用。中心思想是强调经济建设必须与资源、环境相协调, 促进生态环境向良性循环发展。全书共分十章, 约 80 万字。第一章概括论述 20 世纪 50 年代以来, 我国水文地质学的演变与发展。第二章对全国地下水资源的形成条件与分布规律进行了系统分析, 作出综合评价。第三、四章两章分别对北方地区和西北地区关于地下水资源开发, 如何协调好农业用水与保护生态环境之间的矛盾进行探讨。第五章重点论述沿海地区地下水资源开发引发的地面沉降与海水入侵等地质灾害及其防治对策。第六章重点探讨我国华北地区和西南地区岩溶水资源的合理开发利用。第七章重点分析城市水资源供需紧张的主要原因与相应对策。第八章概要介绍我国的矿泉水、地下热水与盐卤水资源及其开发前景。第九章论述地下水系统的基本理论及其在模型研究与水文地质编图等方面的实际应用。最后第十章主要探索地下水资源的监测、保护与科学管理。本书涉及面较广, 对地矿、水利、农业、城建、环保等部门, 以及有关院校与科研机构的广大科技人员, 均有参考价值。

中国地下水资源与环境

陈梦熊 马凤山 著

责任编辑: 曹可珍

责任校对: 王花芝

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 68423031

门市部: 68467991

传真: 68467972

总编室: 68462709 68423029

传真: 68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大彩印厂

版(印)次: 2002 年 7 月第一版 2002 年 7 月第一次印刷

开本: 787×1092 1/16

字数: 796.8 千字

印张: 31.125

印数: 0001~1000

书号: ISBN 7-5028-2052-3/P·1123 (2607)

定价: 65.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

前 言

我国自实行改革开放以来,经济建设飞速发展,人民生活持续改善,但在自然因素与人类活动的双重影响下,经济发展与资源之间的矛盾日益突出。特别是随着人口的不断增长,以及城市与工、农业的迅猛发展,对水资源的需求与日俱增,供需矛盾以及由此引发的各种生态环境问题,也日趋严重。为了国民经济的可持续发展,面向新世纪的挑战,如何协调好人与环境的关系,合理开发利用水资源,保护和改善生态环境,已成为水文地质工作者的一项重要任务。

我国是一个水资源比较丰富的国家,在全球各国中占第六位。但因人口众多,人均水资源量较低,特别是由于国土幅员辽阔,各地区自然条件差异很大,水资源的时空分布十分不平衡。例如受气候条件的制约,北方干旱少雨,而南方天气湿润,雨量丰沛,南北之间水资源条件存在很大差异。但北方由于有利的地质条件,广大平原地区蕴藏深厚的含水层,地下水资源相对十分丰富,其资源量约占全国平原地区地下水资源总量的 70%。

西部内陆盆地广大戈壁沙漠地带,气候极端干燥,但盆地四周广大高山地区,年均降水量可达 300~500mm,冰雪资源十分丰富,汇集形成强大地表径流,由山区进入山前平原。在自然状态下,其中 80%~90%的径流量在山前戈壁带渗入地下,转化为地下水,并出露形成泉集河,成为绿洲耕地的主要灌溉水源。例如塔里木盆地总水资源量可达 $400 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$, 接近一条黄河的年均径流量,其中地下水约占 75%,人均拥有量可达 $5000 \text{m}^3/\text{a}$ 左右,是世界上干旱区的奇迹。在南方严重缺水的西南岩溶高原,地表水大部分渗入地下,形成地下暗河水系,岩溶水资源十分丰富,有美好的开发前景。由此可见,我国地下水资源尚有较大潜力,对今后促进国民经济的发展,具有十分重要的地位。

水文地质学是一门专门研究地下水的科学。我国对地下水的认识和开发利用,已有数千年的悠久历史,但真正运用地质科学的理论与方法,进行地下水的调查研究,仅开端于 20 世纪 30 年代。一直到解放以后,水文地质科学才在我国发展成为地质科学领域内一门独立学科,也是应用地质科学中的一个重要分支学科。

本书第一作者陈梦熊教授,从 50 年代开始就从事水文地质工作,长期在地质部水文地质工程地质局主管水文地质业务,完成全国水文地质普查,并在此基

础上组织各省首次完成全国地下水资源的计算与评价。从 80 年代以来,又致力于地下水资源与环境水文地质学的研究,在国内外发表的论文达 150 余篇,曾获国家科技进步二等奖、科学大会奖,以及地矿部科技成果奖等多项。本书是他几十年来从事中国地下水资源研究的系统总结。本书第二作者马凤山先生,水文地质专家,现任中国科学院地质与地球物理研究所副研究员,长期从事科研工作,特别是对海水入侵问题的研究造诣颇深,为协助陈梦熊教授完成此书,做出了积极的贡献。

全书共分十章,约 80 万字。第一章论述水文地质学的基本内容与 20 世纪 50 年代以来的发展历程。根据各分支学科的发展与演变,划分为两个时期和五个阶段,提出从 50 年代到 70 年代为传统水文地质学时期,70 年代到 90 年代为现代水文地质学时期,其中 70 年代是两者之间的过渡时期。作者建立了现代水文地质学的新概念,并提出组成现代水文地质学的新学科体系和今后发展方向。第二章着重分析我国地下水资源的形成条件、分布规律与区域特征;在此基础上对我国地下水资源做出全面评价,对 21 世纪水资源的开发前景,提出比较乐观的新观点。

第三、第四两章分别论述北方地区和西北内陆干旱区的地下水资源及其合理开发利用。北方地区以东北的松嫩平原、华北的黄淮海平原,以及黄河中下游地区与黄土高原等主要农业地区作为重点,分析各地区水资源开发利用现状与存在问题。对黄淮海平原着重探讨了黑龙港地区土壤水、浅层潜水与微咸水的开发利用,深层承压水过量开采及其引发的大面积地面沉降和其他各种自然灾害的综合治理。对黄土高原根据不同的地质结构,划分为四种类型,指出各类不同地区的找水方向,深入分析了近十年来黄土地区开发利用地下水的重要经验。对广大西北干旱区的水资源,作者认为如果与中亚和北非之间广大沙漠地带相对比,我国西北干旱区得天独厚,水资源条件相对最为优越。当前存在的主要问题,供需之间的矛盾并不突出,而是缺乏节水意识、环境意识和管理意识,以致水资源严重浪费,河流上、下游缺乏统一规划与科学管理,片面提高地表水的利用效率,不能充分发挥地下水在干旱区的优势,不仅破坏了原来以泉灌为主的灌溉系统,而且严重破坏了干旱区的生态系统与生态环境。该章以河西走廊与塔里木盆地作为重点,深入分析水资源开发与生态环境之间的相互制约关系,建立干旱区水资源系统的概念模型,提出加强生态环境建设的主要途径,同时分析研究了干旱区荒漠化的演变过程与防治对策。

第五章主要论述我国沿海地区地下水资源开发与相关的环境问题,特别是由

于地下水过量开采形成的地面沉降与海水入侵问题。我国海岸线长达 18000km，是全球海岸线最长的国家之一。近半个世纪以来，由温室效应所引发的海平面上升及其产生的环境效应，已引起所有海岸国家的关注。我国沿海城市如上海和天津，都存在比较严重的地面沉降问题，如果地面沉降与海平面上升幅度相叠加，那么就必然要大大加重所造成的危害。本章详细分析了海平面上升的原因及其影响，强调沿海城市严格控制地面沉降的重要意义，并介绍了 GPS 技术在地面沉降监测工作中的应用。本章还系统总结我国滨海地区海水入侵研究的重要经验，指出对海水入侵的防治对策。本章还根据沿海地区环境地质特征，建立在自然环境系统与社会经济系统双重因素控制下的沿海地区地质环境系统。

我国碳酸盐岩分布很广，岩溶发育，岩溶水资源丰富，成为重要供水水源之一。特别在华北地区，对城市供水及能源基地建设，具有举足轻重的地位。但西南岩溶高原，降水大部分渗入地下，形成暗河水系，地表严重缺水，加上土地贫瘠，森林植被受到严重破坏，经济落后，群众生活十分贫困，生态环境日趋恶化，石漠化现象日趋严重。因此如何保护岩溶地区生态环境，大力开发利用岩溶水资源，改善人民生活水平，已是当前迫切任务。第六章比较详细地论述了我国岩溶水资源的特点，并对我国北方地区及西南地区的岩溶水资源及其开发利用前景，分别做出评价。

第七章主要论述城市水资源问题。城市水资源紧缺已成为供需矛盾的焦点，但原因比较复杂，多数城市其原因是多方面的。该章强调工业布局不当或城市规划与水资源不相适应，是造成水资源紧缺的主要原因，并以京津唐和辽中南两个重点经济区为例，对其水资源供需关系，进行深入分析，阐明如能对水资源进行全面规划、合理开发利用，那么城市水资源的紧缺状态，可以不同程度地得到缓解。该章还探讨了水资源开发与环境的关系，水质污染与防治对策，以及开源节流的主要措施等。

我国除上述一般的地下淡水资源外，还蕴藏丰富的矿泉水、地下热水，以及盐卤水或矿水等重要资源，并已得到不同程度的开发。第八章比较系统地分别阐明了矿泉水、地下热水以及盐卤水的形成条件与分布规律，概略介绍了开发利用前景。第九章主要介绍地下水系统的基本理论及其应用，分析比较各国有关学者对地下水系统的不同认识，同时提出作者本人对地下水系统的有关观点。结合国内外大量实例，阐明概念模型的表现形式与表现方法；以及应用地下水系统理论，编制地下水资源图的编图方法。

最后一章论述了有关地下水资源管理的基本内容、国外主要经验、地理信息

系统的应用与模型研究、水源地保护与监测网系统，等等。

本书虽是一本专业性较强的科技著作，但文字力求深入浅出，通俗易懂；注重理论联系实际，讲究实用。因此甚少深奥的理论探索或复杂难懂的数学演算，就是非专业人员也能大体看懂。本书除充分利用作者历年来的大量研究成果外，主要参考地矿系统特别是各省水文地质大队和有关研究机构所提供的勘查资料或研究报告，其中包括部分尚未公开出版的调研报告。此外也注重搜集参考水利部门，以及中科院有关部门已公开出版的许多重要文献。

为了搜集第一手最新资料，本书第一作者曾在 20 世纪 90 年代，先后参加中科院地学部组织的沿海地区关于海平面上升的考察活动，河西走廊与内蒙古额济纳旗的水资源考察活动；国土资源部咨询研究中心组织的宁夏宁南地区、陕西渭北地区、甘肃靖远景泰地区与河西走廊、新疆塔里木盆地等干旱地区的水资源考察活动。第二作者曾长期在山东莱州湾等地区从事海水入侵问题的研究工作，并在苏锡常地区应用 GPS 技术开展了地面沉降的监测研究。通过以上各类活动，进一步加深了对水资源和相关环境问题的感性认识。

由于国民经济正处于高速发展时期，各种情况千变万化，随时都在变动之中，其中水资源在自然环境与人类活动的双重影响下，其变化更为突出。例如西北干旱地区许多河流断流，泉水干涸，地下水位急剧下降，水质严重恶化，但很难得到这方面的最新数据。城市水资源情况变化更为显著。目前能看到的许多 90 年代的出版物，大部分仍都沿用 70~80 年代的资料，而不少最新研究成果又很难搜集到手，资料来源受到很大限制。所以该专著中许多有关水资源量的数据，可能已有较大变化，需要今后进行纠正。

本书的出版得到国家科学技术学术著作出版基金委员会的部分资助，并得到国土资源部咨询研究中心的支持，在此表示衷心的感谢！中国科学院地质与地球物理研究所蔡祖煌先生和地震出版社曹可珍、宋炳忠先生，对本书的编辑、审校和出版工作，投入了很大精力和劳动，也在此表示深切的感谢！水资源问题涉及面很广，因此本书对科教、地矿、水利、城建、环保、农业以及规划、设计等部门的广大科技人员，均有一定参考价值。由于对水资源的正确评价及其合理开发利用，是一个十分复杂而又容易引起争论的问题，因此本书内提出的一些看法与观点，难免有不当或错误之处，尚希不吝批评指正。

目 录

第一章 水文地质学的基本内容与历史发展(20 世纪 50 年代至 90 年代)	(1)
第一节 50 年代——区域水文地质学的开创阶段	(2)
第二节 60 年代——农业水文地质学的开创阶段	(2)
第三节 70 年代——环境水文地质学的开创阶段	(3)
一、区域环境水文地质的调查研究	(4)
二、污染环境水文地质的调查研究	(4)
三、地下水资源开发负环境效应的调查研究	(6)
四、环境水文地球化学与医学环境水文地质的调查研究	(8)
五、环境水文地质学发展趋向	(9)
第四节 80 年代——水资源水文地质学的开创阶段	(10)
第五节 90 年代——信息水文地质学的开创阶段	(11)
第六节 现代水文地质学的基本特征与新的学科体系	(12)
一、理论水文地质学的发展	(13)
二、应用水文地质学的发展	(16)
三、技术方法水文地质学的发展	(17)
四、小结	(17)
第二章 地下水资源的区域特征与综合评价	(19)
第一节 中国水文地质分区	(19)
一、中国地下水分布的地质、地理背景	(19)
二、地下水区域划分讨论	(19)
三、水文地质分区概述	(21)
四、小结	(24)
第二节 地下水的赋存条件与第四纪研究	(24)
一、松辽平原与华北平原	(25)
二、长江中、下游地区及南方滨海平原	(27)
三、川西平原及西南山间盆地	(29)
四、黄河中游地区	(31)
五、西北内陆盆地	(32)
第三节 地下水资源的基本概念与评价原则	(32)
一、关于地下水资源的基本概念	(32)
二、关于区域地下水资源的计算与评价	(35)
三、关于丘陵山区地下水资源评价问题	(37)
四、关于参数的选择与计算	(37)

五、关于地下水资源的分类与分级	(38)
第四节 地下水资源的概略统计与综合评价	(40)
一、全国地下水资源的概略统计	(40)
二、平原地区地下水资源的综合评价	(44)
三、山区裂隙水、岩溶水资源的综合分析	(48)
四、地下水资源的开发利用与存在问题	(51)
第五节 水资源的开发利用与可持续发展	(56)
一、我国水资源的概略分析	(56)
二、水资源的时空分布与区域差异性	(60)
三、关于水资源评价标准的探讨	(61)
四、21 世纪水资源前景展望	(63)
五、小结	(65)
第三章 北方地区地下水资源及其合理开发利用	(66)
第一节 农业水资源及其合理开发利用	(66)
一、农业水资源的区域特征与合理利用	(66)
二、国内外农业水资源利用的比较	(68)
三、黄河中下游地区地下水资源的开发利用	(70)
四、关于南方缺水地区地下水资源的开发利用	(74)
五、关于加强地下水资源的管理与保护	(76)
第二节 松嫩平原地下水资源及其合理开发利用	(78)
一、自然环境与社会经济背景	(78)
二、区域地下水系统综合分析	(80)
三、地下水天然资源和可采资源计算	(83)
四、水资源供需平衡分析	(88)
五、地下水化学特征与水质评价	(93)
六、地下水资源可持续开发利用对策	(96)
第三节 黄淮海平原地下水资源开发与自然灾害的综合治理	(97)
一、自然环境与社会经济背景	(97)
二、区域水文地质特征	(99)
三、地下水资源计算与评价	(100)
四、关于河北平原地下水资源的合理开发利用	(105)
五、黑龙江地区的节水农业与咸水改造利用	(113)
六、黄淮海平原地下水资源的合理开发与综合治理策略	(120)
第四节 黄土高原、内蒙古草原牧区及华北缺水山区地下水的开发利用	(126)
一、黄土高原地下水的开发利用	(126)
二、黄土高原水文地质结构类型与地下水资源区域特征	(129)
三、宁夏宁南、甘肃陇西、陕西渭北黄土地区地下水勘查最新进展	(132)
四、内蒙古高原草场牧区地下水的开发利用	(135)
五、华北缺水山区地下水的开发利用	(136)

第四章 西北干旱区水资源与生态环境	(138)
第一节 西北干旱区水资源概略分析	(138)
一、干旱区水资源的基本特征	(138)
二、干旱区河流水文特征与水资源系统	(139)
三、西北干旱区水资源的初步统计	(144)
四、关于西北干旱区的凝结水	(146)
第二节 河西走廊水资源开发与生态环境	(149)
一、河西走廊水资源概况	(149)
二、石羊河流域水资源开发对生态环境的影响	(154)
三、黑河流域水资源开发存在的主要问题	(158)
四、疏勒河流域水资源的合理开发利用与存在问题	(159)
五、强化节水意识,建立高效节水型农业	(162)
六、依靠科技进步,实行科学管理	(163)
第三节 新疆水资源及其合理开发利用	(165)
一、新疆水资源的概略分析	(165)
二、北疆地区水资源及其合理开发利用	(170)
三、塔里木盆地的水资源及其合理开发利用	(177)
四、小结	(186)
第四节 柴达木盆地水资源概略分析	(187)
一、自然环境	(187)
二、地下水天然资源概算	(188)
三、地下水开发利用现状	(189)
第五节 西北干旱区水资源与第四纪盆地系统	(189)
一、概述	(189)
二、第四纪地质特征	(190)
三、第四纪盆地的构造模式与盆地系统	(191)
四、水资源与第四纪盆地系统	(194)
五、小结	(196)
第六节 西北干旱区水资源与生态环境建设	(197)
一、西北大型内流盆地生态特征	(197)
二、重新认识西北干旱区的水资源	(198)
三、地上水库与开发利用地下水库	(198)
四、合理调整水资源的天然平衡	(199)
五、还草、还林,首先要还水	(200)
六、小结	(201)
第七节 西北干旱区荒漠化成因分析与防治对策	(202)
一、荒漠与荒漠化	(202)
二、荒漠化成因分析	(202)
三、荒漠化的演变发展过程	(204)

四、防治对策	(205)
第五章 沿海地区地下水资源与环境	(208)
第一节 关于海平面上升及其环境效应.....	(208)
一、海平面上升的原因分析与趋势预测	(208)
二、海平面上升对沿海地区地质环境的影响	(211)
第二节 沿海城市地下水资源的合理开发与控制地面沉降	(215)
一、上海水资源的基本情况与合理利用.....	(215)
二、上海地面沉降对相对海平面上升率的影响.....	(218)
三、关于浦东地区的地面沉降与水资源问题.....	(219)
四、天津控制地面沉降与水资源的合理利用.....	(220)
五、结论.....	(223)
第三节 全球定位系统(GPS)技术在苏、锡、常地区地面沉降监测工作中的应用.....	(224)
一、GPS 测量的基本原理.....	(224)
二、GPS 技术在地面沉降监测中的应用.....	(227)
第四节 海水入侵的基本理论与防治对策.....	(233)
一、海水入侵的形成机制.....	(233)
二、海水入侵理论的发展与演化.....	(240)
三、海水入侵的区域环境系统.....	(248)
四、海水入侵防治措施评述.....	(252)
五、防治海水入侵的综合技术与策略.....	(254)
第五节 海水入侵的实例研究.....	(255)
一、辽宁大连地区海水入侵研究.....	(255)
二、河北北戴河地区海水入侵研究	(264)
三、山东莱州湾沿岸地区海水入侵研究	(267)
四、广西北海地区海水入侵研究.....	(275)
五、广西北部湾涠洲岛海水入侵研究.....	(281)
第六节 沿海地区地质环境特征与地质环境系统.....	(288)
一、沿海地区地质环境的基本特征	(288)
二、海平面上升对地质环境的影响	(290)
三、沿海地区地质环境系统分析	(291)
四、关于人地系统	(293)
第六章 岩溶水资源及其合理开发利用	(296)
第一节 我国岩溶水资源及其重要意义	(296)
一、区域岩溶水文地质特征.....	(296)
二、岩溶水的区域分布与概略统计	(298)
三、岩溶水开发利用现状.....	(300)
第二节 北方地区岩溶水资源及其合理开发利用.....	(301)
一、北方地区岩溶水系统的基本特征	(301)
二、北方地区岩溶水资源的概略统计	(302)

三、北方地区岩溶水资源开发潜力分析·····	(304)
第三节 西南地区岩溶水资源及其合理开发利用·····	(305)
一、西南地区岩溶特征及其分布·····	(305)
二、贵州岩溶水资源及其开发利用·····	(306)
三、广西岩溶水资源及其开发利用·····	(309)
第四节 岩溶水开发与环境灾害·····	(311)
第五节 岩溶地区水文地质编图经验·····	(312)
一、编图基本原则·····	(312)
二、编图方法·····	(312)
三、图例设计举例·····	(313)
四、小结·····	(314)
第七章 城市水资源及其合理开发利用·····	(315)
第一节 城市水资源与城市规划和工业布局·····	(315)
一、城市水资源紧缺原因分析·····	(315)
二、城市水资源的合理规划·····	(316)
三、城市生活用水和工、农业用水矛盾与解决途径·····	(319)
四、城市地下水资源的勘查与开发·····	(321)
第二节 重点经济区水资源的供需分析与合理规划·····	(323)
一、京、津、唐地区水资源的供需平衡分析·····	(323)
二、辽中南地区水资源的供需分析和合理规划·····	(328)
三、解决水资源供需矛盾的有关对策·····	(330)
第三节 地下水资源开发与城市环境·····	(331)
一、超量开采与水资源枯竭·····	(331)
二、地下水开采与地面沉降·····	(332)
三、地下水开采与岩溶塌陷·····	(335)
四、地下水开采与海水入侵·····	(336)
五、水资源开发与城市生态环境·····	(336)
第四节 地下水水质污染与防治对策·····	(337)
一、污染来源与污染途径·····	(337)
二、地下水污染与地质条件·····	(340)
三、城市地下水污染现状与趋势分析·····	(340)
四、关于地下水固体废物污染与勘察要求·····	(343)
五、关于酸雨对地下水的污染·····	(344)
六、地下水污染的防治措施·····	(345)
第五节 开源节流的几项重要措施·····	(347)
一、提高水资源的利用效率·····	(347)
二、开展地下水资源的人工补给·····	(349)
三、废水净化再利用, 实行废水资源化·····	(351)
四、充分利用矿坑排水, 实行排供结合·····	(351)

第六节 结论	(352)
第八章 矿泉水、地下热水与盐卤水资源	(354)
第一节 天然矿泉水资源及其开发利用	(354)
一、天然饮用矿泉水的基本特征	(354)
二、天然饮用矿泉水的标准与分类	(355)
三、天然饮用矿泉水的分布	(356)
四、天然饮用矿泉水的合理开发利用	(358)
五、关于医疗矿泉水	(359)
第二节 温泉与地下热水资源	(361)
一、温泉的分布与概略统计	(361)
二、地热资源的分带性与温泉分布规律	(364)
三、地热资源基本类型划分	(366)
四、中、新生代沉积盆地热水资源评估	(366)
五、重点省、市或地区地热资源初步评价	(368)
六、地热资源的开发利用	(378)
第三节 地下盐卤水资源	(381)
一、地下盐卤水的基本涵义	(381)
二、地下盐卤水的分布	(381)
三、地下盐卤水的水文地球化学特征	(382)
四、四川盆地盐卤水资源分析	(383)
第九章 地下水系统的基本理论及其应用	(385)
第一节 地下水系统的基本概念与研究范畴	(385)
一、关于地下水系统的基本概念	(385)
二、关于地下水系统的研究范畴	(387)
第二节 地下水系统分析与概念模型	(390)
一、关于地下水流系统	(390)
二、概念模型的基本内容与表现方法	(392)
三、概念模型研究的若干实例	(397)
第三节 地下水系统的基本特性	(405)
一、关于“系统”的基本涵义	(405)
二、关于“系统”的基本特性	(406)
第四节 地下水系统的结构分析	(408)
一、地下水系统的基本结构及其功能	(408)
二、地下水系统层次结构分析	(409)
三、地下水流系统结构模式的若干实例	(411)
四、地下水流系统与水文地球化学分带	(413)
第五节 地下水系统研究与水文地质编图	(418)
一、水文地质图编图方法的历史演变	(418)
二、以地下水系统为基础的地下水资源图	(421)

三、关于水文地质系列图主要图件编图方法·····	(427)
第十章 地下水资源的管理与保护 ·····	(432)
第一节 地下水资源管理的重要意义与基本内容·····	(432)
一、地下水资源管理的重要意义·····	(432)
二、地下水资源管理的技术措施·····	(433)
三、地下水资源管理的经济措施·····	(435)
四、地下水资源管理的行政、法律措施 ·····	(436)
第二节 国外地下水资源管理的主要经验·····	(437)
一、美国地下水资源的管理·····	(437)
二、英国地下水资源的管理·····	(438)
三、前苏联、法国、荷兰、芬兰、丹麦地下水资源的管理·····	(439)
四、泰国地下水资源的管理 ·····	(440)
第三节 地下水资源管理与模型研究·····	(441)
一、地下水管理模型研究的发展·····	(441)
二、地下水管理模型的组成与分类·····	(446)
三、地下水管理模型的基本要求·····	(447)
四、地下水管理模型的研究实例·····	(450)
第四节 关于地下水资源信息管理系统·····	(454)
一、地理信息系统 (GIS) 的基本概念·····	(454)
二、地理信息系统在水文地质工作中的应用·····	(457)
三、地理信息系统在地下水模型研究中的应用·····	(460)
四、地下水资源信息管理系统的研究·····	(462)
五、关于地下水资源管理决策支持系统·····	(463)
第五节 关于地下水水源地的保护·····	(465)
一、地下水水源地保护措施的基本要求·····	(465)
二、国外对地下水保护的主要对策·····	(466)
三、关于承压含水层水源地的保护·····	(467)
四、地下水水源地保护研究的一个实例·····	(468)
五、关于城市水资源应急供水系统 ·····	(469)
第六节 地下水监测系统与监测网优化·····	(470)
一、我国地下水动态监测网的建立与国内外发展现状·····	(470)
二、建立区域性地下水动态监测网的基本原则与技术要求·····	(472)
三、关于城市或工业基地地下水供水系统的监测网·····	(472)
四、关于重要农灌区地下水监测网·····	(473)
五、关于其他专门性地下水动态监测网·····	(473)
六、关于地下水动态监测网的优化·····	(475)
主要参考文献 ·····	(477)

Contents

Chapter 1 Basic Content and Historical Development of Hydrogeology

(the Fifties—the Nineties of the 20th Century) (1)

1. The fifties: creative period of regional hydrogeology..... (2)
2. The sixties: creative period of agricultural hydrogeology..... (2)
3. The seventies: creative period of environmental hydrogeology..... (3)
4. The eighties: creative period of water resources hydrogeology..... (10)
5. The nineties: creative period of information hydrogeology..... (11)
6. Basic characteristics and new system of disciplines of modern hydrogeology..... (12)

Chapter 2 Regional Characteristics and Comprehensive Evaluation of

Groundwater Resources (19)

1. Classification of hydrogeological provinces of China..... (19)
2. Storage conditions of groundwater and Quaternary researches (24)
3. Basic conceptions and evaluation principles of groundwater resources (32)
4. An approximate statistics and comprehensive evaluation of groundwater resources (40)
5. Exploitation and utilization of water resources and sustainable development..... (56)

Chapter 3 Groundwater Resources and the Rational Development and

Utilization in North China..... (66)

1. Rational development and utilization of the water resources for agriculture (66)
2. Rational development and utilization of the groundwater resources in Song-Nen Plain (78)
3. Groundwater resources development and comprehensive harness of natural disasters in Huang-Huai-Hai Plain (97)
4. Development and utilization of the groundwater on Loess Plateau, on grasslands in pastoral area of Inner Mongolia, and in water-deficient mountain area in North China (126)

Chapter 4 Water Resources and the Eco-environment in Arid Region

of Northwestern China..... (138)

1. A general analysis of water resources in arid region of Northwestern China..... (138)
2. Water resources development and the eco-environment in the Hexi Corridor..... (149)
3. Water resources and their rational development and utilization in Xinjiang (165)
4. A general analysis of water resources of Chaidamu basin (187)
5. Water resources and the Quaternary basins system in arid region of

Northwestern China·····	(189)
6. Water resources and eco-environmental construction in arid region of Northwestern China ·····	(197)
7. Analysis of the origin and harness strategy of desertification in arid region of Northwestern China ·····	(202)
Chapter 5 Groundwater Resources and the Eco-environment in Coastal Area ·····	(208)
1. On seawater level rise and its environmental effects·····	(208)
2. Rational development of groundwater resources and the control of land subsidence in coastal cities·····	(215)
3. Application of GPS technique to monitoring of land subsidence in Suzhou-Wuxi-Changzhou area ·····	(224)
4. Basic theory and the remedial countermeasures of seawater intrusion ·····	(233)
5. Case studies of seawater intrusions ·····	(255)
6. Characteristics of geological environment and the geo-environmental system in coastal area·····	(288)
Chapter 6 Karst Water Resources and Their Rational Development and Utilization ·····	(296)
1. Karst water resources and their important significance in China ·····	(296)
2. Karst water resources and their rational development and utilization in North China ·····	(301)
3. Karst water resources and their rational development and utilization in Southwestern China ·····	(305)
4. Karst water development and the environmental disasters·····	(311)
5. Experiences of compilation of hydrogeological maps in karst area ·····	(312)
Chapter 7 Urban Water Resources and Their Rational Development and Utilization ·····	(315)
1. Urban water resources in relation with city planning and distribution of industry·····	(315)
2. Supply-demand analysis and rational planning of water resources in key economic areas ·····	(323)
3. Groundwater resources development and the urban environment·····	(331)
4. Groundwater pollution and its remedial countermeasures·····	(337)
5. Some important measures to exploit water sources and reduce consumptions·····	(347)
6. Conclusions·····	(352)
Chapter 8 Mineral Water, Geothermal Water and Brine Resources·····	(354)
1. Natural mineral water resources and their rational development and utilization ·····	(354)
2. Hot springs and geothermal water resources·····	(361)
3. Underground brine resources·····	(381)
Chapter 9 Basic Theory of Groundwater System and Its Applications·····	(385)
1. Basic conception and researching scope of groundwater system ·····	(385)
2. Groundwater system analysis and the conceptual model ·····	(390)

3. Basic properties of the groundwater system	(405)
4. Structural analysis of the groundwater system	(408)
5. Groundwater system study on the compilation of hydrogeological maps.....	(418)
Chapter 10 Management and Protection of Groundwater Resources	(432)
1. Significance and basic items of groundwater resources management	(432)
2. Main experiences of groundwater resources management in foreign countries	(437)
3. Groundwater resources management and model studies	(441)
4. On information management systems of groundwater resources	(454)
5. On protection of waterhead.....	(465)
6. Groundwater monitoring systems and optimization of monitoring network.....	(470)
Main References	(477)