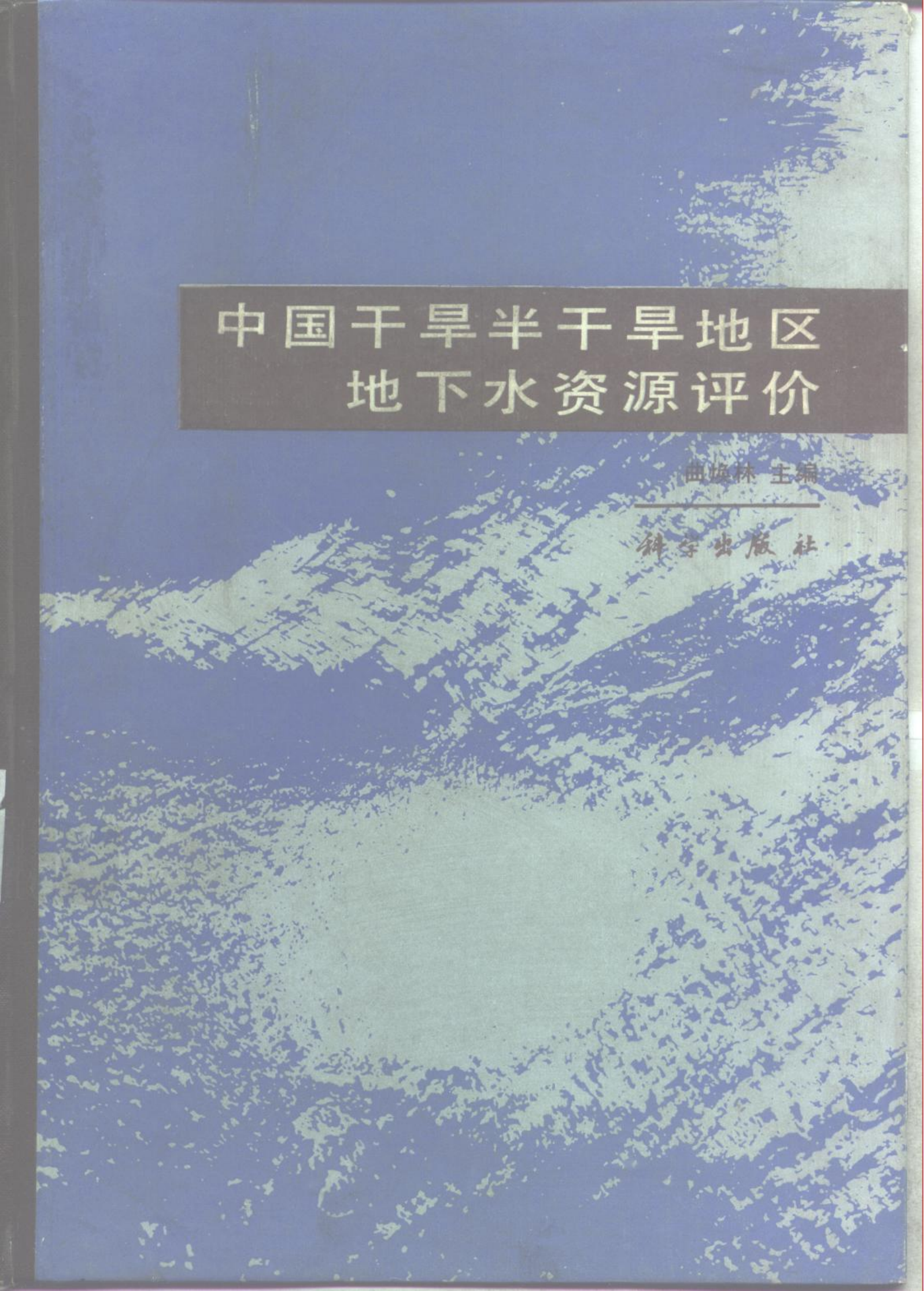
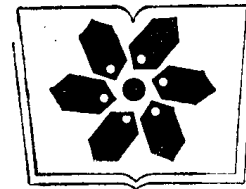
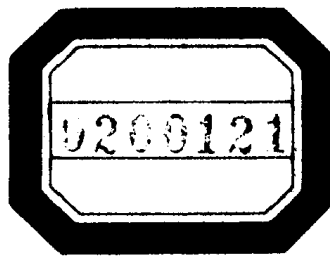




中国干旱半干旱地区 地下水资源评价

曲焕林 主编

科学出版社



中国科学院科学出版基金资助项目



005682 水利部信息所

中国干旱半干旱地区 地下水资源评价

曲焕林 主编

科学出版社

1991

内 容 简 介

本书是我国首次全面系统总结大面积地下水资源评价理论和方法的专著,对我国北方地区地下水资源评价和开发利用具有指导意义。

本书具体论述了平原区、黄土分布区、内陆河流域及山间盆地等不同类型自然条件的十个典型地区地下水资源评价,尤其是对黄土层地下水进行探索性研究,取得有创见性的新成果。

本书对从事水文地质的生产、科研、教学人员有重要参考价值,也值得水资源的开发利用和管理部门人员借鉴参阅。

3W68/26 21

中国干旱半干旱地区 地下水资源评价

曲焕林 主编

责任编辑 李祺方 蒋发二

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

※

1991年7月第 一 版 开本:787×1092 1/16
1991年7月第一次印刷 印张:29 1/2 插页:3
印数:0001—900 字数:677 000

ISBN 7-03-002256-4/P·455

定价: 31.50 元

主编:

曲焕林

作者:

曲焕林	朱锡冰	赵静珍	周作鑫	胡淑琴	许志荣
李恩祥	阎久诚	王占兴	宿青山	林绍志	郑义
陈信夫	王德潜	冉庚欣	赵春兰	范锡鹏	邱林尊
高得意					

Chief Editor: Qu Huanlin

Writers: Qu Huanlin, Zhu Xibing, Zhao Jingzhen, Zhou Zuoxin, Hu Shuqin, Xu Zhirong, Li Enxiang, Yan Jiucheng, Wang Zhanxing, Su Qingshan, Lin Shaozhi, Zheng Yi, Chen Xinfu, Wang Deqian, Ran Gengxin, Zhao Chunlan, Fan Xipeng, Qiu Linzun, Gao Deyi

序

我国幅员辽阔,地下水资源比较丰富。但是,由于自然地理环境和地质条件变化很大,地下水的形成、分布和运动变化极为复杂,因此研究我国广大地区地下水资源及合理开发利用,是当代水文地质学科的重要任务。

近些年来,我国和世界上发达国家一样,非常重视区域地下水资源评价与合理开发利用的研究。先后把河北平原地区、中国北方干旱半干旱地区大面积地下水资源评价与合理开发利用的研究,列为国家重点科研项目开展研究工作。通过大量研究工作,取得了一些重要成果,提交了具有不同自然条件若干典型地区的地下水资源评价研究报告,在社会主义现代化建设中发挥了作用,获得明显的经济效益和社会效益。

《中国干旱半干旱地区地下水资源评价》一书,是在国内很多科研、生产、教学单位所组成的联合攻关研究组提交的研究报告的基础上,并注意研究了国外的文献资料,由地质矿产部水文地质工程地质研究所曲焕林主编而成的。攻关组的研究报告,已于1985年4月在北京,由同行专家、教授参加的评审会评审通过。

这本专著,全面地总结了攻关组在我国北方地区大面积地下水资源评价研究中所取得的成果;系统地论述了区域地下水资源评价的理论与方法;对平原区、黄土分布区、内陆河流域和山间盆地等不同类型自然条件地区地下水资源评价,分别进行了具体论述。在系统地论述区域地下水资源评价的理论与方法中,提出了明确的指导思想:突出地强调了查明区域水文地质条件是大面积地下水资源评价研究的基础;还着重指出了水循环观点和地下水均衡原理是地下水资源评价研究的理论依据;明确提出了地下水数学模型是区域地下水资源评价研究的重要方法。

在具体地区的论述中,本书总结了理论研究和应用研究所取得的新成果。(1)在根据非稳定流抽水试验资料计算水文地质参数方面,按具体情况,分别应用了:以弹性效应为理论基础的泰斯公式;以延迟给水效应为基础的布尔顿理论和纽曼理论,以反常水位效应为基础的双重孔隙介质井流理论,含水层系统的越流理论,“二元结构”井流理论,瞬时抽水的井流理论,辐射井的计算公式等,求出了比较可靠的导水系数和给水度等。(2)在地下水资源评价中,用地下水数值模型论证了含水层系统的越流补给,检验计算参数取值的可靠程度,判别地下水与河水之间的转化关系,进行地下水开采资源评价和地下水位动态变化趋势预测。

本书对过去水文地质学中未曾探讨过的黄土层地下水资源评价理论与方法,进行了探索性的研究工作,取得了新的成果。论证了黄土层地下水的分布特征、形成条件、水运动机理、井流理论和参数计算方法,并研究了黄土地层饱和与非饱和水流联合数学模型。

总之,本书是我国首次全面系统的总结大面积地下水资源评价理论与方法的专著,它的出版,对我国地下水资源评价研究及合理开发利用是很有指导意义的。

张宗祜

1987年3月4日

前 言

地下水资源,是水资源的重要组成部分。它既可以直接被开采利用,又在水资源开发管理中起着重要的调节作用。水资源问题,是当今世界很多国家都在进行研究的重要课题,这是因为水在人类社会中,是无法替代的必要物质,并且随着社会的发展,水的需要量还在继续增加。水资源不足,会严重地限制社会经济的发展;水资源破坏和污染,必然给人类社会生活环境和生态平衡造成很大危害。因此,地下水资源评价研究,越来越引起人们的关注和重视。

我国非常重视地下水资源勘察和评价研究,并且已经在大规模的开发利用地下水资源。中国北方地区是干旱缺水地区,开展大面积地下水资源评价和开发利用的研究,无疑将对我国社会主义现代化建设具有重要意义。

中国北方地区,是指横贯东西的秦岭、昆仑山一线以北,包括黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、内蒙古、宁夏、新疆、青海、甘肃、陕西、河南、山东、安徽、江苏、北京、天津等省(市、自治区)的全部或部分地区的面积约有 500 万平方公里¹。

中国北方地区与南方地区相比,降水量少,并且年际间变化大,季节间分配不均匀,地表径流小,蒸发作用强烈。我国,年降水量 400 毫米等降水量线,北起大兴安岭,经通辽、赤峰、张家口、榆林、兰州、玛多至拉萨附近,自东北斜贯西南,将中国大陆分成东西两部分,东部湿润,年降水量大于 400 毫米;西部干旱,除阿尔泰山、天山、祁连山以及西藏南部地区降水量较多外,其余地区年降水量均小于 400 毫米。我国年降水量小于 400 毫米的地区,占全国面积的 45%,除青藏高原(多年冻结地下水区,基本上还没有进行开发利用的研究)之外,全在北方。年降水量大于 400 毫米的北方地区(除东部临海的几块局部地区,如辽东半岛和山东半岛的部分地区外),降水量为 400—800 毫米,这一带地处亚洲大陆东部中纬度地区,属于温带季风气候,是我国农业遭受旱、涝、碱灾害面积最大的地区。从历史旱情资料分析,这一带的松辽平原和黄淮海平原是明显的干旱地区¹⁾,尤其是黄淮海平原受旱成灾面积占全国的 50.5%。

全国河川多年平均径流量约 26 300 亿米³,在北方地区约有 4 600 亿米³,仅占全国的 18%。全国内陆河流径流量为 1 100 亿米³,占全国径流量的 4.2%,然而流域面积却占全国面积的 35%,除青藏高原的羌塘内陆诸河流外,全在北方地区。在北方地区,蒸发作用强烈,蒸发能力与年降水量之比(称干旱指数)均大于 1。农业受旱严重的松辽平原和黄淮海平原,干旱指数为 1—3,黄土高原的干旱指数为 3—7,西北内陆地区干旱指数大于 7。因此,北方地区,也称为中国干旱半干旱地区。

北方地区,人口约占全国的 46%,水资源占全国的 20%,耕地面积占全国的 62%。人口众多,水资源不足,水土资源不平衡。在全国水资源消耗中,以农业用水量占的比重最大,从 1978 年的估算数据来看,农业用水量为 4 200 亿米³,占总用水量 4 800 亿米³的

1) 水利电力部,1981,中国水资源初步评价。

88%。在北方地区,由于水资源不足,因而大平原区农业发展受到严重的影响;内蒙古高原因为缺水影响了畜牧业的发展。北京、天津、唐山等城市夏季用水十分紧张;黄土高原地区和山区常年缺水情况严重,甚至人们生活用水也十分困难。

我国在经济建设中一个重要的战略设想,是在本世纪末和下世纪初,经济开发的重点将转移到大西北去。这是进一步开发大西北、乃至整个西部地区资源的需要,也是促进我国东部和西部经济协调发展、振兴中华的需要。而开发大西北,首要问题是解决供水水源问题。

地下水资源是北方地区的重要水资源。建国30多年以来,水文地质工作者在我国北方地区进行了大量的地下水资源调查、勘探和开发利用的研究工作,取得了显著的成绩,为解决人民生活用水和工农业用水、城市供水等方面的困难作出了贡献。但是,随着人口的增长,社会主义事业的发展、人民生活水平的不断提高,供水问题仍然比较紧张;开发利用地下水也产生了一些环境地质问题,如地面沉降、地下水污染,生态平衡的破坏等,需要从区域水文地质学的角度深入地进行地下水资源评价研究。

国家十分重视北方地区地下水资源评价与合理开发利用的研究工作。1972年,首先把《河北平原(重点黑龙港地区)地下水资源评价及合理开发利用》列为国家重点科研项目,开展大面积地下水资源评价与开发利用的研究工作。1976年又把《我国北方地区地下水资源评价与合理开发利用》列为国家重点科研项目中,要求对一些重要的经济发展地区,大面积开发利用地下水资源提供科学依据。同年5月,国务院有关主管部门在西安联合召开“我国北方干旱半干旱地区水利资源开发利用(地下水部分)规划会议”,提出大面积地下水资源评价理论与方法的研究课题,目的是研究解决大平原地区、黄土分布区、内陆河流域及山间盆地等不同自然条件地区地下水资源评价研究中的疑难问题。根据规划会议的决定,原国家地质总局组织了有科研、生产、教学等有关单位参加的大面积地下水资源评价攻关组,参加单位有:河北、河南、山西、安徽、陕西、甘肃、北京、天津、新疆、内蒙古等省(市、自治区)地质局,北京大学,武汉水利电力学院,长春地质学院,河北地质学院、吉林大学、南京大学,西北农学院,地质矿产部水文地质工程地质研究所等。地质矿产部水文地质工程地质研究所为主持单位。

攻关组于1976年9月,召开了第一次工作会议,讨论了工作计划,确定了结合平原区、黄土分布区,内陆河流域和山间盆地等不同自然条件地区开展理论与方法研究工作。1977年7月在河南商丘,召开了研究工作经验交流会。1978年12月,攻关组提出了一些阶段性研究成果,并在中国地质学会召开的全国地下水资源评价学术会议上进行了交流。1979年3月原国家地质总局在北京召开“我国北方干旱半干旱地区地下水的赋存条件、水质水量及合理开发利用的研究规划会议”,这是研究项目调整的规划会议。会议确定攻关组继续工作,配合河南省商丘地区、陕西省渭北旱塬、甘肃省河西走廊、吉林省白城地区等四个重点区域地下水资源评价与合理开发利用的研究课题开展研究工作。1981年4月,攻关组召开了第二次工作会议,讨论了研究工作的进展情况,研究了如何提交攻关组研究报告问题。1984年底提交了研究报告。1985年4月,地质矿产部科学技术司邀请了同行专家、教授对研究报告进行了评审。

攻关组的研究工作及报告的撰写、本书的出版,始终得到地质矿产部科学技术司、水文地质工程地质司等部门领导的关注与指导,得到河北、河南、北京、陕西、甘肃、山西等省

(市)地质矿产局和长春地质学院的领导与有关同志的大力支持。地质矿产部水文地质工程地质研究所所长张宗祜主持了大面积地下水资源评价攻关组的工作,并为本书写了序;副所长任福弘对攻关组的工作和研究报告的统编、本书的出版给予了大力支持。参加研究报告评审的有:杨成田、赵运昌、陈梦熊、阎锡屿、辛奎德、王兆馨、常士骠、孙鸿冰、钱学溥、许涓铭、陈崇希、施鑫源、杨树山等,他们对报告进行了详细的审阅,提出了宝贵的意见。值此,一并表示深切的谢意。

应该指出,参加攻关组研究工作的,不只是参加撰写的人员,还有很多人参加了研究工作,如:北京大学的肖树铁等,武汉水利电力学院的张蔚榛、李文渊等,地质矿产部水文地质工程地质研究所的罗文成、范鹏飞、伍兆聪、金鸣歧等,以及攻关组各参加单位的很多水文地质工作者。他们都在大面积地下水资源评价研究工作中做出了应有的贡献。

本书的全部图件的统一清绘和植字,是由地质矿产部水文地质工程地质研究所制图研究室的金东娣、赵彤等完成的。在此表示感谢。

本书的全部手稿,请籍传茂进行了审校。对于他能在百忙之中抽出宝贵的时间审阅书稿,并极热心细致地提出修改意见表示衷心感谢。

目 录

序	张宗祜 (iii)
前言	曲焕林 (xi)
第一章 中国北方地区水文地质概况及区域地下水资源评价理论与方法	
	曲焕林 朱锡冰 赵静珍 (1)
一、地下水资源的基本概念、特征、研究历史和现状	(2)
(一) 地下水与含水岩层类型	(2)
(二) 地下水的补给、径流和排泄	(5)
(三) 地下水资源特征	(5)
(四) 地下水资源评价	(6)
(五) 地下水资源评价的研究历史和现状	(8)
二、中国北方地区水文地质概况	(10)
(一) 黄淮海平原	(11)
(二) 松辽平原	(13)
(三) 黄土分布区	(15)
(四) 西北干旱地区	(16)
三、区域地下水资源评价原则	(17)
四、区域地下水资源评价方法	(20)
(一) 水均衡法	(20)
(二) 水文切割法	(23)
(三) 相关分析法	(26)
(四) 水文地质比拟法	(29)
(五) 地下水动力学方法	(30)
第二章 平原地区地下水资源评价的研究	(81)
一、浅层地下水资源评价研究	(81)
(一) 北京市平原地区地下水资源评价	周作鑫 胡淑琴 (81)
(二) 河南省商丘平原区浅层地下水资源评价	许志荣 (100)
(三) 安徽省涡阳试验区浅层地下水资源评价	李恩祥 (119)
二、深层地下水资源评价研究	(162)
(一) 河北平原黑龙港地区深层地下水资源评价	阎久诚 (162)
(二) 吉林省白城地区地下水资源评价	王占兴 宿青山 林绍志 郑 义 (179)
第三章 黄土分布区地下水资源评价的研究	(210)
一、黄土层地下水的研究	曲焕林 朱锡冰 赵静珍 (210)
(一) 概述	(211)
(二) 黄土层地下水的赋存特征及运动机理	(220)
(三) 塬区黄土层地下水向井流动的理论	(237)

(四) 黄土含水层参数及其确定方法·····	(252)
(五) 塬区黄土含水层及其非饱和带水流动理论的探讨·····	(263)
(六) 塬区黄土层地下水数学模型及其有限元解·····	(273)
二、塬区黄土层地下水资源评价研究·····	(277)
(一) 西峰塬黄土层地下水资源评价····· 陈信夫	(277)
(二) 洛川塬黄土层地下水资源评价····· 王德潜	(302)
三、乾礼黄土台塬地下水资源评价····· 冉庚欣 赵春兰	(329)
(一) 区域水文地质条件·····	(329)
(二) 区域地下水资源评价·····	(331)
(三) 集中开采地区地下水资源评价·····	(338)
第四章 内陆河流域和山间盆地地下水资源评价研究 ·····	(345)
一、甘肃省河西走廊地下水资源评价····· 范锡鹏	(345)
(一) 区域水文地质条件·····	(345)
(二) 地下水均衡方程·····	(354)
(三) 均衡要素的研究·····	(355)
(四) 地下水补给量的估算·····	(365)
(五) 地下水资源评价·····	(372)
(六) 地下水资源的开发利用与管理·····	(376)
二、山西省运城盆地地下水资源评价····· 邱林尊 高得意	(382)
(一) 运城盆地地理地质概况·····	(382)
(二) 运城盆地的水文地质条件·····	(384)
(三) 地下水资源的计算与评价·····	(385)
第五章 结语 ····· 曲焕林	(398)
一、大面积地下水资源评价研究的要点·····	(398)
二、主要研究成果·····	(400)
三、几点体会·····	(405)
附录: 地下水解析模型 ·····	(407)
基本符号 ·····	(450)
参考文献 ·····	(453)
英文摘要 ·····	(456)

CONTENTS

Foreword.....	Zhang Zonghu (iii)
Preface.....	Qu Huanlin (xi)
Chapter 1 General Hydrogeological Outline, Theory of Regional Groundwater Resources Evaluation and Its Method in the Northern China.....	Qu Huanlin, Zhu Xibing and Zhao Jingzhen (1)
1. Fundamental Concept, Characteristics, Research History and Present Condition of Groundwater Resources.....	(2)
1.1. Groundwater and Type of Water-Bearing Formation	(2)
1.2. Recharge Flow and Drainage of Groundwater	(5)
1.3. Characteristics of Groundwater Resources	(5)
1.4. Groundwater Resources Evaluation	(6)
1.5. Research History and Present Condition of Groundwater Resources.....	(8)
2. An Outline of Hydrogeology in Northern Areas of China	(10)
2.1. Huanghuai Plain	(11)
2.2. Songliao Plain	(13)
2.3. Loess Spread Area	(15)
2.4. Northwest Arid Area	(16)
3. Principles of Regional Groundwater Resources Evaluation	(17)
4. Methods of Regional Groundwater Resources Evaluation.....	(20)
4.1. Method of Water Balance	(20)
4.2. Method of Hydrological Data Analysis	(23)
4.3. Method of Correlation Analysis	(26)
4.4. Method of Hydrogeological Analogy	(29)
4.5. Groundwater Hydrodynamics Method	(30)
Chapter 2 Study on Groundwater Resources Evaluation in Plain Areas.....	(81)
1. Study on Shallow Groundwater Resources Evaluation.....	(81)
1.1 Groundwater Resources Evaluation in the Beijing Plain Area	Zhou Zuoxin and Hu Shuqin (81)
1.2 Shallow Groundwater Resources Evaluation in the Shangqiu Plain Area of Henan Province	Xu Zhirong (100)
1.3 Shallow Groundwater Resources Evaluation in the Guoyang Experimental District of Anhui Province	Li Enxiang (119)
2. Study on Deep Layer Groundwater Resources Evaluation.....	(162)
2.1 Deep Layer Groundwater Resources Evaluation in the Heilonggang Area of Hebei Province.....	Yan Jiucheng (162)
2.2 Groundwater Resources Evaluation in the Baicheng Area of Jilin Province	

.....Wang Zhanxiang, Su Qingshan, Lin Shaozhi and Zheng Yi (179)	
Chapter 3 Study on Groundwater Resources Evaluation in Loess Spread Areas	
..... (210)	
1. Research of Groundwater in Loess Deposits	
..... Qu Huanlin, Zhu Xibing and Zhao Jingzhen (210)	
1.1. Introduction	(211)
1.2. Storage Characteristics and Movement Mechanism of Groundwater in Loess Deposits.....	(220)
1.3. Well Flow Theory of Groundwater in Loess Deposits in Yuan Area.....	(237)
1.4. Parameter of Loess Aquifer and its Computation Methods.....	(252)
1.5. Discussion on Flow Theory of Loess Aquifer Combined with Unsaturated in Yuan Area	(263)
1.6. Mathematical Model of Groundwater in Loess Deposits in Yuan Area and its Solution of Finite Element	(273)
2. Study on Groundwater Resources Evaluation in Loess Deposits of Loess Yuan Area	
..... (277)	
2.1 Groundwater Resources Evaluation in Loess Deposits in the Xiteng Yuan Area of Gansu Province.....	Chen Xintu (277)
2.2 Groundwater Resources Evaluation in Loess Deposits in the Luochuan Yuan Area of Shanxi Province	Wang Deqian (302)
3. Groundwater Resources Evaluation in Qianli Loess Taiyuan Area of Shanxi Province	
..... Ran Gengxin and Zhao Chunlan (329)	
3.1. Regional Hydrogeological Condition	(329)
3.2. Regional Groundwater Resources Evaluation.....	(331)
3.3. Groundwater Resources Evaluation in Concentrate Exploit Area	(338)
Chapter 4 Study on Groundwater Resources Evaluation in Inland River Valley and Intermontance Basin Areas.....	(345)
1. Groundwater Resources Evaluation in Hexi Corridor Area of Gansu Province	
..... Fan Xipeng (345)	
1.1. Regional Hydrogeological Condition	(345)
1.2. Equation of Groundwater Balance	(354)
1.3. Study on Balance Factor	(355)
1.4. Assess of Groundwater Recharge	(365)
1.5. Groundwater Resources Evaluation	(372)
1.6. Development Utilization and Management of Groundwater Resources.....	(376)
2. Groundwater Resources Evaluation in Yuncheng Basin Area of Shanxi Province.....	
..... Qiu Linzun and Gao Deyi (382)	
2.1. Condition of Geography and Geology in the Yuncheng Basin	(382)
2.2. Hydrogeological Condition in the Yuncheng Basin	(384)
2.3. Calculation and Evaluation of Groundwater Resources.....	(385)
Chapter 5 Summary	Qu Huanlin (398)
1. Key Words of Extensive Groundwater Resources Evaluation	(398)

2. Achievement of Main Research	(400)
3. Conclusions	(405)
Appendix: Analytical Models of Groundwater Flow	(407)
Basic Symbols.....	(450)
References	(453)
Abstract	(456)

第一章 中国北方地区水文地质概况及区域 地下水资源评价理论与方法

水对于每个人都是头等重要的,它不仅为生活和生产上所利用,而且还造就了人类必需物质和生存环境。

地球上的水,经降水、渗透、流动、蒸发等过程,在大气圈、生物圈、水圈和岩石圈内进行着不断的循环运动,这种循环现象称为水循环,见图 1-1。大气降水到地表以后,一部分渗透到地下,形成地下水。地表水、土壤水和地下水相互转化密切联系,构成了水资源的完整体系。地下水资源从宏观上看是呈面状分布的,而河川是呈线状分布的。

地下水资源评价,应包括水量评价和水质评价。一般情况,地下水水质比较好,适宜作为饮用水、生活用水和工农业生产用水。因此,本书将论述的地下水资源评价理论与方法,是在满足水质要求的前提下,研究地下水水量的评价理论与方法。同时必须指出,随着地下水资源的大规模开采、城市和工业的垃圾、废渣排放,以及污水的外泄,农田的施肥和农药的大量使用,都可使地下水受到污染。因而,水质评价问题也不容忽视。

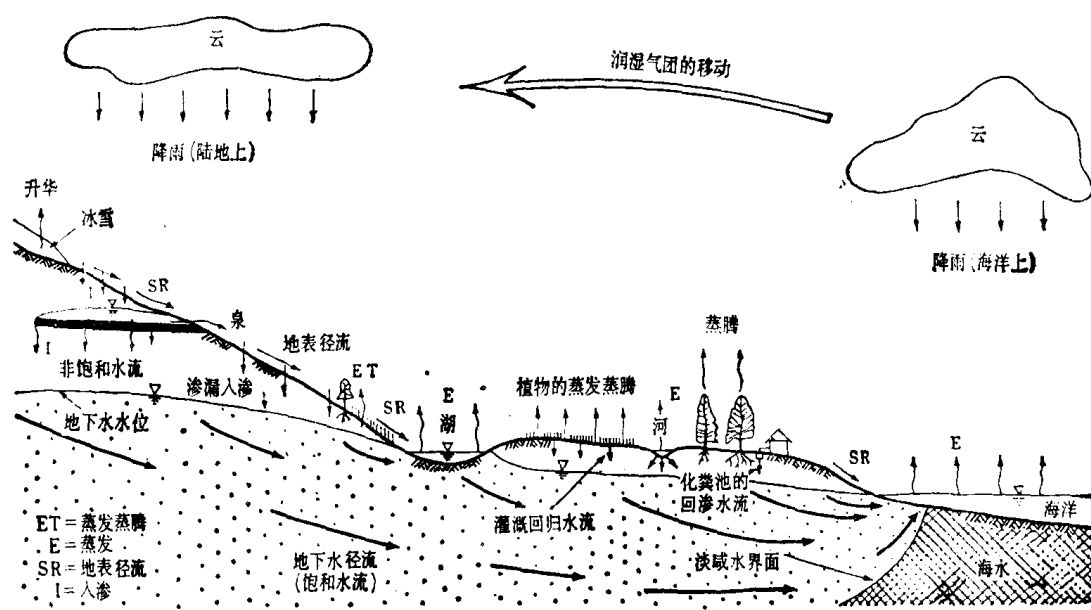


图 1-1 水循环示意图

(据 J. Bear, 1979)

本章,在叙述区域地下水资源评价理论与方法之前,有必要先简要地阐述有关地下水资源的基本概念、特征、研究历史和现状,然后论述中国北方区域水文地质条件。

一、地下水资源的基本概念、特征、研究历史和现状

(一) 地下水与含水岩层类型

地下水,一般是指地表面以下的水。作为资源从地下可以开采出来的,只能是含水岩层中处于饱和状态的水。

地下水在垂直剖面的分布,可以按岩层的含水状况,划分为非饱和带、饱和带(详见图1-2)。

非饱和带又称包气带,是指地表面以下至地下水水位以上的岩层,其空隙(包括孔隙、裂隙和空洞)被空气和水所充填。非饱和带一般由土壤水带、中间带和毛细水带组成。土壤水带邻近地表,向下延伸到植物根系带。这一地带的水分分布受地表条件(如降水、灌溉、气温和湿度等因素)变化的影响强烈,也受地下水水位埋深的影响。当有降水入渗时,含水量增加,水分向下运动;而在蒸发作用下,含水量减少,水分向上运动;当有过量的水入渗时,可以完全为重力水所饱和;当地表没有水渗入,又经长时间的排水之后,被保留在岩层中的水分含量。称天然持水量。在小于天然持水量的情况下,土壤含有的毛细水依靠表面张力在土壤的颗粒周围形成连续的水膜,在毛细作用下运动,对植物有用。土壤的含水量低于吸湿度,土壤中的水称为吸附水,所谓吸湿度就是在 20℃ 时使原来的干土与相对湿度为 50% 的大气接触所能吸收的水分最大含量。由吸附水形成很薄的薄膜牢固地粘附在颗粒表面上。对植物是无用的。

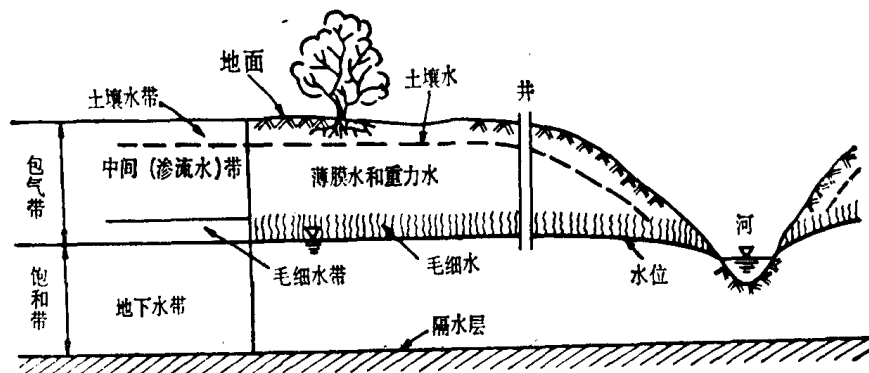


图 1-2 非饱和带与饱和带分布示意图
(据 J. Bear, 1979)

中间带或称渗水带是自土壤水带的下缘延伸到毛细水带的上缘。在这一地带中滞留的水为薄膜水,依靠附着力和毛细作用保持在孔隙中;重力水可以暂时的通过这一地带向下运动。当毛细水带由于水位太高,使毛细水带与土壤水带相接触,甚至达到地表面时,中间带便消失。毛细水带由地下水位面算起向上扩展,其厚度取决于这一地带的岩层颗粒的性质和孔隙大小及均匀程度。在粗颗粒组成的岩层中,厚度实际上等于零。而在细颗粒组成的岩层中,厚度为 2—3 米。通常,毛细水带内含水量随距地下水面的高度增加而减少,稍高于地下水面的含水量,实际上达到饱和含水量,向上则只有比较小的连通的孔

隙才含水,在更高处,能被饱和的只有那些连通的孔隙。在毛细水带中,压力小于大气压力,水可能进行水平的和垂直的运动,一般可忽略毛细水带内的运动。

饱和带或称地下水带,位于包气带的下面(或地下水水位以下),水自地表渗入,在重力作用下向下运动和聚集,最后在某些不透水地层之上形成饱和带。饱和带中岩层的空隙为水所充填,其上部边缘是水位表面,在水位面上的压力等于一个大气压力。

处于饱和状态下的含水岩层,按其导水能力,以及能否凿井抽取出来具有使用价值和经济价值的水量,划分为含水层、弱透水层和滞水层,完全不能含水的岩层称无水层。

含水层,可以是一个岩层,也可以是一组岩层,其特点是其空隙完全被水饱和,具有一定的导水能力,用井或者从泉口可以获得具有经济意义的涌水量。

弱透水层,又称半透水层或越流层,其特点也是完全被水饱和,但导水的能力较弱,可视为一个封闭的岩层,对其邻近的含水层水的流出和流入起延缓的作用,然而不起阻止的作用;虽不能用井从其中获得有价值的涌水量,却可以作为地下水的贮存介质。

滞水层,是相对的隔水层,也是完全被水饱和,但导水能力更弱,只能极缓慢地吸水或释水,可以作为含水层的顶部和底部的边界,同弱透水层一样,不能用井从其中获得有价值的涌水量。

无水层,是绝对隔水层,是既不含水,也不透水的岩层。

含水层、弱透水层均处于饱和带内;滞水层常常是饱和带的底部边界;无水层是很少见的。一般考虑地下水资源是以含水层为主要研究对象,包气带和滞水层(或无水层)为其边界条件。弱透水层为内部边界条件。随着地下水资源研究的发展,人们也越来越重视弱透水层和非饱和带对地下水运移所起的作用。

含水层,由于岩性的不同,可以有多种情况。大多数含水层为松散的砂砾石含水层,分布在废河道、古河道、平原和山谷之中,有些是面积有限,有些分布范围很广,其厚度可以从几米到几百米。砂岩和砾岩也可以构成含水层。由于颗粒被胶结,渗透性减小。石灰岩地层往往是重要的含水层,其厚度、孔隙率和渗透性变化很大。火成岩有的可以构成含水层,例如玄武岩就是相当好的含水层,由于大孔隙具有连通的特点,故渗透性较大。以岩床、岩脉和岩颈等形式出现的浅层侵入岩,渗透性都很小,其中绝大多数不透水,可作为地下水的隔水边界。结晶岩与变质岩属于相对隔水层或弱透水层。当其出现在地表附近时,由于风化而破碎,渗透性会逐渐变化,也可以成为含水层。粘土及粘土与粗粒物质相混合,虽孔隙度很高,但由于孔隙太小,为相对隔水层,当有裂隙存在时也可以构成含水层。

含水层可以根据潜水面是否存在划分为承压含水层和无压含水层,见图1-3。承压含水层又称为压力含水层,封闭含水层,有的还称自流含水层,其特点是含水层的上部和下部均为不透水地层所封闭,当井孔揭穿它时,水位会上升到封闭层底面以上,甚至达到地表。由井孔中的水位确定出假想面称测压面。大气降水和地表水通过承压含水层在地表的出露地区,或通过不透水层在地下尖灭而使承压水变为无压水渗入承压含水层,这样的地区称为补给区。无压含水层亦称潜水含水层或非封闭含水层,是具有自由表面的含水层,其补给一般为降雨入渗或地表水入渗。当含水层从由弱透水层所隔的临近含水层获得水或漏失水时,则称这种含水层为越流含水层,其越流量和越流方向均受弱透水层两侧的水头差控制,一般弱透水层的厚度比含水层厚度小。