

安徽省优秀青年科技基金资助

矿业城市浅层地下水资源研究

——淮南市浅层地下水资源评价与开发

● 桂和荣 胡友彪 宋晓梅 等著

煤炭工业出版社

安徽省优秀青年科技基金资助

矿业城市浅层地下水资源研究

——淮南市浅层地下水资源评价与开发

桂和荣 胡友彪 宋晓梅 陈兆炎 李定龙 许多顶 李云先 著

煤炭工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

矿业城市浅层地下水资源研究: 淮南市浅层地下水资源评价与
开发/桂和荣等著. —北京: 煤炭工业出版社, 2001. 12

ISBN 7-5020-2113-2

I. 矿… II. 桂… III. ①地下水资源—评价—淮南市②地
下水资源—水利资源开发—淮南市 IV. TV211. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 082617 号

矿业城市浅层地下水资源研究

——淮南市浅层地下水资源评价与开发

桂和荣 胡友彪 宋晓梅 陈兆炎 李定龙 许多顶 李云先 著

责任编辑: 李 小 波

煤炭工业出版社 出版发行

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

北京房山宏伟印刷厂 印刷

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/16}$ 印张 $16 \frac{1}{8}$

字数 359 千字 印数 1—1,000

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

社内编号 4884 定价 35.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

作者根据矿业城市的特点,以典型的矿业城市——淮南市为研究对象,通过大量的调研、观测、取样与测试,基本弄清了淮南市浅层地下水的动态及其水文地球化学特征,取得了浅层地下水环境背景值,掌握了浅层地下水中元素的迁移与聚集规律,利用 GIS 技术进行了浅层地下水环境质量评价,开展了浅层地下水环境污染趋势的定性定量预测,并对浅层地下水资源量进行了合理评价和优化开发研究,同时提出了浅层地下水污染的防治和监测保护措施。全书的研究技术思路及成果,对于类似条件下的其他矿业城市开展浅层地下水资源开发研究,具有重要的借鉴意义。

本书可供地质工程、环境工程、矿业工程及城市规划等专业的工程技术人员及科研院所的科技工作者和高等院校师生参考。

序

人类有史以来，从来没有像今天这样关注水资源问题。从城市到农村、从科学家到普通百姓，无不在谈论水、研究水。水是生命的源泉，是不可替代的财富。对于人类来说，缺水就意味着疾病、饥饿和死亡。社会经济的发展，必须以为水为依托。在我国，每年因供水不足导致工业产值平均减少2000多亿元。因而，水资源的多寡是一个城市或地区社会经济发展和人民生活水平提高的重要影响因素。

在城市水环境系统中，浅层地下水子系统是一个处于高度运行和耗能状态的系统。浅层地下水埋深浅，循环交替和更新速度快，取用容易、若无人为污染，通过表土层的净化作用，其水质较地表水和某些中深层水为好。因而，浅层地下水的开发利用在很多城市倍受关注。但如果没有做到科学合理的开发，将会带来一系列的生态环境问题，如河北省平原地区面积达2万 km^2 的30多个浅层地下水水位降落漏斗区，许多城市因过量开采浅层地下水导致的地面沉降等。随着城市的发展和规模的扩大，一方面，城市用水量大量增加；另一方面，人类排放量和经济活动所产生的“三废”量也在大幅度的增长。在各类地下水中，浅层地下水所受污染是首当其冲的，这在矿业城市问题更为严重。

矿业城市的特色在于，矿业开发、运输、储存、加工和利用等是城市经济建设中的支柱产业，城市污染属“矿业型”的，如矿井废水、矸石山、火电厂粉煤灰等。矿业城市要走可持续发展道路，必须解决好矿业洁净生产和矿业污染问题，而浅层地下水的合理开发、利用和保护，应该是其中的重要内容。

本书立足于淮南市这个典型的矿业城市，通过长期的、大量的研究，摸清了浅层地下水的环境质量现状，对浅层地下水的污染机制及污染趋势进行了定性和定量的预测，找出了浅层地下水的背景值，利用GIS技术进行了浅层地下水的的多项质量评价，开展了浅层地下水资源量的均衡计算以及合理开发利用的优化研究，并提出了防治浅层地下水污染的措施及开发过程中地面沉降的防范对策。该书是首次系统研究矿业城市浅层地下水的、具有较强可读性的著作。全书内容丰富，系统性强，理论上有一定深度，图文并茂。本书的出版可为矿业城市环境与经济协调发展、实施矿业城市可持续发展战略提供很好的借鉴和参考，相信会受到读者的欢迎。

中国科学院院士
中国工程院院士

常印佛

前 言

中国是世界上13个缺水国家之一,人均水资源占有量仅为世界平均水平的四分之一,而人均降雨量还不到世界平均水平的五分之一。因而,随着城市化和工业化的发展,我国水资源短缺问题越来越突出。1999年夏季,天津、山东、河北、河南等北方地区持续干旱,范围之大是有史以来罕见的。2001年夏季淮河全流域出现50年一遇的特大干旱,河水断流,水位下降到+15.2m,工农业用水及居民生活饮用水告急。

浅层地下水是城市水资源的重要组成部分,因其与大气降而联系密切、受人类活动影响较大,而倍受关注。在矿业城市,由于矿业型污染的特殊性,使得城市浅层地下水的环 境状况变化具有特殊的规律性。在矿业开发、运输、加工和利用过程中,不仅造成了严重的地面污染,而且也严重影响浅层地下水的环 境质量。为了掌握矿业城市浅层地下水环 境质量的变化趋势和演变规律,我们选择了具有悠久采矿历史的淮南市作为研究对象,在淮南市科委及淮南市环境保护科学学会的支持下,于90年代初正式立项——淮南市浅层地下水水质评价及开发利用。通过多年的调研、观测、取样分析,积累了大量的第一手数据,为合理开发和利用城市浅层地下水资源,保证矿业城市社会、经济和环 境的持续协调发展奠定了基础。

淮南市是一个典型的矿业城市,其采矿历史可追溯到20世纪30年代。现有生产矿井近20对,年生产煤炭3000万t左右。由于淮南地区煤炭资源丰富,因而素有“煤都”和“能源城”之称。淮南市是华东地区重要的能源基地,矿业开发以及与其相关的机械、化工、发电等企业,是淮南市乃至安徽省的支柱产业。因此,以淮南市这一典型的矿业城市为基 地,开展浅层地下水资源评价与开发研究,无疑具有广泛的代表性。

本书通过分析研究调研和观测数据,基本弄清了淮南市浅层地下水的水位及水化学动态特征、浅层地下水水化学组分的分布规律,获得了十分有用的水化学组分背景值数据。运用环境水文地质学原理,分析了淮南市浅层地下水中元素的迁移和聚积规律,在此基 础上进行了浅层地下水环 境质量分区以及污染机制研究。在GIS技术支持下进行了浅层地下水环 境质量评价,并且进行了浅层地下水的水质模拟的尝试。对浅层地下水进行了多年均衡计算以及工农业排污限额优化研究,并就开发利用浅层地下水所引起的环境地质及环 境水文地质问题,提出了切实可行的防范和监测保护措施。

众所周知,浅层地下水的影响因素变幻莫测,因而给水资源量的计算、评价以及水质模拟带来了很大困难。本书在这些方面仅阐述了一些基本的方法和原理,很多方面有待进一步完善。

书中除引用有关文献外,大部分内容是在本书作者近年来的研究成果报告和学术论文基 础上改编的。这些成果的获得,无疑与兄弟单位的通力合作是分不开的,特别是原煤炭工业部、淮南市科委、淮南市环保局、淮南市环境科学学会等,在课题立项、技术论证、研究计划实施以及成果鉴定与报奖等方面,给予了大力支持和指导,在此谨表示衷心的感谢!

因作者的水平有限，书中在观点和万法上可能会存在片面性甚至错误的认识，恳请专家和读者不吝赐教。

本书共分十章。第一章由桂和荣、陈兆炎编写，第二章由宋晓梅编写，第三章由桂和荣编写，第四章由胡友彪编写，第五章由宋晓梅、李定龙、桂和荣编写，第六章由桂和荣、李云先编写，第七章由桂和荣编写，第八章由胡友彪、许多顶、桂和荣编写，第九章由宋晓梅、许多顶、桂和荣编写，第十章由胡友彪编写。全书由桂和荣、陈兆炎统稿。

作 者

2001年11月

FORWARD

China is listed as one of the thirteen water deficient countries in the world. The average water resource possessed per capita amounts only a quarter of that of the world while the average rainfall reaches less than one fifth of that of the world. With the development of urbanization and industrialization, therefore, the water resources shortage as a problem with the country becomes increasingly eminent. In the summer of 1999, the drought in the northern areas such as Tianjin, Shandong, Hebei and Henan lasted for a substantially long period of time, with an unprecedentedly large coverage of area. In the summer of 2001, the whole valley of the Huaihe River suffered an extraordinary drought for the first time in the last 50 years. The river ceased to flow and the water level declined to +15.2m. Consequently, water supply for industry, agriculture and human drinking met unprecedented difficulty.

Shallow groundwater constitutes an important part of water resources in cities. As closely related to the meteoric water and largely affected by human activities, it lies in the focus of human attention. In a mining city, for the particularity of mining pollution, the change of shallow groundwater environment conditions presents a regular pattern. The mineral exploitation, conveyance, processing and utilization not only bring terrible surface pollution but also affect the environment quality of shallow groundwater. For the mastery of the change tendency and the evolution pattern of the shallow groundwater environment quality in mining cities, we selected Huainan as the research object for its century-old mining tradition. The project entitled The Evaluation and Exploitation of Shallow Groundwater Quality in Huainan Zone was filed in 1990s, with the support of Huainan Science Academy and Huainan Environment Science Academy. For years through survey, observation and sample analysis, we accumulated sufficient first-hand data as the solid foundation for reasonable exploitation and utilization of the groundwater resources. With this solid foundation, the sustainable and concerted development of the community, economy and environment of the mining city can be ensured.

Huainan is a typical mining city. The history of coal exploitation can be traced back to 1930s. In the mining districts, there are nearly twenty pairs of production shafts, with the annual output about 30 million tons. Thanks to the rich coal resources, Huainan is known as "coal capital" and "energy resources city". Huainan serves as an important energy base in Eastern China. The mining exploitation, and the related industries such as machinery, chemistry and power generation are backbone industries in the city, and in Anhui Province as well. This accounts for the selection of Huainan as the typical mining city and for the conduction of research on evaluation and exploitation of shallow groundwater resources.

Based on observation and data analysis, the authors investigated and obtained a clear picture of the dynamic characteristics of the water level and hydrochemistry, together with the regular distribution pattern for the hydrochemical composition. In addition, some data

of great value was also attained. With the application of environment hydrology, the analysis was conducted of the emigration and accumulation pattern of the elements in the shallow groundwater. On this basis, and on the basis of the division of the environmental quality area, research was performed into the pollution mechanism of the groundwater. With the support of GIS, the environmental quality was evaluated and the water quality simulation was attempted. With water-budget calculated, the optimization of polluted water limit emission from industry and agriculture was studied. Furthermore, the authors proposed a series of measures for the prevention of the geological and hydrological problems with the environment presented by exploitation and utilization of groundwater.

As is well known, the shallow groundwater affecting factors are dynamic, hence the difficulty for calculation, evaluation and simulation in the study of shallow groundwater. In this regard, the book has only expounded some basic methods and principles necessary for further investigation.

Apart from the quotations acknowledged in the bibliography, the great part of the content of the present book is based on the research achievements and papers of the authors themselves in the recent years. We owe a great debt and would like to extend our great appreciation to the ex- Ministry of Coal Industry, Huainan Science Academy, Huainan Environment Protection Bureau and Huainan Environment Science Academy for their friendly cooperation, support, direction in filing the project, and for their technological assistance, demonstration, research plan actualization in addition to the evaluation and application of the research results.

Owing to limitation of the authors' academic proficiency, the book cannot be said to be free of one-sided views, shortcomings or even errors and we are in sincere hope for advice and corrections from experts and readers alike.

The book falls into ten chapters, with the first contributed by Gui Herong and Chen Zhaoyan; the second by Song Xiaomei; the third by Gui Herong; the fourth by Hu Youhiao; the fifth by Song Xiaomei, Li Dinglong and Gui Herong; the sixth by Gui Herong and Li Yunxian; the seventh by Gui Herong; the eighth by Hu Youbiao; Xu Duoding and Gui Herong; the ninth by Song Xiaomei and Gui Herong; and the tenth by Hu Youhiao. The whole book is edited by Gui Herong and Chen Zhaoyan.

The authors
November, 2001

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 水资源概述	1
一、水资源的含义及属性	1
二、水资源分类	2
三、浅层地下水资源	5
第二节 矿业城市浅层地下水资源研究的特色	6
一、煤矸石淋滤污染土壤和浅层地下水	7
二、粉煤灰污染浅层地下水	8
三、氟聚集引起氟病发病率增高	8
四、矿井水的环境污染	8
第三节 淮南市浅层地下水资源评价与开发的立题思考	10
一、淮南市是一个典型的矿业城市	10
二、立题背景	10
三、适应矿业城市可持续发展的需要	13
第四节 研究任务和技术路线	14
一、基本任务	14
二、技术路线	14
第二章 淮南市概况	16
第一节 位置及矿业布局	16
一、位置与交通	16
二、矿业布局	16
第二节 自然地理与社会经济	17
一、地形地貌	17
二、气候特征	17
三、水文概况	19
四、社会经济概况	20
第三节 地质背景	20
一、地质组合及岩性	20
二、地层分布规律	20
三、构造展布特征	22
第四节 新构造运动	23
一、新生界松散层厚度的不均匀变化	23

二、继承性构造	23
三、新断裂构造	24
四、地表变形及水系流向	24
五、地震	25
第五节 第四纪地质及水文地质	26
一、第四纪地质	26
二、第四纪水文地质	27
第三章 淮南市区浅层地下水动态特征	29
第一节 浅层地下水补给排泄条件	29
一、补给特征	29
二、迳流特征	31
三、排泄特征	31
四、浅层地下水水化学成分的变化	32
第二节 浅层地下水动态监测及动态曲线	34
一、动态监测点的组成	34
二、动态曲线	34
第三节 浅层地下水动态特征及其影响因素	34
一、浅层水动态特征	34
二、浅层水动态的影响因素	37
第四节 浅层地下水动态预测	39
一、预测模型及约定	39
二、预测公式	40
第五节 浅部含水层渗透性及其水文地球化学特征	41
一、水文地质参数的求算	41
二、浅部含水层 K 值的层布	43
三、 K 值与水化学成分之间的相互关系	43
四、相关关系的水文地球化学机理	46
第四章 淮南市区浅层地下水化学组分背景值的确定及控制因素分析	48
第一节 背景值确定原则	48
一、背景值的含义	48
二、背景值确定原则	48
第二节 浅层地下水主要水化学组分含量的分布特征	49
一、常规组分	49
二、微量元素	60
三、气体组分	66
四、其他组分	68
五、浅层地下水综合指标分布特征	70

六、主要水化学组分的背景值	75
第三节 浅层地下水环境背景值控制因素分析	76
一、水化学成分形成的几种主要作用	76
二、影响背景值形成的自然因素	77
三、人为因素的影响	80
第五章 浅层地下水环境水文地质特征	83
第一节 概 述	83
一、原生地球化学特征	83
二、次生地球化学特征	85
第二节 浅层地下水中元素（组分）迁移与聚集	87
一、元素的迁移	88
二、影响元素迁移与聚集的因素	89
第三节 浅层地下水环境状况及分区	91
一、浅层地下水环境状况	91
二、浅层地下水环境分区	92
第四节 浅层地下水污染机制	94
一、污染源	94
二、污染物	96
三、污染途径	100
第五节 浅层地下水污染趋势定性分析	101
一、地下水污染的地质、水文地质条件	101
二、浅层地下水污染分布特征	102
三、污染区块类型划分	102
四、污染趋势分析	105
第六节 氟的富集与地方病的关系	106
一、高氟地下水的分布特点	106
二、高氟浅层地下水与地方性氟病的关系	107
三、市区浅层地下水氟浓度的多年变化趋势	108
第六章 GIS 支持下的浅层地下水环境质量评价	110
第一节 国内外研究现状	110
一、指数评价法	110
二、概率统计法	111
三、聚类法	112
四、专家评价法	114
五、经济分析法	114
六、运筹学评价法	114
第二节 系统模块设计与实现	115

一、系统基本模块设计	115
二、数据管理模块	115
三、评价计算模块	117
四、评价结果输出模块	117
五、用户交互环境模块	117
六、系统的实现及特点	118
七、系统的运行环境及安装、启动	119
八、新建评价区或打开已有评价区	119
九、数据输入与浏览	119
十、评价方法的选取及系统简介	119
第三节 模糊集理论水质评价	120
一、基本原理	120
二、参数及地下水分级	120
三、建立模糊矩阵	124
四、建立权重模糊矩阵	125
五、综合评价	126
六、评价系统的实现	126
第四节 综合水质指数法评价	129
一、评价程序	129
二、几点说明	129
三、评价实例	130
四、评价系统的实现	131
第五节 GIS 支持下的水质评价	133
一、地理信息系统简介	133
二、利用 GIS 进行水质评价的特点	134
三、GIS 法水质评价	135
四、专题图的编制	136
五、水质评价	140
六、评价系统的实现	141
第六节 评价结果及比较	142
一、评价结果	142
二、评价结果比较	143
第七章 浅层地下水水质模型及模拟计算	144
第一节 浅层地下水的水动力条件	144
第二节 浅层地下水中污染物质的运移过程	144
一、污染物质的来源	144
二、污染物质的运移	145
第三节 水质模型的建立	146

一、数学模型的选择	146
二、基本假设	146
三、建立水质模型	147
第四节 水动力弥散系数的反求	148
一、纵向水动力弥散系数 D_{xx}	148
二、横向水动力弥散系数 D_{yy}	149
三、水动力弥散系数的反求结果	149
第五节 水质模拟	151
一、区块污染物、污染源的确定	151
二、模拟方法	152
三、模拟实施及结果	153
第六节 动态监测	160
一、本次模拟中几个参变量的确定方法	160
二、监测	161
三、几点讨论	162
第八章 浅层地下水资源量评价	163
第一节 浅层地下水资源量评价的目的与原则	163
一、评价目的	163
二、评价原则	163
第二节 数学模型和参数的确定	164
一、数学模型	164
二、降水渗入补给地下水系统 α	164
三、蒸发极限深度 L 和蒸发系数 C	169
四、给水度 μ	173
第三节 浅层地下水资源的计算及平衡	174
一、补给量的计算	174
二、消耗量计算	177
三、年补给量和消耗量的平衡计算	183
四、浅层地下水资源量的评价	185
第四节 浅层地下水多年均衡计算	188
一、年均衡条件下地下水保证程度分析	188
二、浅层地下水的多年均衡分析	188
第九章 浅层地下水的合理开发利用	202
第一节 淮南市工农业用水现状	202
一、工矿企业用水	202
二、乡镇企业用水	202
第二节 淮南市区水资源分配	204

一、淮南市水资源系统的组成	204
二、地表水资源计算	205
三、浅层地下水资源计算	205
四、水资源总量和分配	206
第三节 工农业用水、排污限额的优化	207
一、规划模型概要	207
二、工业用水排污限额的优化	207
三、乡镇企业用水排污限额的优化	210
第四节 农业用水与种植优化	213
一、农作物用水和耕作的一般描述	213
二、全区农作物种植面积优化	214
三、淮南市各行政区农作物种植面积优化	214
第五节 用水建议与对策	215
一、加强水资源管理	215
二、节约用水	215
三、建立污水处理工程	215
四、充分利用当地的地表径流	215
五、充分利用浅层地下水资源	215
六、合理开发中、深层地下水	216
第六节 浅层地下水开发引起的地面沉降防治	216
一、地面沉降的危害	216
二、地面沉降的研究现状	216
三、地面沉降机理分析	217
四、地面沉降的微观信息研究	219
五、地面沉降的防治	222
第十章 浅层地下水污染的防治与监测	226
第一节 浅层地下水污染的防治	226
一、基本原则	226
二、对策	226
第二节 浅层地下水污染监测	228
一、监测任务	228
二、监测对象与项目	228
三、监测工作量及测点布置原则	229
四、监测方法和技术要求	231
五、组织领导	234
六、几点说明	234
参考文献	235

Contents

Chapter 1 introduction	1
Section 1 summarize of water resource	1
1. Implication and attribute of water resource	1
2. Sort of water resource	2
3. Shallow groundwater resource	5
Section 2 the characters of study on the shallow groundwater resource in mining city	6
1. Gangue leached polluted soil and shallow groundwater	7
2. The pollution of the shallow groundwater resource made by fines lime	8
3. The increasing fluorosis incidence rate arose from the gathering of fluor	8
4. The environment pollution of mine water	8
Section 3 The thinking of the evaluation and development of the question the shallow Groundwater resource in Huainan city	10
1. Huainan is one of the typical mining cities	10
2. Background of the study	10
3. Adapt the requirements of the sustainable development of mining city	13
Section 4 studying task and technique route	14
1. Radical task	14
2. Technique route	14
Chapter 2 The survey of Huainan	16
Section 1 location and position layout of the mining	16
1. Location and traffic	16
2. Position layout of the mining	16
Section 2 Physical geography and social economy	17
1. Configuration feature	17
2. Climatic feature	17
3. Survey of hydrology	19
4. Survey of social economy	20
Section 3 The background of geology	20
1. Assemblage and lithological characters of geology	20
2. Distributing rule of stratum	20
3. The distribution character of structure	22
Section 4 Neotectonice movement	23
1. The asymmetric variation of the thickness of Cenozoic loose bed	23
2. Inherited structure	23
3. New faulted structure	24
4. Surface deformation and drainage system current direction	24

5. Earthquake	25
Section 5 Geology and hydrogeology of Quaternary period	26
1. Geology Quaternary period	26
2. Hydrogeology of Quaternary period	27
Chapter 3 The dynamic character of shallow Groundwater in Huainan zone	29
Section 1 The condition of the recharge, draining and runoff of shallow groundwater	29
1. The recharge characters	29
2. The runoff characters	31
3. The drainage characters	31
4. The change of the hydro chemical composition of shallow groundwater	32
Section 2 The dynamic monitoring and dynamic curve of shallow groundwater	34
1. Form of the dynamic monitoring point	34
2. The dynamic curve	34
Section 3 The dynamic characters and its influence factor of shallow groundwater	34
1. The dynamic characters of shallow groundwater	34
2. The influencing factor of the shallow groundwater	37
Section 4 The forecast of the dynamic state of shallow groundwater	39
1. The forecast model and stipulation	39
2. The forecast formula	40
Section 5 The osmosis and the hydrogeochemical characters of shallow aquifer	41
1. The calculation of the hydrogeologic parameter	41
2. The distribution of the value of K of shallow aquifer	43
3. The correlation between K and hydro chemical composition	43
4. Mechanism of correlated hydrogeochemical	46
Chapter 4 The composition determination and control factor analysis of shallow groundwater in Huainan	48
Section 1 The determinative principle of background value	48
1. The implication of background value	48
2. The determinative principle of background value	48
Section 2 The distribution characters of the major hydro chemical composition content of shallow groundwater	49
1. Routine composition	49
2. Microelement	60
3. Gas composition	66
4. Other compositions	68
5. The distribution characters of comprehensive index of shallow groundwater	70
6. The background value of the major hydro chemical composition	75
Section 3 The control factor analysis of the background value of shallow groundwater environment	76
1. Several mostly actuate of formation of hydro chemical composition	76