

中国地质大学“985工程”专项  
国家自然科学基金项目 资助

# 延河泉岩溶水系统

## ——水资源管理决策支持系统研究

王增银 成建梅 王 涛 康学军 郭天元 等著

Yanhequan Yanrong Shui Xitong  
Shui Ziyuan Guanli Juece Zhichi Xitong Yanjiu



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

中国地质大学“985 工程”专项  
国家自然科学基金项目 资助

# 延河泉岩溶水系统

## ——水资源管理决策支持系统研究

王增银 成建梅 王 涛 等著  
康学军 郭天元



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

延河泉岩溶水系统——水资源管理决策支持系统研究/王增银,成建梅,王 涛,康学军,郭天元等著. —武汉:中国地质大学出版社,2009. 6

ISBN 978-7-5625-2356-7

I. 延…

II. ①王…②成…③王…④康…⑤郭…

III. 岩溶水-研究-山西省

IV. P641.134

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 054118 号

延河泉岩溶水系统

——水资源管理决策支持系统研究

王增银 成建梅 王 涛

康学军 郭天元 等著

责任编辑:徐润英

责任校对:陆慧琴

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cn>

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:290 千字 印张:11.125

版次:2009 年 6 月第 1 版

印次:2009 年 6 月第 1 次印刷

印刷:武汉中远印务有限公司

印数:1—1 000 册

ISBN 978-7-5625-2356-7

定价:36.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 延河泉岩溶水系统

——水资源管理决策支持系统研究

## 参 加 人 员

中国地质大学(武汉)

王增银 成建梅 王 涛 万军伟

崔银祥 姚长宏 刘 娟 胡进武 黄丹红

山西省阳城县水资源管理委员会

康学军 郭天元 韩春荀 白松宗

谢国军 白天林 郭丽鹏 赵红萍

# 序 一

地下水是重要的水资源。在地表水资源贫乏的地区主要依赖开发利用地下水来解决工农业生产、居民生活和城市建设用水,有时甚至是唯一的供水水源。随着人类活动不断加剧,用水量逐年增加,由此引起了诸多环境问题,如过量开采引起的区域地下水位下降、水资源枯竭、海水入侵、地面沉降、地表塌陷、水质恶化等。因此需要加强对地下水资源的管理,合理开发利用地下水资源,这已达成广泛的共识。

我国北方碳酸盐岩分布面积广,岩溶水资源丰富,而且岩溶水多以大泉形式集中排泄。这些岩溶大泉流量稳定、水质优良,便于开发利用,都已成为各地的主要供水水源,在国民经济建设和解决人们生活用水中发挥了重要作用。但是,岩溶水的不合理开发利用也引起了地下水水位下降、泉水流量减小甚至断流、水质污染及恶化、生态环境失衡、景观破坏等环境问题。为了防止无序开采对环境的影响,各地都采取了相应的管理措施,建立了水资源管理机构,不少学者也对此进行了相关研究。

本书是岩溶水资源管理研究的新作。为了满足山西延河泉水资源管理的实际需要,书中以系统论、信息论、控制论为指导,利用新的理念和先进的技术,开发了延河泉岩溶水系统水资源管理决策支持系统。这为延河泉岩溶水资源管理提供了技术支撑,将使延河泉岩溶水资源管理提高到新的水平。

该书重视水文地质条件的调查研究。全书以地下水系统研究为主线,突出岩溶动力系统研究,重点进行了水文地球化学研究工作,特别是微量元素锶的分析研究。应用锶元素分析了岩溶水径流强度和岩溶水子系统的划分,重新确定了岩溶水子系统和强弱径流带,并结合已有调查资料分析研究,重新确定了延河泉岩溶水系统结构和边界条件,这为岩溶水系统概念模型的建立提供了可靠依据。

该书以地下水位变化作为岩溶水系统资源开发利用程度和开发潜力的主要衡量指标,利用地下水流数值模拟预测功能作为水资源管理决策的主要手段。在数值模型构建中,针对延河泉岩溶水系统含水层结构特征,建立了具有五层含水层结构、能刻画含水介质各向异性的真三维数值模型。针对岩溶地区降雨非线性入渗问题,提出了降雨量系数的概念,较好地处理了降雨非线性入渗补给问题。还对岩溶泉和河流特殊边界条件采取了不同模拟构置方法,从而提高了仿真度。模拟结果对水资源利用决策具有较强的指导作用,进一步发展了数值模拟技术。

地下水资源管理决策支持系统是随着计算机技术、信息技术的发展而出现的 management 手段。

以往主要是构建数据库,实现观测资料的自动化管理。本书中除构建延河泉岩溶水系统属性数据库和图形数据库外,还开发了水资源管理中常用的动态曲线绘制、统计分析计算、钻孔柱状图绘制、图形修改编辑等方法库,并将数值模拟系统与属性数据库、图形库、方法库联合构成水资源决策支持系统。实现了数值模拟与数据库之间资料的自动调用,减少了数据整理和输入环节,提高了工作效率,使水资源管理决策支持系统更加完善。

本书是集水文地质学、计算机科学、信息科学、管理科学于一体的专著,内容面广,理论严谨,系统完善,实用性强。该书的出版对我国北方岩溶大泉水资源管理决策支持系统构建具有借鉴和指导作用,对岩溶水系统研究及地下水资源管理研究也具有重要的参考意义,是一本既有重要学术价值、又有实用价值的著作。

中国科学院院士  
中国地质学会岩溶地质专业委员会主任  
中国地质科学院岩溶地质研究所研究员  
国土资源部岩溶动力学重点实验室主任

袁道先

2009年3月

## 序 二

山西省是我国北方地区碳酸盐岩面积分布最大的省份,裸露埋藏岩溶区面积达 11 万  $\text{km}^2$ , 占全省国土面积的 70%。天然状态下流量大于  $1\text{m}^3/\text{s}$  的岩溶泉水 18 处,岩溶水资源量近 30 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ , 占山西省水资源总量的 24%。山西省又是我国煤炭资源大省,含煤面积近 6.2 万  $\text{km}^2$ , 占全省国土面积近 40%。以煤炭开采为基础的山西能源重化工产业链,其发展离不开岩溶水。全省 11 个地级市中的 7 个城市生活用水、6 大煤田中 5 大煤田矿区的生活及生产用水、13 个百万千瓦以上装机的大型火电厂生产用水主要依靠岩溶水供给。

“山西之长在于煤,山西之短在于水”,山西省是我国水资源极其贫乏的省份之一,人均占有水资源量仅  $381\text{m}^3$ , 相当于全国人均占有量的 17%, 远低于国际公认的严重缺水界限。全省 18 处岩溶大泉,因泉域岩溶水的过量开采、采煤排水影响破坏、泉域岩溶水补给量的减小等因素影响,自 20 世纪 80 年代中期以来,晋祠、兰村、古堆、洪山、郭庄等 5 处泉水原始流量达  $17\text{m}^3/\text{s}$ , 已相继干涸或接近断流。各大泉域岩溶水位大幅度下降,泉水流量普遍减小,水质污染加重,已成为山西省面临的重大水环境问题。如此下去,再过 20 年、30 年……这些大自然赐予山西人民得天独厚的宝贵岩溶水资源,还能够持续为山西经济社会发展服务多久? 还能够成为山西省一道亮丽的景观吗?

所幸的是,这些问题已经引起山西省有关方面的高度关注。1997 年山西省第八届人大常委会第十三次会议通过了《山西省泉域水资源保护条例》,1998 年 11 月山西省人民政府批准了《山西省泉域边界范围及重点保护区》划定成果,使泉域水资源保护有法可依、有章可循;山西省 6 大省管岩溶大泉相继成立了泉域管理机构。山西省水资源管理委员会、山西省水利厅与中国地质科学研究院岩溶地质研究所共同完成出版了“山西省岩溶泉域水资源保护研究”成果,为岩溶水保护提供了技术支撑。

延河泉(含沁河排泄带)是山西省流量较大的泉水之一,多年平均天然流量  $9.51\text{m}^3/\text{s}$ , 是原煤年产量超过 1 500 万 t 的晋城新矿区、规划装机容量将达 7 260MW 的阳城电厂以及阳城县城的生活、生产的重要供水水源。2006 年泉域岩溶水总取水量达  $2.1\text{m}^3/\text{s}$ 。山西省晋城市和阳城县水资源管理委员会远见卓识,立专项开展“延河泉岩溶水系统——水资源管理决策支持系统研究”,并正式出版,十分必要,意义深远。以王增银教授为首的课题组经过多年潜心努力,以求真务实、开拓创新的精神,充分发挥学校技术先进的优势,立足服务于当地水资源管理的需求。全书系统地阐述了延河泉域岩溶地质、水文地质特征,重新评价了泉域岩溶水资源水量、水质,建立了三维数值模型和水资源管理决策支持系统。本书创新和突出之处有以下三

点:

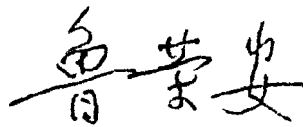
(1)在充分分析前人对延河泉域岩溶水系统研究成果以及广泛收集系统内泉水流量、水位、水质、开采量等基础资料的基础上,进一步分析岩溶水中 Sr 元素的分布特征,以  $Sr/Ca$ 、 $Sr/Mg$  值作为比较理想的天然示踪剂,重新划分了延河泉岩溶水子系统,确定了岩溶水子系统的强弱径流带,为岩溶水合理开发地带的确定提供了依据。

(2)降水入渗是延河泉域岩溶水的最主要补给水源。通过数值模拟识别,分析了降水非线性入渗补给的机理,提出了降水量系数概念;突破了以往在数值模拟时将降水入渗作为定值处理的传统方法,提高了模型模拟的精度。

(3)构建了功能较完善的水资源管理决策支持系统。该系统由图形库、属性库、方法库和数值模拟四部分组成。整个系统具有存贮、录入、编辑、查询、输出和打印功能,具有较强的实用性,便于操作、方便使用和维护。

本书内容丰富、理论严谨、方法先进,是一本学术价值较高、实用性较强的优秀著作。可作为我国北方岩溶大泉水资源管理范例推广应用。

山西省水资源管理委员会办公室原总工程师、教授级高工



2009 年元月 10 日于太原

# 前言

水是自然界生物赖以生存的宝贵资源,也是人类生活和生产的要素之一。随着人们生活水平的提高以及国民经济的迅速发展,水资源供需矛盾日益突出。大量实践证明,水资源已成为制约工农业生产、国民经济发展和改善人民生活的决定性因素。我国是一个人口众多、水资源分布严重不均、人均占有水资源量远低于世界平均水平的国家,尤其是我国北方耕地分布广,煤炭资源丰富,重工业比重大。随着国民经济建设的发展,需水量要求逐年增加,但我国北方降水量较小,水资源量不丰富,水资源短缺严重,已成为影响和制约工农业发展的关键因素。因此,如何合理利用水资源已成为这些地区亟待解决的问题。水资源虽然具有可再生、恢复和重复利用的功能,但实现这些功能的前提是将水资源利用控制在不破坏天然水资源结构、不超过其循环更新速度的范围内。因此,加强水资源均衡管理、合理开发利用水资源是保证水资源可持续利用的必要措施。

据统计,我国北方天然流量大于  $1\text{m}^3/\text{s}$  的岩溶大泉有 60 多个,每个岩溶大泉都有各自不同的水文地质结构及补给、径流、排泄条件,但它们都具有调蓄能力强、泉水流量稳定、水质优良、适宜直接开发利用等共性。这些岩溶大泉都已成为当地工农业和城市建设的主要供水水源。但由于近些年来在岩溶水系统内大规模开采地下水,不少岩溶水系统出现超采现象,致使区域地下水位下降,甚至出现泉水断流、景观破坏、水质污染及恶化等现象。因此,加强岩溶水系统水资源科学管理已成为急需解决的问题。

延河泉位于山西省晋东南晋城市阳城县境内,是我国北方岩溶大泉之一。随着阳城县工农业的快速发展,特别是阳城电厂的兴建,用水量也随之猛增,对岩溶水资源的利用程度也在大幅度增加,局部地区已出现水质恶化、水位下降和个别泉眼干枯等现象。为了确保城乡工农业生产和阳城电厂的供水安全,必须加强延河泉岩溶水系统的水资源管理。而水资源管理必须建立在科学的决策基础上,开发水资源管理决策支持系统是进行水资源科学管理的必要条件。

针对延河泉岩溶水系统水资源决策支持系统开发的需要,本书在收集、整理和分析已有研究资料的基础上,重点对延河泉岩溶水系统进行了水文地球化学研究。通过分析研究,进一步确定了延河泉岩溶水系统的边界和结构,以及补给、径流和排泄条件。据此建立了真三维数学模型,并进行了水资源评价。在决策支持系统构建中,以地理信息系统技术为基础,将数值模拟作为水资源管理决策的主要手段,建立了图形库、属性库、方法库和数值模拟系统,共同组成了决策支持系统结构。它们之间数据文件可以交换共享,并可以

方便地增加最新的勘探资料和观测资料,以延长数据系列、绘制新的观测曲线并计算特征值。还可以利用数值模拟系统模拟出新增开采井后岩溶水系统水位和泉流量变化。实现了数据输入、查询、统计分析、模拟计算、制图和输出打印的自动化分析和管理,为水资源管理提供决策依据。

本书中水资源管理决策支持系统的构建以 MapGIS 为操作平台,采用 Visual C++、Visual FoxPro 等作为开发语言,具有独立性好、可移植性强的特点。系统界面全部采用按钮式中文菜单,以方便操作和使用。

本书是 2000—2004 年的研究成果。水资源管理决策支持系统开发完成后提交阳城县水资源管理办公室使用,经多年使用检验,系统稳定,效果良好。

本书主要编写人员为王增银、成建梅、王涛、康学军、郭天元等,其中第一章、第二章、第三章、第五章和第九章由王增银执笔,第四章、第七章和第八章由王涛执笔,第六章由成建梅执笔,前言由王增银、康学军执笔,郭天元参与了第二章的编写。参加研究及资料整理工作的还有中国地质大学(武汉)的万军伟、崔银祥、姚长宏、刘娟、胡进武、黄丹红,山西省阳城县水资源管理委员会的韩春荀、白松宗、谢国军、白天林、郭丽鹏、赵红萍。全书由王增银统稿。书稿中图件的修改与完善由博士生康志强完成。

本项研究中得到了山西省水资源管理委员会办公室、晋城市水资源管理委员会办公室的大力支持和帮助。高平市和泽州县水资源管理委员会办公室、山西省地勘局二一二地质队等提供了部分资料,在此表示诚挚的谢意。

山西省水资源管理委员会办公室原总工程师、教授级高工鲁荣安对本书进行了审校,并写了序。中国科学院院士袁道先研究员在百忙中给本书作序。本书的出版得到了中国地质大学“985 工程”地球系统过程与矿产资源优势学科创新平台专项资金的资助,同时也得到了国家自然科学基金项目“西南岩溶地区地下河水组成变化及植被效应研究”(P0202006)的资助,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在不足和错误,恳请批评指正。

著 者

2009 年 4 月

# 目 录

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| 第一章 地下水资源管理内涵与管理决策支持系统····· | (1)  |
| 第一节 地下水资源管理内容·····          | (1)  |
| 第二节 地下水资源管理指标·····          | (2)  |
| 第三节 地下水资源管理决策支持系统·····      | (3)  |
| 第四节 本项研究的构思·····            | (3)  |
| 第二章 延河泉岩溶水系统自然背景·····       | (5)  |
| 第一节 自然地理·····               | (5)  |
| 第二节 地质背景·····               | (9)  |
| 第三节 岩溶发育特征 ·····            | (18) |
| 第四节 区域水文地质条件 ·····          | (24) |
| 第三章 延河泉岩溶水系统特征 ·····        | (28) |
| 第一节 延河泉岩溶水系统结构与边界 ·····     | (28) |
| 第二节 岩溶地下水补给、径流与排泄条件·····    | (32) |
| 第三节 岩溶地下水动态特征 ·····         | (36) |
| 第四节 岩溶水系统水文地球化学特征 ·····     | (45) |
| 第五节 岩溶水子系统划分 ·····          | (59) |
| 第四章 岩溶水水质评价 ·····           | (67) |
| 第一节 岩溶水污染状况 ·····           | (67) |
| 第二节 岩溶水水质评价 ·····           | (70) |
| 第三节 岩溶水质量保护 ·····           | (74) |
| 第五章 水资源量评价 ·····            | (76) |
| 第一节 延河泉岩溶水系统地下水资源量评价 ·····  | (76) |
| 第二节 地表水资源量评价 ·····          | (82) |
| 第三节 阳城县水资源量评价 ·····         | (85) |
| 第六章 延河泉岩溶水系统数值模拟 ·····      | (90) |
| 第一节 概念模型与数学模型 ·····         | (90) |
| 第二节 数值方法 ·····              | (91) |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 第三节 模型离散 .....                  | (96)  |
| 第四节 模型识别 .....                  | (106) |
| 第七章 延河泉岩溶水系统水资源管理决策支持系统结构 ..... | (118) |
| 第一节 系统设计原则与运行环境 .....           | (118) |
| 第二节 系统结构 .....                  | (121) |
| 第八章 延河泉岩溶水系统水资源管理决策支持系统运行 ..... | (130) |
| 第一节 数据库资料查询与修改 .....            | (130) |
| 第二节 动态曲线绘制 .....                | (141) |
| 第三节 保证率计算 .....                 | (145) |
| 第四节 等值线图绘制 .....                | (146) |
| 第五节 新打井后数据库资料的更新 .....          | (147) |
| 第六节 图像库浏览 .....                 | (148) |
| 第七节 岩溶水开发利用决策模拟 .....           | (154) |
| 第九章 总 结 .....                   | (160) |
| 第一节 对几个问题的认识及处理方法 .....         | (160) |
| 第二节 延河泉岩溶水系统主要结论及建议 .....       | (162) |
| 主要参考文献 .....                    | (164) |

# 第一章 地下水资源管理内涵与管理决策支持系统

## 第一节 地下水资源管理内容

我国水资源总量较大,达  $28\,124 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。但水资源时空分布不均,变率大。由于我国人口众多,按人均计算水资源占有量不到世界人均占有量的  $1/4$ 。特别是长江流域以北地区,耕地占全国的  $65.2\%$ ,而水资源只占全国的  $17.8\%$ ,而且工业和大中城市又多。水资源供需矛盾突出,水资源量短缺,缺水现象严重,已成为制约经济发展的主要因素。为了发展工农业生产和城市建设,不少地区过量取用地下水。而利用后的废水、污水又不经处理随意排放,使得不少河流和地下水遭受不同程度的污染,有的河流已经成为污水沟完全不能使用,更减小了水资源的利用数量,增加了水资源的利用难度。因此需要加强水资源管理。国家为此制定了相应的法规予以规范,并成立了相应的管理机构来实施对水资源的管理。

水资源包括地表水和地下水。我国北方地表水贫乏,地下水相对较丰富。据统计,我国北方地区地下水资源占总水资源量的  $47.6\%$ 。地下水已成为工农业和城市建设的重要供水水源,有的地区已成为唯一供水水源。由于工农业的发展和城市建设的需要,大量开发利用地下水已成为解决供水的主要途径。不合理的过量开采已带来诸多环境问题,许多城市和地区出现地下水位下降,引发地面沉降、水质恶化、咸水入侵、开采井干枯等现象。而且地下水污染严重,有毒和有害元素含量日趋增大,已使有些水源不能饮用。这些都使可利用水资源进一步减少,加剧了水资源的供需矛盾。

我国北方岩溶水约占地下水资源量的  $1/3$ ,在国民经济中占有举足轻重的地位。而且岩溶水大多以岩溶大泉的形式集中排泄。据统计,我国北方天然流量在  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  以上的大泉有 60 多个。这些岩溶大泉流量稳定、水质好,已成为当地的主要供水水源。为了充分挖掘岩溶水的作用,不少岩溶水系统存在过量开采现象,引起局部地区地下水位下降,形成局部下降漏斗、出现水质恶化等问题。如何才能做到既最大限度地发挥岩溶水的作用,又不致引发环境问题,使之协调发展,是摆在水资源管理和水文地质工作者面前亟待解决的问题。

水资源管理属于政治经济学的范畴。2002 年公布实施的《中华人民共和国水法》提出水资源管理的目的是“合理开发、利用、节约和保护水资源,防治水害,实现水资源的可持续利用,适应国民经济和社会发展的需要”。这也是水资源管理的根本任务,就是要合理开发、利用和保护水资源,实现水资源的可持续利用。由于地下水赋存和运移于地下岩层空隙中,不像河流地表水可以直接观察和测量。因此,地下水资源管理具有特殊性和困难的一面。

如何进行水资源管理,《中华人民共和国水法》中规定了相应的条款。包括水资源规划、水资源开发利用、节约用水、水源地保护等。从技术的角度看,地下水资源管理应包括两方面的内容,一是地下水的水情管理,二是地下水的用水管理。地下水水情包括地下水的赋存条件及

补给要素、地下水的质和量及地下水位动态变化、地下水开采状况等;地下水用水管理包括地下水取水部位和开采井审批、水量分配、增加地下水补给措施及实施等。前者是分析地下水开发利用是否合理的基础资料,后者是地下水利用管理。两者共同构成地下水资源技术管理的全部工作。

## 第二节 地下水资源管理指标

地下水资源管理指标是衡量地下水资源利用程度和利用价值的度量参数。从地下水使用角度,地下水资源管理指标主要应包括地下水水质和地下水水量两项指标。地下水水质可以将《生活饮用水卫生标准》、《地下水质量标准》等规定的相应化学元素含量作为管理指标。如某项元素含量超过了规定的含量值,则说明地下水中该元素已经超标了;如没有超过规定的含量值,则说明地下水没有超标。也可以按地下水化学元素本底值作为衡量标准。如某项元素超过了本底值,则说明地下水已受到污染了;如果没有超过本底值,则说明地下水未受到污染,水质没有出现恶化现象。

地下水水量指标是直接判断地下水利用程度和是否超采的主要指标。目前一般是根据允许开采量或开采资源量来判断。只要实际开采量超过了允许开采量(或开采资源量)就认为是超采了。如果实际开采量小于允许开采量(或开采资源量)就认为没有超采,还有扩大利用的潜力,可以批准打新井。其实允许开采量(或开采资源量)都是在一定限制条件下评价的,如2001年10月1日实施的中华人民共和国《供水水文地质规范》中就规定允许开采量的计算和确定应符合下列要求:①取水方案在技术上可行,经济上合理;②在整个开采期内动水位不超过设计值,出水量不会减少;③水质、水温变化不超过允许范围;④不发生危害性的环境地质现象和影响已建水源地的正常生产。开采资源的含义也大同小异。从上述含义来看,允许开采量的评价要有诸多约束条件,这些约束条件有的好确定,有的则不好确定,有时只能勉强确定一个阈值,因此允许开采量的评价带有一定的人为性。更重要的是取水地点不同,其评价的允许开采量也不同。因此允许开采量不是一个定值,以此作为地下水量是否超采的判别标准是不妥的。

按地下水均衡角度,从含水系统中抽取地下水就会引起地下水位下降;含水层从外界获得补给地下水位就会上升。只有当从含水系统中取出的水量与获得补给的水量达到均衡时,地下水位才能维持在某一幅度范围内波动。如果从含水系统中抽取的水量大于获得补给的水量,则动用了含水层的储存量,地下水位就会不断下降,长此下去,有可能破坏含水系统结构,减少地下水的补给作用。这种开采显然是不合理的,无法保证地下水资源持续不断的使用。因此,地下水位变动情况是衡量地下水资源量是否超采的最好指标,应把地下水位作为地下水资源的管理指标。这样又具有可操作性,可以定期观测地下水位变化。只要地下水位在某一幅度内波动,没有持续下降趋势,那么这时的开采是合理的,能保证地下水资源持续不断的利用。如果地下水位出现持续下降趋势,则说明已出现超采现象,这时应控制开采量,否则会引起含水系统结构破坏,影响含水系统供水能力。因此,地下水位是地下水资源管理的重要指标。

### 第三节 地下水资源管理决策支持系统

决策支持系统(DSS)是以管理科学、运筹学、控制论和行为科学为基础,以计算机技术、模拟技术和信息技术为手段,面对需要决策的问题,建立支持决策活动的具有智能作用的“人一机”计算机系统。地下水资源管理也需要相应的决策支持系统,实现对地下水资源的用水管理。

要进行地下水资源管理决策首先要确定决策目标。《中华人民共和国水法》中已规定了地下水水资源管理的目标,就是合理开发利用地下水资源,保证地下水资源的可持续利用。从上一节分析来看,要达到这些要求,地下水位变化是最好的判别依据。因此在做出管理决策之前,要对地下水位变化情况做出预测,然后做出管理决策。对于新建水源地(或新打水井)则要预测出新建水源地(或新打水井)用水后对地下水位的影响,然后做出管理决策。因此预测是决策的基础,科学的预测是正确决策的保证。从这里可以看出,管理决策是一个科学研究过程。

要预测地下水开采对地下水位的影响,就要建立预测模型。对地下水位预测来说,能够预测地下水开采对地下水位影响的模型有解析模型和数值模型。由于数值模型能刻画各种边界条件和各种含水层结构,因此数值模型是地下水资源管理决策的主要预测模型。经过近30年的研究,数值模拟已广泛应用于地下水资源评价中,为地下水资源管理决策的应用打下了坚实的基础。

要进行管理决策,就要对已有水情资料进行分析研究,包括地下水位、地下水水质、地下水开采等。以往都是通过人工查询和分析整理来完成。由于资料零乱,往往要花费很多时间进行整理。随着计算机技术和信息技术的发展,特别是地理信息系统(GIS)的使用,为资料管理现代化提供了手段。地理信息系统具有分析和处理海量数据的强大功能,它不仅能处理属性数据,还可以处理空间数据,已被广泛应用于众多的研究和应用领域。通过地理信息系统,可以将各种地下水情资料建立成数据库的形式存放和查询,再配合分析方法库,就可以方便地进行资料整理分析,这为地下水情资料分析整理提供了便利。我国不少学者已在这方面做了研究,取得了不少成功经验。地理信息系统(GIS)在地表水和地下水水情资料管理中已发挥了很大的作用。

上述属性数据库和数值模拟系统都是地下水资源管理决策不可缺少的部分,它们一起组成了地下水资源管理决策支持系统。通过各模块的协调工作,为决策管理者提供决策依据。因此地下水资源管理决策支持系统是进行地下水资源科学管理的必要条件和基础。

### 第四节 本项研究的构思

延河泉是我国北方岩溶大泉之一。由于延河泉岩溶水系统丰富的水资源,使得阳城县成为我国北方水资源较丰富的地区之一。随着阳城县工农业的发展,用水量也急剧增加,对岩溶水的利用程度也在大幅度增加。为了确保城乡工农业生产和阳城县电厂用水的需要,必须加强延河泉岩溶水系统的科学管理。阳城县水资源管理办公室对延河泉和阳城县收集和积累了大量水文地质资料和观测数据。但是这些资料比较零乱,需要进行整理,实现电子化管理。这些

也为延河泉岩溶水系统水资源管理决策支持系统构造提供了资料依据。

延河泉岩溶水系统主要位于阳城县境内,由阳城县水资源管理办公室进行管理。考虑到基层水资源管理办公室的实际条件和需要,拟定本项研究开发的水资源管理决策支持系统的主要功能是:

(1)对现有水文、气象、地下水位、水化学、泉流量、开采井及开采量、水利工程等基础资料建立数据库,实现电子化管理。

(2)对延河泉岩溶水系统构建三维地下水数值模拟系统,能模拟新建水源地或新打井对含水系统流场的影响。

(3)开发常用的动态曲线绘制、保证率计算等软件,并作为管理决策支持系统的内容之一。

(4)将数值模拟系统与数据库联接,使数值模拟需要的数据直接从数据库中读取。

(5)具有存贮、录入、编辑、查询和输出、打印功能。

(6)具备较强的实用性,便于操作,方便使用和维护。

## 第二章 延河泉岩溶水系统自然背景

## 第一节 自然地理

### 一、位置与交通

延河泉又叫马山泉,位于山西省晋东南阳城县东冶乡延河村东北的沁河西岸。沿沁河润城至磨滩一带还分布有珍珠泉、水磨泉、提水站泉、西神头泉、神子头泉、晋疙瘩泉、赵良泉、磨滩泉等泉群,形成沁河岩溶水排泄带。泉群中以延河泉的流量最大,所以把沁河排泄带岩溶水系统又称为延河泉岩溶水系统。延河泉岩溶水系统面积约  $2\,810\text{km}^2$ ,行政区划上跨越阳城县、泽州县、高平市和沁水县,主要位于阳城县境内。地理坐标为东经  $111^{\circ}55'\sim 112^{\circ}55'$ ,北纬  $35^{\circ}15'\sim 35^{\circ}50'$ 。

区内交通方便,侯(马)一阳(山)铁路从境内中部通过,设有磨滩、八甲口、嘉峰车站。公路四通八达,有晋(城)一阳(城)高速公路,晋城一侯马和阳城一济源高等级公路,乡村之间基本都有公路相通。区内交通如图 2-1 所示。

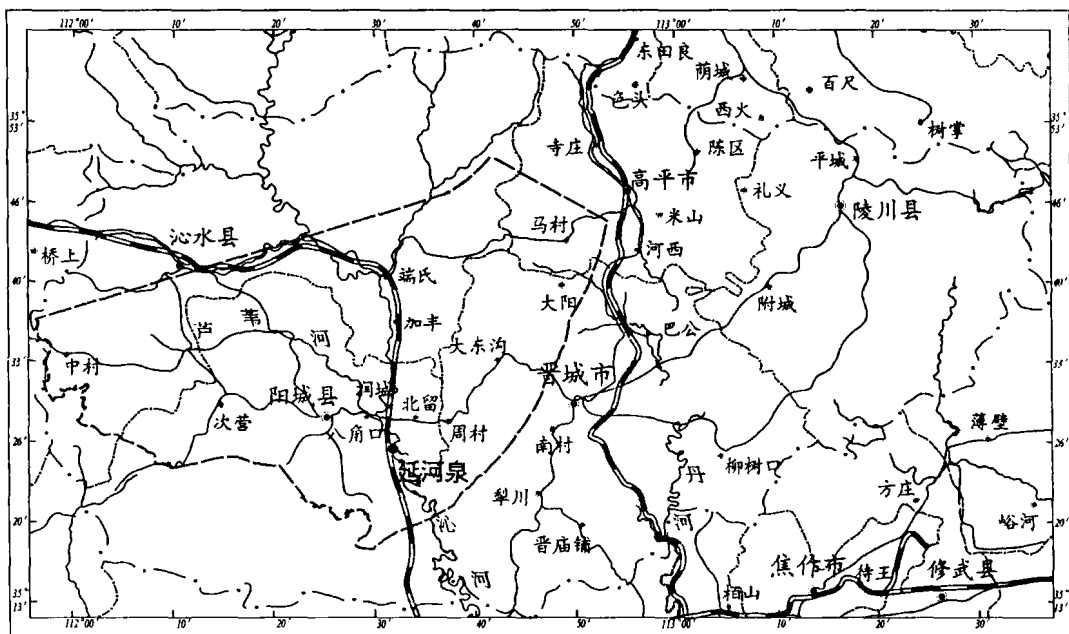


图 2-1 延河泉交通位置图