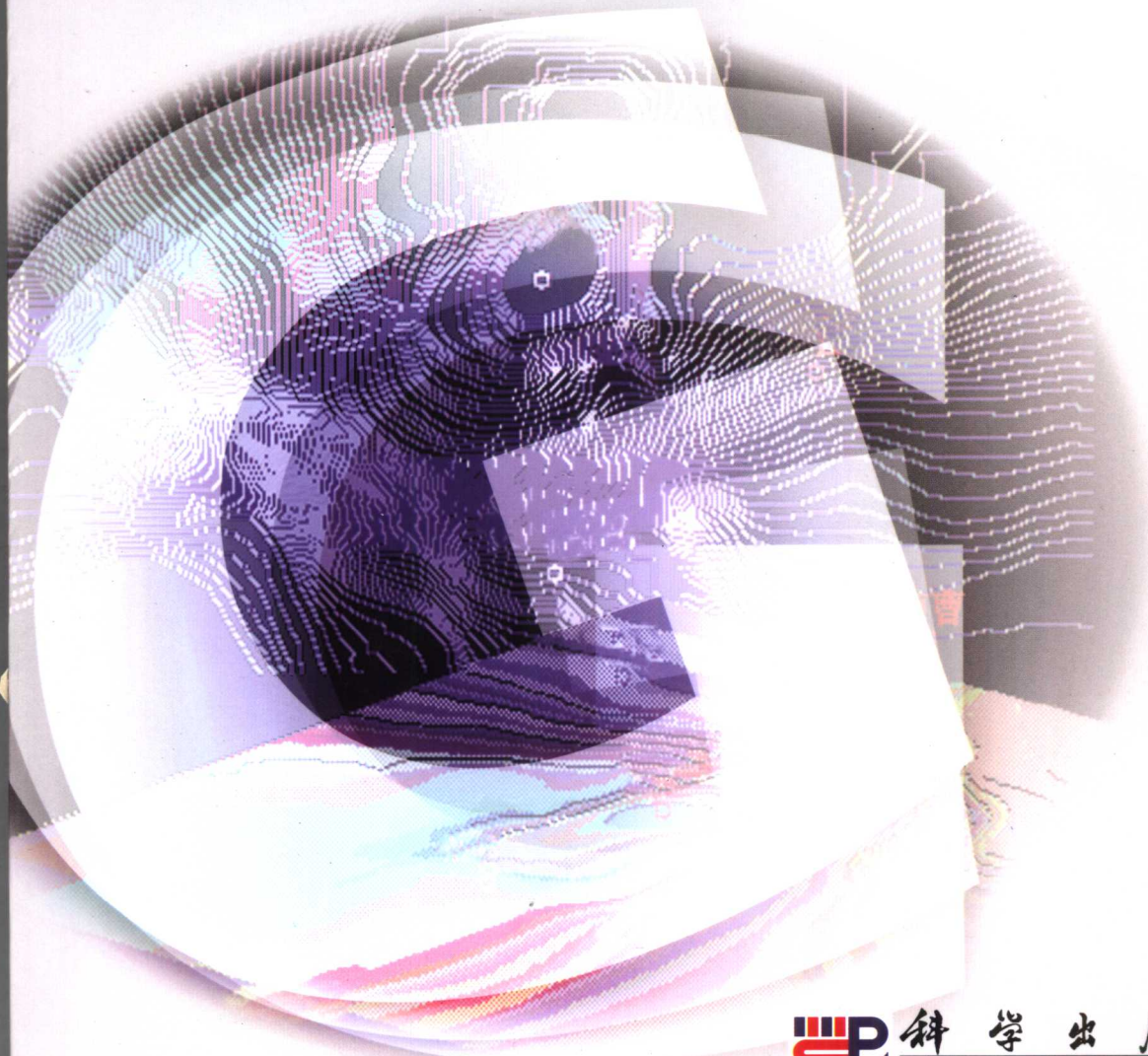




地理信息系统理论与应用丛书

地下水地理信息系统 ——设计、开发与应用

● 宫辉力 赵文吉 李小娟 等 编著



科学出版社
www.sciencep.com

地理信息系统理论与应用丛书

地下水地理信息系统 ——设计、开发与应用

宫辉力 赵文吉 李小娟 等 编著

国家自然科学基金项目(70073045)

国家自然科学基金项目(40571125)

国家 863 项目(2002AA134074)

国家 973 项目(G1999043606)

国土资源部项目(20024002)

首都师范大学“211 工程”建设项目

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书介绍了地理信息系统与遥感技术在地下水领域的应用现状与技术方法。主要内容包括地下水地理信息系统的空间数据库、模型库技术;基于遥感与地理信息系统技术的地下水动态数据获取、处理和空间分析,地下水应用建模、资源环境评价与制图表达的技术方法;基于元数据的地下水信息共享与管理技术,地下水地理信息系统和地下水网络地理信息系统的设计、开发与应用实例。

本书可用作高等院校地理类专业、地下水科学与工程专业、资源环境类专业或相关专业本科生和研究生的教学用书,以及地理信息系统应用和开发人员的参考用书,也可供从事资源环境、城市规划、区域管理等工作的科技工作者和管理人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

地下水地理信息系统——设计、开发与应用/宫辉力等编著. —北京:科学出版社,2006

(地理信息系统理论与应用丛书)

ISBN 7-03-017594-8

I. 地… II. 宫… III. 地理信息系统—应用—地下水资源—研究—北京市 IV. P641.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 075220 号

责任编辑:朱海燕 罗 吉 李久进/责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 10 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006 年 10 月第一次印刷 印张:16 3/4

印数:1—4 000 字数:376 000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序

地下水地理信息系统是一个较新的、多学科相互交叉渗透的研究领域。该书将地理信息系统技术与地下水管理相结合,为区域水资源可持续利用服务,体现了“可持续水管理”的新理念,适应了当前地下水管理的新需求。

20世纪90年代初期,官辉力教授在攻读博士学位期间就开始了地理信息系统、遥感技术在地下水科学管理中的应用研究,具有良好的研究基础。近十余年来,官辉力教授和他所在的“北京市高校科技创新团队”在国家自然科学基金、国家高技术研究发展计划(863项目)、国家重点基础研究发展计划(973项目)、中国和欧洲合作项目(龙计划)、首都师范大学“211工程”建设等项目的支持下,使地下水地理信息系统方面的应用研究逐步深化、学术积淀不断丰富。该书正是在总结这些研究成果的基础上完成的。

该书比较系统地介绍了地理信息系统与遥感技术在地下水领域的应用现状与技术方法,主要包括地下水地理信息系统的空间数据库、模型库技术;基于遥感与地理信息系统技术的地下水动态数据获取、处理和空间分析,地下水应用建模、资源环境评价与制图表达的技术方法;基于元数据的地下水信息共享与管理技术,地下水空间信息系统和地下水网络地理信息系统的设计、开发与应用实例等。这些内容将为解决地下水科学与工程及相关领域的地理信息系统应用问题发挥作用。

地下水科学管理涉及自然科学、管理科学和信息技术等诸多方面,面临的关键问题大多具有综合性,非常复杂。地理信息系统技术与地下水管理的有机结合、地下水地理信息系统技术体系的不断完善,将有效地促进地下水科学管理水平的提高。

《地下水地理信息系统——设计、开发与应用》是我国第一本有关地理信息系统技术与地下水管理相结合的著作。相信该书的出版问世,将极大地提高地下水管理科学的理论与技术水平,对促进我国水文地质学科的发展具有重要的意义。

中国科学院院士

林杏娟

2006年9月

前 言

我国是一个严重缺水的国家,人均淡水资源总量仅为世界平均水平的1/4,居世界第121位,是全球13个人均水资源最贫乏的国家之一。因此,科学、合理的水环境保护与水资源管理意义重大。

20世纪90年代以来,地理信息系统(GIS)在水资源水环境领域的应用研究一直是前沿热点问题,其应用研究内容几乎涉及了该领域应用研究的各个方面。地理信息系统凭借它强大的空间数据处理、空间分析和可视化表达功能,成为数据处理、应用建模、管理决策的强大工具,为水资源系统分析和区域规划、水资源水环境评价与合理开发利用、科学管理与决策提供了强有力的技术支持,地下水地理信息系统便应运而生。

当前,地理信息系统在地下水管理中的应用主要集中在地下水动态长期观测、地下水动态分析、地下水区域规划、地下水数值模拟和仿真、地下水资源评价与管理等方面。流域水资源水环境系统具有空间分布和动态变化的显著特点,地理信息系统作为一种时空数据的收集、存储、处理、管理和表达的应用工具,较好地适应了地下水领域多源信息的空间化、动态化与三维可视化的迫切需求。随着地下水开采量的剧增,地下水环境不断恶化,如何科学、高效、合理地管理地下水资源成为世界各国关注的重点。由于供水机构和政府水利部门等水资源管理者在管理地下水的同时也监管与地下水相关联区域的河流、湖泊和水库,因此地理信息系统(GIS)、遥感(RS)、全球定位系统(GPS)与地面常规技术的有机结合,在水资源水环境领域有着广阔的应用前景。

作者主持和参加的相关科研项目是完成本书的基础。主要项目有:国家自然科学基金项目“基于GIS技术的城市地下水资源科学管理(70073045)”、“数学形态学在地下水渗流场中的应用研究(40571125)”;国家863项目“3S在重大行业中的应用示范(2002AA134074)”;国土资源部项目“首都地区地下水空间信息系统(20024002)”;国家973项目“黄河流域水资源演化规律与可再生性维持机理(G1999043606)”;首都师范大学“211工程”建设项目“城市地理信息技术与首都圈生态环境保护利用”。全书由宫辉力、赵文吉、李小娟、赵强、诸云强、叶超、孙颖、喻孟良、朱少霞、闻紫金、高存荣、吕晓俭、叶振华、潘云、段福州、胡卓玮、官兆宁、郭道宇等共同编写,曹剑锋教授审阅了本书

初稿,姜雪校对。

由于地下水地理信息系统是一个较新的、多学科相互交叉渗透的研究领域,作者还缺乏足够的学识与经验,书中错误与不足之处恳请专家学者与读者批评指正,以便再版时修改。

作 者

首都师范大学三维信息获取与应用教育部重点实验室

首都师范大学资源环境与 GIS 北京市重点实验室

国家城市环境污染控制工程技术研究中心-环境生态过程分中心

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	(1)
1.1 地理信息系统	(1)
1.1.1 地理信息系统的定义	(1)
1.1.2 地理信息系统的组成和功能	(2)
1.2 地下水地理信息系统发展现状	(3)
1.2.1 国外概况	(3)
1.2.2 国内概况	(4)
1.3 地下水地理信息系统的应用	(4)
1.3.1 应用现状	(4)
1.3.2 前景展望	(7)
主要参考文献	(8)
第 2 章 地下水地理信息系统概述	(9)
2.1 地下水地理信息系统基本概念	(9)
2.1.1 地下水概述	(9)
2.1.2 地下水地理信息系统	(17)
2.2 地下水地理信息系统的功能	(17)
2.3 地下水地理信息系统发展趋势	(18)
2.3.1 面向对象软件技术	(18)
2.3.2 全关系型 GIS 技术与海量数据存储技术	(19)
2.3.3 组件 GIS	(20)
2.3.4 网络 GIS	(20)
2.3.5 地下水流场三维可视化	(21)
2.3.6 地理信息系统标准化	(31)
2.3.7 地理信息系统与地下水水文模型的集成	(31)
主要参考文献	(32)
第 3 章 遥感与 GIS 在地下水领域的应用	(34)
3.1 遥感技术在地下水领域的应用	(34)
3.1.1 引言	(34)
3.1.2 一般方法	(34)
3.1.3 卫星图像在地下水研究中的应用	(35)
3.1.4 图像分析原理	(35)
3.1.5 图像选择	(36)

3.1.6 应用实例	(36)
3.1.7 区域地下水评价	(38)
3.1.8 地表岩石特征	(42)
3.1.9 小结	(42)
3.1.10 应用展望	(42)
3.2 GIS 在地下水研究中的应用	(43)
主要参考文献	(46)
第4章 地下水地理信息系统的空间数据库	(47)
4.1 空间数据库概述	(47)
4.1.1 空间数据库组成	(47)
4.1.2 空间数据模型	(48)
4.1.3 常用数据模型	(51)
4.1.4 关系模型	(52)
4.2 关系数据库	(53)
4.2.1 关系模型概述	(53)
4.2.2 关系数据模型设计	(55)
4.3 面向对象的空间数据库	(58)
4.3.1 面向对象程序设计方法	(58)
4.3.2 面向对象数据模型	(58)
4.3.3 面向对象数据库语言	(60)
4.3.4 对象-关系数据库	(60)
4.4 地下水空间数据模型设计	(61)
4.4.1 地下水空间数据库的设计过程	(61)
4.4.2 地下水空间数据库的数据模型设计	(63)
主要参考文献	(63)
第5章 地下水地理信息系统应用模型	(64)
5.1 地下水地理信息系统应用模型概述	(64)
5.1.1 地下水地理信息系统应用模型的分类	(64)
5.1.2 地下水地理信息系统应用模型的构建	(65)
5.2 地下水污染风险评价专业模型(DRASTIC 模型)	(66)
5.3 地下水资源量计算模型	(68)
5.4 地下水及溶质运移数值模拟模型的组成	(69)
5.4.1 地下水及溶质运移数值模拟模型	(69)
5.4.2 地下水及溶质运移数值模拟模型的分类	(69)
5.4.3 地下水及溶质运移数值模拟模型建立的方法及步骤	(70)
5.5 地下水均衡计算模型	(72)
5.5.1 地下水均衡研究概述	(72)
5.5.2 地下水均衡方程式	(72)
5.5.3 人类活动影响下的地下水均衡研究	(73)
5.5.4 小结	(73)

主要参考文献	(74)
第6章 地下水资源空间信息系统设计	(75)
6.1 需求分析	(75)
6.2 总体分析与设计	(76)
6.2.1 系统分析	(76)
6.2.2 数据流程分析	(78)
6.2.3 系统总体框架设计	(81)
6.3 图形数据管理子系统	(83)
6.3.1 子系统设计	(83)
6.3.2 子系统实现	(84)
6.4 属性数据库管理子系统	(86)
6.4.1 子系统设计	(86)
6.4.2 子系统实现	(89)
6.5 等值线生成子系统	(90)
6.5.1 子系统设计	(90)
6.5.2 子系统实现	(92)
6.6 地下水空间分析决策子系统	(95)
6.6.1 空间分析决策框架设计	(95)
6.6.2 空间分析决策实现	(98)
6.7 地下水资源网络地理信息子系统	(100)
6.7.1 系统设计	(100)
6.7.2 系统实现方案	(102)
6.8 地下水资源空间分析模型及模型管理子系统	(104)
6.8.1 模型体系结构	(104)
6.8.2 模型计算原理	(105)
6.8.3 模型与GIS的集成模式	(111)
6.8.4 模型管理子系统的功能实现	(113)
6.9 基于元数据的地下水信息共享平台的实现	(129)
6.9.1 地下水数据共享构架	(129)
6.9.2 地下水元数据定制与扩展	(132)
6.9.3 地下水空间数据共享技术	(145)
6.9.4 地下水数据共享实现	(158)
第7章 地下水数据库管理系统	(176)
7.1 地下水数据库设计	(176)
7.1.1 地下水数据库组织	(176)
7.1.2 数据的标准化设计	(176)
7.1.3 数据库结构设计	(177)
7.1.4 数据库安全性设计	(181)
7.1.5 数据库的优化	(182)
7.2 数据管理	(185)

7.2.1	概述	(185)
7.2.2	数据库管理	(185)
7.2.3	数据表管理	(188)
7.2.4	数据管理	(189)
7.3	数据查询	(193)
7.3.1	概述	(193)
7.3.2	排序查询	(193)
7.3.3	SQL 查询	(194)
7.3.4	存储过程查询	(199)
7.4	数据分析	(199)
7.4.1	概述	(199)
7.4.2	模型分析	(200)
7.4.3	统计图表分析	(202)
7.5	专业功能分析	(203)
7.5.1	定制报表	(203)
7.5.2	水质检验	(205)
7.5.3	外部链接	(205)
第8章	地下水空间图形数据管理系统	(206)
8.1	引言	(206)
8.1.1	GWGIS 软件概述	(206)
8.1.2	GWGIS 软件界面	(206)
8.1.3	GWGIS 功能体系	(210)
8.2	通用地理信息功能	(212)
8.2.1	文件	(212)
8.2.2	编辑	(213)
8.2.3	视图	(216)
8.2.4	图层	(217)
8.2.5	数据库	(220)
8.2.6	空间分析	(222)
8.2.7	专题图制作	(223)
8.2.8	窗口	(225)
8.2.9	帮助	(225)
8.3	专业应用功能	(226)
8.3.1	水资源量计算	(226)
8.3.2	数值模型	(227)
8.4	图形库管理	(227)
8.4.1	图形库视窗	(227)
8.4.2	图层管理	(228)
8.4.3	工具	(230)
8.4.4	窗口	(232)
8.4.5	帮助	(232)

8.4.6 数据表视窗	(232)
8.4.7 表管理	(234)
第9章 应用实例	(235)
9.1 黄河流域地下水管理系统	(235)
9.1.1 概述	(235)
9.1.2 系统设计与实现	(235)
9.2 北京市地下水信息分析与管理系统	(242)
9.2.1 概述	(242)
9.2.2 系统设计	(242)
9.2.3 系统实现	(247)
主要参考文献	(254)

第1章 绪 论

1.1 地理信息系统

地理信息系统 (geographic information system, GIS) 是对空间信息进行处理、分析、应用的计算机技术系统。从 20 世纪 60 年代产生至今, 地理信息系统已经取得了惊人的发展。

地理信息科学 (geographic information science) 概念 (Goodchild, 1992) 的提出, 标志着地理信息系统已经进一步发展成为一门处理空间数据的现代综合性科学。地理信息系统的作用已不再是仅仅满足于对空间信息进行可视化表达和查询, 而是更突出地理信息系统的空间分析和模拟能力。在发展地理信息系统技术的同时, 更注重地理信息科学理论问题的研究。作为信息载体的地理信息系统已经不仅仅用于研究物质流与能量流, 而且还研究包括地学信息流程的动力学机理与时空特征、地学信息传输机理及其不确定性 (多解) 与可预见性等 (陈述彭等, 2002)。

1.1.1 地理信息系统的定义

关于地理信息系统, 迄今还没有一个被广泛接受的定义。比较典型的定义有: 地理信息系统是输入、存储、处理和输出地理信息的系统 (Goodchild, 1997); 地理信息系统可简单定义为用于采集、模拟、处理、检索、分析和表达地理空间数据的计算机信息系统 (陈述彭等, 2002)。不同地区、不同应用目的和不同应用领域所使用的术语也不相同 (表 1.1)。

表 1.1 地理信息系统不同术语 (DeMers, 1997)

术 语	来 源
geographic information system	美国
geographical information system	欧洲
geomatique	加拿大
georelational information system	基于技术
natural resources information system	基于应用
geoscience or geological information system	基于应用
spatial information system	非地学
spatial data analysis system	基于系统功能

综合国内外有关地理信息系统的定义, 地理信息系统可定义为: 有关地理空间数据的输入、处理、检索、分析、输出和模拟的信息系统。

1.1.2 地理信息系统的组成和功能

1. 组成

地理信息系统可概化为 4 个子系统,即计算机硬件和系统软件、数据库系统、数据库管理系统、应用人员和组织结构。

(1) 计算机硬件和系统软件。这是开发和应用地理信息系统的基础。其中,硬件主要包括计算机、打印机、绘图仪、数字化仪等;系统软件主要指操作系统等。

(2) 数据库系统。完成对数据的存储,它又包括空间(图形)数据库和属性数据库。

(3) 数据库管理系统。这是地理信息系统的核心。通过数据库管理系统可以完成对地理数据的输入、处理、管理、分析和输出。

(4) 应用人员和组织机构。地理信息系统专业人员是地理信息系统应用成功的关键,而强有力的组织是系统正常建设与运行的保障。

另外,从地理信息系统数据处理流程看,地理信息系统也可以概化为数据输入子系统、数据存储和检索子系统、数据管理和分析子系统以及数据输出子系统 4 个子系统。

(1) 数据输入子系统。收集和预处理各种不同来源的地理空间数据。这个子系统也承担着转换各种不同类型空间数据的功能。

(2) 数据存储和检索子系统。以一定的格式组织空间数据,以便于数据查询、更新和编辑。

(3) 数据管理和分析子系统。负责对系统中所存储的数据进行各种分析计算,如数据的集成和分析、参数估算、空间拓扑叠加以及模拟功能等。

(4) 数据输出子系统。以表格、图形或地图的形式将数据库的内容、系统分析模拟的结果以屏幕或硬件拷贝方式输出。

2. 功能

地理信息系统的基本功能有:

1) 空间数据的输入和编辑

主要用于获取空间数据。大多数的地理数据是从纸质地图转化为 GIS 所能识别的数字格式,常用的方法有扫描和数字化。此外,遥感数据也已经成为 GIS 的重要数据来源;GPS 作为空间位置信息的主要获取工具也已得到广泛的应用。

2) 空间数据的存储和管理

如何有效存储和管理空间数据是 GIS 的基本问题。栅格模型、矢量模型或栅格-矢量混合模型是常用的空间数据组织方法。空间数据结构的选择在一定程度上决定了系统所能完成的分析功能。混合型数据结构综合了矢量与栅格两种数据结构的优点,为许多成功的地理信息系统软件所采用。属性数据的组织方式有层次结构、网络结构与关系数据库管理系统等。

3) 地理数据的操作和分析

GIS 需要提供对地理数据进行有效管理的手段。针对地理数据的分析功能,即空间分析,是地理信息系统的核心功能。

4) 地理数据的显示与输出

地理信息系统为用户提供了许多用于地理数据表达的工具。其表达形式可以是计算机屏幕显示,也可以是诸如表格、地图等的硬拷贝图件。

1.2 地下水地理信息系统发展现状

1.2.1 国外概况

地理信息系统已有 40 多年的发展史,地下水领域的专业需求、信息技术的进步都极大地促进了地下水地理信息系统的发展。综观地理信息系统在地下水资源环境领域应用的发展过程,可将地下水地理信息系统的发展大致分为以下几个阶段:

1. 起步阶段

20 世纪 70 年代到 80 年代末,由于计算方法、GIS 和遥感技术的发展,促进了地理信息系统在水资源环境领域的应用(Rango,1985;Stuebe et al.,1990)。在 20 世纪 70 年代,美国田纳西流域管理局就利用 GIS 技术处理和分析各种流域数据,为流域管理和规划提供决策服务。地下水资源环境问题具有明显的时空维特征,因此地下水资源环境模拟注重地下水在介质中的动态变化。GIS 应用于地下水资源环境模拟,可用来获取、操作、显示与这些模拟有关的空间数据和所获得的成果,使模拟进一步细化,从而深入认识地下水在含水介质中的赋存、运动等情况,为合理开采和保护地下水服务。

2. 初步发展阶段

20 世纪 80 年代末,国际上开始研究 GIS 与水文模型的集成问题。学术机构对这个时期地下水地理信息系统的发展起了积极的引导作用。如美国测绘研究会(ACSM)及美国摄影测量与遥感学会(ASPRS)1986 年年会,在 GIS 专题交流中已有一些具有实用价值的将 GIS 应用于水文学及水资源管理中的系统与理论研究成果。

3. 快速发展阶段

20 世纪 90 年代以来,GIS 应用一直是水资源环境学科中的一个热点课题。1993 年,在美国亚拉巴马州莫比尔市举行了“地理信息系统和水资源专题讨论会”,涉及地下水模型、水质和水资源利用等方面研究,国际水文科学学会(IAHS)1993 年在维也纳召开了“地理信息系统在水文学和水资源管理中的应用”专题会议,1995 年在美国科罗拉多大学召开水资源系统的模拟与管理专题学术会议,1996 年又在维也纳召开了 GIS 在水文学及

水资源中的应用专题国际会议。同时一些发达国家在地下水领域广泛地开发和应用各种不同用途的地理信息系统软件,使该领域发生了深刻的变化。此外,一些 GIS 软件商还定期召开用户交流会,如 ESRI(Environmental Systems Research Institute)公司每年都召开全球及区域性的 GIS 用户交流会,水资源是其中一个单独主题。

1.2.2 国内概况

我国地理信息系统方面的工作起步较晚,以 1980 年中国科学院遥感应用研究所成立全国第一个地理信息系统研究室为标志,我国地理信息系统在理论探索、硬件配置、软件研制、规范制定、区域试验研究、局部系统建立、初步应用试验和技术队伍培养等方面都取得了进步,积累了经验,为在全国范围内开展地理信息系统的研究和应用奠定了基础。

从 20 世纪 90 年代起,我国突出地理信息系统的实用化、集成化和工程化。努力实现基础资源环境数据库的建设,推进国产 GIS 软件系统的实用化、遥感与地理信息系统技术一体化。一批有影响的具有自主知识产权的国产地理信息系统软件相继问世。如中国地质大学开发研制的 MapGIS;武汉测绘科技大学开发研制的 GeoStar;北京大学开发研制的 CityStar;中国科学院地理信息产业发展中心和北京超图地理信息系统有限责任公司共同开发研制的 SuperMap 等。

我国在 20 世纪 90 年代开始陆续有关于地理信息系统在地下水领域应用的论文公开发表。最初主要是一些有关国外地理信息系统在地下水领域应用情况的介绍,到 90 年代后期,开始进行了有关地下水地理信息系统开发和研制的工作。同时地理信息系统在地下水资源环境领域应用的深度和范围也不断扩大。如地理信息系统在地下水资源管理、地下水监测网络设计、地下水数值模拟、地下水资源评价、地下水污染风险、地下水补给区保护、地下水资源量计算与制图、地下水模拟及可视化、地下水三维可视化以及城市地下水资源管理等方面都不断有新的进展。

1.3 地下水地理信息系统的应用

1.3.1 应用现状

目前地理信息系统正被广泛地应用于地下水资源环境领域。主要表现在以下几方面:

1. 地下水资源开发利用保护及管理

GIS 可用于辅助确定地下含水层的位置、范围和大小,从而可用于估算地下含水层的储水量。例如,美国的 Theodore Johnson 和 Wanjiru Njuguna 利用 GIS 和 MODFLOW 计算南加利福尼亚州洛杉矶地下含水层的储水量。在这项研究中,GIS 和 MODFLOW 用于确定美国加利福尼亚州洛杉矶中西部沿海流域地下含水层储水量的大小,以便联合规划利用。南加利福尼亚州水供应部门根据含水层时空分布调蓄水资源,以便在未来干旱的季

节抽取使用。

美国的 Carolyn Nobel 和 John Anthony 等在洛杉矶附近的 Mojave 河流盆地应用 GIS 技术来确定各种地下水开发所带来的生态环境效应。ArcView 3.2 Spatial Analyst 用于计算评估该区域因为长期开采地下水而造成的地下水位下降幅度,预测未来由各种地下水开发利用方案所带来的地表生态效应,动态模拟显示研究区地下水渗流场的时空演化。

美国的 Edward Copeland 和 Brian McCaig 等通过 GIS 软件与专业模型集成的方法开发了地下水保护区的管理信息系统。该管理信息系统通过生成专题图和进行三维含水层的动态模拟来监测评估地下水资源变化,辅助地下水保护区规划的制订和实施。国内的工作如陈佩佩等开发的徐州市岩溶地下水资源信息系统;武强等以 MapInfo 为平台开发的塔里木盆地地下水资源管理地理信息系统;诸云强、宫辉力等基于组件技术开发的北京市地下水资源空间分析系统;魏加华等开发的北京密云—怀柔—顺义地区地下水地理信息系统。李冬田、胡春红等研究了地下水空间信息系统方法在相对较小的完整水文地质单元中的应用。这些工作以遥感作为一种信息源和监测手段,将地下水数值模型与水均衡动态分析相结合,以地理信息系统作为信息储存、管理和系统分析的工具。应用这种系统可以不断地输入新信息,预测评估水资源和水环境的变化,指导水资源管理、水利工程规划和水环境治理。

2. 地下水水质污染及水环境评价

美国的 Dean Barbo 在 Massachusetts(马萨诸塞州)应用 GIS 技术和插值方法对地下水污染物进行模拟分析。在这项研究中,GIS 用于显示 Massachusetts 的土壤和地下水中的污染物的空间分布模式;AMEC 用于模拟地下水流量、分布以及地下水污染物的扩散;ArcGIS Geostatistical Analyst、ArcGIS 3D Analyst、ArcInfo 和 Kriging 插值技术用于显示以及对地下水污染物进行模拟分析。

美国的 William Bajjali 利用 GIS 技术研究了 Hilti Recharge Dam 对地下水水质的影响。GIS 用于分析地下水水质,描述沿着地下水水流通道最容易污染的点位。ArcGIS Spatial Analyst 扩展模块用于这项研究,各种水文特征、地下水观测孔和地下水化学参数被空间特征化,并与 GIS 集成。

杨庆和栾茂田(1999)利用地下水污染风险评价(DRASTIC)指标体系结合地理信息系统对大连市地下水易污染性进行了评价。对地下水埋深、含水层的净补给、岩性、土壤类型、地形、渗流区的介质、渗透系数等7个参数进行了评分并对地理信息系统在评分过程中的应用进行了详细的讨论,利用 DRASTIC 指标体系对大连市地下水易污染性进行了评价,所取得的大连市地下水 DRASTIC 易污染性评价结果对大连市政府制订地下水资源的环境保护与管理措施具有指导作用。朱雪芹和徐秀娟等(2001)利用 DRASTIC 指标体系结合地理信息系统对哈尔滨市地下水的易污性进行了评价,并编制了哈尔滨市地下水易污性评价图,为哈尔滨市地下水资源管理、土地利用、城市环境管理等方针政策的制定提供了重要依据。董亮和朱荫涓等(2002)以地理信息系统为基础平台,建立了西湖流域基础和专题数据库;结合地下水污染风险评价专业模型(DRASTIC 模型),编制出流域内地下水污染风险图,对照流域的土地利用现状,提出流域的污染优先控制区。

3. 地下水模拟及可视化

美国的 Bruce Rindahl 和 Monique Ammidown 等探讨了由美国地质调查局开发的地下水模拟结果三维可视化工具和方法——MODFLOW, 包括多种不同的地下水流结构动态三维可视化方法; 水流模拟的逐格网定量化; 各种不同类型的地下水流出入每个模型格网的质量平衡对比; 行间、列间、单个像元、区域以及整个模型地下水流的定量化方法。ArcView、ArcView Spatial Analyst 和 ArcView 3D Analyst 呈现了完整的动态模拟结果。美国的 Premkrishnan Radhakrishnan 和 Raja Sengupta 在 ArcView 环境中通过 ArcView、MODFLOW 和 MODPATH 的集成对地下水进行了模拟。美国的 Peter Martin 和 Sasa Tomic 建立了基于 ArcGIS 的水力模拟模型。

国内林学钰、宫辉力(1993, 1996, 2003)在郑州市地下水资源管理项目中, 将数值模拟与 GIS 相结合, 通过地下水流场数值模拟方法进行水位预测, 得到可视化的模型, 在此基础上结合 GIS 技术进行三维写意表达。其功能模块基于 FORTRAN 语言开发, 嵌入 GIS (SPACE-MAN, 1993), 共享属性数据库和图形文件格式, 实现多尺度的空间量算与空间分析。并出版《城市水资源 - 环境管理决策支持系统》(西安地图出版社, 1996) 介绍其应用成果。

武强等(1999)总结了目前地理信息系统应用于地下水模型的研究状况, 初步提出了地理信息系统技术在地下水模型研究中的具体工作程序。林丽蓉等(2003)根据数值模拟中涉及的地质信息资源的特点, 提出了基于地理信息系统技术的地下水及溶质运移数值模拟系统的设计思路。周德亮等(2002)提出目前系统开发的目的是克服 GIS 时空分析能力的不足, 实现了在地下水模型与 MapGIS 的耦合集成的基础上构建系统的可视化功能; 采用面向对象的软件开发方法, 对各种地下水模型进行分解、抽象, 建立基本的 C++ 对象类型; 以 MapGIS 的二次开发函数作为“后台”支持, 以 VC++ 作为开发工具, 在充分利用 MapGIS 可视化功能的基础上, 借助于 OpenGL 并应用科学可视化技术实现了地下水模拟的可视化功能。魏加华等(2003)详细论述了 GIS 支持下的地下水模拟模型的建立过程, 采用交互式剖分方法不仅能提高建模效率, 而且能充分考虑计算域的水文地质条件, 使生成的网格单元更为理想。并将这种方法应用于北京密云、怀柔、顺义地下水模拟中, 极大地提高了工作效率; 同时探讨了利用 OpenGL 技术实现地下含水层三维可视化的原理和方法, 基于地下水数值模型的有限元三角格网和含水层顶底板信息, 构建了含水层三维实体模型, 将地下水数值模型计算结果通过三维表面动画的形式进行了动态显示。

4. 水源地保护

1987 年, 美国环境保护署 (EPA) 建立了全国范围的水源保护规划 (Wellhead Protection Program, WPP), 项目主要包括收集、整理来自各联邦、州和代理站与水源保护规划相关的数据, 录入 GIS 数据库, 并通过模型进行评价。1993 年, H. S. Rifai 等利用 GIS 研究了如何划定水源地保护带, 从 GIS 数据库中自动地提取所需信息, 生成水源保护区, 并在休斯敦市水源地进行了试点研究。Robert Bradford 和 Amber Shultz 等用 ArcIMS 做了保护堪萨斯州饮用水源地的研究与实验。