

GIS 技术在地下水资源研究中的应用现状及前景

严 锋¹ 郭玉法¹ 刘 波² 陈 斌³

(1. 江苏省水文水资源勘测局南京分局, 江苏 南京 210008;

2. 河海大学水资源环境学院, 江苏 南京 210098; 3. 江苏省三河闸管理处, 江苏 洪泽 223100)

摘 要: 在大量查阅国内文献资料的基础上, 总结出地理信息系统在地下水研究方面的应用进展及研究现状, 并尝试提出其中存在的问题、解决思路及发展趋势。

关键词: 地理信息系统; 地下水资源; 综述

中图分类号: P208; TV211.1'2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1008-1305 (2005) 05-0063-03

1 概 述

地理信息系统(Geographic Information System, 简称 GIS)是以采集、存贮、管理、分析和描述整个或部分地球表面(包括大气层在内)与空间和地理分布有关数据的空间信息系统。由于地球是人们赖以生存的基础, 所以 GIS 作为与人类的发展、进步密切相关的一门信息科学技术, 愈来愈受到人们的重视。

在地下水资源方面, 地理信息系统已经发展成为一个非常有效的工具, 在国外的地下水模型研究中, 地理信息系统已经有了很大范围的应用^[1]。EL Kadi, A. I. 等将 GIS 作为模型的外壳, 在 Oahu 和 Hawaii 岛建立了二维数值模拟模型, GIS 主要是完成数据管理和模型的前后处理。Tang Changyuan 等建立了基于 ArcviewGIS 的地下水流模型^[2]。国内也有一些学者致力于这方面的研究, 武强等研究开发了以 MapInfo 为平台的塔里木盆地地下水资源管理系统; 宫辉立等建立了 GIS 技术支持下的城市水资源管理模型。

地理信息系统的一个显著基本特征是能够实现对空间数据的分析、处理和管理^[3]。以前的数据库技术只具有存储管理属性数据的能力, 而 GIS 除了具有存储管理属性数据的能力之外, 还具有存储管理表征空间定位和拓扑关系数据的能力。地学信息与其他信息的根本区别就在于它具有空间特征, 而 GIS 的每个组成部分中自始至终都体现了对空间数据的强大处理能力, 因此在地学研究领域内有很广泛的应用前景。

2 应用及研究现状

已经有一些研究人员把 GIS 应用于水文地质工

作中, 研究和应用的范围、角度不尽相同^[4]。在水文地质工作中, 经常要面对诸如地形图、地质图、水系图、地下水分区图、地下水流场图等图形数据, 以及地层、岩性、水位动态、流量、水化学等属性数据, 用人工方法对这些繁杂的数据作统计分析的工作量较大且有一定难度, 成图时也难于把这些属性数据都表示在相应的地图上。与传统的手工成图和分析手段相比, GIS 能够为水文地质研究提供先进的手段和分析方法^[5]。比如, 应用数字化技术和图层管理, 可以通过图层叠加方便地合成各类专题图件; 利用 GIS 的图形与属性数据一体化管理功能, 可以直观地对图、文信息进行多形式的查询; 利用 GIS 空间分析功能还可以方便地对复杂数据进行检索、综合分析和可视化表达。GIS 技术在地下水研究领域有着非常广泛的应用, 主要包括: 基于 GIS 的区域地下水资源评价、区域地下水资源管理、地面沉降研究、地下水水质评价及污染物分析, 以及 GIS 与数值模拟技术的结合等。

2.1 区域地下水资源评价

在这方面的研究主要涉及通过对地下水资源系统特点的分析, 应用 GIS 建立地下水资源评价系统, 利用其图形与属性数据一体化的管理功能, 综合考虑地下水资源中各子系统的综合影响。

1999 年开始的国土资源大调查中, 中国地质调查局安排开展年楚河流域江孜县地下水资源调查工作^[2]。为了充分发挥“3S”等新技术在国土资源

作者简介: 严 锋(1979 年—), 男, 江苏泰兴人。

大调查中的作用,邓昭明等根据模块化程序设计思想开发研究了当地地下水资源信息系统,系统以 Windos2000 为操作系统平台,选择 Visual C++6.0 作为开发语言,系统的图形、属性管理采用 MAPGIS 的现有功能搭建起来。此项研究为后续工作的开展提供了基础,弥补了以往这一工作的空缺,该研究建立了全区地下水资源信息系统,满足了西藏“一江两河”干旱区水文地质资料的信息化、系统化、现代化管理,使该区水文地质资料能得到更充分、更快捷地利用,为政府在“一江两河”地区综合开发中更科学地制定开发利用地下水资源管理决策提供了水文地质依据。

又如,刘明柱等在对位于安徽省东部的天长市进行地下水资源评价时^[6],具体选择了 4 种 GIS 因子:自然地理子系统(NGS)——评价自然地理条件对区域富水程度的影响;水文地质环境子系统(HES)——评价地下水补、径、排对区域富水程度的影响;地质环境子系统(GES)——评价地层岩性对区域富水程度的影响;地表水系子系统(SWS)——评价地表水系对区域富水程度的影响。针对上述四种因子,利用 GIS 建立了评价系统,对系统内部的不同空间对象采用不同的空间分析方法,从而揭示了区域地下水系统中的各子系统的内在联系,对整个区域地下水资源的富水性进行评价。

2.2 区域地下水资源管理

同样地,对地下水资源的管理,若采用传统的技术手段,许多问题仍然无法解决,大量观测数据得不到充分利用,不能实现滚动式规划管理。因此,也有很多研究是针对地下水资源管理信息系统(GWRMIS)的开发建设。

吴泉源等,运用 RS、GIS 技术对龙口市地下水资源进行了时空模拟分析^[7],结合当地需水现状分析和未来需水预测,对地下水资源开发利用进行了规划。该地下水资源规划信息系统设计是根据所选用的软件特点进行的,设计内容包括数据分层、界面设计、图库管理、属性设计及模型构建等。为满足不同使用者的需要,系统设计为基础数据查询子系统、规划分析子系统和遥感信息分析子系统。数据库分为空间数据库、逻辑库、模型库和属性数据库。使用 Arc/Info、ArcView 提供的图库技术对空间数据进行管理;使用 Photoshop 和 Idrise 软件实现遥感信息的处理;使用 Visual FoxPro 进行模型库、逻辑库和界面开发,并对总系统和子系统进行控制。

2.3 地面沉降研究

1999 年,陈锁忠等,以 GIS 为主控模块,选择美国国防部开发的地下水运动模拟模型系统(Groundwater Modeling System 简称 GMS)和美国 D. C. Helm 等人开发的地面沉降模拟模型系统(Compac),进行苏锡常地区 GIS 与地下水运动模拟和地面沉降模拟模型系统集成分析和设计^[8],从 GIS、GMS 和 Compac 概念模型出发,分析说明集成系统的特点和思路,且对集成系统的多种数据兼容性、数据分析处理及集成计算、结果可视化和构件化修改功能进行阐述。GIS、GMS 和 Compac 集成系统中的模拟模型运算后,无论用 GIS 或是 GMS 的后处理工具都可以直观地显示计算结果,并可与实测结果相对照,若精度不足或计算错误,可通过修改初始条件或计算参数,方便快捷的进行二次计算,直到产生正确的结果。这样一种误差控制、结果校核机制,一方面可以检测水头、岩性等初始条件和计算参数的正确性,另一方面还形成可信用度较高的阈值范围以控制预测的正确性,为地面沉降的研究提供了一个新思路。

国际上,日本的 S. Murakami 等^[9],用 GIS 技术描述了日本 kamto 平原北部地区的地面沉降现状,并预测了其发展趋势,且在图上实现了可视化成果,如地面沉降目标区图、沉降与地下水位历时曲线图、实测沉降与计算沉降历时比较图和三点相关图、预测沉降分区图、沉降潜在危害分区图等。

2.4 地下水水质评价及污染物分析

在此方面的应用主要是对区域水质条件的输入及分析结果的图形化输出,还包括对迭置指数等水质分析方法采用 GIS 技术的实现。

以徐州市为例,梁媛等介绍了应用模糊综合评价法结合 GIS 技术对地下水水质进行评价的方法^[10]。通过 MapInfo 制作地下水采样点水质分布图和地下水域水质分布图,展示了徐州市各地下水水质的空间分布状况,而后运用 GIS 对模糊评价结果进行展示和一定的空间分析,使评价结果更为直观。

李凤全等应用人工神经网络模型对吉林西部平原的水质进行评价^[11],并借助共享文件实现该模型和 MapGIS 的连接,这种模式不仅能够反映水质的优劣,而且能够体现吉林西部水质的空间变化规律,最终的评价结果图既包含了水质空间分布状况,又包含了地理信息,这正是同其他应用软件的不同之处,也是采用地理信息系统参与水质评价的优越之处。绘出的评价结果可作为今后开采利用水资源的重要参考依据。

2.5 数值模拟

GIS 在专业领域的应用,主要包括两方面的内容,其一是在已有的数值模型基础上,利用 GIS 技术对数据和相关属性等进行预处理及模型计算结果的后处理。例如,杨旭等在讨论基于 GIS 的地下水数值模拟模型拟合方法时,将各个地下水位动态监测点空间分布情况以地图的形式表达^[12],通过拟合要素的时间过程曲线、剖面图与等值线图直观的对比,可判断某个点、某条剖面与某个地区的拟合程度,明确调整参数的区域,基于地图直接对参数进行重新赋值,直至满足拟合精度要求。在讨论该方法的原理时,他们同时指出:地下水数值模拟模型属于分布式机理过程模型,地下水位动态特征在点、线、面三种空间上的分布状态存在差异,因此模型的拟合应从点、线、面上分别进行,相应的模型拟合方法有基于点、线、面的 3 种拟合方法。基于“点”的模型拟合方法是通过将地下水位监测 GIS 井点上的实测值与模型计算值的历时过程曲线进行比较,从而判断模型的拟合程度,达到模型拟合的目的。基于“线”的模型拟合方法是反映某一条剖面线上地下水资源评价拟合要素的实测值与计算值之间的拟合程度,拟合结果的表达形式是剖面线上“水位(降深)—距离”曲线。基于“面”的模型拟合方法与基于“点”、“线”的模型拟合方法相比,更能反映整个研究区模型的拟合程度,它可以从区域上揭示地下水位动态变化过程以及判断模型的拟合精度,从宏观上调整参数分区的不合理性、对计算参数重新赋值,使模拟模型更具有仿真性。

另一方面,是以 GIS 建立的空间属性数据库为核心,为专业模型提供数据,由 GIS 的强大图形图像处理功能,进行结果处理以及模型参数的率定,利用 GIS 的空间分析功能辅助地下水资源管理工作。如邢毅等,建立的地下水数值模拟模型采用 GIS 模型与专业模型相结合,专业模型由二维承压水迳流金有限单元模型、二维潜水迳流金有限单元模型、地下水资源量评价模型、地下水开采量评价模型等组成^[13]。其中,水位监测预报模型用于动态监测和预报城市地下水水位,地下水水量评价模型用于评价城市地下水资源量和开采资源量,地理信息系统为城市地下水模型输入图形、数据以及进行结果处理,并管理地下水信息。

3 存在的问题及研究趋势

目前的 GIS 还缺乏时序分析能力,缺乏三维分析、模拟及可视化的有效手段,没有足够的三维要

素操作来模拟三维的地球环境过程,诸多的不足正成为 GIS 在地下水模拟中深入应用的桎梏。集成方法作为多种技术融合的手段无疑会为打破这种桎梏提供有效的帮助。

GIS 在地下水研究领域的应用趋势主要可以包括两个方面:其一,进一步研究探讨 GIS 与 RS 相结合进行地下水资源评价管理,建立地下水资源管理专家系统,为地下水管工作提供更先进的技术手段;其二,进一步研究 GIS 与地下水管理模型的有机结合,以空间关系型数据库为核心,做到 GIS 模型与专业模型的完美结合。

4 需要注意的问题

个人认为,这些基于 GIS 的水资源管理系统的共同特点就是充分利用了 GIS 的数据管理、查询和显示功能,而对于 GIS 更强大的功能——空间分析功能,则较少涉及到。

另外,对 GIS 与地下水模拟技术的结合应用时,应充分注意到,地下水数值模拟的实际应用,是一个多方面的复杂工程。工程地质水文地质条件的查明、所有数据的收集整理、建立合适的数学模型以及选择最佳的求解方法,都要受到足够的重视,只有这样才能得出比较可靠的结果,为决策提供科学依据。

参考文献

- [1] 周德亮,丁继红,马生忠.基于 GIS 的地下水模拟可视化系统开发的初步探讨.吉林大学学报(地球科学版),Vol. 32, No. 2 Apr, 2002
- [2] 邓昭明,王俊. GIS 技术在区域地下水资源信息系统中的应用研究.水文地质工程地质, 2004. 5
- [3] 卢文喜. GIS 的基本特征及其在地下水研究领域中的应用前景.勘察科学技术, NO. 1, 1997
- [4] 徐凌云,林学钰,于莉.地下水数据信息管理系统的研究.长春科技大学学报, 2000, 13(1):50-53
- [5] 陈伟海. GIS 技术在岩溶水文地质工作中的若干应用——以广西来宾小平阳为例.中国岩溶, 2001, 20(2):162-166
- [6] 刘明柱,陈鸿汉,叶念军,胡丽琴. GIS 在区域地下水资源评价中的应用.水利学报, 2002(1):52-61
- [7] 吴泉源,侯伟,安国强. RS、GIS 支持下的龙口市地下水开发利用规划.国土资源遥感, 2001, 39(3)
- [8] 陈锁忠. 苏锡常地区 GIS 与地下水开采及地面沉降模拟模型系统集成分析.江苏地质, 23(1), 1999
- [9] 张阿根,刘毅,龚士良.国际地面沉降研究综述.上海地质, 2000. 4
- [10] 梁媛,蔡荣,孙亚军,陈锁忠.基于 GIS 的地下水模糊数学评价法.江苏环境科技 15(3), 2002. 9
- [11] 李凤全,林年丰.神经网络和地理信息系统耦合方法在地下水水质评价中的应用.长春科技大学学报, 31(1), 2001. 1
- [12] 杨旭,杨树才,黄家柱.基于 GIS 的地下水数值模拟模型拟合方法.计算机工程, 30(11), 2004. 6
- [13] 邢毅,张超,翁文斌.地理信息系统城市地下水管理模型研究.清华大学学报(自然科学版), 1998, 38(1):59-62