

基于 Geodatabase 的城市水资源管理系统

龙 瀛¹, 杜鹏飞², 赵东东³, 曾思育²

(1 北京城市规划设计研究院, 北京 100045; 2 清华大学 环境科学与工程系, 北京 100084;

3 大连理工大学 软件学院, 大连 116620)

摘 要: 传统的城市水资源管理系统大都是基于关系型数据库的, 缺少基本的地理信息和空间分析与表达功能。为了提高城市水资源管理与决策的信息化和现代化水平, 在分析和总结城市水资源管理的功能需求以及前人进行的有关地理信息系统(GIS)应用于城市水资源管理的探索与实践的基础上, 提出一种将Geodatabase、GIS空间分析工具及水资源管理模型系统集成来实现城市水资源管理的新型解决方案。分析了Geodatabase数据模型与城市水资源管理集成的优势。以洛阳市为案例, 对城市水资源管理系统进行了应用研究。

关键词: 城市水资源; Geodatabase; 管理系统

中图分类号: X 37

文献标识码: A

文章编号: 1000-0054(2006)09-1560-04

Urban water resource management system integrated with Geodatabase

LONG Ying¹, DU Pengfei², ZHAO Dongdong³, ZENG Siyu²

(1 Beijing Urban Planning and Design Institute,
Beijing 100045, China;

2 Department of Environmental Science and Engineering,
Tsinghua University, Beijing 100084, China;

3 School of Software, Dalian University of Technology,
Dalian 116620, China)

Abstract: Most water resource management systems use relational databases which cannot include geographical information or spacial analyses. A new water resource management system was developed with incorporating advanced informatics and geographical information system (GIS) technologies by integrating the system with Geodatabase, analyses tools, and water management models base on analyzing and summarizing the urban water resource management and the its practices of GIS. The results illustrate the advantages of integrating the Geodatabase into an urban water resource management system. The system has been successfully applied to a case study of the water system in Luo Yang, Henan.

Key words: urban water resource; Geodatabase; management system

展的重要手段。国内目前常见的城市水资源管理系统多为基于传统关系型数据库的管理信息系统(MIS), 无法处理地理信息, 也不具有空间分析功能^[1], 许多相关的分析和计算均依赖于手工或半手工操作, 例如, 地下水等值线绘制、水质监测点数据分析、城市水资源应急事件处理、水资源用户空间及时间尺度统计与分析等。随着地理信息系统(GIS)技术的发展, MIS系统的局限性日益突出, 因此, 有必要借助新技术手段来加以改进和完善。

近年来, GIS以其显著的多学科交叉特征和强大的空间数据处理功能, 被越来越广泛地应用于城市水资源管理中^[2~7]。本文探索采用Geodatabase技术开发城市水资源管理系统, 并在洛阳市水资源管理中得到初步应用。

1 城市水资源管理的目标分析

城市水资源通常指能被城市利用的所有来源的水, 可以包括地表水、地下水、雨水、海水和再生水等5大类。城市水资源管理的对象并不限于水资源本身, 还包括人类从事水资源的开发利用和保护过程的各个环节(如取水、净水、供水、用水和排水等)。各环节自成体系, 彼此间密切相关。因此, 城市水资源管理的对象实际上是一个动态的多目标系统。通常可分为4个子系统: 水资源状态系统(水源系统), 水资源开发系统(供水系统)、水资源利用系统(用水系统)和废水再生系统(排水及再生系统)。城市水资源管理要求从更高的层次来协调这4个子系统的关系, 从而实现水资源的高效合理配置。

城市水资源管理的目标, 就是要充分利用城市

收稿日期: 2005-08-17

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2003BA614A-14)

作者简介: 龙瀛(1980-), 男(汉), 吉林, 硕士研究生。

通讯联系人: 杜鹏飞, 副教授, E-mail: dupf@tsinghua.edu.cn

科学、高效地管理水资源是提高水资源利用效率、缓解供需矛盾、保障社会、经济和环境可持续发展

水资源的可恢复性和可再生性特征, 通过科学管理, 最大程度地降低或消除因水资源固有的脆弱性而带来的不利影响, 使有限的城市水资源得到持续合理的开发利用, 以满足因城市社会经济持续发展和居民生活水平不断提高而带来的持续增长的用水需求, 以实现最大的资源效益、环境效益、经济效益和社会效益。借助基于 GIS 的计算机辅助管理信息系统, 是处理这类复杂系统多目标管理的重要手段。

2 Geodatabase 的技术特征

Geodatabase 是美国 ESR I 公司推出的一种新型的面向对象的通用地理数据库, 是继 CAD 数据模型和 Coverage 数据模型之后的第三代地理数据模型。它采用面向对象技术, 将现实世界抽象为由若干对象类, 每个对象类有各自的属性、行为、规则, 对象类之间又有一定的联系。用户可以在已有地理数据模型的基础上, 建立符合自己需求的扩展模型^[8]。

与第二代地理数据模型 Coverage 相比, Geodatabase 在支持复杂网络、支持要素类之间的关系、面向对象要素等方面进行了扩展, 并且可以对空间数据和属性数据进行集中存储^[9]。

Geodatabase 支持的数据集包括要素数据集、栅格数据集、三角网数据集和位置数据集^[8]。ArcGIS 通过地理数据库数据访问对象来访问 Geodatabase, 访问形式主要有两种(如图 1 所示): ArcSDE 和 Personal SDE。同时, ArcGIS 还提供 Coverage、Shapefile、CAD、Raster 和 TIN 文件到 Geodatabase 的转换。

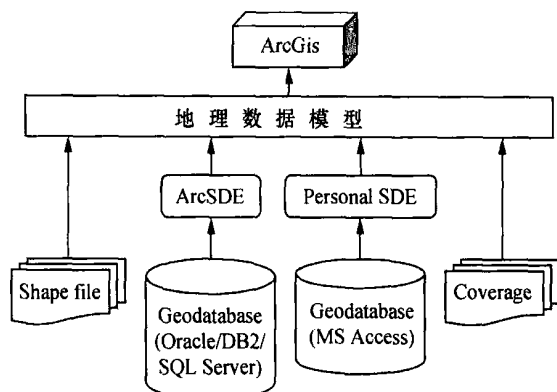


图 1 Geodatabase 支持的要素数据集及访问形式

3 系统集成的优势分析

GIS 以其强大的空间数据和属性数据的维护能力及强大的空间检索查询功能, 为城市水资源管理过程中实时获取信息和决策分析提供了有效的工作平台和可靠的技术支持。经过归纳与分析已有的研

究和实践, GIS 与城市水资源管理集成的优势主要体现在以下几个方面。

1) 地理信息系统在地理空间定位、描述等方面具有独到的优势, 可以更好地组织空间数据。如城市地表水资源分布、城市地下水位、城市引水工程管道、市政给排水管道、水位及水质监测点、水资源工业及居民用户等, 这正可以充分发挥 GIS 的优势。

2) 地理信息系统具有强大的空间查询和分析功能, 可以在城市水资源管理中更好地起到辅助作用, 比如图层的迭加分析、地下水位分析、三维地下水流模拟、地下水水质功能区划等。

3) 地理信息系统可以方便地进行地物的表达, 城市水资源管理中相关监测点分布、水资源用户分布、地下水水位等值线、水化学分区和管道布置等可以更好地得以表达, 在地物表达的效率和自动化程度方面具有一定的优势。

Geodatabase 使得这种集成的优势提高到更高的层次, 主要体现在:

1) 便于管理相关的数据, 所有的空间数据和属性数据都保存在同一个关系数据库中, 大型的地理要素可以进行无缝存储;

2) 弥补了 GIS 应用平台在空间数据库查询方面的不足, 可以充分利用关系数据库强大的结构化查询功能;

3) 特有的关系数据集和网络分析数据集, 可以提供城市水资源管理各地物间的空间查询功能, 并能辅助城市引水工程管道、市政给排水管道的规划与设计;

4) 支持用户定制数据模型, 能够更接近现实地对城市水资源的 4 个子系统进行建模, 模拟其对象的行为和相互作用;

5) 可以提高管理的工作效率, 改善工作成果的准确性和合理性, 同时能兼顾城市水资源系统的发展状况, 及时调整、制定城市水资源的发展战略;

6) 内置了一套水利用模型, 经过少量修改即可用于中国城市水资源的设施管理^[10~13], 可避免重复进行底层开发。

4 案例应用

随着洛阳市工农业生产的迅速发展, 城市人口的剧增和人民生活水平的不断提高, 城市需水量与日俱增, 同时大量的未经有效处理的污水排入水体, 使市区地表水资源遭到严重污染, 地下水水质也呈现出不断恶化的趋势。另外, 由于水源地选址不尽合

理、水源井分布不当,一些水源地的长期集中过量开采,已致水位下降并出现一定范围的地下水漏斗,水资源供需矛盾已露端倪。

本研究开发了基于 Geodatabase 的洛阳城市水资源管理系统,用于辅助该项目研究, Geodatabase 数据模型与城市水资源管理的集成得以充分体现。

该系统采用 ESR I 开发的 ArcGIS 软件作为 Geodatabase 数据模型的接入和应用平台,利用 Microsoft Access 作为存储 Geodatabase 数据的关系数据库(Personal SDE 接入模式)。利用 Geodatabase 集中存储城市水资源管理相关的空间和属性数据, Geodatabase 数据的结构框图见图 2。

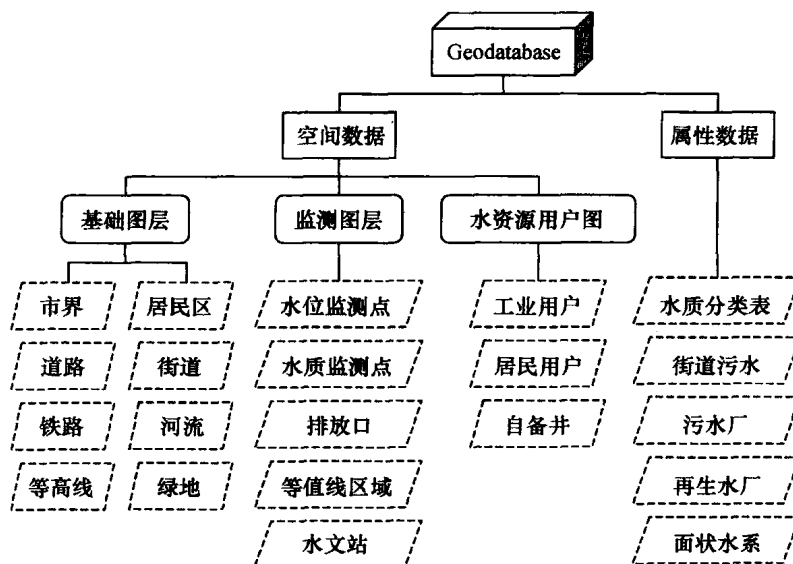


图2 系统结构框图

图3为系统的功能示意图。利用本系统可以对城市水资源管理相关的基础信息进行查询、对水质、水位监测数据进行分析并绘制专题图、对水资源工业及居民用户进行管理、对地下水资源及城市地形进行三维可视表达、对突发事件进行分析与管理,同时还可以辅助地下水资源的保护与决策。

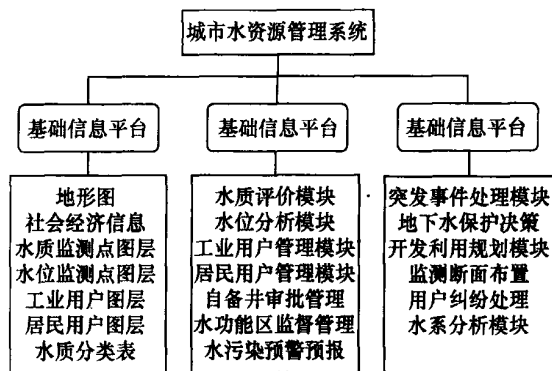


图3 系统功能示意图

该系统的基础图层之一,地下水水质监测点分布如图4所示。

利用该系统可以根据长期观测点的观测水位来绘制地下水等值线并进行三维显示,并可进行时间序列动态分析。图5为根据地下水位等值线而自动绘制的洛阳市地下水位三维模型。

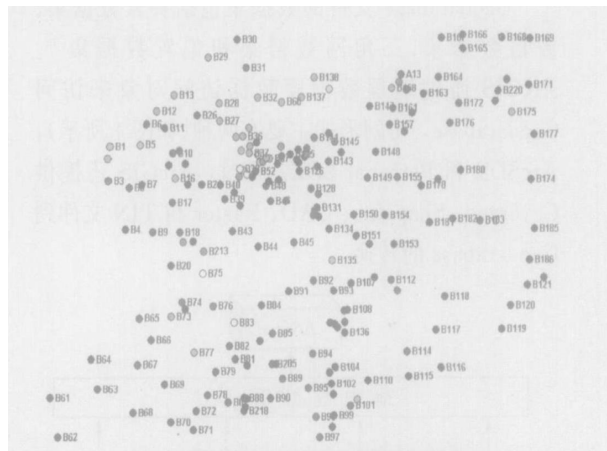


图4 洛阳市地下水水质监测点分布图

5 结论

在城市水资源管理中采用 Geodatabase 地理数据模型,可以更方便地对与城市水资源相关的空间数据和属性数据进行统一管理,充分利用关系数据库强大的结构化查询功能,提高日常办公的效率,改善上交报表的准确性和合理性,同时由于系统的管理类似于传统的关系数据库(如 SQL Server, Access 等),降低了系统应用的技术难度。

基于 Geodatabase 地理数据模型的城市水资源管理系统达到了预期的设计效果,提高了管理和办

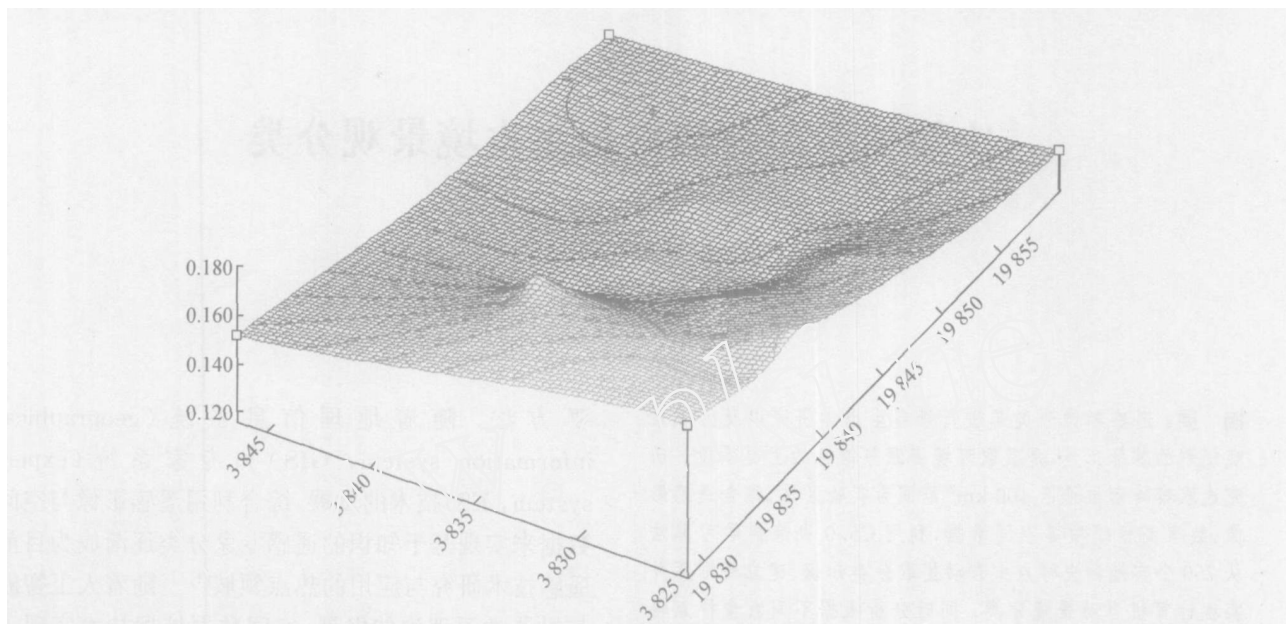


图5 洛阳市地下水水位三维效果图(单位: km)

公手段,在实际应用中证明优于第二代地理数据模型Coverage。随着Geodatabase数据模型的不断完善,这种城市水资源管理的解决方案将具有更为广阔的应用前景,也给城市其他资源以及设施的管理提供以技术路线上的参考。

参考文献 (References)

- [1] 王宗祯, 王苏建, 向小民 GIS 空间数据库技术 [J]. 中国三峡建设, 1998, (2): 29~32
WANG Zongzhen, WANG Sujian, XIANG Xiaomin. GIS spatial database technology [J]. *Chinese Sanxia Construction*, 1998, (2): 29~32 (in Chinese)
- [2] 杨燕雄 地理信息系统(GIS)在水资源管理中的应用 [J]. 河北水利水电技术, 2001, (3): 27~29
YANG Yanxiong. Application of GIS in Water Resource Management [J]. *Technology of Hebei Hydraulic and Hydropower*, 2001, (3): 27~29 (in Chinese)
- [3] 宫辉力 GIS 技术支持下的城市水资源管理 [J]. 工程勘察, 1998, (1): 29~32
GONG Huili. GIS supported urban water resource management [J]. *Geotechnical Investigation & Surveying*, 1998, (1): 29~32 (in Chinese)
- [4] 姚鹤岭 GIS 在水资源综合开发中的应用 [J]. 人民黄河, 2000, 22(3): 19~21
YAO Heling. Application of GIS in water resource development [J]. *Yellow River*, 2000, 22(3): 19~21 (in Chinese)
- [5] 李相明 遥感和地理信息系统在水资源管理中的应用 [J]. 枣庄师专学报, 2001, 18(2): 49~52
LI Xiangming. The role of RS and GIS in water resource management [J]. *J Zaozhuang Teacher's College*, 2001, 18(2): 49~52 (in Chinese)
- [6] 尹魁浩, 翁立达 地理信息系统技术在水资源开发利用和保护领域中的应用 [J]. 水资源保护, 1999, (3): 10~15
YN Kuihao, WENG Lida. Application of GIS in water resource development, utilization and protection [J]. *Water Resource Protection*, 1999, (3): 10~15 (in Chinese)
- [7] 陈刚, 陈植华, 李门楼, 等 基于GIS的城市水资源管理信息系统 [J]. 水文地质工程地质, 1998, (6): 4~6
CHEN Gang, CHEN Zhihua, LI Menlou, et al. GIS-based urban water resource MIS [J]. *Hydrogeology and Engineering Geology*, 1998, (6): 4~6 (in Chinese)
- [8] MacDonald A. Building a Geodatabase [M]. USA: ESRI Press, 2001
- [9] 程昌秀, 周成虎, 陆峰 Arcinfo 8 中面向对象空间数据模型的应用 [J]. 地球信息科学, 2002, (1): 86~90
CHENG Changxiu, ZHOU Chenghu, LU Feng. The application study on object-oriented spatial data model in Arcinfo 8 [J]. *Geo-Information Science*, 2002, (1): 86~90 (in Chinese)
- [10] Steve Grise Water Utilities-ArcGIS Data Models [EB/OL]. [2005]. <http://www.esri.com>.
- [11] ESRI ArcFM Water: AM/FM/GIS for Water Utility Systems [Z]. ESRI White Paper, 2000
- [12] ESRI ArcFM™ 8 GIS for Utilities [EB/OL]. [2005]. <http://www.esri.com>.
- [13] 陆朝晖, 赵小红, 朱晓眠 Arc Facilities Management——基于ARC/INFO 的功能强大的公共事业应用程序 [J]. 计算机应用研究, 2000, (4): 106~108
LU Chaohui, ZHAO Xiaohong, ZHU Xiaomin. Arc facilities management—Arcinfo—based public facilities management program [J]. *Computer Application Research*, 2000, (4): 106~108 (in Chinese)