

三峡—葛洲坝区间水环境决策支持系统的开发^{*}

张友静¹, 张元教¹, 姚 琪²

(1. 河海大学土木工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学水文水资源及环境学院, 江苏 南京 210098)

摘要 结合三峡—葛洲坝水环境决策支持系统的研究, 在分析系统数据源的基础上, 利用 GIS 进行数据组织, 探讨了系统结构的设计、系统集成与开发的模式, 联合应用 GIS 技术和可视化技术开发出一个实用的水环境决策支持系统, 并成功地应用于大江截流前后的数据管理、查询及水环境辅助决策。

关键词 水环境 决策支持系统 地理信息系统 系统开发

中图分类号 X321 P208

文献标识码 A

文章编号 1000-1980(2001)02-0087-04

水环境要素具有特定的地理属性, 采用地理信息系统(GIS)技术和数据库管理系统(DBMS)可以有效地进行空间数据库管理。但以数据采集、信息存储、管理和查询功能为主的 GIS 本身, 由于缺乏复杂的区域水环境分析、预测等方面的专业模型, 而不能满足区域水环境决策支持的需求。与此相对应的是, 在水环境领域, 许多具有很大实用价值的应用模型如水质水量模型等, 由于缺乏直观友好的图形界面和对水环境数据空间分析、查询和可视化等方面的支持, 因而不能充分发挥其效能, 也难以实现辅助决策支持。同时, 这些模型的输入输出数据因缺乏有效的统一管理, 往往依附具体程序, 因而独立性较差。因此, 合理设计系统结构, 探讨系统集成方式, 建立水环境决策支持决策机制, 有效地组织系统数据和功能调用, 综合发挥 GIS 和各专业应用模型的优势, 实现区域水环境决策支持对系统的需求, 是目前该领域亟待解决的重要课题。本文结合三峡—葛洲坝水环境决策支持系统的研究, 探讨了系统数据组织、系统结构的设计与系统集成模式, 并联合应用 GIS 技术和可视化技术开发出一个实用的水环境决策支持系统。

1 系统数据组织与结构设计

数据库系统是决策支持系统的重要组成部分。其主要任务是有效地组织和管理数据, 主要功能是数据管理、信息查询, 并支持模型运算和决策。

1.1 系统数据源及其分类

根据两坝间水环境决策支持系统的目的、任务、功能, 系统数据源按其类型和作用可分为: (a) 研究区背景数据库: 包括区域自然、社会、经济背景数据、区域水利设施、监测站点和污染源分布以及研究区内有关录像、照片、音乐等多媒体数据; (b) 研究区水质、水量监测数据: 包括各监测断面各年的水质监测成果和各水文站点各年水位、流量监测成果; (c) 研究区水质、水量模拟计算数据: 包括一维模拟计算数据、二维模拟计算数据、三维模拟计算数据; (d) 研究区水环境评价数据库: 包括水质评价等标污染数据库, 工业、农业、生活污染源评价等数据库; (e) 研究区水污染预测数据库: 包括工业、农业、生活、流动污染源预测等数据库; (f) 水环境控制决策边界条件: 包括决策项目、决策边界条件等数据库; (g) 水质标准及法规、条例等数据: 包括地面水环境质量标准、综合排放标准以及相关法律、法规。

1.2 系统数据组织

根据系统数据分类和数据库结构设计, 即可建立各类数据库。但这些数据库必须合理有效地组织才能构成一个有机的整体, 最大限度地发挥其在整个系统中的作用与效能, 支持模型与决策对数据库的需求, 实现对系统数据的高效管理。根据系统数据的特点和数据库管理的要求可将系统数据分为 3 类, 即地理数据、属

收稿日期 2000-03-15

作者简介 张友静(1955—), 男, 江苏南京人, 副教授, 主要从事地理信息系统、遥感技术的开发与应用。

^{*} 参加本项工作的还有丁贤荣、徐健等。

性数据和文本数据. 系统对各类数据实行分类组织、统一管理的策略, 即地理数据由 GIS 工具 Mapinfo 组织, 非地理数据由 RDBMS 管理. 文本数据由文件系统管理, 系统数据的组织结构如图 1 所示.

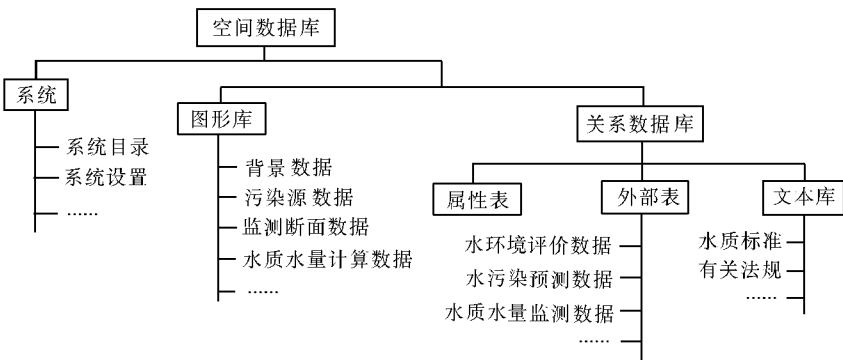


图 1 系统数据组织逻辑结构

Fig.1 Logic structure for system data organization

1.3 系统结构设计与系统集成方法

1.3.1 系统结构设计

水环境决策支持系统, 应能有效地管理空间数据和属性数据, 支持各类专业的分析模型, 有效地组织系统数据和功能调用. 因此, 必须合理设计系统结构, 探讨系统集成方式, 以综合发挥 GIS 和各专业应用模型的优势. 根据上述, 本文建立了如图 2 所示的系统结构. 由图 2 可见, 水环境决策支持系统由两库结构组成, 即数据库和模型方法库. 由于水环境数据是空间数据, 因而需要同时管理和表达这些数据的空间性及其属性特征. 因此本研究采用的数据库由传统的事务数据库扩展为空间数据库. 这一扩展, 不仅有效地实现了空间数据的管理, 准确地描述了传统事务数据库难以表达的水质、水量数据及其空间变化过程, 而且可为决策者提供清晰的空间概念. 模型-方法子系统由一系列用户模型和各种算法构成. 其主要任务是对给定的决策目标提供问题求解和分析的算法. 在问题求解的过程中, 各模型与方法通过特定的接口与数据库相联, 调用和返回数据. 对话子系统是系统与用户交互的界面, 采用可视化技术和 GIS 技术进行设计与开发, 窗口界面友好、灵活, 用户可方便地在地图窗口、统计图形窗口以及数据表格输入/输出窗口界面等进行操作, 实现图形显示、编辑, 双向查询、统计分析、决策目标的构建与参数输入等. 本系统还将模型运算结果数据以可视化的形式嵌入地图窗口, 使用户方便地获取河道中任意点的水质状况, 从而为常规水质预测和突发污染事件情况下的水质控制决策提供了准确的空间参照.

1.3.2 系统集成方法

由系统结构可知, 系统有效集成的关键在于实现 3 个子系统之间的数据传输和系统功能调用. 因此, 系统间的接口设计是系统功能实现的重要一环, 也是系统效率的重要体现. 系统接口主要包括两大类:

a. 应用程序接口: 包括各应用程序的调用. 根据系统各模型和方法所用编程语言和运行环境的不同, 本系统分别采用 OLE(对象连接嵌入) 技术、DLL(动态连接库) 方式和 WINDOWS 的 API 函数进行应用程序的调用.

(a) GIS 功能调用. 本系统采用桌面 GIS Mapinfo 进行空间数据管理. 如区域地图显示、图形操作、图-属双向查询、图层控制、数据管理等功能, 均采用 OLE 方式调用 Mapinfo 予以实现, 从而体现了 GIS 后台管理的特点. (b) 模型计算程序调用. 本系统根据各种编程语言的特点, 采用 DLL 动态连接库方式和 API 函数方式调用, 并通过参数设置保持统一的系统界面. (c) WINDOWS 功能调用. 在 WINDOWS 操作系统平台上的实用系统, 可充分利用其丰富的资源为实用系统服务.

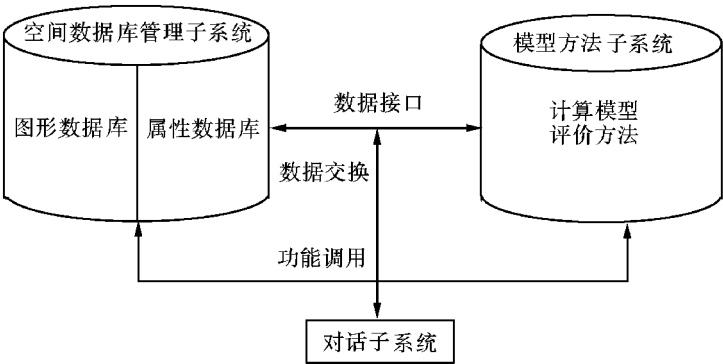


图 2 系统结构

Fig.2 System structure

其调用方式可采用 API 函数或 DLL 动态连接库方式. 本系统的多项功能均采用这种方式实现. 上述应用程序接口的设计, 不仅运用了目前较为先进的应用程序接口技术, 而且接口的多样化保证了多平台多种编程语言的灵活调用, 系统集成的平台和语言兼容性较高.

b. 数据接口 主要指应用程序与数据库的数据交换, 以及不同编程语言之间的数据交换, 并以读数据库的方式进行. 各种高级编程语言一般均可按指定路径和库结构实现程序所需数据的调用. 写数据库时, 则有两种形式: 一是直接写入数据库, 这可由文本文件转入或通过编程写入; 二是编程转入 GIS 属性数据库, 以便计算结果可以图形的方式可视化地表达在地图背景中. 这种集成模式的特点是: (a) 具有统一的用户界面和表面无缝的操作环境; (b) 数据库与模型方法的数据传输及系统的功能调用, 可通过接口程序实现; (c) 两库既相互独立又相互联系, 在统一管理下实现系统的集成.

此外, 系统还进行了与互联网的连接, 实现了系统信息的发布和网上信息的利用.

2 系统功能的开发与实现

系统由文件、区域基本信息、水环境要素查询、水质水量计算模型、水环境评价、决策分析及污染事故等模块组成. 各模块可独立完成系统的某项功能, 也可通过系统功能调用实现功能的组合. 以下简述系统的几项主要功能.

2.1 系统信息的双向查询

本系统提供两类数据查询方法, 即基于图形-属性库的双向查询(由图形查属性、由属性查图形)和 SQL 查询. 前者可使用户从图形界面上, 直接用鼠标点击方式获取图形的属性信息, 或键盘输入属性条件, 查询满足条件的空间实体的空间分布. 后者则可对 DBF、MDB 类型的数据库进行查询操作, 检索满足条件的数据项和数据记录. 具体包括: (a) 研究区背景信息查询. 以双向查询方式进行污染源分布、监测断面分布及监测数据的查询, 以及行政、交通、地形等信息的查询. 如用户可对任意污染源进行查询以了解污染源的信息及其在空间上和时间上的变化. (b) 监测数据查询. 由于监测数据包括常规监测和阶段监测, 因而该类数据可用两类查询方法. 如监测断面上监测数据可直接用图形方式查询; 而存放在数据库中的常规水质、水量数据, 如某站、某年的水位数据, 则由 SQL 方法获取. (c) 水质、水量模型计算结果查询. 模型计算结果必须可视化, 才能有效地辅助决策者, 并增强其对计算结果的时空感. 可视化中除以图形方式为决策者提供颜色的视觉信息, 还可为其提供感兴趣位置如污染源或保护区位置上的数值信息, 从而可从宏观和微观相结合的角度准确把握辅助决策信息, 为决策服务. 如对二维污染浓度场模拟计算数据, 系统以图层数据与属性数据相结合的方式, 调用 GIS 工具 Mapinfo 予以表达. 决策者不仅可从地图窗口中通过颜色了解水质数据的空间变化, 而且可通过信息查询的方式具体了解各格网单元的水质数值. (d) 水环境评价、预测结果查询. 水环境评价、预测数据是两坝间河道整体及各站点水质状况的描述, 可用统计图、表等表达. 为方便系统用户, 系统将其集成于统一界面下, 用户可以鼠标直接查询研究区各站、各实测年或水平年(预测年)水污染状况以及各类污染物所占的比例等.

2.2 模型计算——科学计算可视化的技术实现

为了直观高效地表达模型运算结果, 必须进行科学计算的可视化处理. 也即利用计算机实现对数据和信息的理解, 并转换为视觉呈现给用户, 以使用户的视觉系统更有效地探究数据间的相互关系, 揭示包含在数据中的模式和信息. 在科学计算可视化的基础上进行信息查询, 不仅可以细化对目标的认识, 而且可以定量了解目标间的相互关系, 如水污染对保护目标的影响. 因此, 对模型计算结果的可视化查询是决策支持的重要手段之一, 它可以向决策者提供更为直观和详尽的辅助信息, 以支持决策. 其技术实现的流程如图 3 所示.

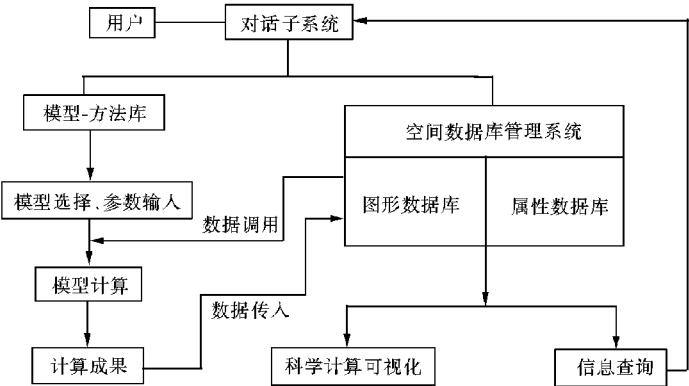


图 3 模型计算-可视化-信息查询流程

Fig.3 Flow of model calculation-visualization-information querying

2.3 辅助决策的技术实现

对于给定的决策目标,通过对话子系统前馈至系统,系统根据所选模型和边界条件调用相应的数据进行计算与评价,并通过可视化信息查询将决策结果后馈于决策者予以判断,如果不满足要求,可调整参数或模型,重复上述流程,直至获取最佳结果.其实现机制如图 4 所示.

3 结 语

- a. 采用空间数据库进行系统数据组织与管理,不仅有效地实现了空间数据的管理,准确描述了传统事务数据库难以表达的水质、水量数据及其空间变化,而且可为决策者提供清晰的空间概念.
- b. 系统采用 OLE 技术、DLL 方式和 WINDOWS 的 API 函数进行 GIS 系统与专业应用模型之间的调用,通过对共同数据的读写操作实现系统数据传输.这种系统集成方式使数据和应用功能具有统一的用户界面和表面无缝的操作环境.
- c. 联合应用 GIS 技术和科学计算可视化技术,实现了模型计算成果的可视化.前馈、后馈机制的实现为决策提供了有效的支持.
- d. 进一步的研究是水环境决策支持系统的智能化.这需要建立知识库和专家系统并使其实用化.

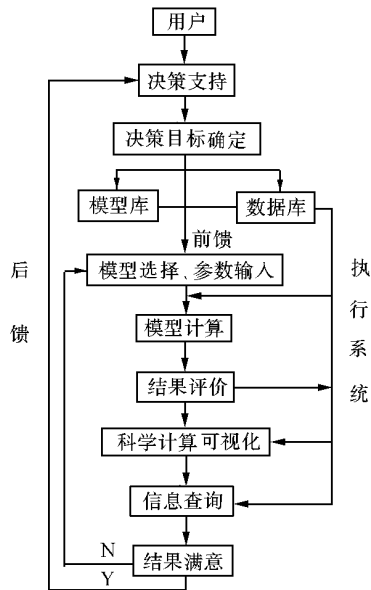


图 4 辅助决策支持机制实现流程
Fig.4 Aided decision support mechanism

参考文献：

[1] 边馥蓉.地理信息系统原理和方法[M].北京:测绘出版社,1996.48~52.
[2] 王桥,魏斌.地理信息系统在我国环境保护中的应用[J].测绘通报,1999,(10):10~13.
[3] 张犁.GIS系统集成的理论与实践[J].地理学报,1996,(4):306~308.

Development of DSS for Water Environment between Three Gorges and Gezhouba

ZHANG You-jing¹, ZHANG Yuan-jiao¹, YAO Qi²

(1. College of Civil Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;
2. College of Water Resources and Environment, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract A Decision Support System (DSS) for water environment between Three Gorges and Gezhouba is developed. On the basis of analysis of the system and by use of GIS for data organization, the design and integration of the system is discussed. By application of GIS and Visualization Technology, a practical water environment DSS is developed, and is successfully applied to data management, information query, assistant decision making before and after the closure of the Three Gorges dam.

Key words water environment ; Decision Support System ; Geographic Information System ; system development