

文章编号: 1007-6301 (2003) 05-0472-07

# 黄河流域水循环地理信息系统 平台构建初探

李道峰<sup>1</sup>, 刘昌明<sup>1,2</sup>

(1. 北京师范大学环境科学研究所, 水环境模拟国家重点实验室, 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100875;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100010)

**摘 要:** 本文探讨了地理信息系统在水文学研究中的一般模式, 应用 GIS 与水文模型松散结合的方式, 采用 M S-V isualBasic 可视化开发语言, 以 ESR IM apO bject 地理信息系统组件为基础, 构建了黄河流域水循环地理信息系统平台。将所涉及到的黄河流域水循环各类数据统一坐标、统一格式储存到平台中, 为黄河流域水循环要素和水文过程研究提供数据支持。

**关 键 词:** 黄河流域; 地理信息系统平台; M apO bject; 属性数据库平台;

**中图分类号:** P344; N941

地理信息系统 (Geographical Information System, GIS) 是一种决策支持系统, 其最主要特点在于存储和处理的信息是经过地理编码的空间信息、地理位置及与该位置有关的地物属性信息。从根本上说, GIS 包括空间信息的组织管理、分析提取以及信息表达三方面的主要功能<sup>[1,2]</sup>。研究黄河流域水循环要素的时空分布规律涉及到大量的空间数据和属性数据, 这些数据来源于不同渠道, 有着不同的空间存储格式, 利用 GIS 技术对黄河流域水循环要素各类数据进行有效的组织和管理, 对研究黄河流域水文过程提供有力的数据支持。本文在可视化编程语言 M S-V isualBasic 和地理信息系统组件 M apO bject 基础上建立黄河流域水循环地理信息系统平台, 为黄河流域水循环研究工作提供数据支持<sup>[3]</sup>。

## 1 地理信息系统在水文学研究中的一般模式

GIS 在水文学研究中最基本的功能是为研究过程提供数据平台<sup>[4]</sup>, 当前 GIS 与水文模型的结合方式归纳起来主要有以下四种 (图 1)。

### 1.1 GIS 功能嵌入模型中

将 GIS 作为工具建立专业的水文模型, 给水文模型系统设计以最大的自由空间, 执行

收稿日期: 2003-06; 修订日期: 2003-07

基金项目: 国家重点基础发展规划项目 [黄河流域水资源演化与可再生性维持机理, 编号: G1999043601 (973)] 资助

作者简介: 李道峰 (1975-), 男, 黑龙江省哈尔滨市人, 北京师范大学环境科学研究所博士后, 从事水资源、水环境和遥感 GIS 应用研究。E-mail: ldao Feng@sina.com

起来不受任何 GIS 数据结构限制, 灵活性大, 可以根据实际的需要定义数据结构。不足之处在于水文模型软件包中的数据分析管理和可视化功能不及商业 GIS 软件。另外, 需要进行大量的底层程序设计和开发, 任务繁重。最新版本的 RiverCAD、HEC-RAS2.0、RiverTools 和 MODFLOW 等水文模型都采用这种方法。

1.2 模型嵌入 GIS 软件中

近年来, 许多 GIS 软件都增强了水文分析和建模功能, 美国陆军工程师协会率先开发了 HEC-SAS 水文模块<sup>[5]</sup>, 紧接着一些功能卓越的专业水文模块相继诞生, 增加了许多建模功能。其中一些已经被置入优秀的 GIS 软件中, 如 ESR I 公司的 ArcStom 和 ArcGrid 模块, Integraph 公司的 InRoads 模块等等。不足之处是建模能力相对简单, 模型的检验和校准工作常常需要与其他工具同时配合进行。

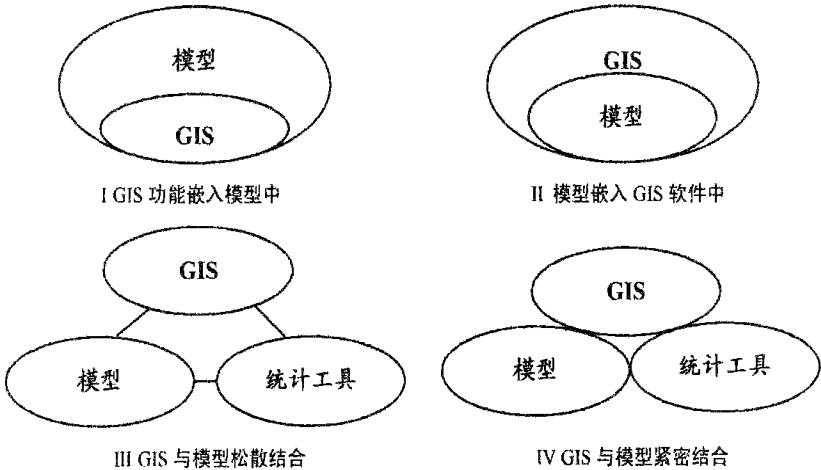


图 1 GIS 与水文模型四种结合方式

Fig. 1 Four combination methods of GIS and hydrological models

1.3 GIS 与模型松散结合

该结合方式包括标准的 GIS 软件<sup>[6]</sup> (如 Arc/Info) 和专业的水文建模软件 (如 HEC-1, HEC-2, STORM 等) 或者统计软件 (如 SAS, SPSS 等), 水文模型和 GIS 软件通过 ASCII 或二进制文件进行空间数据格式的转换, 这些不同的软件没有一个公用的用户界面。该方式最大优点是不需要大量冗余的编程过程, 但是在几个软件之间进行数据交换十分复杂, 容易出现错误。

1.4 GIS 与模型紧密结合

这种方法将几个水文模型置于一个通用的 GIS 软件中, 通过 GIS 软件的二次开发语言, 根据需要开发水文模型系统, 越来越多的 GIS 软件提供宏编程语言 (如 ESR I 公司的 Avenue 和 AML 语言), 能够将一系列单独的命令通过开发特定的用户界面使之集中到一起使用。但这种二次开发语言很少能够完成复杂的模型, 目前替代方案是将用户编写的程序结合到 GIS 中<sup>[7]</sup>。

以上水文模型和 GIS 的四种结合方式目前应用最为广泛<sup>[8~10]</sup>。GIS 在水文学中的应用已经从最简单的数据处理、管理和查询, 水文模型参数的估算发展到分布式水文模型的有

效性测试, 从作为制图和可视化工具发展到进行水文暴雨径流过程的建模和管理等。

目前, GIS 对空间数据和属性数据的获取、存储、分析和显示功能已经非常成熟, 可为水文模型提供非常详尽的描述。GIS 在水文学中的应用, 使基于物理过程的水文模型得到了很大的发展, 可以利用上千个具有异质性的空间单元进行水文模拟。在管理空间水文数据、由基础数据生成新数据、自动获取水文模型参数、水文建模、分析计算和结果可视化等方面, GIS 在水文模型中都起到了不可替代的作用。

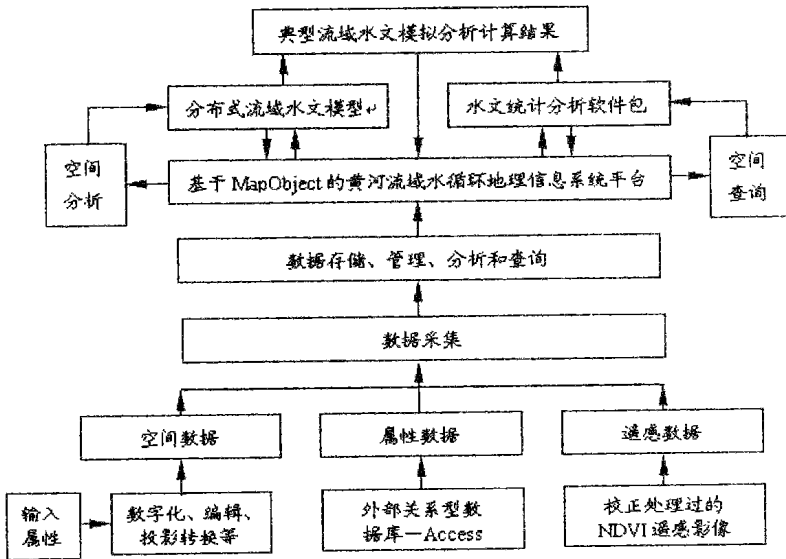


图 2 GIS 与水文学研究结合的一般模式

Fig. 2 General combination pattern of GIS and hydrology

笔者采用水文模型与 GIS 松散结合的方式, 初步构建了基于组件式的黄河流域水循环地理信息系统平台, 利用已有的水文模型工具和第三方提供的水文统计软件进行模拟研究, 其基本的模式如图 2 所示。

## 2 黄河流域水循环地理信息系统平台构建

本文建立的黄河流域水循环地理信息系统平台(图版III, 图 3)是一种开放的, 基于 GIS 组件 MapObject 开发的信息系统。MapObject 是一系列针对地图和 GIS 控件自动化对象的集合体, 它包括一个标准的 ActiveX 控件和一组可编程 ActiveX 自动化对象, 通过该对象在应用程序中添加图层数据和 GIS 功能。该地理信息系统平台建立的目标主要为实现以下功能: 支持 ESR I 的矢量数据格式 shape 图层、空间数据引擎层和大多数栅格数据 (BM P、TIF 等); 支持地理编码匹配; 通过微软 ODBC 可链接多种类型的外部关系型数据库;

用标准的 SQL 语句进行数据特征的选择和查询; 将数据转化为多个图层, 可以实现图层数据的漫游和自由缩放; 支持如饼图、条状图、分级符号等专题地图制作; 以文本的形式进行地理标注和定位; 使用事件跟踪层实现动态数据显示。

构建的黄河流域水循环地理信息系统平台主要特点有:

1. 双重控制: 系统采用菜单和工具按钮双重控制方式, 两种操作方式可以随意切换。
2. 二级复选菜单: 利用二级复选菜单中任一数据图层的转换, 实现该数据图层是否显示。当选择的数据与正在显示数据的区域相同, 只处理所选择数据的图层; 如果选择的数据与当前显示的区域不同, 则系统会首先将显示的中心区域移动到所选区域。
3. 形象化按钮: 工具条中全部放置形象化按钮, 包括打印、图层属性、查找、匹配地址、全图显示、活动层显示、放大、缩小、漫游、查询属性、空间分析、绘图、数据属性列表和绘图工具按钮(文字、点、线、矩形、多边形、椭圆)共 19 个按钮。
4. 选取切换: 在显示图层数据时, 可以从菜单中直接选取或关闭所选区域的任意图层及图层组合, 也可以选取“显示全图”菜单中所选的图层数据。
5. 专题图制作: 系统设计了强大的专题图制作功能, 可以根据空间数据不同的属性值实现单一值、唯一值、多层次分级、标注和高级标注显示等专题图制作(图版Ⅲ, 图 4)。
6. 属性数据查询显示: 对指定的数据层实现属性数据的查询显示和管理(图版Ⅲ, 图 5)。
7. 空间数据要素提取分析: 在选定数据层中, 根据划定不同形状的区域, 可以提取原数据图层中的空间信息和属性信息, 并生成新的数据图层单独存储。

### 3 属性数据库平台的构建

黄河流域水循环地理信息系统后台关系型数据库平台用来管理诸如气象水文资料等属性数据。目前可用到的数据库平台很多, 比较著名的如 Oracle、Sunbase、Foxpro 和 Microsoft Office 系列软件 Access 等。根据实际工作情况, 在建库时要兼顾数据库功能的完备性、与前台 GIS 平台的兼容性、数据库软件的通用性以及开发成本的廉价性等因素。综合几方面考虑, 本文选择应用领域广泛的 MS-Access 数据库管理属性数据。

MS-Access 数据库平台是功能强大的关系型数据库(RDBMS), 可以根据处理数据的特点定义数据格式, 具有操作管理数据和控制数据等功能。由于 Access 是面向 Windows 的应用程序, 因此可以使用动态数据交换、对象链接与嵌入以及 ActiveX 定制控件的所有技术, 在 Access 的报表和窗体中, 可以使用 ActiveX 控件来增强数据库的可操作性。Access 可以支持大量数据格式和兼容多种其他数据库文件结构, 其中包括 Windows 文本文件、Excel 电子表格、DBASE 和 Foxpro 等数据文件。另外, Access 可以支持与开放性数据库链接(ODBC)标准的数据库一起操作。前台黄河流域 GIS 界面平台可动态链接后台 Access 关系型数据库, 并且可以随时管理后台数据库。在 Access 中编辑、修改和查询过的属性数据可以在 GIS 平台中跟踪显示(图版Ⅲ, 图 6)。

### 4 黄河流域水循环地理信息系统数据表达

在黄河流域水循环地理信息系统平台中, 把基本数据按数据源分为原始数据集、中间数据集和最终数据集三大类。图版Ⅲ, 图 7 为 GIS 平台建设过程中放入的一些数据示例。

笔者将分析问题的基础数据称为原始数据集, 即未被处理和修改过的第一手数据。这

类数据包括黄河流域各气象水文测站的观测资料、测站的属性信息、流域空间特征和流域遥感影像资料等。

中间数据集是基于原始数据，利用地理信息系统软件分析和查询功能生成的数据。这类数据是水文模型中需要输入的 necessary 资料，该数据具有一定的独立性，因此在管理过程中与原始数据分开独立存储，如面降雨量、经过投影变换的土地利用和土壤类型栅格数据等。最终数据集是模拟分析后产生的结果，是由原始数据和中间数据经过处理计算得到的，该数据并不具有独立性，由于结果具有相对重要的意义，不同的模型输出的结果通常又比较稳定，因此对该类数据也进行单独存储。这类数据较多，类型也不同。

#### 4.1 空间数据管理

空间数据的管理主要包括两个方面，一方面是针对具有不同属性的空间数据进行分层管理，转化为统一的文件格式。矢量数据以 ESR I 公司标准的 shape 文件格式存储，栅格数据以 grid 文件格式存储，遥感数据以标准的 image 图像格式存储。另一方面，把不同的空间数据，特别是来源不同的空间数据，经过统一的投影变换，使之在同一坐标系中，这为以后数据的叠加分析和计算提供前提。本文将所有涉及到黄河流域水循环要素的空间数据都转换为 Albers 等积方位投影，其参数如表 1 所示。

表 1 黄河流域水循环地理信息系统平台数据投影参数表

Tab. 1 Projection parameters of the GIS platform of water cycle of the Yellow River basin

第一标准纬线	第二标准纬线	中央经纬线	变形椭圆柱	单位
33 °	39 °	108 °	Krasovsky	Meters

#### 4.2 属性数据管理

对属性数据的管理主要依据后台的关系型数据库来实现，本文以 MS-Access 软件为数据库平台，以黄河流域水循环地理信息系统平台为前台界面调用该数据库数据，对属性数据进行分类管理。将属性数据按所代表的空间几何特征进行分类，分为点状属性数据（如代表水文站的实测值等）、线状数据（如代表河流的河长、坡度等）、面状数据（如代表不同区域土地利用类型等）。以代表点的属性数据为例，说明属性数据的管理方法。

在黄河流域水循环地理信息系统平台中点状属性数据主要包括各个气象、水文观测站的地理坐标、高程信息、控制面积及其不同时段内的气象和水文资料。笔者将不同的属性数据进行分类，建立相应的数据表，数据表之间通过关键字段进行连接，这样减小了数据量，实现数据管理的简化过程。在数据分类过程中，首先要对观测资料实行统一的编码，以编码为关键字段进行数据表的连接。本文对黄河流域气象测站属性数据采用全国气象站的统一编码格式，对水文测站采用黄河水利委员会水文局的数据编码格式。

### 5 结论与讨论

本文讨论了地理信息系统在水文学研究中的一般模式，将 GIS 与水文模型的结合划分为四种方式。应用 GIS 与水文模型松散结合的方式，采用 MS-Visual Basic 可视化开发语言，以 ESR IM apObject 地理信息系统组件为基础，建立了黄河流域水循环地理信息系统平

台。将所涉及到的黄河流域水循环各类数据统一坐标、统一格式储存到平台中, 为黄河流域水循环要素和过程研究提供数据支持。

采用构建的黄河流域水循环地理信息系统平台管理空间数据, 以 M S-A ccess 为后台数据库管理属性数据, 并实现二者的动态链接。对黄河流域的各类数据实行统一的编码管理, 并对研究中的原始数据集、中间数据集和最终数据集实现分别存储和分类管理。

该平台构建仅属于通用信息平台, 与水文模型结合的不够紧密, 还要借助其它的工具和软件进行数据的处理和分析。因此, 在今后的工作中需要进一步加大力度, 在平台中增加水循环数据的基本处理功能、水文气象数据的分析功能以及与提供与水文模型的接口等。

## 参考文献

- [1] 张家庆, 张军. 九十年代 GIS 软件系统系统设计的思考. 测绘学报, 1994, 23 (2): 127~ 134.
- [2] 傅肃性. 地理信息系统的理论与应用发展. 地理科学进展, 2001, 20 (2): 192~ 199.
- [3] Schumann, A. H., Funke, R., Schultz, G. A., Application of a geographic information system for conceptual rainfall-runoff modeling. Journal of Hydrology. 2000, 240: 45~ 61.
- [4] Sui, D. Z., Maggio, R. C. Integrating GIS with hydrological modeling: practices, problems, and prospects. Computers, Environment and Urban System. 1999, (23): 33~ 51.
- [5] Davis, D. W.. Comprehensive flood plain studies using spatial data management techniques. Water Resource Bulletin. 1978, 14, 587~ 604.
- [6] Warwick, J. J., Haness, S. J. Efficiency of ARC/INFO GIS application to hydrological modeling. Journal of Water Resource Planning and Management. 1994, 120 (3): 366~ 380.
- [7] Goodchild, M. F.. Geographical information science. International Journal of Geographical Information System. 1992, (6), 31~ 54.
- [8] 何延波, 杨琨. 遥感和地理信息系统在水文模型中的应用. 地质地球化学, 1999, 27 (2): 99~ 103.
- [9] 李纪人, 章四龙. 地理信息系统与流域水文模拟. 水科学进展, 1995, 6 (4).
- [10] 魏文秋, 于建营. 地理信息系统在水文学和水资源管理中的应用. 水科学进展, 1997, 8 (3): 298~ 300.

## Preliminary Establishment of the GIS Platform of Water Cycle of the Yellow River Basin

L I Daofeng<sup>1</sup>, L I U Changming<sup>1,2</sup>

(1. State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control,  
Key Laboratory for Water and Sediment Sciences of Ministry of Education,

Institute of Environmental Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101)

**Abstract:** Geography Information System (GIS) is a decision support system, and its primary characteristic is relevant to the deposited and processed information by geographical coding, including spatial, geographical location and attributes of the land objects as to the

location. The authors discussed the general application patterns of GIS in hydrology and water resources. Using relaxed combination mode of GIS and hydrological models, the GIS platform of water cycle of the Yellow River Basin was established with MS-Visual Basic visualized developing language based on one component of ESRI MapObject GIS. The background relational database, i. e. MS-Access database, was used to construct the GIS platform of water cycle of the Yellow River Basin, automatically linking to the foregrounding interface of GIS. All kinds of data related to water cycle of the Yellow River Basin, including original data set, mid data set and ultimate data set were saved in the platform with uniform coordinate and uniform format, which supplied data support for the study of water cycle elements and process of the Yellow River Basin.

**Key words:** the Yellow River basin; platform of GIS; MapObject; platform of attribute database

图版III  
李道峰等：黄河流域水循环地理信息系统平台构建初探

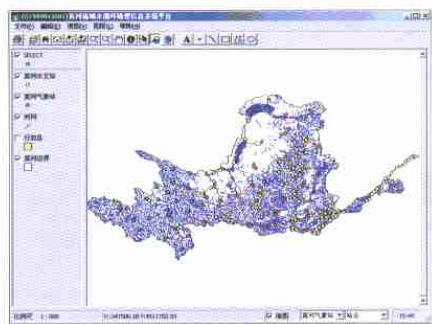


图 3 黄河流域水循环地理信息系统平台  
Fig. 3 GIS platform of water cycle of the Yellow River basin

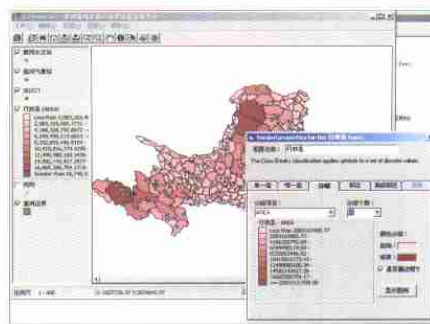


图 4 专题图制作  
Fig. 4 Theme mapping



图 5 属性数据查询显示  
Fig. 5 Inquiring display of attribute data



图 6 后台关系型数据库  
Fig. 6 Linkage of relational database

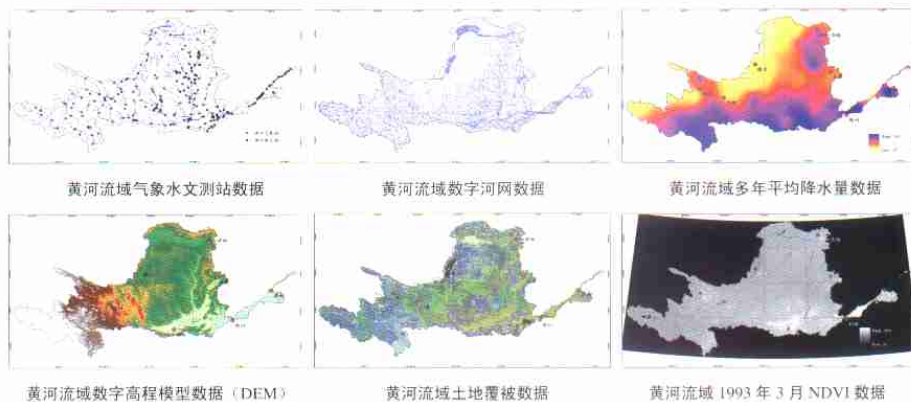


图 7 黄河流域水循环地理信息系统平台存储数据示例  
Fig. 7 Data example display of the GIS platform of water cycle of the Yellow River basin