

文章编号: 1007 4619(2006) 03 0319 07

# 基于组件式 GIS 的城市环保信息系统的 研制与应用

梁寒冬<sup>1</sup>, 陈卫兵<sup>2</sup>, 陈超<sup>2</sup>, 刁劲辉<sup>2</sup>, 乔彦友<sup>1</sup>, 赵健<sup>1</sup>, 荐军<sup>1</sup>

(1 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101; 2 扬州市环保局, 江苏 扬州 225007)

**摘要:** 在分析国内城市环保信息化现状的基础上, 对基于组件式 GIS 的城市环保信息系统进行了整体设计, 探讨了系统的总体结构、数据组织和功能设计, 阐述了系统的开发环境、元数据和系统集成等关键技术。以扬州市为例, 建立了扬州环保信息系统, 包括环保 GIS 基础信息共享平台和污染源管理子系统, 实现了环境信息的空间化、可视化管理, 以及沿河污染源分析、河流水质预测等一系列高级分析功能, 为扬州市环境保护工作提供了科学的决策依据。

**关键词:** 环保信息系统; 组件式 GIS; 数据共享

**中图分类号:** P208      **文献标识码:** A

## Study and Application of the Urban Environmental Protection Information System Based on ComGIS

LIANG Han-dong<sup>1</sup>, CHEN Wei-bing<sup>2</sup>, CHEN Chao<sup>2</sup>, DIAO Jin-hui<sup>2</sup>,QIAO Yan-you<sup>1</sup>, ZHAO Jian<sup>1</sup>, JIAN Jun<sup>1</sup>

(1 Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China;

2 Yangzhou Environmental Protection Bureau, Jiangsu Yangzhou 225007, China)

**Abstract** Through analysis of present situation of Informational Construction in Urban Environmental Protection Bureaus of China, the Urban Environmental Protection Information System based on ComGIS is designed in this paper. Key technologies such as data organization and functionality designation are studied and development environment and integration technology are analyzed. Through analyzing the characteristics of environmental management of Yangzhou city and establishing urban environmental geo-spatial data base and attribute data base, Yangzhou Environmental Protection Information System was developed based on ComGIS, including Fundamental Map module, Accessing Data module, Geometry Object module, Output module, etc. as well as Fundamental Platform for Information sharing and Pollution Managing Subsystem. It realized visualization in managing information about environmental protection and provided scientific supports for Yangzhou environmental management.

**Key words** environmental protection information system; ComGIS; data sharing

## 1 引 言

城市环境保护是国家环保工作的基础和重点,

直接负责环境质量和污染源的监测、分析、统计和评价等, 掌握大量的基础数据, 是原始环境数据的产生源, 直接影响上级部门对环境状况的认知和有关环境决策, 因此在整个环保网络体系中处于重要地

收稿日期: 2005 05 08 修订日期: 2005 06 06

基金项目: 国家 863 项目 (2003AA135030) 资助。

作者简介: 梁寒冬 (1980—), 男, 2002 年毕业于武汉大学。现在中国科学院遥感应用研究所攻读硕士学位, 研究方向为地理信息系统。

E-mail: hdliaang94@yahoo.com.cn

©1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

位<sup>[1]</sup>。近年来,随着环境信息化建设的不断推进,城市环境管理工作的效率得到了很大提高。与此同时,基础数据的集中统一管理与共享,信息的深层次加工、分析,以及环境信息的空间表达、管理等也对城市环境信息系统建设提出了更高的要求。

由于环境信息有着典型的空间分布特征,而地理信息系统又是处理空间信息的有效工具,因此,在地理信息系统的支持下,开发与应用城市环保信息系统,不仅可以方便地实现环境信息的空间化、可视化管理,而且能对这些信息进行有效的监测、模拟、分析和评价,提供一般办公自动化系统不具备的从宏观到微观的空间数据管理、空间分析和环保模型应用等功能。从而既可以提高环境保护日常管理的质量和效率,又可以提升环境监督管理的层次,使环境管理与规划决策更为科学、快捷与准确。组件式GIS(CmGIS)是指采用了面向对象技术和组件式软件的GIS系统。它可直接嵌入MS开发工具,可扩展性好,开发成本低且周期短,因此,基于CmGIS的开发成为GIS应用系统开发的趋势<sup>[2]</sup>。

本文对基于CmGIS的城市环保信息系统的整体设计、技术实现及系统部分模块的应用情况进行探讨和研究。

## 2 系统设计

采用先进的GIS技术、数据库技术、网络技术和分布式计算等技术,结合中国城市环境管理业务和技术应用需要,设计城市环保信息系统,实现对环境空间信息的科学组织和有效管理,实现环境信息共享,使环境管理人员能够方便地对各种环境信息进行空间化、可视化管理。同时,引入专题模型,对各种环境问题进行预测、评价、规划以及模拟等分析。

### 2.1 总体结构设计

基于GIS的城市环保信息系统总体框架(图1)由4个主体部分构成:数据库、模型库、环境GIS基础信息共享平台和环境GIS应用系统。

数据库为整个系统提供数据支撑,包括空间数据库和非空间数据库两部分;模型库为各种环境问题进行模拟、预测、分析和评价提供模型支持,包括噪声预测、大气污染物扩散、水质预测及污染源评价等模型;环境GIS基础信息共享平台的任务是维护中心节点的数据库、模型库以及整个系统的安全和用户管理等;环境GIS应用系统提供各种具体应用功能,是GIS

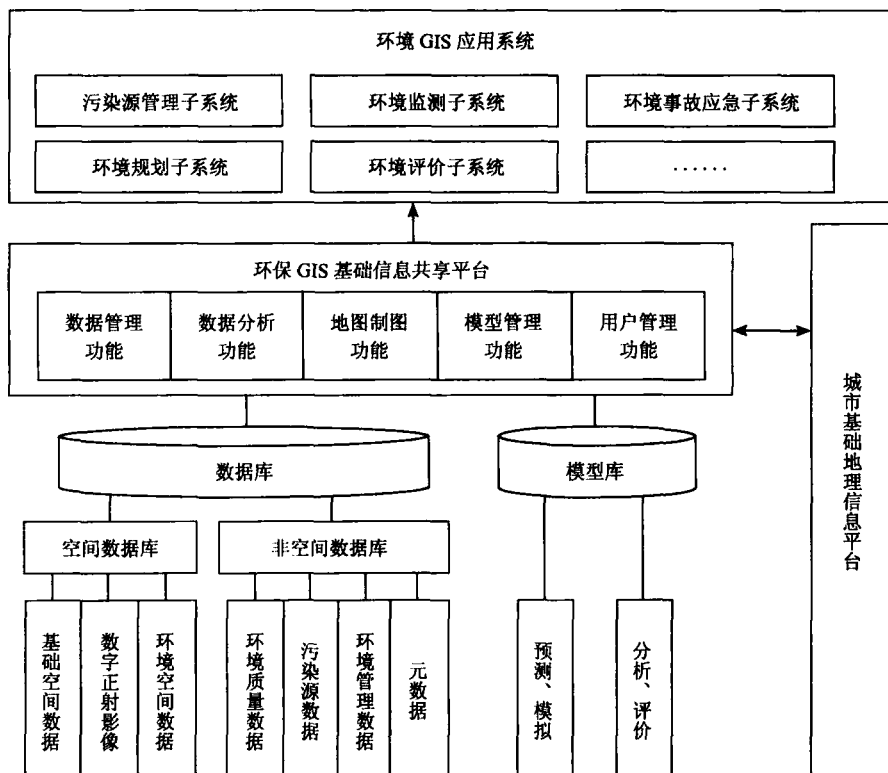


图 1 系统总体框架

Fig 1 System general framework

在环境管理工作中的具体应用, 包括污染源管理、环境规划、环境监测、环境评价、环境事故应急、建设项目管理及自然生态管理等一系列子系统。

此外, 该系统还要实现和城市基础地理信息平台连接, 城市基础地理信息平台存储了全市范围内的土地、房产、环保以及电力等各个部门公用的大比例尺基础地理空间数据, 后者将为该系统提供大比例尺基础地理数据。

## 2.2 数据库设计

数据管理采用空间数据和非空间数据一体化管理模式, 统一存储在关系型数据库中进行集中管理, 空间数据库采用流行的空间数据引擎技术 SDE 对空间数据进行“图属一体化”存储和管理, 实现基础环境数据集中存储, 各应用处室结合本部门专业数据分别建立应用的“中心节点+分节点”的分布式平台构架。

### 2.2.1 空间数据组织

包括如下三种数据:

**基础地理空间数据:** 是进行各种空间操作和环境分析的基础与底图背景。该数据库包括行政区划、道路、水系和土地利用等数据。可存放多个尺度的空间数据, 满足不同比例尺下的空间操作和分析要求。

**数字正射影像:** 是由航空摄影或其他遥感数据经纠正和消除地形影响后形成的数字图像, 是地表信息的真实反映。其叠加专题信息之后, 摆脱了传统专业线画图过于抽象的局限, 使地表信息更加直观、丰富。数字正射影像数据库也是进行环境管理与空间关系分析的重要背景和依据。

**环境空间数据:** 是指环境质量监测断面(站点)、工业污染源、排污口等各类环境要素空间分布的数据。

### 2.2.2 非空间数据库

围绕环境质量、污染源、环境管理及元数据 4 个主题, 组织、建立属性数据库。

环境质量数据为各类环境质量的监测数据, 包括水环境质量、大气环境质量和噪声环境质量等数据。

污染源数据包括点污染源和面状污染源。点污染源数据是指工业污染源数据。主要有排污申报、环境统计和 COD 在线监测等数据。面状污染源包括生活污染、农业污染等污染源数据。

环境管理数据为各个职能部门在日常管理工作中积累下来的数据, 与业务密切相关, 形式多样。包括信访、企业环境行为评价、行政处罚、绿色学校、清

洁生产、ISO 14000 认证等一系列数据。

城市环境数据元数据为环境数据集提供一套通用的描述元素及规范, 为整个系统的数据共享提供信息支持。

## 2.3 功能设计

环境 GIS 基础信息共享平台包括数据管理、数据分析、专题制图、模型管理和用户管理等功能模块。各应用子系统分别具有与其业务特征相适应的功能模块。污染源管理是城市环境管理的一项基础工作, 下面对污染源管理子系统进行系统功能分析。

采用 RATIONAL 公司的系统建模工具 ROSE 对其功能进行设计。它采用由用户需求驱动的系统设计模式, 可以保证对系统各种应有功能的精确设计。经过需求调研和分析, 抽取出了 30 余个系统用例, 并按照相关度组织为 7 个包, 分别为数据管理包、浏览功能包、查询功能包、数据编辑包、专题显示制图包、分析功能包和用户管理包。

其中, 分析功能是该系统的核心功能, 包括两部分: 一是普通分析功能, 包括常用 GIS 空间分析(如缓冲区分析、叠加分析和地图量算等)和对选择集的统计分析; 二是污染源专题分析功能, 包括总量控制分析、等标污染负荷分析、沿河污染源分析、COD 在线监测数据分析以及河流水质预测等功能, 用以评价、分析和预测各种污染物的排放等状况。

其他模块分别实现如下功能: 对系统数据资源进行读取使用、格式转换、入库等; 查询、浏览各种污染源专题信息和背景信息; 对污染源专题数据进行编辑, 用以满足污染源的变迁和更新需求; 地图的专题显示和制图输出; 系统用户的管理等。

其用例图如图 2 所示。

## 3 技术实现

### 3.1 开发环境

#### 3.1.1 AO 技术特点与软件开发平台

ComGIS 代表着当今 GIS 发展的潮流, 其基本思想是把 GIS 的各大功能模块划分为若干组件, 每个组件完成不同的功能。各个 GIS 组件之间, 以及 GIS 组件与其他非 GIS 组件之间, 都可以通过可视化的软件开发工具集成起来, 形成最终的 GIS 应用系统。AO (A rObjects) 是 ESRI (美国环境研究所) 开发的基于 COM 技术所构建的一系列 COM 组件集。它除了具备一般组件式 GIS 的优点外, 还支持

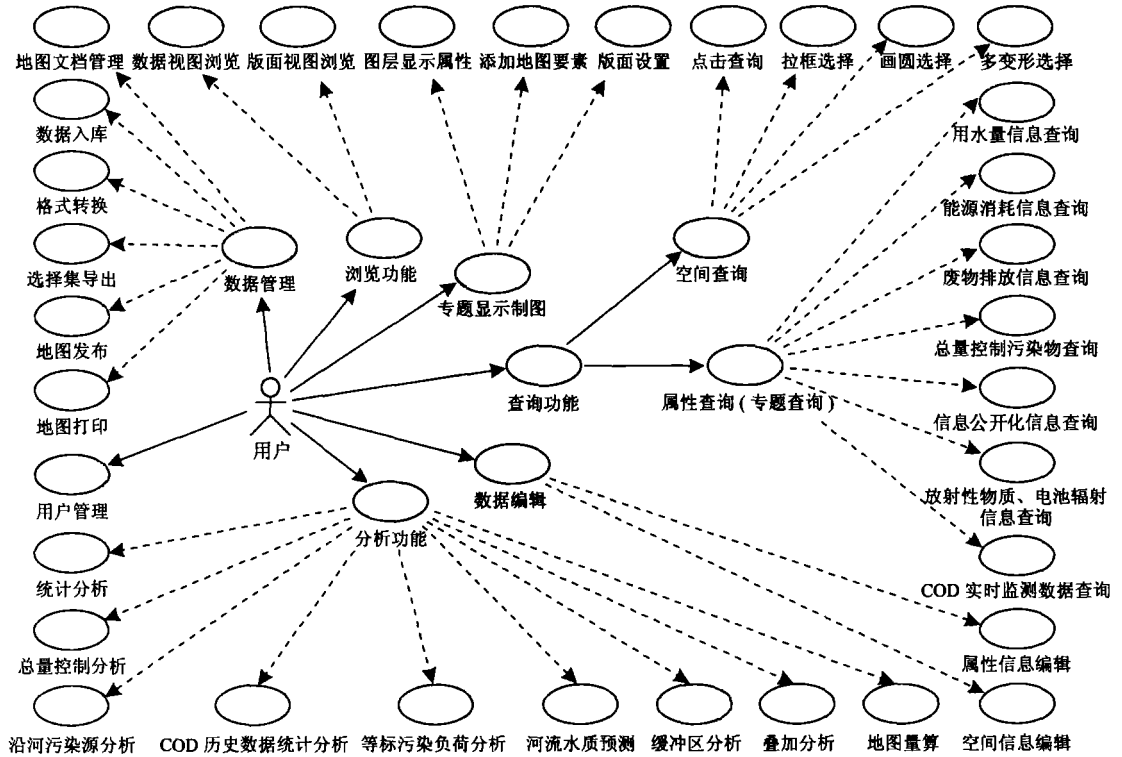


图 2 用例图: 污染源管理子系统

Fig. 2 The use case graph pollution managing subsystem

全关系型数据库统一管理图形数据和属性数据,并具有支持分布式数据库操作和远程并发控制的能力。基于 AO 的开发,可以真正实现 GIS 功能和环境管理应用之间的无缝连接。

在技术平台软件方面,选择 ESRI 公司的开发平台 ArcGIS Engine 它提供系统开发所需的一系列 AO 的集合。数据库平台选用 MS SQL Server 2000。通过使用空间数据引擎 SDE (Spatial Database Engine) for SQL Server 来管理空间数据,它是一个高性能、对象化且具 C/S 架构的空间数据库服务器,架构在关系型数据库环境上。开发工具为 Visual Basic 6.0

### 3.1.2 网络环境

根据系统的设计思想,系统的中心节点设置于环保局信息中心,包括数据库和模型库服务器、GIS 服务器以及交换机、路由器等网络通讯设备。各分节点,即各应用子系统应用于各相关科室,其通过环保局的结构化综合布线与信息中心相连,实现对共享信息的访问操作。结构设计如图 3 所示。

### 3.2 数据整理建库

环境数据涉及大量空间数据,系统采用多种方

式进行环境空间数据的采集。环境空间分布数据,如水质监测站点、污染源分布等一般通过手持式 GPS 测定经纬度获得, GPS 接收机的数据通过外部数据转换接口进入 GIS 系统。航测和遥感影像数据直接进入 GIS 系统并和其他矢量数据在地理空间上配准。非空间数据的获取,首先是大量专题数据按照一定的规则进行直接导入,环境管理等非结构化数据则需要建库和录入,另外是在线监测仪器监测数据的直接接入。

### 3.3 环境元数据

在参考空间元数据相关标准的基础上,结合城市环保数据特点,提出了用于城市环保的元数据标准。分别为“标识信息”、“环境数据质量信息”、“环境数据表示信息”、“环境数据采集信息”、“环境数据属性信息”、“元数据参考信息”、“引用信息”、“时间信息”和“联系信息”等 9 类描述元素,用于描述环境数据各方面的特征<sup>[3]</sup>。

采用 XML 语言来描述元数据,定义元数据标准中使用的数据结构,基于 XML 的数据表示可以很好地在不同的系统和平台间进行交互。元数据的结构信息以及元数据内容都存放在关系数据库中进行管

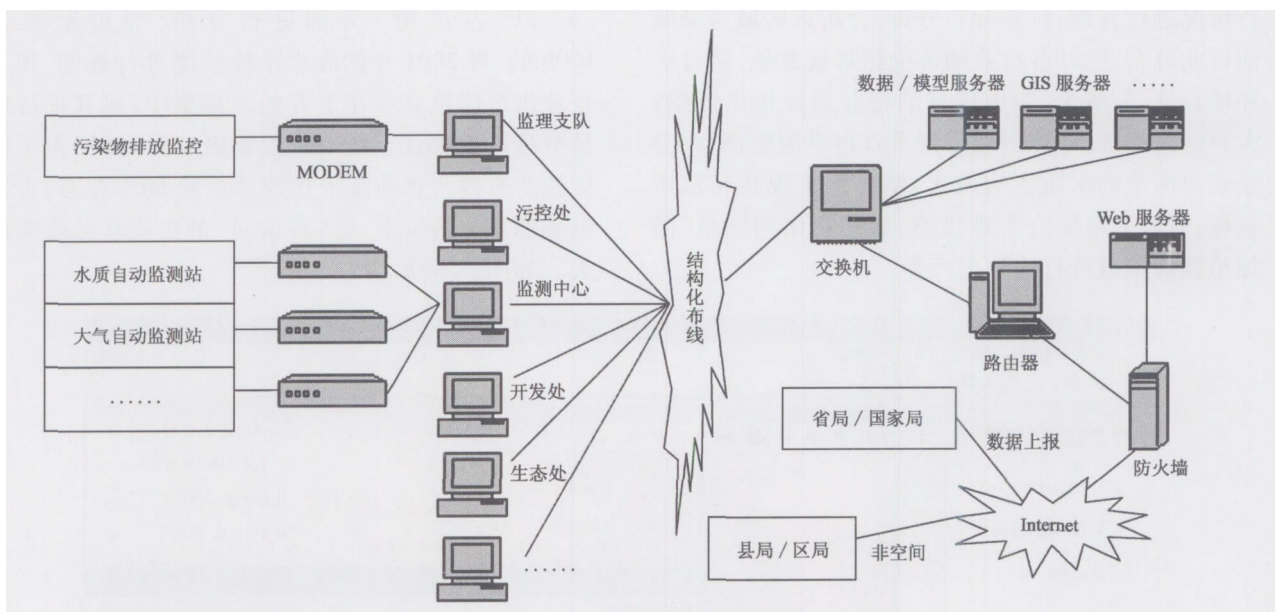


图 3 系统网络结构

Fig 3 System network structure

理。对于前者,元数据库以独立表对其进行存储。对于元数据的数据内容,元数据以两种方式存储:(1)以元素为单元存储,将其 XML 文本分解成各个元素进行存储,用于对元数据的检索;(2)整体存储,将元数据的 XML 文本存放在一个字段中,用以提高存取速度。

### 3.4 系统集成

该系统数据实行集中式、一体化数据库管理,对空间数据的操作和各种空间分析,通过 ArcObjects 和 SDE 协同工作来完成,用户通过 AO 来进行各种 GIS 操作和分析, SDE 完成一个中间件的工作,把用户对空间数据的操作解释为 SQL 语句并传输到 SQL Server 数据库的 SQL 引擎,当数据库处理完 SQL 语句后,再将结果解释后返回给用户;对属性数据的操作则需通过数据访问对象 ADO 来实现。大气污染物扩散、水质预测及污染源评价等模型通过高级语言编制成各个具有 COM 规范的实体模型组件对象。

在开发环境 VB 中,对集成模型组件、GIS 组件与其他组件对象进行开发,实现整个应用系统。系统集成方案如图 4 所示。

## 4 系统应用实例——扬州环保信息系统

以扬州市为例,在数据库、网络、分布式及元数

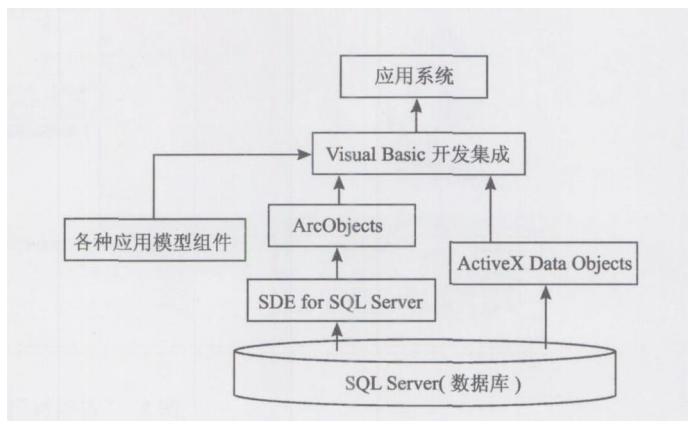


图 4 系统集成方案

Fig 4 Integrated design of system

据等技术支持下,建立环境基础信息数据库,实现了全局范围内的空间数据和环境专题数据的共享。并结合扬州市环保业务实际需求,建立扬州环保信息系统,包括环保 GIS 基础信息共享平台和污染源管理子系统。下面以沿河污染源分析和河流水质预测模块为例讨论系统应用情况。

### 4.1 沿河污染源分析

针对扬州水系众多的特点,建设沿河污染源管理模块,就是以河流为单元,结合自身水质现状和目标状况,对其沿途周围的工业污染源进行辅助管理。可对沿河工业污染源进行如下分析:排污状况分析,表达该范围内企业各种污染物的排放情况及统计状况;治理设施管理,对各企业的污染物治理设施的运

行情况进行管理;行业分布分析,分析该区域污染源的行业分布,统计各行业的污染物排放总量,结合水环境容量、削减量,为该区域的行业调控提供依据;大户信息管理,即该区域内的重点污染源管理,此类企业对河流的水质影响最大,结合水质现状和水质目标,对其采取综合管理措施,如产业结构调整、添加治理设施或进行清洁生产等。

以“古运河”为例进行分析,邻近距离为 1000m。对 2001 年的废水排放状况进行查询,相关企业排污信息显示在下方的选择集中,对其进行统计分析发现,“江苏扬农化工集团有限公司”占了该区域所有排污企业废水排放总量的 60%左右,为该区域的重点污染源,对“古运河”的水质状况影响最大。如图 5 所示。

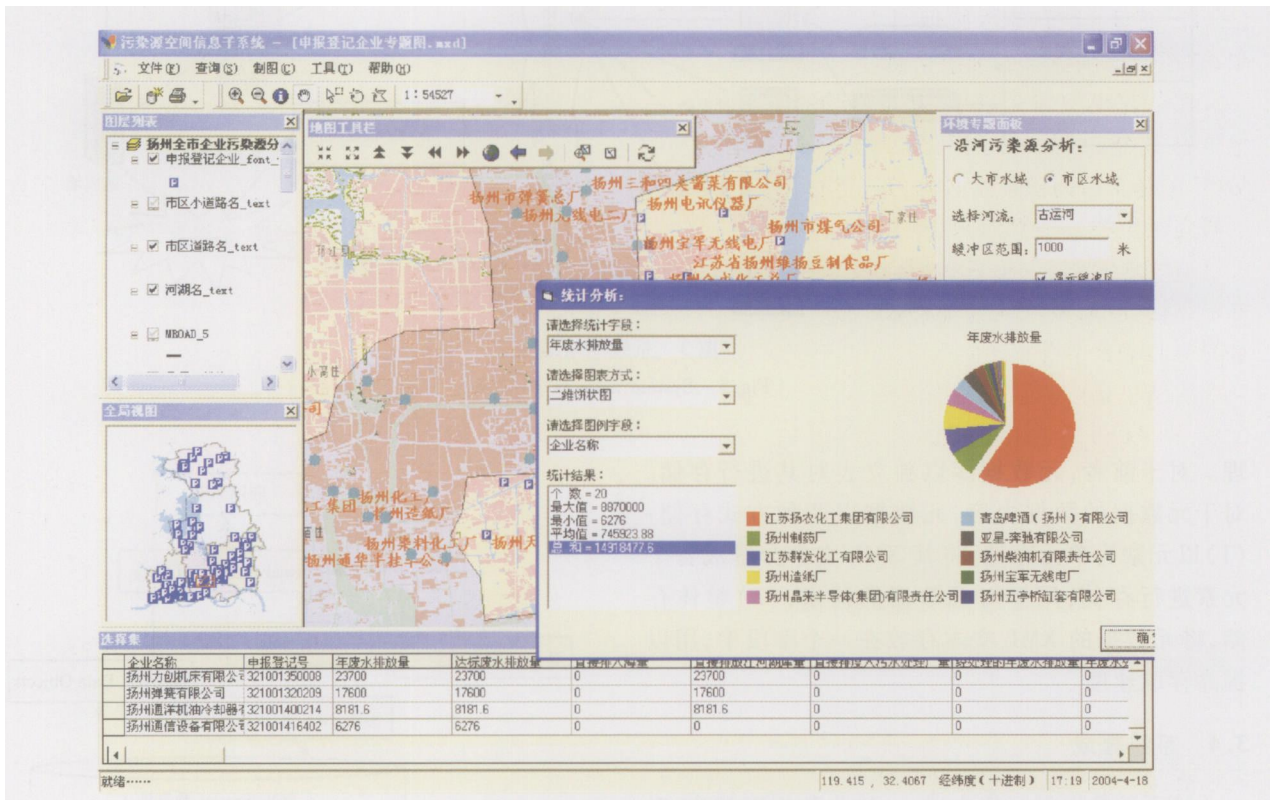


图 5 “古运河”沿河污染源分析

Fig 5 Pollution around the GUYUNHE river analysis

结合该区域企业行业信息,对该年度废水排放量和 COD<sub>Cr</sub>两种污染物进行分析,结果见表 1。废水排放量总量为  $1491.8 \times 10^4 \text{ t}$  COD<sub>Cr</sub>总量为 2821.0 t 其中化工制造业废水排放量和 COD<sub>Cr</sub>分别

为  $1087.0 \times 10^4 \text{ t}$  和 2549.7 t 分别占该区域排放总值的 72.9%和 90.4%,很显然,该行业为该区域的重点废水排污行业。

表 1 沿河污染源分析:行业分析

Table 1 Pollution around the river analysis  
Industry analysis

| 行业类别      | 废水排放量 / $10^4 \text{ t}$ | 所占百分比 % | COD <sub>Cr</sub> / t | 所占百分比 % |
|-----------|--------------------------|---------|-----------------------|---------|
| 化工制造业     | 1087.0                   | 72.9    | 2549.7                | 90.4    |
| 机械、电子类制造业 | 338.1                    | 22.7    | 210.2                 | 7.5     |
| 食品加工及其他   | 66.7                     | 4.4     | 61.1                  | 2.1     |
| 总计        | 1491.8                   | 100     | 2821.0                | 100     |

“古运河”水质原来为 IV类,但随着污染物排放量的不断增大,加上其自净能力有限,现状水质已达 V类和劣于 V类,只能作为农业用水和一般景观用水。如果水质目标要求提高到原来水平,必须对重点污染源和重点排污行业采取相应的环保或其他措施。

## 4.2 河流水质预测

根据扬州市污染源状况和水质现状,化学耗氧量和氨氮是最突出的超标污染物,同时也是最常规的检测项目,因此该模块重点对这两项指标进行预测分析。对于宽深比不大的河流,污染物在较短

的河段内基本上能在断面内均匀混合, 污染物浓度在断面上横向变化不大, 采用一维水质模型模拟污染物沿河流纵向的迁移问题<sup>[4]</sup>。

$$C = \frac{Q_r C_r + Q_w C_w}{Q_r + Q_w} \exp\left[-\frac{kx}{86400u}\right]$$

式中,  $C$  为排污口下游污染物浓度 ( $\text{mg/L}$ );  $Q_r$ ,  $C_r$  为上游来水流量和背景浓度 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $\text{mg/L}$ );  $Q_w$ ,  $C_w$  为排污口废水排放量和污染物浓度 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $\text{mg/L}$ );  $u$  为河流平均流速 ( $\text{m/s}$ );  $k$  为污染物的降解系数 ( $1/\text{d}$ );  $x$  为预测断面至控制断面的距离 ( $\text{m}$ )。

以“京杭大运河”和“古运河”扬州市区段为例进行污染物 COD<sub>Mn</sub> 浓度预测, 输出其专题图, 如图 6 所示。

图 6 直观地显示了各河段的 COD<sub>Mn</sub> 浓度水平, 颜色越深, 其污染物浓度值越大。其中京杭大运河南段 COD<sub>Mn</sub> 含量总体低于北段。除了北部工业污染源多以外, 南段受长江潮汐来水的影响也是一个原因。古运河扬州段容纳了市区相当一部分工业污染水和生活污染水, 加之其自净能力差, 因此水质总体较差。

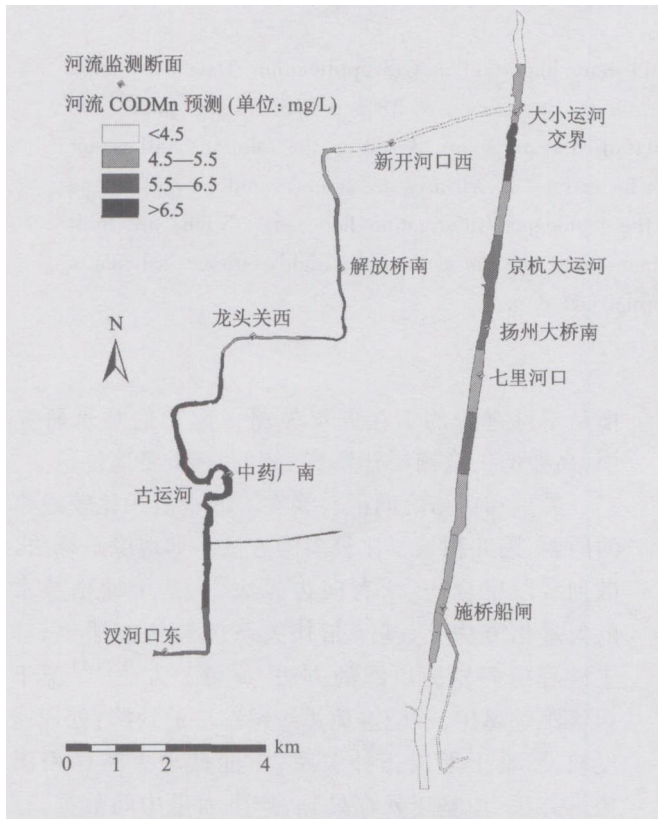


图 6 河流 COD 浓度预测专题图

Fig 6 Forecast of the river's COD concentration

## 5 结 语

针对我国城市环保信息化工作现状, 本文对基于组件式 GIS 的城市环保信息系统进行了总体设计。该系统由数据库、模型库、基础信息共享平台和应用系统等 4 部分构成。数据管理模式采用空间数据和非空间数据集中式、一体化数据库管理。在组件式 GIS (ArcObjects) 提供的数据库访问、数据浏览查询、数据编辑、空间分析、专题显示和地图输出等模块的支持下, 结合各种专题模型组件, 进行系统的集成开发。

以扬州市为例, 建立环境基础信息数据库, 实现了全局范围内的空间数据和环境专题数据的共享。并结合扬州市环保业务实际需求, 建立了包括环保 GIS 基础信息共享平台和污染源管理子系统的扬州环保信息系统。实现了环境信息的空间化、可视化管理, 以及沿河污染源分析、河流水质预测等一系列高级分析功能, 为扬州市环境保护工作提供了科学的决策依据。

为了解决更复杂的环境问题, 在以后的研究和实际工作中, 还应结合实际需要, 在共享数据和平台的基础上, 进一步开发其他应用子系统, 同时引入预测、分析功能更强大的环境模型, 分析污染物的迁移和扩散等规律, 使环境管理与规划决策更为科学、快捷与准确。

## 参 考 文 献 (References)

- [1] Wang Q. Environmental Geographical Information System [M]. Beijing: Science Press, 2004. [王桥. 环境地理信息系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.]
- [2] Yang X, Huang J Z, Xu J J, et al. Design and Development of Groundwater Dynamic Management System Based on ArcGIS [J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2004, 20(1): 47-50. [杨旭, 黄家柱, 许建军等. 基于组件式 GIS 的地下水动态管理系统设计与开发 [J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(1): 47-50.]
- [3] Chang Y F, Wang W, Sun J Y, et al. Development of a Metadata System for Fundamental Urban GIS Framework [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2003, 7(6): 451-457. [常原飞, 王伟, 孙晋岳等. 城市基础地理信息集成的元数据平台开发 [J]. 遥感学报, 2003, 7(6): 451-457.]
- [4] Wan H T, Zhou C H, Wan Q, et al. Integration of Geographical Information System Technology and Hydrological Model [J]. *Advances in Water Science*, 2001, 12(4): 560-568. [万洪涛, 周成虎, 万庆等. 地理信息系统与水文模型集成研究述评 [J]. 水科学进展, 2001, 12(4): 560-568.]