

· 水污染防治 ·

基于 GIS 的凤嘴江水污染控制规划数据库研究

何 强, 翟 俊, 龙腾锐, 李惠鹏

(重庆大学城市建设学院, 重庆 400045)

摘 要: 地理信息系统(GIS)是 20 世纪 60 年代兴起的新技术, 将它应用于水污染控制规划(WPCP)是一个新的研究领域, 其中数据库技术是整个系统的基础和信息源, 也是系统发展的瓶颈技术之一, 有必要进行深入和全面的研究。由于水污染控制规划系统本身的复杂性, 决定了其所涉及的数据比一般的管理信息系统复杂得多。本研究以 GeoMedia Professional 3.0 为基础平台, 对系统数据库建库过程中涉及的数据特点、数据结构与数据模型、数据组织与管理、数据库功能分析等问题进行了研究, 开发了基于 GIS 技术的凤嘴江水污染控制规划数据库, 较好地满足了 GIS 应用的要求, 为相关数据库的建设提供了经验。

关键词: 地理信息系统(GIS); 水污染控制规划(WPCP); 数据库(DB)

中图分类号: X32 029

文献标识码: A

文章编号: 1001- 2141(2001)03- 0029- 04

Research on Data Base of GIS-based Water Pollution Control Planning System for Fengzui River

He Qiang, Zhai Jun, Long Tengrui, Li Huipeng

(Chongqing University, Chongqing 400045)

Abstract: Geographic information system (GIS) is a technology appeared in the 1960s, and its using in water pollution control planning (WPCP) is still a new field on which worth spending much time to study. As information base, data base is one of the bottle-necks related to the system's application. Because of the complication of WPCP, its data base is also a time-consuming and complex technology. In this paper, data base properties, data base model, data organization and management of GIS-based WPCP for Fengzui River, Nanchuan City, were studied, and the data base was developed.

Key words: Geographic information system (GIS), Water pollution control planning (WPCP), Data base (DB).

随着社会的发展与城市化进程的加速, 拓宽 GIS 在城市环境管理中的应用领域, 已成为提高城市管理水平的标志之一。水污染控制规划与管理是城市环境管理的一个重要方面, 将 GIS 技术引入其中, 对提高水污染控制规划水平具有十分重要的意义。基础数据的收集、输入和组织分析是规划参数确定、水质评价和水质预测的前提, 同时数据库的建设和维护又是一项非常复杂的工作, 所以数据库技术的研究与开发是水污染控制规划地理信息系统的关键环节之一, 必须进行深入全面的研究。本文对数据库进行了研究和设计, 为水污染控制规划的决策提供了方便可靠的信

息源, 以重庆南川市凤嘴江为例, 开发了凤嘴江水污染控制规划 GIS 数据库。

1 GIS 软件平台的选择

GIS 是在计算机技术支持下, 通过数据库技术对空间信息进行存储、分析、评价和辅助决策的计算机硬件和软件系统^[1]。从某种意义上讲, GIS 既是一个地理数据库, 其数据有定位的特征; 又是一个分析系统, 可以对其中地理数据进行各种处理、分析、统计和模拟; GIS 还是一个计算机制图系统, 其贮存的数据、分析结果, 都可以输出成各种地图和辅助说明文件。因此, 数据库技术是 GIS 应用和发展的基础, 数据的组织与管理始终贯穿于 GIS 的主要技术流程。如图 1 所示。

本研究以 INTERGRAPH 公司开发的桌面地理信息系统软件—GeoMedia Professional 为平台, 进行了水污染控制规划软件系统的开发。GeoMedia Pro-

收稿日期: 2000- 01- 15

作者简介: 何强(1965—), 男, 江苏江阴市人, 副教授, 从事水污染治理技术研究。

基金项目: 国家自然科学基金项目(59978054), 国家自然科学基金重点项目(59838300)。

essional 采用面向对象的数据管理模式,具有较强的数据采集、数据库管理与维护功能,以及灵活的软件开

发环境(支持VB、VC++、Power Builder、Delphi等程序开发语言)^[3]。

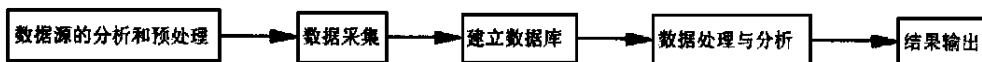


图 1 GIS 主要技术流程^[2]

2 污染数据分析

水污染数据是进行水质污染控制规划最基础的数据,为说明起见,以重庆市南川凤嘴江为例进行论述。

2.1 水质污染现状

凤嘴江是乌江的主要支流,发源于金佛山,流经南川市、武隆县最终汇入长江三峡水库。凤嘴江全长约 40km,流域面积 914km²,河流平均宽度 40.5m,多年平均径流量 18.4m³/s,洪峰流量(P=1%) 1767m³/s,有 6 条支流。凤嘴江污染物主要来源有点源和面源。点源包括:沿江大型工业污染源废水排放口、集中式城市污水排放口、直接汇入干流的次级河流等。面源包括:沿江分散的小型工业企业和居民点的废水、沿江堆放的生活垃圾的雨水淋溶冲刷物;农田和城市径流产生的污染物等。

根据南川市环保局对凤嘴江的多年监测资料,目前凤嘴江各水质控制断面已受到不同程度的污染。1999 年南川市城区年排放废水总量 3200 万 m³,其中工业废水 2630 万 m³,生活污水 570 万 m³。主要污染物有 COD、BOD₅、NH₃-N、Cr⁶⁺、F⁻、酚、大肠杆菌等,其中大肠杆菌、COD、BOD₅ 超标主要是由生活污水和工业废水中的造纸废水和化工废水未达标排放所引起的。NH₃-N 超标主要是生活污水和氮肥厂排放废水所引起的。另有一些污染指标与河流本底有关。

2.2 水污染控制规划水质指标的选择

水体污染主要来自三个方面:生活污水、工业废水和沿江堆放的固体废弃物。因此水污染控制规划系统数据库由生活污水、工业废水和固体废弃物三部分内

容来描述水体水质状况。

在基于 GIS 的水污染控制规划数据库中,以 COD、BOD₅ 和 NH₃-N 作为生活污水的污染指标,并以此为字段来建立生活污水排放属性数据表。以 COD、NH₃-N、F⁻、酚、Cr⁶⁺ 作为工业废水指标,并以此为字段来建立工业废水排放数据表。堆放在江边的固体废弃物主要是生活垃圾,生活垃圾中的污染物对水体污染影响较大的有 BOD₅ 和重金属(以 Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、Cr 和 As 等为主),因此以 BOD₅ 和重金属为字段建立固体废弃物的数据表。

3 数据与数据结构

数据库是规划所需的信息源,是水污染控制规划系统最基础和最基本的一个环节,因此有必要首先对数据库的数据特点、数据结构进行分析,选择合适的数据库模型来表达和实现数据的输入与存贮。

3.1 基于 GIS 的水污染控制规划数据的特点

3.1.1 综合性和系统性

水污染控制规划涉及众多领域,内容极为丰富,是一个复杂系统。其数据库中的数据不仅包括与空间实体密切相关的空间数据,而且包括描述空间数据的非空间的属性数据(水质属性、经济属性等)。本研究中,空间数据主要包括:水体监测断面分布、工业污染源分布、次级河流分布等;属性数据主要包括:水质监测统计数据、工业污染源属性(包括污染源名称、废水排放量、治理状况、污染指标等)、水体背景数据(包括河流水质标准、水文数据及社会经济数据)、水质模型参数等数据。如图 2 所示。

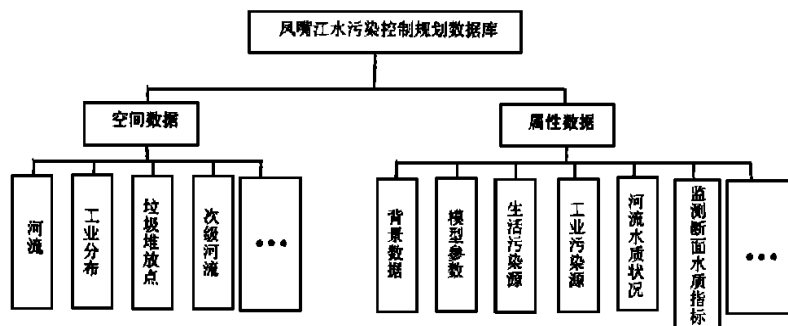


图 2 凤嘴江水污染控制规划数据库组成示意图

3.1.2 空间数据与属性数据的一致性

由于水污染控制规划的空间相关性, 在利用 GIS 技术解决实际问题时, 必须同时使用空间数据和属性数据来描述水体要素的复杂空间关系和地理相关性, 因此必须保证空间数据与属性数据的一致性, 以确保系统的正常运行。本系统数据库设计时, 在空间数据与属性数据之间通过关键字段建立联接关系, 使得修改系统数据时, 数据库管理系统能够自动检测数据表间的一致性, 确保系统的完整性和有效性。

3.2 数据结构

数据结构 (Structure of Data) 是指数据的组织形式, 尤其是数据元素之间的相互联系^[4]。GeoMedia Professional 3.0 作为一个数据集成 GIS 分析工具, 可以直接读取多种格式的 GIS 数据, 但是只对 ACCESS 和 ORACLE 为数据库的 GIS 数据有写的权利, 而 ORACLE 不仅巨大而且花费昂贵, 所以本研究中, 以 ACCESS 为基础来设计和开发水污染控制规划数据库。

3.2.1 空间数据结构

与水体污染相关的空间特征数据记录的是流域内水系、污染源等一些空间实体的位置、拓扑关系和几何特征, 这也是基于 GIS 的数据库管理系统与其它行业的各种非空间数据库管理系统区别的重要标志。在 GeoMedia 软件中, 采用矢量模型描述与水污染相关的空间对象实体。矢量模型采用坐标来表达空间对象的点要素; 采用一系列结点来表达空间对象的线要素; 采用边界或表面表达空间目标对象的面或体要素^[5-6]。在记录与水污染相关的空间位置信息的同时, 采用标识符表达其属性类型及属性值。

为了得到矢量化的基础地图, 首先扫描水体监测断面分布图、重点工业污染源分布图, 然后在 GeoMedia Professional 3.0 中按照不同的分类进行人工数字化, 并配置一定的颜色、符号, 形成最终的基础信息供规划分析使用。在此过程中, 所有的与地图相关的空间信息都将自动记录在 ACCESS 数据库的空间数据表中, 同时在各个空间数据表间自动建立联接关系。在此基础上, 能够方便地增加空间表的属性信息或与属性表建立联接, 获取水质评价和预测所需的数据资料。

3.2.2 属性数据结构

属性数据主要描述地理实体的类型、分级和有关的性质, 它们是对空间数据的更为详尽的表述。在计算机中则以一组称为特征码的数字或字符的形式存储。属性数据是地理实体相互区别的质量准绳, 表现的是地物的本质特征, 因此称其为“非空间的”。

本研究采用的 ACCESS 是一个关系型数据库管理系统, 它采用关系模型来管理数据。关系模型的数据库是由一系列二维表格组成, 每个表格中的每一行代表一条记录, 每一列代表一种属性。属性数据的查询、修改与维护以及数据库的设计与维护, 均由此关系型的数据库管理系统来进行。以凤嘴江为例属性数据库包括 1985 年至 1999 年丰水期、枯水期、平水期的水质指标; 河流流量、流速; 污水排放量; 垃圾污染负荷; 取水量; 支流水文水质属性等。

空间数据库与属性数据库之间的联接通过关键字段来实现, 从而可以实现由空间到属性的查询, 同时也可由属性到空间进行查询。动态的连接技术可以保证数据更新时, 空间数据库与属性数据库中的数据一致性, 减小数据冗余, 最大程度的实现数据共享, 并最终为基于 GIS 的水污染控制规划提供灵活可靠的数据基础。在本研究中, 数据库中空间数据与属性数据的联接可以分为 3 个层次, 如图 3 所示。

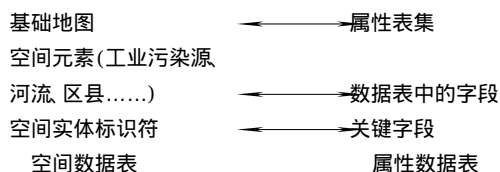


图3 凤嘴江空间数据与属性数据的联接层次

4 数据组织与管理

目前, GIS 在城市规划的应用中, 其涉及的各种数据主要是以“层”的方式来分别存储和组织的, 按“层”组织的数据有利于数据的查询检索和分析。而 GeoMedia Professional 3.0 则是根据数据代表的专题性质以特征类 (Feature Class) 的形式来组织数据, 虽然特征类这一概念与层 (Layer) 的概念并不完全相同, 但是这种管理方式与“层”的管理方式在原理和操作方法上是相近的, 因此在应用中可以将其视为“虚拟层”来处理, 以便于人们对其管理方式的认知。本研究中的特征类数据主要有: 水体、监测断面、工业污染源、垃圾堆放点、乡、镇、区县边界等, 如表 1 所示。实际操作中, 以基础地图信息为模板根据具体分析目的添加或关闭相关的特征类数据, 即可形成侧重点不同的专题地图供水污染控制规划使用, 如: 水质现状图、水质规划图、工业污染源分布图、污染源污染影响范围图等。

表 1 主要空间要素

特征类名	要素类型
河流	线状要素
断面	点状要素
工业污染源	点状要素
区县边界	多边形要素
乡	点状要素
镇	点状要素

因为 GeoMedia Professional 3.0 具有将图形数据存放在数据库中的特性, 因此可以把空间数据和属性数据都存贮在 ACCESS 数据库中。虽然在一个数据库中, 但二者存放的数据表不同, 单独依靠 ACCESS 仍无法操作与空间相关的数据。须将 ACCESS 与 GeoMedia Professional 3.0 的空间数据访问控件结合使用。这样就可以调用 GeoMedia Professional 3.0 中的空间分析算子, 增强 ACCESS 的空间查询与分析能力, 使 ACCESS 数据库管理系统具备了操纵空间数据库的能力。同时 ACCESS 的介入也增强了 GeoMedia 的属性数据的管理能力。二者的结合可以使用户方便地建立空间检索, 能够从空间实体及其与水污染控制规划相关的属性条件检索空间实体, 得到需要的专题

地图。此外, ACCESS 与 GeoMedia Professional 3.0 之间的相互关联还能够保证在数据更新时数据库中空间数据与属性数据之间的一致性与完整性。GIS 数据库数据管理结构如图 4 所示。

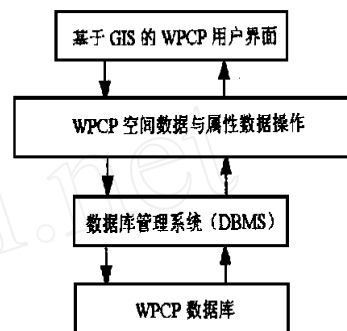


图 4 GIS 数据库数据管理结构

5 凤嘴江 GIS 数据库功能分析

5.1 数据输入、预处理功能

凤嘴江 GIS 数据库能够输入空间数据和属性数据。GeoMedia Professional 3.0 中数据输入时特殊标记与属性数据自动联接, 具体步骤如图 5 所示。

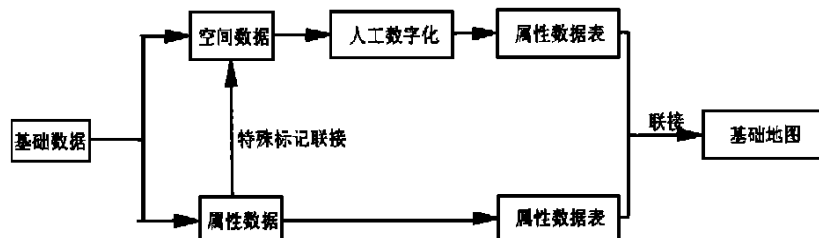


图 5 空间数据与属性数据的输入

此外, GeoMedia Professional 3.0 软件提供了强大的数据转换功能, 可以转入 ArcInfo、ArcView、CAD、MGE、Oracle 等其它形式的数据, 具有很大的兼容性。

5.2 查询、检索、统计功能

查询、检索、统计是 GIS 数据库管理系统最基本的分析功能。它既具有一般关系型数据库管理系统的分析功能, 又具有空间查询、检索和统计功能。例如用户可以利用 GeoMedia Professional 3.0 中的过滤器 (Filters) 建立空间索引和查询, 得到某年某水期某一监测断面的污染物指标值, 某一监测断面的主要污染物, 统计两个相邻断面之间的工业污染源数目等等。

5.3 空间分析功能

主要包括: (1) 空间信息的量算, 如计算河道长度、流域面积等; (2) 空间信息分类, 以不同的地理标识描

述不同类别的特征类; (3) 叠加分析, 即将两个或多个特征类叠加起来形成新的专题图, 并生成新的空间关系和属性信息; (4) 缓冲区分析, 该功能可以帮助用户分析点污染源 (工业污染源) 与被污染河流的影响范围、确定河道的保护区域等。

5.4 支持输出结果图形显示的功能

水污染控制规划 GIS 的查询分析结果主要有两种输出形式: 文字报表和图形。后者是一般数据库管理系统所不具备的。图形的显示方式使分析结果更加直观、生动, 更容易为人们所接受。例如用颜色的变化表示水体的污染程度, 以图形方式输出河流的水质分布状况, 可以使用户一目了然地了解水体的水质状况; 污染源分布专题地图的图形显示可以帮助用户快速、直观地了解流域的污染源等。

(下转第 37 页)

6 3% 的光子效率与其他研究者^[15]所得出的结果是基本一致的。

3 结论

本试验以 4-氯苯甲酸钠为模型污染物, 研究了该物质在光催化氧化降解中, 降解初始速率与污染物初始浓度、催化剂投加量和入射光强之间的关系, 得到以下结论:

3 1 污染物初始降解速率与其初始浓度的关系遵循 Langmuir-Hinshelwood 模式, 其中半饱和浓度常数 K_s 随光强的变化而变化。

3 2 催化剂投加量存在一限值, 低于此限值时, 污染物降解速率由于催化剂投加量的不足受到影响而降低。在 4-CBA-Na 浓度为 0.15~0.6 mmol/L 时, P-25TiO₂ 催化剂的限值浓度大约在 0.4 g/L。

3 3 在入射光强为 1~7 mW/cm² 和催化剂浓度为 0.4 g/L 下, 污染物降解速率与光强成 0.67 次幂关系, 经估算其量子效率为 6.3%。

4 参考文献

- 1 王致勇 无机化学原理 北京: 清华大学出版社, 1983 510
- 2 Mills A., et al. Water purification by semiconductor photocatalysis *Chem. Soc. Rev.*, 1993 417~425
- 3 Reeves P., et al. Photocatalytic destruction of organic dyes in aqueous TiO₂ suspensions using concentrated simulated and natural solar energy *Solar Energy*, 1992, 18(6): 413~420
- 4 Crittenden J. C., et al. Decontamination of water using adsorption

and photocatalysis *Wat. Res.*, 1996, 31(3): 411~418

- 5 Goswami, D. Y. et al. Solar photocatalytic treatment of ground-water at tyndall AFB. Field Test Results *Solar 1993* (proceedings of the American Solar Energy Society Annual Conference). 235~239
- 6 章思规 实用精细化工手册(有机卷). 北京: 化学工业出版社, 1996 616
- 7 Furudawa, K. N. et al. Effect of chlorine substitution on the bacterial metabolism of various polychlorinated biphenyls *Appl. Environ. Microbiol.*, 1979, 38(2): 301~310
- 8 钱易, 米祥友主编 当代废水处理新技术 北京: 中国科学技术出版社, 1993 489
- 9 Lindner M., et al. Solar water detoxification: novel TiO₂ powders as highly active photocatalysts *J. Solar Energy Engng.*, 1997, (119): 120~125
- 10 Turchi C. S. and D. F. Ollis Photocatalytic degradation of organic water contaminants: mechanisms involving hydroxyl radical attack *J. Catal.*, 1990, (122): 178~192
- 11 Crittenden J. C., et al. Photocatalytic oxidation of chlorinated hydrocarbons in water *Wat. Res.*, 1997, 31(3): 429~438
- 12 Minero C., et al. Large solar plant photocatalytic water decontamination: effect of operational parameters *Solar Energy*, 1996, 56(5): 421~428
- 13 Wellm. Van et al. A novel nonconcentrating reactor for solar water detoxification *J. Solar Energy Engng.*, 1997, (119): 114~119
- 14 Murov S. Handbook of Photochemistry. Marcel Dekker Press: New York, 1973 112
- 15 Stafford U., et al. Photocatalytic degradation of 4-chlorophenol: The effects of varying TiO₂ concentration and light wavelength *J. Catal.* 1996, (167): 25~32

(上接第 32 页)

6 结语

数据库系统是基于 GIS 的水污染控制规划的信息源, 数据库的建设是整体规划实施的基础, 数据库技术是 GIS 功能得以实现的瓶颈技术之一。GeoMedia Professional 3.0 软件采用的是面向对象的数据库管理模式, 这种模式是 GIS 数据库管理系统的发展方向之一, 因此该研究具有一定的代表性。本研究开发的重庆南川市凤嘴江水污染控制规划数据库系统具有较好的空间分析、查询及支持输出功能, 满足了凤嘴江水

污染控制规划 GIS 的要求。

7 参考文献

- 1 郭伦等编 地理信息系统 北京: 北京大学出版社, 1994 4
- 2 郝力 城市 GIS 标准化指南 北京: 科学出版社, 1999 50~52
- 3 INTERGRAPH CORPORATION, Working with GeoMedia, p1
- 4 Jeffrey D. Ullman, Jennifer Widom. A First Course in Database System. Prentice-Hall International, Inc 1997.
- 5 陈述彭等编著 地理信息系统导论 北京: 科学出版社, 1999 19~21
- 6 宋小冬等著 地理信息系统及其在城市规划与管理中的应用 北京: 科学出版社, 1998 17~21