

密云水库及上游流域环境监测信息系统的设计与实现

刘英敏¹, 杨天行¹, 刘晓端²

(1. 吉林大学地球探测与信息技术学院, 长春 130026; 2. 国家地质实验测试中心, 北京 100037)

摘 要: 文章对水环境污染信息集成与环境监测系统中信息集成、信息处理的一些关键技术问题进行了研究, 并针对水环境污染信息集成与环境监测系统的建设与开发, 系统中数据的处理与组织、数据库建设、软件设计与实现进行了详细论述, 为实用型水环境污染信息集成与环境监测系统的建设提供了一种思路与方法。

关键词: 决策支持; 面向对象; GIS; COM

中图分类号: T P79; X 171. 1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2006) 01-0197-03

Design and Implementation of Environment Monitoring Information System for Miyun Reservoir Upper Valley

LIU Ying-min¹, YANG Tian-xing¹, LIU Xiao-duan²

(1. College of GeoExploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China;

2. National Research Center of Geoanalysis, Beijing 100037, China)

Abstract: Some main techniques on information integrating and processing of building Resource and Environment Monitoring Information System are studied based on building and developing of Resource and Environment Monitoring Information System, the data organizing and processing, database building and software designing are discussed, and an approach of Environment Monitoring Information System software integrating is given.

Key words: DSS; object-oriented; GIS; COM

1 引言

密云水库是华北地区最大的水库, 每年向北京市供水 6 亿 m³, 占北京市总用水量的 47%。作为世界上严重缺水的特大城市之一, 北京人均水资源量不足 300 m³, 属于重度缺水地区。连续 5 年的特大干旱, 水资源供需矛盾不断加剧。1997 年官厅水库因严重富营养化失去饮用水供水功能后, 密云水库已经成为北京惟一的地表水水源地。但是, 近年来由于水库上游流域的植被不断被侵蚀破坏、工农业污染源不断增多, 造成水库上游流域水土流失严重, 大量的营养元素和污染物通过径流带入水库, 造成了严重的水体污染。目前, 密云水库库区水质已达中营养水平, 个别指标已达到富营养化的程度, 整个水体有向富营养化发展的趋势。作为首都北京的“生命之水”, 如何进行科学的管理与监控, 防止进一步污染, 同时在科学分析的基础上, 提出切实可行的整治措施, 已经成为当务之急。

我们这个项目是“国家重点基础研究发展规划项目”《首都北京及周边地区大气、水、土壤环境污染机理与调控原理》的一个子项目。是在对目前密云水库水体及其上游流域水、土环境因子综合监测基础上, 结合历史资料, 应用遥感技术、

GIS 技术和数据库技术建立起的一个综合信息集成与决策分析系统。它的建立对于深入研究该水库环境污染的形成机理和效应, 多层次、多方位监测水库水质及上游流域的水土流失情况, 提供科学合理的决策分析具有重要意义。

2 系统的总体设计

2.1 系统具体目标

建立该系统的具体目标主要有 3 个:

(1) 建立起一个包含密云水库水体及其上游流域基础地理信息、地球化学元素信息、水、土环境监测信息(水体、水质、底积物、土壤侵蚀、水土流失)、污染源分布信息、高分辨率遥感信息、气象信息及其统计资料信息于一体的综合信息数据库, 并为数据库提供动态更新维护机制。

(2) 在综合信息数据库的基础上, 以 GIS 系统为依托, 建立污染源识别、水环境质量评价和模拟与预测分析三个子系统。对水土流失和污染物的迁移进行动态可视化模拟, 揭示水体环境污染形成因子之间的相互作用, 预测未来的发展趋势。

(2) 在科学预测分析基础上, 为政府宏观决策提供可靠、准确的技术数据、提供可行性对策, 保证密云水库水资源的

¹ 收稿日期: 2005-03-25
基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 ‘973’ (1999045705)
作者简介: 刘英敏(1972-), 男, 吉林省长春人, 博士研究生, 主要从事环境保护与 GIS 相关领域的研究。

可持续利用。

2.2 系统的体系结构

系统采用 C/S 体系结构进行设计。用户界面和所有应用功能位于客户端,服务器端采用 ESRI 的 ArcSDE 平台和 ORACLE 数据库对数据进行管理、存取与维护。这种体系结构的优点主要体现在:

- (1) 一个任务进程合理地分配在两个系统上进行,大大地减少了整个网络系统上的信息流量,提高了运行性能。
- (2) 数据都交由后端的服务器进行管理,整个系统的安全性能和运行性能都有了可靠的保障。

2.3 系统的构成

整个系统共由 5 个相关子系统组成。如图 1 所示:

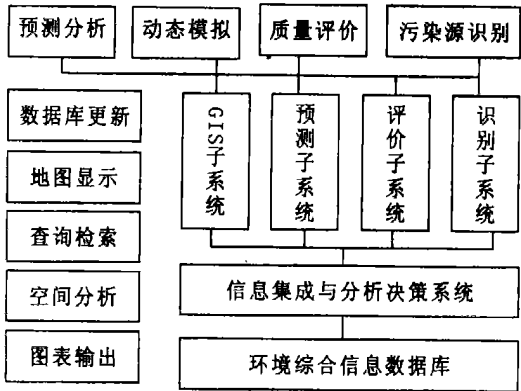


图 1 系统构成框图

- (1) 水环境质量评价子系统: 以国家制定的水环境标准和污染物在环境中的本底值为根据, 完成对水环境要素优劣的定量与定性相结合的评价。
- (2) 污染源识别子系统: 根据不同污染源的统计监测数据, 采用因子分析、模糊或神经网络等方法, 智能地分析出污染类型和不同污染源对水体污染的影响度, 为决策提供分析依据。
- (3) 模拟与预测子系统: 完成在不同污染源类型时, 或在某污染源的不同状态下, 对水体环境污染的模式进行预测计算。
- (4) GIS 子系统: 完成电子地图显示、查询检索、空间分析、统计分析、专题图生成和报表输出等功能, 同时完成对质量评价、污染源识别和模拟与预测三个子系统的协调与支撑。
- (5) 环境综合信息数据库: 完成基础地理信息和各种监测信息的存取、管理与维护, 为评价、识别、模拟与预测模型提供模型参数。

3 系统的具体实现

3.1 环境综合信息数据库的建立

对于水环境污染情况的监测及内部形成机理的研究涵盖了自然因素和人为因素很多方面, 它的综合情况和演变过程受到大气、土壤、植被、水域以及人类活动的共同影响, 因此环境综合信息数据库必须包含众多专题、不同时期的大量数据。

为了实现对各个专题数据的统一管理, 保证专题分析与综合分析的顺利实现, 在数据入库之前, 我们对所有专题数据进行了统一坐标和统一量化的数据预处理。并按分类、分级、分时相及应用范围的不同, 把整个环境综合信息数据库划分为 5 部分:

- (1) 基础地理信息数据库: 由近期无明显变化而相对稳定的基础层面组成。具体包括 DEM 数据、河流湖泊水系网数据、交通数据、居民地数据和境界数据 5 个层面。
- (2) 专题信息数据库: 由近期随时间变化的专题信息组成。包括土壤侵蚀、土地利用、地球化学、植被、气象、水体监测、污染源分布 7 个子专题。
- (3) 遥感影像信息数据库: 由高分辨率 TM 遥感影像数据组成。影像数据按空间分布和标准分幅进行分块压缩, 对影像的空间位置及其分辨率进行编码。同时建立影像数据索引, 通过索引进行影像数据检索。
- (4) 综合信息数据库: 包括水土综合状况、地形地貌综合状况、土壤侵蚀综合状况、环境综合状况等综合信息。
- (5) 元数据库: 是对环境综合信息数据库中各子信息数据库中的数据进行定量与定性描述的数据库。主要内容包括: 数据生产部门、数据的更新日期、数据的所有者、数据库编码、数据生产时间、空间范围、投影方式、数据精度说明等。它是地理信息数据描述的关键技术之一, 它的建立为数据的长久保存和持续使用提供了保证。

3.2 系统的技术路线

系统采用软件工程、组件技术和数据库技术进行集成开发。具体技术路线如图 2 所示:

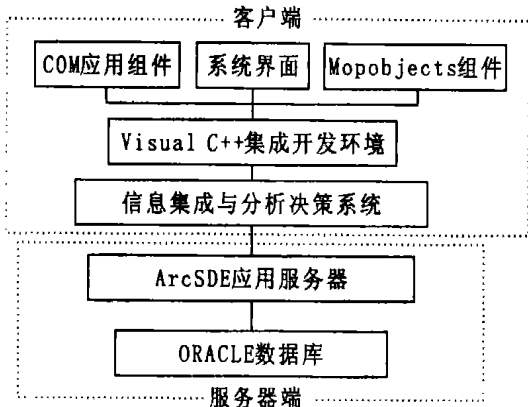


图 2 系统技术路线框图

- (1) 采用软件工程的思路进行设计。应用 UML 作为可视化建模语言, 建立系统的可视化模型, 并实现基于 UML 模型的系统需求、分析、设计、实现和测试的标准化、规范化和成果文档化。
- (2) 采用组件对象模型 (COM) 技术进行开发。系统中 GIS 部分基于 ESRI 推出的制图与 GIS 功能组件 MapObjects 进行开发; 其它功能模块应用可视化编程语言 VC++ 和 VB 进行编写, 并在面向对象基础上, 采用组件开发技术进行封装, 封装完成后的各个应用组件通过接口进行组合。
- (3) 应用 VC++ 开发环境进行系统集成。因为 VC++ 具有使用灵活、执行效率高特点, 所以系统中所有组件的集成在 VC++ 开发环境中完成。同时为了保持程序设计环境的统一, 系统整体界面也用 VC++ 编写。
- (4) 应用关系数据库 ORACLE8i 和 ESRI 的空间数据存储和管理引擎 ArcSDE 进行环境综合信息数据库的管理与维护。由于该系统涉及到海量数据存储、多用户并发访问、版本管理、长事务处理等问题, 所以在关系数据库选择上采用 ORACLE8i; ArcSDE 在数据库管理系统 (RDBMS) 中融入空间数据后, 可以提供对空间、非空间数据的高效率操作, 所以

把它作为存储和管理多用户空间数据库的接口。

3.3 系统的建模与计算

应用模型是系统的关键所在, 其他一切工作都是围绕应用模型展开的。在本系统中主要包括污染源识别模型、水质质量评价模型和模拟与预测 3 个应用模型。

(1) 污染源识别模型: 在本系统中我们采用因子分析法建立污染源的识别模型。具体原理为: 将污染源作为若干个待求的因子, 建立起污染源因子与污染物元素数据间的层次分析结构模型; 再由该层次分析结构模型推导出两者间应满足的关系式; 经过计算得到关系式后, 在对关系式系数矩阵(成为因子负载阵)进行判断, 判断结果即可得到某区域的污染源类型及其成因率。

(2) 水环境质量评价模型: 该模型采用欧几里德贴近度法来建立。首先根据国家制订的 GB3838—2002 《地面水环境质量评价标准》为依据, 将水环境要素的优劣转化为定量的可比数据, 最后将这些定量的结果划分等级表明水环境受污染的程度, 建立质量标淮集; 然后应用实测数据建立实测值子集; 利用两个子集之间的欧几里德贴近度公式建立隶属函数关系, 通过多级评价, 在每级评价中取隶属度最小者即可。

(3) 模拟与预测模型: 由于该系统的研究内容属于大流域的连续模拟, 所以在模型的选取上我们采用 SWAT 模型。该模型结构清楚, 而且水文模拟采用 SCS 模型, 土壤侵蚀模型采用 MUSLE 模型, 具有较强的空间数据管理、分析和表达的能力, 在应用中具有较强的优势。

4 应用情况

4.1 流域概况

密云水库及上游流域处于北纬 40°19′~41°31′和东经 115°25′~117°33′之间, 面积为 15 788 km²。水库主要入库河流为白河和潮河, 其中潮河流域面积(6 277.5 km²) 占整个流域面积的约 40.5%, 白水河流域面积(8 575 km²) 占整个流域面积的约 54.3%。所以对密云水库的研究主要以潮河和白河两条流域为主。

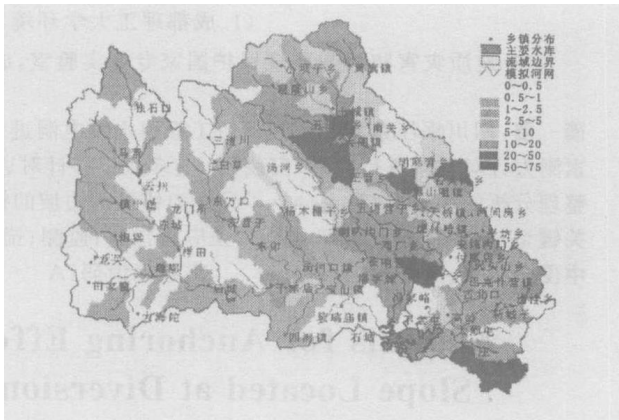


图 3 密云水库上游流域分布图

4.2 水土流失模拟

因为 1998 年是近 10 年降雨量最大的一年, 所以我们以参考文献:

[1] 陈国阶. 对环境预警的探讨[J]. 重庆环境科学, 1996, (5): 2- 3.
[2] T Devogele, C Parent, S Spaccapietra. On spatial database integration [J]. International Journal of Geographical Information Science, 1998, 12(4): 335- 352.
[3] 陈俊. 实用地理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
[4] 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[J]. 水科学进展, 1997, (3): 2- 3.

用该系统, 结合 DEM、植被、土壤和气象等专题数据, 对整个流域 1998 年的水土流失情况进行了模拟分析, 并通过实际监测资料的验证, 证明模拟效果十分理想。整个流域 1998 年水土流失分布情况如图 4 所示:

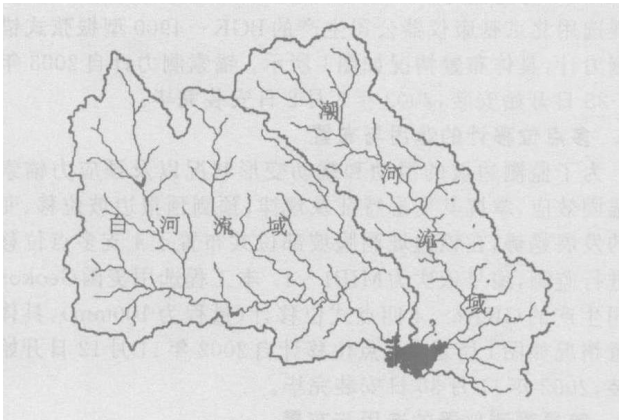


图 4 密云水库上游水土流失分布图 (1998 年)

4.3 污染源识别

从污染源调查可知, 密云水库流域内人为污染因素主要来源于畜禽养殖、农用施肥和生活污染源排放。在不考虑土壤背景贡献前提下(此部分人为不可控制), 结合水体监测等资料, 利用该系统我们对各种污染源的在流域中总氮、总磷的贡献率进行了综合评测。结果如表 1 所示:

表 1 主要污染源总氮、总磷贡献率

流域	元素类别	畜禽养殖贡献率/ %	农用施肥贡献率/ %	生活污染贡献率/ %
潮河	总氮	39. 0	8. 9	5. 6
流域	总磷	40. 2	35. 2	12. 3
白河	总氮	9. 7	5. 4	4. 1
流域	总磷	32. 3	28. 3	3. 2

由表 1 可见: 对于潮河和白河两条主要流域, 畜禽养殖所排放的污染物是主要的非点源污染; 农用施肥在总磷方面的贡献率已经接近畜禽养殖。对于整个上游流域人为污染源的控制应该主要从这两方面考虑。

5 结论与建议

通过该系统的研制与开发, 可以得出以下结论与建议:

- (1) 环境监测由于涉及的数据量巨大, 数据的合理组织、存储在系统中起着重要的作用。建立一个功能完善、使用灵活、执行效率高的数据库管理系统, 是环境监测信息系统建设中的一项重要工作。
- (2) 面向对象的设计思想、COM 技术和 GIS 技术的综合应用, 为大型、复杂环境监测信息系统的开发提供了一种快速、高效的技术方法与实现手段。
- (3) 运用现代信息技术, 包括遥感、GIS 对环境进行动态监测, 和常规方法相比, 具有的速度快、精度高等特点。该项目的实施, 对于密云水库水环境的综合治理具有重要意义。