

文章编号: 1006 - 544X (2005) 03 - 0297 - 04

漓江流域水污染控制软件系统初步研究

王洪涛, 陆燕勤, 王红君, 郭纯青

(桂林工学院 资源与环境工程系, 广西 桂林 541004)

摘 要: 结合漓江的水文和水质特点, 综合利用数学建模、Visual Basic 高级语言编程、ACCESS 数据库技术、图形图像处理技术, 初步开发了漓江流域水污染控制软件系统。该软件系统包括电子地图平台、水质模拟模块和水环境容量计算模块。针对中小型河流的特点, 选择 Streeter - Phelps 模型微分式的托曼 (Thomas) 修正式, 建立了漓江水质模型。水环境容量的计算同时考虑稀释、迁移和净化作用。该软件系统可为漓江流域水污染控制规划、决策、设计提供科学合理的依据, 对其他流域的水污染控制提供借鉴。尽管软件功能尚显单一, 但由于该系统提供了可自由拓展的接口, 因此可根据实际需要随时添加相应的模块, 使该软件系统在实际应用过程中不断得以完善, 可极大提高流域水污染控制的效率和管理水平。

关键词: 漓江流域; 水污染控制; 软件

中图分类号: X321.029

文献标识码: A^①

漓江发源于猫儿山, 流经上游的兴安县、灵川县, 穿越桂林市区和阳朔县, 至平乐县城附近与恭城河交汇, 全长 214 km, 流域面积 122 85 km²^[1]。早在 1978 年, 漓江就被列为国家重点保护的 13 条江河之一。但是, 近年来漓江及其支流水质污染严重, 加强漓江流域水污染控制已经成为一个非常紧迫的问题。水污染控制是一个多层次、多变量、多目标的复杂系统, 系统时空尺度大, 传统的手工管理模式已不适应需要。本研究借助数学分析和计算机编程等手段, 借助组件式地理信息平台, 建立了漓江水质模型和水环境容量计算模块, 在此基础上开发了漓江流域水污染控制软件, 使流域水污染控制具备动态、实时和直观的特点, 为漓江流域水污染控制管理和决策提供科学依据, 同时还可对其他流域的水污染控制提供借鉴。

1 系统开发的总体原则和基本思路

1.1 总体原则

为更好实现水污染控制管理系统的预定目标

和功能, 系统开发遵循以下原则: 适用性与先进性并重、开放性、标准化、易维护。

1.2 基本思路

系统开发的基本思路见图 1。在整理分析现有资料的基础上, 综合运用计算机、水文水资源、环境工程、地理信息系统等多种技术, 将基础信息管理、区域水资源规划、地表水运动的数值模拟、图形显示等融为一体, 集成水资源管理信息系统, 实现基本信息查询、水量水质计算、污染物的监测与控制、水环境评价等功能, 为水资源的科学管理、合理配置等决策提供技术支持服务。

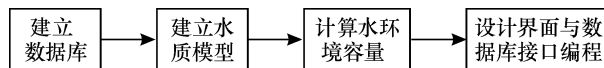


图 1 系统开发流程

Fig. 1 Flow chart of system development

2 漓江流域简况

2.1 漓江水文特点

漓江流域内水系简图见图 2^[2]。漓江在总体

① 收稿日期: 2004 - 05 - 27

基金项目: 国家 863 计划项目 (2003AA601060 - 02 - 03)

作者简介: 王洪涛 (1979 -), 男, 硕士, 助教, 给水排水工程专业。E-mail: wanght010@sohu.com

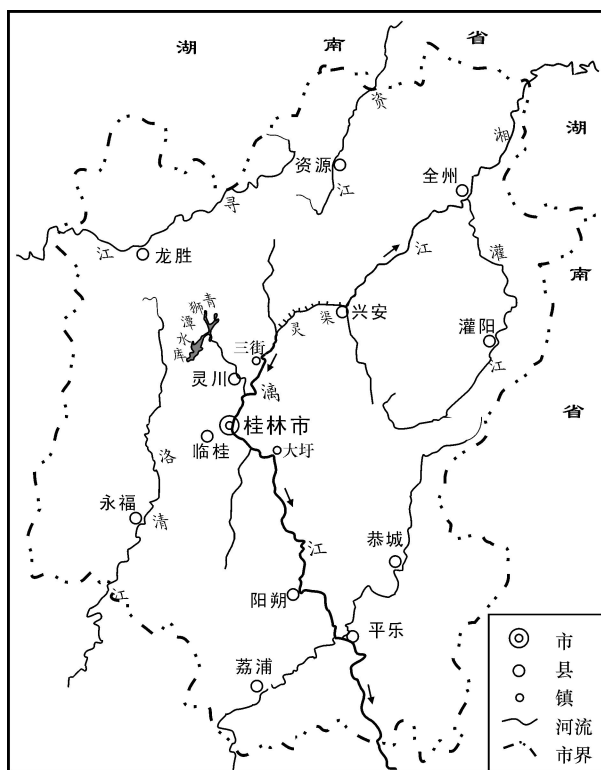


图2 研究区域水系简图

Fig.2 Water system sketch of the research area

上具备山区河流的主要属性,但其流经在较大的山间盆地(如桂林盆地)中的河段具备一定的平原河流的特性。流域可分为3段^[3]:

(1)三街以上,漓江及其支流在非岩溶区的高山峡谷中穿行,河流下切深,坡降大、水流急,漓江干流以及接纳的主要支流如大溶江、小溶江、桃花江的平均坡降均在7‰以上,河流多呈“V”形,卵石遍布。该区域山势坡度大,降雨极为充沛,扇形地表河网汇集,地下径流主要是基岩裂隙水,地下水位较高,常年呈单向性补给河道。

(2)三街以下,漓江进入岩溶平原区。河流的坡降迅速下降,漓江的平均坡降为0.3‰,支流的平均坡降为0.9‰至2‰。绝大部分地下水贮存在分布广泛的地下岩溶裂隙之中,排泄缓慢而平稳,形成地表水枯水期的主要补给来源。该区域是地下水中松散岩类孔隙水主要分布区。

(3)穿过市区抵达磨盘山附近的大圩后,漓江进入岩溶地区的峰林峡谷地带。河中滩潭相间,水流时急时缓。全长87 km,落差41 m。在汉道发育段,河床展宽,水深变浅,即河床的宽深比增大。

2.2 漓江水质特点

(1)以有机污染为主。根据监测统计结果,漓江流域水质以有机污染为主,重金属等有害物质一般不会超标。这是因为漓江流域的产业发展方向定位为以旅游和农林为主导,客观上限制了流域发展重污染的产业。但是由于农业、食品加工业以及城镇人口不断增加,农田化肥、农药的大量使用引起的面源污染已经成为流域的主要污染源,人口的不断增加而城市污水处理设施相对滞后的局面导致生活污染越来越严重。经过“九五”期间的工业污染源的达标排放工作,工业污染已基本得到控制。在整个污染源的比重中,农业污染和生活污染不断增加,工业污染相对减少。因此导致漓江流域以有机污染为主。

(2)城市段支流以工业污染与农业污染并存,干流以生活污染为主。由于漓江是著名的风景名胜,在干流两侧严格禁止污染项目,因此,在漓江干流两侧基本不存在污染企业。干流城市段两侧主要是居民区和宾馆、饭店和旅游场所,农村段主要是农田和森林。工业企业主要集中在汇入漓江的城市支流沿岸的城郊结合部。因此,城市段支流以工业污染与农业污染并存,干流以生活污染为主。

3 系统主要功能模块设计

3.1 水质模拟

3.1.1 水质模型的建立 根据漓江水质的特点,选择溶解氧、氨氮、化学需氧量和生化需氧量作为控制因子。由于漓江属内陆中小河流,且流域内沟谷纵横,地表水网发育,急流险滩众多,必须考虑BOD的沉淀、絮凝、冲刷与再悬浮等因素,因此,根据漓江的上述水文水质特点,选择Streeter-Phelps模型微分式的托曼(Thomas)修正式,建立漓江水水质模型^[4]:

$$u \frac{\partial B}{\partial x} = Ex \frac{\partial L_B}{\partial x^2} - (K_1^B + K_3^B)L, \\ u \frac{\partial C}{\partial x} = Ex \frac{\partial C}{\partial x^2} - (K_1^C + K_3^C)L_B - (K_1^C + K_3^C)L_C - \\ (K_1^N + K_3^N)L_N - K_2(C_S - C).$$

水质模型中有许多待定的参数,如弥散系数、衰减系数、大气复氧系数、沉浮系数等。水质模型的参数确定是关系到模型准确性和可靠性的关键环节。根据近年来加拿大、日本以及国内学者

针对漓江水质模型所取得的成果，并结合实际监测数据进行耦合，综合比较后确定漓江水质模型有关参数 (K_1 , K_2 , K_3 分别代表衰减系数、大气复氧系数、沉浮系数)。

3.1.2 数据库编程 调用数据库的源程序如下：

```
SetDB = OpenDatabase(App. Path + "/data.mdb")
Set rs = DB. OpenRecordset("干流 ")
.....

Dim DefDatabase As Database
Dim DefTable As TableDef
Dim DefField As Field

SetDefDatabase = Workspaces(0). OpenDatabase(App. Path & "\data.mdb", 0, False)
SetDefTable = DefDatabase.CreateTableDef("水质模拟计算结果 ")
SetDefField = DefTable.CreateField("X ", dbText, 20)
```

3.1.3 水质模拟结果 按照漓江水质模型，输入有关污染入河数据和水文水质参数，对漓江干流的水质进行模拟，以 2000 年枯水期为例，水质模拟结果数据库见图 3。

从水质模拟的结果可以看出，各断面的 BOD、

COD、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的计算值与实测值之间的相对误差都在 30% 的范围内；尽管 BOD 的误差较大，但是由于其计算值都 $< 1.0 \text{ mg/L}$ ，而实测值中给出来的 1.0 mg/L 表明 BOD 已经小于检出限（未检出项目按检出限的一半报出），所以采用该模型进行漓江水质模拟是合理的。

3.1.4 系统平台主界面及接口 采用大桂林地图作为系统主界面（图 4），其中自带数据库，该系统数据库与程序数据库连接，并能根据程序计算结果实时更新，在更新系统数据库的同时刷新平台上的断面线条颜色。颜色判别的依据是《地表水环境质量标准》（GB 3838 - 2002）。以溶解氧为例，判断 DO 所属类型的源程序如下：

```
Select Case DO
Case Is > = 7.5 '如果溶解氧 > 7.5 则为一类水质
    VD0 = 1
.....
Case Else
    VD0 = 5
End Select
```

水质分析程序									
断面名称	DO	BOD	COD	NH3	DO的相对误差	BOD的相对误差	COD的相对误差	NH3的相对误差	
大埠	8.6	1	1.4	0.025					
大面	8.6	0.36	1.25	0.13	5.57%	63.52%	3.89%	14.72%	
斗鸡山	7.5	0.47	1.58	0.25	10.33%	53.19%	24.56%	10.16%	
龙门	6.60	0.37	2.04	0.26	29.24%	63.09%	2.98%	5.61%	
磨盘山	7.12	0.32	1.90	0.19	1.76%	68.29%	5.35%	14.20%	
普益	9.48	0.10	1.54	9.05	7.10%	89.97%	3.77%	10.32%	

图 3 漓江干流水质模拟结果

Fig. 3 Water quality simulation result of the Lijiang trunk

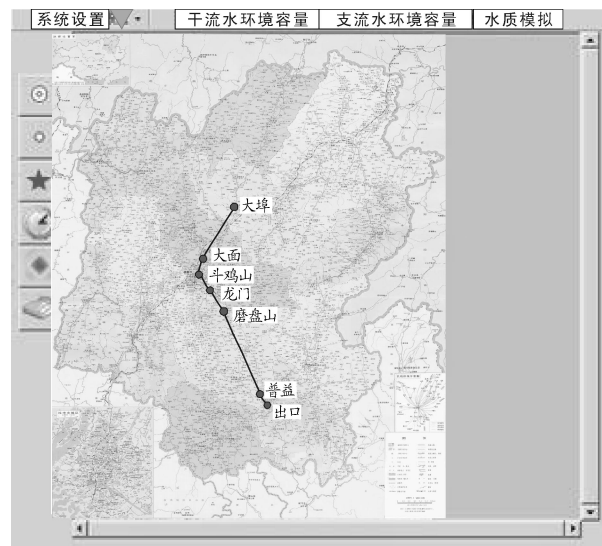


图 4 系统平台主界面

Fig. 4 Main interface of the system

5 种不同的水质类别对应于系统平台上不同的颜色，通过编程给定颜色：

```
Select Case szbz
Case Is = 1 '如果是一类水质
    ys = 12615808 '线条颜色代号
.....
Case Is = 5
    ys = 0
End Select

计算结果与系统平台接口的程序如下：
Set rs3 = db1. OpenRecordset("水质模拟数据库 ")
rs3. MoveFirst
With rs3
    . Edit
    .....
    ! 水质类型 = LCase ( szbz)
    ! 线色 = LCase (ys)
    . Update
End With
rs3. MoveNext
```

上述语句的主要功能是和平台中的数据形成对应的关系, 以实现数据的同步联结。

3.2 水环境容量计算

3.2.1 控制单元允许纳污量的确定 污染物进入水环境后, 受稀释、迁移和净化作用, 水环境容量由3部分组成。漓江属中小河流, 采用下式计算其水环境容量^[5]:

$$W_T = 86.4(C_s Q_s - C_0 Q_0) + ((Q_0 + Q_s) / 2) C_s (K_1 + K_3) X / \mu$$

式中: C_0 , C_s 分别为控制单元的上、下断面的浓度; Q_0 , Q_s 分别为控制单元的上、下断面的流量; K_1 , K_3 分别为污染物的降解系数和沉浮系数; X 为河段长度; μ 为河段平均流速。

3.2.2 数据库编程 给定第一个断面的初始值:

```
rsgl MoveFirst
QS = rsgl Fields("QS")
.....
```

按照同样的方式给定其他参数。

将数据输出到“干流水环境容量结果”表中:

```
With gljg
    .AddNew
        ! 断面名称 = LCase("大埠到大面")
        ! BOD = LCase(WS1 * 365 / 1000)
        .....
    .Update
End With
rs1.MoveNext
```

4 结 论

传统的水污染控制多采用手工管理方式, 不仅效率低下、费时费力, 而且在进行统计、分析

计算时容易遗漏或重复。特别是对于流域水污染的控制, 涉及众多数据, 如各河段的水文参数、排污口位置和排污量等, 因此, 传统的手工管理方式已经不适应当前水污染控制管理的现状。而单纯的数据库系统也仅仅只能针对数据进行管理, 不能进行复杂的模拟分析和计算, 更不能实现图形数据的实时显示和更新, 因此很大程度上制约了流域水污染控制管理的水平。本研究综合利用数学建模、数据库编程、图形图像处理等工具, 开发了漓江流域水污染控制软件系统。该软件系统可对漓江水环境实现实时模拟和显示查询、水环境容量计算等, 可为漓江流域水污染控制规划、决策、设计提供科学合理的依据, 对其他流域的水污染控制也具有一定的借鉴作用。尽管软件功能尚显单一, 但由于该系统提供了可自由拓展的接口, 因此可根据实际需要添加相应的模块, 使得该软件系统在实际应用过程中不断得以完善, 可极大提高流域水污染控制的效率和管理水平。

参考文献

- [1] 缪钟灵. 漓江上游枯水成因及补水措施 [J]. 桂林工学院学报, 1995, 15 (2): 181 - 189.
- [2] 蒋亚萍, 陈余道, 阎志为. 桂林市水资源利用与存在的问题 [J]. 桂林工学院学报, 2003, 23 (1): 50 - 54.
- [3] 广西水利电力勘测设计研究院. 桂林漓江补水工程总体规划研究 [R]. 桂林: 桂林市环保局, 2001.
- [4] W·金士博. 水环境数学模型 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987.
- [5] 张永良. 水环境容量综合手册 [K]. 北京: 清华大学出版社, 1991.

Research on Water Pollution Control Software for L ijiang Valley

WANG Hong-tao, LU Yan-qin, WANG Hong-jun, GUO Chun-qing

(Department of Resources and Environmental Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Based on the water quality and hydrologic characteristics of the L ijiang River, a water pollution control software is developed by math analysis and model, Visual Basic software, ACCESS database technology, graph and image treatment technology. The software includes an electronic map interface, a water quality simulation module and a water environment capacity calculation module. The water quality simulation module is based on Thomas revision of the Streeter - Phelps model. The water environment capacity calculation module includes dilution, transportation and purification. This software is useful for the management and design of water pollution control in the L ijiang valley, as well as in other valleys. Although the function of this software is simple, it can promote the efficiency of water management of valley because it can be developed according to the changed situation.

Key words: L ijiang valley; water pollution control; software