

# 遥感与GIS辅助下的非点源模型空间参数提取

胡远安<sup>1</sup>, 程声通<sup>1</sup>, 贾海峰<sup>1</sup>, 张海星<sup>2</sup>, 谭斌<sup>2</sup>, 赵江<sup>2</sup>

(1. 清华大学环境科学与工程系, 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084; 2. 江西省环境信息中心, 江西 330000)

**摘要:** 非点源模型的应用面临着数据收集和管理困难等难题, 本文以SWAT模型在芦溪小流域的应用为例, 阐述了遥感与GIS技术在非点源研究中的应用, 主要包括利用TM影像提取土地利用信息, 利用GIS进行插值, 划分子流域和信息提取。研究表明, 遥感与GIS能够在相当程度上解决非点源模型应用中的数据收集、分析和管理的困难。遥感能快速获取空间信息, GIS在空间数据综合分析、空间数据的插值中发挥着重要作用。建议在今后的研究工作中加强研究空间数据对非点源模型模拟结果的误差传递。

**关键词:** 遥感; 地理信息系统; 非点源; 流域; 空间数据

**中图分类号:** X14

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-2141(2003)10-0007-03

狭义的地表水非点源污染是指在降雨—径流的淋溶和冲刷作用下, 大气、地面和地下的污染物进入江河、湖泊和海洋等水体而造成的水体污染。非点源污染的研究与模拟, 在发达国家, 特别是美国历史较长。我国的非点源污染研究始于80年代, 主要工作包括农业非点源和城区径流污染的宏观性研究与污染负荷定量计算模型的研究<sup>[1]</sup>。经过数十年的发展, 非点源模型基本上可以满足不同地域和不同用户的要求。特别是机理模型和分散参数模型的开发与发展, 使定量无实测资料地区的非点源污染负荷逐渐成为可能。一般来说, 非点源模型的空间数据具有以下特点: (1) 数据项繁多。(2) 数据收集代价高昂, 无实测数据的点和区域普遍存在。(3) 空间属性描述方法不单一, 有基于点(如气象站点)、线(如河网)、面(如土地利用类型)乃至纵向分层(土壤)等不同类型。

80年代以来, 遥感(RS, Remote Sensing)与地理信息系统(GIS, Geographic Information System)技术在非点源研究领域的应用<sup>[2, 3, 4, 5]</sup>, 在相当程度上解决了非点源模型, 尤其是机理模型和分散参数模型数据项繁多、难以收集与管理的难题, 大大推进了非点源研究的进程。本文结合SWAT (Soil & Water Assessment Tool)模型在芦溪小流域的应用研究对非点源模型的空间数据收集与管理进行了分析, 并对部分存在的不足或难以收集的数据探讨了可能的解决办法。

## 1 研究区域与基础数据

收稿日期: 2003-04-10

作者简介: 胡远安(1977-), 女, 博士生, 主要研究环境系统分析。

基金项目: 国家环境保护总局、江西省环境保护局科研基金; 清华大学环境科学与工程研究院985基金。

袁水上游小流域位于江西省萍乡市芦溪县境内, 袁水(赣江的主要支流之一)上游。由袁水发源地武功山至芦溪镇下游, 流域面积约为334平方公里。气候属亚热带季风性气候, 降雨充沛。流域内多山地丘陵, 植被覆盖状况良好, 以常绿林为主; 农田作物以水稻为主。流域出口处设有水文站, 可以提供常规水文监测数据。在本次研究中, 已收集到的数据主要包括: (1) GIS图: 1:250,000等高线图, 1:500,000万土壤图; (2) 遥感图像: TM (Thematic Mapper) 遥感图像一景, 成像日期为1998年10月3日; (3) 气象数据: 萍乡市气象站1996~1998年日降雨数据, 芦溪水文站雨量监测数据等; (4) 径流量数据: 芦溪水文站监测的1996~1998年袁水径流量; (5) 其它: 流域内的社会经济统计资料等。

本次研究中, 主要利用以上数据, 在遥感与GIS技术的辅助下建立适用于SWAT模型的非点源数据库。SWAT是一个流域水文水质模型, 适用于较大流域的长时间序列连续模拟, 包括水文、土壤侵蚀与泥沙流失、营养物淋溶与迁移、农业管理措施模拟、作物生长模拟等子模型, 对地表水、壤中流、地下水的迁移与携污分别进行模拟计算。

本次研究采用的遥感图像处理软件为ERDAS, 地理信息系统软件为ARC/INFO和ARCVIEW。

## 2 遥感与GIS技术辅助下的非点源信息提取

### 2.1 基于遥感的空间信息提取

在本次研究中,主要由 TM (Thematic Mapper) 影像提取土地利用信息和植被信息。重点提取的信息包括: (1) 耕地、居民点——可能的污染负荷最大的土地利用类型; (2) 林地——研究区域内最主要的土地利用类型, 林地的信息提取包括植被类型、覆盖度等级等直接影响林地污染负荷的信息; (3) 主要的水库——对污染物的迁移产生显著的影响。

根据试分类结果, 本次研究中最终采用逐级分层分类<sup>[6]</sup>提取信息。逐级分类的优点在于可以充分利用光谱信息, 把复杂的问题划分为相对简单的问题, 针对不同的分类目标选择最佳的波段组合, 避免一次划分多种类别在选择波段或特征参数时遇到的困难。主要步骤包括: (1) 利用归一化植被指数 (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) 分离植被与非植被部分; (2) 利用阈值法和非监督分类法进一步分离非植被部分, 划分为裸地、耕地、居民点、水体等; (3) 利用比值变换和监督分类进一步分离植被部分, 主要类型包括耕地与林地; (4) 根据土壤修正植被指数<sup>[7]</sup> (SAVI, Soil-Adjusted Vegetation Index) 划分林地盖度。

对不同的土地利用类型, 尤其是对于人工干预较为剧烈的区域 (如耕地) 建立:

2.1.1 该土地利用类型相应的管理情景。管理情景主要是指管理因素在时间坐标上的变化过程, 并体现其对非点源污染的作用, 主要内容包括: 耕种、施肥、施药、灌溉、收割等措施类型, 农药化肥施用量数据, 管理实施日期等。

2.1.2 该管理情景中涉及的作物生长数据库。作物生长数据库主要用于连续模拟地表覆盖的变化以及作物对土壤养分的吸收情况, 并影响不同时期非点源污染的特点。

2.1.3 该管理情景中涉及的其它数据库, 如化肥类型、农药类型等。

以上数据主要用于辅助获取同一区域不同时期的地表覆盖情况。利用遥感手段获取的土地利用调查结果, 是某一时刻或某一时段地表覆盖物情况; 而对连续模拟的非点源模型来说, 需要获取模拟时间内的土地利用情况。

## 2.2 基于 GIS 的空间插值

空间数据的插值是数据由有资料地区扩展至无资料地区的常用方法, 也是 GIS 处理的常用方法之一, 常见的插值方法包括三角网法、最短距离法、双线性法等。

### 2.2.1 DEM

数字高程模型 (DEM, Digital Elevation Model) 是

流域非点源污染研究的基础数据, 可用于流域边界提取和流域面积计算、水系提取、河流比降和河流长度统计、坡长坡度计算等。在本次研究中, 以 1:250,000 等高线图为主, 叠加湖岸、河流等辅助信息, 生成 TIN (Triangulated Irregular Network), 并进一步构建数字高程模型。

由于原始数据精度的限制, 生成的 DEM 在山地、丘陵地区基本上能够较好的模拟实际地形, 但是在平原地区的地形模拟难以满足研究要求。这给后续处理 (如河流、流域提取) 带来了一定的困难。在难以获取更加准确的地图的情况下, 对根据该等高线生成的 DEM 进行了一定的处理: 即在平原地区人为的“深化”河流信息。图 1 分别为“深化”前后的河流提取结果, 其中粗实线为实际河流。

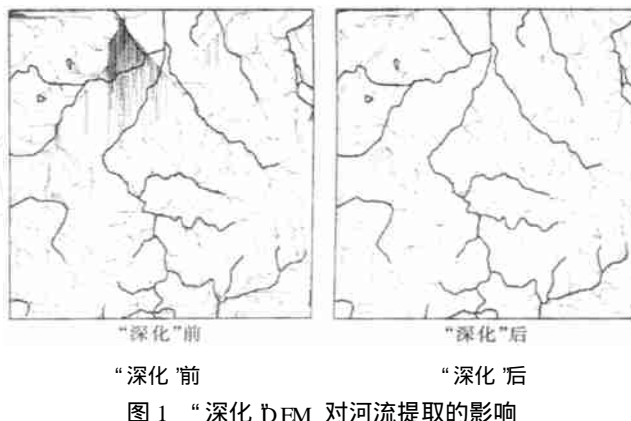


图 1 “深化”DEM 对河流提取的影响

由图 1 中可以看出, 原始 DEM 产生的结果在地势较为平坦的区域存在着明显的不足, 部分地块流向错误, 造成了河流的提取结果与实际的汇流情况存在显著的差异, 这对后续的子流域划分和子流域模型参数提取都将产生严重的不良影响。而“深化”后的提取效果较好, 主要河段与实际河段基本重合。

### 2.2.2 雨量站

降雨数据的空间插值是非点源模型输入数据准备中极为重要的部分。一般来说, 主要是根据泰森多边形 (Thiessen polygons) 法确定距离研究区域最近的测点, 以测点数据代表该区域内的数据, 并在此基础上进一步考虑地形的影响。这类算法的缺点在于: 精度高度依赖测点密度。在测点数据较少的情况下, 极易低估研究区域内的降雨不均匀性。这种不均匀性随着时间步长的扩大影响逐渐减少, 因此对于计算各地块长期平均的污染物流失量影响并不大。但是对河流的峰值流量会产生较大的影响, 从而直接影响径流携污能力, 影响污染物在河道中的迁移过程模拟。

根据以上分析, 在本次研究中对降雨数据的空间

插值采用虚拟雨量站法: 即根据对相似地域降雨分布特点的研究, 在研究区域内增加虚拟的雨量站点, 并将站点和相应的虚拟数据作为模型的输入。雨量站点的虚拟降雨数据有以下特点: 该站点长期的降雨特征与气象站点数据一致; 日降雨量按照一定的规则随机产生, 规则主要包括各雨量站在 2 天内的降雨量基本接近, 为萍乡市降雨量的 0.9~1.1 倍; 距离越近的雨量站降雨量相似度越高。在上述基础之上考虑地形影响, 对各站点的数据作进一步的修正<sup>[8]</sup>。经多次模拟计算后, 可以发现较长时间步长内的计算结果具有一定的稳定性。这种方法可以部分的弥补直接使用单个站点数据的不足。

### 2.3 基于 GIS 的子流域与信息自动提取

SWAT 是一个分散参数模型, 与传统的分散参数非点源模型(如 AGNPS)不同, 它的子单元是以自然汇水单元(Sub-basin)的形式划分。这一区别使得 SWAT 模型能够在子单元面积较大的情况下仍然保证研究区域内的径流与污染物汇集情况不产生畸变, 从而在大流域模拟中发挥优势。而 GIS 技术的发展, 使得子流域边界的识别以及各子流域地形参数的统计与提取变得简单易行, 进一步降低了模型对人力资源的要求。子流域自动提取的过程包括: 流向识别, 汇流计算, 子流域出口确定, 子流域边界识别。



图2 子流域划分

图2所示为本次研究中河流提取与子流域划分的情况。根据流域的自然产、汇流特征, 芦溪小流域被划分为 137 个子流域, 依据子流域内主要的土地利用类型与土壤类型, 将每个子流域进一步划分为 2~5 个标准水文响应单元(HRU)。在 GIS 的辅助下, 叠加气象、土地利用、土壤、DEM 等基础图层, 提取以下参数: (1) 子流域面积, 子流域内各土地利用类型与土壤类型

的组合情况及 HRU 的面积统计数据; (2) 子流域的地形数据, 包括平均高程, 平均坡度, 坡长等; (3) 河道数据, 包括子流域内河段的长度, 坡度等; (4) 子流域隶属的气象站点等。

### 3 模型运算结果验证

利用经上述方法处理后的数据进行模型模拟运算, 并对比模型运算结果与实测资料。

根据水文站的监测数据可知, 模型对年径流量的估计误差在 5% 以内。月径流量的模拟精度逊于年径流量模拟。图3为实测径流量与模拟径流量的对照图(1996~1999年)。

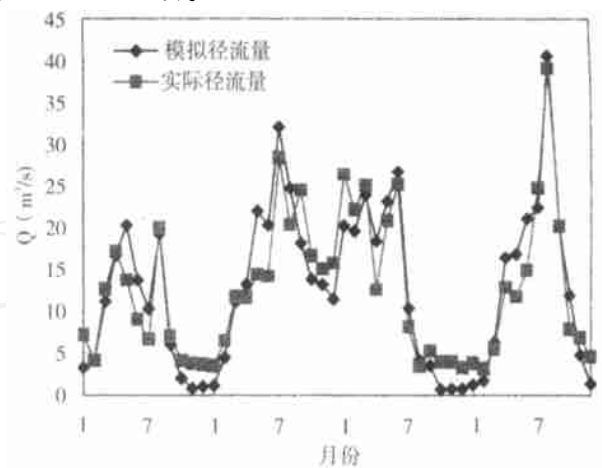


图3 袁水上游小流域模拟径流量与实际径流量对照图(1996~1999年)

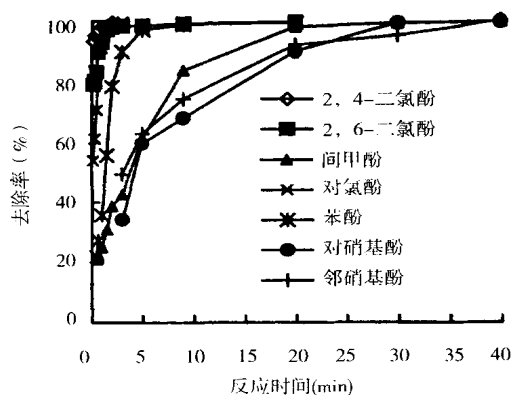
由图3可知, 模型中与水文有关的参数(如土壤的水文分类, SCS 模型中 CN 值等)基本符合实际情况, 能够满足预测要求。另外, 可以看出, SWAT 模型对丰水期的径流量模拟较为准确, 而对枯水期的模拟结果有较明显的相对误差。但是, 由于非点源污染主要发生在丰水期, 可以认为该模拟结果基本满足要求。

由于受实测资料的限制, 目前对泥沙、营养物的污染负荷进行验证仍然具有一定的困难。

### 4 结论与建议

由上述研究可以看出, 遥感与 GIS 在非点源研究中发挥着重要作用, 主要体现在空间信息的收集、分析和管理的上。

遥感手段的应用部分的解决了非点源空间信息收集的问题。遥感是目前最为经济快速的空间信息获取手段。作为一种信息源, 遥感方法以图像像元为单位, (下转第 20 页)



试验条件:  $[H_2O_2] = 4 \text{ mmol/L}$ ,  $[FeSO_4] = 0.5 \text{ mmol/L}$ ,  $pH = 3$ ,  $T = 25$

图 5 反应时间对酚类物质去除率的影响

酚类物质均具有很大的影响, 反应温度对酚类物质的去除率影响不大。

3.2 Fenton 试剂去除酚类物质的反应非常快, 除对硝基酚和邻硝基酚所需时间稍长之外, 其它几种酚类物质均可以在 20 min 之内达到 95% 以上的去除率。这有利于其在实际生产中的应用。

3.3 当  $H_2O_2$  浓度为  $4 \text{ mmol/L}$ 、 $FeSO_4$  浓度为  $0.5$

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*

(上接第 9 页)

把流域中各项参数(如土地利用分类、植被分布等)分解到每个像元, 可以很方便的应用于非点源模型计算。除此之外, 遥感图像具有覆盖面广、周期快、信息量丰富等特点。遥感技术的迅速发展, 使用户能够获得不同时相、空间分辨率和光谱分辨率的数据, 满足不同时间和空间尺度的模型要求。

GIS 功能强大, 在不同类型的空间数据综合分析、空间数据的插值中发挥着重要作用, 并大大提高了计算效率。在非点源研究中, 由于研究区域往往具有高度的空间异质性, 充分考虑数据的空间差异必将耗费大量的时间与资源, GIS 的出现为研究者提供了有力的数据管理与分析工具。

遥感和 GIS 的应用也引起了一些问题, 如遥感识别的误差、GIS 的插值误差等。就目前的技术、经济水平来说, 将误差控制在可接受的范围之内是一个相对可行的方案。而现阶段对这方面的研究仍然较少。建议在今后的研究工作中加强研究空间数据对非点源模型模拟结果的误差传递, 如遥感误分类、DEM 数据误差对模型模拟精度的影响。加强这方面的研究, 并进一步寻找影响模型精度的瓶颈, 对空间数据的收集和使用具有积极的指导意义。

$\text{mmol/L}$  时, 在  $pH$  为 3, 室温条件下反应 40 min, Fenton 试剂对试验所做 7 种酚类物质的降解率均在 98% 以上。

综上所述, Fenton 试剂对模拟水样中酚类物质的去除非常有效, 这为 Fenton 试剂在实际废水处理中的应用提供了理论依据。随着人们对环境问题的日益重视, Fenton 试剂的应用必将越来越广泛。

## 4 参考文献

- 1 Kim S. M. and Vogelpohl A. Degradation of organic pollutants by the Photo-Fenton process Chem. Eng. Technol., 1998, 21 (2): 187 ~ 191.
- 2 郁志勇, 王文华.  $Fe^{2+}$  和  $Fe^{3+}$  在 4-氯酚光化学反应中性质的相似性 环境科学, 1998, 19(4): 76~ 78
- 3 黄骥骝, 徐寿昌. 紫外光及亚铁离子催化过氧化氢处理废水难分解有机物的研究 华东化工学院学报, 1987, 13(1): 1~ 10
- 4 夏国寿. 过氧化氢水溶液在紫外光亚铁离子作用下处理难降解有机废水的研究 中国环境科学, 1988, 8(3): 62~ 66
- 5 Huang C. P. Dong C. D. et al Advanced Chemical Oxidation its Present Role and Potential Future in Hazardous Waste Treatment Waste Management, 1993, 13: 361~ 377.

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*

## 5 参考文献

- 1 夏青. 计算流域非点源污染负荷的流域模型 中国环境科学, 1985, (4): 23~ 30
- 2 Mattikalli, N. M., Devereux, B. J., Richards, K. S Prediction of river discharge and surface water quality using an integrated geographical information system approach International Journal of Remote Sensing, 17(4): 683~ 701.
- 3 AndrusMeiner. Integration of GIS and a dynamic spatially distributed model for non-point source pollution management Wat Sci Tech, 1996, 33(4-5): 211~ 218
- 4 U. Sunday Tim. Coupling vadose zone models with GIS: emerging trends and potential bottleneck. J. Environ. Qual, 1996, (25): 535~ 544
- 5 杨爱玲, 朱颜明. 地表水环境非点源污染研究 环境科学进展, 1998, (5): 60~ 67.
- 6 王长耀, 牛铮, 唐华俊. 对地观测技术与精细农业 北京: 北京科学出版社, 2001: 82~ 100
- 7 Huete, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sens Environ, 1988, 25(2): 295~ 309.
- 8 曾志远, 潘贤章, 杨艳生. 江西省潦河流域自然过程的计算机模拟研究: 模型和方法及模拟输入研究 北京: 中国地理学会成立九十周年大会

## Character of Organic and Elemental Carbon in Chongqing Aerosols

Chen Gangcui<sup>1,3</sup>, Tao Jun<sup>2</sup>, Zhao Qi<sup>3</sup>,

Chen Kejun<sup>3</sup>, Yang Sanming<sup>3</sup>, Zhang Weidong<sup>3</sup>,

Meng Xiaoxing<sup>3</sup>, Chen Jun<sup>3</sup>, Xu Yu<sup>2</sup>,

(1. Department of Environmental Science and Engineering,  
Tsinghua University, Beijing 100084;

2 Faculty of Municipal Construction & Environmental  
Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045;

3 Chongqing Academy of Environmental Sciences,  
Chongqing 400020)

**Abstract** Based on the analysis of the four season samples, this paper reported the spacial distribution and seasonal variation of the mass concentration of the total suspended particulate (TSP) in Jiangbei (residential zone) and Jinyun Mountain (background zone). By means of the element analyzer, the concentration of OC and EC in the TSP was measured and compared with the correspondence function zones of Beijing. The result indicated that the average value of the mass concentration of TSP of Jiangbei (residential zone) and Jinyun Mountain (background zone) of Chongqing lower than Beijing's, respectively. The average value of the mass concentration of OC and EC of residential zone in Chongqing is higher than Beijing, but the average value of the mass concentration of OC and EC of background zone is lower than in Beijing. The ratio of OC and EC exceeded 2.0 in the four monitor sites of the two cities, this revealed serious secondary pollution in the two cities.

**Keywords:** atmospheric aerosol; organic carbon; elemental carbon; source

## Enhanced Start-up and Operation of Biological Phosphorus Removal System on Low Temperature Condition

Ji Fangying, Yuan Chunhua, Xu Xiaoyi

(Faculty of Urban Construction & Environment Engineering,  
Chongqing University (B Campus), Chongqing 400045)

**Abstract** The start-up and operation of biological phosphorus removal system on low temperature condition in the paper is studied in this paper by the way of contrasting test. The results indicate that: (1) the temperature influences biological phosphorus removal system indirectly by affecting acidification hydrolysis of organic matter; (2) the biological phosphorus removal system can be started up easily by adding HAc into influent to make the concentration of VFAs higher than 80 mg/L;

(3) the effect of biological phosphorus removal can be improved by setting acidification hydrolysis tank and  $\text{PO}_4^{3-}$  in effluent mg/L when COD is 150~300 mg/L and  $\text{PO}_4^{3-}$  is 5 mg/L in influent; (4) when phosphorus concentration in influent reaches 10 mg/L, phosphorus in effluent can also be lower than 0.5 mg/L by hydrolysis-ERP (External Recycle Process)-SBR on the condition of low temperature.

**Keywords:** low temperature; biological phosphorus removal; SBR; hydrolyze acidification

## Spatial Information Extraction for NPS Model with the Aid of RS and GIS

Hu Yuanan<sup>1</sup>, Cheng Shengtong<sup>1</sup>, Jia Haifeng<sup>1</sup>,

Zhang Haixing<sup>2</sup>, Tan Bin<sup>2</sup>, Zhao Jiang<sup>2</sup>

(1. Environmental Simulation and Pollution Control State  
Key Point Joint Laboratory, Department of Environmental  
Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084;

2 Jiangxi Environmental Information Center,  
Nanchang 330000)

**Abstract** The application of NPS (non-point sources) models has to face the difficulty of data collection and management. Based on the research of applying the SWAT model in Luxi watershed, the functions of remote sensing and geographic information system are described, including NPS information collection from TM image, spatial data interposition, automatic sub-basins partition and analysis. The results suggest that the advanced technique help greatly to solve the problems focusing on data collection, analysis and management. Remote sensing helps to obtain spatial information quickly and economically. GIS plays an important role in spatial data analysis and interposition. Errors caused by spatial data default should be probed in future.

**Keywords:** remote sensing; geographic information system; non-point sources; watershed; spatial data

## Joint Toxicity Test of Cadmium and Hydroxybenzene to Moina Marrocopa

Chen Yanjun, Zhao Yongsheng, Jin Tisong,

Ye Changbin, Hong Mei

(College of Environment and Resources,  
Jilin University, Changchun 130026)

**Abstract** There are very high Cd and Hydroxybenzene concentrations in industrial solid waste of late which tend to harm the environment and human beings. In order to study the effect of these on the aquatic environment, the toxicities of Cd