

张婉莹, 郁亚娟, 孙秀秀. 流域农业面源污染控制模拟优化系统的软件实现[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 451–454.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.130

# 流域农业面源污染控制模拟优化系统的软件实现

张婉莹, 郁亚娟, 孙秀秀

(环境科学与工程北京市重点实验室/北京理工大学材料学院, 北京 100081)

**摘要:**针对当前国内治理流域农业面源污染信息约束的实际情况,设计一种更加适应我国国情的流域农业面源污染控制模拟优化系统,由于涉及数据量大、模拟与优化过程复杂且模型参数率定与验证需要多次循环,所以手动计算是一个庞大而繁杂的工作且容易出现错误,为使整个模拟与优化过程更为精确和简易快捷,将整个数据库、模拟和优化过程通过计算机实现流域农业面源污染控制模拟优化系统的软件,并选取阿什河流域为案例具体讲述软件的操作流程。该软件能够成功模拟国内流域农业面源污染实际情况,为制定流域农业面源污染的优化策略提供软件支持,对流域农业面源污染的控制具有重要意义。

**关键词:**流域;农业面源污染;系统;优化管理

**中图分类号:** X506      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0451-03

面源污染由于涉及范围广、控制难度大,在环境污染中的比重逐渐增大,是导致地表水污染的主要原因,其中又以农业面源污染贡献最大<sup>[1]</sup>。农业面源污染是指在农业生产活动中,农田中的泥沙、氮磷等营养物、农药及其他有机或无机污染物在降水或灌溉过程中,通过农田地表径流、壤中流、农田排水或地下渗漏进入水体而形成的地表水与地下水的污染<sup>[2-3]</sup>。农业生产活动产生的各种污染物(沉淀物、营养物、农药、盐分、病菌等)以低浓度、大范围的形式缓慢地在土壤圈内运动和从土壤圈向水圈扩散,其基本特征表现为:污染发生的随机性;机理过程的复杂性;排放途径及方式的不确定性;气候气象条件的不确定性以及土地利用的动态变化,对水系径流量产生一定影响<sup>[4]</sup>;污染负荷的时空差异性而导致对其监测、模拟与控制的困难性等<sup>[5]</sup>。农业面源污染源主要包括化肥污染、农药污染、集约化养殖厂污染等<sup>[6]</sup>。国内外多项研究结果已证实,面源污染已成为世界范围内地表水与地下水污染的主要来源<sup>[7-9]</sup>。农业面源污染对河流、湖泊的负荷在 60%~70%<sup>[8,10-11]</sup>。《第一次全国污染源普查公报》统计数据显示,我国主要水污染物排放量有 40% 以上来自农业污染源,其中总氮、总磷排放量分别占全国总氮、总磷排放总量的 57.2%、67.3%<sup>[12]</sup>。农业面源污染已成为太湖、巢湖、滇池等重要湖泊水质恶化的主要原因<sup>[13-14]</sup>。近年来,随着我国地表水源农业面源污染的严重程度的增加<sup>[15]</sup>,我国研究工作者对农业面源污染进行了很多方面的研究。目前,面源污染研究很多,但多是单纯地控制技术研究或污染负荷计算,鲜有与流域、区域生态环境保护及规划紧密结合的<sup>[16]</sup>。由于面源污染是伴随着降水和径流过程产生的,而且小流域作为一个

相对独立的汇水单元,是污染物产生和面源污染发展的源头,因此选择小流域作为研究对象能够更客观地反映面源污染的发生发展规律。国外已有很多成熟的流域尺度进行农业面源污染研究的模拟优化模型,如 SWAT 模型,该模型为治理农业面源污染起到很大作用,国内有些地方也成功利用 SWAT 模型治理当地农业面源污染,然而,成熟的技术并非适用于所有情况。美国作为发达国家,其污染状况出现较早,为治理污染早期进行了大量的数据统计,而这些都是 SWAT 成功运用的必要条件,国内很多地方没有充足的记录资料使用 SWAT 模型进行流域农业面源污染模拟与优化方案研究。根据国内当前信息约束的实际情况,本研究设计了一种更加适应我国国情的流域农业面源污染控制模拟优化系统,由于涉及数据量大、模拟与优化过程复杂且模型参数的率定及验证需要多次循环,而手动计算是一个庞大而繁杂的工作,容易出现错误。为使整个模拟与优化过程更为精确和简易快捷,本研究将整个数据库、模拟和优化过程通过计算机实现流域农业面源污染控制模拟优化系统的软件,并选取阿什河流域为试验点具体讲解该软件的操作流程。阿什河流域为典型流域农业面源污染案例,本研究选其作为示范,经多次验证,该软件能够成功模拟阿什河流域农业面源污染状况,能够为其他河流的治理提供借鉴,对于治理国内流域农业面源污染有一定的推广意义,为制定流域农业面源污染的优化方案提供软件支撑。

## 1 模拟优化系统介绍

### 1.1 模拟方法

分析流域农业面源污染来源及其影响因素,收集统计资料,作为软件输入值及运行机理,将模拟结果与实际监测值进行比较,若不相符,调整参数,直到模拟值与监测值相吻合,证明该模拟系统能够成功模拟实际流域农业面源污染状况。

**1.1.1 数据输入—流域入口污染负荷分析** 种植业、集约化畜禽养殖业和农村居民生活是农业面源污染的主要来源。采用单位负荷法推算土地利用面源污染。其中,总氮、总磷的入河负荷量按照单位面积的排污系数与面积的乘积来计算,畜

收稿日期:2015-06-29

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2012BAD15B05);国家自然科学基金(编号:51474033,41301636)。

作者简介:张婉莹(1991—),女,河南灵宝人,硕士研究生,主要从事环境污染控制研究。E-mail:2220140693@bit.edu.cn。

通信作者:郁亚娟,博士,副教授,硕士生导师,主要从事环境规划与评价研究。E-mail:04575@bit.edu.cn。

禽养殖产生的总氮、总磷面源污染入河负荷量按畜禽数量与排污系数的乘积来计算,农村居民生活产生的总氮、总磷面源污染入河负荷量按人口数与人均排污系数的乘积来计算。

**1.1.2 数据运行—流域污染迁移模拟** 流域水质运输过程的影响因素主要有自然环境要素、社会经济要素、系统参数3个方面。各种影响因素导致农业面源污染在流域中的形成受综合降解及时间的迁移拖尾效应的影响。流域总氮迁移模拟模型经过多个备选模型的筛选,最终选定为多阶段迁移转化拖尾模型。总磷迁移模拟模型与之相似。

**1.1.3 数据输出—流域出口污染负荷分析** 将模拟的流域出口农业面源污染状况的各种数据通过编程得到模拟污染状况,与实际流域农业面源污染状况进行对比,能够很好地吻

合,说明该软件能够成功模拟流域实际污染状况,为治理流域农业面源污染制定优化方案提供技术支撑。

## 1.2 优化方法

在建立模拟模型的基础上,结合当地居民生产生活方式,改善各种人为影响因素,制定多种优化方案,依据模拟方法计算各输入数据,适当改变系统运行参数,1种优化方案对应1组模拟数据,分别将其输入软件系统,模拟输出优化结果。将优化方案对应的模拟结果与实际流域农业面源污染状况进行对比,选取优化效果较好的几套方案。在选定的优化方案间进行经济参数社会参数量,利用环境经济学结合当地政策制定最佳优化方案。流域农业面源污染模拟优化模型的设计见图1。

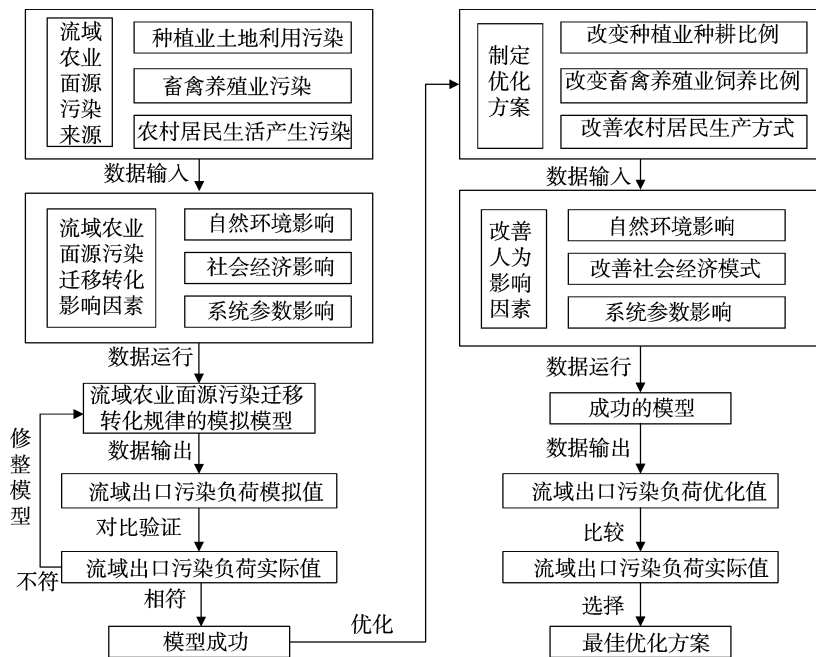


图1 流域农业面源污染模拟优化模型设计

## 2 系统软件实现

### 2.1 案例概况

阿什河流域为松花江南岸的一级支流,干流全长213 km,发源于黑龙江省尚志市帽儿山,流经尚志市、五常市、阿城区、哈尔滨市(香坊区、道外区),在哈尔滨市东北角汇入松花江,全段蛇曲发育,河槽宽25~60 m,比降约1/2 500。阿什河流域处于45°05′~45°49′N、126°40′~127°42′E,流域面积3 545 km<sup>2</sup>。近年来,由于东北粗放型的经济增长、工业废水、沿岸村镇生活污水处理率低下及农业面源污染强度大等因素的影响,使得阿什河沿岸面目全非,遭受严重污染的河水散发着难闻的气味,昔日草肥水美的河滩现在已是遍地的黄沙和死树。阿什河流域主要污染特征呈有机污染与氮磷污染,流域水质呈V类甚至劣V类,属于哈尔滨地区水质较差的河流断面。由于流域内农田广布,水质受农田退水的影响较大,面源污染具有代表性。相关研究表明,生活污水、畜禽养殖、农田施肥、农药使用是造成阿什河面源污染的主要污染源。阿什河哈尔滨市区段面源污染贡献从大到小依次为生活污水、化肥流失、畜禽粪污、生产生活垃圾。阿什河

为典型的流域农业面源污染案例,本研究选取阿什河流域作为示范,为解决当前国内流域农业面源污染有一定推广意义。

### 2.2 软件实现

在选取的阿什河流域上,分析流域周边居民生产生活方式,收集多年环境监测数据,结合模拟输入、运行及输出流程,计算相应模拟值作为输入参数数据来源,按软件操作流程具体操作,最终得到阿什河流域农业面源污染状况模拟值,将其与实际流域农业面源污染状况进行对比,适当改善模型参数,直到模拟值与实际监测值能很好地吻合,说明该软件能够成功模拟阿什河流域农业面源污染状况。在模拟软件的基础上,制定多种优化方案,经模型模拟运行后得到其模拟结果,选出较有效的方案,根据当地经济发展最终选择最佳优化方案。

**2.2.1 软件实现需要的设备与工具** 硬件设备有服务器1台;系统研发用机若干台;搭建局域网系统硬件设备若干。软件工具有Java Development Kit开发工具包1套、Apache+Tomcat服务系统1套、MySQL数据库管理系统1套、Eclipse开发平台1套、Microsoft Office系统1套、PhotoShop系统1套、Java代码签名系统1套。

**2.2.2 软件实现方法与过程** 采用Browser(浏览器)/Server

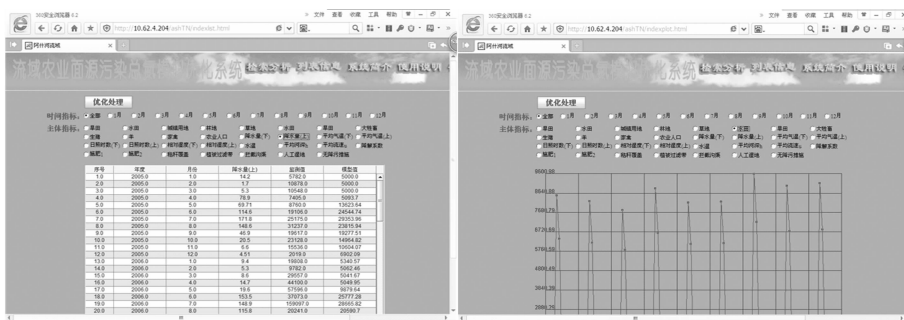
(服务器)结构。用户通过客户机浏览器向 WEB 服务器提出请求,利用 HTTP 协议将所需的信息传送给客户机,客户机接受并把它显示在客户机浏览器上。WEB 服务器接受用户的请求,首先将需要执行的应用程序与数据服务器链接,向数据服务器提出数据处理申请,数据服务器将数据处理结果提交给 WEB 服务器,再由 WEB 服务器传回客户机,浏览器端和服务端的核心代码选用 Java 语言开发完成。信息系统的架构实施过程中会依据需要不断完善和调整。

2.2.3 系统功能与操作演示 以阿什河流域农业面源氮污染模拟系统为例介绍系统使用说明,分别安装 jdk.exe、tomcat 等软件工具后,将系统安装包解压到计算机 C 盘(位置自定义,也可以是其他盘,根据经验安装在 C 盘运行更稳定),按路径 C:\apache-tomcat-7.0.23\bin 找到 javaweb.bat 文件,右击-编辑操作记事本打开,将第 2 行 set JAVA\_HOME = c:\Program Files\Java\jdk1.6.0\_45 改为本机的 java 的安装

位置,然后保存关闭。

双击打开 javaweb.bat, Tomcat 运行窗口,使系统开始运行。然后打开浏览器,在地址栏输入 http://10.62.5.22/ashTN/(其中 10.62.5.22 为当前计算机 IP 地址)回车,打开模拟系统界面。系统初始化完毕,界面会提示可以使用。界面有检索分析、列表信息、系统简介、使用说明、安装 Java 等 5 个模块,其中检索分析和列表信息是本系统主要功能模块。

鼠标单击列表信息按钮,打开列表信息界面,列表信息模块与数据库关联,主要用于数据库的查询与管理。根据需要选择时间指标和主体指标,然后单击信息列表按钮,就可查询相关数据,以查询全部人口信息为例(图 2-a)。鼠标单击检索分析按钮,打开分析处理界面,检索分析模块与数据库关联,主要用于对数据的计算和分析处理。根据需要选择时间指标和主体指标,然后单击分析处理按钮,就可分析出主体指标随时间的变化趋势图。以多年水田施肥量为例(图 2-b)。



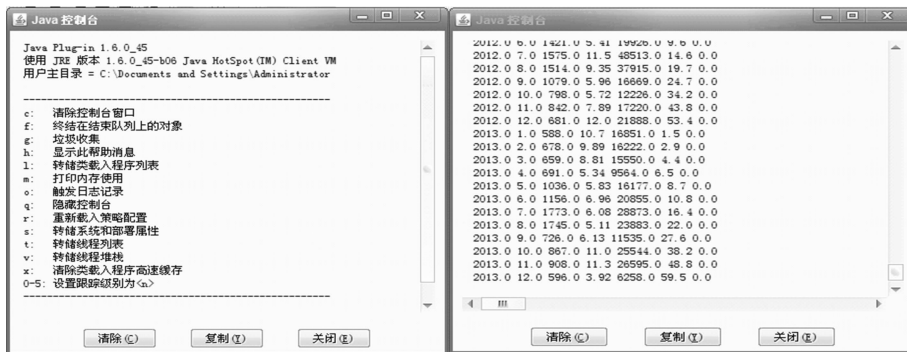
a.列表信息使用界面

b.系统检索分析界面

图2 系统使用演示界面

以上检索分析及列表信息的结果都会呈现在一个 Java 控制台窗口,即为打开模拟系统首页的同时弹出的 Java 控制台窗口(图 3-a)。所有的数据检索、计算和分析结果都会在

这个窗口输出,包括模型计算结果(图 3-b)。窗口中的输出数据可以根据需要选择相应部分复制到 Excel、Word 等文档中进行更深入的研究。



a.Java控制台窗口

b.Java控制台窗口数据输出示范

图3 Java控制台窗口和Java控制台窗口数据输出示范

通过多次循环模型优化和参数率定,最终使模型稳定,计算值与监测值趋于吻合,可以用于阿什河流域农业面源总氮污染的优化与控制。通过改善农业管理措施等优化影响污染输出量的参数来使流域出口污染物输出总量得到控制。数据的输入与优化可按本系统 C:\apache-tomcat-7.0.23\webapps\ashTN\data 打开相应的 Excel 文档进行操作,对于普通用户简单易懂,操作简便。

### 3 结论

本研究设计并实现了流域农业面源污染模拟优化系统的

软件编写和操作过程,阐明该软件的设计思路以及需要的辅助设备,并展示系统部分功能和操作方法。该软件在功能上实现了流域农业面源污染信息管理系统、污染过程模拟模型和优化模块的结合与同步,使整个模拟优化系统的应用和操作更为简便快捷。该软件为制定流域农业面源污染最佳流域优化方案提供了技术支持,对治理面源污染、解决当前国内水污染问题具有重要意义。

### 参考文献:

[1]樊娟,刘春光,石静,等.非点源污染研究进展及趋势分析

刘颖,李冬杰,李朝炜,等. 绿化植物叶面特征对滞尘效应的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):454-457.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.131

# 绿化植物叶面特征对滞尘效应的影响

刘颖,李冬杰,李朝炜,朱昀,魏景芳

(河北科技大学生物科学与工程学院,河北石家庄 050080)

**摘要:**选取河北省石家庄市18种常见绿化植物为对象,研究绿化植物叶片表面特征对滞尘效应的影响。结果表明,在同一尘源条件下,不同绿化植物的滞尘能力存在极显著差异,迎春花的滞尘能力相对最强,平均累积滞尘量为 $4.572\text{ g/m}^2$ ,色木槭滞尘能力相对最弱,平均累积滞尘量为 $0.515\text{ g/m}^2$ ,两者平均累积滞尘量相差9倍;相同植物不同垂直部位的叶片滞尘能力也存在显著差异,18种植物不同部位的叶片累积滞尘量均表现为:下部>中部>上部;利用显微镜观察叶片表面发现,叶片表面具被毛、叶面粗糙度大、气孔密度大且开度、大的植物产生的滞尘效果较好,叶表平滑无毛、气孔密度小的植物产生的滞尘效果较差。

**关键词:**绿化植物;滞尘能力;叶面特征;气孔密度;迎春花

**中图分类号:** Q948.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0454-04

近年来,随着城市工业的迅猛发展,由颗粒物而导致的灰霾污染已成为严重的城市环境问题。植物因其叶片表面性能如茸毛、蜡质表皮等可以滞留和黏附较多的大气颗粒物<sup>[1]</sup>,对可吸入颗粒物的阻滞与过滤、空气净化等发挥着不可替代的作用<sup>[2]</sup>。目前,国内外学者们重点围绕不同城市、不同功能区的绿化植物滞尘效应开展研究,探讨绿化植物的滞尘规律<sup>[3-7]</sup>,而对颗粒物阻滞机理方面的研究较少。本试验以河

北省石家庄市常见的绿化植物为对象,在相同滞尘环境下测定植物的滞尘量,分析植物的滞尘规律,研究不同植物叶片表面特征对植物滞尘能力的影响,进一步探讨植物叶片的滞尘机理,筛选出滞尘能力强的植物种,对城市大气颗粒物污染的降低和空气质量的提高具有重要意义,为优化城市植物群落配置和绿地生态建设提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

根据石家庄市的气候特点,对全市绿化植物的种类和生长状况进行调查,筛选出常见的、具有代表性的18种绿化植物为研究对象,其中乔木有7种:樱花(*Prunus annesiana*)、长叶女贞(*Ligustrum lucidum* Ait.)、二球悬铃木(*Platanus acerifolia* Willd.)、色木槭(*Acer mono* Maxim.)、垂柳(*Salix baby-*

收稿日期:2016-03-04

基金项目:国家科技部专项基金(编号:2011ZX08001-003);河北省科技计划(编号:13273705)。

作者简介:刘颖(1980—),女,河北新河人,硕士,讲师,从事植物细胞工程研究。E-mail:llp327@163.com。

通信作者:魏景芳,博士,教授,从事植物细胞工程研究。E-mail:wjfang@126.com。

[J]. 农业环境科学学报,2008,27(4):1306-1311.

[2]唐浩,熊丽君,黄沈发,等. 农业面源污染防治研究现状与展望[J]. 环境科学与技术,2011,34(增刊2):107-112.

[3]余进祥,刘娅菲. 农业面源污染理论及展望[J]. 江西农业学报,2009,21(1):137-142.

[4]赵阳,余新晓,郑江坤,等. 气候和土地利用变化对潮白河流域径流变化的定量影响[J]. 农业工程学报,2012,28(22):252-260.

[5]程公德,殷国玺,谢崇宝,等. 村镇饮用水源地污染关键区识别[J]. 农业工程学报,2014,30(19):139-145.

[6]黄晶晶,林文超,陈一兵,等. 中国农业面源污染的现状与对策[J]. 安徽农学通报,2006,12(12):47-48.

[7]Boers P C M. Nutrient emissions from agriculture in Netherlands, causes and remedies[J]. Water Science and Technology,1996,33(4):183-189.

[8]Tim U S, Jolly R. Evaluating agriculture nonpoint-source pollution using integrated geographic information and hydrologic/water quality model[J]. Journal of Environmental Quality,1994,23(1):25-35.

[9]任军,边秀芝,郭金瑞,等. 我国农业面源污染的现状与对策

I:农业面源污染的现状与成因[J]. 吉林农业科学,2010,35(2):48-52.

[10]Corwin D L, Wagenet R. Application of GIS to the modeling of non-point source pollutants in the vadose zone[J]. Bouyoucos Conference:Riverside,1996,25(3):403-411.

[11]Liao H H, Tim U S. Interactive water quality modeling within GIS environment[J]. Computers Environment and Urban Systems 1994,18(5):343-344.

[12]丁恩俊. 三峡库区农业面源污染控制的土地利用优化途径研究[D]. 重庆:西南大学,2010.

[13]沈文杰. 农业面源污染治理政策选择——基于浙江农户化肥投入意愿的分析[D]. 杭州:浙江工商大学,2010.

[14]全为民,严力蛟. 农业面源污染对水体富营养化的影响及其防治措施[J]. 生态学报,2002,22(3):291-299.

[15]刘宝存,赵同科. 农业面源污染综合防控技术研究进展:农业面源污染的现状与研究进展[M]. 北京:中国农业科学出版社,2010.

[16]郭翔,杜蕴慧,刘孝富,等. 东江湖流域农业面源污染负荷研究[J]. 环境工程学报,2013,3(4):350-357.