

基于遥感技术的流域非点源污染研究

万 兴¹, 万金保^{1, 2}, 赵 晋¹

(1. 南昌大学环境科学与工程学院, 江西 南昌 330029; 2. 南昌大学鄱阳湖研究中心, 江西 南昌 330046)

摘要 通过实地考察乐安河沿岸的非点源污染, 利用遥感(RS)技术, 对乐安河流域土地进行分类, 找出主要污染源和污染物种类, 再经过现场试验与经验公式的计算, 得到各类污染源的分布情况和排放量, 提出相应的控制管理方案。

关键词 非点源污染; 遥感技术; 乐安河

中图分类号 X522 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2006)04-0062-03

Research on non-point source pollution based on RS

WAN Xing¹, WAN Jin-bao^{1, 2}, ZHAO Jin¹

(1. School of Environmental Science & Engineering, Nanchang University, Nanchang 330029, China; 2. International Poyang Lake Ecological Research Center, Nanchang University, Nanchang 330046, China)

Abstract The land in Le'an river basin was sorted according to the field investigation of non-point source pollutions by using the remote sensing (RS) technique. Main pollution sources and kinds of pollutant were found out, and the distribution and emission of all kinds of pollution sources were obtained by field experiments and empirical formulas. Corresponding control and management measures were finally proposed.

Key words non-point source pollution; remote sensing (RS) technique; Le'an river

乐安河发源于江西省婺源县鄣公山南麓, 由东向西流经三市二县, 最终注入鄱阳湖, 全长 279 km, 是赣东北一条重要的工业和生活取水源地。随着城市化速度的加快, 在乐安河流域不仅工业废水、生活污水等点源污染源迅速增加, 而且农田径流、城市径流等挟带的非点源污染源也迅速增加。就乐安河流域来说, 非点源污染所造成的危害主要表现为: ①引起水体的富营养化, 破坏水生生物的生存环境; ②淤积水体, 使得河床升高, 降低水体的容纳水量; 污染饮用水源, 影响人群健康。

由于点污染源几乎纯粹是人为活动的产物, 故某个地方点污染源负荷随着人类活动的加剧会急剧增加, 点污染源容易引起人们的注意。而某个地方的非点源污染并非单一的人为活动的结果, 许多制约因素都属于不可控制因素, 例如气象条件、地理与地质条件等, 所以其负荷随着人类活动的变化不像

点源那么剧烈。综合整治区域大规模的工业开发和城市发展, 把点源推到突出的位置, 使得人们很容易忽略了非点源的作用。本调查的目的就在于利用遥感(RS)技术, 对乐安河流域土地进行分类, 找出主要污染源和污染物种类, 再经过经验公式的计算, 得到各类污染源的分布情况和排放量, 最终提出相应的控制管理方案^[1]。

1 土地利用分类

乐安河流域面积大, 流经地域广, 所经地区以丘陵、山地为主, 沿岸有多家冶金、化工企业, 生活污水尤其是畜牧废水多未经处理直接排入河中, 形成了面广点多的特点。为了准确把握该区域土地利用情况, 本研究采用了遥感成像技术^[2], 从土地的用途及经营特点、覆盖特征入手, 以 TM 影像图为基础, 按照不同土地利用类型的植被指数动态特征的差异性

原则 ,室内分析解译和野外调查验证相结合 ,对综合整治区域土地利用状况进行分类。其中建立遥感解译标志是一项极其重要的基础工作 ,直接影响着调查精度及最终成图的质量。本文采用了如下步骤建立遥感解译标志 :建立初步解译标志→实地考察→建立详细遥感解译标志。以 TM5、4、3 波段彩色合成图为基础 ,根据其影像色彩、影像图形、影纹结构、地理相关等因素 ,建立起全省土地利用类型遥感解译标志。然后 ,利用 ERDAS IMAGINE 8.4 软件的监督分类(Supervised Classification)功能进行遥感解译 ,确定了该流域土地利用情况 ,其步骤为 :定义分类模板→评价分类模板→执行监督分类→评价分类结果→聚类统计。乐安河流域 5 县(市)土地利用情况见表 1。

表 1 乐安河流域土地利用情况

hm²

县(市)	水田	旱地	草地、林地	城镇用地	水面	其他未用地
婺源县	14993.3	726.7	90533.3	1526.7	2886.7	73080.0
德兴市	16966.7	726.7	102446.7	1733.3	3280.0	83046.7
乐平县	33820.0	1933.3	51486.7	460.0	4306.7	105293.3
万年县	320.0	12.0	520.0	8.0	140.0	340.0
波阳县	14806.7	6860.0	16980.0	600.0	13780.0	81580.0

2 单位面积产污量的确定

在现场调查和收集分析国内外相关研究的基础上 ,通过现场实验确定不同产污类型的单位产污量。

2.1 透水性地面

对划分出来的产污类型采用人工降雨的室外模拟和室内土壤样品分析来进行综合研究。室外人工降雨模拟控制结合乐安河综合整治区域的特点进行 ,人工降雨装置选择中国科学院生态环境研究中心设计的设备 ,降雨高度在 5 m 左右 ,雨滴直径分布范围为 0.5 ~ 6.8 mm。考虑到野外人工降雨的困难性 ,试验地点设在那些最具广泛性和代表性的地块上 ,并在晴天进行。

试验面积为 1.5 m × 1.5 m ,降雨强度为 77.3 mm/h ,历时 100 min ,累计降雨量 128.83 mm。降雨试验开始后 ,记测径流出现的时间。径流出现后 ,每隔 10 min 取 1 次水样 ,总共 10 次 ,分析不同产污类型总氮(TN)、总磷(TP)、可溶性磷(SP)、硝酸盐氮(NO₃⁻ -N)、重铬酸盐指数(COD_{Cr})、五日生化需氧量(BOD₅)、氨氮(NH₃-N)、悬浮物(SS)不同时间的浓度 ,并且记录下每 10 min 径流量。同时在试验区域采取土样 ,分析典型产污类型土壤理化特性。透水性地面现场试验的分析结果见表 2。

2.2 非透水性地面^[3]

综合整治区域中的非透水性地面采用经验公式和实地采样相结合的方法进行单位面积年产污量的

表 2 透水性产污年产污量

kg/km²

产污类型	BOD ₅	COD _{Cr}	TN	NH ₃ -N	NO ₃ ⁻ -N	TP	SP
林草地	1696	4972	2169	504.4	33.70	18.8	3.44
水土流失地	499	1050	323	14.3	0.96	12.4	0.58
旱地	7830	16300	7730	1540.0	63.9	295	18.80
水田	2920	8176	4785	1617.0	83.1	93.0	9.28

计算。在乐安河流域安排了实地的地表堆积物清扫和室内分析实验 ,清扫点首先用毛刷清扫干净 ,注意避免清洁工干扰 ,采取 24 h 连续样 ,考虑到一般情况下城市降雨径流不能冲走大于 2 mm 粒径的颗粒物 ,所以清扫对象主要是小颗粒物质。样品过筛后 ,分析堆积成分(TP、TN、SP、NO₃⁻ -N、NH₃-N、COD_{Cr}) ,并进行 2 h、4 h、6 h 浸泡试验。将浸泡液污染物浓度分析结果换算到单位面积上 ,作为地表堆积物产污的一个特征值 ,可以看作是产污能力的一个标志 ,它能够反映出地表固体物质在受到降雨浸泡、冲刷时污染物的溶出性质 ,由此可反映出各产污类型的单位面积地表堆积物的数量和单位面积的污染物含量。非透水性地面单位面积产污量见表 3。

表 3 非透水性产污年产污量

kg/km²

产污类型	SS	BOD ₅	COD _{Cr}	TN	NH ₃ -N	NO ₃ ⁻ -N	TP	SP
城镇用地	98798.75	8595.50	17669.66	3931.70	2220.75	643.33	145.23	22.23

2.3 各污染控制单元非点源源强统计结果

结合遥感影像的土地利用类型图和区域地表径流污染源的污染物移动特征以及水文、土壤、植被覆盖情况 ,获得各控制区产污类型的面积。各污染控制单元非点源污染负荷

$$P_j = \sum_{i=1}^n A_i K_{ij}$$

式中 :P_j 为 j 种污染物地表径流产污量 ,t ;A_i 为 i 类产污类型面积 ,km² ;K_{ij} 为 j 污染物在 i 类产污类型下的单位面积产污量 ,kg/km² ;i 为产污类型 ;j 为污染物种类。

计算结果见表 4。

表 4 非点源污染负荷计算结果

t

县(市)	BOD ₅	COD _{Cr}	TN	NH ₃ -N	NO ₃ ⁻ -N	TP	SP
婺源县	4947.9	9698.7	4244.2	1041.9	74.7	57.6	7.4
德兴市	21376.8	11987.9	1718.1	1332.1	194.4	86.2	10.9
乐平市	7447.1	7830.9	3466.8	987.8	86.1	68.9	7.3
万年县	847.2	695.7	295.8	87.9	8.9	6.4	0.8
波阳县	8526.6	6004.1	2495.2	715.6	78.2	66.3	4.3
合 计	43145.6	36217.3	12220.1	4165.3	442.2	285.4	30.7

3 控制管理方案

通过本次调查 ,就可以就乐安河综合整治区域的农田径流(包括旱地与水田)、城市径流、农村居民

点、道路交通等主要非点源污染类型提出如下控制管理方案。

3.1 农田径流^[4-5]

a. 从控制污染源的角度来说,首先要控制农药、化肥的使用,通过合理施肥,改善土壤肥力,减少养分流失。开展作物平衡配套施肥,提高肥料利用率。根据历年土壤质量、肥料运筹试验及作物吸肥规律,在施用有机肥的基础上,调整不合理的施肥结构,建立平衡配套施肥模式,孙皓等^[6]研究表明:有机肥与无机肥搭配施用比例达到4:6~6:4,优质有机肥施用量在37.5 t/hm²以上,可使养分释放缓急相适,延长供应时间,减少养分流失,肥料利用率可从33%提高到45%以上。张志剑等^[7]认为:水稻一季施氮总量不宜超过165 kg/hm²、水田全年磷肥投入量暂定为53 kg/hm²能够现实目标产量。

b. 政策法规方面:农田非点源污染是所有非点源污染中最为严重的类型之一,但农药和化肥的使用也是促进农作物增产的最有效手段之一。虽然许多研究表明,改变农田的耕作方式和管理措施会在一定程度上减少农药或养分的流失,降低非点源污染负荷,但与直接控制农药和化肥的施用相比,微乎其微。对此,制定合理的法规,鼓励农民采用先进的科学的农田管理方式,发展生态农业具有重要意义。建议实行的政策法规包括:降低农产品税收,增加对化肥农药的税收,设立专项基金鼓励农民采用最佳管理措施等。

c. 目前采取的另一个有效手段是利用生态工程措施控制非点源污染。许多研究表明,在农田与水体之间建立合理的草场或林场过滤带,将会大大减少水体中的氮磷含量,同时利用不同的农作物对营养元素吸收的互补性,采取合理的间作套种,同样可以大大减少养分元素的流失和对水体的污染。

3.2 城镇地表流

a. 减少城市非点源污染应从减少地表污染物堆积入手。改进清扫方式,提高清扫效率,保持城市地面的清洁,减少污染物的存在,会大大减少降雨径流对地表或地下水体的污染。

b. 逐步实现雨污分流,城市工业和生活污水与城市地表径流应通过不同的途径排入各纳污河段。在此基础上,开展非点源污染的监测工作,根据监测数据建立城市非点源污染的负荷模型,再由污染负荷量反映出城市地表堆积数量和分布特征,按照各功能区单位面积控制目标,定期制定出具体的削减数量和任务。

c. 为了防止城市水土流失,在新城区建设和老城区改造的过程中,制定严格的土地利用规划,严禁

大规模的盲目裸露开发,建立科学的管理方法和制度。同时对城市透水区域要加大绿地建设,美化环境,保护土壤,防止侵蚀。

d. 在城市大气污染烟尘控制区内严格执行烟尘控制规定,以防止大气沉降和降雨产生二次污染。此外,城市酸雨也会造成地面水污染,全面控制区域大气污染是控制非点源污染总量的重要途径。

3.3 塘基

在综合整治区域河段的非点源调查中发现,近年来塘基上蔬菜、甘蔗、桑的栽培功能已经开始减弱,但畜牧业的功能日益加强。塘基上的猪场和鸭场可以供给塘鱼养分,既产生了效益,又明显避免了畜牧场对临近水体的污染,但在暴雨期间,塘基本身的产流和塘的溢流又通过临近水沟进入河流而造成径流污染。建议加强塘基上的草种植。草可以供给塘里的鱼,也可以供给奶牛场,又能有效阻截暴雨期间产生的径流污染。

3.4 农村居民点

应加强除庭院之外的清扫工作,同时避免任意堆放的禽畜粪便通过风吹雨淋进入邻近水体。需要对农民进行适当的教育和引导,改变日常不合理的行为,减少污染。

4 结论与建议

a. 利用遥感技术,对乐安河流域土地进行了较准确的分类,为获取各土地利用类型的降雨产污数据提供了可靠保证。

b. 就乐安河综合整治区域的农田径流(包括旱地与水田)、城市径流、农村居民点、道路交通等主要非点源污染类型提出了有效控制管理方案。

c. 非点源在形成上具有随机性大、模糊性强、分布广泛、一定滞后性和潜在性强的特点。同时,其污染涉及因素多、时间尺度长、投资需求大,在管理和控制上比点源污染更为困难。

d. 综合整治区域非点源污染已经成为危害水环境的重要因素。安乐河流域自然生态条件复杂,非点源污染类型多样而又复杂,由于目前对非点源污染的研究较晚,在非点源污染的控制和管理上尚有较多的工作要做。

参考文献:

[1] 杨爱玲,朱颜明.地表水环境非点源污染研究[J].环境科学进展,1998,(5):60-67.
[2] 史志华,张斌,蔡崇法,等.汉江中下游农业面源污染动态监测信息系统的建立与初步应用[J].遥感学报,2002,(5):382-387.

(下转第67页)

的 R^2 均大于 0.8 ,说明拟合效果较好。其中 ,京杭运河综合污染指数与人均 GDP 拟合曲线调整后的 $R^2 = 0.878$,且曲线形状为完整的倒“U”型 ,对环境库兹涅茨曲线具有比较充分的解释意义。当人均 GDP 达到 4920 元时 ,出现拐点 ,此后该河流水环境开始呈现出好转趋势。

奎河综合污染指数与人均 GDP 拟合曲线调整后的 $R^2 = 0.835$,拟合效果较好 ,且曲线形状近似倒“U”型曲线的右半段 ,说明奎河水质正持续好转。这是因为奎河水体的污染防治一直受到沿岸居民的关注 ,徐州市在 1994 年底建成一期日处理 10 万 t 的徐州污水处理厂后 ,1998 年又续建了二期工程 ,日处理能力达 16.5 万 t ,近年来又对工艺进行了改造 ,进一步提高了出水水质。同时原先直接排入奎河的城区工业、生活废水都实现了管网截污 ,因此奎河的水污染明显减轻。

总的综合污染指数与人均 GDP 拟合曲线调整后的 $R^2 = 0.843$,曲线形状为倒“U”型。当人均 GDP 达到 4705 元时 ,出现拐点 ,此后整体地表水环境开始好转。

废黄河与云龙湖的综合污染指数与人均 GDP 拟合曲线调整后的 R^2 均较小 ,说明拟合效果不好。从图 2 可以看出 ,随着经济的发展 ,废黄河水质状况波动较大 ,且呈恶化趋势 ,这是由于废黄河支流较少 ,河水主要来源于微山湖调水和沿岸生产生活污水 ,因此受人为因素影响比较显著。近年来 ,沿岸居民住户增加 ,大量生活废水排入河道 ,导致废黄河水环境呈恶化趋势。

云龙湖水质呈先恶化后好转的趋势 ,总体水环境质量较好。这是因为云龙湖是市区景观水域 ,沿湖污染源较少 ,污染程度较轻。而且近几年来 ,徐州市加强了对云龙湖的治理 ,采取了清淤和换水措施 ,因此湖水水质较好。

4 结论与讨论

通过对徐州市 1991 ~ 2002 年地表水水质与经济发展指标的统计分析 ,一方面检验了徐州市地表水水质的环境库兹涅茨特征 ,另一方面评价了该市水污染防治的绩效。可以得到以下结论 :

a. 徐州市地表水水质与经济发展之间的关系总体上符合 EKC 假说 ,但废黄河和云龙湖水质状况的拟合曲线不具说服力。实际上 ,环境库兹涅茨曲线只是一种可能而不是必然^[6] ,它只是环境与经济发展之间多种可能关系的一种 ,且两者之间的关系

远比模型描述的要复杂。
b. 通过拟合曲线可以看出 ,徐州市总体地表水水质处于好转趋势 ,因此可以认为徐州市近年来所采取的污染防治政策是成功的。但同时也要看到 ,徐州市地表水质还不能全部达到相应的水域功能要求 ,特别是废黄河水质还呈现出进一步恶化趋势。今后应进一步加大水污染控制力度 ,提高生活污水的处理率 ,同时配以一定的生态工程 ,缺水地区可以加大污灌面积。只有采取更加积极主动的环境政策和措施 ,徐州市的地表水质才有可能得到更大的改善。

参考文献 :

[1] SOUMYANANDA D. Environmental Kuznets curve hypothesis : A survey[J]. Ecological Economics ,2004 ,49(4) :431-455.
[2] JAMES A ,ARIK L. The simple analytics of the environmental Kuznets curve[J]. Journal of Public Economics ,2001 ,80(2) :269-286.
[3] JOHN A L ,CRAIG A G. The environmental Kuznets curve : does one size fit all[J]. Ecological Economics ,1999 ,31(3) :409-423.
[4] DAVID I S ,MICHAEL S C ,EDWARD B B. Economic growth and environmental degradation :the environmental Kuznets curve and sustainable development[J]. World Development ,1996 ,24(7) :1151-1160.
[5] 高振宁 ,缪旭波 ,邹长新.江苏省环境库兹涅茨特征分析[J]. 农村生态环境 ,2004 ,20(1) :41-43.
[6] 李周 ,包晓斌. 中国环境库兹涅茨曲线的估计[J]. 科技导报 ,2002 (4) :57-58.
[7] JHA R ,MURTHY K V B. An inverse global environmental Kuznets curve[J]. Journal of Comparative Economics ,2003 ,31(2) :352-368.
[8] 杨凯 ,叶茂 ,徐启新.上海城市废弃物增长的环境库兹涅茨特征研究[J]. 地理研究 ,2003 ,22(1) :60-66.

(收稿日期 2004-12-11 编辑 :傅伟群)

+++++
(上接第 64 页)

[3] 李怀恩.透水性流域非点源产污模型的初步研究[J]. 水利学报 ,1998 ,29(2) :16-19.
[4] 朱铁群.我国水环境农业非点源污染防治研究简述[J]. 农村生态环境 ,2000 ,16(3) :55-57.
[5] 张水龙 ,庄季屏.农业非点源污染研究现状与发展趋势[J]. 生态学杂志 ,1998 ,17(6) :51-55.
[6] 孙皓 ,刘淑梅 ,方鸿国.农业面源污染防治对策研究[J]. 环境导报 ,2000(6) :32-34.
[7] 张志剑 ,胡勤海 ,朱荫涓.农业面源污染与水体保护[J]. 杭州科技 ,1999(6) :23-24.

(收稿日期 2004-11-03 编辑 :傅伟群)