

文章编号:1005-0523(2012)01-0048-06

## 赣江下游地区各类非点源污染源的影响研究

徐刘凯,王全金,向速林,邹国林

(华东交通大学土木建筑学院,江西南昌 330013)

**摘要:**在国内外相关研究基础上,利用输出系数模型估算了2006—2009年赣江下游流域非点源污染负荷及各类非点源污染源的贡献率。结果表明,畜禽养殖、农业人口和耕地是赣江下游地区非点源污染负荷的主要来源,在TN贡献率方面畜禽养殖>耕地>农业人口,在TP贡献率方面畜禽养殖>农业人口>耕地。针对估算结果,分析了赣江下游地区畜禽养殖、农业人口和耕地形成非点源污染流失的原因,并据此提出建造化粪池等小型污水处理设施和人工湿地等相应的控制措施。

**关键词:**输出系数模型;赣江下游;非点源污染;贡献率

中图分类号:X522

文献标识码:A

非点源污染是目前水体水质恶化的重要原因。与点源污染相比,非点源具有成分复杂、排放时间不确定、排放途径不固定等特点,且与区域的气象水文等条件相关,导致非点源污染的难度较大<sup>[1]</sup>。20世纪80年代以后,非点源污染研究工作进展迅速,从概念、理论、研究方法好管理手段到新技术应用逐步发展。总体而言,非点源污染研究可分为机理研究和负荷研究,负荷研究又可分为经验统计法和模型模拟法<sup>[2]</sup>。随着非点源污染迁移转化机理的深入研究,非点源污染模型逐步完善,形成包括非点源污染产生、迁移、转化、输出及污染影响在内的系统模拟过程,可以得出准确全面的非点源污染数据,但模型对输入系数的精度及分类要求也更加苛刻。目前,针对赣江流域的非点源污染研究较少,相关的基础数据不完善,本文结合其他流域的相关研究,利用输出系数模型估算赣江下游地区的非点源污染负荷及七类非点源污染源的贡献率,为赣江水体污染的控制研究提供定量化依据。

### 1 研究区概况

赣江是江西省最大的河流,全长758 km,流域面积8.16万km<sup>2</sup>,占江西省面积的51%。新干以下为下游区,自新干至吴城干流长208 km。赣江下游属于平原地貌,土壤自然肥力高,生产潜力大,为农、林、牧、副业的综合发展提供了有利条件,农业生产以产粮食为主,是江西商品粮的基地之一<sup>[3]</sup>。江西全省近年畜禽养殖发展迅速,据统计2009年全省畜禽废弃物产生量一年约1.22亿吨,相当于工业固体废弃物总量的1.65倍,赣江下游地区河系纵横,规模化畜禽养殖快速发展与养殖污染治理不协调局面日趋严重<sup>[4]</sup>。农业生产技术的发展使赣江下游地区各种农业活动范围和强度越来越大,与之相伴的非点源污染问题成为农业实现可持续发展的主要瓶颈。

### 2 研究区非点源污染负荷与贡献率

20世纪70年代初期,美国、加拿大在研究土地利用-营养负荷-湖泊富营养化关系的过程中,提出并应用了输出系数法,或称为单位面积负荷法,这就是初期的输出系数模型。针对初期输出系数模型的不足,许多学者对其进行了改进与发展,极大地促进了输出系数法的研究与应用<sup>[5-6]</sup>。其中Norvel,Johnes等的研

收稿日期:2011-11-16

基金项目:国家自然科学基金项目(51169006);江西省自然科学基金(2010GZC0021);江西省科技支撑重点项目(2010BNA09600)

作者简介:徐刘凯(1985—),男,硕士研究生,主要研究方向为污水处理。

究具有代表性,建立了反映土地利用/土地覆盖与受纳水体非点源污染负荷量关系的、以年为时段的一种污染物负荷模拟模型<sup>[7-8]</sup>。本文采用目前应用较广泛的改进模型,其表达式如下

$$L = \lambda a \sum_{i=1}^n E_i [A_i(I_i)] \quad (1)$$

式中: $L$ 为营养物流失量; $E_i$ 为第*i*种营养源输出系数; $A_i$ 为第*i*类土地利用类型面积或第*i*种牲畜数量、人口数量; $I_i$ 为第*i*种营养源营养物输入量; $a$ 为降雨影响系数; $\lambda$ 为非点源TN(或TP)负荷量的流失系数。

## 2.1 土地利用方式及牲畜数量的确定

根据江西省行政区划地图,将赣江下游地区包括为吉安市(新干县)、新余市(分宜县,渝水区)、宜春市(袁州区,万载县,宜丰县,上高县,高安市,樟树市,丰城市)、南昌市(桃花镇,长堽镇,生米镇,西山镇,石岗镇,青云谱镇,莲塘镇,岗上镇)。通过赣江下游地区相关县市的政府部门网页、相关县市国民经济和社会发展统计公报以及中国宏观数据挖掘分析系统,搜集2006—2009年各县市的土地利用类型以及家禽、农村人口数量,累加求和得到赣江下游地区2006—2009年的基础数据资料,土地利用类型统计结果见表1,牲畜和农业人口数量统计结果见表2。

表1 研究区域2006至2009年各种土地利用类型面积统计结果

Tab.1 Statistic results of various land use type area from 2006 to 2009

年份	建筑用地	耕地	林地	山洲草地	水面
2009	1629.035	4509.496	8403.791	4028.236	1331.557
2008	1817.99	4452.082	8766.306	3899.297	1331.618
2007	738.088	4396.816	8963.175	4414.077	1335.533
2006	711.658	3918.94	8906.414	4526.481	1355.545

表2 研究区域2006至2009年牲畜数量及农业人口数量统计结果

Tab.2 Statistic results of the number of livestock and agricultural population from 2006 to 2009

年份	猪/头	牛/头	羊/头	家禽/万羽	农业人口/人
2009	8 998 140	552 650	1 478 213	6 463.10	3 902 977
2008	7 345 656	433 150	2 481 854	4 821.35	4 803 301
2007	9 063 198	212 014	211 956	4 765.73	5 147 327
2006	7 450 207	273 412	153 385	5 080.68	4 851 894

## 2.2 污染源输出系数的确定

通过参考国内外已有的研究成果<sup>[9-13]</sup>,结合本地区的实际情况,确定各种土地利用方式、牲畜及农业人口的输出系数取值(表3、表4)。

表3 赣江下游地区各种土地利用类型的TN、TP输出系数( $E_i$ )( $t/km^2 \cdot a$ )

Tab.3 TN and TP output coefficient of various land use types in Ganjiang downstream area ( $E_i$ )  $t/km^2 \cdot a$

系数	建筑用地	耕地	林地	山洲草地	水面
TN输出系数	1.120	2.200	0.240	0.60	1.500
TP输出系数	0.024	0.117	0.015	0.08	0.036

表4 赣江下游地区畜禽和农业人口的TN、TP输出系数( $E_i$ )

Tab.4 TN and TP output coefficient of livestock and agricultural population

in Ganjiang downstream area ( $E_i$ )

系数	牛	猪	羊	家禽	农业人口
TN输出系数	10.21	0.74	0.40	0.04	2.14
TP输出系数	0.624	0.179	0.085	0.009	0.214

### 2.3 降雨影响系数与流域损失系数的确定

降雨影响系数  $a$  和流域损失系数  $\lambda$  采用本人在《应用输出系数模型估算赣江下游流域非点源污染负荷》中的研究成果, 分别见表5与表6。

表5 赣江下游2006—2007年非点源污染TN, TP输出的降雨影响系数

Tab.5 Rainfall influence coefficient of non-point source pollution TN and TP output in Ganjiang downstream from 2006 to 2007

降雨影响系数	年份			
	2006	2007	2008	2009
$a_N$	1.000 1	0.734 6	1.077 2	0.937 6
$a_P$	1.012 7	0.852 2	1.046 1	0.914 0

表6 赣江下游2006—2009年非点源TN和TP的流域损失系数

Tab.6 River basin Loss coefficient of nonpoint source TN and TP in Ganjiang downstream from 2006 to 2009

流域损失系数	年份			
	2006	2007	2008	2009
$\lambda_N$	0.461 2	0.277 6	0.405 6	0.370 2
$\lambda_P$	0.281 5	0.177 3	0.253 4	0.248 4

### 2.4 污染源输出负荷与贡献率

根据输出系数模型计算公式以及统计得到的赣江下游地区的各种土地利用类型面积、牲畜数量和相应的输出系数、降雨影响系数、流域损失系数, 计算得到研究区域2006到2009年非点源TN和TP负荷结果, 如表7和表8所示。

表7 赣江下游地区2006—2009年非点源TN输出负荷量

Tab.7 Output load of non-point TN in Ganjiang downstream from 2006 to 2009

污染源	年份			
	2009	2008	2007	2006
建筑用地	1 832.73	2 045.31	1 832.73	1 000.64
耕地	9 965.51	9 838.63	9 965.51	8 660.45
林地	2 025.98	2 113.38	2 025.98	2 147.15
山洲草地	2 427.81	2 350.10	2 427.81	2 728.10
水面	2 006.32	2 006.41	2 006.32	2 042.46
猪	6 658.62	5 435.79	6 664.74	5 513.15
牛	5 642.56	4 422.46	5 703.69	3 812.54
羊	588.518	990.10	588.80	610.35
家禽	2542.04	1 889.74	3 787.64	2 032.27
农业人口	7 630.32	9 390.45	7 646.87	9 485.45
合计	41 320.41	40 482.37	42 650.1	37 283.58

将赣江下游地区各种非点源污染产生的氮磷负荷量与非点源污染负荷量相比后, 得到研究区不同污染源的TN, TP贡献率见图1和图2。

表8 赣江下游地区2006—2009年非点源TP年输出负荷量

Tab.8 Load of non-point TP yearly output in Ganjiang downstream from 2006 to 2009 t

污染源	年份			
	2009	2008	2007	2006
建筑用地	39.27	43.83	39.27	17.16
耕地	529.98	523.24	529.98	460.58
林地	126.62	132.09	126.62	134.20
山洲草地	323.71	313.35	323.71	363.75
水面	48.15	48.15	48.15	49.02
猪	1 610.67	1 314.87	1 612.15	1 333.59
牛	344.85	270.29	348.59	233.01
羊	125.06	210.40	125.12	13.04
家禽	571.96	425.19	852.22	457.26
农业人口	835.24	1 027.91	837.05	1 038.31
合计	4 555.52	4 309.30	4 842.87	4 099.90

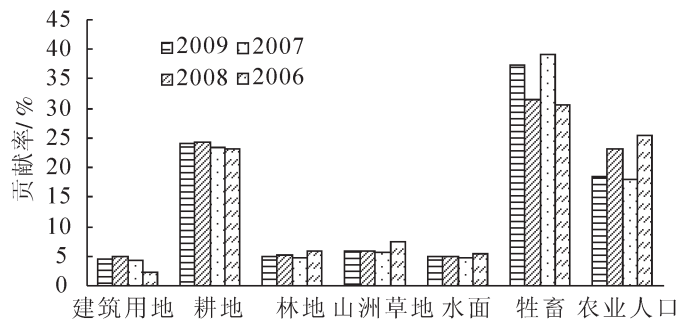


图1 研究区各种污染源TN贡献率柱状图

Fig.1 Bar chart of various pollution sources TN contribution

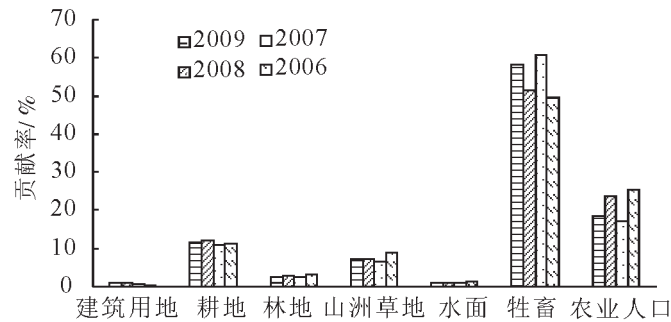


图2 研究区各种污染源TP贡献率柱状图

Fig.2 Bar chart of various pollution sources TP contribution

### 3 结果与讨论

从图1和图2可以看出,牲畜和农业人口是赣江下游地区污染负荷的主要来源。家禽养殖产生的污染物负荷在赣江下游地区非点源污染负荷中所占比例最大,平均占TN和TP污染负荷的34.68%和55.03%。这主要因为畜禽养殖业是江西农村经济的重要来源之一。随着经济社会的发展,人们的食物结构逐步调整,畜禽类产品消费量迅速增加。集约化养殖特别是规模化养猪场大量兴起,与之配套的畜禽粪尿处理设施却发展滞后。而小规模养殖场和养殖散户,由于规模小,设施简单,猪场废弃物几乎处于放任自流状态,

对周边水体产生严重污染。

农村生活污水污染也是赣江下游地区的重要污染源,根据统计数据的计算结果看,农业人口的氮磷输出平均占研究区氮磷污染负荷产生量的21.26%和21.2%。江西农村生活污水一般没有专门的管道,进行收集处理,直接排放于房前屋后的地面或附近的水体,而且洗涤用水含有大量的洗涤剂,这使得农村生活污水成为磷污染的主要来源之一。同时,农村生活垃圾数量巨大,处理率却极低,大部分都是露天堆放,产生的高污染渗滤液在降雨径流的冲刷下,汇入河流水体,严重污染水体水质<sup>[14]</sup>。

畜禽养殖和农村生活污水可以通过集中收集,统一处理的方式净化。在畜禽养殖集中区和村庄建设化粪池,将化粪池的污水由管网收集至附近的小型污水处理设施,进行干湿分离和无害化处理,处理后污水既可以灌溉水稻田、浇灌花卉苗木、种莲养鱼,还可以加工成有机或无机复合肥料,有条件的地方还可修建沼气池,不仅解决粪尿污染环境,又为种植业提供肥料,减少化肥农药的施用,降低生产成本,还可以为农村生活提供清洁能源,具有显著的经济和环境效益<sup>[15]</sup>。

与家禽养殖和农业人口污水相比,水稻田耕作产生的氮磷污染源更加分散,隐蔽性较强,很难通过点源收集整治的方法处理,但其产生的污染负荷不容小视,2006—2009年研究区耕地平均产生3 490.75 t氮和118.8 t磷,平均占研究区总负荷比例分别为23.45%和11.49%。这主要因为江西农业生产中化肥的过量及不合理施用,以2003年为例,全省农业生产共施用化肥总量约334.9万吨,耕地平均施用量为1 509 kg·(hm)<sup>-1</sup>,比1993年增加了23%,是世界平均施用量的2.34倍,是一些发达国家安全上限的7.07倍。在化肥使用过程中,农民普遍存在不管土壤肥力状况、不管农作物对养分的需求、不管施肥时间与方式,按传统习惯来施用,导致施用的氮、磷、钾三要素比例结构不尽合理,氮磷施用量偏大,大量氮磷元素没有被植物吸收而流失,造成耕地称为氮磷流失的重要污染源<sup>[16]</sup>。

针对水稻田耕作造成的非点源污染,保护好水稻田沟渠植被,减少水土流失造成的氮磷流失,增强“沟渠+池塘”生态湿地系统对流失氮磷的截留去除功能。在大面积耕地下游河流汇水区域,可以建设人工湿地净化水稻田排水。人工湿地具有缓冲容量大、处理效果好、工艺简单、投资省、运行费用低等特点,适合水稻田污水的净化处理,能有效减少水稻田排放污染物对周围水源和赣江水质的影响,且能显著改善生态环境,形成人类与水生生物协调发展的自然景观,有利于促进良性生态环境的建设,有显著的社会、环境和经济效益<sup>[17]</sup>。

## 参考文献

- [1] 蔡明,李怀恩,刘晓军. 非点源污染负荷估算方法研究[J]. 人民黄河,2007,29(7):36-39.
- [2] 金蕾,华蕾,荆红卫,等. 非点源污染负荷估算方法研究进展及对北京市的应用[J]. 环境污染与防治,2010,32(4):72-77.
- [3] 林永钦. 基于目标群决策的湖泊综合承载力研究——以鄱阳湖为例[D]. 南昌:南昌大学,2007:10-12.
- [4] 王晓鸿,鄢帮有,吴国琛. 山江湖工程[M]. 北京:科学出版社,2006:160-170.
- [5] 龙天渝,梁常德,李继承,等. 基于SLURP模型和输出系数法的三峡库区非点源氮磷负荷预测[J]. 环境科学学报,2008,28(3):574-581.
- [6] 刘瑞民,沈珍瑶,丁晓雯,等. 应用输出系数模型估算长江上游非点源污染负荷[J]. 农业环境科学学报,2008,27(2):677-682.
- [7] 薛利红,杨林章. 面源污染物输出系数模型的研究进展[J]. 生物科学杂志,2009,28(4):755-761.
- [8] 莫明浩,杨洁,顾胜,等. 鄱阳湖环湖区非点源污染负荷估算[J]. 人民长江,2010,41(17):51-53,91.
- [9] JOHNES P J. Evaluation and management of the impact of land use change on the nitrogen and phosphorus load delivered to surface :the export coefficient modeling approach[J]. Journal of Hydrology,1996,183(3-4):323-349.
- [10] WILLIAM J Y. FRANCE M M. Nutrient exports and land use in Australian catchments [J]. Journal of Environmental Management,1996,47:165-183.



- [11] 刘纪辉,赖格英. 江西省各县市农业非点源氮潜在负荷分布特点[J]. 水资源与水工程学报,2008,19(4):56-60.
- [12] 温萌芽,赖格英,刘胤文. 赣江流域畜禽养殖营养物质潜在排放量的估算与分析[J]. 水资源与水工程学报,2007,18(4):48-52.
- [13] 梁常德,龙天渝. 长江寸滩断面以上流域输入三峡库区非点源氮磷负荷研究[D]. 重庆:重庆大学,2006:41-42.
- [14] 万金保,余敏. 江西农村面源污染现状及控制措施[J]. 广东农业科学,2010,(11):239-241.
- [15] 李淑英,黄秋萍,兰美华,等. 江西农村面源污染现状及其控制对策[J]. 江西农业学报,2006,28(1):74-79.
- [16] 苏全平,范芳,魏林根,等. 江西农村面源污染现状及控制对策[J]. 农业环境与发展,2006,(6):43-46.
- [17] 朱兆良. 中国农业面源污染控制对策[M]. 北京:中国环境科学出版社,2006:16-18.

## On Impact of Non-point Source Pollution in Ganjiang Downstream

Xu Liukai, Wang Quanjing, Xiang Sulin, Zou Guolin

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiatong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** Based on the relevant researches at home and abroad, output coefficient model is used to estimate load and contribution of non-point source pollution in Ganjiang downstream from 2006 to 2009. The results show that, the livestock, the agricultural population and cultivated land is the main source of Ganjiang downstream nonpoint source pollution. TN contribution of livestock farming is greater than that of cultivated land which is greater than that of agricultural population. According to the estimation results, various causes of non-point pollution loss in Ganjiang downstream are analyzed, and corresponding control measures of building small-scale sewage treatment facilities and artificial wetland are put forward.

**Keywords:** output coefficient model; Ganjiang downstream; non-point source pollution; contribution