

南通市河网格局特征及水环境响应

游 珍,刘 波,姚 红

(南通大学地理科学学院,江苏 南通 226007)

摘要 对南通市河网景观格局与地表水污染的关系进行探讨。在对南通市的河网景观格局进行定性分析的基础上,设计并定量计算了南通市河网景观格局指标,据此分析了不同排污功能河流的景观格局特点:①就污染程度来说,工业排污河流最为严重,生活排污河流次之,农业排污河流水质最好;②就河流污染物分布来说,工业排污河流最不均匀,生活排污河流次之,农业排污河流最为均匀。这与实测分析结果基本一致,说明城市河网景观格局是影响污染物分布、运移的主要因素之一。

关键词 河网格局 水污染 南通市

中图分类号 X522 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-6933(2008)04-0031-04

Drainage pattern characteristics and the effects on water environment

YOU Zhen, LIU Bo, YAO Hong

(College of Geographical Science, Nantong University, Nantong 226007, China)

Abstract :The relationship between drainage pattern and surface water pollution in Nantong City was studied to provide a reference for urban landscape planning. Based on qualitative analysis of drainage landscape patterns, indices were quantitatively identified. The characteristic landscape patterns of rivers with different discharge functions were analyzed. It is concluded that : (1) the pollution in rivers receiving industrial wastewater is most severe, followed by that of rivers receiving domestic sewage, and the pollution in rivers receiving agricultural wastewater is the least severe ; (2) the agricultural wastewater-receiving rivers are the most uniform in terms of the distribution of pollutants, followed by rivers receiving domestic sewage, and, finally, by rivers receiving industrial wastewater. The consistency of the results with analyses of monitoring data indicates that the urban drainage landscape pattern is one of the main factors influencing distribution and transportation of pollutants.

Key words :drainage pattern ; water pollution ; Nantong City

城市河网是城市水体污染物的主要运移路径。目前国内外针对河网污染物控制,主要采用局部的工程措施或非工程措施^[1-2],这些措施的控制能力有限且投资较大,不适宜长期、大面积的使用。因此众多学者正在对一种新兴的控制城市非点源污染的方法进行深入讨论。这种方法就是通过景观生态规划对城市非点源污染进行有效控制。城市景观格局是城市景观规划的主要表现形式,通过重组或构建新的城市景观格局,可应对城市中新的、更大量和更高浓度的污染^[3]。

南通市滨江临海,河网密布,但河流流速缓慢。近年来,南通市经济发展迅速,石化、造纸、印染等高污染企业密集,导致城市河网水质迅速恶化,严重威胁南通市的经济发展和长江水质安全。控制污染排放、增加污水处理能力是行之有效的方法之一,但这种方法带来的往往是经济利益的降低。本文尝试对南通市河网的景观格局与污染物分布运移之间的相互关系进行分析,探索用景观格局构建的方法来对南通市河网污染进行调控,以期在城市景观生态规划提供参考。

1 南通市地理环境特征

南通市地处江苏省东南部,南临长江,东濒黄海,隔江与上海、苏州两市相望,是长江三角洲经济区的重要组成部分^[4]。南通市大致呈三面临水、一面靠陆地的菱形半岛状,域内河网纵横,水域面积高达 1 509 km²,占市域面积的 18.86%^[5]。发达的水系给南通带来了特殊的发展机遇,除了传统的航运、造船等工业发展迅速外,造纸、印染、化工等高耗水工业也沿水系密布,尤其在长江和较大河流沿岸,高污染企业组成的工业区沿江排列,给南通的水环境造成极大破坏。加之南通地势平缓,水体流动速度极慢,对污染物的自净能力弱,导致污染物在一些闸口、河道交汇处、转弯处等区域极度富集,污染物浓度超标达 10 倍,对城市局部环境的影响巨大。

南通市近年来发展迅速,2000 年以来市区人口增加近三分之一,工业总产值翻了一番,但政府对环境污染治理的投资额度十分有限,2004 年的环境污染治理投资额仅占南通市工业总产值的 0.06%。重经济发展、轻环境保护的发展战略必将制约南通市未来的发展。因此,对城市环境的保护应从目前开始受到应有的重视,合理进行规划布局,实现城市的可持续发展。

南通市特殊的滨江临海的地理位置,使得城市河网空间格局具有明显特色。从宏观角度对城市河网格局的探讨,有利于发挥宏观格局对环境影响的长效机制,削弱和缓解目前人类活动对城市环境的消极影响。

2 南通市河网景观格局特征

2.1 河网景观格局指数设计

河网是河流污染物的主要通道,河网格局直接关系到河流污染物的运移和富集,因此本文从污染物运移的角度,提出 4 个河网格局指数,通过这些指数来反映河流的排污和自净能力。

2.1.1 主河道单位长度节点数

主河道是将区域污染物输送到相邻区域或更大河道的主要渠道,在该河道上接纳的低一级河流越多,则主河道可能富集的污染物就越多,且对主河道水流流速的影响就越大。河道单位长度节点数就是反映河道进行水体交换数量的指标。单位长度节点数 P 的计算公式为

$$P = \frac{N}{L} \quad (1)$$

式中: N 为与该河道发生水体交换的河流数; L 为主河道长度。

2.1.2 河道曲折度指数

平直河道的水流一般受河岸的阻挡作用较小,弯曲的河道则使得污染物易在弯曲处富集。河道曲折度指数 Q 采用地貌学中对弯曲河流弯曲率的计算公式

$$Q = \frac{S_1}{S_2} \quad (2)$$

式中: S_1 为河道长度; S_2 为河道起点至终点的直线距离。

2.1.3 河道夹角

河流交汇处往往是污染物变化剧烈的区域,污染物扩散和降解速度也随夹角不同而差异显著。在支流上距河道交汇点 10 m 处向主河道作垂线,则河道夹角 φ 的计算公式为

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{a}{10}\right) \quad (3)$$

式中: a 为距河道交汇点 10 m 处支流到主河道的垂线长度。

2.1.4 污水流长

污水流长是指污水在该区运动的距离。对于城市河流来说,河道浅,流量小,流速慢,因此在不考虑河流自净能力的前提下,污水流长越短,则污染物汇集到更大河流或排出区外的速度就越快,减少了区内污染物总量,但同时加大了污染物在河道内的分布不均。污水流长 M 的计算公式为

$$M = M_a + \sum_{i=1}^h M_{i-1} \quad (4)$$

式中: M_a 为排污口距所在河道河口的距离; h 为区内河流级数; M_{i-1} 为排污口所在河流与高一级河流交汇处距高一级河流河口的距离($M_0 = 0$)。

以上 4 个指标分别从河网本身以及河网与排污点之间的关系对河流景观格局进行了初步的定量化探讨。

2.2 南通市河网景观格局指数

南通市河流众多(图 1),本文根据南通市生态环境空间规划^[6],首先对河流功能进行划分,选取每种功能有代表性的河流(图 2)进行景观格局指数的计算,然后进行河流景观格局指数平均,在此基础上进行综合分析。考虑到南通市水污染主要来源为工业排污、农业排污和生活排污,故在计算河网景观格局指数时仅考虑工业排污河流、农业排污河流和生活排污河流这三类功能性河流,而忽略景观类河流。

将南通市水系图在 MapInfo 中进行数字化处理后,对各格局指数计算中需涉及的河流长度进行量算,然后代入式(1)~(4),对每条河流进行计算,最后得到各功能河流的景观格局指标的平均值

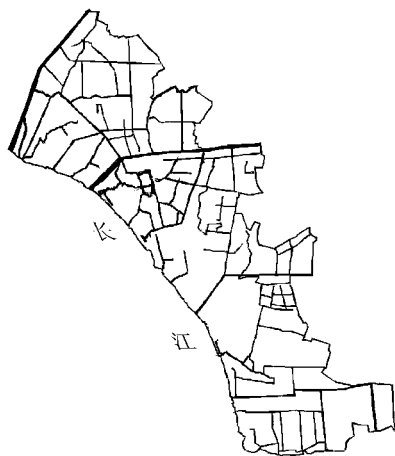


图1 南通市河网分布

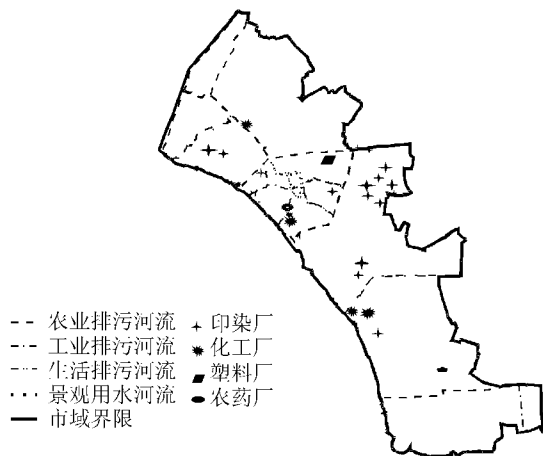


图2 南通市不同功能的主要河流分布

(表1)。其中对于式(1),考虑到河网的复杂性,主河道的节点数按照图1所示进行计算,对于式(2)~(4)则仅计算图2中的河道。

表1 各功能河流河网景观格局指数平均值

河流	河道单位长度 节点数/(个·m ⁻¹)	河道曲 折度	河道夹角/ (°)	污水流长/ km
工业排污河流	0.82	1.30	64.78	1.74
农业排污河流	1.18	1.08	72.23	4.14
生活排污河流	2.22	1.13	67.64	3.75

2.3 南通市河网景观格局指数分布特征

2.3.1 工业排污河流河道曲折,支流夹角小,污水流长短

工业排污河流主要分布在南通市老城区及新城区的沿长江地区,多为天然河流,支流多,形状复杂,且周围厂房密布,河堤多用水泥、条石等加固,多急弯,河道横纵断面形态不易发生变化。在长期的纳污过程中,河床加高,河底凹凸不平。在枯水期,河床裸露,污水散布在多个浅滩上。

由于工业排污河流多沿长江分布,污水一般不流经生活区、商业区等人口密集区,因此污水流长较短,污水汇入较大河流的时间较短,为污水尽快排出该区提供了一定的条件。

2.3.2 农业排污河流河道平直,支流夹角大,污水流长长

南通市农业排污河流分布广泛,在主城区的周边均有分布。农业排污河流多为人工开挖的运河及灌溉渠道,河道平直,河网密度大。这类河流一般河水流量较大,河道较宽,河道夹角以90°居多,河流格局较规则。

农业排污河流流经大面积的农业区,因此河道较长,污水流经的距离也较长,污水排出本区或进入高一级河流较慢,污染物总量较大。

2.3.3 生活排污河流节点多,污水流长长

生活排污河流主要分布在人口密集的城区,以天然河流为主,加上一定的人工改造,总体上保留了天然河流曲折的轮廓,但在各分段上,河道较平直,多急弯,多支流。生活排污河流穿越整个生活区,排污口分散,因此污水流长较长。由于该类河道水流较小,流速极慢。

3 南通市河网污染物的分布及运移特征

3.1 南通市河网有机污染物概况

南通市河网的污染物主要来自农业废水、工业废水和生活污水,其中农业废水的有机污染物主要来自农药、化肥的使用,工业废水的污染物主要来自南通的几种主要工业生产行业,包括化工、印染和船舶工业等,生活污水主要来自一些直接排入河网的生活用水。

3.2 基于景观格局分析的南通市河网有机污染物分布及运移规律

3.2.1 工业排污河流

南通市工业产业种类比较单一,主要以纺织印染业和化工工业为主。化工工业主要分布在沿长江地带,呈带状分布,而纺织印染工业则呈组团格局,在主城区的东部、东南部和西北部各形成一个组团,分布着2个以上的纺织印染企业,尤其以主城区东部的观音山地区最为集中,分布着近10家纺织印染企业。另外南通市零星分布着一些塑料厂、农药厂、皮革厂等,这些企业一般都分布在市内较大河流的沿岸,加重了市内河网的有机污染程度。

从南通市河网景观格局的分析可以看出,工业排污河流由于其河道曲折,支流夹角小,成为污染物最不易运移的河流格局,加之工业排污河流(尤其是老城区的工业河流)多流量小,河道窄,所经之处多有污染物富集在河道急弯处,水质黑臭,污染极为严重。由于工业排污河流污水流长短,污染河段多接近长江,因此污染物主要集中在沿江地区,这也加剧了工业排污河流污染物分布不均的状况。据调查,

南通市老工业区的两条入海河口(姚港河、任港河)水质均劣于Ⅴ类,主要污染物为石油类和氨氮。

3.2.2 农业排污河流

南通市农业区的分布格局主要有两种。一种是在远离城区的地方,农业区集中连片,大面积分布。另一种是在城区周围,由于城市的快速扩张,农田零散分布在城市之中,“城中村”的现象十分明显。远离城区、大面积分布的农田由于灌排设施较完善,对河网的污染程度相对较低。而那些零散分布的农田尤其是零散沿河堤、沿居民楼小片分布的菜地不但对河堤造成极大破坏,加剧水土流失,而且由于极度精耕细作,化肥和农药的投入量极大,污水直接排入城市河网,因此对河网水质造成极大破坏。

南通市农业排污河流多为人工开挖的灌溉河流,从图 1 及表 1 可以看出,河流曲折度小,河网较密,且一般流量较大,河网格局对污染物运移和扩散是比较有利的。但由于南通市农业区面积较大,农业河流中以小河流占多数,因此污染物分布较分散,汇集到高级一级河流的速度较慢,污水流长比较长,这一因素加剧了农业区水污染程度,促使污染物在河网中均匀分布。

3.2.3 生活排污河流

南通市生活区主要分布在崇川区通吕运河与海港引河之间,集中连片呈大规模分布。区内小河流众多,河网交错,河道狭窄,流速级缓。常常在干旱时期河床裸露,污染物富集,河水发出恶臭的气味。

从南通市生活排污河流格局可以看出,生活排污河流河网格局十分复杂,支流极多,河道较曲折,致使污染物分布不均,污染严重。由于生活排污河流所在区域主要是城市中间地带,因此污水流长较长,缓解了污染物局部富集的状况,但增加了河流污染总量。

4 结果检验

在南通市内主要河流中分别选取工业排污河流、农业排污河流和生活排污河流的代表性河流各 1 条,根据河流走向及格局特征分别选取 10 个左右的河流断面,进行主要污染物指标的调查,调查结果显示南通市水环境主要有如下两大特点:

a. 工业排污河流污染最为严重,生活排污河流次之,农业排污河流水质最好。如表 2 所示,三类河流的主要污染物指标有明显差异,除氨氮外,工业排污河流的其他各项污染指标远高于其他两类河流。而农业排污河流的各项污染物指标则远低于其他两类河流。

表 2 各功能代表性河流的主要污染物浓指标均值

河 流	pH	$\rho(\text{COD}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TP}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{FN}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$
姚港河 (工业排污河流)	8.13	793.31	5.65	68.05	2.1
通吕运河 (农业排污河流)	7.46	20.61	0.09	1.45	0.6
南川河 (生活排污河流)	7.30	331.58	7.42	9.14	1.3

b. 工业排污河流各测点污染物分布最为不均,生活排污河流次之,农业排污河流污染物分布最为均匀。表 3 为各功能代表河流各指标在不同测点的方差,可以看出,除氨氮外,工业排污河流各指标的方差均大于其他两类河流,农业排污河流的各指标方差均小于其他两类。

表 3 各功能代表性河流采样点的污染物指标方差

河 流	pH	COD	NH ₃ -N	TP	FN
姚港河(工业排污河流)	0.08	0.41	0.12	0.2	0.33
通吕运河(农业排污河流)	0.01	0.04	0.13	0.03	0.08
南川河(生活排污河流)	0.03	0.04	0.06	0.06	0.10

从以上的分析可以看出,通过河网景观格局对污染物分布运移的分析与调查结果基本相同,都能反映出南通市河网污染的主要分布特征。尽管通过景观格局进行的城市河网污染物分析不能准确得出污染物类型与数量,但由于着眼宏观格局,分析过程简单易行,分析结果可靠,因此是一种值得推广的分析方法。

5 结 论

城市河网景观格局是影响河网污染物分布的重要因素之一。通过对城市河网景观格局的分析,可以得出城市河网污染物分布的大致规律,具有以下优点:

a. 从宏观角度对城市水污染进行分析,可为城市总体规划提供参考,河网景观格局调整可作为城市规划的重要内容之一。

b. 通过河网景观格局调整对城市水污染进行调控,其调控成果是综合的。景观格局的调整不但能带来城市河网水污染的改善,还能同时改善城市生态环境、产业布局等,因此合理的河网景观格局调整,其意义是深刻而长远的。

c. 景观格局作为景观生态学的重要研究对象之一,有着广阔的研究前景。景观生态学是一门新兴的交叉学科,景观格局的研究也处于初级阶段。随着研究的深入,将会有更多更有效的景观格局指标及计算方法,为城市水污染分布提供更精确的结论。

(下转第 90 页)

水体和土壤的影响等等。

参与模式的推广还面临着自身的完善。主要利益相关群体自身主体性意识薄弱,参与式环境治理模式的开展还面临着许多项目执行和管理者缺乏开展‘参与’的敏感性,或者说他们没有意识‘参与’对项目成功的重要作用。参与的程序、步骤和标准的不明确使得实践中人们对它的认识不一,导致在实践过程中,很多项目的利益相关群体不知如何开展参与,导致参与实践的口号化和形式化。

4 建 议

综上所述,参与式环境治理模式的开展有待项目主要利益相关群体主体意识的确立和参与能力的提高。这一目标的实现是一个长期渐进的过程。以云南城市环境建设项目为契机,笔者提出以下几点建议:

a. 加大项目宣传力度。抓住目前在项目准备阶段的黄金时期开展项目宣传,利用各种宣传手段,如标语、村民大会、广播、电视等,及时、深入地向项目受影响群体宣传项目实施的重要性和必要性,征求他们对项目的意见和建议。尤其要帮助主要利益相关群体认识到自己的生活方式对周围环境的影响,树立自己也是环境治理主体的意识。

b. 加强参与能力建设。建立起项目信息的定期公开制度,将那些与主要利益相关群体密切相关的项目信息定期在村委会等社区公共场所张榜公布。除此以外,还可以通过各类手段向主要利益相关群体通报项目的准备实施状况。

c. 为帮助主要利益相关群体建立项目主体意识,建议开展以下几类培训:①对项目主要利益相关群体开展参与式培训,引导他们主动开展对社区发

展、环境污染、环境保护方面问题的思考;②开展环境知识的培训,引导主要利益相关群体思考自己的生产生活方式给环境带来的影响,思考如何从自己出发开展环境保护;③开展有关项目技术方面的培训,消除主要利益相关群体对项目的顾虑。

d. 关注社区干部在项目实施过程中作用。项目在宣传、培训、动员、反映村民的需求、发现项目实施中存在的问题、协调矛盾、后续管理等方面都需要村庄社区干部的参与。在项目实施过程中可以考虑给参与项目的主要干部一定的补贴。

致谢 本文得到中山大学中国族群研究中心世界银行贷款‘云南城市环境建设项目’社会评估小组的支持和帮助,在此表示衷心感谢!

参考文献:

[1] World Bank. The World Bank Participation Source book [R]. Washington D C: World Bank, 1996:12.
[2] World Bank. The World Bank and participation, forth draft [R]. Washington D C: World Bank, 1994.
[3] 杨小柳. 西方参与发展的理论和实践 [J]. 广西民族学院学报 社会科学版, 2006(3): 70-76.
[4] 王芳. 行动者及其环境行为博弈: 城市环境问题形成机制的探讨 [J]. 上海大学学报 社会科学版. 2006(6): 107-112.
[5] 中国国际工程咨询公司. 中国投资项目社会评价指南 [M]. 北京: 中国计划出版社, 2004: 110-112.
[6] 刘建林. 试析城市居民生活方式的变迁: 兼论滇池水污染 [J]. 中南民族大学学报: 人文社会科学版, 2002(8): 39-41.
[7] 杨树华. 滇池流域的景观格局与面源污染控制 [M]. 云南科技出版社, 1998: 56.

(收稿日期: 2007-04-04 编辑: 傅伟群)

(上接第 34 页)

参考文献:

[1] 李团胜, 石铁矛. 城市景观的生态规划 [J]. 生态学杂志, 1998, 17(5): 63-67.
[2] TAYLOR S. Overview of conventional stormwater runoff water quality BMP characteristics and performance [J]. Stormwater Runoff Water Quality Sci Eng Newsletter, 2000, 3(2): 1-8.
[3] 郭青海, 马克明, 赵景柱, 等. 城市非点源污染控制的景观生态学途径 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(5): 977-981.
[4] 朱骥德, 顾斌. 南通地理 [M]. 南京: 南京大学出版社, 1990: 68-70.
[5] 唐亮, 杨展里, 冯琳, 等. 南通市水污染控制规划研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(1): 98-103.

[6] 南京大学规划设计研究院. 南通市生态环境空间规划 [R]. 南京: 南京大学, 2004: 5-9.

(收稿日期: 2007-01-27 编辑: 傅伟群)

