

# 土地利用方式对珠江河口生态环境的影响分析

李 英<sup>1</sup>, 王中根<sup>2</sup>, 彭少麟<sup>1</sup>, 陈宝明<sup>1</sup>

(1. 中山大学有害生物控制及资源利用国家重点实验室, 广州 510275;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘 要** 本文探讨了珠江三角洲近年来主要土地利用方式的变化, 其中城市化和植被覆盖的减少, 以及农业施肥量的增加, 是造成陆源污染物增加的主要原因。分析了影响珠江河口生态环境的主要陆源污染物(泥沙、氮磷营养元素、重金属和有机物)的产生和迁移过程, 以及对河口生态环境的影响关系。从分析中可以看到, 土地利用的变化能够影响陆源污染物质的产生和迁移, 合理的土地利用方式是降低陆源污染物质, 改善珠江河口生态环境的重要措施。陆源物质的产生与水循环密切相关, 利用流域分布式水循环模型量化研究不同土地利用下的陆源物质产生、迁移以及对河口生态环境的影响是未来主要发展方向。

**关 键 词**: 土地利用; 陆源污染; 生态环境; 珠江河口

珠江三角洲位于广东省中南部, 包括广州、深圳等 9 个市及港澳两个行政特区, 是我国重要的经济发展区。近年来, 随着珠三角社会经济的迅速发展, 大量资源被消耗, 相应产生的废弃物也急剧增加, 使珠江河口的环境不断恶化, 引发赤潮、生物多样性降低、生物数量降低等生态退化现象, 严重制约珠三角地区的可持续发展<sup>[1]</sup>。造成河口生态环境恶化因素很多, 包括港口建设、海事活动、水土流失、农业活动及陆地排污等, 其中土地利用方式变化而引起陆源物质成分及数量上改变是一个重要因素。

## 1 珠三角土地利用方式与相应陆源物质的变化

近几十年来珠三角的土地利用方式发生了很大变化, 其结果是引起了陆源物质的变化, 主要表现在以下三个方面:

(1) 城市化水平加剧, 工业和生活污水增加。在经济发展及人口增加的推动下, 珠三角以广州和深圳为中心的区域逐步城市化, 建筑面积和工业交通用地不断增加<sup>[3-5]</sup>, 其中内伶仃洋沿岸较难开发的土地也向工业厂房和港口建设转变<sup>[6]</sup>, 城市化水平高

达 72.7%<sup>[7]</sup>。相应产生大量的工业和生活污水。工业污水富含重金属、酚、氰化物等化学物和各种有机物; 生活污水中主要含有纤维素、淀粉、蛋白质、氮、磷、硫等, 易腐败消耗水中的氧, 引起水体发臭和水生生物缺氧<sup>[8]</sup>。城市化水平另一特征是下垫面发生了很大的变化, 不透水面积迅速增加, 改变了地表水文过程。珠三角丰富的降雨在屋面和路面等下垫面上容易汇聚污染物质产生径流<sup>[9]</sup>, 挟带大量污染物质进入地表水体, 形成非点源污染, 这是引起河口污染的重要因素<sup>[10]</sup>。

(2) 农业用地减少, 施肥量增加。随着城市化程度不断提高, 珠三角耕地面积不断减少<sup>[11]</sup>。由于农业技术的提高, 农民为了减少病虫害和增加单位产量开始大量施用化肥、农药、除草剂和生长调节剂等化学物质<sup>[12]</sup>。广东农业用地年施肥量远远超过发达国家的警戒线<sup>[13]</sup>, 其中氮肥施用量约为世界平均水平的 2.5 倍, 据研究只有 14% 的氮量最终被消费<sup>[14]</sup>, 大部分流失, 珠三角逐渐形成依赖大量化肥、农药发展起来的高投入、高污染的农业。

(3) 植被覆盖减少, 水土流失加重。植被可以截留降雨, 使地表径流数量减少、速度减慢、携沙能力下降<sup>[15]</sup>。近 18 年来珠三角地区均 NDVI 呈极显著水

收稿日期: 2008-02; 修订日期: 2008-05.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (U0633002; 30670385) 中国科学院地理科学与资源研究所知识创新项目 (066U010SZ).

作者简介: 李英 (1979-) 女, 汉族, 博士研究生. E-mail: liying.q@qq.com

通讯作者: 彭少麟 (1956-) 男. E-mail: lsspl@mail.sysu.edu.cn

平下降<sup>[16,17]</sup> ,植被覆盖越来越少 ,破碎化程度增加 ,同时广东水土流失的重点治理区集中出现在珠三角洲以内 ,流失面积越来越大<sup>[18]</sup>。珠三角的水土流失与植被覆盖的减少有直接的关系。水土流失最严重的是在山区的坡耕地 ,其次是旱坡地和果园 ,再次是荒草地和退化疏林地<sup>[19]</sup>。

陆地土地利用的类型影响着自然界的物质循环和人类活动方式 ,决定了陆源物质产生的种类及数量。不同的土地利用方式一定程度上代表着不同的陆源产出 ,河口的主要陆源污染物质与土地利用方式的关系如图 1 所示。

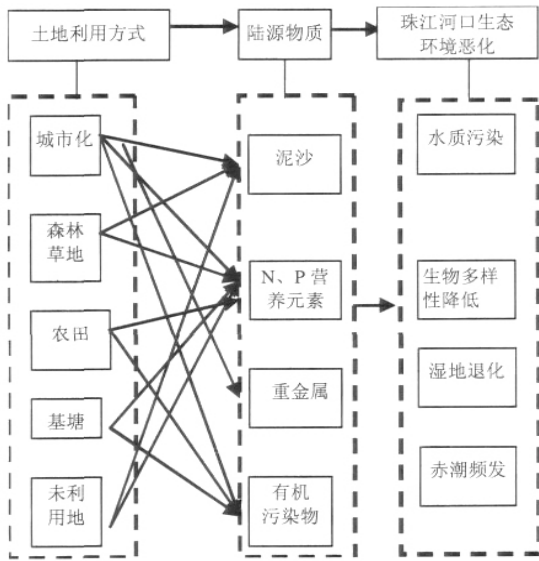


图 1 土地利用类型与珠江河口生态环境的关系

Fig.1 The relationship between land use patterns and pearl river ecological environment

## 2 珠江河口生态环境对土地利用变化的响应

珠江河口是淡水、海水、陆地生态系统相互接触、相互影响的区域<sup>[20]</sup> ,具有较高的生产力和生物多样性 ,也是对外界干扰具有相对较高的脆弱性和敏感性的生态系统 ,外界很小的干扰都会改变生态交错带的组成、空间结构和时空分布范围<sup>[21]</sup>。珠江流域土地利用方式发生改变 ,使植被覆盖率逐年降低及城市生产和消费活动增多 ,产生大量的陆源污染物 ;而且流域内气候常年温暖湿润 ,降雨异常丰富 ,径流量大 ,冲刷和携带陆源物质的能力强 ,陆源污

染物向珠江河口的输入超过自身的净化能力 ,使河口的生态健康受到威胁。

### 2.1 河口主要陆源污染物及其对生态环境的影响

与珠江三角洲陆地土地利用方式相关 ,影响珠江河口生态环境的陆源污染物主要有 4 类 :泥沙、氮磷营养元素、重金属和有机污染物。

(1) 水土流失。珠江流域陆地水土流失引起泥沙随水体向河口的迁移 ,至河口向海扩散形成浑浊带 ,使水体透光性减弱 ,影响水生生物的光合作用 ;同时泥沙也是营养物质、污染物迁移转化的重要载体 ,研究显示浑浊带富营养化现象更为严重<sup>[22]</sup>。

(2) 氮磷营养元素及河口富营养化。近 20 年陆地每年向珠江河口排放的氮磷总量很高<sup>[23]</sup> ,珠江口的水质呈四类或劣四类水平 ,主要污染物为氮磷营养元素 ,严重超过自身的净化能力。富营养化极易引起赤潮或低氧现象导致鱼虾等水生生物大量窒息死亡 ,某些赤潮藻类还会释放有毒物质使鱼类中毒死亡。富营养化引起的海洋生物多样性降低已成为珠江河口生态系统存在的最主要的生态问题。

(3) 有机物污染对生态系统影响。珠江水系中主要有机污染物有多环芳烃 (PAHs)、多氯联苯 (PCBs)、有机氯农药、多溴联苯醚 (PBDEs) 和正构烷烃等<sup>[24-26]</sup> ,多来源于农药及工业。有机污染物的特点是化学性质稳定、难降解 ,经生物链富集会严重影响整个生态系统的健康<sup>[27,28]</sup>。

(4) 重金属元素及环境污染。珠江河口主要存在的重金属有 Cu、Cd、Zn、Ni、Cr、As、Co、Hg 和 Pb 等<sup>[29-31]</sup> ,主要来源于工业加工。与有机污染物相同 ,重金属也具生物富集性 ,并极可能对环境造成二次污染<sup>[32]</sup>。研究发现珠江河口生物体内有重金属残留 ,As、Pb、Cd 含量都较高<sup>[33]</sup>。

据调查 ,河口污染物中的 80%是陆源污染物 ,大量陆源污染物的输入严重干扰珠江河口的生态环境 ,出现生物多样性减少、渔业资源枯竭、赤潮频发、沿岸水域污染、湿地生态系统逐渐退化<sup>[20]</sup>等各种生态问题。珠江河口的生产力水平下降、生态问题突出 ,制约着珠江流域的可持续性发展。减少陆源污染物的输入是解决河口污染的一个重要内容。陆源污染物的产生和迁移与陆地的土地利用方式有一定的内在联系 ,弄清两者之间的联系对解决河口日益严重的污染问题有很大的意义。

## 2.2 河口陆源污染的基本过程分析

河口陆源污染是陆源污染物由陆地向河口迁移的结果,其过程受不同土地利用方式下的沿途环境物理化学因素影响。陆源污染物一部分被陆地植被吸收,土壤吸滤;一部分在河道中发生着吸附和解吸附,并不断的进行着形态的转化,还有一部分被河口湿地生态系统过滤,剩余的输入到河口,影响着河口的水生态环境,其过程如图 2 所示。

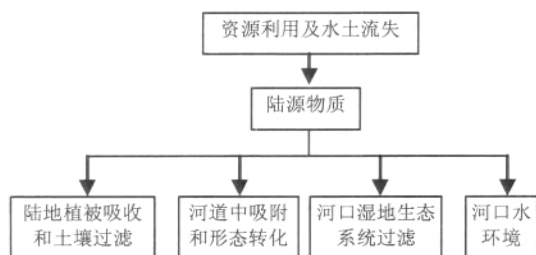


图 2 陆源物质主要去向

Fig.2 Main distribution direction of terrestrial material

陆源物质的产生和迁移过程与土地利用方式有关,对河口生态环境的影响关系如下:

首先,河口对土地利用的响应主要体现在流域水平上。不同地点由于土地利用类型不同,会有不同的陆源产生,相同地点在不同的季节陆源产生也不同,具有时空差异性。分析河口污染与土地利用二者之间的关系,需要考虑流域内空间上的异质性。

第二,河流是陆源物质从陆地输送到河口的主要通道和动力<sup>[37]</sup>,陆源物质产生后,由陆地向河口区域迁移的整个过程是受水这一重要物质驱动的,随着降雨产生的径流进入河网,在河流汇集后进入河口区域,水在陆源物质的整个迁移过程中占有重要的地位。

第三,陆源物质在由陆地表面向河网迁移的过程中,要经过植被、土壤和道路等各种不同的下垫面,其中部分陆源物质会被植被拦截吸收、土壤吸附或土壤微生物吸收等,到达河网的物质会有所变化。

第四,部分陆源污染由河道向河口的迁移过程中会不断的吸附和解吸附,处于一种动态的平衡之中,如泥沙根据其其在河流中的运动形式,可分为推移质、悬移质和跃移质<sup>[38]</sup>,每一类型迁移的速度都不同,其到河口时的成分也会发生一定的变化。

第五,陆源污染在河网中迁移的过程中,由于

环境条件复杂多变,在水中还不断地进行着形态的转变,各种形态的变化范围较大<sup>[39]</sup>。以氮为例,陆源排放的主要是铵态氮,在向河口输送的过程中,逐渐转化为硝态氮,而在底层及外海有机氮含量较高。不同形态的陆源物质对珠江河口环境生态的污染程度不同,其中硝态氮会抑制低栖动物的生长。研究其污染关系要充分考虑陆源污染物的形态转化问题。

综上所述,受各种环境物理化学因素的影响,土地利用与河口污染之间的关系体现在流域尺度上,水是二者联系起来的重要纽带,是陆源物质迁移的主要驱动力,陆源物质由产生地点到河口的过程中受途中环境因素的影响,不断的发生着或增多或减少或形态转化的物理化学变化,处于一个动态的平衡之中。

## 3 结语

陆源污染物的大量输入是珠江河口污染日益严重的主要原因,而陆源物质的产生和迁移与土地利用方式的变化有关。本文探讨了珠江三角洲近年来的主要土地利用方式的变化,其中城市化和植被覆盖的减少,以及农业施肥量的增加,是造成陆源污染物增加的主要原因。影响珠江河口生态环境的陆源污染物主要有 4 类:泥沙、氮磷营养元素、重金属和有机污染物。并探讨了主要陆源污染物的产生和迁移过程,以及对河口生态环境的影响关系。从分析中可以看到,改变土地利用类型或结构能够影响陆源污染物质的产生和迁移过程,合理的土地利用方式是降低陆源污染物,改善珠江河口生态环境的重要措施。由于陆源物质的产生与水循环密切相关,土地利用的变化需要放在流域尺度上进行研究,目前融合 GIS 技术的流域分布式水循环模型的发展,为量化研究不同土地利用下的陆源物质产生、迁移以及对河口生态环境的影响,开辟了一个重要途径。

## 参考文献

- [1] 管东生, 刘巧玲, 吴惠英 等. 快速城市化的珠江三角洲非污染生态影响初步分析. 中山大学学报, 2004, 43(2): 108~111.
- [2] 代云江. 浅析我国防止陆源污染物污染海洋的法律制度. 地理科学进展, 2008, 27(2): 52~54.

- [3] 郭 丽,章家恩,刘兴春. 珠江三角洲新农村建设面临的问题与对策探讨. 现代农业科技, 2007, (13):197~200.
- [4] 杨 昆,管东生. 珠江三角洲地区森林生物量及其动态. 应用生态学报, 2007, 18 (4):705~712.
- [5] Qian L X, Cut H S and Chang J. Impacts of Land Use and Cover Change on Land Surface Temperature in the Zhujiang Delta. *Pedosphere*, 2006,16 (6): 681~689.
- [6] 贾培宏,夏 真,朱大奎等. 珠江口内伶仃洋沿岸土地利用动态分析. 海洋通报, 2007, 26 (3):66~71.
- [7] 周灿芳,廖森泰,黄红星. 珠三角城市群都市农业发展定位研究. 农业现代化研究, 2007, 28 (1):47~49.
- [8] 李 雷. 城市生活污水情况调查及处理回用技术研究. 巢湖学院学报, 2007,9 (6):52~56.
- [9] 任玉芬,王效科,韩 冰等. 城市不同下垫面的降雨径流污染. 生态学报, 2005, 25 (12):3225~3230.
- [10] Brezonik P L, Stadelmann T H. Analysis and predictive models of storm water runoff volumes, loads, and pollutant concentrations from watersheds in the Twin Cities metropolitan area, Minnesota, USA. *Water Research*, 2002, 36:1743~1757.
- [11] Weng Q. Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modeling. *Journal of Environmental Management*, 2002, 64(3): 273~284.
- [12] 朱继武. 珠三角农业经济的转型及其原因分析. 江西农业大学学报(社会科学版), 2004, 3 (4):47~50.
- [13] 曾 鸣. 对重塑广东农村环境的若干认识. 宁德师专学报, 2007, (2):15~22.
- [14] Galloway J N, Cowling E B. Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. *Ambio*, 2002, 31: 97~101.
- [15] 孟广涛,方向京,郎南军等. 云南金沙江流域山地圣诞树人工林水土保持效益. 水土保持学报, 2000, 14(4):60~63.
- [16] 朴世龙,方精云. 最近 18 年来中国植被覆盖的动态变化. 第四纪研究, 2001, 21 (4):294~302.
- [17] 王兆礼,陈晓宏,李 艳. 珠江流域植被覆盖时空变化分析. 生态科学, 2006, 25(4):303~307.
- [18] 张 龙,赵雅娟. 珠江三角洲流域水土流失现状与治理对策. 水土保持学报, 2002, 16 (6):20~22.
- [19] 李贵祥,孟广涛,方向京等. 珠江源头区不同地类人工恢复植被树种选择及生态效益研究. 水土保持通报, 2007, 27 (4):126~130.
- [20] 崔伟中. 珠江河口水环境时空变异对河口生态系统的影响. 水科学进展, 2004, 15 (4):472~478.
- [21] 林长存,祝廷成,杨允菲等. 浅谈科学发展观与草地生态建设. 中国草地, 2005, 27 (1):64~67.
- [22] 周淑青,沈志良,李 峥等. 长江口最大浑浊带及邻近水域营养盐的分布特征. 海洋科学, 2007, 31 (6):34~42.
- [23] 黄云峰,白 洁,冯佳和等. 广州海域潜在性富营养化特征研究. 生态科学, 2006 25 (3):247~252.
- [24] Tian X X, Liu J X, Zhou G Y. Estimation of the annual scavenged amount of polycyclic aromatic hydrocarbons by forests in the Pearl River Delta of Southern China. *Environmental Pollution*, 2008, (in press):1~10.
- [25] Cai Q Y, Mo C H, Li Y H. Occurrence and assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils from vegetable fields of the Pearl River Delta, South China. *Chemosphere*, 2007, 68(1):159~168.
- [26] Du Q P, Jia X S, and Huang C N. Chlorobenzenes in waterweeds from the Xijiang River (Guangdong section) of the Pearl River. *Journal of Environmental Sciences*, 2007, 19(10): 1171~1177.
- [27] 王大娟,贾晓珊. 耕作土壤中多氯代有机污染物的含量与分布特征—以珠江三角洲部分地区为例. 环境科学学报, 2005, 25(8):1078~1084.
- [28] 魏泰莉,贾晓珊,杜青平等. 珠江口水、沉积物及水生动物中氯苯类有机物的含量及分布. 环境科学学报, 2007, 27(10): 1717~1726.
- [29] Li Q S, Wu Z F, Chu Bei. Heavy metals in coastal wetland sediments of the Pearl River Estuary, China. *Environmental Pollution*, 2007,149(2): 158~164.
- [30] Nurdan S. D A. Sources and characteristics of lead pollution in the urban environment of Guangzhou. *Science of The Total Environment*, 2007,385 (1-3):182~195.
- [31] Ip C C M, Li X D, Zhang G. Heavy metal and Pb isotopic compositions of aquatic organisms in the Pearl River Estuary, South China. *Environmental Pollution*, 2005, 138 (3): 494~504.
- [32] 杨蕾,李春初,田向平. 珠江磨刀门河口表层沉积物中重金属含量及其分布特征. 生态环境, 2006,15(3):490~494.
- [33] 张敬怀,欧 强. 珠江口底栖生物重金属含量现状与评价. 海洋环境科学, 2005, 24 (2):50~52.
- [34] 江用彬,季宏兵. 藻类对重金属污染水体的生物修复. 地理科学进展, 2007, 26 (1):56~67.
- [35] 薛东辉. 厦门海域防控陆源污染的实践与经验. 环境科学与管理, 2007, 32 (7):39~42.
- [36] 李子君,周培祥,毛丽华. 我国水土保持措施对水资源影响研究综述. 地理科学进展, 2007, 26 (4):49~57.
- [37] 戴仕宝,杨世伦,蔡爱民. 51 年来珠江流域输沙量的变化. 地理学报, 2007, 62 (5):545~554.
- [38] 周国华,孙彬彬,刘占元等. 河流活性物质入海通量:概念与方法. 地质通报, 2008, (2).
- [39] 林以安,苏纪兰,扈传昱. 珠江口夏季水体中的氮和磷. 海洋学报, 2004, 26 (5):63~73.

- [40] Shrestha S, Bastola S, Babel M S, et al. The assessment of spatial and temporal transferability of a physically based distributed hydrological model parameters in different physiographic regions of Nepal. *Journal of Hydrology*, 2007, 347(1- 2):153~172.
- [41] Fabrice R, Hervé A and Floriane M.A distributed hydrological model for urbanized areas – Model development and application to case studies. *Journal of Hydrology*, 2008, 351(3- 4): 268~287.

## Impact of Land Use Patterns on Eco- environment in Pearl River Estuary

LI Ying<sup>1</sup>, WANG Zhonggen<sup>2</sup>, PENG Shadin<sup>1</sup>, CHEN Baoming<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Biocontrol, Sun Yat- sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 10010, China)

**Abstract:** In recent years, land use patterns in Pearl River Delta have changed a lot in such fields as aggravation of urbanization level, decreasing of vegetation coverage rate, and reduction of agricultural land, leading to in changes composition and amount of main land- source pollutants (sands, nutrient elements of nitrogen and phosphorus, heavy metals and organic pollutants). Land- source pollutions result in continuous deterioration of water environment in Pearl River Estuary and degradation of ecological functions, which leads to decrease of biodiversity , bioenrichment of heavy metals and organic pollutants, frequent breakout of red tides, deterioration of wetland functions and so on. The composition and amount of land- source pollutions is affected by land use patterns, so it is important for ecological restoration of Pearl River Estuary environment to make clear the relationship between land use patterns and pollution of estuary environment and to decrease the amount of land sources pollutions by changing land use patterns. The relationship between land use and estuary has characteristics of basins, frequently affected by outside, and water cycle is one of very important driving factors. So distributed hydrological models which have developed rapidly in recent years are methods to solve this scientific problem.

**Key words:** land use; land sources pollutants; ecological environment; Pearl River Estuary