

# 珠海城区降雨径流污染特征初步研究\*

卓慕宁 吴志峰 王继增 李芳柏 万洪富

(广东省生态环境与土壤研究所, 广东省农业环境综合治理重点实验室, 广州 510650)

## STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF POLLUTION IN PRECIPITATION RUNOFF IN ZHUHAI URBAN AREA

Zhuo Mu-ning Wu Zhi-feng Wang Ji-zeng Li Fang-bai Wan Hong-fu

(Guangdong Institute of Eco-environment and Soil Science, Guangdong Key Laboratory of Integrated Control  
Agro-Environment, Guangzhou 510650, China)

关键词 珠海, 城区, 降雨径流, 污染特征

中图分类号 X52

非点源污染包括城市和农业非点源污染等。在城市工业点源污染逐渐得到控制后, 城市非点源污染的研究也日渐成为热门课题, 并取得不少研究成果<sup>[1~5]</sup>。由于城市地表大部分为不透水面, 降雨落到地面后迅速形成径流, 并冲刷和挟带地表污染物形成地表径流污染。据文献报道<sup>[3]</sup>, 城市降雨径流中含有悬浮物、耗氧物质、富营养物质、有毒物质、油脂类物质等污染物, 并在很多时候超标严重, 这些污染物随径流通过排水道排入或直接进入江河湖泊, 污染地表水。美国国家环保局(EPA)把城市地表径流列为导致全美河流湖泊污染的第三大污染源<sup>[6]</sup>。城区降雨径流污染与其它非点源污染形式相比, 在产污、产流特征等方面有很大区别。本文对此展开初步研究, 试图揭示城区降雨径流的污染规律。

### 1 研究区概况

珠海市依山傍水, 地势低平, 陆域面积为 1 640 km<sup>2</sup>, 水域占全市总面积的 22.51%。气候温暖多雨, 年平均降雨量 1 700~ 2 200 mm, 陆地集雨区多年平均降雨总量为 30.43 亿 m<sup>3</sup>, 多年平均径流量为 17.96 亿 m<sup>3</sup>, 充沛的降雨为本区地表径流污染的发生提供了强大的动力。按行政区划, 珠海市下设香洲区、斗门区、金湾区, 本文以香洲区为研究对象。香洲区主要包括前山、吉大、拱北和南屏等区镇, 是城区的主体, 下垫面主要为密集的建筑群和四通八达的交通网络, 地表大部分为不透水面, 排洪渠以及地下排水管网全部为雨污分流制, 有多个出(排)水口。按照排水渠(管网)的分布, 并以地下排水系统闭合为原则, 将研究区域分为三大集水区, 即香洲集水区、吉大集水区和拱北集水区。根据城市发展功能定位, 香洲集水区大部分为工业厂房, 分布各类型企业; 吉大集水区大部分为住宅区; 拱北集水区则为商业聚集地, 商铺林立。

### 2 研究方法

#### 2.1 监测断面的选择与水样采集

在三大集水区的出水(海)口分别设立径流监测断面, 在雨季期间采集径流水样检测污染物。采样于降雨产流时即开始, 采样间隔为 5 min, 当降雨历时较长时, 采样间隔适当增加为 10 min 或 30 min, 每场降雨采集降雨全过程水样, 并监测降雨量、水位、流量等; 同时采集雨水样和前山水样, 用于对比研究。

\* 广东省百项工程项目(99B05801G)、广东省科技攻关项目(2002C31517)、珠海市“九五”重点科技攻关项目(059908980901)资助

## 2.2 分析方法

分析项目为悬浮物(SS)、总氮(T-N)、铵态氮( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ )、硝态氮( $\text{NO}_3^--\text{N}$ )、总磷(T-P)、可溶磷(S-P)、化学需氧量( $\text{COD}_G$ )和生化需氧量( $\text{BOD}_5$ )等。按国家环保局标准<sup>[7]</sup>,SS用滤纸法,T-N用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法,T-P用过硫酸钾消解-钼锑抗分光光度法, $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 用纳氏试剂光度法, $\text{NO}_3^--\text{N}$ 用酚二磺酸光度法,S-P用钼锑抗分光光度法, $\text{COD}_G$ 用重铬酸钾法, $\text{BOD}_5$ 用碘量法(叠氮化钠修正法)。

## 3 结果与讨论

### 3.1 城区降雨径流污染物的含量水平

对2000年雨季5场降雨(降雨量16.9~81.8mm)的雨水和地面径流水质进行监测,并取其加权平均值,代表珠海城区雨水和径流水质的平均状况,结果见表1。表1表明,珠海城区雨水中的污染指标浓度较低,地表径流污染物主要为T-N、 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 、 $\text{COD}_G$ 、 $\text{BOD}_5$ 和SS等,平均浓度分别为4.96、3.53、77.51、7.16和569.34  $\text{mg L}^{-1}$ ,其中SS含量在香洲集水区偏高,T-P仅在生活居住区比较集中的吉大集水区检出浓度较高。据文献报道,城市住宅区地面径流 $\text{BOD}_5$ 和 $\text{COD}_G$ 分别为3.6和40  $\text{mg L}^{-1}$ ;商业区地面径流 $\text{BOD}_5$ 和 $\text{COD}_G$ 分别为7.7和39  $\text{mg L}^{-1}$ [4];地表水总氮含量0.9~3.5  $\text{mg L}^{-1}$ 、总磷含量0.9~1.8  $\text{mg L}^{-1}$ 时,可造成水生生物生长旺盛<sup>[8]</sup>。可见,珠海城区径流污染物含量水平较高,已严重影响水环境质量。

表1 珠海城区不同集水区暴雨径流污染物监测结果( $\text{mg L}^{-1}$ )

样品 <sup>1)</sup>	监测项目							
	T-N	$\text{NH}_4^+-\text{N}$	$\text{NO}_3^--\text{N}$	T-P	S-P	$\text{COD}_G$	$\text{BOD}_5$	SS
雨水	0.77	0.48	0.06	0.02	0.01	3.86	0.65	-
样品I	5.27	3.79	0.53	0.41	0.27	34.43	3.77	2.238
样品II	8.29	5.05	0.41	0.83	0.54	79.34	4.85	23.25
样品III	4.92	3.15	0.40	0.45	0.24	93.58	8.87	32.50

1) 样品I 采自香洲集水区地面径流,样品II 采样吉大集水区地面径流,样品III采自拱北集水区地面径流。

### 3.2 降雨径流污染物的浓度变化

分析2000年雨季一次暴雨全过程径流水质采样监测结果表明,城区降雨径流污染物在输出过程中,随降雨历时的变化有明显的特征与规律。一般在降雨初期,径流污染物浓度迅速上升,并很快达到峰值,随着降雨历时的延长,主要污染指标逐渐下降并趋于稳定(图1)。一场降雨,在径流产生的初期输送了80%以上的地表污染物。因此,城市降雨径流在雨后短时间内会使地表水质迅速恶化。

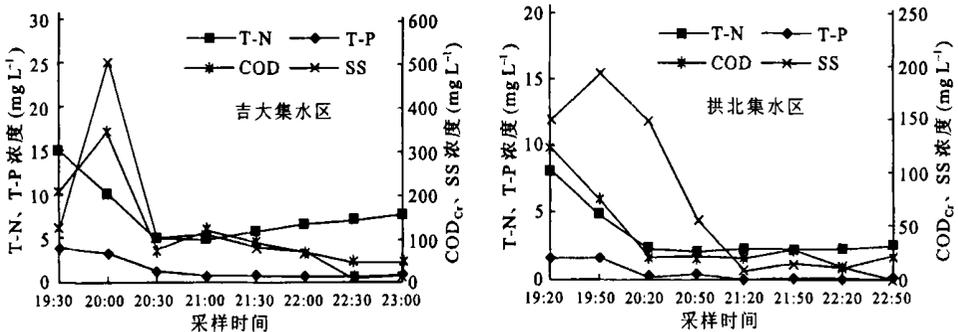


图1 暴雨径流污染负荷浓度变化过程

### 3.3 降雨径流污染物含量的区间差异

城区降雨径流污染物含量在不同集水区存在明显差异(见表1),这是由不同集水区下垫面的差异

引起的。吉大集水区降雨径流 T-N 和 T-P 含量较高, 该区下垫面以住宅区居多, 居民生活污染源包括大量使用的含磷洗涤剂等, 使该区径流污染含氮、磷较高。吉大与拱北集水区的  $COD_G$  与  $BOD_5$  含量比香洲集水区高, 前者下垫面分别以居民生活区与商业网点较多, 非点污染源分散, 污染随机发生; 而后者下垫面以工业厂房为主, 大部分为点源污染, 而且控制水平较高。因此, 居住区与商业区的降雨径流对水体  $COD_G$  与  $BOD_5$  具有重要的贡献。香洲集水区的 SS 含量远高于吉大与拱北集水区, 这与该区工业发展与开发区建设对土地的开发利用、造成下垫面地表的破坏以及工业区大气降尘和固体废渣排放较多等有关。

### 3.4 降雨径流与河流水体污染物浓度的比较

城区降雨径流中的污染物浓度远高于同期河流水体中的污染物浓度( $NO_3-N$  除外, 见表 2), 其中大部分污染项目高 2 倍以上。据统计, 2000 年珠海全年降雨量  $\geq 12.7 \text{ mm h}^{-1}$  (标准降雨) 的次数为 36 场, 总降雨量为 1560.1 mm, 占全年总降雨量的 85%。而据有关文献报道<sup>[5]</sup>,  $\geq 12.7 \text{ mm h}^{-1}$  持续 1 h 的标准降水可以冲刷街面 90% 的地表污染物。因此, 珠海城区降雨径流对河流水中污染物输入的贡献占有相当的份额, 城区降雨径流污染已成为影响河流水质的重要因素。

表 2 珠海城区降雨径流与河流水体中的污染物浓度( $\text{mg L}^{-1}$ )

样品	监测项目							
	T-N	$NH_4^+-N$	$NO_3-N$	T-P	S-P	$COD_G$	$BOD_5$	SS
降雨径流 <sup>1)</sup>	4.96	3.53	0.43	0.48	0.28	77.51	7.16	569.34
前山河水	2.09	1.17	0.66	0.12	0.07	32.00	5.05	197.50

1) 取香洲、吉大和拱北三个集水区降雨径流监测结果, 以各区面积作为权重值进行加权平均计算

### 3.5 城区降雨径流污染总负荷

引用 SCS 模型<sup>[9]</sup>对研究区域的降雨-径流过程进行模拟计算。参照该模型提供的 CV 值查算表, 确定不同集水区的 CV 值, 并统计珠海 2000 年降雨大于标准降雨量(12.7 mm) 的场次及其总降雨量, 利用 SCS 模型由 CV 值和全年总降雨量计算不同集水区的年径流量。根据径流与水质的关系, 通过不同集水区的年径流量和污染物浓度估算研究区域的降雨径流污染负荷总量, 结果见表 3。据广东省环保统计年鉴资料, 珠海市 2000 年工业点源污染排放的  $COD_G$  为 1 653.71 万 kg, SS 为 454.96 万 kg; 城区降雨径流中的  $COD_G$  为工业点源污染的 19%, SS 负荷已远高于工业点源污染。可见, 城区降雨径流污染已足以影响工业点源污染的治理成效, 成为水环境污染的又一重要因素。

表 3 珠海城区降雨径流污染负荷( $\times 10^4 \text{ kg a}^{-1}$ )

	污染物							
	T-N	$NH_4^+-N$	$NO_3-N$	T-P	S-P	$COD_G$	$BOD_5$	SS
	28.93	18.04	1.71	2.80	1.77	315.43	23.17	1129.94

## 4 结 论

1. 珠海城区降雨径流污染负荷水平较高, 主要污染物为 T-N、 $NH_4^+-N$ 、 $COD_G$ 、 $BOD_5$  和 SS 等, 降雨径流污染物浓度在降雨初期就可达到最高值, 在雨后短时间内就会使水质迅速恶化。

2. 集水区下垫面的差异对降雨径流污染影响显著, 在珠海城区居住区与商业区为主的地表径流对水体污染物输入贡献较大。

3. 与同期河流污染物含量相比, 城区降雨径流污染物含量水平较高。

## 参考文献

1. 万洪富, 王继增, 卓慕宁, 等. 珠海市非点源污染负荷研究方法初探. 土壤与环境, 2002, 11(4): 401~404
2. 汪慧贞, 李宪法. 北京城区雨水径流的污染及控制. 城市环境与城市生态, 2002, 15(2): 16~18

3. 李养龙, 金林. 城市降雨径流水质污染分析. 城市环境与城市生态, 1996, 9(1): 55~ 58
4. 吴寿昌. 城市暴雨径流污染. 甘肃环境研究与监测, 1997, 10(3): 43~ 45
5. 施为光. 城市降雨径流污染负荷模型. 城市环境与城市生态, 1993, 2(6): 6~ 10
6. US EPA. National Water Quality Inventory. Report to Congress Executive Summary. Washington DC: USEPA, 1995. 497
7. 国家环境保护局编. 水和废水监测分析方法. 北京: 中国环境科学出版社, 1998
8. 杨苏树, 倪喜云. 大理州洱海流域农业非点源污染现状. 农业环境与发展, 1999, 60(2): 43~ 44
9. 袁作新主编. 流域水文模型. 北京: 水利水电出版社, 1990

## 《土壤学报》即将开辟“2020年中国的科学和技术” 专家建议专题栏目

党的“十六大”提出了制定“国家中长期科学和技术发展规划”的战略任务,这对促进我国科技进步、推动经济建设和社会全面发展,实现全面建设小康社会的目标具有十分重要的意义。为配合此项工作,积极为国家中长期科学和技术发展规划提供参考和依据,中国科协将立即启动2020年中国科学和技术发展的研究工作。该研究围绕全面建设小康社会的奋斗目标,以提高国家创新能力和核心竞争力为重点,研究我国自然科学和工程技术领域科技发展重大问题,对其2020年发展前景进行分析和研究,提出中长期科技发展研究报告或政策性建议,为我国今后一个时期科技的发展勾画蓝图。

该研究的内容框架如下:

1. 对当前各学科、各行业、各地区的科技发展现状以及国际发展前沿的概述和分析。
2. 对2020年科学和技术发展目标的预测。

1) 2020年学科领域、行业、地区科技发展目标的预测和分析,主要包括对2020年我国应达到的科技水平的预测、预测依据、相关支撑条件(政策环境、社会环境、技术条件、教育水平、科技投入)、人才结构组成。

2) 对2020年我国科技团体(学会)以及学术交流发展目标的预测、分析和相关支撑条件。

3) 2020年我国科学技术普及目标的预测和分析,包括预测达到的目标、预测依据、相关支撑条件等。

3. 对实现2020年中国科技发展目标的重要措施和建议。

根据中国科协学会学术部关于学术期刊在《2020年中国科学和技术发展研究》中充分发挥作用的通知精神,《土壤学报》拟开辟“2020年中国的科学和技术”专家建议专题栏目,希望广大土壤科技工作者就土壤科学及其相关领域为研究规划的内容提出意见和建议,踊跃向《土壤学报》投稿。来稿将组织有关专家进行论证和审查,符合要求的将在本刊开辟的专家建议栏目刊登。

《土壤学报》编辑部