

DOI:10.7524/j.issn.0254-6108.2014.06.025

广州城区“雨水-雨水径流-河涌”污染链的特征*

刘劲松^{1,2} 郭凌川^{1,2} 罗宪林³ 陈繁荣¹ 曾永平^{1**}

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 有机地球化学国家重点实验室, 广州, 510640;
2. 中国科学院大学, 北京, 100049; 3. 中山大学河口海岸研究所, 广州, 510275)

在点源污染被逐步控制后,城市地面雨水径流已成为城市河流与湖泊等水体主要污染源.国内相关研究起步于 20 世纪 80 年代,之后在北京、上海、西安、珠海、澳门、天津、广州等城市开展.雨水、雨水径流及河涌的污染过程已经形成了一个完整的污染链,即雨水携带大气颗粒物降至地面,随之形成的雨水径流又携带地表污染物进入城市河涌,从而恶化河涌水质;然而,对“雨水-雨水径流-河涌”整个污染链的研究尚鲜见文献报道.

本文以广州城区为例,首次从“雨水-雨水径流-河涌”的污染链出发,分析其污染特征,探讨雨水和雨水径流对河涌的污染贡献,了解非点源污染物在污染链中的迁移过程及机理,为管理部门制定雨水径流污染的对策提供参考依据.

1 研究方法

1.1 采样区域

本文选择广州市天河区广园东路作为道路雨水径流采样路段,采样点设为 A;A 点位于广园东路北侧,靠近中国科学院广州地球化学研究所大门口(图 1).另外,考虑到广州河涌众多,本文选取沙河涌作为代表,选择上游路段(元岗路, B1)和中下游路段(天平架, B2)作为汇入沙河涌的雨水径流和河涌水样采样点,了解雨水径流对单条河涌的污染贡献(图 1).B1、B2 之间河涌两侧有零星排水口分布,其中, B1、B2 两点位于排入沙河涌的两个较大的排水口附近,雨水径流采样取自沙河涌同一侧岸边.

1.2 采样及分析

对 2010—2011 年间 11 场降雨的雨水径流进行了采集,并收集了 2011 年 4 场雨水样品(A 点);在 B1 和 B2 点,收集 2011 年 9 月 29 日的雨水、雨水径流及对应河水.降雨期间,分别收集初期雨水径流水样(降雨 5 min 后的径流,简称初期径流)和后期雨水径流水样(雨停止前的径流,简称后期径流);并于 B1 和 B2 两点采集对应的降雨前和降雨后河水样品(称为雨前河水和雨后河水).

选择 pH、总悬浮颗粒物(TSS)、化学需氧量(COD_{Cr})、五日生化需氧量(BOD₅)、总氮(TN)、总磷(TP)、溶解态有机碳(DOC)和重金属元素作为目标物.其中,使用《水和废水监测分析方法》(第四版)推荐方法^[1],对 COD_{Cr}、BOD₅、TN、TP 进行分析.另外, pH 测定采用酸度计法(GB5750-85), TSS 采用重量法(GB11901-89), DOC 使用 Shimadzu TOC-VCPH(Kyoto, Japan)测定, 重金属元素测定使用 Angilent 7700x ICP-MS (Santa Clara, CA, USA) 进行测定.指标测定时,均设空白样品,同时设置平行样品测定.

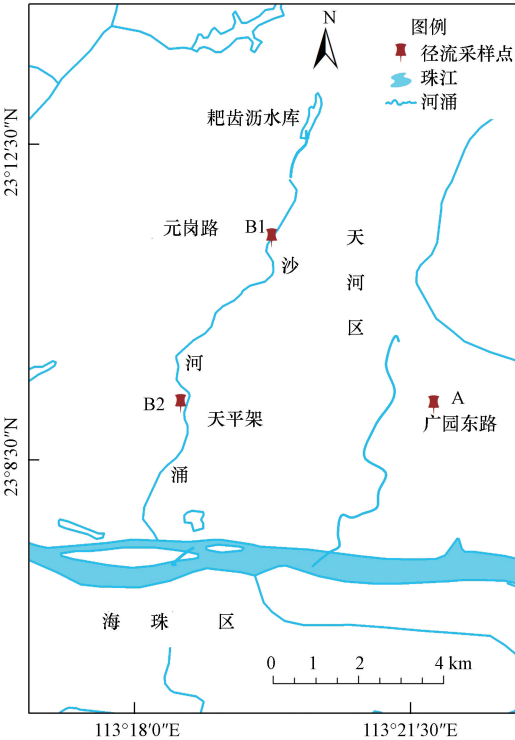


图 1 广州城区雨水径流采样点示意图

2 结果与讨论

2.1 广州城区雨水和雨水径流的污染特征

由表 1 可见,初期雨水径流中污染物的浓度为雨水的 10 倍以上;随着降雨的进行,路面趋于“清洁”,雨水径流污染

2014 年 2 月 28 日收稿.
* 广州市软科学计划项目(2010GN-H00081);国家自然科学基金委员会项目(41121063)资助.
** 通讯联系人, Tel: 020-85291421; E-mail: eddyzeng@gig.ac.cn

物浓度逐渐降低;但后期雨水径流中污染物浓度仍是雨水 2 倍以上,说明雨水不是雨水径流中污染物主要来源.TSS 与 COD_{Cr} 、 BOD_5 、TN 和 TP 具有很好的相关性(R^2 分别为 0.93、0.88、0.82 和 0.68),说明污染物大量存在于悬浮物中.据此,可对城市道路进行清扫、对雨水径流进行截污、沉淀和过滤,有效去除污染物总量.

表 1 广州城区雨水和雨水径流水质指标浓度(中间值)

水质指标	雨水	初期径流	后期径流
TSS	18—42(32)	255—435(319)	39—170(61)
COD_{Cr}	8.7—13(10)	162—380(265)	37—167(48)
BOD_5	5.2—7.0(6.1)	55—145(87)	10—56(16)
TN	1.2—2.0(1.6)	5.1—12(7.4)	1.2—5.1(2.8)
TP	0.05—0.14(0.12)	1.3—5.0(1.6)	0.24—0.78(0.32)
DOC	1.4—1.7(1.5)	34—68(53)	5.1—39(8.8)
As	0.14—0.57(0.27)	2.1—6.5(5.1)	0.28—2.7(0.73)
Se	0.18—0.48(0.29)	1.3—5.9(3.1)	0.31—1.2(0.87)
Cd	0.02—0.11(0.10)	0.23—0.84(0.48)	0.05—0.23(0.15)
Cr	0.02—0.05(0.02)	2.3—7.9(4.3)	0.35—1.7(0.71)
Ni	1.17—1.75(1.33)	10—32(19)	2.1—7.9(3.8)
Cu	0.66—1.02(0.81)	14—39(21)	1.5—5.2(2.6)
Pb	低于检测限	0.84—5.6(2.5)	0.07—0.74(0.26)
Zn	3.8—13(9.1)	95—425(172)	12—88(26)

注:As、Se、Cd、Cr、Ni、Cu、Pb、Zn 单位为 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,其余指标单位为 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

对比发现,初期雨水径流中污染物的浓度均大于后期雨水径流(表 1),出现明显的“初始冲刷效应”现象,这一规律与众多文献报道的现象一致^[2-3].初始冲刷带走大量地表污染物,使后期冲刷浓度显著降低(浓度相差 4—5 倍),因此,控制初始冲刷是解决地面雨水径流污染的关键.

2.2 广州城区雨水径流的达标情况

雨水初期径流中污染物浓度远远超过了国家地表水环境质量标准(GB3838—2002)Ⅴ类标准的限值,未达到污水综合排放标准(GB8978—1996)的二级标准要求;然而,初期雨水径流中重金属浓度低于 GB3838—2002 的Ⅱ类标准.经过调查了解到,广州市现有的排水系统大部分实现了雨污分流,但几乎没有对雨水和雨水径流收集处理,市区地面雨水径流携带大量污染物仍是直排河涌,最终进入珠江,影响水质.

2.3 雨水径流对沙河涌水质的影响

降雨前,沙河涌水体 TSS、 COD_{Cr} 、 BOD_5 、TN、TP 和 DOC 浓度均值分别为:69、31、11、13、0.58 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 5.9 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,其中 BOD_5 、TN、TP 浓度都超过了国家地表水环境质量标准(GB3838—2002)Ⅴ类标准的限值,说明河涌本身已受到严重污染.下游的 B2 点污染物浓度稍微大于上游的 B1 点,反映出沙河涌水质从上游到中下游呈恶化趋势.降雨后,雨水径流携带地面污染物进入河涌,使水体污染物浓度升高;雨后河水中 TSS、 COD_{Cr} 、 BOD_5 、TN、TP 和 DOC 的浓度均值分别达到 201、45、14、15、0.82 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 7.0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

沙河涌采样点初期雨水径流中的污染物浓度远高于雨前河水(TN 除外),后期雨水径流的 COD_{Cr} 、 BOD_5 和 DOC 浓度也接近雨前河水的 5 倍,分别为 161、53、33 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. TSS 浓度达到 2 倍以上,为 164 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 与夏宏生和林芳莉对广州城区 2008—2009 年期间 10 场降雨径流的研究结果^[4]一致.所以雨水径流污染物对河涌的贡献占有相当的份额,城区雨水径流污染已成为影响河涌水质的重要因素.

3 结论

雨水径流含有大量污染物质,污染负荷水平较高,存在明显的城市地表“初始冲刷效应”.另外,雨水中污染物浓度远低于雨水径流,说明雨水不是雨水径流污染物的主要来源.对广州城区“雨水-雨水径流-河涌”污染链的过程污染特征进行了分析,充分显现了雨水径流污染的严重性,为相关部门更系统地进行环境治理提供了科学依据.

关键词:雨水-雨水径流-河涌,污染链,水质,广州.

参 考 文 献

[1] 中国国家环境保护总局.水和废水监测分析方法(第四版)[M].北京:中国环境科学出版社,2002

[2] 黄国如,聂铁锋.广州城区雨水径流非点源污染特性及污染负荷[J].华南理工大学学报(自然科学版),2012,40(2):142-147

[3] Lee J H, Bang K W, Ketchum L H, et al. First flush analysis of urban storm runoff[J]. Science of the Total Environment, 2002, 293(1/3):163-175

[4] 夏宏生,林芳莉.广州市城区降雨径流水质特征分析[J].环境科学与管理,2010,35(5):129-131