

城市面源污染特征及排放负荷研究 ——以内江市为例

王军霞¹, 罗彬², 陈敏敏¹, 解淑艳¹, 唐桂刚^{1*}, 李纳², 吴鸿霁², 罗晓慧³

1. 中国环境监测总站, 国家环境保护环境监测质量控制重点实验室, 北京 100012;

2. 四川省环境监测中心, 四川 成都 610091; 3. 内江市环境保护监测站, 四川 内江 641100

摘要: 城市面源污染已引起国内外的重视, 研究城市面源污染特征及排放负荷, 为城市面源防治提供借鉴有重要意义。在内江市将城市下垫面按照水文效应和面源污染特性不同划分为屋面、庭院、交通道路、城市水环境四类, 每类下垫面中选取一定数量的点进行监测, 根据选取的典型点位的监测结果, 研究城市面源污染特征及污染物负荷, 结果表明: (1) 各类下垫面中, 交通干道污染质量浓度普遍较高, 屋面污染物质量浓度相对较低, 交通干道 COD、悬浮物、总磷、氨氮、总氮平均质量浓度分别为 $215.31 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $280.20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.35 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $2.29 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $4.06 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 屋面 COD、悬浮物、总磷、氨氮、总氮平均质量浓度分别为 $85.56 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $117.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.13 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $2.03 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $3.63 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。(2) 不同材质屋面中, 沥青屋面的污染物质量浓度普遍较高, 陶瓦屋面的污染物质量浓度相对较低。沥青屋面 COD、悬浮物、总磷、氨氮、总氮平均质量浓度分别为 $73.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $56.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.181 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $2.529 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $5.254 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 陶瓦屋面 COD、悬浮物、总磷、氨氮、总氮平均质量浓度分别为 $30.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $45.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.106 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $2.099 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $4.167 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。(3) 单次降雨 COD 污染负荷在 34.6~73.7 t 之间, 相当于整个城区城镇生活污水不加处理排放 1 天; 根据 3 次降雨监测结果估算全年 COD、悬浮物、总磷、氨氮、总氮排放量分别为 2177.1 t、2778.3 t、3.855 t、41.410 t、69.133 t, 城市面源 COD 污染负荷是城镇生活源的近 20%。(4) 各类下垫面中, 屋面的污染物排放负荷贡献率最大, 其次为庭院、交通干道、一般道路、城市水环境, 一次典型降雨中, 屋面对 COD 污染负荷的贡献率为 30.9%, 庭院为 28.7%, 交通干道为 24.7%, 一般道路为 14.9%, 城市水环境仅为 0.8%。(5) 各类下垫面中, 交通干道的初始冲刷效应最明显, 其次为一般道路、庭院、屋面。根据分析得出结论: 城市面源中 COD、悬浮物的污染不容忽视; 不同下垫面呈现不同的污染特征, 屋面的污染物质量浓度较低, 但由于面积贡献率大, 污染物负荷贡献率较高, 均在 25% 以上, 交通干道、一般道路五类污染物由于质量浓度较高, 各污染物负荷贡献率均超过其面积贡献率, 可作为城市面源防治的重点; 截留和处理城市降雨初期径流对于城市面源污染处理非常重要。

关键词: 城市面源; 污染特征; 排放负荷; 城市下垫面

中图分类号: X14

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2014) 01-0151-06

引用格式: 王军霞, 罗彬, 陈敏敏, 解淑艳, 唐桂刚, 李纳, 吴鸿霁, 罗晓慧. 城市面源污染特征及排放负荷研究——以内江市为例[J]. 生态环境学报, 2014, 23(1): 151-156.

WANG Junxia, LUO Bin, CHEN Minmin, XIE Shuyan, TANG Guigang, LI Na, WU Hongji, LUO Xiaohui. Study on the characteristics of urban non-point source pollution and its discharge load: a case study for Neijiang, Sichuan province [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2014, 23(1): 151-156.

面源污染已经逐渐得到广泛重视, 城市面源是重要的一类面源污染。城市面源污染负荷有模型估算及监测法, 其中城市面源监测方法有地表径流监测 (李怀恩, 2000; 张媛, 2006)、排污口监测 (胡成和潘美霞, 2006; 李立青等, 2006)、下垫面布点监测 (张善发等, 2006) 三类 (王军霞等, 2013)。其中基于下垫面监测方法是指将城市区域范围按照水文效应和面源污染特性的不同划分为若干类的下垫面, 每类下垫面中选取一定比例的点进行监

测, 根据选取的典型点位的监测结果, 推算整个城市区域范围的面源污染物排放量。该方法研究较少, 而与其他两种方法相比适用性更广, 更具推广价值。为完善该方法, 更加深入全面了解城市面源污染特征及污染负荷, 应在不同地区进行尝试, 使该方法更加成熟可靠。本文选取内江作为试点区域, 基于下垫面监测法研究城市面源污染特征, 以期对城市面源防治提供借鉴。

内江市位于四川省的东南部, 坐落在沱江之

基金项目: 国家水专项 (2009ZX07527-002)

作者简介: 王军霞 (1984 年生), 女, 工程师, 硕士, 研究方向: 污染源监测及环境统计。E-mail: wangjx@cnemc.cn

***通信作者:** 唐桂刚。E-mail: tanggg@cnemc.cn

收稿日期: 2013-07-08

滨,是川东重镇、四川省规划建设8个百万人口的特大城市之一。内江市城市建成区面积约31.49 km²,城市人口约55万人,人口密度约为1.75万人/km²,建成区城市规划以商住、办公、学校、餐饮等为主,划分为市中区及东兴区。年降雨量1000 mm以下,多分布在夏季,约占全年雨量的60%,高温期与多雨季基本一致,春季约占17%,冬季仅占4%。

1 监测方案

1.1 监测点位布设

参照相关城市下垫面城市面源污染特征研究结果(GROMAIRE-MERTZ等,1999;CLARK和ASPLUND,1981;WU等,1998;侯培强等,2009;GEIGER,1987;车伍等,2003;赵磊等,2008;赵剑强,2002;蒋海燕,2002;常静,2006;王吉莘和朱木兰,2009;李立青等,2010),将城市下垫面划分为:屋面,庭院(含小区道路),交通道路,城市水环境。由于受材质和人类活动影响大小不同,屋面可以进一步划分为陶瓦、水泥、沥青屋面,交通道路可按照交通量的大小分为交通干道(交通量>30000辆/天)和一般道路(交通量<30000辆/天)。陶瓦、水泥、沥青屋面各设置1个点位;大型、中小型、学校庭院(学校面积占城市建成区比例较高)分别设置1个点位;交通主干道设置3个点位,一般公路设置2个点位。监测点位选取时考虑了不同城市功能区的影响。

1.2 采样频次

城市面源的监测频次主要依据城市面源的冲刷曲线确定(YUSOP等,2005)。由于降雨前期,污染物浓度较高,且变化较快,累积污染负荷较高,应采用较密的监测频次。而降雨后期,污染物浓度趋于稳定,可以降低监测频次(张善发等,2006)。

1.3 监测项目与分析方法

监测项目包括化学需氧量、悬浮物、总磷、氨氮、总氮五项,其分析方法选择《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)附表1中所列的测定方法。在进行分析测试之前将样品中夹带的石头、植物及垃圾等先行去除。需要特别说明的是化学需氧量为全态混合样品分析。

监测数据的质量控制参照《固定污染源监测质

量保证与质量控制技术规范》(HJ/T 373-2007),每批次监测采集不少于10%的平行样,按照相应污染物浓度范围允许的相对偏差判定测试结果的有效性。若测试结果超出规定允许偏差的范围,在样品允许保存期,再加测一次,监测结果取相对偏差符合质控指标的两个监测值的平均值。否则该批次监测数据失控,数据视为无效。

1.4 径流量获取

径流量可以通过实际监测获得,也可以通过模型进行计算。降雨量的监测技术相对成熟,而对城市下垫面的径流监测则存在很多操作上的难题。国际上,有较为成熟的径流技术模型,根据降雨量的大小,估算出不同下垫面的径流量。本文认为,实际监测方法既存在操作上的困难,而且监测误差范围不易控制,采取模型进行径流量计算是比较好的选择。常见的径流估算模型有径流曲线法(简称SCS法)、径流系数法等(尹澄清等,2009)。本研究中,大到暴雨使用SCS法,小到中雨使用综合径流系数法。

1.5 平均质量浓度与总量计算方法

由于难以获得各时间点降雨量数据,故假设两次采样间隔之间径流量变化不大,采样时段对应的径流量与持续时间有关,故以每次采样距下次采样的时间间隔为权重,计算降雨径流污染物平均质量浓度。

通过调查得到整个城市各种下垫面的面积,并采取相应的模型计算出各类下垫面在整个城市范围内所产生的径流流量,每类下垫面的平均质量浓度与径流流量的乘积之和为城市面源污染排放总量。城市水环境这类下垫面的径流量可以通过降雨量与城市水环境面积的乘积计算而得,该方法的计算公式表示如下:

$$P = \sum_{n=1}^n C_n Q_n \times 10^{-6} + C_{\text{降雨}} H_{\text{降雨}} S_{\text{城市水环境}} \times 10^{-3}$$

其中: P —城市面源污染物负荷,t; C_n —第 n 类下垫面径流污染物的平均质量浓度,mg·L⁻¹; Q_n —第 n 类下垫面整个城市范围内的径流流量,m³; $C_{\text{降雨}}$ —降雨中的污染物质量浓度,mg·L⁻¹; $H_{\text{降雨}}$ —降雨量,mm; $S_{\text{城市水环境}}$ —城市水环境的面积,km²。

2 监测结果与讨论

2.1 污染物质量浓度特征

2.1.1 不同下垫面污染物平均质量浓度

不同降雨过程中,同种污染物平均质量浓度有所差异,见表2,其中交通干道的污染物平均质量浓度波动较大,7月21日COD平均质量浓度为357 mg·L⁻¹,9月6日仅182 mg·L⁻¹,屋面的COD

表1 下垫面监测频次

监测时段	监测频次
降雨初期	地表径流形成后以10 min间隔共取样3次
降雨中期	初期雨水监测结束后以30 min间隔共取样2次
降雨后期	每隔60 min取样一次,至径流结束。

表 2 3 次典型降雨不同下垫面各污染物平均质量浓度

污染物	监测日期	mg·L ⁻¹			
		屋面	庭院	一般道路	交通干道
COD	7-21	82	173	172	357
	8-21	79	138	219	203
	9-6	95	119	208	182
悬浮物	7-21	116	130	213	387
	8-21	129	205	294	299
	9-6	103	134	264	220
总磷	7-21	0.12	0.31	0.53	0.34
	8-21	0.11	0.22	0.37	0.30
	9-6	0.16	0.30	0.38	0.41
氨氮	7-21	1.78	2.37	2.10	2.15
	8-21	2.14	2.78	2.64	2.36
	9-6	1.99	2.49	2.59	2.26
总氮	7-21	2.60	3.60	4.13	4.75
	8-21	3.82	3.97	4.13	4.10
	9-6	3.75	3.69	4.74	3.76

平均质量浓度变化较小，在 79~95 mg·L⁻¹ 之间。将 3 次降雨监测结果按照降雨径流量进行加权平均，所得不同下垫面各污染物平均质量浓度见表 3。下垫面污染物质量浓度与人类活动程度密切相关，受人类活动影响较大的交通干道污染物质量浓度普遍较高，COD、悬浮物、总磷、氨氮、总氮的平均质量浓度分别为 215.31 mg·L⁻¹、280.20 mg·L⁻¹、0.35 mg·L⁻¹、2.29 mg·L⁻¹、4.06 mg·L⁻¹；屋面由于受人类活动影响较小，污染物质量浓度均最低，COD、悬浮物、总磷、氨氮、总氮平均质量浓度分别为 85.56 mg·L⁻¹、117.25 mg·L⁻¹、0.13 mg·L⁻¹、2.03 mg·L⁻¹、3.63 mg·L⁻¹。不同下垫面各污染物平均质量浓度排序具体为，COD、悬浮物：交通干道>一般道路>庭院>屋面；总磷：庭院>一般道路>交通道路>屋面；氨氮、总氮：一般道路>交通干道>庭院>屋面。从各污染物平均质量浓度与城镇生活污水处理厂排放标准对比来看，除屋面的 COD 平均质量浓度为 85.56 mg·L⁻¹，介于城镇污水处理厂一级和二级排放标准之间外，其他下垫面的 COD、悬浮物的平均质量浓度均高于城镇污水处理厂三级排放标准，总磷、氨氮、总氮的平均质量

表 3 不同下垫面各污染物平均质量浓度

项目	mg·L ⁻¹				城镇污水处理厂 一级 A 标准
	屋面	庭院	一般道路	交通干道	
COD	86	135	209	215	50
悬浮物	117	168	272	280	10
总磷	0.13	0.26	0.40	0.35	0.5
氨氮	2.03	2.61	2.55	2.29	5
总氮	3.63	3.81	4.37	4.06	15

浓度均低于城镇污水处理厂一级 A 排放标准。而我国目前执行三级排放标准的城镇生活污水处理厂已经很少，已逐步提升为一级 A 标准。各下垫面 COD、悬浮物的平均质量浓度分别是城镇生活污水处理厂一级 A 标准的 1.7~4.3、12~28 倍。可见城市降雨径流一般高于城镇生活污水处理厂出水的 COD、悬浮物浓度。因此，城市降雨收集并进行 COD、悬浮物的去除非常有必要。

2.1.2 不同材质屋面的污染物质量浓度

三类屋面中，沥青屋面的污染物平均质量浓度普遍较高，COD、悬浮物、总磷、氨氮、总氮平均质量浓度分别为 73.4 mg·L⁻¹、56.0 mg·L⁻¹、0.181 mg·L⁻¹、2.529 mg·L⁻¹、5.254 mg·L⁻¹；陶瓦屋面的污染物平均质量浓度普遍较低，COD、悬浮物、总磷、氨氮、总氮平均质量浓度分别为 30.8 mg·L⁻¹、45.4 mg·L⁻¹、0.106 mg·L⁻¹、2.099 mg·L⁻¹、4.167 mg·L⁻¹；水泥屋面 COD、悬浮物、总磷、氨氮、总氮平均质量浓度分别为 52.3 mg·L⁻¹、70.4 mg·L⁻¹、0.105 mg·L⁻¹、2.210 mg·L⁻¹、4.570 mg·L⁻¹。一次降雨过程，陶瓦、沥青、水泥屋面各类污染物质量浓度随时间变化情况见图 1。沥青屋面最初的总磷、COD 质量浓度最高，陶瓦屋面最低，陶瓦屋面在后期有总磷的析出，沥青屋面在后期有 COD 的析出。总氮、氨氮呈现相似的变化趋势，水泥屋面最初质量浓度较高，之后快速降低；沥青屋面质量浓度相对稳定；陶瓦屋面质量浓度呈现微弱先升后降趋势。

2.2 污染物排放负荷

2.2.1 城市面源污染物负荷

根据 3 次降雨监测结果估算整个城区范围城市面源污染物负荷见表 4。单次降雨 COD 污染负荷在 34.6~73.7 t 之间，当地城镇生活污水处理厂 COD 进口质量浓度为 270 mg·L⁻¹，按此折算单次降雨相当于 13~27 万 t 生活污水不经处理而直接排放，相当于整个地市城镇生活污水不加处理排放 1 天。据统计，3 次降雨的降雨量分别为 11 mm、40 mm、32 mm，干期时长分别为 36、31、15 天，可以看出降雨量影响城市面源污染物排放量，降雨量越大，污染物排放量越大。而干期时长对城市面源污染物排放量的影响则由于人为干扰而比较复杂，规律不明显。3 次总降雨量 83 mm，按照全年 1000 mm 降雨量计，全年 COD、悬浮物、总磷、氨氮、总氮排放量分别为 2 177.1 t、2 778.3 t、3.855 t、41.410 t、69.133 t。根据全国环境统计调查数据，2011 年内江市市中区和东兴区全年城镇生活 COD、氨氮排放量分别为 1.2 万 t、1 409 t，总磷、总氮产生量分别为 202 t、2 358 t。城市面源 COD 污染负荷是城镇生活源的近 20%，可见城市面源污染不容忽视。

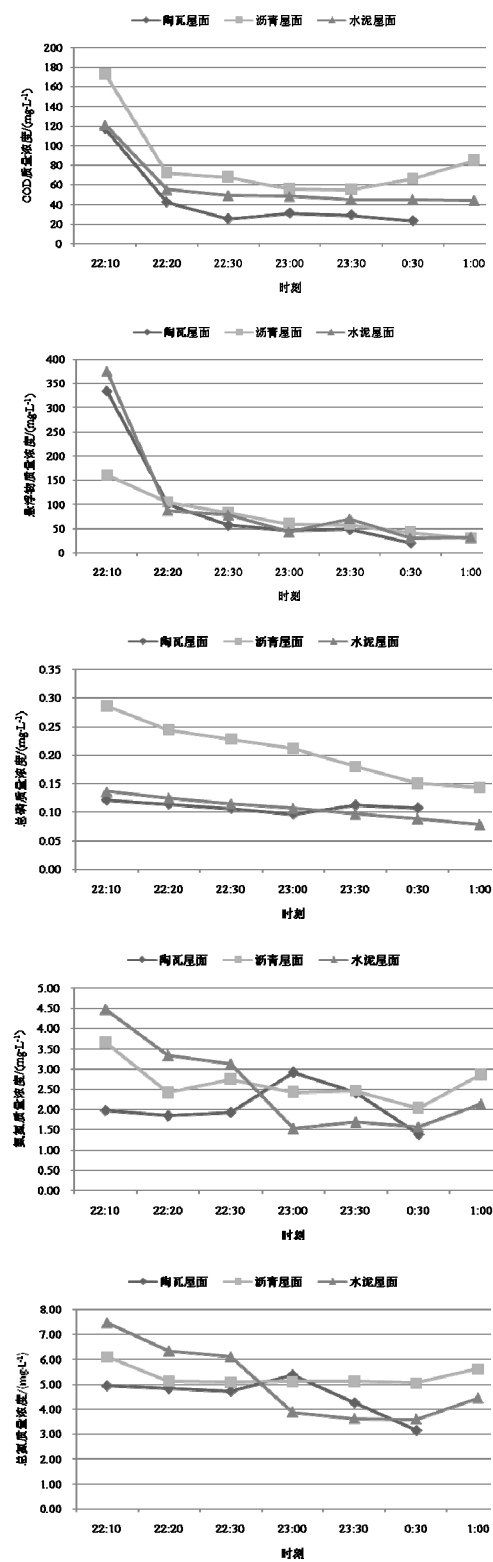


图 1 不同材质屋面污染物质量浓度随时间变化

表 4 三次降雨及全年污染物负荷结果

时间	COD	悬浮物	总磷	氨氮	总氮
7-21	34.6	37.5	0.055	0.497	0.808
8-21	73.7	110.0	0.115	1.550	2.490
9-6	72.4	83.1	0.150	1.390	2.440
全年	2177.1	2778.3	3.855	41.410	69.133

2.2.2 不同下垫面的污染物负荷贡献率

3 次降雨不同下垫面各污染物排放负荷的贡献率见图 2。屋面和庭院污染物排放负荷贡献率较大, 五类污染物排放负荷贡献率均在 25% 以上, 其次为交通干道、一般道路、城市水环境。屋面、庭院、交通干道、一般道路、城市水环境对城市面积的贡献率分别为 43%、28%、8%、13%、8%。交通干道、一般道路五类污染物的污染负荷贡献率均超过其面积贡献率。以 COD 污染负荷为例, 屋面的贡献率为 30.9%, 庭院为 28.7%, 交通干道为 24.7%, 一般道路为 14.9%, 城市水环境仅为 0.8%, 交通干道、一般道路对城市面积的贡献率虽低, 二者之和仅为 21%, 但 COD 污染负荷的相对贡献率之和达到了 39.6%。交通干道和一般道路面积贡献率低, 污染负荷贡献率大, 且相比屋面治理更加方便, 应作为城市面源防治的重点。

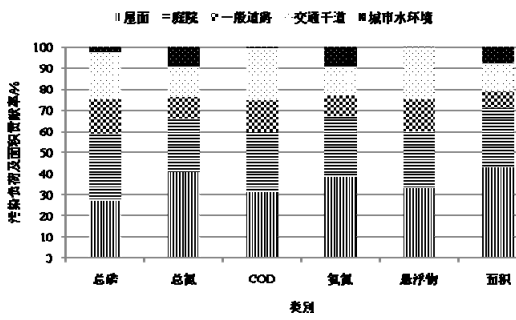


图 2 各下垫面污染物负荷及面积贡献率

2.3 初始冲刷效应

选取一次典型降雨过程中污染物质量浓度与负荷相对较大的 COD、悬浮物研究初始冲刷效应, 各下垫面以及总体的初始冲刷效应曲线见图 3 和图 4。根据污染物的累积污染负荷和累积径流量构成的无量纲累积与均衡线的位置关系 (GROMAIRE-MERTZ 等, 1999; YUSOP 等, 2005), 各下垫面 COD、悬浮物均发生了初始冲刷效应。交通干道的初始冲刷效应最明显, 其次为一般道路、庭院、屋面。对于交通干道, 20% 的累计径流量可获得近 60% 的 COD 污染负荷, 65% 左右的累计径流量可获得 90% 的 COD 污染负荷。对于初始冲刷效应最小的屋面, 20% 的累计径流量可获得近 50% 的 COD 污染负荷, 65% 左右的累计径流量可获得 85% 左右的 COD 污染负荷。悬浮物的初始冲刷效应较 COD 略小。因此, 截留和处理城市降雨初期径流对于城市面源污染处理非常重要。

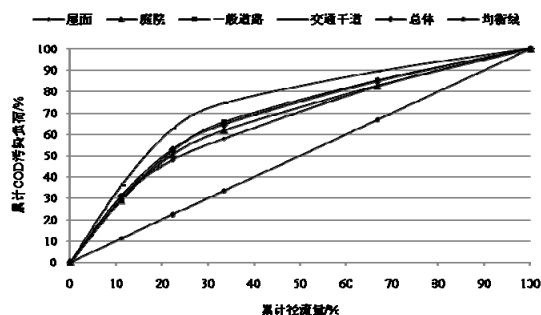


图3 各下垫面 COD 初始冲刷效应

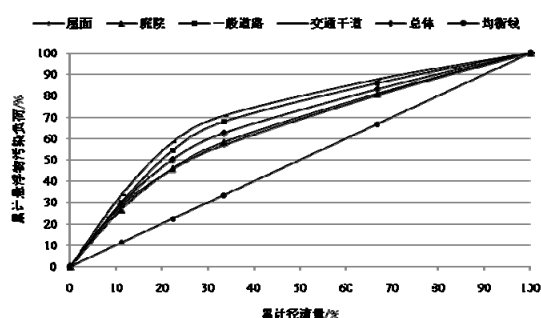


图4 各下垫面悬浮物初始冲刷效应

3 结论

利用基于下垫面监测法研究内江市城市面源污染特征及污染物负荷,得出以下结论:

(1)城市面源中 COD、悬浮物的污染不容忽视。城市面源中 COD、悬浮物的平均质量浓度普遍高于城镇生活污水处理厂城镇污水处理厂排水。从污染物排放负荷来看,单次降雨 COD 污染负荷在 34.6~73.7 t 之间,相当于内江市整个地市级城镇生活污水不加处理排放 1 天,全年城市面源中 COD 污染负荷是城镇生活源的 20%左右。

(2)不同下垫面呈现不同的污染特征,交通干道和一般交通道路应作为城市面源防治的重点。屋面的污染物质量浓度较低,但由于面积贡献率大,污染物负荷贡献率较高,均在 25%以上。交通干道、一般道路五类污染物由于质量浓度较高,各污染物负荷贡献率均超过其面积贡献率。交通干道和一般道路面积贡献率低,污染负荷贡献率大,且相比屋面治理更加方便,应作为城市面源防治的重点。

(3)截留和处理城市降雨初期径流对于城市面源污染处理非常重要。污染物质量浓度与负荷相对较大的 COD、悬浮物在各下垫面中都表现出初始冲刷效应,前 20%的径流量携带了一半以上的污染物负荷。若雨水过大,污水处理厂难以负荷,应重点

对降雨初期的雨污进行截留。对于雨污分流的城市,可对雨水进行简单处理,重点去除 COD,无需脱氮除磷。

参考文献:

- CLARK D L, ASPLUND R. 1981. Composite sampling of highway runoff [J]. Journal of Environmental Engineering, 107(EE5): 1067-1081.
- GEIGER W. 1987. Flushing effects in combined sewer systems[C]// Proceedings of the 4th International Conference Urban Drainage, Lausanne, Switzerland, 4:40-46.
- GROMAIRE-MERTZ M C, GARNAUD S, GONZALEZ A, et al. 1999. Characterization of urban runoff pollution in Paris[J]. Water Science and Technology, 39(2): 1-8.
- Wu J S, ALLAN C J, SAUNDERS W L, et al. 1998. Characterization and pollutant Loading estimation for highway runoff [J]. Journal of Environmental Engineering, 124(7):584-592.
- YUSOP Z, TAN Laiwai, UJANG Z, et al. 2005. Runoff quality and Pollution loadings from a tropical urban catchment [J]. Water Science and Technology, 52(9):125-132.
- 常静, 刘敏, 许世远, 等. 2006. 上海城市降雨径流污染时空分布与初始冲刷效应[J]. 地理研究, 25(6):994-1002.
- 车伍, 刘燕, 李俊奇. 2003. 国内外城市雨水水质及污染控制[J]. 给水排水, 29(10):38-42.
- 侯培强, 王效科, 郑飞翔, 等. 2009. 我国城市面源污染特征的研究现状 [J]. 给水排水, 35(S1):188-193.
- 胡成, 潘美霞. 2006. 城市非点源污染负荷估算研究[J]. 气象与环境学报, 22(5):14-18.
- 蒋海燕, 刘敏, 顾琦, 等. 2002. 上海城市降水径流营养盐氮负荷及空间分布[J]. 城市环境与城市生态, 15(1):15-17.
- 李怀恩. 2000. 估算非点源污染负荷的平均浓度法及其应用[J]. 环境科学学报, 20(4):397-400.
- 李立青, 尹澄清, 何庆慈, 等. 2006. 武汉汉阳地区城市集水区尺度降雨径流污染过程与排放特征[J]. 环境科学学报, 26(7):1057-1061.
- 李立青, 朱仁肖, 郭树刚, 等. 2010. 基于源区监测的城市地表径流污染空间分异性研究[J]. 环境科学, 31(12):2896-2904.
- 王吉苹, 朱木兰. 2009. 厦门城市降雨径流氮磷非点源污染负荷分布探讨[J]. 厦门理工学院学报, 17(2):57-61.
- 王军霞, 唐桂刚, 罗彬, 等. 2013. 城市面源污染物排放量监测技术研究[J]. 环境科学与技术, 36(8):54-58.
- 尹澄清等. 2009. 城市面源污染的控制原理与技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社: 5-12.
- 张善发, 李田, 高廷耀. 2006. 上海市地表径流污染负荷研究[J]. 中国给水排水, 22(21):57-63.
- 张媛. 2006. 兰州市地表径流污染初探[D]. 甘肃: 兰州大学硕士论文: 40-50.
- 赵剑强. 2002. 城市地表径流污染与控制[M]. 北京: 中国环境科学出版社: 1-153.
- 赵磊, 杨逢乐, 王俊松, 等. 2008. 合流制排水系统降雨径流污染物的特性及来源[J]. 环境科学学报, 28(8):1562-1570.

Study on the characteristics of urban non-point source pollution and its discharge load: a case study for Neijiang, Sichuan province

WANG Junxia¹, LUO Bin², CHEN Minmin¹, XIE Shuyan¹,
TANG Guigang^{1*}, LI Na², WU Hongji², LUO Xiaohui³

1. China National Environmental Monitoring Centre, State Environmental Protection Key Laboratory of Quality Control in Environmental Monitoring, Beijing 100012, China; 2. Sichuan Environmental Monitoring Centre, Chengdu 610091, China; 3. Neijiang Environmental Monitoring Centre, Neijiang 641100, China

Abstract: More and more concerns have been raised to urban non-point source pollution and it is of much importance for the study on its characteristic and discharge load in view of the corresponding measures for preventing and controlling. A case study on the characteristic of urban non-point source pollution and its discharge load was carried out in Neijing, Sichuan Province. Underlying surface of Neijing was divided into four categories including roof, courtyard, road, and urban water according to the hydrology effect and non-point source pollution characteristic. Several sampling spots were designed in each underlying surface for the monitoring. The results indicated that pollution concentration of major roads was highest among four categories, while that of roofs was comparatively lower. The average concentrations of COD, suspend matter, total phosphours, ammonia nitrogen and total nitrogen of major roads and roofs were 215.31 mg·L⁻¹, 280.20 mg·L⁻¹, 0.35 mg·L⁻¹, 2.29 mg·L⁻¹, 4.06 mg·L⁻¹ and 85.56 mg·L⁻¹, 117.25 mg·L⁻¹, 0.13 mg·L⁻¹, 2.03 mg·L⁻¹, 3.63 mg·L⁻¹, respectively. Among roofs with different materials, asphalt roof had highest pollution levels, while terra-cotta one had the lowest. The average concentrations of COD, suspend matter, total phosphours, ammonia nitrogen and total nitrogen of asphalt and terra-cotta roofs were 73.4 mg·L⁻¹, 56.0 mg·L⁻¹, 0.181 mg·L⁻¹, 2.529 mg·L⁻¹, 5.254 mg·L⁻¹ and 30.8 mg·L⁻¹, 45.4 mg·L⁻¹, 0.106 mg·L⁻¹, 2.099 mg·L⁻¹, 4.167 mg·L⁻¹, respectively. COD load in each rainfall was in the range of 34.6~73.7 t, which equaled to urban daily sewage discharge. It was estimated that annual discharge loads of COD, suspend matter, total phosphours, ammonia nitrogen and total nitrogen were 2177.1 t, 2 778.3 t, 3.855 t, 41.410 t, 69.133 t according to three times' the typical rainfall monitoring. Annual COD load of urban non-point source accounted for nearly 20% of city life pollution. Among the discharge loads in one typical rainfall from all underlying surfaces, that from the roofs was highest which accounted for 30.9%. The following came as courtyard, major loads, general roads and urban water, contributing 28.7%, 24.7%, 14.9% and 0.8%, respectively. The initial flush effect is most obvious on the major roads among all the underlying surfaces. The general roads came the second. The courtyard and roofs came the third and fourth. Accordingly, much attention should be paid to COD and suspend matter pollution from urban non-point sources. Different pollution characteristic exhibited in different underlying surfaces. The pollution concentration from the roofs was low, but the discharge load was high due to its large area. It is essential to take it as one of the most important urban non-point pollution sources. Interception and treatment of the initial runoff from the urban rainfall is the critical to control urban non-point pollution sources.

Key words: urban non-point source pollution; pollutant emission characteristics; pollutant emission load; urban underlying surface