

常州市老城区重点生活污染源对北市河的污染负荷研究

李春萍¹, 蒋建国^{1,4*}, 陈爱梅², 乌嘉凌², 范秀娟³, 叶彬¹

(1. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084; 2. 常州市环境卫生管理处, 常州 213001; 3. 常州市环境保护研究所, 常州 213001; 4. 清华大学固体废物处理与环境安全教育部重点实验室, 北京 100084)

摘要:以常州市老城区北市河为研究区域, 对其汇水区域内的所有重点生活污染源的污水产生量、污染物性质及排污去向进行了详细调查和监测, 利用确定的污染系数计算出各污染源的排污负荷。结果表明, 除 pH 外, 常州市的垃圾屋、垃圾转运站、公厕、餐饮等污染源排放的污水中 SS、COD、BOD₅、氨氮、TN、TP 等浓度较高, 远远超过了《污水综合排放标准》(GB 8978-1996) 及《污水排入城市下水道水质标准》(CJ 3082-1999); 其中: 垃圾转运站的 COD 最高达 51 700 mg/L, 而公厕污水中氨氮和 TN 分别高达 1 616 mg/L 和 2 044 mg/L。各污染源通过雨水管网进入河道的比例较高。排入北市河的年污染负荷源类型中, 以餐饮业最多, 其次是环卫设施; 污染物以 COD 最高, 为 125.2 t/a; 其次是 BOD₅, 为 40.53 t/a; 因此, 各污染源的 COD 和 BOD₅ 应为主要控制目标, 且应首先对沿河餐饮和环卫设施进行截污治理。

关键词: 汇水区域; 污染源; 污水性质; 排污系数; 污染负荷

中图分类号: X823 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2010)11-2594-05

Characteristics and Loads of Key Sources of Pollutions Discharged into Beishi River, Changzhou City

LI Chun-ping¹, JIANG Jian-guo^{1,4}, CHEN Ai-mei², WU Jia-ling², FAN Xiu-juan³, YE Bin¹

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Changzhou Solid Waste Administration Department, Changzhou 213001, China; 3. Changzhou Institute for Environmental Protection, Changzhou 213001, China; 4. Key Laboratory for Solid Waste Management and Environment Safety, Ministry of Education, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Choosing the Beishi river, Changzhou City as the study area, the sewage generation, pollutants characteristics and sewage discharge in catchment area of Beishi river were conducted, detailed investigated and monitored. After using pollution coefficients, the yearly loads of all sources of pollutions were calculated to determine the highest sewage. The results showed that: except pH, the high concentration of SS, COD, BOD₅, ammonia nitrogen, TN and TP discharged from MSW collecting houses, MSW transfer stations, public toilets and dining in Changzhou city far exceeded the "Integrated Wastewater Discharge Standard" (GB 8978-1996) and "Effluent Discharged into the City Sewer Water Quality Standards" (CJ 3082-1999). Among which: the highest concentration of COD discharged from MSW transfer stations was up to 51 700 mg/L, while the ammonia nitrogen and TN were as high as 1 616 mg/L and 2 044 mg/L in the toilet wastewater. In addition to this, the ratio of wastewater discharged directly into the river through storm water pipe network was higher from MSW houses, MSW transfer stations, public toilets, dining and other waste in Changzhou city. The 125.2 t/a of COD and 40.53 t/a of BOD₅ were the two highest concentrations of various sources of pollution. The highest annual polluting loads discharged into Beishi river is dining, followed by the sanitation facilities. Therefore, cutting pollution control of food and sanitation facilities along the river is particularly urgent.

Key words: catchment's area; sources of pollutions; wastewater characteristics; sewage coefficient; polluting load

随着城市人口、经济的发展, 各种工业废水和生活污水大量排入河网, 致使水环境质量日益恶化, 成为困扰城市环境和经济可持续发展的一个主要问题^[1]。我国城市群的建设与发展, 不仅带来社会经济的繁荣和进步, 同时带来突出的水环境污染问题。水环境的恶化给很多水资源充裕的地区造成了水质性缺水现象, 使大量的水资源无法得到有效利用, 同时也给地区经济的发展^[2,3]了障碍。

太湖流域每年的污水排放量近 40×10^8 t, 而流域城镇生活污水处理率仅为 30% 左右, 污水大多未

经处理直接排入河网, 污染物总量已远远超过流域水环境承载能力^[4~6]。常州市位于太湖流域上游, 为太湖流域的重点污染源控制区^[7~9], 因此, 常州市水体污染源的排污负荷排查是控制下游受纳水体污染的重要前提。

在河道污染负荷研究中, 对重点污染源多集中于

收稿日期: 2009-12-07; 修订日期: 2010-03-31

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项 (2008ZX07313-001)

作者简介: 李春萍 (1970 ~), 女, 博士后, 主要研究方向为废弃物处理与资源化, E-mail: lichp-xj@163.com

* 通讯联系人, E-mail: jianguoj@tsinghua.edu.cn

工业污染源与污水厂尾水排放领域,而对垃圾收运过程产生的渗滤液污染、公厕污水污染、餐饮污水污染等研究,则多与散落垃圾、畜禽粪便、养殖污水等一起被列入面源污染源范围,且由于其分布的分散性、污水排放的间歇性以及排放途径的隐蔽性,多被水体污染研究者忽视。

因此,要实现从源头到水体的污染阻断,削减污染负荷,必须首先确定引起河道水污染的主要来源,分析不同种类污染源对河道水污染的贡献,才能提出改造措施,优化管理方案。

1 区域概况与研究方法

1.1 北市河及其汇水区域

通过研究区高程点矢量图生成 TIN 数据,采用空间插值、重采样后形成栅格 DEM,再利用 ArcView 的水文分析模块提取北市河的汇水区域。由于各种基本建设设施的迅速发展、研究区地势平坦,河网化等众多因素的影响,导致生成的 DEM 提取该条河流的汇水区域存在一定的误差,所以再叠合现有的水系对 DEM 数据进行纠正^[10~12]。经过纠正后的 DEM 数据,提取水流方向,基于水流方向数据,计算汇流累积量,即区域内每个栅格的流水累积量。当汇流累积量达到一定值时,产生地表水流,构成河网。最后与生成的河网数据和流域盆地叠加,得到同一流域盆地的栅格区域。

确定的北市河汇水区域见图 1。



图 1 北市河汇水区域

Fig. 1 Location of catchment's area, Beishi river

1.2 重点污染源确定

经调查,常州市老城区内已无直接向水体排放废水的工业企业,沿河居民排放的污水亦在 2003 年底全部纳入了城市污水管网,污水厂实施了提标改造工程,因此,常州市老城区水体的重点污染源多为来自生活源的点污染源。

常州市老城区河道的重点污染点源类型包括:环卫系统产生的垃圾渗滤液与冲洗废水、雨水等形成的混合废水、餐饮业排放的餐饮污水、公厕排放污水、菜市场公厕与垃圾屋混合排放的污水等,因此,以环卫系统、餐饮、公厕三者为主要污染源。

1.3 采样方法

(1)垃圾屋 随机选择 4 个不同垃圾源(事业区、商业区、居民区、混合区)的垃圾屋,在 2009 年 7~8 月,每月选择 3 次中到大雨天气,每天分上午、下午最少 2 个时段,分别采集其雨水淋溶及其与渗滤液形成的混合污水。

(2)垃圾转运站 选择 3 个不同压缩工艺的垃圾转运站,于 2009 年 3~5 月(旱季)、2009 年 7~8 月(雨季),每月选择 3 次无雨天气、中到大雨天气,每天分上午、下午最少 2 个时段,分别采集其垃圾压缩时产生的渗滤液以及渗滤液与冲洗水的混合污水。

(3)公厕 选择 3 个不同工艺的公厕(粪窖、旱厕、水冲厕所),于 02:00~04:00 清厕时分别采集化粪池的污水,采样季节的选择同垃圾转运站。

(4)餐饮 按照餐桌数量选择大中小 3 种规模的餐饮店,于每天 11:30~13:30、18:30~20:30 分别采集其排放污水,采样季节的选择同垃圾转运站。

以上采样均连续采集 3 d,样品带回实验室进行测定分析,分析结果取其平均值。

1.4 测定指标与测定方法

除餐饮污水监测油脂指标外,其他废水的监测项目均为 pH、悬浮物(SS)、化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD₅)、氨氮、TN、TP 共 7 项。监测方法如表 1 所示。

表 1 废水分析方法		
Table 1 Standard analysing methods of wastewater		
项目	分析方法	方法来源
pH	玻璃电极法	GB/T 6920-1986
悬浮物	重量法	GB 11901-1989
化学需氧量	重铬酸钾法	GB 11914-1989
生化需氧量(BOD ₅)	稀释与接种法	GB 7488-1987
氨氮	蒸馏和滴定法	GB 7478-1987
TN	碱性过硫酸钾	GB 11894-89
TP	抗坏血酸还原法	CJ/T 78-1999
油脂	重量法	GB 11901-1989

2 结果与讨论

2.1 污染源数量及排污去向调查

2.1.1 排污去向调查

常州市的垃圾屋全部都没有纳入城市污水管网,因此,垃圾屋产生的污水或排入雨水管网,然后通过雨水管网进入河道;或直接随着雨水的淋溶进入河道.常州市的垃圾转运站、公厕及餐饮业,其污水的排放去向取决于各自的接管方式:并入城市污水管网的,其污水一般排入城市污水处理厂;接入雨水管网的,其污水一般直接排入雨水管网,然后通过雨水管网进入河道,这与世界其他很多城市均有相似之处^[13~15].

2.1.2 排入北市河的污染源数量调查

经调查,在北市河汇水区域范围内,污水直接排入北市河的污染源为:垃圾屋 22 座、转运站 1 座、公厕 12 座、餐饮 7 座,这些污染源与北市河的地理位置如图 2 所示.

2.2 污染物性质监测及排污系数确定

2.2.1 污染物性质监测

经测定,旱季和雨季各污染源废水中的污染物性质见表 2.



图 2 排入北市河的污染源
Fig. 2 Sources of pollutions discharged into Beishi river, Changzhou City

从表 2 可以看出:垃圾设施中,垃圾屋污水的污染物浓度远远低于垃圾转运站;对于 pH 来说,基本达到了我国《污水综合排放标准》(GB8978-1996)

表 2 各污染源污水分析结果

Table 2 Analysis results of various sources of pollutions

污染物性质		pH	SS	COD	BOD ₅	NH ₄ ⁺ -N	TN	TP	油脂
垃圾屋	旱季				污水量很少或几乎没有				
	雨季	6.58	46.25	94.50	48.8	18.25	258.00	49.05	—
垃圾转运站	旱季	4.61	130.67	35 170.00	18 066.70	93.20	441.33	34.57	—
	雨季	6.68	131.67	51 700.00	10 220.00	18.47	621.33	87.17	—
公厕	旱季	9.07	332.00	9 683.33	2 853.3	1 616.00	2 044.67	76.83	—
	雨季	7.50	312.00	4 286.67	1 430.3	1 102.33	1 265.67	60.93	—
餐饮	旱季	6.25	175.00	708.00	298.00	0.45	30.45	2.01	13.30
	雨季	6.85	286.50	1180.00	469.00	0.90	27.35	2.19	104.00

及《污水排入城市下水道水质标准》(CJ 3082-1999);雨季的公厕污水和餐饮污水中的 SS 以及旱季垃圾转运站的 SS 都较高;对于 COD 和 BOD₅ 来说,除垃圾屋废水外,其他污染源的含量均较高,远远超过了《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)及《污水排入城市下水道水质标准》(CJ 3082-1999);公厕污水中的 NH₄⁺-N 和 TN 值较高,应该列为控制目标.

除 BOD₅ 和 NH₄⁺-N 外,雨季垃圾转运站的废水浓度高于旱季;餐饮污水的监测结果亦是雨季污染浓度高于旱季;但公厕污水则相反.

2.2.2 排污系数确定

(1) 环卫设施的排污系数

运用产排污系数方法是测算生活污染源污染负荷的主要方法^[16,17].常用的污水污染物排放系数的表达有浓度为单位的浓度系数、以硬件设施数量或容量为单位的硬件系数或以每人每日为单位的人均系数等^[18].

经调查,在没有降水的旱季,垃圾屋内产生的废水量很少,旱季垃圾屋的产污系数、排污系数均为 0;雨季垃圾屋内产生的废水量约为垃圾日收集量的 0.5%~3.0%,且垃圾屋产生的污水全部通过雨水管网或地表径流而进入了河道,因此,雨季垃圾屋的对河道的排污系数为 100%.旱季平均每个垃圾转

运站的产污系数为垃圾日转运量的 10%,雨季为 20%,接入污水管网的,对河道的排污系数为 0;接入雨水管网的,对河道的排污系数为 100%。

(2) 公厕的排污系数

常州市旱厕、粪窖的贮粪池定期清掏后的污水与粪渣的混合物都送入水冲厕所的化粪池合并处理,即:水冲公厕的化粪池接纳了其他旱厕、粪窖的排泄物。因此,水冲厕所的清掏时间与清掏量较固定,旱季平均每月清掏 2 次,雨季平均每月清掏 3 次;每次的清掏量约为 1.176~1.182 m³;即:旱季每月的清掏量约为 2.35~2.36 m³,雨季每月的清掏量约为 3.52~3.54 m³。

考虑到地理位置及时间段差别造成的公厕使用率差异很大,因此,选取每个化粪池清掏量折合成的浓度系数作为公厕排污系数计算的主要表达方式,计算结果见表 3。

表 3 公厕产排污系数/kg·(月·个)⁻¹

Table 3 Coefficient of public toilets/kg·(month·septike)⁻¹

季节	COD	BOD ₅	TN	TP	氨氮
旱季	22.80	6.72	4.82	0.18	3.81
雨季	15.13	5.05	4.47	0.22	3.89

(3) 餐饮排污系数

考虑到餐饮使用率差异很大,因此,选取国家污染普查使用的不同规模、不同区域餐饮的每天餐位浓度系数为餐饮业计算的主要表达方式。

餐饮按照餐位数量的多少分别采用国家污染源普查手册里二区的大、中、小的直排排污系数,具体取值见表 4。

表 4 餐饮业产排污系数/kg·(年·位)⁻¹

Table 4 Coefficient of dining wastewater/kg·(a·seating)⁻¹

餐饮规模	COD	TN	TP	氨氮	油脂
大	131	2.71	0.46	1.26	19.6
中	164	3.00	0.57	1.37	22.8
小	188	3.35	0.72	1.49	29.8

2.3 各污染源的排污负荷

根据确定的排污系数,计算出北市河汇水区域内的各污染源排放的年污染负荷,见表 5。

从表 5 可以看出:北市河汇水区内的各污染源中,以 COD 最高,为 125.2 t/a;其次是 BOD₅,为 40.53 t/a;因此,各污染源的 COD 和 BOD₅ 应为主要控制目标。

所有污染源中,以餐饮业的排污负荷最高,列第一位;其次是环卫设施。餐饮污水是一种量大而面广

表 5 各污染源年入北市河负荷/t·a⁻¹

Table 5 Yearly loads discharged into Beishi river from various sources of pollutions/t·a⁻¹

北市河汇水区域	COD	BOD ₅	氨氮	TN	TP	排序
垃圾屋	2.62	1.35	0.51	7.15	1.36	3
垃圾转运站	48.88	17.47	0.07	0.60	0.07	2
公厕	3.00	0.91	0.55	0.68	0.03	4
餐饮	70.70	20.8	0.63	1.39	0.26	1
合计	125.2	40.53	1.76	9.82	1.72	

的污染源。未经处理直接排放的餐饮污水,不仅会增加城市污水处理厂的负荷,而且会影响城市排水管网的过水能力,污水排入水体后,又会引起水体的富营养化,威胁环境和人类健康^[19]。世界上每年至少有 500~1 000 万 t 油类通过各种途径进入水体^[20],已成为城市水体的高浓度污染源。

垃圾渗滤液蕴藏着周围环境中几乎所有的可溶物质^[21];高浓度的 COD、BOD₅ 以及氨氮是垃圾渗滤液的重要水质特征^[22]。因此,垃圾渗滤液中的 COD、BOD₅ 以及氨氮等被列为我国和美国 EPA 环境优先控制污染物的“黑名单”^[23],但生活垃圾多被研究者列入面源污染^[6, 24, 25],而集中排入河道的点源更应该列入治理范围。

3 结论

(1) 常州市垃圾屋产生的废水全部进入河道;垃圾转运站、公厕及餐饮业,其污水的排放去向取决于各自的接管方式:并入城市污水管网的,其污水一般排入城市污水处理厂;接入雨水管网的,其污水通过雨水管网进入河道。

(2) 在北市河汇水区域范围内,污水直接排入北市河的污染源为:垃圾屋 22 座、转运站 1 座、公厕 12 座、餐饮 7 座。

(3) 除垃圾屋废水中的 COD 和 BOD₅ 外,其他污染源的 COD 和 BOD₅ 含量均远远超过了《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)及《污水排入城市下水道水质标准》(CJ 3082-1999);公厕污水中的 NH₄⁺-N 和 TN 值较高,应该列为控制目标。

(4) 采用硬件系数、化粪池清掏量折合成的浓度系数、国家污染普查使用的餐位浓度系数分别作为环卫设施、公厕及餐饮业排污系数的主要表达方式。

(5) 北市河汇水区内的各污染源中,以 COD 最高,为 125.2 t/a;其次是 BOD₅,为 40.53 t/a;因此,各污染源的 COD 和 BOD₅ 应为主要控制目标;所有

污染源中,以餐饮业的排污负荷最高,列第一位,其次是环卫设施,因此,餐饮、环卫的截污治理尤其重要。

参考文献:

- [1] Ellis K V, White G, Warn A E. Surface water Pollution and its control [M]. England: Macmillan Publishers Ltd., 1989. 268-270.
- [2] Pu P M, Hu W P, Yan J S, *et al.* A physico-ecological engineering experiment for water treatment in a hypertrophic lake in China [J]. Ecological Engineering, 1998, **10**(2): 179-190.
- [3] 姜文来. 水资源价值论[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 109-122.
- [4] 阚灵佳, 万红友, 武燕杰. 太湖富营养化的外源污染及其控制对策[J]. 江苏环境科技, 2007, **20**(2): 136-139.
- [5] 翟淑华, 张红举. 环太湖河流进出湖水量及污染负荷(2000~2002年)[J]. 湖泊科学, 2006, **18**(3): 225-230.
- [6] 黄漪平. 太湖水环境及其污染控制[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 35-62.
- [7] 钱益春, 何平. 1998~2006年太湖水质变化分析[J]. 江西农业大学学报, 2009, **31**(2): 370-374.
- [8] 黄宣伟. 太湖流域规划与综合治理[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 2000. 5-20.
- [9] 水艳. 太湖流域平原地区水质综合评价与水资源价值评价研究[D]. 南京: 河海大学, 2006.
- [10] Stocks C E, Wise S. The role of GIS in environmental modeling [J]. Geographical and Environmental Modelling, 2000, **4**(2): 219-235.
- [11] Faber B, Wallace W, Cuthbertson J. Advances in collaborative GIS for land resource negotiation [A]. In: Proceedings, GIS '95, vol. 1. Ninth Annual Symposium on Geographic Information Systems [C]. Vancouver; B. C. March. GIS World, Inc., Fort Collins, Colorado, 1995. 183-189.
- [12] McKinney D C, Maidment D R, Tanriverdi M. Expert Geographic Information System for Texas Water Planning [J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1993, **119**(2): 170-183.
- [13] 洪嘉年. 对城市排水工程中排水制度的思考[J]. 给水排水, 1999, **29**(5): 17-20.
- [14] Lee J H, Bang K W. Characterization of Urban Stormwater Runoff [J]. Water Resources, 2000, **34**(6): 1773-1780.
- [15] Diaz-Fierros T F, Puerta J, Suarez J, *et al.* Contaminant loads of CSOs at the wastewater treatment plant of a city in NW Spain [J]. Urban Water, 2002, **4**(3): 291-299.
- [16] Hirche C. China's environment, today and tomorrow [J]. World Pumps, 2004, **2004**(451): 42-44.
- [17] Tsuzuki Y. Relationships between water pollutant discharges per capita (PDCs) and indicators of economic level, water supply and sanitation in developing countries [J]. Ecological Economics, 2008, **68**(1-2): 273-287.
- [18] 胡爽. 重庆市生活污染源产排污系数研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2008.
- [19] Chen X, Chen G, Yue P L. Separation of Pollutants from Restaurant Wastewater by Electrocoagulation [J]. Separation and Purification Technology, 2000, **19**(1-2): 65-76.
- [20] 诸林, 潘亿勇. 含油污水处理进展[J]. 上海环境科学, 1997, **16**(8): 38-41.
- [21] Wagner M, Roger A J, Flax J L, *et al.* Phylogeny of dissimilatory sulfite reductases supports an early origin of sulfate respiration. [J]. Journal of Bacteriology, 1998, **180**(11): 2975-2982.
- [22] Barcelona M, Wehrmann A, Keely J F, *et al.* Contamination of groundwater, prevention, assessment, restoration. [M]. New Jersey, USA: Noyes Data Corporation, 1990. 5-16.
- [23] 张兰英. 垃圾渗沥液中有有机污染物的污染及去除[J]. 中国环境科学, 1998, **18**(2): 184-188.
- [24] 杨林章, 王德建, 夏立忠. 太湖地区农业面源污染特征及控制途径[J]. 中国水利, 2004, **20**: 29-31.
- [25] Tim U S, Mostagimi S, Shanholtz V O. Identification of critical non-point pollution source areas using geographic information systems and water quality modeling [J]. Journal of the American Water Resources Association, 1992, **28**(5): 877-887.