

上海市郊中小河流水污染现状及对策

胡雪峰¹, 许世远², 陈振楼², 高效江³

(1. 上海大学环境科学与工程系, 上海 200072; 2. 华东师范大学地理系, 上海 200062; 3. 复旦大学环境科学与工程系, 上海 200433)

摘要: 为了研究高速发展地区地表水环境状况及主要影响因子, 以上海郊区青浦香花桥镇为例, 对该地中小河流水环境质量进行了长期监测。结果表明, 郊区中小河流氮磷污染严重, 并存在一定的重金属污染风险。中小河流污染的空间分布规律显示, 人们生活活动、禽畜养殖、农田径流等因素是河流水环境污染的主要因素。提出上海郊区中小河流的治理, 应更多地重视生态策略, 增强河流的生态自净功能。

关键词: 中小河流; 人类活动; 氮磷污染; 生态自净

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2002)03 – 0204 – 04

Status Quo and Strategies of Pollution on Middle and Small Creeks in Suburb of Shanghai

HU Xue-feng¹, XU Shi-yuan², CHEN Zhen-lou², GAO Xiao-jiang³

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, P. R. China; 2. Department of Geography, East China Normal University, Shanghai 200062, P. R. China; 3. Department of Environmental Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, P. R. China)

Abstract: Taking Xianghuaqiao Town of Qingpu District, Suburban Shanghai as an example to study the effect of anthropogenic activities on the surface water environment in the overdeveloping area, water quality in the middle and small creeks in the town has been monitored for a long time. The results showed that the creeks suffered the heavy pollution of nitrogen and phosphorus, as well as that of heavy metals to some extents. The spatial distribution of the pollution of the creeks also indicated that the main contributors of the pollutants were domestic wastewater, livestock wastes and agricultural runoff an so on. The ecological strategy of strengthening the creeks’ self – purification was put forwards for the improvement of the creeks in the area.

Keywords: anthropogenic activity; ecological self – purification; middle and small creeks; nitrogen and phosphorus pollution

上海市地处长江三角洲前沿, 境内地势平缓, 河网密布, 素有“江南水乡”之称。但由于河道比降小, 又易受外潮顶托的影响, 河水流速缓慢, 因而, 一旦受污, 难以迅速泄污自净。上海西郊松江、青浦、金山等地, 密如蛛网的中小河流, 是淀山湖和黄浦江水系的重要组成部分。这些中小河流, 一直担负着排涝抗旱、农业灌溉、航运交通等重任。然而, 随着郊区工业、农业、畜牧业的飞速发展以及生活污水、污物排放量的增加, 这些河流普遍受到严重污染。相当数量的小河流发黑发臭, 有的甚至被垃圾填埋^[1]。黄浦江水系上游段中小河流的污染, 不仅影响当地人们的生活和生

产, 还直接危及黄浦江和苏州河的水质, 必须引起高度重视。

中小河流, 尤其是镇村级小河流, 由于河道狭窄, 数目庞杂, 大多是环保部门水质监测的盲点, 因而有关其水环境的研究资料还较缺乏。本研究的目的是以典型地区为例, 揭示上海郊区中小河流水污染的现状和特征, 提出改善郊区中小河流水质的初步设想。

1 材料和方法

1.1 研究地区

香花桥镇位于青浦区东部, 镇东和镇西分别是南北走向的宽约 50 m 的市级河流, 其与镇内 4 条南北走向的镇级河流, 以及东西向为主的 20 多条村级小河流, 构成全镇水网。香花桥镇的工农业生产布局也有典型意义, 镇南是工业园区, 镇中以居民区为主, 镇北是农业园区。全镇有多处禽畜养殖场。

收稿日期: 2001 – 07 – 27
基金项目: 国家自然科学基金资助项目《长江三角洲水土环境演变与调控研究》(49831070); 上海大学研究生培养基金; 中国博士后基金
作者简介: 胡雪峰(1968—), 男, 博士, 上海大学副教授, 硕士生导师。

1.2 水质监测

在全镇水网中,按照河流的级别和周边环境,设置 24 个水质定位监测点。从 1999 年 12 月至 2001 年 1 月,进行多次水质监测。还对中小河流底泥的各类污染物负荷进行测定。

1.3 采样和分析

中小河流水样的采集,以及水样氮、磷等各项水质指标的分析见文献 [2];中小河流底泥的采集及各项指标的测定见文献[3]。

2 结果与讨论

2.1 上海郊区中小河流水环境污染现状

2.1.1 NH₄⁺ - N 和 P 污染突出

对香花桥镇水网 N、P 为主的各项水质指标进行季节性监测,结果表明(表 1),中小河流NH₄⁺ - N、TP、

SP 等指标明显偏高,其中多数监测点NH₄⁺ 含量是 V 类水凯氏氮(有机 N 与NH₄⁺ - N 之和)最大允许值 2 mg · L⁻¹ 的 2—3 倍,位于集镇中心区的小河流全年 NH₄⁺ - N 含量高于 10 mg · L⁻¹,奶牛养殖场附近小河流NH₄⁺ - N 最高时达 130.6 mg · L⁻¹。中小河流 P 的负荷也很高,大部分监测点 TP 含量约是 V 类水最大允许值 0.2 mg · L⁻¹ 的 2—9 倍,集镇中心区小河流 TP 的含量终年高于 1 mg · L⁻¹,奶牛养殖场附近小河流 TP 含量高于 8 mg · L⁻¹。中小河流有机污染也很明显,各点 COD_{Cr} 约是 V 类水上限 25 mg · L⁻¹ 的 3—4 倍。相比之下,中小河流受NO₃⁻ 和NO₂⁻ 的污染风险较小,只是在春季河流NO₃⁻ 有增高的趋势;另外,农业园区小河流夏季NO₃⁻ 含量曾达 8.9 mg · L⁻¹。河流 NO₃⁻ 和NO₂⁻ 的指标,显然与外部污染源的性状及河流自身溶氧水平有关。

表 1 上海郊区香花桥镇中小河流水质指标(mg · L ⁻¹)										
Table 1 Water - quality indexes of the creeks in Xianghuaqiao Town, suburban Shanghai (mg · L ⁻¹)										
取样河流	季节	pH	TP	SP	TN	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	COD _{Cr}	Cl ⁻
市级河流	春	7.50	0.240	0.117	10.184	5.836	4.063	0.132	82.98	
	夏	7.33	0.347	0.207	5.693	3.986	0.717	0.301	80.358	
	秋	7.57	0.483	0.295	6.433	4.064	1.082	0.200	62.44	88.94
	冬	7.32	0.173	0.135	6.124	3.803	1.919	0.088	78.74	91.21
镇级中心区 小河流	春	8.20	1.547	1.061	18.210	14.229	0.510	0.094	115.16	
	夏	8.01	1.727	1.316	14.590	9.190	0.258	0.054	169.64	
	秋	7.96	1.424	1.170	12.942	10.460	0.279	0.028	76.864	100.78
	冬	7.42	1.539	1.060		18.771	—	0.053	150.46	118.42
镇级居民区 附近河流Ⅰ	春	7.40	0.406	0.295	11.859	9.638	2.608	0.210	54.72	
	夏	7.82	0.399	0.285	3.559	2.063	0.365	0.167	98.215	
	秋	7.57	0.652	0.511	5.883	4.378	0.459	0.086	52.824	91.46
	冬	7.39	0.323	0.257		5.654	0.821	0.086	101.74	95.24
镇级居民区 附近河流Ⅱ	春	8.40	0.236	0.117	9.028	5.590	2.771	0.128	66.90	
	夏	9.00	0.539	0.251	4.235	0.781	0.451	0.331	98.215	
	秋	7.46	0.643	0.549	6.877	4.798	0.449	0.09	55.709	93.98
	冬	7.22	0.596	0.436		5.980	0.778	0.178	99.09	96.24
村级居民区 附近河流Ⅰ	春	8.40	0.163	0.001	6.429	1.986	5.497	0.098	66.90	
	夏	7.59	0.478	0.329	2.566	0.268	0.441	0.138	107.14	
	秋	7.42	0.474	0.370	3.622	1.914	0.689	0.087	62.44	84.15
	冬	7.41	0.129	0.088		1.408	1.581	0.064	101.74	84.05
村级居民区 附近河流Ⅱ	春	7.00	0.121	0.030	8.120	2.381	5.723	0.129	42.76	
	夏	7.51	0.312	0.041	4.827	1.447	0.667	0.391	133.93	
	秋	7.30	0.408	0.333	2.735	1.390	0.459	0.039	63.402	80.12
	冬	7.34	0.239	0.224		0.810	2.765	0.072	64.04	88.18
农业园区 小河流	春									
	夏	7.60	0.108	0.013	10.108	0.580	8.896	0.392	72.736	
	秋	7.65	0.051	0.013	3.897	0.00	2.437	0.069	61.478	68.78
	冬	7.53	0.201	0.002		0.265	1.454	0.022	96.78	62.99
养殖场附近 小河流	春	7.40	8.639	6.806		130.629	2.090	0.012	517.36	
	夏	8.26	0.591	0.303	5.524	1.858	0.512	0.345	125.00	
	秋	7.45	0.634	0.530	6.496	4.378	0.350	0.109	120.14	92.72
	冬	7.20	0.502	0.286		5.654	0.694	0.102	104.98	93.47

香花桥水网 N、P 污染有明显的空间分布规律, 人居密度高的小河流污染物负荷明显偏高, 其中以集镇中心区小河流为最; 养殖场周边的小河流 NH_4^+ 和 P 常有突发性增加的迹象; 位于农业园区小河流受 NO_3^- 污染明显。这些规律反映了居民日常生活、养殖业和农业生产等引发的点源或非点源污染, 是中小河流 N、P 污染的主要原因。

为了追踪 N、P 进入小河流的轨迹, 对香花桥镇向阳河(镇级河流)两边自涵洞入河的水质进行长期监测。共选择了 7 个涵洞排放口, 其中 1 至 4 号主要用以疏导农田径流; 5、6 号用以排泄居民区地表径流; 7 号则是生活污水的排放口。前 6 个口主要在降雨量较大时有水; 7 号口无论有无降水, 均有水排出。在长达一年的监测中, 发现 7 号口出水 NH_4^+ 、TP、SP 的含量均很高; 农田径流水(1-4 号) NO_3^- 含量很高; 而居民区地表径流(5、6 号) NH_4^+ 和 NO_3^- 的含量均偏高(表 2)。这进一步说明了生活污水直排及各类地表径流对小河流水质的影响, 同时也部分印证了上节的结论。

表 2 上海郊区香花桥镇向阳河沿岸涵洞
排水氮磷负荷($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

Table 2 Nitrogen and phosphorus loadings of the water from the culverts along the Xiangyanghe Creek in Xianghuaqiao Town, suburban of Shanghai ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

监测点	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	TN	SRP	TP
1	0.932	3.063	0.055	4.252	0.108	0.195
2	0.520	23.502	0.291	23.901	0.282	0.322
3	0.237	18.403	0.126	14.286	0.176	0.250
4	0.340	36.796	0.05	37.954	0.062	0.176
5	1.60	9.204	0.209	10.694	0.176	0.245
6	5.768	2.398	0.442	8.499	0.291	0.373
7	22.204	0.383	0.017	24.712	1.640	2.561

中小河流的 N、P 污染还显著地反映在其底泥上。对香花桥中小河流底泥进行取样调查(表 3)表明, 由于长期受纳氮磷等污染物, 其底泥的 TN 和 TP 平均含量分别高达 $3.519 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $2\,078.58 \text{ mg} \cdot$

kg^{-1} 。新鲜底泥大部分呈墨黑色, COD_{Cr} 平均含量高达 $89.99 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$; Fe^{2+} 的平均含量高达 $59.95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 无机氮以 NH_4^+ 为主, 平均达 $348.03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 氧化态氮(NO_3^- 、 NO_2^-)含量很低。说明河流底泥不仅有很高的氮磷负荷, 而且有机污染严重, 长期处于厌氧状态。

2.1.2 面临重金属污染风险

中小河流还存在明显的重金属污染风险。虽然大部分河流水 Cu、Zn、Cd、Pb 等重金属含量较低, 或未检出, 但在河面上生长的水花生和浮萍普遍有很高的 Zn、Cu、Pb 累积(表 4)。河流底泥所测得的 Zn、Cu、Ni、Mn、Cr 含量均高于土壤背景值, 其中 Zn、Cu 的累积量约是土壤背景值的 2—25 倍, 而且人居密度高的小河流累积量明显偏高(表 5)。青浦位于黄浦江上游汇水区, 大规模的工业废水排放已得到禁止, 但乡镇小工业和生活污染, 仍使中小河流面临重金属污染风险。

表 4 上海郊区香花桥镇中小河流水生高等植物
重金属负荷($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

Table 4 Heavy metal loadings of the aquatic higher plants in the creeks of Xianghuaqiao Town, suburban of Shanghai ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

监测河流	水生植物	Pb	Cd	Zn	Cu
镇级居民区附近河流 I	水花生	2.94	未检出	212.82	35.71
	浮萍	3.33	0.06	114.91	11.61
村级居民区附近河流 II	水花生	未检出	未检出	70.55	12.32
	浮萍	3.26	0.18	86.66	12.70

表 5 上海郊区香花桥镇中小河流底泥
重金属负荷($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Table 5 Heavy metal loadings in the creek sediments from Xianghuaqiao Town, suburban of Shanghai ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

采样河流	Zn	Cr	Ni	Mn	Cu
土壤背景值	74.6	24.39	26.7	385.58	19.94
集镇中心区小河流	408.2	30.8	52	621.5	525.3
镇级居民区附近河流 I	362.65	31.13	38.34	680.14	492
镇级居民区附近河流 II	756.25	44.35	51.92	577.82	173.08
村级居民区附近河流 I	107.13	28.31	33.73	526.41	26.41
村级居民区附近河流 II	166.53	17.55	38.74	539.55	66.63

表 3 上海市郊香花桥镇中小河流底泥污染物负荷

Table 3 Pollutant Loadings of the creek sediments in Xianghuaqiao Town, suburban of Shanghai

采样河流	交换态 NH_4^+ / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	碱解态 NH_4^+ / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	TN/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	TP/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	交换态 Fe^{2+} / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	总 Fe/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$
市级河流	150.329	243.648	2.171	1 369.469	28.770	52.037
集镇中心区小河流	700.506	919.899	3.975	5 813.838	73.694	38.486
镇级居民区附近河流 I	285.078	424.430	5.277	1 581.204	94.032	35.889
镇级居民区附近河流 II	106.567	242.579	3.563	1 015.637	33.641	29.362
村级居民区附近河流 I	135.789	241.984	2.804	2 581.203	48.742	21.531
村级居民区附近河流 II	253.651	393.844	2.703	1 265.019	27.856	35.849

2.2 上海郊区中小河流水污染的主要危害

郊区中小河流大多水流滞缓,水体氮磷的超量累积易引发富营养化,使得蓝藻等有毒有害藻类繁衍。蓝藻中占优势的铜绿囊藻、水华鱼腥藻等能向水体释放一种具强烈肝毒性的短肽——微囊藻毒素^[4],直接危及人畜的安全。上海郊区很多镇级自来水厂,如香花桥镇自来水厂,直接以当地的小河流为汲水之源。河流受污后,不仅增加水处理成本,而且由于部分有毒物质在水处理过程中无法去除,对人体健康构成直接威胁。

其次,郊区的中小河流,一向是农业灌溉和渔业养殖的主要水源。水源受污后,不仅影响农产品和渔产品的品质和产量,还会使产品蓄积毒素,通过食物链危害人体健康。

第三,中小河流虽然河道窄、流量小,但由于其数量多,分布面广,是整个黄浦江水系的重要组成部分。因此,中小河流的严重污染,势必对苏州河、黄浦江等大江大河构成威胁。目前,市政府正在下决心整治苏州河。苏州河治理的主要手段是在市区段河道中清淤和堵塞各种污染源。目前虽已取得初步的成效——基本消除了水体的黑臭,但其水质依然未达到 V 类水指标。原因之一是上游大量受严重污染的中小河流水体,通过支流流入苏州河。

第四,黄浦江水系污染得不到有效控制,必然影响到长江口和滨岸带的环境^[5-7],后患无穷。

2.3 强化中小河流的生态自净功能

生活污水的直排对河流水质的危害极大。然而在人居分散的乡村,要建立庞大的下水道系统和污水处理厂,在近期难以实现;而且,即使建起了排污设施,居民日常生活和农业生产等产生的种种非点源污染仍难以完全控制。更何况,由于处理成本高等问题,目前运作的污水处理厂,还难以很好地完成污水的脱氮脱磷工作。据对上海市部分污水处理厂的调查,发现其出水的 TP 含量高于 $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

另一方面,郊区地域广阔,水网密布,生物资源十分丰富。虽然氮磷的超量累积是河流水体富营养化、水质恶化的“元凶”,但同时也应看到氮磷是植物生长的必需元素,是不可替代的农业生产资料。因此,在整治郊区中小河流时,除了截污,还应考虑强化河流的生态自净功能,走持续发展之路。

要增强河流的生态自净功能,关键是恢复河流以水生高等植物为主体的生态系统。一些耐污性强的水生高等植物,如水花生、水葫芦(又名凤眼莲)等可在

河流“肥水”中生长,大量地吸收水中的营养物质,富集有害元素^[8-11],并凭借根系强大的生态群落,分解农药等有毒有机物质^[11],抑制藻类的生长^[12-13],其环保潜力巨大。早在 20 世纪 70 年代,国外就利用水葫芦等来净化污水,回收资源^[11]。目前在国外运行的人工湿地废水处理系统中,水生高等植物更是起了主导作用^[14]。

在郊区和乡村的水域中,可以采用培育或放养水生高等植物的手段来强化河流的生态自净功能。具体应根据河流的污染程度、功能和河网格局来实施,例如,在不通航的重污染河段和其它河段之间,可建立起由耐污性很强的水葫芦或水花生组成的生态隔离带,使得重污染水体在流经净化带时,水质能得到初步净化;在社区河道两旁,可利用浮床栽种观赏性植物,既可美化水面环境,又可净化水体;还可选择合适的以氮磷污染为主的小河流,用浮床栽种经济植物,使得水污染治理和资源化利用结合^[9,10]。这些设置要有人看管和维护,尤其是要不断捞取植株,使污染元素不断地“抽离”出水环境系统。不能使水面全被覆盖,以免水体因缺氧而发臭;也不能让植株在水中腐烂,而产生“二次污染”。冬季,在净化带,可用薄膜增温,以使“生物泵”作用继续发挥。

建立和强化河流边坡湿地,也是增强河流自净功能的一项有效措施。河流边坡湿地中的高等植物,对吸收河流水体中的营养元素,净化水质^[15],护坡和拦截地表径流,均有重要作用。在穿行农田的中小河流两旁,可加强岸坡湿地的建设,在近水面处栽种芦苇、茭白等挺水型植物,在坡地可栽植耐淹植物。这种人工湿地简单易行,但其在净化河流水质,拦截农田径流和护坡等方面的作用不可低估。

3 结论

香花桥镇中小河流 NH_4^+ 和 P 污染严重,并存在一定的重金属污染风险。生活污水、禽畜养殖废物、农田径流等是河流水环境污染的主要因素。上海郊区中小河流的治理,应更多地重视生态策略,增强河流的生态自净功能,走持续发展之路。

参考文献:

- [1] 熊云旦. 重视市郊中小河流的污染治理[J]. 上海环境科学, 1997, 16(7): 44.
- [2] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法(第三版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社. 1998.

(下转第 231 页)