

无锡市社会经济发展对水环境的影响*

许 刚^{1 3} 朱振国¹ 黄建光² 于 春¹

(1:中国科学院南京地理与湖泊研究所,南京 210008;

2:广西水文水资源局南宁分局,南宁 510003 3:中国科学院研究生院,北京 100039)

提 要 近 20 年来,太湖流域地区在社会经济快速发展的同时,其生态环境也急剧恶化,特别是水体污染严重.本文分析了无锡市社会经济发展对水环境影响的主要因素与原因,并在分述工业生产、城市化发展、农业生产等对水环境影响的基础上,提出应对目前水环境问题的主要措施:优化并推进产业结构的调整升级、大力提倡水资源重复利用、实施污水处理企业化经营以及继续加强环境宣传教育.

关键词 社会经济发展 水环境 对策 太湖流域

分类号 X22

1 背景与问题

无锡市地处太湖之滨,近 20 年来社会经济发展速度加快,区域经济的总体水平逐年提高.2000 年 GDP 达 1200.17 亿元,比 1980 年增长了 34 倍;与此同时,尽管人口总数增长较快,从 1980 年的 376.9 万人增加到 2000 年的 434.61 万人,但人均 GDP 还是有大幅度的提高,从 1980 年的 943 元增长到 2000 年的 27615 元(约合 3340 美元),已接近香港地区、新加坡 20 世纪 70 年代末、台湾省 80 年代的水平.

在无锡市社会经济快速发展的同时,人口、资源、环境与经济发展之间的矛盾也进一步加剧.由于长期以来主要依靠增加资源和劳动力投入、过度消耗自然资源和破坏生态环境来发展经济,已导致生态环境急剧恶化,特别是水体污染与富营养化日趋严重,总磷、总氮、BOD、COD、挥发酚等多项指标超标,水环境的严重污染,反过来已严重制约了区内社会经济的可持续发展.

2 主要水环境问题与原因

2.1 工业与城市化发展对水环境的影响极大,废污水治理不力,河道水系污染日益严重

工业与城市化发展对水环境的影响主要源于废污水的排放.太湖流域人口密集、经济发达、工业企业数量多,1994 年,仅工业废水与城市居民生活污水的排放就分别占总量的 48% 和 52%.据测定,工业废水中主要污染物为 COD,占工业废水污染物总量的 51%,其他污染物依

* 中国科学院区域发展前期研究项目(区域 IV-9905)及中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-307)联合资助.

收稿日期 2001-09-20,收到修改稿日期 2001-10-30.许刚,男,1967 年生,副研究员,现在江苏省无锡市计划委员会工作.

次为悬浮物、石油类、挥发酚、六价铬和硫化物等。2000 年对无锡市 690 家工业企业的调查数据表明,工业废水排放总量 $23634.87 \times 10^4 \text{t}$,其中 COD 排放量达 54156.59t,平均 10000t 废水含 COD 2.3t(表 1)。而对 2000 年无锡市排入纳污河道的生活污水中 COD 量计算,约占河流 COD 纳污总量的 28.5%,平均每排出 10000t 生活污水约排放 COD 量 3.7t,因此生活污水排放是河流有机污染不容忽视的因素。

表 1 无锡市各行业排污量及耗水量统计(2000 年)*

Tab.1 Discharge of waste water and water consumption of different industry sectors in Wuxi City 2000

行业	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
采掘业	28	129	21	21		7.84	22.8	0.012
食品烟草加工及食品饮料制造业	1861	4839	3521	1800	1721	74.9	83.7	0.023
纺织业	4245	22923	15838	5077	10761	38.4	34.8	0.021
皮革毛皮羽绒及其制品业	101	980	125	125		47.1	41.9	0.042
造纸及纸制品业	1728	6740	2920	1500	1420	242.9	328.5	0.14
印刷业记录媒介的复制	0.87	1.59	0.40			6.17	2.7	
石油加工及炼焦业	232	1438	4039	625	3414	87	33.8	0.023
化工原料及化学制品制造业	3897	10522	20877	6322	14555	91.3	61.7	0.019
医药制造业	152	775	2364	262	2102	34.8	22.7	0.013
化学纤维制造业	118	74	5082	169	4913	11.27	9.5	0.001
橡胶制造业	105	158	417	220	197	22.8	11.3	0.002
塑料制品业	36	76	195	80	111	9.39	4.7	0.001
非金属矿物制造业	284	199	724	683	41	35.6	16.3	0.001
其中 3110 水泥制造业		72	0.1	146	146	20.1	10.2	0.001
黑色金属冶炼及压延工业	3897	1949	7786	4694	3092	91.6	81.5	0.004
有色金属冶炼及压延工业	264	16	288	280	8	37.3	37.2	
金属制品业	437	350	785	450	335	19.8	16.8	0.002
机械电气电子设备制造业	1241	1365	8976	1224	7752	15.29	10.8	0.001
电力煤气及水的生产和供应业	4752	808	62887	42535	20352	3780	398.5	0.007
其他行业	256	742	624	547	77	34.53	16.7	0.006

* (1) 废水排放总量 ($\times 10^4 \text{t}$) (2) COD 排放总量 (t) (3) 用水总量 ($\times 10^4 \text{t}$) (4) 新鲜用水 ($\times 10^4 \text{t}$) (5) 重复用水 ($\times 10^4 \text{t}$); (6) 万元产值新鲜用水 (t/万元) (7) 万元产值排水 (t/万元) (8) 万元产值排 COD (t/万元)。

造成水环境日益恶化主要原因表现在:

(1) 随着工业和城市化发展,需水量和废污水排放量增大,相应增加了入河(湖)污染量^[1]

伴随着区域经济的快速发展,人民收入和生活水平得到提高,人均需水量增长较快,无锡市平均每人生活用水量从 1980 年的 105L/d 增加到 1990 年的 175L/d,2000 年已达 266L/d,最高日供应水量年平均递增 11%;与此同时,城市化进程加快,城市人口也从 1980 年的 76.49 万人增加到 2000 年的 112.99 万人,相应地生活用水总量从 $8.03 \times 10^4 \text{t}$ 提高到 $30.1 \times 10^4 \text{t/d}$ 。如果按排放系数 0.8 计算,原来每日 $6.4 \times 10^4 \text{t}$ 的污水排放量现增加到每日有 $25.4 \times 10^4 \text{t}$ 的生活污水要排入河网,平均每日 $\times 10^2 \text{t}$ 的 COD 随污水进入河网。另外随着经济的发展,水运业也空前的繁忙,太湖流域内运河及其他水系每日有数以千计的船只航行于水上,有大量的难于统计的生活污水和其他污染物直接排入水体^[2]。

工业的快速发展,对生产用水需求也相应增加,仅来自城市自来水供水的生产用水量就从

① 数据来源于无锡市环境保护局(2000 年)。

1980 年的 $4116 \times 10^4 \text{t/a}$ 增加到 2000 年的 $8519 \times 10^4 \text{t/a}$, 尽管随着技术的发展 , 水的重复利用率有所提高 , 但因用水总量提高较快 , 工业废水排放量总上也呈增长趋势 .

工业废水的排放除城市工业外 , 乡镇企业的快速发展和布局的分散性、经营方式的多变性及其初级粗加工 , 造成的污染极为严重 . 尽管部分乡镇在工业小区建设上作了很大努力 , 但在污染控制上的成效仍有待于进一步论证 .

不同工业行业对污染物的贡献份额各不相同 . 从无锡市不同行业的水资源消耗和废水排放量分析 , 纺织业、金属冶炼、化工、食品烟草加工及食品饮料制造业、造纸、机械等行业用、排水量均较大 (参见表 1 , 水的生产与供应业因情况特殊 , 不在分析之列) , 是水资源消耗 (特别是新鲜用水) 和污染物排放的大户 , 这几个行业的新鲜用水总量占总水量的 73% (不包括水的生产和供应行业用水量) , COD 排放总量占全市各行业排污量总和的 86% ; 尤其是这些行业基本上是该区的支柱产业 , 虽然其中部分行业的产值比重近年来有所下降 , 但因为工业总产值增长较快 , 因此这些产业的产值总量仍处于增长和发展中 , 对用水和排水需求仍在不断增加 ; 从排放浓度分析 , 皮革、石油加工冶炼等行业显然是污染产出率较高 . 因此若能有效治理和管理以上这几个行业的排污量 , 无疑将会对水污染控制产生极大的影响 .

从不同行业每万元产值对水资源的消耗和对水污染的贡献比率看 , 造纸、黑色金属冶炼、化工、石油加工冶炼以及食品饮料制造业是耗水率和废水排放率较高的行业 .

从各行业产值与废水排放量之间的相关关系分析看 (表 2) , 无锡市工业大多是耗水、对环境有影响的行业 , 相对而言 , 作为本市支柱产业和技术密集性产业的机械、电气设备与电子制造业与废水排放相关程度不高 .

表 2 无锡市不同行业产值与废水排放量相关系数 (1996 - 2000 年)

Tab.2 Correlation coefficients between output value and waste water of different sectors in Wuxi City (1996 - 2000)

行业	废水排放	行业	废水排放
采掘业	0.0865	橡胶制造业	0.7324
食品烟草加工及食品饮料制造业	0.9078	塑料制品业	0.7211
纺织业	0.7934	非金属矿物制造业	0.7736
皮革毛皮羽绒及其制品业	0.8915	其中 3110 水泥制造业	0.7685
造纸及纸制品业	0.9207	黑色金属冶炼及压延工业	0.9471
印刷业记录媒介的复制	-0.7758	有色金属冶炼及压延工业	0.7840
石油加工及炼焦业	0.915	金属制品业	0.7221
化工原料及化学制品制造业	0.945	机械电气电子设备制造业	-0.1678
医药制造业	0.7605	电力煤气及水的生产和供应业	0.9985
化学纤维制造业	0.3137	其他行业	0.7535

(2) 废污水治理能力不足

无锡市目前污水处理能力相对于废污水排放量来说是严重不足 . 现阶段工业废水的治理仍以厂内处理为主 , 城市污水处理由于需要的投资大、运行费用高 , 从已建设的城市污水处理厂的投资和运行来看 , 平均每建设 10000t/d 的污水处理能力 , 约需投资 500 万元 , 每运行 10000t/d 的污水处理能力约需年度运行费用为 52 万元 , 如此高昂的投资和运行费用往往难以落实 , 故城市污水处理进展缓慢 , 无锡市城市污水处理率也仅 42.5% (2000 年数据) , 包括郊

县在内的城镇生活污水处理率仅 27.5%。

(3) 现行水质、水资源的管理体制不合理

现行体制下,环保部门是水环境保护的主体部门,并由它来实施监督管理权,多年来这种管理体制对企业进行了征收排污费、超标罚款、限期治理等有效管理,而对城市污水则未能进行有效管理,对承纳废污水的江河也未能管理,大量城市污水直接排入江河。而河道虽属水行政主管部门管理,但水行政主管部门如何管理水环境、如何防止水污染则缺乏法律依据,水行政主管部门既不能对企业实行限期治理,也不能向企业收取排污费,更无力投资建污水处理厂,只好听任江河承纳污水。若再考虑非点源污染,则土地资源管理也与水资源管理密切相关,因此目前这种水质、水资源不能统一管理的现状阻碍着水环境治理和保护的进程。

2.2 农业生产技术结构变化以及相应的土地利用方式的变化进一步加剧了水环境的恶化

2.2.1 土地利用的变化特点

(1)历史上无锡地区的土地以养桑、捕渔、养渔、种稻为主,改革开放以来随着工农业生产的发展,特别是乡镇工业异军突起,本地区土地利用结构发生了很大变化,农业用地大量转化为工业用地,城市规模也急剧扩展,人地矛盾进一步恶化,人均耕地已降为 0.041hm^2 。在大量耕地流失的同时,为保证农业(粮食)的总产出在总量上的相对稳定,不得不借助于农业投入的增加和科技进步,其中化肥投入对水稻、小麦产出增长的贡献额分别达 10.3% 和 34.9%,使得本地区粮食单产达 $7272\text{kg}/\text{hm}^2$ 相当于全国平均水平的 1.4 倍³¹。

(2)耕地的流失大部分发生在平原地区,耕地的流失一方面缩小了农业发展的生存空间,另一方面扩大了投资和新的经济增长的空间,提高了土地的综合载量,据测算工业用地每公顷产值约在 300 万元左右,而农业产值每公顷仅 39 万元。为提高耕地的产出效益,近些年来对农用地内部土地利用方式进行了调整,粮经种植面积比例已调整到 7:3,部分地区已达到 6:4,部分低洼地或水稻田被挖掘或整理为渔池,从事水产养殖业。

(3)在耕地非农化扭转和耕地内部调整整理过程中,局部水系遭到破坏,部分河流被填埋,一些河流虽未填埋但被阻隔了与其他水系之间的流通,丧失或改变了原有的生态功能,影响了水系之间的正常水体和养分循环,降低了水环境容量和对污染物的稀释吸纳能力,间接地导致了水环境的恶化。

2.2.2 农业生产对水环境的影响

农业生产对水环境的污染为面源污染,其中肥料的流失属大宗面源污染。根据以往研究成果推测^①,有机污染负荷中面源污染约占 30% 左右。

(1) 农业技术结构变化对水环境的影响

本地区的主要种植制度为稻麦(或油菜)两熟制,改革开放以来,随着农村经济结构和技术结构的变化,一方面农业科技贡献率逐年提高,改造了传统工艺,提高了土地产出率、劳动生产率和经济效益,另一方面,由于农村乡镇企业的迅速发展,导致农业比较效益低下,劳动生产率大量转向二三产业,继续从事农业生产的农民素质及数量不适应农业发展的需要。传统的挖(河)泥作肥的生产方式不再存在,河道淤积严重,土壤肥力下降,养分的回归与消耗不平衡,不得不增施化肥,其使用量逐年增加,有机肥与化肥的使用比例已由 80 年代中期的 3:7 演化为

^① 张汉臣等.太湖地区农业绿色技术与水环境保护研究.课题工作总结(无锡市农业局内部资料),1996.

90年代中期的1:9.现每年每公顷使用化肥总量(N、P、K有效成份)已由80年代中后期的25kg增加到45kg,其中氮素达30多kg,占70%以上,但是由于现行条件下化肥的利用率较低,肥料流失严重;大量的农药使用也存在类似的问题.农田使用化肥和农药后,农田水体中氮、磷、钾含量明显增高,如遇雨水冲刷或管水不当,通过径流入河道,既造成营养和有效成分流失,又污染水环境.农药和化肥施用的广泛性、分散性、季节性和流动性等特点,使之成为水体富营养化的重要面源.

90年代中期以来,新一轮耕作制度改革和农业结构调整开始,主要调整方向为推进粮、经、饲(肥)三元种植结构、发展经济林果和多种养殖业^[4].同时改革栽培技术和施肥技术(结构、品种、方式、方法),通过合理轮作、改变基肥和穗肥的耕作施肥方式,以及节水控水栽培,培肥地力,提高化肥利用率,一定程度上减少了肥料流失和对环境的影响.同时随着农业内部的结构调整,农药化肥使用量也逐年减少(表3).但是90年代以后农业发展对水域环境变化的新的影响因素已出现,比如随着大规模的养殖业发展,大量的集中禽畜饲养场傍河湖而建,无任何处理的直接排放,已成为流域的一大污染源之一;尤其是水产养殖中大量饲料的使用等,增加了水体的有机质含量.

表3 无锡市化肥使用情况(1993-2000年)*

Tab.3 Condition of fertilizer use in Wuxi City (1993-2000)

化肥		1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
销售总量(10 ⁴ t)	碳铵	13.59	14.61	8.99	9.92	8.42	8.65	8.32	8.17
	尿素	9.27	8.39	8.22	9.10	7.75	7.27	6.85	6.43
农田使用量(kg/hm ²)	碳铵	532.2	590.7	362.6	398.6	338.6	302.7	281.1	242.7
	尿素	362.6	338.4	331.4	365.6	311.7	277.9	256.8	232.1

* 无锡市环境保护局统计资料(1993-2000).

(2) 农业生产对水环境影响的现状评估

在粮油作物生产全过程中对水环境构成面源污染的因子,氮素影响较大,磷素影响甚小,钾素基本无影响.由于氮素易于挥发和流失,除被作物吸收外,一部分被土壤吸收固定,一部分由于反硝化作用和挥发进入大气导致“温室效应”,还有一部分随农田径流进入水体,为作物吸

表4 农田径流水养分含量(1996年)(mg/L)

Tab.4 Some contents of cultivated land runoff (1996)

作物类别	总氮	总磷	钾	
油菜	15.44	0.045		
小麦	17.83	0.065		
水稻	秧田水	10.96	0.416	5.66
		沟渠水	9.43	0.184
	大田	丰产方	5.66	0.208
	农户田	12.98	0.08	4.14
	总平均	8.26	0.199	4.98
小麦(渗漏)	1.37	0.08	0.48	
油菜(渗漏)	2.18	0.09	2.78	

收的当季氮化肥利用率仅25%左右.据1996年无锡市农业局与无锡市环科所对水稻生产过程中的秧田、大田、沟渠水的养分含量测定,33个样品平均总氮含量8.26mg/L,比外河水体总氮含量高出69%.据此推算稻田每年因径流损失氮素40.5-51kg/hm²,约占总施氮肥量的12%-17%.无锡全市13.34×10⁴hm²粮田,每年将有约5400-6800t的氮进入水体.

氮素对水环境的面源污染途径为农田径流,农田渗漏的养分含量低(表4),且低于灌溉水.

从不同类型作物生产过程中的养分流失分析:水稻生产期间为主(产流量约达 $20.1 - 26.68\text{m}^3/\text{hm}^2$),小麦、油菜生产期间为辅(每熟产流量仅约 $6.67\text{m}^3/\text{hm}^2$ 左右,对水环境的负面影响小)。在无锡市域范围内,对太湖水环境影响较大的锡山、宜兴市沿湖地区农田约 33350hm^2 ,全年农田径流量约为 $26.68 - 33.35\text{m}^3/\text{hm}^2$,总计 $(2.0 - 2.5) \times 10^8\text{m}^3$,约占太湖无锡水域蓄水量(太湖无锡水域占 27.5%,约计 $16 \times 10^8\text{m}^3$)的 12%左右,这部分的径流平均氮素含量高,而且具有连年的累计效应,其对水环境的影响显而易见^[5]。

3 水环境整治的对策与措施

3.1 优化并推进产业结构的调整升级,加大环境治理和保护力度

在优化产业结构,大力发展第三产业的同时,调整工业和行业结构,实施“绿色工程规划”,全面推进工业清洁生产,引导工业部门向轻污染、无污染、低能耗方向发展,生产工艺向清洁工艺靠拢,探求对造纸、化工等重污染行业的合理治理对策^①;同时采用高新技术改造传统产业,进一步淘汰落后工艺设备的过剩生产能力,加大产业结构调整 and 产业升级的力度。在污染源治理上从末端治理向源头和全过程控制,从单纯治理向调整产业结构和合理布局转变,使清洁生产与结构调整、技术进步、节能降耗、资源综合利用、加强企业管理相结合,特别是在促进城乡经济结构优化升级的同时,要采取有效措施防治高消耗和高污染的生产落后工艺向农村转移。

农村环境保护方面,还要控制水土、有机质流失和农田污染,大力推广有机农业和生态农业,推进科学化使用化肥和农药,降低化肥和农药的使用量,积极采取措施防治农村环境污染,尤其是防治禽畜养殖业的污染。无锡市经济水平高、科技实力强,完全有能力发展高效、无污染的绿色肥料和有机肥料,推广高效、低毒河堤残留化学农药,发展和推广生物农药,保障食物供给的环境安全。

3.2 大力提倡水资源重复利用,提高水资源利用率

目前无锡市水资源重复利用率仍较低,城镇平均也仅达到 30% - 40% 之间,而且大多是非工艺性废水,工艺性废水则较少重复利用。近年来包括无锡市在内的整个太湖流域的河湖污染不但破坏了饮用水水源,也影响到工业取水,而且目前自来水费、水资源费、排水费、排污费等各项费用综合价格大幅度上扬,鼓励并在有条件的地区和行业采取提高水的重复利用率,或单元套用、厂内他用、厂际套用联用等技术和方法,不但是节约水资源的需要,也符合企业的经济效益。

3.3 利用市场经济运行机制,走污水处理股份制、企业化的道路

污水处理基础设施建设和运行是一项只有社会效益,没有经济效益的工程,单靠政府拨款显然是不够的。从现行城市污水处理厂和工业小区集中污染治理设施的运营来看,迫切需要从实际出发,充分发挥市场经济体制下经济杠杆的作用,增强环保投资动力。如果真正实施企业化经营,并且有适当收费标准促使其稳定盈利的話,除了通过向排污单位收取费用,还可以吸引银行贷款以及城镇居民和企业参股等多种方式落实资金来源渠道,解决运行费用问题。无锡地区工业发达,市场经济体制已逐步趋向合理,实行污水处理企业化有较我国其他地区的优越性。

① 何强、杜涛等。“山水城市建设与环境的协调研究”(无锡市城市规划设计研究院内部资料),1994.31 - 34

3.4 继续加强环境宣传教育

运用多种形式,深入宣传污染的危害性、加强污染防治和改善环境的重要性,确立可持续发展观念,正确处理经济建设与生态环境保护的辩证关系。要广泛建立公众在环境保护方面的参与监督机制,积极鼓励民间团体参与环境保护决策和污染监督,提高环境决策和管理的科学化和民主化。政府部门要定期向社会公布环境质量和环境污染的信息,为公众和民间团体提供参与监督的信息渠道和反馈机制。

参 考 文 献

- 1 罗承平,刘新媛.珠江三角洲经济区水环境保护.人民珠江,1996年第5期,49-51
- 2 秦伯强.太湖环境面临的主要问题、研究动态与初步进展.湖泊科学,1998,10(3):1-9
- 3 余之祥主编.长江三角洲水土资源与区域发展.合肥:中国科学技术大学出版社,1997
- 4 马湘泳等.太湖流域乡村地理.合肥:中国科学技术大学出版社,1996
- 5 李荣刚,罗源陵,吴宴之等.江苏太湖地区水污染物及其向水体的排放量.湖泊科学,2000,12(2):147-153
- 6 无锡市统计局编.无锡市统计年鉴.北京:中国统计出版社,1981年,2001年
- 7 华东地区统计年鉴.北京:中国统计出版社,1995年

Effects of Socio-Economic Development on the Water Environment in Wuxi City , Taihu Watershed

XU Gang^{1,3} ZHU Zhenguo¹ HUANG Jianguang² YU Chun¹

(1 :Nanjing Institute of Geography and Limnology , Chinese Academy of Sciences , Nanjing 210008 , P. R. China ;

2 :Nanjing Branch , Guangxi water Resources Bureau , Nanjing 510003 , P. R. China ;

3 :Graduate school , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100039 , P. R. China)

Abstract

With the rapid social economic development , the ecological environment in Wuxi city has been worsened during the past 20 years , the pollution of water resource is especially serious and the water quality was decreased by one class in every 5 to 10 years . This paper studied the main factors and reasons of the effects of the social economic development on the water environment , especially Taihu Lake . Some measures to improve the water environment are suggested , i. e . , the adjustment of industrial structures , improvement of recycle utilization rate of water resources , administration of sewage in the market economy and environment education to the people and so on .

Key Words Social economic development , water environment , impacts , Taihu Watershed