

苏南太湖地区主要城市水环境污染综合防治研究(上)

胡 荣 梅 鞠 华

(江苏省环境保护局)

绪 论

苏南太湖地区是太湖流域江苏部分之泛称。太湖流域西起茅山、天目山,东达东海,南抵钱塘江北岸,北至长江。苏南太湖地区的主要城市,苏州、无锡、常州经济发达,人口稠密,工农业迅速发展,同时,水污染问题日趋严重。解决水环境污染,开展综合防治的研究,直接服务于国民经济与环境保护协调发展,保障人民良好的生活环境。其理论和实际意义都是很突出的。

一、区域环境和环境问题

(一) 自然环境

本区域属长江右岸三角洲部分,地貌特点有二:一是广阔的平原上散布着很多残丘,海拔都在一百至二百米之间,少数孤峰突起至三百米左右。二是水网稠密,湖荡众多,据统计,河网密度每平方公里为四点八公里,河网纵横密集如蛛网,素有“水乡泽国”之称。本区内湖泊最大的是太湖,水面为 2425 km²,其余较大的有洮湖、溇湖、东酒、西酒、阳城、昆城和澄湖,湖泊面积占土地总面积的 13.4%。

苏南地区处于湿润的亚热带气候区,属凉亚热带季风气候型。冬干冷、夏湿热,四季分明,雨量充沛,日照较长,每年照小时数在二千一百小时左右,≥10℃ 的积温约在 5000℃ 上下,年平均气温 16℃ 左右。

由于苏南地区湖水面积广袤,热容量和

蒸发量较大。春夏增温季节,吸热较多;秋冬降温,热量缓缓放出,影响邻近地区的湿度和温度,形成了特有的小气候。

苏南年降水量大约 1100 mm 左右,一般集中在夏秋二季,约占全年降水量的 60~70% 左右。降水量年内分配不均及年际变化,不但直接影响工农业生产,同时,也增加了环境保护工作的复杂性。

本地区在东亚大气环流季节变化的影响下,冬季以西北风为主导风向,夏季以东南风为主导风向,这种西北和东南交替的主导风向,给为减轻大气污染而考虑的工业布局上增加了困难。

太湖水系的水源主要有二:一是来自浙江天目山山地的苕溪。二是来自宜兴溧阳山地北麓的荆溪。太湖流域各河流,都以降水为补给来源,水位变化与降水量的季节分配基本一致,呈夏涨冬枯现象。

江南运河北起长江,从镇江的谏壁闸入境自北向南环太湖北、东、南三面,流穿太湖苏南水网。在江苏境内长 190 km。沿程两岸河港湖塘交错相通,共有支河 377 条。其中除去已建闸坝或堵塞而无行水能力的支河 167 条外,有行水能力且水面宽一般在 50~80m 的支河尚有 210 条。运河北岸河港通长江,南岸河港连太湖。

(二) 社会经济状况

1. 人口

苏、锡、常三市辖十二个县,大小乡镇 429

个,总人口为一千二百万,人口密度,每平方公里超过六百人,为全国人口平均密度的七点五倍,是全国人口密度最高的地区之一。苏、锡、常三市市区人口分别为 68.11、81.23、50.46 万人,因此市区人口密度为每平方公里 2.3—2.7 万人。

2. 经济高速发展

太湖苏南地区从春秋时代开始,逐步发展为农业经济发达的地区,明末清初,商业和手工业兴起,鸦片战争以后逐渐出现和形成苏、锡、常工业城市规模。解放后,在优越的社会主义制度下,加上得天独厚的优越自然条件,本地区国民经济得以高速发展。

近年来,苏、锡、常三市的经济的发展速度甚快,如 1984 年三市的工农业总产值分别增加到 156.34、145.86 和 90.45 亿元,其中工业产值相应为 109.95、109.35 和 70.83 亿元。

3. 苏、锡、常三市的特点

苏州是我国东南地区古城之一,春秋时吴国定都于此,为我国历史上形成较早,规模较大,变迁较小,格局和风貌保存较为完整的一座水乡古城。苏州城外湖光山色,风景秀丽;城内古雅幽美,素享“上有天堂、下有苏杭”之美誉,是举世闻名的旅游胜地,国家列为四大重点保护的旅游城市之一。苏州市辖郊县五业兴旺,经济发达,传统工业推陈出新,丝绸、苏绣,还有朱锦、缂丝、檀香扇、通草堆花、乐器等历史悠久的工艺美术制品,在国际市场上享有很高的声誉。此外,高精度机床和仪器仪表,光学仪器、纺织、食品、钢铁、造纸工业也都发展迅速。1983 年苏州市区工农业总产值 38.7 亿元,人均产值达 5677 元。

无锡市历来为江苏工业重镇,素有“小上海”之称,是江苏最早的纺织工业发祥地之一。解放以后迅速发展成为目前拥有钢铁、机械、电讯仪表、化工、纺织、轻工等行业门类比较齐全的综合性工业城市。郊县粮食亩产 1400 多斤。工农业总产值比 1949 年增加了 40 倍,1984 年市区总产值为 65 亿元,工农业

总产值居全国第十四位,财政收入居十三位,人均产值达 6817 元,已被国务院列入全国 15 个中心城市之一。

常州在春秋战国时为吴国的延陵邑,南宋以后就已逐渐形成江南的经济中心之一。历史上手工业比较发达。解放以来,常州的工业得到迅速发展,工业结构也起了深刻变化,新兴起了电器、仪表、医药、塑料、建材、冶金机械等多种产业,其中纺织工业在全省占重要地位。常州和全国 24 个百万人以上的大城市相比,人均产值名列第一,市区劳动生产率仅次于上海,被誉为第一个崛起的中等明星城市。

4. 乡镇工业的超高速发展

近年来,在落实农村经济责任制的同时,苏南农村产业结构发生了巨大的变化,乡镇工业突飞猛进。苏、锡、常三市乡镇工业产值之和超过全省乡镇工业产值的一半以上。

乡镇工业的发展为整个农村经济提供了雄厚的物质基础,为支援小城镇建设,农田基本建设、增加财政收入和改善农民生活,发挥了积极的作用,为发展社会主义经济作出了极大贡献。

但是乡镇工业的发展同时带来了环境污染问题。一般,乡镇工业的设备陈旧,工艺技术落后,相当一部分能耗大,物料消耗多,污染严重的工厂从城市转移到农村,三废任意排放,或虽经处理仍未达标的排放,使苏南大面积的水环境受到污染。

5. 农业生产中使用大量的化肥、农药

苏南地区农业生产很发达,向有“鱼米之乡”之称。苏、锡、常三市的粮食产量约近全省粮食总产量的四分之一,而土地面积仅为全省总土地面积的五分之一左右,为获得农业高产,苏南施用的化肥和农药的数量很大。以苏州市吴县为例,1979 年施用的化肥量达 $12 \times 10^4 \text{ t}$ 以上,平均每亩农田施用 120 kg,农药使用 7000 t 以上,平均每亩粮田施用 7 kg。相当数量的化肥和农药未及被作物利用。将

常州市经济发展对环境影响的预测及 环境保护对策的研究

本课题的中心问题是解决常州市经济持续高速度发展与环境保护的协调问题。本研究项目的基本结构是对常州市的污染发生系统(工业、生活、交通)、处理系统(污水、废气)、环境系统(水、土、气、生、声)以及三者之间的关系进行全面调查、评价、预测、结合经济发展规划、城市规划、水利规划、技术改造规划、能源规划提出一系列有效措施来科学地协调系统之间,各系统内子系统之间的关系。在上述系统分析的基础上形成综合防治的总体规划方案。

一、污染源调查及评价

(一) 水体污染源调查及评价

1、工业废水

工业废水总量为 $24492 \times 10^4 \text{ t}$, 是新鲜用水量的 95%, 所调查的 284 家工厂的废水量为 $23873 \times 10^4 \text{ t/a}$, 占工业废水总量的 97%, 具有较好的代表性。

(1) 污染物种类、排放量

统计了市内 192 个单位工业废水中的污染物, 计 18 种, 总量达 74471 t。其中 COD 年排 55929 t, 占总量 75.1%, 悬浮物 16533 t, 占总量 22.2%, 氨氮 1019.7 t, 占总量 1.4%, 石油类 403.3 t, 酚类 152.4 t, 苯类 121.3 t, 其余污染物年排量均在 100 t 以下, 共有 8 种全属毒物, 年排量约 97.2 t, 仅占总量的 0.13%, 故常州市工业废水中污染物以有机物为主, 各类污染物排放量见表 1。

(2) 酚的等标污染负荷最大, 占总负荷的 58.7%。

COD 的等标污染负荷居第二, 占总负荷的 21.5%, 其主要来源为粮食加工废水、化工

表 1 工业废水污染物排放量统计

污 染 物 名 称	排 放 量 (t/a)	调 查 单 位 数
1. COD	55929	酿酒总厂、第一粮库等 176 个工厂
2. 悬浮物	16532.8	酿酒总厂、第一粮库等 21 个工厂
3. 氨氮	1019.7	武化厂、味精厂等 11 个工厂
4. 石油类	403.3	焦化厂、石化厂等 14 个工厂
5. 酚类	152.44	二化厂、染料厂等 17 个工厂
6. 苯类	121.3	石化厂
7. 苯胺	87.89	有机化工厂、助剂厂、常化厂
8. 氟化物	60.91	常药厂、二化厂、冶炼厂
9. 锌	47.925	电池厂、冶炼厂、电镀行业等 18 个厂
10. 硫化物	47.804	石化厂、染料厂等 8 个厂
11. 铬	20.504	电镀行业、皮机厂等 30 多个工厂
(六价、三价)	其中六价 16.004	
12. 氟化物	18.781	武进炼铁厂、焦化厂、电镀行业等 30 个厂
13. 铜	17.267	冶炼厂、电镀行业等 21 个厂
14. 镍	6.196	电镀行业 11 个厂
15. 砷	3.639	二化厂、冶炼厂
16. 铅	1.576	冶炼厂、七机厂
17. 汞	0.107	树脂厂、萤光灯厂等 4 个厂
18. 镉	0.014	冶炼厂
合 计	74471.153	192 个厂

表 2 生活污水中污染物的等标污染负荷

	COD	SS	NH ₃ -N	合计
等标污染负荷	978.2	97.5	470	1545.7
等标污染负荷比	63.3%	6.3%	30.4%	100.0%

废水、印染废水。

根据等标污染负荷的大小,十九个主要污染源的累计负荷比达 88.3%。这些污染源主要来自化工、制药、焦化、印染、粮食发酵及加工等行业。三十七个重点污染源累计负荷比已达 96%。

2. 生活污水

1983 年生活用水总量为 $1324.3 \times 10^4 \text{ t}$, 经估算,生活污水总量为 $1200 \times 10^4 \text{ t/a}$ 。COD 和 NH₃-N 的累计污染负荷比达 93.7%。是生活污水中的主要污染物。见表 2。

(二) 大气污染源调查及评价

1. 燃料废气 1983 年全市燃料折合标准煤约 $95 \times 10^4 \text{ t}$, 排放污染物总量 59098.4 t, 其中 SO₂ 为 27319.4 t, 占总量的 46.2%。烟尘为 19248.1 t, 占总量的 32.6%, NO_x 为 9279.5 t, 占总量的 15.7%。

2. 工业废气 烟尘、SO₂ 和 CO 三种污染物占排放总量的 83%。

3. 主要工业污染源,位于市区主导风向上风侧,布局不合理。城乡温差一般在 1—2℃以内,未形成明显的“热岛环流”,城市“热岛效应”不强。逆温频率较高。

4. 大气污染属中等水平,局部偏重,用质量指数评价结果在 150 km² 的评价区内无清洁区。在城区,较重污染区占 25%,中等污染区占 75%,四项主要污染物均有超标,其超标率分别为:降尘 47.5%, TSP 45.9% (日平均), SO₂ 11.9% (日平均), NO_x 2.68% (日平均),酸雨较普遍,全年出现酸雨的总频率为 28%,局部降水酸度较高。

(三) 土壤污染状况

本区土壤中六六六、DDT、检出率为 100%, 低于 400 ppb 的低残留量分别为 95.3% 及 92.5%。其中,中污染面积占总面积约为 30%,重污染为 1.5%。

本区土壤重金属污染不甚严重,清洁及尚清洁区面积约占总面积的 77%;污染面积约为 23%,主要污染物为铜、汞、铅、砷。

(四) 噪声污染

常州市 24.55 km² 城区面积中,工业噪声和交通噪声污染环境总的面积,昼间为 2.39 km²,占 9.74%,其中工业噪声污染面积 0.11 km²,交通噪声污染面积 2.28 km²,夜间为 3.33 km²,占 13.56%,其中工业噪声污染 0.11 km²,交通噪声污染 3.22 km²。

二、环境质量评价、模型和环境容量的研究

(一) 运河常武段水质评价与水质模型研究

1. 水质污染现状及分布特征

(1) 地表水中的污染物

一般水质指标包括 pH、硬度、大肠杆菌、悬浮物四项, pH 有 15.38% 的检测值超过地面水三级标准。市区 BOD 超标 2.2 倍。DO 石化厂附近为 0,其下游 17.5 km 范围内,均 <2 mg/l。NH₃-N 检出范围 0—9.2 mg/l, NO₃ + NO₂ 年平均值 0.52—0.86 mg/l。酚普遍检出,最大超标倍数达 385 倍。氰、铅、铬(六价)、砷、锌、镉含量均低,个别测点汞、锰、铜出现超标值。

(2) 地表水污染物的时间分布特征

测定了 DO、OC、BOD₅、NH₄、CN、酚、重金属的日变化特征峰形。还测定了主要污

染物的年变化和多年变化, 作为控制与保护水体的依据。

(3) 水质污染评价

评价因子 11 项: OC、BOD₅、DO、NH₃-N、酚、砷、汞、镉、六价铬、铅、铜。评价标准采用地面水三级标准。计算出单项污染指数、类别污染指数和水质综合指数。评价结果表明, 河水普遍受到了有机物的污染, 其中严重污染级占 23.9%, 重污染级占 23.67%, 中污染级占 15.31%, 轻污染级占 37.12%。

(4) 底质污染状况与评价

评价结果表明, 运河常武段普遍受到汞的污染, 铜、镉、锌在干流的下游段也普遍污染, 这种污染状况与水质的污染趋势一致。

(5) 水环境功能分区的研究

从全局出发, 计划运河常武段分为饮用水源及农业用水; 航运与美化环境; 工业用水和冲污以及水质恢复功能段等四个功能段。

2. 水质模型及水环境容量研究

(1) 模拟河段及验证河段的选择

根据水文和水质状况, 选择丁堰至洛社的 16km 河段作为模拟河段, 以确立模型的结构和参数值。

(2) 模型的基本原理

本课题采用了 1985 年美国环境保护局阿森斯环境实验室开发的 QUAL 2E 综合生态水质模型, 为了使之适用于平原河网地区, 在计算时作了一些修改。

在确定模型的变量、数值解, 运河水系的水质模拟, 包括模拟河段的规范化和模型

参数的估值及确定后, 还对水质模型进行验证。

(3) 水质模型的应用

A. 水环境容量与水质标准

针对不同功能河段提出水质标准的建议 (见表 3)。

B. BOD_t 的削减方案

根据设计流量为 6.9m³/s, 水厂以下每日 BOD 容量为 3.5t, 超过部份需削减的量, 分别计算到主要排污工厂。

(二) 水污染的生物学评价与毒理研究

1. 运河常武段水质的水生生物学监测与评价

选择浮游植物、浮游动物、底栖生物和鱼类等四种生物群落进行分析研究。在各项研究结果的基础上, 以加权法进行综合, 最后以综合结果对水环境状况作出的评价是严重污染和较严重污染。

2. 常州市运河水和饮用水的致突变试验 (Ames 试验) 及其评价

用 Ames 试验 (即鼠伤寒沙门氏菌营养缺陷型回复突变试验) 来检测水体中的致突变物, 可从而推测其致癌性。

(1) 处于上游的河水厂断面未检测出致突变物; 中游水门桥断面为弱阳性或阳性; 下游石化厂和丁堰两断面污染的有机物有明显的致突变性。

(2) 河水厂出厂自来水的常规指标优于水源水, 而出厂水的有机浓集物, 对 TA98 菌株出现致突变作用, 故有潜在危害。而水

表 3 运河干流不同功能河段水质标准

河 段	连江桥~河水厂	河水厂~水门桥	水门桥~丁堰	丁堰~洛社
功 能	饮用水源及农业用水	航运与美化环境	工业用水、冲污、航运	水质恢复
近期(至 1990 年)	三级	四级	四级	四级
远期(至 2000 年)	二级	三级	三级	三级

源水则未检测到此种危害。表明会在加氯净化处理中增加致突变物。

3. 常州市主要工业废水及四种主要有机毒物对水生生物的效应及其评价

结果表明,染料厂废水毒性高和具化学诱变物,石化、化工和印染厂废水为中等毒性。

(三) 有机毒物的筛选和控制

以气相-质谱仪鉴定常州五个样点的水质,共检出 14 类 160 余种有机污染物,浓度为 0.10—53ppb,从二样点的底泥和水中悬浮物中检出 230 种有机污染物,浓度为 0.10—20 ppm。

利用化学和生物的综合筛选方法,说明水体中主要有机毒物 25 种,其中致癌物 15 种,致突变物 6 种,生物难降解物 4 种。对已确定污染负荷的 9 种有毒污染物,选取双-(2-氯乙基)醚、硝基苯,乙苯、喹啉及酚类等化合物进行了负荷削减率计算。

(四) 地下水的现状和评价

1. 过量开采

自 1964 年集中开采以来,直至目前主采层开采量为市区允许开采量 ($13 \times 10^4 \text{ t}$) 的

一倍左右,地下水位比五十年代下降了 50—60 m,造成的社会公害严重,地下水已开始枯竭。影响经济高速发展,已经勘明市区地下水允许开采容量。

2. 地下水水质,浅层水已遭污染,主要来自污染的运河水和化肥、农药、废气、废渣等污染,不宜饮用。18km² 严重污染,轻、重污染总面积占市区面积一半以上,承压水受中等污染面积达 7 km²,轻污染达十余 km²,大部份水质良好,深层水质良好,但因超量开采而水质缓慢变差,尚能符合饮用水标准。

3. 地面沉降比较严重,应积极治理。

三、经济-环境预测

(一) 新型投入产出模型及经济-资源-工业污染物发生量预测

1. 新型投入产出表的设计思路是:纵列生产过程,它分别表示经济网络中的各个节点;横排各项目,前 m 行是产品,是经济网络中流通的实物内容,继排污染发生量,最后排列经济指标;纵横交织形成经纬。采用代数量、纵向反映生产过程的投入产出关系,负值表示过程收入,正值表示过程产出;横向看,反

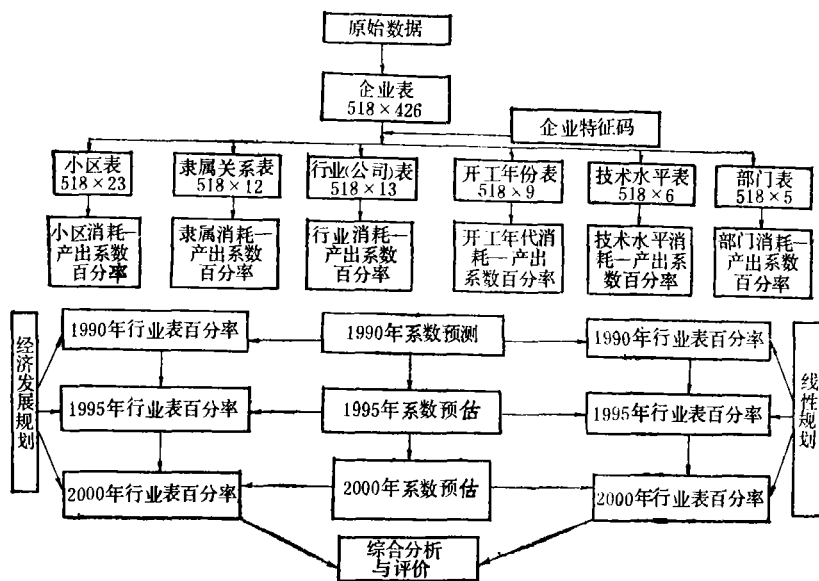


图 2 预测示意图

映各项产品的投入与产出,负值反映该产品投入某过程。正值则表示该产品由那个过程产出,将系统内相互联系的若干生产过程并列、通过产品的消耗、产出关系将各生产过程有机地联系起来。用系统的最终产品或最终需求向量来刻画本系统与外系统的联系。预测示意图见图 2。

2. 市区 1983 年~2000 年经济-资源-污染发生量预测

系统计算了 1990 年、1995 年、2000 年各行业的总产值数值,用总产值乘以各项目的消耗-产出系数,即可求出各项目的线性规划预测值,与经济规划预测值相比,总产值的变化量是不大的。但是,即使行业总结构的调整幅度不大,经济效益和环境效益却是很明显的。本课题报告列出了 22 个项目按经济规划预测的汇总结果和线性规划预测的汇总结果。经对比可看出:用线性规划进行行业结构调整后,在全市总产值一定的情况下,1990 年全市的净产值可提高 2500 万元,总能耗可减少 14.2×10^4 t 标准煤,生产废水可减少 56×10^4 t,“利+税-废水处理费用”可增加 2530 万元。2000 年全市的净产值可提高 6600 万元,总能耗可减少 20.5×10^4 t 标准煤,生产废水可减少 190×10^4 t,“利+税-废水处理费用”可增加 5990 万元。

(二) 水环境容量预测

1. BOD、NH₃-N 最大容量预测

应用河网水质模型的响应矩阵,设立流量为 7.0、10.0、13.0、18.6、20.0、24.0 m³/s,水温为 25.5℃,分别计算水质标准,当 BOD 为 1.0、5.0、12.0 mg/L 或 NH₃-N 为 0.01、0.5、3.0 mg/L 时它们的最大容量(单位: t/d)。

2. 河网人工复氧预测

以最小人工复氧量预测模型计算了人工复氧量和曝气费用。

(三) 经济-环境协调发展的预测

1. 市区主要污染物发生量、水环境容量、去除量预测。

主要考虑了污水, BOD 和 NH₃-N 发生量,生活污水在污水总量中的百分比,将由 1983 年的 22%, 上升到 1990 年的 27.6% 和 2000 年的 31.6%。生活污水 BOD 占总量的百分比,相应由 35%, 上升到 38.7% 和 43%。NH₃-N 的发生量相应由总量的 45.9%, 上升到 56.6% 和 59.4%。并根据环境容量计算了 BOD 及 NH₃-N 的去除量。

2. 水污染治理基本措施费用估算和环境效益分析

选择四种措施进行计算比较,即(1)从长江边抽水站经河道调引长江水;(2)污水分区集中,分段设处理厂处理;(3)污水集中经二级处理排长江;(4)污水集中经一级处理排长江。同时分析其环境效益。

3. 经济-水环境协调发展对策

本课题提出五项对策(排水对策、供水对策、布局对策、技术经济对策、管理对策)。回答了常州市经济持续高速度发展与环境保护能不能协调和怎样才能实现协调的问题。指出常州市供、排水矛盾焦点在利港,提出根治运河缓建引江工程以解“利港之难”。

四、综合防治方案研究

(一) 水污染防治总体规划概要

1. 规划目标 控制运河各功能段的水质维持二、三、四级地面水标准于 1990 和 2000 年。

2. 规划方案 城市宜向北发展,形成一城多点格局,形成城北水网,开发长江资源。同时提出技术经济,水污染治理,供水及管理措施。

(二) 大气污染防治和城区噪声综合防治方案。

(三) 水污染防治的若干试验研究

1. 三废资源化新工艺研究主要包括:

(1) 高浓度有机废水厌氧制沼气新工艺;

(2) 印染废水厌氧-好氧-生物活性炭处理新工艺。

2. 利用水葫芦净化印染废水的试验研究.

苏州市水污染综合防治规划 与园林风景旅游价值研究

苏州是著名的历史文化名城和风景游览城市,是江南典型的水网地区.苏州市辖六县(市),总面积 8488 km²,市区为 119.2 km²,总人口 531.6 万,市区为 69.5 万人.由于苏州市区工业发展迅猛,人口增长较快,进入水体的工业和生活污染物大幅度增加,尤其在城区范围内,在 14.3 km² 的土地上生活着约 35 万人,因而古城周围的内、外城河水环境污染更为严重,黑臭现象,时有发生,直接影响到人民生活 and 身体健康,影响到自古以来素有“天堂”之称的苏州的声誉和旅游价值.

一、水网基本情况

(一) 水网概况和水量特征

苏州市地势低平,海拔一般在 4—5 m,河网密布,水系发达.市区内大小河流 342 km(城市有 3528 km),河网密度每平方公里平均 2.42 km.水域面积占全市总面积(包括湖泊为 141.4 平方公里,不包括湖泊为 119.2 平方公里)的 17%(古城区内为 5.7%).

京杭大运河苏州段,是过境河流和主要的补给水源.

1. 底坡平坦,流速缓慢.

河床平均坡降在研究区为 0.912—4.48 × 10⁻³. 流速缓慢,一般为 0.1 m/s. 统计水团完成一个流程所需时间为 1—4 d. 黑臭期水流流向不定,水团经常处于回荡之中,个别河段经流时间长达 10 d 以上,水质点回荡时间甚至可达 276 h.

2. 河道宽窄悬殊

外河干流 110 个断面统计,正常水位 2.8 m 时最宽 135.9 m,最窄 9 m.

(二) 水网水质状况

1. 化学指标评价

DO 平均值 3.24 mg/L, COD 锰法 8.88 mg/L, BOD₅ 为 8.19 mg/L, NH₃-N 1.87 mg/L, NO₂-N 0.102 mg/L, NO₃-N 0.35 mg/L, 酚 0.0058 mg/L, 以上为 1981—1984 年测定结果,大部分指标超过地面水三级标准. Cr⁶⁺ 及 Cu, 超标倍数小. CN、As、Hg、Zn、Pb、Cd 等金属不超标.

2. 生物及放射性水平评价

(1) 底栖生物 Goodlight 指数评价属水质严重污染,颤蚓密度评价严重污染. 细菌检测, 100%, 内城河属重污染. 肠道细菌测定, 大肠杆菌数 23.8 万—2380 万个/升.

(2) 放射性水平

太湖水、苏州市河水总 α 放射性水平分别为 41.4 和 37.6 mBq/L. 总 β 放射性水平分别为 91.9 和 101.9 mBq/L.

3. 水网水质污染程度综合评价

1981—1984 年内城河有机污染水质级列为 4.6 级, 属有机物重—严重污染. 外城河为 3.74 级, 属有机物重污染. 运河 3.25 级, 属有机物污染—重污染.

4. 水网水污染源

660 个工业企业年排废水 12.5 × 10⁸ t, 60 个重点污染源年排工业废水 8361 × 10⁴ t, 其中污染物为 74518 t, COD 45774 t, SS 20334 t, BOD₅ 为 8079 t, 三者之和占总量 99.5%.

生活污水 1704 万 t/a, 其中 BOD₅ 约 808 t, COD 319.5 t, NH₃-N 约 149 t.

二、苏州水网水质水量特性

(一) 水网水量特性

1. 水量来源及其组成

外城河进水水源主要为大运河胥江等六条河,其中胥江占来水量的 66%.

2. 水网水流特性

(1) 河网的流量特征,汛期全城最大进水量为 134.16 m³/s, 最枯为零.

(2) 分析外城河干流滞流时的进流条件,若进流量大于 45 m³/s, 可保证全城顺

流。

(3) 流向多变。外城河水可分全城顺流、部分滞流、全城滞流、逆流四类。细分可分为 9 个流型。

3. 水利工程的影响

(1) 水利工程影响自然流态。

(2) 望亭发电厂抽水减少外城河水 $43 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

(3) 大运河改道将使外城河水减少 75% 左右。

(二) 水网水质特性

1. 来污量及其变化

水量的 96% 以上来自城外水, 污染物也主要来自城外, 前几节已有说明, 对城外来污总量及各进口的污染负荷比, 主要进水口污染物的年变化及其与流量的关系进行详细的讨论。

2. 城河的水质平衡计算与分析

将城河视为方块方网, 截取所有人口和出口, 考虑网内污染源的数量, 计算了水网水质的平衡, 计算了 COD 、 BOD_5 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 DO 的收支情况。讨论了城河进出水质的变化特性, 阐明水网进口的污染物质月总进量与进口的月流量关系较好; 一年内水质的不同量及其出现的历时, 是水质的一个重要特性; 以及水质状况与水量更新时间有密切关系, 并转换为水质达标时所需的流量。

3. 城河水网水质的时空分布特性

详细讨论了 BOD_5 、 COD 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 DO 的时空分布规律, 证明外城河水水质变化属于非稳态性质。

经细查计算, CBOD 与 NBOD 一般为 7:3, 底泥耗氧只占总耗氧的 1.2%, 藻类光合作用产氧也很少。

三、水网水量水质模型

1. 水网非恒定水量模型

水网非恒定流计算采用圣维南方程组。对于单一河道采用差分法求解。但在河网

区, 由于河道交叉衔接, 所形成的系数矩阵是不规则、不对称的稀疏矩阵, 无法求解。本课题采用的方法是将河网计算方程分为微段、河段、汇点三级进行运算, 定名为三级联解。

2. 水网系列化水质模型

为适应水网水污染综合防治规划时, 对不同的时空尺度进行水质预测的要求, 本课题根据苏州水网水质非稳态特性, 按照物质平衡原理、水质支配方程, 提出如下的水网系列水质模型(各模型名称系暂定):

(1) 网块水质模型——用于预测苏州网块水体水质年内变化的模型。当获知苏州市网块水体年内各月的来水、来污量时, 输入计算程序, 显然就能马上预测出年内各月的平均水质过程, 这对水污染防治规划, 执行引水净化污水的合理运行, 将是一个有力的工具, 同时也可提供黑臭前期水污染发展趋势的科学依据。

(2) 分段水质模型——用于预测苏州城河逐段水质空间变化的模型:

以主要排污口为河流分段端点, 可列出河流分段的基本方程。故在已知上段及分段排污量即可输入模型预测其下游段的水质值, 本模型也可用来制定各工厂的排污允许量、估算污染物削减量以及引水稀释城河水的环境经济效益, 预测水质的可能分布状况。

(3) 河网水质模型——用于预测苏州城河任何断面(逐时的)昼夜水质变化的模型。

模型参数的确定采用有约束的复合型综合优选法。本模型较全面综合地包括一维非稳态模型的各项, 采用无条件稳定隐式差分四点格式解方程组, 时间步长 Δt 取 1 小时, 距离步长 Δx_i 由流速和时间步长求出。水质沿河程随时间变化的计算值与实测值相对方差 BOD_5 在 21—26%, DO 在 24—48% 之间。在河段代表断面上水质随时间的变化, 计算值与测定值的相对方差 BOD_5 在 15—39%, DO 在 56—109% 之间, BOD_5 的

精度比 DO 好,后者误差大的原因是其本身含量低,数值小有关,也与研究时间有限,未能进一步调试和联网以提高精度有关,但作为水质规划阶段之用,此模型尚符合实际。

3. 水网水质模拟及预测

为进行水质模拟与预测,用长期水文资料建立两地相关关系,推得最枯月设计流量为 25、15 和 5 m³/s 代表丰、平、枯水期进水量,并确定 1983、1982 和 1979 年为丰、平、枯水的代表年,从而推算各年型的年内各月水量。

运用“网块水质模型”模拟出各水量代表年的各月水质直方图过程表明,外城河水质差,枯水年更为严重,三种代表年的 3—6 月均需采取措施,以缓解水体污染。

用趋势法和目标法推算 1990 年和 2000 年污染源排放数值输入上述模型,进行了三个代表年 1990 年和 2000 年分列高、低方案,十二种搭配的水质年内月平均过程,若以目前污染处理水平为基础,则未来水质将更为恶化,若在 3—6 月引进净水 45 m³/s,则水质可明显改善,基本达三级地面水标准,还以“河网水质模型”预估枯水流量时,引水 45 和 25 m³/s,水质的昼夜变化。提出外城河沿线各厂 BOD 排放标准。

四、苏州水网污染综合防治方案

(一) 污染源控制及水质管理

1. 工业污水排放标准和削减量

按三级地面水标准以“网块水质模型”计算的结果见表 4。

2. 建立污水处理厂

(1) 集中的生活污水处理厂三座,分别建于城西,城东和城南。

(2) 分散的工业污水处理厂

(3) 相对集中的工业污水处理,可在城南试点。

3. 加强水质管理开展预警报工作

提供水网黑臭发生的单项和综合指标判别法,黑臭警报综合指标公式,综合指标公式自变量的预报警报等资料及预测模型。

(二) 水网污染净化的引排水方案

1. 各种引排水方案的比较

(1) 自流引水方案

比较了利用已建浏河闸引排水,利用望亭电厂冷却水设引水专线方案。

(2) 动力引水方案。

以太湖为水源的有三个方案,以阳澄湖为水源的二个方案,对此五方案进行了详细而周到的比较,还考虑了城河分段分片设

表 4 苏州市城河枯水年型 BOD 排放标准及削减量 (t/d)

月 份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		排 放 标 准 (t/d)											
水质标准	5	10.23	8.20	8.23	10.46	10.48	11.41	13.08	11.02	14.38	14.64	13.57	13.27
	4	8.18	6.56	6.58	8.37	8.67	9.12	10.47	8.82	11.51	21.71	10.85	10.62
	3	6.14	4.92	4.92	6.28	6.15	6.84	7.85	6.61	8.63	8.78	8.14	7.96
削减量	1990 年三级水时	13.45	6.85	10.42	12.58	15.87	9.51	13.26	10.02	11.23	11.33	12.20	12.87
	2000 年二级水时	15.49	8.49	12.06	14.67	18.03	11.79	15.88	12.23	14.11	14.26	15.00	15.53
一九九〇 年削减分 推量	城外污染源	8.74	4.45	6.77	8.18	10.32	6.18	8.62	6.51	7.30	7.36	7.99	8.37
	工业污染源	3.36	1.71	2.61	3.15	3.97	2.38	3.32	2.51	2.81	2.83	3.07	3.22
	内城污染源	1.35	0.69	1.04	1.25	1.58	0.95	1.32	1.00	1.12	1.14	1.23	1.28

泵站翻水的方案。

2. 综合优化的引排水方案

综合上述二大类九种方案,可以看出,任一的单独引水或排水方案,均不能较好地解决苏州城河水污染净化的要求,而必须综合考虑。

经分析比较,认为设泵站取阳澄湖水源从钱万里桥流入城河,同时在觅波桥南和坝基设站向外排水的综合引排水措施,是保证有一定流量和城河各段不发生滞流的优化方案。

在沿江三闸引水或排水二种情况下,进行调水运行由于阳澄湖进出流量较大,均有充足的水源供苏州引水之用;即使在沿江关闸或潮区滞流二种情况下,进行调水运行,由于阳澄湖水面面积较大,调节量很大,调水运行一日使湖水位也只下降 1.52—2.72 cm,影响很小,因此,取阳澄湖水源方案是可行的。

据以上最优方案,并考虑大运河改道的实际情况下,计算了三种年份排污水平的费用如表 5。

由表 5 可知,实现苏州水污染综合防治的优化方案(即表中的采纳引排工程一项),各排污水平年的费用和引水前相比节约投资:1983 年 4013 万元,1990 年 4140 万元,2000 年 4186 万元。也即每种水平年都节约了四千多万元。

此外,本课题在工业企业污染的投入-转化-产出衡算和苏州园林风景旅游价值及其

环境保护对策研究等方面,做了大量开创性和有意义的探讨,取得相应的成果。

无锡市环境现状评价及综合防治技术研究

一、水环境特征和环境质量评价研究

全市河网(包括圩区、湖滨等)总长为 194.2 km,其中干线及次一级通航河道长 67.75 km,年均水位 3m 左右,其水体总容积:枯水期 $600 \times 10^4 \text{ m}^3$,平水期近 $800 \times 10^4 \text{ m}^3$,而丰水期则超过 $1000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

(一) 环境质量评价研究

1. 水质综合评价

按 7 种主要污染物综合评价结果知,太湖、五里湖水质除总氮外尚符合地面水二级标准。市内河道除梁溪河段尚能符合三级标准外,绝大部分河段已大于四级。

2. 水体有机物污染评价研究

分析水污染物组成知,无锡市水污染主要是有机污染和氨氮污染,污染面积和时间的总几率分别为 73.7% 和 82%。

(1) 有机污染物的种类和数量,见表 6。

(2) 还进行了三致毒物的检测和有机污染物评价。

3. 水质污染的生物学评价研究

(1) 对鱼类生态影响和评价

仅锡山桥发现为数较少的敏感性鱼类,如白鲢、鲤鱼等,其余河段经多次捕捞试验表明:已无鱼可捕,鱼虾基本绝迹。仅能发现

表 5 苏州市引排水实施前后投资对比表

措 施	年份	沿外城河 15 个工厂污水处理费(万元)	生活污水厂投资费(万元)	上游来污的处理费用(万元)	引排水的方案投资(万元)	合计(万元)
不采纳引排工程	1983	1777	1106	4443	0	7326
	1990	4326	1326	4443	0	10095
	2000	6929	1737	4443	0	13109
采纳引排工程	1983	662	656	0	1995	3313
	1990	3172	788	0	1995	5955
	2000	5728	1200	0	1995	8923

表 6 各水样有机物数量

种类 \ 采样点	太湖	饮用水	化肥桥	五河滨	解放桥	亭子桥
其他	1	3	5	4	4	2
检出有机物数量(个)	74	89	95	76	58	44
定量有机物数量(个)	19	18	20	18	16	13
有机物毒性数据(个)	24	28	30	23	21	16

耐污型和抵抗型生物种类——泥鳅 (*Misgurnus anguillicaudatus*) 它是内河中唯一的优势种群,其数量占组成的 94.2—98.3%。其它种只是在个别河段偶然发现且鱼龄较低、个体较小的鲫鱼和鳊鱼,其数量仅占组成的 1.3—5.8%,说明内河水质污染已危及到鱼类的生存,因此,鱼虾基本上绝迹。

(2) 对浮游植物指示种群的影响和评价:

进行监测的六段总计发现浮游植物 41 种,分别隶属于硅藻 26 种、蓝藻 6 种、绿藻

6 种、裸藻 3 种,其中除锡山桥断面之外,其余五河段浮游植物组成和分布规律主要为污染类型。

(3) 对浮游动物指示种群的影响和评价:

监测结果表明,锡山桥为中污染类型水质,其他监测断面为多污染类型水质。

(4) 对底栖生物的影响评价

三个测定断面之一文化宫属于严重污染水质;工运桥和钢铁桥断面则介于中污染类型、多污染类型之间的水质。(未完,待续)

(上接第 2 页)

是:(一)针对大量燃煤这一需要,从采煤、煤的加工、燃煤技术、除尘技术等方面建立一系列配套技术;(二)工业污水和城市生活污水的处理和综合利用技术,这也需要从少用、循环利用、工厂处理、区域处理,以及生物的、物理的、化学等方法和处理后污水的综合利用等一系列配套技术;(三)工业和生活固体废弃物的综合利用和处理技术。变固体废弃物为资源,是一项重要的经济政策,也是科研的一项重大课题。要努力把每年城市的上亿吨生活垃圾和几亿吨的工业废渣变成可利用的资源。同时研究对有毒有害废弃物的安全处置技术。

除了上述重点防治技术外,还有大量其他方面的课题,只要有能力,也都应该安排。“七五”期间在污染防治技术上要有一个新的进展和突破,以便在“八五”期间使用这些技术,使我国的环境状况有明显的改善。强化环境管理是实现“七五”环境目标的关键措

施。最近几年一再强调强化环境管理的重要性。这是因为我国当前还不富裕,拿不出更多的资金用于环境的整治。现在每年用在环境保护上的资金已达几十亿元,争取再增加一些也是必要的,可能的。但是,过多的增加资金也有困难。在这种情况下,强化环境管理,通过管理控制污染的发展就显得特别重要。最近几年,通过环境管理,象城市和工业污染的防治都取得了明显成效。特别是近年间在一百多座城市开展起来的环境综合整治,每年都解决一批多年拖欠的环境问题,使城市环境污染防治出现了前所未有的好形势。实践告诉我们,在经济不太富裕,一时还拿不出很多资金的情况下,强化环境管理是一条积极的措施。

强化环境管理,就要有健全的法规标准,做到管有依据,依法办事。同时,要有健全的机构和胜任的管理人才,能够担负起环境监督的职能。