

常熟市昆承湖生态修复对策

曹 昀^{1,2}, 王国祥^{1,2}

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210097; 2. 江苏省环境演变与生态建设重点实验室, 江苏 南京 210097)

摘要 结合历史数据和现状调查,对常熟市昆承湖水下地形、沉积物、污染源和湖泊水环境质量现状进行了研究。结果显示昆承湖水体都达到富营养化阶段。面临的主要问题有湖泊生态系统退化、点源污染、面源污染、城镇生活污水、渔业养殖污染和河网水体污染等。提出了污染综合防治、河口强化净化型湿地建设、生态护坡与湖滨带湿地建设、湖区养殖围网拆除、清淤与湖盆形态修复、湖区植被恢复与生态修复和湖泊生态管理等一系列整治对策。

关键词 生态修复;昆承湖;常熟市;富营养化

中图分类号:X171.4 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2007)02-0034-04

Ecological remediation measures of the Kuncheng Lake in Changshu City

CAO Yun^{1,2}, WANG Guo-xiang^{1,2}

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China; 2. Jiangsu Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract Based on the historical and present monitoring data, the underwater topography, deposits, pollution sources and water environment quality of Kuncheng Lake of Changshu City were studied. Results show that the water is eutrophicated, and the main problems are degradation of ecosystem, point source pollution, non-point source pollution, domestic sewage, fishery pollution, river network pollution and so on. A series of control measures were proposed, such as comprehensive pollution control, construction of decontaminated wetlands in estuarine area, construction of the ecological bank and lakeside wetland, removal of the purse net, dredging and restoring the topography of lake basin, vegetation restoration, ecological restoration and management, and so on.

Key words ecological remediation; Kuncheng Lake; Changshu City; eutrophication

我国是一个多湖泊的国家,面积在 1 km² 以上的湖泊全国共有 2 300 个,湖泊总面积约为 71 787 km², 约占全国总面积的 0.8%。随着经济的迅速发展,农业技术的进步,城镇的人口和排污量不断增加,使污染湖泊水体的因素日益增多,大量的营养物质不断流入湖泊,湖泊富营养化日趋严重^[1]。据刘连成^[2]1997 年对我国 37 个主要湖泊的调查资料和国内外评价湖泊富营养化制定的指标,我国湖泊中营养型和中—富营养型的占 55.8%,富营养型的占 14.7%,重富营养型的占 8.8%。

1 昆承湖概况

昆承湖位于江苏省常熟市区西南部,现存面积 17.57 km²。自 20 世纪 70 年代以来,由于不合理的养殖、环湖开发、工业排污以及流域内人口密度增加等,昆承湖的水环境质量每况愈下,环湖的自然景观也受到严重的破坏。昆承湖虽然水面开阔,但是景观单调,岸线侵蚀严重,自然景观受到严重破坏;植被残缺不全,景观黯然、缺乏生机;环湖开发对湖泊及岸线存在潜在的威胁。湖泊水环境质量下降,呈

基金项目:教育部科技创新工程重大项目培育基金(# 705824);江苏省重点科技专项(BM2002701);国家“ 863 ”重大科技专项项目(2003AA601100-2)

作者简介:曹昀(1974—),男,甘肃镇原人,博士研究生,研究方向为水生植物与水环境生态修复。E-mail :yuncao@163.com

通讯联系人:王国祥, E-mail :wangguoxiang@njnu.edu.cn

现出比较严重的富营养化现象^[3]。

2 研究方法

2.1 水下地形测量及沉积物分析

2005 年 7 月 ,在昆承湖设置 19 个断面 ,215 个点位进行水下地形测量 ,测量水位和淤泥厚度。在北、中、南湖区选择 9 个采样点 ,采集柱状沉积物样品 ,并分层取样(按 2 cm 厚度连续取样) ,测定分析沉积物中有机物、氮、磷及主要重金属的含量^[4] ,计算平均值。

2.2 污染源调查

调查昆承湖周边 19 家主要工业企业并结合常熟市各类污染源排放量百分比 ,推算昆承湖周边地区污染源排放总量 ;调查昆承湖周围城镇(莫城镇、辛庄镇、虞山镇、沙家浜)及农村居民的生活污水 ;调查昆承湖周边农田面源、畜禽养殖污染 ;根据张家港河道水质监测数据和流量计算 COD_{Mn}、NH₃-N 年入湖量 ;测量昆承湖内围网养殖面积 ,计算污染量。

2.3 水环境质量采样与分析

根据常熟市环境保护局 1998 ~ 2004 年对昆承湖湖区及主要入湖河道的水质监测数据进行综合分析。并于 2005 年 7 月在湖区的 18 个点和 10 个主要入湖河道现场测定 pH 值、DO、TP、TN、NH₃-N 和有机污染指标 COD_{Mn} 等指标 ,采取水样带回实验室 ,采用中国环境监测标准方法分析测定^[5]。

3 昆承湖湖泊生态环境现状

3.1 昆承湖水下地形及沉积物分析

湖盆地形由西南向东北倾斜 ,西南部平均深度 1.5 m ,东部平均深度 2.0 m ,北部平均深度 3.5 m ,最大水深超过 5.0 m。湖底软质淤泥平均厚度为 30 cm ,围网养殖区、河流入湖口及航道附近淤泥较厚 ,平均厚度超过 80 cm ,最厚处超过 200 cm ;湖泊中部淤泥较浅 ,平均厚度 10 cm ,最薄处小于 5 cm。北部和东南部湖区都是沉积物淤积最为严重的区域 ,其中北部最厚 ,这是因为北部有较大面积的围网养殖区 ,养殖废弃物沉积较多。

昆承湖的沉积物中 ,北部湖区的重金属、氮、磷、有机质及有机碳均高于中部及南部湖区 ,尤其是磷、有机质及锌污染最为严重。主要由于北部湖区围网养殖比较集中 ,张家港河及虞山镇的污染相对比较

严重(表 1)。

3.2 昆承湖污染源分析

根据现状调查 ,结合常熟市各类污染源排放量百分比 ,昆承湖周边地区污染源年排放总量 :COD_{Mn} 约为 2 577 t、NH₃-N 为 258 t。

a. 工业点源污染量 :昆承湖周边主要工业企业有常熟市景明服装水洗有限公司、常熟市金虞山燃料有限公司和常熟市招商城印染厂 ,尤其临湖而建的化工企业对昆承湖造成很大的污染风险。工业点源污染物年入昆承湖量 COD_{Mn} 约为 514.36 t、NH₃-N 为 51.4 t ,这些污染大部分来源于化工企业 ,成分复杂 ,对昆承湖水体及周围居民危害较大。

b. 生活点源污染量 :昆承湖周围城镇(莫城镇、辛庄镇、虞山镇、沙家浜办)及农村居民的生活污水排入昆承湖 ,其 COD_{Mn} 达到 1 009 t/a ,NH₃-N 达到 101 t/a ,是昆承湖主要污染源。

c. 农田面源、畜禽养殖污染 :昆承湖面源污染年入湖量 COD_{Mn} 约为 371 t、NH₃-N 为 37 t ,占昆承湖污染源的 1/4。农田面源污染量占比例虽然不算大 ,但氮磷含量较高 ,是导致昆承湖水体富营养化的重要原因。

d. 河道入湖污染 :昆承湖现有 15 条河流(图 1) 进出水 ,其中张家港河污染比较严重、且有航道穿湖而过 ,仅张家港一处的 COD_{Mn} 和 NH₃-N 年入湖量分

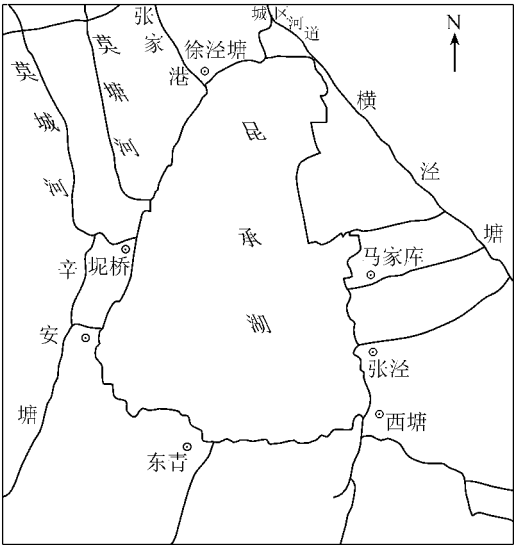


图 1 昆承湖水系

表 1 昆承湖沉积物成分

区划	厚度/cm	V(N)/%	V(P ₂ O ₅)/%	V(有机质)/%	V(有机碳)/%	ρ(Cu)/(mg·kg ⁻¹)	ρ(Zn)/(mg·kg ⁻¹)	ρ(Cd)/(mg·kg ⁻¹)	ρ(Cr)/(mg·kg ⁻¹)	ρ(Pb)/(mg·kg ⁻¹)
北部	20	0.15	0.43	2.63	1.52	123.59	788.50	3.22	115.12	57.00
中部	13	0.10	0.17	1.64	0.95	41.38	148.15	2.15	50.91	38.83
南部	9	0.08	0.17	0.92	0.54	36.29	124.86	2.41	44.43	35.65

别为 391t 和 39t ;另外还有一些河流直接连接市区及村镇 ,使得市区和一些村镇的污水、地表径流等通过河流进入湖泊内。

e. 围网养殖污染昆承湖的水产养殖以人工放养为主 ,天然优质渔业资源极度退化 ,人工放养与围网养殖严重破坏了湖泊原有的生物资源 ,对湖泊水质产生了比较严重的影响 ,养殖区的沉积物淤积明显高于其他区域 ,底泥黑臭。昆承湖内围网养殖面积达 0.551 3 km² ,每年向昆承湖输入氮 11.3 t、磷 1.6t ,因此 ,围网养殖污染也是昆承湖富营养化重要污染源之一。

3.3 昆承湖水环境质量现状

昆承湖湖区 18 个监测点中 ,ρ(TN)全部超过Ⅳ类水质标准^[6] ,平均值为 2.11 mg/L ;ρ(TP)有 17 个点超过Ⅳ类水质标准 ,平均值为 0.18 mg/L ;ρ(COD_{Mn})全部超过Ⅲ类水质标准 ,平均值为 7.34 mg/L ;ρ(NH₃-N)有 12 个断面超过Ⅲ类水质标准 ,平均值为 1.15 mg/L ;ρ(DO)和 pH 值全部达到Ⅲ类水质标准。除 ρ(DO)和除 ρ(COD_{Mn})北部湖区低于南部湖区外 ,北部湖区水体中 NH₃-N、TN、TP 质量浓度均高于南部湖区(表 2)。昆承湖整个水体都达到富营养或重富营养水平 ,北湖富营养化程度重于东南湖 ,东南湖重于西南湖。

表 2 昆承湖水环境监测数据

湖区	ρ(NH ₃ -N) (mg·L ⁻¹)	ρ(TN) (mg·L ⁻¹)	ρ(TP) (mg·L ⁻¹)	ρ(COD _{Mn}) (mg·L ⁻¹)	ρ(DO) (mg·L ⁻¹)	pH 值
北湖	1.27	2.21	0.191	6.94	6.58	7.85
湖西	1.06	2.1	0.183	7.79	8.12	7.86
南湖	1.11	2.03	0.164	7.29	7.31	7.84
平均	1.15	2.11	0.18	7.34	7.34	7.85

入湖河道的 ρ(TN)全部超过Ⅳ类水质标准 ,平均值为 1.99 mg/L ;ρ(TN)超过Ⅴ类水质标准的入湖河口共有 4 处 ,均值 2.24 mg/L ,按Ⅴ类水质标准评价 ,超标率 40%。入湖河道口的 ρ(TP)全部超过Ⅳ类水质标准 ,平均值为 0.166 mg/L。污染最严重的是位于湖西坭桥北的河口 ,超过Ⅴ类水质标准 0.26 倍。入湖河道的 ρ(NH₃-N)平均值为 0.78mg/L ,按照Ⅲ类水质标准评价 ,有 2 条河道入湖河口 ρ(NH₃-N)超标 ,超标率 20% ,西塘河入湖河口 ρ(NH₃-N)最高 ,超标 1.12 倍。入湖河道的 ρ(COD_{Mn})平均值为 6.7 mg/L ,按照Ⅲ类水质标准评价 ,ρ(COD_{Mn})有 7 条河道入湖河口超标 ,超标率 70% ,莫城镇坭桥北入湖河口 ρ(COD_{Mn})最高 ,超标 1.41 倍(表 3)。

4 昆承湖生态修复对策

昆承湖湖泊岸线约 22 km ,其中石砌护岸约达 16.4 km ,木桩护岸约 2.3 km ,自然岸线仅约 3.3 km ,

表 3 昆承湖入湖河道的水环境监测数据

河道	ρ(NH ₃ -N) (mg·L ⁻¹)	ρ(TN) (mg·L ⁻¹)	ρ(TP) (mg·L ⁻¹)	ρ(COD _{Mn}) (mg·L ⁻¹)	ρ(DO) (mg·L ⁻¹)	pH 值
坭 桥	0.93	2.32	0.12	6.86	3.61	7.7
辛安塘	0.67	1.71	0.16	8.31	5.45	7.9
东 青	1.07	2.17	0.21	4.08	3.70	7.6
西 塘	1.12	2.14	0.16	7.15	3.79	7.6
张 泾	0.95	1.91	0.21	7.75	5.91	7.9
马家库	0.65	1.77	0.15	6.99	7.35	8.4
马家库北	0.57	1.73	0.16	8.48	6.70	8.3
环 湖	0.90	2.33	0.12	5.83	5.15	7.9
徐泾港	0.43	1.94	0.12	5.50	5.69	7.4
坭桥北	0.54	1.92	0.25	6.10	3.20	7.2
平 均	0.78	1.99	0.17	6.71	5.06	7.79

湖滨带天然湿地完全退化。极少量水生植物只在湖泊岸边浅水区零星可见 ,物种有芦苇、水花生、茭草、金鱼藻、菹草等几种 ,生物多样性锐减。湖心区水质的一些主要指标比湖滨带、入湖河口差 ,表明湖泊内源污染负荷比较大 ,湖泊生态系统自净功能严重退化。

4.1 污染综合治理

根据昆承湖湖区水环境质量现状 ,严格控制点源污染排放 ,加强面源污染的控制与治理是昆承湖湖泊生态系统修复的基本条件。昆承湖的水环境保护和综合整治的重点应着眼于面源(非点源)污染和生活污水的控制与治理、入湖河道的科学清淤疏浚贯通、湖滨带及入湖河口强化净化区的生态建设等。湖区的水环境保护和综合整治重点包括围网养殖拆除及养殖结构调整、航运及船舶污染控制、现有围网养殖区局部清淤、湖区水生植被恢复及生态修复。

4.2 湖区养殖围网拆除

拆除湖区现有的围网(2005 年底已经全部完成) ,严禁湖区的围网养殖。将水产养殖集中在湖泊周边的鱼塘内。未来昆承湖的渔业生产应注重产品质量、控制数量 ,依靠优良的水质和优良的生态系统 ,科学合理地放养一些名贵珍稀鱼类以及适量的蟹、虾等 ,以天然饵料为基础 ,逐步让已经消失的珍稀名贵鱼类重新回到昆承湖。

4.3 清淤与湖盆形态修复

根据昆承湖沉积物淤积现状及污染程度以及生态修复的基本要求 ,在必要的区域适当清淤、修复湖盆形态。对沉积厚且污染严重的围网养殖区域进行疏浚 ,冬初春末为最佳施工期 ,做好淤泥安全处置和资源化利用工作 ,并对淤泥堆放及尾水处理均应按有关标准执行。在充分调查研究论证基础上 ,重点对北部湖区(尤其围网养殖区) ,东南局部湖区的淤泥进行清除。北部湖区清除的淤泥可以经过专门技术处理后 ,可利用肥沃的底泥种植观赏性陆生和

湿生植物。根据不同区域的淤积特点及修复目标,采取就近处理、就近堆积、就近修复的原则^[7]。

4.4 生态护坡与湖滨带湿地建设

对现有的石砌护岸的湖滨带,采用专门技术,结合岸线形态与陆地植被及景观特点,选用观赏性好、耐污性强的湿地植物,如水烛、鸢尾、美人蕉、雨久花、再力花、风车草、菖蒲、莲等,构建湖滨湿地。在现有的自然土质湖岸带,种植黑麦草、风车草、香根草、鸢尾、莎草等,自陆地向水体构建陆生向水生逐步过渡的草坪植被,适当配一些乔灌木的池杉、水杉、竹、迎春花等构建湖滨带湿地^[8]。

在湖水消落区种植芦苇、茭草、香蒲、莲等挺水植物,在湖水消落区以下种植浮叶植物和沉水植物。对于临近堤岸道路观光绿化区的湖岸地段,在植物种类选择和空间布局上充分考虑景观效应。既可消减面源污染,又可美化湖滨环境^[9]。

4.5 河口强化净化型湿地建设

针对昆承湖入湖河道对湖区水质尚存一定压力,而且绝大部分难以控制的面源污染主要通过入湖河道进入湖区,因此利用入湖河道及其入湖口的局部区域,构建强化净化型湿地,强化净化入湖河水中的污染物,对于减缓昆承湖湖泊生态系统的胁迫压力具有十分重要的作用。

4.6 湖区植被恢复与生态修复

目前昆承湖湖泊生态系统结构严重退化、功能基本丧失。必须根据生态学原理与方法,通过生态工程措施,重建湖泊生态系统的关键群落——水生植物群落,逐步完善湖泊生态系统的结构、恢复其应有的生态功能,维持生态系统平衡,改善和维护湖泊水环境质量^[10]。

湖区植被恢复重建是昆承湖湖泊生态环境质量改善的核心与关键,构建以水生高等植物为优势群落的湖泊生态系统,不仅是优良水质的保障,也是优美景观建设、生物多样性维持和重要渔业资源保护的基础。

在湖心区恢复以沉水植物为优势群落的水生植被。湖区水生植被的恢复以沉水植物苦草、菹草、黑藻、眼子菜、茨藻、莼菜、狐尾藻等为主^[11]。在消减和控制外源污染之后,根据湖区水环境状况和不同植物种群耐受限差异,逐步引种和恢复各种水生植物,并逐步建立时空镶嵌群落^[12]。

4.7 湖泊生态管理

建议设立昆承湖湖泊管理机构,协调环境、渔业、水利和交通等部门,完善管理制度,依法加强对昆承湖渔业、水环境和水生态的管理。为了最大限度保障渔民的利益和满足城乡居民食鱼的需要,湖

区的水产养殖全部退到湖外的鱼塘中,湖区内禁止围网养殖以及其他固定安置在湖区的捕鱼设施。通过旅游开发、水产养殖和水资源利用等经济手段,探讨昆承湖可持续发展和利用模式。建议建设湿地公园和旅游风景区,因水得景,借助景观要素(湖泊、河流和绿地等)构建集旅游、休憩、娱乐、教育为一体的自然生态区。

参考文献:

- [1] 王洪道.中国湖泊资源[M].北京:科学出版社,1989.
- [2] 刘连成.中国湖泊富营养化的现状分析[J].灾害学,1997,12(3):61-65.
- [3] 舒金华.我国主要湖泊富营养化程度的评价[J].海洋与湖沼,1993,24(6):616-620.
- [4] 劳家桢.土壤农化分析手册[M].北京:农业出版社,1998:229-273.
- [5] 魏复盛.水和废水监测分析方法[M].北京:中国环境科学出版社,1998.
- [6] 全国主要湖泊水库富营养化调查研究课题组.湖泊富营养化调查规范[M].北京:中国环境科学出版社,1987.
- [7] 洪祖善,何品晶.受污染底泥易地处理处置技术[J].上海环境科学,2002,21(4):233-236.
- [8] 成水平,吴振斌,况琪军.人工湿地植物研究[J].湖泊科学,2002,14(2):179-184.
- [9] 刘文祥.人工湿地在农业面源污染控制中的应用研究[J].环境科学研究,1997,10(4):15-19.
- [10] 濮培民,王国祥,李正魁,等.健康水生态的退化及其修复——理论、技术及应用[J].湖泊科学,2001,13(3):193-203.
- [11] 李英杰,许秋瑾,金相灿,等.湖泊水生植被恢复物种选择及群落配置分析[J].环境污染治理技术与设备,2004,5(8):23-26.
- [12] 王海珍,陈德辉,王全喜,等.水生植被对富营养化湖泊生态恢复的作用[J].自然杂志,2001,24(1):33-36.

(收稿日期 2006-02-22 编辑 高渭文)

