

太湖渔洋山水源地近岸生态修复工程探索

赵永生¹, 黄 彬², 梁家成³, 贡瑞金³

(1. 苏州市吴中区水务局, 江苏 苏州 215100; 2. 苏州常发咨询有限公司, 江苏 苏州 215104;
3. 苏州中晟环境修复有限公司, 江苏 苏州 215100)

摘要:从江苏省苏州太湖渔洋山水源地饮用水水源保护区的实际情况出发,分析水源地现状问题,研究确立水源地近岸生态修复措施,建设风浪削减和蓝藻拦截、鱼贝螺控藻引导水下生态修复工程、水下森林生态修复工程和长效管理等措施,确保饮用水水源地水质达标和长效安全。

关键词:饮用水; 水源地; 保护区; 生态修复; 太湖

中图分类号:TV853 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2024)04-0031-0005

Exploration of nearshore ecological restoration project in Yuyang Mountain water source area of Taihu Lakes

ZHAO Yongsheng¹, HUANG Bin², LIANG Jiacheng³, GONG Ruijin³

(1. Wuzhong Water Affairs Bureau of Suzhou, Suzhou 215100, China;
2. Suzhou Changfa Consulting Co., Ltd., Suzhou 215104, China;
3. Suzhou Zhongsheng Environmental Remediation Co., Ltd., Suzhou 215100, China)

Abstract: Starting from the actual situation of the drinking water source protected area of Yueyang Mountain water source of Suzhou Taihu Lake in Jiangsu Province, the current problems of the water source are analyzed, the near-shore ecological restoration measures of the water source are studied and established. The wind wave reduction and cyanobacteria interception are constructed, the underwater ecological restoration project by snails and long-lasting management and other measures are used to ensure that the water quality of the drinking water source are is up to the standard and the long-lasting safety.

Key words: drinking water; water source area; protected area; ecological restoration; Taihu Lake

集中式饮用水水源地环境保护至关重要,直接关系到饮水安全和人民的身体健康。根据《全国集中式饮用水水源地环境保护专项行动方案》要求,苏州太湖渔洋山水源地在划定饮用水水源保护区、设立保护区边界标志的基础上,针对保护区内环境问题,以“减磷控氮”为重点,科学系统推进水污染

治理、水资源调配、水生态修复等各项工作,建设水源地近岸生态修复工程,通过风浪削减和蓝藻拦截、鱼贝螺控藻引导水下生态修复工程、水下森林生态修复工程和长效管理等措施,确保饮用水水源地水质得到改善,努力提高饮用水水源环境安全保障水平。

收稿日期: 2024-02-06

作者简介: 赵永生(1971—),男,工程师,本科,主要研究方向水资源利用与管理。E-mail:1050423167@qq.com

通信作者: 贡瑞金,男,高级工程师,主要研究方向水环境治理。E-mail:394006826@qq.com

1 工程概况

1.1 水源地现状

太湖水源地主要分布在贡湖、梅梁湖、胥湖及东太湖,其中苏州市的主要水源地有贡湖金墅湾水源地、太湖镇湖水源地、太湖渔洋山水源地、太湖寺前水源地、太湖庙港水源地、太湖北亭子港水源地。渔洋山水源地位于太湖东部湖区,其中一级保护区0.87 km²,二级保护区17.01 km²。

渔洋山水源地共设置2个取水口,分别是胥江水厂1#取水口(离岸较近)和新区一水厂2#取水口,1#取水口距岸边580 m,2#取水口距岸边655 m,取水口的具体位置见表1。

表1 太湖渔洋山水源地取水口位置

名称	取水厂名称	取水口编号	水源取水口位置	
			中心经度(E)	中心纬度(N)
渔洋山水源地	胥江水厂	1#	120°21'26"	31°13'5"
	新区一水厂	2#	120°21'23"	31°13'4"

30 m³/d,新区一厂15万 m³/d。据生态环境部门水质监测数据所示,太湖重要水源地高锰酸盐指数、氨氮类均达标,但总磷仍有波动。

1.2.2 水生态问题

根据《太湖健康状况报告》,太湖沉水植物出现频次较好的种类春季主要为菹草和穗花狐尾藻,夏季为穗花狐尾藻、苦草和金鱼藻。

经现场勘查,渔洋山水源地水生态信息基本与《太湖健康状况报告》一致。在水陆交错带,有少许芦苇,过渡性较差;沉水植物仅在部分区域近岸8~20 m范围内分布,且种类较少,有菹草、穗花狐尾藻、苦草及金鱼藻;底栖动物主要有比较耐污的种类,如摇蚊、水丝蚓,且分布极不均匀,湖边石头及芦苇周边可见螺丝,但敞水区底泥中未发现螺丝;浮游植物以蓝藻为主,且密度较高;浮游动物品种和数量较少。

1.2.3 蓝藻问题

2007年太湖发生供水危机后,各级政府采取综合措施全力治理太湖,太湖水环境得到改善,水功能区达标率从2007年的22.5%提升为2023年的58.3%,但太湖和入湖河道蓝藻生长繁殖的营养基础仍存在。

1.2.4 风浪问题

风浪是由风作用于湖面所产生的一种水质点

一级保护区:2个水厂取水口向四周外延500 m区域0.87 km²,二级保护区17.01 km²。

二级保护区:水域范围:一级保护区外,外延2 000 m的水域范围;陆域范围:二级保护区对应的海岸水域和下游坡脚100 m外的陆域范围。

准保护区:二级保护区以外,外延1 000 m的区域。

1.2 存在问题

1.2.1 水量及水质问题

太湖流域面积3.69万 km²,行政区划分属江苏省、浙江省、安徽省和上海市三省一市。近年来,太湖流域人口增长趋势变缓,经济社会保持高质量发展,但流域人均水资源量低于全国平均水平。渔洋山水源地最大取水规模为45万 m³/d,其中胥江水厂

周期性起伏运动,风浪所引起水体的垂直紊动对水体理化性质的分布、污染物迁移扩散、底泥掀起、浮游生物的迁移等均造成一定影响。太湖平均水深1.89 m,是典型的平原浅水湖泊,遇大风天气,特别是在台风期间,湖底污泥被风浪掀起,湖区浑浊度增大,加速底泥中污染物质释放,严重影响水源地水质。

根据逐日风向、风速及源水浑浊度资料,对取水口月平均浑浊度、最大日浑浊度以及对应日风向、风速进行分析,结果见图1。

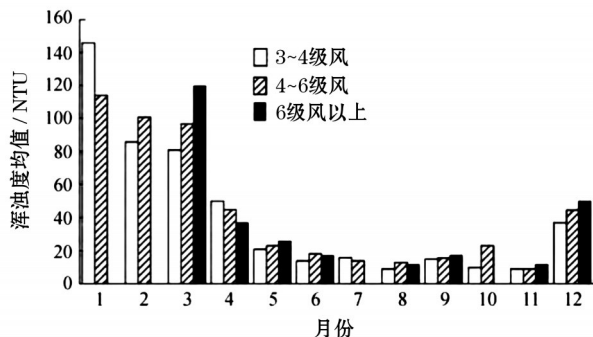


图1 各月浑浊度均值与风速关系

当风速为3~4级时,浑浊度年均值为40 NTU;当风速为4~6级时,浑浊度年均值为43 NTU;当风速大于6级时,浑浊度年均值为46 NTU。由此可

见,太湖浑浊度随风速的增加而增加。

太湖地区夏季(6—8月)主导风向为东南风,冬季(12月至次年2月)主导风向为西北风。渔洋山位于东南-西北轴上,周边也无构筑物遮挡,处于风口浪尖,该区域年平均风速为4.38 m/s,一年约有107 d 风速 ≥ 5 m/s,底泥泥沙容易大幅度悬浮。各月水质指标均值与风速关系如图2。

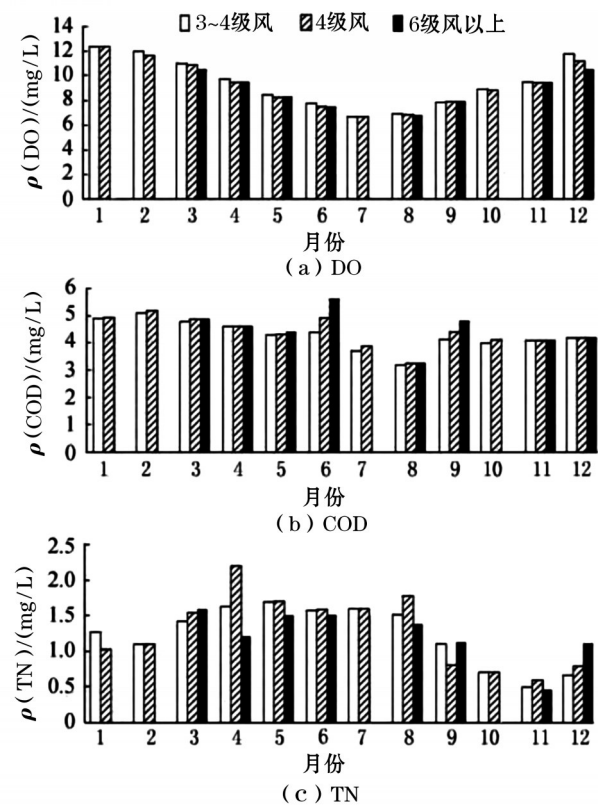


图2 水质指标均值与风速关系

由图2可知,部分水质指标浓度与风速具有相关关系,随着风速的增加,DO的质量浓度呈现降低的趋势,全年DO质量浓度呈现冬季偏高而夏季偏低的规律;COD质量浓度随着风速的增加有一定程度增加,全年呈现出冬季偏高而夏季偏低的规律;TN质量浓度与风速相关关系不明显,全年呈现夏季偏高而冬季偏低的规律。

2 工程治理

2.1 治理目标

构建可持续发展的水生态系统,营造山水林田湖草相互融合的理想空间,打造“美丽幸福新天堂”。到2030年,地表水水质优良比例达到75%以上,集中式饮用水水源水质达到或优于Ⅲ类比例总体达到100%。

2.2 生态系统属性指标

具体治理生态系统属性目标见表2。

2.3 技术路线

针对渔洋山水源地的特点,围绕水环境全面改善、水生态修复,按照“目标引领-问题导向-精准施策-科学管护”,提出“水环境改善、草型生态系统构建、预测预警、长效管理”体系建设方案,通过消除风浪,减少水体中的悬浮物,净化水质,同时减少风浪对水生植物(漂浮植物和浮叶植物)的物理损伤^[1];通过鱼贝螺控藻系统及导流门系统,形成食物链,恢复沉水植物,发挥沉水植物对营养物质的吸收净化效果,改善水体水质;通过开展水下森林生态修复,构建恢复近岸区草型生态系统。

2.4 工程范围及内容

渔洋山水源地近岸生态修复工程在渔洋山水源地东部一级保护区范围内离岸120 m,一级保护区范围外北侧离岸50 m,南侧离岸100 m,工程建设涉及范围面积约12万m²。具体内容包括:风浪削减和蓝藻拦截工程,鱼贝螺控藻引导水下生态修复工程,水下森林生态修复工程、水生态系统修复工程等。工程设计范围详见图3。

3 工程设计布局

3.1 风浪削减、蓝藻拦截工程

太湖是典型的平原浅水湖泊,遇大风天气,特别是在台风期间,湖底污泥被风浪掀起,湖区浑浊度增大,加速底泥中污染物质释放,严重影响水源地水质。通过漂浮消浪蓝藻系统、拦鱼网、生态拦

表2 生态系统属性指标

指标	现状	工程结束时标准	维护结束时指标
植物覆盖度	植物较少	沉水植物覆盖率>40%	沉水植物覆盖率>40%
物种多样性	物种较单薄	水生动植物种类显著增加	水生动植物种类丰富、稳定
透明度	0.4 m~0.6 m	提升至0.8 m	提升至0.8 m~1.0 m
底栖生物完整性	物种较单薄	种类显著增加	主要为大型底栖生物
生态系统稳定性	薄弱	食物网复杂,生态系统稳定	食物网复杂化,生态系统稳定

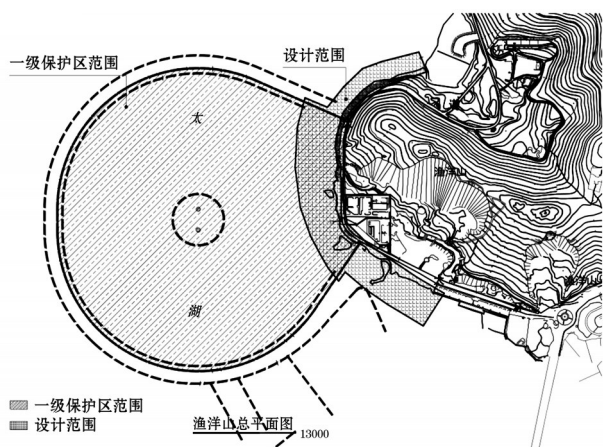


图3 工程设计范围

网系统等建设,可有效改善水源地生态环境。

消浪技术主要有桩式消浪技术、植物消浪技术、浮式消浪技术、筏式消浪技术等。针对本工程,重点考虑水源地的生态性,并结合拦藻需求,方案采用漂浮消浪蓝藻系统:由橡胶围隔、生态围隔、拦鱼网、生态拦网系统组成。其中橡胶围隔1 790 m,生态围隔980 m,生态拦网2 305 m,导流围隔20 m,拦鱼网1 900 m。详见图4。

(1)拦鱼网设置。主要目的是防止鱼类通过,阻止外围杂鱼进入,拦鱼网设在最外围。

(2)橡胶围隔、生态围隔。主要对于渔洋山水源地风浪进行削减,以利于初期水生植物顺利恢复,消浪带两侧水体可以相互交换。生态围隔布设在橡胶围隔内侧,与橡胶围隔间距5~10 m,进一步削减风浪。

(3)生态拦网系统。生态拦网由生物基网组成,将实施区域分成约5 000 m²单元,主要作用是进一步拦截内部风浪,提升水体透明度。

3.2 生态控藻工程

针对蓝藻滋生问题,本项目采用鱼贝螺控藻系统进行处理,通过鱼类、贝螺类水生动物的滤食作用,对蓝藻进行处理,环保无污染,对水源地供水安全无影响。针对两端容易聚集蓝藻的问题,本项目采用鱼贝螺控藻系统进行处理,主要通过鱼类、贝螺类水生动物的滤食作用对蓝藻进行处理^[2]。

除了上述生态控藻(鱼类控藻,贝类控藻)技术外,为遏制在蓝藻水华暴发时期出现大规模的蓝藻堆积,考虑备用机械除藻技术,即利用机械收藻船安装的表层水华吸藻器收获富藻水,再用重力斜筛脱水成藻浆。

3.3 水生植物群落构建工程

本工程以自然生态系统为根本,构建“水下森林”为主体的水下世界,并通过选择强效净化型和景观型的水草,使水下植物保持四季常绿、高低错落,使之生物量能够平衡,达到与藻类进行竞争与共生的关系,最终恢复草型生态系统,提高水体的自净能力和景观效果,保持较好长效水质。

水生植物种类众多,根据不同外形特征和内在价值应用于不同的河流生态修复工程。沉水植物^[3]金鱼藻和微齿眼子菜化感作用能力较强,用于水华治理工程,铜绿微囊藻暴发的水体常使用金鱼藻和水毛茛;挺水植物芦苇和浮水植物凤眼莲等对总氮、总磷、BOD₅有较好的去除效果,用于富营养化水体

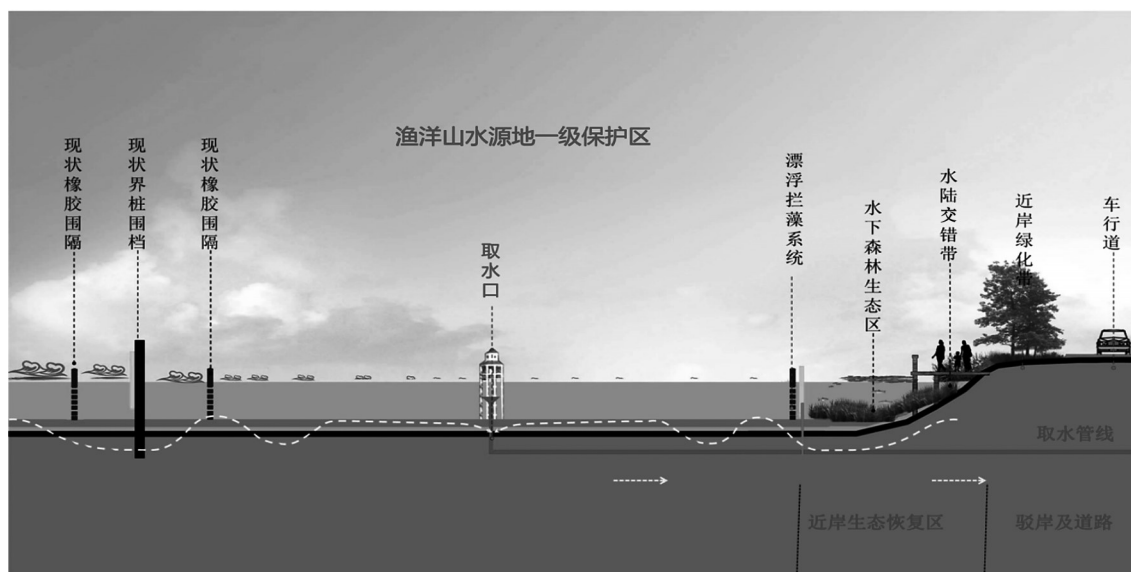


图4 风浪削减、蓝藻拦截示意

修复;沉水植物如轮藻、篦齿眼子菜等比挺水植物和浮水植物具有更高的重金属富集系数,用于重金属污染严重的河流、湖库;鸢尾、黄菖蒲等挺水植物花期较长,花朵艳丽,用于河湖景观的修复。由于水生植物的修复功能及外形特征的多样性,进行生态修复时,水生植物群落具有多样化的选择和搭配模式。

水深、温度、光照、水体环境等因子是水生植物生长的必要条件,生态修复效果与这些环境因子关系密切,且互相影响。

本工程沉水植物主要以苦草、微齿眼子菜、黑藻、伊乐藻、马来眼子菜、穗花狐尾藻等为主的优势种群落,浮叶植物选用睡莲,挺水植物以芦苇、香蒲、再力花、美人蕉为主,使之生物量能够平衡,形成与藻类进行竞争与共生的关系,最终恢复草型生态系统,提高水体的自净能力和景观效果。

本工程沉水植物种植6类,117 947 m²;浮叶植物种植1类,25 m²;挺水植物种植4类,1 115 m²;合计:119 087 m²。

3.4 水生动物群落优化工程

水生动物包括鱼类(构建食物网)、底栖动物^[4-5]、虾类及滤食性浮游动物。通过滤食浮游藻类,有效控制蓝藻水华;氮磷通过藻类营养级转化,进而达到净化水质的目的。

依据完善生物链、优化水生动物群落原则,考虑本水源地的特征,兼顾生态效应,拟定鱼类为白鲢。水生底栖动物对水体起着过滤器和沉淀器的作用,可以捕食底质中大量的有机质及腐败的水生植物残体等,大幅度降低底质中有机质含量及营养物质的释放。拟定底栖动物种类为环棱螺、三角蚌。

本工程投放白鲢223 kg,环棱螺36 372 kg,三角蚌29 098 kg。

3.5 长效管理

完善水环境监测网络和监测体系,查缺补漏,优化水质监测断面布局,通过对鱼类群落结构、水生植物群落、底栖生物群落优化调控、围隔消浪系统日常维护等,使生态系统结构合理、健康,充分发挥作用,稳定长效运行。对挺水、沉水和浮叶植物,加强巡查,及时修剪枯黄、枯死和倒伏植株,及时清理近岸带挺水植物周围的杂物,并进行相应的补

种,当植物有严重病虫害时,应撤出后再喷洒杀虫剂;对鱼类群落,根据生态水体状况和鱼类群落结构,及时调整,杜绝外来入侵物种;对底栖动物,严格控制螺类的生物量,建设初期杜绝投放,待生态系统趋于稳定、群落结构相对完善后,可适当投放鱼类以增加水体生物多样性。

与此同时,建立快速、高效、准确的动态水质信息传递与管理体系,提高对突发性事故调查、监测和应急处理的能力。

4 效益分析

目前工程已经实施,效益已经显现。

(1)防洪效益。本工程完善堤防防洪体系,保证堤防达到设计防洪标准,给沿岸工农业生产及人民生活带来巨大的安全感。

(2)景观效益。工程建成后,近岸景观形成,将整治好的近岸景观引入整体景观之中,形成水乡特色风貌,为居民提供一个环境优美的娱乐、晨练和小憩休闲场所。

(3)生态环境效益。本项水源地生态修复工程的生态环境效益包括局部空气净化,环境美化,涵养水源,保护生物多样性,使水源地的水量水质安全得到有效保障,环境效益明显大于环境损失,净现值大于0,效益损失比大于1。

参考文献:

- [1] 王东胜,谭红武. 人类活动对河流生态系统的影响[J]. 科学技术与工程,2004,4(4):209-301.
- [2] 戴小琳,傅铁. 湖泊湿地修复工程应注意的问题及对策措施[J]. 人民长江,2011,42(15):69-72.
- [3] 张松贺,王佳阳,牟小颖,等. 不同水体沉水植物叶面微生物群落特征[J]. 河海大学学报(自然科学版),2022,50(6):66-74.
- [4] 张丰搏,胡鹏,闫龙,等. 南水北调西线工程上线水源区大型底栖动物群落结构及环境驱动因子[J]. 水资源保护,2024,40(1):135-141.
- [5] 常留红,章富君,王瀚锐,等. 梯形透空丁坝局部冲淤演变对底栖动物群落的影响[J]. 水资源保护,2023,39(5):170-177.