

人工湿地改善长江水体透明度的示范研究

曹 昀^{1,3} 王 国 祥² 黄 齐⁴

(1. 江西师范大学 地理与环境学院, 江西 南昌 330027; 2. 南京师范大学 地理科学学院, 江苏 南京 210046; 3. 江西师范大学 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室, 江西 南昌 330027; 4. 江西省山江湖开发治理委员会办公室, 江西 南昌 330046)

摘要:根据自然水体湿生植物、浮叶植物以及沉水植物的空间分布规律,利用水生高等植物构建由挺水植物、浮叶植物到沉水植物的野外示范研究区(面积9 048 m²),模拟长江潮汐规律每天调长江水(浊度77.62 NTU,透明度17.6 cm)4 320 m³流经试验区,进行长江水体透明度改善试验。试验共进行100 h,进水量18 000 m³,试验区平均水力负荷0.477 5 m/d。结果表明:①人工湿地对长江水体透明度的改善与维持具有重要作用,试验水体流经串连湿地系统后浊度降低为9.47 NTU(减小88%),透明度提高到64.5 cm(提高2.66倍);②湿地植物对长江水体N、P等元素具有良好的净化作用;③由挺水、浮叶、沉水等水生高等植物组成的串连湿地系统对改善长江水体透明度和降低水体浊度具有良好的效果,是长江水体透明度和水质改善的重要措施之一。

关键词:人工湿地; 长江水体; 透明度; 示范

中图分类号: X171 **文献标识码:** A

水陆交错带的湿生植物对地表径流中的悬浮物颗粒的过滤去除以及沉水植物对悬浮物再悬浮的抑制是改善水体透明度的重要因素。河湖岸边湿地消失以及内部生态系统退化、水体混浊、透明度下降已经成为严重的水环境问题,影响到河流和景观水体的生态结构和功能。水体透明度反映的是太阳光线在水中的透射深度,而太阳辐射在水下的传输和分布主要受制于4种物质,即非生物悬浮颗粒、浮游植物、溶解性有机物和纯水。水体中悬浮物的存在,会增加光辐射的衰减,从而降低水体透明度。

随着人口的激增和工农业生产的发展,河流湖泊生态系统,特别是岸边带生态系统受人类活动的干扰而严重退化,世界20%以上的河岸带植被已不复存在,剩余部分也在极迅速的消失^[1]。Whigham^[2]认为:湿地的损失及其生物多样性和生态系统功能降低的两个主要原因之一是河岸带不断遭到破坏,致使生物多样性减少、湿地环境发生变化以及使湿地作为重要的景观价值能力降低。退化河岸带往往造成岸边带植被消失、深水区植被退化、水体混浊、水质恶化。

恢复沉水植物群落的最基本的要求之一就是提高水体的透明度。当水体透明度很低,水下光场条件无法满足水生植物生长时,水生植物因光合作用受阻而不能成活。已有研究表明人工湿地系统可以有效控制长江泥沙^[3]。本文通过构建人工湿地系统,利用湿地植物对悬浮物颗粒较多的长江水进行水体透明度改善方面的示范研究,对实验室研究结果^[4~6]进行验证,也

是规模治理浊度高、透明度低水体的尝试,旨在为以长江、黄河等高浓度悬浮物颗粒、透明度较差水体为补给的湖泊和水库生态修复提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 试验区建设

试验地点位于江苏省镇江市内江(长江汉道)北岸的征润洲,试验区面积9 048 m²,水深从0.5 m到3.0 m均匀变化。2005年5~7月分别引种挺水植物4 888 m²(94 m×52 m),主要包括芦苇、菰、水蓼、香蒲等;浮叶植物1 040 m²(20 m×52 m),主要包括水鳖、菱、莲等;沉水植物3 120 m²(60 m×52 m),主要包括狐尾藻、金鱼藻、眼子菜、苦草、茨藻等。植物引种过程中,每天测定水体透明度变化,并在植被恢复前期、中期、后期分别采集水样,现场测定水温、DO、pH、TDS等,实验室用Skalar水质流动分析仪(荷兰)测定TN、NH₃-N、TP等。

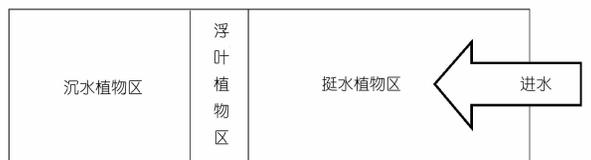


图1 人工湿地的构建示意

收稿日期:2008-10-27

基金项目:国家“十五”重大科技研究专项(863)计划(2003AA601100-2)

作者简介:曹 昀,男,江西师范大学地理与环境学院,副教授,博士。

1.2 调水试验研究

2005年9月,模拟长江潮汐规律(两进两出)平均每天调4 320 m³的江水(平均浊度 77.62 NTU,透明度 17.6 cm)流经试验区,试验共进行 100 h,进水量 18 000 m³,试验区平均水力负荷 0.477 5 m/d。每天两次现场采样测定试验系统中不同断面水体浊度(HACH 公司 2100P 浊度仪)和透明度变化。调水试验结束后,继续监测试验水体浊度及透明度变化 10 d。

2 结果与分析

2.1 植物修复对示范区水环境质量的影

植物修复后监测现场试验区水质状况,并与长江水体做了对比研究,植物修复前试验区的 NH₃-N、TN、TP 都高于长江水体。植物修复过程中试验水体的 N、P 浓度等明显下降,其中 TN、TP 下降明显,6月14日的监测结果低于长江水体。植物修复后期,试验区水体的 NH₃-N、TN、TP 都明显低于长江水体。植物的修复及生长,可以对水体中的 N、P 等营养物质吸收利用,降低了水体中的营养盐浓度,提高了水环境质量(表 1)。

表 1 植物修复过程中试验区水质变化

日期	地点	NH ₃ -N/ (mg·L ⁻¹)	TN/ (mg·L ⁻¹)	TP/ (mg·L ⁻¹)	T/ ℃	DO/ (mg·L ⁻¹)	pH	TDS
5月30日	试验区	0.248	3.009	0.328	23.2	8.42	8.3	249
	长江	0.063	2.239	0.097	23.7	6.74	8.2	128
6月14日	试验区	0.064	0.662	0.070	26.4	9.01	8.2	192
	长江	0.036	1.726	0.111	25.4	3.70	8.1	146
7月4日	试验区	0.017	0.441	0.054	30.6	6.55	8.3	214
	长江	0.022	1.462	0.066	29.9	5.31	7.8	148

2.2 同类型水生高等植物对长江水体透明度的影响

(1) 挺水植物对水体浊度和透明度的影响。试验期间挺水植物带对长江水体透明度具有非常显著的改善效果。监测结果显示:输入示范区的水体平均浊度为 77.62 NTU,而流出挺水植物区水体平均浊度为 17.85 NTU(降低 77%);输入示范区的水体平均透明度为 17.6 cm,而流出挺水植物区水体的平均透明度为 51.5 cm(提高 193%)。试验过程中监测的挺水植物区出水口断面水体平均浊度随进水时间有波动(图 2),但总体浊度显著低于输入的水体浊度。随滞留时间的延长,挺水植物对改善水体透明度的效果愈加显著,滞留时间 100 h 后的水体浊度为 11.16 NTU,透明度为 60.5 cm(图 3)。

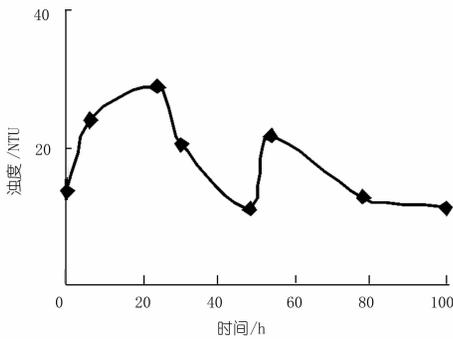


图 2 挺水植物区出水浊度

(2) 浮叶植物对水体浊度和透明度的影响。挟沙水体流出挺水植物群落便进入浮叶植物区,悬浮泥沙颗粒物大部分已经

沉降在挺水植物区域,浓度显著降低,浊度与透明度改善,流入浮叶植物区水体平均浊度为 17.85 NTU,透明度为 51.5 cm。流出浮叶植物区的水体浊度相对较低而且稳定,流出浮叶植物以后水体浊度降低为 10.29 NTU(降低 42%),透明度提高到 62.9 cm(提高 22%)。浮叶植物区面积为挺水植物区面积的 1/5 左右,虽然进入浮叶植物区的水体透明度较好,但单位面积上的悬浮物压力仍较大,随时间延长,浮叶植物区域水体透明度也逐步增加,滞留 100 h 后的透明度达到 67.0 cm(图 4,5)。

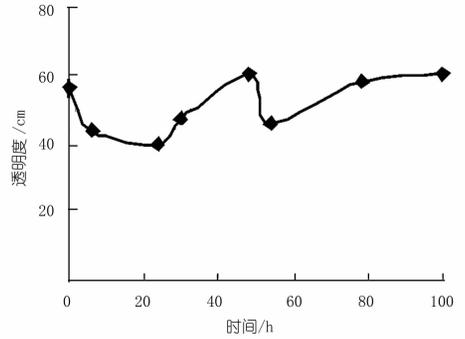


图 3 挺水植物区出透明度

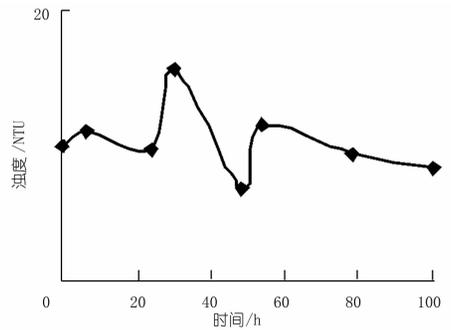


图 4 浮叶植物区出水浊度

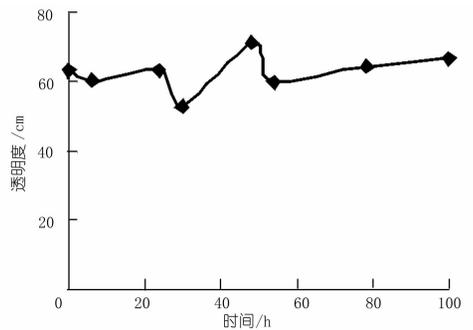


图 5 浮叶植物区出水透明度

(3) 沉水植物对水体浊度和透明度的影响。试验水体流出浮叶植物区以后浊度降低为 10.29 NTU,透明度为 62.9 cm,流经沉水植物群落后浊度为 9.47 NTU,透明度提高到 64.5 cm(图 6)。试验水体进入沉水植物区域的悬浮物颗粒含量很低,因而沉水植物区的透明度稳定维持在 63.9 cm 以上,沉水植物区的水体浊度在滞留 100 h 后为 9.47 NTU,明显低于挺水和浮叶植物区(图 7)。

3 结论

挺水植物、浮叶植物可以对长江水体悬浮物颗粒起到吸附过滤作用。挺水植物主要利用水面以下的茎或叶对水流的阻尼作用,改变水的流速,促进悬浮物颗粒沉降,改善水体透明度;浮叶植物对悬浮物颗粒的去除主要依靠茎上发达的须根的过滤吸附作用。沉水植物对已经通过挺水植物和浮叶植物而不能去除的悬浮物颗粒进一步净化,抑制悬浮物颗粒的再悬浮,对水生生态系统的稳定有十分重要的作用。

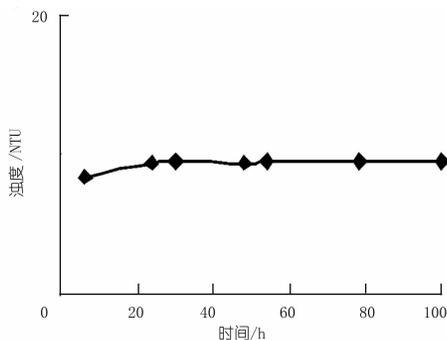


图 6 挺水植物区出水浊度

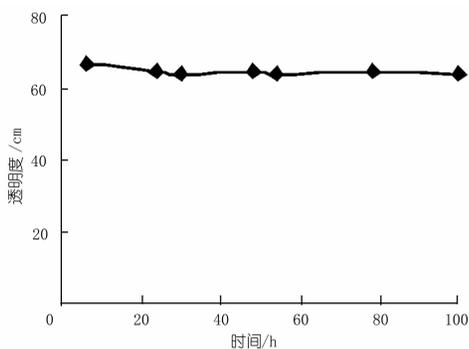


图 7 沉水植物区出水透明度

湿地植物可降低水体悬浮物颗粒含量,减小水体浊度,提高水体透明度。挺水植物在水体浊度较高的入水区域,进入挺水植物区的长江水体平均透明度为 17.6 cm,而流出挺水植物区的水体平均透明度为 51.5 cm,提高了 193%,试验 100 h 后的水体浊度为 11.16 NTU,透明度为 60.5 cm。所以挺水植物为改善水体透明度起到了很大的作用,加之其植株的大部分生长在水面以上,透明度差不会对其生长发育有明显的影 响,所以要安排在示范研究区的入水口,起先锋作用。输入浮叶植物区水的平均透明度为 51.5 cm,而流出浮叶植物区的水体平均透明度为 62.9 cm,提高了 22%。输入沉水植物区水体平均透明度为 62.9 cm,而流出沉水植物区的水体平均透明度为 64.5 cm,提高了 2.5%。由于试验水体流经挺水植物区和浮叶植物区,沉水植物区对水体透明度改善的空间不大,但沉水植物区的水体透明度稳定维持在 63.9 cm 以上,明显高于挺水和浮叶植物区(图 7)。

试验结果充分验证了由挺水、浮叶、沉水等水生高等植物组成的串连湿地系统对降低水体悬浮物颗粒和提高水体透明度的效果明显,试验水体流经串连湿地系统后浊度降低为 9.47 NTU (减小 88%),透明度提高到 64.5 cm (提高 2.66 倍)。但需要合理配置“挺水—浮叶—沉水”植物串联系统,要根据湿地的大小和性质合理调水,既要保证过滤去除水体悬浮物颗粒的目的,也要保证湿地植物的正常生长和人工湿地的健康运行。因此人工湿地在长江泥沙控制与水质改善上具有较好的可应用性,是改善长江水体透明度和水质的重要措施之一。

参考文献:

- [1] Naiman R J, Decamps H, Pollock M. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecology* 1993, (3): 309-212.
- [2] Whigham D F. Ecological issues related to wetland preservation, restoration, creation and assessment. *The Science of the Total Environment*, 1999, 240: 31-40.
- [3] 曹昀,王国祥. 利用湿地植物控制长江泥沙的示范研究. *华中师范大学学报*, 2007, 41(4): 41-45.
- [4] 曹昀,王国祥. 水生高等植物对悬浮泥沙的去除研究. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(3): 340-344.
- [5] 曹昀,王国祥. 人工湿地对水体悬浮泥沙的影响. *水土保持学报*, 2007, 21(5): 133-136.
- [6] 曹昀,王国祥. 冬季菹草对悬浮泥沙的影响. *生态与农村环境学报*, 2007, 23(1): 54-56.

(编辑:常汉生)

(上接第 80 页)

定点测流成果中,左岸流量为 $-3.07 \text{ m}^3/\text{s}$,右岸流量为 $-3.15 \text{ m}^3/\text{s}$,总流量为 $124 \text{ m}^3/\text{s}$;走航测流成果见图 3,左岸流量为 $-3.065 \text{ m}^3/\text{s}$,右岸流量为 $-3.882 \text{ m}^3/\text{s}$,总流量为 $123.48 \text{ m}^3/\text{s}$ 。两种测量方法结果接近,说明可以用定点测流代替走航测流方法。这就说明,可以采用 ADCP 定点测流方法解决北方冬季测流问题。

4 结语

ADCP 定点测流方法,克服了水文测量工作中库区复杂流况测验的难题,而当用于 100 多米水深、流速接近于零的情况下

测流时,ADCP 要比传统的机械式流速流向仪更具有优越性。实践证明,ADCP 在复杂流况观测中比传统的机械式流速流向仪可达到更好的效果。最关键的是,定点测流方法解决了北方河流冬季无法走航的问题。

参考文献:

- [1] GB50179-93 河流流量测验规范.
- [2] SL337-2006 声学多普勒流量测验规范.
- [3] 长江委水文局水文监测技术规定. 走航式声学多普勒流速剖面仪河流流量测验技术指南. 武汉:长江水利委员会水文局. 2005.

(编辑:刘忠清)