

# 植物在扬州市古运河水生态修复中的技术研究

季暑月

(扬州市水利局, 江苏 扬州 225001)

**摘要:** 扬州市古运河整治工程是全国中小河流治理项目, 为保障古运河水环境, 在防洪减灾工程体系建成的基本条件下, 通过在迎水坡、堤顶种植多种植物, 研究各种植物对水体的净化能力和对水土流失的影响, 分析水里溶解氧、氨氮、高锰酸盐和总磷浓度的变化, 分析水质中重金属吸附作用的变化, 和对水土流失治理的影响, 从而得出植物对水质改善有效的基本理论, 提出水生态修复的长效机制和水土流失治理的方法。种植植物具有成本低、能耗小、没有二次污染的优点, 对水生态修复效果显著, 且投资相对较少、后期管理简单, 非常适合老河道污染水体的修复。

**关键词:** 古运河; 植物; 水生态修复; 技术研究

**中图分类号:** X171.4

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1007-7839 (2017) 05-0012-04

## Study on the technology of plant in water ecological restoration of ancient canal in Yangzhou

Ji Shuyue

(Yangzhou Water Conservancy Bureau, Yangzhou 225001, Jiangsu)

**Abstract:** The ancient canal project in Yangzhou city is a national medium and small rivers governance project. For the protection of ancient canal water environment, in the basic conditions to build disaster flood control engineering system, through planting a variety of plants on the upstream slope and levee crest, the purification ability and the effects on soil and water loss by plants are studied. Changes of dissolved oxygen, ammonia nitrogen, analysis permanganate and TP concentration in water, change of adsorption of heavy metals in water, and the effect of soil and water conservation is analyzed, so that the basic theory of plant to improve water quality is put forward. Long effect mechanism of water ecological restoration and method of soil and water loss control is proposed. Growing plant has the advantages of low cost, low energy consumption, no second pollution. It has a significant effect on water ecological restoration, relatively less investment and simple management, which is suitable for the repair of polluted water.

**Key words:** ancient canal; plant; water ecological restoration; technical study

### 1 概况

古运河是扬州城的“母亲河”, 是中国最早的人工河——“邗沟”历经千年变迁后的遗存, 是上世纪五十年代京杭大运河扬州城区段改道开挖后

全国保留最为完好的京杭大运河, 现仍是“沟通江淮”、肩负区域引、排、航任务的骨干河道。2014年7月申遗成功, 成为世界历史文化遗产。古运河东起京杭运河, 蜿蜒穿过城区, 南至瓜洲入江, 全长 29.3 km。古运河现状河底高程 0.0 ~ 0.5 m, 底

收稿日期: 2017-02-14

作者简介: 季暑月 (1970-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事水利工程建设管理工作。

宽 15 ~ 20 m, 河口宽 40 ~ 120 m, 古运河常水位 4.5 ~ 5.0 m, 历史最高水位 6.725 m, 最大排水流量达 311 m<sup>3</sup>/s。目前古运河北有扬州闸, 南有瓜洲闸, 西有仪扬河闸, 闸内河段不再直接承受江淮洪水和仪邗山洪威胁, 是扬州主城区的主要排涝河道。

扬州市古运河经过几十年的运行, 岸坡坍塌破损严重, 河道淤积很深, 水质恶化, 沿线老百姓多次反映水质太差, 政府只能通过不停地换水来暂时改变水质; 每年汛期都是防汛重点, 地方政府需投入大量的人力物力进行防汛, 加固河坡, 日夜派人在堤防上值班防守, 河道整治已迫在眉睫。2013 年, 城区以南段河道列入全国中小河流整治项目, 开始进行综合整治。整治工程通过河道清淤, 使其行洪能力满足 10 年一遇自排控制要求, 提高除涝安全保障; 通过堤防加高加厚, 使其满足抵御 50 年一遇设计洪水的要求; 通过挡墙护砌、草皮护坡等河坡防护措施, 提高河坡抗冲刷能力, 保证堤坡和河床稳定安全; 通过拆建沿线老化失修的穿堤建筑物, 增强沿线区域的排涝和引水能力; 通过恢复和新建堤顶道路, 满足两岸交通需求与河道管理要求。

为保障古运河水环境, 在防洪减灾工程体系建成的基本条件下, 实现古运河沿线人水和谐, 建立不同群体、行为主体、利益主体之间的和谐关系, 通过水环境绿化技术, 建设水环境修复的长效机制, 实现古运河Ⅳ类水质目标。

水生态绿化是一项复杂持久的系统工程, 目前国内在水生态绿化方面采取的主要措施有: 湿地恢复与重建、河湖岸线治理、生态植物建设、水生态修复等<sup>[1]</sup>。

## 2 水生态绿化研究

### 2.1 水生态绿化布置原则

古运河作为世界文化遗产及扬州母亲河, 具有一定的景观美化需求, 河坡生态防护主要布置原则如下:

#### (1) 综合性原则

河道绿化在保证河道航运、引排水等基本功能的前提下, 充分考虑河流的生态修复、水质净化、水土保持及环境美化功能的需要, 同时确保亲水活动的安全。

#### (2) 河道协调性原则

水生态绿化反映滨水特征, 注意与地域整体风貌相协调。根据扬州市绿化系统规划, 与其它绿化建设有机结合, 突出绿廊布局, 形成全市完整的绿化网络体系。

#### (3) 自然性原则

水生态绿化坚持生态功能优先, 因地制宜、适地适树; 同时坚持保护和新建相结合, 对现有具有保留意义的树进行保留利用。

#### (4) 多样性的原则

自然界本身是丰富多彩的, 这个表现之一就是植物种类的多姿, 而多种植物之间还存在着相互制约的关系, 只有这种制约相对平衡, 个体或群体植物才能协调共生, 形成有序的体系<sup>[2]</sup>。

#### (5) 可持续发展的原则

由于植物是有生命的有机体, 随着时间、季节的变化而不断生长, 因此考虑了可持续发展, 近、远期结合, 既能在施工完成时体现一定的即时景观, 使之有景可赏, 又能在若干年后仍然保持群落的生长势。

#### (6) 经济性原则

河道绿化应与经济、社会发展同步, 因地制宜、节俭高效; 统筹前期建设与后期管护, 尽可能降低前期建设成本和后期的养护费, 实现河道绿化的可持续性发展。

### 2.2 河道水生态绿化内容

植物设计上依照水位的变化, 在临水坡以半湿生植物为主, 栽植垂柳、池杉、水杉、云南黄馨等, 枝条柔软飘拂, 有很好的亲水感; 堤顶植物则为乔木间隔花灌木的种植形式, 乔木采用耐水性, 与水有良好亲和力的垂柳、水杉、乌桕等, 以及常绿病虫害少的香樟, 常绿与落叶搭配; 同时局部点缀如银杏、榉树、白蜡、乌桕、紫叶李等彩色叶树种, 打破单一的绿色景观, 形成亮点。

灌木主要以花桃为主, 采用多品种的花桃, 如粉花碧桃、白碧桃、寿星桃、紫叶桃等。其他树种可选择木芙蓉、红枫、琼花等。

地被选用适宜栽植在水边的云南黄馨、迎春、鸢尾、美人蕉等, 并使用宿根类野花, 形成野花坡, 如二月兰、波斯菊、大花萱草等, 与周边乡村田园风光自然相融, 背水坡以草坪为主。

## 3 水生态绿化防护效果评价

### 3.1 对水体的净化作用<sup>[3]</sup>

古运河栽植的水生植物主要为水浮莲、千屈菜、芦苇、睡藕、金鱼藻、美人蕉、伊乐藻、水鸢尾、再力花、香蒲等, 其中对水质改善效果较大的为水浮莲、千屈菜、芦苇、睡藕、金鱼藻、美人蕉等, 其主要功用见表 1、2。

根据对古运河水质资料分析, 2012 ~ 2014 年河道水质总体趋好。从图 1 可以看出, 2014 年古运河溶解氧、氨氮、高锰酸盐和总磷浓度分别为 4.34 mg/L、1.46 mg/L、4.23 mg/L、0.32 mg/L, 2012 年相比, 各指标年均浓度较 2012 年分别降低 7%、20%、21%、20%, 但年内水质变化幅度较大。

表 1 植物修复富营养化水体的综合功效分析

植物名称	去氮性	去磷性	活用性	净化能力
水浮莲	> 75	> 75	< 70	> 75
千屈菜	65 ~ 75	65 ~ 75	< 70	65 ~ 75
芦苇	—	65 ~ 75	> 80	> 75
睡藕	65 ~ 75	< 65	> 80	> 75
金鱼藻	65 ~ 75	< 65	> 80	65 ~ 75
美人蕉	> 75	65 ~ 75	> 80	> 75
伊乐藻	> 75	65 ~ 75	> 80	> 75

表 2 水环境植物修复领域涉及的部分植物种类

植物名称	植物修复特征
芦苇	耐污能力强, 具有净化水中的悬浮物、氯化物、有机氮、硫酸盐的能力, 能吸收 Hg 和 Pb, 对水体中的磷去除率高
浮萍	每日吸收 Pb 和 Cd 的速率分别达到 3 ~ 8 mg/m <sup>2</sup> 和 2 ~ 4 mg/m <sup>2</sup> , 且植株生长快、容易收获
香蒲	对 Se、B 及某些有机物均有去除作用, 对 Cu、Ni 和 Zn 的富集率分别可达 1156.7 mg/kg、296.7 mg/kg 和 1231.7 mg/kg
水浮莲	在污染水体中, 对 Cu 和 Hg 的富集率分别达 1038 mg/kg (干重) 和 1217 mg/kg (干重)

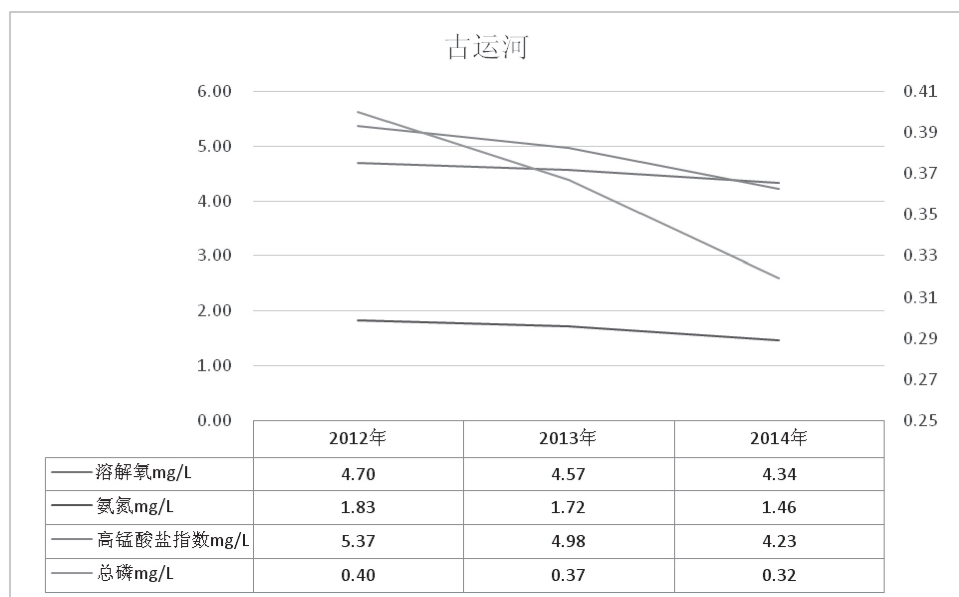


图 1 2014 年古运河溶解氧、氨氮、高锰酸盐和总磷浓度

### 3.2 对重金属吸附作用的影响

由表3中2014年古运河底泥重金属 $E_r^i$ 值及 $RI$ 值的分析可见,Cu、Zn、Pb、Hg、Cd含量均超过背景值。7种金属的潜在风险顺序是 $Cd > Hg > Cu > Pb > As > Cr > Zn$ ,总体上古运河底泥中重金属污染表现为中度生态危害程度,其贡献因子为Hg和Cd。

表3 2014年古运河底泥重金属值 $E_r^i$ 及 $RI$ 值

元素	Cr	Cu	Zn	Pb	As	Hg	Cd	$RI$
$C_s^i$	67.61	42.02	90.43	41.56	3.65	0.48	0.22	
$C_n^i$	76.2	22.7	62.9	24.9	10	0.42	0.12	
$C_f^i$	0.88	1.85	1.43	1.66	0.36	1.14	1.89	
$T_r^i$	2	5	1	5	10	40	30	
$E_r^i$	1.77	9.25	1.43	8.34	3.65	45.75	56.84	127.06

## 4 评价和建议

通过对2012~2014年三年统计数据分析古运河治理前后水质变化情况,得到水生植物对水质改善有效的基本结论如下:

(1)水生植物对水质改善的效果,按影响因子降低程度从大到小排序,分别为总磷、高锰酸盐、氨氮和溶解氧。总磷和高锰酸盐浓度降低明显,氨氮和溶解氧浓度降低一般。

(2)水生植物对水质改善程度在年内变化不一,主要受气温、河道排涝和局部突发污染事件等影响较大。总体来说汛期水质较好,原因是河道行洪,水体流速加快,对影响因子的稀释作用增大;非汛期水质较差,原因是河道流速明显减缓,且气温较低,影响因子滞留能力强。

(3)通过现场观测,局部河段水生植物种植过密,临近水深植物处垃圾聚集,在一定程度上起到了阻水的反作用,降低了河道水体流速,水体反而变差。

## 5 对水土流失治理的影响

通过对河道全线进行绿化,不仅美化了河道及周边环境,还对岸坡水土流失起到了较好的防护作用。古运河沿线属全国水土保持分区中的江淮下游平原农田防护水质维护区(三级区划),根据地理位置、气象特征、土壤特性、植被覆盖等情况,

参考类似工程经验,河道现状裸露岸坡水土流失背景值约为 $430\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。2014年绿化措施实施后,背景值约为 $150\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,平均每年减少的水土流失量约 $93.3\text{ t}$ ,水土流失治理效果明显。

因此,由于植物是依靠太阳能运行,具有成本低、没有二次污染、能耗小的优点,对水生态修复效果显著,且投资相对较少、后期管理简单,非常适合老河道污染水体的修复<sup>[4]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 余俊,唐荣. 21世纪城市景观河道水环境生态修复对策研究[J]. 安徽农业科学, 2012(5):2812-2814.
- [2] 徐洪文,卢妍. 水生植物在水生态修复中的研究进展[J]. 中国农学通报, 2011, 27(3):413-416.
- [3] 倪洁丽,王微洁,谢国建,等. 水生植物在水生态修复中的应用进展[J]. 环保科技, 2016(3):43-47.
- [4] 郭韦,王昱,王昊,等. 城市水污染现状和国内外水生态修复方法研究现状[J]. 水科学与工程技术, 2010(2):57-59.

(责任编辑: 华智睿)