



# 长江中游生态护岸工程的岸坡植被分布特征研究 \*

肖庆华, 钱红露, 程 稳, 付中敏

(长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉 430072)

**摘要:** 近年来长江中游河道治理和航道整治工程中采用大量的生态护岸技术, 且取得较大生态效益, 但是经过现场调查发现在生态护岸岸坡存在一条明显的青黄线。针对此问题, 以长江中游航道整治工程新厂护岸工程和桃花洲护岸工程为例, 以青黄线为界将岸坡分为青绿带和青黄带, 分析岸坡上青绿带和青黄带狗牙根分布特征及其形成的原因, 并通过统计水位累计频率曲线, 确定断面设计控制高程。结果表明, 青黄线高程与三峡蓄水调度密切相关; 累计频率为45%和80%对应的高程为生态护岸断面设计控制高程。

**关键词:** 长江中游; 生态护岸工程; 河岸带; 青黄线; 狗牙根

中图分类号: U 656.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)02-0084-05

## Vegetation distribution characteristic on bank slope in ecological bank protection project of the middle Yangtze River

XIAO Qing-hua, QIAN Hong-lu, CHENG Wen, FU Zhong-min

(Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** A large number of ecological projects are used in the river and waterway regulation for the middle Yangtze River in recent years, and great ecological benefits are obtained. However, there is an obvious cyan-yellow line on the ecological bank slope according to field investigation. Aiming at this problem, we take Xinchang bank protection project and Taohuazhou bank protection project in the middle Yangtze River as examples, divide the bank slope into the cyan-green zone and cyan-yellow zone by the cyan-yellow line, analyze the distribution characteristics and the formation mechanics of bermudagrass, and determine the design control elevation of the cross-section by the cumulative frequency curve of water level. The results show that the elevation of the cyan-yellow line is closely related to the controlling of the Three Gorges reservoir. The elevations corresponding to the cumulative frequency of 45% and 80% are the design control elevations of the ecological bank protection section.

**Keywords:** the middle Yangtze River; ecological bank protection project; riparian zone; cyan-yellow line; bermudagrass

护岸工程是水利工程重要措施之一, 其构造对整个河岸带生物多样性的维持以及生态功能的发挥有重要影响。由于传统护岸<sup>[1]</sup>主要考虑河道行洪能力、河道冲刷、岸坡稳定等因素, 通常采用半渗透或无渗透性人工材料修筑硬质护岸, 隔

断水、陆生态系统的物质和能量交换, 导致整个护岸成为一个封闭的体系, 破坏了动植物的生存环境, 同时也使河岸带丧失了生态功能和自净能力<sup>[2]</sup>。

随着可持续发展概念的提出以及社会环保意

收稿日期: 2020-05-11

\*基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0402103); 长江勘测规划设计研究有限责任公司自主创新项目(CX2018Z05)

作者简介: 肖庆华(1981—), 硕士, 高级工程师, 从事生态航道研究及环境水动力研究。

识的不断提高,近年来我国在河道治理和航道整治工程中采用了大量的生态护岸技术,如在长江中游马家嘴航道整治工程中首次采用钢丝网格铺筑的“生态护岸”;长江中游瓦口子水道整治工程、枝江—江口河段航道整治工程护岸中也应用了钢丝网格生态护岸结构;长江干线中游新洲—九江河段航道整治工程采用了联锁式护坡砖和钢丝网格护面;长江下游安徽省境内安庆水道整治工程采用加筋三维网垫进行防护,其促淤效果和生态效应十分显著<sup>[3-4]</sup>,体现了建设“绿色”航道的新理念。目前,在河道治理和航道整治工程中,广泛采用的钢丝网格和联锁式护坡砖等生态结构具有较好的抗冲、渗透、生态种植性能好等特点,也可为水生微生物提供栖息环境,生长植被后能为动物提供栖息环境。但熊小元等<sup>[5]</sup>发现已建钢丝网格和联锁式护坡砖等生态护岸结构存在护坡时机与植被生长时间冲突、水位变动区植被很难恢复等问题。

长江中游水位变幅达10 m以上,且受三峡蓄水调度影响,水位变动区内钢丝网格和联锁式护坡砖不能很好地保证耕植土不流失,从而导致水位变动区生态效益不明显。本文在分析已建航道护岸工程岸坡上植被高程分布特征的基础上,通过建立高程分布特征与水位之间的关系,确定生态护岸断面两个高程设计特征值,为生态护岸工程提供参考。

## 1 岸坡植被分布特征

### 1.1 青黄线现象

由于受水位涨落变化、水流冲刷、波浪侵蚀、植物耐淹特性及土壤等因素的影响,生态护岸工程护坡区域一般都会形成一条明显的青黄线<sup>[6]</sup>,见图1中的虚线。以长江中游荆江一期周天新厂护岸工程(距汉口航道里程410 km)和桃花洲护岸工程(距汉口航道里程343 km)为例,其中枯水平台至坡顶的钢丝网格或联锁式护坡砖铺设后次年2月实施完成并验收后,按规定的量撒播狗牙根草籽,再覆盖一定厚度的耕植土,实施完成后进行一定的后期养护,这两个工程于2015年8月交工,2017年4月

竣工。工程交工后经过一个水文年,在护坡区域形成一条青黄交接线,称为青黄线。



a) 新厂护岸工程



b) 桃花洲护岸工程

图1 新厂和桃花洲护岸工程的青黄线

如图1所示,以青黄线为界,岸坡区可划分为青绿带和青黄带:在青黄线以上至坡顶区域称为青绿带,整个区域狗牙根存活率高、长势良好、颜色青绿,狗牙根群落也比较完整;青黄线以下至枯水平台区域称为青黄带,狗牙根长时间淹没、存活率相对较低、植物群落相对稀疏、植被颜色青黄。通过现场踏勘调查,在青黄带区域内接近青黄线位置存在明显的植被稀疏带甚至是零星植被区,植被稀疏带大部分区域露出岸坡结构,表层覆盖的耕植土基本流失。

### 1.2 青黄带内植被覆盖度

植被覆盖度是指群落中某种植物遮盖地面的百分率<sup>[7]</sup>,植物在初期的恢复生长主要依赖于体内的营养储备,低水平的营养储备可能会导致植物恢复生长较差,甚至死亡<sup>[8]</sup>,即植株的存活率会随水淹时间的延长而降低。因此,长时间淹没的青黄带内狗牙根复活率较青黄线以上区域要低,进而也将降低坡面的植被覆盖度。

截取图1中两条排水明沟间青黄带,通过色

度分析(图 2)可得新厂护岸和桃花洲护岸狗牙根覆盖度分布约 79%、74%，同时，可见在青黄线上的坡面范围内植被密度稀疏区，覆盖度只有约 50%；青黄线下的坡面范围内存在明显的植被密度稀疏区，覆盖度只有约 50%。

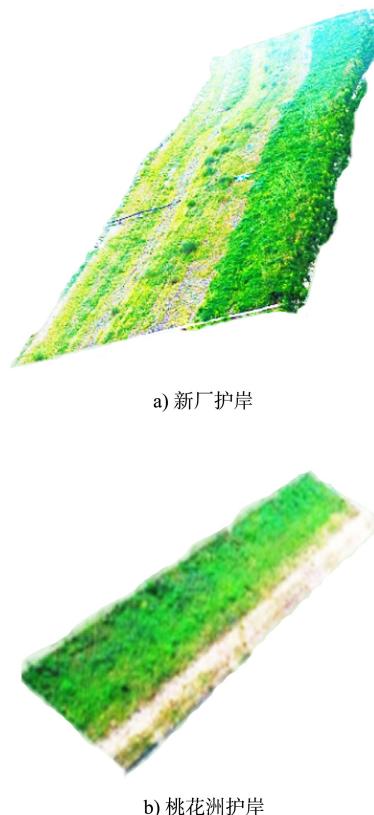
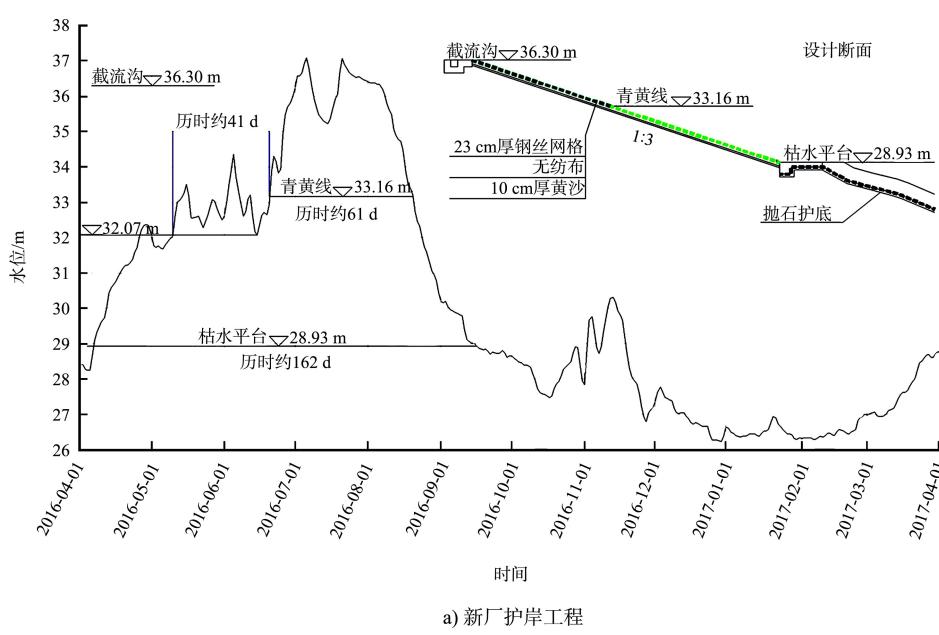


图 2 植被覆盖色度对比

### 1.3 青黄带分布高程

狗牙根为多年生草本植物，王海锋等<sup>[9]</sup>的研究表明，狗牙根的恢复生长能力似乎与水淹时间无密切关系，狗牙根能在全淹 120~180 d 后恢复生长。

两个护岸工程的水位过程及设计断面见图 3。可以看出，工程经过第 1 个三峡调度水文年，工程枯水平台高程位置淹没历时约 160 d，淹没历时基本在狗牙根耐淹时间范围内。根据不同年份的现场踏勘调查，枯水平台以上岸坡也均有狗牙根分布，即可表明枯水平台高程设计均可满足狗牙根耐淹度要求；根据现场踏勘测量及设计断面，周天新厂高滩守护工程青黄线所处位置高程约 33.16 m，桃花洲边滩守护工程青黄线所处位置高程约 30.98 m，对比水位过程线，淹没历时约 60 d 对应的高程处即为青黄线；4 月下旬—6 月中旬，在青黄线高程下约 1.0 m 的岸坡区域经历约 41 d、幅度约 2.0 m 以上的水位变动，其中新厂护岸位置平均水位约 32.8 m、桃花洲护岸工程位置平均水位约 30.6 m；该时段又是航运繁忙期，对于船行波，根据荷兰 Delft 水工试验所和冯卫兵等相关研究试验数据<sup>[10-11]</sup>可计算得图中设计断面位置船行波爬高约 0.4 m，平均水位+船行爬高值基本接近青黄线高程。



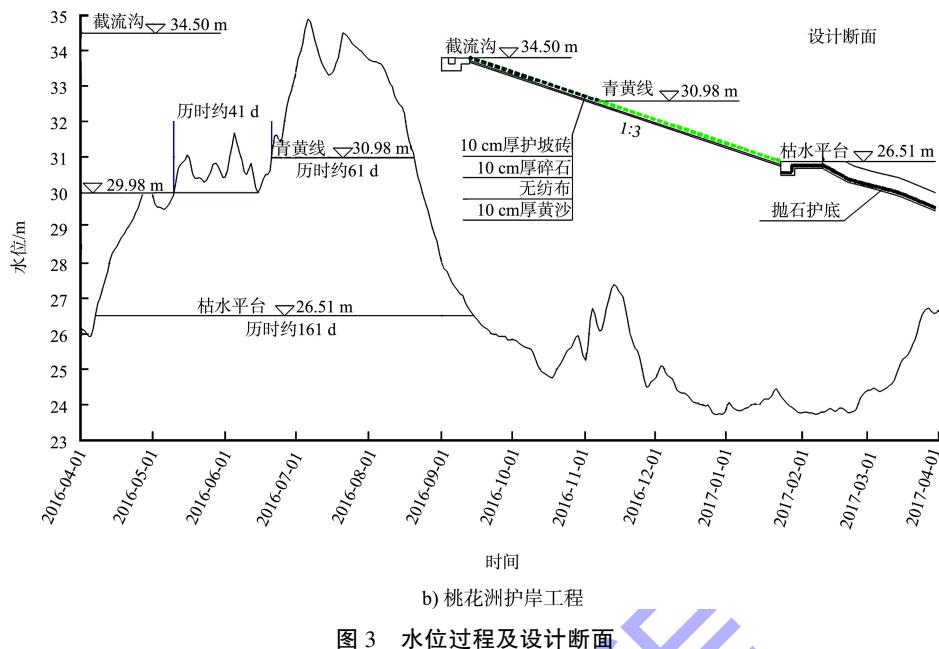


图3 水位过程及设计断面

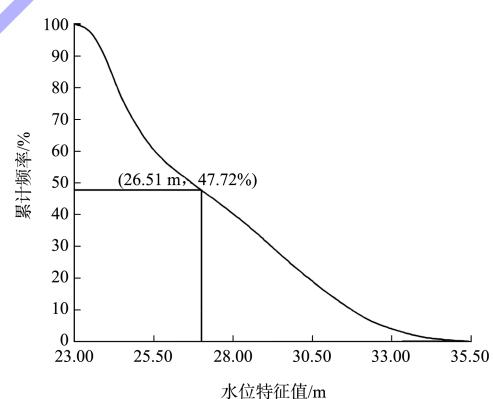
综上所述, 青黄线高程与三峡蓄水调度密切相关, 青黄带分布高程范围为水淹历时60~160 d的高程范围内, 且结构设计、水位变动及船行波很大程度上决定了青黄带内的植被覆盖度。由图3可见, 结构设计有黄沙和无纺布组成的反滤层使得覆盖耕植土与地表土没有很好接触, 植被生长时间与水位变动和船行波共同作用下带来的水流侵蚀时间相冲突, 当狗牙根根系未能很好延伸至地表土时耕植土已被冲蚀。多年现场调研可见, 青黄带内植被覆盖度随着三峡不同水文的调度逐渐降低。

## 2 岸坡生态结构断面设计控制高程

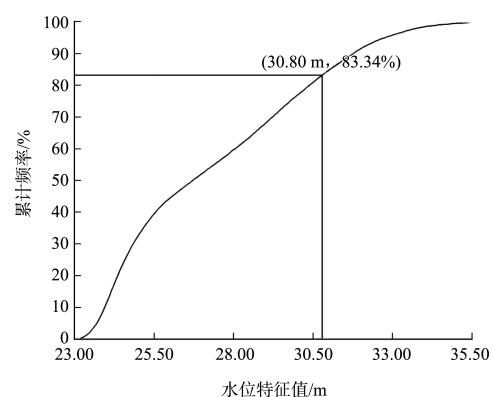
在以往河道治理和航道整治工程中生态护岸断面高程设计控制高程一般只有施工水位(枯水平台), 即为陆上和水下施工的分界线, 其是根据经验取最低通航水位上2~3 m。本文根据青黄线、青黄带等现象提出施工水位、青黄线对应的高程作为生态护岸断面设计控制高程。

以桃花洲边滩守护工程为例, 统计2008—2018年的水位, 施工水位采用大于特征水位累积频率曲线, 统计青黄线采用小于特征水位累积频率曲线, 见图4。可以看出, 施工水位对应的水位特征值出现累积频率为47.72%, 为此, 设计施工水位可取45%对应的水位高程, 适当抬高枯水平台设计高程; 由前面分析可知, 长江中游已建生态护岸

坡上的青黄线所处高程淹没历时约60 d, 即青黄线以上区域一年出露时间约300 d, 即小于青黄线高程对应的水位特征值水位出现累积频率为83.34%, 设计青黄线可取累积频率80%对应的水位高程。



a) 大于特征水位累积频率曲线



b) 小于特征水位累积频率曲线

图4 桃花洲护岸工程水位累积频率曲线

### 3 结语

1) 近年来, 长江中游河道治理和航道工程采用了大量的生态护岸结构, 根据长江中游荆江河段不同位置生态护岸工程调查, 岸坡植被分布特征基本相同, 岸坡上均存在一条明显的青黄线。以青黄线为界, 即枯水平台至青黄线间为青黄带, 青黄线至坡顶为青绿带。青绿带狗牙根存活率高、长势良好、颜色青绿, 狗牙根群落也比较完整; 青黄带, 狗牙根长时间淹没, 狗牙根存活率相对较低、植物群落稀疏、植被颜色青黄。

2) 枯水平台淹没历时约 160 d, 以往河道治理和航道工程中生态护岸选择狗牙根可满足生态需求, 而青黄线高程与三峡蓄水调度密切相关, 其所处高程连续淹没历时约 60 d。针对两个淹没历时, 本文通过累计频率曲线提出频率值为 45% 和 80% 对应的水位高程, 作为长江中游生态护岸断面设计控制高程。

### 参考文献:

- [1] 钟春欣.生态型护岸抗侵蚀性能及水力特性研究[D].南京: 河海大学, 2006.
- [2] NAKAMURA F, JITSU M, KAMEYAMA S, et al. Changes in riparian forests in the Kushiro Mire, Japan, associated with stream channelization[J]. River research and applications, 2008, 24(2): 133-142.
- [3] 杨忠超, 陈明栋, 杨斌. 乌江银盘省水船闸整体水力学模型试验研究[J]. 水利水运工程学报, 2010(2): 61-66.
- [4] 陈刚. 山区河流超高水头船闸输水系统型式优选[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2013.
- [5] ODENWALD B. Prüfung und Beurteilung der Baugrubenabdichtung für den Schleusenneubau Uelzen II im Elbe-Seitenkanal [R]//Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau, 2002.
- [6] 胡亚安, 李中华, 郭超, 等. 小清河省水船闸水力学关键问题研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2018.
- [7] 周华兴, 王永成. 省水船闸输水系统设计若干问题综述[J]. 河海科技进展, 1994, 14(1): 56-63.
- [8] 郑宝友, 李金合. 船闸输水系统水力计算程序[J]. 水道港口, 1986(4): 17-24.
- [9] 杨忠超, 陈明栋, 杨斌, 等. 乌江银盘水利枢纽省水船闸运

2002, 18(1): 65-79.

- [10] 北京大学, 长江航道规划设计研究院, 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江中游荆江河段生态航道建设关键技术研究[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2015.
- [11] 肖庆华, 潘美元, 马爱兴, 等. 长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程生态护岸结构研究[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2017.
- [12] 熊小元, 余新明, 李明, 等. 一种新型植生型钢丝网格护坡结构研究[J]. 水道港口, 2018, 39(5): 567-572.
- [13] 张玮, 张妍. 青黄带现象及其在长江中下游河段生态护岸中的应用[J]. 中国港湾建设, 2018, 38(4): 22-27, 32.
- [14] 董鸣. 陆地生物群落调查观测与分析[M]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [15] PANDA D, SHARMA S G, SARKAR R K. Chlorophyll fluorescence parameters,  $\text{CO}_2$  photosynthetic rate and regeneration capacity as a result of complete submergence and subsequent re-emergence in rice (*Oryza sativa L.*) [J]. Aquatic botany, 2008, 88(2): 127-133.
- [16] 王海锋, 曾波, 李娅, 等. 长期完全水淹对 4 种三峡库区岸生植物存活及恢复生长的影响[J]. 植物生态学报, 2008, 32(5): 977-984.
- [17] 蒋宗燕, 潘宝雄. 船行波的研究和研究趋势[J]. 中国港湾建设, 2000, 12(6): 34-38.
- [18] 冯卫兵, 汪涛, 邓伟. 柔性植物消波特性试验研究[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(26): 6687-6690.

(本文编辑 王璁)

(上接第 70 页)

- [19] 杨忠超, 陈明栋, 杨斌. 乌江银盘省水船闸整体水力学模型试验研究[J]. 水利水运工程学报, 2010(2): 61-66.
- [20] 刘本芹, 李云, 胡亚安, 等. 高水头大尺度船闸省水布置与水力计算[J]. 水运工程, 2016(12): 42-46.
- [21] 戈国庆, 董思远, 周鹏. 小清河航道航运水资源分析[J]. 水运工程, 2019(8): 122-126.
- [22] 余然, 夏高响. 金家堰枢纽平面布置方案比选研究[J]. 中国水运(下半月), 2018, 18(9): 147-148.
- [23] 南京水利科学研究院, 天津水运工程科学研究所. 船闸输水系统设计规范: JTJ 306—2001[S]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [24] 郑宝友, 李金合. 船闸输水系统水力计算程序[J]. 水道港口, 1986(4): 17-24.

(本文编辑 王璁)