

长江中下游典型河段航道整治护岸工程 损毁特征及成因浅析

柯亨富¹, 张柠², 唐从华¹

(1. 长江武汉航道工程局, 湖北 武汉 430000; 2. 长江武汉航道局, 湖北 武汉 430000)

摘要: 长江中下游航道整治中, 主要采用护岸工程对洲滩和岸线进行防护。护岸发生损毁是影响其功能发挥的主要因素, 本文基于近年来长江中下游典型河段护岸维修工程实例, 根据护岸损毁特征, 从局部河势及滩槽格局调整、工程设计结构强度、三峡蓄水后水沙条件变化、施工偏差及人为损坏等方面浅析了水毁成因。

关键词: 长江中下游; 护岸; 损毁特征; 成因

中图分类号: U617 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 05—0081—04

长江中下游航道上起宜昌下至吴淞口, 全长 1669 公里, 是长江航运的重要组成部分。航道整治是提高航道标准, 保证航道功能的必要措施。在长江中下游航道整治中, 广泛采用护岸工程对岸坡和洲滩进行防护, 达到稳定航道边界, 遏制不利变化的目的。当前, 已建成的护岸工程受损坏的问题较为严重, 受各种因素的影响, 护岸工程每年都出现不同程度的损坏, 严重影响其功能

发挥。本文将结合窑监河段乌龟州护岸、藕池口水道藕池口心滩护岸、戴家洲水道戴家洲右缘护岸、江口水道柳条洲护岸等维修工程实例, 总结水毁特征, 分析水毁成因, 为护岸工程优化设计结构、提高可靠度、延长使用寿命等方面提供参考。

1 护岸结构及水毁特征

环境保护措施, 在长江上游顺坝常规结构的基础上, 对草鞋碛滩段的蜂窝子顺坝进行相应的结构优化设计, 在顺坝坝顶设置两处过水通道, 从坝体稳定性角度考虑, 过水通道位置位于顺坝下游段, 两处通道顶部中心点间距 100m, 下游侧通道下端点 CXQ-K4 距离顺坝下游坝头 35m, 底部高程为设计水位下 7m, 深 3m。考虑到通道的上游侧边坡类似该顺坝的坝头, 因此, 通道的上游侧边坡为 1:3; 顶部宽度控制在 20m, 通道的下游侧边坡为 1:2, 通道的底部宽度为 5m。

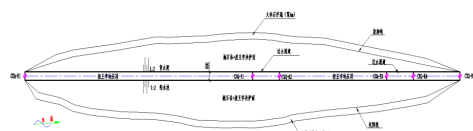


图4 草鞋碛滩段顺坝优化结构（平面图）

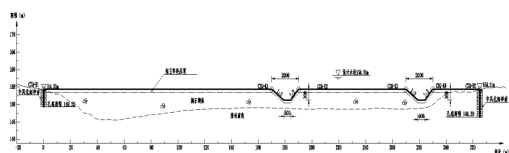


图5 草鞋碛滩段顺坝优化结构（纵断面图）

根据相关模型试验研究成果, 方案实施后, 航槽宽度增加, 航道尺度可达到规划尺度。同时, 航槽内水流

流态明显改善, 斜流减弱, 水流平顺; 顺坝区的分流作用减弱, 增大了开挖区的水流动力条件, 增强了束水攻沙的能力, 有利于航槽稳定和通航安全。

4 结语

对于草鞋碛蜂窝子顺坝, 根据生态环保要求, 本次设计中蜂窝子顺坝沿坝体纵向增加两处过水通道, 分析表明该坝体结构首次在长江上游坝面进行使用, 是一种新技术新工艺, 为其他山区河流的航道整治提供技术借鉴。

参考文献:

- [1] 长江航道局. 川江航道整治 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [2] 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江上游朝天门至涪陵河段航道整治工程第一批施工图设计 [R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2020.
- [3] 中华人民共和国交通部. 航道整治工程技术规范 [J]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

2.1.2 藕池口水道藕池口心滩护岸（2019-2020 年维修）

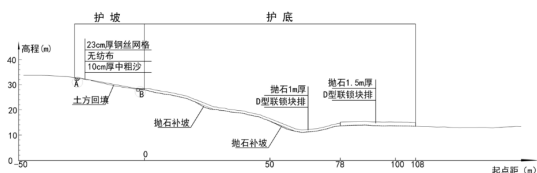


图 1 护岸工程典型断面结构图

根据近年来长江中下游护岸维修工程情况统计,护岸损毁部位主要集中在护底和护坡坡面,护底损毁主要表现为排体损毁和压载块石缺失,导致河床地形下切,坡度变陡,形成不稳定陡坎或崩塌深坑,导致护底结构失稳,逐步可延展至护坡。坡面损毁主要表现为局部护面块体缺失,少量坡面凹陷和隆起。



图2 戴家洲右缘护岸护底处损毁

图3 乌龟州右缘护岸坡面凹陷



图 5 藕池口水道藕池口心滩护岸维修工程平面布置图

藕池口水道前期工程实施后,两岸边界条件初步得到稳定,陀阳树边滩淤涨,主流沿右岸一侧下行,藕池口心滩左缘中段护岸下段受迎流顶冲,导致水下岸坡发生较大变形。

因倒口窑心滩滩顶地形相对较低,高水时处于淹没状态,而藕池口心滩左缘中段护岸下段一带稍高,属迎流顶冲段,中低水位水流归槽后,主流贴岸下行。枯水期主流基本沿右岸顺直而下,水流沿藕池口心滩左缘中下段进入弯道段,此段水流流速较高;洪水期,倒口窑心滩淹没,右汊过流,水流较为分散,左右汊水流在藕池口心滩中下段交汇进入向家洲弯道段,此段水流较上下游较为集中,且最大流速达到 2m/s 以上。从 2015 年、2016 年、2018 年洪水期流速流向变化来看,随着深泓逐渐贴岸,流速流向线也逐渐取直,这也进一步说明,藕池口心滩中下段在不同流量级下水流较为集中,始终处于顶冲部位。

从藕池口水道近期深泓平面变化来看,2017年4月,深泓已摆至藕池口心滩左缘中段护岸一侧,从而受水流贴岸冲刷的程度加剧。面心滩左缘中下段仍在崩塌,此变化与深泓平面变化相呼应,藕池口心滩左缘中段一带冲刷目前已明显增强

2.1.3 戴家洲右缘护岸（2018 年维修）

戴家洲河段航道整治工程后,直水道分流比有所增加,进口段左冲右淤,主流左摆,加剧了戴家洲右缘中上段护岸水下排体的冲刷,在一定程度上加快了变形进程。

戴家洲直水道分流比在整治工程实施后增大约

2 护岸损毁成因分析

2.1 局部河势及滩槽格局调整

在平面位置上,护岸损毁多位于弯曲河段,航道弯顶处,不稳定河段内局部河势和滩槽格局的调整是水毁的重要因素,伴随着滩槽格局调整,局部水流结构变化是导致护岸的重要原因。

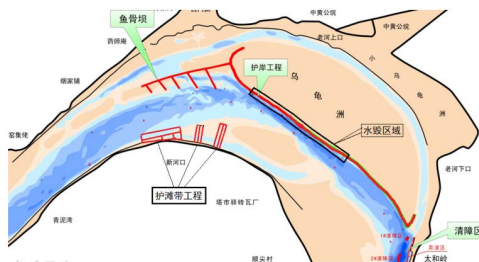


图 4 窑监河段乌龟洲航道整治工程方案布置图

2.1.1 窑监河段乌龟州护岸（2016-2017 年维修）

水道内航道整治工程实施后,河段心滩窄沟槽被封堵,新河口边滩淤积抬高,右汉南槽萎缩,中槽几乎成为右汉内单一槽口,中槽分流比已保持在 80% 左右,水流集中明显,乌龟洲右缘水流顶冲点上提,由原来的

5.1%，加大了直水道河床的冲刷。直水道平面形态相对顺直，受两汉进口分流条件以及河宽较大等因素影响，直水道内深泓呈沿戴家洲右缘坐弯与深槽多次过渡交替变化的基本演变态势。龙王矶—燕矶镇深槽临右岸，随后过渡到紧邻临戴家洲右缘的左侧深槽进入下游河道。

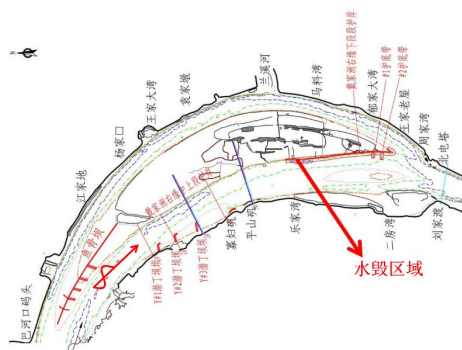


图6 戴家洲水道戴家洲右缘护岸维修工程平面布置图

同时, 由于戴家洲水道右岸潜丁坝工程的实施, 右边滩完整性增强, 主流左摆, 弯道特性明显, 加大了弯顶处护岸水下排体的冲刷, 对河床泥沙淘刷作用明显, 容易造成水下排体变形。

2.2 三峡工程蓄水运行新水沙条件的影响

三峡工程的调蓄作用, 坝下河段中枯水过程历时延长明显。

螺山站为例, 2003 ~ 2008 年, 最小月均流量为 $8040\text{m}^3/\text{s}$, 与 1990 年以前相比增加明显。2008 年以后, 最小月均流量显著增加, 达到 $9154\text{m}^3/\text{s}$, 2 月份是流量最枯的时段, 且枯水期流量明显坦化, 流量变幅区间为 $9100 \sim 11500\text{m}^3/\text{s}$ 。

对窑监河段乌龟州护岸的影响：结合窑监河段主流随流量变化的摆动特征来看，中水历时的增加将使得乌龟洲右缘中段及上游附近区段的受顶冲时间增长，而在水流接近漫过乌龟洲洲面即中高水位时，对乌龟洲右缘的冲刷尤为强烈；而枯水流量的增加则会增加乌龟洲洲头鱼骨坝以及乌龟洲右缘中、上段在枯水期的受顶冲强度，这对工程的稳定性显然是不利的。

对戴家洲右缘护岸的影响：从戴家洲河道分流比来看，两汉枯水分流比基本相当，中洪水直水道分流明显占优，三峡工程蓄水运用以来大流量的消减、中水流量的增加和小流量的几率减少，致使直水道入流占优的时段进一步延长，有利于直水道分流条件的进一步改善。但这无疑会加大河床冲刷，尤其是位于迎

流顶冲段的水下排体,冲刷幅度大,易变形,尤其是大水年会加剧排体边缘的冲刷,对于戴家洲右缘中上段护岸水下排体边缘的冲刷、变形也起到了一定的促进作用。

三峡工程蓄水后,坝下游水流含沙量大幅减小,清水下泄,干流各站悬沙明显变粗,加大了对护岸等整治建筑物冲刷力度。

对于长江中下游航道整治护岸工程而言,来沙大幅减少所产生的比较明显的效应就是加大了主流顶冲部位的冲刷幅度,其具体的表现形式是整治建筑物前沿的冲刷坑发展明显,护底区域的水下岸坡随着河床下切而逐渐变陡。

2.3 工程结构及设计强度因素

(1) 对护岸在强冲刷条件下适应性认识上, 结构设计强度偏弱。窑监河段乌龟州护岸实际情况表明, 其设计结构选用典型年输沙量比以后年份输沙量明显偏大。因此, 持续多年的小沙过程, 加快了乌龟洲右缘的冲刷, 这是当时没有预计到的, 因此在冲刷强度的预估上略有不足, 如在乌龟洲右缘中上段护岸冲刷坑深度的预估上, 物理模型的预估值为 7.44m, 而实际冲刷一般为 5~10m, 有的区域甚至达到 12m 左右。

(2) 护岸的护底排结构有一个调整适应过程, 局部结构需要进行补强才能适应。藕池口心滩护岸坡脚一带区域河床大幅度冲深, 对此, 护岸结构有一个调整适应过程, 原局部结构已需要进行补强。原施工图设计护岸枯水平台以下为水下软体排护底和水下抛石镇脚, 枯水平台以下抛石镇脚宽度为 50m, 排体外侧抛石 15m 宽, 中间存在 35m 宽的空排 (这里指系砣块软体排上未压载其他构筑物), 后期跟踪观测表明, 空载排体虽可适应一般水流冲刷下的河床变形, 但难以适应强烈水流冲刷条件下大幅度的变形, 因此, 有必要通过排上抛石, 以弥补排体搭接处及排体外缘侧的冲刷变形。

(3) 对水位下降幅度影响认识存在局限性, 对护岸受影响区域结构上未采取抛石覆盖, 部分软体排出露后老化破坏。

江口水道柳条洲护岸工程建设时,对三峡蓄水的坝下水位下降等规律认识不足,对水位下降幅度预测值偏小。同时,按照当时常用的结构型式,对枯水平台以下内侧 40m 宽范围进行了 1.2m 厚抛石镇脚,位于原最枯水位以下外侧部分 40m 宽坡脚鉴于当时的设计水流条件,一般不需进行抛石压载。但从目前来看,下游水位

的大幅下降已经引起柳条洲右缘及尾部护岸一带流速的增加,进而加剧了护底排边缘的冲刷,导致部分区域原护底排结构已不能适应这种新水沙条件下的冲刷。同时,水位下降溯源传递,也导致了柳条洲护岸一些原位于水下护底排体的出露、老化。因此,因对 175m 正常蓄水后水位降幅及其影响的认识存在不足,未能对受影响区域结构上采取抛石覆盖,导致受冲加剧及部分软体排出露后老化破坏,也是柳条洲右缘及尾部护岸部分护底排破坏的原因之一。



图7 江口水道柳条洲右缘护岸排体未抛石压载区

2.4 施工偏差人为损坏因素

(1) 施工偏差因素。窑监河段乌龟洲护岸附近流速较大,加大了沉排、块石抛投的难度;此外,在目前施工中,块石粒径实际施工时会略有偏差,而水深大、流速大且不稳定,施工工艺还难以使块石达到均匀分布,因此,在水流的作用下,构筑物会发生一定变形。

(2) 人为损坏因素。戴家洲水道戴家洲右缘护岸工程区域维修前测图资料显示,排体外边缘存在很明显的局部深采砂坑,这些深坑最深点与周边地形相差 10m 之多。当河床局部在较短时间内发生较大变化或者突变时,一方面形成局部紊流,加大形成床面泥沙扰动,使沙体易于冲刷,另一方面加大水下坡面坡度,使排体内泥沙大规模垮塌流出,排体坍塌成垛状或崩窝状,导致排体撕裂或搭接处破坏加剧。同时,护岸陆上护坡坡面局部破损部分为人为破坏引起,人为活动可能为船舶撞击、锚泊等;部分为局部排水不畅,如有几处明显出现了小型鼓包现象。



图8 戴家洲水道戴家洲右缘护岸人为破坏区

3 结论

航道整治护岸局部受顶冲状态是受到破坏的主要原因之一,在此状态下,护岸护底部分出现一定幅度的变形是必然的。三峡蓄水后的水沙条件变化以及近年滩槽形态调整的新特点明显加强了水流顶冲力度和淘刷力度,同时早期建设的工程对于三峡蓄水后的水文条件变化认识不足,结构设计局部偏弱,不足以适应现有河道条件。人为损坏,如果不加以控制,也会在一定程度上影响了护岸坡面结构稳定。

参考文献:

- [1] 平义王,程昌华,王学文等. 航道整治建筑物水毁理论及模拟技术 [M]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [2] 张帆,王平义,喻涛等. 长江上游航道整治建筑物水毁特征及成因分析 [J]. 中国水运, 2013(12):226-227+314.
- [3] 闫军,付中敏,陈婧等. 长江中游藕池口水道河床演变及航道条件分析 [J]. 水运工程, 2012(01):99-104.
- [4] 许全喜,袁晶,伍文俊等. 三峡工程蓄水运用后长江中游河道演变初步研究 [J]. 泥沙研究, 2011(02):37-46.
- [5] 何广水,姚仕明,黎礼刚等. 荆江护岸工程水毁机理及加固对策研究 [J]. 人民长江, 2006(07):54-56.

