

长江航道整治护滩结构分析

刘奇峰¹, 刘怀汉², 陈飞¹

(1. 长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011; 2. 长江航道局, 湖北 武汉 430010)

摘要: 长江中下游航道整治工程已实施了大量的护滩工程, 采用的护滩结构有鱼骨坝(梳齿坝)、软体排、网垫(网格)和四面六边透水框架等。在总结护滩结构已有研究成果的基础上, 分析了上述结构的变形机理。通过对护滩结构在安庆水道航道整治工程中运用效果的分析, 总结了护滩结构的适应性, 可为今后类似工程提供借鉴。

关键词: 航道整治; 护滩结构; 分析

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)01-0119-06

Beach protection measures in Changjiang waterway regulation

LIU Qi-feng¹, LIU Huai-han², CHEN Fei¹

(1. Changjiang Waterway Planning, Design & Research Institute, Wuhan 430011, China;

2. Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

Abstract: Lots of beach protection measures have been taken in the middle and lower Yangtze River such as fish-born dikes, soft mattresses, mesh pads and Tetrahedron-like penetrating frames. The deformation mechanism of these structures are analyzed on the basis of existing research results. The effect of these structures applied to Anqing waterway project is analyzed and the adaptability of the beach structures is concluded, which may serve as reference for similar projects.

Keywords: waterway regulation; beach protection measure; analysis

1 长江航道整治护滩结构应用情况

三峡工程蓄水运行以来, 长江中下游河道内重要边滩、心滩冲刷趋势明显, 导致长江中下游干线航道边界不稳定, 航道条件趋于恶化。在近年长江中下游大多数航道整治工程中均提出固滩稳槽, 塑造或稳定航道边界的治理思路, 实施了大量护滩工程。对于分汊河段, 主要对江心心滩进行守护; 对于弯曲河段, 以凹岸洲滩守护为主, 近期对三峡蓄水后冲刷的凸岸边滩也加强了守护; 对于长顺直河段, 主要守护周期性上提下移的边滩。

在进行滩体守护时, 使用了大量的护滩结构。对于调整型整治工程多采用鱼骨坝(梳齿坝)护

滩; 对于守护型整治工程多采用软体排护滩、网垫(网格)护滩和四面六边透水框架护滩。

1) 鱼骨坝(梳齿坝)护滩。

多采用软体排护底, 排上压载抛石、沙枕、大型预制构件等筑坝。近期受河势控制、堤防稳定方面的限制, 坝体结构在长江航道整治中采用相对较少。

2) 软体排护滩。

包括D型排、X型排、混凝土单元排、联锁块软体排、砂肋软体排等排体结构, 排体由排垫和混凝土压载体构成^[1]。D型排和联锁块软体排多用于水下, 为保证结构稳定在排体上进行轴线或全抛石压载; X型排和混凝土单元

收稿日期: 2015-10-15

作者简介: 刘奇峰(1981—), 男, 高级工程师, 从事航道工程科研设计。

排多用于水位变动区,进行陆上施工,一般不进行压载。

3) 网垫(网格)护滩。

加筋三维网垫是将发丝状聚丙烯材料挤压于机编六边形双绞合钢丝网上形成的,钢丝采用镀高尔凡。加筋三维网垫结构用于水位变动区,进行陆上施工,需要考虑压载或锚固^[2-3]。

钢丝网格为充填满块石的规则的矩形钢丝笼单元体,单元体由底板、隔板、侧板和盖板组成,由双绞合六边钢丝网格构成,在钢丝笼中装填块石后,封闭盖板,就形成一个大型的、具备一定柔韧性和整体性的工程模块。钢丝网格适应于水上或陆上施工,不需要考虑压载。

4) 四面六边透水框架。

四面六边透水框架由6根杆件相互焊接而成^[4],焊接处涂防锈漆防腐,杆件为钢筋混凝土结构。四面六边透水框架适用于护滩的各个部位,可进行水上或陆上施工。

2 护滩结构研究情况

鱼骨坝也称梳齿坝,由顺水流方向的顺坝和垂直于顺坝的刺坝组成。目前鱼骨坝尚无成熟的设计理论,工程实例不多,有陆溪口水道新洲的洲脊顺坝、东流水道鱼骨坝工程、窑监河段梳齿坝工程等。“长江中游航道整治鱼嘴工程稳定性关键技术研究”中对鱼骨坝的水毁原因进行了分析,认为刺坝头遭受到的破坏来自两个方面,一方面是坝头流速梯度和垂向流速较大,坝面块石直接受到水流对其的剥蚀;另一方面坝头流速较大,并在沿坝头面向下的下沉水流作用下,容易形成坝头冲刷坑,坝头冲刷坑的发展将使得坝体基础失稳,从而加剧坝体的破坏。坝体淹没时,刺坝的上下游存在较大的局部水面比降,尤其是第一条和最后一条刺坝,刺坝坝身主要遭受到水流对其的剥蚀破坏。

在长江航道整治的应用中,主要是利用软体排护滩的隔离和反滤功能,进行河床的护底和固滩,防止水流直接冲刷河床(滩体)和因水流渗

透作用而造成河床(滩体)的局部变形破坏。长江中下游已实施的航道整治工程中几乎都使用了软体排护滩(底)。“边滩水沙运动特点及护滩建筑物破坏机理研究”通过对护滩带破坏的影响因素分析、护滩带脉动拉力试验及受力分析,提出了护滩带常见的边缘塌陷、悬挂,排体中部鼓包、塌陷等破坏类型的破坏机理:水流冲刷未护滩面后,护滩带边缘冲刷坑形成,水流紊动加剧,护块与护块之间的脉动力迅速增加,因护滩带具有一定延展性,排体下降贴合受冲滩面继续护滩,当坡度较陡时,系结条可能出现紧绷或撕断,块体移动或脱落,护滩效果减弱;随着冲刷坑的发展,边缘排垫出现“悬挂、架空”等变形,原受护滩面受水流淘刷,当冲刷坑发展到一定阶段,变形的护滩带受力(有效重力及动水压力之和)达到一定值或排体脉动压力瞬时增大,护滩带变形一侧或两侧的排垫受力大于其抗拉强度,排垫撕裂,系结条断裂、块体脱落,护滩带破坏,撕裂处滩面失去保护,直接受水流冲刷,冲刷坑向护滩带内部发展。

网垫(网格)护滩在高滩坡面守护中使用较多,但针对性的研究相对较少。钢丝网格的抗冲能力主要由两方面因素所提供:钢丝网石笼垫内部填石自身的抗冲能力,以及钢丝网箱所能提供的限制石料位移的能力。然而在实际工程设计中,通常不会将这两方面因素分开考虑,而是采用将整个钢丝网石笼垫防护体系视做一个整体进行考虑,综合考虑钢丝网石笼垫系统的抗冲能力和钢丝网石笼垫防护的厚度、石料粒径大小、钢丝网石笼垫自身的力学性能。

四面六边体透水框架由预制的6根长度相等的钢筋混凝土框杆相互连接组成,当水流通过时,利用本身构件来逐渐消减水流的动能,减缓流速,促使水中泥沙落淤,达到护滩的目的。“边滩水沙运动特点及护滩建筑物破坏机理研究”中证明四面透水框架护滩后滩体冲刷量明显减小,护滩效果较护滩带好。室内试验和工程应用均表明,四面六边体透水框架群作为一种新型

护岸固滩技术, 减速落淤作用十分明显。在不同的边界水流条件下, 透水框架群的减速率一般为 30% ~ 70%, 而且四面六边体透水框架质心较低, 具有良好的稳定性, 即使在水流冲击下发生位移滚动, 仍能保持其高度不变, 继续发挥作用, 另外四面六边体透水框架群的减速落淤效果, 除了与水沙条件等有关外, 还与透水框架群布设的密疏度有很大关系。透水框架群的减速落淤机理可概括为: 透水框架群能分散消减水流能量, 降低框架群区及框架群间隔区的流速, 不产生集中绕流, 避免了实体抗冲的基础淘刷问题, 而且能在近底区形成阻力区, 调整流速分布, 从而对洲滩进行防护。

3 护滩结构应用效果分析

3.1 护滩结构在安庆水道航道整治工程中的应用^[5]

安庆水道位于长江下游安徽省境内, 上起皖河口, 下至钱江嘴, 全长 21.5 km, 总体上属弯曲分汉型河段 (图 1)。河道内有新洲、鹅毛洲和江心洲将水道分为左汉、新中汉和右汉。受鹅毛洲冲刷后退影响, 新中汉冲刷发展; 新洲头部冲刷后退、高程降低, 航道右边界不稳定, 航道条件逐年变差。为维护航道的稳定, 2010 年汛后开始实施了安庆水道航道整治工程, 工程于 2012 年完工, 2014 年交工验收。主要工程包括新洲头部护滩带守护、新中汉 2 道护底带及护岸 (图 1)。

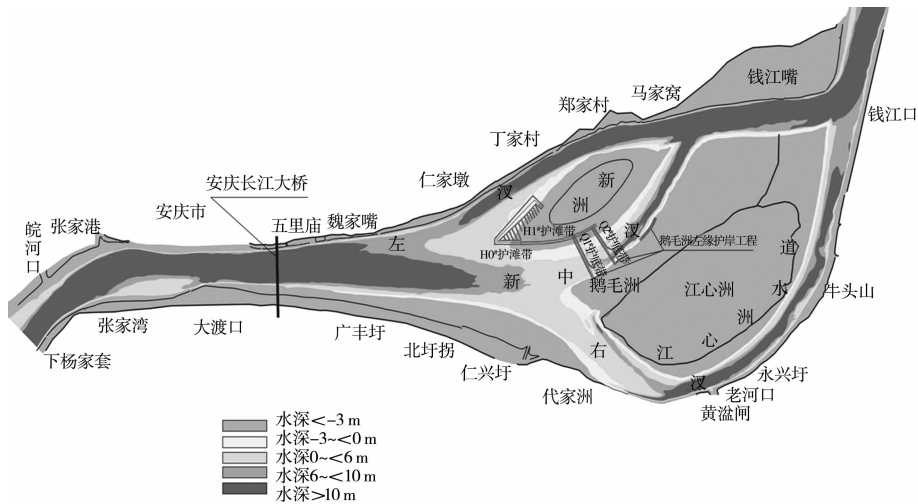


图 1 安庆水道河势及航道整治工程平面布置

新洲头部守护工程由一道新洲洲头至左缘的护滩带 (H0[#] 护滩带)、一道新洲右缘护滩带 (H1[#] 护滩带) 以及透水框架促淤带组成, 采用了 D 型排 + 抛石、X 型排、透水框架、钢丝网格、单元排和加筋三维网垫等 6 种护滩结构 (图 2)。

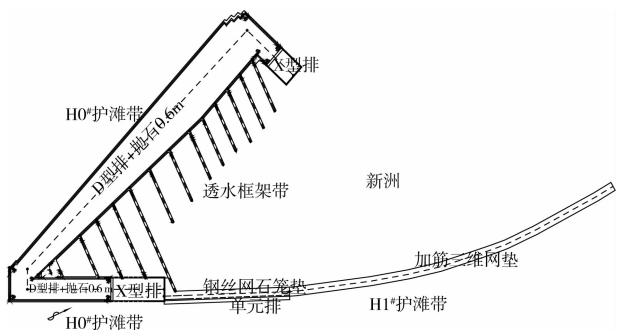


图 2 安庆水道新洲护滩带守护工程结构设计

H0[#] 护滩带在黄海高程 2.30 (航行基面) ~ 7 m 布置, 纵轴线长 2 490.40 m、宽 100 ~ 210 m。护滩带轴线 5.30 m (约航行基面上 3 m) 高程以上的河床, 采用 X 型排护滩; 护滩带轴线 5.30 m 高程以下的河床, 采用 D 型排护滩, D 型排上设防老化抛石 60 cm 厚。

H1[#] 护滩带轴线沿黄海高程 7.0 ~ 8.0 m (约航行基面上 4.7 ~ 5.7 m) 区域呈弧形布置, 护滩带总长 2 187.00 m、宽 40 m。新洲右缘上游段长 587.00 m 的范围, 采用 0.23 m 厚的钢丝网格进行守护, 下铺设 400 g/m² 无纺布一层, 在钢丝网格临水边缘侧设 20 m 宽混凝土单元排, 混凝土单元排与钢丝网格搭接 5 m。新洲右缘下游段长 1 600 m

的范围,采用加筋三维网垫进行防护,下铺无纺布。

在H0#护滩带高滩部位的滩面设置12道透水框架带,透水框架带纵轴线方向垂直于中洪水的水流方向,透水框架根部伸至黄海高程7m的滩面。透水框架宽度为10m,间距为洲头前4道为100m,中间3道为120m,其余左缘5道间距为80m,按3架/m²控制。

3.2 护滩结构应用效果分析^[7]

护滩工程于2010年11月开工建设,2011年10月工程完工,距今已经过3个水文年的考验,

工程护滩促淤效果显著,主体建筑物结构稳定。

1) D型排、X型排(H0#护滩带)。

H0#护滩带整体以淤积为主,H0#护滩带头部和左侧尾部D型排区域淤积幅度普遍在0.5~1.0m,局部淤积幅度达到2m,护滩带中部D型排区域淤积幅度较小,在0.5~1.0m。H0#护滩带头部和左侧尾部的淤积幅度略高于左侧中间部位。护滩带沿线外缘未守护区淤积约0.5~1m。H0#护滩带从头部向右侧尾部淤积幅度逐渐变小,至D型排与X型排衔接处地形略有冲刷,幅度在0.4m左右(图3、4)。

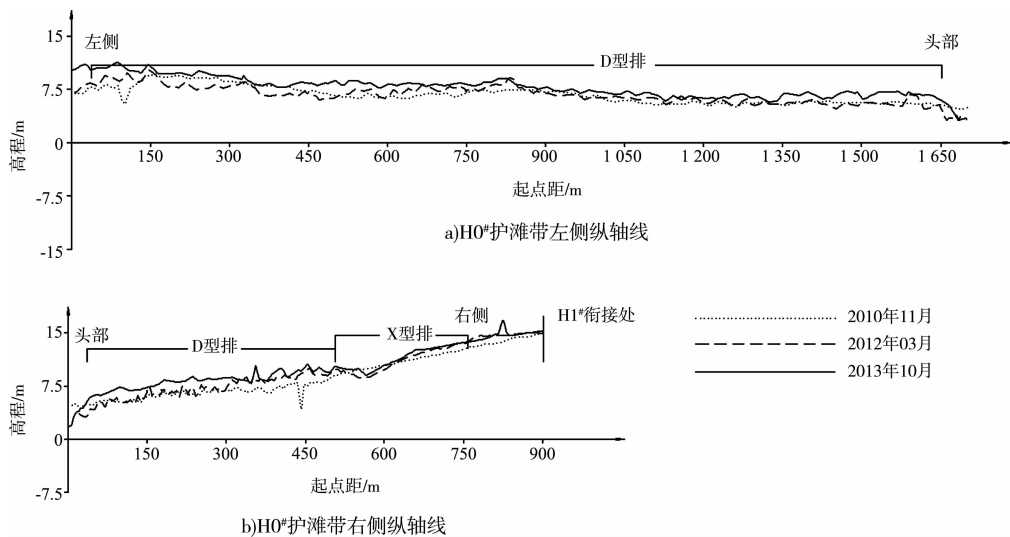


图3 护滩带轴线断面变化

2) 钢丝网格、混凝土单元排(H1#护滩带)。

H1#护滩带整体呈现淤积形势,淤积幅度从头部向尾部逐渐加大(图5)。其中,钢丝网石笼垫工程区淤积约0.5m,但在单元排区域出现长280m、宽20m、幅度0.3~0.4m的冲刷区(图6、7)。2011年汛后现场踏勘,发现钢丝网石笼垫和单元排被厚厚的泥沙覆盖。2012年汛后踏勘,发现钢丝网石笼垫和单元排裸露被泥沙覆盖,部分完好,表明冲刷区域为原来淤积的泥沙。



图4 H0#护滩带右缘X排区域淤积

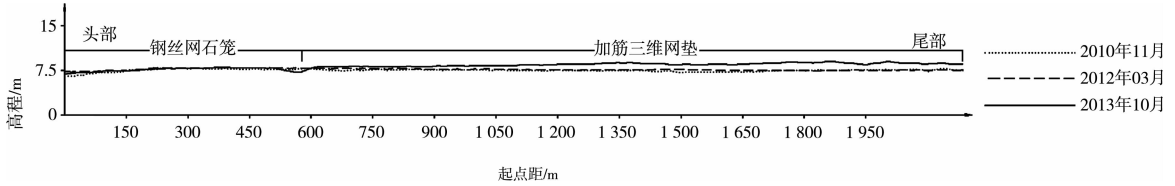


图 5 H1#护滩带轴线断面变化



图 6 H1#护滩带钢丝网格淤积



图 7 H1#护滩带单元排淤积

3) 加筋三维网垫 (H1#护滩带)。

加筋三维网垫守护区位于 H1#护滩带下游, 守护区域整体淤积, 淤积幅度从上游向下游逐渐变大, 尾部淤积幅度加大至达 2 m 以上 (图 5、8)。



图 8 H1#护滩带加筋三维网垫淤积

4) 四面六边透水框架带。

透水框架促淤带区域内淤积明显, 其淤积强度大于 H0#护滩带铺排区, 前 5 道框架间淤积幅度为 0.8 ~ 1.5 m; 后 7 道框架淤积厚度普遍在 1.2 ~ 2 m, 但在第 12 道 (最后一道) 框架带和左侧尾部护滩带 X 型排之间, 靠近高滩侧出现长 90 m、宽 40 m、冲刷深度约 0.5 m 的局部冲刷区域 (图 9)。



图 9 透水框架促淤带区域发生淤积

3.3 护滩结构适用性分析

上述 6 种护滩结构, 除加筋三维网垫结构是在长江航道整治中首次使用外, 其他结构形式都在航道整治工程中得以运用。根据新洲头部守护工程实施后的效果来看, D 型排 + 抛石、X 型排、透水框架、钢丝网格、单元排和加筋三维网垫 6 种护滩结构在滩体守护方面都有较好的适应性, 局部冲刷变化主要位于工程边缘和不同结构的衔接处。

软体排护滩结构适用于冲刷较为强烈的区域, 但需要考虑适当抛石压载, 并对边缘进行防护; 网格 (网垫) 护滩根据结构强弱不同, 具有不同的适应性: 钢丝网格适用于冲刷较为强烈的区域, 加筋三维网垫适用于冲刷较弱的区域, 两者都适用于植被覆盖率较高的部位, 生态效果较好; 透水框架在不同部位均有着较好的适应性, 且可单独使用^[6]。

相比其他结构，透水框架能够起到减速促淤的作用，对覆盖区域起到防护的同时也能对框架外的滩体形成守护。而采用软体排和钢丝网格护滩，只对覆盖区域守护效果较好，之外的区域基本不能起到守护作用。透水框架护滩可采用条状透水框架带按照一定间距直接铺设在滩面进行守护，其布置方向应与中洪水期滩面流路相垂直。对于条状透水框架带的间距，宜根据滩体冲刷变化的强弱不同，分段考虑。根据安庆水道新洲头部守护工程经验，条状透水框架带的间距在 50 ~ 100 m 较为合适。

4 结论

在长江航道整治护滩结构中，对于调整型整治工程多采用鱼骨坝（梳齿坝）；对于守护型整治工程多采用软体排、网垫（网格）和四面六边透水框架。

研究成果表明，现有的航道整治护滩结构对于工程覆盖区域均具有具有好的守护效果，四面六边

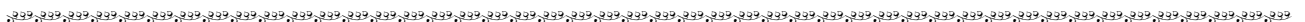
透水框架对覆盖区域起到防护的同时也能对框架外的滩体形成守护。

护滩工程结构破坏多发生在工程边缘和不同结构的衔接处，设计中应加强防护。

参考文献：

- [1] 曹棉. 软体排在长江航道整治工程中的应用[J]. 水运工程, 2004(9): 70-74.
- [2] 张金来, 吴婷婷, 陈其武, 等. 加筋三维网垫在护滩工程中的应用[J]. 水运工程, 2012(8): 204-206.
- [3] 冯丛林, 周凯, 杨再常, 等. 加筋麦克垫在护滩工程中的应用及施工质量控制[J]. 水运工程, 2014(3): 183-187.
- [4] 汪奇峰. 四面六边形混凝土透水框架在长江航道整治工程护滩中的运用[J]. 中国水运, 2013(7): 165-166.
- [5] 刘奇峰. 长江下游安庆水道航道整治工程初步设计[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2010.
- [6] 刘奇峰. 界牌河段心滩守护建筑物结构专题研究[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2011.
- [7] 潘美元. 长江下游安庆水道航道整治工程效果分析报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2014.

(本文编辑 武亚庆)



(上接第 113 页)

2) 当要素的分类依据与属性取值的分类依据不一致，无法通过名称或含义确定对应关系时，则应依据实际情况进行对应。如小类 21413 油障，根据实际工作中的通用惯例，油障特指与水上油井相关的障碍物，而障碍物指一般的碍航物，则该小类应对应物标 OILBAR（油障）。

3 结语

1) 物标、属性的选取以沿用已有标准中能适用于我国内河的物标及属性为主，以扩展为辅，且应优先考虑属性值的扩展。

2) 对于要素编码与物标、属性对应关系的建立应在深入研究要素、物标、属性具体含义的基础上结合实际情况进行对应，名称或含义相同者优先对应，否则按照实际工作中的使用习惯进行对应。

参考文献：

- [1] 陈伟. 内河电子江图与信息系统研究与实践[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2001.
- [2] 张国平. 加快推进长江电子航道图建设[J]. 中国水运, 2010(4): 34-35.
- [3] 吕永祥. 长江数字航道和智能航道的分析与思考[J]. 交通科技, 2013(2): 161-164.
- [4] 刘力, 于秀娟, 冯新强, 等. 我国内河电子航道图建设的现状及对策[J]. 中国水运, 2011(4): 76-79.
- [5] 唐冠军. 如何借鉴欧洲内河航运发展的经验[J]. 中国水运, 2006(9): 13-15.
- [6] 徐硕, 伍登峰, 徐乐, 等. 关于《长江电子航道图制作规范》修订的几点建议[J]. 水运工程, 2013(12): 162-164.

(本文编辑 郭雪珍)