



钢丝石笼混合式护岸结构 在长江航道整治工程中的应用

黄伟^{1,2}

(1. 武汉理工大学交通学院, 湖北 武汉 430072; 2. 长江航道工程建设指挥部, 湖北 武汉 430010)

摘要: 护岸是航道整治的重要措施之一, 陆上护坡是护岸的重要组成部分。介绍了混合式护岸结构在长江中游藕池口水道航道整治一期工程中首次应用的设计思路、施工工艺及工程效果。混合式护岸结构首次在长江中游藕池口水道航道整治一期工程中试用, 效果明显, 在保证工程质量、安全的前提下, 提高了护岸效率, 增强了工程外观的美感, 并节省了投资。

关键词: 航道整治; 护岸工程; 结构选型; 混合式

中图分类号: U 617.9

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)10-0123-05

Application of hybrid revetment structure in the Yangtze River waterway project

HUANG Wei^{1,2}

(1. School of Transportation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430072, China;

2. Changjiang Waterway Engineering Construction Headquarters, Wuhan 430010, China)

Abstract: Bank protection is one of the most important means for waterway regulation, and land revetment is the important part of bank protection. Hybrid revetment structure is applied to the rectifying and administering project of Ouchikou water channel, and the effect is obvious: it improves the efficiency of revetment engineering, upgrades the outward appearance, and cuts down the engineering cost under the prerequisite of guaranteeing the engineering quality and safety.

Key words: Yangtze River waterway regulation; bank protection; structural selection; combined type

在护岸设计理念上, 国内以往的护岸工程, 主要考虑河道防冲刷、抗碰撞等性能要求, 结构形式多为刚性结构, 如抛石护岸、现浇混凝土和预制混凝土块体护岸等。而很少去考虑河道与周边历史环境、社会环境、生态环境及人文环境的统一。近年来, 随着柔性生态护岸概念的提出, 长江航道护岸整治理念发生了很大的改变, 主要体现在进行护岸工程设计时, 非常注意沿岸的景观与生态系统, 尽最大可能地参照采用天然状态下的河岸形式, 避免以建筑物的形式去破坏自然生态系统的平衡。

护岸结构的选型是护岸设计的关键环节, 如

果结构选型不当, 即使结构计算很准确, 也有可能对结构的安全使用及可靠性带来无法弥补的缺陷, 或者经济上的不合理。随着护岸建设规模和投资力度的增大及可选结构形式的增多, 结构选型难度更大, 结构选型不当带来的风险与经济浪费也将增加。因此, 正确处理护岸结构选型问题, 对于护岸工程的设计、施工、使用、维护等都有重要意义。

1 护岸结构的选型

航道整治工程护岸结构选型的原则^[1]为: 顺应河岸形态, 整体结构稳定可靠, 施工便利, 维护方便, 环境友好, 对水流的干扰较小, 且造价较低。

收稿日期: 2012-07-30

作者简介: 黄伟(1981—), 男, 工程师, 主要从事长江航道整治工程的项目管理工作。

护岸结构主要有直立式、斜坡式、混合式3种。

1.1 直立式

直立式护岸一般应用于岸坡较陡、水深较深、地基较好、岸线纵深较小和用地紧张的地段，多见于码头水域。优点是减少岸坡纵向开挖，减少对坡顶生态的破坏；缺点是对地基要求比较高。

1.2 斜坡式

斜坡式护岸形式优点是顺应河岸形态护岸，整体结构稳定可靠，维护方便，对水流的干扰较小，是长江中下游最常用的护岸结构形式。缺点是若岸坡较陡，需要削坡，对坡顶生态破坏较大。

1.3 混合式

混合式护岸优点是对坡顶开挖量少，占地少，节省成本。缺点是对地质要求较高，地基稳定。

2 混合式护岸结构设计思路和结构设计

2.1 混合式护岸结构设计思路

护岸结构设计思路^[2]主要是根据河道特性以

及模型试验成果，对迎流顶冲以及冲刷严重部位的结构进行强化，针对具体部位的地形、地貌及水文特点，对护岸结构形式进行优化设计。

长江中游藕池口水道航道整治一期沙埠矶至夹河口末护岸线坡顶有防护林，同时临近堤防，土质较好，地基比较稳定，设计时考虑尽量减少对岸坡顶的开挖，尽量不破坏防护林，因此采用下部为斜坡式、上部为直立式的混合护岸结构。直立式护岸采用钢丝网石笼挡墙。

2.2 混合式护岸结构设计

藕池口工程混合式护岸结构由枯水平台、陆上护坡、钢丝网石笼挡土墙、水下护底和水下镇脚等5个部分组成。其中枯水平台、水下护底和水下镇脚结构同斜坡式结构。沙埠矶护岸下游设50 m衔接段^[2]。混合式护岸典型断面见图1，钢丝网石笼挡墙结构见图2。

2.2.1 枯水平台

在长江航道整治护岸工程中，枯水平台宽度一般为3 m，厚度1 m。从下至上全部是干砌块

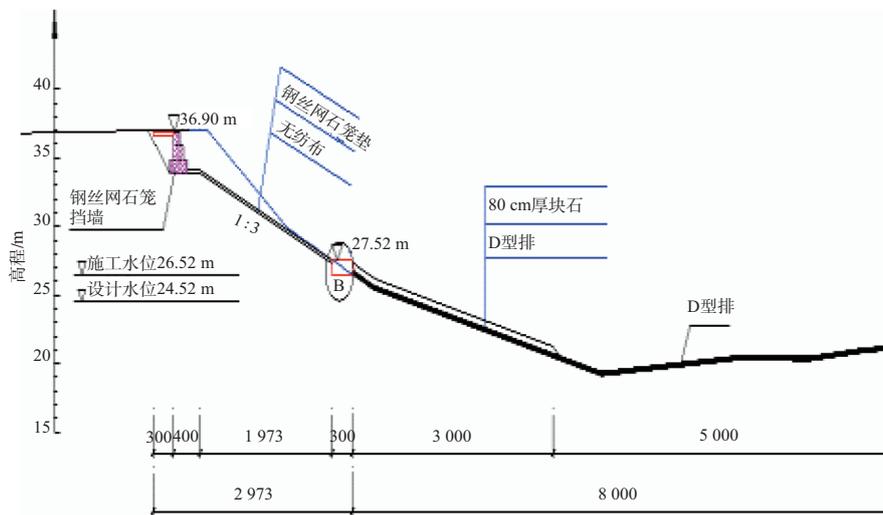


图1 沙埠矶工程混合式护岸典型断面

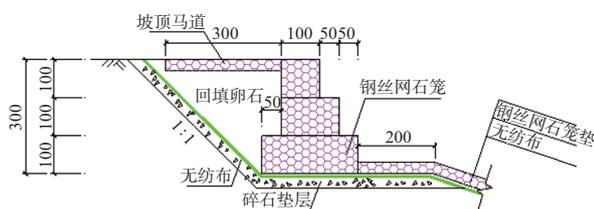


图2 钢丝石笼挡墙结构

石和底层为平铺块石、面层为钢丝网格垫层2种形式，具体根据河床、地质以及水位变化情况而定。无纺布和护底排在平台下重叠。

2.2.2 陆上护坡

主要包括岸坡开挖、岸坡回填、排水盲沟、陆上反滤层、护面以及坡顶马道等工序。

2.2.3 钢丝网石笼挡土墙

在长江中游藕池口水道航道整治一期工程中, 钢丝网石笼挡土墙由3层高度均为1 m的钢丝网石笼竖向砌筑而成, 岸侧垂直, 江侧成阶梯式, 由下而上钢丝网石笼层宽分别为2.5 m, 1.5 m和1 m, 钢丝网石笼层需开挖后埋入砌筑, 开挖后对挡土墙墙后采用卵石回填。钢丝网石笼内填充块石或卵石, 系好盖面钢丝网并用钢丝相互铰接。

挡土墙反滤层: 在挡土墙墙后开挖边坡和最底层钢丝网石笼底部铺设1层碎石垫层, 然后铺设无纺布。

2.2.4 水下软体排护底

软体排的长度和宽度根据河床的组成、河段的水文条件、建筑物的类型和建筑物的作用强度等条件确定^[3-4]。目前在长江航道整治工程中用的最多的规格是40 m×100 m, 施工时从脚槽开始向河心方向沉放。

2.2.5 抛石镇脚

抛石镇脚范围根据河床地质、水位、水流特性等条件确定, 一般当河床坡度陡于1:2.5时, 先按1:2.5坡度进行抛石补坡, 然后再抛石; 缓于1:2.5, 枯水平台以外30 m排上抛石厚0.8 m; 对于迎流顶冲、水流较急的部位适当加强。

2.3 混合式护岸稳定性分析

混合式护岸稳定性分析对工程分别在低水位、高水位和地震等3种工况情况下进行稳定性验算。

2.3.1 计算条件

1) 墙身计算。

墙身高3.0 m, 墙顶宽1.0 m, 面坡倾斜坡度1:0.25, 背坡倾斜坡度1:0.0; 墙趾台阶宽为0.5 m, 高为1.0 m, 坡度为1:0.0; 墙踵台阶宽为0.5 m, 高为1.0 m。直立式挡墙见图3。

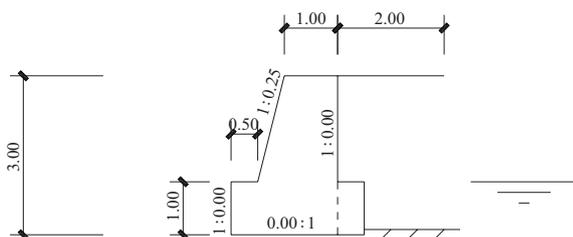


图3 直立式挡墙剖面

2) 物理参数^[2]。

墙体密度为 1.75 t/m^3 , 钢丝网石笼之间摩擦系数为0.5, 地基土摩擦系数为0.4, 墙后填土内摩擦角为 30.0° , 墙后填土粘聚力为 0.0 kPa , 墙后填土密度为 1.75 t/m^3 , 墙背与墙后填土摩擦角 20.0° , 地基土密度为 1.9 t/m^3 , 修正后地基土容许承载力 100.0 kPa , 墙底摩擦系数0.4, 地基土内摩擦角为 22.0° 。

2.3.2 计算结果

1) 低水位工况。

①滑动稳定性验算。滑移验算满足 $K_c=1.437>1.300$ 。

②倾覆稳定性验算。倾覆验算满足 $K_0=4.892>1.600$ 。

③地基应力及偏心距验算。作用于基底的合力偏心距满足 $e=0.166 \leq 0.625$ 。地基承载力验算: 最大压应力= $27.691 \text{ kPa} \leq 100.0 \text{ kPa}$ 。

2) 高水位工况。

①滑动稳定性验算。滑移验算满足 $K_c=1.407>1.300$ 。

②倾覆稳定性验算。倾覆验算满足 $K_0=4.706>1.600$ 。

③地基应力及偏心距验算。作用于基底的合力偏心距满足 $e=0.149 \leq 0.625$ 。地基承载力验算: 最大压应力= $39.375 \text{ kPa} \leq 100.000 \text{ kPa}$ 。

3) 地震工况。

①滑动稳定性验算。滑移验算满足 $K_c=1.299>1.100$ 。

②倾覆稳定性验算。倾覆验算满足 $K_0=4.361>1.200$ 。

③地基应力及偏心距验算。作用于基底的合力偏心距满足: $e=0.168 \leq 0.833$ 。地基承载力验算, 不满足最大压应力= $41.095 \text{ kPa} \leq 100.000 \text{ kPa}$ 。

2.3.3 计算结果分析

通过以上计算表明: 沙埠矶至夹河口直立式挡土墙满足抗滑、抗倾稳定性和地基承载力的要求。

3 混合式护岸施工工艺

3.1 坡面钢丝网格铺设

钢丝网格用于岸坡施工, 采用人力铺设, 主

要包括坡面平整、反滤层铺设、钢丝网组装、钢丝网格安装与填充。

3.1.1 坡面平整

对开挖后的岸坡面进行整平。

3.1.2 反滤层铺设

钢丝网格铺设前应对下垫层进行检查,其平整度应满足设计要求^[5]。铺面平整后,铺设1层400 g/m²无纺布,无纺布间相互搭接,搭接宽度为0.5 m。

3.1.3 钢丝网组装

1) 在置放前先组合钢丝网各单一结构。从捆扎包中把折叠的单位取出并放置在坚固和平整的地面上,然后展开并压平成原形状。从边部开始沿线折叠,并将折叠处连接。钢丝网应逐件组装,侧面、尾部和间隔都应竖立,并确保所有的折痕都在正确的位置,每个边的顶部都水平。

2) 用绞合钢丝把钢丝网的边连接。使用绞合钢丝的程序:先剪一段足够长的钢丝,然后圈结到网格上再绞合;继续在每个金属网格上,每隔大约150 mm把交互的的和双的圈结拉紧,最终把绞合钢丝的尾端用圈结或绞合的形式固定在金属网格上。将隔板放置于垂直位置,并以同样方法用钢丝将隔板与边板连接。

3.1.4 钢丝网格安装和填充

1) 将组合的结构置放于施工坡面上,并用钢丝将各单一结构连接起来。在完成组装以后,钢丝网垫被一个接一个地摆放在滩面上,为了构成完整的结构,用钢丝把所有相邻空钢丝网垫沿其接触面的边连接。注意应在填充石料前进行钢丝网垫摆放和连接工作。

2) 将石料填充于空钢丝网格结构中,石料粒径要求70~150 mm。在填充石料时应尽量注意避免损坏网垫上的镀层,并辅以人工摆放以保证空间比空隙率最小。

3) 考虑到石料沉降,填充的石料应高出金属网格25 mm左右,并确保间隔板的上部外露。

4) 将钢丝网垫盖铺上,用适当的工具把笼盖和即将被连接的边拉近。用与组装时相同的方法把笼盖和所有的边、尾端和间隔板紧紧地绞合在一起,邻近的笼盖可以一次性连接。

3.2 钢丝网石笼挡墙

3.2.1 组装

为了便于运输,将钢丝网石笼单元折叠成捆束状态。运输至现场,将钢丝网石笼从捆束中取出并放置在坚硬且平整的地面上,并按原始折叠线展开,压成本来的形状。将面板、背板和底板竖起,组成一个开口箱体形状,将所有相邻面板的突出边缘钢丝绞合在一起。将钢丝网石笼竖起,并用相同的方式固定。隔板与端板所有与底板及前板相邻的边缘都必须完全绞合。钢丝网石笼单元组装方法见图4。

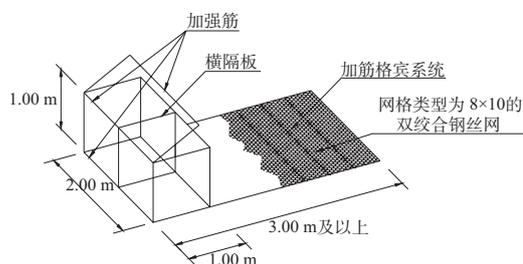


图4 钢丝网石笼单元组装方法

3.2.2 加固过程

每次绞合的最大长度不得超过1 m(绞合后的实际长度而不是绞合钢丝的长度)。较长的边缘需用数段绞合钢丝连接在一起。绞合应以不超过15 cm的间距交替单圈绞合及双圈绞合。在绞合时应拉紧网面,且绞合钢丝的另一端在与边缘钢丝绞合后应再缠绕在自身上。在绞合钢丝的尽头应利用钳子打结。

当用钢环固定时,可以使用手动或气动加固工具。在末端与中心隔板的连接处的顶端及底端处扣紧钢环,然后沿着所有的边缘以最大200 mm的间隔依次扣紧。

3.2.3 清基

放置钢丝网石笼基础应按照设计要求基本平整、表面无明显不规则现象,无过分疏松土质且清除表面植被。

3.2.4 安装

清基完成后,将组装好的钢丝网石笼按设计要求一个紧靠一个整齐地摆放在基础上,相邻钢丝网石笼间应充分绞合以保证构成一个连续的整体。

钢丝网石笼面对面或背对背放置, 以便于填充及绞合盖板。

通过不绞合长边板与相邻钢丝网石笼套进, 底板重叠来做成曲线或斜角。

3.2.5 填充

填石需坚硬无锋利棱角且不易风化, 粒径应在100~300 mm。

填石应采用人工摆放, 以减少孔隙率并增强美观效果。

采用分层填石, 每次填充300 mm高度的石头, 且已填充的钢丝网石笼单元不得比相邻钢丝网石笼单元已填充石头表面高出300mm以上。分层装填见图5。

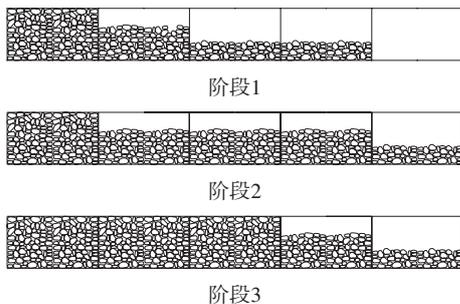


图5 分层装填钢丝网石笼面板示意图

装填钢丝网石笼面墙时, 应每隔1/3高度在面板与背板间拉加强钢丝, 钢丝网石笼结构的端墙也需拉加强钢丝(图6)。钢丝网石笼顶部需调整基本平整, 尽量降低孔隙率, 并确保盖板容易绞合。考虑到自然沉降问题, 装填时应有50 mm的超高。

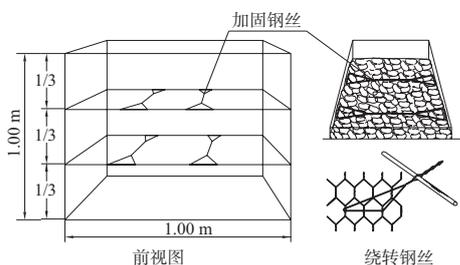


图6 面墙设置加强钢丝示意图

3.2.6 闭合

在盖上盖子之前, 需对装填时造成弯曲的隔板进行校正, 对已有装填的石头进行平整, 且孔隙率已尽量降低。最终确保所有横向、纵向边缘在同一直线上、石头表面平整、不存在凹陷、凸起现象。

将盖板下折, 将相邻盖板的边缘拉至一起,

将相邻钢丝网石笼的盖板拉紧, 盖板上突出的边缘钢丝在面板边缘钢丝上至少缠绕两圈, 将盖子边上伸出来的钢丝在面板边上的钢丝上缠绕两圈, 并确保盖板所有边缘与相邻面板边缘充分绞合, 同时将相邻的盖板充分绞合。钢丝所有伸出部分插入完成的钢丝网石笼结构中去。

4 结语

本文提出的钢丝石笼混合式护岸主要是针对沙埠矶岸线的地形、地貌及水文特点, 同时为了减少征地、节约成本而提出的结构形式。也是在以前长江航道整治的护岸结构的总结基础上提出与试用, 工程完工后已经历了一个洪枯水期的考验, 工程整体稳定, 达到了建设目标。但是在完工初期, 由于没有设排水明沟, 受到连续的强降雨影响, 已形成的坡面出现数处水毁情形, 主要表现为: 局部沉降, 形成坑状。其稳定性与耐久性还需进一步的研究。图7为藕池口工程混合式护岸结构完工后效果。



图7 藕池口工程混合式护岸结构完工效果

参考文献:

- [1] 钟春欣, 张玮. 传统型护岸与生态型护岸[J]. 红水河, 2006(4): 136-139.
- [2] 长江航道规划设计研究院. 长江中游藕池口水道航道整治一期工程施工图设计[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2010.
- [3] 余帆, 周克当, 冯刚. 系接软体排在护岸工程中的应用[G]//长江重要堤防隐蔽工程建设管理局, 长江科学院. 长江护岸及堤防防渗工程论文集. 北京: 水利水电出版社, 2003: 166-170.
- [4] 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): 70-73.
- [5] JTS 257—2008 水运工程质量检验标准[S].