



# 混凝土单元排护滩结构 在航道整治工程中的应用

周生利, 张俊锋

(长江航道局, 湖北 武汉 430010)

**摘要:** 在总结长江航道传统护滩结构的基础上, 对混凝土单元排护滩结构的构件设计、结构稳定性等进行分析。结合长江杨林岩水道航道整治工程实际, 对混凝土单元排护滩施工工艺、质量控制要点、应用效果等进行阐述, 为该结构在类似航道整治工程中的应用提供经验参考。

**关键词:** 混凝土单元排护滩; 航道整治; 应用

中图分类号: U 617.8

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)11-0105-05

## Application of concrete unit beach protection in channel improvement engineering

ZHOU Sheng-li, ZHANG Jun-feng

(Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** This paper analyzes the element design and structure stability of the concrete unit beach protection on the basis of summarizing the traditional beach protection structures, and states the construction technology, key points of quality controlling and application effects of the concrete unit beach protection in the practice of the comprehensive improvement construction of Yangliuyan channel in the Yangtze River, to serve reference for similar channel improvement constructions.

**Keywords:** concrete unit beach protection; channel improvement; application

护滩带是长江航道整治工程中的一种常见的整治建筑物, 目前工程常用的软体排护滩, 主要利用土工织物较好的透水保沙及适应变形的性能实现对沙质河床的保护。近年来, 系沙袋压载软体排、系混凝土块压载软体排、铰链块压载软体排等结构在护滩工程中得到了较为广泛的应用, 但工程实践的应用效果表明此类结构在护滩边缘适应变形能力较差。另外, 从施工过程来看, 混凝土压载块转运过程中破损量大, 施工成本较高。长江中游杨林岩水道航道整治工程中, 大面积应用单元排护滩结构, 取得了较好的应用效果。本文结合工程实际, 对混凝土单元排的结构设计、稳定性、施工工艺、质量控制、应用效果等进行分析。

### 1 护滩结构选型

软体排护滩带在航道整治的应用中主要是利用其隔离和反滤功能, 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。目前常见的软体排护滩结构有: 系沙袋排、系结混凝土块排、铰链混凝土块排、混凝土单元排等结构形式。混凝土系结排自20世纪末开始应用于长江航道整治工程, 至今仍是长江中下游整治工程中最广泛的护滩结构之一。工程实践表明, 该结构护滩效果总体较好, 但在护滩带的边缘河床变形剧烈部位, 软体排排垫悬挂, 造成混凝土块滑落, 进而出现排体老化、撕裂等现象(图1)。为此,

收稿日期: 2014-09-09

作者简介: 周生利(1967—), 男, 教授级高级工程师, 从事长江航道工程建设管理工作。

提出了混凝土铰链排护滩结构<sup>[1]</sup>，该结构通过混凝土块之间钢筋钩环的连接，增强了护滩带边缘适应河床变形的能力，但此种结构块体缝隙较大，且块体链接的钩环防锈问题始终没有较好地解决，结构耐久性较差。

为进一步解决护滩带的边缘变形问题，在长江中游杨林岩水道航道整治工程<sup>[2]</sup>实施阶段，对护滩结构的稳定性、施工的适用条件、施工难易和工程造价等4个方面进行分析，在总结传统护滩结构经验和专家意见的基础上，采用了新型护

滩结构——混凝土单元排结构。



图1 混凝土系结排护滩结构边缘破坏情况

表1 几种软体排护滩结构对比

| 结构形式   | 结构稳定性                      | 工艺特点               | 工程造价              |
|--------|----------------------------|--------------------|-------------------|
| 系沙袋排   | 整体性较好、适应河床变形，但排体刺破失稳、不耐老化  | 施工机械化程度较高，难度较大     | 工程造价较高            |
| 混凝土系结排 | 混凝土块易脱落，排垫易老化、撕裂           | 混凝土块转运难度较大，系结工程量较大 | 混凝土块破损率大，施工成本高    |
| 混凝土铰链排 | 整体稳定性较好，混凝土块间钢筋钩环易腐蚀，耐久性较差 | 混凝土块转运难度较大，连接工程量较大 | 混凝土块破损率较大，施工成本较高  |
| 混凝土单元排 | 整体稳定性好，耐久性较好               | 现场预制、整体施工，机械化程度高   | 避免了混凝土块转运过程中的破损问题 |

## 2 混凝土单元排设计

### 2.1 施工条件

杨林岩水道位于长江中游湖北省洪湖市、湖南省岳阳市境内，该水道航道整治工程旨在通过对南阳洲洲头及右汊两岸边滩的固滩措施，稳定南阳洲洲头位置及滩体形态，稳定右汊两岸边滩，稳定现有滩槽格局。该工程护滩工程位于江心洲（南阳洲）洲头低滩上，包括“一纵三横”4条鱼骨型护滩带（图2）。

南阳洲低滩滩体土质主要为厚度15~20m的粉细砂层，该砂层粘聚力低，抗冲刷能力较差。工程区内南阳洲护滩带范围内河床起伏不大，高程一般在17~22m（黄海高程，航行基准面上2~7m，下同）。该水道全年最低水位出现在1、2月份，水位为19.5~20.0m，最高水位出现在7、8月份，汛期水位为27.6~28.4m，洲滩大多被淹没，局部最大流速不超过3m/s。

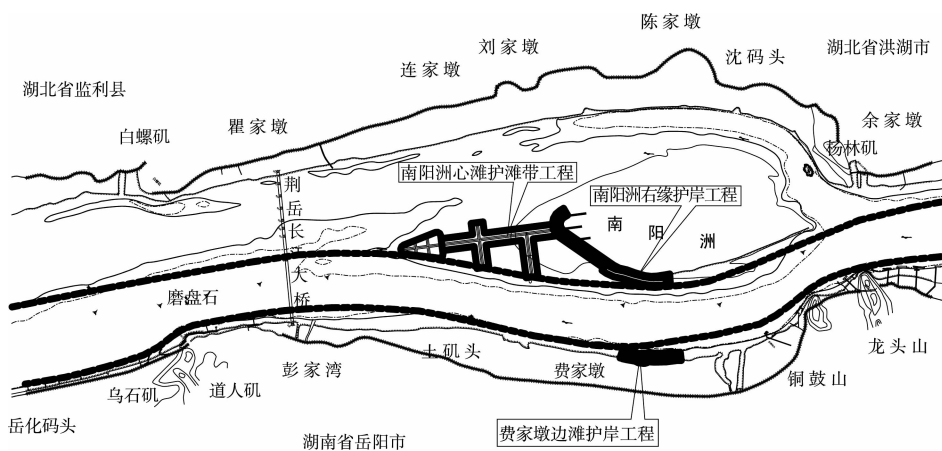


图2 长江中游杨林岩水道航道整治工程平面布置

### 2.2 护滩结构设计<sup>[2]</sup>

杨林岩水道航道整治工程南阳洲护滩带施工水位以下为水下护底, 主要采用传统的 D 型排 + 抛石护底; 施工水位以上为陆上护滩, 主要采用 X 型排 + 单元排 + 边缘挖槽预埋 + 局部透水框架压边的结构形式。其中, 混凝土单元排结构布置在护滩带边缘 20 m 范围的预变形区, 末端挖槽预埋 (图 3), 以提高排体边缘抗冲刷能力和排体整体稳定性。南阳洲低滩地势平坦, 混凝土单元排可在工程区现场浇筑, 以提高单元排施工效率, 减少混凝土块的破损率。

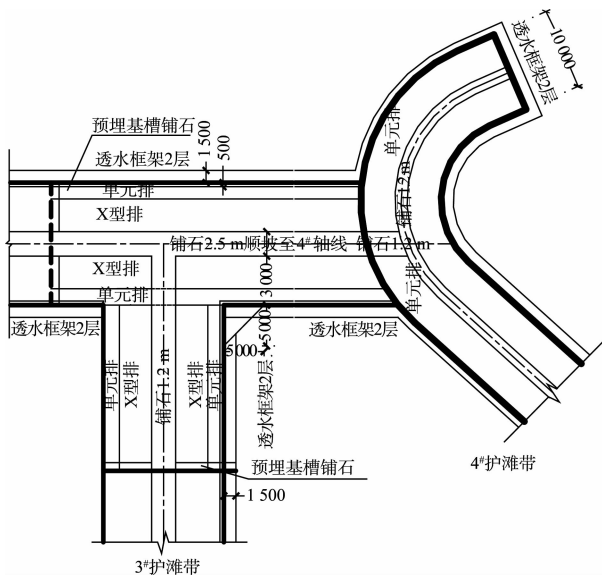


图 3 杨林岩水道航道整治工程护滩结构平面

### 2.3 单元排构件设计

现浇混凝土单元排 (简称混凝土单元排) 每一单元块的尺寸设定, 首先应该满足压载效果, 同时, 单元块应满足结构坚固、现浇施工快捷、工程效果好等基本条件。混凝土块之间的间距主要是根据单元排下无纺布防老化的需要而定, 同时也要考虑到适应河床变形的能力。

根据杨林岩水道航道整治工程施工条件, 混凝土单元排选用 5.095 m × 2.905 m (长 × 宽) 单元块连片制作, 每单元共有 112 块混凝土块, 每块混凝土块为边长 35 cm 的正方形, 厚 10 cm, 质量 28.17 kg, 每个混凝土块之间用直径 14 mm 的丙纶绳纵横交叉连接, 丙纶绳浇注到混凝土

块内, 每个混凝土单元块质量为 3.15 t, 由于本工程单元排用于护滩, 单元排下无纺布有防老化的需要, 因此混凝土块之间距离设为 15 mm。混凝土块间用碎石填充, 见图 4。

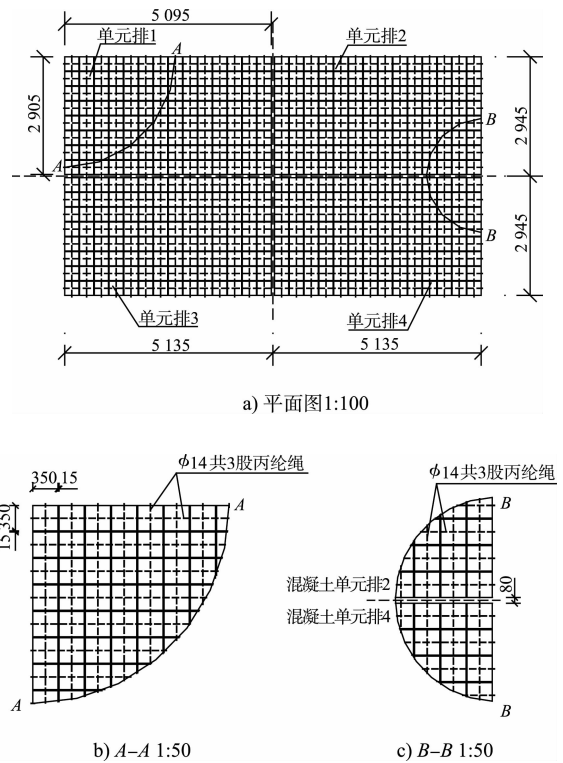


图 4 混凝土单元排结构

各单元之间的连接, 采用先浇注的单元丙纶绳, 向相邻的单元木模内延伸, 将各单元全部连成一体。

### 2.4 结构稳定性分析

混凝土单元排结构稳定性计算主要包括排体抗掀和抗滑稳定验算, 参照 JTJ 239—2005 《水运工程土工合成材料应用技术规范》<sup>[3]</sup> 有关计算公式进行计算。

#### 2.4.1 排体抗掀

$$v \leq v_{cr} \quad (1)$$

$$v_{cr} = \theta \sqrt{\rho'_R t_m g} \quad (2)$$

$$\rho'_R = (\rho_m - \rho_w) / \rho_w \quad (3)$$

式中:  $v$  为软体排边缘流速 (m/s);  $v_{cr}$  为软体排边缘临界流速 (m/s);  $\theta$  为系数, 分离压载软体排取 2;  $\rho'_R$  为软体排相对浮密度;  $g$  为重力加速度, 取 9.81 (m/s<sup>2</sup>);  $t_m$  为软体排等效厚度, 混凝土单

元排取 0.12 m;  $\rho_m$  为软体排密度, 取 2.3 t/m<sup>3</sup>;  $\rho_w$  为水的密度, 取 1 t/m<sup>3</sup>。

将各数值代入式(2)得:  $v_{cr} = 2.47$  m/s, 由于排体贴近河床, 洪水期排体附近最大表面流速为 3 m/s时, 底部排体边缘流速  $v \leq \frac{v_{max}}{\sqrt{2}} = 2.12$  m/s, 因此, 排体满足抗倾的稳定性要求。

### 2.4.2 排体抗漂浮

由抗掀动稳定计算出排体边缘最大流速不大于 2.12 m/s, 按照水利部颁发的 SL/T 225—1998 《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》, 排体上要求的压载与当地水流流态和流速有关, 当流速不大于 3 m/s 时, 可采用 1 kPa。本工程中采用的单元排排体上混凝土压载已超过 1 kPa, 具有足够的抗漂浮能力和抗冲刷能力, 因此抗漂浮能力和抗冲刷能力满足要求。

### 2.4.3 排体抗滑

软体排抗滑稳定验算按式(4)进行:

$$K_m = \frac{(\rho'_a t_m \cos\alpha - \Delta h \rho_w) f_{sg}}{\rho'_a t_m \sin\alpha} \quad (4)$$

式中:  $K_m$  为软体排抗滑稳定安全系数, 取 1.1 ~ 1.3;  $\rho'_a$  为软体排的浮密度 (t/m<sup>3</sup>);  $t_m$  为软体排等效厚度 (m), 单元排混凝土块排取 0.12 m;  $\alpha$  为坡角 (°), 取 7°;  $\Delta h$  为软体排上下水头差 (m), 根据模型成果最大值为 0.03 m;  $\rho_w$  为水的密度 (t/m<sup>3</sup>);  $f_{sg}$  为软体排与坡面的摩擦系数, 取 0.35。计算得出单元排  $K_m = 2.29 > 1.3$ 。因此, 排体满足抗滑稳定性要求。

## 3 混凝土单元排护滩施工工艺

混凝土单元排现场施工主要工艺流程见图 5。

### 1) 滩面整理。

对滩面杂物进行清除, 对局部凹凸不平的滩(坡)面用推土机进行平整, 最后人工进行精细平整。整理后要求滩面平顺、整洁。

### 2) 放样。

滩面整理完成后, 放样出每块单元的位置, 打放样桩固定。

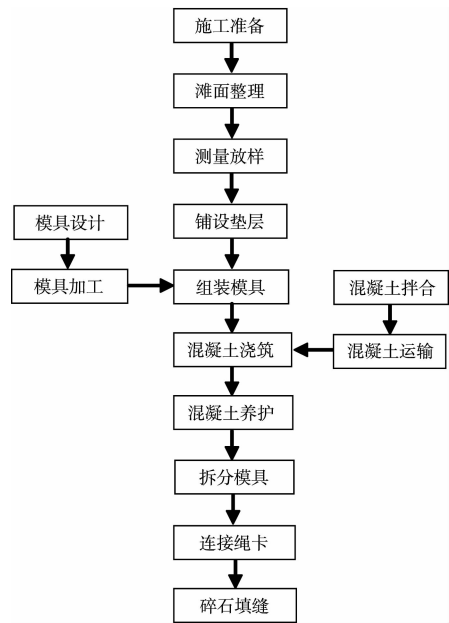


图 5 混凝土单元排现场施工流程

### 3) 铺设黄沙、无纺布。

铺设 1 层 10 cm 厚黄沙、1 层 400 g/cm<sup>2</sup> 无纺布, 无纺布间相互搭接, 单块无纺布宽度为 6 m, 搭接宽度为 0.5 m, 搭接处用尼龙线平缝两道。所有的缝合必须要连续进行, 针脚距离不应大于 15 mm, 第 1 道缝合线距暴露的织边缘为 250 mm, 第 2 道为 50 mm。

### 4) 现浇混凝土单元排。

根据设计要求, 将模板固定, 在混凝土块的模板之间穿好  $\phi 14$  mm 丙纶绳, 并在模板外侧预留 8 cm。要求丙纶绳纵横十字交叉连接。将混凝土压载块混合料拌合后放入模板内, 与丙纶绳一起浇注。浇注时应保证模板水平, 模板内混合料饱满, 表面抹平、确保光滑。

当上一混凝土单元的剩余丙纶绳长度大于一个混凝土单元长度时, 将剩余丙纶绳穿至下一浇注的单元模板内, 进入下一单元排的现浇作业, 使各单元连接为整体。当剩余丙纶绳长度小于一个混凝土单元的尺寸时, 浇注下一单元前, 应增加新的丙纶绳, 新丙纶绳在模板外侧应预留一定的长度, 便于两根丙纶绳之间的连接处理。

### 5) 养护并碎石填缝。

要求每块单元与单元之间横平竖直, 丙纶绳

交错。浇注完成后,应在 12 h 内加以覆盖,并浇水养护。混凝土浇水养护时间,掺用缓凝型外加剂或有抗渗要求的混凝土不得小于 14 d。在混凝土强度达到 1.2 MPa 之前,不得在其上踩或施工振动。养护达到强度要求后,再用绳卡将单元之间的两根丙纶绳进行卡紧。最后用粒径 1~3 cm 的碎石充填在单元之间的缝隙里,防止丙纶绳和无纺布受到阳光照射的老化,缝隙填充要饱满并铺设均匀。

#### 4 质量控制要点

##### 4.1 原材料质量控制

单元排施工质量控制应首先把好原材料的进场关,包括垫层材料(黄砂、土工布)、单元块材料(水泥、黄砂、碎石等)、连接材料(尼龙绳、卡口)等,应按设计及规范的要求组织原材料的各项质量性能的检验,确保原材料的各项参数满足设计及规范要求。

##### 4.2 垫层质量控制

首先,应抓好砂垫层铺设质量,确保砂垫层铺设均匀,并严格控制垫层平整度,确保单元排的整体平整度;其次,做好土工布搭接、缝制质量,确保土工布垫层无空漏,并满足设计搭接要求。

##### 4.3 混凝土预制质量控制

首先应确保模具的尺寸和内径满足设计及规范要求。混凝土块浇注过程中,应严格控制配合比、水灰比、塌落度和振捣时间,保证单元混凝土块表面严重缺陷检测结果满足设计及规范要

求。混凝土块浇注完成后,应及时对单元混凝土块进行养护,以保证单元混凝土块强度满足设计要求。

##### 4.4 单元排连接质量控制

混凝土块间及单元体之间的连接质量直接影响着单元排的整体稳定性。混凝土浇注前应确保模具内纵横十字交叉连接的尼龙绳处于紧绷状态,并且位于模具的中部,以保证尼龙绳不会出露在混凝土块表面。混凝土块单元之间用绳卡连接,并按设计要求充碎石覆盖,防止尼龙绳老化。

#### 5 应用效果及展望

长江中游杨林岩水道航道整治工程首次大面积应用混凝土单元排护滩结构,该项目护滩工程目前已经过 1 个洪枯水期考验,单元排结构稳定性良好。工程实践证明,相对于 X 型排等传统护滩结构,混凝土单元排优点明显,此种结构在长江中下游沙质河床护滩工程特别是护滩带边缘守护中值得进一步推广应用。

#### 参考文献:

- [1] 李志江,段斐,李伟林.混凝土铰链排在长江中下游护滩工程中应用的研究与实践[J].水运工程,2006(4):80-81.
- [2] 杨祥飞.长江中游杨林岩水道航道整治工程施工图设计报告[R].重庆:长江重庆航运工程勘察设计院,2012.
- [3] JTJ 239—2005 水运工程土工合成材料应用技术规范[S].

(本文编辑 武亚庆)

