

内河航道整治工程多种护底方案的利弊分析

高志锋

(泰州市港航事业发展中心, 江苏泰州 225300)

摘要: 内河航道整治工程对护岸进行护底已成为保护护岸的必要措施, 通常方案有模袋混凝土护底、混凝土铰链排护底、现浇混凝土护底或灌砌块石护底等。文中通过工程案例, 从适用性、局限性等方面详细论述各护底方案的利弊, 从而为不同的内河航道整治工程项目选择恰当的护岸护底方案提供借鉴。

关键词: 航道整治; 护底方案; 利弊分析

中图分类号: U617.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 01—0133—03

根据本人在“浅析船舶尾轴流对护岸稳定性的影响及改善措施^[1]”文中分析, 大吨位船舶的尾轴流是引起护岸失稳的根本原因, 基础埋置深度较浅的护岸易收到尾轴流的破坏, 需采取护底措施, 确保护岸基础底标高处土体稳定。目前, 广泛使用的主要护底方案有模袋混凝土护底、混凝土铰链排护底、现浇混凝土护底或灌砌块石护底等。这几种方案在水运行业内都有实践并论述, 但深入研究各自的适应性和局限性的却不多见, 本文着重于借助工程案例, 对以上几种护底方案逐一进行利弊分析, 以便在以后的工程实践中合理加以采用。

1 模袋混凝土护底

1.1 工程案例

1983年5月, 引进日本模袋护坡施工技术, 在南官河航道口岸油库北(河东)实施护岸工程, 长度40.7 m, 面积488.4m², 坡比1:1.6, 坡长11.2 m, 坡底标高▽-2.2 m, 坡顶标高▽3.6 m(废黄河高程), 模袋砼厚度15 cm。自此, 模袋混凝土护底方案广泛应用于泰州市南官河旧护岸加固或新建工程。2014年, 市区站在南官河集镇段大规模实施了模袋混凝土护坡, 实施护岸长度5.5公里, 坡长18.6米, 中标合同价1006万, 每延米造价约1800元, 实际工期3个月, 有效解决了护岸坍塌、河床淤积隐患, 取得良好的社会效益。该段的实施开拓了老驳岸加固的另一种可行方案, 克服并解决了老驳岸前趾严重吊脚、不适宜大面积开挖及不断航情况下的施工难题。

1.2 适应性

从护岸的效果来看, 模袋混凝土护坡在泰州南官河的应用无疑是成功的, 仔细分析, 该方案的主要优点如下:

(1) 能全面有效地应对船舶尾轴流对护岸基础的冲刷。如图1所示, 模袋护坡从高程▽2.22—▽2.03对护岸底部进行了全面防护, 保证了护岸的稳定, 对于船舶流量较大地段尤其是待闸区段护岸能够进行有效护底。

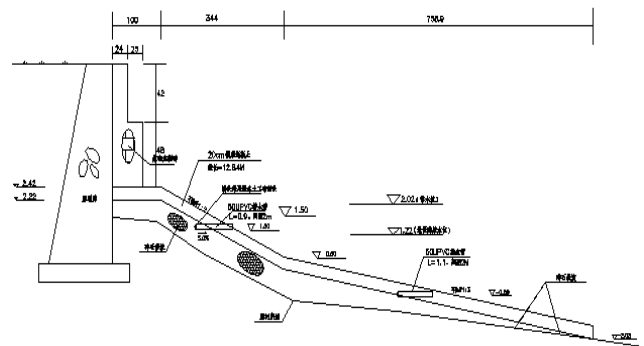


图1 模袋混凝土护底断面图

(2) 为了保证滑坡的稳定性, 应该将安全系数控制在 ≥ 1.5 的范围, 以保证护坡施工的稳定^[2]。在粉细砂河床河段, 因摩擦系数大, 抗滑效果好, 护岸整体稳定。

根据《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》(SL/T225-1998) 6.4.4条规定, 抗滑稳定安全系数按下式计算:

$$F_s = \frac{L_3 + L_2 \cos \alpha}{L_2 \sin \alpha} f_{cs} \quad (1)$$

$$L_2 = \sqrt{1 + m^2} H \quad (2)$$

式中: L_2 为坡面模袋长度(m); L_3 为坡脚以外模袋长度(m); m 为边坡系数; α 为斜坡倾角; H 为护面高度(m); f_{cs} 为模袋与土壤的摩擦系数。南官河的模袋底坡摩擦系数在设计时根据地质勘探报告选为0.32, 而一般粘性土(可塑)的摩擦系数通常为0.2-0.25, 可见, 粉细砂河床地段, 从抗滑的角度出发, 更适合选用模袋混凝土进行护底。

(3) 无论是新建护岸还是旧护岸加固, 无需围堰

进行干地施工，施工速度快、成本低、风险小。

1.3 局限性

模袋混凝土护底方案也有它的使用弊端，主要是与生态环保要求不相适应。

(1) 如图 1 所示，模袋混凝土护坡自坡肩至坡底隔断了河床与水体，阻碍了水生植物和动物生长，不利于河床“呼吸”。

(2) 在施工过程中，会有水泥浆渗出模袋，影响水体质量。

模袋混凝土的机理就是通过混凝土泵将混凝土充灌进模袋，填充料依靠泵压和自重，利用织物袋充灌填料后具有透水不透浆的特性，从模袋的孔隙中排出多余水份，降低水灰比，凝固后达到设计强度，形成牢固稳定的防护面，以起到固坡作用。但即使模袋本身的等效孔径在规范允许的范围内，水泥浆的渗透仍无法避免。

2 混凝土铰链排护底

混凝土铰链排护底广泛应用于长江、黄河等大江大河航道整治工程建设中，在黄河三角洲地区堤身护脚结构就采用了混凝土连锁块软体排，最大限度地保证了工程质量^[3]。但混凝土铰链排护底在限制性内河航道中的应用并不多见，泰州周山河引航道整治工程进行了首次尝试。

2.1 工程案例

新建素砼结构(A型)，该结构用于船舶待闸停靠区的护岸底板采用C25素砼，底板顶高程为 $\nabla -1.28$ ，宽5.7m，厚0.5m，墙身采用C25素砼，底部设置 0.5×1.0 (m)倒角；压顶采用 0.5×0.6 (m)(高 \times 宽)的C25砼压顶，护岸顶高程为 $\nabla 2.8$ 。停靠区护岸墙前为防止冲刷，设置混凝土铰链排预制块加复合土工布护底，铺排长度1.143km，铺排宽度6.75m，铺排面积7715m²。典型断面图如图2所示。

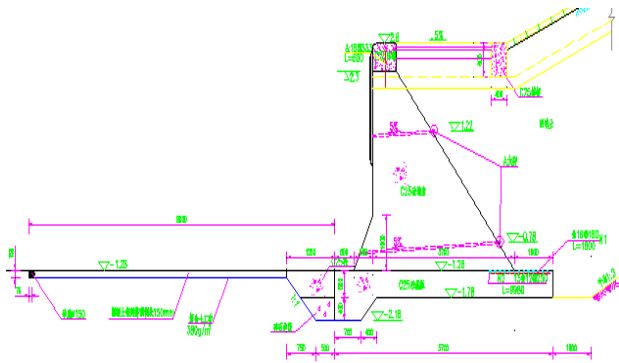


图2 混凝土铰链排护底断面图

2.2 适应性

(1) 排体生产可工厂化，排体质量容易控制。该工程的铰链排租用预制场进行预制，制作时选择一块平整场地，按照支模、预制、拆模、按照铰链块排体形状工整摆放、穿插钢丝的工序进行流水作业，穿插完毕后将用衔扣固定钢丝绳交叉处，以达到吊装强度需要，并有专人负责，检查卸扣螺帽拧紧度，防止脱落。

(2) 现场铺排，避免了水泥浆对水体的污染。首块铰链块排体安装时，将由履带吊车配合特制钢制吊架(此吊架尺寸略大于 6.75×5 m)，共8个吊点用活结系固在钢制吊架上面整体起吊排体，首块排体施工前用仪器在已施工完压顶上定位并标记，用履带吊吊起已拼装好的铰链排，慢慢移至定位的位置，潜水员通过对讲装置与岸基现场指挥人员交流，指挥人员通过旗语、对讲设备和吊车操作人员沟通调整精确将铰链块排体摆放到指定位置。现场吊装安放预制的铰链排，避免了水泥浆对水体的污染，达到了环保施工要求。

(3) 有利于维护河床的生态环境。铰链块排体属于半刚半柔性排，不同于模袋混凝土结构，既有利于对护岸进行防护，又有利于维护河床的生态环境，河床的微生物和植物能够吸收水体中的阳光进行光合作用，为微生物和植物的成长留下了生长空间。

(4) 同模袋混凝土护底一样，混凝土铰链排护底同样适用于船舶流量较大地段特别是待闸区段护岸的护底，对老护岸的护底加固无需进行围堰，施工速度快。

2.3 局限性

(1) 在限制性航道中受制于航道宽度，无法采用铺排船施工。铰链排应用于内河是一个有益尝试，但广泛推广存在一定的局限性，主要原因是铰链排的施工受制于航道的宽度，无法采用常规的铺排船铺排技术进行施工。以上述案例为例，泰州周山河引航道整治工程铰链排施工前，原拟定的作业船舶为铺排船，但因周山河航道口宽仅40米，市场上最小的铺排船的船长就有50米，船舶丁靠铺排的航道作业面远远不够，无奈之下，只能采用岸上履带吊车吊装铺排的作业方式，施工难度增加，施工进度缓慢。

(2) 因无法采用铺排船施工，铺排作业成本增加。因无法采用铺排船施工，所带来的是铺排作业成本有所增加。仍以泰州周山河引航道整治工程铰链排施工为例，铺排船施工的预计施工成本约在19元/m²，实际吊装铺

排的施工成本为 47 元 /m²，吊装总费用增加 21 万元。

3 现浇混凝土护底或灌砌块石护底

3.1 工程案例

现浇混凝土护底或浆砌块石护底在新建工程中得到了广泛应用，随着人工成本的增加及禁止开采山石的环保要求，浆砌块石护底的设计已不多见，现大多采用现浇混凝土护底的结构设计。通扬线泰州段航道整治工程护岸前趾位置，浇筑了顶宽 0.95 米、底宽 0.75 米、厚度 0.5 米的倒梯形混凝土护底，加强对护岸基础的保护，主要结构设计如图 3 所示。

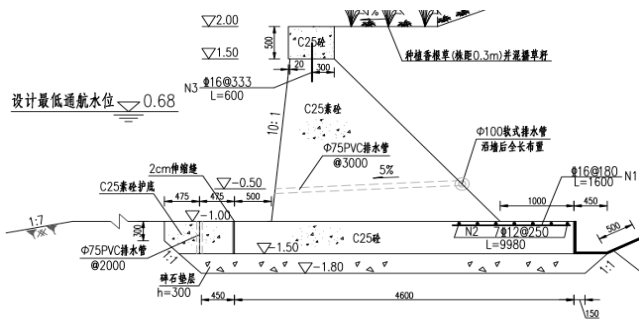


图 3 混凝土护底断面图

3.2 适应性

从施工过程及交工验收以来的工程质量角度出发，现浇混凝土护底具有以下几个方面的适应性。

(1) 广泛应用于新建重力式护岸工程的护底设计。新建重力式护岸工程一般都采用干地施工的工艺，按照降水基槽开挖→地基处理→碎石垫层→基础浇筑→混凝土护底→墙身浇筑→压顶浇筑→分层回填的施工顺序完成护岸工程，混凝土护底是其中的重要工序，施工简单，造价便宜且能够保证工程质量。

(2) 特别适用于河面开阔地段的护岸底部加固。河面开阔的航道，船舶一般都在中部设计航宽处航行，船舶尾轴流对护岸底部的破坏不大，混凝土护底足以抵御船舶尾轴流的冲刷，确保护岸稳定。通扬线航道工程交工以来，墙前水下土体稳定，护岸状况良好。

3.3 局限性

对老护岸的护底加固存在客观上的局限性，我们曾尝试过采取水下混凝土护底方案，但因施工质量不易控制，护底效果不甚理想。

4 总结

通过以上三种护底方案的利弊分析，可以把三种护

底方案的适用性、局限性归纳总结如表 1 所示：

表 1 不同护底方案的适用性及局限性

序号	护底方案	适用性及局限性情况					
		土质	航段	护岸性质	环保	成本	施工条件
1	模袋混凝土护底	粉细砂	船舶流量大的航段	新建护岸老护岸加固	不够环保	较低	无需围堰现场冲灌
2	混凝土铰链排护底	各种土质	船舶流量大的航段	新建护岸老护岸加固	环保	较高	无需围堰现场铺排
3	现浇混凝土或浆砌块石护底	各种土质	河面开阔航段	新建护岸	较环保	较低	围堰后干地施工

5 结语

随着科技的不断进步，护岸的护底方案层出不穷，我们需要从多维度进行比选，以上三种护底方案的利弊分析仅提供了一些比选的思路，更多的还是要结合内河航道整治工程所在航段的具体情况进行具体分析，综合考虑，定夺最合理的护底方案。

参考文献：

- [1] 高志锋. 浅析船舶尾轴流对护岸稳定性的影响及改善措施 [J]. 中国水运, 2013(10):156-160.
- [2] 张伟. 模袋混凝土护坡施工技术在港口航道整治中的运用研究 [J]. 中国水运, 2019(9):89-90.
- [3] 任洪波, 等. 混凝土连锁块软体排 + 土工格栅在防波堤工程中的应用 [J]. 中国水运, 2015(6):187-188.

