



采用不接岸丁坝治理过渡段浅滩

赵志舟^{1,2}, 邓晴^{1,2}, 张小龙^{1,2}

(1. 重庆交通大学 国家内河航道整治工程技术研究中心, 重庆 400074;

2. 重庆交通大学 水利水运工程教育部重点实验室, 重庆 400074)

摘要: 在进行边滩较宽阔且滩面高程较高的过渡段浅滩整治时, 在满足丁坝束水导沙功能的情况下, 为减小坝体长度可将丁坝的坝根段去除, 形成不接岸丁坝。湘江铜官滩的航道整治试验研究表明, 采取不接岸丁坝方案可取得较好的整治效果, 但整治时应注意近岸缺口段河床及河岸的稳定性。

关键词: 过渡段浅滩; 不接岸丁坝; 航道整治

中图分类号: U 612.1+6

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)07-0101-06

Regulation of crossing shoal by spur dike without root section

ZHAO Zhi-zhou^{1,2}, DENG Qing^{1,2}, ZHANG Xiao-long^{1,2}

(1. National Engineering Research Center for Inland Waterway Regulation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;

2. Key Laboratory of Hydraulic and Waterway Engineering of the Ministry of Education, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: For regulating the crossing shoal of which the side bar is broad and surface elevation is high, under the prerequisite of satisfying the functions of floe contraction and sediment diversion, we may reduce the dike length by eliminating the dike's root section to form a spur dike without root section. Studies on waterway regulation of Tongguan shoal in Xiangjiang river reveal that the scheme of adopting the spur dike without root section can achieve satisfactory regulation effect, but we shall pay attention to the stability of the near shore gap section and bank.

Keywords: crossing shoal; spur dike without root section; waterway regulation

浅滩是航道整治的主要整治对象, 整治时往往采用丁坝、丁顺坝束水导流。规范要求坝身纵向按一定坡度与河岸相接形成坝根^[1]。我国在内河航道整治丁坝结构、水力特性研究方面积累了丰富的经验^[2-4]。但在川江与湘江等大型山区河流中, 当在边滩较宽阔且滩面高程较高的浅滩河段上修筑束水丁坝时, 为了满足规范要求将坝根与河岸相接, 丁坝往往较长; 或当碍航浅区较长时, 一道丁坝的束水作用长度有限, 往往布置多道丁坝形成丁坝群, 受上游丁坝掩护范围的影响, 下游丁坝只有伸出其上游坝体掩护范围的坝体长度才有效束窄浅区河宽, 导致筑坝工程量巨大。针对上述情况, 本文以湘江铜官滩浅区的航道整治

为例, 提出一种不接岸丁坝的结构形式, 其特征在于将丁坝的坝根段去除, 在满足丁坝整治作用的情况下以减小坝体长度。

1 滩险概况

1.1 河段形态与碍航特征

湘江铜官滩位于长沙枢纽下游约 8 km(图 1), 上游蔡家洲—洪家洲河段河势微弯, 河宽约 500 m, 右岸蔡家洲、洪家洲沙洲绵延 10 km, 河道左汊为主汊, 右汊为副汊。枯水期铜官滩处于五里牌左岸深槽与铜官镇右岸深槽之间的过渡段, 中枯水河道宽度由上游五里牌河段 500 m 放宽至约 900 m, 左岸形成宽约 600 m 的大边滩(图 2);

收稿日期: 2016-02-17

作者简介: 赵志舟(1971—), 男, 副教授, 从事航道整治的教学与科研工作。

中洪水期为洪家洲左、右汊的汇流区、靖港狭窄河段的上游。整治前过渡段枯水航槽水深不足，形成铜官滩出浅碍航。经多年整治，左侧修筑有

6道丁坝、右侧4座丁坝，整治线宽度进口五里牌段为260 m，中下段整治线宽度为360 m，浅滩较为稳定。

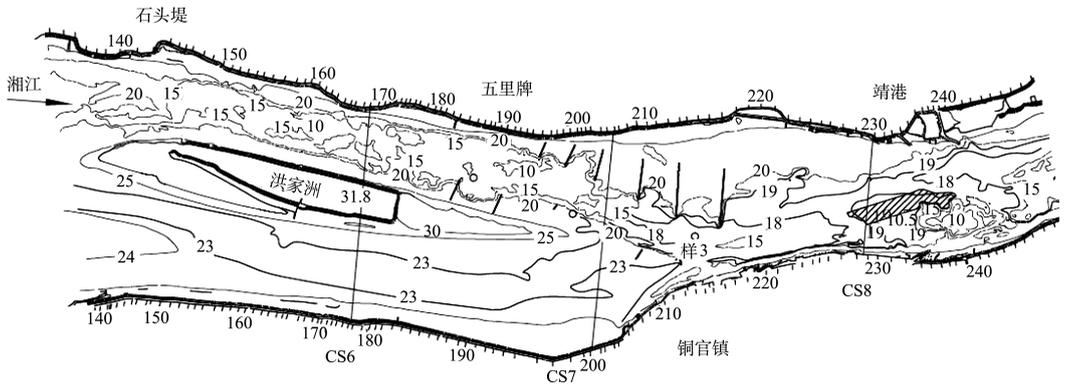


图1 湘江铜官滩河段2008年枯水河势

但由于近年来整治建筑物破损非常严重，同时由于湘江水位下降及整治标准的提高，浅滩的出口处有一长约1 000 m浅段(图1)，河底高程19.2~19.5 m，设计流量下水深仅2.2~2.5 m，满足目前2.0 m航深维护要求，但达不到2 000吨级要求的2.8 m航深标准，需对该滩进行整治。

1.2 水文、泥沙

湘江水量充沛，径流年际变化大，年内分配不均，一般在每年3月份开始涨水，至7月份来水量占全年来水量的61.2%，10月至次年2月为枯水期，平均径流只占年径流的23.8%，汛期一般发生在每年4—8月，年最大洪水也多发生于此时期内，其中5—6月出现次数最多，长沙枢纽坝址处1990—2002年多年平均流量为2 654 m³/s。依据流量独立取样保证率、H-Q的下包线计算得到的长沙枢纽坝址设计保证率见表1。

表1 长沙枢纽坝址设计保证率成果

保证率/%	Q/(m ³ /s)	H/m
99	302	21.30
98	385	21.45
95	449	21.59
90	553	21.80
80	701	22.09
75	798	22.88
50	1 433	23.29

五里牌上游河段以及洪家洲尾附近表层部分均为细沙；五里牌河段—铜官滩河段上层为卵石夹沙，下层为结板硬土，床沙采样中值粒径为0.78 mm。

2 河床演变与成因分析

2.1 河床演变

铜官滩历史上曾是长沙以下最严重的碍航浅滩。在20世纪60年代筑坝抬高加固边滩，取得了较好的整治效果。1985年前该河段的河床演变幅度较小，但1989—2008年间石头堤至五里牌河段槽底高程有明显降低，这与湘江大规模的采砂有较大关系。铜官滩—靖港河段受采砂的影响相对较小，212#断面右岸枯水主槽高程降低约1.0 m(图2)。

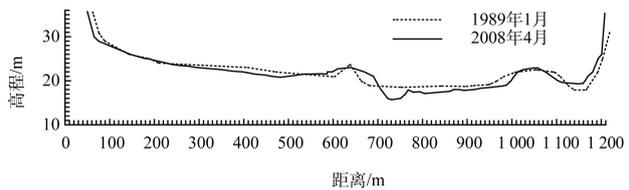


图2 212#横断面多年变化

2.2 碍航成因分析

模型试验研究表明^[5]，与天然情况相比，长沙枢纽建成后石头堤—靖港河段流速分布与天然情况下基本一致。因此，进行铜官滩航道整治方案布置时，可以参考天然河道的演变规律和以往的整治经验。

滩段枯水期Q=760 m³/s时的流速分布见图3。

由于左岸丁坝群出口枯水河宽由 350 m 放宽至约 630 m, 220#断面下游主流逐渐向右岸扩散, 出口浅区横断面形态较为宽浅, 河底最大高差仅 1 m

左右, 导致航槽流速减小, 222#~232#断面浅区流速小于中上段, 且略小于起动流速, 为提高航槽稳定性, 应适当增加浅区流速。

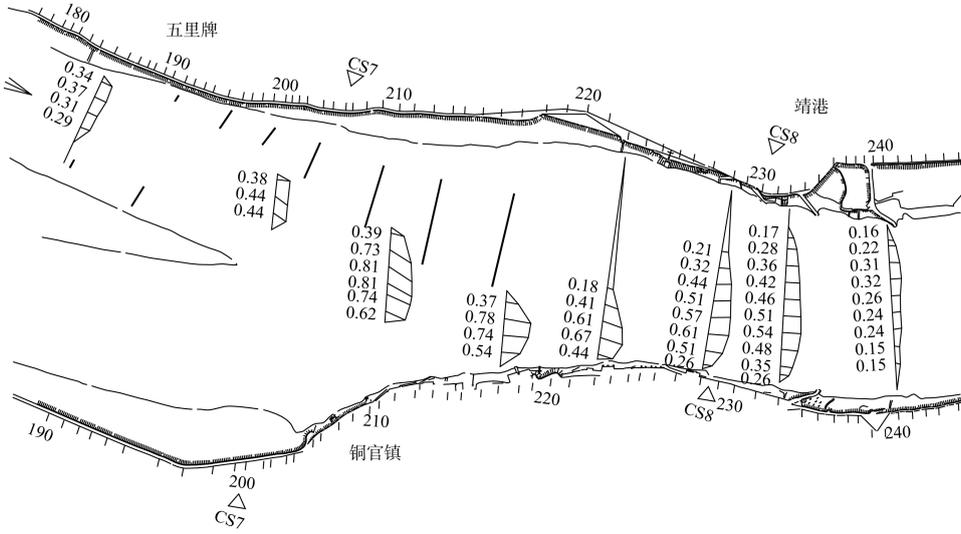


图 3 滩段枯水期 $Q=760\text{ m}^3/\text{s}$ 时流速分布 (单位: m/s)

3 整治标准与整治参数

3.1 整治标准

依据《湘江干流航道发展规划》, 衡阳—城陵矶 439 km 为 II 级航道 (2 000 吨级), 推荐主要代表船型 (队) 见表 2。计算确定本河段航道尺度为 $2.8\text{ m}\times 90\text{ m}\times 550\text{ m}$ (水深 \times 航宽 \times 弯曲半径)。

表 2 主要代表船型 m

代表船型	船 (队) 长	船 (队) 宽	吃水
2 000 t 机动货船	90	16.2	2.6
1 顶 2 艘 2 000 t 驳船	182	16.2	2.6

3.2 整治参数

1) 设计水位。

铜官滩实际最低通航水位为 21.81 m, 设计取值 21.69 m, 对应设计流量为 $390\text{ m}^3/\text{s}$ 。

2) 整治水位与整治线宽度。

1989—1994 年按千吨级航道标准对株洲—城陵矶段的系统整治时取的超高值为 1.2~1.8 m, 整治效果显著。铜官滩超高值取为 2.0 m, 相应整治流量为 $1\ 200\text{ m}^3/\text{s}$ 。目前中上段满足航道尺度要求, 故出口浅区段整治线宽度仍取为历次整治所取的 350 m。

4 整治方案

4.1 模型主要试验流量与工况

湘江香炉洲尾至铜官滩试验河工模型设计为 $\lambda_L=240$, $\lambda_H=80$ 的定床推移质模型。为了解枢纽建成后不同调度运行方式下研究河段的的水沙运动规律及其对整治方案的影响, 选取多级流量进行方案试验研究, 其中主要试验流量见表 3。

表 3 模型试验流量

流量/ (m^3/s)	工况	库水位/m	CS8 水位/m	备注
760	3 台机组发电、泄水闸关闭		21.93	2009 年 1 月实测流量, 湘阴水位 22.2 m, 处于明显退水冲刷阶段
1 200	4 台机组发电、泄水闸关闭	29.70	23.68	设计整治流量
2 380	方式 1: 机组全开, 左汊泄水闸 3、5 孔局部开启		25.20	2008 年 4 月实测流量, 接近多年平均流量, 湘阴水位 28 m
7 850	电站关闭、左汊主泄水闸门全开、右汊泄水闸关闭	敞泄	28.54	常遇洪水流量, 湘阴下线水位

4.2 普通丁坝方案 1

在山区河流卵石滩的整治工程中,过渡段与弯道碛槽较短的浅滩往往仅修建一道下挑勾头丁

坝或丁顺坝,就可取得良好的整治效果^[6]。通过铜官滩出口浅区左岸 1 道、2 道丁坝的不同方案对比试验,得到左岸普通丁坝方案(图 4)。

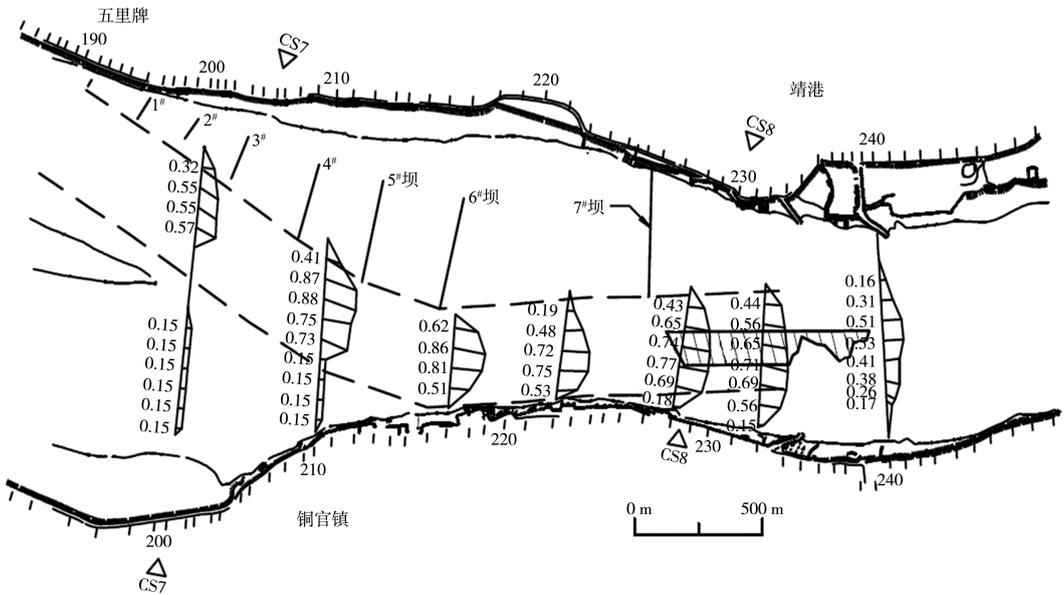


图 4 $Q=1\ 200\ m^3/s$ 方案 1 流速分布(单位:m/s)

整治措施包括: 1) 在出口浅区布置挖槽; 2) 修复加高左岸 1#~6#丁坝长度至 2.0 m 整治水位; 3) 由于铜官滩出口河床宽浅,为增加航槽的稳定性,增加左岸 460 m 长的 7#丁坝。

试验表明,方案后 $Q=760\ m^3/s$ 时挖槽区流速增加值为 0.09~0.13 m/s, $Q=1\ 200\ m^3/s$ 时增加值为 0.12~0.14 m/s,整治后航槽流速稍大于 $D_{50}=0.78\ mm$ 床沙的 $1.2V_c$ 。但方案 1 左岸整治线不够平顺,坝体加高后, $Q=7\ 850\ m^3/s$ 时丁坝近河心主流段区域泡水增强。

4.3 不接岸丁坝方案 2

考虑到左岸普通丁坝方案长度较长、筑坝工程量巨大,且受上游丁坝掩护范围的影响,中枯水期 7#丁坝只有伸出其上游坝体的掩护范围的坝体长度才有效束窄浅区;同时,中洪水期近岸坝根段流速较小。故将上述一般丁坝的坝根段去除,形成不接岸丁坝整治方案。

不接岸丁坝坝头位置与一般丁坝要求相同,前伸至整治线位置;去除坝根段长度要求缺口流速的增加值小;优化后的整治方案平面布置

见图 5。7#坝长度缩短至约 330 m,其纵剖面见图 6。

1) 对浅区的整治效果。

不接岸丁坝方案在整治流量 $1\ 200\ m^3/s$ 、多年平均流量 $Q=2\ 380\ m^3/s$ 时的流速分布见图 5。 $Q=760\ m^3/s$ 时,228#断面挖槽区最大流速由方案 1 的 0.75 m/s 增加至 0.84 m/s,挖槽中上段流速为床沙起动流速的约 1.6 倍,利于汛后枯水航槽冲刷,坝头附近流态平顺。整治后 $Q=1\ 200\ m^3/s$ 时挖槽区流速与方案 1 相当,左岸不接岸丁坝方案 2 对浅区的束水攻沙效果明显。

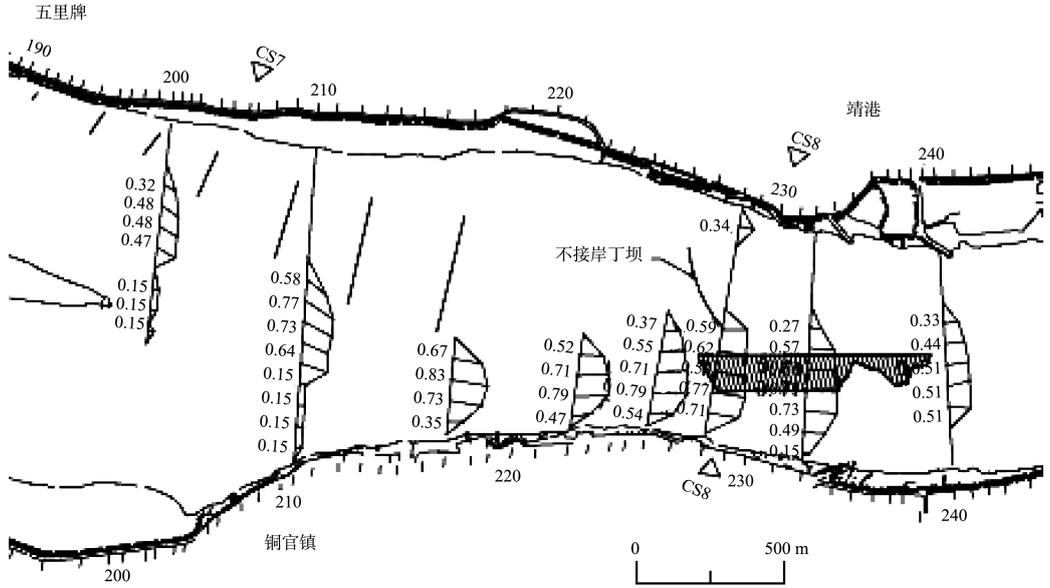
2) 近岸缺口段河床稳定性。

中洪水流量下坝体淹没,江心坝头附近挑流较弱,近岸缺口段过流,226#~240#断面间此缺口及其下游水域流速变化见表 4。试验结果表明,在多年平均流量 $Q=2\ 380\ m^3/s$ 、平均洪水流量 $7\ 850\ m^3/s$ 下,不接岸丁坝方案缺口区域流速仅比无方案大约 0.1~0.2 m/s,但主槽与方案 1 的流速分布接近。在 $Q=2\ 380、7\ 850\ m^3/s$ 时缺口处滩面床沙 D_{50} 床沙的起动流速分别为 0.73、

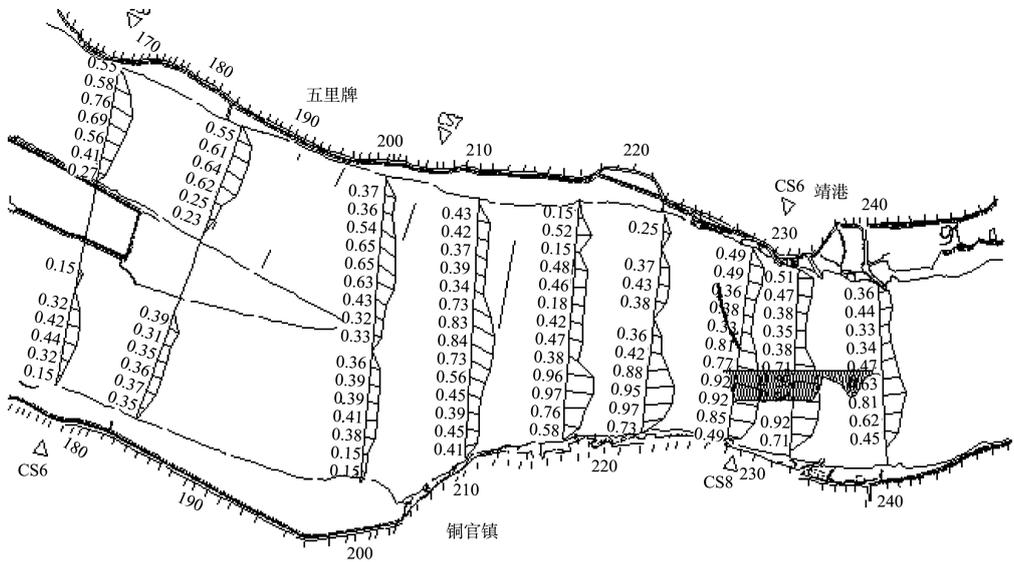
1.22 m/s, 缺口段在洪水流量下仅有少量泥沙起动, 河床基本稳定。Q = 19 700 m³/s 洪水流量时, 方案 2 最大局部水位壅高值为 0.03 m; 方案引起的近岸流速变化相对较小, 但应注意对河岸稳定性的影响。

表 4 左岸缺口水域最大流速变化 m/s

断面	Q=2 380 m ³ /s			Q=7 850 m ³ /s		
	无方案	接岸丁坝	不接岸丁坝	无方案	接岸丁坝	不接岸丁坝
228	0.27	0.42	0.49	0.94	1.22	1.24
232	0.35	0.47	0.51	1.08	1.27	1.25
240	0.37	0.39	0.44	1.01	1.07	1.11



a) Q=1 200 m³/s



b) Q=2 380 m³/s

图 5 方案 2 流速分布(单位:m/s)

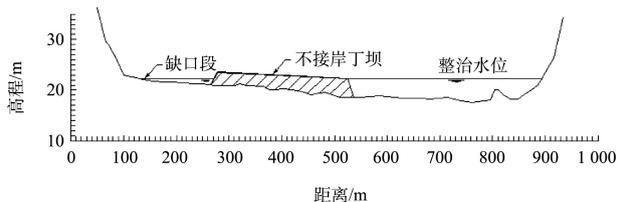


图 6 不接岸丁坝纵剖面布置

5 结论

1) 在边滩较宽阔且滩面较高的大型山区砂卵石浅滩河段上筑束水丁坝时, 为满足坝根与河岸相接的规范要求, 丁坝往往较长; 修筑丁坝群整治长浅区时, 下游丁坝的有效坝长也较短, 导致

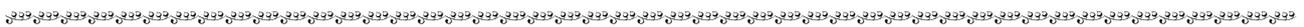
筑坝工程量巨大。本文提出的不接岸丁坝结构形式，可减小上述工况下的坝体长度。

2) 不接岸丁坝是将一般丁坝的坝根段去除，由2个坝头及中间坝体段组成。不接岸丁坝的平面线型宜布置为下挑丁坝或下挑丁顺坝，坝头位置与一般丁坝要求相同，近岸缺口段宽度满足河床稳定性确定，若冲刷深度偏大宜采取护底措施，其余坝体结构与一般丁坝相同。

3) 湘江铜官滩不接岸丁坝方案2挖槽的稳定性较好，坝体工程量小，可作为推荐方案。

参考文献:

- [1] JTJ 312—2003 航道整治工程技术规范[S].
- [2] 李洪.丁坝水力学特性研究[D].重庆: 四川大学, 2003.
- [3] 周哲宇, 陶东良.丁坝局部冲刷研究现状与展望[J].人民黄河, 2010(6): 18-21.
- [4] 长江重庆航道工程局.川江航道整治[M].北京: 人民交通出版社, 1992.
- [5] 重庆交通大学.湘江香炉洲尾至靖港河段航道整治河工模型试验研究报告[R].重庆: 重庆交通大学, 2010.
- [6] 刘建民.山区河流沙卵石滩整治技术研究[J].水道港口, 2005(5): 30-35. (本文编辑 郭雪珍)



(上接第90页)

在不恶化通航条件、经水流及船舶操作模拟验证后，可适当减少或拆除隔流导墙，以增加船舶调整航向的空间。也可于引航道适当位置设置调向靠船墩，辅助船舶调整航向。

4) 因不同流域航运条件及发展程度迥异，造成现有通航船舶船型杂乱，机型复杂。目前，我国已展开内河船型标准化工作，如湖南省已制定《湖南省内河运输船舶标准船型主尺度系列》(2012)。其中千吨级货船船长60~63 m、宽12.8 m，异于《内河通航标准》^[8]规定的千吨级单船尺度(长85 m、宽10.8 m)，且省内现有运输船舶船长也远短于标准推荐值。船体长度为船舶转向所需最小转弯半径的重要影响因素。建议船闸布置时要以该流域现有及规划船型为依据，而标准推荐值可作为参考。

参考文献:

- [1] 普晓刚, 李民, 郝媛媛, 等.狭窄连续弯道河段航电枢纽平面布置原则探讨[J].长江科学院院报, 2012, 29(6): 16-21.
- [2] 彭伟.弯曲河段船闸引航道通航水流条件及改善措施研究[D].长沙: 长沙理工大学, 2010.
- [3] 郑宝友, 陈波.船闸上游口门区连接段为弯道的通航水流条件[J].水道港口, 2005(3): 99-102.
- [4] 郝品正.大源渡枢纽通航建筑物优化布置及通航条件试验研究[J].水运工程, 2000(10): 29-33.
- [5] 李焱, 郑宝友, 卢文蕾, 等.引航道与河流主航道的夹角对通航条件影响试验[J].水道港口, 2009, 30(1): 42-48.
- [6] JTS 182-1—2009 渠化工程枢纽总体设计规范[S].
- [7] JTS 305—2001 船闸总体设计规范[S].
- [8] GB 50139—2014 内河通航标准[S]. (本文编辑 郭雪珍)



· 消 息 ·

上航局中标舟山市岱山县大小鱼山促淤围涂项目

6月29日，上航局中标舟山市岱山县大小鱼山促淤围涂项目大桥接线成陆工程，中标价4.47亿元，项目总工期24个月，缺陷责任期12个月。

项目地处舟山群岛西北部，岱山岛西侧的大小鱼山岛，是浙江绿色石化基地项目的重要组成部分。工程全长3 225 m，分A、B、C共3段，A段为非永久工程，B、C两段为永久工程。

http://en.ccccltd.cn/pub/ccccltd/xwzx/zgsdt/201607/t20160701_49126.html(2016-07-04)