



2018年度长江上游航道 维护性疏浚工程后评价^{*}

闫 霞^{1,2}, 陈 立², 姚仕明¹, 王 军¹, 周银军¹, 马秀琴¹

(1. 长江科学院, 湖北 武汉 430010; 2. 武汉大学, 湖北 武汉 430070)

摘要: 系统评估 2018 年长江上游航道维护性疏浚工程实施效果, 为今后航道维护工程提供技术参考。基于年度水情及航道疏浚滩段分布情况, 分析维护性疏浚方案设计、施工时机和频次、施工过程的动态管理及航道可持续性等。结果显示, 2018 年长江上游干线航道维护性疏浚工程总体效果良好, 滩段选择及疏浚方案设计与河道演变规律基本适应; 疏浚时机及频次基本合理, 最大程度地缓解了与通航的矛盾; 但由于维护性疏浚未大幅改变河道水流特性和河床边界, 因此天然河段浅滩航道可持续性较差, 仍需加强观测, 必要时采取其他整治措施。

关键词: 长江上游航道; 维护性疏浚; 技术评估; 河床演变; 航道稳定性

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)03-0132-06

Post-evaluation of maintenance dredging project of the upper Yangtze River waterway in 2018

YAN Xia^{1,2}, CHEN Li², YAO Shi-ming¹, WANG Jun¹, ZHOU Yin-jun¹, MA Xiu-qin¹

(1. Changjiang River Sciences Research Institution, Wuhan 430010, China;

2. Wuhan University, Wuhan 430070, China)

Abstract: To systematically evaluate the implementation effect of maintenance dredging in the upper Yangtze River waterway in 2018 and provide technical reference for future waterway maintenance projects, based on the systematic analysis of the water situation, we evaluate the dredging project from the dredging scheme design, construction timing, dynamic management of construction process, as well as sustainability of the channel. The results show that the selection of beach section and the design of dredging scheme basically adapt to the river evolution law. The time and frequency of dredging are basically reasonable, which reduce the contradiction with navigation to the greatest extent. However, since the maintenance dredging has not significantly changed the river flow characteristics and riverbed boundary, the sustainability of shallow channel in the natural reach is poor, so it is still necessary to strengthen observation or take other regulation measures.

Keywords: the upper reaches of the Yangtze River; maintenance dredging; technical assessment; bed evolution; channel stability

长江上游干流航道上起宜宾合江门, 下至宜昌十码头, 长 1 044.0 km, 流经我国西南地区, 自古以来就是连接川、黔、渝地区的水上运输大动脉, 关系到西南地区的经济社会发展, 也关系到“一带一路”倡议和长江经济带战略的实施^[1-3]。

上游航道属典型的山区河流, 弯多、滩多、桥多、过江设施多, 经过多年系统治理, 上游航道已逐步提高了通航能力。三峡水库成库后, 宜昌—涪陵段由天然航道变成常年库区航道, 通航条件大为改善, 已达到 I 级航道(水深 4.5 m 以

收稿日期: 2020-06-05

*基金项目: 国家自然科学基金青年基金资助项目(51609015); 三峡工程泥沙重大问题研究项目(12610100000018J129-03)

作者简介: 闫霞(1986—), 女, 博士生, 高级工程师, 从事河床演变、航道治理等研究。

上); 涪陵—江津段位于三峡库区的变动回水区, 为Ⅱ级航道, 水深要求3.5 m; 江津—水富目前为天然河段, 目前航道的等级为Ⅲ级, 枯水期水深要求2.9 m。

一般情况下长江上游河段年内处于“汛淤枯冲”演变过程中, 受长江三峡枢纽及上游水库群联合运行的影响, 长江上游山区河段水流呈现大变幅非恒定特性^[4], 川江上段主要存在河道冲刷下切、水位下降及汛后蓄水期水位骤降问题, 三峡变动回水区则易出现汛后淤积或走沙不畅现象, 导致重点滩险易出浅碍航, 需要维护疏浚以保障航道畅通。

维护性疏浚避免了大规模航道整治工程对河道自然条件的改变, 是保障航道计划尺度的必要手段, 也是长江航道建设践行生态优先和绿色发展的新思路。2018年长江干线航道养护工作首次全面推行市场化, 维护性疏浚工作通过市场招投标形式开展, 并且对设计、施工、监理、验收等环节进行全过程管理。本文首次对长江上游航道维护性疏浚工程进行技术评估, 在系统分析2018年长江上游水情及航道疏浚工作总体情况的基础上, 从疏浚工程滩段选择和方案设计与河段河床演变规律及年内水沙输移趋势的适应性、疏浚工程施工时机和频次与通航矛盾的协调性、施工过程的动态管理及航道可持续性等方面开展技术评估, 为今后维护性疏浚工作提供技术参考。

1 长江上游水情

1.1 上游整体水情

2018年长江上游干流主要水文控制站年径流量与多年平均值比较结果显示^[5], 向家坝、朱沱、寸滩站分别偏大15%、19%、13%; 与近10年平均值比较, 向家坝、朱沱、寸滩站分别偏大22%、23%、17%; 年输沙量与多年平均值比较, 向家坝、朱沱、寸滩分别偏小93%、99%、75%; 与近10年平均值比较, 向家坝、朱沱站分别偏小97%、17%, 寸滩站偏大21%。

1.2 年内不同时期水情

2018年1—4月, 受枢纽运行调度影响, 叙泸

段水位涨落频繁(图1), 低水位持续时间长, 多次出现并较长时间维持在1 m以下, 且水位日变幅较大, 宜宾(合江门)水位日变幅最大达1.1 m。宜宾(合江门)、泸州(二郎滩)水位出现近年来同期最低值^[6]。金沙江向家坝水电站下泄流量基本保持在1 680 m³/s以上, 岷江高场流量最小仅有530 m³/s。三峡水库变动回水区河段水位逐步消落(图2), 枯水中后期退落速率较快, 坝前水位由173.62 m(冻结吴淞)消落至145.24 m。

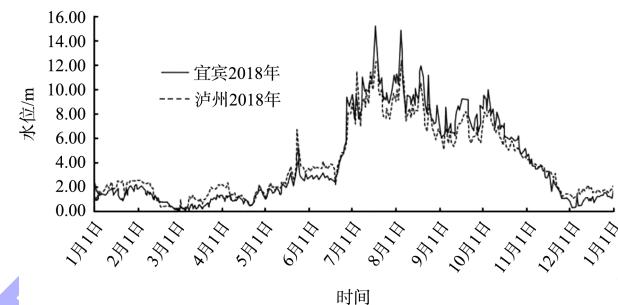


图1 长江上游天然河段水位过程线

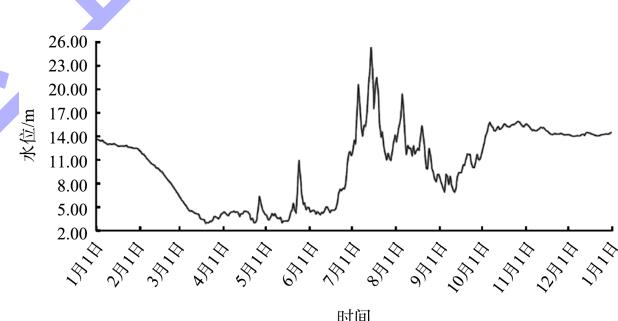


图2 2018年重庆三峡变动回水区河段水位过程线

汛期, 长江上游地区受持续强降雨影响, 来水快, 洪峰次数多、峰值高, 高洪水位持续时间长。叙泸段出现5次较大洪峰, 宜宾、泸州水位达到2012年“7.23”洪峰以来的最高值, 重庆水位一度超保证水位; 库区水位由145.91 m(吴淞高程)最高上涨至156.75 m。

进入9月后, 长江上游来水逐渐减少, 水位总体回落。9月10日, 三峡水库进行175 m试验性蓄水, 至10月31日坝前水位上升22.37 m完成蓄水目标; 9月5日, 向家坝水库正式蓄水, 至9月30日, 坝前水位由372.16 m上升至379.70 m, 上升7.54 m。受蓄水调度影响, 叙泸段水位持续下降, 三峡库区水位不断抬升。

2 长江上游航道疏浚总体情况

2018 年长江上游实施了维护疏浚的水道从上到下依次有香炉滩水道(余家湾)、小米滩水道、叉鱼碛水道、瓦窑滩水道(麻柳碛)、弯鱼嘴、广

阳坝水道飞蛾碛、广阳坝水道芦席碛、长寿水道柴盘子、长寿水道码头碛、木洞水道滥巴碛等 8 处水道的 10 个滩段(表 1)。

表 1 长江上游航道维护疏浚工程

滩段	河道特性	施工时段	通航情况	河段位置
香炉滩水道余家湾	弯曲分汊,左汊通航,水深不足,右汊下段持续冲刷	1—4月、10—12月	禁航 177 d	天然河段
小米滩水道	总体顺直,过渡段淤积,水深不足	1—2月	禁航 59 d	天然河段
叉鱼碛水道	微弯河段,因浅成滩、水深不足	1—3月、9—12月	禁航 162 d	天然河段
瓦窑滩水道麻柳碛	微弯分汊,右汊通航、麻柳碛淤积,挤压航槽	3—4月、9—12月后	禁航 93 d	天然河段
鱼洞水道弯鱼嘴	弯曲分汊、大型江心洲(广阳坝)持续淤积、左汊通航、航宽不足	10—12月	非禁航	三峡水库变动回水区上段
飞蛾碛 广阳坝水道 芦席碛	弯曲分汊、大型江心洲(广阳坝)左汊通航、航宽不足	1—2月 12月	非禁航 非禁航	三峡水库变动回水区中段
木洞水道滥巴碛	弯曲半径不足,航行困难,事故频发	12月	非禁航	三峡水库变动回水区中段
长寿水道 柴盘子 码头碛	顺直分汊 水深不足	2—3月 1—4月	非禁航 非禁航	三峡水库变动回水区中段

航道维护疏浚工程主要分布在向家坝下游天然河段及三峡变动回水区,出浅水道多位于弯曲河段、宽谷、分汊河段,其中天然河段碍航特性以水深不足为主,三峡变动回水区则大部分水道则是由于江心洲淤积压缩航槽导致航宽不足或弯曲半径不足。

位于天然河段的浅滩施工时段在 1—4 月及 9—12 月,即上半年枯水期及下半年汛后水位下降之后,施工时一般禁航;位于变动回水区的浅滩疏浚施工时段主要在上半年消落期后,下半年疏浚多为预防性疏浚,防止第 2 年坝前水位消落可能造成航道出浅,三峡变动回水区水道可以利用水库蓄水高水位时开展疏浚作用,采取非禁航形式。

2018 年长江上游干线维护性疏浚累计疏浚量 59.07 万 m^3 ,疏浚费用总计 3 769.03 万元。疏浚工程点多、量小、难挖、费用高,通过维护性疏浚保证了航道基本尺度,枯水期未出现浅滩碍航现象,维护疏浚效果明显。

3 疏浚维护工程评价

3.1 疏浚维护方案设计与河床演变适应性

长江上游的弯曲型航道,自然情况下年内浅滩演变规律为“洪淤枯冲”,深槽演变规律为“洪

冲枯淤”。水富—江津的天然河道,受向家坝电站蓄水影响,容易出现汛期不通航汊道深槽过度冲刷、汛后通航汊道冲刷不足的现象,如位于四川省宜宾市江安县的香炉滩水道余家湾浅滩(图 3),左汊为通航主汊,2018 年 4 月测图显示汊道内 4 m 等深线部分断开,而右汊出口深槽受冲刷持续发展,进口处深槽发展吸流强度增加,导致左汊过流条件进一步下降,枯水期出现碍航不足现象,2018 年汛后对落锅儿浅区下段和锣锅碛浅区进行疏浚维护。疏浚区全长 1 623 m,最大疏浚宽度约 90 m。

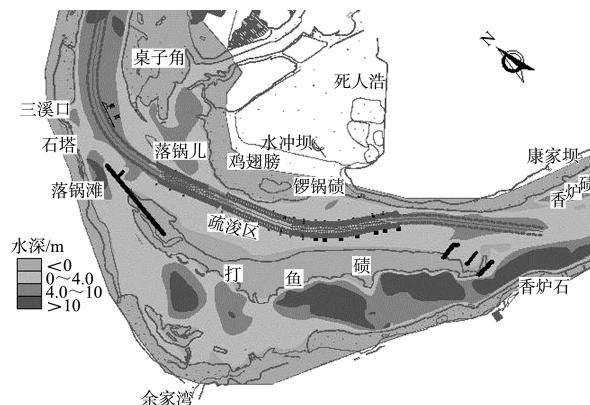


图 3 余家湾浅滩河势

天然河段的顺直或微弯河道由于河段两岸石梁、边滩分布,水流条件复杂多变,航槽内易出浅。位于泸州市的小米滩水道碍航特性则表现为

“上浅下险”(图4), 上段由于关刀碛头部受冲刷水位降低, 泥沙易落淤, 浅区部位虽近年多次疏浚, 但汛期回淤明显, 航槽水深不足。2017—2018年枯水期主要对关刀碛碛脑外侧过渡段浅区部位进行疏浚维护, 疏浚工程区长约497.5 m, 疏浚最大宽度约70 m。

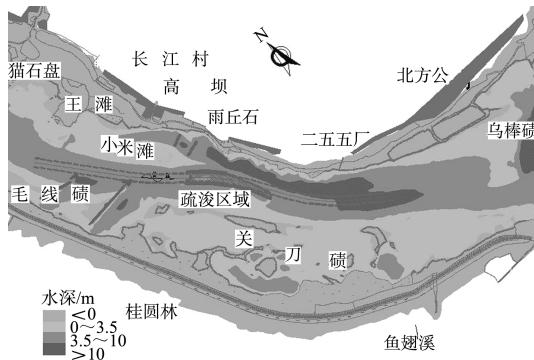


图4 小米滩浅滩河势

位于变动回水区的河段, 由于三峡工程汛期及汛末防洪调度和提前蓄水, 压缩了河段汛后退水冲刷时间和力度, 引起泥沙累积性淤积, 呈现出“淤滩冲槽”“滩槽加大”的演变趋势^[7]。变动回水区上段江津—铜锣峡河段, 主要是消落初期水位消落, 浅滩泥沙冲刷不及时, 航道尺度不足而碍航。如位于重庆市巴南区鱼洞水道的弯鱼嘴浅滩(图5), 弯鱼嘴右翅及尾部蓄水后持续淤积, 挤压航槽, 右岸深槽的持续冲刷发展也导致左汊过流条件变差。2018年汛后对弯鱼嘴浅碛右侧碛翅至碛尾进行疏浚开挖, 初定疏浚基线长743 m, 后调整为520 m, 疏浚区最大底宽约72 m。

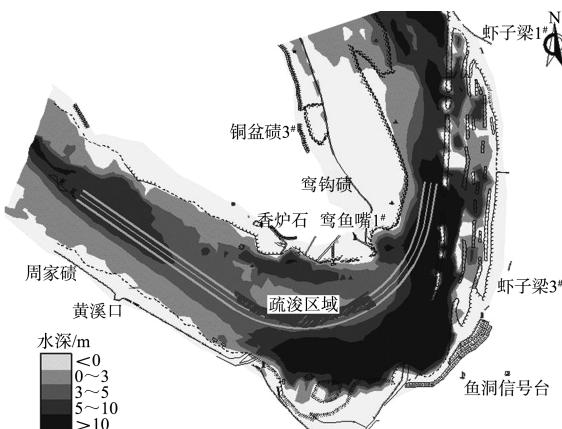


图5 洞水道弯鱼嘴浅滩

中段铜锣峡—长寿段, 受三峡水库蓄水影响时间相对较长, 航道条件也有较大改善, 碍航特性主要是汛前水位快速降低, 部分河段出现水深航宽不足。由于铜锣峡—长寿段两岸多礁石, 部分重点滩险受礁石与浅滩双重影响, 航道有效尺度不大, 少量泥沙淤积即可能对航道条件产生较大影响, 在船舶大型化背景下, 影响尤为明显, 如广阳坝水道(图6), 2018年疏浚区集中于芦席碛碛翅, 疏浚以挖除淤积浅滩为主, 平面上分为4个不连续部分。

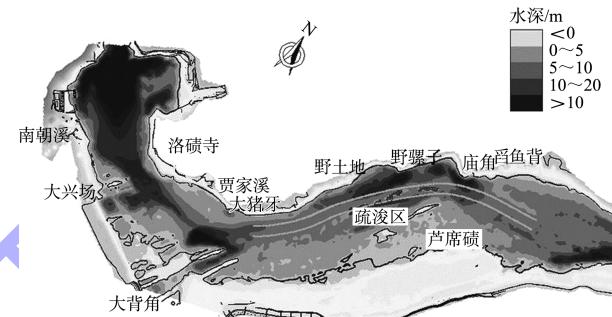


图6 广阳坝水道

根据以上分析可知, 维护性疏浚工程主要挖除局部碍航边滩或浅点, 以保障最低航道尺度, 疏浚工程基本没有改变河段的水流条件和河床边界, 不会引起该河段河势调整, 与河床演变规律是基本适应的。

3.2 疏浚维护时机评价

维护性疏浚工程设计时须充分分析疏浚浅滩泥沙来源及其运动规律, 根据水域历年回淤和维护疏浚量情况、回淤强度及年内变化等确定疏浚时机。一般来说, 长江上游河道年内基本遵循“汛淤枯冲”的变化规律, 中、洪水期5—10月水位升高, 大部分浅险淹没很深, 碍航不明显, 且泥沙处于落淤过程中, 此时施工一方面对施工机具设备要求高, 另一方面回淤量大, 疏浚效果不明显。每年11月—次年4月枯水期, 水位低、变幅小、浅滩水深变化小, 碍航问题逐渐凸显, 因此施工期往往选择在枯水期。但由于长江上游航道航槽普遍较窄, 通航密度大, 过往船舶密集, 施工与通航矛盾突出, 是制约长江上游航道维护

性疏浚工作实施及效果的重要因素^[8-9]。

2018 年长江上游维护性疏浚工程有 4 处水道实施了禁航施工, 均位于水富—江津间的天然河段, 由于枯水期水位低, 航槽狭窄, 施工船舶及其缆绳不可避免地占据部分航槽, 对过往船舶影响较为明显, 因此只能采取分时段禁航施工, 一般禁航时间选在晚上以避开船舶通行高峰, 尽量降低施工对通航的影响。位于变动回水区的水道, 施工期一般选在汛后三峡水库蓄水水位抬高、流速减缓时, 因此可采用非禁航施工, 确保施工和通航安全。

3.3 疏浚施工动态管理过程评价

由于航道疏浚项目市场化对设计、施工、监理等各环节的要求, 单滩设计时使用的地形图往往较施工时间提前, 因此在施工过程中, 要根据航道维护需要及河床的冲淤变化, 按照动态管理、动态设计的原则, 及时对疏浚方案及施工组织设计进行相应必要的调整和变更, 以适应外部条件的要求。

长江上游航道疏浚工作一般安排在枯水期进行, 前期设计过程中, 对疏浚部位的确定和疏浚工程量的计算建立在枯期河道地形图基础上^[10]。由于长江上游典型的“洪淤枯冲”特性, 导致洪水期泥沙在浅滩段落淤, 但一般情况下汛后大部分落淤泥沙会被冲刷带往下游。因此, 施工过程中加强疏浚区地形监测, 及时调整施工方案是必要的。如弯鱼嘴浅滩单项设计报告于 2018 年 9 月完成, 设计及施工图采用 2018 年 8 月实测航道测图, 10 月下旬工程施工。施工过程中, 对疏浚部位和疏浚工程量均进行了变更, 充分考虑了通航要求及河道冲刷趋势, 基本满足枯水期航道维护尺度, 保障了疏浚效果。

3.4 航道可持续性评价

不同于航道整治工程以修建整治建筑物进行碍坝固定、束水攻沙为主, 维护性疏浚工程主要以局部清淤保障最小航道维护尺度为目的。因此维护性疏浚工程可持续性及航道维护尺度可持续性仍受河段水沙条件及河床演变影响较大。

整体来看, 水富—江津天然河段的碍航浅滩自身冲槽能力不足, 汛后受向家坝蓄水水位骤降影响, 难以保证通航条件, 部分浅滩需要年年疏浚以预防枯水期出浅碍航, 航道可持续性较差。如小米滩水道由于过渡段浅区存在淤积趋势, 自 2013 年以来, 每年枯水期均需要实施航道维护性疏浚工程, 余家湾水道则 2014 年以来每年进行航道维护性疏浚。

三峡水库变动回水区段航道由于受水库蓄水水位抬高影响, 航道维护水深提升到 3.5 m。航道浅滩治理思路以筑坝束水攻沙改为维护性疏浚为主。三峡水库蓄水以来, 变动回水区航道年内冲淤过程主要表现为: 汛期与天然情况一致, 汛后泥沙先冲(未受蓄水影响)后淤(受蓄水影响), 蓄水期基本稳定, 消落期冲刷。随着消落期坝前水位逐渐消落, 水库自上而下逐渐进入天然航道, 水动力条件逐渐加强, 泥沙逐渐开始冲刷下移, 河段主要表现为冲刷。因此, 充分利用水流条件及河段河势调整趋势, 适时开展疏浚, 可达到事半功倍的效果。但如果枯水期长江上游来流不大, 则淤积泥沙冲刷不完全, 挖槽回淤, 影响维护疏浚工程的实施效果, 造成航道尺度不足。整体来看, 变动回水区航道可持续性较好。

4 结论

1) 长江上游水富—江津河段由于受金沙江梯级电站蓄水运用及河段采砂活动影响, 存在河道冲刷下切枯水位下降及汛后蓄水期水位骤降等问题, 碍航特性以水深、航宽不足为主; 三峡变动回水区则易出现汛后淤积或走沙不畅现象, 导致重点浅滩碍坝持续淤积挤压航槽, 碍航特性以航宽不足和弯曲半径不足为主。

2) 2018 年上半年长江上游来水偏枯, 汛末三峡水库实施了洪水调度, 抬高了变动回水区水位, 导致冲刷不及时, 航道维护形势严峻。维护性疏浚工程的实施及时、有效地改善了通航条件, 是保障航道畅通的必要措施。

3) 整体来看, 2018 年长江上游干线航道维护

性疏浚工程是适应各河段河床演变规律的; 疏浚维护一般选择在枯水期进行, 充分利用河段退水冲刷的规律。三峡库区航道疏浚选择在蓄水后高水位时开展, 避免了施工与通航的矛盾。施工过程中加强河道地形监测, 及时根据水情和河床演变调整疏浚方案, 实现动态管理。维护性疏浚由于未大幅改变河道水流特性和河床边界, 因此可持续性较差, 尤其是天然河段, 仍需加强观测, 必要时采取其他航道整治措施。

参考文献:

- [1] 张帆, 王平义, 喻涛, 等. 长江上游航道整治建筑物水毁特征及成因分析[J]. 中国水运(下半月), 2013, 13(12): 226-227, 314.
- [2] 王士毅, 甘鉴登, 周冠伦, 等. 长江上游航道的整治[J]. 水利学报, 1980(4): 12-25.
- [3] 黄镇东. 加强长江上游航运发展研究, 服务于“一带一路”和建设长江经济带的国家战略[J]. 重庆交通大学学

(上接第106页)

3) 经综合经济技术比选及模型试验优化验证, 推荐白市水电站枢纽新建通航建筑物轴线采用右岸方案。

4) 受复杂地形、电站既有建筑物及泄流等条件影响, 山区已建高坝水利枢纽新建通航建筑物轴线宜进行多轴线方案综合经济技术比选, 并通过通航水流条件及遥控自航船舶试验研究进行验证与优化。

参考文献:

- [1] 湖南省交通规划勘察设计院有限公司. 清水江白市至分水溪航道建设工程可行性研究报告[R]. 长沙: 湖南

报(自然科学版), 2016, 35(S1): 1-7.

- [4] 刘怀汉, 杨胜发, 曹民雄. 长江黄金航道整治技术研究构想与展望[J]. 四川大学学报(工程科学院版), 2017, 49(2): 17-27.
- [5] 水利部长江水利委员会. 2018泥沙公报[R]. 北京: 长江出版社, 2018.
- [6] 长江航道局. 2018年长江航道运行管理总结[R]. 武汉: 长江航道局, 2018.
- [7] 田进. 水库变动回水区汊道浅滩整治研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2017.
- [8] 杨祥飞, 张俊, 周林. 长江上游汛期疏浚设计方法[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2010, 29(3): 454-457.
- [9] 马李伟, 贺勇. 三峡水库变动回水区维护性疏浚施工组织[J]. 水运工程, 2015(11): 179-183.
- [10] 杨祥飞, 张俊, 周林. 长江上游汛期疏浚设计方法[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2010, 29(3): 454-457.

(本文编辑 郭雪珍)

省交通规划勘察设计院有限公司, 2017.

- [2] 中交水运规划设计院有限公司. 渠化工程枢纽总体设计规范: JTS 182-1—2009 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2009.
- [3] 中交水运规划设计院. 船闸总体设计规范: JTJ 305—2001 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [4] 刘晓平, 陶桂兰. 渠化工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.
- [5] 交通运输部天津水运工程科学研究所. 清水江白市至分水溪航道建设工程通航建筑物整体水工物理模型试验研究报告[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 工程泥沙交通行业重点实验室, 2019.

(本文编辑 武亚庆)