



山区河流长河段系统治理设计探讨*

余俊华

(长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147)

摘要: 山区河流一般具有滩多流急、河道弯曲的特点, 结合近期实施的长江上游泸州至重庆河段、宜宾至泸州河段航道整治工程的设计思路和治理效果, 分析长河段系统治理的主要考虑因素、综合治理思路, 提出长河段系统治理的设计方法, 为其他山区河流的长河段系统治理提供借鉴和参考。

关键词: 山区河流; 设计方法; 系统治理; 长河段

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)10-0006-05

Design method of systemic treatment for long reach on mountainous rivers

SHE Jun-hua

(Changjiang Chongqing Harbor and Waterway Engineering Investigation and Design Institute, Chongqing 401147, China)

Abstract: Mountainous rivers are mainly characterized by many shoals, rapids and curved channels. Based on the waterway regulation projects of Luzhou to Chongqing and Yibin to Luzhou reaches located in the upper reach of Yangtze River, this paper analyzes some main factors of systemic treatment and comprehensive treatment approaches for long reach and puts forward design methods of systematic treatment for the long reach, which can provide reference for the systematic treatment on mountainous rivers.

Key words: mountainous river; design method; systemic treatment; long reach

山区河流一般具有“弯、浅、险、窄、急”的典型特征, 枯水期历时较长, 水位比较稳定; 洪水期受暴雨径流影响, 水位暴涨暴落, 日变幅大。对于石质河床为主的河段, 因受河流平面形态及河床石嘴、石梁、暗礁等的影响, 水流结构复杂, 形成大量急流跌水、泡漩水、滑梁水、扫弯水等不良流态而碍航; 对于卵石河床为主的河段, 一般具有河床年内冲淤变化大、年际冲淤平衡、枯水期和洪水期河面宽度相差较大的特点, 碍航滩险主要为卵石浅滩、险滩、急滩以及兼具有浅、险、急特征的复合型滩险。山区河流在我国分布广泛, 通航里程大, 存在航道等级较低、通航条件较差的问题。为了较好地开展山区河流航道整治工作, 本文主要依托长江上游泸渝段航

道整治工程和叙泸段航道整治工程, 对山区河流长河段系统治理的设计方法进行探讨。

1 收集整理现有资料, 组织现场查勘, 制定治理目标

由于山区河流的碍航滩险种类较多, 为了合理制定治理目标, 应尽量收集现有的资料, 包括全河段航道图、重点滩险河床地形图、航道维护资料、海损事故发生情况等。在认真分析这些现有资料的基础上, 邀请航道、海事、船舶航行单位的有关技术人员召开技术研讨会, 初步确定全河段的滩险数量、滩险种类、滩险碍航时间及碍航特征。在确定全河段的滩险分布情况和滩险种类后, 应组织进行全河段的现场查勘, 现场

收稿日期: 2012-07-31

*基金项目: 西部交通建设科技项目(2009328746042)

作者简介: 余俊华(1970—), 男, 教授级高工, 主要从事航道工程设计研究工作。

查勘之前应制定查勘计划，确定查勘内容和查勘重点，查勘重点应放在重点滩险的重点碍航特征上。具体内容主要有：急、险滩的水流流速、流态；浅滩的河岸特征，尤其是河岸、边滩的组成介质和稳定性；船舶过滩的上下水航法、航线；拟治理滩险上下游一定范畴内的跨临河建筑物和 underwater 设施以及水陆交通条件等。查勘人员除设计单位的技术人员外，还应包括航道维护和船舶航行部门的技术人员，查勘方法可以为现场分析、现场拍照或摄像等。在现场查勘工作完成后，应及时整理形成现场查勘报告。

在前期收集的相关资料和现场查勘资料基础上，对本河段的现有船型及规划船型、客货运量组成现状、沿江经济发展规划以及航运发展需求等进行调研分析，并在此基础上，从技术可行性、经济合理性以及航运发展目标等方面综合考虑，制定整个河段经济合理，并能较好适应今后一段时期内航运发展的治理目标。治理目标主要包括航道等级、航道尺度和满足相应航道等级代表船型的航行水流指标^[1]。

2 开展原型观测和水位计算分析，确定治理滩险

在确定治理目标后，应及时开展原型观测工作，原型观测主要包括全河段河道地形观测、水文观测和拟治理滩险的局部观测。全河段的河道地形测量比例一般可为1:2 000~1:5 000，由于山区河流的河床和河岸一般较为稳定，如果有近几年的全河段河道地形图，全河段测量工作可适当简化，如长江上游泸州至重庆段(简称泸渝段)航道整治工程和宜宾至泸州段(简称叙泸段)航道整治工程，就直接采用了最新的1:5 000航道图^[2]，而在金沙江水富一宜宾段航道整治工程中，就按1:3 000的比例进行了全河段的河道地形测量，均较好地满足了设计需要。全河段的水文观测十分重要，在具有全河段河道地形图的基础上，应组织同步观测全河段的水位，并进行流量观测(如果河段内有水文站，可直接采用水文站的流量资料)，全河段的水位同步观测应在枯水期进行，且尽可能选择低水位。拟治理滩险的局部观测主要包括江床地形观测、滩段流速流向观测和水位

观测，滩段的江床地形图和流速流向观测成图比例在1:1 000~1:2 000为宜^[3]。值得注意的是，在确定需观测的滩险时，可适当放宽筛选标准，尽量避免出现治理工作完成后还存在少量碍航滩险未纳入整治的情况。如泸渝段航道整治中，由于未很好考虑这一因素，只对急需整治的10处滩险进行了观测，在整治工程完成后虽然各滩治理效果均较好，但出现了东溪口滩未得到有效整治，还存在一定的碍航问题，致使全河段整体治理效果打了折扣。在叙泸段航道整治中，较好地考虑了这一因素，先期观测滩险为12处，后经过分析论证确定了治理滩险9处。虽然前期观测费用有一定增加，但总体整治效果得到了很好的保证。

全河段河道地形测量和水文观测完成后，应采用综合历时曲线法或保证率频率法确定基本站(一般为水文站)的设计最低通航水位和设计最低通航流量，进而通过数学模型计算全河段沿程各点的设计最低通航水位。

在计算出全河段沿程各点的设计最低通航水位后，结合全河段测图和各滩险的观测资料，分析各滩险的碍航特征和整治的必要性，最终确定长河段系统治理所需整治的滩险。

3 分析滩险成因及碍航机理，提出治理思路

在确定全河段的治理滩险后，应采取整体和局部相结合的思路对滩险的河床演变规律、滩险成因、碍航特征、碍航时间、碍航机理进行研究，并提出治理思路。整体治理思路主要为：各滩险之间的相关关系、整治联动效应、整体治理效果等；局部治理思路则主要是各滩险的具体治理方案。首先应从整体上考虑各滩险之间的相关关系和联动效应，进而确定是采取单滩治理还是群滩治理，其次提出单滩或群滩治理方案，并应考虑滩险整治后可能对上下游河段的影响，避免整治后又出现新的碍航滩险。以泸渝段航道整治工程为例，泸渝段全长270 km，各类滩险共有40多处，通过分析研究确定了10处需整治的滩险(图1)，在这10处滩险中，浅碛子和鲤鱼碛两滩相距不足2 km，应考虑两滩联动治理方案，金钟碛需考虑其下游不足1 km的沱江口浅区演变^[4]，

神背嘴滩需考虑对其下游约2 km的叉鱼碛浅区河段影响^[5]，莲石滩需考虑整治方案与已有顺坝对水流的综合影响，其他滩险的上下游航道水深较大，河道顺直，整治工程对其上下游河段影响较小，因此按单滩治理考虑。

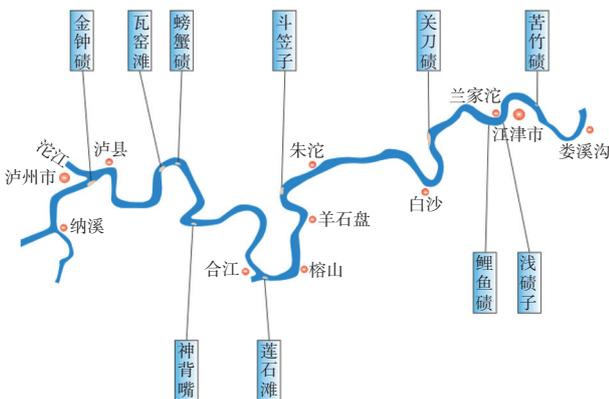


图1 泸渝段航道整治滩险分布

4 组织地质勘察工作，选择合理的研究手段，完善滩险治理方案

根据各滩的治理思路，应及时安排各滩险所在河段的地质勘察，勘察的目的主要是掌握工程河段的河床组成。如果是卵石河床，需分析卵石的最大粒径、最小粒径和平均粒径等指标；如果是岩石河床，需取样分析岩石的种类、硬度指标及要求勘察深度范围内的岩石分层情况；如果是卵石覆盖层下的岩石河床，则应分析卵石覆盖层厚度、卵石组成情况以及岩石的分层、种类及硬度指标。需注意的是，由于山区河流的水流流速较大，进行河床地质钻探时水上定位难度大，存在一定的安全隐患，且牵涉到航道维护、海事管理、船舶航行等方面，外部协调难度较大，尤其是在主航道范围内的地质钻探为甚，因此河床地质钻探工作可直接按施工图设计要求进行详勘，以尽量减少钻探次数，但应尽可能考虑到由于治理方案优化可能引起的钻探位置、范围发生变化等因素。

在地质勘察工作完成后，设计单位应选择经济合理的研究手段进一步研究各滩险的河床演变规律和滩险成因，进而确定整治方案和相应的工程措施。对于碍航特征单一，且碍航机理简单、治理难度不大的滩险，可通过技术研讨和专家咨

询的方式确定整治方案；对于虽然碍航特征单一但碍航机理复杂，或者同时兼具“浅、险、急”中的2种或2种以上碍航特征的滩险，应通过模型研究手段进一步分析滩险成因、碍航机理，并在此基础上对整治方案进行优化。在泸渝段航道整治的10处滩险中，经分析认为：苦竹碛、莲石滩、瓦窑滩、浅碛子和螃蟹碛等5处滩险为单一险滩，碍航机理并不复杂，设计单位经技术研讨后直接提出了整治方案；鲤鱼碛和关刀碛虽然兼具有浅、险特征，但碍航特征主要体现在水深不足，碍航机理也不复杂，因此仅通过数学模型，对整治前后的水流变化进行计算分析后确定了整治方案；神背嘴、斗笠子和金钟碛3处滩险中，金钟碛虽仅为浅区碍航，但位于泸州港区，其治理需同时考虑航道、港口、两江汇合等因素，治理难度较大，而神背嘴和斗笠子滩为兼具有浅险特征和急险特征的复杂滩险^[6]，在川江航道整治历史上经过多次整治，但效果均不理想，整治难度极大，因此这3处滩险通过物理模型试验研究，对整治方案进行优化。工程实施后，泸渝段10处滩险的整治均取得了很好的整治效果，特别是斗笠子滩和神背嘴滩，完全达到了预期目标。泸渝段航道治理工程完工至今已逾6 a，这10处滩险的整治效果依然良好。

5 制定合理的实施计划，充分发挥工程效果

对于长河段的系统治理，除应从全河段整体考虑整治方案外，还应本着“整体规划、统筹考虑、经济高效、分期实施”的原则，制定合理的工程实施计划。一般来讲，长河段系统治理涉及的滩险较多，各滩险的工程内容和工程规模也不同，如果全部滩险整治工程同步实施，既不经济，也不合理。总体来讲可按照“先下后上，先易后难”的原则安排滩险的整治顺序，具体来说可按照“先整治后疏浚，充分利用设备资源，综合分析水位因素”的原则来组织实施工程施工，尽可能合理利用工程设备和施工时间，尽早发挥整治效益^[7]。

在泸渝段航道整治中，未考虑工程分期，即全部10处滩险整治作为一个工程，同步完成前期

设计工作，工程计划分 2 a 组织实施。第 1 a 完成苦竹碛、浅碛子、关刀碛、鲤鱼碛、螃蟹碛和瓦窑滩 6 处滩险的全部整治工作，并开展神背嘴、斗笠子、金钟碛的部分整治建筑物修建工作，实施莲石滩的部分炸礁工作；第 2 a 完成莲石滩全部炸礁工作和神背嘴、斗笠子、金钟碛的疏浚工作和剩余整治建筑物修建。实施过程中，由于水位、设备等原因，工程实际工期为 3 a，且仍有东溪口滩存在一定的碍航现象。

在叙泸段航道整治中，认真分析了泸渝段航道整治工程成功的经验和不足，对全段的 12 处滩险（图 2）进行了分析，除油榨碛、香炉滩和红灯碛 3 处滩险不需整治外，尚有 9 处滩险需要整治，为了加快工程建设进度，拟先期实施一期工程，主要对杨柳碛、金鱼碛、吊鱼嘴、筲箕背、落锅滩和风簸碛等 6 处滩险实施整治，其考虑因素为：这 6 处滩险河床演变规律清楚、滩险成因和碍航机理较为简单，不需开展模型试验，前期设计周期可以缩短，可以尽早开始工程建设。二期工程主要对铜鼓滩、黑石碛和过兵滩进行整治，考虑因素为：铜鼓滩“上浅中弯下险”、碍航机理复杂，是川江上游整治难度极大的“弯、浅、险”滩^[7]（该滩与神背嘴、斗笠子滩并列为川江上游三大名滩），历史上多次整治均未达到理想效果，需进行模型试验开展进一步研究；黑石碛滩的河床极不稳定，浅区位置和碍航时间多变，尚需进一步加强观测以研究整治方案；过兵滩则为珍稀鱼类产卵区，为达到既保护鱼类产卵区，又能较好改善航道条件的目的，也需对整治方案进一步研究。在具体实施中，两期工程同步开展前期设计工作，由于一期工程的滩险治理难度不大，因此未进行模型试验，工程于 2006 年开工建设，二期工程的滩险整治虽然进行了模型试验和加强观测研究等措施，但由于与一期工程同步开展前期设计工作，工程于 2007 年开工建设。实际实施过程中，叙泸段航道整治实际工期与计划工期基本一致，且工程完工后全河段完全达到治理目标，未出现漏整治滩险的情况。

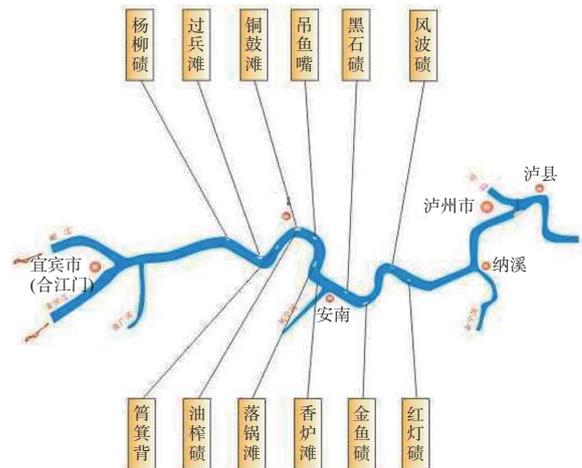


图 2 叙泸段航道整治滩险分布

因此，叙泸段航道整治工程的实施计划较泸渝段航道整治工程更为合理。

6 加强实施过程中的动态观测、贯彻动态设计理念

对于长河段系统治理工程，整治滩险普遍较多，而各滩的种类、滩险成因、河床演变规律均各不相同。在制定整治方案时，对于整治难度较大的滩险，难免会有考虑不周或方案不尽合理的情况，有时还会出现先期工程措施实施后，河床演变和水流条件发生的变化情况与预测的情况不一致，这就需要通过加强动态观测，实施动态设计加以解决。叙泸段航道整治一期工程中的落锅滩整治即是贯彻动态观测、动态设计的成功范例。

落锅滩为一弯道型浅滩（图 3），该滩受河道弯曲的影响，水流扫弯，并在余家湾坝坝头分为左右两汊，主流集中走左汊，右汊枯水期基本不过流。由于左汊的凹岸有一突向江中的浅区束窄河道，使得枯水期流速和比降均较大，且有效航宽不足 50 m，航槽内最小水深 2.4 m，不能满足设计水深。通过认真分析研究，制定的整治方案为：疏浚左侧弯道凸嘴浅区，并在余家湾坝的坝头修建倒丁顺坝 1 道，同时在顺坝段修建 3 道齿丁坝。

在制定实施计划时，决定在第 1 a 先期实施顺坝和顺坝坝头段的 1[#]齿丁坝，同步进行浅区疏浚工作，第 2 a 再实施 2[#]和 3[#]齿丁坝。理由为：根据实

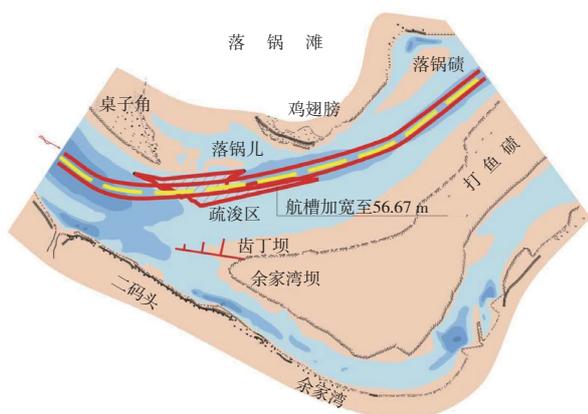


图3 落锅滩整治方案布置

测的航槽水流流速普遍高达3.5 m/s, 按理不应出现卵石淤积现象, 如先期实施顺坝和1#齿丁坝以及浅区疏浚工作, 可以在第1 a的工程完成后加强航槽范围内的河床和水流观测, 既可以进一步摸清航槽出浅的原因, 又可以观测在顺坝和1#齿丁坝实施后河道内的水流分布和调整情况以及航槽内河床冲淤情况。在具体实施过程中, 施工单位强烈反对分期实施, 因为本滩的坝体总体工程量并不太大, 如果分期实施, 既加大了施工调遣成本, 也不利于整治效果尽早得到发挥。设计单位坚持认为: 分期实施工程, 以通过动态观测进一步分析其碍航机理, 实施动态设计, 节约工程成本, 保证整治效果。工程实施过程中, 在第1 a完成顺坝和1#齿丁坝以及浅区疏浚后, 经过连续2 a的河床地形和水文观测, 均保持了较好的整治效果, 因此未再对2#和3#齿丁坝组织实施, 至今航道条件良好。

因此, 在长河段系统治理中, 实施动态观测、动态设计不仅可以有效利用建设资金, 还可以使全河段系统治理达到良好效果, 在今后长河段系统治理中应大力推广这一理念。

7 总结经验与不足, 不断进行设计技术总结

在长河段系统治理中, 一般均需对工程进

行分期实施, 设计单位一定要注意对前一期工程的成功经验和存在的不足进行总结, 如有可能应形成系统的设计技术总结报告, 以便在后一期工程设计中加以扬长避短。在泸渝段航道整治中, 有单纯采取疏浚措施取得整治成功的例子, 对弯道卵石浅险滩整治和卵石枯水急滩的碍航成因及治理方法有创新性认识, 但也存在着个别滩险遗漏整治、整治建筑物结构稳定性不足、坝根处理措施不当等问题, 对这些经验和不足均进行了总结, 并在后续的叙泸段航道整治中, 对成功的经验加以应用, 对不足进行改进, 尤其是在叙泸段二期工程中, 针对泸渝段航道整治工程和叙泸段一期工程中整治建筑物稳定性仍显不足的问题持续改进, 在铜鼓滩的顺坝头部和丁坝中采用了新型混凝土扭王字块结构, 取得了很大的成功。

参考文献:

- [1] 余俊华, 解中柱. 长江干线泸州纳溪至重庆娄溪沟航道建设工程初步设计 [R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2004.
- [2] 余俊华, 解中柱. 长江干线宜宾合江门至泸州纳溪航道建设一期工程初步设计[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2006.
- [3] 余俊华, 杨祥飞. 长江干线宜宾合江门至泸州纳溪航道建设二期工程工程可行性研究报告[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2006.
- [4] 赵世强. 金钟碛滩航道整治模型试验研究报告[R]. 重庆: 重庆西南水运工程科学研究所, 2003.
- [5] 周华君, 赵志舟. 神背嘴滩航道整治模型试验研究报告[R]. 重庆: 重庆交通学院, 2003.
- [6] 郑银功, 杨胜发. 斗笠子滩航道整治模型试验研究报告[R]. 重庆: 重庆交通学院, 2003.
- [7] 杜宗伟. 长江干线叙泸段铜鼓滩航道整治模型试验研究报告[R]. 重庆: 重庆西南水运工程科学研究所, 2006.

(本文编辑 武亚庆)