

长江宜宾至重庆段航道治理关键技术研究 汇报简本

1 概述

1.1 研究的总体目的

(1) 针对叙渝段航道的经典卵石滩险，本项目的研究成果将提出很好的工程治理方案，从而处理依托工程中复杂卵石滩险的治理问题，到达预定的整改目的，为叙渝段 384km 的 III 级航道全线贯穿发明条件。

(2) 提高依托工程设计质量，增强依托工程整改效果，并通过本项目的研究，制定叙渝段航道在整改后长期保持整改效果的措施，从而减少工程维护成本 20% 以上。

(3) 加紧叙渝段航道深入开发运用的进度，缩短前期工作周期 30% 左右。

(4) 总结叙渝段复杂卵石滩险的卵石运动规律、河床演变趋势、碍航成因、整改原则、整改措施等，对此前的研究成果进行很好的补充，山区河流同类滩险整改提供良好的技术参照。

(5) 为卵石河床演变与整改理论发展提供新经验，推进科研成果转化为现实生产力，推进航道治理技术创新和技术进步，发明良好的社会效益。

(6) 本项目的研究成果总体上到达国内领先水平，关键技术部分到达国际先进水平

平。

1.2 研究的重要内容

本项目重要通过调研分析、数学模型计算、物理模型试验、船模试验和实船试验等手段，在上游金沙江建库的条件下，研究长江宜宾至重庆段复杂卵石浅险滩、枯水卵石急滩的卵石运动规律，提出技术可行、经济合理的治理方案。

1.2.1 专题一研究的重要内容

专题一以铜鼓滩为经典滩险，通过数学模型和物理模型相结合的措施研究叙渝段卵石浅险滩整改技术。铜鼓滩是长江叙渝段重要浅险滩之一，也是依托工程——叙泸段航道建设工程的重点整改滩险之一。铜鼓滩处在两反向河弯间的过渡段，上浅下险，航道弯曲狭窄，1993 年曾通过疏浚和炸礁拓宽加深了枯水航槽，但近年来上口的铜鼓子浅区淤积严重，水深局限性而碍航。

1.2.2 专题二研究的重要内容

专题二以斗笠子滩为经典滩险，通过物理模型试验、船模研究相结合的措施研究叙渝段卵石急滩整改技术。斗笠子滩是长江叙渝段著名枯水急滩，也是依托工程——

泸渝段航道建设工程的重点整改滩险之一。斗笠子在历史上虽然进行过多次整改，但效果均不理想，往往整改后 2 至 3 年滩势重新恶化，本专题在已经有研究成果基础上，结合工程实行状况和整改效果深入归纳和总结斗笠子滩的整改思绪、整改原则、整改措施等关键技术。

1.2.3 专题三研究的重要内容

本专题的重要研究内容如下：金沙江建库对叙渝段航道水流、泥沙运动的影响研究，金沙江建库对叙渝段航道的总体影响研究，金沙江对叙渝段经典滩险的航道条件影响研究。

2 长江叙渝段经典卵石浅险滩的整改技术研究

卵石浅险滩是长江叙渝段的重要碍航滩险。铜鼓滩、神背嘴、风簸碛等卵石浅险滩均为枯水期重点碍航浅险滩，水沙运动条件复杂、航道尺度局限性、航行水流条件较差。各滩险在 1987~1996 年间进行过整改，但由于多种原因，没有到达良好的整改效果。为此，深入总结川江卵石浅险滩的航道整改经验，研究卵石浅险滩的河床演变规律和整改技术，为项目依托工程——铜鼓滩的航道治理提供技术支撑和科学根据具有重要的意义。

2.1 山区急弯放宽河段的水力特性试验研究

山区河流急弯放宽河段大多形成分汊河型，其碍航特性体现为弯、浅、险，是山区河流整改中最为复杂的河型之一，其成滩机理复杂，整改难度较大。要彻底整改好此类滩险，必须深入研究碍航滩险的水流运动特性、卵石运动规律、河型变化和形成机理、河床演变趋势，才能制定出经济合理的整改方案。

因此，采用概化的物理模型对此类急弯放宽河段的水力特性进行专门试验研究是十分必要的。通过对试验成果的分析，得出山区急弯放宽河段的水力特性如下：

2.1.1 弯道水面的横比降

(1) 横比降最大值出现的位置

一般在河道是等宽的时候，即放宽率 $\beta=1$ 时，横比降由弯道进口沿程逐渐增大，抵达弯顶附近，横比降到达最大值，再向下游又逐渐减小。当 β 较大时，最大横比降的位置一般出目前弯道进口至弯顶段，也就是说当下游河道放宽后，会使横比降的最大值的位置向弯道上段移动。

横比降的最大值出现的位置还伴随水流强度的变化而有所不同，在同一种弯道中，当弗汝德数 Fr 较大的时候，横比降的最大值出目前弯道中间稍向上偏的位置，不过当 Fr 减小到很小时，其最大值出现的位置会在弯道的进口。

2.1.2 弯道水面的纵比降

水面的纵比降和流速是工程应用中最关怀的两个水力要素，对于山区通航河流来说，一般都会规定航道内流速和局部纵向比降不能过大。

由于水面横比降的影响，水面纵比降沿横向的分布是不均匀的，同一断面上，凸岸和凹岸之间的纵比降差异很大，方向也往往是不一样的；纵比降沿纵向的分布往往也是正负相间的，最大比降出现的位置，是与横向环流的充足发展、使最大流速区由凸岸移向凹岸，从而产生的局部加速区有关。

凸岸纵比降的最大值 $J_{tu-\max}$ 在 Fr 较大时，均出目前弯道进口段，当 Fr 减小的时候， $J_{tu-\max}$ 会向下游转移，出目前弯顶段。而凹岸纵比降的最大值 $J_{ao-\max}$

，一般都出目前弯道出口段，不过当弯道进口附近水流惯性很大，弯道中心半径也很大时，弯道出流顺畅，在凹岸沿程都没有负比降的发生，这种状况下 $J_{ao-\max}$ 就有也许出目前弯道进口处。

2.1.3 水流的分离区

当水流沿弯曲的管道或明渠流动时，有时水流会脱离固体边界，在主流和固体边界之间形成漩涡，这个区域称为水流分离区。

2.1.4 推移质的淤积带

推移质的淤积和水流在横断面上的流速分布关系很大，流速假如不小于起动流速，推移质会继续运动而不会落淤，假如某区域流速过小，推移质也无法进入到该区域，则该区域也就没有推移质的淤积。外形上，淤积区的外边界的线形和回流区的边界形状在弯道段很相似，基本靠近弯道的外形。出了弯道后来，回流区的边界会向内收缩，而淤积区的外边界会向外扩散。总的来说，淤积区至内岸的最大距离的变化规律基本上和回流区的宽度变化是一致的，都是伴随 $R_c / \bar{B}$ 的减小而增大的。

推移质在淤积的过程中，其颗粒的大小在横向的分布，从河心到凸岸展现出由大到小的分布规律。

2.2 铜鼓滩治理措施研究

表 2-1 左、右槽整改方案技术、经济比较表

试验方案	工程内容	整改效果	工程量 (m ³)	综合评价
左槽 修改 7 方案	①疏浚航槽 3.5m×80m。 ②筑 3# 江心顺坝，长 600m，坝高设计水位上 2m，坝头段长 120m 为缓变坡 3%~2.5%，坝头嵌入河床。 ③筑齿坝：4#、5#、6# 齿坝分别长 55m、46m、40m，坝高设计水位上 2m，坝头坡 1:5。	1、上、下深槽平顺衔接，航槽规顺，水流平稳，流速、比降满足航行规定，挖槽稳定，航道条件主线改善。 2、挖槽设计合理，断面系数不小于 9，航行阻力较小，符合规范规定。 3、上游水位将减少 0.01m，整改工程对相邻浅滩影响甚微。 4、整改效果良好，适应航运发展规定。 5、工程量及投资较右槽方案大。	挖槽： 211200 筑坝： 37080	整改效果良好，航道条件主线改善，提议作为该滩的整改方案，供设计参照。
右槽 修改 2 方案	①疏浚铜鼓子浅区和碛翅边缘，疏浚底高程为设计水位下 3.2m。 ②董碛坝尾筑丁坝群：右槽 1#、2#、3# 丁坝分别长 128m、66m、40m，坝高设计水位上 2m。 ③下深槽筑 4# 丁潜坝，丁坝长 33m，坝高设计水位上 2m；潜坝长 55m，坝顶水深设计水位下 6m。	1、右槽进口铜鼓子浅区挖槽稳定，该滩“上浅”问题基本处理，但中、下段碛翅边缘疏浚区仍有泥沙回淤，该滩“中弯、下险”状况改善有限。 2、受河势、滩情限制，该方案难于主线改善该滩的航道条件，对航运发展规定的适应性较差。 3、相对于左槽方案而言，具有工程量及投资较小的优势。	挖槽： 63200 筑坝： 23400	工程量较小，但整改效果不及左槽方案，可作为该滩整改工程设计的比选方案。

2.3 卵石浅险滩整改技术总结

2.3.1 整改原则

(1) 根据弯曲分汊卵石浅滩的滩势（浅、险）及碍航性质，分清主次抓住病根，

有针对性地按制定整改措施；

(2) 长江叙渝段弯曲汉道浅滩枯水航槽弯浅、通航水流条件较差，在航行条件难以彻底改善时，可开辟顺直碛槽通航；

(3) 新开顺直碛槽宜采用窄深型航槽疏浚与筑坝相结合的枯水整改措施，以维护挖槽稳定。

2.3.2 通航整改汉道的选择

卵石浅滩弯曲汉道在整改前的枯水航槽，存在浅、弯、险等问题；碛槽较为顺直、枯水宽浅，年内冲淤变化不大。

(1) 受河势条件的制约，弯曲汉道的航道弯曲半径较小，流态紊乱，通过整改航道条件有所改善，但航道尺度难以明显提高；弯曲汉道浅区疏浚后挖槽稳定性较差，整改后又逐渐回淤而出浅。

(2) 碛槽枯水宽浅，航深不满足规定，但较为顺直，与上下游主槽平顺衔接，河床构成相对较粗，年内冲淤变化不大。整改的重要目的是研究新开航槽的稳定性，优化工程整改措施。

(3) 充足论证各汉道整改方案的优缺陷，选择合适的通航汉道。弯曲汉道弯浅、通航水流条件较差，在难以彻底改善航行条件下，考虑航运发展规定，在进行充足论证的基础上，宜开辟碛槽通航，形成连接上、下深槽的平顺航道。

2.3.3 新开顺直碛槽的整改技术

（1）采用基建性疏浚与整改建筑物相结合的整改措施

沙卵石河床宜以修筑整改建筑物与疏浚相结合的措施。碛槽较为顺直，与上下游河槽平顺衔接，但枯水宽浅，航深不满足规定，且河床构成相对较粗，仅通过增大流速难以实现增大航深的目的，故需进行基建性挖槽，开辟新的航槽。

同步，应运用整改建筑物调整水流构造，增强河段的输沙能力，将多出的泥沙输送出去或变化泥沙的输移方向（如变纵向为横向运动），使其淤至航道以外，或使泥沙淤积到深槽中，以获得稳定航道。

（2）以枯水整改为主

卵石浅滩段虽然在中洪水流量下往往还存在急、险等碍航现象，但重要碍航成因是浅，整改时应以枯水整改为主。采用丁坝、顺坝束水导流整改，在洪水降落的最终阶段，提高冲刷能力，到达最低通航水位时的保证航深。整改建筑物高程在设计水位上 1.8～2.5m。

（3）采用工程措施增长顺直碛槽分流比，以增强顺直碛槽的输沙能力

①修建洲头顺坝可以调整左右两槽分流比，增长挖槽稳定性。

②修建洲头顺坝可以增长碛槽流量，但应考虑对推移质运动、坝体稳定性的影响。

③可在弯曲汊道内修建整改建筑物以增长直槽流量。

（4）碛槽内筑坝束水攻沙以维护挖槽稳定

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/237112000102006113>