



川江干支流汇合口航道特征及治理思路^{*}

张文江¹，田咏梅²，曾 涛¹，陈 希¹，度筱葭¹

(1. 长江重庆航运工程勘察设计院，重庆 401147；2. 长江武汉航道工程局，湖北 武汉 430072)

摘要：长江上游宜宾至宜昌河段山区航道干支流汇合口部位航道条件复杂。选取川江控制流域规模较大的岷江、沱江、嘉陵江和乌江等支流与长江汇合部位为研究对象，对干支流汇合口的航道特征、航道现状、碍航特性进行分析和研究，并根据分析成果提出初步治理思路。

关键词：长江上游；汇合口；航道特征；治理思路

中图分类号：U 617 **文献标志码：**A **文章编号：**1002-4972(2016)01-0130-04

Channel characteristics of junctions & waterway regulation thoughts in upper Yangtze River

ZHANG Wen-jiang¹, TIAN Yong-mei², ZENG Tao¹, CHEN Xi¹, TUO You-jia¹

(1. Changjiang Chongqing Harbor Waterway Engineering Investigation and Design Institute, Chongqing 401147, China;

2. Changjiang Wuhan Waterway Engineering Bureau, Wuhan 430072, China)

Abstract: The channel conditions of junctions are very complex in the upper Yangtze River. Selecting the junctions of Minjiang river, Tuojiang river, Jialing river and Wujiang river for research, we study the channel characteristics, current situation of waterway, as well as navigation-obstruction characteriastics, and put forward the preliminary waterway regulation thoughts.

Keywords: upper Yangtze River; river junction; channel characteristics; waterway regulation thought

长江上游宜宾至宜昌河段为典型山区河段，习惯称为川江。川江 1 000 km 范围有一级支流 34 条，流域面积大于 1 000 km² 的有 23 条。支流汇合口附近受汇入水流影响，航道条件复杂，且汇合口多为水运业务繁忙的结合部位。由于山区河流干支流汇合口入汇条件复杂，影响因素众多，河口滩险成因及碍航特性均十分复杂，所以也是航道整治的重点部位。

根据长江上游干支流汇合口汇流特点和支流规模，本文选取的 4 处研究对象中，位于宜宾市的金沙江和岷江汇合口主要用于分析汇流两汉流量较为接近，平面汇合形态呈“Y”字型的支流弯曲、干流顺直的航道特征；位于泸州市的长江与沱江汇合口主要用于分析支流与干流呈 30°角斜接入汇的干流内凹支流顺直的航道特征；位于重庆市主城区的长江与嘉陵江汇合口主要用于分析支流 90°斜接汇入的干流外凸支流弯曲的航道特

征；位于重庆市涪陵区城区的长江与乌江汇合口主要用于分析平面汇合形态呈“Y”字型的支流与干流凹岸汇入的航道特征。

1 汇合口的航道特征

1.1 研究现状

1) 概化模型水槽试验。

通过概化水槽方式对干支流不同汇合方式的水动力特征和泥沙运动进行分析研究，在国内开展较多，多家研究单位均有不同程度的涉及。其中，王协康^[1]通过水槽试验研究入汇角为 30°时支流斜接主流入汇型河道的水沙运动情况，包括水流模式、流速分布、入汇区的泥沙运动、床面形态特征以及支流来水来沙对主流输沙特性的影响，以求揭示山区入汇型河道的水沙运动特征。刘同宦^[2]研究了入汇角为 90°时不同汇流比水流条件下

收稿日期：2015-10-30

^{*}基金项目：国家科技支撑计划项目（2012BAB05B02）

作者简介：张文江（1982—），男，工程师，从事航道整治科研及设计工作。

支流入汇区域及其附近的水面比降变化和时均流速分布特征。付中敏^[3]采用水槽试验对干支流汇合口水力特性进行试验研究, 詹磊^[4]对主流支流直角交汇区水流泥沙运动特性进行研究。

2) 数值模拟试验。

随着计算技术的发展和数值计算理论的不断成熟, 数值模拟技术在干支流汇合研究中的应用也不断深入。陈月华^[5]建立了二维水流数学模型, 并将模型应用于长江上游重庆段长江与嘉陵江交汇河段和太子矶水道的水流计算。赵万星^[6]从水环境角度对长江、嘉陵江重庆主城区段的环境流体动力学模拟研究。张超^[7]建立二维数学模型对回流区的流态进行研究。

3) 物理模型试验。

王平义^[8]采用物理模型对长江上游沱江汇合口的金钟碛滩的成因、演变规律及碍航特性进行系统研究和分析, 并提出了较为科学合理的整治方案。刘倩颖^[9]利用长江上游沱江汇合口 1:100 的正态河工模型, 系统研究了自然来水、向家坝日

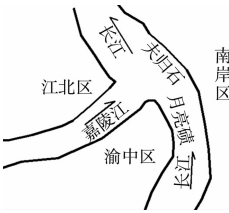
调节和大坝泄洪情况下沱江汇合口的水力特性及向家坝枢纽泄洪对汇合口河床冲淤变化的影响。

4) 理论分析研究。

张强^[10]运用分形理论对河道汇合口部位设计通航水位进行计算分析。许旭^[11]通过对长江、嘉陵江 1954—2011 年的实测水文资料, 分析了两江汇流比对三峡水库成库前后的全年消落期、汛期、蓄水期嘉陵江支流汇流比的频率分布, 长江干流汇流比在不同流量下的变化, 分级流量下的频率分布及各种汇流特征值作出较全面的统计分析。

1.2 汇合口的航道特征

对于干支流汇合口河道特征, 目前主要研究内容如下: 兰波^[12]对山区河流的支流分布、流量比例、交汇形式进行研究; 王梅力^[13]对河型特征、交汇角、弯曲度、断面形态和滩地形态进行研究; 王小刚^[14]对交汇形式和水流条件进行了研究。本文根据研究分析的需要主要对以上 4 处汇合口的汇合形式、汇合角、弯曲程度、河道断面形态和干支流枯水期汇流比等方面进行分析(表 1)。

表 1 研究对象汇合口河道特征							
名称	平面形态简图	汇合形式	汇合位置	汇合角	弯曲程度	河道形态	汇流比(主/支)
金沙江—岷江		“Y”字型	凹岸弯顶上游	90°	干流: 顺直 支流: 中等弯	主流支流偏“V”型, 岸线不规则, 左岸有月亮碛, 右岸铁匠滩	洪: 1.034 枯: 3.403
长江—沱江		左岸斜接	凹岸弯顶上游	30°	干流: 急弯 支流: 顺直	主流偏“V”型, 支流“U”型, 江心金钟碛, 右岸茜草坝	洪: 4.109 枯: 64.810
长江—嘉陵江		左岸斜接	凸岸弯顶下游	90°	干流: 中等弯 支流: 中等弯	主流支流偏“V”型, 岸线不规则, 左岸月亮碛, 右岸有夫归石	洪: 1.000 枯: 7.250
长江—乌江		“Y”字型	凸岸弯顶下游	90°	干流: 急弯 支流: 中等弯	主流支流偏“V”型, 岸线不规则, 两岸均有石梁, 中间锦绣洲	洪: 4.081 枯: 11.193

2 航道现状

所选取的 4 处汇合口分别位于宜宾市区、泸州市区、重庆市主城区和重庆市涪陵区，均

为主要港区、码头的重点分布区域，航道繁忙。根据目前航道维护情况，4 处汇合口航道现状见表 2。

表 2 航道现状

名称	航道概况	航道尺度	航槽布置	参考航线	航道维护
金沙江—岷江	航道微弯，左岸月亮碛深入江中较开，枯水期束窄航道。右岸岸线规则为宜宾市港区，中洪水期两江交汇区夹堰水较旺，全年主流偏左	2.7 m×50 m×560 m	河心偏右，远离汇合口	上行：循右岸缓流区上行； 下行：循主流避两江汇合夹堰水	月亮碛碛翅当地水位 6.0 m 以下设浮标
长江—沱江	航道弯曲，左岸石梁众多，右岸茜草坝深入航道与左岸礁石对峙，枯水期航道较窄。全年主流循河心而下	2.7 m×50 m×560 m	河心偏左，靠近汇合口	上行：金钟碛由右岸过河至左岸上行； 下行：循主流下行	茜草坝 3.0 m 以下设标，金钟碛 2.0 m 以下设标
长江—嘉陵江	航道弯曲，汛期两江顶托，交汇处水流紊乱，上段猪儿碛潜伏河心，其下月亮碛暗翅伸布较开，主流偏右下泄	2.7 m×50 m×560 m	河心偏左，靠近汇合口	上行：汇合口前由左岸过河至右岸上行； 下行：沿主流下行	由于石梁、暗碛众多，船舶流量大，航标维护复杂
长江—乌江	航道微弯，右岸有大堤，左岸较平顺。江中多石梁，汇合口附近有锦绣洲，主流全年循河心下	4.5 m×150 m×1 000 m	河心偏左，远离汇合口	上行：靠左岸上行； 下行：非汛期沿航道中间下行，汛期沿主流下行	锦绣洲 150 m（吴淞）以下设标

3 碍航特性及治理思路

3.1 金沙江—岷江汇合口

金沙江与岷江汇合口部位目前主要碍航问题为岷江垂直汇入，中洪水期两江汇合处及宜宾地标广场前沿夹堰水强烈。随着水运的发展，航道等级的进一步提高，金沙江口耗子石石梁可能碍航，岷江口月亮碛伸展较开，枯水期威胁船舶进出岷江航行安全，在今后航道整治中也需要予以考虑。

该汇合口初步治理思路为：适当切除月亮碛碛坝，并在合江门宜宾地标广场前沿修筑导流建筑物，引导水流平顺入汇，减弱中洪水期的夹堰水，同时也能维持月亮碛挖槽区的稳定(图 1)。

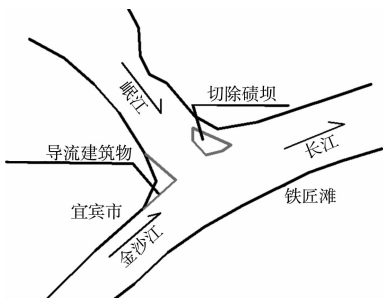


图 1 金沙江—岷江汇合口治理思路

3.2 长江—沱江汇合口

长江—沱江汇合口金钟碛经过系统治理目前航道条件已经明显改善，主要碍航问题是金钟碛潜碛深入航道与对岸茜草坝对峙，航道狭窄弯曲，茜草坝深入江中甚开，过茜草坝碛翅后航道急剧落弯，易发生触礁事故。随着航道等级的进一步提高，该段航道航宽和弯曲半径均可能达不到建设要求，随着通航船舶数量进一步增加，该处横江轮渡频繁，通航环境异常复杂。

该汇合口的初步治理思路为：适当切除茜草坝暗碛，增加通航宽度，改善航道弯曲现状，炸除下游礁石，消除安全隐患（图 2）。

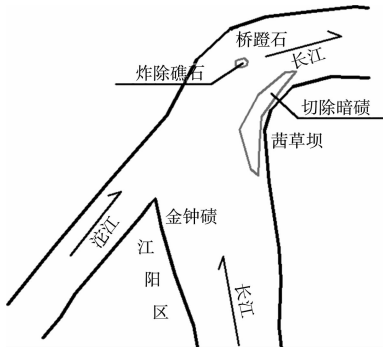


图 2 长江—沱江汇合口治理思路

3.3 长江—嘉陵江汇合口

长江—嘉陵江汇合口历史上实施过整治,位于三峡水库变动回水区末端,随着三峡工程的蓄水运行,库尾航道演变目前还存在诸多不确定性,尤其是两江汇合口部位,水流相互顶托,上游月亮碛浅碛的淤积发展,两江汇合的横流以及对岸夫归石水下礁石的影响,使得该处航道凶险。随着航道等级的提升,该段航道尺度不满足建设要求。

该汇合口航道治理思路为:炸除夫归石水下礁石,使航道适当右移,远离月亮碛暗碛,适当炸除下游外梁礁石,增加航道宽度,同时缓解汇合水流顶托作用,适当增加两江汇合范围浅区的冲刷力度(图3)。

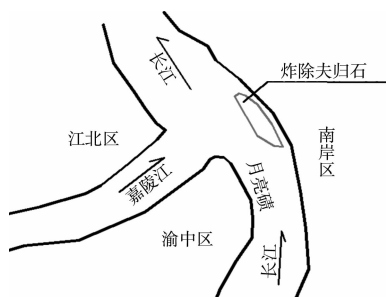


图3 长江—嘉陵江汇合口治理思路

3.4 长江—乌江汇合口

长江—乌江汇合口主要碍航问题为江中碍航石梁众多,锦绣洲浅区航深不足。

该汇合口的初步治理思路为:炸除江心碍航石梁,引导水流冲刷锦绣洲尾部,增加主槽水深,提高通航尺度(图4)。

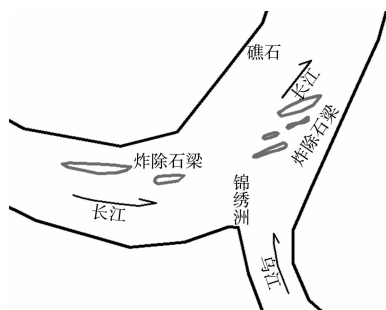


图4 长江—乌江汇合口治理思路

4 结语

川江河口汇合口众多,且各具特色,部分控

制流域面积规模较小的支流汇合口部位航道条件复杂,在航道治理中也应受到同样重视,如:南广河汇合口左岸有冷饭碛,江心有台子石,右岸存在多处石梁碍航;黄沙河汇合口左岸有狗屎碛、鸡共滩,右岸有黄家坝边滩;綦江河口岸线极不规则江中有大、小中坝,右岸有中三坝边滩。另外,山区河流尤其是支汉河流易发山洪,多数会将大量泥沙树木推入干流,造成航道断航。在航道整治中,尤其是特小型支流可采取适当拦石措施,以减少支流山洪暴发给主流航道带来的影响。

参考文献:

- [1] 刘同宦.山区入汇型河道水沙运动演化特征试验研究[D].成都:四川大学,2005.
- [2] 刘同宦,郭炜,詹磊.90°支流入汇区域时均流速分布特征试验研究[J].水科学进展,2009(4):485-489.
- [3] 付中敏,谷祖鹏,郑惊涛,等.干支流汇合口水力特性的试验性研究[J].水运工程,2013(4):46-51.
- [4] 詹磊.主流支流直角交汇区水流泥沙运动特性研究[D].武汉:长江科学院,2009.
- [5] 陈月华.干支流交汇河段水流特性计算研究[D].南京:南京水利科学研究院,2007.
- [6] 赵万星.长江、嘉陵江重庆主城区段的环境流体动力学模拟[D].重庆:重庆大学,2005.
- [7] 张超,张大伟,赵刚,等.汇流区流态及工程整治方案的数学模型研究[J].水力发电学报,2006(3):53-57.
- [8] 王王平义,刘怀汉,张华庆,等.长江上游干支流汇合口水沙特性及整治技术[M].北京:人民交通出版社,2013.
- [9] 刘倩颖.长江上游干支流汇合口水沙特性研究[D].重庆:重庆交通大学,2010.
- [10] 张强.长江与沱江交汇河段通航水位研究[D].重庆:重庆交通大学,2010.
- [11] 许旭,付旭辉,徐威震.长江嘉陵江汇流特性统计分析[J].人民长江,2014(15):32-35.
- [12] 兰波.山区河流交汇河口的综合特性分析[J].重庆交通学院学报,1998(4):91-96.
- [13] 王梅力,陈秀万.长江上游干支流汇合口河道特征研究[J].水利水运工程学报,2014(4):58-64.
- [14] 王晓刚.汇流口水流水力特性研究综述[J].中国农村水利水电,2007(10):82-86.

(本文编辑 郭雪珍)