



# 长江中游枝江—江口河段河床演变 与航道整治思路

杨芳丽<sup>1</sup>, 黄伟<sup>2</sup>, 付中敏<sup>1</sup>, 刘奇峰<sup>1</sup>, 李彪<sup>1</sup>

(1. 长江航道规划设计研究院, 湖北武汉 430010; 2. 长江航道局, 湖北武汉 430010)

**摘要:** 在已有研究成果的基础上, 充分收集长江中游枝江—江口河段近年来实测水文地形资料, 分析了该河段河床演变特点、碍航特性和航道存在的主要问题; 再结合模型研究成果, 对该段河道及航道演变趋势进行预测。在此基础上, 结合该段航运发展需求, 分析了该段进行航道整治工程建设的必要性, 根据该段浅滩碍航特征和航道整治目标, 提出航道整治思路和初步方案设想。研究得到的河床演变、碍航特性及方案比选成果可为下一步系统整治提供参考借鉴。

**关键词:** 枝江—江口河段; 河床演变; 碍航特性; 航道整治

中图分类号: U 617.6

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)10-0024-06

## River evolution and waterway regulation of Zhijiang–Jiangkou section at midstream of the Yangtze River

YANG Fang-li<sup>1</sup>, HUANG Wei<sup>2</sup>, FU Zhong-min<sup>1</sup>, LIU Qi-feng<sup>1</sup>, LI Biao<sup>1</sup>

(1. Changjiang Waterway Institute of Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China; 2. Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** Based on the existed research results and field data, this paper analyzes the recent evolution regularity, navigation–obstruction characteristics, as well as main problems of the waterway, and then predicts the river evolution trend according to the model results. Firstly, the necessity of waterway regulation project is analyzed. According to the development demands of the reach, this paper discusses the necessity of waterway regulation in the reach, and then proposes the regulation ideas and tentative scheme under consideration of the navigation–obstruction characteristics and waterway regulation targets. The research results concerning the bed evolution, navigation–obstruction characteristics and scheme comparison and selection may serve as reference for the follow–up systematic regulation engineering.

**Key words:** Zhijiang–Jiangkou section; river evolution; navigation–obstruction characteristics; waterway regulation

### 1 河道概况

长江中游枝江—江口河段位于长江中游上荆江河段上段(昌门溪—大埠街), 由枝江和江口两个水道组成, 处于沙卵石河段的末端, 其上游紧邻芦家河水道, 下游大埠街以下为抗冲性较弱的沙质河段(图1)。

枝江水道自昌门溪至枝江市城下, 属顺直分汊水道, 左汊为董市夹, 由于其上口淤积严重,

已多年未开放, 右汊为主航道。枝江水道存在上、下两处浅区, 上浅区位于陈家渡至肖家堤拐一带, 其河床组成为砾卵石与黏土胶结层, 且高程较高, 航槽难以冲刷, 以致当枯水位退到一定程度时, 航道出现水深不足的碍航情况; 下浅区位于右汊主流由肖家堤拐向左岸枝江市过渡的跨河过渡段中部, 由连接水陆洲洲尾泥沙淤积体与右岸张家桃园边滩的沙埂形成。

收稿日期: 2012-07-26

作者简介: 杨芳丽(1981—), 女, 博士, 高级工程师, 主要从事长江航道整治研究。

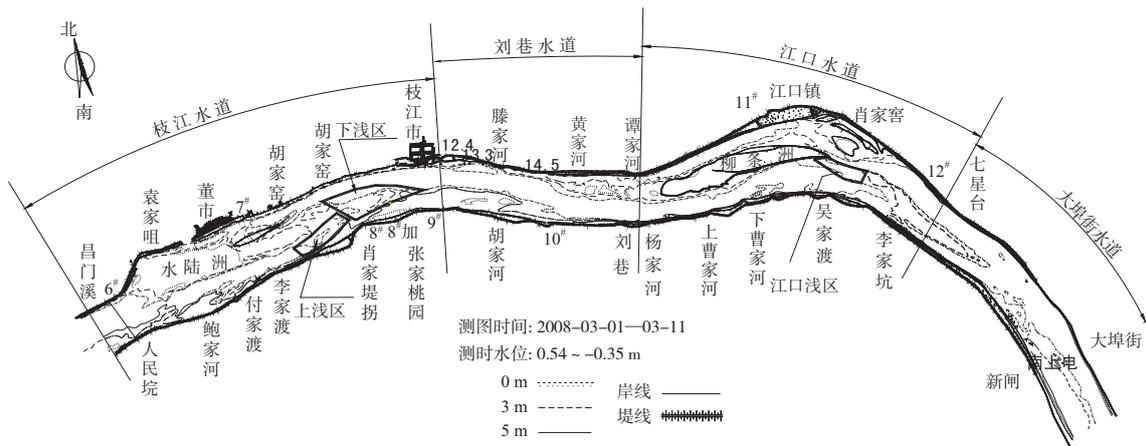


图1 长江中游枝江—江口河段河势

江口水道自刘巷至七星台为微弯分汊水道, 由柳条洲将水道分为左右两汊, 左汊为支汊, 右汊为主汊, 主航道有两2个跨河航槽, 主流由左岸枝江县城逐渐过渡到右岸刘巷, 然后顺上、下曹家河经吴家渡过渡到左岸七星台。江口水道在20世纪80年代以前一直属于优良水道, 航道条件比较优越。20世纪90年代以后, 随着江口夹下夹口的逐年淤积和江口中夹的不断冲刷发展, 在江口汊道右汊主流由吴家渡向左岸七星台过渡的跨河过渡段上形成一道碍航沙埂, 导致江口水道航道条件恶化, 使之成为长江中游的又一碍航水道。

## 2 三峡蓄水以来演变情况

枝江、江口水道在三峡蓄水前即存在碍航问题<sup>[1]</sup>, 随着三峡水库的蓄水运用, 枝江、江口水道碍航问题呈进一步恶化的趋势。

三峡水库蓄水运用以来, 枝江水道因上游来沙量剧减, 下浅区河床冲刷, 航道水深有所提高, 而上浅区由于该河段航槽所在位置的河床组成为卵石夹硬质黏土, 难以冲刷下切, 航道水深并没有明显提高, 加之采砂乱采乱挖和乱丢对航道的破坏, 于2005年5月上旬出现一起船只搁浅事故, 后在三峡水库紧急增加泄水情况下才将搁浅船只安全救出。江口水道2006—2007年和2007—2008年连续两届枯水期在吴家渡一带过渡段出现大范围回淤, 航宽严重不足, 在挖泥船的不断施工下才勉强保障航道畅通。从三峡水库蓄水以来

枝江水道水面线的变化情况来看, 局部比降已有所增大, 对其变化情况应引起足够的关注。

近年来的研究成果表明<sup>[2-3]</sup>, 随着三峡水库运用时间的推移, 沿程冲刷厚度及水位降幅不均匀将可能使枝江上浅区等位置出现水浅、坡陡、流急等碍航问题。而蓄水之前的冲淤现象显示, 在荆江裁弯、葛洲坝运行以及一些大洪水事件影响之下, 一些洲滩曾发生明显变形; 三峡水库蓄水后几年来的观测资料也显示, 本河段内水陆洲、柳条洲出现了洲头及右缘退缩、洲滩面积减小等变化, 张家桃园、吴家渡等边滩高程也有冲刷降低趋势, 随着三峡水库“清水”下泄持续影响, 洲滩萎缩变化更大, 引起河床较大变化, 有可能造成枯水期水流分散、航槽不稳、水深不足等严峻局面, 并且可能使一些起关键控制作用的部位对上游水位的控制作用减弱, 造成昌门溪水位大幅下降。以上碍航现象的任何一种一旦出现, 将影响现行船舶(队)及将来大型船队安全通过。可见, 三峡蓄水运用以后, 枝江—江口河段碍航可能进一步加剧。

## 3 枝江—江口河段航道整治工程建设的必要性

根据《长江干线航道发展规划》, 重庆至武汉航线将通航6 000~10 000吨级船队, 同时, 2 000吨级货船将能在枯水期满载航行, 3 000吨级货船也将能终年通航。根据2020年建设目标及沿江经济发展需求, 航道水深应达到3.5 m或更高。而目前枝江—江口河段枯水期维护水深为2.9 m, 要将

维护水深由现在2.9 m提高到3.5 m或更高,必须实施整治工程。

为了实现长江干线航道发展规划确定的整治目标,防止三峡水库蓄水运用后航道条件向不利方向发展,控制下游水位下降向上传递,并从根本上解决枝江—江口河段的碍航问题,确保长江航道整体畅通,在分析三峡蓄水运用后枝江—江口河段河道近期变化及航道条件的基础上,结合已实施的一期整治工程<sup>[4]</sup>,研究提出该河段本阶段整治的思路及初步整治方案是十分必要的。

## 4 治理方案初步设想

### 4.1 总体思路

已有研究成果显示,在三峡建库条件下,枝江—江口河段的航道条件将可能出现3种不利变化:1)因洲滩冲刷造成枯水期水流分散、航槽不稳;2)因水位下降在局部卵石层面较高的位置造成水深不足或坡陡流急;3)本河段及下游河床冲刷与水位下降会加剧上游芦家河水道的“坡陡流急”问题。

针对3种可能的不利变化,提出了总体航道治理主要考虑以下3方面的问题:1)如何解决本河段当前的航道问题,即吴家渡过渡段水流过于分散,边滩过于狭长挤压深槽导致航槽过窄的问题;2)如何应对下游沙质河床的冲刷所带来的上游水位下降,枯季水深不足而出浅碍航或局部水流条件达不到通航要求的问题,如枝江上浅区;3)在对本河段实施航道整治提高航道尺度的同时,如何兼顾上游水位的维护。

围绕上述3方面的问题,长江航道规划设计研究院和武汉大学分别利用物理模型试验和二维数学模型计算进行了探索。物理模型和数学模型的敏感性试验结果表明,枝江—江口河段内各洲滩的冲失都将导致航道向不利的方向发展,恶化本河段和上游河段的航道条件。所以,考虑到三峡水库清水下泄的长期影响,为避免洲滩的冲失冲乱破坏较为有利的河道格局,维持现有洲滩在枯水期对水位的控制作用,并提高航道尺度,对枝江—江口河段的各个洲滩实施守护是非常必要的。

因此,总体整治思路确定为:1)对水陆洲洲头低滩进行守护,防止水流对洲头低滩的冲刷,稳定枝江水道进口段主流流路,并在一定程度上控制上游水位的降幅;2)对水陆洲洲头窜沟进行封堵,对水陆洲洲头及右缘进行守护,并对水陆洲右缘边滩进行守护,维持目前较为高大完整的滩形,束窄过水断面,使水陆洲右汉水流平顺,改善水流流态,并在一定程度上控制上游水位的降幅;3)对枝江水道上浅区进行基建性挖槽,消除河床纵剖面上的“陡坎”,降低卵石层面高程,提高浅滩航道水深;4)对张家桃园边滩进行适当守护,抬高边滩高程,平顺和稳定下浅区水流流路,并在一定程度上控制上游水位的降幅;5)在柳条洲洲头低滩筑顺坝,封堵高、低滩间的窜沟,稳定汉道分流比,调整江口水道进口水流流态,并对柳条洲下段右缘至洲尾进行护岸,保持滩形的高大完整,防止柳条洲冲蚀引起水流分散而出浅碍航,并在一定程度上控制上游水位的降幅;6)对右岸吴家渡边滩进行守护,以稳定柳条洲右汉的出流条件,有利于水流由右岸深槽顺利过渡到左岸深槽,并在一定程度上控制上游水位的降幅。

### 4.2 已实施的一期工程治理效果

枝江—江口河段航道整治一期工程主要对关键滩体实施了守护,该工程于2010年8月完工,2010年11月交工验收。主要工程包括水陆洲洲头低滩护滩工程、水陆洲窜沟锁坝工程、水陆洲洲头及右缘中上段护岸、水陆洲右缘边滩护滩工程、张家桃园边滩护滩带工程、柳条洲右缘及尾部护岸工程、吴家渡边滩护底工程、七星台一带已护岸线水下护脚工程工(图2)。

该工程实施后,河段内关键洲滩得到了守护,河段内航道条件得到一定程度的改善,枝江以上水位降幅受到了一定的控制,但枝江以下河段水位降幅仍较大,因此,虽然河段内对水位控制作用较强的节点受到了保护,但枝江以下的控制节点对水位控制作用相对仍显较弱,受下游水位下降向上传递的影响还较大,需要实施后续工程予以加强。

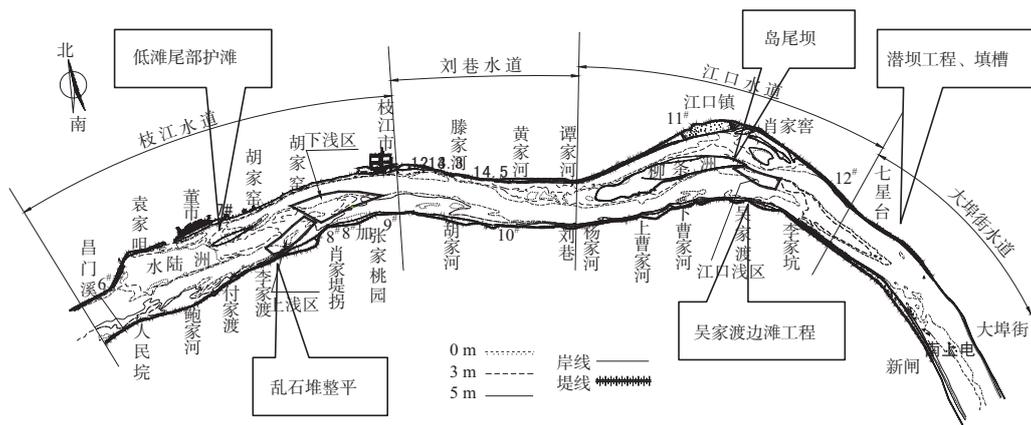


图2 枝江—江口河段主要整治工程位置

### 4.3 本阶段治理目标和思路

#### 1) 治理目标。

通过一定的工程措施, 扩大守护范围, 巩固一期工程效果, 加强控制水位降幅, 防止局部比降加大, 提高航道尺度, 改善船舶航行条件, 达到  $3.5 \text{ m} \times 150 \text{ m} \times 1000 \text{ m}$ , 保证率98%的建设标准。

#### 2) 治理原则。

##### ①上下兼顾, 系统治理。

整治方案除了解决洲滩局部变化带来影响航道的问题, 同时, 还要兼顾具有减小和消除下游水位下降幅度的不利影响的作用。

##### ②巩固一期工程效果, 加强控制水位降幅。

抓住当前的有利时机, 巩固一期工程效果, 稳定滩槽形态, 加强控制水位降幅, 防止可能造成不利后果的冲刷。

#### 3) 治理思路。

一期整治工程实施以来, 从目前枝江—江口河段河道形势来看, 水陆洲、张家桃园、柳条洲、吴家渡等洲滩基本得到了守护, 航道条件得到一定改善, 水位下降也得到了了一定的控制, 但洲滩局部仍出现一些不利冲刷变化, 河段内枝江以下水位仍存在较大幅度的下降, 若不加以控制, 势必会对目前的航道条件产生不利影响。因此, 围绕本阶段的治理目标, 结合一期工程的效果, 本阶段整治思路为: 通过加大洲滩守护, 保证滩体的完整, 维持枝江以上水位的稳定; 同时, 结合局部填槽措施, 减少枝江以下的水位降幅, 避免形成集中落差, 防止局部比降加大。本阶段整治思路既是总体思路的一部分, 也是一期

工程整治思路的完善与延续。

### 4.4 本阶段工程方案研究

#### 1) 工程实施部位的确定。

在确定本期整治工程方案时, 针对一期工程以来出现的不利变化, 在一期工程的基础上, 扩大守护范围, 保证滩体的完整, 稳定和维护较好的滩槽格局, 同时为了进一步抑制本河段内水位持续的下降, 采取局部工程加高和填槽相结合的工程措施, 减缓水位下降向上游传递, 防止局部比降加大, 维持较好的航道条件。

#### 2) 本阶段工程方案研究。

本阶段方案是在枝江—江口河段航道整治一期工程方案的基础上, 对未完全守护的关键洲滩进行守护和加强。通过后续工程, 一方面是适当改善河段的航道条件, 另一方面是加强洲滩对水位的控制作用, 巩固已建工程的工程效果。因此, 根据本阶段的整治原则与整治目的, 结合最新地形, 采用物理模型和数学模型进行了两类共5个方案的试验研究<sup>[5]</sup>(表1)。其中第一类方案是在已有一期工程基础上, 加大对洲滩的守护力度, 消除不利变化, 改善浅区航道条件, 结合填槽工程, 控制河段水位降幅, 具体研究方案为方案1至方案4; 第二类方案主要是加大洲滩守护, 加强对水位的控制作用, 加强枯水导流作用, 研究方案为方案5。

模型本底地形为2010年3月的地形, 其中物理模型是在“一期工程”试验基础上改制而成, 系列年采用60系列年即1962年和1966年2个中水年与1964年形成3 a系列年组合; 数学模型水沙系列选

表1 枝江—江口河段整治方案

类型	方案	说明
第一类方案	方案1	①水陆洲低滩尾部护滩；②枝江上浅区航道边缘的乱石堆整平；③吴家渡边滩原护底带加高工程及边滩下段护底带工程；④七星台一带潜坝工程
	方案2	①水陆洲低滩尾部护滩，工程布置同方案1；②枝江上浅区航道边缘的乱石堆整平，工程布置同方案1；③吴家渡边滩原护底带加高、延长工程；④七星台一带潜坝工程
	方案3	①枝江上浅区航道边缘的乱石堆整平区域；②张家桃园下段护滩工程；③将七星台潜坝优化为4道填槽，适当调整高程；④水陆洲低滩尾部护滩和吴家渡边滩原护底带加高工程及边滩下段护底带工程，工程布置同方案1
	方案4	①枝江上浅区航道边缘的乱石堆整平区域；②张家桃园下段护滩工程；③七星台4道填槽中的第1道取消，其它布置与方案3；④将方案3中的吴家渡边滩下段3道护滩带减少为1道，并将护滩宽度适当增加；
第二类方案	方案5	①水陆洲护滩以及枝江上浅区航道边缘乱石堆整平与方案3一致；②加高张家桃园已建护滩带工程；③加强导流功能，在柳条洲洲尾导增设1道岛尾坝；④七星台填槽

取60系列，进行了20 a计算。计算结果表明：

1) 方案1、方案2实施之后，工程效果基本相当，在一定程度上抑制河段内洲滩的不利变化，在一定程度上控制了水位下降的趋势，但方案2中加高、延长了吴家渡护低带，形成了长潜坝，坝头冲刷严重，容易造成坝体的不稳。另外，从模型现场来看，张家桃园边滩未守护的部分冲刷也较为剧烈，需要加强守护，增强对水位的控制；七星台一带的潜坝工程造成水流较为紊乱，有必要对潜坝的高程适当降低，因此，需对方案作进一步优化。

2) 方案3研究成果表明（方案1和方案2优化后的方案）：工程方案3实施之后，枝江上浅区3.5 m航宽变化不大，但能满足规划尺度要求，工程在雍高下曹家河及以上水位的同时，还能够一定程度上增加江口浅区的流速，江口过渡航槽有所冲刷，3.5 m航宽有所增加，最小航宽均大于200 m。

但工程对抑制冲刷造成的水位下降作用有限，因此整体来看，航宽趋于减小，只是减小的幅度较无工程情况下要小。

3) 方案4和方案5（方案3优化后的方案）：从动床效果来看（表2），方案均能一定程度上缓解冲刷造成的水位下降幅度，方案5对枝江以上水位的控制作用略大于方案4；各方案对水位的控制作用使得河段大比降区比降较无工程略有减小，江口浅区的流速及比降的适当增加对改善该段淤积碍航是有利的，方案5对枝江下浅区的冲刷也有促进作用；各方案实施后，枝江上浅区、江口浅区3.5 m水深对应最小航宽均较无工程情况有较大幅度的增加，不同方案增幅差异较小；但从工程规模及防洪安全的角度来看，方案5会造成枝江市城区岸线近岸流速的增加，加上该段流速绝对值偏大，因此可能加大防洪压力。

表2 方案4和方案5工程效果对比

方案	水位	比降、流速	近岸流速	航道条件
方案4	定床条件下，吴家渡护滩加固工程、七星台填槽工程均能在一定程度上壅高上游水位；动床条件下，工程后水位降幅减小	工程后，枝江上浅区比降、流速减小，江口浅区比降、流速略有增加	工程后柳条洲尾及吴家渡对岸近岸流速有所增加	工程后，枝江上浅区及江口浅区3.5 m水深对应最小航宽均有所增加
方案5	对水位的影响略大于方案4	工程后枝江上浅区、江口浅区比降流速变化与方案4类似，枝江下浅区比降、流速略有增加	工程后枝江城区岸线、柳条洲尾及吴家渡对岸近岸流速有所增加。影响大于方案4	枝江上浅区及江口浅区3.5 m水深对应最小航宽增幅略大于方案4

### 5 结语

枝江—江口河段一期航道整治工程实施以来，滩槽格局基本稳定，洲滩受到了保护，河段内航道条件也有所改善，但仍存在一些不利变

化，本文针对其不利变化，对其治理对策进行了探讨。初步研究表明，本文方案4和方案5均能一定程度上缓解冲刷造成的水位下降幅度，方案5对枝江以上水位的控制作用略大于方案4；各方案对

水位的控制作用使得河段大比降区比降较无工程略有减小, 江口浅区的流速及比降的适当增加对改善该段淤积碍航是有利的, 方案5对枝江下浅区的冲刷也有促进作用; 各方案实施后, 枝江上浅区、江口浅区3.5 m水深对应最小航宽均较无工程情况有较大幅度的增加。下阶段研究可将这2个方案作为重点进行研究。

同时, 对本河段系统治理提出如下建议: 下阶段研究可将方案4和方案5两个方案作为重点进行研究。结合最新的原型观测资料, 深入分析河道新的变化及演变趋势, 密切关注本河段航道条件变化, 特别是在下游沙质河段出现水位大幅下降的情况下, 枝江上浅区的变化情况以及给航道带来的影响, 再根据三峡建库后的实际影响及一期工程实施后的航道调整情况, 对挖槽实施的时机、对上游水位的影响以及相应的补救措施等进

行进一步分析研究。

#### 参考文献:

- [1] 龙慧, 刘庚临, 单剑武. 三峡工程建成后枝城至枝江河段浅滩演变分析[J]. 人民长江, 2001(4): 29-32.
- [2] 刘怀汉, 付中敏. 长江中游枝江—江口河段航道整治一期工程工程可行性研究报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2009.
- [3] 朱玲玲, 李义天, 孙昭华, 等. 三峡蓄水后枝江—江口水道演变趋势初步分析[J]. 泥沙研究, 2009(2): 8-15.
- [4] 刘怀汉, 茆长胜, 李彪. 长江中游枝江—江口河段敏感性试验及整治思路探讨[J]. 水运工程, 2009(11): 39-40.
- [5] 黄召彪, 李彪, 付中敏, 等. 长江中游荆江河段航道整治工程工程可行性研究枝江—江口河段治理方案研究报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2011.

(本文编辑 武亚庆)

## · 消 息 ·

### 《水运工程》2013年专辑(增刊)征集公告

全国水运工程各单位:

本刊已取得自1992年以来全部连续6版(每4年一版)全国中文核心期刊的市场地位。《水运工程》专辑(增刊)以特有的单位整体专业学术氛围建设水平与单位技术实力展示载体, 已然成为支持单位和个人事业愿景提升的平台。

为扎实做好专辑(增刊)的组织工作, 特向你们征集2013年专辑(增刊)的出版申请。

本刊2013年专辑、增刊指标共4个, 以独家单位和《水运工程》编辑部通过甲乙双方协议的形式确认。

联系电话: 010-64066347, 联系人: 陈路华

欢迎垂询!

《水运工程》编辑部