



长江中游杨林岩水道整治措施

杨祥飞

(长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147)

摘要: 杨林岩水道作为长江中游典型的顺直分汊河段, 多年来航道条件良好。三峡蓄水后, 水沙条件发生改变, 航道条件呈现不利发展趋势。以物理模型试验为手段, 结合理论分析, 就该水道水沙运动特性、河床演变规律、治理思路, 整治方案等进行研究, 为类似河段治理提供参考。研究成果认为, 顺直分汊河段江心洲—南阳洲洲头位置及形态的变化直接影响河床演变和航道条件, 宜遵循“采用护滩带软体排对洲头实施守护”的治理思路。

关键词: 航道整治; 长江; 杨林岩水道

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)03-0140-05

Regulation measures of Yanglinyan waterway in the middle Yangtze River

YANG Xiang-fei

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

Abstract: As a typical straight braided river in the middle reach of the Yangtze River, Yanglinyan waterway is well in channel condition for years. But the development of channel condition is worsening after the impoundment of the Three Gorges reservoir when water and sediment conditions were changed. This paper studies the water and sediment characteristics, riverbed evolution law, train of thought on the regulation, and regulation measures by means of physical model test and theory analysis, which may serve as reference for similar river regulations. The result shows that the location and shape changing of Nanyangzhou head directly impacts the riverbed evolution and channel condition, so the flexible mattress beach protection belts shall be adopted to protect the head.

Key words: waterway regulation; the Yangtze River; Yanglinyan waterway

杨林岩水道位于长江中游, 湖北省洪湖市、湖南省岳阳市境内, 上邻洞庭湖湖口, 距城陵矶5 km, 下接界牌水道, 距武汉226 km。该河段向上接洞庭湖与荆江, 向下通往武汉、南京等长江中下游地区, 是湖南省“通江达海”的唯一通道, 也是华中及西南地区对外交流的主要通道, 对沿江经济和港口的发展具有举足轻重的作用。

多年来, 该水道滩槽格局总体稳定, 航道条件较好, 三峡蓄水后, 特别是近年来该水道江中重要洲滩——南阳洲的洲头持续冲刷下挫, 右缘崩退, 右汊展宽, 左汊有一定冲刷, 若任其自然演变将影响滩槽格局的稳定, 从而引起航道条件

向不利方向发展^[1]。该水道作为长江中游典型的顺直分汊河段, 具有很强的代表性, 故对该水道治理措施进行研究。

笔者结合长江中游杨林岩水道实测资料, 以物理模型试验为手段, 就该河段水沙运动特性、河床演变规律、航道治理方案等进行研究, 为类似河段治理提供参考。杨林岩河段河势见图1。

1 物理模型的设计

模型依据2010年1月实测1:10 000河道地形图制作, 范围上起擂鼓台, 下至陈家墩, 全长28 km, 含括整个杨林岩水道, 可以反映出该河段的演变

收稿日期: 2013-06-19

作者简介: 杨祥飞(1977—), 男, 高级工程师, 主要从事航道整治工程技术研究方面的工作。

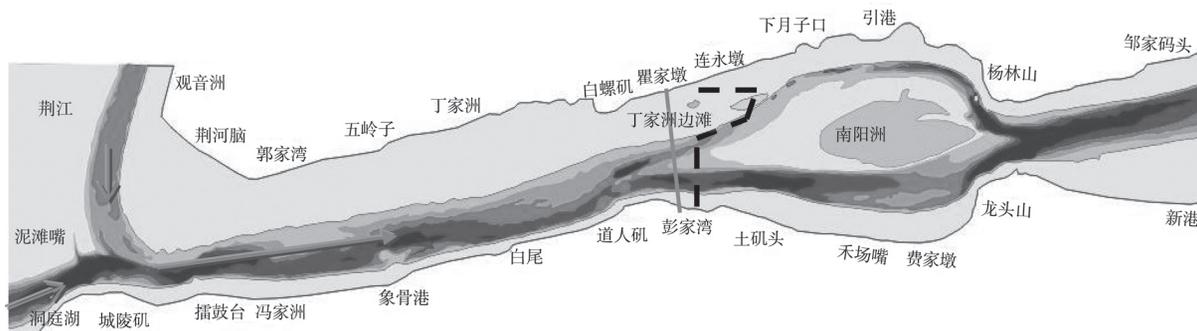


图1 杨林岩河段河势

特点和整治工程的影响。

1) 模型几何比尺。

根据试验研究目的、任务、试验场地条件，并考虑到动床模型选沙的要求，确定模型平面比尺 $\lambda_L = 380$ ，垂直比尺 $\lambda_H = 100$ ，模型变率 $\eta = 3.8$ 。

2) 模型水流运动相似。

根据相似准则，模型应满足重力相似和阻力相似。即

重力相似：

$$\lambda_v = \lambda_H^{1/2} = 10 \quad (1)$$

阻力相似：

$$\lambda_n = \frac{\lambda_H^{2/3}}{\lambda_L^{1/2}} = 1.105 \quad (2)$$

由水流连续方程可得流量比尺为：

$$\lambda_Q = \lambda_v \lambda_H \lambda_L = 380\,000 \quad (3)$$

水流运动时间比尺为： $\lambda_n = \frac{\lambda_L}{\lambda_u} = \frac{380}{10} = 38$

式中： λ 为比尺符号， L, H, u, Q, n 分别为平面尺度、垂直尺度、流速、流量、河床糙率。

根据部颁JTJ/T 232—1998《内河航道与港口水流泥沙模拟技术规程》要求，模型水流必须是紊流，要求模型的最小雷诺数^[2]： $R_{em} > 1\,000 \sim 2\,000$ 。

同时，为了不使表面张力干扰模型的水流运动，要求模型试验段最小水深： $h_{min} > 1.5\text{ cm}$ 。

3) 模型制作。

模型采用断面法用水泥砂浆制作，断面间距控制在50~60 cm范围内，水位由武汉大学研制的LH-1自动水位仪读取；流速采用南京水利科学研究院研制的LGY-II型旋桨流速仪采集，模型进口流量采用电磁流量计控制，模型尾门采用螺山站水位，武汉大学研制的自动控制系统读取（表1）。

表1 模型设计的各项比尺

比尺	比尺名称	符号	设计值	实际值
几何相似	平面比尺	λ_L	380	380
	垂直比尺	λ_H	380	100
水流运动相似	流速比尺	λ_v	10	10
	河床糙率比尺	λ_n	1.105	1.105
	流量比尺	λ_Q	380 000	380 000

2 水沙运动及河床演变规律

1) 水流运动特性。

长江与洞庭湖出口水流汇流后呈90°弯道下泄进入工程河段。因左侧长江为主流，中低水位时流量一般占汇流后流量的70%以上，在与洞庭湖出口水流汇合后过城陵矶，主流偏右，在右侧形成多年稳定深槽，右侧水面常年略高于左侧，在弯道环流作用下，左侧形成边滩。过仙峰礁、烟灯矶后，在道人矶矶头挑流作用下，主流左偏，在南阳洲两汉分流处右转进入右汉，使得下行水流对南阳洲洲头及右缘冲刷较为强烈。

根据实测资料，结合定床模型试验成果，从纵比降看，上游河段顺直，水流平顺下泄，洪中枯期均表现为纵比降逐渐变大，过南阳洲中段受出口束窄影响，产生壅水，水面平缓，纵比降减小。由于主流偏右，整个河段横比降全年均为南高北低，但差别较小，最大南北两侧水面差仅为0.034 m。

从洪中枯期流速流向分析，上段顺直段全年主流偏右，较为平顺，受进口擂鼓台—近江州束窄影响，上段河段最大流速位于进口段擂鼓台右岸深槽，高水位期最大，中水位减小，随着枯水水流归槽，又逐渐增大。水流平顺经过烟灯矶、乌石矶后，受道人矶矶头挑流，水流有一定左

偏，增强了对左侧左汊进口及南阳洲洲头、右缘的冲刷。下段分汊河段：分流点高水下挫，低水上提。汛期分流点在荆岳长江大桥下游约1 300 m，退水期逐渐上提。南阳洲右汊受龙头山影响，汛期水流取直，在费家墩一带存在回流，泥沙落淤，汛后随着水位回落，主流落弯，冲刷汛期淤积的泥沙，在右岸侧形成深槽。这其中南阳洲分汊段中段以上，从上游往下流速逐渐减小。随着水位降低，在退水期和枯水期，整个河段在纵断面上流速基本相当，受南阳洲分流，过水断面缩小影响，在南阳洲分流位置平均流速略偏大，且最大流速均位于南阳洲右缘附近。

2) 泥沙运动特点。

工程河段上段，受荆江出流影响，主流右偏，汛期大量泥沙随弯道环流在左岸落淤，随着水位消退，有一定冲刷，年内虽有冲淤变化，但年际间基本保持平衡^[3]。河段主要的冲淤变化位于道人矶以下的南阳洲分汊河段。

汊道分流点具有“高水下挫、低水上提”的变化特点^[4]由此带来在不同水位期河床的冲淤变化。高水时，过水断面增大，分流点下挫，由于支汊道窄浅，容易发生壅水，泥沙在进口段落淤；中低水位时，分流点上提，支汊进口冲深，同时主流受河势影响，向右侧偏转走右汊，主航槽泥沙受到冲刷，向下游输移，年际间基本保持平衡。具体来说，汛期高水位，流速流量较大，泥沙掺混较为均匀，受河道展宽，下游节点壅水作用，汊道内流速降低，泥沙落淤。右汊主要集中在进口段和出口回流段。左汊则集中在丁家洲边滩及进口段。随着水位降低，河道转为冲刷。受水流归槽影响，洲头及进口段流速增加，普遍冲刷。在枯水期，主流右偏，泥沙随主流集中于南阳洲滩轴线以右断面（图2），形成左清右浊的水流下泄，顶冲南阳洲右缘。故南阳洲右汊在枯水期既有冲刷（南阳洲右缘冲刷），也存在一定程度的淤积，冲淤程度受这一时段荆江与洞庭湖出流量和出沙量的比率影响。当洞庭湖出沙较多时，则容易造成在南阳洲右汊进口段及中段落淤出浅。

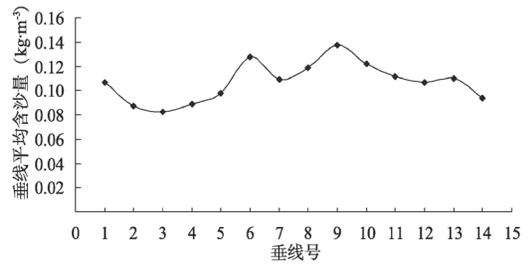


图2 横断面平均含沙量

3) 河床演变规律。

针对水沙运动特性，通过分析三峡蓄水前后工程河段水沙过程和与之对应的滩槽演变情况，对河床演变规律进行归纳。

工程河段作为典型的顺直分汊河段，两岸有大堤保护，上段顺直有城陵矶、擂鼓台、仙峰礁节点控制，下段展宽分汊，入口有道人矶—白螺矶对峙节点控制，出口有杨林山—龙头山对峙节点控制。上下游河段的河床演变对工程河段河床演变影响小，工程河段河势总体稳定。长江与洞庭湖出口水流汇流后沿程受城陵矶等众多节点控制，主流多年来一直稳定在右岸一侧，受入口道人矶—白螺矶对峙节点控制，南阳洲分汊河段入口水流动力轴线多年来相对稳定，南阳洲主支汊地位亦稳定。南阳洲右汊为主的格局多年来不变。工程河段的河床演变主要受自身来水来沙条件的影响，主要表现在：南阳洲的淤长与冲刷，重点表现在洲头位置与滩形的变化，以及由此引发的两汊和相邻洲滩的冲淤变化。

三峡蓄水前：当来水量总体相对稳定，来沙量的大幅增加会促使工程河段重要洲滩—南阳洲的淤积发展，并逐渐变得饱满和高大完整，工程河段水流集中，航道条件较好，比如下荆江裁弯后引起70—90年代初，工程河段来沙大量增加，南阳洲淤长的过程。当来水量总体相对稳定，来沙量大幅减少并低于正常水平会促使南阳洲的冲刷，特别是洲头后退，形态扁长坦化，使得水流分散，航道条件变差，比如90年代中期，工程河段连续来沙减小，南阳洲洲头冲刷后退，对应的左汊冲深发展，右汊展宽，到1997年，右汊展宽位置航道出浅碍航，直到1998年特大洪水带来大量泥沙重新淤积，重塑河道地形，南阳洲再次变

得高大完整，航道条件得到好转。

三峡蓄水后，水沙条件与天然情况有很大改变。来沙量大幅减少，而汛期特大洪水得到调控，中枯水期水量增加，冲刷历时延长。工程河段总体表现为冲刷，重点表现在主要洲滩—南阳洲洲头低滩冲刷下挫、南阳洲右缘崩退，以及相应的左岸丁家洲边滩下延，左汊冲深下退，右汊展宽。南阳洲作为重要洲滩，其完整性受到威胁，工程河段滩槽逐渐坦化，河道表现出向宽浅化方向发展的不利趋势。

三峡蓄水后的水沙条件，在今后将长期保持相对稳定，大沙年出现的机会减少，工程河段被冲刷的洲滩缺乏自然恢复的水沙条件，工程河段目前已经呈现出来洲头后退、滩槽坦化、水流分散的不利演变趋势，今后将一直持续，并愈演愈烈^[5]。

所以需要采取工程措施，稳定当前的滩槽格局，防止航道条件进一步向不利方向发展。

3 治理思路

工程河段存在的问题主要在于三峡蓄水后的水沙条件，在今后将继续保持，工程河段被冲刷的洲滩将很难再有自然恢复的水沙条件，工程河段目前已经呈现出来的南阳洲洲头后退、滩槽坦化、水流分散的不利演变趋势，今后将继续持续，并愈演愈烈，右汊主航道也将持续向宽浅化方向发展。针对航道存在的问题，分析治理思路。

首先，就工程河段总的河势格局而言，河床演变主要受自身来水来沙条件的影响，主要表现在：南阳洲的淤长与冲刷，重点表现在洲头的位置与滩形的变化，以及由此引发的两汊和相邻洲滩的冲淤变化。在两岸边界稳定的情况下，相对稳定的来水量对河道总的冲刷力量也是基本稳定的^[6]。一旦稳定住南阳洲洲头的位置，就稳定了水流对两汊冲刷力量的分配，也就稳定了整个工程河段的滩槽格局。所以南阳洲特别是洲头的位置及滩形的变化是影响工程河段滩槽格局及航道变化的重要因素。本工程首先需要守护南阳洲洲头，稳定当前的滩槽格局。

其次，就右汊局部河势形态而言，工程河段存在航道问题的部位集中在右汊中段的展宽段。从河势形态上看，单就右汊而言，属于典型的顺直微弯单一河道。

1) 河道边界条件上，右汊右岸有大堤保护，边界抗冲性强，右汊左岸是南阳洲沙滩，边界抗冲性差。对于两岸抗冲性差异较大的顺直河道，抗冲性差的一侧很容易展宽，并逐渐向弯曲型河道发展。

2) 水沙条件上，三峡蓄水后的水沙条件，今后将长期保持，河道总体冲刷态势不变。

3) 入口水流动力轴线上，主流顶冲南阳洲洲头后分流扫南阳洲右缘上部进入右汊，由于洲头及右缘上部为沙质河床，受水流冲刷会不断下挫后退，即右汊的入口左边界不定，入口水流动力轴线也不定。

从这3方面看，任由河段自然演变，右汊必然会遵循单一顺直微弯河段的演变规律，不断向河道展宽方向发展，航道条件也将不稳。

所以，从局部河势形态看，本工程：首先也应守护南阳洲洲头，控制右汊入口边界条件，从而稳定右汊入口水流动力轴线；其次应守护南阳洲右缘和右岸边滩，控制南阳洲右汊两岸边界防止右汊向展宽方向发展，稳定右汊的平面形态和主流流向。入口水流条件和两岸边界条件得到控制。三峡蓄水后的水沙条件只会造成工程河段持续冲刷，而右汊平面形态受到控制，只能纵深发展，其结果必然是河道冲深，航道条件得到保障。同时主流流向也保持稳定，不会对下游河段构成影响。

4 整治方案

根据治理思路，基本方案布置为沿洲头洲脊布置鱼骨型纵向和横向护滩带。通过河床演变分析和无方案下物理模型试验冲刷情况确定出守护范围，即洲头纵向护滩带守护区域为航行基面至航行基面上9 m，横向护滩带右缘至洲头右缘航行基面下3 m，第一道横向护滩带左缘至航行基面，第二道横向护滩带左缘至航行基面上3 m（图3）。

从方案1典型年试验成果来看，该方案能够

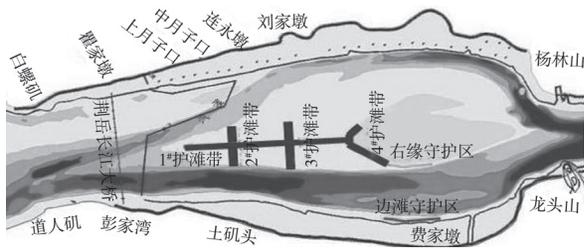


图3 方案1布置

达到守护洲头低滩和保持目前滩槽格局的目的。由于目前主流在右汊，并且右汊分流比占有绝对优势，枯期分流比超过了80%，从而洲头低滩左缘一侧的冲刷力度明显小于右缘，因此，在洲头低滩纵向护滩带和左缘第一道横向护滩带的守护作用掩护下，左缘第二道横向护滩带守护区域的冲刷强度较小，物理模型典型年试验的结果3#护滩带上下区域甚至出现了一定的淤积，说明左缘第一道护滩带已经达到了守护洲头低滩左缘的目的，其下游侧再设置一道护滩带无非是增大阻力促进淤积，因此，取消洲头左缘的第二道护滩带^[7]，作为方案2，进行系列年试验。

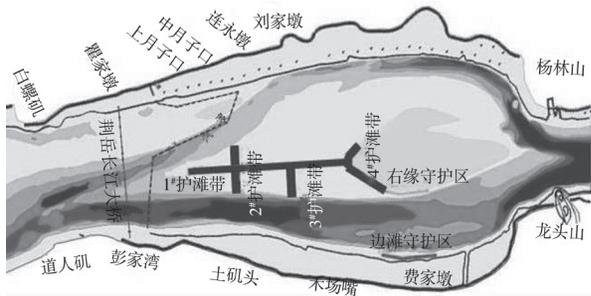


图4 方案2布置

从系列年试验看，方案2取消了处于淤积区的3#横向护滩带左侧部分后，仍然能够达到稳定南阳洲洲头位置和滩形，保持目前良好滩槽格局的目的。南阳洲洲头、右缘中上段和右岸费家墩边滩守护稳定后，右汊河道冲刷向纵深方向发展，右汊不再展宽，水深得到增加，航道条件得到保障^[8]。方案2治理效果良好，可以作为实施方案。

5 结论

1) 受总体河势的控制，荆江与洞庭湖出口水流汇合后，偏右岸一侧下行，到分汊河段进口

受道人矶挑流作用下，主流左偏，在南阳洲两汊分流处右转进入右汊，使得下行水流对南阳洲洲头及右缘冲刷较为强烈。泥沙受弯道环流影响，上游（顺直）段从右岸向左岸输移，右岸成槽，左岸成滩；中下段则从南阳洲右缘向右岸输移，右缘冲刷强。

2) 河床演变受自身水沙条件影响，重点表现在洲头位置与滩形的变化，以及两汊和相邻洲滩的冲淤变化。来沙大幅增加，南阳洲高大完整时，水流集中，航道较好。来沙大幅减少，促使南阳洲洲头后退，滩形扁长化，水流分散，航道变差。三峡蓄水后，来沙减少，中水历时延长，对南阳洲冲刷加强，滩槽逐渐坦化，格局受到破坏，已有不利发展趋势。

3) 南阳洲洲头的位置和滩形是河床演变的关键。沿洲头洲脊布置鱼骨型纵向和横向护滩带，对南阳洲实施守护，经物理模型验证，能够取得好的治理效果，这对类似河段治理有一定借鉴意义。

参考文献:

- [1] 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江中游杨林岩水道航道整治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, 2012: 37-38.
- [2] JTJ/T 232—1998 内河航道与港口水流泥沙模拟技术规范[S].
- [3] 张瑞瑾, 谢鉴衡, 陈文彪. 河流动力学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007: 104.
- [4] 长江航道局. 航道工程手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004: 384.
- [5] 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江中游杨林岩水道航道整治工程初步设计[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2012: 61-62.
- [6] 钱宁, 万兆惠. 泥沙运动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 413.
- [7] 长江航道规划设计研究院. 长江中游杨林岩水道航道整治定床模型试验研究报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2012: 27-29.

(本文编辑 郭雪珍)