

分流比相当的典型分汊河段航道治理方案研究

邓中辉¹, 黄蓓蓓², 刘林双³

(1. 长江航运发展研究中心, 湖北 武汉 430014; 2. 长江航道局, 湖北 武汉 430000;
3. 长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430000)

摘要: 长江干流分汊河段众多, 自然条件下, 分汊河道内心(边)滩冲淤交替, 主流随河床冲淤在多汊间调整, 不利于航槽边界稳定, 对于分流比相当的分汊河段(如戴家洲河段)航道治理技术则更为复杂。本文以戴家洲河段为例, 分析了河段、浅滩演变特点及发展趋势, 提出了“整疏结合”的治理思路, 并通过试验分析优化了整治方案。成果可为类似河段河道治理提供借鉴。

关键词: 分汊河段; 分流比相当; 整疏结合

中图分类号: U617 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2020) 06—0088—04

长江干流分汊河段众多, 河岸大部分为滩面较高河漫滩, 河道内分布有高大江心洲, 汉道内部又存在有低矮心滩或边滩, 对水流起着约束作用, 为航槽提供边界。自然条件下, 分汊河道内心(边)滩冲淤交替^[1-2], 主流随河床冲淤在多汊间调整, 不利于航槽边界稳定。三峡蓄水后, 坝下来沙大幅减少、中水持续时间延长, 中下游河道发生了长时间长河段的冲刷, 支汊演变周期缩短, 或发生单向调整^[3-4]。因此, 若航道条件出现不利发展趋势, 其发展速度将逐步加剧, 通过工程手段保证航槽畅通难度也将越来越大, 对于分流比相当的分汊河段航道治理技术则更为复杂。

长期以来, 分汊河段一直是河道治理研究的重点, 研究成果主要集中于从来水来沙^[5]、边界条件^[6]、河道形态^[7]、水沙输移特点^[8]等不同角度探讨分汊河道形成、维持和演变的原因, 但长江荆江河段在放宽段存在较多洲滩, 三峡水库蓄水前的洲滩演变就比较活跃, 蓄水以来则显示江心洲向萎缩方向发展, 汉道分流比则呈现了不同的演变特征, 目前对于这些差异现象产生的原因和内在机理尚缺乏深入认识, 而对于分流比相当的复杂分汊水道的航道治理思路和工程措施的制定则更为困难。因此, 本研究以分流比相当的分汊水道—戴家洲河段为例, 分析了河段、浅滩演变特点及发展趋势, 提出了“整疏结合”的治理思路, 并通过试验分析优化了整治方案, 成果可为类似河段河道治理提供借鉴。

1 河道概况

戴家洲河段位于长江中游武汉至安庆段, 上连沙洲水道, 下衔黄石港水道, 上起鄂城, 下迄廻风矶, 全长约 34km, 由一个较长的顺直放宽段(巴河水道)连接弯曲分汊段(戴家洲水道)组成(图 1), 为长江下游典型的弯曲分汊河段。其中巴河水道, 顺直放宽, 在水道中段靠近右岸侧为池湖港心滩, 将巴河水道分为两槽, 左为巴河通天槽, 为多年稳定的主航槽, 右为池湖港航槽; 巴河水道出口放宽段左侧常形成巴河边滩。巴河口~廻风矶段为戴家洲水道, 为微弯分汊河道, 左汊习称圆水道, 右汊习称直水道, 近年来两汊枯水期分流比接近,

洪水期分流比直水道占优。

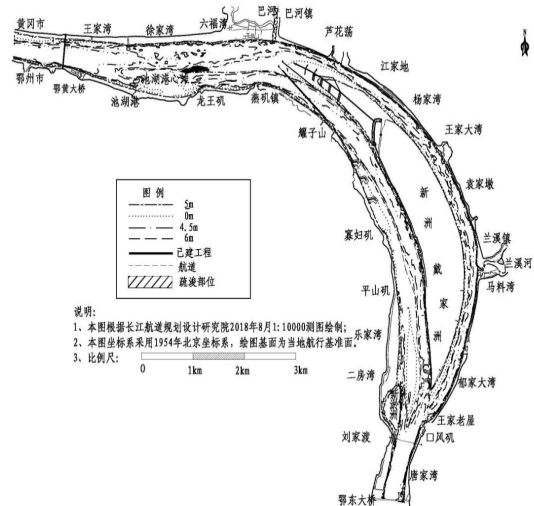


图 1 戴家洲河段河势图

2 浅滩碍航特性分析

2.1 河势变化特点

历史上戴家洲和新淤洲分别形成于宋代和明代。19 世纪中叶~20 世纪 50 年代初, 巴河水道由一个较短的顺直型河段演变为一个较长的顺直型放宽河段; 戴家洲水道呈现微弯形态, 两汊冲淤交替。巴河水道顺直放宽, 戴家洲水道微弯分汊的河道格局, 一直保持至今。

自上世纪 50 年代形成双汊分流格局至三峡蓄水前, 戴家洲河段基本河势总体稳定, 河道变化主要集中在巴河口至戴家洲洲体中上段一带区域, 主要表现为池湖港心滩逐渐淤积形成, 成为巴河水道右侧河道边界。同时巴河边滩遵循生成、下移、并入戴家洲洲头低滩的变化规律, 稳定性差。戴家洲洲头低滩总体逐渐淤积涨大, 年际间存在一定的反复, 至 1998、1999 年大水后初步形成较为完整的洲头低滩。直水道分流比缓慢增加并趋于稳定, 较圆水道略微占优。圆水道进口宽度较窄、进流条件差, 直水道内部滩槽稳定性差, 河段长期为重点碍航水道。

三峡蓄水初期,在水库清水下泄的影响下,戴家洲河段进一步出现了洲头低滩冲刷后退的不利变化趋势,加之圆水道进口河槽较浅及直水道内洲滩冲淤的现象长期存在,为解决本河段航道问题,先后实施了多期航道整治工程后,河势基本保持稳定,高滩岸线逐渐稳定,中低水体冲淤调整剧烈。圆直两港主支汉交替转换的可能性依然存在,目前两汉分流基本相当(表1),直水道为主汉。巴河水道作为分汉前的干流段,在其顺直放宽段内洲滩冲淤变化、深泓摆动、分流点上提下移。戴家洲头与巴河边滩呈此消彼长关系,一期工程的实施有效地守护了戴家洲洲头低滩滩体,但控制力度有限,滩形稳定性仍较差。戴家洲左汉圆水道弯曲、狭窄,呈明显的弯道特征,近年来不断淤浅。航道整治工程对直水道上段口及凹岸侧限制较好,对凸岸边滩下段控制作用相对较弱,直水道中下段边滩仍存在较大变化(图2)。

表1 戴家洲直水道和圆水道分流比变化

测量日期	流量 (m ³ /s)	分流比(%)					
		高水位		中水位		低水位	
		直水道	圆水道	直水道	圆水道	直水道	圆水道
2004.9.24	30696	60.0	40.0				
2005.11.17	20632			53.54	46.46		
2006.2.17	9119					47.6	52.4
2006.6.8	21231			56.26	43.74		
2006.9.16	16995			53.83	46.17		
2006.11.15	10273					48.57	51.43
2007.3.1	11352					50.05	49.95
2008.3.28	13301					48.6	51.4
2010.2.16	9842					49.9	50.1
2011.2.19	11576					52.0	48.0
2011.12						54.5	45.5
2012.2	11611					58.2	41.8
2013.3	12121					55.6	44.4
2013.10	21760			56.5	43.5		
2014.3	9950					60.0	40.0
2015.02	9882					61.1	38.9
2016.03	15804			60.9	39.1		
2016.08	44064	62.6	37.4				

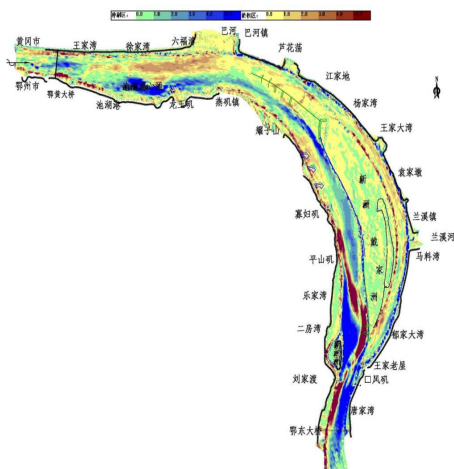


图2 戴家洲河段冲淤变化图

2.2 浅滩演变特点

戴家洲河段内浅区较多,2003年以来,河段内浅区最多

时达5处(图3)。

2.2.1 圆水道进口过渡段浅区

当新洲头滩地上伸且高大完整以及巴河边滩上提时,圆水道进口过渡段相对稳定,一般为正常浅滩;当新洲头滩地后退且低矮以及巴河边滩下移时,过渡段便出现下移现象,形成交错浅滩。浅区内基本遵循洪淤枯冲变化规律,该区域浅滩水深目前勉强满足4.5m水深尺度,但对于6.0m水深而言,即使是正常形态,浅滩长度仍在1.0km以上,浅滩长度长,治理难度大。

2.2.2 直水道进口过渡段浅区

该浅区位于龙王矶—燕矶之间,一般为交错浅滩,浅区的形成与河道展宽及滩体稳定性差密不可分,因而位置不稳,年际间上下游移幅度较大,自池湖港心滩尾部至燕矶镇一带均有出浅碍航的情况出现。浅区段年内的变化在三峡蓄水后,年内变化规律有所减弱。一般而言,来流量较大的年份或洪水期,浅区位置有所下移,枯水期,浅区位置上提。受已建航道整治工程实施后直水道近期发展的影响,该区域浅滩水深一般在4.5m以上,能够满足4.5m航道尺度的要求,但对于6.0m而言,水深不足问题仍较为突出,主要表现为浅滩游移范围大,稳定性差。

2.2.3 直水道内浅区

直水道较长且较为顺直,其出浅形式表现出一定的顺直微弯河段变化特点,当直水道水流动力较强,边滩较为高大完整时,此时直水道多为单一弯曲线型,浅区较少或基本消失;当直水道衰退或边滩切割时,浅区往往出现在多处,甚至出现多次过渡等不良形态。目前在直水道自上而下存在上中下三处浅区。

上浅区:浅区一般位于“观补”上下,在“观补”以上出浅时,因水流被燕矶挑向江心,进口沿岸槽与下深槽交错,浅区成交错型。浅区内的冲淤变化符合一般浅区淤落冲的规律,冲淤幅度一般为3m~4m。一期工程实施以来,直水道分流比逐渐增大,上浅区航道条件有所改善。二期工程实施后,该区域凸岸边滩的稳定性得到有效控制,上浅区河槽单一、稳定,航道水深可满足6.0m航道水深要求。在上游来流条件不发生明显调整的前提下,该浅区碍航问题基本得到解决。

中浅区:浅区位置在寡妇矶至平山矶一带上下游移,因寡妇矶一带边滩稳定性较差,在边滩受水流切割及上提下移过程中局部滩体边缘航槽淤浅、缩窄,进而出浅碍航。该浅区航道条件的好坏与寡妇矶一带边滩滩体稳定与否密切相关。近期随着寡妇矶边滩根部的冲刷切割,浅区航槽逐渐束窄,航道条件恶化,同时随着边滩根部串沟的下移而相应向下移动。

下浅区:浅区位于直水道出口新淤洲对开一带,一般是由于新淤洲洲体冲刷坦化向河心淤涨进而影响船舶通航。浅区位置相对稳定,一般而言,在圆直两港回流态势不发生显

调整的情况下，浅区形态为正常型浅滩。该浅区一般遵循洪淤枯冲的变化规律，大多数年份浅区涨水期淤积、在退水期冲刷下移。但2014年后，由于新淤洲边滩滩体冲刷、坦化、切割，浅区呈现持续淤积的态势。

直水道内浅区间关联性：目前河势条件下，直水道内部浅区形成的原因与凸岸侧滩稳定性差，对水流控制力度较弱密不可分。目前的河道形式下，凹岸侧戴家洲右缘岸线得到了有效控制，形成了目前的稳定的航道左侧边界，右侧边滩滩体成为影响直水道内部航道条件的关键。上浅区的演变与洲头滩地及右侧观补一带边滩滩体的稳定与否关系密切，在已建航道整治工程实施后，戴家洲洲头低滩与观补一带滩体得到了有效守护，上浅区航道条件得到有效改善，而中浅区及下浅区仍未得到有效治理。从近期变化情况来看，寡妇矶至新淤洲一带边滩滩体具有较强的联动性，对于中下浅区的治理需要将增强寡妇矶至新淤洲一带滩体稳定性作为关键性手段，工程布置过程中也需要将上述滩体作为整体考虑，完善滩体的守护，实现航道边界的稳定及浅区水深的提高。

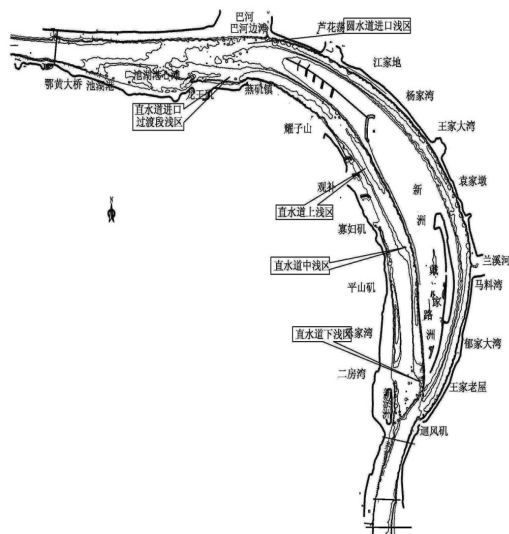


图3 戴家洲河段浅区位置图

2.3 河床演变趋势

戴家洲河段两岸建有防洪大堤，右岸为山矶、山地，左岸大部分岸段进行了人工护岸，且本河段实施了一系列的航道整治工程，本河段总体河势格局仍将保持稳定，但局部滩体的冲淤调整仍将持续。在已建工程的作用下，戴家洲直水道的主汊地位在一定时期内将得到保持。巴河水道放宽段内将存在较大的冲淤变化，池湖港心滩冲退的态势仍有可能进一步发展，分汊段水流条件仍有可能发生调整。直水道中下段边滩切割、坦化，河槽淤浅，航道条件逐渐恶化。

3 治理思路分析

3.1 航道整治目标

根据戴家洲河段的河床演变特点、碍航特性和水运发展需求，本工程的整治目标为：通过守护关键洲滩、

调整局部滩槽形态，改善航道条件，将航道尺度提高至 $6.0\text{m} \times 110\text{m} \times 1050\text{m}$ 以上，实现13000吨级内河货船、780TEU集装箱船、10000吨级江海船双线通航，以及4413kw+16×2000t（分节驳）船队除在部分重点碍航区段单线通航外其它河段双线通航。

3.2 整治原则及思路

结合河道碍航特性，本河段整治原则主要包括统筹兼顾；因势利导；完善洲滩守护、调整局部滩槽形态、整疏结合和生态环保等。

对于戴家洲河段而言，长期以来一直是长江中游重点碍航河段，河道滩槽演变剧烈，航道条件较差。因此，该河段航道尺度的提升不可避免的需要大规模航道整治工程，对河道内部影响航道条件的关键性洲滩进行守护，同时集中水流冲刷浅区，进而实现航道尺度的提升。从以往研究结果来看，想要达到 $6.0\text{m} \times 200\text{m} \times 1050\text{m}$ 的整治目标，则需要实施较大的工程量，且工程实施难度高；对河道断面形态改变幅度较大，势必对河势防洪产生一定的不利影响。因此，考虑到该河段短期内直接提升航道尺度至 $6.0\text{m} \times 200\text{m}$ 难度较大，需分期实施。

依据长江中下游沙质河段航道治理经验，在三峡蓄水后，受来水来沙条件变化的影响，中下河段的滩体稳定性显著下降。河道内的中低滩体，作为稳定航道条件的关键边界，一旦冲刷变形，势必造成航道条件的进一步恶化，且治理恢复难度极大。鉴于此，在戴家洲这样一类滩体冲淤调整剧烈的河段中，对局部滩体形态尚可、浅区位置稳定，仅需稳定关键滩体、遏制不利冲刷便能改善航道条件的守护型工程应先期实施；对局部滩槽形态并不理想，浅区变化剧烈的区域，则应通过先期工程逐步调整局部滩槽形态，适时完善后续工程，最终实现 $6.0\text{m} \times 200\text{m}$ 目标的实现。

本阶段航道整治中，将在确保两汊分流基本稳定的前提下，进一步完善对河道滩槽格局的守护，同时增强直水道的水流动力，改善直水道航道条件。对于直水道进口浅区，进一步稳定戴家洲河段进口放宽段（过渡段）滩体形态，适当增强滩体对水流的约束作用，同时引导滩槽格局逐步向理想方向发展，逐步改善航道条件；对直水道中段浅区，主要采取工程守护和稳定直水道中段的凸岸洲滩、并封堵边滩根部沿岸槽，集中水流，冲刷浅区，提高航道尺度；对直水道下段浅区，稳定边滩滩体，限制窄沟进一步发展，逐步改善航道条件。

4 航道治理方案研究

根据整治思路，本期工程将进一步完善河道内部直水道进口及直水道中段、下段三区域的治理。在方案论证阶段，重点针对上述区域的方案布置进行了戴家洲洲头低滩工程、池湖港心滩守护工程、寡妇矶一带边滩守护工程、圆水道进口护底工程和戴家洲直港疏浚工程单方案试验，并考虑外部

条件的制约,对各个工程区进行合理配合,通过工程的总体合理布局,使各工程区形成合力、消弭弊端,协调解决整个河段的航道整治问题。

依据上述思路,提出两个工程方案。方案1包括在池湖港边滩修建2道护滩带,将新洲头滩地已建鱼骨坝延长为3113m。在直水道右岸乐家湾一带修建3道丁坝及3道护滩带。对右缘已实施护岸工程区域进行加固。对戴家洲直水道进口及出口水深较浅区域进行疏浚;方案2在池湖港边滩修建1道护滩带及3条短丁坝,新洲头已建鱼骨坝前沿护滩工程,修建1纵4横5道护滩带,其他同方案1。

两方案实施后,定床结果表明,枯水流量下直水道进口浅区、直水道内中段浅区和出口浅区流速均有所增加,从而对改善直水道航道条件有利。同时,方案对两汉分流比、洪水位、近岸流速以及圆水道航道条件影响均较小。动床结果表明,工程实施后稳定了戴家洲洲头,池湖港心滩,同时增强了乐家湾一带滩体的完整性,可以达到冲刷浅区、提高浅区水深的治理目标。相对而言,由于工程方案2对河道右侧边界的控制力度大于工程方案1,其对直水道分流比的影响也大于方案1。综合对比分析,对于航道条件改善而言,两方案基本相当,但工程方案2对直水道分流影响较大,同时对巴河水道右侧岸线利用也有一定的影响,故考虑将方案1作为推荐方案(图4)。

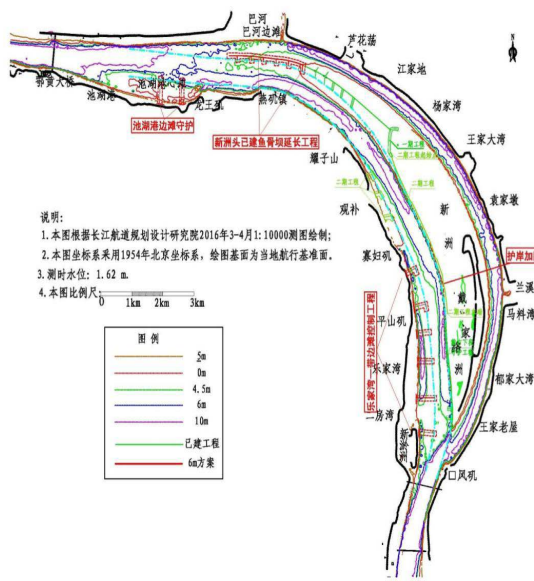


图4 戴家洲河段航道整治工程推荐方案布置图

5 结论

(1) 长江干流分汉河段众多,自然条件下,分汉河道内中心(边)滩冲淤交替,主流随河床冲淤在多汉间调整,不利于航槽边界稳定。对于分流比相当的分汉河段航道治理技术则更为复杂。其中典型河段如戴家洲河段,河床演变剧烈,两汉冲淤交替,一期工程实施有效守护了戴家洲洲头低滩滩体,但控制力度有限。近年来两汉枯水期分流比接近,河段

内两汉内均存在碍航浅区,包括圆水道进口过渡段浅区、直水道进口过渡段浅区、直水道浅区、直水道中浅区和直水道下浅区,且各浅区关联性较强,单纯采用整治措施难以保证航道尺度,拟采用“整疏结合”的治理方式提高航道尺度。

(2) 本阶段将在确保两汉分流基本稳定的前提下,进一步完善对河道滩槽格局的守护,同时增强直水道的水流动力,改善直水道航道条件。对于直水道进口浅区,进一步稳定戴家洲河段进口放宽段(过渡段)滩体形态,适当增强滩体对水流的约束作用,同时引导滩槽格局逐步向理想方向发展,逐步改善航道条件;对直水道中段浅区,主要采取工程守护和稳定直水道中段的凸岸洲滩、并封堵边滩根部沿岸槽,集中水流,冲刷浅区,提高航道尺度;对直水道下段浅区,稳定边滩滩体,限制窄沟进一步发展,逐步改善航道条件。

(3) 通过模型试验,针对重点区域的开展工程单方案研究,优化提出了两个工程方案,并通过试验效果分析提出了推荐方案,包括在池湖港边滩修建2道护滩带,将新洲头滩地已建鱼骨坝延长,在直水道右岸乐家湾一带修建3道丁坝及3道护滩带,对右缘已实施护岸工程区域进行加固,对戴家洲直水道进口及出口水深较浅区域进行疏浚。工程实施后预计航道尺度将提高至6.0m×110m×1050m以上。

参考文献:

- [1] 罗海超. 长江中下游分汉河道的演变特点及稳定性[J]. 水利学报. 1989(6):10-19.
- [2] 陈立, 周红军, 闫霞. 三峡下游不同类型分汉河段冲刷调整特点分析[J]. 水力发电学报, 2011(03):111-118.
- [3] 尤联元. 分汉型河床的形成与演变——以长江中下游为例[J]. 地理研究. 1984(4):12-22.
- [4] Kondolf, GM., Swanson, ML. Channel adjustments to reservoir construction and gravel extraction along Stony Creek, California[J]. Environmental Geology. 21(4): 256-269.
- [5] 朱玲玲, 葛华. 三峡水库175m蓄水后荆江典型分汉河段演变趋势预测[J]. 泥沙研究, 2016(02): 36-42.
- [6] Li-Qin Z, Yong-Jun L U. Effect of Nodes on Branch Evolution in Madang Reach in the Downstream of Yangtze River[J]. journal of yangtze river scientific research institute, 2014, 31(10): 72-79.
- [7] 余梦清, 罗健, 吴凌波. 长江下游分汉河段支汉演变特点及整治对策分析[J]. 中国水运. 航道科技, 2019(4), 10-16.
- [8] 余文畴. 长江中下游河道水力和输沙特性的初步分析——初论分汉河道形成条件[J]. 长江科学院院报, 1994, 000(004): 16-22,56.