



长江中游牯牛沙水道河床演变及治理措施

闫 军

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

摘要: 牯牛沙水道位于长江中游, 由双节点控制下的限制性弯道段和顺直段组成。本水道航道条件曾一直保持良好的, 然而近年来航道条件出现向不利方向转化的趋势, 且时有碍航情况发生。结合牯牛沙水道实测的水沙资料, 分析本水道河床演变特点和碍航特性, 揭示滩槽演变的影响因素。在此基础上, 提出相应的治理措施, 可为工程实践提供参考。

关键词: 牯牛沙水道; 河床演变; 碍航特性; 治理措施

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)08-0136-05

River-bed evolution and regulation measures of Guniusha waterway in the middle Yangtze River

YAN Jun

(China Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430011, China)

Abstract: Guniusha waterway, which is located in the middle Yangtze River, is composed of the restrictive bend and straight segments which are under the control of the double nodes, and has always been maintaining favorable channel conditions. However, in recent years the waterway condition turns adverse and navigation obstruction occurs constantly. Based on the real-measured water and sediment data of Guniusha waterway, this paper analyzes the river bed evolution and navigation obstruction characteristics, reveals the factors which impact the evolution, and proposes corresponding regulation measures, which provides a reference for the engineering practice.

Key words: Guniusha waterway; river bed evolution; navigation obstruction characteristics; regulation measure

1 河道概况

牯牛沙水道位于长江中游湖北省境内, 上距武汉市约139 km。水道上起西塞山, 承黄石水道, 下迄叶家湾, 接蕲春水道, 全长16.5 km。以高家湾为界, 分为上、下2段, 上段为双节点控制下的限制性弯道, 下段为顺直段(图1)。20世纪80年代以前, 本水道航道条件很好, 无不利变化迹象; 但20世纪80年代开始出现不利变化, 进口主流右摆, 牯牛沙边滩左缘受冲后退, 上下深槽逐步交错, 航道条件逐步变差。1998年洪水后, 不利变化速度加快, 碍航情况趋于严重, 需要采

取疏浚等措施来维持通航。该水道浅区段主要位于西塞山至茅山港的过渡段内, 一般中枯水期过渡段淤积形成局部沙埂、沙包, 主航道水深变浅, 影响航道畅通, 曾在不利年份进行过疏浚。牯牛沙水道航道维护尺度为 $4.0\text{ m} \times 100\text{ m} \times 1\,050\text{ m}$ (水深 \times 航宽 \times 弯曲半径, 下同), 保证率98%, 通航代表船队为2 000 t驳船组成的2万~3万吨级船队。根据《长江干线航道发展规划》, 到2020年航道建设标准为: $4.5\text{ m} \times 200\text{ m} \times 1\,050\text{ m}$, 保证率为98%。鉴于牯牛沙水道存在的碍航问题, 要达到规划目标必须实施相应的治理工程^[1]。

收稿日期: 2012-02-12

作者简介: 闫军(1980—), 男, 博士研究生, 工程师, 主要从事航道整治科研与设计。

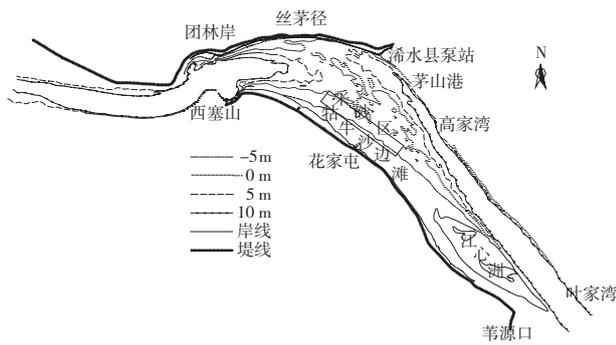


图1 长江中游牯牛沙水道河势

2 水沙条件^[2]

长江委观测资料表明，自2003年6月三峡蓄水运用以来，汉口站年内总的流量变化不大，含沙量和输沙量比蓄水前减少50%以上。1991年以后，汉口站来水量变化不大，而来沙量明显减小，特别是2003年三峡水库蓄水运用后，汉口水文站悬移质输沙量急剧减少，2003—2005年，年输沙量基本保持在1.60亿 t左右，与多年平均值相比较，输沙量约偏小60%。

本水道的来沙主要以悬移质泥沙运动为主，推移质所占比重甚小。根据以往观测成果（1960—1961年），长江中下游汉口和大通站沙质推移质年输沙量分别为215万 t和42万 t，占悬移质年输沙量的0.8%和0.2%。根据2006年2月、6月、9月和11月对牯牛沙水道实测资料分析，枯水期悬移质泥沙中值粒径 d_{50} 在0.034 57~0.037 53 mm、中水期在0.037 18~0.052 32 mm，右汊悬移质泥沙中值粒径较小，汛期约为0.014 47 mm。悬移质泥沙中小于0.1 mm的沙重约占70%左右。

3 河床演变及碍航特性

3.1 历史演变

根据历史记述和测图资料，本水道在历史演变中，经历了形成、发展和稳定3个阶段。

1) 形成阶段（19世纪及其以前）：据清中叶（约公元1778年）《水道提纲》载：“苇源口江中有洲”，“蕲水流至蕲州之北，西入江，其口正对沙洲”。19世纪中叶，牯牛沙洲靠右岸成为牯牛沙边滩，其下游蕲洲也靠岸成为边滩，长江过水面积逐步缩小，见图2a)。

2) 发展阶段（20世纪初期）：此阶段牯牛沙水道变化较为明显，西塞山至苇源口段发展为一弯道，苇源口至蕲洲段变为顺直段，河道有所展宽，见图2b)。

3) 稳定阶段（20世纪中后期—20世纪70年代）：分析来看，从20世纪中后期形成了牯牛沙水道目前的滩槽基本形态。此阶段牯牛沙水道进入了相对稳定阶段，滩槽的位置、形状变化不大，仅在牯牛沙滩尾部分冲淤交替。水道内5 m等深线贯通，枯水期5 m水深航宽可达1 000 m，最大水深大于20 m。航道条件良好，见图2c)。

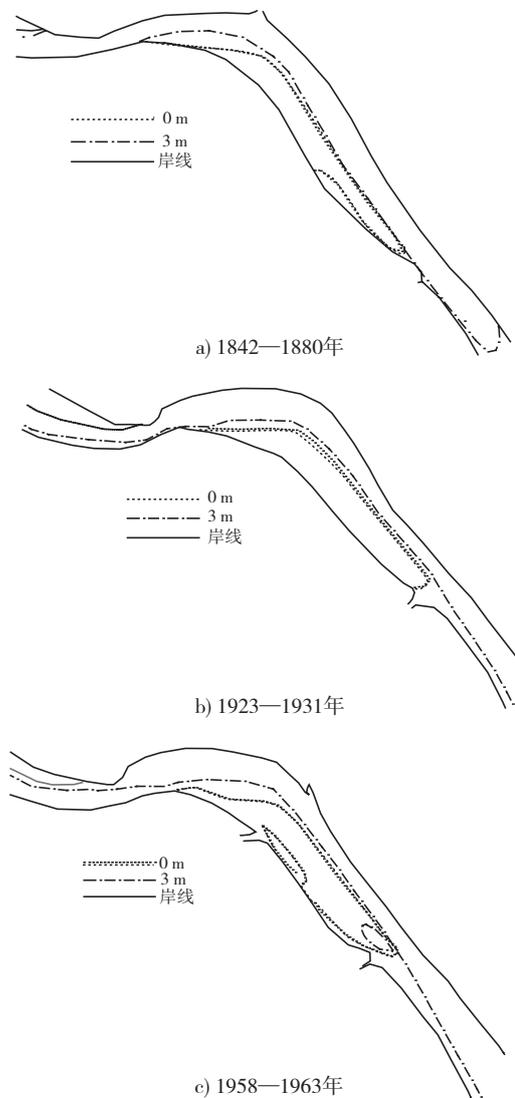


图2 牯牛沙水道历史演变

上述历史记述及测图资料表明：牯牛沙水道的形成经历了一个形成、发展和稳定的过程，到20世纪70年代岸线和河势稳定，主流走向基本保持不变，

上段弯道特性明显，上、下深槽相对，位置较为固定，过渡段较短，水深航宽较大，航道条件稳定。

3.2 近期演变

3.2.1 近期演变主要过程

自20世纪80年代以来，牯牛沙水道的近期演变过程大致可以分为以下2个阶段：

1) 第1阶段（1980—1997年）：不利因素缓慢变化时期：进口主流右摆，牯牛沙边滩上、中段靠河岸侧受冲后退，但较缓慢，河道相应变宽；团林岸边滩向下往外淤长，弯道凹岸淤积，弯道特性变弱，下深槽头部逐渐萎缩后退，上、下深槽交错，过渡段不断变长，但交错段较短。枯水期过渡段水深不断变小，河宽变窄，航道条件向不利趋势变化，但满足4 m × 100 m维护尺度要求，见图3a)。

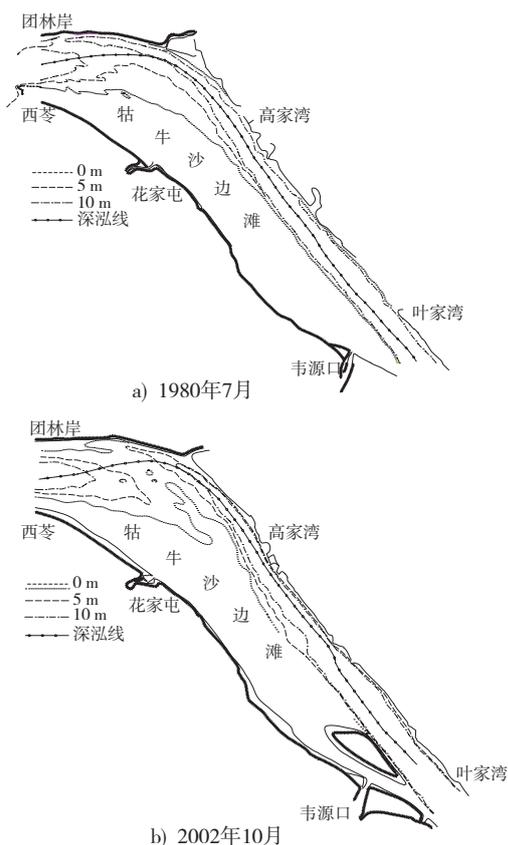


图3 牯牛沙水道近期演变

2) 第2阶段（1998年至今）：不利因素加快变化时期：进口主流右摆幅度加大，牯牛沙边滩上、中段靠河岸侧进一步受冲后退，但速度加快，河道相应变宽；团林岸边滩向下往外淤长明显，弯道凹岸淤积较大，弯道特性基本消失，

下深槽头部大幅萎缩后退，上、下深槽交错段变长；过渡段变长，浅埂更为突出，水深变小。枯水期过渡段水深不断变小，河宽变窄，不能满足4 m × 100 m维护尺度要求，航道条件向不利趋势变化，见图3b)。

3.2.2 洲滩变化

3.2.2.1 边滩变化

与本水道航道条件密切相关的边滩有2个，一个是左岸的团林岸边滩，另一个是右岸的牯牛沙边滩。

1) 团林岸边滩。

1998年洪水之前：团林岸边滩以水下潜滩形式出现，滩形较小，靠近岸边，年际间基本没有变化。

1998年洪水之后：此边滩明显淤积长大，在团林岸至茅山一带出现较大的凹岸边滩，但高程较为低矮，仅在枯水位时才出露岸边，中、高水位时被淹没。1999年10月与1995年12月相比，团林岸边滩淤积幅度达10 m。1999年之后，团林岸边滩随来水来沙的变化呈上提下移的变化，近年来枯水期滩形变化较为稳定。

2) 牯牛沙边滩（图4）。

①第1阶段（1980—1997年）。

分析来看，20世纪80年代的测图与70年代航道条件较好时相比，牯牛沙边滩上段左缘受冲后退明显，这使得该水道的弯道水流能力逐渐被削弱，上深槽10 m等深线头部开始有右偏的倾向，且与下深槽10 m等深线交错，但5 m等深线贯通；到1987年，整个牯牛沙边滩左缘受冲后退，枯水河道展宽，弯道水流能力进一步被削弱；到1995年，整个牯牛沙边滩面积明显缩小，枯水河道进一步展宽。总之，80年代初至1998年大洪水前，牯牛沙边滩最大冲刷幅度约360 m；上深槽10 m等深线进一步右偏，与左岸距离加大，这为左岸团林岸边滩逐渐发展并开始淤长下延创造了空间；下深槽头部10 m等深线逐渐萎缩后退，1980—1997年后退长度达1 150 m。5 m等深线出现间断，上下深槽间出现碍航浅埂，最小水深为航行基面下2.2~4 m。

② 第二阶段（1998年至今）。

1998年大洪水后，到1999年，下深槽10 m等深线头部向下萎缩约2 300 m，是上一阶段

(1980—1997年)的2倍,累计向下萎缩3 450 m。牯牛沙与团林岸上下边滩连成一体,在茅山港形成从左到右的沙梗,茅山港(下)对开700 m,向上240 m,4 m线深槽断开650 m,4.5线深槽断开700 m。过渡段浅埂的最小水深为0.3~3 m。之后的2000—2002年,过渡段内浅埂依然存在,5 m等深线不贯通,过渡段内的最小水深在1 m左右,航道维护困难。2003—2005年枯水期,5 m等深线依然不贯通,过渡段内的水深为1.0~3.9 m,小于4.0 m维护水深。茅山港(下)对开570 m,向上330 m,4 m线深槽断开180 m,4.5线深槽断开220 m,航道维护困难。牯牛沙边滩上段左缘继续后退,到2005年,已明显缩小,究其原因与本阶段牯牛沙边滩上无序采砂有一定关系。

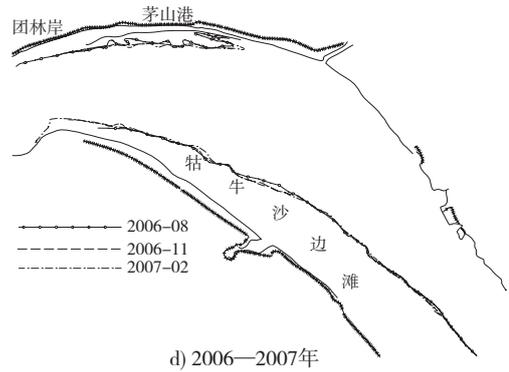
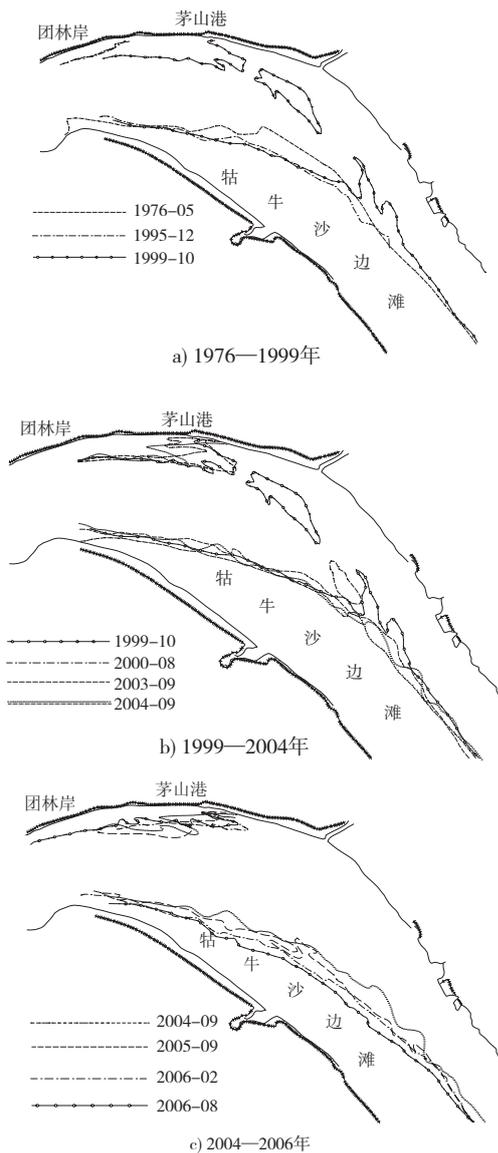


图4 牯牛沙边滩左缘年际变化

3.2.2.2 江心洲的变化

本水道出口段右岸侧存在一江心洲(图1),该洲存在上、下2个洲顶,洲顶最高高程在航行基面上15.7 m左右,两洲顶间存在深约1.5 m、宽约300 m的鞍槽。近期演变以来,牯牛沙洲(航行基面以上10 m线)平面位置较稳定,洲长增加约2 000 m,洲宽略有变化,洲顶高程变化不大。

3.3 浅滩演变及碍航特性

3.3.1 浅滩形态

本水道浅滩为过渡段浅滩,一般呈现2种形态:正常型和交错型。

1) 正常型浅滩: 20世纪80年代以前,上深槽偏靠左侧,右侧为滩面较高的牯牛沙边滩,主流顶冲茅山港以上,上、下深槽对应,平面位置比较稳定,一般汛后退水过程中均能自行冲开,航道条件较好;

2) 交错型浅滩: 20世纪80年代初以后,1998年特大洪水交错程度加大,随着左侧团林岸边滩的淤积发展,右侧牯牛沙边滩冲刷、滩面降低,上深槽主流右移摆向河心,下深槽淤积后退,两深槽间过渡段形成浅区。汛后退水期,若水位退落较快,浅区得不到充分冲刷,则在浅区内形成零星沙包、沙埂,并与左岸牯牛沙边滩连为一体,形成交错型浅滩,出现碍航。

3.3.2 演变特点及规律

牯牛沙水道浅滩年际间平面位置有一定变化,浅区主要在茅山港一带,其年际间的演变主要取决于主流在河道内分布及滩槽形态。1998年以前,浅滩年际间冲淤幅度并不大,受1998,1999年大洪水影响,近几年浅滩冲淤幅度较大。

分析来看,浅滩年内遵循“涨淤落冲”的变化规律,年内深泓线的变化遵循“洪水取直,枯水坐弯”的演变规律。从图5中可以看出,浅滩“洪淤枯冲”的演变规律较为明显,当水位退至现行航行基面下3~5 m时,浅滩冲刷速度加快。

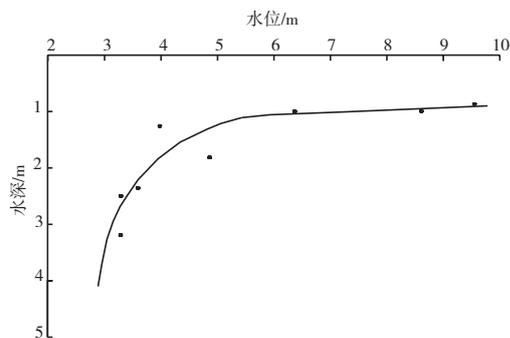


图5 牯牛沙水道浅滩滩脊水深与水位关系

3.3.3 碍航特性

主要是:水深不足,航槽摆动。牯牛沙水道过渡段浅区位于西塞山向茅山港过渡的放宽段,1998年以前,牯牛沙水道航道条件满足 $4\text{ m} \times 100\text{ m} \times 1\,050\text{ m}$ 维护尺度要求,但达不到2020年 $4.5\text{ m} \times 200\text{ m} \times 1\,050\text{ m}$ 规划标准;受1998,1999年大洪水影响,航道条件变差过程加快,一般在退水期(11月下旬)浅滩冲刷不及时,易在过渡段茅山港一带浅区内淤积形成局部沙埂、沙包,不能满足现行4 m维护水深要求,航道出现紧张局面,需要采取不断调标和疏浚措施进行维护,2007—2008届枯水期成为长江中下游重点碍航水道,需提前挖泥才能维持通航。

4 治理措施

牯牛沙水道为一受节点控制影响河道。其进口受到右侧西塞山强烈挑流作用,主流向左弯曲过渡,长期以来河道保持左槽右滩格局,航道条件优良。近期以来由于右侧牯牛沙边滩后退,导致枯水河宽增大,水流分散,退水冲刷不力,形成碍航浅滩。随着三峡运用、清水下泄,边滩还将进一步萎缩,浅滩有进一步恶化趋势。有必要通过采取工程措施,守护牯牛沙边滩不持续冲刷后退,同时缩窄过渡段枯水期河宽,增强浅区段

水流冲刷能力,根治碍航问题,使航道尺度达到规划要求的 $4.5\text{ m} \times 200\text{ m} \times 1\,050\text{ m}$ 。

通过多方案比较研究,推荐方案为:在右岸侧牯牛沙边滩沿整治线布置4道丁坝,目的是集中水流冲刷浅埂,坝头高程为8.95 m,即航行基面上2 m,丁坝坝长分别为290 m,472 m,570 m和555 m,纵向坡比为1:400,间距按上游丁坝1~2倍坝长设计;左岸侧丝茅径一带布置护岸加固工程,长2 241 m。从模型成果来看,工程后浅区段流速普遍增加,丁坝工程明显起到集中水流冲刷过渡浅区的作用,冲刷幅度在1 m左右;丁坝坝田内均表现为淤积,经过系列水文年后,规划航道水深均可满足 $4.5\text{ m} \times 200\text{ m} \times 1\,050\text{ m}$ 的要求^[3-4]。

5 结论

通过实测资料分析,揭示了长江中游牯牛沙水道的演变特点,重点分析了牯牛沙边滩的变化过程。分析认为,牯牛沙边滩左缘冲刷后退使枯水河宽增加,促进了左岸团林岸边滩的不断向下淤长,整个弯道凹岸开始淤积,茅山港附近上下深槽交错,形成碍航浅滩。

为实现牯牛沙水道航道治理目标,达到规划的建设标准,必须采取工程手段彻底解决牯牛沙水道的碍航问题。整治工程重点以加强凸岸边滩为主,约束主流归槽,增强枯水期上、下深槽过渡段浅滩的冲刷力度来增加航道水深。试验效果表明,工程实施后可达到预期目标。

参考文献:

- [1] 长江航务管理局,长江航道局.长江干线航道发展规划[R].武汉:长江航务管理局,2002.
- [2] 陈显维,许全喜,陈泽方.三峡水库蓄水以来进出库水沙特性分析[J].人民长江,2006(8):1-5.
- [3] 孙冬梅,张明进,冯平,等.数学模型在长江中游牯牛沙水道航道整治工程中的应用[J].水利水电技术,2009,40(7):125-131.
- [4] 蔡大富.长江中游牯牛沙水道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,2008.

(本文编辑 郭雪珍)