



长江弯曲型河段泥沙淤积特性分析*

张帅帅, 杨胜发, 何洋, 吴国茂

(1. 重庆交通大学国家内河航道整治工程技术研究中心, 重庆 400074;
2. 重庆交通大学水利水运工程教育部重点实验室, 重庆 400074)

摘要: 利用三峡水库成库初期实测资料分析长江典型弯曲型河段龙王沱以及牛屎碛河段的泥沙淤积特性。结果表明: 龙王沱河段呈现累积性淤积态势, 龙王沱累积性淤积了 67.8万m^3 , 牛屎碛河段从2007年开始淤积, 主要淤积在深槽。2008年持续淤积, 到2010年5月, 牛屎碛河段共淤积了 20.8万m^3 。从长远来看, 随着水库水位的进一步抬高, 弯曲型河段的泥沙淤积将进一步加重, 对可能出现的航道碍航问题应引起足够的重视。

关键词: 三峡水库; 长江; 弯曲型河段; 泥沙淤积;

中图分类号: TV 145⁺.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)03-0153-05

Analysis of sedimentation deposition in curved reach of the Yangtze River

ZHANG Shuai-shuai, YANG Sheng-fa, HE Yang, WU Guo-mao

(1. National Engineering Research Center for Inland Waterway Regulation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;
2. Key Laboratory of Hydraulic & Waterway Engineering of the Ministry of Education, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Based on the field data on early stage of the Three Gorges Reservoir, we analyze the sedimentation deposition in the typical curved reach of Longwangtuo and Niushiqi, which shows that Longwangtuo reach emerges a cumulative deposition trend, and the cumulative deposition is about 0.678 million cubic meters; Niushiqi reach started deposition from 2007, and siltation mainly appears in the deep channel. It continued deposition in 2008, and about 0.208 million cubic meters sands were deposited to 2010. From a long-term point of view, deposition in the curved reach will be more serious with the rise of the water level, so it's necessary to pay enough attention to navigation obstruction possibly occurring.

Key words: Three Gorges Reservoir; the Yangtze River; curved reach; sedimentation

三峡成库初期从2003年6月—2006年9月按135~139 m方式蓄水运行, 2006年以后156 m蓄水开始, 2008年三峡蓄水过程发生变化, 新增175 m实验性蓄水阶段, 三峡水库蓄水运行后的泥沙淤积一直是各方面关注的重要问题, 它关系到水库运行后库区航道的通航条件。

三峡工程运行以来, 各蓄水阶段重庆河段的航道条件较天然情况有所改善, 特别是正常蓄水期, 从近年航道维护尺度中可以直接看出三峡

工程运行带来的航运效益。但是在重庆万州至长寿河段中的弯曲型河段, 面临着泥沙大量淤积的情况。此类河道天然状态时水动力轴线一般紧靠凹岸, 由于凸岸在洪水期形成大面积的掩护区, 造成泥沙大量淤积。而三峡蓄水后, 水位的增加、流速和比降的减缓, 以及汛后泥沙冲刷力度减弱, 使得泥沙淤积更为严重, 如土脑子、龙王沱、牛屎碛等河段。

本文主要从三峡各蓄水阶段龙王沱以及牛屎

收稿日期: 2012-07-29

*基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划(2011BAB09B01); 重庆交通大学研究生创新基金(20120103)

作者简介: 张帅帅(1987—), 男, 硕士研究生, 研究方向为航道整治及数值模拟技术。

碛河段的实测资料分析该河段泥沙淤积特性，为进一步研究提供参考^[1-3]。图1为龙王沱、牛屎碛河段河势。

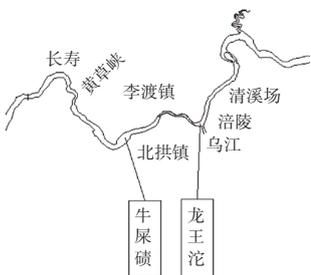
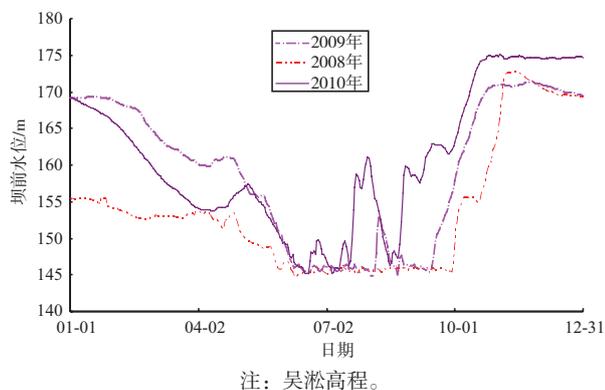


图1 龙王沱、牛屎碛河段河势

2008—2010年具体蓄水过程见图2。



注：吴淞高程。

图2 2008, 2009, 2010年三峡蓄水过程

1 龙王沱河段河段淤积特性分析

1.1 河段概况

龙王沱河段位于长江涪陵河段，航道里程

533~539 km，见图3。该河段上段微弯、河槽较深，中、枯水期流缓；汛期为常流水。明阳咀至白鹤梁河道顺直，白鹤梁与锯子梁、洗手梁纵卧于南北两岸，枯水期，其间航道顺直；坳马石自北突出河心，与南岸龙王嘴至锦绣州一带凹入岸形相对，形成急弯窄槽，水流紊乱；著名的龙王沱紧靠白鹤梁梁尾，深达50 m以上，该处在通常情况下均形成大面积的回流区域，回流流速达到2 m/s左右，并伴随着泡漩水流，影响船舶航行。龙王沱下游锦绣洲、大灶和小灶等碛坝、石梁依次纵卧于江中；稍下美女碛与王八碛南北对峙。长江与乌江汇于麻柳嘴、锦绣嘴，锦绣洲纵卧长江南岸河心，在乌江汇入长江的乌江口门；两江汇流相互顶托的作用使得该河段水流结构十分复杂，当长江水位猛涨并高于乌江水位时，乌江口以上一带形成壅水；反之，乌江水位猛涨高于长江时，龙王沱以上一带也呈现壅水。该河段天然航道状态下，航道弯窄，水流复杂；三峡大坝蓄水至156 m，回水末端在铜锣峡。黄巴碛、坳马石枯期流速有所减缓，汛期为常流水。175 m试验性蓄水后，龙王沱流速进一步减小。

1.2 蓄水以来冲淤分析

通过对2010年4月测图与2007年3月测图进行对比分析（图3，表1）。可以看出：共有8个位置发生了较大的冲淤变化。

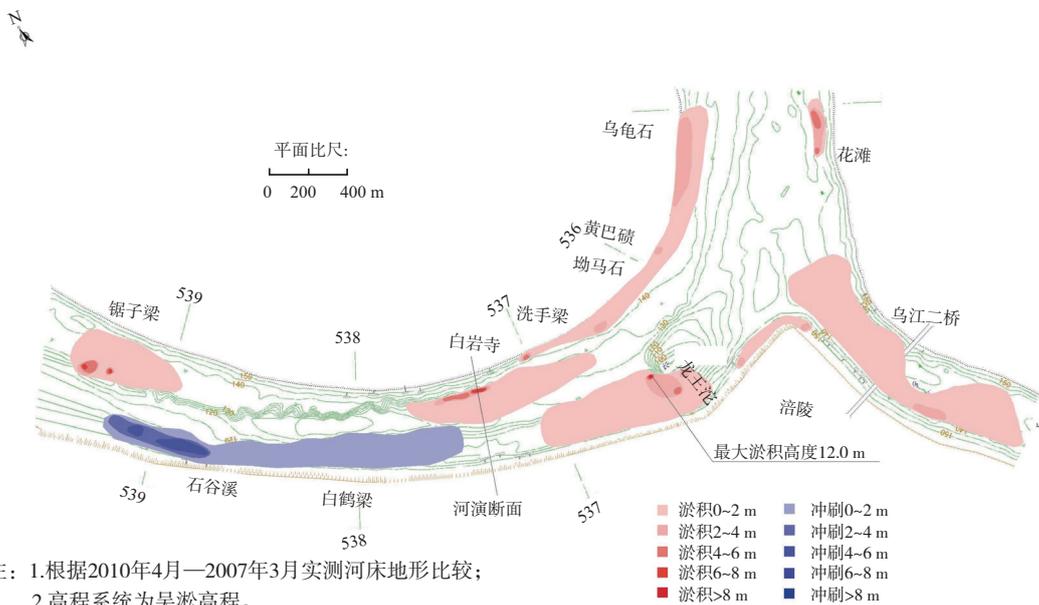


图3 龙王沱河段冲淤变化

表1 2010-04与2007-03龙王沱河段冲淤参数

位置	长度/m	宽度/m	最大淤积厚度/m	面积/万m ²	淤积量/万m ³	总淤积量/万m ³
锯子梁	590	199	7.0	11.7	12.1	
白岩寺	1 000	147	7.5	14.7	14.6	
白岩寺至乌龟石	3 000	98	5.0	16.6	21.1	
龙王沱上游	900	228	12.0	20.5	21.3	67.8
龙王沱下游	440	58	3.0	2.6	2.6	
花滩	307	62	5.0	1.9	4.6	
乌江河口	1 440	220	4.0	31.7	25.4	
石谷溪至白鹤梁	1 860	145	-5.0	26.9	-33.9	

长江龙王沱河段淤积量变化最大的部位位于龙王沱深槽上游,其淤积量为21.3万m³。淤积长度为900 m,平均淤积宽度为228 m,最大冲淤高度为12.0 m,淤积面积为20.5万m²。也是淤积面积、淤积厚度最大的淤积体。

淤积量仅居第2位的位于白岩寺至乌龟石河段,该河段位于凸岸中下游,基本淤积在等高线140 m以上,其量为21.1万m³。淤积形态较为狭长,其长度约为3 000 m,平均宽度为98 m。淤积高度最大的部位位于白岩寺,其高度为5.0 m。

受水位抬高的影响,长江上还有4个河段产生了淤积。主要淤积部位为锯子梁、白岩寺、龙王沱深槽下游及花滩等。锯子梁主要淤积在等高线130 m以上边滩,其淤积体长约590 m,宽约199 m,面积约11.7万m²,最大淤积高度约为7 m,淤积量为12.1万m³。白岩寺也主要淤积在等高线为125 m~135 m的边滩,其淤积体长度为1 000 m,平均宽为147 m,淤积面积为14.7万m²,最大淤积厚度为7.5 m,淤积量为14.6万m³。乌江与长江汇合口下游右岸花滩也发生了淤积现象,其淤积体长约为307 m,宽约62 m,面积约为1.9万m²,最大淤积高度为5.0 m及淤积量为4.6万m³。

泥沙不仅在长江存在落淤现象,在乌江也发生了淤积。根据2010年4月实测地形及2007年3月地形比较,在乌江河口形成了长约1 440 m,宽220 m,面积为31.7万m²,最大淤积高度为4.0 m,淤积量为25.4万m³的淤积体。

随着坝前水位的升高,大量泥沙在龙王沱河段淤积,其淤积总量为93.2万m³。但也存在冲刷现象。在凹岸石谷溪至白鹤梁河段长约1 860 m、平均宽约为145 m、面积约为26.9万m²发生了冲

刷,最大冲刷深度为5.0 m,冲刷量为33.9万m³。

龙王沱河段横典型横断面如图4所示。

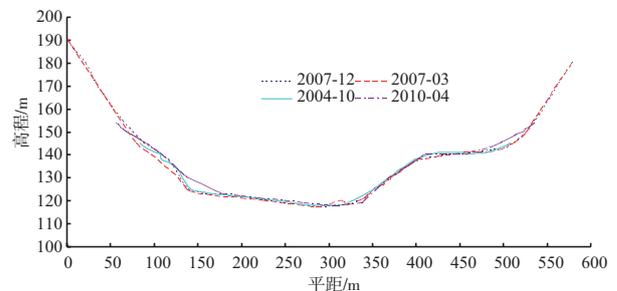


图4 龙王沱河段典型断面冲淤变化

2 牛屎碛河段淤积特性分析

2.1 河段概况

牛屎碛河段距宜昌里程约556 km,牛屎碛在该河段的下游段,位于长江右岸,伸出河心甚开,枯水期时,该航段航宽最窄处约为200 m,洪水期时,河宽最宽达到2 km,碛上分布有搬针沱、鸡翅膀等,其中鸡翅膀石梁长达1 km。该河段上游航道里程559~560 km之间为一近乎90°的急弯。北岸红眼碛潜布河心,其下关刀碛、燕尾碛暗浅,伸出河心较开,与南岸湾内子船帮石盘及火炉石、老鹰石、碓窝滩、猪槽梁、虾子梁石梁相对,枯水期航槽浅窄,其中燕尾碛与碓窝滩间尤为窄狭,流急。牛屎碛自南岸伸出河心,与北岸读书滩、香炉滩突出石嘴间,枯水航道弯窄。尤以牛屎碛下翅潜布河心甚开,逼近北岸湾内,致使长路板至香炉滩一带水浅流急。当水位超过151.5 m时,牛屎碛河段水流分为左右两汉,左汉在1 000 m左右,而右汉在150 m左右。

2.2 三峡蓄水以来冲淤变化

牛屎碛河段从2007年开始淤积,主要淤积在深

槽。2007年深泓淤高约3 m，2008年持续淤积，到2010年5月，牛屎碛河段共淤积了20.8万m³，淤积面积为17.3万m²，最大淤积高度为6.7 m（图5，6）。

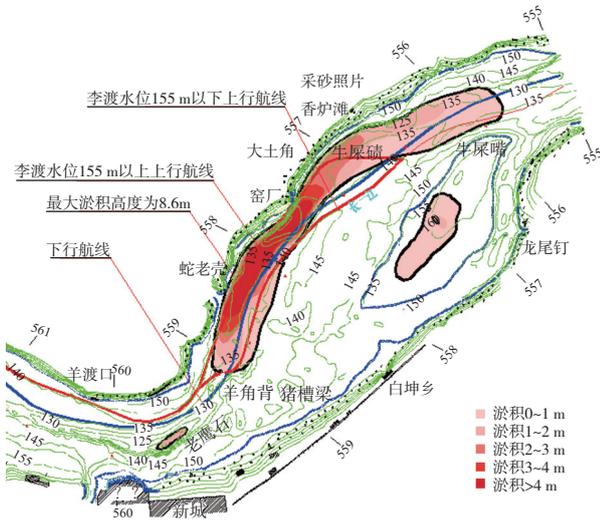


图5 2007-03—2011-05三峡蓄水以来牛屎碛河段冲淤变化

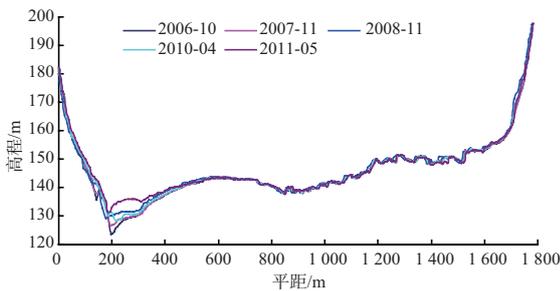


图6 牛屎碛河段典型断面变化

从2011年5月与2007年3月对比图（图5）以及表2中可以看出：该河段范围内并没产生明显冲刷现象，主要表现为泥沙淤积。在牛屎碛深槽也出现了长约3 570 m，平均宽为313 m、最大淤积高度为8.6 m、淤积量为164.92万m³的淤积体。

表2 牛屎碛河段淤积参数

时间	长度/ m	宽度/ m	最大淤积 厚度/m	面积/ 万m ²	淤积量/ 万m ³
2007-03— 2011-05	3 570	313	8.6	189.6	164.92
2010-04— 2011-05	3 400	33.2	7.0	113.0	163.3

总体来说，牛屎碛河段在2010—2011水文年，年际间继续延续175 m试验性蓄水累积性淤积的趋势，但比上一个水文年淤积区域大幅扩大，淤积强度大幅增加。本水文年为175 m试验性蓄水的第3个水文年，虽然延续了蓄水以来的累积性淤

积趋势，但河槽无明显位移，河势无明显形态改变，但随着汛期调洪措施的频繁，可能加剧牛屎碛水道累积性淤积，淤积强度需继续加强观测，掌握其淤积情况^[4]。

3 结语

通过以上两河段的淤积分析，弯曲河道天然时水动力轴线一般紧靠凹岸，由于弯后凸岸在洪水期形成大面积的掩护区，造成泥沙大量淤积，而三峡蓄水后，水位抬高，主流带趋直、流速和比降减缓，以及汛后泥沙冲刷力度减弱，都使得泥沙淤积更为严重，淤积主要发生在弯道背后，并且弯曲半径越小，淤积强度越大，弯道越宽阔淤积越强。

三峡蓄水以来，变动回水区范围进一步上延，蓄水期航道条件得到一定改善，并且改善范围也随之增大。但是从目前三峡原型观测成果来看，部分滩险已经出现了累积性淤积的现象。随着蓄水进程，累积性淤积进一步增加，消落期已经造成碍航情况^[5]。

龙王沱河段在144 ~ 156 m蓄水阶段淤积较少，但是175 m试验性蓄水后淤积速度加快，淤积已经深入航槽，但由于水位较高，暂时未对船舶航行产生影响。从本水文年的淤积情况来看，龙王沱河段淤积的规律发生变化，部分淤积已经进入航槽，但由于位于常年库区内，水位相对较高，暂时并未对航道造成碍航影响。随着蓄水位的进一步增加，水位抬升，水流变缓，航道条件有所改善，特别是在非汛期，但是因其导致的泥沙淤积是否会造成航道条件的恶化，今后淤积规律如何，需进一步加强观测分析，因此建议应继续对龙王沱河段加强观测。

牛屎碛河段在2010—2011水文年，年际间继续延续175 m试验性蓄水累积性淤积的趋势，但比上一个水文年淤积区域大幅扩大，淤积强度大幅增加。本水文年为175 m试验性蓄水的第3个水文年，虽然延续了蓄水以来的累积性淤积趋势，但河槽无明显位移，河势无明显形态改变，但随着汛期调洪措施的频繁，可能加剧牛屎碛水道累积性淤积，淤积强度需继续加强观测，掌握其淤积

情况^[6-8]。

总体上来讲, 三峡水库蓄水位的抬高使变动回水区的航道条件在蓄水期得到一定的改善。175 m 试验性蓄水之后, 三峡水库进入了高水位差的运行阶段, 并且是个长期的过程, 考虑到三峡水库175 m 蓄水后水位将进一步大幅抬升, 泥沙淤积也将进一步加重, 在泥沙淤积较为严重的弯曲段可能会引起航道的碍航, 应对此问题引起充分的重视, 进一步研究其航道治理措施。

参考文献:

[1] 杨胜发, 夏文颖. 三峡蓄水至175 m水位后变动回水区观音滩航道条件变化分析[J]. 水运工程, 2010(3): 109-111.

[2] 刘同宦, 蔺秋生, 姚仕明. 三峡工程蓄水前后进出库水

沙特性及径流量时间序列变化周期分析[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2011, 43(1): 58-62.

[3] 潘庆燊. 三峡工程泥沙问题研究 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.

[4] 陈建, 李义天, 邓金运, 等. 水沙条件变化对三峡水库泥沙淤积的影响[J]. 水力发电学报, 2008, 27(2): 97-102.

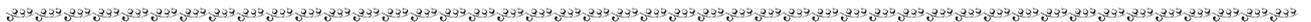
[5] 水利电力部科学技术司. 三峡工程泥沙问题研究成果汇编(160~180 m蓄水位方案)[M]. 北京: 科学技术出版社, 1988.

[6] 吴持恭. 水力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.

[7] 王昌杰. 河流动力学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2000.

[8] 王兴奎, 邵学军, 李丹勋. 河流动力学基础[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.

(本文编辑 郭雪珍)



(上接第143页)

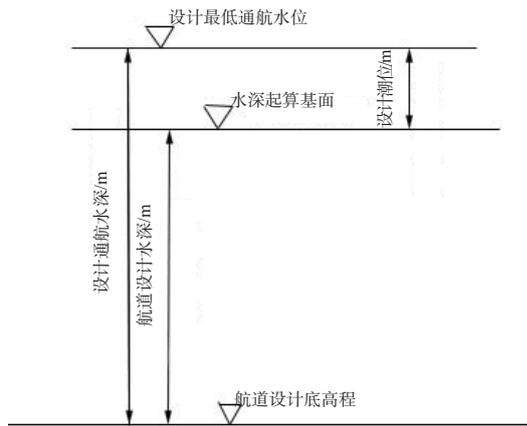


图4 航道水深设计要素关系

4.2 设计最低通航水位应根据水文条件变化作必要调整

40余年来, 南京以下河段受人类活动与自然因素影响, 发生了一些变化, 据初步测算, 低潮位抬升0.10 ~ 0.20 m. 为准确计算南京以下沿程各地的设计最低通航水位, 进一步核实航道整治工程航道设计水深, 需高度重视计算样本资料的观测与收集。如, 增加碍航河段潮位观测站、制订合理的潮位观测方案、系统收集潮位资料、复核设计最低通航水位, 等等, 是非常必要且迫切的工作。

4.3 深化感潮河段设计最低通航水位理论研究

南京以下深水航道建设是“十二五”期重大水运工程建设项目, 5万吨级海船常年进江上

驶南京, 社会影响十分巨大。按GB 50139—2004《内河通航标准》, 南京以下河段为 I 级航道, 设计最低通航水位要求多年历时保证率 ≥ 98%。采用低潮累积频率为90%的潮位计算设计最低通航水位, 平均每年有73个低潮位在一定时段低于设计最低通航水位。如何评价多年历时保证率 ≥ 98%与低潮累积频率为90%潮位对船舶运行的影响程度^[7]等问题, 是需要继续深化研究论证的。

参考文献:

[1] 长江航道局. 长江航道维护管理基础资料汇编[R]. 南京: 长江航道局, 2010.

[2] GB 50139—2004 内河通航标准[S].

[3] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 长江口12.5 m深水航道向上延伸至南通通航标准研究[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2010.

[4] 宋兰兰. 长江潮流界位置探讨[J]. 水文, 2002(10): 25-27.

[5] 吴玲莉, 张玮, 张幸农, 等. 感潮河段设计水位计算方法选择判据研究[J]. 人民长江, 2005(8): 40-42.

[6] 南京水利科学研究院. 设计最低通航水位及深水航道水位利用研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2009.

[7] 张幸农, 陈长英, 吴建树. 感潮河段设计通航水位确定方法及标准初探[J]. 水道港口, 2006(8): 243-248.

(本文编辑 郭雪珍)