

· 航道及通航建筑物 ·



# 三峡水库 175 m 试验性蓄水以来 库区河床冲淤特性分析\*

刘辛愉, 邵伟峰, 苏 丽, 王 涛

(长江重庆航运工程勘察设计院, 重庆 401147)

**摘要:** 三峡水库 175 m 试验性蓄水以来入库沙量大幅减少, 水库冲淤特性与论证阶段成果存在一定差异。针对这一问题, 基于三峡水库蓄水以来库区航道泥沙原型观测资料, 系统分析了进出库水沙特性、库区泥沙冲淤变化以及泥沙淤积分布特点。结果表明: 1) 入库沙量较预期大幅减少; 2) 淤积主要集中在清溪场以下的常年回水区, 淤积量多、淤积强度大的河段主要是常年回水区的开阔与分汊河段; 3) 泥沙淤积呈现主槽淤平和以一侧淤积为主的不对称淤积的特点。

**关键词:** 三峡库区; 泥沙冲淤; 175 m 试验性蓄水; 淤积量

中图分类号: TV 145; U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)01-0095-05

## Analysis on sediment scouring and silting characteristic of Three Gorges Reservoir area since 175 m trial impoundment

LIU Xin-yu, SHAO Wei-feng, SU Li, WANG Tao

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

**Abstract:** Since the 175 m trial impoundment of the Three Gorges Reservoir, the amount of sand entering the reservoir has been greatly reduced, and there is a certain difference between the sediment scouring and silting characteristics of the reservoir and the research achievements in the argumentation stage. In response to this problem, based on the prototype observation data of sediment in the channel of the Three Gorges Reservoir since the impoundment of the Three Gorges Reservoir, we systematic analysis the characteristics of inflow-outflow of the water-sediment characteristics, and the sediment scouring and silting situation in the reservoir area and the sediment deposition distribution. The results show that: 1) The amount of sand entering the reservoir is significantly reduced than expected. 2) The siltation is mainly concentrated in the perennial backwater area below Qingxichang, and the river sections with a large amount of siltation and strong siltation intensity are mainly open and branched river sections in the perennial backwater area. 3) Sediment silting presents the characteristics of flat silting in main channel and asymmetric siltation dominated by siltation on one side.

**Keywords:** Three Gorges Reservoir area; sediment scouring and silting; 175 m trial impoundment, siltation volume

三峡工程是举世瞩目的世界级大型水利枢纽工程, 具有防洪、发电、航运等巨大综合效益。三峡水库 2003 年 6 月开始正式蓄水, 经历了 139 m 蓄水期、156 m 蓄水期、175 m 试验性蓄水

期 3 个阶段<sup>[1]</sup>。2008 年汛后, 三峡水库开始 175 m 试验性蓄水, 回水末端上延至江津红花碛附近, 三峡大坝以上至江津成为库区, 总长 673.5 km, 其中江津至涪陵段为变动回水区, 涪陵至大坝段

收稿日期: 2021-03-08

\*基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0402104)

作者简介: 刘辛愉(1991—), 女, 硕士, 工程师。从事航道整治工程设计工作。

为常年回水区, 见图 1。本文基于三峡水库 175 m 试验性蓄水以来原型观测资料, 对三峡水库进出库水沙特性、库区泥沙冲淤特性以及泥沙淤积分布特点进行分析, 为库区航道日常维护及航道综合治理提供技术支撑。

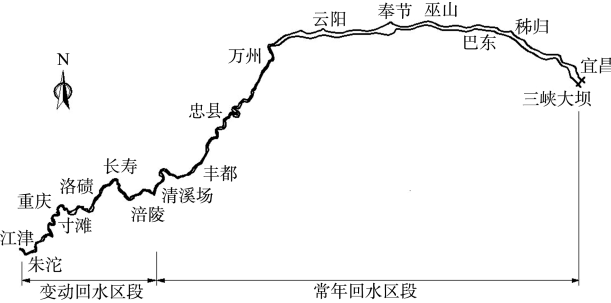


图 1 三峡库区分段示意

1 水沙条件变化

根据实测资料<sup>[2-10]</sup> 统计分析(表 1), 三峡水库 175 m 试验性蓄水以来, 入库径流量变化不大, 但输沙量明显减小, 2008—2018 年三峡年均入库径流量为 3 697 亿 m<sup>3</sup>, 与 2003—2018 年年均值及多年均值相当; 2008—2018 年年均输沙量为 1.25 亿 t, 较 2003—2018 年年均值偏少 19%, 较多年均值偏少 66%。2008—2018 年, 三峡出库径流量为 4 123 亿 m<sup>3</sup>, 较多年均值偏少 8%; 输沙量为 0.23 亿 t, 较多年均值偏少 95%。

表 1 三峡进出库水沙量统计

时间段	三峡入库(朱沱+北碚+武隆)		三峡出库(黄陵庙站)	
	径流量/亿 m <sup>3</sup>	输沙量/亿 t	径流量/亿 m <sup>3</sup>	输沙量/亿 t
多年平均	3 792	3.72	4 510	5.26
2003—2018	3 645	1.54	4 062	0.35
2008—2018	3 697	1.25	4 123	0.23

注: 2008 年和 2009 年三峡入库控制站为寸滩+武隆。

从三峡水库 175 m 试验性蓄水以来月径流量变化(图 2)来看, 三峡入库径流量主要集中在汛期 6—10 月, 占全年 70% 以上, 但由于长江上游干支流修建新水库, 对年内径流调节能力增强, 三峡入库径流量年内分配呈现消落期(1—4 月)增加、汛期(7—8 月)略减少、蓄水期(11—12 月)增加的特点。见图 3。

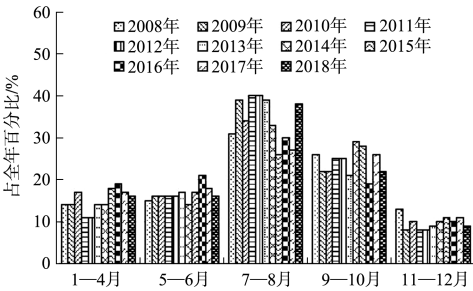
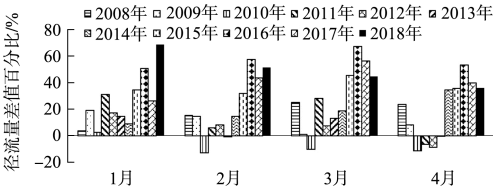
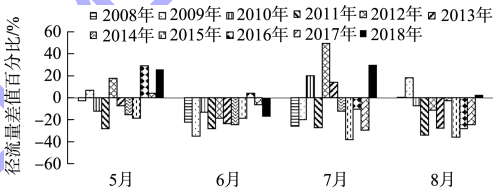


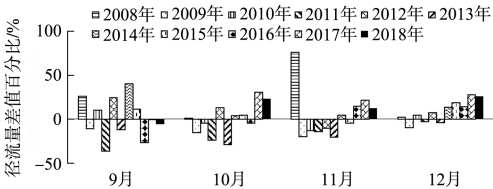
图 2 2008—2018 年三峡入库径流量年内各时段占比



a) 1—4 月



b) 5—8 月



c) 9—12 月

图 3 2008—2018 年各月径流量与蓄水前月径流量差值百分比

从推移质输沙量历年变化来看(图 4), 万县站以上库区河段推移质以砾卵石推移质为主, 试验性蓄水以来各站砾卵石推移质量变化较大, 2012 年为典型的大水大沙年, 朱沱站和寸滩站砾卵石推移量均较大, 此后砾卵石推移质量呈减少趋势, 2018 年由于嘉陵江来沙显著增加, 寸滩站砾卵石推移质量大幅增加, 达 13.1 万 t。相较于砾卵石, 朱沱站和寸滩站沙质推移质量较小, 变化幅度也较小。

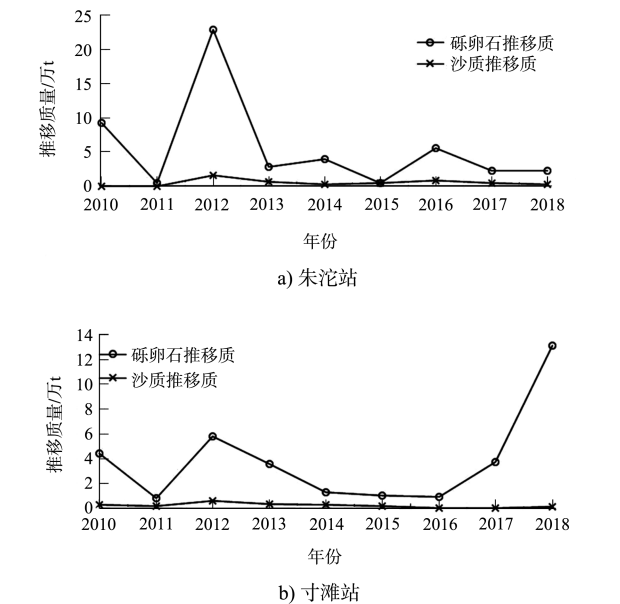


图 4 推移质量变化

2 总体冲淤特性

输沙量法和断面法是计算河道冲淤量的两种常用方法, 两者计算结果基本一致, 相对而言, 断面法能灵活地计算三峡库区冲淤量沿程分布, 输沙量法则能够较好地反映库区不同粒径级泥沙的冲淤特性, 两种计算方法结合使用则能更全面地研究三峡库区的泥沙冲淤分布及组成<sup>[11]</sup>。

三峡水库蓄水运行以来, 库区泥沙呈淤积态势, 受长江上游环境保护、水土保持、干支流水利枢纽拦沙等因素影响, 库区泥沙淤积量低于预测值<sup>[12]</sup>。2003 年 6 月—2018 年 12 月, 三峡入库悬移质泥沙 23.35 亿 t, 出库悬移质泥沙 5.62 亿 t, 不考虑区间来沙, 库区干流共淤积泥沙 17.73 亿 t (表 2), 近似年均淤积泥沙 1.11 亿 t, 仅为论证

阶段初步设计成果的 34%。

2008 年 1 月—2018 年 12 月, 库区干流共淤积泥沙 11.33 亿 t, 近似年均淤积泥沙 1.03 亿 t, 水库排沙比为 18.2%。其中, 向家坝水利枢纽蓄水前 2008—2012 年共淤积泥沙 7.98 亿 t, 近似年均淤积泥沙 1.60 亿 t, 水库排沙比 16.1%; 2013—2018 年共淤积泥沙 3.36 亿 t, 近似年均淤积泥沙 0.56 亿 t, 水库排沙比为 22.7%。可见, 三峡水库 175 m 试验性蓄水以来库区泥沙淤积主要集中在向家坝水利枢纽运行前。

表 2 三峡库区不同时段淤积量

时段	入库沙量/亿 t	出库沙量/亿 t	淤积量/亿 t	排沙比/%
2003—2018 年	23.36	5.62	17.73	24.1
2008—2012 年	9.51	1.53	7.98	16.1
2013—2018 年	4.34	0.98	3.36	22.7
2008—2018 年	13.85	2.52	11.33	18.2

注: 表中数据采用输沙量法计算得到。

3 泥沙淤积分布与淤积形态

3.1 淤积沿程分布

三峡水库 175 m 试验性蓄水以来, 库区泥沙淤积主要集中在清溪场以下的常年回水区, 淤积量为 10.07 亿 t, 占总淤积量的 89%; 变动回水区淤积量较少。对比 2003—2007 年与 2008—2018 年三峡库区淤积量的沿程分布, 2008—2018 年朱沱一寸滩出现少量泥沙淤积, 占总淤积量的 3%; 寸滩—清溪场的淤积量明显增加, 淤积比重从 1%增至 8%, 清溪场—万州淤积量比重略有增加, 而万州—坝前的淤积量比重减少了 14%。见表 3。

表 3 三峡库区不同年份分段淤积量

时段	朱沱-寸滩		寸滩-清溪场		清溪场-万州		万州-大坝	
	库区分段淤积量/万 t	库区总淤积量百分比/%	库区分段淤积量/万 t	库区总淤积量百分比/%	库区分段淤积量/亿 t	库区总淤积量百分比/%	库区分段淤积量/亿 t	库区总淤积量百分比/%
2003—2007 年	—	—	960	1	2.79	44	3.52	55
2008—2018 年	3 919	3	8 558	8	5.38	48	4.69	41
2003—2018 年	3 919	2	9 518	5	8.17	46	8.21	47

3.2 淤积平面分布

根据三峡库区不同形态河段冲淤量 (表 4), 2008—2018 年铜锣峡—大坝段库区共淤积泥沙

8.21 亿 m<sup>3</sup>, 其中 7.74 亿 m<sup>3</sup> 在宽谷河段落淤, 占比 94.3%, 仅有少部分泥沙淤积在窄深河段。对比三峡蓄水以来的其他时段, 均表现出一致的特

点，即泥沙淤积的平面分布主要集中在宽谷段，量占比达 94%，窄深段淤积相对较少或略有冲刷约占总淤积量的 90% 以上，蓄水以来宽谷段淤积（表 5）。

表 4 三峡库区不同形态河段冲淤量

河段起止地名	河段形态	河长/ km	冲淤量/万 m <sup>3</sup>			
			2003 年 3 月— 2006 年 10 月	2006 年 10 月— 2008 年 10 月	2008 年 10 月— 2018 年 10 月	2003 年 3 月— 2018 年 10 月
大坝—官渡口	宽谷	77.4	17 203	6 466	13 738	37 407
官渡口—巫山	窄深	44.0	1 954	1 574	1 603	5 131
巫山—大溪	宽谷	28.8	3 332	1 200	1 772	6 304
大溪—白帝城	窄深	6.7	60	245	272	577
白帝城—关刀峡	宽谷	14.2	4 805	1 557	4 644	11 006
关刀峡—云阳	窄深	53.6	1 209	13	2 170	3 393
云阳—涪陵	宽谷	261.8	25 970	12 901	60 734	99 605
涪陵—李渡镇	窄深	12.5	-169	82	350	262
李渡镇—铜锣峡	宽谷	89.0	-	904	-3 503	-2 599
	窄深	9.9	-	80	317	398
大坝—李渡镇	宽谷、窄深	499.0	54 364	24 038	85 283	163 686
大坝—铜锣峡	宽谷、窄深	597.9	-	25 022	82 099	161 484
合计	宽谷	382.2	51 310	23 028	77 386	151 723
	窄深	116.8	3 054	1 994	4 713	9 761

注：表中数据采用断面法计算得到。

表 5 三峡库区不同形态河段冲淤占比 %

河段形态	2003 年 3 月—2006 年 10 月	2006 年 10 月—2008 年 10 月	2008 年 10 月—2018 年 10 月	2003 年 3 月—2018 年 10 月
宽谷	94.4	92.0	94.3	94.0
窄深	5.6	8.0	5.7	6.0

3.3 淤积断面分布

根据三峡库区李渡—大坝段深泓纵剖面变化(图 5)，2018 年 10 月深泓纵剖面较 2003 年 3 月

总体淤高，淤高明显的断面多集中在近坝段、臭盐碛河段、黄花城河段等淤积较大的河段，淤积沿程不连续；局部窄深河段如西沱段出现冲刷。

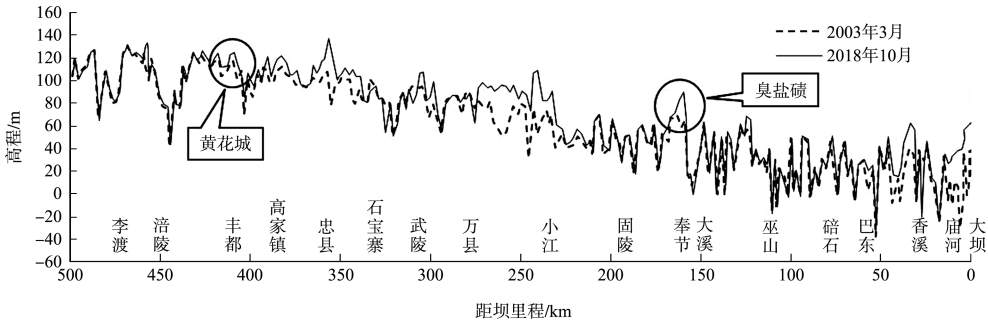
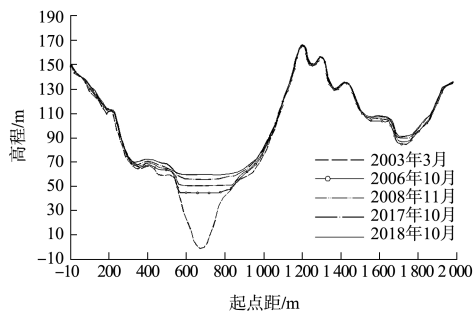


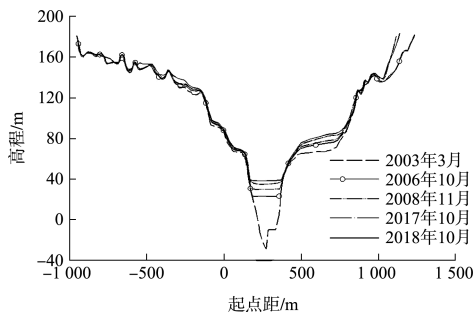
图 5 三峡库区李渡—大坝深泓纵剖面变化

根据三峡库区典型横断面变化(图 6)，三峡水库 175 m 试验性蓄水以来，窄深型和 U 型河段

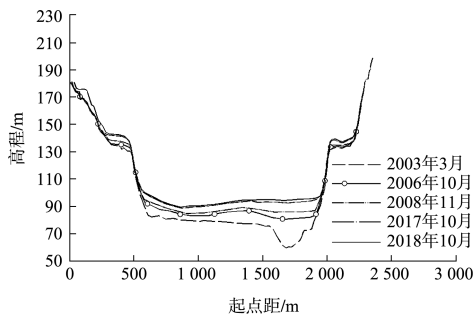
主槽逐年淤平，部分弯曲分汊河段出现一侧淤积为主的不对称淤积。



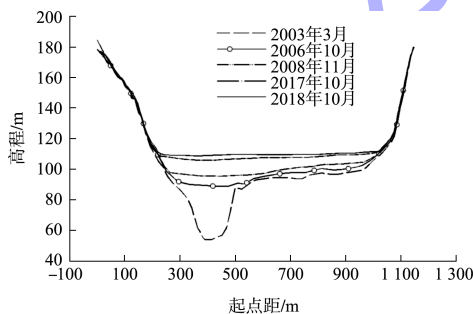
a) 近坝段(距坝里程2.1 km)



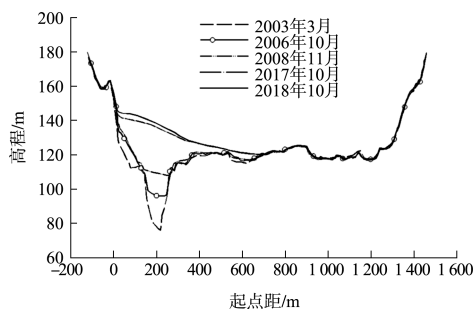
b) 近坝段(距坝里程5.6 km)



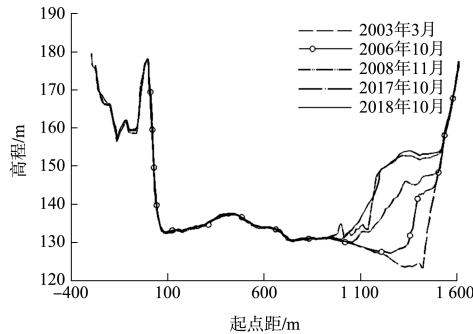
c) 臭盐碛(距坝里程160.1 km)



d) 云阳(距坝里程240.6 km)



e) 黄花城(距坝里程360.4 km)



f) 土脑子(距坝里程458.5 km)

图 6 三峡河段典型断面冲淤变化

4 结论

- 1) 三峡水库 175 m 试验性蓄水以来, 入库径流与多年均值相当, 输沙量大幅降低。
- 2) 三峡水库蓄水运行以来, 库区泥沙淤积量低于预测值, 仅为论证阶段的 34%; 三峡水库 175 m 试验性蓄水以来, 向家坝水利枢纽运行前 (2008—2012 年) 泥沙淤积强度大于向家坝水利枢纽运行后 (2013—2018 年)。
- 3) 三峡水库 175 m 试验性蓄水以来, 库区泥沙淤积主要集中在清溪场以下的常年回水区, 占总淤积量的 89%, 变动回水区淤积量较少; 淤积量多、淤积强度大的河段主要是常年回水区的开阔与分汊河段。
- 4) 泥沙淤积的断面分布以主槽淤积为主, 淤积形态呈现主槽淤平、以一侧淤积为主的不对称淤积的特点。

参考文献:

[1] 胡春宏. 三峡水库 175 m 试验性蓄水十年泥沙冲淤变化分析[J]. 水利水电技术, 2019, 50(8): 18-26.

[2] 长江航道规划设计研究院, 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江三峡工程航道泥沙原型观测 2009—2010 年度分析报告[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2010.

[3] 长江航道规划设计研究院, 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江三峡工程航道泥沙原型观测 2010—2011 年度分析报告[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2011.

(下转第 156 页)