



长洲枢纽坝下河段水沙变化及河床变形分析

张明, 冯小香, 郝品正

(交通运输部天津水运工程科学研究院, 工程泥沙交通行业重点实验室, 天津 300456)

摘要: 分析梧州水文站1955—2010年近50年的水沙系列数据及长洲枢纽建设前后2002—2011年间坝下近坝段的地形变化。结果表明: 西江径流变化相对平稳, 而来沙变化经历了3个时段, 自2003年起梧州水文站输沙量及含沙量急剧减小, 虽然其变化的时间在长洲枢纽建设前后, 但长洲枢纽的建设并非是造成坝下梧州水文站输沙量和含沙量减小的主要原因; 长洲枢纽建设前后河床的剧烈变形, 主要为河道采砂和航道升级整治所造成。

关键词: 长洲枢纽坝; 梧州; 西江; 河床变形

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)04-0134-05

Variation of runoff & sediment and river bed deformation below Changzhou dam

ZHANG Ming, FENG Xiao-xiang, HAO Pin-zheng

(Tianjin Research Institute of Water Transport Engineering, Key Laboratory of Engineering Sediment, Ministry of Transport, Tianjin 300456, China)

Abstract: Based on the analysis of the water and sediment variation at Wuzhou station from 1955 to 2010 and the river bed deformation below Changzhou dam from 2002 to 2011, it is concluded that the runoff change was relatively stable, but the river sediment experienced three periods, and the sediment discharge and sediment concentration decreased sharply after 2003. Though the change happened before and after the construction of the Changzhou dam, the Changzhou dam was not the main reason for the decreased sediment concentration. And the dramatic deformation below Changzhou dam was more possibly caused by sand mining and channel regulation.

Key words: Changzhou dam; Wuzhou; Xijiang river; river bed deformation

拦河筑坝将会改变天然河流的水沙条件, 进而引起河床调整, 一般在坝址上、下游河段将产生水库淤积和坝下冲刷两类不同的泥沙现象。河流筑坝前后的泥沙变异问题一直是水利工程、航道工程及环保等领域重点关注的问题, 同时也是泥沙研究的难点问题。近年来, 随着人类活动影响的加剧, 河流上游输沙减少, 在减缓水库淤积的同时, 加剧了清水下泄对坝下河道的冲刷; 同时, 下游采砂泛滥及我国目前正广泛开展的航道升级整治工程也使得坝下河床的变形问题日趋复杂。

长洲枢纽为西江干流最后一个渠化梯级, 2003年开工前后, 下游梧州水文站含沙量急剧减

小; 而蓄水运行后不久, 河床发生了剧烈变形, 同流量下的枯水水位大幅下降, 造成船闸下游门槛水深不足, 航道条件恶化, 已引发了多次堵航滞航事件, 经济损失严重^[1]。本文以长洲枢纽建成前后2002—2011年坝下约12 km的近坝段两期河道地形图, 结合梧州水文站和大湟江口水文站的水文泥沙系列数据, 分析西江水沙变化特征及坝下近坝段河床变形特点, 研究对于正确认识西江梧州水文站泥沙变化的原因, 认识多因素作用下坝下近坝段的河床变形特点等具有重要意义, 此外, 还可以为坝下航道整治工程及类似工程的设计提供参考。

收稿日期: 2012-09-17

作者简介: 张明 (1981—), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事动力地貌、遥感应用及港航工程研究。

1 长洲枢纽概况

长洲枢纽位于梧州市上游12 km的西江干流浔江河段,坝址自南向北横跨外江、泗化洲岛、中江、长洲岛、内江(图1)。枢纽自2003年底开工,采用三期导流方式进行施工,分别于2004年12月、2005年11月、2007年2月进行了外江、内江、中江的截流,2007年3月和5月分别实现了2[#]1 000吨级船闸、1[#]2 000吨级船闸通航,2007年10月首台机组投产发电。

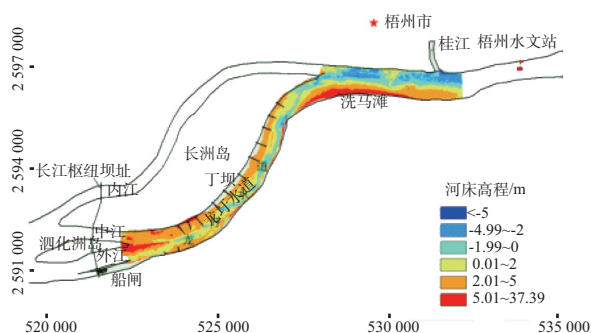


图1 2002年长洲枢纽附近河势及河道地形

长洲枢纽为低水头径流式水利工程,正常运行水位20.6 m,死水位18.6 m,库容1.33亿 m^3 。枢纽全长3.5 km,在外江、内江分别安装了9台和6台单机容量42 MW的灯泡贯流式机组,设计水头为9.5 m,总装机容量630 MW。为保证各江天然情况下的分流比,在外江、中江、内江分别布置了12孔、15孔、16孔泄水闸。

2 水沙变化分析

梧州水文站位于长洲枢纽坝下约14 km,为西江干流重要的水文控制站。自1955—2010年,梧州水文站多年平均径流量2 025亿 m^3 ,年径流量最大为2 961亿 m^3 (1994年),最小为1 024亿 m^3 (1963年),变幅为2.89。从长周期来看,径流量的年际变化总体平稳,而输沙量年际间的差异却较大。同时段内,梧州水文站多年平均输沙量5 950万t,最大年输沙量14 000万t(1968年),最小年输沙量897万t(2007年),变幅高达15.61。该时段内,多年含沙量平均为0.294 kg/m^3 ,最大为0.57 kg/m^3 (1983年),最小为0.057 kg/m^3 (2007年),变幅为10.0,河流含沙量水平较低。

从图2和图3可见,由于受降水、流域产汇流条件、植被状况以及人类活动的影响,1955—2010年梧州水文站的年径流量和年输沙量在部分年份均存在较大的波动,但年径流量总体上变幅不大,而年输沙量和含沙量的变化大致可以分为3个阶段:1993年以前年输沙量变化相对平稳,年平均含沙量相对较高,39年间除1963年、1989年两年平均含沙量低于0.25 kg/m^3 外,其余年份均高于0.25 kg/m^3 ;1993—2002年,输沙量的峰值逐年降低,年输沙量拟合曲线一直趋于下降,连续10年的年平均含沙量低于0.25 kg/m^3 ;2003—2010年,输沙量和含沙量处于较低的水平,连续8年梧州水文站的平均含沙量低于0.12 kg/m^3 。

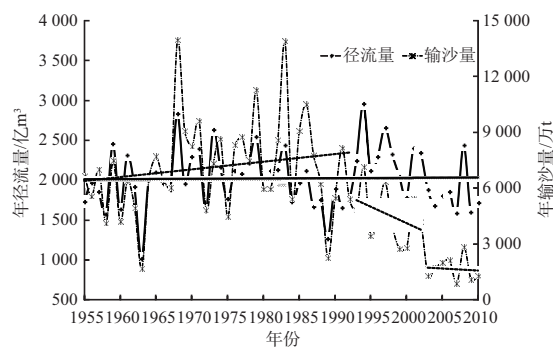


图2 1955—2010年梧州站径流量与输沙量变化

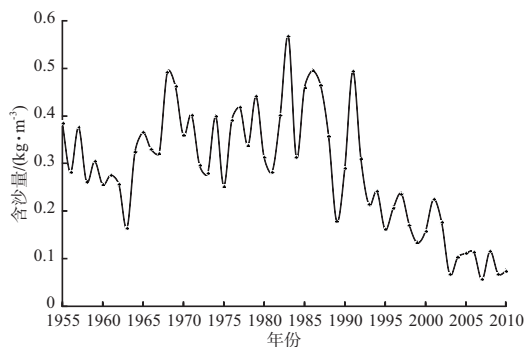


图3 1955—2010年梧州站含沙量变化

西江流域自20世纪80年代中后期开始广泛进行水电梯级开发,到21世纪初期,中、大型水电站建设进入高峰,上游梯级电站的蓄水发电,尤其是西江主要的泥沙来源红水河梯级的逐渐建成,拦截了大量泥沙,使得向下游输沙减少^[2]。梧州水文站含沙量以1993年、2003年形成的2个变化时间节点,应与1992年建成的红水河岩滩水电站、2002年实施的红水河龙滩水电站截流有关。

红水河上的这两座龙头水电站蓄水后, 向下输移的泥沙大幅减小, 造成下游含沙量锐减。长洲枢纽开工的时间虽与梧州水文站含沙量进入第3阶段的时间节点一致, 但对比大湟江口水文站(黔、郁两江汇合下游3 km)与梧州水文站的平均含沙量数据(图4)发现, 长洲枢纽上、下游河段含沙量变化具有一致性, 长洲枢纽工程的开工建设, 并不是造成随后梧州水文站(2003—2010年)来沙量减小的主要原因。

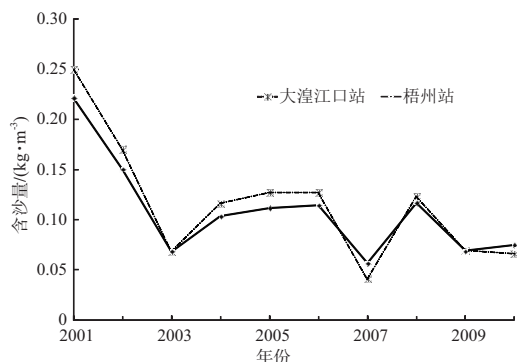


图4 2001—2010年梧州站与大湟江口站年平均含沙量比较

3 河床变形特点

2002—2011年, 在长洲枢纽建设前后的共9年间, 其坝下近坝河段在经过自然冲淤、河道挖沙及坝下航道升级整治等多种因素作用下, 河床变形剧烈, 主要表现为河床普遍下切, 洗马滩附近河槽随着浅滩采砂而主槽大幅展宽, 坝下近坝段河床的变形和枯水水位下落幅度均远远大于当初的估计^[3]。

3.1 平面变化特征

长洲岛右汊自坝下0.75 km起至桂江汇合口下游2 km共12.2 km河段, 河床有冲有淤, 但以冲刷为主, 该时段内河床容积共增加了1 027万m³, 河床平均降低1.22 m, 年均降低0.14 m。从河床变形的平面分布来看, 紧邻坝址下游约0.75~2.1 km, 泗化洲岛右汊外江河道冲刷下切严重, 一般冲刷3~4 m以上, 最大超过8 m, 而其左汊中江下游以淤积为主, 一般淤积在2 m以内, 最大淤积达3 m以上。坝下2.1 km至长洲尾(坝下8.7 km), 主槽普遍下切, 局部边滩有所淤积。长洲尾以下河道, 右侧边滩主要以下切为主, 尤其是洗马滩附近浅滩大幅降低, 普遍下降3~5 m, 而淤积主要

位于河道左侧。从河床变形的幅度来看, 下切区河床降低普遍超过1 m, 而淤积区普遍在1 m以内。

3.2 横断面变化

河床地形的横断面变化能直观地反映河床纵向变形的幅度和特点, 并可通过典型位置处河床的横断面变化, 来分析河床深泓线的变化特征。为分析长洲枢纽建成前后坝下近坝段河床的横断面变形, 选取了1[#]~4[#]共4个典型断面(图5), 分别距离坝下2.1, 4.3, 9.9, 12.8 km。

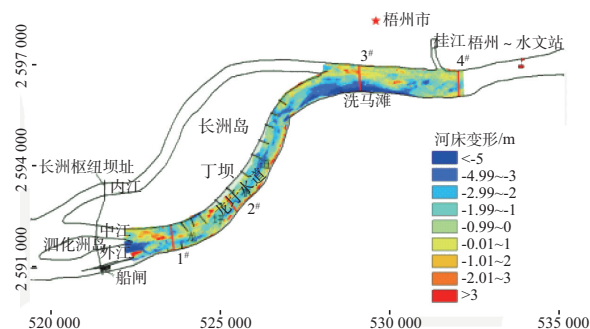


图5 2002—2011年长洲枢纽坝下近坝段河床变形分布

长洲枢纽建成前后, 河床横断面变形以长洲尾为界, 上、下游略有不同(图6): 长洲尾以上河段, 主要表现为主槽大幅下切、边滩局部略有淤积; 长洲尾以下河段, 主槽略有淤积, 边滩大幅下切, 主槽展宽。从典型断面的深泓位置变化来看, 长洲枢纽建成前后, 主槽的位置无明显摆动, 主槽相对稳定。

3.3 深泓沿程变化

坝址下游龙圩水道至桂江汇合口之间的河段, 由于龙圩水道内丁坝及长洲尾下游右岸浅滩的作用, 在长洲枢纽建成前后的2002—2011年, 该段河道深泓的平面位置无明显变化, 但深泓的纵向变形较为明显(图7)。坝下0.75~6.2 km河段, 深泓大幅降低, 在坝下1 km, 深泓最大下降超过7.3 m; 坝下6.2~7.2 km河段, 深泓纵向变形不大, 而在坝下7.2~8.3 km的长洲尾上游河段, 深泓大幅下降, 最大降低为5.6 m; 在长洲尾下游洗马滩附近河段, 深泓纵向变形幅度较小, 局部地段甚至有所淤积; 桂江汇合口下游, 深泓纵向上有升有降, 但变形幅度明显比上游要小。

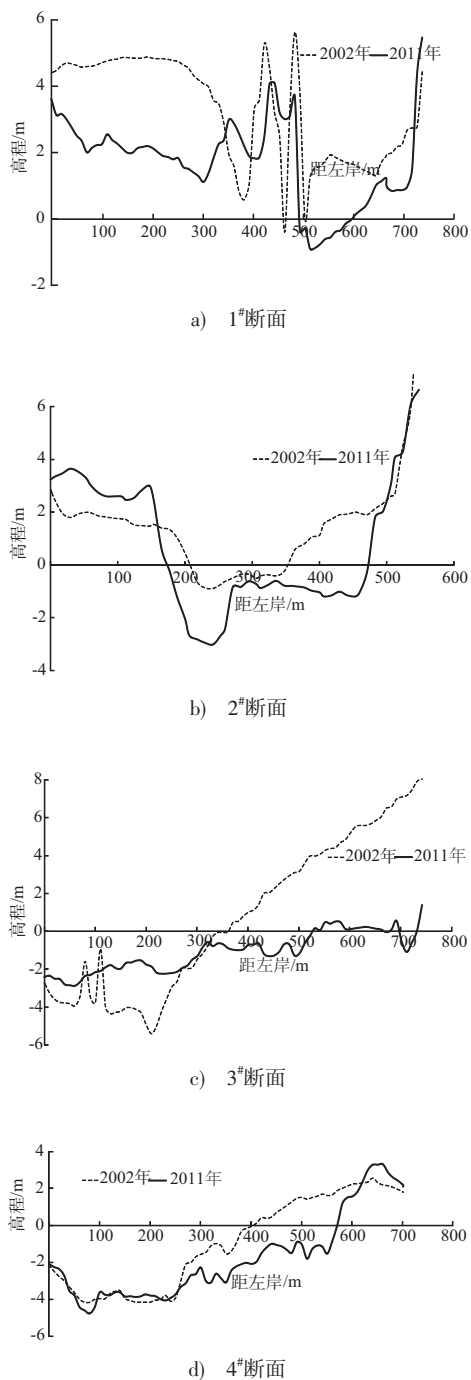


图6 2002—2011年长洲枢纽坝下近坝段河床横断面变化

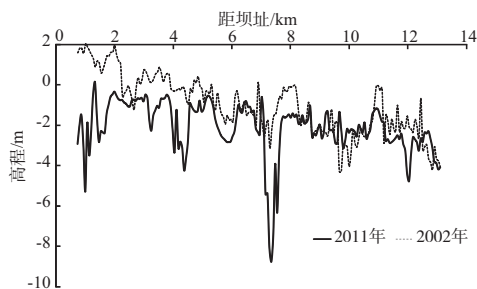


图7 2002—2011年长洲枢纽坝下河床深泓线沿程变化

3.4 断面沿程变化

枢纽下游共布置了350个断面,统计断面平均地形沿程变化情况(图8,9)。2002—2011年,只有1个断面略有淤高,其余断面均下降,断面下降的幅度一般为0.5~2.0 m,占断面总数的81%,而小于0.5 m和大于2 m以上的断面数分别占断面总数的8.5%和10.5%,断面最大下降了3.1 km。在坝下7.8~10.1 km的洗马滩附近2.3 km河段,断面下降幅度普遍大于1.5 m,在其中下降幅度最大的1 km河段,断面普遍降低了2 m以上。

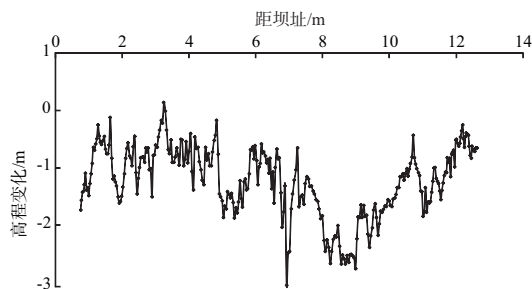


图8 2002—2011年长洲枢纽坝下河床沿程断面平均冲淤变化

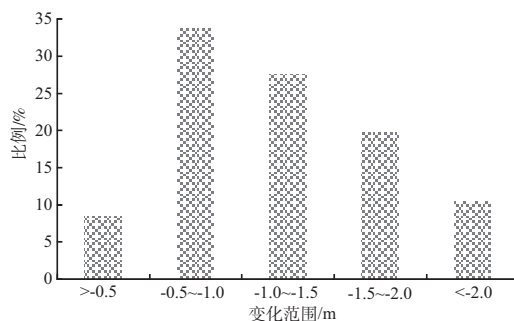


图9 各冲淤范围所占比例

4 讨论

4.1 河床变形的影响因素分析

长洲枢纽的建设,一定程度上改变了天然河流的水文情势特征。枢纽建设期,由于三江分期截流,浔江三江过流变为两江过流,相当于束窄了长洲岛附近河床的过水面积,过流汉道的流速将增大,形成施工期汉道的冲刷。正常运行后,枢纽的泄流受人为影响较大,尤其是调峰发电和枯水期压咸补淡,使得枢纽下泄流量日变幅较大,下游水位经常陡涨急跌,改变了天然河流的水文过

程,其冲淤过程也相应发生变化。这种由于水力学特性改变所引起的河床变形对长洲枢纽坝下河床主要有以下影响:对于外江下游的近坝段,由于电站泄流及泄洪调度等原因,形成了较为明显的冲刷坑现象,在坝下0.75 km以下外江河段,最大冲刷超过了8 m;而在外江和内江合流后的龙圩水道,主槽明显冲刷降低,局部的淤积区也主要位于河岸边滩附近;而在长洲岛下游,三江合流后,来自于上游汉道的泥沙在主槽有所淤积。

航道整治也是长洲枢纽坝下河床变形不可忽视的因素,2006年12月—2009年12月,西江贵港至梧州段进行2 000吨级航道整治工程,航道设计水深由1.8 m提高到3.5 m,长洲枢纽坝下河段,增加了河床下切富裕水深0.3 m,实际挖槽水深为3.8 m,设计底宽为80 m,设计开挖的土方及炸礁在龙圩水道段共计75.8万 m^3 ,洗马滩段合计14.2万 m^3 ,两者合计占2002—2011年间河槽总变形量的8.76%,考虑到超挖及正常运行后为解决坝下水位下落进行的进一步疏浚,航道整治工程所增加的河槽容积可能达到10%以上。

随着西江沿江经济的快速发展,河砂需求旺盛,梧州河段鸡笼洲、高旺沙^[4]、洗马滩等浅滩采砂较为严重。河道采砂造成河床短期内大幅变形,从洗马滩附近河床断面的变化来看,采砂所引起的断面变形在分析河段内河床变形的幅度最大,同时对浅滩的开挖增加了洗马滩附近河道的过水面积,降低了主槽的流速,使得主槽淤积。另外,采砂段河床高程的大幅下降,也将增加对上游河床的溯源侵蚀,加重近坝段河床的冲刷。

4.2 河床下切对于航运的影响分析

长洲枢纽坝下近坝段河床在水动力改变所引起的自然冲淤、航道升级整治、挖沙等作用下的大幅变形,对西江航运具有重要影响。从河床断面的变化来看,河槽展宽加深,有助于增加航槽宽度和降低航道疏浚维护费用,并且滩险上下游的水面比降也将变缓,有利于船舶航行安全 and 提高航段的通过能力,但坝下河床的大幅变形,也

将造成坝下同流量枯水水位的大幅下落,设计最小通航流量时航道水深可能不足,尤其是对于船闸,如果下游预留的水位下降值不够,一旦坝下水位大幅下降,可能造成船闸碍航。

长洲枢纽已建两线船闸的下游设计最低通航水位为5.05 m,其中预留了0.5 m的水位下落值。而实际上,由于枢纽建成前后河床的剧烈变形,同流量枯水水位大幅下降,如2010年2月25日梧州站流量($1\ 100\ \text{m}^3/\text{s}$)接近设计最低通航流量时,梧州站的水位和坝下引航道出口龙圩航道站的水位分别为2.51 m和3.23 m,比设计水位分别低0.55 m和1.42 m。枯水期航道和船闸水深不足,使得过往的船舶无法顺利通过,并经常造成船舶的搁浅,因此引发了多次堵船滞航事件,为解决长洲枢纽枯水期船闸的通航问题,长洲三线四线船闸被迫于2009年提前开工建设。

5 结论

1) 近50多年来,西江梧州水文站的输沙量及含沙量逐渐减小,2003年西江含沙量进入了一个新的低值区,但2003年长洲枢纽的建设并非是造成坝下含沙量降低的主要原因。

2) 长洲枢纽建成前后,坝下近坝段河床在自然冲淤、河道挖砂、航道整治等因素的作用下变形剧烈,但从河床变形的特点来看,应主要为河道采砂和航道整治所致。

参考文献:

- [1] 张明,李民,冯小香.长洲枢纽双线船闸堵船原因分析及对策[J].水道港口,2012,33(2):142-146.
- [2] 谢绍平.西江来沙量变化影响分析[J].广东水利水电,2010(6):25-27.
- [3] 夏莉敏,张玮,雷雪婷.长洲枢纽下游近坝段河道考虑河床粗化的冲刷模拟研究[J].水运工程,2009(12):148-153.
- [4] 吴绪权,严桂强,李卓妮.长洲水利枢纽坝下至界首河床下切现象分析[J].西部交通科技,2008(4):77-80.

(本文编辑 郭雪珍)