

长沙综合枢纽下游远期设计通航低水位论证分析

周作茂

(湖南省交通规划勘察设计院, 湖南 长沙 410008)

摘要: 20世纪90年代以来,湘江下游株洲至长沙河段枯水位持续降低.随着人类活动的加剧、枢纽运行后清水下泄冲刷河床等方面的影响,该河段枯水期水位有进一步走低趋势.为满足远期通航要求,长沙综合枢纽船闸下游按远期将下降1.5 m确定通航低水位.根据湘江株洲至城陵矶河段枯水位变化的情况,分析了该河段枯水期水位变化的主要原因及其变化趋势,在不考虑三峡工程远期不利因素的前提下,论证预留水位下降值的合理性,并采用比降法推算长沙综合枢纽船闸下游远期通航低水位,得出长沙综合枢纽下游预留1.5 m水位下降值是合理且略有富余的结论.

关键词: 枢纽下游通航低水位; 河床下切; 水位下降

中图分类号: U612

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2012)04-0087-05

水利或航电枢纽建成运行后,下游河床发生下切,导致下游水位特别是枯水位下降,这一现象十分普遍.有关规范^[1-2]要求确定枢纽下游设计最低通航水位时应考虑河床下切、电站调节、瞬时流量、航道整治与疏浚等影响.针对枢纽下游河床下切的现象,国内外学者进行了多方面的研究:张柏英等^[3]总结了国内外多人从河床冲刷粗化角度的研究成果,列出了几种坝下河床极限冲刷深度和水位下降值的计算公式;王军等^[4]从输沙角度,用一维数模验证计算了松花江大顶子山航电枢纽运行5~30 a后下游132.7 km河段冲淤变化情况,预测坝下水位下降值;陈一梅等^[5]以人工神经网络原理建立推算水利枢纽下游河段设计最低通航水位的BP神经网络模型,并根据枯季连续73 h沿程水文站点的逐时同步观测数据,用此模型对闽江水口坝下观音寺设计最低通航水位进行计算.上述分析计算一般需要大量、连续的水文或泥沙等资料.

近年来,湘江下游株洲至长沙河段枯水期水位下降幅度很大.长沙综合枢纽位于湘江下游靠近洞庭湖的河段,枢纽建成后其下游河段受清水下泄和砂卵石开采的影响,加上湘江、洞庭湖和长江水文变化对枢纽下游水文的影响,枢纽下游河床将会进一步下切并导致枯水位继续下降.合理确定该枯水位下降值,亦即合理确定长沙综合枢纽下游远期设计通航低水位,对枢纽建设投资、保证枢纽通航设施今后一定时期内正常运行、最大限度发挥航运效益等方面,都是至关重要的.

1 工程概况

长沙综合枢纽是以保证长株潭城市群生产生活用水,适应滨水景观带建设和进一步改善长沙至株洲段通航条件为主,兼顾发电等功能的公益性基础设施工程^[6].枢纽坝址位于湘江下游的蔡家洲河段,下游距洑水河口2.2 km,上游距月亮岛大桥13 km.枢纽主要工程包括2 000 t级双线船闸,闸室有效尺度为280 m×34 m×4.5 m;净宽22 m×26孔和14 m×20孔泄水闸;电站装机容量5.7万kW;6车道坝顶公路桥、鱼道、进场公

收稿日期: 2011-12-20

作者简介: 周作茂(1956-),男,湖南宜章人,研究员,主要从事港口、航道、航电枢纽工程的设计和咨询工作.

E-mail: zhouzm1956@163.com

路等配套设施. 船闸通航水位如下(56 黄海高程): 上游最高通航水位 35.06 m(频率为 5%); 运行期水库放空时和施工期上游最低通航水位为 24.0 m; 上游正常通航低水位挡水期为 29.7 m(敞泄时为 28.4 m), 保证率大于 98%; 下游最高通航水位为 34.88 m, 频率为 5%; 下游最低通航水位近期为 21.9 m(远期为 20.4 m), 保证率为 98%.

2 枢纽河段水文变化及其主要原因

2.1 河段枯水水位和流量变化

株洲至城陵矶河段主要水位(文)站不同时段的水位观测资料分析^[7]见表 1.

表 1 保证率 98% 水位分析比较(56 黄海高程)

Tab. 1 Analysis and comparison of water levels with guarantee of 98% (56 Yellow Sea altitude) m					
站点	1954—1984 年(时段 1)	1985—2002 年(时段 2)	1998—2008 年(时段 3)	时段 2—时段 1	时段 3—时段 1
株洲站	28.31		27.57		-0.74
湘潭站	25.92	25.57	24.87	-0.35	-1.05
长沙站	24.07	23.66	23.12	-0.41	-0.95
湘阴站	20.92	20.67	20.37	-0.25	-0.55
鹿角站	17.74		18.51		0.80
城陵矶站	16.07	17.68	17.73	1.61	1.66

注: 蔡家洲坝址下距湘阴站 46 km, 湘阴站下距鹿角站 62 km, 鹿角站下距城陵矶站 38 km.

从表 1 可见: 株洲至湘阴区间各站近 10 年 98% 历史保证率水位比长系列同频率的水位下降 0.55 ~ 1.05 m, 鹿角和城陵矶站则分别抬高了 0.80 和 1.66 m.

蔡家洲坝址水文分析^[6]表明: 近 10 年 98% 历史保证率水位比长系列下降约 1.0 m, 但同期流量则提高约 17% (由 329 m³/s 提高到 385 m³/s); 近 10 年年平均水位较长系列年平均水位下降 0.4 m, 但同期年平均流量则略有增加(1.5%).

2.2 各因素影响分析

枢纽河段水文受湘江来水来砂、洞庭湖和长江水位顶托等多方面的影响, 此外枢纽建成后坝下河段受清水下泄的冲刷影响、沙卵石开采的影响等. 按目前发展态势, 枢纽下游河段枯水期的水位将会进一步降低. 为合理确定枯水期水位下降的幅度, 须对前述各种影响因素进行定量或定性的分析.

2.2.1 城陵矶枯水位变化的影响 城陵矶水文站(二站)的水位主要受长江干流的影响, 也反过来影响湘江长沙以下河段的水位. 城陵矶七里山站通航低水位变化情况见表 1.

考虑到城陵矶上游的葛洲坝枢纽和三峡枢纽分别于 1985 年和 2003 年开始运行, 因此城陵矶枯水位逐步抬高的原因, 与三峡水库枯水期下泄流量的增加(下泄流量不低于 5500 m³/s, 较坝址处天然情况下最枯流量增加了近 1 倍, 为宜昌站天然情况下 95% 保证率流量 3 200 m³/s 的 1.7 倍)有一定的关系.

有文献^[8-10]认为城陵矶河段水位抬高, 主要原因是城陵矶上游的长江下荆江河段 1966—1968 年在中洲子和上车湾进行人工截弯取直, 以及在 1972 年沙滩子发生自然裁弯, 使荆江河道缩短约 78 km 所致; 另外, 葛洲坝建成及下荆江多处截弯取直后, 葛洲坝下游河道特别是荆江发生冲刷, 城陵矶下游的城陵矶至螺山河段或城陵矶至武汉河段淤积产生顶托所致.

城陵矶河口距长沙枢纽坝址长达 146 km, 目前其抬高的 98% 保证率的枯水位对坝址处的同期枯水位没有明显影响.

2.2.2 三峡水库引起坝下长江河段冲淤对长沙枢纽河段的影响 三峡水库(及葛洲坝水库)一般沿长江河道下泄. 城陵矶距三峡大坝沿长江水路约 500 km. 天津水运科学研究所^[11]经与汉江丹江口水库对下游河道近 30 年的实际影响进行对比分析, 得出城陵矶至武汉河段直到水库运用 20 a 后才转淤为冲; 至第 40 年, 冲刷使下荆江监利站水位降低 4.0 m(6 000 m³/s 时), 城陵矶水位降低 1.5 ~ 2.0 m.

若如上所述,近20 a内城陵矶河段以淤为主,加上枯水流量将增加,则城陵矶枯水位还将有一定的提高;若40 a后城陵矶水位确实下降1.5~2.0 m,将对长沙枢纽以下河段,以及资、沅、澧水下游和洞庭湖区航道造成严重影响,届时必须根据具体情况采取相应的工程措施(如建设洞庭湖口综合枢纽)才能解决。

三峡工程对下游河道冲刷的影响在空间和时间的展开是非常复杂的,分析结果还有待三峡枢纽实际运行一段时间后的验证和修正。因此,三峡枢纽对长沙综合枢纽的不利影响目前难以定量分析,故其不利影响暂未考虑。

2.2.3 湘江来水来沙的影响 湘江长沙以上流域内,已建成诸如涪天河、双牌、东江、欧阳海、青山垅、酒埠江、株树桥、官庄、水府庙、黄材等10座大型水库,水库集水总面积达25 963 km²。湘江干流上还建有宋家洲、近尾洲、大源渡和株洲等大型枢纽水库,这对长沙综合枢纽工程的来水来沙有一定的影响。

株洲、湘潭、长沙、湘阴等水位(文)站和坝址处的水文观测资料分析表明:湘江年径流总量变化在正常范围;枢纽河段枯水期流量有一定增加,年平均水位略有降低,枯水期水位有较大降低。

湘潭站和衡阳站的泥沙资料分析表明,湘江干流水利枢纽工程运行后悬移质含量变化很小,但使河段的推移质输送能力大为减弱,如长沙至株洲枢纽之间干流推移质输沙量由占悬移质输沙量的20%降低为5.6%^[6]。随着干支流上水利枢纽工程的增加,推移质在下游河段的淤积量将会急剧减少。

因此,就湘江上游的来水条件和悬移质输沙而言,对本枢纽及以下河段应该没有不利的影响,但上游诸多枢纽工程拦阻了大多数的推移质,使下游河段被采挖的砂卵石难以得到及时补充(即推移质重新淤积),会导致枯水水位降低。

2.2.4 河床砂石开采的影响 湘江尤其是株洲以下河段砂卵石质地优良,蓄量丰富,容易开采,沿江各行业建筑用砂卵石均来自湘江,目前还通过火车和船舶将湘江砂卵石运至重庆至上海沿江的建设工程。省海事局根据湖南省水上交通流量调查结果,推算出2005—2007年湘江航道矿建材料(绝大部分是砂卵石)运量分别达3 896,4 746和5 458万t。

湘江河段砂卵石开采目前未得到有效管理。开采商无序开采和滥采乱挖,在边滩、洲头等厚度大、水深浅的易开采处大量开采,不需要的弃渣则随意且成堆丢弃在河道中,造成枯水期水域面积增加,河道中坑洼地较多,导致枯水期水流分散,水位降低。因此,结合近期株洲以下河段98%历史保证率水位下降0.55~1.05 m,城陵矶同期水位则抬高了约1.7 m的实际情况,可认为湘江砂石的无序开采、滥采乱挖是造成本河段枯水位下降的主要原因。

3 远期设计通航低水位及其前瞻性

上述分析表明,株洲以下河段由于砂卵石的无序开采和滥采乱挖,导致河床变形剧烈、水位下降。根据目前国内经济建设的发展态势,可以判断近期对湘江砂卵石仍有巨大的需求。长沙综合枢纽工程可行性研究报告中预测2015年、2020年及2030年湘江航道矿建材料运量将分别达6 855,7 100和7 240万t,其中绝大部分发生在株洲以下河段。随着砂卵石的继续大量开采,枢纽以下河段的枯水期水位将进一步下降。

长沙综合枢纽工程设计中根据国内其他水利枢纽下游(如汉江丹江口枢纽)河床的冲刷变形情况、目前砂卵石开采及枯水位下降的实际情况、预测的砂卵石开采量、洞庭湖和城陵矶的水位变化情况,同时考虑到对砂石开采市场的监管逐步到位,在河道中无序挖沙的行为将会逐步得到控制等因素,估计枢纽处下游远期设计低水位将下降1.5 m,即取远期设计低水位为20.40 m。

据湘江下游河段湘阴、鹿角、城陵矶枯水水位情况(见表1),近10 a与1954—1984年长系列数据比较,城陵矶站和鹿角站98%保证率水位分别抬高了1.66和0.77 m。据相关资料^[7]对各滩险设计低水位的比较,并结合城陵矶站和鹿角站设计低水位的抬高情况分析,目前设计低水位维持不变的位置大致在距城陵矶约80 km的营田一带(即湘阴站下游约20 km,距枢纽约66 km,城陵矶距长沙枢纽146 km),其设计低水位约19.3 m。假设今后枢纽下游河段水位进一步下降、城陵矶水位和城陵矶以上湘江洪道枯水水面比降维持不

变(即不考虑城陵矶水位因三峡水库运行后将会出现的不利变化),按表 1 中 1998—2008 年资料所得枯水水面比降,用三角形相似公式,推算坝址处极限低水位为 20.6 m。

由上述分析可知:长沙综合枢纽下游远期设计低水位预留 1.5 m 的下降深度,即远期设计低水位为 20.4 m,比前述估算值低 0.2 m,两者十分接近。因此,在不考虑城陵矶水位将来可能发生的不利影响的前提下,长沙综合枢纽船闸下游门槛按远期设计低水位下降 1.5 m 设计,可确保将来河床下切至极限状态时枯水期仍能保证 2 000 t 级船舶通行水深要求,并还略有富余。

4 结 语

(1)水文资料分析表明,湘江株洲至湘阴河段枯水位呈下降趋势,城陵矶至鹿角河段则呈上升趋势,说明湘江下游河段枯水期水位持续走低的主要原因不是长江和洞庭湖同期水位过低,而是湘江砂石的无序开采、滥采乱挖、随意弃渣所致。

(2)湘江下游河段现有砂卵石是经过相当长时间的水流作用才形成的,上游诸多枢纽工程的拦阻使下游被采挖河段的推移质难以得到及时补充。因此现有砂卵石是有限的宝贵资源,建议相关部门加强管理,规范采挖范围和深度,适当限制开采数量,充分利用各级配砂卵石,禁止随意弃渣,使枯水期流量能归顺主河槽或航槽,保证枯水期航深要求。

(3)湘江下游河段近年枯水位下降幅度和下降速率都较大,航运工程确定设计通航低水位时须认真分析近期的水位和流量资料,建议采用近 15 a 左右的资料,以确保设计通航低水位的可靠性。

(4)分析表明,在不考虑城陵矶水位将来可能发生不利影响的前提下,长沙综合枢纽下游设计通航低水位预留 1.5 m 的下降深度,可确保将来河床下切至极限状态时的航道水深要求,并还略有富余。因此,预留 1.5 m 的下降深度是合理的。

(5)三峡运行多年后,城陵矶河段将由淤转冲,可能会引起城陵矶枯水水位大幅下降,进而对湘、资、沅、澧四水下游和洞庭湖航道造成严重影响。长沙综合枢纽工程设计中难以采取经济合理的措施来适应这种情况,届时只能通过其他工程措施,统筹解决对湘、资、沅、澧四水下游和洞庭湖航道的不利影响问题。

参 考 文 献:

- [1] GB 50139-2004, 内河通航标准[S]. (GB 50139-2004, Navigation standard of inland waterway[S]. (in Chinese))
- [2] JTS 182-1-2009, 渠化工程枢纽总体设计规范[S]. (JTS 182-1-2009, Design code for hydrojunction general layout of canalization works[S]. (in Chinese))
- [3] 王军, 王义安, 于广年. 松花江大顶子山航电枢纽坝下冲刷深度及水位降落研究[J]. 水道港口, 2011, 32(3): 197-201. (WANG Jun, WANG Yi-an, YU Guang-nian. Research on fall of level and degradation below dam of Dadingzishan navigation-power junction[J]. Journal of Waterway and Harbor, 2011, 32(3): 197-201. (in Chinese))
- [4] 张柏英, 李一兵. 枢纽下游河床极限冲刷及水位降落研究进展[J]. 水道港口, 2009, 30(2): 101-107. (ZHANG Bo-ying, LI Yi-bing. Research progress on riverbed ultimate erosion and falling of water level at lower reach of hydro-junction[J]. Journal of Waterway and Harbor, 2009, 30(2): 101-107. (in Chinese))
- [5] 陈一梅, 徐造林. 水利枢纽下游河段设计最低通航水位推算方法探讨[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2002, 32(2): 151-155. (CHEN Yi-mei, XU Zao-lin. Study on method of calculating designed lowest navigable stage at downstream stretch of hydro-junction[J]. Journal of Southeast University(Natural Science Edition), 2002, 32(2): 151-155. (in Chinese))
- [6] 湖南省交通规划勘察设计院. 长沙综合枢纽工程工程可行性研究[R]. 长沙: 湖南省交通规划勘察设计院, 2009. (Hunan Provincial Communications Planning, Survey & Design Institute. Engineering feasibility study of Changsha comprehensive junction project[R]. Changsha: Hunan Provincial Communications Planning, Survey & Design Institute, 2009. (in Chinese))
- [7] 湖南省交通规划勘察设计院. 湘江株洲-城陵矶 2000 吨级航道建设工程预可行性研究[R]. 长沙: 湖南省交通规划勘察

- 设计院, 2009. (Hunan Provincial Communications Planning, Survey & Design Institute. Engineering pre-feasibility study of 2000 t waterway construction of Xiangjiang River from Zhuzhou to Chenglinji[R]. Changsha: Hunan Provincial Communications Planning, Survey & Design Institute, 2009. (in Chinese))
- [8] 段文忠, 郑亚慧, 刘建军. 长江城陵矶-螺山河段水位抬高及原因分析[J]. 水利学报, 2001(2): 29-34. (DUAN Wen-zhong, ZHEN Ya-hui, LIU Jian-jun. Causes of water level rising in Chenglingji-Luoshan reach of Changjiang River[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2001(2): 29-34. (in Chinese))
- [9] 李正最, 汤喜春. 论三峡工程建成后长江城陵汉河段的综合整治[J]. 水电站设计, 2002(4): 10-16. (LI Zheng-zui, TANG Xi-cun. On comprehensive harnessing Cheng-Han reach of the Yangtze River after completion of Three Gorges Project[J]. Design of Hydroelectric Power Station, 2002(4): 10-16. (in Chinese))
- [10] 徐贵, 黄云仙, 黎昔春, 等. 城陵矶洪水位抬高原因分析[J]. 水利学报, 2004(8): 33-45. (XU Gui, HUANG Yun-xian, LI Xi-chun, et al. Analysis of the causes of water level rising at Chenglingji hydrological station of Changjiang River[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2004(8): 33-45. (in Chinese))
- [11] 李宪中, 陆永军, 刘怀汉. 三峡枢纽蓄水后对荆江重点河段航道影响及对策初步研究[J]. 水运工程, 2004(8): 55-59. (LI Xian-zhong, LU Yong-jun, LIU Huai-han. Influences on waterway of Jingjiang River key reach after impoundment of Three-Gorges Junction and research on countermeasures[J]. Port & Waterway Engineering, 2004(8): 55-59. (in Chinese))

Analysis of the long-term downstream design navigable low water level of Changsha navigation-hydropower junction

ZHOU Zuo-mao

(Hunan Provincial Communications Planning, Survey and Design Institute, Changsha 410008, China)

Abstract: Since 1990's, the low water level of the lower reaches of the Xiangjiang River is constantly decreasing from Zhuzhou to Changsha. Due to the influence of the intensification of human activities and riverbed scouring caused by clear water released after the junction project operation, the water level in the dry season has the trend to further decline. To meet the navigation requirements, the low water level of the downstream ship lock of Changsha navigation-hydropower junction will be declined by 1.5 m. Based on the change of the low water level in the Xiangjiang River from Zhuzhou to Chenglinji, the main reason and its changing tendency of the low water level in the dry season have been analyzed. The rationality of reduction value of reserved water level has been demonstrated without considering the long-term adverse factors of the Three-Gorges Project. The slope method has been adopted to calculate the forward low water level of the downstream ship lock of the Changsha navigation-hydropower junction. Thus, the conclusion can be expressed that the reduction value of the 1.5 m reserved water level of the downstream Changsha navigation-hydropower junction is reasonable.

Key words: downstream navigable low water level of the junction; downcutting of river bed; lowering of water level