赣江石虎塘枢纽坝下水位下降试验研究

曹民雄[1]，吴　彬[2]，罗　春[3]，蔡国正[1]

（1. 南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室，江苏 南京　210029；2. 江西省航务勘察设计院，江西 南昌　330006；3. 江西省港航管理局，江西 南昌　330008）

摘要：石虎塘枢纽是赣江中下游的第 3 个规划梯级，坝下沙质河床的水位变化不仅与冲刷下切有关，还与下游峡江枢纽的建设运行有关，需要论证坝下水位下降值，以确定船闸下引航道底板高程与电站装机高程. 通过动床模型试验研究了坝下沿程水位的变化趋势与水位下降值. 结果表明枢纽运行的前 3 年内水位下降幅度较大，运行 9 年后坝下水位下降最大约 1.14 m，其后坝下水位下降趋缓，且水位下降值与下游峡江枢纽的建设运行时间有关，峡江枢纽运行后，坝下水位下降将很快趋缓，石虎塘与峡江两枢纽建设间隔时间越短、石虎塘枢纽坝下水位的下降越小. 试验研究成果为枢纽设计提供了技术支撑，采用水位流量关系中心线确定工程前后同流量水位变化的方法具参考价值.

关　键　词：冲积性河流；坝下水位下降；动床试验；石虎塘枢纽

中图分类号：TV131.61^{+}6　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1009-640X(2013)01-0015-07

赣江是长江流域鄱阳湖水系的第一大河流，赣江流域自然资源丰富，稀有矿产资源储量较大，可开发水能蕴藏量达装机容量 3 437.5 MW，占江西省总量的 67.3%.《江西省内河航运发展规划》提出：结合赣江干流的水资源综合梯级开发，并辅以必要的航道整治措施，2020 年前赣江干流赣州至南昌 450 km 航段达到Ⅲ级航道标准.《江西省赣江流域规划报告》提出赣州以下梯级开发依次有万安、泰和、石虎塘、峡江、永太和龙头山共 6 个梯级（图 1）.

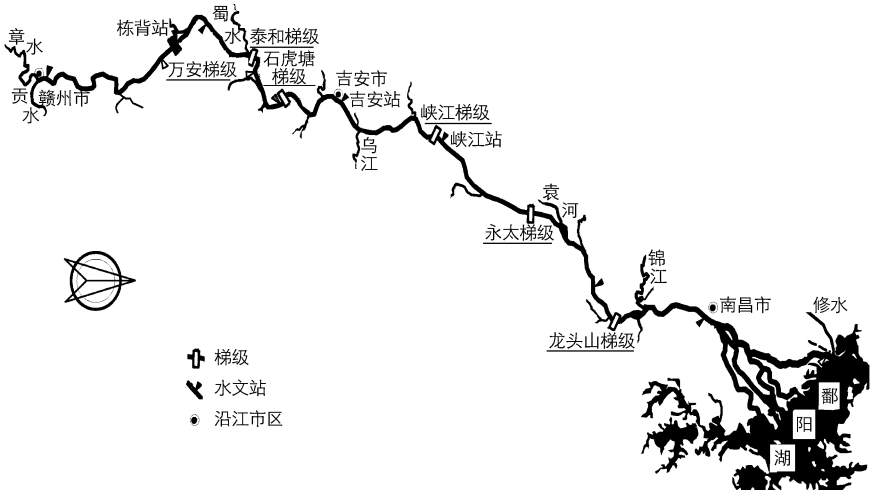


图 1　赣江中下游河势及各梯级位置示意图

Fig. 1　River regime and cascade hydropower stations in the middle and lower reaches of the Ganjiang River

收稿日期：2012-07-15

基金项目：交通运输部联合科技攻关项目（2009-353-336-460）

作者简介：曹民雄（1965-），男，江西永新人，教授级高级工程师，博士，主要从事港口航道与工程泥沙研究.
E-mail：mxcao@nhri.cn

万安电站于 1993 年建成运行,目前石虎塘航电枢纽将先期开工建设,需要研究枢纽下游的水位下降情况,以确定船闸下引航道底板高程,但石虎塘枢纽下游水位变化不仅与坝下冲刷下切有关,还与下游峡江枢纽的建设运行有关,本文主要研究石虎塘枢纽坝下水位下降值,为石虎塘枢纽设计提供参考.

石虎塘航电枢纽位于赣江中游,河道为冲积性河流,枢纽运行后坝下河道将发生冲刷下切,水位逐年下降,直至达到新的水沙平衡. 文献[1-2]总结了坝下水沙过程与沿程水位、流量的变化规律,归纳了电站泄流对坝下设计低水位、通航水流条件(沿程流速、流向与比降的变化)、河床演变、沿线港口与码头等影响;文献[3]分析了坝下河床沿程纵横向冲淤、床沙粒径、泥沙输移特点,揭示了坝下河床交互式向前发展的演变特征;文献[4]分析了贺江白垢和东江老隆水电站、葛洲坝水利枢纽坝下河床地形及沿程水位资料,表明一般河床下切程度大于水位下降幅度. 文献[5]建立了建库前后多年平均洪峰流量变化与河槽下切程度的关系;文献[6]分析了影响水位降落的主要因素、对航运的影响和治理措施;文献[7]表明坝下水位下降幅度沿程趋减;文献[8]详细分析了丹江口水库下游的水沙、地形变化特征,以及河床冲刷平均河底降低深度与水位下降值的关系;文献[9]分析了长江中下游河道冲淤与枯水位及泥沙变化特性. 在以往的分析中,水位下降值多采用坝下水文站计算水位或者某次实测水位与建库前水位比较,但冲积性河流沿程各处的水位流量关系一般具有一定带宽,某次实测水位具有随机性. 同时本文面临的问题有其特殊性,即石虎塘至峡江两枢纽规划水位间存在 13 km 的不衔接段,同时峡江枢纽的建设时间尚不能确定.

1 河道特性与枢纽介绍

1.1 河道及水文特性

赣江自河源至吴城全长 780 km,万安以上为上游,属山区性河流;万安至樟树为中游,长 261 km,河宽一般 600 ~ 900 m,沿河两岸多为沙壤土组成的台地,长期受水流冲刷,岸线崩塌河床拓宽,枯水河面宽浅,枯水期平均比降 0.16‰,形成许多沙质过渡段浅滩,间有砾、卵石质过渡段浅滩,平均浅滩密度达 2.45 个/km;下游樟树至吴城,长 169 km,属平原河流. 万安至吉安河道长 112 km,目前航道等级为Ⅵ级,属万安电站的泄流影响航段,石虎塘枢纽河段的设计最小通航流量 205 m^3/s,航道整治流量 940 m^3/s,多年平均流量 1 160 m^3/s.

石虎塘坝址上游约 60 km 的赣江干流上设有栋背水文站,下游约 30 km 处设有吉安水文站(见图 1),在坝址上游泰和县城附近入汇的支流蜀水上设有林坑水文站. 由 1957—2005 年天然径流系列得到多年平均流量为栋背站 1 060 m^3/s,林坑站 28.8 m^3/s,石虎塘坝址径流以栋背加林坑站径流按面积比推算,得多年平均流量 1 160 m^3/s. 赣江的悬移质泥沙年际年内变化规律与径流基本一致,丰水丰沙、枯水少沙,泥沙主要集中在 4—6 月主汛期,该时期的输沙量占全年的 63.8% ~ 67.2%. 由于万安水库 1993 年下闸蓄水,拦截了一部分泥沙,吉安站和峡江站所测到的悬移质泥沙明显偏少(图 2),说明万安水库近 20 年来拦截了上游来的大部分泥沙.

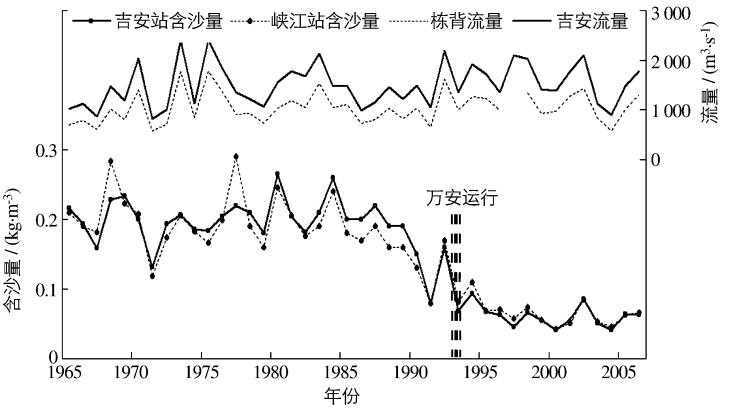


图 2 吉安与峡江水文站年均流量与含沙量变化

Fig. 2 Average annual discharge and sediment concentration of Ji′an and Xiajiang hydrometric stations

在石虎塘枢纽下游 13 km 的河道内选取 8 个钻孔(见图 3),钻孔深为河床表面以下 5 m,河床表面以下 1,2,5 m 处各取 1 个沙样,每个沙样取 1.0 kg 进行颗粒筛分,绘制出颗粒级配曲线图(图 4). 对比床面泥沙与床面下 1 ~ 5 m 泥沙组成,平均中值粒径分别为 3.291 和 3.087 mm,各取样点床面下 1 ~ 5 m 的泥沙组成没有本质区别,主要与地点有关. 坝下 6 km 范围内床沙粒径为 1 mm 以下,坝下 6 ~ 9 km 范围内吉安油库附

近床沙粒径达 3 ~ 8 mm，坝下 9 ~ 12 km 范围内的床沙粒径又为 1 mm 左右，其后床沙粒径再次达 7 mm 左右，可见，沿程河床组成不均匀(图 5). 考虑到枢纽运行后河床变化主要发生在近坝段，同时兼顾坝下 6 ~ 12 km范围内的床沙粒径组成情况，选择平均中值粒径为 1.39 mm 作为床沙的当量粒径，粒径分布参考各沙样的级配，从而配制出代表沙样(图 4).

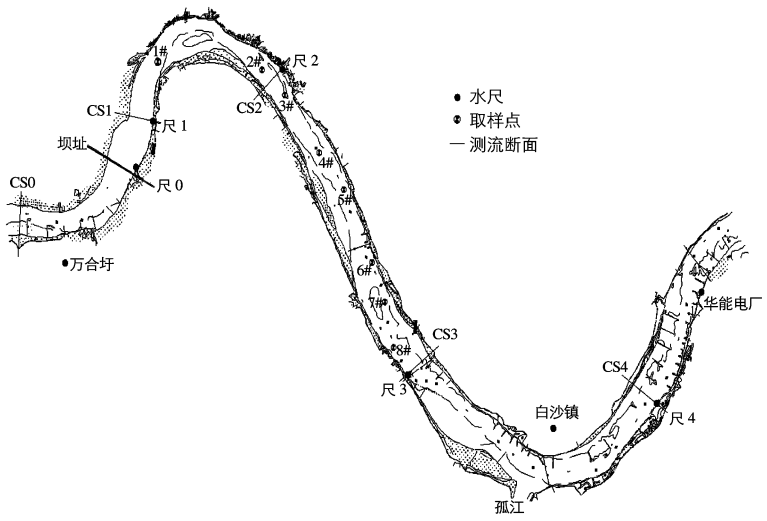


图 3　试验研究河段河势及水文测验布置

Fig. 3　River regime and hydrometric stations of the study reach

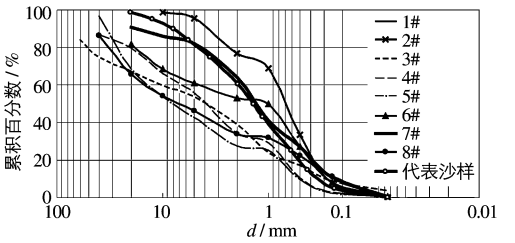


图 4　石虎塘枢纽下游河床泥沙级配曲线

Fig.4　Size distribution of riverbed sediment below Shihutang hydro-junction

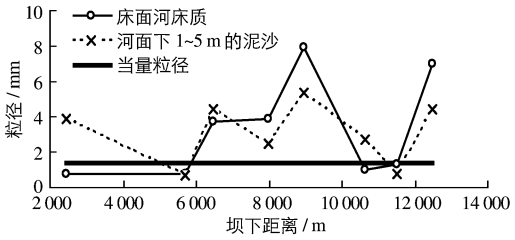


图 5　石虎塘枢纽下游泥沙粒径沿程分布

Fig. 5　Streamwise variation of sediment grain size below Shihutang hydro-junction

1.2　相关枢纽介绍

1.2.1　*万安水利枢纽*　万安水利枢纽位于赣江中游万安县城以上 2 km 处，下距石虎塘坝址 83 km，多年平均流量 953 m^3/s，枢纽以发电为主，于 1984 年 11 月 3 日一期围堰合拢，1990 年 8 月 24 日开始蓄水发电，1993 年完建. 因库区的淹没问题，目前水库按初期运用水位蓄水运行：死水位 83.11 m，正常蓄水位 94.11 m，防洪限制水位 83.11 m；多年平均发电量 11.5×10^8 kW·h，设计水头 22.0 m，最终规模的水库正常蓄水位 98.11 m，总库容 22.14×10^8 m^3，为不完全年调节水库.

1.2.2　*石虎塘航电枢纽*　石虎塘航电枢纽位于赣江中游吉安市市区与泰和县城之间，是一座以航运为主，兼顾发电、防洪等综合效益的航电枢纽工程. 船闸布置在左岸高漫滩上，往右依次布置 23 孔泄水闸(Ⅰ区 7 孔、Ⅱ区 9 孔、Ⅲ区 7 孔)、6 台机组厂房坝段、厂房尾水设置集鱼系统，两岸均采用土石坝段与岸坡连接.

水库调度方式为：在坝址来流量不超过 2 200 m^3/s 时，水库可抬高水位至 57.0 m 运行，水流过机；当坝址来流量在 2 200 ~ 4 700 m^3/s 之间时，水库水位维持 56.5 m，扣除电站过机流量(按 2 200 m^3/s 计)，其余流量从水闸过，此时仅开启Ⅰ区泄水闸(7 孔)；当坝址流量大于 4 700 m^3/s 时电站停止发电，所有来水均从水闸过，为保证下游航道的水位每小时变幅在 1 m 左右，此时除开启Ⅰ区(7 孔)泄水闸外，Ⅱ区(9 孔)和Ⅲ区泄水闸(7 孔)逐步均匀开启；当来流量 $Q\geqslant8\ 000$ m^3/s 时，所有闸门敞泄.

1.2.3　*峡江水利枢纽工程*　峡江水利枢纽工程正处于水利部门前期工作中，位于赣江中游峡江县上游峡谷河段，是一座以防洪、发电为主，兼有航运、灌溉等综合利用功能的水利枢纽. 坝址位于石虎塘航电枢纽工程坝址下游 95 km 处，控制集水面积 62 710 km^2，多年平均流量 1 660 m^3/s. 据《江西省峡江水利枢纽工程项目建议书》提出：水库正常蓄水位 46.0 m，未与石虎塘水电站发电尾水相衔接，死水位 44.0 m，汛期限制水位 45.0 m，防洪高水位 49.1 m，设计洪水位 49.22 m，校核洪水位 49.74 m；水库总库容 16.65×10^8 m^3，为季调节水库；电站采用水轮发电机组 8 台，单机过流能力 587 m^3/s，装机容量 360 MW，多年平均发电量为 11.5×10^8 kW·h，设计水头 8.57 m.

2 物理模型简介

峡江枢纽的正常蓄水位 46.0 m,死水位 44.0 m,从石虎塘枢纽下游河道深泓线来看,如不考虑峡江枢纽库尾的翘尾现象,峡江枢纽的死水位将抵达石虎塘坝下 11.7 km 处. 物理模型试验的范围为石虎塘枢纽以上 4.5 km,以下 24.3 km. 根据试验要求与场地条件限制,模型平面比尺 $\lambda_L=320$,垂直比尺 $\lambda_H=65$. 经过计算比选,采用 $\rho_s=1.15$ t/m^3,$d_{50}=0.08$ mm 的木粉基本能满足起动相似条件.

进行了石虎塘枢纽下游洪水(8 950+201(孤江支流入汇)= 9 152 m^3/s)、中水(1 069+25 = 1 094 m^3/s)、枯水(480 m^3/s)三级恒定流的 4 把水尺水位(尺 1 ~ 尺 4)、5 个断面(CS0 ~ CS4)流速平面分布的验证,以及 2008 年 1 月 21—27 日沿程水尺水位变化过程的验证,同时进行了 2006 年 8 月至 2008 年 1 月的地形验证,均符合《内河航道与港口水流、泥沙模拟技术规程》(JTJ/T 232-98)的要求. 但弯道处因变态模型的流速分布存在偏离,其冲淤变化幅度也存在一定偏差.

为对比枢纽运行后水位下降情况,对 2006 年 8 月至 2008 年 1 月间坝下尺 0 ~ 4 处 5 把水尺的水位流量关系进行分析,可见随着河床的年内冲淤变化,各水尺水位流量关系具有一定的带宽,为避免某次水位的随机性,本文取点群中心线(图 6),查得设计最小通航流量、航道整治流量、多年平均流量等各特征流量下的水位作为工程前水位.

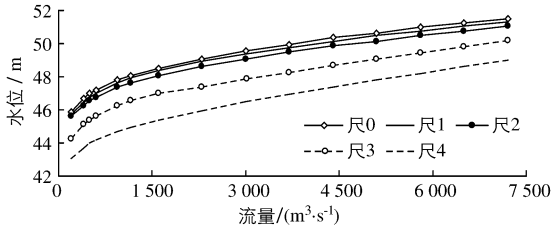


图 6 工程前各水尺水位流量关系曲线

Fig. 6 Stage-discharge relation of each staff gauge before the project construction

3 石虎塘枢纽坝下水位下降分析

3.1 石虎塘枢纽典型下泄流量过程分析

考虑到最不利的来水组合情况,石虎塘枢纽典型的下泄流量过程可采用:①丰-平-平-枯-丰水年的组合;②丰-平-枯水年的组合. 代表年采用万安最终规模调节后石虎塘坝址处的丰、平、枯设计代表年,这样,一方面考虑了栋背水文站至石虎塘坝址的区间入汇流,另一方面具有频率概念,包含着水文系列的固有特性与万安运行调度规则.

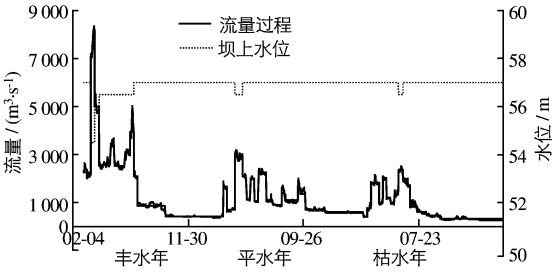


图 7 石虎塘坝址处的组合下泄流量过程

Fig. 7 Combined discharge hydrograph released from Shihutang dam

计算组合①与②的年平均流量分别为 1 241.6 和 1 170.6 m^3/s,表明组合②的年平均流量与本河段枢纽修建前的多年平均流量 1 160 m^3/s 基本接近,石虎塘枢纽为日调节水库,因而选用组合②较为合适. 石虎塘坝址处的“丰-平-枯水年”组合下泄流量过程见图 7,试验中对流量进行了概化,并根据运行调度规则确定了相应流量下的坝上水位与枢纽控制.

3.2 试验方案介绍

石虎塘枢纽运行后坝下水位的下降值与上游来水来沙过程及枢纽运行有关,要准确预测其值比较困难,可以考虑不同水沙条件组合引起的坝下水位变化范围,以及石虎塘枢纽是否完全拦截推移质泥沙过坝、下游峡江枢纽延后不同年份等情况综合考虑为 6 个方案(表 1). 坝下冲刷引起的水位下降主要发生在前面 6 年,因而本次试验时间为 6 年以上.

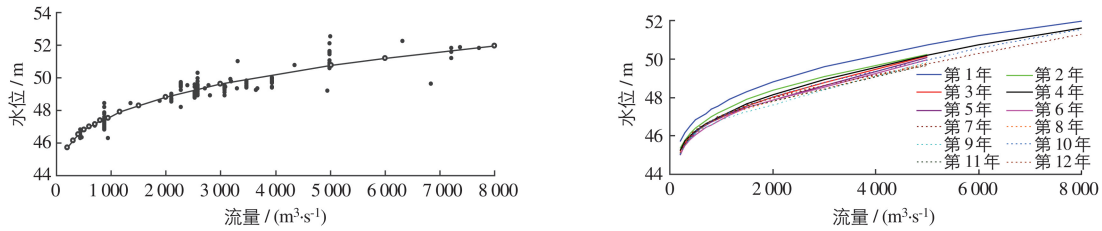
表 1　各方案的试验条件

Tab. 1　Experimental conditions of each scheme

方　案	上游流量控制	上游来沙情况	峡江枢纽	华能电厂的水位过程
Ⅰ	2 组“丰-平-枯水年”的流量	泥沙下泄	没有修建	峡江水位流量关系作为下边界计算得到
Ⅲ	4 组“丰-平-枯水年”的流量	无泥沙下泄	石虎塘运行后 6 年峡江建成运行	前 6 年峡江水位流量关系作为下边界计算，后 6 年的每年 4 月 1 日至 6 月 30 日峡江枢纽以 45.0 m 控制、其余时间以 45.6 m 控制计算得到
Ⅳ	4 组“丰-平-枯水年”的流量	泥沙下泄	石虎塘运行后 6 年峡江建成运行	前 6 年峡江水位流量关系作为下边界计算，后 6 年的每年 4 月 1 日至 6 月 30 日峡江枢纽以 45.0 m 控制、其余时间以 45.6 m 控制计算得到
Ⅴ	4 组“丰-平-枯水年”的流量	泥沙下泄	石虎塘运行后 6 年峡江建成运行	前 6 年峡江水位流量关系作为下边界计算，后 6 年大于 4 700 m^3/s 时峡江枢纽以 45.0m 控制、否则以 45.6 m 控制计算得到
Ⅵ	4 组“丰-平-枯水年”的流量	泥沙下泄	石虎塘运行后 9 年峡江建成运行	前 9 年峡江作为下边界计算，后 6 年的每年 4 月 1 日至 6 月30 日峡江枢纽以 45.0 m 控制、其余时间以 45.6 m 控制计算得到
Ⅶ	3 组“丰-平-枯水年”的流量	泥沙下泄	石虎塘运行后 3 年峡江建成运行	前 3 年峡江作为下边界计算，后 6 年的每年 4 月 1 日至 6 月30 日峡江枢纽以 45.0 m 控制、其余时间以 45.6 m 控制计算得到

3.3　试验结果分析

以方案Ⅳ坝下水位变化过程为例进行分析，首先分析各水尺逐年的水位流量关系(图 8)，确定各水尺逐年的水位流量关系中心线，统计各特征流量下的水位(图 8).



(a)　第 1 年水位流量关系　　(b)　各年的水位流量关系

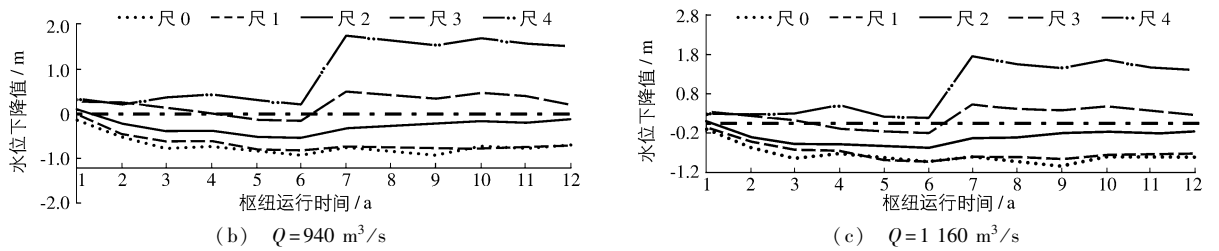
图 8　方案Ⅳ坝下水尺各年的水位流量关系曲线

Fig. 8　Stage-discharge relationships of the staff gauges in each year of Scheme IV

可见，枢纽运行后坝下水位逐年下降，枢纽运行 6 年后整治流量时坝下水位下降 0.9 m 左右，在石虎塘枢纽运行 6 年后峡江枢纽开始运行，坝下 7 km 左右受峡江库区壅水影响，但坝下水位下降在第 9 年达最大值 0.94 m，其后因下游变动回水区淤积而水位略回升至 0.8 m 左右. 可见，运行初期坝上游泥沙被拦截，坝下近坝段因过坝高流速水流冲击及清水下泄引起床面冲刷、河床下切，以适应新的来流条件. 随着床面冲刷下降、水深增加、流速减缓、床面泥沙粗化、河床冲刷趋缓，因而运行初期坝下近坝段演变剧烈，几年后逐渐趋缓，趋缓时段与枢纽对来流过程改变的程度及河床地质有关，同时与下游枢纽回水顶托有关.

坝下水位下降程度沿程减缓，在孤江以下水位反而有所抬高，特别是峡江枢纽运行后，孤江以下河段处于库区，因而河床淤积非常明显，水位大幅度抬高(见图 9)，尺 4 在峡江枢纽运行 6 年后整治流量 940 m^3/s 时水位抬高 2.0 m 左右、而石虎塘枢纽坝下水位下降值维持在 0.8 m 左右(表 2). 表明随着坝下河段沿程日调节波峰流量及流量变幅递减，河床下切幅度沿程递减，水位下降程度沿程减缓，枢纽的影响沿程减弱；从运

行各年的地形变化来看,近坝段冲刷下移的泥沙也逐年下移,引起泥沙输送河段暂时性的水位抬升,同时下游枢纽的回水顶托将加剧变动回水区的回淤. 本文结果与文献[10]中葛洲坝、万安、水口三枢纽坝下枯水期同流量下的水位下降值(分别为 1.00,1.10 和 1.46 m)基本一致.



(a) Q=205 m^3/s

(b) Q=940 m^3/s

(c) Q=1 160 m^3/s

图 9 方案Ⅳ坝下沿程水位下降情况

Fig. 9 Fall of stage below dam of Scheme IV

表 2 流量 940 m^3/s 时坝下水位逐年下降情况

Tab. 2 Fall of stage below dam during discharge 940 m^3/s m

方 案	上游来沙	枢纽修建	流量为 940 m^3/s 时水位下降值			
			第 3 年	第 6 年	第 8 年	第 12 年
Ⅰ	有	峡江枢纽没建	0.73	0.91		
Ⅲ	无	石虎塘运行后 6 年峡江建成运行	0.82	1.05	0.99	0.91
Ⅳ	有	石虎塘运行后 6 年峡江建成运行	0.76	0.93	0.94	0.78
Ⅵ	有	石虎塘运行后 9 年峡江建成运行	0.75	0.96	1.14	1.00
Ⅶ	有	石虎塘运行后 3 年峡江建成运行	0.71	0.60	0.64	

4 结 语

在石虎塘枢纽运行的前 3 年内坝下水位下降幅度较大,水位下降达 0.75 m 左右;运行 6 年后水位下降达 0.94 m 左右,其后坝下水位下降趋缓,运行 9 年后坝下水位下降最大达 1.14 m 左右.

从各年的坝下水位下降值来看,因中枯水期坝上高水位运行、上游来沙多淤积在库区,坝下近似清水冲刷、水位下降明显,特别是平水年的水量适中、水位下降明显,而枯水年尽管少有泥沙下泄、但水量较小、引起的水位下降次之. 而丰水年尽管水量大,但大量泥沙随水流而下,坝下水流的非饱和程度得到缓解,河床略有淤积、坝下水位略有回升.

从坝下沿程的水位下降值来看,水位下降值沿程减小,随着近坝段泥沙的冲刷下移,下游有些河段的水位反而有所抬高. 石虎塘枢纽坝下水位的下降值与峡江枢纽的运行时间直接有关,峡江枢纽运行后,石虎塘坝下 7 km 附近受库区壅水影响,坝下水位下降将趋缓,峡江枢纽运行越早、石虎塘枢纽坝下水位的下降越小.

参 考 文 献:

[1] 曹民雄, 庞雪松. 电站泄流对坝下航道影响研究进展[J]. 水利水运工程学报, 2011(2): 94-104. (CAO Min-xiong, PANG Xue-song. Research progress of hydropower plant influence on the downstream navigation channel[J]. Hydro-Science and Engineering, 2011(2): 94-104. (in Chinese))

[2] 王志力, 耿艳芬, 金生. 安康枢纽下游非恒定流数学模型研究[J]. 长江科学院院报, 2005(5): 4-7. (WANG Zhi-li, GENG Yan-fen, JIN Sheng. Investigation of downstream unsteady flows of Ankang Hydraulic Power Station with mathematical model[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2005(5): 4-7. (in Chinese))

[3] 张云霖，席锡纯. 黄河天桥水电站坝下河床演变的分析[J]. 水文，1995(1)：30-35.（ZHANG Yun-lin，XI Xi-chun. Analysis on fluvial process downstream Tianqiao hydropower plant of Yellow River[J]. Journal of China Hydrology，1995(1)：30-35.（in Chinese））

[4] 夏小仲. 水电枢纽下游河床下切问题的分析研究[J]. 人民珠江，1995(2)：28-30.（XIA Xiao-zhong. Study on channel erosion below dams[J]. Zhujiang River，1995(2)：28-30.（in Chinese））

[5] 周志德. 水库下游河床冲刷下切问题的探讨[J]. 泥沙研究，2003(5)：28-31.（ZHOU Zhi-de. River channel erosion below dams[J]. Journal of Sediment Research，2003(5)：28-31.（in Chinese））

[6] 李华国. 枢纽下游水位降落问题探讨[J]. 水道港口，2006(4)：217-222.（LI Hua-guo. Discussion on fall of level at the down reach of dams[J]. Journal of Waterway and Harbor，2006(4)：217-222.（in Chinese））

[7] 贾锐敏. 丹江口水库下游河床冲刷与水位降落对航道的影响[J]. 水道港口，1992(4)：12-22.（JIA Rui-min. The influence of channel erosion and water level decreasing on channel downstream Danjiangkou Reservoir[J]. Journal of Waterway and Harbor，1992(4)：12-22.（in Chinese））

[8] 罗春，杨进生，吴彬. 赣江下游河段设计最低通航水位计算方法[J]. 水利水运工程学报，2002(4)：54-56.（LUO Chun. YANG Jin-sheng，WU Bin. Computation of designed lowest navigable stage in lower reaches of Ganjiang River[J]. Hydro-Science and Engineering，2002(4)：54-56.（in Chinese））

[9] 杨国录，向浩，余明辉，等. 长江中下游枯水位与河床冲淤变化[J]. 武汉大学学报：工学版，2009(1)：64-68.（YANG Guo-lu，XIANG Hao，YU Ming-hui，et al. Variations of low water level and river bed in middle and lower reaches of Yangtze River[J]. Engineering Journal of Wuhan University，2009(1)：64-68.（in Chinese））

[10] 刘书伦，陶正和. 国内已建枢纽通航建筑物泥沙问题调查[R]. 武汉：长江航道局，2001.（LIU Shu-lun，TAO Zheng-he. Research sediment problem on existed navigation structures in China[R]. Wuhan：Changjiang Waterway Bureau，2001.（in Chinese））

Experimental study on fall of stage downstream of Shihutang hydro-junction on the Ganjiang River

CAO Min-xiong[1]，WU Bin[2]，LUO Chun[3]，CAI Guo-zheng[1]

(1. *State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering*，*Nanjing Hydraulic Research Institute*，*Nanjing* 210029，*China*；2. *Jiangxi Province Navigational Affairs Reconnaissance Design Institute*，*Nanchang* 330006，*China*；3. *Jiangxi Province Port and Shipping Administration Bureau*，*Nanchang* 330008，*China*)

Abstract：The Shihutang hydro-junction is the third planned cascade project in the middle and lower reaches of the Ganjiang River. Stage change in the sandy bed channel below the dam is not only associated with riverbed downcutting，but also linked to the construction and operation of the Xiajiang hydro-junction in the lower reach. Therefore，it is necessary to demonstrate the fall of stage below the dam to determine the elevation of the lock floor of the lower approach channel and the installed plant. Mobile-bed model tests are used to study the trend and value of stage change below the dam. The research results show that in the first three-year operation，water level declines dramatically；after nine-year operation，the maximum fall of stage is about 1.14 m，then it declines slightly. Meanwhile，the falling value is related to the operation time of the downstream Xiajiang hydro-junction. When the Xiajiang hydropower station is put into use，stage falling below the dam becomes stable rapidly. The shorter the construction time span between the two stations is，the smaller the stage decline below the Shihutang hydropower station is. The findings provide technical support for the design of the hydro-junction and the analytical method is of reference value.

Key words：alluvial stream；fall of stage below dam；mobile-bed model test；Shihutang hydro-junction