

三峡工程建成后长江中游应该关注的问题

Problems in the Mid-Yangtze River after the Commencement of the Three Gorges Project (TGP)

周建军/ZHOU Jian-jun

清华大学水利系, 北京 100084

Department of Hydraulic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China

[摘要] 三峡工程在 2008 年基本建成后, 将为长江中游带来重大的防洪效益; 但是, 水库大量拦沙将使荆江河段泥沙出现严重不平衡, 泥沙冲刷将会对长江中游带来深刻的影响和一系列问题。此外, 三峡水库的有效防洪能力相对较小, 尽管近年来城陵矶附近的防洪形势严峻, 但是, 单靠三峡工程并不能解决城陵矶附近防洪的问题。从最危险的角度, 提出了如果荆江发生严重冲刷和三峡承担城陵矶调度任务等将产生的问题, 以便供有关的研究和规划参考。

[关键词] 泥沙; 河道冲淤; 洪水; 三峡工程; 长江

[中图分类号] P332, TV145, 147

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)05-0049-06

Abstract: The Three Gorges Project (TGP) will bring about tremendous benefits for the mid-Yangtze River after its commencement in 2008. We should, on the other hand, also pay close attention to problems it might incidentally cause. For instance, the trapping of sediment by the TGP reservoir will cause the river downstream of the dam lose its equilibrium in sediment fluxes for a long time and bring about scours and river regime changes in the Jingjiang reach. If too much erosion take place in the Lower part of the Jingjiang reach, the flood conditions for the area around the Chenglingji reach and the Dongting Lake would be seriously affected. It seems to the author that the TGP could not have the ability to protect the said area if the main task in protecting Jingjiang reach should be ensured, since the capacity of the TGP reservoir is comparatively small. The problems for the Chenglingji and Dongting Lake should, however, be carefully studied and well settled with more measures.

Key Words: sedimentation; river scouring and deposition; flood; Three Gorges Project; Yangtze River

CLC Numbers: P332, TV145, 147

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)05-0049-06

1 前言

三峡水库建成后将为长江中下游带来很大的防洪效益, 特别是对提高荆江防洪安全具有重大意义。同时, 如果调度得当, 对减轻整个长江中游的防洪压力也可以起到相当大的作用。这是三峡工程建设的根本任务。但是, 我们也应该看到, 三峡水库对于长江中游的洪水, 其有效调节能力非常有限。三峡水库不可能完全解决长江中游的洪水问题。

长江中游是千百年来自然水流与泥沙相互作用的产物, 是著名的冲积河流。长江中游河流相对稳定是依靠泥沙冲淤平衡来维持的。三峡水库拦蓄大量泥沙后, 必然破坏长江中游冲淤平衡条件。这会给长江中游带来什么样的影响, 依靠我们目前在河流动力学方面的知识尚难以准确判定。但有一点是明确的, 就是如果荆江河道出现大幅度冲刷, 则无论是对长江中游的防洪形势, 还是对洞庭湖区的生态环境, 都会带来巨大的不利影响。河流动力学是不成熟的学科, 我们对泥沙和河道运动变化规律的掌握程度非常有限, 现在还难以判断荆江是否会出现大幅度冲刷。所以, 对

三峡工程的能力估计应保持审慎态度, 在可能会出现的问题方面留有充分的余地。应该密切关注三峡蓄水后的河道冲淤变化趋势, 充分认识和暴露可能存在的问题, 以利于利用三峡蓄水后的难得时机, 认真观察和严格检验泥沙研究成果, 密切注意长江中游河道冲淤和河型变化趋势, 保持“居安思危”的科学态度, 使我们有能力面对和解决今后可能出现的问题, 更有效地保证三峡工程发挥作用, 减轻长江洪水对沿岸人民的危害。

2 清水冲刷对长江中游河道和防洪的影响

三峡水库大量拦蓄泥沙、下泄低含沙清水将导致荆江河道冲刷, 改变长江与洞庭湖相对平衡的水沙关系, 对长江中游防洪形势将产生复杂和深远的影响。在这些影响中, 河道适当冲刷和降低洪水位将有利于长江防洪。但是, 其不利影响更需要密切关注。归结起来, 最值得关注的是: 下荆江河段发生大幅度冲刷、淘刷堤前滩地危及长江堤防, 导致城陵矶以下河道淤积; 荆江发生河型变化; 上荆江水位降低, 使进入洞庭湖径流和洪水减小, 降低洞庭

来稿日期: 2006-02-12

基金项目: 国家“973 计划”项目 (2003CB415203), 国家自然科学基金项目 (50221903)

作者简介: 周建军, 男, 北京海淀区清华园清华大学水利系, 教授, 主要研究方向为水力学及河流动力学; Email: zhoujj@mail.tsinghua.edu.cn

湖的生态功能和环境容量,增加下荆江洪水流量。

2.1 关于荆江冲刷

根据长江科学院数学模型计算成果^[1],三峡水库蓄水后排泄泥沙比例在较长时间内有很大减少,泥沙将严重细化。在30至40年内,三峡下泄泥沙将不足天然的40%,粒径不足天然的1/3。在这样的条件下,长江中游将发生大范围的冲刷。根据长江科学院^[2]和中国水利科学研究院^[3]的数学模型计算,前30年宜昌至城陵矶河段分别将冲刷18亿m³或19亿m³,其中在只有170 km的下荆江冲刷数量占67%或75%。如按中水河槽宽1 000 m计^[4],平均河床冲刷降低将达到7.1 m或8.5 m。

荆江是著名的冲积河流。下荆江是在古云梦泽淤积三角洲上形成的,河床下有几十米的覆盖层,具有细沙和黏土交替的二元结构。河床泥沙细、易冲,为大量冲刷提供了充足的来源。同时,荆江冲刷、水位下降将导致松滋口等三口向洞庭湖分水减少,增加进入下荆江的流量又会促进下荆江冲刷。据长江科学院的计算结果^[2],冲刷后每年进入下荆江的水量将增加270亿m³(增加7%水量);按中国水利科学研究院的计算结果^[3],30年后,当枝城流量大于50 000 m³/s时,下荆江的洪水流量可比现在提高20%。可见,三峡蓄水后清水下泄将不断加强冲刷下荆江,荆江发生大规模冲刷的可能性是存在的。但是,需要看到上述冲刷所产生的洪水水位降低是有限的,而且冲刷还可能为下荆江堤防安全和河势控制带来不可忽视的困难。20世纪60年代以来,由于荆江裁弯取直和葛洲坝水库拦沙等原因,荆江河道一直处于冲刷状态。上、下荆江1965–1996年分别冲刷3.8亿m³和4.5亿m³(其中1965–1993资料源自长江科学院^[4],1993–1993资料源自长江委水文局^[11])。但是,相应于冲刷却没有使监利等站的洪水水位降低。一方面,由于城陵矶以下淤积对下荆江顶托抬高水位;同时,也由于荆江冲刷大量减少了松滋等三口向洞庭湖分流的比例,增加了下荆江洪水流量。1998年洪峰期间,三口分流比例只有27.5%,比1954年减少了13.7个百分点。在枝城,洪峰流量比1954年小3 100 m³/s条件下,1998年监利最大流量反而增大9 800 m³/s,达到46 300 m³/s,监利洪水水位比1954年抬高1.74 m^[11]。

三峡蓄水后,冲刷可使下荆江同流量水位得到降低。按长江科学院计算结果^[2],在冲刷最大时,下荆江流量37 000 m³/s,监利水位将下降1.1 m,其中还包括了计算认为城陵矶以下冲刷使城陵矶水位降低0.84 m而减少顶托的作用。但是,由于三口分流比例减少,进入下荆江的流量大量增加。中国水利科学研究院预计分洪比例将减少13.4%^[3]。这样,在枝城设计流量56 700 m³/s情况下,下荆江流量将增加7 600 m³/s,达到48 700 m³/s。这比1998年监利最大流量还会大2 400 m³/s。洪水流量增加相应使监利站洪水水位抬高,抵消了冲刷得到水位降低的效果。而且,若城陵矶以下不是如长江科学院和中国水科院预计的出现较大冲刷和水位降低,则下荆江的防洪形势更不容乐观。而且,三口分洪道从20世纪50年代以来持续萎缩,到80年代末,分流比已经减少50%以上。若下荆江冲刷和分流比例减少进一步促进三口萎缩(特别是藕池口),则下荆江洪水流量更将增加。下荆江冲刷后,长江遇一般洪水就有可能使下荆江的流量超过1870年以后的最大洪峰流量,而且大流量持续时间更长。下荆江防洪大堤将面临严重考验。

2.2 关于荆江河型变化

下荆江是蜿蜒河道,又是地上悬河。若河型变化使下荆江更曲或更直,都会严重影响堤防和航道安全。目前,各种数学模型和实体模型研究没有考虑河道可能在平面上变化。韩其为等^[5]认为,三峡蓄水后下荆江河型不会发生大的变化。而王明甫等^[6]则认为,届时下荆江因侧蚀有所加强,将进一步向弯曲方向发展。考虑到下面情况后,笔者倾向于王明甫等的观点。历史上,下荆江弯曲蜿蜒表明河床与河岸具有形成蜿蜒的内在条件。在河道边界特性一

定的条件下,决定蜿蜒的主要因素为水沙条件。荆江裁弯后,河道长期维持了微弯河型,其原因可能与流量和比降同时加大有关。韩其为等^[5]的主要依据是认为下荆江流量增加使水流动力轴线趋直、洪水切滩能力增加而抑制蜿蜒发展。但是,三峡蓄水后,冲刷使比降减小、降低水流动力轴线趋直的作用更不可忽视。而且,水槽试验表明,在一定条件下,流量增加也有增强蜿蜒的趋势。衡量水流惯性的综合指标应该是弗氏数,弗氏数越大、水流趋直可能性越大,相反则更受枯水弯曲河槽制约而趋弯。公式(1)是引入谢才公式后的弗氏数表达式:

$$F_r=(\frac{Q}{B})^{0.2}\frac{J^{0.9}}{gn} \quad (1)$$

其中, Q 是流量, B 是河宽, J 是河道比降, n 是糙率, g 是重力加速度。可见,流量增加对增加下荆江水流动能作用的效果有限。而且,因河宽随造床流量加大而加大($B \propto Q^{0.5}$),单宽流量变化的作用更小。相反,在今后径流和洪水流量大幅度加大条件下,可能产生两方面的问题。一方面冲刷使下荆江的水面比降减小而降低弗氏数。根据长江科学院^[2]计算,冲刷最大时下荆江枯水和洪水比降分别减少17%和19%。高水位时,比降由现在(1993)的0.404‰减小到0.361‰。中国水利科学研究院^[3]计算下荆江冲刷数量更大,估计高水位时比降将比天然减少40%。所以,冲刷后下荆江将趋于裁弯前强力蜿蜒河型的比降0.32‰~0.34‰^[7]。同时,冲刷使床沙粗化,糙率增加也有助于水流弗氏数减小、动能作用减弱。另一方面,由于长江与洞庭湖的关系变化使下荆江大流量、高水位出现几率增加,特别是大流量持续时间增加,滩地淤积和凸岸发育的可能性也还存在。同时,三峡调节使冬季枯水流量加大,枯水作用加强会促进河道弯曲。更进一步,若城陵矶以下万一淤积,则城陵矶水位对下荆江的顶托还会加强。在河床大幅度冲刷使主槽降低的前提条件下,下荆江向蜿蜒转化的可能性是存在的。如果河型变化较大,加上8 m左右的平均河槽冲刷,下荆江堤防安全势必面临严重挑战。

2.3 关于城陵矶以下河道冲刷

城陵矶至武汉河段(城汉河段)是长江汇集洞庭水沙后的总干流,在长江中游防洪体系中具有重要地位。根据长江委的研究(长江水利委员会《长江流域防洪规划简要报告》,2003–04),由于1954年后泥沙淤积,在其他条件不变的情况下,同时针对1954年洪水,城陵矶附近的分洪量将由320亿m³增加到480亿m³。增加数量与三峡防洪库容成同一数量级。可见,荆江发生大量冲刷后,本河段冲刷或淤积对长江中游防洪形势具有决定的影响。在有利方面,若城陵矶水位降低,可大量增加下荆江和整个长江中游河道泄洪能力,可降低洞庭湖水位,增加洞庭湖调蓄能力。但是,若城汉河段发生淤积,则将对长江中游防洪形势带来严重的不利影响。

长江科学院^[2]和中国水利科学研究院^[3]的计算结果都显示,城汉河段随荆江冲刷也发生大量冲刷。30年内,本河段冲刷量将达到5.5亿m³。考虑到计算同期汉口以下基本不冲刷,若冲刷近似按线性分布,折合城陵矶附近将冲深2.5 m。韩其为根据[2][3]认为^[8],这对长江中游防洪会发挥很大作用,相当于增加荆江和城陵矶附近70亿m³防洪库容,是三峡工程的另一防洪效益。若城汉河段真的发生冲刷,笔者同意这一观点。但是,韩所引用上述计算成果在定性上值得慎重商榷^[9]。

根据文献[3],在前20年,城陵矶以上河道共冲刷19.9亿t,其中大于0.1 mm粗沙占91.8%。即使忽略同期三峡下泄粗沙,每年进入城陵矶以下河道的粗沙量亦达0.91亿t。而天然情况下(1981–1996)相应输沙量仅0.419亿t(螺山)和0.207亿t(汉口)^[2]。荆江冲刷后,进入城汉河段粗沙量是天然的2.2和4.4倍!根据文献[3]提供的床沙资料,1993年城汉河段小于0.1 mm泥沙在床沙

中所占比例不足 0.5%。所以,0.1 mm 以下的泥沙处于冲泻质范围,大于 0.1 mm 的粗沙是决定城汉河段冲淤的主体。天然条件下(1993 年前)城汉河段是淤积的,文献[3]给出造床泥沙成倍增加,城汉河段还会冲刷吗?其可靠性显然值得商榷。与其结论相反,按文献[3]计算的荆江冲刷结果,若以天然条件下汉口的粗沙输沙量为平衡标准,今后城汉河段可能发生大规模淤积,年淤积幅度可能达 0.5 亿 t。

城汉河段是荆江与洞庭湖水系汇合后的总水道。因本河段比降甚小,挟沙能力小,在天然条件下,本河段多为微弱淤积。荆江或洞庭湖水沙条件受到扰动时,本河段多出现淤积^[10]。图 1 是长期以来城汉河段冲刷和荆江冲刷的对应关系。城陵矶以下淤积和荆江冲刷完全正相关。荆江冲刷,则城汉段淤积;而荆江淤积时,城汉河段冲刷。

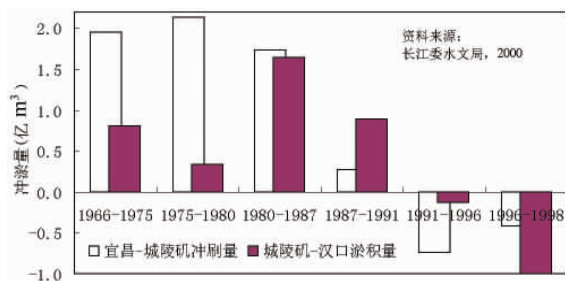


图 1 1966 年以来,荆江冲刷和城陵矶以下淤积的对应关系
注:图中宜-城段冲刷为正,城汉段淤积量为正

Fig. 1 The deposition of the reach bellow Chenglingji vs. the scour of the Jingjiang reach

若荆江持续大幅度冲刷,城汉河段能否逃出上述规律?对此,首先当然要看到,三峡水库大量拦蓄泥沙;即使荆江冲刷,进入城汉段泥沙总量确实减少了。这有利于推动城汉段冲刷。同时也必须看到,泥沙颗粒变粗会降低相同水力条件下的输沙能力。不能简单依据总输沙量判断冲淤。根据冲积河流河相关系^[12]得河流挟沙能力:

$$\Phi = K \left(\frac{Q^{0.3} J^{1.32}}{n^{2.4} \omega} \right) \quad (2)$$

上式可用来分析城汉段淤趋势,其中 ω 是泥沙沉降速度。按表 1 给出的分组输沙资料^[2],螺山段面天然、10 和 20 年后悬沙平均沉速分别为 0.325 cm/s、0.81 cm/s 和 0.634 cm/s。相应进入城汉段悬沙的平均沉速是螺山天然的 2.5 和 2 倍,是汉口的 3.6 和 2.8 倍!这是荆江大量冲刷床沙,使悬沙粗化的结果。今后,城汉段造床流量应基本不变,而冲刷使比降减小、糙率增大。这些都利于减小挟沙能力。仅计悬沙粗化,由公式(2)计算,10 和 20 年时螺山段面挟沙能力将只有天然的 43% 和 53%,汉口只有 31% 和 39%。设天然输沙量平衡(实际上是淤积的,更危险),依据天然输沙量推算,10 和 20 年时螺山断面全沙输沙能力将分别降低到 1.8 亿 t/a 和 2.2 亿 t/a,汉口降低到 1.2 亿 t/a 和 1.5 亿 t/a。这些数据小于表 1 所列的任一全沙输沙率。文献[3]计算的荆江冲刷量更大,进入城汉段粗沙更多。所以,若出现文献[2]或[3]预计的荆江冲刷,城汉河段必然淤积。

再退一步,即使如文献[2]和[3]所称,城汉河段不会淤积,汉口以下怎么办?图 2 是长江中下游河道比降沿程变化情况。由公式(2),长江下游河道比降沿程递减,对挟沙能力影响很大。长江下游长期以来主要是处于堆积状况。比如,1970-1996 年,尽管丹江口蓄水已大量减少了汉口以下河道输沙量,但是汉口-九江枯水和平滩水位下仍分别淤积 1.4 亿 m³ 和 3.4 亿 m³^[11]。若三峡建成后城汉河段也同时冲刷,根据文献[2]和[3]的计算结果,前 20 年进入

武汉以下大于 0.1 mm 的粗沙量将是天然 100 年以上的数量,每年超过天然粗沙输沙量达到 0.9 亿 t,汉口以下必定会严重淤积。确保武汉安全是长江中游防洪的主要目标之一。淤积抬高武汉水位,对防洪的影响也不可忽视。

表 1 天然和冲刷 20 年螺山等断面分组输沙量^[2]

(单位:亿 t/a)

Tbl. 1 Sediment fluxes across Luoshan gauge station in nature and for the case after 20 years of scouring^[2]

时间段	分组 沙量						全沙量	平均沉速 ^① (m/s)
	d<0.01mm	0.01-0.025	0.025-0.05	0.05-0.1	0.1-0.25	d>0.25mm		
螺山天然 ^②	0.939	0.877	1.06	0.819	0.348	0.071	4.11	0.003 25
冲刷 10	0.797	0.461	0.288	0.197	0.734	0.233	2.71	0.008 10
冲刷 20	0.876	0.481	0.278	0.143	0.684	0.114	2.58	0.006 34
武汉天然 ^②	0.976	0.905	1.043	0.788	0.184	0.023	3.92	0.002 26

注:① 平均沉速为加权平均: $\omega^m = \sum q_{si} \omega_{si}^m / \sum q_{si}$, q_{si} 为分组沙量; ② 指 1981-1996 年。

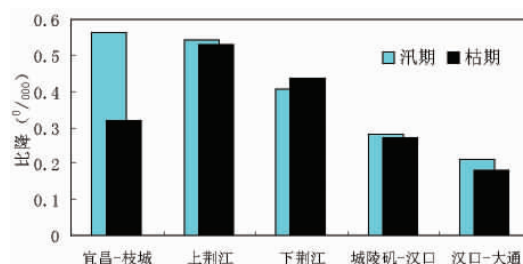


图 2 长江下游河道比降情况

Fig. 2 The slope of the Yangtze River from Yichang to Datong

当然,到目前为止,笔者只有理由认为城汉河段存在淤积的可能性,在充分性上还不能肯定城汉河段会大幅度淤积。但如前面指出,若城汉河段真出现大量淤积,对长江中游防洪的不利影响是严重的。所以,建议有关部门对此引起高度重视。最可靠的途径当是依靠三峡蓄水后的原型观测。加强原型观测和分析是当前极其重要的工作,依据原型观测尽早得到城汉段河道冲淤趋势是十分重要的。同时,有必要考虑最不利的结局并认真研究对策,防患于未然。在城汉河段冲淤定性趋势落实前,乐观断定三峡工程会对城陵矶附近防洪形势带来显著好处^[8]是极其危险的。

3 三峡水库能否承担城陵矶的防洪任务

三峡工程的防洪任务是提高荆江防洪标准,保证荆江可在百年一遇洪水时不分洪;在千年一遇或类似 1870 年洪水条件下,结合荆江分洪区使用可保证荆江不出现毁灭性灾害。三峡的防洪调度是控制进入荆江(枝城断面)洪水流量,故称为枝城调度方案。枝城调度的性质决定了三峡水库主要用于削减荆江大洪峰,而对长江中游普通洪水作用较小。这是客观考虑了三峡水库的防洪能力并切实保护长江中游的方案。

为了更多地发挥三峡对长江中游一般洪水的防洪效益,在论证期间还研究了城陵矶补偿调度方案。该方案的主要目的是减少城陵矶附近分洪量。为同时兼顾荆江防洪,提出将三峡水库的防洪库容划出约 100 亿 m³,用以保证通过城汉河段的流量不超过 60 000 m³/s;在此基础上再承担枝城调度的任务。由于城陵矶以下超过 60 000 m³/s 的洪水量和出现几率都较大,所以城陵矶调度要求三峡水库拦蓄的洪量和频率都加大。考虑到城陵矶调度将降低荆江的防洪安全,在论证期间城陵矶调度没有得到通过。当然,还有一个重要的原因影响城陵矶调度方案的通过,就是会增加三峡水库泥沙淤积,对三峡坝区和变动回水区通航不利。

表3 三峡按枝城、城陵矶调度等方案的
(1954年洪水)结果比较
Tbl. 3 Results of the 1954-flood after regulation of
TGP with different operation schemes

调度方案	水库情况		荆江情况		城陵矶情况	
	拦洪量 (亿 m ³)	最高坝前 水位(m)	分洪量 (亿 m ³)	最大流量 (m ³ s ⁻¹)	分洪量 (亿 m ³)	最大流量 (m ³ s ⁻¹)
枝城调度	98.7	163.7	0.0	56 700	335.5	79 800
城陵矶调度	195.1	171.3	18.9	65 900	250.1	79 800
先分洪的城陵矶调度	140.4	169.5	0.0	56 700	273.4	78 860

出现较大洪水时就知道后期荆江是否会出现特大洪水。以三峡水库的防洪能力, 即使对 1954 年洪水实行城陵矶调度也是很危险的。

3.2 枝城调度对城陵矶附近的不利影响

为尽快腾出防洪库容迎接后续洪峰, 枝城调度方案在洪峰过后需要按荆江控制流量 56 700 m³/s 凑泄洪水。这是三峡连续发挥防洪作用所必须的, 但却忽视了城陵矶附近的防洪形势, 容易造成同一洪水同时占用三峡水库和城陵矶分蓄洪区的不合理现象的发生。

图 4 是三峡按枝城调度调节 1954 年洪水对荆江和城陵矶附近影响的综合结果。在水库拦洪期间, 虽然三峡水库只要求保证荆江洪水流量不超过 56 700 m³/s, 而客观上也减少了城陵矶附近的洪水流量。但是, 荆江洪峰开始退减后, 如果城陵矶附近流量仍然较大, 三峡按前面的泄洪方式就会人为地加大城陵矶附近的洪水(图 4 中三峡附加洪水)。对 1954 年情况, 三峡在后期增加了城陵矶附近分洪量 55 亿 m³, 使这里防汛时间增加了 5 d。枝城调度仍然需要在城陵矶附近分洪达 335 亿 m³(表 3)。其中 55 亿 m³ 是重复拦蓄洪量, 在运行中必将难为各方接受。要避免这一矛盾, 只有在荆江洪峰后放缓三峡泄洪速率。但是, 对 1954 年或 1998 年这样的多峰洪水, 放缓泄空速率就要求三峡水库的持续拦洪量有较大增加。

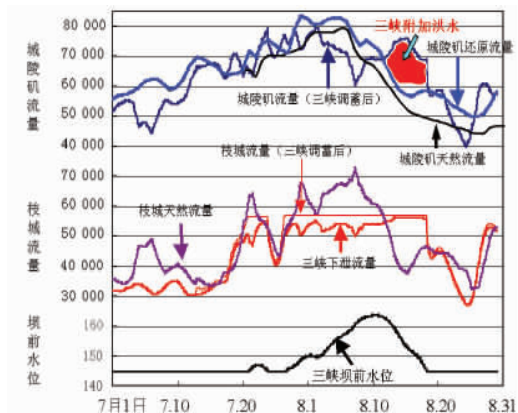


图 4 三峡水库按枝城调度对城陵矶附近的不利影响
(1954 年洪水)

Fig. 4 Negative impacts of the protecting-Zhicheng scheme on the areas around Chenglingji

3.3 长江中游防洪和三峡库区淹没的关系

对城陵矶调度的可行性, 三峡库区移民也是重要的限制条件。根据移民设计^①, 移民线是根据 5% 频率洪水水位和汛后 11 月(坝前水位 175 m)发生 20 年一遇洪水的回水外包络线, 再加 2 m 风浪超高确定的; 库区重要城市按 1% 标准。上述移民线是根据枝城调度确定的。图 5 是按 1954 年型的百年洪水计算的回水线。无论采用哪种方法组合宜枝区间洪水, 仅枝城调度就会使水库涪

陵-长寿段 100 余 km 回水超过移民线, 涪陵城区洪水水位达 180.5~181 m。而涪陵防护大堤高程仅在 177.6 m。加上其上 4 m 临时挡水子堤, 高程 181.6 m。涪陵处在回水末端, 少许泥沙淤积还会抬高水位, 枝城调度对库区移民安全就非常紧张, 再增加防洪任务是非常困难的。三峡库区移民(特别是涪陵、长寿等重要城市)也同样是长江防洪需要保护的重要对象。库区移民安全必然将限制这种运行方式的推行。如果要承担城陵矶防洪任务, 三峡水库的移民设计需要修改, 增加更多的移民。但这在现在看来似乎已不可能了。

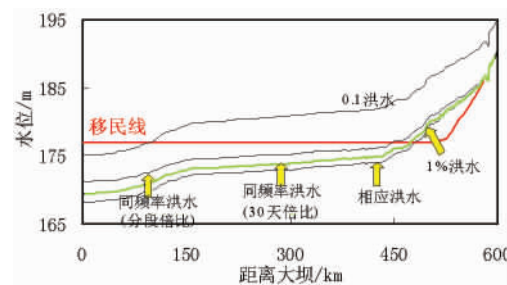


图 5 水库按枝城调度拦蓄百年一遇洪水(1954 型)
的回水包罗线(建库初期)
(注: 宜枝区间洪水分别按宜昌 4% 洪量、同频率统一倍比和
同频率分段倍比计算。)

Fig. 5 Backwaters of 1% flood and the reallocation line
in the TGP reservoir

综合考虑大洪水时长江中游荆江与城陵矶附近的防洪安全, 以及对于三峡库区移民的影响, 三峡水库没有能力兼顾城陵矶附近的防洪任务。

4 荆江大幅度冲刷对洞庭湖生态环境和防洪形势的影响

如果荆江河道大量冲刷, 同流量水位下降, 通过三口进入洞庭湖的径流将大量减少, 这对洞庭湖区的生态环境将造成不利影响。

洞庭湖在分蓄荆江洪水方面发挥了重要作用。长江自 1870 年洪水使松滋等四口分流的格局形成后, 每年大量向洞庭湖分流也是维系湖区生态环境的重要条件。同时, 大量分洪也保证了下荆江洪峰流量不至于太大而威胁荆江大堤安全。但是, 由于四口分洪道不断淤积抬高和调弦口人工建闸等, 长江进入洞庭湖的径流大幅度锐减。由于泥沙淤积等原因, 洞庭湖的有效容积已严重缩小, 西洞庭湖实际上已经萎缩成河道。支流澧水和沅水尾间受泥沙淤积和水位抬高的共同影响, 河道萎缩、河床抬高严重; 澧水下游已经成为近年洪灾频繁发生的地区。松滋、太平和藕池三口分洪道也严重淤积和萎缩, 部分河道已成为地上河。湖区河网交错、圩垸林立, 防洪战线长。由于河道和湖面萎缩、杂草和污染源增加, 洞庭湖区环境、生态状况已经严重恶化^[14]。湖区水质一般为 IV 类, 甚至较多地方恶化到 V 类或更差; 湖区水体已属于中-富营养状态; 钉螺和血吸虫在湖区大量繁殖。长江每年分入洞庭湖的水量逐年减少, 已从 20 世纪 50 年代的约 1 400 亿 m³ 减少到 700 亿 m³。根据长江科学院的计算成果^[2], 荆江冲刷后, 进入洞庭湖的水量还将减少到 420 亿 m³。若不采取措施, 则三峡蓄水后, 由于荆江的持续冲刷、三口分流锐减, 分洪道萎缩的趋势更将难以遏止。同时, 湘资沅澧上游也需要建设水库调洪拦沙, 建库后客观上也会增加用水, 减少进入湖区的水量。径流减少将使湖区的环境承载能力进一步降低。今后湖区的生态环境状况可能进一步



退化,这是一个重大的问题。

根据前面的讨论,如果荆江将发生大量冲刷,则可能对城汉河段造成淤积压力。2003-2004 三峡拦沙不到 2 年时间里,宜昌至城陵矶主槽累计冲刷数量达到 2.3 亿 m^3 ,已超过了原预期的初期冲刷强度。若造成成汉段淤积以致长江中游防洪基准面提高,洞庭湖区的高洪水位和防洪形势值得重视。

5 结语

三峡工程建成后,长江中游的防洪形势将得到很大的改善,特别是荆江防御特大洪水的能力将大大提高。但是,三峡水库长期下泄清水将引起长江中游长距离冲刷,改变荆江与洞庭湖水沙平衡和相对关系。若下荆江河道大幅度冲刷,可能为荆江堤防安全带来严重的不利影响,三口分流减少将大幅度提高下荆江洪水流量,甚至可能在相同枝城流量下提高下荆江洪水位。同时,大量冲刷还有可能促发河型转化,对堤防安全造成威胁。下荆江大量冲刷对长江中游防洪有着关键地位的城陵矶至汉口河段可能带来淤积的危险。此河段淤积使长江中游泄洪能力减小、荆江和洞庭湖的防洪形势将受到影响。三峡水库的有效防洪库容相对较小,即使不考虑水库淤积对调度的限制条件,现在三峡单独承担荆江防洪任务仍还存在一定的问题,主要表现在三峡泄洪将人为加大洪水后期城陵矶河段的流量、城陵矶附近大流量时间加长。如果三峡水库降低拦洪标准,面向城陵矶附近一般洪水,则当长江真正出现特大洪水时,三峡库区回水对移民有很大影响,为保护库区移民的安全和利益,库区的状况反过来又会约束或限制三峡水库防洪库容的使用,使荆江和城陵矶的防洪受到影响。依靠三峡工程还不可能彻底解决长江中游防洪问题。这是三峡建成后长江中游最值得关注的问题。

由于城陵矶近年洪水位攀高,城陵矶附近防洪问题和对策是必须抓紧研究的问题。为了充分利用三峡水库的防洪作用,我们应以“居安思危”的态度冷静分析今后可能出现的问题,抓紧研究对策。在当前,最重要的任务是利用三峡蓄水的时机,抓紧长江中游河道变化趋势的观测和分析,密切控制长江中游不利河势河型的发生和发展。同时,抓紧研究长江中游综合治理途径,着眼于最

不利的后果研究和规划应对方案。本文的问题都是从研究和防患于未然的角度提出的,这些提法和看法仅提供有关研究参考。

参考文献 (References)

- [1] 黄煜龄,等. 三峡工程水库泥沙淤积计算综合分析报告[R]//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).1988:94-137.
- [2] 长江科学院. 三峡水库下游宜昌至大通河段冲淤一维数模计算分析(二)[M]. 长江三峡工程泥沙问题研究.第七卷(二).北京:知识产权出版社,2002:258-311.
- [3] 中国水科院.三峡水库下游河道冲淤计算研究[M].长江三峡工程泥沙问题研究.第七卷(二).北京:知识产权出版社,2002:149-210.
- [4] 黄煜龄,卢金友.三峡水库运行不同时段拦沙泄水对下游河道冲淤与河势影响及对策研究总报告[R].长江三峡工程泥沙问题研究.第六卷,北京:知识产权出版社,2002:603-741.
- [5] 韩其为,杨克诚.三峡水库建成后下荆江河型变化趋势的研究[J].泥沙研究,2000(3).
- [6] 王明甫,段文忠.三峡建坝前后荆江河势及江湖关系研究综合报告[R].长江三峡工程泥沙与航运关键技术研究-专题研究报告集.武汉:武汉工业大学出版社,1993(下册):940.
- [7] 杨怀仁,唐日长.长江中游荆江变迁研究[M].北京:中国水利水电出版社,1999.
- [8] 韩其为.论长江中游防洪的几个问题[J].中国三峡建设,2003(3).
- [9] 周建军.关于三峡工程对城陵矶附近防洪能力影响有关研究的讨论[J].水力发电学报,2005(1).
- [10] 李义天,李荣,邓金运.长江中游泥沙输移规律及对防洪影响研究[J].泥沙研究,2000(3).
- [11] 长江水利委员会水文局.1998 年长江洪水及水文监测预报[M].北京:中国水利水电出版社,2000.
- [12] 钱宁,张仁,周志德.河床演变学[M].北京:科学出版社,1989.
- [13] 洪庆余(主编).中国江河防洪丛书——长江卷[M].北京:中国水利水电出版社,1998.
- [14] 李正最,等.洞庭湖河湖疏浚综合效益研究[C]//中国水力发电工程学会水文泥沙专业委员会第四届学术讨论会论文集.2003:306-314.

(责任编辑 李慧政)

·科技智力游戏·

轻松一刻——九宫填数

该填数游戏的规则为:①在 9×9 的大九宫格内,出题者已给出若干数字,其它宫位的数字空留,需要读者根据逻辑推理填写剩下空格里的数字;②填满数字的大九宫里,数字之间的关系必须满足:每一行与每一列都有 1 到 9 的数字,每个实线所标 3×3 的小九宫格里也有 1 到 9 的数字,且一个数字在每行、每列及每个小九宫格里只能出现 1 次,即既不能重复也不能缺少。答案请见下期。

九宫 1 难度系数 ◆◆◆◆◆									九宫 2 难度系数 ◆◆◆◆◆								
6	5	1		7					5	8				2			
2			8	4				9	4		7	1					6
			6					1	6			3			9		
	6	7						2	9			6					5
3	5			1				7		2	1						4
		4			3			8				3	8				
5	9							3	4				7				3
		6		9				7		7	8					6	2
3			2					8	6		1	4			9		

上期答案

九宫 1									九宫 2								
8	1	2	3	5	9	7	6	4	3	9	5	7	8	1	3	6	2
5	7	4	6	8	2	1	3	9	4	1	6	5	9	2	4	7	8
9	6	3	1	4	7	8	2	5	2	7	8	3	6	4	9	1	5
6	3	1	4	9	8	2	5	7	9	8	7	2	1	3	5	4	6
7	8	9	2	1	5	3	4	6	6	5	3	9	4	8	1	2	7
4	2	5	7	3	6	9	1	8	1	4	2	6	7	5	8	9	3
1	4	6	9	7	3	5	8	2	8	3	4	1	2	6	7	5	9
3	9	8	5	2	4	6	7	1	7	6	1	8	5	9	2	3	4
2	5	7	8	6	1	4	9	3	5	2	9	4	3	7	6	8	1

注:标有不同底色的 4 个数字,每列中 2 个数字同时调换位臵都可以。

(供稿 李建才 责任编辑 李向荣)