

三峡水库运行以来洞庭湖水文条件变化与对策

刘晓群¹, 戴斌祥²

(1. 湖南省水利水电科学研究院, 湖南 长沙 410007; 2. 中南大学数学与统计学院, 湖南 长沙 410083)

摘要: 为了解三峡水库运行以来洞庭湖区的水文条件变化和影响, 利用实测水文地形资料对三口水沙、城陵矶水位变化与湖泊萎缩、三口河系水源不确定性及洞庭湖变化趋势等进行了分析。结果表明: 在三峡水库及其上游梯级水库调节下, 清水下泄及径流过程的进一步坦化, 出现了洪水在城陵矶附近进一步集中、三口河系水资源与水环境的水源缺失的不利影响; 未来水情趋势下三口仅松滋口具备不断流条件, 洞庭湖主要以西、南、东洞庭湖内深水河道转化为河流形态。为缓解这些变化的影响, 可通过湖区防洪工程体系提质改造和区域再划分, 以适应城陵矶附近防洪蓄洪的水情变化; 通过稳流拓浚, 维持三口河系中下游水源条件, 以改善该区域水资源水环境; 通过城陵矶出口控制调节水位, 以维护洞庭湖湖泊水域条件, 保障湖泊湿地的生态安全。

关键词: 洞庭湖; 三峡水库; 水文条件; 变化趋势

中图分类号: TV697.1; P343.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7647(2017)06-0025-07

Variation of hydrological conditions of Dongting Lake and corresponding countermeasure analysis after operation of the Three Gorges Reservoir//LIU Xiaoqun¹, DAI Binxiang² (1. Hunan Water Resources and Hydropower Research Institute, Changsha 410007, China; 2. School of Mathematics and Statistics, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: The variation of the hydrological conditions of Dongting Lake and its influence after the operation of the Three Gorges Reservoir was studied in the present paper. Based on the actual measured hydrological and topographic data, the variations of Dongting Lake were analyzed, including the change of sediment at the three inlets, the relationship between water levels at Chenglingji and the shrinking of lake area, the uncertainty of water source of the three inlets river network. Under the regulation of the Three Gorges Reservoir and the cascade reservoirs in the upstream, clear water discharge and the smooth of runoff process result in flood accumulation in Chenglingji. The water resources of the three inlets has also been damaged. In the future, only Songzi estuary can maintain constant runoff to avoid river blanking. The deepwater region of the west, south and east Dongting Lake will transform into rivers. To alleviate the impact of these changes and adapt to the flood control near Chenglingji, improving and regional optimizing of the flood control engineering systems in the lake area should be implemented. Dredging in the downstream can improve water environment at the three inlets area. The water level in the outlet of Chenglingji can be adjusted so that to protect the water condition of Dongting Lake and to ensure the ecological security of the wet land.

Key words: Dongting Lake; Three Gorges Reservoir; hydrological condition; transformation tendency

洞庭湖位于长江中游荆江河段南岸、湖南省北部, 为我国第二大淡水湖, 是长江流域重要的调蓄湖泊和水源地。洞庭湖汇集湘、资、沅、澧四水及湖周中小河流约 30 万 km² 来水, 承接经松滋、太平、藕池、调弦四口 (其中调弦口于 1958 年冬建闸控制不再分洪, 后文也称为三口) 及四口河网分流长江的部分水沙入湖, 在城陵矶汇入长江。湖泊范围地势西高东低, 被分成东洞庭湖、南洞庭湖、西洞庭湖 (由目平湖、澧水洪道、七里湖组成), 自西向东形成一个倾斜的水面, 据 2003 年地形测量资料和典型洪水水面计算, 相应于城陵矶七里山水位 31.50 m (冻结吴淞高程, 下同) 时湖泊水面面积 2 478 km², 蓄水量 110 亿 m³。湖区气候温暖湿润, 四季分明, 优越的水热条件, 孕育了丰富的湿地生物资源, 其中东洞庭湖湿地被列入《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》的国际重要湿地名录。

长江宜昌以上集水面积约 100 万 km², 洞庭湖湘、资、沅、澧四水水系约 26 万 km², 根据目前长江

荆江段与洞庭湖水流的分合状态,体现江湖关系演变的主要因素是三口河系水沙和城陵矶水位,长江河势和洞庭湖容积变化对这些因素也产生影响^[1]。自 2003 年三峡水库运行以来,三口分流分沙不断减少,清水下泄长程冲刷,使得长江干流水位不断下降,江湖关系变化对洞庭湖区水文条件趋势性影响已显现,但目前针对三峡水库运行前后洞庭湖水文条件变化的研究尚不多见。鉴于三峡水库运行所带来的各种影响逐渐凸显,开展三峡水库运行前后洞庭湖水文条件变化的研究已具有了较为充分的资料基础。

本文对三峡水库运行前后洞庭湖区的水沙条件、水位下降与河流湖泊萎缩及其产生的影响进行了分析和探讨,并就应对这种变化提出了相应对策,以供洞庭湖综合治理参考。

1 湖区水文条件变化分析

1.1 三口河系水沙变化

长江上游特别是荆江段河势自 1949 年以来的变化比较明显,1958 年四口之一的调弦口建闸控制、1967—1972 年下荆江连续裁湾、1980 年干流葛洲坝水电站运行、2003 年三峡水库运行等,对三口河系水沙系列特征均产生了影响,并改变了湖区的水文条件(表 1)。

相对于 1951—2015 年长系列均值,四水来水波动幅度不大,三口呈明显衰减趋势。三峡水库运行后,年均径流量 474 亿 m³,仅为 1951—2015 年平均值的 54.3%,分别为江湖关系平稳变化的 1959—

1966 年和 1981—2002 年的 35.4%、69.0%,年均径流量相对于三峡水库运行前的 1981—2002 年减少了 213 亿 m³。由于四水来水对三口河系没有直接影响,三口来水减少是三口河网出现水资源与水环境问题的主要原因,同时由于减少的水量绝对数巨大,不可避免地影响洞庭湖湖泊状态^[2]。

随着梯级开发,入湖悬移质泥沙不断减少。三峡水库运行后四水相对于长系列条件入湖悬移质泥沙减少了 1 785 万 t,三口减少了 9 873 万 t,合计减少了 11 658 万 t,其中三口减少量占总减少量的 84.7%。到 2005 年,三口入湖悬移质泥沙总计 69.9 亿 t,四水入湖 16.2 亿 t,七里山出湖 23.0 亿 t,共 63.1 亿 t 淤积在洞庭湖,对三口河网和洞庭湖的地形产生了直接影响^[3],表现为三口河道及七里湖、澧水洪道和目平湖洲滩不断增高,南洞庭湖洪道主槽逐渐明确,而东洞庭湖洲滩向前发育的平面形态尤为直观。2008 年后连续出现出湖沙量大于入湖沙量的情况,每年平均多向长江补充 649 万 t。需说明的是,由于四水控制站以下包括汨罗江、新墙河以及堤垸区等约 5 万 km² 区域均没有泥沙监测资料,2008 年以后洞庭湖的冲淤情况有待验证。

三口分流量的进一步减少,直接导致洞庭湖北部 8 489 km² 三口河系 965 km 河道组成的庞大而复杂的河网水量不足,洪水漫滩过洪时间缩短或根本不过流,年内断流进一步增加到半年以上(表 2),区内一直以自流为主的引水工程供水能力降低或者失效。根据地形资料,1954—1998 年在三口河道内淤积 6.5 亿 m³ 泥沙,造成河道形态由宽浅式向窄深式实

表 1 洞庭湖水沙条件分析

时 间	年均径流量/亿 m ³				年均悬移质泥沙输运量/万 t			
	三口	四水	七里山	洞庭湖区间	三口	四水	七里山	洞庭湖淤积
1951—2015 年	873	1 669	2 843	302	10 852	2 601	3 843	9 610
1951—1958 年	1 491	1 743	3 636	402	21 983	4 235	6 716	19 501
1959—1966 年	1 339	1 537	3 097	221	19 057	2 833	5 785	16 104
1967—1972 年	1 022	1 729	2 982	231	14 207	4 082	5 247	13 042
1973—1980 年	834	1 699	2 789	256	11 076	3 666	3 839	10 903
1981—2002 年	687	1 719	2 738	331	8 659	2 185	2 843	8 002
2003—2015 年	474	1 572	2 347	302	979	816	1 928	—133

注:数据均来自相应水文站资料,1954 年之前的资料有相关插补。

表 2 三口河系断流特征

时 间	各水文站分时段多年平均年断流天数				各水文站断流时枝城相应流量/(m ³ ·s ⁻¹)			
	沙道观 (松滋河)	弥陀寺 (虎渡河)	管家铺 (藕池河)	康家岗 (藕池河)	沙道观 (松滋河)	弥陀寺 (虎渡河)	管家铺 (藕池河)	康家岗 (藕池河)
1956—1966 年	0	35	17	213		4 290	3 930	13 100
1967—1972 年	0	3	80	241		3 470	4 960	16 000
1973—1980 年	71	70	145	258	5 330	5 180	8 050	18 900
1981—2002 年	174	158	171	246	9 160	7 670	8 960	17 200
2003—2013 年	202	146	188	266	10 382	7 172	8 867	15 400

质性的改变^[4],加上清水冲刷,河道深槽可能进一步发育,洲滩失水而逐渐向陆地转化的趋势明显,洲滩由草本、芦苇向杨树等陆生植物转化,三口河系作为长江四大家鱼入洞庭湖繁殖育肥的通道基本失效^[5-7]。

1.2 城陵矶水位变化与湖泊的萎缩

三峡水库及其上游水库运行后,除了三口分流减少的影响外,坝下长江干流清水长程冲刷和蓄水时期,另一明显影响是使洞庭湖出口城陵矶七里山的水位下降而泄流能力增加,湖泊呈萎缩趋势^[8]。

根据实测地形资料量算,2002 年 10 月与 2013 年 10 月对比,荆江河段平滩河槽年均冲刷量为 0.63 亿 m³,是三峡水库蓄水前 1975—2002 年 0.14 亿 m³ 的 4.5 倍。三峡水库运行后纵向河床冲刷累计 7.0 亿 m³,平均冲刷深度为 1.19 m,七里山年平均水位由三峡水库运行前的 25.28 m 下降到运行后的 24.95 m,下降了 0.33 m;每年 9—10 月三峡水库蓄水期城陵矶水位下降约 2 m^[9](表 3)。

2002 年以前,非汛期的 10 月至翌年 4 月平均水位以及年平均水位均逐渐上升,1980 年到三峡水库运行前,江湖关系变化以自然水沙条件为动因,泥沙淤积在洞庭湖的效果显现,七里山水位体现了这种自然条件下的湖泊特点。1981—2002 年,每年 7—9 月七里山平均水位基本维持在 28 ~ 30 m^[10],历年超 29 m 以上所有日期的平均水位为 31.32 m,最高 35.94 m(1998 年),东、南洞庭湖洲滩基本在水下淹没约 2 个月,按 1995 年湖泊地形水域面积为 2480 km²;2003 年三峡水库运行以来最高水位为 34.47 m(2016 年),超过 29 m 以上的所有日期平均水位不足 30 m,比三峡水库运行前平均下降 1.32 m,东洞庭湖局部及南洞庭湖大部分洲滩淹没不超过 2 个月,甚至已数年不过水,水域不足 2300 km²,相对于三峡水库运行前减少了约 200 km²。淹没时间缩短,洲滩湿地出露或者长期不受水,湖泊生态则逐渐转化。三峡水库运行前,洞庭湖树林以近堤防护林为主,面积较小,且分布分散,尚未形成规模^[11];而 2006 年东洞庭湖林地有 217 km²^[12],西洞庭目平湖由 1996 年的 9 km² 增加到 2013 年的 89.2 km²^[7]。目前洞庭湖洲滩杨树已超过 400 km²,沿常德至岳阳高速一线桥梁跨越洲滩段均可见大面积杨树林,这与湖泊汛期平

均水位下降后水域面积减少是相关的。

9、10 月是三峡水库关闸蓄水主要时期,与此相应,城陵矶水位下降了 0.92 ~ 2.01 m,湖泊蓄水快速下泄,10 月湖面由三峡水库运行前的 1100 km² 萎缩到不足 700 km²;由于偏低的东洞庭湖洲滩湿地一般也在 25.00 m 高程以上,枯水期 1—4 月因三峡水库调节增加流量使干流水位有所抬高,但城陵矶水位却都在 24.00 m 以下,不足以对湖区产生影响。按照 1995 年湖泊水下地形条件,根据 1987 年 2 月 16 日七里山 18.91 m 和 2009 年 10 月 20 日 21.61 m 典型枯水水面线分析计算,洞庭湖水面面积不会超过 180 km²,蓄水量小于 4 亿 m³。

1.3 三口河系水源不确定性与湖区水情变化趋势

宜昌 1951—2015 年年径流量 4290 亿 m³,平均流量 13600 m³/s,79% 集中在 5—10 月。随着长江上游梯级群开发运行,对长江干流径流的调节作用将越来越大。当前枯水期三峡水库一般下泄流量为 5000 m³/s,假设以后 11 月至翌年 4 月可调节至 8000 m³/s 下泄,则另外还需从 9—10 月汛末中调节流量 3000 m³/s、共约 470 亿 m³ 水量至枯水期,而这将受降水等气候变化及流域产汇流机制变化、梯级间河流长距离传播、汛前放空和汛后蓄水调度、发电利益驱动、下游需水要求等一系列的不确定性因素影响^[13]。即使不考虑这些不确定性,在清水下泄、干流冲刷引起水位下降的长期趋势下,即便 11 月至翌年 4 月枝城流量稳定为 8000 m³/s,三口河系也将只剩松滋口及松滋河西支具备分流的可能(见表 2)。由于松滋口到新江口有区间来水,水文资料没有体现断流现象,但据对当地居民的调查,三峡水库运行后枯季松滋口多次出现不分流现象。因此,靠当前松滋西支确保分流,以保证三口河系中下游的水源条件也极具不确定性。

三峡水库运行前,宜昌 1980—2002 年日平均流量大于 30000 m³/s 的时段约占 9.7%,但三峡水库运行后的 2003—2015 年则约为 4.1%,相对减少了近 60%。随着梯级不断开发对径流的进一步调节,对泥沙拦蓄进一步加强,长江中下游的水沙条件将呈“更清、更平”的长期趋势,特别是汛期中小洪水和平枯水年受到的调节影响会更大。三峡发电机组满发流量约

表 3 城陵矶七里山平均水位 m

时 间	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年均值
1953—1966 年	19.04	17.26	20.14	21.78	25.55	26.12	29.62	29.08	27.13	25.97	22.71	20.60	23.75
1967—1972 年	19.13	17.49	20.24	22.37	26.22	26.08	29.67	28.06	26.56	26.54	22.89	20.76	23.83
1973—1980 年	19.51	19.36	20.28	22.75	26.73	28.01	30.05	29.00	28.29	26.94	23.62	20.80	24.63
1981—2002 年	20.67	20.76	21.98	23.97	25.83	27.86	30.76	29.73	28.85	26.88	24.14	21.70	25.28
2003—2015 年	21.14	21.19	22.48	23.66	26.13	28.21	29.83	28.80	27.93	24.84	23.35	21.58	24.95

30000 m³/s,若汛期连续2个月满发可泄近1600亿 m³水量,约占宜昌多年平均径流量4290亿 m³的37.3%,是历年最大(1954年)5740亿 m³的27.9%,考虑今后降水预报更加准确、三峡入库洪水经过约600 km库区长距离传播所需要的时间,以及水库水位145~155 m约56.5亿 m³库容调节条件,可预期今后长江出宜昌流量将主要在5000~30000 m³/s之间波动,将大幅度小于1949年以来2960~70800 m³/s的变化幅度,这也将是洞庭湖分流长江、调节水量的主要水情趋势。

1.4 三口河系与洞庭湖的演化趋势

随着水库调节后的径流过程坦化,宜昌流量不超过8000 m³/s的时间延长,干流河道清水冲刷水位降低,三口分流减少并主要维持松滋口一个口门分流的情况呈长期趋势,断流将在除松滋河西支以外的地方进一步发展。此外,清水冲刷导致三口河道历史淤积的泥沙再输运,过流机会更多的河道如松滋河主干道,可能深槽进一步发展;过流较少的河道如藕池河系中下游河道则可能因为上游泥沙向下游输运淤积而逐渐平坦,并随着过水机会减少转向平原陆地,当前藕池河中西支已呈现这种状态。

对于湖泊而言,水位不断下降,入湖水量减少且调蓄时间缩短,以及出流能力加大,均减少了水面面积和湖泊蓄水量,使洲滩湿地淹水时间减少,洲滩出露时机增加,较高洲滩出现长期不过水情形,土壤含水量减少,退水时间缩短,随着水流归槽作用不断演化,湖泊河道化加剧,当前七里湖—澧水洪道一目平湖的西洞庭湖范围表现明显,在清水冲刷作用下,这一趋势将向洲滩发育巨大的南洞庭湖和东洞庭湖延伸。

在三峡水库及其上游水库联合运行后,长江中下游坝下冲刷将会维持更长的时间,现状江湖关系条件下中低水位下降的趋势难以改变,目前枝城流量6000 m³/s情况下三口仅松滋河西支不断流,太平口、藕池口均断流,对应于枯水期洞庭湖水域将仅由湘、资、沅、澧和松滋河西支等具备水源条件的水面组成,水位下降趋势下洞庭湖持续萎缩的趋势不可避免^[14]。

2 湖区水文条件变化的影响

2.1 洪水在城陵矶附近更集中的可能性出现

2016年汛期城陵矶莲花塘最高水位34.29 m,比1954年的实际最高水位33.95 m超出0.34 m,接近防洪分洪控制水位34.40 m,洞庭湖区7月3—28日共25天维持在防汛水位32.50 m以上,三峡水库最大下泄流量30300 m³/s;江湖汇合后控制站螺山最大下泄流量仅50000 m³/s左右,比相关防洪规划

采用的65000 m³/s小近15000 m³/s,表明高洪水位或者大流量情况下,螺山至汉口泄流能力没有因为长程冲刷而增加,而是相反,上游较大而下游较小的冲刷导致河道内洪水坡降减小,高洪水位条件下水动力条件减弱,螺山泄流能力呈现进一步减小的特点。同期上游沙市最高水位41.07 m(比防洪控制水位45.00 m低3.97 m),下游汉口最高水位28.37 m(比防洪控制水位29.73 m低1.36 m),上下游均具有抬高城陵矶水位进一步利用河道安全下泄流量泄洪的能力^[15]。

根据长江水利委员会关于长江流域相关的规划,即使在三峡及其上游梯级开发完成运行多年以后,城陵矶附近仍会有超过200亿 m³的超额洪量需要使用分蓄洪区^[9]。长江流域中下游防洪目标为1954年型洪水,当年中下游溃垸分洪超额洪量1023亿 m³,洞庭湖与洪湖调蓄了其中的60%^[16-18]。目前,洪湖通过1980年围堤重建及“98”大洪水后堤防加固,已在长江干堤的保护之下。由于洞庭湖与长江自然连通,冲刷导致城陵矶附近洪水进一步集中,考虑洪湖已经圈围的实际情况,洞庭湖应对超额洪量的措施面临新的变化,加上这一区域超额分洪量绝对数巨大,对长江中游防洪安全影响深远,洞庭湖区分蓄洪的压力可能更大。

2.2 对湖区水资源水环境产生影响

三口河系中下游属于湖南范围约5000 km²区域的水源来自长江,除最上游侧松滋河西支未记载断流情况外,一般都断流180天以上,水源性缺失对这一区域的影响巨大。

过去春季4、5月和秋季9、10月,上游外河水位会维持一段时间高于堤垸进水闸,而下游外湖水位略低又可自排,堤垸由此引水保证饮用水和灌溉用水,也客观上连通了垸内水系,改善了垸内水环境。三峡水库运行后改变了水文节律,原来的取用水工程不再适应外河水位条件,垸内引水时机减少或缺失,居民用水改为自来水(三峡水库运行后,对湖区饮用水和灌溉用水进行补偿补救,大量水厂改取铁锰超标的地下水)。此外,经济社会快速发展附带的内湖内河围垦以及累积性污染已经产生,堤垸内水质恶化和水域减少的趋势短时期已难以改观^[19]。需要说明的是,洞庭湖平原区堤垸内的水文监测资料极少,水资源水环境变化主要由原住居民近40年的用水习惯的改变体现。

2.3 三口河系防洪蓄洪工程适应性不足

经过三峡水库调节后,长江百年一遇或者1954年型洪水枝城流量将控制不超过56700 m³/s,沙市水位不超过45.00 m^[15,20],并通过城陵矶附近分蓄洪控制最高水位不超过34.90 m(34.40 m+0.50 m

调度裕度)。三峡水库运行改变了荆江区防洪形势,1954 年洪水中多次启用的荆江分洪区,再遇 1954 年型洪水时已不需启用,与其相邻、洪水来源相同的安昌、安化、南顶、集成安合垸等蓄洪垸也具备了百年一遇的防洪能力^[21-22]。

湖区防洪压力巨大的原因除了洪水遭遇组合外,更在于泥沙淤积抬高洪水位和防洪堤线过长,特别是三口河系 965 km 河道两岸约 2 100 km 堤防尤为突出。此外,蓄洪垸零星布置,如安昌等 4 个蓄洪垸在不超 50 km 直线距离内与虎渡河、藕池河网一起分割了安乡、南县、华容县城(城市防洪标准均为 20 年一遇),阻碍了交通和经济社会发展;三峡水库运行以来,断流虽加剧但河道仍处于自然状态,堤防长期不临水以及淤积后高于垸内地势的河道,在高洪水位发生时出现灾害风险的可能性加大。

按照当前三口分流特征,相应于枝城流量 56 700 m³/s,松滋口分流 7 000 m³/s,虎渡河太平口分流 1 900 m³/s,藕池口分流 3 200 m³/s。若依据目前规划的分洪水位启用蓄洪区,只考虑分洪口爆破 300 m 左右,泄洪流量也将超过 2 700 m³/s,500 m 范围平均冲刷深度超过 4 m^[22],这对于不足 500 m 河宽的虎渡河、藕池河中西支等对岸的堤防安全将是灾难性的;而已建成的西官垸分洪闸对岸 250 m 是重点垸安保垸堤防。这种分洪运行的次生风险,与 1999 年民主垸溃决导致对岸长春垸堤防大滑坡约 400 m、1998 年湖北黄金垸溃垸洪水从下游退水时导致对岸安澧垸堤防滑坡长度超过 500 m 的情况将一致,或者更由于虎渡河太平口、藕池河口门分流来水不足导致大量河道泥沙启动形成高含沙量溃决水体,灾害影响会更大。

3 对策分析

3.1 工程体系适应性改造

根据三峡水库调节洪水能力,三口河系中非滨湖堤垸百年一遇或者遭遇 1954 年型洪水已不必分蓄长江洪水,以安乡、南县、华容县城为中心的三口河系中部区域,已初步具备了良好的防洪能力。由此,通过控制三口河系支汊河道、调整安昌等 4 垸为不分洪区,可缩短一线堤防 300 ~ 500 km,形成洞庭湖北部地区重点保护区已成为可能。控制支汊河道可多筑土坝,采用设计水位作为顶高,下设涵管,坝体中仿荆江分洪区北闸前围堤设置炸药埋点,一方面利于交通和中低水过流且不至于围垦成耕地,另一方面在长江洪水较大时可及时恢复为洪道。由此,洞庭湖北部可基本上形成南华安经济社会发展重点保护区 1 000 km²、大通湖一般保护区 1 000 km²、

钱粮湖等蓄洪垸 1 000 km²、湖泊洪道 4 000 km² 的多层次防洪空间布局^[23],以适应国家城镇化和小康社会建设的需要,助力在建钱粮湖等蓄洪垸移民的生存和可持续发展,从而对湖区产业经济发展产生积极作用,也可维护蓄洪垸“空垸待蓄”条件,避免再遭遇“98”大洪水实施主动分蓄洪的决策困难。

同时,三峡水库运行后水情变化为洞庭湖堤防工程提质改造提供了基础,可以依托三峡水库的调节能力和湖区分蓄洪区使用,使湖区防洪标准整体上由目前还没有达到 20 年一遇提升到 100 年一遇,提升区域经济社会发展保障能力^[22];还可以针对湖区堤防基础(主要为四水历史故道砂砾石上的冲淤积平原)以及不同年代填筑“非均质”问题进行适应性改造,参照多级平台建设的荆江大堤和黄河下游堤防宽度近 100 m、汛期可以长时期挡水防御大洪水的经验,结合 1996 年洪水钱粮湖、共双茶及大通湖东溃决以及 1998 年安乡县城所在安造垸溃决、1999 年民主垸溃决、2016 年新华垸等均非漫顶溃决的情况,对于湖区一线 3 471 km 堤防特别是重点保护范围的堤防进一步建设以适应三峡水库运行后的防洪水情条件。

3.2 稳流拓浚

三峡水库及其上游梯级水库较长时间运行后,三口中仅松滋口中低水位仍具备分流条件,结合松滋河—虎渡河—藕池河—华容地势上逐步降低、水可自流的地理条件,可在三口河系范围稳流拓浚,确保松滋河、虎渡河、藕池河、华容河中下游具备稳定的水源条件。

松滋口深水河槽开挖降低水位至 31.00 ~ 32.00 m,适应宜昌 5 000 m³/s 流量稳定分流 300 m³/s 左右;疏浚松滋河、澧水洪道约 200 km 河道,枯水期通过大湖口河下游控制抬高水位至 30.00 m,拓挖安乡—南县—华容河道约 100 km,使虎渡河、藕池河、华容河连通,利用地势自然落差建成稳定的自流河道。

澧水洪道、松滋河中支历史上因未疏浚到位及长江泥沙的大量淤积,导致了 20 世纪 60 年代初期的松澧分流工程失败。随着目前河道疏浚机械技术的发展,继续完成该疏浚任务、清理淤积泥沙成为可能^[24]。拓挖河道两岸需形成堤防,在澧水洪水自松滋河西支官垸河分流绕行瓦窑河时作为临时行洪通道;洪道疏浚土方可在两岸形成堤防内平台。疏浚无疑将导致长江洪水更多的自松滋口泄进洞庭湖,在三峡工程的控制下,百年一遇洪水松滋口分流将不会超过 7 500 m³/s^[22,24]。若再现 1954 年型洪水松滋口分流或进一步增加,进入洞庭湖沿线导致的防洪压力与拥堵在城陵矶附近的效果也许是相同的,工

程上则需加大疏浚、延长并拓展洪水通道,充分发挥洞庭湖湖泊性洪道的调蓄和行洪作用。极端情况下,如历史上长江 1/2 洪水入湖,自松滋河、目平湖、南洞庭湖、东洞庭湖绕行,则应通过模拟分析研究对策。

3.3 调控城陵矶水位

湖区自然湖泊及洪道面积约 4 000 km² 空间,较高水位时每米可增加蓄水 40 亿 m³,容积巨大。但因为地势上三口及四水的北南西三面偏高,而向东部城陵矶出口倾斜,非汛期泄流能力也非常大。三峡水库运行以来城陵矶水位不断下降,湖泊萎缩趋势已形成,故在水沙条件出现明确和实质性改变的情况下,其适应性对策无疑是采取措施调控城陵矶出口水位。

区别于其他湖泊,洞庭湖出口控制并不隔断与长江的自然联系,水位抬高到 30.00 m(黄海基面,相当于城陵矶 32.00 m 的水位,低于防汛警戒水位 32.50 m(冻结吴淞基面))后,另外三口与长江具有自然连通条件(图 1)。水位 24.00 ~ 32.00 m 之间洞庭湖蓄水超过 120 亿 m³,8 月之前利用闸控蓄洪至 32.00 m 水位,9—10 月在三峡水库蓄水期间可连续 28 d 补充长江径流 5 000 m³/s,这给长江径流提供了补偿和保障机制。对于洞庭湖,一方面可更长时间淹没洲滩、降低水流速度,发挥湖泊湿地生态降解 N、P 的作用,改善水质和生态环境^[19];另一方面也恢复了汛期鱼类等水生生物生长所需的水域空间和时间^[5]。此外,10 月底后也可根据冬季候鸟过冬的食物需求进行水位下降调节(城陵矶历年 10 月平均水位为 26.33 m,2016 年 10 月 1 日水位已下降为 22.40 m),洲滩过早出露,植物过早生长与候鸟抵达时间错位会影响候鸟食物需求^[7]。

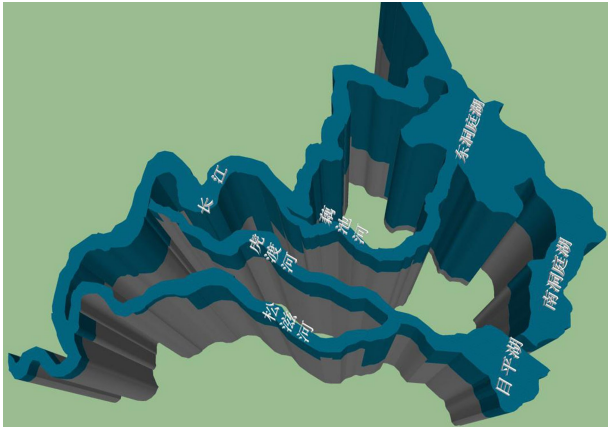


图 1 长江与洞庭湖 30.00 m 水位时河槽湖盆关系示意图

4 结 语

三峡水库运行以来三口分流分沙衰减和城陵矶水位下降,改变了洞庭湖区的水文条件。在三峡水

库及其上游梯级调节下,清水下泄及径流过程的进一步坦化,洪水在城陵矶进一步集中调蓄的趋势已有所表现;未来三口仅松滋口及其下游松滋河西支具备不断流分流条件;洞庭湖在水量减少、水位下降、洲滩向陆地转化、水域萎缩的趋势下,将以西、南、东洞庭湖内深水河道为主进一步转向河流形态。缓解这些变化的影响,可通过湖区防洪工程体系提质改造和区域再划分,以适应城陵矶附近防洪蓄洪的水情变化;通过稳流拓浚,维持三口河系中下游水源条件,以改善该区域水资源与水环境;通过城陵矶出口控制调节水位,以维护洞庭湖湖泊水域条件,保障湖泊湿地的生态安全。

洞庭湖区人、水、土资源丰富,湖泊湿地蕴藏的生态价值在全球极其珍贵,在生态文明建设上具备得天独厚的资源优势,但因为水问题导致区域经济社会相对落后,人水和谐相处、可持续发展的方式有进一步改善的空间。根据三峡水库运行后水文条件的变化,创新洞庭湖的治理方式已成为当前水科学研究关注的一个重要焦点。

参考文献:

[1] LIU Xiaoqun, XU Chao. Role and protection of Dongting Lake[J]. Agricultural Science & Technology, 2014, 15 (12): 2220-2225.

[2] 刘培亮,毛德华,周慧,等. 1990—2013 年湖南四水入洞庭湖汛期径流量的变化规律[J]. 水资源保护, 2015, 31(4): 52-61. (LIU Peiliang, MAO Dehua, ZHOU Hui, et al. Variation law of runoff in flood seasons into Dongting Lake from Four Rivers in Hunan Province during 1990-2013[J]. Water Resources Protection, 2015, 31(4): 52-61. (in Chinese))

[3] 方春明,毛继新,鲁明. 长江中游与洞庭湖泥沙问题研究[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2004.

[4] 段光磊. 冲积河流冲淤量计算模式研究[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2016.

[5] 朱轶,吕偲,胡慧建,等. 三峡大坝运行前后西洞庭湖鱼类群落结构特征变化[J]. 湖泊科学, 2014, 26(6): 844-852. (ZHU Yi, LÜ Cai, HU Huijian, et al. Changes in fish community structure in West Dongting Lake after the operation of the Three Gorges Dam[J]. Journal of Lake Science, 2014, 26(6): 844-852. (in Chinese))

[6] LI Mingzheng, DUAN Zhonghua, GAO Xin, et al. Impact of the Three Gorges Dam on reproduction of four major Chinese carps species in the middle reaches of the Changjiang River[J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2016(5): 885-893.

[7] 刘云珠,史林鹭,朵海瑞,等. 人为干扰下西洞庭湖湿地景观格局变化及冬季水鸟的响应[J]. 生物多样性,

- 2013 (6): 666-676. (LIU Yunzhu, SHI Linlu, DUO Hairui, et al. Disturbance-driven changes to landscape patterns and responses of waterbirds at West Dongting Lake, China[J]. Biodiversity Science, 2013(6): 666-676. (in Chinese))
- [8] 袁敏,李忠武,谢更新,等. 三峡工程调节作用对洞庭湖水面面积(2000—2010年)的影响[J]. 湖泊科学, 2014, 26(1): 37-45. (YUAN Min, LI Zhongwu, XIE Gengxin, et al. Effects of the Three Gorges Project on the water surface area of Lake Dongting, 2000-2010 [J]. Journal of Lake Science, 2014, 26(1): 37-45. (in Chinese))
- [9] 洞庭湖综合规划[R]. 武汉:长江水利委员会, 2016.
- [10] 黄群,孙占东,姜加虎. 三峡水库运行对洞庭湖水位影响分析[J]. 湖泊科学, 2011, 23(3): 424-428. (HUANG Qun, SUN Zhandong, JIANG Jiahu. Impacts of the operation of the Three Gorges Reservoir on the lake water level of Lake Dongting[J]. Journal of Lake Science, 2011, 23(3): 424-428. (in Chinese))
- [11] 符静,杨霞,刘勇. 三峡库区建成前后洞庭湖湿地动态分析[J]. 地理空间信息, 2015, 13(3): 114-117. (FU Jing, YANG Xia, LIU Yong. Dynamic analysis of Dongting Lake wetland before and after the operation of the Three Gorges Reservoir[J]. Geospatial Information, 2015, 13(3): 114-117. (in Chinese))
- [12] 雷璇,杨波,蒋卫国,等. 东洞庭湿地植被格局变化及其影响因素[J]. 地理研究, 2012(3): 461-470. (LEI Xuan, YANG Bo, JIANG Weiguo, et al. Vegetation pattern changes and their influencing factors in the East Dongting Lake wetland[J]. Geographical Research, 2012(3): 461-470. (in Chinese))
- [13] 徐卫红,葛德祥,李娜,等. 1960—2011年洞庭湖流域降水量变化特征[J]. 湿地科学, 2016(1): 108-112. (XU Weihong, GE Dexiang, LI Na, et al. Characteristics of precipitation variations in the Dongting Lake basin during 1960-2011[J]. Wetland Science, 2016(1): 108-112. (in Chinese))
- [14] 薛联青,张竞楠,刘晓群,等. 基于改进的综合气象干旱指数的洞庭湖流域干旱时空特征[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2014, 42(1): 1-6. (XUE Lianqing, ZHANG Jingnan, LIU Xiaoqun, et al. Spatial and temporal patterns of droughts in Dongting Lake watershed based on improved meteorological drought composite index [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2014, 42(1): 1-6. (in Chinese))
- [15] 宁磊,仲志余. 三峡工程建成后长江中下游分洪形势及初步对策[C]//《首届长江论坛论文集》编委会. 首届长江论坛论文集. 武汉:长江出版社, 2005: 268-271.
- [16] 曾涛,郝振纯,刘晓群. 洞庭湖洪水及其出路问题[J]. 水利水电科技进展, 2004, 24(1): 7-10. (ZENG Tao, HAO Zhenchun, LIU Xiaoqun. Flood in Dongting Lake and its solving method [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2004, 24(1): 7-10. (in Chinese))
- [17] 刘晓群,卢翔. 长江中游分洪的三大问题[J]. 湖南水利水电, 2002(6): 21-23. (LIU Xiaoqun, LU Xiang. Three issues in flood control of middle reaches of Yangtze River [J]. Hunan Hydro & Power, 2002(6): 21-23. (in Chinese))
- [18] 李义天,孙昭华,邓金运. 洞庭湖临界入湖洪量变化及对防洪的影响[J]. 安全与环境学报, 2001, 1(1): 13-18. (LI Yitian, SUN Zhaohua, DENG Jingyun. The variation of critical flood inflow in Dongting Lake and its influence on flood control [J]. Journal of Safety and Environment, 2001, 1(1): 13-18. (in Chinese))
- [19] 王琦,欧伏平,张雷,等. 三峡工程运行后洞庭湖水环境变化及影响分析[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(11): 1843-1849. (WANG Qi, OU Fuping, ZHANG Lei, et al. Changes of water environment in Dongting Lake and its impact analysis after the Three Gorges Project operation[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(11): 1843-1849. (in Chinese))
- [20] 施勇,栾震宇,陈炼刚,等. 长江中下游江湖蓄泄关系实时评估数值模拟[J]. 水科学进展, 2010, 21(6): 840-846. (SHI Yong, LUAN Zhenyu, CHEN Liangang, et al. On the real-time evaluation of the storage-discharge relationship in the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. Advances in Water Science, 2010, 21(6): 840-846. (in Chinese))
- [21] 刘云. 蓄滞洪区洪水调度优化和风险分析[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
- [22] 刘晓群,栾震宇,徐超. 三峡运行后洞庭湖四口河系蓄洪区运用条件变化分析[J]. 水力发电学报, 2011(5): 40-44. (LIU Xiaoqun, LUAN Zhenyu, XU Chao. Variation of flood storage polders of the Dongting Four-Inlets Network after operation of Three Gorges Project [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2011(5): 40-44. (in Chinese))
- [23] 刘晓群,郝振纯,薛联青,等. 基于洪水问题的洞庭湖湿地区域划分[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2010, 38(1): 10-14. (LIU Xiaoqun, HAO Zhenchun, XUE Lianqing, et al. Wetland zoning in Dongting Lake based on flood conditions[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2010, 38(1): 10-14. (in Chinese))
- [24] 张忠波,张双虎,蒋云钟,等. 水库联合调度对松澧地区防洪的影响分析[J]. 水利水电技术, 2013, 44(11): 113-116. (ZHANG Zhongbo, ZHANG Shuanghu, JIANG Yunzhong, et al. Analysis on effect from joint-operation of reservoirs on flood control of Songli Region [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2013, 44(11): 113-116. (in Chinese))

(收稿日期: 2016-12-23 编辑: 熊水斌)