

# 三峡水库不同调度方式运行期洞庭湖区的水情响应

李景保<sup>1</sup>, 张照庆<sup>1</sup>, 欧朝敏<sup>2</sup>, 黎昔春<sup>3</sup>, 余 果<sup>1</sup>, 廖小红<sup>3</sup>

- (1. 湖南师范大学资源与环境科学学院, 长沙 410081;
- 2. 国防科学技术大学信息系统与管理学院, 长沙 410073;
- 3. 湖南水利水电勘测设计研究总院, 长沙 4100072)

**摘要:**运用1951-2002年典型年实测原型水文资料,对比分析2003-2010年三峡水库不同调度方式运行期对洞庭湖区水情的影响,结果表明:(1)影响时间为每年5月25日-6月10日、7月1日-8月31日、9月15日-10月31日、12月-次年4月,其中枯期补水调度的影响不很敏感;(2)预泄调度,平水年径流有所增加,平均水位、最高水位均有上升。丰、枯年影响期径流增加平均值 $40.25 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;平均水位抬高平均值1.06 m,最高水位壅高平均值1.06 m;(3)蓄洪调度,平水年洪水量稍有上涨,枯、丰年影响期洪水减少平均值 $444.02 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均洪水水位降低平均值2.64 m,最高洪水水位降低平均值1.42 m;(4)蓄水调度,除平水年影响期径流增加、水位稍有壅高外,枯、丰年影响期径流减少平均值 $185.27 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均水位降低平均值3.13 m,最高水位降低平均值2.14 m;(5)补水调度,平、丰年影响期径流减少平均值 $337.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均水位降低平均值1.89 m,最高水位降低平均值2.39 m,但枯水年影响期径流量增加、平均水位与最高水位稍有抬高。

**关键词:**长江三峡水库;调度方式;洞庭湖区;水情变化

## 1 引言

实践表明,世界上一些大型水利水电工程运行,在防洪、灌溉、发电、航运、水产养殖、水生态景观等方面发挥了重要的服务功能。但如开发利用过度会导致水问题,甚至危及生态环境安全,如非洲尼罗河上阿斯旺大坝的修建<sup>[1]</sup>、欧洲莱茵河的渠化工程<sup>[2]</sup>,以及密西西比河上许多大坝及整治工程的修建<sup>[3]</sup>等水利水电工程运行所引起的水问题给人类予以警示。在长江兴建的世界第一大坝长江三峡工程<sup>[4]</sup>,正常蓄水位175 m,相应防洪库容 $221.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,汛限水位145 m,枯季消落最低水位155 m。2003年6月至2008年底较好地实现了初期运行效益。2009年9月15日起动175 m试验性蓄水;2010年10月26日蓄至175 m运行,已全面承担综合利用任务。这意味着对三峡水库调度方案提出了新问题和新要求,同时三峡水库调度运行对长江中下游地区资源环境的影响成为国内外关注的热点。三峡水库位于长江上游与中下游交界处,而荆江段(长江枝城段至城陵矶段)的松滋、太平、藕池三口(以下简称三口)既是连接长江中下游的纽带,又是沟通洞庭湖区的水流通道。因而,三峡水库调度运行对洞庭湖区水情的影响无疑是其中的一个重要议题。近十多年来,国内许多学者就三峡水库运行前后对洞庭湖区的影响,从不同角度作了较多的研究<sup>[5-20]</sup>,但因研究方法多数是模拟、定性描述或是资料不系统,这些成果均未揭示出三峡水库运行对洞庭湖区水情的影响程度及其影响时间。特别是2011年1-6月上旬,三峡水库下泄水量较同期偏少,位于长江中下游两岸的洪湖、洞庭湖、鄱阳湖、太湖等流域发生了前所未有的春夏连旱灾害,除了降水量比往

收稿日期: 2011-06-02; 修订日期: 2011-07-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071067); 湖南省重点学科自然地理学建设项目 [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41071067; Construction Program of the Key Discipline of the Physical Geography in Hunan Province]

作者简介: 李景保(1951-), 男, 湖南桂阳人, 教授, 主要从事水文水资源和自然灾害教学与研究。

E-mail: lijingbao1951@126.com

年同期均值偏少外,众多的人们认为是三峡水库蓄水运用所致。那么,三峡水库调度运行后对洞庭湖区水情到底造成多大的影响?何时影响最明显?怎样把握最佳调度时机?如何最大限度地发挥其综合效益等都是值得探讨的科学问题。本文运用三峡水库运行前后洞庭湖区典型年实测原型水文资料,对比分析三峡水库四种调度方式运行期,大坝下泄水量增减对洞庭湖区典型年的水情影响。显然,本项研究对于进一步优化三峡水库调度方案、科学拟定洞庭湖区水安全战略决策具有重大意义。

2 数据来源与研究方法

基于长江三峡水库与荆江三口及洞庭湖区的水文关系,本文所采集的实测原型水文系列有:三峡水库出库逐日水位、流量取自于中国长江三峡集团公司网站(水情信息);荆江三口逐日平均水位、平均流量及年径流量,洞庭湖城陵矶逐日平均水位、平均流量及年径流量来自于湖南省水文水资源勘测局网站水情日报表;湖区主要水文站和三口多年月平均水位、平均流量及多年平均径流量引自于《湖南省防汛抗旱总结报告》(2003-2010年),以及《洞庭湖区综合规划报告》(水利部长江水利委员会,2010.11.)。同时为便于对比分析,把水文样本系列分解为两个时段即:三峡水库运行前为1951-2002年或1999-2002年,三峡水库运行后为2003-2010年。其研究思路与方法如下:

(1) 典型水文年的划分,水文现象具有诸多不确定性因素,需将年径流系列划分为不同水平年,但三峡水库运行时间短,样本系列不长不便于作径流频率分析,于是三峡水库运行前后的典型年都按照国家水利部信息中心水文预报规范,径流丰枯状况的划分标准进行界定,即:

$$P(\text{径流距平}\%) = \frac{\text{某年径流量} - \text{多年平均值}}{\text{多年平均值}} \times 100\%$$

当 $P > 20\%$ 为丰水年; $-10\% < P \leq 10\%$ 为平水年; $P < -20\%$ 为枯水年。以此判别标准为基础,再结合逐年实测原型水文资料综合分析,把三峡水库运行前的1998年、2001年、1994年和水库运行后的2010年、2004年、2006年分别界定为丰水年、平水年和枯水年。

(2) 根据《三峡水库调度方案》,把典型年实测原型水文样本系列按相应调度方式分解为:(1) 预泄调度(5月25日-6月10日);(2) 调洪削峰调度(7月1日-8月31日);(3) 正常蓄水调度(9月15日-10月31日);(4) 补水调度(1-3月或12月-次年4月)。

(3) 为便于揭示三峡水库4种调度方式运行期,洞庭湖区典型年影响期的水情变化,一是以湖口城陵矶控制站影响期的平均流量、平均水位、最高水位及年径流代表湖区水情;二是绘制典型年三峡水库逐日出库平均流量、平均水位与城陵矶出湖平均流量、平均水位对应过程线(图1-2,水位限于篇幅仅点绘2010年水位过程线);三是基于三峡水库不同调度方式

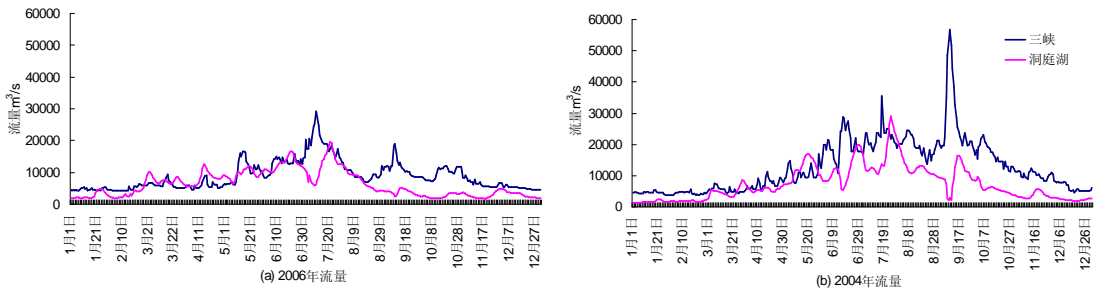


图1 2004、2006年三峡水库、城陵矶逐日出库与出湖流量对应过程

Fig. 1 The corresponding process to the daily discharge volume of the Three Gorges Reservoir and Chenglingji in 2004 and 2006

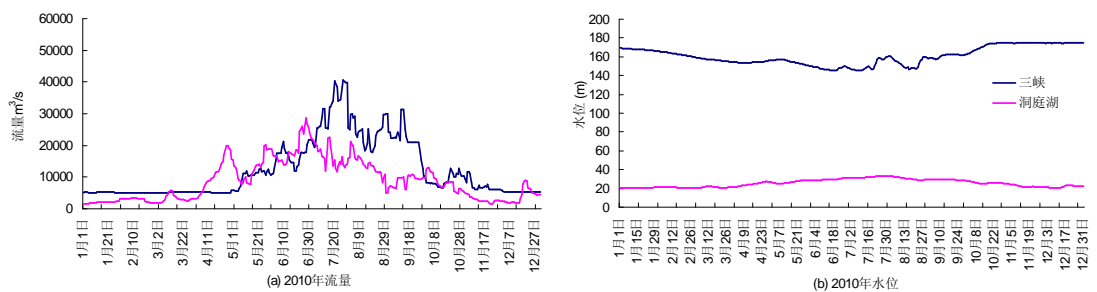


图2 2010年三峡水库、城陵矶逐日出库与出湖流量、水位对应过程  
Fig. 2 The corresponding processes to the daily discharge volume and water level of the Three Gorges Reservoir and Chenglingji in 2010

表1 三峡水库蓄水前城陵矶典型年与调度方式相应时段流量 (m³/s)、径流量 (10⁸ m³) 及水位 (m)

Tab. 1 The flow volume (m³/s), the runoff volume (10⁸m³) and the water level (m) of Chenglingji during the running periods under dispatch modes before the water storage of the Three Gorges Reservoir in the typical years												
典型年份	统计时段 (月、日)	长江枝城时段水量		三口入湖时段水量		城陵矶时段出流		城陵矶水位		三口 年径流	城陵矶 年径流	
		流量	径流量	流量	径流量	流量	径流量	平均	最高			
2001 年	5.25-6.10	10784.12	149.08	603.51	8.34	7231.18	99.96	24.92	26.56	493	2020	
	7.1-8.31	21625.81	1158.45	3450.51	184.84	9853.23	527.82	27.75	29.82			
	9.15-10.31	23029.79	915.30	3434.05	136.48	7138.94	283.73	27.37	29.01			
	1.1-3.31	4689.89	364.69	5.22	0.41	4482.00	348.52	21.70	22.71			
1994 年	5.25-6.10	11457.06	158.38	749.39	10.36	10293.53	142.30	26.28	27.01	343	2730	
	7.1-8.31	15749.19	843.65	2247.66	120.40	14376.29	770.11	28.49	29.88			
	9.15-10.31	17441.70	693.20	2300.14	91.42	10916.17	433.85	27.72	29.14			
	1.1-3.31	4125.11	320.77	3.72	0.29	3676.22	285.86	21.16	22.53			
1998 年	5.25-6.10	10889.41	150.54	691.57	9.56	12658.24	174.99	27.06	28.06	1046	4008	
	7.1-8.31	49874.19	2671.66	13589.42	727.96	27125.81	1453.08	34.83	35.92			
	9.15-10.31	16882.61	670.98	2662.66	105.82	10126.38	402.46	28.28	32.72			
	1.1-3.31	4048.78	314.83	3.69	0.29	9823.89	763.91	23.55	26.89			

表2 三峡水库不同调度方式运行期城陵矶典型年相应时段流量 (m³/s)、径流量 (10⁸ m³) 及水位 (m)

Tab. 2 The flow volume (m <sup>3</sup> /s), the runoff volume (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> ) and the water level (m) of Chenglingji during the running periods under different dispatch modes of the Three Gorges Reservoir													
典型年份	影响时段 (月、日)	三峡水库时段出流		长江枝城水量		三口入湖水量		城陵矶时段出流		城陵矶水位		三口 年径流	城陵矶 年径流
		流量	径流量	流量	径流量	流量	径流量	流量	径流量	平均	最高		
2004 年	5.25-6.10	15548.41	214.94	16800	232.24	2056.00	28.42	11800.00	163.12	26.28	28.09	524	2329.02
	7.1-8.31	20942.38	1121.84	21700	1162.43	3842.00	205.81	14400.11	771.38	29.40	32.03		
	9.15-10.31	21047.62	836.52	22350	888.28	3679.50	146.24	7740.32	307.62	27.08	30.60		
	1.1-3.31	4727.41	371.69	4923	387.10	12.00	0.94	2853.33	224.34	20.52	23.00		
2006 年	5.25-6.10	11703.19	161.78	12300	170.04	983.00	13.59	11135.00	153.93	26.32	27.39	182	1520
	7.1-8.31	13786.55	738.52	14395	771.11	1704.52	91.31	9650.00	517.41	26.73	29.68		
	9.15-10.31	10541.83	418.97	10595	421.10	589.54	23.43	3170.21	125.99	22.92	27.74		
	1.1-3.31	5245.76	407.91	5693	442.71	30.35	2.36	4536.67	352.77	22.03	24.30		
2010 年	5.25-6.10	13405.91	185.32	17570	283.24	2847.38	38.21	5982.31	220.94	28.84	29.32	647	2797.81
	7.1-8.31	27501.61	1473.21	4248	318.21	7236.29	485.35	5265.48	817.74	31.31	33.30		
	9.15-10.31	15345.54	609.89	9127	398.37	1937.48	82.68	8549.21	339.78	26.83	29.84		
	1.1-3.31	5127.30	398.70	47250	368.52	45.36	3.78	2735.91	212.74	20.94	22.38		

的相应时段,首先统计典型年库坝各时段下泄平均流量、平均水位,然后再分别统计三峡水库运行前后荆江三口、城陵矶典型年相应时段的平均流量、平均水位、最高水位、年径流量(表1、表2);四是统计城陵矶历年逐月平均流量、年均流量及年径流量(表3)。

(4) 以上述图表相关数据为科学依据,运用对比分析方法,分析三峡水库不同调度方式运行期,洞庭湖区典型年影响期的水情变化。

表3 洞庭湖区主要控制站多年逐月平均流量及年均流量 (流量 m<sup>3</sup>/s;径流量 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>)

Tab. 3 The monthly and annual average flow volumes (m<sup>3</sup>/s) of the main control stations in Dongting Lake area

in many years (the runoff volume: 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>)

站名	系列	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 流量	年均 径流
湘潭	1956-2008	955	1490	2270	3580	4280	4030	2260	1780	1270	1020	1060	850	2070	653.0
桃江	1956-2008	367	514	754	1050	1310	1270	966	683	473	387	459	344	715	225.5
桃源	1956-2008	678	923	1410	2600	3930	4360	3590	2080	1380	1180	1210	715	2010	633.5
石门	1956-2008	114	170	316	538	783	936	1031	595	367	300	264	137	463	146.2
四水		2114	3097	4750	7768	10303	10596	7847	5138	3480	2867	2993	2046	5258	1658
新江口	1955-2008	28.8	17	41.9	203	672	1380	2630	2310	2120	1320	515	117	953	301.0
沙道观	1955-2008	3.32	1.9	4.2	27.9	156	446	1080	915	804	406	98.5	12.6	332	105.0
弥陀寺	1955-2008	9.47	4.3	14.6	84.2	340	746	1390	1240	1110	662	216	42.3	492	155.0
康家康	1955-2008	0.0	0.0	0.0	0.22	10.3	57.7	279	220	159	41.2	1.84	0	64.7	20.4
管家铺	1955-2008	5.45	1.3	10.4	73.5	450	1180	3060	2590	2210	1090	272	43.7	922	291.0
三口		47.04	24.4	71.1	388.8	1628	3810	8439	7275	6403	3519	1103	215.6	2764	872.4
四+三		2161	3121	4821	8157	11931	14406	16286	12413	9883	6386	4096	2262	8022	2525
城陵矶	1951-2008	2661	3560	5610	8940	13000	14300	17800	14300	12200	8690	5650	3130	9180	2898

3 结果分析

3.1 三峡水库全程调度运行对洞庭湖区水情的影响

从图 1-2 及表 1、表 2 可知,三峡水库运行后对洞庭湖区典型年水情都产生了不同程度的影响。从总体上看,洞庭湖区 3 个典型年的水文情势均是随着库大坝下泄量及荆江三口入湖水量的增减而变化,但对不同水平年的水情影响程度有所差异。平水年 (2004) 洞庭湖城陵矶年径流量较历年平均值 ( $2898 \times 10^8 \text{ m}^3$ ) 减少  $568.98 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,较三峡水库运行前平水年年径流量 (表 1) 增加  $309.02 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;枯水年 (2006) 年径流量较历年平均值减少  $1378.00 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,较水库运行前枯水年减少  $1210.00 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;丰水年 (2010) 年径流量较历年平均值减少  $100.19 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,较水库运行前丰水年减少  $1210.19 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。在四水入湖径流与三口入湖径流同属一个水平年的条件下,湖口城陵矶典型年年均水位与三峡水库运行前 (1999-2002 年) 历年平均水位比较,分别降低了 0.83 m、1.84 m 及 0.26 m;与多年逐月平均值比较,典型年逐月平均流量、逐月平均水位正负差值波动幅度较大的都出现在 12 月-次年 3 月、5-6 月、7-8 月、9-10 月这 4 个时段 (表 3、表 4),这与三峡水库在不同调度方式运行期所对应的出库流量、三口入湖流量与城陵矶出湖流量的增减幅度及其相应时间基本吻合。这表明,三峡水库不同调度方式运行期对洞庭湖区典型年水情的影响时间及其影响程度与库大坝下泄水量的增减幅度、三口入湖水量的多少和三峡水库运行中所实施的不同调度方式密切相关,也就是

表4 三峡水库运行后洞庭湖城陵矶典型年逐月平均水位与多年月均值比较 (水位:m)

Tab. 4 The comparison of the monthly average water level (m) of Chenglingji among the typical years before and after the operation of the Three Gorges Reservoir

典型年/月	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
1999-2002	20.68	20.58	21.70	23.44	26.57	28.45	31.21	29.79	29.27	26.75	24.95	22.18	25.74
2006 年	21.05	21.05	23.90	23.99	25.83	27.51	28.42	25.03	23.78	22.71	21.92	21.36	23.90
运行前月均	20.68	20.58	21.70	23.44	26.57	28.45	31.21	29.79	29.27	26.75	24.95	22.18	25.74
水位差值	0.37	0.47	2.20	0.55	-0.74	-0.94	-2.79	-4.76	-5.49	-4.04	-3.03	-0.82	-1.84
2004 年	20.08	19.71	21.73	22.87	26.37	28.37	29.87	28.93	29.15	26.12	23.72	21.74	24.91
运行前月均	20.68	20.58	21.70	23.44	26.57	28.45	31.21	29.79	29.27	26.75	24.95	22.18	25.74
水位差值	-0.60	-0.87	0.03	-0.57	-0.20	-0.08	-1.34	-0.86	-0.12	-0.63	-1.23	-0.44	-0.83
2010 年	20.77	20.86	21.20	24.59	26.86	29.82	32.11	30.52	29.25	25.72	22.37	21.73	25.48
运行前月均	20.68	20.58	21.70	23.44	26.57	28.45	31.21	29.79	29.27	26.75	24.95	22.18	25.74
水位差值	0.09	0.28	-0.50	1.15	0.29	1.37	0.90	0.73	-0.02	-1.03	-2.58	-0.45	-0.26



说三峡水库不同调度方式运行期,洞庭湖区的水情均会作出相应的响应。

### 3.2 三峡水库汛前预泄运行期对洞庭湖区典型年水情的影响

三峡水库汛前腾空库容预泄运行期,系指每年5月25日-6月10日,因防洪需要三峡水库坝前水位由155 m降至汛限水位145 m运行,也就是说汛前腾空库容迎洪预泄的水位消落过程需在5月25日-6月10日完成。这就要求水库在此调度方式运行期主汛前需下泄 $56 \times 10^8 \text{ m}^3$ 水量,平均每天约预泄 $3.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,使长江中下游河道流量较三峡水库运行前增加约 $3800 \text{ m}^3/\text{s}$ 。受其影响,荆江三口和洞庭湖城陵矶水情均有所变化。通过对表2与表1中的数据比较分析表明:平水年(2004年)影响期三口入湖水量增加 $20.08 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,城陵矶径流增加 $63.16 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均水位抬高1.36 m,最高水位上涨1.53 m;枯水年(2006年)影响期三口入湖径流增加 $3.23 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,城陵矶径流增加 $11.63 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均水位抬高0.04 m,最高水位抬高0.38 m;丰水年(2010年)影响期三口入湖径流增加 $28.65 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,城陵矶径流增加 $45.95 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均水位上升1.78 m,最高水位壅高1.26 m。由此认为,在三峡水库汛前预泄调度运行期,城陵矶典型年影响期径流量增加平均值为 $40.25 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;影响期平均水位抬高平均值为1.06 m,最高水位壅高平均值为1.06 m。其中平、枯、丰三个典型年影响期的最高水位分别为28.09 m、27.39 m及29.32 m,且均出现在6月中上旬。这一水文情势表明,由于6月份城陵矶多年平均水位为28.26 m,在通常情况下,三峡水库预泄调度对洞庭湖区洪水的涨幅影响不大。这意味着对荆江与洞庭湖区的水情而言,三峡水库在汛前实施此调度方式是合理可行的。但如遇上特殊年景则会出现两种异常情况:一是在丰水年若三口入湖洪水与湘、资、沅、澧四水洪水发生遭遇,则对洞庭湖区的防洪产生不利影响;二是如1-5月中旬长江与四水同时延长枯水期,则会造成长江中下游地区及湖区水资源短缺。由此我们认为,针对前者情景就要求三峡水库在此调度方式运行期适当控制下泄洪量,错开洞庭湖区的洪峰;针对后者情景则要求三峡水库适当提早预泄,提高长江干流宜昌至枝城河道水位,增大三口入湖流量,确保枯水期长江中下游地区及洞庭湖区工农业用水及人畜饮水安全。

### 3.3 三峡水库调洪削峰运行期对洞庭湖区典型年水情的影响

为发挥三峡水库防洪、发电效益,主汛期7月1日-8月31日水库按防洪限制水位145 m运行,在发生较大洪水运行期间,库水位允许超过145 m运行,洪峰过后再降至145 m。通过对三峡水库调洪削峰运行期(7月1日-8月31日),城陵矶典型年影响期平均洪量与水库运行前同期平均洪量比较分析表明:洞庭湖区典型年影响期的洪水变化特点表现为:(1)平水年影响期三口入湖洪量增大 $20.97 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,城陵矶增大洪量 $243.56 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均洪水位与最高洪水位分别抬高1.65 m及2.21 m,这主要是2004年主汛期长江上游发生较大洪水,库坝下泄洪量增大,长江干流水位壅高所致;(2)枯水年影响期三口入湖洪量减少 $29.09 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,城陵矶洪量减少 $252.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均水位与最高水位依次降低1.76 m、0.20 m;(3)丰水年影响期三口入湖洪量减少 $242.60 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,洞庭湖城陵矶减少洪量 $635.34 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均洪水位降低3.52 m,最高洪水位降低2.64 m;(4)典型年影响期最大流量、最高水位均出现在6月下旬至7月中上旬。可见,在三峡水库主汛调洪削峰运行期,除对洞庭湖区平水年景的洪水位上涨有一定影响外,枯、丰年影响期洪水量减少平均值为 $444.02 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均洪水位降低平均值为2.64 m,最高洪水位降低平均值为1.42 m。由此调度方式的水文情势认为,丰水年较大程度的降低了洞庭湖区的洪水位,减轻了抗洪抢险压力,同时也避免了洪溃决堤灾难。但因在此影响期湖南四水入湖洪量较大,加之受垸外湖河高水位的影响,垸内地下水位抬高,湖区洪涝风险仍然严重,如2010年主汛期,尽管三峡水库在6月20日至7月28日间,通过四轮调度蓄洪约 $150 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,但湖区仍有24个堤垸超警戒水位,超警戒长166.91 km,甚至有些防洪大堤局部出现了不同程度的险情(表5)。这意味着三峡水库防洪功能有限,提高洞庭湖区自身的防洪抗灾能力绝对不能松懈,同时也要求三峡水库在此调度方式运行期,实施长江上游库群蓄水联合调度方案,一方面在准确把握天气形势和不增大水库防洪风险的前提

表5 2010年主汛期洞庭湖区超警戒水位代表站及险情类型统计

Tab. 5 The representative stations of the warning water level in Dongting Lake area and their statistics for the danger types in the main flood season in 2010

水文站名	峰现时间 (月、日、时)	洪峰水位 (m)	相应流量 (m³/s)	警戒水位 (m)	保证水位 (m)	洪水频率	洞庭湖区堤防出现典型险情类型
湘水湘潭	6月25日6:00	40.64	19300	38.00	39.50	15年一遇	① 6月24日汉寿县, 沅南垸南湖撇洪河, 洪河左岸关云山段滑坡;
资水桃江	6月24日16:30	40.10	5320	39.20	42.30	2年一遇	
沅水桃源	7月13日1:00	43.85	17500	42.50	45.40	2年一遇	② 7月14日南县, 南垸武圣宫镇东美堤内沙眼群; ③ 7月15
澧水石门	7月11日19:10	59.61	11200	58.50	61.00	5年一遇	
湖区石龟山	7月12日14:00	38.69	5920	38.50	40.82	2年一遇	华容县, 护城大院护城乡三坡堤, 堤外坡高程37 m 处外滑坡; ④ 7
湖区周文庙	7月13日14:00	36.36		35.50	36.50	5年一遇	
湖区南咀	7月14日2:00	34.87	13100	34.00	36.05	5年一遇	湖新口段距堤脚 60 m 抗旱渠内沙眼; ⑤ 7月30 日南县南鼎垸拔湖乡东洲段堤内坡脚散浸; ⑥ 7月30日君山区, 长江干流堤君山区建设垸距大堤约 120 m 的三支渠内管涌。
湖区沅江	7月14日2:00	34.13		33.50	35.28	5年一遇	
湖区小河咀	7月13日22:00	34.70	14900	34.00	35.72	5年一遇	
湖区城陵矶	7月30日14:00	33.32	15800		34.55	5年一遇	
湖区沅江	7月31日5:00	33.81		33.50	35.28	5年一遇	
湖区南咀	7月31日9:00	34.46	6320	34.00	36.05	5年一遇	

下,允许水库超汛限水位运行,减少水库弃水量和延长高水位运行时间,促使洪水资源化,满足发电出力的需要,增加发电量;另一方面,科学调控库坝下泄洪量,最大限度地控制长江中下游河道及洞庭湖区洪水位的涨幅,满足防洪安全要求。

3.4 三峡水库正常蓄水运行期对洞庭湖区典型年水情的影响

按三峡水库调度方案,每年9月15日-10月31日(如遇特枯年将延续到11月)库水位由145 m 升高至正常蓄水位175 m,蓄水量 $221.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,库坝日均下泄流量减少约5500  $\text{m}^3/\text{s}$ 。受其影响,在三峡水库正常蓄水运行期(9月15日-10月31日),洞庭湖区典型年水情仍有不同程度的变化。将水库运行后洞庭湖区典型年影响期平均径流、平均水位、最高水位与运行前同期数值比较表明:平水年影响期三口入湖径流增加 $9.76 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,城陵矶增加水量 $23.89 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均水位抬高0.29 m,最高水位壅高1.59 m,如前所述是由于2004年主汛期长江上游发生较大洪水,三峡水库在此运行期坝前水位仍较高,于是增大了出库流量(图1b);枯水年影响期三口入湖径流减少 $67.99 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,城陵矶减少出水量 $307.86 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均水位与最高水位依次降低4.80 m及1.40 m;丰水年影响期三口入湖径流减少 $23.14 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,城陵矶减少径流 $62.68 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均水位、最高水位分别降低1.45 m及2.88 m。由此认为,在三峡水库正常蓄水运行期,除平水年影响期城陵矶出水量有所增加,相应水位也稍有壅高外,枯、丰年影响期径流减少平均值为 $185.27 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,影响期平均水位降低平均值为3.13 m,最高水位降低平均值为2.14 m。也就是说水库在此调度运行期,如长江上游不发生较大洪水,洞庭湖区水位,径流均呈降低或减少趋势。值得指出的是2006年9月下旬三峡水库平均蓄水流量3410  $\text{m}^3/\text{s}$ ,10月平均蓄水流量2800 $\text{m}^3/\text{s}$ ,8月1日-11月23日荆江三口入湖水量仅 $45.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,较多年同期均值( $180 \times 10^8 \text{ m}^3$ )偏少74.7%,湘、资、沅、澧四水入湖水量为 $246.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,较多年同期均值( $354.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ )偏少30.4%,导致洞庭湖区水位持续偏低,如10月1日南咀、沅江、南县水文站水位分别较2005年同期偏低1.55 m、1.20 m、3.32 m;10月12日城陵矶水位21.74 m,较历年同期均值26.91 m偏低5.17 m。此期洞庭湖区部分县市出现少有的秋旱,给水运、人畜饮水、秋冬作物耕作和生态环境需水造成了严重影响。这一水文情势表明,为避免在三峡水库蓄水期下泄流量削减过快,长江干流的水位提前进入枯

期,而造成因湖区出流增加,可能使三口部分河道断流时间提前或延长,则要求三峡水库蓄水过程不要过于集中,或蓄水时间适当推迟;同时为避免因库坝下泄流量过大与洞庭湖区秋季洪水碰头,又要求三峡水库正常蓄水运行时间适当提前,削减库坝下泄水量,错开洞庭湖区的秋季洪水。

3.5 三峡水库补水调度运行期对洞庭湖区典型年水情的影响

每年1-3月或12月-次年4月枯水期,三峡水库为满足综合利用的需求,库水位由175 m逐步降至155 m,三峡电站按保证出力流量5800 m³/s下泄,宜昌以下河道流量较三峡水库运行前增加1000~2000 m³/s,也即是三峡水库在枯季调节期对长江中下游河道的补水。为揭示水库枯期补水调度对洞庭湖区典型年水情的影响程度,把三峡水库在此运行期(1-3月或12月-次年4月),洞庭湖区典型年影响期平均流量、平均水位及最高水位与水库运行前同期数值作对比分析,结果表明:平水年三口影响期入湖径流增加 $0.53 \times 10^8$  m³,城陵矶影响期径流量减少 $124.18 \times 10^8$  m³,影响期平均水位降低1.18 m,最高水位降低0.29 m;枯水年影响期,三口入湖径流量增加 $2.07 \times 10^8$  m³,城陵矶径流增加 $66.91 \times 10^8$  m³,平均水位、最高水位依次抬高0.87 m和1.77 m;丰水年影响期,三口入湖径流量增加 $3.49 \times 10^8$  m³,城陵矶水量减少 $551.17 \times 10^8$  m³,平均水位与最高水位分别降低2.61 m、4.51 m。由此可见,在三峡水库枯期补水调度运行期,洞庭湖城陵矶平水年、丰水年,影响期径流量减少平均值为 $337.7 \times 10^8$  m³,平均水位降低平均值为1.89 m,最高水位降低平均值为2.39 m,而枯水年影响期径流量稍有增加、平均水位、最高水位均有所抬高。由此调度方式的水情表明,尽管荆江三口典型年影响期入湖水量均较三峡水库运行前稍有增加,但维持洞庭湖区典型年枯期水量,起决定性作用的仍是湘、资、沅、澧四水的来水量,这意味着三峡水库补水调度对湖区枯期水量的影响不是很敏感。这是因为长期以来,三口洪道及三口口门段的泥沙不断淤积萎缩,使三口分流水位抬高,枯期除松滋(新江口)有少量水汇入洞庭湖外,松滋(沙道观)、藕池(管家铺、康家岗)、太平(弥陀寺)连年断流(表6)。特别是三峡水库运行后清水下泄,长江干流河床冲刷下切,三口口门水位降低,且断流时间延长,如藕池(康家岗)2006年断流时间长达336d。这里值得指出的是,洞庭湖流域2011年1-5月20日累计平均降水量269 mm,较历年同期均值偏少50.3%,四水入湖水量仅 $365 \times 10^8$  m³,较历年同期均值偏少47%,同期荆江的新江口入湖日均流量一直在33~165 m³/s之波动,城陵矶日平均水位、日平均流量分别在21.21~22.69 m及2060~3760 m³/s之间变化,导致岳阳、益阳、常德三市区持续性缺水干旱。为缓解长江中下游地区的旱情,国家防总研究制定了三峡水库临时补水调度方案,即从5月20-24日按日均出库流量约10000 m³/s控制下泄(比入库流量增大约3000 m³/s),三口入湖日均流量增大至491 m³/s,加之21-23日洞庭湖流域普降小到中雨,四水入湖日均流量有所增大,城陵矶日均流量由3810 m³/s增至5140 m³/s,相应日均水位由22.46 m上升至23.87 m,较补水运行期

表6 三峡水库运行前后荆江三口控制站年断流天数变化

Tab. 6 The changes of the annual number of the flow-break days of the Three Outlet control stations in Jingjiang River before and after the operation of the Three Gorges Reservoir

城陵矶以上长江干流 各时段水利工程运行状况	时段 (a)	三口分时段多年平均年断流时间 (d)				各站断流时枝城相应流量 (m³/s)			
		沙道观	弥陀寺	藕池 (管)	藕池 (康)	沙道观	弥陀寺	藕池 (管)	藕池 (康)
荆江调弦口堵口前	1956-1966	0	35	17	213	/	4292	3925	13070
调弦堵口后及荆江裁弯中	1967-1972	0	3	80	241	/	3470	4958	15950
裁弯后及葛洲坝截流前	1973-1980	71	70	145	258	4660	5180	7790	18350
截流后及三峡水库蓄水前	1981-2002	171	155	167	248	8920	7676	8665	17390
三峡水库调度运行初期	2003-2005	204	152	194	260	9370	7570	9010	15800
三峡水库调度运行初期	2006	269	206	235	336	11000	7400	10100	13700
三峡水库调度运行初期	2007	213	155	199	261	11300	7650	9800	14200
三峡水库调度运行初期	2008	162	117	137	243	9600	7050	7620	15300
三峡水库175 m 试验性蓄水	2009	219	121	153	258	10800	7125	8300	13700
三峡水库按175 m 蓄水运行	2010	228	143	177	284	11420	7380	7900	14300



日平均水位抬高 1.41 m, 尽管水量增加幅度不大, 但在一定程度上缓解了洞庭湖区的旱情。5 月 25 日-6 月 2 日三峡水库已进入预泄调度运行初期, 出库流量增大至 12000~13800 m<sup>3</sup>/s, 三口入湖日均流量由 400 m<sup>3</sup>/s 增加到 700 m<sup>3</sup>/s, 由于同期四水入湖日均流量由 5100 m<sup>3</sup>/s 减少至 3700 m<sup>3</sup>/s, 城陵矶日平均水位一直在 23.50~23.70 m 之间波动, 促使湖区旱情继续蔓延。即使三峡水库预泄调度末期, 三口日平均入湖流量由 485 m<sup>3</sup>/s 增大至 853 m<sup>3</sup>/s, 城陵矶仍处枯期水位(日平均水位 23.75~24.92 m)。由此表明, 三峡水库现状补水调度方式, 在四水入湖水量减少的情况下, 对洞庭湖区枯期水量的补给极为有限, 只有优化三峡水库现状补水调度方案, 加大出库流量才能对洞庭湖区枯期起到补水作用。因此, 面对长江与洞庭湖流域同时延长枯期这一极端年景, 首先是及时优化三峡水库现状补水调度方案, 即提早预泄调度, 延长低水位运行时间, 持续增大出库流量, 以满足长江中下游地区航运、灌溉需水要求; 其二是开发长江上游水库群泄水调度决策支持系统, 通过上游库群泄水联合调度, 为水库枯期提供充足的入库水源, 以满足水库枯期发电出力、航运用水需求, 从而最大限度地发挥三峡水库枯期调度运行的综合效益。

#### 4 结论与讨论

通过以上分析表明, 从总体上讲, 三峡水库调度运行后洞庭湖区水文情势是随库坝下泄量的增减而变化, 但不同调度方式对湖区水情的影响时间及影响程度存在一定的差异:

(1) 洞庭湖区典型年水情影响期与三峡水库不同调度方式运行期基本一致, 即每年 5 月 25 日-6 月 10 日、7 月 1 日-8 月 31 日、9 月 15 日-10 月 31 日、1-3 月或 12 月-次年 4 月, 其中以调洪削峰调度方式、预泄调度方式对洞庭湖区水情的影响最为敏感, 其次是正常蓄水调度方式, 而现状枯期调节补水调度方式的影响不是很敏感。

(2) 三峡水库汛前预泄运行期(5 月 25 日-6 月 10 日), 洞庭湖城陵矶平水年影响期径流增加  $63.16 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 平均水位抬高 1.36 m, 最高水位上涨 1.53 m; 丰、枯年影响期径流量增加平均值为  $40.25 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 平均水位抬高平均值为 1.06 m, 最高水位壅高平均值为 1.06 m。

(3) 三峡水库调洪削峰运行期(7 月 1 日-8 月 31 日), 除对洞庭湖区平水年景的洪水位上涨有一定影响外, 枯、丰年影响期洪水量减少平均值为  $444.02 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 平均洪水位降低平均值为 2.64 m, 最高洪水位降低平均值为 1.42 m。这一影响值是水库在固定汛限水位 145 m 条件下运行的结果, 显然, 难以发挥洪水预报在调度方式上的作用。据此, 应基于动态库容原理制定动态汛限水位调度方案, 在准确把握天气形势和不增大水库防洪风险条件下, 允许水库超汛限水位运行, 同时开展长江上游水库群蓄水调度决策支持系统研究, 通过库群联合调度, 充分挖掘三峡水库发电、航运和防洪的最大功能效益。

(4) 三峡水库正常蓄水运行期(9 月 15 日-10 月 31 日), 除平水年影响期城陵矶出水量有所增加, 相应水位稍有壅高外, 枯、丰年影响期径流减少平均值为  $185.27 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 平均水位降低平均值为 3.13 m, 最高水位降低平均值为 2.14 m。此期的水文情势则要求三峡水库蓄水时间适当推迟或蓄水过程不要过于集中。

(5) 三峡水库调节补水调度运行期(1-3 月或 12 月-次年 4 月), 城陵矶平水年、丰水年影响期径流量减少平均值为  $337.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 平均水位降低平均值为 1.89 m, 最高水位降低平均值为 2.39 m, 而枯水年影响期径流量稍有增加、平均水位与最高水位也有所抬高。这就要求根据枯期长短, 优化三峡水库补水调度方案, 适当加大下泄流量或提早预泄, 提高宜昌一枝城河道水位, 保障长江中下游河道及洞庭湖区枯期的水资源安全。同时, 通过长江上游库群泄水联合调度, 满足水库枯期发电出力及中下游地区航运、灌溉的需水要求。



## 参考文献 (References)

- [1] Evans B J, Attia K. Changes to the properties of the River Nile channel after high Aswan Dam, physical responses of. The River Nile to interventions. Canadian International Development Agency, Hull, Quebec, Canada, 1991: 277-290.
- [2] Huang Zhenli. On the ecological and environmental impacts of Aswan High Dam. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2001, 10(1): 82-88. [黄真理. 阿斯旺高坝的生态环境问题. 长江流域资源与环境, 2001, 10(1): 82-88.]
- [3] McNa W H, Ma Yuandan. Measures of the Mississippi River to prevent the seawater intrusion. Express Water Resources & Hydropower Information, 1997, (24): 18-23. [麦克纳 W.H., 马元琰. 密西西比河防止海水入侵的措施. 水利水电快报, 1997, (24): 18-23.]
- [4] Nilsson C, Reidy C A, Dynesius M et al. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. Science, 2005, 308: 405-408.
- [5] Wang Chonghao, Han Qiwei. Estimate of aggregation and degradation in the Dongting Lake and the flood diversion channels of the Jingjiang River after the Three Gorges Reservoir being built. Water Resources and Hydropower Engineering, 1997, 28(11): 16-20. [王崇浩, 韩其为. 三峡水库建成后荆南三口洪道及洞庭湖淤积概算. 水利水电技术, 1997, 28(11): 16-20.]
- [6] Qin Wenkai, Fu Renshou, Wang Chonghao et al. Silting of Dongting Lake before and after completion of the Three Gorges Project. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 1998, 38(1): 86-89. [秦文凯, 府仁寿, 王崇浩等. 三峡建坝前后洞庭湖的淤积. 清华大学学报: 自然科学版, 1998, 38(1): 86-89.]
- [7] Xie Yueqiu. The influence of the Three Gorges Reservoir on Dongting Lake and its countermeasures. Hunan Hydro & Power, 2001, (3): 28-29. [谢月秋. 三峡建库对洞庭湖的影响及其对策. 湖南水利水电, 2001, (3): 28-29.]
- [8] Jin Gemu. The impact of the Three Gorges Reservoir on the water environment of Dongting Lake. Hunan Hydro & Power, 2001, (6): 21-27. [金革穆. 三峡建库后对洞庭湖水环境的影响. 湖南水利水电, 2001, (6): 21-27.]
- [9] Zhou Beida, Liu Yonghua. The effect of the operation of the Three Gorges Reservoir on the flood water level of Dongting Lake. Hunan Hydro & Power, 2003, (1): 27-29. [周北达, 刘永华. 三峡运行后对洞庭湖洪水水位的影响. 湖南水利水电, 2003, (1): 27-29.]
- [10] Gu Qingfu, Wang Jianjia. Analysis on the flood control role of the Three Gorges Project for typical floods of the Dongting Lake. Yangtze River, 2004, 35(2): 9-10, 18-51. [顾庆福, 王健家. 三峡工程对洞庭湖典型洪水的防洪作用分析. 人民长江, 2004, 35(2): 9-10, 18-51.]
- [11] Lu Hongwei, Zeng Guangming, Zhang Shuofu. The effect of operation of Changjiang Gorges Project on water environmental capacity of Dongting Lake. Environmental Engineering, 2004, 22(1): 61-63, 5. [卢宏伟, 曾光明, 张硕辅. 三峡工程的运行对洞庭湖水环境容量的影响. 环境工程, 2004, 22(1): 61-63, 5.]
- [12] Chen Shaojin. Influence of Three Gorges Project on water environment of Dongting Lake. Water Resources Protection, 2004, (5): 33-37, 70. [陈绍金. 浅析三峡工程建成后对洞庭湖水环境的影响. 水资源保护, 2004, (5): 33-37, 70.]
- [13] Dai Shibao, Yang Shilun, Zhao Huayun et al. Response of middle and lower reaches of Yangtze River to the initial operation stage of the Three Gorges Project. Journal of Sediment Research, 2005, (5): 35-39. [戴仕宝, 杨世伦, 赵华云等. 三峡水库蓄水运用初期长江中下游河道冲淤响应. 泥沙研究, 2005, (5): 35-39.]
- [14] Hong Lin, Dong Leihua, Li Wenzhe. Impact of Three Gorges Reservoir on water level, sediment and water quality of Dongting Lake. China Water Resources, 2007, (6): 13-14. [洪林, 董磊华, 李文哲. 三峡工程建库后对洞庭湖水位、泥沙和水质的影响分析. 中国水利, 2007, (6): 13-14.]
- [15] Wu Xin, Dong Leihua, Li Wenzhe et al. The function of the construction of the Three Gorges Reservoir to alleviate the flood of Dongting Lake. Guangdong Water Resources and Hydropower, 2007, (4): 58-59, 65. [吴昕, 董磊华, 李文哲等. 三峡水库建设对减轻洞庭湖洪灾作用分析. 广东水利水电, 2007, (4): 58-59, 65.]
- [16] Li Jingbao, Chang Jiang, Lu Dianqing et al. The hydrological effect between Jingjiang River and Dongting Lake during the initial period of Three Gorges Project operation. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(11): 1342-1352. [李景保, 常疆, 吕殿青等. 三峡水库调度运行初期荆江与洞庭湖区的水文效应. 地理学报, 2009, 64(11): 1342-1352.]
- [17] Zhang Xibing, Lu Jinyou, Wang Min. Preliminary study on flow and sediment changing and influence on Dongting Lake after the Three Gorges Project operation. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(6): 640-643. [张细兵, 卢金友, 王敏等. 三峡工程运用后洞庭湖水沙情势变化及其影响初步分析. 长江流域资源与环境, 2010, 19(6): 640-643.]
- [18] Dong Nianhu, Fang Chunming, Cao Wenhong. Non-equilibrium sediment transport in the Three Gorges Reservoir. Journal of Hydraulic Engineering, 2010, 41(6): 653-658. [董年虎, 方春明, 曹文洪. 三峡水库不平衡泥沙输移规律. 水利学报, 2010, 41(6): 653-658.]
- [19] Fang Chunming, Zhong Zhengqin. The influence of capacity decrease on flood stages in Dongting Lake and in Yangtze

- River. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2001, 32(11): 70-74. [方春明, 钟正琴. 洞庭湖容积减小对洞庭湖和长江洪水位的影响. *水利学报*, 2001, 32(11): 70-74.]
- [20] Ning Lei, Zhong Zhiyu. Influence of TGP Reservoir filling in 2003 on the water regime of middle and lower reach of Yangtze River. *Yangtze River*, 2004, 35(12): 9-24, 53. [宁磊, 仲志余. 三峡水库 2003 年蓄水对长江中下游水情影响分析. *人民长江*, 2004, 35(12): 9-24, 53.]

## Responses of Water Regimes in Dongting Lake Area under Different Dispatching Modes during the Running Period of the Three Gorges Reservoir

LI Jingbao<sup>1</sup>, ZHANG Zhaoqing<sup>1</sup>, OU Chaomin<sup>2</sup>, LI Xichun<sup>3</sup>, YU Guo<sup>1</sup>, LIAO Xiaohong<sup>3</sup>

(1. *College of Resources and Environment Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China;*

2. *College of Information System and Management, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;*

3. *Hunan Hydro & Power Design Institute, Changsha 410007, China)*

**Abstract:** Based on the field-survey hydrological data in typical years, the effect of different dispatching modes during the running periods of the Three Gorges Reservoir on water regimes in Dongting Lake area is comparatively analyzed. The results are shown as follows. 1) The influence periods are from 25th May to 10th June, from 1st July to 31st August, from 15th September to 31st October and from December to the next April, among which the influence of the water-supplement dispatch in the dry season is not very sensitive. 2) During the period under the pre-discharge dispatch, the runoff slightly increases as well as both the average and highest water levels rise in the usual year, while in the wet and dry years, the average increase in the runoff is  $40.25 \times 10^8 \text{ m}^3$  and the average rises of the average and highest water levels are both 1.06 m. 3) As for the flood-storage dispatch, the flood volume increases slightly in the usual years. In the dry and wet years, the flood volume, the average and highest flood water levels averagely reduce by  $444.02 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 2.64 m and 1.42 m respectively. 4) Under the water-storage dispatch, the runoff slightly increases and the water level rises in a sort in the usual year. And in the dry and wet years, the average decreases in the runoff, the average water level and the highest water levels are respectively  $185.27 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 3.13 m and 2.14 m. 5) During the period under the water-supplement dispatch, the runoff, the average water level and the highest water levels averagely decline by  $337.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 1.89 m and 2.39 m respectively in the usual and wet yeas. However, in the dry year, the runoff increases, and the average and highest water levels slightly go up.

**Key words:** the Three Gorges Reservoir; dispatch modes; Dongting Lake area; the water regime change