

三峡枢纽水库运行调度

张曙光, 周曼

(中国长江三峡集团公司, 湖北宜昌 443002)

[摘要] 三峡枢纽自2003年初步蓄水以来, 工程建设进度、库区移民安置、地质灾害治理等较初步设计有所提前, 泥沙淤积情况明显好于预期, 三峡枢纽提前实现了分期蓄水目标。同时, 随着运行条件的变化, 三峡水库在汛限水位浮动、中小洪水调度、提前蓄水等方面进行了优化调度尝试, 取得了较好的防洪、抗旱、航运、供水、生态等综合效益。尤其是2010年, 汛期三峡水库实施了中小洪水调度, 拦蓄洪量达到266亿 m^3 , 洪水资源利用充分; 汛末采取了蓄水与汛期防洪运用相结合的方式, 进一步利用汛末洪水资源, 首次实现了175 m蓄水目标, 枢纽开始全面发挥正常运行期的综合效益。

[关键词] 运行调度; 三峡枢纽

[中图分类号] TV61 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)07-0061-05

1 前言

根据三峡工程初步设计安排和“分期蓄水”的原则, 三峡水库在围堰发电期运行水位为135 m, 初期运行水位156-135-140 m(正常蓄水位-汛期防洪限制水位-枯期消落低水位), 正常运行水位175-145-155 m^[1]。

初步设计对三峡水库蓄水运用的时间安排为: 2003年水库开始蓄水至135 m, 进入围堰发电期; 2007年蓄水位升至156 m, 进入初期运行期。水库蓄水位从156 m上升至正常蓄水位175 m的时间, 可根据移民安置情况、库尾泥沙淤积实际观测成果以及重庆港泥沙淤积影响处理方面等相继确定, 初步设计暂定为6年^[1]。

按照三峡枢纽综合利用任务, 初步设计拟定的水库正常运行方式为: 每年汛期6月中旬—9月底水库按防洪限制水位145 m运行, 汛后10月初开始蓄水, 库水位逐步上升至175 m水位, 枯期根据发电、航运的需求库水位逐步下降至155 m, 汛前6月上旬末降至145 m^[1]。

2 水库优化调度探索

三峡水库自2003年6月蓄水至135 m进入围堰发电期运行以来, 在枢纽工程建设、移民安置、地质灾害治理等各方面进度比初步设计有所提前, 泥沙淤积情况明显好于初步设计预测, 因此适时抬高了汛末蓄水位, 提高了枯水期航运补偿能力。同时, 考虑水库蓄水以来运行条件较初步设计发生了较大变化, 通过研究, 对枢纽调度实现了初步优化, 进行了汛限水位浮动、中小洪水调度、提前蓄水等调度尝试, 取得了较好的防洪、抗旱、发电、航运、供水、生态等综合效益。

2.1 及时抬高汛末蓄水位

1) 关于139 m蓄水。2003年6月10日, 三峡水库蓄水至135 m, 进入围堰发电期。为使水库在枯水季节具有少量的应急通航补偿能力, 进行了汛末提高蓄水至139 m的研究。

在对涉及139 m蓄水的枢纽建筑物、库区移民以及基础设施建设进行全面调查及可行性分析, 并逐一做好相关准备后^[2], 三峡水库于2003年11月份成功蓄水至139 m, 使三峡水库在围堰发电期运

[收稿日期] 2011-04-25

[作者简介] 张曙光(1963—), 男, 山东沂水县人, 教授级高级工程师, 长期从事水电工程建设和运行管理工作;

E-mail: zhang_shuguang@ctgpc.com.cn

行水位为 135 ~ 139 m。枯水期通过实施航运补偿调度,三峡水库日平均最小下泄流量由天然情况下的 2 800 m³/s 左右提高至 3 590 m³/s,较好地改善了葛洲坝下游的通航条件。

2)关于 156 m 蓄水。2006 年,三峡工程形象进度、工程挡水条件、移民安置进度、库区地质灾害治理、库底清理及水环境保护等已具备汛后蓄水至 156 m 的条件。2006 年 10 月 27 日,三峡水库成功实现 156 m 蓄水,较初步设计提前一年进入初期运行期。枯水期平均增加下游航道水深 0.38 m。同时,由于提前于 2006 年 9 月—2007 年 4 月实施了三峡船闸完建工作,三峡水库 2007 年汛期防洪限制水位由初步设计的初期运行水位 135 m 提高至 144 m。

3)关于 175 m 试验性蓄水。2008 年 8 月,三峡库区移民、地质灾害治理、库底清理工作全部完成,枢纽具备了蓄水至 175 m 的条件。经研究,进行 175 m 试验性蓄水,比初步设计原定的 2013 年开始 175 m 蓄水提前了 5 年。2008 年汛末,由于蓄水过程中三峡水库库岸部分出现变形和垮塌等原因,为确保安全,水库最高蓄水至 172.8 m。试验蓄水至 172.8 m 以后,与 156 m 蓄水阶段相比,枯水期增加了葛洲坝下游庙嘴站通航保证水深 0.3 m(从 38.5 m 提高至 38.8 m)。

2009 年,三峡水库继续进行 175 m 试验性蓄水。由于蓄水期间长江中下游出现罕见旱情,三峡水库加大了下泄流量对下游实施补水,减缓了蓄水进度,加上蓄水期间三峡坝址来水偏枯等原因,三峡水库最高蓄水位为 171.43 m。

2010 年,在总结前两年试验性蓄水经验和教训的基础上,采取了汛期防洪运用与汛末蓄水相结合的方式,抬高了起蓄水位,并在起蓄时间和 9 月底库水位方面进一步提前和抬高,首次实现了 175 m 蓄水目标,枯水期葛洲坝下游庙嘴站通航保证水位达到 39 m。

2.2 汛限水位变幅研究

初步设计规定,每年汛期 6 月中旬—9 月底三峡水库维持防洪限制水位运行。考虑到泄水设施启闭时效以及电站调峰需要,并有利于充分利用洪水资源,鉴于三峡水库蓄水以来出现了一些新情况:入库泥沙来量比初设预计值明显偏小,而且随着上游水库的建成,今后还会继续减少;入库洪水的预报水平有所提高,可以提前 3 天实现较可靠的预报。在此条件下,为了最大限度地发挥三峡水库的综合效

益,提出了在确保三峡水库防洪安全的前提下,适当调整和灵活调度汛限水位的方案,即允许汛期限制水位有一定变幅。同时,通过对长江上游汛期洪水特性分析,上游洪水具有明显分期的特性,可将汛期分为汛初、主汛期、汛末三个阶段。汛初为 6 月中旬以前,主汛期为 6 月下旬至 8 月下旬,汛末为 8 月下旬以后^[3]。这一研究成果,为三峡水库汛期不同时段采用不同的调度方式提供了理论依据。

对三峡水库汛限水位上浮运用的防洪风险和泥沙淤积影响进行了分析:a.按照汛限水位上浮尽量不增加中下游防洪负担的原则,采用 3 天的洪水预见期,在下游控制站沙市、城陵矶设防水位以下为上浮水位运用留下预泄的空间,以此拟定水位上浮运用时的控制条件,做到防洪风险可控;b.中国水科院泥沙研究所考虑上游建库的前提下,对汛限水位变动幅度的泥沙淤积影响进行了分析,结果表明由于考虑了上游建库的影响,三峡水库入库沙量大为减少,累计淤积量明显减少,变动回水区以上库段产生略微的冲刷。仅从泥沙淤积来看,三峡水库 148 ~ 151 m 汛期限限制水位运行是可行的^[3]。基于以上研究成果,2009 年汛期以来,三峡水库逐步将分阶段浮动水位运用到调度实践中。2009、2010 年汛期,经防汛主管部门批准,汛限水位可在初期运行期规定的基础上允许上浮 0.5 m,同时考虑泄水设施启闭时效以及电站日调节需要,水库汛限水位可在 144.9 ~ 146.5 m 之间运行。2010 年 9 月上旬,三峡水库在预报后期不会发生大洪水,且下游控制站沙市、城陵矶水位分别低于 40.3、30.4 m 时,水位允许上浮至 148 ~ 150 m。

2.3 中小洪水调度

三峡枢纽主任务立足于防御大洪水。当发生较大洪水时,三峡枢纽根据下游防洪需求进行防洪运用。现实情况下,一方面由于大洪水比较稀遇^[4],使得满足防洪运用的条件非常稀少,致使水库的防洪库容利用程度较低。另一方面,对于发生频率相对较高的中小洪水,当中下游防汛形势紧张,或航运方面需要通过调度改善通航条件时,迫切需要三峡水库进行防洪运用。此外,随着水文气象预报技术的发展,洪水预见期逐渐增长、预报精度更加可靠。因此,为充分发挥三峡枢纽综合功能,三峡水库在不降低水库防洪标准、风险可控的前提下,对中小洪水进行了调度尝试。

2009 年汛期,三峡水库最大洪峰流量

55 000 m³/s,出现在8月6日8时。为减轻荆江河段及荆南四河的防洪压力,三峡水库实施了防洪运用,成功削减洪峰15 000 m³/s,拦蓄洪量42.7亿m³。本次蓄洪调度,控制荆江河段未超警戒水位,降低了防汛响应级别,减少了防汛成本支出,同时改善了通航条件,增加了发电效益,取得了较好的社会效益,是对中小洪水调度的一次有益尝试。

2010年汛期,在2009年中小洪水调度经验的基础上,三峡水库先后对7次洪水过程进行了拦蓄,蓄洪总量达到266亿m³,在减轻下游防洪压力和解决滞压船舶通航问题的同时,使洪水资源在发电方面也得到了更好利用。

2.4 汛末提前蓄水

三峡水库汛末蓄水调度是实现三峡综合利用效益最关键的水库调度。初步设计中考虑防洪需要以及有利于走沙,安排10月初由汛限水位145 m开始蓄水,蓄水期间最小下泄流量不低于保证出力对应的流量。然而,与初步设计相比,蓄水的各方面条件发生了较大变化:a.三峡10月份来水下降趋势明显,月平均流量减少了3 000 m³/s左右。随着长江上游干、支流大型水电站的建设,9—10月各水库相继蓄水,10月份来水还会继续减少;b.随着经济社会的快速发展,下游供水需求不断增加,要求提高三峡水库最小下泄流量。在这些新情况下,若仍按初步设计的方式进行蓄水,常常难以完成蓄水目标,水库蓄不满的频率加大。为保证水库蓄满,同时尽量减少蓄水对下游供水的影响,探索了三峡水库提前蓄水的可行性。

实施提前蓄水的主要制约因素是汛末防洪安全和水库泥沙淤积问题。经过全面分析认为:a.从9月份开始,长江上游来水逐步减小,发生大洪水的概率和洪水量级较主汛期明显降低。并随着上游大中型水库的兴建,9—10月相继开始蓄水,来水还将进一步减少。即使遇到较大洪水,充分利用现代水文气象预报手段,也可做到风险可控;b.从泥沙情况来看,由于上游大中型水库的拦沙作用逐步显现以及水土保持、河道挖沙等原因,蓄水以来三峡水库入库泥沙较论证阶段减少了60%,库区泥沙淤积量也较论证阶段减少了60%左右。中国水科院泥沙研究所分析了提前蓄水对泥沙淤积的影响,认为由于9月份来水来沙较小,并考虑上游建库的影响,提前蓄水对水库淤积影响有限^[5]。基于以上情况,2009

年和2010年三峡水库采取了汛末蓄水时间提前、承接防洪水位蓄水和抬高9月底水位等方式。于2010年汛末顺利完成了175 m蓄水目标。

3 2010年调度运行实践

3.1 汛期防洪调度

2010年汛期(6月10日—9月9日),洪水过程较常年明显增多,发生洪峰大于30 000 m³/s的洪水5次,洪峰大于50 000 m³/s的洪水3次,最大洪峰流量为70 000 m³/s。根据实时水雨情,三峡水库先后进行了7次防洪运用(见表1、图1),最高蓄洪水位161.02 m,累计拦蓄洪水266亿m³,防洪、航运、发电等综合效益显著。防洪方面,有效地减轻了长江中下游的防洪压力,最大削峰30 000 m³/s,降低荆江河段沙市站水位最大2.5 m左右,避免了沙市水位超警戒水位,降低洞庭湖口城陵矶(莲花塘站)水位最大1 m左右,为下游防汛节约了大量的人力和物力。据长江防汛抗旱总指挥部办公室估算,2010年汛期三峡工程产生的防洪经济效益为266.3亿元。航运方面,由于三峡及时拦蓄洪水,两坝间滚装船及中小船舶得以提早恢复通行,缓解了大流量无法通航的局面。发电方面,7月20日防洪运用期间,由于三峡水库抬高水位运行,三峡电站实现了1 820万kW满负荷连续运行168 h的记录。

表1 2010年汛期防洪运用情况

Table 1 Flood control in the flood season of 2010

年份	防洪运用次数	最高洪峰/(m ³ ·s ⁻¹)	出现时间	最高水位/m	拦蓄洪量/亿m ³	削减洪峰/(m ³ ·s ⁻¹)
2010	1	27 000	6月20日	149.85	24	11 000
	2	38 500	7月11日	149.68	23	7 000
	3	70 000	7月20日	158.86	76	30 000
	4	56 000	7月28日	161.02	30	16 000
	5	27 000	8月16日	148.32	11.6	7 000
	6	56 000	8月24日	160.01	80.9	30 000
	7	33 000	9月8日	160.2	18.8	8 800

3.2 汛末蓄水调度

2010年汛末,在总结前两年蓄水经验的基础上,三峡水库提前至9月10日蓄水,并采取了汛期中小洪水调洪运用与汛末蓄水相结合的方式,起蓄水位达到160.2 m,9月底蓄水至162.84 m,10月26日9时首次蓄水至175 m。

3.3 泥沙淤积情况概述

泥沙问题是三峡水库实施中小洪水调度和提前蓄水的关键制约因素。2010年6月—9月,由于三

峡水库实施了汛期中小洪水调度和汛末提前蓄水,三峡水库平均运行水位达到 153.21 m。期间,三峡水库入库沙量为 2.113 亿 t,出库沙量为 0.322 亿 t,淤积沙量为 1.791 亿 t。根据数学模型计算结果,2010 年水库汛期中小洪水调度和汛末提前蓄水导致库区多淤积泥沙 930 万 m^3 (约 0.143 亿 t),占该时段库区淤积总量的 8%。由于蓄水以来入库泥沙

明显减少,泥沙淤积总量仅为初步设计预测值的 40% 左右。并且随着上游干、支流大型水库的建设,水库来沙还将进一步减少,水库泥沙淤积情况也将进一步减轻。因此,现阶段,在继续关注泥沙冲淤变化的情况下,三峡水库可在中小洪水调度和提前蓄水等方面进行优化调度尝试,提高工程的综合效益。

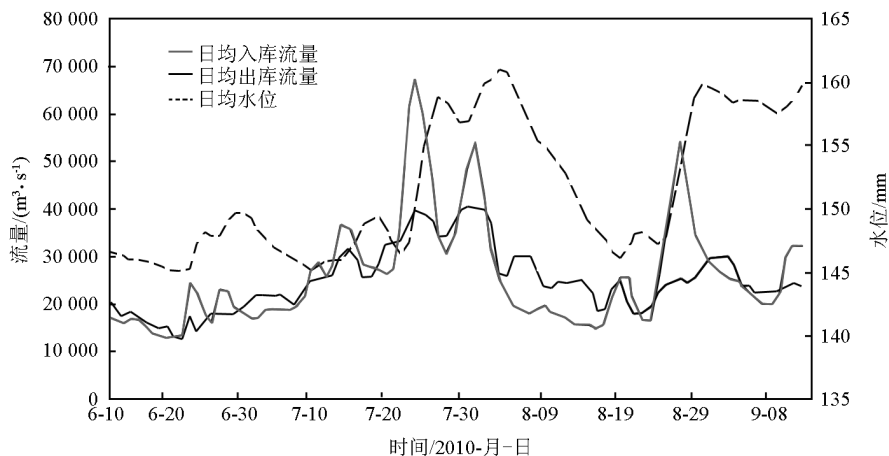


图 1 2010 年汛期三峡水库日均出入库流量、水位过程线

Fig. 1 Discharge and stage hydrographs of Three Gorges Reservoir in the flood season of 2010

4 结论

综上所述,三峡枢纽运行以来,水库在汛期洪水调度和汛末蓄水调度方面较初步设计有了较大优化。尤其是 2010 年,三峡水库充分利用汛期和汛末洪水资源,取得了较好的防洪、抗旱、航运、供水、生态等综合效益。随着三峡水库运行条件的变化以及各方面对水库调度需求不断提高,三峡水库还需要不断挖掘潜力,持续发挥和拓展工程的综合效益。

参考文献

- [1] 水利部长江水利委员会. 长江三峡水利枢纽初步设计报告 [R]. 1992.
- [2] 胡兴娥,冯正鹏. 浅谈三峡水库 139 m 水位蓄水[J]. 水力发电,2003(12):22-26.
- [3] 长江水利委员会水文局. 三峡工程汛期洪水特性专题研究报告[R]. 2007.
- [4] 长江勘测规划设计研究有限责任公司. 长江三峡水利枢纽 2010 年度汛方案专题研究报告[R]. 2010.
- [5] 中国水利水电科学研究院. 三峡水库提前蓄水对库区泥沙淤积影响计算分析[R]. 2010.

Operation and regulation of Three Gorges Reservoir

Zhang Shuguang, Zhou Man

(China Three Gorges Corporation, Yichang, Hubei 443002, China)

[Abstract] Since the impoundment of Three Gorges Reservoir in 2003, the construction schedule, resettlement and geological hazard treatment were ahead of those in the preliminary design. The sedimentation conditions

were obviously better than expected, and the goal of stage – by – stage impoundment was achieved in advance. Simultaneously, with the changes in operating conditions, optimum operations such as floating control of flood limit water level, medium and small flood regulation and impounding in advance were carried out, which produced enormous comprehensive benefits in flood control, drought relief, navigation, water supply and ecology. Especially during the flood season in 2010, the flood retention and storage capacity reached totaled 26.6 billion m³ through medium and small sized flood regulation, and the flood resources were fully utilized. In the end of the flood season, the flood resources were fully utilized and the water level reached 175 m first with the joint operation of flood control and water storage. Then the project began to give full play to its comprehensive benefits during the normal operation period.

[**Key words**] operation and regulation; Three Gorges Project

(上接 42 页)

The planning and comprehensive utilization of Three Gorges Project

Zhong Zhiyu, Hu Weizhong, Ding Yi

(Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Changjiang
Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

[**Abstract**] Three Gorges Project (TGP) plays a key role in harnessing and developing the Yangtze River, undertaking the tasks of comprehensive utilization such as flood control, power generation and navigation. After the completion of the project, it can be ensured that the flood control standard of Jingjiang area will be not less than 100 – year – frequency. As a result, the flood control pressure on the mid-lower reaches will be alleviated greatly, great energy support will be provided for the central, east and south China and the navigation conditions of Chuanjiang River will be improved fundamentally. Meanwhile, the navigation channel depth can be increased and the navigation conditions will be improved in the middle river reach through compensating regulation in dry season. In the new era, new requirements have been put forward to the operation of TGP for the harnessing, development and protection of the Yangtze River Basin. How to optimize the water resources utilization and implement a scientific operation to promote the comprehensive benefits of reservoir will be a long-term task of TGP.

[**Key words**] Three Gorges Project; planning; comprehensive utilization