

# 万安水库提高运行水位可行性研究

段曹斌,胡苑成,詹寿根

(江西省水利规划设计院,江西 南昌 330029)

**摘要:**由于受库区淹没处理、下游防洪等诸多因素制约,万安水电站于1993年建成后一直按初期运行方案运行,不仅无法充分发挥水库防洪、发电、灌溉和航运效益,还恶化了电站的汛期运行条件。目前,万安水库下游防洪条件已经得到较大改善,为提高万安水库运行水位创造了条件。针对拟定的提高万安水库运行水位的3种方案,从发电效益改善,库区淹没处理投资,航道改善等方面进行了可行性分析。结果表明,恰当确定水库运行水位,加上受益行业共同投资,3种方案都能获得较好的经济效益。建议进一步从下游防洪要求方面开展深入研究,尽早实现水库效益最大化。

**关键词:**运行水位提高;调度方案优化;可行性研究;万安水库

中图法分类号:TV697.11

文献标志码:A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.13.021

## 1 工程概况

万安水库位于江西省鄱阳湖水系赣江中游上段、万安县城以上2 km处,水库集水面积36 900 km<sup>2</sup>,是一座以发电为主,兼有防洪、航运、灌溉、养殖等综合利用的大型水利枢纽工程,也是赣江流域综合治理控制性工程之一。《万安水利枢纽设计说明书》中设计的最终运行规模效益为:多年平均发电量15.16亿kW·h;分别降低吉安和石上河段水位0.3~1.3 m和0.4~0.7 m;渠化上游航道100 km,增补下游枯水流量66 m<sup>3</sup>/s,增加枯水航深0.19 m;保灌耕地2万hm<sup>2</sup>。

万安水利枢纽于1959年完成初步设计,1960年开工兴建,1962年停建,1978年复工,1989年10月船闸投入使用,1990年11月第一台机组发电,1992年4台机组投产,总装机容量4×100 MW;1993年水库下闸蓄水。至此,除第5台发电机组未安装外,大坝、泄洪建筑物、电站厂房等均按设计最终规模完建;库区淹没处理按初期运行水位96.0 m(吴淞基面高程,下同)进行。

大坝按1 000 a一遇洪水设计,10 000 a一遇洪水

校核。最终规模的设计洪水位、防洪高水位和正常蓄水位均为100.0 m,死水位和汛期防洪限制水位为90.0 m,校核洪水位100.7 m,保坝洪水位103.6 m;水库总库容22.14亿m<sup>3</sup>,防洪库容和兴利库容均为10.19亿m<sup>3</sup>,属不完全年调节水库。

大坝自左至右分别为左岸非溢流坝段、溢流堰坝段、泄洪底孔坝段、电站厂房坝段、右岸非溢流坝段、船闸、土坝等。左右岸均设有灌溉引水洞。

由于库区内的淹没迁建和泥沙淤积问题,长江委在1985年完成的《万安水利枢纽设计说明书》中确定初期运行死水位为85.0 m,正常蓄水位96.0 m,防洪限制水位85.0 m,防洪高水位93.6 m。2002年对电站发电机组进行了增容改造,并于2005年11月完成了5号发电机组的安装,目前电站总装机容量为533 MW。

万安水利枢纽工程自1993年蓄水以来,有关部门陆续开展了运行水位的研究,形成了《万安水库初期运行研究报告》、《万安水电站初期运用水库洪水调度研究课题报告》、《万安水库运行方式论证报告》、《万安水库实时调度方案研究》等成果<sup>[1-5]</sup>,得到相关部门

及江西省防总的认可。1995 年后,江西省防总对万安水库汛期的运行水位作了适当调整:1995~1997 年按 4 月 1 日至 6 月 30 日汛限水位 85 m、运行水位 88 m 运行;1998 起至 2004 年度汛方案为 4 月 1 日至 6 月 30 日汛限水位 85 m、运行水位 87 m;2006~2010 年 4 月 1 日至 6 月 20 日水库水位在 85~87.5 m 之间实行动态控制调度;近几年的主汛期,江西省防总已将水库水位调整至 85~88 m 之间实行动态控制调度。经复核,现状装机规模条件下主汛期库水位按 85~88 m 之间进行动态控制调度时,万安电站多年平均发电量为 13.76 亿 kW·h。

## 2 提高运行水位的方案

(1) 方案一。万安水库的正常蓄水位由初期运行水位 96.0 m 抬高至 98.0 m,主汛期运行水位适当抬高,汛限制水位、死水位和防洪高水位仍维持现状,即正常蓄水位 98.0 m,主汛期运行水位 90.0 m,汛限制水位和死水位 85.0 m,防洪高水位 93.6 m。

(2) 方案二。正常蓄水位抬高至 100.0 m,其他特征水位同方案一。

(3) 方案三。正常蓄水位 100 m,主汛期运行水位适当抬高至 92.0~93.4 m,汛限制水位和死水位 90.0 m,防洪高水位 100.0 m。

## 3 各方案的运行调度方式

### 3.1 水库运行调度方式调整原则

为了不影响水库上游赣州市的防洪,方案一和方案二中赣江 16 号断面(距坝址 86.45 km)以上的回水水面线应控制在初期运行淹没处理线以下。主汛期(4 月 1 日至 6 月 20 日)及非主汛期水库均需按动态运行控制水位运行,并采取预报预泄措施,即:涨水时逐级降低坝前水位,以减少库区淹没损失;退水时逐级抬高坝前水位,使水库尽快回蓄,提高水资源利用率,发挥正常兴利功能。

### 3.2 具体运行调度方式

#### 3.2.1 方案一

(1) 主汛期运行调度方式。4 月 1 日至 6 月 20 日水库在水位 85.0~90.0 m 之间动态控制运行,当预报赣江上游将发生较大洪水时,加大发电流量,腾出防洪库容,将库水位降至汛限制水位 85.0 m。

(2) 非主汛期运行调度方式。非主汛期万安水库坝前控制水位见表 1。当上游来水流量介于某流量段之间时,涨水期应尽快将坝前水位降至控制水位的下限,退水期应尽快将坝前水位升至控制水位的上限。

#### 3.2.2 方案二

(1) 主汛期运行调度方式。该方案主汛期运行调度方式与方案一相同。

表 1 万安水库非主汛期坝前动态控制水位(方案一)

坝址流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	动态坝前控制 水位/m	坝址流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	动态坝前控制 水位/m
2000~3000	98.0~97.5	5000~6000	96.5~96.0
3000~4000	97.5~97.0	6000~8000	96.0~95.0
4000~5000	97.0~96.5	8000~11000	95.0~93.6

(2) 非主汛期运行调度方式。非主汛期水库坝前控制水位见表 2,具体的水位控制处理方式同方案一。

表 2 万安水库非主汛期坝前动态控制水位(方案二)

坝址流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	动态坝前控制 水位/m	坝址流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	动态坝前控制 水位/m
2000~3000	100.0~99.0	5000~6000	97.0~96.0
3000~4000	99.0~98.0	6000~8000	96.0~95.0
4000~5000	98.0~97.0	8000~11000	95.0~93.6

#### 3.2.3 方案三

(1) 防洪调度方式。根据石上和吉安当前时段的来水流量,以及前一时段洪水涨率,确定万安水库的蓄水量,按防洪调度图调度。当根据石上和吉安站的流量和洪水涨率判断均要求蓄水时,取其大者;当石上和吉安站的流量和洪水涨率均要求泄水时,取其小者;当两站对是否蓄泄水判断相反时,蓄水;当水库水位蓄至防洪高水位后,按保证大坝安全调度。

(2) 发电和航运等兴利调度方式。主汛期(4 月 1 日至 6 月 20 日)水库在水位 92.0~93.4 m 之间运行,当预报洪水上涨时,库水位降至 90.0 m。6 月底电站按保证出力运行,同时水库继续蓄水;当蓄水至 100 m 后电站按天然流量运行,若来水小于设计调节流量,电站按保证出力工作,不足水量由水库蓄水提供,于 3 月底以前消落至死水位;当水库水位低于限制供水水位时,电站按保证出力的 80% 工作。为了满足下游航运要求,电站安排 25 MW 容量为航运基荷,泄放的航运基流约为  $130 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

## 4 各方案可行性分析

### 4.1 方案一

水库正常蓄水位提高至 98.0 m 后,上游淹没耕地将增加  $187 \text{ hm}^2$ ,淹没林地增加  $77 \text{ hm}^2$ ,还需迁移人口 2 041 人,拆迁房屋  $116\,828 \text{ m}^2$ ,淹没处理投资 46 288 万元。若主汛期运行水位为 88.0 m,与现状相比,年发电量仅增加 3 928 万 kW·h,单位电能投资达 11.785 元/(kW·h)。若主汛期水库运行水位抬高至

89.0 m 或 90.0 m 运行,与现状相比,年发电量分别增加 9 888 万 kW·h 和 15 805 万 kW·h,单位电能投资可降至 4.681 元/(kW·h) 和 2.929 元/(kW·h),航道渠化里程分别增加 5 km 和 10 km,保灌面积分别增加 0.5 万 hm<sup>2</sup> 和 1 万 hm<sup>2</sup>。主汛期运行水位 88.0, 89.0, 90.0 m 时,内部经济收益率分别为 0.03%, 8.57% 和 14.86%。

从上述经济指标分析可知,万安水库正常蓄水位提高至 98.0 m,防洪高水位维持 93.6 m 运行,而主汛期运行水位维持现状的 88.0 m,在经济上是不可行的。若将主汛期运行水位抬高至 89.0 m,单位电能投资达 4.681 元/(kW·h),仅由增加发电的收入承担水库淹没处理投资,电力部门较难承受,但计入航运、灌溉效益,经济内部收益率为 8.57%,在经济上是可行的。若将主汛期运行水位抬高至 90.0 m,由增加发电收入承担水库淹没处理投资,单位电能投资可降至 2.929 元/(kW·h),电力部门可以承受,经济上是可行的,如果再计入航运、灌溉效益后,经济内部收益率达 14.86%,经济指标优越。

## 4.2 方案二

将万安水库正常蓄水位提高至 100.0 m,防洪高水位维持在 93.6 m,研究了主汛期运行水位为 88.0, 89.0 m 和 90.0 m 三种情况。该方案增加淹没耕地 500 hm<sup>2</sup>,淹没林地 131 hm<sup>2</sup>,迁移人口 5 948 人,拆迁房屋 349 364 m<sup>2</sup>,淹没处理投资 94 008 万元。若主汛期运行水位为 88.0 m,与现状相比年发电量仅增加 7 735 万 kW·h,单位电能投资达 12.153 元/(kW·h);若主汛期运行水位抬高至 89.0 m 或 90.0 m,则与现状年发电量相比,分别增加 13 350 万 kW·h 和 18 968 万 kW·h,单位电能投资可降至 7.042 元/(kW·h) 和 4.956 元/(kW·h),且渠化航道分别增加 5.0 km 和 10.0 km,保灌面积分别增加 0.5 hm<sup>2</sup> 和 1 hm<sup>2</sup>。该方案主汛期运行水位 88.0, 89.0, 90.0 m 时,内部经济收益率分别为 0.40%, 4.84% 和 8.17%。

从上述经济指标分析可知,主汛期运行水位 88.0, 89.0 m,在经济上是不可行的。若将主汛期运行水位抬高至 90.0 m,单位电能投资达 4.956 元/(kW·h),仅由发电收入承担水库淹没处理投资,电力部门也较难承受,但计入航运、灌溉效益后,该方案的内部经济收益率为 8.17%,经济上是可行的。

## 4.3 方案三

万安水库正常蓄水位 100.0 m,汛期限制水位和死水位 90.0 m,防洪高水位 100.0 m,当主汛期运行水

位 92.0, 92.8 m 和 93.4 m 时,淹没耕地增加 1 500 hm<sup>2</sup>,淹没林地 2 100 hm<sup>2</sup>,迁移人口 31 971 人,拆迁房屋 1 827 936 m<sup>2</sup>,淹没处理投资 302 207 万元。3 种水位情况年发电量分别增加 32 222 万, 36 938 万 kW·h 和 38 816 万 kW·h,单位电能投资分别达 9.379, 8.181 元/(kW·h) 和 7.786 元/(kW·h),渠化航道里程分别增加 20, 24 km 和 27 km,保灌面积增加 1 hm<sup>2</sup>,另外,赣江中下游防护区的防洪标准也有所提高。主汛期运行水位 92.0, 92.8 m 和 93.4 m 情况下,经济内部收益率分别为 9.34%, 9.82% 和 10.04%。

万安水库正常蓄水位提高到最终规模的特征水位运行时,仅由发电收入承担水库淹没处理投资,单位电能投资达 7.79 ~ 9.38 元/(kW·h),电力部门无法承受。但计入防洪、航运、灌溉效益后,该方案的经济内部收益率达 9.34% ~ 10.04%,经济指标较优越。

## 5 结论与建议

### 5.1 结 论

(1) 万安水库自初期的正常蓄水位 96.0 m 提高到设计最终规模的特征水位运行时,库区淹没处理投资还须投入约 30 亿元,但对赣江中下游防洪、供水、航运具有巨大的综合效益,经济上仍属较优的可行方案。

(2) 从上述 3 种方案的可行性分析可知:提高万安水库运行水位可逐步进行,即可以按顺序陆续实施方案一、方案二和方案三。在目前赣江下游防洪的紧迫性不是很强的条件下,可以先实施方案一和方案二,待条件成熟时再实施方案三。方案一只需电力部门投资即可实现,方案二则需航运部门资助,方案三必须由多部门投资才能实施。

### 5.2 建 议

(1) 万安水利枢纽工程按最终规模建成运行具有发电、防洪、航运等综合利用效益,淹没处理投资可由发电、防洪、航运等部门合理分摊。

(2) 万安水利枢纽工程的洪水调度运行方案是 20 世纪 70 ~ 90 年代按坝址下游防洪标准由 20 ~ 30 a 一遇提高至 50 a 一遇的目标制定的。目前,赣江中下游干流堤防的防洪标准已有较大提高,因此,建议按照赣江中下游新的防洪要求重新研究万安水利枢纽工程的洪水调度方案。

### 参考文献:

- [1] 江西省水文局. 万安水库运行调度方案分析论证[R]. 南昌:江西省水文局, 2003.
- [2] 吉安市水文局. 赣江中游防洪能力与万安水库运行调度分析报告[R]. 吉安:吉安市水文局, 2003.
- [3] 邹幼汉. 万安水库运行方式论证[R]. 武汉:长江水利委员会长江

勘测规划设计研究院,2003.

[4] 中国水利水电科学研究院,国电万安水力发电厂. 万安水库汛限水位动态控制研究报告[R]. 北京:中国水利水电科学研究院,2006.

[5] 方兆振. 长江流域赣江水系万安水库汛限水位动态控制研究报告[R]. 南昌:江西省水利规划设计院,2009.

(编辑:常汉生)

Study of feasibility of raising operating water level of Wan'an Reservoir

DUAN Caobin, HU Yuancheng,ZHAN Shougen

( Jiangxi Water Conservancy Planning and Design Institute, Nanchang 330029, China)

**Abstract:** Since the completion of Wan'an Reservoir in 1993, it has always been operated by the initial operation scheme due to the limitation of inundation in the reservoir area and downstream flood control etc., so the benefits of flood control, power generation, irrigation and navigation have not been fully realized, and the operation condition of the power station in flood season is deteriorated. At present, the flood control condition in the downstream of Wan'an Reservoir has been improved greatly, which creates a condition for raising the operation level of reservoir. Aiming to 3 schemes of raising water level, the feasibility is researched from the aspects of power generation improvement, investment for inundation treatment in the reservoir area, navigation channel improvement. The research results show all 3 schemes can achieve good economic benefits if the co-investment is realized by benefited departments and a reasonable operation level is determined. It is suggested that the downstream flood control demand be further studied to realize the maximum benefit of Wan'an reservoirs.

**Key words:** rising of operation water level; optimization of operation scheme; feasibility study; Wan'an Reservoirs

(上接第 60 页)

Frequency measurement of hydro-turbine speed regulator based on external counting module of PLC

LIU Li, DING Kai, KE Gang

( Zhentouba Branch, China Guodian Dadu River Hydropower Development Co. Ltd., Leshan 614700, China)

**Abstract:** As the basis of hydro-turbine regulation, the accuracy of frequency measurement of the hydro-turbine speed regulator has a direct influence on the safe operation of the turbine. Owing to its advantages of easy operation, high accuracy, and convenient maintenance, PLC (Programmable Logic Controller) is widely used to measure the frequency of hydro-turbine speed regulator, which can be realized in two forms: internal counting module and external counting module of PLC. The principles of frequency measurement based on external Schneider BMX EHC 0200 high speed counting module is introduced. Meanwhile, its characteristics, frequency calculation process and calculation mode are described as well.

**Key words:** frequency measurement; PLC; high speed counting module; speed regulator; Zhoutouba Hydropower Station I