

江垭水库超蓄能力及效益分析

凌玉标

39-40.68

(水利部·湖南省澧水流域水利水电综合开发公司,湖南长沙 410007)

TV6P7.1

TV6P7.13

摘要:为了发挥江垭水库超蓄洪水的能力,以达到降低洪灾损失、减轻下游防洪压力的目的,在原设计总体布置不变、基本不影响大坝施工总进度的前提下,利用工程正在施工的有利时机,将大坝由原设计高程242m加高至245m,获得1.15亿 m^3 的超蓄库容,能显著地削减洪峰,并增加了水库的错峰能力及汛期防洪调度的灵活性,具有显著的减灾效益,并能提高发电效益。

关键词:水库;超蓄;大坝加高;削洪减灾;江垭水利枢纽工程

中图分类号:TV697

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2000)05-0039-02

江垭水利枢纽工程位于湖南省慈利县境内,是澧水流域上以防洪为主,兼有发电、航运、灌溉、旅游等综合效益的第一个大型骨干工程,为国家重点建设工程,总投资34亿元,其中利用世界银行贷款9700万美元。工程于1995年7月正式动工,1999年底基本完工。工程建成后,可使澧水下游防洪标准由目前的4~7年一遇提高到17~20年一遇。水库正常蓄水位236.0m,汛期限制水位210.6m,原总库容17.4亿 m^3 ,防洪库容7.4亿 m^3 ,为年调节水库,设计洪水重现期为500年一遇,相应坝前水位237.59m,校核洪水重现期为5000年一遇,相应坝前水位240.85m。大坝建基面高程114.0m,原设计坝顶高程242m,1998年决定将大坝加高至高程245m,是目前世界上已建的最高全断面碾压混凝土重力坝。坝顶总长327m,溢流坝段长88.0m,表孔堰顶高程224.0m,设4个14m×15m(宽×高)弧门,在其闸墩下部设有3个5m×7m(宽×高)的中孔,进口底板高程180.0m,消能方式为高低坎大差动挑流空中碰撞消能。电站为地下式厂房,总装机3×100MW,设计年发电量7.56亿kW·h,是湖南省调节性能较好的电站,主要承担电网调频、调峰任务。

1 江垭大坝加高缘由

澧水是长江洞庭湖水系中洪涝灾害最为严重的河流,几乎年年都有洪水灾害。在1998年的全国性大洪水中,尚在建设中的江垭大坝发挥了巨大的防洪作用,降低下游水位0.5~1.5m,但澧水流域仍有315.3万人受灾,倒塌房屋34.1万间,淹没耕地33.9

万 hm^2 。可见澧水流域防洪形势仍相当严峻。

在1998年的抗洪抢险过程中,湖北隔河岩水库超蓄洪水,控制下泄流量以减轻长江荆江河段的洪水压力,湖南五强溪水库为确保下游常德市的安全,将200年一遇洪水强迫蓄到了将近1000年一遇洪水水位。在关键时刻通过水库超蓄洪水,为减轻抗洪抢险压力,避免更大灾害损失起到了重要的作用。故1998年洪水过后,江垭项目业主经反复研究,决定吸取其它水库超蓄洪水的经验,趁工程尚未完工之际加高大坝,发挥水库的超蓄能力,以减轻下游的洪水灾害和洞庭湖的防洪压力,此举得到了水利部和湖南省政府的高度重视和大力支持。

2 江垭水库超蓄能力分析

2.1 超蓄能力计算

水库超蓄条件是大坝原设计条件不变,即正常蓄水位、防洪限制水位、库区征地移民回水位不变,设计校核洪水标准不变;原设计的总体布置不变,大坝基础及剖面不作大的调整;已经施工完成的结构尽量不作改变,基本不影响大坝施工总进度;对于50年一遇以内洪水,仍按原调度方案进行防洪调度,发生50~100年一遇洪水时水库超蓄洪水,水库仍按1700 m^3/s 控制下泄流量,增加的临时淹没损失发生一次就赔偿一次;发生超过100年一遇洪水时,泄洪设备开启以确保大坝安全,在此条件下水库调洪成果见表1。其中原设计起调水位210.6m,236.0m以下控制下泄流量1700 m^3/s ,236.0m以上中孔、表孔自由泄流;加高方案起调水位210.6m,239.0m以下控制

表1 江垭水库大坝加高方案调洪成果

指 标	原设计方案			大坝加高方案			
	来流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	泄流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	坝前水位 /m	来流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	泄流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	坝前水位 /m	错峰时间 /h
50年一遇	8470	1700	236.0	8470	1700	236.0	
100年一遇	9580	3444	236.0	9580	1700	238.7	
500年一遇	12200	8322	237.59	12200	9251	239.1	5.0
5000年一遇	15700	10491	240.85	15700	11700	242.7	3.0

下泄流量 $1700 \text{ m}^3/\text{s}$, 239.0 m 以上中孔、表孔自由泄流。从表1中可以看出, 对于100年一遇的洪水, 如果控制下泄流量为 $1700 \text{ m}^3/\text{s}$, 坝前水位将达到238.7 m, 由此确定水库超蓄控制水位为239.0 m, 相应超蓄库容1.15亿 m^3 (236~239 m), 大坝表孔弧门门顶应满足挡水239 m水位要求。

2.2 水库超蓄后枢纽建筑的安全复核

a. 坝顶高程的确定。按5000年一遇校核洪水确定的坝前水库静水位为242.7 m。考虑浪高、安全超高等因素, 坝顶高程定为245.0 m。

b. 大坝稳定和应力复核。其计算结果见表2。碾压混凝土坝层间抗滑稳定按最高洪水水位242.7 m复核, 抗滑稳定安全系数为2.78。因此, 在各种水位情况下, 大坝稳定和应力均能满足重力坝规范所规定的非常荷载组合安全稳定要求。

c. 大坝泄洪消能设施复核、经复核, 中、表孔泄流能力满足泄洪要求, 但最大泄量比原最大泄量增加11.8%, 运行中应进一步观察研究下游水位较低时的冲刷情况, 并在下游两岸设置护坡; 中孔出口结构(闸墩、弧门支腿梁)能满足239.0 m 闸门挡水要求, 不需进行加固处理; 由于泄洪时溢流堰水面线较原来的水面线高出1.8 m, 闸门推力也由原来11529 kN增加到20820 kN, 增加了80.6%, 因此, 表孔闸墩配筋、牛腿结构配筋、闸墩局部受拉钢筋均需进行修改。

挡水位改为239.0 m, 原已制作的表孔弧门(宽为14 m, 高为12 m)及油压启闭系统需重新设计制作, 修改后的闸门尺寸为14 m×15 m(宽×高)。中孔弧门的挡水设计水头较原来提高了3.0 m, 经复核中孔闸门及启闭系统不需改造。

d. 大坝防渗加固处理。由于原设计帷幕防渗顶部高程右岸为237.6 m, 左岸为240.5 m, 而大坝加高后的最高洪水水位达242.7 m, 因此必须进行防渗加固处理, 以防止库水渗漏。

3 水库超蓄效益分析

3.1 防洪效益

超蓄库容在防洪方面发挥的主要作用是: ①降低下泄流量, 削峰作用明显。对于100年一遇的洪水, 超蓄后下泄流量可以从 $3444 \text{ m}^3/\text{s}$ 降低为 $1700 \text{ m}^3/\text{s}$, 相应削减峰量 $1744 \text{ m}^3/\text{s}$, 达50%。②延缓闸门开启时间, 滞洪错峰作用显著。由于闸门挡水高程从236 m提高至239 m, 相应增加了1.15亿 m^3 超蓄库容, 因而可延缓闸门开启泄洪时间, 增大江垭水库对下游的错峰功能。对于100年一遇的洪水, 洪峰完全错开; 500年一遇洪水可错峰5 h, 5000年一遇洪水可错峰3 h。江垭水库超蓄方案自1998年9月开始研究、修改设计, 1999年2月开始实施, 1999年5月土建工作基本完成, 工程增加投资2422.76万元。水库超蓄洪水与替代的下游蓄洪垸分洪经济分析比较如下:

澧水下游澧澧地区共有四个蓄洪垸, 选择蓄洪容积与水库超蓄库容大致相当的澧南垸作为替代比较。澧南垸蓄洪运用一次, 需动迁人口2.2万人, 淹没耕地 1400 hm^2 , 直接经济损失3.8亿元(1998年价格水平); 而水库水位由236 m临时抬升至239 m(约100年一遇)时, 由于库区淹没岸坡人口稀少, 无厂矿企业、库区增加的临时淹没人口只有2268人, 耕地 70.1 hm^2 , 园林地 42.5 hm^2 , 直接经济损失在800万元左右(1998年价格水平)。可见江垭水库超蓄的防洪减灾效益是十分显著的。

由于大坝加高增加的投资是一次性的(概率为1), 而水库超蓄洪水的概率小于2%, 为了更具体直观说明加高方案所具有的优越性, 假定在未来100年内发生一次1%频率的洪水(相应水库超蓄洪水1.15亿 m^3), 则加高方案比原设计方案减少的淹没直接经济损失为

$$38000 \text{ 万元} - 800 \text{ 万元} = 37200 \text{ 万元}$$

表2 大坝抗滑稳定和应力计算成果

计算条件	稳定安全系数		坝基边缘应力/MPa				纵向稳定安全系数	
	非溢流坝	溢流坝	非溢流坝		溢流坝		8号坝段	3号坝段
			坝踵	坝趾	坝踵	坝趾		
正常水位236.0 m	3.59	3.71	0.72	1.74	0.72	1.93	3.0	3.0
上游水位239.0 m	3.39	3.61	0.55	1.87	0.65	1.94	2.83	2.82
上游水位242.7 m	3.18	3.60	0.25	1.88	0.42	2.02	2.60	2.71

注: 纵向安全系数只复核了原技施设计中纵向稳定安全系数最小的右岸3号坝段和左岸8号坝段。

(下转第68页)

建立标准基础(即在 DSS 中采用的决策准则)并且将这些与综合性 DSS 系统联系起来。

f. 委托人运行 DSS, 可以经济目标促进环境目标的实现, 或反过来确定下游的环境目标并由此来确定补救方案中经济决策条件。

g. 地方管理者可以可实现效益的目标评估来决定费用水平。

h. 输出值往往非常直观, 带有标准判据, 便于委托人选择各种方案, 并且利用它作为公众参与高级管理的一种工具。

K-B 法的关键是委托人可以参与全过程, 因而可以提高当地人员的能力。

不确定性是评价模型预测结果的决定性因素, K-B 法可以发现模型输出结果中的这种不确定性因素。

比较起来, 地方经验(作为与区域经验或数据的区别)可能是非常可靠的。与那些不能直接地利用这类经验的数学模型相比, K-B 法可以把这种经验编入分析程序中去并将它加入到区域经验库中。

在对数学模拟法一些问题的讨论中, 我们注意到, 对这类研究总是要依赖外国咨询专家控制模拟过程得出最终结果。这一点对 K-B 法也适用, 但主要不同点是委托人只从国外引进一部分技术和判据, 更多的是结合当地的经验和国内专家的研究, 这就大大减少了对外国咨询专家的依赖从而提高了自己的技术能力。

(张惠英摘译自 Ongley E D, et al. Pollution remediation planning in developing countries: conventional modelling versus knowledge-based prediction. Water International 1999, 24(1):31~38 编辑:马敏峰)

(上接第 16 页)然资源问题, 水资源危机将会给各国的经济发展造成大的威胁。中国是个缺水的国家, 在从小康走向强国富民的进程中, 必须进行大规模国土整治, 逆转恶化的水生态环境, 更应保护和开发利用水资源, 建立节水型社会, 缓解供需矛盾, 使我们的水资源调配融入一个更高的境界: “为天地立心, 为生民立命, 为往圣继绝学, 为万世开太平”。为此应做到以下几点: ①加强水利建设, 增加供水设施, 通畅江河流程, 提高抗灾能力; ②加大执法力度, 采取有力措施, 控制污染发展, 划分水源保护区; ③加强水资源管理, 建立统一的权威机构, 发挥水资源潜力, 抓好水价改革; ④依靠科技进步, 应用高新技术, 普及水资源知识, 控制人口增长; ⑤兴建调水工程, 解决缺水问题, 科学分配南北水源, 促进经济带的发展; ⑥大搞植树造林, 调整产业结构, 逐步退耕还林, 再造秀美山川; ⑦大力推行节水技术, 发展节水产业, 开源节流并举, 实行节水战略; ⑧统一思想认识, 树立可持续发展思

想, 加大宣传力度, 增强水患意识。

参考文献:

- [1] 邓英淘, 王小强, 崔鹤鸣. 重整山河再造中国[J]. 国土经济, 2000(1):10~12.
- [2] 朱建盈. 21 世纪中国水供求[J]. 中国水利, 2000(1):21~22.
- [3] 郎根栋. 我国水灾可持续发展研究[J]. 灾害学, 2000(1):51~55.
- [4] 姜文来. 水资源价值论[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 1~24.
- [5] 赵秉栋, 管华. 水资源学概论[M]. 郑州: 河南大学出版社, 1996. 1~60.
- [6] 彭珂珊. 中国土壤侵蚀的影响因素成因及其危害分析[J]. 水利水电科技进展, 2000, 20(4):15~18.
- [7] 彭珂珊. 黄土高原水土流失区退耕还林(草)的基本思路[J]. 水利水电科技进展, 2000, 20(3):9~14.

(收稿日期:2000-04-01 编辑:马敏峰)

(上接第 40 页)

(忽略超蓄库容带来的发电效益), 也就是说加高方案产生了 37 200 万元的直接经济效益, 将此按 100 年平均分摊, 则相当于每年带来 372 万元的直接经济效益, 加高方案一次性投资 2 422.76 万元与 372 万元之比为 6.5:1, 即相当于大坝加高增加的投资回收年限为 6.5 年, 这是比较短的; 如果还考虑在此 100 年内可能发生 50 年以上、100 年以下频率的洪水及超蓄库容产生的发电效益, 则回收年限更短。

此外, 蓄洪垸分洪当年只能使用一次, 进洪、排洪均难控制, 分洪的时间与量亦难准确把握, 预测效果的未知因素较多; 而水库超蓄时有闸门控制, 高度灵活可靠, 可准确及时蓄洪、泄洪, 尤其是超蓄库容当年可重复使用, 其优越性更是显而易见。

3.2 发电效益

根据计算, 1.15 亿 m^3 的超蓄库容每次可发电 1 900 万 $kW \cdot h$, 如果按江垭电站丰水期上网电价 0.263 元/($kW \cdot h$) 计算, 可创造 500 万元的发电效益, 且超蓄库容利用次数越多, 其创造的发电效益越大。

4 结 语

江垭水库作为澧水流域第一个大型水利水电骨干工程, 抓住其正在建设的有利时机, 在设计不作大的改动、不影响工程施工总进度的前提下, 采取有效的工程措施, 使水库具有超蓄洪水的功能。在下游澧水地区防洪处于紧急状态下动用超蓄库容, 增加水库对下游削峰和错峰能力及汛期防洪调度的灵活性, 以减轻澧水下游及西洞庭湖区防洪压力, 减灾效益明显, 并可创造可观的发电效益, 比建成后再来加高大坝可节省进出场费及临时建筑设施费用。

(收稿日期:2000-01-11 编辑:熊水斌)