

中小洪水动态调度应用研究

郑 静¹ 伍 昕² 易 磊³

1. 中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司 湖南 长沙 410014
2. 五凌电力有限公司 湖南 长沙 410004
3. 湖南省水利水电勘测设计规划研究总院有限公司 湖南 长沙 410021

摘 要: 随着水情测报技术发展, 中小洪水资源化利用逐渐成为我国水库调度技术发展趋势。B水库上游有大型调节水库, 为了保护库区防护对象设置汛期限制水位。为有效利用水头, 研究了在不同来流情况下不超过原审定回水线时坝前水位, 依托水库提前预报预泄, 制定了水位动态运行方案。经验证, 按水位动态运行方案运行, 水库回水没有超过原设计回水, 同时发电量增加3110万kWh, 增值占汛期发电量的7.6%, 效益明显。

关键词: 梯级水库; 中小洪水; 动态调度; 预报预泄

Application Research on Dynamic Regulation of Small and Medium Flood

Zheng Jing¹, Wu Xin², Yi Lei³

1. PowerChina ZhongNan Engineering Corporation Ltd., Changsha Hunan 410014
2. Wuling Power Co., Ltd., Changsha Hunan 410004
3. Hunan Water Resources and Hydropower Survey, Design, Planning and Research Co., Ltd., Changsha Hunan 410021

Abstract: With the development of water forecasting technology, the resource utilization of medium and small floods is becoming a trend in the development of reservoir dispatching technology in China gradually. There is a large regulating reservoir upstream of Reservoir B, and in order to protect the protected objects in the reservoir area, restricted water level during flood season is set. In order to effectively utilize the water head, the water level in front of the dam was studied when the original design reservoir water line was not exceeded under different inflow conditions. Based on the forecast prediction and pre-discharging of the reservoir, a dynamic water level dispatching plan was developed. After verification, according to the dynamic dispatching plan of water level, the backwater of the reservoir did not exceed the original design reservoir water, and the power generation increased by 31.1 million kWh, accounting for 7.6% of the power generation during the flood season. The benefits are significant.

Keywords: Cascade Reservoir Small and medium-sized floods Dynamic Dispatching Forecast and Pre-discharging

1 中小洪水动态调度研究现状

我国在汛期动态调度方面有丰富的实战经验, 三峡水库、丹江口水库和五强溪水库长年依据水情测报系统进行动态调度。自2000年以来, 洪水资源化利用逐渐成为我国水库调度技术的发展趋势。水情测报技术发展、流域集控中心建设和投入应用, 实现了流域水雨情测报、流域水库调度一体化和远程、集中控制, 具备通过汛期动态调度实现洪水资源化利用的条件。

水库动态调度应用需求促进了相关理论发展。大连理工大学与国家防汛抗旱总指挥部办公室对汛限水位动态控制的定义与属性进行了明确阐述^[1]。汛限水位动态控制的四大内容包括: 预报信息可利用分析、汛限水位动态控制域的确定、汛限水位实时动态控制方法、效益计算与风险分析。

定、汛限水位实时动态控制方法、效益计算与风险分析。

2 案例研究

目前水库群汛限水位动态控制域的确定方法主要^[7]有库容补偿法、预泄能力约束法和预报调度法。预泄能力约束法是在洪水预见期内依据泄流能力将汛限水位上浮。预报调度法是通过选取前期预报信息作为判断洪水量级的指标, 通过预泄使所需防洪库容减小, 从而抬高汛限水位, 其核心任务是制定预报调度规则。

2.1 项目概况

本文以某干流河段水库进行实例分析。干流上游有调节水库A, 研究对象B水库为保护位于库区的文物芙蓉楼, 汛期5~7月设置汛期限制水位, 降低水位运行, 防护标准20年一

遇重现期。水库土地征用标准为2年一遇洪水，设计采用以下2条回水线的外包线作为土地征用回水线成果，一是非汛期按正常蓄水位190.00m，非汛期2年一遇洪峰流量(3090m³/s)推求水库回水线；二是汛期按汛限制水位187.00m，全年2年一遇洪峰流量(7600m³/s)推求水库回水线。经统计，

B水库入库流量3000m³/s、4000m³/s、5000m³/s以下时间分别约占汛期的96.03%、98.14%、99.16%，具备较大的动态调度空间。

2.2 来水预报精度

根据水情测报系统预报精度分析，A水库入库洪水6h预报精度可达90%，本次考虑A水库提前6h预测出库流量，出库洪水传播到B水库的时间为2h，即A水库库流量有8h预见期，预报精度为90%。支流来水主要来自支流水文站以上，本次以支流水文站实测洪水流量按面积比(指数为0.667)预报支流入库流量，预见期为洪水从支流水文站传播到B水库的时间8h，考虑到支流水文站~B水库区间来水以及洪水传播等因素影响，预报精度考虑为90%。即在编制方案中，A水库出库流量和支流流量考虑10%裕度^[2]。

2.3 淹没回水线控制的坝前运行水位

计算思路

B水库库区以支流汇合口为界可分为三段，坝址~汇合口，汇合口~A水库下游(干流)，汇合口到支流水文站(支流)，分别分析这三段回水对洪江坝前水位的控制作用。在小洪水情况下，坝址~汇合口之间基本为平水段，对坝址~汇合口河段进行回水计算，得到汇合口较坝址水位壅高的最大值 ΔZ 。

以不高于淹没线为原则反算支流不同流量时黔城站的最高允许水位 $Z_{支}$ 。

以不高于淹没线为原则反算A水库出库不同流量时黔城站的最高允许水位 $Z_{干}$ 。

$\min\{Z_{支}, Z_{干}\}$ 减去 ΔZ ，得到A水库不同出库流量和支流不同来流组合情况下B水库坝址的运行水位，即根据流量确定的B水库坝址控制水位。

计算方法

回水计算按明渠稳定流方程计算，忽略河段内的局部摩阻水头，则：

$$Z_{j+1} = Z_j + \frac{Q_j^2 \cdot \Delta L_{j+1}}{K_j^2} + E \cdot \left(\frac{v_j^2}{2g} - \frac{v_{j+1}^2}{2g} \right)$$

j ——库区断面序号

Q_j ——断面所处河段流量(m³/s)

ΔL_{j+1} —— $j, j+1$ 断面之间间距(m)

K ——断面平均流量模数

E ——断面平均流速修正系数

v ——断面平均流速(m/s)

z ——断面水面水位(m)

$$\overline{K}^2 \text{ 的计算方法采用: } \overline{K}^2 = \frac{2}{\frac{1}{K_j^2} + \frac{1}{K_{j+1}^2}}$$

综合上述分析，各种情况坝前运行水位取值如表1。

表1 根据淹没回水线控制的坝前运行水位

序号	A水库出库流量	支流流量	坝前最高运行水位要求	B水库入库流量范围
	m³/s	m³/s	m	m³/s
1	≤2000	≤1000	190.00	≤3000
2		1000~1500	189.62	1000~3500
3		1500~2000	189.13	1500~4000
4	2000~2500	≤1000	189.70	2000~3500
5		1000~1500	189.50	3000~4000
6	2500~3000	1500~2000	189.00	3500~4500
7		≤1000	189.48	2500~4000
8		1000~1500	189.35	3500~4500
9	3000~3500	1500~2000	188.85	4000~5000
10		≤1000	189.19	3000~4500
11	3500~4000	1000~1500	189.04	4000~5000
12		1500~2000	188.70	4500~5500
13	>4000	≤1000	188.81	3500~5000
14		1000~1500	188.66	4500~5500
15		1500~2000	188.49	5000~6000
16	>2000		187.0	>4000
17				>2000

2.4 腾库要求运行水位

洪水上涨阶段，根据前述研究成果，如果直接取库区淹没控制的坝前安全水位(见表1)，作为调度控制的坝前安全水位，分析认为，当洪江水库洪水上涨且涨率较大时，存在因腾库导致增加出库流量大于下游承担能力的风险。

根据上述分析，从保留充足的腾库时间考虑，当预报电站入库流量小于3000m³/s时，按每小时增泄不超过1000 m³/s、8h增泄2500m³/s计算，坝前腾库安全水位190.0m；当预报电站入库流量小于3500m³/s时，按每小时增泄不超过1000 m³/s、8h增泄2000m³/s计算，坝前腾库安全水位189.5m；当预报电站入库流量3500~4000m³/s时，按每小时增泄不超过1000 m³/s、8h增泄1500m³/s计算，坝前腾库安全水位189.0m；当预报电站入库流量4000~4500m³/s时，按8h增泄1000m³/s计算，坝前腾库安全水位188.5m；当预报电站入库流量4500~5000m³/s时，按8h增泄500m³/s计算，坝前腾库安全水位187.7m。

表2 安全腾库时的坝前水位表

入库流量	m³/s	≤3000	3500	3500~4000	4000~4500	4500~5000
坝前控制水位	m	190.0	189.5	189.0	188.5	187.7

2.5 5~7月按流量动态运行水位方案

综合库区淹没控制、上下游防洪安全、腾库安全等的要求,同时考虑实际调度的可操作性,推荐汛期按流量动态控制运行水位成果如下:

托口出库流量小于等于 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 时,洪江入库范围随着舞水河流量增大逐渐减小;托口出库流量大于 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 小于 $4000\text{m}^3/\text{s}$ 时洪江入库范围随着舞水河流量增大逐渐增大;托口出库流量大于 $4000\text{m}^3/\text{s}$ 时洪江入库范围相同^[3]。

2.6 动态调度安全性验证

按调度方案进行回水计算(以运行水位190m为例),验证其是否超过了2年一遇回水。

2.7 动态调度效益

为评估电厂汛期按流量动态控制水位优化调度的发电效益,对2015~2019年主汛期(5~7月份)按推荐抬高运行水位方案进行优化调度计算,并与按设计的调度规程计算的发电量和电厂实际运行发电量进行比较。汛期按流量抬高汛限水位动态调度方案与按设计调度规程运行方案相比,发电净水头增加2.66m,发电量增加3110万kWh,增值占汛期发电量的7.6%。可见,洪江水电站汛期按流量抬高水位优化运行,发电水头抬高,发电效益有所增加。

结束语

为了保护B水库库区重要的文物,设置了汛期限制水

位,在水库回水时采用汛期水位+汛期洪水和非汛期水位+非汛期回水外包线,因此汛期在未发生洪水或者洪水较小时具备抬高水库水位运行的条件。B水库上游具有大型调节电站,流域水情测报系统设置完善,入库洪水预报具有较好的精度和时效性。抬高水位运行,在洪水预报期内依据预报和上下游安全进行预泄。经统计,B水库汛期入库流量小于非汛期2年一遇洪水的时间约占汛期的96.03%,汛期开展动态调度可产生较好的效益。本文研究了受回水线控制和安全腾库限制的坝前运行水位,根据预报流量对水位进行调控,发电量增加3110万kWh,增值占汛期发电量的7.6%。

参考文献

- [1]大连理工大学,国家防汛抗旱总指挥部办公室.水库防洪预报调度方法及应用[M].北京:中国水利电力出版社,1996
- [2]邱瑞田,王本德,周惠成.水库汛期限制水位控制理论与观念的更新探讨[J].水科学进展,2004(1):68-72
- [3]何海祥,顾圣平,邵雪杰,于婷婷,曹爱武.梯级水库汛限水位动态控制域计算模型[J].三峡大学学报,2017,39(2):6-9