

漳河水库汛限水位浮动控制运用的探索

赵金河 陈崇德 杨平富

(湖北省漳河工程管理局,湖北 荆门 448156)

摘要 依据漳河水库流域实时水雨情信息及水文、气象预报成果,采用上、下浮动控制运用的办法,对水库汛限制水位实行实时动态管理,并建立了非线性数学模型及解算方法,探讨可能存在的风险因素、风险程度与实施条件。运用实践证明,水库年均增加蓄水量 0.32 亿 m^3 ,既避免了单一追求水库兴利效益而忽视水库防洪安全的倾向,也避免了单一强调水库安全而忽视兴利用水的需求,较好地解决了水库防洪安全与兴利蓄水之间的矛盾。

关键词 汛限制水位;动态控制管理;水库调度;风险分析;漳河水库

中图分类号:TV697 文献标识码:A 文章编号:1006-764X(2005)02-0046-03

Floating control of flood water level for Zhanghe Reservoir//ZHAO Jin-he, CHEN Chong-de, YANG Ping-fu(*Zhanghe Water Project Administration Bureau of Hubei Province, Jingmen 448156, China*)

Abstract :Based on the results of real-time weather, rainfall and runoff forecasting for the Zhanghe River basin, a dynamic management method—the floating flood level control was carried out in the operation of the Zhanghe Reservoir. The influencing factors and the degree of the risks of the method and the conditions of its implementation were discussed by establishment of a non-linear mathematical model and its solution. Practice shows that the average annual increase of water storage of the reservoir reaches 32 million m^3 . The present method effectively settles the contradiction between the safety of reservoir flood control, water conservancy construction and water storage.

Key words :flood control standard level; dynamic control and management; reservoir operation; risk analysis; Zhanghe Reservoir

汛限制水位(以下简称汛限水位)是水库洪水调度中的一个重要控制指标。汛限水位一旦确定后,将用规范性的文件颁布实施,不能任意改变,水库在洪水调度中要接受它的约束。事实证明,用这种方式规定的汛限水位偏重于水库工程安全,对于水库防洪保安及促进国民经济的发展起到了巨大的作用。但运行实践告诉人们,用这种方式对水库汛限水位进行硬性控制,又会使水库丧失许多有利的蓄水时机。在水资源供给日趋紧张的今天,无疑是遗憾的。实践证明,如果以水库实际运用的汛限水位为基础,依据水库上、下流域实时水雨情信息、天气预报趋势、水文预报成果及工程运行状况等,利用上、下浮动控制运用的方法,对水库汛限水位实行实时动态管理,既能确保水库安全,又能使水库达到多蓄水、满足兴利之目的。

1 浮动汛限水位控制运用的方法

1.1 汛限水位的确定与运用

漳河水库主汛期的设计采用数理统计与成因分

析相结合的方法,分析结果表明,6~8月水库流域正是降雨集中、暴雨多、大气环流活动达到全年最高峰的时期,因而漳河水库主汛期确定为每年的6~8月^[1]。根据各频率设计洪水过程线、水库工程状况、下游防洪对象的防洪标准、水库泄洪设施的启用规则以及兴利蓄水的要求等,假定多种起调水位对漳河水库进行调洪演算,结果表明水库主汛期汛限水位以 122.0m 为宜。

多年来,漳河水库主汛期汛限水位按调度规程规定在 122.0m 控制运用。运用中发现,用规范性文件规定的汛限水位在大部分年份运用中并不适宜,这是因为在设计汛限水位时,主要是从水库能安全抗御较大洪水的角度考虑的。但水库遭遇到较大洪水的几率毕竟稀少,更多面对的是常遇洪水或来水量偏枯年份,倘若不分常遇与稀遇洪水,其汛限水位一律以统一的规定运用,很显然,在较少的运行年份中,这种规定发挥了作用,但在大部分运行年份中,这种规定不利于水库多蓄水,并人为地限制了水库功能的充分发挥。

1.2 调洪过程分析

图 1 是水库洪水调度示意图.从图 1 可以看出,一场洪水出现后,最早泄洪方案(即达到设计汛限水位时刻)从 t_1 时刻开始,最晚泄洪方案(即上浮汛限水位)从 t_2 时刻开始,给人们的启示如下:①它们均能保证最高洪水水位不超过 Z_{\max} (最高允许调洪水位),且出现的时间 t_5 相同,因而这两种调洪方案对最高洪水水位及其出现的时间影响不大,只影响水库蓄水过程.②最晚泄洪方案的水库出流过程,泄洪历时短,大流量持续时间较最早泄洪方案的长,但遭遇到常遇洪水时对下游防洪影响不大.此外,最大出库流量与原设计条件下的出库流量相比变化不大.③满足约束条件 Z_{\max} 、 q_{\max} 与 t_1 的调洪方案有无穷多,只要满足 $t_2 > t_1$ 即可,这为人们选择浮动汛限水位的范围奠定了基础.

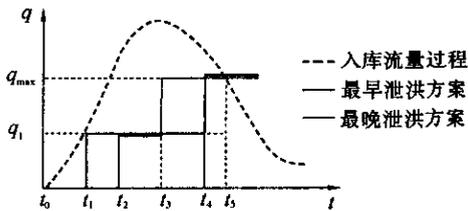


图 1 水库防洪调度示意图

所有调洪演算方案均假定水库在汛限水位条件下起调,但水库在实际运用过程中,一年之中若没有连续 2~3 场以上的较大洪水(洪峰流量大于 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$)入库,水库水位就很难达到设计的汛限水位,其主要原因是水库供需缺口较大($P=50\%$ 年份,水库供需缺水 3.0 亿 m^3),这就为人们选择浮动汛限水位留有足够的时间.

另外,水库防洪库容 3.43 亿 m^3 ,可暂蓄应泄弃的水量.当水库以 122.0 m 的水位起调时,水库水位上涨至正常高水位以上可抗御的 24 h 降雨量为 200 mm ,流域若要出现特大暴雨,其先兆是十分明显的.下游河道经过连续 5 年的除险整治,其安全泄量已由过去的 $800 \text{ m}^3/\text{s}$ (不到 5 年一遇)提高到 $1920 \text{ m}^3/\text{s}$ (20 年一遇),这也为浮动汛限水位的实行理顺了外部环境.

1.3 浮动汛限水位的拟定

对汛限水位实行浮动的目的是为了能更有效地利用更多的蓄水量,因而求解浮动汛限水位值就是求解如下非线性数学模型:

$$\text{Object } \Delta V = \max(V_2 - V_0) \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} V_0 + \int_{t_0}^{t_5} (Q_t - q_t) dt \leq V_{\max} \\ Z_f \leq Z_{\text{nor}} \\ q_t \leq Q_{\text{an}} \end{cases} \quad (2)$$

式中 ΔV 为实行浮动汛限水位后增加的部分库容, 亿 m^3 ; V_2 为浮动汛限水位时对应的库容, 亿 m^3 ; V_0 为水库起涨水位时对应的库容, 亿 m^3 ; Q_t 和 q_t 分别为入库与出库流量, m^3/s ; V_{\max} 为允许最高水位时对应的库容, 亿 m^3 ; Z_f 为浮动汛限水位, m ; Z_{nor} 为汛后期允许蓄水位, m ; Q_{an} 为下游河道安全流量, m^3/s ; t_0 和 t_5 为图 1 中对应的时间.

式(1)和式(2)是一种比较简单的优化模型,从中可以看出,当约束条件一定时,浮动水位值可惟一确定.求解上述方程,采用试算法,经过计算、分析、比较、论证,确定漳河水库汛限水位浮动范围为上、下 0.5 m ,即主汛期汛限水位在 $121.5 \sim 122.5 \text{ m}$ 之间,依据实时动态变化情况确定.水库汛限水位既可上浮 0.5 m ,增加蓄水量 0.51 亿 m^3 ,也可下浮 0.5 m ,减少库容 0.5 亿 m^3 ,为保证水库安全腾空库容以防御特大洪水的出现.

1.4 运用效益

漳河水库自 20 世纪 80 年代末开始采用浮动控制的办法对主汛期汛限水位进行动态管理,取得了明显的效益.如 1996 年 8 月 10 日,水库流域连续出现了 3 场建库以来的最大洪水,水库已安全泄洪 373 h,泄量达 7.25 亿 m^3 ,此时水库水位又上涨至 122.56 m ,超过规定汛限水位 0.56 m .经过分析、比较,并报上级防汛指挥部门批准后,决定采用浮动水位的上限值对水库控制运用.实践证明,决策时机恰当,符合当时及以后出现的实际情况,水库多蓄水 0.65 亿 m^3 .到月底时,水库水位上涨至 122.64 m ,然而进入 9 月漳河水库汛限水位按规程规定应该提高至 122.6 m 控制运用.又如 1998 年 8 月 17 日,漳河水库为与长江洪水错峰,水库水位上涨至 123.03 m 后才开始按下游允许流量安全下泄.依据当时整个长江流域防汛紧张的情况,拟定汛限水位按下浮最大值考虑,水库泄洪至 121.50 m 时关闸.紧接着长江流域又出现了第七次、第八次洪峰,水库流域也相继出现了大到暴雨,水库水位迅速回升,并超过规定的汛限水位.由于水库事先腾空了部分库容,在后续的错峰调度中始终处于有利的地位.

据统计,1990~2000 年漳河水库运用浮动水位的上限值,使水库多蓄水 3.47 亿 m^3 ,年均 0.32 亿 m^3 .如果按同期工业、生活、发电、灌溉等兴利用水比例进行分摊,再乘以现行的各项目用水量的系数、单价,管理部门年均可直接增加收入 153 万元.1990~2000 年漳河水库运用浮动水位的下限值,成功地调度了“91·8”、“96·7”、“96·8”、“98·8”洪水,为保证水库与下游人民生命财产的安全作出了巨大的贡献.从运用实践来看,由于对汛限水位

实行的是上、下浮动的办法,既避免了单一追求水库兴利效益而忽视水库防洪安全的倾向,也避免了单一强调水库安全而忽视兴利用水的需求,较好地解决了防洪与兴利之间的矛盾。

2 风险与实施条件

2.1 风险分析

汛限水位上浮后,由于对未来水雨情变化趋势还不能达到完全掌握的地步,因此,必须承担一定的洪水风险。洪水风险因素可归纳为^[2]:①水位长时间超汛限水位运行。在常遇洪水情况下,水库水位虽然抬高了,但在防洪高水位以下,这是安全并可取得大于设计效益的;在稀遇洪水情况下,可能加重下游洪灾损失。②水库防洪能力下降。水库水位抬高后,必然占用部分防洪库容,即使遭遇到5年一遇的洪水,也可使水库水位抬高至10年一遇以上的洪水位,水库防洪库容减小,必然导致水库防洪能力降低。③增加了水库洪水调度难度。当既定的洪水调度方案遭到破坏以后,当时的洪水调度只能是依据人的主观去判断,倘若连续出现较大降雨,无疑增加了水库洪水调度难度。④增加了决策风险。洪水大小都是随机出现的,风险与效益的机会是并存的,只是它们的量及出现的几率不同而已,因此当汛限水位上浮后,许多未知因素将困扰决策者,并影响其正确决策。

风险程度主要有:①直接经济损失增加。当水库超汛限水位蓄水后再遭遇较大洪水,为确保大坝安全,水库有可能被迫采取来多少泄多少的调度方式,而泄流量一旦超过下游河道的安全标准,必然会增加下游洪灾损失。因此超汛限水位蓄水,尽管有90%以上的机会获利,但10%的机遇所增加的额外损失也可能较大。②转移风险程度增加。倘若泄流量超过下游河道的安全标准,可能出现多个民垸群众一起紧急转移的情况,而交通、救济安置、卫生防疫等方面的工作有可能出现一些问题,引起不必要的损失。③水库失事,后果不堪设想。漳水库正常高水位高出下游荆江大堤堤顶、荆州、沙市等重要基础设施与城市地面70~100m,20.35亿m³的水量对下游来说好比头顶上的一巨盆水,一旦失事其洪灾损失将以数千亿元来计算,将直接影响国民经济的发展。

导致水库洪水调度风险因素与风险程度的主要原因可概括如下:①水库洪水调度是一门涉及多学科知识运用的十分复杂的课题;②防洪决策所面临的各种非确定型的复杂问题;③对未来水文、气象的变化趋势很难准确预测,增加了选择决策时机的难度;④决策优良与否与决策者素质、经验、才能有很大的关系。

2.2 实施条件

对汛限水位实行浮动控制运用是有风险的,关

键在于找出一个可以承受的风险度,使其在总体风险效益与风险损失中利大于弊,从而确定可浮动的范围。因此,水库实行汛限水位浮动控制运用,与以下几项条件紧密相关:①编制浮动水位实施方案,经专家审查通过并报上级领导部门批准后才能实施;②应有比较完善的洪水调度自动化系统,主要包括水文信息自动测报、洪水预报、洪水调度、气象卫星云图、雷达测雨、计算机网络等;③调度人员责任心强,经验丰富,在汛期能处于常备不懈的状态;④上下联系有2套以上可靠的通信网,通信网主要包括:内部有线网、邮电部门通讯网、微波、卫星、无线电通讯网等;⑤水库有一定的防洪库容,水库泄洪潜力大,需要时可提前泄水,腾空库容迎接洪水;⑥洪水预报水平达到90%以上;⑦按《水库洪水调度考评规定》进行自我考评与上级组织考评,总分要求达到90分以上^[3]。

3 结 语

在确定水库浮动汛限水位时,主要考虑的因素有:①从水资源优化配置的角度出发,加大雨洪资源的利用率,变害为利,促进人与自然的和谐发展。②水库多年平均缺水量3.0亿m³,实行浮动汛限水位后,水库有效蓄水量增加,对于以水资源的可持续利用促进经济社会的可持续发展有明显的积极作用。③浮动汛限水位的研究与运用,只是水库运行方式的变化,并未改变原水库主要设计参数与工程规模等,汛限水位的上浮,增加了水库洪水风险,但只要严格按程序办事,制定严密的计划和方案,在确保水库安全的前提下适度承担风险应是可行的。同时,汛限水位的下浮,又为水库防御较大洪水减轻了防洪压力。④在实际运行中,由于水文气象信息收集、处理、分析已基本实现了实时化,因而增加的洪水风险是可以防范的。

水库汛限水位实行上、下浮动的动态管理办法,在目前还没有形成完整的理论及系统的计算分析方法,只能说水库洪水调度已从以往一成不变的“死调度”中走出来了。目前广泛采取的是实时、预报、动态等“活调度”,其中还有许多问题有待于人们去重新认识和研究。

参考文献:

- [1] 陈崇德,林善钿.漳河洪水水库主汛期时间缩短后的运行分析[J].水利水电技术,1995(11):8—13.
- [2] 陈崇德.水库防洪减灾与风险程度分析[J].水利建设与管理,2001(2):46—48.
- [3] SL 224-98 水库洪水调度考评规定[S].

(收稿日期:2004-04-01 编辑:高建群)