

防洪限制水位研究的几点思考

钟平安

(河海大学水资源环境学院,江苏南京 210024)

摘要 阐述了防洪限制水位物理意义、设置防洪限制水位的必要条件以及防洪限制水位设计应考虑的主要因素。从洪水信息获取方式、设计运用条件、调度运行规则等方面分析了防洪限制水位在水库设计与运行阶段的差异。总结了在水库长期运行中由于社会经济条件、运行管理体制变化对变动防洪限制水位的客观需求,并从高新技术应用、风险分析、水库特性等角度论述了防洪限制水位动态控制的可能性。提出实现防洪限制水位科学管理所亟待研究的课题。

关键词 水库;运行;管理;防洪限制水位;汛限水位

中图分类号:TV122 文献标识码:A 文章编号:1000-1980(2002)06-0001-05

防洪限制水位(汛限水位)的设置目的是协调水库运行管理中防洪与兴利之间的矛盾,随着社会经济的发展 and 科学技术的进步,许多水库特别是运行时间较长的大中型水库,设计条件与运行条件发生了很大变化,设计汛限水位在实际控制运用中,暴露出一系列问题,为从事水库防洪管理与水库设计人员提出了许多亟待解决的新课题。

1 防洪限制水位设计

兴建水库的目的在于兴利除害,从这一点出发可将水库承担的任务划分为防洪与兴利两部分,作为蓄水工程,为了满足一定设计保证率的兴利要求,水库必须设计足够的兴利库容 $V_{兴}$,同时为了保障水库自身和下游保护区的防洪安全,水库又必须设计足够的防(调)洪库容 $V_{防}$ 。如果所修建的水库 $V_{兴}$ 与 $V_{防}$ 截然分开,水库运行中的防洪与兴利矛盾就不存在了,但在库容的利用上是极不经济的。兴利库容与防洪库容具有完全不同的使用时段,即防洪库容主要在汛期使用,而在汛期并不需要使用全部的兴利库容;兴利库容主要在非汛期使用,而在非汛期防洪库容基本上闲置,出于经济方面的考虑,设计者完全有理由将防洪库容与兴利库容利用“时间差”而有机地结合起来。实际上,绝大多数水库 $V_{兴}$ 与 $V_{防}$ 都不是截然分开的,于是产生了被称为结合库容($V_{结}$)的重叠库容,该库容在汛期用于防洪,在枯季用于兴利,所谓防洪限制水位,实际上是结合库容下边界相应的水位。

显而易见,并非所有的水库都适合设置结合库容,设置结合库容的必要条件是,水库所在流域必须有较明确的汛枯交替界面,如果水库所在流域汛枯分季不明,就不适合设计结合库容。如果水库所在流域不仅存在明显的汛枯交替界面,而且还存在明显的洪水大小的阶段差异,则就具备了设置分期防洪限制水位的必要条件。但具备设置防洪限制水位必要条件的水库,并不一定适合设置汛限水位,影响汛限水位设计的因素很多,至少以下方面是必须综合考虑的因素。第一,技术经济因素。设置防洪限制水位,无疑会提高水库汛期水量的利用率,由此会产生季节性效益,但设置汛限水位可能需要增加大坝规模投资、加剧库区淹没损失和增加移民压力,因此,防洪限制水位的设计必须进行技术经济比较。第二,可能影响水库的发电效益及其可靠性。保证出力是具有发电任务水库的重要的可靠性指标,水库的汛限水位设计时应利用水库水电站调度图检验发电保证率,利用防破坏线保证出力不遭破坏,在汛期防洪限制水位必须高于防破坏线。第三,引水建筑物高程与通航水深要求。防洪限制水位被界定为汛期控制的最高兴利水位,所以必须综合考虑通航水深、引水建筑物布置等因素。第四,泥沙淤积。洪水与泥沙是孪生兄弟,水库设计中设计死库容的主要目的之一,

就是为入库泥沙预留空间,保证水库的经济使用寿命,实际运行表明,入库泥沙的大部分并不沉积在死库容中,而是淤积在变动回水的尾部,当库尾有不能淤积的限制时,汛限水位必须作相应的调整,对有些高含沙水库,为了排沙需要对防洪限制水位也会有特殊的要求。

由于受以上诸多因素的综合影响,现存的85000余座水库,防洪库容与兴利库容的关系大致可归纳为三种情况^[1](a)完全结合。 $V_{\text{结}} = V_{\text{兴}}$ (兴利库容是防洪库容的一部分)或 $V_{\text{结}} = V_{\text{防}}$ (防洪库容是兴利库容的一部分)或 $V_{\text{结}} = V_{\text{兴}} = V_{\text{防}}$ (兴利库容与防洪库容相同)。(b)部分结合。 $V_{\text{结}} < V_{\text{兴}}$ 且 $V_{\text{结}} < V_{\text{防}}$ 。(c)完全不能结合。 $V_{\text{结}} = 0$ (本文讨论的内容不包括该类型)。

总而言之,在规划设计阶段,设计防洪限制水位的高低并不影响水库的防洪安全,反映水库安全的主要指标是防洪库容、拦洪库容、调洪库容、调洪规则、设计洪水大小、泄流设备尺寸等,防洪限制水位仅仅是一个起调水位,其对调洪演算结果的影响仅限于自由泄流段的泄流能力,因此,设计防洪限制水位确定后,可以通过改变泄流设备的尺寸,或适当调整坝顶高程,或采用其他替代措施达到水库防洪安全标准。

2 防洪限制水位设计与运用的差别

水库建成后进入运行阶段,防洪限制水位的变动对水库安全具有重大影响,设计阶段与运行阶段变动防洪限制水位在很多方面是完全不同的概念,设计时绝大多数水库的防洪库容、拦洪库容、调洪库容都叠加在防洪限制水位之上(少数水库的拦洪库容、调洪库容叠加在防洪高水位之上),防洪限制水位与泄流设备尺寸、大坝规模、调洪规则的协同变化,可以使水库在不同的汛限水位下具有相同的防洪安全度,而运行阶段水库的各类特征水位与特征库容被惟一确定下来,擅自抬高汛限水位,产生的直接后果是侵占防洪库容和调洪库容,防洪库容和调洪库容被侵占而导致水库设计安全度的下降是不言而喻的。

水库安全设计所采用的设计洪水都是十分稀遇的,设计阶段在调洪演算时不同重现期的设计洪水是确定的、已知的(典型洪水放大),而在运行阶段,由于受科技水平的限制,人们尚无法确知即将发生的洪水的数量和时间,不得不作迎战万年一遇设计洪水的准备,这是导致当前年年等万年,甚至次次等万年的水库管理现状的重要原因。

在设计洪水的发生时间方面,设计阶段为了水库防洪安全的需要,将各种标准设计洪水的起调时间选择在各年最后一场洪水的发生时间(或多典型取下包),这种包容性设计,无疑可以保障已知条件下的防洪安全,在实际运行中,保证汛末蓄满保障兴利效益不受侵害的最可靠的方法,由于各年的最后一场洪水发生的时间差异很大(特别是后汛期台风流域),使得汛枯交替的界面变得模糊不清,目前的技术水平还不能提供汛枯交替的准确时间,在汛期结束前提前蓄水,虽然可以大大提高水库的蓄满率,但蓄满后再发生洪水就造成防洪安全隐患,实际运行中确曾出现过由于提前蓄水导致后期防洪被动的事例,但如果坐等汛期结束以确保再无洪水发生,导致的后果是,有相当部分的水库依靠枯季径流量在多数年份无法蓄满,有的甚至建库之后就从未蓄满过,由此带来的效益损失可想而知,特别在水资源紧缺的北方地区和经济发达能源紧张的沿海地区尤为严重。

现行的水库设计规范采用的方法、程序和得出的设计成果具有很高的包容性,它必须能够应对未来可能发生的所有恶劣的情况,因此设计阶段均留有足够的安全裕度,由于方案的可比性要求,不同频率的设计洪水应当采用统一的起调水位,而实际运行阶段,调度决策者所面临的洪水是具体的,在绝大多数情况下,决策者面临的洪水远远低于水库的安全设计标准,因此,在绝大多数时候,即使起调水位高于设计的汛限水位,也不会对大坝的安全造成威胁,若将设计时确定的汛限水位喻为“价值”,那么运行时的汛限水位则可喻为“价格”,价格受价值规律的作用围绕价值上下波动,但不能背离价值,同样,运行时的汛限水位应容许围绕设计时的汛限水位适度变动,但变动的幅度不应超过现有科技水平之下人们对未来水雨情势的认知程度,因此,水库防洪限制水位的设计与运用应当也可以有所差别。

水库防洪运用的实践也表明,根据实时的水文气象情况对防洪限制水位、调洪规则等作适当调整,并不会影响水库的防洪安全,现行水利计算规范主张谨慎使用洪水预报成果,实际上绝大多数水库在设计阶段都不考虑利用洪水预报提前预知将发生洪水的大小,在调洪演算时,将已知的各种频率的设计洪水当作未知洪水对待,采用所谓分级(或多级)调洪计算方法,实现大水大放,小水小放的基本原则,在分级调洪计算中,总是先将即将发生的洪水当作小洪水,按低级别洪水的调洪规则进行调洪计算,当水库水位(或库容)达到一定

标准时, 转用更高级别洪水的调洪规则进行调洪计算, 这一计算过程可以称做“大水先当小水调”。在实际运行中, 决策者无法判断正在发生并发展的洪水到底是何种级别的洪水, 为了争取防洪的主动, 一致的做法是在洪水初期根据洪水预报成果, 在满足水库调度基本规则的前提下, 有限度地提前预泄, 腾库待蓄, 这一操作过程可称为“小水先当大水调”。与设计阶段相比, 实际运行中, 可以利用两段时间来从容应对洪水, 一是预报的预见期, 随着网络、通讯、计算机技术的飞速发展, 洪水预报的有效预见期大大提高, 在已建立自动化测报系统的流域, 利用预报软件, 可将洪水预报时间提高到分钟级; 二是从洪水发生到发展为成灾洪水的时间, 实时调度技术的应用可以在该时间段内下泄比设计时更多的水量。

3 防洪限制水位运用中存在的问题

水库建成之后, 防洪限制水位即成为保障水库防洪安全的第一道防线, 长期以来, 对汛限水位的管理十分严格, 汛期超汛限水位运行, 被视为严重的违规行为, 有时甚至会遭致处罚。多年的实践表明, 汛限水位管理与运用方面尚有值得商榷的地方。

首先, 一刀切的管理模式缺乏活力。目前水库汛限水位的管理过于简单化, 明文规定在汛期水库水位必须严格控制在防洪限制水位之下, 一成不变。防洪的绝对安全实际上是不存在的, 即使水库水位在防洪限制水位之下, 如果发生超标准洪水, 水库仍存在安全风险。水库防洪调度的考核目标应表达为: 在不增加防洪风险的前提下追求兴利效益最大化, 或者在不减少兴利效益的前提下, 追求防洪效益最大化。对于水库运行管理, 经济性与安全性不可偏废, 任何不顾兴利效益的片面安全观都有待改变。汛限水位的控制必须具备科学完整性, 反映不同水库的个性特征。至少应考虑以下几方面的因素。

a. 水库设计条件的差别理当成为汛限水位控制的依据之一。例如, 规范规定“对洪水组成和调度运用方式复杂的防洪水库”, 在确定设计、校核洪水位时, “为安全起见, 必要时可以防洪高水位作为起调水位”^[2], 对于以防洪高水位为起调水位的防洪水库, 汛限水位对大坝自身的安全并不构成影响, 其汛限水位的控制较其他水库理当可以宽松些。

b. 日臻成熟的新技术的应用, 对未来水雨情势的把握程度大幅度提升, 卫星云图可以全天候监视台风的运行路径, 配合地理信息系统技术, 可以根据历史台风运动轨迹, 给出台风登陆可能性预报, 适时的预泄为应对台风雨的侵害创造了充裕的时间(图 1(a)、b)为不同路径历史台风在浙江省沿海登陆情况图, 利用 GIS 技术可以在数秒内获得结果)。对于台风为主的水库, 适当地利用结合库容增加蓄水, 不仅可提高季节性兴利效益, 而且能提高汛末水库的蓄满率。水雨情自动化测报系统和防洪决策支持系统的广泛建立, 大大提高了调度决策的时效。例如, 福建省闽江流域 6 万 km² 的流域面积上, 已建立 200 余个遥测站点, 所有站点的遥测信息均能传输到省防汛办公室, 利用遥测系统, 可以在 3~8 min 内收集全流域所有的水雨情信息, 在 2 min 内完成 22 个主要防洪断面的流量过程预报, 在 1 min 内完成库群调度方案的计算, 在 30 min 内能发布经过多方案比选的调度指令, 其效率比手工操作提高近 10 倍, 大大提高了有效预见期。有了可靠的遥测系统, 配合洪水预报与决策支持软件, 完全有把握适度利用防洪库容兴利, 而不增加防洪风险, 尤其对于低调节性能的水库更是如此。

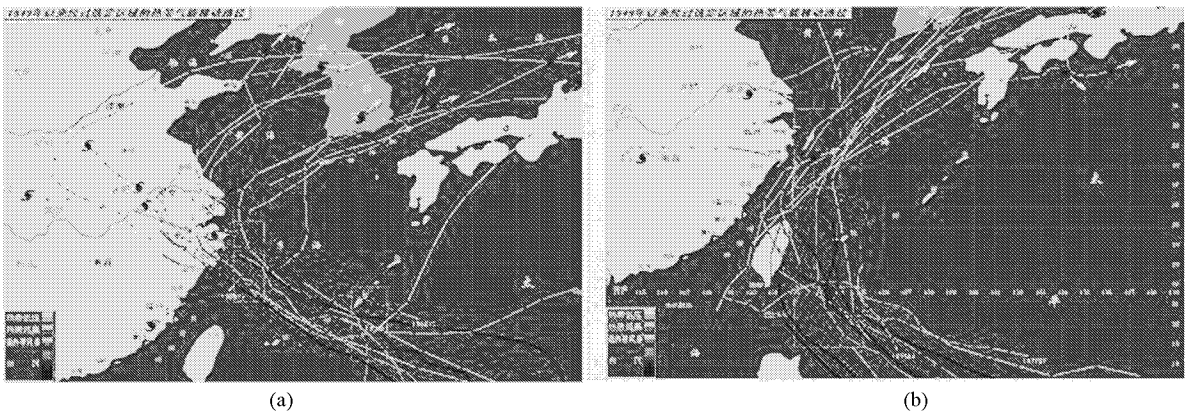


图 1 浙江省沿海不同路径台风登陆情况

Fig. 1 Landing situation of typhoons from different paths in coastal areas of Zhejiang Province

c. 现代风险是可能发生的事故类型、事故出现的可能性、事故损失及后果三者的集合,不同地域的水库失事后果的差异非常大,应该因地制宜监管汛限水位,汛末是防洪与兴利矛盾最为尖锐的时期,适度放松汛限水位的控制,有利于提高兴利保证率。

第二,汛限水位变动亟待规范.水库建成之后,运行管理体制及社会经济条件都有所改变,从而导致设计汛限水位变动,主要原因有以下几方面:(a)水库洪水复核过程中发现流域设计洪水、校核洪水与原设计发生较大变化,申请提高或降低汛限水位;(b)一些原先无下游防洪任务的水库,由于下游社会经济的发展,防洪要求越来越迫切,给水库新增了防洪任务,设置汛限水位;(c)由于水库的调蓄作用,原先经常性的行洪河道变得长时间不行洪了,生产与生活建筑侵占了河道,导致水库防洪标准隐性下降,因无法清障只有通过调整汛限水位做相应补偿;(d)移民工作遗留问题无法解决,被迫降低汛限水位;(e)过分的安全意识或过分的经济意识驱使下的汛限水位的人为变动.必须指出,在制定汛限水位管理规则时,应充分考虑兴利效益,不然规则的执行在利益的驱使下将会打折扣。

第三,规律认识上的偏差需要纠正.在汛限水位的管理中,有两种认识上的误区必须纠正.首先,是控制主体的错位,很多人将水位当作水库防洪的主体指标,实际上水位仅仅是一个指示指标,直接影响防洪安全的是库容而不是水位.水库是通过库容调蓄水量、削减洪峰的.由于“V”字形地貌特征,水位库容关系呈较强的非线性,相同水位变幅在低水位时库容变幅远远小于高水位时的库容变幅,有时相差数倍,甚至数十倍.大量的调洪计算结果都表明,不同的起调水位下的设计洪水水位相差很小,因此不必对几十厘米的超汛限水位如临大敌.其次,认为起调水位越低越安全,在已建成的水库中,相当部分是无闸门控制的开敞式溢洪道,该类水库无汛限水位,堰顶高程即正常高水位.但也有给该类水库强制增加低于堰顶的汛限水位的,事实上在闸门尺寸确定后,此举并不一定提高防洪效益,至少理论上存在适得其反的情形.图2为一个较极端的情况,假设只有溢洪道泄流,若图中阴影部分的面积为蓄水量 V ,当起调水位为 Z_2 时,超堰顶的滞蓄水量为 $V+V_2$,当起调水位为 Z_1 时,超堰顶的滞蓄水量为 $V+V_1$.水库滞蓄水量的多少,反应了水库最高水位高低,对自由溢洪道同时反应了最大泄流量的大小,图中 V_1 与 V_2 的关系,可能出现3种情况:(a) $V_1 > V_2$,降低汛限水位有正防洪效益,库最高水位、最大泄流量减小;(b) $V_1 = V_2$,降低汛限水位无防洪效益,库最高水位、最大泄流量不变;(c) $V_1 < V_2$,降低汛限水位有负防洪效益,库最高水位、最大泄流量增加。

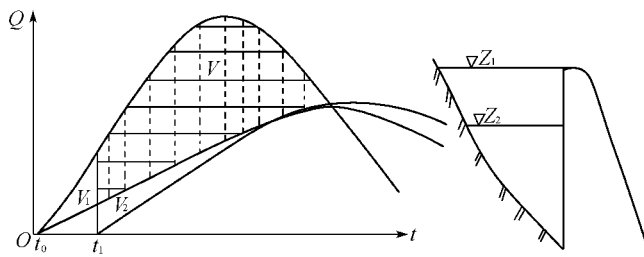


图2 不同起调水位调洪结果

Fig.2 Flood regulation results under different water levels

4 防洪限制水位的进一步研究

随着水利产业化、电力市场化进程的加快,水库运行管理者的经济意识越来越强,汛限水位作为防洪与兴利矛盾的焦点进一步受到关注,为了有效、规范地作好水库防洪管理工作,开展相关的理论与技术研究迫在眉睫。

笔者认为有以下课题亟待研究:(a)尽快建立能反应现实状况的水库安全档案,在统一标准和方法的指导下,对全国的大型水库和重要的中型水库进行安全标准“体检”,摸清家底,查明问题,建立全国大中型水库工情数据库。(b)在有条件的省份,选择典型水库进行风险分析、风险评价理论方法及应用研究,结合具体实例筛选水库防洪分类风险指标体系,探索风险定量表述方法,综合风险评价与度量方法,初步构建基于风险分析的、符合中国国情的防洪安全设计标准,为进一步防洪风险管理奠定基础^[3]。(c)加强汛限水位动态控制理论与技术的研究,筛选并量化影响防洪安全的因子,最终给出洪水预报、决策支持系统等高新技术支持下汛限水位动态控制的“度”与原则。(d)开展流域防洪体系的联合运用理论与技术研究,研究流域尺度的风险

决策方法 构建流域尺度的群决策方法与会商平台.

参考文献 :

- [1] 叶秉如. 水利计算 [M]. 北京 : 水利电力出版社 , 1991. 101 ~ 123.
[2] 中华人民共和国水利部. 水利工程水利计算规范 [M]. 北京 : 中国水利水电出版社 , 1996. 71 ~ 72 , 101 ~ 102.
[3] 朱元生. 基于风险分析的防洪研究 [J]. 河海大学学报(自然科学版) , 2001 , 29(4) : 1 ~ 8.

Study on limit levels for flood control

ZHONG Ping-an

(*College of Water Resources and Environment , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China*)

Abstract : A discussion is made on the physical meaning of the limit level for flood control , requirement for establishment of the limit level , and main factors which should be considered in design of the limit level. The difference between the limit levels for flood control in the reservoir design stage and its running stage is analyzed from the aspects of the approach to obtaining flood information , designed operation condition , operation management regulations of reservoirs , and so on. The objective requirements for the change of the limit level for flood control are summarized for the long-term operation of reservoirs under various socioeconomic conditions and operation management systems. The feasibility of dynamic control of the limit level for flood control is discussed from the viewpoints of high-technique application , risk analysis , and reservoir characteristics. Finally , the subjects urgent to be studied on scientific management of the limit level for flood control are put forward.

Key words : reservoir ; operation ; management ; limit level for flood control ; flood limit level