

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2017.01.007

褚青来, 马福恒, 叶伟. 燕山水库汛限水位动态控制方案研究[J]. 水利水运工程学报, 2017(1): 43-48. (CHU Qinglai, MA Fuheng, YE Wei. Dynamic control scheme of flood control level for Yanshan reservoir[J]. Hydro-Science and Engineering, 2017(1): 43-48. (in Chinese))

燕山水库汛限水位动态控制方案研究

褚青来¹, 马福恒², 叶 伟²

(1. 河南省燕山水库管理局, 河南 叶县 467224; 2. 南京水利科学研究院, 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029)

摘要: 随着全球极端气候越发频繁、水资源时空分布更加不均, 水资源供需矛盾日益加剧。为充分利用水库调控水资源能力和发挥工程效益, 采用预蓄预泄法对燕山水库汛限水位进行动态控制方案研究, 首先基于下游防洪安全, 根据降雨与洪水预报信息, 采取预蓄预泄方案确定汛限水位上限值; 再基于大坝自身安全和水库超泄能力分析确定了主汛期与后汛期的最高汛限水位。与原汛限水位 104.20 m 相比, 考虑洪水预报信息情况汛限水位可调整至 104.77 m, 考虑降雨预报信息时可调整至 105.36 m。计算分析结果表明, 调整后的动态汛限水位对大坝自身安全及下游防洪安全影响较小, 提高了水资源可利用率, 具有可实施性。

关 键 词: 燕山水库; 汛限水位; 动态控制方案; 预蓄预泄

中图分类号: TV697

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2017)01-0043-06

近年来, 我国基于水资源短缺的基本国情, 政府和地方管理部门对洪水资源化利用极为重视, 提出了最严格水资源管理制度, 并实施由洪水控制向洪水管理转变战略, 国家防总印发了《水库汛限水位动态控制试点工作意见》^[1-2]。2002 年以来, 国家防总开展了水库设计洪水理论和防洪调度方法分析评价、设计洪水方法分析研究、水库汛期分期设计洪水研究和水库汛限水位动态控制方法研究等 4 个课题研究, 为水库实施汛限水位动态控制进行理论和实践上的准备^[3-8]。

燕山水库位于河南省叶县境内的澧河支流干江河上, 是淮河流域规划的重点大型防洪水库, 2006 年 3 月开工建设, 2008 年 10 月通过蓄水验收, 2011 年 8 月通过竣工验收, 以防洪为主, 结合供水、灌溉, 兼顾发电等综合利用。水库 5 000 年一遇校核洪水位 116.40 m, 总库容 9.25 亿 m³, 500 年一遇设计洪水位 114.6 m, 正常蓄水位 106.00 m, 兴利库容 2.0 亿 m³, 防洪高水位 111.80 m, 防洪库容为 3.54 亿 m³, 加上与兴利重叠的库容 0.586 亿 m³, 水库调洪库容可达 4.098 亿 m³。根据初步设计, 燕山水库需要向漯河市生活及工业供水 8 000 万 m³, 供水保证率 95%; 向下游 17 万亩 (113.33 km²) 农田灌溉供水 4 726 万 m³, 其中平顶山叶县 10 万亩 (66.67 km²)、年供水 2 780 万 m³, 漯河市舞阳县 7 万亩 (46.67 km²)、年供水 1 946 万 m³, 农灌供水保证率 75%^[9]。2014 年河南省遭遇 63 年以来大旱天气, 多地严重缺水, 平顶山市生产生活用水极度紧张, 白龟山水库两次动用死库容也不能保证市区生活用水, 不得已利用南水北调中线从丹江口调水 10 万 m³。鉴于燕山水库水量丰沛, 水质较好, 可通过建设提水泵站, 利用南水北调干渠, 以达到向市区调水的目的, 由燕山水库应急调水工程于 2014 年 7 月 26 日正式启动。从长远看, 从燕山水库调水既可以为引水渠两侧提

收稿日期: 2016-03-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (51139001, 51209144); 水利部公益性行业科研专项经费项目 (201401022, 201501036); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目 (Y715009, Y715012, Y715018); 河南省水利科技攻关项目 (GG201532, GG201546)

作者简介: 褚青来 (1961—), 男, 河南南召人, 高级工程师, 主要从事水利工程建设与管理研究。E-mail: hkccql@163.com
通信作者: 马福恒 (E-mail: fhma@nhri.cn)

供农业灌溉用水,也可将其作为南水北调的补水工程^[10]。

为充分发挥燕山水库供水灌溉功能,有效增加供水量以满足日益增加的城市供水需求,尤其是干旱年份的应急供水,必须采取合理措施尽快实现洪水资源化利用,通过科学调度,拦蓄宝贵洪水资源。本文基于流域产汇流特性、洪水预报方案精度、枢纽泄流能力、下游防护区设防标准等,分析燕山水库汛限水位动态控制的可行性,提出汛限水位动态控制方案。

1 基于下游防洪安全的汛限水位动态控制方案

燕山水库主要任务为防洪减灾,其汛限水位动态控制方案首先要考虑下游防洪安全,根据流域内中短期天气预报信息,结合水库泄洪能力合理确定汛限水位控制范围,以确保水库大坝和下游区域防洪安全。目前较为成熟的手段是基于预蓄预泄等途径确定水库汛限水位的动态控制阈值^[11]。

1.1 利用洪水预报信息确定动态汛限水位

预蓄预泄法首先确定洪水极限预泄时间。一般来说,库水位开始上升到下泄流量达到下游河道允许安全泄量的时间可以认为是水库一次洪水极限预泄时间。具体到某一特定水库,形成径流历时(即峰现时间)受降雨强度和空间分布、降雨前土壤干湿状况等条件约束,降雨主要分布在坝前区域且雨前土壤处于饱和状态,则汇流历时最短,极限预泄时间随汇流时间变化,从安全角度考虑,依此确定的极限预泄时间最短。根据洪水预报信息,水库预泄前需要完成信息收集、洪峰洪量预报、会商决策、闸门开启等工作,洪水极限预泄时间扣除完成上述工作所需时间后即有效预泄时间。计算出水库 1 次洪水的预泄水量,以此确定水库汛限水位以上的动态蓄水量,可作为动态汛限水位的上限。

影响预泄能力因素主要有有效预泄时间、预泄期内的入库水量、下游允许安全泄量。有效预泄时间可用式(1)计算:

$$t_y = t_1 - t_2 \quad (1)$$

式中: t_y 为 1 次洪水有效预泄时间; t_1 为 1 次洪水极限预泄时间; t_2 为信息传递时间、预报作业时间、决策时间、开闸时间。

根据燕山水库现有调度规则,50 年一遇洪水位以下(104.20~111.80 m)泄洪洞控泄 300 m³/s。因此,只有在入库流量超过 300 m³/s 时,水库水位开始上升。据此,可以认为,在实施汛限水位动态控制调度模式中,在水库入库流量达到 300 m³/s 之前,通过预报调度,水库有能力(取决于水库有效预报时间、泄流能力)将库水位有效降低至原设计汛限水位 104.20 m,则完全消除了汛限水位上调对水库大坝带来的安全隐患。

2000 年,燕山水库遭遇的洪水量级相当于 100 年一遇设计洪水,其洪水过程在较大程度上反映了燕山水库流域产汇流时间特性。以此典型洪水分析燕山水库极限预泄时间。燕山水库 2000 年典型洪水过程见图 1。由图 1 可知,该典型洪水呈 4 次洪峰的复杂过程。经分析,自洪水开始起涨,4 次洪峰过程达控制泄流量 300 m³/s 的时间分别为:9,8,4 和 3 h。可以看出,由于前期降雨,流域土壤蓄水量已接近蓄满状态,导致后 2 次降雨产生径流时间显著缩短^[12]。

在实际实施汛限水位动态控制过程中,一般情况下汛期在流域开始第 1 次降雨涨洪,为了确保防洪安全,水库即预泄洪水,提前降低库水位。经计算分析^[12],燕山水库极限预泄时间为 6~7 h,完成信息收集、洪峰洪量预报、会商决策、闸门开启等工作的时间为 1~2 h,其有效预泄时间确定为 5 h。

依据文献[7],燕山水库有效预泄时间内入库水量可按式(2)计算:

$$w' = \sum_{t_2}^{t_1} Q(t) \Delta t \quad (2)$$

式中: w' 为有效预泄时间内入库水量(m³); $Q(t)$ 为预

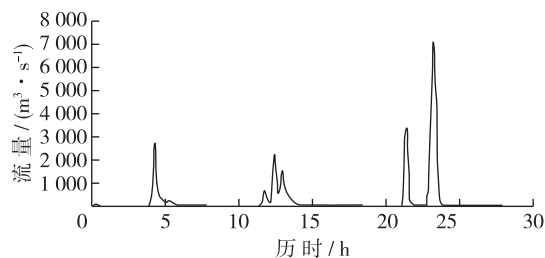


图 1 燕山水库 2000 年典型洪水过程线

Fig. 1 Typical flood hydrograph of Yanshan reservoir in 2000

报系统预报的有效预泄时间内的预报流量(m^3/s); Δt 为作业预报的计算时段(s)。

依据燕山水库现行调度规则,50年一遇洪水位以下(104.20~111.8 m)泄洪洞控泄 $300 \text{ m}^3/\text{s}$,入流超过 $300 \text{ m}^3/\text{s}$,库水位才开始由于闸门控泄而上涨;因此可以认为,入库流量达 $300 \text{ m}^3/\text{s}$ 前5 h时段入流过程,可作为式(1)中入流过程。本次取有效预泄时间内入库流量为 $200 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

预泄期内的允许泄量可按水库下游澧河河道的允许泄量确定,燕山水库下游防洪标准为 $1900 \text{ m}^3/\text{s}$ 。预泄水量 $w = t_y q - w'$,其中: q 为下游允许的安全泄量(m^3/s)。

燕山水库下游最大通过安全泄量为 $1900 \text{ m}^3/\text{s}$,敞泄情况下水位为106.86 m。同时,由于燕山水库受自身泄流能力的限制(104.00 m水位的泄流能力为 $686 \text{ m}^3/\text{s}$,107.00 m水位对应的泄流能力为 $1925 \text{ m}^3/\text{s}$),因此需要通过试算,确定预泄期内(5 h)的平均泄流量。

通过试算^[12],汛限水位取104.77 m,则根据水库泄流能力曲线,平均泄流能力为 $855.4 \text{ m}^3/\text{s}$,5 h内预泄水量 1539.67 万 m^3 。因此,考虑有效洪水预报期为5 h,则汛限水位上限可提高至104.77 m,该水位下枢纽泄流能力为 $954.7 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

由分析可知:虽然下游河道行洪能力为 $1900 \text{ m}^3/\text{s}$,但限于枢纽泄流能力,汛限水位若超过104.77 m,则在5 h有效预见期内不能及时降低水库水位至设计汛限水位104.20 m,因此,汛限水位上限取值取104.77 m。需要说明的是,在实施汛限水位动态控制调度模式下,在有效预见期内,枢纽将按泄流能力敞泄,以保证水位尽快恢复至原设计汛限水位104.20 m。

1.2 基于降雨预见期信息确定汛限水位动态控制值

在降雨预见期内水库泄流能力将直接影响到汛限水位上浮值,燕山水库汛限水位动态控制的影响因素,包括面临时刻的水位、降雨强度和分布、工程安全性态、预见期的长短及预报入库量、水库预泄能力,下游河道防洪标准、会商决策时效性及闸门开启时间等方面。若用公式概括上述诸因素,可写为:

$$\Delta Z_1 = f[(q_0 - Q_1)t_1], q_0 \leq q_f \quad (3)$$

式中: ΔZ_1 为在规划确定的汛限水位 Z_0 以上的增加值(m); $f[\cdot]$ 为水库预泄能力(m^3); t_1 为有效预见期(s); Q_1 为有效预见期 t_1 的平均入库流量(m^3/s); q_0 为有效预见期 t_1 平均泄流量(m^3/s); q_f 为下游河道安全过流能力(m^3/s)。

汛限水位上浮值的确定分为以下4个步骤:

$$(1) \text{ 计算有效预见期 } t_1: t_1 = t - t_e - t_j - t_z \quad (4)$$

式中: t 为天气短期降雨预报的预见期(s); t_e 为预报信息传递时间(s); t_j 为预泄决策调令传播时间(s); t_z 为闸门操作时间(s)。

根据天气短期降雨预报的成果,燕山水库可利用短期降雨预报的预见期为 12 h ^[12],由于该水库为河南省水利厅直管水库,预泄决策调令传达及实施顺畅,时间短,为安全起见有效预见期取 10 h 。

(2)求 t_1 期间平均出流 q_0 假定面临时刻 t_f 浮动水位增值 $\Delta Z'_1$,则绝对水位为 $Z'_s = Z_0 + \Delta Z'_1$ 。根据 Z'_s 与 Z_0 ,查泄量关系得 q'_s 和 q_0 ,近似求 t_1 期间平均出流 $q_0 = (q_s + q_0)/2$ 。预报期内平均出流需根据初始水位通过迭代试算确定。

(3)求 Q_1 根据面临时刻 t_f 预报的入库洪水过程推求 t_1 期间平均入库流量,用梯形法可求得 Q_1 。经计算,有效预见期内入库平均流量取为 $200 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

(4)汛限水位上浮值计算 预泄水量计算式为: $(q_0 - Q_1)t_1 = \Delta V_1$, ΔV_1 为汛限水位上浮增加库容(m^3)。

由 Z_0 所对应的库容 $V_0 + \Delta V_1 = V''_s$,查燕山水库水位与库容关系曲线,求得 Z''_s ,如果 $Z''_s \neq Z'_s$,则需重新设 Z'_s ,重复上述步骤,如果 $Z''_s \approx Z'_s$ 则试算停止, Z'_s 即为汛限水位向上浮动值。

与考虑洪水预报预泄能力约束法确定汛限水位动态控制值的方法相同,通过试算确定汛限水位上限取值105.36 m,则根据水库泄流能力曲线,平均泄流能力为 $970.7 \text{ m}^3/\text{s}$,10 h内预泄水量 3494.33 万 m^3 。因此,考虑降雨有效预报期为 10 h ,则汛限水位上限可提高至105.36 m,该水位下枢纽泄流能力 $1185.7 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

虽然下游河道行洪能力为 $1\,900\text{ m}^3/\text{s}$,但是限于枢纽泄流能力,汛限水位若超过 105.36 m ,则在 10 h 有效预见期内不能及时降低水库水位至设计汛限水位 104.20 m ,因此,汛限水位上限值取 105.36 m 。

2 基于大坝安全的水库汛限水位动态控制方案

燕山水库初设将流域汛期划分为主汛期与后汛期,分别为 06—20—08—15,8 月 15 日至 9 月末,后汛期可抬高汛限水位有利于汛后蓄水。考虑洪水预报和降雨预报预见期分别为 5 和 10 h ,则依据燕山水库现有枢纽泄流能力,根据下游最大行洪能力 $1\,900\text{ m}^3/\text{s}$,则汛限水位上限可分别调整为 104.77 和 105.36 m 。从大坝自身防洪安全及枢纽泄流能力角度(且不考虑预报调度)出发,拟定动态汛限水位方案。

2.1 主汛期汛限水位控制方案模拟

依据燕山水库现行调度规则,现有主汛期汛限水位 104.20 m 。从大坝防洪安全和枢纽泄流能力角度,对汛限水位进行动态调整,分别上浮为 $104.70, 105.20, 105.70, 106.20, 105.70, 106.20, 106.70\text{ m}$,并针对重现期分别为 5, 20, 50, 100, 500, 1 000, 5 000 和 10 000 年一遇的设计洪水进行调洪计算;分析不同汛限水位下,水库调洪最高水位特征见表 1。

表 1 不同重现期条件下燕山水库动态汛限水位调洪最高水位(主汛期)

Tab. 1 Highest water level of dynamic flood control level of different return periods of Yanshan reservoir (major flood period)

汛限水位/m	最高库水位/m							
	5 年重现期	20 年重现期	50 年重现期	100 年重现期	500 年重现期	1 000 年重现期	5 000 年重现期	10 000 年重现期
104.2	106.24	109.55	111.67	112.11	114.02	114.66	116.37	116.93
104.7	106.58	109.79	111.82	112.29	113.99	114.77	116.35	116.92
105.2	106.96	110.07	111.87	112.28	114.12	114.89	116.35	116.91
105.7	107.40	110.39	111.95	112.51	114.27	114.91	116.36	116.93
106.2	107.84	110.72	111.99	112.54	114.29	115.05	116.38	116.84
106.7	108.28	111.06	112.04	112.59	114.45	115.08	116.40	116.86

2.2 后汛期汛限水位控制方案模拟

采用同样的工况设计,对燕山水库后汛期汛限水位动态控制进行方案模拟,计算不同汛限水位下水库调洪最高水位特征,成果见表 2。

表 2 不同重现期条件下燕山水库动态汛限水位调洪最高水位(后汛期)

Tab. 2 Highest water level of dynamic flood control level of different return periods of Yanshan reservoir (post-freshet)

汛限水位/m	最高库水位/m							
	5 年重现期	20 年重现期	50 年重现期	100 年重现期	500 年重现期	1 000 年重现期	5 000 年重现期	10 000 年重现期
104.2	105.16	106.14	107.18	107.57	109.13	112.06	112.57	113.41
104.7	105.52	106.48	107.46	107.88	109.38	112.03	112.77	113.39
105.2	105.94	106.87	107.79	108.22	109.66	112.22	112.83	113.38
105.7	106.41	107.31	107.16	108.62	110.00	112.25	112.84	113.41
106.2	106.88	107.75	107.51	109.02	110.33	112.48	112.98	113.44
106.7	107.36	108.20	107.87	109.38	110.67	112.53	113.07	113.48

由表 1 可见,在较小重现期洪水条件下,随着动态汛限水位的提高,最高调洪水位显著升高;但随着洪水量级的升高(洪水重现期超过 50 年一遇),调洪初始水位(动态汛限水位)对燕山水库调洪最高水位的影响逐渐降低。这一结果与燕山水库调洪规则和枢纽泄流能力密切相关,依据现行调度规则,初始起调水位的抬升,促使枢纽提前开闸泄洪,因此调洪最高水位并未因起调水位的升高而显著增大。譬如,5 000 年一遇重现

期洪水,在现有调度规则下,原 104.20 m 汛限水位作为起调水位,调洪最高水位 116.37 m;汛限水位抬升 2.0 m 至 106.7 m,调洪最高水位 116.40 m。10 000 年一遇重现期洪水,在现有调度规则下,原 104.20 m 汛限水位作为起调水位,调洪最高水位 116.93 m;汛限水位抬升 2.5 m 至 106.70 m,调洪最高水位为 116.86 m,甚至略有降低。这说明燕山水库具有较强的泄流能力,汛限水位动态控制对大坝自身防洪安全影响较小。同时也说明对下游防洪区防洪能力需要有效提升,提高河道最大过流能力,是实施燕山水库汛限水位动态控制、提高枢纽运行效益的关键。

3 结 语

(1)从下游防洪安全考虑,燕山水库汛限水位可由设计值 104.20 m,最大可提高至 105.36 m。其中考虑洪水预报,燕山水库下游最大通过泄量为 $1\,900\text{ m}^3/\text{s}$,分析确定有效洪水预报信息 5 h,根据水库泄流能力曲线,汛限水位上限可提高至 104.77 m。若燕山水库降雨有效预报时间 10 h,通过试算确定汛限水位上限取值 105.36 m。

(2)经调洪计算,在较小重现期洪水条件下,随着动态汛限水位的提高,最高调洪水位升高较为显著;但随着洪水量级的升高(洪水重现期超过 50 年一遇),调洪初始水位(动态汛限水位)对燕山水库调洪最高水位的影响逐渐降低,这主要是燕山水库具有较强的泄流能力。

(3)对燕山水库采用动态汛限水位进行调度时,应严格控制汛限水位上限,提高降雨预报精度、延长水库有效预见期,并提高下游河道行洪能力和保护区防洪标准,确保枢纽现有设计泄流能力等风险控制措施的有效性。

参 考 文 献:

- [1] 郭生练. 水库调度综合自动化系统[M]. 武汉: 武汉水利水电大学出版社, 2000. (GUO Shenglian. Reservoir dispatching integrated automation system[M]. Wuhan: Wuhan Water Conservancy and Hydropower University Press, 2000. (in Chinese))
- [2] 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运用[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1996. (Dalian University of Technology, Office of the State Flood Control and Drought Relief Headquarters. The method of flood control forecast operation of reservoir and its application[M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Publishing House, 1996. (in Chinese))
- [3] 胡四一, 王银堂, 刘克琳. 水库汛限水位的风险设计[C]//中国水利学会 2005 学术年会论文集—节水型社会建设的理论与实践. 北京: 中国水利水电出版社, 2005: 389-396. (HU Siyi, WANG Yintang, LIU Kelin. The risk design of flood control level[C]//Proceedings of the 2005 Annual Conference of China Water Conservancy Society—Theory and Practice of Water Saving Society Construction. Beijing: China Water & Power Press, 2005: 389-396. (in Chinese))
- [4] 王本德, 郑德凤, 周惠成, 等. 汛限水位动态控制方案优选方法及指标体系研究[J]. 大连理工大学学报, 2007, 47(1): 113-118. (WANG Bende, ZHENG Defeng, ZHOU Huicheng, et al. A study of index system and fuzzy optimum model on schemes of dynamic flood control limited water level of a reservoir[J]. Journal of Dalian University of Technology, 2007, 47(1): 113-118. (in Chinese))
- [5] 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, 15(1): 68-72. (QIU Ruitian, WANG Bende, ZHOU Huicheng, et al. New idea for controlling the limited elevation of reservoirs in the flood season [J]. Advance in Water Science, 2004, 15(1): 68-72. (in Chinese))
- [6] 王才君, 郭生练, 刘攀, 等. 三峡水库动态汛限水位洪水调度风险指标及综合评价模型研究[J]. 水科学进展, 2004, 15(3): 376-381. (WANG Caijun, GUO Shenglian, LIU Pan, et al. Risk criteria and comprehensive evaluation model for the operation of Three Gorges reservoir under dynamic flood limit water level[J]. Advance in Water Science, 2004, 15(3): 376-381. (in Chinese))
- [7] 李玮, 郭生练, 刘攀, 等. 梯级水库汛限水位动态控制模型研究及运用[J]. 水力发电学报, 2008, 27(2): 22-28. (LI Wei, GUO Shenglian, LIU Pan, et al. Dynamic control model for limiting level during flood season of cascade reservoirs operation [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2008, 27(2): 22-28. (in Chinese))

- [8] 马福恒. 病险水库大坝风险分析与预警方法[D]. 南京: 河海大学, 2006. (MA Fuheng. Risk analysis and early-warning methods for ill reservoir dams[D]. Nanjing: Hohai University, 2006. (in Chinese))
- [9] 王长生, 马福恒, 何心望, 等. 基于物联网的燕山水库大坝智能巡检系统[J]. 水利水电工程学报, 2014(2): 48-53. (WANG Changsheng, MA Fuheng, HE Xinwang, et al. Intelligent inspection system for Yanshan reservoir dam based on the internet of things technology[J]. Hydro-Science and Engineering, 2014(2): 48-53. (in Chinese))
- [10] 李子阳, 郭丽, 严中奇, 等. 旱涝急转条件下土石坝渗流特性分析与安全控制[J]. 水电能源科学, 2015, 33(11): 49-51. (LI Ziyang, GUO Li, YAN Zhongqi, et al. Seepage characteristic analysis and safety control earth-rockfill dam under conditions of abrupt alternation of drought-flood[J]. Water Resources and Power, 2015, 33(11): 49-51. (in Chinese))
- [11] 王本德, 周慧成. 水库汛限水位动态控制理论与方法及其应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006. (WANG Bende, ZHOU Huicheng. The theory and method of dynamic control of flood control water level of the reservoir and its application[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2006. (in Chinese))
- [12] 马福恒, 李子阳, 张铭, 等. 基于结构风险的水库动态调度关键技术研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2015. (MA Fuheng, LI Ziyang, ZHANG Min, et al. Research on key technology of reservoir dynamic scheduling based on structure risk[R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2015. (in Chinese))

Dynamic control scheme of flood control level for Yanshan reservoir

CHU Qinglai¹, MA Fuheng², YE Wei²

(1. He'nan Yanshan Reservoir Authority, Yexian 467224, China; 2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resource and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: With the global extreme climate becoming more frequent, more uneven temporal and spatial distribution of the water resources has resulted in an increasing contradiction between supply and demand of the water resources. In order to make full use of the reservoir water resources and develop the reservoir's engineering benefit, analyses and studies of the control scheme of the flood control level for the Yanshan reservoir have been carried out by using a prestorage and predischage method. First, taking the downstream flood control safety into account, with the help of the rainfall and flood forecast information, the upper limit of the flood control level was determined by the prestorage and predischage scheme; then based on the dam safety, considering reservoir ultimate discharge capacity, the highest flood control level during the major flood period and post-freshet period was determined. Comparing with the original flood control level of 104.2 m, the new flood control level considering flood forecast information can be adjusted to 104.77 m, and the flood control level considering the rainfall forecast information can be adjusted to 105.36 m. The calculation and analysis results show that the adjusted dynamic flood control level of the reservoir, with a slight influence upon the dam safety and downstream flood control safety, can greatly improve the utilization rate of the water resources, hence applicable and implementable.

Key words: Yanshan reservoir; flood control level; dynamic flood control scheme; prestorage and predischage method