

梯级水库上水库泄洪能力对下水库 设计洪水计算影响实例浅析

虞慧,胡强,徐升,王姣

(江西省水利科学研究院;江西省水工程安全工程技术研究中心,江西 南昌 330029)

摘要:梯级水库设计洪水计算是根据上、下游水库的情况从上而下逐层进行分析计算.本文通过两个水库的实例,对梯级水库设计洪水进行分析,在一般情况下,下水库的设计洪水由上游水库的泄流过程与区间洪水组成,但还应对上游水库泄洪是否改变了天然洪水状况及其对下游的影响程度进行分析,重点分析上游水库的调洪影响和区间洪水的地区组成,从而选择合适的计算方法.通过该种方式的分析与思考,可以为梯级水库设计洪水的计算方法提供有益的借鉴.

关键词:梯级水库;设计洪水;上游水库;下泄流量

中图分类号:TV122+.2

文献标识码:B

文章编号:1004-4701(2016)04-0277-04

0 引言

设计洪水是指在水利水电工程的规划、设计、施工中制定设计标准洪水的总称^[1].根据工程不同设计阶段的需求,其计算的内容基本相同,可以计算出设计洪峰流量、时段洪量、洪水过程线、各频率水位及水位过程等洪水特性要素.单一型水库的设计洪水仅考虑该水库坝址以上流域面积的设计洪水,梯级水库的设计洪水计算不仅考虑水库本身,还需要对梯级水库所在流域自上而下逐级分析.一般在工程设计当中,下水库的设计洪水地区组成由上游水库的下泄洪水和区间洪水组成,但应就每个水库不同的情况具体分析,本文以两座梯级水库为例,对设计洪水分析过程及计算方法进行讨论.

1 计算实例

1.1 锅底潭水库

锅底潭水库位于江西省萍乡市芦溪县长丰乡磨桥村,坝址坐落于六市河与宗里河交汇处下游约200 m的峡谷处,距萍乡市约36.00 km,坝址以上控制流域面积为73.90 km²(包括河江水库28.60 km²),是一座以防洪、供水为主,兼顾发电、灌溉的中型水库.

锅底潭水库的六市河上游7 km处为河江水库,其坝址位于江西省莲花县北部的六市乡河江村,坐落于绿

水支流麻山水的六市河上,是一座以灌溉为主、兼顾防洪、养殖、发电的中型水库.

河江水库的泄水直接进入锅底潭水库,对锅底潭水库进行设计洪水计算之前,首先需要对河江水库进行分析.河江水库设计洪水采用《江西省暴雨洪水查算手册》的瞬时单位线法进行计算,其1 000年一遇即校核洪水标准下的洪峰流量为498.00 m³/s,其50年一遇即设计洪水标准下的洪峰流量为303.00 m³/s^[2].河江水库的溢洪道为无闸控制泄流,当库水位涨至正常蓄水位538.20 m以上时,溢洪道开始泄洪,当入库流量与泄流能力相等时,库水位达到最高,当入库流量小于泄流能力时,溢洪道仍按泄流能力泄洪,库水位下降.根据河江水库的洪水过程线、水位~库容关系、溢洪道的水位~泄流关系等基本资料,依照其洪水调度方式,利用水量平衡公式,对设计洪水进行调节,得到河江水库的下泄流量过程,见表1.

从表1可以看出,河江水库1 000年一遇的洪峰流量为498.00 m³/s,其下泄流量最大值为334.00 m³/s,削减洪峰达33%,50年一遇的洪峰流量为303.00 m³/s,其下泄流量最大值为200.00 m³/s,削减洪峰达34%,从此证明河江水库拦蓄了一部分的洪水,在一定程度上起到滞洪削峰作用.因此锅底潭水库的设计洪水为河江水库的下泄流量过程与锅底潭水库和河江水库的区间洪水组成.锅底潭水库与河江水库的区间洪水由宗里河、河江水库以下六市河组成,设计洪水采用的方法

和河江水库的设计洪水一致,采用《江西省暴雨洪水查算手册》的瞬时单位线法计算,将宗里河和河江水库以下六市河的洪水过程线以及河江水库的下泄流量过程进行叠加,从安全性考虑,本次洪水叠加采用同时段进行叠加,未考虑河道演进时间。叠加后洪水见表 2。

1.2 小湾水库

小湾水库位于江西省靖安县宝峰镇毗炉村,距靖安县城 23.00 km。坝址坐落于修河水系北潦河北支,控制流域面积 496.00 km² (其中罗湾水库的流域面积为 162.00 km²,洪屏抽水蓄能电站的流域面积 420.00 km²),水库正常蓄水位 120.00 m,水库设计灌溉面积 3 960.00 hm²,是一座以灌溉为主,结合发电、防洪、养殖、旅游等综合利用的中型水利工程。小湾水库上游 46.00 km 处兴建了罗湾水库,其上游 12.00 km 即小湾水库库尾于 2014 年兴建洪屏抽水蓄能电站,现通过两种不同的设计洪水方法来分析确定小湾水库的设计洪水。

表 1 河江水库设计洪水过程和泄流过程 m³/s

频率 时段序号 (3 h)	洪水过程		泄流过程	
	河江水库 P=0.1%	河江水库 P=2.0%	河江水库 P=0.1%	河江水库 P=2.0%
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	7.62	1.07	0.63	0.00
3	96.80	19.30	41.71	5.46
4	498.00	303.00	254.04	107.78
5	176.00	109.00	334.00	200.00
6	54.00	32.00	153.15	89.31
7	24.10	14.70	61.60	41.29
8	12.00	8.09	32.16	22.95
9	8.01	6.05	19.37	14.56
10	7.14	5.65	13.36	10.46
11	7.29	5.85	10.50	8.41
12	7.80	6.33	9.20	7.45

表 2 锅底潭水库坝址设计洪水过程 m³/s

设计频率		P=0.1%				P=2.0%			
时段 ($\Delta t=3$ h)	六市河	宗里河	河江水库 下泄	叠加后设计 洪水	六市河	宗里河	河江水库 下泄	叠加后设计 洪水	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	57.50	60.80	0.63	118.93	18.60	19.10	0	37.70	
2	383.20	364.00	41.71	788.91	225.70	208.40	5.46	439.56	
3	160.70	70.70	254.04	485.44	100.30	56.50	107.78	264.58	
4	37.50	12.30	334.00	383.80	27.40	13.20	200.00	240.60	
5	12.30	6.30	153.15	171.75	10.50	5.80	89.31	105.61	
6	7.90	6.10	61.60	75.60	6.10	4.10	41.29	51.49	
7	7.40	6.70	32.16	46.26	4.90	4.00	22.95	31.85	
8	8.10	7.60	19.37	35.07	4.90	4.30	14.56	23.76	
9	9.00	8.50	13.36	30.86	5.20	4.70	10.46	20.36	
10	10.00	9.40	10.50	29.90	5.70	5.20	8.41	19.31	
11	11.00	8.50	9.20	28.70	6.20	5.70	7.45	19.35	
12	10.00	7.50	8.75	26.25	6.70	5.20	7.11	19.01	

1.2.1 分区间计算

罗湾水库坝址座落于靖安县西北部罗湾乡,位于北潦河北支上游的罗湾峡谷入口处,是一座以发电为主,兼防洪、灌溉等综合利用的中型水利工程。罗湾水库坝址以上流域面积为 162.00 km²,其设计洪水标准为 50 年一遇,洪峰流量为 845.00 m³/s,校核洪水标准为 500 年一遇,洪峰流量为 1 490.00 m³/s^[3]。罗湾水库原设计溢流坝段设 2 孔 12.00 m×7.60 m 溢流孔,采用露顶弧形闸门控制,总溢流宽 24.00 m。由于受河南“75-8”洪水影响,罗湾水库在施工实施过程中,为应对 PMP 可能最大暴雨洪水,溢洪道实际按 4 孔 12.00 m×7.60 m 露顶溢流孔的型式建成,泄流孔型式不变,总溢流宽为 48.00 m,现状水库泄洪建筑物为 4 孔 12.00 m×

7.60 m 溢洪道和单孔泄流底孔。罗湾水库的水位~泄量关系见表 3,其下泄流量的组成为在高程 362.00 m 以下为泄洪洞流量,362.00 m 以上为 4 孔溢洪道和泄洪洞的叠加流量。

罗湾水库的调洪原则为:罗湾水库起调水位为 369.00 m,下游安全泄量 500.00 m³/s,防洪高水位为 369.20 m。当坝址来水小于或等于下游安全泄量 500.00 m³/s 且库水位等于正常蓄水位(369.00 m)时,水库按泄量等于来量泄水,维持正常蓄水位不变。当坝址来水大于 500.00 m³/s,库水位低于防洪高水位(369.20 m)时,水库按下游安全泄量 500.00 m³/s 控制下泄;当库水位高于防洪高水位(369.20 m)时,闸门全开,按溢流坝泄流能力全力泄洪。

表 3 罗湾水库水位 ~ 泄量关系表(实际实施)

库水位/m	366	367	368	369	370	371
泄量/(m ³ /s)	742	1 063	1 411	1 780	2 200	2 641

从表 3 可以看出,起调水位 369.00 m 时对应的泄量为 1 780.00 m³/s,而 500 年一遇即校核洪水标准对应的洪峰流量为 1 490.00 m³/s,50 年一遇即设计洪水标准对应的洪峰流量为 845.00 m³/s,其泄流能力远大于设计、校核标准下所对应的洪峰流量,调洪计算时,500 年一遇及 50 年一遇标准所对应的最大泄量为可按其相应的入库洪峰流量控制。

洪屏抽水蓄能电站位于江西省靖安县境内,该电站为周调节纯抽水蓄能电站,分为上水库和下水库,上水库位于三爪仑乡塘里村的洪屏自然村,库区为一高山盆地,盆地四周环山,山体雄厚,四周山岭最低处山脊高程 720.00 m 左右。盆底高程 700.00 m 左右,地势平坦开阔。盆地西侧、南侧及西南侧各有一垭口,筑坝后可形成上水库。下水库位于潦河北潦北支河中上游,地处宝峰镇毗炉行政村丁坑口自然村,在已建小湾水库的库尾。大坝采用坝顶溢流方式泄洪,并采用弧形闸门控制泄洪,溢流坝段长 51.00 m,共设 3 孔,堰顶高程为 169.50 m。根据洪屏抽水蓄能电站的运行情况,晚上将水抽上至上水库,白天放水至下水库,故只需要考虑下水库在相应频率下对小湾水库影响,下水库 500 年一遇的洪峰流量为 3 950.00 m³/s,50 年一遇洪峰流量为 2 750.00 m³/s^[4]。根据其调洪原则及成果,洪屏电站下水库 500 年一遇和 50 年一遇的的下泄流量分别为 3 950.00 m³/s 和 2 750.00 m³/s,其下泄流量与入库洪峰流量一致。

分区间对洪水进行叠加的计算方法为先计算罗湾水库的下泄洪水和罗湾水库至洪屏抽水蓄能电站的区间洪水,叠加后形成洪屏抽水蓄能电站下水库的下泄流量,最后将其下泄流量和洪屏抽水蓄能电站下水库与小湾水库坝址的区间洪水进行叠加进行计算,具体计算方法为罗湾水库的洪峰流量采用其原设计的计算成果,因罗湾水库的泄流能力远大于设计、校核标准下所对应的洪峰流量,因此在调洪计算时,500 年一遇及 50 年一遇标准所对应的最大泄量为可按其相应的入库洪峰流量控制,罗湾水库至洪屏抽水蓄能电站下水库的区间洪水通过晋坪水文站采用水文比拟法求得,其洪水过程线采用罗湾坝址 1976 年的 50 年一遇设计洪水过程作为典型洪水过程,按洪峰倍比为控制进行缩放而得到,并对一些不合理的点据进行修正得罗湾水库至洪屏电站下水库区间各频率下的洪水过程线。因洪屏抽水蓄能电站下水库的泄流量和入库洪水来量基本一致,故洪屏电

站下水库的泄流过程线和洪水过程线基本一致。洪屏电站下水库至小湾水库区间洪水为罗湾水库至洪屏电站下水库区间设计洪水的洪峰流量倍比来缩放得出。通过以上方法将各区间设计洪水进行叠加可以得出小湾水库坝址的设计洪水,其成果见表 4。

1.2.2 全区间天然洪水计算

小湾水库天然设计洪水的计算方法为根据晋坪水文站实测流量采用水文比拟法计算。小湾水库坝址以上控制流域面积为 496.00 km²,晋坪水文站控制流域面积为 304.00 km²,因两者的流域面积和年降雨量均较为接近,故采用附近流域的晋坪水文站作为本次复核的参证站。通过对晋坪站的 48 年实测洪水资料及历史洪水资料进行分析,采用 P - III 型适线的方法,得出晋坪站统计参数及各频率设计值,后采用水文比拟法换算至小湾水库坝址,通过选取晋坪站典型的洪水过程线进行同频率放大,根据其相应的调洪规则、水位 ~ 库容及水位 ~ 泄量关系,采用水量平衡方程等得到其相应频率下的特征水位,见表 4。

1.2.3 成果分析

表 4 成果比较表

项目	频率	洪峰流量 /(m ³ /s)	泄量 /(m ³ /s)	水位 /m	库容 /10 ⁴ m ³
全区间天然洪水	P=0.2%	2 910	2 720	120.89	4 689
	P=2%	2 010	2 010	120.00	4 410
分区间计算	P=0.2%	4 209	3 550	122.03	5 060
	P=2%	2 480	2 450	120.05	4 426

从表 4 可以看出,分区间洪水计算与全区间天然洪水计算进行比较,前者叠加计算得到的洪峰流量要大许多,洪水过程自然也就更胖大,洪水调节计算得到的洪水位和库容也更大。罗湾水库的泄流能力远大于设计、校核标准下所对应的洪峰流量,由于其超强泄洪能力,遭遇 50 年一遇及 500 年一遇等高标准洪水时可按其入库洪峰流量下泄,在该频率下依据调洪原则进行洪水调节计算时,可以看作为保障工程度汛安全忽略其调蓄天然洪水和滞洪消峰作用而全力泄洪。同样,下游的洪屏抽水蓄能电站情况也是如此。此时如仍按分区间叠加洪水的计算方法,每个区间都采用典型洪水进行放大洪水过程线,这样无形中放大了设计断面水库的洪水过程,从而使得其成果比天然洪水的大。另外,根据 SL252 - 2000《水利水电工程等级划分及洪水标准》、SL25 - 2006《砌石坝设计规范》及 SL319 - 2005《混凝土重力坝设计规范》中的规定:坝顶应高于校核洪水位,从表中可以看出分区间计算的 500 年一遇即校核工况

的水位为 122.03 m, 而小湾水库现状坝顶高程为 121.15 m, 坝顶高程复核表明, 该计算方法下的坝顶高程不满足规范要求。因此, 小湾水库坝址以上设计洪水计算, 需对其上游两座水库进行仔细分析, 综合考虑其防洪安全性, 采用全区间天然洪水的计算方法。

综上所述, 将梯级水库的流域天然设计洪水与考虑上游水库调洪后的设计洪水进行比较, 当出现推求的设计洪水大于天然设计洪水情况, 应分析造成这种情况的原因, 并对计算方法进行调整。

2 结 语

(1) 梯级水库设计洪水计算是根据上、下游水库的情况从上而下逐层进行分析计算的, 一般情况下, 下游水库的设计洪水由上游水库的泄流过程与区间洪水组成。

(2) 下游水库设计洪水计算时, 应先对上游水库的调蓄能力和泄洪能力进行综合分析, 尤其对其洪水下泄流量过程进行分析, 根据其调洪规则进行洪水调节计算, 分析上游水库泄洪是否改变了天然洪水状况及其对下游的影响程度。

(3) 当上游水库改变了天然洪水的下泄过程, 起到滞洪削峰作用时, 天然洪水经水库调蓄之后, 水库洪水下泄过程与天然洪水过程相比, 峰值减少, 洪水过程历

时变长, 下游水库设计洪水计算应考虑上游水库的调洪影响和区间洪水的地区组成。

(4) 当上游水库具有超强泄洪能力时, 遭遇设计高标准洪水时可按其入库洪峰流量下泄, 在该频率下依据调洪原则进行洪水调节计算时, 可以看作为保障工程度汛安全忽略其调蓄天然洪水和滞洪消峰作用而全力泄洪, 此时下游水库设计洪水计算如仍按分区间叠加洪水的计算方法, 势必造成推求的设计洪水大于天然设计洪水情况, 成果偏大, 从而影响工程投资, 应综合考虑其防洪安全性, 采用全区间天然洪水计算方法和成果。此外, 当上游水库属于径流式或上游水库控制流域面积相对较小时, 可以不考虑上游水库的调蓄影响, 下游水库直接采用全区间天然设计洪水计算方法和成果。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部. SL44-2006. 水利水电工程设计洪水计算规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [2] 江西省莲花县河江水库除险加固工程初步设计报告[R]. 南昌: 江西省水利规划设计院, 2003.
- [3] 罗湾水电站复工扩大初步设计报告[R]. 南昌: 江西省水利水电勘测设计院, 1976.
- [4] 江西洪屏抽水蓄能电站可行性研究报告[R]. 浙江: 中国水电顾问集团华东勘测设计研究院, 2008.

编辑: 张绍付

A brief analysis on the example of the capability of the upstream reservoir in cascade reservoir flood discharge impact on the calculation of design flood in downstream reservoir

YU Hui, HU Qiang, XU Sheng, WANG Jiao

(Jiangxi Provincial Institute of Water Sciences; Jiangxi Provincial Engineering Technology Research Center on Hydraulic Structures, Nanchang 330029, China)

Abstract: Cascade reservoirs design flood calculation is based on the situation reservoir downstream from the bottom layer by layer analysis and calculation, by way of example two reservoirs of cascade design flood for analysis in the paper, in general, the design flood of the downstream reservoir consists of the discharge process of the upstream reservoir and flood interval between two reservoirs, but also need to specific analysis on the upstream reservoir spillway changed the natural flood situation and the influence on the degree of the downstream. Focus on the analysis of the influence of flood regulation and the regional flood of the upper reaches of the reservoir, regional flood composition of interval flood, and select the appropriate calculation method. It can provide a useful reference for the calculation by cascade design flood analysis and thinking of the ways.

Key words: Cascade reservoirs; Design flood; The upstream reservoir; Discharge process

翻译: 虞 慧