

⑥ 大洪河水电站分期洪水分期防洪发电研究^①

21-25

郭荣文

(电力部成都勘测设计研究院 成都 610072)

TV737

摘要 根据流域水文气象的季节性变化规律,参照我国现行洪水和动能计算规范的要求和方法,将大洪河水电站分期设计洪水计算以及分期防洪和发电运行,有机结合起来进行统筹研究。结果表明,大洪河水电站洪水分期时界明显,分期设计洪水计算成果合理、可靠,据以进行分期调洪演算和动能计算,既确保各防护对象的防洪安全,又增加了不少的发电量,经济效益和社会效益较为显著。

关键词 水文水利计算 洪水计算 分期 洪水时界 设计洪水 防洪 发电

分期设计洪水, 分期发电

水电站

大洪河水电站位于新建重庆市境内大洪河支流东河上,控制流域面积 1317 km²,水库总库容 3.3 亿 m³,装机容量 35 MW。1960 年初建成投产以来,一直沿用原设计所确定的运行方式,即按年设计洪水(年内独立选样)计算成果和汛期限制水位定值,进行全汛期防洪和全年发电运行,使水资源和水库容积未能充分利用,发电的数量和质量受到一定影响。为此,拟从工程安全与经济相互统一出发,首先分析研究洪水分期时间划分,以及前期和后期设计洪水(分期独立选样)计算,进而研究分期防洪和发电运行,为大洪河水电站水库运行方式探索新途径。

通过大洪河流域水文气象资料的统计分析,暴雨洪水呈现季节性变化规律,洪水分期时界明显,前期设计洪水与年设计洪水的计算成果相近,后期设计洪水则小得多。在必须全面满足原定各防护对象洪水标准和控制要求的前提下,拟定前期和后期不同的限制水位方案,进行水库分期调洪计算。选取分期限制水位和防洪运行成果,不仅保证了防

洪安全,而且尚有一定裕度。最后将不完全年调节改变为完全年调节,按汛期少发电、早蓄水、多蓄水的基本原则进行水能计算,结果既增加了年发电量,又增加了保证出力,经济效益和社会效益比较显著。

1 分期洪水时界划分

1.1 暴雨天气形势分析

大洪河流域位于四川盆地东部丘陵区,属亚热带季风湿润气候区,洪水皆由暴雨产生。对环流形势和地面长波辐射(OLR)资料的分析,有如下结论:①大气环流经向度 5~7 月比 8~10 月大,在西北气流引导下,冷空气活动范围明显南伸;②北纬 40°以北低槽位置,5~7 月在东经 90°以东,8~10 月则在以西,在低槽带动下常有南支槽和高原涡活动,有利于 5~7 月产生暴雨,而 8~10 月相对不利;③ 5~7 月天气系统的配置情况,均有利于暴雨的形成,尤以 7 月常产生大暴雨;④ 8~10 月天气系统的配置情况,对产生暴雨较不利。特别是 8 月副高脊线北抬至北纬 30°,

①董世钧、李小林等同志参加了本研究工作。

作者简介:郭荣文,男,教授级高工,从事水电规划研究,曾发表《设计洪水地区组成》等论文。

且西伸控制本流域,造成伏旱天气,产生暴雨的几率和量级均较小。

1.2 地面气候特性分析

从大洪河流域和邻近的大竹、邻水、江北和长寿4个气象台1959~1990年31年观测资料统计出的各主要地面气候要素的多年平均值来看,本流域地面气候具有明显的季节性变化特性,除平均风速和平均相对湿度5~7月与8~10月基本相同外,降雨日数、降雨量、平均总云量、蒸发量、日照时数和平均气温等,5~7月均不同程度地大于8~10月。

8月份伏旱天气非常明显,降雨日数、降雨量、平均总云量和平均相对湿度,一般均比5~10月中其它各月要小得多,而蒸发量、平均气温、极端最高气温、日照时数和平均风速等,均比5~10月中其它各月要大得多。

1.3 水文历史演变规律分析

根据大洪河水电站坝址(以上)1958~1993年36年流域平均年、月降水量和年、月平均流量的统计结果,无论降雨和径流,均主要集中在汛期5~10月,分别占全年(水文年,5月至翌年4月)的76.2%和80%,尤其集中在前(汛)期5~7月,分别占全年的44.6%和52.5%,而后(汛)期8~10月,仅分别占全年的31.6%和27.5%,又均以8月份为最低值,分别仅占全年的10.3%和7.4%。

从1958~1993年36年最大24h暴雨、年最大洪峰流量、最大1d洪量和最大3d洪量4项统计成果来看,均基本集中发生在5~10月,占全年的97.2%~98.0%,又主要集中在5~7月,占全年的77.5%~88.8%,8~10月仅占全年的8.4%~20.5%,尚有个别年份发生在4月或11月的,仅占全年的2.0%~2.8%。从其多年平均值的统计计算成果看,5~7月均比8~10月大。由于8月份受伏旱天气影响,暴雨洪水发生的几率较小,而且量级亦较小。

综合上述水文气象的统计分析成果,结合水文、水利水能计算和运行管理统计的需要,大洪河水电站分期洪水的时界,以伏旱伊

始的8月1日作为划分界线,即5~7月洪水为前期洪水,8~10月洪水为后期洪水,进行分期设计洪水计算,以及分期防洪和发电运行研究,是较为切实可行的。

2 分期设计洪水分析计算

2.1 分期实测洪水系列统计计算

根据大洪河水电站坝址1958~1993年实测洪水资料,首先采用独立选样,统计出36年最大洪峰流量 Q_m ,年最大1d洪量 W_1 和年最大3d洪量 W_3 。前、后期实测洪水系列,采用跨期选样,以提前或错后5~10d为限,由于前期洪水绝大多数为年最大洪水,只统计补充少数年份;后期洪水除包括7月错后、11月提前和发生在后期的部分年份外,大部分重新统计补充。现将分期实测洪水系列均值比较成果列于表1。

表1 分期实测洪水系列均值比较

项 目		$Q_m/m^3 \cdot s^{-1}$	$W_1/亿 m^3$	$W_3/亿 m^3$
年最大洪水	均 值	778	0.463	0.868
前期洪水	均 值	764	0.446	0.839
	比年最大减少	1.8%	3.7%	3.3%
后期洪水	均 值	415	0.245	0.458
	比年最大减少	46.7%	47.1%	47.2%

从表1可知,前期洪水均值比年最大洪水均值略小1.8%~3.7%,比较接近;后期洪水均值则小46.7%~47.2%,充分表明研究分期洪水分期防洪发电是必要的和可能的。

2.2 分期历史调查洪水分析引用

大洪河流域的历史洪水,历经多次调查、复查、编印,确认1870年和1896年洪水为近百年的特大洪水,洪痕可靠, Q_m , W_1 和 W_3 推算成果合理,可供直接引用,至于属前期或后期洪水则成为关键所在。

1870年洪水,经本流域和邻近流域龙溪河石刻记载调查考证,发生在7月21日,属前期洪水。

1896年洪水,本流域群众有说发生在前期,也有说在后期,查考历史文献资料,记有6~9月都曾发生过洪水,龙溪河流域定为

8月中旬,长江寸滩和宜昌水文站实测记录为9月上旬。为了防洪安全起见,认定该年前、后期都发生过大洪水,而且量级相同,详见表2。

2.3 分期洪水频率计算

由分期实测洪水系列加上历史调查洪水组成不连续系列作为样本。前期洪水取1870年、1896年、1989年为特大值,即 $\alpha=3$;后期洪水取1896年为特大值,即 $\alpha=1$ 。调查考证期均为1870年,即 $N=124$ 。经验频率采用数学期望公式计算。

频率曲线线型采用皮尔逊Ⅲ型,前、后期洪水统计参数的初估值采用矩法计算,采用经验适线法调整确定均值 X_0 、变差系数 C_v 和偏态系数 C_s (或 C_s/C_v),最后计算出前、后期各种频率的设计洪水成果,详见表3。

从表3可知,前期设计洪水与年设计洪水相比,减少5%以下,为了保持近期复核成果相对稳定和工程防洪安全起见,确定采用

年设计洪水作为前期设计洪水的计算成果。后期设计洪水与年设计洪水相比减少幅度较大,仍低于实测洪水的减小比值。

通过统计参数变化、频率曲线对比、峰量关系以及邻近流域龙溪河前、后期设计洪水计算成果对照检查结果,计算成果合理可靠,尚未发现有偏小的可能性,故前、后期 $P=0.05\%$ 校核洪水,均不再加安全保证值。

2.4 分期设计洪水过程线推求

前期同年设计洪水近期复核成果一样,采用近百多年来的首大洪水1989年7月9日11时至12日11时三天洪水过程线作典型,后期经过方案比较,选取对防洪较不利的1983年8月9日7时至12日7时三天洪水过程线作典型。前、后期各种频率设计洪水过程线,均按所选典型,采用峰、量同频率分段控制缩放,不衔接之处,应用水量平衡法修匀求得。

表2 历史调查洪水引用成果

项 目	1870年			1896年		
	$Q_m/m^3 \cdot s^{-1}$	$W_1/亿 m^3$	$W_3/亿 m^3$	$Q_m/m^3 \cdot s^{-1}$	$W_1/亿 m^3$	$W_3/亿 m^3$
年最大洪水	2140	1.54	2.91	1790	1.28	2.42
前期洪水	2140	1.54	2.91	1790	1.28	2.42
后期洪水	—	—	—	1790	1.28	2.42

表3 分期设计洪水计算成果比较

项 目		X_0	C_v	C_s/C_v	$X_p(\%)$						
					0.05	0.5	1	10/3	5	10	20
年 最大 洪水	$Q_m/m^3 \cdot s^{-1}$	764	0.60	2.5	3420	2560	2290	1820	1660	1380	1080
	$W_1/亿 m^3$	0.455	0.69	3	2.56	1.82	1.60	1.21	1.08	0.862	0.642
	$W_3/亿 m^3$	0.859	0.68	3	4.76	3.38	2.98	2.27	2.03	1.62	1.21
前 期 洪 水	$Q_m/m^3 \cdot s^{-1}$	749	0.61	2.5	3420	2540	2280	1810	1640	1360	1060
	减少(%)	2.0			0	0.8	0.4	0.6	1.2	1.4	1.8
	$W_1/亿 m^3$	0.436	0.69	3	2.46	1.74	1.53	1.16	1.04	0.825	0.616
	减少(%)	4.2			3.9	4.4	4.4	4.1	3.7	4.3	4.0
	$W_3/亿 m^3$	0.821	0.69	3	4.63	3.28	2.89	2.19	1.95	1.55	1.16
	减少(%)	4.4			2.7	3.0	3.0	3.5	3.9	4.3	4.1
后 期 洪 水	$Q_m/m^3 \cdot s^{-1}$	426	0.72	2.5	2350	1700	1500	1150	1040	830	623
	减少(%)	44.2			31.3	33.6	34.5	36.8	38.0	39.9	42.3
	$W_1/亿 m^3$	0.253	0.74	3	1.55	1.09	0.949	0.708	0.627	0.493	0.360
	减少(%)	44.4			39.4	40.1	40.7	41.5	41.8	42.8	43.9
	$W_3/亿 m^3$	0.473	0.84	3	3.42	2.33	2.01	1.45	1.27	0.970	0.677
	减少(%)	44.9			28.2	31.1	32.6	36.1	37.4	40.1	44.0

注:减少(%)为与年最大洪水相比所减少的百分比。

3 分期防洪运行研究

3.1 各防护对象的洪水标准及控制要求

在分期设计洪水计算成果的基础上,研究大洪河水电站水库分期防洪运行的基本原则是:无论前期或后期,都必须全面达到年设计洪水防洪运行(近期复核)所确定的各防护对象的洪水标准及控制要求,如表4所示。

表4 各防护对象洪水标准及控制要求		
防护对象	洪水标准 $P(\%)$	控制要求
上游库区	5	坝前洪水水位小于或等于 294.0 m
非常溢洪道 下游黄泥河沟	0.5	坝前洪水达到 $P=0.5\%$ 水位时开闸
挡水及泄 水建筑物	1(设计) 0.05(校核)	坝前校核洪水水位小于或等于 297.8 m
电站厂房	10/3(设计) 0.5(校核)	泄洪流量小于或等于 $1300\text{ m}^3/\text{s}$;尾水水位小于或等于 214.0 m
正常溢洪道 下游河道	20~10	控泄流量小于或等于 $500\text{ m}^3/\text{s}$

3.2 分期防洪运行计算及成果

该水库分期防洪运行的调洪计算,其核心是选定前、后期的防洪限制水位,前期必然是近期核定的汛限制水位 292.0 m,后期经方案比较,确定防洪限制水位提高到 293.5 m。

前、后期防洪运行均按水库坝址洪水、静态库容、水量平衡、防洪标准自低到高和分段控制的原则和方法进行调洪计算。各种基本资料数据均引用近期复核的成果。调洪计算成果详见表5。

从表5可见,前、后期防洪运行研究成果,均能满足表4中的防洪标准及控制要求,而且都有一定安全裕度。特别是挡水和泄水

建筑物及电站厂房各重点防护对象,其安全裕度后期比前期还大得多。

3.3 风险及其它

a. 对防洪重点的土坝来说,按设计基准期 100 年计,当遭遇大于 2000 年一遇超标准洪水,有漫坝溃坝的可能性,其风险率为 4.88%。当土坝发生结构延性破坏失效,其风险率为 6.64%。两者同时发生的总风险率为 11.2%,但这种同时发生的几率是很小的。在水库运行管理中,平时加强工程维护,汛期做好水情自动测报,汛前准备好防洪抢险措施和器材,必要时扒副坝分洪,可将风险和损失减小到最小程度。

b. 根据我国现行等级标准规范的规定,水利水电工程正常运用(设计)和非常运用(校核)的洪水标准,都必须满足所规定的洪水重现期(T 年),与设计洪水计算 $P\% = 1/T$ 成互为倒数关系。

在研究大洪河水电站分期洪水分期防洪时,前、后期洪水标准均采用相同的年洪水标准,对究竟能否达到年洪水标准,往往令人置疑。从年、前期和后期三者的设计洪水频率曲线成果比较看,依次自右向左分布,在取相同于年洪水频率 $P_{\text{年}}$ 设计洪水计算值 X_p 的条件下,前期洪水频率 $P_{\text{前}}$ 比年洪水频率 $P_{\text{年}}$ 略小(稀遇),本研究采用年设计洪水作为前期设计洪水,则 $P_{\text{前}}$ 与 $P_{\text{年}}$ 相同,后期洪水频率 $P_{\text{后}}$ 比 $P_{\text{年}}$ 小得较多,为此,采用频率加法定理 $P_{\text{年,估}} = P_{\text{前}} + P_{\text{后}} - P_{\text{前}} \cdot P_{\text{后}}$ 进行估算。结果, $P_{\text{年,估}}$ 与 $P_{\text{年}}$ 基本相同,充分表明是能达到年洪水标准的。

表5 前、后期水库调洪计算成果

项 目		$P(\%)$					
		0.05	0.5	1	10/3	5	10
前期 洪水	$Q_m/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3420	2560	2290	1820	1660	1080
	坝前洪水水位/m	297.57	296.32	295.66	294.41	293.99	292.82
	最大泄流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	2110	1130	1030	848	799	500
	相应尾水位/m		212.86				
后期 洪水	$Q_m/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	2350	1700	1500	1150	1040	830
	坝前洪水水位/m	295.58	294.74	294.55	294.01	293.90	293.83
	最大泄流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	1510	896	867	801	789	500
	相应尾水位/m		211.97				

从水库调洪计算成果看,各防护对象的洪水标准和控制要求,前期均能完全满足,尚有一定裕度,后期亦能完全满足,而且裕度更大,又充分表明尚可防御一定的超标准洪水,尤其后期更是如此。

4 分期发电运行研究

4.1 分期发电基本原则及具体要求

根据省市电力系统水电站汛期电能多,枯期缺电的现状,按照水电站群联合运行互相补偿的需求,拟定大洪河水电站汛期少发电、少弃水,水库早蓄水、多蓄水,提高汛期发电水头,增大枯水期供水量,多发电,作为分期发电运行研究的基本原则。

按照上述分期防洪运行的研究成果,拟定汛期 5~10 月少用水(至少按 $6.7 \text{ m}^3/\text{s}$)发电,使水库及早蓄水,多蓄水,5~7 月蓄至 292.0 m,8~9 月蓄至 293.5 m,10 月降至 292.0 m(即正常蓄水位),11 月开始供水,采用等流量调节发电,至翌年 4 月消落到 285.0 m(即死水位),即将水库不完全年调节改为完全年调节,作为分期发电运行研究的具体要求。

4.2 水能计算方法与成果

根据 1958~1993 年 36 年月平均流量及近期核定的各项基本资料数据,按照上述基本原则和具体要求,采用时历法进行大洪河水电站水利水能计算,计算成果详见表 6。

表 6 水能计算成果比较

项 目	原设计	1990 年复核	实际运行	本次研究
流量系列	1937.4~ 1961.3	1957.4~ 1989.3	1965.1~ 1993.12	1958.5~ 1993.4
年平均发电量/亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$	1.07	0.963	1.077	1.123
年平均利用小时/h	3057	2751	3057	3209
$P=85\%$ 保证出力/MW	8.25	7.50		8.57
年平均水量利用率(%)	90.0	82.9		91.2

从表 6 可见,分期发电研究比近期 1990 年复核增加年平均发电量 1 600 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$,约

增加 16.6%,增加保证出力 1.07 MW,约增加 14.3%,表明分期发电运行的经济效益和社会效益是较为显著的。按新电新价 0.35 元/ $\text{kW}\cdot\text{h}$ 估算,可增加年发电经济效益 560 万元。按创造产值 6 元/ $\text{kW}\cdot\text{h}$ 估算,可增加社会效益 0.96 亿元。

4.3 可靠性分析

大洪河水电站的分期发电运行,实际上是以水库分期限制水位为制约中心的一种发电运行方式,具有简单而易行的可靠性,即按水位 5~7 月 292.0 m,8~9 月 293.5 m,10 月 292.0 m,11 月至翌年 4 月消落至 285.0 m 为限度,进行蓄供水发电,便可获得较多的经济效益和社会效益。在运行管理中,如充分利用自动测报的水情信息,加强长、中、短期相结合的水文预报,结合本电站 30 多年来实际运行积累的经验,以及扩机增容等,可靠性将更大,增加发电量将更多。

5 结 语

a. 大洪河水电站分期设计洪水分析计算成果合理可靠,分期防洪运行不仅能完全满足各防护对象的洪水标准及控制要求,而且尚有一定的安全裕度。分期发电运行切实可行,增加发电的经济效益和社会效益较为显著,已被采纳作为开展试运行的基本依据。

b. 将分期洪水、分期防洪和分期发电三者有机结合起来统筹研究,提出一整套可供操作的研究成果,在重庆市和四川省内尚属首次(国内亦不多见),具有一定的科学意义和较显著的经济和社会效益,可供同行进行此类研究时参考。

c. 我国诸多江河,都具有不同的雨洪季节性变化规律,凡修建拥有多年、年、季调节性能的大中型水利水电工程,均可采用多种方法开展分期洪水、分期防洪和分期兴利的探索研究,以充分利用水资源,发挥水利水电工程防洪、兴利的潜在能力,共同推动这一研究途径的向前发展。

(收稿日期:1997-08-30 编辑:熊水斌)