

# 石板水水电站大坝汛期防洪安全运行的科学管理

刘大文

(国家电力工业部成都勘测设计研究院, 成都, 610072)

摘要 石板水电站大坝已基本建成, 所形成的水库总库容为 1.05 亿  $m^3$ , 调节库容为 0.77 亿  $m^3$ 。如何合理地科学调度水库库容成为今后大坝安全运行的重点, 特别是汛期。笔者就这方面问题作了充分论述。

关键词 大坝 泄洪建筑物 水库调度 科学管理 安全运行 洪水频率 特征水位 削峰 防洪

## 1 工程概况

### 1.1 工程简介

石板水电站为引水式电站, 该水利枢纽主要由大坝、引水系统及厂房系统等 3 大部分组成。大坝为碾压混凝土重力坝, 最大坝高 84 m, 所形成的水库总库容 1.05 亿  $m^3$ , 调节库容 0.77 亿  $m^3$ ; 引水系统全长约 6.36 km, 由进水口、引水隧洞及压力管道组成; 厂房为地面式厂房, 电站装机容量为 115 MW。整个工程为 3 等工程, 其主要建筑物为 3 级, 地震设防烈度为 6°。

在大坝下游左岸是丰都县龙河镇, 距坝址 500 m 左右。大坝于 1997 年 12 月建成后, 经受住了 1998 年 7 月份汛期十年一遇洪水的考验。这次水库调度运行使设计人员及大坝管理人员认识到, 不仅要保证汛期大坝各建筑物的安全运行, 还要照顾到大坝下游洪水冲刷岸坡所带来对龙河镇的影响。为此, 对水库防洪调度的科学管理显得非常重要。

### 1.2 泄洪建筑物结构

大坝由左、右岸挡水坝段、河床中部的溢流坝段、中孔坝段组成。其中泄洪建筑物溢流坝段由 5 个净宽 12 m 的表孔泄洪, 堰顶为一圆弧段, 每孔堰顶设 12 m  $\times$  13.8 m 的弧形工作门, 并设一共同的平板检修门, 下接直线段、反弧形及挑流鼻坎段、下游护坦段。闸墩尾部设宽尾墩, 边墩尾部设折流墩; 坝内中孔孔口断面为 3.6 m  $\times$  6.0 m, 包括进水口压力段、明流段及挑流鼻坎段, 在坝体前部设有平板检修闸门, 在下游坝面出口处设一道 3.5 m  $\times$  6.0 m 的弧形工作门, 泄水时, 水流通过尾部弧形边墙及挑流鼻坎泄入下游河床。

### 1.3 防洪标准

根据水规(1990)水字第 35 号文规定:“永久性

挡水和泄水建筑物正常运用洪水标准, 3 级建筑物重现期为 50 年一遇, 非常运用洪水标准, 混凝土重力坝的重现期为 500 年一遇, 消能防冲设计洪水标准按《混凝土重力坝设计规范 SDJ-78(试行)补充规定》, 3 等工程消能防冲可按 30 年一遇洪水标准设计, 并考虑在小于设计洪水时可能出现的不利情况。”石板水电站各级建筑物采用的洪水标准见表 1。

表 1 各级建筑物采用的洪水标准表

建筑物级别	3 级	
设计	混凝土坝	50
	消能防冲	30
重现期/年	厂房	30
	混凝土坝	500
校核	厂房	200

根据 GB 50201-94 新的防洪标准来衡量, 上述建筑物的防洪标准均为该级别的上限值, 且厂房的设计洪水重现期提高为 100 年, 据此, 应在汛期防洪及水库运行过程中引起注意, 并制定必要的措施。

## 2 库区水文气象特性

龙河流域属亚热带湿润气候区, 具有春雨、伏旱、秋雨绵绵、冬干的特点。7 月中旬至 8 月下旬, 由于太平洋副热带高压和西藏高压相继控制本流域, 流域内出现连续高湿天气, 9 月以后, 太平洋副高南移, 又致本流域降雨量显著增加, 但强度一般较小, 是持续不断的绵绵秋雨。

龙河流域内多年平均降雨量为 953.5~1394.1 mm, 降雨量自下游向上游随高程升高有增大的趋势, 下游廖家坝站(观测场海拔高程 250 m)多年平均降雨量 953.5 mm, 而上游桥头镇雨量站(观测场海拔高程 700 m)多年平均降雨量为 1257.9 mm。气温在流域内随高程增高而降低, 丰都气象站的多

年平均气温 18.3℃, 历年极端最高气温 43.5℃ (1972 年 8 月 26 日); 历年极端最低气温 -2.5℃ (1975 年 12 月 15 日); 石柱气象站的多年平均气温 16.5℃, 历年极端最高气温 40.2℃ (1959 年 8 月 23 日), 历年极端最低气温 -4.7℃ (1975 年 12 月 16 日)。

龙河流域内的暴雨(日雨量大于 50 mm)雨日多集中于 5 月至 9 月, 一般次暴雨的历时不长, 大多在 24 h 左右, 实测最大 24 h 雨量为 326.9 mm (悦来场雨量站, 1982 年 7 月 16 日 08 时至 17 日 08 时)。

### 3 径流特性

龙河径流主要由降水形成, 径流的年内、年际变化与降水一致。由于年内降雨分布的不均匀性, 造成径流年内变化极大, 根据 1960 年 4 月至 1990 年 3 月共 30 个水文年径流系列统计, 多年平均流量为 34.2 m<sup>3</sup>/s, 丰水期(4~ 9 月)的多年平均流量占年径流量的 78.7% 和 21.3%。历年丰、枯水期径流变化极大, 1986 年 4 月至 1987 年 3 月, 丰、枯水期平均流量多出现在 10 月至翌年 3 月, 一些年份盛夏伏旱期也曾出现年最小流量。

径流的年际变化也较大, 最丰水年(1982 年 4 月至 1983 年 3 月)的年平均流量为 65.1 m<sup>3</sup>/s, 最枯水年(1966 年 4 月至 1967 年 3 月)的年平均流量为 22.5 m<sup>3</sup>/s, 两者之比为 2.89, 分别为多年平均流量的 1.90 倍和 0.66 倍。丰水期年月平均流量最大值与最小值之比为 3.44, 枯水期年月平均流量最大值与最小值之比为 3.37。

## 4 洪水情况

### 4.1 洪水特性

龙河洪水由降雨形成, 发生洪水的时间与降雨季节一致。据资料年限最长的石柱(二)水文站 1960~ 1990 年实测资料统计, 年最大洪水的次数相对较少。石柱(二)1960~ 1990 年年最大流量在各月出现次数统计如表 2:

表 2 石柱 1960~ 1990 年年最大流量在各月出现的次数表

月 份	4	5	6	7	8	9
出现次数	2	5	14	6	2	2
31 年内各月所占百分数 /%	6	16	46	20	6	6

年最大流量最早出现在 4 月 25 日(1961 年), 最迟出现在 9 月 23 日(1970 年)。4、9 月出现的年最大流量, 其量级不大, 小于历年年最大流量的均值。

龙河流域地处川东深丘区, 河谷深切, 岸坡陡峻, 河道比降大, 土层脊薄, 暴雨洪水汇流迅疾, 洪水陡涨陡落, 一般洪水过程尖瘦, 多为单峰, 一峰洪水过程历时约 24 h, 涨洪历时约为 4~ 8 h, 相应的主雨时段在 6 h 以内。经常出现的连续洪水过程历时约 3 d, 可由 2~ 3 次单峰洪水过程组成。根据石柱(二)站的江地站实测水文资料以及调查历史洪水分析, 构成本电站的大洪水是来自石柱以上流域的大洪水和石柱以下区间洪水相遭遇组成, 如 1982 年 7 月 28 日特大洪水。仅来自石柱以上流域的洪水, 或仅发生在石柱以下的区间洪水, 都只形成较大洪水。

### 4.2 各级频率洪水流量

各级洪水频率流量见表 3。

表 3 各级洪水频率流量表

频 率 /%	0.1	0.2	0.5	1	2	3.33	5	10	20	33.3	50
坝址洪峰流量 /m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	7 110	6 630	5 940	5 420	4 830	4 320	4 000	3 320	2 490	1 970	1 550
厂址洪峰流量 /m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	8 050	7 500	6 730	6 130	5 470	4 890	4 530	3 760	2 820	2 230	1 750
坝址洪量/亿 m <sup>3</sup>			3.18		2.28						
			4.16		2.81						

### 4.3 各月设计洪水频率流量

各月设计洪水频率流量见表 4。

表 4 电站坝址各月设计洪水成果表

频率 P /%	月 份 /月											
	1	2	3	4	5~ 9	10	11	12				
	流 量 /m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>											
2	43.0	179	472	1 170	4 830	1 030	616	91.8				
3.33	33.1	137	403	1 040	4 320	955	518	77.4				
5	30.7	107	349	931	4 000	849	443	66.1				
10	21.9	61.1	258	747	3 320	662	318	47.5				
20	14.0	26.4	170	562	2 490	480	203	30.2				
33.3	8.94	10.9	111	421	1 970	345	126	18.9				
50	5.79	5.70	68.8	306	1 550	238	75.0	11.2				

## 5 大坝科学管理

### 5.1 水库科学调度

通过对大坝科学管理, 合理调度水库库容, 不仅能保证电站的正常发电, 而且对洪水具有拦洪削峰的作用, 从而保证大坝和下游龙河镇的安全。

#### 5.1.1 水库特征水位

水库特征水位见表 5。

表 5 水库特征水位表

水位名称	频率 /%	流量 /m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	上游水位 /m	下游水位 /m
校核洪水	0.2	6 630	480.69	418.45
设计洪水	2	4 830	478.89	416.10
正常蓄水位			480.00	416.75
死水位			450.00	
设计消能水位	3.33	4 320	480.00	415.40

### 5.1.2 水库运行方式

根据龙河流域的水文特性,经对水库调节计算分析,在保护大坝安全运行并获取较佳的动能经济效益的基础上,水库运行方式为:

蓄水期时间为:4~10月

供水期时间为:11~次年3月

### 5.1.3 水库调度原则

中孔仅参加校核洪水时与溢流表孔共同泄洪或需要冲沙时才开启,中孔闸门开启时为全开,不准局部开启。

当洪水小于校核洪水时,开启溢流表孔闸门,单独泄洪。

开启泄洪闸门时,下泄流量不得大于入库洪水流量。

### 5.1.4 水库运行工况

根据龙河流域的洪水特性,不设汛期运行水位,采用正常水位,但可利用石柱、江池水文站到坝址处的时间差或气象部门预报的时间差先泄洪放空一定库容来对洪水进行削峰。运行工况见表6。

表 6 运行工况表

名称	闸门运行方式	上游水位 /m	下游水位 /m	备注
校核水位	全开	480.69	418.45	溢流坝表孔与中孔联合运行
正常蓄水位	全开	480.00	416.75	溢流坝表孔单独运行
3.33%洪水	全开	477.75	415.40	溢流坝表孔单独运行
正常蓄水位	局部开启	480.00	415.40	溢流坝表孔单独运行

## 5.2 泄洪闸门操作方式

### 5.2.1 基本条件

操作方式是按石柱水文站预报来水流量及洪水经过5h后到达大坝库内。

根据龙河洪水陡涨陡落特性,一般洪水过程为尖瘦型,多为单峰,一次单峰洪水过程历时约24h,涨洪历时约4~8h,相应的主雨时段在6h以内。经常出现的连续洪水过程历时约3d,可由2~3次

单峰洪水过程组成。

坝前水位保持为正常蓄水位高程:480m。

### 5.2.2 泄洪闸门开启方式

当预报来水流量 $Q=500\text{m}^3/\text{s}$ 时,仅开启3号孔闸门。

当预报来水流量 $Q=1\,000\text{m}^3/\text{s}$ 时,可开启1号、3号、5号孔闸门,采用对称开启。

当预报来水流量 $Q=1\,550\text{m}^3/\text{s}$ ( $P=50\%$ )时,可提前开启3号孔闸门,放空一定库容,待洪水到达库内时,再对称均匀开启1号、5号孔闸门。

当预报来水流量 $Q=1\,970\text{m}^3/\text{s}$ ( $P=3.33\%$ )时,提前5h开启1号、3号、5号孔闸门,采用对称均匀开启。

当预报来水流量 $Q=2\,490\text{m}^3/\text{s}$ ( $P=20\%$ )时,提前5h开启5个闸门。当洪水到达库内时,为了减少泄洪时对下游岸坡的冲刷,1号、3号、5号闸门开启高度应大于2号、4号闸门开启高度。

当预报来水流量在 $Q=2\,490\text{m}^3/\text{s}$ ( $P=20\%$ )到 $Q=5\,940\text{m}^3/\text{s}$ ( $P=0.5\%$ )之间时,提前5h均匀开启5孔闸门,在洪水到达之前降低坝前水位,留出库容。为洪水到来时进行蓄洪或削峰。

当预报来水流量为校核洪水 $Q=6\,630\text{m}^3/\text{s}$ ( $P=0.2\%$ )时,提前开启5个溢流表孔闸门和中孔闸门,提前留出一定的库容,在洪水到达库区时进行蓄洪或削峰,中孔仅参加校核洪水的泄洪。

### 5.3 大坝安全监测

在汛期应加强对大坝的安全监测,特别是监测大坝水平位移和垂直位移,应增加测次,同时对影响大坝安全的坝基扬压力、渗透流量和坝体的渗漏量都应增加监测测次。对大坝外观和下游岸坡,应每天进行巡视检查。

## 6 结束语

根据《龙河石板水电站可行性研究报告审查意见》,建议进一步研究“汛期适当降低水位运行分期回蓄的经济合理性”的调度方案,加强论证,对汛期每年6~7月可考虑降低水位运行。今后,当石板水电站上游藤子沟电站和下游鱼剑口电站建成后可进行联合科学的调度,使电厂能发挥最佳的经济效益。

### 作者简介

刘大文 男 国家电力公司成都勘测设计研究院水工一处石板水电站设计总工程师 工程师 学士

(收稿日期:1998-12-28)