

# 浅析锅浪跷水电站汛末蓄水时机

李卫起, 张艳, 赵圆元

(四川水发勘测设计研究有限公司, 四川成都 610072)

**摘要:**流域洪水发生的随机突发性对水电站调度运行的蓄水时机确定有极大影响,会造成防洪安全问题及工程效益减损,通过分析天全河的洪水发生时间分布规律,明确了锅浪跷水电站具有选择蓄水时机的可能性。由此,分析天全河洪水的发生时机与流域气象因素的相关性,论证了将 9 月中、下旬作为其蓄水时机的经济性与安全性。结果表明:结合当地实际雨水情预报情况,将锅浪跷水电站的蓄水时机大致选择在 9 月中、下旬具有合理性及可行性,可保证防洪安全,保障梯级电站整体发电效益的有效发挥,为进一步优化水电站的调度运行方式提供了参考依据。

**关键词:**蓄水时机;影响因素;洪水发生时间;分布规律

**中图分类号:** [TM622];TV697.1+3;TU991.34

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2023)04-0119-03

## Analysis on the Timing of Water Storage at the End of the Flood Season of Guolangqiao Hydropower Station

LI Weiqi, ZHANG Yan, ZHAO Yuanyuan

(Sichuan Water Development Investigation, Design&Research Co., Ltd.,

Chengdu Sichuan 610072)

**Abstract:** The random and suddenness of floods in the basin has a great impact on the timing of water storage for the dispatching and operation of hydropower stations, which will cause flood control safety problems and loss engineering benefits. Therefore, by analyzing the distribution law of flood occurrence time in the Tianquan River, Guolangqiao Hydropower Station has the possibility of choosing the timing of water storage. The correlation between the occurrence timing of the Tianquan River and the meteorological factors in the basin is analyzed, and the economy and safety of choosing mid to late September as the timing of water storage are demonstrated. Finally, the results show that it is reasonable and feasible to choose the impoundment timing of Guolangqiao Hydropower Station in mid to late September, which can ensure security of flood control and the overall power generation efficiency of cascade plant. It provides reference for further optimizing the operation mode of hydropower station.

**Keywords:** Timing of water storage; Influential factors; Timing of flood; Distribution law

### 1 电站概况

锅浪跷水电站位于四川省雅安市天全县紫石乡境内,所在流域为岷江—青衣江一级支流天全河,具有年调节能力,是天全河梯级电站中的龙头电站,其开发任务主要为发电,兼顾下游减水河段生态环境用水。电站坝址以上控制流域面积为 936 km<sup>2</sup>,多年平均流量 49.7 m<sup>3</sup>/s,年径流总量 15.7 亿 m<sup>3</sup>,坝址来水呈现出汛期(6~9 月)来水集中且来水量大、汛后来水大幅减少的年内分配规律。电站为二等大(II)型工程,其设计洪水标

准为 500 a 一遇,校核洪水标准 5 000 a 一遇;电站正常蓄水位 1 280.00 m,汛限制水位 1 270.00 m,设计洪水位 1 280.56 m,校核洪水位 1 282.34 m,死水位 1 220.00 m,水库总库容 1.84 亿 m<sup>3</sup>,调节库容 1.31 亿 m<sup>3</sup>,最大坝高 186.30 m;电站总装机容量 210 MW,设计工况下电站多年平均发电量 8.4 亿 kW·h,其中汛期(6~9 月)发电量 5.0 亿 kW·h,10~11 月份发电量 1.1 亿 kW·h,枯期(12~5 月)发电量约 2.3 亿 kW·h。该电站于 2013 年开工建设,目前基本具备初期蓄水条件,预计 2023 年底全部建成投产发电。

收稿日期:2023-07-13

## 2 来水量与蓄水时机

锅浪跷电站无防洪任务,其调度运行方式考虑电站安全等因素设置了汛限制水位,初设阶段设计工况下调度运行方式提出,汛期(6~9月)水库运行水位控制在汛限水位 1 270.00 m 运行,10月初水库开始蓄水,至10月底蓄水至正常蓄水位 1 280.00 m。从省内已建类似电站的实际运行情况看,汛限水位的设置往往会造成汛末前期弃水过多而汛后无水可蓄的被动局面。此外,从岷江流域近年来降水量时空变化趋势看,其中、下游地区降水量自20世纪50年代以来均长期保持下降趋势<sup>[1-2]</sup>,该情况对电站蓄水十分不利,尤其是枯水年份更为突出。

汛限水位的运行控制既关系到电站防洪安全的保障又决定了电站效益的发挥,因此,如何适时解除汛限水位的制约,合理科学地选择蓄水时机尤为重要,使其在保障电站安全的同时,又能促进电站发挥效益。水库运行至后汛期的某一时期,在此时分析此后洪水发生的可能性,并结合水库自身防洪能力,在这一时期拦蓄洪水抬高水位以至解除之前汛限水位的制约,达到充分利用洪水资源的目的,这一时期称为蓄水时机。根据四川省河流在后汛期洪水发生的多年统计,得出其分布规律大多是随着时间逐渐减小,但从实际的洪水调度考虑,每年面临的洪水具有随机性,突发性,洪水分布不完全符合统计规律,有其洪水分布的个性。此时,若严格按照统一制定的汛限水位的单一设计值对水库调度控制运行,极有可能错过蓄水时机,造成无法保障防洪安全及电站效益减损的双重损失。

本文将针对上述问题,从影响水库蓄水时机的因素入手,通过分析天全河历史洪水特性与流域气象时空变化规律的相关关系,根据多年系列历史洪水发生的时间、频次及量级的统计分析结果,结合电站自身防洪能力,分析其汛末蓄水时间提前至9月份的可行性,为进一步优化电站的调度运行方式提供参考。

## 3 电站汛末蓄水时机分析

经研究分析,蓄水时机主要受两方面的影响,一方面是水库泄洪能力和防洪库容等因素的影响;另一方面是水文气象特征和时空分布等与洪水相关的自然因素的影响。

### 3.1 洪水发生时间分布规律

为分析确定天全河洪水发生的分布规律,本文针对天全水文站 1956~2020 年共 65 年间洪水发生的时间和次数进行统计和分析,结果表明,天全河历年最大流量最早出现在 6 月 21 日,最晚出现于 9 月 9 日,以 7、8 两月发生的频次最高,这两个月份共发生 53 次,占频次总数的 81.5%,9 月份仅发生 6 次,占频次总数的 9.2%。可见,随着时间的推移,大洪水发生的频率也在逐渐减小。天全水文站年最大流量各月发生频次详见表 1。

表 1 天全水文站年最大流量各月发生频次统计表

月份	6	7	8	9	合计
次数/次	6	24	29	6	65
占比/%	9.2	36.9	44.6	9.2	100

9 月份为主汛期的最后一个月,从表 1 统计结果看,9 月份发生大洪水的概率相对较小,那么,9 月份若发生洪水,其发生时间、发生频次以及量级又有何特性,本文以旬为单位细化了 9 月份时段划分,以电站表孔及中孔的泄洪能力为标准细化了洪水量级,以上旬、中旬及下旬分别统计分析各旬最大流量发生时间、发生次数及洪水量级。统计结果表明,65 年长系列年中大于 1 400 m<sup>3</sup>/s 洪水仅 5 次,均发生在 9 月份上旬,9 月份中旬、下旬洪水量级逐渐减小,大洪水发生的次数也在减小,天全水文站年 9 月份各旬最大流量统计见表 2。

表 2 天全水文站年 9 月份各旬最大流量统计表

量级 /m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	Q ≥ 1 400	850 ≤ Q < 1400	550 ≤ Q < 850	Q < 550	合计
上旬/次	5	4	16	12	37
中旬/次	0	2	6	8	16
下旬/次	0	2	3	7	12

天全河洪水特性的统计结果进一步说明洪水发生时间的集中性这一特点,这为锅浪跷电站合理选择蓄水时机提供了可能性。

### 3.2 流域洪水的气象成因

西太平洋副热带高压(下称副高)是影响我国天气的重要因素,也是向我国大陆输送水汽的重要系统,我国雨带位置与此密切相关<sup>[3]</sup>。西南气流自印度洋输送至我国,形成了我国降水的主要来源,沿副高北上的暖湿气流在副高的北侧与南下的冷空气相交,大范围的阴雨天气通常在此处

形成,这也是我国大陆地区的重要降水带。因此,我国降水带与副高具有活动规律上的一致性,降水带一般位于副高脊线以北约5~8个纬度。

副高的活动规律具有明显的年际和季节变化特征,冬季时,副高脊线一般位于15 N附近,随着时间推移,脊线向北缓慢移动,到6月中、下旬,脊线迅速北跳,在20 N~30 N之间摆动。至7月上、中旬,脊线再次北跳,跃到25 N以北地区,并在25 N~30 N之间游移。七月底到八月初,脊线跨越30 N,到达最北的位置。从9月起,脊线开始自北向南退缩,9月上旬脊线回跳到25 N附近,10月上旬回跳到20 N以南地区,从此结束了一年为周期的季节性南、北移动。副高随季节变化做非匀速移动,通常北进速度较慢,持续时间长,相反南退历时短,移动速度快。除上述移动规律之外,通常北进还伴有向西延伸,南退的同时向东退缩的规律。

天全河流域所处纬度在29 N~31 N间,统计分析流域内气象资料后得出:一般情况下,每年流域内降雨量自4月逐月递增,5~10月降雨量约占全年降雨量的80%,在这6个月中6~8月降雨量占比最大,其余月份相对较小,从10月开始,降雨量逐渐减小。

可见,天全河雨情及洪水的发生与副高的活动规律密切相关,鉴于副高南退历时短、速度快的特征,若不抓住时机进行蓄水,则意味着可能错失本年度最后一次拦蓄洪水资源的机会。因此,天全河若9月份发生洪水,则可以根据当时的实际情况考虑蓄水。

### 3.3 泄洪能力和电站安全

锅浪跷电站具有0.37亿 $m^3$ 的防洪库容,其泄洪设施有表孔泄洪洞和中孔泄洪洞,正常蓄水位时中孔泄洪洞泄流能力约540 $m^3/s$ 左右,表孔泄洪洞约857 $m^3/s$ 左右,总泄流能力约1400 $m^3/s$ 左右。从9月份洪水发生的频次看,9月中、下旬发生次数减少特别明显,从量级看,基本都是小于1400 $m^3/s$ 的洪水,均低于电站的总泄流能力。

为研究分析9月中、下旬蓄水的安全性,本文采用后汛期(9月)设计洪水进行了调洪演算,结果表明,若遭遇后汛期500 a一遇洪水(洪峰流量为1430 $m^3/s$ ),从正常蓄水位1280.00 m起调,

库水位最高升至1280.05 m;若遭遇后汛期5000 a一遇校核洪水(洪峰流量为1780 $m^3/s$ ),库水位最高升至1281.18 m,均低于大坝校核洪水位。

综上所述,锅浪跷电站汛末蓄水时机选择在9月中、下旬为宜,从防洪角度分析也是安全的,实施时可结合当地水情及天气预报等情况具体安排。

### 4 准确把握蓄水时机 充分发挥梯级电站整体效益

通过上述分析,若提前至9月中旬水库蓄水至正常蓄水位,电站的发电水头约提高4.2%,与设计工况相比,9月下旬至10月底电站可增加发电量约550万 $kW \cdot h$ ,同时,其龙头电站的年调节能力在枯期可得到充分的发挥。若9月份仍维持汛限水位运行,10月份开始蓄水,如果发生前文所述无水可蓄或不能蓄满的被动情况,电站水头效益以及整个枯期的电量效益都将受到影响。以蓄水至1275.00 m为例估算,10月、11月及12月等几个月份至少有5 m水头不能利用,同时,水库蓄水量较蓄满情况下减少约1500万 $m^3$ ,考虑上述情况后进行调节计算,结果表明,电站较设计工况减少发电量约875万 $kW \cdot h$ ,其下游已建脚基坪、干溪坡等8个梯级电站也将因此而减少发电量约1300万 $kW \cdot h$ 。

由此可见,锅浪跷电站的蓄满程度对其自身以及下游梯级电站的发电效益起着非常显著的作用,准确把握蓄水时机是充分发挥梯级电站整体效益的关键。

### 5 结 语

流域洪水发生的随机突发性对水电站调度运行的蓄水时机确定有极大影响,会造成防洪安全问题及电站效益减损,通过分析天全河的洪水发生时间分布规律,明确了锅浪跷水电站具有选择蓄水时机的可能性。由此分析天全河洪水的发生时机与流域气象因素的相关性,论证了将9月中、下旬作为其蓄水时机的经济和防洪安全性。结合当地实际水情雨情预报情况,将锅浪跷水电站的蓄水时机大致选择在9月中、下旬具有合理性,可以保证防洪安全,保障锅浪跷水电站及下游梯级电站的整体发电效益的充分发挥,为进一步

(下转第127页)

电站全厂性监测设有上下游水位、电站毛水头、拦污栅压差及进口检修门压差测量。机组段监测设有顶盖压力、蜗壳进口压力、尾水管进口压力真空、水轮机工作水头的测量;机组振动、摆度监测等项目<sup>[5]</sup>。

### 3.6 压力钢管检修蝶阀

为满足压力钢管检修的需要,根据水工布置的要求,在调压井后设置一检修蝶阀。压力钢管直径为5 m,选用1台直径5 m的双密封液控蝶阀,蝶阀工作压力为0.94 MPa,设计压力为1.2 MPa。配套蝶阀液压站采用高压皮囊式结构,不需要补充压缩空气。

### 3.7 机修设备和油化验设备

天全河流域锅浪跷和干溪坡电站以及下游几级电站均由大唐公司开发,因此,机修设备和油务中心应统筹考虑,可设在天全县城或距离县城不远的地方。锅浪跷电站不单独设置机修设备和油化验设备,但仍有必要配置一些常用的修配工具。

## 4 水力机械设备布置

电站机组为竖轴布置,主厂房为地面式厂房,根据水轮发电机组的流道尺寸,兼顾调速器、油压装置和球阀的布置,机组间距为12 m。

厂房宽度考虑发电机定子、转子、发电机上机架、转轮、球阀的吊运以及上、下游所必须的维护通道,机组X轴线距上游边墙的距离为11.0 m,距下游边墙的距离为6.5 m。

安装场位于主厂房的右侧(面向上游),与进厂公路相连。为能满足一台机组扩大性大修的要求,安装场长15.0 m,宽17.5 m,安装和检修时场内可放置水轮机转轮、发电机上机架、发电机转子、水轮机顶盖等部件。安装场与发电机层间高程(▽991.70)。

发电机层地面至起重机轨道顶部的高度为

(上接第121页)

优化水电站的调度运行方式提供了参考依据。

### 参考文献:

- [1] 张明珠,俞烜,宋新山,等.岷江中上游及青衣江流域近50年来降水量变化特征分析[J].南水北调与水利科技,2008,6(3):46-53.
- [2] 杜聪,李洪,由丽华,等.岷江流域近65年降水量时空变化特征分析[J].人民珠江,2022,43(5):145-153.
- [3] 钱琦雯,梁萍,祁莉.西太平洋副热带高压的季节内活动与

12.2 m,满足发电机吊运转子的要求。

主厂房共分3层,发电机层(▽991.70)、水轮机层(▽983.70)、球阀层(▽978.00)。

调速器布置在发电机层机组的2象限;供水泵及过滤设备及渗漏排水泵布置在厂房下游尾水平台上的水泵廊道;空压机室和透平油库及油处理设备布置在水轮机层安装间下面的辅机间;检修排水泵布置在球阀层2号机与3号机组之间。

## 5 结语

水力机械选型关系到水电站工程投资、安全运行、动能指标及经济效益等重大问题,正确地进行水力机械选择是水电站设计中的主要任务之一。结合锅浪跷水电站的具体情况,对相关的水力机械设备进行了认真的选型和设计。水电站进行试运行后,所有设备工作正常,其各项指标均满足设计要求。水力机械设备作为水电站的核心部分,其选型计算是否合理对整个工程有着巨大影响,也会影响配套设施、厂房设计等几乎所有工作,所以,作为技术人员,应当给予高度重视,为水电站以后的顺利运行打下良好基础。

### 参考文献:

- [1] 魏勃阳.径流式高水头水电站水轮机选型设计[J].电力设备管理,2022,(01):137-138.
- [2] 魏强.水电站水力机械设计选型及相关计算[J].水利科技与经济,2015,(01):107-108.
- [3] 毛柳丹.大型水电站地下厂房振动特性反馈研究[D].天津:天津大学,2013.
- [4] 陈亮,赵若有,李德政.破碎地质条件下多洞室交汇处超大断面洞室开挖技术[J].四川水利,2022,(04):70-72.
- [5] 谢文丰.浅析水利水电工程应急能力建设[J].建筑工程施工技术与设计,2018,(01):25-25.

### 作者简介:

魏勃阳(1995-),男,四川雅安人,工程师,学士,主要从事水电站工程建设和安全管理工作。

(责任编辑:卓政昌)

变异研究进展[J].气象与环境科学,2021,44(6):93-101.

### 作者简介:

李卫起(1975-),男,山东菏泽人,高级工程师,硕士,从事水文水资源规划、水利水电工程规划设计等工作;

张艳(1995-),女,湖南常德人,工程师,硕士,从事水文水资源规划、水利水电工程规划设计等工作;

赵圆元(1996-),女,重庆人,助理工程师,硕士,从事水文水资源规划、水利水电工程规划设计等工作。

(责任编辑:卓政昌)