

水电站水库精细化调度方案与实践研究

赵林

(广西国能水电开发有限公司, 广西南宁 543000)

摘要 水电站水库精细化调度是提高水资源利用效率、保证电力系统稳定运行的重要手段。旺村水电站作为区域内的重要水利工程,其水库调度方案的优劣直接关系到发电效益和下游用水安全。因此,研究旺村水电站水库的精细化调度方案与实践,对于优化水库运行、提高发电效率具有重要意义。本文将从技术层面出发,深入分析旺村水电站水库精细化调度的关键技术和实践效果,以期对相关领域的从业人员提供有益的参考。

关键词 旺村水电站; 水库精细化调度; 技术方案

中图分类号: TV7

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)06-0082-03

旺村水利枢纽位于珠江流域西江水系桂江下游,是发电、航运等多功能水电工程^[1]。枢纽包含泄水闸、重力坝、船闸等建筑物,设计洪水标准为50年一遇。旺村水电站上游为京南水电站,其库区流量主要受京南电站出库流量影响。由于临近西江河口,旺村水库水位受西江水位影响较大,存在顶托现象。工程规模庞大,对当地水力资源开发和航运发展具有重要意义。

1 水库精细化调度关键技术分析

1.1 水库精细化调度概述

旺村电站在应对2020年7月10日至14日的洪水期间,表现出出色的调度能力。基于历史数据和桂江流域的水文资料,电站制定精细化调度方案。通过气象水情信息平台,电站提前预测洪峰流量和到达时间,为合理调度提供了有力支持。在监测期间,洪峰流量预计约4 000 m³/s,实际最大入库流量达到4 000 m³/s。上游水位在洪水期间最低降至16.67 m,最高涨至18 m。机组在洪水期间因水头不足而停机,但在水头恢复后迅速开机发电,展示出旺村电站在洪水调度中的专业素养和决策智慧。

1.2 水文数据实时采集与处理技术

为获取更广泛的水文信息,旺村水电站积极利用广西水利信息网和广西电网气象综合系统。广西水利信息网,电站能够获取上游京南电站下游水文站以及长洲电厂下游水文站的逐小时水位和流量信息。广西电网气象综合系统则为电站提供旺村区间、京南区间、金牛坪区间以及桂江中上游、上游、桂东北流域、贺江上游和下游的实时降雨量数据。电站与上游电站之间还建立水情服务协议,能够实时掌握上游电站的出库流量信息。

桂江流域属于亚热带季风气候区,其气候温和且雨量丰沛。降雨在流域内的分布并不均匀,上游的某些地区如青狮潭、砚田和华江一带是多雨中心,年降雨量可高达3 606 mm。桂林和昭平两地由于地处河谷山脉入口处,受地形影响降雨量也较大。而其他地区的年平均降雨量则相对较少,在1 400~1 600 mm之间。降雨在年内也呈现不均匀分布的特点,汛期(3月至8月)的雨量约占全年的75%,而枯水期(9月至次年2月)的雨量仅占25%左右。桂江的雨季相对较早,从3月份就开始进入汛期,而5月至6月则是主汛期。

尽管旺村水电站坝址处没有直接的实测气象资料,但可参考附近气象站数据。最近的梧州国家基准气候站以及上游126 km处的昭平国家一般气象站提供有价值的气象信息。根据梧州长期的实测资料(1981年至2010年),可以得知该地区的气候特征。梧州地区的多年平均降雨量为1 452.9 mm,而蒸发量则为1 009.3 mm,表明梧州地区降雨充沛,但同时也存在着较大的蒸发损失。

气温方面,梧州地区的气候温和,多年平均气温为21.1摄氏度。然而,极端气温也在该地区出现,最高气温可达39.7摄氏度,而最低气温则有时可降至-1.5摄氏度,这种气温变化的幅度较大,对当地的农业生产和人们的生活都会产生一定的影响,特别是在极端气温条件下需要采取一定的防护措施。此外,梧州地区的平均相对湿度为79%,风速平均为1.4 m/s。相对较高的湿度与降雨量相呼应,同时也说明了梧州地区空气湿润,对于植物生长和农业产出有一定的促进作用。而较低的平均风速可能会影响当地的空气对流和气候变化,需要进一步研究其对当地气候系统的影响。

2 旺村水电站水库精细化调度方案设计

2.1 水库调度目标与约束条件分析

分析旺村水电站水库长期水文数据后,发现水库入库流量、出库流量、水位等参数存在规律和关联性。例如,历史洪水数据分析可预测未来洪水的发展趋势和最大洪峰流量,有助于水库提前制定防洪调度方案,保障下游地区的防洪安全。此外,结合发电机组的运行数据和天文数据,可确定发电机组在不同水文条件下的最优运行方式,提高发电机组运行效率,实现发电效益最大化^[2]。

2.2 调度方案的实施流程与操作步骤

旺村电站是一个多功能水利枢纽,以发电为主,同时支持航运并兼顾其他综合利用。该工程被归类为 II 等,设计包含泄水闸、混凝土重力坝、土坝、电站厂房上游的挡水建筑物及船闸建筑物等关键结构,均按 3 级建筑物标准设计,次要建筑物则按 4 级标准设计。电站布局中,厂房上游挡水线是枢纽挡水系统的重要组成部分,其设计能抵御 50 年一遇的洪水(洪水频率为 2%),此时上游水位预计达 28.31 m。为更进一步保障安全,还进行了针对 500 年一遇极端洪水(洪水频率为 0.2%)的校核,预计上游水位将升至 31.26 m。副厂房的防洪设计也以 50 年一遇的洪水为标准(洪水频率为 2%),预计下游水位为 28.03 m。在更严格的 200 年一遇洪水校核情况下(洪水频率为 0.5%),下游水位预计达 30.82 m。这些精心设计和校核标准保障旺村电站在不同洪水条件下的稳定性和安全性。

旺村水电站是位于西江近河口处的一座河床式径流电站,其关键组成部分包括 16 个尺寸为 14×12.5 m 的溢流闸门,闸门与左岸重力坝段和右岸的河床式电站厂房紧密相连。考虑到多年平均最大风速为 11.5 m/s 所引起的波浪压力,旺村水电站特别设定 18.0 m 作为溢流闸门的设计挡水位。在这一条件下,闸门能够动水启闭,灵活应对各种水位变化。当上游库水位与门顶齐平时,闸门可顺利地在水中开启。即便挡水库正常高水位达到 18.0 m,且风速增至 17.25 m/s 导致浪高超过门顶产生翻水的极端情况,闸门依然能够稳定地在动水中启闭。

在洪水调节方面,由于地处西江近河口,受西江水位顶托影响显著,电站在防洪调度时考虑坝址本身的来水流量,还充分考虑西江洪水水位的影响,特别是桂江与西江洪水组合所带来的最不利因素。根据统计资料,这两种洪水遭遇的概率约占 1/3,电站在制定防洪策略时对此给予特别关注。在具体操作中,旺村水电站根据不同来水流量精细控制水库水位。当来水

量在 70 m³/s 至 4 700 m³/s 之间时,电站调节闸门开度和发电出力,将水库水位维持在特定范围内。一旦来水量超过 4 700 m³/s,机组全停,水库转为敞泄状态,以坝址水位满足最低通航要求。

在极端洪水情况下,旺村水电站也有完备的应对措施。当上游水位超过 22.92 m 时,电站提前落下船闸检修门以防止船闸过水。当坝前水位达到设计洪水水位 28.31 m 时,电站进入警戒状态并做好抗洪抢险准备。若水位继续上升至校核洪水水位 31.26 m 且有上涨趋势时,电站采取分洪措施以保障安全。

3 旺村水电站水库精细化调度实践效果分析

3.1 实践效果评价指标体系的构建

为全面、客观地评估旺村水电站水库精细化调度实践效果,可构建一套科学、合理的评价指标体系。(如表 1)

表 1 实践效果评价指标体系

一级指标	二级指标
发电效益指标	发电量
	发电效率
防洪安全指标	下游洪水峰值
	洪水持续时间
水资源利用效率指标	耗水率
	弃水量
生态环境影响指标	水质变化
	生态流量

3.2 实践过程中的数据监测与分析方法

在旺村水电站水库精细化调度实践过程中,采用多种数据监测与分析方法以保障评价结果的准确性和客观性。实时监测与数据收集方面,利用先进的水文监测设备和技术动态性收集水库入库流量、出库流量和水位等关键参数,并实时记录发电机组运行状态和发电量。深入挖掘和统计分析收集的大量数据,揭示数据间内在规律和关联性,深化理解水库运行特性和调度效果,为调度优化提供数据支持^[3]。借助决策支持系统的模拟预测功能,对不同调度方案开展模拟预测和对比分析,比较各方案在发电效益、防洪安全等指标上的表现,从而确定最优调度方案,为实际调度操作提供指导。

3.3 实践效果评价结果与对比分析

以 2022 年 7 月—8 月旺村电站共 2 场主要洪水过程进行合理调控为例(预泄消落水位节水总增发电量统计表和拦蓄尾洪节水增发电量统计表如表 2 和表 3 所示)。

表2 预泄消落水位节水总增发电量统计表

场次	预泄前水位 (m)	预泄水位 (m)	消落深度 (m)	消落库容 (万 m ³)	增发电量 (万 kW·h)	耗水率 (m ³ /kW·h)
一	18	17.24	0.76	1 186	33.9	35
二	18	17.14	0.86	1 335	31.0	43.12
合计	-	-	1.62	2 521	64.9	-

表3 拦蓄尾洪节水增发电量统计表

场次	洪峰流量 (m ³ /s)	洪水水量 (万 m ³)	拦蓄周期 (h)	拦蓄水量 (万 m ³)	增发电量 (万 kW·h)	耗水率 (m ³ /kW·h)
一	3 150	12 832	47	1 135	23.4	48
二	2 200	12 000	21	1 308	14.6	89.31
合计	-	24 832	68	2 616	38.0	-

第一场洪水从 18 m 预泄到 17.24 m, 本场洪水减少弃水 1 186 万 m³, 当时耗水率 35.00 m³/kW·h, 增发电量为:

$$E=1\ 186/35.00=33.9\ (\text{万 kW}\cdot\text{h})$$

电厂的上网电价为 0.4 元, 产生的经济效益为:

$$F=33.9\times 0.4=13.6\ (\text{万元})$$

洪峰后水位回蓄至 18 m, 拦蓄水量 1 135 万 m³, 当时耗水率 48.48 m³/kW·h, 增发电量为:

$$E=1\ 135/48.48=23.4\ (\text{万 kW}\cdot\text{h})$$

电厂的上网电价为 0.4 元, 产生的经济效益为:

$$F=23.4\times 0.4=9.4\ (\text{万元})$$

第二场洪水从 18 m 预泄到 17.14 m, 本场洪水减少弃水 1335 万 m³, 当时耗水率 43.12 m³/kW·h, 增发电量为:

$$E=1\ 335/43.12=31\ (\text{万 kW}\cdot\text{h})$$

该厂的上网电价为 0.4 元, 产生的经济效益为:

$$F=31\times 0.4=12.4\ (\text{万元})$$

洪峰后水位回蓄至 18 m, 拦蓄水量 1 308 万 m³, 当时耗水率 89.31 m³/kW·h, 增发电量为:

$$E=1\ 308/89.31=14.6\ (\text{万 kW}\cdot\text{h})$$

电厂的上网电价为 0.4 元, 产生的经济效益为:

$$F=14.6\times 0.4=5.9\ (\text{万元})$$

综上计算: 预泄水位和拦蓄洪尾效果明显, 其中共计增加发电量 102.9 万 kW·h, 共产生经济效益 41.3 万元。

3.4 实践过程中出现的问题及改进措施

在旺村水电站水库精细化调度实践中, 尽管经济效益显著, 但也存在数据监测与分析的实时性、准确性不足, 部分设备因老化而产生数据采集误差等方面

的问题。另外, 决策支持系统在处理极端情况时模拟预测能力受限, 影响调度方案最优化。为解决这些问题, 必须升级水文监测设备提升数据收集的实时性和准确性^[4]。以实际情况作为依托优化决策支持系统, 强化其应对复杂和极端状况的能力^[5]。高效采取有价值的举措, 将有助于完善旺村水电站水库精细化调度工作, 为发电效率和防洪安全做出更大贡献。

4 结束语

旺村水电站水库精细化调度实践的经济效益显著, 构建科学的评价指标体系、运用先进的数据监测与分析方法设计合理的调度方案, 能实现发电效益和防洪安全的双赢。但在实践中, 也存在数据监测实时性、准确性不足, 决策支持系统对极端情况的模拟预测能力受限等问题。为应对这些问题, 需要升级水文监测设备, 改进决策支持系统, 推进旺村水电站水库的精细化调度, 提升调度效率和发电效益, 助力当地水力资源开发与航运进步。

参考文献:

- [1] 吴全荣. 旺村水电站水光互补项目防洪评价分析[J]. 中国水能及电气化, 2023(09):1-5.
- [2] 郭建阳. 基于河流生态保护的水电站水库优化调度分析[J]. 长江技术经济, 2022(S01):38-40.
- [3] 杨成刚, 李圣伟, 董炳江. 三峡水库试验性蓄水以来长江上游来水来沙变化[J]. 水利水电技术(中英文), 2022, 53(S01):38-44.
- [4] 刘邓, 郑林祥, 董彦, 等. 基于不蓄电能最大化的梯级水电站优化调度研究[J]. 中国农村水利水电, 2023(12):18-19.
- [5] 同[4].