

流域水电站运行优化探讨

乐阳勇

大唐雅安电力开发有限公司, 四川 雅安 625000

[摘要] 电力作为国民经济高质量的发展的基础, 在保证电站枢纽工程运行安全和电力系统电能生产安全可靠的前提下, 开展水电站科学运行管理的性, 实现电站的运行优化, 利用现有发电设备和水工建筑物, 通过合理调度, 充分利用水能资源, 提高电站经济效益, 促进国民经济发展具有重要意义。文章对流域小水电站全面优化机组运行方式, 降低消耗, 提高小水电经济运行水平的主要建议进行列举, 希望能够帮助到中小水电提升运行管理水平。

[关键词] 水电站; 运行优化; 机组; 检修

DOI: 10.33142/hst.v6i2.8313

中图分类号: TP273.1

文献标识码: A

Discussion on Optimization of Hydroelectric Station Operation in River Basin

LE Yangyong

Datang Ya'an Power Development Co., Ltd., Ya'an, Sichuan, 625000, China

Abstract: As the foundation of high-quality development of the national economy, electricity is of great significance to carry out scientific operation and management of hydropower stations, optimize the operation of hydropower stations, utilize existing power generation equipment and hydraulic buildings, and make full use of hydropower resources through reasonable scheduling, while ensuring the safe and reliable operation of power station hub projects and the safe and reliable production of electricity in the power system, so as to promote the development of the national economy. The article lists the main suggestions for comprehensively optimizing the operation mode of units, reducing consumption, and improving the economic operation level of small hydropower stations in the basin, so as to help improve the operation and management level of small and medium-sized hydropower stations.

Keywords: hydroelectric station; operational optimization; units; overhaul

1 生产部门工作分工

(1) 运行维护部门负责优化运行过程中具体实施, 包括生产调度管理, 运行方式调整; 负责水情系统设备运行可靠性和项目所在区域气象信息提供。

(2) 设备管理部门负责优化运行提升机组设备的技术监控、技术改造、设备可靠性等基础工作; 负责优化运行过程中设备参数优化调整技术标准的编制及修订, 负责优化运行工作过程中技术、生产费用管理。

(3) 营销部门负责开展区域电力政策研究、市场供需分析; 制定市场营销策略、电力营销方案和计划及电量统计及上报工作。

(4) 安全监督部门负责监督两票执行, 现场违反规程制度的监督。

(5) 财务管理部门负责电量成本收益测算, 经济分析。

2 运行优化管理要求

(1) 运行部门组织牵头日优化运行、月优化、年优化运行分析。结合省调日计划电量做出分解, 定时定量完成计划; 每月、每年优化运行工作进行总结, 分析存在的问题制定相应对策, 并对下一步工作计划进行安排部署。在水情相关数据有重大变化时, 牵头组织召开协调会, 会商应对策略。

(2) 外部政策变化、电量市场变化影响计划电和电价时经营情况等因素变化影响财务指标时, 由计划营销部门牵头, 组织召开协调会, 会商应对策略。

(3) 设备运行工况或缺陷等突发因素影响发电量指标时, 由设备部牵头组织召开协商会, 会商应对策略。

(4) 电量、水情相关数据报送由集控运行值长负责在“电厂门户管理平台”“基于跨区域数据同步的协同工作平台”和“水情自动化系统”数据报送并保证信息正确性, 避免两个细则考核现象发生。

3 运行优化重点工作内容

3.1 机组启停方式优化

(1) 基本要求

一是厂站结合设备制造厂家说明书和运行经验, 对机组启停每个环节进行认真分析, 摸清机组特性, 优化机组启停步骤, 确定最佳启动、停机时间和操作方法, 完善运行规程和操作票。

二是全员熟练掌握机组启停的重要操作步骤, 有效控制启停节奏, 把握启停时机。

(2) 机组启动过程优化

严格执行机组启动前系统检查, 对机组缺陷、报警信息、设备状态进行全面核查, 及时发现、处理影响机组启动的缺陷, 避免延长机组启动时间。

一是根据设备缺陷、机组效率、接线方式、系统要求和厂用电可靠性需要等因素,制定机组开机优先策略。在同等条件下,单位耗水量小的机组及漏水量大的机组应先开。

二是机组启动前应认真复核和分析负荷曲线,根据机组启动时间,把握机组启动时机,缩短机组状态(停机、空转、空载、并网发电)转换时间,特别是缩短机组空载运行时间。

三是根据机组主、辅设备参数和特性变化情况,及时优化机组启动流程。

四是加强机组附属设备的维护、保养和消缺工作,提高机组启动可靠性,减少开机不成功发生的能耗。

五是机组检修后应制定详细的启动试验方案及相应的运行操作方案,认真论证各项试验的先后次序,减少启停次数,降低试验过程中能耗。

六是根据调度下达的负荷曲线或负荷调令,结合当前水头情况,按稳定和效率的原则,进行机组间负荷的最优分配,避免振动区。负荷调整过程,缩短机组穿越振动区时间和减少穿越振动区次数。

3.2 机组停机过程优化

一是根据调度下达的负荷曲线或调令,结合水头,优先停运耗能较高的机组,导叶漏水量较大的机组尽量多运行。长时间停备,必要时关闭主阀。机组无故障能从停机直接到发电状态的,优先在上位机操作发出“发电—停机”命令,缩短停机时间。

二是机组停运应考虑电气主接线及电力系统潮流控制要求,对厂用电的影响,确保电力系统及厂用电稳定运行。

三是机组停机后,及时停运相关辅助设备,特别是机组技术供水系统。

四是单台机组解列后,根据调度下达的负荷曲线或全厂总负荷、结合当前水头情况,及时合理进行其他运行机组负荷的最优分配,使运行各台机组均在非振动区运行,保障全厂并网运行机组的总效率最高。

五是停机过程中,应加强机组停机过程的监督,通过综合分析对比同类型机组导叶漏水量,评价水电机组质量及经济运行水平。

3.3 水库运行优化

(1) 基本要求

一是在确保大坝、水库和防汛安全的前提下,水库调度服从电网统一调度。按设计参数及有关运用原则积极开展水库经济运行工作,充分发挥水库的发电、防洪的综合效益。

二是依托水情自动测报系统等科学技术手段,不断加强运行调度水平,实现水位动态控制,为水库优化运行提供有力的技术支撑。抓好洪水过程管理,做到汛前腾库、汛末回蓄,充分拦蓄洪水抢发电量,做到度电必争。在枯平期水位严格压红线运行,始终保持高水位。

三是充分利用水文、气象、水情自动测报信息,开展短、中期水雨情和洪水预报,为水电站或梯级水电站水库调度提供依据。洪水预报包括预报入库洪水过程、出库流量过程、库水位变化过程、入库洪峰流量、峰现时间、出库最大流量、最高库水位等。

(2) 防洪调度优化

一是各水电站泄洪按批准水库调度方案和水库调度运用计划进行调度,按规定程序完成泄水预警及闸门操作。

二是集控运行人员应从流域的整体利益出发,统筹协调龙头水库和下游水库的防洪调度,确保梯级发电效益最大化。下游电站通过动态水位控制、拦蓄洪尾使发电效益最大化。

(3) 水库调度及流域梯级调度优化

一是在保证大坝枢纽工程安全、满足生态流量要求下,坚持有计划用水、节约用水,充分提高水资源利用率、降低发电耗水率。

二是根据已确定的目标、参数及指标和机组实际情况,绘制水库调度运行图或制定相应的水库调度规则。除特殊情况外,最低运行水位不得低于设备部下发的各站运行水位规定值,尽可能保证在正常水位运行,降低发电耗水率,提高水能利用率。

四是根据径流式电站的特点坚持“以水量定电量”,加强水库运行实时监控,按照当前水库运行实况,结合近时段天气、水情预报结果,及时调整发电负荷与泄洪闸门,最大限度发挥水量、水头在电能转换中的关键作用,提高水头效益和水量利用率。

五是加强流域上下游梯级间的沟通联系,应用洪水预报成果,实现流域梯级水电站群联合防洪调度,避免因沟通不足造成各行其是。充分发挥锅浪跷龙头水库的调节优势,通过水库之间的削峰、错峰,提高流域梯级整体防洪能力。

六是通过补偿调节,合理确定龙头水库蓄放水次序,使流域水量、水头得到充分利用,提高河流水资源的利用效率。充分考虑上下游梯级水电站间的水力联系和相互影响,避免因下游水电站过流能力制约产生无益弃水;下游水电站水位控制要考虑对上游水电站发电水头的影响,使梯级整体水能利用率最大。

以某站为例计算不同水位段库容。

表1 本站水位~库容关系

水位 (m)	水域面积 (万 m ²)	库容 (万 m ³)
883	1.3	1.7
884	3.7	2.9
885	7.4	4.3
886	12.5	5.3
887	18	6
888	23.4	6.5

表2 根据上游电站与我站运行情况

时间	上游电站 负荷 MW	本站 负荷 MW	负荷 差 MW	前池水位		水位 库容万 m ³	支流来水	消落高度 (m)
09:36-10:36	27	39	14	884.80	883.8	以下为不同水位的总库容	15.2	-1.0
11:05-12:05	27	22	-3	884.15	885.09		15.2	0.94
12:05-13:05	27	22	-3	885.09	885.82	883	15.2	0.73
13:05-14:05	27	22	-3	885.82	886.53	1.3	15.2	0.71
14:05-15:05	27	22	-3	886.53	887.06	884	15.2	0.53
15:05-16:05	27	22	-3	887.06	887.66	3.7	15.2	0.60

表4 机组满负荷工况测试

机组	上游 水位 (m)	下游 水位 (m)	工作 水头 (m)	上游来 水流量 m ³ /s	栅差 (m)	机组负 荷 (MW)	额定引 用流量 m ³ /s	导叶开 度 %	导叶开 度限 制%	桨叶 开度%	水导 X/Y 方向摆度	上机架水 平/垂直 方向振动
1号机组	450.85	433.7	17.15	780	0	26.8	205	77.9	95	78.8	20	3
2号机组					0	28.9	205	80.8	95	84.4	15	2
3号机组					0	29.3	205	82.4	95	84.3	15	3

结论：3号>2号>1号

表5 顶盖泵运行统计表

电站	1F		2F		3F	
	1#	2#	1#	2#	1#	2#
**电站	运行时间	运行时间	运行时间	运行时间	运行时间	运行时间
	30秒	1分30秒	1分钟	30秒	2分钟	2分30秒
	运行间隔时间		运行间隔时间		运行间隔时间	
	12分钟左右		35分钟左右		30分钟左右	
	备注		备注		备注	
	两台顶盖泵轮流运行		两台顶盖泵轮流运行		两台顶盖泵轮流运行	

表3 消落深度

序号	水位 (m)	增负荷 (MW)	消落大小 (m)	水位下降时间 (分钟)
1	884—883	10	1	25
2	885—884	10	1	39
3	886—885	10	1	53
4	887—886	10	1	55
5	888—887	10	1	58

3.4 水轮发电机组运行优化

(1) 机组运行工况优化

根据不同机组的实际情况,结合大小修和日常机组停备开展各机组不同工况下的数据测试复核、分析研究,优化并绘制运行特性曲线,严格按照测试曲线运行,力求机组运行出力的最大化。

(2) 冷却水系统运行优化

一是各站机组冷却水应具备与开停机流程同步的停机停

水、开机供水功能,减少机组在停机状态的水量损失;不具备停机停水、开机供水功能的机组应制定计划逐步进行改造。

二是大兴、川王宫电站机组冷却水主用和备用水源满足要求,当前池取水水源滤水器因堵塞进行清洗时,应将冷却水切至备用水源,保证冷却水的正常供应。

三是下村、大兴、城东、新中、切山等轴流转桨式电站及阳坝贯流式机组设计水头较低的机组在洪水期下游水位较高时,机组冷却水流速减小,保证机组各部轴承及发电机冷却效果,确保发电机安全运行。

(3) 顶盖排水系统运行优化

一是每年检修必须对机组顶盖排水泵进行全面检查,对泵体检修时,应对水泵叶轮、转轴、轴套等进行检查、处理和更换轴封及轴承等易损件;回装后应对水泵叶轮间隙、水泵轴线等进行调整,保证水泵处于最佳工作状态。

二是检查确认顶盖水泵双电源供电、报警值设置及水泵控制系统是否正常,试验检查抽水是否正常。运行过程中监视排水时间是否变化。

(4) 拦污排及拦污栅运行优化

一是加强对进水口拦污栅管理,提高有效工作水头,保持高水位运行,减少耗水率,确保水资源利用最大化。充分利用年检预试机组全停时机,利用水下机器人对机组拦污栅淤积度进行探测并安排全面清理,以保证汛期拦污栅的畅通。

二是机组日常运行时,应根据拦污栅的堵塞情况适时地进行清污,以避免拦污栅堵塞水头减小后发电耗水率的增加。当机组进水口拦污栅前后压差达到规定限额 30cm 或同负荷下机组调速器协联关系存在差异、或导叶开度值相差 5%时,应安排进行拦污栅的清污工作或分析原因。

(5) 轴承系统运行优化

一是每次检修均应对推力轴承进行抽瓦检查,检查瓦面磨合情况,测量推力瓦厚度,了解磨损量;复合材料瓦还应检查瓦面是否存在脱壳情况,及时处理或更换不合格的推力瓦;检查镜板面磨损情况,测量镜板面高程数据,通过对比修前数据全面掌握轴承运行情况,更换润滑油。

二是每次检修应对导轴承进行全面检查,根据机组运转中心情况对导轴承间隙进行检查、调整,更换轴承润滑油。

三是每次检修均应对发电机导轴承冷却器、推力轴承冷却器、水导轴承冷却器按规程规定进行耐压试验,确保冷却器不出现漏水。

四是加强对运行机组轴承温度实时分析,分析轴承温度的变化情况,并与历史记录数据对比,发现问题及时分析处理。

(6) 发电机空气冷却器运行优化

一是每次检修应对发电机空气冷却器进行抽查,检查空冷器内部杂物堵塞情况,对空冷器进行整体耐压试验,保证空冷器无渗漏水情况。

二是实时分析空气冷却器冷热风温度变化,与历史记录数据进行对比;空冷器的换热效果差或出现较大的渗漏水时,要及时更换,保证发电机换热效果。根据冷却效果投切空冷器,如无法投切,可根据冷却效果调整空冷器冷却水压。

(7) 机组备用状态优化

一是备用机组的维护和巡视,与运行机组同等对待,使其经常处于良好状态,保证机组随时能启动运行。

二是若环境湿度连续 3 天大于 85%,机组处于备用状态尽量不超过 3 天,超过 3 天必须测量发电机定子、转子绝缘值。

三是停备期间,可每隔 7-10 天空转一次,或用高压油泵对机组进行顶转子操作。

四是停备时间超过立式机组规定时间或机组油槽排油检修后,启动前必须用高压油泵进行顶转子操作将转子顶起,使推力瓦与镜板间建立油膜,保证推力瓦的安全运行。

3.5 电气设备运行优化

(1) 基本要求

整合系统各类运行信息,开展电气运行方式分析,结合电气运行方式特点,有针对性的根据年、季、月不同工况,开展电气设备优化工作,不断提高发电机效率,降低厂用电率。

(2) 发电机运行优化

一是按设备规范参数运行操作,发电机机端电压变动范围应在额定电压 $\pm 5\%$ 以内、频率应在 $50 \pm 0.2\text{Hz}$ 范围内,孤立运行时应在 $50 \pm 0.5\text{Hz}$ 范围内。

二是实时分析定子冷却水温、定子冷却器阀门开度、定子冷却器冷却水温的变化情况,与历史数据进行对比,冷却器尾水热交换器的换热效果不良,冷却器进出水阀门打滑时要及时切换。

三是机组带负荷应躲过振动区域运行,并做到经济合理分配负荷,避免小流量多机运行。

(3) 变压器运行优化

一是加强与电网调度机构的联系,合理安排机组和系统运行方式,提高变压器运行负荷。

二是由于设备运行年限的原因造成损耗偏大,应制定相应的运行、维护、检修等措施降低损耗。

三是下村、切山、新中、川王宫地调调管的电站,在两台联变并联运行的损耗很大,在经电网调度机构同意并制定相应技术措施后,停运一台联变。

(4) 照明系统运行优化

一是生产厂房照明损坏后应按采购节能灯具进行逐步更换。

二是厂区照明应根据需要分为工作照明和日常照明,根据工作需要开关不同的照明。厂区变电站、厂用电配电室、等场所,应对室内照明进行优化,以保证人员安全及工业电视需要为准则。

4 结束语

综上所述,结合企业实际,建立一套完善的水电站流域电站优化运行提质增效方案实施,将会较大提升水电站提效率、降损耗、降成本的提质增效水平,为水电站的长期安全、经济、稳定的运行提供有力保障。

[参考文献]

- [1]廖云.考虑多流域耦合的梯级水电站群优化运行研究[D].湖北:华中科技大学,2019.
 - [2]陈军.通口河流域梯级水电站优化调度运行探讨[J].电力设备管理,2018(9):63-66.
 - [3]王昱倩.我国流域梯级水电站水库群联合优化运行模式探讨[J].科技创新与应用,2015(34):229.
- 作者简介:乐阳勇(1976.10-),男,成都理工大学,电气工程及其自动化专业,大唐雅安电力开发有限公司设备部副主任,中级工程师。