

【水利水电工程】

# 节能发电调度规则下梯级水电站调度方式研究

张军良<sup>1</sup>, 马光文<sup>1</sup>, 王黎<sup>1</sup>, 刘刚<sup>1,2</sup>

(1. 四川大学水利水电学院, 四川成都 610065; 2. 四川川投田湾河开发有限责任公司, 四川成都 610065)

**摘要:**流域集控中心负责对梯级各水电站的统一调度管理,打破了原有单站式的调度运行模式。流域集控中心取得梯级发电调度权之后,为保证电网安全稳定运行和节能发电调度工作的顺利实施,提出了节能发电调度单站排序规则下的梯级水电站若干调度方案,指出:应考虑河川径流年来水特性、水库综合运用方式、电力负荷需求、社会效益等因素,针对流域梯级水电站自身特点,结合电网安全约束、临时调度调整、机组启停损耗、防洪、生态用水等限制条件,选择集控中心模式下具有可操作性和指导性的流域梯级水电站节能发电调度实施方案。

**关键词:**节能发电调度; 调度方案; 梯级水电站; 集控中心

中图分类号: TV697.1 文献标识码: A doi:10.3969/j.issn.1000-1379.2010.11.062

厂网分开后,随着全国大中型流域水电梯级滚动开发建设的不断深入,各流域水电开发公司为追求梯级水电站综合效益的最大化,先后成立了梯级调度机构(或称流域集控中心),在确保电网安全稳定运行的前提下,对所属流域梯级水电站进行发电集中控制与调度。尽管各流域梯级水电站的实际情况千差万别,集中控制调度的实施程度不一,但其实质都是建立以流域集控中心为龙头的统一调度体系,并在筹建过程中统一规划,分步实施,在实际调度工作中逐步完善和提高。

2007年,为改变传统的以平均利用小时数计划为指导的发电量调度方式,最大限度地发挥可再生能源及其他清洁能源的作用,减少化石燃料的使用<sup>[1]</sup>,我国正式启动节能发电调度工作,建立了以能耗及排放水平为基准的单站调度方式,能耗低的机组多发电,能耗高的机组少发电。其中,水能发电机组按照水库的调节能力进行排序,调节能力差的排在前面,以体现充分利用水能资源的目标。有调节能力的水能发电机组出现非正常弃水时,将其列于无调节能力的水能发电机组之前,并按调节能力由小到大优先调度。

在现有的按单站排序的节能发电调度规则下,如何协调上下游梯级电站间紧密的水力、电力联系,合理利用其调节性能上的差异,充分发挥各水库的调节作用,优化配置水资源,提高流域梯级的整体发电能力,合理分配厂间以及年内丰、平、枯期和日内峰、平、谷段电量,缓解电网丰枯、峰谷矛盾,减少弃水,提高流域整体水能资源的利用效率,获得最大的社会效益和经济效益,成为集控中心模式下各流域梯级水电站节能发电调度所面临的首要问题。

## 1 集中控制调度管理模式

流域梯级水电站集中控制调度的实现,要求流域梯级水电站设置唯一的流域调度机构(即集控中心),对外负责向省电力调度中心申报流域梯级水电站发电计划、接受并完成省电力调

度中心的调度指令,对内负责流域各梯级水电站的统一集中控制调度工作,在满足电网安全、电站调峰、调频、计划检修等需求的条件下,科学合理地安排梯级水电站开、停机任务和分配各机组出力。在特殊情况下,省电力调度中心也可直接调度单个电站。

集控中心模式下,考虑流域梯级水电站间的距离、地理位置及经营管理需要等因素,流域梯级水电站宜采用扩大厂站(总厂)管理模式进行远程集中监控和运行维护。整个系统由省电力调度中心、流域集控中心、各梯级水电站及它们之间的通信信道组成。其中,省电力调度中心的基本职责是做好电网系统的负荷预测及分配,根据电力系统安全约束的要求以及系统网络的潮流分布情况,实时调度、调整流域梯级片区输出线路的出力,以保证电网系统的安全稳定运行和电力的连续可靠供应。流域集控中心的基本职责是对流域梯级水电站进行集中控制和自动发电控制<sup>[2]</sup>,包括根据流域梯级水电站来水情况合理安排梯级水库调度工作,编制并上报梯级水电站发电计划;负责与省电力调度中心联系,接受并执行省电力调度中心下达的调度指令;在各梯级水电站间合理分配发电出力,跟踪电网运行状态(电压、频率等),负责电站机组远方开停机、机组有(无)功负荷调整;负责申报水电站计划检修并转达省电力调度中心的批复情况等。流域各梯级水电站的基本职责是确保水库安全度汛和电站设备的安全运行,负责设备现场操作、巡视检查、定期切换试验及机组的计划检修等工作;电站发生事故时,负责现场事故处理,执行电站 ON-CALL 功能,并及时将情况汇报给流域集控中心。整个系统中,除省电力调度中心和

收稿日期:2010-02-29

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(50539140,50679098);国家科技支撑计划项目(2008BAB29B09);美国能源基金会“中国可持续能源”项目(G-0610-08581)。

作者简介:张军良(1985—),男,山东济宁人,硕士研究生,研究方向为水利电力经济管理。

E-mail:zhangjunliang85@163.com

流域集控中心之间、集控中心和各梯级水电站之间具有完整可靠的通信信道外,省电力调度中心和各级水电站之间也同样具有通信信道,以备紧急情况之需。

在该种模式下,省电力调度中心与流域集控中心分工明确,协调合作,可共同实现流域梯级水能资源利用最大化,有效减轻电网调度的任务强度,提高全网发电调度的工作效率,优化梯级电源质量,保证电网安全稳定运行。另外,流域水电开发公司通过集控中心对梯级水电站进行统一调度和协同管理,不仅增强了流域梯级水电站联合调度的内在动力,而且有效地节约了人力、物力资源,有利于降低企业的生产运行成本。

## 2 集控中心模式下的调度流程

首先,流域集控中心根据流域水情预测及水库综合运用方式,结合梯级水电站机组工况、电力外送潮流、峰平谷结构、电力负荷需求、分时电价等综合情况进行分析,制订并向省电力调度中心申报实际可操作的发电计划,以初步确定各梯级水电站的发电出力曲线及机组的运行方式。

然后,由省电力调度中心根据全网的电力负荷需求,考虑电网安全运行、电力持续稳定供应、社会效益以及节能发电调度排序序位等约束条件,对流域集控中心申报的梯级水电站发电计划进行审核、调整,平衡其计划电量,并且以统一出力曲线的方式将审核后的梯级总出力曲线下达给流域集控中心。

最后,流域集控中心在接受并保证完成电网下达的梯级水电站总出力任务的前提下,根据当时的电网运行方式、水电站机组状况、防洪、生态用水等限制条件,考虑入库径流、机组启停损耗、设备检修计划、电力送出限制等因素,以龙头水库耗水量最小为原则,对流域梯级水电站实施集中控制调度和联合优化运行,在流域各梯级水电站之间合理分配梯级总出力<sup>[3]</sup>,见图1。

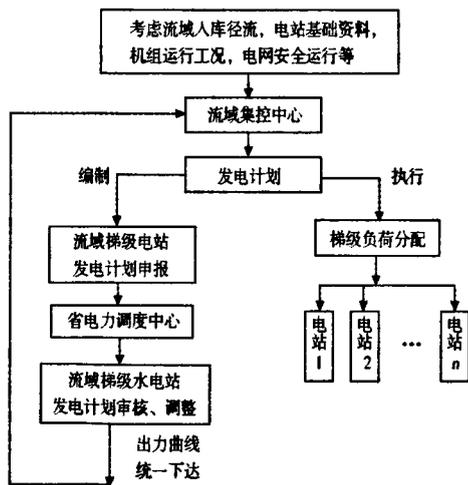


图1 流域梯级水电站集控中心模式下的调度流程

## 3 节能发电调度单站排序规则下的调度方式

鉴于我国水电能源开发大都采用“流域、梯级、滚动、综合”的典型开发模式,龙头水库一般具有较强的调节能力,下游梯级水电站多为径流式或调节性能较差<sup>[4]</sup>,因此以四川省某流域梯级水电站为例,对节能发电调度单站排序规则下的流域梯级

水电站调度方式进行研究。该河流开发方案为“一库三级”,A水电站具有年调节能力,下游B、C两水电站均为径流式电站,区间引用流量较小。该特点直接决定了若上游水库不发电放水,则下游电站便无来水发电,且流域梯级水电站总装机规模适中,开发主体单一,电力集中送出。考虑临时调度调整、AGC远方控制要求,经四川省电力调度中心批准,该流域梯级水电站集中控制调度已于2009年4月投入试运行。目前,试运行各项情况及指标良好。

为贯彻落实《节能发电调度办法(试行)》,节能发电调度单站排序规则下的流域梯级水电站调度方式可分为4种。

(1)方案一。流域集控中心单独申报A水电站的发电计划,统一申报下游B、C两水电站的发电计划;省电力调度中心审核、调整流域梯级水电站发电出力曲线时,根据节能发电调度机组排序序位,对A水电站按年调节能力进行排序,B、C水电站则分别按径流式电站进行排序,并按照“以水定电”的原则安排其发电负荷。

方案一遵照国家颁布实施的节能发电调度政策,在一定程度上保证了流域梯级水电站整体水能利用效率的提高和水库在枯水期按计划消落水位,但在实际调度过程中仍有可能会出现弃水流量或导致下游电站无水发电。例如,下游无调节能力的B、C水电站机组的发电序位较为靠前,当其获得平衡后的计划电量时,如果上游A水电站按年调节能力进行排序,则其发电序位将会排在B、C水电站的后面。该种情形下,若A水电站获得平衡后的发电出力偏大,将会造成下游B、C水电站出现无益弃水,增大该流域梯级发电出力的总耗水量。若A水电站获得平衡后的发电出力偏小:一方面将会导致下游B、C水电站来水不足,无法完成省电力调度中心下达的计划电量,同时还会加大B、C水电站的水头损失;另一方面则可能会导致上游A水电站在当前排序序位靠后的条件下,在丰水期出现非正常弃水,且不符合《节能发电调度办法(试行)》中“当有调节能力的水能发电机组出现非正常弃水时,列无调节能力的水能发电机组之前”的相关要求。

(2)方案二。流域集控中心统一编制和申报A、B、C水电站的发电计划;省电力调度中心审核、调整流域梯级水电站发电出力曲线时,将A、B、C水电站作为一个整体考虑,按径流式水电站序位进行排序。

方案二根据梯级水电站上下游水库间水力联系及调节性能上的差异,对水能类发电机组按流域进行统一排序、统一调度,较好地实现了流域梯级水电站联合优化运行,充分发挥了上游龙头水库的调节作用,可有效避免流域梯级电站无益弃水或下游电站无水发电等情况的出现,简单易行,可操作性较强。但是,A水电站为年调节能力电站,若将该流域梯级水电站统一按径流式水电站参与排序,将会与现行《节能发电调度办法(试行)》的要求不符。

(3)方案三。与方案二相似,同样将流域梯级水电站作为一个整体考虑,统一申报,统一排序,不同之处在于该方案将流域梯级水电站统一按年调节能力水电站序位进行排序。

若采用该方案实施节能发电调度,流域梯级水电站整体的排序序位将较为靠后,难以参加排序或参与排序的电量较少,

从而导致流域梯级水电站机组利用效率降低或机组发电利用小时数远远小于设计的发电利用小时数等,风险较大。另外,下游B、C水电站均为径流式水电站,若按年调节能力水电站序位进行排序,同样会与现行《节能发电调度办法(试行)》的相关要求不符。

(4)方案四。将下游B、C两水电站作为一个整体,统一申报其发电计划,省电力调度中心审核、调整其发电出力曲线时,根据水能机组发电序位排序规则,按径流式水电站序位进行排序,其申报电量首先参与全网的电量平衡;将上游A水电站单独进行考虑,由下游B、C水电站平衡后的计划电量反推上游A水库的放水,以保证下游两径流式水电站完成其计划电量,继而由A水库的放水确定A水电站的发电出力。

方案四从流域整体水能利用率最大化的角度出发,不仅使流域龙头水库的年调节作用得到充分发挥,而且各梯级水电站之间可通过径流、电力补偿调节,使流域梯级水电站的水量、水头得到充分利用。同时,该方案保证了下游B、C水电站能够完成省电力调度中心下达的计划电量,也保证了当A水电站出现非正常弃水时,其发电机组能够位列下游B、C两水电站发电机组的前面,具有可操作性。此外,流域梯级水能资源利用率的提高还顺应了国家颁布实施的节能发电调度政策,有利于进一步推动节能发电调度工作的开展。

综上所述,方案四较好地解决了当前集控中心模式下流域梯级水电站联合统一调度与节能发电调度排序规则的协调性问题。但随着流域水情测报系统、水调自动化系统、通信系统等方面的技术和条件趋于成熟以及节能发电调度工作的逐步深化,方案二更有利于实施流域梯级水电站的联合调度,合理分配各梯级水电站的发电负荷,并在实时调度过程中将水库调度和电力调度紧密结合起来,优化水库和机组运行方式,降低耗水率,利用有限的水能资源增发发电量,充分发挥各梯级水电站的生产潜力,提高其整体效益。因此,方案二将成为集控中心模式下流域梯级水电站节能发电调度的最佳方案。

## 4 结 语

(1)流域梯级水电站集中控制调度是根据上下游水电站间内在的水力、电力联系,按照水量平衡的原则,整合水库调度、发电调度、市场营销等生产环节,充分利用水能资源、设备资

源、人力资源,实现流域梯级水电站间负荷优化分配的一种新型调度管理模式。随着流域性水电开发项目的不断增多及电力体制改革的继续推动,以社会效益和经济效益为中心的流域梯级水电站集中控制调度将会成为众多发电企业的选择。

(2)在现有的节能发电调度排序规则下,水能类发电机组的序位是按单站的调节性能来确定的,无调节性能或调节性能差的水能机组优先发电,有调节能力的发电机组则排在无调节能力的发电机组的后面。由于年内丰、平、枯期来水情况各异,这种固定的排序方式不能反映径流特性的年内变化特征,并在一定程度上割裂了流域梯级水电站间紧密的水力、电力联系,无法真正实现水资源的最优化利用,因此应考虑河川径流年来水特性、水库综合运用方式、电力负荷需求、社会效益等因素,针对流域梯级水电站自身特点,结合电网安全约束、临时调度调整、机组启停损耗、防洪、生态用水等限制条件,选择集控中心模式下具有可操作性和指导性的流域梯级水电站节能发电调度实施方案。

(3)流域集控中心作为梯级水电站的调度控制中心、水库调度中心、动能经济分析决策中心以及流域水利枢纽防汛度汛指挥中心,在节能发电调度的政策背景下,如何实现水文预报与生产计划结合、电力生产调度与防汛调度结合、发电调度与设备检修计划安排结合、市场营销与发电生产结合,如何建立流域梯级水电站中长期发电计划、日发电计划优化模型和日负荷优化分配模型,实现流域梯级水电站自动发电控制(AGC)和实时电力调度<sup>[5]</sup>,以及无人值班(少人值守)的电力生产方式,仍有待进一步研究。

## 参 考 文 献:

- [1] 艾琳,华栋. 电力系统节能发电调度研究[J]. 华东电力,2008,36(9):85-89.
- [2] 刘兴举. 梯级水电站集中调度管理模式和发展方向[J]. 贵州水力发电,2009,23(1):79-82.
- [3] 李安强,王丽萍,李崇浩,等. 基于免疫粒子群优化算法的梯级水电站间负荷优化分配[J]. 水力发电学报,2007,26(5):15-20.
- [4] 马光文,刘金焕. 流域梯级水电站群联合优化调度[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008.
- [5] 唐茂林,王超. 基于节能发电原则的实时发电调度优化模型的研究[J]. 继电器,2008,36(7):47-50.

【责任编辑 张华岩】

\*\*\*\*\*