

# 流域智慧集控中心建设方法与思路探讨

黄一晟

(中国大唐集团有限公司广西分公司(红水河)集控中心, 广西 南宁 530028)

**摘 要:** 随着流域水电厂集控中心的相继投入运行, 智能水电厂自动化程度越来越高, 目前已经解决了水电厂机组的远控、监视功能, 但如何充分发挥集控中心在经济调度运行和设备安全诊断与处理中的作用, 提高综合经济效益, 才是流域集控中心建设的核心目标。本文根据广西分公司(红水河)集控中心投产以来的运行经验, 对流域集控中心智慧运行系统建设的总体设计思路进行了探索和思考。

**关键词:** 智慧集控; 经济调度控制; 安全经济运行

目前, 国内外水电站流域集控智能化应用范围越来越广, 如梯级水电智能调度、AGC/AVC 智能控制优化、智能协调防御等。随着电网智能化建设以及间歇性新能源的大规模接入, 传统水电厂机网协调能力、业务互动能力及智能决策能力不足的问题日益突出, 在很大程度上制约了智能电网的发展。

智慧集控中心是智慧电厂的融合与延伸, 有人认为智慧集控中心的建设就是提高集控受控电厂的自动化水平, 也有人认为应该在受控电厂建设的基础上增加一套智能系统。基于此, 结合生产实际需要, 本文规划了智慧集控中心的整体架构, 设想了相关功能, 并对功能实施进行了阐释。

## 1 智慧集控中心设计思路

大唐广西分公司(红水河)集控中心自 2017 年 3 月投产以来, 已经实现了受控厂监控数据全采全送、远程监控和厂站工业电视监视, 但监控手段不智能, 与原来单一厂监控区别不大, 过多依赖值班人员人为监视、判断分析和操作控制, 导致出现监控信息处理工作量大、运行分析效率低下等问题。同时, 水电“靠天吃饭”的管理弊端仍未改善。由于对于雨情、水情信息无法实现精准判断和灵敏感知, 影响了水库优化调度的经济性, 因此, 有必要继续转型为更为智能的智慧集控中心。

根据实际运行经验, 智慧集控中心将围绕调度

监控、发电调度、水库调库、防洪防汛调度、协同调度决策、运行调度评价等, 通过云计算、物联网、移动互联、大数据、人工智能等新技术的深入应用, 依托水电站集中控制技术的进步, 构筑面向未来的智能化决策平台, 实现全流域梯级水电站发电调度和防洪调度过程中的实时感知、精准预测、智能调控、科学决策, 使流域集控运行系统成为具备自我感知、判断、分析、选择和自适应能力的系统, 实现发电调度计划制定、防洪调度方案制定、发电优化调度方案制定等相关功能, 并研发多流域智慧电厂协同优化调度系统, 实现洪水雨情、水文水情、区间来水的精准预测, 综合多能互补、水库蓄水、电力市场等影响因素和调度期望, 实现跨域多能源电厂智能分析, 得出最优调度策略, 提高电厂的经济效益、社会效益和安全效益。

## 2 智慧集控运行系统结构及功能组成

### 2.1 系统结构

智慧集控运行系统包含智能经济运行、智能防汛调度、智能设备状态分析诊断、多维决策单元和评价单元等模型, 在优化调度策略实施后, 根据实施效果对经济调度结果进行评价, 进而对经济调度决策模型进行更新和修正, 从而使整个数据链和信息链成为环路, 数据、信息、模型和决策之间相互融合。集控中心与受控厂站采用网络化分布式结构, 受控厂站的实时生产数据经过筛选、

综合、逻辑处理后上送集控中心, 根据生产需要制定符合集控智能监控的判断逻辑, 用智能多维决策系统替代人工判断, 实现智能发电的经济运行和设备诊断分析。智慧集控运行系统功能结构如图 1 所示。

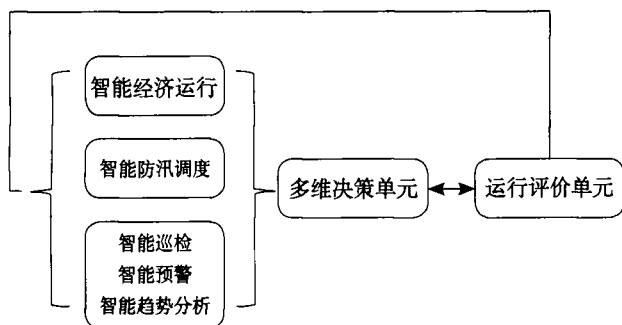


图 1 智慧集控运行系统功能结构图

## 2.2 系统功能组成

### 2.2.1 智能经济运行

经济调度控制 (Economic Dispatching Control, 简称 EDC) 主要完成流域水电站实时发电优化调度与在线控制功能, 目标是在完成上级调度部门下达的负荷指令的同时, 始终维持梯级水电站在最小耗能状态。流域 EDC 模块组成及接口如图 2 所示。

智慧集控优化调度控制是由流域发电计划优化制定、厂站间及站内负荷优化分配、流域电站水位动态控制等一系列的优化调度决策共同组成的。

流域水电站优化调度控制中主要采用三个优化准则:最大发电量准则、最大蓄能量准则及库水位超限程度最小准则<sup>[1]</sup>。据此需对传统的自动发电控制(AGC)、短期发电优化调度等软件进行重新设计,设计适合流域特点的经济调度控制(EDC)软件,构建完整的“调度-执行-反馈-修正-再调度-再执行”在线闭环调度与控制体系<sup>[2]</sup>,提高水能利用率,减少弃水量,增加发电量。通过水文联合补偿和电力补偿,提高流域水电站的联合发电能力和调峰调频能力;通过水库调度和电力运行的耦合,提高实际调度过程与预想调度过程的一致性,促使电力运行更加平稳。

集控中心可根据调度负荷指令或水情自动测算负荷给定流域总负荷，并根据最大发电量准则、最大蓄能量准则及库水位越限程度最小准则分配至各电厂执行，按 AGC 确定厂站开机台数与优先级别，自动分配各机组负荷，根据水情、机组诊断情况、厂站主接线等影响优化开机策略，进行自动开停机、自动负荷调整，并根据操作指令，自动生成操作步骤，条件允许下自动按步骤操作。

### 2.2.2 智能防汛调度

水电站防洪防汛调度主要解决入库洪水的优化蓄泄问题,在确保水电站自身安全的前提下,尽可能减轻洪水对下游的危害作用,并适当考虑

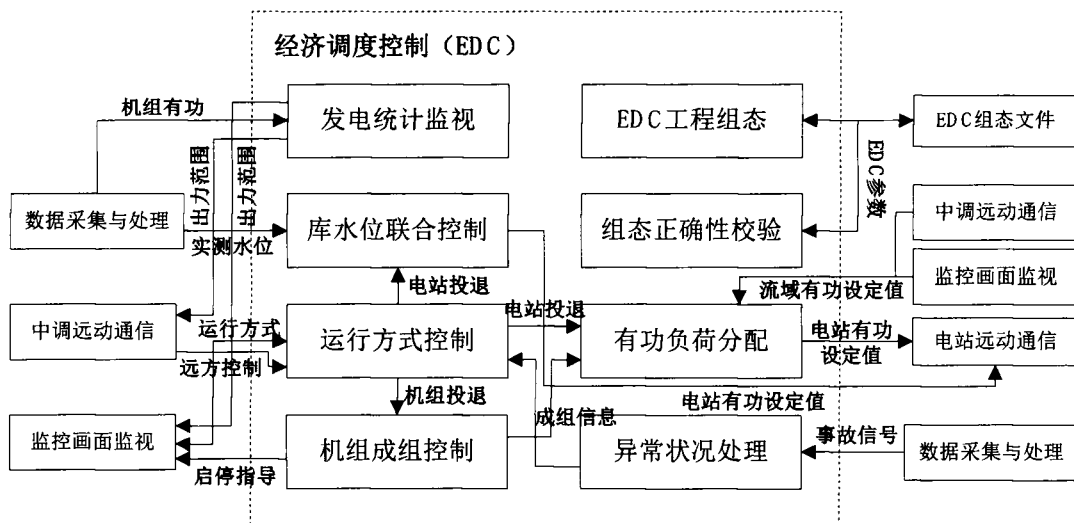


图2 流域EDC模块组成图

洪水的资源化利用。大唐广西集控智能防汛调度功能主要由方案计算、会商、洪水分析、基础资料分析和设置、方案管理和方案输出六部分组成。功能组成如图 3 所示。

智慧集控依据水电站当前及洪水期内运行特性，动态评价面临洪水过程，预判其相应于水库当前运行状况的洪水风险级别，结合现有的削峰、预泄、错峰等洪水调度方法，进行自适应洪水分级调度，实现水库完成防洪任务前提下的水资源合理利用<sup>[3]</sup>。在此基础上，考虑闸门允许开度、闸门操作水位、闸门启闭顺序、闸门开度组合等限制条件，建立基于可变规则的闸门群实时优化调度模型及实时求解算法，根据预报入库洪水过程自动制定闸门优化操作过程方案，同时，根据相关水情数据的变化，准确判断汛前和汛尾到来的时间，并自动提醒运行人员与上级调度及时沟通，以便做好相应的腾库及拦尾工作。

2.2.3 智能趋势分析

智能运行趋势分析系统用于流域电厂的设备健康状态监测，根据计算机监控系统服务器中的历史数据来学习水轮发电机组的水头、出力、轴承

温度等数据特点，横向对比相同工况多台机组参数，纵向分析单机参数的变化趋势，来完成油泵 / 水泵运行时间和启停间隔、集水井来水量、油箱渗漏量等各设备的运行情况趋势分析，对厂用电率、耗水率、设备运行频率及运行时间自动进行统计、分析和比较，并分析出现问题和可能的原因，同时给出检查方向或优化运行的建议。

2.2.4 智能预警

目前，大唐广西分公司（红水河）集控中心受控厂站的测点数据通过“全采全送”的方式送至集控中心实时数据服务器，共计约 10 万个测点，如果不经处理，势必会造成监控系统简报频繁刷屏、告警信息紊乱、光字错报误报、监盘人员漏信号等一系列混乱的情况，导致故障扩大。

大唐广西集控中心智能预警系统将采用南瑞集团 IMC 平台的监控系统及相应的光字系统，以一体化平台为核心，建立智能水电厂架构，实现一次设备智能化、二次设备网络化、高级应用互动化、运行管理一体化以及辅助决策智能化，保证系统的可靠性、高效性、稳定性、互动性、开放性<sup>[4]</sup>。智能预警系统结合受控电厂实际运行情况，按事

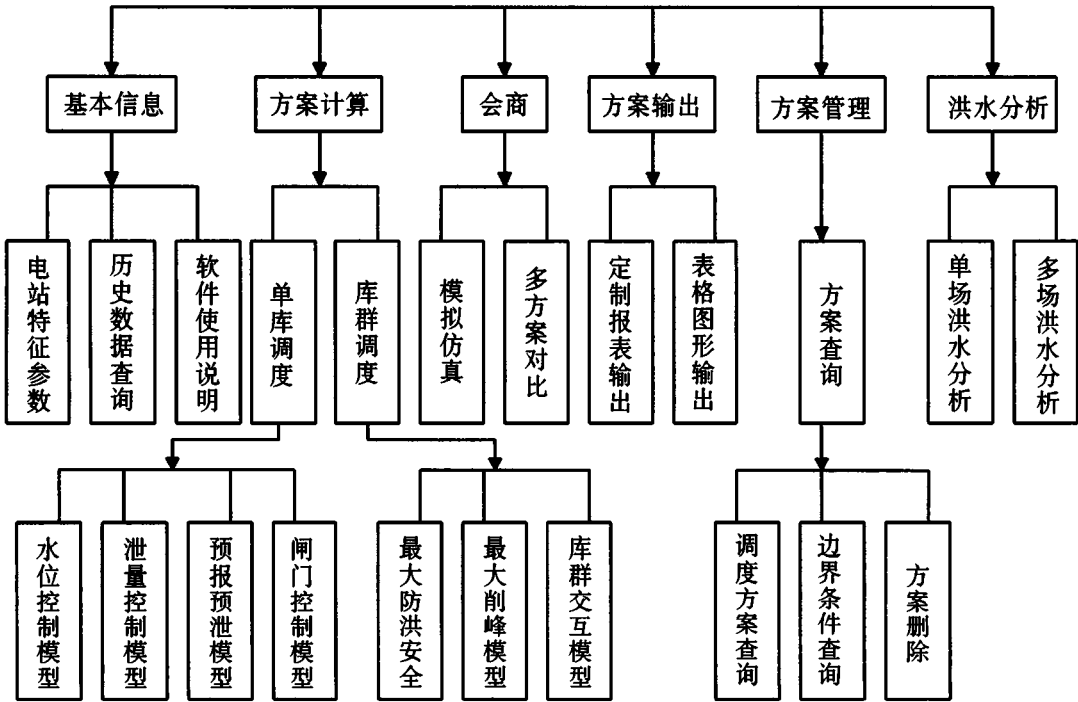


图 3 水电站防汛调度组成图

故、故障、越复限不同级别展示报警信息，根据设备状态或手动操作进行报警信息的屏蔽和确认。预警系统将故障点以设备故障树的形式进行分类，逐条细分至最后的树叶，以不同颜色区分故障等级和重要程度，并进行延时滤波和关联报警，设备异常故障将以模拟量曲线、智能简报推送以及三级综合光字的方式自动推送至决策模块进行分析并处理。

### 2.2.5 智能巡检系统

流域集控中心最终将解放厂站运行监盘人员的生产力，使得“无人值班，少人值守”成为现实。根据智能电厂的理念，智能巡检系统将逐步代替人工巡检，通过先进的定位技术、传感技术、机器人技术和图像识别技术等先进手段，提高厂站设备巡检的安全性和可靠性<sup>[5]</sup>，搭载无线传感技术和智能分析系统的有轨机器人将布置在厂站设备周围，通过预设程序进行定期巡检工作，也能根据现场设备异常情况迅速到达附近进行巡视，实时上传测量参数，联合智能预警和趋势分析系统，最后供决策系统判断分析。

### 2.2.6 多维决策单元

智慧集控的智能化，体现在如“人脑”的分析决策能力和自我进化能力。“多维决策模型”正是智慧集控的“大脑”，推动智慧集控系统的学习和思考。通过各种算法，准确根据各种外部条件的变化自动匹配市场用电需求、水库水位与机组发电设备实况的关系。

### 2.2.7 智能运行调度评价

根据自动采集的发电运行、水库水情、系统设备运行水平三方面的核心指标，以智能系统自动统计数据为依据，通过对比决策的期望和实际结果，自动生成运行评价结果。

## 3 实施建议

由于流域各电厂所在网区不同设备软硬件功能水平参差不齐，要完全实现智慧集控运行系统的功能仍有一定距离。根据目前集控中心建设的

实际经验，提出以下实施建议。

3.1 智能经济运行方面：由于流域梯级调度的复杂性、安全性等因素，尤其涉及所在网区系统潮流问题，目前还未能实现根据上级调度下发的总负荷进行全流域电厂自主分配，特别是流域电厂中有电网调频、调峰主力电厂的。但建议与上级调度沟通，对部分有直接上下游关系、满足潮流分布条件的两个或多个电厂给定总负荷自主分配，先对局部进行试点，为今后智能经济运行提供数据支持。

3.2 智能防汛调度方面：应考虑流域山谷与山脊河段水文水情预测受地貌割裂影响的情况，有利于提高水文预报的精确性。

3.3 智能巡检系统方面：从厂站厂房布局 and 安全性上考虑，建议使用有轨机器人更为安全，轨道布置不能影响设备正常的操作、检修，根据使用环境具备防水、防尘、防电磁干扰功能。

3.4 智能预警与趋势分析方面：建议采用数据时空组合关联特性的生产数据过滤方法，对于趋势分析的纵、横向对比提供可靠依据，实现数据清洁获取、挖掘和有效利用。

3.5 多维决策单元以及智能运行调度评价方面：建设初期应结合各厂发电能力，同时考虑企业的业务发展规划建设一体化运营平台，并能与后期模糊智能决策模块对接形成一个完整的决策、评价体系。

## 4 应用前景

随着科技的进步，智慧集控系统在电力系统中的应用越来越多，以大唐广西分公司（红水河）集控中心为例，目前已成功实现流域气象与水情耦合、水情耦合发电的双联动模式，使调度决策向实质“多维化”迈进，产生了可观的经济效益。2018 年大唐广西分公司集控中心的 10 个水电厂平均水能利用提高率达 3.88%，全年增发电量 12.02 亿 kWh，比原设计值（3.47%）提高了 0.41 个百分

（下转第 76 页）

3.3 节约成本，延长设备寿命：生产厂家生产的设备更新快，备品备件有可能存在停产的风险，且安装调试还需要时间与服务成本。使用冗余技术后能减少采购风险，减少安装调试时间及服务成本，两台变频器轮流使用，设备的可靠性得到大幅提高。

4 结语

本次改造实施重点：二期门机控制系统优化由于只是对部分系统、部分功能进行优化改进，因此改造前的重点工作包括：可研报告编写、现场规划设计、新增设备布置安装等都需认真核对，提前确认，然后根据大车 8 台电机的功率（8×11 kW）、主小车 4 台电机的功率（4×3.0kW）重新进行变频器选型，所选大车行走变频器能满足 1 拖 8 的控制方式要求，主小车变频器能满足 1 拖 4 的控制方式要求，两台变频器之间还要有电路闭锁功

能，防止电源回路短路。

本次改造实施难点：改造优化新增加了一个变频器柜，用于布置大车及主小车主备用变频器，其余的元器件需在现场拆除旧的变频器后才能进行安装及接线，由于是不同的生产厂家施工，因此需熟悉原有图纸、熟悉现场安装工艺并根据新的原理接线图进行配线调试，现场空间小，同时还要保证接线正确，逻辑控制正确，功能实现、合同目标实现，不存在安全隐患且布置需合理美观。

本次改造是岩滩电厂在起重设备上采用冗余技术的首次尝试，为后续的起重设备改造提供了参考，使改造设备的可靠性得到了大幅提高。

参考文献：

[1] 周东华, Ding.X. 容错控制理论及其应用[J]. 自动化学报, 2000, 26(6): 788-797.  
[2] 张新家, 戴冠中. 容错控制系统综述[J]. 信息与控制, 1999, 20(1): 28-38.

（上接第 72 页）

点，减少了碳排放量。开发了水、火、风互济及发电权交易模糊智能决策模块，根据季节、天气和电力市场交易情况进行水、火、风电的发电权置换，突出了清洁能源的作用，合理利用资源，节能减排。

智慧集控系统的建设，将流域水电运行由人工模式逐步转变为“智能”模式，无人值班、科学调度、经济运行将减少企业的生产成本，提高经济效益，增强企业的竞争力和应对电力市场变化的能力。

4 结语

本文以现有广西分公司（红水河）集控中心为基础，在智慧集控方面概要阐述了流域梯级水电站智能集控体系架构的设计和组成，可为今后智慧集控的规划、设计和监视提供技术参考。目前物联网技术的兴起和 5G 技术的应用，使得三维可视化系统逐步建设起来，极大提升了智能巡检

系统的感知功能，大数据和云平台技术的发展将不断为智能故障预警和发电经济运行提供可靠的技术支持。随着新一代信息技术的发展，智慧集控的功能将日益提升，持续解放生产力。

参考文献：

[1] 余平, 流域水电站群经济运行和优化调度系统设计研究[J]. 工业控制与应用. 2012(1): 9.  
[2] 华涛, 芮钧, 刘观标, 徐洁, 郑健兵, 流域智能集控体系架构研究[J]. 水电厂自动化. 2018(1): 22.  
[3] 乔军. 智能水电厂经济运行系统及其关键技术[J]. 电力设备, 2018 年(26): 33.  
[4] 陈勇. 岩泊渡智能化水电站建设的方案设计[J]. 湖南水利水电, 2018 年(4): 29-31.  
[5] 张少男. 智慧电厂与智能发电研究方向及关键技术[J]. 创新与实践, 2019 年(7): 55.