

# 火力发电厂集控运行与电网调度的协同优化策略

张志强

新疆华电高昌热电有限公司

DOI:10.32629/hwr.v9i11.6649

**[摘要]** 随着电力系统规模化不断扩大和结构的复杂化,火力发电集控运行和电网调度协同优化成为保障电网安全稳定运行、提高经济效益的关键。基于此,本文就火力发电厂集控运行和电网调度协同优化策略展开探究分析,通过构建集控系统和电网调度系统的深度融合框架,以此实现对发电出力 and 电网负荷的动态匹配,从而为新型电力系统下火电与电网的协同运行提供必要的参考借鉴。

**[关键词]** 火力发电厂; 集控运行; 电网调度; 协同优化

**中图分类号:** TM62 **文献标识码:** A

## Coordinated Optimization Strategy for Centralized Control Operation of Thermal Power Plants and Power Grid Dispatch

Zhiqiang Zhang

Xinjiang Huadian Gaochang Thermal Power Co., Ltd.

**[Abstract]** With the continuous expansion of power system scale and increasing structural complexity, the coordinated optimization of centralized control operation of thermal power plants and grid dispatch has become crucial for ensuring the safe and stable operation of the power grid and improving economic efficiency. Based on this, this paper explores and analyzes the coordinated optimization strategies for centralized control operation of thermal power plants and grid dispatch. By constructing a deep integration framework between the centralized control system and the grid dispatch system, dynamic matching of power generation output and grid load can be achieved, thus providing necessary reference for the coordinated operation of thermal power and the power grid under the new power system.

**[Key words]** thermal power plant; centralized control operation; power grid dispatch; collaborative optimization

### 引言

在传统模式下,火电厂集控系统侧重于机组内部的参数闭环控制,而电网调度则聚焦于负荷平衡与潮流分配,当两者缺乏实时协同机制时,必然会导致发电出力 and 电网需求失配。虽然当前火电机组在优化控制、电网调度算法等方面取得了进展,但却局限于单一系统内部优化,缺乏跨系统协同的量化模型和动态调整机制。因此,在探索火电厂集控运行和电网调度的协同优化路径时,应构建“源+网”的协同运行模式,旨在为提升电力系统整体运行效能,以及为“双碳”目标下的能源转型提供新的技术方案。

### 1 火力发电厂集控运行与电网调度运行机制分析

#### 1.1 火力发电厂集控系统运行机制

在火力发电厂运营生产过程中,集控系统是整个火电厂的核心部分,基于分布式控制系统能够实现对火电厂锅炉、汽轮机、发电机等关键设备的集中监控与协调控制<sup>[1]</sup>。在火力发电厂集控系统中,系统涵盖机组实时监测、负荷指令的精准分配和

闭环控制。在现有控制模式中,PID控制因结构简单、稳定性强而被广泛应用。但面对强非线性、大滞后特性时,容易出现超调或震荡。模型预测控制虽能有效处理多变量约束优化,但依赖精确模型且计算复杂度高。当工况频繁切换时,场景适应性严重不足,因此需要引入数据驱动和智能算法来提升控制效能。

#### 1.2 电网调度系统运行机制

电网调度系统在火电厂中,能有效确保火电厂系统的安全性、稳定性,并且负责运行机制负荷的平衡和频率的稳定。通过实时监测全网发电和用电的动态匹配情况,能有效维持供电与需求的瞬时平衡性,同时,也能将电网频率严格控制在额定值附近,以确保设备的安全。而在调度调配方面,电网调度系统中的自动发电控制可通过快速调节发电机组的出力,以实现秒级频率的校正和区域间功率的有效交换。并且在经济负荷分配的成本最小化原则下,优化各火电厂发电计划,能有效兼顾机组的效率和燃料成本,以确保在电网可靠性的基础上,实现对资源的最优配置。

### 1.3 协同需求矛盾点分析

对于火力发电厂集控运行和电网调度运行机制的协同性需求,通常存在多维度的需求冲突和矛盾点。首先,在时间尺度差异方面,集控系统需要对锅炉燃烧、汽轮机调门等执行机制进行秒级精准控制,从而实现快速响应负荷指令或抑制频率波动的目的<sup>[2]</sup>。但电网调度系统则以统筹电源、多负荷的全局平衡为主,其调整周期以分钟级为主,这种时间尺度上的错位,很容易导致集控侧频繁调节和调度侧宏观指令的脱节现象发生。其次,在目标冲突方面,集控系统以最小化发电煤耗为主,从而降低设备的磨损,更倾向于维持机组的稳定运行。但电网调度则是以优先保障频率稳定性与供电可靠性为主,在负荷高峰或者故障时使火电机组突破经济运行区间以实现快速变负荷的目标,因此,两者目标差异性很容易引发策略冲突。

## 2 火力发电厂集控运行与电网调度协同优化的核心技术

### 2.1 信息共享与数据融合技术

在火力发电厂集控运行与电网调度协同优化体系的构建过程中,其核心在于信息共享与数据融合技术的深度应用。因此,本文提出建立标准化的实时数据交互框架,能有效消除火电厂分散控制系统与电网能量管理系统之间的数据壁垒,通过OPC UA、IEC 61850等工业通信协议,实现机组运行关键参数、电网调度指令及设备状态信号的毫秒级同步传输,从而确保双方系统对功率调节需求与频率偏差等核心信息的实时感知与精准响应<sup>[3]</sup>。而针对原始数据中存在的测量噪声与通信丢包等共性问题,可开发基于自适应滤波与数据重构的预处理算法,运用卡尔曼滤波技术消除传感器系统性误差,采用小波变换进行噪声分离,通过时间序列插值方法补充缺失数据点,同时构建数据质量动态评估机制,以实现异常数据的智能识别与剔除,从而保障输入协同优化模型的数据可靠性与完整性。进一步而言,采用多源异构数据融合方法,对机组热工参数、电网实时负荷、区域气象信息及历史运行日志进行时空对齐与关联分析,以此构建涵盖物理特性、信息流态与经济指数的多维度综合数据库。该数据库为协同优化模型提供高精度、多尺度的决策支持,显著提升火电-电网动态响应的精准度与系统鲁棒性,为电力系统安全稳定运行与高效经济运行提供技术保障。

### 2.2 多目标协同优化模型

在构建多目标协同优化模型时,火力发电厂集控运行系统与电网调度系统协同优化模型是实现经济性、安全性与设备保护三重目标协同平衡的核心机制。在目标函数设计层面,需统筹考虑三大核心优化指标,以最小化发电煤耗作为经济性优化目标,通过精细化机组负荷分配与燃烧参数优化,降低单位发电量的燃料消耗强度,从而提升系统运行经济效益。而以最小化机组调节频率作为设备保护目标,可通过优化负荷指令曲线平滑度、抑制频繁启停及大幅变负荷操作,并有效延长汽轮机转子、锅炉受热面等关键设备的服役周期,降低设备维护成本。以最小化电网频率偏差作为安全性优化目标,通过精确响应电网调度中心

的自动发电控制指令,可将实际系统频率与额定值的偏差严格控制安全运行区间内,确保电网频率稳定<sup>[4]</sup>。该优化模型需严格设置多维度运行约束条件,包括机组出力运行区间约束、机组爬坡速率约束、电网潮流约束以及环保排放约束。基于多目标优化理论,采用加权法和帕累托前沿分析方法,在严格满足所有约束条件的前提下,动态调整各目标权重系数,生成兼顾经济性、安全性和设备保护的协同控制策略,最终实现火电机组-电网系统的全局最优运行状态,为电力系统安全、经济、高效运行提供技术支撑。

### 2.3 动态协调控制技术

动态协调控制技术是实现系统高效协同运行的关键支撑机制,为此,可构建分层控制架构,调度层基于全网供需平衡、频率稳定性及经济性优化目标,制定全局优化指令,经由高速通信网络传输至电厂执行层。执行层集控系统依据调度指令,融合机组实时运行参数,实施局部优化调整,并实时反馈机组出力与调节速率等关键数据,构建“全局决策+局部执行+状态反馈”的闭环控制机制。而系统引入自适应调节机制,通过实时监测电网频率偏差、负荷预测误差等动态变量,运用模糊逻辑控制与强化学习算法对PID调节系数及AGC响应死区等控制参数进行动态优化,确保系统在工况波动条件下维持高精度频率跟踪特性。针对设备故障与极端负荷突变等紧急工况,设计紧急协同控制模式,通过预设快速切负荷策略与跨电厂备用共享机制,在毫秒级时间尺度内完成功率重新分配,最大限度保障电网频率稳定性与供电可靠性,实现从常态优化到应急响应的全工况覆盖,为电力系统安全稳定运行提供技术保障。

## 3 火力发电厂集控运行与电网调度的协同优化策略

### 3.1 硬件与软件系统集成

基于火力发电厂集中运行和电网调度的协同优化过程中,需以硬件和软件的深度集成作为基础。首先,通过通信协议标准化能有效打破数据交互的壁垒,并采用国际通用的IEC61850协议,以此实现对火电厂内锅炉、汽轮机、发电机等关键设备和集控系统的实时数据互通<sup>[5]</sup>。然后,利用DNP3协议,以此构建和电网调度中心具有可靠性的通信链路,从而确保其功率指令、频率信号等关键性信息之间满足秒级传输和毫秒级的响应。而在此基础上,还应开发协同优化平台,并在该平台以集成多源数据采集模块、高精度模型计算引擎等方式,统一的将数据采取火电厂运行参数的防护四对电网调度需求进行动态匹配。基于这种方式,能有效形成“数据驱动+模型优化+控制闭环”的协同运行体系,从而显著提升火力发电厂对电网负荷的跟踪进度与调节速度需求。

### 3.2 仿真验证与参数整定

在火力发电厂集控运行和电网调度的协同优化中,基于仿真验证与参数整定能有效确保其协同优化的可靠。因此,可通过搭建高精度的数字孪生系统,并在火电厂热力系统模型、电网潮流模型以及两者动态耦合关系中,以此构建涵盖机组启停、负荷突变以及频率波动等虚拟交互场景。借助实时仿真验证协同策

略在多时间尺度下的控制效果中,能重点评估发电出力跟踪电网指令的精度、频率调节的响应速度和设备调节频次对寿命的影响。而使用历史数据的参数优化方法下,借助机器学习算法对火电厂运行日志、电网调度记录等海量数据进行深度挖掘,并以此训练出反映机组特性和电网需求的预测模型,则可以实现动态调整协同策略的权重系数和控制阈值,并最终实现对参数自适应的定性,以有效提高火力发电厂集控运行和电网调度协同优化中的鲁棒性。

### 3.3 现场试点与逐步推广

通过选取具有典型超临界参数特征的火电厂机组与区域电网结构复杂度较高的电力系统作为研究对象,可实施系统性协同优化技术验证。火电厂侧构建基于多源数据融合的协同优化控制系统,在电网调度侧建立标准化实时数据交互接口,重点监测机组负荷动态响应特性、频率调节精度及设备运行稳定性等核心运行参数<sup>[6]</sup>。而系统性采集负荷高峰、低谷及机组启停过渡过程等典型工况下的实测数据,并以此构建多维度运行数据库,能够为模型优化提供实证依据。而基于实测数据反馈,采用数据驱动方法对控制模型参数进行迭代优化,则能有效修正机组动态特性与电网运行约束条件之间的匹配偏差。并针对实际工程中普遍存在的通信系统延迟、数据采集噪声等技术挑战,通过算法改进提升优化策略的鲁棒性与适应性。经多轮工程验证后,以此形成涵盖硬件配置标准、通信协议规范及控制逻辑框架的标准化协同优化实施方案,为同类型火力发电机组与区域电网的规模化协同运行提供可复制的技术范式与实施路径,促

进电力系统安全高效运行与能源资源优化配置。

## 4 结束语

火力发电厂集控运行和电网调度协同优化是构建新型电力系统的核心。因此,在以多目标优化模型实现发电和电网需求的动态匹配中,应结合自适应控制策略,从而实现提升系统响应的速度。这样不仅有助于更好地解决传统模式下协同性不足的问题,并不断持续优化“源+网”协同模式,从而能够有效助力于电力行业实现安全、高效、绿色的可持续发展。

## 参考文献

- [1]张鸣立.火力发电厂集控运行中节能降耗技术探析[J].电力设备管理,2025,(18):267-269.
- [2]刘洋.低碳经济背景下火力发电厂集控运行节能降耗技术研究[J].电力设备管理,2025,(17):220-222.
- [3]付振宇.煤电电厂单元机组集控运行风险点智能化预警[J].自动化应用,2025,66(15):248-251.
- [4]杭明,胡继坤.火力发电厂集控运行中的大数据技术应用研究[J].科技资讯,2025,23(14):162-164.
- [5]刘勇刚.火力发电厂集控运行节能降耗技术措施探析[J].灯与照明,2025,49(01):167-169+173.
- [6]杨阳.发电厂集控运行中的智能节能技术分析[J].电子技术,2024,53(07):324-325.

## 作者简介:

张志强(1995--),男,汉族,山东济宁人,大学本科、助理工程师,研究方向:火电厂集控运行。