

[调频先控系统]

调频先控系统在电厂的应用及需解决的问题

文/广东能源集团珠海发电厂 吴彦龙
广东电科院能源技术有限责任公司 刘昌一

阐述了调频先控系统在老旧电厂的应用，该系统的有效应用规避了老化机组为适应当下电网规则而重新配置、调整控制逻辑所存在的潜在运行风险，大幅提升了两台机组日调频平均K值。最后，对调频先控系统在植入时需解决的问题进行了探讨。

在中国能监局的积极推动下，南方电网将进入电力现货交易市场，对进入的机组有新的性能要求，调频辅助服务市场已经开始施行，丰厚的调频补助促使各电厂发挥机组性能的积极性，调频辅助先控系统在电厂的应用中充分发挥出优势，促使运用的机组获得了丰厚的回报。珠海发电厂是老龄化机组，面临竞争的市场完全没优势。以前机组的运行要求无法适应当前电力市场的性能要求，必须进行相关控制系统的逻辑重新设置和参数重新配置，但修正优化是一个长期的过程，运行控制存在很多安全风险。珠海A厂通过植入了调频辅助先控系统，解决了机组运行性能上的问题，取得了非常好的效果。

珠海A厂机组DCS控制存在的问题

珠海A厂共两台机组，是日本三菱公司的燃煤发电机组，锅炉为亚临界四角切圆平衡通风汽包炉，型号为MB-FRR。珠海A厂机组运行服役已超21年，属于老龄机组，以前在广东电网的缺电顶峰运行期间立下汗马功劳，机组控制以稳定安全经济为主要目的。目前，南方电网即将进入电力现货交易市场，进入市场机组有物理运行参数最低要求，火电机组负荷升降率至少达到1.5%以上。珠海A厂机组调大负荷速率后，控制性能相当差，主汽参

数、煤量、风量和给水量波幅大，发电煤耗变高，运行参数波动久久不能平稳。机组负荷高时，主汽压力、主汽温度和煤量经常超出正常范围，需要设置高限控制，对设备增加了很大的安全隐患。根据调频系统测试结果，机组调频K值系数很低，运行特性无法具备调频功能的要求。珠海电厂机组的热控系统采用日本三菱的分散控制系统（DCS），DCS采用传统的PID控制技术，可在线编程控制器的功能，但无法更改逻辑控制回路，无法改变逻辑关系，这为机组优化协调控制功能增添了技术难度，增加了技术改造的机组运行风险。对机组DCS控制逻辑系数进行了修正优化，但无明显改善，无法在根本上解决问题。经过技术专家的可行性和安全性论证，引进了广东电科院能源技术公司的机组调频外挂先进控制技术系统（简称调频先控系统）。

调频先控系统介绍

珠海电厂采用的调频先控系统是独立于机组DCS的专用第三方优化的PLC系统（外挂控制系统），运用了模型预测控制、自抗扰控制器（ADRC）、深度内反馈控制器（IFC）和模糊控制等先进控制技术，采用串口通信方式将外置的PLC硬件与DCS控制柜相连，用Modbus、Profibus等通

信方式与DCS交互数据，完成了PLC与DCS的信息交互。系统还从PLC引一根RJ45网线到工程师站，连接上位机，方便调试和收集历史数据，轻易地完成了外挂系统的植入安装。调频先控系统具有以下功能。

1) 先控系统整套设备为集成化封装，造价低，安装衔接方便，维护简单；系统控制模块先进，实现可智能化升级。

2) 先控系统是独立于DCS外的系统，机组运行控制可以自由选择先控系统或原DCS运行，两个系统实现无扰切换。

3) 在先控系统中，可以根据机组特性控制的需要，实现自由编辑，增删逻辑控制回路，修正热工设置参数，具有智能学习化、个性高级塑化等特点，达到设置简单、控制灵活和性能可持续优化的目的。

4) 机组在的40%~100%负荷段，先控系统可

以优化管控机组AGC、一次调频控制、协调控制、主汽温度控制和再热汽温等控制功能模块，保留有冗余控制功能拓展的特性，可根据机组运行的需要进行设置添加。

调频先控系统实现控制的原理

调频先控系统控制原理是把控制量输入先控系统，经过静态反馈、动态反馈和状态综合智能检测以及校正回路校验逻辑整合，实现被控制量按照系统所想达到设置值输出并保持运行。原理图如图1~图4所示。珠海A厂机组植入先控系统后，对机炉协调控制系统、汽温控制系统重新建模，增加逻辑回路，完成加装一套系统对机组AGC、机组协调控制、主汽温和再热汽温等的控制，在机组40%~100%的负荷段提高了机组AGC响应能力，同时提高了机组综合调频性能指标K值。

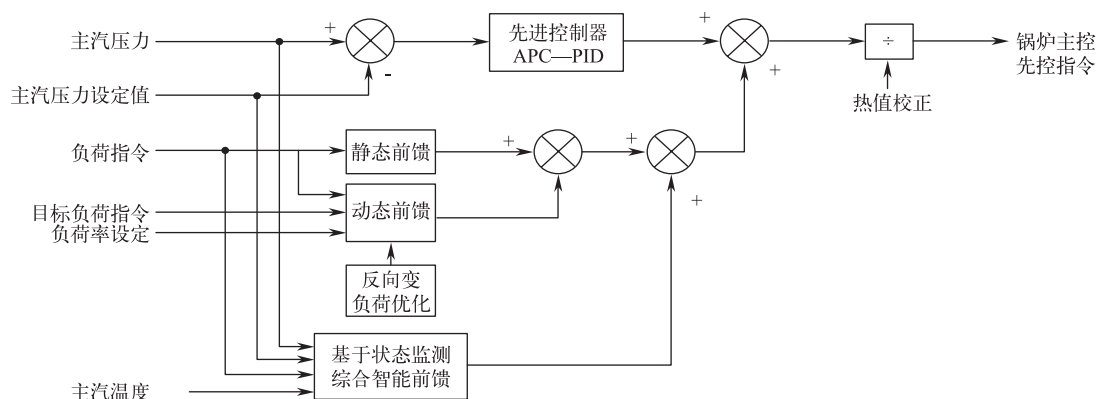


图1 锅炉主控先控原理

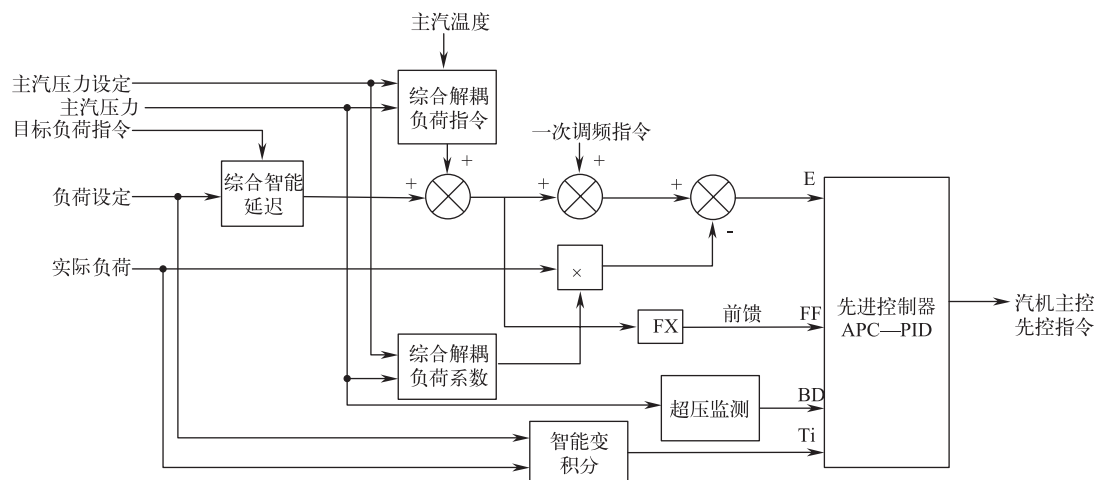


图2 汽机主控先控原理

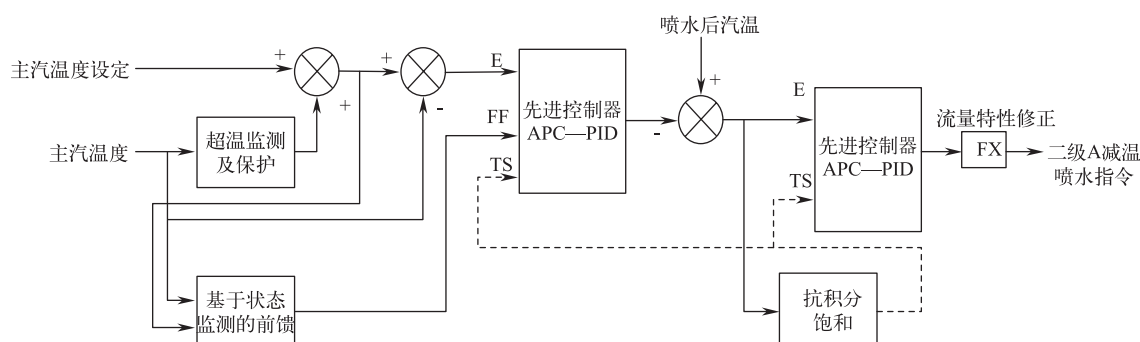


图3 过热汽温先控原理

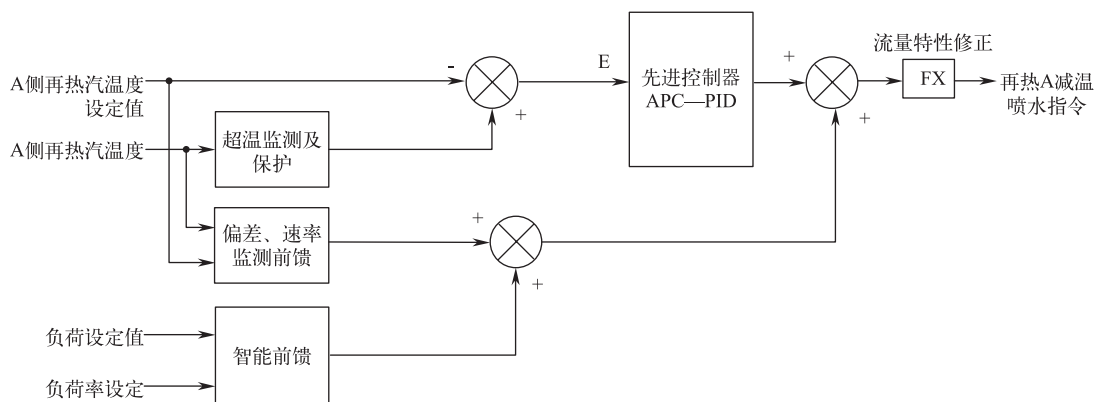


图4 过热汽温先控原理

调频先控系统植入需解决的问题

调频先控系统也不是万能的，机组植入系统后不能马上适用，调试组调试了很长时间，机组运行参数还是波动大，设置高压旁路频繁动作，超出了规定的安全要求。为达到先控系统的最佳优化，珠海A厂设置调频项目优化小组，对先控系统进行功能性的全面了解，历经长期的曲线跟踪和判断分析，最终克服技术障碍，把机组主要参数控制在要求的合理化范围内，达到了理想的机组AGC响应能力，控制性能达到了相同机组的领先水平。关键技术主要是解决了以下问题。

1. 锅炉主控逻辑的设置以及系数的配置调整

调频先控系统的植入最主要的是解决锅炉主控逻辑的设置以及系数的配置调整问题，这是技术要求最高、最关键的部分。锅炉主控直接控制锅炉燃料量增减，直接影响锅炉主汽参数汽温、汽压波动幅值和过热器受热面的超温，关系机组运行稳定和发电煤耗。珠海A厂解决技术的关键点主要综合考虑了汽包炉的运行特点、锅炉的燃烧特性、磨煤

机运行数量及煤量变动对燃烧的影响、风量变动特性、锅炉负荷与燃烧火焰中心关系特性、负荷与汽温减温水关系特性、锅炉燃烧的静态调整、锅炉负荷变动以及燃烧器摆角调整等工况对主汽参数的影响情况，逐一进行分析评估，针对各负荷段、各种磨缺层燃烧、烟气分布不均、减温水阀异常或动作性能不同及特殊负荷段，煤质有差别的特殊情况下，量身制作逻辑控制回路，运用不同系数进行配置处理，经过调整工况进行验证优化。经历近半年时间的跟踪研究和微调对比，对逻辑回路系数进行多次的配比和修正，获得较好的配置系数。

2. 汽机主控逻辑的设置以及系数的配置调整

汽机主控逻辑直接影响对机组响应能力和调频性能，同时也影响锅炉的参数运行。调频性能评价主要有三个指标：调节速率、负荷响应时间和调节精度。三个指标的结果均和汽机主控逻辑输出有关。一般情况下，机组调节速率越高，响应时间越早，调节精度越高，调频性能K值就越高。但往往锅炉的响应存在滞后的问题，无法跟随上汽机对负

荷指令的反应。机组投入调频先控系统后，机组控制以汽机跟随模式转变为锅炉跟随的控制模式，在主汽参数正常情况下，优先响应机组AGC的负荷，提高了机组调频性能。在主汽参数欠佳时，汽机主控通过逻辑系数进行协调性的限制，保证相关参数运行在规定的范围之内。解决好锅炉主控和汽机主控的协调配合问题，机组调频性能明显增强。

3. 解决机组参与调频后设备损耗养护问题

机组参加调频后，机组负荷的变动较为频繁，机组相关运行设备跟随调频动作调整的次数是不参与调频动作次数的6~8倍，直接增加设备的损耗，缩短运行寿命，特别是汽机的调门、汽泵小机调门、送引风机调节机构、磨煤机及其附属设备、减温水调节阀和燃烧器摆角等易损部件。设备易损部

件必须缩短维护周期和提高维护质量，增加了人工成本和设备维护成本，成本核算和维护的策略需要做出的相应调整。

珠海A厂采用调频先控系统后取得的调频性能结果

珠海A厂共两台机组，先控系统经过长期的优化，调频性能有了很大的提升。在南网区域调频市场，加上水电机组参与性能计算后，调频 K 值达到0.80以上就有机会中标调频服务，珠海A厂两台机组日调频平均 K 值达到0.93，除了低谷调峰时段外，全天均能中标，获得较好的调频收益。调频先控系统在电厂应用，珠海A厂是一个较好的范例。如图5所示。

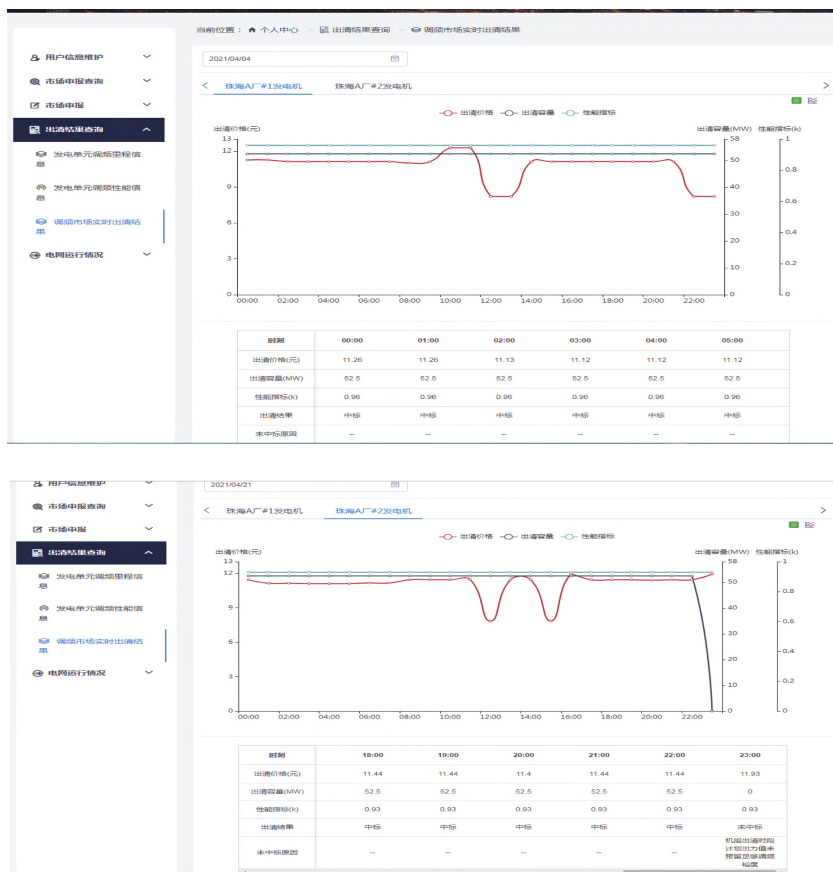


图5 珠海A厂调频先控系统范例

结束语

调频先控技术的实施为老旧电厂机组控制系统更换、升级和优化提供了一项行之有效的解决方案，规避了老化机组为适应当下电网规则而重新

配置、调整控制逻辑所存在的潜在运行风险；对提高了机组的操控性、安全性和运行性能有很大的帮助，并为其未来新增加调节功能预留了窗口。EA

(收稿日期：2021-07-21)