

试析火电机组低负荷协调优化灵活性改造技术应用

王振刚

河北南玻玻璃有限公司

DOI: 10.12238/ems.v5i2.6079

[摘要] 当前,火电机组实现灵活性改进,其运行处于大范围变工情况下,在保证安全运行的同时,要统筹思考机组低负荷的可靠性,对此,本文主要围绕着火电机组来展开,基于低负荷协调形式的改进技术,分析运行参数以及范围,为机组设计出低负荷协调形式的控制方案,在现场实施应用中,最大化发挥灵活性改造技术的优势,改善火电机组性能。

[关键词] 风机失速;低负荷条件;主辅机设备;压力波动

Application of Flexibility Transformation Technology for Low Load Coordination and Optimization of Thermal Power Units

Wang Zhengang

Hebei Nanbo Glass Co., Ltd

[Abstract] Currently, thermal power units have achieved flexibility improvement, and their operation is in a wide range of variable work conditions. While ensuring safe operation, it is necessary to consider the reliability of the unit under low load. This article mainly focuses on the ignition motor unit, analyzes the operating parameters and scope based on the improvement technology of low load coordination form, and designs a control scheme for the unit under low load coordination form, which is implemented and applied on site, Maximize the advantages of flexibility transformation technology and improve the performance of thermal power units.

[Key words] fan stall; Low load conditions; Main and auxiliary equipment; pressure fluctuation

引言

低负荷协调形式的优化技术具有明显的应用优势,它主要为了达到全程自动控制的效果,是灵活性改造技术中不可或缺的一项内容,结合现实情况,考虑到各个燃煤机组投入应用时的可靠性,整体热工控制体系的改进升级成为当前紧迫内容,所以,基于火电机组,有必要实行低负荷的协调优化,采取灵活性改造技术,增强现场的控制效果。

1、机组概况

1.1 主机情况

以某企业的标准化设计锅炉为例,将其称为2号机组,此锅炉进行着超临界压力形式的变压运行状态,内部设置着再循环泵的启动系统,属于直流锅炉形式,其中涉及到全钢架、固态排渣等性能。

1.2 灵活性运行状态

深度调峰灵活性的改造工作开展前,研究锅炉最小技术的出力情况,数值为251MW,不能在长时间中稳定运行。纵观原有系统,协调自动控制逻辑不够,主要体现在机组的50%额定负荷

条件,若机组降低,处于40%时,就要改变成为手动控制的模式,耗费了更多运行人员的劳动力。另外,在原有系统中,处于低负荷条件时,主辅机设备产生了比较特别的故障问题,比较常见的有风机失速现象、稳燃现象等,预警手段缺乏针对性。与此同时,机组运行设备也会产生状态的改变,燃用煤质也会出现变化,正常负荷情况下,机组的控制逻辑没有获得改善,有关负荷速率依然存在着提升空间[1]。

1.3 协调控制系统的状态

基于2号机组,深入研究其协调控制系统,运用了具有代表性的3PID,借助诸多前馈制约方式来辅助。在长时间运行环境下,设备的运行情况发生偏移,煤质也会出现变化,给水量、主蒸汽的压力参数不再准确,当前,机组自动运行阶段中,仅仅能达到50%到100%的额定负荷,没有办法加入到机组的深度调峰中,所以,有必要增加30%到50%的额定负荷协调控制,这样能改善机组的自动化能力,对于那些可再生资源,有助于实现最大化的消纳效果[2]。

2、技术路线的实施

2.1 监控主辅机的设备状态

关于火电机组，其正常负荷为超出50%的额定功率，当逐渐转向长时间的低负荷运行状态时，带动各种类型的辅机出现变化，产生了不稳定状态。在工况变化下，辅机的各项参数不再是原来的数值，致使辅机的安全性受到影响。比如，如果流量处于较低的水平，会导致风机失速，也可能产生喘振这样的不正常情况；关于磨煤机，很可能受到低水平的出力作用，产生较大的振动情况，有关零部件因此而受到磨损；给水泵应用时，当给水量比较小，泵体中的水长时间与叶轮产生摩擦作用，从而温度升高而发热，水的温度上升到一定情况后，汽蚀现象发生。在发电厂中，辅机属于重点应用设备，如果由于异常故障出现跳闸的现象，会阻碍发电厂的正常运作，还有可能损害人员安全。所以，开展正式工作前，要围绕着低负荷情况，关注主辅机的状态，比如，风机、汽轮机、水泵等。运用大数据分析功能，结合软测量等先进的处理方式，为辅机开发、安装了可以安全监控的系统，还有分析燃烧稳定性的试验系统等，对于执行深度调峰的火电机组，综合展开低负荷运行的安全监控工作，确保在低负荷情况下，主辅机处于安全水平。

2.2 燃烧调整验证

围绕着2号炉的现实情况，查找先前的运行数据，组建简化模型，辅助现实操作经验，融入精细化思想，进行锅炉燃烧的调整，在纯凝方式下，初步降低了最小技术出力，达到198MW，顺利通过了第三方检测。细致记录燃烧的调整环节，关注主汽温度、风、压力等重点参数的波动，实现再一次模拟，以便于执行接下来的协调控制参数的改进。

2.3 协调系统的优化处理方式

开展燃烧调整试验之后，深入研究协调系统的优化控制内容，对协调控制系统流程实现简化，从机理角度分析，结合先前的数据辨识，研究复合建模方法，针对于低负荷协调控制建立了系统模型，模型有关结果见图1。验证模型，计算出平均相对误差，通常处于5%以内。在2号机组中，简化处理当前具备的控制逻辑，在模型条件上实现验证。针对于此模型，深入分析智能形式的给煤前馈构造方式，改善锅炉主控体系，获取PID参数优化的方式[3]。

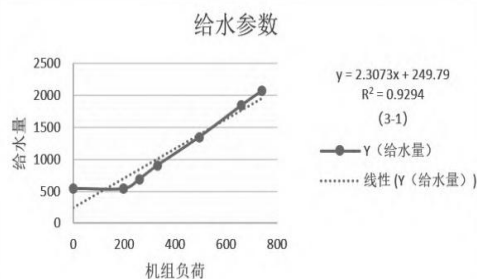


图1 给水参数设定

3、优化协调控制系统分析

3.1 调整给水系统

在给水平静前馈中，增加30%的额定负荷，扩展逻辑内容，重新设置给水流量的最低值，改为适合系统的数值，表达为540t/h，在30%的额定负荷运行情况下，给水量情况依旧不变，表达为692t/h，防止控制器的调节压力过度超出标准程度，避免在中间点出现温度变化剧烈的结果。

3.2 调整煤主控

基于30%的额定负荷，对应增加给煤量，在低负荷数据中，修改最低的平均给煤量，数值大约为145t/h，在多次调峰之后，都展现出超过145t/h，找到0对应的位置，安排为140t/h，当达到自动投运的效果之后，在面临锅炉主控指令降低的情况时，也能在煤量中发挥保护作用，形成最低的给煤量作为保障，一般处于140t/h以上。

3.3 压力波动允许范围的调整工作

原系统中，设定许可的压力偏差时，定值为1.2MPa，不利于机组的调节过程，主蒸汽压力因此而出现明显的动荡。在不同负荷情况下，要想提升主蒸汽压力的制约效果，利用稳态、动态情况，减少主汽压的波动，不断减小该值，与此同时，分析低负荷情况中机组的安全问题，重新设置此参数，保证与机组的负荷变化对应，关于高、低负荷数值，分别略大、略小[4]。

3.4 扩充动态给煤前馈

在负荷偏差的影响下，在系统中增加原有偏差给予的前馈量，而原有系统中存在着局限，动态量不够大，在面临动态调节环节时，不能最大化调用锅炉蓄热，所以，需要围绕着机组动态，提升给煤前馈效果，从根本层面改变机组变负荷的速率。在系统内部，留有选择功能，如果机组负荷出现变化，超过50%的额定负荷，此时动态前馈将会起到作用，需要深层分析锅炉的低负荷稳燃；如果机组负荷出现变化，小于50%的额定负荷，动态给煤量会出现两种状态，一种是减少现象，一种是消除现象。

3.5 低负荷下调整压力曲线

分析机组原本的设定曲线，数值大约为11.2MPa，开展低负荷的试验工作期间，有关人员执行摸底工作，纵观机组的低负荷压力运行情况，大约处于14MPa，采取手动的控制手段时，可以看出主汽压力存在着普遍性，大约为15、16MPa，压力运行在时间推移下渐渐升高，却并不能稳定在某个数值上。关于主蒸汽压力的定值，不仅影响着机组的效率，还会干扰机组的安全性，在现场借助实验，得到低负荷条件下最佳的压力安排值，30%的额定负荷下，压力被初步设置为16 MPa。在低负荷下，设定较高的压力，将会带动供电煤耗激增，所以在后续的工作中，要联系机组的现实运行情况，依照步骤来减少低负荷的主汽压力。

4、改造成效分析

基于低负荷协调形式的改进技术，分析运行参数、范围，为机组设计出低负荷协调形式的控制方案，经过测试处理之后，可以看出在低负荷、高负荷的范围中，机组的AGC控制系统能够发挥出正常的功能，与机组相关的不同通讯信号处于正确水平。机组的负荷跟踪能正常执行，AGC负荷指令在规范时间里做出响应，诸多功能均能做到正常好用，关于机组的CCS系统，若其能高效投入应用，面对中调的负荷指令，AGC的控制系统在正常水平下积极响应，同电网负荷调节的需求相适应。基于30%的额定负荷，2号机组能安全运行，并且得到了良好的补偿收益。

5、火电灵活性提升的研究方式

5.1 对火电机组的灵活性提升改造

关于火电灵活性的提高和改造，在其他国家得到了广泛推行，我国在电源结构、运行形式等方面并不成熟，与其他国家依然具有差距，结合现实的实践经验，火电灵活性改进的差异并不明显，提升火电制热设备的技术水平，同时联系经济特征，可以将其作为火电灵活性得到提升的模型。

5.2 优化火电综合能源系统

关于火电机组，当实行灵活性改进处理后，有关决策部门增加了工作量，工作内容变得更加复杂，约束性也逐渐明显。对此，要关注具有灵活特性的资源，清晰掌握彼此之间的耦合关系，展开规范的建模工作，基于电热综合能源形式，构建一个趋于完整的运行系统，推动规划理论在实践中发挥价值，在电力系统中逐渐优化运行方式，为有关部门提供参考，可以看清整体规划性的问题，建立综合能源系统，发挥灵活性改造技术的优势。

5.3 对火电调峰资源实行最佳运行方略

搭建高度匹配的模型，有助于决策部门的工作，展现出辅助作用，经过灵活性改造之后，针对这样的火电单元，基于不同项调峰资源，联系其内部技术经济的特点，推行优良的运行对策，解决现实火电机组问题。借助火电灵活性的调峰方式，维护了成本效益，将电网作为实际案例，在仿真环境下运算，整理出运用灵活运行理念、适合火电调峰的资源方式。

5.4 构建有关的激励机制

目前，在一部分地区中，已经开始重视调峰，建立了以此为辅助的服务市场形式，主要是为了激励市场中的运行主体，保证其可以本着积极的态度加入到调峰工作中。然而，纵观整体的运行效果，热电在调峰中相对比较消极，在灵活性改造方面不足，所以，有关部门要坚定决心，有必要改正调峰市场中的规则，为市场设计合理的处理方式，鼓励热电发展，主动实

行灵活性改造。

5.5 同电力系统规划深度融合

深入了解电力系统的灵活性需求，从传统角度来看，基本上来自负荷的变化，当前可再生能源突出，其比例明显提升，电源的波动性变的更强，灵活性需求日益变强。所以，在推行电力有关规划时，要全面性思考灵活性，正确分配种类具有差异性的灵活性资源，在规划工作中重视灵活性。关于火电灵活性改造，需要联系系统的灵活性需求，改善系统灵活性状态，促使其具备更高的充裕度，减少系统的灵活性输出。在规划研究中深入执行灵活性改造，在系统灵活性的整体规划中得到体现，围绕不同市场的影响，均衡分析各个主体的利益，保证与电力系统相协同。

5.6 遵循政策导向

对于火电机组，实行灵活性改造，能明显提高机组的深度调峰水平，在市场中取得竞争地位，从而得到优良的政策补贴，同时也能让火电企业处于优良生命周期内，顺应了绿色发展转型。实行灵活性改造，需要依照一厂一政策的原则，不仅要联系企业自身的特征，根据政策的导向，确定出改造的目标，细化设定技术方案，考虑市场今后的变化，做好资源分配，顺应实际需求。

结论：

通过上述分析可知，基于火电机组，其深度调峰的灵活性改造技术的实行，在社会上产生了明显的经济价值，此项改造技术适宜应用在热、风等充沛的环境中，有助于改善能源的消耗结构，最大化利用可再生的新型能源，符合当前的环境保护理念，展开灵活性改造时，需要明确机组当前存在的问题，联系环境特征，保证各个机组投入应用时足够可靠。

【参考文献】

- [1]李想, 庄志宝. 火电机组低负荷协调优化灵活性改造技术应用[J]. 仪器仪表用户, 2023, 30(01):88-91+45.
- [2]庄志宝, 李想. 火电机组低负荷协调优化灵活性改造技术应用[C]//吉林省电机工程学会. 吉林省电机工程学会2022年学术年会获奖论文集. 吉林省电机工程学会2022年学术年会获奖论文集, 2022:520-526.
- [3]杜鸣. 火电机组灵活运行下的负荷频率控制优化研究[D]. 华北电力大学(北京), 2021.
- [4]陈吉玲. 压缩空气储能系统与火电机组耦合方案及其特性研究[D]. 华北电力大学, 2021.
- [5]陆陆, 钟文晶, 何郁晟. 大型火电机组低负荷运行辅机跳闸控制策略研究[J]. 自动化仪表, 2020, 41(11):70-75.