

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2022) 08-088-03 中图分类号: TP273

一种基于和利时DCS的热电厂母管制锅炉负荷分配的优化控制方法

An Optimal Control Method for Load Distribution of Main Tube Boiler in Thermal Power Plant Based on Hollysys DCS

★ 李福军, 轩福杰, 史春方, 侯伟军 (杭州和利时自动化有限公司, 杭州 310000)

摘要: 热电厂具有供电和供热的双重功能, 比普通电厂拥有更高的能源利用率, 广泛存在于电力、石化、冶金、造纸和热电联产等企业之中。多数企业热电厂为更灵活满足生产热负荷需求, 普遍采取多炉母管制运行方式, 多炉蒸汽在母管混合后统一为后续生产的热负荷, 因此母管蒸汽压力的稳定性对后续工艺生产至关重要。要实现母管蒸汽压力稳定控制就需要考虑各炉的负荷的平衡分配, 因多台锅炉的燃烧状态不统一, 多台炉并列运行时往往存在抢负荷现象, 导致锅炉之间负荷偏差较大, 在生产热负荷要求变化时不能及时响应, 母管压力波动大, 给后续生产运行稳定带来较大影响。本文针对此问题进行了分析探索, 设计了一种基于和利时DCS母管制锅炉在一定偏差基础上负荷分配的控制方法。

关键词: 热电厂; 母管制; 负荷分配; 抢负荷; 和利时DCS; 优化控制

Abstract: Thermal power plants have dual power supply and heat supply functions, and have higher energy utilization than ordinary power plants. They are widely used in electric power, petrochemical, metallurgical, papermaking, cogeneration and other enterprises. In order to meet the production heat load demand more flexibly, most enterprise thermal power plants generally adopt the operation mode of multi furnace main pipe, and the steam of multiple furnaces is unified as the heat load of subsequent production after mixing in the main pipe. Therefore, the stability of steam pressure in the main pipe is very important for subsequent process production. To realize the stable control of header steam pressure, it is necessary to consider the balanced distribution of the load of each boiler. Because the combustion state of multiple boilers is not unified, there is often a load grab phenomenon when multiple boilers operate in parallel, resulting in a large load deviation between boilers, which cannot respond in time when the production heat load needs to change. The header pressure fluctuates greatly, which has a great impact on the stability of subsequent production and operation. This paper analyzes and explores this problem, and designs a load distribution control method based on Hollysys DCS master tube boiler based on the certain deviation.

Key words: Thermal power plant; Pipe-main; Load dispatch; Load grab; Hollysys DCS; Optimal control

1 引言

企业内热电厂在运行期间需要提供高品质蒸汽负荷用于供热或工业生产使用, 但生产时热负荷需求是不断变化的, 导致锅炉负荷需要频繁调整, 操作人员工作繁重, 尤其在多炉母管制并列运行时, 虽然大多数为同等蒸发量的同类锅炉, 由于燃烧状况或多个负荷端与各锅炉蒸汽出口距离不相同等原因, 在负荷调整过程中, 因多台炉母管制运行的特殊性, 增减负荷分配控制不能统一协调分配, 经常会出现炉间抢负荷现象, 造成母管压力波动大、负荷需求响应慢等问题, 对企业生产带来很大的困扰。本文主要针对抢负荷工况下负荷分配进行了分析, 在保证母管压力的同时, 根据锅炉运行状况允许锅炉负荷存在固定偏差的情况进行优化负荷分配, 提出了一种基于和利时DCS母管制锅炉负荷分配的优化控制方案, 增加了负荷分配方式的灵活性。

2 常规母管制锅炉负荷分配的自动控制方案

热电厂锅炉多采用母管制的运行方案, 锅炉与用汽负荷端均直接与蒸汽母管相连, 并列的所有锅炉产生的蒸汽都集中进入母管中, 汽轮机进汽和其他用汽负荷都同时来自母管蒸汽, 因此母管制锅炉运行过程中的负荷控制其实就是对进入母管蒸汽的各蒸发量的调节, 用来稳定母管蒸汽压力。因此负荷协调控制又可以被称为母管压力控制^[2]。目前现有的母管蒸汽压力的自动控制方法很多, 在几种常用的方案中, 最典型的是“锅

炉负荷跟随母管压力”的控制策略^[3]。“锅炉负荷跟随母管压力”的控制策略以母管压力为校正调节器，与各调压炉的热负荷调节器构成了串级调节系统，控制原理如图1所示。母管压力校正调节器根据母管压力偏差值，将热负荷要求分配给各调压炉。

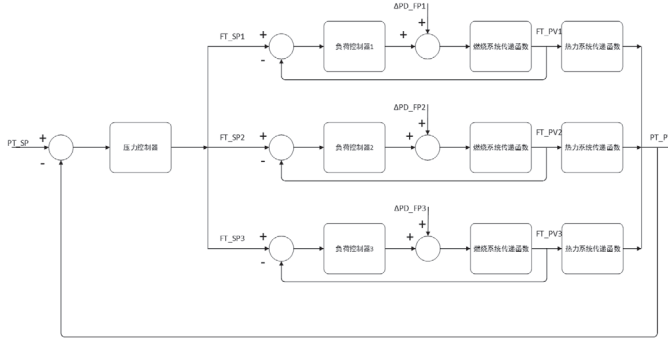


图1 常规母管蒸汽压力控制原理框图

其中，PT_SP——母管压力设定值，FT_SP1——母管压力校正调节器分配负荷1，FT_SP2——母管压力校正调节器分配负荷2，FT_SP3——母管压力校正调节器分配负荷3，ΔPD_FP1——汽包压力变化增量，FT_PV1——锅炉1热负荷，PT_PV——母管压力实际值。

为了能快速稳定母管压力，引入了各台锅炉的汽包压力微分增量，该微分增量直接作用至燃料回路，以减少整个回路的惯性。在以往项目中发现，此控制方案在实际使用中很难取得理想的控制效果，具体原因如下：

(1) 难以克服锅炉抢负荷现象。锅炉抢负荷现象，即在整体蒸汽负荷不变的情况下，因锅炉内燃烧剧烈程度的差异，使某台锅炉的汽包压力上升，从而这台锅炉的供汽量上升，锅炉负荷分配目标随本炉实际负荷逐渐升高，导致该炉燃料量进一步加大，于是汽包压力进一步升高，这一过程中由于蒸汽母管的耦合作用，其余锅炉的蒸汽量减小，其余锅炉的负荷分配目标也随着本炉实际负荷在逐渐减小，燃料量随之降低，最终使各台炉负荷偏差较大。

(2) 运行方式不灵活。由于设备、工艺等原因，运行人员希望设定并列运行的锅炉之间的负荷偏差目标。实际运行中，运行人员手动将锅炉之间的负荷偏差调整到理想状态，但投入母管压力控制后，锅炉之间抢负荷或母管压力偏差分配不均，导致锅炉之间的负荷偏差失控，操作人员需要经常手动干预。

某单位3台540t/h煤粉锅炉，2用1备，由于以上原因，运行人员经常选择1台锅炉调压，另一台手动运行，增加了操作人员的工作量，母管压力的调节周期也延长，同时无法响应大范围的负荷需求变化。

3 基于平均负荷的母管制锅炉负荷分配控制方案

(1) 优化控制方案介绍

针对上文所述母管制锅炉运行问题，借助和利时在电力行业的项目经验，进行了现场实际情况调研及用户生产运行的需求分析，采取了在“锅炉负荷跟随母管压力”控制策略的基础上进行了基于平均负荷的负荷分配方案，改进后的控制原理框图如图2所示。

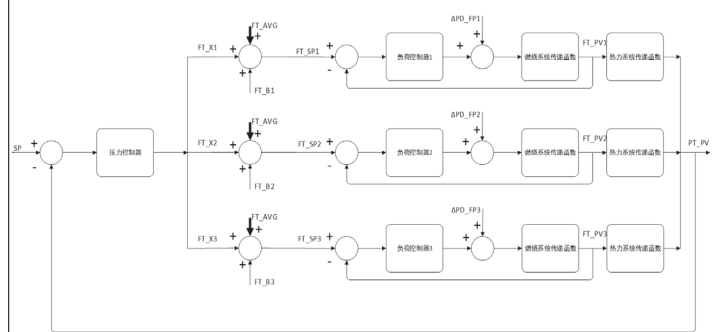


图2 基于平均负荷的负荷分配方案控制原理框图

其中，PT_SP——母管压力设定值，FT_SP1——锅炉1的负荷指令，FT_X1——母管压力校正调节器计算的负荷修正值，FT_AVG——投入母管协调炉的平均负荷，ΔPD_FP1——汽包压力变化增量，FT_PV1——锅炉1热负荷，PT_PV——母管压力实际值，FT_B1——人为设定负荷偏置的锅炉负荷增量。

基于平均负荷的负荷分配策略原理框架仍与常规控制基本一致，不同的是每台锅炉的负荷目标以平均负荷为基准，母管压力偏差计算出的负荷修正值修正锅炉负荷目标，再考虑人为设置的负荷偏置分配到每台锅炉的负荷增量，从而得出每台锅炉负荷分配指令。这种分配方式可以保证锅炉在一定偏差的基础上响应外界负荷变化，完成母管压力的自动平稳调整，减少操作人员劳动强度，提高运行稳定性，并且还可以根据不同机组、不同运行状态、不同场合需求进行参数调整，实现了多台锅炉的合理负荷分配，有较高适用性。

(2) 负荷偏置分配功能

运行人员希望锅炉之间的出力不同，每台锅炉增加一个负荷偏置点，如果运行人员设置的负荷偏置点的和不为0，负荷偏置干预会增加或减少总负荷指令，使总负荷指令偏离实际负荷需求，势必会对母管压力造成长时间的干扰。为解决此问题，借助和利时DCS的HOLLiAS MACS V6可自定义功能块功能，设计专门的优化控制功能块OPT_PZF。通过这种自定义功能块的方式，可方便实现根据投入定压力运行锅炉数量、参与调平锅炉数量和锅炉设置偏置值，计算出每台锅炉的负荷偏

置量, 保证锅炉负荷偏置量之和为0, 以免产生人为干扰。例如, 3台锅炉定压力运行, 同时参与负荷调平, 1#锅炉偏置值设定为20t, 其余锅炉偏置值设定为0t, 通过此功能块运算结果为: 1#负荷偏置量为10t, 2#锅炉、3#锅炉负荷偏置量分别为-5t。3台锅炉定压力运行, 同时参与负荷调平, 1#锅炉偏置值设定为20t, 2#锅炉偏置值设定为-10t, 3#锅炉偏置值设定为0t, 通过此功能块运算结果为: 1#负荷偏置量为12.5t, 2#锅炉负荷偏置量为-10t, 3#锅炉负荷偏置量2.5t。此优化功能块可在同类工程中重复使用, 提高组态设计标准化及调试的效率。偏置分配功能块设计图如图3所示。

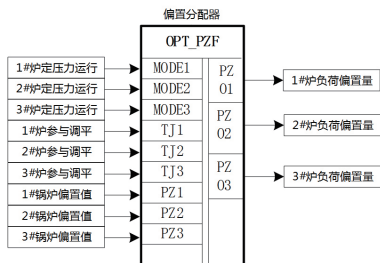


图3 偏置分配功能块设计图

(3) 实际应用效果

某单位3台540t/h直吹式煤粉锅炉, 前期采取常规母管蒸汽压力控制方案, 因两台锅炉抢负荷导致两台炉出现负荷偏离平均值, 长时间无法恢复, 炉况不稳定, 有时还会造成母管压力波动。图4为5小时的常规母管蒸汽压力控制方案调节过程趋势图, 从图中可以明显看出负荷偏差不可控, 压力波动明显。

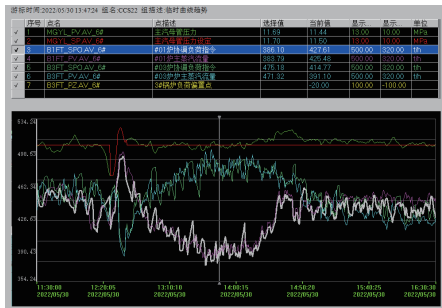


图4 常规母管蒸汽压力控制方案调节过程趋势图

将基于平均负荷的负荷分配方案和偏置分配功能块应用于此项目后, 两台锅炉虽然存在短暂的抢负荷现象, 但长时间维持人工设定的负荷偏置。图5为5小时基于平均负荷母管蒸汽压力控制方案调节过程趋势图, 可以看出锅炉负荷偏差受人设为定的负荷偏置值控制, 压力波动收敛, 达到了锅炉负荷合理分配的目的, 操作更加灵活, 满足了现场的负荷变动且出力可控

参考文献:

[1] 白志刚. 自动调节系统解析与PID整定[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
 [2] 吕剑虹, 吴科, 郭颖, 等. 应用大滞后控制技术的并列锅炉母管蒸汽压力的优化控制[J]. 动力工程, 2007, 27 (1): 67 - 71.
 [3] 王令存. 电站锅炉燃烧控制系统的优化策略[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007, 31 - 39.

的需求, 得到用户的认可和好评。

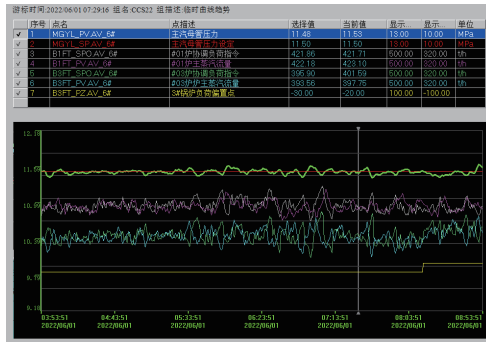


图5 基于平均负荷母管蒸汽压力控制方案调节过程趋势图

4 结束语

国家双碳政策的推行, 对热电厂在深度调峰、超低排放、灵活运行等方面提出了更高要求, 工艺指标的控制要求也在逐渐提高, 控制方式需要更加灵活。在热电企业内多炉母管制运行的生产方式是提升负荷调整能力、提高供热品质、合理利用能源、节约能源的有效途径, 但母管制运行也对各炉负荷协调控制带来了更高的要求, 本文针对在多炉母管压力控制过程中锅炉之间抢负荷现象, 引入平均负荷参与调节, 增加了人工设定负荷偏置功能, 以满足母管运行锅炉不同出力的需求, 并取得了一定的应用效果, 希望能为后续多炉母管运行的优化控制提供更多基础。AP

作者简介:

李福军 (1982-), 男, 浙江杭州人, 中级工程师, 学士, 现就职于杭州和利时自动化有限公司, 研究方向为工业过程自动化、燃烧优化。

轩福杰 (1986-), 男, 山东菏泽人, 中级工程师, 学士, 现就职于杭州和利时自动化有限公司, 研究方向为工业过程自动化、燃烧优化。

史春方 (1986-), 男, 吉林长春人, 中级工程师, 学士, 现就职于杭州和利时自动化有限公司, 研究方向为工业过程自动化、燃烧优化。

侯伟军 (1981-), 男, 河北石家庄人, 中级工程师, 硕士, 现就职于杭州和利时自动化有限公司, 研究方向为工业过程自动化、燃烧优化。