

[发电机]

# 300 MW供热机组主汽压力波动分析

文/河北大唐国际张家口热电有限责任公司 郭有福

主蒸汽压力作为单元机组协调控制系统的重要参数之一。主蒸汽压力不跟随滑压曲线变化，不仅导致机组的热耗增加，也会影响机组的安全性。通过阐述供热机组的AGC指令曲线在供热期间与非供热期有较为明显的区别，主蒸汽压力波动现象在供热期间更为明显。通过选择合适的方法可以减少主蒸汽压力波动的现象，同类机组可以借鉴调整。

燃煤发电机组正常采用机炉协调方式，通过锅炉和汽轮机的配合，使得发电机实发功率与电网给定AGC指令相快速接近。发电企业更注重安全性，需要将主蒸汽压力作为机组协调重要的调节参数来控制。炉跟机协调就是一种较好的控制方式——又能快速满足电网负荷要求，且主蒸汽压力也波动不大。在供热机组非供热期投入AGC运行时，通过提升机组的负荷变化率，加上控制系统的前馈功能，能较快地响应外界负荷变化，以便能投入BLR模式来减少分摊费用，实现两个细则盈利。单元机组锅

炉特性为热容量大、时间常数大，一定程度影响了主蒸汽压力的稳定。而供热期间主蒸汽压力波动更为明显，多数超过稳定负荷时有关规程规程如DL/T 774，DL/T 657关于模拟量动态偏差小于 $\pm 0.5$  MPa，静态偏差小于 $\pm 0.3$  MPa技术要求要求。

## 机组现状

以某厂#2机组供热机组在非供热期间主蒸汽压力较为稳定，但是在供热期间，也存在主蒸汽压力波动现象。如图1所示。

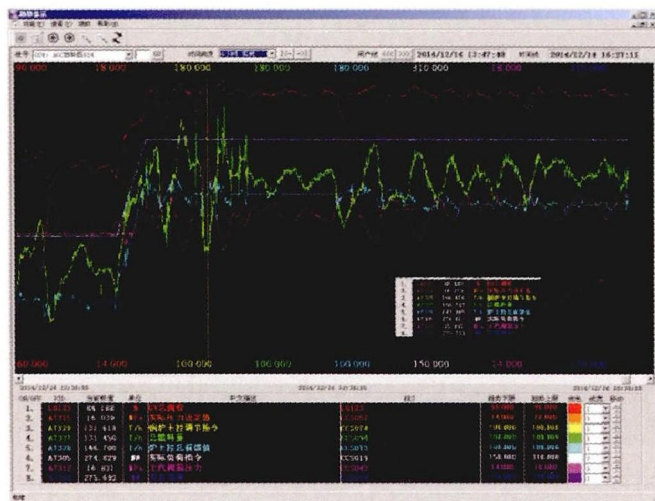


图1

图1中, 负荷指令较为稳定, 主蒸汽压力波动就超过了0.2MPa, 较强的振荡趋势. 在负荷变化中, 压力波动甚至能达到0.65MPa, 一定程度的影响了机组安全稳定运行。

单元机组中, 锅炉特性为较汽轮机惯性更大, 时间常数长, 相应外界负荷的能力更弱。为了提高锅炉的响应速度, 充分利用锅炉的惯性, 一般采用前馈来改善现状, 一定程度上使锅炉的

热负荷和汽轮发电机输出功率相平衡。锅炉通过调节燃料量来控制压力变化, 最主要平衡的为锅炉主控的前馈左右, 以使得负荷稳定。投入协调运行后, 默认投入炉跟机协调模式, 汽轮机来通过改变综合阀位来响应外界的负荷变化, 锅炉通过改变燃料量改变向汽轮机输送的蒸汽。而锅炉主控通过实际压力设定值和汽机主蒸汽阀前的压力进行PI调节, 主前馈回路如图2所示。

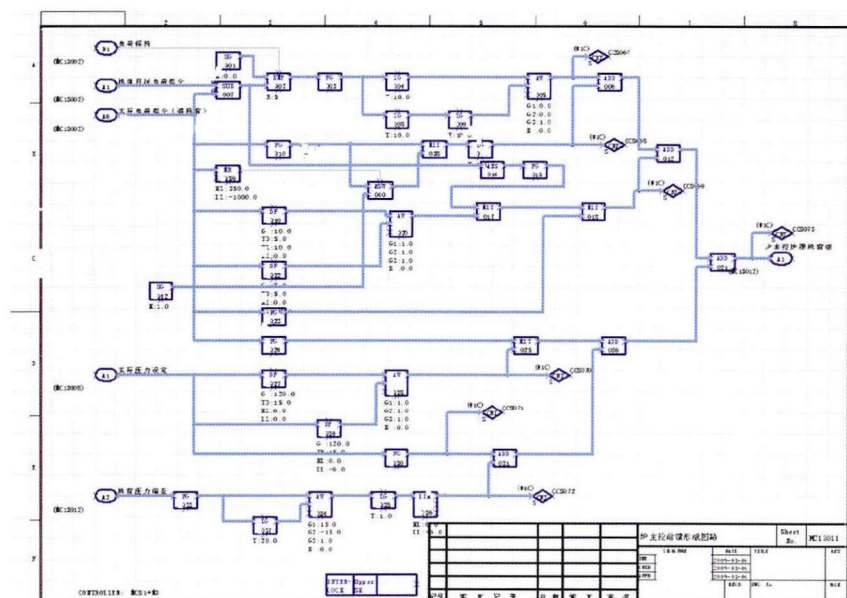


图2

1) 锅炉主控主前馈。主前馈根据实际负荷指令的直线函数 (FG010) 形成。有以下关系。

(X0: 0, Y0: 0; X1: 150, Y1: 80; X2: 200, Y2: 107; X3: 250, Y3: 133; X4: 300, Y4: 160; X5: 330, Y5: 160; ) 此部分直接可以将主蒸汽压力能处于开环的能量平衡。按照调试的经验, 该回路的计算值为稳态煤量的95%左右, 给微分和PI调节器留有调节的空间, 以便能达到更好的效果。

2) 负荷指令微分前馈。该部分由正向微分 (DF19) 和负向微分 (DF22) 形成。该部分可以根据实际参与一次调频前的指令来快速响应外界负荷指令变化, 同时, 用微分可以根据不同负荷变化率计算出相应的煤量, 较用两个一阶与一个一阶比较 (LG008和LG009, LG004) 回路, 更能适应外接负荷变化。选择一次调频前的指令可以防止响应一次调频时导致的负荷波动被检测出导致煤量进行变化。

3) 主蒸汽压力设定前馈。该部分由正向微分

(DF027) 和负向微分 (DF029) 形成。在定压方式, 通过CRT上改变压力设定值, 通过锅炉的蓄热惯性后得到实际压力设定值。在滑压运行方式下, 机组负荷变化, 主蒸汽压力设定值有相应的函数关系。可在滑压曲线段, 负荷变化是实现改变蒸汽参数, 又要满足外界负荷变化, 此部分也可以提起对煤量进行干预。采用微分

4) 主蒸汽偏差微分前馈。该部分由函数模块 (FG033) 和一阶环节 (037) 组成。当主蒸汽波动达到偏差一定的限制值时, 此部分起作用, 能弥补PI调节器不足引起的变化。

## 主蒸汽压力波动分析原因

而供热机组在供热期, 电网会减少供热发电机的负荷大幅变化。负荷指令长时间在一定的位位置不动, 负荷变化率由于变化率为零。主蒸汽压力的设定值也会由于时间长无变化, 只有机前压力的波动造成的影响, 为微分和积分作用引起。

1) 机组锅炉主控协调参数不合适。作为锅炉

主控功能。在改变实际压力设定变化进行观察，发现设定压力变小率化于0.2 MPa/min，在压力设定变化时，由此变化的煤量指令太小，约3.5 t/h左右。一种程度上加剧了主蒸汽压力波动。而PID整定值在P: 5.5, I:120比例积分作用较强，积分作用也都较强，也容易引起机组主蒸汽压力振荡。当主蒸汽压力大幅度变化，对机组减温水，汽包水位、除氧器水位自动等造成的整个汽水系统的振荡更难以消除。

2) 一次风压力、二次风流量没有同步进行调整。检查一次风机出口热一次风压力自动主控

和送风机总风量控制，设计的控制策略为了快速响应负荷变化，采用了机组的实际负荷指令或者主蒸汽流量的函数作为一次风、二次风给定参数的。供热机组供热期间由于负荷指令长时间不变化、主蒸汽流量也不会变化，锅炉主控增加了改变了给煤量，而一次风机主控没有及时调整一次风压定值，二次风也没有改变其风煤的配比。而由于近期为了节能降低一次风机制粉单耗和防止一次风机“抢风”过分降低了一次风压力，也使得煤量变化后，一次风未能全部将煤粉的变化带入炉膛进行变化。

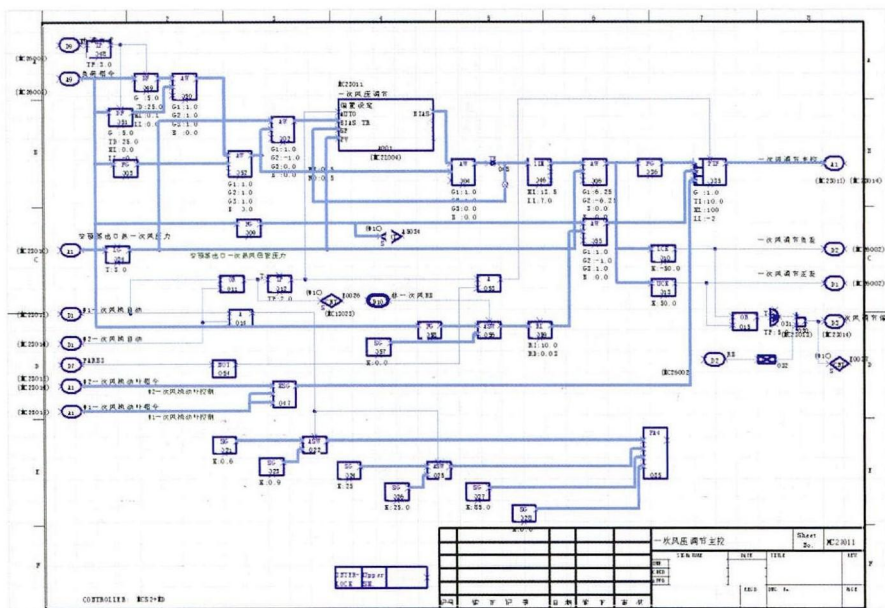


图3

3) 锅炉主控的主前馈不能包含供热部分能量，导致主蒸汽压力进一步波动，供热期间，机组调节负荷支根据发电负荷来直接调节，而热量非实时的量，而该部分若没有能及时地反映到控制系统中，一定程度增加了扰动。该机组基于机组日立H5000M系统，采用间接能量平衡作为系统的控制策略，实现供热期间的动态矫正难度更大。

4) 锅炉煤质实时监测、热值能及校正煤量。热值修正回路设计不完善。由于除坑口电厂外的电厂，煤的发热量受煤质影响较大，而若锅炉没有热值校正回路，以煤量来控制压力，整个周期会变长。

5) 断煤情况发生较多，也使得控制回路容易震荡。由于各厂在降级标煤单价时，可能采购部分煤泥，煤泥流动性较差，容易黏附在煤

仓壁上，不下落造成给煤机的断煤导致热量不均匀。

以上原因，导致燃料突然变化时，尤其压力负荷偏差增加煤的过程，煤粉堆积在磨煤机中难以及时到炉膛内燃烧使得主蒸汽压力变化。在压力回调时，在此前改变的能量缓慢的到炉内进行能量的释放，导致压力长时间的超调，而此时虽然减少了给煤量，进入炉膛的煤量也没有发生减少。

## 减小主蒸汽压力波动的方法

针对该现象，主要是调节锅炉的燃煤量适当的降低速度。

1) 优化PID参数。由于一次风机和送风机风量没有明显变化，则锅炉主控不能快速的变化煤量，将P、I修改为P:2.5, I:400，以此来慢速地改

变煤量,防止因为积分和比例作用导致煤量的增加,而煤粉不能及时吹到锅炉内,改变整个能量平衡。

2) 充分利用死区模块。使得炉主控在压力偏差小的时候、机主控在负荷变化小于给定值是,主控PID不起作用。在主蒸汽压力偏离设定值小于0.15 MPa时,锅炉主控PID进行动作,而机主控在负荷偏差小于1 MW时,综合阀位指令变化不动。该种方式更像开环燃烧,更便于整个系统稳定。

3) 优化协调系统主前馈。在供热较稳定,而主蒸汽压力波动较小时,选取合适煤量,与负荷近似的关系。原有的负荷曲线中300 MW对应的煤量为167 t/h,为供热期间煤质大致在162 t/h左右。对压力设定微分进行修正,在压力设定变化时,通过微分能直接变化 $\pm 7$  t/h,同时减小压力微分偏差的大小,改为 $\pm 2.5$  t/h。

4) 结合机组检修,邀请电科院专家对协调控制系统进行优化,将一次风压力和二次风量的设定值两个根据煤量进行控制。充分开展热值校正工作,当煤量质量发生较大变化,控制系统仍然可以达到很好的效果。

5) 适当提高一次风压力、总风量偏置。在避免一次风机抢风发生的情况下,提高一次风压力,将煤粉可以直接带入炉膛,防止少量煤粉堆集造成机组负荷的变化,可以提高机组的响应速度。

6) 合理进行配煤,减少给煤机断煤导致的燃料量的突然变化,引起主蒸汽压力波动增加的现象。

通过以上几种方法的修改,煤质变化较小的时候,主蒸汽压力波动小于0.3 MPa。如图4所示。

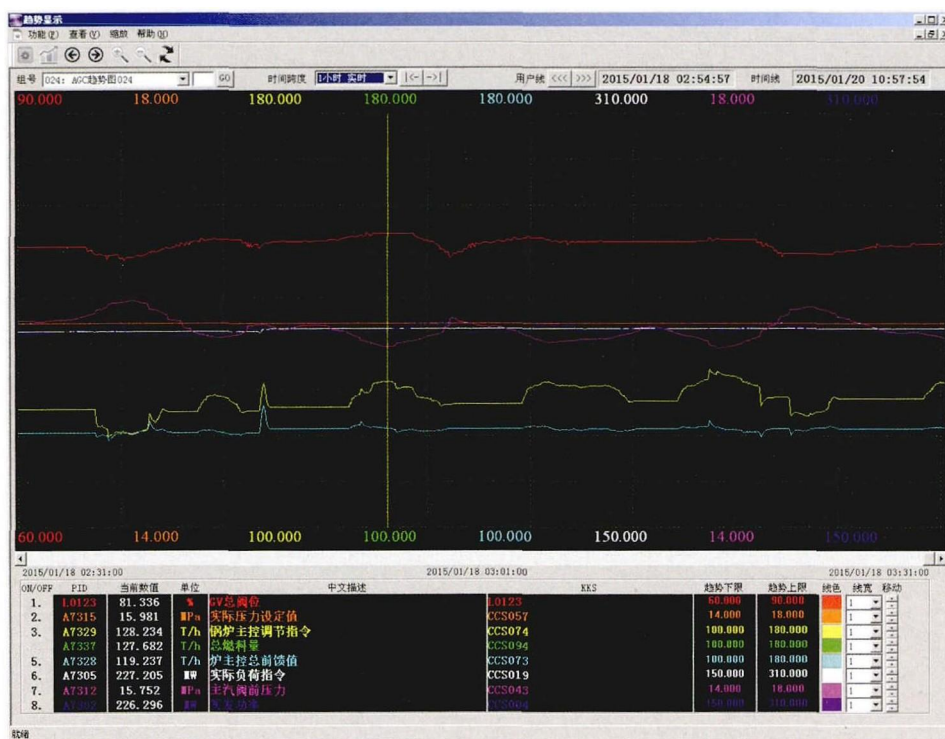


图4

## 结束语

协调控制系统某一个重要的参数设置不合适会引起整个调节系统进行振荡。由于没有实现煤电联动,各电厂的来煤多样化,煤质变化也比较大,也影响了主蒸汽压力的波动。随着科技的进步,通过煤量的发热量实时检测以及机组供热期间的热量参数来折算煤量,来修正锅炉燃料的煤

量,一定程度上可以改善主蒸汽压力波动现象。通过煤泥干燥设备,提高煤泥的流动性,来降低因煤仓粘煤导致的压力变化。**EA**

(收稿日期:2015.06.01)

(编辑:白文亭)