

启动汽轮机旁路异常原因及对策研究

袁锦辉
(江苏华电戚墅堰发电有限公司 江苏 常州 213011)

摘要: 通过研究 M701F4 联合循环机组的汽轮机中的汽机旁路控制逻辑, 分析机组冷态、温态、热态启动时旁路的动作过程, 以及出现异常现象的原因, 为机组的优化运行提供理论依据, 并针对此提出解决方案。
关键词: M701F4 机组; 启动过程; 旁路控制

0 引言

江苏华电戚墅堰发电有限公司(以下简称“戚厂”) #3/4 机组为三菱的 M701F4 燃气蒸汽联合循环机组, 作为华东地区的调峰主力机组, 频繁启停已成为常态。为有效保障该机组的正常运行, 对机组启动过程旁路阀的控制模式切换以及程序的逻辑进行研究, 可以确切的把握机组整体运行中的动态特性, 以此来进行事故分析、处理旁路异常情况, 并对优化机组安全运行有着重要的意义。

1 M701F4 联合循环机组汽轮机旁路的组成与作用

1.1 组成

戚厂 #3/4 机组配置有 100% 容量的高中低压旁路系统, 余热产生的高压主汽通过高压旁路阀减压排入冷再管道, 为控制进入冷再蒸汽的温度不大于 396℃, 还设置了中压给泵来的减温水; 中压主蒸汽通过中压旁路阀减压排入凝汽器, 并设置了凝结水来的减温水控制温度不大于 180℃; 低压主汽通过低压旁路阀减压后直接进入凝汽器。

1.2 作用

旁路系统的主要作用:

- (1) 协调余热和汽机之间参数状态的差异, 使机组能适应频繁启停和快速变负荷, 缩短启动时间, 改善承压部件的热应力分布, 延长汽机使用寿命;
- (2) 在启停过程保证有一定的蒸汽通过过热器和再热器, 防止管道干烧, 保护锅炉受热面;
- (3) 旁路控制程序以后备压力控制模式跟随主汽门前主蒸汽压力变化, 使其增长幅度不越限, 防止系统超压;
- (4) 回收工质、热量, 而不直接排入大气, 并降低噪音污染。

2 启动过程汽轮机旁路异常现象

在汽机的进汽条件中对于主蒸汽压力有着严格的要求, 高压主蒸汽压力需要不小于 5.5MPa, 中压主蒸汽不小于 1.55MPa, 而且汽机进汽在蒸汽温度满足过热度要求的同时, 还需要与汽机的缸温进行匹配。

在戚厂 #3/4 机组冷态启动过程中, 数次出现汽机满足进汽条件进汽后, 低压旁路阀始终不动作的现象, 维持 0 开度, 影响低压系统的升温、升压。

在某次机组温态启动, 高压缸进口金属温度接近 230℃ 的冷温态。暖机过程中, 高压旁路门先开大再缓慢关小, 影响高压主蒸汽压力上升速率, 最终高压主汽压力满足 5.5MPa 时, 高压主汽温度与高压缸入口的金属温度差值大于进汽条件中不大于 110℃ 的要求, 匹配的进汽窗口期已经跳过, 机

组无法进汽。

在戚厂 #3 机组某阶段热态启动时, 也曾出现低压旁路始终不动作的现象, 而同时在低压缸投入冷却蒸汽量不变的情况下, 低压缸末级叶片温度却下降较多。

在戚厂 #3/4 机组热态启动过程中, 汽机的高中压旁路阀出现了阀门开度迅速开足的现象, 旁路阀开度这种大幅度的变化对汽包水位波动有着较大的影响, 且对于机组的热态启动而言, 余热锅炉的保温保压作用由于旁路的异常开足造成了效果的削弱, 因为一定压力下含有较高焓值的蒸汽被直接排入凝器系统, 热量直接被循环水带走, 汽包的压力也因旁路门开足迅速下降。日常的机组启动过程通常发现主蒸汽温度达到要求而压力还未满足进汽, 即主蒸汽的升温升压速率不协调。

在戚厂 #3/4 机组启动还出现过机组正常暖机后余热炉升温升压, 压力到达最小压力模式时, 而高中压旁路门在关闭位, 汽包压力持续上升, 因余热锅炉汽包压力过高触发机组快速 RUNBACK。

机组在持续长时间暖机过程, 主汽压力上升到一定值后不上升, 机组高压旁路指令与反馈已经是关闭状态, 就地实际阀位却不一致, 在高压调门关闭的状态下, 高压过热器出口蒸汽流量却增加较大。

3 启动汽轮机旁路异常原因分析

汽机旁路系统中逻辑的执行控制着蒸汽管道压力的变化, 对汽机进汽及管道升温升压起着重要的作用。汽机旁路控制分为三种控制模式:

最小压力控制模式; 后备压力控制模式; 实际压力跟踪模式。

汽机进入最小压力控制模式的节点是以燃机点火成功为基准, 在未点火之前旁路控制系统未投入, 控制逻辑中 $sv=pv$, $dsp=0$; 汽机旁路不会开启; 点火成功后, 高压主蒸汽压力大于 0.5MPa 且高压主蒸汽压力大于原始值 +0.3MPa 或者高压主蒸汽压力大于 4.8MPa 时, 高压旁路控制系统投入; 中压主蒸汽压力大于 0.3MPa 且中压主蒸汽压力大于原始值 +0.1MPa 或者中压主蒸汽压力大于 1.5MPa 时, 中压旁路控制系统投入; 低压主蒸汽压力大于 0.1MPa 且低压主蒸汽压力大于原始值 +0.03MPa 或者低压主蒸汽压力大于 0.15MPa 时, 低压旁路控制系统投入。

后备压力控制模式是以主汽门压力控制投入作为重要判

据。进入后备控制模式后, 旁路阀设定的压力 sv 将高于各主

汽门前实际压力 p_v 。此时,旁路门维持在关闭位置,除非管道超过设定压力,旁路才会开启以此来释放压力。

3.1 冷态启动低压旁路异常原因

在机组冷态启动后,当燃机负荷维持 50MW 暖机时,机组高中缸满足进汽条件后,若此时低压主汽压力仍未起压且低压旁路未开启,直接进汽后会导致旁路系统进入后备压力控制模式,旁路开启的压力设定值始终随主汽门前压力上升而上升。同时若此低压主汽门前压力低于 0.25MPa,低压主汽门将关闭,使得低压缸进入的辅助冷却蒸汽减少,从而影响带走鼓风摩擦产生的热量。

3.2 温态启动旁路门跟随不匹配原因

三菱 M701F4 机组启动状态区分是以高压缸入口金属温度来确定的,当温度区间为 230℃ 到 400℃ 之间时都是温态。区间过宽而暖机负荷却为恒定的 72MW,这就导致了不同温态启动条件下主汽的升温升压速率不一致,另一方面点火后旁路开启较大造成直接泄压,也延缓了升压速率,温度过高就会无法进汽了。

3.3 热态启动低压旁路异常原因

在该阶段机组热态启动时,机侧低压主汽电动门因门杆螺丝损坏,该主汽电动门一直卡在开位,而反馈的 DCS 的位置限位却是满足正常开关,当机组启动后,因低压缸叶片的鼓风摩擦作用需投入低压缸冷却蒸汽,低压主汽门开启和低压调门维持冷却开的,此时低压主汽直接进入低压缸,压力上升就无法匹配,导致低压旁路门无法开启。

3.4 热态启动高中压旁路异常原因

#3/4 机组启动操作中规定,汽包炉侧的电动主汽门在点火后再开启,点火后在炉侧与机侧也就形成了以电动主汽门为分界点的压力差,这样也就造成再开炉侧电动主汽门后,机侧主蒸汽压力能迅速满足旁路投入的条件,当压力较高时,dsp 的值较大,作为 PI 控制器的输入,对旁路门开度的输出设定有着很大的影响。

3.5 机组启动高中压旁路关闭异常原因

M701F4 配套的汽轮机旁路门采用的是仪用气控制的气开型气动阀,因旁路管道振动,仪用气管道脱落,造成仪用气失去旁路门关闭,余热锅炉系统憋压,最终机组甩负荷。

3.6 机组高压旁路反馈显示异常原因

汽轮机的旁路是采用限位开关进行反馈的闭环调节,当时旁路阀上的控制限位脱落,旁路执行机构在指令下调整,而反馈装置未实际确认阀位位置直接反馈了指令值,此时,旁路门一直维持在较大开度,暖机负荷较小的情况,由于此时燃机排气温度不高,导致炉侧产生蒸汽量不足,也以维持最小压力设定值,旁路出现指令最终全关状态。

4 启动汽轮机旁路异常采取措施

对冷态启动机组旁路阀不动作,需要延长机组的暖机时间,等待低压主汽压力上升后,旁路阀开启后再点击进汽程序进汽;或者采取将旁路阀控制改为手动控制模式,手动开启低压旁路门,保持旁路一定的开度待主蒸汽压力上升后再切回自动控制模式,用以提升低压主汽的升温升压速率。

对温态启动旁路阀动作不能满足进汽匹配的要求所造成进汽失败,一方面可以在温态启动时根据主汽升压的速率判

断是否偏差较多,提前手动干预,用来提高主汽升压速度,使得主汽温升和压力两者同步满足进汽条件;另一方面可以采用根据高压入口缸温再细分暖机负荷,使得温态启动的暖机负荷和升负荷速率随缸温而变化,从而改善温态启动的匹配特性;也可采用在满足安全的前提下,保障设备热应力和机械应力不超限的情况,直接强制进汽条件;或者通过先退出 ALR ON 控制模式,手动降燃机负荷,从而降低机组的排烟温度,达到降低主汽温度的目的使之满足进汽温度的限制;同时也可以采取余热锅炉侧过热蒸汽投运减温水使之满足进汽匹配。

对热态启动汽轮机因为阀门设备故障造成的低压旁路系统不动作,需加强设备管理,定期对阀门的门杆螺丝进行更换,保障设备可靠运行。

对热态启动汽轮机旁路异常,首先,可以降低炉侧汽包的压力,从而控制机侧主蒸汽从初始值突变,及旁路投入时 dsp 偏差的大小;其次,当热态启动时,提前对管道的疏水点火前先开启炉侧的电动主汽门,平衡炉侧与汽侧的压力,是原始值即相当于炉侧压力;或者根据机组的调度计划在确定次日机组要热态启动的情况下,停机后不关闭炉侧电动主汽门;最后,进行逻辑修改,在点火后加入一定时间延时后再投入旁路,为开启炉侧电动主汽门,平衡压差提供缓冲时间。

对旁路系统仪用气管道的刚性连接,无法很好的避免管道振动引起的仪用气管道脱落的问题,在选型上可采用不锈钢软管过渡减少管道振动的影响。此外,旁路阀还有一套液压操作系统,必要时可以通过隔离旁路阀的仪用气系统,排出旁路阀执行机构气缸内的气体,通过旁路液压执行机构实现阀门的开关。

对限位开关的脱落,可将该旁路阀改为手动控制模式并限制指令与就地阀位一致后在重新安装旁路阀门的阀位反馈装置。

5 结语

M701F4 联合循环机组的汽机高中低压旁路作为汽机系统重要的组成部分,虽然运行过程中有较高的、可靠的自动逻辑控制,但通过分析其压力控制逻辑,以及异常工况的原因,可以发现在特殊工况下也应及时采取必要的手动干预,来保障机组顺利进汽和安全运行。

参考文献:

- [1] 王燕晋,陈振山.燃气-蒸汽联合循环全程旁路系统分析和控制[J].华北电力技术,2014(9):14-17.
- [2] 朱明飘,席亚宾,邓小明.M701F 联合循环机组旁路控制系统特点[J].广东电力,2007,20(6):24-26.
- [3] 宋小帆,赵光锋.M701F4 型燃气-蒸汽联合循环机组汽轮机旁路系统控制分析[J].名城绘,2019(2):1.
- [4] 毛丹,诸粤珊.M701F 型联合循环机组的汽轮机旁路控制系统分析[J].江西电力职业技术学院学报,2010,23(3):22-26.
- [5] 雷增强,高玮,卢冠勋.M701F4 型燃气-蒸汽联合循环机组旁路控制优化[J].广东电力,2018,31(5):35-41.

作者简介:袁锦辉(1992-),男,汉族,福建宁德人,本科,助理工程师,研究方向:燃机电厂集控运行技术。