

上汽百万超超临界机组避免升速率低引发停车的研究与交流

李 刚

(大唐三门峡发电有限责任公司, 河南 三门峡 472143)

摘要: 主要介绍了某电厂百万机组投产后, 对首次冲转期间汽轮机转速率低导致机组停车的问题进行了分析研究, 通过逻辑和数据推理出停车原因, 提出了冲转参数要求, 避免了机组再次启动时发生停车现象, 提高了机组冲转几率和效率, 避免了机组频繁过临界, 提升了机组的使用寿命, 具有较好的社会效益和可持续性。

关键词: DEH; 升速率; 停车; 裕度

Research and communication on avoiding shutdown events caused by low rise rate of STP million ultra-supercritical units

LI Gang

(Datang Sanmenxia Power Generation Co., Ltd., Sanmenxia 472143, China)

Abstract: The problem of ultra supercritical 1 000 MW unit shutdown due to the low rise rate during the first impulse rotation is studied. By logical reasoning and data analysis, the requirements of the turbine impulse rotation parameters to are put forward avoid the shutdown phenomenon when the unit restarts. It improves the success rate and efficiency of the unit's impulse rotation, avoids the frequent over-critical state of the unit, increases the service life of the unit, and has better social benefits and sustainability.

Key word: DEH; rise rate; shutdown; margin

0 引言

某电厂三期工程 $1 \times 1\,000$ MW超超临界燃煤机组汽轮机为上海电气集团股份有限公司N1000-28/600/620型一次中间再热、四缸四排汽、双背压和单轴凝汽式汽轮机;高、中压缸采用分缸结构,两个低压缸为对称分流式,再热器温度 $620\text{ }^{\circ}\text{C}$,达到国内一次再热机组最高值,DEH为西门子T3000控制系统。作者结合自身经验,为西门子机型DEH系统可靠性的提高做了大量工作,投产运行一年多的时间内未发生一起引起机组非正常停机的不安全事件,并多次分析处理了T3000系统存在的异常现象,现针对机组启动冲

转期间转速率低引起停车的问题进行探讨和交流。

1 事件经过

2017年2月21日11时00分,DEH转速控制模式,5#机组汽轮机冲转至 360 r/min ,然后 360 r/min 暖机;11时39分,运行人员释放主机转速,目标转速自动设定为 $3\,009\text{ r/min}$,汽轮机冲转;11时44分38秒,汽轮机转速冲至 $2\,452\text{ r/min}$ 时,Turbine Controller汽机主控画面报警 $\text{ACCL} < \text{MIN}$ (升速率过低),触发Blocked,闭锁增汽机转速,目标转速瞬间降为

2 392 r/min, 转速由2 452 r/min降至2 392 r/min时, 总流量指令由24.1%降低为-79.94%, 高调门、中调门瞬间由7.6%、6.15%关至2.45%、2.47% (热膨胀, 反馈显示偏大, 门实际在关位), 转速持续降低, ACCL<MIN动作后5 s,

TAB (汽轮机启动和阀位限值器) 由68.15%缓慢减小, 22 s后自动减小至36.86%<37.5%, 则联锁打开主汽门先导阀, 高主汽门、中主汽门缓慢关闭至全关, 汽轮机堕走, 如图1、图2所示。

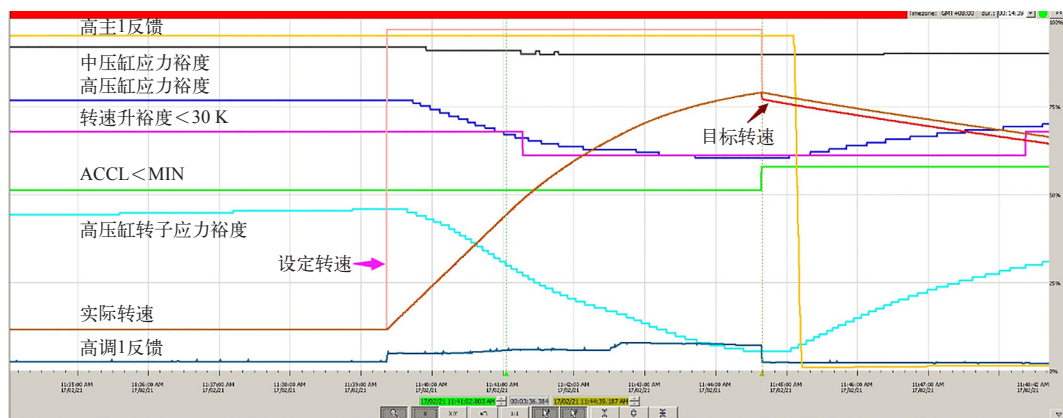


图1 汽轮机冲转升速率过低曲线

Fig. 1 Low speed curve of turbine impulse starting speed

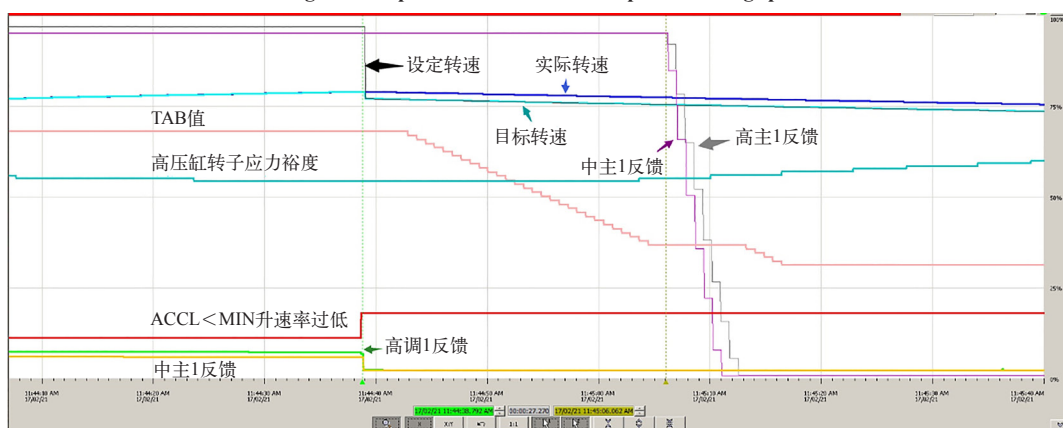


图2 主汽门、调门、转速动作过程曲线

Fig. 2 Action process curve of main steam valve, control valve and speed

在冲转过程中高压转子应力裕度持续减小 (46 K→5.4 K), 小于逻辑内常数30 K, 选小后输出计算出实时升速率, 转速升至2 452 r/min时, 高压转子应力裕度值为5.425 7 K, 此时升速率<100.8 r/min, ACCL<MIN报警, 触发Blocked动作, 目标转速自动由3 009 r/min变为当前实际转速 (2 452 r/min) 减去60 r/min后的目标值 (2 392 r/min), 则转速控制模式下控制器输出总流量指令由24.1%降低为-79.94%, 高调门、中调门瞬间由7.6%、6.15%关至2.45%、2.47%, ACCL<MIN动作后5 s, TAB (汽轮机

启动和阀位限值器) 由68.15%缓慢减小, 22 s后自动减小至36.86%<37.5%, 则联锁打开主汽门先导阀, 高主汽门、中主汽门缓慢关闭至全关, 汽轮机堕走。

2.1 直接原因

停车事件直接原因为升速率过低触发Blocked动作。

在临界转速区660<转速<840和1 020<转速<2 850之间, 如升速率过低, 则会触发Blocked动作, 致使目标转速瞬间变为实际转速减去60 r/min后的转速值, 转速控制模式下将引

起调门关闭, Blocked动作引起主汽门关闭。

2.2 主要原因

停车事件主要原因暖机不充分。

DEH中设有专有的应力裕度计算器, 应力裕度值用于汽机升降转速和升降负荷时, 主要对HP主汽门阀壳、HP调门阀壳、HP汽缸、HP转子和IP转子部件进行监视, 用于计算及监视这些部位的热应力, 并将计算出来的应力裕度参与到机组的转速控制回路和负荷控制回路中去。升降转速主要应用HP汽缸、HP转子和IP转子应力裕度计算, 逻辑设置最大升降速率为600 r/min, 应力裕度比较最小设置为30 K, 即HP汽缸、HP转子和IP转子应力裕度低于30 K时将引

起转子升速率减小, 在临界转速区时, 如应力裕度继续降低, 易引起ACCL<MIN动作。

2.3 间接原因

停车事件间接原因为HPS高压转子升裕度值偏低造成升速率过低。

本次启动11时39分21秒开始释放转速准备升3 000 r/min, 此时转速360 r/min, HPS高压转子升裕度值为45.969 2 K; 至11时41分03秒, HPS高压转子升裕度值降低为29.944 2 K, 低于最小升速设置裕度值30 K, 当前转速为1 379 r/min; 11时44分39秒, HPS高压转子升裕度值降低为5.425 7 K, 当前转速为2 392 r/min, ACCL<MIN动作触发Blocked闭锁增转速, 如图3所示。

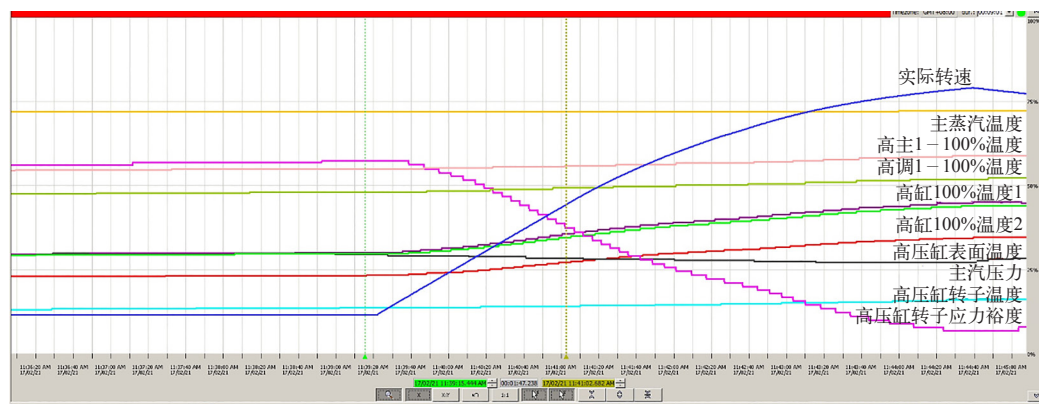


图3 汽轮机冲转期间高压缸转子应力裕度曲线

Fig. 3 Stress margin curve of high pressure cylinder rotor during impulse rotation of steam turbine

2.4 次要原因

停车事件次要原因为高压转子对应最佳冲转主汽温度未达到最佳值。

高压转子升裕度值=高压转子平均温度的函数值-(高压转子表面温度-高压转子平均温度);

高压转子表面温度=高压内缸90%温度1、2、3选均后温度值;

高压转子平均温度=高压内缸90%温度1、2、3选均后温度值经逻辑计算后值;

最佳冲转主汽温度=高压转子计算温度+30 K+高压转子升裕度, 其下限为390 ℃, 上限为600 ℃。

经计算本次汽轮机冲转前高压转子对应计算出的冲转主汽温度为287.9 ℃, 远低于最佳冲转主汽温度下限390 ℃, 所以冲转过程中使得高压

转子热应力变化较大, 高压转子平均温度变化较慢, 高压转子表面温度升高较快, 热应力变大, 迫使汽轮机升速率降低, 最终在临界转速区触发升速率过低信号动作联关主汽门、调门。

3 应对措施

无论冷态启动或是热态启动, 汽轮机冲转前都应满足高压转子对应的最佳冲转主汽温度, 且满足X准则, 汽轮机冲转则满足X7_A、X7_B温度准则:

1) 最佳冲转主汽温度=高压转子计算温度+30 K+高压转子升裕度, 其下限为390 ℃, 上限为600 ℃。

2) 高压转子温度+X7_A>主蒸汽温度。

3) 高压缸温度+X7_B>主蒸气温度。

3.1 冷态启动

冷态启动期间严格执行机组启动步序中各满足条件；严格控制主再热汽温和汽压，主汽压力上海汽轮机厂建议8.5 MPa，可根据机组情况调整；对于主再热汽温，因中压转子50%温度在100℃以下，再热汽温不能超过403℃，否则应力计算达不到冲转条件；另外，建议汽压较低时就进行暖阀，鉴于实际情况主汽门前主蒸气温度暖管期间难于满足 $\geq 360^\circ\text{C}$ ，所以可通过蒸气品质投退来回走步以期达到暖阀的最佳效果，确保

阀体、管道受到较小热应力。

冲转前应确保X准则均满足，且TSE有足够裕量，全过程大于30 K方能在冲转时确保汽轮机全速冲转，否则在临界转速区升速率因达不到而自动降速，导致升速过程变慢甚至高缸转子应力裕度进一步减小，达到升速率报警低限则关闭主汽门、调门，其逻辑如图4所示。

根据高压转子计算温度+30 K+高压转子升负荷裕度计算出最佳冲转主汽温度后，一般 $390^\circ\text{C} \leq \text{最佳冲转主汽温度} \leq 600^\circ\text{C}$ ，且主汽门、调门阀温温差 $< 25^\circ\text{C}$ 汽轮机冲转时即可满足全速

HPS高压转子升裕度值=高压转子平均温度的函数值-（高压转子表面温度-高压转子平均温度）；
高压转子表面温度=高压内缸90%温度1、2、3选均后温度值；
高压转子平均温度=高压内缸90%温度1、2、3选均后温度值经逻辑计算后值；

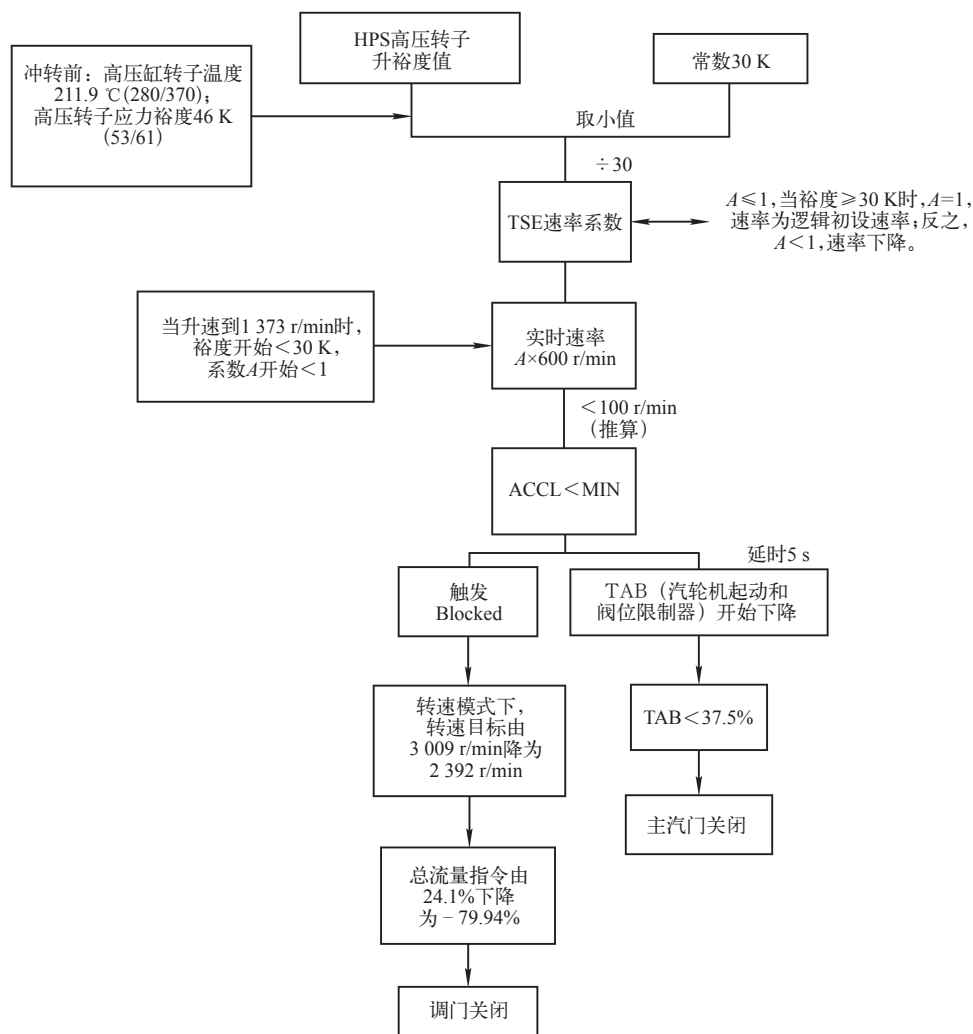


图4 升速率报警低限关闭主汽门/调门逻辑图

Fig. 4 Logic diagram of low limit closing main steam valve / control valve for speed up alarm

冲转。

3.2 热态启动

热态启动时，因为汽轮机本身的温度较高，这就要求启动时的主汽温度高，为了拉汽温，锅炉加的煤较多，高、低旁路开度也比较大。所以，往往冷再热蒸汽的压力较高，这就使得冲转时，高压缸的汽流不能顶开高排逆止门，从而造成高排温度高。所以热态启动时，低旁压力尽量设低；同时查看是否满足X准则和最佳冲转主汽温度。

3.3 复位STOP

启动过程中因FM458主从控制器参数变化较快，主从控制器参数不同步引起FM458报警或其他原因引起Stop报警，如遇到Stop报警则运行人员需及时进行复位，避免闭锁转速上升引起长时间启动时转速率导致的启动失败。

4 结束语

通过分析以及应对措施的具体应用，为今后运行人员启动过程中提供了操作方向和依据，并从可持续发展方面保证了机组的稳定性，避免机组频繁过临界造成的异常事件，提高了机组使用寿命。

参考文献

- [1] 电力行业热工自动化技术委员会. 火力发电厂分散控制系统典型故障应急处理预案：西门子T-3000和TXP系统[M]. 北京：中国电力出版社，2012.
- [2] 电力行业热工自动化技术委员会. 火电厂热控系统可靠性配置与事故预控[M]. 北京：中国电力出版社，2010.
- [3] 孙长生，朱北恒. 火力发电厂热工自动化系统检修运行维护规程：DL/T 774—2004[S]. 北京：中国电力出版社，2015.

作者简介



李 刚

李刚（1986—），男，设备检修党支部副书记、副部长，工程师，技师，热工自动化专业，大唐三门峡发电有限责任公司。

（收稿日期：2020—01—01 **EA**）