[火电机组]

某电厂凝汽器真空低导致汽轮机跳闸分析

文/华电内蒙古能源有限公司　刘亿鑫
华电包头发电有限公司　赵新宇

介绍了某厂因小汽轮机排汽电动蝶阀在运行过程中异常动作且存在内漏，导致汽轮机真空低跳闸的事件。分析了整个事件的过程及现象，针对凝汽器的运行、维护提出了优化措施，并总结了汽轮机跳闸后的处理原则，为以后机组的安全稳定运行指明了方向。

目前我国的主要发电形式依旧是火力发电，而火力发电机组的主力机型依然是600 MW机组。随着运行设备的损耗，增加了“机组非停”的概率，严重影响了火电机组的安全性与经济性。而凝汽器真空对机组的安全性和经济性有着至关重要的影响，当凝汽器真空系统中进入空气时，真空降低，空气的分压力增加，由亨利定律知，空气的溶解度与其分压力成正比，造成凝结水中含氧量增加，进一步加强了对热力设备和管道的腐蚀作用。因此对火电机组凝汽器的运行进行充分的优化论证，以维持机组真空在正常范围内，减少因真空降低所导致的非停事件的发生。

北方某电厂于2006年底投产，采用的锅炉为上海锅炉厂有限公司生产的亚临界压力一次中间再热控制循环汽包炉，型号为SG－2023/17.5－M914；汽轮机为哈尔滨汽轮机厂生产的亚临界一次中间再热单轴三缸四排汽凝汽式，型号为N600－16.67/538/538；发电机为哈尔滨电机厂生产的自并励静态励磁水氢氢冷却汽轮发电机组，型号为QFSN－600－2YHG。配有两台50%容量的汽动给水泵，型号G6.6－0.7818，汽动给水泵排汽至主机凝汽器中；一台30%容量的备用电动给水泵，型号为CHTC5/6。凝汽器为双壳体双背压单流程横向布置，冷却面积38 000 m^2，型号N－38000－4。

事故概况

2019年12月12日17时38分34秒，2#机A小机汽动给水泵跳闸，电动给水泵联启正常。17时39分38秒，2#机汽轮机组跳闸，首出“真空低”保护动作，锅炉MFT，发电机解列。汽轮机转速下降，交流润滑油泵、顶轴油泵联启正常。汽轮机高、中压主汽门、调门、高排逆止门和各段抽汽逆止门关闭，供热抽汽系统解列，凝汽器真空仍在快速下降。现场检查发现2#机A小机气缸防爆门破裂，漏气声明显。要求值班员立即关闭小机电动排汽蝶阀，发现DCS画面显示小机排汽蝶阀已在关闭状态。

原因分析

1．汽轮机跳闸原因

2#机组小机排汽电动蝶阀关闭，小机排汽压力上升，小机气缸防爆门爆裂。由于小机排汽电动蝶阀关闭不严，存在内漏现象，大量空气通过防爆门进入主机凝汽器，主机真空快速下降，触发“真空低”保护动作，机组跳闸。小机真空系统示意图如图1所示。

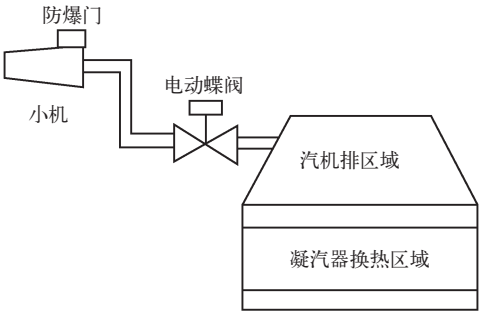

图1　小机真空系统

2．小机跳闸原因

2#机A小机因排汽蝶阀关闭，小机排汽受阻，做功能力迅速下降，小机转速下降至最低值3 554 r/min，给水泵入口流量突降，流量降至280 t/h，延时15 s且最小流量再循环阀未开至25%，“给水泵入口流量低保护”动作，小机跳闸。小机跳闸后由于排汽压力持续上升，当排汽压力高于防爆门动作压力0.034～0.048 MPa时，防爆门爆裂，如图2所示。

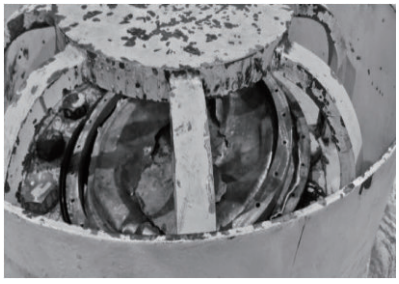

图2　防爆门破裂图片

3．电动蝶阀关闭原因

将排汽电动蝶阀控制器返厂进行检测，送检报告反馈“触发电平为名义电压＋24 V，但实际试验＋6 V即可触发”。分析认为该阀门使用年限已达15年，存在设备老化问题，抗干扰能力降低，当现场有较低静电信号干扰时，即可触发蝶阀动作。

防范措施

针对小机排汽蝶阀关闭不严存在内漏问题，大、小修中扩大对系统隔离阀门的检查，制定定期检查、检修计划。由于该类阀门执行机构已运行15年，设备老化。为避免同类事故发生，在保证机组安全运行的前提下，暂时对该类阀门进行断电措施，待停机大、小修时进行阀门传动试验。加强运行管理，提高监盘质量，值班员应定期翻阅DCS所有画面，严密监视分析DCS设备运行参数、状态变化，及时发现设备发生异常状态，并采取正确有效的措施。

凝汽器的运行维护

凝汽器真空降低现象：CRT、就地凝汽器真空指示降低；汽轮机低压缸排汽温度升高、凝结水温度升高；机组在同一负荷下，蒸汽流量增加，调节级压力升高；真空降至75 kPa或排气压力升高至80℃，发出报警。

凝汽器真空下降原因：凝汽器中冷却水流量减少或出现中断现象，如阀门开度减小、循环水泵跳闸；凝汽器内部铜管脏污，污染换热表面，减小换热系数；真空泵工作异常或跳闸，不能及时排出非凝结气体；真空破坏阀误开或失去水封；轴封供气压力降低；热井水位过高，淹没铜管；小机真空系统泄漏；汽轮机低压缸防爆门破裂。

当发现凝汽器真空降低时，首先应对应低压缸排气温度表进行确认并查找原因进行相应处理。起动备用真空泵，按要求降低机组负荷。因凝汽器真空系统不严，进入空气时，要及时对设备进行查漏、堵漏；对小汽轮机排气侧进行检查，如给水泵小汽轮机排气侧真空低影响凝汽器真空，应立即停运小汽轮机，关闭排气蝶阀，进行堵漏。在运行期间，严格执行胶球投停要求，胶球收球率低时要及时分析原因，防止胶球堵塞冷却水管道。定期进行凝汽器真空严密性试验，根据采集的数据分析凝汽器的严密性。

汽机跳闸后处理原则

1．值长职责

1）汇报相关领导以及中调，简述事件原因。

2）申请退出北部通道安稳装置1#、2#柜“2#机组允切”“切2#机组”保护压板，投入“2#机组检修”保护压板。

2．单元长职责

1）联系热工检修、汽机检修、锅炉检修和电气一、二次检修，根据事故原因确定联系顺序。

2）安排人员投入2#机组“启停机”“误上电”保护压板，退出“关主气门”保护压板。

3）安排巡检就地进行全面检查，同时关闭机侧疏水手动门。

3．机组长职责

1）确认2#汽轮机跳闸、2#炉灭火及2#发电机

解列。检查2#机6 kV工作Ⅰ、Ⅱ段快切装置动作正常，母线电压正常。并迅速确认锅炉、电气侧报警，对主要报警画面拍照留存。

2）检查2#炉脱硝喷氨电动门未关，手动全关调门、电动门，解列脱硝系统。

3）根据情况停止吸、送风机运行。关闭一、二次暖风器进气，令锅炉巡检开起暖风器进气、回气手动门、直排疏水。

4）调整A磨煤机分离器25%，手动控制PCV控制主气压力。

4．值班员职责

1）确认机侧报警，并迅速检查2#机交流润滑油泵联起正常，汽轮机高、中压主汽门、调门和高排逆止门，各段抽气逆止门关闭正常，MFT动作正常。2#汽轮机转速下降，顶轴油泵联起正常。派巡检就地调整2#机润滑油温、定冷水温。

2）小机供气中断及时停运汽泵，开起小机疏水、检查再循环电动门、调门开关状态正确。调整电泵控制三大水位。

5．汽轮机巡检职责

1）现场全面检查，做好转速到零投运盘车准备，主要检查投运条件是否满足。

2）开起机侧疏水、热泵驱动蒸汽母管沿途疏水手动门。

3）调整2#机主机、小机油温，定子冷却水温度，并开起2#机低旁手动门。

结束语

通过对本次跳机事故整个过程的系统性分析，提出了相应的防范措施和相关建议：一方面防止因小机排气电动蝶阀误动作且存在内漏，导致小机防爆门破裂并破坏凝汽器真空，为机组安全经济运行提供了保障；另一方面为加强对年久老化设备的定期检查、检修提供了宝贵的经验。EA

（收稿日期：2020.03.23）

（编辑：朱金凤）

（上接第54页）

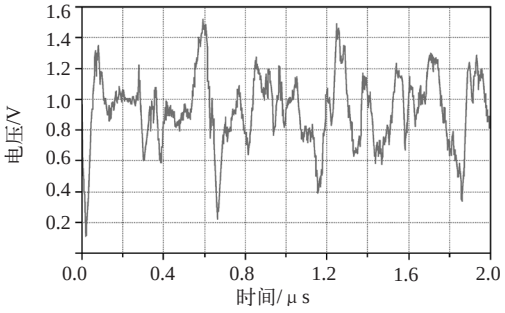

图6　420 kV隔离开关静侧VFTO

表3　VFTO最大值

部位	电压最大值(pu)	电压最大值/kV
隔离开关动侧	1.977 1	678.15
隔离开关静侧	1.827 3	626.76

由图5、图6和表3可知，420 kV隔离开关进行母线充电容性电流开合试验方式1时，VFTO最大值发生在隔离开关动侧，1.977 1(pu)，678.15 kV；电压上升时间50 ns。420 kV隔离开关额定绝缘水平，雷电冲击耐受电压1 425 kV，远大于其产生的VFTO。因此，该隔离开关可以通过该型式试验验证，不会在试验过程中发生对地闪络。

420 kV隔离开关型式试验验证

根据本文优化结果研制的420 kV隔离开关在西安国家高压电器质量监督检验中心严格按照IEC 62271－102《高压交流隔离开关和接地开关》标准一次性顺利通过了其容性电流开合试验方式1，验证了本文计算结果的正确性。EA

（收稿日期：2020.07.01）

（编辑：朱金凤）