

西门子超超临界机组汽轮机 ATT 试验存在问题 及其防范措施

郑渭建, 谢尉扬, 顾伟飞

(浙江浙能技术研究院有限公司, 杭州 310005)

摘要: 针对西门子超超临界机组 ATT 试验发生的异常, 从试验过程和控制油系统进行分析, 找出在线 ATT 试验引起机组跳闸的原因和存在的不足。从提高机组运行安全可靠出发, 综合分析 ATT 试验的必要性以及异常处理过程中可能存在的问题和风险, 并针对存在的隐患和不足提出建议和防范措施。

关键词: 超超临界; ATT; 机组; 跳闸

中图分类号: TK39

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2015)12-0061-03

Analysis and Countermeasure for ATT Test of Siemens Ultra-supercritical Steam Turbine

ZHENG Weijian, XIE Weiyang, GU Weifei

(Zhejiang Energy Technology Research Institute Co., Ltd., Hangzhou 310005, China)

Abstract: Through test process and oil control system, the paper analyzes abnormalities in ATT of Siemens ultra-supercritical units and detects tripping causes of online ATT and the disadvantages. For improvement of units operation reliability, the paper comprehensively analyzes necessity of ATT as well as problems and risks in abnormality handling; besides, it puts forward suggestions and countermeasures for potential hazards and shortcomings.

Key words: ultra-supercritical; ATT; units; tripping

ATT 试验(汽轮机汽门活动试验)是汽轮机组正常运行期间的重要在线活动试验之一, 机组通过在线活动试验可以定期验证各汽门能否正常关闭、阀门是否卡涩、跳闸电磁阀是否能够正常动作, 以确保机组跳闸或停机工况下能够安全遮断。对此, 机组运行规程中也明确要求每月完成一次 ATT 试验, 特别是高、中压主汽门正常运行中处于全开, 其活动状态无法验证, 如果长期未进行机组 ATT 在线试验不仅违反运规要求, 也使机组存在安全隐患。

1 存在的问题及现状

浙江省有数台西门子超超临界机组曾经发生过 ATT 试验导致汽轮机跳闸的事件。

(1)中调门活动试验过程导致汽轮机跳闸。

某 660 MW 西门子超超临界机组按规定进行机组 ATT 试验, 当进行至 2 号中调门快关试验时, 该调门 2 号跳闸电磁阀重新得电后因卡涩没

有正常回座, 调门控制油仍然与泄油回路联通: 当开启伺服阀进油后, 导致 EH(液压控制)母管直接泄油, 期间因 EH 油母管压力低, EH 备用油泵自启, 后因电机过载热继电器保护动作跳闸, 母管压力进一步下降, 导致 EH 低油压保护动作, 汽轮机跳闸。

(2)高调门活动试验过程导致汽轮机跳闸。

某 1 000 MW 超超临界机组按规定进行机组 ATT 试验, 当进行至 2 号高调门快关试验时, 该调门 1 号跳闸电磁阀重新得电后因卡涩没有正常回座, 调门控制油仍然与泄油回路联通: 当开启伺服阀进油后, 导致 EH 母管直接泄油, 期间因 EH 油母管压力低, EH 备用油泵自启, 因泄油量较大, 母管压力进一步下降, 导致 EH 低油压保护动作, 汽轮机跳闸。事后更换相关电磁阀, 汽轮机冲转后, 手动进行主汽门调门的活性试验, 所有调门动作正常, EH 油压没有大的波动。

上述机组跳闸案例均是在西门子超超临界汽

轮机组完成高、中压调门 ATT 试验时,因调门跳闸电磁阀卡涩而导致汽机 EH 油直接通至回油油路,引起 EH 油大量内泄,从而造成了油压快速下降到机组跳闸值,导致机组跳闸。据了解,国内有不少同类型机组在基建调试阶段或正常运行期间发生过类似异常。为避免类似事件发生,部分机组在正常运行期间停止进行 ATT 试验,仅在机组启停时完成 ATT 试验,这对确保长时间连续运行机组的安全性不利。

2 故障原因分析与处理

2.1 系统概述和 ATT 试验说明

西门子超超临界汽轮机 EH 油系统为机组阀门执行机构提供高压油源,满足机组 DEH 系统调节和保安的需求。EH 油经油泵升压后,经出口滤网、隔离阀,分 5 路向外供油,分别是 1 号高压阀组、2 号高压阀组、1 号中压阀组、2 号中压阀组、补汽阀。EH 油进入 5 路阀门组后,分别回油进入回油母管。在 EH 油系统上配置有蓄能器、再生装置、冷却风扇等附属设备。EH 油进入主汽门执行机构后,1 路由先导电磁阀进入油动机作为动力油,1 路由跳闸电磁阀(2 只)提供该主汽门的安全油。在机组正常运行时,2 只跳闸电磁阀得电开启,建立安全油;先导电磁阀失电开启,提供动力油。跳闸电磁阀得电后接通压力油,确保荷载阀关闭,保证阀门油动机进压力油,因此,跳闸电磁阀得电为系统提供了安全油,而先导阀和伺服阀是为油动机提供控制油。

目前,上汽西门子超超临界机组 DEH 控制系统常规采用西门子 T-3000 控制系统,ATT 试验采用顺控逻辑实现,同侧主汽门和调门的活动试验在同一顺控子组中,操作员站可通过监控画面选定相应的步序顺控进行或手操跳步进行^[1]。以高压主汽门(调门)A 为例,试验开始后,各设备动作情况如图 1 所示。

2.2 原因分析

根据图 1 的试验过程,引起异常主要是在第 3, 7, 9, 10 这 4 个步骤,逻辑设定跳闸电磁阀已得电,若由于油质或电磁阀原因使电磁阀没有正常回座,实际油路仍然通回油,同时逻辑指令已要求先导阀失电(主汽门)、伺服阀开(调门),系统接通压力油路,因此导致 EH 油泄漏。

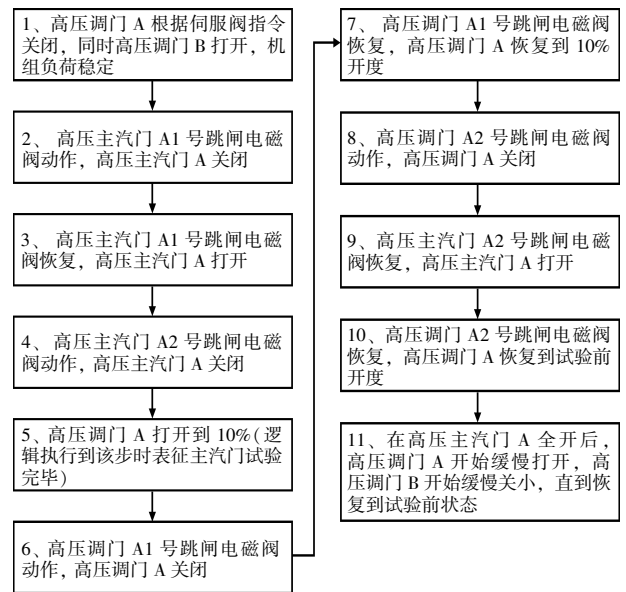


图 1 ATT 试验流程

2.2.1 主汽门活动试验环节

步骤 3 和 9 针对主汽门试验,从制造厂了解到:主汽门控制油路设计了有效的节流措施,即使试验时发生卡涩,少量油泄漏也不会引起机组 EH 油的异常。对某 1 000 MW 西门子机组进行了在线模拟机组高、中压主汽门跳闸电磁阀卡涩的故障试验,试验数据说明该故障情况下 EH 油压稍有下降,但不影响机组安全运行,试验相关数据见表 1 和表 2。

表 1 1 000 MW 机组高压主汽门 A 动作试验数据

时 间	2:03	2:10
负荷/MW	158.2	186.4
EH 油泵电流/A	15.6	37
EH 油母管油压/MPa	16.1	15.3
EH 泵出口油压/MPa	14.9	14.2
高调门开度 A/B/%	15.2/15.2	0/25.3

表 2 1 000 MW 机组中压主汽门 A 动作试验数据

时 间	2:17	2:22
负荷/MW	184.4	182.6
EH 油泵电流/A	15.6	35.6
EH 油母管油压/MPa	16.2	15.4
EH 泵出口油压/MPa	14.9	14.2
中调门开度 A/B/%	18.5/18.5	0/31.7

2.2.2 调门试验环节

步骤 7 和 10 针对调门试验,为保证正常调节的快速响应,调门的进油管内缩通径大(经与厂

家确认,调门的进油管内缩通径几乎是主门的8倍),导致异常时泄油量大,若没有及时隔断相应阀门的进油管路,将引起机组EH油异常,导致机组跳闸。因此ATT试验的主要风险是在调门试验,据了解,目前西门子超超临界机组ATT试验时引起机组跳闸都是发生在该步骤。

根据系统油路和逻辑分析可知,无论跳闸电磁阀得电与否、得电后是否顺利回座切断油路都无法取到反馈信号,这为试验状态的判断和异常的防范带来了一定的难度;在机组正常运行时,如果因电磁阀或回路原因失电,不仅本汽门关闭,而且会因为油路泄漏而使机组存在安全隐患。从上述分析可知:

(1)异常的发生主要是机组控制油路设计特点造成的。

(2)调门的进油管内缩通径大,导致EH油大量泄漏。

(3)故障状态难以判断,无法实现逻辑闭锁。

(4)主汽门活动试验过程中,相应调门也完成活动验证,调门活动试验主要验证跳闸电磁阀。

3 异常处理方法

从原因分析可知,汽门ATT试验并不存在直接导致机组跳闸的隐患,主要风险是调门试验时可能发生油泄漏,如果电磁阀卡涩时及时关闭进油隔离阀,就可以杜绝机组EH油大量泄漏,避免影响机组安全运行。因此,当试验时发生电磁阀卡涩后的在线处理阶段,需要注意以下问题:

(1)汽轮机单侧运行工况下的运行安全保证。

(2)目前各汽门的回油管路相通,无隔离措施,处理过程中机组因其他原因跳闸,所有的油动机都在泄油,可能存在喷油的风险。

由汽轮机厂家设计规范知:当高、中压缸一路进汽遮断,两侧进汽管的温度差低于 17°C ,汽轮机可以较长时间单侧运行(没有明确时间限制);两侧进汽管的温度差超过 28°C ,汽轮机单侧运行时间不超过15 min,同时监视振动和金属温度等运行数据。根据设备结构和运行情况,两侧进汽管的温度差可以通过控制相应汽门的疏水阀来保证。对于处理过程中的喷油的风险控制,关键是回油管路的隔离和缩短处理时间。

主汽门活动试验过程中已验证调门活动,主

要验证跳闸电磁阀;以现有的油路布置进行在线试验有风险隐患,考虑到跳闸电磁阀反逻辑设计且冗余配置,回路可靠性高;异常工况下,调门控制指令能够快速伺服下关,综合机组的安全性和试验迫切性考虑,调门的活动试验可在机组启、停过程中完成,但跳闸电磁阀无法定期验证。若要安全可靠定期完成调门ATT试验,则需要对调门回油管路进行优化,在回油油路上增加隔离阀以及旁路,旁路设计有效节流,可以保证即使发生泄漏也不影响整个EH油系统,正常情况下隔离阀全开,试验时将隔离阀关闭。同时增加相应的逻辑判据:试验过程中指令与反馈偏差大报警,延时30 s后将指令切至-2%,切断进油油路。

4 结论及建议

4.1 结论

结合机组实际运行和ATT试验情况,分析得出以下结论:

(1)西门子超超临界机组正常运行期间,按照运行规程要求,恢复高、中压主汽门的定期活动试验。综合考虑机组的安全性和试验的迫切性,调门的活动试验可在机组启、停过程完成。

(2)主汽门试验过程中,调门也已活动,调门试验主要是验证电磁失电跳闸性能;考虑跳闸电磁阀反逻辑设计且冗余配置,可靠性高;当发生异常工况时,若主汽门能够正常遮断,调门还可以通过伺服指令下关,相对来说安全性要求不是很迫切。

4.2 建议

(1)以目前的油路状况,调门跳闸电磁阀试验有一定的风险隐患,建议调门的活动试验可在机组启、停过程完成。若要在在线验证跳闸电磁阀性能,建议对调门的回油油路增加旁路和节流控制。试验过程中若发生电磁阀卡涩,应及时更换。

(2)各汽门EH油回油管路上增设手动隔离阀,机组正常运行期间隔离阀全开并上锁,当需要隔离时,解锁手动关闭,由运行专人管理。

(3)待机组停机检修期间,联系厂家,完成以下逻辑优化和检查确认工作:

增加试验异常判断逻辑:在主汽门AAT试验

(下转第73页)

(上接第 63 页)

过程中, DEH 发出跳闸电磁阀得电指令, 延迟 5 s, 汽门开反馈小于 20% 开度, 触发该汽门控制油路异常报警。

检查确认 DEH 检测调门跳闸电磁阀断电信号, 该信号联锁将相应调门伺服阀指令切到 -2% (或 0%), 切断压力油的油路; DEH 触发快关调门指令, 该指令同时也将相应调门伺服阀指令切到 -2% (或 0%), 切断压力油的油路^[3]。

4.3 防范措施

为确保西门子超超临界机组在线 ATT 试验正常, 保证机组的安全、稳定运行, 建议采取以下防范措施:

(1) 加强 EH 油的管理, 增加 EH 油更换频率, 防止过度老化。

(2) 做好故障处理准备工作, 尽可能缩短汽轮机单侧进汽运行时间; 汽轮机单侧运行的操作与监视应严格按照运规要求进行。

(3) 制定专门的 ATT 试验事故预案; 试验时运行与维护人员到位, EH 油泵旁有运行人员, 确保联络通畅; 汽门无法启闭时, 快速判断原因, 确认为电磁阀卡涩造成 EH 油大量内泄时, 快速关闭相应汽门的 EH 油至试验阀组隔离门,

切断压力油进油^[4]。

(4) 确保电磁阀备品, 故障电磁阀应以更换为主, 避免现场清洗, 尽可能缩短 EH 油系统开口时间, 防止更换过程中其它意外的发生。

(5) 更换时, 关闭相应的回油隔离门, 确保电磁阀油路隔离。

(6) 更换后, 完成试验确认并及时恢复系统。

参考文献:

- [1] 谢尉扬. 西门子超超临界汽轮机问题分析与改进[J]. 汽轮机技术, 2015, 57(02): 86-88.
- [2] 张宝林, 贾建波. 350 MW 机组主汽门活动试验对机组运行的影响[J]. 华北电力技术. 2005(02): 39-40
- [3] 李钧建. 上海 1000MW 汽轮机 ATT 试验导致机组跳闸分析[J]. 科技风, 2014(18): 105.
- [4] 叶绍义. 华能玉环电厂 1 000 MW 超超临界汽轮机调试出现的问题及对策[J]. 电力建设, 2007, 28(11): 76-80.

收稿日期: 2015-10-19

作者简介: 郑渭建(1973), 男, 高级工程师, 从事热工技术管理和自动化应用研究。

(本文编辑: 徐 晗)