

# 700 MW 超超临界汽轮发电机组 再热蒸汽调门扩散器裂纹分析及处理

练义虎 戴峰 杨全卫

淮沪煤电有限公司田集发电厂 安徽淮南 232082

**摘要:** 田集发电厂二期机组属国内首批再热蒸汽额定温度 620℃ 的超超临界火电机组, 再热蒸汽调门在多次机组等级检修期间发现扩散器尾部疏水孔处有穿透性裂纹, 经过金相分析及结构检查, 对断裂原因进行详细分析, 阀门扩散器裂纹的产生可能是原引进德国西门子机组设计上可能存在问题, 上汽汽轮机厂已对国内机组扩散器进行升级改造及管壁加厚 20mm, 取消背部疏水槽, 改造后扩散器运行基本正常, 目前未出现裂纹情况。扩散器中在启停机过程中产生积水, 积水未及时排出, 导致扩散器产生热应力。汽轮机组的负荷变化太过频繁及快速, 导致机组扩散器进汽温度变化频繁从而导致扩散器温度变化频繁, 产生金属疲劳进而发生裂纹。对阀门进行返厂, 将旧扩散器加工去除, 按新型扩散器 F195.30.60.44G01 及相关图纸要求进行复装, 材料为 G13Cr9Mo2Co1NiVNbNB。

**关键词:** 超超临界汽轮发电机组; 再热蒸汽调门扩散器裂纹; 金属疲劳

## 引言

田集发电厂 3 号、4 号机组分别于 2013 年 12 月 22 日、2014 年 4 月 28 日完成 168 小时满负荷试运行。主机型号 N660-27/600/620, 由上海电气电站集团上海汽轮机厂生产<sup>[1,2]</sup>。采用上海汽轮机有限公司生产的超超临界、一次中间再热、单轴、四缸四排汽、凝汽式汽轮机, 八级回热 (三高四低一除氧), 其中 3 号高加带外置蒸汽冷却器。发电机型号为 QFSN-660 ~ 700-2 型, 采用上海汽轮发电机有限公司生产的水氢氢冷却、静态励磁汽轮发电机。机组控制采用先进的以微处理器为基础的分散控制系统 (DCS)。田集第二发电厂二期机组属国内首家超超临界 660MW 火电机组, 再热汽额定温度 620℃。主机共有 9 个进汽门, 分别是高压主汽门 2 个, 高压调门 2 个, 再热主汽门 2 个, 再热调门 2 个, 补汽阀 1 个<sup>[3,4]</sup>。2013 年 12 月 22 日完成 168 小时试运行。2016 年 04 月 01 日至 2016 年 05 月 30 日 3 号机组完成第一次 B 级检修工作。2019 年 02 月 12 日至 2019 年 04 月 02 日完成了第二次 B 修。

## 1. 再热蒸汽调门检修情况

2023 年 4 月 7 日 3 号机 C 级检修工作期间, 发现 3 号机右侧中压调节汽门扩散管疏水口处 6 点钟方向有一条长度约 70mm, 宽约 0.05-1mm 的裂纹。在其反面也出现裂纹, 因 3 号机 C 级检修工期, 按节点计划于 5 月 3 日发电, 此

设备缺陷直接影响田集电厂 3 号机组整体启动工作。

2023 年 4 月 9 日, 上汽厂技术人员到达田集电厂, 对右侧中调门扩散器裂纹处现场实际检查, 现场召开专题会议决定, 上汽厂尽快制定返厂检修方案、查看升级改造后的上汽厂仓库的扩散器及相关检修备件, 检修工期 2023 年 4 月 12 日-4 月 24 日。淮南市泰能电力工程有限公司安排人员将右侧中压联合汽门解体, 解体期间应架表监视中压缸位置的变化, 中压导汽管支架处做好防护、对中压主汽管由专业厂家进行换切割, 对其 5 路疏水管进行切割, 做好封堵措施, 脚手保温单位对阀门及管道保温需搭设脚手脚架安排人员连续进行, 泰能公司安排检修人员对左侧中调门解体工作连续进行, 同时做好中调门返回时安装、管道焊接、金属监督、保温回复、碰缸试验等各项准备工作。2. 因扩散器更换工作程序比较复杂、牵涉部门较多。为了保证右侧中调门返回上汽厂检修工作的开展, 由厂部领导协调、生技部派专人到上汽厂协调中调门返厂检修的各项工作。确保右侧中调门扩散器处理工作按质按期完成, 必须保证 3 号机 C 修工期节点。田集电厂检修中发现右侧中调门扩散器开裂, 裂纹自扩散器尾部疏水孔处开始, 裂纹总长 70mm。

## 2. 再热蒸汽调节阀扩散器裂纹检修处理过程

对返厂阀门进行检查, 将旧扩散器加工去除, 镗削过程中避免损坏与阀座配合的阀壳内表面以及扩散器上“L”

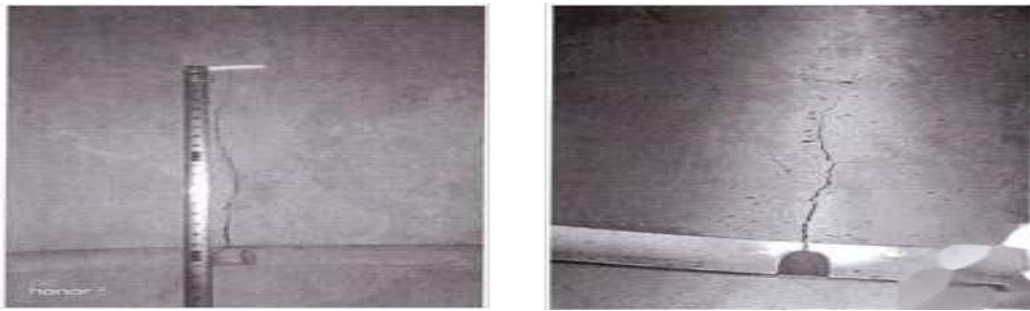


图 1 再热蒸汽调节阀扩散器裂纹图片

型密封环。



图 2 3 号机再热蒸汽调节阀扩散器裂纹检修处理过程

去除扩散器上的定位销，拆除固定扩散器的螺纹环，根据再热调门的阀壳内径及图纸要求的过盈量要求，配准调门扩散器外圆尺寸。按改进后尺寸车削固定扩散器

螺纹环。将原来调门扩散器的“L”型密封环拆下，根据 L 型密封环配准螺纹环尺寸 (F195.30.60.46)。按新型扩散器 F195.30.60.44G01 及相关图纸要求进行复装。(材料为 ZG13Cr9Mo2Co1NiVNbNB。

扩散管整体壁厚设计结构较薄，出口型线棱角明显不平滑，异造成应力集中；定位凹槽布置于疏水孔处，疏水孔距离出口边距离较近，造成冷热变化过程中存在较大应力集中，对结构强度造成严重影响，使扩散器整体在运行过程中形成沿疏水暗孔开裂破坏的薄弱位置。阀门扩散器复装后符合设计要求，扩散器过盈量为 1.8mm。扩散器更换部件见表 2。

表 2 扩散器更换部件

| 序号 | 图号                           | 物料号           | 名称     | 数量 |
|----|------------------------------|---------------|--------|----|
| 1  | S1509.1-25X160 (毛坯尺寸 30x160) | B650001660    | 圆柱销    | 1  |
| 2  | S1059.2-M36X46               | B610004420    | 螺塞     | 1  |
| 3  | S1063.6-M12X20               | B620002850    | 平端紧定螺钉 | 1  |
| 4  | S1506.7-9X85                 | B650001410    | 圆柱销    | 1  |
| 5  | F195.30.60.44G01             | F195306000460 | 扩散器    | 1  |
| 6  | F195.30.60.46G01             | F195306000490 | 螺纹环    | 1  |

### 3. 结论

机组运行中中压调门扩散器产生裂纹，同时扩散器处于高压再热蒸汽直接冲刷状态下运行，且田集二期机组为首台 620 度再热汽温机组，因此严重影响机组安全稳定运行。田集电厂二期机组再热蒸汽调节阀扩散器裂纹在 3、4 号机组中均已出现，并针对该缺陷制定详细运行技术措施，切实提高再热蒸汽调门可靠性。扩散管力学性能和材料结构是影响应力集中的主要因素，运行特性分析是保证扩散器安全稳定运行的关键技术措施，尤其中压阀组中的中压调门扩散管是应力集中的主要部位，应该从结构和运行措施中严格控制部件热应力，严防裂纹加深，同时在机组启停中重点监视中压进汽和排汽温度，严密管控中压缸壁温，出现壁温不正常变化时应立即停止操作，同时考虑增加中压调门扩散管温度

检测装置，严格控制扩散管温度变化，发现扩散管温度异常升高，应及时检查或更换扩散管。

### 参考文献：

- [1] 勒智平, 王毅林, 张国庆, 等. 电厂汽轮机原理及系统 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 4-20.
- [2] 戈建新, 陶有宏, 夏杰, 等. 超临界 630 MW 机组汽轮机高中压转子低频振动故障诊断与处理 [J]. 热力发电, 2018, 47(7): 75-80.
- [3] 姜涛, 王建光, 张志博, 等. 超超临界机组镍基螺栓断裂失效分析 [J]. 热力发电, 2016, 45(1): 93-98.
- [4] 彭以超, 楼玉民, 徐绍平, 等. 超超临界机组中压汽门阀盖 Alloy783 合金螺栓断裂失效分析 [J]. 热力发电, 2018, 47(3): 115-122.