

# 300 MW 机组冲车过程中振动大原因及对策

荆永昌, 陈荣轩, 袁波, 彰金宝, 张国新

(三河发电有限责任公司, 河北 三河 065201)

**摘要:**通过机组历次启动数据分析、实际经验总结、检修过程中内部检查, 分析出 4 号机冲车过程中振动大原因, 采取一系列应对措施, 解决了冲车过程中振动大问题, 缩短了机组的启动时间, 有效地保证了机组的寿命和性能。

**关键词:**振动; 分析; 原因; 对策

**Abstract:** The causes of the severe vibration in the process of impulsing on No. 4 unit are analyzed with the data analysis of previous starting, the summary of practical experiences and the internal inspection. The problems are solved after taking a series suitable measures, which reduces the time of starting-up and ensures the life and performance of the unit efficiently.

**Key words:** vibration; analysis; causes; countermeasures

**中图分类号:** TK247 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)05-0057-03

三河发电厂二期工程 3、4 号机组采用东方汽轮机厂生产的 C300/220-16.7/0.3/537/537 型亚临界蒸汽参数、一次再热、单轴、双排汽、采暖抽汽凝汽式机组。3 号机组于 2007 年 8 月 31 日 18:00、4 号机组于 2007 年 11 月 10 日 18:00 完成 168 h 试运行。机组高中压缸为合缸、双层结构, 低压缸采用对称分流式双层缸结构。内缸外壁对应于第 2 极隔板处有一个定位环, 其外缘的凹缘与外缸上相应位置的凸缘配合, 确定内缸轴向位置, 构成内缸相对与外缸的轴向膨胀死点。机组启动采用高、中压联合启动方式。机组启动状态根据高压内缸上半调节级后内壁金属温度 150℃ 为界, 分为冷态启动和热态启动。

汽轮机辅助系统有高压缸预暖和夹层加热系统。高压缸预暖系统是在高排逆止门前的高排管道上设置有倒暖的管道及阀门, 汽轮机冲转前高压旁路阀后的蒸汽通过倒暖阀进入高压缸, 从高中压缸之间汽封、高压主汽管疏水和高压缸疏水排出, 对高压缸进行预加热。内缸外壁第 5 级处设置隔热环, 将内外缸夹层空间分为 2 个区域, 夹层加热系统是来自主蒸汽的夹层加热蒸汽经过夹层加热联箱后, 从高中压外缸下半部分的汽缸左右侧进入外缸和内缸之间的夹层即一区, 蒸汽再通过隔板环外沿 5 mm 宽的环形间隙进入与高压排汽相通的二区, 排汽进入高压排汽。

## 1 存在的问题

调试过程中共 13 次启动, 停机 12 次, 因振动大

停机 8 次。

表 1 历次冲车情况

| 次 数 | 时 间 /h | 调 节 级 属 温 度 /℃ | 冲 车 是 否 成 功 | 原 因   |
|-----|--------|----------------|-------------|---|
| 1   | 17     | 232            | 否           | 1 070 r/min 时 2X、2Y、4X 振动大  |
| 2   |        | 221            | 是           |   |
| 3   | 6      | 316            | 是           |   |
| 4   | 38     | 126            | 否           | 1 200 冲 2 000 r/min 过程中 2X 振动大  |
| 5   |        | 144            | 否           | 924 r/min 时 2X、4X 振动大   |
| 6   |        | 154            | 否           | 1 010 r/min 2X 振动大  |
| 7   |        | 176            | 否           | 1 450 r/min 时 2X、1X 振动大   |
| 8   |        | 215            | 是           |   |
| 9   | 17     | 330            | 是           | 1 200 冲 2 000 r/min 过程中 2X 振动大被迫降至 1 200 r/min 暖机, 第二次冲 2 000 r/min 成功。 |
| 10  | 24     | 132            | 否           | 1 400 r/min 2 号瓦振动大   |
| 11  |        | 159            | 否           | 2X 方向振动大  |
| 12  |        | 205            | 是           | 一次冲车成功  |
| 13  | 5      | 248            | 是           | 一次冲车成功  |

### 1.1 冲车过程中振动大, 启动时间长

振动大主要发生在 1 200 r/min 升速至 2 000 r/min 过程中, 1、2、3、4 号瓦振动超限而被迫打闸停机。

### 1.2 启动时间长

因振动大停机后必须盘车 4 h 以上, 启动时间延长, 平均启动时间在 18 h。

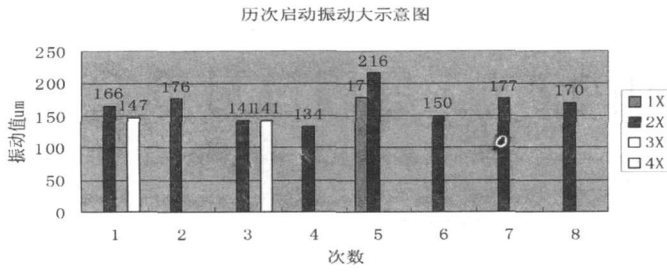


图 1 历次启动振动大示意图

## 2 原因分析及对策

### 2.1 高压缸预暖使用不当

#### 2.1.1 原因分析

1) 冲车前没有将高压缸调节级温度加热到 150℃, 其中 7 次停机有 5 次是这种情况。

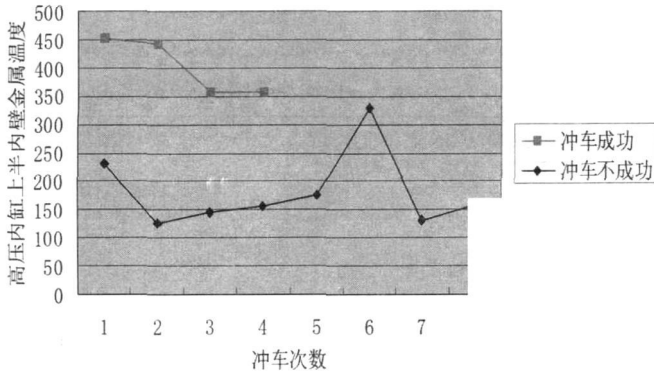


图 2 历次冲车高压内缸调节级温度

在缸温高时, 冲车成功率高, 在高压内缸上半内壁金属温度低于 150℃ 时, 冲车成功率为零。

2) 高压内缸上半内壁金属温度到 150℃ 后没有维持足够的暖缸时间后再进行冲车。

调节级上缸内壁金属温度到 150℃ 只是代表高压内缸表面温度到达 150℃, 缸体并没有被暖透, 维持一定暖缸时间可使缸体表面与内部温差减小, 从而减小金属内部热应力, 使缸体得到均匀膨胀, 保证在冲车过程中动静间隙不致消失引起振动。调试期间打闸闷缸 4 h 后再冲车的成功率高证明了这一点。

#### 2.1.2 对策

1) 启动前盘车状态下预热器。暖缸蒸汽参数为 0.4~0.8 MPa, 200~250℃, 逐渐开启倒暖阀使暖缸蒸汽进入汽缸, 保持调节级压力在 0.4~0.5 MPa, 控制汽缸金属温升率不超过 50℃/h, 汽缸各壁温差及胀差在允许范围内。

2) 维持高压缸预暖时间, 保证高压缸预暖效果。

在高压内缸调节级处上半内壁金属温度升到 150℃ 时, 应将倒暖阀前节流阀开 10%, 维持如表 3 所示的倒暖时间。

表 2 高压缸预暖保持时间表

| 预暖前高内调节级上半内壁温度 / °C | 20  | 40  | 60 | 80  | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 |
|---------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 暖缸时间 / h            | 3.6 | 3.3 | 3  | 2.7 | 2.4 | 2.3 | 1.8 | 1.5 | 1   | 0.2 |

### 2.2 内外缸温差大

#### 2.2.1 原因分析

表 3 某次冲车时内外缸温差实际值与规定值比较

| 名称                   | 实际值          | 规定值  |
|----------------------|--------------|------|
| 1 000 r/min 时        |              |      |
| 高压外缸下半内壁与高压内缸下半外壁间温差 | 为 104℃       | <50℃ |
| 2 000 r/min 时        |              |      |
| 高压外缸法兰上半左右法兰温差       | 为 96℃<br>30℃ | <10℃ |

表 4 冲车过程中缸温变化

|        | 第一次 2 000 r/min | 第二次 2 000 r/min |
|--------|-----------------|-----------------|
| 内外缸温差  | 96              | 44              |
| 冲车是否成功 | 否               | 是               |

96℃ 的温差远远超出标准 <50℃, 冲车过程中发生振动大, 第二次冲车该温差降低到 44℃ 时冲车成功。

汽轮机在启动、停机时, 汽轮机的汽缸、转子是一个加热和冷却过程。启动时由于内缸膨胀较快受到热压应力, 外缸膨胀较慢则受到热拉应力, 而应力的与内外缸温差成正比, 当内外缸温差过大时, 汽缸金属应力超过材料的屈服应力极限, 汽缸可能产生变形, 动静间隙减小, 磨损隔板汽封, 同时隔板和叶轮还会偏离正常时所在的平面, 转子转动时间隙减小,

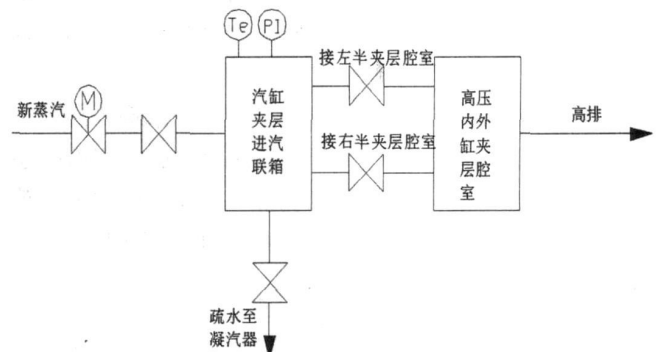


图 3 夹层加热系统示意图

结果往往与其他因素一起造成摩擦, 造成振动超限。

## 2.2.2 对策

- 1) 夹层加热投入方法的改进
- 2) 夹层投入方法的改进

表 5 夹层投入方法的改进

| 名称       | 以前的方法  | 改进方法   | 备注                               |
|----------|--|--|----------------------------------|
| 夹层加热联箱暖管 | 检查夹层进汽分门关闭, 打开夹层联箱疏水电动门、手动门, 打开夹层联箱进汽电动门, 稍开夹层联箱进汽手动门, 维持夹层联箱压力 0.1~0.2 MPa 进行暖管。                                | 开夹层联箱疏水的同时开启两侧夹层加热分门, 利用凝汽器真空的抽吸作用使高压缸预暖蒸汽通过夹层进汽管道、联箱疏水管道进入凝汽器, 夹层中的疏水排入凝汽器。 | 利用倒暖蒸汽预暖夹层空间, 利用夹层联箱疏水门疏掉夹层空间内积水 |
| 夹层加热投入   | 关闭夹层加热联箱疏水电动门, 全开汽缸夹层左右分门, 夹层联箱进汽电动门, 调整夹层联箱进汽手动门, 根据高中压内缸外壁与外缸内壁温差及差胀变化趋势, 调整夹层进汽压力 0.98~4.9 MPa 最高不大于 6.5 MPa。 |  |                                  |

### 3) 原方法效果不好的原因

在历次启机投夹层加热后效果并不明显, 在实际操作中并不能很快的缩小高压内缸外壁和高压外缸内壁温差, 同时对胀差影响也不大。分析其原因有 3 个。

(1) 夹层空间无法疏水。如图 1 所示为倒暖蒸汽投入后而夹层未投入前的缸温图, 高压外缸上半内

壁和高压内缸上半外壁温差仅为 13℃, 高压外缸下半内壁和高压内缸下半外壁温差为 61℃, 之所以相差这么大是因为夹层空间并没有设置疏水, 由倒暖蒸汽凝结而成的夹层空间内疏水无法排出。

(2) 传热效果不好。由于夹层空间无法疏水, 夹层通入蒸汽后, 蒸汽夹杂着水蒸汽, 使外缸内壁温度升高很慢, 直到汽缸和蒸汽管道内壁温度达到该压力下饱和温度时, 高压内缸外壁和高压外缸内壁温差才开始减小。而这需要相当长一段时间。

(3) 4号机组 A 修中检查出夹层右侧分门门芯脱落, 就造成该侧蒸汽不流通, 加热效果不好。

## 3 取得的效果

1) 2008 年 10 月 29 日 4 号机组 C 修后机组冷态启动实现了一次冲车成功, 机组在临界转速最大轴振 2X 项 108 μm, 其余振动控制在 80 μm 以内。

2) 2009 年 3 月 27 日 4 号机组 A 修后冷态启动一次冲车成功, 最大振动发生在 1 614 r/min 如图 4 和图 5 所示。

3) 平均启动时间为 5.5 h 比调试期间减少了 12 h 极大地缩短了启动时间, 降低了启动成本, 使机组及早发电创造了巨大的经济效益。

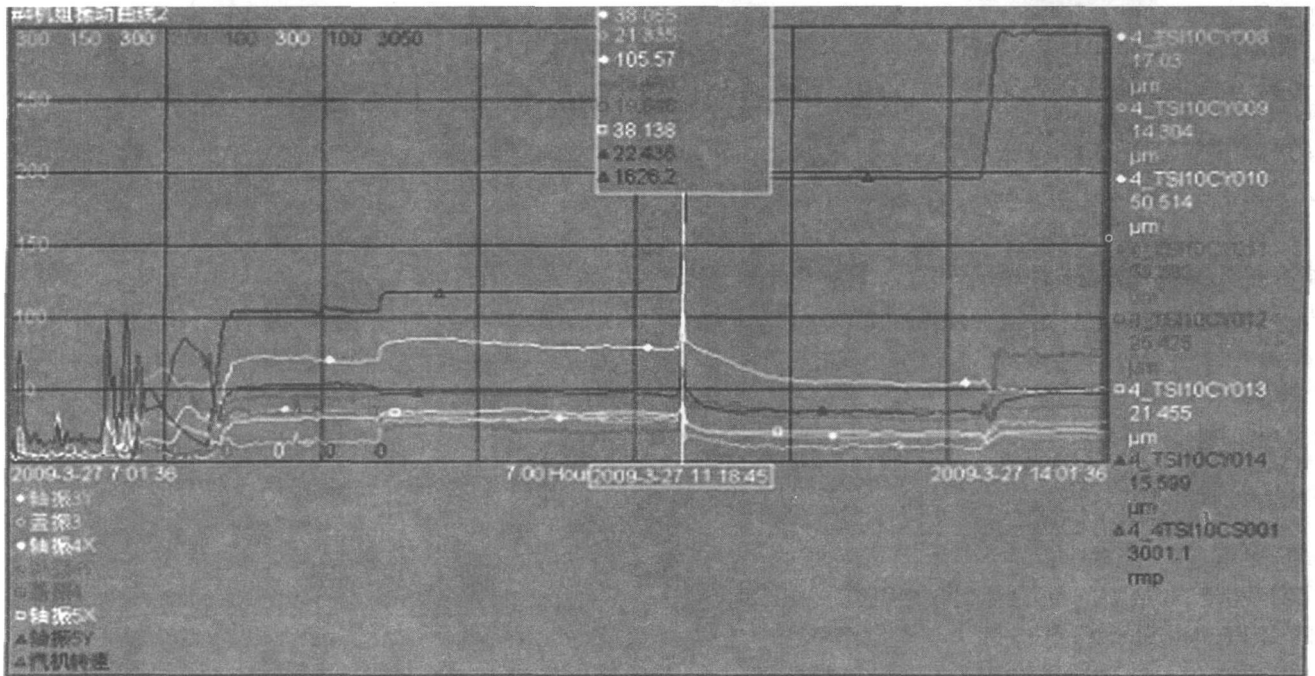


图 4 4号机组 A 修后冷态启动 3、4、5号瓦振动曲线图

(下转第 78 页)

[2] 刘健,杨文字,余健明,等.一种基于改进最小生成树算法的配电网架优化规划[J].中国电机工程学报,2004,24(10):103-108.

[3] 李靖霞,鞠平.配电网优化规划的基因算法[J].电力系统自动化,1999,23(20):12-14.

[4] 陈根军,李继洗,王磊,等.基于 Tabu 搜索的配电网规划[J].电力系统自动化,2001,4(10):40-44.

[5] 王成山,王赛一.基于空间 GIS 和 Tabu 搜索技术的城市中压配电网规划[J].电网技术,2004,28(14):68-73.

[6] Han K H, Kim J H. Quantum - inspired Evolutionary Algorithm for a Class of Combinatorial Optimization [J]. IEEE Trans on Evolutionary Computation, 2002, 6(6): 580-593.

[7] 张葛祥,李娜,金炜东,等.一种新量子遗传算法及其应

用[J].电子学报,2004,32(3):476-479.

[8] 赵英杰,王正志.基于量子进化算法的 RNA 序列-结构比对[J].生物化学与生物物理进展,2009,36(9):1222-1228.

[9] 陈章潮,唐德光.城市电网规划与改造[M].北京:中国电力出版社,1998:200-202.

[10] 王凌.量子进化算法研究进展[J].控制与决策,2008,23(12):1321-1326.

作者简介:

王 腾(1987),男,硕士研究生,主要研究方向为电力系统规划。

王 倩(1962),女,教授,主要研究方向为电力调度综合自动化、分布式开放式 SCADA 系统、嵌入式工业测控系统。

(收稿日期:2010-04-12)

(上接第 59 页)

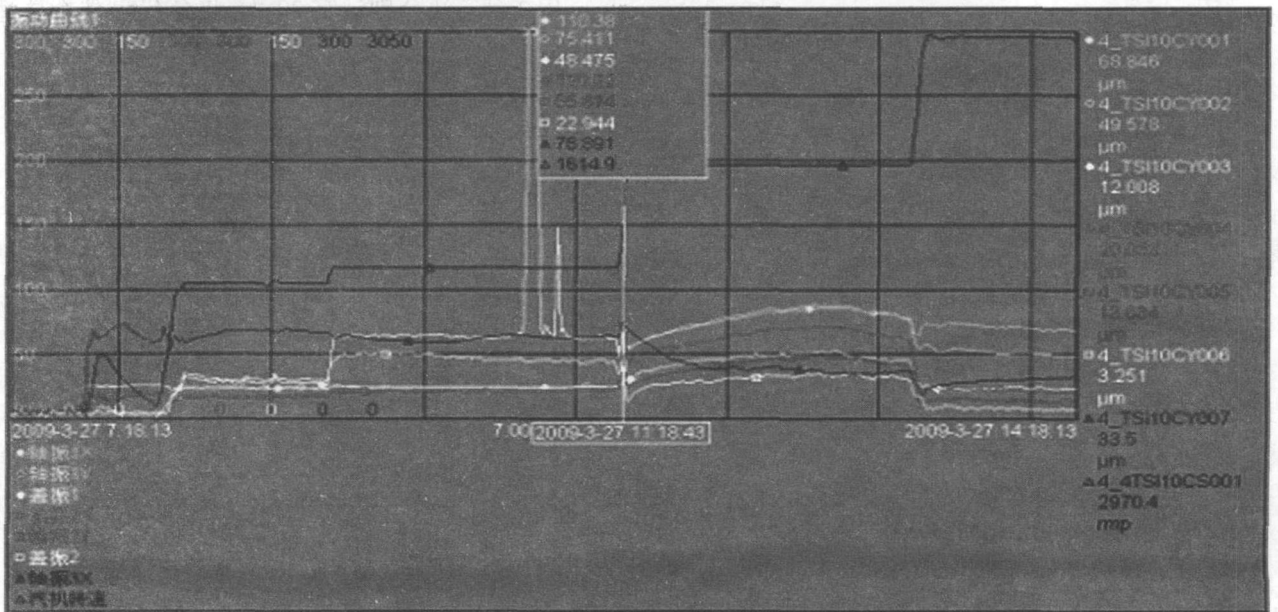


图 5 4号机组 A 修后冷态启动 1、2、3号瓦振动曲线图

4 建议

1)目前高压缸倒暖用汽从高排管道抽取,只有在高压旁路开启后才能投入。高压缸预暖用蒸汽参数为 0.4~0.8 MPa, 200~250℃, 辅汽完全可以满足要求且可以利用邻机辅汽作为高压缸预暖汽源,这样在锅炉点火前就可以进行高压缸预暖。建议将高压缸预暖用汽取自辅汽,可缩短启动时间约 2 h 降低启动费用,机组提前约 2 h 发电。

2)暖机或升速过程中,如果发生较大的振动,应该立即打闸停机进行盘车直轴,而不应降速暖机。因为振动大最易导致动静部分摩擦、汽封磨损、转子弯曲,转子一旦弯曲,振动越来越大,摩擦就越厉害。这样恶性循环易使转子产生永久性变形弯曲,使设备严

重损坏。

3)目前 CRT缸温画面并没有各种温差值的显示,各部温差需人工计算,建议在画面中生成各部温差值便于监视和及时发现超限值。

参考文献

[1] 彰金宝,李振宁,等.300MW 机组集控运行规程[Z].三河发电有限责任公司,2007.

[2] 杨树旺,张新元,等.汽机设备说明书[Z].三河发电有限责任公司,2007.

[3] 孙曰泰,李贵春,等.三河电厂二期工程调试报告[R].华北电力科学研究院,2007.

[4] 华东电业管理局.汽轮机运行技术问答[M].北京:中国电力出版社,1997.

作者简介:

荆永昌(1984),男,河南焦作人,助理工程师,从事发电厂集控运行工作。

(收稿日期:2010-06-13)