

谈发电机转子冷却水流量低的原因和处理方法

卓举星

(宝钢湛江钢铁有限公司 广东 湛江 524000)

摘要: 转子冷却水发电机的特点是转子绕组由水直接接触冷却。水源一般采用除盐水, 通过独立的冷却水回路达到冷却转子绕组的目的。如果发生冷却水流量减少, 将使发电机转子受热不均, 导致机组严重振动, 威胁机组安全运行。可见, 内冷水发电机对冷却水系统的可靠性要求很高。通过实例叙述了内冷水发电机转子冷却水流量低的情况和原因分析, 并提出了相应措施, 对于同类情况有一定借鉴意义。

关键词: 发电机; 转子冷却水; 流量

某厂拥有的两台 350MW 的机组, 是上海汽轮机厂生产的 N350-16.7/538/538 再热凝汽式机组。发电机是上海电气厂生产的 QFS-350-2 型双水内冷发电机, 额定容量 350MW, 转子线圈的冷却水流量为 30t/h, 转子冷却水压为 0.2 ~ 0.3MPa, 转子冷却水从进水装置引入转子进水管, 经转子励端的水室, 分 17 路进入转子线圈, 流到转子汽端后, 改为 16 路从发电机转子冷却水回水座处排出。

1 发电机转子冷却水流量低实例和原因分析

1.1 转子冷却水进水密封盘根磨损导致堵塞

某厂 1 号机组在运行中发现发电机转子冷却水入口进水装置处漏水变大, 逐渐发展到喷射状态, 少量水在转子高速转动带动下被甩入励磁机内, 马上解列停机处理。拆卸发电机转子冷却水进水装置处短轴, 检查发现盘根磨损严重, 重新更换盘根后机组启动, 汽轮机转速升到 2600r/min 左右时发现 5 号轴瓦震动大, Y 向震动最大达 161.77us, X 向最大达 89.98us, 约是正常值的 3 倍左右。

经分析, 转子冷却水路堵塞可能是造成 5 号轴瓦震动增大的原因。停机后, 汽轮机盘车时观察发电机回水座 16 路出水孔其中有 1 路水流量很小。

原因分析: 发电机转子进水装置处盘根更换新盘根时, 盘根密封水和水封槽对应不上, 导致盘根得不到良好的冷却, 进水装置处的石墨盘根在转子进水短轴高速旋转影响下, 会加速磨损、密封间隙变大, 造成盘根磨损下来的材料随着转子冷却水进入转子内部回路, 当进入的杂质过多时停留在转子线圈水路的拐角处, 造成转子内部个别水路堵塞, 堵塞冷却水的顺利流通, 引起转子动平衡破坏, 或者转子温升不平衡产生转子热弯曲, 最终震动增大。

1.2 转子内部铜线棒氧化腐蚀导致流量低

某厂 2 号机组转子冷却水系统已运行 2 年多, 但转子冷却水流量却由 31t/h 左右开始逐渐下降, 在机组大修前降至 21t/h, 几乎达到发电机断水保护报警值。大修中, 对发电机转子使用氮气和除盐水交替进行反冲洗, 冲洗出来的水含有很多黑色杂质。通过对冲洗出来的杂质进行检测, 确定为铜的氧化物。电力行业标准 DL/T 561-2013《火力发电厂水汽化学监督导则》要求在定冷水 pH 处于 7.0 ~ 8.0 时, 溶解氧含量应控制在小于 30 μg/L 的水平, Cu²⁺ 含量应控

制在不大于 20 μg/L 的水平, 通过检验, 该转子冷却水 Cu²⁺ 含量远大于 20 μg/L。

原因分析: 发电机转子冷却水若从投运初期开始就在水质严格监控和管理方面有所欠缺, 或未对内冷水进行常态化的处理, 将会导致定子、转子线圈内部因内冷水水质不合格而发生铜腐蚀, 这种腐蚀分布均匀, 腐蚀积累到一定程度, 即可在部分位点造成腐蚀物沉淀结垢, 堵塞空心导线, 引起压差和温度的上升。轻度的内冷水系统腐蚀结垢可在压差和线圈温度上有所反映, 如果任由其发展, 最终将导致机组运行无法达到额定负荷, 甚至因其所造成的安全隐患导致直接停机的严重后果。

2 转子流量低处理措施

2.1 采用反冲洗的方法

拆下发电机转子冷却水回水座盖板, 对发电机转子出水后进行编号 (共 16 个出水口), 用专用堵头堵住发电机转子 15 个回水口, 留下 1 个不堵; 启动转子冷却水泵, 将发电机转子冷却水进水压力调整稳定在 0.5MPa, 准备好量杯与秒表, 测量时间为 5s, 记录测量数据, 依次将 16 个出水口流量测量并记录。根据流量试验数据, 流量最低的先冲

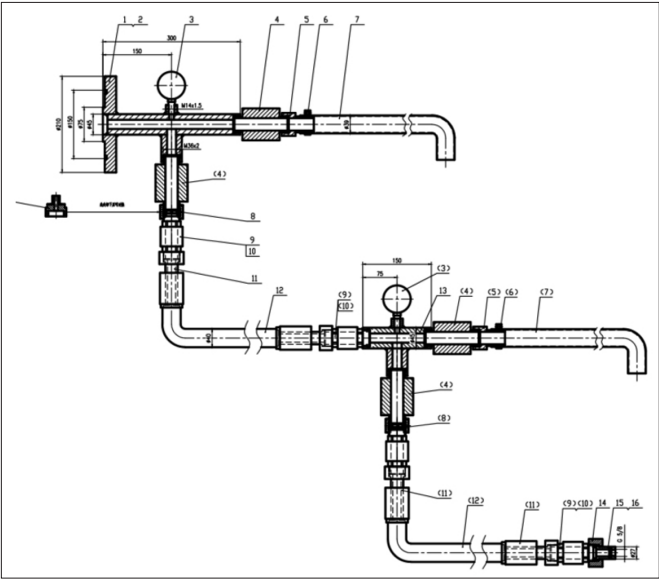


图 1 转子反冲洗专用工具

洗，依次排序，将其他 15 个出水口用堵头全部堵上，只留下冲洗的出水口；拆下发电机转子冷却水进水短管，更换反冲洗专用工具，塑料薄膜连接好放入水桶。在回水座处连接进水、进气专用工具，并将氮气瓶接好，除盐水接好，用 0.4MPa 的冷却水和 5MPa 的氮气交替进行反冲洗，

2.2 采用化学清洗方法

均匀化学腐蚀产生的沉积物堵塞基本无法通过物理手段（如水气冲洗等）进行清除，而采用化学清洗却能获得十分良好的效果。

化学清洗采用碱洗+酸洗+漂洗的复合清洗工艺。实施步骤：①碱洗：去除系统中油性杂质、有机物。碱洗复合药剂浓度为 0.8% ~ 1.0%，碱洗液 pH 位于 11.0 ~ 12.0，温度 50 ~ 55℃ 左右，碱洗时间为 1 ~ 2h。②酸洗：去除系统中铜的腐蚀沉积物。酸洗药剂为 3% 柠檬酸+1% 缓蚀剂，酸洗液 pH 位于 3.5 左右，温度位于 55 ~ 60℃ 左右，酸洗时间为 2.5 ~ 3.5h。③漂洗：清除系统中的残存酸液和表面附着物。漂洗药剂为 0.3% 磷酸三钠+氨水，漂洗液 pH 位于 10.0 ~ 11.0，温度位于 40 ~ 45℃，漂洗时间为 2h。碱洗+酸洗+漂洗都使用转子冷却水泵打循环。

3 结语

（1）发电机转子冷却水进口装置处采用耐磨盘根，减少盘根细碎的产生。

（2）每次停机检修盘车时，观察转子冷却水回水座 16 路出水口出水情况，不均匀时需对转子进行反冲洗。

（3）通过新加转子冷却水膜碱化装置，严格控制内冷水运行时的指标，通过加碱和更换树脂保证内冷水水质合格。

参考文献：

[1] 周怀里，双水内冷发电机转子回路堵塞原因分析和防止措施[J]. 江苏电机工程，2004(9):59-61.
[2] 王义超，QFS-125-2 发电机转子水路堵塞的分析与处理[J]. 广东电力，1997（增刊）：31-33.
[3] 发电机定子冷却水系统系统手册[S]. 浙江：核电泰山联营有限公司，2005.
[4] 核电厂中级运行[S].2 版. 浙江：核电泰山联营有限公司，2008.
[5] 发电机定子化学清洗重大检修工作方案[S]. 浙江：核电泰山联营有限公司，2011.
[6] 卢凯超，孟洪汉，孙幸光. 发电机定子冷却水系统流量降低处理方法浅析[J]. 科技视界，2017(1):162.

作者简介：卓举星(1986.12-)，男，学士学位，研究方向：电厂汽机点检。

（上接第 109 页）

目的是提高工件在加工中的刚度和稳定性，有利于保证加工精度。

如果工件上作为定位基准的内孔与端面间的垂直度很差，那么工件装入心轴后，工件与支承凸台上的位置情况如图 2-b 所示。工件由长心轴保持与其孔接触，可消除四个不定度 $\overset{P}{X}$ 、 $\overset{P}{Z}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ ；工件端面只能与支承凸台接触于一点，消除一个不定度 $\vec{Y}$ 。工件一旦被夹紧，则工件的端面必然要与支承凸台平面相接触（即三点接触）。要实现这种接触，只能是工件或心轴产生变形。这就是重复消除同一不定度的定位支承点互相干涉造成的结果。显然，不论工件还是夹具定位元件产生变形，其结果都将破坏工件的定位要求，造成加工误差。在夹具设计时，这种重复定位是不允许的。为了改善这种情况，应采取避免重复定位的措施，具体见表 1。

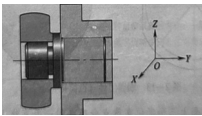
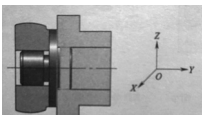
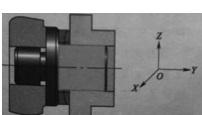
4 结语

在机床夹具的设计过程中，应根据具体的情况来避免重复定位，通过合理的选择定位元件和不同形式的定位元件的组合，可以有效改善重复定位。

参考文献：

[1] 洪惠良. 机床夹具[M]. 北京：中国劳动社会保障出版

表 1 避免重复定位

措施	图例	相关说明
长心轴与小端面 支承凸台组合		定位以长心轴为主，消除四个不定度 $\overset{P}{X}$ 、 $\overset{P}{Z}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ ，小端面消除一个不定度 $\vec{Y}$
短心轴与大端面 支承凸台组合		定位以大端面为主，消除三个不定度 $\overset{P}{X}$ 、 $\overset{P}{Z}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ ，短心轴消除两个不定度 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$
长心轴与浮动端面组合		定位以长心轴为主，消除四个不定度 $\overset{P}{X}$ 、 $\overset{P}{Z}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ ，浮动端面只消除一个不定度 $\vec{Y}$

社,2018.

[2] 孔建，兰晓静. 浅谈重复定位出现的问题及其改进[J]. 制造业自动化,2012(9):72-73.

作者简介：吕文龙(1985-)，男，汉族，河南新乡人，机械工程硕士，讲师，研究方向：机械工程。