

探究双抽凝气式汽轮机轴瓦振值偏高故障的解决方法

樊鹏德

宁夏煤业公司煤制油化工安装检修分公司 宁夏 宁东 750411

摘要: 针对某厂双抽凝气式汽轮机大修更换转子后, 正常运行状态下2#瓦振动值偏高, 2#瓦测点振值VB2X: 148 μm 、VB2Y: 81 μm (报警127 μm , 跳车254 μm), 机组一直监控运行。为了解决轴瓦振值高的问题, 对仪表振动探头、转子测振带, 轴瓦接触面积、表面情况, 轴瓦紧力、轴瓦间隙, 轴瓦油路, 转子动平衡等进行检查, 通过调整轴瓦紧力, 转子在线动平衡, 消除了轴瓦振值高的问题, 为同类机组轴瓦振值高的问题解决提供参考、借鉴^[1]。

关键词: 平衡量; 轴瓦; 动平衡

1 机组概述

某化工厂动力装置发电机组汽轮机由南京汽轮机(集团)有限责任公司生产, 规格型号为CC50-9.3/4.2/1.3, 结构形式为高压、单缸、双抽汽、冲动冷凝式, 共17级, 轴功率50MW, 额定转速3000r/min。缸体(内缸、外缸)为水平剖分式结构, 由机壳和隔板组成定子部分的流道, 两侧设有气封, 发电机于汽轮机转子采用刚性联轴器, 支承轴承采用椭圆瓦结构形式, 该轴承运行稳定性能好, 推力轴承采用米稷尔轴承, 其特点

是承载能力高, 适用于高速旋转的场合, 易于维护, 可降低噪音和振动。

2 存在的问题

2023年12月20日机组汽轮机更换完转子后, 该汽轮机于12月21日15:37分启机, 18:59分升至工作转速3000rpm, 机组2#瓦测点振值VB2X: 148 μm 、VB2Y: 81 μm (报警127 μm , 跳车254 μm), 图1为启机VB2X测点振值、相位趋势图, 机组2#瓦轴振偏高, 机组长期处于监护运行。

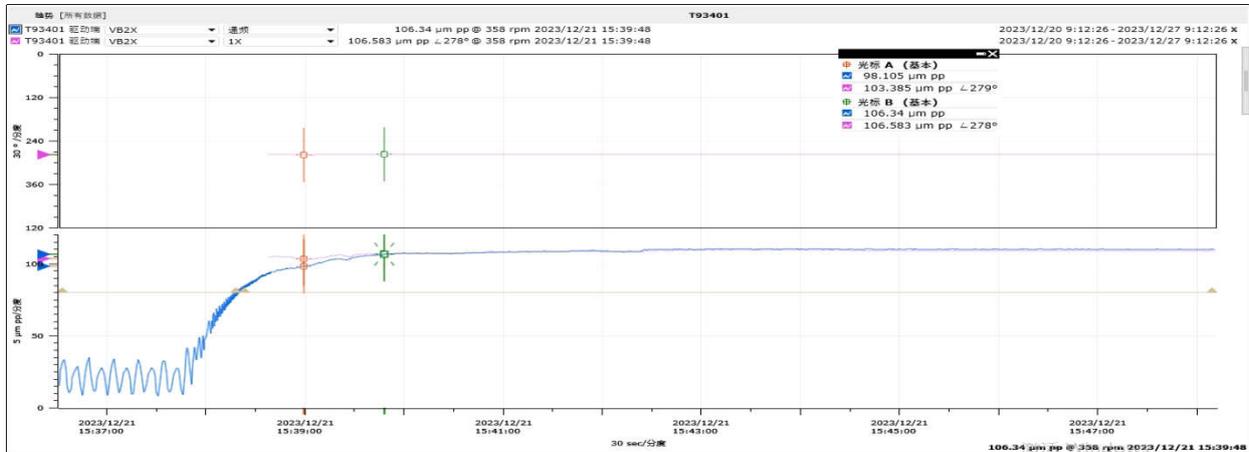


图1 启机VB2X测点振值、相位趋势图

通过图2分析机组在慢转速状态下(约143rpm), 汽轮机排气侧(2#瓦)轴振动值就达到了约100 μm , 而汽轮机进气侧及发电机各轴振动测点振动值普遍在30 μm 以上。另外, 汽轮机即使升速至3000rpm运行后, 2#轴振的通频及1X(含幅值与相位), 与慢转速时的状态相差不大。汽轮机2#瓦以上特征表明, 汽轮机排气侧转子存在

转子不平衡量, 可能存在runout故障, 图2汽轮机2#瓦冷态启机图(未做数据补偿)。

分析机组启机前盘车状态时, 2#瓦VB2X振值最高34 μm (3月启机时为17 μm), 启机升速至200rpm时, VB2X振值已高达100 μm , 额定转速下振值为135 μm 左右, 均以工频为主, 轴心轨迹呈椭圆, 汽轮机稳态运行时排气侧轴心轨迹呈近似椭圆特征, 未表现出转子测振带表面机械加工缺陷特征, 据此怀疑汽轮机排气侧测振带可能存在电气缺陷或探头安装异常。

作者简介: 樊鹏德(1986—), 男, 汉族, 甘肃民乐人, 国家能源集团宁夏煤业公司煤制油化工安装检修分公司, 本科/中级工程师, 研究方向: 机械制造及自动化。

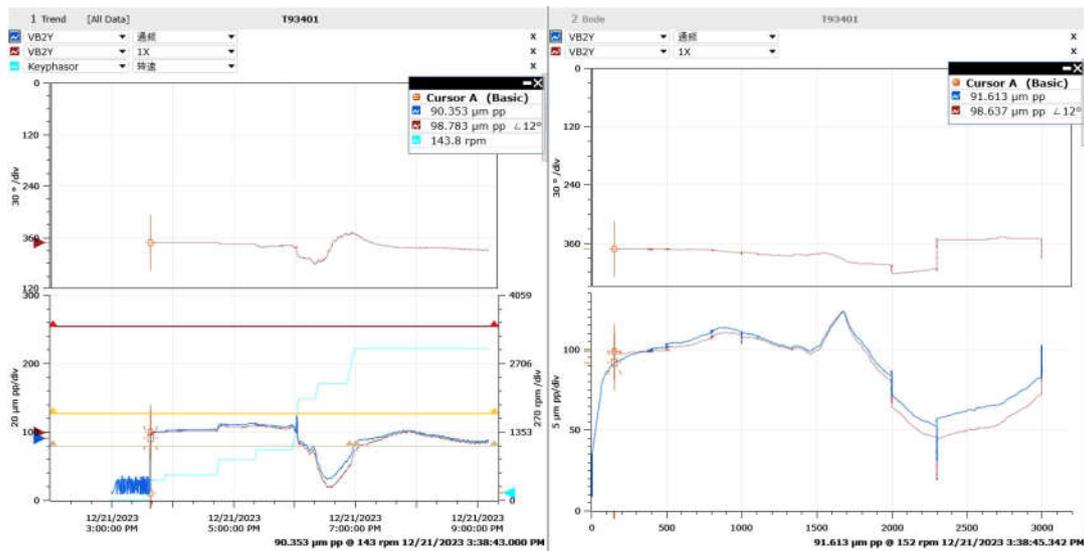


图2 汽轮机2#瓦冷态启机图（未做数据补偿）

3 振动产生的原因及机理

造成汽轮机组振动故障最常见的主要原因有以下几种：转子不平衡质量、转子弯曲、对中不良、油膜振动、汽流激振等。

3.1 转子质量不平衡

转子在制造加工过程中，需要进行车削、磨削、钻孔等精密加工，在加工过程会出现加工误差，导致加工精度偏差，造成转子圆周方向切削不均匀，从而导致质量分布不均匀，形成质量不平衡；制作转子的材料自身存在内部缺陷、气孔、夹渣，应力不均，晶间腐蚀孔洞等缺陷也会造成质量不平衡，重心点变化，引起转子永久性弯曲，在检修时需要更换的转子，在转子组装的过程中或进行装配时导致各别部件出现不平衡，造成整个转子不平衡，转子质量不平衡时最常见的振动故障，在运行中表现为振幅与不平衡质量成正比，振动频率等于转子的振动频率，波形为正弦波，振幅及相位始终保持常数，而与负荷无关。

3.2 转子弯曲

在机组启停过程中，由于温差控制不当，未按照暖机方案执行，造成机组部件加热不均匀，部分位置过热，由于暖机时间不长或过短导致受热膨胀量达不到设计要求，造成动静部件碰擦，使转子碰弯，对于开车温度引起的振动，可通过停机重启、降低转速、延长暖机时间、重新制动开机时间及暖机方案，待转子温度均匀后，热弯曲消除，便可以消除振动故障，热不稳定性而引起汽轮机振动，其振幅与负荷成正比，振幅变化在时间上与负荷变化滞后1-3小时。若转子在制造过程中存在自身弯曲，其特点与质量不平衡时的振动情况相同，

在通过一阶临界转速时振动幅值增大特别明显；当机组进水，或者凝液处理不当，造成转子激冷从而导致转子弯曲、变形，在检修过程中，由于叶轮与轴配合间隙过大，键槽松动，安装位置不正确亦能引起转子弯曲。

3.3 转子中心不良

转子中心不良不能狭义上理解为联轴器找中心，实际转子中心不良表现为转子与轴承座同心度，转子与缸体同心度，以及转子轴系配合偏差同心度的测量，在一个转子上，与其配合的静部件相对转子必须保证同心度要求，如果超过标准要求即认为转子中心不良，需要在检修时测量转子同心度，进行高低左右时的调整，保证同心度符合设计要求。转子中心不良在设备诊断中表现特征为轴向振动大，1X和2X转速大的轴向振动。

3.4 油膜振动

在转子正常工作时，轴径中心和轴承中心并不重合，而是存在一个偏心距，当载荷不变、油膜稳定时，偏心距保持不变，机组运行稳定，若外界给转子一扰动力，使轴心位置产生一位移而达到新位置，这时油膜压力发生改变，因而不再与此时的载荷平衡，两者的合力为F，其分力F1将推动轴颈回到起初的平衡位置，而在分力F2的作用下，轴颈除了以角速度 ω 作自转外，还将绕重心涡动（涡动方向与转动方向相同），其涡动速度约为角速度的一半，称为油膜涡动，油膜振荡特点是振幅激增，运行时声音异响，振动频率为组合频率，次谐波非常丰富，消除该问题，则需要对径向轴承进行刮研，保证合适的接触角和接触面积。

4 原因分析判断

本次机组检修内容为：汽轮机大修、更换转子、汽

封、轴封，汽封、轴封间隙调整、高调阀、低调阀拆检，联轴器螺栓铰孔配联轴器螺栓、机组对中找正。结合现场检修过程、诊断检测分析报告及上述原因分析，排除其他原因最终锁定确认汽轮机2#径向瓦振值高的主要原因是以下几种六中情况，计划在下次大修中组织实施：

4.1 在上次检修时可能造成仪表振动探头损坏，或者转子测振带损坏，使轴瓦振值测量不准确。

4.2 轴瓦接触面积偏小，合金表面有机械杂质与轴颈接触产生局部振动。

4.3 轴瓦紧力过大或过小。

4.4 轴瓦间隙不在标准范围内。

4.5 有异物堵塞油路，造成瓦块润滑油供油故障。

4.6 由于转子更换后，其配合的联轴器为刚性联轴器，为了配合发电机组转子，对联轴器进行了现场铰孔，铰孔量的不同，可能导致转子存在转子不平衡量，新换的转子自身存在转子不平衡量。

5 原因排查及解决办法

5.1 原因排查：

2024年6月决定对汽轮机停车检修，因此借助本次检修决定从以上分析出的六方面原因进行排查，解决轴振偏高的原因。

5.1.1 检查仪表振动探头完好，信号传输正常。

5.1.2 检查转子测振带外观完好，表面光滑，无磨损、划痕等宏观缺陷。

5.1.3 检查轴瓦剖分面严密、无错口，轴瓦与轴承座贴合严密，瓦枕与轴承座接触面积大于70%，符合要求；同时复测轴瓦紧力为0.15mm（参考值0.02-0.06mm），轴瓦紧力值偏大。

5.1.4 拆卸检查汽轮机2#径向瓦，轴瓦基体和巴氏合金层无脱壳、裂纹、夹渣、气孔、烧损、沟痕、碾压和偏磨等缺陷，轴瓦表面无任何机械杂质，与之接触的轴颈表面外观检查完好；检查轴瓦与轴颈接触均匀，接触面积大于70%，符合要求；测量轴瓦顶间隙为0.40mm（参考值0.37-0.47mm），轴瓦侧间隙0.60mm（参考值0.58-0.68mm），轴瓦间隙均符合要求。

5.1.5 检查轴瓦表面无烧伤、结焦现象，同时检查汽轮机后轴承箱油孔、油道、油管线均干净、畅通，无堵塞现象。

5.1.6 通过在线动平衡检查转子不平衡量，首次测得不平衡量在500g，所以转子存在动平衡超标的问题。

5.2 解决办法：

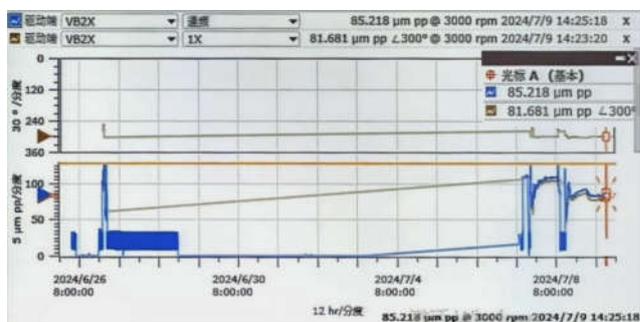
5.2.1 通过调整瓦枕背部垫片（减去一张0.09mm的铜皮）使轴瓦紧力符合要求，轴瓦紧力回装值为0.06mm

（参考值0.02-0.06mm）。

5.2.2 通过在线动平衡测量与计算，在转子盘车齿轮处加装配重块（共加装2次）。第一次测量与计算在135°位置加装500g（实际加装500.16g），试车后2#瓦振值下降至51.4 μ m，但1#瓦振值上涨至110 μ m左右；第二次测量与计算在260°位置加装150g（实际加装149.96g），第二次加装后汽轮机试车运行正常，1#瓦振值稳定在65 μ m左右，2#瓦振值稳定在85 μ m左右。

6 效果检查

处理后该机组于2024年7月7日16点33分试车，各项参数均符合要求。截止目前机组各轴瓦温度、振值均在正常范围内，运行状况良好。



7 总结、结论

通过上述分析和解决过程不难看出，引起该机组振动大的主要原因是转子不平衡量，其次是其中2#轴瓦紧力超差引起轴瓦的变形，结合2023年汽轮机更换转子检修过程分析认为造成以上两个检修问题的主要原因是：

7.1 初始复测轴瓦紧力为0.15mm（参考值0.02-0.06mm），可能是汽轮机上盖拆卸后用压铅丝法测量轴瓦紧力，周围无任何障碍物所紧的力比汽轮机大盖回装后有障碍的情况下要大，致使顶部铅丝压缩量较大，出现了误差^[2]。

7.2 更换转子后，新的汽轮机转子和发电机转子联轴器属于刚性连接，需要铰孔来配联轴器螺栓，在手动铰孔时存在操作误差，致使联轴器圆面对称点挖去量不相等、不对称，从而导致转子产生不平衡量^[3]。

因此在机组检修中要减少测量误差和操作误差发生，避免由于数据、测量误差的积累而导致机组运行工况的改变。

参考文献

[1]付忠广.电厂汽轮机运行与事故处理[M].中国电力出版社,2007.

[2]赵常兴.压机组技术手册[M].中国电力出版社,2007.

[3]周宝明.汽轮机热应力、热膨胀及热变形[M].中国电力出版社,2006.