越南沿海三期电站 #1 机组振动分析和处理

滑赵杰
（中国成达工程有限公司，成都　610041）

摘　要：越南沿海三期电站汽轮发电机组在空负荷和正常运行状态下的振动值偏大，尤其是在发电机温升试验时，发电机的振动值随着励磁电流的变化而变化。通过分析认为，机组的振动主要是由转子的不平衡量引起，通过现场动平衡，有效地解决了机组在各工况下振动偏大的问题。

关键词：动平衡；振动；励磁电流；发电机
中图分类号：TK 248　　**文献标志码**：B　　**文章编号**：1674－1951(2017)08－0053－02

0　引言

越南沿海三期电站 #1 机组汽轮机为东方汽轮机有限公司生产的 D600W 型单轴、三缸四排汽凝汽式汽轮机，发电机为东方电机有限公司生产的 QFSN－622.5－2－22 发电机。整个轴系由高中压转子、低压 A 转子、低压 B 转子和发电机转子构成，共 8 副支持轴承和 1 副稳定轴承，其中 #1，#2 轴承为可倾瓦结构，其余轴承为椭圆瓦结构。

#1 机组从机头看，转子沿逆时针方向旋转，鉴相传感器位于机头端部右侧斜上 20°，Y 向轴振传感器位于右侧斜上 45°位置，瓦振传感器位于轴承垂直正上方。机组安全监视系统（TSI）为 Bently 3500 系统，在线机械管理系统（MMS）为 Bently System@ 1 系统。

1　振动现象及分析

#1 机组在调试及“720 h 试运行”期间，汽轮机轴系 #1 ～ #5 轴承处轴振振动良好，振幅小于 50 μm；#6 轴承座盖振在空载和低负荷工况下振动偏大，振幅超过 50 μm，高负荷下 #6 轴承座盖振振幅下降到 50 μm 以下；发电机转子在空载工况下，#7 轴振振幅超过 80 μm，#7 轴承座盖振振幅和 #8 轴振振幅、盖振振幅均小于 40 μm，但随着机组负荷增加，#7，#8 轴振、盖振振幅都出现了明显增大，其中 #7 轴振和盖振振幅、#8 盖振振幅增大最为突出，#8 轴振振幅增大较缓，满负荷工况下 #7 轴振振幅超过 100 μm，#7 盖振振幅超过 60 μm，#8 盖振振幅超过 50 μm，#8 轴振振幅小于 50 μm；发电机转子在满负荷 622 MW 工况下进行发电机温升试验时（功率因数调整到 0.85），发现随着励磁电流的增加，#7，#8 轴振、盖振振幅均出现了快速增大，#7 轴振振幅超过 125 μm 报警值，#7，#8 盖振振幅超过 80 μm。2016 年 12 月 12 日，3 000 r/min 空载时振动数据见表 1，带负荷运行及温升试验时振动数据见表 2。

表 1　空载时振动数据　μm

位置	#6	#7	#8
Y 向轴振	41	84	31
盖振	59	34	31

表 2　带负荷运行振动数据　μm

工况	位置	#6	#7	#8
400 MW	Y 向轴振	42	97	31
	盖振	33	50	51
500 MW	Y 向轴振	42	107	40
	盖振	33	57	55
623 MW	Y 向轴振	43	112	42
	盖振	41	62	56
623 MW 温升试验	Y 向轴振	46	131	61
	盖振	43	82	85
625 MW 温升试验	Y 向轴振	45	126	58
	盖振	39	79	79

（1）调取 MMS #1 机组 #6 和 #7 轴承轴振振动频率瀑布图发现，机组在 3 000 r/min 空载工况下，#6，#7 轴承轴振主要以工频振动分量为主，2 倍频的分量较小，其他倍频的分量更小，说明低压转子和发电机的转子对轮对中性较好；振动工频大产生的原因有可能是轴承供油不足，也有可能是轴系不平衡，由于轴瓦温度和回油温度都正常，可以排除轴承供油不足的影响；由于振动的相位较为稳定，可以排除转子上零部件松动的可能性，说明振动主要由质量不平衡引起[1]。汽轮发电机组在生产制造过程中都进行过单转子的高速动平衡工作，在现场各转子连成轴系后轴系的平衡状态发生了改变，有可能产生

收稿日期：2017－05－08；**修回日期**：2017－07－03

了新的不平衡量。

(2)发电机带负荷运行和温升试验时,发现励磁电流越大,发电机振动越大,在大励磁电流时转子振动振幅增加相对较快,发电机振动趋势和励磁电流的变化趋势相同,说明发电机可能存在匝间短路;通常发电机转子线圈在励磁电流影响下会发热膨胀,转子线圈铜导线温度比转子本体温度上升的速度快,并且铜导线的温度比较高,两者温度不同及热膨胀系数不一样,由于膨胀量不同可能出现相对位移,从而造成发电机转子出现新的不平衡量,进而引起发电机转子振动振幅变大。

(3)机组 #6, #8 轴承都存在轴瓦振动大于轴振的现象,其中 #6 轴瓦振动主要表现在空载和低负荷工况下, #8 轴瓦振动主要表现在高负荷工况下,而空载工况下 #7 轴振、轴瓦振动振幅都偏大,且轴振、轴瓦振动振幅随负荷增大而增大;轴瓦振动的激振源主要来自轴振,一般轴振振幅均远大于轴瓦振动振幅。当轴承装配出现偏差和螺栓紧固力矩不够时或轴承座刚度不足时,可能会出现轴瓦振动振幅大于轴振振幅以及轴瓦振动振幅增长过快的问题。由于轴瓦振动的振幅基本稳定,基本可以排除轴瓦球面接触不好的问题[1]。

2 问题分析及处理

(1)匝间短路诊断。发电机配有发电机转子匝间短路在线监测装置,但发电机运行期间,没有发现明显的匝间短路现象。

(2)翻瓦检查及螺栓紧固。对发电机 #7, #8 轴承和 #9 稳定轴承进行了翻瓦检查。#7 轴承翻瓦检查发现轴瓦有非常轻微的划痕,转子侧隙(A,C 位置)超标,分析认为侧隙大是轴瓦加工所致,现场无法处理; #8 轴承检查发现轴瓦有非常轻微的划痕,轴瓦与轴承套之间的顶隙偏大约为 0.05 mm,现场对轴承套的中分面进行了研磨处理,调整后顶隙为 0.08 mm(标准为 0.04 ~ 0.10 mm)。#9 轴承抬高量不足,现场增加 0.10 mm 垫片。针对 #6 轴承空载和低负荷工况下轴承盖振偏大,对 #6 轴承螺栓进行了重新紧固,防止紧力不足。对 #8 轴承支撑的端盖螺栓及轴承盖螺栓加大拧紧力矩,并全部进行了重新紧固。

(3)现场动平衡。由于 #1 机组在空负荷和带负荷时振动的相位变化幅度不大,在彻底排除了轴瓦和安装问题对机组的振动影响因素后进行现场动平衡工作。为了尽量减少动平衡过程中汽轮机冲转→并网→升负荷→解列→打闸→汽缸冷却→调整平衡块所需要的时间和启动停机次数,在 3 000 r/min 时,采用发电机定子出线端三相短路、同时手动加励磁电流的方式模拟并网后带高励磁电流的运行状态,结果发现由于电涡流的存在,导致母线罩固定螺栓被烧得通红,为安全起见限制了定子电流的继续提高,此时的转子温度距离额定负荷下额定功率因数时还相差较远,模拟没有达到预期的发电机转子温升效果。

随后,按照机组运行的历史振动数据,首先在低压转子与发电机之间的对轮上 70°位置首次试加平衡质量 700 g,随后机组启动并带负荷、不同工况运行条件下的轴系振动数据见表 3、表 4。

通过对机组 #7, #8 轴承的翻瓦检查及首次动平衡,解决了 #6, #7, #8 轴承盖振快速增大的问题,且在额定功率因数 0.85 的满负荷工况下, #6, #7, #8 轴承处的轴振均明显降低, 但 #5 轴承处的轴振较之前有所升高。通过分析发现此时工频分量所占的比重仍然较高,机组的振动仍有优化的空间。

机组解列, 打闸停机冷却,使缸温冷却到 150 ℃以下,重新调整动平衡方案,将低压转子与发电机之间的对轮处的平衡重移到 110°位置,平衡块总质量增加到 883 g, 同时为了防止 #5 轴承处的轴振继续增大,在 B 低压缸 #5 轴承处末级叶轮处 130°位置加平衡质量 463 g。重新启机,轴系各处的轴振和盖振均达到理想的效果,在满负荷时不同功率因数条件下轴系振动值的具体数据见表 5、表 6。

表 3 负荷 622 MW(功率因数约 0.85)振动数据 μm

位置	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
轴振 X	17	21	25	24	33	25	50	32
轴振 Y	22	25	21	19	52	27	103	63
盖振	6	6	7	7	18	29	42	37

表 4 负荷 621 MW(功率因数约 0.95)振动数据 μm

位置	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
轴振 X	17	20	25	25	33	22	43	27
轴振 Y	23	26	22	20	49	24	83	46
盖振	6	7	7	8	18	25	31	24

(下转第 57 页)

理过程中出现的问题,现将整个缺陷处理过程的经验和建议总结如下。

(1)在汽轮机本体测点安装过程中,往往只注意安装过程,对轴承箱扣盖过程监护不够。在整个安装过程中,尤其在汽机扣盖前后,应对测点状态和数值变化进行详细记录,对比查询。

(2)热工人员还应对测点周围环境的机械结构给予重点关注,像支架、螺栓、缸体,尤其是后加工件,更应进行试装和仔细检查验收。

(3)重要热工保护测点在线缆桥架敷设时,一定要走单层桥架,或单独穿线管,避免出现异常干扰,导致机组非停[5-6]。

(4)重要保护监视信号最好分散在不同控制器下,目前重要信号基本都是分布在同一个控制器下的不同卡件下,但为防止由于控制器故障或单个机柜电源干扰,最好将重要保护监视信号分布在不同控制器下。

(5)机柜 TSI 重要信号线接地时,应该设置停工待检点(H 点)进行检查,有专人进行跟踪和检查。

4　结束语

文章分析了某电厂汽轮机 TSI 在实际应用中出现的问题,提出了详细的解决方案,并通过处理后实际应用证明,问题分析准确,处理良好,有效解决了汽轮机高压缸轴向位移数据偏差大和轴向位移信号跳变的缺陷。同时,为有效避免类似情况再次发生,尤其是对新建电厂,列举了调试安装期应该重点监督检查的方面,通过增设 H 点、检查机械结构、重要电缆套管敷设等方法,从源头上保证机组重要测点一次性安装成功,增加热工测点和系统的可靠性和稳定性,减少和避免机组非停。

参考文献:

[1]沈达. 汽轮机轴向位移异常的原因分析与消除[J]. 热力发电,32(11):70-71,73.

[2]舒乃秋. 检测技术[M]. 北京:中国电力出版社,2006.

[3]谢澄,周轶喆. 阿尔斯通公司 600 MW 机组汽轮机轴向位移异常分析及处理[J]. 热力发电,2007,36(12):59-61.

[4]安骏. 600 MW 汽轮机轴向位移异常分析[J]. 华东电力,2006,34(6):75-78.

[5]朱焱松,曹中柱,张义. 抽凝式汽轮机轴向位移大原因分析及改进措施[J]. 设备管理与维修,2012(1):108-109.

[6]李海波,吕学东. #2 汽轮机轴向位移波动分析[J]. 黑龙江科技信息,2008(8):57.

(本文责编:刘炳锋)

作者简介:

刘亚峰(1988—),男,山西临汾人,工程师,工学硕士,从事电厂热控检修管理方面的工作(E-mail:watch186@163.com。

杜舰川(1983—),男,河北道县人,工程师,工学硕士,从事电厂检修管理方面工作(E-mail:317463195@qq.com)。

王继强(1982—),男,山东冠县人,工程师,从事电厂热控检修管理方面的工作(E-mail:wangjiqiang@126.com)。

(上接第 54 页)

表 5　负荷 623 MW(功率因数 0.96)振动数据　μm

位置	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
轴振 X	18	20	31	28	21	23	29	21
轴振 Y	23	29	36	25	30	33	52	27
盖振	8	8	17	16	23	32	25	19

表 6　负荷 622 MW(功率因数 0.85)振动数据　μm

位置	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
轴振 X	18	21	29	27	25	25	34	21
轴振 Y	23	30	33	20	29	30	71	52
盖振	77	7	15	13	25	37	34	28

3　结束语

越南沿海三期电站汽轮发电机组振动大主要是由汽轮机发电机转子存在不平衡量(包括整个轴系冷态下的不平衡量和发电机转子由于励磁电流的作用在热态下膨胀不均所产生的新的不平衡量)引起的,动平衡后,整个轴系无论是在空载还是满负荷或是改变功率因数达到额定励磁电流条件下,振动值均满足要求。

参考文献:

[1]陆颂元. 汽轮发电机组振动[M]. 北京:中国电力出版社,2002.

(本文责编:刘炳锋)

作者简介:

滑赵杰(1981—),男,河北内丘人,高级工程师,工学硕士,从事转动设备相关工作(E-mail:huazhaojie@chengda.com)。