

## 8000kW同步电机和16000m<sup>3</sup>/h 空气压缩机系统的消振处理

毛乐山等

**摘要** 本文通过利用TH9310振动测量与分析仪对新投产的首钢制氧厂8000kW同步电机和16000m<sup>3</sup>/h空气压缩机系统消振处理,详细介绍了复杂的现场振动测试分析和动平衡处理过程的考虑,其结论对类似情况的单位和用户具有一定的启发作用。

1995年,首钢总公司新建制氧厂,选用首钢电机厂自行设计生产的3台8000kW、额定转速1500r/min同步电机作为16000m<sup>3</sup>/h空气压缩机的原动机,其整个轴系包括增速三元空气压缩机,系统结构示意图如图1所示。

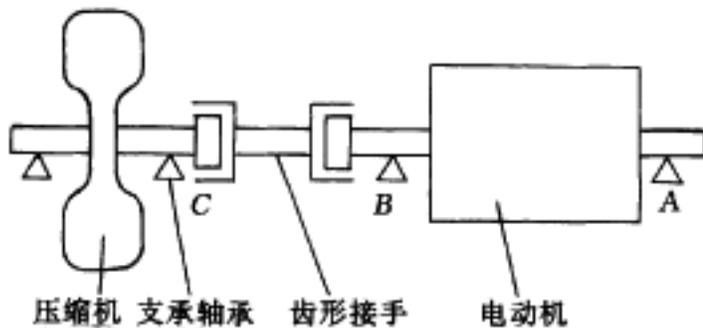


图1 系统结构示意图

机组安装试车后,振动值很小。其中2号空压机组及3号氮压机组一直在LI良好状态下运行,1号空压机组由于在等待其它基建配套工程,静置了相当长时间。1997年9月重新启机试车准备连成系统出氧时,发现电机非出力端,即A端振幅大到120 μm左右,无法正常工作,被迫停机。总公司要求电机厂尽快进行消振处理。制造厂曾先后三次拆下10t重的电机转子运回车间对转子的极靴和线包等各项技术指标做仔细检查,并在20t硬支承动平衡机(电测系统是德国申克公司CAB590)上重新作动平衡试验,没有发现什么大的问题。可是回装后开机时振幅反而变大。现场不得不拆下全部配重,振幅虽有下降,但又发现拆下齿形接手的空电机运行,振幅从启机时的40 μm逐渐变小至10 μm,再变大至90 μm,呈发散趋势,使问题变得复杂起来。以后多方协作处理,均未解决实际问题,前后折腾了近二个月。8000kW同步机组一天的损失包括电费及其他各种消耗近7万元,不能正常运行对生产影响很大。所以电机厂转而与清华大学精密系联系,校方同意大力支援并决定用我们自行研制的TH9310-E型仪器进行现场测试,厂方则用日产VM-63监测配合工作。

双方详细拟定了技术方案,决定先对单个电机作振动检测和现场动平衡处理。这样做不仅使问题变得简单,而且也可以证明问题不都出在电机上。在几天时间内对单个电机作了4次启机测量试验和处理,其过程如下。

1997年12月24日晚21:40,在电机停机不久,安装振动传感器(电机两轴承水平径

向安装)和光电传感器，光电传感器超前振动传感器120°左右，原始振动参数如表1。

表1 原始振动参数

时 间	振动参数(μm)	
	A/A/ A	B/B/ B
21 : 40	30/29/263 °	13/13/255 °
21 : 50	35/33/220 °	15/16/208 °
22 : 00	41/39/210 °	18/19/197 °
22 : 10	49/46/206 °	22/22/194 °
22 : 20	53/51/201 °	25/25/189 °
22 : 30	58/56/203 °	27/27/191 °
22 : 40	61/59/202 °	28/28/191 °
22 : 50	64/62/203 °	30/30/191 °
23 : 05	67/65/204 °	31/31/192 °

停机后在A端(电机尾端)逆转向90°加530g试重后，再测振动数据如表2。

表2 A端加试重后振动参数

时 间	振动参数(μm)	
	A/A/ A	B/B/ B
00 : 20	20/18/273 °	6/6/246 °
00 : 30	22/19/235 °	9/9/199 °
00 : 40	26/23/220 °	12/11/189 °
00 : 50	30/27/213 °	14/14/187 °
01 : 00	33/30/212 °	16/16/187 °
01 : 10	34/32/208 °	16/17/185 °
01 : 20	36/34/210 °	17/17/187 °
01 : 30	38/35/210 °	19/19/186 °
01 : 45	41/38/212 °	19/19/190 °

两次测试后，本应停机后在B端(电机出力端)再加试重进行第三次测量，由于电机供油系统出问题，限流启动不成功，又考虑大型电机不允许作频繁启动，所以决定将A端530g/90°试验质量移到B端相同位置，于28日下午15:40开始冷态启动，数据见表3。

表3 B加试验质量后振动参数

时间	振动参数(μm)		时间	振动参数(μm)	
	A/A/ A	B/B/ B		A/A/ A	B/B/ B
15:40	26/24/319°	15/15/315°	17:20	20/16/161°	7/5/162°
15:50	16/13/331°	10/10/322°	17:40	21/18/164°	7/6/166°
16:00	9/6/353°	6/6/334°	18:00	22/20/177°	9/8/181°
16:10	7/4/45°	5/4/350°	18:20	23/21/178°	10/9/183°
16:20	9/5/95°	3/3/17°	18:40	24/22/179°	10/9/183°
16:30	10/6/128°	3/1/56°	19:00	25/24/180°	11/10/182°
16:40	13/9/145°	3/1/124°	19:20	27/25/179°	12/11/180°
16:50	14/10/147°	4/2/142°	19:40	28/27/179°	13/12/181°
17:00	16/13/158°	5/4/156°	20:00	30/30/178°	13/13/180°
17:10	18/14/158°	6/4/157°	20:20	32/31/179°	14/14/179°

从三组数据可以看到，振动幅值不仅不稳，其相角也在不断变化。一般多达60°，冷态启动时更大，超过180°(见表3)。测试过程中，用示波器监视两测点(A、B两端)，基本是正弦工频成分，TH9310-E显示通频 A与工频A(电机非出力端)、通频 B与工频B(电机出力端)数值相近，频率分析功能也指示主要是基频。经研究初步确定，该转子因热不稳定，刚度下降，呈柔性状态，离心力造成质量分布变化所致。从数据上看两端相位相近，静不平衡占有主要成分，可能是静置3年因重力而造成变形所致。从数据变化规律看，启机前半小时变化显著，随后相对稳定一些，特别是相位角基本固定。所以决定用1.5小时左右的测试结果进行计算：

A端

B端

67/65/204°

31/31/92°

41/38/212°

19/19/190°

32/31/179°

14/14/179°

输入两次试重质量及位置数据，用仪器的计算功能求得永久配重：

 $M_A=546g/69^\circ$  $M_B=598g/91^\circ$ 

按照上述数据配上永久配重(原试验质量拆去)，再次启机观测结果，数据如表4。

表4 单机配重后振动参数

时间 (晚上)	振动参数(μm)	时间 (晚上)	振动参数(μm)

	A/A/ A	B/B/ B		A/A/ A	B/B/ B
9 : 45	39/36/326 °	20/20/327 °	11 : 05	10/7/256 °	3/2/291 °
9 : 55	24/21/319 °	11/12/324 °	11 : 15	10/7/253 °	2/2/280 °
10 : 05	18/14/310 °	8/8/322 °	11 : 25	10/7/245 °	2/2/265 °
10 : 15	14/10/303 °	6/6/320 °	11 : 35	11/8/241 °	2/2/257 °
10 : 25	10/7/291 °	4/4/317 °	11 : 45	12/7/238 °	3/2/251 °
10 : 35	10/7/282 °	4/4/310 °	11 : 55	12/8/237 °	3/2/243 °
10 : 45	9/6/268 °	3/2/300 °	12 : 05	11/7/238 °	3/2/249 °
10 : 55	10/7/261 °	3/2/292 °			

从数据上可明显看到，振幅朝小的方向变化，运行20分钟后基本保持不变。利用VM-63继续监测18小时，A、B两端振幅均小于10 μm，这样就非常成功地解决了单电机运行时的振动问题。

以后，厂方装上齿形接手，连上增速压缩机组，利用TH9310-E对系统进行监测，整个系统振动情况没有解决反而启动时振动值高达240 μm。电机厂技术人员怀疑安装的技术条件有问题，即压缩机轴心高度应高出电机轴心高度300 μm所致，决定调低高度到60 μm。然而运转后振幅没有明显减少，相位却反了180°，事情又遇到了很大困难。1998年2月初，我们又去首钢商量解决方法，按道理推论，电机经现场动平衡处理后，本身振动不大，连成系统后出现的问题不该在电机上找。从图1可知，齿形接手长1.7m，重约半吨，两端通过内齿套管和电机轴及压缩机轴上齿轮相连，速比为1:1，它的影响是不容忽视的。尽管该接手已在动平衡机上做过动平衡，其两端全由齿啮合，重量分配在电机和压缩机轴承上，很难保证工作中不产生负面影响。如果在接手上作适当配重，即可保证电机本身振动小，也可使整个系统振动量得到控制。但总公司一些人仍认为是电机问题，接手打开费时费事，所以强调电机厂在电机上动脑筋。在这种情况下，我们决定逐步拆下电机两端配重，一方面让大家看一下不加配重的结果，另一方面利用TH9310-E的功能，通过减配重对系统作试验测试，以便最终求出系统的永久配重。2月10日我们用两台TH9310-E仪器、3个振动传感器和1个光电传感器构成3测点测试系统。从保留电机两端配重开始，到逐步拆下B端、A端配重共3次启机测试，为了观测幅相变化规律，每次监测1小时以上。表5给出了全部拆下配重后的系统振动参数。

表5 无配重时系统振动参数

时 间	振动参数(μm)		
	A/A/ A	B/B/ B	C/C/ C
1 : 11	185/181/310 °	92/90/309 °	15/6/341 °
1 : 13	150/147/311 °	74/73/307 °	13/4/332 °
1 : 25	58/47/280 °	20/20/261 °	14/1/300 °
1 : 35	39/38/242 °	23/22/230 °	12/3/253 °



