

450m³高炉电动风机轴向振动大故障两例

唐钢炼铁厂 康晓村 (063020)

摘要 本文针对高炉电动风机振动的实际情况,运用 Commtest VB3000 和 Ascent Level 2 振动测量与分析工具,较为详细地讨论了轴向振动的故障原因和诊断方法。

关键词 高炉 风机 振动 故障 频谱分析

唐钢炼铁厂银钢区 4 号 450m³高炉电动鼓风机采用西安交大赛尔机泵成套设备有限责任公司产品 D2000-340/98 全可控涡三元离心式鼓风机,转速 6000rpm,风量 2000m³/min,上海电机厂 YGF900-4 异步电机,1488rpm,6800KW,重庆江阴产 5511 型增速器,速比 1: 4.0323。

一、故障一

2004 年 11 月 18 日,运行人员反映机组振动增大,尤其是增速器侧振动剧烈。随即对此机组进行诊断性测振。使用 VB3000 振动测试分析仪,测振点布置如图 1,测振结果如表 1 所示:

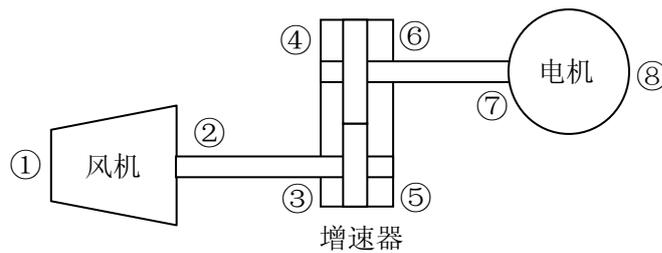


图 1. 振动测点布置图

表 1. 振动值为振动速度,单位为 mm/s rms

| 振动方向 | 1号测点 | 2号测点 | 3号测点 | 4号测点 | 5号测点 | 6号测点 | 7号测点 | 8号测点 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 水平 | 1.1 | 1.6 | 3.6 | 2.9 | 4.5 | 4.5 | 1.6 | 1.4 |
| 垂直 | 0.8 | 3.0 | 4.3 | 7.3 | 6.6 | 5.7 | 1.4 | 1.4 |
| 轴向 | 1.1 | 4.1 | 11.9 | 10.8 | 11.0 | 13.2 | 2.0 | 2.7 |

相关振动速度标准如表 2 所示。

表 2.

| ISO2372 | | | | ISO3945 | | |
|---------|------|-------|------|---------|------|------|
| I 级 | II 级 | III 级 | IV 级 | 刚性基础 | | 柔软基础 |
| A | A | A | A | 优 | 0.28 | 优 |
| | | | | | 0.45 | |
| | | | | | 0.71 | |
| | | | | | 1.12 | |
| B | B | B | B | 良 | 2.8 | 良 |
| C | C | C | C | 可 | 4.5 | |
| D | D | D | D | 不可 | 7.1 | 不可 |
| | | | | | 11.2 | |
| | | | | | 18 | |
| | | | | | 28 | |
| | | | | | 45 | 不可 |
| | | | | | 71 | |

表中设备分类如下：

I 级—小型机械，如<15KW 电机；

II 级—中型机械，如 15-75KW 电机和<300KW 机械；

III 级—大型机械，坚固重型基础，600-12000rpm, 10-1000Hz；

IV 级—大型机械，较软基础。

表中数列按 1.6 公比划分，相当于 4dB 的差值，其中

A-振动在良好限值以下，认为振动状态良好；

B-振动在良好限值和报警限值之间，认为可以接受可长期运行；

C-振动在报警限值和停机限值之间，可短期运行，必须采取措施；

D-振动超过停机限值，应立即停机。

按照相关标准，此高炉鼓风机组应属于 III 类刚性基础的设备。

从测量结果可以看出，风机和电机振动较小，均属于 A 或 B 合格范围内，因此可初步排除风机和电机侧的原因。而增速器 4 个测点振动值都超标，尤其是轴向振动最大，处于 C 范围。为了进一步确定故障原因，对各测点进行了频谱分析，谱图如图 2 所示。

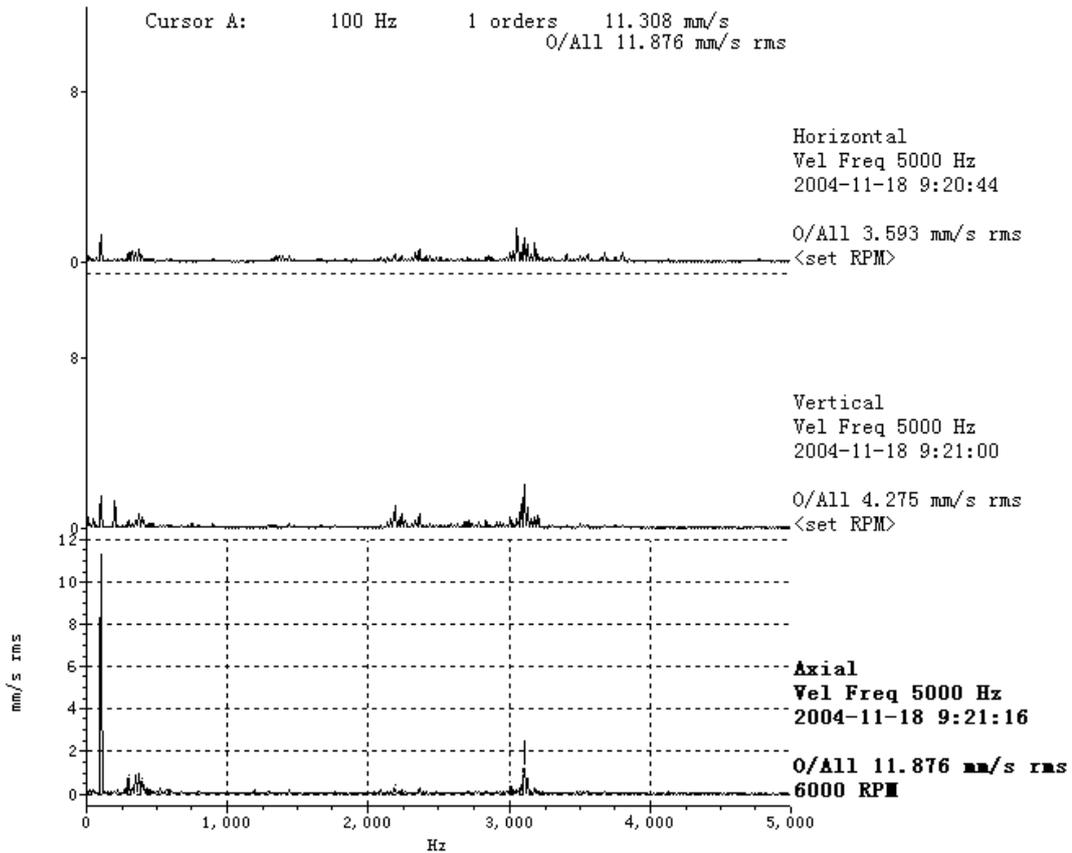


图2. 3号测点水平、垂直、轴向振动故障前频谱

在频谱图中可以看出，水平和垂直振动幅值远低于轴向振动幅值，以工频振动为主，啮合频率处有峰值，垂直方向还有2X分量；而轴向振动则以工频成分占绝对地位。3~6号测点频谱类似。

引起轴向振动的因素主要有：

轴颈承力中心沿轴向周期性的变化

由于转子挠曲、永久弯曲或热弯曲，在旋转状态下轴颈在轴瓦内的油膜承力中心点将随转速周期性的沿轴向变化。若轴承座和基础没有弹性，则油膜承力中心点的变化始终在轴承座的底边范围内，不会引起轴承座的轴向偏转而产生轴向振动。实际上轴承座和基础组成的支撑系统都有一定的弹性，因此在油膜承力中心点周期性变化的作用下，轴承座将沿某一底边发生周期性的轴向偏转。当轴承座连接刚度不足时，这种现象更为显著。

轴承座支撑刚度不对称

由于安装和结构方面的问题，使轴承座与台板局部贴合不良、二次灌浆局部松裂等造成轴承座刚度不对称，在转子激振力的作用下，轴承座前后振幅值存在差异，即使轴颈承力中心在轴向不发生变化，轴承座在轴向也会产生振动分量。

激振力投影点与轴承底座几何中心不重合

如果激振力投影点与轴承底座几何中心不重合，即使支撑刚度对称，在径向激振力的作用下，轴承座也会产生轴向偏转而引起轴向振动。在轴承座两侧支撑刚度对称和轴承座动刚度也正常的情况下，轴向振动不应大于径向振动。但在实际机组上这种轴承座轴向振动却比较显著，原因是激振力投影点与轴承底座几

何中心不重合和支撑刚度不对称两者综合作用的结果。特别是当台板二次灌浆质量不高时，很容易造成二次灌浆松裂，尤其是在较大的激振力作用下，松裂会加速。有时还会造成台板与基础固定螺丝松动和垫铁走动，使轴承座局部不稳固进一步发展，形成恶性循环。

通过对现场设备状况进行观察了解，振动情况是逐步加剧的，说明设备原有结构刚度正常。水平和垂直振动幅值较小，2X 成分较小或没有，说明安装找正也正常，因此重点检查轴承座支撑刚度的变化情况。

转子的支撑系统一般有轴承盖、轴承座、基础台板等部件组合而成，这些部件连接的紧密程度，直接影响这些部件刚度。

检查部件连接紧密程度传统的方法由检查连接螺丝预紧力、连接部件之间的间隙等方法，但这些检测方法不仅麻烦，而且不能检测动态下连接的紧密程度。

据有关文献资料，采用检测连接部件之间差别振动，是检查连接部件动态下连接紧密程度简单而有效的方法。所谓差别振动，是指两个相邻的连接部件振幅的差值。差别振动值本身已说明两个相邻的连接部件之间在动态下产生了相对位移量，这种微小的位移将显著地降低部件的动刚度，但在静态下连接部件之间并无间隙存在，而且连接螺丝预紧力往往也正常。对于一般的轴承座来说，在同一轴向位置，测点上下标高差在 100mm 以内的两个连接部件，在连接紧固的情况下，其差别振动应小于 $2\mu\text{m}$ ；滑动面之间正常的差别振动应小于 $5\mu\text{m}$ ；对于轴承座与台板之间有绝缘垫者，其差别振动应小于 $7\mu\text{m}$ 。当两个相邻部件差别振动明显大于这些数值时，即可判定轴承座连接刚度不足。差别振动越大，故障越严重。在测量轴承各点振动时，除测量垂直振幅和相位外，必要时对该点水平和轴向振动也应测量；在测量时若发现差别振动异常，必须复测一遍；只有两次测量结果基本一致，才能认为数据可靠。

通过逐一测量增速器各个测点处各连接部位上下振动，发现增速器和垫铁、垫铁和基础之间的振动差值均在 $5\mu\text{m}$ 以上，尤其是 6 号测点处振动差值达到 $23\mu\text{m}$ 以上，且附近二次灌浆已经有碎裂发生。

因此，诊断结果为：由于基础垫铁松动，显著地降低了轴承座轴向动刚度，从而产生较大的轴向振动，而在较大轴向振动作用下，使轴承座台板二次灌浆松裂，其动刚度进一步降低，形成恶性循环，导致振动不断上升。

针对这种情况，按理应该立即安排检修，以防止发生恶性事故。但是，由于没有备用风机，当时高炉及下游工艺的生产形势又不允许停机检修，只好做监视运行。

至 12 天后，2004 年 11 月 30 日，风机轴位移出现大范围变化，振动上升，运行人员立即采取减风措施，轴位移趋于正常，振动下降。再加风时，振动急剧上升，风机侧联轴器断裂，膜片碎片飞出，罩壳打烂。

随即进行抢修，更换联轴器，并对基础进行了简单处理和加固。投入运行后，振动情况如表 3：

表 3. 振动值为振动速度，单位为 mm/s rms

| 振动方向 | 1 号测点 | 2 号测点 | 3 号测点 | 4 号测点 | 5 号测点 | 6 号测点 | 7 号测点 | 8 号测点 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 水平 | 0.8 | 1.6 | 4.0 | 6.2 | 2.7 | 4.1 | 1.1 | 1.7 |
| 垂直 | 1.2 | 1.8 | 3.9 | 2.8 | 6.7 | 3.6 | 1.4 | 1.4 |
| 轴向 | 0.9 | 1.5 | 3.8 | 6.6 | 4.5 | 2.7 | 2.0 | 2.5 |

各点振动均明显改善，轴向振动大幅降低。3 号测点的频谱图见图 3。

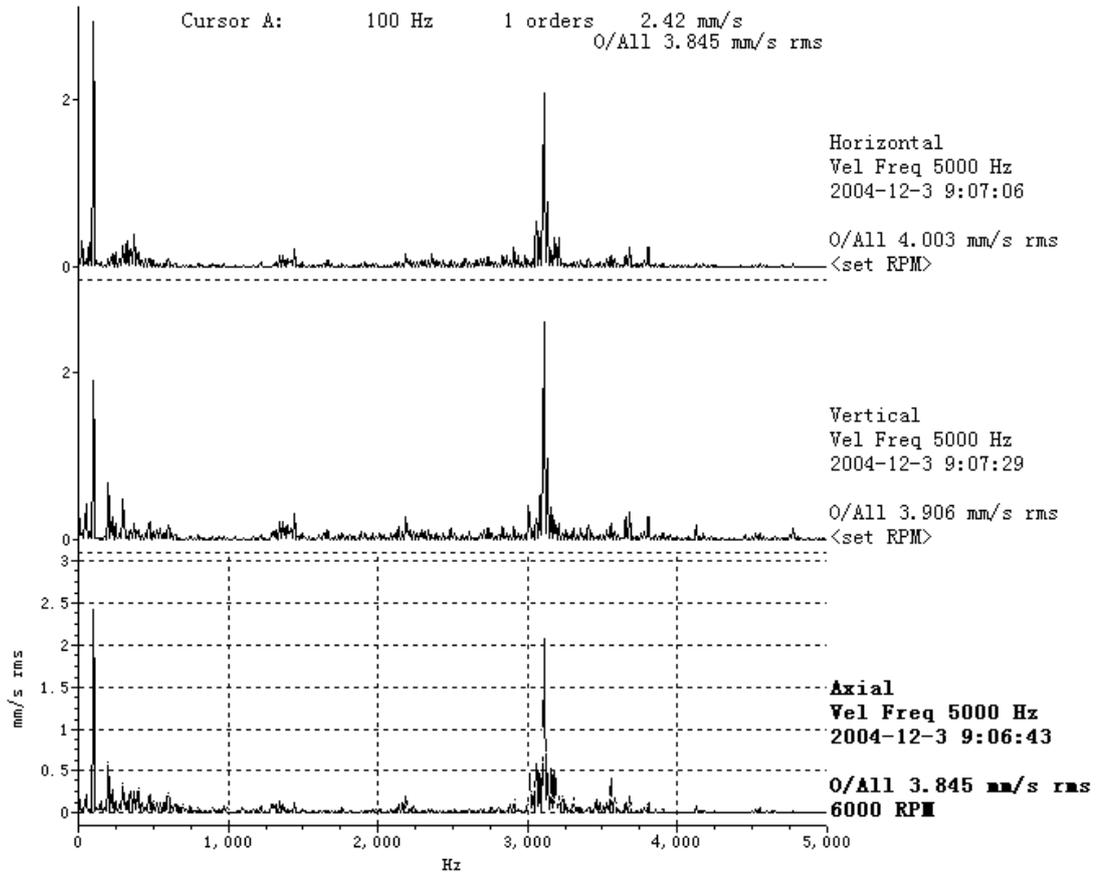


图3. 3号测点水平、垂直、轴向振动检修后频谱

从图3可以看出，检修后，虽然振动有较大改善，但啮合频率处的振动成分比例上升，说明联轴器齿轮啮合造成的振动成为主要原因之一。

二、故障二

2005年4月2日，针对运行人员反映4号风机振动上升的情况，对机组振动再次进行诊断性测量。测量结果如表4：

表4. 振动值为振动速度，单位为 mm/s rms

| 振动方向 | 1号测点 | 2号测点 | 3号测点 | 4号测点 | 5号测点 | 6号测点 | 7号测点 | 8号测点 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 水平 | 1.2 | 1.8 | 5.9 | 4.5 | 5.1 | 8.6 | 1.6 | 3.9 |
| 垂直 | 1.3 | 3.3 | 4.6 | 6.0 | 7.8 | 7.9 | 1.9 | 1.5 |
| 轴向 | 1.4 | 5.3 | 4.5 | 3.2 | 6.4 | 12.3 | 2.4 | 3.4 |

从表中可以看出，5、6号测点振动值明显上升，尤其6号测点的轴向振动达到了12.3mm/s rms，超标严重。其频谱图如图4所示：

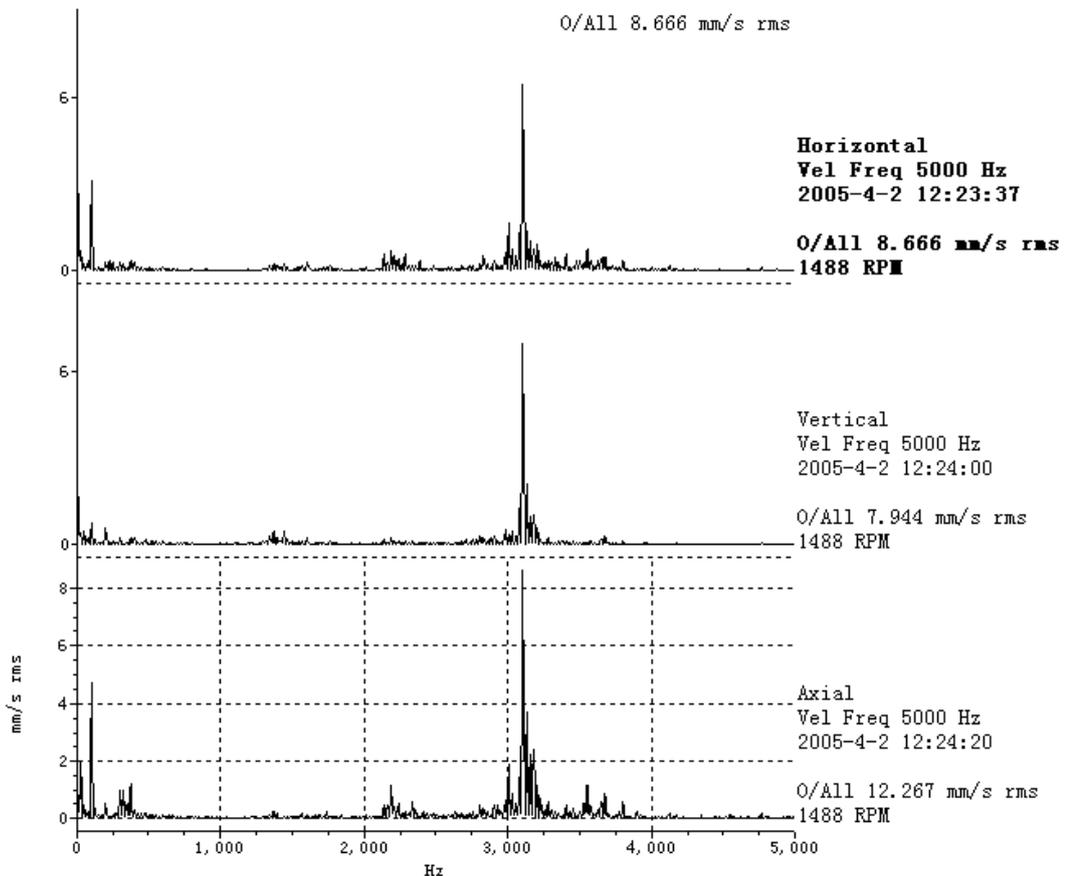


图4. 6号测点水平、垂直、轴向振动频谱

频谱图显示既有工频振动又有齿轮啮合频率振动（3~6号测点类似），工频振动说明前次故障特征再次出现，经测量发现增速器和垫铁、垫铁和基础之间的振动差值均达到 $10\mu\text{m}$ 以上，即垫铁再次松动；齿轮啮合频率振动成分明显增大，说明联轴器齿轮啮合状况恶化，有可能发生齿面损伤。立即向有关部门建议安排检修。由于有了前次故障贻误检修的教训，此次检修两天后即得到批准。

检修时发现：由于垫铁松动造成增速器移位，电机磁力中心线纵向偏移3mm，增速器齿轮齿面多处损伤掉块。齿面损伤情况见图5。



图 5. 齿面损伤情况

由于地面渗油严重，二次灌浆状况恶化，因此需要重新做基础。但是因做基础时间较长，生产上不允许，所以仍然采取加固垫铁等简单措施，并重新进行机组找正。

检修后，振动情况大有改善，各测点振动情况如表 5 所示：

表 5. 振动值为振动速度，单位为 mm/s rms

| 振动方向 | 1 号测点 | 2 号测点 | 3 号测点 | 4 号测点 | 5 号测点 | 6 号测点 | 7 号测点 | 8 号测点 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 水平 | 1.0 | 1.6 | 3.3 | 5.4 | 5.6 | 5.5 | 1.6 | 1.7 |
| 垂直 | 1.2 | 2.8 | 4.7 | 3.3 | 4.5 | 4.5 | 1.5 | 1.1 |
| 轴向 | 1.3 | 3.4 | 2.3 | 2.6 | 3.1 | 4.1 | 1.9 | 2.1 |

作者简介：

康晓村，唐钢炼铁厂，河北省唐山市路北区银河路，063020，电话 0315-3702612，
传真 0315-3702882，邮箱 kxc_2000@263.net