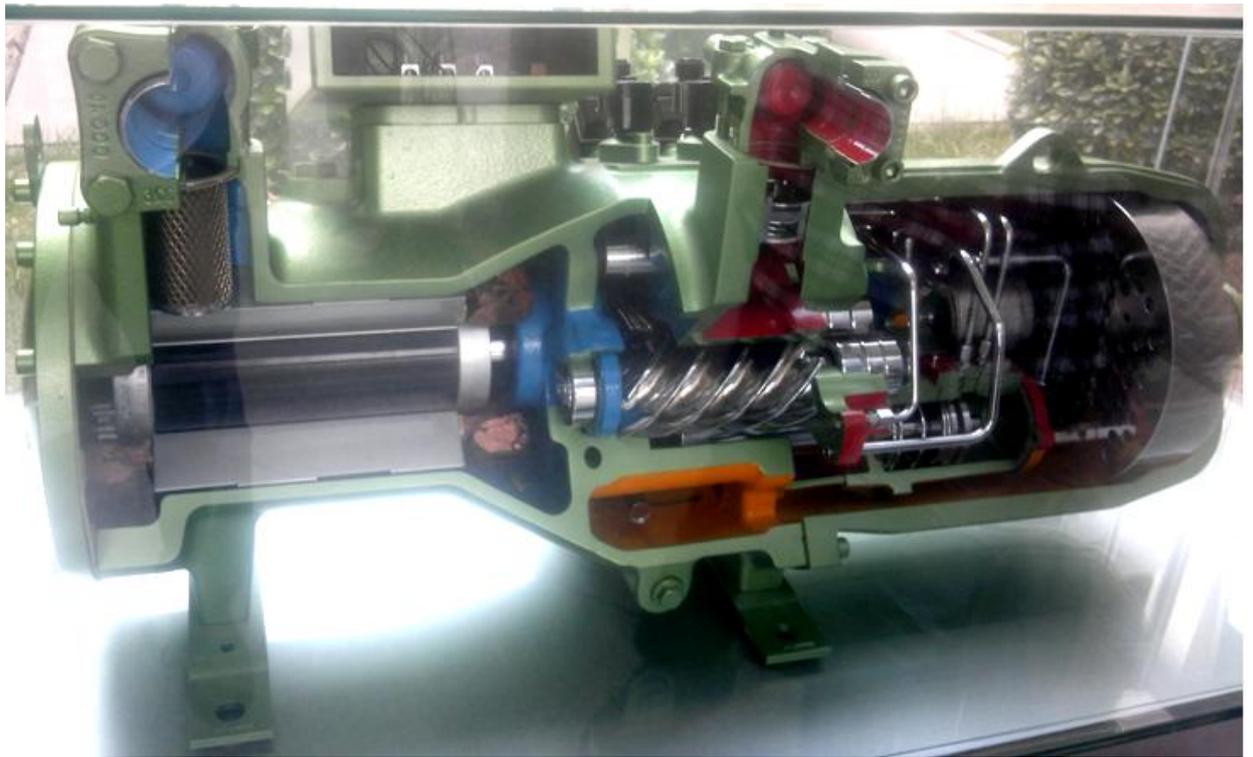


北京比泽尔压缩机振动测试报告



北京万博振通检测技术有限公司

2012-5-25

测试人员：陈梓君 刘钧 赵力

甲方单位：比泽尔制冷技术（中国）有限公司

乙方单位：北京万博振通检测技术有限公司

测试时间：2012-5-25

甲方要求：就比泽尔亦庄厂区内一台压缩机进行振动测试，内容包括振动加速度 速度 位移 波形频谱等，并给出振动分析。

测试对象：螺杆压缩机 CSH8561-125-40P。

额定转速 2900 转/分钟，电压：392.85V，功率：184KW，
电流:296A.

螺杆输入端齿数 5 输出端 6 轴承型号 SKF 2206EC 167 h 此轴承经常损坏 ;2311EC 231h; 2309ec 189h

测试仪器：北京万博振通检测技术有限公司自产的双通道振动数据采集器



BVM-100-2S

1.仪器基本测试技术指标:

- 信号采样频率: 双通道同步, 每通道最高 1MHz
- 动态范围: 96+48dB (16 位 A/D, 250 倍放大)
- 信号分析频率: 无级设置, 最大 400kHz
- 振动测量带宽: 0.1Hz-40kHz, 最高分析频率 400kHz
- 转速测量范围: 0.01-100,000 转/分
- 程控增益: 0.25~250 倍
- 自动量程
- 振动测量和频谱分析的最大量程/最高分辨率:

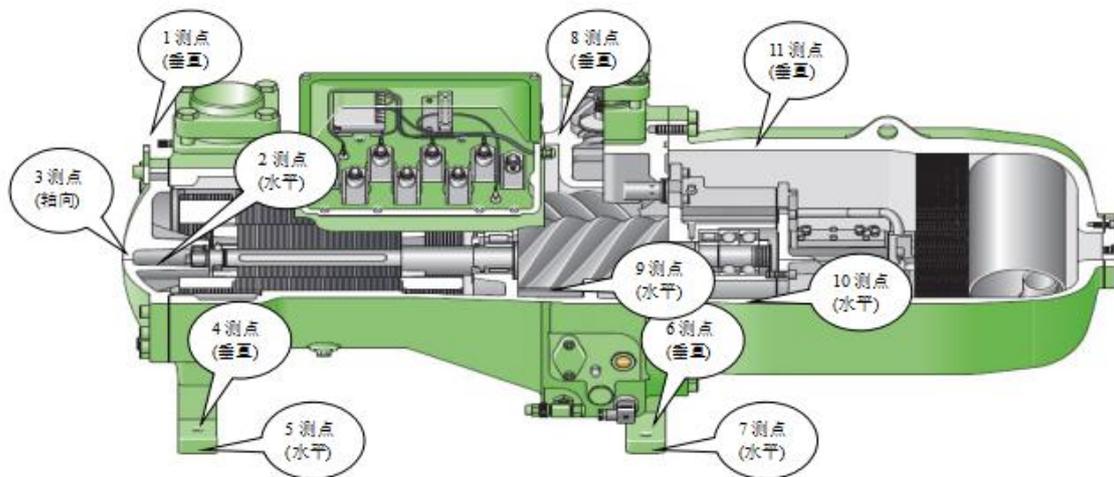
加速度峰值	250 m/s ²	0.001 m/s ²
速度有效值	200 mm/s	0.01 mm/s
位移峰峰值	5000 μ m	0.01 μ m
高频加速度	25 m/s ²	0.001 m/s ²
电压有效值	10 V	0.01 mV

振动测量精度: 5 %

- 多种传感器: 速度、电涡流、压电加速度等
性相位抗混滤波 10 阶线
- 可充电电池供电, 连续工作 8 小时以上
- 体积小 (210*130*50mm), 重量轻 (1500g)
-
- 大屏幕彩色液晶, 汉字显示, 操作方便, 真正双通道同步采集, 波形及参数动态显示
- 超大存储空间, 可存贮/回放 1024 点双通道数据 记录 400 组
- 现场动平衡功能;双通道轴心轨迹(李萨育图);起停车分析
- 转速测量、噪声测量、相位测量、相位诊断
- 传递函数、静态激励测试部件固有频率
- 多种振动波形和频谱图形显示方式, 游标读数, 自动谱峰列表
- 多种触发方式, 测试更灵活

2.测试目的及原因

比泽尔这批次压缩机, 电机后轴承损坏率非常大, 如下面两个轴承内圈, 还有方向性的靠近外侧的磨损多。希望通过振动测试分析故障可能的成因。



3.测试方法

用强力磁铁吸盘吸附在被测点的铁质部件上，进行采集数据。机器分别工作在三种工况下
1:(4° C/48° C);2:(0° C/50° C);3:(-10° C/50° C);

2012-5-25 11:59:15
 压缩机吸气温度=13.86℃
 压缩机吸气压力=565.70 kPa
 压缩机排气温度=99.50℃
 压缩机排气压力=1854.00 kPa
 被试机平均电压=399.99 V
 被试机平均电流=170.31 A
 功率因数=88.57%
 输入功率=104.510 kW
 主辅偏差=4.118%
 实测功率=104.510 kW
 实测制冷量=296.758 kW
 制冷系数=2.840 W/W

2012-5-25 12:07:27
 压缩机吸气温度=10.74℃
 压缩机吸气压力=497.80 kPa
 压缩机排气温度=107.50℃
 压缩机排气压力=1944.00 kPa
 被试机平均电压=397.32 V
 被试机平均电流=173.41 A
 功率因数=88.77%
 输入功率=105.940 kW
 主辅偏差=12.603%
 实测功率=105.940 kW
 实测制冷量=231.811 kW
 制冷系数=2.188 W/W

2012-5-25 14:16:22
 压缩机吸气温度=-0.17℃
 压缩机吸气压力=354.50 kPa
 压缩机排气温度=91.00℃
 压缩机排气压力=1943.00 kPa
 被试机平均电压=397.18 V
 被试机平均电流=152.01 A
 功率因数=88.46%
 主辅偏差=2.521%
 实测功率=92.510 kW
 实测制冷量=164.361 kW
 制冷系数=1.777 W/W

选择测点如上图，建立测点数据库，将测点下载到测试仪器，测试完成后测试仪器 上传测点振动值和振动波形到计算机，之后打印报告



4.监测数据

单位：总公司 分厂：北京比泽尔冷却 部门：实验室

设备：csh8561

监测时间：截止到 2012/5/28 8:55:53 全部监测数据

序号	测点名	测点代码	时间	转速	加速度	速度	位移	状态
1	01	bzer-1	2012/5/25 11:40:55		21.189	1.314	20.36	
2	01	bzer-1	2012/5/25 12:04:30		14.687	1.53	18.99	
3	01	bzer-1	2012/5/25 12:23:46		18.664	1.228	18.98	
4	02	bzer-2	2012/5/25 11:41:58		18.226	1.34	21.34	
5	02	bzer-2	2012/5/25 12:05:03		14.016	1.252	19.89	
6	03	bzer-3	2012/5/25 11:42:25		29.961	1.507	18.54	

7	04	bzer-4	2012/5/25 11:43:30	84.351	4.506	20.67
8	05	bzer-5	2012/5/25 11:43:55	24.517	1.376	19.64
9	05	bzer-5	2012/5/25 11:55:26	24.634	1.397	18.52
10	05	bzer-5	2012/5/25 12:08:26	24.694	1.171	17.12
11	06	bzer-6	2012/5/25 11:44:47	28.839	1.733	20.26
12	06	bzer-6	2012/5/25 11:56:12	33.699	2.734	20.69
13	07	bzer-7	2012/5/25 11:45:11	25.552	1.072	20.97
14	07	bzer-7	2012/5/25 11:56:39	20.68	1.108	18.52
15	07	bzer-7	2012/5/25 11:56:39	20.68	1.108	18.52
16	08	bzer-8	2012/5/25 11:45:39	21.306	1.32	19.73
17	08	bzer-8	2012/5/25 11:57:16	27.163	1.494	19.89
18	08	bzer-8	2012/5/25 12:25:38	28.562	1.329	16.76
19	08	bzer-8	2012/5/25 13:57:32	13.63	1.007	19.98
20	09	bzer-9	2012/5/25 11:46:54	25.523	1.085	22.33
21	09	bzer-9	2012/5/25 12:25:10	26.632	1.127	12.13
22	10	bzer-10	2012/5/25 11:47:20	26.113	1.601	21.4
23	10	bzer-10	2012/5/25 11:59:45	23.071	1.832	19.87
24	10	bzer-10	2012/5/25 13:58:36	14.131	1.441	19.61
25	11	bzer-11	2012/5/25 13:59:08	15.499	1.633	18.62

数据说明：振动大小不超标；4 测试点 和 六测试点振动大是因为基础为金属架子的缘故。

6. 可能出现的问题的分析

表 4.11 齿轮箱故障的振动特征简表

部件	失效类型	振动频率	振幅特征	振动方向	其它
转子	失衡	f_r	随 f_r 增大 $f_r = f_n$ 时有峰值	径向	受悬臂式载荷时有轴向振动
轴	弯曲	$f_r, 2f_r$ 及 nf_r	随 r 增大	径向最大	
	截面扁平	$2f_r$	同上	径向	
联轴器	对中不良	$a f_r, 2f_r$ 及 $n f_r$	变化不定	轴向较大	齿化联轴节的振动特征基本上与齿轮相同, 但 $f_r = f_n$ 时有峰值
	配合松	$f_r/n, f_r$ 或 $n f_r$	同上	径向	
	不良	f_r	同上	径向	
齿轮	齿面损伤	损伤齿数 $\times f_r$	随 f_r 增大	径向	磨损严重时出现高阶振动, f_r 的振动能量明显增大
	断齿	断齿数 $\times f_r, f_a$	同上	径向	
滚动轴承	内圈剥落	$0.5nZ(1 + \frac{d}{D} \cos a) f_r$	变化不定	径向	轴承的高频振动 (10—60kHz) 不易传给其他部位
	外圈剥落	$0.5nZ(1 - \frac{d}{D} \cos a) f_r$	同上	径向	
	钢球剥落	$n \frac{d}{D} [1 - (\frac{d}{D})^2 \cos^2 a] f_r$	同上	径向	
滑动轴承	润滑不良	f_r	同上	径向	
	油膜涡动	$(0.42 \sim 0.48) \dot{f}r$	突变	径向	
	油膜振荡	$\dot{f}r$	同上	径向	
基础	翘曲(不平)	$f_r, 2f_r$ 及 $n f_r$	随 $\dot{f}r$ 增大	轴向较大	
	刚性不好	f_r	随 $\dot{f}r$ 增大而减小	径向	

注: f_r ——轴的转动频率; f_n ——轴的临界转动频率; f_a ——齿轮的固有频率;
 a ——轴承钢球数; d ——轴承钢球直径; D ——轴承平均直径;
 α ——轴承的接触角; n ——自然数 1, 2, 3...

可能出现的故障	测点 1	测点 2	测点 3	测点 4	测点 5	测点 6	测点 7	测点 8	测点 9	测点 10	测点 11
失衡	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
弯曲	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
截面扁平	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
联轴器对中不良	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
联轴器配合松	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
联轴器不良	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
啮合频率及谐波	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
齿面损伤	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
断齿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
轴承 2206 内圈剥落 BPFI(? HZ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
轴承 2206 外圈剥落 BPFO(? HZ)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
轴承 2206 滚珠剥落 BSF(? HZ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
轴承 2311 内圈剥落 BPFI(? HZ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
轴承 2311 外圈剥落 BPFO(? HZ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
轴承 2311 滚珠剥落 BSF(? HZ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
轴承 2309 内圈剥落 BPFI(? HZ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
轴承 2309 外圈剥落 BPFO(? HZ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
轴承 2309 滚珠剥落 BSF(? HZ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
润滑不良	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

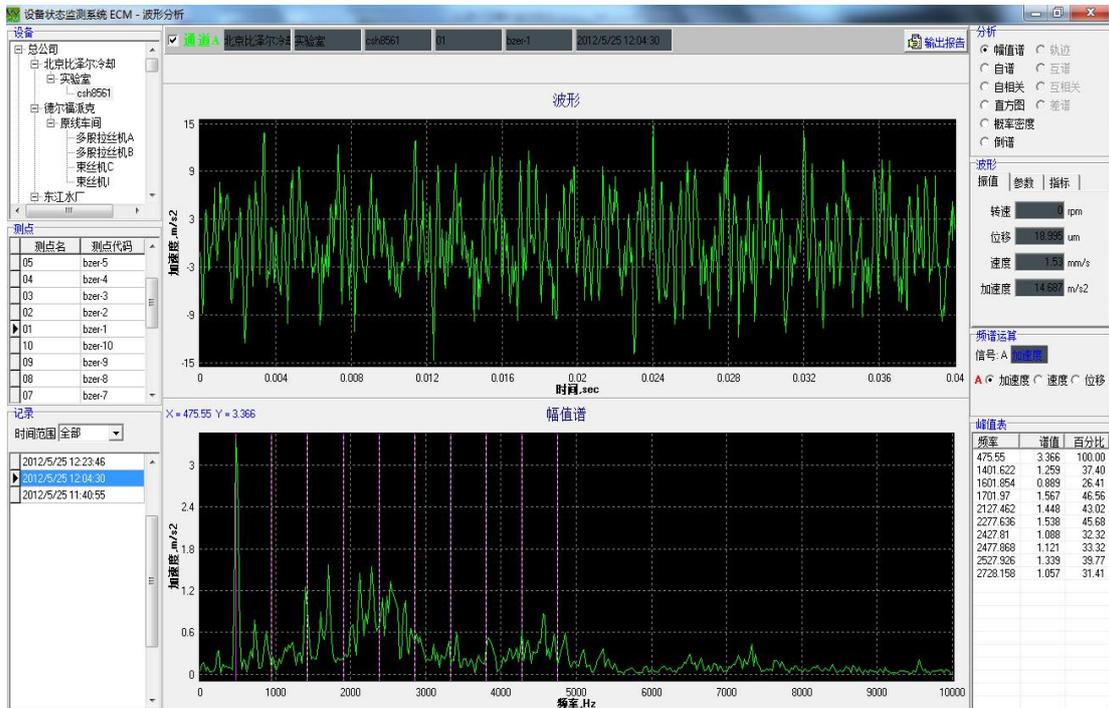
我们制作此表数据排除基础问题不考虑, 排除油膜振荡等滑动轴承问题, 排除新换轴承问题, 所有测点振动频率都有啮合频率二倍频振动最大或者第二大, 在这里是主要问题。

介于不平衡量较小, 这里不能当做问题来考虑, 因为所有旋转机械都会有一倍频-即没有绝对平衡。

数据分析:

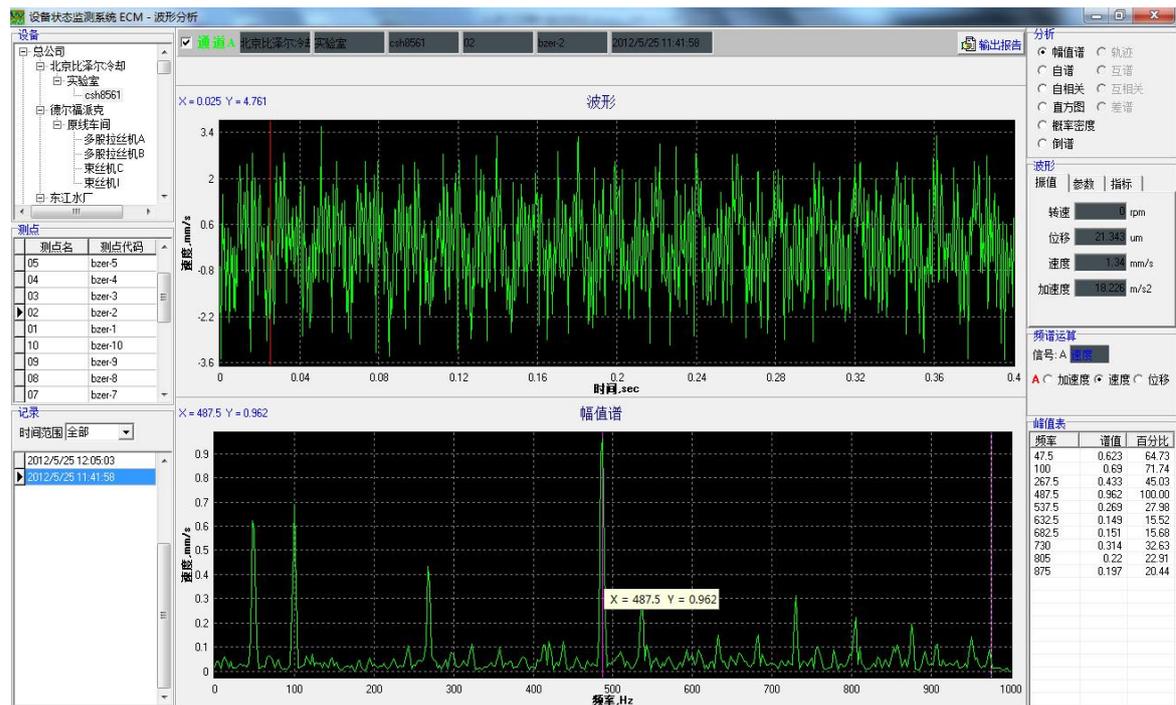


测点 1 频程 1000 波形信号速度。主要频率是 485 ± 5 、 47.484 ± 5 赫兹 其中后者为电机转速频率

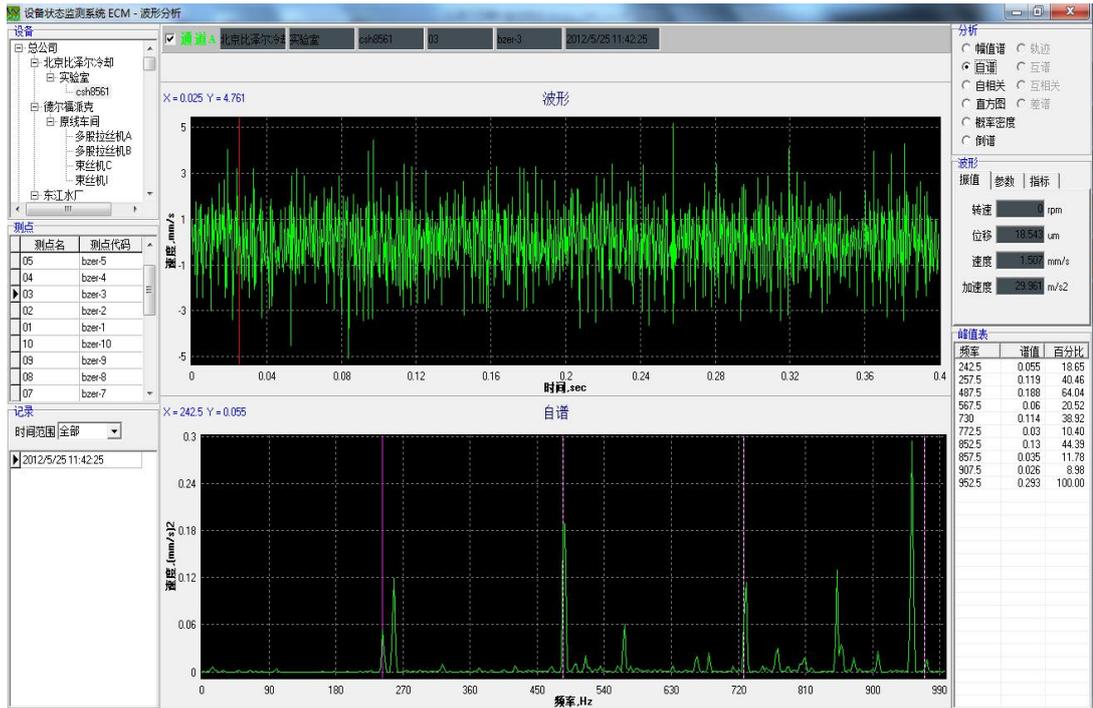


测点 1 频段 10000 波形信号加速度。 主要频率是 475~500 赫兹
之间

两个频段的振动反映的主振动频率都是同一个，此频率为工作频率的十倍。



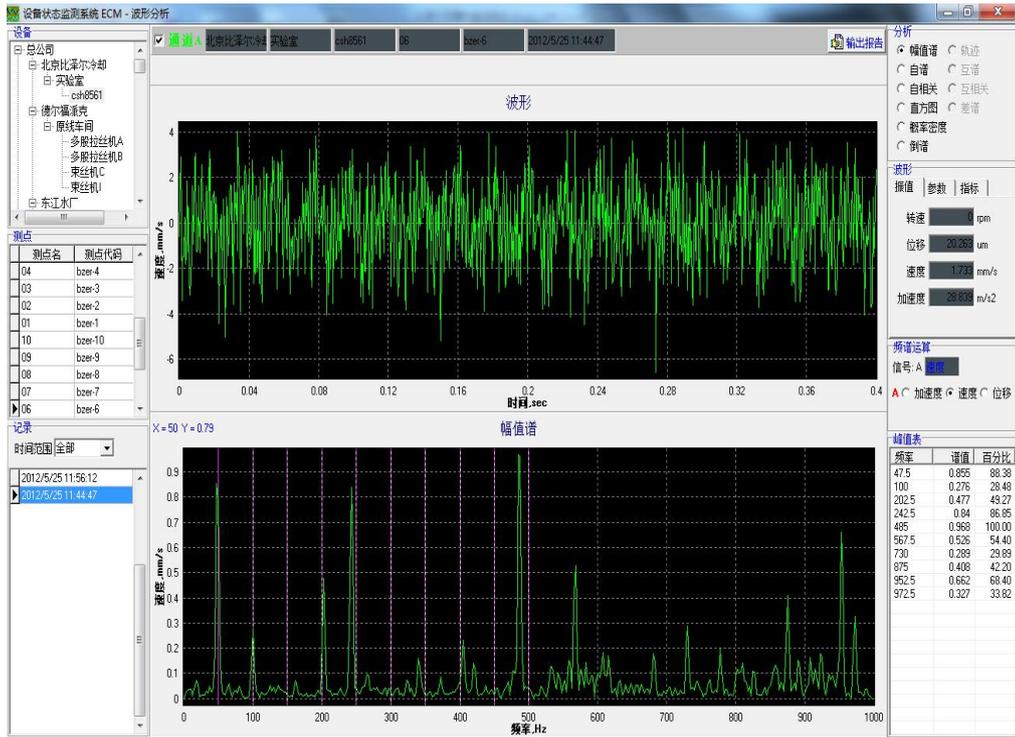
测点 2 频段 1000 波形信号速度。 主要频率是 485 ± 5 、
 47.484 ± 5 、100 赫兹 其中 47.484 ± 5 赫兹为电机转速频率。



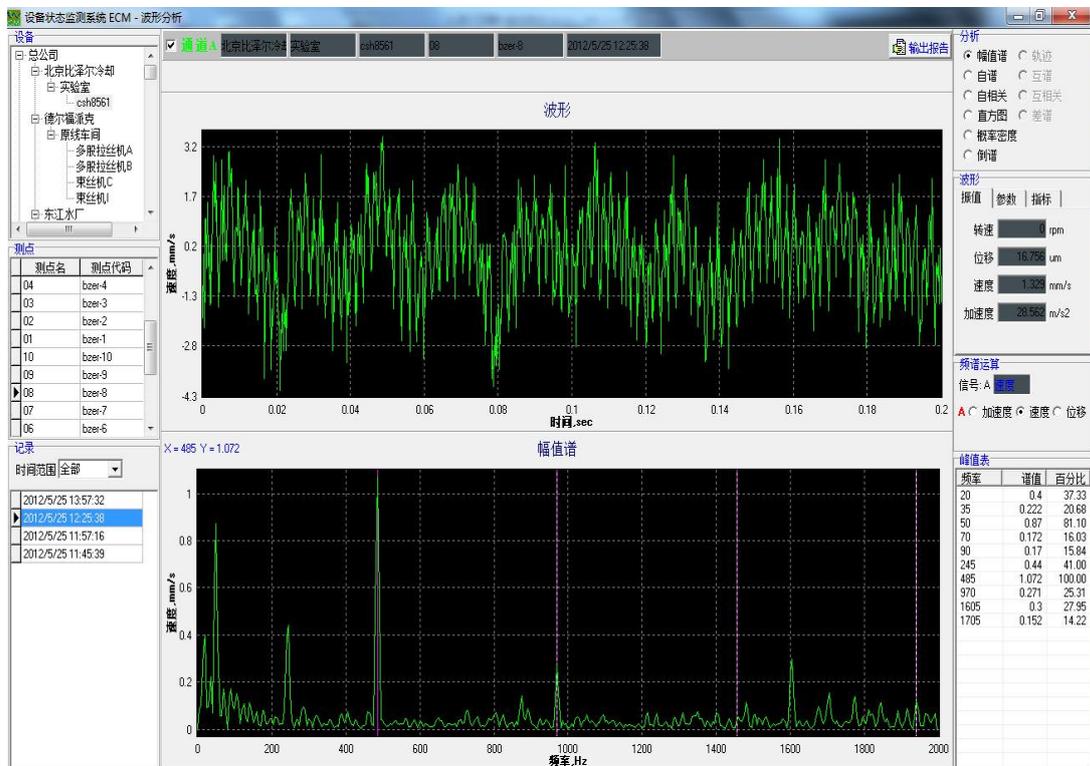
测点 3 频段 1000 波形信号速度。主要频率是 952 ± 5 、 487 ± 5 、 852 ± 5 、 257 ± 5 赫兹。



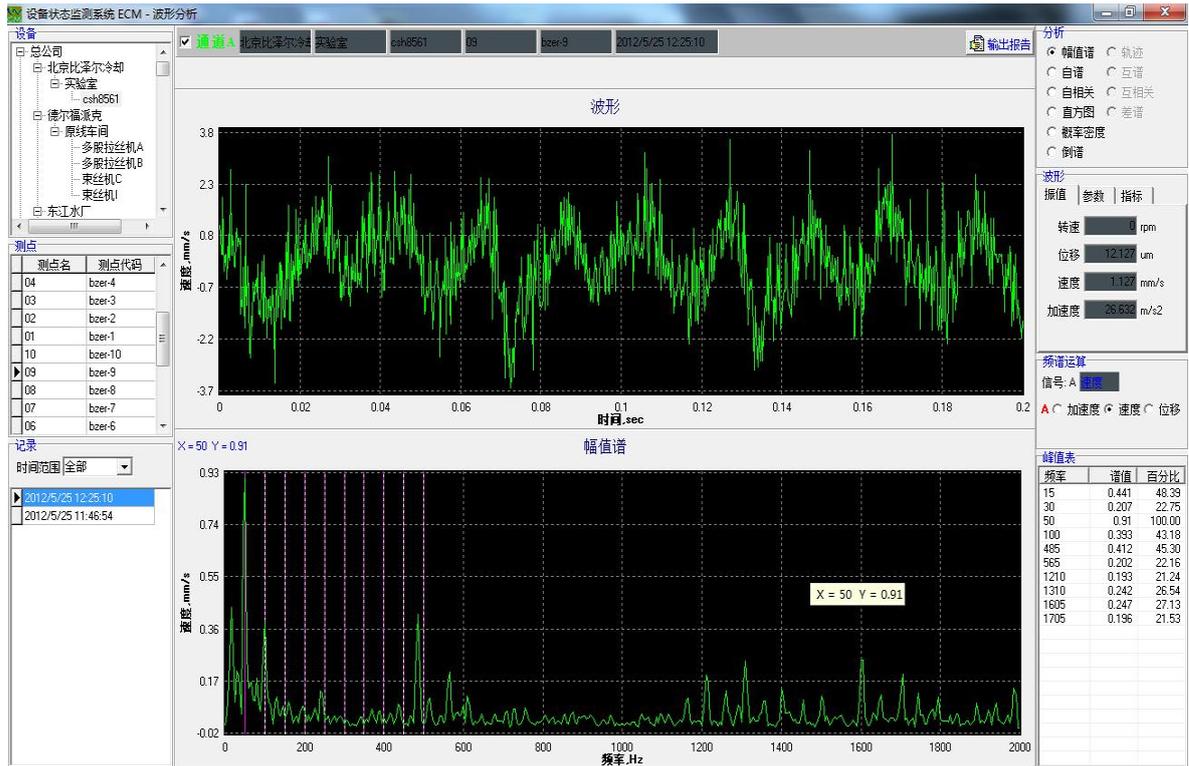
测点 4 频段 1000 波形信号速度。主要频率是 952 ± 5 、 487 ± 5 、赫兹。工作频率和二倍频也反应出来了。



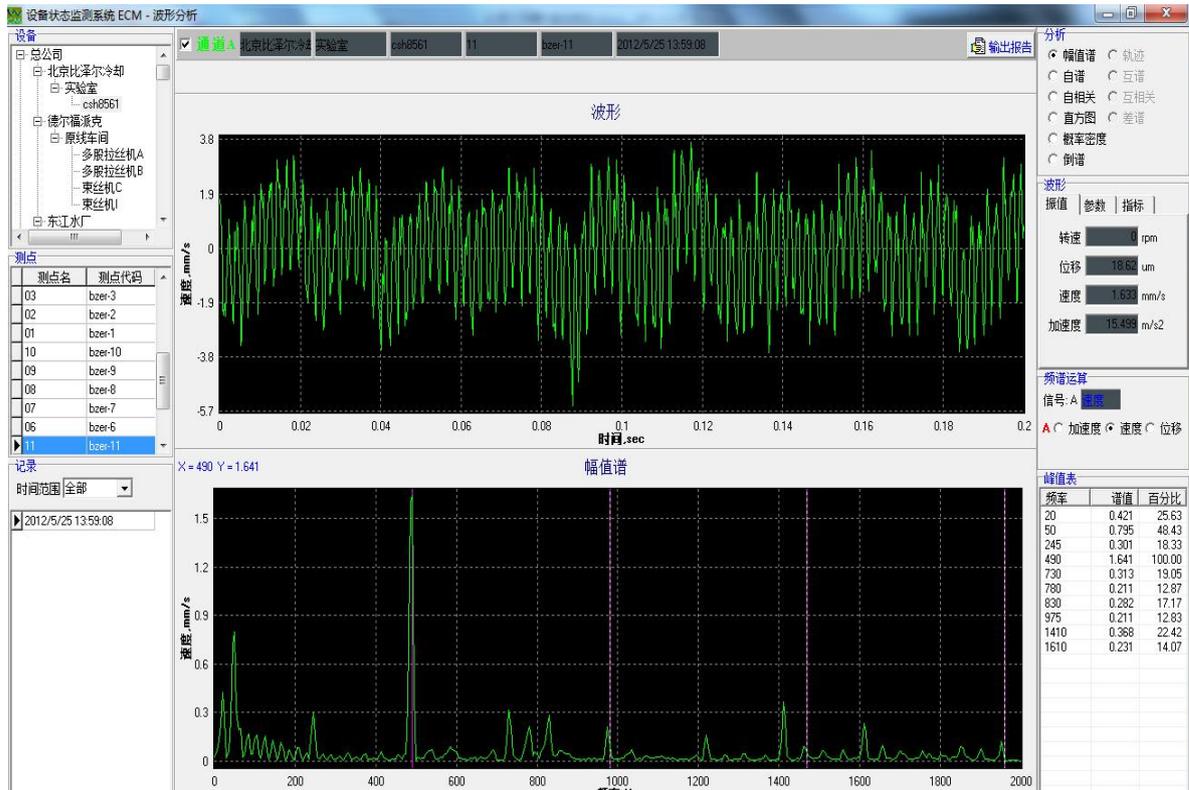
六测点频段 1000 的速度波形反映了 前面测点的内容 工频的一倍二倍 四倍 五倍（螺杆的啮合频率）十倍。



七测点类似六测点这里不加截图，八测点频段 2000 赫兹 信号类型 速度 反映了工作频率啮合频率 和 485 赫兹左右的十倍频。



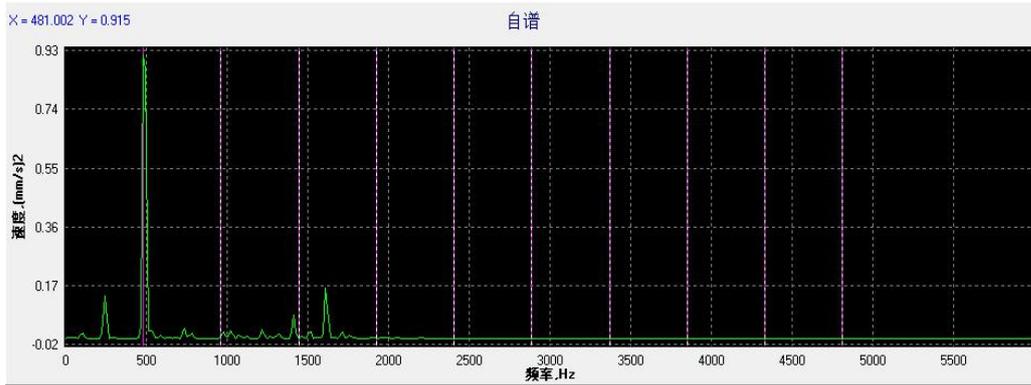
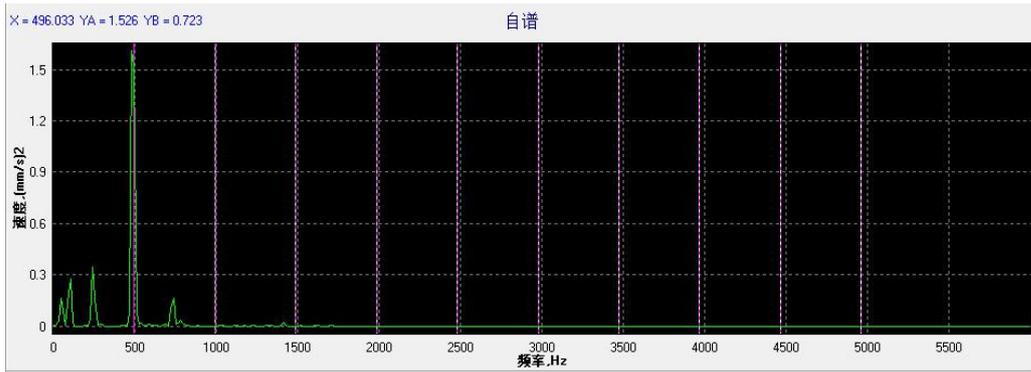
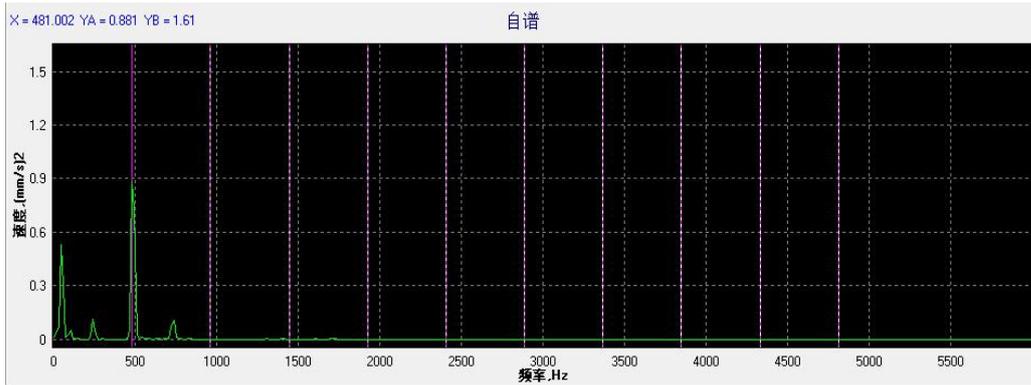
测点九 频程 2000 赫兹，主要频率为工频。



测点十一 频程 2000 赫兹 信号类型速度，主要频率成为 490±5 赫兹。

测点代码	测量时间	转速	加速度	速度	位移	高频	过程量	状态	评价	备注
bzer-3	2012-06-05 11:40:00	0	22.849	1.412	4.9	0.891	0			工况3
bzer-3	2012-06-05 11:13:41	0	38.946	1.371	5.8	1.519	0			工况2
bzer-3	2012-06-05 11:09:29	0	31.741	1.162	4	1.238	0			工况2
bzer-3	2012-06-05 11:00:52	0	54.032	1.856	4.9	2.107	0			工况1
bzer-3	2012-06-05 10:55:41	0	55.796	1.779	6.9	2.176	0			工况1

三种不同工况从数据上看 第二工况振动小。频率上组成没有明显差异。

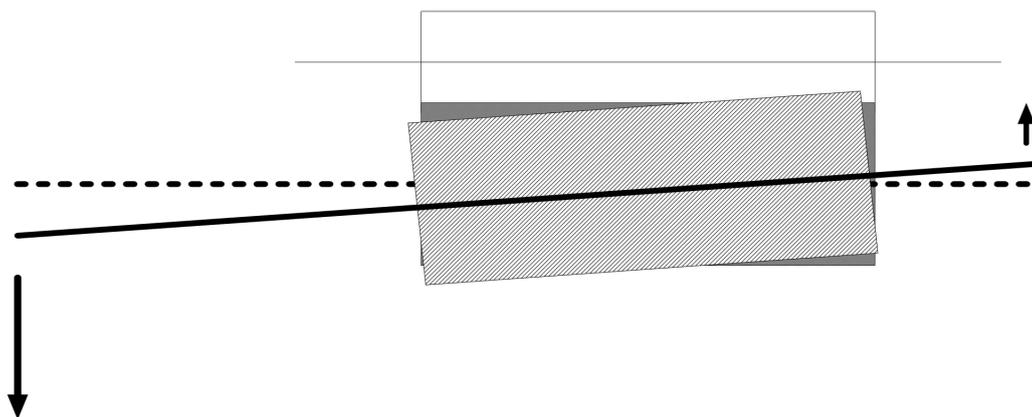


7、结论

由于每个测点都能明显测到啮合频率的 2 倍频 不是最高就是第二高的振动峰值。也伴有啮合高次谐波频率。我们认为是 主动螺杆偏离中心造成的 形成啮合偏载。

由于此结构 所以电机端后轴承受力大。啮合时刻水平前后两次振动，出现二倍频。

下图为示意图



8、整改意见

检查主动螺杆偏离量，注意轴承间隙，控制型位公差 装配公差，控制轴径向跳动量。

