

机油泵生产线上噪声振动检测系统

苏州太阳花感知技术有限公司

孙晓昶

1 生产线噪声振动检测的两种基本方法

1.1 统计量阈值法

实时计算噪声或振动的统计量（RMS、MAX、MIN、PEAK、P2P、Kurtosis、Skewness、Crestfactor 等），与设定的阈值进行比较，如果实时统计量小于阈值则产品检测通过，大于阈值则拒绝。为避免台架或其它设备噪声等的干扰，噪声和振动的信号一般需要通过带通滤波器，另外，噪声信号可以进行 A 计权。

这种方法要求简单，只要求总体统计量，适用于信号统计值慢速变动的场景。

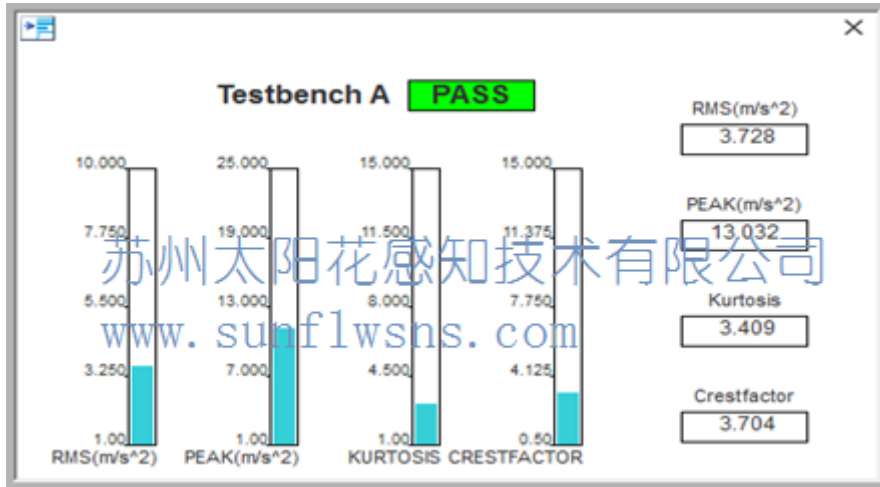


图 1 统计量的方法检测与波形有关的振动问题

1.2 频域模版法

实时计算噪声和振动信号的频谱，整个频率范围分段（频率段的上下限由试验人员根据已有试验来确定），分段设置阈值，共 22 个识别段，每段 1 个阈值，对应 1 个指示灯。任何 1 个频率段的噪声或振动值超出阈值，对应的指示灯由绿变红，说明产品有噪声和振动问题，拒绝通过；指示灯绿色，表示产品检测通过。

这种方法事前要进行多次试验，比较缺陷产品和合格产品的噪声振动特性，发现具体问题和具体频率段的明确关系之后，才可以使用。



图 2 频域模板法方法检测对每个阶次进行限定

麦克风测量到的噪声有多种来源，泵机工作时自身的噪声之外，工作台架和环境也会有噪声影响。因此除了麦克风之外，在泵机机身上安装 1 个加速度传感器，在试验台架上安装 1 个加速度传感器，信号之间可以相互比对，有利于确定噪声的来源。因此需要在同一个分析界面上显示三个信号，两种不同的单位，参考信号可以是噪声也可以是振动，显示在同一张图中，以便于分析。

2 TYH801 生产线噪声振动检测设备和功能

2.1 TYH801 测量范围和精度和使用：

TYH801 最大采样率 128kHz，分析最大分析频率范围 2-50kHz，102dB 动态范围；测量声压级范围 25-136dB，精度±5%(20-20kHz)。振动测试范围不小于±500m/s²，精度±5%(5-20kHz)。

精度检验可以联系第三方计量测试认证机构现场或测试，测试费用由用户方承担。

2.1.1 声压信号的测量：

利用架设在机油泵旁的麦克风，直接测量其运行时的噪声，通过试验区分有问题产品的特征，根据分析得到特征设计噪声检测方法。麦克风位置到油泵出油口的轴向距离为 30cm，麦克风位置到油泵机壳指定工作区域表面的径向距离为 30cm，麦克风位置到油泵壳后罩或入口的轴向距离为 30cm，根据多次试验选定一处。

2.1.2 振动信号的测量：

测试的噪声环境往往达不到测试的要求（根据机油泵工作噪声声功率级要求，噪声测试环境要求 6dB，最好 10dB 的裕量，如果环境达不到要求，就需要增加消声室或消音箱，在消声室/箱内进行测量。比如总装厂的要求是机油泵工作噪声声功率级<70dB，而测试环境的噪声有 65dB，就需要考虑添加消音箱或消声室；但如果总装厂对机油泵工作噪声声功率级要求<75dB，测试环境的噪声仍为 65dB，就不需要考虑添加消声室或消音箱），需要消声室中进行，但是生产线的环境又无法满足，这时采用测量泵体振动的间接方法会有更好的结果；测量振动的方法不容易受环境影响，比对试验更加稳定；另外测试振动的方法，容易区分问题发生的部位；如果仅仅是检测泵是不是有噪声问题，而不是实测其噪声的功率级，测量泵体振动的是很好的思路。在测量噪声的同时，我们将同时测量泵体和试验台的振动，最后有可能主要以振动信号的处理为主。

泵体上工作齿轮区或出油口固定 1 个微型加速度传感器，测量泵本身的振动；测试台架上固定 1 个加速度传感器，在传动齿轮或链条附近，监视台架的振动。

2.1.3 信号分析处理：

推荐项目是锤击试验模块，用于测试试验台部件和泵体的谐振频率，区别噪声的来源。可以在以后逐步添加。机油泵测试的中测试台架往往产生噪声，设计测试台架时，其主要部件的谐振频率要求放置在机油泵固有频率和机油工作范围的各个阶次之外，通常向低频段靠拢，低于 200Hz，建议配备锤击法谐振频率测试仪器。如果利用现有测试台架，需要避开台架的固有频率，需要对测量得到信号进行分析，需要进行信号处理。

机油泵工作时，传动齿轮或链条等也会发出噪声，需要同时测量台架在传动齿轮或链条附近的振动信号，需要对测量得到信号进行分析，需要进行信号处理。

2.1.4 噪声问题产品检测：

根据试验对有问题产品噪声的特征积累和统计量提取是难点问题，要对生产线上产品进行大量的测试，对测试结果进行分析，积累各种有问题产品样本，对问题产品问题模式进行识别。需要的现场时间较多，同时需要用户方的密切配合，提供大量典型的问题产品，现场工作量较大。

2.1.5 用测量振动来间接测量噪声的方法：

如果测量目标噪声非常微弱，背景噪声比较强的情况下，测量泵或电机噪声时，环境的影响和目标噪声在一个量级或者比目标噪声还高，直接测量噪声比较困难。

对于微弱噪声的测量，一般的思路是构建消声室。但建立消声室是需要专业设计，并需要专业人员维护，成本是非常高的。生产线上有很多产品需要检验是否噪声合格，为每条生产线都配备消声室是不可能的。传统的生产线消音箱能够合理工作的下限约在 60dB，对于 45dB 以下的噪声无能为力，生产线静音间的效果更差。但是新型汽车的电子水泵等零部件的上限噪声约在 35dB (BOSCH 实验室) [附录 5]。因此从根本上讲，生产线静音箱、静音间无法满足汽车集成商噪声测量的试验室标准，并且成本也会较大。这时可以通过测量振动来测量噪声。采用测振法测试产品的噪声是在其他方法都无法简便、迅速、经济和准确地解决产品现场噪声检测的情况下而提出的。

振动法测量的实际应用，必须解决如下 6 个方面得到技术问题：

- (1) 必须获得各机电产品的实际辐射效率指数曲线。
- (2) 必须解决按声源尺寸变化的辐射效率指数曲线制成仪器的计权网络曲线。
- (3) 必须解决仪器的校准及分贝量的基准值。
- (4) 必须确定各机器表面振动的关键测点。
- (5) 必须解决空气动力噪声叠加及修正问题。
- (6) 对于生产线上的检测还必须解决简化测点很更多地细致工作要做。

最为关键的就是辐射效率指数曲线。对电机、电器、电冰箱进行大量试验研究，以求取这些产品的实际辐射效率指数，往往需要多点的振动测量和大量试验。

对于生产线可以简化这个研究过程，我们是用正面 1 米处的 1 个麦克风和贴到泵体上的 1 个微型加速度传感器（加速度质量非常小，不影响泵本身的振动），我们对频域的数据进行比对：

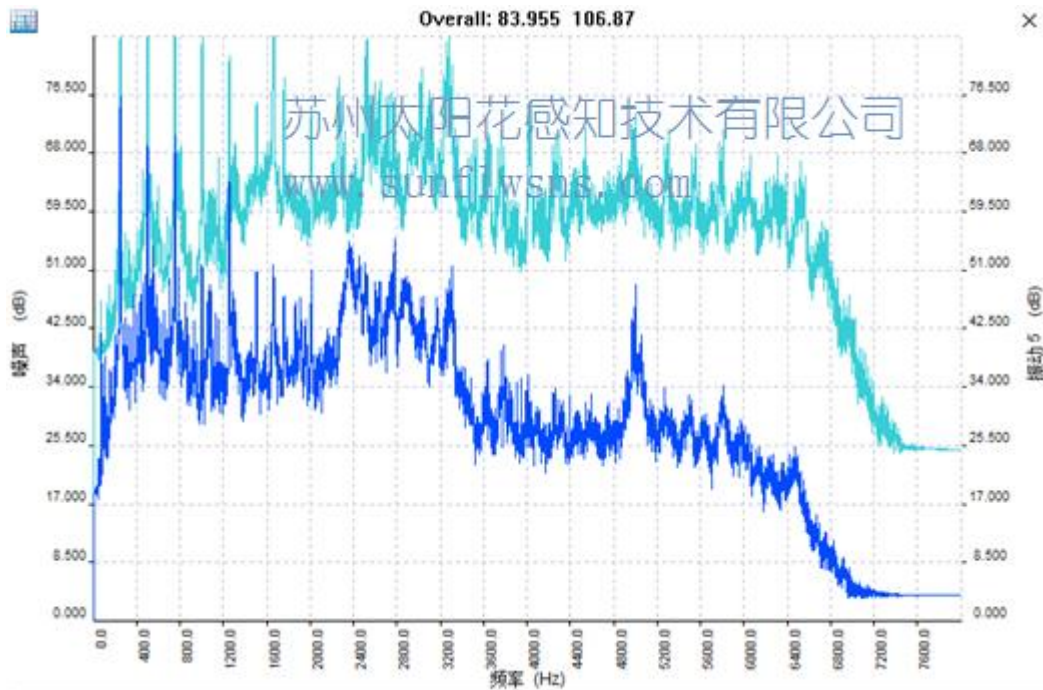


图 3 某油泵试验中原始的振动和噪声信号频谱比对

可以看见，蓝色的是噪声的频谱，青色的是振动的频谱，两个信号是大不相同，也没有简单的比例关系。低频部分形状有点相似，振动信号在高频部分明显比噪声要高。

噪声和振动不是简单的线性关系，不能用简单的比例关系来衡量。再加上声波的反射会造成局部驻波，它们的关系是相当复杂的。

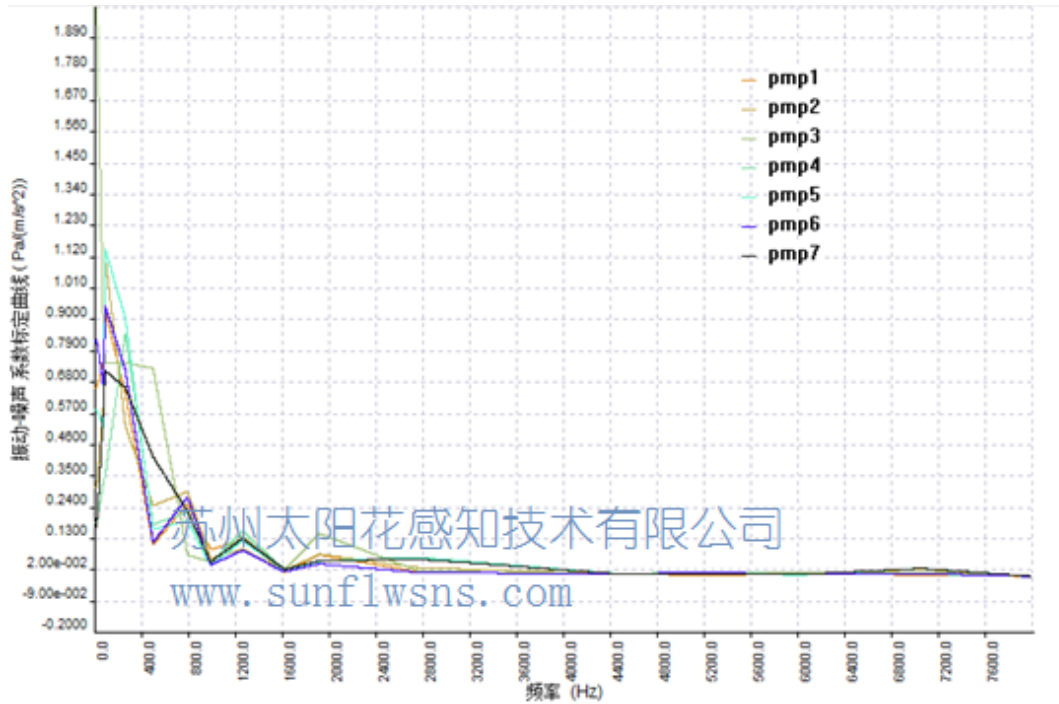


图 4 同一试验环境中多台油泵试验振动-噪声系数曲线

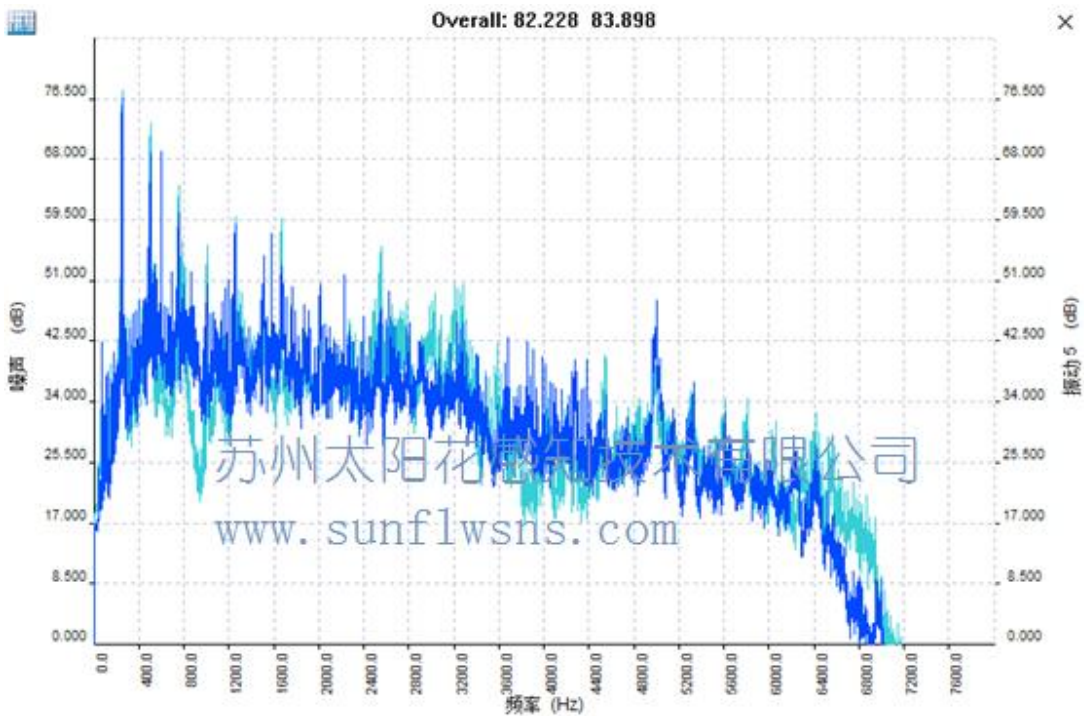


图 5 利用振动-噪声系数曲线间接计算的噪声和实测噪声的频谱比对

辐射效率曲线的标定方法：同时测量振动和噪声信号，变换到频域，在频域用信号处理的方法找到振动和噪声的关系（实际辐射效率曲线），这个关系是一个系数集合，写入文件。这个过程我们有专门的软件，需要在消声室进行，只要标定一次即可。

以后进行产品噪声检测，加载辐射效率曲线的标定文件，只要测量振动，但是给出的结

果是噪声值和噪声的谱。

苏州太阳花感知技术对此进行了大量的研究，通过近千次试验的数据的处理比对，找到一套求取辐射系数的方法。试验表明在同一试验环境下、噪声传感器和振动传感器位置保持不变且工况基本保持稳态不变时，辐射系数可以有简便的方法给出，辐射系数保持很高一致性。为这个方法实现到生产线的检测过程中创造了条件。



图 6 微型振动传感器实物照片

根据客户的要求，这里提供振动传感器的资料：

PCB 353B16 微型宽带加速度传感器： ICP供电；灵敏度：10 mV/g 频率范围：0.7 ~ 20,000 Hz (+/- 10%)，重量 1.5克 使用温度 -54 to +121 °C 安装：5-40 螺栓，电接头：5-44插孔（顶上）。

这个振动传感器的特点一是带宽大，覆盖整个声音的频域，所以可以用来处理后得到声音信号。特点二是非常轻，只有 1.5 克，放在电机上不会影响电机本身的振动。

2.2 TYH801 的软件实时分析功能：

实时噪声声压或振动信号时间历程显示。

实时噪声声压或振动 FFT 分析和显示。

实时噪声声压或振动信号倍频程分析和显示。

实时噪声声压或振动信号时频分析（Time-Frequency）和显示。

实时噪声声压或振动信号倒频分析（Cepstrum）和显示。

实时噪声声压或振动信号统计量计算和显示（RMS、PEAK、P2P、MIN、MAX、MEAN、Kurtosis 等）。

转速测量以及 A 计权、窗函数和 Overall 等计算。

2.3 TYH801 的软件检测功能

阈值法检验：经过多次试验确立的噪声/振动阈值，实时噪声声压或振动信号经过适当的滤波处理，实时计算统计量和阈值进行比较，判断产品是否有噪声问题。

频域模版法检验：对大量有问题产品的倍频程或 FFT 频谱进行分析，有问题产品噪声的特征积累，确立频域检验模版，实时噪声声压或振动信号经过适当的滤波处理在频域和检验模版比较，判断是否有问题，对不良产品进行报警。

对于这两种方法进行考核，至少对一种产品进行试验，事先准备有问题和没有问题的泵，看是否可以准确发现问题产品。统计虚警和漏报的概率进行。

2.4 有问题产品检测可以由用户方人员设置复检以及对类似泵进行产线级开发应用

可以由操作人员在试验过程中积累问题特征，通过分析，区别电机正常运转的声音/振动和异响的声音/振动；生成新的频域模版或阈值，设置到程序中，可以对新的问题进行识别。

软件上开发方便的试验数据积累应用，生成噪音不良产品的识别模版的方法公开，软件上开发方便的模版和阈值更新设置方式，培训用户方人员掌握。

本部分软件模块的开发由本公司负责完成，内容对用户方人员公开，用户方人员可参与并根据使用提出建议。培训的结果是用户方人员可以自行分析信号、积累特征，然后设置合适的阈值和频域模版。

2.5 软件部分通用要求


实时噪声声压或振动实时信号采集控制，可以对原始数据进行记录，同时实时显示噪声声压的时间历程图、噪声频谱（含 overall）图、噪声倍频程（含 overall）图、噪声声压、时频分析图和统计量等。可以对分析结果的图形和数据方便地存盘，可以对时间信号指定时间区间进行缩放显示；对频域分析指定频率区间进行缩放显示。

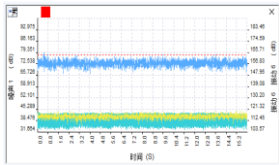
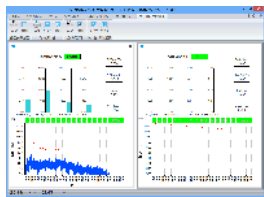
所有应用软件以及本公司编制的软件，如需要设定口令需要以书面方式通知用户方并双方存档。



图 7 用户管理控制面板

3. TYH801 噪声振动测试系统的总体详细配置

序号	具体配置名称	规格/型号	数量	制造商名称/国籍	实现功能/图片	备注
1	噪声信号采集卡	TYH801 8 通道数据采集器 1 8 通道高速模拟输入 2 BNC 接口 3 输入方式：8 通道 ICP 4 采样率：最高 128kHz（每通道） 5 A/D 采样位数：24 位	1	苏州太阳花感知技术有限公司	噪声信号采集 	

		6 输入范围: +/-10V 7 动态范围: 102dB				
2	噪声分析软件通用部分	TYH800噪声振动专业分析软件 1 噪声声压同步记录, 实时动态监测、时域显示 2 实时频域分析和显示、窗函数功能 3 实时时频分析和显示 4 1/3倍频程 5 A、B、C、D、Z计权 6 声功率级测量和计算	1	苏州太阳花感知技术有限公司		
3	测试主程序	测试主程序 1 油泵噪声声压测量控制。 2 油泵声功率测量控制。 3 按工作节拍控制噪声数据录取。 4 用户要求的数据文件管理, 更新、查询和列表等。用户要求的记录格式, 显示格式, 打印格式。 5 根据归类分析, 分析和显示噪声的特征, 识别产品是否噪声有问题, 形成检测算法。 6 阈值和特征模版可以由用户方开发人员进行设置, 确保用户方人员对后续其它新泵可以进行类似检测。	1	苏州太阳花感知技术有限公司	 采集控制、显示控制、数据积累、判别产品好坏等。	
4	传声器	整车测试专用传声器: 直径 1/4 声场类型 自由场 频率响应 50 ~ 20k Hz 灵敏度 40mV/Pa (±2dB) 动态范围 17 ~ 136 dBA 使用温度范围 -40 ~ 100°C 输出接口 BNC.	1	德国 AVM	噪声传感器	
5	麦克风电缆	TYH-BNC-BNC-9	1	太阳花感知技术有限公司		
6	麦克风固定	定制	1			

	支架					
7	微型加速度传感器	353B18 微型加速度传感: ICP供电; 灵敏度: 10mV/g; 测量范围: ±500g; 频率范 围 0.7Hz - 18kHz; 重量 1.8克; 使用温度 -54 to +121° C; 10-32 电接头接头; M3 安装螺钉	1	美国 PCB	泵体振动测量	
8	加速度传感器专用线缆		1	美国 PCB		
9	微型加速度传感器磁座	M080A30 微型传感器磁		美国 PCB		
10	加速度传感器	普通加速度传感器	1	国产	台架振动测量	
11	加速度传感器磁座和电缆		1	国产		
12	转速测量霍尔传感器	磁敏转速传感器 频率: 0~20kHz; 供电电 源: 5~36V (DC); 负载电 阻: ≥ 1.0kΩ; 检测距离: 0.5~4.0mm (A3钢、电工 钢); 齿 轮模数: $m \geq 1$; 齿轮材料: A3钢、电工钢; 输出信号: 波形: 矩形波, 幅值: 近 电源电压; 最大输出电流 20mA与转速无关。环境条 件: 温度: -40°C~120°C, 相对湿度: ≤85%	1	国产	测速	
13	霍尔传感器支架和安全保护架	定制	1			
<p>以下内容, 后期系统可以在接入噪声和振动测量的同时, 集成压力波动、流量、转速、扭矩等测量, 利用数字 I/O 实现状态采集显示和控制, 根据需要分步进行。</p>						
14	电流、电压和数字量、转速测量卡	NI PCI-6221	1	美国国家仪器	控制、采样、测速等	
15	接线盒	栓端子 <u>SCB-68A</u>	2	美国国家仪器		
16	电缆	<u>SHC68-68-EPM Cable (10</u>	1	美国国家仪		

		米长) 加屏蔽		器		
17	压力传感器 113B22	113B22 压力传感器 灵敏度 (+/- 10 %):1.45 mV/kPa 压力测量范围: 3.4Mpa 最大耐压: 103MPa 工作温度范围: -73 to +135 ° C 最大短时温度:1649 ° C 分辨率: 0.14 kPa 谐振频率: ≥500 kHz 上升时间: ≤1.0 μ sec 非线性: ≤1.0 % FS 输出接头: 10-32 接头		美国 PCB		
18	压力传感器 线缆	PCB 002C20 型线缆: 6 米 长, 10-32 到 BNC 接头		美国 PCB		
19	三轴加速度 传感器	356A24 三轴加速度传感 器 (包括电缆) ICP 供电; 灵敏度: 10mV/g; 测量范 围: 500g, 频率范围: 1Hz-10kHz; 钛合金外壳; 重量: 4.5g; 8-36 4 芯接 头座 包含 034K10 三米 BNC 接 头电缆		美国 PCB		

4. 设备验收

整套设备在用户方现场调试后,由本公司人员演示技术协议书中规定的各项功能,然后进行的一组试验项目。考核整个系统工作的可靠性,及测量结果的重复性。要求考核期间无故障。如验收不能通过,本公司必需在一周完成不符合性的整改。

验收标准:按双方签订的合同及技术协议。

5 质量保证

本公司对所提供的设备质量实行“三包”,质保期自终验收之日起 12 个月。质量保证期内,在正常情况下,由于产品内在缺陷而造成的故障均由乙方负责,并在一周内加以解决。因用户方使用或操作不当造成的损坏不在保修范围:

6 售后服务

设备正常使用后如发现故障,本公司在收到用户方设备故障通知后,本公司维修人员应在 24 小时内给予答复;需要现场维修时,本公司维修人员需 72 小时内赶到用户方现场。

7 人员培训

终验收合格后,本公司选派技术熟练的机械、电气及自动化方面的专家,在用户方现场对用户方技术人员进行技术指导和培训,确保用户方能理解和掌握系统各部的原理,正确使用和操作,基本独立完成本协议书规定的试验及维修整套设备。

8 应用实例



图 8 TYH801 噪声振动测试设备与油泵测试台架无缝集成
(某上市汽车零部件公司的机油泵噪声振动检测)

参考资料

- 1 国家标准 GB10068.1-88 旋转电机的振动测量方法
- 2 VTN 振动噪声检测仪在电机噪声检测中的应用 《中小型电机》 2001, 28 (2) p53-55
- 3 GBT8680-98 的附录 A 机器设备噪声测试的新方法--振动法测噪声
- 4 Model 353B16 High frequency, quartz shear ICP® accel., 10 mV/g, 1 to 10k Hz, 5-44 top Installation and Operating Manual
- 5 BOSCH 汽车新型电子泵噪声测试标准
- 6 《GB/T8098-1999 泵的噪声测量与评价方法》
- 7 《GB/T1496-79 机动车噪声测量方法》
- 8 ISO3744:2010 Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane
- 9 ISO3745:2003 Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure - Precision methods for anechoic and hemi-anechoic room
- 10 ISO3747:2011 Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Engineering/survey methods for use in situ in a reverberant environment
- 11 GB/T 6881.1-2002 声学 声压法测定噪声源声功率级混响室精密法
- 12 GB/T 6881.3-2002 声学 声压法测定噪声源声功率级混响场中小型可移动声源工程法第 2 部分: 专用混响测试室法
- 13 GB/T 3767:1996 声学 声压法测定噪声源声功率级 反射面上方近似自由场的工程法
- 14 GB/T3768:1996 声学反射面上方采用包络测量表面的简易法
- 15 《乘用车普通动力转向油泵试验规范 Q/SQR.04.272-2006》 奇瑞汽车有限公司企业标准

苏州太阳花感知技术有限公司
孙晓昶 / 18013767750