

TYH801 固有频率测试仪简介

苏州太阳花感知技术有限公司

1 TYH801 固有频率测试系统的技术优点

TYH801 固有测试系统的传感器采用美国 PCB 公司的高性能传感器，信号采集设备采用本公司研发的高精度、高性能的数据采集器(这种采集器已经应用于多家汽车部件生产厂的噪声振动测试系统中，性能稳定可靠)。设备简便、稳定、操作简单。

充分总结了国际和国内目前主流的固有频率测试技术，TYH801 测试系统的测试精度和测试范围可以与市场上最高端的国外产品相媲美；TYH801 具有 Q 因子的计算功能，这是市场上几乎所有的同类产品所不提供的；另外，TYH801 可以自动检测零件是否合格，方便生产线检测集成，这也是市场上几乎所有的同类产品没有提供的功能；在测试数据管理方面给出更加合理的机制，非常方便质检部门对数据的统计和分析；用户管理也得到加强。

1.1 TYH801 固有频率测试系统的测试范围和精度

设备固有频率分析范围 0-32kHz。固有频率测量 10kHz 以下精度 $\pm 0.5\%$ ，10kHz-20kHz 精度 $\pm 2\%$ 。设备的重复性再现性误差小于 10%。

TYH801 固有频率测试系统已经与多家国际先进的固有频率分析仪对过标(包括比利时 LMS、英国 Prosig 等，TYH801 与英国 Prosig 固有频率测试系统对刹车盘测试数据比对表见 2.0)，用户反映 TYH801 固有频率测试系统的测试结果与汽车厂商的试验室测试结果十分吻合。

对于刹车盘固有频率测试，20kHz 以内相当于刹车盘的 12 阶固有频率，满足当前所有整车厂或汽车系统集成商的试验室测试要求。

较宽的频率测试范围和测试的高精度，可以满足汽车油泵壳体及运动部件、汽车刹车系统卡钳、刹车片以及高端测试台架等的固有频率测试要求。

1.2 TYH801 固有频率测试系统在测量固有频率的同时计算 Q 因子和阻尼系数

TYH801 固有频率测试系统在计算固有频率同时，为每阶固有频率计算其 Q 因子和阻尼系数。

1.3 TYH801 测试系统不仅测量零件的固有频率同时可以自动判断被测试部件是否合格

铝铸件、铁铸件、锻造件和粉末冶金工件，在制造过程中，容易产生裂纹，夹渣，化合物，外形缺失，充填不足，尺寸差异、球化率不合格、碳化物等问题，这些问题会使固有频率的范围发生变化。例如掺碳量的微小变化，可以使很多阶固有频率同时发生偏移，内部裂纹、夹渣、填充不足会使某阶固有频率变化或消失等等，汽车零部件厂及整车厂的出于质量控制要求，需要通过有效的检测手段来检测生产质量。固有频率的公差检测就是简单而且方便有效的工具。

工件被敲击后，在计算固有频率时，自动判断这个工件是否合格，从而为生产线上大批量零件的快速测试提供实现前提，可以方便地集成应用到生产线

检测上。TYH801 固有频率测试系统可以输入工件参数的容许范围上下限（公差范围），就可以形成自动判决的模版。一旦形成，判决模版具有持续化机制。

对于有设计公差容限的，操作过程非常简单，只要加载一个用户定义的公差文件即可。更换产品类型时，再加载新的公差文件即可。

如果手里有个刹车盘，却没有设计公差容限，可以利用自动按钮功能，程序协助用户搜索前 N 阶模态，计算一个程序建议的模版设置，提供给用户作为参考。用户可以直接使用，一般情况下，手工稍作修改即可形成自动判决模版。也可以完全手工输入各个参数（支持视图和表格两种修改方式），形成判决模版。

Mode	Norm Freq(Hz)	Lim. Low(Hz)	Lim. Upper(Hz)	Tol. Low(Hz)	Tol. Upper(Hz)	Peak Value	Peak Pos(Hz)	Q-Factor	Damping	PASS/REJECT
1	845.7	761.13	930.27	820.33	871.07	105.09	840.82	13.64	0.0367	PASS
2	1810.5	1629.49	1991.60	1756.23	1864.86	119.01	1810.55	73.67	0.0068	PASS
3	2903.3	2612.99	3193.65	2816.22	2990.42	120.07	2902.34	185.45	0.0027	PASS
4	4237.3	3837.30	4637.30	4110.19	4364.42	125.03	4237.30	394.84	0.0013	PASS
5	5819.3	5419.34	6219.34	5644.76	5993.92	123.45	5818.36	539.40	0.0009	PASS
6	7617.2	7217.19	8017.19	7388.67	7845.70	117.60	7616.21	542.33	0.0009	PASS
7	9635.7	9235.74	10035.74	9346.67	9924.81	101.36	9631.84	224.48	0.0022	PASS
8	11786.1	11386.13	12186.13	11432.55	12139.72	94.83	11785.16	542.77	0.0009	PASS
9	14086.9	13664.31	14509.52	13664.31	14509.52	83.77	14086.91	243.85	0.0021	PASS
10	16586.1	16061.70	17110.54	16161.70	17010.54	80.81	16508.79	370.20	0.0014	PASS
11	17748.1	17377.89	18118.25	17477.89	18018.25	73.82	17785.16	251.00	0.0020	PASS
12	20113.1	19640.10	20586.12	19740.10	20486.12	66.85	20282.23	694.91	0.0007	PASS

图 1 一个刹车盘固有频率试验结果表

（左端开始，第 1 列表明有 1-12 阶固有频率。第 8 列是固有频率。第 9 列是 Q 因子。第 10 列是阻尼系数。第 5, 6 列为公差的下、上限，用于判断工件是否合格，判断结果放在最后一列，如果合格就是绿色的 PASS；如果不合格就是红色的 REJECT。每次试验敲击后，均会产生这个列表。）

1.4 TYH801 固有频率测试系统完全符合福特汽车 CEPT：06.00-1-432、FAP03-015 Control, Calibration, and Maintenance of Measurement of Measurement 以及 FAP03-179, Developing Corporate Engineering Test Procedures 等测试规范。但是，TYH801 把固有频率的测量范围从 10kHz 拓宽到 20kHz。

TYH801 固有频率测试仪符合 VDA301 和 EKB2002、PV3586 等标准要求。

1.5 TYH801 固有频率测试系统具有完善的用户管理和数据管理机制

在试验数据增多时，面对海量的测试数据，到底是不是我们需要的数据，往往需要知道每一个数据是什么人在什么时间对那个工件所做的试验，试验的大致结果是什么。

一台精密而复杂的设备，如果人人都上去操作，没有人负责，往往造成系统设置被更改，设备零备件损害加速，在紧要关头，设备往往出问题。对此，我们的方案是每个设备指定一个管理员，为设备负责，只有管理员才可以更改系统设

置, 根据需要增加和删除用户, 只有授权用户才可以凭密码登录使用, 无关人员无法操作设备。

我们通过多年时间的不断完善, 形成了一套用户管理和数据管理系统。这套系统不需要任何额外的数据整理工作, 每次试验后, 程序自动把数据放到该用户的数据区, 自动标注试验日期和时间, 只有试验工件编号一项内容需要用户填写。原始数据保存完整, 保证每个工件均可回溯最初检测结果。每一天自动为每个来测试的用户建立测试目录, 目录中含有一个 Excel 格式的试验摘要, 这个表格可以由管理员设置密码, 试验员无法改变表格内容, 用于防止数据造假。这种形式, 极大地方便了质检部门数据统计和数据检索。

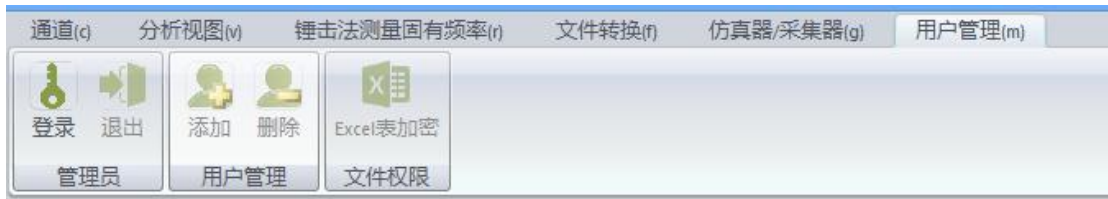


图 2 TYH801 测试程序的用户管理界面

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
序号	操作员	盘号	时间	检测结果	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	f1
1	甘福成	SY5K22_001	2016/5/24 10:35	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	839
2	甘福成	SY5K22_002	2016/5/24 10:36	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	839
3	甘福成	SY5K22_003	2016/5/24 10:36	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	839
4	甘福成	SY5K22_004	2016/5/24 10:36	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	839
5	管理员	TYH00_001	2016/5/24 10:44	REJECT	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	REJECT	PASS	PASS	PASS	PASS	839
6	管理员	TYH00_001	2016/5/24 10:55	REJECT	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	REJECT	PASS	PASS	PASS	PASS	839
7	管理员	TYH00_009	2016/5/24 11:04	REJECT	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	REJECT	PASS	PASS	PASS	PASS	839
8	管理员	TYH00_010	2016/5/24 11:05	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	839
9	管理员	TYH00_011	2016/5/24 11:05	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	839
10	管理员	TYH00_012	2016/5/24 11:05	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	839

图 3 TYH801 程序的测试摘要 EXCEL 表格

(左端开始, 第 1 列表明有 1-10 共 10 次试验。第 2 列是试验用户。第三列是盘号。第 4 列是测试日期和时间。第 5 列是测试结果, 如果合格就是绿色的 PASS; 如果不合格就是红色的 REJECT。第 6-17 列为每个固有频率是否合格。后面的多列可选: 固有频率、Q 因子等。每次试验一行数据。)

1.6 TYH801 固有频率测试系统用户界面更加符合客户要求

有的零部件厂商对固有频率测试的有长时间使用经验, 觉得手工输入搜索区间太麻烦, 希望直接用鼠标勾选, 最新版 TYH801 程序可以用鼠标勾选搜索区间。同时显示搜索区间和公差范围。

还有用户提出在波峰上标出频率和幅值, 我们也加上了这个功能。

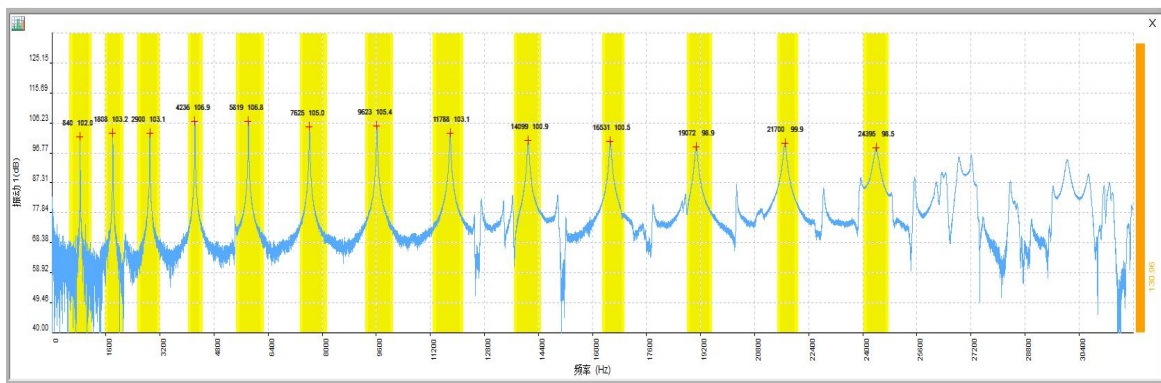


图 4 TYH801 程序的测试结果界面

1.7 可以与自动化测试设备集成

基于工业制造 4.0 思路，TYH801 固有频率测试系统可以和测试台架有机结合，固有频率测试系统不仅可以单独工作，同时测试台架可以控制固有频率测试系统的工作。TYH801 噪声振动测试系统有 2 种方式很方便地与测试台主控软件实现数据对接：

- 1 是局域网 UDP 方式，提供连接协议文件和协议调试器；
- 2 是 COM 方式，用于生产线上与 PLC 连接，提供链接协议和协议调试。

测试台主程序可以自动控制 TYH801 启动采集、停止、发送结果等操作，产品 OK 和 NG 自动判别，振动噪声数据自动保存。

这一部分我们已经有了现成的通信协议、协议调试器，目前已经与所有自动化用户厂商的成功对接。

1.8 可以测试刹车盘扭转固有频率

除弯曲固有频率测试外，高端的汽车厂商基于对刹车盘噪声机理的深入研究，要求提供刹车盘扭转（周向）固有频率测试。我们对此有现成的试验方法和配件，YH801 固有频率测试系统可以进行扭转固有频率的测试。

除了弯曲固有频率的测试，有时也需要测试刹车盘扭转固有频率。这时要在盘的切向进行激励，在相隔激励方向 90° 的方向进行响应，我们提供切向激励和响应的测试工装。

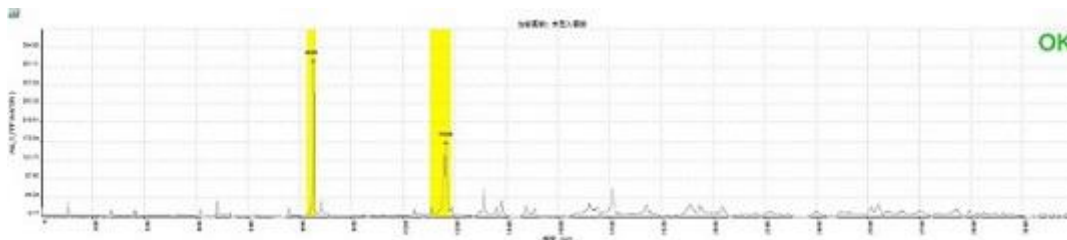


图 5 扭转固有频率 FRF 图

Mode	标称频率(Hz)	公差下限(Hz)	公差上限(Hz)	峰值	固有频率(Hz)	品质因数	阻尼系数	OK/NG
1	8383.1	8249.44	8516.70	48.28	8438.48	480.28	0.0010	OK
2	12498.9	12383.07	12614.70	44.49	12485.35	467.05	0.0011	OK

图 6 扭转固有频率计算结果

1.9 TYH801 固有频率测试系统测试刹车卡钳、摩擦副固有频率

刹车卡钳和摩擦副是制动系统中的重要构件。制动时，刹车盘与卡钳、制动副的剧烈摩擦会引起振动，从而产生噪音。出于对系统安全性的考虑，制造厂商应避免刹车卡钳与其他组件（尤其是卡钳、摩擦副）产生共振；制动所引起的噪声等级也应被限制在允许范围以内以免造成用户的不适。是否会产生共振与噪声等级都由组件的固有频率所决定。铝铸卡钳在制造过程中，容易产生裂纹，夹渣，化合物，外形缺失，充填不足，尺寸差异等问题，这些问题会使固有频率的范围发生变化。刹车卡钳、摩擦副固有频率测试也用于检测工件铸造过程的一致性，是质检的重要一环。

刹车卡钳固有频率测试主要参考 TRWA0007G8845 标准：对每个铸模/图纸，抽测至少 75 个工件，要求工件的各阶模态在其均值±3%的范围之内；新铸模也应比照原有铸模，生产出的工件应符合原有铸模的范围，即原有各铸模均值±3%的范围。



图 7 刹车卡钳固有频率测试现场

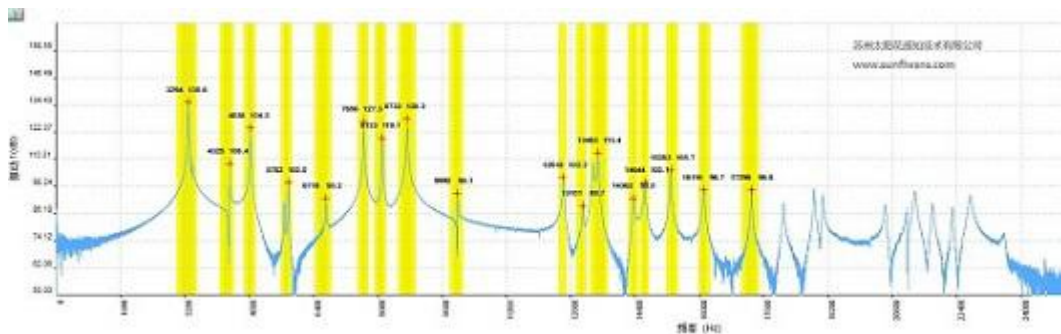


图 8 刹车卡钳固有频率结果

和客户一起探讨了 TRWA0007G8845 标准后，客户提出需要在工件测试结果的

基础上，绘制统计图表（工件占比图、箱对比图）。为此，我们提供程序实现了 TRWA0007G8845 的要求，方便客户更好的观察各铸摸、工件的固有频率分布情况。

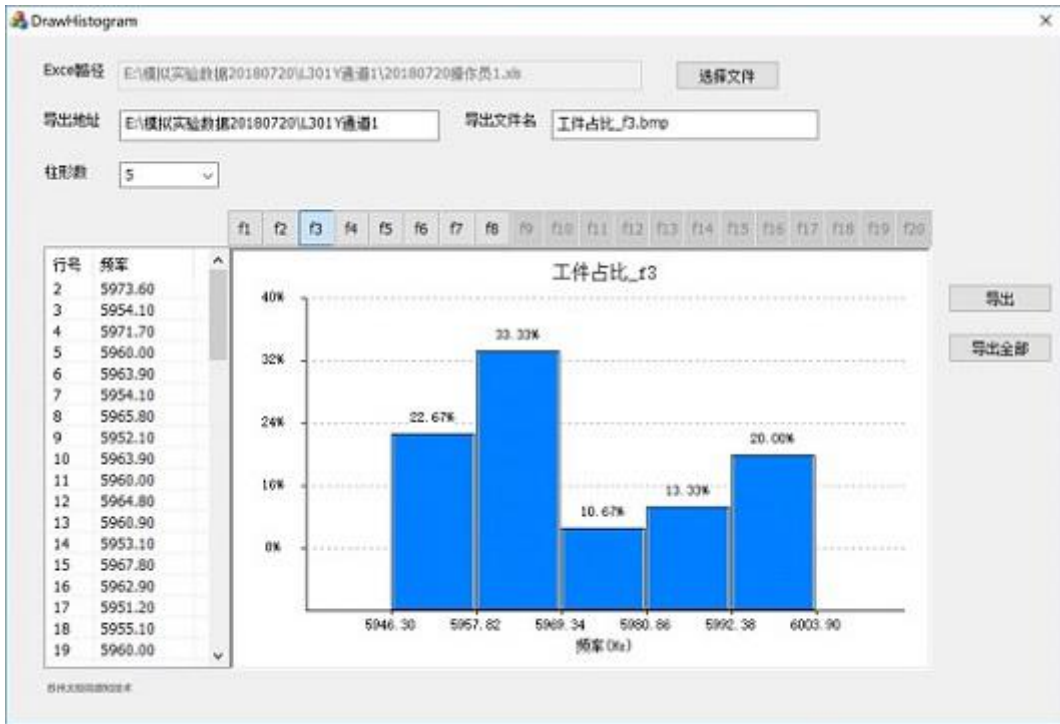


图 9 工件占比图程序界面

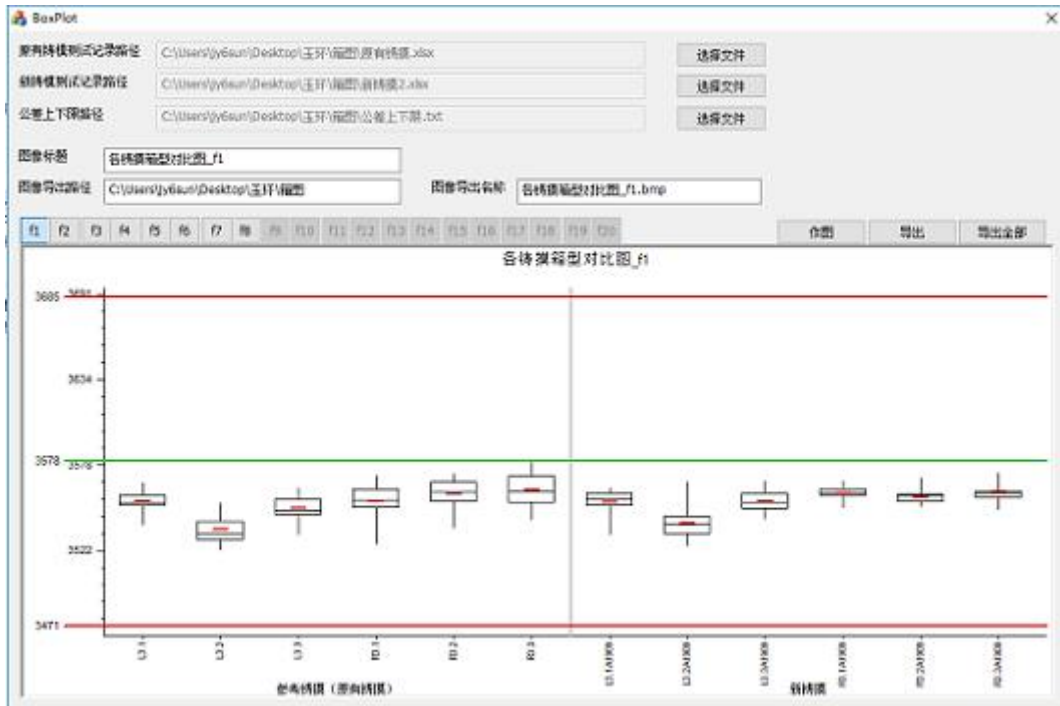


图 10 箱对比图程序界面

摩擦副固有频率测试暂时还没有统一的标准参考，我们和客户讨论后敲定了测试方式进行了一系列试验。以下是试验之一的结果图。

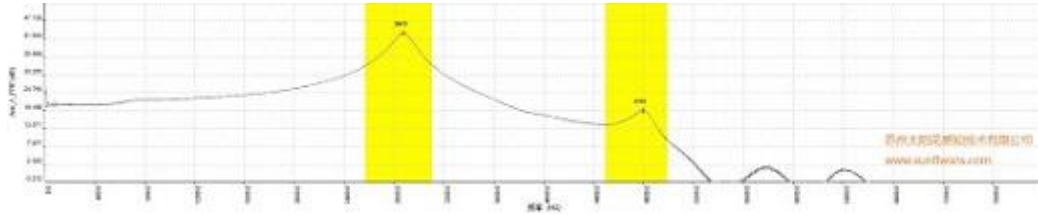


图 11 摩擦副固有频率测试结果图

2. TYH801 固有频率测试其他应用实例



图 12 TYH801 用于涡轮叶片离散度测试



图 13 TYH801 用于铸件裂纹检测




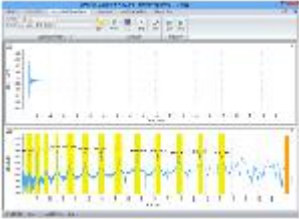
图 14 TYH801 用于转向节固有频率测试



图 15 TYH801 用于载荷传感器固有频率测试

3. TYYH801 固有频率测试系统配置和参数

1	硬件-苏州太阳花感知技术有限公司	
1.1	<p>TYH801 高速动态信号采集器</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 输入通道: 8 通道模拟。 2) 输入范围: $\pm 10V$。 3) 分辨率: 24 位。 4) 采样频率: 最高 128kHz。 5) 噪声底电平: $-120dB$。 6) 动态范围: 102dB。 7) 传感器类型: 麦克风、加速度传感器、力传感器、转速传感器、流量或压力脉动型传感器、角加速度传感器等。 	

	<p>8) 耦合方式: IEPE。</p> <p>9) 防护等级: IP53</p> <p>超低功耗, 大部分情况下不需要单独供电。</p>	
2	软件-苏州太阳花感知技术有限公司	
2.1	<p>TYH801 固有频率测试软件包</p> <p>1) 数据采集软件: 通道同步采样, 存储原始数据, 软件设置模拟通道, 提供方便的通道传感器标定方法。</p> <p>2) 具有实时的动态监测、窗函数、滤波器、实时时域分析、实时频域分析功能</p> <p>3) 固有频率测试软件模块</p> <p>4) 数据输入输出管理: 对各种试验数据进行高效、安全地保存和管理。</p> <p>5) 用户管理系统</p> <p>6) 授权证书</p> <p>软件功能根据可以不同用户要求进行定制。</p>	
3	传感器	
3.1	<p>PCB 353B16 一般用途微型加速度传感器</p> <p>ICP供电; 灵敏度: 10mV/g 频率范围 0.7 to 20,000 Hz 重量: 1.5克 使用温度: -54 to +121 ° C 同轴电缆接头: 5-44 安装: 5-40螺栓</p>	
3.3	<p>PCB 003P03低噪声同轴电缆 10英尺长 10-44接头到BNC接头.</p>	
3.4	<p>PCB 080A30微型传感器安装磁座 直径: 3/8八边形 厚度: 5.84mm 安装: 5-40英制螺栓纹孔 吸力: 11N</p>	
3.5	<p>微型定制敲击锤 锤头重量3.7g, 灵敏度 240mv/g, 激励带宽 16kHz, 锤柄长 110mm.</p>	
3.6	<p>微型定制敲击锤</p>	
4	备品备件建议	
4.1	<p>PCB 353B16 一般用途微型加速度传感器</p> <p>ICP供电; 灵敏度: 10mV/g 频率范围 0.7 to 20,000 Hz 重量: 1.5克 使用温度: -54 to +121 ° C 同轴电缆接头: 5-44 安装: 5-40螺栓</p>	
4.2	<p>PCB 003P03低噪声同轴电缆 10英尺长 10-44接头到BNC接头.</p>	

4.3	微型定制敲击锤 锤头重量3.7g, 灵敏度 240mv/g, 激励带宽 16kHz, 锤柄长 110mm.
4.4	微型定制敲击锤

4. 报价单 请参阅我公司正式报价单。

5. 培 训

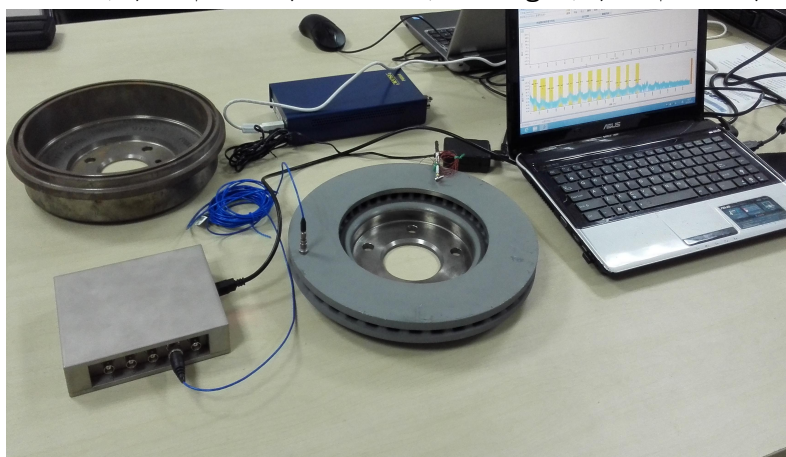
到用户处现场培训 1-2 天, 包括 TYH801 的软硬件基本操作, 锤击试验、模态分析的现场使用和操作, 协助用户完场测试流程设计, 协助用户设计测试数据报告的做图和列表格式。以后用户如需要培训, 可到我方培训, 用户到苏州培训是免费的。使用中如有问题, 每周工作日均可用电话联系, 随时解答问题。

6. 质 保

质保期一年, 质保期内设备故障, 最短时间内免费维护和更换, 响应时间在 6 小时以内, 服务人员到位时间在 48 小时以内。

苏州太阳花感知技术有限公司
孙晓昶 / 18013767750

[附录 1] 刹车盘固有频率测试比对试验
(YH801 固有频率测试系统和英国 Prosig 固有频率测试系统)



附图 1 刹车盘/鼓固有频率比对试验

1 刹车鼓试验数据比对 (单位: Hz)

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
TYH801 固有频率测试系统测试结果										
752.0	2010.7	3563.5	5354.5	7342.8	9474.6	11697.3	14047.9	16395.5	18697.3	20967.8
Prosig P8004 Dats7.029 测试结果										
752	2011	3654	5353	7342	9468	11696	14048	16395	18696	20978

2 前刹车盘试验数据比对 (单位: Hz)

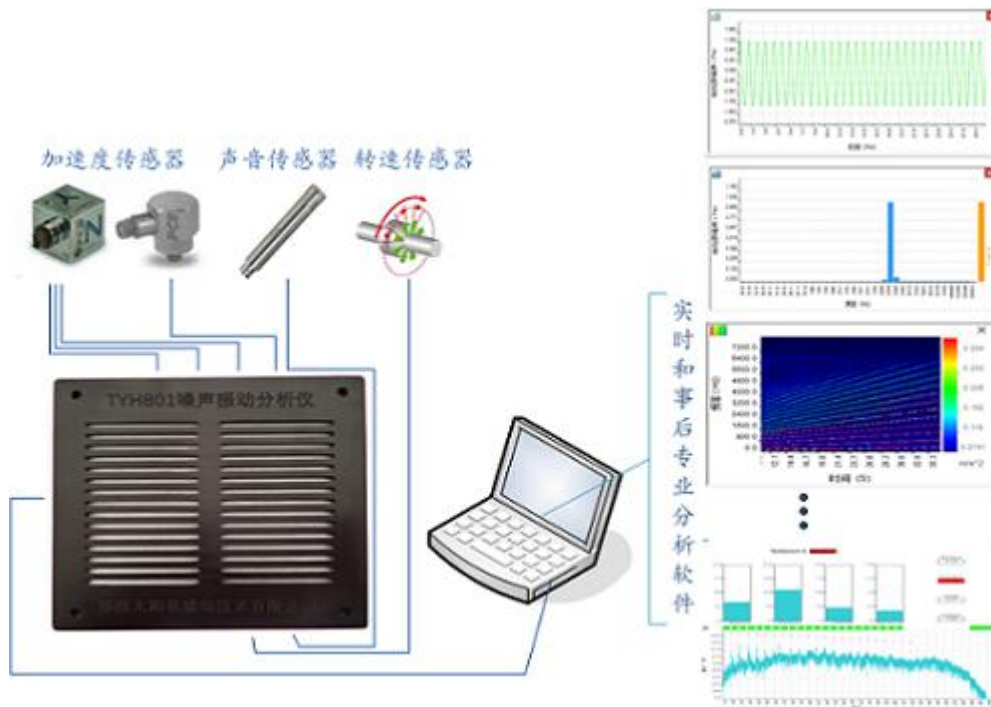
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
TYH801 固有频率测试系统测试结果										
982.4	2395.5	4034.2	5800.8	7642.6	9525.4	11415.0	13337.9	15214.8	17104.5	19022.5
Prosig P8004 Dats7.029 测试结果										
983	2395	4036	5799	7658	9528	11420	13321	15244	17113	19026

3 后刹车盘试验各连续 9 次测试数据比对 (单位: Hz)

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
TYH801 固有频率测试系统测试结果										
838.9	1807.6	2903.3	4240.2	5823.2	7629.9	9629.9	11795.9	14113.3	16543	19070.3
838.9	1807.6	2903.3	4240.2	5823.2	7629.9	9629.9	11795.9	14109.4	16543.9	19067.4
838.9	1807.6	2903.3	4240.2	5823.2	7629.9	9629.9	11795.9	14111.3	16542	19067.4
838.9	1807.6	2902.3	4240.2	5823.2	7628.9	9628.9	11795.9	14109.4	16543	19066.4
838.9	1807.6	2903.3	4240.2	5823.2	7629.9	9629.9	11795.9	14112.3	16543	19071.3
838.9	1807.6	2903.3	4240.2	5824.2	7630.9	9630.9	11797.9	13926	16547.9	19071.3
838.9	1807.6	2903.3	4240.2	5823.2	7629.9	9630.9	11796.9	14112.3	16543.9	19066.4
838.9	1807.6	2903.3	4240.2	5824.2	7629.9	9630.9	11796.9	14113.3	16545.9	19067.4
838.9	1807.6	2903.3	4240.2	5823.2	7629.9	9629.9	11795.9	14107.4	16541	19069.3
Prosig P8004 Dats7.029 测试结果										

839	1811	2903	4240	5823	7628	9626	11820	14125	16552	19107
839	1811	2903	4240	5823	7628	9626	11818	14116	16545	19109
839	1811	2903	4240	5824	7628	9626	11819	14128	16549	19107
839	1811	2903	4240	5824	7628	9628	11822	14132	16544	19106
839	1811	2903	4240	5824	7628	9626	11818	14116	16548	19096
839	1811	2903	4240	5823	7627	9631	11813	14117	16559	19112
839	1811	2903	4240	5824	7628	9626	11819	14114	16550	19121
839	1811	2903	4240	5824	7629	9624	11818	14117	16547	19108
839	1811	2903	4240	5824	7629	9624	11818	14117	16547	19100

[附录 2] TYH801 噪声振动测试系统



附图 2 TYH801 程序的测试结果界面

TYH801 集数据测量、实时分析和实时显示为一体的便携式噪声振动分析系统。在主要技术指标上和国际先进的噪声振动测试设备保持一致，使用上更加方便和用户友好，同时具有强大的后续开发支持。固有频率测试系统是 TYH801 噪声振动测试系统的一个分支应用。

TYH801 噪声振动测试系统是一种集成、便携、高精度的振动测试仪器。基本特点是具有 8 个独立通道, 24 位的采样精度和最高 128kHz 的采样率, 可以实时采样记录, 实时分析处理。

TYH801 噪声振动测试系统有良好的高频性能 (最高分析频率为 51.2kHz), 因此噪声测试上有广泛用途。包括工业生产线噪声的采集和识别, 环境噪声测试, 飞机、火车和汽车等交通工具的内部噪声声压级测量, 发动机、家电和汽车零部件等的声功率测试。

其中声级计功能符合 IEC 61672-2003、IEC 60651-1979 (对应国标 GB/T3785.1: 2010 和 GB/T3785.2-2010), 倍频程计算符合 IEC 61260-1995、ANSI S1.11-1986 (对应国标 GB/T 3241-2010)。环境声学部分计算符合 JIS C 1510-1995, 同时可以根据 GB/T 3222.1-2006 和 GB/T3222.2-2009 进行开发。声强法测试声功率符合 ISO 9614-1-1993 (对应国标 GB/T 16404-1-1996)。声压法测试声功率级符合 ISO3744-2010 (对应 GB/T 3767-1996)。

TYH801 噪声振动测试系统能方便地测得物体振动加速度、速度、位移等振动参数, 可用来对旋转与往复式机器的振动进行可靠的定量评价。为汽车设计、机械制造、造船、电力、设备管理、产品质量控制、军工、交通及环保等行业对振动进行实时检测和监测或进行振动试验测量和振动控制等工作提供分析和测量

手段。机器振动测量标准符合ISO 2041-1990、ISO 7919-1~5、ISO 10816-1~6、ISO 10055-1996、GB/T 6075-2012 等。船舶振动标准可以根据ISO 4867-1984、ISO 4868-1984和 ISO 6954-2000等进行开发。

TYH801 噪声振动测试系统有良好的低频性能，其最低分析频率为 1Hz，因此也广泛应用于检测运输工具（汽车、轮船和拖拉机等）的驾乘舒适性、平顺性和振动对驾乘人员健康的影响。符合 ISO 2631-1-1997、ISO 8041-2005 的要求。

对于座椅振动，可以根据 ISO 2631、GB/T 10910-2004、GB/T 13876-2007、GB/T 4970-1996、GB/T 12477-90 等标准进行测量，并给出测试报告。对于带有手把的手扶拖拉机、气动工具、电动工具、油锯、割灌机等的手臂振动，可以进行根据 ISO 5349-1-2007、GB/T 7927-2007、ISO 7916-1989、GB/T 539 标准进行测量，并给出测试报告。

苏州太阳花感知技术有限公司专业研究噪声和振动技术，对于噪声振动测试领域的最新颁布的国家标准，在很短的时间内，提供测试技术支持，为工程实现提供完整的技术实现方案。可以根据用户的特殊要求在此产品基础上，进行设备的定制和改造。