

# P8012 汽车刹车盘/鼓锤击法模态测试

孙晓昶

## 1. 汽车刹车盘锤击分析系统的基本组成

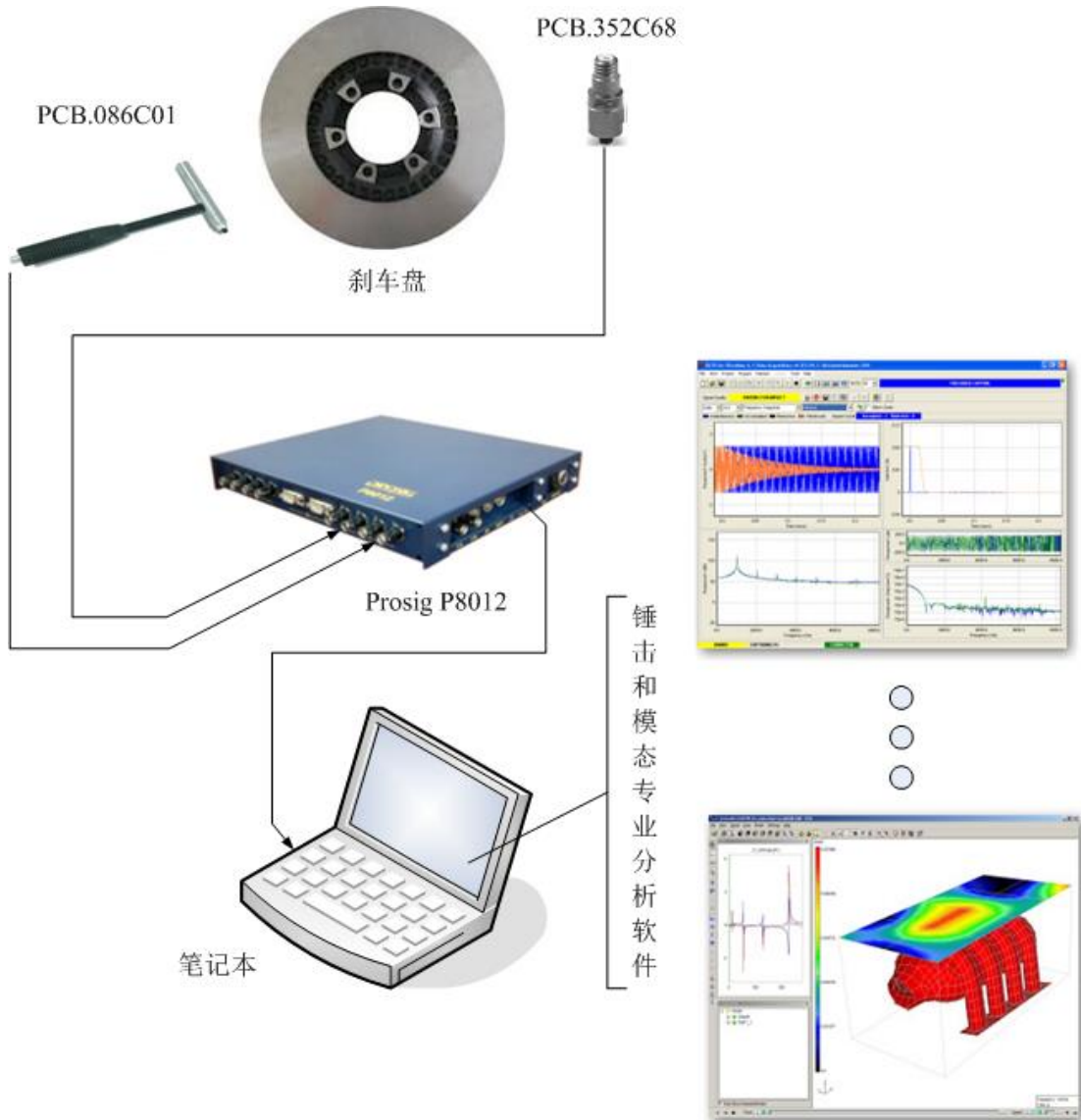


图 1 Prosig P8012 汽车刹车盘测试系统示意图

刹车盘用放置在三块弹性橡胶块上（或用橡胶绳悬挂），微型加速度传感器 PCB. 352C86 轮流放置在刹车盘的各个测量部位，用粘蜡固定，锤击刹车盘，测量结构响应。

传感器的信号经 P8012 采集，然后通过 USB 送入笔记本。采集器受笔记本的工作软件 AquisitionV4 控制。

锤击分析软件可以实时测量谐振频率响应、H1、H2、ASD、CSD 和一致性等。模态分析软件用来计算各阶模态参数（模态频率、阻尼、模态幅值等），算法包括 SDOF、MSDOF、MDOF、ERA-DC 等，可以利用模态参数合成 FRF。使用动画软件

模块用户可以构造刹车盘的三维结构视图，测量数据可以自动传入各测量节点，生成结构的动画显示，动画播放器可以进行结构动画播放，也可以生成动画的视频。

Dats 软件可以进行完善的数据分析，且自动生成数据处理报告和图表。

另外 Dats 的基本分析软件包含大量的分析功能：数据采集控制，时域和频域分析，信号数据的各种操作，基本数学计算，各种滤波器，1/n 倍频程分析，曲线拟合，信号发生器和信号综合器，概率分析，统计计算，微积分计算，报告生成器，分析流程，自动化脚本等。

## 2. 汽车刹车盘测试标准(福特汽车配件测试要求 CETP 06.00-L-432)

Prosig 锤击法测量汽车刹车盘（或刹车鼓）的谐振频率完全符合福特汽车 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。

### 2.1 谐振频率测量范围满足 10kHz 的测量要求

PCB 086C01 是 CEPT: 06.00-1-432 推荐使用的激振锤，它自身的谐振频率大于 15 kHz。响应测量使用 PCB 352C86 加速度传感器，其 3dB 频响范围是 0.2Hz-20kHz。因而可以确保 10kHz 的测量范围。

2.2 根据 CEPT: 06.00-1-432 推荐使用粘腊固定微型加速度传感器。

2.3 根据 CEPT: 06.00-1-432 规定，微型加速度传感器 PCB 352C86 的质量（2 克）小于 5 克。

2.4 采样频率可以根据用户需要设定，采样频率的可选择调节的范围远远高出 CEPT: 06.00-1-432 规定的试验要求。试验频率范围和分辨率可以根据用户需要进行调整。

2.5 硬件模拟电路在采样前进行反混叠滤波，反混叠深度大于 100dB。

2.6 软件有自动判断双击的功能，软件还可以试触法自动设置触发门限，触法前预采样完全可以满足 CEPT: 06.00-1-432 规定的 10% 的要求，用户还可根据需要进行选择是否加窗，选择加窗的类型。可以选择设置节点数，可以设置每个节点的试验次数，自动完成试验平均。

2.7 应用 Dats 软件的数据和报表处理功能，可以很方便地处理数据，形成 CEPT: 06.00-1-432 规定第 4 页的数据和图形报表。

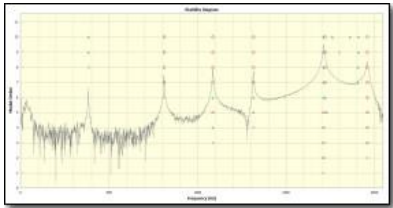
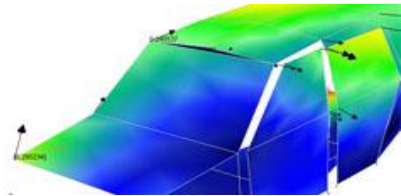


可以对每一个样品记录前 5 阶谐振频率。对于类似的一系列测试，任何时候可以进行均值、中位数、最大值、最小值、方差和标准差等的统计，统计值可显示于用户设计的图表中。开始时，我方可以协助用户制作完成数据处理程序和报表格式，测量完成后，只要一个手指头按一个键，立即得到处理的全部数据的结果报表。用户在以后的使用中还可以根据工作的具体要求，设计出更加符合要求的完美报表。

2.8 所有部件均可以满足 CEPT: 06.00-1-432 规定工作温度要求。

另外，英国 Prosig 是福特汽车的一级供货商，在全球的福特汽车研究院和工厂有 90 多套 Prosig 的噪声、振动及平稳性测试仪器，深入到福特汽车制造的各个测试领域，深受福特汽车的信任。

## 3. Prosig (p8012) 刹车盘测试系统详细配置

汽车刹车盘测试分析系统		
1	<b>系统硬件-英国 Prosig 公司</b>	
1.1	<p><b>P8012 3 card chassis. Includes PC to P8000 USB2 communications cable, mains power supply, in vehicle power cable and carry bag.</b></p> <p>3卡槽数据采集器机箱: 可插3个输入卡, 支持12个高速模拟通道(当使用4通道卡时)和两个转速通道, 支持高速模拟, 低速模拟, 热电偶, 应变, 转速和电荷等的输入卡, 包含USB2.0通信电缆、电源适配器、汽车点烟器供电电缆和多于一个P8012时的互连线。</p>	
1.2	<p><b>P8402: Input channels 4 Connector BNC 24-bit sample rate 100kHz 16-bit sample rate 400kHz Anti-aliasing attenuation &gt; 100dB Input range ±10mV to ±10V Dynamic range 105dB Supports TEDS Tacho input sampled at up to 800kHz</b></p> <p>4通道高速模拟输入卡: 支持4通道高速模拟输入: BNC接口 DC、AC、ICP输入 采样率 每通道100kHz(24位A/D)或者400kHz(16位A/D) 输入范围 +/-10mV 到 +/-10V 动态范围: 102dB; -120dB底噪声 智能传感器识别TEDS 另加一通道转速采样 每通道可达800kHz采样率</p>	
1.3	电缆: <b>BNC</b> 接头的电缆	
2	<b>DATS 系统软件-英国 Prosig 公司</b>	
2.1	<p><b>DATS.toolbox DATS Professional software: includes Intaglio reporting suite, DATS BASIC Script support and P8000 acquisition software. Including time, frequency and 1/n Octave analysis, filters, signal generator, data import/export etc.</b></p> <p><b>DATS.toolbox</b> 专业分析软件基本软件包: 包括试验报告生成组件、Basic 脚本、数据采集软件和数据分析软件: 各种时域, 频域分析, 1/3倍频程, 滤波器, 信号发生器, 数据转换输入输出等。含移动证书USB软件狗。</p>	
2.2	<p><b>DATS Hammer impact analysis software licence</b></p> <p>锤击分析软件: 测量结构响应, 固有频率; 双击自动检测剔除; 自动平均; 接受/放弃, 自动/人工; 数据直接动画、模态分析可用。(如果购买模态分析软件模块, 不必购买此模块)</p>	

2.3	<p><b>DATS Modal analysis software licence</b></p> <p>模态分析软件：各阶模态频率、阻尼、模态幅值；SDOF、MSDOF、MDOF；ERA-DC；利用模态参数合成FRF(包含锤击分析软件，如果购买此模块，不必购买锤击分析软件)</p>	
2.4	<p><b>DATS Structural animation software licence</b></p> <p>结构动画软件：频域、时域动画；完全三维可视；专业的模态编辑器；点击连接数据；支持CAE,SAE坐标系统；内嵌锤击数据采集软件</p>	
3 <b>Sensor 传感器 美国 PCB 公司</b>		
3.1	<p><b>PCB 086C01 Sensitivity: (±15%) 50 mV/lbf (11.2 mV/N) Measurement Range: ±100 lbf pk (±444 N pk) Hammer Mass: 0.23 lb (0.10 kg)</b></p> <p>PCB 086C0模态试验专用力锤： 灵敏度：11.2 mV/N 测量范围 ±444 N 质量：0.10 kg</p>	
3.2	<p><b>PCB 352C86 Sensitivity 100 mV/g Measurement Range ± 50 g pk Frequency Range(± 3 dB) 0.2 to 20,000 Hz Weight 2.0 gm Temperature -53 to +93 °C</b></p> <p>PCB 352C86微型加速度传感器： ICP供电；灵敏度：100mV/g 频率范围 0.2Hz-20kHz 重量 2克 使用温度 -53 to +93 °C</p> <p>(如果量程要求较大，可更换为PCB 353B17)</p>	
3.3	<p>电缆： 一般用途同轴电缆，经济性同轴电缆</p>	

#### 4 锤击法重庆三友测试试验

地点：重庆三友机器制造有限责任公司

时间：2011.12.21

锤击法刹车鼓测： Prosig P8012 数据采集器， 软件 prosig Dats7.0.20 力锤 PCB.086C03 加速度传感器 PCB.353B1 （根据现场环境，所用力锤和传感器与前面方案中的略有不同）

PCB.353B1 的重量只有 1.7 克，实验中发现如果传感器重量大于 10 克，峰值位置会严重偏低，对比试验采用了 AP2307-10，见图 4。根据测试规定数据预存储 10%，不加窗。采用塑料锤头，试验发现锤头对于激励出特定的模态有影响。支架为包装用的三块白色泡沫板，试验中发现支架变化对结果几乎没有影响。



图 2 汽车刹车盘测试系统实物图



图 3 PCB.353B17（约 1.7 克）和 AP2307-10（约 10 克，磁座 16 克）的实物比较

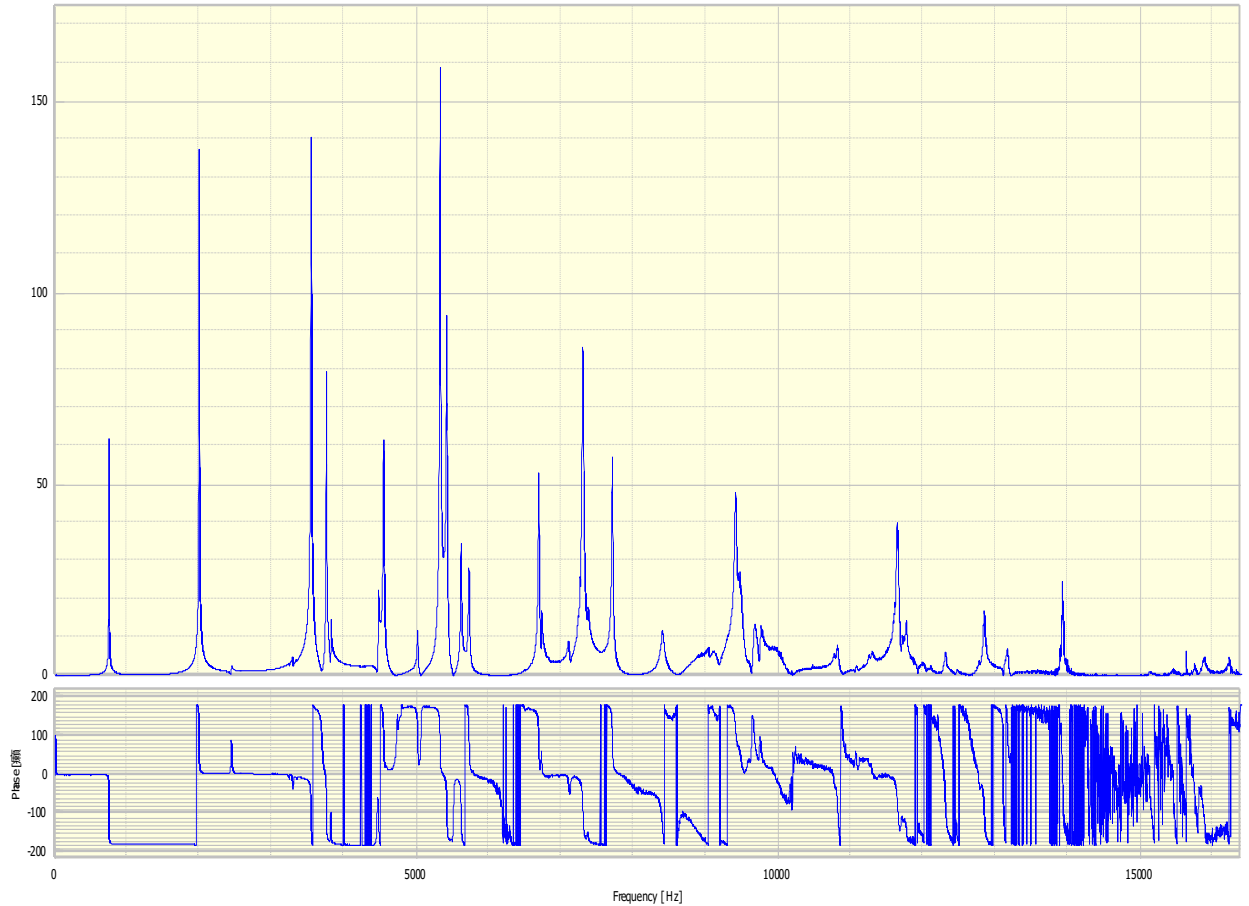


图 4 锤击法汽车刹车盘测试结果 H1 幅相图

#### 4 和其他公司仪器测试数据比对结果

， 用 LMS 和 B&K 的同类测试仪器对同一个工件进行测试， 比对实验结果， Prosig 仪器的测试结果， 峰值位置十分清晰， Prosig P8012 的测试结果和 LMS 仪器的测量 1-6 阶峰值频率几乎相同。数据见下表。

	Mod 1	Mod 2	Mod 3	Mod 4	Mod 5	Mod 6
Prosig	749.0	1996.0	3542.0	5326	7298	9411
LMS	749.545	1997.073	3547.336	5329.532	7304.381	9418.727
B&K	756	2004	3762	5008	7100	9528

表 1 Prosig 仪器测试结果和 LMS、B&K 仪器测试结果比对