



声学、振动激励和校准系统 选型指南

PCB AROUND THE WORLD

PCB Piezotronics, Inc. 的子公司 The Modal Shop 公司成立初衷是想把先进的模态分析技术、结构共振测试和一站式服务相结合。我们的团队与各领域的研究、设计和制造工程师们紧密合作，服务于声学 and 振动测试市场。从微小 MEMS 结构到庞大的空间结构，我们为动态测试和监测行业提供单一来源，从而协助您简化声学及振动测量测试给您带来的挑战。

请登录 www.modalshop.com/sales
查询您所在区域的联系方式

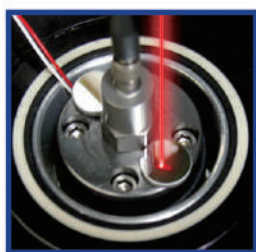
*Front cover photo taken in cooperation with Belgian Defense.



- Amphenol Advanced Sensors, St. Marys Pennsylvania
- PCB Headquarters, Depew, New York
- TMS Headquarters, Cincinnati, Ohio
- Worldwide PCB and Distributor Locations

关于 THE MODAL SHOP

“通过智能传感器解决方案，优化人力、产品以及流程，进而简化日常工作。”



校准置信度

以高水准服务全球的计量实验室。The Modal Shop 的激光绝对振动校准法在振动计量领域拥有世界级的不确定度，设定了振动计量置信度的高标准水平。The Modal Shop 通过了 ISO17025 标准，象征着全球公认的卓越品质。我们的团队参加开发制定振动、冲击、动态压力以及声学传感器校准的全球标准。



质量文化

运行复合质量管理体系。The Modal Shop 的质量体系采用 ISO9001 标准（理念），精益生产理念及持续改善产品以确保卓越的品质，以客户 100% 满意为核心理念，我们在全球范围内提供声学振动测试以及精密动态校准方面快速有效的服务。



工艺

在手工制作中，我们注重那些精密、坚固的动态测试组件的细节。注意微小的细节是 The Modal Shop 所有产品核心理念，例如我们精密校准激励器的线圈绕组的张力。在性能、可靠以及简化方面的平衡，是 The Modal Shop 的工程设计获得市场领导者的基石。

系统选型指南

目录

模态和振动激振器	04	动态压力校准	22
数字传感解决方案	11	校准参考	24
便携式振动校准仪	12	校准服务	25
传感器校准工作站	16		
声学传声器校准	21		

感谢您选择THE MODAL SHOP

作为您声学 and 振动测试与检测的伙伴。我们诚邀您访问我们的网站www.modalshop.com了解产品以及服务。我们期待能够帮助您解决您最困难的测量挑战。The Modal Shop的应用工程师团队仅离您一个电话的距离。您可以通过拨打各地分公司电话或者pcbchina@pcb.com联系我们。



资料库

www.modalshop.com/learn



信息下载

www.modalshop.com



常见问题解答

pcbchina@pcb.com



区域研讨会

www.modalshop.com/seminars

模态和振动激励器

- 通用振动测试
- 电子产品组件测试
- 实验室试验
- 生物医学研究
- 模态与结构测试

迷你SMARTSHAKER™ 集成功率放大器

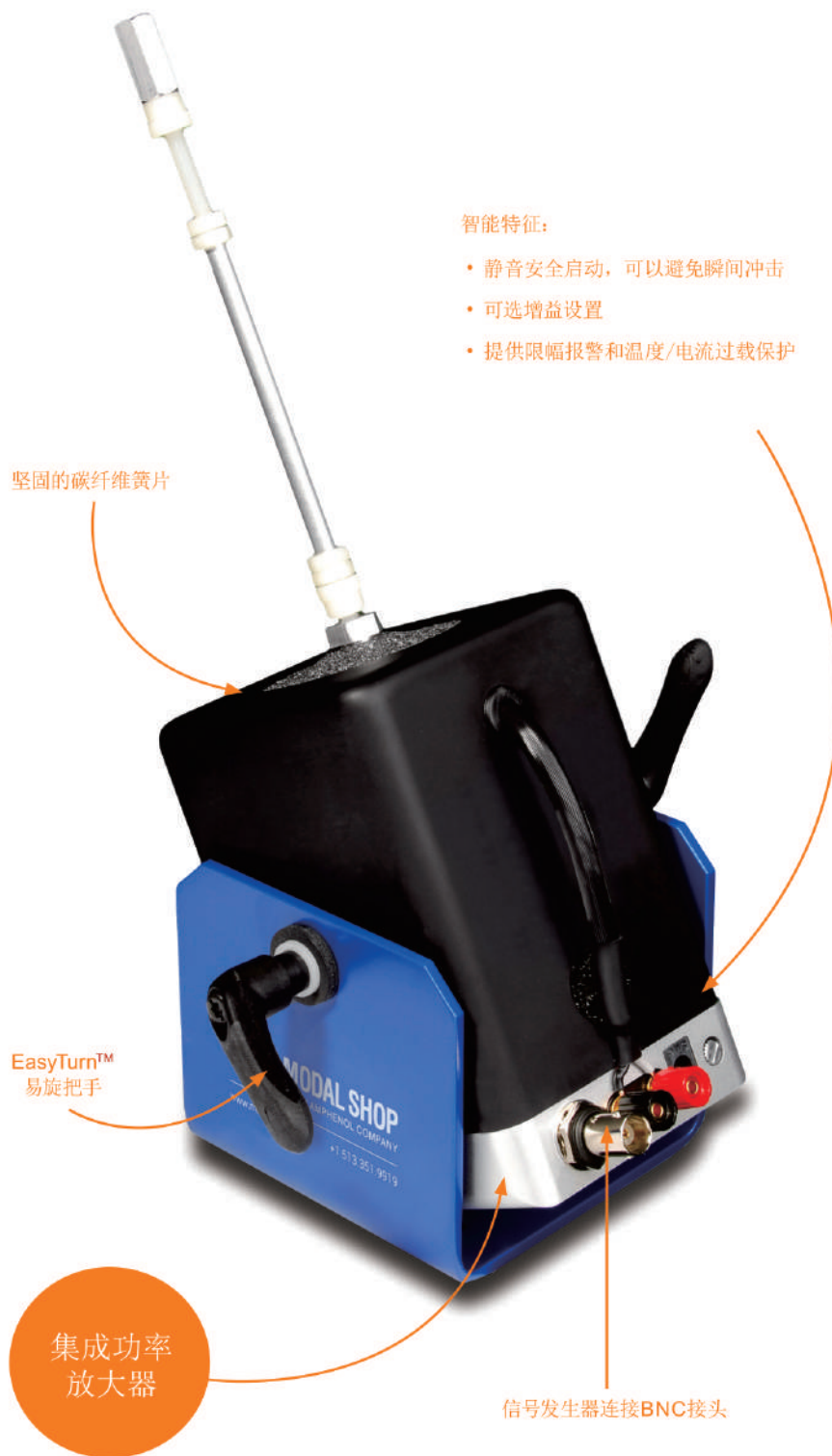
型号 K2004E01 和 K2007E01

SmartShaker™是一款小型、便携、永磁激振器，同时在底部集成了特别紧凑精准的新一代功率放大器。从动态信号分析仪或者信号发生器上产生的激励信号通过BNC线缆简单的接入激振器底部就可以初始化测试。

- 通过创新的集成功率放大器设计简化了测试
- 提供行业内领先的，1.27 cm (1/2 英寸) 行程能提供单峰值最大31 N (7 磅力) 正弦力
- 通过10-32螺钉安装附件，最大有效载荷为0.91 kg (2磅)
- 使用EasyTurn™易旋转把手以及耳轴安装底座，提供了简易设置



完整套件
包括坚固的包装箱和激振杆



智能特征:

- 静音安全启动，可以避免瞬间冲击
- 可选增益设置
- 提供限幅报警和温度/电流过载保护

紧凑精准的功率放大器

激振器套件

The Modal Shop的激振器家族包括小型激振器，范围从9 N(2 磅力)到2224N(500磅力)。提供的设计包括革命性的集成功率放大器SmartShaker™，各种小型的、通孔设计模态激振器和双功能振动台。这些激振器的应用范围包含从实验模态分析到一些小型部件和子系统的通用振动测试。

所有激振器包括

- 激振杆套件/附件
- 线缆
- 耳轴基座

* 放大器没有按比例显示



	套件型号	最大峰值力 lbf(N)pk	最大频率 Hz ^[2]	行程 in(mm) 峰峰值	激振器型号	放大器型号	激振杆套件	应用
小型	K2002E01	2 (9)	3 000	N/A	2002E	2000E	2000X08	模态分析、通用振动、小型结构 [印刷电路板到小家电]
	K2004E004	4.5 (20)	11 000	0.2 (5)	2004E	2100E21-100	2110G06	
	K2004E01	4.5 (20)	11 000	0.2 (5)	2004E	集成功放	2110G06	
	K2007E007	7 (31)	9 000	0.5 (13)	2007E	2100E21-100	2110G06	
	K2007E01	7 (31)	9 000	0.5 (13)	2007E	集成功放	2110G06	
模态	K2025E013	13 (58)	9 000	0.75 (19)	2025E	2100E21-400	2000X03	模态分析、小型到中型结构 [从零部件到整车]
	K2025E013-HF	13 (58)	20 000	0.5 (13)	2025E-HF	2100E21-400	2000X03	
	K2060E030	30 (133)	6 000	1.4 (36)	2060E	2100E21-400	2000X03	模态分析、中型到大型结构 [从洗衣机到汽车/航空器]
	K2060E060 ^[1]	60 (267)	6 000	1.4 (36)	2060E	2050E09	2000X03	
双功能	K2075E040	40 (178)	6 500	1.0 (25)	2075E	2100E21-400	2000X03	双功能设计，模态和通用振动测试
	K2075E075 ^[1]	75 (334)	6 500	1.0 (25)	2075E	2050E09	2000X03	
	K2110E110 ^[1]	110 (489)	6 500	1.0 (25)	2110E	2050E09 - FS	2000X03	
	K2500E500 ^[1]	500 (2 224)	4 500	1.0 (25)	2500E	2050E12-7	2000X12	通用振动测试

[1] 需要强制风冷（套件已包含）

[2] 取决于有效载荷

模态激振器

- 模态分析
- 汽车/NVH
- 家电
- 航空航天/地面振动测试



型号
2060E



型号
2025E



型号
2004E
2007E



SMARTSHAKER™
型号
K2004E01
K2007E01



型号
2002E

The Modal shop的激振器在全球的测试实验室中都是一个行之有效的解决方案。从9到133 N的力值（2至60磅），这些激振器适用于宽频率范围的模态分析。进行试验模态分析和结构测试的时候，成功的实验和较差的实验的关键在于激励方式和系统的选择。对于许多应用，电动振动台系统是理想的选择。The Modal Shop的激振器产品线的设计初衷就是更加便携、坚固、简易安装，从而获得最佳的测试结果。不同尺寸的激振器提供了多种贴近测试部件结构的设置方案，同时最大限度地减少测试结构和激振器之间的不必要交互影响。

优势

- 通过夹子、夹头及通孔设计，使激振杆的安装和调整更简单
- 轻质和便携式的设计方便设置，重量从0.25 kg至17 kg
- 通过耳轴基座，在安装和对中激振器时提供了灵活性和旋转能力
- 针对模态应用有更长的行程和更宽的频率范围，提供充分的输入能量

型号	最大峰值力 lbf (N) pk	最大频率 Hz [2]	行程 in (mm) pk-pk	重量 lb (kg)
2060E	60 (267)	6 000	1.4 (36)	37 (17)
2025E	13 (58)	9 000	0.75 (19)	13 (6)
2007E [1]	7 (31)	9 000	0.5 (13)	6 (3)
SmartShaker™ K2007E01 [1]	7 (31)	9 000	0.5 (13)	7 (3)
2004E [1]	4.5 (20)	11 000	0.2 (5)	6 (3)
SmartShaker™ K2004E01 [1]	4.5 (20)	11 000	0.2 (5)	7 (3)
2002E [3]	2 (9)	3 000	0.35 (8.9)	0.56 (0.25)

[1] Models 2004E/2007E 和 SmartShaker™ 没有通孔设计
[2] 取决于有效载荷
[3] 不使用激振杆，包含安装硬件

结构测试附件



阻抗头

型号 TLD288D01

- 驱动点测量ICP®阻抗头(力/加速度)
- 力: 100 mV/lbf, ± 50 lbf
- 加速度: 100 mV/g, ± 50 g
- 可添加TEDS功能



空气弹簧

型号 8032S

- 为安装大型坚固被测结构提供极低的频率
- 消除多种安装频率, 空气弹簧不会因为负载变化改变其固有频率



横向安装支架

型号 2050A

- 结合横向和纵向激励分配能量, 有助于激励非耦合的横向振动
- 提供多种性能, 能支持水平模态激励器
- 进行粗细两种垂直调节



激振杆

2100系列

- 在激励器和结构之间方便地传递激励
- 隔离易损的激励器电枢
- 减少力传感器的测量错误



冲击力锤

086系列

- 进行了模态调谐 (Modally Tuned®), 提供更为一致的结果
- 多种尺寸的力锤, 以满足不同的测试需要
- 各种锤头提供了频率定制的脉冲



ICP® 激光转速计

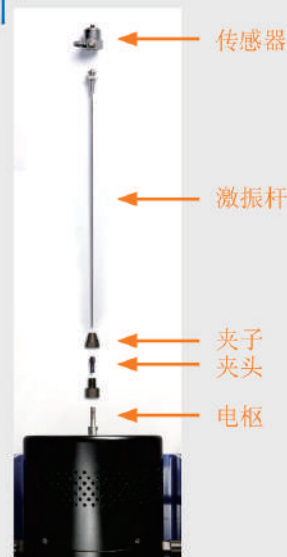
型号 LT2

- 可用标准ICP®信号调理工作, 连接简单
- 一个脉冲/转, 避免了高频转速需要过度提高整体采样率的需求
- LT2 型号连续激光避免了信号抖动

技术讨论: 便于调节激振杆的通孔电枢设计

通孔设计实现了简化和改进模态测试。早期的模态测试的目标, 电动激励器通过一个长螺纹的激励杆连接到被测件上, 提供低幅值的激励。由于激励器一头要固定在激励器上, 另一头要安装力传感器, 每次测试都需要重新确定激励杆的长度, 安装和对中也相对困难。通孔设计消除了这些问题。通过通孔, 激励杆一端可以沿着振动方向移动, 另一端连接传感器, 对中对后通过夹子和夹头确定长度。这种简单省时的性能是保证现代模态试验的关键。

查看视频和教程, 请访问 www.modalshop.com/learn



振动及模态测试 双功能振动台

- 汽车零部件
- 航空航天设备
- 电子模块
- 子系统
- 环境试验
- 振动/模态测试



型号
2110E



型号
2075E



型号
2025E-HF



型号
2004E
2007E



SMARTSHAKER™
型号
K2004E01
K2007E01

The Modal Shop的双功能激振器是小型部件振动测试和模态测试的理想选择。小型、轻质、强力的电动激振器和双功能产品线能提供更宽频率范围，单峰值最大489N (110 lbf) 正弦力输出。

2075E和2110E激振器提供一个大型直径8.3 cm(3.25 in)圆盘，最大载荷可达4.5 kg(10 lbf)。它们同时也有通孔电枢测试，提供夹子和夹头、激振杆等附件以满足模态测试应用。2004E和2007E迷你激振器也就是SmartShaker™，提供10-32安装螺纹，可以安装激振杆和被测物体。

优势

- 创新的双功能激振器,可以用作模态测试,集成了安装圆盘可以用作传统振动测试
- 提供灵活便于对中的可旋转耳轴底座
- 更长的行程和更宽的频率范围为模态测试提供必要的输入能量

型号	最大峰值力 lbf (N) pk	最大频率 Hz [2]	行程 in (mm)	质量 lb (kg)
2110E	110 (489)	6 500	1.0 (25)	54 (25)
2075E	75 (334)	6 500	1.0 (25)	35 (16)
2025E-HF	13 (58)	20 000	0.5 (13)	11 (5)
2007E [1]	7 (31)	9 000	0.5 (13)	6 (3)
SmartShaker™ K2007E01 [1]	7 (31)	9 000	0.5 (13)	7 (3)
2004E [1]	4.5 (20)	11 000	0.2 (5)	6 (3)
SmartShaker™ K2004E01 [1]	4.5 (20)	11 000	0.2 (5)	7 (3)

[1] 2004E/2007E SmartShaker™没有通孔设计

[2] 取决于有效载荷

多功能振动测试

- CubeSat卫星
- 汽车零部件，电子器件
- 航空电子设备
- 机械部件
- 消费类产品

500 LBF 电动激振器

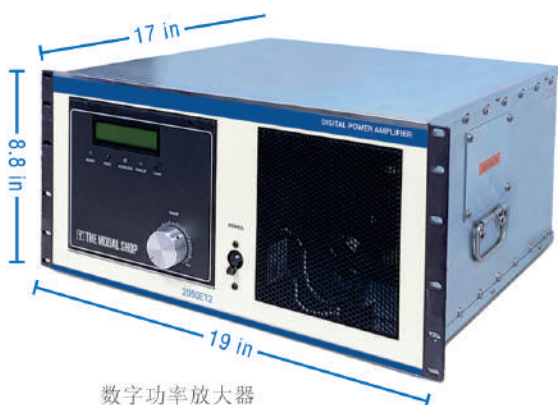
型号 2500E

The Modal Shop的2500E电动激振器是一款峰值为500磅力(2224N)的正弦力激振器，设计用于小部件的通用振动测试，以及电子和机械组件的应力筛选。

- 强制风冷，满足激振器性能指标(500 lbf / 2224 N)的需要
- 6英寸(152 mm)更大的安装座让安装更容易
- 1英寸(25.4mm)的行程和宽频率范围(高达4500Hz)支持多种应用
- 耳轴底座为选择最好的激励位置提供了灵活性
- 提供扩展头和Modal-Pod CubeSat夹具，保证了安装配置的灵活多样
- 系统使用紧凑的2050E12-7 高效数字放大器

坚固、横向刚度大、
碳复合材料的悬架

带内螺纹的连接点，
用于安装部件

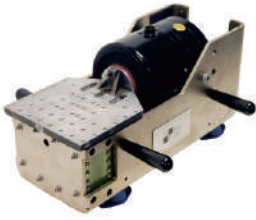


数字功率放大器
型号: 2050E12-7

智能化特点:

- 安静启动，避免瞬态变化
- 冷却气流联锁
- 过行程开关保护
- 结构紧凑，可机架安装

扩展测试能力



水平方向振动台系统

型号 K2075E-HT 和 K2110E-HT
K2500E500-HT

- 分别基于型号2075E和2110E、2500E振动台
- 包含振动台, 放大器, 轻型镁合金台面, 冷却包
- 扩展动态测试能力, 相比直接安装到振动台上可以测试更大更重的部件
- 可垂直操作或使用水平平台进行水平操作
- 振动台悬置去除侧向负载



顶部扩展适配器

型号 2000X01、M2000X01
2000X14、M2000X14

- 通过增大安装面, 可以连接大尺寸、低密度的试验件
- 直径为18cm (7 in) 的2000X01用于2075E和2110E激振器
- 边长为305mm (12 in) 的2000X14用于2500E激振器
- 适配器为镁合金材质, 带螺纹安装孔 (公制或英制)



模态舱

型号 2000X15

- 模态舱试验装置用于CubeSat (立方体卫星) 的振动测试, 和2500E激振器配合使用
- 支持将不同尺寸的CubeSat (最大为3U) 以不同的方向安装到激振器上
- 包含轻型的镁制安装夹具、静质量载荷、安装附件、工具以及重载运输箱
- 简化了CubeSat针对NASA测试或其他标准的合格性测试

技术讨论: 激振器性能曲线

激振器性能曲线, 同时也叫有效载荷曲线, 通常用来帮助我们为特定的应用选择合适的激振器。它们通过一个在整个范围内有效载荷和频率的关系描述了激振器系统的加速度可行性。有效载荷曲线提供一个简单图形化方式来评估测试需求和激振器系统能力的兼容性。更多详情请访问 www.modalshop.com/payload。

1. 什么是测试的全部有效载荷?

在振动台上的测试部件以及所有的适配器。有效载荷曲线已经将振子的质量计算在其中。

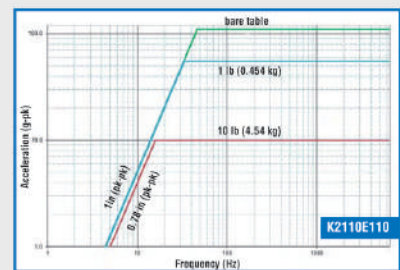
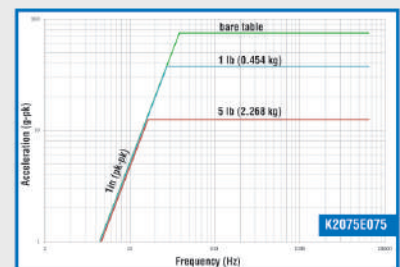
2. 什么是需要的振动水平?

检查测试需要的加速度和频率范围。如振动规范使用了不同的单位 (如速度和位移) 将它们转化成加速度单位。正弦测试使用峰值g测, 随机测试使用RMSg。满足比有效载荷曲线低的测试需求条件的激振器都可以用来服务这些基本测试功能。

3. 振动位移范围的估计

检查测试频率需要, 确保不会超过激振器的最大行程能力。左边的图片, 行程限制用斜线部分表示。以Hz为单位的低频 (f) 下使用峰值g单位的加速度 (a), 用以下公式算位移:

$$d = 19.56 a/f^2 \text{ [in, pk-pk]} \text{ or } d = 496.82 a/f^2 \text{ [mm, pk-pk]}$$



请登录:
www.modalshop.com/shakers
了解各激振系统的载荷

数字传感解决方案

- 振动测试&故障排查
- 大学和科研机构
- 汽车NVH
- 预测性维护

The Modal Shop的数字传感解决方案在您的手掌中实现了功能丰富、方便携带的数据动态测量能力。这些解决方案使用标准的音频数字输出信号，不需要安装驱动，就可以连接到PC、智能手机、平板或者其他设备上，用于各种各样的应用。Digiducer®USB数字加速度计家族提供了快捷的专家级别的振动测量。双通道数字ICP®信号适调仪提供了更强大的功能，通过BNC接口支持ICP®（IEPE）和电压输入，可以连接加速度计、传声器、模态力锤和许多其他类型的传感器。



Digiducer®USB数字加速度计

型号 333D01, 333D04, 333D05, 333D06

- 压电传感器技术，结构坚固
- 频响和动态范围宽
- 内嵌校准数据
- 有集成电缆或可拆卸电缆两种选项

型号	幅值范围 ($\pm g$ pk)	频率范围 Hz ($\pm 5\%$)	电缆类型 和及接头
333D01	20	2 to 8 000	集成 9.6 ft (2.9 m), USB-A
333D04	100	2 to 8 000	集成 9.6 ft (2.9 m), USB-A
333D05	20	2 to 8 000	可拆卸 10 ft (3 m), M12 to USB-A ^[1]
333D06	100	2 to 8 000	可拆卸 10 ft (3 m), M12 to USB-A ^[1]

[1] 10 ft standard, other lengths available



数字ICP®信号适调仪

型号 485B39, V485B39, IV485B39

- 高质量，24位ADC分辨率
- 双通道ICP®（IEPE）和/或电压传感器输入
- 频率范围达到0.8 Hz ~20.7 kHz
- LED数据/电源指示

型号	支持的 输入类型	频率范围 Hz ($\pm 5\%$)	电缆类型 和及接头
485B39	x2 ICP	0.8 to 20 700	集成 11 in (28 cm), USB-A
IV485B39	x1 ICP x1 Voltage	0.8 to 20 700	集成 11 in (28 cm), USB-A
V485B39	x2 Voltage	0.8 to 20 700	集成 11 in (28 cm), USB-A

软件的选择

当使用Digiducer®或数字式 ICP® USB信号适调仪进行测试时，有很多软件可供选用。不管您使用的是Windows、iOS、Android设备，还是macOS设备，总有合适的软件，具有从交钥匙选项到开发者环境（如MATLAB或Python）等一系列的测试能力。目前可供下载使用的配套软件：

- SignalPad软件，适用于电脑端Windows操作系统，由上海其高电子科技有限公司开发
- VBT Analyst软件，适用于电脑端Windows操作系统，由普迪美科技（北京）有限公司开发
- “数字传感器”APP，适用于手机及平板端，由杭州中谱科技有限公司开发

详细信息，请联系我们了解 pcbchina@pcb.com。

现场验证

- 测试前后的传感器检验
- 测试整个测量链路
- 测试加速度计、速度传感器、电涡流传感器
- 校验工厂机械的警告/危险级值

便携式振动校准仪

型号 9110D, C9110D, 9210D

The Modal Shop的系列便携式振动校准仪包括 9110D、C9110D、9210D等型号。这些独立的校准仪可靠耐用，历经检验。不管是在实验室内，测试现场或者工厂厂房内，他们都能对振动传感器、电涡流传感器以及相关的振动监测设备进行检验。

这些校准仪适用于在测试设置时检验整个测量链路、校准单个传感器，或者测试前后校验传感器，以保证采集数据的质量。

这些富有灵活性的便携式振动校准仪能够提供范围很宽的频率、幅值和有效载荷，可支持尺寸较大的工业传感器和多种输入类型的传感器，以满足不同的测试需要。

- 在读出设备上实时显示被测传感器的灵敏度
- 通过提供的Microsoft Excel®工作簿模板，可创建校准证书
- 通过9110D和C9110D的CALROUTE固件，技术人员可以对重复的校准测试点和通过/失败允差进行编程。



型号	频率范围 (Hz)	最大幅值 (g pk)	被测传感器输入
9110D	5 to 10 000	20 ^[1]	ICP, 电荷, 调制电流, 压阻, 电容, 电压 ^[3]
C9110D	5 to 10 000	20 ^[1]	ICP, 电荷, 调制电流, 压阻, 电容, 电压 ^[4]
9210D	0.7 to 2 000	2 ^[2]	ICP, 电压
9100D	5 to 10 000	20 ^[1]	无传感器输入
9200D	0.7 to 2 000	2 ^[2]	无传感器输入

[1] 50 Hz, 10克有效载荷

[2] 100 Hz, 无有效载荷

[3] 电荷、调制电流、压阻、电容、电压等类型的传感器需要外部信号调理设备

[4] 调制电流、压阻、电容和电压类型的传感器需要外部信号调理设备

便携式振动台

来自The Modal Shop的9100D和9200D便携式振动台，是现场检查加速度计、速度传感器和电涡流传感器（利用电涡流传感器专用夹具）的理想工具，能涵盖很宽的频率和幅值范围。这些振动台结构紧凑，电池供电，自含独立的振动参考源，因此可以很方便地对传感器、振动开关和数据采集器进行现场校准。

除了检查传感器之外，便携式振动台还可以用来验证状态监测或记录系统的全部测量通道。与9110D和9210D一样，9100D和9200D都内置石英晶体参考传感器和数据闭环控制，提高了稳定性。9100D和9200D配有坚固的外壳，随时能够带至工业测试现场，实现实验室级别的精度，以保护重要设备。

测试单位	
加速度	g pk, g RMS, m/s ² pk, m/s ² RMS
速度	in/s pk, in/s RMS, mm/s pk, mm/s RMS
位移	mil pk-pk, μ m pk-pk
频率	Hz, CPM



趋近式传感器校准可选项
9100-PPA01夹具用于校验电
涡流探头的静态和动态输出。

技术讨论: 振动监测

在工业环境下保护流程质量和关键机械避免破损和破坏是一个永恒主题。质量影响着客户满意度和产量。维护和停机影响到公司的时间和金钱。校验已经安装的检测系统是保证这些成功的关键。振动传感器，线缆和数据采集系统必须精确地运行才能保证设备和机械的安全。

便携式振动校验仪能提供在线加速度计，速度传感器和趋近式探头的校准。该产品的设计能应对恶劣条件工业环境，避免停机，为常规校准提供了一个可选项。该设备可以检测整个测量通道，从传感器至信号适调仪、数采设备及显示终端，使用户知道整个系统是否准确以及符合功能。状态监测系统振动检测警告和危险触发点也可以通过便携振动校验仪来确保其功能性和准确性。

便携式振动校验仪通过一个完备的电池供电的系统满足了现场检测的需求。它对每个测试提供了已校准的振动激

励，并提供标准化可溯源的结果。坚固的硬件，简易的使用界面，更长的电池寿命以及精准的电子器件让9100D和9200D成为全球在线状态检测系统校准和验证的理想产品。



通过9100D验证系统避免灾难

便携式计量

- 具有便携性、可靠性、可用性
- 符合ISO 16063-21
- 校准加速度计和速度传感器
- 满足ISO 17025的鉴定要求

便携式振动校准系统

9140系列

9140系列便携式振动校准系统将校准实验室带到了您的传感器使用现场。校准振动传感器，它具有无与伦比的便携性和自动化程度，结果可靠，数据可利用性好，可以即刻在测试前后对传感器进行现场检验，而且完全满足ISO 17025对计量的要求。

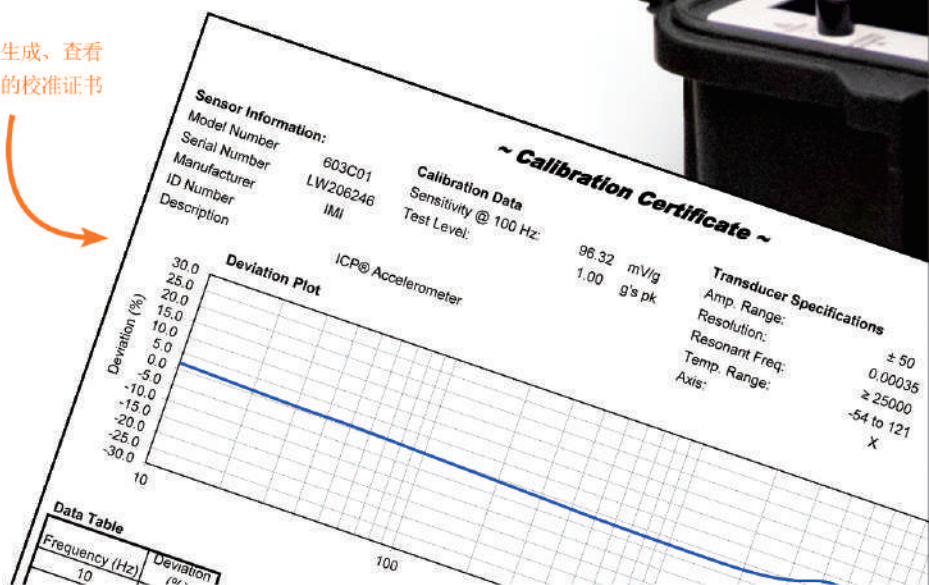
9140系列将C9110D型便携式振动校准仪和9155D型精密传感器校准工作站这两个世界一流的测量平台结合到了一起。便携式振动校准仪提供了在恶劣测试环境下校准振动传感器所需要的坚固性和可靠性，而9155D软件提供了实验室风格的测量控制、自动化和数据库。

9140系列的系统使得用户能够从一个地点前往另外一个地点，保持被测传感器非常接近测试件或监测点，以将停机时间减为最小。用鼠标点击存储在9155软件数据库的测试设置，控制校准仪执行频率或幅值扫描，9155软件这样就实现了校准过程的自动执行。同样地，测试结果直接从校准仪传送到PC上。9155D软件在PC上存储数据，生成校准证书，回放测试数据。

特点

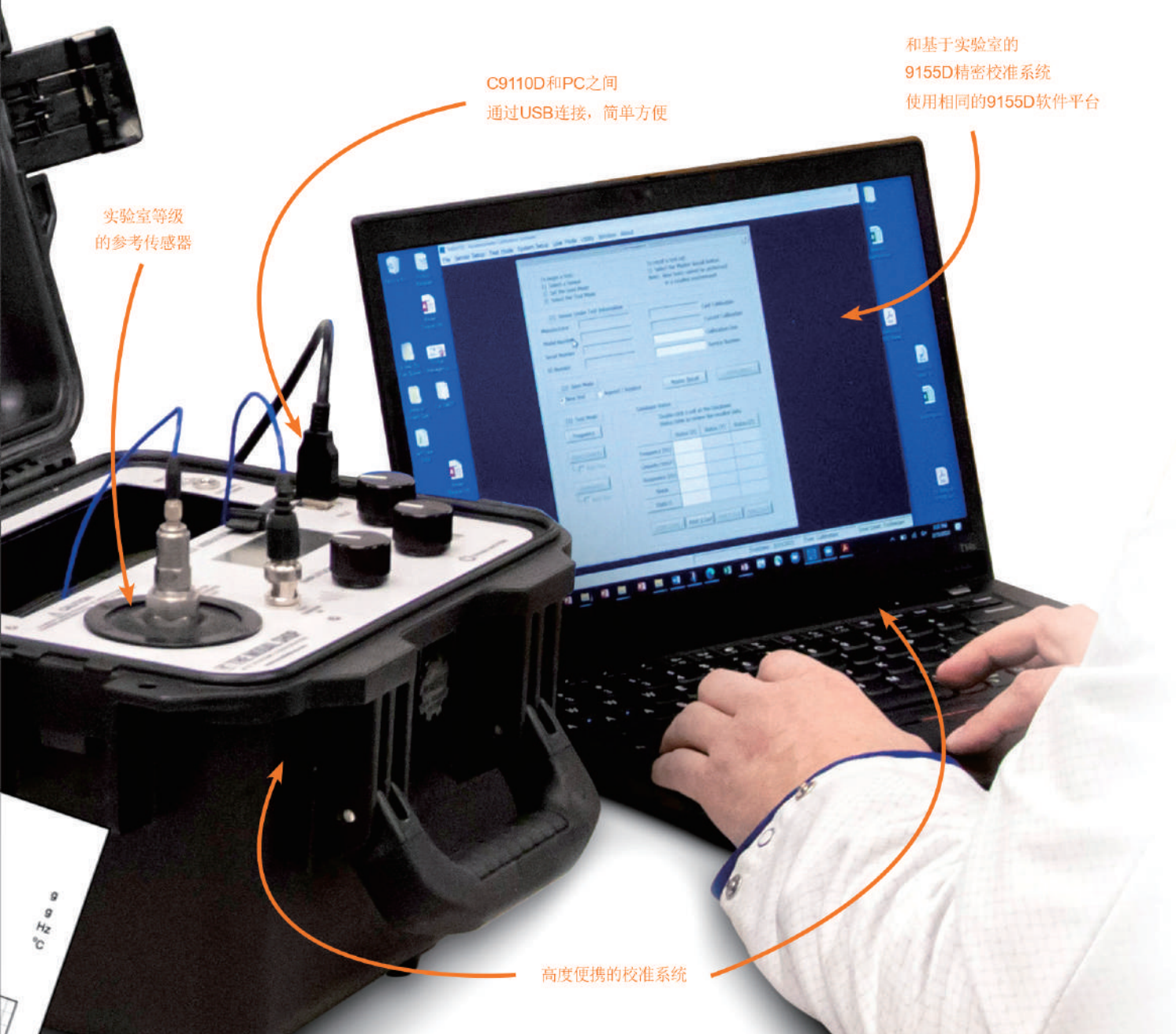
- 系统由电池供电，可在现场移动
- 便携式振动校准仪装在坚固的Pelican Storm Case™箱里。
- 用户只需要几个小时就可以全面掌握系统的操作。
- 将校准实验室带到您的传感器使用现场
- 支持多种类型的传感器

定制、生成、查看
可溯源的校准证书



装在箱子里的振动校准实验室

型号	说明
K9140D10	完整的一套系统，包括：C9110D便携式振动校准仪，安装了软件全部模块的Windows®PC，参考传感器，003C03传感器电缆、专用USB连接电缆
K9140D	包括C9110D便携式振动校准仪、9100-USB00 USB电缆、软件。软件安装在用户自己提供的Windows®PC上
K9140D-SW	9140校准软件以及专用的9100-USB00 USB电缆。软件安装在用户自己提供的Windows®PC上。



传感器 校准工作站

- 可配置模块式系统，满足不同需求
- 软件支持本地语言
- 交钥匙系统，开箱即用
- 用户可自定义校准频率点，可高达200个

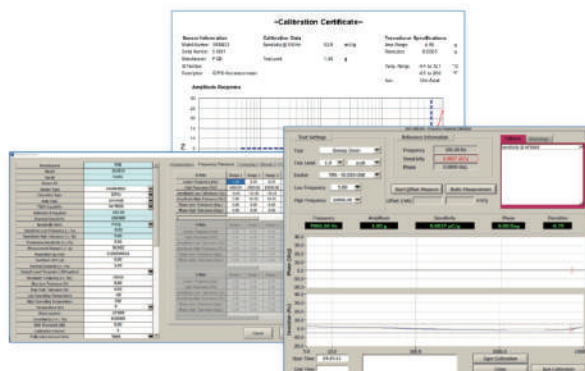
9155型精密传感器校准工作站功能丰富，在一个模块式的系统里提供了可校准加速度计、声学传声器、动态压力传感器等多种选项。9155对加速度计提供精确的背对背比较校准，符合ISO 16063-21:2003，对冲击加速度计的校准符合ISO 16063-22:2005，对传声器的校准符合IEC 61094-5。还有校准压阻式、电容式、速度、动态压力等传感器、4-20mA变送器、可视输出（仪表）等选项可供选择，通过不同的软件选项，配合声学、振动、冲击等多种激励器，极大丰富了用户的校准能力。

每一个系统都提供了所有必需的组件，开箱即用-从精密执行器到配合9155D的Windows® PC 软件控制器的最新数据采集设备，应有尽有。

特点

- 确保校准精度，NIST和/或PTB可溯源
- 步进正弦控制器，针对精度和工作效率进行了优化
- 快速设置测试、获取数据、保存结果、打印报告
- 对每个测试设置多个通过/失败标准，并能自动从内部数据库回调
- 可定制打印的校准证书，符合ISO 17025和ISO 16063-21的要求

在用户进行测试设置、数据管理和生成报告时，9155常见的用户界面给用户提供了熟悉的体验，降低了用户培训费用。用户可以专注于传感器安装和操作中复杂的细节，降低程序性错误的发生概率。



空气轴承振动 校准激振器

- 减少不确定度
- 安装和设置简单，提高校准效率
- PCB®生产线上使用，证明了设计的坚固可靠
- 满足ISO 16063-21要求

激振器型号K394B30和K394B31

系统内选项为9155D-830和9155D-831

我们的空气轴承振动校准激振器代表了目前全球校准级别的校准硬件，秉承了PCB®的传统，提供优越的性能特点，简单实用同时性能卓越。

- 2 Hz到50 kHz的频率范围
(从5 Hz到20 kHz的校准)
- 通过消除横向运动大大减少不确定度
- 内置的石英ICP®参考传感器确保工作时低噪声干扰以及长时间的稳定性
- 洛伦兹力线圈可以根据不同传感器的质量差异，快速调节使振子对中
- 高刚度的铍振子能校准更高的频率

可取出的振子，方便参考传感器校准

精密空气轴承限制了横向运动和失真
(满足ISO 16063-21标准)



创新的振子设计，在安装时自动锁紧振子

PCB®产品线上使用，
证明了设计的坚固可靠

加速度计校准工作站



型号9155自动加速度计校准工作站，
如图包含 -100, -443, -445, -478, -830

9155D加速度计校准工作站提供了所有的组件，是可以立即投入使用的解决方案。基本组件包括PC控制器、软件、打印机和24位数据采集卡及其软件。系统的选配件允许客户定制校准级别的激励系统、加速度计信号调理器、测试软件模块以及安装附件。

若想了解9155D是否与您的需求匹配，访问www.modalshop.com/configure或者联系The Modal Shop的校准团队。

其他校准激励器选项



SMARTSTROKE™ 低频振动台

振动台 型号 2129E025

系统选项 9155D-771和9155D-779

- 使用SmartStroke™技术大大缩短了校准时间
- 通过25 cm (10英寸) 行程改进了低频信噪比
- 两个选项都配有稳定的石英ICP®低频参考传感器
- 9155D-779选项在超低频0.1 Hz-10 Hz使用了光栅编码器技术



PNEUSHOCK™ 气动冲击校准激励器

激励器套件 型号 K9525C

系统选项 9155D-525

- 20-10000 g 冲击碰撞传感器的线性度简易校准
- 最先进的气动激励器产生可控和一致性的冲击
- 冲击垫片的不同选择可以产生不同的脉宽和频率
- 通过驱动压力和脉冲持续时间进行优异的冲击控制



高载荷校准激振器

振动台 型号 2075E-875

系统选项 9155D-875

- 使用坚固簧片支撑振子，支持较重载荷和附带线缆的传感
- 包含测试传感器安装台面、稳定石英ICP®参考传感器和配套信号适调仪
- 测试范围10-10000 Hz

选项	量程	激振器型号	应用
9155D-525	20 – 10 000 g	9525C	冲击
9155D-771	0.5 – 500 Hz	2129E025	低频
9155D-779	0.1 – 500 Hz	2129E025	超低频
9155D-830C	5 – 15 000 Hz	K394B30	宽频
9155D-831	5 – 20 000 Hz	K394B31	高频
9155D-875	10 – 10 000 Hz	2075E-875	高载荷

振动校准系统

9155D加速度计校准工作站可以根据ISO16063-21对ICP®(IEPE)、电荷、压阻、电容和电压型加速度传感器进行背靠精密校准。每套系统交付时都有根据ISO16063-11标准，A2LA认证的激光系统标定了参考标准，确保世界级的不确定度。

工厂验收测试(FAT)与现场验收测试(SAT)由训练有素的校准人员进行，确保全球每套9155系统的正确安装。

优势

- 加速度计的每个轴向校准小于一分钟
- 使用激光绝对法，不确定度低至0.75%
- NIST和PTB校准可溯源
- 模块化的系统适合任何应用
- 提供的选项符合ISO 16063-11, -21, -22的振动校准标准
- 系统提供ISO 17025自定义证书
- 背靠背校准低至0.75%的不确定度

不确定度*	频率范围	系统选项	描述
0.75 %	100 Hz and 159 Hz	9155D-830C or 831	参考频率
3.0 %	0.25 – <0.5 Hz	9155D-779	参考光电编码器
1.1 %	0.5 – <1 Hz	9155D-779	参考光电编码器
0.8 %	1 – <10 Hz	9155D-779	参考光电编码器
1.2 %	10 – <100 Hz	9155D-830C或831	ICP®绝对法参考加速度计
1.0 %	>100 – 1 000 Hz	9155D-830C或831	ICP®绝对法参考加速度计
1.4 %	>1 000 – 5 000 Hz	9155D-830C或831	ICP®绝对法参考加速度计
1.9 %	>5 000 –10 000 Hz	9155D-830C或831	ICP®绝对法参考加速度计
2.2 %	>10 000 – 15 000 Hz	9155D-830C或831	ICP®绝对法参考加速度计
2.8 %	>15 000 – 20 000 Hz	9155D-831	ICP®绝对法参考加速度计

*95% 置信区间(包含因子k=2)

技术讨论: 为什么校准?

当考虑加速度计校准和间隔时你一定会问，失败的代价是什么? 如果测试大学里的简单教学试验，重新取得数据的成本也许不是什么问题。许多实验室，安装大量传感器通道的测试结构可以简单重复使用，在这里，单次失败测量的成本很低。

然而成本会因为某些因素而急速上升。如果你的测试结构是一个耗资数百万美元，额外的一天都会计算开发成本的原型产品。另一个极端是“一次性”测试。通道需要检查，校准，重新认证，数据同步备份。这类测量必须正确。

校准的另一个动机是为法律目的的测量。法律诉讼中使用的健康和人类暴露的噪声测量或振动数据，必须经得起法律制度的审查。

振动校准系统选项

9155D加速度计校准系统的模块化性质使系统配置或扩展能够满足您的实验室或测试设施。除了各种各样的激振器，一系列的硬件和软件的选择可以扩展您的能力。从执行一个共振检查或激光绝对校准的选项到一系列的传感器信号调理的选项，9155系统可定制满足各种测试的需要。

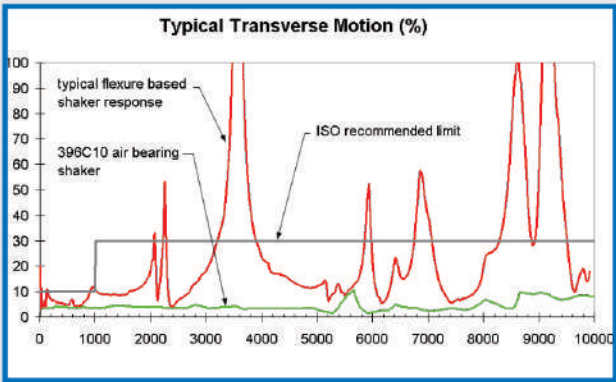
选项	描述
9155D-100	集成机箱（系统组件安置在19寸机箱内）
9155D-120	激振器安装选项（提供木质底座安装校准激振器）
9155D-350	自动标签打印（包含标签打印机）
9155D-400	支持TEDS传感器（需要9155D-443）
9155D-421	支持对ICP®和电荷型传感器进行信号调理（包括PCB®的482A21和422E02）
9155D-427	对ICP®、电荷型、桥式/差分传感器进行信号调理（包括PCB®的482C27和422E02）
9155D-442	ICP®信号调试仪（包含PCB®型号442A102）
9155D-443	(ICP®/电荷)电荷双功能适调仪（包含PCB®型号443B101）
9155D-445	电容传感器信号适调仪（包含PCB®型号445B101）
9155D-USC	通用信号调理，支持ICP、电荷、电压、桥式、差分等传感器类型
9155D-501	自动线性度检查,高至40 g峰值（需要9155D-830或者9155D-831）
9155D-550	自动共振频率测试
9155D-575	激光绝对法系统（包含两套双通道激光干涉仪和附件）
9155D-600	自动速度传感器校准
9155D-610	自动位移传感器校准
9155D-650	自动4-20 mA速度传感器校准
9155D-680	可视输出传感器选项
9155D-901	9155型校准系统的环境监测选项，包括校准的外部温度、湿度和压力等仪表
9155D-910	声学传声器校准，执行IEC 61094-5中具有声场修正的比较法（需要TMS的9919C或9917C-HW等选项）

技术讨论:传感器和校准的提示

从The Modal Shop的“动态传感器和校准小贴士”快讯中学习更多的校准理论和最好的操作是非常理想的途径。文献和论文，像下面提到的振动的横向运动的主题，都能在网站中找到。请访问www.modalshop.com获取更多信息。

校准中的横向运动

ISO 16063-21定义了背靠背比较法的加速度计校准。在最新的版本中提到振动台的可接受横向运动特性的范围建议。高横向输入对精密加速度计校准的结果破坏是毁灭性的。右边的图片显示了机械簧片结构电动振动台与空气轴承振动台横向位移的比对差异。



图示：空气轴承台和电磁簧片振动台及ISO建议限制值的横向位移对比

声学传声器校准

The Modal Shop的精密测量传声器校准系统设计用于简化您的校准过程。系统提供对精密电容型传声器（含1"、 $\frac{1}{2}$ "、 $\frac{1}{4}$ "、 $\frac{1}{8}$ "等尺寸）以及驻极体阵列传声器（含 $\frac{1}{2}$ "、 $\frac{1}{4}$ "等尺寸）的校准。

PCB®提供的系统遵从IEC 61094-6的静电激励器法，并和插入电压法（9350C型）或者IEC 61094-5的比较校准法（9919C和9917C型）相结合。

PCB®提供的解决方案包括便携式系统，和9155D型精密传感器校准工作站集成，以及完整的实验室系统（9350C型）。

	9350C	9919	9917
Precision Measurement Microphones			
1"	✓	-	-
$\frac{1}{2}$ "	✓	✓	✓
$\frac{1}{4}$ "	✓	✓	✓
$\frac{1}{8}$ "	✓	-	-
Array Microphones			
$\frac{1}{2}$ "	-	✓	✓
$\frac{1}{4}$ "	-	✓	✓



精密声学校准系统

型号 9350C

- 校准电容式测量传声器、前置放大器和声源
- 符合IEC 61094-6和IEC 60942
- 图形用户接口流畅，简单易用



宽频传声器校准系统

型号 9919C

- 在20 Hz~20 kHz的范围内校准声学传声器
- 符合IEC 61094-5
- 可校准电容式和阵列传声器
- 卸下或不卸下栅帽均可以校准



紧凑型传声器校准系统

型号 9917C和9000A(可选)

- 适用于电容和阵列传声器
- 符合IEC 61094-5
- 简单、快捷、便携的声学校准
- 频率范围为20 Hz~10 kHz

技术讨论：IEC 61094-5的比较法

IEC 61094定义了用于校准电容传声器的比较法，我们也可以部分采用该方法来校准阵列传声器，如PCB®的130系列阵列传声器。比较法中，使用了一个被测传声器和一个参考传声器。参考传声器需要在溯源链中的新近进行过高级别精密校准。使用校准设备，如9919C，将两个传声器面对面布置，同时暴露于声场中。将被测传声器和参考传声器的输出电压做一简单对比。由于参考传声器的灵敏度是已知的，我们可以仅通过简单地测量两个传声器的输出电压来计算被测传声器的灵敏度，单位是mV/Pa。采用正弦激励或宽带激励，测量在多个频率点进行。

根据校准的目的，我们必须理解，和IEC 61094-6的静电激励器法一样，IEC 61094-5的方法指定了一种压力响应测量方法。因此，采用了响应类型为压力场的传声器作为参考传声器。要校准自由场或随机入射场的传声器，应该对压力场校准得到的结果进行适当的修正，即将压力场测量结果（压力场响应）修正为自由场或随机入射场响应。对于校准阵列和电容传声器，IEC 61094-5的比较法（必要时应用修正曲线）是一种性价比高、直接的方法。

动态压力校准系统

动态压力传感器通常通过变化幅值，而不是变化频率输入进行校准。为了服务不同量程的动态压力传感器，The Modal Shop 提供多种系统来对应声学测量、大气中的爆炸试验、燃气轮机排气波动、内燃机测量和液压或燃料管路的测量。这些校准在PCB®工厂中已有数以万计的实测，这些丰富的计量数据让9155D系统拥有更好的硬件与软件的整体性。

The Modal Shop将自己的软件与专业能力与PCB®工厂的校准硬件相结合，从而使压力校准系统满足客户的需要。秉持着客户满意理念，这一交钥匙功能重塑了工厂的压力传感器校准技术。

优势

- 确保精确可溯源校准
- 系统集成所有需要的组件
- Windows® PC 提供熟悉，直观的界面
- 精确、自动、快速设置测试，数据采集，保存结果以及打印报告
- 为每次测试设计通过/失败标准，每次测试结果都可从数据库中读取

压力传感器校准系统					
压力	最大压力 psi (MPa)	测量技术	不确定度	交钥匙工作站	9155S模块选项
低压	150 (1)	动态阶跃	±1.5 %	K9903C	9155D-903
中压	1 000 (6.9)	动态阶跃	±1.5 %	K9907C	9155D-907
高压	15 000 (103)	动态脉冲	±4.1 %	K9913C	9155D-913
超高压	80 000 (550)	动态阶跃	±2.0 %	K9905D	-



低压

型号 K9903C

- 最大压力1 MPa[150 psi]
- 低压选项可选
- 气动校准介质
- 阶跃压力输入
- 使用手动阀门,5毫秒上升时间
- 自动压力控制器



中压

型号 K9907C

- 最大压力6.9 MPa[1000 psi]
- 压缩空气或者工业氮气介质
- 阶跃压力输入
- 通过锥形阀门提供最短的上升时间



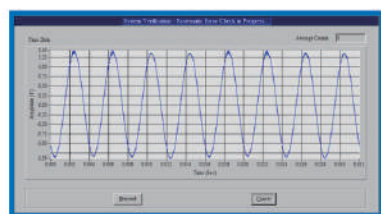
高压

型号 K9913C

- 最大压力103 MPa[15000 psi]
- 硅油介质
- 脉冲压力输入
- 通过跌落质量块产生7毫秒脉宽，3毫秒上升时间

压力校准方法

动态压力传感器通常是通过改变物理输入量的幅值，而不是频率，进行校准。而构建一个能够涵盖压电式和压阻式压力传感器的动态范围的可控执行器却绝非易事。因此，人们研发出了多种动态压力校准方法。



9350C的周期测量

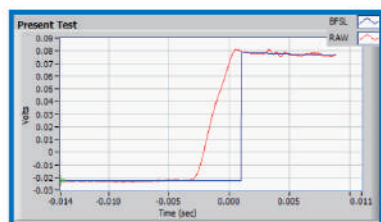
周期输入

周期输入分为稳态输入信号和重复输入信号。总的来说，周期信号用来校准高灵敏度的声学传声器，而非周期（瞬态）方法用于校准压电式压力传感器。

9350C、9919C、9917C等型号的校准系统用于校准声学传声器，在传声器的可用频率范围内的多个频率点上采用周期步进正弦信号作为输入（参见左图）

阶跃输入

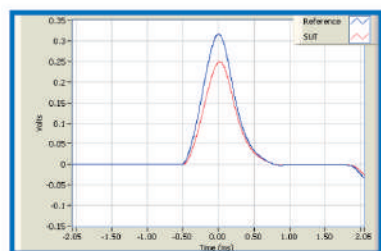
阶跃输入对被测传感器提供一个快速的压力跃升。压力跃升的建立是首先挤压一个大腔体内的气体，用静态压力表精确测量腔体内的压力。被挤压的气体释放进入一个小的腔体内，被测传感器就安装在小腔体内。测量被测传感器的输出电压的变化。由于腔体连通、气体膨胀而造成的压力下降已知是很小的，在评估测量不确定度时已经考虑了这个因素的影响。通过信号处理方法对声学谐振和长期信号衰减造成的错误进行补偿，最终合成阶跃响应（左图中的蓝色曲线）。传感器的输出用参考压力进行归一化，以计算被测传感器的灵敏度。低压（K9903C）、中压（K9907C）和超高压（K9905D）等校准系统采用了这种方法。



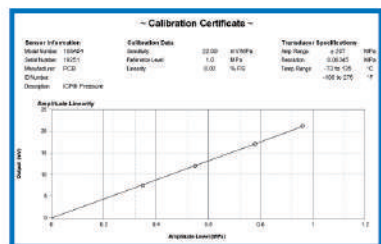
阶跃压力上升-瞬态

脉冲输入

脉冲输入提供了压力水平的快速上升和下降。将被测传感器和参考传感器邻近安装在一个充满油液的密闭腔体内。腔体的第三个端口用来安装一个活塞。活塞安装在腔体的外部，通过它向油液施加力，建立压力脉冲。被测传感器和压电式参考传感器能够同时观察和测量到压力脉冲。记录下两个传感器产生的瞬时峰值电压输出，已知参考传感器的灵敏度，根据两个电压测量值和参考灵敏度，就可以计算被测传感器的灵敏度。高压（K9913C）校准系统使用的就是这种方法。



脉冲压力上升-瞬态



K9903的校准证书

不论采用哪种方法，9155D软件都将测量参考传声器和被测传声器的输出，来计算灵敏度和用户指定的压力范围内的线性度。软件显示压力响应数据，供技术人员查看和检查异常。技术人员认可后，软件自动生成可订制的显示偏差百分数的校准证书，以备打印之需，并对数据进行归档。

校准参考标准组件

一级振动校准使用激光干涉仪作为参考，提供到某物理常数（光的波长）的可追溯性以及尽可能低的测量不确定度。次级校准使用一个传递标准或参考加速度传感器来校准另外一个受试加速度传感器，提供到一级标准的可追溯性。参考加速度传感器经常被称为双端式或背负式标准，专门设计用于承载受试传感器，进行次级背对背校准。传递标准专门设计用于校准工作标准参考加速度传感器。所有的校准标准组件都包括一只石英ICP®加速度传感器及配套的PCB® ICP®信号适调仪器，均通过The Modal Shop经过A2LA认证的激光一级校准系统进行了校准。

特点

- 低噪声ICP®电路，便于连接
- 采用石英晶体，稳定性好
- 气密封装，确保长期可靠
- 在参考频率点的测量不确定度低至0.2%

传递标准（单端）	
型号	范围
9105C01	宽频 5 – 11 000 Hz
9105C11	超高频 5 – 20 000 Hz
9105C21	低频 0.1 – 4 000 Hz
9105C31	冲击 100 – 10 000 g

参考加速度传感器（双端）	
型号	范围
9106C01	宽频 5 – 14 000 Hz
9106C11	超高频 5 – 20 000 Hz
9106C21	低频 0.5 – 3 500 Hz
9106C31	冲击 100 – 10 000 g



技术讨论：实验室间比对

The Modal Shop的实验室间比对项目（ILC）旨在帮助实验室增强对自己的振动校准结果的自信，公布可靠的不确定度以及满足ISO17025要求。通过匿名参加和结果保密等举措，该项目在严守保密原则的前提下，提供了精确数据。参与项目的实验室在The Modal Shop注册后，将：

1. 收到一只比较用加速度传感器，用于校准
2. 在适用的范围内校准传感器
3. 将传感器和校准结果返回给The Modal Shop
4. 收到一份对7家不同实验室的校准数据进行比较的报告
5. 有机会与专家讨论有关校准的实际问题和改进方法。



更多信息请访问：
www.modalshop.com/ILC

经过认证的校准服务

The Modal Shop下设的校准实验室获得了ISO/IEC 17025:2005 ANSI / NCSL Z540-1-1994的认证。这些都是国际认可的标准，规定了能够体现实施各种测试和校准方法的技术实力的通用要求。因此，The Modal Shop是您进行记录完备的传感器校准的良好合作伙伴。

作为认证的一部分，The Modal Shop提供加速度传感器的一级和次级校准，同时还提供对电容式传声器、力锤、力传感器和相关信号适调电子设备的校准服务。



证书编号 2649.01

校准实验室

The Modal Shop与PCB 压电公司携手向客户提供广泛的校准测试服务和设备。

可选校准服务

The Modal Shop提供广泛的振动、力、声学、系统和信号适调等设备的校准服务。作为您的合作伙伴，The Modal Shop能提供精确的、可控的、有把握的传感器校准服务。有关我们A2LA ISO 17025的认证范围和可提供的校准服务的更多信息，请访问：www.modalshop.com/scope

加速度传感器校准服务	
MCS-A001	加速度传感器校准，单轴向的幅值和相位响应，频率自5Hz至上限5%，NIST可溯源，A2LA认证。
MCS-A001T	加速度传感器校准，三轴向的幅值和相位响应，频率自5Hz至上限5%，NIST可溯源，A2LA认证。
MCS-A004	加速度传感器校准，单轴向的低频相位和幅值响应，频率自0.5Hz至10Hz，NIST可溯源，A2LA认证。包括100Hz参考频率校准。
MCS-A004T	加速度传感器校准，三轴向的低频相位和幅值响应，频率自0.5Hz至10Hz，NIST可溯源，A2LA认证。包括100Hz参考频率校准。
MCS-A065	按照ISO16063-11，通过激光干涉仪进行一级校准。用户可在5Hz至20kHz的范围内自定义最多45个频率点。A2LA认证。
MCS-31	采用PneuShock™，进行高g值加速度传感器校准，幅值最大为10000g。NIST可溯源，A2LA认证。

手持和便携式校准	
MCS-A009	手持校准器校准，型号 394C05, 394B06 和 394C06, NIST可溯源。
9100-CAL01	9100系列便携式振动校准仪校准。A2LA认证。NIST可溯源。
力锤校准服务	
MCS-H002	086系列力锤或类似产品校准，NIST可溯源，A2LA认证。
MCS-H005	力锤校准，最多可带6个锤头和一个扩展质量块。NIST可溯源，A2LA认证。
MCS-H003	288系列阻抗头校准，NIST可溯源，A2LA认证。
声学校准服务	
MCS-1	130系列阵列传声器和前置放大器组合校准。NIST可溯源。
MCS-2	标准精密型电容式传声器校准。A2LA认证。NIST可溯源。
MCS-9	精密传声器/前置放大器组合校准。A2LA认证。NIST可溯源。
MCS-56	喇叭发生器校准。NIST可溯源。
信号适调设备校准服务	
MCS-E001	校准422E系列在线电荷转换器及其同类型产品型号。NIST可溯源，A2LA认证。
MCS-E004	校准480系列单通道信号适调仪及其同类型产品型号。NIST可溯源，A2LA认证。
MCS-Exxx	多通道信号适调仪校准，有很多选项可供选择。

N - NIST可溯源
A - A2LA认证

更多信息请访问：www.modalshop.com/calibration-services

PCB传感器及仪器

测量与测试传感器及仪器

— 振动、声学、压力、力、应变、冲击、扭矩传感器及仪器



联系我们获取

工业振动传感器、开关及仪表

— 加速度计、振动变送器、振动开关、压力传感器及附件



联系我们获取

关注PCB传感器公众号, 解锁更多资讯



NOTES

