

MP-1 测量平台

固体、液体、糊剂和粉末的绝对热导率、热扩散率、比热

测试方法:

瞬态热平面源 (TPS)
ISO 22007-2 (固体)

瞬态热丝 (THW)
ASTM D7896 (液体)



固体



液体

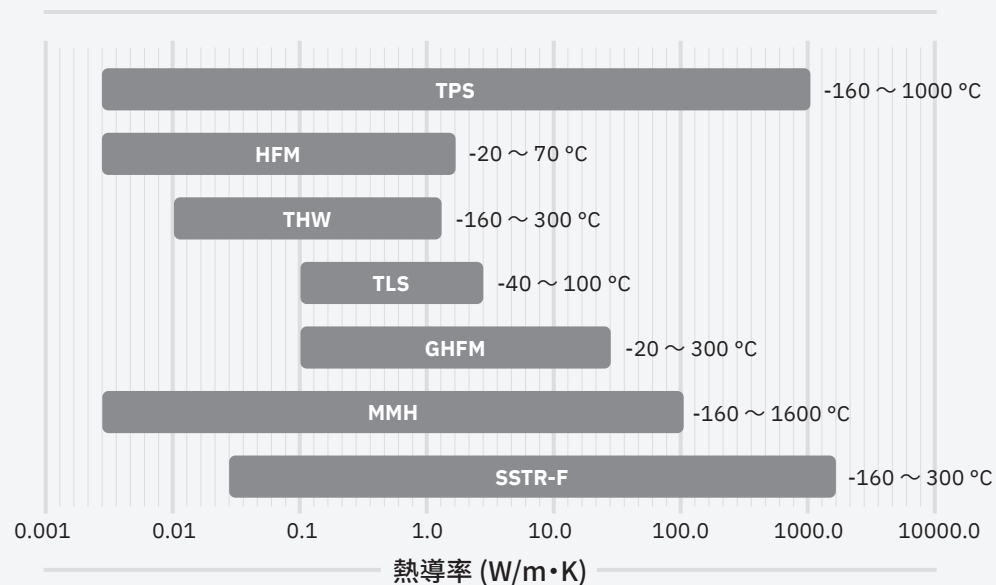


糊剂



粉末





MP-1 (测量平台)

- MP-1: TPS (瞬态平面热源)
- MP-1: THW (瞬态热丝)

HFM-100 (热流仪)

HFM-50 (热流仪)

THW-L1 (瞬态热丝)

GHFM-01 (防护式热流仪)

MMH-1600 (单调加热)

SSTR-F (稳态热反射)



TLS-100 (瞬态线热源)

THW-L2 (瞬态热丝)

TPS-EFF (瞬态平面热源)

GHFM-02 (防护式热流仪)

MP-2 (测量平台)

- MP-2: TPS (瞬态平面热源)

- MP-2: THW (瞬态热丝)

- MP-2: TLS (瞬态线热源)

HFM-25 (热流仪)

自2005年以来, Thermtest致力于热导率、热扩散率和比热的测量与检测仪器设计, 并在全球拥有超过2000家满意的客户。我们结合了先进技术, 并设计出数种检测热性能相关的实验室型与便携式设备及相关零配件, 为满足各种材料测试应用和客户预算提供理想的解决方案。



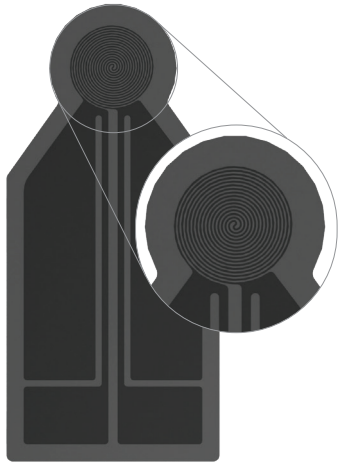
MP-1 测量平台

用于固体的瞬态平面热源 (TPS) 和用于液体瞬态热丝 (THW) 的强大组合被广泛用于精确测量绝对热导率、热扩散系数、比热和热渗透率。随着Thermtest专有的温度平台 (TP) 的加入, 这种通用性得到了极大的扩展, 该平台受到了学术和商业用户的赞赏。

遵循ISO 22007-2和ASTM 7896标准, 采用TPS和THW作为主要的测量方法, 受到全世界的信任, 发表了1000多篇论文。

MP-1 方法

瞬态平面热源 (TPS) 和瞬态热丝法 (THW) 的原理相似, 不同之处主要在于二者的实物设计。两者的基本原理是传感器的电源与电路保持电性连接, 当电流通过传感器时, 产生的升温会随着时间的推移被记录下来, 产生的热量会取决于材料热传递特性的速率扩散到样品中。



瞬态平面热源 (TPS) 传感器

TPS传感器专为固体、糊剂和粉末而设计, 它由封装在隔热层之间的双螺旋镍组成。该传感器(双面)的标准操作是将其夹在两块相同的样品之间; 若使用单片测试模组, 仅需一块样品(单面)。Thermtest的TPS独家数据计算与分析系统可以测量传感器与样品之间的接触热阻, 以及样品的热导、热扩散、比热和热逸散率。



瞬态热丝 (THW) 传感器

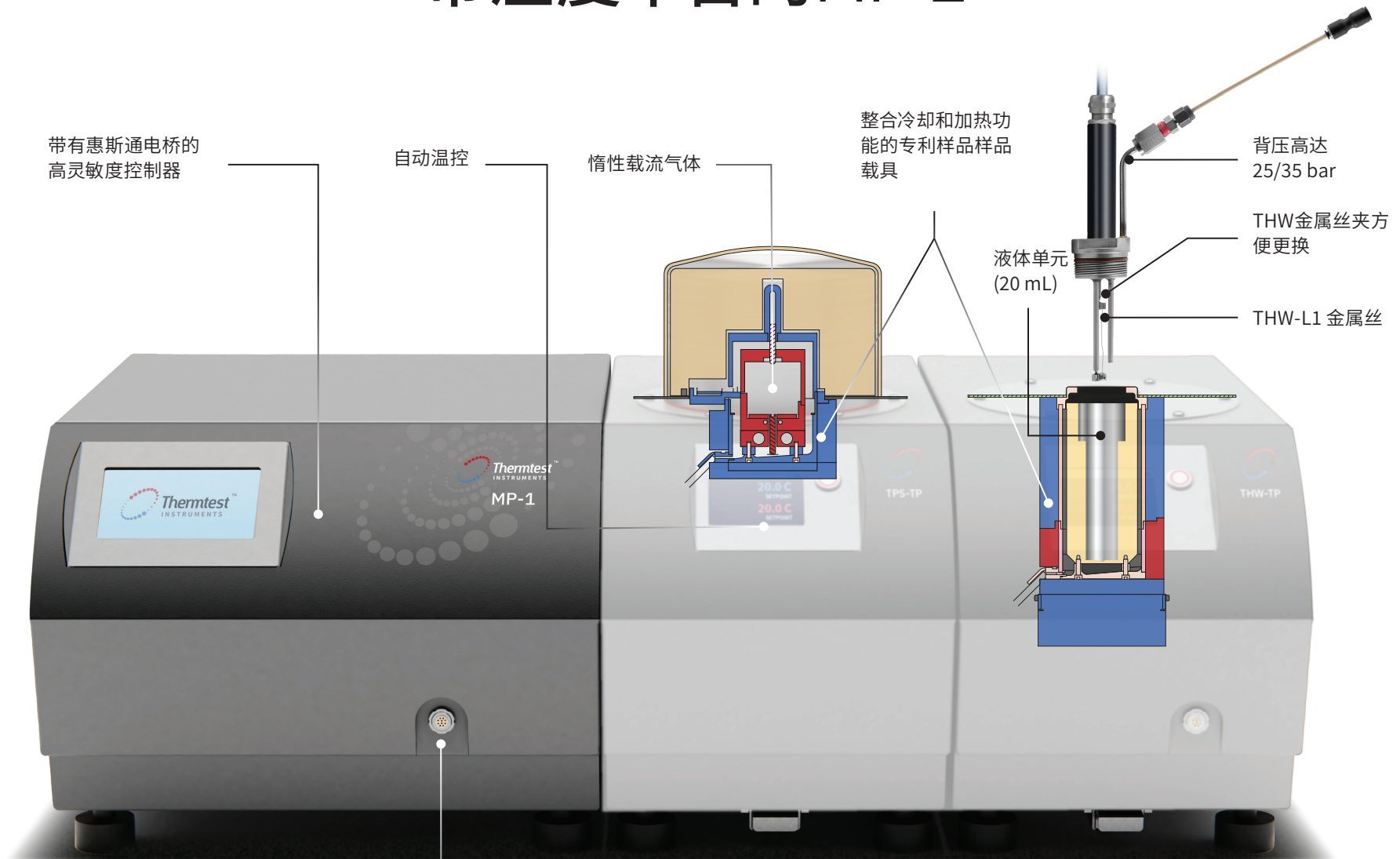
THW传感器专门为液体、糊剂和细颗粒粉末而设计, 其是由一根长40mm的细加热丝(可更换)组成, 搭配Thermtest的特制样品置具, 可以对液体施加背压, 以测量超过沸点的热导率、热扩散率和比热。测量时间通常在极短的时间内完成(1秒), 以降低不同黏稠度的样品的对流效应。

MP-1 技术规格

方法	瞬态热平面源 (TPS)	瞬态热丝法 (THW)
材料	固体、糊剂和粉末	液体、糊剂和粉末
方向	3D / 1D: 各向异性、板材、薄膜	整体
热导率 (W/m·K)	0.005~1800 W/m·K	0.01~2 W/m·K
样品尺寸*	5 x 5 mm ~无上限	20 mL
样品厚度*	0.01 mm ~无上限	N/A
附加属性	热扩散率 比热 热逸散(蓄热系数)率	热扩散率 比热
接触热阻 (m²K/W)	热阻和热容量	N/A
控温平台 (TP)	0~300 °C -160 °C -50 °C -20 °C 0~300 °C	10~200 °C -15/0~200 °C 0~300 °C -45~300 °C -160~300 °C
扩展温度范围	-160~1000°C	N/A
测试时间(秒)	0.25~1280	1
数据点(点/秒)	600	400
准确率	5%	2%
可重复性	1%	1%
传感器配置	对称(双面) 不对称(单面)	N/A
标准	ISO 22007-2:2015	ASTM D7896-19

*需根据所使用之测试模块而定

带温度平台的MP-1



带有惠斯通电桥的
高灵敏度控制器

自动温控

惰性载流气体

整合冷却和加热功
能的专利样品样品
载体

背压高达
25/35 bar

THW金属丝夹方
便更换

液体单元
(20 mL)

THW-L1 金属丝

传感器切换开关（
用于用第二个外部
传感器进行测试）

TPS-Temperature Platform

TPS-TP: 0~300 °C

扩展: -160 °C | -50 °C | -20 °C | 0~300 °C

一致性: < 0.1 °C

THW-Temperature Platform

THW-TP: 10~200 °C

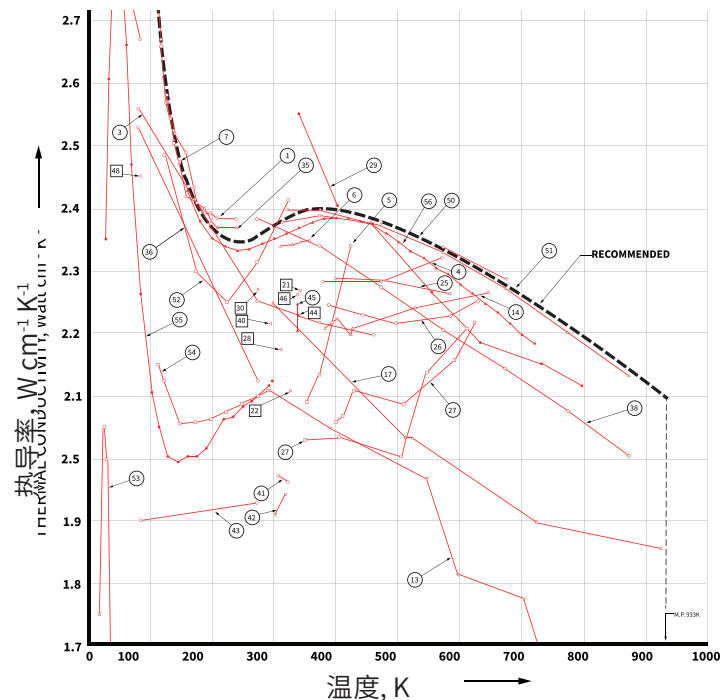
扩展 200 °C: -15 °C | 0~200 °C

扩展 300 °C: -160 °C | -45 °C | 0~300 °C

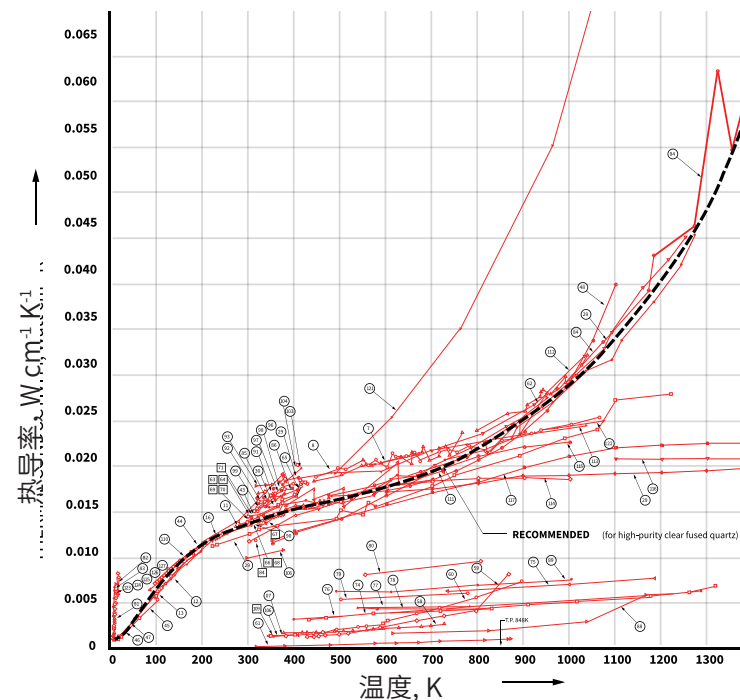
一致性: < 0.1 °C

MP-1充分体现材料的特性

NIST - 铝



NIST - 石英



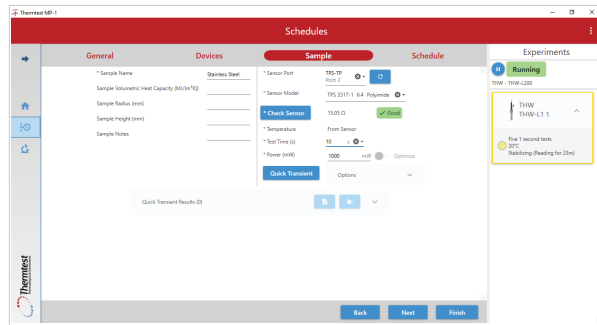
热导率与温度的关系

由于材料的特殊性, 依靠参考资料来预测热导率或其与温度的关系可能导致使用的数据不准确。使用NIST (美国国家标准与技术研究所) 的《Thermal Conductivity of Selected Materials》(选定材料的热导率) 铝和石英的参考资料, 我们可以看到热导率随温度的变化有很大的差异。由于全球材料来源的巨大差异, 全面表征材料的热物理性质从未像现在这般重要。每一台MP-1都集成有强大的温度性能, 可以进行全面的温度表征。

引用: Powell, R.W., Ho, C.Y., 和Liley, P.E. (1996), 《Thermal Conductivity of Selected Materials》(选定材料的热导率)。美国华盛顿: 商务部, 国家标准局; 由美国政府印刷局文献总监处出售。第17、99页。

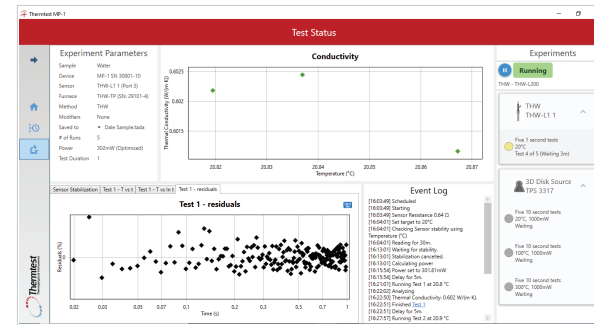
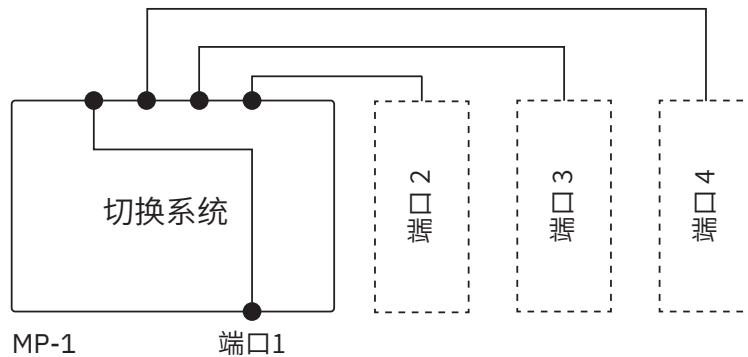
MP-1 数据测量软件

MP-1数据测量软件 (DAQ) 从初始设计, 对测试的所有方面进行智能控制。可智能地控制所有方面的测试(包含测试方法、实验参数)和时序安排。MP-1的特点之一是具有整合四个端口的切换系统, 目的在于同时对多个设备和传感器进行自动化控制, 以此大幅提升测试效能。



方法和参数

可以针对固体、液体、糊剂和粉末选择合适的方法和测试模块, 并对参数进行优化。



时序安排

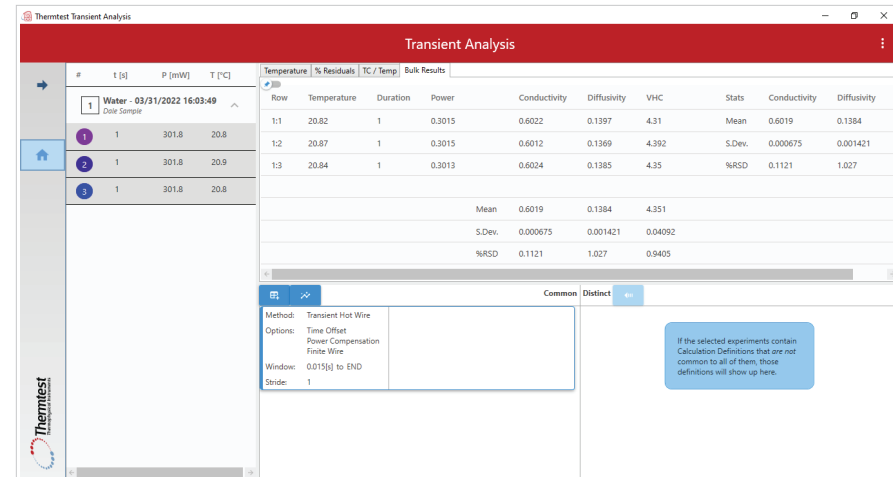
任何方法、设备和传感器的组合都可以被安排在各种条件下操作, 比如温度范围。

切换系统

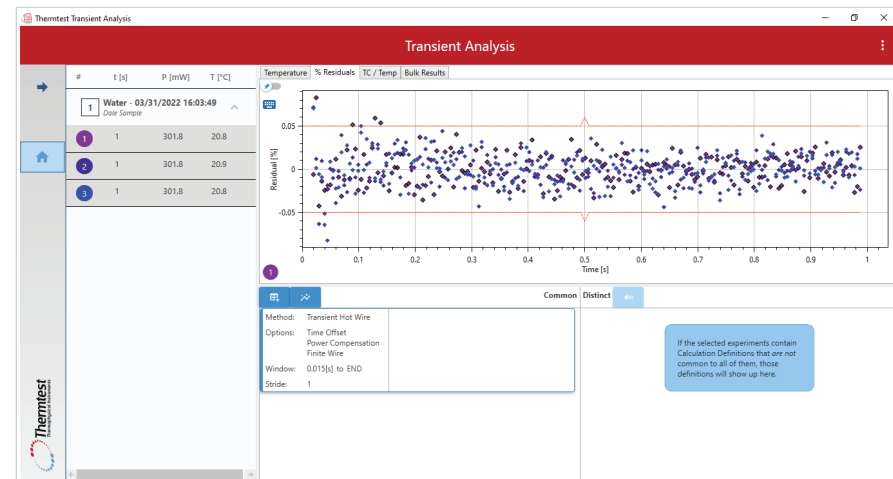
每台MP-1都具有整合四个连接端口的切换系统, 使其可以使用多种选配设备、控温平台和传感器, 最大限度地提高了其便利性和测试功能

MP-1 分析软件

为创造更好的用户体验，分析软件（AS）被设计为独立于DAQ操作，以便于完成广泛的分析操作。其按照使用者所采用的测试方法对资料进行分组，使结果修正与计算更易于应用。



使用者所应用所有修正变化都会被储存，以便于进行前后数据的对比。除了可得到结果摘要以外，也便于所有数据的汇总与导出。

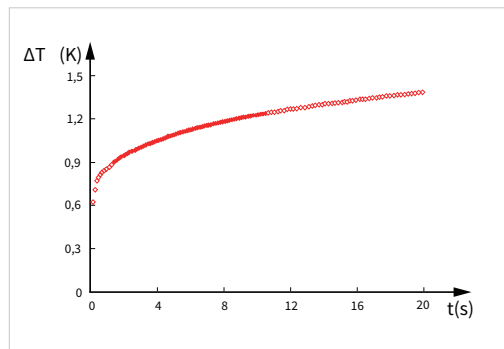


MP-1 TPS接触热阻分析

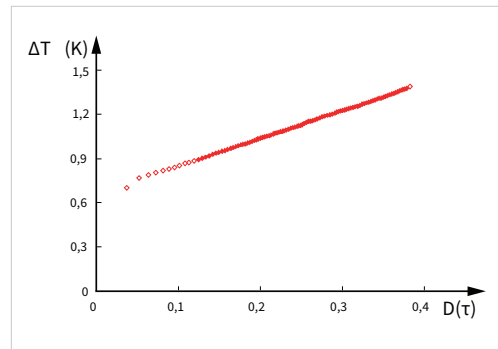
TPS理论认为，温度上升与时间的非线性部分（即为接触热阻）必须去除，因此固有的热物理计算是奠基在瞬态的线性区域。这可以通过手动移除数据的起始点来完成，直到达到最佳拟合。尽管这是一种合适的方法，但它确实需要有经验的使用者来降低偏差并实现所需的再现性。

传感器与样品之间的接触热阻取决于样品表面的品质。当手动去除接触热阻时，会去除少量资料点（步骤1），并重新计算以进行最佳的拟合分析。如果得到的残留平均偏差可以获得改善，可以去除更多的数据点（步骤2），并重复计算步骤。

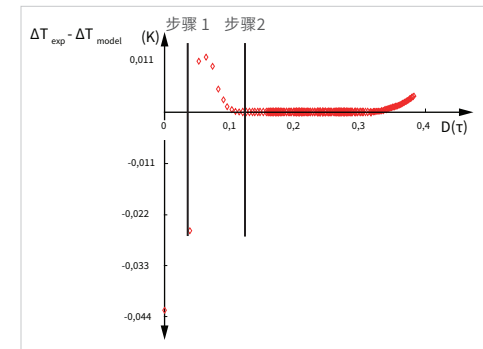
原始数据



计算数据



残留数据



MP-1 TPS接触热阻分析

此外, 使用Thermtest独家的接触热阻分析 (CA) , MP-1能够计算传感器与样品之间的接触热阻 ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) , 自动去除相应的起始时间。除了更好地理解表面粗糙度对测量的影响, 亦大幅简化了对固有的热物理性质的分析。

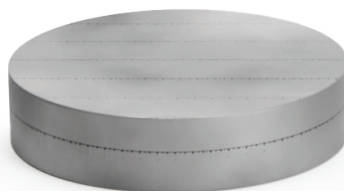
为了展示接触分析测量的应用, 我们对四个具有不同表面粗糙度的316不锈钢样品进行了热物理性质测量。由于MP-1能够测量接触热阻, 因此大幅简化了对计算窗口的选择, 从而最大限度地提高了样品固有特性的再现性。根据下表, 可看到随着样品表面粗糙度的增加, 测得的接触热阻也随之增加。

316不锈钢

表面处理	表面粗糙度 Ra(um)		接触热阻 ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)	导热率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	热扩散率 (mm^2/s)	体积比热 ($\text{MJ}/\text{m}^3\text{K}$)	热渗透($\text{W}\sqrt{\text{s}}/\text{m}^2\text{K}$)
镜面抛光	0.101	平均	1.00E-04	13.80	3.73	3.70	7149
		%RSD	6	0.1	0.4	0.3	0.2
机械加工	0.324	平均	1.54E-04	13.93	3.75	3.71	7194
		%RSD	1	0.1	0.3	0.2	0.1
400 目	0.516	平均	1.32E-04	13.84	3.74	3.71	7163
		%RSD	2	0.1	0.3	0.3	0.1
80目	2.78	平均	2.41E-04	13.85	3.73	3.71	7171
		%RSD	1	0.02	0.2	0.2	0.1



镜面抛光



机械加工

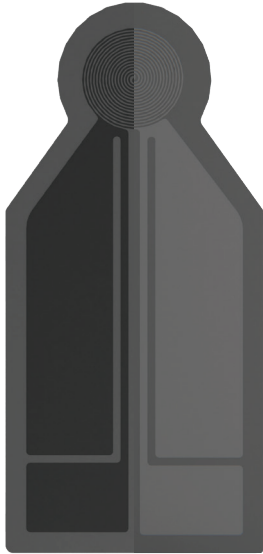


打磨 (400目)



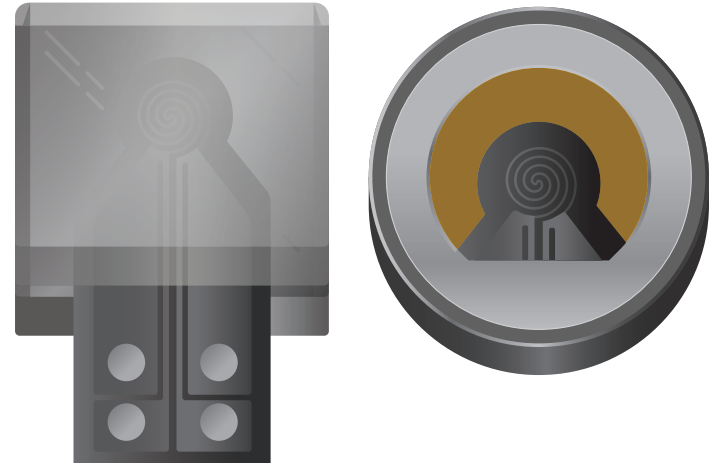
打磨 (80目)

MP-1 TPS传感器



TPS (400 或 800/1000 °C)

专利设计的双螺旋传感器能在各种材料及温度范围中进行使用。



TPS 传感器

该传感器（双面）的标准操作是将其夹在两块相同的样品之间；若扩展到单面传感器，仅需一块样品。

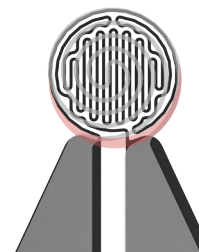
MP-1 TPS垂直带状传感器



TPS双螺旋感测器
2mm(半径)



TPS垂直带状传感器
2mm(半径)



TPS双螺旋和TPS垂直带状传感
器迭合 2mm (半径)

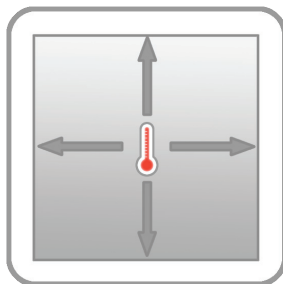
新型专利传感器 (TPS垂直带状传感器) 的设计是一个近乎完美的圆, 更符合理想的TPS理论。当使用较小的传感器半径进行测试时, 这种优化设计减少了分析时所需的修正, 同时降低了测量不确定性。当对小直径TPS传感器之间的修正半径进行比较时, TPS垂直带状传感器 (2mm, 1.30%) 比相同半径的TPS双螺旋传感器 (2mm, 5.75%) 需要的修正更小。随着TPS传感器半径的增加, 这种优势会随之减少。

	半径(mm)	修正半径(mm)	%差异率
TPS垂直带状传感器	2	2.026	1.30
	3.2	3.201	0.03
	6.4	6.405	0.08
TPS双螺旋传感器	2	2.115	5.75
	3.2	3.28	2.50
	6.4	6.591	2.98
	9.9	10.11	2.12

MP-1 TPS模块

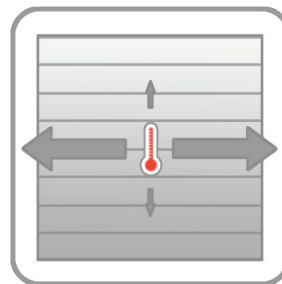
Thermtest提供多样测试模块可供选择, 根据其测试原理分为3D (3维) 模块和1D (1维) 模块

3D模组 (3维模组)



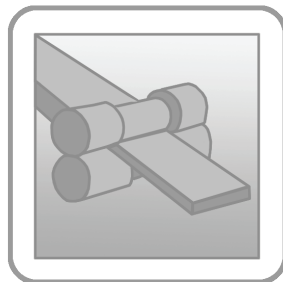
标准

整体热导率、热扩散率、比热和热渗透率



异方向性

平面及垂直之热导率和热扩散率



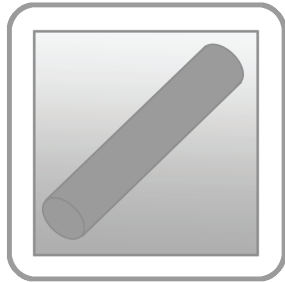
板材

导热薄板, 用于薄导电片材的热导率、热扩散率和体积比热

MP-1 TPS模块

Thermtest提供多样测试模块可供选择, 根据其测试原理分为3D (3维) 模块和1D (1维) 模块

1D模组 (1维模组)



标准

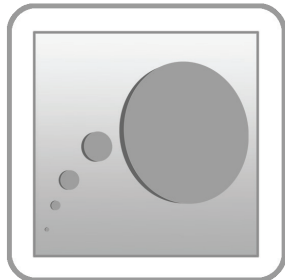
用于非平面式材料, 比如细长形状、棒材和棒材的导热性、热扩散性



薄膜 (Thin-Film)

独立薄膜或涂层之导热率与热阻

其他



比热 (Specific Heat)

精准测量比热值, 并提供多种置具尺寸, 以提高异质材料的准确性

MP-1 THW 传感器



THW-RT 室温型传感器(10~40 °C)

用于在环境压力下测量复合材料中的液体、糊剂和细颗粒粉末的 THW 传感器。



THW-L200传感器

(-50~200 °C) 高达20 bar

用于液体、糊剂和细颗粒粉末的THW传感器是不锈钢结构,有密封的液体置具,允许施加背压在超过沸点的情况下进行测试。



THW-L300传感器

(-50~300 °C) 高达35 bar

用于液体、糊剂和细颗粒粉末的THW传感器是不锈钢结构,有密封的液体置具,允许施加背压在超过沸点的情况下进行测试。



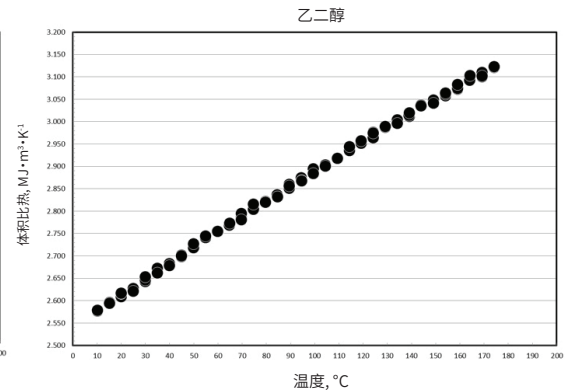
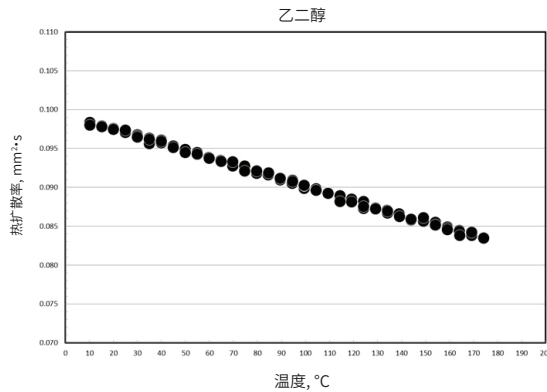
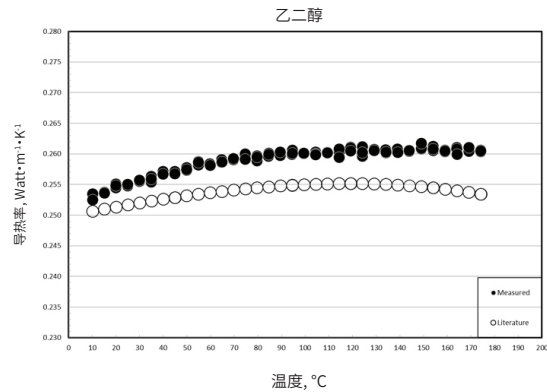
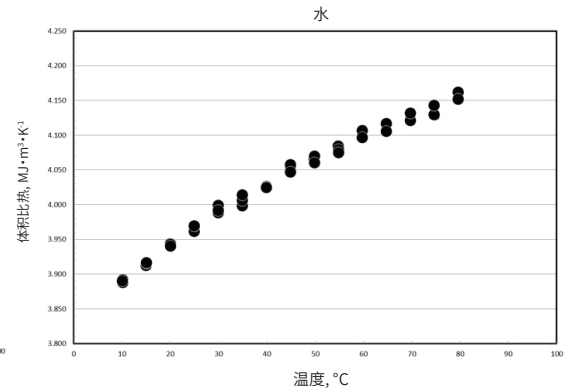
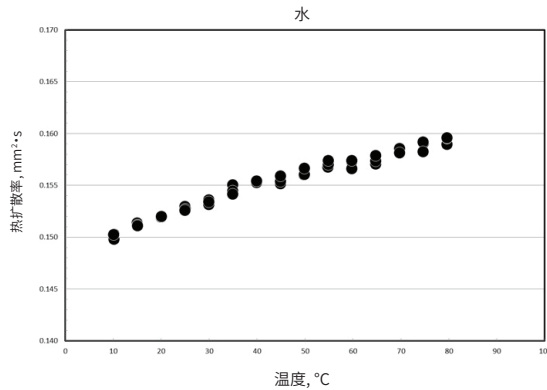
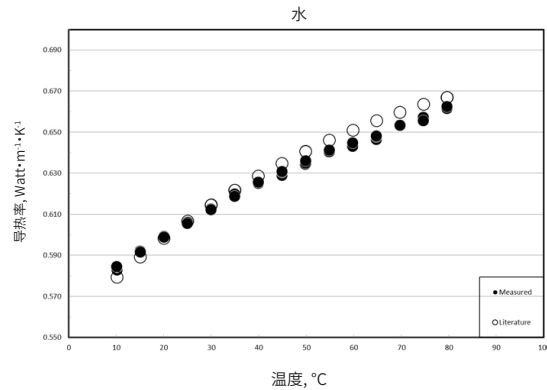
THW-LT传感器

(-160~200 °C) 高达35 bar

低温THW传感器用于低温条件下的液体、糊剂和细颗粒粉末。

MP-1 THW 测试

以下是水和乙二醇的热物理测量结果，证明了瞬态热丝法的准确性。可以施加背压，以在超过沸点的情况下进行测试。



引用: International Association for the Properties of Water and Steam (国际水和水蒸汽性质协会), “Release on the IAPWS Formulation 2011 for the Thermal Conductivity of Ordinary Water Substance” (《2011年普通水物质导热率IAPWS配方发布》), 2011年9月, 捷克Plzen,

<http://www.iapws.org/relguide/ThCond.html>

可选THW样品配件

糊剂和PCM配件

易于特殊相变材料 (PCM) 的加载。独特的弹簧设计允许样品膨胀和收缩，同时确保样品在测量过程中与THW金属丝持续接触。



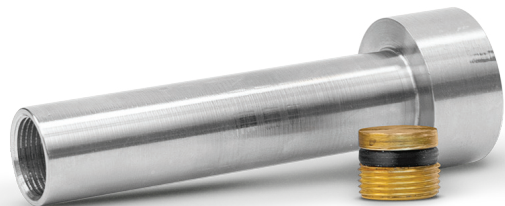
观察配件

THW观察样品单元用于液体、粉末和糊剂测试。该单元带有方便的玻璃端口，用于观察样品的变化情况。典型的应用是相分离、沸腾或颗粒沉降等等。



环境密度粉末配件

THW环境密度粉末单元适用于基本的粉末样品测试和环境压力测试。



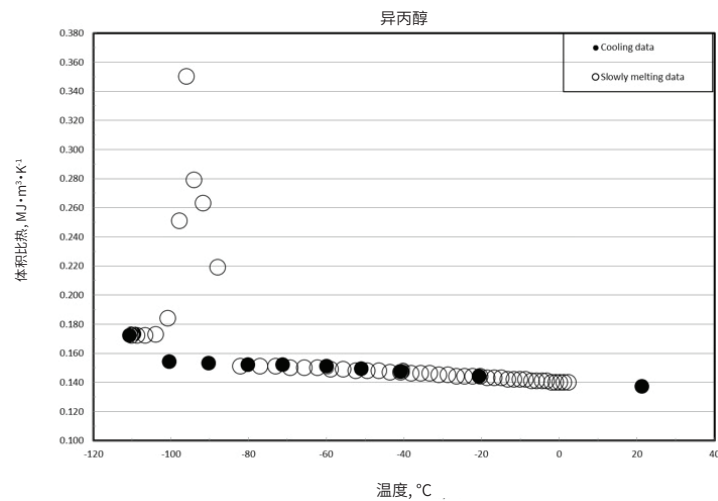
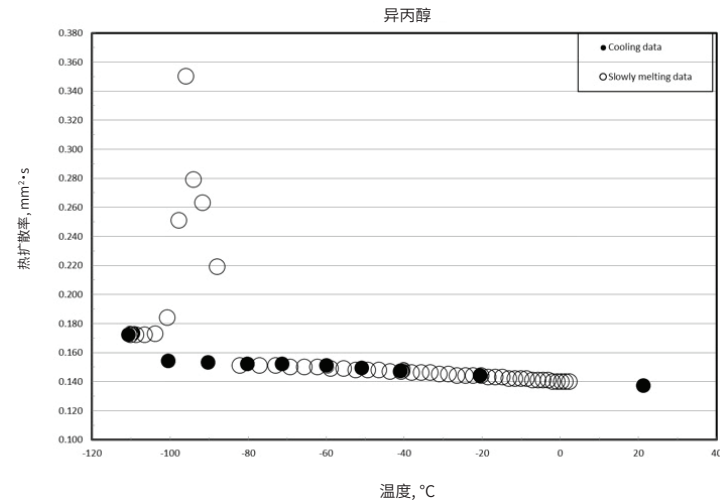
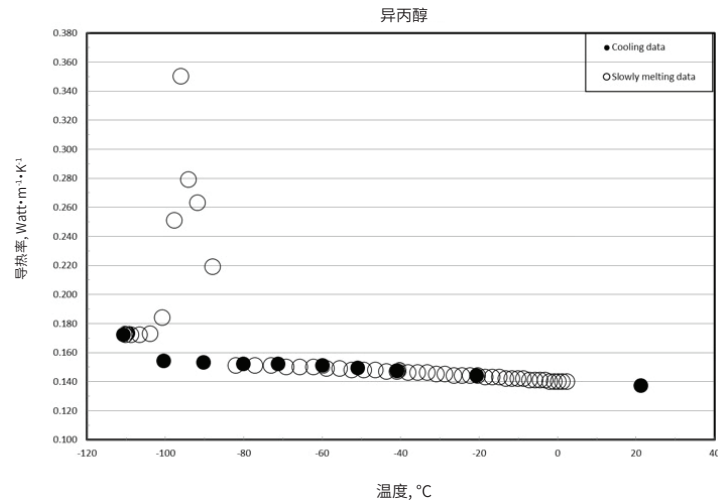
可变密度粉末配件

THW测试单元带有螺旋式压缩系统，用于改变粉末样品的密度，同时确保粉末与THW金属丝保持接触。



MP-1 PCM测试

使用选配的PCM置具易于特殊相变材料 (PCM) 的载入与测试。独特的弹簧设计允许样品膨胀和收缩，同时确保样品在测量过程中与THW金属感测线保持良好的接触。测量异丙醇在20 °C 到 -110 °C之间的热导率、热扩散率和比热，在样品熔化过程中，出现了相变过程中预期应出现的热导率急剧的“反常”上升。



TPS 高温炉及扩充配件

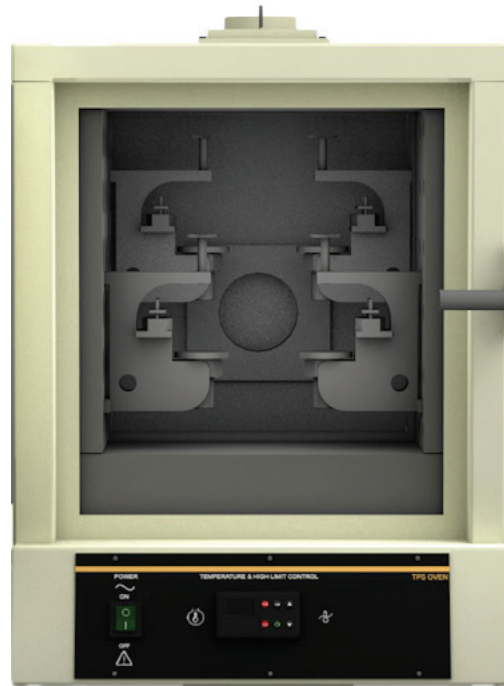


马弗炉

- 大型样品或多个样品
- 最大尺寸: 150 x 150 x 50 mm
- 室温至750°C

管式炉

- 选项1: 40 x 40 x 13 mm
- 选项2: 75 x 75 x 25 mm
- 室温至1000°C



风扇炉

- 价格实惠, 功能多样, 可扩展
- 最多4个样品
- 最大尺寸: 75 x 75 x 50 mm
- 300°C和400°C可选

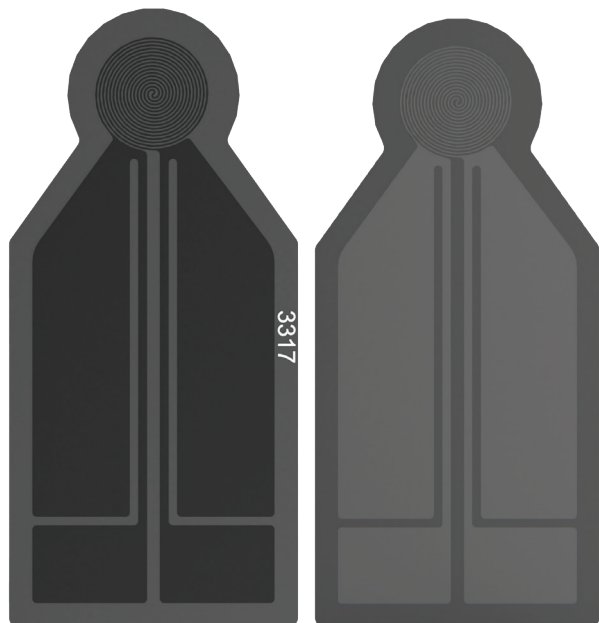
+



TPS 多通道扩充配件

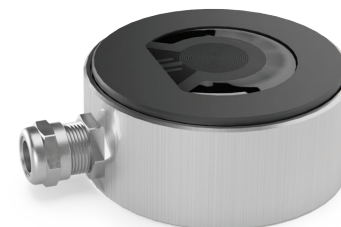
- 自动切换多组感测器
- 渠道: x2, x4, 或 x8

TPS 配件



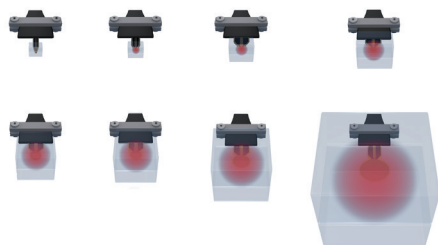
双面TPS传感器

双面传感器用于精确实验室测试。



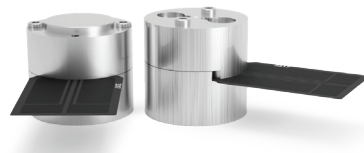
单面TPS传感器

单面传感器用于测试大型样品或当仅有一块样品可用时。



扩展TPS传感器

- 小型传感器, 适用于小至2mm的样品
- 大型传感器, 适用于非均匀样品或大颗粒粉末



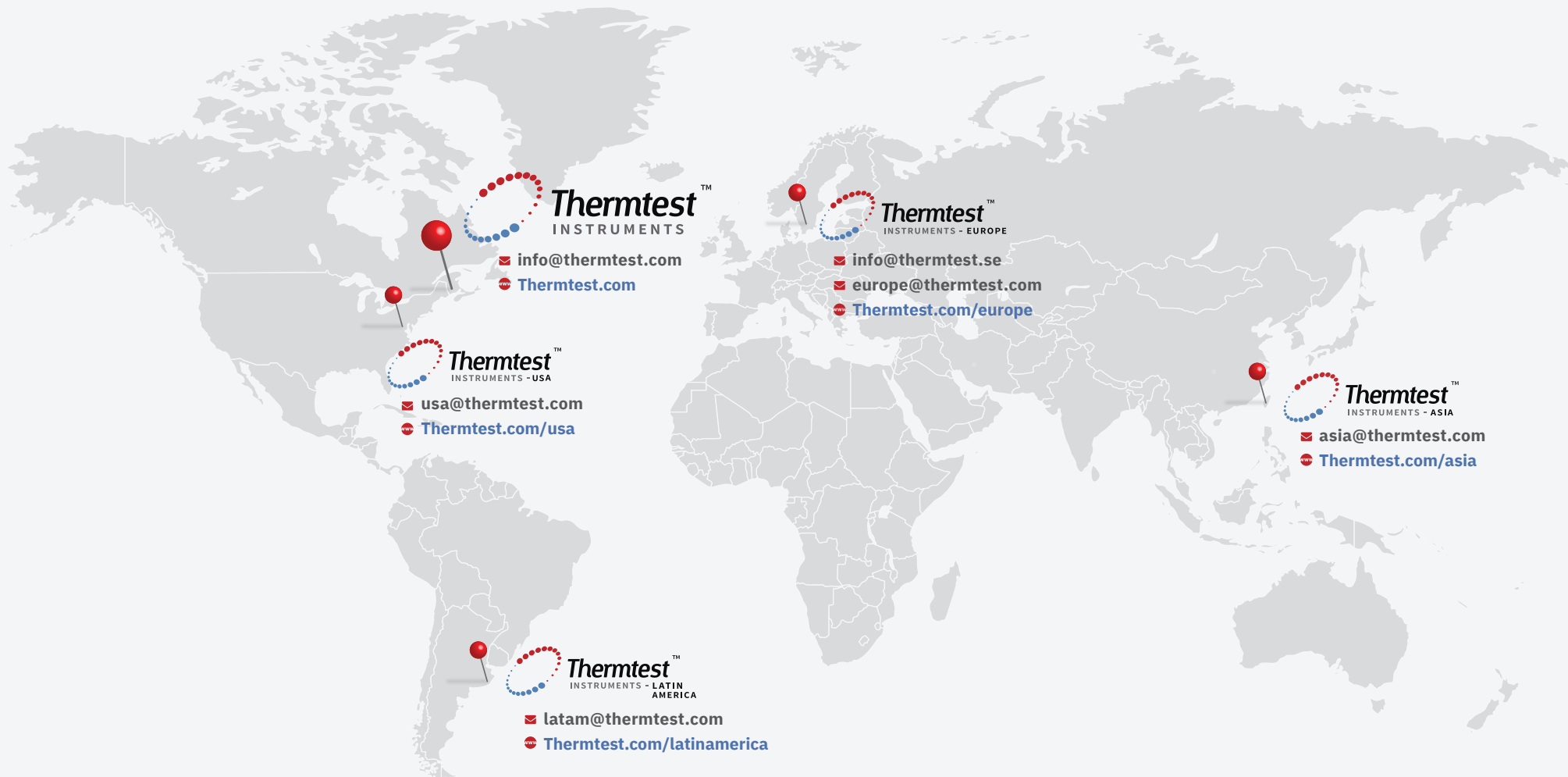
测试配件

- 粉末样品
- 液体样品
- 糊剂样品
- 聚合物熔体样品



压缩支架+温度

- 用于可压缩材料
- 测力计: 10~100 N
- 厚度测量仪
- 室温或 -40~200°C



总部

Thermtest Inc.
Fredericton, New Brunswick
Canada

电话: +1 506 458 5350
Email: info@thermtest.com
Thermtest.com

您的当地经销商