



® Knowledge  
Beyond  
Measure.



# 发动机排放 颗粒物 粒径谱仪™

3090 型

发动机瞬态测试循环中测量颗粒物排放和表征  
排放后处理设备的最佳工具

# 可靠的 颗粒物排放 测量设备

3090型发动机排放颗粒物粒径谱仪 (EEPS™) 是一种能够快速响应且具有高分辨率的粒径谱仪，能够测量稀释后尾气中低含量的颗粒物数浓度。它可以提供最快的时间分辨率，10Hz，这让它非常适合进行发动机动态和瞬态测量。它能够完成发动机排放颗粒物 5.6~560nm 的粒径分布和数量浓度的测量，覆盖了整个重要的粒径范围。

## 应用

- 发动机排放和后处理设备表征
- 制动粉尘和轮胎磨损颗粒物排放

## 特性与优势

- 测量 5.6 到 560nm 粒径范围内的颗粒物
- 10 Hz 数据采集实时捕捉瞬态事件
- 专业的数据采集和分析软件
- 可选测量度量工具，用于更精确的测量应用 (见应用文章 EEPS-005)
- 一体式单机机柜，重量只有 32 kg
- 四个可配置模拟输出端口 (详情参阅应用文章 EEPS-001)
- 可选 AK 系列命令协议，适用于带有主控器的排放测试系统

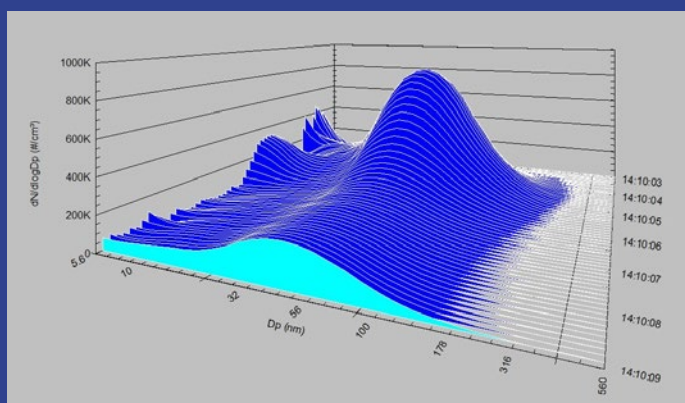


图1. 用户能够通过 EEPS™ 软件查看粒径分布随时间的变化情况

EEPS™ 发动机排放颗粒物粒径谱仪具有对整个发动机测试循环进行持续测量的能力。例如，用户可以使用此仪器观察如何调校发动机使最终排放降低到特定限值以下或对颗粒捕集器加载产生影响。用户能够通过此仪器的实时数据采集和显示性能，直观地观察和研究瞬态测试循环中发生的颗粒物排放行为。这包括在冷启动的最早几秒内及柴油机微粒捕集器 (DPF) 再生过程中，由于发动机转速、扭矩、载荷或排放变化而产生的颗粒物排放。

每台仪器都标配行业独一无二的软件。此软件兼具数据采集和分析的功能，方便用户使用，无需再通过电子表格进行数据处理。

## 颗粒物数量测量 高级解决方案

新的排放法规要求更加严格，要求企业使用更加灵敏的测量手段对整车或发动机的排放物进行表征。传统的基于质量的颗粒物测量方法 (PM) 已经无法满足要求，只有基于颗粒数量的方法 (PN) 才能够确保可靠的测量。



# 功能与优势

EEPS™ 发动机排放颗粒物粒径谱仪为发动机研发人员，进行颗粒物排放测试的工程师及技术人员提供了以下重要的帮助：

## 实时测量

10 Hz 的数据采集率让您能够识别和校正发动机测试循环中特殊事件产生的快速变化的颗粒物排放。

## 宽粒径测量范围和高分辨率

能够完成发动机排放颗粒物 5.6 到 560nm 粒径分布测量，显示总计 32 个通道的测量结果（每 10 倍粒径 16 个通道）。此外，它的工作压力为环境大气压，这可以降低挥发性和半挥发性物质的损失。

## 宽动态浓度范围

TSI® 提供的多孔管热稀释器 (PTT) 3098，适用于高浓度颗粒物的测量过程。PTT 可为 EEPS™ 3090 粒径谱仪提供前处理工作，作为一台非常有价值的工具，PTT 在 23nm 以下固体颗粒排放测量、冷启动 GDI 排放测量、DPF 或 GPF 表征研究等领域获得广泛应用。PTT 可以实时测量和控制稀释比，使用者可在 10:1 到 500:1 内对稀释比进行设置。挥发性物质通过催化汽提器去除，多孔管的设计最大限度地减少了 23nm 以下颗粒的损失。PTT 的采样管能够加热到 200°C，响应时间 < 1.8 s，并能够通过 AK 协议集成到测试台主机系统中。

## 稳固的设计和操作

所有的 EEPS 粒径谱仪组件均安置于一个重量仅为 32kg 的单机柜中（包含取样泵），使其更容易在试验台间移动，且在试验间中占用更少的空间。用户仅需启动电源，并预热一段时间（大约 10 分钟），即可使用仪器。仪器通过一个微处理器自动测量温度和压力并将其转换成体积流量。这样即可以保持校准时的状态，又能提供准确和可重现的测试结果。EEPS 操作非常简单，无需专家也可正确操作。

## 便于维护

当需要清洁仪器时，随机配送的清洁工具能让您快速清理在静电计上沉积的灰尘。清洁过程耗时不超过 15 分钟 - 节约您的时间和金钱。

## 前面板显示

您可以通过显示屏和内置控制旋钮实时查看测量结果并快速检查运行参数设定和状态。您能够以多种量程和格式查看数据，包括自动量程和线性或是对数坐标。浓度单位已进行归一化处理 (dN/dlogDp)，很容易与其它仪器数据进行比较。一个特有的 “in range” 浓度标识提示最大和最小浓度范围，帮助您验证测量结果是否在规定操作范围内。

## 灵活的数据管理

EEPS 软件具有方便的数据采集和分析功能。提供了以下多种高级特性，包括：

- 显示整个发动机测试循环且能够对特定事件放大查看。
- 粒径分布和粒径浓度随时间变化的 3D 动画视角。
- 用户可输入颗粒物密度，软件自动计算并输出出粒子质量浓度
- 为应用量身定制的可选度量工具，能够进行更精确的测量。

## 高采样流量

EEPS 粒径谱仪采样流量为 10L/min，能够极大地减少由于扩散造成的颗粒物采样损失。

## 自定义输入

您能够通过外置的 “start” 触发信号进行远程操作。仪器具有两个模拟输入，让您能够记录和校正其他的发动机参数。可选的 AK 协议让您能够更好的实现系统集成。

## 经过验证的测量技术

TSI® 设计和生产基于电子迁移率分级技术的各种粒子测量仪器超过 50 年。我们不断地在电子迁移率和静电计阵列结合领域中积累经验，该技术于 20 多年前由爱沙尼亚的塔尔图大学开发，最终设计出专为发动机排放测量的产品。

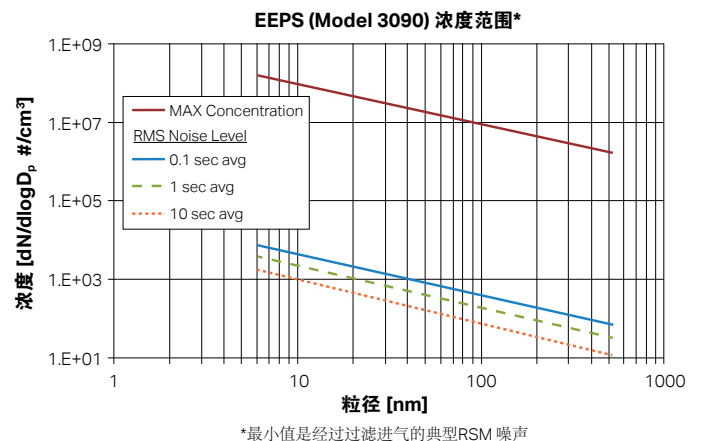


图2: EEPS™ 浓度范围

# 实时表征 颗粒物排放

## 操作

仪器从发动机排气中持续取样(图3),气溶胶首先经过带负电的电晕电离器,然后经过带正电电晕电离器,从而使得高荷电的气溶胶达到可预测水平。带电粒子随后被引入高压电极柱中心附近的测量区域,随后被 HEPA 过滤后的鞘气包围并沿着电极柱向下运动。一个正的电压被加在中心电极柱上并产生电场使得带正电荷的粒子按照它们的电迁移性向外运动。

带电粒子撞击每一个静电计并转移它们的电荷。电迁移性更高的粒子撞击更接近顶部的静电计;相反,电迁移性更低的粒子则撞击更接近底部的静电计。这种采用多个高灵敏静电检测器的阵列使多通道的粒子浓度同时测量得以实现。

仪器具有内置高性能 DSP,能够实现精密、实时的数据计算,获得更加平滑的数据。

亚微米气溶胶测量的标准设备是 TSI® 公司的 SMPS™ 粒径谱仪—即使是我们的竞争对手也采用我们的 SMPS™ 来校正他们的产品。当测量稳定的发动机状态时,EEPS™ 测得的数据与 SMPS 3938 系列吻合得很好(图4)。SMPS™ 适合于测量发动机稳定状态下排放粒子的粒径分布,但它至少需要 30~60 秒才能得到一张完整的粒径分布图。因此,相较于 SMPS™,EEPS™ 更加适合监测发动机瞬态循环的排放情况。

## 应用

3090 型 EEPS™ 粒径谱仪能够提供实时的测量结果和卓越的测量精度,是测量发动机瞬态循环中颗粒物排放和表征排放后处理设备的有效工具。尽管 TSI® 公司的 SMPS™ 粒径谱仪具有明显更高的粒径分辨率,它更适合在发动机稳态运行条件下测量。您能够通过 EEPS™ 粒径谱仪以 10Hz 的时间分辨率直观的查看发动机瞬态循环中的颗粒物排放。EEPS™ 非常适合:

- 观察 DPF 加载
- 调校发动机,降低颗粒物排放
- 表征 DPF 颗粒物去除效率
- 制动粉尘和轮胎磨损颗粒物排放

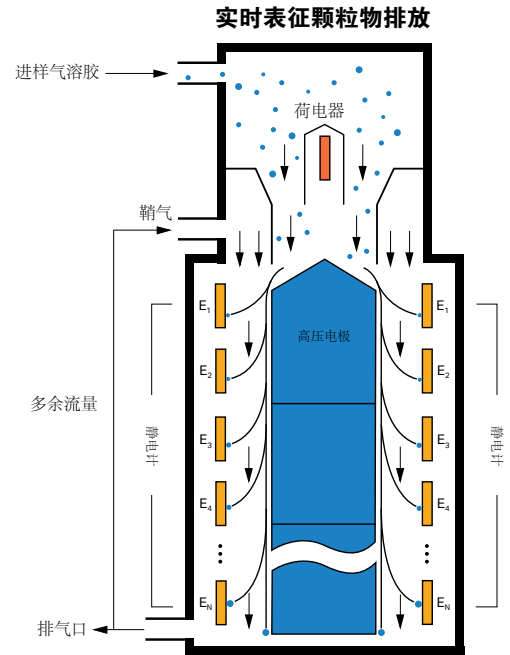


图3. EEPS™

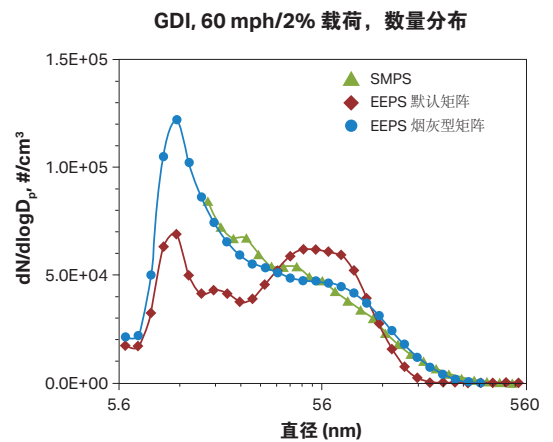


图4. SMPS 和 EEPS (使用两种应用度量工具) 测量发动机排放的数量浓度和粒径分布图

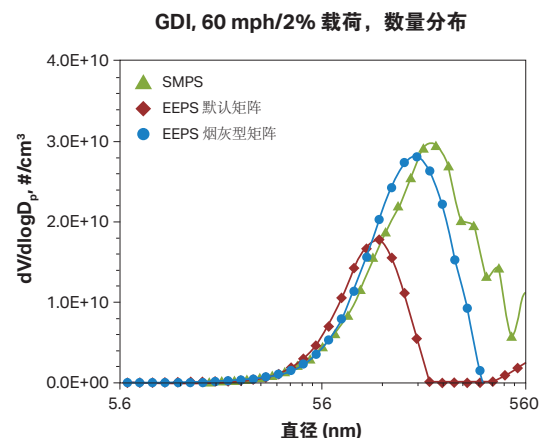


图5. SMPS 和 EEPS (使用两种应用度量工具) 测量发动机排放的体积浓度和粒径分布图

# 功能强大的粒径测量软件 极具吸引力的特性

EEPS 软件是您进行数据采集和分析的界面。仪器能够以多种格式显示颗粒物排放数据。用户可以使用五种预定义的主视图(图 6):

- 运行视图
- 表格视图
- 直方图
- 总浓度视图
- 3D 视图

运行视图是一个 2D 彩色等高线图, 您能够通过此视图快速分析发动机测试循环, 并对特定事件进行放大和分析, 获得更加详细的信息。表格视图包括每个通道的数浓度以及相应的表面积、体积和质量浓度 (质量浓度需要输入有效密度)。此外, 该软件还报告一些统计值, 例如: 中值、平均值、众数、几何标准偏差以及每个通道的总浓度 (图7)。

每个通道的数据还能够画成直方图, 该直方图既可采用线性坐标, 也可以采用对数坐标。图像的边界可以设置成表格中数据的范围。范围内的浓度数据可以在测试和分析数据时显示出来。图 8 展示了最高和最低的浓度范围, 可以从图中得知测量浓度是否在合适的范围内以及数据的有效性。

图 9 中显示的是粒径分布和浓度随时间变化的 3D 图, 您能够很容易识别测试循环中的发动机特定事件下的颗粒物排放行为。仪器能够以一种独特的“动画”视角显示整个发动机循环的测量结果, 也可以对特定时段进行放大获得更多的信息。您能够以手动、外部触发的方式启动测量, 也可以计划在指定时间开始测量。用户可通过软件设置长达 12 小时的运行时长。

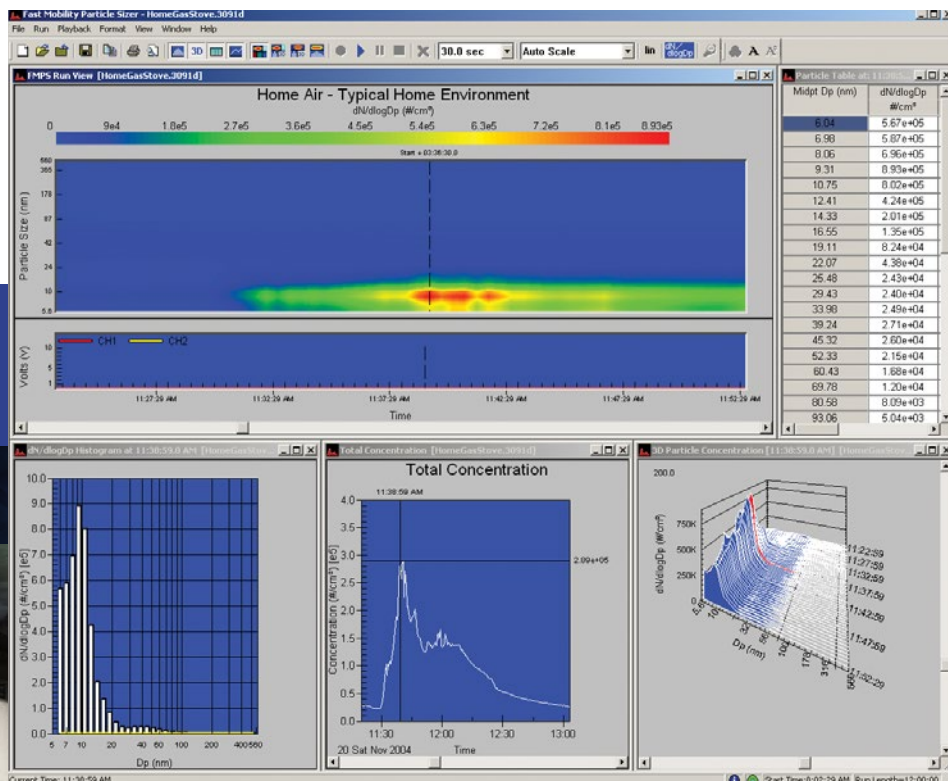
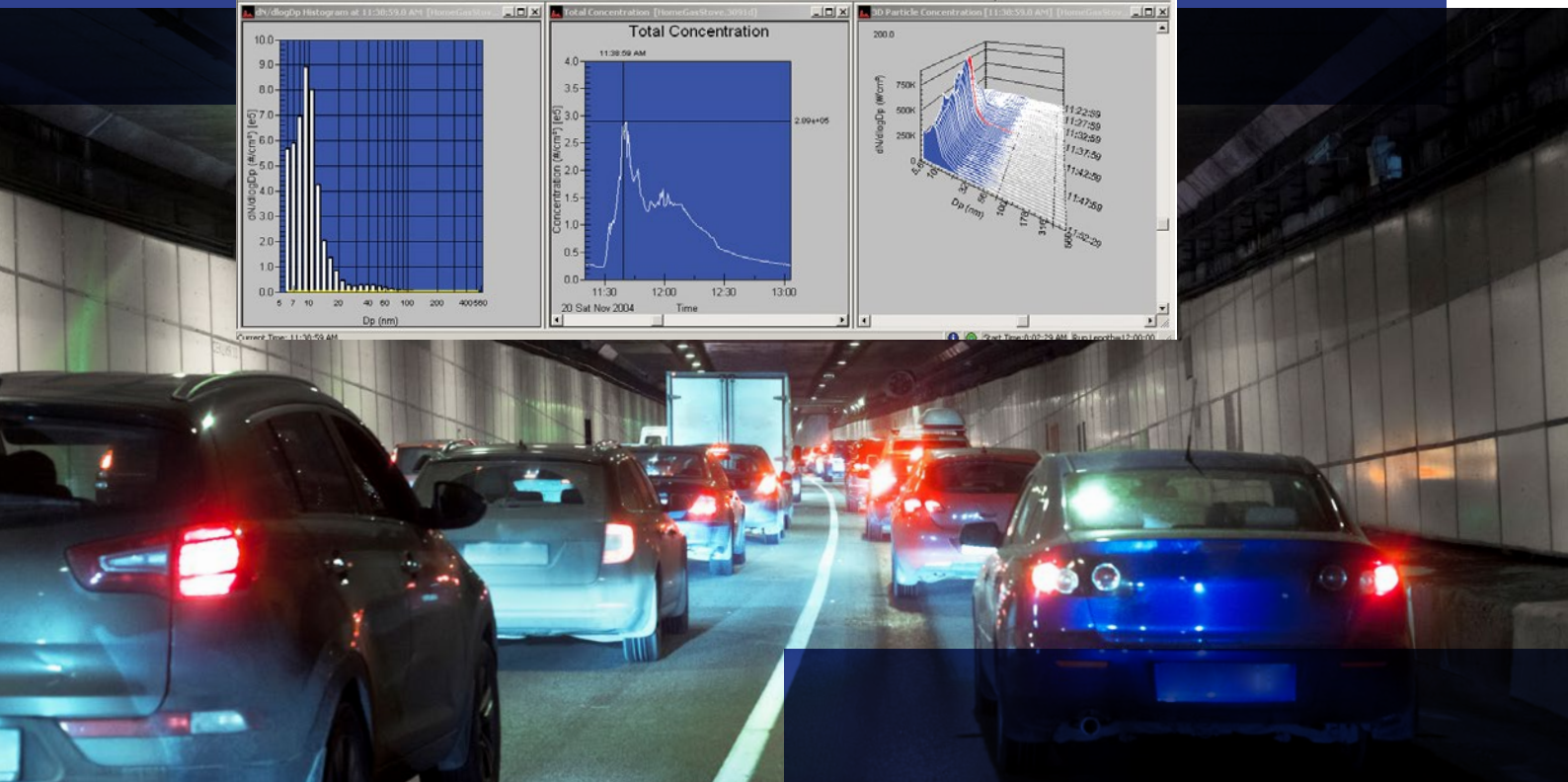


图6. EEPS 软件提供了五种主要视图。此界面描述了瞬态测试中由于减速形成的较大的核态粒子分布



EEPS 软件同样为您提供了解决自定义数据处理要求的数据导出功能。用户可以将数据导出到文本文件或电子表格文件，可以在数据采集过程中自动连续导出，也可以在数据采集完成后手动导出。此软件提供了多种图形类型和颜色，以及字体类型和风格。

您可以通过 EEPS 前面板屏查看所有仪器状态参数和控制仪器。这些参数包含如仪器流量、柱电压、荷电器电流、鞘气温度和进口压力等运行参数。用户也可以通过软件打开或关闭流量、荷电器和柱电压。此外，可以在数据采集开始前测量和监测静电计读数、粒径分布和总浓度（图10）。

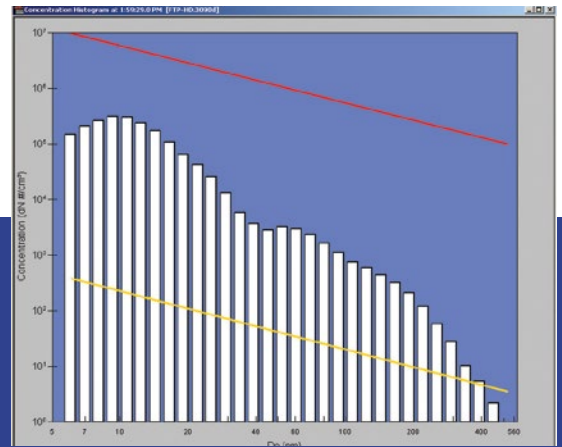


图8. 直方图显示，在“范围”内的浓度指标（最低为黄色；最高红色），对数坐标可以很容易地看到核模式和积累模式。

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm³	Surface nm²/cm³	Volume nm³/cm³	Mass µg/m³	Density g/cm³
6.04	8.66e+06	9.93e+08	9.99e+08	1.20	1.20
6.98	1.35e+07	2.06e+09	2.40e+09	2.88	1.20
8.06	1.93e+07	3.94e+09	5.29e+09	6.35	1.20
9.31	2.61e+07	7.11e+09	1.10e+10	13.2	1.20
10.75	2.87e+07	1.04e+10	1.87e+10	22.4	1.20
12.41	2.70e+07	1.31e+10	2.70e+10	32.5	1.20
14.33	2.25e+07	1.45e+10	3.46e+10	41.6	1.20
16.55	1.51e+07	1.30e+10	3.58e+10	42.9	1.20
19.11	9.34e+06	1.07e+10	3.41e+10	40.9	1.20
22.07	5.27e+06	8.06e+09	2.97e+10	35.6	1.20
25.48	2.65e+06	5.42e+09	2.30e+10	27.6	1.20
29.43	1.50e+06	4.09e+09	2.00e+10	24.0	1.20
33.98	7.16e+05	2.60e+09	1.47e+10	17.6	1.20
39.24	2.99e+05	1.45e+09	9.47e+09	11.4	1.20
45.32	8.03e+04	5.18e+08	3.91e+09	4.70	1.20
52.33	5.88e+04	5.06e+08	4.41e+09	5.07	1.15
60.43	4.93e+04	5.65e+08	5.69e+09	6.15	1.08
69.78	5.18e+04	7.93e+08	9.22e+09	9.40	1.02
80.58	4.74e+04	9.68e+08	1.30e+10	12.3	0.950
93.06	3.62e+04	9.84e+08	1.53e+10	13.6	0.890
107.46	2.65e+04	9.61e+08	1.72e+10	14.1	0.820
124.09	1.84e+04	8.88e+08	1.84e+10	13.8	0.760
143.30	1.27e+04	8.22e+08	1.96e+10	13.5	0.690
165.48	9.64e+03	8.29e+08	2.29e+10	14.2	0.620
191.10	7.09e+03	8.13e+08	2.69e+10	14.5	0.560
220.67	5.10e+03	7.80e+08	2.87e+10	14.0	0.490
254.83	3.43e+03	7.00e+08	2.97e+10	12.5	0.420
294.27	2.09e+03	5.69e+08	2.79e+10	10.0	0.360
339.82	1.16e+03	4.20e+08	2.36e+10	6.90	0.290
392.42	628.1	3.04e+08	1.99e+10	4.37	0.220
453.16	315.0	2.03e+08	1.54e+10	2.46	0.160
523.30	218.3	1.88e+08	1.64e+10	1.51	9.20e-02
<b>Median (nm)</b>	<b>11.3</b>	<b>15.9</b>	<b>76.9</b>	<b>24.7</b>	---
<b>Mean (nm)</b>	<b>12.4</b>	<b>32.1</b>	<b>133.9</b>	<b>71.8</b>	---
<b>Geo. Mean (nm)</b>	<b>11.5</b>	<b>19.2</b>	<b>65.3</b>	<b>37.0</b>	---
<b>Mode (nm)</b>	<b>10.75</b>	<b>14.33</b>	<b>16.55</b>	<b>16.55</b>	---
<b>Geo. Std. Dev.</b>	<b>1.44</b>	<b>2.22</b>	<b>3.67</b>	<b>3.01</b>	---
<b>Total</b>	<b>1.13e+07</b>	<b>6.83e+09</b>	<b>3.65e+10</b>	<b>30.8</b>	---

图7. 颗粒物浓度表格视图，具有不同的浓度单位、密度等统计信息

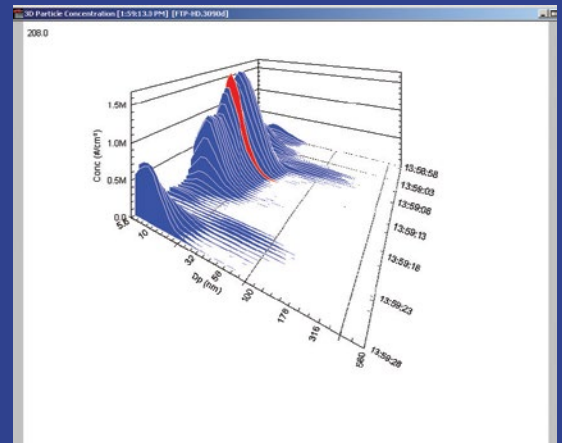


图9. 3D 图显示的是换挡时的 FTP - HD 的瞬态周期，发动机负荷和速度的变化关系，粒径峰值为 10nm

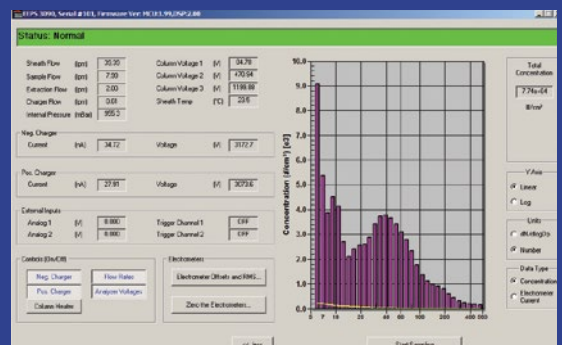


图10. 用户能够通过仪器状态窗口查看数据和实现控制

# 规格

## 运行特性

粒径范围	5.6 - 560 nm
粒径分辨率	16 个通道每10 倍粒径 (共32 个通道)
静电计	22 激活, 24 总计
荷电器运行模式	两个单极性电晕荷电器
进口旋风分离器D50	1 μm
时间分辨率	10Hz

## 流速

进气流量	10 L/min
鞘气流量	40 L/min

## 环境条件

进样温度	10 - 52°C
工作温度	0 - 40°C
储藏温度	-20 - 50°C
大气压力	70 - 103 kPa (700 - 1034 mbar)
湿度	0 - 90% 相对湿度 (无冷凝水)

## 通讯

用户操作界面	旋钮和显示屏; EEPs 软件
前面板显示屏	6.4 英寸, VGA 接口, 彩色 LCD
操作系统	Windows® 7, 8, 或 10
通讯方式	9- 针 RS-232 接口



3095 发动机排气颗粒测量系统 (EEPMS) 是一种结合了 3090 EEPs 和 3098 多孔管热稀释器 (PTT) 的全套排放测量解决方案。3098 由两个多孔管稀释器 (一级热稀释器和次级常温稀释器) 和一个用于去除挥发组分的催化汽提器组成。该系统对测量过程中的颗粒物损失进行自动补偿。整个系统由 EEPs 软件控制, 实现良好的用户体验。

## 电气特性

模拟输入	两个模拟输入通道, 0 - 10 V
模拟输出	四个可配置模拟输出 (详情参阅应用文章 EEPs-001)
触发输入	两个触发输入通道, 3.3 V 接地
触发输出	触发输出通道

## 物理特性

尺寸 (高 x 宽 x 长)	70.4 × 34.3 × 43.9 cm (27.7 × 13.5 × 17.3 in)
重量	32 kg (70 lb)
进气样口	外径 3/8 in. (无旋风分离器)
旋风分离器进口	外径 3/8 in.
排气口/ 出口	外径 3/8 in.
电源要求	100 - 240 VAC, 50/60 Hz, 250W

## 致谢

EEPSTM 发动机排放颗粒物粒径谱仪是爱沙尼亚塔尔图的 Airel 有限公司授权并由 TSI® 公司开发的。我们衷心的感谢 Airel 公司的科学家在该仪器开发过程中所作的贡献。

## 订购

### 发动机排放颗粒物粒径谱仪

型号	说明
3090	EEPSTM 粒径谱仪和软件
3090-AK	EEPSTM 粒径谱仪和软件具有 AK 系列命令协议

### 可选稀释器

型号	说明
3098	多孔管热稀释器 (PTT)
3095	发动机排放颗粒物测量系统 (EEPMS) (包括 PTT 3098 和 EEPs 3090-AK)

须单独订购电脑。

参数指标反映典型性能, 如有变更, 恕不另行通知。

TSI 和 TSI Logo 是 TSI 在美国注册的注册商标, 并可能受到其他国家商标注册法律的保护。

Windows 是微软公司在美国和/或其它国家的注册商标。



Knowledge Beyond Measure.

TSI Incorporated - 欢迎访问我们的网站 [www.tsi.com](http://www.tsi.com) 获取更多的信息。

美国 Tel: +1 800 874 2811  
英国 Tel: +44 149 4 459200  
法国 Tel: +33 1 41 19 21 99  
德国 Tel: +49 241 523030

印度 Tel: +91 80 67877200  
中国 Tel: +86 10 8219 7688  
新加坡 Tel: +65 6595 6388



欲了解更多资讯, 请关注 TSI 官方微信公众账号“美国 TSI”。

Email [tsichina@tsi.com](mailto:tsichina@tsi.com)  
Web [www.tsi.com/cn](http://www.tsi.com/cn)