



® Knowledge
Beyond
Measure.

快速电迁移 粒径谱仪

3091型

实时测量快速变化的亚微米气溶胶粒子的粒径
分布和数量浓度

适合多种应用领域

3091 型快速电迁移粒径谱仪™ (FMPS™) 测量范围为 5.6 到 560 纳米的气溶胶粒子，共有 32 个粒径通道（每 10 倍粒径 16 个通道）。FMPS™ 粒径谱仪使用类似于 TSI® 扫描电迁移粒径谱仪的电迁移技术 SMPS™。然而，它不是凝聚核粒子计数器 (CPC)，而是使用多个低噪声静电计进行粒子检测。因此，其独特的设计能够以 1 秒的分辨率测量粒径分布，使用户能够对粒子事件和粒径分布的变化进行实时检测。

FMPS™ 粒径谱仪在高样品流量 (10 L/min) 下工作，能够最大限度地减少超微颗粒和纳米颗粒的扩散损失。它在环境压力下运行，防止挥发性颗粒蒸发，无需耗材，并可设置为单次或多次连续测量模式，每次运行最长可达 12 小时。

3091 可以方便地封装在一个机柜中，便于运输、安装和操作。使用大的彩色 VGA 显示屏和控制旋钮，您可以选择参数设置、查询仪器状态和查看粒径分布信息。仪器配备功能齐全的软件程序，结合了数据采集和分析功能。软件亮点包括各种图形选项，包括粒径分布和浓度随时间变化的 3D 回放、数据导出，以及输入单个通道的颗粒物有效密度以计算并连续输出总颗粒质量。



这些特征的组合让 FMPS™ 粒径谱仪成为测量亚微米颗粒动态的理想选择，仪器适用于多种领域，包括颗粒形成和生长研究、室内空气质量监测、环境研究、城市中高楼效应的研究、烟囱、锅炉、木材燃烧器的瞬态排放研究等。



一种先进的粒径分布测量解决方案

以更高的分辨率实时测量快速变化的亚微米气溶胶粒子的粒径分布和数量浓度。

功能和优点

3091 FMPS™ 粒径谱仪为工业和环境研究人员检测快速变化的气溶胶提供了非常重要的功能：

实时测量。

以1秒的分辨率观察亚微米颗粒物粒径分布和事件。

宽粒径范围。

在总共 32 个通道中测量 5.6 至 560 纳米的亚微米气溶胶（每 10 倍粒径 16 个通道）。

高的动态浓度量程。

FMPS™ 是非常灵敏的静电计*能够测量高的颗粒物浓度（大于五个数量级，如图 1 所示），非常适合各种应用。

易于使用。

只需连接采样管，接通电源，打开仪器，然后让其预热。预热后（约 10 分钟），状态变为“正常”，仪器准备好就可以进行测量。就是这么简单！

前面板包括彩色 VGA 大显示屏和控制旋钮，可以选择参数设置并快速查询仪器的工作状态。

显示屏实时更新，可进行多种设置，包括自动调整量程、线性或对数坐标选择，以及标准化浓度（dN/dlogDp），以便与其他仪器进行比较。

灵活的数据管理。

一个功能齐全的软件程序（图 2）结合了数据收集和分析功能。一次最多可以查看一个文件中 12 小时的数据，然后在时间轴上“放大”以查看目标事件。数据可以多种不同的方式显示、回放和导出。该软件还显示和播放粒径分布和粒子浓度随时间变化的三维图，因此可以实时观察粒子事件的发生。

高采样流量。

FMPS™ 粒径谱仪以 10 L/min 的高采样流量运行，大大减少了扩散造成的颗粒采样损失。机器的内置泵由微处理器控制，泵可以控制所有各路流量，并根据温度和大气压对流量进行校正。

无放射性中和器。

该粒径谱仪使用单极扩散荷电器对粒子施加可预测的电荷。因此，不存在放射性材料的特殊许可问题。

成熟的技术。

这项技术最初是在爱沙尼亚塔尔图大学开发的。TSI® 工程师结合了静电计组的检测技术和电迁移率分级的技术。将其与开发扫描电迁移率粒径谱仪所获得的经验相结合，开发了 FMPS。

*专利号 7,230,431

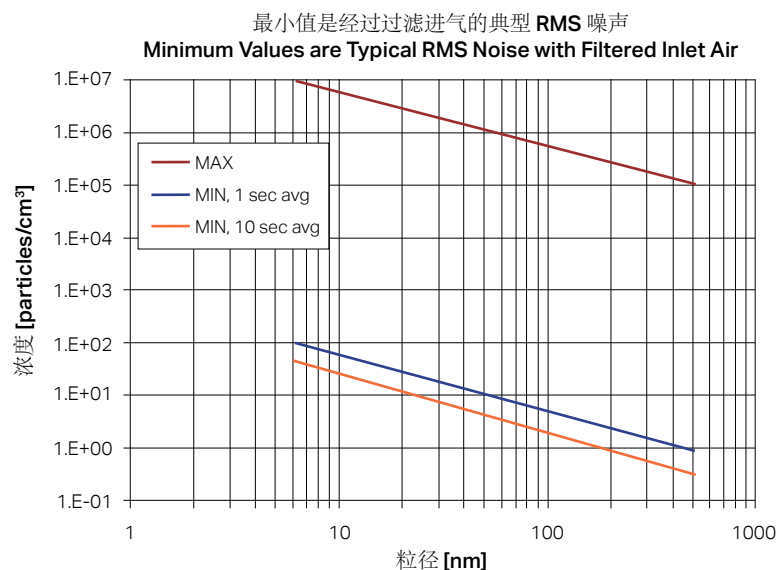


图1. 最大可测量浓度以红色显示。
最小均方根噪声水平随平均时间而变化。

是什么让这台粒径谱仪独一无二

电迁移率直径

TSI® 在近 40 年的电迁移率测量技术专业知识的的基础上，继续其开发尖端仪器的传统，该仪器是专为实时、亚微米粒径测量而设计的粒径谱仪。标准的亚微米粒径测量方法，TSI® 扫描电迁移粒径谱仪 SMPS™，需要大约 30 到 60 秒来测量一个粒径分布。因此，SMPS™ 不适合测量快速变化的气溶胶。

FMPS™ 粒径谱仪使用一个独特的荷电系统和多个静电计来同时获得所有粒径的信号。静电计电流数据使用高性能 DSP 进行实时处理。数据算法修正了多电荷、镜像电荷和静电计之间的时间延迟。进一步处理数据，得到 32 个等距（对数）粒径通道。测量值实时显示在仪器上，并发送到计算机进行长期存储、显示和回放。

应用

实时和精确的粒径测量使 3091 成为适用于多种应用场景的有效测量工具。而 SMPS™ 提供了更高的粒径分辨率，适合测量相对稳定的气溶胶。FMPS™ 使您能够以 1 秒的分辨率显示颗粒物粒径分布。

典型应用包括：

- 颗粒形成和生长研究
- 室内空气质量测量
- 环境研究
- 城市高楼效应研究
- 烟囱、锅炉和燃烧器的瞬态排放研究

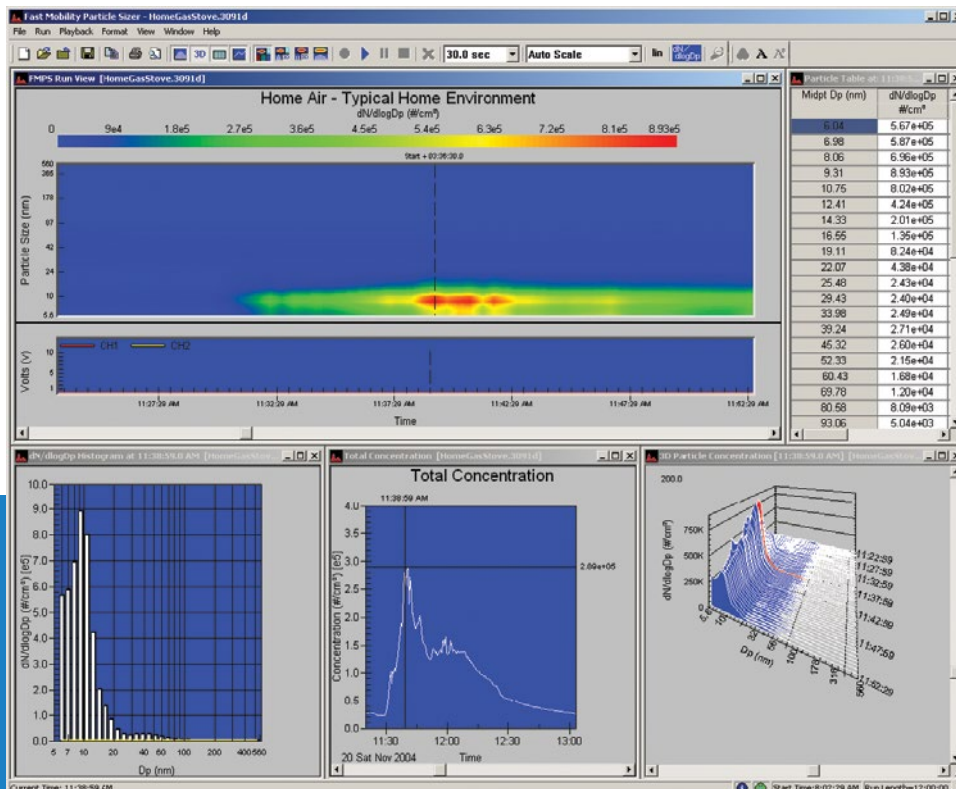


图2. FMPS™ 软件提供了用于数据显示的高级选项，例如运行视图、浓度直方图和三维粒子浓度图。

功能强大的软件

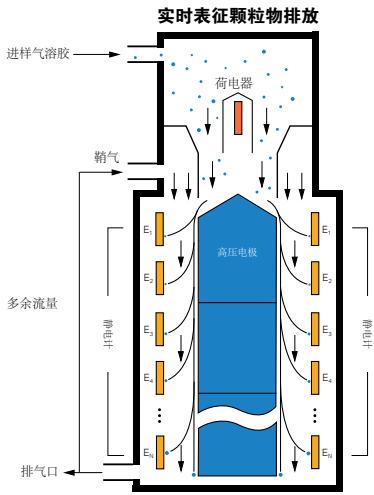


图3. FMPS™ 气流示意图

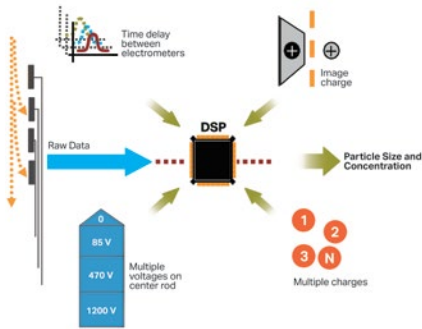


图4. 数据反演示意图

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm³	Surface nm²/cm³	Volume nm³/cm³	Mass µg/m³	Density g/cm³
6.04	5.67e+05	6.50e+07	6.54e+07	7.85e-02	1.20
6.98	5.87e+05	8.99e+07	1.05e+08	0.125	1.20
8.06	6.96e+05	1.42e+08	1.91e+08	0.229	1.20
9.31	8.93e+05	2.43e+08	3.77e+08	0.453	1.20
10.75	8.02e+05	2.91e+08	5.22e+08	0.626	1.20
12.41	4.24e+05	2.05e+08	4.24e+08	0.509	1.20
14.33	2.01e+05	1.30e+08	3.10e+08	0.373	1.20
16.55	1.35e+05	1.16e+08	3.20e+08	0.384	1.20
19.11	8.24e+04	9.46e+07	3.01e+08	0.361	1.20
22.07	4.38e+04	6.70e+07	2.47e+08	0.296	1.20
25.48	2.43e+04	4.96e+07	2.11e+08	0.253	1.20
29.43	2.40e+04	6.52e+07	3.20e+08	0.384	1.20
33.98	2.49e+04	9.04e+07	5.12e+08	0.614	1.20
39.24	2.71e+04	1.31e+08	8.59e+08	1.03	1.20
45.32	2.60e+04	1.68e+08	1.27e+09	1.52	1.20
52.33	2.15e+04	1.85e+08	1.61e+09	1.85	1.15
60.43	1.68e+04	1.93e+08	1.94e+09	2.14	1.10
69.78	1.20e+04	1.84e+08	2.14e+09	2.14	1.00
80.58	8.08e+03	1.65e+08	2.22e+09	2.11	0.950
93.06	6.04e+03	1.37e+08	2.13e+09	1.91	0.900
107.46	3.07e+03	1.11e+08	1.99e+09	1.69	0.850
124.09	2.17e+03	1.05e+08	2.17e+09	1.74	0.800
143.30	1.60e+03	1.03e+08	2.46e+09	1.65	0.750
165.48	1.35e+03	1.17e+08	3.21e+09	2.25	0.700
191.10	1.01e+03	1.16e+08	3.69e+09	2.40	0.650
220.67	559.9	8.57e+07	3.15e+09	1.89	0.600
254.83	267.5	5.25e+07	2.23e+09	1.23	0.550
294.27	101.7	2.77e+07	1.36e+09	0.678	0.500
339.82	19.4	7.04e+06	3.99e+08	0.179	0.450
392.42	10.7	5.17e+06	3.38e+08	0.135	0.400
453.16	6.11	3.94e+06	2.98e+08	0.104	0.350
523.30	5.66	4.87e+06	4.25e+08	0.127	0.300
Median (nm)	9.39	42.0	122.7	89.3	---
Mean (nm)	11.4	63.9	138.9	112.7	---
Geo. Mean (nm)	9.93	36.2	103.4	81.7	---
Mode (nm)	9.31	10.75	191.10	191.10	---
Geo.Std.Dev.	1.59	3.46	2.58	2.58	---
Total	2.89e+05	2.22e+08	2.36e+09	1.98	---

图5. 图表视图

FMPS™ 软件是进行数据采集和分析的界面。可以从各种预定义的窗口排列中选择想要显示的数据。一旦开始数据采集，粒径分布将以1秒的分辨率显示，可以实时查看测量结果。显示的颗粒浓度范围可以设定最大值，或设置为自动缩放。在数据采集和采集后分析期间，数据可以多种格式显示。如图2所示，可以同时显示五个主视图。其中包括运行视图、粒径分布与浓度的二维直方图、表格视图、总浓度图，以及粒径分布、浓度与时间的三维图。运行视图（二维彩色图）为用户提供了工具，可以快速分析大量数据，并找到目标事件，以便使用其它视图放大和进行更详细地分析。

表视图（图5）和二维直方图（图6）是显示浓度与粒径数据的两种方式。该表包括每个粒径通道的数量浓度，以及表面积和体积浓度。通过输入单个粒径的有效密度，可以计算并输出质量浓度。该表包括中位数、平均值、几何平均值、最大值所在粒径区间、几何标准差和总浓度等统计数据。二维直方图可以使用线性或对数缩放显示表中可用的任何一种浓度类型。可以在直方图上设置视图边界，以设置统计数据的计算范围。

二维直方图的一个关键特征是在采集和分析数据时出现的“in range”浓度标识。如图6所示，显示了最大（红色）和最小（黄色）浓度范围，以使用户确信测量值在仪器的规定工作范围内且有效。

用户可以很方便地通过粒径分布和浓度随时间变化的三维图（图7）查看气溶胶粒径分布随时间变化的情况。测量结果可以回放，以获得独特的“电影”视图。测量可以通过手动启动、从外部触发或设定在特定时间开始（图8）。该软件可设置的测试时长可达12小时。此外，用户可设置时间间隔进行重复测量。该软件具有数据导出功能，可满足定制的数据处理要求。数据可以在采集时自动连续导出到文本或电子表格文件，也可以在数据采集后手动导出。

用户可以通过FMPS 前面板显示屏和软件访问所有仪表状态参数（图9）。状态和操作参数包括流量、柱电压、荷电器电流、鞘气温度和进样口压力。用户还可以通过软件打开和关闭荧光灯、荷电器和柱电压。也可以在数据采集开始前测量和监控静电计读数、粒径分布和总浓度。

FMPS™ 粒径谱仪运行

仪器将气溶胶样品连续抽入进样口（图3）。使用电晕荷电器将粒子荷正电到可预测的水平。然后，带电粒子被引入高压电极柱中心附近的测量区域，并通过经高效过滤的鞘气沿柱向下输送。施加在电极上的正电压产生电场，根据粒子的电迁移率向外排斥粒子。

带电粒子撞击相应的静电计并转移电荷。电迁移率高的粒子撞击顶部附近的静电计，而电迁移率低的粒子撞击位置较低的静电计。这种装置使用高灵敏度静电计，可以同时测量多个粒子的粒子浓度。

3091 粒径谱仪使用复杂的实时数据反演对数据进行反卷积计算。图4说明了反演如何解释粒子电荷、镜像电荷、高压电极柱上的多个电压以及静电计之间的时间延迟的变化，以呈现对应于特定时间的粒径分布。因此，FMPS™ 这项技术极大地提高了颗粒粒径和浓度测量的时间分辨率，对于研究快速变化的气溶胶非常有用。

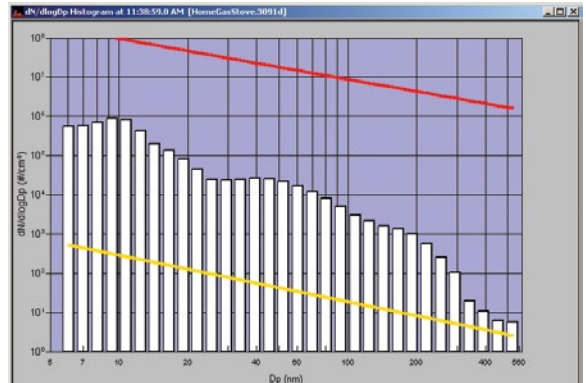


图6. 二维柱状图和对数缩放显示两个最小值 (RMS 噪声)

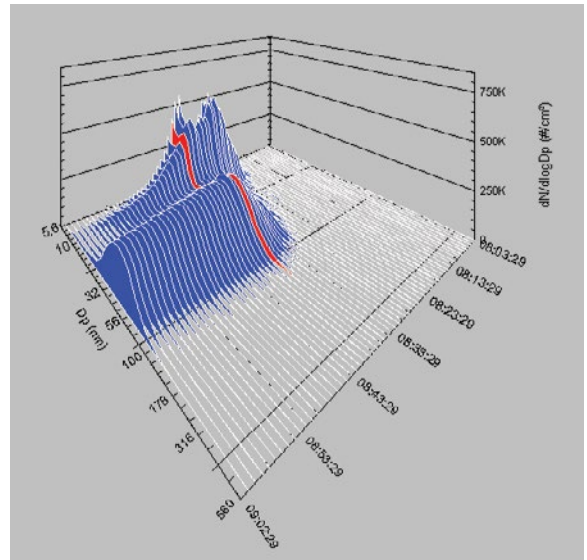


图7. 3 视图显示了当燃烧器预热时，来自燃气炉的气溶胶源从核模态到积聚模态的转变过程

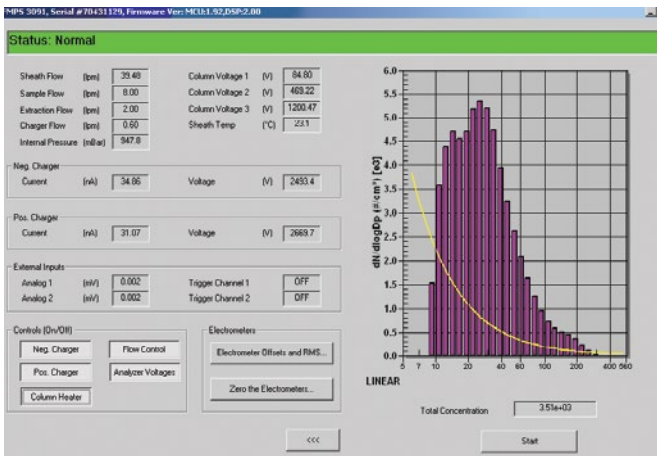


图9. 显示直方图的仪器状态窗口

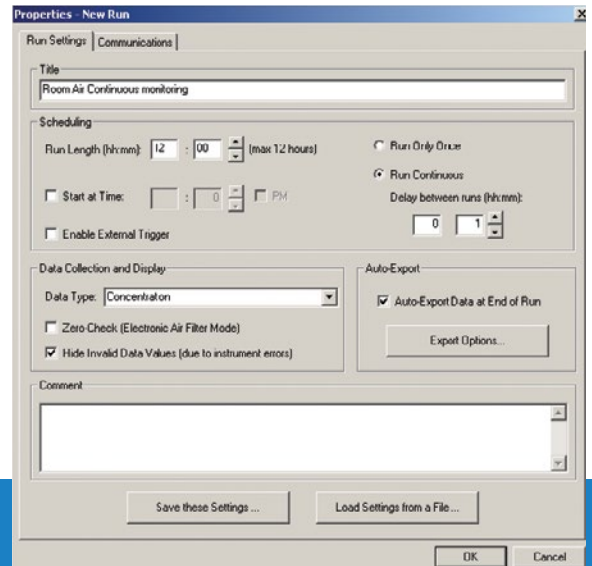


图8. 运行属性窗口

规格

快速电迁移粒径谱仪

3091型

运行特性

粒径范围:	5.6 - 560 nm
粒径分辨率:	每 10 倍粒径 16 通道 (共 32 个通道)
静电计通道数:	22
荷电器工作模式:	单极扩散荷电
进样口旋风分离器D50:	1 µm
时间分辨率:	1Hz

流量

气溶胶:	10 L/min
鞘气:	40 L/min

环境条件

进样口气溶胶温度:	10 - 52°C
运行温度:	0 - 40°C
存储温度:	-20 - 50°C
大气压力:	70 - 103 kPa (700 - 1034 mbar) 校正范围
湿度:	0-90% 相对湿度 (无冷凝水)

通讯功能

用户操作界面 FMPS™ 软件	旋钮和显示屏,
前面板显示屏	6.4 英寸彩色 VGA LCD 屏
计算机要求	奔腾 4 处理器, 2GHz 或更高, 最低 512MB 内存, Windows® XP 或 Windows® 7 (32-位 or 64-位) 操作系统
通讯端口	9 针 RS-232

电气特性

模拟输入:	两个 0-10V 的模拟输入通道
触发输入:	两个触发输入通道, 零电势接触器 闭合或 3.3 V 接地
电气输出	触发输出通道, 零电势接触器

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)
气溶胶进样口	3/8-in. 外径 (无进样口旋风分离器)
旋风分离器进样口	3/8-in. 外径
排气口/出口	3/8-in. 外径
电源要求	100 to 240 VAC, 50/60 Hz, 250 W

致谢

快速电迁移粒径谱仪 (FMPS™) 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

快速电迁移粒径谱仪

规格	说明
3091	FMPS™ 粒径谱仪和软件

电脑需要另行采购。

规格反映一般性能, 如有变动恕不另行通知。

TSI 和 TSI logo 为 TSI 公司在美国的注册商标, 也可能受到其它国家商标法规的保护。

Pentium 是英特尔公司在美国和/或其它国家的注册商标。

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 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官方微信公众号“美国TSI”。

Email tsichina@tsi.com
Web www.tsi.com/cn