



# 撞击式采样器选型指南

## 气溶胶研究

应用说明 (CN)



图 1: MOUDI 撞击式采样器应用



---

## 引言

撞击式分级采样器是一种研究人员在可移动基板上采集粒径分级气溶胶样品的气溶胶仪器。它可以对不同粒径范围的粒子进行重量和化学分析。撞击式分级采样器可以用于各种各样的应用包括环境采样、材料科学、仪器校对、发动机引擎排放、生物质燃烧和其他工业过程应用。

TSI®提供的 MOUDI™<sup>1</sup> 系列撞击式采样器，适用于各种应用。TSI®是撞击式分级采样器的全球领先供应商，提供的不同型号产品可以满足各种需求。

---

## 撞击式采样器可用于哪些应用？

撞击式采样器最常见的用途是对环境空气进行采样，这也意味着其已被用于多种其它应用，科学文献说明了这种丰富多样的应用和科学问题。图 1 展示了 MOUDI™ 撞击式采样器的众多应用中的几个。更多关于撞击式采样器应用的详细信息，请参阅应用说明“MOUDI™ 撞击式采样器采样的化学分析”。同行评议的出版物展示了一系列 MOUDI™ 撞击式采样器的应用，您可以参阅参考资料部分。

---

## 撞击式采样器的工作原理是什么？

撞击式采样器以粒径分离的方式采集空气中的颗粒，以便进行离线分析。撞击式采样器通过颗粒撞击表面或“基板”的方式来采集颗粒。这种采集方式是连续的，即先采集最大的粒子，最后采集最小的粒子。

粒径分离样品段（粒径范围）的数量因撞击式采样器型号而异。TSI 的撞击式分级采样器套件可采集 D50[基板上采集效率为 50% 的粒子空气动力学直径。]空气动力学直径(切割点)从 10 nm 到 10 μm 的粒子分级成从 3 到 13 个粒径段。粒径段的数量决定了采集样品的粒径分辨率，从而决定了分析这些采集样品产生的数据的详细程度。

上层采样粒径经常受到 PM10 和 PM2.5 等法规的影响。最小采样粒径常常取决于研究人员的要求。如果研究人员受到一些实际条件限制，可能会影响泵(包括在真空泵中使用的油和是否采用重型真空泵)的选择，应该在考虑这些限制的情况下选择最小粒径。

## 应该如何选择适合您需求的撞击式采样器？

### 应该重点考虑哪些因素？

选择撞击式采样器时，应该考虑多个因素，参阅表 1。

TSI®有许多型号的分级撞击式采样器，一般分为四组；下面提供了各组的概述。在对可用撞击式采样器选型时，请记住表 1 中列出的因素。图 5 中的撞击式采样器选型流程图可以帮助您选择适合您需求的型号。

表 1: MOUDI™撞击式采样器选型时应考虑的因素

主要问题	您想测量什么样的粒径范围？
	您要使用何种离线分析技术？
次要问题	您预计采样的气溶胶浓度是多少？
	您对撞击式采样器的流量有什么限制吗？

### TSI®MOUDI™ 撞击式采样器型号

#### 经典的无旋转撞击式采样器

TSI®MOUDI™ 系列撞击式采样器的运行流速为 10 和 30 L/min。这些撞击式采样器最常用于农村和城市环境中 12 小时或 24 小时采样，但也可用于其它多种应用。

#### MiniMOUDI™ 撞击式采样器

MiniMOUDI™ 撞击式采样器是个人采样的理想选择。它们的设计流量为 2 L/min，由用户可携带的采样泵进行采样。MiniMOUDI™的三个型号有三个不同的最小切割点；用户可以降低到 0.56μm、0.18μm 或 0.056μm。图 2 显示了带有整流罩进样口的六级 135-6 MiniMOUDI 撞击式采样器。这个进样口非常适合个人采样；有关 MiniMOUDI 撞击式采样器可用进样口的更多信息，请参见表 2 的脚注。



图 2:135-6 MiniMOUDI 撞击式采样器

#### NanoMOUDI™ 撞击式采样器

NanoMOUDI™ 撞击式采样器代表着传统的无旋转撞击式采样器向前迈进了一大步。这一“进步”包括两大变化：旋转分级和数字用户界面。120R NanoMOUDI™ 机型如图 3 所示。

#### 旋转分级

采样期间，NanoMOUDI 撞击式采样器的撞击级旋转。相对于无旋转撞击式采样器，这种旋转促使采样颗粒沉积在基板上更大的区域上。



图 3:120R NanoMOUDI 撞击式采样器：外部（左）和内部（右）

为了理解这种设计的价值，想象一个无旋转撞击式采样器。当颗粒被采集在撞击器基板上时，它们会开始堆积，在每个喷嘴下形成三维沉积物。这些沉积物的形成（每个沉积物的形状大致类似于一个浅圆锥体或金字塔）会增加颗粒反弹，促使颗粒二次夹带，和/或可能堵塞喷嘴，从而降低采样器的性能。

为了改善这些负面影响，NanoMoudi 撞击式采样器配备了旋转级。当工作台相对于喷嘴板旋转时，碰撞颗粒以更均匀的方式沉积在整个碰撞表面上。这增加了可采集的颗粒质量，而不会对碰撞器的性能产生负面影响。

## 数字接口

NanoMOUDI 撞击式采样器具有数字显示接口。用户通过此接口可以实现：

- 定义采样时间间隔。例如，研究人员可以将撞击式采样器设置为每天仅在早上高峰时段进行采样，或从午夜到中午进行采样。
- 根据存储的数据创建采样协议，以支持样品质量和后续样品分析。在整个指定的采样周期内，撞击式采样器以均匀间隔的方式存储测量的机柜温度、分级压力和时间。
- 远程检查撞击式采样器，检验正常运行时间（运行时）。可以通过一个易用的软件工具将撞击式采样器控制装置镜像到联网研究人员的计算机屏幕上，并远程下载保存的数据。

还可以通过仪器的串行端口从 NanoMOUDI 撞击式采样器下载数据。

## 高流量撞击式采样器

除了 MOUDI™ 系列，**高流量撞击式采样器（HFI）系列**是一组六个撞击式采样器，以 100 L/min 的体积流量运行。在洁净环境中进行采样时，这种最高流速尤其有利，因为低颗粒浓度将需要更大的采样体积。图 4 显示了 130 型撞击式采样器，分为五级。

高流量撞击式采样器的一个独特特征是，其喷嘴板的设计有助于为打算对每个基板进行多个离线分析的用户提供高质量的数据。在这种情况下，通常将基材切割成两到四个相等的部分。为了促进基板的均匀分割，TSI®提供了带有高流量撞击式采样器的特殊设计喷嘴板。这些喷嘴板将喷嘴对称地分布在分级区域的四个象限中，留下一个无气溶胶沉积的“+”形区域。

撞击式采样器选型流程图中未显示高流量撞击式采样器（图 4）。高流量撞击式采样器的主要应用是环境采样，尤其是在相对洁净的背景区域。如果您正在考虑将高流量撞击式采样器用于此应用或其它应用，请务必查看表 2，确定哪种高流量撞击式采样器型号最适合您的需求。



图 4:130 高流量分级撞击式采样器。

## 撞击式采样器选型

在选择撞击式采样器时，需要牢记的最重要标准通常是您想要采样的粒径范围。一旦初步确定，注意力转向样品分析问题：您将使用什么分析技术，它们的检测范围是多少？如果你担心你将接近检测范围，使用更高流速的撞击式采样器（或者在您的实验设计允许的情况下延长您的采样时间）。如果您对流速有限制（例如，如果您正在进行腔体内实验），则选择能够在流速、粒径分数和样品质量充分性之间实现最佳平衡的撞击式采样器。

撞击式采样器选型时，请参考表 3 和/或图 5。请随时联系 TSI®寻求支持，以选择适合您需求的撞击式采样器。

表 2:TSI®公司所有 MOUDI™型号撞击式采样器的关键规格

		无旋转撞击式采样器						MOUDI II / NanoMOUDI			高流量撞击式采样器					
		经典型号			MiniMOUDI**											
		100S4	100NR	110NR	135-6	135-8	135-10	120R	122R	125R	128	129	130a	130b	131a	131b
#分级数*		3	8	10	6	8	10	10	13	13	3	4	5	5	6	6
18µm 切割点采样口			X					X	X							
分级切割点 (µm)	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X
	5.6		X	X	X	X	X	X	X	X						
	3.2		X	X	X	X	X	X	X	X						
	2.5	X									X	X	X	X	X	X
	1.8		X	X	X	X	X	X	X	X						
	1.4											X	X	X	X	X
	1.0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	0.8											X		X		
	0.56		X	X	X	X	X	X	X	X						
	0.4											X	X	X	X	X
	0.32		X	X		X	X	X	X	X						
	0.25											X	X	X	X	X
	0.18		X	X		X	X	X	X	X						
	0.1			X			X	X	X	X						
	0.056			X			X	X	X	X						
0.032								X	X							
0.018								X	X							
0.010								X	X							
分级板直径(mm)		47			37			47	47 & 90 <sup>†</sup>		75					
分级旋转		No						Yes <sup>†</sup>			No					
流速 (L/min)		30			2			30		10	100					
压降 (kPa)		1	11	41	1	10	40	40	90	90	0.6	4	5	5	5	5

\*某些型号中包含的 18 微米进样口，不计入总分级数。

\*\*Mini-MOUDI 撞击式采样器可通过在零件号（例如 135-6A）末端放置“A”来订购带有整流罩的进样口（适合个人采样），或通过零件号（例如 135-6B）末端放置“B”来订购带有“锥形”（外径 3/8 “直管”）的进样口。

†122R 和 125R 型有两个分级直径：每个撞击式采样器中的上 10 级为 47 mm（旋转），而下三级为 90 mm（不旋转）。

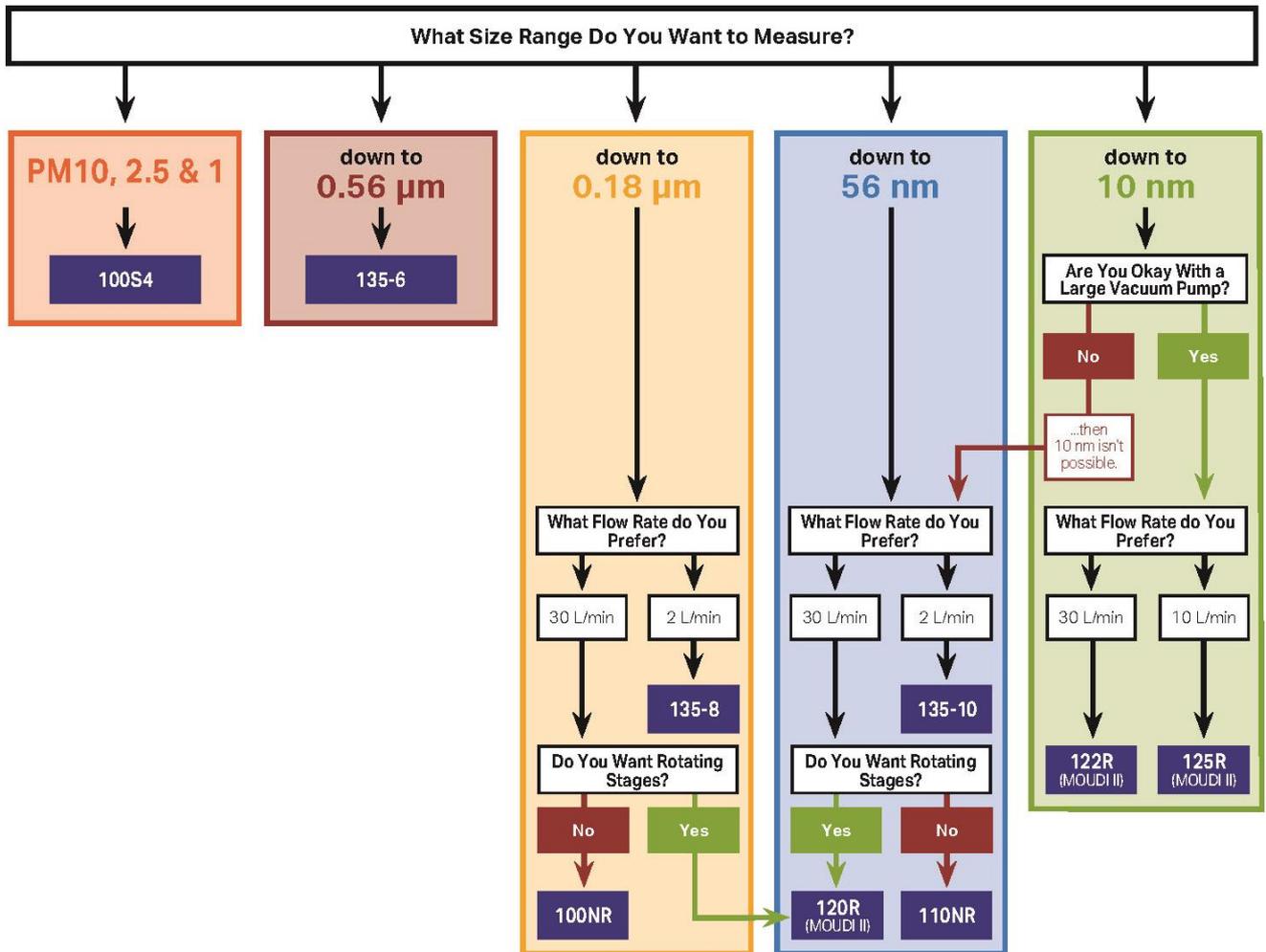


图 5：撞击式采样器选型流程图

## 我需要什么配件？

MOUDI™ 撞击式采样器的操作需要某些附件：泵和基板是强制性的，而在某些情况下，其它附件可能是可选的。表 2 列出了各种为 MOUDI™ 撞击式采样器设计的专用附件。

### 泵

泵是 MOUDI™ 撞击式采样器的关键配件，因为它们通过装置提供采样流。选择表 3 中规定的泵是因为它们既能适应撞击式采样器所需的流速，也能适应安装最终过滤器后撞击式采样器施加的压降。对一些研究人员来说，泵的容量和类型可能是一个重要的问题；如果是这种情况，选择撞击式采样器型号时应考虑这些因素。

表 3: 建议与 MOUDI™ 撞击式采样器一起使用的泵

型号	流速 (L/min)	泵			类别*
		110V	220-230V, EU	220V, UK	
100S4	30	0100-01-0079	不适用	不适用	碳叶片
100NR		0100-01-1050	0100-01-1051	0100-01-1052	
110NR					
135-6	2	0135-75-5007 (充电器)	0135-75-5008 (充电器)		
135-8					
135-10		0135-01-0100	0135-01-0101	0135-01-0102	
120R	30	0120-98-1051	0120-98-1050		
122R		0122-01-2011 (US, 230V)	0122-01-2016	不适用	油封
125R		0125-98-0100	0125-98-0101	不适用	
128	100	0130-01-1051	0130-01-1050	0130-01-1052	碳叶片
129					
130a					
130b					
131a					
131b					

\*对于最小切割点分级为56 nm或更大（见表1）的撞击式采样器，碳叶片泵是合适的。但是，分级小于56 nm的撞击式采样器需要使用油封真空泵，以达到这些较低分级所需的较低压力。

## 基板

基板是放置在撞击式采样器内的撞击分级上的可移动材料。它们用夹紧环固定在适当的位置，在撞击式采样器运行过程中，采样的颗粒沉积到基板表面。采样完成后，移除基底进行分析。铝箔等不透水材料可用作基材。也可以使用渗透性材料，如滤膜；然而，当滤膜用作基底时，空气无法流过它们。

用于分析样品的离线分析技术——重量分析法、化学分析法或两者兼而有之——有时可能会使某些基材比其它基材更理想。例如，铝箔基板可能会干扰采样气溶胶中金属的化学分析。在决定选择何种基材时，文献评论是一个很有价值的工具。表 4 列出了可用于各种型号撞击式采样器的基板。

## 基板掩罩

在基底上喷涂硅喷剂时需要使用基板掩罩；参见下面的“表面喷涂”。掩罩能够确保喷雾只沉积在基板表面应沉积的部分。所有撞击式采样器都配有基底掩罩。如果需要额外的遮罩，请使用表 4 中列出的零件号订购。

## 垫片

垫片就像垫圈，安装在撞击式采样器的各个分级之间。一般来说，垫片的用途是使用比普通基板更厚的基板（例如玻璃纤维滤膜），同时还保留了撞击式采样器分级的切割点。在某些情况下，由于其化学成分，可能首选较厚的基材；例如，铝箔基板可能会干扰采样气溶胶中金属的化学分析。表 4 提供了此类垫片的零件号，以允许使用厚度超过 0.1 mm 的基板。如果使用厚度小于 0.1 mm 的基板，则不需要垫片。

表 4: TSI® 公司所有型号撞击式采样器的附件

型号	模型基板*	基板掩罩	垫片†	备用套件
100S4	0100-47-AF	0100-98-1053	0100-01-5018	0100-98-1006
100NR				0100-98-1005
110NR				0110-98-1005
135-6	0135-01-0014	不适用	不适用	不适用
135-8				
135-10				
120R	0100-47-AF	0100-98-1053	0120-98-9006	0120-98-1036
122R**	0100-47-AF;	0100-98-1053;	0122-98-5026;	0122-98-1010;
125R**	0122-96-5222	0122-98-1020	0122-98-5023	0122-98-1011
128	0130-75-AF	0130-98-1010	不适用	不适用
129				
130a				
130b				
131a				
131b				

\*基板：上面列出的所有基板都是铝箔。TSI® 还提供直径为 37、47 和 90 mm 的玻璃纤维滤膜，以及直径为 47 mm 的石英纤维滤膜；联系 TSI® 订购。滤膜（例如 PTFE、聚碳酸酯、尼龙和 PVC）也可以与 MOUDI™ 撞击式采样器配套使用。

\*\*NanoMOUDI™ 122R 型撞击式采样器使用两种不同的分级直径：前 10 级为 47 毫米，而底部三级为 90 毫米。125R 型也有同样的设计。由于这种设计，表 4 中适用于 122R 和 125R 的行列出了每个单元内的多个零件号。在“基板”、“基板掩罩”和“备用组件”列中，分号（；）前后的零件号分别适用于 47 毫米和 90 毫米。在“垫片”列中，第一个零件号（-5026）是一个包含 47 mm 和 90 mm 级的垫片（分别为 12 和 3 个）的套件，而第二个零件号（-5023）是一个包含 90 mm 级的 10 个垫片的套件。

† 套件中包含较多垫片。一般订购 1 套套件就能够获得，足够使用较厚的基板操作 MOUDI™ 撞击式采样器所需要的垫片。

### 备用撞击式采样板组

配备第二套撞击式采样板可能会方便您的工作。您可以将一组新的基板带到当前正在采样的撞击式采样器上交替使用，并将受保护的样品带回进行分析。图 6 所示的备用套件可用于多个 MOUDI™ 撞击式采样器，如表 4 所列。

### 表面喷涂

这种硅喷雾剂用于基底，能够最大限度地减少颗粒反弹。所有购买的撞击式采样器都包括一罐喷雾。可使用 PN 0100-96-0559 购买额外的喷雾。

### 润滑脂

该润滑脂用于位于撞击器分级主体中的 O 型圈。所有 MOUDI™ 撞击式采样器中都包含润滑脂。可使用 PN 0100-96-0558 购买额外的润滑脂。



图 6：备用撞击式采样板组

## 参考文献

1. Chemical Analysis of MOUDI™ Impactor Samples (MOUDI-002) [US, A4](#).
2. Allen, A.G.; Nemitz, E; Shi, J.P.; Harrison, R. M.; Greenwood, J.C. Size distributions of trace metals in atmospheric aerosols in the United Kingdom. *Atmospheric Environment*, 2001, **Vol.35 (27)**, pp.4581-4591.
3. An, J.; Wang, H.; Shen, L.; Zhu, B.; Zou, J.; Gao, J.; Kang, H.. Characteristics of new particle formation events in Nanjing, China: Effect of water-soluble ions. *Atmospheric Environment*, May 2015, **Vol.108**, pp.32-40.
4. Artaxo, P., Fernandes, E.T., Martins, J. V., Yamasoe, M. A., Hobbs, P. V., Maenhaut, W., Longo, K. M., Castanho, A. Large-scale aerosol source apportionment in Amazonia. *J. Geophysical Research* 103, (1998), #D24, 31837 - 31847.
5. Biswas, S., Verma, V., Schauer, J. J., Sioutas, C. Chemical speciation of PM Emissions from Heavy-Duty diesel vehicles equipped with diesel particulate filter (DPF) and selective catalytic reduction (SCR) retrofits. *Atmos. Env.* (2009) **43**, no. **11**, p 1917 - 1925.
6. Cadle, S. H., Mulawa, P., Groblicki, P., Laroo, C., Ragazzi, R., A., Nelson, K., Gallagher, G., Zielinska, B. In-Use light-duty gasoline vehicle particulate matter emissions on three driving cycles. *Env. Sci. Tech* (2001), **35**, no. **1**, 26-32.
7. Cena, L. G.; Chisholm, W. P.; Keane, M. J.; Cumpston, A.; Chen, B. T. Size Distribution and Estimated Respiratory Deposition of Total Chromium, Hexavalent Chromium, Manganese, and Nickel in Gas Metal Arc Welding Fume Aerosols. *Aerosol Science and Technology*, 02 December 2014, **Vol.48(12)**, p.1254-1263.
8. Claeys, M.; Kourtchev, I.; Pashynska, V.; Vas, G.; Vermeylen, R.; Wang, W.; Cafmeyer, J.; Chi, X.; Artaxo, P.; Andreae, M.O.; Maenhaut, W. Polar organic marker compounds in atmospheric aerosols during the LBA-SMOCC 2002 biomass burning experiment in Rondônia, Brazil: sources and source processes, time series, diel variations and size distributions. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 2010, **10**, p.9319-9331.
9. Csavina, J.; Landazuri, A.; Wonaschuetz, A.; Rine, K.; Rheinheimer, P.; Barbaris, B.; Conant, W.; Saez, A.; Betterton, E.. Metal and Metalloid Contaminants in Atmospheric Aerosols from Mining Operations. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2011, **Vol.221(1)**, pp.145-157.
10. Díaz-Robles, L. A., Fu, J.S., Vergara-Fernández, A., Etcharren, P., Schiappacasse, L.N., Reed, G.D., Silva, M.P. Health Risks Caused by Short Term Exposure to Ultrafine Particles Generated by Residential Wood Combustion: A Case Study of Temuco, Chile. *Environment International* **66** (2014): 174–181.
11. Fang, G. C., L. Zhang, and C. S. Huang. Measurements of Size-Fractionated Concentration and Bulk Dry Deposition of Atmospheric Particulate Bound Mercury. *Atmospheric Environment* **61** (2012): 371–377.
12. Grose, M., Sakurai, H., Savstrom, J., Stolzenburg, M.R., Watts, W. F., Morgan, C. G., Murray, I. P., Twigg, M. P., Kittelson, D. B., McMurry, P. H. Chemical and Physical Properties of Ultrafine Diesel Exhaust Particles Sampled Downstream of a Catalytic Trap. *Environmental Science & Technology* **40**, no. **17** (2006): 5502–7.
13. Keshtkar, H., Ashbaugh, L. L. Size Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Particulate Emission Factors from Agricultural Burning. *Atmospheric Environment* **41**, no. **13** (2007): 2729–2739.
14. Kuhn, T., Biswas, S., Fine, P. M., Geller, M/. Sioutas, C. Physical and Chemical Characteristics and Volatility of PM in the Proximity of a Light-Duty Vehicle Freeway. *Aerosol Science and Technology*, 01 April 2005, **Vol.39(4)**, p.347-357.
15. Kuhn, T., Biswas, S., Sioutas, C. Diurnal and seasonal characteristics of particle volatility and chemical composition in the vicinity of a light-duty vehicle freeway. *Atmospheric Environment*, 2005, **Vol.39(37)**, pp.7154-7166.
16. Lai, C.-H., Chuang, K.-Y., Chang, J.-W. Characteristics of Nano-/Ultrafine Particle-Bound PAHs in Ambient Air at an International Airport. *Environmental Science and Pollution Research* **20**, no. **3** (2013): 1772–1780.
17. Lough, G. C., Schauer, J. J., Park, J.-S., Shafer, M. M., Deminter, J. T., Weinstein, J. P. Emissions of Metals Associated with Motor Vehicle Roadways. *Environmental Science & Technology* **39**, no. **3** (2005): 826–36.
18. Malm, W. C., Day, D. E., Carrico, C., Kreidenweis, S. M., Collett, J. L., McMeeking, G., Lee, T., Carrillo, J., Schichtel, B. Intercomparison and closure calculations using measurements of aerosol species and optical properties during the Yosemite Aerosol Characterization Study. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2005, **Vol.110**, D14302.
19. Sardar, S. B., Fine, P. M., Sioutas, C. Seasonal and spatial variability of the size-resolved chemical composition of particulate matter (PM 10) in the Los Angeles Basin. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2005, **Vol.110**, D07S08.



TSI Incorporated – Visit our website [www.tsi.com](http://www.tsi.com) for more information.

USA Tel: +1 800 680 1220  
UK Tel: +44 149 4 459200  
France Tel: +33 1 41 19 21 99  
Germany Tel: +49 241 523030

India Tel: +91 80 67877200  
China Tel: +86 10 8219 7688  
Singapore Tel: +65 6595 6388