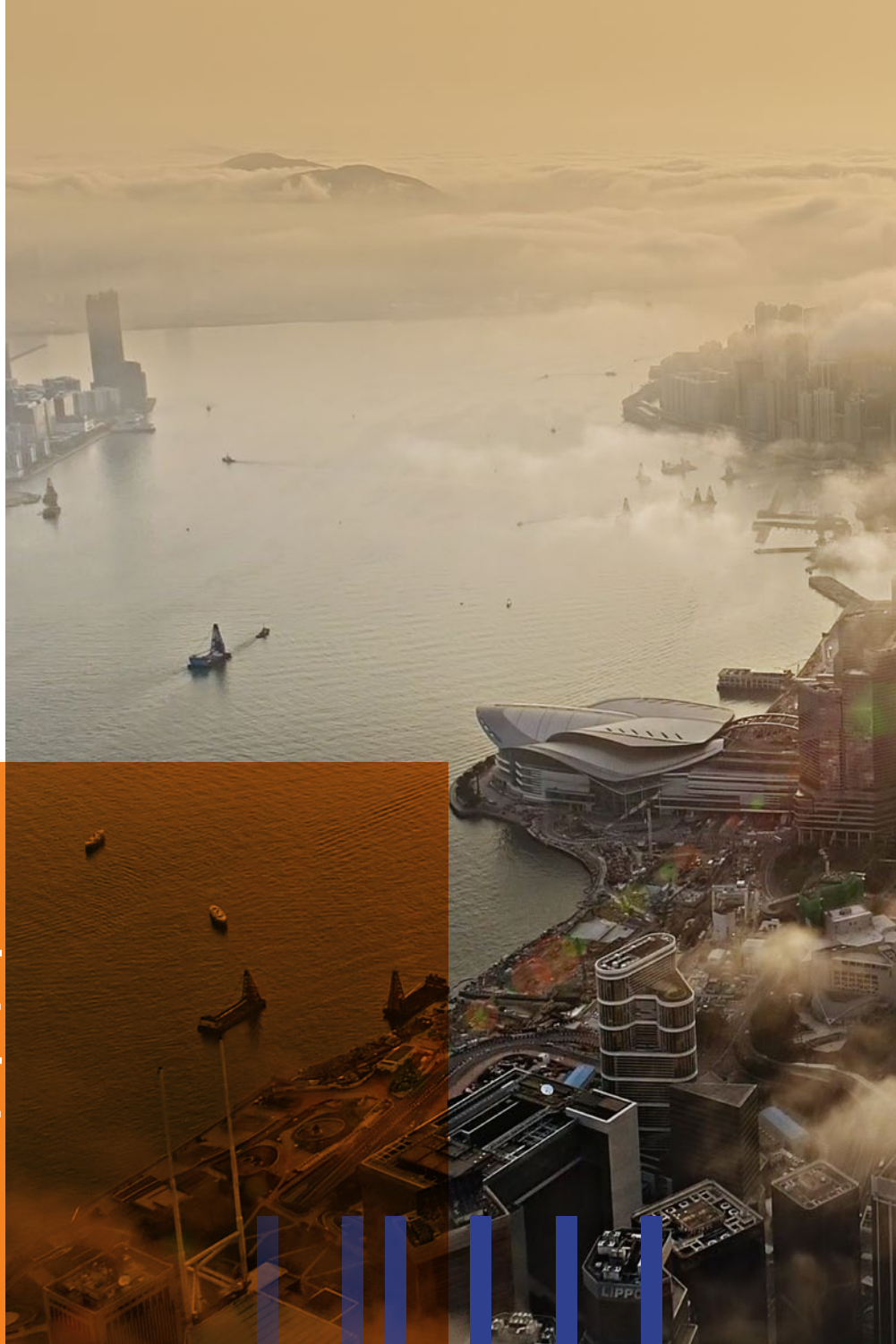




® Knowledge
Beyond
Measure.

如何测量 空气质量

了解颗粒物污染



质量、数量和粒径

粒子的三个维度

空气污染影响每个人。这是一个多方面的问题，有很多方法可以测量它。我们的白皮书“了解颗粒物污染：为何空气质量很重要？”描述了如何以及为何要监测空气质量的基本知识。



简要总结

- 基于质量的测量通常表示为每立方米空气中颗粒物的微克数。质量浓度通常表示为 PM10、PM2.5 或类似物，这意味着测量包括 10 微米（或 2.5 微米）及更小的颗粒物。
 - 基于数量的测量除了提供颗粒物的大小，同时也可以数出总的粒子数量。这些测量为我们提供了环境空气质量的宝贵衡量标准，因为它们可以描述特定污染源对特定位置的相对影响。
 - 粒径分布告诉我们在特定区域内粒子的粒径。这些数据使我们能够深入了解污染造成的健康危害，以及特定区域（即局部和/或逆风）的潜在污染源。
- 本文件描述了用于测量颗粒物空气污染的一些技术。

PM

PN

PSD

测量技术和实践

由于颗粒质量、数量和粒径是三种不同的特征，因此需要使用不同的技术来测量这些特征。因此，这些技术用于标准颗粒测量实践，甚至可能在国家标准中进行了规定。



PM

粒子质量

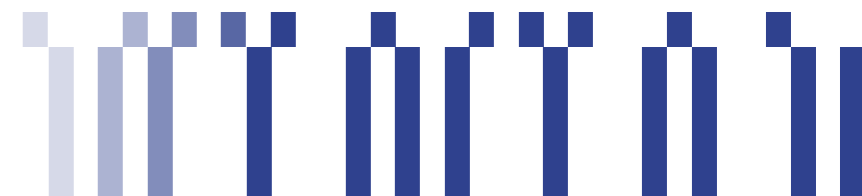
最简单的测量空气中颗粒物质量浓度的方法是使用泵将环境空气通过滤料过滤。测量的泵流量乘以总采样时间，即可获得采样的空气量。采样周期前后滤料的重量差提供了从空气中采样的颗粒质量。将采样的颗粒物质量除以采样的空气量得出颗粒物质量浓度。这种通用技术用于美国环保局建立的官方“参考方法”[1]，在美国和其它地方得到了广泛应用。

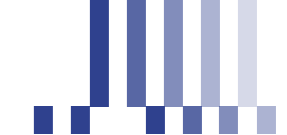
这种过滤方法通常会要求每天或每隔数天需要进行一次测量。这很方便，因为它仅需要处理相对较少的数据，但也需要一个工作实验室来测量滤料的重量。

随着技术的进步，也产生了其它一些能够测量质量浓度的技术。虽然上述过滤方法有其优点，但它不能深入了解采样期间质量浓度的波动。较新的技术能够提高采集数据的时间分辨率，在某些情况下还可以提高数据采集过程的自动化程度。这些更快的PM测量方法每小时可以提供多个数据点，一些技术已被观察到能够产生与上述参考方法相当的结果。当这种情况发生时，替代方法或技术被称为“等效方法”[2]。时间分辨数据可以提供更深入的信息，如将浓度波动与风向或当地短期颗粒物来源（如高峰交通）相关联。

一些参考方法（及其等效方法）仅提供质量浓度数据，不提供任何有关粒径的信息。撞击式分级采样器是一种测量工具，可以同时测量质量浓度和颗粒物粒径。在撞击式分级采样器中，颗粒并非仅在一个基底（滤料）上采样，而是根据其粒径分布在撞击式分级采样器内采样。有多种撞击式分级采样器可用。低分辨率撞击式采样器可能只有三个阶段，例如PM1、PM2.5和PM10。高分辨率撞击式采样器可以将10 nm到10 μm的颗粒分离成12个以上的样品。

质量测量方法的一个特点是定量测量炭黑（BC）材料的质量浓度。炭黑结果可以与排放源相关，因此对城市环境有意义。





PN

粒子数量

主要使用单粒子计数技术来确定约 1nm 至约 1 μ m 粒径范围内大气气溶胶的粒子数量浓度。这项技术利用冷凝过程使这些微小的、不可见的粒子对光学计数器可见。所谓的凝聚核粒子计数器 (CPCs) 的工作浓度从非常低到非常高，因此可用于重污染区域以及低粒子浓度的背景站。

CPCs 是全自动系统，在长期运行期间用户交互非常少。粒子数量浓度数据通常具有 1 秒或更快的分辨率，软件可用于将粒子数量浓度平均到其它时间间隔。CPCs 在单独操作时不提供粒径分辨率数据，但通常可用于粒径谱仪。

一项欧洲技术标准 [3] 描述了使用 CPCs 测定大气气溶胶的粒子数量浓度。ISO 27891:2015 中描述了这些粒子计数器的校准。

粒子采样

与任何科学事业一样，在进行测量之前如何处理样品会影响测量的准确性。这对于空气质量数据尤其重要，因为这些数据中有许多是向公众提供的。幸运的是，关于如何最好地对颗粒物进行采样的一些指南和标准已经制定或正在制定中。

暴露于气溶胶的第一部分是采样探头。采样探头通常是全向的（即在采样头周围 360 度对空气进行采样），要么允许所有颗粒物进入（TSP，总悬浮颗粒物），要么仅允许低于某一切割粒径的颗粒物（PM10、PM2.5 或 PM1）。第二部分是控制气溶胶温度和湿度的装置；CEN/TS 16976 中描述了一个示例。第三个可选部分是分流器，如果：A) 多个仪器连接到一个进样口，则可能需要分流器；B) 使用高于仪器流量的输送流量，以实现采样头的设计切割粒径，或 C) 使用稀释系统调整浓度水平。建议使用具有粒径相关颗粒物损失特征的进样口。

由于测量仪器通常位于容器或建筑物内，“采样”意味着成功地将颗粒从周围环境运输到测量仪器的进样口，同时对颗粒物施加尽可能小的变化。然后，使用粒子采样系统将环境气溶胶从外部传输到仪器，并将其调节到可再现甚至标准化的条件。

PSD

粒径分布

悬浮颗粒物的粒径范围很宽（约 1 nm 至约 10 μ m）。由于粒径范围很宽（粒径的系数为 10000），因此开发了各种技术来定量测量粒径。

粒径范围为 0.5 μ m 至 20 μ m 的颗粒物可通过其空气动力学特性在加速气流中分离。利用飞行时间和粒径之间相关性的一种技术是空气动力学粒径谱仪 (APS)，它提供较高的粒径和时间分辨率测量。与撞击式分级采样器不同，APS 不采集用于离线分析的粒子样本。前面描述的撞击式分级采样器基于空气动力学分离，但具有比 APS 提供的更少的粒径分辨率通道。

可以以较高时间和粒径分辨率测量超细颗粒，通常覆盖 1 nm 和 1 μ m 之间的粒径范围。这些超细颗粒物粒径谱仪基于电迁移率测量 (ISO 15900:2009 中描述的标准化方法)，并利用 CPCs 计算每个粒径通道中的颗粒数。

通常使用光学粒径谱仪 (OPS) 测量粒径范围在 0.3 μ m 到 10 μ m 之间的较大颗粒。在这些仪器中，粒子由激光束照明，散射的光量与粒子粒径相关。颗粒材料和形状会影响这种相关性。



下一步 测量空气质量的 仪器

如果您准备将重点从基础科学转向选择适合您的工具，
我们邀请您继续阅读我们的小册子：

TSI® 完整的解决方案。



了解更多，请访问
tsi.com/ambientair



参考资料

- 1) US EPA, Ambient Monitoring Technology Information Center (AMTIC), PM 2.5 - Federal Reference Method (FRM), <https://www3.epa.gov/ttnamti1/pmfrm.html>
- 2) Christopher A. Noble, Robert W. Vanderpool, Thomas M. Peters, Frank F. McElroy, David B. Gemmill & Russell W. Wiener (2001) Federal Reference and Equivalent Methods for Measuring Fine Particulate Matter, Aerosol Science & Technology, 34:5, 457-464
- 3) CEN/TS 16976:2016, Ambient air. Determination of the particle number concentration of atmospheric aerosol

BACnet 是 ASHRAE 的注册商标。

TSI 和 TSI Logo 是 TSI 公司在美国的注册商标并可能受到其它国家商标注册法律的保护。



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