

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 192.6—2018

工作场所空气中粉尘测定 第6部分：超细 颗粒和细颗粒总数量浓度

Determination of dust in the air of workplaces —

part 6: Total number concentration of ultrafine and fine particles

2018-07-16 发布

2019-07-01 实施

中华人民共和国国家卫生健康委员会 发布

前 言

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本标准。

GBZ/T 192《工作场所空气中粉尘测定》目前分为6个部分：

- 第1部分：总粉尘浓度；
- 第2部分：呼吸性粉尘浓度；
- 第3部分：粉尘分散度；
- 第4部分：游离二氧化硅含量；
- 第5部分：石棉纤维浓度；
- 第6部分：超细颗粒和细颗粒总数量浓度。

本部分为GBZ/T192的第6部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分主要起草单位：浙江省疾病预防控制中心、北京市劳动保护科学研究所、中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所、浙江省医学科学院、广东省职业病防治院。

本部分主要起草人：张美辨、唐仕川、张敏、邢鸣鸾、邹华、高向景、周莉芳、方兴林、谢红卫、赵海英、胡伟江、张幸、黄汉林、付朝晖、陈钧强、程继鹏、简乐、常兵。

工作场所空气中粉尘测定

第6部分：超细颗粒和细颗粒总数量浓度

1 范围

GBZ/T 192的本部分规定了工作场所空气中超细颗粒和细颗粒总数量浓度的测定方法和技术要求。本部分适用于工作场所空气中超细颗粒和细颗粒总数量浓度的测定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GBZ 159 工作场所空气中有害物质监测的采样规范

GBZ/T 192.2 工作场所空气中粉尘测定 第2部分：呼吸性粉尘浓度

JY/T 010 分析型扫描电子显微镜方法通则

ISO 27891 气溶胶颗粒数量计数仪校准

3 术语和定义

以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超细颗粒 ultrafine particles

纳米颗粒 nanoparticles

当量粒径小于100nm的颗粒。

3.2

细颗粒 fine particles

当量粒径小于2500nm，大于100nm的颗粒。

3.3

团聚 agglomerate

超细颗粒之间较弱结合，团聚颗粒外部表面积与每个颗粒表面积的总和相似。

3.4

聚集 aggregate

超细颗粒之间很强结合，聚集颗粒外部表面明显小于每个颗粒表面的总和。

3.5

纳米材料 nanomaterial

在三维空间中至少有一维处于纳米尺度范围(1nm~100nm)或由它们作为基本单元构成的材料，纳米材料与相同化学组成的大尺寸物质比较，具有特殊的理化特性。

3.6

冷凝颗粒计数器 condensation particle counter; CPC

一种可计数测定小粒径气溶胶颗粒的仪器。工作原理为饱和蒸汽冷凝在超细颗粒上，使颗粒液滴粒径生长到可光学检测的尺寸。

3.7

颗粒数量浓度 particle number concentration

单位体积空气中超细或细颗粒的个数，单位常以颗粒每立方厘米 (P/cm^3) 表示。总数量浓度指超细颗粒和细颗粒数量浓度总和。

3.8

浓度比值 concentration ratio; CR

测量地点或劳动者接触的颗粒总数量浓度与背景颗粒总数量浓度的比值，可反映颗粒产生源排放超细颗粒的程度。

3.9

检测效率 detection efficiency

CPC测量值与真实值的比值，作为CPC校准因子。

4 仪器

测量仪器为CPC，测量颗粒总数量浓度 (P/cm^3)。最低配置要求：粒径检测范围20 nm~3000nm，数量浓度检测范围1 P/cm^3 ~100000 P/cm^3 ，气溶胶进口流量0.1L/min~5L/min。冷凝物为分析纯级别以上的异丙醇、正丁醇等醇类或者纯净水。CPC操作环境温度0℃~40℃，对环境湿度要求不高。

5 方法

5.1 测量仪器的准备

- 5.1.1 测量仪器选择：评估个体暴露优先选择个体CPC，评估工作场所暴露可选择便携式CPC。
- 5.1.2 每次使用前，清理CPC气溶胶进气口过滤装置，防止大颗粒或纤维的污染。
- 5.1.3 每次使用前，采用流量计对CPC气溶胶进气口流量进行校正，误差在5%以内。
- 5.1.4 每次使用前，在工作场所外等较清洁环境使用自带的调零滤膜装置对CPC进行调零。
- 5.1.5 每次使用前，更换冷凝物灯芯。每持续测量4h，应更换一次冷凝物灯芯。
- 5.1.6 设置测量模式。采用记录模式设定持续测量时间和数据记录间隔时间（例如，1min自动记录一次数值），测量工作完成后数据可直接打印或下载至电脑进行进一步分析。数据显示模式（直读）可用于现场调查中的浓度筛检，帮助识别颗粒产生源和混杂颗粒排放源。

5.2 颗粒产生源识别

采用信息收集、现场调查或浓度筛检等方法来识别颗粒产生源，具体方法见附录A。

5.3 颗粒属性分析

联合应用现场调查法和电镜扫描法来确定待测颗粒名称和属性，具体方法见附录B。

5.4 背景颗粒总数量浓度测量

5.4.1 测量地点

5.4.1.1 工作场所内背景颗粒：测量地点选择在颗粒排放源相同工作场所内远离作业区并且人员活动较少的区域。需预测背景浓度，排除待测区域中混杂颗粒排放源的影响。如果无法排除混杂颗粒的影响，或者作业活动 24h 无间断，则选择工作场所外大气背景颗粒。

5.4.1.2 工作场所外大气背景颗粒：如果工作场所采取机械通风，条件允许情况下，测量地点可设在进风口 1m 处；如果作业场所采取自然通风，测量地点选择工作场所上风向窗口外 1m 处。

5.4.2 测量时间

同一天测量工作场所外大气背景颗粒和工作场所内背景颗粒，宜连续测量半个小时以上，至少 30 个以上自动记录数据。测量工作场所内背景颗粒时，应在作业活动之前测量。

5.5 作业活动颗粒总数量浓度测量

5.5.1 测量地点的选择原则

采样点的设置和采样对象的选择按照 GBZ 159 执行。定点采样使用便携式 CPC，采样器固定放置于工人工作的地点，采样头应放置于在采样对象呼吸带高度。个体采样使用个体 CPC，采样头佩带在采样对象的胸前，使其进气口处于呼吸带。

5.5.2 测量时间

测量活动应基于作业时间和作业活动的变化。测量时间至少覆盖一个完整的作业活动，以长时间测量为主（不少于 1h），至少 60 个自动记录数据以上。如果作业活动时间小于 15min，则采取短时间测量，不少于 15min，至少 15 个自动记录数据以上。

5.5.3 颗粒总数量浓度计算和分析

如果颗粒总数量浓度数据符合正态分布或浓度平稳，计算颗粒浓度的算术平均值；如果数据为偏态分布或波动较大，计算中位数或计算几何均数。

可从以下几个方面分析颗粒总数量浓度：

- 在没有相应职业接触限值可比较的情况下，计算 CR，CR 大于 1，提示有颗粒释放；
- 与背景值进行统计学比较，统计学差异显著，提示有颗粒释放；
- 制作基于作业活动的时间数量浓度变化图，分析颗粒总数量浓度的时间和空间分布，动态观察作业活动与颗粒总数量浓度关系；
- 不同工作地点或工种超细颗粒接触水平的比较。

6 测量记录

记录测量前 CPC 质量控制记录，同时记录气象条件（温度、气压和相对湿度）、待测颗粒名称、仪器设备型号和设置参数、工程控制措施及个人防护、测量日期、测量起始时间、测量地点、产生待测颗粒和混杂颗粒的时间活动情况、测量浓度、校准后浓度等，并绘制现场检测布点图。测量记录表见附录 C。

7 说明

7.1 测定结果用于超细颗粒关键岗位识别、半定量接触评估、工程控制措施有效性评价以及设备泄漏评估。

7.2 本方法检测限为 $10\text{P}/\text{cm}^3$ 。

7.3 由于超细颗粒实时测量的特殊性，CPC 需定期送至具备校准能力的专业实验室进行校准，颗粒总数量浓度检测效率等校准指标应符合 ISO 27891 要求，并应用相应粒径和颗粒总数量浓度条件下的检测效率对 CPC 实际测量值进行校准。

7.4 在实际测量实践中应注意测量值低估或高估现象。工作场所气溶胶颗粒的总数量浓度和粒径对 CPC 测量值影响较大。在颗粒总数量浓度接近 CPC 检测限以下时（ $1\text{P}/\text{cm}^3 \sim 10\text{P}/\text{cm}^3$ ），存在高估现象（一般偏差 $< 10\text{P}/\text{cm}^3$ ）。在总数量浓度接近 CPC 较高检测限（例如 $100000\text{P}/\text{cm}^3$ ），存在低估现象，

检测效率一般在 0.9~1 之间。待测颗粒直径在 10nm 以下，CPC 检测效率一般在 0.8 以下，存在低估现象。

7.5 工作场所生产状态不稳定或颗粒总数量浓度波动较大时，应连续检测 3d；宜在不同的季节连续检测 3d，以更好了解工作场所超细颗粒和细颗粒的总数量浓度变化。

7.6 CPC 的工作流程一般为：气溶胶中超细颗粒或细颗粒被抽入 CPC 进气口，与加热装置所产生的饱和醇类蒸气或饱和水蒸气混合，在冷凝装置作用下，蒸气被冷凝在颗粒表面，变成颗粒液滴，颗粒粒径增大，随后进入光学检测系统进行总数量浓度检测，最后由 CPC 气溶胶出气口排出。

7.7 超细颗粒通过成核和蒸发/冷凝作用形成，工作场所超细颗粒常见产生源参见附录 D。

7.8 超细颗粒通过团聚或聚集作用形成细颗粒或粒径更大的颗粒。超细颗粒从颗粒产生源产生后，由于易团聚或聚集特性，在短时间内易形成粒径分布相对稳定的气溶胶，长时间测量有助于反映超细颗粒团聚或聚集后粒径分布相对稳定的气溶胶状态。

附录 A (规范性附录)

颗粒产生源识别方法

A.1 识别颗粒产生源识别方法

A.1.1 信息收集

了解工艺流程、原料、辅料、产品、副产品、中间品等工作任务。如果待测颗粒为纳米材料及其细颗粒产品时，还应收集材料安全数据表（MSDS），了解其理化特性、粒径、形态、可溶性和表面活性等。

A.1.2 现场调查

对生产区域和工序进行现场调查。生产纳米材料或产生超细颗粒的工艺流程，纳米原材料、副产品、中间品等的使用量和产量。还需调查每个工序的操作频率和时间、处理和储存纳米材料的生产设备类型，调查机械通风或局部通风情况。重点关注以下关键环节：纳米材料生产、处理或固体颗粒使用，对含有纳米材料物质的研磨加工，包装和采样测试，生产设备的清理、维护及检修。

A.1.3 浓度筛检

在潜在颗粒产生源处，应用 CPC 直读模式读取瞬间颗粒总数量浓度，如果颗粒总数量浓度明显高于背景颗粒总数量浓度，在排除混杂颗粒排放源（待测颗粒以外的混杂颗粒）影响后，找到待测颗粒产生源。避免在超出 CPC 数量浓度最高检测限的环境条件下检测。

附录 B (规范性附录)

颗粒属性分析方法

B.1 确定待测颗粒名称和属性

B.1.1 现场调查法

通过信息收集和现场调查手段了解待测颗粒名称和理化属性。

B.1.2 电镜扫描法

可选择石英纤维滤膜、乙酸硝酸混合纤维滤膜、聚丙烯纤维滤膜或其他测尘滤膜，采用呼吸性粉尘采样器或气溶胶碰撞采样器进行颗粒采样，颗粒样品采集方法按照 GBZ/T 192.2 执行。颗粒样品送至实验室进行扫描电镜定性分析，样品的准备和分析操作规程按照 JY/T 010 执行，分析指标为颗粒化学元素组成和颗粒形态学（包括粒径分布和形态），根据实验室提供的分析报告确定待测颗粒名称和化学属性。

附 录 C
(规范性附录)

GBZ/T 192.6—2018

工作场所超细颗粒和细颗粒测量记录表

工作场所超细颗粒和细颗粒测量记录应使用表C.1 和表C.2。

表C.1 工作场所超细颗粒和细颗粒测量记录表-1

| | | | | | |
|---|-------------------|-----------------------------|----------------|------------|-----|
| 检测任务编号: | | | 第 页/ 共 页 | | |
| 用人单位 | | 测量依据 | | | |
| 待测颗粒名称 | | 仪器名称/型号/编号 | | | |
| 检测粒径范围/nm | | 检测浓度范围/(P/cm ³) | | 大气压/Pa | |
| 流量校准器型号/编号 | | 温度/°C | | 相对湿度 | %RH |
| 测量前 CPC 质量控制记录 | | | | | |
| 校准日期 | 气溶胶进气口流量值/(L/min) | 校准值 /(L/min) | CPC 是否符合现场检测要求 | 校准人 | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 是否已清理气溶胶进气口大颗粒过滤装置 (是 否) 是否已更换醇类冷凝物灯芯 (是 否) 是否已调零 (是 否) | | | | | |
| 测定人: | | 复核人: | | 陪同人: 年 月 日 | |

表 C.2 工作场所超细颗粒和细颗粒测量记录表-2

| 检测任务编号： | | 第 页/共 页 | | | | | | | |
|----------------|------------|--------------|-------------|---------------|---------------------|------------------|------------------|-------------|-----|
| 测量编号 | 测量起始 时间 | 测量地点 或劳动者 | 测量模式 | | 工程控制措 施及个人防 护 | 产生待测颗粒时间 活动描述 | 产生混杂颗粒时间 活动描述 | 测量结果 | |
| | | | 持续测量时间 h | 记录间隔时间 min | | | | 平均值 或中位数 | 校准后 |
| | : | | | | | | | | |
| | : | | | | | | | | |
| | : | | | | | | | | |
| 校准因子（或检测效率）见 页 | | | | | | | | | |
| 测定人： | | 复核人： | | | 陪同人： | | 年 月 日 | | |

附 录 D
(资料性附录)

工作场所超细颗粒常见产生源

工作场所超细颗粒常见产生源见表 D.1。

表 D.1 工作场所超细颗粒常见产生源列表

| 产生途径 | 产生源 |
|--------|-------------------|
| 加热 | 金属冶炼 (例如铝熔炼、钢铁熔炼) |
| | 镀锌 |
| | 电焊 |
| | 高热金属切削 |
| | 激光金属切削 |
| | 热喷涂 |
| | 烹饪 |
| 燃烧 | 热蜡应用 |
| | 柴油发动机 |
| | 汽油发动机 |
| | 气体燃烧发动机 |
| | 焚烧 |
| 机械加工 | 燃气供暖 |
| | 高速金属研磨和加工 |
| 纳米材料制造 | 高速钻孔 |
| | 纳米材料生产 (纳米颗粒粉末) |
| | 纳米颗粒粉末的处理和使用 |
| | 纳米颗粒悬浮液或液体的喷雾 |