

作业场所空气中粉尘测定方法

Methods for airborne dust measurement in workplace

为了评价作业场所空气中粉尘的危害程度，加强防尘措施的科学管理，保护职工的安全和健康，促进生产发展，特制订本标准。

本标准适用于测定作业场所空气中的粉尘浓度、粉尘中游离二氧化硅含量和粉尘分散度。

1 术语

1.1 作业场所

工人在生产过程中经常或定时停留的地点。

1.2 粉尘

悬浮于作业场所空气中的固体微粒。

1.3 粉尘浓度

单位体积空气中所含粉尘的质量 (mg/m^3) 或数量 ($\text{粒}/\text{cm}^3$)。本方法采用质量浓度。

1.4 游离二氧化硅

指结晶型的二氧化硅。

1.5 粉尘分散度

各粒径区间的粉尘数量或质量分布的百分比。本方法采用数量分布百分比。

1.6 测尘点

受粉尘污染的作业场所中必须进行监测的地点。

2 测尘点的选择原则

2.1 测尘点应设在有代表性的工人接尘地点。

2.2 测尘位置，应选择在接受尘人员经常活动的范围内，且粉尘分布较均匀处的呼吸带。有风流影响时，一般应选择在作业地点的下风侧或回风侧。

移动式产尘点的采样位置，应位于生产活动中有代表性的地点，或将采样器架设于移动设备上。

3 粉尘浓度的测定方法

3.1 原理 抽取一定体积的含尘空气，将粉尘阻留在已知质量的滤膜上，由采样后滤膜的增量，求出单位体积空气中粉尘的质量 (mg/m^3)。

3.2 器材

3.2.1 采样器 采用经过产品检验合格的粉尘采样器，在需要防爆的作业场所采样时，用防爆型粉尘采样器，采样头的气密性应符合附录A的要求。

3.2.2 滤膜 采用过氯乙烯纤维滤膜。当粉尘浓度低于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 时，用直径为 40mm 的滤膜，高于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 时，用直径为 75mm 的滤膜。当过氯乙烯纤维滤膜不适用时，改用玻璃纤维滤膜。

3.2.3 气体流量计 常用 $15\sim 40\text{l}/\text{min}$ 的转子流量计，也可用涡轮式气体流量计；需要加大流量时，可提高到 $80\text{l}/\text{min}$ 的上述流量计，流量计至少每半年用钟罩式气体计量器、皂膜流量计或精度为 $\pm 1\%$

的转子流量计校正一次。若流量计有明显污染时，应及时清洗校正。

3.2.4 天平 用感量不低于0.0001g的分析天平。按计量部门规定，每年检定一次。

3.2.5 秒表或相当于秒表的计时器。

3.2.6 干燥器 内盛变色硅胶。

3.3 测定程序

3.3.1 滤膜的准备 用镊子取下滤膜两面的夹衬纸，置于天平上称量，记录初始质量，然后将滤膜装入滤膜夹，确认滤膜无褶皱或裂隙后，放入带编号的样品盒里备用。

3.3.2 采样器的架设 取出准备好的滤膜夹，装入采样头中拧紧，采样时，滤膜的受尘面应迎向含尘气流。当迎向含尘气流无法避免飞溅的泥浆、砂粒对样品的污染时，受尘面可以侧向。

3.3.3 采样开始的时间 连续性产生尘作业点，应在作业开始30min后。阵发性产生尘作业点，应在工人工作时采样。

3.3.4 采样的流量 常用流量为15~40l/min。浓度较低时，可适当加大流量，但不得超过80l/min。在整个采样过程中，流量应稳定。

3.3.5 采样的持续时间 根据测尘点的粉尘浓度估计值及滤膜上所需粉尘增量的最低值确定采样的持续时间，但一般不得小于10min（当粉尘浓度高于10mg/m³时，采气量不得小于0.2m³；低于2mg/m³时，采气量为0.5~1m³）。采样持续时间一般按式（1）估算：

$$t \geq \frac{\Delta m \times 1000}{C' Q} \dots\dots\dots (1)$$

式中：t —— 采样持续时间，min；

Δm —— 要求的粉尘增量，其质量应大于或等于1mg；

C' —— 作业场所的估计粉尘浓度，mg/m³；

Q —— 采样时的流量，l/min。

3.3.6 采集在滤膜上的粉尘的增量 直径为40mm滤膜上的粉尘的增量，不应少于1mg，但不得多于10mg；直径为75mm的滤膜，应做成锥形漏斗进行采样，其粉尘增量不受此限。

3.3.7 采样后样品的处理 采样结束后，将滤膜从滤膜夹上取下，一般情况下，不需干燥处理，可直接放在3.2.4规定的天平上称量，记录质量。如果采样时现场的相对湿度在90%以上或有水雾存在时，应将滤膜放在干燥器内干燥2h后称量，并记录测定结果。称量后再放入干燥器中干燥30min，再次称量。当相邻两次的质量差不超过0.1mg时，取其最小值。

3.4 粉尘浓度按式（2）计算：

$$C = \frac{m_2 - m_1}{Qt} \times 1000 \dots\dots\dots (2)$$

式中：C —— 粉尘浓度，mg/m³；

m_1 —— 采样前的滤膜质量，mg；

m_2 —— 采样后的滤膜质量，mg；

t —— 采样时间，min；

Q —— 采样流量，l/min。

3.5 本方法为基本方法。如果使用其他仪器或方法测定粉尘质量浓度时，必须以本方法为基准。

4 粉尘中游离二氧化硅含量的测定方法

4.1 原理

硅酸盐溶于加热的焦磷酸，而石英几乎不溶，以质量法测定粉尘中游离二氧化硅的含量。

4.2 器材

4.2.1 锥形烧瓶（50ml）。

4.2.2 量筒（25ml）。

- 4.2.3 烧杯 (200~400ml)。
- 4.2.4 玻璃漏斗和漏斗架。
- 4.2.5 温度计 (0~360℃)。
- 4.2.6 电炉 (可调)。
- 4.2.7 高温电炉 (附温度控制器)。
- 4.2.8 瓷坩埚或铂坩埚 (25ml, 带盖)。
- 4.2.9 坩埚钳或铂尖坩埚钳。
- 4.2.10 干燥器 (内盛变色硅胶)。
- 4.2.11 分析天平 (感量为0.0001g)。
- 4.2.12 玛瑙研钵。
- 4.2.13 定量滤纸 (慢速)。
- 4.2.14 pH试纸。

4.3 试剂

- 4.3.1 焦磷酸 (将85%的磷酸加热到沸腾, 至250℃不冒泡为止, 放冷, 贮存于试剂瓶中)。
- 4.3.2 氢氟酸。
- 4.3.3 结晶硝酸铵。
- 4.3.4 盐酸。

以上试剂均为化学纯。

4.4 采样

采集工人经常工作地点呼吸带附近的悬浮粉尘。按滤膜直径为75mm的采样方法以最大流量采集0.2g左右的粉尘, 或用其他合适的采样方法进行采样; 当受采样条件限制时, 可在其呼吸带高度采集沉降尘。

4.5 分析步骤

4.5.1 将采集的粉尘样品放在 105 ± 3 ℃烘箱中烘干2h, 稍冷, 贮于干燥器中备用。如粉尘粒子较大, 需用玛瑙研钵研细到手捻有滑感为止。

4.5.2 准确称取0.1~0.2g粉尘样品于50ml的锥形烧瓶中。

4.5.3 样品中若含有煤、其他碳素及有机物的粉尘时, 应放在瓷坩埚中, 在800~900℃下灼烧30min以上, 使炭及有机物完全灰化, 冷却后将残渣用焦磷酸洗入锥形烧瓶中; 若含有硫化矿物(如黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿等), 应加数毫克结晶硝酸铵于锥形烧瓶中。

4.5.4 用量筒取15ml焦磷酸, 倒入锥形烧瓶中, 摇动, 使样品全部湿润。

4.5.5 将锥形烧瓶置于可调电炉上, 迅速加热到245~250℃, 保持15min, 并用带有温度计的玻璃棒不断搅拌。

4.5.6 取下锥形烧瓶, 在室温下冷却到100~150℃, 再将锥形烧瓶放入冷水中冷却到40~50℃, 在冷却过程中, 加50~80℃的蒸馏水稀释到40~45ml, 稀释时一面加水, 一面用力搅拌混匀。

4.5.7 将锥形烧瓶内容物小心移入烧杯中, 再用热蒸馏水冲洗温度计、玻璃棒及锥形烧瓶。把洗液并倒入烧杯中, 并加蒸馏水稀释至150~200ml, 用玻璃棒搅匀。

4.5.8 将烧杯放在电炉上煮沸内容物, 趁热用无灰滤纸过滤(滤液中有尘粒时, 须加纸浆), 滤液勿倒太满, 一般约在滤纸的三分之二处。

4.5.9 过滤后, 用0.1N盐酸洗涤烧杯移入漏斗中, 并将滤纸上的残渣冲洗3~5次, 再用热蒸馏水洗至无酸性反应为止(可用pH试纸检验), 如用铂坩埚时, 要洗至无磷酸根反应后再洗三次(检验方法见4.8)。上述过程, 应在当天完成。

4.5.10 将带有残渣的滤纸折叠数次, 放于恒量的瓷坩埚中, 在80℃的烘箱中烘干, 再放在电炉上低温炭化, 炭化时要加盖并稍留一小缝隙, 然后放入高温电炉(800~900℃)中灼烧30min, 取出瓷坩埚, 在室温下稍冷后, 再放入干燥器中冷却1h, 称至恒量并记录。

4.6 粉尘中游离二氧化硅含量按式(3)计算:

$$\text{SiO}_2(\text{F}) = \frac{m_2 - m_1}{G} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

式中: $\text{SiO}_2(\text{F})$ ——游离二氧化硅含量, %;

m_1 ——坩埚质量, g;

m_2 ——坩埚加沉渣质量, g;

G ——粉尘样品质量, g。

4.7 粉尘中含有难溶物质的处理

4.7.1 当粉尘样品中含有难以被焦磷酸溶解的物质时(如碳化硅、绿柱石、电气石、黄玉等), 则需用氢氟酸在铂坩埚中处理。

4.7.2 向铂坩埚内加入数滴1:1硫酸, 使沉渣全部润湿。然后再加40%的氢氟酸5~10ml(在通风柜内), 稍加热, 使沉渣中游离二氧化硅溶解, 继续加热蒸发至不冒白烟为止(防止沸腾)。再于900℃温度下灼烧, 称至恒量。

4.7.3 处理难溶物质后游离二氧化硅含量按式(4)计算:

$$\text{SiO}_2(\text{F}) = \frac{m_2 - m_3}{G} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

式中: m_3 ——经氢氟酸处理后坩埚加沉渣质量, g;

其他符号表示的含义同式(3)。

4.8 磷酸根(PO_4^{3-})的检验方法

4.8.1 原理

磷酸和钼酸铵在pH4.1时, 用抗坏血酸还原生成蓝色。

4.8.2 试液的配制

4.8.2.1 乙酸盐缓冲液(pH4.1) 取0.025N乙酸钠溶液, 0.1N乙酸溶液等体积混合。

4.8.2.2 1%抗坏血酸溶液(保存于冰箱中)。

4.8.2.3 钼酸铵溶液 取2.5g钼酸铵溶于100ml的0.05N硫酸中(临用时配制)。

4.8.3 检验方法

4.8.3.1 测定时分别将4.8.2.2和4.8.2.3两溶液用4.8.2.1液各稀释10倍。

4.8.3.2 取1ml滤液加上述溶液各4.5ml混匀, 放置20min, 如有磷酸根离子则显蓝色。

4.9 本法为基本方法。采用其他方法时, 必须以本方法为基准。

5 粉尘分散度的测定方法

5.1 滤膜溶解涂片法

5.1.1 原理

采样后的滤膜溶解于有机溶剂中, 形成粉尘粒子的混悬液, 制成标本, 在显微镜下测定。

5.1.2 试剂和器材

5.1.2.1 乙酸丁酯(化学纯)。

5.1.2.2 瓷坩埚(25ml)或小烧杯(25ml)。

5.1.2.3 玻璃棒。

5.1.2.4 玻璃滴管或吸管。

5.1.2.5 载物玻片(75×25×1mm)。

5.1.2.6 显微镜。

5.1.2.7 目镜测微尺。

5.1.2.8 物镜测微尺。

以上器材在使用前必须擦洗干净, 避免粉尘污染。

5.1.3 操作步骤

5.1.3.1 将采有粉尘的滤膜放在瓷坩埚或小烧杯中,用吸管加入1~2 ml乙酸丁酯,再用玻璃棒充分搅拌,制成均匀的粉尘混悬液,立即用滴管吸取一滴,滴于载物玻片上,用另一载物玻片成45°角推片,贴上标签、编号、注明采样地点及日期。

5.1.3.2 镜检时如发现涂片上粉尘密集而影响测定时,可再加适量乙酸丁酯稀释,重新制备标本。

5.1.3.3 制好的标本应保存在玻璃皿中,避免外界粉尘的污染。

5.1.3.4 在400~600倍的放大倍率下,用物镜测微尺校正目镜测微尺每一刻度的间距,即将物镜测微尺放在显微镜载物台上,目镜测微尺放在目镜内。在低倍镜下(物镜4×或10×),找到物镜测微尺的刻度线,将其刻度移到视野中央,然后换成测定时所需倍率,在视野中心,使物镜测微尺的任一刻度与目镜测微尺的任一刻度相重合。然后找出两尺再次重合的刻度线,分别数出两种测微尺重合部分的刻度数,计算出目镜测微尺一个刻度的间距。

5.1.3.5 分散度的测定

取下物镜测微尺,将粉尘标本放在载物台上,先用低倍镜找到粉尘粒子,然后用400~600倍观察。用目镜测微尺无选择地依次测定粉尘粒子的大小,遇长径量长径,遇短径量短径。至少测量200个尘粒,按下表记录,算出百分数。

粉尘数量分散度测量记录表

粒 径, μm	< 2	2 -	5 -	>10
尘粒数, 个				
百分数, %				

5.1.3.6 对可溶于有机溶剂中的粉尘和纤维状粉尘本法不适用。此时采用自然沉降法。

5.2 自然沉降法

5.2.1 原理

将含尘空气采集在沉降器内,使尘粒自然沉降在盖玻片上,在显微镜下测定。

5.2.2 器材

5.2.2.1 格林沉降器。

5.2.2.2 盖玻片(18×18mm)。

5.2.2.3 载物玻片(75×25×1mm)。

5.2.2.4 显微镜。

5.2.2.5 目镜测微尺。

5.2.2.6 物镜测微尺。

5.2.3 操作步骤

5.2.3.1 将盖玻片用铬酸洗液浸泡,用水冲洗后,再用95%乙醇擦洗干净。然后放在沉降器的凹槽内,推动滑板至与底座平齐,盖上圆筒盖以备采样。

5.2.3.2 采样时将滑板向凹槽方向推动,直至圆筒位于底座之外,取下筒盖,上下移动数次,使含尘空气进入圆筒内,盖上圆筒盖,推动滑板至与底座平齐。然后将沉降器水平静置3h,使尘粒自然降落在盖玻片上。

5.2.3.3 将滑板推出底座外,取出盖玻片贴在载物玻片上,编号,注明采样日期及地点。然后在显微镜下测量。

5.2.3.4 粉尘分散度的测量及计算与5.1.3.5同。

附 录 A
测尘器材的主要技术指标
(补充件)

A.1 滤膜 滤膜的阻留率,当用直径 $0.3\mu\text{m}$ 的油雾进行检测时,应不小于99%;滤膜的阻力,当用 $20\text{l}/\text{min}$ 的流量采样,过滤面积为 8cm^2 时,应不大于 1000Pa ;滤膜质量的稳定性,因大气中湿度变化而造成滤膜的质量变化,应不大于0.1%。

A.2 采样头的气密性 将滤膜夹上装有塑料薄膜的采样头放于盛水的烧杯中,向采样头内送气加压,当压差达到 1000Pa 时,水中应无气泡产生。

A.3 流量计 流量计精度为 $\pm 2.5\%$ 。

A.4 抽气机应能连续运转 100min 以上,采样流量(带滤膜)应大于 $15\text{l}/\text{min}$,负压应大于 1500Pa 。

附录 B
工厂测尘点和采样位置的确定
(参考件)

B.1 测尘点

B.1.1 一个厂房内有多台同类设备生产时,三台以下者选一个测尘点,四台至十台者选两个测尘点,十台以上者,至少选三个测尘点;同类设备处理不同物料时,按物料种类分别设测尘点;单台产尘设备设一个测尘点。

B.1.2 移动式产尘设备按经常移动范围的长度设测尘点。20m以下者设一个,20m以上者在装卸处各设一个。

B.1.3 在集中控制室内,至少设一个测尘点,但操作岗位也不得少于一个测尘点。

B.1.4 皮带长度在10m以下者设一个测尘点;10m以上者在皮带头、尾部各设一个测尘点。高式皮带运输转运站的机头、机尾各设一个测尘点;低式转运站设一个测尘点。

B.2 采样位置

采样位置选择在接近操作岗位(一般为1.5m左右)或产尘点的呼吸带。

附录 C

地下矿山隧道工程测尘点和采样位置的确定

(参考件)

C.1 测尘点

C.1.1 掘进长度在10m以上的工作面、刷帮、拉底、挑顶和掘进硐室连续作业五个班以上的工作面，按工作面各设一个测尘点。

一班多循环的工作面，只按一个凿岩测尘点计算。

C.1.2 硐室型采场按作业类别设测尘点。巷道型采场按作业的巷道数设测尘点，切割工程量在50m³以上的采准工作面设一个测尘点，开凿漏斗时以一个矿块作为一个测尘点。

C.1.3 漏斗放矿按采场设测尘点，但在同一风流中相邻的几个采场同时放矿时，只设一个测尘点，巷道型采场出矿按巷道数设测尘点。

使用皮带转载机运输时，每一皮带转载机、装车站、翻车笼等各设一个测尘点。

溜井的倒矿和放矿分别设一个测尘点。

主要运输巷道按中段数设测尘点。

C.1.4 破碎硐室设一个测尘点。

C.1.5 打锚杆、搅拌混凝土、喷浆当月在五个班以上时，分别设测尘点。

C.1.6 更衣室按房间数设测尘点。

C.2 采样位置

C.2.1 凿岩作业的采样位置，设在距工作面3~6m回风侧的工人呼吸带。

机械装岩作业、打眼与装岩同时作业和掘进机与装岩机同时作业的采样位置，设在距装岩机4~6m的回风侧；人工装岩在距装岩工约1.5m的下风流中。

普通法掘进天井的采样位置，设在安全棚下的回风流中；吊罐或爬罐法掘进天井的采样位置，设在天井下的回风流中。

C.2.2 硐室型、巷道型采场作业的采样位置，设在距产尘点3~6m的回风流中；多台凿岩机同时作业的采样位置，设在通风条件较差的一台处。

电耙作业的采样位置，设在距工人操作地点约1.5m处。

C.2.3 溜井和漏斗的倒矿和放矿作业的采样位置，设在下风侧约3m处。皮带转载机、装车站、翻罐笼等产尘点的采样位置，均设在产尘点下风侧1.5~2m处。

主要运输巷道的采样位置，设在污染严重的地点。

C.2.4 喷浆、打锚杆作业的采样位置，设在距工人操作地点下风侧5~10m处。

附录 D
露天矿山测尘点和采样位置的确定
(参考件)

D.1 测尘点

D.1.1 每台钻机(潜孔钻、牙轮钻、冲击钻等)的司机室内设一个测尘点,钻机处设一个测尘点。台架式风钻(包括轻型、重型凿岩机)凿岩,按工作面设测尘点。

D.1.2 每台电铲、柴油铲的司机室内设一个测尘点,司机室外设一个测尘点。

每台铲运机司机室内设一个测尘点,司机室外设一个测尘点。

每台T-2G、T-4G装岩机设一个测尘点。

每个人工挖掘工作面设一个测尘点。

D.1.3 车辆(汽车、电机车、内燃机车、推土机和压路机等)的司机室内设一个测尘点。

其他运输(索道、皮带、斜坡道、板车、人工等运输)在转运点或落料处设测尘点。

D.1.4 一条工作台阶路面设一个测尘点。永久路面(采矿场到卸矿仓或废石场之间)设2~4个测尘点。

D.1.5 每个二次爆破凿岩区设一个测尘点。

D.1.6 每个废石场、卸矿仓、转运站的作业处各设一个测尘点。

D.1.7 每一个独立风源设一个测尘点。

D.1.8 溜矿井的倒矿和放矿处分别设测尘点。

计量房、移动式空压机站分别设一个测尘点。

保养场、材料库、卷扬机房、水泵房和休息室等处,均应分别设一个测尘点。

D.2 采样位置

D.2.1 电铲、钻机、铲运机、车辆等司机室内的采样位置,设在司机呼吸带内。

D.2.2 钻机外的采样位置,设在距钻机3~5m的下风侧。铲运机外的采样位置,设在距铲岩处1.5~3m的下风侧。

台架式风钻凿岩的采样位置,设在距工人操作处1.5~3m的下风侧。

D.2.3 电铲外的采样位置,设在电铲铲斗装载和卸载中点的下风侧。铲斗容积为1m³者,测点距中点15m左右;3~5m³者,20~30m;大于8m³者,为30~40m。

T-2G、T-4G等装岩机及人工挖掘工作面的采样位置,设在距挖掘处1.5~3m的下风侧。

D.2.4 机动车辆以外的其他运输作业的采样位置,设在距转运点或落料处1.5~3m的下风侧。

工作台阶路面,永久路面的采样位置,设在扬尘最大地段的下风侧,距路面中心线5~7m处。

D.2.5 二次爆破凿岩区的采样位置,设在距凿岩处3~5m的下风侧。

D.2.6 废石场、卸矿仓、转运站的采样位置,均设在卸载处的下风侧。其距离为:人力卸料,3~5m;30t以下机车拖运,5~10m;30t以上机车拖运,15~20m。

D.2.7 独立风源的采样位置,设在采场的实际上风侧,而且不应受采场内任何含尘气流的影响。

溜矿井倒矿、放矿作业的采样位置,设在距井口5~10m的下风侧。

计量房、移动式空压机站、保养场、水泵房等场所的采样位置,设在工人操作呼吸带高度。

附录 E
车站、码头、仓库产尘货物搬运存放时
测尘点和采样位置的确定
(参考件)

E.1 测尘点

E.1.1 车站、码头、仓库、车船等装卸货物作业处，分别设一个测尘点，皮带输送机分别设一个测尘点。

E.1.2 车站、码头、仓库存放货物处，分别设一个测尘点。

E.1.3 人工搬运货物时，来往行程超过30 m以上者，除装卸处设测尘点外，中途设一个测尘点。

E.1.4 晾晒粮食时，设一个测尘点。

E.1.5 物品存放仓库，在包装、存放过程中产生粉尘时，在包装、发放处各设一个测尘点。

E.2 采样位置

采样位置一般设在距工人 2 m 左右呼吸带高度的下风侧；粮食囤边采样，应距囤10 m 左右。

附加说明：

本标准由卫生部卫生防疫司和劳动人事部劳动保护局提出。

本标准由中国预防医学科学院卫生研究所和冶金工业部安全技术研究所负责起草。

本标准主要起草人马秉衡、符绍昌、李烈勋、徐赛同、黄廷龙、皇德威、唐子沛、张维昌、刘后金、王德玄。