

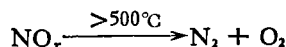
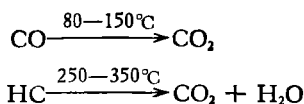
单一的金属离子溶液,采用铁氧体化处理的结果,也可看出此法的有效性。

2. 由于新生成的铁氧体表面自由能高,即表面活性大,因而具有吸附废水中细菌、病毒以及其它有机物和无机物的能力,而且还可相互挟裹而除去不溶性的无机或有机悬浮物。因此,一般工厂、研究所和大学实验室的废水,经铁氧化处理后的净化水都可循环使用。

3. 形成的强磁性铁氧体共沉物,容易用磁分离器或过滤操作进行固液分离。

4. 形成的尖晶石型铁氧体共沉物,极其稳定,水溶性很小,没有二次污染。

5. 铁氧体化处理含重金属废水回收的共沉物,可制作许多无机功能材料。如用它制作的1—2厘米厚的铁氧体烧结板,能有效地吸收1—2千兆赫的高频电磁波^[10]。它能消除高层密集建筑物内所出现的电视重影和机场管制塔内所出现的假信息,以及可使特种飞机避免雷达跟踪。回收的共沉物,还可制作优异的氧化还原触媒^[11]。在一定温度下,它可促进下列反应:



回收的铁氧体共沉物,除上述用途外,还可制作高活性的吸附剂^[12]和具有超顺磁特性的磁性流体^[13]等材料。

6. 铁氧体共沉淀技术净化含重金属废水,与已经实用和正在研究的其它方法比较,其主要的优点和缺点可参考表7。

参 考 文 献

- [1] 清水惠巳,公害对策の 実践技術 (特集), 9, 52 (1977).
- [2] 清水惠巳,表面, 15(9), 564(1977).
- [3] 李荫远,李国栋,铁氧体物理学,科学出版社,1978年.
- [4] Paulus, M., Preparative Methods in Solid State Chemistry, ed by Paul, Hagemuller 1972, p. 488.
- [5] 姚尧,无机新材料, 2, 4(1973).
- [6] 曾恒兴,无机盐工业, 1, 20(1982).
- [7] Takada, T. and M. Kiyama, Ferrites, P. I. C. F., Kyoto, Japan, p. 69, 1970.
- [8] Kiyama, M., Funtai Oyobi Funmatsu Yakin, 23 (3), (1976).
- [9] Sato, T. et al., Ferrites, P. I. C. F. Kyoto, Japan, p. 72, 1970.
- [10] 遠藤,ラレビジョン, 28(5), 377(1974).
- [11] 木山 他,粉末冶金協会,春季大会,2—15 (1974).
- [12] De Latour, C, IEEE Trans. MAG. -9, (1973).
- [13] 辻 他,金属化学, 13(1), 13(1976).

可吸入颗粒采样器原理简介

李 震 曹守仁

(中国医学科学院卫生研究所)

空气中粒径较小的颗粒能进入呼吸系统,沉积于呼吸道及肺泡中,对人体健康产生危害,甚至致癌。这些可吸入人体呼吸系统的细小颗粒称为可吸入颗粒(Inhalable Particles)。

近年来,我国已开展可吸入颗粒采样的

研究,此项工作关键在于研制与一定卫生标准相适应的可吸入颗粒采样器。

一、可吸入颗粒的卫生标准

1. 可吸入颗粒的肺部沉积曲线

人体呼吸道是一个高效的不同粒径颗粒

的选择性采样器。1950年, Brown 等人^[1]对 100 多名受试者进行检验, 采集吸入和呼出的样品, 并加以分级。通过分析和计算, 得出实验曲线。又经过标准化等改进^[2], 得出现今流行的可吸入颗粒在肺部的沉积曲线 (见图 1)。

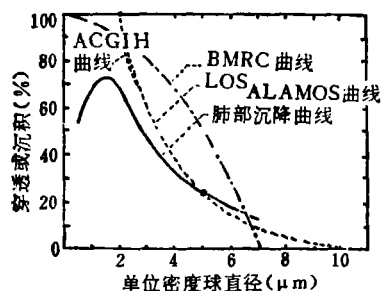


图 1 可吸入颗粒卫生标准及肺部沉积曲线

2. 可吸入颗粒卫生标准

可吸入颗粒的肺部沉积曲线是制定可吸入颗粒卫生标准的依据。1952年, 英国医学研究会 (BMRC) 制定了第一个可吸入颗粒卫生标准, 称作 BMRC 标准 (见图 1)。标准把能到达肺泡的颗粒定义为可吸入颗粒。选择了水平淘析器作为标准可吸入颗粒的采样器。

1961年, 美国原子能委员会制定的 Los Alamos 标准 (见图 1) 中把能穿透到肺部无纤毛区的颗粒, 定义为可吸入颗粒。

1968年, 美国政府工业卫生会议 (ACGIH) 把 Los Alamos 标准做了修正, 称为 ACGIH 标准 (见图 1)。提出将沉积率为 90% 的小于或等于 2 微米的颗粒定义为可吸入颗粒。

1978年, 美国环保局 (EPA) 建议把可吸入颗粒的上截止点定为 15 微米, 此种规定考虑到了用嘴呼吸的情况。

为执行可吸入颗粒卫生标准, 相继设计出多种类型的可吸入颗粒采样器。这些采样器可分成两大类, (1) 二段可吸入颗粒采样器, (2) 多段可吸入颗粒采样器。

二、工段可吸入颗粒采样器

1. 水平淘析器 (Horizontal elutriator)

图 2 是水平淘析器原理示意图, 实线代表气体的流线, 虚线代表颗粒沉降的轨线。淘析器将含颗粒的气体吸进水平槽, 大颗粒有较大的沉降速度, 因而落在水平淘析器的底部, 小颗粒有较小的沉降速度, 仍悬浮在气流中, 被第一段滤纸所收集。



图 2 水平淘析器原理示意图

2. 旋风颗粒分级器 (Cyclone)

图 3 为旋风颗粒分级器原理示意图。含颗粒气体通过气体导管进入圆筒体, 此时含颗粒气体以高速度经 180° 渐开线前进, 产生了旋转气流。在离心力的作用下, 旋流将大颗粒抛到器壁上, 并继续向下运动, 而且速度逐渐降低。大颗粒与器壁撞击后失去前进能力而坠入大颗粒接受器。气流挟带着小颗粒沿气体排出管上升, 小颗粒被滤膜截获, 因此将大小颗粒分开。通过改变气体流量, 即可获得不同大小的分级颗粒。

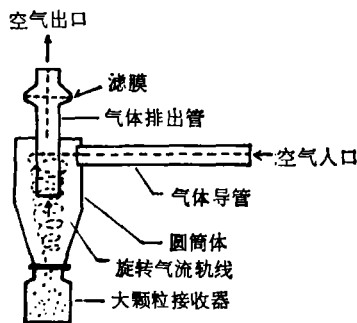


图 3 旋风颗粒分级器原理示意图

3. EPA 二段可吸入颗粒采样器

为修订可吸入颗粒的卫生标准, 把可吸入颗粒的上限改为 15 微米, EPA 推荐两种可吸入颗粒采样器。

(1) 双道式采样器 (Dichotomous Sampler)

图 4 为该采样器原理示意图。空气从泡罩的间隙流入,间隙的尺寸调整至恰使 15 微米以上的颗粒不能进入。气流携带 15 微米以下的颗粒从分级入口进入,沿导管垂直而下。只有足够大的颗粒才具有足够的惯性,不改变方向而进入收集喷嘴。此后沿垂直导管向下,被粗颗粒滤膜收集。较小的颗粒惯性小,在分级带随气流到达收集喷嘴的外部。此后通过旁路导管向下,被细颗粒滤纸收集。这样,小于 15 微米的颗粒则被分成小于 2.5 微米和大于 2.5 微米的二段。

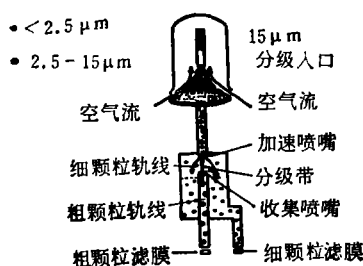


图 4 双道式采样器原理示意图

(2) 带有选择 15 微米粒径入口的大流量采样器

此种仪器是在大流量采样器的顶部加一组分级挡板,分出大于 15 微米的颗粒。图 5 为原理示意图。空气进入仪器后,分级挡板利用惯性冲击原理把大于 15 微米的颗粒捕获,小于 15 微米的颗粒被大流量采样器滤膜截获。此种仪器虽不能给出 2.5 微米的分级截止点,但仪器简单,操作方便,且不太受风向和风速的影响。

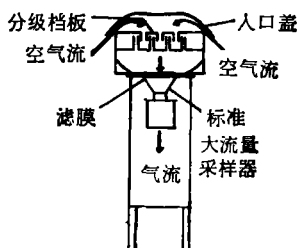


图 5 带有选择 15 微米粒径入口的大流量采样器原理示意图

4. 几种新型二段可吸入颗粒采样器

(1) 相对喷嘴颗粒分级器 (The opposing-jet particle-size classifier)

1978 年, Pavlik 等人^[3]设计了一种相对喷嘴颗粒分级器,图 6 为原理示意图。含颗粒空气由上部喷嘴导入,清洁空气由下部喷嘴导入。由于相对喷嘴的尺寸相同,控制相对喷嘴中气体的流量和压力也相同,所以在气体作用区空气流是层流。具有足够惯性的大颗粒在气体作用区偏离空气流线,并越过喷嘴之间的流体界面;而小颗粒由于惯性小,将继续随原来所在的气流运动。一个中心开孔的圆环形薄板放在相对喷嘴中间,它将冲击气流分成二股,上部气流含有低惯性的细颗粒,下部气流含有高惯性的粗颗粒。两股气流一经分离,便可导入所需仪器,供进一步分级或分析之用。

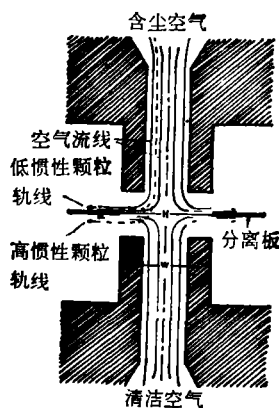


图 6 相对喷嘴颗粒分级器原理示意图

(2) 向心颗粒分级器 (Centripetal Particle-size classifier)

这是 Willek 等人^[4]于 1980 年设计的,图 7 为原理示意图。第一级采样入口由锥形塞和圆环形凹板组成,其间距离为 H ,所构成的锥形喷嘴直径为 W_1 ,锥角为 θ ,距第一级采样入口 S 处,放置收集杯,它们在同一中心轴线上。收集杯孔直径是 W_2 ,高惯性颗粒可射过中心线和收集孔,冲击到收集杯的上表面而被捕获。低惯性的颗粒随气流进入收集

杯。由于大小颗粒惯性不同,因此在仪器内得到分离。 W_2/W_1 及 S/W_1 均影响穿透效率。Willeke 等人^[4]的实验表明,在 $W_2/W_1 \approx 0.42$, $S/W_1 = 0.25$ 时,其穿透效率曲线很接近 ACGIH 曲线,因此这种仪器可用于可吸入颗粒的采样。

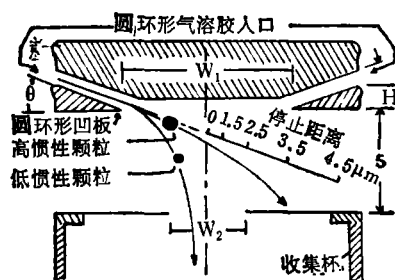


图7 向心颗粒分级器原理示意图

(3) 倾斜面冲击式采样器 (Inclined-surface impactor)

1980年 Willeke 等人^[5]报道了倾斜面冲击式采样入口的实验结果。图8中, W 是喷嘴直径, S 是喷嘴至斜面的距离。当 $S/W = 10$, 冲击角是 90° 时, 其捕集效率曲线与 ACGIH 曲线近似。

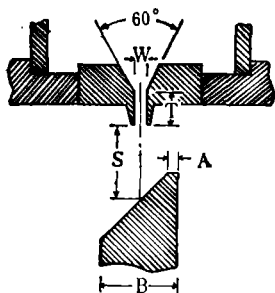


图8 倾斜面冲击式采样器原理示意图

三、多段可吸入颗粒采样器

1. 多段向心式采样器 (Cascade centripeter)

当气流通过小孔时, 气流携带的颗粒大小不同, 惯性就不同, 各种粒径的颗粒有一定的运动轨线, 其中较大的颗粒接近于中心轴

线, 较小的颗粒离中心轴线较远。当气流从小孔高速喷出时 (见图9), 由于大的颗粒惯性大, 沿中心轴线进入锥形收集器被滤器底部的滤纸所收集。小颗粒的轨线因离中心轴线较远, 偏离锥形收集器入口, 随气流进入下一级。在下一级, 喷嘴径和锥形收集器的人口口径变小, 使小颗粒也能被收集。

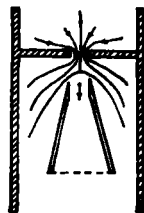


图9 颗粒收集示意图

2. 多段冲击式采样器 (Cascade impactor)

自从 May^[6] 1945 年设计了第一台多段冲击式采样器以来, 其结构不断改进, 体积不断缩小^[7]。目前比较流行的多段冲击式采样器是安德森采样器 (Andersen sampler), 它是利用在一定速度的气流中, 不同质量颗粒的惯性不同这一原理, 使不同粒径的颗粒得到分离。

图10为原理示意图, 含颗粒空气进入喷嘴后, 由于通路截面变小, 流速加大, 气流以很高的速度从喷嘴喷出, 气流中的大颗粒惯性较大, 撞击在冲击板上而被捕获; 气流中的小颗粒惯性较小, 不能到达冲击板, 而随气流进到下一段。下一段的喷嘴口径比上一段小, 因此喷嘴出口的气流流速比上一段更大, 至使小颗粒加速, 靠惯性作用到达第二段冲击板而被收集。更细小的颗粒随气流进到再下一级。这样, 通过改变喷嘴的口径来改变气体的流速, 利用惯性冲击原理, 把不同大小的颗粒分级。根据不同需要, 可把收集段设计成3—6段, 也有设计成8段的。在采样头的后部, 还可放置滤纸, 回收未被前几段收集的更细小的颗粒。

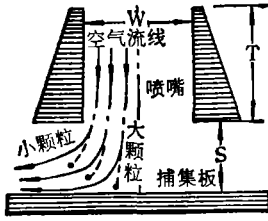


图 10 冲击原理示意图

W ——喷嘴直径 S ——嘴板间距 T ——喷嘴喉长

四、可吸入颗粒采样器的比较

二段采样器已有多种商品仪器，最广泛使用的类型是水平淘析器和旋风颗粒分级器，但这些仪器尚存在一定的缺陷。例如，Hexhlet 是英国最早的标准二段采样器，当按设计流速 100 升/分采样时，可发现较大的颗粒从平板上反弹。为克服这一缺点，加大板间距离，并将流速减至 50 升/分。Hexhlet 不适于长期运行，样品颗粒的回收比较困难，不利于以后的化学分析。水平淘析器的另一个限制是，它必须在严格的水平位置进行操作。旋风颗粒分级器的捕获效率具有可变性，颗粒在仪器内容易凝并，但此种仪器的体积小，采样不受方位的影响是其优点。

相对喷嘴颗粒大小分级器具有很好的分级特点。由于以相反的气流代替冲击板，从而避免实板冲击式采样器颗粒反弹的缺点。对此种采样器来说，不存在颗粒超负荷的限制。分离之后的粗细颗粒仍悬浮在空气中，这就给以后的物理、化学分析带来较多的选择机会。在流量较大时，用此种仪器采样，颗粒损失较大，还有待进一步改进。

多段采样器在收集样品的同时，把不同粒径的颗粒分级，十分方便，这是它的一个主要优点，所得颗粒大小分布数据，可用来评价颗粒在人体呼吸系统的部位沉积。它的主要缺点是颗粒反弹和壁损失。

多段向心式采样器的采样量大，而且在

一定程度上减小了颗粒的反弹现象。但用此种仪器采样，颗粒的分级度不高，同时也存在壁损失的缺点。

与二段可吸入颗粒采样器相比，多段冲击式采样器虽能给出更详细的颗粒大小分布信息，但分析步骤要比二段可吸入颗粒采样繁杂得多，因此不适用于大规模的现场调查采样。

双道式采样器除采集 15 微米以下的颗粒外，还能分出 2.5 微米的截止点，是比较理想的二段可吸入颗粒采样器。带有选择 15 微米粒径入口的大流量采样器方法简单易行，并使原有的大流量采样器得到改造和利用。

五、结 语

尽管可吸入颗粒采样受到种种因素的限制，但从对人体健康影响的观点出发，可吸入颗粒采样方法明显地优于总悬浮颗粒采样方法，因为它可以对人体健康的程度提供更有意义的数。据。

我们应大力开展可吸入颗粒对人体健康危害的研究，以便制定出适合我国情况的可吸入颗粒卫生标准。要准备建立可吸入颗粒卫生标准所需要的监测数据和背景材料，并研制具有很好的准确度和精密度的二段和多段可吸入颗粒采样器。

参 考 文 献

- [1] Brown, J. H. et al., *Amer. J. Public Health*, 40 (4), 450 (1950).
- [2] Watson, H. H., *Brit. J. Ind. Med.*, 10 (2), 93 (1953).
- [3] Pavlik, R. E. et al., *Amer. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 39 (12), 952 (1978).
- [4] Willeke, K. et al., *Environ. Sci. and Technol.*, 14 (4), 461 (1980).
- [5] Willeke, K. et al., *Atmos. Environ.*, 14 (9), 1109 (1980).
- [6] May, K. R., *J. Sci. Instr.*, 22 (10), 187 (1945).
- [7] Lippmann, M., *Amer. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 22 (5), 348 (1961).