

光散射式粒子计数器测定 飘尘中的重叠误差计算

宋 国 麟

(苏州净化设备厂)

一、问题的提出

光散射式尘埃粒子计数器测定尘埃粒子的颗数和大小的原理是根据光的微粒散射的物理性质:当单个粒子随空气流经某一特定的“光灵敏区”^[1]时,就产生一个散射光脉冲,这个光脉冲经过光电转换为一个电脉冲信号,电脉冲的个数就是粒子的颗数,而粒子的大小可用已被标准粒子标定过的各档电脉冲的幅度来比较确定。问题在于当被测粒子的浓度过大时,记录下的电脉冲的个数会小于真正的粒子颗数。这种少记数而造成的误差现象,称为重叠误差。产生少记数的原因有二种,一种是二个或二个以上粒子同时进入光灵敏区,而它们各自的散射光合并为一个光脉冲;另一种是二个或二个以上的光脉冲经光电转换后只记录下一个电脉冲。本文只讨论由于粒子在光灵敏区(以下简称光区)重叠而造成光脉冲个数少于真实粒子数的这种重叠误差。

二、重叠误差的计算

1. 泊松分布

几个粒子同时进入某一特定光区的随机性质是服从泊松分布规律的。设在一定时间内(例如 60 秒)流经体积为 v 的光区的含尘空气体积为 V , 粒子浓度为 n , 则 V 体积内的粒子数为 $T = nV$ 。 V 体积空气“充满”(流过) v 体积光区的“次数”为 $V/v = N$, 假

定 N 很大,则根据泊松分布,在 v 光区内恰有 $k(k = 0, 1, 2, \dots)$ 个粒子同时出现这种事件的概率为:

$$p(k; nv) = e^{-nv} \frac{(nv)^k}{k!} \quad (1)$$

设恰有 k 个粒子同时出现在 v 光区内的这类事件的发生次数为 N_k , 则

$$N_0 + N_1 + N_2 + N_3 + \dots = N. \quad (2)$$

并且

$$N_k = Np(k; nv). \quad (3)$$

其中 N_0 是没有粒子(0 个粒子)出现在光区内这种事件的次数, $N_0 = Ne^{-nv}$ 。

2. 重叠误差计算

在光区内没有粒子不产生光脉冲,有一个粒子就产生一个光脉冲,几个粒子也合并产生一个光脉冲。假定光电转换后电脉冲个数等于光脉冲个数,则在 V 体积空气中的实测粒子数就等于 V 体积空气流经光区时产生的光脉冲总数。以 T_0 表示实测粒子数,则有

$$T_0 = N_1 + N_2 + N_3 + \dots = N - N_0 \\ = N(1 - e^{-nv}). \quad (4)$$

V 体积空气中真实的粒子数 $T (= nV)$ 为:

$$T = N_1 + 2N_2 + 3N_3 + \dots \\ = N[p(1; nv) + 2p(2; nv) \\ + 3p(3; nv) + \dots] \\ = Ne^{-nv}nv \left[1 + nv + \frac{(nv)^2}{2!} \right. \\ \left. + \frac{(nv)^3}{3!} + \dots \right] \\ = Nnv. \quad (5)$$

(5) 减 (4), 得

$$T - T_0 = N(n\nu - 1 + e^{-n\nu}). \quad (6)$$

$(T - T_0)$ 就是由于粒子在光区重叠而减少的粒子记数。令 $T_0/V = n_0$ 为实测粒子浓度, 由 (6) 式得:

$$\frac{n - n_0}{n} = \frac{1}{n\nu} (n\nu - 1 + e^{-n\nu}). \quad (7)$$

$(n - n_0)/n$ 称为重叠误差率。(7) 式是重叠误差率计算公式, 误差是因光区重叠造成的。顺便指出, 美国 Royco-245 气溶胶粒子计数器说明书中的重叠误差率公式 (由 $n_0 = ne^{-n\nu}$)*:

$$\frac{n - n_0}{n} = 1 - e^{-n\nu} \quad (R)$$

是不正确的。

三、浓度对误差的影响

在光区体积 ν 固定的情况下, 粒子浓度 n 增大时, 重叠误差率也增大。以我厂生产的 Y 09-1 尘埃粒子计数器的光区体积 $\nu = 4\text{mm}^3$ 为例, 当 $n = 1 \times 10^5$ 颗/呎³ $= 0.00353$ 颗/mm³, $n\nu = 0.0141$, 由 (7) 式得 $\frac{n - n_0}{n} = 0.7\%$ [如用 (R) 式为 1.4%], 当 n 分别等于 1×10^6 、 1×10^7 、 1×10^8 颗/呎³, $\frac{n - n_0}{n}$ 分别等于 6.7% 、 46.4% 、 92.9% [用 (R) 式分别为 13.2% 、 75.6% 、 99.99992%]。

四、大气飘尘实测结果中的重叠计算对比

用 Y 09-1 尘埃粒子计数器 (流量为 500 ml/min 采样时间为 1 min) 及 XZ1 空气稀释器 (稀释十倍) 对大气中等于及大于 $0.3\mu\text{m}$ (直径) 尘埃粒子进行实测结果如下: 不串联稀释器的粒子计数为 39861 颗/0.51, 串联稀释器后的计数 (乘 10 倍后) 为 49235 颗/0.51 ($= 2.79 \times 10^6$ 颗/呎³)。于是有 $n = 0.0985$ 颗/mm³, $n\nu = 0.393$, 按 (7) 式得重

叠率为 $\frac{n - n_0}{n} = (0.393 - 1 + e^{-0.393})/0.393$

$= 17.3\%$ 。按稀释前后二次实测结果, 重叠率为 $(49235 - 39861)/49235 = 19.0\%$ 。若

按 (R) 式为 $\frac{n - n_0}{n} = (1 - e^{-0.393}) = 32.5\%$ 。

在另一实测结果中, 稀释前后的尘埃粒子计数分别为 93865 颗/0.51, 180540 颗/0.51 ($= 1.02 \times 10^7$ 颗/呎³), 得 $n = 0.361$ 颗/mm³, $n\nu = 1.44$, 按 (7) 式得重叠率为 $(1.44 - 1 + e^{-1.44})/1.44 = 47\%$ 。按实测算得重叠率为 $(180540 - 93865)/180540 = 48\%$ 。若按 (R) 式, 则为 $(1 - e^{-1.44}) = 33\%$ 。

五、讨论

1. 本文讨论了含尘空气流中的粒子在光区重叠而造成记数减少的重叠误差率公式 (7), 可以证明 [从 (7) 式右端]:

$$0 < \frac{n - n_0}{n} < 1 - e^{-n\nu} < 1.$$

2. 当光区体积 ν 不变时, 重叠误差率随粒子浓度增大而增大。

3. 为了适应测量高浓度粒子的环境要求, 解决光区重叠问题的方法除用稀释器稀释 (一般稀释十倍) 粒子浓度外, 可用减小光区体积 ν 的方法, 如取 $\nu = 1\text{mm}^3$, 当 n 分别等于 1×10^6 、 1×10^7 、 1×10^8 颗/呎³, 由 (7) 式得重叠误差率分别为 1.7% 、 15.8% 、 72.5% 。如取 $\nu = 0.1\text{mm}^3$, 则当 $n = 1 \times 10^8$ 颗/呎³, 重叠误差率为 15.8% 。另外, 由 (7) 式解出

$$n = -\frac{1}{\nu} \ln(1 - n_0\nu),$$

$$\left[\text{或 } n_0 = \frac{1}{\nu} (1 - e^{-n\nu}) \right]$$

用上式可从 n_0 算出 n , 以补偿光区重叠损

* HIAC/ROYCO INSTRUMENTS DIVISION of PACIFIC SCIENTIFIC, Operating and Maintenance Manual for ROYCO Model 245 Aerosol Particle Counter

失。

4. 通过对大气飘尘实测结果的重叠率计算对比, 认为重叠误差率公式 (7) 是有效的。

参 考 文 献

- 【1】 宋国麟, 电影光学, (1), 18—21 (1980)。

汞对水稻幼苗根系酯酶同工酶的影响

赖天斌 彭志耕 詹嘉红

(华南师范大学生物系)

在污染环境的众多污染物中, 汞是一种在低浓度时毒性就很大的积累性的金属毒物。全世界每年汞产量约为 6950—10350 吨, 仅有 20% 被回收, 其余大部分被排入环境^[1]。汞对植物外部形态和一些生理生化指标的影响许多学者已经进行了大量的研究工作^[1-3]。有关汞对水稻根系同工酶的影响尚未见报道。为此, 我们设计本试验。在观察不同浓度 HgCl_2 对水稻幼苗生长影响的同时, 采用聚丙烯酰胺凝胶电泳法, 研究伤害症状的出现与酯酶同工酶的变化关系, 为利用同工酶分析法监测汞污染提供科学依据及方法。

一、材料与方法

以水稻品种钢化青兰作为供试材料, 将水稻种子分为五个组, 在 28℃ 恒温箱中萌发至 1 cm 左右, 以一组用自来水培养为对照组, 其他四组分别用 1.0, 2.5, 5.0, 10.0 ppm 的 HgCl_2 溶液培养, 每隔一天换液一次, 四天后观察幼苗生长外部形态并取样进行同工酶分析。

取水稻幼苗根系 1 g, 加蒸馏水 1 ml 研磨, 离心 (3500 rpm) 10 min., 取上清液作为试验样品。

电泳方法采用垂直平板聚丙烯酰胺凝胶

电泳, 分离胶浓度为 7%, 浓缩胶浓度为 4%, 电泳缓冲液采用低离子浓度 Tris-甘氨酸系统, 每样品点样 60 μl , 采用稳定电压 25 V/cm 左右, 在冰箱 (0—4℃) 中连续电泳 3—4 h, 重复四次。

染色方法是以醋酸- α -萘酯, 醋酸- β -萘酯的丙酮溶液和磷酸缓冲液的坚牢兰 RR 盐溶液混合配制成显色液, 在室温下染色 20—30 min. 至紫红色酶带显现为止, 测定凝胶板上每条酶带的迁移率, 摄影酶谱, 制成凝胶标本。

二、试验结果

1. 汞对水稻幼苗生长的影响

经不同浓度 HgCl_2 处理四天后测得水稻的株高和每株根系中最长根的长度均明显的比对照组的矮和短 (见表 1), 通过数理统计均达差异显著程度, 处理组的幼苗叶尖出现枯死现象, 侧根比对照组的少, 根系的颜色也变为淡褐色。并且这种受害症状随 HgCl_2 浓度的增大而逐渐变得严重, 至 10.0 ppm 处理组时根系的颜色已变为褐色。

2. 汞对水稻幼苗根系酯酶同工酶的影响

通过对不同浓度 HgCl_2 处理四天后的水稻幼苗根系的分析, 初步确定了彼此所呈现的酯酶同工酶谱是不同的, 整个实验可观