

数字式光学测尘仪对不同呼吸性 粉尘浓度转换系数的求取*

任晓华 吴长存

(北京有色金属研究总院环保室)

钟 兴 基

(云南锡业公司劳动防护研究所)

摘要 本文论述了用 BY-I 型呼吸性粉尘标定采样器,在云南锡业公司矿山和冶炼厂现场测定、求取 P-5L₂型和 TM 型光学测尘仪的读数与呼吸性粉尘(空气动力学直径: <7.07 μm 和 <10 μm)质量浓度转换系数(K)的方法和结果。研究表明,由深色矿物组成的粉尘,其K值大于由浅色矿物组成的粉尘的K值。P-5L₂型光学测尘仪间的测尘误差85%以上在±10%以内,平均为±6.68%。

关键词 光学测尘仪;呼吸性粉尘;质量浓度;转换系数。

为了快速、连续监测空气中的呼吸性粉尘浓度,为职业病研究和防治提供可靠依据。云南锡业公司劳动防护研究所分别从日本和西德引进6台P-5L₂型数字式粉尘计和1台亨德TM数码μP测尘仪。由于它们都是光学相对式呼吸性粉尘测定仪,根据国标GB5748-85的规定,需针对所测定的不同粉尘求出仪器读数与粉尘浓度关系的转换系数后方可投入使用。

一、转换系数的求取方法

按照国际上常用的质量法,用呼吸性粉尘标定采样仪(滤膜法)和光学测尘仪在相同条件下同时测尘所得的结果代入(1)和(2)式,然后分别计算出各光学测尘仪的读数与对应呼吸性粉尘浓度的转换系数。

1. 日本 P-5L₂ 型光学测尘仪

$$K = \frac{C}{R - B} \quad (1)$$

式中,K为呼吸性粉尘质量浓度转换系数;C为呼吸性粉尘质量浓度(mg/m³);R为光学测尘仪平均每分钟计数(CPM);B为光学测尘仪基底读数(CPM)。

2. 西德亨德 TM 数码 μP 光学测尘仪

$$K = \frac{C}{MWM} \quad (2)$$

式中,K、C同(1)式;MWM为亨德TM光学测尘仪平均每分钟计数。

二、仪器简介

1. 日本 P-5L₂ 型数字光学测尘仪

同一性质的粉尘,它的漫散射光量和粉尘的质量浓度成正比。该仪器就是根据这一原理把浮游粉尘的相对质量浓度用散射光量的累计值以数字的方式显示出来,然后用求得的浓度转换系数,换算出测定空间的呼吸性粉尘质量浓度。此仪器的测尘范围:0.01—100 mg/m³,测尘精度±10%。

2. 西德亨德 TM 数码 μP 测尘仪

原理类似P-5L₂型测尘仪。测尘范围0.00—99.99 mg/m³,测尘误差±1%。

3. 呼吸性粉尘标定采样器

目前国内还没有性能较好的呼吸性粉尘标定采样器。国外同类仪器,如日本L-30型标准采样器由于笨重、体积庞大,且需220V交流电源,不便于厂矿现场使用。经过大量探索,我们研制出了BY-I型轻便呼吸性

* 参加本工作的还有黄志浜、董永龄和马宁东等。

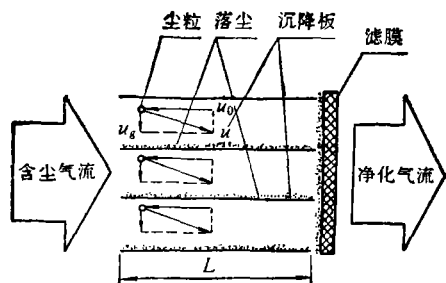


图1 C-30 采样头分离粉尘示意图

粉尘标定采样器。BY-I 型采样器主要由 C-30 型分层沉降式采样头（日本产）、直流电源、流量计和三脚架等组成。

C-30 型分层沉降式采样头（如图1）是靠尘粒的重力沉降作用来分离不同粒级的粉尘。当含尘气流进入采样头时，尘粒一方面以气流的速度 u_0 （忽略阻力）作水平运动，一方面以重力沉降速度 u_g 下落。从斯托克斯公式推出尘粒的沉降速度与其粒径的关系如下式：

$$u_g = \frac{d^2(\rho - \rho_0)g}{18\eta} \quad (\text{m/s}) \quad (3)$$

式中， d 为尘粒直径（m）； ρ 、 ρ_0 分别为尘粒和气流密度（ kg/m^3 ）； g 为重力加速度（ m/s^2 ）； η 为含尘气流动力粘度（ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ）。

从（3）式可知，尘粒分离速度 u_g 和粒子粒径的平方成正比。可见，尘粒粒径越大，它从气流中分离出来落在采样头沉降薄板上的速度越快。设尘粒从 h 高度开始沉降，落在水平距离 l 处，采样头水平沉降板的长度为 L ，则：

$$\frac{u_g}{u_0} = \frac{d^2(\rho - \rho_0)g}{18\eta u_0} = \frac{h}{l} \quad (4)$$

当 $l < L$ 时，满足（4）式的尘粒全部落在采样头的沉降板上。从（4）式可以导出，落在沉降板上的最小尘粒粒径 $d_{\min}$ 为：

$$d_{\min} = \left[\frac{18\eta h u_0}{g L (\rho - \rho_0)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{m}) \quad (5)$$

由此可见，当气流速度 u_0 一定时（即采

样流量一定时），粒径大于或等于 $d_{\min}$ 的粉尘就从气流中分离出来，只有粒径小于 $d_{\min}$ 的粒子才能随气流进入滤盒而被滤膜捕集。因此，只要控制采样流量就可采集小于某一粒级范围的粉尘。这就是 C-30 型采样头的工作原理。

当采样流量为 15 和 30 l/min 时，BY-I 型标定采样器分别采集小于 7.07 μm 和 10 μm 的粉尘。由于国内还没有呼吸性粉尘粒级范围的具体规定，测试时参照日本、美国和西德的定值，同时采纳 7.07 μm 和 10 μm 两种呼吸性粉尘的粒级范围，以便现场使用。

三、现场标定结果与分析

现场标定工作主要集中在冶炼厂和井下的凿岩、装岩和出矿等工作面。共标定氧化矿尘、硫化矿尘、矽卡岩尘、花岗岩尘、大理岩尘、白云岩尘和烟尘等七种粉尘。同时测定的仪器有：BY-I 型呼吸性粉尘标定采样器，P-5L₂ 型光学测尘仪（2 台：No. 488 和 No. 490），TM 数码 μP 测尘仪等。为使数据准确可靠，每种粉尘采样三次以上。测试所得各光学测尘仪读数与对应粉尘浓度的转换系数整理成表 1。

从表 1 可以看出，对于 P-5L₂ 测尘仪来说，由颜色较深的矿物组成的粉尘（如硫化矿尘和氧化矿尘），其转换系数 K 值比由浅色矿物组成的粉尘（如花岗岩尘、烟尘、白云岩尘、矽卡岩尘和大理岩尘）大，参见表 2。

这和 P-5L₂ 测尘仪的光散射工作原理是相吻合的。然而，西德产的 TM 测尘仪的标定结果， K_{TM} 却没有出现这种规律。原因可能是：TM 测尘仪的感应系统受环境条件影响较大，在有烟雾的情况下，显示数据不稳定。

现场用 2 台 P-5L₂（仪器号：No. 490 和 No. 488）同时测尘，目的是想了解各仪器间的测量误差以及仪器的通用性。对同一粉尘，使用 No. 490 和 No. 488 两台 P-5L₂ 测

表 1 光学测尘仪读数与对应粉尘浓度转换系数

粉尘 \ 仪器 \ 粒度	<7.07 μm 粉尘 $K_{7.07}$			<10 μm 粉尘 K_{10}		
	P-5L ₂ No. 490	P-5L ₂ No. 488	TM	P-5L ₂ No. 490	P-5L ₂ No. 488	TM
氧化矿尘	0.1575	0.1445	3.8953	0.1839	0.1916	4.1558
大理岩尘	0.0648	0.0636	3.5866	0.0742	0.0650	3.5466
白云岩尘	0.0770	0.0852	2.0802	0.0966	0.1063	2.9109
硫化矿尘	0.1954	0.01793	2.9451	0.2698	0.2990	3.6285
花岗岩尘	0.0953	0.0834	2.8737	0.1056	0.1005	2.6567
砂卡岩尘	0.0634	0.0644	2.0936	0.0964	0.0977	2.9772
烟 尘	0.0881	0.0837	3.4755	0.0850	0.0823	3.9281

表 2 各种粉尘浓度转换系数 K 变化规律*

粉尘 \ K 值 \ 粒度	硫化矿尘	氧化矿尘	花岗岩尘	烟 尘	白云岩尘	大理岩尘	砂卡岩尘
<7.07 μm	0.1874	0.1510	0.0894	0.0589	0.0811	0.0642	0.0639
<10 μm	0.2844	0.1878	0.1031	0.0837	0.1015	0.0696	0.0971
大小顺序	$K_{\text{硫化}} > K_{\text{氧化}} > K_{\text{花岗岩}} > (K_{\text{烟尘}}, K_{\text{白云}}, K_{\text{大理}}, K_{\text{砂卡}})$						

* 表中 K 值为表 1 中同一粒度粉尘 K 的平均值表 3 两台 P-5L₂ 型测尘仪 K 值差

粉尘 \ K 值差 \ 粒度	<7.07 μm 呼吸性粉尘		<10 μm 呼吸性粉尘	
	$ K_{490} - K_{488} $	$\frac{\Delta}{K_{488}}, \%$	$ K_{490} - K_{488} $	$\frac{\Delta}{K_{488}}, \%$
氧化矿尘	0.0130	9.00	0.0077	4.02
大理岩尘	0.0012	1.87	0.0092	14.15
白云岩尘	0.0082	9.62	0.0097	9.11
硫化矿尘	0.0161	9.26	0.0292	9.76
花岗岩尘	0.0119	14.27	0.0051	5.08
砂卡岩尘	0.0010	1.55	0.0073	1.33
烟 尘	0.0044	1.20	0.0027	3.24

尘仪,其测尘差值如表 3。

从表 3 可知,两台 P-5L₂ 型光学测尘仪对同一粉尘浓度测定值的差值(即 K 值差)85%以上在 $\pm 10\%$ 之内,平均为 $\pm 6.68\%$ 。对于 $< 7.07 \mu\text{m}$ 的粉尘,两仪器测值的标准偏差为 5.128%;对于 $< 10 \mu\text{m}$ 的粉尘,两仪器测值的标准偏差为 4.584%;全部差值的标准偏差为 4.673%。由此可见, No. 490 和 No. 488 两台 P-5L₂ 型光学测尘仪对同一

粉尘的测值很接近。此类仪器的测尘精度为 $\pm 10\%$,这说明,现场标定结果与仪器性能相符。由于 P-5L₂ 型测尘仪具有相同的结构参数,出厂前都通过标准粒子的检定,且各仪器现场测尘差值较小,实际使用时,未经现场标定的 P-5L₂ 测尘仪可使用现场标定过的同类仪器粉尘浓度转换系数的平均值。这样,既方便现场应用,又可增加所得数据的可

(下转第23页)

城市街道地表污染物的影响和防治问题。

四、结 语

1. 我国大多数城市街道每天机械清扫一次,这给街道地表物的采样调查增加了难度。本文采用 3.5 km^2 范围设置一个地表物采样点和暴雨期连续 100 天的采样,可从空间上和时间上保证地表物采样的代表性和可靠性。

2. 采用沿街道边坎长度定面积采集街道地表物的方法比雨水井口长度定面积采样的方法,更直观更简单。实践证明此方法可行。

3. 本文采用街道地表污染物边坎累积模型,计算成都市街道地表物累积量,由污染物实测值推算街道各种污染物含量是一种有益的尝试。理论计算值与实测统计值相符,证明了此模型可用于我国街道地表物累积量的计

算。

4. 成都市街道地表物主要由小于 $560 \mu\text{m}$ 的微尘组成。BOD₅, 总氮、总磷等主要污染物都是随粒径变小而含量增大。可见研究城市径流污染时应特别注意小粒径地表物的危害和动向。

致谢 本工作得到了王华东、顾永祚、高荣松教授、夏青、林芳荣高级工程师的指导,谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] Sartor, J. D., *J. Water Pollution Control Federation*, **46**(3), 458(1974).
- [2] Novotny, et al., *Handbook of Nonpoint Pollution, Sources and Management*, pp. 313—347, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1981.

(收稿日期: 1990 年 7 月 29 日)

(上接第61页)

靠性。

TM 数码 μP 测尘仪只有一台,无法对其进行进一步的误差分析。从现场标定的情况看,在测点无烟雾的情况下,它的显示结果是相当稳定的。

四、结 束 语

通过这次对光学测尘仪的现场实际标定,得出了仪器读数对现场具体粉尘的质量浓度转换系数,克服了实验室标准粒子标定法的局限性。同时,用呼吸性粉尘采样器标定光学测尘仪(测定呼吸性粉尘)比用总粉尘采样器标定,方法更合理,所得数据更接近现场实际情况。

最后值得指出的是,由于光学测尘仪对

不同性质粉尘的散射光量不同,当被测粉尘的性质发生变化时,需重新求取转换系数 K 值。

参 考 文 献

- [1] 国家标准局,作业场所空气中粉尘测定方法, GB 5748-85, 第 2 页,中国标准出版社,1985 年。
- [2] 中国预防医学中心卫生研究所,大气污染监测方法,第 888—914 页,化学工业出版社,1984 年。
- [3] National Academy of Sciences, National Research Council, *Measurement and Control of Respirable Dust in Mines*, pp. 401—405, Washington, D. C., 1980.
- [4] Johnson C. J. and Bise C. J., *Mining Engineering*, **41**(8), 854(1989).
- [5] Roepke, W. W. *Mining Engineering*, **36**(6), 836(1984).

(收稿日期: 1990 年 5 月 28 日)

Retrieval of Plasticizer from Activated Carbon Mud by Solvent Extraction. Li Jian-xiu, Jiang Tai-xi, Jin Cheng-zhe (Chemical Engineering Department Jilin Institute of Chemical Technology, Changchun): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(3), 1991, pp. 46—49

A method of retrieving plasticizer from activated carbon mud by solvent extraction has been developed. The extracted rate of plasticizer exceeds 50% of the activated carbon mud, the solvent recovery reaches 90% and the quality of reclaimed plasticizer products is suitable to the standards concerned.

Key Words: retrieval, plasticizer, activated carbon mud.

Residue Levels of Organic Compounds in Fishes and Shellfishes in the Minjiang Estuary. Sun Si-en, Liu Xiu-fen, Zhu Xin-ru, Jiao Yu-ying (Research Center for Eco-Environmental Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(3), 1991, pp. 50—54

This paper presents the research results of a sub-project of "The environmental programming for Fuzhou-Mawei economic development zone". The residue analysis of DDT, BHC and petroleum in the fishes and shellfishes collected from the Minjiang estuary has been undertaken with GC and GC-MS. The higher levels of the residues of Σ DDT and Σ BHC were found to be 146.5 ppb and 39.8 ppb in *Anguilla Japonica* respectively. Moreover, a lot of other organic pollutants have also been identified. The pollutants in the Minjiang River has caused a light influence on the fishes and shellfishes cultured on the seabeach.

Key Words: residue, DDT, BHC, fish and shellfish, Minjiang River.

Determination of Trace Chromium in Soil with Flowing Injection Chemiluminescence Analysis. Gao Xiang-yang et al. (Henan Agricultural University, Zhengzhou); Hu Shi-bin (Northeast Agricultural University, Yangling Town, Shanxi Province): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(3), 1991, pp. 54—58

The paper presents flowing injection chemiluminescence analysis of trace chromium in soil. The method is rapid, sensitive and accurate after the samples are dissolved with mixed acid in a closed teflon vessel under pressure. Most of common ions do not interfere with the determination of chromium, and interference from cobalt may be eliminated by addition of PAN masking agent in solution of pH 4. The detection limit of trivalent chromium is 6.2×10^{-15} g/ml. The relative standard deviation is less than 3% (n=3 or 4). The recovery rate is 94.3—105.7%.

Key Words: trace chromium in soil, determination, flowing injection chemiluminescence analysis.

Transition Coefficients of Two Digital Dust-Indicators for Determining Mass-Concentration of Inhalable Dust. Ren Xiao-hua, Wu Chang-cun (Environmental Protection Division, General Research Institute of Non-Ferrous Metals, Beijing); Zhong Xing-ji (Yunnan Tin Corporation, Kunming): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(2), 1991, pp. 59—61.

The article introduces that two digital dust-indicators are used in the Labour Protection Institute of Yunnan Tin Corporation, one is Japan-made P-5L2 Typed dust-indicator, the other Germany-made TM- μ P Typed. How to use the instruments? According to China National Standard GB 5748, the relationship between the readings on the digital indicators and the mass concentrations of different inhalable dust should be interrelated. In this paper the transition coefficients are evaluated.

Key Words: optical dust indicator, inhalable dust, mass concentration, transition coefficient.

An Overview concerning Replacement and Treatment of Chlorofluorocarbons (CFCs). Hong Zi-ping (Hanzhou University, Zhejiang Province): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(3), 1991, pp. 62—66

The presence of a number of CFCs in the atmosphere has caused considerable concern in the recent years in view of their contribution to both the greenhouse effect and to ozone layer depletion. This article introduces the present situation of industrial application of CFCs. Some aspects of the problems, such as development of CFC alternatives, rational use and emission control, reclamation and recycle, decomposition and destruction are discussed for confronting the decrease of CFCs production and consumption. Finally the article reviews recent advances in scientific research concerned, and some proposals for solving the problems in China are offered.

Key Words: chlorofluorocarbons (CFCs), alternatives, treatment.

Anaerobic Biological Treatment of Organic Wastewater Containing Sulfate Zuo Jian-e, Hu Ji-cui (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(3), 1991, pp. 67—71

This article reviews the effects of high-concentrated sulfate in wastewater on the processes of anaerobic biological treatment, emphasizing the mechanism of competition between sulfate-reducing bacteria and methane-producing bacteria in substrates and the inhibition of sulfides on containing wastewater and the removal of sulfides from containing wastewater and the removal of sulfides from anaerobic effluents are also discussed.