

多功能呼吸同步采样仪现场应用评价

王治明¹, 兰亚佳¹, 王绵珍¹, 陈庚文², 陈筱禾², 李健生², 吴芙蓉²

(1. 四川大学公共卫生学院劳动卫生教研室, 四川 成都 610041; 2. 成都市劳动局, 四川 成都 610000)

摘要: 目的 评价多功能呼吸同步采样仪的实际应用价值。方法 使用多功能呼吸同步(尘、毒)采样仪、常规定点粉尘采样仪、个体粉尘采样仪以及肺通气量仪, 对某市 27 个工厂的 95 个粉尘作业工种(岗位)进行采样。试点测试 3 个厂, 扩大测试完共获得有效样品 692 个进行统计分析。结果 (1) 多功能呼吸同步采样仪测出的粉尘浓度稍高于常规定点粉尘采样仪和个体粉尘采样仪的测定结果, 经显著性检验差异无显著意义 ($P > 0.05$)。 (2) 多功能呼吸同步采样仪测得的分散度与个体粉尘采样仪测定结果差异无显著意义 ($P > 0.05$)。 (3) 根据多功能呼吸同步采样仪与定点粉尘采样仪的测定结果所进行的粉尘危害程度分级, 其结果大体一致。 (4) 根据多功能呼吸同步采样仪与 YA-II-Pt 型肺通气量仪测得的肺通气量进行的工人体力劳动强度分级, 其结果基本一致。结论 多功能呼吸同步采样仪具有轻便、易操作、用呼吸作动力和同时测得粉尘浓度、肺通气量等优点, 有较大的应用前景。

关键词: 评价; 多功能呼吸同步采样仪; 现场应用

中图分类号: R122.1 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2002)04-0199-03

Evaluation on the application of the breath synchronous multi-functional sampler

WANG Zhi-ming¹, LAN Ya-jia¹, WANG Mian-zheng¹, CHEN Geng-wen², CHEN Xiao-he², LI Jian-sheng², WU Fu-rong²

(1. Department of Occupational Health, School of Public Health, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. Chengdu Municipal Labor Bureau, Chengdu 610041, China)

Abstract: **Objective** To evaluate the application of the breath synchronous multi-functional sampler at workplace. **Methods** The multi-functional sampling instrument, routine dust sampler, personal dust sampler and pulmonary ventilation meter were used in the survey. 692 samples taken from 95 work sites of 27 plants were measured for 15 ~ 20 minutes every time, two times a day in a continuous 3 days. **Results** (1) The concentrations of dust measured by multi-functional sampler were slightly higher than that with routine dust sampler or personal dust sampler, but there were no significant difference ($P > 0.05$). (2) Dispersion measured with multi-functional sampler was in accordance with that from personal dust sampler. (3) Classification of hazard levels due to dust exposure was basically accordance with other dust-samplers. (4) Labor intensity classification of workers with multi-functional sampler was in accordance with that from pulmonary ventilation meter. **Conclusion** Multi-functional sampler is valuable in classification of hazard level due to dust exposure and of labor intensity of workers.

Key words: Evaluation; Breath synchronous multi-functional sampler; Application at workplace

多功能呼吸同步采样仪^[1] (简称多功能采样仪)的研制, 是根据人体在生产性尘、毒环境中活动好似一个非等动力采样器, 口鼻似一个采样头的原理, 利用人体自身呼吸作动力, 融采样头、呼吸传感器和口鼻罩为一体的采样仪器, 在对尘(毒)进行采样的同时可记录肺通气量和采样时间。这种采样方法能获得随人体劳动强度和位置的改变而改变的呼吸气量和接触(或吸入)尘(毒)剂量, 而且在测试时滤料阻止了尘(毒)的吸入, 可保护受试工人的健康。测定结果比通常用的等动力定点粉尘采样及个体粉尘采样更接近实际。该仪器具有操作简便、体积小、自身呼吸为动力和同时获得多个指标等特点。为评价其测定粉尘的实际应用价值(铅尘毒物已测^[3]), 分两次进

行了现场试用, 第 1 次, 即试点测试, 以某市 3 个工厂中 4 个车间的 8 个粉尘作业工种为测试点, 为了对比分析, 同时采用常规定点粉尘采样仪、个体粉尘采样仪、肺通气量仪, 同时同地(或对同一个工人)进行采样; 第 2 次, 即扩大测试, 以某市 24 个工厂的 85 个粉尘作业工种为测试点。两次所得结果分别进行了体力劳动强度和粉尘危害程度分级。比较结果报告如下。

1 对象与方法

1.1 对象

试点测试: 2000 年(4~5 月)选择 3 个工厂的 4 个粉尘作业车间, 每个车间选择 2 个工种, 每个工种选择 2 名工人, 1 个工班每天测 2 次, 每次 15~20 分钟, 连续测定 3 天。

扩大测试: 2001 年(3~4 月)选择 24 个工厂的 85 个粉尘作业工种(或岗位)。其余同试点测试。

收稿日期: 2001-11-05; 修回日期: 2001-12-29

作者简介: 王治明(1937-), 男, 教授, 博士生导师, 长期从事劳动卫生学教学和科研工作。

1. 2 仪器

多功能呼吸同步采样仪 (Multi-F, 滤膜为 75mm); 定点粉尘采样仪 (FC-2, 武汉); 个体粉尘采样仪 (Single, 上海); 肺通气量仪 (YA-II-Pt, 北京)。

1. 3 方法

1. 3. 1 试点测试 在粉尘作业现场将 Multi-F 与 Single 同时佩戴在同一工人身上, 前者半面罩采样头罩于工人口鼻部位, 后者采样头固定在工人口鼻方向的衣领上, 与此同时用 FC-2 置于同一现场按常规采样, 三个采样仪同时进行。在不同的时间内, 用 YA-II-Pt 测工人的肺通气量。Multi-F 粉尘采样的同时记录肺通气量和采样时间。

1. 3. 2 扩大测试 采用多功能采样仪测定 (方法同上)。按滤膜重量法 (GB/T5747—1985) 测定粉尘浓度, 滤膜法测定分散度, 焦磷酸法 (GB/T5748—1985) 测定游离 SiO₂ 含量。体力劳动强度分级按 GB3869—83 标准, 粉尘危害程度分级按 GB5817—86

标准。所得结果进行分析比较。

1. 4 分析指标

粉尘浓度 (mg/m³)、分散度 (%)、游离 SiO₂ 含量、体力劳动强度分级和粉尘危害程度分级。

1. 5 统计分析

所测数据应用 SPSS for Windows (Vol 7. 5) 软件进行统计分析。着重分析粉尘浓度及其超标倍数, 粉尘分散度和肺通气量等指标的平均数、标准差及显著性检验等。

2 结果

2. 1 试点测试

2. 1. 1 粉尘浓度 Multi-F 测出的 3 个厂的粉尘浓度结果 (56. 8~251 mg/m³) 高于 FC-2 (18. 04~93. 86 mg/m³) 和 Single (31. 0~95. 71 mg/m³), 经显著性检验差异无显著意义 (表 1)。而 Multi-F 测出的 3 个厂的粉尘浓度与 Single 同步测定的粉尘浓度呈非常显著相关 ($r=0. 882, P<0. 01$)。

表 1 不同测尘仪测定 3 个厂粉尘浓度结果

mg/m³

测尘仪	砂轮厂		132 厂	保温瓶厂	合计
	混料车间	平磨车间	切割车间	混料车间	
FC-2	91. 3±72. 0	34. 8±19. 0	81. 0±43. 0	31. 0±10. 1	47. 0±37. 8
Multi-F	251. 0±17. 1	105. 0±21. 3	116. 0±30. 0	56. 8±33. 0	132. 3±72. 1
Single	95. 7±41. 6	44. 5±19. 6	44. 0±31. 0	31. 0±10. 1	55. 77±37. 1

2. 1. 2 粉尘分散度 由表 2 可见, Multi-F 和 Single 对各车间粉尘分散度的测定结果多数接近。

表 2 不同仪器测定 3 厂粉尘分散度 (%) 结果

厂别车间	仪器	< 2 μ m	2~	5~	≥ 10 μ m
砂轮厂混料车间	Single	3. 08	49. 69	29. 88	17. 36
	Multi-F	2. 47	54. 15	28. 12	15. 27
砂轮厂平磨车间	Single	4. 49	67. 50	21. 45	6. 57
	Multi-F	32. 82	53. 89	9. 38	3. 93
保温瓶厂混料车间	Single	9. 22	53. 78	25. 18	11. 83
	Multi-F	3. 72	61. 12	28. 17	6. 95
132 厂切割车间	Single	1. 40	48. 76	35. 32	14. 52
	Multi-F	26. 78	48. 65	14. 86	9. 75

2. 1. 3 游离 SiO₂ 含量、肺通气量和粉尘危害程度分级 不同仪器测定的不同车间游离 SiO₂ 含量、肺通气量和粉尘浓度超标倍数见表 3。

由表 3 可见两肺通气量仪的测定结果稍有差异, 而 Multi-F 测得的粉尘浓度超标倍数各车间均高于 FC-2 的结果。

依据表 3 各车间的游离 SiO₂ 含量、肺通气量和粉尘浓度超标倍数, 按 GB5817—86 标准进行粉尘危

表 3 游离 SiO₂ 含量、肺通气量和粉尘浓度超标倍数

地点	游离 SiO ₂ 含量 (%)	仪器	肺总通气量 [升/(人·日)]	仪器	粉尘浓度超标倍数
砂轮厂混料车间	8. 4	YA-II-Pt	8 285	FC-2	8. 4
		Multi-F	5 565	Multi-F	24. 1
砂轮厂平磨车间	60. 5	YA-II-Pt	5 359	FC-2	23. 2
		Multi-F	5 131	Multi-F	63. 0
保温瓶厂混料车间	47. 9	YA-II-Pt	2 493	FC-2	14. 9
		Multi-F	4 309	Multi-F	27. 4
132 厂切割车间	22. 7	YA-II-Pt	4 823	FC-2	8. 0
		Multi-F	3 495	Multi-F	13. 0

害程度分级, 得到表 4 的结果。可见, 按 Multi-F 与 FC-2 测定结果进行的粉尘危害程度分级, 两个混料车间分级一致, 另外两个车间按 Multi-F 测定结果进行的分级略高于 FC-2 的分级。

2. 1. 4 体力劳动强度分级 表 5 是根据 GB3869—83 标准的劳动强度指数 (I) 进行分级, 得到各车间接尘工人的体力劳动强度分级。

表 4 不同测尘仪测量的粉尘危害程度分级

	砂 轮 厂		保温瓶厂	132 厂
	混料车间	平磨车间	混料车间	切割车间
FC-2	III	III	III	III
Multi-F	III	IV	III	IV

表 5 不同呼吸气量仪测定接尘工人人体劳动强度分级

仪 器	砂 轮		保温瓶厂	132 厂
	混料车间	平磨车间	混料车间	切割车间
YA-II-Pt	III	I	I	I
Multi-F	II	I	I	I

表 6 85 个工种（或岗位）工人人体劳动强度分级

	体力劳动强度分级				合 计
	I	II	III	IV	
肺总通气量 [米 ³ / (人·日)] ($\bar{x} \pm s$)	4.91 ± 1.10	7.11 ± 0.81	8.47 ± 0.57	9.42	6.02 ± 1.65
工种数	48	28	8	1	85
百分数 (%)	56.5	32.9	9.4	1.2	100

表 7 85 个工种（或岗位）工人与粉尘危害程度分级结果

	粉尘危害程度分级					合计
	0	I	II	III	IV	
工种数	1	18	20	37	9	85
百分数 (%)	1.2	21.2	23.5	43.5	10.6	100

从表 6 可见此 85 个工种（或岗位），体力劳动强度不大，多数为 I、II 级（占 89.4%），1 个工种达 IV 级，与试点测试时所反映的情况基本相符；肺总通气量 [米³/ (人·日)] 与我国常见接尘工种工作日内实际接尘时间肺总通气量^[1]基本一致；表 7 可见粉尘危害程度较严重，III、IV 级占 50% 以上，与试点测试时的结果大体一致。

3 讨论

此次调查取得了大量的资料，构成本文的基础数据：一是肺通气量，二是粉尘浓度，三是测试时间。这些数据是同步获得的，其采样结果与人体模型鼻或嘴吸入的结果一致^[2]。此次现场测定是以接尘工人作为对象，通过呼吸同步采样，所以得到的资料是较客观的，多功能呼吸同步采样仪是比较理想的个体采样仪。

多功能呼吸同步采样仪所测得的肺通气量与 YA-II-Pt 型肺通气量仪所测得的结果基本一致，也与我国常见接尘工种工作日内实际接尘时间肺通气量基本一致，测得的粉尘浓度与定点（FC-2）和个体（Single）粉尘采样仪所测的结果差异并无显著性（ $P > 0.05$ ），且与个体粉尘采样仪（Single）测定的粉尘浓度呈非常显著相关（ $P < 0.01$ ）。其原因可能是同时同步并克服了采样方位与距离不同的原因。多功能呼吸同步采样仪以人体呼吸为动力，进行呼吸同步采样，方法较为客观、真实。邹捷等“从人体剂量-效

可见，按 Multi-F 与 YA-II-Pt 测定结果进行的人体劳动强度分级基本一致（除砂轮厂混料车间外）。

2.2 扩大测试

对 24 个工厂游离 SiO₂ 含量不同的 85 个粉尘作业工种（或岗位）采用多功能采样仪测定了 596 人次的肺通气量与其同步测定的 596 个粉尘样品，分别进行各工种体力劳动强度分级和粉尘危害程度分级，结果见表 6、表 7。

应关系比较三种铅尘采样方法”一文中以该仪器用同样测试方法比较，结果表明，其接触或吸入剂量和定点与个体粉尘采样器各自的剂量相比，它与血铅有更显著的相关关系，即所反映的剂量-效应关系良好^[3]。国内学者曾对粉尘接触量或吸入量（称呼吸粉尘值）在剂量-反应关系方面进行了研究，采用个体采样仪测定工班平均接触浓度（mg/m³），同时记录平均接尘时间（min），用道氏袋测定劳动呼吸量（L/min），三者之积等于工班呼吸粉尘值^[4]。遗憾的是当时还无力做到呼吸同步采样方法来更好的实现他的研究工作。

由于多功能呼吸同步采样仪有如上的优势，此次应用它对 95 个粉尘作业工种（或岗位）进行体力劳动强度与粉尘危害程度分级，方法简便，省时省力，结果更接近实际。在测试时滤料同时阻止粉尘的吸入，保护了工人健康。因而该仪器有一定实用价值。但由于首次应用该仪器，在今后使用中可能会出现新的问题，比如测定不同种类的粉尘、是否适用于不同劳动条件下测定、高浓度下呼吸是否受阻、滤膜和流速的要求等等，都需要反复实践不断改进，方可对其作出合乎实际的全面评价。

参考文献：

- [1] 陈继岳，李成刚，张春林，等。新型采样仪—多功能呼吸同步采样仪研制报告 [J]。中国工业医学杂志，2002，15（4）：202-204。
- [2] 成子奇，周光发。作业场所总粉尘采样的新进展及其评价 [J]。卫生研究，1989，18（4）：48-51。
- [3] 邹捷，徐忠玉，唐丽嘉，等。从人体剂量-效应关系比较三种铅尘采样方法 [J]。中国工业医学杂志，1999，12（5）：308-309。
- [4] 刘占元，张维昌。关于粉尘接触剂量的研究 [J]。中华劳动卫生职业病杂志，1984，2（6）：360-362。