



GB/T 6165—2008 计数法的性能评估测试

中国建筑科学研究院 冯昕[★] 张益昭 王智超

摘要 通过实验评估了计数法的重复性等性能指标。测试结果表明,该方法可满足过滤行业日常检测需要。比较分析了单计数器顺序采样测试与双计数器同时采样测试,认为后者更适合于过滤行业。

关键词 高效过滤器 计数法 过滤效率 测试 最易透过粒径

Performance evaluation test of particle counting method in the national standard GB/T 6165 – 2008

By Feng Xin[★], Zhang Yizhao and Wang Zhichao

Abstract Evaluates the performance parameters such as repeatability of the particle counting method by experiment. As a result, the method satisfies the routine test requirements of the filtration industry. Compares and analyses the sequential sampling by a single sampler and simultaneous sampling by two samplers, and considers that the latter is more suitable to be used in the filtration industry.

Keywords HEPA filter, particle counting method, filtration efficiency, test, most penetrating particle size

① ★ China Academy of Building Research, Beijing, China

0 引言

GB/T 6165—2008《高效空气过滤器性能试验方法 效率和阻力》已正式颁布施行2年多。本文所介绍的内容为标准修订过程中新收入的计数法的性能评估测试及相关试验结果。笔者希望通过对于这些内容的介绍,加深业界对新收入方法的理解。

之前的试验研究^①说明,对涵盖高效过滤器最易透过粒径(MPPS),粒径挡宽度为0.1 μm的一挡粒径进行过滤器透过率试验,得到的结果与完整的MPPS测试结果基本一致,在精确度上完全可以满足作为高效及超高效过滤器标准化效率测试方法的要求。但作为过滤器生产厂商的日常检测手段,测试方法的稳定性、可重复性以及可操作性等是否可以满足日常检测需要,也是

对标准化测试方法进行评估的重要特性指标。本文对计数法的相关特性参数进行了试验评估。

1 计数法重复性试验

为实现对计数法测试结果的重复性进行评估,笔者选择了由同一过滤器厂商生产的同批次同型号的三台过滤器(编号分别为C,D,E)作为参考过滤器进行测试。参考过滤器主要性能参数:尺寸为484 mm×484 mm×220 mm,有隔板,额定风量为1 000 m³/h,出厂过滤效率(测试方法为钠焰法)大于99.99%。

具体测试条件如下。

气溶胶物质:DEHS(癸二酸二辛酯)+无水乙

① 冯昕,张益昭,王智超. 国标GB/T6165中的计数法与国际现行标准化测试方法的比较,2011
 ①☆ 冯昕,男,1978年10月生,硕士研究生,工程师
 100013 北京市北三环东路30号中国建筑科学研究院空调所
 (010) 84288378
 E-mail:xfengjibai@hotmail.com
 收稿日期:2011-05-03

醇(分析纯)混合溶液,DEHS 体积分数 0.7%;

气溶胶发生器:单个 Laskin 喷嘴;测试风道中气溶胶浓度: $<10^5 \text{ L}^{-1}$ 。测试仪器见表 1。

表 1 测试仪器

| 上游采样计数器 | 下游采样计数器 |
|---|--------------------------------------|
| 采样流量 2.83 L/min(0.1 ft ³ /min) | 28.3 L/min(1.0 ft ³ /min) |
| 产地 中国 | 美国 |
| 粒径分挡 0.1 μm, 0.2 μm, 0.3 μm, | 0.1 μm, 0.2 μm, 0.3 μm, |
| 0.5 μm, 1.0 μm, 5.0 μm | 0.5 μm, 0.7 μm, 1.0 μm |

3 台参考高效过滤器所进行的重复试验数量以及测试结果见表 2,具体试验数据见图 1~3。

表 2 计数法测试重复性试验结果

| 参考过滤器 编号 | 对同一参考过滤器的 重复试验次数 | 测试结果平均效率± 标准偏差 |
|----------|------------------|------------------|
| C | 440 | 99.98%±0.003 4% |
| D | 522 | 99.995%±0.002 5% |
| E | 480 | 99.992%±0.002 2% |

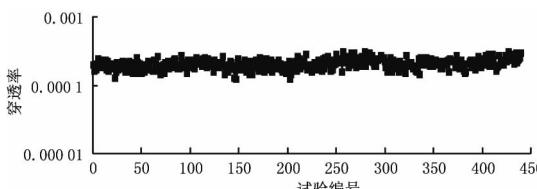


图 1 参考高效过滤器 C 的计数法测试重复性试验结果

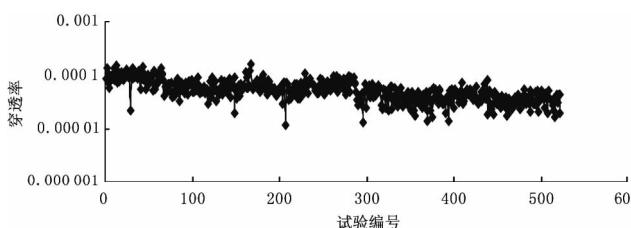


图 2 参考高效过滤器 D 的计数法测试重复性试验结果

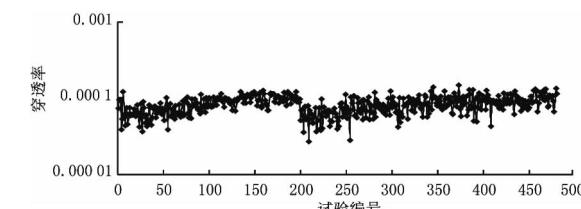


图 3 参考高效过滤器 E 的计数法测试重复性试验结果

通过对 3 台参考高效过滤器共进行 1 442 组重复性效率测试试验,测试结果体现出了非常好的稳定性,试验所测得标准偏差仅为 0.003 4%, 0.002 5% 及 0.002 2%。因此,就该测试方法的可重复性上来说,完全可以满足过滤器厂家的日常检测要求。

2 单计数器顺序采样测试 (sequential test system)与双计数器同时采样测试 (simultaneous test system)的比较

在现行的欧洲及美国测试标准中,均允许效率测试采用 1 台计数器先后对被测过滤器上下游分别进行顺序采样测试,以及同时采用 2 台计数器分别对被测过滤器上下游进行同时采样测试。简单来看,同时采样测试所耗费的时间更短,更适用于大规模工业化生产的需要,但同时要求所选用两台计数器应为同型号,并且在标定时作为一套仪器设备进行标定(EN1822-5:2002)。

笔者之前的研究^①中所进行的计数法精确度测试以及本文第一部分所做的计数法重复性测试均表明:采用不同型号计数器进行上下游同时采样完全可在测试精度及重复性方面满足作为标准化测试方法的需求。

2.1 测试时间问题

显然,使用 2 台计数器同时对被测过滤器的上下游进行采样,比使用 1 台计数器依次进行上下游采样,所花费的时间要少得多。因为二者之间的差距不仅仅在于前者仅需进行一次采样,而后者需进行二次采样。当使用 1 台计数器时,每次检测完上游浓度,切换到下游浓度检测之前,都需要花费较长时间来对采样计数器进行空吹以消除上游高浓度检测的气溶胶残留影响。而就实际检测经验来看,空吹的时间往往远超过采样时间,从而导致每一次的试验时间很长。

图 4 和图 5 分别给出了使用 1 台采样计数器和 2 台采样计数器进行测试的连续试验结果。其

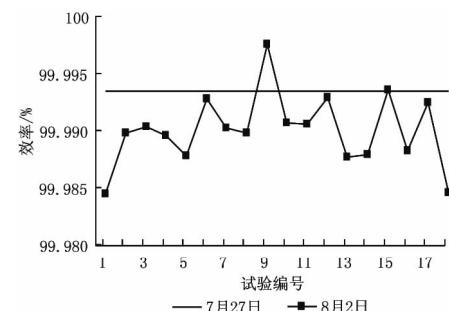


图 4 使用 1 台计数器进行顺序采样测试,3 h 内共完成 18 组试验(粒径范围:0.1~0.2 μm)

^① 冯昕,张益昭,王智超. 国标 GB/T6165 中的计数法与国际现行标准化测试方法的比较,2011.

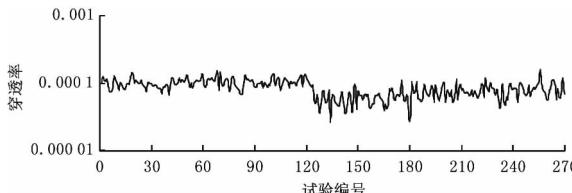


图 5 使用 2 台计数器进行同时采样测试,
7 h 内共完成 270 组试验(4月 5 日)

中,使用 1 台计数器进行试验时,笔者连续测量了 3 h,但只完成了 18 组试验,平均每次耗时约 10 min;而在使用 2 台计数器分别进行上下游采样的试验中,连续测量了 7 h,共计完成试验 270 组,平均每次耗时约 1.5 min,二者之间的差距非常明显。

2.2 对于气溶胶发生器稳定性的适应问题

由于同时采样比顺序采样更接近于实时采样,因此,采用 2 台计数器的同时采样测试方法,对于测试用气溶胶参数的稳定性来说,具有更理想的适应性。图 6 给出了一个当测试用气溶胶浓度发生一定程度变化时($150\ 000 \sim 200\ 000$ 粒/ $2.83\ L$),采用同时采样测试结果的稳定性试验结果,也很好地说明了同时采样对于气溶胶发生源稳定性具有理想的适应性。

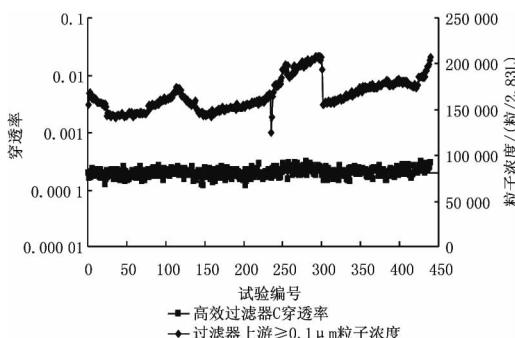


图 6 测试气溶胶浓度波动时,同时采样
测试方法测试结果的稳定性

2.3 稀释问题

目前各国家标准对于高效以及超高效过滤器界定的效率范围为: $99.95\% \sim 99.999\ 999.95\%$ 。在过滤器产品性能不断提高的前提下,对拥有更高过滤效率的过滤器进行测试,需要计数器能够对越来越高的上游气溶胶浓度进行测试。因此,在大多数情况下,需要使用稀释器配合来进行上游气溶胶浓度采样。而实际上,稀释器稀释比的标定以及误差往往成为过滤器效率测试试验

的重要不确定因素以及误差来源。例如,尽管欧洲标准中规定稀释器的稀释倍数最大可以达到 10 000 倍,但在市场上,绝大多数的商业稀释器的稀释倍数都被控制在 100 倍以下,高稀释比往往需要串联多个低稀释比稀释器,并且增加了系统的复杂性以及误差来源。

但对于使用 2 台计数器的同时采样测试法来说,则可以通过上下游变流量采样的方法实现稀释效果。例如,当下游计数器的采样流量为上游的 10 倍(如下游 $28.3\ L/min$, 上游 $2.83\ L/min$)时,则相当于一个 10 倍的稀释器;当下游计数器的采样流量为上游的 100 倍(如下游 $28.3\ L/min$, 上游 $0.283\ L/min$)时,则相当于一个 100 倍的稀释器。另一方面,就计数器本身性能特点来说,往往是采样流量越小的计数器,其最高可测气溶胶浓度(最大饱和浓度)也越高,其可测的效率范围也就越大。

2.4 仪器标定问题

计数器在实际使用过程中,其计数性能会随着使用情况不同而发生变化。当只使用 1 台计数器进行测试试验时,这种计数器的性能变化对被测过滤器上游以及下游的气溶胶浓度采样的影响是完全相同的。只需要依据计数器的维护要求,定期对其进行标定维护即可。

对于使用同时采样测试系统而言,情况则会有所不同。首先,即使在 2 台计数器都完全未经使用的情况下,其计数效率也可能存在不同程度的偏差;其次,2 台计数器的使用条件完全不同,上游采样计数器永远测量高气溶胶浓度,下游采样计数器永远测量低气溶胶浓度,必然存在计数性能偏差。而为了保证 2 台计数器之间的偏差在容许范围内,不会对测试结果产生不利影响,将可能需要频繁地对同时采样测试系统中 2 台计数器的相关系数进行标定。

而究竟其相关系数的标定周期定为多久合适?为了解决这一问题,笔者分别在所有试验进行之前(2006 年 7 月)、所有试验结束之后(2007 年 3 月),采用 $0.106\ \mu m$ 的 PSL 标准粒子对 2 台计数器的相关系数进行了对比试验,试验结果如图 7,8 所示。由对比结果可以看出,2 台计数器在未经使用的情况下 $0.1 \sim 0.2\ \mu m$ 挡的偏差为 1.1%,而在 8 个月内,进行了大量测试试验之

后,2台计数器 $0.1\sim0.2\mu\text{m}$ 挡的偏差变为6.1%。因此,如果要求2台计数器的相关系数偏差不得超过5%的话,则建议其标定周期不宜超过6个月。

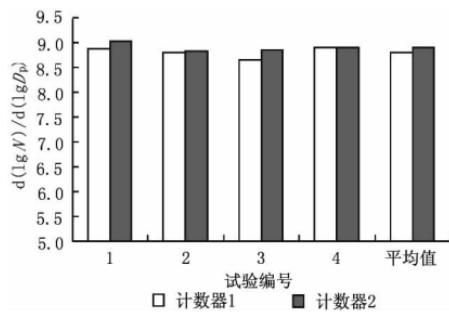


图7 进行所有试验之前2台计数器的比对试验结果

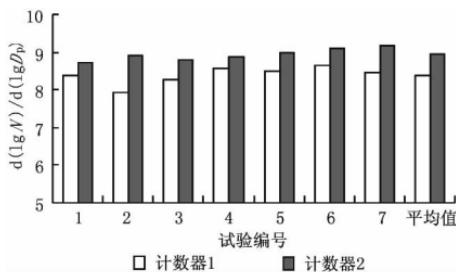


图8 所有试验进行之后2台计数器的比对试验结果

3 结论

3.1 从试验结果来看,GB/T 6165—2008中所规定计数法的可重复性可满足过滤器行业的日常检测需求。

3.2 相比顺序采样测试方法,笔者推荐同时采样测试方法,因为该方法所需测试时间更短,并且可在相当多的情况下避免使用稀释器,从而减少了测试结果的误差来源。但在使用同时采样测试方法时,应注意所使用的2台采样计数器相关性的标定问题。

参考文献:

- [1] 中国建筑科学研究院. GB/T 6165—2008 高效空气过滤器性能试验方法 效率和阻力[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008
- [2] European Committee for Standardization (CEN). EN 1822-5 High efficiency air filters (HEPA and ULPA)—Part 5: Determining the efficiency of filter element [S]. Brussels: European Committee for Standardization, 2000
- [3] Institute of Environmental Science and Technology (IEST). IEST-RP-CC007. 1 Testing ULPA filters [S]. Rolling Meadows: Institute of Environmental Science and Technology (IEST), 1992