

美国环保局对除尘器滤料性能认证的介绍

刘小峰 刘旸

戈尔过滤产品（上海）有限公司

[摘要] 本文介绍了美国环保局（EPA）环境技术认证项目（ETV）中对袋式除尘器滤料性能的检测方法和结果，给国内外广大除尘设备用户在选择滤料时提供了数据上的参考。

[关键词] ETV

一. 前言

袋式除尘器由于其过滤效率高，运行稳定，适应性强等优点，在各个工业除尘领域已经得到了广泛的应用。滤料作为袋式除尘器核心部件，其性能和质量的优劣，直接关系到袋式除尘器的运行效果和使用寿命。目前市场上有各种各样的滤料，其性能用途各有不同。另一方面即便是相同的材料，不同厂家不同加工工艺生产的产品，性能上也会有很大的差别。那么我们如何去判断滤料的性能，从而进行选择呢？滤料的以下几个性能是我们所关注的：

- 滤料过滤效率
- 过滤压降
- 滤料的使用寿命

过滤效率决定了收尘器的出口排放浓度，当然对于袋收尘技术来说，只要滤料的质量合格，一般其过滤效率都能达到99%以上，出口烟气的粉尘浓度可以满足50 mg/Nm³，从而达到国家初级排放标准。然而随着排放要求越来越严格，对滤料的过滤要求也逐渐提高。尤其是某些危险物粉尘收集或有特殊工艺要求的场合，例如炭黑行业排放标准要求要在18mg/Nm³甚至更低，那么这就需要一些经过特殊工艺处理的滤料比如ePTFE覆膜滤料并且是性能稳定的滤料才能保证达到。作为覆膜滤料的发明者，戈尔公司对于滤料排放作了大量试验,从而使戈尔覆膜滤料可以达到下列过滤效果：

| 粉尘粒径 μm | % 过滤效率 |
|--------------------|------------|
| 0.10-0.12 | 99.715515 |
| 0.12-0.15 | 99.827156 |
| 0.15-0.20 | 99.937851 |
| 0.20-0.25 | 99.985558 |
| 0.25-0.35 | 99.996895 |
| 0.35-0.45 | 99.999825 |
| 0.45-0.60 | 100.000000 |
| 0.60-0.75 | 100.000000 |
| 0.75-1.00 | 100.000000 |

过滤压降是直接影响生产和滤袋使用寿命的一个因素，过滤压降高，系统阻力就高，在相同的风机功率下，系统风量就会减小，直接影响了生产的效率；或者为了保持风量必须增大风机功率，使得电耗成本增加。过滤压降高还会导致清灰频率增加，使滤袋寿命减短。另外滤袋长期在高阻力下运行也会影响其寿命。

最后，由于滤料价格较高，其成本在收尘器中占了相当大一部分比例，如果质量得不到保证，使用寿命短，其损失是可想而知的，同时换袋还可能影响生产。

对于广大的最终用户来说，很难在购买或使用前去检测这些指标，因为综合检测滤料的这些性能需要专业的设备和人员，用户往往只能参考厂家所提供的技术参数。现在美国环保署（EPA）启动了环境技术认证项目（ETV），专门针对袋式除尘器滤料进行专业检测，使得用户在选择滤料时有了一个权威的、可量化的依据。

二. 美国环保局（EPA）环境技术认证（ETV）简介

环境技术认证（Environmental Technology Verification, ETV）项目是由美国环保局（The Environmental Protection Agency, EPA）创建的一套程序和方法。ETV的创建旨在通过认证和信息发布来推动环境技术的发展及创新。ETV项目通过向涉及环境技术的设计、发布、融资、技许可、购买与使用的公司等提供高质量的、客观的有关新技术性能的数据，来加速新的、经济有效的环境技术的使用，最终实现环境保护的目的。

ETV与一些合格的标准和测试组织，股东委员会（由技术购买者、销售者组织，许可证发放者和其他成员组成）和其他感兴趣的实体达成合作关系，并且完全可以有私人技术开发者参与。ETV项目通过设计相关的认证过程，收集和分析数据，并提供公正的检测报告等方式来评估新技术的性能，所有评估都会采取必要的审计和监督过程来确保认证过程和数据的可信性。

三. ETV滤料检测程序

3. 1测试协议描述

所有测试均按照《收尘器过滤产品一般认证协议》（*Generic Verification protocol for Baghouse Filtration Products*）所规定的条款进行的，查看该协议的具体条款可浏览以下网站：<http://etv.rti.org/apct/pdf/baghouseprotocol.pdf>。该协议还包含了对质量管理、质量保证、产品选择程序、测试实验室审计和测试报告格式等各方面的要求。

测试用的过滤器上安装有一个配备了适当基质的冲击采样器，用来测定所检测滤料的总出口颗粒浓度和PM_{2.5}颗粒的浓度。测量各个冲击过滤阶段所收集灰尘增加的总重量，并除以通过冲击采样器的气体体积流量，就可以确定出口颗粒浓度。

在将测试灰尘注入样品滤袋前方气流时会测定粉尘颗粒大小。用刷型喂粉机将测试粉尘分散到气流中。通过测量滤料前后气流中的粉尘颗粒分布情况，可获得PM_{2.5}颗粒穿透测试滤料的准确结果。

测试用的粉尘是平均粒径最大为 1.5 μ m（冲击器 3 次运行的平均值）的氧化铝颗粒。所有的滤料均在其初始（即清洁）状态下进行测试并采用相同的测试条件，具体见表 1。

三次测试运行均包括以下阶段：

- 试运行期——10,000 次快速脉冲清灰周期，
- 恢复期——30 次正常脉冲清灰周期，
- 性能测试期——6 小时的滤料测试期。

表 1’ 检测条件

| 测试参数 | 条件值 |
|-----------|---|
| 粉尘浓度 | 18.4 \pm 3.6 g/dscm (8.0 \pm 1.6 gr/dscf) |
| 过滤风速（气布比） | 120 \pm 6 m/h (6.6 \pm 0.3 fpm) |
| 清灰压差 | 1,000 \pm 12 Pa (4 \pm 0.05 in. w.g.) |
| 气罐压力 | 0.5 \pm 0.03 MPa (75 \pm 5 psi) |
| 脉冲阀开断时间 | 50 \pm 5 ms |
| 空气温度 | 25 \pm 2 $^{\circ}$ C (78 \pm 4 $^{\circ}$ F) |
| 相对湿度 | 50 \pm 10 % |
| 总气流量 | 5.8 \pm 0.3 m ³ /h (3.4 \pm 0.2 cfm) |
| 样气流量 | 1.13 \pm 0.06 m ³ /h (0.67 \pm 0.03 cfm) |
| 过滤周期次数 | |
| ● 试运行期 | 10,000 cycles |
| ● 恢复期 | 30 cycles |
| 检测持续时间 | 6 h \pm 1 s |

3. 2 测试设备和方法介绍

测试过程是在ETS公司的专门测试设备中完成的（见下图1）。测试设备包括一台刷型喂粉机，喂粉机可将粉尘分散到一个垂直的矩形管道里（未净化气体管道）。喂粉机底部安装有一台电子计量器，用来测量和记录粉尘的喂料量，该计量器会以10g的精度显示连续读数。在粉尘进入未净化气体管道前，会使用放射性的钋-210射线来消除粉尘的电荷，光电传感器可监测粉尘的浓度并确保在整个测试过程中的气流量稳定，但它不能用来测量粉尘浓度。一部分气流从未净化气体管道中流过测试过滤器，该过滤器垂直安装在一个水平管道（干净气体管道）的入口处。干净气体管道中的气流通过一个三通管被分成两部分——样品气流和旁通气流。该三通管将40%的干净气流分流到样品气流管道而

不改变气流速度。样品气流管道上装有一个安德森冲击采样器用于固体颗粒的分离和测量，旁通管道则装有一个绝对过滤器。这两部分气流可被持续监测并稳定在由调节阀设定的流速。两个真空泵使未净化气体管道和干净气体管道中产生气流。通过过滤器的气流量---进而是过滤风速（或气布比）保持恒定并用流量控制器测量。在清灰完成3秒后，压力变送器测量过滤器前后的压差，压降测量值取平均值后记录在表2中。高效过滤器安装在流量控制器和泵的前方气流中，以防止粉尘污染或损伤流量控制器和泵。清灰系统包含一个压力设定值为0.5 MPa (75 psi)压缩空气罐，一个快速阀和一个带3mm喷嘴的喷吹管（直径为25.4 mm）。

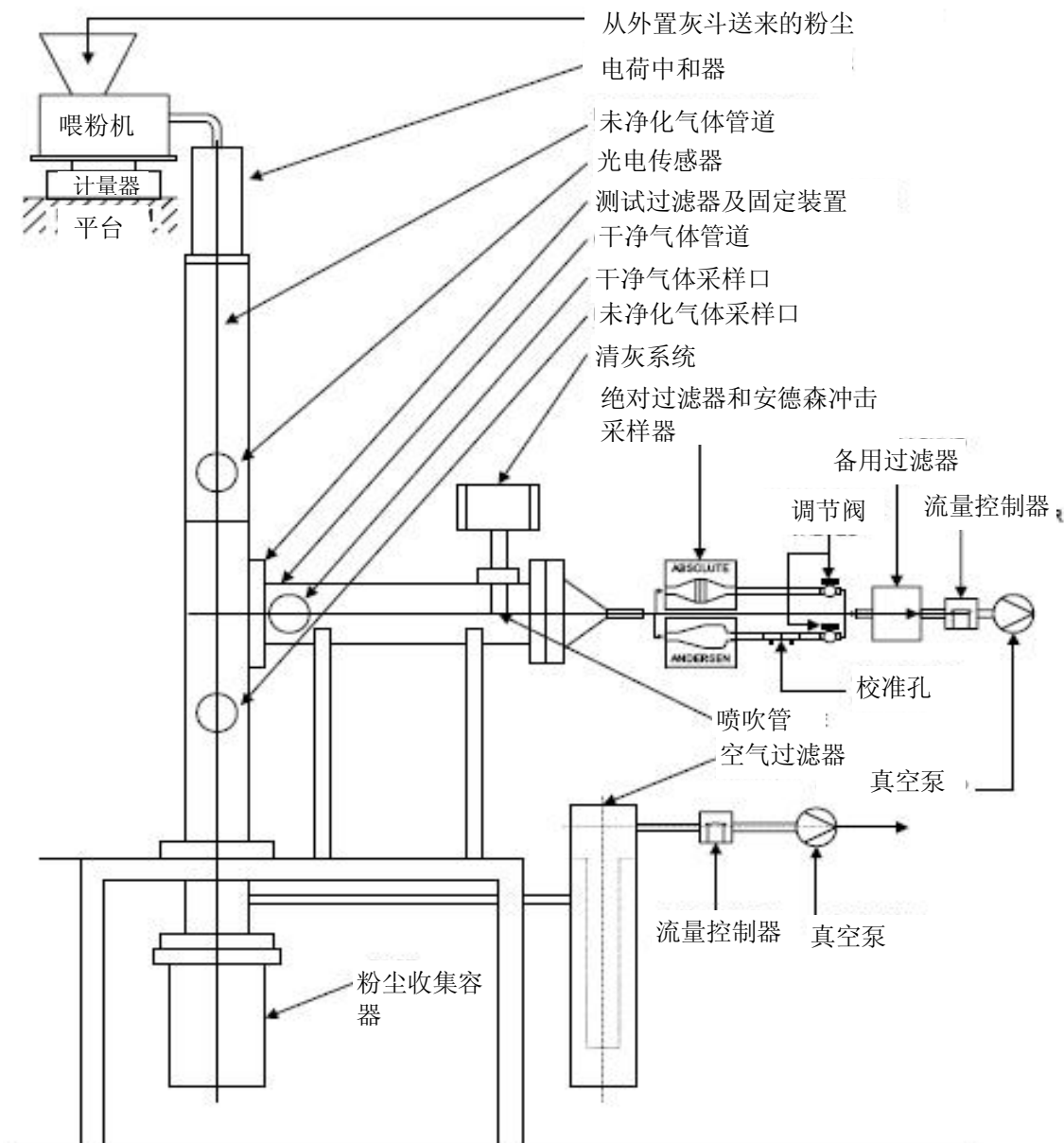


图1. 测试设备示意图

当部分气流从未净化气体管道流过测试过滤器时，此时测定平均出口粉尘浓度。由于通过过滤器后干净气体再被三通管分流，因而分流出的一部分样品气流通过安德森冲击采样器来测定出口浓度。在随机选择的三块滤料样本上进行下面几个阶段的运行：

- 试运行阶段
- 恢复阶段
- 性能测试期

为模拟长期操作，过滤器首先要进行试运行阶段，包括在持续的喂粉状态下进行10000次重复脉冲清灰。在这一阶段，脉冲清灰间隔时间为3秒，滤料性能参数不作测量。

试运行阶段之后紧接着就是恢复阶段，恢复阶段是在持续稳定喂粉情况下的30次正常脉冲清灰。在一个正常过滤周期中，粉饼会逐渐在滤料表面形成，直到过滤器压差达到1000pa，此时，利用压缩空气从滤料干净侧进行脉冲清灰。清灰完成后，下一个过滤周期就马上开始了。

恢复阶段完成后立即开始6个小时的正式测试阶段（即当滤料从装上测试设备到累计10030个过滤周期后），在正式测试阶段，进行正常的过滤周期。同试运行期和恢复期一样，喂粉同样保持持续稳和定。在上述的所有阶段，过滤风速和入口粉尘浓度一直分别保持在 $120 \pm 6\text{m/h}$ 和 $18.4 \pm 3.6\text{g/m}^3$ 。

四. ETV的认证结果说明

目前已经有将近20种常用的滤料参加了这一认证，囊括了全球各个主要的滤料供应商的产品。利用ETV检测所提供的数据，我们可以在选择前对这些滤料进行性能比较。那么检测的参数包括哪些？如何根据这些参数判断其性能呢？我们选取了美国戈尔公司生产的L3650滤料来进行说明。戈尔L3650是表面覆膜的玻纤滤料，这是所有送检产品中综合性能最佳的滤料，也是工业除尘领域中应用非常广泛的滤料。表2是该滤料的测试结果

表 2 检测结果 L3650
GORE®高耐久性薄膜/PTFE处理玻纤织物滤袋，746 g/m²

**Table 2. Baghouse Filtration Product Three-run Average Test
Results for W. L. Gore & Associates, Inc.'s Fabric L3650**

| 检测参数 | 测试结果 |
|--|----------------------------|
| 出口粉尘浓度 (标准条件下) ^a PM _{2.5} g/m ³ (gr/dscf) | <0.0000 02 (<0.0000 07) |
| 总含量 g/m ³ ^b (gr/dscf) | <0.0000 02 (<0.0000 07) |
| 平均剩余压降 cm H ₂ O (in. H ₂ O) | 2.45 (0.96) |
| 初始剩余压降 cm H ₂ O (in. H ₂ O) | 2.36 (0.93) |
| 剩余压降增量 cm H ₂ O (in. H ₂ O) | 0.18 (0.07) |
| 过滤周期时间 s | 251 |
| 样袋增加质量 g (gr) | 0.09 (1.39) |
| 脉冲周期次数 | 87 |

a 标准条件: 101.3Kpa (14.7psi), 20°C (68° F)

b 总含量包括所有穿透滤料的 PM_{2.5} 及更大的粉尘颗粒

ETV认证结果主要包括了下面几个性能参数: 出口粉尘浓度, 压降和过滤周期时间。出口粉尘浓度包含两部分: PM_{2.5}的浓度和总的出口颗粒物的浓度。PM_{2.5}是指悬浮于空气中、空气动力学等效直径等于或小于2.5微米的粒子, 该类粒子极易进入人体的肺部, 从而对人体健康产生很大的危害, 是污染物排放重点控制物质。在这方面, 戈尔L3650可以说达到了零排放, PM_{2.5}的出口浓度小于0.002mg/m³, 总颗粒物浓度小于0.007mg/m³, 甚至低于设备所能检测到的极限值。

当然出口粉尘浓度(也即过滤效率)并不是唯一的指标。可以想象一下, 如果滤料是一块完全不透气的金属板的话, 那它的出口浓度肯定是很低的, 但这会导致另外一个指标----压降的大幅度上升。正如我们前述的过滤压降是直接影响生产和滤袋使用寿命的。所以在比较选择滤料时, 在出口排放浓度低的情况下, 还要注意到压降是否也低。在这方面, 戈尔L3650远远领先于其他的产品, 其平均剩余压降为2.45厘米水柱, 比同类产品要低40%以上。

对于滤袋尤其是玻纤滤袋来说, 使用寿命是和清灰的频率直接相关的, 在相同条件下, 滤袋清灰变形的次数越少, 其寿命就越长。由于采用的压差控制清灰, 清灰周期的时间越长也就是清灰次数越少。戈尔L3650的表现同样是非常优异的, 从上表中我们可看到, L3650的清灰周期时间是251秒, 总的清灰次数是87次, 这在所有检测的滤料里是最好的(即清灰周期时间最长, 清灰次数最少), 且遥遥领先于其他的产品。

通过比较上述的参数，我们就可以对不同滤料在各方面的性能有一个量化的认识。要查看不同送检滤料的认证结果，可在美国环保局官方网站<http://www.epa.gov/etv/verifications/vcenter5-2.html>上查找，根据该类产品的认证协议条例，所有认证结果的有效期限为3年。