

袋式除尘器滤料检测

孙熙 柳静献
东北大学

摘要: 滤料是袋式除尘器的关键部件, 其质量决定着除尘系统的成功与否。鉴于目前袋除尘器在一些场合使用的风险, 本文介绍了对新滤料、使用中滤料的检测对厂商、最终用户的意义, 在研究了滤料性能检测的项目基础上, 讨论了滤料标准制定情况, 分析了目前滤料检测的形式。

关键词: 袋式除尘器 滤料 检测 滤料标准 性能评价

袋式除尘器作为高效除尘设备在各行业应用历史悠久。滤料是袋式除尘器的核心部件, 滤袋的质量与性能对袋式除尘器的运行及应用范围具有极大影响, 为此世界各国都十分关注袋式除尘器滤料的性能检测与评价。

1. 滤料检测的意义

1.1 袋式除尘器的大型化

袋式除尘器是依靠滤袋对烟气(空气)中固体微粒的截留使烟气(空气)得以净化的。滤袋是袋式除尘器的核心。近年来随着工业设备的大型化, 袋式除尘器的大型化随之而来。80年代, 袋式除尘器单机处理风量多在 $3000\text{m}^3/\text{h}\sim 30000\text{m}^3/\text{h}$, 处理风量达到50万 m^3/h 的已算大型除尘器了, 鲜有处理风量在100万 m^3/h 以上的。但近年来处理风量在100万 m^3/h 以上的袋式除尘器应用已很普遍。例如600MW火电机组、日产5000t的水泥旋转窑、2000 m^3 炼铁高炉等大型设备目前均为常见设备。用于这些大型设备的除尘器多是处理高温烟气, 所用滤袋多为耐高温滤料, 不仅除尘器的费用大大提高, 而且使得滤料在除尘器总费用中的比重从1/8上升到1/3以上, 从而对滤袋质量与性能的要求有了很大的提升。建设一台150万 m^3/h 风量的除尘器, 整体造价为1800万元, 其中滤袋费用为600~700万元。对于如此巨大费用的部件, 如果质量得不到保证, 其损失是可想而知的。同时需要指出的是, 一台风量为150万 m^3/h 的除尘器, 其滤料总面积达25000 m^2 , 滤袋数接近万条, 如果制造质量相差较大, 甚至有一个小洞就会影响整体性能。

1.2 袋式除尘器的高性能

近年来, 由于环境问题越来越引起世界各国人民及政府的重视, 大气环境标准及大气排放标准不断提高, 环境标准方面国外已提出PM2.5的控制标准, 我国大气标准也对PM10的值作了限定。大气排放对于烟尘排放浓度限值, 国外已限定为 $50\text{mg}/\text{m}^3$, 水泥、冶金也相继准备强化对排放浓度限值的要求。对于一些大型车间, 净化后的空气直接排放到车间内的袋式除尘器, 其排放标准通常要求在 $1\text{mg}/\text{m}^3$, 甚至更低。由上述技术指标要求不难看出, 对袋式除尘器用滤料的效率及阻力的要求具有相当高的标准, 从而对其内在品质的要求必然是相当严格的。

1.3 换袋费用高

袋式除尘器本体寿命应当在15年甚至更高, 但滤袋的使用寿命一般为2~3年, 有些企业可达5~6年, 但很多情况下只使用一年甚至半年, 一般滤袋作为消耗品。对于大型除尘器换袋费用很高, 如前述150万 m^3/h 的除尘器, 换一次袋需要600~800万元, 同时换袋还可能影响生产。以20万机组为例, 停电1天少发电480万千瓦时, 损失近200万元。提高滤料质量增加滤料寿命, 减少换袋次数, 不仅降低了除尘器运行费用, 而且有利于主体设备产量的提高。

2. 检测的作用

2.1 滤料生产厂检测

一个滤料生产厂根据企业的规模，每年生产几十万到几百万平米的滤料。滤料生产厂的生产工艺、材料选用、生产设备、管理水平都会影响生产滤料的质量。一个好的滤料生产厂，由于其生产设备先进，选用优质材料、生产工艺合理、管理水平好，其产品与较差的厂会有很大差别。明显的差别可从外观上看出，大多数情况下是看不出来的，只有通过测试才能确定。

表 1 是几个不同厂生产的滤料的热收缩率，从外观上它们的差别是看不出来的，但其热收缩率却相差很大。

表 1 不同厂商滤料的热收缩率

编号	1	2	3	4	5	6
经向热收缩率 (%)	3.00	0.20	4.60	0.50	0.25	3.10
纬向热收缩率 (%)	1.33	1.20	3.80	0.80	0.57	3.30

滤料经向热收缩率大，对脉冲除尘器常导致袋笼被顶出花板，而纬向热收缩率大会使滤袋紧箍袋笼，降低了清灰能力，导致阻力升高。

滤料质量好的企业不仅对生产的滤料进行检测（出厂检测），同时还对生产过程中的滤料实时检测。作为滤料的使用单位应要求滤料生产厂提供实时的滤料质量检测的数据，以确定所购滤料产品的各项性能可以达到所要求的指标。

2.2 使用方的抽检与评估

作为除尘器的使用单位在除尘器滤袋安装之前，应对滤袋的性能和品质进行检测，以确保安装的滤袋符合设计（或招标文件）的要求，为除尘器的长期稳定运行创造必要条件。同时还可以起到以下作用：

- （1）可避免由于发货错误而在滤袋安装、运输中出现问题；
- （2）可防止商家的欺诈行为。

2.3 招标评判的检测

大型除尘器的用户现在对滤袋大多采用招标采购制度。滤料质量的差异会使滤料使用的寿命相差很大，对大型设备而言，滤料的成本很高，如果滤料寿命延长一年，意味着可以节省百万元以上的费用。因此在招标过程中，用户都希望把滤料的风险降低到最小。

通常在投标过程中，滤料的参数指标由商家自己提供，鉴于滤料在生产制造过程中的质量偏差和商家自己提供数据的主观性，因此该数据的权威性受到质疑。

滤料招标用户应该对投标单位的产品进行抽样，并统一到国家认定的第三方权威检测机构进行性能测试，按照检测结果进行评标，可以抛弃质量较差的产品，选择品质优良，且价格合理即性价比高的产品，有助于招标工作的透明化，同时规避滤料选择过程中的风险，减少招标责任。

2.4 运行中监测检验

滤袋运行中的质量监测，应由使用单位进行。有远见的滤料制造商常会主动配合使用单位进行此项工作，通过对在用滤袋的监测，能发现系统运行中的问题，以便采取相应措施，延长滤袋的寿命，降低运行成本。

运行中滤袋监测的作法是：滤袋在安装前，抽取 1—2 条对其进行测试；系统启用后，每间隔一定时间，一般以半年为宜，根据情况在不同部位抽取若干条有代表性的滤袋进行测试分析；在使用后期通常以三个月间隔周期进行抽取。

通过对滤袋使用的跟踪，不仅可以对系统进行优化调整，而且还可对其寿命做出估计，

判断更换滤袋的时间，及早购买滤袋，预先制定好停机更换滤袋工作的方案，从而防止滤袋损坏没有准备，不仅造成临时停机的损失，而且在无滤袋可更换时采购，其质量就得不到保证，留下问题隐患。

内蒙古丰泰电厂 2003 年将其使用中的滤袋送东北大学检测，根据检测结果，对滤袋的更换作了预先准备，是一个成功的事例。东北大学与某电厂合作，连续 2 年对其在用滤袋进行跟踪，在检测结果的基础上，提出了延长滤袋寿命的系统调整方案，并顺利实施；

表 2 是丰泰送检滤袋的部分检测数据。表 3 和图 1 是某电力企业新滤袋、使用 250 小时和 600 小时后送检滤袋的部分数据。

表 2 丰泰电厂滤袋检测数据

项目 滤袋号	断裂强力 N/5X20cm		断裂强力变化率 (%)		断裂伸长率(%)		断裂伸长变化率 (%)		透气度 (m ³ /m ² min)	透气度 偏差(%)	
	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向			
新滤袋	1129	1444	0	0	24.0	18.3	0	0	9.65	+6.89 -12.32	
1	顶部	849	815	-24.8	-43.6	20.7	12.2	-13.9	-33.4	2.76	+14.33 -6.98
	底部	787	847	-30.3	-41.4	20.6	15.7	-14.3	-14.3	2.66	+20.98 -14.93
2	顶部	479	126	-57.6	-88.9	9.6	4.4	-60.1	-76.0	2.35	+41.43 -38.15
	底部	533	403	-52.8	-72.1	12.1	7.6	-49.7	-58.5	2.94	+46.19 -47.50
3	顶部	651	640	-42.3	-55.7	15.9	12.6	-33.9	-31.2	2.55	+16.02 -18.27
	底部	628	636	-44.4	-56.0	17.3	10.9	-28.1	-40.5	4.19	+15.19 -18.62
4	顶部	873	787	-22.7	-46.0	19.4	13.3	-19.3	-11.1	5.26	+22.85 -32.64
	底部	849	957	-24.8	-33.7	19.0	15.8	-21.0	-13.8	2.98	+14.42 -22.28

表 3 某电厂滤袋使用跟踪数据

项目	单位	新料	使用 250h 后滤料	使用 600h 后滤料	
断裂强力	经向	N	1157.2	1185.2	1333.8
	纬向	N	1420.8	1409.0	1324.0
断裂伸长率	经向	%	28.22	25.98	25.82
	纬向	%	28.48	26.38	29.30
撕破强力	经向	N	222.4	49.6	60.2
	纬向	N	176.0	51.0	62.6
顶破强力	N	1287.5	1439.0	1996.3	
透气度	透气度	m ³ /m ² .min	19.9	2.20	1.82
	透气偏差	%	+3.46 -2.27	+28.30 -18.45	+19.25 -13.28
耐腐断裂强力	经向	N		1247	1144.2
	纬向	N		1515.3	1324.2
过滤效率	%	99.983	99.992		

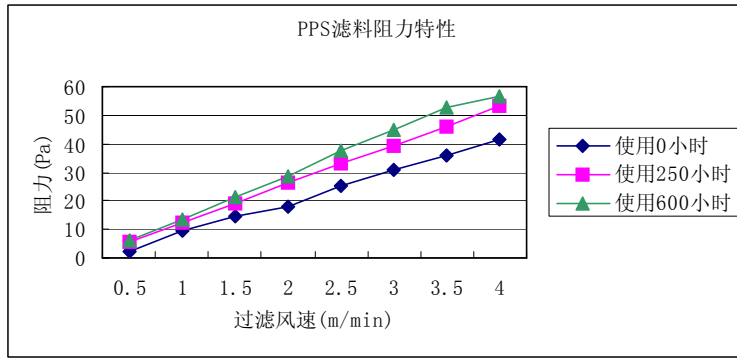


图1 某电厂 PPS 滤料阻力特性的跟踪

2.5 故障分析检验

经常遇到一些滤袋在短期内出现问题而提出检验要求，这类检验大致分为二类，一类是阻力居高不下，要求对滤袋进行检验；另一类是滤袋破损，要求对滤袋进行检验。这种滤袋的检验难度很大，如果不是对除尘有丰富的经验，又对滤料性能十分了解，很难得出让人信服的科学的结论。

国内某烟厂购置一台滤筒式除尘器，使用半个月即大批滤筒损坏，由于使用进口滤筒，造成数十万元损失。送东北大学检测，发现滤筒本身的性能很好，到现场进行考察，发现除尘器中滤筒大面积损坏，且损坏部位均方向朝上。经对除尘器及使用现场使用条件的反复研究、分析后，认定是除尘器设计不合理，而且使用条件不合适更加速了滤筒损坏的进程。图2是这种滤筒除尘器，图3是滤筒的阻力曲线。

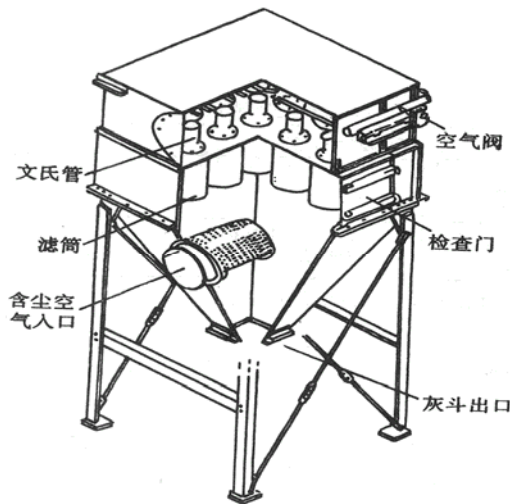


图2 滤筒式除尘器

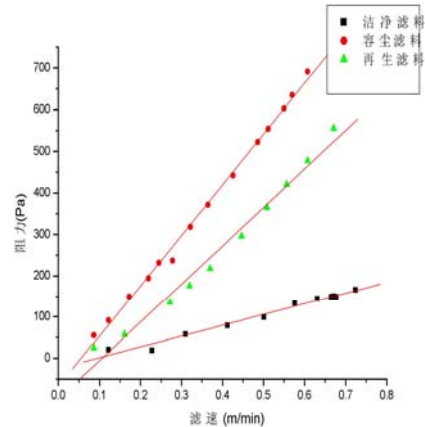


图3 滤筒阻力特性

一般说来，进行这种检验，必须有分析人员到现场取样，并对设备及运行状态进行充分了解。

3 滤料标准

二十世纪80年代，我国在滤料技术上有着较大的突破性进展。东北大学和抚顺第三毛纺厂研制出针刺毡滤料之后，又研制了高温针刺毡滤料及玻纤针刺毡的工艺，并建立了复合针刺毡的基本思路。上海宝钢设计院和上海火炬工业用布厂研制了729滤料，南京玻纤研究

设计院在玻纤针刺毡后处理工艺上有较大突破，研制出玻纤毡滤料，且使玻纤针刺毡广泛应用。

在上述情况下，为了加强滤料质量控制，规范滤料市场秩序，给除尘设计人员及袋式除尘器使用人员、袋式除尘器制造企业提供有关滤料的技术规范，在当时劳动部主持下，袋式除尘委员会组织，东北大学负责制定了我国的过滤材料标准“袋式除尘器用滤料及滤袋技术条件”，即 GB12625-90，标准制定以来，极大推动了我国滤料产业和袋式技术的发展，近年来，我们汇编了袋式除尘器标准，先后印制了 2000 余册，尚远未满足需要。

标准颁布至今已 15 年，这些年国内滤料行业得到了较快发展，无论技术准备、企业规模、技术开发能力，均有较大发展，滤料产品总体水平得到提高，种类增多，PPS、P84 滤料广泛应用。在这种形势下，对滤料标准的修订已势在必行，目前由东北大学负责的滤料标准修订工作正在进行，将于近期完成。

2000 年，由日本粉体工业技术协会牵头，开始滤料国际标准制定工作，日本、中国、德国、美国、奥地利五国作为发起国和起草国的滤料国际标准（ISO）于 2005 年在国际标准化组织正式立项启动。东北大学作为中国代表正参与此项工作，我们期望通过此项工作使我国的滤料行业与国际迅速接轨。

修订中的中国国家滤料标准的主要内容包括滤料的织物性能和过滤性能、消静电性能。本文摘录正在转为国家环保行业标准的原国家环保认定技术条件中滤料的部分内容，如表 4—表 8 所示

表 4 滤料检验项目及技术要求

序号	特性	子序号	考核等级	检验项目		技术要求		
						针刺毡	机织布	机织圆筒布
1	形态特性	1—1	A	材质		按设计要求考核		
		1—2	B	结构		按设计要求考核		
		1—3	C	单位面积质量, g/m ²		记录实测数据		
		1—4	A	单位面积质量偏差, %		±5	±3	±3
		1—5	C	厚度, mm		记录实测数据		
		1—6	C	厚度偏差, %		±10	±7	±7
		1—7	C	幅宽, mm		记录实测数据		
		1—8	B	幅宽偏差, %		+1.0 -0	+1.0 -0	
		1—9	C	半周长, mm				记录实测数据
		1—10	B	半周长偏差, %				+2 -1
2	透气特性	2—1	C	透气度, m ³ /m ² ·min		记录实测数据		
		2—2	B	透气度偏差, %		±25	±15	±15
3	强力特性	3—1	A	断裂强力 N/5×20cm	经向	记录实测数据按 表 5 技术要求考核		
		3—2			纬向			
4	伸长特性	4—1	A	断裂伸长率 %	经向			
		4—2			纬向			
5	阻力特性	5—1	C	洁净滤料阻力系数		记录实测数据		
		5—2	B	过滤阻力, Pa		≤240		
6	滤尘	6—1	A	静态除尘效率, %		≥99.5		

特性	6-2		动态除尘效率, %	≥99.9
	6-3	B	粉尘剥离率, %	≥60

表 5 滤料强力及伸长特性技术要求

滤料拉伸特性		针刺毡滤料		机织滤料	
		一般针刺毡	强力针刺毡	一般机织滤料	高强低伸机织滤料
断裂强力 N/5×20cm	经	≥800	≥1200	≥2200	≥3000
	纬	≥1000	≥1400	≥1800	≥2000
断裂伸长率 %	经	≤35	≤35	≤27	≤23
	纬	≤55	≤50	≤25	≤21
径向定负荷伸长率, %				<1	

<http://www.c-bfc.com>

表 6 耐高温滤料补充检验项目及技术要求

序号	考核等级	检验项目	技术指标
1	A	滤料材质的确认	材质优于或与产品说明书相符为合格， 否则为不合格
	B	24h 加热后强度保持率， %	≥95
2	A	72h 加热后强度保持率， %	≥90
	B	100h 加热后强度保持率， %	≥85

表 7 耐腐蚀滤料补充检验项目及技术要求

序号	考核等级	检验项目	考核指标， %
1	A	常温定时酸蚀后强度保持率	≥85
	A	85℃定时酸蚀后强度保持率	≥50
2	A	常温定时碱蚀后强度保持率	≥85
	A	85℃定时碱蚀后强度保持率	≥50

表 8 消静电滤料补充检验项目及技术要求

序号	考核等级	检验项目	技术指标
1	A	摩擦核电电荷密度， $\mu\text{c}/\text{m}^2$	<7
2	B	摩擦电位， V	<500
3	A	半衰期， s	<1.0
4	A	表面电阻， Ω	< 10^{10}
5	B	体积电阻， Ω	< 10^9

4. 检测方式与项目

4.1 检测方式

滤料检测通常可分为委托检测、认证检测和仲裁检测。

委托检测由委托方提交需检测的样品，委托检测单位按委托项目进行检测，检测后提交检测报告，委托检验只对样品负责，所以要求送样方应选择最具代表性的样品。

认证（认定）检验是国家环保局为规范环保产业市场，改进环保产品质量，减少环保设备停运时间，提高环保投资有效运营率，针对环保产品制造、经营企业进行的一项工作。检测单位要到企业成品库或车间按标准采样程序进行采样后，再进行检测，其检测结果具有代表性，按国家环保总局环保产品认证（认定）程序通过后，该项产品发给认定证书。国内几个老的企业均进行过产品认证。

仲裁检验是发生滤料、滤袋损坏后为鉴定问题的原因所进行的检验，这种检验有时是一方，有时是双方提出送检的，这类检验一般要求出具检测报告、并要求对损坏原因做出说明。这类检验难度较大，检测单位承担风险大。

4.2 检测项目

滤料的检测项目包括织物性能、过滤性能、防静电性能、耐热性能、耐腐蚀性能、疏水疏油性能、材质鉴别等。

通常情况下不需要作全部项目，只作织物性能、过滤性能，对高温滤料补做耐热性能，对特殊场合使用的补做其它性能。需要指出的是，目前大多数单位只做织物性能测试，这实

际上是把滤料作为普通民用品看待，而忽视滤料的主要功能——过滤净化。过滤性能对滤料是最重要的。80年代前使用的涤纶绒布其强力是高于针刺毡的，但其过滤阻力、除尘效率和粉尘剥离率三项指标较针刺毡相差很大。表9是几种不同滤料的除尘效率。

表9 几种不同滤料的除尘效率

滤料名称	针刺毡	覆膜针刺毡	729 滤料	玻纤布	玻纤膨体纱
除尘效率(%)	99.99	99.999	99.95	99.5	99.9

4.3 检测与研究的不同

滤料检测是为了判断送检样品与规定的标准之间的差异，进而作出某种判断。这种标准可以是企业标准、行业标准、国家标准，也可以是根据需要而制定的标准，还可以是国外的某个标准。各检测单位对委托检验只做出数据不出结论，样品单位或得到报告的人员应按自己选定的标准进行比较并做出判断。

一些单位做滤料研究时，需要对滤料送检，进而得到数据。该数据在一些情况下较容易得出，但大多数情况下均难以达到要求。主要是因为用于检测的仪器、设备是按照要求购置和调试的。在测试条件改变时常常超出仪器工作范围，所以看来简单的工作实现却很难。例如，一个单位要求在 0.2m/min~2m/min 这样的滤速范围测试阻力和效率，其实送检人员不了解，要在这样大范围改变测试参数，对风机、流量计、发尘装置等均要保持在一个合适的精度范围内几乎是不可能的。所以应当把产品检测和研究检测区分开来，研究测试通常需要对测试装置进行必要的调整，投入的人力、物力也更多。

5 结束语

随着环境标准的提高，袋式除尘器正成为除尘行业的主要方向。滤料是袋式除尘器的关键部件，其质量决定着除尘系统的成功与否。通过对滤料性能的检测，不仅可以发现滤料的缺陷，找出提高其质量的方法；而且还可以使最终用户合理评价滤料性能，在系统实施前选择高质量的滤料，从而把除尘系统的风险降为最小。通过连续的跟踪，有助于合理的优化系统，并预测滤料的使用寿命。滤料的测试与分析依赖于坚实的理论基础和丰富的除尘与过滤经验，必须由国家制定的权威检测机构来实施。

参考文献：略

作者简介：孙熙，男，东北大学资源与土木工程学院教授，东北大学滤料检测中心主任，中国环境产业协会袋式除尘委员会副主任委员，长期从事通风除尘与滤料的检测研究。

联系方式：沈阳市东北大学 265 信箱，110004，024-83688327，82003@126.com