

火电厂应用袋式除尘器面临的问题及对策

李 鹤
(沈阳. 东北大学)

摘 要: 提出了通过调研了解到的已成功实现和准备实行将电除尘器改造为袋式除尘器的火电厂所面临问题。在此基础上论述了: 优选袋式除尘器结构形式; 降低袋式除尘器阻力实现节能; 开发“高效、小阻力、长寿命和低成本滤料的方案以及防止滤料失效提高其寿命的技术措施。

关键词: 火电厂 袋式除尘器 滤料

前言

为贯彻《火电厂大气污染物排放标准 (GB13223-2003)》, 一些火电厂已成功实现了静电除尘器改造为袋式除尘器, 有的火电厂正准备“电改袋”。在此过程中面临着一些具体问题有待研究, 诸如:

- (1) 袋式除尘器的阻力是电除尘器的四倍以上。“电改袋”首先可能遇到原系统引风机的增负改造和袋式除尘器投运后电耗增加的问题。因此, 需要研究降低袋式除尘器阻力;
- (2) 国内外火电厂正投运的袋式除尘器类型多样, 以选用何种型式为好;
- (3) 能用于火电厂烟尘过滤的滤料种类有限, 价格又高, 每次大修仅更换滤料所需的费用就达到静电除尘器大修全部费用的数倍;
- (4) 目前所用的合纤滤料和它的原料主要依靠进口, 而且还供不应求。因此, 迫切需要研制性能满足要求、有利降低阻力、原料来源可靠和价格适宜的新型滤料, 同时也需要探索提高滤料寿命的途径。

1 袋式除尘器的类型

袋式除尘器按其他除尘器组合与否以及清灰方法的不同可分为: 独立应用的袋式除尘器、静电除尘器+袋式除尘器组合系统和试验研究袋式除尘器三大类。其中独立应用的袋式除尘器包括脉冲袋式除尘器 (①一单元一阀鼓风脉冲袋式除尘器; ②一行一阀低压脉冲袋式除尘器) 和反吹风袋式除尘器 (①圆形袋室回转反吹袋式除尘器; ②矩形袋室回转反吹袋式除尘器); 试验研究袋式除尘器包括荷电袋式除尘器和静电一滤袋一体化除尘器。

总结上世纪 80 年代~90 年代试用和本世纪以来应用袋式除尘器的经验, 认为选取除尘器类型时应从本厂烟尘特性实际出发, 不仅要求技术性能先进, 而且必须安全可靠; 投资是决定性因素之一, 但不是唯一的因素。

2 袋式除尘器降阻

2.1 袋式除尘器阻力的构成

为探索袋式除尘器降阻的途径, 在 BMC 扁袋脉冲袋式除尘器上进行了阻力分布的测试。测试系统见图 1, 测试数据见表 1。

根据测试数据绘制的 ΔP 、 ΔP_{d1} 、 ΔP_w 、 ΔP_x 与滤速 v 的关系及其分布(%)与滤速的关系分别见图2、图3。

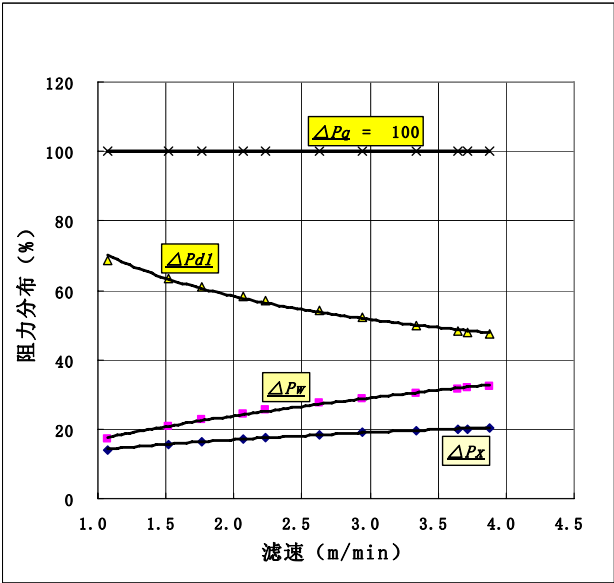
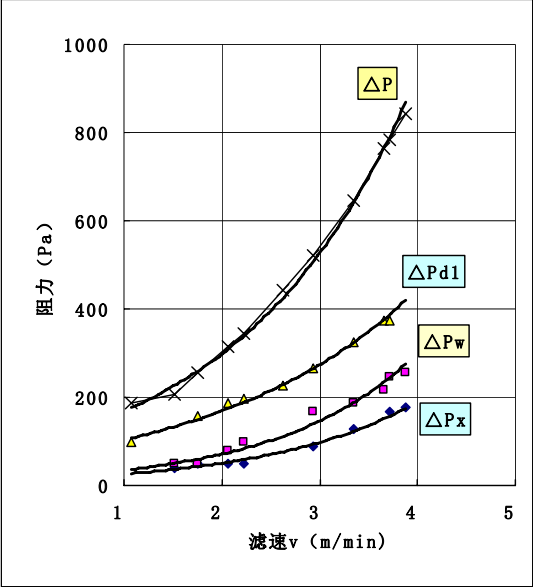


图 2 BMC 扁袋脉冲袋式除尘器阻力特性曲线

图 3 BMC 扁袋脉冲袋式除尘器阻力分布曲线

图中：
 ΔP_q ——除尘器总阻力；
 ΔP_{d1} ——滤袋残余阻力；
 ΔP_w ——文氏管阻力；
 ΔP_x ——箱体阻力。

在阻力分布测试的基础上，从改善除尘器与滤料的结构等方面进行了降阻的研究。

2.2 改善除尘器的结构降阻

在 MC—24 袋式除尘器上进行了两种降阻方案的试验。各方案所采取的措施及其与原系统的比较见表 2 及图 4。

表 2 MC—24 脉冲袋式除尘器降低阻力试验方案

序号	方案	除尘器代号	结 构 特 征
1	实验方案 1	FsMC—24	设尘气惰性分离、导流栅，全侧向进风，净气不经文氏管外排
2	实验方案 2	FxMC—24	设尘气惰性分离、导流栅，全侧向进风，净气经文氏管上向排
3	原系统	MC—24	无导流栅，下部灰斗进风，净气经文氏管上向排出

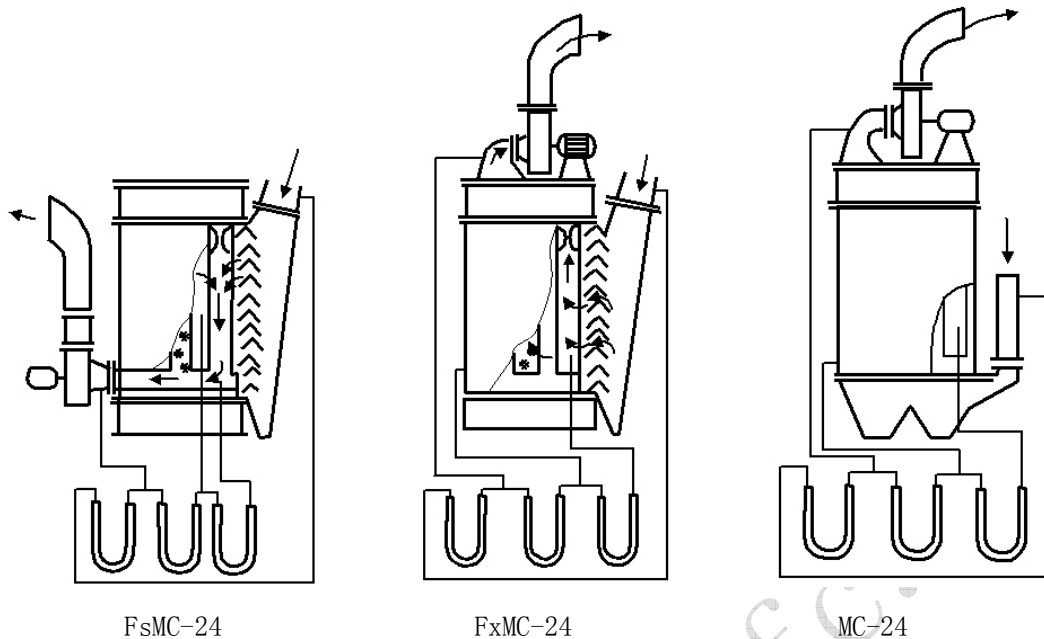


图 4 MC-24 脉冲喷吹清灰袋式除尘器箱体改造方案示意图

三种结构除尘器工作参数见图 5。

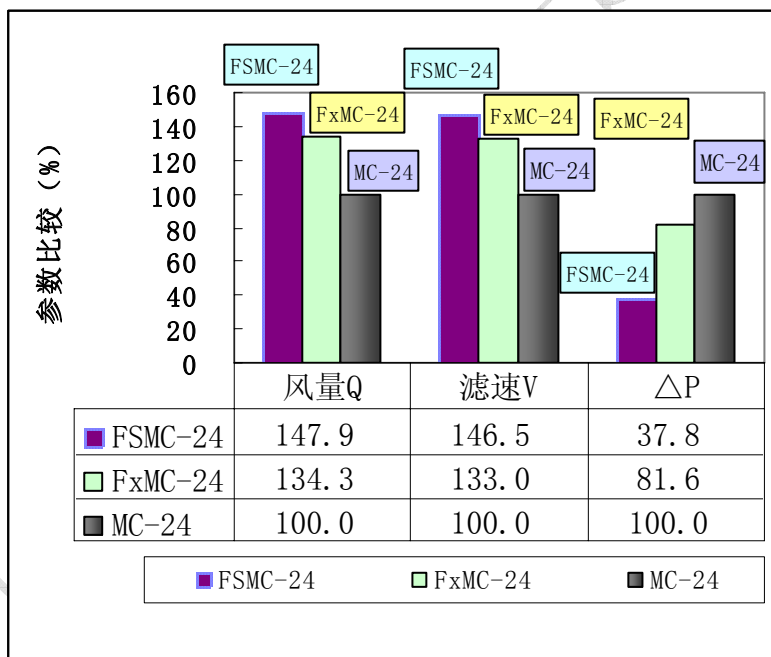


图 5 MC-24 脉冲袋式除尘器三种箱体结构特性参数比较

从图中可以看出：

第一种方案 FSMC—24 复合顺喷结构的脉冲袋式除尘器风量 Q、滤速 V 比原结构 MC—24 分别增加 47.9%、46.5%，而阻力却下降了 62.2%，只需用 4-72-5 风机，其电机功率仅为原结构 MC—24 所用 8-18 高压风机的 29.6%。

第二种方案 FxMC—24 复合结构的脉冲袋式除尘器风量 Q、滤速 V 比原结构 MC—24 增加 34.3% 和 33%，而阻力却下降了 19.4%，用 4-72-5 风机的电机功率也仅为原结构 MC—24 所用 8-18 风机的 30%。

比较第一和第二两种方案可看出：

• 采用第二方案，即改变除尘器入风侧的结构有降低除尘器阻力近 30%的可能性，同时还实现了降低除尘器的入口粉尘浓度防止对滤袋的冲刷。

• 采用第一方案，不仅可降低除尘器的入口粉尘浓度和防止对滤袋的冲刷，而且降阻效果更为明显。但是，除尘器下部增加了排风系统，滤袋的安装也变得较为复杂。

3 FGM 复合材质高密面层滤料的研制

3.1 高密面层滤料研制依据

以表面过滤和准表面过滤取代深层过滤，减少残留于滤料内的粉尘，既可以降低阻力，又可以提高滤料寿命；PTFE 覆膜滤料虽可实现表面过滤，但因 PTFE 无熔点，不易与滤料本体牢固结合，使用中薄膜易脱落。研制以超细玻纤与合纤复合为面层的复合材质高密面层滤料，提高过滤效率和降低成本。

3.2 复合材质高密面层滤料特点

试验表明：高密面层针刺毡滤料可以基本实现表面过滤，处理得当能取得既可提高除尘效率又能降低阻力的良好的效果。

在试验室对覆膜针刺毡滤料 FZ₁、FZ₂、FZ₄ 机织滤料 Fj₁、Fj₂ 及高密面层针刺毡滤料的过滤性能进行了对比测试。测试数据见图 6、7、8。

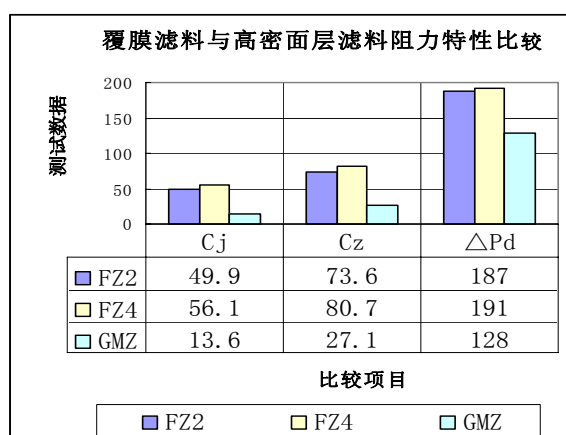


图 6 覆膜滤料与高密面层滤料阻力特性比较

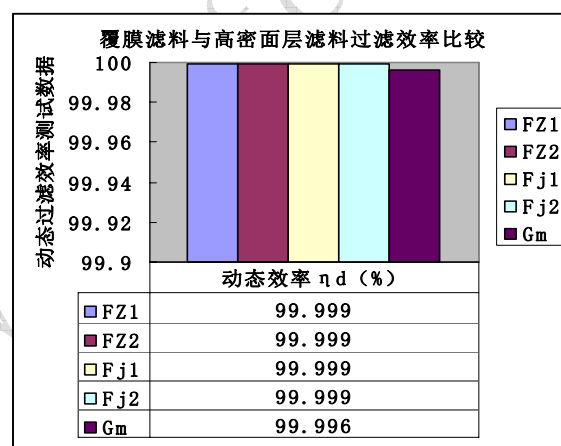


图 7 覆膜滤料与高密面层滤料静态阻力系数比较

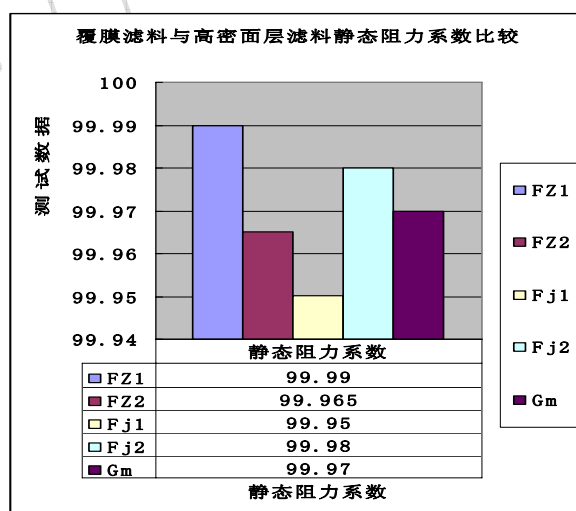


图 8 覆膜滤料与高密面层滤料静态阻力系数比较

说明：FZ—覆膜涤纶针刺毡

FJ—覆膜涤纶针刺毡

GM—高密面层针刺毡

利用 PTFE、PPS 等纤维具有耐热、抗蚀的功能和玻璃纤维强力比较大、价格又低的特点，将它们混合使用构成复合材质，制成高密面层针刺毡滤料，能取得在高温含酸烟气中可靠应用、降低成本和拓宽原料来源的效果。

PTFE 覆膜、高密面层、均匀密度面层三种滤料的测试与计算结果见表 4。

表 4 PTFE 覆膜、高密面层、均匀密度针刺毡滤料性能比较

滤料代号	透过率比	初阻力比①	阻力增速率比②	试验室寿命比③
	$100 \times P_i / P_{ju}$	$100 \times \Delta P_{0i} / \Delta P_{0jy}$	$100 \times \rho_i / \rho_{jy}$	$100 \times S_i / S_{jy}$
	T	Z	Zs	S
Fm	0.2	400	37	270
Gm	0.8	136	43	229
Jy	100	100	100	100

说明：

Gm—高密面层滤料 T—透过率比 ρ —阻力增长速率
Jy—均匀密度滤料 Z—初阻力比 P—滤料透过率 (%)
Fm—PTFE 覆膜滤料 Zs—阻力增长速率比 Z—初阻力比
S—试验室寿命比 Si—滤料试验室寿命

①初阻力比为根据实测数据计算结果；
②阻力增长速率 $P = (\Delta P - \Delta P_0 - \Delta P_t) / (\Delta P / \Delta t)$ (Pa/min)；
③试验室寿命 $S_i = ((2500 - \Delta P_{0i}) / \rho_i)$ (min)，其中 2500 (Pa) 是设定的滤料终阻力。

从以上图表可看出：

- 高密面层针刺毡滤料的动态过滤效率虽略低于 PTFE 覆膜滤料 0.003%，但可高出均匀密度针刺毡滤料一个数量级以上；
- 高密面层针刺毡滤料的初阻力虽高出均匀密度针刺毡滤料 36%，但仅为覆膜针刺毡滤料的 34%，而且初阻力在总阻力中所占比例很小；
- 高密面层针刺毡滤料的阻力增长速率 P (Pa/min) 仅为均匀密度滤料的 43%，试验室寿命虽略低于 PTFE 滤料，但高出均匀密度针刺毡滤料一倍有余。

从中可以看出，高密面层结构型针刺毡滤料具有如下特点：

- 可以提高过滤效率；
- 能延长使用寿命；
- 较均匀密度针刺毡滤料阻力虽略有增加，但明显低于覆膜滤料；
- 结构稳定性好；
- 原料可选范围广、加工工艺简单、成本低。

4 防止滤料失效，提高滤料寿命的措施

滤料的失效可能源于它的破损和堵塞，二者都受滤料本身和使用条件等因素的影响。

利用故障树分析 (FTA) 可查出导致袋式除尘器用滤料损伤的基本原因。将故障树改为成功 (滤料不失效) 树 (图 9、10)，进行成功树分析 (STA-Success Tree Analyses)，求出最小径集 MPS (Minima Path Sets)，便可制定出防止滤料损伤和堵塞措施方案 (见表 4、表 5)。

表 4 防止袋式除尘器用滤料损伤的基本措施

顶上事件	直接事件	中间事件	基本事件	防止袋式除尘器用滤料损伤措施概述
a	a1	X1		选用具有耐冲刷和耐摩擦的滤料

	a11	6	脉冲喷吹气流应严格对准滤袋净气出口中心
		7	滤袋箱体必须严密，不得有孔洞和裂缝。防止漏风形成的高速气流对滤袋的冲刷
		8	袋式除尘器入风应经过具有惰性粉尘分离和整流功能的栅板，形成均匀低速风流，以防止高速含尘气流对滤袋的冲击，同时还具有降低除尘器阻力的作用
		9	除尘器各箱体、各行滤袋所通过的风量应尽量均匀，防止过高过低
	a2	X2 选用具有耐磨擦、碰撞等机械损伤的滤料	
		a21	10 滤袋间及其与箱体壁板之间须保持 $\geq 50 \sim 100\text{mm}$ 的距离。以防互相摩擦、碰撞
			11 滤袋尺寸必须准确，与骨架要妥善配合，纵向热收缩率宜 $\leq 1\%$
			12 滤袋与骨架必须安装牢固，不得松动、摇晃
			13 滤袋在包装、存放、运输过程中要防水、防热；不得压缩、冲击和裸露在地面上拖拽
	a3	X4 选用具有抗腐蚀功能的滤料	
		b3	14 正确掌握烟尘的成分和温度等理化特性，有针对性地采取防护措施
			15 袋室内的烟尘温度应高出烟气酸露点 10°C
			16 袋式除尘器的箱体需妥善保温，防止酸性气体结露
		X5 应选用具有耐水解、氧化功能的滤料	
		b4	17 保持充分、高效、稳定的燃烧，空气系数 α 不得过大
			18 宜间接降温，不用大量掺风、洒水等能向烟气中增加 O_2 和 H_2O 的措施
			19 防止烟道漏风
	a4	X3 选用具有耐高温功能的滤料	
		b5	20 保证锅炉稳定燃烧、防止爆管、阀门关闭不当等造成高温、漏水事故
			21 正确选用、安装、维护、并定期调试监控仪表及控制装置，以防止滤袋失效
			22 建立安全通道并保持能在一般情况下的严密性和使用时的可靠性

$\text{XL1} = \text{X1} \cdot \text{X2} \cdot \text{X3} \cdot \text{X4} \cdot \text{X5}$ 表明：滤料应具有：耐高温、水解、氧化，抗腐蚀、冲刷和摩擦机械损伤等性能。

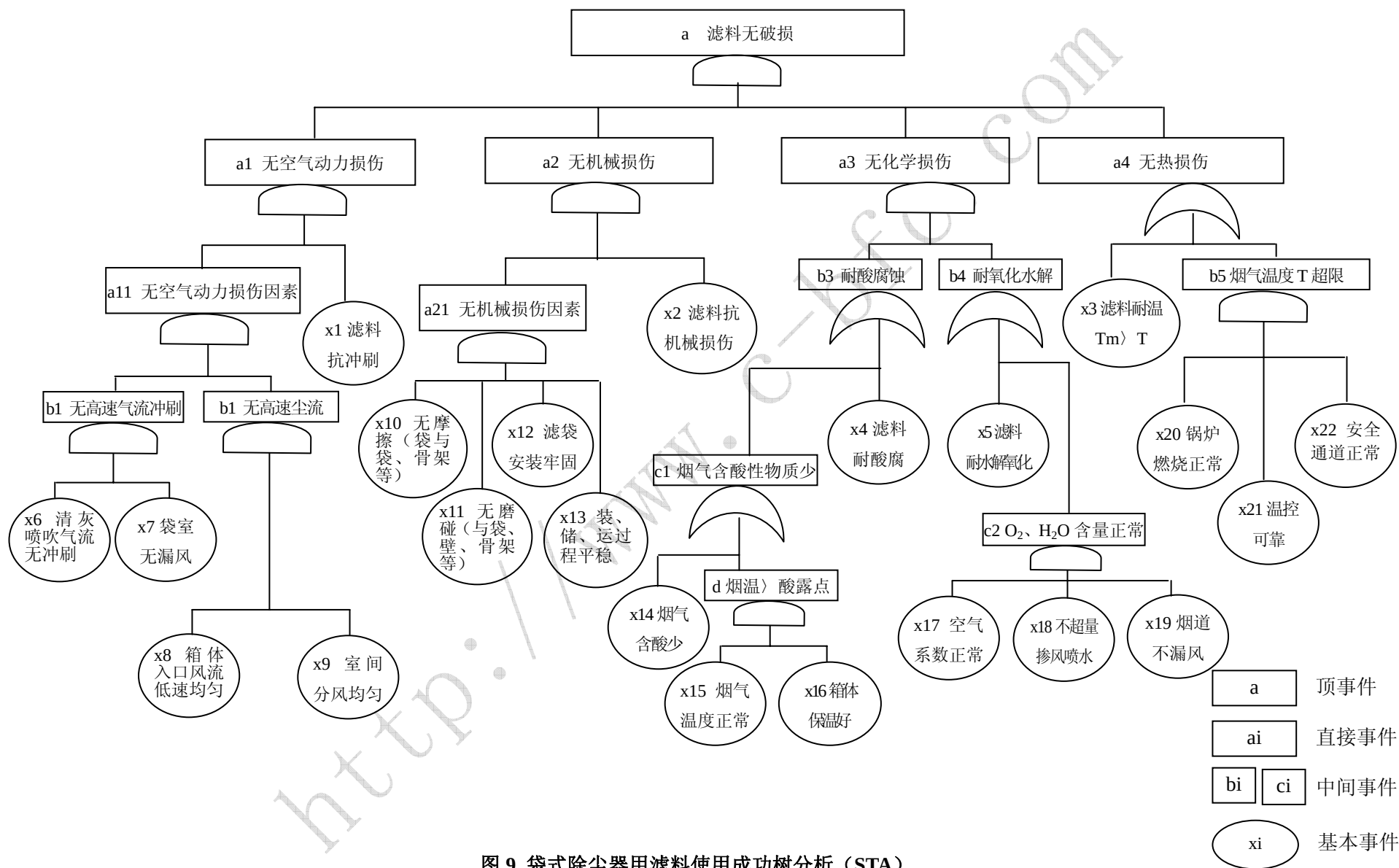


图 9 袋式除尘器用滤料使用成功树分析 (STA)

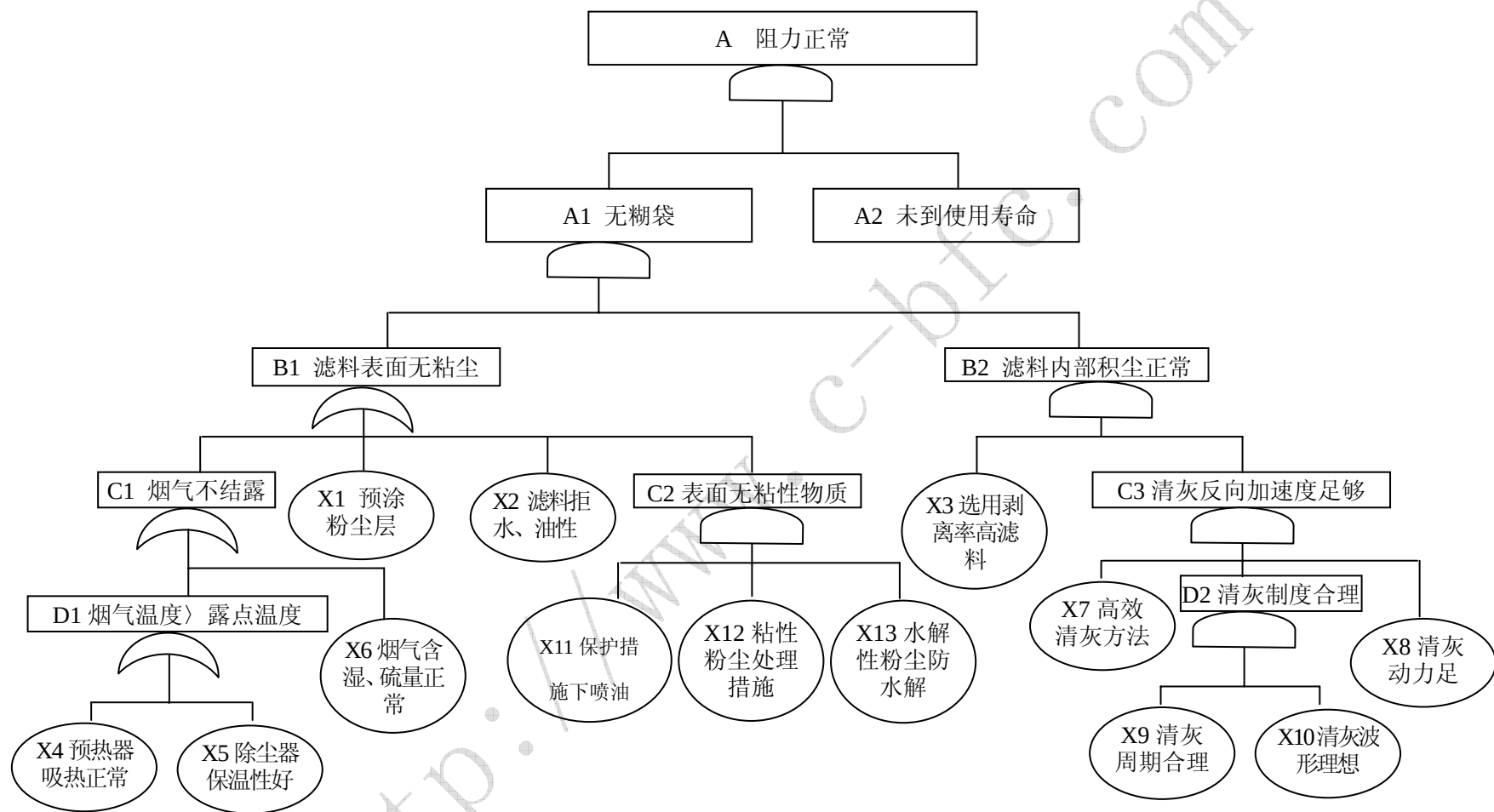


图 10 袋式除尘器阻力正常成功树分析 (STA)

表 5 防止袋式除尘器糊袋的基本措施

顶上事件	直接事件	中间事件	基本事件	防止袋式除尘器“糊袋”措施概述
A1	B1	X2		选用具有拒水拒油功能的滤料
		C1	1	预涂粉尘形成滤料的保护层
			4	滤袋室内的烟尘温度应高出烟气酸露点 10℃
			5	袋式除尘器的箱体需妥善保温，防止酸性气体结露。
			6	正确掌握烟尘的 O ₂ 、SO ₂ 、H ₂ O…成分和温度等理化特性，有针对性地采取防护措施
		C2	11	在有效保护措施下喷油
			12	正确掌握粉尘性质，过滤粘性粉尘时必须采取喷粉等有效的防护措施
			13	正确掌握粉尘性质，水解性粉尘时必须采取喷粉等有效的防护措施
	B2	X3		选用粉尘剥离性高的滤料
		C3	7	选用高效清灰技术及可靠器械与控制系统
			8	为清灰提供足够能量的动力（如脉冲清灰所需压气的压力、反吹风机的风压）
			9	通过调试制订符合粉尘性质和烟尘特点的清灰周期并根据使用情况随时进行调整
			10	通过调试制订符合粉尘性质和烟尘特点的清灰强度（如脉冲喷吹清灰时的脉冲宽度、反吹清灰的持续时间）并根据使用情况随时进行调整

$XL2=X2 \cdot X3$ 表明：应选用具有拒油、拒水和剥离率高的的滤料，如经拒油、拒水处理的高密面层滤料或覆膜滤料。

参考文献

1. 孙熙. 袋式除尘技术及应用[M], 北京: 机械工业出版社, 2003
2. 王金波. 孙熙. 袋式除尘器手册[M], 沈阳: 东北大学出版社, 1997
3. 姚群, 陈隆枢等. 大型火电厂锅炉烟气袋式除尘技术与应用[J], 安全与环境学报, 1995
4. 柳静献, 王金波. 袋式除尘器用于火电厂烟尘治理的可行性和风险性, 2004 年全国火电厂烟气、粉尘综合治理研讨会论文
5. 武文革. 滤袋破损原因及质量监控产业[J], 产业用纺织品, 2002, 2: 32-33

作者简介: 李 鹤, 讲师, 获“机械工程与自动化”与“安全技术及工程”双学士学位, 正在职攻读“安全技术及工程”硕士研究生, 研究方向“火电厂袋式除尘理论与技术”。曾任东北大学校团委副书记, 现任东北大学校友会、校董会、基金会管理办公室副主任。