

双通道技术在层燃锅炉烟气除尘中的应用

卢晓明^{1,2}

(1 兖矿集团洁净煤技术工程研究中心 山东 济宁 273516; 2 兖矿科技有限公司 山东 济南 250100)

摘要：本文通过一种自主研发的双通道技术在燃用清洁型煤的小型层燃供暖锅炉的应用，验证了炭黑类细颗粒物在构建的低温环境下发生的团聚凝结现象，从技术层面解决了该类型烟尘难以长周期稳定超低排放的难题。实验结果表明，该除尘技术在应对含有一定炭黑浓度的烟尘工况下，其除尘最终排放指标可满足 $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的超低排放要求。

关键词：双通道；洁净型煤；细颗粒物脱除

0 引言

冬季供暖污染物排放问题始终是大气污染治理领域难以治愈的“癌症”，即使作为环保供暖方式之一的清洁型煤，距离工业超低烟尘排放标准仍有一定差距。这主要受锅炉燃烧方式的制约，锅炉烟气中存在着不同浓度的“炭黑”类细颗粒物，而该类颗粒物采用常规除尘脱除方式均无法达到超低排放要求。

炭黑是煤在燃烧或热解反应过程中，伴随挥发分析出的混合形成乙炔和多环芳香烃，经核形成、核增长、核凝聚三个阶段，最终聚合而成的物质，通常直径 $< 2.5\text{ }\mu\text{m}$ 。由于其细颗粒物的粒径极小、表面成油性，导致无法使用旋风除尘器和电除尘器，湿式除尘技术对其处理效率则更低，难以达到根治黑烟的目的。目前主流布袋式除尘器更由于布袋滤料的透气性大幅下降，清灰手段失效，造成运行压力持续增高，最终往往会导致锅炉无法正常运行。而团聚技术是通过理化方法使细颗粒物团聚并增大的一种处理手段，如声波团聚、电团聚、磁团聚、蒸汽相变、化学团聚等。其中，冷凝团聚属于物理团聚的一种，其原理是温度降低后，在环境中形成了一种过饱和水汽环境，水汽细颗粒物发生相变凝结，增大了颗粒物粒径及质量。

本文在前期研究的基础上，以两种湿法型煤为燃料，开展了双通道技术在 1500kW 区域供暖清洁型煤锅炉上的测试实验，取得了良好的运行反馈，验证了双通道技术脱除“炭黑”类细颗粒物的可行性，该技术可作为小型层燃锅炉超低排放除尘技术手段之一。

1 实验部分

1.1 实验装置

双通道除尘器是通过将除尘器物理划分为两个腔室，通过风道切换完成腔室切换，即一个腔室运行，另

一腔体自然冷却，进而满足低温环境构建的需要，达到增强颗粒物团聚的目的。同时，因为双通道的原因，致使除尘装置尺寸约等同于常规装置的 2 倍，且因为周期性切换，成本投入也有所增加。

实验用双通道除尘器如图 1(a) 所示，常规工业设计，滤料采用高硅氧玻璃纤维，清灰方式为机械振打。图 1(b) 所示为实验层燃炉，是兖矿科技有限公司自主研发生产的 150kW 区域供暖炉。

1.2 实验原料

实验所用燃料均兖矿科技有限公司自主研发的燃料型煤，相关数据见表 1。

表 1 型煤数据

煤种	空气干燥基水分	灰分	挥发分	固定碳	全硫	收到基低位发热量
XM01	8.61	16.06	25.30	50.00	0.28	5045
XM02	8.83	19.37	26.83	45.13	0.23	4955

注：XM01 在原料中加入约 10% 兰炭粉末，其粒径为 800 目。

1.3 实验方法

实验期间两种型煤运行工况相同，两个煤种均进行 25h 以上连续高低负荷切换运行。除尘器压差为双通道除尘器进出压力差值，采用欧亿电子差压表测量，测点布置于除尘器进出烟道位置。烟尘浓度采用崂应便携式电子流量器、崂应 3012HD 烟尘测量仪测量，测点位置为除尘器出口垂直烟道。

2 实验结果及分析

2.1 两种型煤热态测试下除尘器运行压差影响分析

图 2 所示为煤种 XM01 实验期间除尘器压差随运行时间的变化趋势，测试用时为 30h。图 3 所示为煤种 XM02 实验期间除尘器压差随运行时间的变化趋势，该实验条件下最高压差 953Pa。对比图 2 和图 3 可以看出，两种型煤在同等工况、同等实验条件下表现出不同压差

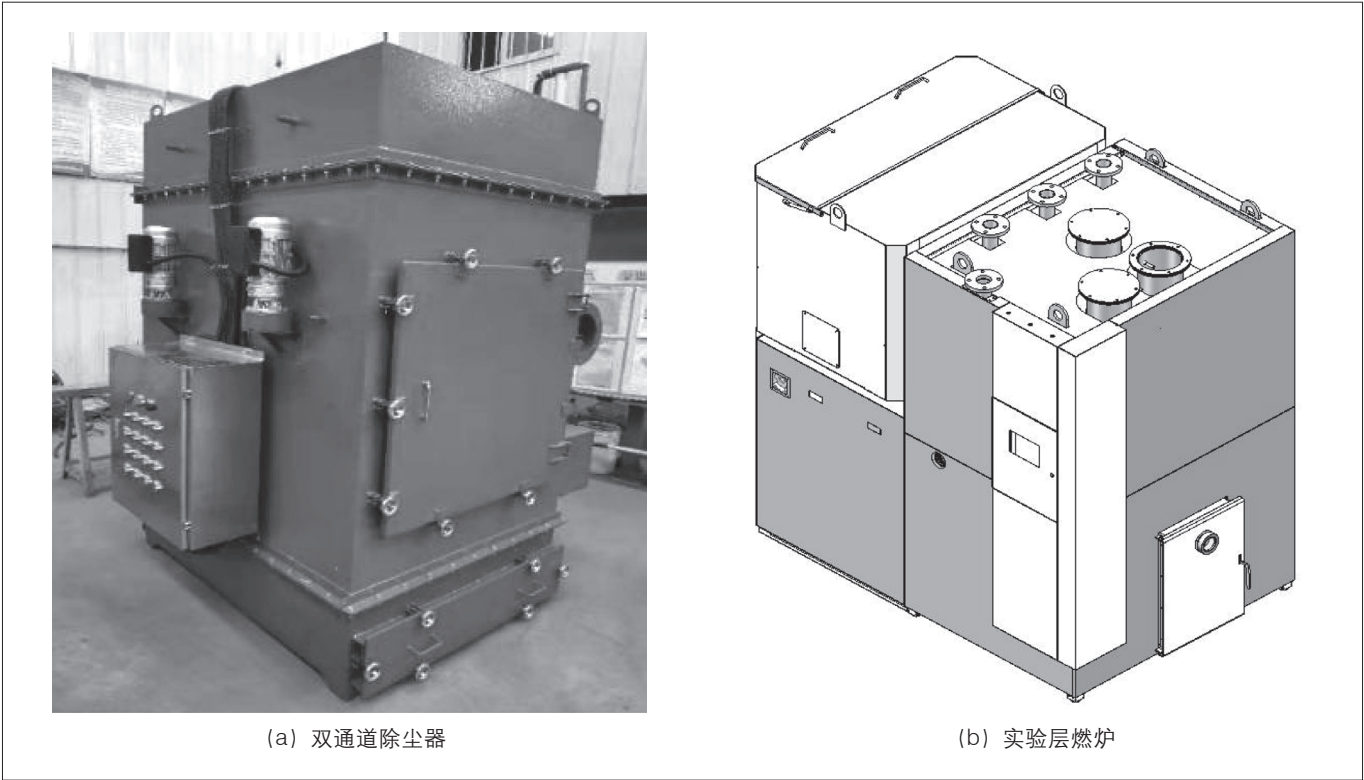


图 1 热态测试装置示意图

等级数据，在 XM01 所用原料中加入部分兰炭粉末，但对燃料中挥发分含量的影响较小（表 1）。由此推测，兰炭的加入改变了烟尘中粒径较小的颗粒飞灰含量，而粒径较小颗粒可以改善烟尘飞灰的剥离性能，更易于维持较低的运行压差。振打投用数据见表 2。

表 2 振打投用数据

煤种	投入时间 /min	前压差 /Pa	后压差 /Pa	ΔP /Pa
XM01	1	889	780	109
XM02	1	915	632	283

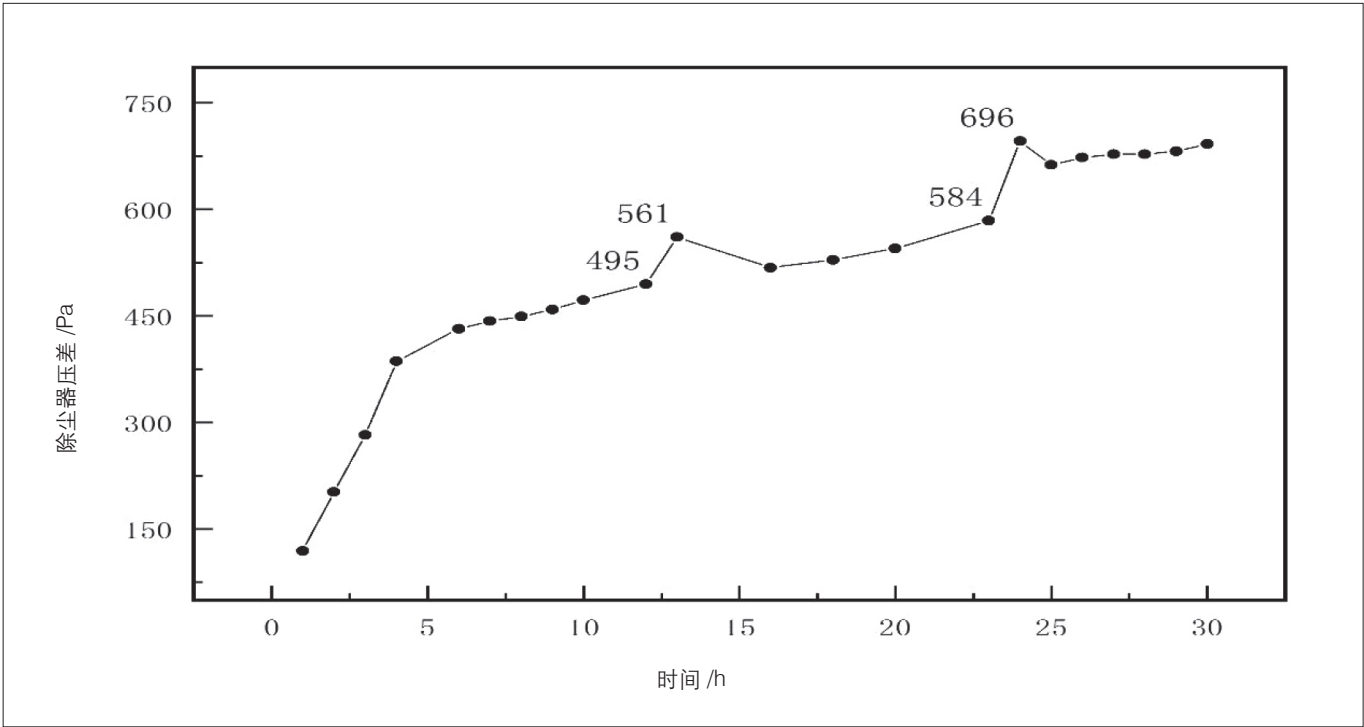


图 2 燃用 XM01 热态测试压差曲线

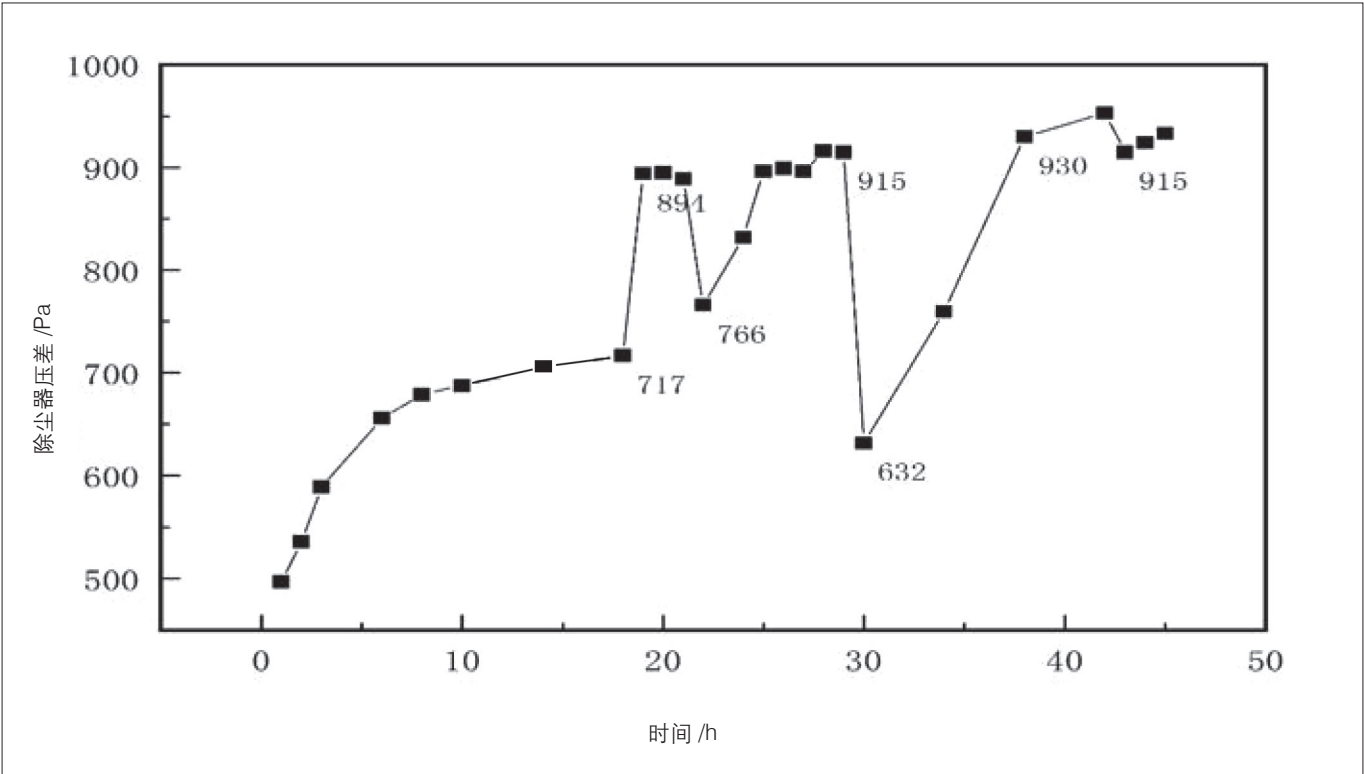


图 3 燃用 XM0₂ 热态测试压差曲线

2.2 两种型煤热态测试下烟尘排放检测数据及分析

测试期间分别对烟气进行取样,共计6组,如表3所示,烟尘排放折算浓度平均为 4.15mg/Nm³, 4.39mg/Nm³。

两种型煤烟尘检测数据见表3。由表3可以看出,在两种不同型煤平均原始排放浓度下,两种型煤燃烧烟尘排放均 < 5mg/Nm³,表现出双通道除尘器良好的除尘性能。而对比压差测试结果可以看出,原始浓度对最终除尘装置排放指标并无直接影响,但对除尘器运行压差有一定的影响。

2.3 烟尘特性分析数据

两种型煤的飞灰的烧失量、XRF、激光粒径的分析结果分别见表4、表5及表6。

由表4可知, XM01 烧失量平均为 54.18%, XM02 烧失量平均为 57.17%, 数据相近。两种型煤烧失量数据颇为相近,说明两种型煤在实验层燃炉具内的燃烧工

况相似,烧失量对炭黑类烟尘脱除没有明显影响。

由表5可以看出,两种型煤底灰主要成分构成相近,部分组分比例存在一定差异,但在除尘性能影响方面尚未发现明显差异性。

表6所示为两种燃料的飞灰粒径的分布,两种湿法型煤粒径分布存在较大差异,结合除尘器压差的测试结果可以看出,飞灰粒径越大,除尘器运行压差越高,剥离难度亦有一定增加,由此推测,飞灰粒径是影响该类烟尘清灰效果的重要因素。

两种型煤均在微观下表现出较强的团聚现象,说明在除尘器所构建的低温气氛中,原有细颗粒物形态已发生变化,该变化最终表现为尘饼与滤料剥离的难度大幅下降。由此证明了上述推测的合理性,即飞灰粒径对团聚的影响使其成为影响炭黑类烟尘脱除效果的重要因素。

表 3 两种型煤烟尘检测数据

煤种	标积 /Ndl	流量 / (m³/h)	标干流量 / (Nm³/h)	流速 / (m/s)	烟温 /℃	氧量 /%	样重 /g	烟尘折算值 / (mg/Nm³)	原始排 / (mg/Nm³)
XM01	544.4	654	503	5.3	59.9	14	0.00141	4.47	124
	531.3	640	491	5.1	60.3	14.2	0.00093	3.11	
	503.3	606	465	4.9	60.6	14.2	0.00138	4.87	
XM02	444.7	534	410	4.3	59.7	14	0.00117	4.54	348
	570.7	688	526	5.5	61.7	14	0.00129	3.90	
	450.5	543	415	4.4	61.9	14	0.00124	4.75	

表 4 飞灰烧失量明细表

样品名称	最终质量 /g	烧失量 /%
XM01 布袋飞灰	12.7814	54.21
XM01 布袋飞灰	14.0599	54.15
XM02 布袋飞灰	14.5435	57.19
XM02 布袋飞灰	13.7437	57.15

表 5 飞灰 XRF 数据明细百分比含量

样品名字	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
XM02 飞灰	29.43	11.01	4.51	21.09	7.55	4.51	2.07	2.2	3.91	0.22
XM01 飞灰	20.37	7.62	5.55	21.72	6.39	11.77	0.86	4.08	7.98	0.16

表 6 粒径数据明细

样品名称	D [3,2]	D [4,3]	Dx (10)	Dx (50)	Dx (90)	Dx (100)
XM01 飞灰	15.956	38.206	7.216	32.604	77.587	143.973
XM02 飞灰	25.163	97.380	10.713	56.923	272.308	385.779

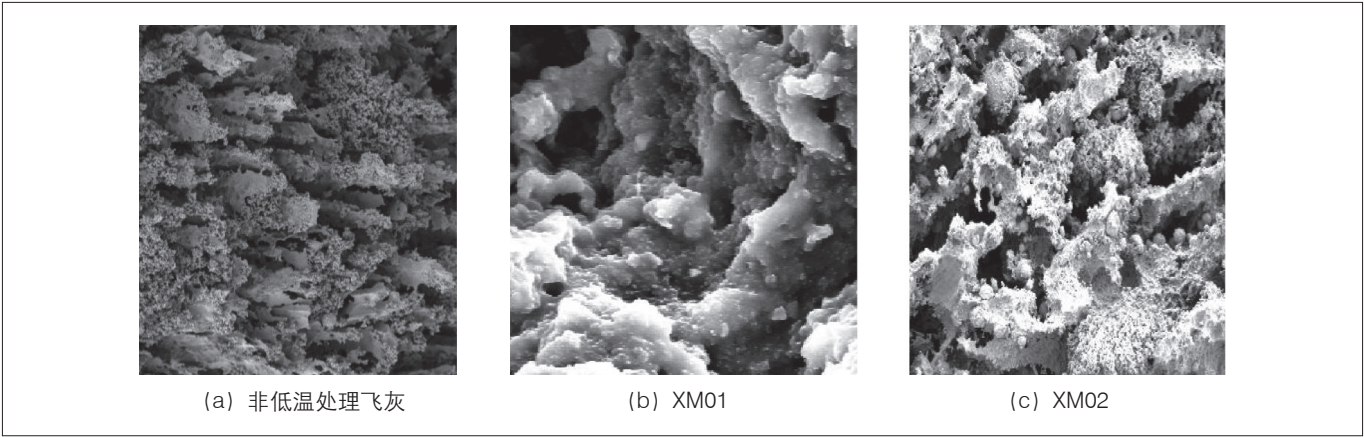


图 4 三种飞灰 SEM 图(10 μ m)

3 结语

实验研究表明，影响双通道除尘装置实际运行的主要因素有型煤组分、烟尘原始浓度及飞灰粒径等。而通过双通道技术的低温环境构建，型煤在层燃锅炉燃烧后的烟尘飞灰发生了较强的团聚现象，因此双通道技术可作为炭黑类烟尘脱除的工业应用技术之一，在该领域进行广泛推广应用。

参考文献：

[1] 高浩华，杜万斗．民用清洁型煤推广现状、挑战与建议 [J]．煤炭技术，2020,39(6):171-173.

[2]Fletcher T H, Ma J L,Rigby J R, et al.Soot

in coal combustion systems[J]. Prog. Energy Combust. Sci, 1997 (23): 283-301.

[3] 路培．基于表面活性理论的黑烟中炭黑颗粒物去除性能及理论的研究 [D]．长沙：湖南大学，2011.

[4] 谢旭文，李彩亭，路培，等．用于湿法净化黑烟表面活性剂筛选的数学模型研究 [J]．环境科学，2010,31(10):2541-2546.

[5] 周杨鑫，李彩亭，路培，等．添加剂和湿法除尘主要参数对炭黑去除效率的影响 [J]．环境科学学报，2010,30(12):2399-2404.

作者简介：卢晓明（1984-），男，山东济宁人，本科，工程师，研究方向：循环流化床节能超低排放。