

陈泉霖,方梦祥,岑建孟,等. 高温含油热解煤气静电除尘中试试验研究[J]. 煤炭转化, 2020, 43(4): 12-19. DOI: 10. 19726/j. cnki. ebcc. 202004002.

CHEN Quanlin, FANG Mengxiang, CEN Jianmeng, *et al.* Pilot Test Study on Electrostatic Precipitation of High Temperature Oily Pyrolysis Gas[J]. Coal Conversion, 2020, 43(4): 12-19. DOI: 10. 19726/j. cnki. ebcc. 202004002.

高温含油热解煤气静电除尘中试试验研究*

陈泉霖 方梦祥 岑建孟 赵一飞 王勤辉

(浙江大学能源清洁利用国家重点实验室, 310027 杭州)

摘 要 为了验证静电除尘技术用于高温含油热解煤气除尘的可行性, 并获取中试条件下高温静电除尘器运行数据, 基于浙江大学 1 MW_t 煤热解燃烧多联产中试试验平台, 搭建了高温热解煤气静电除尘中试试验装置, 并开展了高温烟气、高温含油热解煤气静电除尘试验。结果表明: 高温会导致静电除尘器除尘效率下降, 在烟气气氛中, 随着温度从 300 °C 提升至 500 °C, 最大除尘效率从 80% 下降至 71%。添加水蒸气可以提高击穿电压, 从而提升最大除尘效率。在 500 °C 的烟气气氛中, 通过水蒸气吹扫将水蒸气浓度从 6.89% 提升至 18.53%, 最大除尘效率从 71% 提升至 78%。在 500 °C 含油热解煤气气氛中, 除尘器除尘效率在 61%~78% 之间波动, 运行状况良好。

关键词 高温, 含油热解煤气, 静电除尘, 高温烟气, 除尘效率

中图分类号 TQ546.5

DOI: 10. 19726/j. cnki. ebcc. 202004002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



0 引 言

煤热解产生的煤气通常夹带粒度细的粉尘, 由于热解煤气中含有大量焦油蒸气, 一旦冷凝, 容易与粉尘凝结在一起, 会严重影响焦油品质和后续焦油深加工, 同时增加设备堵塞风险, 影响系统稳定运行^[1-2]。目前, 高温除尘技术设备主要有旋风分离器、布袋除尘器、金属微孔除尘器、陶瓷除尘器、颗粒层过滤除尘器及静电除尘器等^[3-4]。旋风分离器具有耐高温、结构简单等优点, 但同时其对细微颗粒的除尘效率低, 只能作为预处理设备使用; 金属微孔过滤器和陶瓷过滤器均具有除尘效率高的优点, 但金属过滤器和陶瓷过滤器存在多孔材料容易堵塞、阻力大等问题^[5]; 颗粒层过滤除尘器很好地解决了高温下材料性能的问题, 但是其能耗高, 工质再生困难^[6]。静电除尘器与其他除尘设备相比, 具有能耗低、系统压降小及除尘效率高等优点, 适用于除去气体中 0.01 μm~50 μm 的粉尘, 在气体净化中得到了广泛的应用^[7-8]。

国内外针对高温静电除尘已经开展了一些基础研究。VILLOT *et al.*^[9] 建立了用于生物质合成气净化的线筒式静电除尘器, 在 500 °C 以上的温度环境中, 其除尘效率可达 96%。XIAO *et al.*^[10] 对线筒式电除尘器在空气气氛下的除尘效率进行了测试, 结果表明, 在 350 °C~700 °C 温度范围内, 除尘效率最高可达 99.6%。XU *et al.*^[11] 建立了线板式静电除尘器, 研究了温度与除尘效率的关系, 结果表明, 随着温度从 27 °C 上升到 627 °C, 除尘效率由 99.8% 下降到 95%。GU *et al.*^[12] 开发了一种基于热离子发射阴极的新型静电除尘器, 并测试了三种阴极的热离子发射性能, 在 673 K 以上的温度下, 除尘效率可达 90% 以上。

以上研究成果表明静电除尘器在高温环境中运行是可行的。然而, 静电除尘器在高温含油热解煤气除尘过程中存在壳体变形、绝缘子短路、黏结性积灰等问题^[13]。

本研究基于浙江大学 1 MW_t 煤热解燃烧多联产中试试验平台, 搭建了高温热解煤气静电除尘中试试验装置, 用于测试温度和气氛对除尘特性的影

* 国家重点研发计划项目(2018YFB0605000)和山西省科技重大专项项目(20181101005)。

第一作者: 陈泉霖, 博士生, E-mail: chenquanlin@zju.edu.cn

收稿日期: 2020-02-17; 修回日期: 2020-03-13

响规律,为静电除尘技术用于含油含尘热解煤气静电除尘的设计提供基础数据。

1 高温热解煤气静电除尘器设计及试验方案

1.1 高温热解煤气静电除尘器设计

浙江大学联合西安西矿环保公司设计了一款用于高温热解煤气的静电除尘器。该装置的实物和结构见图 1。静电除尘器的主要组成包括顶部绝缘件、蒸汽吹扫装置、高压电源、阴极电磁振打装置、阳极振打装置、双层灰斗以及加热和保温部件。其主要设计参数见表 1。

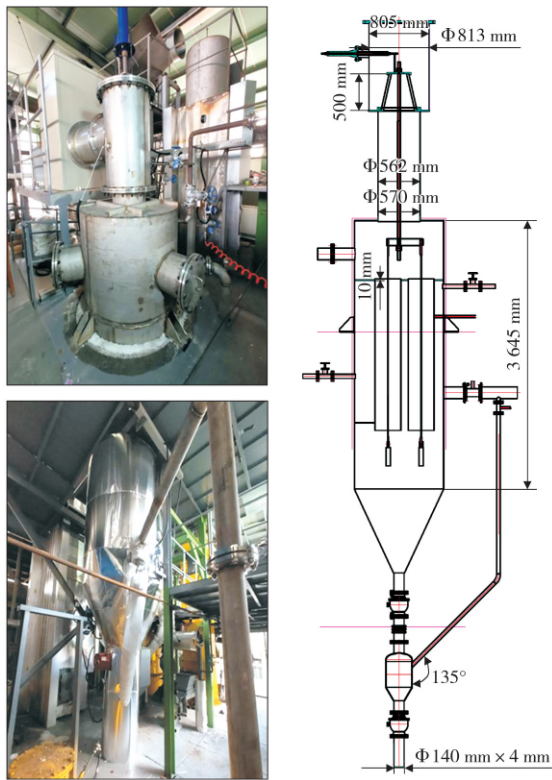


图 1 高温热解煤气静电除尘器

Fig. 1 High temperature pyrolysis gas electrostatic precipitator

表 1 高温热解煤气静电除尘器结构参数

Table 1 Structural parameters of high temperature pyrolysis gas electrostatic precipitator

Number of electric fields	Total dust collection area/m ²	Electric field length/m	Gas circulation section/m ²	Type of discharge electrode	Diameter of discharge electrode/mm	Type of dust collector	Homopolar spacing/mm
Parallel three	4.95	1.5	0.29	Rod	8	Cylinder	350

以本研究的热态试验分为高温烟气静电除尘试验和含尘含油热解煤气静电除尘试验。

热态试验开始时,先对燃烧炉进行点火运行,待其燃烧稳定后,打开返料器,使热灰进入热解炉中,并通入空气以及煤粉,点燃热解炉,热解炉中燃烧产

本装置的绝缘子采用南京兴泰龙特种陶瓷有限公司生产的 95 瓷瓷套,该瓷套上部内径 200 mm,下部内径 425 mm,壁厚 30 mm,其在 500 °C 的体比电阻大于 109 Ω/cm,能够满足高温环境中的绝缘要求。蒸汽吹扫装置与绝缘子保温箱相连,用于维持绝缘子表面的清洁,同时在顶部形成微正压,防止煤气中的焦油气上窜至绝缘子位置,造成焦油冷凝以及爬电短路等问题。

为了解决高温导致除尘器壳体膨胀、漏气等问题,本装置的壳体采用圆柱体外壳,此外,圆柱体外壳还具有抗压、防爆、温度场更均匀的优点。高温热解煤气静电除尘器高 10 m,其中除尘器本体高 3.65 m,双层灰斗高 3.38 m,顶部保温箱以及绝缘系统高 2.97 m。除尘器结构为线管式,收尘极为内径 350 mm 的 304 钢管,高压电极为直径 8 mm 的圆杆电极,有效电场长度为 1.5 m,并列布置 3 个收尘管,除尘器中煤气流通截面积为 0.29 m²,收尘面积为 4.95 m²。

本装置所使用的电源为工频直流电源,最高输出电压为 72 kV,最大电流为 50 mA。二次电压可通过远程控制器控制改变。本装置所使用的灰斗为双层灰斗,其中上层灰斗用于冷却从除尘器落下的高温粉尘。上层灰斗与下层灰斗之间以及下层灰斗出口均设置有卸灰阀,用于控制灰斗中的灰量并定时清灰。

受限于试验平台的空间以及热解炉管道布置情况,本研究中含尘煤气入口在除尘器上部,出口在除尘器下部。这种布置方式虽然会导致除尘效率偏低,但足以验证静电除尘器用于高温含尘含油热解煤气粉尘捕集的运行可行性。

1.2 高温热解煤气静电除尘中试试验方案

试验分为冷态和热态两部分,其中进行热态试验时,需要使用高温烟气对静电除尘器进行预热,所

生的高温烟气对除尘器进行预热,在预热的过程中,对除尘器的除尘效率进行测试,作为高温烟气静电除尘试验部分;待除尘器预热完成后,关闭热解炉的空气阀门,通入烟气,并在氧含量达到设定值时进行投煤,同时开始煤热解试验,试验过程中,对静电除

尘器的除尘效率、运行情况进行测试,作为含尘含油热解煤气静电除尘试验部分。

试验过程中采集的数据主要为温度、流量、电压、电流以及粉尘浓度,其中,温度和流量通过热电偶、流量计等测量并由DCS记录,电压电流数据通过高压电源远程控制面板读取,粉尘浓度使用采样称重法得到。冷态和高温烟气静电除尘试验过程中,粉尘采样使用崂应3012H自动烟尘测试仪以及1085A烟枪进行采样。高温含油热解煤气中粉尘采样使用本研究自制的高温含油粉尘采样器(如图2所示)进行采样。高温含油粉尘采样系统主要由采样枪、硅胶塞、采样室、吸收瓶、干燥瓶、具有流量测量调节功能的采样泵,以及安装在煤气管道上的采样窗口和阀门组成。采样室用于收集粉尘,吸收瓶中主要成分为二氯甲烷溶液,用于吸收煤气中的焦油,干燥瓶中主要成分为硅胶干燥剂,用于吸收煤气中的水蒸气。采样室的结构如图3所示,主要由导流管、盖子、四氟乙烯垫片及筒体四部分组成,导流管用于连接采样枪和滤筒,滤筒放置于筒体内,盖子和四氟乙烯垫片用于保证整个采样室的密封性,采样室与前方采样枪和后方管子的连接使用螺纹或者卡套,保证整套采样装置不漏气。

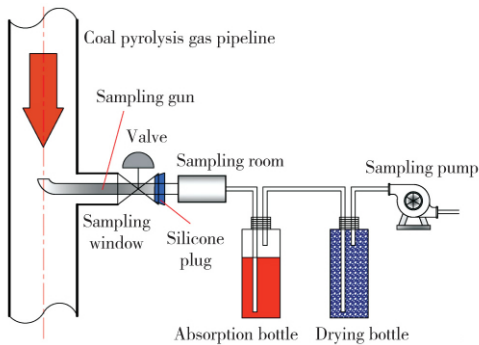


图2 高温含油粉尘采样系统

Fig. 2 High-temperature oily dust sampling system

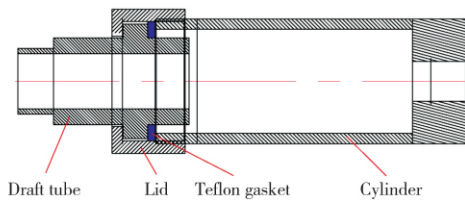


图3 采样室的结构

Fig. 3 Sampling room structure diagram

对高温含油含尘热解煤气开始采样时,打开采样窗口处的阀门,并迅速将采样枪插入,同时打开采样泵调节至设定流量进行采样;采样完成后,将采样枪从采样窗口处抽出,并迅速关上阀门。从采样室

取出的滤筒,先使用二氯甲烷溶液进行浸泡,再使用超声波进行清洗,最后经过滤、干燥后称量得到粉尘质量。为了保证数据的准确性,每个采样点均重复采样3次~5次,数据之间的误差不超过10%,数据的准确性良好。

2 结果与讨论

2.1 冷态试验结果

冷态试验所使用的粉尘为煤炭热解多联产试验所产生的飞灰颗粒,粉尘颗粒的化学组成如表2所示,煤炭热解产生的粉尘含碳量较高,为39.85%。高含碳量导致粉尘的比电阻较低(如图4所示),在100℃时,粉尘比电阻为 $5.33 \times 10^6 \Omega/\text{cm}$,温度上升至700℃,比电阻下降至 $4.86 \times 10^3 \Omega/\text{cm}$ 。粉尘颗粒的粒径分布是由马尔文粒度分析仪测量得到,本次试验所用粉尘的中值粒径为 $38 \mu\text{m}$ 。

表2 粉尘颗粒成分分析(%*)

Table 2 Dust particle composition analysis(%*)

C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Loss
39.85	27.20	21.63	4.26	2.90	1.50	0.36	0.16	2.14

* Mass fraction.

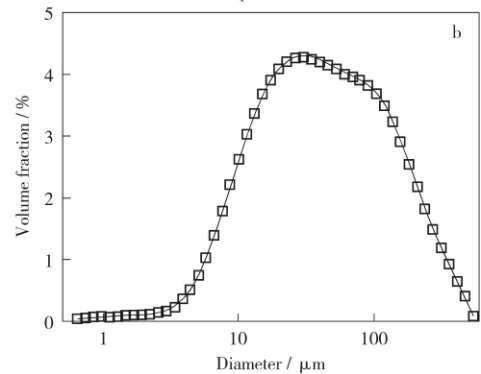
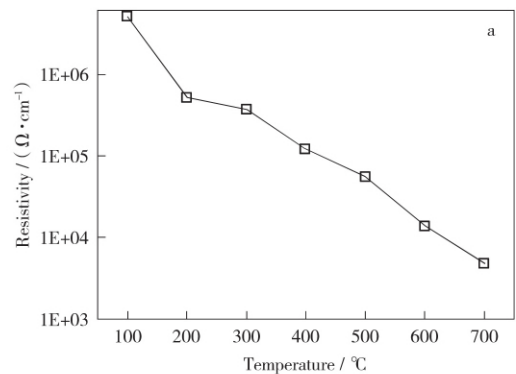


图4 粉尘特性

Fig. 4 Dust characteristics

a—Resistivity; b—Particle size distribution

冷态试验所使用的气体为空气,流量为 140 m³/h,根据除尘器的流通截面积 0.29 m² 和电场长度 1.5 m,计算可得含尘气体在除尘器内的停留时间为 11 s。

静电除尘器内颗粒的荷电、迁移以及捕集过程都取决于颗粒所受静电力的作用,颗粒的捕集过程与放电特性密切相关,因此,首先研究除尘器的放电特性。图 5 所示为常温环境中电晕放电特性。由图 5 可以看出,起晕电压为 28 kV,击穿电压为 54 kV,放电电流随着电压的升高而升高,最高为 14 mA。

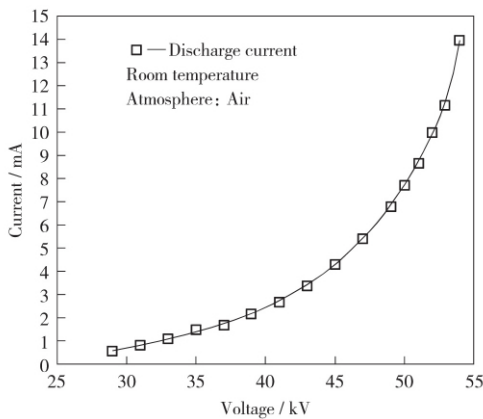


图 5 常温环境中电晕放电特性

Fig. 5 Corona discharge characteristics at room temperature

常温环境中除尘器出口粉尘浓度和除尘效率如图 6 所示,入口粉尘浓度为 20 g/m³,随着静电除尘器二次电压从 30 kV 升高至 50 kV,出口粉尘浓度从 4 g/m³ 下降至 0.14 g/m³,即除尘效率从 80% 上升至 99.3%。表明本研究设计的静电除尘器在常温环境中具有较高的除尘效率,最大可以达到 99.3%。在静电除尘器击穿之前,除尘效率随着电压的升高

表 3 试验用煤的工业分析和元素分析及燃烧后烟气组分

Table 3 Proximate and ultimate analysis of test coal and component of flue gas

Proximate analysis(ad) w/%					Ultimate analysis(ad) w/%					Component of flue gas φ/%			
M	M _{ar}	A	V	FC	C	H	N	S _t	O	O ₂	CO ₂	N ₂	H ₂ O
0.86	6.58	41.96	27.8	29.38	41.07	2.97	0.69	1.65	10.8	6.98	12.57	73.56	6.89

温度对放电特性的影响如图 7 所示。由图 7 可知,温度升高会促进放电过程,增大电流,但同时温度升高会使击穿电压下降。随着温度从 300 °C 上升至 500 °C,击穿电压从 38 kV 下降至 35 kV。温度越高,气体密度越低,单位体积内的分子数减少,分子平均自由程增加,碰撞所激发的电子增多,即汤生第一电离系数 α 增大,从而电流越大^[15]。汤生第一电离系数是指一个电子沿电场逆方向运动 1 cm 所激发的电子数,与温度、电压等有关。根据式(2)可以看出,放电电流 i 随第一电离系数 α 增大而增大。

而升高,这是由于电压的升高会引起电流、电场强度的升高,继而提高粉尘颗粒的最大荷电量以及电场力,从而提升除尘效率。公式(1)表示了颗粒的最大荷电量 q 随电场强度 E 增加而增加的关系^[14]。

$$q = \frac{3\epsilon_r}{\epsilon_r + 2} \pi \epsilon_0 d^2 E \quad (1)$$

式中:ε₀ 为真空介电常数;ε_r 为气氛中相对介电常数;d 为粉尘颗粒的粒径。

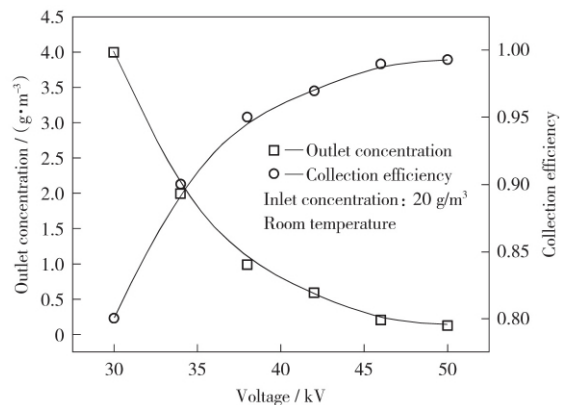


图 6 常温环境中除尘器出口粉尘浓度和除尘效率

Fig. 6 Outlet dust concentration and dust removal efficiency at the outlet of the dust collector in normal temperature environment

2.2 高温烟气静电除尘试验结果

2.2.1 温度对静电除尘器运行的影响

试验所用煤种为格盟烟煤,煤样的工业分析和元素分析结果及燃烧后烟气组分如表 3 所示,为了保证燃烧充分,空气过量较多,因此,烟气中氧含量为 6.98%(体积分数)。

$$i = \frac{i_0 \exp^{\alpha d}}{1 - \gamma(\exp^{\alpha d} - 1)} \quad (2)$$

式中:i₀ 为剩余电离下的饱和电流;α 为汤生第一电离系数;d 为放电间隙,即除尘器的异极距;γ 为汤生第三电离系数,即阴极次级电子发射系数。

在较高的二次电压条件下,高温会导致除尘效率下降(如图 8 所示)。维持 35 kV 的二次电压,入口粉尘浓度保持在 20 g/m³,随着烟气温度的升高,出口粉尘浓度从 3.8 g/m³ 上升至 5.9 g/m³,对应的除尘效率从 81% 下降至 70.5%。

虽然高温会促进放电过程的进行,引起放电电流增大,但由于高温放电过程中电子电流的存在,除尘效率反而下降^[7,16]。

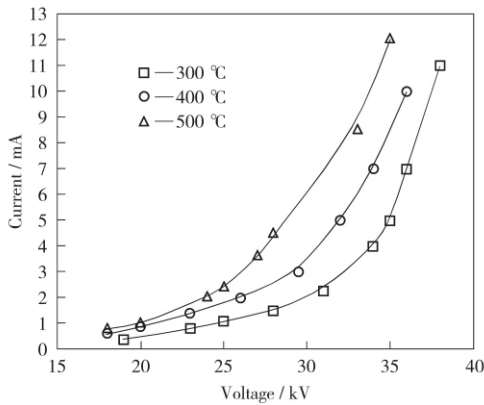


图7 不同温度下的放电特性曲线

Fig. 7 Discharge characteristics at different temperatures

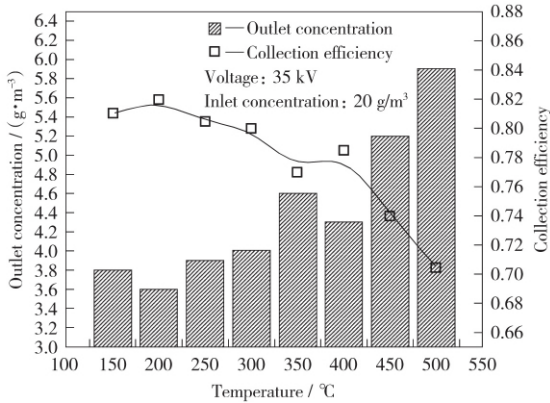


图8 出口粉尘浓度和除尘效率随温度变化规律

Fig. 8 Variation of outlet dust concentration and dust removal efficiency with temperature

2.2.2 电压对静电除尘器运行的影响

图9所示为静电除尘器出口粉尘浓度和除尘效率随电压的变化规律。由图9可知,在500 °C的烟

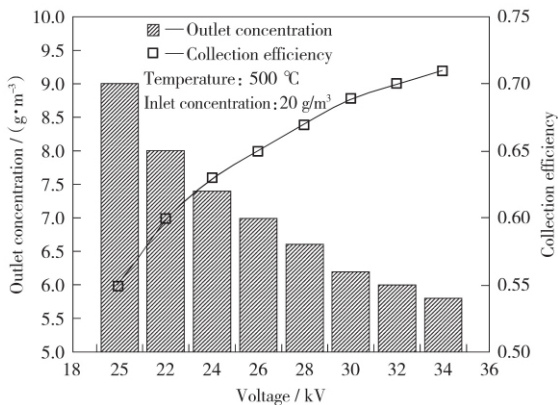


图9 出口粉尘浓度和除尘效率随电压变化规律

Fig. 9 Variation of outlet dust concentration and dust removal efficiency at outlet with voltage

气温度条件下,维持入口粉尘浓度在 20 g/m³,随着电压自 20 kV 上升至 34 kV,出口粉尘浓度自 9 g/m³ 下降至 5.8 g/m³,除尘效率从 55% 上升至 71%。电压对除尘效率的影响主要是通过电场强度、粉尘颗粒荷电量来实现的。为了达到最好的除尘效果,实际静电除尘器在运行过程中,一般将电压设定在略低于击穿电压的位置。

2.2.3 水蒸气对静电除尘器运行的影响

从上述试验结果中可以看出,高温对静电除尘器运行不利,会导致击穿电压降低,最大除尘效率下降,本研究设计的除尘器在 500 °C 时最大除尘效率仅 71%。根据气体放电特性^[8,17],本研究提出了通过添加水蒸气来改善高温静电除尘器放电特性和除尘效率的方法。

通过除尘器顶部绝缘子吹扫装置加入水蒸气,添加水蒸气后,除尘器出口气体成分如表4所示,水蒸气含量从 6.89% 上升至 18.53%。蒸汽吹扫对放电特性的影响如图10所示。由图10可知,添加水蒸气对静电除尘器的击穿电压有明显的提升效果,在 500 °C,通过水蒸气吹扫,击穿电压从 35 kV 上升至 45 kV。

表4 烟气组分分析(打开蒸汽吹扫)(%*)

Table 4 Flue gas composition analysis (turn on steam purge)(%*)

O ₂	CO ₂	N ₂	H ₂ O
6.11	11	64.36	18.53

* Volume fraction.

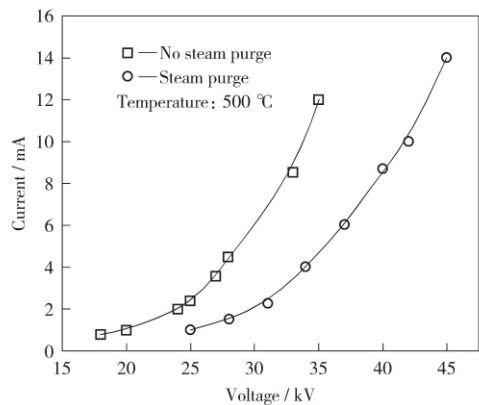


图10 蒸汽吹扫对放电特性的影响

Fig. 10 Effect of steam purge on discharge characteristics

受益于放电特性的改善,除尘效率也有一定的提升,在 500 °C,入口粉尘浓度维持在 20 g/m³,电压为 45 kV 时,出口粉尘浓度为 4.4 g/m³,除尘效率为 78%,相比于无蒸汽吹扫的情况下,最大除尘效率提升了 7%。

从测试结果看,本静电除尘器在高温烟气中运行稳定,但除尘效率偏低,经分析主要原因如下:1)停留时间不够,受限于空间场地条件,除尘器电场长度仅 1.5 m,500 °C 烟气环境中,有效停留时间仅 4 s,低于一般工业静电除尘器烟气停留时间;2)结构有待改善,受限于空间场地条件,本研究设计的除尘器入口设置在上方,出口设置在下方,这种顺流的设计方式,造成粉尘二次扬尘严重,吸附在极板上的粉尘重新进入气流中的比例升高,进而降低除尘效率。

表 5 干煤气组分分析(%*)

Table 5 Analysis of dry gas composition(%*)

CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	CO ₂	O ₂	N ₂	CO	H ₂
37.15	5.45	3.27	0.6	1.6	8.47	1.04	9.66	9.93	22.83

* Mass fraction.

油煤气上窜至绝缘子位置,水蒸气吹扫装置一直处于开启状态。除尘器内气氛为热解煤气,其组分除了表 5 所列的干煤气,还包括可凝焦油和水蒸气。由于绝缘子处的水蒸气吹扫装置一直处于开启状态,因此没有单独测量纯粹的热解煤气中水蒸气含量。在试验运行过程中,从除尘器出口测量得到的水蒸气浓度为 38%。

含尘含油煤气的放电曲线与添加水蒸气时烟气放电曲线类似,在此不再赘述。

含尘含油热解煤气静电除尘器运行过程中出口浓度和除尘效率变化规律如图 11 所示。由图 11 可知,在静电除尘器运行过程中,二次电压设定为 44 kV,出口粉尘浓度在 17.16 g/m³~30.42 g/m³ 之间波动,除尘效率在 61%~78% 之间波动,期间并未出现短路的情况,并且除尘效率并未有明显降低,

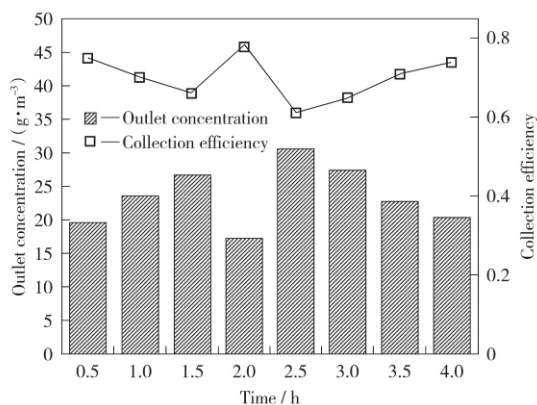


图 11 含尘含油热解煤气静电除尘器运行过程中出口浓度和除尘效率变化规律

Fig. 11 Variation of outlet dust concentration and dust removal efficiency during operation of dusty and oily pyrolysis gas electrostatic precipitator

2.3 含尘含油煤气静电除尘试验结果

热解试验所用煤种为格盟烟煤,其工业分析和元素分析结果见表 3,热解产生的干煤气组分如表 5 所示,干煤气是指热解煤气经冷凝去除焦油、水蒸气之后的组分。热解产生的粉尘含碳量高,为 39.85%,同时粉尘量大,静电除尘器入口粉尘浓度达 78 g/m³。

除尘器内煤气温度为 500 °C 左右,为了防止含

表明静电除尘器在高温热解煤气中运行稳定性良好。进一步提升除尘效率可以通过延长电场长度以增加停留时间来实现。

对比分析烟气除尘和煤气除尘试验结果可知,热解煤气气氛中的最高除尘效率为 78%,这一结果与添加水蒸气的烟气气氛中获得的最高除尘效率相同。此外,含尘含油煤气的放电曲线与添加水蒸气时烟气放电曲线类似。试验结果表明,添加水蒸气后的烟气和热解煤气的放电和除尘特性均相似。这是因为气氛对放电和除尘特性的影响主要是通过电负性气氛体现的,气氛中电负性气体含量越高,越有利于静电除尘器运行^[10,17]。水蒸气、O₂ 和 CO₂ 均属于电负性气体,三者电负性由强到弱顺序依次为: O₂, H₂O, CO₂。添加水蒸气后的烟气气氛中 O₂ 含量为 6.11%,水蒸气含量为 18.53%,CO₂ 含量为 11%。热解煤气中水蒸气含量为 38%,O₂ 含量为 0.5%,CO₂ 含量为 4%。综合来看,两种气氛在高温环境中电负性差异不大,因此,添加水蒸气后的烟气和热解煤气的放电和除尘特性均相似。

3 结 论

1) 静电除尘技术应用于高温含油煤气除尘是可行的。本研究设计的静电除尘器在 500 °C 含油热解煤气条件下运行稳定性良好,并未出现短路等情况,除尘效率虽在 61%~78% 之间波动,但随运行时间并没有明显下降,除尘效率可通过后续延长电场长度等方法加以提高。

2) 高温不利于静电除尘器的运行。高温虽然会提高放电电流,但会导致击穿电压下降,以及最大

除尘效率下降。在烟气气氛中,随着温度从 300 °C 提升至 500 °C,击穿电压从 38 kV 下降至 35 kV,最大除尘效率从 80%下降至 71%。

3) 添加水蒸气可以优化放电特性,提高击穿电

压,从而提升最大除尘效率。在 500 °C 的烟气气氛中,通过水蒸气吹扫将水蒸气体积分数从 6.89%提升至 18.53%,击穿电压从 35 kV 增加至 45 kV,最大除尘效率从 71%提升至 78%。

参 考 文 献

- [1] 岑建孟,方梦祥,王勤辉,等.煤分级利用多联产技术及其发展前景[J].化工进展,2011,30(1):88-94.
CEN Jianmeng,FANG Mengxiang,WANG Qinhui,*et al.* Development and Prospect of Coal Staged Conversion Poly-generation Technology[J]. Chemical Industry and Engineering Progress,2011,30(1):88-94.
- [2] WANG Qinhui. Coal Staged Conversion Polygeneration Technology Combining with Pyrolysis and Combustion Processes [M]. Springer International Publishing,2017.
- [3] SHARMA S D,DOLAN M,PARK D,*et al.* A Critical Review of Syngas Cleaning Technologies-fundamental Limitations and Practical Problems[J]. Powder Technology,2008,180(1/2):115-121.
- [4] 刘会雪,刘有智,孟晓丽.高温气体除尘技术及其研究进展[J].煤化工,2008(2):14-18.
LIU Huixue,LIU Youzhi,MENG Xiaoli. Research Progress of Dedusting Technology of High-temperature Gas[J]. Coal Chemical Industry,2008(2):14-18.
- [5] AHMADI Goodarz,SMITH Duane H. Gas Flow and Particle Deposition in the Hot-gas Filter Vessel of the Pinon Pine Project [J]. Powder Technology,2002,128(1):1-10.
- [6] XIAO Gang,WANG Xihui,ZHANG Jiapeng,*et al.* Granular Bed Filter;a Promising Technology for Hot Gas Clean-up[J]. Powder Technology,2013,244:93-99.
- [7] CHEN Quanlin,FANG Mengxiang,CEN Jianmeng,*et al.* Characteristics of Negative DC Discharge in a Wire-cylinder Configuration Under Coal Pyrolysis Gas Components at High Temperatures[J]. RSC Advances,2018,40(8):22737-22747.
- [8] CHEN Quanlin,FANG Mengxiang,CEN Jianmeng,*et al.* Comparison of Positive and Negative DC Discharge Under Coal Pyrolysis Gas Media at High Temperatures[J]. Powder Technology,2019,345:352-362.
- [9] VILLOT Audrey,GONTHIER Yves,GONZE Evelyne,*et al.* Separation of Particles from Syngas at High-temperatures with an Electrostatic Precipitator[J]. Separation and Purification Technology,2012,92:181-190.
- [10] XIAO Gang,WANG Xihui,YANG Guang,*et al.* An Experimental Investigation of Electrostatic Precipitation in a Wire-cylinder Configuration at High Temperatures[J]. Powder Technology,2015,269:166-177.
- [11] XU Xi,GAO Xiang,YAN Pei,*et al.* Particle Migration and Collection in a High-temperature Electrostatic Precipitator[J]. Separation and Purification Technology,2015,143:184-191.
- [12] GU Zhongzhu,XI Xiaoli,YANG Jiancan,*et al.* Properties of RE-W Cathode and Its Application in Electrostatic Precipitation for High Temperature Gas Clean-up[J]. Fuel,2012,95:648-654.
- [13] 何毓忠,胡露钧,何海涛.煤的多联产项目中高温电除尘器的试验研究[J].山西焦煤科技,2013(8):8-10.
HE Yuzhong,HU Lujun,HE Haitao. Experiment Study on High Temperature Electric Dust Remover in Multi-generation Project of Coal[J]. Shanxi Coking Coal Technology,2013(8):8-10.
- [14] SKODRAS G,KALDIS S P,SOFIALIDIS D,*et al.* Particulate Removal via Electrostatic Precipitators-CFD Simulation[J]. Fuel Processing Technology,2006,87(7):623-631.
- [15] XU Xueji,ZHU Dingchang. Gas Discharge Physics[M]. Shanghai:Fudan University Press,1996.
- [16] XIAO Gang,WANG Xihui,ZHANG Jiapeng,*et al.* Current Analysis of DC Negative Corona Discharge in a Wire-cylinder Configuration at High Ambient Temperatures[J]. Journal of Electrostatics,2014,72(2):107-119.
- [17] CHEN Quanlin,FANG Mengxiang,CEN Jianmeng,*et al.* Electrostatic Precipitation Under Coal Pyrolysis Gas at High Temperatures[J]. Powder Technology,2020,362:1-10.

Pilot Test Study on Electrostatic Precipitation of High Temperature Oily Pyrolysis Gas

CHEN Quanlin FANG Mengxiang CEN Jianmeng ZHAO Yifei WANG Qinhui

(State Key Laboratory of Clean Energy Utilization, Zhejiang University,
310027 Hangzhou, China)

ABSTRACT In order to verify the feasibility of the electrostatic precipitation technology for oily pyrolysis coal gas dedusting at high temperature, and to obtain operating data of high-temperature electrostatic precipitator under the pilot test conditions, the present study developed a high-temperature test platform based on Zhejiang University's 1 MW_t coal pyrolysis combustion polygeneration pilot test platform. The relevant pilot test devices for the electrostatic precipitation of the pyrolysis gas were devised and electrostatic precipitation tests for high-temperature flue gas and oily pyrolysis gas were conducted. The test results show that the high temperature leads to a reduction in the dust removal efficiency of the electrostatic precipitator. In the flue gas atmosphere, as the temperature is increased from 300 °C to 500 °C, the maximum dust removal efficiency is reduced from 80% to 71%. The addition of water vapor can increase the breakdown voltage and thus the maximum dust removal efficiency. In a 500 °C flue gas atmosphere, the water vapor concentration is increased from 6.89% to 18.53% by water vapor purging, and the maximum dust removal efficiency is increased from 71% to 78%. In the 500 °C oily pyrolysis gas atmosphere, the dust removal efficiency of the dust collector fluctuates between 61%-78%, and the operation condition is good.

KEYWORDS high temperature, oily pyrolysis gas, electrostatic precipitation, high-temperature flue gas, dust removal efficiency

(责任编辑 刘改换)