

中国煤种成分对电除尘器性能影响及电除尘器适应性评价

郦建国, 刘云

浙江菲达环保科技股份有限公司, 浙江诸暨 311800

摘要 在分析国内 122 种煤种的煤、飞灰样成分含量分布的基础上, 研究了煤、飞灰成分对电除尘器性能的影响, 提出了电除尘器对国内煤种除尘性能的评价方法, 并作出评价, 最后分析了电除尘器对国内煤种的适应性。结果表明: 煤、飞灰成分中的收到基硫份 (S_{ar})、 Na_2O 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 及 SiO_2 对电除尘器性能影响很大, 其中 S_{ar} 、 Na_2O 、 Fe_2O_3 对除尘性能起着有利的影响, Al_2O_3 及 SiO_2 对除尘性能则起着不利的影响。而且对除尘性能的影响是煤、飞灰成分综合作用的结果。高 S_{ar} 煤时, S_{ar} 对电除尘器的性能起着主导的作用, 而低 S_{ar} 煤时, S_{ar} 的影响相对减弱, 主要取决于飞灰中的碱性氧化物的含量、烟气中水的含量及烟气温度。国内煤种可以采用电除尘器除尘的煤种数量占全部总数量的 97.54%, 在排放标准已提高的今天, 电除尘器仍有着广泛的适应性。国内少数燃煤电厂电除尘器性能不能满足要求的主要原因不是电除尘器的适应性有问题, 而是煤种改变或电场数量偏少、比集尘面积偏小造成的。

关键词 煤种; 电除尘器; 除尘性能; 适应性

中图分类号 X513

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)07-0104-06

The Effect of Compositions of Domestic Coal on the Performance of ESP and an Evaluation of ESP Adaptability

LI Jianguo, LIU Yun

Zhejiang Feida Environmental Science and Technology Co. Ltd., Zhuji 311800, Zhejiang Province, China

Abstract The compositions of 122 types of domestic coal and fly ash samples are analyzed, to see the influence of coal and fly ash compositions on the performance of electrostatic precipitator. An evaluation method for the performance of ESP for domestic coal is proposed. The ESP adaptability for domestic coal is analyzed. It is shown that the compositions of coal and fly ash with respect to S_{ar} , Na_2O , Fe_2O_3 , Al_2O_3 and SiO_2 have a great influence on the performance of electrostatic precipitator. S_{ar} , Na_2O and Fe_2O_3 play a beneficial role in dust removal performance, while Al_2O_3 and SiO_2 play a negative role. The effect on the performance of electrostatic precipitator is the result of the combined action of coal dust and fly ash compositions. For high-sulphur coal, S_{ar} plays a leading role in the performance of electrostatic precipitator. For low-sulphur coal, the effect of S_{ar} on the performance is relatively weakened, which mainly depends on the content of alkaline oxides in fly ash, content of water in flue gas and flue gas temperature. For 97.54% of the coals used in China, ESP can be used as the dust control device. With enhanced emission standard today, ESP still has a wide range of adaptability for domestic coal. The performance of the electrostatic precipitator in a few coal-fired power plants in China can not meet the requirements. The main reason for this is not due to the adaptability of the electrostatic precipitator, but due to the alteration of coal or the weakness of electric fields or small number of SCA.

Keywords coal; electrostatic precipitator; collection performance; adaptability

收稿日期: 2009-11-20

作者简介: 郦建国(中国科协所属全国学会个人会员登记号:E170000717M), 高级工程师, 研究方向为电除尘技术研究及电除尘器设计, 电子信箱: kennyliuchina@126.com

0 引言

电除尘器因具有除尘效率高、适应范围广、运行费用低、使用方便且无二次污染等优点,在国内外电力行业中得到了广泛的应用。然而在国内工程应用中,存在少数火电厂电除尘设备性能不能满足要求的问题,此外,随着粉尘排放标准的日益提高,电除尘器的适应性也成为业界争论的焦点。近年来,国内外学者的研究多集中于提高电除尘器性能方面,分别在电除尘器的极配型式^[1]、清灰技术^[2-3]、气流分布^[4-5]、电控^[6-7]等方面做了大量的研究工作,也取得了丰硕的成果,但在工况条件(煤成分、飞灰成分、烟气成分、粉尘粒径等)对电除尘器性能影响方面研究较少。刘本军^[8]就煤、灰性质和烟气特性对电除尘器运行的影响进行了有益的探索,但未涉及电除尘器适应性方面的研究。本文试图通过分析煤、飞灰样成分对电除尘器性能的影响来探讨电除尘器性能的关键性影响因素,在此基础上提出电除尘器对国内煤种除尘性能的评价方法,并应用该方法对电除尘器对国内煤种的适应性作出评价。

1 国内 122 种煤、飞灰样成分含量分布分析

对 2006—2008 年用户或设计院提供的燃煤电厂 122 种煤种(含 9 种混煤)的煤、飞灰样主要成分进行分析,影响电除尘器性能的国内煤、飞灰主要成分含量分布如表 1 所示。

表 1 国内煤、飞灰样主要成份含量分布

Table 1 Content distribution of major compositions of domestic coal and fly ash samples

成份	变化范围	平均值
S _{ar}	0.11%~5.13%	0.87%
Na ₂ O	0.02%~3.72%	0.69%
Fe ₂ O ₃	1.52%~25.88%	7.84%
K ₂ O	0.12%~4.17%	1.16%
MgO	0.17%~6.37%	1.35%
SO ₃	0.02%~21.7%	3.18%
Al ₂ O ₃	9.04%~46.5%	26.33%
SiO ₂	20.70%~70.30%	50.18%
CaO	0.60%~28.47%	6.34%

2 煤、飞灰成分对电除尘器的性能影响分析

2.1 电除尘效率的基本公式

Deutsch 公式一直是电除尘器设计公式:

$$\eta=1-e^{-\omega A/Q}$$

式中, η 为除尘效率(%), Q 为烟气流量(m^3/s), A 为总集尘面积(m^2), ω 为驱进速度(m/s)。Deutsch 公式至今仍在应用,但它假设颗粒尺寸为一常值,粉尘和气流在极间距空间里的混合是完全均匀的,而这些假设在实际工程中是极少出现的。

1964 年,瑞典专家 Sigvard Matts 对 Deutsch 公式进行了

修正,使用了表观驱进速度 ω_k 。

$$\eta=1-e^{-(\omega_k A/Q)^k}$$

式中, k 为常数。选择不同的 k 值, $\omega_k=f(\eta)$ 曲线有不同的形态,当 $k=1$ 时, ω_k 即为 ω ,即为 Deutsch 公式。来自许多装置的数据表明, $k=0.5$ 时, $\omega_k=f(\eta)$ 接近于常数,即此时 ω_k 趋向于同所要求的效率关系不大了,此时可将 ω_k 简单地看成是一个“收尘难易参数(Precipitation Parameter)”。由于 ω_k 考虑了粒径分布,其使用范围更广,精确度更高。

2.2 粉尘的比电阻

不同的电站粉尘, ω_k 或 ω 的大小也不同。 ω_k 或 ω 主要取决于粉尘比电阻,粉尘比电阻是衡量粉尘导电性能的指标,它对电除尘器性能影响最为突出。图 1 反映了粉尘比电阻与除尘效率的关系。

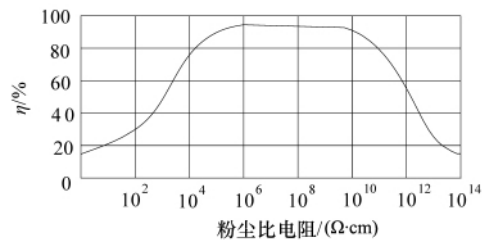


图 1 粉尘比电阻与除尘效率的关系

Fig. 1 Relationship between collection efficiency and dust resistivity

实践证明,粉尘的比电阻值除了决定于粉尘本身的物理性质即煤、飞灰成分等外,还与烟气的温度、湿度、烟气成分等有很大关系。

2.3 煤、飞灰成分对电除尘器性能的影响分析

影响电除尘器性能的因素很复杂,但大体上可以分为 3 大类。对火力发电厂而言,首先是工况条件,即煤成分、飞灰成分、烟气成分、粉尘粒径等;其次是电除尘器的技术状况,如极配形式、结构特点、振打方式及振打力大小、气流分布的均匀性以及电场划分情况、电气控制特性等;第三则是运行条件,如操作电压、板电流密度、积灰情况、振打周期等。其中,第一类因素中的煤、飞灰成分对电除尘器性能的影响最大,因此下文主要阐述煤、飞灰成分对电除尘器性能的影响。

2.3.1 煤成分的影响

煤对电除尘器性能产生影响的主要有 S_{ar} 、水分和灰分,其中 S_{ar} 对电除尘器性能的影响最大。含 S_{ar} 量较高的煤,烟气中含较多的 SO_2 , SO_2 可在一定条件下以一定的比率转化为 SO_3 , SO_3 易吸附在尘粒的表面,改善粉尘的表面导电性。如图 2 所示, S_{ar} 含量越高,工况条件下的粉尘比电阻越低, ω_k 越大,有利于粉尘的收集。

以 ω_k 表征电除尘器性能,测试了国内某典型煤中 S_{ar} 含量与 ω_k 的关系曲线,如图 3 所示。需要指出的是,该曲线是以

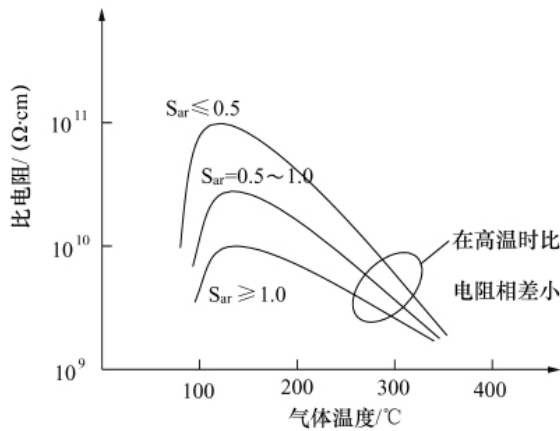


图2 燃煤中 S_{ar} 对比电阻的影响
Fig. 2 Effect of S_{ar} on dust resistivity

某典型煤种作为基准而获得的,因此曲线虽然用定量关系表示,但反映的仅是一种定性关系(下同):①随着 S_{ar} 含量的增加,曲线整体变化为上扬趋势,有利于增强电除尘器除尘性能;② S_{ar} 对除尘性能的影响与碱性氧化物的含量有直接关系,即对除尘性能的影响是 S_{ar} 和飞灰中的碱性氧化物(主要影响成分为 Na_2O 、 Fe_2O_3 ,见本文 2.3.2)共同作用的结果,其中当然还有产生不利影响的其他氧化物的作用(主要影响成分为 Al_2O_3 、 SiO_2 ,见本文 2.3.2);③当煤中 S_{ar} 含量小于某一值(图 3 中其值约为 0.5%)时, S_{ar} 含量的增加能明显提高 ω_k 值,即 S_{ar} 含量的增加能明显增强除尘性能,同时,碱性氧化物含量的增加能更为显著地提高 ω_k 值,此时碱性氧化物对电除尘器的性能起着主导作用;④当煤中 S_{ar} 含量达到一定值(图 3 中其值约为 1.5%)时, ω_k 值较大,且 ω_k 随 S_{ar} 含量增加变化较小,甚至基本维持在某一恒定数值,即 S_{ar} 含量的增加不能显著增强除尘性能,同时,碱性氧化物的含量对除尘性能的影响也很小,此时 S_{ar} 对电除尘器的除尘性能起着主导作用。

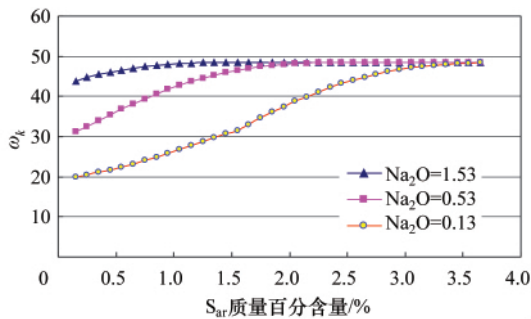


图3 ω_k 与 S_{ar} 含量的关系曲线
Fig. 3 Relationship between ω_k and content of S_{ar}

水分的影响是显而易见的。炉前煤水分高,烟气湿度大,粉尘的表面导电性好,比电阻相对较低。在燃煤含水量很高的锅炉中,水分对电除尘器的性能起着十分重要的作用。

煤的灰分高低,直接决定了烟气中的含尘浓度。对于特定的工艺过程来说, ω 或 ω_k 将随着粉尘浓度的增加而增大。但含尘浓度过大,会产生电晕封闭。要求相同的粉尘出口排放,烟气含尘浓度高时,设计除尘效率的要求也高,且此时所消耗表面导电物质的量大,对高硫、高水有利作用的折减幅度大,综合来讲,高灰分对电除尘器的性能影响是不利的。

2.3.2 飞灰成分的影响

飞灰主要包括 Na_2O 、 Fe_2O_3 、 K_2O 、 SO_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 CaO 、 MgO 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 MnO_2 、 TiO_2 及飞灰可燃物等成分。由于 P_2O_5 、 Li_2O 、 MnO_2 、 TiO_2 及飞灰可燃物对电除尘器性能的影响较小,本文不予讨论,主要分析其他成分对电除尘器性能的影响。

1) Na_2O 对电除尘器性能的影响

测试了国内某典型飞灰中 Na_2O 含量与 ω_k 的关系曲线,如图 4 所示。由图 4 可知:①随着 Na_2O 含量的增加,曲线整体变化为上扬趋势,表明飞灰中的 Na_2O 会对电除尘器除尘性能产生有利的影响,即飞灰中 Na_2O 含量的增加有利于增强电除尘器除尘性能;② Na_2O 对除尘性能的影响与煤中 S_{ar} 的含量有直接关系;③当飞灰中 Na_2O 含量小于某一值(图 4 中其值约为 0.5%)时, ω_k 值较小, Na_2O 含量的增加能明显提高 ω_k 值,即 Na_2O 含量的增加能明显地增强除尘性能;同时, S_{ar} 含量的增加能更为显著地提高 ω_k 值,此时 S_{ar} 对电除尘器的性能起着主导作用;④当飞灰中 Na_2O 含量达到一定值(图 4 中其值约为 1%)时, ω_k 值较大, ω_k 随 Na_2O 含量增加变化较小,甚至基本维持在某一恒定数值,即 Na_2O 含量的增加不能显著地增强除尘性能,同时, S_{ar} 含量对除尘性能的影响也很小,此时 Na_2O 对电除尘器的除尘性能起着主导作用。

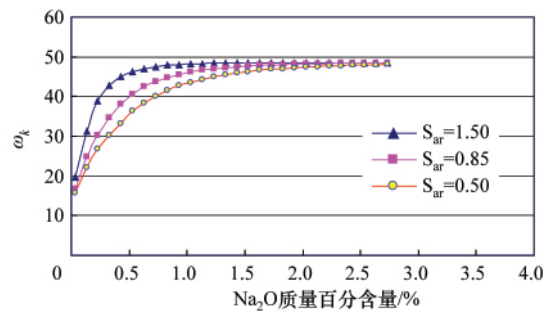


图4 ω_k 与 Na_2O 含量的关系曲线
Fig. 4 Relationship between ω_k and content of Na_2O

2) Fe_2O_3 对电除尘器性能的影响

测试了国内某典型飞灰中 Fe_2O_3 含量与 ω_k 的关系曲线,如图 5 所示。由图 5 可知:①随着 Fe_2O_3 含量的增加,曲线整体变化为上扬趋势,表明飞灰中的 Fe_2O_3 会对电除尘器除尘性能产生有利的影响,即飞灰中 Fe_2O_3 含量的增加有利于增强电除尘器除尘性能;② Fe_2O_3 对除尘性能的影响与煤中 S_{ar} 的含量有直接关系;③当飞灰中 Fe_2O_3 含量小于某一值(图 5 中其值约为 4%)时, ω_k 值较小, Fe_2O_3 含量的增加能明显提高 ω_k 值,即 Fe_2O_3 含量的增加能明显地增强除尘性能,同时, S_{ar}

含量的增加能更为显著地提高 ω_k 值, 此时 S_{ar} 对电除尘器的性能起着主导作用; ④ 当飞灰中 Fe_2O_3 含量达到一定值(图 5 中其值约为 11%) 时, ω_k 值较大, ω_k 随 Fe_2O_3 含量增加而变化较小, 甚至基本维持在某一恒定数值, 即 Fe_2O_3 含量的增加不能显著地增强除尘性能; 另一方面, S_{ar} 含量对除尘性能的影响也很小, 此时 Fe_2O_3 对电除尘器的除尘性能起着重要作用。

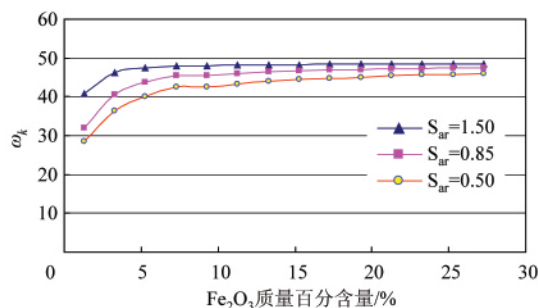


图 5 ω_k 与 Fe_2O_3 含量的关系曲线

Fig. 5 Relationship between ω_k and content of Fe_2O_3

3) K_2O 对电除尘器性能的影响

测试了国内某典型飞灰中 K_2O 含量与 ω_k 的关系曲线, 如图 6 所示。由图 6 可知, 飞灰中的 K_2O 对电除尘器的除尘性能影响较小。

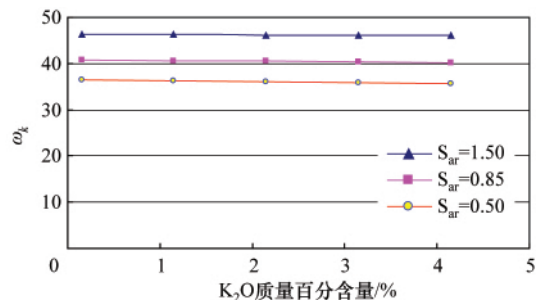


图 6 ω_k 与 K_2O 含量的关系曲线

Fig. 6 Relationship between ω_k and content of K_2O

4) SO_3 对电除尘器性能的影响

测试了国内某典型飞灰中 SO_3 含量与 ω_k 的关系曲线, 如图 7 所示。由图 7 可知, 飞灰中的 SO_3 对电除尘器的除尘性能影响较小。

5) Al_2O_3 对电除尘器性能的影响

测试了国内某典型飞灰中 Al_2O_3 含量与 ω_k 的关系曲线, 如图 8 所示。由图 8 可知, ① 随着 Al_2O_3 含量的增加, 曲线整体变化为下滑趋势, 表明飞灰中的 Al_2O_3 会对电除尘器除尘性能产生不利的影响, 即飞灰中 Al_2O_3 含量的增加会导致电除尘器除尘性能的下降; ② 当飞灰中 Al_2O_3 含量大于某一值(图 8 中其值约为 13%) 时, Al_2O_3 含量的增加能明显减小 ω_k 值, 即 Al_2O_3 含量的增加能明显地降低除尘性能; ③ 当飞灰中 Al_2O_3 含量小于某一值(图 8 中其值约为 13%) 时, ω_k 随 Al_2O_3 含量增加而下降较小, 或基本维持在某一恒定数值, 即 Al_2O_3

含量的增加不能显著地降低除尘性能, 此时 Al_2O_3 对电除尘器的除尘性能影响较小。

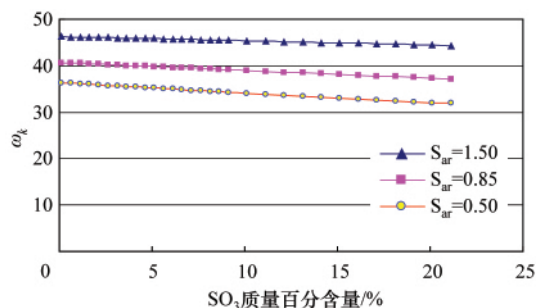


图 7 ω_k 与 SO_3 含量的关系曲线

Fig. 7 Relationship between ω_k and content of SO_3

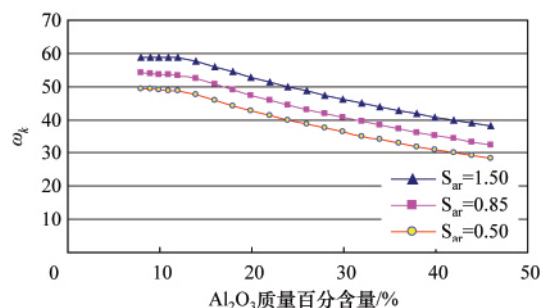


图 8 ω_k 与 Al_2O_3 含量的关系曲线

Fig. 8 Relationship between ω_k and content of Al_2O_3

6) SiO_2 对电除尘器性能的影响

测试了国内某典型飞灰中 SiO_2 含量与 ω_k 的关系曲线, 如图 9 所示。由图 9 可知: ① 随着 SiO_2 含量的增加, 曲线整体变化为下滑趋势, 表明飞灰中的 SiO_2 会对电除尘器除尘性能产生不利的影响, 即飞灰中 SiO_2 含量的增加会导致电除尘器除尘性能的下降; ② 当飞灰中 SiO_2 含量大于某一值(图 9 中其值约为 40%) 时, SiO_2 含量的增加能明显地减小 ω_k 值, 即 SiO_2 含量的增加能明显地降低除尘性能; ③ 当飞灰中 Al_2O_3 含量小于某一值(图 9 中其值约为 40%) 时, ω_k 随 SiO_2 含量增加而下降较小, 或基本维持在某一恒定数值, 即 SiO_2 含量的增加不能显著地降低除尘性能, 此时 SiO_2 对电除尘器的除尘性能影响较小。

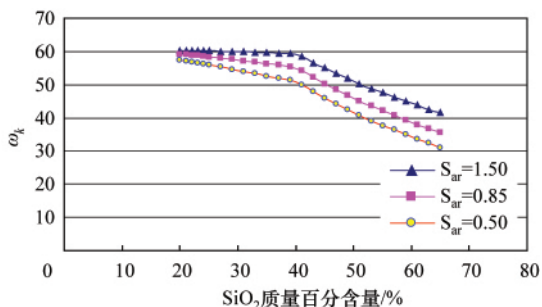


图 9 ω_k 与 SiO_2 含量的关系曲线

Fig. 9 Relationship between ω_k and content of SiO_2

7) CaO 对电除尘器性能的影响

测试了国内某典型飞灰中 CaO 含量与 ω_k 的关系曲线,如图 10 所示。由图 10 可知,飞灰中的 CaO 会对电除尘器除尘性能产生不利的影响,即飞灰中 CaO 含量的增加会降低电除尘器的除尘性能,但其对电除尘器的除尘性能影响相对较小。

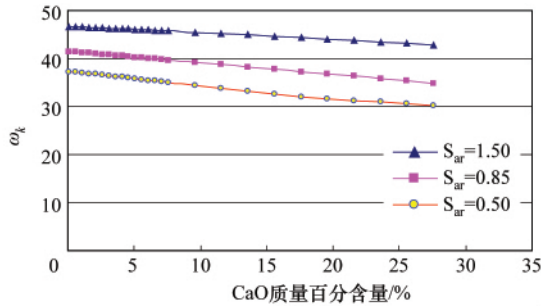


图 10 ω_k 与 CaO 含量的关系曲线

Fig. 10 Relationship between ω_k and content of CaO

8) MgO 对电除尘器性能的影响

测试了国内某典型飞灰中 MgO 含量与 ω_k 的关系曲线,如图 11 所示。由图 11 可知,飞灰中的 MgO 会对电除尘器除尘性能产生不利的影响,即飞灰中 MgO 含量的增加会降低电除尘器的除尘性能,但其对电除尘器的除尘性能影响相对较小。

通过以上分析可知,煤、飞灰成分中的 S_{ar} 、 Na_2O 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 及 SiO_2 对电除尘器性能影响很大,其中 S_{ar} 、 Na_2O 、 Fe_2O_3

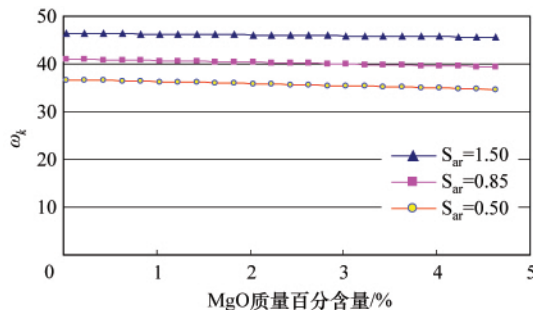


图 11 ω_k 与 MgO 含量的关系曲线

Fig. 11 Relationship between ω_k and content of MgO

对除尘性能起着有利的影响, Al_2O_3 及 SiO_2 对除尘性能则起着不利的影响,而且对除尘性能的影响是煤、飞灰成分综合作用的结果。 K_2O 、 SO_3 、 CaO 、 MgO 对电除尘器性能的影响相对较小。高 S_{ar} 煤时, S_{ar} 对电除尘器的性能起着主导的作用,而低 S_{ar} 煤时, S_{ar} 的影响相对减弱,除尘器的性能主要取决于飞灰中的碱性氧化物的含量、烟气中水的含量及烟气温度。

3 电除尘器对国内煤种的适应性评价

一般地,煤、飞灰成分直接影响着 ω_k 值,其值的大小可评价电除尘器对粉尘的收尘难易程度,如表 2 所示。 ω_k 值越大,电除尘器对粉尘的收集效果越好,从而电除尘器的性能更优。

表 2 电除尘器除尘性能评价

Table 2 Evaluation of the performance of ESPs

ω_k 值	除尘性能评价
$\omega_k < 25$	差
$25 \leq \omega_k < 35$	较差
$35 \leq \omega_k < 45$	一般
$45 \leq \omega_k < 55$	好
$\omega_k \geq 55$	很好

对国内 122 种煤、飞灰样本进行计算,其 ω_k 分布如图 12 所示。从图 12 中可知, ω_k 的变化范围为 20~63.1,平均值为 45.26。 $\omega_k < 25$ 除尘性能“差”的煤种有 3 种,占总煤种数量的 2.46%; $25 \leq \omega_k < 35$ 除尘性能“较差”的煤种有 14 种,占总煤种数量的 11.47%; $35 \leq \omega_k < 45$ 除尘性能“一般”的煤种有 40 种,占总数的 32.79%; $45 \leq \omega_k < 55$ 除尘性能“好”的煤种有 49 种,占总数的 40.16%; $\omega_k \geq 55$ 除尘性能“很好”的煤种有 16 种,占总数的 13.12%。总体来看,煤、飞灰样本中除尘性能“一般”以上煤种占全部总数量的 86.07%。除尘性能“较差”以上煤种都可以采用电除尘器除尘,其数量占全部煤种数量的 97.54%,对于其中除尘性能“较差”的煤种,可采取增加电场数量及比集尘面积的方法。因此电除尘器对国内绝大多数煤种是适应的。对于占 2.46% 的除尘性能“差”的煤种,不推荐采用电除尘器,如果需要使用电除尘器,可采取增加电场数量、比集尘面积或使用混煤、调质等方法来提高其除尘性能。

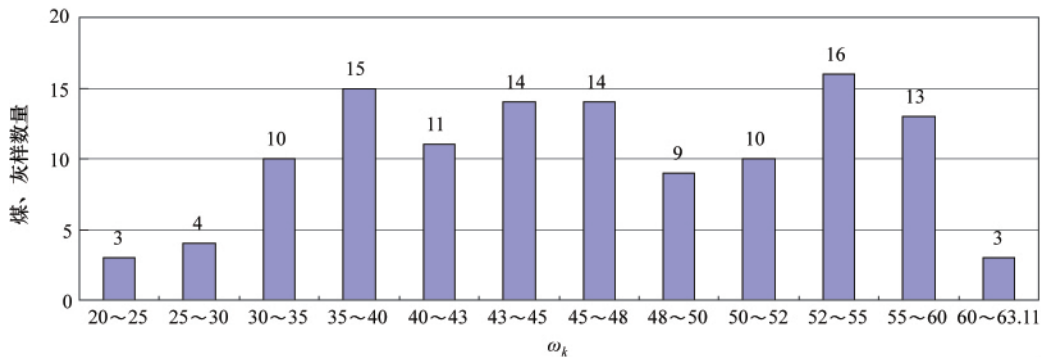


图 12 国内 122 种煤、飞灰样 ω_k 分布图

Fig. 12 Distribution diagram of ω_k in 122 types of domestic coal and fly ash samples

4 结论

在分析煤、飞灰样成分含量分布的基础上,研究了燃煤及飞灰成分对电除尘器性能的影响及评价方法,并分析了电除尘器对其适应性。主要结论有:

1) 国内煤、飞灰成分及其 ω_k 的变化范围较大,煤种复杂多变。须针对不同的煤种采取与之相对应的电除尘器适应性分析及评价方法,从而为正确合理地设计高效电除尘器奠定基础。

2) 煤、飞灰成分中的 S_{ar} 、 Na_2O 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 及 SiO_2 对电除尘器性能影响很大,其中 S_{ar} 、 Na_2O 、 Fe_2O_3 对除尘性能起着有利的影响, Al_2O_3 及 SiO_2 对除尘性能则起着不利的影响,而且对除尘性能产生影响是煤、飞灰成分综合作用的结果。 K_2O 、 SO_3 、 CaO 、 MgO 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 MnO_2 、 TiO_2 及飞灰可燃物对电除尘器性能的影响较小。高 S_{ar} 煤时, S_{ar} 对电除尘器的性能起着主导的作用,而低 S_{ar} 煤时, S_{ar} 的影响相对减弱,且主要取决于飞灰中的碱性氧化物的含量,烟气中水的含量及烟气温度。

3) ω_k 值的大小可评价电除尘器对粉尘的收尘难易程度, ω_k 值越大,粉尘的除尘性能越好,电除尘器对其收集效果越好。

4) 对国内 122 种煤、飞灰样分析,认为国内煤种可以采用电除尘器除尘的数量占全部总数量的 97.54%,对于其中占 11.47% 的除尘性能“较差”煤种,可采取适当增加电场数量及比集尘面积的方法。对于占 2.46% 的除尘性能“差”煤种,不推荐采用电除尘器,如果需要使用电除尘器,可采取增加电场数量、比集尘面积或使用混煤、调质等方法以提高其除尘性能。在排放标准已提高的今天,电除尘器仍有着广泛的适应性。

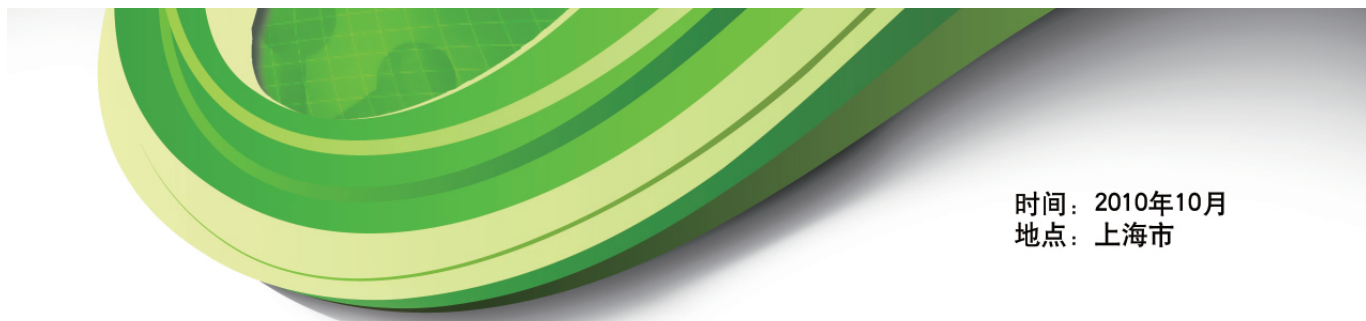
性。

5) 国内少数燃煤电厂电除尘器性能不能满足要求的主要原因不是电除尘器的适应性有问题,而是煤种改变或电场数量偏少、比集尘面积偏小造成的。

参考文献 (References)

- [1] Jaworek A, Krupa A, Czech T. Modern electrostatic devices and methods for exhaust gas cleaning: A brief review [J]. *Journal of Electrostatics*, 2007, 65(3): 133-155.
- [2] Canadian Environmental Protection Group. Turbosonic's WESP system to be used on European carbon sequestration project [J]. *Canadian Environmental Protection*, 2009, 21(2): 22-23.
- [3] Bayless D J, Khairul A M, Radcliff R, et al. Membrane-based wet electrostatic precipitation[J]. *Fuel Processing Technology*, 2004, 85(6-7): 781-798.
- [4] Haque S M E, Rasul M G, Khan M M K, et al. Influence of the inlet velocity profiles on the prediction of velocity distribution inside an electrostatic precipitator [J]. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 2009, 33(2): 322-328.
- [5] Shah M E, Haque M G, Rasul A V, et al. Flow simulation in an electrostatic precipitator of a thermal power plant [J]. *Applied Thermal Engineering*, 2009, 29(10): 2037-2042.
- [6] Lefley P, Parket K. Breathe easy electrostatic precipitator[J]. *Power Engineer*, 2006, 20(1): 38-43.
- [7] Seitz D, Herder H. Switch mode power supplies for electrostatic precipitators[J]. *Electricity Today*, 2005, 17(7): 34-37.
- [8] 刘本军. 煤、灰性质和烟气特性对电除尘器运行的影响[J]. 泸天化科技, 2006(4): 355-357.
Liu Benjun. *Lutianhua Science and Technology*, 2006(4): 355-357.

(责任编辑 代丽)



时间: 2010年10月
地点: 上海市

首届全国益生菌与食品 微生物学学术会

主办单位: 中国微生物学会

联系电话: 021-63846590-776431

电子信箱: microbiology@sjtu.edu.cn

会议网站: <http://csm.im.ac.cn/html/xuehuitongzhi/20100107/380.html>