

颗粒层除尘器过滤和清灰方式的优化

王助良, 刘晓航, 杜 滨

(江苏大学 能源与动力工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘 要:分析了移动床颗粒层除尘器存在颗粒层间隙增大和颗粒错位等影响除尘性能的问题,并优化出能克服这些问题的新型结构和过滤方式的颗粒层除尘器;介绍了新型颗粒层除尘器的结构和特点,特别是组合流化床清灰机构能实现颗粒层的快速清灰;建立了除尘器床层压降的数学模型,通过实验摸索出颗粒层流化清灰规律和除尘器的过滤性能。理论和实践表明,新型颗粒层除尘器的除尘性能优于其它颗粒层除尘器,能实现了除尘和清灰一体化,清灰过程更简便。

关 键 词:颗粒层除尘器;清灰;固定床;移动床;流化床

中图分类号:TK284.5 文献标识码:A

前 言

高温烟气净化是燃煤联合循环发电工艺中的关键技术之一,到目前为止,逆流式移动床颗粒层除尘器被认为是最有前途的方法之一^[1~2]。但分析逆流式移动床颗粒层除尘器的过滤介质过滤和清灰过程,发现其过滤和清灰方式仍然存在明显缺陷,因此,优化颗粒层过滤和清灰方式,进一步提高颗粒层除尘器的性能是解决好颗粒层高温除尘问题的一个重要环节,关系到燃气轮机的安全和使用寿命。

1 移动床颗粒层除尘器的特点和问题

移动床颗粒层除尘器种类较多^[3~4],其主要优点是颗粒层连续除尘和清灰、过滤气流稳定;由于过滤介质移动清灰,颗粒层内沉积了一定规律分布的灰尘,其除尘效果好于固定床,已成为颗粒层除尘器开发的主要方向。逆流式颗粒层除尘器过滤介质的移动对除尘和清灰影响最小,其过滤性能优于其它移动床颗粒层除尘器,但仍然存在不足。

1.1 颗粒层移动造成间隙增大问题

图 1 是典型的逆流式移动床颗粒层除尘器结构示意图。含尘气体通过过滤介质与气流接触面后向上运动,经过颗粒层过滤后,从排气口排出;过滤介

质向下移动和过滤下来的灰尘从排料口排出除尘器,在除尘器外分离,洁净的过滤介质再从除尘器的加料口加入。

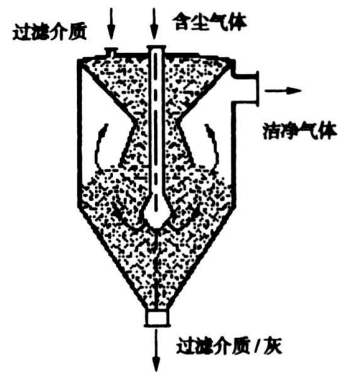


图 1 逆流式移动床颗粒层除尘器示意图

Ergun、Lewis 和 Kwauk 研究表明^[5~7],气流通过移动床颗粒层产生的压降与气、固相对运动速度有关,气、固相对运动速度越大,床层压力梯度 $\Delta p/\Delta y$ 越大。改写的 Ergun 方程如下:

$$\left| \frac{\Delta p}{\Delta y} \right| = 150 \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon} \right)^2 \frac{\mu_t |u_f - u_s|}{(\phi_s d_p)^2} + 1.75 \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon} \right) \times \frac{\rho_f |u_f - u_s|^2}{(\phi_s d_p)} \quad (1)$$

式中: u_f 、 u_s —气流和颗粒层的运动速度, m/s。

李洪钟等人研究了移动床气固两相流的空隙率 ϵ 与床层压降梯度关系^[8~9],即:

$$\epsilon = A + B \left| \Delta p/\Delta y \right| \quad (2)$$

式中: A 、 B —与床层静止状态空隙率和临界流化状态空隙率有关的常数。

与固定床颗粒层除尘器相比,在相同的气体过滤速度下,逆流式颗粒层除尘器的气、固相对运动速度高于固定床(颗粒层移动速度为零),从式(1)得出逆流式移动床颗粒层产生的床层压力梯度大于固定床,从式(2)可以得出,过滤状态下,移动床颗粒层的

孔隙率大于固定床。

颗粒层孔隙率变大, 其筛分作用减小, 过滤速度降低, 灰尘的惯性碰撞效应下降, 从而导致颗粒层的过滤效率下降。

1.2 颗粒层移动造成颗粒错位问题

实践表明, 颗粒层清灰时, 过滤介质和灰尘向下移动离开除尘器, 如果颗粒层的截面积小于排料口的截面积, 那么正对排料口中间的颗粒移动速度较快, 其它部位移动较慢, 导致除尘器内的过滤介质因移动速度不均匀而出现相邻颗粒发生位移(错位)现象^[10~11]。另外, 过滤介质与插入颗粒层的气体输送管的外壁面和除尘器的内壁面产生壁面效应, 也导致颗粒层错位。过滤状态的颗粒层颗粒错位, 意味着颗粒表面沉积的灰尘会部分脱落, 在过滤气流的作用下再次被夹带, 降低了颗粒层的除尘效率。

过滤介质与灰尘的排放速度过快时, 还会出现除尘器内的过滤介质架拱现象, 这更加恶化颗粒层除尘效果。

总之, 移动床颗粒层过滤过程中出现的过滤介质孔隙增大和颗粒间错位的现象是不可避免, 对颗粒层的除尘效果产生了深层次的影响。从上可以看出, 逆流式移动床颗粒层的过滤过程还未达到最佳过滤效果。

2 过滤方式的优化与新型颗粒层除尘器

2.1 颗粒层过滤方式的优化

优化颗粒层的过滤方式, 需要满足 3 个方面的要求: (1) 消除逆流式移动床颗粒层除尘器过滤过程中出现的过滤介质间隙增大和颗粒错位现象; (2) 能提高颗粒层的除尘效率; (3) 实现颗粒层连续除尘和清灰。对此, 本文提出了局部清灰的固定床颗粒层过滤方式。

固定床颗粒层除尘器的初始阶段除尘效率较低, 其不均匀过滤过程和间隙工作, 妨碍了其应用和发展。分析不难发现, 固定床颗粒层过滤方式不存在过滤介质间隙增大、颗粒层移动不均匀和壁面效应等不利于颗粒层除尘的现象, 因此, 在相同的过滤条件下(包括过滤介质中沉积灰尘的情况相同), 固定床颗粒层除尘器的除尘效果好于移动床。

固定床颗粒层过滤, 能实现颗粒层流化清灰, 方便了颗粒层清灰过程的实施。在确定了优化的颗粒层过滤方式后, 颗粒层除尘器的关键就是结构设计, 实现颗粒层连续除尘和流化清灰。

2.2 新型固定床颗粒层除尘器

2.2.1 除尘器结构设计

局部清灰的固定床颗粒层除尘器结构示意图如图 2 所示。以颗粒层布风板底部中心为基准, 颗粒层由径向隔板分成许多小的扇形颗粒层单元格, 颗粒层按照其横截面分成 3 个功能区: 含尘气流过滤区、密封区和流化清灰区, 如图 2(b) 所示。吸风罩(底部设计为触平面)、径向隔板和均风板把清灰区的颗粒层单元与除尘区的颗粒层单元隔开, 消除颗粒层的局部清灰对除尘过程的影响。

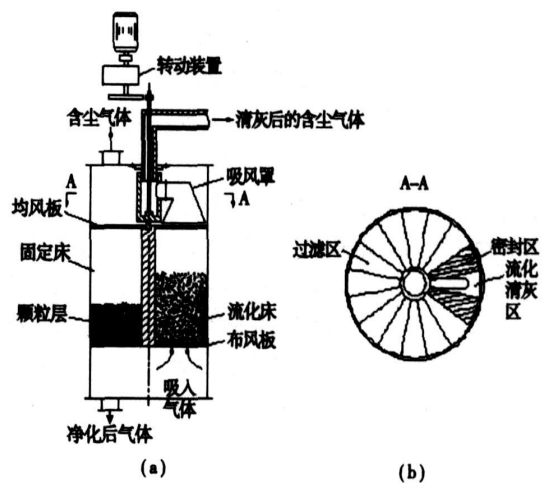


图 2 新型固定床颗粒层除尘器示意图

2.2.2 颗粒层过滤和清灰方式

由于颗粒层局部顺序清灰, 先进入过滤区的单元, 其颗粒层内积灰较多, 除尘效率高, 后进入过滤区的单元, 其颗粒层内积灰较少, 除尘效率相对较低; 由于每单元颗粒层的积灰量不同, 其瞬间工作状态不一样, 但每单元在过滤区经历的过滤时间和过滤状态完全一样, 因此, 整个过滤区的过滤过程不随时间而变化(清灰周期一定时), 是一个准稳态的过滤过程。

布风板、径向隔板和均风板固定不动, 由吸风罩和一个或两个扇形单元格构成非密闭组合流化床结构。吸风罩吸气, 净化后部分气体从布风板下面吸入单元格内, 当吸入的气量大于某一值时, 单元格内的颗粒层从固定床状态转变为流化床状态, 吸入气量越多, 颗粒层流化越剧烈, 清灰速度越快, 灰尘因粒径较小, 被流化带出除尘器外处理; 吸风罩旋转, 过滤区颗粒层局部顺序清灰, 如此循环, 在一个周期内, 颗粒层逐步实现全面清灰。

2.2.3 新型颗粒层除尘器的特点

从除尘器的结构、颗粒层过滤和清灰过程可以

看出,新型颗粒层除尘器具有如下特点:(1)消除了逆流式颗粒层过滤过程中存在的问题,解决了固定床颗粒层除尘器的不均匀过滤过程和间隙工作问题;(2)实现了颗粒层连续过滤和流化清灰;(3)颗粒层清灰方便,清灰气体的外部处理容易实施;(4)实现了颗粒层除尘器整体化。

3 清灰周期对除尘器性能的影响

新型颗粒层除尘器吸风罩旋转一周的时间称为清灰周期,其旋转速度的快慢对颗粒层内积灰产生较大影响,也影响了颗粒层的除尘效率和床层压降。

3.1 清灰周期对除尘效率的影响

除尘器通过吸风罩的转速来调节颗粒层的清灰周期。颗粒层清灰周期一定,颗粒层内沉积灰尘不变,并按照一定规律分布,沉积灰尘对除尘效率的影响保持不变,因此,颗粒层过滤状态是不随过滤时间变化的准稳态过程。颗粒层清灰周期越长,每一单元格在过滤区工作(停留)时间越长,单元格颗粒层内沉积(捕获)的灰尘越多,过滤效应明显增强,明显提高了颗粒层的除尘效率;反之,清灰时间短,除尘效率低。

3.2 清灰周期对床层压降的影响

对固定床颗粒层,建立图3所示的坐标,含尘气体通过颗粒层产生的压力损失可由整个床层厚度对压力梯度积分求得^[13]:

$$\Delta p = \int_0^H \frac{\partial p}{\partial y} dy = \left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_0 \int_0^H G(\sigma) dy \quad (3)$$

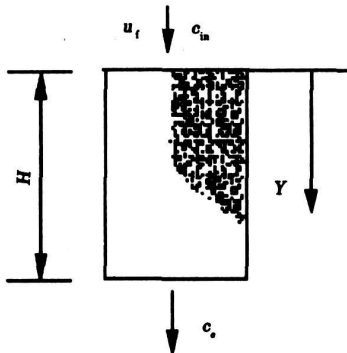


图3 颗粒层过滤坐标

式中: \$\Delta p\$—压力损失, Pa; \$\left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)_0 = \Delta p_0/H\$ 为初始压力损失梯度; \$\Delta p_0\$—过滤介质处于洁净状态的压力损失, Pa; \$H\$—颗粒层厚度, m; \$G(\sigma) = (\partial p / \partial y) / (\partial p / \partial y)_0\$ 为压力梯度比, 无因次。

灰尘沉积密度 \$\sigma\$ 呈线形关系, 即:

$$G(\sigma) = 1 + d\sigma \quad (4)$$

式中: \$d\$—不定常数, 表示压力梯度比随灰尘沉积密度增加的快慢程度, \$\text{m}^3/\text{kg}\$; \$\sigma\$—颗粒层中沉积密度, \$\text{kg}/\text{m}^3\$。

根据沉积密度 \$\sigma\$ 的定义, 新型除尘器的一个清灰周期 \$T\$ 内, 颗粒层中灰尘沉积密度为^[14]:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{\text{颗粒层中沉积的灰尘量}}{\text{颗粒层的体积}} \\ &= \frac{(c_{in} - c_e)u_f AT}{A \cdot H} = \frac{(c_{in} - c_e)u_f T}{H} \end{aligned} \quad (5)$$

式中: \$c_{in}\$、\$c_e\$—气流经过颗粒层前、后的含尘浓度, \$\text{kg}/\text{m}^3\$; \$T\$—清灰周期, s。

式(4)、式(5)代入式(3), 并积分:

$$\Delta p = \Delta p_0 + \frac{\Delta p_0}{H} c_{in} u_f d T \eta \quad (6)$$

式中: \$\eta = 1 - c_e/c_{in}\$, 为颗粒层除尘效率, %。

式(6)表明颗粒层压力损失 \$\Delta p\$ 与洁净状态的压力损失 \$\Delta p_0\$、清灰周期 \$T\$、除尘效率 \$\eta\$、气流含尘浓度和过滤速度的关系。

4 颗粒层流化清灰规律

颗粒层流化床清灰实验在直径 130 mm 的有机玻璃流化床实验台上进行, 布风板上开直径 2 mm 的圆孔, 呈正三角形分布, 开孔率为 15%, 表面铺设 100 目丝网。过滤介质为粒径 0.9 ~ 1.2 mm 的砂子, 洗净、凉干, 孔隙率 0.45, 密度 2 640 \$\text{kg}/\text{m}^3\$; 灰尘为电厂静电除尘器收集的灰尘。清灰时间的测量为观测计时和实验后分析颗粒层中灰尘含量来确定。

颗粒层流化清灰实验结果如下:

(1) 过滤介质(100 mm 厚)洁净状态下的流化特性曲线如图4所示, 初始流化速度约 0.72 \$\text{m}/\text{s}\$。

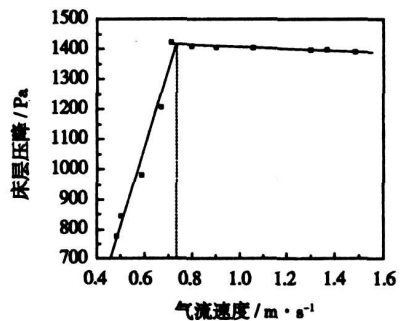


图4 颗粒层流化特性

(2) 颗粒层清灰时间与过滤介质的流化速度有

关。过滤介质流化速度越低,清灰时间越长;当流化数(操作速度与初始流化速度之比)接近 1.5 时,颗粒清灰时间很短;当流化数接近 2 时,达到了快速清灰效果。图 5 为颗粒层含灰量为 3%~5% (体积比) 时,清灰时间与颗粒层流化操作速度的关系。

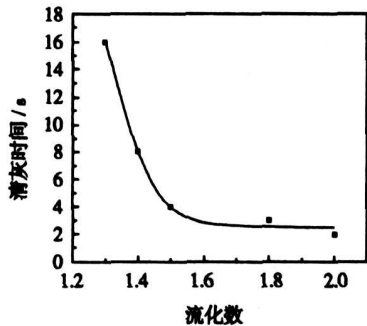


图 5 颗粒层清灰时间与流化数之间关系

5 新型颗粒层除尘器的实验研究

5.1 实验条件

设计的除尘器直径 600 mm, 分 12 个扇形单元格, 过滤区为 9 个扇形单元格, 颗粒层底部布风板上开孔情况与清灰实验台相同。实验系统如图 6 所示, 局部清灰气体由罗茨风机 1 负压吸气; 系统过滤由罗茨风机 2 抽气。

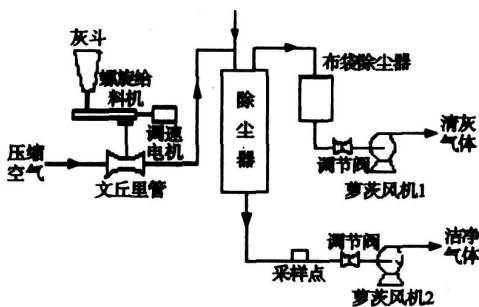


图 6 颗粒层除尘器除尘实验系统

粉尘由压缩空气通过文丘里管送到除尘器进风管, 配制进口气流含尘浓度, 气流出口含尘浓度采用上海宏伟仪表厂研制生产的 CLK-1 型粉尘取样仪。

5.2 实验结果

实验床层厚度为 50 mm、70 mm, 颗粒层过滤速度为 0.5 m/s, 清灰周期分别为 180 s、360 s 和 540 s (通过调速电机控制和减速器控制吸风罩的转速), 控制清灰区颗粒层清灰速度 1.44 m/s, 其它实验参

数和结果如表 1 所示。

表 1 颗粒层除尘器实验结果

床层厚度/m	清灰周期/s	气流含尘浓度/ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$		除尘压降/Pa	清灰压降/Pa	除尘效率/%
		过滤前	过滤后			
0.05	180	1 000	17.48	1 274	715	98.25
	360	1 000	6.56	1 343	706	99.34
	540	1 000	4.37	1 470	725	99.56
0.07	180	2 000	10.12	1 764	970	99.49
	360	2 000	5.80	1 872	960	99.71
	540	2 000	3.48	2 117	980	99.83

从实验观察及实验数据中可知:

清灰周期越长, 颗粒层内积灰越多, 改善了颗粒层的过滤特性, 能提高颗粒层的除尘效率; 清灰周期越长, 过滤介质孔隙率越小, 孔隙速度越大, 导致床层压降增大; 气流初始含尘浓度增加, 颗粒层单位时间内积灰量增加, 快速改善了过滤介质的过滤性能, 因此, 除尘效率提高, 床层压降急剧增大。

总之, 颗粒层中积灰量的增加有利于提高颗粒层的除尘效率, 同时也增加了床层阻力。

6 结论

(1) 新型颗粒层除尘器克服了移动床和固定床的缺点, 优化了颗粒层过滤方式, 其除尘性能优于现有的颗粒层除尘方式。

(2) 除尘器采用单元格结构和流态化原理, 实现了颗粒层除尘和清灰一体化, 通过调节清灰周期改变颗粒层的除尘性能。

(3) 颗粒层清灰周期越长, 除尘效率越高, 床层压降越大。

参考文献:

- [1] SMID J, HSIAU S S, PENG C Y, et al. Granular moving bed filters and adsorbents patent review [J]. Advanced Power Technology, 2005, 16 (4): 304-345.
- [2] WILSON K B, HAAS J C. Moving granular bed filter development program [R]. West Virginia: Advanced Coal-Fired Power Systems, Morgantown, 1996.
- [3] 许世森, 李春虎, 郜时旺. 煤气净化技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [4] 夏军仓, 许世森, 郜时旺, 等. 移动颗粒层过滤高温高压煤气除尘技术的试验研究 [J]. 动力工程, 2003, 23(2): 2337-2341.
- [5] ERGUN S. Fluid flow through packed columns [J]. Chem Eng Prog, 1952, 48: 89-94.

(下转第 283 页)

图7示出颗粒分级捕集效率同气体流速之间的关系。由图可知,流场在很大程度上影响着颗粒捕集效率, $v=0.045\text{ m/s}$ 时的颗粒总捕集效率比 $v=0.1\text{ m/s}$ 时高15%左右。气流速度较低时,颗粒在磁场区域内的停留时间较长,并且流体拽力作用相对较小,颗粒的跟随性下降,因此颗粒捕集效率较高,并且计算发现流速较低时,小粒子布朗作用有增强的趋势。

4 结 论

对高梯度磁场捕集燃煤可吸入颗粒物($0.023\sim 9.3\ \mu\text{m}$)进行了数值研究,并将与试验结果对照。结果发现,模型预测的颗粒捕集效率与试验结果基本吻合,通过此模型可以较好地分析颗粒在高梯度磁场中被捕集的机理。高梯度磁场捕集燃煤可吸入颗粒物的过程中,磁场、流场和布朗扩散对颗粒捕集效率均有较大影响,特别是 $d_p < 1\ \mu\text{m}$ 的颗粒布朗扩散作用较明显,但是整个粒径范围内,惯性作用影响微弱。较高的颗粒磁化强度、磁场强度以及较长的停留时间都有利于颗粒在磁场中的捕集。研究表明,采用高梯度磁场捕集燃煤可吸入颗粒物是一种有效可行的方法。但由于本文未考虑颗粒与颗粒之间的相互作用、热泳沉积和静电沉积等因素的影响,模型预测值与试验值还有一定偏差,仍需进一步的研究对计算进行改进。

参考文献:

[1] MAYNARD A D, MAYNARD R L. A derived association between am-

bient aerosol surface area and excess mortality using historic time series data[J]. *Atmospheric Environment*, 2002, 36: 5561-5567.

- [2] PENNER J E, NOVAKOV T. Carbonaceous particles in the atmosphere: a historical perspective to the fifth international conference on carbonaceous particles in the atmosphere[J]. *Journal of Geophysical Research D*, 1996, 101: 19373-19378.
- [3] ZHUANG Y, BISWAS P. Submicrometer particle formation and control in a bench-scale pulverized coal combustor[J]. *Energy and Fuels*, 2001, 15(3): 510-516.
- [4] ZHANG CHENGFENG, YAO QIANG, SUN JUNMING. Characteristics of particulate matter from emissions of four typical coal-fired power plants in China[J]. *Fuel Processing Technology*, 2005, 86(7): 757-768.
- [5] CHENG Y Z, SHAH N, FRANK E H, et al. Investigation of primary fine particulate matter from coal combustion by computer-controlled scanning electron microscopy[J]. *Fuel Processing Technology*, 2004, 85(6): 743-761.
- [6] 孙俊民, 姚强, 刘惠永. 燃煤飞灰中铁质微珠的显微结构及其组成研究[J]. *燃料化学学报*, 2005, 33(3): 263-266.
- [7] FRED E, LUBORSKY, SENIOR MEMBER, et al. High gradient magnetic separation: theory versus experiment[J]. *IEEE Trans Mag*, 1975, 11(6): 1696-1700.
- [8] GERBER, LAWSON. The HGMS filter performance exponential law[J]. *IEEE Trans Mag*, 1989, 25(5): 3806-3808.
- [9] SVOBODA J. A realistic description of the process of high gradient magnetic separation[J]. *Minerals Engineering*, 2001, 14(11): 1493-1503.
- [10] JAMES A R, ARMIN D E, KAREN D D. Application of high gradient magnetic separation principles to magnetic drug targeting[J]. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2004, 280(2): 184-201.
- [11] COOKSON J T. Removal of submicron particles in packed beds[J]. *Environ Sci Technol*, 1970, 4(2): 128-134.
- [12] 鲁端峰, 赵长遂, 吴新, 等. 燃煤可吸入颗粒物在高梯度磁场中的捕集试验研究[J]. *动力工程*, 2007, 27(1): 113-116.

(编辑 何静芳)

(上接第273页)

- [6] LEWIE, GILLIL. Characteristics of fluidized particles[J]. *Ind Eng Chem*, 1949, 41: 1104.
- [7] KWAUK. Generalized fluidization[J]. *Scientia Sinica*, 1963, 4: 587-612.
- [8] 李洪钟, 郭慕孙. 非流态化气固两相流理论及应用[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [9] PUSHNOV A S. Calculation of average bed porosity[J]. *Chemical and Petroleum Engineering*, 2006, 42(12): 14-17.
- [10] 夏军仓, 许世森, 郜时望, 等. 移动颗粒层过滤除尘技术的高压实验研究[J]. *热力发电*, 2001(6): 30-33.

- [11] YANG W C, NEWBY R A, LIPPERT T E. A moving granular bed filter concept for particulate removal at high pressures[R]. New York: Engineering Foundation, 1992.
- [12] 向晓东, 幸福堂, 陈望生, 等. 颗粒层除尘器过滤状态压力损失的研究[J]. *环境科学学报*, 1997, 17(1): 100-105.
- [13] CHITIEN. Granular filtration of aerosols and hydrosols[M]. Boston: Butterworths, 1989.
- [14] 吴晋沪, 王洋. 移动床除尘过程数学模型建立及机理讨论[J]. *燃料化学学报*, 2002, 30(3): 218-222.

(编辑 辉)

ment signals from the intermediate parts of a SSS clutch serving as an example. The measures include: the use of dB3 wavelets to conduct a 5-layer dissolution and the selection of heursure soft threshold values to perform a quantification of wavelet coefficient threshold values followed by a restructuring of signals. The tests and analysis show that the use of the wavelet analysis for achieving the elimination of noise from the signals is simple in theory, featuring an ease of its realization and an extremely high reliability. The signals after noise elimination provide a solid basis for fostering the feasibility of power-related maneuverability of the whole system. **Key words:** marine power plant, wavelet analysis, CODOG (combined diesel or gas turbine), signal noise elimination

双层滤料过滤床的压降特性研究= **A Study of the Pressure-drop Characteristics of a Dual-layer Filter-material Filtering Bed** [刊, 汉] / YANG Guo-hua, ZHOU Jiang-hua (College of Sea Transportation under the Ningbo University, Ningbo, China, Post Code: 315211) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2007, 22(3). — 267 ~ 269

The working principle and high filtration efficiency of a dual-layer filter-material filtering bed are described along with its low pressure-drop filtration characteristics. The pressure drop at each layer of the above filtering bed was measured during tests. Analyzed were the total pressure drop of the bed layer and the pressure drop characteristics of a hot gas distributor, sand layer and an expanded perlite layer. The results show that the pressure drop of the sand layer accounts for 75% ~ 90% and that of the expanded perlite layer for 5% ~ 22% of the total pressure drop of the bed layer. The pressure-drop characteristics prove that the sand layer provides a surface filtration and the expanded perlite layer a deep bed one. This is the reason why a dual-layer filter-material filtering bed has a filtration efficiency of 99.99% and the bed layer a dust bearing capacity ten times as high as that of a single layer sand bed. **Key words:** high temperature gas, filtration, granular layer, dual-layer filter material

颗粒层除尘器过滤和清灰方式的优化= **Optimization of the Filtering and Deashing Modes for Granular-layer Dust Precipitators** [刊, 汉] / WANG Zhu-liang, LIU Xiao-hang, DU Bin (College of Energy Source and Power Engineering under Jiangsu University, Zhenjiang, China, Post Code: 212013) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2007, 22(3). — 270 ~ 273, 283

Analyzed were the issues affecting the dust removal performance of moving-bed granular-layer dust precipitators due to an increase in clearance between granular layers and also granular particle dislocation etc. Through an optimization effort a granular-layer dust precipitator with a new type of structure and filtering method was created to solve the above issues. Its structure and specific features are described, especially a built-up fluidized bed dust removal mechanism, which can accomplish a quick dust removal from the granular layers. A mathematical model featuring the pressure drop of the dust precipitator bed layer has been established. By way of experiments, the authors have identified the regularity of dust removal from a granular fluidized layer and the filtering performance of the precipitator. Both theoretical research and practice have indicated that the new type of granular-layer precipitators has a better dust removal performance than other granular-layer ones, making it possible to realize an integration of dust removal and deashing as well as to simplify the dust removal process. **Key words:** granular layer precipitator, ash removal, fixed bed, moving bed, fluidized bed

燃煤 PM₁₀磁聚并动力学数值模拟= **Numerical Simulation of Magnetic Aggregation Dynamics of Fuel Coal PM₁₀** [刊, 汉] / LI Yong-wang, WU Xin, ZHAO Chang-sui, et al (Education Ministry Key Laboratory on Clean Coal Power Generation and Combustion Technology under the Southeast University, Nanjing, China, Post Code: 210096) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2007, 22(3). — 274 ~ 279

A dual-subregion algorithm has been presented for seeking a solution to the magnetic-aggregation dynamics equation of fu-