

空气深度分级对低挥发分煤燃烧过程影响的研究

汪华剑, 方庆艳, 周怀春, 曾汉才

(华中科技大学煤燃烧国家重点实验室, 湖北武汉 430074)

摘 要:通过数值模拟研究了在一维燃烧炉上燃用低挥发分煤的条件下,空气深度分级和煤粉细度变化对煤粉燃尽过程和 NO_x 排放的影响,得到了沿炉膛轴线方向上的温度、氧浓度和 NO_x 的分布,表明空气深度分级后燃烧后期的氧量增加,炉膛温度水平提高,而煤粉细度的提高使得上述效果更加明显,因而燃烧效率提高和 NO_x 排放降低,并通过实际燃烧试验验证了数值模拟结果。研究结果表明,对燃用低挥发分煤,采用空气深度分级技术和提高煤粉细度的措施,可以同时取得高效低 NO_x 排放的效果。

关键词:低挥发分煤;深度分级燃烧;煤粉细度;高效率;低 NO_x 排放;空气分级燃烧

中图分类号:TK16 文献标识码:A

引 言

氮氧化物(NO_x)是煤粉燃烧过程中产生的主要污染气体,煤燃烧过程中产生的 NO_x 约占其排放总量的67%^[1]。空气分级燃烧技术是一种简单有效的低 NO_x 燃烧技术,具有投资和运行成本低、改造容易等特点而广泛使用^[2]。空气深度分级燃烧技术,则是在常规空气分级燃烧技术的发展,其特点是将燃尽风从燃烧器分离出独立布置的燃尽风喷口,以实现深度分级,使得氧量沿煤粉燃烧的进程逐渐送入,这样不仅符合低挥发分煤燃烧的特点,也使得还原区延长,增强了对煤粉燃烧后期的混合,进而促进煤粉燃尽和 NO_x 的降低作用。目前针对空气深度分级燃烧技术的理论基础研究还不多^[3-4],本研究以实验室的一维燃烧炉为对象,借助燃烧试验和数值模拟来研究空气深度分级对煤粉的燃烧和 NO_x 排放的影响。

1 实验条件

试验研究是在实验室中的一维燃烧炉上进行,

其主要参数是:炉膛内径170 mm,炉体采用电加热,电加热区域共分为6段,总长度为1 930 mm,加热段壁温设定为1 373 K,试验过程中测得每段温度如表1所示。加热段上面设有450 mm的保温预混段,除顶部一、二次风外,分级风可分为3级送入反应区,每级空气分级之间的距离为330 mm,故分级风入口在轴线上的坐标分别是660、990和1 320 mm,第二段分级风和第三段分级风是燃尽风,第三级风作为深度分级风。为保证分级风送入炉膛时的均匀性,每级风分为了8个支管均匀分布在圆形周界上,试验系统如图1所示。

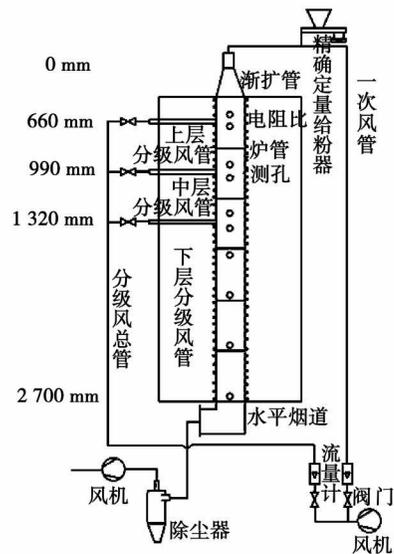


图1 一维煤粉燃烧炉示意图

试验过程中采用了一种贫煤进行试验,并将其磨制成两种粒径,其 R_{90} 值分别为13%和6%。试验用煤的煤质分析数据如表2所示,如得到煤粉具体粒径分布规律采用英国MALVERN公司生产的Master Min激光粒度分析仪,测得这两种粒径的具体分布,按Rosin-Rammler方法表述时的平均粒径分别是

收稿日期:2008-10-21; 修订日期:2009-03-13

基金项目:国家863专项基金资助项目(2006AA05Z301);国家自然科学基金资助项目(50721005)

作者简介:汪华剑(1982-),男,湖北武汉人,华中科技大学博士研究生。

52 和 35 μm, 分布指数分别是 1.07 和 1.02。

试验过程中分别对两种粒径的煤进行了空气的单一分级和深度分级的燃烧试验, 试验过程中保持各段炉壁温度、总风量和给粉量不变, 试验中各段壁面温度如表 1 所示, 试验各工况具体参数如表 3 所

示。

表 1 试验过程测量各段壁温 (K)

| 第一级 | 第二级 | 第三级 | 第四级 | 第五级 | 第六级 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 173 | 1 423 | 1 423 | 1 423 | 1 423 | 1 323 |

表 2 试验用煤分析(空干基, 质量百分数%)

| 工业分析 | | | | | 元素分析 | | | | |
|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| V _{ad} /% | FC _{ad} /% | A _{ad} /% | M _{ad} /% | Q _{net, ad} /MJ·kg ⁻¹ | C _{ad} /% | H _{ad} /% | O _{ad} /% | N _{ad} /% | S _{ad} /% |
| 10.83 | 66.30 | 22.05 | 0.82 | 20.712 | 67.88 | 2.88 | 3.47 | 3.47 | 1.16 |

表 3 试验工况

| | 工况 1 | 工况 2 | 工况 3 | 工况 4 |
|---|-----------|-----------|----------|----------|
| 给煤量(10 ⁻³)/kg·s ⁻¹ | 0.834 | 0.834 | 0.834 | 0.834 |
| 煤粉平均粒径/μm | 52 | 35 | 52 | 35 |
| 空气过剩系数 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 |
| 理论空气量/m ³ ·kg ⁻¹ | 6.86 | 6.86 | 6.86 | 6.86 |
| 空气温度/K | 300 | 300 | 300 | 300 |
| 空气总流量(10 ⁻³)/kg·s ⁻¹ | 9.246 954 | 9.246 954 | 9.246 95 | 9.246 95 |
| 燃烧器入口一、二次风比例/% | 35 | 35 | 35 | 35 |
| 第一级空气比例/% | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 第二级空气比例/% | 35 | 35 | 15 | 15 |
| 第三级空气比例 ^b 、 ^c /% | 0 | 0 | 20 | 20 |

注: a—燃烧器入口一次风与二次风之和; b—燃尽风; c—空气深度分级风, 工况 1 和工况 2 为常规分级, 工况 3 和工况 4 为空气深度分级, 工况 2 和工况 4 采用细煤粉。

2 几何建模及数值方法

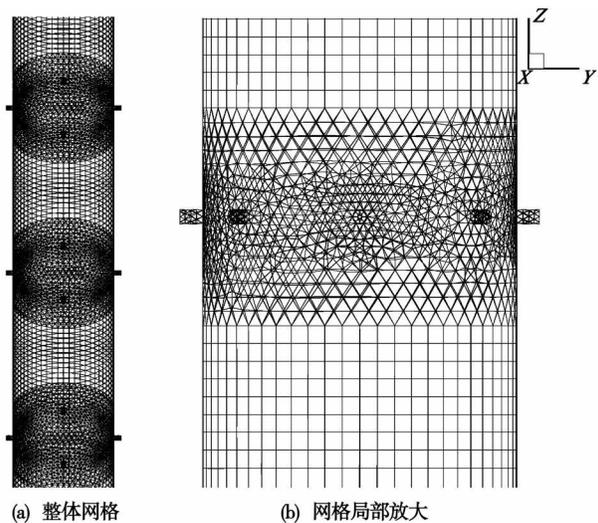


图 2 几何模型网格划分

由于 CFD 技术的迅速发展和国内外对煤粉燃烧过程的研究不断深入, 采用 CFD 技术对煤粉燃烧过程及污染物生成的过程进行研究和优化, 已经成为了一种重要的手段, 并且已经有研究者成功地将这种方法应用于一维燃烧炉内煤粉燃烧和降低 NO_x 排放的规律和机理的研究中^[5-9]。本研究的几何建模根据真实物理尺寸建立, 然后根据炉膛几何形状及物理流场的特点, 采用分区划分网格的方法生成网格。在分区划分网格过程中采用混合网格, 由于炉膛共有 3 个分级送风段, 且每级有 8 个小的分级风入口, 并在这些区域采用四面体非结构网格, 在小喷口附近网格加密, 而在其它区域则采用六面体网格, 各区域网格如图 2 所示。

表 4 煤样物性参数

| 密度 /kg·m ⁻³ | 比热 /J·(kg·K) ⁻¹ | 导热系数 /W·(m·K) ⁻¹ | 膨胀系数 | 发射率 | 散射率 |
|------------------------|----------------------------|-----------------------------|------|------|-----|
| 1 300 | 1 100 | 0.045 4 | 1.2 | 0.85 | 0.3 |

表 5 煤燃烧的动力学参数

| | 数 值 |
|--|----------|
| 挥发性 | |
| Y1 | 0.3 |
| Y2 | 1 |
| A1/s ⁻¹ | 200 000 |
| A2/s ⁻¹ | 1.30E+04 |
| E1/kJ·mol ⁻¹ | 1.05E+05 |
| E2/kJ·mol ⁻¹ | 1.67E+05 |
| 煤焦 | |
| Ac/kg·m ⁻² ·s ⁻¹ ·Pa ⁻¹ | 1.40E-03 |
| Ec/kJ·mol ⁻¹ | 9.90E+01 |

模拟计算中, 对气相湍流计算, 采用 RNG $k-\epsilon$

双方程湍流模型; 对湍流燃烧的计算, 采用非预混平衡概率密度函数(PDF)模型; 对煤粉颗粒群的运动模拟采用颗粒随机轨道模型(SPT); 煤的热解计算采用双方程平行竞争反应模型; 焦炭燃烧计算采用动力/扩散控制反应速率模型; 辐射传热计算采用 P1 模型。计算中采用的煤的物性参数如表 4 所示, 动力学参数如表 5 所示。由于本试验研究温度范围基本在 900~1500 K 之间, 温度水平较低, 生成的 NO_x 以燃料型为主, 只考虑生成燃料型 NO_x。由于煤粉燃烧过程中 NO_x 生成量相对很少, 对燃烧过程的影响很小, 故采用后处理的方法来模拟 NO_x 的生成和消减; 湍流对 NO_x 的影响, 采用 Beta-PDF 模式计算温度脉动带来的影响。

煤粉燃烧过程中 NO_x 的生成机理和过程, Glarborg 等人做过详细分析^[7], 对 NO_x 的生成的模拟 Hill 等人也对 NO_x 模拟的方法做过全面的分析和论述^[8]。在本研究所做的模拟中认为燃料氮(Fuel-N)的转化经历的过程是: 大部分燃料氮以挥发分氮(Volatile-N)的形式在挥发分析出的过程中以 HCN 的形式释放出来, 少部分燃料氮以焦炭氮(Char-N)的形式在煤焦燃烧过程中转化为 NO, 反应过程如图 3 所示。

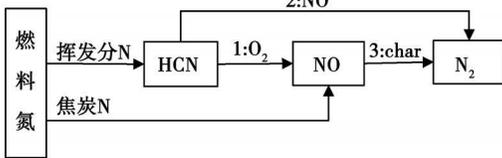


图 3 燃料 N 向 NO_x 转化途径

NO_x 及中间产物的组分输运方程为:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_{NO}) + \nabla \cdot (\rho Y_{NO}) = \nabla \cdot (\rho D \nabla Y_{NO}) + S_{NO} \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_{HCN}) + \nabla \cdot (\rho Y_{HCN}) = \nabla \cdot (\rho D \nabla Y_{HCN}) + S_{HCN} \quad (2)$$

式中: Y_{HCN} 、 Y_{NO} —HCN、NO 的质量分数; D —有效扩散系数; S_{HCN} 、 S_{NO} —源项, 它们可以表示为:

$$S_{HCN} = S_{pvc, HCN} + S_{HCN-1} + S_{HCN-2} \quad (3)$$

$$S_{NO} = S_{char, NO} + S_{NO-1} + S_{NO-2} + S_{NO-3} \quad (4)$$

式中: S_{HCN-1} 、 S_{HCN-2} 、 S_{NO-1} 、 S_{NO-2} 、 S_{NO-3} —图中 HCN 和 NO 的反应 1、2 和 3 的生成(消耗)率; $S_{pvc, HCN}$ —挥发分生成 HCN 的源项; $S_{char, NO}$ —焦炭生成 NO 的源项。

3 空气深度分级数值模拟、试验研究结果与分析

3.1 空气深度分级与空气单一分级的对比研究

图 4~图 6 分别给出了表 3 的 4 种工况中一维燃烧炉轴线上氧量、温度以及 NO_x 的变化曲线, 它们表明了煤粉的空气深度分级和煤粉粒径变化, 对煤粉燃烧过程和对 NO_x 生成的影响。表 5 给出了炉膛出口处数值模拟和实际燃烧试验测量得到的飞灰可燃物和 NO_x 排放的数据。

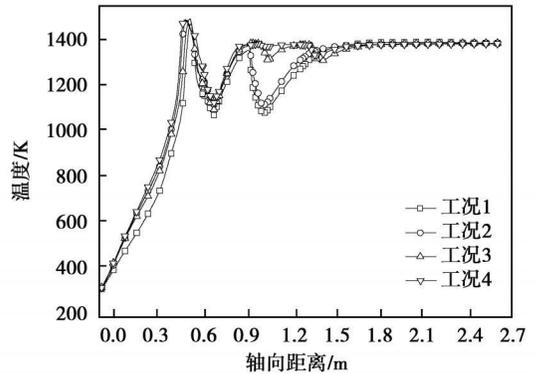


图 4 一维燃烧炉轴线上温度的模拟分布

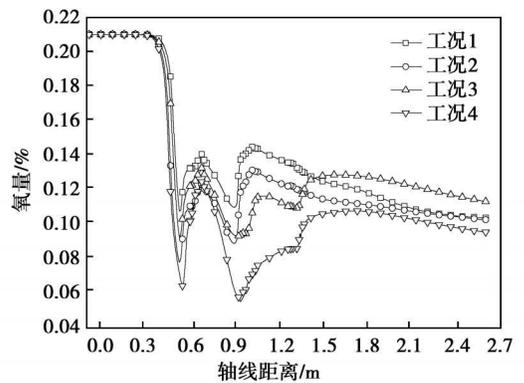


图 5 一维燃烧炉轴线上氧浓度的模拟分布

3.1.1 温度与氧量分布的特点及其对燃尽的影响

将图 4 中的工况 1 和工况 3 进行对比, 及工况 2 和工况 4 的对比中都可以看出: (1) 炉内烟气温度大部分低于壁面温度, 但是在空气深度分级情况下, 氧量是逐级送入, 符合了低挥发分煤逐级补氧的特点。在前期空气过剩系数较低, 保证了较高的煤粉浓度和相对较高的炉膛温度, 有利于煤的着火和燃烧, 且有利于提高炉内的温度水平, 促进煤粉的燃尽。(2) 相同粒径的煤粉, 在空气深度分级条件下, 煤粉燃烧的后期, 较高的炉内温度以及增强的后期混合, 有利于煤的燃尽, 故可以降低飞灰可燃物。根

据灰示踪法由表 6 中的飞灰可燃物得到煤焦的燃尽度都在 70% 左右, 这与 Ballester 等人在相近条件和相似的煤种时得到的燃尽度接近^[9], 表明本研究的模拟和试验结果是可靠的。

由图 5 的工况 1 和工况 3 及工况 2 和工况 4 的对比可以发现: (1) 常规空气分级时, 氧量加入燃烧较早, 在煤粉开始燃烧的早期就处于相对过剩的氧量中, 而空气深度分级的氧量是逐级加入到炉膛中, 氧量相对常规分级是逐渐增加的。(2) 氧量的分布是影响煤粉的燃尽的重要因素, 深度分级时, 由于燃烧后期氧量较高, 混合也得到了加强, 因而其燃尽度较高, 飞灰可燃物减少。

3.1.2 NO_x 生成的特点和规律

图 6 中的结果表明, 在煤粉一维炉燃烧的过程中 NO_x 的产生主要是由煤粉中的 N 的释放氧化而产生的, 和煤粉的燃烧过程密切相关, 故 NO_x 的浓度在煤粉的着火点处达到第一个峰值; 而后伴随煤粉的逐步燃烧 NO_x 的浓度也逐渐升高。这是因为所研究的煤种属低挥发分煤, 其燃尽需要较长的燃尽时间, 而煤粉在一维炉中的燃烧温度相对较低, 停留时间也较短, 致使在燃烧后期煤粉仍有燃烧反应在进行, NO_x 的还原量小于生成量, 故 NO_x 的浓度呈上升趋势。图中工况 1 和工况 3、工况 2 和工况 4 的对比表明: 在还原区, 空气深度分级以上的区域的 NO_x 浓度要高于空气常规分级, 这是因为前者烟气总量在这些区域相对较少, 煤粉的燃烧和 N 的释放也相对提前, 因而煤粉燃烧过程中生成的 NO_x 浓度相对较高; 当空气深度分级的空气送入炉膛之后, NO_x 的浓度开始相对下降, 最终在炉膛出口处, NO_x 的浓度要低于常规空气分级。这是因为常规分级条件下, 煤粉在燃烧前期和较多氧量接触, 而空气深度分级条件下, 燃尽风(第二级和第三级)风被分成两级送入, 且第三级级为 20% (大于第二级), 这样就使煤粉在燃烧前期和较少氧量接触, 还原区长度明显增加, NO_x 的还原量增加, 故 NO_x 排放降低。

3.2 空气深度分级条件下煤粉细度变化对煤粉燃尽和 NO_x 排放的影响

对图 4~图 6 中工况 1 同工况 2, 以及工况 3 同工况 4 的对比研究表明: (1) 煤粉变细之后温度比同等条件下的粗煤粉会略有上升, 而 O₂ 浓度明显低于粗煤粉, 这主要原因是细煤粉反应性较强, 在同样条件下消耗的氧量更多, 这样既可以抑制 NO_x 生成又有利于加热煤粉, 对降低 NO_x 排放是非常有利

的。(2) 由图 6 还可以看出, 在同等情况下, 细煤粉生成的 NO_x 的浓度要低于粗煤粉, 特别是在空气深度分级区域 NO_x 降低的幅值更大。这种情况的原因是: (1) 细煤粉在燃烧过程中, 经历了更高的升温速度, 而更高的升温速度可以使得煤粉释放更多的挥发分^[10], 这可以使得更多的燃料氮随挥发分在富燃区(Fuel-rich Zone)被释放, 因而更多的燃料氮会被富燃区的 CHi 基团还原为氮气^[11]; (2) 在空气深度分级条件下, 还原区延长, 使得 CO 等还原性气体成分增加, 能够促进 NO_x 的还原; (3) 细煤粉更大的比表面积和孔隙率^[12], 这有利于已经生成的 NO_x 在煤焦(Char)表面被还原, 这也使得 NO_x 排放进一步减少。

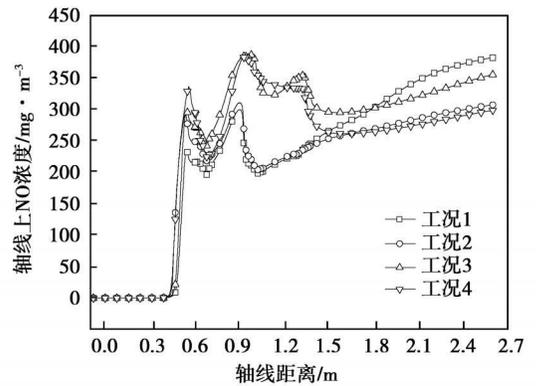


图 6 一维燃烧炉轴线上 NO_x 浓度的模拟值

表 6 的模拟结果表明, 在常规分级情况下, 采用细煤粉相对粗煤粉 NO_x 排放减少了 22.99%, 在空气深度情况下采用细煤粉时 NO_x 可降低 24.07%, 而试验结果也在定性上与上面的结论吻合; 同样对飞灰可燃物进行比较可以看出, 采用细煤粉的飞灰可燃物都要优于粗煤粉。这表明在适当的条件下, 更细的煤粉不但能够有利促进其燃尽, 提高煤粉燃烧的经济性, 也能够对降低 NO_x 排放起到促进作用。

表 6 炉膛出口飞灰可燃物及 NO_x 排放值

| | | 工况 1 | 工况 2 | 工况 3 | 工况 4 |
|-----------------|--|-------|-------|-------|-------|
| NO _x | 模拟值 | 567 | 436 | 551 | 419 |
| | /mg·m ⁻³ (6%O ₂) 试验值 | 591 | 574 | 537 | 494 |
| 燃尽度质量 百分数/% | 模拟值 | 77.47 | 73.20 | 80.41 | 79.84 |
| | 试验值 | 75.05 | 77.98 | 76.79 | 79.72 |

4 结 论

(1) 空气深度分级可以有效的降低 NO_x 的排

放, 降低的幅度取决于深度分级的空气分配和深度分级区域的长度;

(2) 空气深度分级后会对煤粉的燃尽产生一定影响, 针对在本研究采用的煤种和试验条件, 会在一定程度上提高煤粉的燃尽度; 煤粉的粒径减小, 即使在温度不太高的情况下 (如本研究中的 1 500 K 以下), 也可以提高煤粉的燃尽度, 降低飞灰含碳量, 而且可以有效降低 NO_x 的排放量;

(3) 合理的空气深度分级结合适当的提高煤粉细度, 可以有效达到高效低 NO_x 排放的目的。

参考文献:

- [1] XU X, CHEN C, QI H et al. Development of coal combustion pollution control for SO_2 and NO_x in China [J]. Fuel Processing Technology, 2000, 62(2/3): 153-160.
- [2] 岑可法, 姚强, 骆仲泱, 等. 燃烧理论与污染控制 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [3] 郝雪梅. 空气分级燃烧技术中两级燃尽风技术试验研究 [J]. 洁净煤技术, 2007, 13(2): 70-72.
- [4] MOLLOT D J, BONK D L, DOWDY T E. Removal of oxides of nitrogen from gases in multi-stage coal combustion [J]. USA: A 8635422, 1998.
- [5] 金晶, 张忠孝, 李瑞阳. 超细煤粉再燃的模拟计算与试验研究 [J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(10): 215-217.
- [6] ARENILLAS A, BACKREEDY R I, JONES J M, et al. Modelling of NO formation in the combustion of coal blends [J]. Fuel, 2002, 81(5): 627-636.
- [7] GLARBORG P, JENSEN A D, JOHNSON J E. Fuel nitrogen conversion in solid fuel fired systems [J]. Progress in Energy and Combustion Science, 2003, 29(2): 89-113.
- [8] HILLS C, DOUGLAS SMOOT L. Modeling of nitrogen oxides formation and destruction in combustion systems [J]. Progress in Energy and Combustion Science, 2000, 26(4/6): 417-458.
- [9] BALLESTER J, JIMENEZ S. Kinetic parameters for the oxidation of pulverised coal as measured from drop tube tests [J]. Combustion and Flame, 2005, 142(3): 210-222.
- [10] YU D, XU M, SUI J, et al. Effect of coal particle size on the proximate composition and combustion properties [J]. Thermochemica Acta, 2005, 439(1/2): 103-109.
- [11] SMOOT L D, HILLS C, XU H. NO_x control through reburning [J]. Progress in Energy and Combustion Science, 1998, 24(5): 385-408.
- [12] 姜秀民, 李巨斌, 邱健荣, 等. 超细煤粉的物理特性及其对燃烧性能的影响 [J]. 燃料化学学报, 2000, 28(2): 170-174.

(编辑 陈 滨)

新技术、新产品

用于 F125 舰的 CODLAG 动力装置

据《Marine Engineers Review》2008 年 12 月/2009 年 1 月号报道, 德国海军正在建造 F125 级护卫舰。MTU、RENK 和 Simens 为该舰动力装置提供设备和技术保障。

该舰装有 CODLAG (柴油机电力推进和燃气轮机并车使用联合) 动力装置。MTU 将为每艘护卫舰提供 4 台柴油机发电机组和 1 台燃气轮机, 用于推进和船上的电力生产。

MTU 20V4000M35B 发动机的额定输出功率为 3 015 kW, 4 台柴油机发电机组总的输出功率为 12 060 kW, 通过生产电力供船上用电和电力推进, 护卫舰巡航速度为 20 节。

LM2500 的额定输出功率为 20 MW, 在与两台电动机 (每台输出功率为 4.5 MW) 并车运行时可为护卫舰提供 29 MW 推进功率, 使加速航行的速度达到 26 节。

主齿轮传动装置被安装在左舷和右舷一侧并通过一个横向连接齿轮箱互相连接。两个螺旋桨将由两台电动机和一台位于两个螺旋桨轴中间的燃气轮机驱动。慢速巡航时只使用电动机工作, 高速航行时则使用电动机和燃气轮机并车运行。

这种布置的特点之一是离合器位于电动机和主齿轮装置之间。不使用减速齿轮级, 通过两个同轴能移位的多盘离合器, 两台电动机将直接驱动螺旋桨轴, 并且这些电动机位于齿轮装置的前面。通过一个超越离合器, 燃气轮机将被连接到横向连接齿轮箱。

德国海军将建造 4 艘 F125 级护卫舰, 该护卫舰长 148 m, 排水量为 6 800 t。这 4 艘护卫舰将在 2014 年~2017 年交付海军使用。

(吉桂明 摘译)

Fusion[刊, 汉] / ZHAO Zheng, TIAN Liang (Automation Department, North China University of Electric Power, Baoding, China, Post Code: 071003), LIU Wei, ZHANG Zhen-yan (Xinjiang Tianfu Thermal Power Generation Co. Ltd., Shihezi, China, Post Code: 832000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2009, 24(6). — 773 ~ 776

Thermal power plants universally face an ever-changing coal quality problem and the fluctuation in coal quality may also influence air/coal static optimization matching relationship. For the positive-pressure direct-fired system of a race pulverizer, the change of coal quality may affect the change of milling inertia, thus influencing the optimization matching relationship of the air and coal during a dynamic process. In the light of the problem that the milling inertia of the above system of a MPS type race pulverizer is affected by the coal quality and the operating status of the milling system, a generalized grindability concept K_e was presented. On the basis of a statistical and mechanism analysis, expressions of the generalized grindability K_e and judgement criterion K_{e_c} were given. By comparing these two values, one can determine the grindability change. A contrast analysis of the variation tendency of the main indexes in various months of a power plant coal quality analysis report shows that the generalized grindability assumes a variation tendency identical with the actual coal quality grindability, verifying the correctness and rationality of the generalized grindability description. **Key words:** coal grindability, data fusion, on-line testing, milling system

空气深度分级对低挥发分煤燃烧过程影响的研究 = Study of the Influence of the Deep Air-staged Burning on a Low-volatile Coal Combustion Process[刊, 汉] / WANG Hua-jian, FANG Qing-yan, ZHOU Huai-chun, et al (National Key Laboratory on Coal Combustion, Central China University of Science and Technology, Wuhan, China, Post Code: 430074) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2009, 24(6). — 777 ~ 781

Through a numerical simulation, studied was the influence of the deep air-staged version and change of pulverized coal fineness on the pulverized coal burn-out process and the NO_x emissions under the condition of burning low-volatile coals in an one-dimensional combustion furnace. The distribution of temperature, oxygen concentration and NO_x along the furnace axial direction was obtained. The simulation results show that with the deep air-staged version, the oxygen amount will increase at a later stage of combustion, and the furnace temperature level will go up. Moreover, the enhancement of the pulverized coal fineness will make the above effect more conspicuous, thus improving combustion efficiency and reducing NO_x emissions. The numerical simulation results have been verified by actual combustion tests. It has been found that when burning low-volatile coals, the adoption of such measures as the deep air-staged technology and the increase of pulverized coal fineness can result in both efficiency enhancement and reduction of NO_x emissions. **Key words:** low-volatile coal, deep air staged combustion, pulverized coal fineness, high efficiency, low NO_x emissions, air-staged combustion

多股流换热器动态过程场协同分析 = Field Synergy Analysis of the Dynamic Process of a Multi-stream Heat Exchanger[刊, 汉] / ZHANG Qin, LI Zhi-xin, LIANG Xin-gang (Aeronautics and Astronautics College, Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2009, 24(6). — 782 ~ 786

The authors have established a dynamic mathematical model for a multi-stream plate-fin type heat exchanger. Through a step change of the heat exchanger inlet temperature and flow rate, simulated was the dynamic response of the temperature field in a transient process. By using a temperature difference field uniformity factor, evaluated were the dynamic characteristics of the transient process of the heat exchanger. Through an analysis of the synergy relationship between the inner temperature field and the speed one, the variation characteristics of the temperature difference field in the dynamic process were revealed. By combining the uniformity factor of the temperature field with the transition time, a self-organization ability coefficient was established, and the control quality of the heat exchanger, analyzed. When the heat exchanger undergoes a step change of flow rates, the temperature difference field uniformity factor will smoothly migrate. In the meantime, when the heat exchanger is subjected to a drastic step change of temperature and there exist extreme values, the bigger the self-organization coefficient of the heat exchanger, the easier the attainment of a new heat balance. **Key words:** field synergy,