

电厂多元优化动力配煤燃烧特性研究

程 军, 王 鑫, 佘婷婷, 周俊虎

(浙江大学 能源清洁利用国家重点实验室 浙江 杭州 310027)

摘 要: 针对线性规划动力配煤的缺点, 研究了非线性规划实现多元优化动力配煤的新技术。利用开发的多元优化动力配煤专家系统计算得到最优配煤方案。利用沉降炉对 13 种最优配煤进行燃烧特性试验。实验结果表明: 随着燃煤细度 R90 由 15% 减小到 5%, 着火温度由 1 283 °C 降低到 1 167 °C, 着火距离由 400 mm 缩短到 250 mm; 随着过量空气系数由 1.1 升高到 1.3, 配煤着火温度由 1 170 °C 升高到 1 233 °C, 着火距离由 200 mm 延长到 300 mm。炉壁温度由 1 150 °C 上升到 1 350 °C 时, 排烟中 NO 含量由 63 mg/kg 升高到 229 mg/kg; 煤粉细度 R90 由 15% 减小到 5% 时, 烟气中 O₂ 含量由 11.16% 降低到 9.72%, 同时 CO₂ 含量由 9.4% 上升到 10.0%, SO₂ 含量由 556 mg/kg 升高到 711 mg/kg。13 种配煤基本上没有结渣, 说明优化动力配煤技术可以改善煤质结渣特性。

关键词: 动力配煤; 沉降炉; 燃烧特性
中图分类号: TK11 文献标识码: A
DOI: 10.16146/j.cnki.rndlge.2016.02.016

引 言

近年来, 国内外在配煤方面做了大量的多元化研究, 在混煤煤质预测、混煤结渣特性预测、大型电站锅炉燃用混煤优化运行模拟等领域均有所涉及。Changdong Sheng 等人对两种混煤进行燃烧模拟^[1], 同时在试验炉上对混煤着火、燃尽、NO_x 排放进行了测量, 对比发现, 双混合 PDF 方法可以较好地对比混煤燃烧特性进行预测。常爱英等将最小二乘支持向量机引入到动力配煤着火特性分析中^[2], 针对配煤指标中计算困难的着火温度建立了最小二乘支持向量机模型。夏季等提出多目标优化配煤模型^[3], 引入带有精英策略的非支配排序遗传算法, 得到分布较好的 Pareto 最优解集。

国内外有关配煤的主要问题集中在两方面: 一是预测混煤的煤质特性和燃烧特性; 二是在多煤种、多约束条件下, 实现单目标或者多目标的快速寻

优^[4]。本研究利用非线性多元优化配煤技术, 结合电厂实际情况, 确定 $Q_{\text{net, ar}}$, V_{ar} , $S_{\text{I, ar}}$, M_{ar} 和 A_{ar} 5 种配煤指标, 并给出 13 种最优配煤方案, 同时对 13 种配煤方案进行实测。通过沉降炉燃烧实验, 研究配煤的着火燃烧、烟气排放以及结渣特性。

1 多元优化动力配煤方案的确定

对某电厂提供的 21 种原煤进行了全面的煤质特性分析, 包括工业分析、元素分析、发热量、灰熔点等。该电厂锅炉原设计燃用贫煤, 其设计煤种参数和 10 种典型原煤的煤质特性分析如表 1 所示。电厂要求浙江大学的配煤方案必须含有昔阳煤或者国阳煤之一进行配比。电厂经过与浙江大学多次讨论分析, 确定对配煤目标的技术要求为: $Q_{\text{net, ar}} = 20 - 22 \text{ MJ/kg}$, $V_{\text{ar}} = 8.5 - 10.5\%$, $S_{\text{I, ar}} \leq 2\%$, $M_{\text{ar}} \leq 9\%$, $A_{\text{ar}} \leq 30\%$ 。

优化配煤是一个非线性规划问题。浙江大学在动力配煤研究领域经过 10 余年科研攻关, 综合考虑了发热量、挥发分、硫分、水分、灰分、灰熔点、着火特性、燃烬特性、结渣特性和 SO₂ 排放特性等 10 个配煤指标, 建立了多元优化动力配煤数学模型, 成功开发了优化动力配煤专家系统软件。可以在同时满足多个约束条件的前提下, 追求混煤的价格或某个质量指标最优, 以满足用户对燃煤安全性、经济性和环保性的要求^[5]。

根据电厂提出的配煤目标技术要求, 利用多元优化动力配煤专家系统软件, 对于该电厂提供的 21 个煤种进行了多元优化配煤计算。根据计算结果在达到该电厂配煤指标要求的前提下, 我们将昔阳煤和国阳煤掺配重量百分比例在 30% 以上的配煤方案作为优选推荐方案, 得到以昔阳煤和国阳煤为基础并符合电厂指标要求的 13 种典型配煤方案, 如表

收稿日期: 2015-03-20; 修订日期: 2015-04-13

基金项目: 国家 863 项目资金资助(2012AA050101)

作者简介: 程 军(1974-), 男, 山东济宁人, 浙江大学教授、博士生导师。

2 所示。该电厂在生产操作过程中可以根据实际来煤情况实施优选配煤方案。

对 13 种典型的配煤方案进行实测,结果如表 3

所示。可见 13 种典型配煤方案的实测煤质数据与配煤专家系统软件预测的配煤特性大都比较接近,说明配煤专家系统软件具有较高的预测精度。

表 1 电厂 10 种典型单煤的工业和元素分析

Tab. 1 Proximate and ultimate analysis of 10 typical individual coals for power plant

单煤样品	工业分析				发热量 $Q_{ar,net} /$ $MJ \cdot kg^{-1}$	元素分析					软化温度 $ST/^\circ C$
	$M_{ar} / \%$	$A_{ar} / \%$	$V_{ar} / \%$	$FC_{ar} / \%$		$C_{ar} / \%$	$H_{ar} / \%$	$N_{ar} / \%$	$S_{t,ar} / \%$	$O_{ar} / \%$	
0 号设计煤种	6.16	21.73	11.93	60.18	24.62	64.61	2.86	1.04	0.95	2.65	1500
1 号凤台	9.72	18.51	8.74	63.03	24.18	64.49	2.91	1.37	1.62	1.39	1498
2 号昔阳	5.84	24.30	6.67	63.19	23.39	62.40	2.63	0.97	1.11	2.75	1318
3 号小屯	7.91	26.53	10.41	55.16	21.82	57.40	2.82	1.18	0.32	3.84	1325
4 号马堡	6.85	44.98	11.23	36.94	14.95	40.02	2.62	0.73	1.19	3.61	>1500
5 号王家峪	6.73	17.92	11.63	63.71	25.51	66.53	3.30	1.09	1.91	2.53	>1500
6 号清漳煤泥	15.01	22.39	11.63	50.98	20.94	54.14	2.95	1.06	0.44	4.01	1413
7 号温庄联营	5.31	28.28	10.57	55.85	21.91	57.57	3.23	1.09	1.82	2.71	>1500
8 号清河店	6.60	32.10	9.58	51.72	19.88	52.27	2.52	0.87	2.26	3.38	>1500
9 号国阳	9.46	26.82	7.26	56.46	20.79	56.21	2.59	0.92	1.82	2.18	>1500
10 号马选中煤	4.54	39.84	15.14	40.48	17.64	46.28	3.38	0.88	0.73	4.35	>1500

表 2 13 种最优化配煤方案的软件计算结果

Tab. 2 13 optimized coal blending schemes from software calculation

掺配煤种及比例	$Q_{net,ar}$ $/MJ \cdot kg^{-1}$	V_{ar} $/\%$	$S_{t,ar}$ $/\%$	M_{ar} $/\%$	A_{ar} $/\%$
昔阳: 马选中 (65:35)	21.36	9.84	0.98	5.39	29.74
昔阳: 清河店 (30:70)	20.91	8.95	1.91	6.37	29.76
国阳: 马选中 (80:20)	20.13	9.07	1.6	8.48	29.42
国阳: 王家峪 (75:25)	21.96	8.61	1.84	8.78	24.59
国阳: 温庄联营 (70:30)	21.10	8.51	1.82	8.22	27.26
国阳: 小屯 (65:35)	21.13	8.61	1.29	8.92	26.72
昔阳: 马堡: 马选中 (70:10:20)	21.38	9.05	1.04	5.68	29.48
昔阳: 马堡: 清漳煤泥 (55:25:20)	20.76	9.04	1.00	7.93	29.09
昔阳: 凤台: 马堡 (35:30:35)	20.65	9.12	1.29	7.36	29.80
国阳: 温庄联营: 马选中 (65:20:15)	20.51	9.33	1.66	7.89	29.07
国阳: 王家峪: 温庄联营 (55:10:35)	21.64	9.09	1.83	7.73	26.44
国阳: 马堡: 温庄联营 (55:10:35)	20.57	9.05	1.76	7.75	29.15
国阳: 昔阳: 温庄联营 (40:10:50)	21.59	9.09	1.75	7.02	27.3

2 沉降炉燃烧试验

2.1 实验装置及方法

以电厂提供的昔阳煤和马选中煤等煤种为主要研究对象,利用沉降炉进行燃烧试验,炉膛为刚玉管,由着火段、稳燃段和燃尽段组成,3 段之间以法兰连接。采用硅钼棒加热,通过可控硅控制柜结合控温热电偶可自动控制炉膛的壁温水平,按照试验方案要求,将着火段炉膛壁面温度分别设定为 1 150、1 250、1 350 $^\circ C$,而稳燃段和燃尽段的炉膛壁温都设定为 1 350 $^\circ C$ 。采用微量给粉装置精确控制煤粉量在 0.4 - 6 g/min 范围内调节。采用双铂铑热电偶对着火段温度进行测量,以煤粉出口点为零点,沿炉膛轴线向下每隔 50 mm 为一个温度测点,共测量 19 个点(包括零点),测量距离为 900 mm。以炉膛温度 1 350 $^\circ C$ 、过量空气系数 1.2、煤粉细度 $R_{90} = 10\%$ 作为标准工况,研究各种原煤和配煤的燃烧特性。针对不同的过量空气系数、炉膛温度、煤粉细度和配煤比例,研究配煤燃烧特性变化规律及影响因素。采用水冷烟气取样枪进行烟气取样,用罗斯蒙特分析仪测量烟气中 O_2 、 CO_2 、 SO_2 和 NO_x 等成分组成。在沉降炉中部稳燃段插入长度为 600 mm、外径为 15 mm 的硅碳棒采集炉内结渣样品,测

试煤粉燃烧时的结渣情况。

表 3 实测 13 种配煤方案的收到基煤质分析

Tab.3 Proximate analysis for 13 optimized coal blending schemes

掺配煤种及比例	$Q_{net,ar}$ /MJ · kg ⁻¹	V_{ar} /%	$S_{t,ar}$ /%	M_{ar} /%	A_{ar} /%
昔阳: 马选中 (65: 35)	21.66	9.74	1.08	5.65	29.02
昔阳: 清河店 (30: 70)	23.62	9.10	2.15	7.60	21.62
国阳: 马选中 (80: 20)	20.60	7.86	1.12	7.87	29.04
国阳: 王家峪 (75: 25)	21.59	8.00	1.17	7.74	26.45
国阳: 温庄联营 (70: 30)	21.31	7.80	1.66	8.14	26.56
国阳: 小屯 (65: 35)	21.23	8.36	0.83	7.81	27.39
昔阳: 马堡: 马选中 (70: 10: 20)	22.30	7.66	1.25	6.63	26.23
昔阳: 马堡: 清漳煤泥 (55: 25: 20)	21.78	8.11	1.67	8.12	26.15
昔阳: 凤台: 马堡 (35: 30: 35)	21.05	8.03	1.66	7.93	28.12
国阳: 温庄联营: 马选中 (65: 20: 15)	20.57	7.30	1.04	7.56	29.62
国阳: 王家峪: 温庄联营 (55: 10: 35)	21.47	7.87	1.49	7.45	27.02
国阳: 马堡: 温庄联营 (55: 10: 35)	21.18	7.90	1.23	7.71	27.74
国阳: 昔阳: 温庄联营 (40: 10: 50)	20.68	7.75	1.22	6.86	29.91

2.2 着火温度的确定

单烧昔阳煤、马选中煤在着火段壁温为 1 350 ℃、过量空气系数为 1.2 的工况下,其给粉燃烧时的原始温度曲线如图 1 所示。两个煤种燃烧的烟气温度分布呈现明显差异。马选中煤收到基灰分为 39.84% 远高于昔阳煤的 24.3%,灰分主要是煤中的无机矿物质成分,而无机矿物的比热容较大,灰分高的煤种在初始加热过程中会从烟气中吸收更多的热量,因此马选中煤煤粉进入炉膛后烟气温度下降较昔阳煤更为显著。随着煤粉颗粒的不断加热,煤中挥发分开始析出燃烧,烟气温度出现上升,马选中煤的挥发份为 15.14% 高于昔阳煤的 6.67%,因此马选中煤烟气温度的上升也较昔阳煤更为迅速。对昔阳煤给粉后温度与给粉前温度的差值曲线进行求导得到一条微分曲线,如图 2 所示,可见着火过程可分为缓慢氧化阶段、过渡阶段和高速燃烧阶段。根据着火点的定义,可以认为过渡阶段的谷底点为着火点,此点所对应的测点位置即为着火距离,与着火

距离相应的煤粉气流温度即为着火温度^[6]。

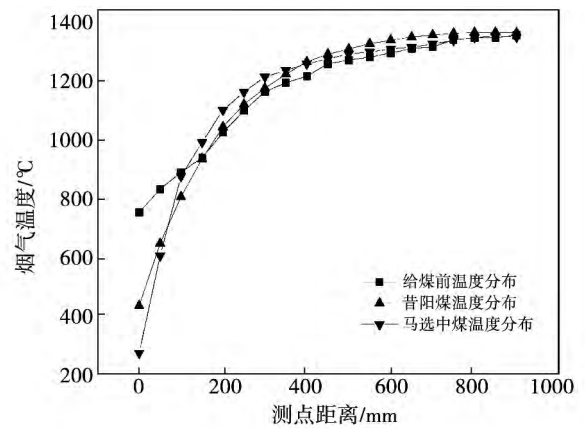


图 1 炉膛烟气温度分布曲线

Fig. 1 Flue gas temperature distribution

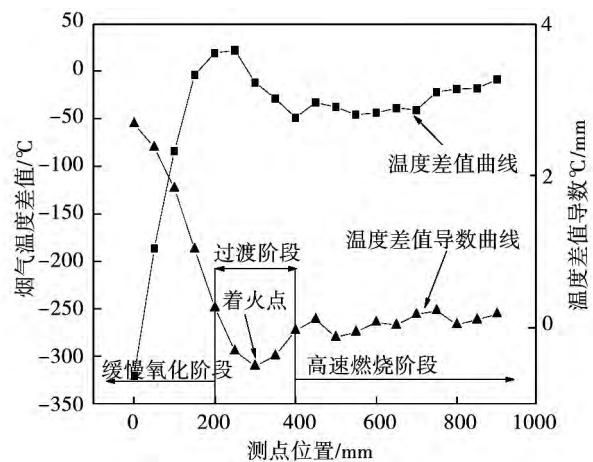


图 2 昔阳煤的着火点确定示意图

Fig.2 Illustration of determination method for ignition point of XiYang coal

2.3 不同配煤方案的着火特性

电厂 13 种最优化配煤方案的着火温度和着火距离如表 4 所示。本项目试验煤种的着火温度普遍较高,各煤种着火温度在 1 000 - 1 300 ℃ 之间,说明贫煤和无烟煤的着火困难,在电站锅炉燃用此类煤种时需要采用适当措施强化着火。

2.4 配煤着火特性的影响因素

随着燃煤细度 R90 由 15%、10% 减小到 5%,着火温度由 1 283、1 179 ℃ 降低到 1 167 ℃,着火距离由 400、300 mm 缩短到 250 mm,如图 3 所示。这是因为在一定的煤粉浓度下,当煤粉越细时,煤粉本身的热阻减小,煤粉中挥发分析出越容易,进行燃烧反应的比表面积也越大,因此可以加快化学反应速度

使得更快着火。

表4 13种最优化配煤方案的着火温度和着火距离

Tab.4 Ignition temperatures and distances of 13 optimized coal blending schemes

煤种及比例	细度 R90/%	着火段 壁温/°C	过量空 气系数	着火温 度/°C	着火距 离/mm
昔阳: 马选中煤(65: 35)	10	1350	1.2	1179	300
昔阳: 清河店(30: 70)	10	1350	1.2	1229	300
国阳: 马选中煤(80: 20)	10	1350	1.2	1109	250
国阳: 王家峪(75: 25)	10	1350	1.2	1260	350
国阳: 温庄联营(70: 30)	10	1350	1.2	1112	250
国阳: 小屯(65: 35)	10	1350	1.2	1056	200
昔阳: 马堡: 马选中煤 (70: 10: 20)	10	1350	1.2	1036	200
昔阳: 马堡: 清漳煤泥 (55: 25: 20)	10	1350	1.2	1089	250
昔阳: 凤台: 马堡 (35: 30: 35)	10	1350	1.2	1123	250
国阳: 温庄联营: 马选中煤 (65: 20: 15)	10	1350	1.2	1179	300
国阳: 王家峪: 温庄联营 (55: 10: 35)	10	1350	1.2	1086	250
国阳: 马堡: 温庄联营 (55: 10: 35)	10	1350	1.2	1201	300
国阳: 昔阳: 温庄联营 (40: 10: 50)	10	1350	1.2	1224	300

当炉壁温度一定时,随着过量空气系数增加,着火温度升高,着火距离延长。如图3所示,在着火段炉壁温度为1350°C时,随着过量空气系数由1.1、1.2升高到1.3,配煤着火温度由1170、1179°C升高到1233°C,着火距离由200mm延长到300mm。原因在于配风量增加使得煤粉气流吸收更多热量而导致着火点推迟。而昔阳煤和马选中煤在炉膛温度1350°C、过量空气系数1.2、煤粉细度R90=10%的标准工况下,着火温度分别为1168°C和1221°C。配煤“昔阳65%+马选中煤35%”在标准工况下的着火温度为1179°C,介于两单煤之间,且更接近于比例较大的昔阳煤。

2.5 配煤燃烧的烟气污染排放特性

对于配煤“昔阳65%+马选中煤35%”在过量空气系数为1.2时,炉壁温度对配煤排烟成分的影响如图4所示。排烟中NO含量由63mg/kg升高

到216mg/kg和229mg/kg,原因是炉壁温度升高时煤粉着火条件改善,燃烧更加剧烈,使得燃料氮更多地转化成NO污染物。

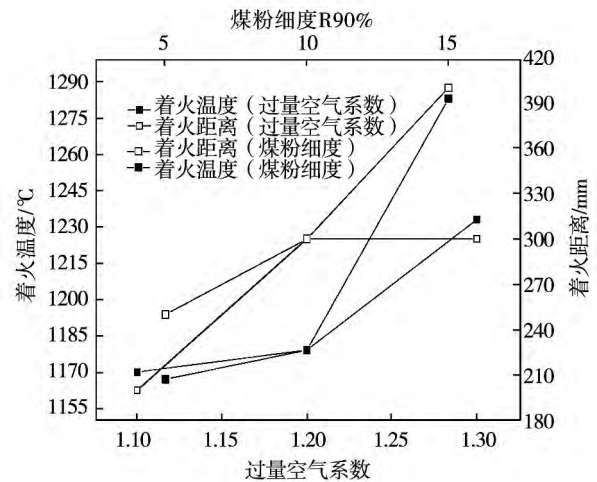


图3 配煤着火特性的影响因素

Fig.3 Factors governing ignition properties of coal blending

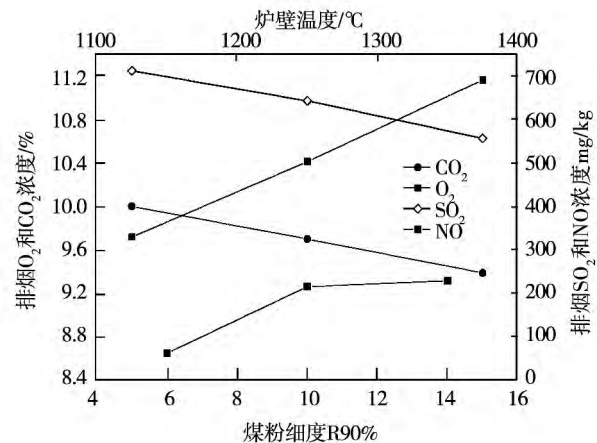


图4 配煤燃烧的烟气污染排放特性

Fig.4 Pollutant emission characteristics Coal of flue gas of blending

当煤粉细度R90由15%、10%减小到5%(即煤粉越来越细)时,烟气中O₂含量由11.16%、10.41%降低到9.2%,同时CO₂含量由9.39%、9.7%上升到10%。这是因为在一定的煤粉浓度下,当煤粉粒度越细时,进行燃烧反应的比表面积就会越大,而煤粉本身的热阻则减小,因此可以加快煤粉燃烧的化学反应速度,从而使排烟中O₂含量降低同时CO₂含量升高。同样条件下,将烟气折算到标

准工况 $O_2 = 6\%$ 下的 SO_2 含量由 556 mg/kg 、 642 mg/kg 升高到 711 mg/kg ,这是因为煤粉越细时越有利于煤中硫析出 ,并且燃烧越剧烈生成了更多 SO_2 污染物 ,如图 4 所示。

2.6 配煤燃烧的结渣特性

在沉降炉燃煤实验中用硅碳棒插入炉膛采集热态结渣样品 ,对各煤种的结渣特性进行试验测试。发现小屯煤的结渣已经开始熔融 ,属于中等结渣程度 ,昔阳煤也产生了一定程度的结渣 ,属于轻微(偏向中等)结渣 ,其余单煤和 13 种配煤基本上没有结渣 ,硅碳棒上只是沉积了一些结构松散的积灰 ,如图 5 所示。因此采用优化动力配煤技术可以起到改善煤质结渣特性的作用。

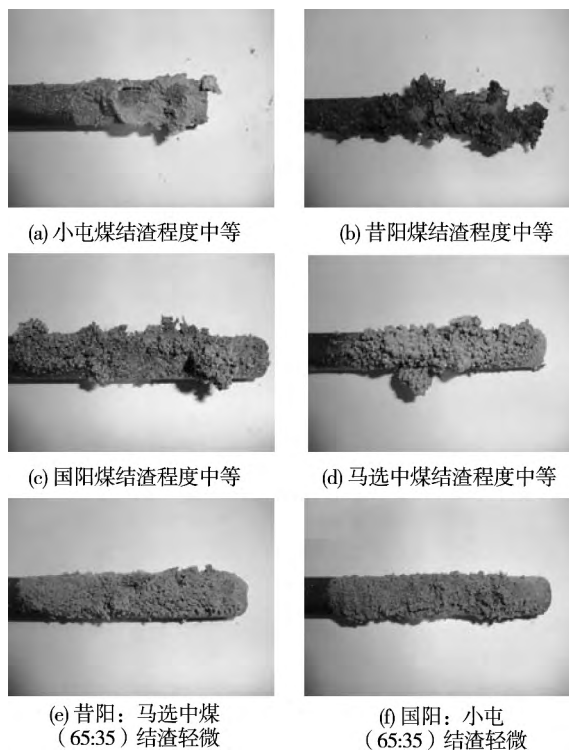


图 5 4 种单煤及其两种配煤的结渣情况

Fig. 5 Slagging conditions of 4 individual coals and 2 blended coals

3 结 论

根据电厂提出的经济性配煤目标 ,开发非线性配煤专家系统确定了综合性能最佳的 13 种动力配煤方案。利用沉降炉对 13 种最优配煤进行了燃烧特性试验 ,考察配煤着火燃烧、结渣以及污染排放特

性。实验表明:随着燃煤细度 R90 由 15% 减小到 5% ,着火温度由 $1283 \text{ }^\circ\text{C}$ 降低到 $1167 \text{ }^\circ\text{C}$;随着过量空气系数由 1.1 升高到 1.3 配煤着火温度由 $1170 \text{ }^\circ\text{C}$ 升高到 $1233 \text{ }^\circ\text{C}$ 。炉壁温度由 $1150 \text{ }^\circ\text{C}$ 上升到 $1350 \text{ }^\circ\text{C}$ 时 ,排烟中 NO 含量由 63 mg/kg 升高到 229 mg/kg ;煤粉细度 R90 由 15% 减小到 5% 时 ,烟气中 O_2 含量由 11.16% 降低到 9.72% ,同时 CO_2 含量由 9.4% 上升到 10.0% , SO_2 含量由 556 mg/kg 升高到 711 mg/kg 。13 种配煤基本上没有结渣 ,因此采用优化动力配煤技术可以改善煤质结渣特性。

参考文献:

- [1] Changdong Sheng ,Behdad Moghtaderi ,Rajender Gupta ,Terry F. Wall. A computational fluid dynamics based study of the combustion characteristics of coal blends in pulverised coal-fired furnace. *Fuel*. 2004(83) : 1543 - 1552.
- [2] 常爱英 ,吴铁军 ,包 鑫 ,等. 基于最小二乘支持向量机的动力配煤着火特性预测模型 [J]. *煤炭学报* , 2010 ,35(8) : 1380 - 1383.
CHANG Ai-ying ,WU Tie-jun ,BAO Xin ,et al. Ignition characteristic prediction model for blending coal based on least squares support vector machine [J]. *Journal of China Coal Society* ,2010 ,35(8) : 1380 - 1383.
- [3] 夏 季 ,陆 攀 ,华志刚 ,等. 电站锅炉全局优化智能配煤模型的建立及系统开发 [J]. *动力工程学报* 2010(7) : 512 - 517.
XIA Ji ,LU Pan ,HUA Zhi-gang ,et al. Model set-up and system development for intelligent coal blending based on integral optimization of utility boilers [J]. *Journal of Chinese Society of Power Engineering* ,2010 ,30(7) : 512 - 517.
- [4] 周俊虎 ,平传娟 ,刘建忠 ,等. 基于遗传算法的动力配煤模型 [J]. *煤炭学报* 2003 28(5) : 548 - 551.
ZHOU Jun-hu ,PING Chuan-juan ,LIU Jianzhong ,et al. Optimization model for power coal blending based on genetic algorithm [J]. *Journal of China Coal Society* 2003 28(5) : 548 - 551.
- [5] 阮 伟 ,周俊虎 ,曹欣玉 ,等. 优化配煤专家系统的研究及应用 [J]. *浙江大学学报: 工学版* 2001 35(4) : 423 - 426.
RUAN Wei ,ZHOU Jun-hu ,CAO Xin-yu ,et al. Research and application of the expert system for coal blend [J]. *Journal of Zhejiang University: Engineering Science* 2001 35(4) : 423 - 426.
- [6] 张保生 ,刘建忠 ,程 军 ,等. 微分差热法确定沉降炉试验中低挥发分混煤的着火点 [J]. *浙江大学学报: 工学版* ,2008 ,42(5) : 839 - 842.
ZHANG Bao-sheng ,LIU Jian-zhong ,CHENG Jun ,et al. Derivative differential thermal method for determining igniting point of low-volatile blending coals in subsiding furnace [J]. *Journal of Zhejiang University: Engineering Science* 2008 42(5) : 839 - 842.

(姜雪梅 编辑)

correcting the thermal efficiency of boiler mixedly burning pulverized coal and BFG is different from the traditional way. Based on GB10184 – 1988 《Performance test code of utility boiler》 a calculation and correction model for the thermal efficiency of mixedly-burned boiler was put forward. It takes into account the properties of fuel and the setting characteristics of the boiler tail heating surface. The results can provide reference for the thermal efficiency test and calculation of such boiler. **Key words:** blast furnace gas(BFG) , pulverized coal , mixedly-burned boiler , thermal efficiency , correction calculation , GB10184 – 1988

几种固体吸附剂对 CO₂ 静态吸附性能的研究 = **The Static Adsorption Performance of Different Solid Adsorbents for Carbon Dioxide** [刊 汉] SUN Hang , ZHANG Li-qi , LI Xiao-shang , ZHENG Chu-guang (State Key Laboratory of coal combustion , Huazhong University of Science and Technology , Wuhan , China , Post Code: 430074) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. – 2016 , 31(2) . – 233 – 238

The adsorption performance of four solid adsorbents(13X , Silica , MCM – 41 , and SBA – 15) was studied by using volumetric technique , and the influences of structure property , temperature , pressure on the adsorption capacity were analyzed. Meanwhile , the performances of different adsorbents through several regenerative cycles were investigated. The results show that the CO₂ adsorption of all these four adsorbents is physical adsorption , and the order of the adsorption capacity is: 13X > Silica > MCM – 41 > SBA – 15. The adsorption capacity is determined by the pore size of the adsorbent , and has negligible dependence on the specific surface area and the pore volume. Compared to the adsorption heat , the adsorption coefficient b plays a decisive role in the adsorption capacity; when b increases , the adsorption capacity also increases. Among the four adsorbents tested , 13X has a relatively small pore size , strong adsorption capacity and decent performance through regenerative cycles , so it is a suitable adsorbent for CO₂ adsorption. **Key words:** solid adsorbent , CO₂ static adsorption , adsorption isotherm , heat of adsorption

电厂多元优化动力配煤燃烧特性研究 = **Combustion Properties of Blended Coal for Power Plant using Multivariate Optimization** [刊 汉] CHENG Jun , WANG Xin , SI Ting-ting , ZHOU Jun-hu (Zhejiang University State Key Laboratory of Clean Energy Utilization , Hangzhou Zhejiang , China , Post Code: 310027) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. – 2016 , 31(2) . – 239 – 244

ABSTRACT: Nonlinear programming to realize the multivariate optimization technology for power coal blending was

studied by experimentally investigating combustion characteristics of 13 blended coals optimized by using the expert system of multivariate optimization in a drop tube furnace. The effects of coal fineness R90, excess air ratio and wall temperature in ignition temperature, ignition distance and combustion emissions are reported in detail in this paper. Results show none of 13 optimized coal blends has appreciable slag, indicating this multivariate optimization technology has successfully improved the slagging characteristics of coal via effective and optimized blending. **Key words:** power coal blending, drop tube furnace, combustion properties

油雾旋流燃烧的实验和计算分析 = **An Experimental and Computational Study of Spray Combustion in Swirling Flows** [刊 汉] LIU Zhen-jian, ZHU Min, LI Shao-shuai (Key Laboratory for Thermal science and Power Engineering of Ministry of Education /Department of Thermal Engineering, Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016, 31(2). -245-251

In the energy and power systems, swirl-stabilized spray combustion is a common combustion strategy. How to further improve the combustion efficiency and reduce emissions is the core interest of basic research and technology development. In this article, we used both experiments and numerical simulations to analyze the influence of swirl on flow field structure, droplet evaporation and combustion characteristics. The structure of cyclone flow field can be divided into three parts: the central recirculation zone and two kinds of helical vortex, which structure is affected by swirl number. With the increase of swirl number, the inner vortex becomes stronger, while the outer vortex becomes weaker. With the help of swirl, the oil droplets spread outward, evaporate more quickly and mix with air more efficiently, leading to higher fuel concentration in upstream and higher combustion efficiency. With the increase of Reynolds number, the central recirculation zone increases gradually and the length of flame becomes shorter. **Key words:** swirl-stabilized spray combustion, swirl number, central recirculation zone, helical vortex, numerical simulation

风力机叶片前缘单排孔射流成膜特性研究 = **Study on the Film Forming Characteristics of Single Row Jet Holes on the Leading Edge of Wind Turbine Blade** [刊 汉] YU Jing-mei, LIU Pan-pan, MENG Fan-dan (Liaoning Technology University, Mechanical Engineering, Fuxin, Liaoning, China, Post Code: 123000) CHEN Cheng (Yanshan Lake Power Generation Co. Ltd, Chaoyang, China, post code: 122000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016, 31(2). -252-258