

# 低浓度可燃废气作为辅助燃料在燃煤锅炉中的应用研究

邓 磊, 王一坤, 车得福

(西安交通大学 动力工程多相流国家重点实验室, 陕西 西安 710049)

**摘 要:** 提出了一种低浓度(0.1%~1.0%)可燃废气应用于燃煤锅炉的方法, 基于物质平衡、热平衡和热量传递, 分析了可燃废气对锅炉热工参数的影响。结果表明, 低浓度可燃废气作为辅助燃料送入燃煤锅炉中, 无需对锅炉系统进行改造, 几乎不影响锅炉运行, 但能有效地节省燃煤, 回收可燃废气的热量, 同时减少温室气体甲烷的排放。随着可燃废气浓度增大, 炉膛辐射换热略有增强, 对流受热面换热相应减弱。以一台 600 MW 锅炉为例, 体积浓度为 1.0% 的烃类废气代替燃烧用空气后, 锅炉热效率提高了 0.5%, 燃煤消耗量减少了 25.4%。

**关 键 词:** 低浓度可燃废气; 辅助燃料; 燃煤锅炉; 热工参数

中图分类号: TK224.1 文献标识码: A

## 引 言

可燃废气泛指作为废气排空或点火炬的可燃气体, 主要有 5 种: (1) 冶金行业排空的高炉煤气、焦炉煤气等; (2) 石化行业点火炬的烃类废气; (3) 油气田开采初期排空的伴生天然气; (4) 煤矿生产过程中释放的瓦斯; (5) 食品行业糟粕和垃圾填埋场产生的沼气<sup>[1]</sup>。可燃废气排空或点火炬造成了能源严重浪费, 主要成分甲烷的温室效应是 CO<sub>2</sub> 的 21 倍, 直接排入大气, 将引起一系列生态环境问题。高浓度可燃废气已经得到很好的利用<sup>[2~4]</sup>, 但数量巨大的低浓度(0.1%~1.0%)可燃废气仍有待综合利用。

为防止矿井瓦斯爆炸, 通常采用通风稀释的方法, 将瓦斯浓度控制在 1.0% 以下, 这部分瓦斯称为通风瓦斯, 是一种典型的低浓度可燃废气。通风瓦斯代替燃烧用空气用于煤矿附近的坑口电站<sup>[3,5]</sup>, 是一种理想的利用方式。由长福和徐旭常将通风瓦斯作为辅助燃料应用于循环流化床锅炉进行了实验研究<sup>[6]</sup>, 结果表明通风瓦斯能够很好地燃尽, 当甲

烷体积浓度低于 0.6% 时不会影响锅炉运行。

目前, 研究工作集中于通风瓦斯的利用, 而对于其它种类低浓度可燃废气利用的研究, 只有较少学者涉及。可燃废气是很好的气体燃料, 燃烧效率高, 单位发热量产生的 CO<sub>2</sub> 少。若将低浓度可燃废气代替燃烧用空气送入燃煤锅炉, 不仅能节约大量能源, 还能减少温室气体排放, 提高相关企业的经济效益。

本研究提出了一种低浓度可燃废气在燃煤锅炉中利用的方法, 从理论上分析了可燃废气引入锅炉对热工参数的影响, 研究了低浓度可燃废气作为辅助燃料应用于燃煤锅炉的可行性。

## 1 低浓度可燃废气应用于燃煤锅炉

低浓度可燃废气代替燃烧用空气应用于燃煤锅炉的流程如图 1 所示。可燃废气中通常有一些杂质成分, 如煤矿瓦斯中携带的粉尘, 焦炉煤气和气田气中含有的 H<sub>2</sub>S 烃类废气和气田气中存在的水分等。杂质随主气流进入空气预热器, 产生腐蚀、堵塞运输管道现象。因此, 在进入送风机之前, 低浓度可燃废气要依次经过除尘、脱除有害气体和除湿工序。由于可燃废气浓度较低, 远离气体的爆炸极限, 一般可不增设防暴装置。

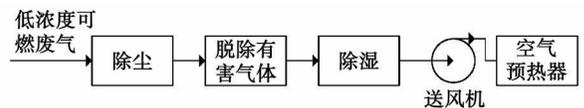


图 1 低浓度可燃废气应用于燃煤锅炉的流程

冶金、石化和食品行业工厂, 都配有燃煤为主的工业锅炉。同时, 煤矿资源丰富的地区已经存在或将要建设大量配有煤粉锅炉的坑口电站。它们的存

收稿日期: 2009-04-29 修订日期: 2009-07-07

基金项目: 国家 863 计划基金资助项目 (2006AA05Z244)

作者简介: 邓 磊 (1983-) 男, 湖北荆门人, 西安交通大学博士研究生。

在,使低浓度可燃废气作为辅助燃料可就近应用于燃煤锅炉,在经济上具有可行性。

## 2 典型可燃废气分析

两种典型可燃废气的相关参数如表 1 所示。低浓度可燃废气送入空气预热器加热后,进入炉膛和煤混烧。对锅炉系统做如下假设:(1)锅炉负荷保持不变;(2)锅炉结构保持不变;(3)炉膛出口过量空气系数保持不变,炉膛、制粉系统和其它受热面的漏风系数保持不变,环境中漏入到锅炉系统中的为纯空气,空气预热器中漏入到锅炉烟道中的也为纯空气;(4)一次风和二次风的冷、热风温度保持不变,它们在总风量中的比例保持不变。

表 1 可燃废气的相关参数

废气种类	废气成分及体积 分数 /%	废气收到基低位发 热量 $Q_{net,ar} / \text{kJ} \cdot \text{m}^{-3}$
烃类废气	$\text{CH}_4$ $\text{C}_2\text{H}_6$ $\text{C}_3\text{H}_8$ $\text{C}_4\text{H}_{10}$ 23.3 22.5 37.1 17.1	78 496.5
天然气	$\text{CH}_4$ 100	35 880.0

注:气体体积为标准状态下体积,数据来自文献[7]。

### 2.1 锅炉输入热量

煤与可燃废气混烧,随  $1 \text{ kg}$  煤送入锅炉的可燃废气的体积为  $x \text{ Nm}^3$ 。混合燃料的假定发热量为:

$$Q_{net,ar} = (Q_{net,ar})' + x \cdot (Q_{net,ar})'' \quad (1)$$

式中:  $(Q_{net,ar})'$ —固体燃料收到基低位发热量,  $\text{kJ} / \text{kg}$ ;  $(Q_{net,ar})''$ —气体燃料低位发热量,  $\text{kJ} / \text{m}^3$ 。

混合燃料总的发热量中气体燃料所占份额为:

$$q_4 = x \cdot (Q_{net,ar})'' / Q_{net,ar} \quad (2)$$

锅炉输入热量为:

$$Q = Q_{net,ar} + (\dot{i})' + (\dot{i})'' \quad (3)$$

式中:  $(\dot{i})'$ —固体燃料的物理显热,  $\text{kJ} / \text{kg}$ ;  $(\dot{i})''$ —气体燃料的物理显热,  $\text{kJ} / \text{kg}$ 。虽然送入炉膛的可燃废气温度与热空气温度相同,但其不是被外界热源加热,所以计算气体燃料物理显热时,气体燃料温度取与冷空气温度相同。

### 2.2 锅炉有效利用热

水和水蒸气流经各受热面吸收的热量为锅炉有效利用热  $Q_x^{[8]}$ 。而空气在空气预热器中吸收的热量属锅炉内部热量,不计入  $Q_x$ 。

锅炉负荷不变,可燃废气的引入不会改变有效利用热的值。

### 2.3 热平衡

锅炉热平衡是指输入热量与有效利用热量及各项热损失之间的热量平衡<sup>[8]</sup>。低浓度可燃废气的引入,增大了输入热量,而有效利用热不变,使燃煤消耗量  $B$  减少。可燃废气热值越大,体积浓度越大,节省的燃煤量越多。

### 2.4 物质平衡

混烧时空气中含有可燃废气,标准状态下进入空气预热器的实际空气量为:

$$V_1 = B_j (\beta_k V^0 + x) \quad (4)$$

式中:  $B_j$ —计算燃料消耗量,  $\text{kg} / \text{s}$ ;  $\beta_k$ —空气预热器进口空气侧过量空气系数;  $V^0$ —标准状态下的理论空气量,  $\text{m}^3 / \text{kg}$ 。

锅炉排烟处的过量空气系数为  $\alpha_{py}$ , 标准状态下排烟处实际烟气体量为:

$$V_2 = B_j (V_y^0 + 1.0161 (\alpha_{py} - 1) V^0) \quad (5)$$

式中:  $V_y^0$ —标准状态下的理论烟气体量,  $\text{m}^3 / \text{kg}$ 。

可燃废气的引入使单位质量的煤燃烧需要的空气量和产生的烟气体量有所增加,但燃煤消耗量的减少使空气和烟气的体积流量变化不明显。

### 2.5 炉膛辐射换热

炉膛传热以辐射为主,火焰在炉膛内的换热为容积辐射。当炉膛的形状和尺寸不变时,炉膛内换热量的多少取决于火焰温度和烟气辐射特性。

炉膛有效放热量为:

$$Q = Q_0 \left( \frac{100 - q - q_1 - q_2}{100 - q} \right) + Q_k \quad (6)$$

式中:  $q$ 、 $q_1$ 、 $q_2$ —锅炉各项热损失, %;  $Q_0$ —空气带入炉膛的热量,  $\text{kJ} / \text{kg}$ 。由于空气中含有可燃废气,其被加热到与热空气温度相同时也为炉膛带入热量。

炉膛中烟气一般由二原子气体 ( $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ )、三原子气体 ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ) 以及悬浮固体粒子 (炭黑, 飞灰, 焦炭粒子) 组成, 具有辐射能力的主要是三原子气体和悬浮固体粒子。

当固体燃料和气体燃料混烧时, 炉内介质的总吸收系数为:

$$k = k_g + m k_c q_4 + (k_h \mu_h + k_k \mu_k) (1 - q_4) \quad (7)$$

式中:  $m$ —考虑炭黑粒子发光火焰对炉膛相对充满情况的系数。

可燃废气引入锅炉后, 由于可燃废气浓度低, 烟气辐射特性变化较小。然而, 炉膛有效放热量增大较多, 使得理论燃烧温度增大, 火焰温度相应增大。炉膛辐射换热对火焰温度的变化更为敏感。因此, 可燃废气的引入, 使炉膛内辐射换热增强, 炉膛出口

烟气温度  $T''_1$  将相应地降低。

### 2.6 对流受热面换热

对流受热面的传热系数为:

$$K = 1 / \left( \frac{1}{\alpha_1} + \epsilon + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (8)$$

式中:  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ —烟气侧对管壁的放热系数及管壁对水、水蒸气或空气的放热系数,  $W / (m^2 \cdot K)$ ;  $\epsilon = \delta_0 / \lambda_0$ , 为灰污层的热阻,  $m^2 \cdot K / W$ 。

可燃废气引入锅炉后, 烟气温度、烟气成分和烟气流速均发生变化, 将改变对流受热面管外烟气的辐射特性、烟气物性和烟气流速, 从而影响烟气对管外壁的辐射和对流换热。气体燃料不会加重对流受热面管壁的污染, 因此  $\epsilon$  的值保持不变。金属管内壁对工质的放热是通过对流方式进行, 烟气侧的变化几乎不影响管壁对工质的对流换热。

由传热方程可得对流受热面的传热量为:

$$Q_r = KH \Delta t \quad (9)$$

式中:  $H$ —对流受热面传热面积,  $m^2$ ;  $\Delta t$ —传热温压,  $K$ 。

低浓度可燃废气的引入, 对烟气成分和烟气流速影响较小, 使传热系数变化不大。但炉膛出口烟温的降低, 高温烟气区域对流受热面的传热温压减小较多, 使传热稍有减弱。从热量平衡的角度看, 由于炉膛内换热量增大, 而锅炉有效利用热不变, 锅炉所有对流受热面的吸热量之和必将有所降低。

### 2.7 尾部受热面低温腐蚀

前苏联热力计算标准方法中推荐的烟气酸露点温度计算为<sup>[9]</sup>:

$$t = t + \beta^3 \sqrt{S_{rzs} / 1.05^{\alpha_{fh}} A_{rzs}} \quad (10)$$

式中:  $t$ —烟气水露点温度,  $^{\circ}C$ ;  $\beta$ —与炉膛出口过量空气系数有关的系数;  $\alpha_{fh}$ —飞灰份额;  $S_{rzs}$ 、 $A_{rzs}$ —折算硫分和折算灰分, %。

可燃废气在空气中的体积浓度较低, 即使气体燃料中氢元素含量较大, 与煤混烧后仍不能显著增加烟气中水蒸气的体积份额, 从而不会引起尾部受热面的低温腐蚀。

## 3 算例验证

针对表 1 中两种可燃废气, 每种气体体积浓度分别取 0.1%、0.5%和 1.0%, 代替燃烧用空气送入某 DG1900/25.4-II 2 型超临界直流锅炉的空气预热器。利用课题组开发的“电站锅炉热力计算软件”, 对锅炉进行了热力计算。

锅炉的设计煤种为神府东胜煤, 煤质分析数据如表 2 所示。

表 2 设计煤种煤质分析 (% (W))

$C_{ar}$	$H_{ar}$	$O_{ar}$	$N_{ar}$	$S_{ar}$	$A_{ar}$	$M_{ar}$	$V_{ar}$
60.33	3.62	9.95	0.69	0.41	11.00	14.00	27.33

### 3.1 锅炉辐射吸热量和对流吸热量

可燃废气引入锅炉后, 根据设计煤种元素分析、可燃废气成分组成和第 2 章节中的假设 (3), 可计算出  $\eta$  的值。与燃料热量相关的参数如表 3 所示。

表 3 与燃料热量相关的参数

可燃废气	体积浓度 / %	$x / m^3$	$q_i$	$Q_{net, ar} / MJ \cdot kg^{-1}$	$Q_r / MJ \cdot kg^{-1}$
纯空气	—	—	—	22.76	22.79
	0.1	0.0074	0.0249	23.34	23.37
烃类废气	0.5	0.042	0.1265	26.06	26.09
	1.0	0.097	0.2506	30.37	30.41
天然气	0.1	0.0074	0.0115	23.03	23.05
	0.5	0.039	0.0579	24.16	24.19
	1.0	0.083	0.1157	25.74	25.77

表 4 给出了与炉膛相关的主要参数。炉膛出口烟温的改变, 使处于高温烟气区域的对流受热面的传热变化较大。要使锅炉出力不变, 需要调整尾部烟道的烟气挡板开度。气温调节参数如表 5 所示。烟气挡板开度变化很小, 说明可燃废气的引入对锅炉运行影响较小。

表 4 与炉膛相关的主要参数

可燃废气	体积浓度 / %	$Q_i / MJ \cdot kg^{-1}$	$k_p$ ( $m \cdot MPa$ ) <sup>-1</sup>	$T''_1 / K$
纯空气	—	25.78	1.3890	1393.5
	0.1	26.45	1.3674	1391.8
烃类废气	0.5	29.55	1.2786	1388.8
	1.0	34.49	1.1768	1385.7
天然气	0.1	26.09	1.3797	1392.3
	0.5	27.39	1.3400	1390.5
	1.0	29.21	1.2916	1388.3

表 5 气温调节参数

可燃废气	体积浓度 /%	流经低温再热器的烟气体积份
纯空气	—	0.500
	0.1	0.510
烃类废气	0.5	0.520
	1.0	0.530
	0.1	0.510
天然气	0.5	0.510
	1.0	0.515

图 2 给出了锅炉对流受热面吸热量在有效利用热中所占的比例。可燃废气的引入,使锅炉受热面吸收的热量中辐射吸热量和对流吸热量的比例分配发生改变,但由于气体浓度较低,这种变化不显著。

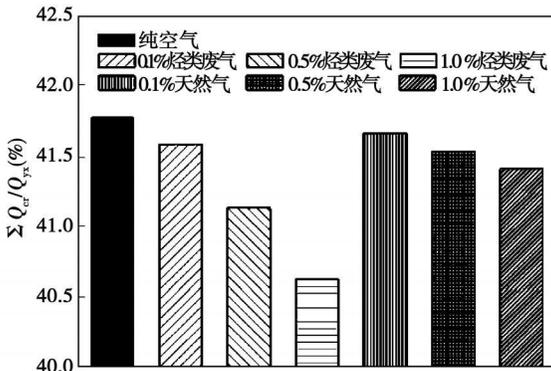


图 2 所有对流受热面传热量在有效利用热中所占比例

### 3.2 排烟温度、热效率和节能减排

与排烟温度  $\theta_{py}$  相关的主要参数如表 6 所示。可燃废气浓度越大,空气预热器的吸热量  $Q_{a0}$  就越大,但最大的吸热量与燃用设计煤种时相比仅增加了 1.68%,故原空气预热器基本满足混烧的要求。可燃废气引入锅炉后,即使排烟温度降低,仍高于酸露点温度,尾部受热面不会发生低温腐蚀。

表 6 与排烟温度相关的主要参数

可燃废气	体积浓度 /%	$Q_{a0}/MW$	$\theta_{py}/^{\circ}C$	$\eta/\%$	$B/\text{t} \cdot h^{-1}$	$t/^{\circ}C$
纯空气	—	185.1	122.8	94.04	236.78	67.5
	0.1	185.4	122.6	94.06	230.86	68.2
烃类废气	0.5	186.7	118.5	94.27	206.33	71.3
	1.0	188.2	113.5	94.54	176.52	75.6
	0.1	185.4	123.3	94.01	234.12	67.9
天然气	0.5	186.4	121.4	94.11	222.91	69.6
	1.0	187.4	117.3	94.31	208.80	71.7

一般说来,600 MW 煤粉锅炉年运行时间大约为 7 200 h。当体积浓度为 1.0% 的烃类废气代替燃烧用空气送入锅炉后,每年可节省燃煤  $(236.78 - 176.52) \times 7\,200 = 433.87 \text{ kt}$  同时消耗掉标准状态下的可燃废气  $0.097 \times 176.52 \times (1 - 1/100) \times 1\,000 \times 7\,200 = 122.05 \text{ Mm}^3$ ,其中甲烷为  $122.05 \times 23.3\% = 28.44 \text{ Mm}^3$ 。

### 3.3 空气量和烟气体量

进入空气预热器的实际空气量  $V_1$  和排烟处的实际烟气体量  $V_2$  如表 7 所示。与燃用设计煤种相比,可燃废气引入锅炉后,标准状态下送入空气预热器的空气量以及排烟处产生的烟气体量变化较小。而冷空气温度相同,排烟温度差别不大,故原送风机和引风机能满足混烧的要求。

表 7 实际空气量和实际烟气体量

可燃废气	体积浓度 /%	$V_1/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$V_2/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
纯空气	—	1 702.2	1 863.5
	0.1	1 702.3	1 862.2
烃类废气	0.5	1 699.8	1 853.4
	1.0	1 696.8	1 842.8
	0.1	1 704.5	1 864.6
天然气	0.5	1 709.9	1 864.9
	1.0	1 715.2	1 863.7

## 4 结 论

(1) 低浓度可燃废气引入燃煤锅炉后,无需改造锅炉系统,原送风机和引风机也能满足混烧的要求,且几乎不影响锅炉运行。

(2) 随着低浓度可燃废气中可燃成分体积浓度增大,炉膛辐射吸热量略有增大,对流受热面吸热量相应减小。

(3) 低浓度可燃废气的引入,使锅炉热效率提高(体积浓度为 0.1% 的天然气除外,但热效率仅减小了 0.03 个百分点),且不会引起尾部受热面的低温腐蚀。

(4) 当低浓度可燃废气中可燃成分体积浓度逐渐增大时,输入锅炉的热量逐渐增多,同时锅炉热效率逐渐增大,二者的共同作用使燃料消耗量逐渐减少。

(5) 低浓度可燃废气作为辅助燃料应用于燃煤锅炉,能节约大量能源,有效回收可燃废气热量,减少温室气体排放,是一种经济可行且环境友好的利用方式。

## 参考文献:

- [ 1 ] 郭廷杰. 可燃废气的综合利用大有可为 [ J ]. 能源技术, 2000 (1): 41—43
- [ 2 ] 刘文宇, 江 宁, 倪维斗, 等. 焦炉煤气资源及利用系统 [ J ]. 煤化工, 2005 (3): 7—11
- [ 3 ] SU S BEATH A GUO H et al. An assessment of fine methane mitigation and utilization technologies [ J ]. Progress in Energy and Combustion Science 2005 31 (2): 123—170
- [ 4 ] 黄荣南. 石化装置的可燃废气及其处理技术 [ J ]. 兰化科技, 1998 16(3): 159—162
- [ 5 ] 刘文革, 胡予红. 煤矿通风瓦斯利用技术现状及其潜力 [ J ]. 中国煤层气, 2003 29 (11): 11—12
- [ 6 ] YOU C F XU X C Utilization of ventilation air methane as a supplementary fuel at a circulating fluidized bed combustion boiler [ J ]. Environmental Science and Technology 2008 42(7): 2590—2593
- [ 7 ] 吕剑明. 电站燃煤锅炉改为煤气混燃炉的改造及运行 [ J ]. 黑龙江石油化工, 1999 10 (4): 43—45
- [ 8 ] 车得福, 庄正宁, 李 军, 等. 锅炉 [ M ]. 西安: 西安交通大学出版社, 2008
- [ 9 ] 上海工业锅炉研究所. 锅炉机组热力计算—标准方法 [ M ]. 上海: 工业锅炉研究所, 2001.

(编辑 陈 滨)

## 宜兴市东山新型材料有限公司

公司为国内电力行业提供关键部位特种材料:

(1) 热变换器, 水冷壁管, 耐磨涂料。该产品具有附着力高、耐磨、施工方便及价格便宜等优点。

(2) 烟囱内壁贴片及特种塑性粘合剂, 其耐高温、耐磨、塑性、抗机械冲击好。

(3) 热风管和煤粉输送管道用陶瓷贴片及粘合剂, 刚玉质贴片, 机械强度高, 耐磨。

(4) 喷煤口用特种碳化硅陶瓷, 抗亚音速低频振动, 耐磨耐高温; 具有塑性的碳化硅质改性喷口材料。

(5) 脱硫装置用碳化硅器件, 也可生产具塑性碳化硅材料。

(6) 流化床用耐磨浇注料, 烧成刚玉制品, 轻质保温浇注料, 轻质烧成制品。

(7) 普通烟囱耐酸胶泥, 微膨胀可塑料。

东山公司是一个科技创新为立厂根本的开拓型企业, 具有一定的自主创新能力, 能为企业量身定做各类产品。欢迎用户提出各种特殊要求, 替代进口, 共同开发, 合作创新。公司可以提供 200 多种无机材料, 耐火材料, 保温材料供电力材料行业采用。

厂址: 江苏省宜兴市大浦镇工业区

电话: 0510—87457988 (传真), 87457669, 13906152806, 13812208664

E-mail: Web@188x.com http://www.188x.com

开户: 工行东山办 帐号: 1103028909000039117

邮编: 214226

tion and big particles are mainly burned in the dense phase zone until they are burned out. The combustion of the fine particles mainly takes place in a sparse phase zone. The residence time of the fine particles in the sparse phase zone of the boiler furnace is longer than that required by the combustion. The adiabatic cyclone separator with its inlet gas duct having a certain downward inclination angle and a concave slot and with the bottom of the exhaust gas central shell being converged and offset can guarantee the majority of fine particles being returned to the furnace, ensuring the residence time of fine particles in the furnace longer than their burn out duration. The above-mentioned structure constitutes the root cause for ensuring a low carbon content of the flying ash in the boiler, thus laying a theoretical basis for the design of CFB boilers of greater capacity. Key words: circulating fluidized bed boiler; fine anthracite particle; residence time

低浓度可燃废气作为辅助燃料在燃煤锅炉中的应用研究 = Applied Study of Low Concentration Combustible Waste Gases Serving as an Auxiliary Fuel in a Coal-fired Boiler [刊, 汉] / DENG Lei, WANG Yikun, CHE De-fu (National Key Laboratory on Multi-phase Flows in Power Engineering, Xian Jiaotong University, Xi'an, China, Post Code 710049) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(3). — 287 ~ 291

A method for using low concentration (0.1% to 1.0%) combustible waste gases in coal-fired boilers was presented. Based on mass balancing, heat balance and transfer, the influence of the combustible waste gases on the boiler thermodynamic parameters was analyzed. It has been found that when the low concentration combustible waste gases are fed into a coal-fired boiler as an auxiliary fuel, there is no need to reconstruct the boiler system and its operation is hardly affected. However, it can effectively save coal, recover the heat in the combustible waste gases and, in the meantime, reduce the emissions of the greenhouse gas methane. With an increase of the volumetric concentration of the combustible waste gases, the radiative heat exchange in the furnace will be slightly intensified but the heat exchange through convection heating surfaces will be weakened accordingly. With a 600 MW boiler serving as an example, after a hydrocarbon waste gas with a volumetric concentration of 1.0% has replaced the air for combustion, the thermal efficiency of the boiler was enhanced by 0.5% and the coal consumption rate reduced by 25.4%. Key words: low concentration combustible waste gas; auxiliary fuel; coal-fired boiler; thermodynamic parameter

基于 LS-SVM和单纯形的烟气含氧量软测量 = Soft Measurements of Flue Gas Oxygen Content Based on LS-SVM (Least Square Supportive Vector Machine) and a Simplex Algorithm [刊, 汉] / LU Chang-liang, LI Shuna (Automation College, North China University of Electric Power, Baoding, China, Post Code 071003) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(3). — 292 ~ 296

Flue gas oxygen content is an important factor influencing the combustion efficiency of a thermal power plant. To measure the flue gas oxygen content in a thermal power plant is somewhat difficult as it is influenced by multiple factors. A soft measurement model was established based on the easily measured secondary variables and by utilizing the mathematical relationship between the secondary variables and the process variables to be measured which present difficulties for measurement. The appropriate secondary variables were chosen and a soft measurement model based on LS-SVM (Least Square Supportive Vector Machine) was presented for measuring the flue gas oxygen content of a thermal power plant. A simplex optimum seeking algorithm was applied in two parameter optimization problems of the least square supportive vector machine, which have to be determined. The model in question was forecasted and verified with on-site data. The simulation results show that the method under discussion can measure relatively accurately the flue gas oxygen content in a thermal power plant and is of major significance for realizing economic combustion in the thermal power plant. Key words: LS-SVM (least square supportive vector machine); simplex algorithm; flue gas oxygen content; soft measurement; optimization seeking algorithm