文章编号:1001-2060(2015)02-0253-09

低氮改造后四角切圆燃煤粉锅炉变负荷下 NO_x 生成规律数值模拟研究

李德波 徐齐胜 邓剑华 李方勇

(广东电网公司电力科学研究院,广东广州 510060)

摘 要: 利用 ANSYS FLUENT 14.0 软件进行了沙角 C 电厂 低氮改造后不同负荷下燃烧特性的数值模拟,主要研究了炉 膛速度场、温度场、组分场和污染物分布的规律,结果表明: 低氮改造后增加 SOFA(分离燃烬风)风使炉膛温度分布较 均匀,切圆形成比较好,没有出现火焰贴墙现象;从40%负荷 到 100%负荷,燃烧器区域温度相差 132.9 K,降低幅度达到 了 7.8%;随着负荷降低,炉膛出口烟气温度逐渐降低;随着 负荷降低,炉膛出口 NO_x浓度逐渐降低。

关 键 词: 四角切圆; 低氮改造; NO_x分布; 变负荷; 数值 模拟

中图分类号: TK223 文献标识码: A DOI:10.16146/j.cnki.rndlgc.2015.02.021

引 言

随着环境治理的严峻形势,我国对 NO_x 的排放 限制日益严格,国家环境保护部已经颁布了《火电 厂氮氧化物防治技术政策》,明确在"十二五"期间 将全力推进我国 NO_x 的防治工作。目前国内外电 站锅炉控制 NO_x 技术主要有 2 种^[1-4]:一种是控制 生成,主要是在燃烧过程中通过各种技术手段改变 煤的燃烧条件,从而减少 NO_x 的生成量,即各种低 NO_x 技术;另一种生成后的转化,主要是将已经生成 的 NO_x 通过技术手段从烟气中脱除掉,如 SCR(选 择性催化还原法)、SNCR(选择性非催化还原法)。

李德波等人对某电厂 660 MW 超临界旋流燃烧 器发生大面积烧损的实际工程问题,利用 ANSYS FLUENT 14.0 软件对该锅炉炉膛内流动场、温度场 进行了数值模拟研究,提出了今后该类型旋流燃烧 器运行的改进措施,为今后同类型旋流燃烧器的安 全、稳定运行提供了指导^[5-6]。李德波等人采用 LES(大涡数值模拟方法)对一台 220 t/h 四角切圆 锅炉在3 组不同风速条件下炉内流场、温度场和 NO_x 排放特性进行了研究,研究结果表明采用 LES 方法,数值模拟结果与现场试验结果吻合比较 好^[7]。其它研究者针对电站锅炉炉内流动、燃烧以 及污染物生成过程进行了数值模拟研究^[7-15]。

沙角 C 电厂由于 NO_x 排放浓度高,采用增加 SOFA 风来降低 NO_x 排放浓度。本研究利用 ANSYS FLUENT 14.0 软件对该电厂低氮改造后不同负荷 下燃烧特性规律进行了数值模拟,研究了速度场、温 度场、组分场和污染物分布规律,数值模拟结果与现 场运行数据进行了严格对比验证,保证数值模拟有 效性。为该电厂低氮改造后效果评价,提供了非常 重要的参考价值,具有较好的学术价值和工程应用 价值。

1 锅炉设备情况

该锅炉为 ABB - CE 公司生产的 660 MW, 亚临 界压力、一次再热、单汽包、控制循环和四角喷燃双 切圆燃烧燃煤锅炉。燃烧制粉系统为中速磨直吹 式 采用直流式宽调节比摆动式燃烧器。4 个直流 摆动式燃烧器按切圆燃烧方式布置炉膛四角。燃烧 器分6层,每一同层燃烧的4个一次风(煤粉气流) 喷口与同一台磨煤机连接、供粉,投则同投,停则同 停。6台磨煤机各自构成基本独立的6个制粉子系 统,并与6层燃烧器一次风喷咀相对应5层投运已 能满足 MCR(锅炉最大连续蒸发量)的需要。4 组 燃烧器分别布置在炉膛下部四个切角处,形成典型 的切圆燃烧方式 燃烧器总高度为 11.266m 燃烧器 轴线与炉膛前、后墙夹角分别为 43°和 35°角。每组 燃烧器在高度方向上上方布置 2 个燃尽风喷咀 (OFA、OFB) 6 个一次风喷咀(A、B、C、D、E 和 F) 和7个供给燃料燃烧空气用的二次风喷咀(AA、 AB、BC、CD、DE、EF 和 FF),一次风喷咀和二次风喷

收稿日期: 2014-02-11; 修订日期: 2014-11-05

作者简介:李德波(1984-) , 男 湖北宜昌人 浙江大学工学博士 广东电网公司电力科学研究院高级工程师.

咀呈均等配风方式的间隔布置。各种喷咀可以上下 摆动,其摆动限定范围: 燃尽风喷咀为 – 5° – + 30°; 二次风喷咀为 – 30° – + 30°; 一次风喷咀为 – 20° – +20°。

锅炉高约 57 m,且炉膛横截面为长方形,宽 16.44 m,深 19.558 m。图 1(b)为燃烧器横截面 图。共有6层一次风 6层二次风和2层CCOFA(紧 凑型燃尽风)。制粉系统为直吹式制粉系统,共6 层磨 5运1备。在本次模拟中,最上层磨停运。改 造后 A 对 SOFA(分离燃尽风)以水平对冲方式安装 以进一步降低锅炉 NO_x排放。改造后,由于总风量没有变化,且二次风中一部分分配到 SOFA 风,使得二次风喷口改造,面积变小,但除了最上层 CCOFA 的高度有所变化,其余一、二次风喷口高度均没有改变。改造后 SOFA 开度 100% 情况下,SOFA 风与CCOFA 风占到总二次风的 37.2%,仅 SOFA 风就为 26.8% 与改造前的 20.4% (仅 CCOFA)有了很大的提升。SOFA 风改造示意图,如图 2 所示。



图1 锅炉结构尺寸

Fig. 1 Structural dimensions of the boiler

2 低氮改造数值模拟

2.1 数学模型

在燃烧模拟计算中,采用标准 k - ε 湍流模型模 拟气相湍流;采用混合分数/概率密度(PDF)函数模 型模拟组分运输和燃烧:采用单 PDF 模型模拟纯煤 燃烧,采用双 PDF 模型模拟污泥掺烧燃烧;采用颗 粒随机轨道模型模拟煤粉颗粒的运动;煤的热解采 用双方程平行竞争反应模型;焦炭燃烧则采用动力/ 扩散控制反应速率模型;辐射传热计算采用 P1 法, 离散方法均采用一阶迎风格式。中心风、一次风、二 次风都采用质量入口边界条件;入口处质量流量、风 温根据设计参数。对燃尽风和周界风本体也进行适 当简化 根据其实际尺寸构建其入口模型; 燃尽风和 周界风也采用质量入口边界条件,质量流量数值根 据设计参数及变工况条件计算得到。出口边界条件 采用压力出口,压力设置为 – 80 Pa; 炉膛壁面采用 标准壁面方程,无滑移边界条件,热交换采用第二类 边界条件,即温度边界条件,给定壁面温度和辐射 率,壁面温度为690 K 壁面辐射率为0.8。

煤粉颗粒直径按照 Rosin-Rammler 方法分布。 Rosin-Rammler 分布假定在颗粒直径 d 与大于此直 径的颗粒的质量分数 Y_d 之间存在指数关系: $Y_d = e^{-(d/d)^n}$ d为平均直径 ,µm ,n 为分布指数。最小粒 径 5 μm ,最大粒径 250 μm ,平均粒径 60 μm ,分布指数 1.5 那么 煤粉质量百分比含量与煤粉粒径之间的关系如表 1 所示 煤的元素分析如表 2 所示。



图 2 SOFA 改造示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the SOFA reconstruction

表1 煤粉质量含量与粒径的关系

Tab. 1 Relationship between the mass content

of pulverized coal and partical size

粒径/μm	>5	>15	> 30	> 55	>90	>130	>170	>210	>250	>300
质量分数/%	97.6	88.2	70.2	41.6	15.9	4.12	0.85	0.14	0.02	0.001

表2 煤质分析(收到基)

Tab. 2 Analysis of coal quality (as - received basis)

参数	数值
收到基水分/%	17.7
收到基碳/%	60.7
收到基氢/%	3.8
收到基氧/%	10.1
收到基氮/%	0.8
收到基硫/%	0.4
收到基灰分/%	6.6
燃料低位收到基热值/(kJ・kg) ⁻¹	23 013
燃料高位收到基热值/(kJ・kg) -1	27 915

计算迭代时,先进行冷态计算获得一定收敛程 度的流场,然后再进行热态计算,直至收敛。对于离 散方程组的压力和速度耦合采用 SIMPLE 算法求 解,求解方程采用逐线迭代法及低松驰因子,NO 和 HCN 计算残差小于 10⁻⁸,其余各项计算残差小 于 10⁻⁶。

2.2 数值模拟工况

数值模拟 4 个工况: 负荷为 40%、60%、80%、 100%。表 3 为不同负荷下各个风口风量配比情况。

农 小回贝间下爹奴衣	表3	不同负荷下参数表
------------	----	----------

Tał	o. 3	Table	of	parameters	at	various	load	s
-----	------	-------	----	------------	----	---------	------	---

负荷	一次风	周界风	CCOFA	SOFA	余二次风	总风
1%	1%	/kg ${ {\ \bullet } \ }{\rm s}^{ -1}$	/kg ${ \bullet s^{ -1}}$	/kg ${}^{\bullet}$ s $^{-1}$	/kg ${\mbox{\cdot}}~{\rm s}^{-1}$	/kg ${ \bullet s^{ -1}}$
40	52	40	52	0	109.6	253.6
60	78	60	56	57.6	128.8	380.4
80	104	80	56	115.2	152	507.2
100	130	100	56	44	204	634

2.3 网格划分及无关性检验

根据模型的结构特点,采用单独划分网格的方法 将炉膛划分为5个区域,分别为:冷灰斗区域、燃烧器区域、燃烧器上方区域和屏式过热器区域。在划分的过程中 模型均采用结构化网格 炉膛燃烧器 区域被适当加密,为了提高计算的精度,燃烧器出口 与炉膛的连接面设置为 interface,防止两个面的网 格质量和网格形状差异较大而引起误差。网格划分 和燃烧器喷口布置如图3所示。

为了验证数值模拟网格精度是否满足计算要 求,进行了网格无关性检验。表4为检验结果。采 用3种不同网格分辨率网格,计算同样的计算工况。 从表4可知:162万网格数模型结果与200万网格 (网格精度较高)得到结果非常接近,炉膛出口温度 相差1.7 K;162万网格与120万网格结果相比,炉 膛出口温度相差24 K。因此,采用120万网格计算 得到结果精度比较差,根据网格无关性对比结果表 明采用的162万网格规模是满足计算精度要求的。

表4 网格无关性检验

Tab. 4 Grid independence check

检验	网格	出口 02	炉膛出口	炉膛出口 NO _x 浓
工况	数量	浓度/%	烟温/K	度/mg•m ⁻³
1	120万	3.0	1 577.4	331.7
2	162 万	2.2	1 552.8	307.4
3	200万	2.4	1 554.5	310.2

3 模拟结果分析与讨论

3.1 数值模拟结果与试验结果对比

为了验证数值模拟结果准确性,采用红外温度 测量方法,得到了现场实际满负荷运行时炉膛出口 温度,以及测量得到了炉膛出口 NO_x浓度(换算到 6% 氧量,标准状态下),对比结果如表 5 所示。



图 6 为炉膛中心截面温度分布,从分布图可以 看出 随着负荷降低,燃烧器整体温度水平降低。燃 烧器区域温度比较高,沿着烟气流动方向,温度逐渐 降低。数值模拟考虑了屏式过热器对烟气温度影 响,从模拟结果看出,烟气经过屏式过热器区域时, 温度有较大降低。



图 6 炉膛中心截面温度分布









图 7 为炉膛高度方向上截面平均温度分布。由

图 7 可知 随着负荷的降低 ,沿着炉膛高度方向 ,温

度水平降低,尤其是在40%负荷下,温度降低最明显。这是由于随着负荷降低,给煤量减少,燃烧释放 热量减少导致的。图7(b)、图7(c)分别为燃烧器 区域和 CCOFA 与 SOFA 区域之间的温度分布,从图 中可以得出,在40%负荷下,温度降低程度比较大。 在图7(d)中 SOFA 风以上区域,温度降低幅度比较 小。从40% - 100%负荷下,燃烧器最高温度分别 为:1574.2、1684.6、1684.3和1707.1K,最低负 荷与最高负荷下,燃烧器区域温度相差132.9K,降 低幅度达到了7.8%。

图 8 为不同负荷下炉膛出口温度变化。在炉膛 出口,不同负荷下,由高负荷(100%)到低负荷 (40%),炉膛出口烟气温度分别为1 552.7、1 456、 1 410和1 262 K。由此可见,随着负荷降低,炉膛出 口烟气温度逐渐降低,相对最高负荷(100%),最低 负荷(40%)下炉膛出口烟气温度降低了 290.7 K, 降低幅度达到了 18.7%。





3.3 速度场分布规律

从图9可以得出 随着负荷降低 ,二次风速度大 小减少 ,这个是由于风量减少导致的 ,但是不同负荷 下 ,速度切圆形成比较好 ,没有出现冲墙现象。

从图 10 可以得出,与二次风速度云图得到结果 类似 随着负荷降低,一次风速度大小减少,但是速 度切圆形成比较好,没有出现冲刷炉墙现象发生。 3.4 组份场分布规律

图 11 为 O₂浓度沿着高度方向分布。从图 11 可 以看出 在不同负荷下 O₂分布呈现比较复杂的规律。 在燃烧器区域 O₂出现波动性特点 这个主要是由于 氧量在不同层一次风喷口消耗 同时不同层二次风喷 入所导致的 在 SOFA 风以上区域 沿着炉膛高度方 向,由于未燃尽焦炭继续燃烧,Q₂浓度逐渐降低。





负荷 40%

负荷 80%



图 9 最下层二次风速度云图 Fig. 9 Atlas showing the velocity of the secondary air in the bottom layer





负荷 40%

负荷 60%





负荷 80%

负荷 100%

图 10 最下层一次风速度云图 Fig. 10 Atlas showing the velocity of the primary air in the bottom layer



图 11 沿炉膛高度方向 O_2 浓度分布

Fig. 11 O₂ concentration distribution along the whole height of the furnace





图 12 为 CO 浓度沿着高度方向分布。在 CCO-FA 喷口以上区域,沿着炉膛高度方向,由于氧量逐 渐补充,不完全燃烧产生的 CO 逐渐转化为 CO₂,CO 浓度逐渐降低。

3.5 污染物分布规律

图 13 为 NO_x浓度沿着高度方向分布。整体上 看 随着负荷降低,在同一炉膛高度上,NO_x浓度逐 渐降低。这个是由于负荷降低,炉膛温度水平下降, 同时送入炉膛的二次风量减少,导致热力型 NO_x和 燃料型 NO_x水平下降。





Fig. 13 NO_x concentration distribution

along the height direction



图 14 为不同负荷下炉膛出口 NO_x浓度变化。 在炉膛出口,不同负荷下,由高负荷(100%)到低负 荷(40%),炉膛出口 NO_x浓度分别为 385.195、 357.725、291.1 和 213.2 mg/Nm³。由此可见,随着 负荷降低,炉膛出口 NO_x浓度逐渐降低,相比最高 负荷(100%) 最低负荷下(40%) 下炉膛出口 NO_x 浓度降低了 172 mg/Nm³ 降低幅度为 44.7%。

4 结 论

针对某电厂进行 SOFA 风低氮改造,利用 AN-SYS FLUENT 14.0 软件进行了低氮改造后不同负荷 下燃烧特性的数值模拟,主要结论如下:

(1)数值模拟结果炉膛出口温度与现场测量误
 差范围在 10% 以内, NO_x 浓度与现场比较误
 差为1.7%;

(2)采用低氮改造增加 SOFA 风后,不同负荷 下炉膛温度分布较均匀,切圆形成比较好,没有出现 火焰贴墙现象,水冷壁面温度较低,不同负荷下,最 下层二次风速度切圆形成比较好,没有出现速度冲 墙现象;

(3)从40%-100%负荷下,燃烧器区域最高 温度分别为:1574.2、1684.6、1684.3和1707.1
K ,最低负荷与最高负荷下,燃烧器区域温度相差 132.9K 降低幅度达到了7.8%。

(4)不同负荷下,由 100%高负荷到40%低负荷,炉膛出口烟气温度分别为1552.7、1456、1410和1262K。随着负荷降低,炉膛出口烟气温度逐渐降低相对100%最高负荷,40%最低负荷下炉膛出口烟气温度降低了290.7K,降低幅度达到了18.7%。

(5)随着负荷降低,在同一炉膛高度上,NO_x浓度逐渐降低。这个是由于负荷降低,炉膛温度水平下降,同时送入炉膛的二次风量减少,导致热力型NO_x和燃料型NO_x水平下降。

(6) 在炉膛出口 不同负荷下,由 100% 高负荷 到 40% 低负荷,炉膛出口 NO_x浓度分别为 385.195、
357.725、291.1 和 213.2 mg/Nm³。由此可见,随着 负荷降低,炉膛出口 NO_x浓度逐渐降低,相比 100% 最高负荷 40% 最低负荷下下炉膛出口 NO_x浓度降 低了 172 mg/Nm³ 降低幅度为 44.7%。

参考文献:

[1] 李德波. 燃煤电站 SCR 催化剂更换周期及策略优化数学模型的研究[J]. 中国电力 2013 46(12).

LI De-bo. Investigation of the mathematical models for the replace-

ment period of SCR catalyst in coal-fired power plants and strategic optimization [J]. China Electric Power 2013 46(12):.

 [2] 樊泉桂.新型煤粉燃烧器的燃烧机理分析[J].广东电力, 2010 23(4):45-50.

FAN Quan-gui. Analysis of the mechanism governing the combustion in novel type pulverized coal burners [J]. Guangdong Electric power 2010 23(4):45 – 50.

[3] 梁志勇 余岳溪. 锅炉燃烧由贫煤改烟煤的热效率分析[J]. 广 东电力 2009 22(11).

LIANG Zhi-yong ,YU Yue-xi. Analysis of the thermal efficiency of boilers burning bituminous coal instead of lean coal [J]. Guangdong Electric Power 2009 22(11):.

[4] 李占元 高 鹏.进口煤在 600 MW 烟煤锅炉上的掺烧方式探 讨[J]. 广东电力 2010 23(5).

LI Zhan-yuan ,GAO Peng. Exploratory study of in 600 MW bituminous coal-fired boilers [J]. Guangdong electric power ,2010 ,23 (5):.

[5] 李德波,沈跃良,徐齐胜,等.运用燃烧数值模拟分析某台660 MW 超临界锅炉旋流燃烧器喷口烧损事故[J].机械工程学报 2013 49(6):121-130.

LI De-bo ,SHEN Yue-liang ,XU Qi-sheng ,et al. Analysis of the spout burn-down accident of the swirling burners of a 660 MW supercritical boiler by using the numerical simulation of combustion [J]. Journal of Mechanical Engineering 2013 49(6):121-130.

[6] 李德波,沈跃良,邓剑华,等. OPCC型旋流燃烧器大面积烧损
 的关键原因及改造措施[J].动力工程学报 2013 33(6):430
 -436.

LI De-bo ,SHENG Yue-liang ,DENG Jiang-hua ,et al. Key causes for the burn-down in a large area of an OPCC type swirling burner and measures for reconstruction [J]. Journal of Power Engineering , 2013 33(6):430-436.

[7] 李德波 徐齐胜 沈跃良 筹. 变风速下四角切圆锅炉燃烧特性的数值模拟[J]. 动力工程学报 2013, 33(2):22-26.
LI De-bo XU Qi-sheng SHEN Yue-liang et al. Numerical simulation of the combustion characteristics of a tangentially-fired boiler at variable air speeds[J]. Journal of Power Engineering 2013, 33 (2):22-26.

[8] 肖海平 张 千,王 磊,等. 燃烧调整对 NO_x 排放及锅炉效率的影响[J].中国电机工程学报 2011, 31(8):1-6.
XIAO Hai-ping ZHANG Qian, WANG Lei et al. Effect of the adjustment to the combustion on NOx emissions and boiler efficiency
[J]. Proceedings of China Electric Machinery Engineering 2011, 31(8):1-6.

- [9] 林鹏云,罗永浩,胡 元. 燃煤电站锅炉 NO_x 排放影响因素的 数值模拟分析[J]. 热能动力工程 2007 22(5):530-533. LIN Peng-yun,LUO Yong-hao,HU Yuan. Numerical simulation and analysis of the factors influencing NOx emissions from coalfired utility boilers[J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power 2007 22(5):530-533.
- [10] 王顶辉, 王晓天, 郭永红, 等. 燃尽风喷口位置对 NO_x 排放的 影响[J]. 动力工程学报 2012 32(7):524-527.
 WANG Ding-hui, WANG Xiao-tian, GUO Yong-hong et al. Influence of the location of the OFA spouts on NOx emissions [J]. Journal of Power Engineeering 2012 32(7):524-527.
- [11] 孙保民,王顶辉,段二朋,等. 空气分级燃烧下 NO_x 生成特性的研究[J]. 动力工程学报 2013 33(4): 262 266. SUN Bao-min, WANG Ding-hui, DUAN Er-peng, et al. Investigation of the formation characteristics of NOx under the condition of air-staged combustion[J]. Journal of Power Engineeering ,2013, 33(4): 262 - 266.
- [12] 李 钧,阎维平,李春燕,等.基于数值计算的煤粉锅炉 NO_x
 释放规律研究[J].中国电机工程学报,2009,29(23):13
 -19.

LI Jun ,YAN Wei-ping ,LI Chun-yan *e*t al. Study of the law governing the release of NOx from pulverized coal-fired boilers based on the numerical computation [J]. Proceedings of China Electric Machinery Engineering 2009 29(23):13 – 19.

- [13] 高正阳 准伟春 杨毅锁 等.负荷与燃尽风对 NO 影响的数值 模拟[J].热能动力工程 2009 24(3):327-331.
 AO Zheng-yang ,CUI Wei-chun ,YANG Yi-li , et al. Numerical simulation of the influence of the load and burnout air on nitrogen oxide [J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power , 2009 24(3):327-331.
- [14] 沈跃云,高小涛,章名耀.基于在线运行参数预测锅炉 NO_x 排放浓度[J].中国电力 2011 44(12):64-67.
 SHEN Yue-yun,GAO Xiao-tao,ZHANG Ming-yao. Prediction of NOx emissions concentyration based on the on-line operation data
 [J]. China Electric Power 2011 44(12):64-67.
- [15] 刘 勇 康英伟 盛 伟 等. 电厂燃煤锅炉 NO_x 排放计算模型的建立[J]. 中国电力 2005 38(6):33-36.
 LIU Yong KANG Ying-wei SHENG Wei ,et al. Establishment of a model for calculating NOx emissions from coal-fired boilers in power plants[J]. China Electric Power 2005 38(6):33-36.

(姜雪梅 编辑)

Through establishing a wet-method flue gas desulfurization test platform experimentally studied was the catalytic oxidization of SO₂ by iron and manganese ions with the law governing the influence of such parameters as the solution temperature and O₂ concentration in a hybrid gas on the SO₂ oxidization reaction being mainly analyzed. It has been found that the catalytic oxidization by iron and manganese ions will make the SO₂ oxidization reaction speed to get a relatively big increase. The solution temperature exercises strong influence on the SO₂ oxidization reaction ,however , changes of the O₂ concentration in the hybrid gas exercise relatively weak influence on the SO₂ oxidization reaction. In the meantime μ catalytic oxidization reaction processes of Mn²⁺ and Fe³⁺ are basically similar and when these two kinds of ion are present simultaneously μ synergy effect between the ions will further accelerate the SO₂ oxidization reaction. **Key Words**: wet-method flue gas desulfurization , SO₂ , catalytic oxidization , iron and manganese ion

低氮改造后四角切圆燃煤粉锅炉变负荷下 NO_x 生成规律数值模拟研究 = Study of the Numerical Simulation of the Law of NO_x Formation in a Tangential Pulverized-coal-fired Boiler at a Variable Load After a Low Nitrogen Modification [刊 汉]LI De-bo ,XU Qi-sheng ,SHEN Yue-liang ,DENG Jian-hua ,LIU Ya-ming (Electric Power Science Research Institute ,Guangdong Power Grid Corporation ,Guangzhou ,China ,Post Code: 510060) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015 ,30(2). -253 -261

By making use of the software Ansys Fluent 14.0 the authors conducted a numerical simulation of the combustion characteristics at a variable load after a low nitrogen modification to a power plant with the law governing the speed field temperature field and constituent field in the furnace as well as the distribution of pollutants being mainly studied. It has been found that after the low nitrogen modification to increase the amount of SOFA air can make the temperature distribution in the furnace to be comparatively uniform the formation of the tangential circles is relative–ly good and there emerge no flame-closing-to-wall phenomena; the temperature difference in the zone of the burners between the load of 40% and 100% is 132.9 K and the descending range is up to 7.8%; with a decrease of the load the temperature of flue gases at the outlet of the furnace will gradually decline; with a drop of the load the NO_x concentration at the outlet of the furnace will gradually become lower. **Key Words**: tangential clow nitrogen modification NO_x distribution variable load numerical simulation

低温湿烟气热力特性及余热回收利用分析 = The rmodynamic Characteristics of Wet Flue Gases at a Low Temperature and Analysis of Their Waste Heat Recovery and Utilization [刊,汉]WANG Zheng-wei, LIN