文章编号: 1001 - 2060(2015) 04 - 0611 - 06

一种新型低 NO_x 燃烧技术在贫煤改烧烟煤中的应用

汪华剑¹,周虹光¹,邓玲恵¹,方庆艳²

(1 西安热工研究院有限公司,陕西 西安 710032;2 华中科技大学 煤燃烧国家重点实验室,湖北 武汉 430074)

摘 要: 对某 330 MW 中储仓式制粉系统四角切圆燃烧贫煤 锅炉进行政烧烟煤的低氮燃烧技术改造。充分结合制粉、送 粉和燃烧系统运行的特点,设计了一套新的、集成式的、煤种 适应性强的低 NO_x 燃烧系统:采用抽炉烟干燥制粉和乏气 热风复合送粉,进行超低一次风率烟气再循环燃烧,并将富 余高压一次风作为高速燃尽风与分离燃尽风结合,实现水平 方向和沿炉膛高度方向的空气深度分级燃烧。改造后,锅炉 燃烧适应煤种拓展到高挥发分烟煤,满负荷工况时 NO_x 排 放浓度约 210 mg/m³,比改造前降低 60%,锅炉效率提高超 过 1%。

关键词:贫煤锅炉;低氮燃烧改造;煤种适应性
 中图分类号:TK224.1
 文献标识码:A
 DOI:10.16146/j.cnki.rndlgc.2015.04.029

引 言

煤种、炉膛结构形式和燃烧系统等因素都对氮 氧化物的生成和排放有较大影响^[1]。目前,燃用烟 煤和褐煤的锅炉低氮燃烧改造都取得了较好的效 果。而燃用低挥发分煤的锅炉,如无烟煤和贫煤锅 炉,仍然存在氮氧化物排放浓度偏高、锅炉效率偏 低、低负荷稳燃性能差等问题^[2-3]。将贫煤锅炉掺 烧甚至改烧价格相对较低的高挥发分烟煤,不仅能 够降低锅炉的经营成本,而且能够有效解决贫煤锅 炉所面临的 NO_x 排放高、受热面腐蚀磨损和效率不 高等问题,是一种实现贫煤锅炉节能减排的重要措 施^[4-6]。由于贫煤锅炉设计上存在断面小,热负荷 高等条件限制,改烧高挥发分烟煤后仍然存在安全 性下降、炉膛积灰结渣严重、锅炉效率偏低和 NO_x 排放偏高等问题。

本研究对一台 330 MW 四角切圆贫煤锅炉,提出一种新型低 NO_x 燃烧技术并对其进行改造,采用数值模拟方法对改造效果进行了评估,并通过改造 后的燃烧试验对该技术的应用效果进行了验证。

1 新型低 NO_x 燃烧系统设计

1.1 锅炉概况

该锅炉由东方锅炉厂设计制造,型号为 DG1036/17.5 - II12型亚临界压力、一次中间再热的自然循环锅炉,单炉膛 II型,四角切圆燃烧,采用 挡板调节再热汽温,固态排渣锅炉。炉膛宽度为 12.801 m,深度为12.801 m,高度为54.6 m。原设 计煤种为贫煤,其干燥无灰基挥发分为12.6%,制 粉系统为钢球磨煤机中间仓储式热风送粉系统。锅 炉燃用贫煤或贫煤的混煤时,NO_x 排放约 600 mg/ m³,飞灰含碳量 3% - 4%,锅炉燃烧效率基本达到 91.58% 的设计值水平。

1.2 系统设计

贫煤锅炉扩烧烟煤,必须考虑到制粉系统防爆、 送粉管道和燃烧器防烧损、炉膛防结渣的要求,另外 还需要兼顾到汽水系统达标的需要。该锅炉低氮技 术最大特点是从锅炉整体上考虑拓宽煤种适应性和 降低烟气中 NO_x 浓度,将制粉系统、送粉系统与低 氮燃烧改造紧密结合,融为一体,才能同时实现制粉 系统和燃烧系统的最优化设计。

本燃烧系统在设计上,充分结合了制、送粉系统 的特点,采用了新型"抽中低温炉烟干燥"和"乏气 热风复合送粉"技术,烟气通过磨煤机进入制粉系 统,再通过乏气热风复合送粉系统将制粉系统的炉 烟和乏气送入一次风,形成炉烟、乏气和热风混合而 成的一次风。系统流程如图1所示。

1.2.1 炉烟干燥制粉系统

出于磨制烟煤提高制粉系统防爆能力和干燥出 力的需要,将制粉系统干燥介质由纯空气热风更改 为炉烟与热风的混合介质。通过炉烟风机抽取了空 预器前温度为330-380℃的热炉烟惰性介质,通过

作者简介:汪华剑(1982-),男,湖北武汉人,西安热工研究院有限公司博士.

收稿日期: 2014-09-23; 修订日期: 2015-03-30

炉烟风机送入钢球磨煤机制粉。





1.2.2 乏气热风复合送粉系统

炉烟热风作为干燥介质磨制煤粉后,经过粗细 粉分离器分离后的乏气是炉烟、热风和煤粉的混合 物,乏气通过排粉机加压后通过管道送入一次风风 箱,乏气与热一次风混合后,进入一次风小风管输送 煤粉。

含有炉烟的低温制粉乏气(约80℃)与热一次 风(约300℃)进行混合后送粉能够起到3方面作 用:(1)有效降低送粉介质温度(约160℃),防止 送粉管道内煤粉自燃,烧损煤粉管道,同时也能有效 控制煤粉火焰的着火距离,防止燃烧器喷口烧损; (2)乏气中含带的少量煤粉可以进入一次风,一方 面能够增加着火区域一次风的煤粉浓度,有助于降 低着火区域 NO_x 生成量,另一方面防止低浓度乏气中的煤粉燃烧时产生大量 NO_x;(3) 乏气参与送粉,挤占了相当一部分热一次风,在一次风速不变的条件下,使得一次风率大为降低,且乏气中含有大量烟气,使得一次风氧量降低,形成了"烟气再循环燃烧"方式。循环烟气可以惰化一次风火焰,降低一次风煤粉火焰的燃烧速度和燃烧温度,有助于降低炉膛火焰的温度水平和峰值温度,对抑制燃料型、热力型的 NO_x 的生成及防治炉内结渣都有帮助。

1.2.3 高速燃尽风系统

由于采用乏气热风复合送粉,将乏气送入一次 风风箱,原有一次风风量富余,本系统即利用这一部 分富余的高压热一次风,将其设置在分级风的顶部, 形成"高速 OFA(燃尽风)"。由于高速 OFA 风源压 头高,使得其具有速度高(可高于 60 m/s)、刚性强 的特点,能够深入炉膛中心,不仅起到空气分级降低 NO_x 生成作用,还能补充燃烧后期的氧量,强化燃 烧后期的混合,促进煤粉的燃尽。另外,通过将高速 OFA 喷口设计成摆角可调的结构,调整其摆角,可 以调整炉膛上部的烟气旋流特性,达到调整烟温偏 差和汽温偏差的作用。

1.2.4 其它技术措施

(1) 基于深度空气分级思想,在主燃烧器区域 上部增加4层分离燃尽风;喷口可水平方向摆动,以 增强对炉膛尾部烟温偏差的调整控制。(2) 采用一 次风反切水平浓淡燃烧器,并将周界风向淡侧喷口 进行偏置,防止煤粉气流冲刷下游水冷壁、防止燃烧 器区域结渣,同时也推迟一、二次风的混合,利于 NO_x控制。(3) 将乏气喷口置于主燃区上方,避免 将乏气风送入燃尽风区域,以进一步降低 NO_x 排 放。其整体结构和喷口布置如图1 所示。锅炉改造 设计煤种为烟煤,煤质特性如表1 所示。

Tab. 1 Coal property										
煤种	工业分析(%)				元素分析(%)					低位发热量
	M _{ar}	A _{ar}	V _{daf}	FC _{ar}	C _{ar}	H _{ar}	O _{ar}	N _{ar}	S _{ar}	$/MJ \cdot kg^{-1}$
神混煤	15.00	14.41	37.32	40.57	56.26	3.24	9.96	0.64	0.49	21.00

表1 煤质特性

2 数值模拟研究

2.1 计算模型

对上述的低氮燃烧方案的应用效果开展数值模

拟评估。炉膛内燃烧包括气相流动、湍流燃烧、颗粒 运动、挥发分析出、焦炭燃烧、辐射换热等过程。气 固两相间的湍流计算采用标准的*k* - ε 模型,模拟气 相湍流燃烧选取组分输运模型 EBU(Eddy Break Up),煤粉颗粒的轨迹场采用基于拉格朗日的随机 颗粒跟踪法,焦炭燃烧采用动力/扩散控制反应速率 模型,挥发分析出采用单速率反应模型,炉内燃烧辐 射换热可采用 P1 辐射模型。数值模拟采用三维稳 态计算。模型控制方程采用控制体积法,使用一阶 差分格式进行方程离散,采用 SMPLE 方法求解 N – S 方程。模型的详细描述见参考文献 [7]。

煤粉炉内生成的 NO 主要考虑热力型 NO 与燃 料型 NO 两种。热力型 NO 主要是空气中的 N₂氧化 生成的,采用扩展的 Zeldovich 机理描述^[8]。对于 [O]和[OH]基,采用部分平衡方法计算。燃料型 NO 主要是燃料中的氮元素经热解和氧化反应而生 成的,是煤粉燃烧过程中 NO 的主要来源。燃料型 NO 采用 De Soete 描述^[9],燃料中氮主要分布于挥 发分与煤焦中,挥发分氮以 HCN(氰化氢)和 NH₃的 形式释放出来,而焦炭氮直接氧化转化成 NO。

2.2 网格划分及计算条件

根据锅炉的实际结构尺寸建立几何模型,使用 高质量的六面体网格分区划分,在燃烧器区域加密 网格以提高计算精度,划分数量分别为150万、211 万、250万和282万,经过网格无关性测试最终采用 250万数量的网格,模型整体及部分结构如图2 所示。



Fig. 2 Boiler structure, burner arrangement and meshing figure

计算采用锅炉满负荷运行工况下的参数,入口 采用速度边界条件,出口采用压力出口,壁面边界条 件取无滑移条件。燃烧器特性参数:一次风风速 26 m/s,一次风煤粉混合物温度 120 ℃;二次风速度 50 m/s,风温 325 ℃;分离燃尽风风速 55 m/s,风温 325 ℃;高速燃尽风风速 60 m/s,风温为 320 ℃;周界风 速度 30 m/s,风温 325 ℃;分离燃尽风反切 10°,高 速 OFA 反切 15°。



Fig. 3 Velocity fields of different burner sections(m/s)

2.3 模拟结果

图 3 为不同燃烧器喷口中心截面的速度场分 布,一、二次风及燃尽风在炉膛内均能形成良好的切 圆,沿炉膛高度的最大当量切圆直径为 0.79,一、二 次风及燃尽风气流均没有冲刷水冷壁的现象,能够 有效防止结焦和炉管高温腐蚀。这表明炉内可形成 良好的空气动力场,燃尽风反切10°,高速OFA反切 15°,由于燃尽风与高速OFA动量大,刚性强,不仅 消旋效果较好,也可强化煤粉燃尽后期的湍流混合, 有利于提高煤粉的燃尽。





图 4 为不同喷口中心截面的温度分布,图 5 为 沿炉膛高度方向计算参数平均值分布。由图 4 和图 5 可知,燃烧器着火性能良好,炉膛内温度分布均 匀,各燃烧器煤粉火焰无刷墙现象,有利于防止壁面 发生结渣和高温腐蚀。沿炉膛高度方向烟气平均温 度先增加后减小,高温区主要集中在主燃烧器上部 及还原区域,伴随通入大量的燃尽风以及与水冷壁 的吸热,炉膛温度逐渐降低。





图 5(a) 显示,在燃烧器区域(沿炉膛高度 10-20 m 之间),由于部分炉烟代替了热风送粉,再加上燃烧器区域较小的过量空气系数使得燃烧器区域氧浓度低于 3%;随着 SOFA(分离燃尽风)和高速燃尽风大量送入,氧量明显增加,随着未燃尽碳对氧气的消耗使得氧量又逐渐降低。图 5(b)显示沿炉膛高度 CO 浓度分布和氧浓度分布呈相反的趋势,煤粉进入炉膛后在高温烟气回流卷吸作用下迅速着火燃烧,在缺氧富燃料状态下,生成大量的 CO,致使该主燃烧器区域 CO 浓度迅速升高;高浓度 CO 所形成的强还原性气氛有利于降低 NO 的生成。通入燃尽风后,CO 与氧迅速反应,浓度急剧下降,至炉膛出口

处基本燃尽。

从图 5(b) 沿炉膛高度的 NO 浓度分布可看出, 靠近冷灰斗区域的氧浓度较高,处于氧化性气氛,生 成的 NO 还原的较少,因此 NO 浓度在燃烧器区域 下方比较高;在燃烧器区域,煤粉进入炉膛后迅速着 火燃烧,炉内温度较高,挥发分析出过程中释放出的 HCN 和 NH₃、煤焦中的 N 以及空气中的 N₂都会与 O₂发生氧化反应生成大量 NO;同时,由于燃烧器区 域过量空气系数较小,属强还原性气氛,NO 又会与 HCN、NH₃和煤焦发生还原反应,生成的 NO 被大量 还原,NO 会呈降低趋势。在燃烧器以上区域,由于 大量燃尽风的送入,煤焦继续燃烧,焦炭 N 被氧化 生成 NO,使得 NO 平均浓度有所升高。随着炉膛高 度进一步增加,由于未燃尽煤焦的还原作用,使得靠 近炉膛出口处 NO 浓度又逐渐降低。

模拟得到满负荷条件下,炉膛出口飞灰含碳量的统计值为2.06%,炉膛出口NO_x 排放量的统计值为199 mg/m³(6% O₂)。新型多煤种低 NO_x 燃烧技术在综合采用低氮、促进燃尽和防结渣等措施后,能够达到安全、经济、高效和清洁燃用高挥发分烟煤的目标。

3 工业应用研究

3.1 空气动力场试验

改造后,对锅炉进行了冷态空气动力场的试验 测量和烟花示踪,图 6 为冷态空气动力场烟花示踪 试验结果,试验一、二次风、高速 OFA 气流切圆适 中,无偏斜、刷墙现象。高速 OFA 具有较强刚性和 穿透性,可以作为燃烧优化调整的重要手段。

3.2 低 NO_x 燃烧性能试验

改造后,对锅炉开展了 2 个负荷工况的运行性 能测试,燃用煤质特性如表 1 所示,性能试验结果如 表 2 所示。负荷 330 MW 时,锅炉运行氧量的试验 值与计算值分别为 2.4% 和 2.44%、飞灰含碳量的 试验与计算值分别为 2.30% 和 2.06%, NO_x 排放量 的试验与计算值分别为 210 和 199 mg/m³(6% O₂), 试验值与计算值符合较好。这也表明本研究所采用 数学模型能够合理地预测该锅炉炉内的流动、燃烧、 传热与 NO_x 排放特性。

试验结果表明,改造后能够有效降低机械不完 全燃烧损失,同时可以降低炉膛出口氧量,减少排烟 量,有效减少了排烟热损失,使得锅炉效率较改造前 有明显提升。额定负荷(330 MW)下,锅炉效率可 达94%比原设计值提高约2%;80%负荷(270 MW) 时,锅炉排烟温度比原设计的126℃低约13℃,锅 炉效率也比原设计值提高约2.0%。这表明改造后 锅炉效率明显提高,大大提升了锅炉的经济性。



(a) 一次风喷口



(b) 二次风喷口



(c) 高速OFA喷口

图 6 冷态空气动力场烟花示踪试验结果 Fig. 6 Firework tracing results of cold airflow field

改造前,锅炉 NO_x 排放值处于 500 - 700 mg/m³;改造后,NO_x 排放基本稳定在 200 - 230 mg/m³。 为了减少炉膛出口烟温偏差,对高速 OFA 喷口

和 SOFA 喷口水平摆角进行了优化调整。330 MW 负荷条件下,调整后将高速 OFA 喷口反切 10°, SO-

FA 喷口反切角度为 15°,能够将炉膛出口烟温偏差 由 100 ℃控制在 50 ℃以内,过热器汽温偏差由 20 ℃降低到约5 ℃以内。270 MW 负荷,3 套制粉系统 运行,其中 A、C 制粉系统处于乏气转移状态,D 磨 投三次风,过热器区域烟温偏差为 11.8 ℃,前屏出 口左右侧汽温偏差在 9.7 ℃,主蒸汽及再热器温均 能达到设计值,减温水量明显减少。运行中,水冷壁 和大屏过热器也没有发生严重结渣,金属壁温超限 次数大大减少,有利于提高锅炉运行安全性。

表 2 锅炉性能试验结果

Tab. 2 Main results of boiler performance tests

参 数	工况1	工况 2
锅炉负荷/MW	330	270
运行氧量/%	2.40	2.70
飞灰含碳量/%	2.30	1.57
大渣含碳量/%	3.65	4.30
排烟温度/℃	115.2	113.3
NO _x 排放量/mg•m ⁻³ (6%O ₂)	210	220
修正后计算锅炉效率/%	94.00	93.68

4 结 论

对一台 330 MW 配中储式制粉系统的四角切圆 贫煤锅炉,从整体上结合制粉、送粉和燃烧系统的特 点,综合考虑拓宽煤种适应性和降低烟气 NO_x 排放 量的需要,将扩烧烟煤与低氮燃烧改造紧密结合,提 出多煤种低氮燃烧技术,成功实施了技术改造。新 型低 NO_x 燃烧系统改造后取得如下成效:

(1)满足锅炉可安全燃用高挥发分烟煤,有效防止炉内结渣,拓宽了锅炉煤种适应性;

(2) NO_x 减排效果显著,满负荷 NO_x 排放浓度
 为 210 mg/m³,相比改造前降低 60%;

(3)锅炉燃烧效率明显提高,满负荷条件下燃 烧效率高达94%,比原设计值高出2%,节能效果 显著;

(4)系统通过调整高速 OFA 和分离燃尽风水 平摆角的方式,能够有效减少炉膛出口烟温偏差,并 将高温过热器出口汽温偏差减小到5℃以内,主再 热汽温基本达到设计值,减温水量小;

本研究提出的低氮燃烧技术,不仅能够大幅拓 宽贫煤锅炉煤种适应性,降低电厂燃煤采购成本,还 能有效提高锅炉效率,降低 NO_x 排放,对同类型机 组实施节能减排措施具有参考意义。

参考文献:

- [1] 王学栋,栾 涛,程 林.锅炉结构和型式对氮氧化物排放浓度影响的试验[J].煤炭学报,2007,32(9):984-988.
 WANG Xue-dong,LUAN Tao,CHENG Lin,Experimental of effects of boiler structures and burners models on NOx emission from coal fired boiler [J]. Journal of China Coal Society,2007,32(9):984-988.
- [2] 胡平凡, 尹俊俊,张 成,等. 300 MW 机组锅炉贫煤改烧烟煤的试验研究 [J]. 热力发电,2009,38(8):79-82.
 HU Ping-fan, YIN Jun-jun, ZHANG Cheng, et al. Test study on converting lean coal fired boiler for 300 MW unit to burn bituminous coal [J]. Thermal Power Generation. 2009,38(8):79-82.
- [3] 王春昌,王恩泽,张 伟. 燃用无烟煤锅炉改烧烟煤的实践
 [J]. 热力发电,2013,42(5),69-71.
 WANG Chun-chang, WANG En-ze, ZHANG Wei, Retrofitting of firing bituminous coal for boilers burning anthracite coal [J]. Thermal Power Generation,2013,42(5):69-71.
- [4] 黄镇字,陈 乐,孙振龙,等. 低挥发分煤低氮燃烧技术研究
 [J].电站系统工程,2012,28(6):17-19.
 HUANG Zhen-yu, CHEN Le, SUN Zhen-long, et al. Research on low nitrogen combustion using low volatile coal [J]. Power System Engineering,2012,28(6):17-19.
- [5] 沈跃良,陈如森,李季梅,等. 300 MW 机组贫煤锅炉改烧烟煤的研究和实践[J].南方电网技术,2009,3(B11):57-61.
 SHEN Yue-liang, CHEN Ru-sen, LI Ji-mei, et al. Study and actual-ization of burning bituminous coal in lean coal-fired boiler of 300 MW unit [J]. China Southern Power Grid Technology, 2009 (B11):57-61.
- [6] 全文涛,韩 丰.1 025 t/h 贫煤锅炉改烧烟煤的技术应用及节 能减排效果[J].华东电力,2011,39(2): 307 - 309.
 QUAN Wen-tao, HAN Feng. Technology application of burning bituminous coal in lean coal-fired 1 025 t/h boiler and its effect on energy saving and emission reduction [J]. East China Electric Power,2011,39(2): 307 - 309.
- [7] Smoot L D, Smith P J, Coal combustion and gasification [M]. Plenum Press: New York, 1989.
- [8] Pershing D W, Wendt J O L. Pulverized coal combustion: The influence of flame temperature and coal composition on thermal and fuel NO_x [C] //Symposium(International) on Combustion. Elsevier, 1977, 16(1): 389 – 399.

(丛 敏 编辑)

bustion characteristics, numerical simulation

带分流短叶片离心泵内流场分析 = Research on Inner Flow Field of Centrifugal Pump with Splitter Blades [刊,汉]XIA Mi-mi, LAI Xi-de, LUO Bao-jie, LI Jing-yue(School of Energy and Power Engineering, Xihua University, Chengdu, China, Post Code: 610039) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015, 30 (4). -598-604

Three different long blades of low-specific-speed centrifugal pump were chosen by performance characteristics contradistinction, and the different splitter blades were based on the prototype pump. The inner flow law was discovered due to the pressure and velocity distribution of flow field unsteady simulation of centrifugal pump with splitter blades. By the analysis of monitoring points of inner volute, the pressure pulsation time domain and frequency domain characteristics were acquired. The results showed that pressure and velocity distribution are improved, and the pressure pulsation amplitude in volute outlet and cut-water were obviously reduced. As the pump flow loss reduced, head and efficiency were also improved by 22.3% and 8.1%. The pump performance was best when the splitter blades inlet diameter is 0.65 D2, inlet bias angle was 5°, and outlet bias angle was 0°. **Key words**: centrifugal pump, splitter blades, performance, pressure pulsation

一种新型低 NO_x 燃烧技术在贫煤改烧烟煤中的应用 = Application of a New Low-NO_x Combustion Technology for a 330 MW Lean-coal Utility Boiler Burning a Bituminous Coal [刊,汉] WANG Hua-jian, ZHOU Hong-guang, DENG Ling-hui (Xi 'an Thermal Power Research Institute Co., Ltd., Xi 'an, Shanxi, China, Post Code: 710032), FANG Qing-yan (State Key Laboratory of Coal Combustion, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, China, Post Code: 430074) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015, 30(4). -605 - 610

A 330 MW tangential lean-coal boiler with middle-storage coal-milling system for burning a bituminous coal was transformed technologically. By making fully use of the characteristics of the coal pulverizing, coal transporting and combustion systems, a new integrated and extensive coal-adaptability low-NO_{χ} combustion system is designed. The low-primary-air-ratio combustion is conducted with a coal pulverizing system using flue gas drying and with a coal transporting system combining tertiary and hot air. In addition, combining separated over fire air and high-speed over fire air from a spare part of high pressure primary air, the deep-air-staging combustion is carried out. After retro-

fit, the boiler can burn high-volatile bituminous coals with the normal operational parameters. The NO_x emission decreased by 60% with about 210 mg/Nm³ at full load, and the boiler efficiency increased by 1% than before. **Key words**: lean-coal boiler, low nitrogen combustion retrofit, coal adaptability

辐射管对火筒温度均匀性的影响 = Effects of Temperature Uniformity of Radiant Tube on Firebox [刊,汉] LV hao, XU Hong-tao(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, China, Post Code: 200093), Shan Tian-yu (Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, China, Post Code: 163319), LIAO Xiao-wei, (China Special Equipment Inspection and Research Institute, Beijing, China, Post Code: 100013) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015, 30(4). -611-616

In order to study the effect of the radiant tube and the influence of combustion power on temperature uniformity of the firebox, an experiment was set up with a forced air blast burner to obtain the temperature variation of the firebox before and after installing a radiant tube in the heater. Based on the Heater in Daqing Oilfield, this experiment was carried out by comparing the temperature variations before and after the radiant tube installation and at different powers. Results illustrate that after installing the radiant tube, the highest temperature difference of the firebox will drop to 49% at 400 kW and 48% at 700 kW respectively. And the temperature uniformity of the firebox is obviously better than before, which decreased the risk of burning loss of the firebox greatly. The temperature of the firebox increases with the increasing powers, and the distribution trend of the temperature is consistent. **Key words**: : fire tube type heater, radiant tube, experimental test, temperature uniformity

双轴跟踪槽式太阳能集热器实验研究 = An Experimental Study on A Two-Axis Sun-track Parabolic Trough Collector [刊,汉] QIAN Yu, ZHU Yue-zhao, WANG Yin-feng, CHEN Hai-jun(School of Mechanical and Power Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing, China, Post Code: 211816) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2015, 30(4). - 617 - 622

A two-axis sun-track PTC (parabolic trough collector) with a concentration ratio of 24 was set up, which integrated a two-axis sun-track PTC with domestic parabolic trough receiver. Thermal performance of this PTC was experimentally tested at different heat transfer fluid flow rates. In advance, the Normalized efficiency and energy efficiency were analyzed. The results show that, thermal efficiency of this two-axis tracking collector is 40% ~80%; and the thermal efficiency decreases slightly with the increase of flow rate. In addition, the linear of normalized efficiency is