

# Study on Lignite-Blended Burning Technology in the 1025t/h Bituminous Boiler

Jinfeng MA<sup>1</sup>, Jingxing WU<sup>2</sup>, Tianshu ZHOU<sup>2</sup>, Jie LENG<sup>2</sup>, Chong JIANG<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shenyang Engineering Institute, Shenyang, China

<sup>2</sup>Northeast Electric Power Research Institute Co., Ltd., Shenyang, China

Email: [majf69@yahoo.com.cn](mailto:majf69@yahoo.com.cn)

**Abstract:** Due to a serious shortage of the coal in Tonghua, a retrofit solution of mixing warm flue gas extracted from reversing chamber into the coal pulverizing system and cold air into the hot air coal pulverizing system is proposed so as to reduce oxygen content. At the end of the pulverizing system and medium temperature of the conveying system, dual-channel combustion burner is transformed into horizontal bias combustion burner. The measurement results show that 50% ratio of lignite blended in the 1025t/h bituminous boiler is feasibility. It is also an important technology to reduce NO<sub>x</sub> pollutant emission.

**Keywords:** coal pulverizing system, blended coal burning, lignite, warm flue gas, explosion prevention, drying capacity

## 1. 引言

為拓寬燃煤範圍，國內許多研究單位開展了燃煤摻燒的研究工作<sup>[1-3]</sup>。為實現在中儲式制粉系統烟煤鍋爐中大比例摻燒褐煤，文獻[4,5]采用在鍋爐轉向室抽取中溫爐烟摻入制粉系統的改造技術，在200MW機組烟煤鍋爐上成功實現了大比例摻燒褐煤。

目前通化地區煤源供應嚴重不足，渾江發電責任有限公司2×1025t/h機組鍋爐原設計煤種屬於劣質烟煤，揮發分和熱值均較低，如果直接摻燒褐煤，制粉系統爆炸和燃燒器燒損問題最為突出。為最大限度摻燒褐煤，本文採取在轉向室抽吸中溫爐烟摻入制粉系統、熱風送粉系統中加入調溫風的改造方案，以降低制粉系統末端氧量以及送粉系統介質的溫度，提高制粉系統防爆和幹燥能力；將雙通道煤粉燃燒器改造為水平濃淡燃燒器，保護燃燒器不被燒損，并進行了改造試驗研究。

## 2. 設備概況

渾江發電責任有限公司1號鍋爐為亞臨界壓力自然循環固態排渣爐，型號為SG-1025/17.5-M889。采用中儲式熱風送粉制粉系統，配置4臺鋼球磨煤機。采用四角切圓燃燒方式，雙通道煤粉燃燒器布置有4層，其中3層設有大油槍。

爐膛寬度為12800mm，深度為11890mm，爐頂管中心線標高58000mm。過熱器由包牆過熱器、低溫過熱器、分隔屏、後屏及高溫過熱器組成。再熱器由低溫再熱器和高溫再熱器組成。後烟井為并聯雙烟道，後烟井前部為低溫再熱器烟道，後烟井後部為低溫過熱器烟道。在低溫再熱器和低溫過熱器的烟道下方布置有省煤器受熱面。尾部豎井烟道中交錯布置着上級省煤器、上級空氣預熱器、下級省煤器和下級空氣預熱器。過熱蒸汽調溫采用Ⅰ、Ⅱ級噴水減溫方式，再熱器的調溫采用烟氣擋板調溫方式。

## 3. 改造方案

### 3.1 制粉系統改造方案

在中儲式制粉系統中增加中溫爐烟系統，送粉系統中加入由送風機出口引入的冷風作為調溫風，如圖1所示。中溫爐煙管分左右2路引至爐前，再分2路進入4臺磨煤機，管材為12Cr1MoV。

根據相關試驗結果，當制粉系統末端終端氧量低於16%時，任何條件下霍林河褐煤都不發生爆炸。煤粉水分的選取直接影響制粉系統幹燥能力，參考其它電廠摻燒褐煤的試驗數據，將煤粉水分選取為6%，送粉系統計算時選取為5%。設計煤質與摻燒50%褐煤的混配煤質特性示于表1，中溫爐烟系統及送粉系

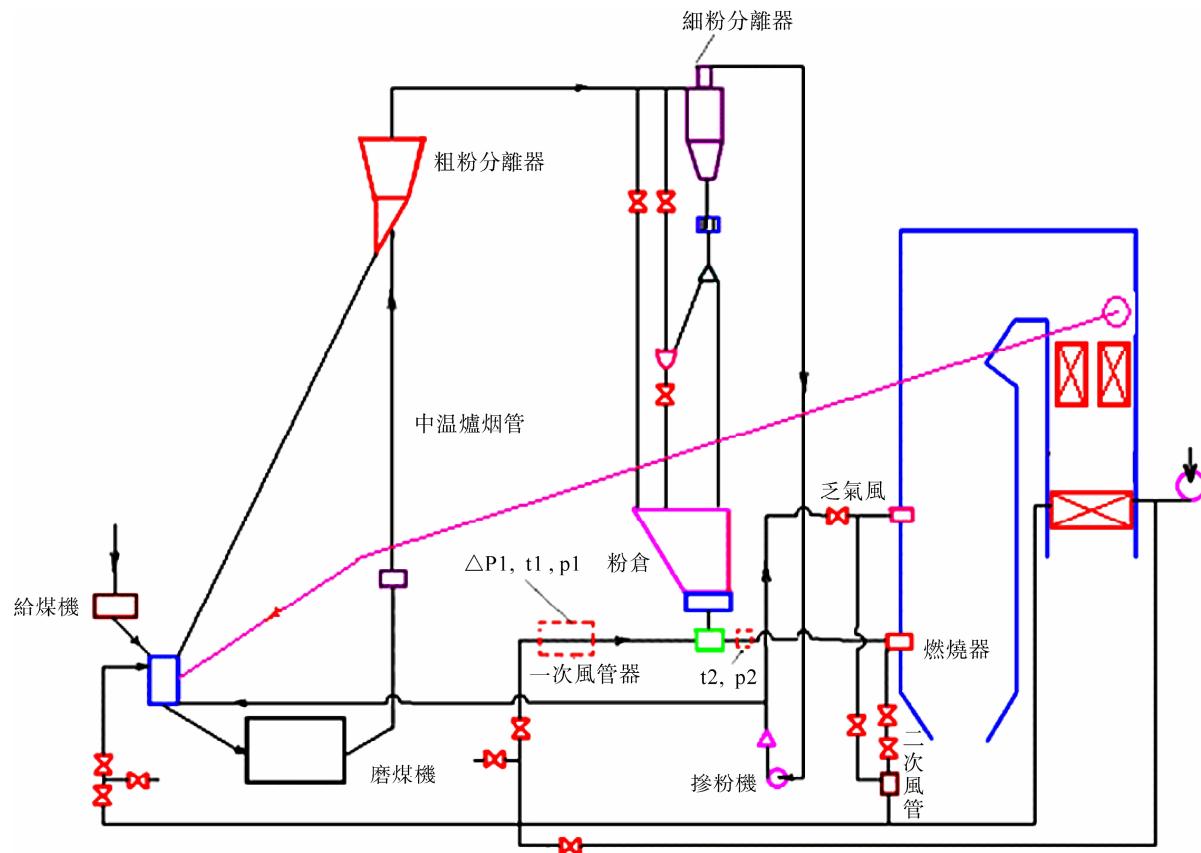


圖1. 中溫爐烟系統示意圖

Figure 1. Piping arrangement diagram of warm flue gas system

表1. 煤質主要特性表  
Table 1. main characteristics of the coal

名稱	設 設 計 烟 煤	霍林河 褐 煤	混 配 煤 種
C <sub>af</sub> /%	43.38	35.75	39.67
H <sub>af</sub> /%	2.49	2.63	2.6
O <sub>af</sub> /%	5.3	9.67	7.76
N <sub>af</sub> /%	0.7	0.71	0.71
S <sub>af</sub> /%	0.41	0.34	0.37
M <sub>af</sub> /%	6.02	29.29	17.66
A <sub>af</sub> /%	41.7	21.61	31.23
V <sub>daf</sub> /%	27.38	45.9	38.91
Q <sub>ar,net</sub> /kg · kg <sup>-1</sup>	16200	12780	14530

統部分理論計算結果示于表 2，鍋爐熱力計算部分結果示于表 3。

由表 3 計算結果可知，在 BMCR 條件下鍋爐計算效率將會降低 2.24%。而在實際運行時，制粉系統滿

負荷下通常祇採用 2~3 套運行，很少採用 4 套同時運行，這樣送粉系統所用冷風量會減少；摻燒褐煤後混煤燃盡率將會提高，機械未完全燃燒損失將會減少，實際運行中鍋爐效率將會進一步提高。

表 2. 中溫爐烟系統及送粉系統計算結果  
Table 2. Calculation results of warm flue gas system and conveying system

名稱	計算結果
烟煤、褐煤比例	1:1
煤粉細度( $R_{90}$ )/ %	16
抽取點過量空氣系數	1.27
一次風率/ %	23
空氣幹燥基水分/ %	5
煤粉水分/ %	5
實際燃料消耗量/ $t \cdot h^{-1}$	205
理論幹空氣量/ $Nm^3 \cdot h^{-1}$	3.97
磨煤機最佳通風量/ $m^3 \cdot h^{-1}$	145779
中溫爐烟占總煙氣量的質量分額/ %	5.4
制粉系統末端氧容積份額/ %	13.9
系統阻力/ Pa	659
送粉系統氣粉混合物溫度/ °C	90

表 3. 热力計算結果  
Table 3. Thermal calculation results

項 目	四臺磨投運	四臺磨投運	磨煤機全停	三臺磨投運
	設計煤種 BMCR	摻燒 50% 褐煤 BMCR	摻燒 50% 褐煤 BMCR	摻燒 50% 褐煤 ECR
空氣預熱器入口烟氣量/ $t \cdot h^{-1}$	1339.2	1451.5	1406.3	1312.4
排烟溫度 (未修正) / °C	149	180	141	171
排烟溫度 (修正) / °C	139	171	133	161
低溫過熱器進口烟溫/ °C	648	660	652	643
鍋爐熱效率/ %	90.80	88.56	90.96	89.08
計算燃料量/ $t \cdot h^{-1}$	178.5	202.5	196.2	183.1
實際燃料量/ $t \cdot h^{-1}$	182.9	207.5	201.0	187.6

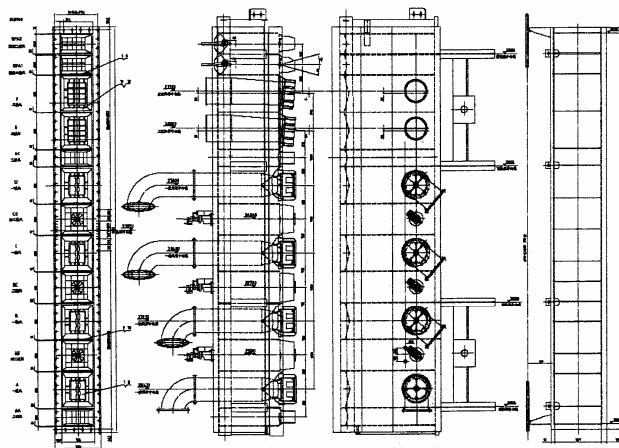


圖 2. 煤粉燃燒設備示意圖  
Figure 2. Diagram of combustion burner

### 3.2. 燃燒器改造方案

燃燒器原設計采用大速差雙通道煤粉燃燒器，一次風噴口布置相對集中。摻燒褐煤的混配煤質着火性能和燃盡性能提高，同時結焦傾向也增加，因此將燃燒器改為均等配風布置。燃燒器四角的安裝角度不變，燃燒器水冷套不變，燃燒器各層風室重新分配（調整風室高度），調整全部一、三次風標高，調整二層剛性梁標高等。同時改變設計參數，如提高一次風率和風速等。燃燒設備示意圖如圖2所示。

該燃燒器設計特點如下：

(1) 采用中溫爐烟+熱風+冷風+再循環送粉系統。

(2) 一次風設計採用成熟的WR水平濃淡燃燒器。一次風噴嘴中裝有V型鈍體，在V型鈍體前方形成穩定的回流區卷吸高溫煙氣，起到穩燃作用。燃燒器的一次風噴嘴採用均等布置，三次風噴嘴集中布置。

(3) 二次風設計按“加強混合，分級燃燒”的原則進行，既有利于着火、穩燃和燃盡，又減少 NO<sub>x</sub> 的生成量。在燃燒器頂部設置 2 層燃燒風，為手動擺動噴嘴，其餘噴嘴均為固定噴嘴。射流旋轉方向與其餘的一、二次風射流旋轉方向相反，以減少鍋爐水平烟道左右兩側的烟溫偏差。

### 4. 中溫爐烟系統投運試驗

#### 4.1. 抽熱爐烟試驗結果

為驗證本次改造的實際效果，現場設備安裝完成後，進行了磨煤機額定出力下抽吸中溫爐烟試驗。試驗過程中爐煙調節擋板保持全開，通過改變磨煤機入口負壓調整中溫爐煙量以及制粉系統末端氧量。磨煤機入口負壓與制粉系統末端含氧量、抽取煙氣量的關係曲線如圖3、圖4所示。

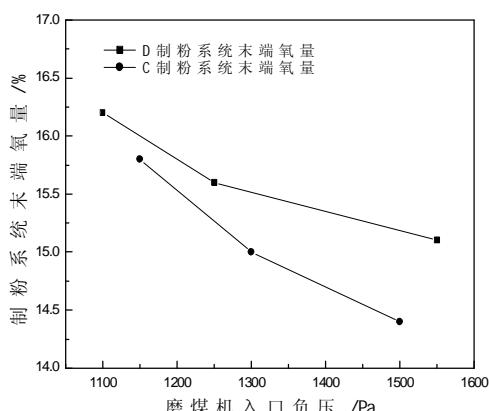


圖 3. 磨煤機入口壓力與制粉系統末端含氧量關係圖  
Figure 3. Interrelation between oxygen content at the end

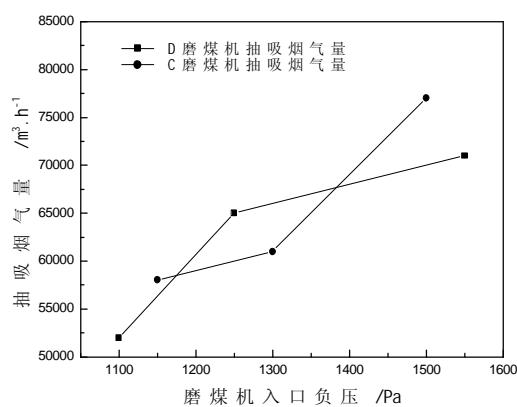


圖 4. 磨煤機入口壓力與抽取煙氣量關係圖  
Figure 4. Interrelation between flue gas flow rate

**表 4. NO<sub>x</sub> 排放量測試結果**  
**Table 4. The NO<sub>x</sub> emissions results**

名稱	測試數據			
	33%比例褐煤		50%比例褐煤	
	不投運	投運	不投運	投運
機組負荷/MW	209	211	213	211
空氣預熱器出口烟氣含氧量/%	6.5	6.2	6.8	6.5
空氣預熱器出口 NO <sub>x</sub> 的體積濃度/ppm	199.4	183	227	195.3
折算後的預熱器出口 NO <sub>x</sub> 的體積濃度/ ppm	205.6	186	239.8	202.2
空氣預熱器出口 NO <sub>x</sub> 的質量濃度/mg · Nm <sup>-3</sup>	421.5	381.2	491.6	414.5
降低幅度/%		9.6		15.7
中溫爐烟再循環率/%		6		7

圖 3 的試驗數據表明，制粉系統末端含氧量隨着磨煤機入口負壓的增加呈現遞減趨勢。C、D 兩套制粉系統正常運行時入口負壓經常保持在 1300Pa 左右，末端含氧量低於 16%，滿足了制粉系統的防爆要求。圖 4 的試驗數據表明，隨着磨煤機入口負壓的提高，抽取的中溫爐煙量逐漸增加，磨煤機出口溫度升高，制粉系統幹燥出力增強，三個試驗工況下磨煤機出口溫度均能控制在 60℃以上。可見，改造後鍋爐的防爆和幹燥能力提高。

#### 4.2. 低 NO<sub>x</sub> 排放試驗結果

燃煤電站低 NO<sub>x</sub> 排放技術主要包括空氣分級燃燒技術、燃料再燃燒技術、烟氣再循環以及烟氣處理 SNCR 和 SCR 方法<sup>[6-10]</sup>。在鍋爐轉向室抽取中溫爐煙摻入制粉系統實現了烟氣再循環利用，將雙通道煤粉燃燒器改造為水平濃淡燃燒器實現了分級燃燒。

本文在渾江發電責任有限公司 1 號鍋爐上進行了改造後 NO<sub>x</sub> 排放試驗，測點設在空氣預熱器出口處。表 4 為摻燒 33% 和 50% 比例褐煤時 NO<sub>x</sub> 排放測試結果。

表 4 中的測試結果表明，改造後 NO<sub>x</sub> 排放質量濃度均低於文獻[11]中第 3 時段規定的最高允許排放質量濃度 (450 mg · Nm<sup>-3</sup>)。鍋爐摻燒 33% 比例褐煤、兩套中溫爐煙系統投運前後 NO<sub>x</sub> 排放質量濃度分別為 421.5 mg · Nm<sup>-3</sup> 和 381.2 mg · Nm<sup>-3</sup>，後者比前者降低了 9.6%。鍋爐摻燒 50% 比例褐煤、兩套中溫爐煙系統投運前後 NO<sub>x</sub> 排放質量濃度分別為 491.6 mg · Nm<sup>-3</sup> 和 414.5 mg · Nm<sup>-3</sup>，後者比前者降低了 15.7%。這是由於摻燒褐煤後，由於混煤水分增加，爐膛火焰溫度有所

降低，減少了熱力型 NO<sub>x</sub> 的生成；中溫爐煙作為一次風進入燃燒器區域後，降低了燃燒器區域的氧氣濃度，抑制煤粉燃燒中燃料型 NO<sub>x</sub> 的形成。同時，雙通道煤粉燃燒器改造為水平濃淡燃燒器，進一步減少了燃料型 NO<sub>x</sub> 的形成，從而減輕了對大氣環境的污染。

#### 5. 結論

(1) 在鍋爐轉向室抽取中溫爐煙摻入制粉系統、在送粉系統加入冷風作為調溫風的改造技術，增強了 1025t/h 鍋爐中儲式制粉系統的防爆能力和幹燥能力；雙通道煤粉燃燒器改造為水平濃淡燃燒器，解決了燃燒器燒損問題，達到了劣質烟煤鍋爐中大比例摻燒褐煤的預期目標。

(2) 由於水平濃淡燃燒技術與烟氣再循環利用的雙重影響，降低了 NO<sub>x</sub> 的排放量，因此中儲式制粉系統烟煤鍋爐摻燒褐煤的改造技術同樣是一種重要的減排技術。

#### REFERENCES

- [1] J. W. Shu, F. B. Meng, Q. L. Huang, et al., "The calculation and selection of drying agents in connection with the change of fuel for a boiler from brown coal to bituminous coal," Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, Vol. 7, pp. 453–456, 2001.
- [2] J. Guo, R. Jiang, and H. C. Zeng, "Formation of NO<sub>x</sub> during blended coals combustion process and its computer simulation," Power System Engineering, Vol. 10, No. 2, pp. 55–60, 1999.
- [3] Y. H. Li, H. W. Chen, J. Z. Liu, et al., "Numerical simulation of blending coals combustion of 800 MW boiler,"

- Proceedings of the CSEE, Vol. 22, No. 6, pp. 101–104, 2002.
- [4] J. X. Wu, H. G. Chen, J. F. Ma, *et al.*, “Feasibility study on the hot flue gas mixture in coal pulverizing system of 200MW boiler,” Electric Power, Vol. 39, No. 3, pp. 22–25, 2006.
- [5] J. F. Ma, J. X. Wu, T. S. Zhou, *et al.*, “Study on lignite blended burning technology in the bin and feeder coal pulverizing system,” Journal of Power Engineering, Vol. 28, No. 1, pp. 14–18, 2008.
- [6] S. Miyamae, T. Kiga, H. Ikebe, K. Makino, *et al.*, “Low NO<sub>x</sub> pulverized coal combustion technology for large utility thermal power plant,” Coal Combustion Science and Technology of Industrial and Utility Application, Hemisphere Publishing Corporation, New York, 1988.
- [7] M. Berg and H. Bering, “Development of a low-NO<sub>x</sub> burner for pulverized-coal combustion and retrofitting of a full-scale power plant boiler,” Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposia on Coal Combustion, China Machine Press, Beijing, 1991.
- [8] E. Troconi, L. Lietti, P. Forzatti, *et al.*, “Experimental and theoretical investigation of the dynamics of the SCR-DeNO<sub>x</sub> reaction,” Chemistry Science, Vol. 51, No. 11, pp. 2965–2970, 1996.
- [9] C. G. Yin, S. Cailat, and J. Harion, “Investigation of flow, combustion, heat-transfer and emission from a 609MW utility tangentially fired pulverized-coal boiler,” Fuel, Vol. 81, No. 8, pp. 997–1006, 2002.
- [10] M. Falcite, S. Pasini, and L. Tognotti, “Modeling paractical combustion systems and predicting NO<sub>x</sub> emission with an integrated CFD based approach,” Computers and Chemical Engineering, Vol. 26, No. 9, pp. 1171–1183, 2002.
- [11] Fossil-fuel Power Plant New Atmospheric Pollutant Emission Standard, GB13223-2003, Electric Power Press, Beijing, China, 2003.