

PHÂN TÍCH TÍNH KINH TẾ KHI TẬN DỤNG KHÓI THẢI ĐỂ SẤY THAN TRƯỚC KHI ĐỐT THAN NON

ECONOMIC ANALYSIS WHEN USE OF SMOKE WASTE TO DRY COAL BEFORE BURNING COAL

Hoàng Thành Đạt

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng

TÓM TẮT

Ngày nay, điện năng từ các nhà máy nhiệt điện vẫn đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp điện năng cho sự phát triển kinh tế – xã hội và đời sống, nhiên liệu hóa thạch được sử dụng chủ yếu là than đá cho các lò hơi trong các nhà máy nhiệt điện. Nguồn nhiên liệu hóa thạch này ngày càng cạn kiệt vì vậy dùng tiết kiệm cần được quan tâm hàng đầu. Việc tiết kiệm năng lượng được thực hiện nhiều cách, trong đó cách tận dụng khói thải để sấy than trước khi đốt nhằm nâng cao hiệu suất của lò hơi, hiệu suất phát điện tiết kiệm được lượng than tiêu thụ góp phần bảo tồn được nguồn nhiên liệu hóa thạch và bảo vệ môi trường.

Từ khóa: *Sử dụng khí thải lò hơi; Than non; Hệ thống nhiệt; Hiệu suất nhiệt.*

ABSTRACT

Today, electricity from thermal power plants still plays an important role in providing electricity for socio-economic development and life, boilers in thermal power plants. This fossil fuel source is increasingly depleted, so saving needs to be a top concern. The energy saving is done in many ways, in which the way of taking advantage of exhaust fumes to dry coal before burning it to improve the efficiency of the boiler, power generation efficiency, save the amount of coal consumed, contribute to the conservation of fossil fuels and the conservation of fossil fuels, environmental protection.

Keywords: *Boiler flue gas pre-drying; Lignite; Thermal system; Thermal efficiency.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Than non là loại than có độ ẩm và hàm lượng tro cao, nhiệt trị thấp, hàm lượng chất bốc cao, hàm lượng cacbon chiếm khoảng 40-

50%, độ ẩm khoảng 20-50%, hàm lượng tro từ 6-50% [1]. Than non có độ ẩm cao và nhiệt trị thấp, do đó lượng khí thải của nồi hơi than non đốt trực tiếp cao hơn so với than khác, nồi hơi cồng kềnh và đắt tiền, tiêu thụ điện năng của

quạt và máy nghiền than cao hơn nhiều so với nồi hơi đốt than khác. Ngoài ra, hiệu suất của lò hơi đốt than non thấp, hiệu suất nhiệt của các nhà máy nhiệt điện đốt than non trực tiếp thấp, tuy nhiên, do nguồn cung cấp than ngày càng khan hiếm nên ngày càng nhiều nhà máy nhiệt điện bắt đầu đốt than non. Vì vậy, làm thế nào để nâng cao hiệu suất nhiệt của các nhà máy điện đốt than non trực tiếp là một vấn đề cấp bách cần giải quyết. Để nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của than non, nhiều nhà máy nhiệt điện áp dụng phương pháp trộn than, nếu trữ lượng than trong nhà máy điện đáp ứng yêu cầu trộn than, hiệu quả sử dụng than non có thể đạt được thông qua việc tối ưu hóa tỷ lệ [2-4]. Hiện nay, các học giả trong nước và trên thế giới tập trung vào việc lựa chọn tỷ lệ trộn than [5-6], đặc tính cháy của than trộn [7-12]. Nghiên cứu sâu rộng đã được thực hiện. Tuy nhiên, việc cải thiện hiệu quả sử dụng than non thông qua công nghệ trộn than là tương đối thụ động và hiệu quả của nó bị ảnh hưởng bởi loại than của nhà máy nhiệt điện.

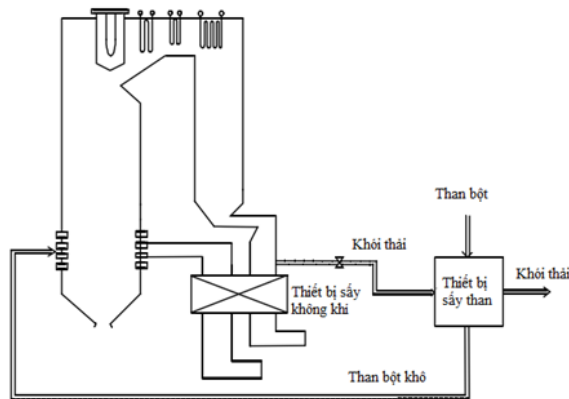
Than non được sấy khô trước khi đưa vào lò hơi để giảm độ ẩm, điều này có thể làm giảm tốc độ tiêu thụ điện năng của nhà máy điện đốt than non và cải thiện hiệu suất của nhà máy điện đốt than non. Các phương pháp sấy than non phổ biến bao gồm sấy khí thải thùng quay, sấy tầng sôi... Sấy khí thải thùng quay là phương pháp sấy than non sớm nhất, nghiên cứu của các học giả nước ngoài về sấy khí thải thùng quay chủ yếu tập trung vào đặc tính khí động và nhiệt của quá trình sấy [13-14] và phương pháp thiết kế máy sấy thùng quay [15]. Phân tích tác động của sấy sơ bộ đến hiệu quả kinh tế nhiệt của các nhà máy nhiệt điện chủ yếu áp dụng phương pháp mô phỏng máy tính [16]. Trong những năm gần đây, các học giả Trung Quốc đã tiến hành nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về đặc tính sấy của than

non [17-19] và những thay đổi kinh tế của các nhà máy nhiệt điện sau khi sấy sơ bộ than non [20-21]. Tuy nhiên, nghiên cứu của các học giả trong và ngoài nước về cơ bản chỉ tập trung vào ảnh hưởng của sự thay đổi chất lượng than sau sấy hoặc sấy sơ bộ đến hiệu suất nhiệt của nhà máy nhiệt điện, mà thiếu hiệu suất nhiệt của toàn bộ nhà máy sau khi ghép máy sấy thùng quay trong lò đốt than non. Vì lý do này, bài báo này thiết lập một mô hình phân tích lý thuyết tiết kiệm nhiệt của hệ thống phát điện đốt than non khi dùng khói thải để sấy.

2. HỆ THỐNG TẬN DỤNG KHÓI THẢI LÒ HƠI ĐỂ SẤY THAN TRƯỚC KHI ĐỐT

Hệ thống tận dụng khói thải lò hơi để sấy than sử dụng sấy thùng quay là máy sấy tiếp xúc trực tiếp như trong Hình 1. Than thô được đưa đến máy sấy thùng quay thông qua bộ cấp than, trong máy sấy, hơi ẩm trong than dần dần bay hơi và di chuyển đến đầu ra của máy sấy, cuối cùng trở thành than đã sấy khô và được thải ra từ đuôi máy sấy. Nhiệt được giải phóng trong máy sấy và mang theo hơi ẩm cuối cùng thoát ra khỏi đuôi máy sấy.

Hệ thống tận dụng khói thải lò hơi để sấy than sử dụng sấy thùng quay, bổ sung một máy sấy thùng quay vào nhà máy nhiệt điện đốt than trực tiếp. Nguyên tắc được thể hiện trong Hình 2. Hệ thống tận dụng khói thải lò hơi để sấy than sử dụng sấy thùng quay, than được sấy sơ bộ được đưa vào lò hơi để đốt, khói thải nóng được sử dụng trong máy sấy là khói thải lò hơi, nhiệt độ của nó là 750°C ; khí đuôi của máy sấy là 120°C . Sau khi than non được làm khô trước, độ ẩm của nó giảm và mật độ năng lượng của nó tăng lên; do đó, hiệu quả của lò hơi được cải thiện, đồng thời, mức tiêu thụ điện năng của máy nghiền than và quạt lò hơi giảm, do đó cải thiện hiệu quả của hệ thống phát điện. 



Hình 1. Mô hình lò hơi dùng khói thải để sấy than trước khi đốt

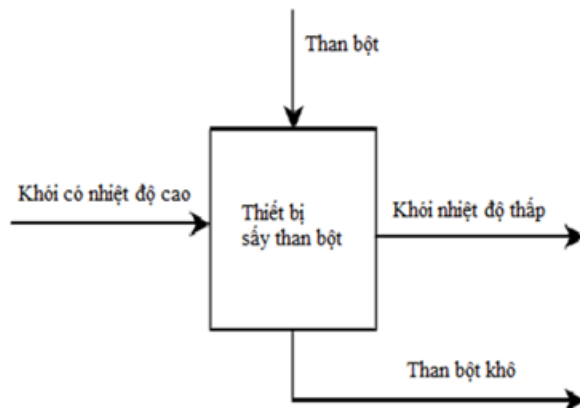
3. MÔ HÌNH PHÂN TÍCH LÝ THUYẾT VỀ TÍNH KINH TẾ NHIỆT

3.1. Cơ sở thiết lập mô hình phân tích lý thuyết

Hệ thống tận dụng khói thải của lò và dùng hệ thống sấy thùng quay để sấy than trước khi đốt, than được sấy khô nhờ năng lượng của khí thải lò hơi, độ ẩm trong đó giảm và nhiệt trị ở mức thấp tăng lên, dẫn đến tăng hiệu suất nồi hơi. Phân tích lý thuyết về tính kinh tế nhiệt của hệ thống là một vấn đề kết hợp giữa thay đổi hiệu suất lò hơi và tiêu thụ năng lượng của máy sấy. Để thuận tiện cho việc phân tích lý thuyết, các giả định cơ bản sau đây được đưa ra đối với hệ thống phát điện đốt trực tiếp than và hệ thống tận dụng khói thải để sấy than trước khi đốt: 1) Phụ tải của tuabin hơi trong hai hệ thống là như nhau, nghĩa là, hiệu quả sử dụng nhiệt từ nồi hơi vào tuabin hơi không thay đổi; 2) Ngoại trừ tổn thất nhiệt của khí thải, tổn thất nhiệt của các nồi hơi trong toàn hệ thống là như nhau. Đồng thời, bài báo này chỉ xem xét tác động của việc tận dụng khói thải để sấy than trước khi đốt đến hiệu suất phát điện của hệ thống và sự thay đổi của suất tiêu thụ điện của nhà máy tạm thời chưa được xem xét.

3.2. Mô hình phân tích lý thuyết

3.2.1. Mô hình sấy lý thuyết



Hình 2. Mô hình hệ thống sấy than bột

Mô hình thiết bị sấy than được thể hiện ở hình 2, lượng nhiệt do than bột hấp thu sẽ bằng lượng nhiệt do khói nóng tỏa ra được tính theo phương trình cân bằng nhiệt sau:

$$m_{yq} c_{py} (t_{d0} - t_d) \eta_d = B_l m (h_{dw} - h_{w0}) + B_l m (1 - m) (h_{cl} - h_{c0}) \quad (1)$$

Trong đó:

- m_{yq} : lưu lượng khối vào thiết bị sấy, kg/s;
- c_{py} : nhiệt dung riêng của khối, kJ/kg.K;
- t_{d0}, t_d : nhiệt độ vào và ra của khối, °C;
- η_d : hiệu suất của thiết bị sấy;
- B_l : lượng nhiên liệu của lò hơi vào thiết bị sấy, kg/s;
- h_{dw} : entanpi khối thải ra khỏi thiết bị, kJ/kg;
- h_{w0} : entanpi của than bột vào, kJ/kg;
- h_{cl} : entanpi than ra khỏi thiết bị sấy, kJ/kg;
- m : độ ẩm của than;
- h_{c0} : entanpi của than vào thiết bị sấy, kJ/kg.

$$m_{yq} = \frac{B_l m (h_{dw} - h_{w0}) + B_l m (1 - m) (h_{cl} - h_{c0})}{c_{py} (t_{d0} - t_d) \eta_d} \quad (2)$$

Như vậy, lượng nhiệt tổn thất cho thiết bị sấy bao gồm hai phần: khói thải và tổn thất.

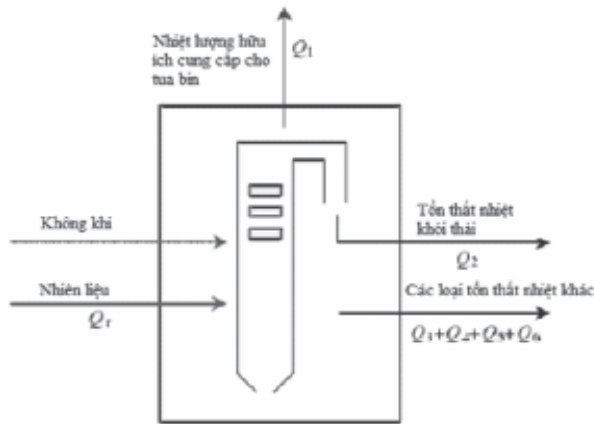
$$Q_d = (m_{yq} + B_1 m) c_{pd} (t_d - t_0) + m_{yq} c_{py} (t_{d0} - t_d) (1 - \eta_d) \quad (3)$$

Trong đó:

c_{pd} : nhiệt dung riêng khối thải ra khỏi thiết bị sấy, kJ/kg.K;

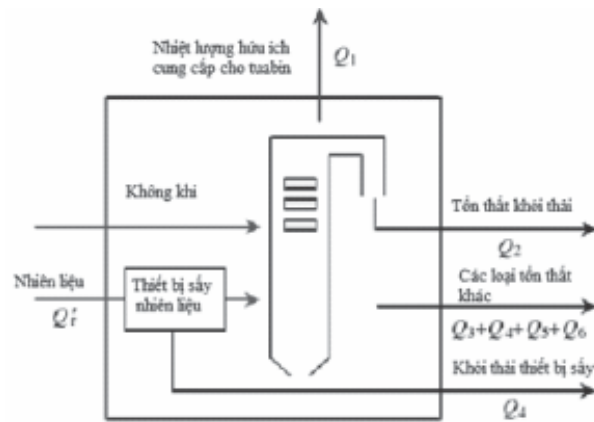
t_0 : nhiệt độ môi trường, °C.

3.2.2. Phân tích về nhiệt đối với mô hình lò hơi



Hình 3. Nhiên liệu trực tiếp đưa vào lò

Cân bằng nhiệt giữa lượng nhiên liệu cấp vào lò với lượng nhiệt hữu ích cung cấp cho tua bin và các tổn thất. Giả định là chỉ có lượng nhiệt cấp vào thay đổi, lượng than khi sấy khô thay đổi sẽ ảnh hưởng đến lợi ích của nhiệt lượng.



Hình 4. Nhiên liệu được sấy khô trước khi đưa vào lò

Đối với việc cấp trực tiếp cho lò hơi, cân bằng nhiệt của lò hơi như sau:

$$Q_r = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (4)$$

Trong đó:

Q_r : lượng nhiệt cung cấp vào lò khi chưa sấy than, kW;

Q_1 : lượng nhiệt hữu ích để cấp cho tua bin, kW;

Q_2 : lượng nhiệt tổn thất do khói thải, kW;

Q_3 : lượng nhiệt tổn thất do cháy không hoàn toàn về hóa học, kW;

Q_4 : lượng nhiệt tổn thất do cháy không hoàn toàn về cơ học, kW;

Q_5 : lượng nhiệt tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh, kW;

Q_6 : lượng nhiệt tổn thất do thải xỉ, kW.

Lượng nhiên liệu cấp trực tiếp cho lò hơi là:

$$Q_r = B_0 Q_{net} \quad (5)$$

Trong đó:

Q_{net} : nhiệt trị thấp của nhiên liệu, kJ/kg.

Khi dùng khối nóng sấy than cho hệ thống, hệ thống có tổn thất nhiệt do khói thải và do thiết bị sấy than. Căn bản là tổn thất nhiệt không đổi, vì vậy cân bằng nhiệt của lò hơi có quan hệ như sau:

$$Q_r' = Q_1 + Q_2' + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_d \quad (6)$$

Q_r' : nhiệt lượng cấp vào lò khi hệ thống sử dụng thiết bị sấy than, kW;

Q_2' : tổn thất nhiệt của khói khi hệ thống sử dụng thiết bị sấy than, kW.

$$Q_r' = B_1 Q_{net} \quad (7)$$



Trong đó:

B_1 : nhiên liệu tiêu hao cho khi hệ thống sử dụng thiết bị sấy than kg/s.

$$Q_2 = (L - m_{yq})c_{p2}(t'_{py} - t_0) \quad (8)$$

Trong đó:

L : lưu lượng khối, kg/s;

c_{p2} : nhiệt dung riêng của khối thải,

kJ/kg.K;

t'_{py} : nhiệt độ khối thải ở thiết bị sấy, °C.

Tận dụng lượng nhiệt của khối để sấy than, ta có phương trình cân bằng nhiệt như sau:

$$B_1 Q_{net} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_d \quad (9)$$

Như vậy, khi dùng khối thải sấy than thì lượng nhiệt cấp vào lò biến đổi:

$$\Delta Q_r = Q'_r - Q_r = (B_1 - B_0) Q_{net} = Q_d + Q_2 - Q_2 \quad (10)$$

Từ công thức (1) đến (10) tính được sự thay đổi lượng nhiệt cấp vào:

Đối với việc cấp nhiên liệu trực tiếp, hiệu suất phát điện của nhà máy được thể hiện:

$$\eta_c = \frac{W_c}{Q_r} \quad (11)$$

Trong đó:

W_c : công suất của phát điện của nhà máy, kW.

Đối với việc dùng khối thải sấy than, hiệu suất phát điện của nhà máy được thể hiện:

$$\eta'_c = \frac{W_c}{Q_r + \Delta Q_r} \quad (12)$$

Như vậy, so sánh sự thay đổi hiệu suất phát điện khi sử dụng khối thải sấy than và không sấy than:

$$\delta \eta_c = \frac{\eta'_c - \eta_c}{\eta_c} \times 100\% = \frac{\left(\frac{W_c}{Q_r + \Delta Q_r} - \frac{W_c}{Q_r} \right)}{\left(\frac{W_c}{Q_r + \Delta Q_r} \right)} \times 100\% \quad (13)$$

$$= - \frac{\Delta Q_r}{Q_r} \times 100\%$$

Từ công thức (13), ta nhận thấy là số âm cho thấy khi công suất phát điện không thay đổi thì lượng nhiệt cấp vào để phát điện giảm xuống. Như vậy, hiệu suất phát điện tăng lên.

Vậy, lượng tiêu hao nhiên liệu thay đổi là:

$$\Delta b = b \delta \eta_c \quad (14)$$

Trong đó:

b : là suất tiêu hao nhiên liệu khi không dùng khối sấy than, g/kW.h.

Từ công thức (1) đến công thức (14) cho ta thấy rằng, khi tận dụng khối nóng sấy khô than bột trước khi đốt sẽ kinh tế hơn trong việc phát điện.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đưa ra được các kết quả tính toán lý thuyết tính kinh tế khi nhà máy phát điện tận dụng khối thải để sấy than non trước khi đốt. Kết quả tính toán như sau:

1) Từ công thức (13), ta nhận thấy là số âm cho thấy khi công suất phát điện không thay đổi thì lượng nhiệt cấp vào để phát điện giảm xuống. Như vậy, hiệu suất phát điện tăng lên.

2) Lượng tiêu hao nhiên liệu cũng thay đổi một lượng là Δb .

3) Từ công thức (1) đến (14) cho ta thấy rằng, khi tận dụng khối nóng sấy khô than bột trước khi đốt sẽ kinh tế hơn trong việc phát điện.

Ngày nhận bài: 25/3/2023

Ngày phản biện: 27/4/2023

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng, trong đề tài có mã số: T2021-06-08.❖

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Che Defu, Zhuang Zhengning, Li Jun, et al.; Boiler [M]. 2nd Edition, Xian: Xi'an Jiaotong University Press, 2008, 65-66 (in Chinese).
- [2]. Feng Baoan, Chao Jianghui, Zhou Xiaodong, et al.; Role of blended coals for power plant and judgment of coal blending ratio [J]. Boiler Technology, 1997(4), 14-19 (in Chinese).
- [3]. Sun Yun, Wang Changan, Liu Jingyan, et al.; Research progress on blended coal combustion [J]. Power System Engineering, 2011, 24(2), 1-3 (in Chinese).
- [4]. Duan Xuenong, Zhu Guangming, Jiao Qingfeng, et al.; Research and practice of blended coal combustion technology in power plant boiler [J]. Electric Power, 2008, 41(6), 51-54 (in Chinese).
- [5]. Gao Hongge, Li Baiying; Mathematical model and its solution for steam coal blending [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2001, 30(6), 627-629 (in Chinese).
- [6]. Zhang Xiaoxuan, Huang Guohe, Xi Beidou, et al.; Inexact chance-constrained nonlinear programming method for coal blending in power plants [J]. Proceedings of the CSEE, 2009, 29(5), 11-15 (in Chinese).
- [7]. Nie Qihong, Sun Shaozeng, Li Zhengqi, et al.; Thermogravimetric analysis on the combustion characteristics of brown coal blends [J]. Journal of Combustion Science and Technology, 2001, 7(1), 72-76 (in Chinese).
- [8]. Li Yonghua, Li Songgeng, Feng Zhaoxing, et al.; Experimental study on the formation of NO_x of brown and brown blending coal combustion [J]. Proceedings of the CSEE, 2001, 21(8), 34-41 (in Chinese).
- [9]. Cheng Jun, Zhou Junhu, Liu Jianzhong, et al.; Dynamic sulfur emission derived from combustion of lignite blends [J]. Journal of China Coal Society, 2003, 28(4), 409-413 (in Chinese).
- [10]. Wang Chunbo, Li Yonghua, Chen Hongwei; Study on combustion characteristics of blended coals [J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(18), 97-103 (in Chinese).
- [11]. Zeng Lingda, Chen Qijuan, Xiong Jie, et al.; Thermogravimetric test on combustion characteristics of blend coal and type selection suggestions of 680 MW ultra-supercritical boiler [J]. Journal of Power Engineering, 2008, 28(5), 672-676 (in Chinese).
- [12]. Lu Dan, Huang Zhenyu, Xu Jianhua, et al.; Research on the ash fusion characteristic of blending coal based on systematic classification [J]. Proceedings of the CSEE, 2010, 30(8), 20-26 (in Chinese).
- [13]. Hatzilyberis K S. Androustopoulos G P.; An RTD study for the flow of lignite particles through a pilot rotary dryer: part I bare drum case [J]. Drying Technology, 1999, 17(4/5), 745-757.
- [14]. Hatzilyberis K S. Androustopoulos G P.; An RTD study for the flow of lignite particles through a pilot rotary dryer: part II flighted drum case [J]. Drying technology, 1999, 17(4/5), 759-774.
- [15]. Hatzilyberis K S. Androustopoulos G P. Salmas C E.; Indirect thermal drying of lignite: design aspects of a rotary dryer [J]. Drying technology, 2000, 18(9), 2009-2049.
- [16]. Kakaras E. Ahladas P, Symopoulos S.; Computer simulation studies for the integration of an external dryer into a Greek lignite-fired power plant [J]. Fuel, 2002, 81(5), 583-593.
- [17]. Wang Haifeng, Zhu Shuquan, Ren Hongxing, et al.; Drying characteristics research of tongliao lignite in fluidized bed drier [J]. Coal Preparation Technology, 2007, 4(4), 43-47 (in Chinese).
- [18]. Li Xianchun, Yu Jianglong, Hu Guangtao, et al.; Lignite dehydration and predrying technology [J]. Modern Chemical Industry, 2009, 29(S1), 5-7 (in Chinese).
- [19]. Zhao Weidong, Liu Jianzhong, Zhou Junhu, et al.; Investigation on the isothermal dewatering of brown coal by thermobalance [J]. Proceedings of the CSEE, 2009, 29(14), 74-79 (in Chinese).
- [20]. Yan Weiping, Ma Kai, Li Chunqi, et al.; Economical effect of lignite coal drying on coal-fired electric power plant [J]. Electric Power, 2010, 43(3), 35-37 (in Chinese).
- [21]. Yan Junjie, Liu Ming, Chong Daotong, et al.; Theoretical study on pre-dried lignite-fired power generation system [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2011, 45(5), 1-5 (in Chinese).
- [22]. Picon J. Mujumdar A S.; Drying of coal. In handbook of industrial drying, 3rd ed [M]. Florida: CRC Press, 2006: 993-1016.