

文章编号:0253-4339(2013) 05-0099-04

doi:10.3969/j.issn.0253-4339.2013.05.099

干燥褐煤的热泵技术实验研究

盛伟¹ 郑海坤¹ 张保森^{1,2}

(1 河南理工大学机械学院 焦作 454000;2 昊华宇航化工有限责任公司 焦作 454000)

摘要 结合目前国内电厂循环水余热利用及褐煤干燥现状,提出了利用热泵技术回收电厂循环水余热干燥褐煤的实验方案,并搭建了实验系统。分别在60℃、70℃、80℃条件下对褐煤进行了干燥实验,测定了褐煤质量随时间变化曲线。实验结果表明:干燥温度越高,干燥速率越快,有效干燥时间越长,干燥效果越好。在60℃的条件下脱水量为22.5%,耗时25min;70℃时为31%,耗时30min;80℃最高可达到42.6%,耗时35min。为热泵技术在循环水余热利用以及褐煤干燥中的实际应用提供参考。

关键词 热泵;褐煤;干燥;余热利用;循环水

中图分类号:TK124;TD849+.2;TK173

文献标识码:A

Experimental Study on Drying Lignite by Heat Pump

Sheng Wei¹ Zheng Haikun¹ Zhang Baosen²

(1. College of mechanical and power engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo, 454000, China;2. Haohua Yuhang chemical limited liability company, Jiaozuo, 454000, China)

Abstract An experimental scheme is proposed to recover the waste heat of power plant circulating water to dry lignite with heat pump, and the experiment system was developed. Experiments of drying lignite in the temperature of 60℃, 70℃ and 80℃ were conducted, and the change of lignite quality with time was measured. The result shows that: the higher the temperature, the faster drying rate; the longer the effective drying time, the better the result. Drying 22.5% water at the temperature of 60℃ takes time 25 min; 30.5% ~ 31.5% at 70℃ takes 30 min; 42.6% at 80℃ takes 35 min. This paper provides a reference for the practical application of heat pump in the utilization of waste heat of circulating water for drying lignite.

Keywords heat pump; lignite; dry; utilization of waste heat; circulating water

火电厂能量损失主要由两部分组成,一部分是锅炉排烟热损失,另一部分是凝汽器循环水余热损失。一般锅炉效率为92%左右,其排烟损失可通过加装烟气换热器等措施来回收;而汽轮机额定工况的效率仅在65%左右,其大部分热量在机组冷端凝汽器被循环水带走^[1]。由于循环水温度较低(冬季约为20~35℃),通常采用热泵技术吸取余热实现供热^[2,3]。但由于运输距离的限制,热网供热往往只能集中在电厂周围附近,难以大规模应用,其实际效果并不理想。

能源短缺,褐煤的高效利用受到人们的重视,降低水分、提高能量密度便成为褐煤加工利用的关键问题之一^[4,5]。国内褐煤电厂多采用高温烟气通过磨煤机干燥煤粉,但高温烟气与煤粉直接接触存在安全隐患,造成炉膛温度和锅炉效率降低,而且褐煤水分过高导致调节复杂,动力消耗和维护费用相应提高^[6]。

综合以上文献,提出利用热泵系统回收循环水余热干燥褐煤,并搭建热泵干燥系统实验台,研究了热泵系统对褐煤的干燥过程。研究结果对电厂内部资

源有效利用,克服热网供热的距离问题,减少褐煤干燥中安全隐患和能源浪费,具有实际参考及应用意义。

1 热泵技术干燥褐煤实验系统

1.1 实验设备、仪器

自制热泵装置(型号ZRZ-01)、流量计(型号LUGB-DN150,精度1.0级)、真空干燥箱(型号DZF6050D)、循环水泵(PLD-1205)、电子天平(JM5002,精度0.01g)、温度测试模块ADAM6018一个,测温热电偶(型号:WRC,显示精度:0.01℃)、轴流风机(型号:CDF-160)。

1.2 实验系统

如图1,实验系统由热泵系统和干燥系统组成。热泵系统通过风冷式冷凝器加热,热风进入干燥箱干燥褐煤,然后冷风流经流量计,经冷凝除湿,返回风机完成循环。

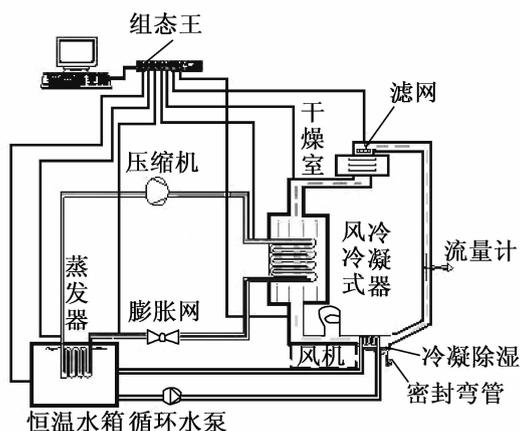


图 1 实验系统示意图

Fig. 1 The schemes of experiment system

2 实验原理

2.1 加热温度确定

文献[7-8]表明:高于 80℃ 时干燥褐煤主要脱去的是与强氢键作用的水,当温度低于 80℃ 时主要脱去的是褐煤中的自由水及形成的弱氢键作用的水,煤中的水分在 140℃ 已经完全脱除。实验模拟的为 80℃ 及其以下干燥温度褐煤干燥过程。选取的干燥温度为 60℃、70℃、80℃。

2.2 热泵装置原理

水源热泵是以消耗少量高品质能为补偿,提取低温水源中的热量,然后把这两部分能量一起输送到高温热源,用以制冷或供热。

水源热泵系统具有明显的节能效果,其最重要的评价指标是热泵的性能系数 COP (Coefficient of Performance),即制热系数 COP 和制冷系数 COP_c ; Q_0 为热泵从低温热源吸收的热量;热泵的制热系数等于制热量 Q_1 与耗功量 P 之比,即:

$$COP = \frac{Q_1}{P} = \frac{Q_0 + P}{P} = COP_c + 1$$

表 1 褐煤样品含水量

Tab. 1 The moisture of lignite sample

样本编号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
水分含量/%	31.1	30.8	30.7	30.3	31.2	31.1	29.9	30.6	31.1	30.4

4.2 褐煤干燥数据处理

分别在 60℃、70℃、80℃ 三个温度下,每个温度点分三组实验,实验数据曲线图如上图示实验数据处理如下:

图 3 表明:在 60℃ 热风条件下,固定风机风量 0.2m³/s。0~25min 为主要脱水时间,在 25min 以后

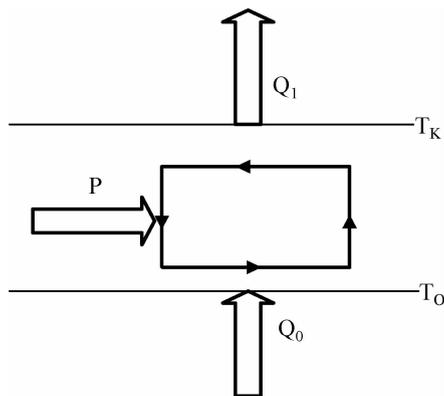


图 2 热泵原理图

Fig. 2 The picture of heat pump principle

热泵循环选用制冷剂为 R22,则热泵系统经计算结合资料选取 SL222CV-C7LU 型压缩机,查压缩机资料得最低蒸发温度 T_0 为 25℃, , 冷凝温度 $T_k = 80℃$ 时查得 $Q_0 = 3740W$, 功率 $P = 1185W$, 此时热泵的制热系数 $COP = 4.36$ 。

3 实验过程

首先对褐煤样品进行水分测定。在实验系统的不同位置处布置温度测点,用组态软件监测系统内的温度变化情况。调节自制热泵系统,分别在 60℃、70℃、80℃ 的系统温度下对褐煤进行干燥。每个温度点进行三组实验,每组褐煤初始质量均为 100g。每组每隔 5min 对褐煤干燥称重。

4 实验数据处理及分析

4.1 煤样水分测定

取 10 组褐煤样本,测量干燥前质量,放入真空干燥箱干燥,称重,计算得出 10 组褐煤样本的水分含量如表 1 所示:通过求平均值可得褐煤样本的水分含量为 30.7%。

褐煤质量趋于稳定,没有水分析出或析出量很少,干燥过程完成。计算分析得在 60℃ 热风干燥下平均干燥出的水量占原水量的比例为 22.5%,褐煤的有效干燥时间为 25min 左右。

图 4 表明:在 70℃ 热风条件下,固定风机风量 0.2m³/s,褐煤的干燥脱水时间 0~30min,30min 后不

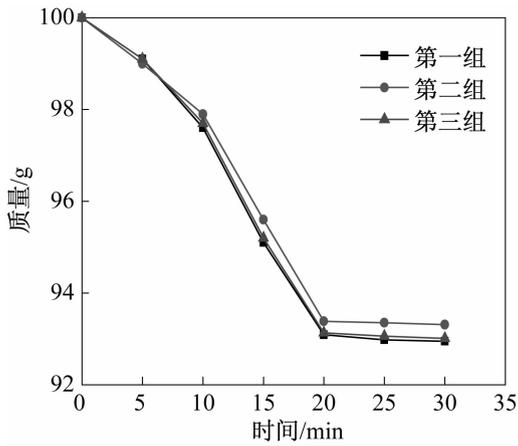


图3 60 °C下褐煤干燥曲线图

Fig. 3 The lignite drying curve at 60°C

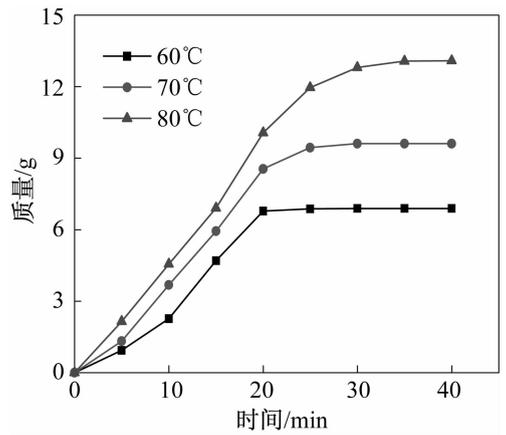


图6 60 °C、70 °C、80 °C下褐煤干燥质量差曲线图

Fig. 6 The lignite of different quality drying curve at 60°C、70°C、80°C

0.2 m³/s, 褐煤的干燥脱水时间 0 ~ 40min, 35min 以后不再有水分析出或水分析出很少, 质量趋于稳定, 干燥过程完成。计算得: 在 80°C 的情况下, 褐煤干燥出的水分占褐煤全部水分的比例为 42.6%, 有效干燥时间为 35min。

图6表明: 80°C干燥条件下, 干燥速率最快, 有效干燥时间最长; 70°C时次之; 60°C时干燥速率最慢, 有效干燥时间最短。

5 实验结论

基于热泵技术, 提出了回收循环水余热干燥褐煤的实验方案, 搭建了电厂循环水作为低温热源的实验系统, 分别在 60°C、70°C、80°C 的干燥温度条件下进行了干燥实验, 得到如下结论:

1) 在褐煤原水分为 30.7% 时, 60°C、70°C、80°C 三个温度下可分别脱除掉原水分的 22.5%、31%、42.6%。达到较好实验效果。

2) 温度越高, 干燥速率越快, 有效干燥时间越长, 干燥效果越好。

本文受河南省特色专业项目(508057)资助。(The project was supported by the Project of specialty professional Henan Province(No. 508057).)

参考文献

- [1] 孙志新, 戴义平, 王江峰, 等. 电厂循环水水源热泵供热系统可行性分析[J]. 暖通空调, 2011, 41(3): 133-136. (Sun Zhixin, Dai Yiping, Wang Jiangfeng, et al. Feasibility analysis of circulating water-source heat pump heat system in power plant[J]. HV&AC, 2011, 41(3): 133-136.)
- [2] 胡斌, 王文毅, 王凯, 等. 高温热泵技术在工业制冷领域的应用[J]. 制冷学报, 2011, 32(5): 1-5 (Hu Bin, Wang

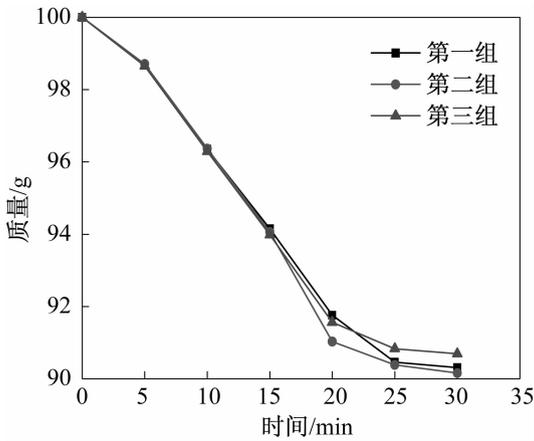


图4 70 °C下褐煤干燥曲线图

Fig. 4 The lignite drying curve at 70°C

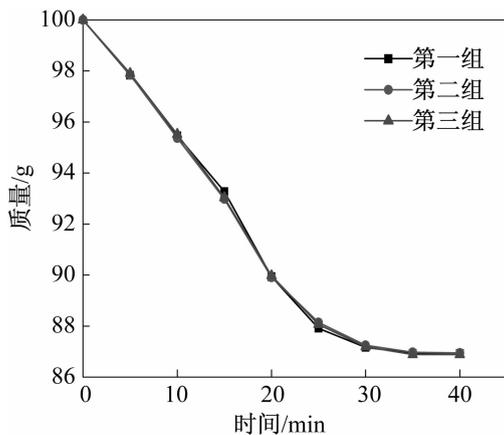


图5 80 °C下褐煤干燥曲线图

Fig. 5 The lignite drying curve at 80°C

再有水分析出或水分析出很少, 质量趋于稳定, 干燥过程完成。计算可知, 在 70°C 的情况下, 褐煤干燥出的水分占褐煤全部水分的比例为 31% 左右, 有效干燥时间为 30min。

图5表明: 在 80°C 热风条件下, 固定风机风量

Wenyi, Wang Kai, et al. The Application of High temperature Heat Pump in Industrial Refrigeration Field[J]. Journal of Refrigeration, 2011, 32(5): 1-5.)

[3] 赵力. 高温热泵在我国的应用及研究进程[J]. 制冷学报, 2005, 26(2): 8-12. (Zhao Li. Application and Development of High Temperature Heat Pumps in China[J]. Journal of Refrigeration, 2005, 26(2): 8-12.)

[4] 阎维平, 马凯, 李春启, 等. 褐煤干燥对电厂经济性的影响[J]. 中国电力, 2010, 43(3): 35-37. (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.)

[5] 马金凤, 吴景兴, 邹天舒, 等. 中储式制粉系统锅炉掺烧褐煤技术的研究[J]. 动力工程, 2008, 28(1): 14-18. (Ma Jinfeng Wu Jingxing, Zou Tianshu, et al. Study on Lignite-blended Burning Technology in the Bin and Feedercoal Pulverizing System [J]. Journal of Power Engineering, 2008, 28(1): 14-18.)

[6] 蒋斌, 李胜, 高俊荣, 等. 褐煤干燥技术发展及应用现状[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(6): 69-72. (Jiang Bin, Li Sheng, Gao Junrong, et al. Development and application situation of lignite drying technology[J]. Clean Coal Technology, 2011, 17(6): 69-72.)

[7] Miura K, Mae K, Li Wen, et al. Estimation of Hydrogen

Bond Distribution in Coal Through the Analysis of OH Stretching Bands in Diffuse Reflectance Infrared Spectrum Measured by In-situ Technique[J]. Energy & Fuels, 2011, 15(3): 599-610.

[8] 李东涛, 李文, 李保庆. 褐煤中水分的原位漫反射红外光谱研究[J]. 高等学校化学学报, 2002, 12(23): 2325-2328. (Li Dongtao, Li Wen, Li Baoqing. In situ Diffuse Reflectance FTIR Study on Water in Lignite [J]. Chemical Research In Chinese Universities, 2002, 12(23): 2325-2328.)

作者简介

盛伟, 男(1977 -), 博士, 副教授, 河南理工大学热能与动力工程系主任, 15039118299, E-mail: weisean@163.com。研究方向: 工程热物理, 制冷新技术研究。在研项目: 热泵技术余热回收利用研究(企业合作课题)。

About the author

Sheng Wei(1977 -), male, Ph. D./lecturer, School of Mechanical Engineering, Henan Polytechnic University, 15039118299, E-mail: weisean@163.com. Research fields: Engineering thermophysics; New technology of refrigeration. Recent project: research on waste recycling technology by heat pump(enterprise cooperation project).

制冷学报

(1979年创刊, 双月刊)

2013年10月16日 第34卷 第5期

Journal of Refrigeration

(Started in 1979, Bimonthly)

2013-10-16 Vol. 34 No. 5

主管单位: 中国科学技术协会

主办单位: 中国制冷学会

出版单位: 《制冷学报》编辑部

主编: 吴元炜

印刷单位: 河北欣航测绘院印刷厂

发行: 中国制冷学会秘书处

Responsible Institution: China Association for Science and Technology

Sponser: Chinese Association of Refrigeration

Published by: "Journal of Refrigeration" Editorial Department

Chief Editor: Wu Yuanwei

Printing by: Printing plant of Hebei Xinhang Surveying and Mapping Institute

Distributed by: Chinese Association of Refrigeration

ISSN 0253-4339
CN11-2182/TB

境内定价: 人民币 10 元 境外定价: 美元 8 元