

褐煤干燥技术发展及应用现状

蒋 斌 李 胜 高俊荣 梁国林 孟 辉 杨志刚

(山东天力干燥股份有限公司, 山东 济南 250103)

摘要: 论述了国内外褐煤干燥提质技术的发展现状。针对传统热力干燥在褐煤电厂应用中存在的高能耗、高投资和低安全性等问题,开展了褐煤过热蒸汽干燥机理的试验研究和中试试验。结果表明:过热蒸汽的干燥效果优于常规热空气;中试试验系统能稳定、连续地对褐煤进行干燥,且干燥产品符合褐煤干燥实际工业应用的要求。最后提出了过热蒸汽预干燥低质煤提质洁净煤技术(SCU技术),对其在节能、安全等方面的技术先进性作了具体的对比分析,结果表明:SCU技术节能节水、安全性高,符合中国可持续发展战略和节能减排的要求。

关键词: 褐煤; 过热蒸汽干燥; 洁净煤技术; 干燥提质

中图分类号:TD849;TQ536.1

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2011)06-0069-04

褐煤是一种高挥发分、高水分、高灰分、低热值、低灰熔点、污染重且利用率相对较低的资源。目前,中国烟煤、无烟煤等优质煤资源已被充分利用,拓展空间有限,而对褐煤的大规模开发利用才刚刚开始^[1-2]。中国褐煤资源相对比较丰富,已探明的储量达1303亿t,占全国煤炭储量的13%,开采成本低。因此加强对褐煤干燥技术的研究对于提高资源利用率,缓解中国能源紧张,减轻环境污染具有重要意义。

1 国内外褐煤干燥提质技术现状

褐煤干燥提质工艺是通过合理的干燥过程,降低褐煤含水量,提高褐煤能量密度的技术。目前,国内褐煤干燥技术还没有大规模工业化应用。国内准工业规模褐煤预脱水装置主要有燃煤烟气直接接触和蒸汽间接干燥2种^[3]。蒸汽间接换热干燥又分为过热蒸汽内加热流化床和过热蒸汽回转圆筒2种。

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。国

内褐煤预干燥的提质工艺大都采用燃煤烟气直接接触的转筒式干燥气流干燥机和链板式干燥机等。这些工艺存在单机处理量小、占地面积大、投资高、污染大等问题,不符合中国节能减排的要求^[4]。

国外褐煤预干燥领域最成熟先进的提质工艺是过热蒸汽流化床技术(SFCU技术)^[5-6],德国RWE公司已在德国建成3套过热蒸汽技术装置,最大脱水能力达到110t/h。德国ZEMAG公司的间接接触回转干燥机也有较多应用实例,但不及RWE。国外在褐煤提质领域还有部分待开发技术,美国Encoal、Coaltek、K-fuel,澳大利亚Coldry和神户钢铁分别利用电厂冷凝水余热、微波、高压蒸汽蒸煮、溶剂油萃取等方式进行褐煤提质,但存在装置投资大、运行费用高等缺点。

2 褐煤过热蒸汽干燥技术

按照中国以煤炭为主要能源的战略方针,结合国内大型电厂和煤化工项目对大规模褐煤提质工艺的要求,山东省科学院下属研发单位在褐煤干燥提质处理工艺上推出了以过热蒸汽内加热流化床干燥技术(SFCU技术)为主的洁净煤新技术。

SFCU技术是利用褐煤内水分蒸发所形成的过

收稿日期:2011-10-06 责任编辑:白娅娜

作者简介:蒋斌(1974—),男,山东菏泽人,高级工程师,毕业于山东大学,主要从事洁净煤技术的研究。

热蒸汽作为与褐煤接触的流化工质,通过再热器或流化床内换热器间接提供干燥所需要的能量。系统闭路循环,全部为惰性无氧气氛。褐煤内水分蒸发所形成的过热蒸汽被排出系统后,可回收全部干燥所供给的热量,蒸汽消耗只有常规间接蒸汽回转干燥机的 20%,热效率大大提高。SFCU 工艺流程如图 1 所示。

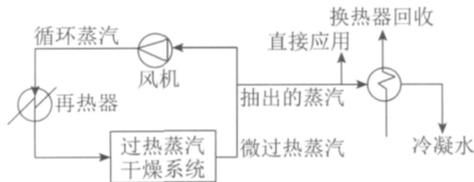


图 1 SFCU 工艺流程

SFCU 技术作为目前的成熟技术,处理量大、操作安全、稳定可靠、工艺简单、“三废”污染少,完全可以满足单台年产 300 万 t 提质型煤、670 MW 发电机组以及 300 MW IGCC 项目褐煤干燥处理的大规模工业化生产要求。

以目前消耗褐煤量占褐煤开采量约 50% 的褐煤电厂为例^[6-9]:中国褐煤发电总装机容量为 13 GW(仅统计 200 MW 以上机组),2010 年扩容 15 GW,达到 28 GW,褐煤发电装机量迅猛发展。以 28 GW 的装机量计,应用山东科学院的 SFCU 技术后,发电煤耗降低 10 ~ 12 g/kWh,上网电价降低 8 ~ 15 元/MWh。新建每台 670 MW 发电机组的投资平均降低 6 亿元,实现 CO₂ 减排近 600 万 t/a,争取 CDM 支持近 37000 万元/a,节煤 1848 万 t,节约静态电厂建设投资 134.3 亿元。

针对中小规模的煤炭企业和以褐煤为原料的煤化工行业推出了以过热蒸汽为核心工艺的过热

蒸汽强化循环分级粉碎提质技术(SPCU 技术)和过热蒸汽回转圆筒提质技术(SDCU 技术)。SPCU 技术为高温快速干燥的脉冲气流干燥方式,可实现褐煤的快速脱水、粉化,干燥效率高,可抑制褐煤低温热解,适用于年产 100 万 t 的型煤项目;SDCU 技术为低温蒸汽回转干燥方式,对原料含水量(35%~50%)和粒度(0.5~35 mm)适应性广,通过采用 N₂ 保护工艺,可实现安全的深度脱水(成品褐煤含水量低于 2%),适用于年处理量 50 万 t 的煤化工项目和 150 MW 的发电机组褐煤预干燥工程。

3 过热蒸汽内加热流化床褐煤干燥技术

高床层内加热流化床过热蒸汽褐煤预干燥洁净煤成套工艺技术和装置是由山东省科学院工业节能中心和山东天力干燥股份有限公司(天力公司)首创,具有自主知识产权的新技术,是中国洁净煤技术的新突破。该技术利用过热水蒸汽作为干燥介质,结合尾气余热回收,具有环保、安全、节能、节水的优点,干燥强度高于目前国际最先进的过热蒸汽流化床技术。

褐煤过热蒸汽高床层内加热流化床干燥系统以饱和蒸汽作为热源,用来干燥平均粒径小于 3 mm 的褐煤,用户为燃烧褐煤的电厂和具有蒸汽热源条件的煤矿。热源饱和蒸汽由电厂汽轮机的抽气系统得到。饱和蒸汽送入干燥床中特殊设计的内加热管,实现与高水分褐煤的热交换后,形成冷凝水,由疏水阀排出干燥系统,引回锅炉系统。

3.1 工艺流程

内加热流化床过热蒸汽褐煤预干燥具体工艺流程如图 2 所示。

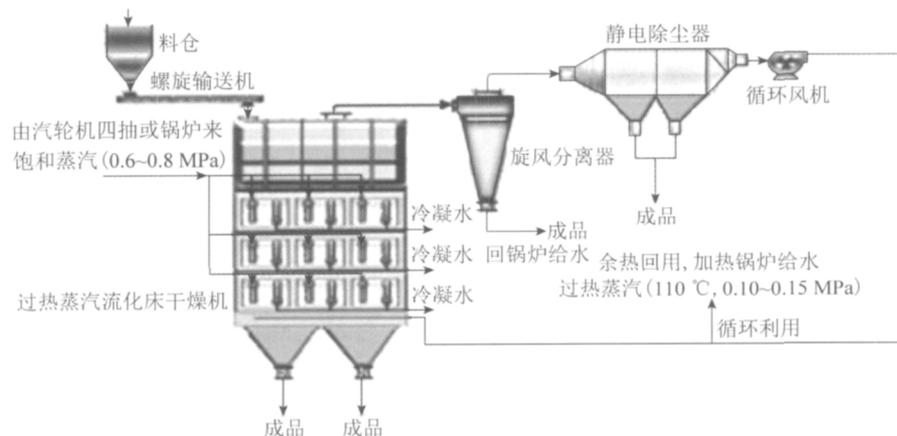


图 2 内加热流化床过热蒸汽褐煤预干燥工艺流程

高床层内加热流化床过热蒸汽褐煤预干燥工艺流程:高水分褐煤经过进料阀及褐煤进料机送入干燥床。在过热蒸汽环境下,褐煤呈流态化与内置多层换热管内的饱和蒸汽实现传热,达到脱除水分的目的;干燥后的褐煤由干燥床下部排料阀排出干燥系统,进入电厂磨煤系统,也可以进入挤压成型工艺,加工型煤外运。褐煤中脱出的水分形成过热蒸汽排出干燥机后,进入二级除尘系统除尘合格后,通过循环风机将一部分过热蒸汽送回干燥床参与干燥循环,其余过热蒸汽引出干燥系统,进入电厂余热回收系统再利用。

3.2 技术特点

高床层内加热流化床过热蒸汽褐煤预干燥工艺技术可回收循环系统中抽出的蒸汽热量,节能50%~70%,节水减排,经济效益明显,是一项环境友好、资源节约型清洁煤技术项目^[6,10-12]。且过热蒸汽系统内部为无氧环境,无着火和爆炸危险,干燥速度快,干燥过程中不产生有害易燃气体。将该工艺技术应用于国内褐煤电厂、煤矿和煤化工项目,可明显减少约5%的燃料消耗和15%的CO₂排放,降低配套系统的损耗,提高电厂、煤化工系统的总体效率,而且可以获得CDM资金支持。以占褐煤产量约90%的动力煤计算^[13-15],通过燃烧前脱水提质,每年可减少CO₂排放约1500万t,争取CDM支持近80000万元,节约标煤4000万t,将产生巨大的社会效益和经济效益。

另外,过热蒸汽干燥出来的褐煤有利于后期的挤压成型,系统干燥后的褐煤粒度小,且温度高于

100℃,煤粉在加入对辊挤压的过程中继续释放水蒸汽,使得煤粉进入挤压机时,被90%~100%的水蒸汽包围,水蒸汽阻止了周围空气对煤的氧化。同时煤中水蒸汽在高压下冷凝液化,使气压减小,减少了型煤中气孔的形成,也防止了煤粉挤压时发生爆炸。

3.3 工程应用

内加热流化床技术是天力公司拳头产品,完成工程业绩近百套^[6],在国际上首次运用场协同理论开发出干燥理论模型并进行工业化验证和工程校对。2004年过热蒸汽内加热流化床干燥技术在山东海化20万t/a NaHCO₃煅烧项目上成功应用,目前已推广4套,经过5a的运行考核,关键设备和工艺成熟、可靠。2009年,天力公司开始同上海电力和华能九台电厂合作启动褐煤年产100万t型煤项目及670 MW电厂机组褐煤预干燥技术改造项目。

2009年,天力公司完成工业规模褐煤过热蒸汽内加热流化床干燥的验证试验,通过对内加热流化床在Na₂CO₃、NaHCO₃、精制盐、PVC和褐煤干燥应用的对比分析^[9,10],优化确定了褐煤工艺和设备参数。目前天力公司已经生产2台国内外单体最大的内加热流化床,流化面积67 m²,换热面积2500 m²,单体质量200 t,换热器可设置多达3层,设备整体高度20 m以上,换热器使用温度300℃以上,可以满足单台年产300万t提质褐煤的要求。

4 褐煤干燥技术对比分析

褐煤主要干燥技术对比分析^[6,13-14]见表1。

表1 褐煤主要干燥技术对比

干燥工艺	干燥热源	能耗/ t	吨产品运行 成本/元	数量/ 台	投资/ 万元	安全性	环保节能	备注
SFCU (天力)	饱和蒸汽	蒸汽 0.2 t / 5.1 kWh	9.06	1	3480	褐煤接触环境为过热蒸汽,安全	过热蒸汽可以完全回收利用,节能节水	无尾气排放,占地面积小
SFCU (RWE)	饱和蒸汽	蒸汽 0.2 t / 9.2 kWh	11.52	1	9000	褐煤接触环境为过热蒸汽,安全	过热蒸汽可以完全回收利用,节能节水	无尾气排放,占地面积小
SDCU	饱和蒸汽	蒸汽 0.2 t / 6.4 kWh	9.84	2	4800	褐煤接触环境为过热蒸汽,安全	过热蒸汽可以完全回收利用,节能节水	无尾气排放,占地面积大
管式干燥机 ZEMAG	饱和蒸汽	蒸汽 0.55 t / 1.82 kWh	17.60	4	3500	褐煤接触环境为少量热空气,较安全	尾气直接排放,不节能	占地面积大
烟气转筒 干燥机	350℃ 热烟气	煤 139 kg / 34 kWh	37.08	2	5000	褐煤接触环境为热烟气,不安全	尾气直接排放,不节能	占地面积大

注:均以100万t提质褐煤项目为例,蒸汽按30元/t计,电费按0.6元/kWh计,原煤按120元/t计。

由表 1 可知,相对于以热烟气为干燥热源的烟气转筒干燥工艺,以饱和蒸汽为热源的新型干燥方式具有明显的经济和技术优势。管式干燥机投资相对较低,但具有能耗高,运行成本高,所需设备数量多,占地面积大,且环保节能性差等劣势;天力公司推出的 SFCU 技术,运行成本最低,投资最少,安全和环保性能最佳。

5 结 语

大力发展和推广过热蒸汽预干燥低质煤提质洁净煤技术(SCU 技术),是煤炭、电力行业节能减排工艺革新重要而现实的途径。SCU 技术在安全生产、节能降耗和节约水资源方面具有巨大优势,对中国褐煤干燥提质工业化进程的发展、褐煤资源清洁高效利用领域的开拓具有重要意义,符合中国可持续发展战略和节能减排的要求。SCU 技术不但对中国煤炭、电力行业的节能减排起到巨大的带动效应,也对中国煤炭、电力能源基础行业的绿色技术升级革新起到重要的推动作用,可使中国在该领域迅速达到国际先进乃至国际领先水平,实现跨越式发展。

参考文献:

[1] 虞继舜. 煤化学[M]. 北京:冶金工业出版社,2000.
[2] 陶著. 煤化学[M]. 北京:冶金工业出版社,1984.

[3] 戴和武,谢可玉. 褐煤利用技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,1999.
[4] 金国森. 干燥设备[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
[5] 潘永康,王忠喜,刘相东. 现代干燥技术(第2版)[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
[6] Sakamon Devahastin. 干燥过程原理与设备及新进展——Mujumdar 关于工业干燥技术的论述[M]. 史勇春译. 济南:济南出版社,2002.
[7] A S Mujumdar. Handbook of industrial drying (3rd ed)[M]. Florida USA: Taylor & Francis Group,2006. M T Ho, G W Allinson, D E Wiley. Factors affecting the cost of capture for Australian lignite coal fired power plants[J]. Energy Procedia 2009, 1(1): 763-770.
[8] Y Iwaia, Y Koujina, Y Arai et al. Low temperature drying of low rank coal by supercritical carbon dioxide with methanol as entrainer[J]. The Journal of Supercritical Fluids 2002, 23(3): 251-255.
[9] 王海锋,朱书全,任红星,等. 通辽褐煤在流化床干燥器中的干燥特性研究[J]. 选煤技术,2007(4): 43-47.
[10] 陶建红. 褐煤干燥特性研究[J]. 洁净煤技术,2010, 16(4): 67-69.
[11] 曾钦,李军,王慧香,等. 内蒙古某褐煤干燥特性的实验研究[J]. 洁净煤技术,2011, 17(2): 57-59.
[12] 林美强. 印尼褐煤的不同干燥方法的技术经济性分析及工艺分析选择[J]. 环境科学,2010(2): 130,132.
[13] 朱书全. 褐煤提质技术开发现状及分析[J]. 洁净煤技术,2011, 17(1): 1-4.
[14] G D Bongers, W R Jackson, F Woskoboenko. Pressurised steam drying of Australian low-rank coals Part 1. Equilibrium moisture contents[J]. Fuel Processing Technology, 1998, 57(1): 41-54.

Development and application situation of lignite drying technology

JIANG Bin, LI Sheng, GAO Jun-rong, LIANG Guo-lin, MENG Hui, YANG Zhi-gang

(Shandong Tianli Drying Technology and Equipment Co., Ltd., Jinan 250103, China)

Abstract: Introduce the development of lignite drying and quality-improving technology at home and abroad. To solve the problems of high energy consumption, high investment and low safety existed in traditional thermal drying process in lignite power plants, conducted the experiments of superheated steam drying mechanism and pilot test. The results show that the effect of superheated steam drying is better than conventional hot air drying; and the pilot system can stably and continuously work, the dried products meet the requirements of brown coal drying practical applications. At last, proposed a kind of clean coal technology——SCU, which pre-drys and improves low-quality coal by superheated steam. Analyze advantages of this technology from the aspects of energy saving and safety etc. The results show that the technology has the advantages of low consumption, high safety and energy-saving. Developing sets of superheated steam drying can promote the development of energy and power industry and has broad application prospects.

Key words: lignite; superheated steam drying; clean coal technology; drying and quality-improving