

典型褐煤干燥技术比较

蔡念庚

(开滦(集团)有限责任公司 河北 唐山 063018)

摘要: 分析了国内外典型褐煤干燥技术的原理、关键参数、技术特点等,并从技术适应性、工艺条件、干燥效果、环境影响等方面进行综合评价比较。结果表明:美国 K-Fuel 工艺要求入炉粒度较其它技术大,适应性稍差;褐煤提质后均可作为锅炉燃料。干燥温度越高,褐煤干燥效果越好。德国泽玛克管式干燥成型技术、美国 K-Fuel 工艺为带压干燥,其他工艺为常压工艺。5 种工艺可降低水分 7.0%~25.0%,增加热值 3.24~5.94 kJ/g;澳大利亚 BCB 工艺、神华 HPU-06 工艺、德国泽玛克管式干燥成型技术产品为型煤,规格可调;其他工艺产品粒度变小。神州干燥-干选联合工艺回吸可能性大、自燃特性改善不明显,其余工艺深度脱水后可防止自燃,不易回吸。5 种工艺污染物排放均较为简单,对环境的影响较小。

关键词: 褐煤干燥;技术适应性;工艺条件;干燥效果

中图分类号:TD849.2

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2013)05-0046-04

Comparison of typical lignite drying technologies

CAI Niangeng

(Kailuan Group Co., Ltd., Tangshan 063018, China)

Abstract: Analyse the principle, technical characteristics, key parameters of lignite drying technologies at home and abroad. Evaluate these technologies from the aspects of technology adaptability, process condition, drying effects, environmental influence. The results show that the K-Fuel technology requires larger size of feed lignite than other technologies, so its adaptability is a little poorer. Treated by the investigative technologies, the upgraded lignite can be used as boiler fuel. The higher drying temperature, the better drying effects. The Zomag and K-Fuel technology operate under pressure condition, and other technologies operate under normal pressure. The technologies can reduce the moisture 7.0 percent to 25.0 percent and increase the calorific value 3.24 kJ/g to 5.94 kJ/g. The product of BCB, HPU-06, Zomag technology is briquette, whose size are adjustable. Treated by two other technologies, the product size is smaller than the feed lignite. Shenzhou technology has a large possibility to suck back, it also has an inapparent improvement on spontaneous combustion of lignite, while other technologies have better effects. The five technologies all have less impact on the environment.

Key words: lignite drying; technology adaptability; process condition; drying effects

0 引言

随着中国煤炭开采规模的不断扩大,褐煤产量迅

速增加,2011 年褐煤产量达到 4.19 亿 t。褐煤表面—COOH、—OH 等含氧官能团较多,氧含量高(O_{daf} 为 20%左右);孔隙发达,内水高,全水分达 30%~

收稿日期:2013-06-06 责任编辑:白娅娜

基金项目:国家科技重大专项资助项目(2011ZX05040)

作者简介:蔡念庚(1963—),男,河北滦县人,开滦集团有限责任公司业务总监、开滦集团煤炭销售分公司总经理,主要从事煤炭质量管理工作。

引用格式:蔡念庚.典型褐煤干燥技术比较[J].洁净煤技术,2013,19(5):46-49.

50%;热值低,热稳定性较差,空气中易风化破碎,易自燃,不宜长距离运输^[1]。褐煤燃烧热损失严重,效率低^[2],直接作为大规模气化原料有很大局限性^[3],目前主要用作动力燃料。

随着煤炭开采规模的不断扩大,褐煤产地对褐煤的消耗有限,褐煤直接长距离运输不经济且不安全,因此须先干燥/干馏^[4]。目前,褐煤干燥/干馏技术还不成熟,示范项目建设分散,需多方面综合比选^[5]。本文分析了国内外典型褐煤干燥技术的原理、关键参数、技术特点,从技术适应性、工艺条件、干燥效果、环境影响等方面进行综合评价和比较,为褐煤干燥技术的选择提供参考。

1 典型褐煤干燥技术

褐煤中水分可分为外在水分、内在水分和结晶水。褐煤干燥主要是通过改变褐煤周围环境的温度和压力,使水分从褐煤中脱除。褐煤干燥技术总体尚处于工业化示范阶段,比较典型的技术有澳大利亚 BCB 工艺、神华 HPU-06 工艺、德国泽玛克管式干燥成型技术、美国 K-Fuel 工艺、神州干燥-干选联合工艺。

1.1 澳大利亚 BCB 工艺

澳大利亚 BCB 工艺属无黏结剂辊压成型工艺。将褐煤破碎到 0~4 mm,由热风炉产生的热烟气(400~600℃)将破碎后的褐煤输送到闪蒸提升管进行干燥,然后经两级旋风分离器分离,分离出的煤通过辊压成型机无黏结剂挤压成型,型煤(100~120℃)冷却后储存,热烟气循环使用^[6-7]。

1.2 神华 HPU-06 工艺

神华国际贸易有限责任公司与中国矿业大学(北京)联合开发了热压成型 HPU-06 工艺技术。将褐煤破碎至 0~3 mm,热风炉产生的热烟气(600℃左右)将破碎后的褐煤在气流干燥管中干燥,然后经旋风分离器分离,分离出的煤通过辊压成型机无黏结剂挤压成型,型煤(100℃左右)冷却后储存^[8]。

1.3 德国泽玛克管式干燥成型技术

德国泽玛克管式干燥成型技术属蒸汽间接干燥技术,产品为型煤。采用饱和蒸汽为加热介质进行间接加热干燥,其基本原理为热法干燥。主要设备蒸汽管式干燥机类似于回转窑,鼓形体里为列管,鼓体呈倾斜状态。原煤(-6.3 mm)不断从上方送入干燥机管里,当鼓体旋转时,煤不停输送到

出口。煤料干燥所需热量由多管系统内的低压蒸汽(0.45 MPa,165℃)提供^[9]。低压蒸汽沿着鼓体轴向进入内部,并迅速向管外表面扩散。与煤一起进入机体内的空气吸收水分后,在除尘器内与干煤粉分离,一部分重新压缩进入干燥机,另一部分排入大气。

1.4 美国 K-Fuel 工艺

K-Fuel 工艺是将褐煤粉碎到 6~75 mm 后,通过输送带运至进料漏斗,等待进入上锁漏斗,上锁漏斗封闭,同时向干燥器中充入高温(204~260℃)、高压(2.5~3.8 MPa)蒸汽。煤块破裂,将硫化物从煤中分离,煤中水分随之蒸发。40 min 左右后,当处理器中原煤达到要求时,上锁漏斗打开,释放进料漏斗的原煤,与此同时下料漏斗打开,产品释放出去,经输送带运往冷却器进行冷却处理。产品和蒸发的水蒸汽可直接送入锅炉进行发电或供热^[10]。

1.5 神州干燥-干选联合工艺

神州干燥-干选联合工艺是褐煤经分级筛进行 50 mm 筛分,筛上物通过检查性手选拣除杂物和泥团后进入破碎机,破碎物与筛下物混合后由输送带运至振动混流干燥器进行脱水干燥。湿物料从顶部进入振动混流干燥器后在多层干燥床的作用下分散成物料长龙,一部分粒度小于床孔的细物料穿过床孔垂直下落,大部分粗物料在振动状态下形成振动疏松料层沿床面水平移动,移至端部洒落到下一层干燥床上。低温大风量热气流(200~250℃)分为垂直气流和水平气流。垂直气流在穿越物料的过程中与物料充分、高强度接触,将物料干燥;水平气流在水平方向变速流动并与洒落物料充分、高强度接触,将物料干燥。粗细物料与热风在混流过程中经多次混合—分离—再混合—再分离后被均匀干燥,大部分物料(<50℃)从干燥器底部输出,极小部分细物料随气流进入除尘器,除尘器分离出的物料作为产品回收^[11]。

2 技术综合评价

2.1 技术适应性

褐煤干燥技术适应性区别主要体现在适用煤种、入炉煤粒度要求、产品用途等方面。5 种典型褐煤干燥技术的适应性对比见表 1。

1) 适用煤种。以内蒙古一些矿区的褐煤为试验煤种,分别采用 5 种工艺对其进行干燥研究。结

果表明:5种工艺均可用于试验褐煤的干燥,但能否用于其他褐煤干燥还有待验证。

表1 5种典型褐煤干燥技术的适应性对比

干燥工艺	入炉粒度/mm	产品用途
澳大利亚 BCB 工艺	-4	锅炉燃料,气化
神华 HPU-06 工艺	-3	锅炉燃料,气化
德国泽玛克管式干燥成型技术	-6.3	锅炉燃料,气化
美国 K-Fuel 工艺	6~75	锅炉燃料,气化
神州干燥-干选联合工艺	-50	锅炉燃料

2) 入炉煤粒度要求。5种工艺的入炉煤均需破碎,但粒度略有差异。澳大利亚 BCB 工艺、神华 HPU-06 工艺、德国泽玛克管式干燥成型技术、神州干燥-干选联合工艺分别要求破碎到4.3、6.3、5.0 mm

表2 5种典型褐煤干燥技术工艺条件对比

干燥工艺	干燥温度/℃	干燥压力	热源
澳大利亚 BCB 工艺	热烟气 400~600 型煤 100~120	常压	热风炉
神华 HPU-06 工艺	热烟气 600 型煤 100 左右	常压	热风炉
德国泽玛克管式干燥成型技术	165	0.45 MPa	蒸汽锅炉
美国 K-Fuel 工艺	204~260	2.5~3.8 MPa	蒸汽锅炉
神州干燥-干选联合工艺	热烟气 ≤220 产品煤 <50	常压	热风炉

1) 干燥温度。一般来说,干燥温度越高,干燥效果越好。褐煤干燥的目的是降低水分,尽量少析出焦油和挥发分,即减少干燥过程中煤的热解,因此褐煤干燥温度均低于 300℃。其中美国 K-Fuel 工艺干燥温度最高为 204~260℃。神州干燥-干选联合工艺干燥温度最低(热烟气 ≤220℃,产品煤 <50℃),其干燥效果也最差。

2) 干燥压力。德国泽玛克管式干燥成型技术、美国 K-Fuel 工艺均为带压干燥,压力分别为 0.45 MPa 和 2.5~3.8 MPa;澳大利亚 BCB 工艺、神华 HPU-06 工艺和神州干燥-干选联合工艺为常压

以下,而美国 K-Fuel 工艺要求粒度为 6~75 mm。一般机械化开采的褐煤中,+6 mm 质量分数仅为 60%~80%,由于 -6 mm 煤样不适于美国 K-Fuel 工艺,因此其技术适应性较其他工艺较差。

3) 产品用途。采用 5 种干燥工艺提质后,均可作为锅炉燃料。从理论上讲,澳大利亚 BCB 工艺、神华 HPU-06 工艺、德国泽玛克管式干燥成型技术、美国 K-Fuel 工艺生产的提质煤也可用于气化,但需依据原料煤煤质、气化技术而定。

2.2 工艺条件

褐煤干燥工艺条件区别主要体现在干燥温度、干燥压力、热源等方面。5 种典型褐煤干燥技术工艺条件对比见表 2。

工艺。带压操作对技术装备水平的要求高于常压操作。

3) 热源。德国泽玛克管式干燥成型技术、美国 K-Fuel 工艺以蒸汽为干燥介质,以蒸汽锅炉为热源;澳大利亚 BCB 工艺、神华 HPU-06 工艺和神州干燥-干选联合工艺以热烟气为干燥介质,以热风炉为热源。

2.3 干燥效果

干燥效果主要以水分、热值、产品粒度变化、自燃特性改善情况及是否回吸来表征。5 种典型褐煤干燥技术干燥效果对比见表 3。

表3 5种典型褐煤干燥技术干燥效果对比

干燥工艺	水分/%			热值/(kJ·g ⁻¹)			产品粒度		自燃特性改善	回吸
	干燥前	干燥后	变化	干燥前	干燥后	变化	产品	粒度变化		
澳大利亚 BCB 工艺	28.0	7.6	-20.4	16.70	22.08	5.38	型煤	可调	防止自燃	很少
神华 HPU-06 工艺	33.0	8.0	-25.0	15.91	21.77	5.86	型煤	可调	防止自燃	很少
德国泽玛克管式干燥成型技术	28.0	10.0	-18.0	15.91	21.77	5.86	型煤	可调	防止自燃	很少
美国 K-Fuel 工艺	35.3	11.1	-24.2	15.99	21.93	5.94	—	变小	防止自燃	很少
神州干燥-干选联合工艺	27.0	20.0	-7.0	14.15	17.39	3.24	—	变小	改善不明显	回吸

1) 水分。澳大利亚 BCB 工艺、神华 HPU-06 工艺、德国泽玛克管式干燥成型技术、美国 K-Fuel 工艺可降低水分 7.0%~25.0%, 水分随干燥温度不同而略有差异^[12-13]。神州干燥-干选联合工艺干燥温度低, 可使水分降低 7.0%, 干燥效果相对较差。

2) 热值。5 种工艺干燥温度均较低, 干燥过程基本无焦油析出, 挥发分损失较小; 干燥前后元素成分变化不大; 热值变化仅为水分降低, 收到基热值相应增加。澳大利亚 BCB 工艺、神华 HPU-06 工艺、德国泽玛克管式干燥成型技术、美国 K-Fuel 工艺可增加热值 5.38~5.94 kJ/g, 神州干燥-干选联合工艺可增加热值 3.24 kJ/g。

3) 产品粒度。澳大利亚 BCB 工艺、神华 HPU-06 工艺、德国泽玛克管式干燥成型技术产品为型煤, 规格可调, 但成型率与褐煤煤化程度、岩相组成、矿物质含量和种类密切相关, 一般在 80% 左右。美国 K-Fuel 工艺、神州干燥-干选联合工艺将原煤先破碎后干燥, 产品粒度较原煤变小。美国 K-Fuel 工艺褐煤入炉粒度要求为 6~75 mm, 产品粒度较大, 可运输, 不需成型。而神州干燥-干选联合工艺褐煤入炉粒度、产品粒度均较小, 其中约有 30% 不宜长距离运输。

4) 自燃特性和回吸。对澳大利亚 BCB 工艺、神华 HPU-06 工艺、德国泽玛克管式干燥成型技术、美国 K-Fuel 工艺进行深度脱水, 可防止自燃, 也不易回吸; 而神州干燥-干选联合工艺干燥温度低, 仅可脱除 30% 左右水分, 不能深度脱水, 回吸的可能性大, 对自燃特性改善不明显^[14]。

2.4 环境影响

1) 污染物类型。5 种工艺主要污染源均为废气和废水。由于干燥温度均低于 300℃, 基本无焦油析出, 挥发分损失少, 废气中主要污染物为粉尘。废水的主要污染物为悬浮物(包括煤粒等)。

2) 污染物处理。由于废水成分简单, 仅需简单沉淀处理即可排放。5 种工艺均采取除尘措施, 废气除尘后外排, 对环境的影响较小。

3 结论与建议

目前褐煤干燥技术均不成熟, 尚有一定技术风险。通过 5 种典型褐煤干燥技术的对比发现: 褐煤干燥技术均有其自身的技术适应性、工艺条件, 干燥

效果随干燥温度的增大而增加, 污染物排放均较为简单, 可根据褐煤水分、产品用途等综合选择。若建设大规模褐煤干燥项目, 可优先选择澳大利亚 BCB 工艺、神华 HPU-06 工艺和美国 K-Fuel 工艺。

需要说明的是, 褐煤干燥技术通常有一定的可干燥限度。通常褐煤干燥后产品水分越低, 热值越高, 干燥过程能耗越多, 加工成本也越高。若干燥粒度较小的褐煤, 产品粒度会变小, 如不成型不利于运输。

参考文献:

- [1] 煤炭工业洁净煤工程技术研究中心. 国内外褐煤干燥干馏技术及技术经济比较[R]. 北京: 煤炭工业洁净煤工程技术研究中心, 2009.
- [2] 任世华. 洁净煤技术贡献量化分析模型研究[C]//煤化工技术理论与实践. 北京: 中国石化出版社, 2009.
- [3] 李培, 周永刚, 杨建国, 等. 电厂用褐煤运输前脱水的综合经济性分析[J]. 能源工程, 2010(6): 51-54.
- [4] 任世华. 基于 CCTM 模型的煤炭转化方向评价[J]. 中国能源, 2012, 34(4): 15-17, 21.
- [5] Ren Shihua, Chen Guifeng. Development and Application of CCTM Model[C]//The 25th International Pittsburgh Coal Technical Papers. Pittsburgh [s. n.], 2008.
- [6] 王岩, 裴贤丰, 张颢, 等. 褐煤成型技术研究现状[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(1): 57-60, 71.
- [7] 余江龙, Arash Tahmasebi, 李先春, 等. 褐煤干燥提质和无粘结剂成型技术的研究现状及进展[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(2): 35-38.
- [8] 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.
- [9] 崔义, 周鹏. 褐煤干燥成型技术的研究[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(1): 42-44.
- [10] 张丽早, 王少华, 朱文涛. K-燃料® 技术及其在燃煤发电中的应用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2012(1): 49-51.
- [11] 杨云松, 李功民, 孙连兴. 褐煤的干法选煤实践[J]. 选煤技术, 2009(4): 40-42.
- [12] 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.
- [13] 云增杰, 董洪峰, 曹勇飞. 高水分燃料褐煤脱水技术[J]. 露天采矿技术, 2008(4): 69-71.
- [14] 付志新, 宋学平, 高国双, 等. 干燥后褐煤水分复吸性的试验研究[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(5): 74-76, 92.