

# 褐煤提质技术开发现状及分析

朱书全

(中国矿业大学(北京) 化学与环境工程学院 北京 100083)

**摘要:**分析褐煤储量和褐煤性质的基础上,提出了褐煤提质的必要性。介绍了国内外褐煤主要提质技术,分析了这些技术的利用状况及优缺点,重点介绍了国内褐煤提质的主要示范项目,并对褐煤利用方向提出了一些建议。

**关键词:**褐煤;提质技术;工业化;节能;可持续发展

中图分类号:TD849+.2

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2011)01-0001-04

褐煤根据变质程度不同,分为硬褐煤和软褐煤两大类。硬褐煤主要分布在美国、俄罗斯和中国,总量达到2000多亿t。软褐煤主要分布在俄罗斯、德国、澳大利亚和美国。中国的软褐煤主要赋存在云南昭通煤田,储量超过80亿t<sup>[1-2]</sup>。

## 1 褐煤提质必要性

褐煤煤化程度低,易风化、自燃,储存困难,长途运输成本高,难以满足普通用户的质量要求,严重影响褐煤资源的直接利用。因此对褐煤进行提质,降低水分,提高发热量,提高能量密度,防止自燃便成为褐煤加工利用的关键技术。

褐煤提质包括干燥提质(脱水)和洗选提质(脱灰)。褐煤含有大量的水分,软褐煤含水量甚至高达60%以上。褐煤提质的关键是除去其中的水分,方法大致可分为:①直接或间接加热干燥,如回转管式干燥工艺;②机械力和热力联合提质,如澳大利亚的“冷干工艺”。德国从20世纪40年代开始研究褐煤加工技术,到20世纪60年代率先实现了软褐煤的冲压成型工业化应用。20世纪70年代初,澳大利亚、美国等开始研发褐煤提质技术。此后,日本作为能源缺乏的国家对廉价褐煤的利用也非常重视。

近年来,随着中国煤炭资源的不断减少和烟煤价格大幅上涨,各大矿业集团对开采利用边远地区褐煤资源的愿望越来越强烈。同时,一批新建煤化工项目也因褐煤价格相对低廉而纷纷改用褐煤作为原料,参与褐煤提质加工技术的开发,形成了国内研发褐煤提质技术的热潮。中国拥有丰富的褐煤资源,开发高效褐煤提质技术并进行相关基础理论研究具有重要的战略意义。

## 2 国外褐煤干燥提质技术

近年来,澳大利亚、美国、德国、日本等国家都在研究开发褐煤的干燥工艺和设备<sup>[3-7]</sup>。

### (1) 回转管式干燥工艺

该技术是成熟的褐煤轻度干燥工艺,德国拥有该专利技术,主体设备为回转窑。常压下,低压蒸汽通过管式干燥器将煤加热至约100℃,使水分蒸发,并利用和煤一起进入回转窑的空气作为脱水介质,脱水后的空气通过除尘器与煤粉分离,部分空气经压缩进入回转窑循环,剩余排入大气。该技术能耗较高,尾气排放量较大。

### (2) 高温高压法(压力容器法)

美国KFx公司在20世纪80年代中期开发了K燃料工艺(K-Fuel Process)经过20a的完善已进入

收稿日期:2010-12-18

作者简介:朱书全(1959—),男,安徽寿县人,中国矿业大学(北京)教授,博士生导师,曾在澳大利亚联邦科学院(CSIRO)进修,从事水煤浆和褐煤提质等相关领域研究工作。

工业应用阶段。其提质过程为:原煤经过粉碎筛分后将6~80 mm粒级的褐煤通过带式输送机输送至煤斗,间歇式送入压力容器,在压力约3.7 MPa和温度238 ℃下维持一定时间,促使内水蒸发,形成饱和氛围,并伴随着含氧官能团的分解发生表面改性,实现褐煤提质。压力容器内的物料在降温后排出,经固液分离后,回收部分水的余热,工艺水可循环使用。近年来,该工艺已从煤水共热改进成间接加热,已在美国Fort Union建厂试生产。

该工艺的优点是相对安全,能实现有效提质,褐煤水分去除率可达50%~80%,褐煤表面亲水性降低,水分复吸率下降;缺点是不能处理细粒物料,装置为间歇式,处理能力低,能耗相对较大,必须配备细粒煤废水处理系统。

类似的技术还有乌克兰的热压处理工艺:13~100 mm的褐煤在2 MPa压力的饱和蒸汽下处理2~3 h,将褐煤的水分由33%减少到15%~18%,热值由15.7 kJ/g提高到20.7 kJ/g。日本电源开发公司和川崎重工公司开发了D-K非蒸发脱水工艺,实现褐煤水分在非蒸发条件下加热,使水分以液体状态从褐煤中脱出,其煤质变化类似天然的煤化作用。整套装置有4台压力釜,可实现半连续运转,压力釜之间排出的蒸汽和热水可进行回收。

### (3) UBC热油工艺

日本神户制钢所(Kobe Steel Group)于1993年开始研究褐煤提质技术。具体过程为:将褐煤磨成粉状后,与再生油(通常是石油的轻油)和重油混合,形成煤浆,然后在一个蒸发器中加热煤浆,水分被蒸发,再用细颈盛水瓶从脱水的煤浆中回收油,得到提质粉煤后压制成型以便于运输。此工艺和K-Fuel不同的是以油为加热介质,产品是型煤。

### (4) 怀特能源公司的BCB技术

怀特公司采用低温辊压成型技术,不改变煤的化学性质,不涉及煤炭焦化特性,加工成本低,产品质量较好。具体工艺过程为:小于3 mm的煤粉在管式干燥器中被300~400 ℃的烟气快速升温至105~110 ℃,不完全干燥的煤粉通过旋风分离器捕集后,进入对辊式成型机。由于型煤在生产过程中会升温,为防止自燃,有必要对型煤适量喷水冷却。

### (5) 亚太煤钢公司的“冷干”工艺

澳大利亚亚太煤钢公司的“冷干(Coldry)”工艺可将含水量为60%的褐煤制成含水量为8%~14%的棒状型煤,目前拥有1条5 t/h的试验线。在专用

设备中用“剪切”原理打破褐煤的碳结构,使煤发生变化,在20~30 ℃实现煤水分离,然后施加压力,挤出蠕状煤条,硬化后,再送入大型漏斗状干燥器,经蒸气干燥48 h后连续排出,制成型煤产品。该工艺的特点是先机械排水,然后烘干,能耗相对较低,但专用设备的大型化还有待解决。

### (6) 热压脱水工艺(MTE)

MTE和“冷干”工艺类似,不同的是在220 ℃下机械力除水,后续为闪蒸干燥。该工艺由德国多特蒙德大学Strauss等研究开发,综合了热脱水和机械脱水的优点。工艺过程分为4个阶段:①工艺热水预热;②过热蒸汽加热;③加压脱水;④闪蒸进一步脱水。

### (7) 德国科林DWT技术

DWT技术对进入过热蒸汽流化床干燥器的褐煤粒度有要求,粒度小于4 mm占96%以上,小于1 mm占57%以上。干燥褐煤所需的热量由位于流化层内的蒸汽盘管提供。干燥的褐煤通过旋转阀从干燥器导出,在干燥过程生成的二次蒸汽(流化蒸汽和从褐煤中蒸发的水分)经过电除尘器,一部分经过循环风机作为流化蒸汽循环使用,剩余部分可全部经过蒸汽再压缩热泵(蒸汽压缩机)提高其温度和压力后进入干燥器内的换热盘管回收热量,换热后作为清洁的冷凝水回收。

## 3 典型的国内褐煤干燥提质技术

目前,国内许多高校、科研机构和相关发电企业都在积极开展褐煤提质技术的相关研究,代表性的工业示范项目为<sup>[8-13]</sup>:

### (1) 神华宝日希勒褐煤提质工业示范项目

神华宝日希勒2×0.5 Mt/a褐煤提质工业试验项目采用神华集团委托中国矿业大学(北京)开发的褐煤脱水热压提质(HPU)技术。项目采用6种内蒙褐煤作为试验样品,研究了不同干燥方式、干燥强度与提质煤表面性质的关系,确定了机械成型提质的相关参数,实现了褐煤的无粘结剂成型。工艺试验项目2008年开工,2009年10月一次性带负荷试车成功,产出型煤的成球率较高,水分由33%降到8%以下,煤质发热量由原来15.9 kJ/g提高到22.2 kJ/g以上。HPU技术主要是将含水量大的原煤经过快速加热脱水、干燥、在无粘结剂条件下迅速压制成型。工艺系统包括备煤系统、热烟气系统、干燥系统、成型系统、冷却系统、成品输送储存6

大系统和循环流化床高温烟气炉、粉煤直管式气流干燥装置和无粘结剂高压对辊成型机等关键设备。目前该示范项目已移交神华煤制油公司,进入消缺整改阶段。

#### (2) 白音华煤电公司煤提质干燥项目

白音华煤电公司煤提质分公司重点发展白音华地区褐煤提质工程项目,规划规模1500万t/a,一期规划规模300万t/a,建设2条150万t/a生产线,是目前世界上最大的单条煤提质生产线。项目采用先干燥去水再干选排矸、降温的生产工艺,目的是将发热量为14.7 kJ/g左右的高水分褐煤提质加工到发热量为18.8 kJ/g以上,核心设备主要为振动混流干燥器和复合式干选机,目前一期第一条生产线安装完毕,整个生产系统进入调试阶段。

#### (3) 中国大唐华银电力股份有限公司提质技术

大唐集团华银电力股份有限公司在美国 EN-COAL 公司开发的 LFC 技术基础上,结合中国褐煤特性,自主研发出低阶煤转化提质技术(LCC),并在内蒙古锡林郭勒市建设处理能力1000 t/d的褐煤干燥示范装置生产线。1992年第一座示范厂(EN-COAL)在科罗拉多州的吉勒特市附近建设完成并投产运行。LFC 提质技术由美国 SGI 公司1987年研发(随后壳牌矿业公司(SMC)加入共同研发),现为 MR&E 公司拥有。LFC 热解提质工艺是以低阶煤提质为目的,生产固体燃料和液体燃料。原工艺将3~50 mm 粒级煤通过给煤机给入干燥炉,通过调节炉内温度和停留时间脱出原煤水分。在干燥炉和热解炉中间,有1个细格子的转鼓,将上部落下来的煤与下部吹上来的循环加热气体形成对流进行混合,控制进入热解炉的流量。干燥后的煤进入约540℃的热解炉热解。产品半焦发热量比原煤提高50%以上。为了控制半焦产生的粉尘,SMC 公司开发了 MK 防尘和表面改性添加剂。采用 LCC 技术对褐煤进行加工提质后,可生产出高稳定性、低硫量、高热值的低温半焦(PMC)和低温煤焦油(PCT)。

#### (4) 大唐国际锡林浩特褐煤滚筒干燥技术

大唐锡盟煤干燥项目是大唐国际发电股份有限公司煤化工项目之一,旨在利用大唐自有的内蒙古东胜利二号露天煤矿的褐煤为原料,通过干燥提质,增加煤炭的附加值,为大唐系统内火电厂、煤化工项目提供优质褐煤。该工艺将小于30 mm 的褐煤输入带有扬料装置的滚筒干燥机,通入热烟气直

接接触换热,实现高水分褐煤不同程度的干燥。2008年6月进行了规模20 t/h 中试,结果表明在最优工艺参数下可将褐煤全水分由原来的35%~40%干燥到15%以下,褐煤热值由12.560~13.816 kJ/g 提升至18.840 kJ/g。该项目证实了滚筒干燥技术可用于高水分褐煤的干燥,掌握了褐煤滚筒干燥过程中的关键技术,并计划采用部分成型工艺路线将粒径小于1 mm 的褐煤分离出来进行无粘结剂高压成型,解决干燥后褐煤易扬尘、回水、自燃、亏吨等问题。2009年10月,大唐国际批复工程转入大中型基建,目前正在进行一期规模6×100 t/h 褐煤干燥工程建设,项目总体规划年处理量2000万t。滚筒干燥虽能有效降低褐煤水分,但不能有效提质,水分复吸严重,且存在严重的系统安全问题。

#### (5) 呼伦贝尔金新化工型煤工艺

金新化工有限公司褐煤提质是为年产50万t合成氨和80万t尿素的气化项目提供原料煤。金新化工型煤工艺采用德国 Zemag 机械制造有限公司的蒸汽管式干燥技术,工艺包设计采用中国化学工程股份有限公司和德国 Zemag 机械制造有限公司共同开发的工艺技术。褐煤干燥成型系统包括原料褐煤的破碎筛分、褐煤干燥、干煤细碎及成型。计划型煤生产能力100万t/a,原煤消耗量125万t/a。计划于2011年7月投料试车,产成型煤产品。

此外,清华大学、浙江大学和煤炭科学研究总院唐山研究院等高校和科研设计单位也在开发褐煤提质的相关技术,如微波提质研究等。

中国的褐煤提质技术处于试验研究和工业化应用初始阶段,各种不同的褐煤提质技术在具有自身优势的同时,也存在一些不足。加强褐煤提质技术基础理论和关键设备的研究对于提高褐煤利用率,建设资源节约型社会,保证国民经济可持续发展具有重要意义。

## 4 结 语

褐煤提质具有节能增效的作用,要加强褐煤提质工艺与电厂建设的结合,有效利用电厂余热解决粉煤的出路问题。同时由于褐煤含氧量比烟煤高,使用褐煤对建设燃煤产生的二氧化碳减排有积极意义。

虽然褐煤的利用还存在诸多问题,但有国家政策的支持,煤炭企业应抓住发展机遇,规划调整发展战略,在引进国外先进技术的同时,加强国内技术的自主开发,提高褐煤提质技术,同时还要加强建设复合

式煤炭循环经济清洁生产产业链,以褐煤为原料制备清洁能源,如煤气、煤焦吸附剂等延伸产业链,实现褐煤煤业的可持续发展,对于中国国民经济的可持续发展,保证国家能源安全具有重大意义。

参考文献:

[1] 陈清如,刘炯天.中国洁净煤[M].徐州:中国矿业大学出版社,2009.  
 [2] 戴和武,谢可玉.褐煤利用技术[M].北京:煤炭工业出版社,1999.  
 [3] 邵俊杰.褐煤提质技术现状及我国褐煤提质技术发展趋势初探[J].神华科技,2009,7(2):17-22.  
 [4] Hassan K, Rajender G.. Low-Grade Coals: A Review of Some Prospective Upgrading Technologies [J]. Energy Fuels, 2009, 23 ( 7 ): 3392 - 3405.  
 [5] Toru Sugita. UBC( Upgraded Brown Coal) process development [R]. Kobe: Kobe Steel Engineering Reports ,2003.  
 [6] Kinoshita , Shigeru , Yamamoto , et al. Demonstration of

upgraded brown coal ( UBC) process by 600t/d plant [R]. Kobe: Research and Development Kobe Steel Engineering Reports ,2010.  
 [7] Butler C J , Green A M , Chaffee A L. Assessment of the physical and chemical properties of Mechanical Thermal Expression product water [A]. 12th International Conference on Coal Science [C]. Australia: Cairns , 2003: 2 - 6.  
 [8] 赵振新,朱书全,马名杰,等.中国褐煤的综合优化利用[J].洁净煤技术,2008,14(1):28-31.  
 [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] 高俊荣,陶秀祥,侯彤,等.褐煤干燥脱水技术的研究进展[J].洁净煤技术,2008,14(6):73-76.  
 [11] 熊友辉.高水分褐煤燃烧发电的集成干燥技术[J].锅炉技术,2006,37(S1):46-49.  
 [12] 李恩利,高建国,崔红梅,等.我国褐煤提质项目风险分析[J].煤炭经济研究,2009(12):25-26.  
 [13] 汪寿建.褐煤干燥成型多联产在工程实践中的应用和发展[J].化工进展,2010,29(8):1379-1387.

## Development status and analysis of lignite quality improvement technology

ZHU Shu-quan

( School of Chemical and Environmental Engineering , China University of Mining and Technology( Beijing) , Beijing 100083 , China )

**Abstract:** According to analyzing lignite reserves and properties , find that it is urgent to improve lignite quality. Introduce the lignite quality improvement technology as well as their utilization situation , merit and demerit at home and abroad. Highlight main demonstration project of lignite quality improvement in China , and put forward some suggestion on utilization of lignite.

**Key words:** lignite; quality improvement technology; industrialization; energy saving; sustainable development



## 欢迎订阅 2011 年《洁净煤技术》杂志

《洁净煤技术》杂志是由煤炭科学研究总院与煤炭工业洁净煤工程技术中心联合主办,经国家科委与新闻出版署正式批准,向国内外公开发行的国家级专业科技刊物,中国科技核心期刊。

《洁净煤技术》杂志统一刊号: CN 11 - 3676 / TD , ISSN 1006 - 6772 , 双月刊 , 大 16K , 每期定价 20 元 , 全年 120 元。本刊自办发行,请您直接与本刊编辑部办理订阅手续。订阅方法:

邮局汇款:北京和平里煤炭科学研究总院,收款人:《洁净煤技术》编辑部,邮编:100013;

银行汇款:工商银行和平里支行营业室,户名:煤炭科学研究总院;

银行帐号:0200004209089115910;开户地:北京市朝阳区;

联系电话:(010) 84262927 84262909;传真:(010) 84262927;E-mail:jjmjs@263.net;

网址:www.jjmjs.com.cn