

# 褐煤成型技术研究现状

王 岩<sup>1,2,3</sup>, 裴贤丰<sup>1,2,3</sup>, 张 颀<sup>1,2,3</sup>, 王世宇<sup>1,2,3</sup>, 白效言<sup>1,2,3</sup>, 王之正<sup>1,2,3</sup>

(1. 煤炭科学研究总院 北京煤化工研究分院 北京 100013;

2. 国家能源煤炭高效利用与节能减排技术装备重点实验室(煤炭科学研究总院) 北京 100013;

3. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室(煤炭科学研究总院) 北京 100013)

**摘要:** 中国褐煤资源丰富,由于其煤质特点,利用褐煤时需要进行提质加工。褐煤提质加工技术众多,国内外的褐煤提质加工技术主要包括热解提质加工工艺、脱水提质加工工艺及成型提质加工工艺等。褐煤成型技术可根据用户的不同需求,通过特殊的工艺,克服原煤存在的缺陷,生产出质量优良的产品;解决了褐煤易自燃、水分含量高等对长距离运输及储存不利的问题,具有明显的经济效益和环境效益。综述国内外褐煤众多提质工艺中的成型技术现状,介绍具有代表性工艺技术的主要特点,对比分析了国内外褐煤成型工艺技术的主要指标,总结了褐煤成型工艺技术在中国今后的发展。

**关键词:** 褐煤; 型煤; 提质技术

中图分类号: TD849.2

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2013)01-0057-04

## Research status of lignite forming technologies

WANG Yan<sup>1,2,3</sup>, PEI Xian-feng<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Yang<sup>1,2,3</sup>, WANG Shi-yu<sup>1,2,3</sup>, BAI Xiao-yan<sup>1,2,3</sup>, WANG Zhi-zheng<sup>1,2,3</sup>

(1. Beijing Research Institute of Coal Chemistry, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;

2. National Energy Technology & Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control

(China Coal Research Institute), Beijing 100013, China;

3. State Key Laboratory of High Efficient Mining and Clean Utilization of Coal Resources

(China Coal Research Institute), Beijing 100013, China)

**Abstract:** There are abundant lignite resources in China, while its utilization is limited by the coal quality, that means it needs to be upgraded. The lignite upgrading technologies at home and abroad include pyrolysis upgrading process, dehydration upgrading process, forming upgrading process and so on. Based on the requirements of users, the lignite forming technologies change some nature of raw coal through special processes, the production is admirable. Once spontaneous combustion and high water content restricted the long-distance transport and storage of lignite, now this technology solves these problems. So this technology has obvious economic and environmental benefits. Summarize lignite forming technologies of many upgrading processes at home and abroad, introduce and compare the main features of representative technologies. Forecast the development trend of lignite forming technologies in China.

**Key words:** lignite; briquette; upgrading technology

收稿日期: 2012-11-12 责任编辑: 孙淑君

作者简介: 王 岩(1987—) 男, 辽宁鞍山人, 从事煤炭热解等方面的研究。

引用格式: 王 岩, 裴贤丰, 张 颀, 等. 褐煤成型技术研究现状[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(1): 57-60, 71.

褐煤煤化程度仅高于泥煤。褐煤通常分为硬褐煤及软褐煤两大类,主要分布于欧洲、亚洲和北美洲。美国、俄罗斯和中国分别是硬褐煤储量前3名的国家。软褐煤储量最多的是俄罗斯,约占世界软褐煤储量的1/3<sup>[1-4]</sup>。

由于褐煤挥发分含量高,所以易于燃烧并冒烟。褐煤剖面上可以清楚地看出原来木质的痕迹,其基本性质是:含碳量60%~77%,密度约为1.1~1.2 g/cm<sup>3</sup>,挥发分大于40%,无胶质层厚度,干燥基低位发热量 $Q_{net,d}$ 一般为16.73~25.09 MJ/kg,收到基低位发热量 $Q_{net,ar}$ 为1.71~16.73 MJ/kg;多呈褐色或褐黑色,相对密度为1.20~1.45。

褐煤水分高、热值低、易风化和自燃,单位能量的运输成本较高,给长距离输送及贮存带来了困难。此外,褐煤作为原料转化利用也有一定的局限性,褐煤液化、干馏和气化等对原煤的水分含量都有较为严格的要求,即需要降低原褐煤的含水量;若褐煤直接燃烧,则其热效率较低,且温室气体的排放量也很大。据目前情况分析,褐煤只有经过提质加工,才能满足用户的不同需求,所以褐煤提质加工成为褐煤高效开发利用的关键<sup>[5]</sup>。

国内外褐煤提质加工技术大致可分为热解提质技术、非蒸发脱水提质技术和成型提质技术三大类<sup>[6]</sup>。针对于成型提质技术而言,褐煤在成型过程中,高压或剪切等物理作用,对其凝胶结构和孔隙系统产生了不可逆的破坏,因而从本质上改变了煤样的煤阶,煤化程度也随之提高;有效解决了干燥褐煤粉尘大、易重新吸水、易自燃等不足,得到的褐煤型煤具有一定的防水性<sup>[7-8]</sup>。

## 1 国外褐煤型煤主要工艺技术介绍

### 1.1 日本 UBC(Upgraded Brown Coal) 工艺流程

从技术角度讲,UBC 工艺适用的煤种范围为褐煤到次烟煤,但从经济效益考虑,应主要选取开采、加工成本低,灰分和硫含量等指标相对好的煤种。UBC 工艺流程如下<sup>[9]</sup>:

- 1) 将原料褐煤粉碎至数毫米粒度以备使用;
- 2) 将粉碎后的褐煤与循环油混合制成煤浆,油煤质量比为1~20。循环油一般使用沸点较高的煤油等;
- 3) 加热上述煤浆,温度维持在10~250℃,压力通常为操作温度下的饱和蒸气压,此阶段得到的脱水提质煤仍含些许油分;

4) 通过机械分离方式,将脱水后的含油 UBC 固液分离,回收的油分重新返回使用,此阶段获得脱水脱油的粉状提质煤(UBC 粉);

5) 使用对辊压球机将 UBC 粉压成球饼状,获得 UBC 最终产品。

图1为 UBC 产品典型形貌。



图1 UBC 产品典型形貌

UBC 工艺流程如图2所示。

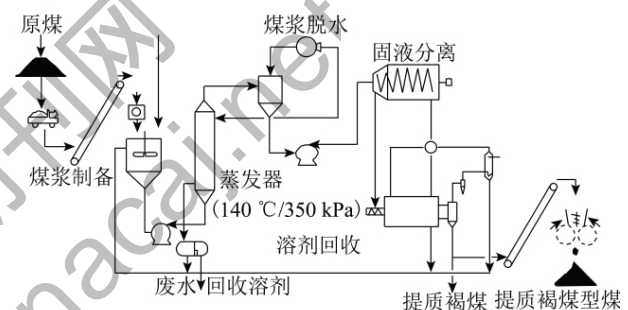


图2 日本 UBC 工艺流程

### 1.2 德国褐煤成型工艺

德国干燥冲压成型工艺中,首先将原煤的水分蒸发至12%~18%,然后冷却、分离,并破碎原煤至6 mm 以下后将其送入带式型煤机,在没有任何黏结剂的情况下以50~200 MPa 的压力挤压,最终生产出不同规格的型煤产品。莱茵地区型煤生产一般采用管式干燥器,并利用坑口电站的过热蒸汽进行间接干燥<sup>[10-11]</sup>。所采用的工艺流程如图3所示。

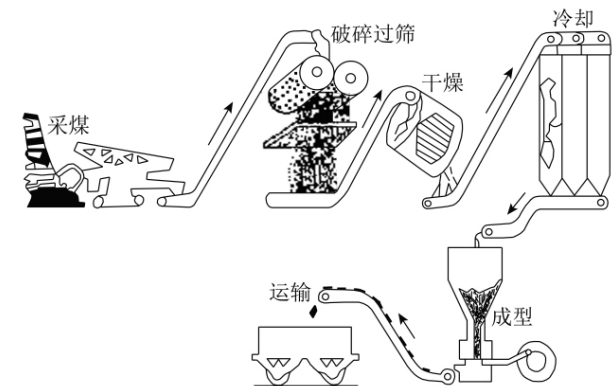


图3 德国干燥冲压成型工艺流程

德国泽玛格(ZEMAG)公司开发了先干燥再辊压成型的工艺,用于低阶煤的无黏结剂成型,使用

设备为蒸汽管式干燥机。该工艺是将褐煤在蒸汽管式干燥器中不完全干燥,然后将其送入辊压成型机,压制出型煤产品。其工艺流程如图4所示。

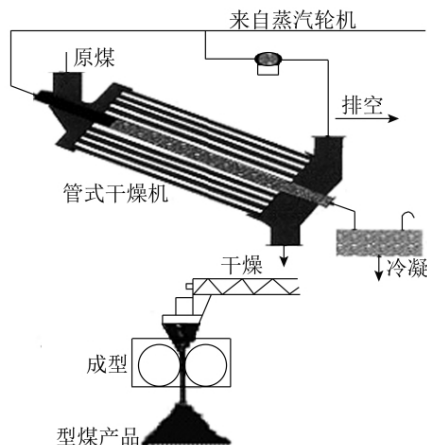


图4 德国蒸汽管式干燥技术示意

德国泽玛格管式干燥成型技术属于蒸汽间接干燥技术,产品为型煤。工艺采用饱和蒸汽为加热介质进行间接加热干燥。基本原理为热法干燥。蒸汽管式干燥机与回转窑类似,鼓体里为列管,鼓体呈现倾斜状态。粒径小于6.3 mm原煤连续不断地送入干燥机管里,当鼓体旋转时,煤被输送至出口。多管系统内的低压蒸汽(0.45 MPa, 165 °C)提供煤料干燥所需的热量。低压蒸汽沿着鼓体轴向进入内部后迅速向管外表面扩散。机体内的空气吸收了水分以后,与干煤粉分离,一部分重新压缩进入干燥机,一部分排入大气。

### 1.3 澳大利亚 BCB 工艺流程

澳大利亚 BCB 工艺,现归澳大利亚怀特公司(White Energy Company)所有,属于无黏结剂辊压成型工艺。该工艺将褐煤破碎到0~4 mm,由热风炉产生的热烟气(400~600 °C)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 °C)经冷却后储存,热烟气循环使用<sup>[12-13]</sup>。采用 BCB 工艺,将干燥后的煤粒辊压成型,在煤粒之间建立联系并达到平衡,孔隙减少了50%,密度更高,水的渗透性差,性质稳定,并防止自燃。型煤产品规格和形状可有多种选择,可从30 mm×20 mm×10 mm(约7 g)到70 mm×38 mm×19 mm(约19 g)。生产的型煤物理性质变化不大,强度与原煤差别较小;除了脱除水分外,煤的化学性质几乎没有变化。其工艺流程如图5所示。

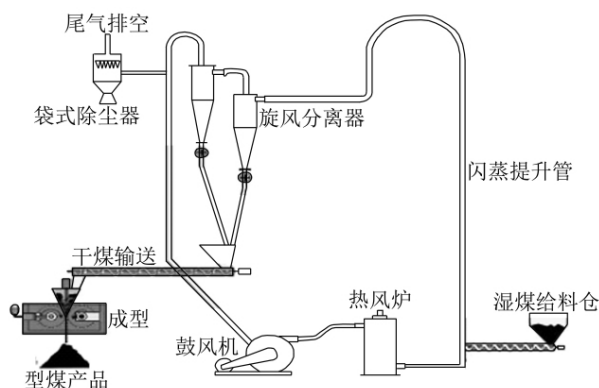


图5 澳大利亚 BCB 工艺流程

## 2 中国褐煤成型工艺技术的发展

中国褐煤多为年老褐煤且灰分较高,成型性差,一般需采用干燥、加热、加压及加黏结剂工艺,且对成型机材质和性能要求高。因此,中国一直没有建设大规模褐煤成型项目。近年来,综合考虑中国煤炭资源的整体情况及能源利用问题,国家鼓励开发利用储量丰富的褐煤资源,由此中国也形成了一些适合国内褐煤资源特点的成型技术。

### 2.1 中国 HPU-06 工艺技术

神华集团公司与中国矿业大学(北京)联合开发了 HPU-06(热压成型)工艺技术<sup>[14]</sup>。其工艺是首先将褐煤破碎至0~3 mm,由热风炉产生的热烟气(600 °C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 °C左右)经冷却后储存;工艺流程如图6所示。

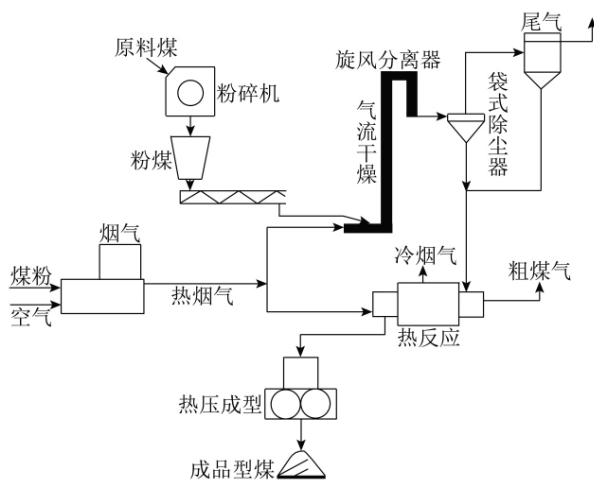


图6 中国 HPU-06 工艺流程

采用 HPU-06 工艺,可将褐煤水分降低到10%以下,也可以达到5%~7%;如果水分干燥到

10%以上,干燥过程基本无焦油析出,挥发分损失很小。型煤产品不回吸水分,产品规格可调,可用作锅炉燃料,也可以用于气化。由于无焦油析出,挥发分损失小,干燥过程产生的废气和废水处理较为简单。对霍林河褐煤的实验结果表明,该工艺可将水分33%左右、热值约15.91 MJ/kg的褐煤干燥到水分为8%、热值为21.78~23.01 MJ/kg。

## 2.2 呼伦贝尔金新化工褐煤型煤工艺

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。金新化工褐煤型煤工艺采用德国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。褐煤干燥成型系统主要包括原料褐煤的破碎筛分、褐煤干燥、干燥细碎及成型。设计型煤生产能力为100万t/a,原煤消耗量为125万t/a。项目已于2011年11月6日一次投料成功,并生产出合格产品。金新化工100万t/a型煤装置是中国第一次以褐煤为原料,通过原煤干燥成型等工艺,将褐煤提质后作为原料煤直接投入气化炉燃烧。项目首套装置设备国产化率为37%,其中有26%的进口设备是世界上首次应用。

## 2.3 煤科院唐山研究院褐煤干选、干燥、成型一体化提质工艺技术

褐煤干选、干燥、成型一体化提质工艺流程为:首先将水分30%~40%的褐煤经过干选排除90%~95%的矸石,得到含灰量较低的褐煤;其次,将煤样破碎至3 mm以下,筛分后进入煤仓;然后,用螺旋给料机将破碎后的煤粉加入管式气流干燥器中,在管式气流干燥器中,煤粉与700℃左右的高温烟气发生传热、传质作用,这改变了原煤中的水分含量及表面性质;经过两道工序后,将褐煤中的水分降至10%以内,旋风分离系统将约95%的提质煤粉与气流分离,约5%提质褐煤含量的气流经过布袋除尘系统后,气流温度降低较多,成为低温烟气由引风机排除,分离出的提质褐煤经成型机辊压而得到型煤产品,或不经成型机直接得到提质褐煤<sup>[15]</sup>。

## 2.4 华电呼伦贝尔2×600万t/a褐煤多联产项目及其工艺

华电呼伦贝尔2×600万t/a(原料褐煤用量)褐煤多联产项目建在内蒙古呼伦贝尔能源重化工工业园区谢尔塔拉产业区,以巴彦哈达褐煤为原

料,以生产型煤为主,联产石脑油、柴油、液化天然气、改质沥青、电、中低压蒸汽等产品。项目总投资793719万元,其中建设投资719866万元,占地总面积179万m<sup>2</sup>;年生产型煤600万t,石脑油2.24万t,柴油10.24万t,液化天然气5万t,改质沥青7.29万t,电5.66亿kWh,中压蒸汽76.9万t,低压蒸汽227.2万t,并副产少量硫和液氨产品。

该项目主要工艺流程为:来自褐煤干燥装置的干燥褐煤经斗式提升机和埋刮板输送机送至筛分机筛分,粒度小于1 mm的煤粒由埋刮板输送机和斗式提升机送至型煤机前缓冲斗;型煤机前的缓冲斗内的粒度小于1 mm的煤粒经过冷却后进入型煤机,在型煤机的挤压作用下成型;型煤经输送机送至检查筛筛分,筛上的型煤由输送机送至型煤储仓,筛下的破碎型煤返回,重新进行筛分、破碎、成型。该项目选用泽玛格RWU1000×930型辊压成型机。单台最大处理能力为35 t/h,设备质量为81 t。

## 3 国内外褐煤型煤工艺技术综合对比

国内外具有多种褐煤成型技术,每种工艺均具有其自身的特点,将以上所述各种具有代表性的褐煤成型工艺技术整理后,得到表1的对比情况。

表1 国内外褐煤成型技术综合比较

工艺	破碎粒度/mm	黏结剂	成型方式	干燥温度/℃
日本UBC	<5	无	辊压	100~250
德国冲压	0~6	无	冲压	165
澳大利亚BCB	0~4	无	辊压	400~600
中国HPU-06	0~3	无	辊压	600
煤科院	<3	无	辊压	700
华电呼伦贝尔	<1	无	辊压	—

由表1可知,国内外的不同褐煤成型技术所需的原料煤粒度均小于6 mm,且大多数工艺为无黏结剂成型,成型压力均较大。

## 4 结 论

1) 国外褐煤成型工艺发展较早,技术相对成熟,但均存在待解决的问题,如能耗高、尾气排放量大等。

2) 中国褐煤型煤项目发展较晚,而且多数借鉴国外的先进经验,中国煤种具有其自身的特殊性,国外的成型技术应用于中国褐煤资源时,存在一定的不适应性。

(下转第71页)

有很强的生命力。GE 煤气化技术进入中国 20 多年来,已向中国企业转让了几十家,占全球 GE 煤气化用户的 80% 以上。Shell 煤气化炉 2000 年前后进入中国,目前中国的 Shell 煤气化炉用户占 Shell 煤气化炉用户的 90% 以上。常压移动床气化在国外虽然早已经淘汰,但由于投资低,在中国还有近 6000 台气化炉在运行。因此在中国不可能出现任何一项煤气化技术垄断的格局。目前,应结合引进技术取得的经验,加强自主煤气化技术的创新、应用与发展。

2) 煤气化是现代煤化工的基础,随着中国现代煤化工技术及产业的发展,煤气化技术发展的重点是大型化、高效率和环境友好,其技术应用需要考虑煤种适应性、操作的可靠性和环保特性。未来煤炭清洁高效转化利用将是大型、先进的煤气化技术为核心,以电、化、热等多联产为方向技术集成。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中华人民共和国 2011 年国民经济和社会发展统计公报[R]. 北京: 国家统计局公报 2012.
- [2] 张东亮, 孙弄, 孙河清, 等. 煤气化制合成气资料汇编[R]. 西安: 西北化工研究院, 1996.
- [3] 贺永德. 现代煤化工技术手册[M]. 北京: 化学工业出版社 2004.

(上接第 60 页)

3) 中国褐煤资源丰富,近年成型技术发展较快,应发展适合于中国褐煤煤质特点的成型技术,从而为合理、高效利用中国储量丰富的褐煤资源提供先进的工艺技术。

#### 参考文献:

- [1] 徐振刚, 刘随芹. 型煤技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社 2001.
- [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] 程守云, 闫铁雷. 国内低阶煤干燥技术的工业应用新进展[J]. 广州化工 2012, 40(16): 25-27.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.

- [4] 沈浚. 合成氨[M]. 北京: 化学工业出版社 2011.
- [5] 高聚忠. 神华煤 Lurgi 气化制合成气探讨[A]. 神华首届科技研讨会[C]. 北京: 煤炭工业出版社 2005: 506-515.
- [6] 王鹏, 籍绪国. 鲁奇煤气化技术的发展及应用[J]. 洁净煤技术 2009, 15(5): 48-51.
- [7] 汪家铭. BGL 碎煤熔渣气化技术及其工业应用[J]. 化学工业 2011, 29(7): 34-39.
- [8] 任相坤. 神华煤气流床气化特性分析[A]. 神华首届科技研讨会[C]. 北京: 煤炭工业出版社 2005: 443-456.
- [9] 于遵宏, 于广锁. 多喷嘴对置式水煤浆气化技术的研究开发与产业化应用[J]. 中国科技产业 2006(2): 28-31.
- [10] 王中刚, 韩喜民. 水煤浆水冷壁气化炉项目总结[J]. 化肥工业 2012, 39(1): 57-58.
- [11] H J vander Ploeg, T Chhoa, P L Zuideveld. The Shell Coal Gasification Process for the US Industry[A]. Gasification Technology Conference[C]. 2004: 1-19.
- [12] 刘晓军. HT-L 航天加压粉煤气化技术发展及应用[J]. 全国煤气化技术通讯 2012(3): 1-18.
- [13] 许世森, 王保民. 两段式干煤粉加压气化技术及工程应用[J]. 化工进展 2011, 29(S1): 290-294.
- [14] 陈家仁. 煤炭气化的理论与实践[M]. 北京: 煤炭工业出版社 2007.
- [15] 张腊, 米金英. 干煤粉加压气化技术的现状和进展[J]. 洁净煤技术 2012, 18(2): 74-78.

- [7] 徐晓光, 赵毅. 褐煤提质技术的应用现状及前景[J]. 热力发电 2012, 41(5): 1-2.
- [8] 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): 73-75.
- [9] 张伟, 王再义, 王相力, 等. 日本神户制钢 UBC 工艺的开发[J]. 洁净煤技术 2010, 16(4): 64-66.
- [10] 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): 1379-1386.
- [11] 常春祥, 熊友辉, 蒋泰毅. 高水分褐煤燃烧发电的集成干燥技术[J]. 选煤技术 2006, 4(2): 19-20.
- [12] 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.
- [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] 白向飞. 中国褐煤及低阶烟煤利用与提质技术开发[J]. 煤质技术 2010(6): 9-10.
- [15] 田忠坤. 褐煤干选、干燥、成型一体化工艺技术开发研究[J]. 选煤技术 2011, 4(2): 20-23.