

褐煤干燥脱水技术

孟 顺, 孙绍增, 赵广播

(哈尔滨工业大学 燃烧工程研究所 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 褐煤含水量高, 直接燃烧发电效率低。褐煤干燥脱水技术能有效降低褐煤含水量, 提高其竞争力。研究介绍了烟气干燥技术、蒸汽干燥(管式干燥, 流化床蒸汽干燥)、水热脱水技术、机械热力脱水技术(MTE)和热油干燥技术(UBC) 5种褐煤干燥脱水技术的原理; 对比分析了不同干燥脱水技术的压力、温度、脱除状态、脱水效率、孔隙结构和重吸收特性; 机械热力脱水技术(MTE)可以改变褐煤孔隙结构、防止重吸收、脱水效率较高和能耗低。结合我国褐煤分布特点, 开发新型干燥脱水技术, 在源头降低煤的水分含量, 实现煤的经济运输, 提高电厂的发电效率。

关键词: 褐煤; 干燥; 脱水; 机械热脱水(MTE); 流化床干燥技术

中图分类号: TK16 文献标识码: A

引 言

随着优质煤的不断消耗, 储藏丰富的褐煤逐渐引起重视。澳大利亚、德国、美国、希腊、俄罗斯、加拿大和中国等国家都具有丰富的褐煤资源。褐煤含有20%~50%左右的水分, 如此高的水分限制了电厂对褐煤的利用, 增加了褐煤的运输费用。水分是煤中的杂质, 水分的存在不仅使煤中的可燃元素含量相对减少, 而且在燃烧时水分蒸发需要吸收热量, 使褐煤的发热值降低^[1]。如果直接参与锅炉燃烧, 由于其水分含量高, 水分蒸发需要大量汽化潜热, 使得燃烧排烟热损失剧增, 电厂整体热效率降低。另外, 褐煤的高水分加重了运输负担, 限制了将褐煤向远距离电厂运输。通过干燥脱水处理技术降低褐煤的水分, 可以提高燃料热值和能量密度, 降低运输成本, 为远距离电厂利用褐煤提供可能。褐煤脱水提质加工后, 其成份和性质趋近于烟煤, 电厂使用脱水提质后的改质煤, 可以显著减少或避免电厂额定出力降低的现象。煤炭干燥脱水技术的研究有利于扩大年轻煤种的综合利用途径, 可以在很大程度上提

高年轻煤种的市场竞争力。开发高效节能的褐煤的干燥脱水技术是褐煤利用的关键。

近年来, 澳大利亚、德国、美国、日本等含高水分褐煤的国家都在研究和开发针对褐煤的干燥工艺和设备^[2]。为了开发高效的褐煤脱水方法, 国外投入了大量的资金并且设立了专门的研究机构, 如澳大利亚曾专门成立了CRC of Clean Power from Lignite、CRC Power Generation from Low Rank Coals两个合作研究中心来研究褐煤的发电利用技术。研究的重点主要集中在干燥脱水技术的能耗和工艺技术的大型化上。本研究通过对5种褐煤脱水干燥方法的原理和特点进行分析, 提出了我国褐煤脱水预干燥的必要性和技术发展思路。

1 褐煤干燥脱水技术及特点

褐煤的干燥方式主要集中在两个方面, 一是利用电厂的废热进行集成干燥, 完成对高水分褐煤的干燥; 二是通过独立的系统在源头进行干燥, 降低褐煤的含水量。国内外主要的褐煤干燥脱水技术有烟气干燥技术、蒸汽干燥技术、水热脱水技术、机械热力脱水技术以及热油干燥技术。

1.1 烟气干燥技术

烟气干燥技术又称热气流干燥法, 是将热烟气与原煤在干燥装置中直接接触进行干燥的方法。干燥介质为热烟气, 由专设的烟气发生炉提供或直接利用锅炉高温烟气。该方法既可以用于在源头实现对褐煤的脱水干燥, 也可以和电厂生产过程集成应用。主要的烟气干燥技术有滚筒干燥技术和流化床烟气干燥技术。

1.1.1 滚筒干燥技术

滚筒干燥技术是应用比较成熟的干燥技术, 主要的干燥设备是干燥滚筒。其原理为: 原煤仓中的

收稿日期: 2011-05-23; 修订日期: 2012-09-28

作者简介: 孟 顺(1983-) 男, 安徽萧县人, 哈尔滨工业大学博士研究生。

原煤(常温)通过给料机进入干燥机的滚筒,在干燥滚筒入口与高温烟气发生炉提供的烟气混合(约 650 ℃)。在转动的滚筒内,滚筒壁上的扬料板使物料在干燥筒体内形成稳定的全断面料幕,使烟气与原煤充分交换热量,交换时间的 25 ~ 35 min。滚筒末端烟气和干燥煤分离,烟气进入烟气净化系统,滚筒末端的干燥煤温度上升为 60 ℃ 左右,烟气温度下降到 120 ℃ 左右。典型滚筒干燥技术的流程如图 1 所示。通过在滚筒内烟气对褐煤的加热,使得煤中的水分蒸发,从而实现了褐煤水分的干燥脱除。

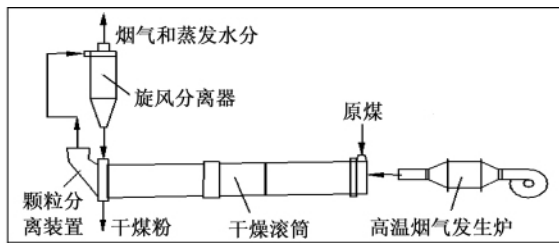


图 1 滚筒干燥技术

Fig. 1 Roller drying technology

1.1.2 流化床烟气干燥技术

流化床烟气干燥技术利用流化床干燥器,采用专设的烟气发生炉产生含氧量 10% 以下的烟气或者在电厂利用锅炉高温烟气作为干燥介质,在流化床干燥器内原煤与烟气充分接触,进行原煤与烟气间的热量和水分传递。流化床传热传质强,煤与气体的接触面积大,传热效率高,设备体积小,利用流化床装置能够很好的实现对褐煤的脱水干燥过程。典型的流化床烟气干燥器如图 2 所示,高温烟气从下部给入,原煤从一侧给入,颗粒在烟气中呈流化状态,物料周围烟气不断地流过,含有蒸汽的烟气从上部排出。

为了能够利用电厂的尾部烟气实现对褐煤的脱水干燥,很多学者对褐煤在低温烟气中的干燥特性进行了实验研究,得出了低温烟气干燥时褐煤的脱水特性,为电厂集成应用褐煤干燥脱水技术提供了参考^[3-5]。

流化床干燥技术用于干燥固体颗粒已经有很多年,在农作物、化工、食品干燥方面取得成功应用,但流化床具有流动不稳定、波动大的难题。流化床干燥器的放大只能靠中试试验的经验数据,没有可靠的数学模型,投资较大,对于不容易流化粒子,产品质量不稳定^[6-7]。

1.2 蒸汽干燥技术

蒸汽干燥技术是利用蒸汽直接或间接的加热高

水分褐煤,使煤的温度升高,煤中的水分以汽化蒸发的形式或直接以液态的形式被脱除。过热蒸汽干燥是一种适合干燥褐煤的新型干燥技术。主要的蒸汽干燥技术有管式干燥技术和流化床蒸汽干燥技术。利用过热蒸汽干燥可以使设备体积减小,热效率高,安全可靠,成为近年国际上干燥技术开发研究的重点。

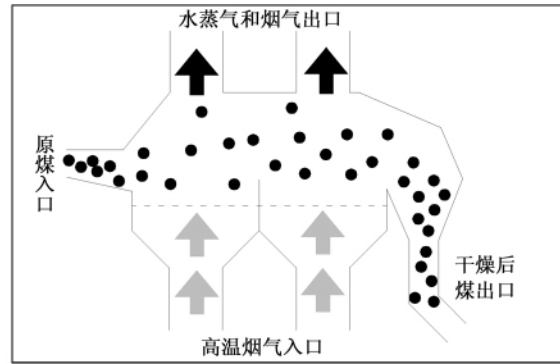


图 2 流化床烟气干燥

Fig. 2 Flue gas drying in the fluidized bed

1.2.1 管式干燥技术

管式干燥技术采用回转窑系统,原煤中水分蒸发所需的热量由多管系统内的低压蒸汽提供,利用空气作为脱水介质。管式干燥器的原理如图 3 所示,在鼓形体里有一个多管系统,鼓体稍微倾斜。原煤连续不断地从上方送入干燥管里,当鼓体旋转时,煤不停地经过管输送到出口。低压蒸汽沿着鼓体的轴向向内,并迅速向管外表面扩散,通过加热管把热量传递给原煤。和煤一起进入机体内的空气,吸收了水分后,在除尘器里和干燥粉分离,一部分重新压缩进入干燥机,另一部分被排入大气。该技术属于间接加热脱水方法,需要大量的蒸汽来源,由于通过蒸发褐煤中的水分而将水脱除,因此,能耗较高,尾气排放量较大^[8]。德国拥有该干燥技术。管式干燥技术广泛用于电厂褐煤块的干燥已经很多年^[9],为目前工业应用较为成熟的褐煤干燥方法。

1.2.2 流化床蒸汽干燥技术

该技术利用蒸汽作为流化介质,干燥器所需能量是由汽轮机抽汽提供或者通过蒸汽压缩机来提高蒸汽的温度得到。在流化床干燥器内,原煤从干燥机的上部输入,利用过热蒸汽将高水分褐煤从干燥机的底部吹向沸腾床上部,产生流化。通过过热蒸汽与原煤间的传热作用,使褐煤中的水分蒸发。流化床中流出的蒸汽,经过旋风分离器净化,部分蒸汽被导回流化床干燥器。该工艺过程的特点是蒸汽不

仅作为干燥介质而且还作为流化介质,干燥蒸发的蒸汽是不含空气和其它杂物的,可进一步利用^[10]。由此出现了带内部热循环的流化床蒸汽干燥工艺(WTA)如图4所示。

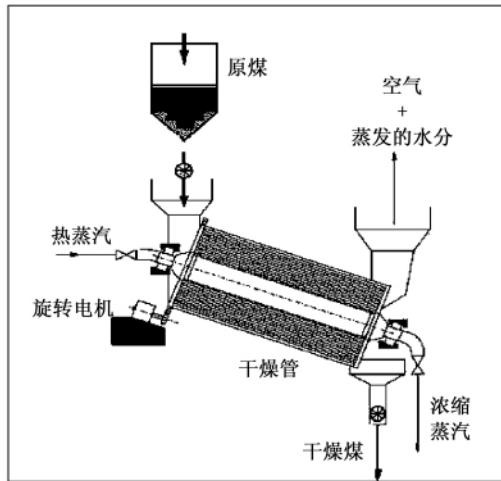


图 3 管式干燥技术

Fig. 3 Tube type drying technology

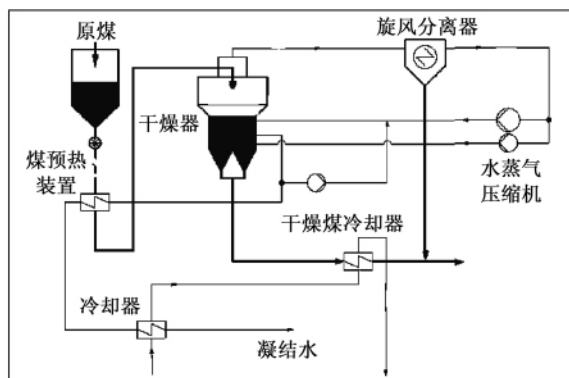


图 4 流化床蒸汽干燥

Fig. 4 Drying in the fluidized bed by using steam

在此工艺中,过热蒸汽经过流化床后,把原煤预热至 60℃ 左右,用于流化的蒸汽部分则通过蒸汽压缩机,消耗部分电能后转化为过热蒸汽重新循环使用。蒸汽潜热则在工艺过程中循环使用,由此热能利用率明显得到提高。在德国的一家 Frechen 示范电厂,从 1993 年到 2002 年累计运行超过 13 000 h,完成了 50 000 t 褐煤的干燥^[9]。

1.3 水热脱水技术

水热脱水技术 HTD (Hydrothermal dewatering) 利用高压反应釜对煤和水或蒸汽混合物加热升温,实现在液态非蒸发的状态下脱除水。前人利用水热脱水技术研究了不同反应条件对不同国家的低质煤

干燥特性的影响^[11~14]。将原煤和外加热水或蒸汽一起放入高压容器内,并开始升温,温度维持在 250℃ 左右,实现煤中的水在液态下脱除。加入外部水的目的是为了防止煤中的水汽化^[15]。为了维持水分不被汽化,系统压力必须维持在同温度下水的饱和蒸汽压之上^[16]。该工艺过程将水在液态下移除,同时产生的废热蒸汽可分级使用,热能能够得到循环再利用,因此能耗较低。另外,由于原料煤细粉较少,经脱除水分后的褐煤不易在空气中自燃,因此,可利用空气进一步自然干燥。

1.4 机械-热力脱水技术(MTE)

机械-热力脱水技术 (mechanical/thermal dewatering) 是由德国多特蒙德大学 Strauss 等研究开发的用于在燃烧前对褐煤进行脱水的高效节能技术。该过程综合了热法脱水和机械脱水的优点,将褐煤加热到 150~210℃ 的条件下,通过机械挤压将水挤出^[17]。工艺流程如图 5 所示,该工艺过程分为 4 个阶段: (1) 用工艺热水预热; (2) 过热蒸汽加热脱水; (3) 加压脱水; (4) 进一步闪蒸脱水。为了使干燥介质均匀分布在煤层中,原煤必须用压盘稍微预压一下。预压时,热水从压盘里的喷洒系统喷洒出来,并且最终均匀地分布在煤层表面。在饱和蒸汽压力下,水进入压力室,热水经过煤层并且向煤层放热量,然后连续用蒸汽加热并使煤中的水分部分从煤层中脱离出来。最后再经机械加压达到 3 MPa 左右,脱除大部分水分^[9]。多特蒙德大学的 Bergins 等人对经过脱水处理后的煤质进行了结构和化学性质的研究,通过 MTE 加工后改变了褐煤的孔隙结构,防止了回吸^[18]。Strauss 等在系统脱水的同时,还考察了过程对一些 Na、Ca、Fe、S 等离子体的脱除作用,结果表明,可溶离子大部分可同时脱除。由于从煤中通过热压作用可使矿物质析出,特别是碱金属,因此可以减少积灰、结渣。

目前,这种装置已在澳大利亚一电厂建一套 25 t/h 的中试装置,装置运行状况良好,技术基本成熟。相对其它热法或机械脱水法,机械热力脱水技术工艺操作条件较为温和,工艺过程较为简单,利于工艺过程的工业化;水以液态脱除,能耗较低;工艺过程蒸汽以及热水能得到再利用,热效率较高,与电力系统集成时,相对烟气干燥技术,电厂效率提高 7% 左右^[10]。

1.5 热油干燥技术

日本神户制钢所开发的 UBC (Upgrading Brown Coal) 技术即以油类为干燥介质,把煤油成浆,通过

加热脱水。利用轻油或重油循环进行加温脱水,实现褐煤的干燥和改性^[19]。

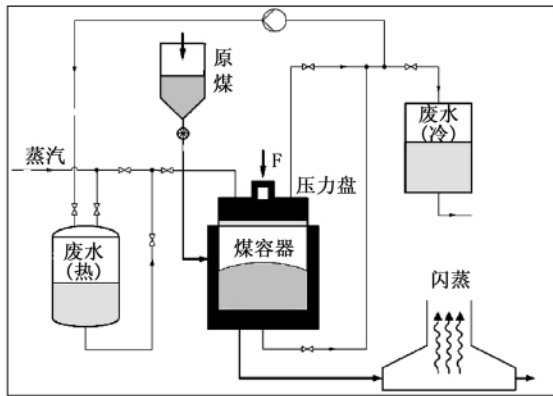


图5 机械-热力脱水技术

Fig. 5 Mechanical-thermal dewatering technology

UBC 技术的具体工艺如图 6 所示。将褐煤研磨成粉状后,与再生油(通常是石油裂解产生的轻油)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,使水分被蒸发后降到 10% 左右,然后再将油提取出来,便形成了和发电用动力煤类似的成份。为了便于运输,最后将提质的煤压制成型。大部分油在第二阶段的烟气分离装置中回收再利用;小部分油被吸收,用于增加产品的稳定性和提高热值。其工艺成本取决于所能回收油的数量。目前,神户制钢利用该技术完成了将含水量高达 30% ~ 50% 劣质褐煤加工为可供发电用动力煤的试验工程。

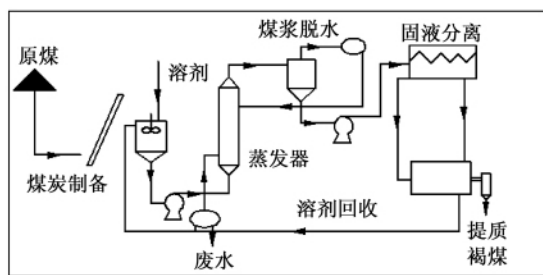


图6 UBC 工艺流程图

Fig. 6 UBC (upgraded brown coal) flow chart

2 褐煤干燥脱水技术对比分析

褐煤干燥脱水技术是降低褐煤水分含量、提高煤质的主要技术,解决了褐煤高水分、低热值所带来的燃烧效率低和温室气体排放量大的缺点,为褐煤

的大规模运输和利用提供了一条发展之路。国内外学者对褐煤脱水干燥技术进行了大量的研究,提出的各种干燥脱水技术具有各自的应用场合和优缺点。随着研究的不断深入,技术参数和特点逐渐明晰,表 1 给出了典型干燥脱水技术的主要参数和特点,其中脱水效率与干燥过程中的温度、停留时间以及原煤的含水量、粒径有关^[3~4, 20~22]。

通过表 1 中不同脱水干燥技术参数和特点的对比,可以得出:(1) 典型烟气干燥技术和蒸汽干燥技术是通过蒸发的方式脱除煤中的水,不能改变褐煤的孔隙结构,脱水后会产生重吸水的现象;但烟气干燥技术的干燥介质容易获得,易与电厂动力系统集成,常用于电厂燃烧前干燥,提高电厂的整体效率。蒸汽干燥技术具有较高的传热效率、设备体积小和系统安全的优点,近年来受到国内外学者的重视。(2) 水热脱水技术和 MTE 技术均能改变褐煤的孔隙结构,对褐煤进行深度改性,将水分在液态下脱除,使煤质提高至烟煤水平,能够防止水分的重吸收,减少了水分蒸发所需的热量,能耗相对较低,但两者对脱水工艺的操作条件要求较高,适合用于褐煤在坑口进行脱水,降低褐煤运输成本。MTE 技术在一定压力下加热褐煤达到“软化”褐煤结构,通过机械挤压脱除褐煤中水分,改变褐煤物性,该方式结合了热脱水和机械脱水技术,脱水效率较高,能耗低^[23~25]。(3) 热油干燥技术通过油煤成浆后蒸发的方法脱水,部分油进入煤的孔隙中,改变了孔隙结构,但只能回收小部分油,该方法能够提高煤的热值,但是受到回收油量的限制,成本较高。

表 1 典型干燥脱水技术的主要参数和特点

Tab. 1 Main parameters and features of the typical drying-based dewatering technology

干燥技术	压力 P_g /kPa	温度 /°C	脱除 状态	脱水 效率/%	空隙 结构	重吸 水
烟气干燥						
滚筒干燥	常压	500 ~ 650	蒸汽	50	不变	会
流化床	1 ~ 10	140 ~ 220	蒸汽	70	不变	会
蒸汽干燥						
管式干燥	400 ~ 500	180	蒸汽	75	不变	会
流化床	1 ~ 10	100 ~ 200	蒸汽	70	不变	会
水热脱水	\geq 饱和蒸汽压	200 ~ 350	液态	70	变化	不会
MTE	$(2 - 12) \times 10^3$	150 ~ 220	液态	60 ~ 80	变化	不会
热油干燥	350	130 ~ 150	蒸汽	80	变化	不会

3 我国褐煤脱水干燥技术的发展思路

我国具有较丰富的褐煤资源,褐煤已探明储量达 1000 亿吨以上,主要分布在内蒙、云南、东北等地。在云南、内蒙等富含褐煤的省份,大量开采高达 30%~50% 水分的褐煤直接用于燃烧,不仅锅炉易结渣、燃烧不稳定,而且电厂效率也很低;高水分使得这些煤种只能在当地使用,不可能长距离运输,因此极大地限制了煤炭的开采规模。降低褐煤的高水分,是我国褐煤发展利用的关键问题,也是煤炭企业和褐煤电厂企业急需解决的问题。我国在高水分褐煤的干燥技术上缺乏经验,主要采用以热烟气为干燥介质的滚筒干燥技术和流化床干燥技术,靠引进国外的先进干燥技术,国内的研究还处于试验阶段。因此,迫切需要开展褐煤脱水预干燥技术研究,为将来在褐煤干燥脱水技术选择、设备设计工艺、脱水预干燥过程的理论计算与模拟等方面取得经验,为进一步提高褐煤利用途径、扩大褐煤使用地域以及提高褐煤燃烧发电效率等方面奠定基础。

针对我国褐煤分布和利用的特点,我国褐煤的脱水利用主要集中在两个方向,针对离发电厂较远的褐煤矿,开发低能耗大型化的褐煤整套干燥技术,实现在源头提高煤质,解决褐煤运输难的问题;充分利用电厂的废热资源在褐煤入炉前进行脱水干燥,通过与电厂热力循环集成,提高电厂整体效率,从而解决电厂利用褐煤发电效率低的难题。

我国坑口电站较少,解决好我国褐煤源头干燥问题是非常重要的。引进国外技术的同时要考虑我国褐煤干燥的要求:(1) 改变煤中的孔隙结构和挥发分的含量,降低自燃特性,防止运输过程中回吸;(2) 用最低的能耗脱除水分,工艺利于大型化。机械热力脱水 MTE 技术由于工艺简单、能耗低且能永久改变褐煤的结构,比较适合远距离运输的干燥要求,具有较好的发展前景。

4 结 论

褐煤干燥脱水不仅提高了褐煤的利用率也起到了化学净化作用,提高了褐煤电厂的发电效率,减少了燃烧污染物的排放,实现了 CO₂ 的减排。

我国对于褐煤脱水技术研究才刚刚起步,而国外对此研究已有百年的历史,许多国家已经形成了多套成熟的干燥脱水技术。本研究对国内外典型的褐煤

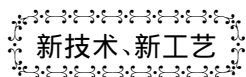
脱水技术:热烟气干燥技术、蒸汽干燥技术、水热脱水技术、机械热力脱水技术以及热油干燥技术的流程和特点进行了详细的阐述,通过对不同干燥脱水技术参数和特点的对比分析,得出褐煤的热烟气干燥技术和蒸汽干燥技术都不能改变原煤干燥后的重吸水特性,但工艺条件要求低,易与电厂系统集成;水热脱水和机械热力脱水技术能够改变褐煤孔隙结构,实现在液态下脱水,干燥后不会重吸水,MTE 技术能以较低的能耗降低水分含量,通过热压力使矿物质特别是碱金属从煤中同时析出,可以减少积灰、结渣,提供了一种重要的可供选用的脱水方法。

参考文献:

- [1] 何佩璠,赵仲琥,秦裕琨. 煤粉燃烧器设计及运行[M]. 北京:机械工业出版社,1987.
HE Pei-ao, ZHAO Zhong-hu, QIN Yu-kun. Design and operation of pulverized coal burners[M]. Beijing: Machine-building Industry Press, 1987.
- [2] 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: 46-50.
XIONG You-hui. Integration drying technologies for power generation in combustion of lignite with a high water content[J]. Boiler Technology, 2006, 37: 46-50.
- [3] 龚志华,顾兆云,徐志强,等. 提高印尼褐煤成浆性的实验研究[J]. 煤炭加工与综合利用, 2008(1): 26-28.
GONG Zhi-hua, GU Zhao-yun, XU Zhi-qiang, et al. Experimental study of Indonesia-originated lignite for improving its slurry formation characteristics[J]. Coal Processing & Comprehensive Utilization, 2008(1): 26-28.
- [4] 王海峰,朱书全. 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.
WANG Hai-feng, ZHU Shu-quan. Research of the drying characteristics of Tongliao-origin lignite in a fluidized bed dryer[J]. Coal Preparation Technology, 2007(4): 43-47.
- [5] 邱传耕,吕舜. 低温干燥对褐煤性能的影响[J]. 煤炭加工与综合利用, 2008(4): 26-29.
DI Chuan-geng, LU Shun. Influence of the low-temperature drying on the performance of lignite[J]. Coal Processing & Comprehensive Utilization, 2008(4): 26-29.
- [6] Syahrul S, Hamdullahpur F, Dincer I. Thermal analysis in fluidized bed drying of moist particles[J]. Applied Thermal Engineering, 2002, 22: 1763-1775.
- [7] Wan Ramli, Wan Daud. Fluidized bed dryers—recent advances[J]. Advanced Powder Technology, 2008, 19: 403-418.
- [8] 万永周,肖雷,陶秀祥,等. 褐煤脱水预干燥技术进展[J]. 煤炭工程, 2008(8): 91-94.
WAN Yong-zhou, XIAO Lei, TAO Xiu-xiang, et al. The progress of pre-drying and dewatering lignite technology[J]. Coal Engineering, 2008(8): 91-94.
- [9] Kakaras E, Ahladas P, Symopoulos S. Computer simulation studies for the integration of an external dryer into a Greek lignite-fired power plant[J]. Fuel, 2002, 81: 583-593.
- [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(06): 73-77.
GAO Jun-rong, TAO Xiu-xiang, HOU Tong, et al. Advances in the

- research of the lignite drying-based dewatering technology [J]. Clean Coal Technology 2008(06): 73 - 77.
- [11] George Favas ,Roy Jackson W. Hydrothermal dewatering of lower rank coals 1. Effects of process conditions on the properties of dried product[J]. Fuel 2003 82: 53 - 57.
- [12] George Favas ,W. Roy Jackson. Hydrothermal dewatering of lower rank coals 2. Effects of coal characteristics for a range of Australian and international coals[J]. Fuel 2003 82: 59 - 69.
- [13] Mursito A T ,Hirajima T ,Sasaki K. Upgrading and dewatering of raw tropicalpeat by hydrothermal treatment [J]. Fuel 2010 ,89: 635 - 641.
- [14] 赵卫东 ,刘建忠 ,周俊虎 ,等. 低阶煤高温高压水热处理改性及其成浆特性[J]. 化工学报 2009 60(6): 1560 - 1567. ZHAO Wei-dong ,LIU Jian-zhong ,ZHOU Jun-hu ,et al. High temperature and pressure water heat treatment-based denaturing of low-grade coal and its slurry formation characteristics [J]. Journal of Chemical Industry 2009 60(6): 1560 - 1567.
- [15] Sakaguchi M ,Laursen K ,Nakagawa H ,et al. Hydrothermal upgrading of Loy Yang Brown coal—Effect of upgrading conditions on the characteristics of the products [J]. Fuel Progress Technology , 2008 89: 391 - 396.
- [16] Wheeler R A ,Hoadley A F A ,Clayton S A. Modellingthe mechanical thermal expression behaviour of lignite [J]. Fuel 2009 88: 1741 - 1751.
- [17] Christian Bergins. Kinetics and mechanism during mechanical/ thermal dewatering of lignite [J]. Fuel 2003 82: 355 - 364.
- [18] Christian Bergins ,Janine Hulston ,Karl Strauss ,et al. Mechanical/ thermal dewatering of lignite . Part 3: Physical properties and pore structure of MTE product coals [J]. Fuel 2007 86: 3 - 16.
- [19] 王天威. 褐煤改质的基础研究 [J]. 应用能源技术 2007(09): 19 - 20.
- WANG Tian-wei. Basic study of lignite for improvement in quality [J]. Applied Energy Source Technology 2007(09): 19 - 20.
- [20] Li Chun-Zhu. Advances in the science of victorian brown coal [M]. Oxford ,UK ,Elsevier Science 2004.
- [21] 虞育杰 ,刘建忠 ,王传成 ,等. 低阶煤脱水提质技术发展现状 [J]. 热力发电 2011 40(9): 1 - 4. YU Yu-jie ,LIU Jian-zhong ,WANG Chuan-cheng ,et al. Status quo of the development of the dewatering and quality improvement technologies for low-grade coals [J]. Thermal Power Generation , 2011 40(9): 1 - 4.
- [22] Datin Fatia Umar ,Hiromoto Usui ,Bukin Daulay. Change of combustion characteristics of indonesian low rank coal due to upgraded brown coal process [J]. Fuel Processing Technology 2006 , 87: 1007 - 1011.
- [23] 李培 ,周永刚 ,杨建国 ,等. 蒙东褐煤脱水改质的孔隙特性研究 [J]. 动力工程学报 2011 31(3): 176 - 180. LI Pei ,ZHOU Yong-gang ,YANG Jian-guo ,et al. Study of the porosity characteristics of eastern Inner Mongolia-origin lignite by dewatering and quality improvement [J]. Journal of Power Engineering 2011 31(3): 176 - 180.
- [24] 高俊荣 ,邵奇 ,张蕾 ,等. 褐煤热压脱水工艺条件研究 [J]. 干燥技术与设备 2011 9(3) 129 - 137. GAO Jun-rong ,SHAO Qi ,ZHANG Lei ,et al. Research of the technological conditions for heating and pressurization-based dewatering of lignite [J]. Drying Technology and Equipment 2011 , 9(3): 129 - 137.
- [25] Butler C J ,Green A M ,Chaffee A L. MTE water remediation using Loy Yang brown coal as a filter bed adsorbent [J]. Fuel 2008 87: 894 - 904.

(丛敏 编辑)



新技术、新工艺

用联合循环装置取代喷水的简单循环装置

据《Gas Turbine World》2012年5-6月刊报道,加拿大 BC Hydro 电站已运行 11 年的喷水的 47 MW LM6000 PC 简单循环发电机组将用装备有取代喷水的 DLE(干式低排放)燃烧室的新的 LM6000 PF 联合循环装置代替。

新装置主要的设计和性能如下:

- 联合循环

新装置的额定输出功率在冬天为 66.5 MW,在夏天运行时为 50 MW。

- 装置的输出功率

在具有管道补燃的情况下,输出功率在冬季和夏季分别增加到 73 和 63 MW。

- 环境

由于使用了干式低排放燃烧室并提高了装置的效率,能使每生产 1 MWh 电力排放的温室气体减少 25%。

- 项目费用

对于设备、机座、安装、建筑物、设施和现场工作编入预算的总费用约为 1.4 亿加拿大元。

(吉桂明 摘译)

褐煤干燥脱水技术 = **Lignite Drying and Dewatering Technologies** [刊, 汉] MENG Shun, SUN Shao-zeng, ZHAO Guang-bo (Combustion Engineering Research Institute, Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2013 28(2). - 115 ~ 120

With a high water content, lignite has a low efficiency for direct combustion power generation. The lignite drying and dewatering technology can effectively lower the water content of lignite and enhance its competitive power. On this basis, the authors studied and analyzed the principles of the following technologies, namely, flue gas drying technology, steam drying technology (tube type drying and fluidized bed steam drying), hydrothermal dewatering technology, mechanical thermal dehydration (MTE) technology and upgraded brown coal (UBC) technology. Moreover, they also contrasted and analyzed the pressure, temperature, removing state, dewatering effectiveness, pore structure and re-absorption characteristics of various drying and dewatering technologies. The mechanical thermal dehydration technology can change the pore structure of brown coal and prevent from re-absorption, thus achieving a relatively high dewatering efficiency with a low energy consumption rate. It is of major significance for China to develop novel drying and dewatering technologies with due consideration of the brown coal distribution features of China to lower the water content of coal from its source, realize an economic transportation of coal and enhance the power generation efficiency of power plants. **Key words:** lignite, drying, dewatering, mechanical thermal dehydration (MTE), fluidized bed drying technology

基于三维接触有限元法的连杆强度分析及试验验证 = **Strength Analysis of a Connecting Rod Based on the Three-dimensional Contact Finite Element Method and Its Experimental Verification** [刊, 汉] WANG Gui-xin, XU Wu, GUO Li-jun (College of Power and Energy Source Engineering, Harbin Engineering University, Harbin, China, Post Code: 150001), HU Hua-zhong (CSIC Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150046) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2013 28(2). - 121 ~ 125

By using both traditional static analytic method and contact finite element one, with the integral and complex assembly model serving as the calculation models respectively, verified was the fatigue strength of the connecting rod assembly of a diesel engine, and compared and analyzed were the above-mentioned two methods. Finally, the tension and compression stress and strain tests of the connecting rod electronically measured by a static force were designed and completed. The test results show that the stress of the connecting rod will increase linearly with an increase of the load. In the regions where the stress is small, the calculated values will be slightly bigger than the actually measured ones, however, the simulated and calculated values in the main stress region will be always relatively accurate and the overall calculated stress value will be relatively in agreement with the test one. Therefore, the effectiveness and reliability of both methods in question for analyzing the strength of the connecting rod assembly are verified.

Key words: connecting rod, strength, finite element method; contact analysis, static state test