

振动床混流干燥系统热效率研究

吴子科

(中煤科工集团 重庆研究院 重庆 400037)

摘要: 振动床混流干燥系统由热风系统、干燥系统和除尘系统三部分组成,旨在降低褐煤水分,提高单位褐煤的发热量,以提高褐煤质量。由于振动床混流干燥是一种新型干燥系统,因此需要对干燥系统进行测试,并研究振动床混流干燥系统的热效率。通过现场测试,针对不同煤流量分别测得干燥系统进出口的温度、湿度、风量及测定干燥前后煤样的水分及发热量。采用了焓焓值计算方法,得出干燥不同煤量所需的理论风量。通过对比理论风量与测试风量,分析研究干燥系统的热效率,找出干燥效果不佳的直接原因和干燥系统改进的方法,为振动床混流干燥系统的改进提供理论支持。

关键词: 混流干燥系统;热效率;风量;干燥效果

中图分类号:TD849

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2013)06-0109-04

Thermal efficiency of vibrating bed mixed flow drying system

WU Zike

(Chongqing Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corp., Chongqing 400037, China)

Abstract: The vibrating bed mixed flow drying system, which is used to reduce moisture of lignite and improve its calorific value, is composed of hot air system, drying system and dust removal system. Since this is a new drying system, it's need to test and calculate its thermal efficiency. By changing coal flow, measure the temperature, humidity, air volume of inlet and outlet of drying system, meanwhile determine the moisture and calorific value change of coal samples. Using Entropy-enthalpy calculation method, get the theoretical air volume for different coal flow. Investigate the thermal efficiency of drying system by comparing theoretical and experimental air volume. Find the direct cause affected drying efficiency and corresponding improvement measures, which provide theoretical basis for the vibrating bed mixed flow drying system transformation.

Key words: mixed flow drying system; thermal efficiency; air volume; drying efficiency

0 引 言

某矿所采煤种为褐煤,这一区域的煤层水分高,全水分一般在26%左右^[1],热值低,约为19.26 MJ/kg。由于褐煤水分高、热值低、易风化碎裂、易氧化自燃、难以洗选和储存,造成单位能量运输成本较高,

不适合长距离运输利用,使得褐煤的开发和利用受到很大限制。中国迄今对褐煤尚未进行大规模的开发和利用,一般被作为一种低阶燃料,在褐煤产地附近将其燃烧发电。高水分褐煤直接燃烧的热效率较低,经济性有限,而且温室气体的排放量也很大。在当今世界能源形势下,褐煤的高效利用日

收稿日期:2013-09-23 责任编辑:孙淑君

作者简介:吴子科(1982—),男,山东济宁人,硕士,工程师,主要从事煤矿安全的研究与评价工作。E-mail:247181965@qq.com。

引用格式:吴子科.振动床混流干燥系统热效率研究[J].洁净煤技术,2013,19(6):109-112.

益受到国内外能源界的重视。

基于此,褐煤干燥系统如雨后春笋般出现^[2-10]。褐煤干燥旨在降低褐煤水分,提高单位褐煤的燃烧热,以提高褐煤质量。同时还能解决长距离外运带来的运费浪费。因此,采用了振动床混流干燥器对褐煤进行干燥。由于振动床混流干燥是一种新型

干燥系统,因此需要对干燥系统进行系统测试,并研究振动床混流干燥系统的热效率。

1 干燥系统组成及工艺

振动床混流干燥系统由热风系统、干燥系统和除尘系统三部分组成,如图1所示。

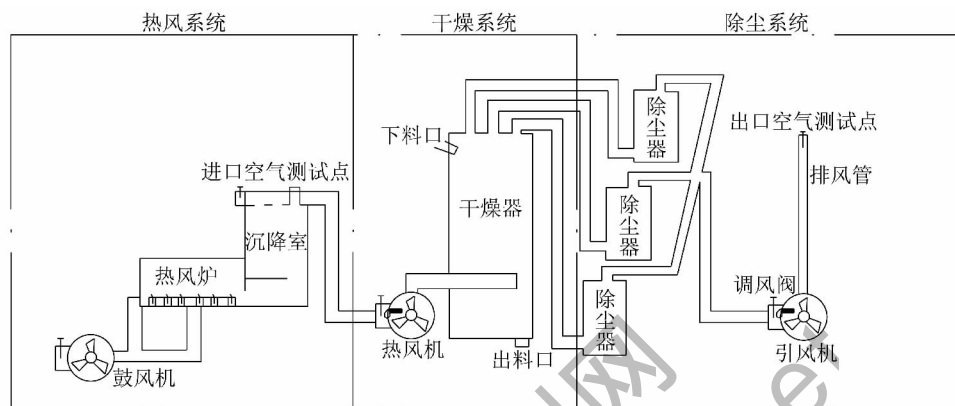


图1 振动床混流干燥系统组成

干燥工艺分为两部分:一部分为煤流,干燥原料煤经缓冲仓短时存储后经胶带机转运至干燥器,干燥后的煤炭和袋式除尘器回收的煤尘冷却后返回胶带机上进入成品煤仓;第二部分为供风系统,热风从热风炉出来经过两道拦火栅,由热风机供给干燥器,在干燥器内部热风与原料煤完成热交换,烟气和煤尘进入袋式除尘器,煤尘回收,除尘后的烟气由引风机排入大气。

2 干燥原理

振动床混流干燥原理:湿煤从顶部进入干燥器后在多层振动床作用下分散成为“之”字形的扁平膨松状的物料长龙,一部分粒度小于筛孔的粉煤穿过筛孔垂直下落,另一部分粒度大于筛孔的煤块在振动状态下形成振动疏松料层沿筛面水平移动。热风从底部送入干燥器,热风流与煤流形成混合的

逆流干燥,通过热空气与煤水分的热交换达到干燥目的。振动床混流干燥器较适于处理粒度为0~30 mm的物料。

3 现有干燥系统热效率计算

振动床混流干燥系统设计干燥温度为240℃,干燥能力为200 t/h,脱水率为7.1%,物料粒度为0~30 mm。根据送检煤样试验表明,干燥温度超过180℃,煤析出爆炸危险气体量增加,210℃时急剧上升^[11-14]。因此,考虑到干燥系统的安全,本次现场测试采取的最高干燥温度为205℃。

在煤流量分别为100,150,200 t/h下分别进行现场测试,干燥系统内温度采用监测系统读数,外部环境温度和湿度监测采用人工方式进行,测试仪器为HT-6290型温湿度仪。干燥温度205℃时不同煤流量的干燥结果见表1。

表1 干燥温度205℃时不同煤流量的干燥结果

煤流量/ (t·h ⁻¹)	物料粒 度/mm	进口温 度/℃	出口温 度/℃	初始空气 温度/℃	进口空气 湿度/%	出口空气 湿度/%	实际脱水 率/%
100	0~30	205.0	40.0	-6.2	31.5	90.3	3.2
150	0~30	204.1	38.0	-5.7	32.0	90.2	1.9
200	0~30	206.5	36.0	-5.9	31.5	90.5	1.2

3.1 理论风量计算

计算过程中不考虑动能及位能的变化,而且干燥

器内热空气不对外做功。当地大气压按照0.1 MPa计算。

焓湿图计算过程如下^[15]

$$d = 622 \times \frac{\varphi p_s}{B - \varphi p_s} \quad (1)$$

式中 d 为湿空气的含湿量 $\text{g}/\text{kg}(\text{a})$; φ 为空气的湿度 $\%$; p_s 为水蒸气压力 Pa ; B 为大气压力 Pa 。

物质平衡方程

$$\dot{m}_a(d_2 - d_1) = \dot{m}_w \quad (2)$$

式中 \dot{m}_a 为每小时空气流量 $\text{kg}(\text{a})/\text{h}$; \dot{m}_w 为燃煤每小时需要脱水量 kg/h 。

1) 煤流量为 100 t/h 达到设计脱水率的理论风量

$$\dot{m}_w = 100 \text{ t/h} \times 7.1\% = 7100 \text{ kg/h}$$

根据 0.1 MPa 时饱和空气状态参数表查得

初始状态饱和空气下水蒸气压力:

$$P_{s,0} = 3.68 \times 10^2 \text{ Pa}$$

干燥器出口饱和空气下水蒸气压力:

$$P_{s,2} = 7.375 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$d_0 = 622 \times \frac{\varphi_0 P_{s,0}}{B - \varphi_0 P_{s,0}} = 622 \times \frac{0.32 \times 3.68 \times 10^2}{10^5 - 0.32 \times 3.68 \times 10^2} = 0.733 \text{ g}/\text{kg}(\text{a})$$

$$d_2 = 622 \times \frac{\varphi_2 P_{s,2}}{B - \varphi_2 P_{s,2}} = 622 \times \frac{0.9 \times 7.375 \times 10^3}{10^5 - 0.9 \times 7.375 \times 10^3} = 44.22 \text{ g}/\text{kg}(\text{a})$$

假定在热风炉中被加热空气的含湿量不变,即 $d_0 = d_1$, 计算干燥所需热空气质量流量 \dot{m}_a , 由式(2)得出

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{m}_w}{d_2 - d_1} = \frac{7100}{44.22 - 0.733} = 163267 \text{ kg/h}$$

在 205 °C 干空气的密度为 0.7351 kg/m^3 , 此时干燥器所需理论体积流量(即风量)为 $22.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

2) 煤流量为 150 200 t/h 时达到设计脱水率的理论风量

煤流量为 150 t/h 和 200 t/h、干燥温度为 205 °C 时, 达到设计脱水率的理论风量见表 2。

表 2 干燥温度 205 °C 时干燥不同煤流量所需的理论风量

煤流量/ ($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$)	来料煤粒度/ mm	理论风量/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	实际风量/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
100	0~30	22.2	28.0
150	0~30	37.4	28.0
200	0~30	56.1	28.0

3.2 热交换效率计算

$$\text{热交换效率} = \frac{\text{实际吸收热量}}{\text{实际供热量}} \quad (3)$$

根据现场测试, 得出不同煤流量(100, 150, 200 t/h)、干燥温度为 205 °C 时煤的干燥效果见表 3。

表 3 干燥温度 205 °C、不同煤流量时煤的干燥效果

来料煤粒 度/mm	煤流量/ ($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$)	入料样全 水分/%	出料样全 水分/%	水分降低 值/%
0~30	100	28.1	25.0	3.1
0~30	150	28.0	26.1	1.9
0~30	200	28.3	27.1	1.2

1) 煤流量为 100 t/h、干燥温度为 205 °C 时, 水和空气的热交换效率

温度从 203.5 °C 降到 40 °C, 单位体积(每立方米)下烟气放出热量:

$$Q_p = C_{pm}(t - t_0) = 0.744 \times (203.5 - 40) = 121.644 \text{ kJ}/\text{m}^3$$

根据热态带载试验结果, 测试风量约为 280000 m^3/h , 因此, 其实际供热量为

$$121.644 \times 280000 = 34060320 \text{ kJ/h}$$

从表 3 可以看出, 煤流量为 100 t/h 时, 脱水率 3.1%, 因此其脱水量为 $100 \text{ t/h} \times 3.1\% = 3100 \text{ kg/h}$, 其需要热量为

$$2257.6 \times 3100 = 6998560 \text{ kJ/h}(\text{饱和蒸汽})$$

因此, 煤流量为 100 t/h 时, 干燥温度为 205 °C 时, 水和空气的热交换效率为: $6998560/34060320 \times 100\% \approx 20.5\%$ 。

2) 同理可以计算出煤流量为 150 200 t/h, 干燥温度为 205 °C 时, 水和空气的热交换效率分别为 18.6% 和 15.3%。

3.3 测试结果分析

1) 在煤流量为 100 t/h 时, 实际平均脱水率最大, 只有 3.2%, 仍未能达到设计要求。

2) 在煤流量为 150 200 t/h 时, 实际风量没有达到理论所需风量, 因此干燥效果没有达到设计要求。

3) 在相同干燥温度下, 随着煤流量的增加所需理论风量增加。

4) 在相同干燥温度和相同热风量下, 随着煤流量的增加干燥效果变差。

5) 燃煤干燥效果试验可知, 水和空气的实际热交换效率均较低, 最大仅为 20.5%。原因如下: ①一部分水附着于燃煤颗粒表面容易被汽化蒸发, 另一部分水在燃煤颗粒内部不易被汽化蒸发。②热风流在干燥器内流动不畅, 致使水和空气的实际热效

率较低。③热风流与煨煤接触面积小。④干燥系统漏风较严重。⑤干燥器的保温效果不佳。

4 提高热效率的方法

1) 煤流量为 100 t/h 时,测试风量 ($28.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$) 大于理论风量 ($22.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$) 而干燥效果没有达到设计要求,原因为干燥器本体的漏风影响了实际干燥效果,因此加强干燥器本体的密封可以提高热效率。

2) 在干燥温度和热风流量不变的情况下,减少每小时干燥煤量可以提高热效率。

3) 在干燥温度和热风流量不变的情况下,可以采取减小物料的粒度,增加振动床的过流面积。调节振动床的安装角度,增加褐煤干燥时间等方法提高热效率。

5 结 语

通过现场测试,针对不同煤流量分别测得干燥系统进出口的温度、湿度、风量及测定干燥前后样煤的水分及发热量。采用了焓焓值计算的方法,得出干燥不同煤量所需的理论风量。通过对比理论风量与测试风量,分析研究干燥系统的热效率,找出干燥效果不佳的直接原因和干燥系统改进的方法,本干燥系统实际风量小于理论所需风量,是干燥效果不佳的直接原因。通过本文的计算,为振动床混流干燥系统的改进提供了理论支持。

参考文献:

[1] 杨鹏,周成军.神东矿区煨煤干燥提质工艺及成套技术

装备研究[J].陕西煤炭,2010(4):52-55.

[2] 蒋兆桂.褐煤提质技术研究进展与展望[J].煤炭加工与综合利用,2012(6):47-51.

[3] 曾在春.褐煤干燥提质技术浅谈[J].化工设计,2011,21(1):3-6.

[4] 赵卫东,刘建忠.褐煤等温脱水热重分析[J].中国机电工程学报,2009,29(14):74-79.

[5] 朱川,杨晓毓,邵徇.低阶煤干燥脱水技术的研究[J].洁净煤技术,2013,19(1):42-47.

[6] 吴占松.煤炭清洁有效利用技术[M].北京:化学工业出版社,2007:3-13.

[7] 屈进州,陶秀祥,刘金艳,等.褐煤提质技术研究进展[J].煤炭科学技术,2011,39(11):121-125.

[8] 郭芬,李德伟,任伟涛.新型滚筒式褐煤干燥系统的应用[J].洁净煤技术,2010,16(1):29-31.

[9] 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.

[10] 田忠坤.管式气流干燥器提质低阶煤理论与技术的研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2009.

[11] 张玉军.型煤干燥过程的研究[J].洁净煤技术,1999,5(2):29-30.

[12] 彭好义,周子民,彭庚,等.高强度型煤热对流干燥特性的试验研究[J].中南大学学报:自然科学版,2010,41(3):1197-1021.

[13] 吕舜,邱传耕.神东矿区金烽煤低温干燥脱水的研究[J].煤质技术,2008(4):4-6.

[14] 陈鹏,崔文权,许红英,等.低温干燥对神华金烽矿煤结构和自燃性的影响[J].煤炭科学技术,2009,37(10):118-121.

[15] 廉乐明,谭羽非.工程热力学[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.

(上接第 99 页)

[4] 蔡觉先,董波,李颖泉.煤炭铁路运输专用扬尘覆盖剂应用性试验研究[J].洁净煤技术,2010,16(6):70-73.

[5] 董波,蔡觉先,李颖泉.煤炭运输专用扬尘覆盖剂均匀腐蚀性能研究[J].洁净煤技术,2011,17(6):80-82.

[6] 蔡觉先,董波,李颖泉.新型扬尘剂在散堆储煤场应用性试验研究[J].洁净煤技术,2011,17(2):71-73.

[7] 董波,蔡觉先.扬尘抑制剂及其生产方法:中国,ZL200710017354.7[P].2007-05-19.

[8] 蔡觉先,董波.移动式扬尘覆盖剂自动喷洒装置:中国,ZL200710017354.7[P].2007-05-19.

[9] TB/T 3210.1—2009 铁路煤炭运输抑尘技术条件 第 1 部分:抑尘剂[S].

[10] TB/T 3210.2—2009 铁路煤炭运输抑尘技术条件 第 2 部分:喷洒装置及方法[S].

[11] 达峰.煤炭快速装车站抑尘剂喷洒装置自动控制系统的设计[J].中国煤炭,2010,36(10):66-68.

[12] 范剑明,吉仁塔布.运煤列车抑尘剂喷洒站的方案设计[J].铁道劳动安全卫生与环保,2010,37(5):275-277.

[13] 赵栋,马婕,张炜.基于 S7-200PLC 的变频自动喷淋抑尘剂系统[J].可编程控制器与工厂自动化,2011(5):108-111.

[14] 蔡觉先,董波.固定式扬尘覆盖剂自动喷洒装置:中国,ZL200710017354.7[P].2007-05-19.

[15] 董波,蔡觉先.扬尘覆盖剂及其生产方法:中国,ZL200710017355.1[P].2010-09-22.