

# 木薯茎秆作为型煤粘结剂的研究

罗菊香 林香权 苏志忠 王仁章

(三明学院 化学与生物工程学院 福建 三明 365004)

**摘要:** 论述了国内外利用木薯茎秆制备生物质型煤的研究现状,提出了致力于木薯茎秆的资源开发和利用,对能源发展和环境保护具有重要意义。探讨了 NaOH 溶液改性木薯茎秆作为型煤粘结剂的可行性。通过单因素试验考察了 NaOH 质量分数、热处理温度、热处理时间、改性生物质添加量对生物质型煤抗压强度的影响。最后通过正交试验优化了型煤制备工艺条件。研究表明,改性生物质添加量是影响型煤抗压强度的主要因素,当 NaOH 质量分数为 2%,热处理温度为 95 ℃,热处理时间为 2.5 h,改性生物质添加量为 20% 时,生物质型煤的抗压强度高达 563 N/个。

**关键词:** 生物质型煤; 木薯茎秆; 粘结剂; 抗压强度; 正交试验

中图分类号: TQ536; TD849

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2012)01-0045-04

## Study on cassava stalk as briquette binder

LUO Ju-xiang, LIN Xiang-quan, SU Zhi-zhong, WANG Ren-zhang

(College of Chemistry and Biology Engineering, Sanming University, Sanming 365004, China)

**Abstract:** Introduce the research status of preparing bio-briquette binder with cassava stalk at home and abroad. Propose the concept that development and utilization of cassava stalk plays an important part in energy conservation and environmental protection. Discuss the possibility of modifying cassava stalk with NaOH. Conduct single factor experiment, investigate the influence of mass fraction of NaOH, heat treatment temperature and time, additive amount of cassava stalk on the compressive strength of briquette. At last, the technological parameters were optimized by orthogonal design experiment. The results show that the additive amount of modified biomass binder is the main cause. The compressive strength of bio-briquette can reach 563 N per sample when the mass fraction of NaOH is 2%, heat treatment temperature is 95 ℃, heat treatment time is 2.5 h, modified biomass binder accounts for 20%.

**Key words:** bio-briquette; cassava stalk; binder; compressive strength; orthogonal design experiment

木薯是热带和亚热带多年生、温带一年生薯属灌木,具有生物产量高、抗逆性强、耐贫瘠和病虫害少等优点,其块根淀粉含量高,是生产燃料乙醇的理想原料<sup>[1]</sup>。木薯生长在地面上的茎秆和生长在地下的块根产量基本持平,但是木薯茎秆利用率却远

低于木薯块根。目前利用木薯茎秆作为饲料、肥料的仅为产量的 20% 左右,其余则被堆放、焚烧和废弃,既浪费又污染环境<sup>[2]</sup>。因此,致力于木薯茎秆的资源开发和利用,对能源发展和环境保护有着重要的意义。

收稿日期: 2011-08-31 责任编辑: 白娅娜

基金项目: 福建省科技计划重大项目(2010H2006); 福建省科技计划项目(JK2010059); 福建省教育厅 A 类产学研项目(JA20162)

作者简介: 罗菊香(1982—),女,福建明溪人,讲师,研究方向为生物质资源的开发利用。

生物质型煤是近年发展起来的新技术,通过节煤和生物质代煤的双重作用,可以减少温室气体 $\text{CO}_2$ 和燃煤 $\text{SO}_2$ 的排放,有利于缓解气候变暖和酸雨污染,对保护环境和节约能源均具有重大意义,是型煤技术发展的一个重要方向<sup>[3-8]</sup>。许多国家对生物质型煤的开发利用高度重视,并进行了大量研究。土耳其科学家将褐煤和松果、锯木、造纸废液等混合物在50~250 MPa压力下制成燃料型煤,生物质添加量为0~30%<sup>[9]</sup>。西班牙科学家将锯木、橄榄核与劣质煤混合,用腐殖酸盐作粘结剂制成型煤<sup>[10]</sup>。赵璐琪<sup>[11]</sup>对玉米茎秆作型煤粘结剂进行了研究,李春桃等<sup>[12]</sup>对稻草茎秆作型煤粘结剂进行了研究,路广军等<sup>[13]</sup>对玉米茎秆、小麦茎秆作型煤粘结剂进行了研究。

笔者采用NaOH改性后的木薯茎秆作为型煤粘结剂的主要原料,通过单因素试验和正交试验,以生物质型煤抗压强度为考察指标,对影响型煤抗压强度的各因素进行了分析,确定了各因素的影响次序,为改性生物质型煤的推广和应用提供了有效依据。

## 1 试验条件

### 1.1 试验原料

木薯茎秆取自三明市农村,自然风干后,粉碎至3 mm以下备用;采用三明市的无烟煤为原料煤,破碎、筛分后,取3 mm以下备用。

### 1.2 试验仪器

JM6102 电子天平, DGF30/14-II A 型电热鼓风干燥箱, HH-4 数显式电热恒温水浴锅, JJ-2 增力电动搅拌机, FZ102 微型植物试样粉碎机, 型煤成型装置, BF-F-200A 抗压试验机。

### 1.3 生物质型煤的制备

称取适量的木薯茎秆,转移至盛有NaOH的水溶液中,茎秆和水溶液的质量比为1:10。在一定温度下对生物质进行改性处理,将改性后的生物质按不同的添加量与原料煤混合,将混合物料加工成型煤,并测试其抗压强度。

### 1.4 抗压强度的测定

抗压强度是指型煤被压碎裂时所能承受的最大压力。按照MT/T 748—1997《工业型煤冷压强度测定方法》测定型煤冷压强度。从型煤试样中各取5个样品,在样品表面取2个面积相等的面,在材料试验机上对试样均匀加速加压,直至样品破碎为止。记录试件开裂时试验机显示的数值,并取所有数据的平均值作为样品的冷抗压强度。

## 2 单因素试验

试验主要考察NaOH质量分数、热处理温度、热处理时间、改性生物质添加量对生物质型煤抗压强度的影响。

### 2.1 NaOH质量分数对型煤抗压强度的影响

在热处理温度为90℃,热处理时间为1.5 h,改性生物质添加量为15%的条件下,添加不同质量分数的NaOH改性液对生物质进行改性,NaOH质量分数分别为0、1%、2%、3%、4%,制成型煤后测定其抗压强度。NaOH质量分数对型煤抗压强度的影响如图1所示。

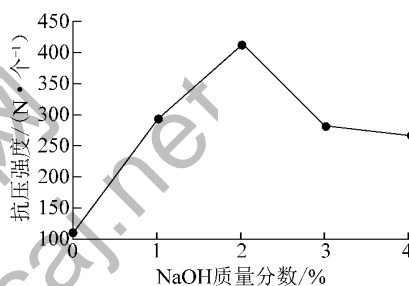


图1 NaOH质量分数对型煤抗压强度的影响

由图1可知,随NaOH质量分数的增加,型煤抗压强度先增大再降低,当NaOH质量分数为2%时,型煤抗压强度最高。说明NaOH质量分数小于2%时,改性液浓度增加,茎秆的木质素分解更为完全,产生的粘性物质更多<sup>[14]</sup>,型煤抗压强度也随之增强;当NaOH质量分数大于2%时,木质素分解程度进一步增加,茎秆的纤维结构被破坏,粘结效果降低,型煤抗压强度有一定程度的下降。因此,NaOH质量分数选取2%为宜。

### 2.2 热处理温度对型煤抗压强度的影响

在NaOH质量分数为2%,热处理时间为1.5 h,生物质添加量为15%的条件下,改变热处理温度对生物质进行改性,热处理温度分别为80、85、90、95、100℃,制成型煤后测定其抗压强度。热处理温度对型煤抗压强度的影响如图2所示。

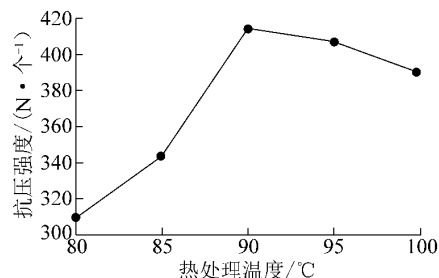


图2 热处理温度对型煤抗压强度的影响

由图 2 可知,随热处理温度的升高,型煤抗压强度先增大后减小。当温度达到 90 ℃ 时,型煤抗压强度最大;当温度继续升高到 95 ℃ 以上时,型煤抗压强度缓慢降低。这表明温度超过 90 ℃,茎秆的水解程度过深,粘结性能下降。因此,热处理温度选取 90 ℃ 为宜。

### 2.3 热处理时间对生物质型煤抗压强度的影响

在 NaOH 质量分数为 2.0%,热处理温度为 90 ℃,生物质添加量为 15% 的条件下,改变热处理时间对生物质进行改性,处理时间分别为 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 h,制成型煤后测定其抗压强度。热处理时间对型煤抗压强度的影响如图 3 所示。

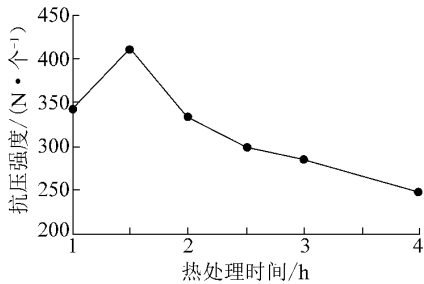


图 3 热处理时间对型煤抗压强度的影响

由图 3 可知,抗压强度随着生物质热处理时间的增加呈现出先升高后降低的趋势。这可能是由于茎秆经过热处理,可以去除没有粘结能力的半纤维素等可溶性多糖,从而有利于纤维素结构与煤粒充分结合,达到提高型煤机械强度的目的;而热处理时间过长,不仅可溶性多糖可以去除,具有粘结能力的纤维素结构也会部分水解或降解生成低分子糖类与化合物,降低了型煤的机械强度。因此热处理时间选择 1.5 h 为宜。

### 2.4 改性生物质添加量对型煤抗压强度的影响

在 NaOH 质量分数为 2%,热处理温度为 90 ℃,热处理时间为 1.5 h 的条件下处理生物质,改性生物质添加量分别为 5%、10%、15%、20% 和 25%,与原煤混合压制成型煤,测定其抗压强度,结果见表 1。

表 1 改性生物质添加量对型煤抗压强度的影响

生物质添加量/%	抗压强度/(N · g <sup>-1</sup> )
5	不能成型
10	282.6
15	414.1
20	298.9
25	166.6

由表 1 可知,当生物质添加量为 5% 时,由于水

分太低,水分子不能在煤粒表面形成水化膜,所以粉煤不能成型。随着生物质添加量的增加,型煤抗压强度先增大后降低。生物质添加量在 10%~15% 时,生物质添加量越多,具有连结作用的网状结构越多,越容易网络煤粒,经过成型压力作用后形成的型煤抗压强度增高;当生物质添加量大于 15% 时,型煤强度下降,主要是由于试验采用的是湿态成型,生物质添加量过大,过多的水分子会降低煤颗粒之间的粘结作用,从而降低型煤的抗压强度。因此,改性生物质添加量选取 15% 为宜。

## 3 正交试验

根据单因素试验结果可知,NaOH 质量分数、热处理温度、热处理时间、改性生物质添加量对生物质型煤的抗压强度都有一定影响,选择以上 4 个因素为考察因素,进行 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交试验,试验条件见表 2,试验结果见表 3。

表 2 正交因素水平表

水平	因素			
	A NaOH 质量分数/%	B 热处理温度/℃	C 热处理时间/h	D 改性生物质添加量/%
1	1	85	0.5	10
2	2	90	1.5	15
3	3	95	2.5	20

表 3 正交试验结果

试验号	A	B	C	D	抗压强度/(N · g <sup>-1</sup> )
1	1	1	1	1	0
2	1	2	2	2	215.6
3	1	3	3	3	514.5
4	2	1	2	3	653.3
5	2	2	3	1	222.1
6	2	3	1	2	475.3
7	3	1	3	2	427.9
8	3	2	1	3	490.0
9	3	3	2	1	192.7
K <sub>1</sub>	200.900	323.933	331.567	139.367	
K <sub>2</sub>	418.667	300.533	304.900	364.233	
K <sub>3</sub>	376.200	371.300	359.300	492.167	
R	217.767	70.767	54.400	352.800	

由表 3 可知,改性生物质添加量对型煤抗压强

度影响最大,热处理时间对型煤抗压强度影响最小;最优化工艺条件为  $A_2B_3C_3D_3$ , 即 NaOH 质量分数为 2%, 热处理温度为 95 °C, 热处理时间为 2.5 h、改性生物质添加量为 20%。在此工艺条件下进行试验, 生物质型煤的抗压强度可达 563 N/个。

#### 4 结 论

经过试验验证,采用 NaOH 改性木薯茎秆作为型煤粘结剂制备型煤是可行的,其制备型煤的最佳工艺条件为 NaOH 质量分数 2%, 热处理温度 95 °C, 热处理时间 2.5 h, 改性生物质添加量 20%, 其中改性生物质添加量对型煤抗压强度的影响最为显著,在最佳工艺条件下,生物质型煤的抗压强度可以达到 563 N/个。

#### 参考文献:

- [1] 王惠君,王文泉. 木薯应用及发展对策的思考[J]. 西南农业学报, 2006, 19(S): 380-383.
- [2] 梁欣锐. 变废为宝提升木薯秆综合利用水平—浅谈木薯秆粉碎机研制意义与推广[J]. 广西农业机械化, 2007(2): 30.
- [3] 刘晓娟,殷卫峰. 国内外生物质能开发利用的研究进展[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(4): 7-9.
- [4] 刘军强,李瑞扬. 型煤燃烧全硫析出规律的试验研究[J]. 节能技术, 2004, 22(5): 10-11, 62.
- [5] 浮爱青,焦红光,谏伦建,等. 生物质型煤燃烧特性概述[J]. 洁净煤技术, 2006, 12(2): 63-66.
- [6] 袁福林,毕耀柏,申云灵,等. 型煤质量对锅炉运行经济性的影响[J]. 节能技术, 2006, 24(5): 474-475.
- [7] 徐春霞,徐振刚,步学朋,等. 生物质气化及生物质与煤共气化技术的研发与应用[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(2): 37-40, 17.
- [8] 乐园,李龙生. 秸秆类生物质燃烧特性的研究[J]. 能源工程, 2006(4): 30-33.
- [9] Yaman S, Sahan M, Haykiri-Acma H, et al. Fuel briquettes from biomass-lignite blends [J]. Fuel Processing Technology, 2001, 72(1): 1-8.
- [10] Blesa M J, Miranda J L, Izquierdo M T, et al. Curing temperature effect on mechanical strength of smokeless fuel briquettes prepared with humates [J]. Energy & Fuels, 2003, 17(2): 419-423.
- [11] 赵璐琪. 利用煤泥制备生物质型煤的研究[J]. 中国煤炭, 2010, 36(7): 92-94.
- [12] 李春桃,徐兵,梁玉祥. 复合型煤粘结剂的成型及固硫效果研究[J]. 洁净煤技术, 2010, 16(2): 72-75.
- [13] 路广军,郭彦霞,程芳琴,等. 生物质秸秆作为型煤粘结剂的研究[J]. 节能技术, 2008, 26(2): 107-111.
- [14] 杨玉立,朱书全,王兴国,等. 中国生物质型煤技术的研究现状[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(6): 74-76, 101.
- [12] 杨显万,沈庆峰,郭玉霞. 微生物湿法冶金[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003: 121~125.
- [13] 司晶星,赵文甲,丁莉. 嗜酸性氧化亚铁硫杆菌氧化  $Fe^{2+}$  过程中黄钾铁矾的形成[J]. 科技天地, 2009(24): 69-70.
- [14] Pandey R A, Raman V K, Bodkhe S Y, et al. Microbial desulphurization of coal containing pyritic sulphur in a continuously operated bench scale coal slurry reactor [J]. Fuel, 2005, 84(1): 81-87.
- [15] Acharya C, Kar R N, Sukla L B. Bacterial removal of sulphur from three different coals [J]. Fuel, 2001, 80(15): 2207-2216.
- [16] 袁欣,袁楚雄,钟康年,等. 非金属矿物的微生物加工技术研究(III)—黄铁矿的微生物氧化研究[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2000(5): 22-24, 39.
- [17] Aller A, Martínez O, Linaje J A, et al. Biodesulphurisation of coal by microorganisms isolated from the coal itself [J]. Fuel Processing Technology, 2001, 69(1): 45-57.

(上接第 41 页)

- [4] 宋志伟,陈玉平,张鸿波,等. 我国煤炭脱硫技术现状及展望[J]. 国外金属矿选矿, 2000(1): 6-8.
- [5] 罗隽飞,李文华,姜英,等. 中国煤中硫的分布特征研究[J]. 煤炭转化, 2005, 28(3): 14-18.
- [6] 朱子祺,谢广元,谢领辉,等. 煤炭生物选择性絮凝脱硫试验研究[J]. 洁净煤技术, 2009, 16(2): 84-86.
- [7] 李华,张世华,班春兰. 烟气脱硫菌株生长曲线的测定及生理生化试验[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(1): 44-46.
- [8] 张悦秋,谢广元,李国洲. 氧化硫硫杆菌氮代谢及其对煤炭脱硫影响的研究[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(4): 32-34.
- [9] 吴根,陈旭东,夏涛. 微生物脱硫技术的现状及发展前景[J]. 环境保护, 2001(1): 21-22, 47.
- [10] 陈金春,陈国强. 微生物学实验指导[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 27-46.
- [11] 吕春梅. 环境污染微生物学实验指导[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2006: 48-157.