

## 利用木薯废渣制作燃料薪棒的试验研究 Research on the Utilization of Cassava Residues to Produce Biomass Fuel

韦栋聪, 邓世恩, 郑 雄

WEI Dong-cong, DENG Shi-en, ZHENG Xiong

(南宁市环境保护科学研究所, 广西南宁 530022)

(Nanning Environmental Protection Science Institute, Nanning, Guangxi, 530022, China)

**摘要:**为了解决木薯加工过程产生的废渣所带来的问题、打破限制木薯淀粉产业发展的瓶颈,将木薯废渣作为原料,摸索适合木薯废渣压制薪棒的最高含水率以及最优加热温度,并将薪棒的燃烧效果与煤进行比较。结果发现,物料含水率控制在10%~15%,模具温度制在200℃左右时,可以得到质量较好的薪棒,用薪棒替代煤作为锅炉燃料可以达到节能减排的效果。

**关键词:**木薯废渣 含水率 温度 薪棒

中图分类号:X17 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2011)02-0113-04

**Abstract:**In order to solve the problems from processing of cassava and break the bottleneck limitation in the development of cassava starch industry, cassava residues was used as raw materials to form cassava bar by finding the suitable suppressing condition, including the highest of moisture content and the most suitable heating temperature. The burning effects was compared between cassava bar and coal. Results showed that when the moisture content of materials was controlled between ten percent to fifteen percent, the mould's temperature was about 200℃, cassava bar with good quality was produced. Burning cassava bar replacing coal as boiler fuel, the effect of energy saving and emission reduction can be achieved.

**Key words:**cassava residues, moisture content, temperature, cassava bar

木薯是大戟科木薯属植物,起源于热带美洲亚马逊盆地南沿、巴西与玻利维亚边境干湿交替的河谷地带,是全球三大薯类作物之一。全球木薯种植面积在1700万公顷以上,分布于南北纬30°之间,海拔2000m以下的地区<sup>[1]</sup>。我国广东、广西、海南、云南等南方八省均有栽培。木薯的用途非常广泛,目前已经成为与国计民生息息相关的重要资源,不仅可以食用,而且还大量用于生产淀粉、酒精等产品。

广西木薯淀粉的发展速度极快,生产能力从上个世纪90年代初的12.25万吨/年增加到2001年的36万吨/年<sup>[2]</sup>。但是,目前在木薯加工生产过程

中木薯的综合利用程度低、产业链短、精加工系列产品开发滞后等问题比较突出。以木薯渣为例,按木薯加工产量计算,广西淀粉生产企业生产过程中产生的木薯废渣(干基)可达80万吨左右。目前木薯废渣主要是堆存在厂区,没有合适的处理方式。堆放的木薯渣发酵变质后极易腐坏发臭。木薯废渣不仅占据大量的场地而且散发的恶臭气体对厂区及其周边环境影响极大,成为限制木薯淀粉产业发展的最大瓶颈。

近年来,进行过不少对木薯废渣开发利用的研究,并且已经取得一定成果,例如将木薯废渣作为动物饲料辅料,堆肥等<sup>[3~6]</sup>。但是,因种种客观原因这些研究均未得到大面积的推广。因此,如何处理木薯加工过程产生的废渣是迫切需要解决的问题。本研究将木薯淀粉生产企业产生的木薯废渣加工转化成木薯薪棒,用薪棒替代煤作为锅炉燃料,以实现节

收稿日期:2011-03-29

作者简介:韦栋聪(1979-),男,工程师,主要从事环境污染监测与防治研究。

能、减排的双重效益。

## 1 实验部分

### 1.1 试验原料与仪器

原料:直接以淀粉生产企业生产过程中产生的木薯废渣为原料,原料初始含水率为90%左右。

主要仪器:离心脱水机、压榨过滤脱水机、翻炒热风干燥系统、制棒机等。

### 1.2 制棒试验

通过对区内外生物质燃料生产以及木薯废渣干燥技术的深入调查研究,我们选择较适合粉末状木薯废渣干粉成型的螺旋挤压式的制棒机。由于木薯废渣的理化性质与一般生物质颗粒的有所差别,因此需要通过多项制棒试验以及物料分析,获取适合木薯废渣压制薪棒最高含水率以及最优加热温度。

抽取渣池中的湿木薯渣,首先采用离心初级脱水、压榨二次脱水方式脱除木薯废渣中绝大部分的水分,使含水率降至70%左右,然后将湿渣分为10组进行晾晒,获取不同含水率的干渣样品,测试并记录其含水率。

样品制备完成后,启动制棒机以及加热装置,控制成型模具温度在200~400℃,分别取不同含水率的物料进行制棒。记录不同条件下出棒速度以及成棒效果。

### 1.3 原料干燥试验

结合众多企业的经验以及木薯废渣的干燥难点,研制生产效率、热能利用率较高的干燥技术以及设备。

采用离心初级脱水→压榨二次脱水→预热翻炒炉→多级热风烘干的工艺路线,测试并记录初级脱水、二次脱水等不同工段出料含水率,同时测试并记录预热翻炒锅、多级热风烘干装置的运行情况,不断调整工艺流程并分析记录装置能源消耗、不同节点温度、出料速度、出料含水率等,在保证出料含水率符合制棒要求的前提下,调整出生产效率、热能利用率较高的生产工艺控制参数。

抽取渣池中的湿木薯渣,采用离心初级脱水、压榨二次脱水方式脱除木薯废渣中绝大部分的水分,使含水率降至65%~75%。待预热翻炒炉升温高至400℃左右时,启动上料装置、预热翻炒炉以及热风干燥系统,将湿料输送进入预热翻炒炉,片状湿料在翻炒炉中被预热打散成粉状湿料后,由风机吸入热风干燥系统。调整压榨工段出料湿度、翻炒炉转速、翻炒炉加热温度等,比较不同条件下试验的生

产效率、能耗、出料效果等基本情况。

### 1.4 薪棒各项指标分析

将生产的薪棒的理化性质与DB11/T541—2008《生物质成型燃料》工业、元素分析指标进行对比分析。为了验证薪棒的实际应用情况,将薪棒直接替代燃煤,放入2t/h锅炉进行试烧试验,并与燃煤对比进行效益分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 最佳制棒条件

从表1可以看出,样品1~样品6在初始温度为300℃时均可顺利出棒,当温度下降至200℃时样品1、样品2、样品6仍可以顺利出棒,当温度下降至170℃时样品3至样品5仍可以顺利出棒。样品7至样品10在400℃时才可以顺利出棒。这说明,木薯渣原料压制薪棒有以下特性:第一,物料水份越高,制棒机模具需要的加热温度越高,高水份物料对模具降温作用明显,模具难以控制在稳定的高温上,出料口容易出现堵塞。当物料水份达到17%以上时,即使能出棒,出棒以后薪棒也会开裂,而且密度不高;第二,物料水份如果过低,制棒机模具温度较高时,易使薪棒表层炭化而冒黑烟,使工作环境变差,而且压制出的薪棒的密度不是十分理想。因此,物料含水率控制在10%~15%,制棒机模具温度控制在200℃左右时,才能生产出质量较好的薪棒。另外,从技术和经济节能的角度考虑,干燥工段出料含水率控制在15%左右较好。

表1 制棒试验结果

样品	样品含水率(%)	温度(℃)	制棒情况
1	3	300	顺利出棒,成棒仍较松散,出棒速度快,黑烟减少
		200	顺利出棒,成棒较理想,出棒速度较快,黑烟很少
2	7	300	顺利出棒,成棒仍较松散,出棒速度快,黑烟减少
		200	顺利出棒,成棒较理想,出棒速度较快,黑烟很少
3	10.40	300	顺利出棒,成棒较紧密,出棒速度适中而且连续,出棒至冷却过程中无明显裂痕,而且表面光滑
4	12.20		
5	13.50	170	可以顺利出棒,温度再下降时则容易堵塞
6	17.10	300	方可顺利出棒,成棒较紧密,但出棒后在冷却过程中有明显裂痕,出棒速度较慢但基本可连续
		200	基本可维持出棒,但出棒口偶尔堵塞。
7	19.40	400	方可顺利出棒,成棒松散,出棒速度慢而且不连续;成型模具的温度下降较快,出棒口较易堵塞。
8	23.30		
9	24.40		
10	30.80		

### 2.2 最佳干燥技术

调整压榨工段出料湿度、翻炒炉转速、翻炒炉加热温度等,记录炉温 390℃,翻炒速度为 500 rpm/min 时试验生产效率、能耗、出料效果等基本情况(表 2)。

测试分析显示,机械脱水阶段需尽可能脱除出更多的水份。当进料含水率在 70% 以上时,湿渣进入翻炒分散装置后较难分散,极易形成团块,在“闪急”汽化的作用下,团块表面的水份迅速汽化变干(以致焦化),但是团块内部水份则未能充分蒸发,形成“夹生饭”现象,极易粘结管道、风机等,难以进入后续热风干燥系统,生产效率较低,热能消耗以及综合能耗高;当进料含水率在 70% 以下时,湿渣进入翻炒分散装置后分散效果较好,基本可以全部打成粉状颗粒,在引风机作用下很容易进入热风干燥系统,生产效率较高,热能消耗以及综合能耗较低(表 2)。所以,机械脱水后物料含水率控制在 70% 以下时,后续干燥工序方能正常运行,能保证较高的生产效率。当进一步降低进料含水率时,生产效率可进一步提高,热能消耗可进一步降低。

### 2.3 薪棒质量及其效益分析

经过分析,发现所制得薪棒的各项指标均达到了 DB11/T541-2008《生物质成型燃料》工业、元素分析指标的要求(表 3)。

表 2 干燥试验结果(390℃, 500rpm/min)

进料含水率(%)	湿渣进入翻炒炉后的情况	生产能力(t/h)
72.9	较难分散,极易形成团块,形成团块后容易粘结管道,堵塞出料口、风机等,需要经常停机疏通管道,进入后续多级热风干燥系统的物料量明显下降。提高炉温、加快翻炒转速后情况仍未好转	0.15
68.2	分散效果较好,基本可以全部打成粉状颗粒,很容易进入后续多级热风干燥系统,生产效率较高,热能消耗以及综合能耗较低。提高炉温、加快翻炒速度可进一步提高生产效率,调整翻炒速度可控制出料湿度。	0.40
63.1	分散效果较好,基本可以全部打成粉状颗粒,很容易进入多级热风干燥系统,生产效率较高,热能消耗以及综合能耗较低。提高炉温、加快翻炒速度可进一步提升生产效率,调整翻炒速度可控制出料湿度。	0.45

表 3 薪棒理化性质分析

测试项目	全水分(%)	灰分(%)	挥发分(%)	全硫(%)	低位发热量(MJ/kg)
薪棒样品 1	12.2	7.35	87.95	0.12	13.48
薪棒样品 2	10.3	5.78	85.91	0.15	15.25
工业、元素分析指标要求	≤15	≤10	≥60	≤0.2	≥13.4

试烧过程表明,采用薪棒替代燃煤,可维持锅炉正常运行,与以煤作为燃料时的各项技术参数无明显差异。而且,每次加料可以持续燃烧 7 小时 40 分钟,燃烧时间较长,燃烧后的灰渣较细,间接降低了锅炉工加燃料的工作量。

根据低位发热量(表 3),利用热值比例进行估算,每吨木薯渣薪棒可以折合成 0.46t 标煤(标煤热值为 29.288MJ/kg)。从表 4 可以看出,每班产 3.3t 薪棒的生产成本为 1543 元,即 468 元/吨。目前市场上标煤的价格约为 1468 元/吨。因此,可以算出每生产 1t 薪棒将产生效益约 675 元。根据上述数据可以算出每生产 1t 薪棒可以节约燃料成本 207 元,按一般企业 2000t/a 计算,则可节约的成本为 41.4 万元/年。可见,本次试验针对木薯渣特性研制出的干燥设备有效地控制了成本,能实现一定的经济效益。

从环保角度考虑,将木薯废渣生产薪棒作为燃料利用后,能使各淀粉生产企业做到固体废物零排放,可以大量减轻木薯渣长期堆置带来的问题;根据含硫量的对比,使用薪棒替代燃煤后约可减少 92% 的 SO<sub>2</sub> 排放量;虽然薪棒作为燃料使用时也排放一定量的 CO<sub>2</sub>,但是 CO<sub>2</sub> 可以在木薯下一季生产的碳汇中抵消。因此,可以认为排放的 CO<sub>2</sub> 几乎为零;另外,本研究生产的薪棒,密度较高,有利于减少燃烧过程中烟尘的产生。根据燃料灰分的对比分析,使用薪棒替代燃煤后约可减少 60% 左右的烟尘排放量。

表 4 薪棒生产过程的各项成本(按班产 3.3t 计算)

支出项目	用量	单价(元)	总金额(元)	
脱水及压滤	电耗(kW·h)	344	0.75	258
	人工(人)	1	50	50
干燥	电耗(kW·h)	416	0.75	312
	煤耗(t)	0.462	750	347
制棒	人工(人)	4	50	200
	电耗(kW·h)	368	0.75	276
合计(元)	人工(人)	2	50	100
			1543	

### 3 结论

研究采用压榨脱水→翻炒打散→多级热风干燥的路线进行干燥试验,研制出生产效率、热能利用率较高的干燥技术。

若想得到质量较好的薪棒,物料含水率应当控制在 10%~15%,模具温度则控制在 200℃ 左右。从技术和经济节能的角度考虑,干燥工段出料含水率控制在 15% 左右较好。

生产出的木薯渣薪棒热值较高,每吨可以折合成0.46t标煤,可以直接用作锅炉燃料,不需要对锅炉进行改造,可以降低锅炉工作强度。

以木薯渣生产燃料薪棒替代燃煤,经济效益、环境效益显著,可以提高企业的环境友好程度,值得深入研究并推广应用。

#### 参考文献:

- [1] 王文泉,叶剑秋,李开绵,等.我国木薯酒精生产现状及其产业发展关键技术[J].热带农业科学,2006,26(4):44-49.
- [2] 陈露,吕宇晶,郑丹,等.广西木薯产业发展的市场前景分析[J].今日南国,2009(01):88-89.
- [3] 郝静,刘钢,左福元.木薯渣的饲用价值及应用[J].饲料研究,2007(11):64-66.
- [4] 王刚,李明,王金丽,等.热带农业废弃物资源利用现状与分析——木薯废弃物综合利用[J].广东农业科学,2011(01):12-14.
- [5] 吕育财,王小芬,朱万斌,等.木薯加工废弃物堆肥中氰化物的降解及腐熟度的研究[J].环境科学,2009,30(5):1556-1560.
- [6] 邹璇,王德汉,李淑仪,等.木薯渣堆肥及其对难溶性磷的活化试验研究[J].生态环境学报,2010,19(1):81-85.
- (责任编辑:陈小玲 邓大玉)
- 
- (上接第112页)
- [7] 张继民,刘霜,张琦,等.黄河口附近海域营养盐特征及富营养化程度评价[J].海洋通报,2008,27(5):65-72.
- [8] 张哲,王江涛.胶州湾营养盐研究概述[J].海洋科学,2009,33(11):90-94.
- [9] 刘慧,董双林,方建光.全球海域营养盐限制研究进展[J].海洋科学,2002,26(8):47-53.
- [10] Turner R E, Rabalais N N, Justic D, et al. Future aquatic nutrient limitations [J]. Marine Pollution Bulletin, 2003, 46: 1032-1034.
- [11] 石海明,尹翠玲,张秋丰,等.近年来渤海湾赤潮监控区营养盐变化及其结构特征分析[J].海洋环境科学,2010,29(2):246-249.
- [12] 池缔萍,郭翔宇,钟仕花.近5a来深圳大鹏湾南澳赤潮监控区营养盐变化及其结构特征[J].海洋环境科学,2010,29(4):564-569.
- [13] Nelson D M. Kinetics of silicic acid uptake by natural diatom assemblages in two Gulf Stream warm-core rings [J]. Marine Ecology Progress Series, 1990, 62: 283-292.
- [14] Justic D, Rabalais N N, Turner R E, et al. Changes in nutrient structure of river-dominated coastal waters: Stoichiometric nutrient balance and its consequences [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1995, 40: 339-356.
- [15] Justic D, Rabalais N N, Turner R E. Stoichiometric nutrient balance and origin of coastal eutrophication [J]. Marine Pollution Bulletin, 1995, 30: 41-46.
- [16] 郭沛涌,沈焕庭.河口浮游植物生态学研究进展[J].应用生态学报,2003,14(1):139-142.
- (责任编辑:尹 闯)