

# 生物质制油粉料气流输送与干燥装置的理论研究

王述洋, 牛海峰\*, 王九龙 (东北林业大学机电工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要** 随着化石能源的不断枯竭, 生物质能源的作用日益凸显。在生物质能利用过程中会遇到各种问题, 即生物能快速、广泛发展的制约条件。在生物质储存、使用时, 干燥过程成为其关键环节。该文就生物质油粉料气流输送干燥设备的国内外发展现状与发展趋势进行了探讨, 并对自行设计的生物质制油装置干燥系统理论进行了分析, 认为在生物质制油装置上配套气流干燥、输送系统, 利用热烟尾气使制油粉料得到干燥, 可大大节约成本, 是值得推广使用的工艺处理模式。

**关键词** 气流干燥; 气力输送; 生物质油; 粉料

**中图分类号** S210.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)01-00303-03

## Theoretical Study on Bio-oil Powder Pneumatic Conveying and Drying Device

WANG Shu-yang et al (College of Mechanical and Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract** With the continuous depletion of fossil energy, the role of biomass energy has played more and more role. When encounter all sorts of problems in the process of biomass energy utilization, it is the restriction condition for fast and wide development of biomass. In biomass storage and using, drying process become the key point. The development status and trend of pneumatic drying and conveying equipment for bio-oil powder at home and abroad was discussed, the theory of self-designed bio-oil drying system was analyzed. On the biomass fuel system supporting pneumatic drying and conveying system, using the hot smoke to get dry bio-oil powder, greatly save the cost, is worthy of promotion of use.

**Key words** Pneumatic drying; Pneumatic conveying; Bio-oil; Powder

生物质能源是仅次于石油、煤炭和天然气的世界第4大能源, 具有可再生和环境友好的双重属性, 其发展利用对社会经济可持续性具有重要意义。如今化石能源日益减少使油价格不断上涨, 也使生物质能源迎来很好地发展机遇。生物质能则是以生物质为载体的、蕴藏于其中的能量, 即太阳能经过绿色植物的叶绿素转化为生物质内部的化学能。全球每年经光合作用产生的生物质约1 700亿t, 其能量相当于世界主要燃料贡献的10倍, 而作为能源的利用量还不到总量的1%, 因此具有巨大的开发潜力<sup>[1]</sup>。

在我国开发和利用生物质能源则更具特殊意义。生物质粉料的开发利用是可再生资源利用的一条重要途径。但刚粉碎的生物质粉料含水量比较大, 储存时非常容易引起其变质, 而且在直接用于燃烧后很难着火和保持稳燃<sup>[2]</sup>。在大规模利用生物质粉料时干燥问题逐渐显示出来, 并已经变得越来越重要。要在生物质粉料水分较高时大规模的使用, 对粉料进行有效的干燥具有其现实的意义, 并且在干燥的同时实现粉料的输送问题, 在经济、效率上都会改变很大。

## 1 生物质粉料输送干燥设备的研究现状及发展趋势

**1.1 国内外现状** 在生产中, 粉粒状物料的输送在短距离内经常采用螺旋输送机输送, 若在远距离输送时就会遇到问题, 用传统的皮带机能够解决, 但是机械的维修量比较大, 布置生产现场较为困难。为了可以更好地解决该问题, 通常会使用气流输送系统。根据我国有关部门对中小型铸造车间的研究, 输送量在15 t/h以下时, 气流输送比皮带机要经济得多。与皮带机相比, 无论钢材、投资、电耗、安装工作量等都节省得多; 输送线路可按需要随意选取; 系统密闭、劳动条

件比较好<sup>[3]</sup>。由于这些优点, 目前已在国内外广为应用。

在国外20世纪60年代已有300 t/h输送量的气流装置出现, 甚至发展到用地下管道系统输送邮件到10 km以外的地方。在国内20世纪70年代中期以来, 已逐步在各个行业推广, 例如用于铸造车间型砂输送、港口码头的谷物、煤末、矿粉输送, 化工行业中纯碱、硫酸铵、塑料单体、矿粉原料、煤粉等输送。

现在干燥技术普遍的使用于工农业生产中, 经过长时期的探索, 干燥技术从普通的气流干燥、流化床干燥等发展到如今先进的喷动床干燥、冲击穿透干燥等, 并且在现有技术通过组合形式, 使得产品干燥更完全。

随着干燥技术的不断完善, 生物质干燥技术也在发展, 例如: 合肥天工科技开发科技有限公司研发的板式生物质干燥机, 就是在充分研究了生物质物理化学特性的基础上, 把空气调节技术与传热学相结合设计出的高效节能型干燥机。具有独特的换热排湿结构, 能较好地适应粉碎后的蓬松多孔状生物质物料的干燥, 热利用率达到60%以上(图1)。

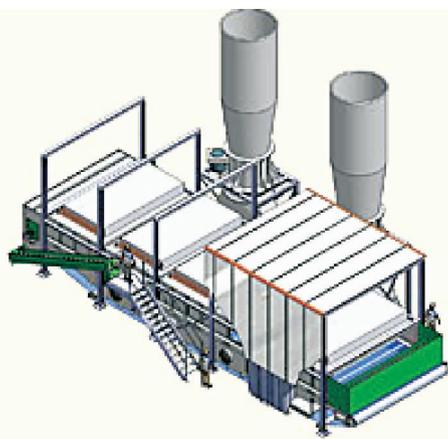


图1 板式生物质干燥机示意图

**作者简介** 王述洋(1957-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 教授, 博导, E-mail: wshy8818@hotmail.com。\* 通讯作者, 硕士研究生, E-mail: nhf6326@163.com。

**收稿日期** 2013-12-10

霍斯利工业可供应市场生物质颗粒和压块的高级干燥设备。解决方案有包括盘式干燥机系统,其特点是传热效率高;还包含一套可选的一体化余热回收系统,可用于区域供热。间接加热干燥机排除了火灾和爆炸的风险,是一套非常安全的系统(图2)。

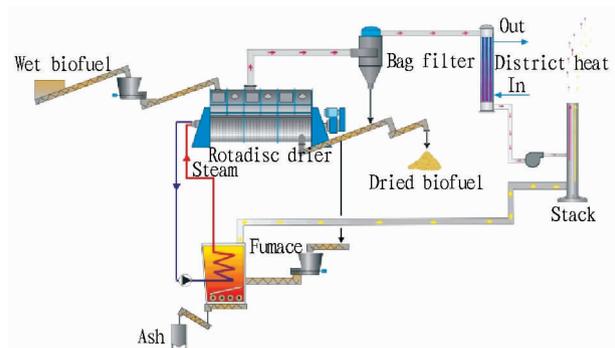


图2 霍斯利生物质颗粒干燥设备示意图

KUVO 带式干燥器已经用于干燥树皮、森林残留物、锯木屑等生物质,给制浆造纸和发电等提供含水率较低原材料。该种干燥器是通过热风接触式蒸发水分来干燥,干燥效果较为明显(图3)。

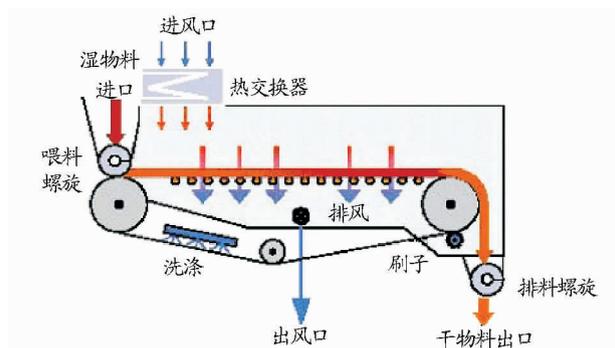


图3 KUVO 带式干燥器示意图

由介绍的干燥设备可以看到不足之处,设备占地面积大,完成功能比较单一化,技术含量低,成熟机型不多,在干燥工艺、生产能力、能源种类及测控技术等方面比较落后,影响了物料的品质<sup>[4]</sup>。

**1.2 发展趋势** 气流输送未来的发展趋势是用改变气流温度、湿度等方法、在输送过程中同时又达到干燥或冷却物料的目的,实现一举多得的功效<sup>[5-6]</sup>。

未来对于干燥器的发展将在研究干燥的机理和特性,在满足对不同物料以及使用环境的条件下,改进现有装备或开发适合该环境的专用设备;同时进一步研究和开发新型高效和适应特殊要求的干燥器,重视节能和能量综合利用,还要发展干燥器的自动控制技术,以保证最优操作条件的实现;另外减少粉尘和废气的外泄等改进干燥器的环境保护措施,实现环境保护,也将是需要深入研究的方向。

(1) 干燥设备向连续化、封闭化的方向发展。所谓连续化,就是生产过程不间断可以提高设备利用率,生产稳定质量的产品。

(2) 开发针对其他形态和热敏性物料的干燥器,了解其

的性质以及在输送和干燥过程中遇到的问题,寻找解决方法,使得这些物料可以得到更好的干燥。

(3) 在理论研究和物料试验的基础上,通过计算机辅助模拟设计使得系统得到最大的优化,实现干燥设备的系列化不断推出新设备,以推动干燥生产的发展。

(4) 研制开发新的多功能设备,集输送、干燥、收集等单元于一体,实现智能化管理控制,使操作简单、方便,缩短工作过程。

## 2 生物质制油装置干燥系统的研究

根据生物质制油设备配套相关的输送干燥设备,在满足生产能力及符合所需条件下,通过比较各种生物质的干燥方法,对于生物质粉料利用气流干燥输送技术可以快速、充分的干燥并且可以实现输送。因为气流干燥是一种高效、连续性流态化的干燥方法,其特点为:①干燥时间短;②气固两相能充分接触,有利于传热传质的进行;③设备简单,适应性广。

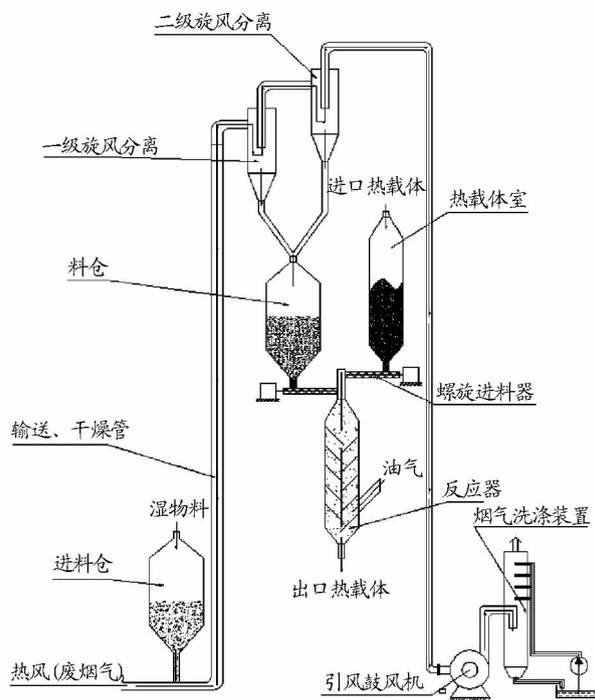


图4 生物质制油粉料气流输送与干燥装置设计方案

该研究中采用直管式气流干燥器,热风(废烟气)在引风鼓风机作用下,将待干燥的生物质粉料引到输送、干燥管中,粉料到达干燥管上端时干燥完成,经过一、二级旋风分离器将粉料全部收集到料仓,这时完成了制油粉料的输送,通过螺旋进料器将干燥的粉料送入反应器,与来自载体室的热载体反应,完成生物质制油过程的热解,将产生油气排出,进行下一步的处理,而干燥、输送完成的烟气通过引风鼓风机进入烟气洗涤装置,洗涤完成后由排风口排出。

该装置的优点:将粉料的输送、干燥一体化,节省了粉料提升器的费用;干燥器为直立式,大大地节约了使用面积;废烟气热量的充分利用。该装置从经济上、环境上分析都是有好处的,因为整套装置结构紧凑,完成功能全面,节省了土

地、钢材、能量的使用,更加经济、环保、高效,值得推广使用。

生物质制油装置研究在不断的改进完善中,干燥系统也随着不断发展,在满足制油过程前提下,设计成本低、可连续生产和安全可靠的干燥设备,在不远的将来通过研究人员的不断努力而实现。

### 参考文献

[1] 官巧燕,廖福霖,罗栋. 国内外生物质能发展综述[J]. 农机化学研究,

2007(1):20-24.

- [2] 吕薇,李彦东,李瑞杨,等. 生物质秸秆颗粒气流干燥试验研究及数值模拟[J]. 哈尔滨理工大学学报,2011(5):39-42.
- [3] 袁伟光. 固体粉料气流输送[J]. 无机盐工业,1981(3):27-33.
- [4] 金国森. 干燥器[M]. 北京:化学工业出版社,2008.
- [5] 万凤岭,谢苏江,周昭军. 干燥设备的现状及发展趋势[J]. 化工装备技术,2006(1):10-12.
- [6] 王喜忠,于才渊,刘永霞. 中国干燥设备现状及进展[J]. 无机盐工业,2003(2):4-6.

(上接第 258 页)

**2.2 不同样品的提取油成分的 GC-MS 分析** 从表 1 可以看出,采用 GC-MS 技术在 3 种样品中共鉴定出 48 种成分,这些成分主要是醇类 2 种、醛类 8 种、酮类 6 种、烷类 6 种、酯类 10 种、酸类 10 种、其他类 6 种。杨爽等在综述中写到,用 GC-MS 技术对薏苡仁中的挥发性物质进行研究,鉴定了其中 55 个组分,主要为醇类、醛酮类、酸类、酯类,另外发现 4 个含氮或含硫杂环类化合物<sup>[9]</sup>。

S<sub>1</sub> 中共检测出 26 种成分,占总峰面积的 98.15%,其中醇类占 0.33%、醛类占 0.06%、酮类占 0.66%、烷类占 0.22%、酯类占 0.06%、酸类占 97.39%。提取油的主要成分为花生酸、油酸、棕榈酸,相对含量分别为 0.11%、72.82%、24.26%。

S<sub>2</sub> 中共检测出 29 种成分,占总峰面积的 95.71%,其中醇类占 0.13%、醛类占 0.17%、酮类占 1.76%、烷类占 0.04%、酯类占 0.41%、酸类占 92.54%。提取油的主要成分为油酸和棕榈酸,相对含量分别为 69.79%、22.54%。

S<sub>3</sub> 中共检测出 25 种成分,占总峰面积的 92.35%,其中醇类占 0.23%、醛类占 0.27%、酮类占 2.15%、烷类占 1.84%、酯类占 0.05%、酸类占 87.81%。提取油的主要成分为油酸和棕榈酸,相对含量分别为 66.11%、21.5%。

**2.3 不同样品提取油成分的共性比较** 3 种薏苡仁提取油共鉴定出 48 种成分,共同检出成分有 10 种,其中 5 种酸类、3 种醛类、1 种酯类、1 种烷类,相同成分占总成分的 89.50%~97.81%。5 种酸类占 87.13%~97.08%,其中油酸占 66.11%~72.82%,棕榈酸占 21.03%~24.26%,其他酸类有壬酸、辛酸、正十五酸占 0.02%~0.08%。3 种醛类占 0.03%~2.50%,其中有 2-十一烯醛、反式 2-癸烯醛和天然癸醛。1 种酯类是亚油酸乙酯,1 中烷类是正十九烷占 0.01%~0.03%。

**2.4 不同样品提取油主要成分的差异性比较** 从表 2 中可以看出,3 种薏苡仁提取油的主要检出成分为酸类物质。S<sub>1</sub> 中的酸类含量是 97.39%,S<sub>2</sub> 中是 92.54%,S<sub>3</sub> 的酸类含量为 87.81%。从表 1 中得出,S<sub>1</sub> 中的酸类中主要含有油酸、棕榈酸,没有检测出亚油酸。S<sub>2</sub> 和 S<sub>3</sub> 中的酸类中主要含有油酸和棕榈酸,其中亚油酸的含量较少。S<sub>1</sub> 中的油酸和棕榈酸

的含量是 72.82%、24.26%,S<sub>2</sub> 中的油酸和棕榈酸的含量为 69.79%、22.54%,S<sub>3</sub> 中的油酸和棕榈酸的含量为 66.11%、21.50%。

表 2 样品中各成分含量

样品	醇类	醛类	烷类	酮类	酯类	酸类
S <sub>1</sub>	0.33	0.06	0.66	0.22	0.06	97.39
S <sub>2</sub>	0.13	0.17	1.76	0.04	0.41	92.54
S <sub>3</sub>	0.23	0.27	2.15	1.84	0.05	87.81

### 3 结论

通过 GC-MS 分析不同批次的薏苡仁提取油的成分,在 3 种薏苡仁中共检测出提取油成分 48 种,共同检出成分有 10 种,其中 5 种酸类、3 种醛类、1 种酯类、1 种烷类,其中主要检出成分是油酸和棕榈酸,并且 S<sub>1</sub> 的油酸含量明显高于 S<sub>2</sub> 和 S<sub>3</sub>,棕榈酸含量略高于 S<sub>2</sub> 和 S<sub>3</sub>,S<sub>3</sub> 的油酸和棕榈酸的含量都是最低的。不同企业的薏苡仁提取油成分差异较小,主要成分是油酸和棕榈酸。薏苡仁油中的活性成分棕榈酸、硬脂酸、油酸对抑制肿瘤有很好的效果,以薏苡仁油为原料的康莱特注射液已用于临床癌症的治疗。近几年还有一些新发现的药理活性,其有效成分和作用机制还不明确,有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 丁怡,唐星. 柱前衍生 HPLC 法测定薏苡仁油中的脂肪酸含量[J]. 药物分析杂志,2004,24(3):249-252.
- [2] 吴岩,原永芳. 薏苡仁的化学成分和药理活性研究进展[J]. 华西药学杂志,2010,25(1):111-113.
- [3] 胡军,金国梁. 薏苡仁的营养与药用价值[J]. 中国食物与营养,2007(6):57-58.
- [4] 金宏,朱庆书,赵文英,等. 微波法提取薏苡仁油的研究[J]. 化学与生物工程,2009,26(7):52-54.
- [5] 张凤清. 薏苡仁油的提取工艺研究[J]. 长春工业大学学报,2010,31(1):70-73.
- [6] 杜邵龙,周春山. 酶法提取薏苡仁油的优化[J]. 天然产物研究与开发,2007,19(5):847-853.
- [7] 杨玲,苏维埃,钱建东,等. 薏苡仁油脂的化学成分分析[J]. 食品科学,2001,22(5):60-62.
- [8] 乐巍,邱容丽,吴德康,等. 不同居群薏苡仁脂肪酸成分的 GC-MS 分析[J]. 中药材,2008,31(11):1613-1614.
- [9] 杨爽,王李梅,王妹麒,等. 薏苡仁化学成分及其活性综述[J]. 中药材,2011,34(8):1306-1311.