

生物质热风炉供热原理及热效率试验方法研究

张平，刘勇，纪鸿波

（作者单位：江苏省农业机械试验鉴定站）

摘要：介绍了生物质热风炉的供热原理，分析了热效率试验方法，得出结论：采用正平衡法测定热效率的优点是简单直接、易于操作，缺点是无法得出热量损失数据以进行横向比较。

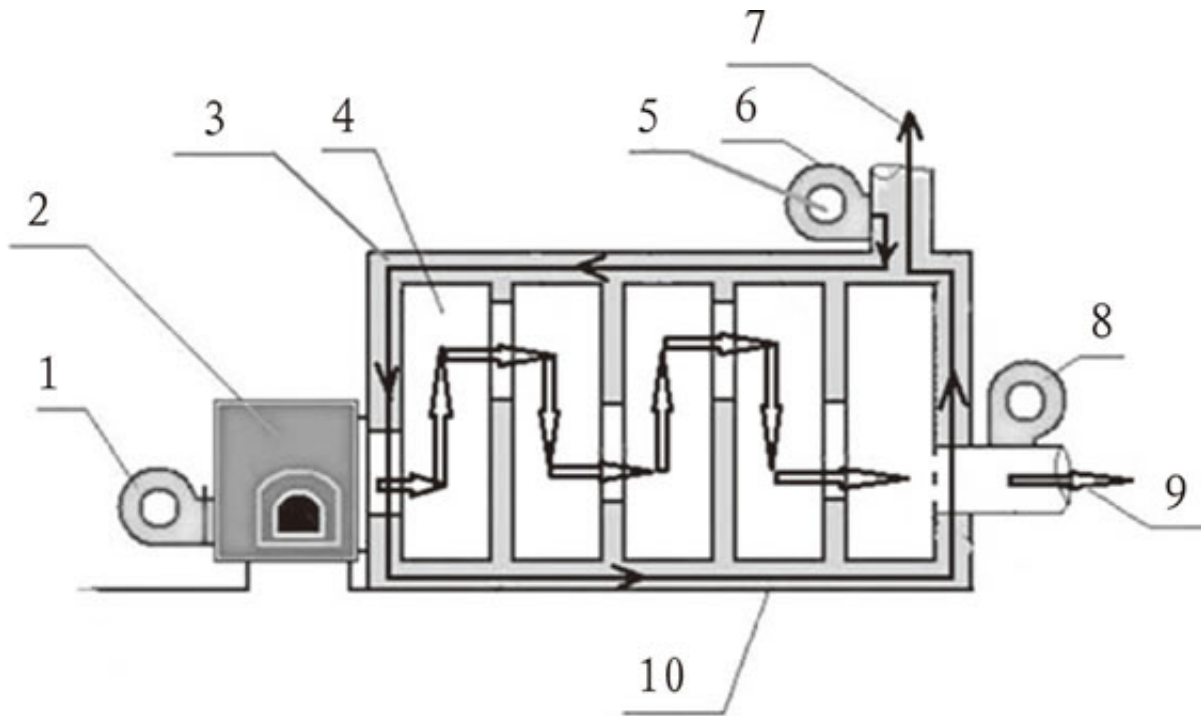
引言

生物质热风炉以生物质颗粒为燃料，主要用作粮食烘干机、农业大棚的热源。生物质热风炉主要由热交换器、鼓风机、引风机、排烟风机、壳体和控制装置构成。热交换器作为热量交换设备，是热风炉的核心装置，生物质燃料在其中燃烧产生热量，经它转换作为热源使用。

1 供热原理

燃料在热风炉中燃烧所产生的总热量称为输入热量。在燃烧和热量交换的过程中有一部分热量损失掉了，损失掉的热量称之为损失热量。损失热量主要有散热损失、不完全燃烧损失、排烟损失、灰渣热损失等。剩余的能提供作为热源使用的有效热量，称之为热风炉的输出热量。热效率是用来衡量投入热风炉里的生物质燃料燃烧产生的能量到底有多少能够被利用来转换成热风的指标。根据热平衡原理（输入热量=输出热量+损失热量）可得出热效率的计算方法： $\text{热效率} = (\text{输出热量} / \text{输入热量}) \times 100\%$ 。

目前江苏地区主要使用的生物质热风炉的热交换器是由数十根热交换管和壳体组成，高温烟气在管内流动，通过管壁加热管壁外、壳体内流动的冷空气，实现热交换器内的气体热量交换。图1为热交换示意图。



1. 鼓风机 2. 燃烧室 3. 炉壁空气夹层 4. 热交换管
5. 冷风进口 6. 引风机 7. 热风出口 8. 排烟风机 9. 排烟出口
10. 壳体

图 1 热交换示意图

鼓风机将外界冷空气吹进炉膛内，使得燃料充分燃烧，排烟风机将经过热交换后的低温烟气排出，引风机通过其自身产生的负压将热交换器内产生的热空气引出作为热源。引风机一般有冷风进口和热风出口两个可调节风口，用来控制冷、热风的风量。冷风进口与外界相通，热风出口则与热交换器相连接。当引风机内热风温度过高时，可以调节冷风进口的大小，加大进风量，同时调节热风出口的大小，控制进入引风机内的热空气量，从而起到控制热风温度的作用。在热风出口上一般都装有温度传感器，用来实时监控热风温度。

2热效率试验

热效率是衡量热风炉质量好坏的重要指标。一台质量较好的热风炉，热量转换过程中损耗的能量较少，热效率高，输出的热量也多。计算热风炉热效率的通用方法有两种，即正平衡法（直接法）和反平衡法（间接法）。正平衡法是直接测算出输入热风炉中燃料的总热量和经热交换器转换后输出的有效热量，计算两者的比值得出热效率；反平衡法则是先测出热风炉的各项热量损失率，然后利用相减法得出热效率。目前试验检测人员在试验过程中一般使用正平衡法来测算热效率。

2.1试验须知

试验开始前先经专业机构检测得到生物质燃料本身的热值数据，通过计算得到定量燃料本身所能提供的热量，然后通过测试和计算其燃烧后热风炉所能输出的热量。试验过程中取用的生物质燃料的热值为其低位热值，试验的热风炉所提供的热风温度也在限定的范围内。

2.2试验要求

测试热风炉输出的热量，需要制作专用的测量管道。为便于布置测量点，一般采用圆柱形管或矩形管。每次试验应在热风炉达到额定工况并稳定后开始，稳定时间不少于1h。

2.3 试验方法

首先将测管在热风出口处固定好，在固定好的测管上确定测量位置。为保证在试验过程中所测的热风风压和温度较稳定，选择的测量位置一般距离炉子和测管接口 $5D$ （ D 为测管直径，矩形管道则以当量直径 D_e 代替 D ），在测量位置后测量管道的长度还要留有 $3D$ 的长度，以便于热风的顺利输出，同时应确保管道内无任何障碍物。测量位置如图2所示。

测量位置确定后，布置测压点和测温点。圆形管道在截面同心圆上布置测点，测点排列在截面圆的中心线上；矩形管道在截面矩形上布置测点，先将截面矩形用经纬线均匀划分成若干个小矩形，取各小矩形对角线交点为测点，点数的多少根据管道直径来定。测点的具体布置方法如图3、图4所示。

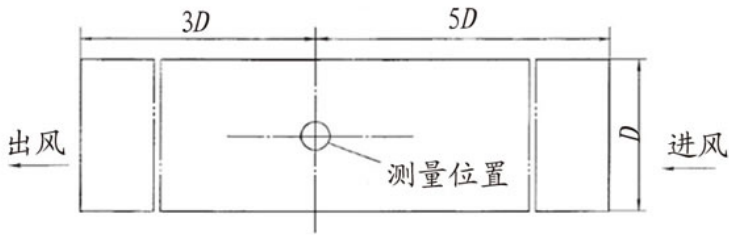


图 2 测量管道与测量位置图

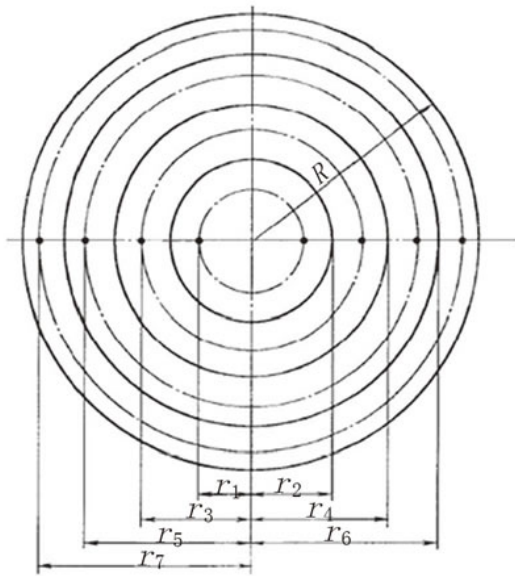


图 3 圆形管道上测点分布示意图

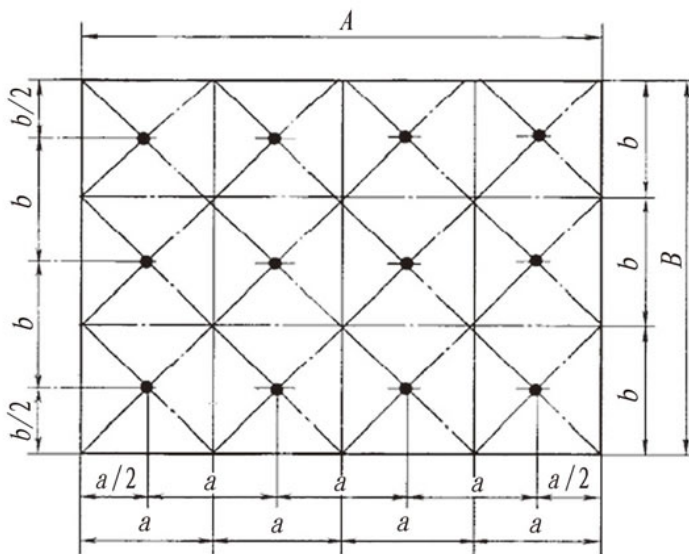


图 4 矩形管道上测点分布示意图

输出热风温度 t 用多点温度巡检仪进行检测，将巡检仪探头固定在测点位置进行测试并记录。风压测定位置与热风温度测定位置一致，因此可在测定热风温度时利用皮托管和倾斜微压计同步测出热风风压 z_p 并记录。

3热效率计算

3.1 相关参数的测量和计算

3.1.1 进风湿含量

在进风口分别用空盒气压表和湿度计对大气压力 p 和进风相对湿度 φ 进行测量，多测几次取其算术平均值。

进风湿含量根据公式（1）计算：

$$X = 0.622 \times \varphi p_s / (p - \varphi p_s) \quad (1)$$

式中： X ——进风湿含量；

p ——大气压力，Pa；

φ ——进风相对湿度，%；

p_s ——饱和蒸汽压力(可通过查表获得)，Pa。

3.1.2 输出热风密度

输出热风密度根据公式（2）计算：

$$\rho = 2.176 \times 10^{-3} \left(\frac{H}{273+t} \right) \left(\frac{1+X}{0.622+X} \right) \quad (2)$$

式中： ρ ——输出热风密度，kg/m³；

H ——气体绝对压力，Pa。

3.1.3 输出热风流速

输出热风流速根据公式（3）计算：

$$v_p = \sqrt{2} k_d \sqrt{k} \sqrt{z_p} / \sqrt{\rho} \quad (3)$$

式中： v_p ——输出热风流速，m/s；

k_d ——皮托管系数（一般采用标准皮托管， $k_d=1$ ）；

k ——倾斜微压计的常数因子；

z_p ——热风风压，Pa。

3.1.4 输出热风流量

输出热风流量根据公式（4）计算：

$$q_v = 3600 V_p F \quad (4)$$

式中： q_v ——输出热风流量，m³/h；

F ——热风管道的截面积，m²。

3.2 热功率的计算方法

3.2.1 热功率

热功率（即输出热量）根据公式（5）计算：

$$Q_{yx} = q_v \rho (C_{p_{mo}}^t t - C_{p_{mo}}^{t_0} t_0) \quad (5)$$

式中： Q_{yx} ——热功率，KJ/h；

C_{pmo}^t ——温度为 t 时输出热风平均定压质量比热容，KJ/(kg·k)；

$C_{\text{pmo}}^{t_0}$ ——温度为 t_0 时进风平均定压质量比热容，KJ/(kg·k)。

3.2.2 热风平均定压质量比热容

热风平均定压质量比热容根据公式（6）计算：

$$C_{\text{pmo}}^t = (C_{\text{pmgo}}^t + C_{\text{pmwo}}^t X) / (1+X) \quad (6)$$

式中： C_{pmgo}^t ——温度 t 时干空气平均质量定压热容，KJ/(kg·k)；

C_{pmwo}^t ——温度 t 时蒸气平均质量定压热容，KJ/(kg·k)。

3.3 热效率的计算方法

3.3.1 热效率

热效率可根据公式（7）计算：

$$\eta = \frac{Q_{\text{yx}}}{Q_{\text{GG}}} \times 100\% \quad (7)$$

式中： η ——热效率，%；

Q_{GG} ——输入热量（生物质燃料燃烧所能产生的热量），KJ/h。

3.3.2 输入热量

输入热量可根据公式（8）计算：

$$Q_{\text{GG}} = Q_{\text{DW}}^y B \quad (8)$$

式中： Q_{DW}^y ——燃料的低位发热值，KJ/kg；

B ——每小时燃料消耗量，kg/h。

4结语

通过近几年不断地探索和实践，试验检测人员在测定热效率时，较倾向于采用正平衡法。相比于反平衡法，正平衡法的优点是简单直接、易于操作，缺点是无法得出热量损失数据以进行横向比对。开展对反平衡试验方法的探索研究，评测出热量转换过程中的各项热量损失指标，有利于对生物质热风炉的设计改进，进一步提高生物质热风炉的工作效率，降低能耗，使其更好的在农业生产中推广应用。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/155394.html>