

# 生物质颗粒为燃料的百合烘干装置传热计算与试验

王顺国

(龙山顺天生物质能源开发有限公司,湖南龙山416800)

摘要：文章简述生物质颗粒为燃料的百合烘干装置传热分析计算，从干燥所需热量、干燥所需空气量、干燥所需燃料量等方面进行，并以此计算结果为参考设计制作百合烘干装置，经生产实践验证，计算结果和生产实际基本一致。

随着2015年1月1日新《环境保护法》颁布和实施，各地方政府对污染物排放的控制越来越严格，在小型锅炉等应用领域，正逐步以生物质替代燃煤，龙山县为百合主要产地，以往百合烘干主要采用煤为燃料，正逐步改用生物质为燃料，为满足这一发展要求，我公司为县内一个别百合加工户设计制作百合干燥装置，按传热进行理论分析计算设计制作，经生产试验验证。

## 1 百合烘干装置

百合烘干装置主要由热风炉和干房两部分组成，组成原理图如图1所示。在热风炉内生物质颗粒燃烧所产生的热气对干燥用的洁净空气进行加热，加热后的洁净空气经引风机从烘干房前端底部引入烘干房内，在干燥房内和生百合进行热交换，再从烘干房后端顶部引出，生百合经蒸煮后沥干表面所带水分，用传动装置从烘干房前端顶部输入烘干房内，烘干房内设置多层链传动机构，生百合在最上层从烘干房的前端传到烘干房的后端，第二层从后端再传到前端，经几层传动后，从烘干房后端底部输出，再经包装储存。

## 2 传热分析计算

### 2.1 干燥所需热量计算

根据百合干燥实验及生产实践，可知3kg生百合经干燥处理可得1kg干百合。本计算按每小时生产100kg干百合作为计算依据，需要300kg生百合，去除水量为200kg。百合在干燥前先要在100℃水中进行蒸煮，蒸煮后捞起送入烘干房前不会完全沥干，百合表面还粘有水分，300kg百合沾水一般为30kg左右，设计计算按30kg计算，所以干燥100kg干百合总的去水量为230kg。龙山地区百合干燥加工时间一般为7 - 9月，百合在进烘干炉前先要在100℃水中进行蒸煮，捞起沥干马上送入烘干房，根据实际生产可知，生百合进入烘干房时的温度为50℃。

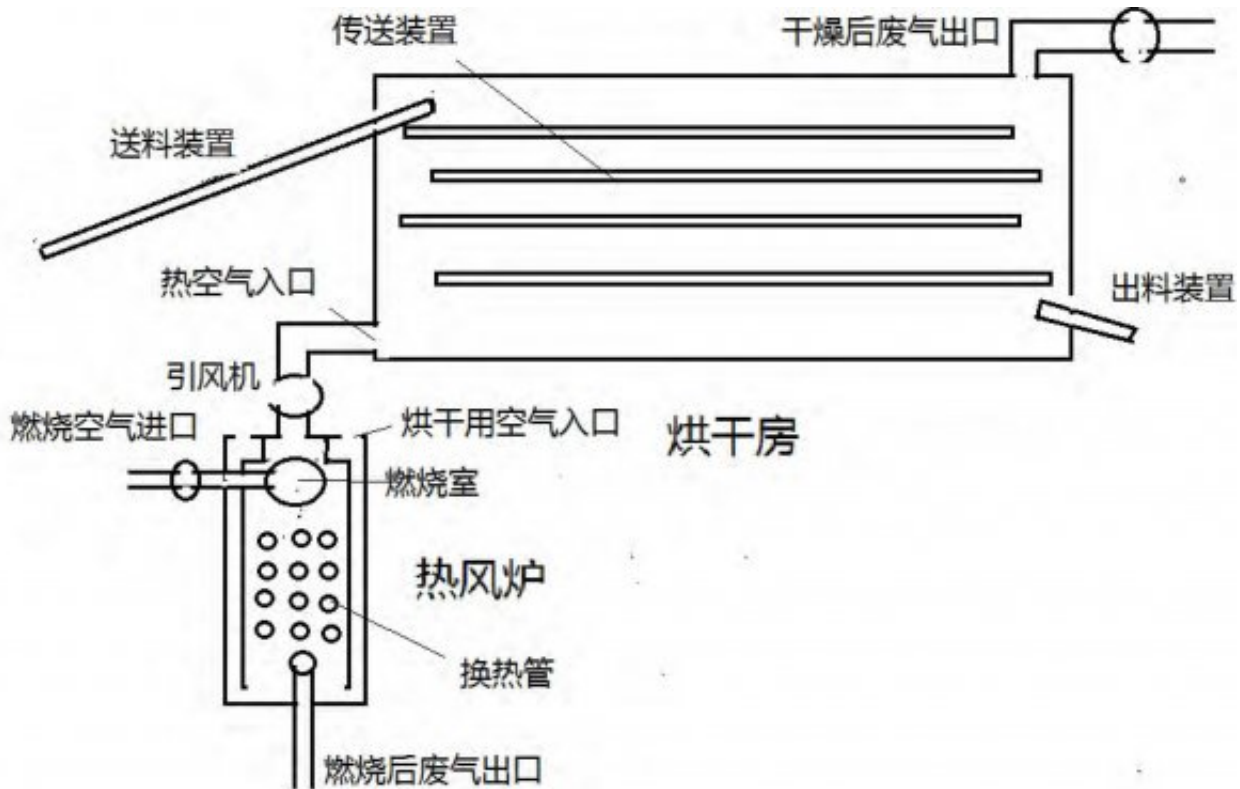


图1 烘干装置组成原理图

百合干燥过程是将生百合中所含水分蒸发去除的过程，此物理过程精确计算很困难，在本计算中，为简化计算，先作两个假定，第一是将百合干燥过程中水分蒸发过程简化为水的蒸发过程，第二将水的蒸发温度设定为100℃。龙山地区百合干燥时间一般为7-9月，百合在进烘干炉前先要进行蒸煮，根据实际生产可知，生百合进入烘干炉时的温度为50℃。根据传热学可知水蒸发所需热量的计算公式为：

$$Q_{吸} = M \times \nabla t \times C_p + M \times q \quad \text{公式 1}$$

式中 M—为蒸发水量 (kg)， $\nabla t$  为温差， $C_p$  为水的比热容， $q$  为水的汽化潜热。

查阅资料可得在 100℃ 时水的汽化潜热  $q$  为 2257.2kJ/kg, 水的比热  $C_p$  为 4.2kJ/kg℃, 综上所述可知生产 100kg 干百合所需要的热量  $Q_{吸}$  为：

$$Q_{吸} = 230\text{kg} \times (100^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}) \times 4.2\text{kJ/kg}^\circ\text{C} + 230\text{kg} \times 2257.2\text{kJ/kg} = 567456\text{kJ}$$

#### 2.2干燥所需洁净热空气热量及空气量计算

百合在干燥房内干燥所需热量由从热风炉内出来的洁净热空气释放，释放的热量大部分用于加热百合去除水分，少部分散失，利用效率一般为80-90%，本计算

中假定花热效率为85%，即  $\eta = 0.85$ ，从上计算可知生产100kg干百合所需要的热量 $Q_{吸}$ 为567456kj，那么热空气所需要释放出的热量 $Q_{放}$ 为：

$$Q_{放} = Q_{吸} / \eta = 567456 / 0.85 = 667595 \text{ kJ}$$

根据传热学，空气放热的计算公式为：

$$Q_{放} = M \times \Delta t \times C_p \quad \text{公式 2}$$

查阅比热容可知，在 25–110℃时空气的比热容可为 1.003–1.006kj/kg℃，变化不大，计算时去 1.006，根据百合干燥实验及生产经验，空气热进入干燥房内的初始温度一般为 105℃，从干燥房出口的温度为 40℃–60℃左右<sup>[1]</sup>，计算按 50℃，那么  $\Delta t = 55℃$ ，根据公式 2 可得进入干燥房的空气质量空气为：

$$M = Q_{放} / (\Delta t \times C_p) = 667595 / (55 \times 1.006) = 12066 \text{ kg}$$

查阅相关资料，可知 1 个大气压下 100℃时空气的密度为 0.947kg/m<sup>3</sup>，则上述空气所对应的体积为

$$V = 12066 / 0.947 = 12741 \text{ m}^3$$

### 2.3所需生物质燃料量计算

从2.2的计算可知，为获得100kg干百合，进入干燥房的空气质量为12066kg，温度温度为105℃，此也为热风炉出口空气质量和温度。龙山地区百合干燥加工时间一般为7-9月，气温较高，假定空气的平均温度为30℃，那么热风炉将12066kg空气加热到105℃所需要的热量 $Q_{加}$ 为：

$$Q_{加} = M \times \Delta t \times C_p = 12066 \times (105 - 30) \times 1.006 = 910380 \text{ kJ}$$

上式计算所得即为从热风炉出口热空气所需要获得的热量，此热量生物质颗粒燃烧产生的热量经热风炉的换热器传给空气的，查阅相关文献[2-3]进风类热风炉的换热效率一般为低于70%左右，本热风炉由于在进风结构上加以改进，可以提高换热效率，因此假定热风炉的换热效率为70%，由此可得生物质颗粒燃烧的发热量 $Q_{发}$ 为：

$$Q_{发} = Q_{加} / 0.70 = 910380 / 0.7 = 1300542 \text{ kJ}$$

查阅有关资料可知，生物质木质颗粒的热值3800-4500大卡/公斤(根据木材种类)，生物质花生壳颗粒热值3600-3800大卡/公斤，生物质稻壳颗粒的热值3300-3500大卡/公斤。假定生物质颗粒采用热值为木质生物质，热值为4200大卡，即17598kj，那么发热所需生物质颗粒质量为：

$$M=1300542 \div 17598=74\text{kg}$$

从上述计算可得，生产100kg干百合，采用热值为4200大卡的木质生物质颗粒，需要消耗74kg。

#### 2.4全流程热效率

通过对分析，可将传热过程分为三个阶段，第一阶段生物质颗粒燃烧对干燥用的空气进行加热，该阶段在热风炉内完成，将干燥用30℃的空气加热为105℃热空气，该阶段的热效率  $\eta_1=70\%$ 。

第二阶段105℃的干燥用热空气进入干燥房内放热，进入空气的热量是从30℃上升到105℃空气所增加的热量，放热量是空气从105℃下降到50℃空气所减少的

热量，此阶段的热效率  $\eta_2$

$$= (105-50) / (105-30)=0.733。第三阶段$$

，百合吸收空气放热，此阶段效率为  $\eta_3=0.85$ 。综合上述可得，全流程热效率  $\eta$ ：

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 = 0.7 \times 0.733 \times 0.85 = 0.436$$

#### 3生产试验

我公司按上述计算为参考，为本县一户百合加工户设计制作一套每天加工10000kg生百合的百合烘干装置。经运行统计，每天加工生百合10500kg左右，即生产3500kg干百合，每天消耗热值约为4200大卡的木质生物质颗粒约2600kg，经换算可得加工100kg干百合消耗74.2kg，和理论计算基本一致。

参考文献：

[1]董殿文，卜春海，高素芬，等.粮食干燥系统节能减排技术研究与应用[J].粮油食品与科技，2010,18(4):6-7.

[2]王斌，慈文亮，贾振超，等.生物质热风炉设计与试验[J].农业装备与车辆工程，2020，10：33-36.

[3]黄选章，齐森，刘丹，等.提高粮食烘干热风炉热效率的探讨[J].粮食加工，2012，37（1）：50-51.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/180848.html>