

太阳能干燥皮毛制品的实验研究*

刘圣勇 杜金生 杨群发 张全国 高林朝
(河南农业大学) (河南省能源研究所)

提 要 在皮毛制品的生产加工过程中,对太阳能干燥皮毛的工艺进行了实验,测出了太阳能干燥皮毛的特性曲线,通过分析确立了太阳能干燥皮毛的可行性,从而为大规模工业化利用太阳能开辟了广阔的前景。

关键词 太阳能干燥 皮毛制品 干燥曲线

An Experimental Study on Solar Energy to Dry Fur Products

Liu Sheng-yong Du Jin-sheng Yang Qun-fa Zhang Quan-guo Gao Lin-chao
(Henan Agricultural University, Zhengzhou) (Henan Energy Research Institute)

Abstract The process of drying fur is carried out by using solar energy. The characteristic curves of the process are got. The practicability of this process by solar energy is determined according to the analysis of the experiments. Thereby a vast prospect appears for the application of the solar energy.

Key words Solar energy drying Fur products Drying curve

近年来,我国已研制出太阳能干燥木材、谷物、蔬菜、果品、中草药、工艺彩陶制品等专门干燥设备,并进行了大量实验研究,取得了不少的成绩,为太阳能干燥奠定了一定的基础^[1]。本文利用太阳能对皮毛干燥进行了实验研究,测出了皮毛的烘干曲线,为太阳能干燥皮毛制品工业化生产线示范工程的建设提供了可靠的科学依据。

1 太阳能干燥皮毛制品的工艺流程

根据皮毛干燥工艺的特点要求,拟采用的太阳能干燥皮毛的工艺流程如图1所示。

由图1可知,新建的太阳能干燥皮毛制品的生产线与电加热干燥辅助系统配套使用,当太阳能干燥系统正常运行时,可满足皮毛干燥工艺的要求,完全可替代蒸汽或电干燥系统,既节约了能源,又减少了对环境的污染。在阴雨天或太阳能系统不能正常运行时,启动电干燥系统,实现新能源(太阳能)与常规能源(电)的互补,以保证皮毛制品工业化生产的需要。同时,太阳能干燥系统将采用先进的计算机等自动控制技术,以提高太阳能干燥皮毛制品生产线的运行效益和干燥产品的质量。

收稿日期:1997-05-13

* 国家经贸委资助项目

刘圣勇,副教授,郑州市文化路 河南农业大学机电工程学院,450002

在皮毛制品的加工工艺^[2]中需干燥的环节很多,但干燥的机理都是一样,为简化实验,作者对全水分干燥过程进行了实验研究(皮毛含水率由60%降到12%)。

2 太阳能干燥皮毛制品的机理

1) 冷空气的加热过程 由表1、图2可知,风机把温度为 t_1 ()、相对湿度为 φ (%)、含湿量为 d_1 (kg/kg 干空气)的冷空气供入太阳能集热器,经太阳能加热后,变为温度 t_2 () ($t_2 > t_1$)、相对湿度为 φ (%) ($\varphi > \varphi$)、含湿量为 d_2 (kg/kg 干空气) ($d_2 = d_1$)的热空气,空气的吸湿能力得到了提高;

2) 皮毛干燥过程 热空气进入干燥设备内,对皮毛进行加热,使皮毛表面的水分蒸发,进入干燥设备内的热空气中,这样使皮毛表面的水分子浓度小于皮毛内部,由于浓度差,使皮毛内部的水分子向周围表面扩散,经过皮毛表面,再次进入热空气中。热空气吸收皮毛中的水分,温度降为 t_3 () ($t_3 < t_2$)、相对湿度为 φ (%) ($\varphi > \varphi$)、含湿量变为 d_3 (kg/kg 干空气) ($d_3 > d_2$)的湿空气,湿空气由干燥设备排湿口排出,反复加热、脱水与排湿,逐步使皮毛的含水率由60%降到成品的12%,从而达到皮毛干燥的要求。

3 太阳能皮毛干燥实验装置的设计

3.1 实验装置的总体设计

为探讨太阳能干燥系统能否满足皮毛干燥工艺的要求,以提高生产效率及节约能源,作者设计并建造出太阳能干燥皮毛的实验装置对皮毛进行干燥实验。该装置由真空管空气集热器、多排移动式干燥机、风机、温控系统等组成,如图2所示。

3.2 实验装置所决定的排湿量

实验装置所决定的排湿量为

$$W = m (W_1 - W_2) \quad (1)$$

式中 m ——干燥皮毛的质量,取80 kg/d;
 W_1 ——湿皮的湿度,取60%;
 W_2 ——成品的湿度,取12%;
 把已知参数代入(1)式,得 $W = 38.4$ kg/d。

3.3 干燥过程耗热量的计算

根据已知条件,经复杂的热工计算^[3],空气在干燥过程中,得各状态参数如表1所示。

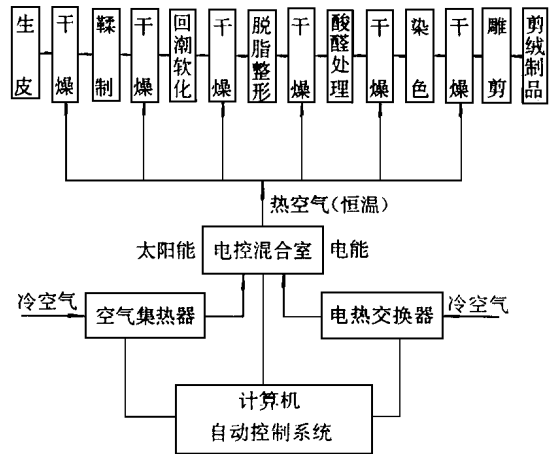
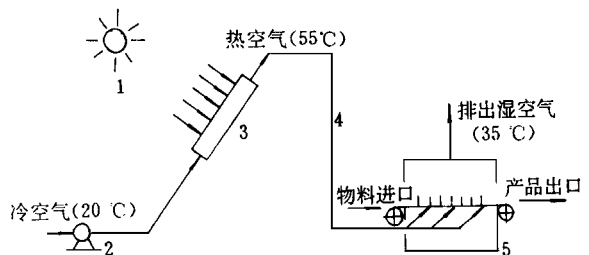


图1 太阳能干燥皮毛制品工艺流程图



1. 太阳 2 风机 3 太阳能空气集热器 4 管道 5 干燥机

图2 太阳能干燥皮毛制品实验装置组成示意图

表1 空气在各状态下的参数值

参 数	冷空气(20)	热空气(55)	湿空气(35)
含湿量 $d_i/\text{kg}\cdot\text{kg干空气}^{-1}$	0.01035	0.01035	0.01833
焓值 $H_i/\text{kJ}\cdot\text{kg干空气}^{-1}$	46.37	82.22	82.22

蒸发1 kg 水所需干空气的量 m_a 为 $m_a = \frac{1}{d_3 - d_2} = 125.26 \text{ kg 干空气/kg}$

蒸发1 kg 水所需初态冷空气量 m_{wa} 为 $m_{wa} = m_a(1 + d_1) = 126.56 \text{ kg/kg}$

干燥过程所需供给的有效热量 Q_1 为 $Q_1 = W \cdot m_a(H_2 - H_1) = 172437.93 \text{ kJ/d}$

3.4 太阳能集热器采光面积的计算

由于真空管空气集热器具有效率高、保温效果好、一年四季都可用、寿命长等优点,因此选用真空管太阳能集热器。考虑到集热器效率、管道输送效率及烘干设备效率,集热器的采光面积 F 由(2)式确定

$$F = \frac{Q_1}{I \eta_a \eta_k \eta_b} = 26.4 \text{ m}^2 \quad (2)$$

式中 I ——太阳能日均辐射值,郑州地区取 $15120 \text{ kJ}/(\text{d}\cdot\text{m}^2)$ ^[4]; η_a ——真空管太阳能集热器的效率,取65%; η_k ——管道输送效率,取95%; η_b ——干燥设备效率,取70%。

3.5 风机及烘干设备的选用

干空气的比容 v_a 为

$$v_a = \frac{R_a T_1}{P_a} \quad (3)$$

式中 R_a ——干空气气体常数, $0.287 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$; T_1 ——冷空气的温度, K; P_a ——干空气的分压力, kPa; v_a ——干空气比容, m^3/kg ; 把已知参数代入(3)式得 $v_a = 0.86 \text{ m}^3/\text{kg}$ 。

蒸发1 kg 水所需干空气体积 v_a 与初态空气体积 V_1 为

$$V_1 = V_a = m_a v_a = 107.72 \text{ m}^3 \quad (4)$$

干燥过程需要供给冷空气的量

$$V = W V_1 = 4136.45 \text{ m}^3/\text{d} \quad (0.1436 \text{ m}^3/\text{s}) \quad (5)$$

由风量及风压,选取风机的型号为 CZQ-400。本实验选用多排多层移动式干燥机,即皮毛悬挂在多排沿一定方向运行的传送带上,传送带在烘房内迂回移动,形成多层次运动,增加了皮毛与热空气的接触时间,充分利用空气的热量,以提高干燥效率。

把所选用的太阳能集热器、风机、干燥机、控制设备用一定的管道和线路按实验要求连接起来,就组成了皮毛干燥实验装置,如图2所示。

4 测试方法与使用仪器

4.1 测试方法

太阳能空气集热器热性能实验采用 GB 4271-84 方法测试;多排移动式干燥机的性能

实验采用 GB 6054- 85的方法测试。

4 2 测试仪器

- 1) 75- III型累积式辐射计(精度, $\pm 0.05\%$);
- 2) DFY2型天空辐射表(精度, $\pm 0.05\%$);
- 3) BTY- 8400数字式多点温度计(精度, ± 1);
- 4) YM 3空盒气压表(精度, ± 1 mmHg);
- 5) 7151型半导体点温计(精度, ± 0.5);
- 6) HG101电热鼓风干燥箱(精度, ± 1);
- 7) 干湿球温度计(精度, ± 0.1);
- 8) 水银温度计(精度, ± 0.02)。

5 实验结果与讨论

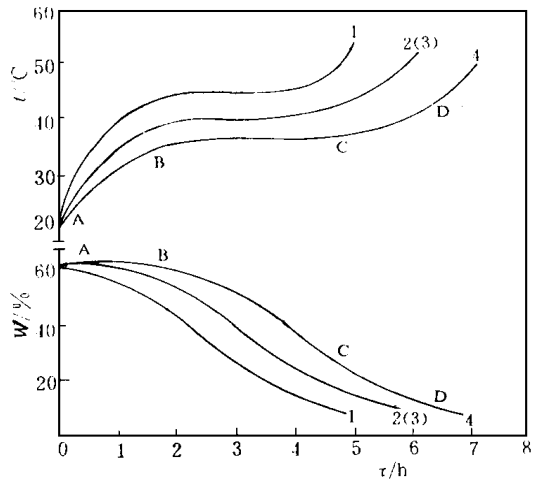
为使实验的结果具有代表性,从1996年3月至1997年3月,在郑州地区,分别选取1996年3月20日($t_0=20$ 、 $\varphi=70\%$ 、 $W_1=60\%$ 、 $t_1=20$,春分前后),1996年7月25日($t_0=35$ 、 $\varphi=70\%$ 、 $W_1=60\%$ 、 $t_1=20$,最热天气),1996年9月23日($t_0=20$ 、 $\varphi=71\%$ 、 $W_1=60\%$ 、 $t_1=20$,秋分前后),1997年1月25日($t_0=-5$ 、 $\varphi=69\%$ 、 $W_1=60\%$ 、 $t_1=20$,最冷天气)为实验的代表日期,经测试、整理,得出皮毛干燥的 $W-\tau$ 、 $t-\tau$ 曲线,如图3所示。

1) 从 $W-\tau$ 曲线来看,在实验所得的4条曲线中,它们呈一个相似规律下降:随着干燥时间 τ 增长,皮毛的含水率 W 呈下降趋势,但下降的速率不相同,当皮毛的含水率达到12%要求时,1996年7月25日所需的干燥时间最短只需5 h;1997年1月25日那天所需干燥时间最长为7 h;1996年3月20日与同年9月23日干燥时间大体相同为6 h。也就是说,当冷空气相对湿度 φ ,皮毛的含水率 W_1 及初温 t_1 相同时,随着日照强度及天气温度的升高(降低),物料达到一定的含水率,所需的干燥时间会相应的缩短(增长)。

2) 从 $t-\tau$ 曲线来看,在所得的4条曲线中,也呈一个相似的规律上升:随着干燥时间 τ 增长,皮毛的温度 t 呈上升趋势,但上升的速度不相同。当皮毛达到干燥要求时,物料的温度相差不大。

3) 从 $W-\tau$ 及 $t-\tau$ 曲线可看出,它们都有一个共同的特点:就是曲线可分为三段,AB区段—加热阶段,BC区段—等速干燥阶段,CD区段—降速干燥阶段。加热阶段的特点是:加热时间短,皮毛温度迅速升高,非结合水强烈蒸发。过程控制应是:为加速干燥速度以缩短干燥周期,应适当增大热空气的流量,以保证充分的热量供给,干燥室的最佳温度为40~60

之间,湿度应为30%~50%之间;在等速干燥阶段,皮毛内水分含量按线性规律而减少,水分从皮毛内层迁移出来,可为蒸发时水分的减少所抵消,使干燥速度恒定。其特点是:皮毛吸收空气的热量,完全是完成水分蒸发所需要的。过程控制应是:温度和流量要适中,干燥室的最佳温度为35~50,湿度为40%~50%;在降速干燥阶段,它是干燥过程的结束阶段,此阶段,水分由皮毛内迁移到其表面层的速度开始减少,并落后于蒸发速度,而皮毛内结合



1 1996年7月25日 2 1996年3月20日
3 1996年9月23日 4 1997年1月25日

图3 皮毛含水率、温度随干燥时间的变化曲线

水基本达到干燥的性能指标。其特点是: 皮毛吸收空气热量除了完成蒸发之外, 还使其温度升高。过程控制应是: 为防止皮毛灼焦, 应适当控制空气温度和流量。这时应加强通风, 干燥室的最佳温度为 $30\sim 40$, 湿度应为 $50\% \sim 60\%$ 。

4) 从一年中有代表性气候所测得的干燥曲线可知, 当冷空气相对湿度 Q 、皮毛的含水率 W_1 及初温 t_1 不变时, 太阳能一年内日干燥曲线都应包含在最热天和最冷天干燥曲线内, 且都与皮毛的理论干燥曲线相接近。

6 结 论

1) 从实验结果可看出, 太阳能干燥皮毛制品的过程曲线与皮毛制品的理论干燥特性曲线(见图3)相接近, 太阳能干燥可完全满足皮毛干燥的工艺要求, 从技术上来讲是可行的, 本实验为太阳能干燥皮毛制品生产线的建造提供了可靠的科学依据。

2) 太阳能干燥皮毛制品不但节约常规能源(煤炭或电), 而且减少了由于烧煤而带来的环境污染, 降低了大气中的 CO 、 SO_2 、 NO_x 等有害气体的含量, 有着显著的环境效益。

参 考 文 献

- 1 李笑光 农作物干燥与通风贮藏 天津: 天津科学出版社, 1989 50~ 51
- 2 韩清标 毛皮化学及工艺学 北京: 中国轻工业出版社, 1994 303~ 307
- 3 陈荣耀 工程热力学及传热学 北京: 中国农业出版社, 1992 161~ 166
- 4 葛新石, 茆 堡 太阳能工程—原理和利用 北京: 学术期刊出版社, 1988 65~ 66