

低压下木材的红外干燥

吴 玮 耿力力

(黑龙江电子技术研究所)

一、引 言

为了干燥特殊用途的硬质难干木材,如石栎、桦木鞋楦、槲木梭坯及钟表、仪器、工艺美术等行业使用的硬质厚木料,根据真空干燥和红外干燥的原理,我们研制出“负压电热远红外木材干燥炉”。所谓“负压干燥”,即是将物料表面的空气压力降低到大气压以下的干燥方式,当其中引入远红外辐射源时,我们便称之为“负压远红外干燥”(本文统称为低压红外干燥),它综合了红外干燥和低压干燥两种技术的特点。

在低压(低于标准大气压)状态,水的沸点降低(见表1),有利于木材表面水份的蒸发。

表1 水的沸点与压强关系

压力(毫米汞柱)	760	400	200	150	100	80	60	40
水的沸点(°C)	100	83	66.5	60	52	47	42	34

在低压状态,木材内部存在压力梯度,并且压力梯度总是具有正的方向,因而有利于内部水份向表面扩散,这种压力梯度的存在成为木材内部水份向表面扩散的主要推动力之一。

还要指出,在低压条件下,对流传热的作用减弱,辐射器表面温度升高,辐射加热的作用增强。测试表明,在560~160毫米汞柱环境中,辐射器表面温度可升高30~50°C。所以与常压下的红外辐射加热相比,容易实现红外辐射传热为主,对流传热为辅的特点。

二、干燥炉结构与设计参数

FH-1型负压电热远红外木材干燥炉是由卧式圆筒形炉体、冷凝器、真空泵和电控台四部分组成(见图1)。

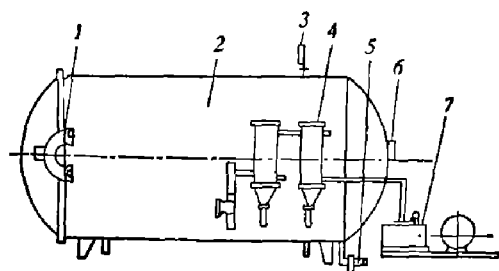


图1 FH-1型负压远红外木材干燥炉外形图

1—炉门法兰; 2—高压真空阀; 3—真空管路;
4—内冷水入口; 5—积水器; 6—外冷凝器;
7—真空泵; 8—湿球温度注水器; 9—内冷水出口;
10—观察窗; 11—真空压力表;
12—铰链

炉体外壳采用3毫米厚,内壳采用8毫米厚普通钢板焊接而成;中间夹衬硅酸铝保温毡

和膨胀珍珠岩;内衬 1.5 毫米厚铝板作为反射罩。炉体内径 1.7 米,内腔长 6.5 米,有效容积 14.7 米³,可烘干鞋楦毛坯 1000 双。

冷凝器由两部分组成,分为内冷凝器和外冷凝器。内冷凝器为一组排管,铺设在炉底部。外冷凝器安装在炉体与真空泵之间。

抽空装置采用 2X-30 型旋片式真空泵,功率 4 千瓦,抽气速率 30 升/秒。炉内极限真空度可达 40 毫米汞柱。

电控台设有温度指示和自动控温装置及电源,电压指示仪表。

辐射器的表面温度为 250~350°C,因为在低压条件下,辐射器表面温度可提高 30~50°C,这样就可以使辐射峰值波长位于 4~5 微米范围,正好覆盖了木材的红外主吸收带。

空间电功率密度比常压炉要高一些,一般应取 2.0 千瓦/米³左右,这是因为在低压状态下,干燥强度明显增大,这样就必须增大空间电功率密度。

在低压状态,对流传热介质稀薄,为此,与常压远红外炉相比,辐射器的功率分布位置要相对提高,以保证辐射照度的均匀性,一般底部和两侧各占总功率的二分之一。

三、干燥工艺

本工艺分为三个阶段:预热阶段、干燥阶段和终了处理阶段。

1. 预热阶段——递增式波动低压、阶梯升温加热。

该阶段的主要目的是对木材加热,使其热透,低压干燥对象主要是硬质难干材(如桦木、石栎、槲木等),在温度控制上,应该采取阶梯升温方式,即分别在 40°C、60°C 恒温若干小时,然后升到 80~85°C 恒温。

低压状态下加热与常压状态加热相比,可以减少由于对流加热所引起的表面缺陷,因此在加热阶段就应该使木材置于真空环境中,考虑到木材是逐渐热透,在真空度控制上也要与阶梯升温同步,即采取递增式波动低压工艺,压力范围为 660~260 毫米汞柱(见表 2)。

该阶段不通内冷凝水。

表 2 预热阶段工艺

	温 度 (°C)	真空度(毫米汞柱) ¹⁾	时间(小时)
预 热 阶 段	30	-100	5
	40	-200	4
	50	-300	10
	60	-400	14
	70	-500	15
			48

1) 以标准大气压为零点计算。

2. 干燥阶段——间歇低压、连续恒温干燥。

该阶段是脱水最快的阶段。由于在抽真空过程中,木材表面温度下降 10°C 左右(图 2),故在该阶段可采取连续恒温工艺,最高恒温温度在 85°C 左右(见表 3)。

在压力控制上,应采取间歇低压工艺,压力范围为 110~760 毫米汞柱。这有两个道理。

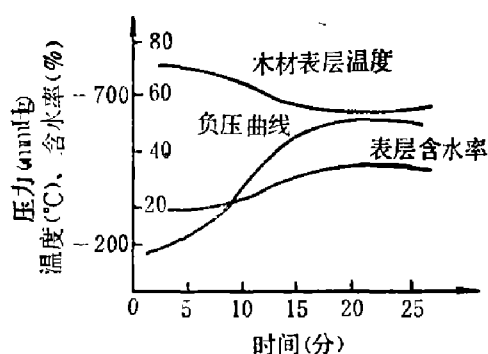


图2 表面温度、含水率与负压关系曲线

其一,当炉内压力在 110~760 毫米汞柱的范围变化时,由于泄压的原因,炉内温度和湿度下降,加快了木材表面水份的蒸发;其二,当压力在 760~110 毫米汞柱范围变化时,形成较大的压力梯度,加大了木材内部水份的扩散强度和表层水的蒸发强度。由动态含水率测试仪可以看出,在泄压过程中,表层动态含水率降低,而在抽真空过程中,明显增大,用这种方法便可以监测干燥过程。

内冷凝器在该阶段能充分起到使水蒸汽凝结成液态水的作用,这些水积蓄在炉内底部,随时可通过排水阀排出炉外。内冷凝器应该间断式通水,在抽真空过程中停水,在泄压过程中通水。

表3 干燥阶段工艺

干燥阶段	温度(°C)	真空度(毫米汞柱) ¹⁾	时间(小时)	脱水量(公斤)	备 注
	80~85	-600	51	381	炉内放水 226.5 公斤; 外冷凝器放水 154.5 公斤

1) 以标准大气压为零点计算

3. 终了处理阶段——深低压、高温消除湿心。

木材经预热和干燥阶段后,表层含水率已明显降低,这时提高气氛温度不会造成外观缺陷。另外,为了进一步消除湿心,在提高温度的同时也要提高真空度,使压力范围一般为 110~40 毫米汞柱,最高温度可达 90°C~95°C。其压力控制仍采取间歇低压方式(见表4),这样,既加大了温度梯度又提高了压力梯度,促进木材中心层水份的排出,可以进一步消除湿心和内裂。何时让干燥阶段进入终了处理阶段,可以由表层和中心层动态含水率变化情况来确定,一般在干燥过程前期,表层和中心层动态含水率相差很小,而干燥阶段后期,两者相差较大,即中心层含水率高,表层含水率低(图3),这时就应该进入终了

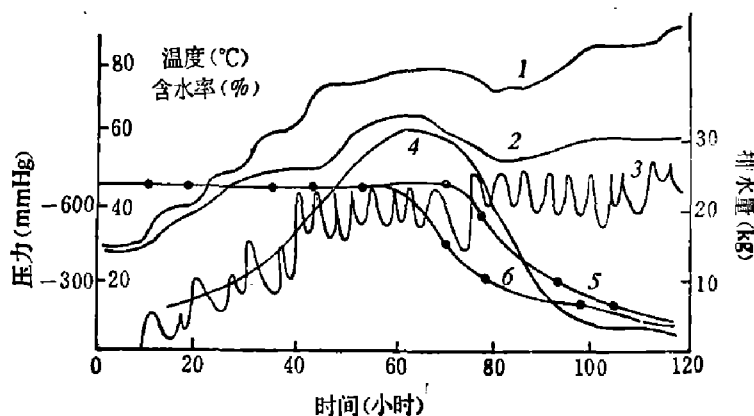


图3 桦木鞋楦负压干燥特性曲线

表4 终了处理阶段工艺

终了处理阶段	温度(°C)	真空度(毫米汞柱) ¹⁾	时间(小时)	脱水量(公斤)	备 注
	90~95	-720	40	419	其中炉内放水 160 公斤; 外冷凝器放水 25 公斤

1) 以标准大气压为零点计算。

处理阶段。由于温度梯度和压力梯度的增大,表层含水率逐渐增大,内外层含水率差逐渐缩小,避免了湿心现象的发生。

终了处理阶段结束后,开启排气孔和泄压阀,令其自然降温到 40°C 即可出炉。

四、综合技术经济效益

低压红外干燥目前应用于特殊用途的硬质难干材的干燥。实践证明,对于石栎,桦木鞋楦、梣木梭坯和厚木料,干燥时间明显缩短;干燥质量明显提高;能耗指标明显下降;干燥成本明显降低。这种干燥技术不仅能用于木材干燥,还可用于粮食,人参等厚物料的脱水干燥。

1. 干燥时间

与法国的对流加热真空干燥机相比^[1],干燥时间缩短为 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{3}$; 与国内热风干燥室相比,干燥时间缩短为 $\frac{1}{7} \sim \frac{1}{10}$ 。

我国目前的鞋楦生产厂家,均采用对流加热方式干燥鞋楦,如绥化鞋楦厂使用热风干燥室干燥桦木鞋楦,夏季需 35 天,冬季需 45 天;重庆皮革模具厂采用过热蒸汽干燥室干燥石栎等硬杂木鞋楦,需 10 天左右(见表 5)。因此低压远红外干燥木材,干燥时间明显缩短。

表 5 干燥时间对照表

单 位	类 型	树 种	规 格	初含水率 (%)	终含水率 (%)	干燥时间 (天)
法国木材技术中心(CTB)	真空干燥机	山毛榉	85 毫米	56.5	9.6	11.5
中国绥化鞋楦厂	热风干燥室	桦 木	鞋 楦	60	12	35~45
	FH-1 型负压炉	桦 木	鞋 楦	65	12.5	4.9
中国重庆市皮革模具厂	过热蒸汽干燥室	石栎等	鞋 楦	105	<20	10
	FH-1 型负压炉	石栎等	鞋 楦	105	<20	5.4

2. 干燥质量

低压远红外干燥硬质难干材,干燥质量明显提高,消除了其他干燥方法所不易克服的湿心和内裂现象。重庆皮革模具厂应用低压远红外干燥石栎等硬杂木鞋楦,开裂(表裂和内裂)缺陷由过热蒸汽的 21% 下降为 5%,基本上没有湿心现象。

3. 能耗指标——脱水耗电率

法国木材技术中心(CTB)^[1]利用对流加热的真空干燥机干燥山毛榉、橡木等木材,其能耗经折算和理论值^[2]每脱一公斤水耗电 0.74 度相比,能源利用率只有 20% 左右。

我国应用低压红外干燥石栎、桦木鞋楦和梣木梭坯,每脱一公斤水耗电 0.92~1.15 度(平均每脱一公斤水耗电 1 度),能源利用效率达 70% 以上。

由于低压远红外干燥木材,干燥时间短,干燥质量好,能耗指标低,因此干燥成本明显下降。绥化鞋楦厂用热风干燥室干燥桦木鞋楦,每双能源消耗成本 0.20 元,而应用 FH-1 型负压炉干燥,其成本仅为 0.05 元。重庆皮革模具厂应用过热蒸汽干燥室干燥鞋楦,干燥成

本每双 0.98 元,而应用负压远红外炉干燥只有 0.38 元。

除上述特点外,还具有设备投资少,占地面积小,工艺操作简单,生产文明、安全及没有污染等特点。

参 考 文 献

- [1] 中国林业科学情报研究所编,国外林业科技,1980 年。
- [2] 吴 玮,远红外木材干燥,黑龙江省科学技术出版社,1982 年。

(本文 1984 年 3 月 20 日收到)