

兰考泡桐单板干燥工艺条件的研究

何定华

(中国林科院木材工业研究所)

摘 要

对兰考泡桐单板在实验室喷气干燥中以不同温度(100、150、200、250℃)和喷气速度(5、10、15和20米/秒)进行了干燥试验。求得了厚度1.2毫米单板的干燥速度和干燥速度系数经验方程。

利用求得的方程对在不同温度和喷气速度条件下干燥机的生产量和干燥费用进行了预测。结果指出,随温度的增加,干燥机产量增加,干燥费用降低;干燥机产量也随风速增大而增加,但风速太高或太低都引起干燥费用增加。最佳风速可根据求得的经验方程和企业各项费用实际水平确定。

本文还提出了防止单板变色的处理方法。

- [7] National Poplar Commission of the Federal Republic of Germany Period: 1980-1983. Report on Activities Related to Poplar and Willow Cultivation, Exploitation and Utilization in the Federal Republic of Germany.
- [8] XVII Session of The International Poplar Commission Ottawa, Canada, 1 to 4 October 1984. National Report on Activities Related to Poplar and

Willow Cultivation, Exploitation and Utilization. Period: 1980-1984. The National Poplar Commission of the Republic of Korea.

- [9] Yugoslave National Poplar Commission, 1984, For the Period 1980-1984. Report on Activities Related to Poplar and Willow Cultivation, Exploitation and Utilization. Beograd.

Poplar Fast Growing Forest and its Processing and Utilization

Wang Kai

(Chinese Society of Forestry)

Abstract

A general review of the present poplar fast growing forest in the world has been mentioned. Mainly, on the subject of the characteristics of processing and utilization of the poplar are briefly and systematic described.

前言

泡桐是我国重要速生树种之一。泡桐木材除可作家具及其它日用器具外,还适于制造胶合板。单板干燥是胶合板生产中的一个重要工序,对胶合板生产车间的生产率和胶合板质量都有重要影响,因此在泡桐胶合板生产工艺研究课题中把单板干燥工艺列为一项主要内容。

我国泡桐约有8种,产量以河南、山东、安徽几省较多,树种以兰考泡桐 *Paulownia elongata* S.Y.Hu 为最多。因此选用为试验树种。

本项研究主要是探讨在喷气干燥机中干燥时,选取合理干燥工艺条件的原则,供作生产上制定具体工艺条件和新干燥机设计的依据。此外对防止单板变色的处理方法作了初步的探索。

试材采自河南兰考县,试验用单板由本所人造板研究室旋切。干燥试验是用一台小型的实验用喷气式干燥机进行,干燥机温度由电接点温度计控制,波动范围为 $\pm 3^{\circ}\text{C}$,用调速电机的不同转速控制风速,实际喷口风速用毕托管测得的静压求得。

一、泡桐单板干燥过程的特点

采用幅面为 20×20 厘米的单板,在干燥过程中定期称重,并根据最后求得的全干重计算出含水率和各含水率阶段的干燥速度,绘出单板的干燥速度曲线。结果表明:除最初的加热时期外,单板的干燥速度曲线近似二次抛物线。作为例子,将一组厚度1.2毫米的兰考泡桐单板在不同温度条件下的干燥速度曲线绘于图1。

按照干燥速度曲线的特点,全部干燥过程可以区分为二个减速干燥阶段,在第一阶

参加这项工作的有滕通濂、王秀琴、陈省兰、孟京明等同志。

程放同志帮助回归计算,祖勃称同志帮助检测胶合板材色,特此致谢。

段减速率较小,第二阶段减速率较大,二个阶段的过渡期约在含水率15%~30%之间,随风速或温度的增高而减小,随单板厚度的增大而增大。

为便于应用,我们将含水率40%以上这一阶段称为干燥前期,40%以下部分称为干燥后期。干燥前期的干燥速度曲线可以近似地以直线来表示,直线的斜率(称为干燥速度系数)随风速或温度的增大而增大,并随单板厚度的增加而减小,不同干燥条件下的干燥速度系数的测定值列于附表1。

干燥速度系数与温度和风速之间的关系可由下列方程表示:

$$B = 0.0001 \times (-103.6 + 1.309t - 0.00318t^2 + 3.7v) \quad (1)$$

其相关系数 R 为0.986。

式中: B —干燥速度系数(1/秒);

t —干燥温度($^{\circ}\text{C}$);

v —风速(米/秒)。

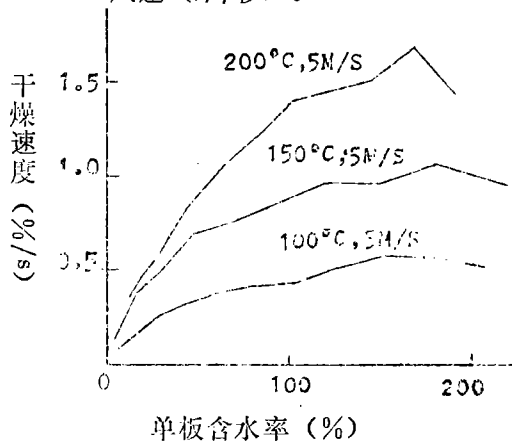


图1 兰考泡桐单板干燥速度曲线

二、单板的干燥速度

1. 干燥速度与干燥温度和风速的关系

采用幅面为 20×20 厘米的试样,对不同温度和风速条件下的单板干燥速度作了测定。温度水平取100、150、200和 250°C 四个,风速水平取5、10、15和20米/秒四个。温度对照试样沿单板带的宽度(顺纤维方向)截取,风速对照试样沿单板带长度(横纤维方向)截取,每组试样16个。厚度1.2

毫米的单板作了15组试验,厚度2.4毫米的作了8组,厚度3.6毫米的作了6组。三种单板实际厚度分别为1.25、2.41和3.61毫米,初含水率分别为222%、286%和258%,详见附表2。

表1和2分别列出了不同温度和不同风

速时干燥速度的比较值。由此可以看出:

(1) 单板干燥速度随温度或风速的增加而增加,并且温度和风速有一定的交互作用;(2) 温度的作用在干燥后期大于前期,风速的作用在后期小于前期;(3) 单板厚度增加时,温度的作用增大,而风速的

表1 兰考泡桐单板在不同温度条件下干燥速度的比较

干燥阶段	风速 (m/s)	厚度1.2mm单板				厚度2.4mm单板			厚度3.6mm单板		
		100℃	150℃	200℃	250℃	100℃	150℃	200℃	100℃	150℃	200℃
前期	5	1.00	1.63	2.60	3.55	1.00	1.85	2.94	1.00	1.87	2.91
	10	1.00	1.70	2.51	3.36	1.00	1.72	2.93	1.00	2.14	2.89
	15	1.00	1.71	2.62	3.54	1.00	1.90	3.06	1.00	1.74	2.80
	20	1.00	1.83	2.69	3.66						
	平均	1.00	1.73	2.61	3.53	1.00	1.82	2.98	1.00	1.92	2.87
后期	5	1.00	1.70	3.00	4.41	1.00	2.11	3.51	1.00	2.21	5.00
	10	1.00	1.82	2.94	4.22	1.00	2.20	3.76	1.00	2.98	3.87
	15	1.00	1.81	3.19	4.52	1.00	2.53	4.39	1.00	2.49	5.98
	20	1.00	2.03	3.31	5.12						
	平均	1.00	1.84	3.11	4.57	1.00	2.28	3.90	1.00	2.56	4.98

表2 兰考泡桐单板在不同风速条件下干燥速度的比较

干燥阶段	温度 (℃)	厚度1.2mm单板				厚度2.4mm单板			厚度3.6mm单板		
		5 m/s	10m/s	15m/s	20m/s	5 m/s	10m/s	15m/s	5 m/s	10m/s	15m/s
前期	100	1.00	1.42	1.63	1.83	1.00	1.22	1.39	1.00	1.19	1.42
	150	1.00	1.48	1.71	2.05	1.00	1.14	1.43	1.00	1.37	1.33
	200	1.00	1.37	1.64	1.89	1.00	1.22	1.45	1.00	1.19	1.37
	250	1.00	1.34	1.62	1.88						
	平均	1.00	1.40	1.65	1.91	1.00	1.19	1.42	1.00	1.25	1.37
后期	100	1.00	1.37	1.46	1.58	1.00	1.10	1.19	1.00	1.29	1.27
	150	1.00	1.46	1.55	1.88	1.00	1.16	1.43	1.00	1.75	1.43
	200	1.00	1.34	1.55	1.74	1.00	1.14	1.47	1.00	1.00	1.52
	250	1.00	1.31	1.50	1.83						
	平均	1.00	1.37	1.52	1.76	1.00	1.13	1.36	1.00	1.35	1.41

作用减小。

以上这些特点与椴木、水曲柳、荷木、马尾松单板的试验结果是一致的(1)。

根据测定值的计算,厚度1.2毫米的兰

考泡桐单板干燥速度与温度和风速的关系可用下列回归方程表示。

$$M_1 = 0.001 \times (-38 + 1.11t + 0.0119t^2 + 7.9v - 1.1v^2 + 0.434tv) \quad (2)$$

注(1): 参见何定华等“干燥温度和喷气速度对单板干燥速度的影响”,中国林科院木材所研究报告,木工(1985)2号

$$M_2 = 0.001 \times (288 - 2.61t + 0.017t^2 - 0.7v + 0.269tv) \quad (3)$$

式(2)和(3)的相关系数(R)分别为0.9999和0.9991。

式中: M_1 —干燥前期(含水率215%至40%)的平均干燥速度(%/秒);
 M_2 —干燥后期(含水率40%至10%)的干燥速度(%/秒);

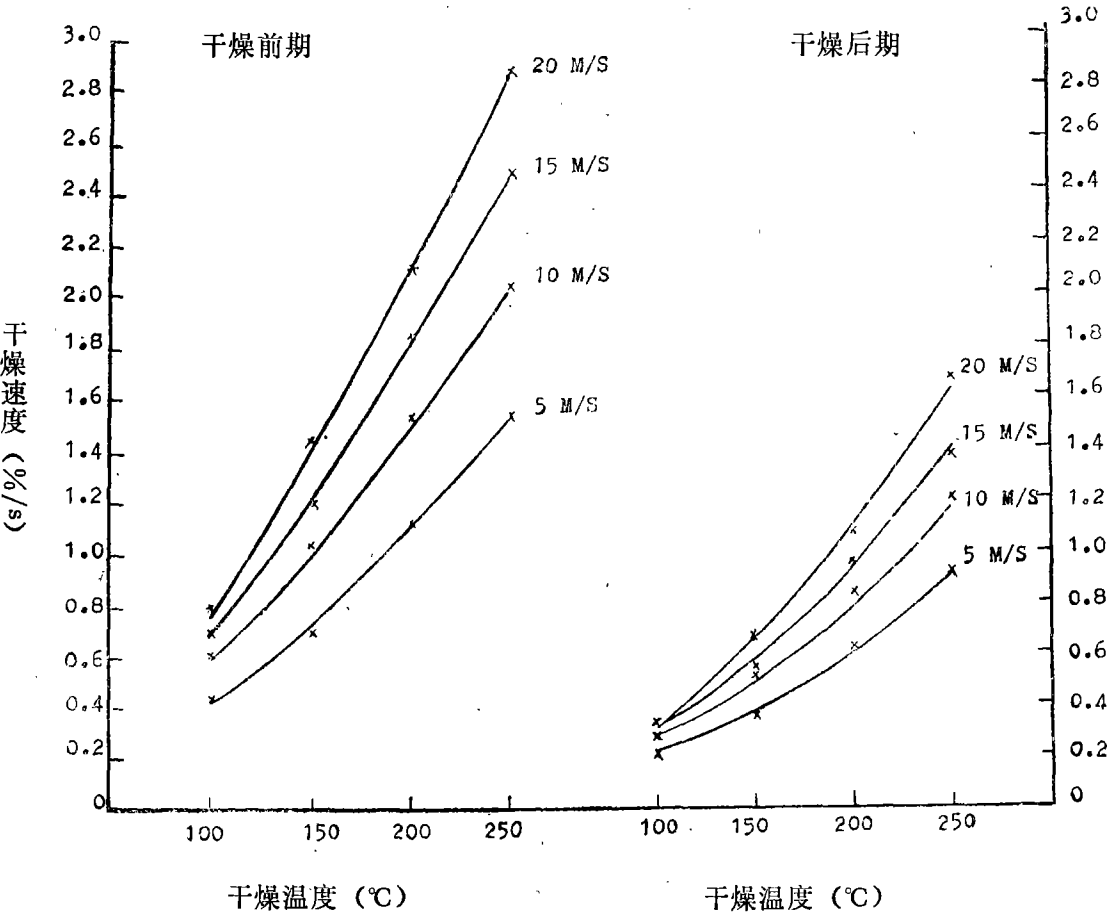


图2 厚1.2mm兰考泡桐单板干燥速度与干燥温度和风速的关系 (X为实测值)

表3 兰考泡桐与椴木单板干燥速度和干燥时间比较

干燥温度 (℃)	风速 (M/S)	干燥阶段	干燥速度 (%/S)			干燥周期 (S)		
			泡桐	椴木	比值(%)	泡桐	椴木	比值(%)
100	15	前期	0.700	0.439	159	260	166	157
		后期	0.300	0.210	143	100	143	70
		合计				360	309	117
150	15	前期	1.199	0.725	165	152	101	150
		后期	0.544	0.467	116	55	64	86
		合计				207	165	125
200	15	前期	1.835	1.044	176	99	70	141
		后期	0.956	0.833	125	31	36	86
		合计				130	106	123

注: 1.泡桐和椴木单板初含水率分别为222%和113%; 2.椴木干燥速度数据取自何定华等(1985)“干燥温度和气流速度对单板干燥速度的影响”。

t—干燥温度(℃)；

v—风速(米/秒)。

在图2中绘出干燥速度与温度和风速的关系曲线。

2. 兰考泡桐与椴木单板干燥速度的比较

在表3中,列出了两种单板干燥速度和干燥周期的测定值和相对数值。

表列数据可以看出,泡桐单板干燥速度远较椴木快,但因初含水率甚高,故干燥周期则较椴木长。在干燥机设计中应考虑增加预干部分,如果这一部分设计合理,不仅可以缩短干燥周期,还可减小能耗。预干机构也适用于其它单板干燥,但泡桐初含水率特别高,其效果更会显著。

3. 单板干燥时间的预测

由式(2)计算的干燥速度是初含水率为215%干至含水率40%时的平均速度,当初含水率改变时,平均速度需加修正。在实际生产条件下,常因湿单板贮存方式与存放时间的不同,初含水率会有改变,这时干燥时间可按下列方程预测。

$$t = \frac{W_a - 40}{M_1 + \frac{W_a - W_s}{2} \times B} + \frac{40 - 10}{M_2} \quad (4)$$

式中: t—实际初含水率至含水率10%的干燥时间(S); W_a 及 M_s —分别为实际含水率和标准含水率(215%) (%) ; M_1 和 M_2 —干燥前期和后期的平均干燥速度

(%/S); B—干燥速度系数(1/秒)。

M_1 、 M_2 和B值由式(2)、(3)和(1)求得。

应当指出,喷口的宽度和间距对于干燥速度也有影响,在同样风速时,干燥速度随喷口宽度的减小或间距的增加而减慢。式(2)和(3)的M值是根据在喷口宽为8毫米和间距为250毫米的喷气箱的试验资料求得的,当喷口宽度(a)或间距(s)改变时,可按

干燥速度与 $\sqrt{\frac{a}{s}}$ 成正比关系⁽²⁾修正。

三、防止泡桐单板变色的处理方法

兰考泡桐单板在干燥过程中材色常常变暗,或在早材部分呈现黑色斑块。干燥温度愈高,材色变得愈深,在250℃温度下,材面呈现焦灼状。为防止上述变色现象,我们根据对泡桐成材的试验结果,对单板采用了冷水浸泡及化学药剂处理试验。处理试样与未处理的对照试样一起分别在室内气干和在实验干燥机中在100、150、200℃温度下干燥(风速10米/秒),试验重复四次,试样共232张,四次试验结果一致表明,水浸和二种化学药剂处理均有较好的效果,处理试样材色均明显地较未处理试样浅,与气干试样接近,胶合后亦无变化;气干时,处理试样材色与未处理试样近似,均较浅,但热压胶合后未处理试样材色明显变深。

对一组用温度为200℃干燥的单板,胶合后的材色差别用电色差计作了测定,结果表明:处理与未处理的单板材色差别明显。未处理单板材色较深,药剂1处理的材色最浅,其次是药剂2处理的,再次是水浸的。测定值见表4。

表4 一组200℃干燥的单板胶合后色差测定值

项 目	药剂1处理		药剂2处理		水浸泡的		未处理的	
	测点1	测点2	测点1	测点2	测点1	测点2	测点1	测点2
色差(AE)	0	1.8	2.7	2.4	3.7	3.7	11.0	8.9
白度(L)	79.0	77.5	80.5	77.0	75.9	75.7	68.3	70.3
色相(a)	4.9	5.2	5.1	6.3	5.7	5.5	6.2	5.2
彩度(b)	15.7	16.6	18.0	16.1	17.7	17.4	17.8	17.4

注(2): 参见Д. П. Стерлиш, 苏联“木材加工工业”, 1969, 12:2—4

四、最佳干燥工艺条件

采用喷气式干燥时,单板干燥速度随干燥温度或风速的增加而增加,因此,从干燥机生产效率考虑,采用高温或高风速都是合理的。但是从干燥费用考虑,情况就不完全相同。干燥费用主要因素是:热能费、电费、干燥机及厂房折旧、工资及管理费四大项。每立方米单板的热能费主要与初含水率有关,它在不同温度或风速条件下变化不大。干燥机及厂房年折旧费基本上是固定的。所以每立方米单板的这两项费用约与干燥机的年生产量成反比。电费随干燥机生产效率增加而降低,同时也随风速增加而增加。在同样的风速条件下,提高温度,干燥机生产量增加,折旧费和管理费降低,电费也有所降低,结果是总费用降低。当在同样温度条件下,提高风速,产量增加,折旧费和工资及管理费降低,但电费则大大增加,因为风速增加一倍产量提高一般不超过40%,而风机所需要功率则几乎与风速的3次方成比例。结果总的费用或者降低,或者增加,取决于上述三项费用的变化程度,其中可以有一个干燥费用最低的风速,即最佳风速。

以一台长24米的二层网带式干燥机为例,当干燥厚度为1.2毫米的兰考泡桐单板从初含水率215%至终含水率10%时,按当前一般管理费用及设备投资估算,在图3和4中分别给出干燥温度和风速与干燥机年生产量和干燥费用的相关曲线。它表明,干燥机年生产量随温度或风速的增加而增加;干燥费用随温度增高而降低,但与风速的关系是,开始随风速增加而降低,达最低值后又随风速增加而增加,最低值约在风速为9~11米/秒之间,随温度的增高,最低值向高风速偏移。因此,可以认为,生产中应根据企业的供热条件尽可能采用高温,但考虑单板的变色和上述防止变色处理试验结果,最高温度不宜超过200℃,最佳风速应根据企业的干燥费用各项因素的水平上和上

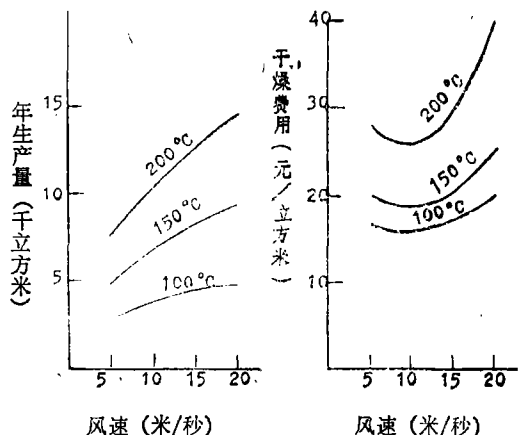


图3 干燥机生产量与干燥温度和风速的关系 图4 干燥费用与干燥温度和风速的关系

列方程(4)计算的干燥时间来确定。

为果干燥费用中工资、管理和折旧费所占比例增加,最佳风速将向高值偏移。

结 论

兰考泡桐单板的干燥过程由两个减速阶段组成,干燥温度和风速对干燥速度都有显著的影响、它随温度或风速的增加而增大;温度的作用在后期大于前期,风速的作用在后期小于前期;当单板厚度增加时,温度作用增大,风速作用减小。以上特点与椴木、水曲柳、荷木和马尾松单板的试验结果一致。

在相同干燥条件下,泡桐单板干燥速度较椴木单快,但因泡桐单板含水率一般都很高,干燥周期较椴木单板长。厚度1.2毫米的兰考泡桐单板在不同温度和风速条件下的干燥周期可根据提出的经验方程确定。

泡桐单板在干燥过程中常发生变色,干燥前需对单板进行防变色处理。

采用高温干燥不仅能增加生产量,并可降低干燥费用,生产上应根据热能供应条件尽可能采用高温,但考虑到现有防止变色处理技术,最高温度不宜超过200℃。风速选择要恰当,生产上可根据本文提出的经验方程先计算干燥机生产量,并按照各自的干燥费用各项因素的实际水平确定最佳风速。

附表1 兰考泡桐单板干燥前期干燥速度曲线斜率统计值

单板厚度 (mm)	干燥温度 (℃)	风速 (M/S)	试样数	初含水率 (%)	终含水率 (%)	斜率 (1/S)	截距 (%/S)	相关系数
1.2	100	5	10	166	40	0.00179	0.248	0.837
	100	10	9	164	37	0.00320	0.261	0.913
	100	15	10	169	37	0.00472	0.212	0.936
	150	5	10	169	44	0.00403	0.366	0.892
	150	10	10	165	41	0.00600	0.487	0.890
	150	15	10	154	38	0.00737	0.548	0.903
	200	5	10	184	38	0.00447	0.750	0.827
	200	10	10	189	41	0.00655	1.076	0.791
	200	15	10	149	41	0.00929	1.050	0.849
2.4	150	15	8	182	39	0.00279	0.220	0.977
3.6	150	15	10	162	39	0.00182	0.166	0.957

附表2 兰考泡桐单板初含水率、厚度及干缩率统计

单 板	实际厚度(mm)	初含水率(%)	密度(kg/m³)	吸湿后含水率	横纤维方向干缩率(%)	
				(%)	全干时	吸湿后
厚度1.2mm						
试样数	48	48	48	48	48	48
平均值	1.25	221.8	234	8.4	4.9	3.6
标准差	0.03	33.4	17	0.858	0.591	0.52
变异系数(%)	2.5	15.1	7.3	10.2	12.0	14.3
厚度2.4mm						
试样数	27	27	27	27	27	27
平均值	2.41	286.4	218	7.9	5.3	4.1
标准差	0.04	39.2	13	0.51	0.31	0.28
变异系数(%)	1.6	13.7	6.0	6.4	5.9	6.8
厚度3.6mm						
试样数	27	27	27	27	27	27
平均值	3.61	257.5	201	7.2	5.5	4.5
标准差	0.03	42.7	11	0.64	0.63	0.51
变异系数(%)	0.8	16.6	5.5	8.9	11.5	12.1

A Study on Technological Conditions for Jet Drying of Paulownia elongata Veneer

He Dinghua

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

Abstract

Paulownia elongata veneers were dried in a laboratory jet dryer at

LK-I型木材干燥炉微型计算机控制系统*

刘耀麟 李荣俊

(中国林科院木材工业研究所)

摘 要

本文介绍了一种新型的木材干燥过程微型计算机控制系统。该系统由特制的称重传感器测定材堆内部检验板的含水率,再由计算机根据此含水率控制干燥炉内空气的温、湿度,可以使用连续基准,阶梯基准,时间基准在内的任何基准。同时该系统还有汉字提示,便于操作。该系统还能将干燥过程中的干、湿球温度,干、湿球温度差,以及检验板含水率画成曲线显示和打印出来。

一、国内外概况

自六十年代中期以来,木材干燥炉的自动化一直是重要的研究课题之一,因为它能提高木材干燥质量,缩短干燥周期,减少能源消耗。但当时,由于不能根据炉内被干木材的物理状态(如含水率)及时地改变炉中干、湿球温度^[4],实现自动控制的困难很大。虽然有人用凸轮控制器实现了干燥炉的过程控制^[14],但缺点也很多,如改变既定

程序十分困难,且只能用时间基准,不能做到最佳控制,因而未能得到普及。

七十年代初,温格特等人利用计算机控制干燥炉^[18],由于没有可放在干燥炉内的称重传感器,只能将一只常规称重传感器放

●: 参加过本研究课题的同志有: 刘耀麟、李荣俊、林虹、任风云(以上电气)。崔佩涵、戴增安(以上设备)。滕通廉、王怀军、唐一夫(以上工艺)。

王恺、何定华、Ered W. Taylor诸先生先后对本课题的方向提出过宝贵的意见,特此致谢。

different temperatures (100 to 250°C, 4 steps) and jet velocities (5 to 20 m/s, 4 steps). The empirical equations of drying rate and the drying rate coefficient for veneer of 1,2 mm thickness were obtained.

The production capabilities of dryer and drying costs at different temperatures and jet velocities were predicted with the equations obtained. The results indicate that the production capability of dryer could be increased and the drying cost reduced with higher temperature, and the production capability is also increased with higher velocity. However the drying cost would be increased if the velocity is too high or too low. The optimum jet velocity could be determined with equations obtained and the actual level of cost components at the factory. An approach for the prevention of *Paulownia* veneer from discoloration was proposed.