

微机自动控制干燥工艺的研究

滕通濂 唐一夫 王怀军

(中国林科院木材工业研究所)

摘 要

研究了微机自动控制的连续过渡基准。对不同规格的冷杉、铁杉、柞木板材微控连续基准试验结果表明,窑干时间明显减少,节约能源显著。微控连续基准比手控阶梯式基准缩短干燥周期16%以上,节约能耗18%以上,干燥质量未发现有显著差异。

前 言

木材干燥过程必须严格按照规定的基准进行。才能使干燥既快又能保证质量。因而在干燥过程中,操作人员要定期测定检验板重量的变化,借以监视木材含水率的变化,然后决定是否调节加热、喷蒸或进、排气阀门,使窑内介质条件保持基准中规定的水平,人工调节精度也较差,还容易出错,影响干燥质量,增加木材降等损失或者延长干燥周期,增加能源消耗。而性能优越的微机木材干燥全自动控制系统,不仅可免去繁杂人工操作过程,而且使先进的干燥工艺得以实现。

我们从1984年开始了微机在木材干燥中的应用研究。研制了LK—1型微机全自动控制系统,包括可装在材堆中任一位置上连续测定检验板含水率的称重传感器和温、湿度自动检测和控制系统。用微机控制的连续平滑过渡基准对不同规格的冷杉、铁杉、柞

木板材进行了试验。

一、试验设备

试验采用我所设计的、容量为 2.5M^3 的侧风型电加热预装式金属壳体木材干燥试验机。干燥机内部尺寸:长 $\times$ 宽 $\times$ 高=3160 $\times$ 2200 $\times$ 1865mm,材堆尺寸:3000 $\times$ 1200 $\times$ 1500mm。装有LK—1型微机控制系统,连续测定检验板含水率的称重传感器系统,温、湿度自动检测和调节系统,蒸汽发生器及控制柜等。

二、试验材料和方法

1. 试材

试材来自北京市贮木场,商用名称为白松和美松〔经我所材性室鉴定后分别为冷杉(*Abies* sp)和铁杉(*Tsuga* sp)〕以及柞木(*Quercus mongolica* Fisch et Turcz)等树种。分别采用高温基准和常规基准(见表2)试材规格见表1。

• 本文为“微电子技术木材干燥中的应用研究”中的工艺试验研究报告。参加试验工作的还有王秀琴、陈省兰、孟京明等同志。试验研究中得到何定华先生的指导,谨表谢意。研究报告由滕通濂执笔。树种由材性室杨家驹、刘鹏、丁水汀、卢鸿俊协助鉴定,在此一并致谢

表1 试材规格

树种	材型	试材规格		
		长度 (mm)	宽度 (mm)	厚度 (mm)
冷杉	整边板	3000	不限	30
"	"	"	"	60
铁杉	"	"	"	50
"	"	"	"	80
柞木	"	"	"	50

边、心材（包括髓心板）混合干燥。

2. 含水率检验板的选取

从被干材料中选取含水率较高、无缺陷的弦切板锯成长 $\times$ 宽 $=1000\times150\sim170$ （毫米）的检验板2至4块，检验板两端涂以高温沥青漆。按国家标准^[4]规定的方法测定初含水率和称量初重后，吊挂在称重传感器上并放置在材堆中难干位置。本次试验采用二块检验板分别放置材堆中部的里侧和外侧（见图1）。干燥过程将根据二块检验板的平均含水率值来控制。

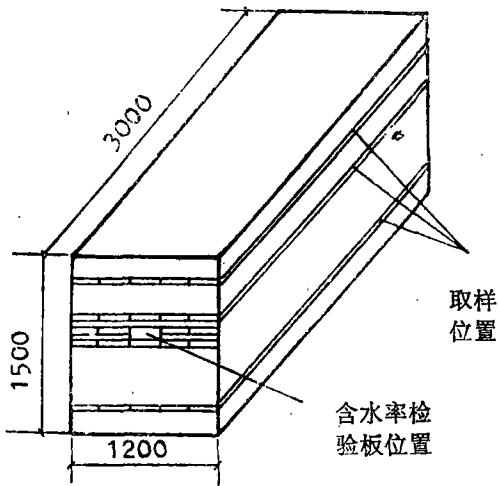


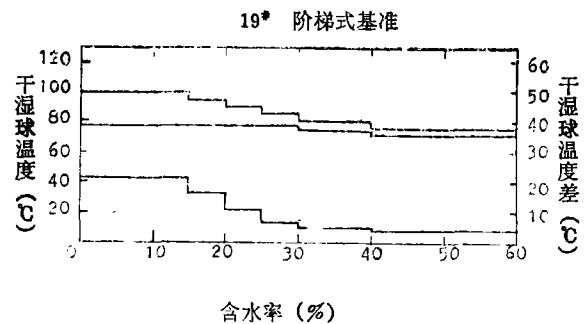
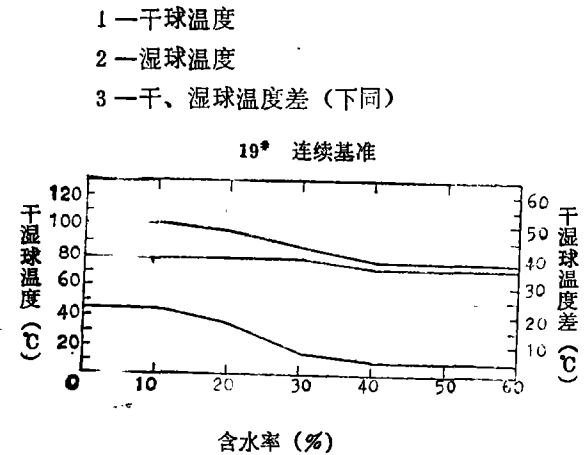
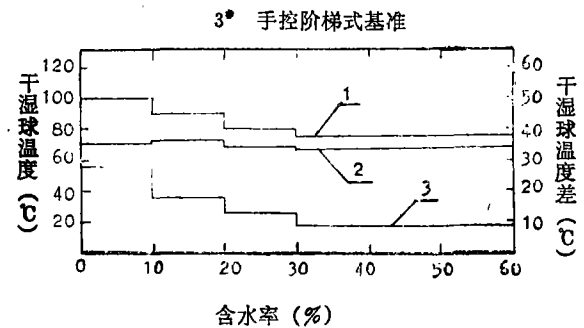
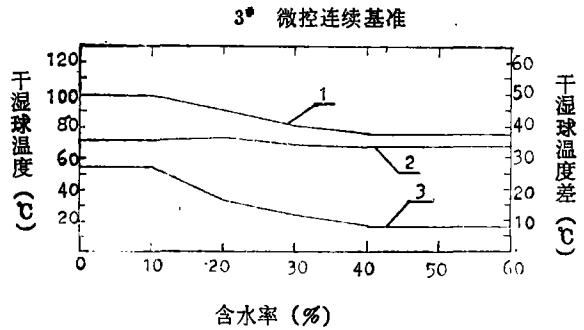
图1 含水率检验板和检查试样位置示意图

3. 干燥缺陷的检查

每次试验结束后，除了检查检验板的干燥缺陷之外，还按图1位置检查9~15块样板的平均含水率和干燥缺陷（板面缺陷种类和数量）来评定干燥质量。检验板的含水率按称重法测定，样板用含水率测定仪（西德产）测定。

4. 试验用的干燥基准曲线型式

本试验采用微机自动控制的连续过渡基准和手动调节、仪表控制的阶梯式多阶段常规基准。二种型式的基准曲线见图2。



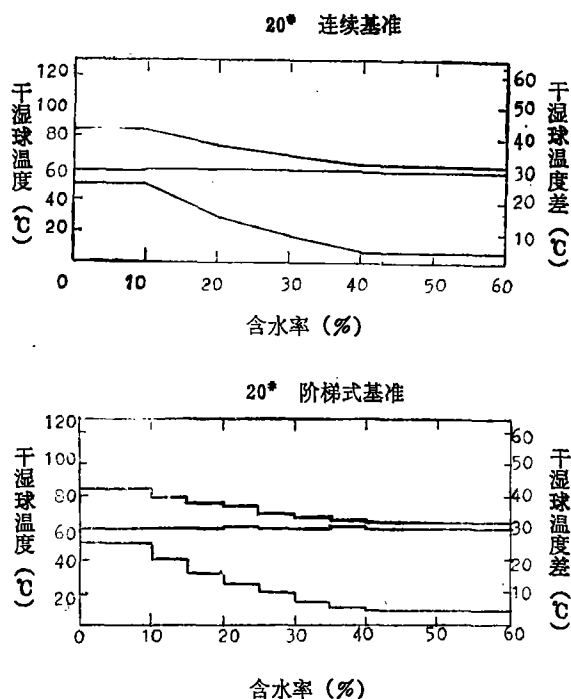


图2 连续过渡基准与阶梯式多阶段常规基准曲线

三、试验结果及讨论

1. 微控连续基准与手控常规基准试验结果和讨论

选用冷杉 (厚30毫米和60毫米)、铁杉 (50毫米和80毫米)、柞木 (50毫米) 等树种, 分别采用高温和常规基准 (见表2), 按连续平滑过渡基准 (以下简称微控连续基准) 和阶梯式多阶段常规基准 (以下简称手控常规基准) 进行试验, 其中厚60毫米的冷杉和50毫米的柞木为对比试验。试验结果列表2, 典型的干燥过程曲线见图3—图6。

(1) 干燥周期和干燥质量

从表2可以看出, 微控连续基准干燥不同厚度的冷杉、铁杉、柞木板材, 干燥周期比手控常规基准^[5] 都有不同程度的减少。减少约16%以上。在相同试验条件下, 微控连续基准与手控常规基准的对比, 60毫米厚的冷杉板, 从平均初含水率45%干到15%, 微控连续基准的干燥时间为104小时, 而手控常规基准则需177小时, 缩短了41%。干燥结束后, 根据9块样板 (对照位置) 检查结果, 用微控连续基准, 除二块含水率偏高

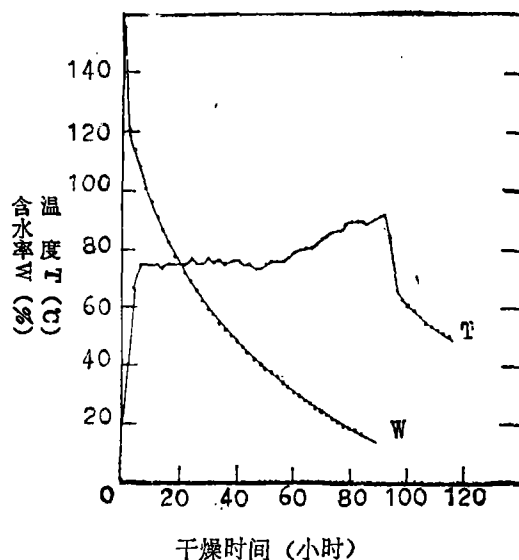


图3 厚30mm冷杉板干燥过程

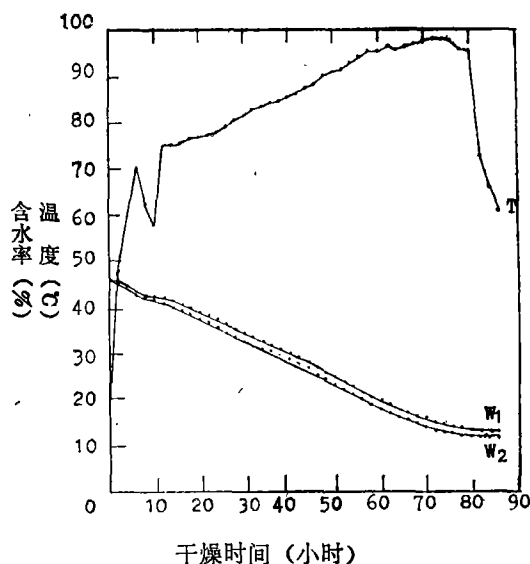


图4 厚60mm铁杉板干燥过程

W₁—第一块检验板含水率

W₂—第二块检验板含水率

T—干球温度 °C

和二块髓心板有细表裂外, 未发现其他缺陷, 而用手控常规基准, 除2块髓心板细表裂、1块端裂之外, 因为终含水率偏低, 导致轻微瓦弯增加 (4块)。50毫米厚柞木板, 从平均含水率45%干到15%, 微控连续基准干燥141.5小时, 比手控常规基准的170小时缩短16%。从抽查的15块板看, 除两块有轻微瓦弯外, 未见其他缺陷。

表2

试验结果一览表

试验编号	树种	厚度(mm)	用途	干燥基准	控制方式	检验板			抽查样板			干燥时间(h)		耗能(KW·h)		干燥缺陷		
						平均初含水率(%)	平均终含水率(%)	块数	初含水率(%)	终含水率(率%)	总计	含水率45%—15%	总计	含水率45%—15%	总计	开裂	翘曲	其他
1	冷杉	30	建筑材	3*	连续	156.0	15.1	8	/	9.3	91		573		573	髓心板细表裂3块	轻微瓦弯2块	无
2	冷杉	60	"	19*	"	70.5	11.8	9	57.4	16.1	187.0	104.0	1062	572	1062	髓心板细表裂2块	无	终含水率偏高2块
3	冷杉	60	"	19*	阶段	70.4	12.2	9	51.9	6.2	254.0	177.0	1603	1073	1603	髓心板细表裂2块, 端裂1块	轻微瓦弯4块	终含水率偏低
4	铁杉	50	"	19*	连续	51.9	11.7	12	34.0	8.8	82.5		617		617	髓心板细表裂1块	无	
5	铁杉	50	"	2592*	"	108.1	18.8	15	46.8	18.3	96.0		553		553	无	无	终含水率过高4块
6	铁杉	80	"	19*	"	30.5	13.3	8	36.9	12.2	95.0		718		718	髓心板表裂3块	轻微瓦弯2块	终含水率过高1块
7	柞木	50	家具材	20*	"	47.3	10.6	15	50.9	11.0	143.0	141.5	842	660	842	无	轻微瓦弯2块	
8	柞木	50	"	20*	阶段	45.0	7.89	15	40.5	13.4	213.0	170.0	1039	780	1039	无	轻微瓦弯2块	终含水率过高2块

*连续: 即微机控制连续过渡基准; 阶段: 即手控多阶段常规基准。

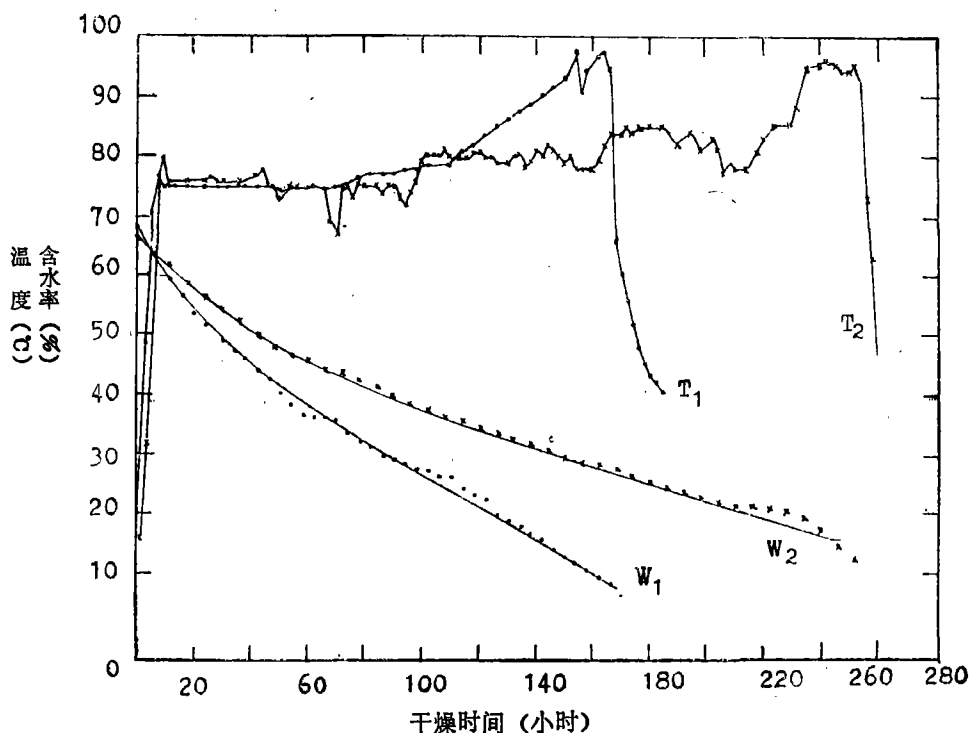


图5、厚60mm冷杉板干燥过程

T₁: 微控干球温度

W₁: 微控连续基准时含水率曲线

T₂: 手控干球温度

W₂: 手控常规基准时含水率曲线

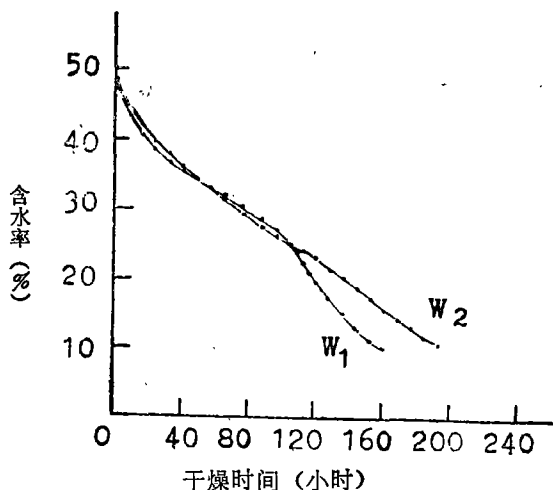


图6 厚50mm柞木板干燥过程

W₁: 微控基准含水率曲线 (二块检验板平均值)

W₂: 手控基准含水率曲线 (二块检验板平均值)

(2) 结果讨论

在试验中, 材堆堆积、检验板、样板放

置的位置均严格按照要求执行, 气流循环平均速度保持一定, 因此, 影响干燥时间的因素主要是干燥基准硬度水平及其控制系统的精度; 检验板材性的变异、初始条件测量误差等。

① 基准硬度水平和控制精度的影响

阶段基准因在干燥过程中。木材水分的蒸发, 恒定的介质温度水平与木材表面温度之差将逐渐减少, 导致木材干燥速度逐渐变小⁽⁸⁾。而微控连续基准能克服上述缺点, 因而能保持较大的干燥速度〔见表2, 图3—图6〕。本试验的微控连续基准由于保持了工厂行之有效的含水率基准的特点, 即在过渡含水率安全值⁽⁶⁾以上和10%以下未变动基准硬度水平, 操作人员还可根据被干材料的特性, 通过人机对话方式, 更换或修正基准, 进行中期或后期处理、或中止干燥, 因而干燥质量可以得到保证。其次, 由于微机控制更精确, 与基准曲线吻合更好, 因而

干燥质量还略有提高。

②检验板材性和初含水率变异等的影响

窑干过程是通过自动测定检验板的动态含水率来控制的,因此,检验板的数量、材性和初含水率的变异都将影响到干燥周期。本次试验用被干材料中的弦切板,再从板长或板宽方向截取2至4块长1米的对照试样,分别作为对比试验用的检验板。试验表明,在同窑干燥条件下,各检验板的干燥过程曲线都不相同,这可能是由于各板的材性、初含水率变异所致。又从图5所示,在含水率40%以上时,二种基准水平实际上很接近,可是对照的二块检验板的干燥速度差异甚大,可以认为材性的变异是其重要原因之一,也就是导致60毫米厚冷杉板微控基准比手控基准缩短干燥周期偏大的一个主要因素。试验终了时,采用称重法测定检验板的终含水率,然后复核初含水率和各阶段的实时含水率,发现也都存在不同程度的误差,因此认为初含水率的测量精度将显著影响干燥过程的控制精度,以及干燥周期和干燥质量。所以,检验板在微控系统中具有举足轻重的地位。检验板的选择和数量应能代表材堆的实际情况,才能保证干燥质量、降低成本。有人从降低干燥成本等方面考虑,研究过如何选择含水率检验板的问题^[14],但目前工业上尚未应用。还需要进一步研究。

2.实时含水率、干湿球温度的连续检测精度和可靠性试验

实时含水率的动态连续测量是实现微机自动控制的首要条件。称重传感器系统可连续测定检验板的重量变化,与事先存入微机的初始条件计算出实时含水率值作为控制依据。称重传感器系统测量的实时含水率值和电子天平称重后计算的含水率值的比较表明。温、湿度自动检测和控制系统的二支规格相同的热电阻测量头、温度变送器和微机组成。在0—125℃下测量的温度误差范围为0.54—0.18℃,可以满足干燥工艺的要求,称重传感器微控系统测量的实时含水率

值与岛津电子天平称重后计算的含水率值很接近,最大一个误差为±0.67%。称重传感器使用近一年后,在室温至100℃温度范围内测定的平均误差(二只称重传感器)仍然小于1%。传感器可在高温、常规和低温高湿等各种干燥条件下正常工作。

3.经济效益的分析

(1) 缩短干燥周期,提高产量,节约建窑投资。

从表2可知,微控基准干燥不同厚度冷杉、铁杉、柞木板材的时间与常规窑干额定时间^[5]比,约缩短16%以上,在相同试验条件下的对比试验结果也表明,在保证质量下,干燥60毫米厚的冷杉板和50毫米厚的柞木板缩短干燥周期16%,如果扣除讨论中提出的检验板材性差异和含水率变异的影响,仅按15%计算,年干燥板材3~4万立方米的工厂(如北京某厂规模)每年就可增产4.5~6千立方米干板材,如按年产量4万立方米,投资80万元计算,可以节约建窑投资9~12万元^[6]。

(2) 节约能源消耗。

从表2可知,微控连续基准比手控基准节能18%以上,若按18%估算,并以常规干燥较先进水平1立方米木材消耗蒸汽0.6吨,单价12元/吨,汽、电30度,单价0.1元/度为计算基础。则一个年干燥量为3—4万立方米的工厂,就可以节约蒸汽3,240—4,320吨,电16,200—21,600度,折合人民币4.1—5.4万元。

据初步估计,全国现有木材干燥能力150万立方米,如有一半企业采用微机控制,则每年可节约蒸汽8.1万吨,电405万度,折合人民币137.7万元。

(3) 减少降等损失,节约木材

从试验条件控制较好的二组(60毫米厚冷杉板和50毫米厚柞木板)结果看,手控基准干燥冷杉,因为终含水率过低,增加了板的瓦弯量,在木材加工时,就要相应增加余量,造成木材损失。微控系统能够精确调节

干燥条件,达到要求的终含水率时水可自动终止干燥,因此可以实现最佳干燥,节约木材。本次试验次数尚少,定量分析还需继续进行大量工作。

(4) 促进干燥技术进步。

我国木材干燥企业管理和操作水平各厂相差悬殊,如某厂干燥红松等厚板,每1立方米要消耗蒸汽2.8吨,耗电104度^[3]而水平较高的工厂只消耗蒸汽0.6吨、电30度,前者为后者的4.6倍和3.4倍。与国外先进水平差距更大。究其原因,除了设备陈旧外,工艺落后、管理人员素质差、工人技术不熟练是一个关键因素。因此采用计算机控制技术,将对木材干燥生产技术的进步提高经济效益产生深刻的影响。

四、结论和建议

1.经过一年干燥试验表明,微机全自动控制系统性能稳定,运行可靠,操作简便,可以进行人机对话,能满足各种木材不同干燥工艺的要求。

2.称重传感器和微机联合测定检验板实时含水率的方法直观、工作可靠,含水率测量范围宽,测量数据准确,各项性能指标符合要求。检验板称重传感器装置可以放置材堆中任一位置,检验板数量可根据需要确定(2块或2块以上),能连续准确地观察材堆各部位干燥状态,能较精确地控制干燥全过程,避免繁杂的手工操作,减轻工人劳动强度。

3.温度检测和调节灵敏,能满足各种干燥工艺条件的要求。

4.干燥不同规格的冷杉、铁杉和柞木等针、阔叶材的试验结果表明,采用微控连续基准可以缩短干燥周期16%,节约能耗18%。同时也能保证干燥质量。

检验板的干燥特性将直接影响干燥过程的控制精度和经济效益,因此从干燥工艺来

说对检验板的选择条件和数量应予以足够重视和深入研究。

参 考 文 献

- [1] 何定华等,1984,我国木材干燥技术的进展及今后发展方向的探讨,木材保护学术讨论会论文。
- [2] 中国林业科学研究院林业科技情报研究所,1981年,国外林业科技(木材干燥专辑)。
- [3] 林伟奇,1984,对成材干燥节能问题的探讨,木材保护技术讨论会论文。
- [4] 国标GB 6491-86,锯材干燥质量,中国标准出版社。
- [5] 北京光华木材厂,1974,光艺(GY) 1-01木材干燥工艺规程。
- [6] 何定华摘译,1975,在周期式空气干燥炉中干燥成材的合理基准,木材工业科学技术资料。
- [7] 郭焰明,1982,北京木材厂干燥工段实习工作总结。
- [8] 唐一夫,1987,连续升温干燥工艺与中一高温干燥工艺的研究,木材干燥学术讨论会论文。
- [9] 满久崇磨著,马寿康译,1983,木材的干燥,轻工业出版社。
- [10] 寺尺真等,1983,木材の人工干燥,日本木材加工技术协会。
- [11] E. M. Wengert, 1971, Automatic Programing and Control for Steam-Heated Lumber Dry Kilns, F. P. J. 21(2)。
- [12] H. Resch..., 1977, Computer Simulation of the Softwood Veneer-Drying Operation, F. P. J. 27(2)。
- [13] Brunner R..., Computers Cut Drying Costs, Timber Trades J., 1984 329, No.5607 23。
- [14] Fell J.D..., 1980, Sampling Levels for Hardwood Kiln-Drying Control, F. P. J. 30(3)。
- [15] Kordes W..., 1980, 1981, Regelungstechnik für die Schnitt-holztrocknung Heute, Holz als Roh-und Werkstoff (38)419-422, (39)11-15。

带锯条空气静压导向装置的理论分析

王华滨

(东北林业大学)

摘 要

本文讨论有关带锯条空气静压导向装置的几个理论问题,如导向块与锯条平面之间间隙气流速度分布的特点,可压缩气流质量通量计算法和连续稳定气流条件等。分析结果证明:使用空气静压导向装置可以对带锯条实现静压推力、振动阻尼和稳定导向,能够提高带锯条的稳定性。

带锯条空气静压导向装置是由空气静压轴承演化而来。在四十年代末五十年代初,由于惯导系统高精度旋转体要求设计一种摩擦力小、振动小,并且不随时间变化的转轴轴承;在核工程环流器设计中,要求设计一种能将机器密封在反应堆系统内长达20年之久而无需维修的轴承,同时润滑剂还必须不受

高温和放射性的影响。^[1]正是从这些特殊用途开始,空气轴承,尤其是空气静压轴承获得研究和应用。

空气静压轴承通称为外压空气轴承(Externally-Pressurized Gas Bearing),简称外压轴承。它是由空气压缩机从外部供给轴承气源经节流孔一开在轴承表面上的节

A Study on the Microcomputer Control System for Lumber Kiln Drying Schedules

Teng Tongling, Tang Yifu, Wang Huaijun

(Research Institute of Wood Industry Chinese Academy of Forestry)

Abstract

The Continuous-Transition Kiln Schedules (CTKS) used in microcomputer control were developed. A series of trials were designed to dry various thickness lumber of *Abies* sp., *Tsuga* sp. and *Quercus mongolica*. Test results showed: by using microcomputer control system, CTKS are significantly effective in reducing the drying period and energy consumption without additional degradation as compared with the conventional schedules. The drying time and energy consumption for CTKS respectively were 16 percent and 18 percent less than that for the conventional schedules.