

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.

在炉外,称量整个材堆的一头(包括小车),并计算出含水率。计算机再根据测得的含水率对干燥炉进行控制。此后,木材干燥炉的自动化就和计算机结下了不解之缘^[7, 10, 16]。

实现木材干燥过程自动化的关键,是要能连续地,自动地测出被干木材的物理状态,并根据测得的状态对炉内的温、湿度等进行自动控制。

在测量被干木材物理状态方面,已有不少报道。例如:埃克尔曼等利用应变式称重传感器称量整个材堆的重量^[6, 9, 16, 18],希尔等人利用一小块木片做含水率传感器,以测定检验板的含水率^[5, 8],斯卡尔等人根据波特的建议,利用声发射技术测量木材所受的应力^[16],杰姆斯等人试用超声速度的变化来确定木材的含水率^[11]。杰姆斯等还讨论了利用炉内电容式含水率探测器测量被干木材含水率的问题^[12];泰勒发展了利用巴斯卡原理,将材堆重量经液压油缸传递到炉外以测定材堆含水率的方法^[17];而德国人则多用电阻式含水率探测器测定木材的含水率^[19]、无锡电子研究所是用钢丝将挂在材堆顶上的检验板的重力引出,用普通电子称来称量^[1]。

上述这些方法虽各具优点。但都还有相当多的缺点。如电阻式含水率测定器的读数随树种、温度的变化而变,且含水率高于纤维饱和点时,它的读数没有多大意义。电容式含水率测定器的读数不仅随树种,材质而变,而且与使用者的经验有关^[12]。利用超声速度来测定含水率的方法还处于探讨阶段。声发射技术虽有潜力,但发展缓慢,距实用还有相当的距离。利用钢丝将检验板重力引出的方法虽然简单易行,但不适用于测量放在材堆内部的检验板的含水率。虽然应变式测力传感器有其独特的优点:它的输出不受被称量的木材的树种、材质和温度变化的影响。而它本身温度变化对读数的影响,则可用硬件或软件来补偿。但市售的应变式称重传感器只适宜于测量整个材堆的重量。

有鉴于此,刘耀麟在留美时曾研制了一套用称重传感器测量材堆中检验板含水率的木材干燥炉微机控制系统,曾在美国林产品研究学会于1983年在美国召开的第37届年会上进行学术交流,但该系统仅为一个原型,尚需要改进。

二、需要解决的问题

为了把上述原型系统用于生产实际,需作如下改进:

1.原系统的荷重传感器对侧向力敏感,对蒸汽等有害物质的抗蚀性较弱,因此应研制对侧向力不敏感,且对水蒸汽等有害物质有较强抗蚀性的,能测量材堆内部检验板重量的称重传感器。这是保证这一系统进入实用阶段的关键。

2.为了使该系统适合我国国内的需要,应将系统的主要应用软件汉化。

3.贴应变片的胶粘剂永远也不会结束固化过程,因而在长期使用中,传感器会产生永久性的零漂,必须消除这种零漂的影响。

三、称重传感器

测量小于几十牛顿(几公斤力)的应变式传感器,一般选用悬臂梁、固端梁、或简支梁作弹性元件。其中,正应力悬臂梁最简单,灵敏度也最高,但它对侧向力很敏感,不能简单地用它来测量材堆中检验板的重量。悬臂梁剪应力弹性元件对侧向力虽然不敏感,但灵敏度低。柱式拉力弹性元件虽然容易消除侧向力的影响,但灵敏度更低,一般用于测量20千牛顿以上的力。

为了获得较大的灵敏度,且能消除侧向力的影响,我们将两根普通悬臂梁的固定端放在一起,做成固定端在中间,自由端在两端,且中间加厚的形状。两个自由端与检验板之间,以及固定端与支架之间的连接均系柔性连接。

如果把这种弹性梁的支点看作力的作用

点, 把它的两个力的作用点看成是支点, 则可以把这种弹性梁看成是简支梁, 因而可以用简支梁的公式来计算。不过, 在计算时, 应将中央固定端形变很小 (加厚了的) 那一部份的长度, 从梁的总长度中减去。当然也可以利用简单悬臂梁的公式来计算。这时应注意: 作用在每根悬臂梁上的力恰好是检验板重力的一半。

弹性梁上的四块应变片接成全桥电路 (图1)。图中, 零点温度补偿电阻 R_d 可由下式求出:

$$R_d = \left| \frac{R (U_2 - U_1)}{2500\alpha v (t_1 - t_2)} \right| \quad (\text{欧}) \quad (1)$$

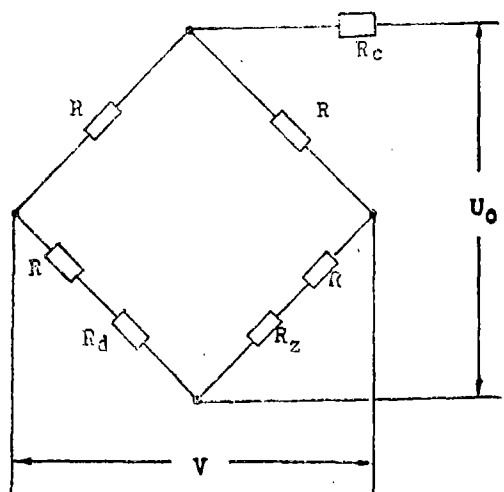


图1. 称重传感器桥路

式中: R 是每块应变片的标准电阻 (欧); U_1 和 U_2 是温度为 t_1 和 t_2 ($^{\circ}\text{C}$) 时桥路的空载输出电压 (伏); V 为供电电压 (伏); α 为补偿材料 (可用铜或镍) 的温度系数。铜的 $\alpha = 0.004/^{\circ}\text{C}$ 。在实际工作中, 按照 (1) 式算出的电阻并不十分合适, 而需要反复升温调整。

零点输出调整电阻 R_z 可由 (2) 式计算:

$$R_z = \frac{\Delta U_0}{250V} \quad (2)$$

式中, R_z 为调零电阻 (欧); ΔU_0 为未接 R_z 时桥路的空载输出。

调零的电阻材料可用锰铜。经过调整后, 零点输出电压不大于 $1\% \text{FS}$ 。

由于本传感器的非线性较小, 所以不作非线性补偿。

温度增高时, 传感器的灵敏度增加较大, 因此, 必须进行灵敏度的温度补偿。补偿的办法是在供桥回路中串入铜或镍等正温度系数大的材料的电阻 R_c 。温度升高时, 它们能使供桥电压降低, 从而使得传感器的灵敏度保持不变 (计算方法从略, 在做实际补偿时, 也得反复升温调整才能确定其阻值)。

传感器的灵敏度最后调整为约 2.5mV/V 。

不过, 由于本系统软件设计的特点, 传感器在长期高温使用后产生的永久性的零漂和灵敏度的变化不会影响测量的结果, 因而上述的补偿中, 以零点的温度补偿以及灵敏度的温度补偿最为重要。

为了防止水蒸汽等有害物质的侵蚀, 我们选用弹性元件和应变片等电气元件浸在防腐液里, 并从结构上保证这种防腐的保护液不致大量外流。而保护液的少量损失不会影响测量的精度。在使用一段时间后补充少量的保护液以弥补其损耗。这样就较好地解决了防腐的问题。

这种传感器的最大负荷是 5 千克。其测量含水率的范围不受限制。

传感器的称重误差一般不大于 $1\% \text{FS}$ 。

四、应用软件的汉化

为了便于推广使用, 需要有汉字提示。软件汉化的方法很多, 如购买汉卡, 或软汉字库, 或自建汉字库等。考虑到所用汉字不多, 我们利用了苹果 II 型机的绘图功能, 自建小型汉字库。这样可以降低成本。不过, 直接使用苹果机的绘图向量来作图, 则手续繁杂, 极易出错, 因而我们用了一种绘图软件来作图, 这样就使小型汉库的建立变得十分容易。建汉库的方法请参阅《微型计算机在木材工业中的应用》的附录^[2], 或《汉

字生产进度曲线图》的使用说明书^[3]。

五、自动调零

如前所述,贴应变片的合成树脂经长时间使用以后,传感器会产生永久性零漂。若不及时调整传感放大器的零点。就会影响测量精度,甚至影响使用。

为了克服这种零点漂移的影响,我们编

写了自动调零程序。在每次使用的开始,由计算机记下新的零点。这样就自动消除粘合剂在温度升高时继续固化所产生的应力对零点的影响。这种自动调零程序可用于电子称的自动去皮重等。

六、系统的组成和工作原理

本系统的原理框图如图2。

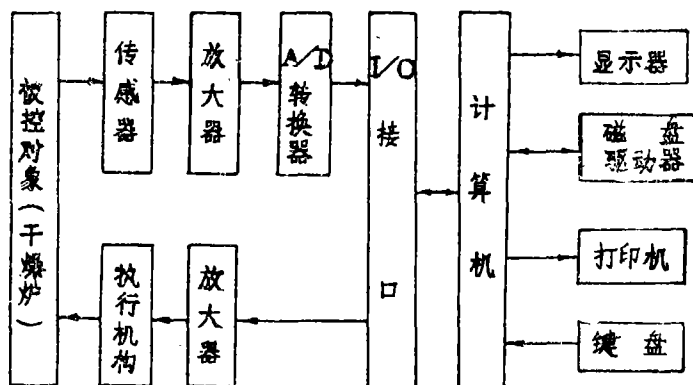


图2. 系统的原理框图

系统中的测温传感器可用热电偶,热电阻,半导体PN结做测温元件。后者虽有很多优点,但这样的元件难于得到,故采用铂热电阻来测量温度,并用DDZ-I型热电阻温度变送器将温度变成电流信号,传送到计算机房。

A/D转换器是市售的成品,其分辨率是12位,但精度只有10位。

1#磁盘驱动器用于放置程序盘,2#磁盘驱动器用于放置数据盘。每张数据盘上可以存放上百个基准。

因为计算机输出的是5V小信号,不能用来直接带动执行机构。因此我们用光电偶合器去驱动双向可控硅,再由双向可控硅驱动执行机构。

打印机用于打印所需的数据和荧光屏上的图形。

为了使测得的数据比较准确,对每一数据测量20次,然后再作平均。但是被测的量会由于受到外界的干扰而产生起伏。如果起伏太大,则将测得的数据舍弃,从新测量

20次,再求其平均值。

我们编写了将常规阶梯式基准转换成连续基准的程序。使用者根据阶梯式基准输入少量几组数据,即可求得相应的连续基准。

在这个系统中,首先由传感器将检验板重量和炉内干、湿球温度变成电信号送到放大器放大。然后再由A/D转换器将放大后的信号转换成数字量,再经输入接口送至计算机。计算机根据这些信号算出检验板的含水率以及干、湿球温度后,再根据选定的基准,通过输出接口和放大器,向执行机构发出打开,或关闭加热电源和各种阀门(喷蒸阀、排汽阀等)的命令。

这种系统给定值(干、湿球温度)是变化的,因而是一种随动系统。

对于电热式干燥炉来说,本系统是一个三位式温度调节系统。

对于蒸汽干燥炉来说,本系统利用三位元件和积分执行器(电动阀)串联、构成连续调节系统。这种串联使三位元件的开关信号变成电动阀中电动机的停止和转动。

阀门的开度是开关信号的积分。这种调节系统 续调节系统。
系统的作用与连续调节系统类似，是一种准连 本系统的软件流程图见图 3。

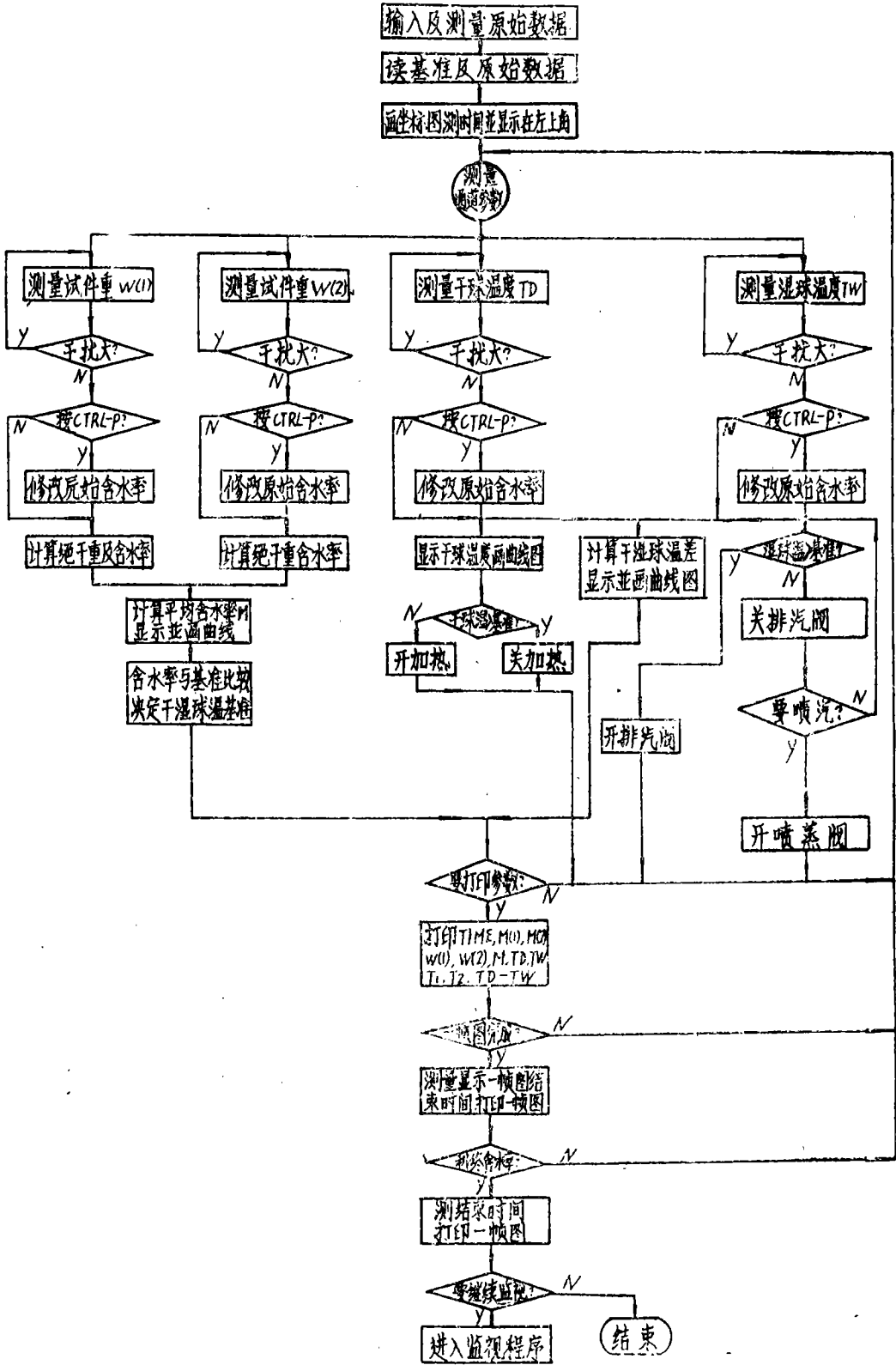


图3. 系统的软件流程图

七、使用方法

由于主要程序有汉字提示, 系统的使用方便。使用方法见《LK—1 型木材干燥炉微机控制系统使用说明书》

八、使用结果

本系统于1986年夏在林科院投入运行, 控制一台 3 m^3 的木材干燥炉。几个月的运行结果表明:

1. 称重传感器的测量可靠。图4是用

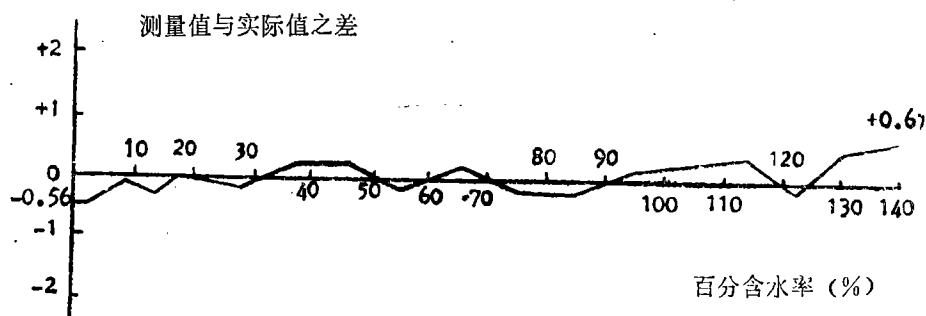


图4. 称重传感器的测量误差分布曲线

2. 称重传感器经受住了高温, 高湿环境的考验。几个月来, 传感器工作正常。只有两次因操作不慎把传感器引出线及挂钩拉断, 但将断线接好, 挂钩修复后, 仍能正常使用。

3. 本系统使采用连续干燥基准成为现实, 解决了干燥过程控制中的一大难题, 并能加快干燥速度减少能源消耗 (详见工艺试验研究报告)。

九、特点和结论

1. 本系统是世界上第一套采用称重法测量材堆内部检验板含水率的实用微机控制系统。这种技术目前处于国际领先地位。

2. 为本系统专门研制的称重传感器成功地消除了侧向力对读数的影响, 较好地解决了防腐蚀的问题。这是使本系统获得成功的关键。

3. 本系统用荧光屏作汉字提示, 便于

模拟法求得的测量含水率的误差分布曲线。此曲线是这样得来的: 在传感器上挂上一些已知重量的标准重物, 并假定某一重量 (比如2千克) 代表木材的绝干重。然后, 逐渐减少传感器上悬挂的重量, 而计算机则不断地测出对应于各种重量的“含水率”。将这些“含水率”与由各已知重量标出的“含水率”相减, 如差为正, 则画在图5中横座标的上面, 否则就画在下面。由图可见, 含水率在1%到140%范围内, 测量值与计算值之间的差都小于 $\pm 1\%$ 含水率。

操作。迄今, 这是唯一具有这一功能的木材干燥控制系统。

4. 荧光屏上能显示出干、湿球温度, 干、湿球温差和检验板含水率的曲线 (图5), 它们的当时值, 相应的基准与时间, 各检验板重量的当时值, 并能将它们打印出来, 便于了解干燥的动态过程。

5. 本系统能使用任何基准, (推荐使用连续基准), 进口的干燥控制系统多数只能使用少数固定基准。致使有的进口设备长期闲置, 造成浪费。

6. 新增基准可由用户输入, 数量不受限制。

7. 对温度的控制优于常规仪表。

8. 自动调零程序能消除传感器在长期使用后所产生的永久性的零点漂移。

9. 使用本系统可以缩短干燥周期, 减少能量消耗, 降低劳动强度。

10. 用本系统取代进口系统可以节约大

量外汇（进口系统—包括炉子，每套需数万
美元至一、二十万美元）。

因此，本系统宜于在国内木材干燥行业
中使用，并可争取进入国际市场。

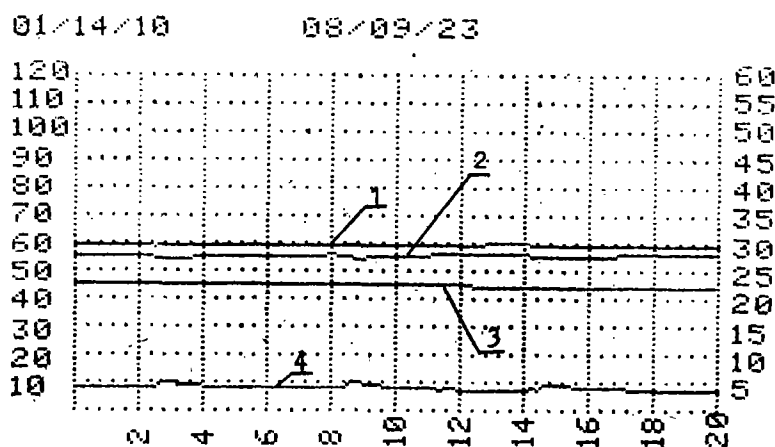


图5. 含水率，干、湿球温度和干、湿球温差/时间曲线

1-干球温度 (°C)

2-湿球温度 (°C)

3-含水率 (%)

4-干、湿球温度差 (°C)

参 考 文 献

- (1) 无锡电子所, 1986, MGK—1微电脑木材干燥
自控系统的研制报告。
- (2) 刘耀麟等, 1986, 微形计算机在木材工业中的
应用, 中国林业出版社。
- (3) 刘耀麟、李荣俊, 1985, 《汉字生产进度曲线
图》使用说明书。
- (4) Anon, 1965, Electrically controlled
kilns, Timber Trade J. 254 (4464):
77-79.
- (5) Couture, R. F. and J. L. Hill,
1974, Improved resistance moisture
measurement techniques, Pulsed
current meter and wood element
sensors, F. P. J. 24 (4): 17-23.
- (6) Eckelman, C.A. and S.K. suddarth,
1967, Design of A Strain Cage
Based Force Ring Type Load Cell
for Use Inside Dry Kilns, Research
Bulletin, No. 836 (AUG.), Wood
Research Lab., Dept. of Forestry
and Conservation, Purdue Univer-
sity.
- (7) Hill, J.L., 1975, Computer-assisted
Process-Control System for Kiln-
drying Hardwood Lumber, Paper
Presented at the Drying and Storage
Technical Session of the 1975
Annual Meeting of the FPRS
Portland, Oregon.
- (8) Hill, J.L. and R. H. Munkittrik,
1970, Performance of remote mois-
ture sensing devices, F. P. J. 20
(8): 39-46.
- (9) Holmes, S. M. and D.C. Arganbri-
ght, 1976, Drying test with a weight-
actuated lumber drying control
system, F. P. J. 26 (11): 27-39.
- (10) Honeycutt, B. and C. Skaar, 1982,
Microcomputer Controlled Drying
Using Acoustic Emissions, Paper
Presented at the Technical Forum
Session of the 1982 Annual Meeting
of the FPRS, New Orleans, Louisi-
ana.
- (11) James, W.L. and R. S. Boone and
W. L. Galligan, 1982, Using Speed
of sound in Wood to monitor drying
in a kiln, F. P. J. 32 (9): 27-28.
- (12) James, W. L. and R.S. Boone,
1982, Capacitive in-kiln wood mois-

- ture content monitors; Principles of operation and use, Wood Science, 14 (4):146-164.
- [13] Liu Yaolin and Phil Mitchell, 1983. Use of A Microcomputer to Monitor Dry Kiln Sample Boards and to Control a Kiln, Paper Presented at the 37th Annual Meeting of the FPRS, Jun. 1983. Norfolk, VA USA.
- [14] Resh, H. and B.A. Ecklund, 1967. Cam-operated kiln control system, F. P. J. 17 (8):39-42.
- [15] Skaar, C., W. T. Simpson and R. M. Honeycutt, 1980. Use of acoustic emissions to identify high levers of stress during oak lumber drying, F. P. J. 30 (2):21-22.
- [16] Steinmann, D. E., H. F. Vermaas and J. B. Forrer, 1980. Microprocessor Control of A Solar Kiln, Wood Drying Papers Presented at the IUFO Division V Conference. Oxford, England. April, 1980. Published by Forest research Institute, New Zealand Forest Service F. S.C 33.
- [17] Taylor, F. W., 1978. Portable system for weighing kiln trucks, F. P. J. 28 (9):49-50.
- [18] Wengert, E.M. and P.C. Evans, 1971. Automatic programing and control for steam-heated lumber dry kilns, F. P. J. 21 (2):56-59.
- [19] Moore International Company, 1982. Moore International Bollmann Automatic Kiln Controller, Adertisement of Moore International Company.

Microcomputerized Wood Dry Kiln Control System Model LK-1

by

Liu Yaolin and Li Rongjun

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

Abstract

The key to the automation of a kiln is how to determine the moisture contents (MCs) of sample boards inside a stack. This paper describes a new, microcomputerized wood dry kiln control system using special load cells for measuring the weights of sample boards inside the stack. The computer controls the dry bulb and wet bulb temperatures of a kiln based on the MCs calculated from the data of weights obtained. Smooth schedules using MCs as the independent variables are recommended, however, if it is necessary, other kind of schedules can also be used. This system is easy to use, for there is English or Chinese prompt on the screen of CRT. There are four curves on the upper part of the CRT, they are the average MC of the sample boards, dry bulb and wet bulb temperatures, the depressions of dry bulb temperatures. On the lower part of the CRT, one can see the current values of time, MCs, temperatures, schedule, and the status of the valves and relays of the kiln. The data and curves mentioned above, as well as the current weights of sample boards can be logged with a dot-matrix printer.