

温湿度控制系统对木材干燥的影响及优化设计

周永东* 刘立新

摘要 通过对常规蒸汽窑干燥木材过程中影响湿空气温度、湿度控制稳定性因素的分析,以及对当前国内木材干燥行业所使用的温、湿度控制仪器中控制类型及控制方式的分析,认为采用干、湿球温度计方式,以先进的智能温度测控仪表、一些逻辑元件及电子电路组成适合于木材干燥工艺的木材干燥温、湿度半自动控制是比较经济实用的。分析了全自动控制的优缺点并对其不足之处提出了一些改进建议。

关键词 木材干燥;干球温度;湿球温度;控制

The Optimization Control of Wood Drying

Zhou Yongdong

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Liu Lixin

(Beijing Timber General Company, Beijing 100078)

Abstract Through analyzing the factors that can effect the stability of the temperature and humidity of the humid air during the wood drying process, the types of the temperature and humidity controller(THC)and the different controlling manner of THC, conclusion was made that in conventional drying kiln, it was an economic and practical choice to use the dry bulb-wet bulb intelligent instrument of temperature and some circuit, which could meet the needs of wood drying in semiautomatic system. The characteristics of auto-control system were analyzed and the advice to improve the system was provided.

Keywords Wood drying; Dry bulb; Wet bulb; Control

国内木材干燥业中常规蒸汽窑干燥占80%以上,80年代末期干燥机窑体及木材干燥工艺都得到较快的发展。现在蒸汽窑干燥大多采用半自动或全自动控制,因各类控制器其组成及设计思想不同,实际应用过程中效果差别很大。木材干燥控制主要是按木材初始含水率,通过控制温度和湿度的执行机构来控制。木材干燥基准按软硬度来区分,选用干燥基准较硬时,木材易出现开裂等缺陷;选用较软基准时,则会延长干燥时间,增加干燥成本。所以控制方案的设计直接影响实际木材干燥过程中执行基准的软硬度(温度偏差范围引起),进而影响木材干燥的质量和成本。

1 窑内湿空气温、湿度稳定性的控制

1.1 干燥过程中湿空气温度稳定性的控制

湿空气的温度通过加热器内蒸汽阀门的启闭来控制,温度控制稳定性主要取决于木材干燥机所配置的加热器面积与被干燥木材的体积是否相匹配,如果加热器面积配比过小,则湿空气温度达到设定温度需要的时间长,造成温度的下偏差大。反之,会造成加热的滞后效应加大,即阀门关闭后,加热器内仍充满了刚刚从锅炉中过来的大量蒸汽,它还会释放出热量,使湿空气温度超过设定值很多,造成温度的上偏差大,从而导致湿空气温度波动性大。其次是控温仪表的控制方式所造成的影响,温度控制过程一般是温度低于设定温度下限值时,开启加热阀门,达到或高于温度控制设定上限时加热阀门关闭,同样造成加热的滞后效应,使湿空气的温度控制稳定性较差。

1.2 干燥过程中湿空气湿度稳定性的控制

湿空气的湿度通过进排气阀和喷蒸阀的启闭来控制

收稿日期 1998-11-23

* 中国林科院木材工业研究所助理研究员,北京 100091

制,在干燥机气密性良好的情况下,湿度控制的稳定性主要取决于控制方式。在正常阶段,当干燥机内湿空气的湿度高于设定值时,开启进排气阀,当湿度降到符合干燥要求时关闭进排气阀;在喷蒸处理阶段,当机内湿度小于设定值下限时,打开喷蒸阀门,湿度达到要求时关闭喷蒸阀门,即不同阶段要求湿度调节执行机构的参数设定范围不同。目前企业一直沿用的是木材干燥过程中进排气阀与喷蒸阀互锁动作的控制方式,这主要是由于设计者对木材干燥控制过程的工艺要求理解不足,设计时用同样方式调节正常干燥过程和喷蒸处理过程的湿度控制用,使设计出的产品在控制过程中湿度误差很大。

此外,温度测量方式也有一定的影响,早期的热电阻温度传感器的时间惰性系数大,易造成滞后效应,对木材干燥的温湿度控制起到不利的影响,使温湿度的波动范围很大,空气状态不稳定。

2 窑内温湿度控制形式及其对木材干燥的影响

2.1 早期控制类型

早期通常采用的恒温控制器,分为干球和湿球两种,测温元件为热电阻,干球控制器用于控制干球温度,湿球控制器只在喷蒸时使用,即控制喷蒸阀门的开启,进排气阀通常采用手动方式,即在不同的干燥阶段采用不同进排气阀开启角度。此种控制器结构简单,盘面温度指示为指针式,所用控制仪表为位式仪表,精度较低。同时早期温度传感器的惰性时间系数在 1~4 min 之间,滞后现象严重,造成很大的温度偏差,控制温度的稳定范围大约在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 内。干球温度的控制可以达到林业行业标准《木材干燥工艺规程》中的控制要求,但不能满足湿球温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的控制要求。此类控制器比较适合小型干燥机及技术要求不高的场合,目前新建干燥窑一般不选用此类控制器。

国内通常采用的基准形式是通过干球温度及干、湿球温差值确定空气的湿度状态。80 年代末出现的用温度和温差作为控制参数的控制仪表,仍采用干球、湿球两个热电阻温度传感器,这时温度传感器的惰性时间系数在 15 s 以内,由此造成的温度偏差已经比早期的大为减少,盘面有温度和温差两个数字式显示和设定,使用直观、方便。控制器多为自己组装,元器件在市场上选购。由于上电子元器件质量参差不齐,易造成控制器总体质量欠佳,安装时由安装人员调好电路进行温度补偿,但电子元器件及线路在使用过程中产生的变化是不确定的,无法修正,造成系统误差较大,正常情况下控制温度能稳定的范围在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。温差由干、湿球温度决定,影响干、湿球温度的因素都会对温差产生影响,造成对湿空气状态的控制很不稳定,实际运行过程中偏差较大。控制过程中经常

要手动操作来进行干预,以符合干燥工艺的要求。正常干燥过程中尽量用木材本身蒸发出来的蒸汽来增湿,而不是开启喷蒸阀门。现在大多数控制仪器均采用干湿球温度相对独立的控制,也是目前干燥机控制的主流形式,采用干球温度和平衡含水率(湿空气状态对应的木材平衡含水率)控制湿空气参数的方法与此类似。

2.2 智能仪表型

随着电子技术飞速发展,市场上出现了智能程度较高的温度测控仪表,仪表质量较自己加工的产品稳定,如日本岛电公司的 SR 系列仪表,价格不太高且性能好,每个表头上有分别显示设定温度和实际温度值窗口,还有位式动作灵敏度设定,上限、下限报警以及 PID 调节等功能。测控仪表的温度校零很方便,对于线路及其他影响因素可进行及时快速的校正。控制系统具有仪表质量稳定及温度补偿容易的优点,但未充分考虑到干燥过程中工艺对控制系统的要求,主要表现在湿空气的湿度控制上。由于湿空气的湿度通过控制喷蒸阀和进排气阀达到,而目前企业一直沿用的设计是进排气阀和喷蒸阀门互锁控制,认为这样可以节约能源,正是这个互锁条件造成了控制过程中能源的浪费和控制的不便。在木材处理阶段,当要求喷蒸时,喷蒸阀门开启,进排气阀关闭,但当湿球温度高于湿球温度上限而使喷蒸阀门关闭时,又会触发进排气阀开启,此时干燥机内的湿空气又进入了降湿阶段,直到湿球温度低于下限时进排气阀才关闭,这时又触动喷蒸阀门开启,如此循环虽然能使机内的湿度稳定在要求的范围内,但是在这个过程中会浪费大量的蒸汽,并对外界空气造成一定程度的污染(热污染、环境污染),同时由于执行机构频繁启动造成执行机构元器件使用寿命降低,增加了维护和更换的费用,使干燥成本增加。另外,进排气阀处于开启状态较多,外界冷空气进入干燥机内,会使材堆进出风侧的空气湿度差加大,对整个材堆的木材干燥质量及含水率的均匀性产生不利影响,湿空气状态更不稳定。解决办法是在湿球温度控制器控制进排气阀和喷蒸阀门的线路上增加手动开关,在喷蒸处理时关闭进排气阀的开关,在正常干燥过程中关闭喷蒸阀门的开关,来达到干燥工艺的要求。目前多数厂家的半自动控制器属于此类,增加了人工操作。虽可通过增加一块湿球控制仪表分别控制进排气阀和喷蒸阀门的动作,但这样又增加了投资。

要想既节省投资且又能达到工艺要求,可采用如下方案,即湿球温度设定值时,关闭所有湿度控制执行机构,而不是简单的互锁。利用仪表具有位式调节灵敏度设定输出及上下限设定的功能,并在电路中增加一些逻辑元件,使仪表按干燥工艺要求,真正达到“半自动”的效果。设置好温度值,就可完全达到自动

控制温度、湿度的目的。这种温度控制仪表的优点还体现在加热控制的滞后效应方面,在加热阀门开启后温度上升时,在此设定温度值低一定的量值时自动关闭阀门,从而减弱了温度达到设定值后才关闭加热阀所造成的加热滞后现象及所形成较大的温度波动,使湿空气的温度、湿度更加稳定,整个材堆的含水率更加均匀,提高了木材干燥质量且节约了能源;减少了进排气阀与喷蒸阀门的动作频率,进而减少了维护费用,降低了木材干燥成本。

以上几种控制仪表基本上都是利用位式调节,从理论上说,用具有 PID 功能的仪表来进行闭环控制会使设备的效率及稳定性提高,但实际中木材干燥设备本身的特性、加热器配比及蒸汽加热的时间滞后效应、蒸汽压力的变化幅度以及反馈信息的精度等因素都对控制起到很大的影响,造成使用中温度的离散性很大。虽然仪表具有 PID 自整定调节功能,但在加热器的匹配及热流量测量反馈方面的设计未达到完善时使用还有一定的难度。

2.3 全自动控制型

半自动控制只是控制湿空气的温度、湿度以达到干燥工艺的要求,具体的干燥工艺参数还需人工来设定,因此操作人员的经验对干燥控制过程各阶段的设定起重要的作用。而应用全自动控制系统进行木材干燥则避免了操作人员失误所造成的损失。90年代工业控制用计算机技术的发展也日臻成熟,控制软件多种多样,再复杂的条件只要能用公式或查表计算,就能得到完善的解决。将其用于木材干燥无疑会推动干燥控制技术的进步。用光隔离输入输出卡(I/O卡)及通讯接口把外部控制设备及元器件与计算机相连,由计算机中用户编辑好的控制程序对干燥过程中的参数,如温度、湿度、含水率等定时采集,与所选存储在计算机中的干燥工艺进行对比,当达到相应的阶段时,计算机发出一定的指令驱动对应的设备进行加热、喷湿、排气等动作。计算机可快速进行大量的数值计算,其优势体现在:(1)降低干燥能耗。可以通过采集到的干、湿球温度计算出湿空气的焓值、水分含量等各项参数,再与设定的标准值进行对比,快速计算出所需要的热量及蒸汽量或需排出的湿空气量,再通过加热、喷蒸管路、进排气阀及计量仪表来进行控制和反馈,就能达到精确控制湿空气状态的目的;(2)提高干燥质量,现行《木材干燥工艺规程》实际上是为手动及半自动控制所编制的基准形式,分为4~6个含水率阶段,含水率在40%以下基本上以3%为一干燥阶段,这主要是便于操作人员操作。而计算机控制则可以把含水率阶段分得更细,以1%~2%含水率作为一个阶段进行控制,含水率阶段范围越小,相邻干

燥阶段之间干燥工艺参数差别也小,锯材中含水率梯度在阶段变化过程中也会减少,由此产生的干燥应力会显著减小,从而减少木材干燥缺陷,提高了木材干燥质量。(3)便于控制和管理。所有在干燥过程中遇到的问题及解决方式都可以编入计算机的用户程序中,当传感元件感受到相应的条件时,可由计算机向相应的设备发出指令,使具体执行机构动作。此外计算机还可以自动记录干燥过程中的参数变化情况,便于分析监察干燥过程的执行情况。

3 结论与展望

木材干燥过程中的温度、湿度控制在目前阶段多选择半自动控制系统采用智能温控仪表,再加上一些合理的用户电路,以使湿空气参数控制达到稳定、节能的目的,随着电子技术及仪表行业的发展,必然会有设计更合理、更经济的仪器可供选择,以使木材干燥更节能、成本更低、质量更好。

使用计算机组成的木材干燥全自动控制系统无疑是好的选择,但目前也还存在着一些缺陷。在自动控制系统中输入的参数有温度、湿度、含水率,若以含水率作为控制干燥进程的唯一指标,忽略了木材干燥应力这一重要指标,在干燥过程中由应力造成的缺陷如表裂、内裂等还无法反映到自动控制系统,主要靠操作人员进行人工观测,这对于全自动控制系统来说是一个很大的缺陷,有待进一步提高。在国外,如日本、美国等在80年代就进行过声发射(Acoustic Emission简称AE)在木材干燥过程中监测木材应力变化的研究,取得了一定的进展,但不同树种木材干燥时声发射的峰值和发生的时间不同,还与AE传感器共振特性值的选择有关,影响条件较复杂,迄今虽有一定的进展,但还没有应用到规模生产中。随着技术的进步,相信会有更多、更有效的方法用于测量木材干燥过程中的应力情况,这样可以直接将应力信号输入到计算机中,与含水率共同组成控制木材干燥的条件。含水率用于控制工艺基准阶段,应力用于确定木材干燥中间处理条件,从而真正达到自动控制系统最优化设计的目的。

4 参考文献

- 1 南京林业大学主编.木材干燥.北京:中国林业出版社,1992.3
- 2 梁世镇,顾炼百主编.木材工业实用大全.木材干燥卷.北京:中国林业出版社,1998.5
- 3 Dry Kiln Operator's Manual(Preliminary copy). Forest Products Laboratory USA, 1998.7
- 4 王金林.声发射在日本木材工业中的应用.木材工业,1991,5(3):44~48
- 5 Howard N. R,等.2000年木材干燥方法展望.林产工业,1984,11(2)