

木材干燥窑蒸汽供热系统 能量利用分析与节能

王进武 陈岳仑

摘要 本文分析了木材干燥常见的三种蒸汽供热系统的能量利用率,指出合理选用疏水器及采用密闭式冷凝水回收技术是提高能量利用率的关键。

关键词 热能利用; 蒸汽供热; 木材干燥窑

Energy Efficiency Analysis of Steam Heating System for Wood Drying Kilns

Wang Jinwu

Chen Yuelun

(South China Agriculture University, Guangzhou 510642)

(Forestry Department of Guangdong Province, Guangzhou 510173)

Abstract The article analyzes energy efficiency of 3 kinds of conventional steam heating system for wood drying kilns. The results showed that high-efficiency steam trap and closed condensation water recycling technology were high efficient to make full use of the energy.

Keywords Energy efficiency; Steam heating; Wood drying kiln

木材蒸汽干燥是主要的木材干燥方法。蒸汽在加热器中冷凝放热后变成同一压力下的饱和水,然后经疏水器排出。这些冷凝水仍含有约为蒸汽的25%左右的热量,没有杂质,故仍可用作锅炉给水。锅炉给水每提高6℃可节约燃料1%。有的木材干燥窑加热系统不安装疏水器,有的即使安装了,但因选型不当,维修不及时或制造质量等原因,使冷凝水中的蒸汽含量高达5%~30%,热损失十分严重。因此,减少漏汽,回收利用蒸汽冷凝水是非常有必要的。现就蒸汽供热的加热系统分析热能利用状况,探求节能潜力。

1 常见几种冷凝水处理方式及能量利用分析

1.1 直接排放,不再回收利用

假设疏水器性能优良,无漏汽现象,饱和蒸汽经加热器后变成饱和水,汽化潜热完全利用,排放的仅是冷凝水。若这些水不再回收利用,其热损失可用下式计算:

$$Q_y = m_y(h_{yp} - h_{yo}) + Q_o \text{ (kJ/h)}$$

式中: m_y —蒸汽耗量(kg/h);

h_{yp} —饱和水的热焓(kJ/kg);

h_{yo} —环境温度(t_o)下冷凝水的焓为 $4.187 \times t_o$ (kJ/kg);

Q_o —等值软化水的焓(14.235 kJ/kg)。

以供木材干燥的饱和蒸汽压力0.5 MPa,环境温度20℃计,则冷凝水带走的热量为570.6 kJ/kg,占供应的饱和蒸汽热量的23.3%。此外锅炉还需另外补充水。

1.2 开放式回收系统

开放式即散热器排放的冷凝水通过地沟管集中回收到一个敞口的地下坑(罐)中,冷凝水携带的蒸汽和冷凝水因减压到常压后闪蒸的二次蒸汽排空或加以利用,剩下的100℃冷凝水自然或加冷水降温到70℃以下,再用泵输入软水箱,作锅炉给水。目前国内普遍采用的有安装疏水器回水走地沟的自然(加水)冷却和泵放低位的自然(加水)冷却两种开放式系统(见图1、图2)。

一般离心泵只能泵吸75℃以下热水,如水温超过80℃,就要在泵入口处增加正压头以防汽蚀。由于受离心泵性能的影响,图1所示的回收系统回收的

水温一般在 40℃~60℃。图 2 所示的回收系统由于集水箱高于泵,提高了泵前压力,可把回收水温提高到 80℃,但较复杂。

开放式系统的热损失有闪蒸损失和冷却降温损失。闪蒸蒸汽量和闪蒸热损失随供汽压力的不同而不同。闪蒸蒸汽量(d)和闪蒸热损失(q)可由下式确定:

$$d=\frac{h_1-h_2}{r}(\text{kg 汽/kg 冷凝水})$$
$$q=d\cdot h_2'(\text{kJ/kg})$$

式中: h_1 —供汽压力下饱和水的焓(kJ/kg);
 r, h_2, h_2' —常压下汽化潜热,饱和蒸汽和饱和水的焓(kJ/kg)。

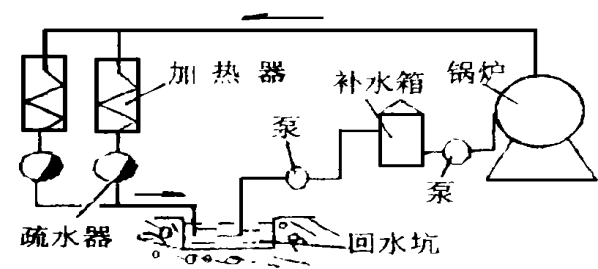


图 1 泵在地面的冷凝水开放式回收系统
Fig. 1 Open condensation water recycling system
with pump on ground

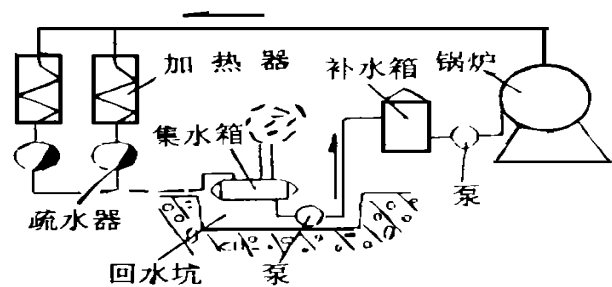


图 2 泵放低位的冷凝水开放式回收泵系统
Fig. 2 Open condensation water recycling system
with pump underground

计算结果见表 1。
由表 1 和图 3 可以看出,在供汽压力 0.5 MPa 条件下,闪蒸所带走的热量占冷凝水热量的 40%左右,

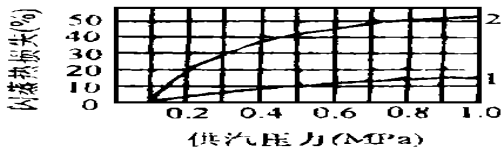


图 3 闪蒸蒸汽量 1 和闪蒸热量 2 占冷凝水量
和冷凝水热量的百分率
Fig. 3 Flash vaporization steam and thermal losses in
open recycling system

占供汽压力下饱和蒸汽焓的 9.5%,闪蒸所带走的能量损失不可低估。

由于离心泵的限制,而将 100℃的水常压下冷却到 70℃用泵回收,所引起的热量损失以 0.5 MPa 供汽压力为例,消耗 1 kg 蒸汽产生 1 kg 冷凝水,在冷凝水循环过程中产生 0.098 kg 闪蒸蒸汽,剩余 0.902 kg 冷凝水由 100℃降到 70℃的降温损失热量 113.1 kJ,闪蒸热损失与冷却降温热损失之和为 375.3 kJ/kg 水,占供汽压力下饱和蒸汽焓的 13.7%。由于补充闪蒸损失的水量需进行软化,也需消耗能量。

1.3 扩容换热开放式回收系统^[1]

一般扩容换热开放式回收系统如图 4 所示,采暖期利用设备的漏汽,冷凝水的闪蒸蒸汽和冷凝水的热量加热采暖水,或对其它低压用汽设备供热。在木材干燥系统中,可将闪蒸蒸汽接到喷蒸管,这种方式回收率高于前两种,但投资较大。

2 木材干燥蒸汽供热系统的节能措施

2.1 合理选用疏水器

疏水器是一种能自动排除冷凝水及不凝气体并阻止蒸汽泄漏的阀门。供热系统中,在分汽缸、散热器的下部、蒸汽干管末端、减压阀和自动调节阀的两侧、蒸汽输送管道每隔 30~60m 处都应安装疏水器,排除冷凝水,防止汽水冲击和汽水界面上金属腐蚀。由于疏水器的质量或用户选型和安装的不当,则可能产生漏汽与冷凝水排除不畅等情况,例如在干燥与蒸

表 1 不同供汽压力下冷凝水降至常压后闪蒸蒸汽量和闪蒸热损失

指 标	供汽压力(MPa)										
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
闪蒸蒸汽量(kg 汽/kg 水)	0.039	0.052	0.064	0.083	0.098	0.134	0.152	0.188	0.216	0.252	0.260
闪蒸热损失(kJ/kg 水)	104.4	139.1	171.2	222.1	262.2	358.5	406.7	503.0	578.0	674.3	659.7
闪蒸热损失 供汽压力下饱和蒸汽的焓 × 100%	3.9	5.1	6.3	8.1	9.5	12.9	14.6	18.0	20.7	24.1	24.8

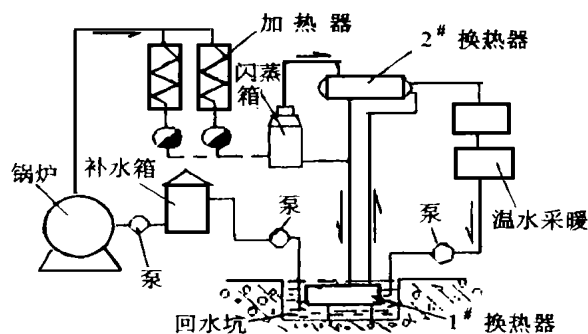


图4 扩容换热开放式回收系统

Fig. 4 Open condensation water recycling system of heat exchange with expanded volume

发设备中,疏水器损失的蒸汽占蒸汽量的20%~30%^[2],据上海节能办公室统计,每只疏水器平均每年损失的蒸汽折合9吨标准煤^[3]。因此疏水器的选型是一项非常重要的工作,只有选型正确才能保证用汽设备的正常运行。选型包含两个方面:一是确定种类,二是确定排水量大小。常见的疏水器有热动式、脉冲式和钟形浮子式。新研制的疏水器有隔膜式疏水器、液体膨胀恒温式疏水器和背压式疏水器。所选疏水器的排水量要等于用汽设备正常生产时耗汽量的3~5倍,即应有一定的安全率。目前市场上比较好的国产疏水器有林业部节能办推荐的辽宁能源所生产的浮球型双金属疏水器,300元/只,节能达8.6%,漏汽率小于2%;北京节能办推荐使用的自由浮球式蒸汽疏水阀(北京顺义蒸汽阀门厂生产)^[4]。

2.2 采用密闭式冷凝水回收系统^[1]

由辽宁省能源研究所研制成功的高温冷凝水回收泵,因安装了防汽蚀装置,能直接输送100℃以上的冷凝水而不发生汽蚀,使密闭式冷凝水回收系统得以实现。木材干燥供热系统的密闭式冷凝水回收可采用如图5所示系统,主要由锅炉,用汽设备(加热器),疏水器,高温冷凝水回收装置,管线和自控电子系统组成。饱和蒸汽从锅炉送至蒸汽间接加热设备,放热后产生的饱和状态的冷凝水经疏水器靠压力差提升到架空回水管线中,各管线汇总到集水罐。根据设备用汽压力,冷凝水排量,回水管网阻力靠自力式压力控制阀来标定集水罐压力。饱和状态的冷凝水在集水罐内充满到高水位时,高温冷凝水回收装置可自动启动将水泵入锅炉。当集水罐内的水位抽降到低水位时,回收装置自动停止运行。如锅炉水位超过警戒水位而不需要补水时,回收装置将水自动泵送到软水箱。木材干燥中,喷蒸管中的水蒸气压力不能太

大,以免窑内温度显著升高,而相对湿度升高则很小。集水罐内闪蒸产生的二次低压蒸汽正好接到喷蒸管,如不喷蒸时,通过阀门切换到供水箱。该系统在开放式回收的基础上,只需增加3~4万元投资就可改造成密闭式回收系统。

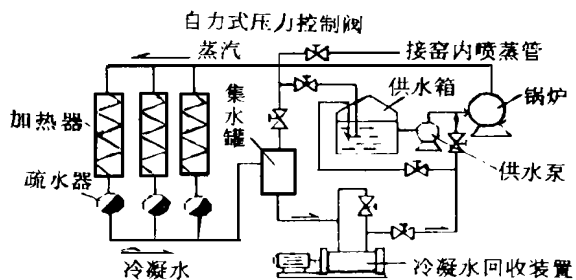


图5 密闭式蒸汽冷凝水回收系统

Fig. 5 Closed condensation water recycling system

密闭式蒸汽冷凝水回收系统节能效果十分明显,与开放式系统相比较,利用了闪蒸蒸汽,减少了由于泵性能的限制而引起的冷凝水冷却造成的热损失。据三明胶合板厂的使用结果,锅炉蒸汽耗煤量由原来的182 kg/t汽下降到140 kg/t汽,节煤23%。此外,还改善了厂区环境,增加了锅炉的出力,4个月可回收系统的全部投资^[5]。

2.3 热水代替蒸汽用于木材干燥供热

高温热水即是在该压力下的未饱和水,由于蒸汽供热的热损失大,在民用采暖中已广泛采用热水供热,实践证明已取得了显著的经济效益。木材干燥供热通常采用压力为0.4~0.5 MPa左右的饱和蒸汽,而实际上为防止窑内温度波动过大和频繁开关阀门,常降压到0.2 MPa左右供热,因此用高于120℃的热水代替蒸汽供热是完全能满足生产工艺要求的。热水供热与蒸汽供热相比具有以下优点:

(1)热水供热是一个封闭的循环系统,加热器未曾散发掉的热量可返回锅炉房,因而没有上述的闪蒸、冷凝水降温等热损失,热效率高。

(2)系统的热容量大,以0.6 MPa压力的热水和蒸汽为例,蒸汽的容积热为7 264 kJ/m³,过热水的容积热为22 5249 kJ/m³,两者之比值为31。可见,热水供热的蓄热能力大,对热负荷变化的适应性好,锅炉运行比较稳定,燃料比较节省,可以减小锅炉吨位。

(3)热水供热可以采用改变水温的集中质调节,供热质量稳定,调节方便,干燥窑内温度波动小。蒸汽系统只能采用量调节,窑温变化比较剧烈,不利于

(下转第39页)

字环境下调试好的打印程序不适合另一种汉字环境,为此,特建立一个打印控制命令参数数据库(dysk.dbf),用于存放不同汉字系统的打印控制参数。用户欲使打印输出具有不同的字体字型,可先调用“选择汉字打印环境”子模块;否则,系统只按一种字体(24×24 宋体)打印。如果打印控制命令库中还未放有用户所用的汉字系统,用户可将光标栏移至窗底,击回车后系统将给出一输入窗口,用户可查打印机使用说明书,按提示输入相应的系统与字体字型打印参数即可。打印输出的内容有标本的帐册、标签、统计分类表及木材卡片;打印记录的范围可作选择控制(见图 4)。

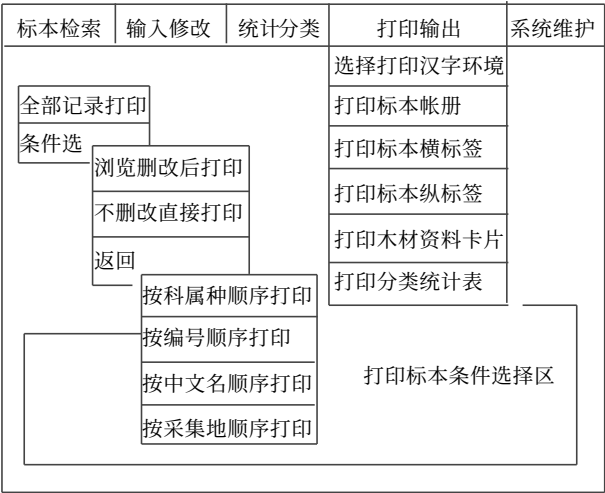


图 4 打印输出界面

Fig. 4 Interface of printing output

3.5 系统维护

除上述四大基本模块之外,其它功能子模块都被纳入“系统维护”之中,起着辅助、完善系统功能的作用。譬如:标本库修整子模块可以清理因输入修改时难免有误输入的空白或残废记录、清除字段中的字符

串前部空格及拉丁文大小写自动调整。标本库排序子模块可按需要将标本库按:(1)科属种、(2)编号、(3)中文名、(4)采集地等字段重新排序。当有一批新标本时,可先调用新建标本子库子模块建立一个临时子库,然后调用打印模块,待该批标本打印了帐页、标签之后,再调用“标本库连接”追加到标本总库上。文本文件管理子模块可将数据库文件(*.dbf)或标签文件(*.lbl)转换成文本文件(*.txt),使其能在 WPS 或 CCED 下进行编辑,并利用 WPS、CCED 强大的打印功能、丰富的字体字型,打印出更美观适用的帐册或标签。其它子模块作用可不言而喻。

4 结语

目前,计算机应用已普及到各个领域,但要把微机有效地用于标本管理方面,重要的还要有一个方便实用、性能优异、通用性强的软件系统。本系统虽以木材标本管理为对象研制的,但稍加修改,即可适用于林业系统的树木学、植物、动物、昆虫等标本的管理(仅需将木材资料卡片上的内容换成相应科目的资料即可,标本管理部分均毋需改动)。系统以菜单方式,给出各种功能的操作命令供选用,使操作者能够无师自通,为工作带来方便。

5 参考文献

1 成俊卿等著. 中国木材志. 北京: 中国林业出版社, 1992
2 杨家驹等. 微机识别国产阔叶木材的研究. 林业科学. 1989, 25(3): 236~241
3 刘一星. 木材标本微机管理系统的研究. 东北林业大学学报, 1990, 18(2): 67~72
4 朱建强等. FoxBASE+2.10 实用教程. 北京: 海洋出版社, 1992
5 张长虹等. FoxBASE+及 FoxPro 实用编程新技法. 成都: 西南交大出版社, 1994

(上接第 27 页)

干燥程序的进行。若将高压蒸汽膨胀为低压蒸汽来保证供热的稳定性,则使高品位能量未能得到有效地利用。

目前,已有将高温热水用到木材干燥窑的实例,如深圳森林王木业有限公司引进的意大利傲时过热蒸汽干燥系统。高温热水通过喷蒸管扩容后,即刻变成蒸汽,所以热水供热干燥窑喷蒸是不成问题的。随着我国高温热水供热技术的发展,木材加工工业中会越来越地采用高温热水供热,得到更大的节能效益,前景十分广阔。

3 参考文献

1 辽宁省能源研究所. 密闭式蒸汽凝结水回收技术应用经济效果分析. 推广会材料之一
2 张光照, 陈听宽, 黄祥新等编. 工业锅炉. 北京: 机械工业出版社, 1995
3 葛永乐主编. 实用节能技术. 上海: 上海科学技术出版社, 1993
4 龚定太. 木材干燥新技术的应用. 第五次全国木材干燥学术讨论会论文, 南京 1995
5 辽宁省能源研究所. 密闭式蒸汽冷凝水回收系统和高温冷凝水回收装置应用情况介绍. 1995