

我国木材热泵除湿干燥研究进展

胡传坤, 高建民 (北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083)

摘要 综述了近年来我国木材热泵除湿干燥的研究进展, 并对木材热泵除湿干燥技术的深入研究进行了展望。

关键词 热泵; 除湿; 研究进展

中图分类号 S781.71 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)27-12050-02

Research Progress on the Wood Drying by Heatpump Dehumidification in China

HU Chuan-kun et al (College of Material Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract The research progresses on the wood drying by heatpump dehumidification in recent years were sum up. And the deep study on wood drying technology of heatpump dehumidification was predicted.

Key words Heatpump; Dehumidification; Research progress

热泵除湿干燥是一种机械式干燥方法, 它采用制冷技术降低空气湿度, 使空气中的水分凝结析出而干燥^[1], 它消耗少量的高品位能来制取大量热能^[2]。在干燥过程中, 空气参与的是闭路循环, 不会向外界排放废气。因此, 热泵除湿干燥系统是一种节能、环保的干燥系统。该研究综述了近年来我国木材热泵除湿干燥的研究情况, 以为木材热泵除湿干燥的研究提供一些思路。

1 双热源热泵除湿干燥系统

传统的木材热泵除湿干燥系统多使用单热源的除湿机, 但在木材干燥过程中的预热阶段和干燥后期, 干燥室内只需升温而不必除湿。为实现干燥室升温的需求, 单热源木材除湿干燥机一般使用辅助电加热器, 其功率通常是压缩机功率的3倍左右, 少则几千瓦、几十千瓦, 多则上百千瓦。由于我国多数地区供电尚不够充足, 电价偏高, 因此使用单热源除湿机常出现节能不省钱的现象, 影响了除湿干燥机的推广应用。

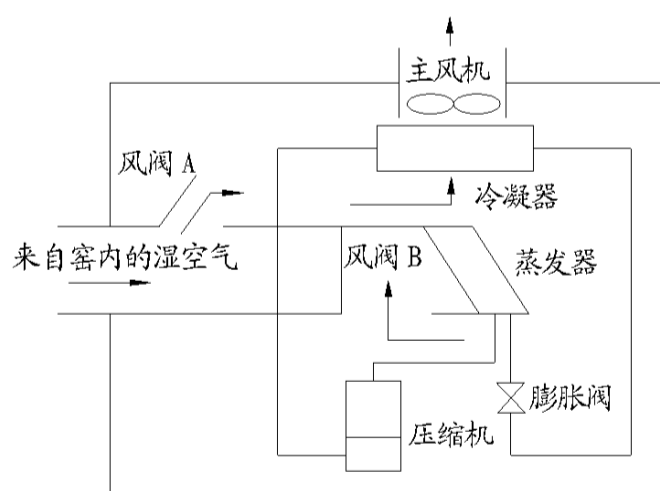


图1 双热源热泵除湿干燥系统

Fig.1 Drying system by heatpump dehumidification and double heat source

20世纪80年代末, 为克服单热源木材除湿干燥机的缺点, 北京林业大学开发了双热源除湿干燥系统(SCG30)(图1)。该系统具有除湿和热泵2个蒸发器, 即有2个制冷工作循环。当需要对木材预热或升温时, 使用热泵循环, 此时制冷工质经热泵蒸发器从大气环境取热, 向干燥室输送热风; 当需要降低空气的相对湿度时, 使用除湿循环, 此时制冷工

质经除湿蒸发器从干燥室的湿空气中取热, 使干燥室中的水蒸气冷凝, 便达到干燥的目的。据试验测试, 当环境温度高于10℃时, 双热源除湿机的能耗明显低于单热源除湿机, 一般前者比后者节能1/3左右^[3]。

2 高温热泵除湿干燥系统

高温木材热泵除湿干燥系统有2类, 一是通过高温制冷工质实现, 一是通过多级或复叠压缩循环来实现。

王喜平等使用上文所述双热源热泵除湿干燥系统SCG30, 使用高温制冷剂R142b, 使得热泵除湿干燥系统的供风温度达到了70℃以上^[4]。陈军等将清华大学自行研制的中高温热泵工质HTR01用于热泵除湿干燥系统, 发现该工质可以直接替换R22而不需更改任何设备, 并且供风温度可稳定在86℃以上^[5-6]。张振涛等使用新型环保制冷剂R245fa, 结合自行设计的两级压缩木材热泵除湿干燥系统, 实现95℃以上的供风温度, 干燥介质特性跟常规木材干燥相似, 实现了真正意义上的木材高温热泵除湿干燥^[7]。不过R245fa属于新工质, 相关设备部件可能还需进一步研制, 价格也较高^[2]。

3 回热型热泵除湿干燥系统

回热型木材热泵除湿干燥系统有2种, 一种是热泵系统回热的干燥系统, 另一种是循环空气回热的干燥系统。热泵系统回热的干燥系统是在热泵系统上增加了一个回热器, 它利用热泵循环传出蒸发器的制冷工质来过冷冷凝器出来的制冷工质, 以提高热泵系统的制冷量来增加除湿量。不过回热型木材热泵除湿干燥系统会大大提高压缩机的功耗, 而且会提高压缩机的吸气温度, 恶化压缩机工作条件, 缩短压缩机的使用寿命。空气回热的木材热泵除湿干燥系统仅仅是使干燥窑内的循环空气进行回热, 它是在普通热泵木材干燥系统基础上改造而成的(图2)。普通木材热泵除湿干燥系统中的窑内循环空气流经蒸发器后温度降低, 然后低温空气直接流过冷凝器被加热, 在此过程中从蒸发器出来的冷空气中的冷量没有充分利用。空气回热的木材热泵除湿干燥系统就是在原系统上增加一个回热器, 它利用从蒸发器出来的冷空气来预冷进蒸发器前的高温湿空气, 使循环空气回热, 从而大大提高系统的除湿能力^[8]。金苏敏等研究了空气回热的木材热泵除湿干燥机的运行特性, 并使用热管作为回热器, 研究表明, 在干燥温度50℃, 相对湿度80%时, 带空气回热的木材热泵除湿干燥系统比原系统节能24%, 随着干燥过

基金项目 “十一五”科技支撑项目“木材高效节能干燥与热能回收技术”(2006BAD18B0802)。

作者简介 胡传坤(1984-), 男, 安徽霍邱人, 硕士研究生, 研究方向: 木材干燥。

收稿日期 2008-07-15

程进行,除湿能力的提高比率也越来越大^[9-11]。

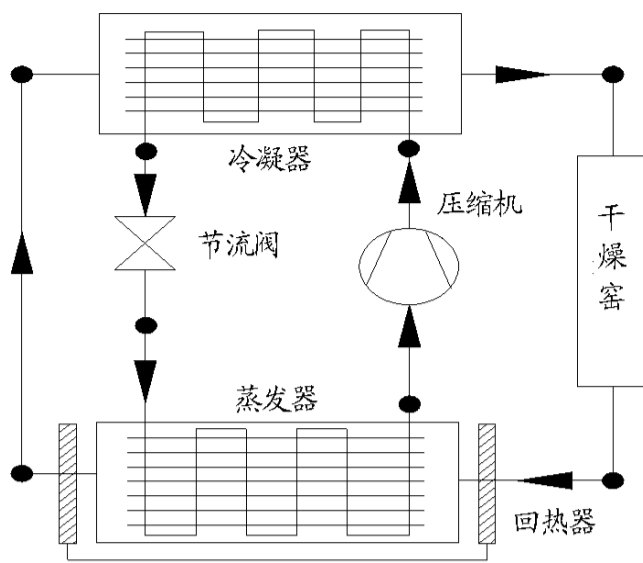


图2 空气回热型热泵除湿干燥系统

Fig 2 Air heat-regeneration drying system by heat pump dehumidification

4 带旁通风的热泵除湿干燥系统

在木材热泵除湿干燥后期,循环空气的相对湿度较低、温度较高,除湿机大部分的制冷量被循环空气的降温消耗,也就出现了只降温不除湿的现象,无法再对木材实施干燥。张璧光分析了木材热泵除湿干燥中的临界除湿状态,指出减少流经蒸发器的空气流量可以提高系统的除湿效率,并通过理论分析了临界除湿干燥曲线及除湿区,为热泵干燥的自动控制提供了理论基础^[12]。周永东等从理论上分析了带旁通风的热泵除湿干燥系统(图3)湿空气的旁通率对除湿干燥机能耗的影响,并指出对应某一干燥阶段,湿空气参数会有一个最佳旁通率^[13]。

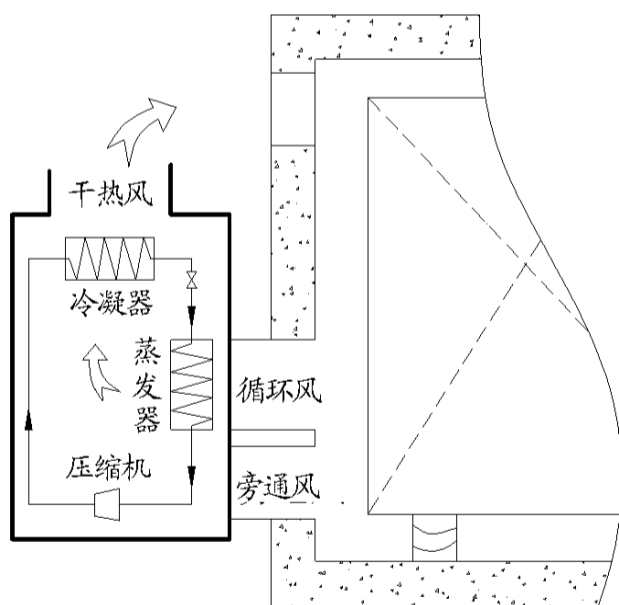


图3 带旁通风的热泵除湿干燥系统

Fig 3 Drying system by heat pump dehumidification with side-ventilation

5 联合除湿干燥系统

张璧光等研究了太阳能与热泵除湿联合干燥系统,指出将太阳能与热泵除湿2种节能干燥技术结合起来,既发挥了

两者的优势,又克服了太阳能干燥受气候影响的弱点^[14]。利用太阳能-热泵联合干燥技术干燥的木材质量好,特别适于干燥珍贵木材、种子、食品、药材及化工原料等。同时,张璧光课题组还研制了微机控制系统,大大提高了系统的自动化能力^[15]。

宁炜^[16]、谢大斌^[17]分别研究了中高温、高温除湿和常规蒸气联合干燥系统及其最佳匹配条件,指出除湿与常规蒸气联合干燥系统节能显著,联合干燥的周期比除湿干燥缩短了一半以上。

6 展望

节能环保是未来科技发展的主题,高温、高效的木材热泵除湿干燥是未来的发展趋势。从根本上解决热泵除湿干燥系统节能环保的要求,需改进制冷工质,提高换热效率,回收余热等。从过程来看,联合干燥则是最佳选择,尤其是太阳能-热泵联合干燥系统。随着太阳能发电、太阳能储存技术的深入研究,将其用于热泵除湿干燥系统既能解决系统用电,也解决了夜间供热问题。

参考文献

- [1] 吴业正. 制冷原理与设备 M. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 1997: 311-312.
- [2] 陈东, 谢继红. 热泵干燥装置 M. 北京: 化学工业出版社, 2007: 3, 63-68.
- [3] 张璧光, 钟群武. 新型双热源除湿干燥机[J]. 林产工业, 2000(5): 29-30.
- [4] 王喜平, 张璧光, 赵忠信. 高温热泵除湿干燥技术的初步研究[J]. 木材工业, 1994(4): 12-14.
- [5] 陈军, 史琳, 朱秋兰, 等. 高温工质用于木材干燥除湿的试验研究[J]. 流体机械, 2006(3): 62-64, 69.
- [6] 陈军, 史琳, 张金龙, 等. 高温除湿干燥机的试验研究[J]. 工程热物理学报, 2006(3): 376-378.
- [7] 张振涛, 张璧光, 顾炼百, 等. 两级压缩高温热泵木材干燥的研究[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2007(4): 41-45.
- [8] 金苏敏, 尹侠, 董金善. 回热型热泵木材干燥机的分析和研究[J]. 林业机械与木工设备, 1997(7): 4-6.
- [9] 金苏敏. 空气回热的热泵木材干燥机运行特性的分析和研究[J]. 制冷, 1997(4): 1-4.
- [10] 金苏敏, 史敏, 张朝晖. 空气回热的热泵木材干燥机运行特性分析[J]. 流体机械, 1997(7): 15, 58-59.
- [11] 金苏敏. 热管空气回热器在热泵木材干燥机上的应用[J]. 南京化工大学学报, 1995(S1): 49-52.
- [12] 张璧光. 除湿干燥中临界除湿状态的分析[J]. 北京林业大学学报, 2007(6): 181-184.
- [13] 周永东, 张璧光. 湿空气旁通率对热泵除湿干燥机能耗影响的分析研究[J]. 林业科技通讯, 1999(9): 2-3.
- [14] 张璧光, 高建民, 霍光青. 高温双热源除湿与太阳能组合干燥技术[J]. 林产工业, 1998(3): 30-33, 42.
- [15] TRCW 课题组. 太阳能-热泵除湿机-微计算机监控联合干燥系统的研究[J]. 北京林业大学学报, 1991(3): 29-35.
- [16] 宁炜. 常规蒸气-除湿联合干燥木材匹配条件的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2004.
- [17] 谢大斌. 高温除湿-常规蒸气联合干燥木材的优化[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.

(上接第11847页)

(4) 参试的4种复混肥料有明显增产效果, 建议可以在含山县的马肝田上大力推广与应用。

参考文献

- [1] 侯光炯, 高惠民. 中国农业土壤概论 M. 北京: 农业出版社, 1982.
- [2] 熊毅, 李庆遣. 中国土壤 M. 2 版. 北京: 科学出版社, 1987.
- [3] 安徽省土壤普查办公室. 安徽土壤 M. 北京: 科学出版社, 1994.
- [4] 王广海, 胡芹远, 马友华. 含山县主要土壤养分变化动态及其分析[J]. 安徽农学通报, 2001, 7(3): 43-44.
- [5] 余学祥. 马肝田培肥改土试验初报[J]. 安徽农学通报, 1996, 2(4): 32-34.
- [6] 刘亚范, 张学忠, 张佳红. 测土配方施肥效益分析[J]. 吉林农业, 2008(5): 28-29.
- [7] 陈一梅. 水稻施用复合肥、尿素、普钙的肥效对比[J]. 农技服务, 2008, 25(2): 74.