

讨论与建议

生产常用单板干燥机的热能利用分析

贺志强, 周永东, 彭立民, 孙 锋

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 为了解当前单板干燥设备的能量利用情况, 结合生产常用单板干燥设备及实际干燥工艺, 对 3 类国产及进口的单板干燥机, 进行热能利用分析。结果表明: 单板干燥机排出的湿空气热量占总能耗的 60% 以上, 是优先考虑的关键节能环节; 排出的冷凝水能量及干燥机泄漏的热能, 亦分别占干燥机总能量消耗的 10%~17%。针对上述结果, 提出进行设备节能改造、提高能量利用效率的建议。

关键词: 单板干燥机; 热能利用; 网带式; 辊筒式; 辊筒网带式

中图分类号: TS652; TS653.2 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2012)01-0035-04

Energy Consumption Analysis of Commonly Used Veneer Dryers

HE Zhi-qiang, ZHOU Yong-dong, PENG Li-min, SUN Feng

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: The authors analyzed energy consumption for the three commonly-used veneer dryers: a three layer net-belt, a three layer roller, and an imported single layer roller and net-belt combination. The analysis was conducted by comparing the manufacturers given parameters to the actual values determined from the drying process. The results showed more than 60% of the total energy consumption was released from discharged humid air from veneer dryers. It was also found that water condensation and leakage consumed about 10 to 17% of the overall energy. Finally, recommendations and suggestions were made to recycle the heated water and discharged air to improve energy efficiency.

Key words: veneer dryer; heat energy consumption; net-belt; roller; roller and net-belt combination

我国是胶合板生产大国, 且产量增长迅速, 2010 年我国胶合板产量为 7 139.66 万 m^3 , 较 2009 年增长 60%^[1]。在胶合板生产成本中, 能耗占 25% 左右, 而单板干燥的热能消耗, 占胶合板生产全部热能消耗的 75% 以上^[2], 是能耗的关键工序。

目前我国中小型的胶合板企业居多, 生产管理存

在不足, 能源浪费现象比较普遍。在低碳经济的发展背景下, 我国胶合板行业亟待进行产业结构调整、装备升级与节能降耗。

单板干燥工序节能研究包括设备改进和工艺改进两大部分。在设备方面, 主要集中在干燥机的结构改进, 如单板干燥机排气阀开启程度对干燥能耗的影响^[3]; 通过分析风机、喷箱、散热器结构, 以及保温和密封性等, 采取控制风机功率、排气管, 调节输送速度等措施, 降低单板干燥能耗等^[4]。

干燥工艺研究主要包括: 不同种类及规格的单板

收稿日期: 2011-05-10; 修改日期: 2011-12-07

基金项目: 国家林业局林业公益性行业科研专项(201104003-02)。

作者简介: 贺志强(1986—), 男, 中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

通讯作者: 周永东, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士。

优化干燥工艺,如研究适宜的单板含水率、干燥温度、湿度及风速等。已有学者通过控制单板干燥过程中的热空气温度、相对湿度和喷气速度等,提高网带式单板干燥机的效率^[5];以及通过计算干燥机的热效率、烟效率和能级效率等,对干燥机的热能利用进行分析^[6]。

以蒸汽为热源的单板干燥机,仍然是当前企业使用的主流设备,对此,笔者对三种典型蒸汽单板干燥机,进行热能利用分析,为单板干燥机节能及提高热能利用效率提供借鉴。

1 方案设计

1.1 干燥设备选定

① 国产 BG 1833 型三层网带式单板干燥机;② 国产 BG 1333 型三层辊筒式单板干燥机;③ 进口 D-36251 单层辊筒网带式单板干燥机。3 种干燥机的热空气循环方式均为横向。

从企业获取 3 种单板干燥机的实际生产工艺参数,如表 1 所示。

表 1 三种单板干燥机及相关工艺参数

Tab. 1 Drying parameters of three types veneer dryer

各项参数	设备类型		
	辊筒-网带式	网带式	辊筒式
蒸汽耗量/(kg·h ⁻¹)	1 100	3 900	2 500
供热蒸汽温度/℃	180	240	240
干燥能力/(m ³ ·h ⁻¹)	1.50	4.65	2.80
单板初含水率/%	80	80	80
单板终含水率/%	10	10	10
平均干燥温度/℃	115	140	140
平均相对湿度/%	15	15	15
干燥段/节	5	13	9
干燥段长/m	10	26	18
干燥段宽/m	6.7	5.4	5.4
干燥段高/m	4.5	4.1	4.1

1.2 分析方法

1.2.1 干燥机能量平衡图

单板干燥机作为一个热能利用系统,热量平衡见图 1; Q_{sup} —供应蒸汽的能量;

$Q_{in,air}$ —湿空气进入干燥机时带入的能量;

$Q_{in,v}$ —单板进入干燥机时带入的能量;

$Q_{out,v}$ —单板离开干燥机时带出的能量;

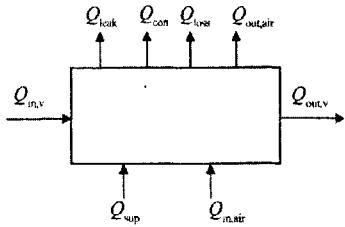


图 1 单板干燥机的热平衡示意图

Fig. 1 Energy input and output during veneer drying

Q_{leak} —泄漏的能量等,包括:干燥机单板进出口处、疏水阀,及各检修门的缝隙处等产生的热能泄漏;

Q_{con} —排出冷凝水的能量;

Q_{loss} —干燥机热能损失,即干燥系统与环境温差所导致的干燥机向地基、外界环境的散热损失;

$Q_{out,air}$ —湿空气离开干燥机带出的能量。调节干燥机中湿空气的相对湿度时,会有大量热量随湿空气排出干燥系统,可分为单板中水分蒸发所需能量($Q_{out,vapor}$)和其余湿空气带走的能量(Q_{air})。

1.2.2 有效热能计算

单板干燥机有效利用的热能,指加热单板的能量,以及单板中水分蒸发需要的能量。单板加热阶段木材温度上升,达到干燥工艺要求的温度;单板水分蒸发阶段,相变时吸收了大量的蒸发潜热。

在木材含水率>20%时,水分蒸发潜热系数仅考虑蒸汽潜热;低于 20%时,包括蒸汽潜热和吸附热两项。

单板干燥机的热效率,是有效利用的热能占供应蒸汽能量的百分比,见式(1):

$$\eta = \frac{Q_v + Q_{out,vapor}}{Q_{sup}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: η —热效率,%; Q_v —加热单板消耗的能量。

计算能量时,设定单板干燥机使用环境温度为 30℃、相对湿度 85%(夏季),湿空气的焓值以 0℃时干空气和 0℃的饱和水为计算基准点。相关参数取值如下:

1) 干燥的单板为美国红橡(*quercus* spp.)密度 0.56 g/cm³^[7],单板幅面 1 220 mm×2 440 mm,厚度 0.7 mm。

2) 根据含水率确定单板的平均比热容,含水率 80%时,比热容 2.64 kJ/kg℃;含水率 10%时,比热容 1.78 kJ/kg℃^[7]。

2 结果与讨论

2.1 进入干燥机的能量

按照 3 种干燥机分别干燥 1 m³ 单板计,进入干燥机的能量如表 2 所示。

表 2 进入单板干燥机各部分热能及占总能量的比例

Tab. 2 Total energy input (%) during veneer drying

进入干燥机的能量	辊筒-网带式		网带式		辊筒式	
	能量/ (MJ·m ⁻³)	比例/ %	能量/ (MJ·m ⁻³)	比例/ %	能量/ (MJ·m ⁻³)	比例/ %
供应蒸汽	1 480.8	79.8	1 470.5	85.4	1 565.4	86.1
湿空气	248.1	13.4	125.0	7.3	125.0	6.9
单板	125.5	6.8	127.2	7.4	127.1	7.0

从表 2 的数据可知,D-36251 型辊筒-网带式与 BG 1833 型网带干燥机,干燥单位体积单板所需的供应蒸汽能量相近,BG 1333 型辊筒干燥机所需供应蒸汽能量较大;湿空气进入 D-36251 型干燥机时,带入的能量远高于其他 2 种干燥机,这是因为 D-36251 型干燥机的干燥温度较低,干燥单位体积单板需要的空气质量较大所致;单位体积单板带入的能量,3 种干燥机的表现基本一致。

2.2 离开干燥机的能量

干燥单位体积单板过程中,离开干燥机的能量列于表 3。

表 3 单板离开时干燥机各部分热能及占总能量的比例

Tab. 3 Total energy output (%) during veneer drying

干燥机排出的能量	辊筒-网带式		网带式		辊筒式	
	能量/ (MJ·m ⁻³)	比例/ %	能量/ (MJ·m ⁻³)	比例/ %	能量/ (MJ·m ⁻³)	比例/ %
干燥机散热	38.3	2.2	33.3	1.9	38.4	2.3
单板离开	88.0	4.9	120.8	7.0	120.8	6.8
湿空气	1 253.7	67.6	1 099.1	63.8	1 099.1	60.5
冷凝水	280.5	15.1	269.7	15.7	298.6	16.4
热量泄漏等	193.9	10.5	199.6	11.6	260.6	14.3

表 3 显示,3 种单板干燥机在排出湿空气、冷凝水及能量泄漏 3 个方面的热能消耗均较大。排出湿空气热能,均占总输入能量的 60% 以上,是节能的关键环节。通常排出湿空气的温度达 90 ℃ 以上,冷凝水接近 100 ℃,可以考虑重复利用。

单板干燥机的能量泄漏,主要是由于设备衔接环节的密封性差,及疏水阀漏气严重等造成。相比之下,进口的干燥机能量泄漏最少,从而可以看出,国产设备的设计、制造环节尚待改进。

另外,进口干燥机中的单板离开时带出的能量最小,主要是其干燥温度较低,单板离开干燥机时的温度亦较低所致;干燥机散热能量占总热能消耗,3 类机型差别不大,比例均较小。

2.3 有效利用的热能

3 类单板干燥机有效利用的热能及其占总能量的百分比,见表 4。

表 4 各类型干燥机有效利用的热能及其效率

Tab. 4 Effective heat energy consumption of different veneer dryers

有效利用的热能	辊筒-网带式		网带式		辊筒式	
	能量/ (MJ·m ⁻³)	比例/ %	能量/ (MJ·m ⁻³)	比例/ %	能量/ (MJ·m ⁻³)	比例/ %
加热单板耗能	97.8	6.6	165.5	11.3	165.5	10.6
单板水分蒸发耗能	885.4	59.8	861.6	58.6	861.6	55.0
干燥机热效率/%	66.4		69.9		65.6	

从表 4 看出,2 种国产设备加热单板所需的能量,占蒸汽能量的 10% 以上,而进口干燥机所需能量较低,原因是其干燥温度低于国产设备,加热单位体积单板消耗的能量较低。另外,进口干燥机的干燥温度低,对能量品质要求亦相对较低,对单板干燥质量影响也较小,国产设备可在低温、大风量干燥方面进行借鉴和改进。

3 种单板干燥机干燥相同体积单板时,水分蒸发需要的热量略有差别。原因是设备及干燥工艺不同,热能利用效率亦不同。

总体来看,网带干燥机干燥单位体积单板所需蒸汽能量较少,且干燥热效率高达 70%,可根据生产要求优先考虑选用。

3 建议与措施

3.1 余热利用

1) 借鉴在木材干燥生产中,利用热管式换热器等回收尾气余热,预热空气的方法^[8],将单板干燥中排出的湿空气热能回收,用于进入干燥机的湿空气和单板的预热,以减少蒸汽的使用量。

2) 排出的冷凝水作为具有一定品位的热源,借鉴木材干燥设备中的密闭式冷凝水回收系统^[9],将回收的冷凝水进行蒸汽再生产,用于单板干燥,或者为

企业供暖等,避免因直接排放,造成水源及其热能的浪费及热能损失。

3.2 泄露热能利用

1) 在单板干燥机进出口处安装密封刷,以提高系统的密闭性;

2) 通过改善工艺衔接环节的密封性,选用节能型疏水阀,如将热力式疏水阀,更换成浮球式疏水阀,可有效减少泄漏造成的热能损失。

3.3 供热热能利用

1) 以热油替代蒸汽作为热源^[10],形成循环系统,避免出现蒸汽热源的闪蒸蒸汽造成的热损失。

2) 国内外很多家具及人造板生产企业,利用树皮、锯屑、木粉、刨花等木材加工剩余物,作为燃料。对燃料燃烧生成烟气,进行除尘净化后,依据单板干燥要求进行配气,直接送至干燥机。同时,利用烟气作为热源,可避免蒸汽锅炉与导热油炉的间接换热造成的热量损失。

参考文献:

[1] 2011 年中国林业发展报告[EB/OL]. [2011-11-29]. <http://www.forestry.gov.cn/portal/main/s/52/content-510360.html>.

- [2] 梁关明,叶航,忻强. 改善单板干燥机热能利用的途径[J]. 林业劳动安全,1999(1):33-34.
- [3] 许美琪. 单板干燥机排气管开启度对能耗的影响[J]. 林产工业,1988,(5).
- [4] 周平. 提高单板干燥机效率降低能耗的刍议:进口单板辊筒干燥机剖析[J]. 木材工业,1995,9(5):33-36.
- [5] 孙建树,史铁槐,董桂芝. 提高 MZ2128 型网带式单板干燥机效率的有效措施[J]. 林产工业,1997,24(3):35-39.
- [6] 常健民,徐瑞玉. 单板干燥机的热能利用分析[J]. 东北林业大学学报,1990,18(4):74-79.
- [7] William T Simpson. Dry Kiln Operator's Manual[M]. Madison: U S Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1991.
- [8] Diego Elustondo, Luiz Oliveira. Opportunities to Reduce Energy Consumption in Softwood Lumber Drying [J]. Drying Technology, 2006, 24: 653 - 662.
- [9] 王进武,陈岳仑. 木材干燥窑蒸汽供热系统能量利用分析与节能[J]. 木材工业,1998,12(3):25-27.
- [10] 葛尽,曲雪岩. 高温导热油炉在木材单板干燥中的应用[J]. 林业科技,2004,29(4):36-37.

(责任编辑 张一萍、姜征)

(上接第 30 页)

- [21] Tsumura Y, Kado T, Yoshida K, et al. Molecular database for classifying Shorea species (Dipterocarpaceae) and techniques for checking the legitimacy of timber and wood products[J]. J Plant Res, 2011, 124(1): 35-48.
- [22] Tang X, Zhao G, Ping L. Wood identification with PCR targeting noncoding chloroplast DNA[J]. Plant Mol Biol, 2011, 77(6): 609-617.
- [23] Hanssen F, Wischniewski N, Moreth U, et al. Molecular identification of Fitzroya cupressoides, Sequoia sempervirens, and Thuja plicata wood using taxon-specific rDNA-ITS primers[J]. IAWA J, 2011, 32(2): 273-284.
- [24] Abe H, Watanabe U, Yoshida K, et al. Changes in organelle and DNA quality, quantity, and distribution in the wood of Cryptomeria japonica over long-term storage[J]. IAWA J, 2011, 32(2): 263-272.
- [25] Lee A B, Cooper T A. Improved direct PCR screen for bacterial colonies: wooden toothpicks inhibit PCR amplification [J]. Biotechniques, 1995, 18(2): 225 - 226.
- [26] 蒋敏捷,高必达. 通过 DNA 检验鉴定植物种属 1 例[J]. 中国司法鉴定, 2011(3): 105-107.

(责任编辑 张一萍、姜征)

行业简讯

全国木材加工技术与装备 发展研讨会在粤举行

2011 年 12 月,由中国林业机械协会与国家林业局北京林业机械研究所共同主办的“2011 全国木材加工技术与装备发展研讨会”,在广东顺德隆重举行。本次会议主题为:加快转变木工机械行业发展方式,努力发展数控及自动化木材加工新装备。

围绕会议主题,北京林业大学、东北林业大学、南京林业大学的专家学者进行演讲;伦敦木工机械商会、山东百圣源集团、石家庄开发区纪元电器、南京新方达数控有限公司等企业,进行技术创新成果交流。

来自全国木材加工机械行业的专家学者、企业管理、工程技术人员等 200 余人到会。会议期间,代表们参观了“第十二届中国(伦敦)木工机械新产品博览会”、“中国木工机械重镇”授牌仪式、“伦敦木工机械”集体商标起用仪式,及当地 2 家装备制造企业。

本刊讯