

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

周 平

(上海木材工业研究所 上海 200051)

1 前言

八十年代中期起,我国不少胶合板厂先后引进了德国、芬兰、意大利、日本等国生产的单板干燥机。这些机器以干燥速度快、热效率高、机械结构合理、控制技术先进等优点对我国胶合板生产起到良好的作用,同时也为我国干燥机质量的提高提供了借鉴。

由于原材料等级和产品多规格的限制,国内胶合板生产线的单板制造工艺大多运用混合工艺,即在高速旋切机后设有单板卷筒装置,卷出的单板卷筒可紧接着横向输送并进入纵向储存架,先干后剪,所使用的干燥机一般是国产网带干燥机。部分单板先剪后干,不经过卷筒,直接进入剪切机,所使用的是进口辊筒干燥机。前者主要用于干燥卷简单板,后者主要用于干燥芯板和部分面、底板。它的特点是采用先干后剪与先剪后干相结合的生产工艺,较好地满足了生产线对原材料和产品多规格、多品种的要求。

本文以德国 Babcock 公司制造的四层、八节喷气式辊筒干燥机(型号为 RD N 460/16M·K·2S L,纵向进板)为例,从设备结构及控制过程着手,剖析其提高干燥效率,降低能耗的关键所在。

2 提高干燥效率的技术措施分析

2.1 风机的选择和气流组织形式

风机的选择直接影响干燥机的效率,是衡量干燥机性能优劣的关键之一。该机使用大功率的轴流风机(前5节为15kW,后3节

为11kW),标定效率达69%;而国产干燥机多采用无蜗壳的离心风机,其效率只有30%~40%。在相同功率下,前者风量大,经散热器后压力损失小,后者风量小,经散热器后压力损失大。用如下装置作试验:取二节干燥机分别装上 $N=7.5\text{kW}$ 的离心风机和轴流风机及同样排数的圆翅片散热器在冷态状况下进行单因素比较,结果如表1所示。

表1 不同送风方式的风机效率比较

运行参数	六排散热器		三排散热器	
	离心送风	轴流送风	离心送风	轴流送风
风量(m^3/h)	16886	18704	22453	24744
全风压(mmH_2O)	49.80	56.5	44.78	59.65
功率(kW)	8.0	4.9	7.8	5.1
风机效率(%)	30	63.96	42.02	79.48
散热器前后压差(mmH_2O)	23.79	20.02	18.50	17.09

注: $1\text{mmH}_2\text{O}=9.807\text{Pa}$

从表中可见,单位功率的送风量,轴流风机比离心风机高得多。

不同的风机决定了不同的气流组织形式。离心风机的送风方式为吸入式,由于去掉了蜗壳,叶轮在径向力作用下,流场混乱,局部区域存在明显的涡流,速度有负值出现,从而导致了功耗的增加。轴流风机送风方式为压出式,风机压出的风量经散热器后会相应起到一定的整流作用,使气流变得均匀,无涡流现象,速度分布均为正值。图1、图2分别表示不同送风方式在进入喷气箱前在正压区内F平面上的流场分布情况。

2.2 喷气箱和喷咀结构的改进

该机喷气箱是具有一定锥度的变截面喷气箱,喷咀为圆孔形,每只喷箱有三排喷咀,呈波浪形分布见图3。

收稿日期 1995-07-06

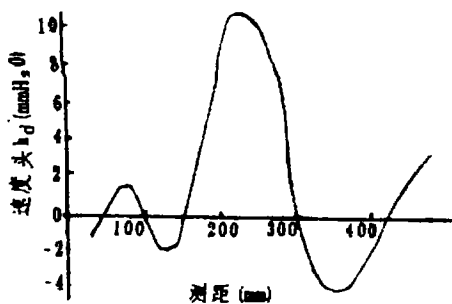


图1 六组散热器吸入式F面速度头

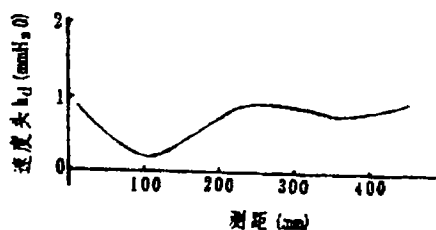


图2 六组散热器压出式F面的速度头

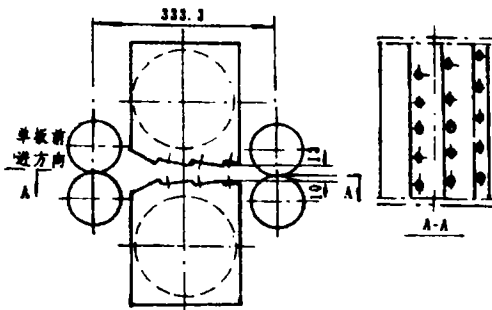


图3 变截面喷气箱结构简图

变截面喷气箱能使喷咀射出的气流在干燥机宽度方向上速度保持均匀,圆孔形喷咀阻力小,因其呈波浪形分布对喷出的气体具有导向作用,保证喷气速度在干燥机长度方向上的均匀性;且单板在前进中不会因碰到喷咀而发生阻塞现象。

试验表明,喷咀出口风速随喷射距离加长而衰减。该机上下喷咀间距仅为23mm;能使喷射气流对单板产生冲击效果,喷气速度又高达25~40m/s,从而大幅度地提高了单板干燥速度。而国产网带干燥机喷咀阻力大,喷速仅为10~15m/s。

2.3 散热器结构的改进

散热器的选择在单板干燥中占有重要地

位,它和风机的选择又存在着必然的联系,不论采用何种散热器,必须考虑其传热系数 K 和散热器阻力 ΔP 。该机选用椭圆管矩形翅片散热器,每节干燥机安装二组,每组为四排。与圆管圆翅片散热器相比,椭圆管矩形翅片散热器有如下优点:

2.3.1 传热系数 k 值高 传热系数与散热器的结构形式、材料和迎面风速等因素有关,在材料均为钢管、钢翅片情况下, k 值可用下列公式计算:

$$k_{\text{圆翅}} = 14.18\omega_1^{0.56}$$

$$k_{\text{椭圆}} = 35.78\omega_1^{0.36}$$

式中: k 为传热系数 kcal/(m²·h·k);
 ω_1 为迎面风速 m/s。如 ω_1 取4m/s,则 $k_{\text{圆翅}} = 30.8$ kcal/(m²·h·k), $k_{\text{椭圆}} = 58.9$ kcal/(m²·h·k)。可见椭圆管矩形翅片散热器的传热系数比圆翅片散热器高得多。

2.3.2 阻力 ΔP 值小 图4表示通过试验得到的传热系数和阻力的关系。由图可见,在相同传热系数下,椭圆管矩形翅片散热器阻力比圆翅片散热器要小。

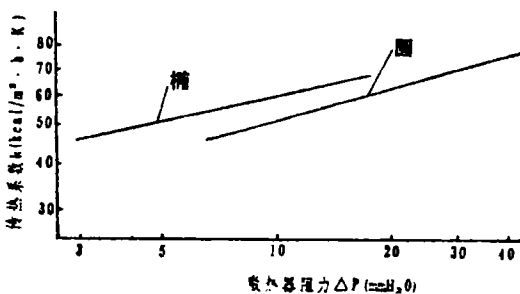


图4 传热系数与阻力的关系

2.3.3 有利于风机在系统中匹配性能的改善 按同样的传热面积计,二排椭圆管矩形散热器相当于4~5排圆翅片散热器。在达到传热面积要求和风机功率不变的前提下,散热器排数越少,系统阻力也就越小,轴流风机的风量可提高到较佳值,促使了喷气速度的提高,从而提高了单板干燥速度。

2.4 辊筒间距密,单板不易发生阻塞、跑偏

单板靠上、下辊夹住向前推送,下辊为主动辊,上辊利用其自重放置在下辊上。每对上

下辊不仅能传送单板,而且还对单板有整平、传热作用。辊筒横向间距为 333.3mm(如图 3 所示),与引进国外其他牌号的辊筒干燥机相比,辊筒间距密,轴颈与辊筒的同心度高,因此,单板在前进中不易产生阻塞、跑偏。

该机工作宽度为 4600mm,干燥单板的最小厚度为 1mm。实践表明,适度缩小辊筒间距及减小工作宽度(即缩短辊筒长度),该机还可干燥厚 0.5~0.8mm 的刨切单板。

2.5 良好的保温性及密封性

机架均由特殊型钢制成,其中大量采用丁字钢,(国内干燥机机架常用两根角钢拼接,易产生翘曲)平直度好,装上墙板、门板后,平行度、垂直度高,使整机不仅外型挺拔、美观,而且保温性、气密性好,热量散失少。

该机两端的层与层之间除留有单板出口狭缝外,均用钢板封住,尽量减少新鲜空气的吸入量。机内传热介质的含氧量也因此而降低,减少了起火的可能性。

3 降低能耗的技术措施分析

3.1 按照单板干燥规律配备风机功率

单板干燥可分加热;恒速干燥;减速干燥三个时期。在第 1、2 两个时期单板升温及蒸发板中的自由水,此阶段需施以高温及较高的风速。第 3 个时期,单板含水率已在纤维饱和点之下,只有进一步提高机内温度,才能迅速蒸发单板中的吸着水。根据这一干燥规律,该机前 5 节风机的轴功率为 15kW,转速为 1150r/min,后三节风机的轴功率为 11kW,转速为 960r/min,可大大降低电耗。

3.2 排气管的设置与控制

该机只在第 2、第 3 节设置排气管,并用一伺服电机控制其开启度,开启度大小通过电位器发出的信号在控制台表盘上指示出来。控制按钮设在控制台上,操作十分方便。

按照单板干燥规律,前阶段设置排气管,有利于单板中自由水的蒸发,后阶段无排气管,可使机内温度高达 200℃以上,有利于吸着水的蒸发。该机要求排气管开启到一定位

置,然后再根据干燥速度进行调节,控制新鲜空气的吸入量。

空气吸入量可用下式计算:

$$G_a = \frac{G_w}{d_1 - d_0}$$

式中: G_a —进入干燥机的空气量; G_w —干燥机排出的水分量; d_1 —介质的含湿量; d_0 —环境大气的含湿量。当 G_w 、 d_0 为定值时,少设排气管及减小排气管开度可提高 d_1 值, d_1 值越大则 G_a 值越小,即吸入新鲜空气量越小,加热这部分空气所消耗的热能也就越小。

3.3 单板输送速度的调节

单板品种、规格不同,初含水率也各不相同,为了达到要求的终含水率,必须调节单板在机内的输送速度。该机用变频电机(5.5 kW)来控制输送速度,调速按钮设在机器两端。比通常使用的直流电机加变速箱可靠、便捷。

3.4 疏水器的选用

国内生产的干燥机常因疏水器质量差,导致冷凝水不能及时排出,饱和蒸汽不能通畅地进入散热器而引起机内温度下降,或水、汽不分离,冷凝水与蒸汽一起排出,造成大量热能浪费。而该机所用的 FT47 浮球式疏水器采用不锈钢制的浮球和支杆,球体不会因冰冻而碎裂,也不易因受热而变形,保证了阻汽排水,防止了热能损失,结构如图 5。

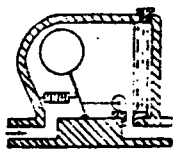


图 5 FT47 浮球式疏水器结构示意图

4 效果

该机由于在设备结构及控制方面采取了一系列较为先进的技术措施,与国内生产的网带干燥机(8 英尺、12 节、2 层,使用离心风机、圆翅片散热器)相比,生产效率、能耗均占优势地位,表 2 为实测和计算所得。

表2 两种单板干燥机的生产效率、能耗比较

干燥机类别	单板产量 (m ³ /h)	耗电 (kWh/m ³)	耗热 (kcal/m ³)
辊筒干燥机	6.49	19.80	4.83×10 ⁵
网带干燥机	3.02	33.11	7.70×10 ⁵

注:1kcal=4.186kJ

5 结论

通过对单板辊筒干燥机的剖析,得出以下结论:

①大功率轴流风机的应用及在干燥机长度方向上不同功率风机的合理安排,能有效地提高干燥效果和降低能耗。

②采用变截面喷嘴,圆孔形,呈波浪形分布的喷咀,上、下喷咀间距为23mm的布局,可保证喷气速度的均匀性,并使气流对单板产生冲击,提高单板干燥质量及速度。

③选用椭圆管矩形翅片散热器具有传热系数高、阻力小、改善风机在系统中匹配性能的优点。

④适当缩小辊筒间距,提高其加工精度,可防止单板前进中的阻塞、跑偏现象。

⑤提高机架、墙板、门板的加工精度,尽量减小干燥机两端单板进出口间隙,可有效地改进干燥机的保温性和气密性。

⑥合理设置排气管、适当调节其开启度,以减少新鲜空气的吸入量,降低能耗。

⑦选择优质疏水器,减少热能散失。

⑧对于机速、风量、介质温度、湿度等参数的控制均需符合单板干燥规律。

6 建议

目前国内运行的单板干燥机对机速、风量、介质温度、湿度的控制仍处于手动状态,只能单一地控制其中某些参数。但上述这些参数是互相关联的,必须统调控制即过程控制。国外已运用一个叠加逻辑控制系统和一个反馈系统来完成这些参数变化的协调关系,即运用计算机对所有控制量进行数据处理,并根据理想的干燥曲线进行回归,产生控制脉冲,以协调各参数的变化,实现最优化控制,即以最少的能量来获得最大的干燥速度和最佳的干燥质量。为此,建议引进此项技术,进行消化,结合国内具体情况加以吸收、推广,以达到进一步提高干燥效率,降低能耗的目的。

7 参考文献

- 1 蒋至丰、陶伟根等.提高单板干燥措施研究.上海木材工业研究所资料,1983
- 2 许美琪.单板干燥机的过程控制.北京木材工业,1985(2):14~15
- 3 许国雄.对设计制造三层网带干燥机的意见.上海木材工业研究所资料,1989

(上接第41页)

10天后,再恢复正常的热压工艺曲线生产。之所以在新钢带使用前采用这样的技术措施,是因为刚使用的钢带的胀缩比较明显,经一段时间使用后胀缩量相对减小,故可恢复正常工艺。标准热压工艺曲线和改变后的热压工艺曲线见附图。

3 效果

我厂使用的单层热压机的钢带由11节组成,每节长8m,宽1.4m,厚1.5mm,原来使用时间为1~2个月。采用此措施后,使用

时间达4个月以上。由于降低最高压力,是否会降低板子的性能,特测试了两种热压曲线压制的板子性能(见附表)。

工艺条件	板子性能			
	板含水率 (%)	密度 (g/cm ³)	静曲强度 (MPa)	内结合强度 (MPa)
标准工艺	5.6	0.74	25.0	0.77
新工艺	6.6	0.73	25.3	0.60

测试结果表明,只有内结合强度有所降低,但仍高于质量标准要求,所以这种技术措施是可行的。