

# 论刨花板平面密度变异

金菊婉\* 华毓坤

**摘要** 刨花板平面密度的变异性是衡量板坯成型质量的一个常用指标。本文论述了影响刨花板平面密度变异的工艺因子及平面密度变异对刨花板性能的影响。

**关键词** 平面密度变异; 刨花板性能; 工艺因子

## Discussion on Horizontal Density Variation in Flakeboard

Jin Juwan Hua Yukun

(College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

**Abstract** The important mat property which determines the final product quality and profitability is uniformity. Horizontal density variation (HDV) is a common index which represents the mat uniformity. This paper presents the technical factors which influence the HDV and the effect of HDV on some board properties.

**Keywords** Horizontal density variation(HDV); Flakeboard property; Technical factors

把刨花板视为一个三维空间结构的非均质物体,其密度在板空间内呈立体分布,即平面内的密度分布和厚度方向的密度分布<sup>[1]</sup>,其均匀性前者用板平面密度变异 HDV (Horizontal density variation) 描述,后者用厚度方向密度梯度或密度变异 VDV (Vertical density variation) 描述 (板厚方向各水平层之间的密度差异指从高密度表层至低密度芯层间的差异)。刨花板平面密度的变异性,反映成型后板坯内木质单元均匀分布的程度,是衡量成型质量最常用的指标,而成型质量直接关系到成品板的物理力学性能。成品板的平面密度分布越均匀,各部分缩胀越趋于一致,制品发生翘曲变形的可能越小,性能越稳定<sup>[2]</sup>。传统“三板”生产中,由于木质单元大小及成型方法不同,平面密度变异性在非连续性纤维材料、尤其是刨花板中较为突出,其中大片刨花板(如华夫板、定向刨花板)更为严重。

随着木质复合材料科学的发展,研究者们逐渐认识到:木质单元在空间的分布是影响产品性能的重要因素。非连续纤维型木质复合材料的生产中,板坯结构与空隙的出现及高密度区域的形成有关,控制板坯中的空隙分布提高密度分布的均匀性,对提高刨花

板等木质复合材料的强度和可靠性有着重大的意义<sup>[3,4]</sup>。研究表明,非连续型木质复合材料的物理力学性能不仅受其密度大小的影响,也受板内平面密度变异大小的影响。我国国家标准规定,普通刨花板合格品的板内密度偏差不得超过 $\pm 3\%$ ,欧共体定向刨花板标准 (prEN 300-94) 规定,定向刨花板的密度偏差为 $\pm 10\%$ 。对我国几十家人造板企业产品的检测统计结果表明,普通刨花板的板内密度偏差为 $\pm (6.0\% \sim 9.9\%)$ ,而力学性能变异均在 25% 以上,其中内结合强度尤为突出,变异系数超过 50%<sup>[5]</sup>。实际上,许多被认为是各种工艺参数引起的刨花板性能的反常,有些很可能是由于板的密度分布差异所造成的。

降低刨花板密度的变异性,是减少板材物理力学性能变异、提高结构材强度和安全性关键,也是当前我国刨花板工业面临的急待解决的问题之一。尽管刨花板平面内密度变异是成型过程中固有的现象,与成型设备精度、木材本身密度的差异及木材原料的不连续性等密切相关,但已有研究表明,密度变异性的与某些工艺因子有着一定的关系。明确影响板平面密度变异的工艺因子,对降低密度的变异性,保证结构用板材质量的稳定性和可靠性,促进刨花板工业的发展具有十分重要的意义。

收稿日期 1999-03-05

\* 南京林业大学木材工业学院讲师,南京 210037

## 1 HDV对刨花板性能的影响

木质刨花板板坯的结构类似于多孔材料的结构。刨花可视为材料的细胞壁,刨花之间的空隙可视为细胞间隙。当板坯受压时,空隙的尺寸和分布将影响板内热量和水分的传递,板厚方向和板平面内的密度分布及板的力学性能也显著受到空隙区域的影响<sup>[6]</sup>。由大片刨花制造的板材,平面内各处大片刨花重叠的不均匀性决定板面密度分布及剩余空隙体积和板内未胶着区域的大小,从而影响板材性能。Suchsland等<sup>[7]</sup>通过建立模型,模拟成型过程产生一定 HDV 的板坯,并按模拟结果制板及测试其性能。结果表明,板平面密度变异对板性能产生明显的负面影响。

### 1.1 HDV对刨花板吸水厚度膨胀率( $TS$ )和耐久性的影响<sup>[7,8]</sup>

由于板平面密度变异的存在,使板平面内高密度区域产生更大的压缩变形,导致更大的压缩应力。一旦吸湿,密度的差别会造成厚度膨胀的差别,即高密度部位比低密度部位膨胀大。当局部的膨胀超出了低密度部位的正常膨胀极限,膨胀差所产生的膨胀应力使得刨花本身局部损伤,破坏刨花间的胶结,从而影响板的尺寸稳定及强度耐久性。

研究结果表明,同一块板内高、低密度部位分别测试时,随着密度的增大, $TS$ 值上升;但整块试件(高、低密度部分不加分离)测试结果则表明,低密度处 $TS$ 比相应部位单独测试时的值要高,而高密度处则比相应部位单独测试值低。这主要是由于膨胀应力使高密度处受压,而低密度处受拉,两者相互作用所致。一旦膨胀应力超过低密度处的湿内结合强度值,试件就会发生破坏,而这种膨胀应力正是平面密度变异的产物,会导致连续的厚度膨胀及环境湿热变化下的板强度的下降。

### 1.2 HDV对刨花板内结合强度( $IB$ )的影响

内结合强度是刨花之间胶合强度的重要指标,一般随制品密度的提高而增加。研究结果表明<sup>[7,8]</sup>,对于存在平面密度变异的刨花板,低密度处的刨花之间接触不充分, $IB$ 值偏低;而高密度处则由于刨花原料的压溃,破坏了刨花本身的强度而影响到板的内结合强度,尤其是吸湿膨胀后,低密度部位受高密度部位过度膨胀的影响,刨花板的湿 $IB$ 值低。平面密度变异越大,这一现象越严重。研究结果还表明,刨花板的 $IB$ 值可通过正确地减少或消除空隙尺寸来提高<sup>[9]</sup>。

### 1.3 HDV对刨花板传热传质的影响<sup>[10,11]</sup>

板的平面密度变异从一个侧面反映板坯内空隙的分布,而空隙尺寸和形状则影响着板的传热传质性

能,故平面密度变异与木质人造板的渗透性也有密切关系。对板的含水率、密度、厚度及木质单元的形状与人造板热传导性能的关系研究表明:在所有研究对象中,刨花板导热性质的变异性最大,而纤维板是由单个木材细胞或细胞束组成,其构成单元的尺寸和形状较刨花板均匀,空隙结构也比较均匀。因此,相同密度的纤维板其导热性质变异较刨花板小。不同类型人造板的导热性质差异可由木材单元的形状大小和空隙结构不同来解释,同一板内,密度不同处所含空隙量不同,导致了板内传热传质性质的差异,密度变异性越大,这一差别亦越大。

总之,板平面密度分布不均导致板性能变异较大,使材料的性能不能有效发挥。平均密度相同的刨花板,板平面密度变异越大,其破坏强度越低,试件间强度值的差别也显著。

## 2 影响刨花板 HDV的工艺因子

不同类型的木质人造板的材质均匀性有很大差别,这种差异除因材料结构形式影响外,还与构成单元的大小密切相关。在一定条件下,构成单元越小,材料的均匀性越好。例如单板层积材的材质均匀性好于胶合木,MDF的材质均匀性优于刨花板,由木粉浸胶干燥(或与粉状树脂混合)模压而成的胶木制品(电木制品)则非常均匀<sup>[12]</sup>。木质单元之间的空间结构决定着板坯内最终密度的分布,而这一结构取决于板坯铺装方式及所用的木质单元的情况<sup>[4]</sup>。虽然板内平面密度变异是成型过程固有的现象,但与一些工艺因素有着密切的关系。随着计算机技术的进步、研究方法的发展及相关学科理论的渗透,极大地推动了木质复合材料的进展。建立刨花板的结构模型,或模拟成型过程、板坯空间结构、木质单元分布等,可有效地揭示成型质量与某些工艺因素之间的关系。如 Dai<sup>[3,4,13]</sup>假设短纤维复合材料成型是一个随机过程,用几何概率理论描述板坯的空间结构,由此推导 HDV 的数学模型,通过模拟预测刨花板中 HDV,理论预测值与实验结果较为接近。Steiner等<sup>[14]</sup>对实验室制板的 HDV 进行了测量,在实验基础上,借助“层”的概念进行数学推导,分析了因子与影响板面密度分布的关系。笔者在已有板坯模型的基础上,用计算机程序模拟成型过程,分析工艺变量与 HDV 的关系<sup>[15]</sup>。

现有的研究结果表明,板平面密度变异性除了与成型过程有关外,与刨花厚度、板材厚度、原料密度、板密度等因素密切相关<sup>[3,7,14-16]</sup>。①随着刨花厚度的增加,板平面密度的不均匀程度显著提高;②随着板

厚度的增加,板平面密度的分布渐趋均匀;③随着板原料密度的增加,板材平面密度的不均匀性加剧;④随着板材密度的提高,密度标准差增大,但密度变异系数降低;⑤不同铺装特性可导致不同的密度偏差,随着板坯空隙率的提高,板密度的变异加大;⑥不同尺寸的试件所含的刨花量及刨花间空隙数量不同,故平面密度变异性亦与试件尺寸相关,而且试件尺寸与刨花尺寸(长、宽)对其有交互作用。

上述研究结果对理论分析和生产实践均有较好的指导作用。如厚刨花生产的板材密度变异性大,从结构上解释了厚刨花对板材性能产生的负作用;厚度比(板厚/刨花厚)是个不可忽视的变量,为提高薄板的结构均匀性,应采用低密度、薄刨花来生产,以求得和厚板接近的性能;原料密度提高,加大了板材平面密度变异,在生产相同密度的刨花板时,高密度原料所制板的性能总比低密度原料生产的板差。虽然前者单位面积上的得胶率提高,但板材结构的不均匀性和刨花之间接触的不密实性,阻碍了板性能的提高。在开发应用高密度树种生产刨花板时,建议与低密度原料混合使用;使用心、边材密度差异大的树种为原料时,心、边材原料刨花也需合理搭配。此外应根据木质单元大小,确定各类人造板检测试件的合适尺寸。

### 3 结语

平面密度变异对刨花板性能产生负面影响,虽然这是短纤维木质复合材料成型过程中的固有现象,但与工艺因子亦密切相关。从刨花板的均匀性考虑,所用原料的密度越低,刨花越薄,刨花板的密度波动越小。可通过提高板厚、使用薄刨花和低密度原料来提高制品的密度均匀性。以上分析仅从降低制品平面密度变异性的角度出发,实际生产选择工艺因素时,应既考虑它们对板材性能的直接影响,又考虑对板结构均匀性的影响及由此产生的间接负面影响,两者需兼顾。

板平面密度变异的研究始于最近几年,随着木质

复合材料研究的进展,板子平面密度变异与工艺因素间的关系将得到更清晰、更完善、更科学的解释。

### 4 参考文献

- Xu W, Steiner P R. A Statistical Characterization of the Horizontal Density Distribution in Flakeboard. *Wood and Fiber Science*, 1995, 27(2): 160~ 167
- 陆仁书主编. 刨花板制造学(第2版). 北京: 中国林业出版社, 1992
- Dai C, Steiner P R. Analysis and Implication of Structure in Short Fiber Wood Composites. *Proceedings of the 2nd Pacific Rim Bio-based Composites Symposium*. 1994. Vancouver, Bc, Canada
- Steiner P R, Dai C. Spatial Structure of Wood Composites in Relation to Processing and Performance Characteristics. *Wood Sci. Technol.*, 1993(28): 45~ 51
- 雷得定, 吕斌. 我国刨花板质量状况的评述. *木材工业*, 1993, 7(4): 36
- Lengh C A. Investigations of Flakeboard Mat Consolidation. Part I. Characterizing the Cellular Structure. *Wood and Fiber Sci.* 1996, 28(2): 153~ 167
- Suchsland O, Xu H. A Simulation of the Horizontal Density Distribution in a Flakeboard. *Forest Prod. J.*, 1989, 39(5): 29~ 33
- Suchsland O, Xu H. Model Analysis of Flakeboard Variables. *Forest Prod. J.*, 1991, 41(11/12): 55~ 60
- Lei Y K, et al. Fracture Toughness of Oriented Flakeboard. *Wood Sci.*, 1980, 12(3): 154~ 161
- 周亚光,等. 木质人造板的渗透性. *中国木材*, 1995(4): 21~ 22
- Kamke F A, et al. Effects of Wood-based Panel Characteristics on Thermal Conductivity. *Forest Products Journal*, 1989, 39(5): 19~ 24
- 赵仁杰. 木质材料学. 上海: 上海木材应用技术研究所, 1987
- Dai C, Steiner P R. Compression Behavior of Randomly Fromed Wood Flake Mats. *Wood and Fiber Science*, 1993, 25(4): 349~ 358
- Steiner P R, Xu W. Influence of Flake Characteristics on Horizontal Density Distribution of Flakeboard. *Forest Prod. J.*, 1995, 45(4): 61~ 71
- 金菊婉. 水杉定向结构板的研究. 南京林业大学博士学位论文, 南京: 1997, 49~ 83
- Dai C P, Steiner P R. Spatial Structure of Wood Composites in Relation to Processing and Performance Characteristics. Part III. *Wood Sci. Technol.*, 1994, 28 229~ 239

(上接第18页)

### 4 参考文献

- 今村博之,等. 木材利用相关的化学. 公立出版株式会社, 1983
- 阿部 勋,小野和博. 木材的酸性对可溶性酚醛树脂固化反应的影响. 日本木材学会大会研究论文摘要, 1979, 513 160
- Gray U R. The Acidity of Wood. *J Inst. Wood Sci.*, 1958, 1 58~ 64
- Johns W E, et al. Effect of pH and Buffering Capacity of Wood on the Gelation Time of Urea-formaldehyde Resin. *Wood and Fiber*, 1980, 12(4): 255~ 263
- Subramanian R V, Somasckharan K N, Johns W E. Acidity of Wood. *Holzforschung*, 1983, 37(3): 117~ 120

- David N Shon, et al. *Wood and Cellulosic Chemistry*. Marcel Dekker, Inc. 1991
- Harold A Stewart, William F. Lehmann. High Quality Particleboard from Cross-grain, Knifeplaned Hardwood Flakes. *Forest Product Journal*, 1973, 23(8): 52~ 60
- 王培元. 如何提高刨花板质量(之二). 林业部科技情报中心, 森工科技信息(三), 1985, 5~ 10
- 彭海源,李坚. 东北经济林用材的 pH值、缓冲容量及其对脲醛树脂胶凝时间的影响. *东北林学院学报*, 1983, 11(4): 100~ 105
- 相亚明. 国产2种木材水浸提液的 pH值和缓冲容量. *木材工业*, 1987, 1(1): 16~ 23, 55
- 唐守正. 多元统计方法. 北京: 中国林业出版社, 1986