

基于 CT 技术的人造板剖面密度检测

彭冠云¹, 江泽慧^{1,2}, 覃道春¹, 余雁¹, 余养伦²

(1. 国际竹藤网络中心, 北京 100102; 2. 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: 利用 CT 技术无损检测槐树大片刨花板、柳杉重组木以及麦秸中密度纤维板的内部结构与密度特征。结果表明: 大片刨花板与重组木的密度变异均高于麦秸板; 大片刨花板剖面密度分布无明显变化规律, 而重组木呈 W 型分布、麦秸板呈 V 型分布。CT 技术将为深入研究木基复合材料的结构与性能产生积极影响。

关键词: 计算机断层扫描; 无损检测; 人造板; 密度

中图分类号: TS653; S781.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2009)05-0019-03

Density Profile Determination of Wood-based Panels Using X-ray Computer Tomography

PENG Guan-yun¹, JIANG Ze-hui^{1,2}, QIN Dao-chun¹, YU Yan¹, YU Yang-lun²

(1. International Center for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China; 2. 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 internal structure and density characteristics of *Sophora japonica* waferboard, *Cryptomeria fortunei* scrimber, and wheat straw boards were evaluated using X-ray based computer tomography(CT). The results indicated computer tomography was an effective tool to determine the panel density distribution both horizontally and vertically. It was found that the average density variations of waferboard and scrimber board were higher than wheat straw boards. It was also observed that the vertical density profile of waferboard did not show any uniformity while scrimber board and wheat straw board showed the typical W- and U-shape curves, respectively.

Key words: computer tomography(CT); nondestructive evaluation; wood-based panel; density

人造板结构与密度的分布特征,可真实地反映产品的加工工艺及物理力学性能^[1],深入研究人造板的结构与性能,是提高人造板质量和优化人造板工艺的基础^[2]。然而传统的方法,无法在不破坏材料的前提下,检测材料的内部结构与密度分布^[3]。

X 射线计算机断层扫描技术(CT),是利用 X 射线束从多方向沿某一部位选定断层进行照射,测定透过的射线量。经量化计算后,得出该层面组织各个单位容积的吸收系数,然后重新组建图像^[4]。自 20 世纪 80 年代开始,CT 技术被用于木材科学领域,并在

树木结构特征与木质材料物理性能检测方面,取得了很大进展。已有研究表明^[5-6],木材密度与其 CT 值之间,存在显著的线性正相关。

国内目前关于 CT 技术用于人造板无损检测的研究报道较少,因此,笔者分别以槐树大片刨花板、柳杉重组木、麦秸中密度纤维板为试材,利用 CT 无损检测技术,分析板材密度与内部结构特征。选取 10 个剖面,通过分析这 3 种板材的剖面密度分布,研究木质人造板在厚度方向上的密度变化,以期为人造板工艺优化及系统分析人造板结构与性能之间的关系,提供理论基础与技术支持。

收稿日期: 2009-05-12; 修改日期: 2009-07-20

基金项目: “十一五”国家科技支撑项目(2008BADA9B03, 2006BAD19B01); 国家林业局国际竹藤网络中心科研基金项目(618-25)。

作者简介: 彭冠云(1981—),男,国际竹藤网络中心博士研究生。

通讯作者: 江泽慧,女,国际竹藤网络中心教授。

1 材料与方法

1.1 材料

1) 槐树(*Sophora japonica*)大片刨花板,利用木

质玩具厂废弃物制作;规格(长×宽×厚,下同)300 mm×110 mm×18 mm;

2) 柳杉(*Cryptomeria fortunei*)重组木,实验室研制;规格 75 mm×50 mm×20 mm;

3) 麦秸中纤板,中国林科院木材工业研究所提供;规格 160 mm×85 mm×12 mm。

3 种人造板均经过气干,含水率均为 10%~11%,各种试材的检测均重复 3 次。

1.2 仪器

通用电气 BrightSpeed Excel 4 螺旋 CT,通用电气(中国)医疗集团研发中心提供。

1.3 检测方法

垂直于人造板横断面进行 CT 扫描。扫描条件:80 kV、160 mAs、1.25 mm 层厚,采用 detail 重建算法。利用 CT 工作站以及 Image J 软件分析图像,研究各种板材内部结构与密度变异特征,CT 图像的空间分辨率为 0.48×0.48×1.25 mm³。

2 结果与分析

2.1 3 种板材的 CT 图像分析

3 种板材的 CT 图像均较清晰地反映了其内部结构及密度分布特征(图 1)。其中,大片刨花板的基本单元具有相对确定的形状尺寸,每个单元相当于一个微小的单板,随机地排列;重组木中木束的横切面

在其 CT 图中清晰可辨,同时还可观察到孔隙的分布(CT 值在-900 以下的黑点可看成孔隙);麦秸板剖面密度变化较均匀。根据图像亮度差异(白色为高密度区、黑色为低密度区)推测,大片刨花板的密度明显高于重组木与麦秸板。

人造板剖面密度变异,反映了板材密度的均匀性,可用来描述板材内各处剖面密度的均匀程度。

为更直观地观察人造板剖面密度的变异特征,将试件剖面 CT 图像转化为 CT 值柱状图(图 2)后发现,大片刨花板与重组木的剖面密度变异较大;而麦秸板密度在剖面上明显呈现出相对均匀的变化规律:即板材表面密度高、芯层密度低。

2.2 3 种板材的密度变异分析

材料的 CT 值与密度存在显著的线性正相关性。为深入研究木质材料的密度分布特征,分别对 3 种板材的 CT 图像,按均等间距依次选取 10 幅,计算其 CT 值。

由表 1 可知,大片刨花板 CT 值的最大值与最小值变异均较大,而麦秸板则相对较小;重组木 CT 值的最大值变异较小,而最小值变异较大。

3 种板材的 CT 值的标准差依次为:槐树大片刨花板>柳杉重组木>麦秸板;前两者的变异程度明显大于麦秸板。这一结果与大片刨花板与重组木的内部结构差异大、而麦秸板质地相对较均匀有关。

2.3 3 种板材的剖面密度梯度分析

剖面密度分布(Vertical Density Profile, VDP),也称剖面密度梯度(Vertical Density Gradient, VDG),是木质人造板重要的结构特征,也是影响其物理力学性能的重要因素之一^[7-8]。

由图 3 可知,大片刨花板的 VDP 变异无明显规律,而重组木的 VDP 则呈 W 型、麦秸板出现 V 型的变化规律。

剖面密度分布的合理与否,与板材的强度等力学性能密切相关,合理的密度分布是生产质量控制的目标。因原材料、工艺参数等因素对人造板的密度均有影响,本研究中 3 种人造板的 VDP 特征是否具有普遍性和代表性,还需进一步验证。

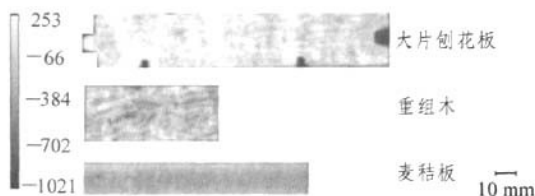


图 1 3 种板材试件的 CT 图像

Fig. 1 CT images of different panel specimens



图 2 3 种板材的 CT 值柱状图

Fig. 2 Density distribution of different wood-based panels on CT images

表 1 3 种板材的密度 CT 值分布特征
Tab. 1 Analysis of variance of density of specimens

类别	CT 值 特征	剖面密度分布特征										平均值	标准差
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
大片刨花板	最大值	331	362	304	368	593	1068	624	401	483	255	478.9	239.4
	最小值	-699	-431	-478	-475	-883	-463	-326	-472	-694	-614	-553.5	165.5
	平均值	-66.24	11.25	10.48	13.55	59.50	51.35	85.31	-14.06	-26.55	-53.06	—	—
	标准差	125.18	121.02	116.50	134.05	122.03	131.29	122.68	132.97	137.48	112.81	125.601	—
重组木	最大值	206	169	195	169	205	183	164	205	210	212	191.8	18.8
	最小值	-538	-531	-591	-669	-655	-689	-711	-800	-895	-923	-700.2	136.5
	平均值	-161.70	-190.92	-209.42	-193.42	-190.87	-215.33	-226.65	-219.50	-219.11	-152.94	—	—
	标准差	140.32	133.76	135.22	148.41	143.71	150.00	149.34	157.16	159.81	148.64	146.637	—
麦秸板	最大值	80	-39	-69	8	-55	-14	19	-71	-81	35	-18.7	53.4
	最小值	-509	-607	-519	-504	-548	-542	-602	-497	-524	-539	-539.1	38.3
	平均值	-334.17	-326.84	-332.67	-315.24	-324.72	-309.95	-310.93	-327.25	-331.47	-338.31	—	—
	标准差	88.84	91.51	86.53	95.41	91.87	88.77	87.33	84.13	83.09	86.97	88.445	—

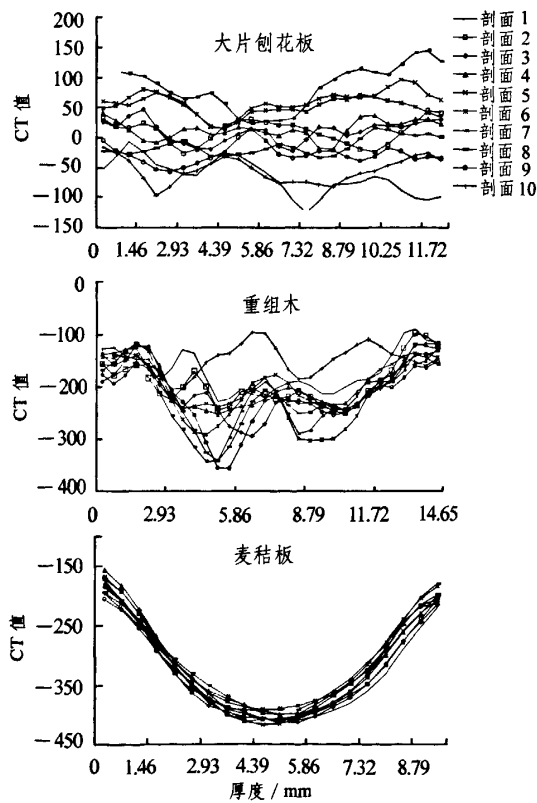


图 3 3 种板材剖面密度的分布

Fig. 3 Vertical density profiles of different wood-based panels

3 结论

- 1) CT 技术能实现人造板任意部位的内部结构与密度分布特征的无损检测。根据获取的信息,可及时调整生产工艺参数,保证人造板产品的质量。
- 2) 针对不同的人造板及其用途,如何提取关键

信息来分析人造板的性能,是目前人造板 CT 技术检测研究的重点。

3) 本研究中,大片刨花板和重组木的密度变异,均高于麦秸板;麦秸板的 VDP 呈 V 型的变化规律;而槐树大片刨花板的 VDP 变异无明显规律;柳杉重组木的 VDP 则呈 W 型。

4) 目前 CT 扫描成本较高,应用于生产在线检测尚有一定的困难,而作为一种先进的无损检测技术,对人造板产品与工艺的研发无疑将发挥重要作用。

5) 借助 CT 技术,比较和分析利用同种原材料,采取不同工艺压制的人造板结构、密度分布特征和性能,将作为下一阶段的研究内容。

参考文献:

[1] 程放,高可城,施建平.人造板剖面密度测定仪的研制[J].木材工业,2001,15(2):29-31,34.
[2] 叶克林,陶伟根.新世纪我国木材科学与技术展望[J].木材工业,2001,15(1):6-9.
[3] 王莉娟.无损检测方法评估人工林杨木材性质的研究[D].北京:北京林业大学,2005.
[4] 张朝宗.工业 CT 技术参数对性能指标的影响—兼谈如何选择工业 CT 产品[J].无损检测,2007,29(1):48-52.
[5] Lindgren L O. The accuracy of medical CAT-scan images for non-destructive density measurements in small volume elements within solid wood[J]. Wood Science and Technology, 1991 (25): 425-432.
[6] 戚大伟,牟洪波.具有图像处理功能的原木 X 射线检测系统[J].森林工程,2007,23(1):30-31,75.
[7] 吴章康,周定国,张宏健.木质人造板剖面密度分布的意义与研究进展[J].木材工业,2001,15(4):3-5.
[8] 王贵涛,董双文,郭东升,等.剖面密度测定与人造板质量控制[J].木材工业,2005,19(1):37-39.

(责任编辑 姜征、张一萍)