

微波辐照应用于改善落叶松木材渗透性的初探

杨琳 刘洪海 王清文 江涛

(东北林业大学材料科学与工程学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 利用微波辐照对落叶松 (*Larix gmelinii*) 木材试件进行不同功率的处理, 并与未处理试件一同进行水浸注实验, 对处理材与未处理材的渗透性进行对比研究。结果表明, 高强度微波处理可以使落叶松木材的渗透性得以提高。微波辐照使落叶松木材径向的薄壁细胞破坏, 产生微细裂纹, 疏通水汽传送的途径, 从而改善了落叶松的渗透性。

关键词: 落叶松木材 微波辐照 渗透性

Preliminary Study on The Permeability of Larch Wood by Microwave

YANG Lin, LIU Hong-hai, JIAN Tao, WANG Qing-wen

(Material Science and Engineering College, Northeast Forest University, Harbin 150040)

Abstract: Larch wood was treated by microwave irradiation under various power and treating times. The microwave treated wood, with un-treated wood as control, was then pressure-treated with water to evaluate its permeability. The results showed that intensive microwave irradiation improved the permeability of Larch wood. Cells with thinner walls were ruptured by the high steam pressure formed when water in the cell absorbed microwave energy, this resulted in the formation of voids for easy transportation of liquids and vapour in radial and longitudinal directions. The net result is the improvement in the permeability of larch wood.

Key words: Larch wood, Microwave irradiation, Permeability

落叶松属树木系落叶大乔木, 是我国重要的森林树种, 广泛分布于北半球较寒冷地区, 包括欧洲、亚洲和北美洲等地^[1]。在我国, 落叶松是东北地区主要用材林树种之一, 东北地区的落叶松蓄积量占成过熟林总量的 41.9%, 占针叶林总量的 71%^[2]。在大兴安岭地区, 落叶松木材蓄积量达 3.7 亿立方米, 资源非常丰富。建国以后营造的人工林主要以落叶松为主, 现在这部分落叶松人工林已基本进入成熟期, 可以大量采伐利用, 因此对落叶松利用的研究显得尤为重要。

落叶松属木材经常是作为一种工业用材树种。落叶松木材密度与强度为我国针叶树中较高的一类, 其蠕变性强, 斜纹率高, 耐水耐腐性强, 因此是电杆、枕木、桥梁、船舶和建筑的优良用材。此外, 落叶松以其清晰、自然、典雅的纹理和令人赏心悦目的颜色, 以及力学强度高、耐腐蚀性好等诸多优点而深受人们的喜爱, 在家具、装饰用材领域发展潜力巨大。但因其存在许多缺点, 如脆性大、难干燥、易开裂变形, 以及树脂含量高且树脂囊大而多致使涂饰性能差等严重缺点, 使落叶松的应用范围尤其是在家具制造方面的应用受到了极大的限制。对落叶松木材进行脱脂、阻燃和防腐等改性和保护处理是实现其高效利用的重要途径, 而解决上述问题的关键在于如何改善落叶松木材的渗透性。鲍甫成先生曾指出: 影响渗透性高低的最主要因素为纹孔膜微孔半径和数量^[3]。也有研究者认为造成落叶松渗透性差、难干易裂的原因是其内部含有大量的树脂和树胶^[4]。落叶松属针叶树材, 其管胞间水分和营养物质交换的主要通道是具缘纹孔, 通常在轴向管胞的细胞壁上出现。落叶松是显心材树种, 边材狭窄, 心材宽大。由于心材占整个落叶松木材的绝

第一作者简介: 杨琳, 1978 年生, 女, 东北林业大学材料科学与工程学院, 硕士研究生。研究方向: 木材保护与改性。电话: 0451-82191552; 电子邮件: forest-yang@163.com。

大部分,因而心材具缘纹孔的状况对干燥时水分的迁移影响很大。有关研究表明:落叶松心材管胞具缘纹孔的纹孔膜、纹孔缘及细胞腔表面,常覆盖着非纤维素的膜状薄层,形成完全结壳的纹孔膜类型,阻塞了细胞间通道,造成了落叶松木材具有很差的渗透性^[4]。因此,欲改善落叶松木材的渗透性应从其纹孔入手,改善其毛细管系统对于水汽传导的有效性。微波辐照技术,是用一定频率的微波处理落叶松木材,初步研究结果表明,微波辐照可以使落叶松的渗透性得到改善,从而对于落叶松的脱脂处理、浸渍处理以及综合利用提供了前提^{[6] - [8]}。本研究以长白落叶松为实验用材,对于不同含水率的试件使用不同处理功率进行了初步试验,为进一步研究微波改性落叶松木材探索新的途径。

1 实验材料与方法

1.1 试件制备

木材树种 长白落叶松木材 (larch wood) 购自哈尔滨港木材交易市场,尺寸为 60mm×200~300mm×4000mm。

试件制备 实验前在实验室加工成规格板材(300mm×100mm×25mm),刨光、标号后密集堆放,并用塑料膜覆盖。定期喷水、吹风,防止水分散失太快和发霉。因木材是高度各向异性的生物材料,所以在同一块板材制作的试件中选择纹理相近的留作对比实验用材。

1.2 实验设备

驻波场谐振腔型木材微波干燥机;

真空泵:旋片式 CX-8 型,抽气速率 8L/s,沈阳三环真空技术研究所研制;

空气压缩机:W-0.6/20 型,上海东方压缩机厂生产;

真空加压处理罐:300mm×350mm(直径×高)

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9140A 型,上海益恒实验仪器有限公司制造;

JSM-5610KV 型低真空扫描电子显微镜;

RGT-20A 微机控制电子万能力学试验机,深圳瑞格尔仪器公司。

1.3 实验内容

1.3.1 测定初含水率

用烘干法测定试验所用试件的初含水率。

1.3.2 微波处理

根据已测出的含水率对试件进行分类,对其进行不同功率的微波处理。处理时根据时间分为两段,处理后的试件使用真空加压处理罐进行水浸注处理以测定其渗透性。

1.3.3 渗透性试验

将密度相近的未处理材和微波处理材试件分别称重后置于同一真空加压处理罐中,依次进行抽真空、注入蒸馏水、常温加压、卸压、出料、称重,通过计算试件的增重率来检测其渗透性。

1.3.4 力学性质测定

对微波处理材的弯曲强度和抗弯弹性模量进行检测,与未处理材进行比较分析。

2 结果与分析

2.1 微波处理对木材超微构造的影响

微波处理对木材构造的影响与微波加热原理密切相关,微波加热的热量从被加热物体内部直接产生,并沿整个厚度方向同时热透。在高频电场的作用下,木材细胞中的水分快速汽化,形成向外

的蒸汽压冲击细胞壁,并在纹孔膜等薄弱环节形成突破,造成纹孔膜破裂(如图1所示),破裂程度与电场强度和处理时间有关。

实验还发现,用较高功率的微波辐照落叶松木材适当时间,在保持木材外观未观察到变化的情况下,经切面出现大量微细裂纹(如图2所示)。该微细裂纹一方面可作为水、汽等流体的通道而提高木材的渗透性,从而为进行阻燃、防腐、渗透复合等保护和功能性改良处理以及改善干燥性能创造条件;另一方面,微细裂纹的产生也可能有助于释放落叶松木材的生长应力,降低干燥时木材的开裂和翘曲。

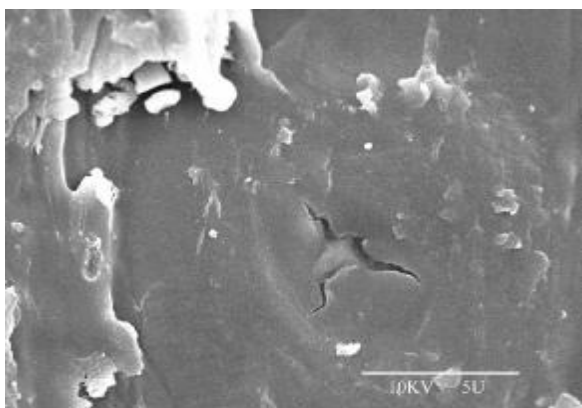


图1 落叶松早材破坏的纹孔
Fig.1 The ruptured pit of larch earlywood

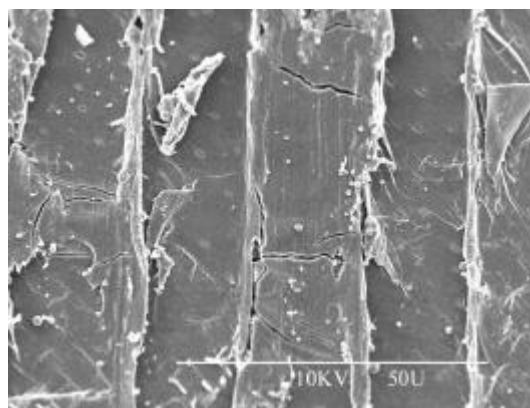


图2 微波改性落叶松木材径切面上的微细裂纹
Fig.2 Little cracks in the radial section of modified larch wood

2.2 微波功率与处理材渗透性的关系

图3为相同处理时间下(t_1),不同功率的处理试件与未处理试件初含水率和增重率关系的对比图。从图中可以看出,处理后试件的渗透性都明显高于未处理的试件,其中功率 P_1 处理的试件其渗透性好于 P_2 以及 P_3 处理的试件。从而可以得出这种方法对于改善落叶松的渗透性是有效果的。从上图可以看出辐照功率较大时,试件的渗透性提高的较为明显,这说明在这一含水率范围内较高的功率更有助于改善纹孔膜微孔对于水分传导的有效性,从而能够更有效地改善试件的渗透性。

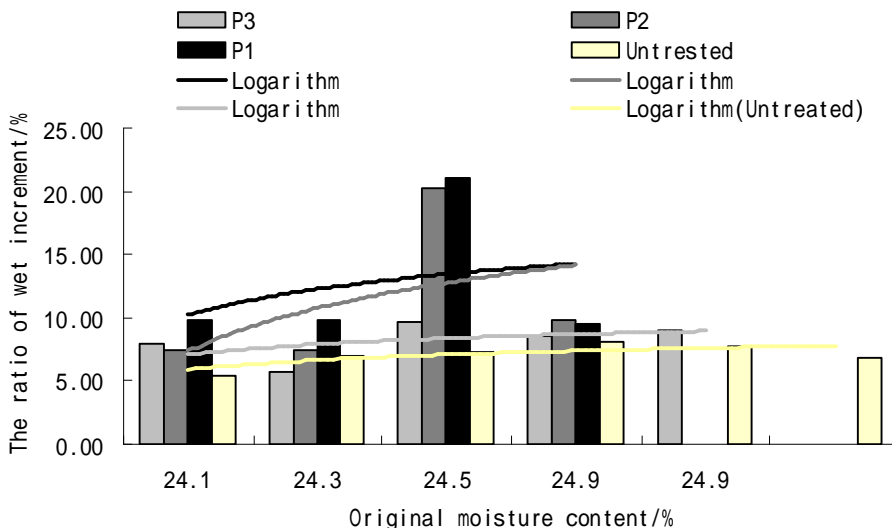


图3 相同时间、不同功率处理试件数据对比图 (P_1 --9kw, P_2 --7kw, P_3 --5kw)
Fig.3 The data of the treated wood sample by the same time and different power

2.3 处理时间与处理材渗透性的关系

图 4 和图 5 为相同功率、不同时间处理试件与未处理试件初含水率和增重率关系的对比图。鉴于上图中 P_1 处理试件的效果最好，对这一功率下不同时间处理的试件进行了比较。如图 4 所采用的功率即为 P_1 ，从图中可以看出采用 t_1 两段时间处理的试件其增重率明显高于 t_3 处理的试件，二者又都明显高于未处理试件。这说明对于这一功率基准，采用 t_1 的时间基准是比较适宜的。

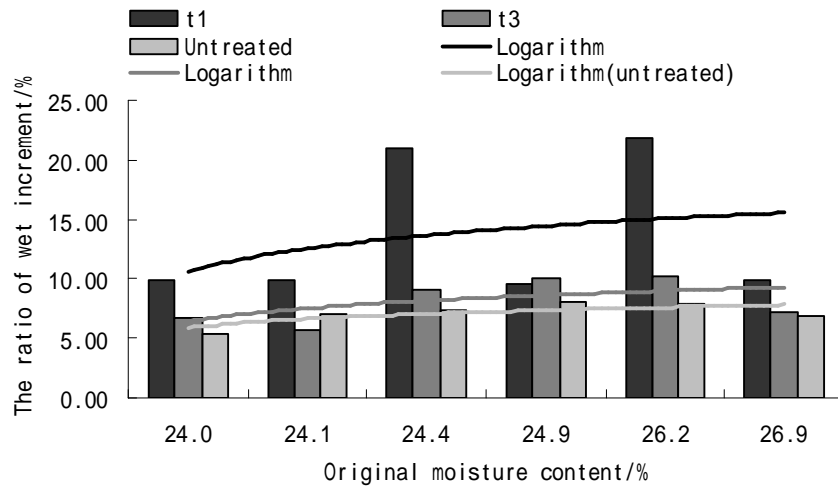


图 4 功率 P_1 不同时间处理试件数据对比图 (t_1 -30/30s, t_3 -40/30s)

Fig.4 The data of the treated wood sample by the power P_1

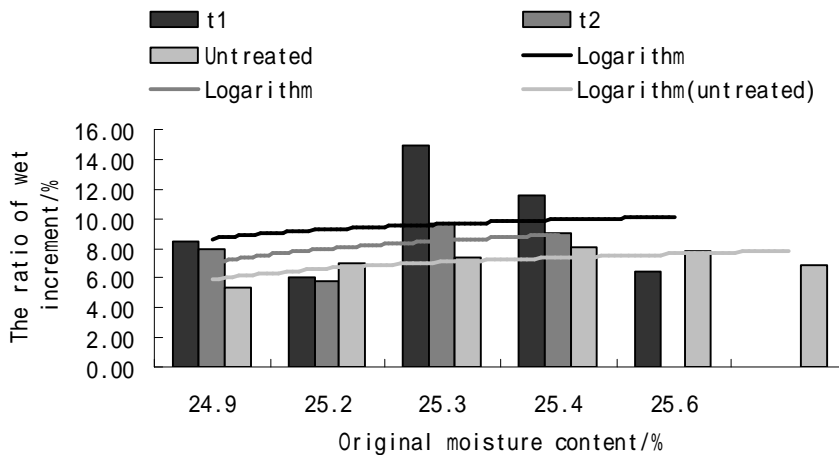


图 5 功率 P_3 不同时间处理试件数据对比图 (t_1 -30/30s, t_2 -30/20s)

Fig.5 The data of the treated sample by the different time and power P_2

在图 5 中所采用的功率两段均为 P_3 ，在这一功率基准下可以同样看到上图所示的现象。此外，对于这一功率基准我们又进行了 t_1 、 t_2 两个时间基准的试验，结果发现 t_2 这一基准的效果还明显好于 t_1 。在 P_1 处理的试件中，我们也进行了这两个时间基准的试验，但由于去处开裂的部分后，剩余的试件并不具有代表性，就未列入可比的范围内，所以对于 P_1 处理的试件是否也遵循这一规律还需要进一步探讨。但从图 4 中我们可以得知在这一含水率范围内，采用 P_3 这一功率基准，比

较适宜的时间基准为 t_2 。

由以上各图不难看出，落叶松试件经过微波辐照处理后，试件的增重率明显高于未处理试件，这说明微波辐照对于提高渗透性是有效的，这就为实现落叶松木材的阻燃、防腐、WPC 化等保护处理提供了新思路。由于木材的脱脂也与其渗透性密切相关，预期微波改性处理也将有助于改善落叶松木材的脱脂效果。

当微波辐照功率较小时，不足以在木材细胞内形成足够的蒸汽压，这时对薄壁细胞和纹孔膜等薄弱环节的破坏是小的，因此落叶松渗透性改善不显著。当微波辐照功率大时，试件渗透性提高较明显，但有一部分试件破坏较严重，有不同程度的径裂、轮裂和表面开裂。虽然在进行渗透性试验前，挑出一些这样的试件，但仍有少数我们用肉眼无法去除的试件参与了渗透性试验，由此影响了试验结果，使部分数据点产生波动。另外，初含水率的测定存在着一定的误差，这一因素也影响了试验数据。Comstock^[5]认为，在纤维饱和点以下时的渗透性随含水率的降低而提高，这与本文测试结果相符，从而也进一步肯定了这种方法的有效性。

2.4 微波处理对木材力学性质的影响

由于纹孔的破裂尤其是微细裂纹的产生，微波处理落叶松木材的力学强度可能会因处理条件的不同而相应地发生一定程度的降低，因此，优化的微波处理条件的确定除考虑渗透性等主要参数外，还应适当兼顾力学性能。

表 1 和表 2 显示，经微波处理后，落叶松木材的弯曲强度和弹性模量较未处理试件有一定的降低，但并不显著。这表明，在一些细胞尤其是薄壁细胞的细胞壁上形成适当的、尚未造成外观变化的微细裂纹，并没有明显削弱落叶松木材的宏观力学性能。这除了与微细裂纹并未连接成宏观裂缝而改变木材的受力结构有关外，还可能与微细裂纹降低了落叶松木材的生长内应力有关，有关问题有待于进一步研究。

由于落叶松素材的硬度和力学强度较高，在作为装饰和家具用材等使用场合时，装饰效果为首要的材料质量指标，微波改性落叶松木材的物理力学性能是可以接受的。

表 1 相同功率、不同时间处理试件的弯曲强度对比图

Tab.1 The data of the bending strength of the treated sample by the different time and same power

处理时间/s Treating time	20/20s		20/30s		30/20s		30/50s	
	处理 试件	未处理 试件	处理 试件	未处理 试件	处理 试件	未处理 试件	处理 试件	未处理 试件
	Treated	Untreated	Treated	Untreated	Treated	Untreated	Treated	Untreated
抗弯强度/MPa Bending strength	97.55	85.71	96.45	96.63	109.33	132.99	126.41	116.36
标准差 Standard deviation	6.53	5.00	9.19	10.42	12.05	12.06	2.54	5.44

表 2 相同功率、不同时间处理试件的弹性模量对比图

Tab.2 The data of the modulus of elasticity of the treated sample by the different time and same power

处理时间/s Treating time	20/20s		20/30s		30/20s		30/50s	
	处理 试件	未处理 试件	处理 试件	未处理 试件	处理 试件	未处理 试件	处理 试件	未处理 试件
	Treated	Untreated	Treated	Untreated	Treated	Untreated	Treated	Untreated
弹性模量/GPa Modulus of elasticity	8.67	7.41	7.97	7.65	10.10	11.17	10.85	9.84
标准差 Standard deviation	0.92	0.48	0.69	1.06	1.05	1.37	0.43	0.55

3 结论与展望

综上所述，可得到如下初步结论：

(1) 微波处理使落叶松木材细胞壁上某些纹孔膜和细胞壁等薄弱的环节破坏，形成了新的流体通道。

(2) 经微波辐照处理，落叶松木材的渗透性较未处理落叶松试件有明显提高。

(3) 在处理条件适当的情况下，微波改性落叶松木材的抗弯强度及弹性模量不发生显著的改变。

(4) 采用混合功率对试件进行两段微波辐照效果好于使用相同功率处理的试件。

(5) 对于含水率在纤维饱和点以下的试件，在相同的时间基准下，采用高功率对试件进行辐照其效果明显好于低功率的处理试件。但高功率的微波辐照处理更易使这一含水率范围内的落叶松材产生比较严重的开裂，因此在时间的控制上更要趋于合理。

对于含水率在纤维饱和点以上范围内的试件是否符合这一规律还需在以后的研究中进一步探讨。

本文是利用微波技术改善落叶松渗透性的一种新尝试，其结果为落叶松木材改性技术展现了一条新途径。然而，由于落叶松木材极易开裂的特点，给微波辐照控制技术带来困难，诸多问题有待于深入研究。

参考文献

- 1 周 崑. 中国落叶松属木材. 北京: 中国林业出版社, 2001.8
- 2 姜福来, 于 辉. 落叶松木材利用途径的探讨. 林业科技, 2000,3(2): 55-56.
- 3 鲍甫成, 吕建雄. 木材渗透性可控制原理研究. 林业科学, 1992,7(4): 336-341.
- 4 常建民, 张 斌. 落叶松干燥过程热质传递特性的实验研究. 哈尔滨建筑大学学报, 1997,8(4): 72-75.
- 5 侯祝强, 庄作峰. “木材流体渗透性研究的发展与趋势”. 《World Forestry Research》, 1999,33.
- 6 Torgovnikov G., Vinden P. New wood based materials “Torgvin” and “Vintorg”. Proceedings of 5th Pacific Rim Bio-based Composites Symposium. 2000. December 10-13, Canberra, Australia. 756-764.

- 7 Torgovnikov G., Vinden P. Microwave modification of wood properties: improvements in wood permeability. International Research Group on Wood Preservation. Kona, Hawaii, USA. IRG31, IRG/WG-40181, 2000. May 14-19
- 8 Torgovnikov G., Vinden P. The physical manipulation of wood properties using microwave. Proceedings of International Conference of IUFRO, Tasmania, Australia. The Future of Eucalypts for wood production, 2000. March 19-24,