

藤/木复合材料的结构及其力学性能

杨丽森, 吴玉章

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 为开发轻质高强度的藤/木复合材料,研究了2种藤/木复合材料的静曲强度和弹性模量。研究表明,藤芯重组材料显示出较高的强重比,在藤芯重组材料中引入杨木单板,可使各种藤/木复合结构的力学性能有不同程度增加;而将杨木配置在藤芯重组材料的表层,对提高力学性能最有利。

关键词: 黄藤; 杨木; 藤/木复合材料; 力学性能

中图分类号: TS65; S781.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2010)04-0046-03

Structures and Mechanical Properties of Rattan-Wood Composite

YANG Li-sen, WU Yu-zhang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Rattan cane (*D. margaritae*) and poplar were used to develop rattan-wood composites with low density and high strength. Composites made with various rattan-wood percentages were tested for modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE). The results showed that the mechanical properties were considerably improved by adding poplar as a face layer.

Key words: *D. margaritae*; poplar; rattan-wood composite; mechanical property

黄藤是我国重点人工培育的藤种之一,盛产于海南。国产黄藤存在节间突起明显、长度短,粗细不均等问题,不易加工出高质量的藤皮;且藤芯密度低,易弯断,因此,目前多数利用是以整根藤条制作家具或家具骨架等。

近年来,有研究表明,可利用藤材与木材结合制作复合材料,为藤材的高附加值利用提供了新途径^[1-2]。笔者采用藤芯编制的帘状材料,与杨木单板按不同的形式组合,探讨藤/木复合材料的结构及性能,以期为藤材的综合利用,及开发轻质、性能优良的家具体材料,提供技术依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

1) 黄藤 (*Daemonorops margaritae* (Hance))

收稿日期: 2009-09-09; 修改日期: 2010-01-14

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD19B09)。

作者简介: 杨丽森(1986—),女,中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

通讯作者: 吴玉章,男,中国林科院木材工业研究所研究员。

Becc),规格(直径×长度)3 mm×450 mm,海南产。热熔胶按垂直于藤芯排列方向涂布,将藤芯加工成藤帘,幅面450 mm×450 mm。

2) 杨木(*Populus* spp.)单板,幅面均为450 mm×450 mm,厚度2、3 mm,密度0.45 g/cm³左右;杨木压缩单板,厚度1.6 mm,密度0.9 g/cm³左右。含水率均为12%,购于河北文安。

3) 胶黏剂: ①聚酰胺热熔胶网膜; ②异氰酸酯,固体含量58%~64%,黏度10 000 mPa·s; ③聚酰胺热熔胶。均外购。

1.2 试验设备

热压机,胶枪,万能力学试验机。

1.3 试验方法

首先测试了5层藤帘板组成的藤芯重组材的各项性能,结果列于表1。

从表1可以看出,藤芯重组材的密度为0.34 g/cm³,远低于目前家具制造用人造板的密度(0.8 g/cm³),显示出较高的强重比。但藤芯重组材的MOR和MOE较低,无法满足承重家具材料的要求,需要

表 1 藤芯重组材(五层藤帘)的性能
Tab. 1 Mechanical properties of a composite made from reconstituted rattan

测试项目	最大值	最小值	平均值
密度/(g·cm ⁻³)	0.35	0.32	0.34
MOR/MPa	20.7	16.0	18.4
MOE/MPa	1 288	1 209	1 074
比强度	59.1	50.1	54.4
比模量	3680	3778	4073

引入增强材料,以改善其强度性能。
为此,本试验引入杨木单板,考察了将单板配置在藤芯重组材板坯表层和芯层的 2 种藤/木复合材料结构,同时测定和分析了不同厚度单板以及压缩单板,对该复合材料性能变化的影响。

1.3.1 藤/木复合材料结构设计

本试验中,复合材料的结构组成被设计成 2 类。结构 I 使用普通 2 mm 和 3 mm 单板;结构 II 使用压缩单板。具体组坯方式见图 1。

结构 I:以藤帘作表层、杨木单板为芯层进行组合。

1) 3 层结构:按所用单板厚度的不同,分别为:编号 1-3-2;芯层单板厚 2 mm,1-3-3;芯层单板厚 3 mm;

2) 5 层结构:同理分别按芯层单板厚 2 mm 和 3 mm,编号分别为 1-5-2、1-5-3。

3) 7 层结构:先以 2 mm 厚度杨木单板组合成 3 层胶合板,然后在其上、下表面,分别配置 2 层藤帘(1-7)。

结构 II:以 5 层藤帘的重组材作芯层。藤帘间采用聚酰胺热熔胶网膜,施胶量 46 g/m²,热压时间 15 min,热压温度 130 ℃。由厚度规控制板坯厚度,压缩率为 10%,待冷却至室温后卸板,制成藤芯重组材料。

上、下表层各配置 2 层杨木单板,最表层和最底层配置杨木压缩单板。

结构 I、II 复合材的各层纹理方向均互相垂直。

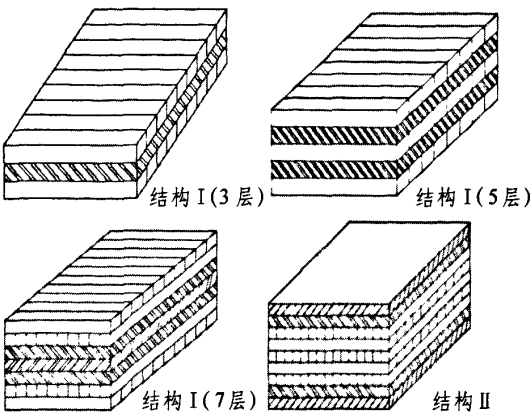


图 1 结构 I 和 II 藤/木复合材的组合方式示意图
Fig. 1 Compositions of wood-rattan composites

1.3.2 制板工艺

1) 结构 I

将异氰酸酯胶与固化剂混合均匀,分别涂布在藤帘与杨木单板的胶接面上,涂胶量为 120 g/m²(单面)。冷压 24 h 后,放置 72 h。

由厚度规控制最终厚度,压缩率控制为 10%,以保证藤芯不变形。

2) 结构 II

① 表层施胶:同结构 I。

② 组坯:将施胶后的 2 块杨木单板分别放置在藤芯重组材的上下表面,将未施胶的 2 块杨木压缩单板,分别置于已施胶的杨木单板表面,陈放 5 min;

③ 制板:板坯冷压 24 h,制成藤/木复合材。

1.4 性能检测

参照 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,检测材料的静曲强度(MOR)和弹性模量(MOE)。

2 结果与分析

2.1 藤/木复合材料结构 I 的力学性能

结构 I 的力学性能测试结果如表 2 所示。

表 2 结构 I 的藤/木复合材料的力学性能

Tab. 2 Mechanical properties of wood-rattan composites from composition I

藤/木复合 材料编号	密度/(g·cm ⁻³)			MOR /MPa			MOE/ MPa			比强度	比模量
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值		
1-3-2	0.40	0.39	0.40	26.3	24.2	25.3	1 301	1 174	1 220	63.3	3 050
1-3-3	0.44	0.43	0.43	24.9	23.1	24.1	1 314	1 258	1 293	56.0	3 007
1-5-2	0.41	0.40	0.41	23.6	17.1	19.4	1 181	1 044	1 094	47.3	2 668
1-5-3	0.42	0.41	0.41	19.7	17.9	18.8	1 024	904	968	45.9	2 361
1-7	0.43	0.41	0.42	20.3	18.8	19.6	1 196	1 030	1 105	46.7	2 631

1) MOR、MOE

由表 2 可知:由于加入了杨木单板,藤/木复合材料的密度均有不同程度的增加。3 层藤/木复合材料的 MOR 较藤芯重组材,提高 31%~38%,MOE 提高 14%~20%。

5 层结构与藤芯重组材相比,MOR 提高 2%~5%,MOE 提高 2%或下降 10%;与 3 层结构相比,针对相同的单板厚度,MOR 降低 22%~23%,MOE 降低 10%~25%。

7 层结构的 MOR、MOE,较藤芯重组材分别提高约 7%、3%;与 3 层结构相比,MOR 降低 19%~23%,MOE 降低 9%~15%;较 5 层结构,MOR 增幅 1%~4%,MOE 增加 1%~14%。

因此,在本试验参数范围内,随着结构层数增加,藤/木复合材料的 MOR 和 MOE 均呈明显下降趋势,层数继续增加,MOR 和 MOE 略有回升。

2) 比强度、比模量

比强度、比模量,分别表示材料强度、模量与密度的比值,用来衡量材料的承载能力,值越大,说明材料质轻且强度、模量高。

表 2 的试验数据显示出:与 5 层藤芯重组材相比,藤/木复合材的密度提高幅度约 18%~26%,MOR、MOE 随着复合材料层数的增加反而呈下降趋势,因此,除 3 层结构的比强度有所提高,结构 I 藤/木复合材的比强度、比模量均呈先逐渐降低,后有少许增长。

从材料力学的角度分析,当复合材料受到的压力方向与藤帘垂直时,材料的应力是以中性层为对称面,沿厚度线性变化,即距中性面越远的面受力亦越大^[3]。

因此,在结构 I 中,杨木单板受力最小,当复合材料承受的负荷达到藤芯所能承受的最大负荷时,将产生断裂。因此,杨木单板对材料整体的强度贡献很小。将弯曲模量大的杨木铺设于藤/木复合材料的上下表层,以强度较低的藤帘作为芯材,才是合理的结构设计。

在试验中观察到:7 层结构的藤帘与单板均被破坏。藤帘顺纹排列,杨木单板横纹铺设时,单板的横纹方向的强度较低,且表层与底层藤帘受力最大。因此,将离中性面最远的藤帘替换为杨木单板,可大幅增强复合材料的力学性能。

2.2 藤/木复合材料结构 II 的力学性能

经检测:普通杨木单板的抗拉强度为 82.5 MPa,

杨木压缩单板的抗拉强度 106.2 MPa,提高了 29%,MOE 为 18.11 GPa。

采用杨木压缩单板后,藤/木复合材料的性能列于表 3。

表 3 结构 II 的藤/木复合材料的力学性能
Tab. 3 Mechanical properties of wood-rattan composite from composition II

测试项目	最大值	最小值	平均值
密度/(g·cm ⁻³)	0.48	0.47	0.47
MOR/MPa	36.8	33.7	34.7
MOE/MPa	4640	4451	4603
比强度	76.7	71.7	73.8
比模量	9667	9470	9794

从表 3 可以看出,与藤芯重组材相比,该结构的 MOR 提高了约 89%,MOE 提高了约 3 倍;而复合材料的密度仅为 0.47 g/cm³,使整体材料具有较高的强重比。

与结构 I 的 7 层结构相比,MOE 增幅为 77%,MOE 提高了约 3 倍。主要是因为结构 II 中,藤帘位于中性面,受力较小,而表层的杨木压缩单板发挥了优势。

此外,由于结构 II 的 MOR、MOE 均有大幅增长,其比强度、比模量较藤芯重组材分别增长 35%、1.4 倍。

3 结论

1) 藤/木复合材结构 I 中,将杨木单板置于复合材料芯层时,对改善整个复合材料强度性能贡献不大,适用于对力学性能要求不高、但有装饰性要求的场合。

2) 复合材料结构 II 的配置合理,故力学性能最好。比强度、比模量分别增长 35%、1.4 倍。

3) 针对不同应用场合的最佳结构配置,有待进一步试验。

参考文献:

[1] 修英妹,崔德刚. 复合材料层合板稳定性的铺层优化设计[J]. 工程力学, 2005, 22(6): 212-216.
[2] 傅峰. 组坯方式对竹帘板胶合板强度的影响[J]. 南京林业大学学报, 1995, 19(1): 33-36.
[3] 王耀先. 复合材料结构设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
[4] 蒋身学, 朱一辛, 张齐生. 竹木复合层积材结构及其性能[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2002, 26(6): 10-12.

(责任编辑 姜 征、张一萍)