

我国四种珍贵阔叶人工林木材的 机械加工性能评价

谢雪霞, 刘波, 孙华林, 姜笑梅, 殷亚方

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 通过研究香樟、核桃楸、木荷和鹅掌楸4种珍贵阔叶树种木材的机械加工性能,为其人工林木材的高附加值利用提供科学依据。分别测试4种人工林木材的刨削、砂削、铣削、钻削、车削和榫加工等机械加工性能。结果表明:香樟、木荷和鹅掌楸的综合机械加工性能优于核桃楸;在刨削加工过程中,随着刨削深度和进料速度的增大,刨削质量下降;进料速度对刨削加工性能的影响大于刨削深度。

关键词: 人工林木材; 香樟; 核桃楸; 木荷; 鹅掌楸; 机械加工性能

中图分类号: TS612

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2014)05-0036-05

Evaluation on Wood Machining Properties of Four Valuable Hardwood Species from Forest Plantations in China

XIE Xue-xia, LIU Bo, SUN Hua-lin, JIANG Xiao-mei, YIN Ya-fang

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

Abstract: To determine wood machining properties of valuable hardwood species for high value-added utilization of solid wood products, planing, sanding, shaping, boring, turning and mortising of *Cinnamomum camphora*, *Juglans mandshurica*, *Schima superba* and *Liriodendron chinense* from forest plantations in China were evaluated respectively, according to Chinese forestry industrial standard LY/T 2054-2012. The results showed that the comprehensive machining properties of *Cinnamomum camphora*, *Schima superba* and *Liriodendron chinense* were better than that of *Juglans mandshurica*. Furthermore, wood planing quality of the four selected species decreased as the increase of cutting depth and feed rate. The influence of feed rate on planing quality was greater than that of cutting depth.

Key words: plantation; *Cinnamomum camphora*; *Juglans mandshurica*; *Schima superba*; *Liriodendron chinense*; machining properties

近年来,随着我国国民经济发展和人民生活水平提高,木材需求逐年增加,但我国天然林资源有限,木

材供需矛盾日趋加剧。我国进口原木和锯材的数量,分别从2001年的686万与403万 m^3 ,增长到2013年的4516与2394万 m^3 。木材需求的对外依存度由2001年的31.5%,增长到2013年接近50%^[1]。面对日益增加的木材进口压力,不断拓宽国内木材供应,已成为缓解我国木材供需矛盾和保障国家木材安

收稿日期: 2014-07-11; 修改日期: 2014-08-05

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项“珍贵阔叶用材树种机械加

工和涂饰性能研究”(20110400109)。

作者简介: 谢雪霞(1987—),女,中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

全的重要任务。

珍贵阔叶树种木材作为我国重要战略资源,因其优异的木材品质和美学价值受到人们青睐,广泛用于高档家具、装饰和工艺品加工等领域。我国地域辽阔,不同的生态区域分布了多种珍贵阔叶树种,但资源总量较低,长期供应不足。

近年来,国家林业部门开始重视并加强主要珍贵阔叶树种培育与用材研究。各地区因地制宜,优先发展了一批经济价值高、有广阔市场前景的珍贵阔叶树种,如亚热带地区的香樟(*Cinnamomum camphora*)、木荷(*Schima superba*)和鹅掌楸(*Liriodendron chinense*),以及东北地区的核桃楸(*Juglans mandshurica*)等,这些珍贵阔叶树种人工林木材已成为重要储备资源。然而,仍有大量珍贵阔叶用材树种的良好选育和人工林培育研究尚未列入国家科技计划,相关研究的积累较少,木材深加工技术也缺乏系统研究。

木材的机械加工性能是影响木材利用率的重要因素^[2-3]。20 世纪 30 年代以来,加拿大、新西兰和南斯拉夫等国家,分别针对各自国家主要树种木材的刨削、砂削、铣削、钻削、旋切以及握钉力等加工性能开展了研究^[4-6]。我国通过制订 LY/T 2054-2011《锯材机械加工性能评价方法》,逐步建立了相应的木材机械加工性能评价方法^[7-10]。

笔者以香樟、核桃楸、木荷和鹅掌楸等 4 种珍贵阔叶树种为研究对象,结合我国现有木材机械加工发展水平,分析确定 4 种珍贵阔叶树种木材在典型生产加工方式下的机械加工特点和质量,为其实木高附加值利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 半环孔材(图 1a、b):

① 香樟(*Cinnamomum camphora*),采自广东,树龄 30 年,平均年轮宽度 4.27 mm,气干密度 0.562 g/cm³;

② 核桃楸(*Juglans mandshurica*),采自黑龙江,树龄 25 年,平均年轮宽度 3.34 mm,气干密度 0.493 g/cm³。

2) 散孔材(图 1c、d):

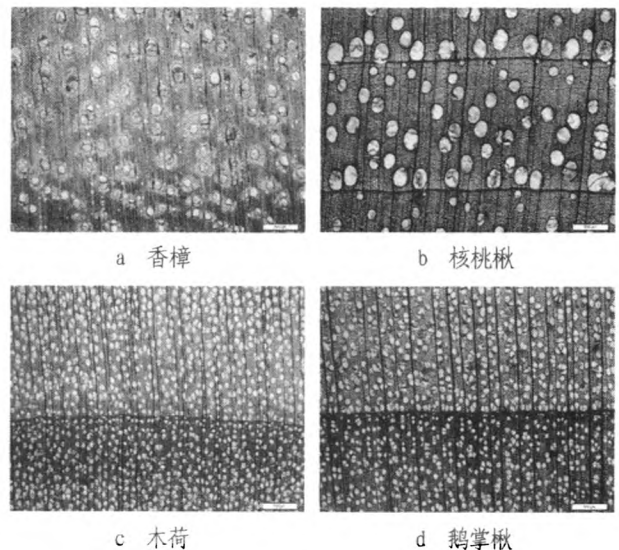


图 1 四种珍贵阔叶树种的横切面显微结构
(标尺:500 μm)

Fig. 1 Transverse microstructure of four valuable hardwood (Scale bar: 500 μm)

① 木荷(*Schima superba*),采自福建,树龄 33 年,年轮宽度 4.09 mm,气干密度 0.682 g/cm³;

② 鹅掌楸(*Liriodendron chinense*),采自安徽,树龄 20 年,年轮宽度 5.81 mm,气干密度 0.479 g/cm³。

每个树种采集原木的长度 1.3 m、直径>20 cm,30 根,加工成规格(长×宽×厚)1 220 mm×100 mm×20 mm 的锯材,窑干至含水率约 20%,在(20±2)℃、相对湿度(65±5)%的环境中,存储至平衡含水率达 12%。每个树种的每项测试取 50 个试样,试样无腐朽和开裂等缺陷。

1.2 试验设备

机械加工设备^[3]:KUW-500F1 型自动进料两面刨床;WS-65 型宽带砂光机;MX7320 直边仿形推台单轴铣床;B13S 台钻;MC3230 仿形木工车床;立式单轴榫槽机等。

显微观察装置:Olympus BX51 光学显微镜,配 DP71 自动成像系统;Leica M205C 实体显微镜。

1.3 试验方法

机械加工性能测试前,从试样端部制取规格(长×宽×厚)10 mm×10 mm×10 mm 小木块,制备显微切片,采用光学显微镜观察拍照;加工性能测试完成后,将试样加工表面直接置于实体显微镜下,观察拍照。

由于刨削加工是机械加工中最常用且最重要的加工工序,直接影响木制品的后续加工效率^[2, 6],同时与生产成本和木材利用率密切相关^[7],LY/T 2054-2012《锯材机械加工性能评价方法》提供了多种参数供选择。参考我国木材加工生产的实际状况,本试验设置了5组刨削加工参数,以考察刨削深度和进料速度的影响;其他机械加工方式的参数设置同LY/T 2054-2011。具体如下:

1) 刨削:试样规格(长×宽×厚)900 mm×100 mm×20 mm;采用高速钢刀具,主轴装有3个刀片,刀具楔角30°,转速5 000 r/min。设置5组刨削工艺参数列于表1^[2, 6, 10-11]。

表1 刨削加工的5组工艺参数

Tab. 1 Planing factors and levels

编号	刨削深度/mm	进料速度/(m·min ⁻¹)
1	0.8	8.0
2	1.6	8.0
3	2.5	8.0
4	0.8	9.5
5	0.8	19.5

2) 砂削:用刨削后的试样制成规格(长×宽×厚)400 mm×100 mm×10 mm的试样;采用120目氧化铝纸质砂带进行砂削。进料速度6.0 m/min,砂削量0.6 mm。

3) 铣削:试样规格(长×宽×厚)300 mm×80 mm×20 mm,主轴转速6 000 r/min,进料速度约0.6 m/min,顺纹铣削。

4) 钻削:在铣削试样上,采用圆形沉割刀中心钻,主轴转速2 800 r/min,加工2个直径为22 mm的通孔。

5) 车削:试样规格(长×宽×厚)130 mm×20 mm×20 mm,主轴转速2 600 r/min,进料速度0.6 m/min。

6) 榫加工:在铣削和钻削试样上,加工2个尺寸12.5 mm的方形通孔,主轴转速2 800 r/min。

1.4 性能评价

依据LY/T 2054-2012,目测观察和接触加工表面,根据加工缺陷程度分为:等级1—优秀或无缺陷;等级2—良好;等级3—好;等级4—一般;等级5—差。

• 38 •

分别将刨削与砂削的等级1所占百分率,钻削与铣削的等级1、2所占总百分率,开榫与车削的等级1、2、3所占总百分率作为达标百分率,评价单项机械加工性能。

采用加权数方法,综合评价各树种木材的机械加工性能。刨削、砂削、铣削和车削的加权数为2,钻削和榫加工的加权数为1,以达标百分率所确定的各加工项目的质量级别值乘以加权数,6项试验结果所得总分即为综合加工性能评价价值。

2 结果与讨论

4 树种木材的机械加工性能测试结果列于表2。

表2 四种珍贵树种木材的达标率和综合评价价值

Tab. 2 Percentage of qualified specimen and total weighting value of four species

树种 名称	达标率/%							综合 评价价值
	刨削		砂削 ^a	铣削 ^b	钻削 ^b	车削 ^c	榫加工 ^c	
	a	b						
香樟	64	100	100	100	92	100	100	40
核桃楸	62	95	94	88	57	100	94	38
木荷	76	100	100	100	92	100	100	48
鹅掌楸	80	100	100	100	86	99	98	47

注1:a—等级1所占百分率;b—等级1和2所占总百分率;c—等级1、2和3所占总百分率;

注2:刨削加工条件为:刨削深度0.8 mm,进料速度8 m/min。

2.1 刨削性能

表2中刨削达标百分率是在刨削深度为0.8 mm、进料速度为8 m/min的刨削条件下统计。四种木材等级1和等级2所占的总百分率相近,但从其等级1所占百分率可以看出,木荷和鹅掌楸两种木材的刨削加工质量优于香樟和核桃楸。各树种间刨削质量不同,可能是因为木材微观构造的均匀性差异所致。木荷和鹅掌楸为散孔材,木材结构比半环孔材树种香樟和核桃楸均匀,加工时产生的缺陷较少。

在刨削加工中,4种木材加工表面的主要缺陷是毛刺,呈直立于加工表面未被完全切断的细小微粒或纤维束状分布,也有部分凹凸纹和削片压痕等缺陷。加工缺陷对木材表面质量影响很大,严重时会使试件报废^[5, 7]。因此,减少加工缺陷是提高刨削加工质量的关键。

不同加工参数条件下,4种木材刨削性能的测试结果列于表3。

表 3 四种珍贵阔叶树种木材在不同加工参数下的刨削性能
Tab. 3 Planning properties of four valuable hardwood species with different parameters

树种名称	等级	各组加工条件下的达标率/%					平均值
		1	2	3	4	5	
香樟	a	64	32	16	12	0	25
	b	100	76	56	54	38	65
核桃楸	a	62	20	12	8	0	20
	b	92	81	77	61	31	68
木荷	a	76	62	56	44	24	52
	b	100	100	98	92	84	95
鹅掌楸	a	80	72	42	36	10	48
	b	100	98	94	64	43	80

当刨削深度为 0.8 mm、进料速度为 8 m/min 时,4 种木材的刨削性能均最佳,等级 1+2 比例均超过 90%,其中香樟、木荷和鹅掌楸的达标率为 100%。随着刨削深度和进料速度的变化,核桃楸与香樟的等级 1(无缺陷)试样大幅减少,说明对其刨削性能受刨削深度和进料速度的影响最大。

由表 3 结果可知,随着刨削深度和进料速度的增加,加工试件表面的毛刺、凹凸纹以及削片压痕等缺陷越来越严重,刨削质量达标率逐渐降低。原因是刨削深度增大时,刨刀对加工表面的压力和摩擦增大,从而产生更多缺陷^[3,13-15];进料速度增加,刨刀在加工表面的切割间距增大,同时产生的刀痕间距增大,导致对木材组织切割不均匀。

另外,随着进料速度增加,各树种木材刨削性能等级 1 与等级 1+2 所占比例的降幅,均大于刨削深度变化的影响,表明进料速度对木材刨削性能的影响更大。可能是因为进料速度提高时,刀具切割间距增大,更易撕裂木材加工表面的纤维组织^[3,7,16],导致加工表面毛刺、凹凸纹及削片压痕等缺陷增多。因此,在实际加工生产中,应在保证生产效率的前提下,适当降低刨削深度和进料速度,以减少加工缺陷,提高加工质量。

2.2 砂削性能

4 种木材的砂削性能均优秀。相比而言,木荷和鹅掌楸两种散孔材结构均匀,易于砂削加工;香樟年轮宽度较宽和结构均匀性略好(图 1),其砂削质量优于核桃楸。

砂削缺陷包括表面绒毛和层状掀起,是砂带砂削木材表面,木纤维部分脱离表面组织所致。实际生产中可通过后续的手工打磨消除。

2.3 铣削性能

除核桃楸外,其他 3 种木材的铣削性能均为优秀,但木荷(96%)和鹅掌楸(92%)等级 1 的比例远高于香樟(53%)。本研究中核桃楸的达标率为 88%,与在同样测试条件下核桃楸天然林木材的铣削达标率(90%)接近^[8],说明核桃楸人工林与天然林木材的铣削性能相近。

铣削加工的主要缺陷是毛刺纹,属轻微缺陷,经打磨后可消除;但也会出现少量比毛刺纹严重的凹凸纹缺陷,而早晚材结构变化较明显的阔叶树材更易产生凹凸纹。

2.4 钻削性能

木荷和香樟的钻削性能最佳,其中木荷等级 1 所占比例超过 20%,高于其他树种;核桃楸最差。主要原因可能是核桃楸为环孔材,其结构不如其他树种均匀;鹅掌楸虽然与木荷同为散孔材,但其较低的气干密度影响了孔周缘的木材组织强度,导致其钻削性能不如木荷。

钻削加工缺陷主要为孔下周缘木材组织压溃后产生的毛刺沟痕,孔上边缘的质量要优于下边缘。

2.5 车削性能

4 种木材的车削性能均属优秀,但鹅掌楸部分试样因少量干燥缺陷,产生了撕裂缺陷而降等。撕裂缺陷即使经砂削处理仍无法完全去除,对后续加工质量影响较大。因此,在生产中应避免出现干燥缺陷。

2.6 榫加工性能

4 种木材的榫加工性能均优秀,其中木荷与香樟最佳。榫加工与钻削加工类似,主要缺陷为榫眼边缘的毛刺沟痕,其中上边缘的加工质量要明显优于下边缘。与钻削加工相比,方形的榫槽具有与纹理平行的两个相对面,因此产生的缺陷较少。

3 结论

1) 2 种散孔材树种(木荷、鹅掌楸)的综合加工性能,优于半环孔材树种(香樟、核桃楸)。木材结构的均匀性对综合机械加工性能的影响较大。

2) 进料速度和刨削深度对 4 种木材的刨削性能均有影响,尤其是核桃楸和香樟木材。在保证生产效率的前提下,应尽量减小刨削深度和进料速度,以有效地提高刨削质量。

3) 木材的结构、年轮宽度与气干密度等宏微观特性,影响其机械加工性能。木荷的刨削性能较差,其他加工性能均优秀;鹅掌楸和香樟的刨削和钻削性能较差,其他加工性能均优秀;核桃楸的刨削和钻削性能较差,尤其是钻削加工性能,其余加工性能优秀。实际生产中,需针对不同树种木材的特点,选择适宜的加工方式生产目标产品,以节约原料,提高加工效率与加工质量。

4) 4种珍贵阔叶树种人工林木材均具有良好的综合机械加工性能,具有替代天然林资源的潜力。尤其是木荷和鹅掌楸,不但单项加工性能优良,而且具有非常好的综合机械加工性能。

5) 今后木材机械加工性能评价研究中,有待开发快速精确成像等技术手段对加工缺陷进行分析,以加强不同等级的定量化分级研究。

致谢:感谢广东省林科院蔡燕灵、中国林科院亚热带林业研究所张蕊、黑龙江省林科院祁永会、中国林科学院木材工业研究所周永东、李晓玲、彭立民、梁善庆、李军锋、李洪泉,为本研究的试材采集、干燥和加工测试提供帮助。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国濒危物种进出口管理办公室. 近年来我国木材进口状况和趋势分析[R]. 2014.
- [2] 侯新毅,姜笑梅,高建民,等. 木材的机械加工性能研究现状与发展[J]. 木材工业, 2003, 17(6):3-5.
- [3] 谢雪霞,刘波,孙华林,等. 三种非常用树种人工林木材的机械加工性能评价[J]. 木材工业, 2014, 28(4):28-31.
- [4] Davis E M. Experiments in the planning of hardwoods [J]. Transactions American Social Mechanic Engineers, 1938, 60 (1): 45-49.
- [5] Farrokhpayamm S R, Ratnasingam J, Nazerian M. The effect of machine parameters on the surface quality in planning of rubberwood [J]. Journal of Basic and Applied Scientific Research, 2011, 1(11):2329-2335.
- [6] Torelli N, Stewart H A. Machining and related characteristics of five wood species from Bayanga region (Central African Republic) [R]. Ljubljana: Edvard Kardelj University Ljubljana Biotechnical Faculty, 1983: 5-16.
- [7] 侯新毅,姜笑梅,殷亚方. 窿缘桉木材刨削和砂光后的微观破坏形式[J]. 木材工业, 2010, 24(5):8-10.
- [8] 姜笑梅,叶克林,吕建雄,等. 中国桉树和相思人工林木材性质与加工利用[M]. 北京:科学出版社, 2007: 137-181.
- [9] 侯新毅. 三种桉树木材的机械加工和透明涂饰性能研究[D]. 北京:北京林业大学, 2004.
- [10] 谢雪霞. 我国 12 种人工林木材机械加工性能研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2014.
- [11] Malkocoglu A, Ozdemir T. The machining properties of some hardwoods and softwoods naturally grown in Eastern Black Sea Region of Turkey [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2006, 173(3):315-320.
- [12] Hernandez E R, Cecilia B, Yves F. Wood machining properties of white spruce from plantation forests [J]. Forest Products Journal, 2011, 61(6):82-89.
- [13] Adya P. Singh, Bernard S. W. Dawson. Fe-sem characterisation of *Pinus radiata* solid wood and plywood surfaces following machining[J]. IAWA Journal, 2014, 35(1):60-84.
- [14] Ratnasingam J, Schola F. Characterizing surface defects in machine-planning of rubberwood (*Hevea brasiliensis*) [J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2007, 65(4):325-327.
- [15] Akbulut T, Ayrlimis N. Effect of compression wood on surface roughness and surface absorption of medium density fiberboard [J]. The Finnish Society of Forest Science, 2006, 40 (1): 161-167.
- [16] Roger E, Cool H J. Effects of cutting parameters on surface quality of paper birch wood machined across the grain with two planning techniques[J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2008, 66 (2): 147-154.

(责任编辑 向琴、孟凡丹)

行业简讯

2014 上半年福建进口原木同比增加

据厦门海关统计,2014 年 1—6 月,福建省进口原木 435.5 万 m^3 ,同比增长 64.9%,其中 6 月份进口 63.1 万 m^3 ,同比增长 53.4%。

福建省进口原木主要来自新西兰、美国、澳大利亚、加拿大及乌克兰等,进口量分别为 166、

77.2、54、40.9、38.3 万 m^3 ,同比分别增长 41.3%、93.3%、51.7%、1.1 倍和 1.4 倍,合计占福建省原木进口总量的 86.4%。在树种方面,辐射松为主要进口树种,进口 210 万 m^3 ,同比增长 40.5%。

张一萍 摘编