

木材切削性质研究进展概况

管 宁*

(中国林科院木材工业研究所)

摘 要

为开展我国重要树种木材切削性质的研究工作,本文综述了木材切削性质研究已有成果并初步探讨了有关此领域研究的几个值得考虑的问题。

前 言

木材的切削性质是木材工艺性质的一个重要方面。木材切削性质研究要解决的基本问题是:

1. 对各种木材的切削性质进行比较;
2. 对木材的某些切削性质指标(如切削阻力)的数值范围进行估计;

3. 掌握不同种类木材的切削性质的变化规律。

木材切削性质的研究为评价材性,合理选择和利用木材;木工机械的设计和改造;木材加工工艺的改进和新工艺的研究提供基础资料和科学依据,虽属木材机械加工范畴,但也是木材性质研究的一个重要方面。

我国幅员辽阔,树种繁多,每年有大量木材进行切削加工,但木材切削方面研究工作比较薄弱,对重要树种木材的切削性质尚未有计划地进行过系统的试验研究。为开展此领域的研究工作,本文对木材切削性质研究的进展做了初步探讨。

已有的研究成果

一、对木材切削性质的记述和测定

木材切削性质的研究是从切削加工实际经验的记述开始的。此种记述可见于许多木材学专著如参考文献[11, 31]。成俊卿等[1, 2, 3]对我国重要树种木材的切削性质做过广泛的记述。

本世纪三十年代起,科学工作者开始通过科学试验,对木材的切削性质进行测定(Rawat等1972)。David[12—16]通过大量试验,建立了通过观察已加工表面的质量来评定木材切削性质的方法。在

此基础上,美国制定了木材和木质材料切削试验标准方法(33)。此方法是对被测定木材按一定条件进行平面铣削、成形铣削、钻孔、打榫眼、砂光等项加工后表面上的凸凹纹(Raised grain)、割裂纹(Torn grain)、毛状纹(Fuzzy grain)和切屑压痕(Chip marks)等缺陷的状况,以目测方法对表面质量进行评定。美国林产品研究所(1980)发表了28种美国重要阔叶材的试验结果,印度、印度尼西亚、加拿大、南斯拉夫、孟加拉国学者(9,19,20,21,29,30,32,34)参照美国标准进行了多项试验研究。

切削阻力方面,Woodson(36)对22种美国南方阔叶树材做了大量试验,以应变电测法测定了各种树种木材低速正交切削*的主切削力和法向力,对切削方向、切削厚度、含水率和刀具前角等因素各三个水平进行了全面试验。

六十年代中期至八十年代初期,日本林业试验场对日本重要树种木材和东南亚木材进行了大规模的切削性质试验。星通(7)发表了80余种日本木材的平面铣削切削性质试验结果。测定的主要指标是切削阻力,以应变电测法测定铣刀主轴的扭矩,对每一树种在三个正交方向得出了切削厚度与切削阻力的回归方程;同时还对其中部分树种的已加工表面质量进行了试验,表面质量以无缺陷试件的百分数衡量。通过试验得出了切削厚度、刀具前角与无缺陷试件百分数的关系和获得最佳表面质量的切削条件。

日本林业试验场在《世界有用木材三百种》专著(5)中,从平面铣削、锯断和单板旋切三方面对

*本文承本所成俊卿研究员阅稿,卢运佳同志协助收集重要资料,特此致谢。

* 正交切削是刀刃与切削运动方向垂直,加工表面与待加工表面平行的切削方式(koch 1964)。

切削性质进行了测定和分级(级别为:优良、中等、低劣)。平面铣削的切削性质以切削阻力和保证一定的已加工表面质量的刀具寿命来衡量,锯断切削性质以切削阻力和制材效率(一定的锯口宽度下不发生锯路弯曲的最大进料速度)来衡量,单板切削性质以单板裂隙状况来衡量。

Lee等(26)对马来西亚木材的锯切、平面铣削、钻孔、车削的切削性质进行了测定,按一定的切削条件对各树种木材进行了试验和评定。锯切中对再锯和横截锯分别进行了切削阻力试验,在其他三种切削方法中对切削阻力和已加工表面质量进行了试验。切削阻力分为容易、较容易、稍难、难、很难等级别;表面质量分为光滑、较光滑、稍粗、粗糙等级别。

二、对木材的基本性质与切削性质关系的研究
1. 关于切削阻力

许多学者发现,木材的密度与切削阻力有比较密切的相关关系。Kivimaa(22)对21种木材进行的正交切削试验的结果(图1)表明,各树种木材的密度与主切削力间有一定的相关关系;对桦木的试验表明,在树种内,密度与切削阻力间有很紧密的

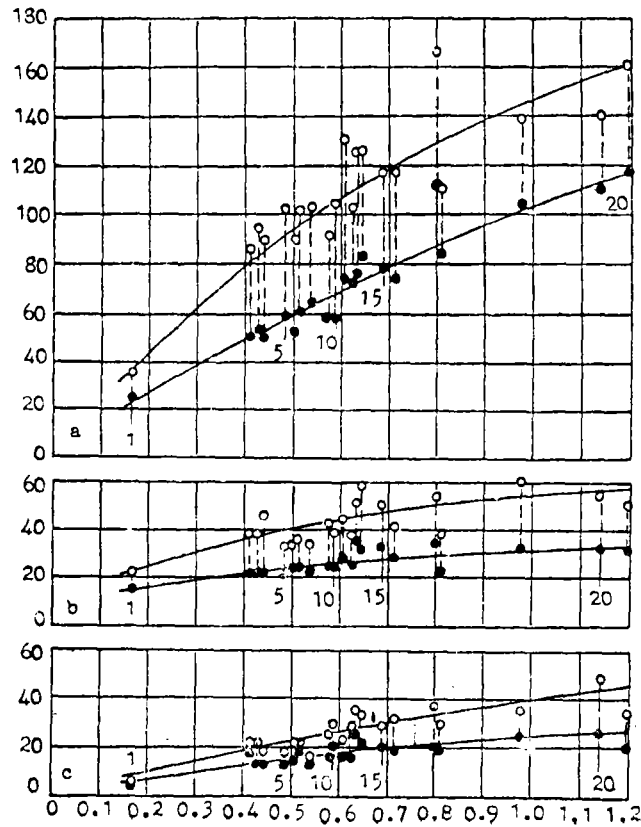


图1 木材密度与主切削力之间的关系
• 用锋利刀具切削, o—用磨钝的刀具切削, a—90—90切削, b—90—0切削, c—0—90切削* 树种:1.轻木, 2.云杉, 3.白杨, 4.杨木, 5.芬兰松木, 6.榆木, 7.桤木, 8.刚松, 9.橡木, 10.红木, 11.桦木, 12.麻栎, 13.枫桧, 14.角树, 15.山毛榉, 16.榉木, 17.山核桃, 18.花旗松, 19.乌拉圭因嘎豆, 20.愈疮木, 21.乌木

* 90—90, 90—0, 0—90为切削方向代号, 第一个数字表示刀刃与木纤维方向夹角, 第二个数字表示切削主运动方向与木纤维的夹角。

线性相关关系。

Woodson(36)在22种阔叶树材正交切削试验中,也发现木材密度与主切削力之间有特别显著的线性相关关系。在90—0、0—90切削中此关系在不同切削厚度下的回归线的斜率差异不大;90—90切削中,回归线的斜率则随切削厚度的增加而加大。

蔡力平(4)在10个树种压刨切削功率研究中也发现木材的密度与切削功率间有紧密的相关关系。

Mckenzie(27)通过理论分析和多因素试验,提出了通过木材的密度和含水率估计木材的抗剪强度和抗弯强度,再由此二项强度及刀具前角、切削厚度、刀刃钝圆半径估计木材90—90切削的切削阻力的回归方程。

美国林产品研究所编辑的《木材百科全书》(17)中认为可以通过木材的密度对其切削阻力作粗略的估计。

但是,在一些试验中亦发现密度与切削阻力的关系中,存在着值得研究的分散性。在星通发表的不同树种木材密度与平面铣削主切削力的关系(如图2所示)中,虽可看出密度较大的木材,切削阻力也较大的趋势,但分散性相当显著,尤其在a、c两个方向的切削中。这表明了,除密度以外,木材中还有其他对切削阻力有影响的因素。这种分散性在Kivimaa(22)的试验结果中亦可看到(见图1)。

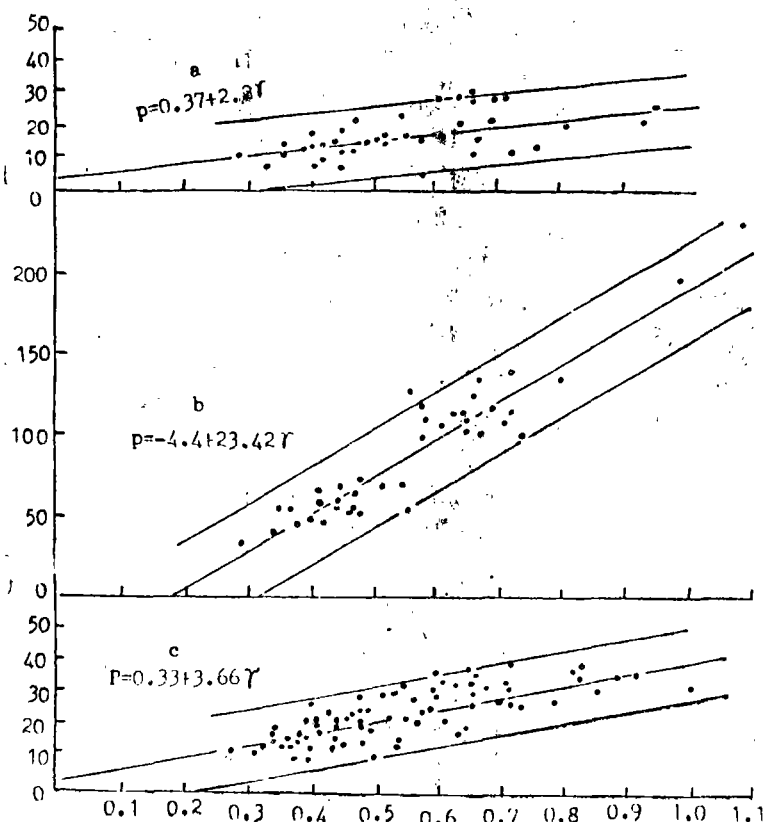


图2 木材的密度与平面铣削切削阻力的关系。

每齿进给量0.3cm, 每点表示一个树种, 切削方向:

a—刀轴方向与木纤维方向平行、送进方向与木纤维方向垂直;

b—刀轴方向和送进方向均与木纤维方向垂直;

c—刀轴方向与木纤维方向垂直, 送进方向与木纤维方向平行。

Koch(24)指出, 可以通过密度的差别, 以已知的一些树种木材的切削阻力对未知者进行估计, 但这种估计只能是粗略的。不同树种木材在解剖构造和物理性质上的显著差异使其切削阻力不可能完全符合只考虑密度的简单关系。使问题复杂化的因素可能有细胞中硬矿物质含量、树脂含量、木射线组织和纤维长度等。

杉原彦一等(6)为研究用单摆式测力计进行木材切削性质测定的标准方法, 进行了一系列试验。其中对不同树种与切削方向、刀具角度、切削厚度、刀具磨损程度、木材含水率等因素的交互作用对切削阻力的影响进行了试验和分析, 3个树种的分析结果表明, 除树种与切削厚度、树种与刀具后角两项外, 其他交互作用均未表现出显著影响。

2. 关于已加工表面的质量

Davis(15)在两个树种的平面铣削、仿形铣削、车削、钻孔和打棒眼等项试验中发现, 年轮宽度和木材密度对表面质量有一定的影响, 其中, 年轮宽度的影响比密度的影响更显著。

Stewart(34)以逐步回归分析方法对25种木材的密度和三种力学性质(抗弯强度、顺纹和横纹抗压强度)与平面铣削和仿形铣削所得无缺陷试件的百

分数之间的关系进行研究, 推导出的数学模型可解释无缺陷试件百分数变异的70%(对平面铣削)和89%(对仿形铣削)。

3. 关于刀具磨损

Barz(8)等对19种木材锯切时锯片寿命进行的比较表明, 不同树种木材对刀具磨损的影响有很大差别。锯切云杉时锯片寿命为锯切非洲桃花心木(African mahagoni)的20,000倍。

木材的密度代表着一定体积上木材中细胞壁物质的多少, 所以切削密度较高的木材刀具磨损应比较严重。但Barz等(9)的研究中木材密度对刀具磨损的影响并不显著。密度仅0.38克/厘米³的美国红杉(Redwood)对刀具磨损的影响, 显著地高于密度为0.61克/厘米³的艳榄仁树(Limba)。这表明还有其他对刀具磨损有显著影响的因素。Pahlitzsch(29)、Barz(9,10)及Hillis等(19)发现, 除密度外, 密度的分布(如早晚材的差别)、木材的酸度、硬矿物质含量等对刀具磨损都有影响。

值得考虑的几个问题

从上述木材切削性质研究的进展可以看出以下几个值得考虑的问题。

一、切削加工对象及方法的多样性

切削加工的特点之一是加工的对象和方法的多样性。木材切削包括锯、铣、刨、钻、车、磨等方式,每种方式又包括若干加工方法,范围很广。因此相应的木材切削性质的内容也是广泛而多样的。例如,在细木工加工中,已加工表面的质量是最重要的问题,而在单板旋切中,单板裂隙则成为首要问题,新产品和新工艺的发展还可能提出新的问题,使切削性质增加新的内容。对如此广泛的问题进行全面的试验研究,势必受到人力和财力的限制,在我国目前情况下,更是如此。所以,合理的确定进行试验研究的切削性质指标和切削方法,是一个重要的问题。

在已往的研究中对此问题有几种不同的处理。如美国ASTM标准[33],是以多种切削方法对已加工表面的不平度进行试验和评定;日本林业试验场的试验[5]只对少数最重要的切削方法的主要切削性质指标进行试验;又如Woodson的切削阻力试验[36],并不涉及具体的切削方法,而以正交切削进行试验。

从对切削性质的大量记述和试验研究中看到,尽管切削加工的对象和方法多种多样,木材的最基本的切削性质可从切削阻力、已加工表面的质量和刀具磨损状况三个方面来衡量[33],虽然各种切削方法各有其特点,但正交切削是通用的研究木材切削基本原理和共同规律的最简单、最基本的切削方法。因此以正交切削方法对木材的基本切削性质进行测定和研究,将可提供最基本、最有普遍性的结果。在此基础上再加上对各种具体切削方法中的特殊问题的研究,可望使木材切削性质的试验研究比较经济而有效。

二、切削过程受多种因素影响

切削加工的另一特点是切削过程受多种因素的影响,而且关系比较复杂,因此木材的切削性质指标是随切削条件的变化而在相当大的范围内变动的。用什么样的试验条件对这样一些指标进行测定和研究,也是一个值得考虑的问题。

在已往的研究中,有的只规定一个不变的条件,对不同树种木材进行测试比较。此种方法可以用较小的试验工作量对不同树种的切削性质进行比较,但此种处理未能考虑各因素间复杂的交互作用,所以比较只能是粗略的,而且不能满足对切削性质指标的数值范围和变动趋势进行估计的要求。因此,有些学者如星通(7)、Woodson(36)对一些因素规定

了几个不同的水平,Woodson的切削阻力试验考虑了四个因素各三个水平进行了全面试验。

为了使切削性质的试验条件有更充分的科学依据,以较小的试验工作量取得较多有用的信息,有必要对不同树种内各因素的影响进行综合分析,在较好地掌握切削性质指标变动规律的基础上制定试验条件。杉原彦一等(6)在三个树种间进行了多因素及其交互作用对切削阻力影响的方差分析,但未进行树种内的分析,涉及的树种也较少。本文作者在红松、水曲柳二树种内对切削阻力和表面不平度的变动进行了分析。杉原彦一及本文作者的试验分析结果表明,尽管影响切削过程的因素较多、关系也比较复杂,但通过分析找出一定的规律仍然是可能的,在此基础上制定测试和研究方法将会比较合理和有效。

三、繁多的树种和材性的变异性

木材切削的又一特点是木材的种类繁多,而且同一种木材的性质有相当大的差异。因此,切削性质的试验研究在什么样的树种范围中进行是又一值得考虑的问题。对所有的树种充分反映其变异全面进行测定显然是不可能的,实际上直接进行测定的只能是在有限的树种中选取的有限的样品。在已往的研究中已有一些学者如Mckenzie(27)、蔡力平(4)、Steward(34)通过理论分析或统计方法建立通过木材的基本性质对切削性质进行估计的数学模型。运用此种方法,可以在较少树种中进行试验,而取得比较可靠而有普遍性的认识。数学模型的效能和精度主要决定于对木材切削性质的变异性,对基本材性与切削性质关系研究的深度和广度。我国木材切削性质研究起步较迟,条件有限,借鉴此方面的经验有助于以较少树种的试验建立对木材的切削性质进行比较和估计的经济而有效的方法。

参考文献

- (1) 成俊卿等, 1960, 中国重要树种木材鉴别及其工艺性质和用途, 中国林业出版社, 北京。
- (2) 成俊卿等, 1980, 中国热带及亚热带木材, 科学出版社, 北京。
- (3) 成俊卿主编, 1985, 木材学, 中国林业出版社, 北京。
- (4) 蔡力平, 1984, 木材切削中木材硬度及密度与切削功率的关系, 东北林学院学报12(2): 156—165。
- (5) 林业试验场, 1977, 世界の有用木材300种, 日本木材加工技术协会, 东京。
- (6) 杉原彦一、野口昌巳, 1962, 振子式木材切削试

- 验器による木材切削に関する研究(第1報), 木材研究, No.18:31—49, 京都大学木材研究所。
- (7) 星通, 1966—1980, 日本产主要树種の性質 回転刨にすける被削性にへひて(第1報至第7報), 林業試験場研究報告 第189、200、221、231、247、287、312号。
- (8) Barz, E. und Breier, H., 1969, Kurzverfahren zur Prüfung der Verschleißwirkung und der Zerspanbarkeit von Holz und Holzwerkstoffen, Holz als Roh- und Werkstoff 27:148-152.
- (9) Barz, E. und Breier, H., 1971, Kurzverfahren zur Prüfung der Verschleißwirkung und der Zerspanbarkeit von Holz und Holzwerkstoffen. Weitere Untersuchungen, Holz als Roh- und Werkstoff 29(4):142-149.
- (10) Cantin, M., 1965, The machining properties of 16 eastern Canadian wood, Publ. Dep. For. Can. No.1111.
- (11) Chudnoff, M., 1980, Tropical timbers of the world, Forest Products Laboratory, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- (12) David, E. M., 1938, Experiments in the planing of hardwood, Transaction of the A.S.M.E. 60(1):45-49.
- (13) David, E. M., 1939, Further experiments in the planing of hardwoods, Transaction of the A.S.M.E. 61(2):139-144.
- (14) David, E. M., 1958, Development of methods for evaluating the machining qualities of wood and wood based materials, U.S. Forest Products Laboratory Report No.2108.
- (15) David, E. M., 1960, Machining Ponderosa Pine and Douglas-fir—Effect of growth rate and density, Forest Products Journal 10(1):1-3.
- (16) David, E.M., 1962, Machining and related characteristics of United States Hardwoods, U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin No.1267.
- (17) Forest Products Laboratory, 1980, The encyclopedia of wood, Sterling Publishing Co. Inc., New York.
- (18) Hillis, W. E. and McKenzie, W.M., 1964, Chemical factors in the wear of woodworking cutters, Forest Products Journal 14(4):166.
- (19) Hossain, M., 1978, Five machining properties of nine Bangladeshi hardwoods, Bano Biggyan Patrika 7(1/2):9-13.
- (20) Jain, N.C. and Dev. I. 1969, Machining quality of some Indian Timbers, Holzforschung und Holzverwertung 21(1):12-18
- (21) Karnasudirdja, S., Abdurachman, A. J. and Rachman, O., 1982, Machining properties of Indonesian timbers Part V, Laporan Balai Penelitian Hasil Hutan, Indonesia No. 160.
- (22) Kivimaa, E., 1950, Cutting force in woodworking, The State Institute for Technological Research, Publication No. 18.
- (23) Klamecki, B. E., 1979, A review of woodcutting tool wear literature, Holz als Roh- und Werkstoff 37:265-276.
- (24) Koch, P., 1964, Wood machining processes, The Ronald Press Co., New York.
- (25) Kollmann, F. F. P. and W.A.Côté, 1968, Principles of Wood Science and Technology I. Solid wood, Springer-Verlag, Berlin.
- (26) Lee, Y.H. and Lopez, D.T., 1980, The machining properties of some Malaysian timbers, Malaysian Forest Service Trade Leaflet No.35.
- (27) McKenzie, W.M., 1971, Factorial experiment in tranverse plane (90/90) cutting of wood — Part 1 Cutting force and edge wear.
- (28) Pahlitzsch, G. and Peters, H., 1966, Untersuchungen des Schnitvorganges an sägekettten, Holz als Roh- und werkstoff 24(2):59-71.
- (29) Rawat, B.S., Rajput, S.S. and Pant, B.C., 1972, A note on the working qualities of some Indian timbers, Indian Foresters 98(11):669-676.

- (30) Rawat, B. S., Rajput, S.S. and Pant, B. C., 1980, Studies on working qualities of Indian timbers V, Indian Forester 106(1):60-78.
- (31) Rendle, B. J., 1969, World timbers Vol. I - II, Ernest Benn Ltd., London.
- (32) Shukla, K. S. and Pant, B.C., 1983, Working qualities of some Indian timbers VI, Indian Forester 109 (4) :222-236.
- (33) Standard methods of conducting machining tests of wood and wood based materials, ASTM-D 1666-64,1964,ASTM Standards Part 16.
- (34) Stewart, H.A. and Polak, D.J., 1985, Relating specific gravity and mechanical properties of hardwoods to machining defects, Forest Products Journal 35(10):69-72.
- (35) Torelli, N. and Stewart, H. A., 1983, Machining and related characteristics of five wood species from Bayanga region (Central African Republic) , Technical Report of Edvard Kardelj University Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology.
- (36) Woodson, G. E., 1979, Tool forces and chip types in orthogonal cutting of southern hardwoods, Research Paper SO-146, U. S. Department of Agriculture, Forest Service.

A Brief Review on the Progression of Wood Cutting

Property research

Guan Ning

(Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

Abstract

For beginning the research on cutting properties of the important Chinese wood species, the results from the previous research in this field are briefly reviewed and some problems deserving consideration are discussed.

中国林学会木材工业学会 1988年举办的学术讨论会

1. 合理利用我国木材资源的战略问题论证会暂定6月举行。联系人：中国林科院林业经济研究所侯知正。

2. 木材性质与充分合理利用木材资源学术讨论会暂定10月举行。联系人：北京林业大学森林工业系汪师孟、史贵荣。

3. 刨花板（包括中密度纤维板）胶粘剂及表面装饰学术讨论会暂定11月举行。联系人：中国林科院木材工业研究所胶粘剂室刘瑞凤、韩桐恩。

4. 人造板市场及人造板工业发展战略讨论会暂定11月举行。联系人：中国林科院木材工业研究所科研处丁美蓉、高启兰。