

刨花板连接性能研究进展概述

钱大威

(中国林科院木材工业研究所)

前言

刨花板的工业化生产始于本世纪初。随着这种新型板材的出现,人们对其应用技术一直不断地进行探索。其中,板材间的连接是一个非常重要的问题,需要根据材料的特性、成品用途、以至艺术效果等方面的要求确定其连接形式。60年代中期以来,以刨花板为基材的现代板式家具的生产得到迅速发展,促使这一领域的研究更加深入。迄今为止,人们对刨花板连接性能与其物理力学性能之间的关系已有了较全面、深入的认识,许多研究成果正在逐步应用于实际生产和生活中。据统计^[1],我国目前刨花板年产量的87%用于家具制造,但相应的应用技术研究工作却进展迟缓,这方面的研究论文也所见甚少,这无疑将影响我国刨花板生产和应用的进一步发展。本文回顾了刨花板连接性能研究的发展过程,并着重介绍板式家具结构性能的研究状况和目前的水平,希望对我国刨花板的应用技术研究和生产起到促进作用。

一、早期的研究情况

握螺钉力是刨花板的一项基本性能指标,它与板材的其它物理力学性能有密切关系,早期的研究也主要体现在这方面。欧洲在这方面的研究一直处于领先地位。据Eckelman^[2]报告,早在1927年Fairchild就对刨花板握螺钉力进行了研究。以后不断有人提出研究报告。Johnson^[3]研究了刨花板对不同型号木螺钉的握持能力以及与导孔尺寸和拔出速度之间的关系时指出,拔出速度增加,将使载荷值加大;导孔直径分别为螺钉根径的50%、70%、90%时,刨花板握螺钉力无明显差异。Didrikson等^[4]研究了在刨花板端面拧入木螺钉时,板的内结合强度的增加会减少劈裂现象;木螺钉拧入含水率高的板子后,端面劈裂趋势将减弱,即使在含水率降低以后,板子端面的劈裂趋势也不

恢复;正确选择螺钉类型,既能减少开裂现象,又不降低板材握螺钉力;导孔直径为螺钉根径的80%时,握钉效果最好。至1975年,美国学者Eckelman^[2]在他的一篇关于刨花板对木螺钉握持强度的试验报告中,给出了板材密度与螺钉根径和拧入长度的修正经验公式:

$$F_f = 2655D^{0.5}(L-D/3)^{1.25}SG^2$$

$$F_e = 2055D^{0.5}(L-D/3)^{1.25}SG^2$$

式中: F_f —表面握螺钉力; D —螺钉根径;

SG —板密度; F_e —端面握螺钉力;

L —螺钉拧入长度。

刨花板握螺钉性能的研究,为后来设计制造各种板式家具连接件提供了重要的科学依据。

二、刨花板角结构连接的研究

在各种非木质连接件出现以前,刨花板工件之间的连接多采用木质圆榫。由于刨花板属多孔材料,所以影响握榫力的因素与天然实体木材不同。刨花板握榫力与榫头和导孔的配合、板子厚度和榫头埋入深度、板子物理力学性能以及是否涂胶等因素均有关系。自70年代始至80年代中期,各国技术人员对此进行了系统深入的研究。

Englesson和Osterman^[5]进行了圆榫和榫眼的配合间隙对板材握榫力影响的研究后指出,虽然连接的间隙大一些,在施以静载荷时并不会过份影响握榫力,但在进行周期动载试验时,它将产生很大的残余应力。

Englesson在另一篇报告中指出^[6],在气候波动大的地区,承受动载荷的连接处,榫眼的直径应比榫头小0.4mm;另外还发现,把榫头和榫眼都涂胶和只给其中之一涂胶相比,前者握榫力可增加35%,而且使胶液充满榫眼可明显地提高接合强度。实际上,榫眼中的胶液在榫头打入时,被挤入周围板材空隙中,起到了局部加固的作用,在端面握榫力试验中表现尤为明显。

板材力学强度是影响握棒力的一个重要因素。Bachman和W. Hassler^[7]计算了几种刨花板表面和端面握棒力后指出,垂直于板表面的握棒力一般与板子内结合强度以及棒头直径有关。此外,他们与C. Hassler合作研究发现^[8],握棒力还与棒头埋入深度及板厚有关,并且得到了圆棒直径和握棒力之间有一个近乎线性的关系,同时他们证明了,当圆棒直径从6mm增至10mm时,板子握棒强度可增加90%左右。

日本学者的研究则认为^[9],影响刨花板握棒力的因素中,板材密度的影响最大,棒头埋入深度次之。由于刨花板的结构特征,垂直板表面使用圆棒时,在不影响另一表面的深度范围内,棒头应尽可能埋得深一些,这样可以利用刨花板密度较高的两个表层结构,提高握持强度。

1985年Eckelman^[10]总结得出了刨花板对木质圆棒握持强度的修正经验公式:

$$F_f = 15.5(IB)^{0.85} \cdot L^{0.85}$$

$$F_e = 982.0L^{0.85}$$

式中: F_f —表面握棒力; IB—板材内结合强度;

F_e —端面握棒力; L—圆棒嵌埋深度。

最近,国内的一项研究结果表明^[11],以圆棒连接的刨花板角结构强度与板材密度有明显的线性关系。如下式:

$$M = 305.3D - 112.7$$

式中: M—角结构强度; D—板材密度。

Kutschukov等提出了刨花板厚度(d),静曲强度(MOR)与不可拆直角紧固连接强度(M)之间的关系的研究结果^[12]认为连接强度与静曲强度和板厚的平方呈正比关系,即 $M = (MOR \cdot d^2)/6$,经过对15种连接件的测试,选出了最适于刨花板家具的连接件种类。

马耀驭、文玉旺^[13]对比3种螺纹型连接件的拔出阻力,结果表明,刨花板表面握持强度比端面握持强度高一倍左右;在导孔内涂胶比不涂胶时的拔出阻力也高一倍左右。

1985年,Eckelman得出了人造板用螺纹内嵌连接件握持强度的经验公式^[14]:

$$F = 121.5(IB)^{0.5} \cdot D^{0.5} \cdot L$$

式中: F—握持强度; IB—板材内结合强度;

D—连接件埋入段直径; L—连接件埋入深度。

三、近十年来的发展

板式家具除应有足够的结构强度外,还必须具备一定的刚性,以保证家具负荷后不产生超出许可范围的变形。

近10年来,刨花板连接性能的研究着重解决了板材的连接性能对家具整体结构强度和刚度的影响问题,并借助于现代分析手段,取得了突破性进展。

实际上,在1957年,Kotas^[15,16]就曾首先研究过板式家具的结构性能,其成果编入了一部家具设计手册;随后,Eckelman^[17]于1967年得出了关于板式家具结构角变形与板材刚度之间相互关系的分析方法;1972年,Ganowicz和Rogozinski^[18]首次将内功原理应用到板式家具的结构分析中;其后,Ganowicz和Kwiatkowski^[19]于1978年将这一分析方法进一步发展,计算了在双重载荷条件下家具结构的受力状况。

以上的研究均取得了一定的成果,但由于分析方法和手段的限制,未得出具有普遍理论指导意义的结论。80年代以后,这方面的研究成绩显著。

1982年,秦正德^[20]研究了背板对柜体家具结构刚性的影响。他指出,如果在板式家具结构设计中只重视提高板材和角接合的刚性,而忽视背板的刚性,往往会使整体结构刚性下降,他同时得出了背板系数(S)与柜体深度(D)的函数关系:

$$S = 0.45 \times 1.023^{-D} \quad \text{柜体刚度为:}$$

$$G_f = G_o + S(G_b - G_o)$$

式中: G_f —有背板的柜体刚度; G_o —无背板的柜体刚度; G_b —背板刚度。

80年代以后,人造板板式家具结构性能的研究主要集中在美国和德国,但后者的研究结果没有公开发表。Eckelman和Resheidat于1983年得出了刨花板家具整体结构刚性的理论计算公式^[21];随后,Eckelman与Rabiej合作^[22],设计了一种框架平面单元(frame plate element)模型,模拟柜体结构在外载作用下的受力状况,同时将有限元素法用于试验的结果分析,它不仅可用于普通的五表面柜体结构(five-sided cases),而且还适用于带有搁板(shelf)和隔板(Partition)的柜体结构。公式如下:

$$F/Y = f/y(\text{bot}) + f/y(\text{top}) + \sum f/y(\text{shelves})\alpha + 2(b^2f/a^2y)(\text{sides}) + b^2/a^2 \sum (f/y)(\text{part})\beta + (b^2f/a^2y)(\text{back})$$

式中: F/Y —柜体刚度; $f/y(\text{bot})$ —底板刚度;

$f/y(\text{top})$ —顶板刚度; $f/y(\text{sides})$ —侧板刚度;
 $f/y(\text{back})$ —背板刚度; $f/y(\text{part})$ —隔板刚度;
 $f/y(\text{shelves})$ —搁板刚度; a —柜体宽度;
 b —柜体高度; c —柜体深度; α —搁板与底板
 长之比; β —隔板高与侧板高之比。

这一研究成果对人造板家具的柜体整体结构设计有重要的实际指导意义。

1987年, Eckelman^[23]等又对具有表面框架(front frame)的柜体结构性能进行了研究,同时还考察了角接合刚性对整体结构刚性的影响。他指出,柜体结构正面的框架对整体结构起到加固作用,柜体受载角的变形受柜体结构和框架结构的共同影响,且与两个并联的弹簧作用相同,整体结构刚度等于无表面框架时的刚度加上4倍的表面框架的刚度。文章还指出,刚性角接合可使整体结构刚度提高15%~20%,文中给出的分析方法与Eckelman 1985年的研究成果为柜体家具的结构分析和理论设计提供了更加完善的科学方法。

国外的研究成果已使板式柜体家具的理论设计达到实用阶段,随着研究的不断深入,刨花板的其它应用技术问题会逐步得到解决。

目前国产刨花板的应用问题主要在于板材本身的质量,尤其是板材性能的波动是影响其应用的关键。作者经过研究发现^[11],刨花板物理力学强度的变异性,对板式家具角结构强度有很大影响。在拉载可拆型连接条件下,板材内结合强度变异系数与角结构破坏强度的变异系数约呈3倍的关系;板材静曲强度的变异系数与角结构1°变形时强度的变异系数也呈3倍的关系。因此,当板材静曲强度变异性较大时,很容易造成家具的变形,而板材内结合强度变异性较大时,则很容易使家具因受拉而发生角结构破坏。

我国在刨花板应用技术方面的研究有待进一步深入。特别是应尽快解决当前我国刨花板存在的质量变异性较大,以至造成刨花板制品性能不稳定等问题,这也是今后一个时期内刨花板生产和应用技术研究的一个重要方面。

(责任编辑 袁东岩)

参考文献

- [1] 王德林, 1987, 关于我国刨花板发展中几个问题的浅见, 木材工业, 1(3): 35-36.
- [2] Eckelman, C. A., 1975, Screwholding performance in hardwoods and particle

- board, F.P.J., (6): 30-35.
- [3] James, W. Johnson, 1967, Screw-holding ability of particle board and plywood, Forest Research Lab, School of forestry Oregon state Univ. Report T-22.
- [4] Didriksson, E.I.E., J. O. Nyren, E. L. Back, 1974, The splitting of wood-base building boards due to edge screwing, F.P.J. 24(7): 35-39
- [5] Englessen, T.A. Osterman, 1972, Assembly of chipboard with round dowels, Rept. No. 208, Swedish Forest Prod. Res. Lab. Stockholm.
- [6] Englessen, T., 1973, Summary of the investigations of several particleboards in the Swedish Forestry Prod. Res. Lab. Stockholm.
- [7] Bachmann, V.G., W. Hassler, 1975, The strength of various furniture construction of their component and fasteners Part 1. Holztechnologie, 16(12): 210-221.
- [8] Bachmann, V.G., W. Hassler, G. Hassler, 1980, Strength Construction details of case furniture, Moebel und Wohnraum, (2): 23-27.
- [9] 程忆敏译, 1983, 影响刨花板暗榫接着力因素, 家具, (2): 12-15.
- [10] Eckelman, C.A., D.L. Cassens 1985, Withdrawal strength of Dowels from wood composites, F.P.J. 35(5): 55-60.
- [11] 钱大威, 1991, 影响刨花板家具角结构强度的几个因素, 木材工业, 5(2): 6-12.
- [12] Kutschukov, V.G., N. A. Josifov, 1968, Comparative tests of the strength of various types of undetachable edge joints for use with particleboard components, Holztechnologie, 9(1): 34-48.
- [13] 马耀驹、文玉旺, 1982, 板式家具结构强度的研究, 北京木材工业, (4): 13-21.
- [14] Cassens, D. L., C. A. Eckelman, 1985, Face holding strength of threaded metal inserts in reconstituted wood pro-

(下转第34页)

A Study on wood drying characteristics of four species of hard-wood from Yunnan Province

Xiao Shaoqiong

Shi Guixuan

(Southwest Forestry College) (Yunnan Forest Products Company)

Wu Lizhong

(Southwest Forestry College)

Abstract By air drying and by the Japanese "one hundred degree research method", the drying characteristics of four species of hard-wood including *Cyclobalanopsis delavayi*, *Catanopsis delavayi*, *Lithocarpus dealbatus* and *Quercus variabilis* were studied. The results indicated that because of the low rates of drying and easy occurred drying defects, such as the surface check, the honeycomb check, the warping and twisting, the wood of these four species are hard to dry. The reasons include high tyloses contents in vessels, $\frac{1}{2}$ high wood density, uneven wood structures, high volumetric shrinkage values, high ratio of tangential to radial shrinkage and poor water permeabilities for these four kinds of wood. Suggestions were made to overcome these drying defects above mentioned and the drying schedules of these four species were built.

Keywords Hard-wood, Drying characteristics, Shrinkage properties, Japanese method, Air drying

(上接第47页)

- duction, 35 (3): 18-22.
- [15] Kotas, T., 1957, The theoretical and experimental analysis of cabinet structures, Res. Report (6) Furniture Development Council, London.
- [16] Kotas, T., 1958, Stiffness of case furniture, Prezem, Drzewney, (10, 11), Report 10-14, 15-18, Warszawa.
- [17] Eckelman, C. A., 1967, Furniture mechanics, the analysis of paneled case and carcass furniture, Purdue Univ. Agri. Eept. sta. Res. Prog. Rept. 274, W. Lafayette, Ind.
- [18] Ganowicz, R. T., J. Rogozinski, 1972, Analysis of case furniture, Prezem Drzewny, 23 (7): Warszawa.
- [19] Ganowicz R. T., K. Kwiatkowski, 1978, Experimental testing of the theory of deformations of cabinet designs, Holztechnologie, 19 (2): 100-106.
- [20] 秦正德著, 张淑慧译, 1984, 背板对家具强度的作用, 北京木材工业, (4): 34-38.
- [21] Shih-Chao Lin, C. A. Eckelman, 1987, Rigidity of furniture cases with various joint constructions, F.P.J. 37 (1), 23-27.
- [22] Eckelmam, C. A., R. Rabiej, 1985, A comprehensive method of analysis of case furniture, F.P.J. 35 (4): 62-68.
- [23] Eckelman C. A., S. Munz, 1987, Rational design of eases with front frames and semi-rigid joints, F.P.J. 37 (6): 25-30.