

综 述

国外结构人造板研究现状与发展趋势

华毓坤

(南京林业大学人造板研究所, 南京 210037)

摘要: 本文介绍了国外新型结构人造板的研发现状, 重点介绍了胶合层积木、单板层积材等主要结构人造板的工艺过程、基本性能和相关标准。

关键词: 结构人造板; 现状; 发展趋势

中图分类号: TS6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2004)05-0001-04

Processing, Properties and Standards of Structural Wood-based Panels in Foreign Countries

HUA Yu-kun

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: This paper reviewed the general level of research and production of the structural wood-based panel industry in foreign countries. The primary varieties of structural panels were evaluated including glued-laminated timber, laminated veneer lumber (LVL), parallel strand lumber, laminated strands lumber, TTS wood I Section, thick plywood and OSB. The areas that were reviewed were: their definition, processing, properties and relevant standards.

Key words: Structural wood-based panel; General situation; Trend

众所周知, 木材有着许多优点, 人类的生存离不开它, 但人类必须保持合理的、均衡的生态平衡。由于世界森林数量和质量的变坏, 为了满足人类需要, 大批速生人工林被营造。人工林木材虽然生长快, 却存在着生长应力大、材质相对松软等不足, 给加工利用带来困难; 另一方面人工林生长过程还有大量的小径级间伐材。如何利用这些资源是木材科技界急需解决的问题。对此, 国内外均进行了大量研究, 结构人造板的制造就是其中内容之一。

1 结构人造板概述

当前对结构人造板的定义和分类尚未统一。笔者认为, 结构人造板是以木材为主、由 2 种或 2 种以上异质、异形、异性的材料复合而成的新型材料, 且作为受力构件使用。据此, 结构人造板可定义为: 由基本单

元、增强单元、功能单元和连结单元 4 部分组成。

基本单元: 指木板、木束、木条、单板(片)、单板条、大片刨花等; **增强单元:** 指非木质纤维, 如碳纤维、有机合成纤维(聚乙烯纤维、聚对苯撑双噁唑纤维)、无机纤维(硼纤维、碳化硅纤维); **功能单元**(赋予板材特殊性能): 即导电、导磁、阻燃、抗腐、防水、防虫、装饰等添加剂; **连结单元:** 指合成树脂胶黏剂、无机胶黏剂(水泥、石膏)等。

结构人造板的种类可按基本单元的不同划分为:

木板基,如胶合(层积)木、压缩木; **木束基,**如重组木、(竹重组木); **木条基,**如胶合木; **单板(片)基,**如厚胶合板、单板层积材、竹胶合板、竹帘胶合板、竹编胶合板、单板条层积圆柱材; **单板条基,**如单板条并行木; **大片刨花基,**如层积窄长刨片木、定向刨花板(OSB)、华夫板; **其他单元复合,**如合板纤维轻质板、工字梁、复合材料(墙体)等。

这些材料目前主要用于建筑业, 例如梁、屋架、柱子、搁梁、屋面板、地板衬板、组合墙、混凝土模板等; 定向刨花

收稿时间: 2004-01-12
本文为作者在 2004 年北京“中国木材工业可持续发展高层论坛”上的报告。
作者简介: 华毓坤(1971-), 男, 南京林业大学教授、博士生导师。

板、厚胶合板等也可用于包装、车船制造等行业。生产和使用这类产品较多的是北美。世界木材及其制品耗量、人造板耗量、结构人造板产量分别见表 1~3。

表 1 世界主要地区和国家消耗木材及其制品比率及产量
Tab. 1 Wood consumption ratio and production in North America, Europe and Japan

国家/地区	消耗比率 /%			年产 /百万 m ³
	成材	木质人造板	工程成材	
北美	75.23	23.10	1.66	236.32
欧洲	66.12	32.97	0.90	155.40
日本	70.98	26.54	2.47	45.36

表 2 世界各类人造板比率及消耗量
Tab. 2 Worldwide consumption of wood-based panel

板种	1970 年	1993 年	2000 年
胶合板/%	48	40	31
刨花板/%	33	36	37
OSB/%	—	7	12
MDF/%	—	6	14
其它/%	18	10	7
总耗量/万 m ³	6 600(1)	12 600(1.9)	15 400(2.33)

表 3 1998—2002 年北美地区结构人造板产量
Tab. 3 Output of structural wood-based panel in North American during 1998—2002

年份	胶合板/万 m ³		OSB/万 m ³		胶合木/万 m ³		工字梁/亿 m		LVL/万 m ³	
	美国	合计	美国	合计	美国	合计	美国	合计	美国	合计
1998	1525.0	1693.9	1014.4	1649.7	62.79	66.27	2.07	2.39	124.83	131.6
1999	1480.8	1642.8	1022.0	1670.0	62.79	66.51	2.36	2.73	137.60	153.2
2000	1450.5	1606.4	1013.1	1690.4	65.11	68.37	2.59	3.03	154.63	175.9
2001	1407.7	1563.1	1021.8	1764.9	69.75	73.95	2.89	3.34	174.49	198.6
2002	1386.6	1528.4	1067.1	1755.3	74.42	78.37	3.05	3.50	194.34	218.4

数量及分布,限制斜纹理,控制指接的胶合强度。常用的标准有:日本 JAS 集成材标准;美国 ANSI A 190.1 结构胶合木,ANSI O 5.2 用于公共事业建筑用结构胶合木,美国 ASTM D 3737 评定胶合木应力的标准方法等,加拿大标准协会 CSA 标准 O 122 结构胶合木,欧共体标准 EN 386 胶合层积木。我国的胶合木标准正在编写中,目前不少企业按日本 JAS 标准生产。

当前主要研究课题:(1)胶合木表层采用高强度板材或在抗拉区增放碳纤维增加强度的研究;指榫形状尺寸对胶接强度的影响;木板的应力分级;(2)用虚拟技术模拟生产过程来提高加工质量,例如木板表面粗糙度、厚度偏差值对胶合木的胶合性能的影响;(3)结构简单、测量精度高的板材 MOR 和 MOE 检测装置开发;(4)加速胶合木加压和加热装置的研究;(5)动态控制胶合木性能指标的连续测试装置。

2.2 单板层积材(Laminated Veneer Lumber,LVL)^[1]
系以厚度 0.5~3.2 mm 的单板沿顺纹方向平行

2 主要的结构人造板

2.1 胶合木(又称集成材,Glued-Laminated Timber or Glu-Lam)^[1~4]

胶合木是由 2 层或多层木板或小方材胶拼而成,各层板的纹理基本平行,板厚为 25 mm 或 50 mm,其主要优点:可用小径木制成各种断面形状、质量均匀、较长的复合木材;还可进行各种预处理,使胶合木具有阻燃或装饰等功能。胶合木主要用于建筑业,如美国华盛顿 TACIMA 大会堂的圆形屋顶就是采用这种材料,还可制成曲线胶合木梁,其跨距可超过 60 m。此外,也被广泛作非结构及装饰用材。

胶合木制造工艺过程:原木锯剖(板、方材)→干燥(含水率 12%左右)→检测→锯去缺陷、端头开榫接长→高频加热固化→板面刨光和等厚加工→涂胶→组坯加压→检验→胶合木六面刨平→六面涂防水涂料→包装→贮运。

为了保证胶合木的质量,应严格限制木板中节子

组坯层积胶合而制成,其长度方向同纹理一致。LVL 的厚度一般为 19~89 mm,宽度 600~1 200 mm,长度 2.4~18.3 m,制作工艺类似于胶合板。LVL 不仅可作为板材使用(如楼梯踏板等),大部分是作为中厚板或方材使用,所以要求长度方向强度大。

生产加长 LVL 有两种方法:一种是先将 4'×8' 单板组坯,压成厚胶合板,再通过斜面接长制造 LVL;另一种是先将单板顺纹斜面接长,再铺成连续板坯热压。

单板层积材(LVL)不仅保留了木材的天然特性,而且去除节子、虫眼等缺陷,使其强度变异系数减小、许用应力增大、尺寸稳定性提高,并可以小径材生产出大幅面结构板材,拓宽了人工林木材的应用领域。LVL 是理想的承重结构材料,目前 40%~60% 的 LVL 用作屋顶桁架、门窗横梁、室内高级地板、楼梯踏步板和梯架。也可用 LVL 做高档家具台面的芯材或框架。LVL 也是优良的工业用材,可作为货架材料、车厢、枕木、脚手架、篮球架板、集装箱底板等。表

4 为几种板材的性能对比。

表 4 几种板材的力学性能对比

Tab. 4 Comparison of mechanical properties between LVL, glulam and lumber

性能指标	LVL	锯材*	胶合木**
MOR /MPa	19. 6	12. 6	14. 0
剪切强度 /MPa	1. 75	0. 665	1. 01
MOE /MPa	14000	11200	10500
长/m	不限	<7	33
厚/cm	15. 2	15. 2	不限
宽/cm	182	25. 4	20. 3

* 机械应力分级代号:1800f-1. 6E; ** 分级代号 1800f-1. 6E。

LVL 当前的主要研究集中在:

(1)应用滚柱形动力压尺提高小径木厚单板旋切质量、出板率;(2)单板干燥保持平整度和减少内应力;(3)单板顺纹接长技术,单板机械分级;(4)合理组坯减少板材的翘曲变形;(5)LVL 的无损检测;(6)快速热压:如高频加热、侧向喷蒸技术;(7)LVL 的防腐、防火、染色处理等。

2. 3 空心圆柱 LVL^[5,6]

此类材料由日本研究开发、并在住宅建筑支柱上有较多应用。空心圆柱 LVL 由厚 2. 3(3. 8)mm,宽 150(210)mm 的单板条卷缠而成,但相邻单条之间夹角为反方向 100°。单板条尺寸同圆柱形直径之间关系如下式所示: $t \leq \omega/64 \leq 0. 55D/64$

式中: t —单板厚度,mm; ω —单板宽度,mm; D —空心圆柱 LVL 内径,mm。

制造工艺过程:单板干燥→顺纹接长→单板涂胶(接触卷筒的首层单板内侧不涂胶)→卷缠→加压、加热→卸下→加工→检验。

空心圆柱 LVL 的物理力学性能见表 5、表 6。

表 5 空心圆柱 LVL 的静曲强度性能

Tab. 5 The bending properties of hollow cylindrical LVL

胶种	MOR /MPa	
	干状	煮 72 h 后
间苯二酚树脂胶(涂胶)	3. 46	2. 43
用 MDI 胶涂胶纸	3. 96	2. 78
直接涂 MDI 胶	3. 63	2. 17

表 6 10 层空心圆柱 LVL 的物理力学性能

Tab. 6 Properties of 10-layer cylindrical LVL

柱内填充物	密度 /(kg · m ⁻³)	MOE/GPa	MOR/MPa
有	0. 408	7. 442	14. 58
无	0. 139	8. 733	14. 80

注:柱体直径 300 mm,长 1 m。

2. 4 平行单板条层积木(Parallel Strands Lumber, PSL)^[1]

用除去缺陷的窄单板条,通过涂胶、顺纤维方向平行铺装组坯、热压而成,可替代实木用作梁、柱和过梁

等,其常用规格尺寸如下:梁宽 44. 5,68. 0,88. 9,133, 177. 8 mm,厚 235,241,285. 7,301. 6,355. 6,400, 482 mm;柱断面尺寸:88. 9 mm×88. 9 mm,88. 9 mm ×133 mm,88. 9 mm×177. 8 mm,133 mm×133 mm,133 mm×177. 8 mm,177. 8 mm×177. 8 mm。

PSL 的力学性能见表 7。

表 7 PSL 的力学性能指标

Tab. 7 Mechanical property indices of PSL

性能指标	*2. 0 E PSL	1. 8 E PSL
剪切模量/MPa	8612. 5	—
MOE/MPa	1. 378×10 ⁵	1. 24×10 ⁵
MOR/MPa	369. 3	305. 5
抗拉强度/MPa	258. 3	—
垂直纹理抗压强度/MPa	94	—
平行纹理抗压强度/MPa	319	275
平行纹理抗剪强度/MPa	37. 2	—

* 为 PSL 分级的级别代号。

2. 5 平行长大片刨花层积木(Laminated Strands Lumber, LSL)

采用长 220 mm、宽 10 mm 以上、厚 1 mm 左右的大片刨花经拌胶、铺装成型后热压而成,可替代实木锯材用于门、窗、横梁、梁等处。LSL 的工艺流程为:

原木→金属探测→剥皮→刨制刨花→湿料仓→筛选→干燥→干料仓→筛选→拌胶(MDI+石蜡)→铺装成型→截短(10. 7 m)→喷蒸热压→砂光→切割→检验包装→入库。

LSL 的物理力学性能指标如表 8 所示。

表 8 LSL 的性能指标*

Tab. 8 Mechanical property indices of LSL

性能指标	1. 3E	1. 5E
剪切弹性模量/MPa	5 597	6 459. 3
MOE/MPa	89 570	103 334. 2
MOR/MPa	216. 3	286. 58
抗拉强度/MPa	130. 5	190. 8
垂直纹理抗压强度/MPa	85. 3	91. 2
平行纹理抗压强度/MPa	154. 0	214. 28
平行纹理抗剪强度/MPa	51. 3	51. 3

* 参照加拿大标准 CAC 086-01 测定。

2. 6 工字梁(TTS WOOD I Section)^[7]

工字梁是由两根扁平的木质凸缘和中间的腹板胶合而成。凸缘多为实木,也有用厚胶合板或 LVL 替代,腹板常用 OSB 或 LSL。由于这种材料的强度和稳定性比方材好,且价格低,因而广泛替代实木用作搁梁,其形状和尺寸如图 1 所示。

2. 7 厚胶合板^[1]

胶合板分为结构胶合板和功能胶合板(薄板为主)两大类。结构胶合板多为厚胶合板,主要用作建筑中的旁板、地板衬板、混凝土模板,包装用板等受力构

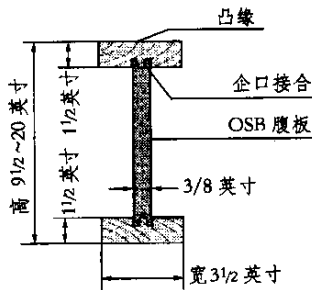


图 1 工字梁外形及尺寸

Fig. 1 Illustration of I beam

件。由于树种和成本等因素影响,北美和欧洲主要生产厚板;东南亚则以生产薄板为主。表 9 为用作衬板的厚胶合板的物理力学性能指标。

表 9 用作衬板的胶合板性能指标

Tab. 9 Property indices of sheathing-grade plywood

性能	数值	ASTM 试验方法
线湿胀率(30%~90% RH)/%	<0.20	
线热膨胀系数/K ⁻¹	0.00000247	
MOR /MPa	48~68	D3043
MOE /GPa	8.27~10.34	
抗拉强度 /MPa	27.5~34.4	D3550
抗压强度 /MPa	31.0~41.36	D3501
厚度方向:剪切强度 /MPa	5.5~6.9	D2719
剪切模量 /MPa	586~758	D3044
滚动剪切强度/MPa	1.72~2.06	D2718
滚动剪切模量/MPa	137.8~206	

当前厚合板的研究多集中在:(1)采用滚柱形动力压尺提高厚单板旋切质量;(2)提高单板平整度和减少其内应力;(3)合理组坯减少板的翘曲变形;(4)无损检测。

2.8 定向刨花板(Oriented Strand Board,OSB)

OSB 由窄长大片扁平刨花经喷胶和加入其它添加剂,铺装成型(一般为三层结构)、热压而成,其性能、结构类似于胶合板。OSB 可大量替代胶合板,用于地板衬板、隔墙、天花板、包装箱等。目前主要生产地区在北美,而设备制造主要在欧洲。工艺过程为:

小径木剥皮→金属探测→冲洗→刨片→气流式圆筒干燥机→圆网筛选机→面层和芯层干料仓→定量秤→滚筒式拌胶机→定向铺装→(截断)→检测→热压→(截断)→(锯边)→冷却→(砂光)→检验→包装入库。

世界 OSB 的生产能力见表 10,产品分类见表 11。

目前有关 OSB 的标准有:美国的 ANSI A208.1、加拿大标准 CAN3-04370-M85、欧盟标准 EN 300-97。欧盟标准系 1997 年颁布实施,代表了当代世界水平,产品分为室外型及室内型,标准的内容也适合我国国情,因此,我国 OSB 的行业标准基本上采用 EN 300-97 标准。

OSB 的研究现况:(1)将削片和刨片结合,省去剥

表 10 2004—2005 世界 OSB 生产能力/万 m³

Tab. 10 OSB capacity in the world from 1994—2005×10⁴m³

国家/地区	1994	1996	2000	2001	2003	到 2005 年
美国	680	825	1144.3	1108.4	1262.1	1330.2
加拿大	309	480	758.2	929.0	935.2	1062.8
欧洲	—	—	154.5	200.5	310.0	350.0
拉丁美洲	—	—	—	—	48.0	123.0
合计	1290	1720	2057	2238		

表 11 OSB 分类(LY/T 1580-2000)

Tab. 11 Classification of OSB

类型	使用条件
OSB/1	一般用途板材和装修材料(包括家具),适用于室内干燥状态条件下
OSB/2	承载板材,适用于室内干燥状态条件下
OSB/3	承载板材,适用于潮湿状态条件下
OSB/4	承重载板材,适用于潮湿状态条件下

皮系统,即两阶段大片刨花生产系统研究和产业化;(2)提高铺装机定向度;(3)提高产品质量,缩短热压周期等;(4)快速固化、无毒胶黏剂的研究;(5)新用途开发。

3 结构人造板的发展趋势

3.1 木质单元纤维方向的定向

重点发展:线性结构材、胶合层积木、单板层积材、单板条并行木、单板条层积圆柱材、层积窄长刨片木、工字梁等。

利用木材小料可通过定向排列、铺装成型制造各种结构用板材,如定向刨花板、空心刨花板、轻质厚刨花板、定向纤维板、轻质厚纤维板等。

3.2 生产和应用中的 4R 原则

为保证绿色生产和生产绿色产品,必须坚持 4R 原则,即应用再生资源(Regrow)、减熵原则(Reduce)、再使用原则(Reuse)及再循环原则(Recycle)。21 世纪面临的问题是要解决好人类—资源—环境—发展之间互相依赖、生态平衡的关系,走可持续发展的道路。

参考文献:

[1] Forest Products Laboratory. Wood Handbook: Wood as an Engineering Material[M]. 1987.
[2] NBC National Building Code of Canada[S].
[3] Canadian Wood Council. Wood Design Manual[M]. 1990.
[4] Canadian Wood Council. Structural Glued-Laminated Timber [M]. 1982.
[5] The Proceedings of 5th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium[C]. Australia,2000.
[6] The Proceedings of 6th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium[C]. USA, 2002.
[7] Jager Industries Inc. TTS Wood I[M].