

ICS 79.010
B 60

LY

中华人民共和国林业行业标准

LY/T 3039—2018

正交胶合木

Cross laminated timber

(发布稿)

2018-12-29 发布

2019-05-01 实施

国家林业和草原局 发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由全国木材标准化技术委员会结构用木材分技术委员会（SAC/TC41/SC4）提出并归口。

本标准起草单位：华南农业大学、中山四海家具制造有限公司、广东耀东华家具装饰材料有限公司、中国林业科学研究院木材工业研究所、广东菲立智能家居有限公司、新汉木结构技术（深圳）有限公司、广东联塑日利门业有限公司、宁波中加低碳新技术研究院有限公司、阿克苏诺贝尔粘合剂(亚洲)有限公司、南京林业大学、广东产品质量监督检验研究院、迁安市大树木业有限责任公司。

本标准主要起草人：胡传双、王婷、周海宾、朱进、阙泽利、周建徽、曾敏华、萧俊聪、郭丙华、胡硕飞、杨建奎、廖宇超、杨林清、王建和、唐松波、Bryan Chow、张仕康、全雪飞。

目 次

1	范围.....	1
2	引用标准.....	1
3	术语和定义.....	1
4	符号.....	3
5	制造要求.....	5
6	正交胶合木要求.....	10
7	试验方法.....	13
8	产品认证与标识.....	22

正交胶合木

1 范围

本标准规定了正交胶合木的术语、制造要求、物理力学性能要求、抽样、试验方法和产品标识。

本标准适用于正交胶合木的生产、性能评价、产品性能测试及标识。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1931	木材含水率测定方法
GB/T 1933	木材密度测定方法
GB 18580	室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量
GB/T 19367	人造板的尺寸测定
GB/T 26899	结构用集成材
GB/T 28986	结构用木质复合材产品力学性能评定
GB/T 28987	结构用规格材特征值的测试方法
GB 50005	木结构设计规范
GB 50206	木结构工程施工质量验收规范
GB/T 50329	木结构试验方法标准
LY/T 2383	结构用木材强度等级

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

正交胶合木 **Cross laminated timber (CLT)**

一种至少由涂布有结构用胶黏剂的三层或三层以上实木锯材或结构用木质复合材（Structural composite lumber, SCL）相邻层相互垂直组坯加压预制而成的实体木质工程材，结构示意图如图 1 所示，主要用于屋盖、楼板和墙体等木结构构件。

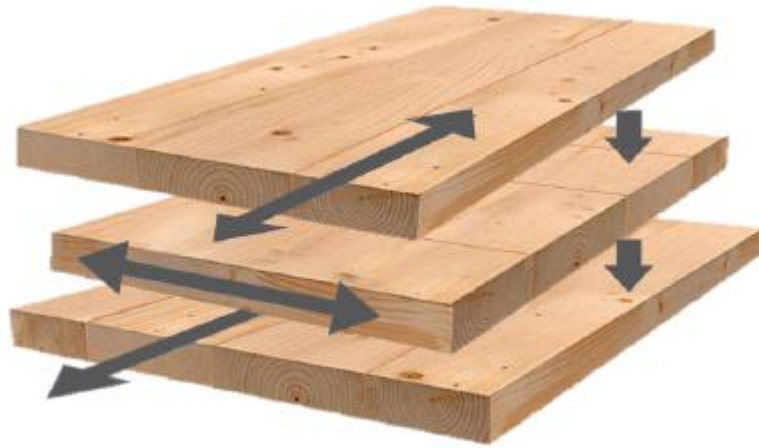


图 1 正交胶合木结构示意图

3.2

强轴方向 major strength direction

正交胶合木表层木材纹理方向。

3.3

弱轴方向 minor strength direction

正交胶合木表层平面内垂直于正交胶合木强轴的方向。

3.4

层板 lamination

可用于制造正交胶合木的锯材单元或结构复合材（SCL）单元，厚度范围为 12mm 到 51mm，用于强轴方向的层板其宽度不小于其厚度的 1.75 倍，用于弱轴方向的层板其宽度不小于其厚度的 3.5 倍。

3.5

平行层 parallel layer

层板长度方向平行于正交胶合木强轴方向的层。

3.6

垂直层 perpendicular layer

层板长度方向垂直于正交胶合木强轴方向的层。

3.7

组坯 layup

正交胶合木各层排列方式。

3.8

正交胶合木等级 CLT grade

根据力学性能指标将具有相同层数及组坯但不同层板厚度的正交胶合木所划分的等级。

3.9

分层 delamination

由于胶黏剂破坏或胶黏剂与被粘物胶合界面的破坏而导致的正交胶合木层与层之间的分离破坏。

3.10

制造标准 manufacturing standard

限定涉及正交胶合木制造的设备、工艺、人员和品质监控等相关要素最低要求的文件。

4 符号

下列符号适用于本文件。

A_{eff} — 正交胶合木有效截面积，用于计算正交胶合木层间剪力， mm^2/m ；

A_g — 正交胶合木全截面面积， mm^2/m ；

A_{net} — 正交胶合木净截面积，用于计算正交胶合木强轴方向的压应力， mm^2/m ；

A_w — 缺角面积， mm^2 ；

a_w — 缺损最长对角线长度， mm ；

E_0 — 层平面内平行于正交胶合木强轴方向的层板抗弯弹性模量， MPa ；

- E_{90} — 层平面内垂直于正交胶合木强轴方向的层板抗弯弹性模量（本标准中，对于锯材 $E_{90} = E_0/30$ ），MPa；
- EI_{eff} — 等效弯曲刚度，N·mm²/m；
- $f_{b,0}$ — 层平面内平行于正交胶合木强轴方向的层板抗弯强度特征值，MPa；
- $f_{b,90}$ — 层平面内垂直于正交胶合木强轴方向的层板抗弯强度特征值，MPa；
- $f_{c,0}$ — 层平面内平行于正交胶合木强轴方向的层板抗压强度特征值，MPa；
- $f_{c,90}$ — 层平面内垂直于正交胶合木强轴方向的层板抗压强度特征值，MPa；
- $f_{t,0}$ — 层平面内平行于正交胶合木强轴方向的层板抗拉强度特征值，MPa；
- $f_{t,90}$ — 层平面内垂直于正交胶合木强轴方向的层板抗拉强度特征值，MPa；
- $f_{v,0}$ — 层平面内平行于正交胶合木强轴方向的层板剪切强度特征值，MPa；
- $f_{v,90}$ — 层平面内垂直于正交胶合木强轴方向的层板剪切强度特征值，MPa；
- $f_{s,0}$ — 层平面内平行于正交胶合木强轴方向的层板滚动剪切强度特征值，MPa；
- $f_{s,90}$ — 层平面内垂直于正交胶合木强轴方向的层板滚动剪切强度特征值，MPa；
- $f_{t,j,k}$ — 指接处抗拉强度特征值，MPa；
- $f_{m,j,k}$ — 指接处平放位置的抗弯强度特征值，MPa；
- f_v — 木块剪切强度，MPa；
- f_{v12} — 试件含水率为12%时的剪切强度，MPa；
- $f_{b,CLT}$ — 正交胶合木试样抗弯强度，MPa；
- $f_{s,CLT}$ — 正交胶合木滚动剪切强度，MPa；
- G_0 — 层平面内平行于正交胶合木强轴方向的剪切模量（本标准中，对于锯材 $G_0 = E_0/16$ ），MPa；
- G_{90} — 层平面内垂直于正交胶合木强轴方向的剪切模量（本标准中，对于锯材 $G_{90} = G_0/10$ ），MPa；
- GA_{eff} — 等效剪切刚度，N/m；

$G_{r,CLT}$ — 滚动剪切模量, MPa;

I_g — 正交胶合木总截面惯性矩, mm^4/m ;

I_{eff} — 用于计算正交胶合木弯曲刚度的有效截面惯性矩, mm^4/m ;

RD — 分层率, %;

S_{eff} — 用于计算正交胶合木承载力的有效截面模量, mm^3/m ;

W — 试件含水率, %;

τ_{CLT} — 层间剪切强度, MPa;

5 制造要求

5.1 锯材要求

5.1.1 树种

GB 50005 中采用的木材树种或树种组合且密度大于 350 kg/m^3 的均可用于制造正交胶合木。正交胶合木同一层内应采用同一树种或树种组合, 上、下相邻层可采用不同树种或树种组合。

5.1.2 锯材等级

对于国产规格材, 用于正交胶合木平行层的针叶材锯材强度等级不低于 LY/T 2383 规定的 S24 等级, 用于正交胶合木垂直层的针叶材锯材强度不低于 LY/T 2383 规定的 S18 等级。对于北美进口规格材, 用于正交胶合木平行层的针叶材锯材等级不低于 GB/T 29897 规定的 III_c 等级, 用于正交胶合木垂直层的针叶材锯材不低于 GB/T 29897 规定的 IV_c 等级。

5.1.3 层板尺寸

(1) 层板的厚度尺寸范围应不小于 12mm 和不大于 51mm, 且正交胶合木同一层内的层板厚度应保持一致。

(2) 平行于正交胶合木强轴方向的平行层层板净宽度应不小于层板厚度的 1.75 倍。

(3) 垂直于正交胶合木强轴方向的垂直层层板如果不采用侧面胶接, 则其净宽度应不小于其厚度的 3.5 倍。

5.1.4 含水率

制造正交胶合木时，锯材含水率应为 $12 \pm 3\%$ ，结构用木质复合材含水率应为 $8 \pm 3\%$ ，相邻两层之间的含水率差应小于 5%。

5.1.5 胶接表面

进行胶接前，所有的胶接表面应砂光，剔除波状纹、毛刺糙面、瓦棱状锯痕和加工烧焦等，避免表面机械加工缺陷对胶接效果的不利影响。所有的面胶接表面应保持整洁，避免砂子、灰尘和渗出物等异物对胶接效果的不利影响。对于易于产生氧化的树种，应在砂光加工 48 小时内进行胶接。

5.1.6 面胶接尺寸公差

在面胶接时，沿层板宽度方向的厚度变化不得超过 $\pm 0.2\text{mm}$ ，沿层板长度方向的厚度变化不得超过 $\pm 0.3\text{mm}$ 。顺弯和翘弯不应太大，以确保其可在胶合过程中能够被压平直。

5.2 结构用木质复合材

满足 GB/T 28986 的要求且密度符合 5.1.1 节规定的结构用木质复合材可用于制造正交胶合木。用于制造结构用木质复合材的层板也必须满足 5.1.3 到 5.1.6 节的要求。

5.3 胶黏剂要求

通常适用于结构用集成材的胶黏剂也适用于正交胶合木，正交胶合木用胶黏剂应满足 GB/T 26899 4.1 节的所有要求。考虑到正交胶合木层板尺寸较大，会导致胶黏剂热固化效率低下，正交胶合木胶黏剂宜选用三聚氰胺改性脲醛胶黏剂 (melamine modified urea formaldehyde resin)、三聚氰胺-甲醛胶黏剂 (melamine formaldehyde resin)、单组分聚氨酯胶黏剂 (one-component polyurethane, PUR)、间苯二酚改性酚醛胶黏剂 (phenol resorcinol formaldehyde, PRF) 和异氰酸酯胶黏剂 (emulsion polymer isocyanate, EPI)。对于结构用胶黏剂，其胶缝抗剪强度应满足 GB 50005 附录 E 表 E.1.1 规定的数值。

5.4 有效胶接面积

一个面胶接层的漏胶面积不能超过胶接表面总面积的 20%，以保证有效胶接面积不少于胶接表面总面积的 80%。

5.5 胶合性能要求

正交胶合木的胶合性能包括指接材层板抗弯强度、层板间侧面胶合性能和正交胶合木各相邻层间的胶合性能。层间胶合性能测试包括浸渍剥离测试和剪切测试。

5.5.1 层板长度方向的指接

层板在长度方向可采用指接接长,所用胶黏剂及对胶黏剂性能要求与正交胶合木用胶黏剂及性能要求应保持一致,如 5.3 节所述。长度方向胶接节点的胶合性能应达到 GB/T26899-2011 中 4.5.2 所规定的相关胶合性能要求。

5.5.2 层板宽度方向的侧面胶接

层板在宽度方向可采用拼接接宽,所用胶黏剂及对胶黏剂性能要求与正交胶合木用胶黏剂及对胶黏剂性能要求应保持一致。侧面胶结层的剪切强度应不小于被胶接层板木材顺纹剪切强度的 60%。

5.5.3 正交胶合木各相邻层间胶接

5.5.3.1 面胶接层完整性

面胶接层完整性应通过浸渍剥离测试验证。最大分层长度不应超过试件单一面胶接层总长度的 40%,分层总长度不应超过试件所有面胶接层长度总和的 10%。

5.5.3.2 层间胶合强度

层间胶合强度应通过胶层剪切实验验证。对于交错胶合层,层间胶合强度应不小于被胶接层板木材横纹剪切强度。

5.6 层板指接要求

5.6.1 指接强度

指接强度应参考 GB/T 50329 规定进行测试,测试值应满足下面的关系式 (1) 或 (2),

$$f_{t,j,k} \geq 5 + f_{t,0} \quad (1)$$

$$f_{m,j,k} \geq 8 + 1.4f_{t,0} \quad (2)$$

式中 $f_{t,j,k}$ 是指接处抗拉强度特征值, MPa; $f_{m,j,k}$ 为指接处平放位置的抗弯强度特征值, MPa; $f_{t,0}$ 为层板锯材抗拉强度特征值, MPa。

5.6.2 缺陷限定

指接长度范围内和指根 75mm 内的四边中不超过两边存在缺角或边缘缺损。任一缺角面积 (A_w)，不应超过截面积的 1%，如下图 2 所示。 a_w 为缺损最长对角线。

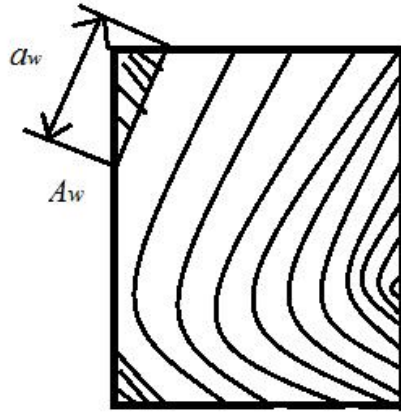


图2 有缺损的木材横截面

直径小于 6mm 的节子可以忽略。指长范围内应不存在节子，指接范围以外的节子距指端部应大于 $l_{FJ}+3s$ (s 为节子的直径)。当需要横向锯掉节子，下锯处应大于 $3s$ 。

5.6.3 指榫几何要求

指榫的几何尺寸应满足加压后能自锁的要求。推荐指顶宽与刀具宽之比 b_t/b_{cut} 不小于 1.1 和不大于 1.2 范围内。在图 3 几何关系中，指长 l_{FJ} 、指距 p 、指顶宽 b_t 、折减因子 $v=b_t/p$ 以及指角度 α 应满足关系式 (3) 和 (4)：

$$l_{FJ} \geq 4p(1-2v) \quad (3)$$

$$\alpha \leq 7.1^\circ \quad (4)$$

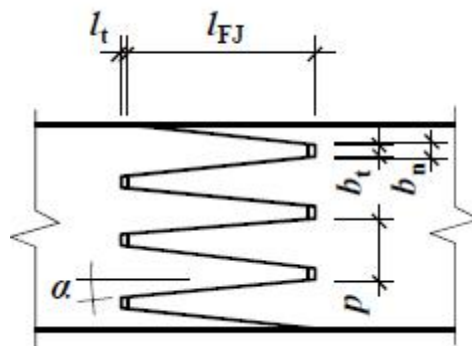


图3 指榫几何形状示意图

常见指榫几何尺寸以及刀具参数如下表1所示。

表1 指榫几何尺寸与刀具宽度对应折减因子

指长, l_{FJ}/mm	指距, p/mm	刀具宽, b_{cut}/mm	折减因子 ν
15	3.8	0.42	0.11
15	3.8	0.6	0.16
20	5.0	0.5	0.10
20	6.2	1.0	0.16

5.7 推荐组坯

正交胶合木的组坯应符合本节要求并经检验机构认证合格后,则成为各个正交胶合木工厂的制造标准。如果工厂采用北美进口规格材生产正交胶合木,组坯方式和等级要求可以参考下列 a)-e) 5 种组坯方式。

- a) E1: 所有平行层均采用机械应力分等云杉-松-冷杉类锯材,其抗弯强度和弹性模量特征值分别为 28.2 MPa 和 11,700 MPa。所有垂直层均采用目测分等云杉-松-冷杉类锯材,其等级符合 GB/T 29897 规定的 IV_c 等级。
- b) E2: 所有平行层均采用机械应力分等花旗松-落叶松类锯材(美国),其抗弯强度和弹性模量特征值分别为 23.9 MPa 和 10300 MPa。所有垂直层均采用目测分等花旗松-落叶松类锯材,其等级符合 GB/T 29897 规定的 IV_c 等级。
- c) E3: 所有平行层均采用机械应力分等铁杉-冷杉类、花旗松-落叶松类锯材(加拿大)和其他针叶材树种锯材,其抗弯强度和弹性模量特征值分别为 17.4 MPa 和 8,300 MPa。所有垂直层均采用目测分等铁杉-冷杉类、花旗松-落叶松类锯材(加拿大)和其他针叶材树种锯材,其等级符合 GB/T 29897 规定的 IV_c 等级。
- d) V1: 所有平行层均采用目测分等花旗松-落叶松类锯材,其等级符合 GB/T 29897 规定的 III_c 等级。
所有垂直层均采用目测分等花旗松-落叶松类锯材,其等级符合 GB/T 29897 规定的 IV_c 等级。
- e) V2: 所有平行层均采用目测分等云杉-松-冷杉类锯材,其等级符合 GB/T 29897 规定的 III_c 等级。所有垂直层均采用目测分等云杉-松-冷杉类锯材,其等级符合 GB/T 29897 规定的 IV_c 等级。

如果进口材不在以上推荐组合中,则必须对正交胶合木进行结构性能测评以确保其组坯方式满足正交胶合木结构性能要求。

如果工厂采用国产针叶材生产，用于正交胶合木平行层的锯材强度等级不低于 LY/T 2383 规定的 S24 等级，用于正交胶合木垂直层的针叶锯材强度不低于 LY/T 2383 规定的 S18 等级。采用结构用木质复合材（SCL）制造正交胶合木时，如果组坯方式无法满足表 2 和 3 正交胶合木性能的要求，在经检测机构检测其组坯方式可满足本标准规定的制造要求和力学性能要求前提下，允许存在定制正交胶合木等级。

表 2 用于制造正交胶合木的国产材测试特征值要求

CLT 等级	强轴方向						弱轴方向					
	$f_{b,0}$	E_0	$f_{t,0}$	$f_{c,0}$	$f_{v,0}$	$f_{s,0}$	$f_{b,90}$	E_{90}	$f_{t,90}$	$f_{c,90}$	$f_{v,90}$	$f_{s,90}$
	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa
C1	24.0	10500	13.0	21.0	3.00	1.00	18.0	9000	10.00	18.00	2.50	0.83
C2	28.0	11500	15.0	22.0	3.00	1.00	18.0	9000	10.00	18.00	2.50	0.83
C3	32.0	12500	17.0	22.0	3.50	1.17	20.0	9500	11.00	19.00	2.50	0.83

表 3 用于制造正交胶合木的北美进口材测试特征值要求

CLT 等级	强轴方向						弱轴方向					
	$f_{b,0}$	E_0	$f_{t,0}$	$f_{c,0}$	$f_{v,0}$	$f_{s,0}$	$f_{b,90}$	E_{90}	$f_{t,90}$	$f_{c,90}$	$f_{v,90}$	$f_{s,90}$
	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa	/Mpa
E1	28.2	11700	19.9	23.6	2.93	0.97	7.2	8300	3.62	8.52	2.93	0.97
E2	23.9	10300	14.8	22.3	3.90	1.31	7.6	9700	4.69	10.14	3.90	0.31
E3	17.4	8300	8.7	18.3	2.38	0.79	5.1	6200	2.17	6.21	3.78	0.79
V1	13.0	11000	8.3	17.7	3.90	1.31	7.6	9700	4.69	10.14	3.90	1.31
V2	12.7	9700	6.5	15.1	2.93	0.97	7.2	8300	3.62	8.52	2.93	0.97

6 正交胶合木要求

6.1 尺寸和偏差

正交胶合木总厚度应不超过510mm。厚度尺寸偏差为±1.5mm或正交胶合木厚度的±2%，取两者中的较大值。宽度尺寸偏差为±3.0mm。长度尺寸偏差为±6.5mm。两条对角线尺寸偏差为±3.0mm。

6.2 甲醛释放量

当采用含有甲醛的胶黏剂制造正交胶合木时，参照 GB/T 18580 的 6.4 节 1m^3 气候箱法测定甲醛释放量。如甲醛释放量不大于 0.12 mg/m^3 ，则甲醛释放量限量标识为 E1 级。如采用不含有甲醛的胶黏剂制造正交胶合木，则甲醛释放量限量标识为 E1 级。

6.3 力学性能

6.3.1 力学性能确定方法

正交胶合木的力学性能可以依据第 7 节中的测试方法测试得到，也可根据正交胶合木的组坯方式、几何尺寸及层板性能计算得到。

如采用后者，本标准推荐剪切类比法（shear analogy method）用于确定正交胶合木构件面外抗弯设计值。该方法基于以下假设：

- a) 锯材横纹弹性模量是顺纹弹性模量的 1/30；
- b) 锯材平行于纹理方向的剪切模量是顺纹弹性模量的 1/16；
- c) 锯材垂直于纹理方向的剪切模量（滚动剪切模量）是平行于纹理方向剪切模量的 1/10。

基于剪切类比法，等效弯曲刚度为：

$$EI_{eff} = \sum_{i=1}^n E_i \cdot b_i \cdot \frac{h_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n E_i \cdot A_i \cdot z_i^2 \quad (5)$$

式中 E_i 为各层平行于强度方向的弹性模量， b_i 为每层的宽度，取 1m ， h_i 为每层的厚度， A_i 为每层的截面积， z_i 为每层截面中间线到中性轴的距离。

$$z_i = z - Y_i \quad (6)$$

式中， Y_i 为每层中线到最外层表面的距离， z 为中性轴位置，如公式（7）所示。

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i A_i) \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n E_i A_i} \quad (7)$$

等效剪切刚度 GA_{eff} 为，

$$GA_{eff} = a^2 \cdot \left[\frac{h_1}{2 \cdot G_1 \cdot b_1} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{h_i}{G_i \cdot b_i} + \frac{h_n}{2 \cdot G_n \cdot b_n} \right]^{-1} \quad (8)$$

式中 G_i 为各层的剪切模量，对于垂直层为滚动剪切模量。

因此，等效截面模量为，

$$S_{eff} = \frac{2EI_{eff}}{E_1 h_{tot}} \quad (9)$$

式中 EI_{eff} 为等效弯曲刚度， E_1 为最外层单元弹性模量， h_{tot} 为板总厚度。

6.3.2 推荐组坯及其抗弯承载力

承载力通过剪切类比模型分析法得到并通过实验测试验证，表4和提供了5.7节采用北美进口规格材和国产材生产的铺层配置为3、5、7层的抗弯承载力。

表4 正交胶合木抗弯承载力（北美进口材）

CLT 等 级	总 厚 度 /mm	每层厚度/mm							强轴方向			弱轴方向		
		=	⊥	=	⊥	=	⊥	=	$f_b S_{eff,0}$ /10 ⁶ N-mm/m	$EI_{eff,0}$ /10 ⁹ N-mm ² /m	$GA_{eff,0}$ /10 ⁶ N/m	$f_b S_{eff,90}$ /10 ⁶ N-mm/m	$EI_{eff,90}$ /10 ⁹ N-mm ² /m	$GA_{eff,90}$ /10 ⁶ N/m
E1	105	35	35	35					42	1088	7.3	1.4	32	9.1
	175	35	35	35	35	35			98	4166	15	12	836	18
	245	35	35	35	35	35	35	35	172	10306	22	28	3183	27
E2	105	35	35	35					36	958	8.0	0.94	36	8.2
	175	35	35	35	35	35			83	3674	16	8.1	929	16
	245	35	35	35	35	35	35	35	146	9097	24	19	3537	25
E3	105	35	35	35					26	772	5.3	0.92	23	6.4
	175	35	35	35	35	35			60	2956	11	8.0	604	13
	245	35	35	35	35	35	35	35	106	7313	16	18	2299	19
V1	105	35	35	35					15	1023	8.0	0.94	36	8.7
	175	35	35	35	35	35			35	3922	16	8.1	929	17
	245	35	35	35	35	35	35	35	61	9708	24	19	3537	26
V2	105	35	35	35					18	884	7.2	1.4	32	7.5
	175	35	35	35	35	35			41	3388	14	12	836	15
	245	35	35	35	35	35	35	35	72	8388	22	28	3183	23

表5 正交胶合木抗弯承载力（国产材）

CLT 等 级	总 厚 度 /mm	每层厚度/mm						强轴方向			弱轴方向		
		=	⊥	=	⊥	=	⊥	=	$f_b S_{eff,0}$ /10 ⁶ N-mm/m	$EI_{eff,0}$ /10 ⁹ N-mm ² /m	$GA_{eff,0}$ /10 ⁶ N/m	$f_b S_{eff,90}$ /10 ⁶ N-mm/m	$EI_{eff,90}$ /10 ⁹ N-mm ² /m
C1	120	40	40	40				47	1457	8.3	3.2	96	9.4
	200	40	40	40	40	40		108	5585	17	29	1433	19
	280	40	40	40	40	40	40	192	13822	25	74	5207	28
C2	120	40	40	40				55	1596	8.3	3.4	101	10
	200	40	40	40	40	40		126	6113	17	29	1450	20
	280	40	40	40	40	40	40	224	15124	25	75	5250	31
C3	120	40	40	40				63	1735	8.8	3.8	108	11
	200	40	40	40	40	40		145	6644	18	32	1537	22
	280	40	40	40	40	40	40	255	16434	26	83	5558	33

7 试验方法

试验所用正交胶合木尺寸需满足密度、含水率、胶合性能和力学性能取样要求，具体上述各指标取样示意图如图4所示。L1为剪切试验与浸渍试验取样区域长度，L2为剪切试验与浸渍试验取样区域宽度，a为试件中心与取样区域边缘的距离。L1和L2均为900mm，a为100mm。样品应在室内环境中存放至少24h或等到胶黏剂固化完全。

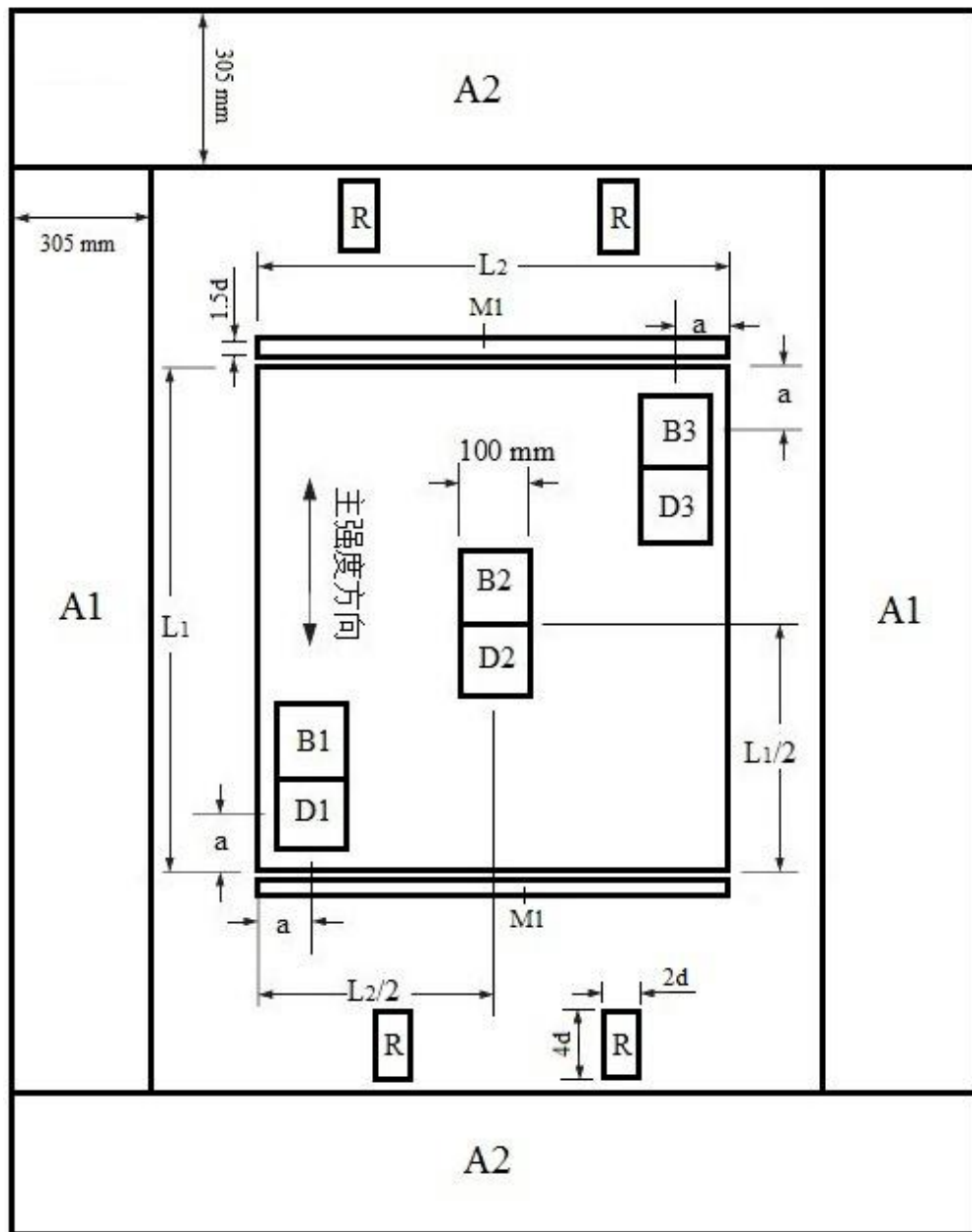


图4 试样锯切示意图

7.1 密度

如图4所示，正交胶合木密度试件共2块，标识为M1，试件长度 L_2 为900mm，宽度为层板宽度 d 的1.5倍，厚度为正交胶合木的厚度。密度测试方法及步骤按照GB/T 1933进行。

7.2 含水率

完成密度测试后，分别将两块 M1 试件进一步锯切成共 6 块试件用于含水率测试，试件长度为 20mm，宽度为层板宽度 d 的 1.5 倍，厚度为正交胶合木的厚度。含水率测试方法及步骤按照 GB/T 1931 进行。

7.3 胶合性能

7.3.1 取样

如图 4 所示，锯制木块剪切试验和浸渍试验试件各 3 块，分别标识为 B1、B2、B3 和 D1、D2、D3。

7.3.2 木块剪切试验

7.3.2.1 试样制作

按照图3取样得到与正交胶合木等厚标记为B1、B2和B3的方形木块后，根据图4所示尺寸和形状进一步锯制得到木块剪切试件，并标记胶层编号。

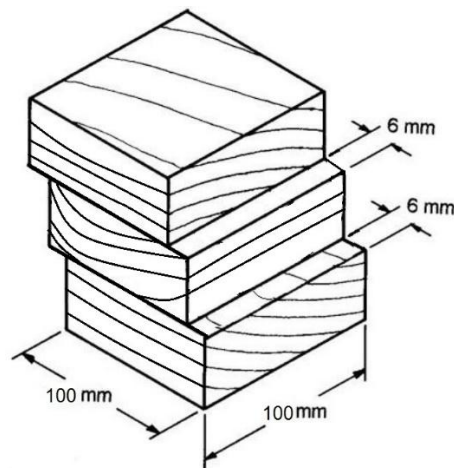


图 5 木块剪切试验试件尺寸及形状示意图（三层正交胶合木例）

7.3.2.2 试验条件

根据不同使用环境，测试木块剪切强度及木破率的试验条件可选择：

- (a) 干态试验，适用于GB/T 26899规定的使用环境1和2；
- (b) 真空-加压试验，适用于GB/T 26899规定的使用环境3。

7.3.2.2.1 干态试验

试件需在温度(20±2)℃,相对湿度(65±5)%环境中调节至达到质量恒定状态,并在室内环境中进行剪切试验。

7.3.2.2.2 真空-加压试验

真空-加压试验应按照以下步骤进行:

- (a) 将试件放入可施加真空和压力的密闭容器中,并加入足量的22±5℃的水,使试件完全浸没;
- (b) 施加75±10 kPa的真空并维持30 min;
- (c) 释放真空并施加540±20 kPa的压力维持2 h;
- (d) 若试件未完全湿润,需重复真空-加压循环;
- (e) 试件从水中取出,在湿状态下进行剪切试验。

7.3.2.3 试验方法

剪切试验装置如图5所示,试件放在夹具上应保证胶合面与加载方向平行,加载均匀,加载速度应不超过13 mm/min。试验前,应根据胶层编号,先用游标卡尺测量剪切面尺寸,精确至0.1mm。

试件破坏后,记录破坏荷载值。测量试件受剪面上剪切破坏的木材面积,精确至3%。剪切强度按公式(10)计算,单个试件的剪切强度为各胶层剪切强度的平均值。对于干态试验,试验结果需按公式(11)修正为含水率12%时的剪切强度。木破率以百分比形式记为木材破坏面积与胶层总面积之比。

$$f_v = \frac{P}{S} \quad (10)$$

式中:

f_v ——剪切强度,单位为兆帕(MPa);

P ——破坏载荷,单位为牛顿(N);

S ——胶层受剪面积,单位为平方毫米(mm²)。

试件含水率为12%时的剪切强度,应按公式(11)计算,精确至0.1 MPa。

$$f_{v12} = f_v [1 + 0.03(W - 12)] \quad (11)$$

式中:

f_{v12} ——试件含水率为12%时的剪切强度,单位为兆帕(MPa);

W ——试件含水率, %。

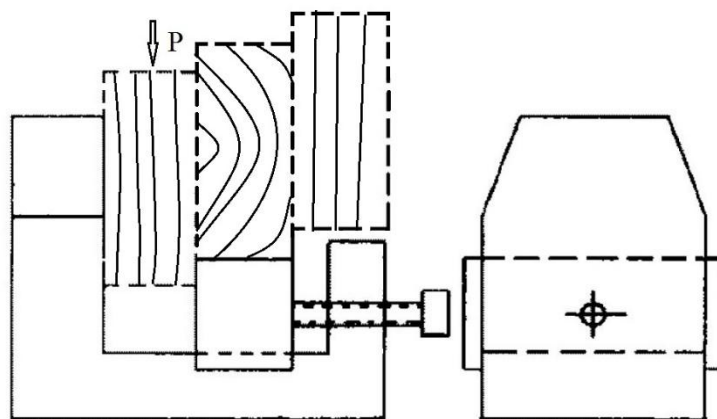


图5 木块剪切试验装置图

7.3.3 浸渍剥离试验

浸渍剥离试验需按照以下步骤进行：

- (a) 将试件置于密闭容器中，并相互分隔，使各表面完全暴露于水中；
- (b) 加入足量的 $22\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的水，使试件完全浸没；
- (c) 施加 $75\pm 10\text{ kPa}$ 的真空并维持2 h；
- (d) 释放真空，施加 $540\pm 20\text{ kPa}$ 的压力并维持2 h；
- (e) 释放压力，施加 $75\pm 10\text{ kPa}$ 的真空并维持2 h；
- (f) 释放真空，施加 $540\pm 20\text{ kPa}$ 的压力并维持2 h；
- (g) 在 $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ 温度和充足的空气循环条件下干燥88 h，使试件重量损失在初重的10%以内；
- (h) 该4 d (96 h)循环重复2次，即该试验需12 d完成。

试件分层率可由下式(12)进行计算：

$$RD = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (12)$$

式中：

RD——分层率，%；

A——试件端部胶层开口长度，单位为毫米（mm）；

B——试件端部胶层总长度，单位为毫米（mm）。

7.4 力学性能

7.4.1 取样

R区域用于锯制滚动剪切试件，长度至少为层板宽度的4倍，宽度为层板宽度的2倍。

根据GB/T 28987，试件数量应足够用于确定75%置信度下的力学性能特征值，试件个数应不少于10。

7.4.2 弯曲性能

7.4.2.1 抗弯测试方法

7.4.2.1.1 试件

如图4所示，A1区域用于锯制正交胶合木强轴方向足尺抗弯试件。如需测试正交胶合木弱轴方向抗弯性能，则A2区域用于锯制正交胶合木弱轴方向足尺抗弯试件。试样宽度不小于305mm，跨度至少为试样厚度的20倍。

7.4.2.1.2 试验步骤

根据GB/T 26899中第5.3.1节抗弯试验方法A进行，加载方向垂直于正交胶合木表层，并按公式(13)和(14)计算抗弯弹性模量(E_{CLT})与抗弯强度($f_{b,CLT}$)。

$$E_{CLT} = \frac{\Delta P(l-s)(2l^2+2ls-s^2)}{8\Delta ybh^3} \quad (13)$$

式中：

E_{CLT} ——正交胶合木抗弯弹性模量，单位为兆帕（MPa）；

ΔP ——弹性范围内上限载荷和下限载荷之差，单位为牛顿（N）；

l ——跨距，单位为毫米（mm）；

s ——两加载点之间的距离，单位为毫米（mm）；

Δy ——对应 ΔP 跨距中央的挠度，单位为毫米（mm）；

b ——正交胶合木试样宽度，单位为毫米（mm）；

h ——正交胶合木试样厚度，单位为毫米（mm）。

$$f_{b,CLT} = \frac{3P_b(l-s)}{2bh^2} \quad (14)$$

式中：

$f_{b,CLT}$ ——正交胶合木试样抗弯强度，单位为兆帕（MPa）；

P_b ——加载点的总荷载，单位为牛顿（N）；

l ——跨距，单位为毫米（mm）；

s ——两加载点之间的距离，单位为毫米（mm）；

b ——正交胶合木试样宽度，单位为毫米（mm）；

h ——正交胶合木试样厚度，单位为毫米（mm）。

7.4.3 剪切性能

7.4.3.1 层间剪切强度试验方法

7.4.3.1.1 试件

如图3所示，A1和A2区域分别用于锯制正交胶合木强轴方向与弱轴方向层间剪切强度测试试件。试样宽度不小于305mm，跨度为试样厚度的6倍。

7.4.3.1.2 试验步骤

层间剪切强度试验应根据 GB/T 28986 附录 B 试验方法进行，加载方向垂直于正交胶合木表层，并按公式（15）计算层间剪切强度 τ_{CLT} 。

$$\tau_{CLT} = \frac{3P}{4bh} \quad (15)$$

式中：

τ_{CLT} ——层间剪切强度，单位为兆帕（MPa）；

P ——最大载荷，单位为牛顿(N)；

b ——试件宽度，单位为毫米(mm)；

h ——试件厚度，单位为毫米(mm)。

7.4.3.2 滚动剪切试验方法

7.4.3.2.1 试件

在图3所示的R区域内锯制如图6所示由三层板材组成的滚动剪切试验试件。试件宽度为层板宽度 d 的2倍，长度为层板宽度 d 的4倍，试件侧面对角线与垂直加载方向夹角为 14° 以保证加载方向通过试件几何中心。

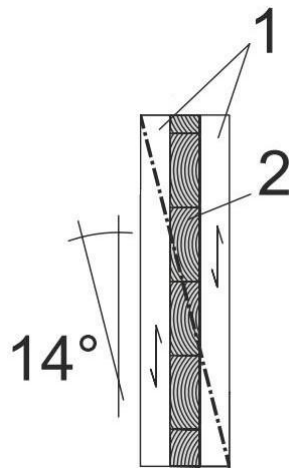


图6 滚动剪切试件

7.4.3.2.2 试验步骤

如图7所示装载和测试滚动剪切试件，通过调整试件位置，使加载头4垂直作用于试件外层1，并使试件轴向与垂直加载方向形成夹角为 14° ，位移传感器3需固定在外层1上，2为试件芯层。加载速度为 $3\text{mm}/\text{min}$ 。

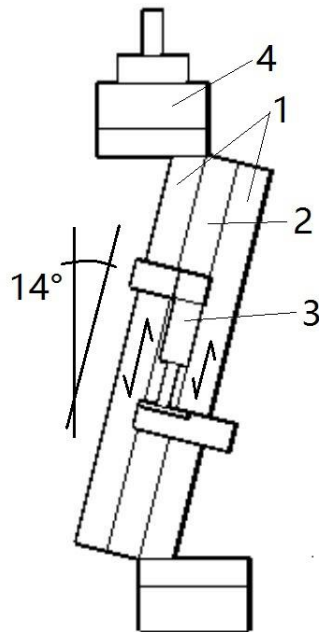


图7 滚动剪切试验装置

通过公式 (16) 和 (17) 计算得到滚动剪切强度 ($f_{s,CLT}$) 及滚动剪切模量 ($G_{r,CLT}$)。

$$f_{s,CLT} = \frac{\cos\theta \cdot P_{max}}{b \cdot l} \quad (16)$$

式中:

$f_{s,CLT}$ ——正交胶合木滚动剪切强度,单位为兆帕(MPa);

θ ——偏转角度 14° ;

P_{max} ——最大荷载,单位为牛顿(N);

b ——试件实际测量宽度,单位为毫米(mm);

l ——试件实际测量长度,单位为毫米(mm)。

$$G_{r,CLT} = \frac{h}{b \cdot l} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta y} \quad (17)$$

式中:

$G_{r,CLT}$ ——滚动剪切模量,单位为兆帕(MPa);

h ——试件实际测量厚度,单位为毫米(mm);

b ——试件实际测量宽度,单位为毫米(mm);

l ——试件实际测量长度,单位为毫米(mm);

$\frac{\Delta P}{\Delta y}$ ——荷载-位移曲线中直线部分的斜率。

7.5 抽样方法及结果判定

7.5.1 抽样方法

正交胶合木的密度、含水率、木块剪切、浸渍剥离、抗弯性能和滚动剪切试验抽样方法如表6所示。

表6 物理力学性能抽样方法

正交胶合木样本数	抽样数	
200 块以下	2 块	如果首轮判定不合格,再次抽样试验则抽样数加倍
201 块以上 500 块以下	3 块	
501 块以上 1000 块以下	4 块	
1001 块以上 3000 块以下	5 块	
3001 块以上	6 块	

甲醛释放量抽样方法如表 7 所示。

表 7 甲醛释放量抽样方法

正交胶合木样本数	抽样数
1000 块以下	2 块
1001 块以上 2000 块以下	3 块
2001 块以上 3000 块以下	4 块
3001 块以上	5 块


7.5.2 结果判定

90%以上抽样样本的密度、含水率、浸渍剥离、木块剪切、抗弯和滚动剪切试验结果满足性能标准，则判定该批次正交胶合木合格。如果满足性能标准的抽样样本数小于 70%，则判定该批次正交胶合木不合格。如果满足性能的抽样样本数小于 90%但大于 70%，则需要按照表 6 的抽样方法的双倍数目进行再次抽样试验，如果满足性能的抽样样本数小于 90%，则判定该批次正交胶合木不合格。

8 产品标识

8.1 产品标识

符合本标准的正交胶合木产品应具有包括以下信息的标识以被识别：

- (1) 代表符合本标准的标志“LY/T XXXX”；
- (2) 检验机构名称或商标；
- (3) 使用环境：以“使用环境 1/2/3”标示；
- (4) 正交胶合木等级：使用推荐组坯则使用该标准等级，使用其他材料和组坯，则需提供检验机构评定的等级。生产商可根据节子大小和数量以及纹理特征制定相应的销售用外观等级。
- (5) 甲醛释放量等级；
- (6) 制造日期；
- (7) 制造厂商名称、商标及原厂地；
- (8) 印在定制正交胶合木板材（非均衡的配置）上面的“上表面”标识用于楼盖、楼板和墙板。
- (9) 在正交胶合木上表面标识“强轴方向”  符号。

8.2 标识频率

本节中非定制和其他要求的标识应印在标准产品每隔 2.4m 或更少以确保从更长的板材上锯切时至少拥有一个所要求的标识。
