

讲 座

定向结构板的特殊处理

定向结构板系列讲座之四

南京林业大学定向结构板工程研究中心

1 概述

定向结构板以其特有的用途(比如建筑、车船制造和混凝土模板等)要求产品具有相应的特性,归纳起来有四,即阻燃特性、低甲醛释放特性、耐久性和尺寸稳定性。按照正常工艺制造的定向结构板一般难以满足上述要求,必须采用专门的措施对板材进行特殊处理。处理方式有两种:①在制板过程中通过化学方法进行处理;②对已制成的板材用物理或化学方法进行后期处理。不论采用哪一种方式,对处理效果的检测标准是共同的。本文拟介绍各种特殊处理方法的具体操作过程、处理效果及检测手段。

2 阻燃处理

国家公安部和建设部已经联合发文,凡是用于建筑物的各种装饰材料和建筑材料都必须经过阻燃处理,达到 B1级难燃等级,并指定由天津和四川省都江堰市的阻燃材料和阻燃构件测试中心监督执行。经测定,按照常规工艺生产的脲醛胶或酚醛胶定向刨花板一般都达不到 B1级的阻燃要求,必须加以特殊处理。

阻燃处理效果好坏主要取决于阻燃剂和阻燃处理工艺。一种优良的阻燃剂应满足以下一些条件:①阻燃功能强,即在添加量不高的前提下,能够明显地提高板材的阻燃等级;②对板材的物理力学性能不产生负面影响或影响程度很小,不会导致产品质量降等;③有良好的可操作性,不改变板材现有的生产工艺过程;④抗流失性强,保证施加到板材中的阻燃剂在较长的时间内发挥功效;⑤不产生阻燃剂析出表面的现象,使板材保持良好的表面装饰性能;⑥阻燃剂价格要低廉,阻燃处理后板材的生产成本增幅不大。当然,对这些要求只能相对比较,择优选用。

阻燃剂分为两大类,一类为有机阻燃剂,另一类为无机阻燃剂,目前,市场上这两类阻燃剂均有销售,且在刨花板与中密度纤维板生产中均有应用的

先例。具体阻燃剂的配方可以向提供成果转让的单位咨询。

目前,阻燃剂的施加工艺不外是以下几种方式:

①浸泡法,把阻燃剂稀释成一定浓度的溶液,将刨花在药液中浸泡一定时间,达到一定比率的吸收量,然后再进行干燥,这种方法的优点是处理效果好,基本上可以达到 B1难燃等级;不足之处在于要增添附加设备,热能消耗增大;②混加式,即把阻燃剂稀释成液体状后混合到胶粘剂中,再通过原有的拌胶系统把阻燃剂转移给刨花,这种方法优点在于操作方便,原来的生产工艺无改动,阻燃处理效果也比较好,不足之处在于带入到胶粘剂中的水分偏多,使拌胶后的刨花含水率偏高,对热压工艺产生一定的影响,若用无机类碱性阻燃剂,要防止脲醛树脂的 pH值向中性和碱性偏移,妨碍固化速度和固化效果,此外,还要避免阻燃液中未溶解的颗粒堵塞胶粘剂喷头的孔眼;③喷洒式,把阻燃剂稀释成溶液后,用压力泵先喷洒到干刨花的表面,这种方式还可分为先喷阻燃液再拌胶和先拌胶再喷阻燃液两种做法,但在阻燃效果上不存在有统计意义的差异。喷洒式介于浸泡式和混加式之间,兼有二者长处,当然也存在一些不足。南京林业大学在实验室内对三种施加方式进行对比试验,采用该校研制的 NFR-2型阻燃剂,分空白试验(A)、喷洒式施加(B)、混加式施加(C)和浸泡式施加(D)四种情况进行实际压板试验,板性能的测试结果见表1。综合评价,作者认为可以优先考虑采用C方式,即将阻燃剂混加到胶粘剂中。

一般说来,定向结构板在厚度上是分层次的,发生火灾时总是板材表面首先过火。因此,阻燃处理时可以考虑仅将表层刨花处理,或者表层的阻燃剂用量稍大。

除了选用阻燃剂进行处理外,还可以把具有阻燃功能的化学原料与制胶原料反应制成具有阻燃功能的胶粘剂,用这种胶粘剂制造阻燃板,工艺上就显

表 1 试验结果

施加方式		密 度 (g/cm ³)	含水率 (%)	静曲强度 (MPa)	弹性模量 (MPa)	平面抗拉强度 (MPa)	握钉力 (N)	吸水厚度 膨胀率 (%)	氧指数 (%)
A	$\overline{X}$	0.71	6.7	41.2	5190	0.41	208	13.2	30.0
	<i>S</i>	0.120	0.64	5.50	672	0.065	15.6	4.98	
	<i>CV</i>	16.9	9.6	13.4	12.9	15.8	7.5	37.8	
B	$\overline{X}$	0.70	6.9	24.4	3978	0.28	182	23.9	38.5
	<i>S</i>	0.016	1.35	1.96	405	0.039	53.0	3.9	
	<i>CV</i>	2.3	19.7	8.0	10.1	14.0	28.0	16.3	
C	$\overline{X}$	0.65	6.5	28.8	4332	0.40	208	28.2	37.5
	<i>S</i>	0.075	0.20	4.60	529	0.091	27.2	6.90	
	<i>CV</i>	11.5	3.1	16.0	12.2	20.9	13.0	12.2	
D	$\overline{X}$	0.78	8.4	16.4	276	0.17	160	17.5	40.0
	<i>S</i>	0.017	0.20	2.80	162	0.046	5.0	2.96	
	<i>CV</i>	2.19	2.40	17.2	5.8	27.6	3.1	18.0	

得十分简单。应当说,这是一种比添加阻燃剂更为理想的处理方法,不过处理成本可能会有所上升。

在板材表面刷涂阻燃涂料也可提高板的阻燃等级,但其效果,尤其是持久性效果一般不太理想。

目前,绝大多数工厂、科研机关和高等院校都用氧指数法来评价板的阻燃等级,而国家标准中规定的检测方法是直接燃烧法。欲在两种方法间建立换算关系尚有困难。根据作者的经验,如果直接燃烧法测试达到 B1 难燃级,氧指数至少要达到 50% 左右。

定向结构板燃烧时产生的危害不仅仅是形成火情,还会产生烟雾和可能放出有毒气体。因此,在选用阻燃剂时,要避开那些会产生烟雾和释放毒气,或者与木材接触后会促使木材产生烟雾和释放毒气的化学物质。

3 降低甲醛释放量的处理

用脲醛树脂胶制造的定向结构板的甲醛释放问题是客观存在的。用酚醛树脂胶制造的定向结构板的甲醛释放量一般不超过 10mg /100g 板。穿孔法是国际上共同认可的检测方法,并以德国标准作为评价人造板甲醛释放等级的依据 (见表 2)。

表 2 人造板甲醛释放等级

等级	穿 孔 值 (mg /100g 板)	测试室法值 (ppm)
E1	≤ 10	≤ 0.1
E2	10~ 30	0.1~ 1.0
E3	30~ 60	1.0~ 2.3

脲醛树脂胶是生产室内型定向结构板的主要胶种。甲醛释放源可以归结为两大类,即木材原料中带

入板材中的甲醛 (经实测,其值大约 4.0 mg /100g 木材)和胶粘剂带入的甲醛,其间包括制胶时未参与缩聚反应而呈游离状态存在于胶中的甲醛,板材热压时未得到固化而随时会断键而放出的甲醛,使用过程中板材因高温高湿和化学侵蚀导致固化后的树脂分解而释放出的甲醛。游离甲醛散发,给室内居住者的健康带来负面影响,为此许多国家对用人造板装饰的房间的室内空气中甲醛浓度作了严格的规定 (参见表 3)。目前,我国尚未颁布定向结构板的检测

表 3 欧共体国家对刨花板甲醛释放量和室内空气中甲醛浓度的规定

国别	刨花板甲醛释放限值 穿孔法 (mg /100g 板)	室内空气中甲醛浓度 测试室法 (ppm)
荷兰	10	0.10
挪威	30	0.13
奥地利	8	0.10
瑞典	15	0.13
瑞士	10	0.20
西班牙	50	0.15
比利时	1级: 14; 2级: 28; 3级: 42	0.12
芬兰	40	0.12
法国	50	
英国	50	
丹麦	E15级: 10; P25B级: 25	0.12
德国	E1级: 10; E2级: 10~ 30; E3级: 30~ 60	0.10
意大利		0.10

标准,南京林业大学受国家人造板标准化委员会委托正在起草该项标准,甲醛释放量作为必测指标将写入标准。通过物理或化学的方法降低定向结构板的甲醛释放量应当作为一个重点课题来研究。

降低定向结构板甲醛释放量的处理措施包括:

3.1 采用低甲醛含量的胶粘剂

作者通过对定向结构板甲醛释放源的定量分析和系统平衡的研究结果表明,降低胶粘剂中的甲醛含量和游离甲醛量是抑制板材甲醛释放量的有效措施。通常可以借助下述手段来实现:

① 采用低摩尔比制胶配方,最低可达 $1:1.05$ (U/F);

② 改进制胶工艺,尿素分次投放,尽可能使反应完全;

③ 用三聚氰胺对脲醛树脂改性,制成 MUF;

④ 在胶粘剂中添加甲醛捕捉剂。

3.2 采用无甲醛的胶粘剂

目前,所谓无甲醛的胶粘剂主要指异氰酸酯胶黏剂和无机胶黏剂。前者刚刚在我国开始研究,还未在工业生产中应用。采用异氰酸酯胶黏剂,可以降低刨花含水率的要求,提高板材的强度,但是其本身的毒性和高售价也限制了它的推广应用。后者包括水泥、矿渣、石膏和粉煤灰,国内已有工业化生产工厂,产品只能用于建筑,无机胶黏剂不可能完全取代有机胶黏剂。

近年来,国内有人开始研究木素和丹宁类胶黏剂,可望成功的用法是用它取代部分苯酚,但并不能解决不用甲醛的问题。法国南锡大学和南京林业大学合作研究无甲醛的纯丹宁胶黏剂已经获得进展,有可能用丹宁制造出甲醛零释放的胶黏剂。

3.3 从控制定向结构板制造工艺条件入手,可以降低板材的甲醛释放量,研究表明,拌胶后的刨花含水率是影响板材甲醛释放量的显著性因子,必须予以高度重视。科技人员通过实验导出了板材甲醛释放量与树脂中游离甲醛含量、拌胶后刨花含水率和热压温度之间的回归公式。应用该公式可以预测板材的甲醛释放量。

作者用实验证明,板坯在热压过程中通过排汽可以带出一部分甲醛。一般说来,板材中甲醛含量的 $65\% \sim 75\%$ 可以参与树脂固化而形成体型结构。

3.4 通过后期处理可以有效地降低定向结构板的甲醛释放量。后期处理包括多种方式,比如强制冷却,热堆放,在专门的室内进行热处理等。工业生产中可以规模使用的方法主要指氨处理和用尿素溶液喷洒处理,实际应用表明,用上述方法均可以收到降低板材甲醛释放量的良好效果。

作者根据对人造板甲醛释放的机理研究,提出了压力差原理,该原理给出了用真空处理方法降低

板材甲醛量的构思,经实验室试验,证明该构思是可行的。用真空处理法大约可以将板材中 $20\% \sim 25\%$ 的游离甲醛强制吸出,使板材的甲醛释放量下降,且对板材的力学性能并不产生负面影响。

3.5 采用封闭处理可以抑制板中的游离甲醛的释放。实验表明,板材端面甲醛释放能力要比平面强得多,因此,封闭板平面和端面对于降低板材甲醛释放量显得非常重要。端面和平面封闭后尽管在板材系统与大气系统之间建造了一道封锁带,但并不能改变板材内部的游离甲醛在外界温湿度作用下而发生状态变化,表现为诸如压力增大等现象。此时若去除封闭层,板内甲醛将以超常的速率向外界散发。

封闭处理所用的材料必须满足两个最基本的条件:即有良好的封闭效果和材料本身不放出甲醛。从这个意义上讲,用不含甲醛的聚氨酯涂料封闭是很理想的。

3.6 从改善室内环境条件也可以降低板材的甲醛释放量。影响室内空气质量的因素有:温度、湿度、装载度(每 m^3 室内空间占有的板材外露面积)和换气数(每小时交换的空气量)。一般说来,用空气平衡甲醛浓度来评价室内空气质量,并用 $20 m^3$ 或者 $40 m^3$ 测试室来测量板材的甲醛释放特性。据了解,全世界拥有 $20 m^3$ 或者 $40 m^3$ 测试室的国家为数甚少,南京林业大学自行研制的 $40 m^3$ 大型测试室正在建造,建成后将填补我国在该技术领域内的一项空白,使我国在人造板甲醛释放方面的研究与国际接轨。

通过以上各种措施的单独处理或者联合处理,可以使板材的甲醛释放量大幅度下降,一般达到 E2 级是完全可能的。如果按照德国的规定用于室内装饰和建筑的人造板甲醛释放量必须达到 E1 级,作者认为,有必要采用低甲醛含量胶黏剂和封闭处理两道措施。

最近,南京林业大学从定向刨花板的实际使用要求出发,正在着手开发所谓的“二合一处理剂”,即该药剂同时具有阻燃和降低甲醛释放量功能,这种有多功能的人造板特殊处理剂在国外已经问世。

4 耐久性处理

定向结构板作为一种结构材料,无疑需要有足够的耐久性。通常把板材的抗蛀性、抗腐性和抗老化性都纳入耐久性的范畴。

4.1 抗蛀处理

白蚁是造成建筑物损坏的昆虫,尽管制造定向结构板时用的脲醛树脂和酚醛树脂本身有一定的毒

性,但并不能阻止白蚁对板材的侵害,还必须进行抗蛀处理

联邦德国材料研究所 (BAM) 专门设有抗白蚁试验室,可以测试木材和人造板的抗白蚁能力。一般通过试件被白蚁侵害前后的重量损失,评估被测材料的抗白蚁特性。对板材进行防白蚁处理,包括两种方式,即在制板时加入防白蚁的化学药剂和制板后在板材表面涂刷防白蚁化学涂料。

4.2 防腐处理

在我国有些地区 (特别是湿度较大的南方地区) 存在着侵蚀木材的木腐菌。尽管定向结构板本身的防腐能力比木材原料的防腐能力要强得多,但还不能认为就不必进行防腐处理了。目前,市场可以购买到各种木材防腐剂,施加的工艺也不尽相同,作者推荐采用如下防腐处理措施:

① 选用合适的防腐剂,在拌胶时添加于刨花中,具体方法可以混加在胶粘剂中,也可以单独施加于刨花中;

② 板材热压后,在表面涂刷防腐剂;

③ 板材腐变常常与湿度密切相关,尽可能保持板材使用场所的干燥也是抑制腐变的重要措施。比如,建房打基础时,要设置防湿层;

④ 采用酚醛树脂胶和异氰酸盐树脂胶,提高板材本身的防水性。

定向结构板的防腐能力可以用实验的方法进行检测。首先要确定引起板材腐变的菌种,然后,把菌种移植到试件表面,将试件放入培养箱中,历经 2~3 个月后,测定未接入菌种和接入菌种的两块试件的重量差和菌繁衍面积,据此评价板材的防腐能力。

在我国南方地区,还有霉变的问题。被使用在潮湿场所的定向结构板,表面有时会出现霉斑,严重影响了板的外观质量。防治霉变的药剂很多,效果也很显著。一般可以在(表层刨花用的)胶粘剂中加入防腐剂,这样工艺上无需作修改。需要注意的是加入防腐剂后不应当改变胶粘剂的固化特性。此外,还应当尽可能地降低防腐处理的成本。

4.3 抗老化处理

老化是所有材料都会出现的一种自然现象,定向结构板也不例外。作为结构材料的定向结构板尤其需要有良好的抗老化性能。经过一段时间的自然风化后,板材的静曲强度和弹性模量会有所下降,而吸水厚度膨胀率和线性膨胀率会有所增加。

测定定向结构板老化特性的方法有两大类:一类是自然老化试验,即把板材直接置于室外,让其经

受温度、湿度、光照、雨淋和风吹,然后每隔一段时间(比如一年)取一组试件。测定其力学指标,并与空白板对比,以板材的性能保持率或损失率来表征板材的抗老化性能。用自然老化试验的优点是试验条件真实,缺点是持续时间太长。德国材料研究所利用大楼屋顶做板材的自然老化试验,前后持续了十余年。南京林业大学也制作了一个定向结构板自然老化试验场,计划持续 15 年。另一类是加速老化试验,即在实验室内人为模拟自然条件,有意识地把条件恶化,测试出经加速老化试验后的板材力学性能的保持率或下降率,并把结果与空白试验进行对比。迄今为止,加速老化的试验方法有七种之多,包括水煮沸法;VPS 法;六周期循环法和 BAM 法等,试验的持续时间从几个小时到几个星期不等。

对加速老化试验和自然老化试验间建立某种数学关系,尚未取得一致意见,有人通过对比,提出可以用一个循环的加速老化试验代表若干时间的自然老化试验。更多的人则认为不存在换算关系。

加拿大的定向结构板标准中规定,用水煮沸法评价板材的抗老化特性,煮沸时间为 2 小时,要求煮沸后板材的静曲强度保持率不低于 50%。

提高定向结构板抗老化性能的处理方法包括:

① 采用高抗老化性能的胶粘剂,比如酚醛树脂胶和改性脲醛树脂胶 (MUF 和 MUPF)、异氰酸盐类胶粘剂。为节省成本,可以考虑表层和芯层采用不相同的胶粘剂,国外已有这样做的先例;

② 通过工艺条件的调整,优化板材的结构,人为改变板材的平均密度和端面上的平均密度分布,据此可以改善板材的抗老化能力;

③ 制板时可以添加一些抗老化剂,如同生产塑料制品加入一定量的抗老化剂;

④ 老化与温度有关,努力控制使用环境的温度值;尤其要避免温度的高低波动冲击,创造一个稳定的环境温度条件;

⑤ 湿度与板材的老化特性密切相关,要采用各种手段提高板材的防水能力;

⑥ 室外使用的定向结构板,表面要加涂防水涂料。据南林大试验,涂刷桐油可获得特别好的效果;

⑦ 生产一种专用的塑料罩板(可以是各种颜色),套在板材外部,历经一定年限损坏后可以更换。

5 尺寸稳定处理

随着定向结构板生产发展,它已由单一用于家具制造向建筑、装修等多用途方向发展。然而,建筑

业对结构板性能除上述这些要求外还有防水和尺寸稳定性的特殊要求

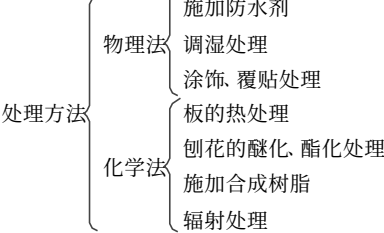
一般材料的尺寸稳定性是指在温度、湿度、外力或其他特定药品等作用下,其尺寸或形态变化的程度。定向结构板作为建筑和工业用材料,干缩湿胀则是其主要的不足。定向结构板的尺寸稳定性实质为木材细胞壁中吸着水增减的反映,木质材料本身就具有对水蒸汽和水的吸湿、吸水性,在制板时,由于高温、高压的作用,木刨花重新构成整体,潜伏的内应力是尺寸不稳定的因素及板制品产生翘曲变形的原因。

定向结构板的尺寸稳定性与以下因素有关:

- ① 木质刨花的尺寸、形态、加工方法及材料树种等;
- ② 压制时的温度、压力、时间和刨花的含水率;
- ③ 胶粘剂种类、用量、防水剂及其他添加剂。

分析其机理和影响因素,目的是寻找处理措施,现采用各种物理、化学或物理、化学方法,处理刨花或控制制板过程,以提高定向结构板的尺寸稳定性,使其能更加科学合理地被利用。

首先简述尺寸稳定机理:木质材料干缩湿胀是由于含水率的变化而引起的。它发生在纤维饱和点以下,其原因是纤维素的非结晶区的游离羟基吸附空气中水分子并形成氢键的结合,水分子的进入使各成分分子间距增大,导致膨胀,即尺寸不稳定。此外,材料中的半纤维素、木素及其他物质也能吸着水分子,因此,尺寸稳定处理应是在不破坏木材细胞壁完整构造的前提下,改善其吸水、吸湿性的一种处理手段。处理方法虽多,主要均是采用减少具有吸附能力的游离羟基的数量,通常是用疏水性物质包围吸附区,或部分地使分子交联形成新的结合点。总的可分为这样两类处理方式:一类对细胞壁内纤维素的非结晶区处理;另一类是细胞腔内充填、沉积某些化学药剂。根据其处理实质,又可分为物理法和化学法两类,但要上述二者截然分开也是十分困难的。



施加防水剂 施加防水剂是定向结构板生产中最主要、最简便的一种防水措施。其实质就是将石蜡等疏水物质附着在刨花表面,部分堵塞刨花之间空

隙,截断水分传递的渠道和缩小水与刨花的接触面,当然也可能部分遮盖游离羟基,从而降低表面的吸附能力。

目前,国内外用于定向结构板的防水剂多数为石油系列制品,主要是石蜡,国外也有用重油、沥青等,硅油类的防水剂在国处也在逐渐被广泛使用。

Heebink W. E.等研究了石蜡防水剂对刨花板性能的影响。结果表明,石蜡用作防水剂可提高板的防水和防潮性能;在一定施加范围内,不影响制品力学性能而降低其厚度膨胀率;不同分子量石蜡,在操作上无显著区别,但两种不同分子量的石蜡混合使用时,可以对降低板材的厚度膨胀产生复合效应。

施加防水剂能提高板的耐水性,但过多施加将影响刨花的结合强度且增加成本。施加量多少还与其他工艺因素、原料品种与质量等有关,一般在1.0%~1.5%(对绝干刨花)。

调湿处理 热压后的定向结构板近于绝干状态,直接置于大气中,会吸收大气中的水蒸汽直至平衡为止。在自然吸湿过程中,由于板的边部与中心密度分布不一致,故吸湿速度与程度不同,所产生的膨胀应力也不同,加之热压后板内存在残留的热应力和压应力,吸湿后因应力释放也会引起变形。

调湿处理,就是使其快速达到与大气平衡湿度相平衡的含水率,以后产品在使用中所吸收的水分只随大气湿度的变化作微小的波动,所以产品的膨胀或收缩应力以及变形量就大为减小。调湿处理通常有两种方法:对于脲胶板可采用自然调湿。热压后板表层含水率为2%~3%,芯层为6%~7%。具体方法是将经冷却的板堆置,在热贮存区堆放一定时间,使板内水分均匀分布并与大气湿度趋于平衡,大约为48~72小时。对于酚醛胶板,最好是将板置于70~80℃,相对湿度80%~90%的循环空气处理室内,处理时间根据板厚而定,使板的含水率达到7%~8%。

施加合成树脂 决定定向结构板耐久性和尺寸稳定性的最主要因素之一是胶种及施加量。而在合成树脂中,不同树脂按耐水性排列是:异氰酸树脂>酚醛树脂>三聚氰胺脲醛树脂>脲醛树脂。对于定向结构板多数采用酚醛树脂,与防水剂不同的是合成树脂的功能团(如羟甲基、羟基)热压时能与刨花表面上的游离羟基形成化学键和氢键,降低刨花表面的吸附能力。所以,在定向结构板制造过程中,合成树脂主要是作胶粘剂,同时也改善板的耐水性。研究表明,施胶量增加,板的厚度膨胀率降低。有研究

者指出:用高碱酚醛胶压制的刨花板表现出高吸水率,相对较高的厚度膨胀。所以,必须注意碱的存在,强化了胶-木胶合系统的应力释放,导致板的吸湿性增加和尺寸稳定性降低。

热处理 热处理提高木质材料的尺寸稳定性,其机理有多种解释,多数学者认为是半纤维素,尤其是多糖醛酸发生了化学变化生成吸湿性差的聚合物,同时加热使吸着水除去,使纤维素无定型区分子之间形成新的氢键结合。这一切对改善和提高板的耐水性和尺寸稳定性都有利。具体可通过对刨花板或板材进行加热处理。

改善定向结构板的防水性,提高板材的尺寸稳定性,还可以通过其他多种途径来实现,比如,刨花的乙酰化处理、甲醛化处理、聚乙二醇处理、马来酸酐:甘油(3:2)处理;板制品的木塑复合材化,注入合成树脂等处理。具体使用何种处理方式,应根据对板性能的要求、使用场合及经济成本、工艺简单易行等因素综合考虑,进行合理决策。

6 参考文献

1 王军. 介绍几种刨花板的防火处理方法. 吉林林业科技, 1987, No. 5, 55~ 57
2 Shen K. L. A New Method for Making Particleboard Fire-retardant, F. P. J 1972, (8): 46~ 52
3 Robert D A. Fire-retardant Particleboard from Treated Flakes, F. P. J., 1964, No. 1
4 李玉栋编译. 木质材料阻燃技术. 森工文摘, 1983, (3): 1~ 8
5 White R H. Oxygen Index Evaluation of Fire-retardant-treated Wood Wood Sci, 1979 (2): 115~ 120

6 Marutzy R. Verminderung der Formaldehyd-emission von Möbeln Holz als Roh-und Werkstoff, 1981(39): 7~ 10
7 周定国. 添加捕捉剂降低刨花板甲醛散发量的试验. 南林学报, 1990(4): 88~ 72
8 Brinkmann, E. Herstellung von Harnstoffharz-gebundenen Holzspanplatten mit niedrigem Formaldehyd-gehalt auf Ein-Etagen-Anlagen Holz als Roh-und Werkstoff, 1978(36): 296~ 298
9 周定国和周晓燕. 真空处理降低刨花板甲醛散发量的研究. 南林学报, 1993(3): 21~ 26
10 Mehlhorn I. Erfahrungen mit der von FIHH Kartsruhe Vorgeschlagenen Prüfmethoden zur Bestimmung der Formaldehyds, Holz-Zentralblatt. 1978, 104. 345~ 346
11 周定国. 国外人造板甲醛散发研究现状. 世界林业研究, 1995(5): 9~ 17
12 Salthammer T. Emission Organischer Verbindungen aus Holz und Werkstoffen Neue Forschungsergebnisse. UTECH Berlin-Umwelttechnologieforum 1994. 23. Februar, 1994 in Berlin, 31~ 47
13 Vital et al. Parameters Affecting Dimensional Stability of Flakeboard and Particalboard. Forest Prod. J., 1980, 30(12)
14 Hsu W E et al. Chemical and Physical Changes Required for Producing Dimensionally Stable Wood-based Composites. Wood Sci. and Tech., 1988(22): 281~ 289
15 日公开特许, 平 3- 132303, 1991, 6, 5, 6P
16 尾田熙. 材料. 1992, 41(461): 170~ 175
17 Deppe H J. Applcation of Mixed Glues for The Production of Oriented Structural Board Holz als Roh-und Werkstoff, 1989, 47(11): 453-456.
18 赵壁英译. 表面化学处理. 北京大学出版社, 1984
19 丁士编著. 多元分析方法及其应用. 吉林人民出版社出版, 1981