

刨花板耐老化性能研究的进展

龙 玲 陈士英

(中国林科院木材工业研究所 北京 100091)

刨花板耐老化性能是指板材抵抗外界自然条件如干湿、冷热、霜雾、雨雪和紫外线辐射等的的能力,因此要求建筑用刨花板应具有良好的耐老化性能。评定耐老化性能主要有两种方法:自然老化试验法和加速老化试验法。由于自然老化试验法所用时间太长,不适应刨花板生产迅速发展的需要,因而一般采用加速老化试验法,亦即人工老化,它是指模拟和强化自然环境中主要老化因素(如温度、湿度、辐射等),以加快材料物理力学性质的下降,期望在短时间内获得在自然环境下长时间的暴露效果。

在我国,南京林业大学曾对刨花板进行加速老化试验^[1],福建林学院曾对室外自然老化过程进行过探讨^[2],但系统性的研究还较少。而国外对刨花板耐老化性能已作了大量的研究。在五十年代末,美国林产品试验室就开始进行刨花板耐老化性能研究^[3]。迄今国外已制定了不同的刨花板老化标准及人工老化方法,并已在工业生产和建筑部门中广泛应用。

1 老化原因

刨花板的老化主要有以下几点原因:①刨花的老化;②胶粘剂的老化;③刨花板的回弹;④收缩-膨胀应力。刨花本身的老化过程与实木的老化过程相似。刨花板受气候影响的主要部分是位于其表面的刨花,当它遭受紫外线辐射和水的共同作用时引起木素光化学降解,大部分木素降解物被雨水冲刷掉,纤维素含量增高的、颜色由白到灰的纤维残留在刨花板表面,使刨花板表层呈现灰色,质地变得疏松、粗糙、逐渐剥落。另外,风、砂和尘埃对板材表面的磨损和机械作用同样影响表面质量,加快表层老化。酸雨也能促进板材表面的老化。

刨花板所用胶粘剂的耐候性直接影响到板材的耐老化能力。脲醛胶因水解而降解,因而耐候性差。三聚氰胺、异氰酸酯树脂虽然有较好的耐湿性,但不能归入耐候性树脂一类。只有酚醛型胶料几乎不会水解而降解,表现出耐老化的优点。美国标准里只有

PF 胶刨花板是耐水级结构用刨花板,而欧洲标准对这一点没有明确规定,实际上把异氰酸酯刨花板,改性的 MUF 胶刨花板与 PF 胶刨花板同样用作耐水级结构刨花板^[4]。在日本,建筑用刨花板一般使用尿素-三聚氰胺共缩聚树脂胶和酚醛胶,但在室外及室内特别潮湿的地方只能使用酚醛胶刨花板。有人用市售的 UF 胶刨花板和 PF 胶刨花板进行为期三年的自然老化,一年后 UF 胶刨花板的静曲强度(MOR)降低了 74.5%,内结合强度(IB)降低了 94.2%,二年后由于刨花板分层,结构松散,已无法测定其强度;而 PF 胶刨花板经过三年的自然老化后,MOR 保留率为 52%,IB 保留率为 35%^[2]。总之,酚醛胶刨花板耐老化性能最好,而脲醛胶刨花板不能用于潮湿环境。另外,施胶量的大小也直接影响到刨花板的耐老化性能^[3~5]。

刨花板在气候影响下引起强度降低及尺寸增大的第三个原因是刨花的回弹。回弹(Springback)即不可逆厚度膨胀或永久性厚度膨胀。在热压过程中,刨花受到横纹压缩,产生弹性变形、推迟弹性变形及塑性变形,卸压后弹性变形和推迟弹性变形恢复一小部分,另外大部分变形固定和限制在刨花内部及刨花与刨花之间。在刨花板老化过程中,如果胶料水解降解,胶粘性能减弱,刨花就产生回弹,于是表现在刨花厚度不断增加;其次,根据木材流变力学理论,木材最大的变形发生在含水率改变的时候。热压时被“固定”的变形在刨花温度和含水率升高时就会释放,并且当刨花板处于干、湿不断变化的环境时,释放出来的变形更大,刨花回弹的势能也大大增加,从而使胶层更易于破坏。R. A. Hann 等人研究指出^[3],卸压后的刨花板首次处于高湿环境中时,其厚度膨胀量不仅包括一般的吸湿膨胀量而且包括回弹。最大的回弹量超过木材的膨胀量。由于回弹,板材的密度下降从而导致强度降低。MOE、MOR 和剪切受回弹影响较大,因为这些性能受刨花之间机械接触影响较大。而 IB 受回弹影响相对小些,尤其是对 PF 胶刨花板。该文章还指出,密度一定的刨花板在循环老

收稿日期 1995-05-05

化试验中其回弹势能是固定的。胶粘剂能够减少回弹,并且这种减少量依赖于施胶量和胶种的耐候性能。在循环老化试验中,刨花的回弹量不断增大,直到膨胀应力降到胶结力能克服的程度。胶粘剂耐候性好,则刨花的回弹将停留在某一个值上,不会到达最大量。而当胶粘剂耐候性差时,则回弹将增至最大。总之,回弹对刨花板老化产生的影响十分显著。

膨胀-收缩应力对刨花板老化性能的影响也较大。当板材处于干-湿、冷-热不断变化的环境时,刨花会产生膨胀或收缩应力。这种应力对板材产生的影响依赖于胶粘剂对应力的抵抗能力和木材的蠕变能力。反复变化的膨胀或收缩应力削弱了胶结力,甚至使胶结键断裂,从而使强度降低。随着时间的延长,膨胀-收缩应力将逐渐减弱。不过,这种膨胀-收缩应力对板材老化性能的影响不及回弹大。

2 加速老化因素及其影响

在老化过程中,温度、湿度、辐射和试件的尺寸等因素都会对板材老化性能产生重大影响。

刨花板老化时,产生的化学反应主要是水解反应、交链反应和氧化反应。温度每增加 8°C ,化学反应速度将成倍增大。若温度从 20°C 升到 100°C ,则化学反应速度将增至1000倍。因而试样在 103°C 的烘箱中干燥22小时产生的化学反应结果就可能相当于试样暴露在室外3年的化学反应结果^[6]。无论采用何种老化方法,试样在干燥期间都会加快其化学反应。

温度还会加快试样的物理反应。随着温度的升高,刨花板木材组分更易软化,从而增大了板材的膨胀速度并加快了胶结键的破坏;另外还增大了水分在板材内的渗透速度和水蒸汽的吸收或解吸速度,使板材的蠕变量增大^[6]。

在老化过程中,湿度的变化对板材性能影响很大。当相对湿度不断发生变化时,板材的回弹量及膨胀-收缩应力增大,引起板材强度的大幅度下降及厚度膨胀率升高。图1是相对湿度由30%到80%再回到30%的过程中,板材模量(弹性、剪切、扭转模量)发生一系列变化的曲线^[6]。从图上可知,在吸湿阶段,模量呈下降趋势,但最小模量比相对湿度80%时低得多;在解吸阶段,模量呈上升趋势,但最低值仍比相对湿度80%时低。进行人工老化处理的试样往往由绝干状态很快进入高湿状态,试样的吸湿膨胀力将增至最大,使试件产生最大的变形,并引起胶结键的破坏;还会增大板材的吸湿和解吸速度,使板材的刚性和弹性模量降低,蠕变量增大。当温、湿度同

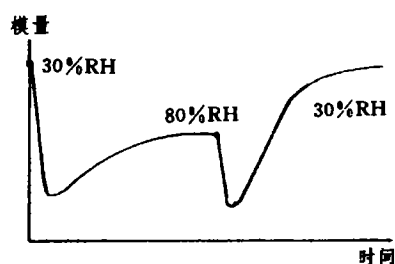


图1 湿度变化对板材模量的影响

时发生变化时,对板材性能的影响更严重。为了分析湿度及温度对板材性能的影响,美国林产品试验室采用下面四种试验条件:A:平衡条件,即 27°C ,65%RH(相对湿度);B: 27°C ,90%RH;C: 70°C ,65%RH;D:在 27°C ,90%RH条件下一周,再在 70°C ,20%RH条件下一周,循环处理。试验结果表明:当温度不变,湿度升高时,所有板材的性能都会降低;当湿度不变,温度升高时,只有UF胶刨花板性能降低;而当温、湿度循环变化时,强度损失与厚度膨胀最大^[3]。总之,温度、湿度的变化对刨花板老化产生极其重要的影响。

试样尺寸的大小,影响试样的边部表面积与平面面积的比率,这比率又直接影响到试样的吸水率。刨花板的多孔隙结构决定了平行于板面方向水和水蒸汽的渗透性比垂直于板面方向的大,窄条试样也比整块板更易产生弯曲和蠕变^[6]。James Alexopoulos^[7]研究指出,在室外老化时,大试件($610\text{mm}\times 1220\text{mm}$)比小试件($75\text{mm}\times 316\text{mm}$)性能要好,且变异性较小。试样在烘箱内的干燥条件如温度、通风性能、强制循环热气流和方向等决定了试样内水分蒸发的速度,它对试样的弹性模量和剪切强度有影响^[6]。

其它的老化因素还有紫外线辐射、冷冻等。紫外线主要在板面引起氧化反应,但深度不超过1mm;它还通过提高板面温度来影响板的老化性能。冷冻对老化性能影响的机理目前还没有明确的解释,很多资料认为可以从人工老化过程中去掉这一步骤^[6,8~10]。但Dinwoodie认为适宜的老化方式必须包括冷冻步骤^[11]。也有人认为冷冻的影响依赖于板材是否含有饱和水。

一般的加速老化方法都强化了上述因素,采用沸水、蒸汽、真空浸注、干燥和强辐射等方式进行循环老化处理。

3 老化性能试验方法的研究

美国标准ASTM D 1037六循环加速老化法用

得最早,也是目前用得最多的老化方法之一。每一循环包括以下步骤:浸泡(50℃)1小时,喷蒸(95℃)3小时,冷冻(-12℃)20小时,干燥(100℃)3小时,喷蒸(95℃)3小时,干燥(100℃)18小时共六个循环。此方法老化试验条件比较严酷,适用于检测酚醛胶刨花板的耐老化性能。但由于此方法所用时间太长,需2周以上才能完成,因而限制了它在工厂的运用。J. Dobbin McNatt 等人建议取消冷冻步骤,用温水浸泡取代喷蒸,这样可以缩短一半时间,而所得到的静曲强度和弹性模量保留率、厚度膨胀率与标准 ASTM 六循环老化法所得结果无明显差异^[8,9]。

美国西海岸胶粘剂协会(WCAMA)的研究人员通过对 ASTM D 1037 六循环老化法的研究,发现每个循环中的温水浸泡处理改用沸水处理后,效果会更好,且冷冻对老化结果影响小,并于1968年提出了一种新的 WCAMA 六循环老化法。这种老化法与 ASTM 老化法以及室外老化5年所得的结果几乎没有差别^[10]。WCAMA 老化法只需六天就可完成试验,比 ASTM 老化法节约了一半时间。WCAMA 老化法的内容为:浸泡(19~27℃,真空度 9.33kPa)30分钟、煮沸(100℃)3小时、干燥(105℃)20小时,共六个循环。Chow^[12]研究指出,WCAMA 与 ASTM 老化法所得结果基本相同,且四循环与六循环无显著差异。

德国标准 DIN 68763(即 V100 方法)和加拿大国家标准(CAN3-0188.78)都含有2小时煮沸检测法。V100 方法为:①把试件放入凉水(20℃)中,用1~2小时加热到100℃;②在沸水中煮2小时;③在凉水(20℃)中浸泡1小时,并检测湿状的内结合强度 IB。而加拿大标准只要②、③步骤即可,检测湿静曲强度 MOR。James Alexopoulos 指出用此方法得到的结果与室外老化5年的结果相似^[7]。Chow 研究认为2小时煮沸检测法、WCAMA 老化法、ASTM 老化法老化条件相当,所得老化结果没多大差别^[12]。但严格说来,2小时煮沸检测法只是两点式处理,没有循环过程,不能算真正的老化试验,但它可以作为工厂耐候性质量控制的检测方法。

在 V100 方法中,由于试件在沸水里煮时膨胀不均匀,导致测试内结合强度时载荷不均匀,影响了检测结果。另外,还需要专用的一次性卡头粘在试件上,比较复杂。有鉴于此,K. C. Shen 提出在 V100 方法中,用检测湿的扭转剪切强度取代内结合强度的检测,从而避免了由于膨胀不均匀而造成的误差,也简化了测试手段^[13]。不少研究表明,内结合强度与扭

转剪切强度之间有密切的关系,能够用来预测刨花板的某些重要强度性能。有人对三种厚度规格的10种商品刨花板试件进行煮沸检测,结果发现,静曲强度变化曲线在5分钟后即基本趋于平缓,而厚度膨胀率变化曲线在45~60分钟时才趋于平缓状态,因此认为2小时煮沸方法(加拿大标准)所用时间太长,在不显著影响结果的情况下,可缩短煮沸时间^[4]。

英国标准 BS 5669 老化法(或法国标准 CTB-H V313 方法)是 ASTM D 1037 六循环老化法的一个改进。由于 ASTM 老化法过于严酷,因而 V313 方法把喷蒸(95℃)和干燥(100℃)条件取消,在条件较温和的情况下进行老化。V313 方法内容为:浸泡(20℃)3天,冷冻(-12℃)1天,干燥(70℃)3天共三个循环,需3周以上时间。英国标准主要检测厚度膨胀(即回弹),并规定厚度膨胀率低于8%;而法国标准主要检测内结合强度和厚度膨胀。英国里斯巴勒太子试验室(PRL)的研究人员利用四种商品刨花板做老化试验,发现 V313 老化法所得结果与在当地进行室外老化7年的结果有很好的相关性(TS 除外)^[11]。V313 适用于检测 MUF 胶刨花板和 PF 胶刨花板,而 ASTM, WCAMA, 2 小时煮沸检测法更适用于 PF 胶刨花板。

老化仪检测法也是常见的老化方法之一。英国 PRL 的研究人员用老化仪进行试验,这种老化仪由喷水装置和紫外线辐射源组成,每隔24小时喷水16小时,然后紫外线照射。经过3000小时后发现其结果与室外老化7年的数据有很好的相关性。德国 BAM 研究所研制出一种新型老化仪——Xenotest。这种老化仪是以中欧近100年的气象数据为依据,根据各种天气(Climate)的比例设置温度、湿度及辐射时间。用 Xenotest 老化仪检测试件,发现大约24周相当于室外老化5年,48~60周相当于室外老化10年,并发现此种老化仪的老化条件与所用的胶粘剂种类无关^[14],而一般的老化方法都受胶粘剂种类的影响,老化仪检测法所用时间太长,不适合工厂的刨花板质量控制,但可以用于研究刨花板长期耐老化性能。

其他的人工老化方法还有不少,如 ASTM 3434 自动煮沸检测法(Automatic boiltest),Lehmann 的 VPSD 老化法和 OD/VPS 老化法^[5],沸水煮-干燥循环法^[15]等。River 等发现对于不同类型的酚醛胶刨花板,OD/VPS 老化法与 ASTM D 1037 老化法之间所得出的关系不同^[15]。River 还发现煮沸-干燥五循环

法、ASTM D 1037 六循环老化法与室外老化之间有较好的相关性^[16]。另外,在循环老化试验中,板材的性能随着循环数的增加而下降^[8,15]。

不少资料介绍了室外自然老化过程。Hann, Black 和 Blomquist^[3]最先进行这方面的研究,以后 WCAMA^[10]、James Alexopoulos^[7]、River^[16]等相继作了自然老化法与人工老化法对比的研究。这些资料表明:刨花板强度在第一、二年下降很快,以后几年下降较慢。

人工老化与自然老化之间是否存在着相关性呢?有不少资料认为人工老化方法如 ASTM D 1037 老化法、WCAMA 老化法以及煮沸检测法等过于严酷,它们与自然老化方法之间不存在连续的相关性,不能代替实际的室外老化过程,只能作为质量控制方法^[4,5,15]。但是通过两种老化结果的对比,可以利用人工老化方法对刨花板的耐老化能力进行分级,并估计刨花板的使用寿命。但也有资料表明人工老化与自然老化之间存在一定的相关性^[14,16]。V313 老化法、Xenotest 老化仪检测法等由于老化条件较温和,因而与自然老化有较好的相关性。

总之,老化性能试验方法很多,每种方法都有其特点及局限性。应根据各个国家、地区的气候条件选择合适的人工老化方法,使自然老化与人工老化所得的结果相关性最好。不能简单地认为哪种人工老化方法相当于室外自然老化几年,应视当地具体的气候条件和刨花板种类而定。目前世界上还没有一种公认的适合各种使用场合的人工老化方法^[6,8]。

4 存在的问题和发展方向

一般的老化研究分为下面几部分:①对室外自然老化试件、室内加速老化试件、对比试件进行检测;②老化数据除以对比件数据,得到各项性能的保留率;③比较各种老化方法的结果(即比较保留率),找出它们之间的关系。可见,一般的老化研究只注重老化前后结果的对比,而很少考虑老化过程中各项性能的变化速度^[6,15]。另外,老化后各项性能往往是由保留率体现,而不是绝对强度值。但实际上建筑师需要的数据是绝对值,而不是保留率。

很多标准规定在进行静曲强度和弹性模量计算时以老化前试样的尺寸为计算依据。但有资料指出^[8,15],以老化后数据计算的 *MOR*、*MOE* 比以老化前数据计算的结果要小得多,且 *MOR*、*MOE* 的变异性小,更能体现板材的实际强度。River 等^[16]指出,使用老化前尺寸计算的 *MOR*、*MOE* 对试件加载能力

的损失比较敏感,但掩盖了试件由于发生高回弹而产生的 *MOR* 和 *MOE* 的真实损失。到底哪一种计算方法更好,还有待于探讨。

加速老化方法一般都依赖于胶种。胶粘剂的耐候性不一样,所选用的老化方法也不一样,这为老化标准的统一增加了困难。因此,寻找不依赖于胶种的老化方法是老化研究的任务之一。

对加速老化的因素还应作进一步的研究分析,改进和完善各种老化方法,并继续寻找新的人工老化方法。刨花板的用途不同,则耐候性指标也应不同,应根据建筑上的需要,选择相应的老化方法,对刨花板耐老化性进行分级。

随着胶粘剂工业和人造板工业的发展,新胶种不断涌现,人造板种类也逐渐增多,因而需要寻找更先进的人工老化方法。新方法应具有如下特点:①设备简单;②用时短,便于进行质量控制;③不依赖于胶粘剂种类;④与自然老化有较好的相关性。随着新方法的运用,我们将会更快、更准确地预测刨花板的耐老化能力。

5 参考文献

- 1 华毓坤、王思群.刨花板耐老化性能的研究.木材工业,1989,3(1):7~11
- 2 余德新、范松仔.人造板自然老化试验初报.建筑人造板,1993(3)
- 3 Hann R A, J M Black and R F Blomquist. How durable is particleboard? Forest Prod. J., 1962, 12(12):577~584;1963,13(5):169~174
- 4 Murray N Carroll. We still don't boil house—part two: Particleboard testing. In: Proc. 14th Inter. Particleboard Symp., Pullman, Wash., 1980, 39~58
- 5 Lehmann W F. Durability of composition board products. In: Proc. 11th Inter Particleboard Symp., Pullman, Wash., 1977, 351~368
- 6 Back E and E Sandstrom. Critical aspects on accelerated methods for predicting weathering resistance of wood based panels. Holz als Roh-und Werkstoff, 40(1982): 61~75
- 7 James Alexopoulos. Accelerated aging and outdoor weathering of aspen wafeboard. Forest prod. J., 1992, 42(2):15~22
- 8 Dobbin McNatt J, Carol L Link. Analysis of ASTM D 1037 accelerated aqingtest, Froest Prod. J., 1989, 39(10):51~57

(下转第6页)

- 1992,6(4):47
- 2 成俊卿主编. 木材学. 中国林业出版社,1985
- 3 中户莞二编著. 新编木材工学. 日本东京养贤堂(株), 1985
- 4 Vorreiter L. Holztechnologisches Handbuch Bd. I. Verlag Georg Fromme,1949,126
- 5 日本材料学会木质材料部门委员会编. 木材工学辞典. 日本工业出版(株),1982
- 6 王金林等. 杨木旋切及单板质量与木材性质关系的研究. 木材工业,1995,9(5):1~7

A Study on Squeezing Water out of Greenwood Veneer

Wang Jinlin Li Chunsheng Leng Yuelong

(Research Institute of Wood Industry, CAF Beijing 100091)

Abstract On the basis of theoretical calculation, the volumetric ratio of wood substances to water and air for the wood in basic density 0.36g/cm^3 at 120% moisture content is about 1 : 1 : 1. Therefore, the free water in wood will all be squeezed out as the volumetric squeezing ratio of the wood reached 66%. Based upon this consideration, squeezing tests were made for greenwood veneer of fast grown loblolly pine (*pinus taeda*) and poplar I-69 (*Populus deltoides* Bartr cv. "Lux" I-69/55) in various squeezing ratios by using various types special grooved plates. The moisture content of 2.02mm thick greenwood veneer of poplar I-69 was decreased remarkably after squeezing in 70% squeezing ratio and the distribution of moisture content of the veneer got more uniform. The differences among moisture contents of the samples taken from different parts of the veneer from the same bolt got smaller remarkably also after squeezing. More water were squeezed out of 2.38mm and 3.33mm thick greenwood veneers of loblolly pine in 60% squeezing ratio than in 40% squeezing ratio, and greater uniform distribution of moisture content of the veneers were obtained in the former case. It was evident that squeezing with grooved plates could effectively make the moisture content of greenwood veneer lower and more uniform distribution. It was also found that squeezing with various type of grooved plates showed different results.

Keywords Greenwood veneer; Squeezing; Grooved plates; Volumetric squeezing ratio

(上接第 31 页)

- 9 Dobbin McNatt J, Dwight McDonald. Tow accelerated aging test for wood-based panels. *Froest Prod. J.*, 1993,43(7/8):49~52
- 10 West Coast Adhesive Manufacture Association. Accelerated aging of phenolic resin-bonded particleboard. *Froest prod. J.*, 1970,20(10):26~27
- 11 Dinwoodie J M. Characterizing the performance of chipboard in the United Kingdom. In: *Proc. 15th Inter. Particleboard Symp.*, Pullman, Wash., 1981,59~78
- 12 Chow Poo, John J Janowiak. Effects of accelerated aging tests on some bending properties of hardwood composite panels. *Forest Prod. J.*, 1983,33(2):14~20
- 13 Shen K C, B Wrangham. A rapid accelerated aging test procedure for phenolic particleboard. *Froest Prod. J.*, 1971,21(5):30~33
- 14 Deppe H J. Long-term comparative tests between natural and accelerated weathering exposures of coated and uncoated wood-base material. In: *Proc. 15th Inter. Particleboard Symp.*, Pullman, Wash., 1981,79~100
- 15 River B H, R H Gillespie, A J Baker. Accelerated aging of phenolic-bonded hardboards and flakeboards. *Res. Pap. FPL 393. USDA Forest. Serv.*, 1981,28pp
- 16 River B H. Outdoor aging of wood-based panels and correlation with laboratory aging. *Forest Prod. J.*, 1994, 44(11/12):55~65