

标准研讨

室外用人造板耐老化性的评估研究进展

付跃进, 伍艳梅, 吕斌, 何建, 史燕平, 徐青

(国家人造板与木竹制品质量监督检验中心, 北京 100091)

摘要: 介绍国内外室外用人造板耐老化性的2种测定方法: 室外自然老化法和室内加速老化法, 分析其相关性, 并重点分析室内加速老化法的主要评定指标, 为今后我国室外用人造板耐老化性的评定方法研究, 及相关标准体系的建设, 提出建议。

关键词: 室外用人造板; 耐老化性; 室内加速老化法

中图分类号: TS67

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2011)05-0032-04

Durability Evaluation Methods for Wood-Based Panels Used in Exterior Applications

FU Yue-jin, WU Yan-mei, LV Bin, HE Jian, SHI Yan-ping, XU Qing

(National Center for Quality Supervision and Testing of Wood and Bamboo Products, Beijing 100091, China)

Abstract: This article reviews the current status of test standards that are being developed for exterior durability of wood-based panels including an outdoor exposure test and an accelerated aging test. It also analyzes the correlation between the two testing methods and the key parameters for the accelerated aging test. It finally presents some suggestions for establishing such standards in China.

Key words: exterior panel; durability; accelerated aging method

室外用人造板由于经常暴露于日晒、雨淋等环境中, 易受木腐菌、蛀虫的侵蚀, 使力学强度降低, 影响使用。从国内外研究可知, 影响室外用人造板耐老化性的因素很多, 如应用环境、胶黏剂、材料本身的性质和制备工艺等。准确评定室外人造板的耐老化性能, 不仅可对改进室外人造板的生产工艺提供指导, 而且有助于正确评价和使用室外用人造板产品。

目前, 室外用人造板耐老化性的测试方法主要有: 室外自然老化法和室内加速老化法。室外自然老化法是将板材置于自然环境中, 考察随着时间的推移和气候条件的变化, 材料的物理力学性质的变化; 室外自然老化法需要至少5年的试验时间, 且自然条件不稳定, 重现性差, 地区条件差异等原因, 易影响测试

结果。室内加速老化法, 是在室内模拟自然环境中主要老化因素(如温度、水和水蒸汽、太阳辐射等), 以加快板材物理力学性质的改变, 在短时间内获得板材在自然环境下长时间的暴露效果, 是评定室外用人造板耐老化性的常用方法。

本文总结国内外室外用人造板耐老化性的检测方法标准, 旨为我国企业进行产品开发、质量检测, 以及修制订相关标准提供参考。

1 国外室外用人造板耐老化性的研究进展

1.1 主要耐老化性测定方法标准

国外已制定多种室内加速老化方法标准, 目前广泛使用的标准有:

1) 美国标准 ASTM D 1037-2006《Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials》的6循环加速老化法;

2) 美国西海岸胶黏剂协会 WCAMA 于1968年

收稿日期: 2010-10-29; 修改日期: 2011-08-15

基金项目: 质检行业公益专项项目(200810580)。

作者简介: 付跃进(1971—), 男, 国家人造板与木竹制品质量监督检验中心工程师。

推出的 WCAMA-6 循环法;

3) 英国标准 BS EN 1087-1: 1995 《Particleboards—Determination of moisture resistance — Part 1; Boil test》;

4) 英国标准 BS EN 321: 2002《Wood-based panels—Determination of moisture resistance under cyclic test conditions》,替代英国标准 BS 5669: 1989 《Particleboards》(简称 BS 5669,下同),与法国标准 NF B51-263-1979 《Particle boards. Accelerated ageing by test ‘V 313’ method》(简称 V313)方法基本相同,但在每个循环处理后增加了平衡处理(在(20±5)℃室温环境下,放置(4±0.5)h);

5) 英国标准 BS EN 13986: 2004《Wood-based panels for use in construction — Characteristics, evaluation of conformity and marking》,室内加速老化方法与 BS EN 1087-1: 1995 相同;

6) 日本标准 JIS A 5908: 2003《Particleboards》中,“在湿状态下的弯曲强度测试 B”的预处理方法(简称 JIS-B,下同),最初用于湿环境中建筑用刨花板

湿弯曲性能检测前的预处理。后来根据该标准制定了 ISO 20585: 2005 《Wood-based panels—Determination of wet bending strength after immersion in water at 70℃ or 100℃ (boiling temperature)》;

7) 美国标准 ASTM D 3434-2006《Standard test method for multiple-cycle accelerated aging test (Automatic boil test) for exterior wet use wood adhesives》,适用于室外湿环境中使用的胶黏剂的老化性测定;

8) 美国胶合板协会标准 APA 制定的 APA PRP-108: 2002 《Performance standards and qualification policy for structure-use panels》D-5 法。

以上标准主要为检测刨花板和纤维板类板材耐老化性而制定,针对不同胶黏剂压制的各类板材,相关标准规定的主要检测方法列于表 1。

国内外学者也尝试将标准方法用于胶合板和 LVL 等板材的性能检测。英国标准 BS EN 13986: 2004 中提到,测定室外用胶合板和 LVL 的耐水性,

表 1 国外常用室外用人造板的室内加速老化检测标准方法
Tab. 1 Processes for durability methods for different outdoor panels

板材种类	标准	测试步骤	循环次数
PF、MDI 胶压刨花板和纤维板等	ASTM D 1037-2006	1) (49±2)℃水中浸泡 1 h; 2) 蒸汽及水蒸气(93±3)℃中处理 3 h; 3) (-12±3)℃冷冻环境下处理 20 h; 4) (99±2)℃干燥 3 h; 5) (93±3)℃蒸汽及水蒸气中处理 3 h; 6) (99±2)℃干燥 18 h	6
	WCAMA	1) 19~27℃水中浸泡 30 min,真空度 9.33 kPa; 2) 100℃沸水中煮 3 h; 3) 105℃干燥 20 h	6
	BS EN 1087-1: 1995	1) 在水中浸泡,90 min 内,水温由 20℃升至 100℃; 2) 100℃沸水煮 2 h; 3) 即刻放入 20℃水中冷却 1~2 h	1
	JIS A 5908: 1994 中 JIS-B	1) 100℃沸水中煮 2 h; 2) 放入 20℃水中冷却 1 h	1
UF、MUF 胶压刨花板和纤维板等	BS EN 321: 2002	1) 20℃水中浸泡 72 h; 2) -12℃冷冻环境下放置 24 h; 3) 70℃干燥 72 h; 4) (20±5)℃室温环境下,放置(4±0.5) h	3
PF、MDI 胶压胶合板和 LVL 等	ASTM D 3434-2006	1) 100℃沸水中煮 10 min; 2) (23±2)℃空气中放置 4 min,空气循环速度为(1.74±0.29) m/s; 3) (107±2)℃空气中干燥 57 min,空气循环速度为(1.74±0.29) m/s; 4) 100℃沸水中煮 10 min	N, 只重复步骤 2)~4)
	APA PRP-108: 2002 中 APA D-5	1) 40℃水中浸泡 30 min,真空度 50.6 kPa; 2) 40℃水中浸泡 30 min; 3) 82℃干燥 6 h; 4) 40℃水中浸泡 30 min,真空度 50.6 kPa; 5) 40℃水中浸泡 30 min; 6) 82℃干燥 15 h	3
	ISO 12466-1: 2007	1) 基本处理(任一项): ① 24 h 冷水浸泡(24 h Cold soak); 在(20±3)℃水中浸泡 24 h ② 抽真空、加压浸泡(VP): 先在真空度 85 kPa、室温条件下浸泡 30 min; 再将气压增至 450~480 kPa,浸泡 30 min	1
	ISO 12466-2: 2007; ISO/DIS 10033-2: 2010	2) 特殊处理(任一项): ① 喷蒸: 先在(200±7) kPa 下,喷蒸 6.25 h; 再在 30℃水中浸泡 1 h ② 煮沸-干燥-煮沸: 先在沸水中煮 4 h; 接着在(60±3)℃干燥 16~22 h; 然后在沸水中煮 4 h; 最后置于 30℃水中浸泡 1 h ③ 72 h 煮沸: 先在沸水中煮 72 h; 再置于 30℃水中浸泡 1 h	

注: N 表示循环次数由具体情况而定。

主要通过胶合强度来反映,测试前的预处理试验方法,分别按照国际标准 ISO 12466:2007《Plywood》和 ISO/DIS 10033-2:2010《Laminated veneer lumber—Bonding quality—Part 2: Requirements》进行,但尚未将此预处理试验方法归类于耐老化性检测方法,且研究较少,需要进一步研究。

1.2 耐老化性测定方法研究进展

国外对室外用人造板耐老化性的研究始于20世纪50年代末,美国林产品研究所对刨花板的耐老化性能进行研究。随着研究的不断深入,研究领域逐渐扩展至室内加速老化法与室外自然老化法之间的关系上。目前,对两者的相关性,存在两种观点:

一种观点认为,两种方法存在一定的相关性,室外自然老化试验的结果,为室内加速老化测试方法的标准化提供了基础^[1-2]。

如日本学者开展了10年室外自然老化法与 ASTM D 1037:1993 的6循环加速老化法、APA PRP-108:1994、EN 321:1993 和 JIS A 5908:1994 中 JIS-B 方法等室内加速老化法之间的关系研究^[3],提出:室外自然老化法与室内加速老化法之间的相关性,可通过内结合强度指标降级来评估。

又有研究证实,ASTM D 1037-2006 的6循环加速老化法与室外自然老化法之间,具有紧密的相关性^[4],并阐明2种方法测试结果间的关系式^[5];运用 ASTM D 3434-2006 与室外自然老化法,测试胶黏剂耐老化性能的研究表明,2种方法测试结果的相关性因胶黏剂种类而异。

另一种观点则对2种方法之间的相关性提出了质疑。分析造成相关性差的原因:一方面是在试验过程中,未考虑加速老化试验后板材的吸水厚度膨胀变化对弯曲性能的影响^[6];另一方面,是因为使用的室内加速老化方法的试验条件过于苛刻或偏于温和,不适用于测试所用的板材。

2 国内室外用人造板耐老化性的研究进展

2.1 主要耐老化性测定方法标准

随着人造板工业的快速发展,我国逐步加强了对室外用人造板耐老化性的研究,国内出台的一些人造板产品标准中,引入了国外的室外用人造板耐老化性的测定方法。

如 GB/T 17657-1999《人造板与饰面人造板理化性能试验方法》中的室外用人造板加速老化性能测定方法,与 GB/T 4897.5-2003《刨花板第5部分:在潮

湿状态下使用的结构用板要求》中的2h沸水煮后IB测定方法,均等同于欧盟标准 BS EN 1087-1:1995。

GB/T 11718-2009《中密度纤维板》规定了循环试验条件下,防潮性能、沸腾试验、湿静曲强度和尺寸稳定性测定法,分别与 BS EN 321:2002(同 ISO 16987:2003《Wood-based panels—Determination of moisture resistance under cyclic test conditions》)、BS EN 1087-1:1995(同 ISO 16998:2003《Wood-based panels—Determination of moisture resistance—Boil test》)、JIS-B 和欧洲标准 EN 318:2002《Wood-based panels Determination of dimensional changes associated with changes in relative humidity》(同 ISO 16985:2003《Wood-based panels—Determination of dimensional changes associated with changes in relative humidity》)相同。

LY/T 1580-2010《定向刨花板》,也对耐水性提出了要求。

此外,我国也制定了一些耐老化性的测定方法:如 GB/T 17657-1999、GB/T 13123-2003《竹编胶合板》和 LY/T 1861-2009《户外木地板》中湿循环性能的测定方法,以及水煮(浸)-冰冻-干燥处理后静曲强度的测定方法,并按照板材的种类及厚度,分别规定了处理条件。与国外标准相比,我国室外用人造板耐老化性方法标准数量较少,且分列于各产品标准中,尚未形成系统。

2.2 耐老化性测定方法研究进展

我国对室外用人造板耐老化性的研究起步较晚,相关研究主要集中于单一的室内加速或室外自然老化方法上,侧重于某一产品耐老化性的研究,而对2种方法的相关性研究甚少。

如对胶合板的研究发现^[7],经过少则1~2年,多则14年的室外自然老化后,其耐老化性逐渐减弱,残留强度值与初始胶合强度值、胶合板层数成正比。

在室内加速老化法研究方面,20世纪90年代初,国内常用 ASTM D 1037-1987 的6循环加速老化法、BS EN 1087-1:1995、WCAMA 和 BS 5669:1989 等室内加速老化法,对刨花板、纤维板、胶合板等进行了耐老化性试验,后期有研究涉及 APA PRP-108:2002、ASTM D 3434-2006 等室内加速老化法。研究发现,ASTM D 1037-2006 的6循环加速老化法、WCAMA 和 ASTM D 3434-2006 中的试验条件,对室外用人造板的性能影响较大,而 BS 5669:1989 的试验条件相对温和。

近年来,随着新型室外用人造板的问世,室内加速老化法的应用范围也逐步扩展。BS EN 1087-1:1995 已被成功用于比较不同生产工艺的竹材重组材的耐老化性^[8],并证明适用于竹重组材的耐老化性评定^[9];用 ASTM D 1037-2006 的 6 循环加速老化法处理竹篾制备的层压板^[10],可评定竹篾层压板的耐老化性,并对竹篾分类利用有一定的意义。

利用 ASTM D 1037-2006 的 6 循环加速老化法,测定以木质剩余物作为填充材料,以玻璃纤维、毛竹片为增强材料,以甲阶酚醛树脂为基体材料的轨枕复合材料^[11],研究表明:ASTM D 1037-2006 的 6 循环老化法可适用于酚醛胶人造板,吸水厚度膨胀率、静曲强度和内结合强度等指标的变化规律相似,均可用于评估人造板的耐老化性。对竹重组材,内结合强度是判定其耐老化性能的重要指标^[9]。

3 室内加速老化方法的评定指标

在国内外研究中,评定室外用人造板的耐老化性常用指标有:内结合强度(IB)、静曲强度(MOR)、吸水厚度膨胀率(TS)。

3.1 内结合强度和静曲强度

国内外研究大多使用 IB、MOR 指标,来评定 2 种方法之间的关系。通常室外人造板的强度会随着试验循环次数的增加而下降。如竹木复合层合板,在 ASTM D 1037-2006 的 6 循环加速老化法第 1 个循环后,IB、MOR 的下降幅度最大,通过试验拟合出一般力学性能和老化周期的函数方程^[12]。

对于刨花板而言,室内加速老化试验的前 2 个周期,尤其是第 1 周期对强度的影响显著,随着加速老化周期延长,IB、MOR 强度降幅减缓或无显著变化,与刨花板室外自然老化的研究结果相近^[13]。

室外用人造板所用树种、胶种以及制备工艺不同,其 MOR 会呈现不同程度的下降^[13]。与刨花板不同,PF 胶合板在加速老化测试的前 2 个周期,强度降幅不大;通常第 5 个循环以后,其强度才出现显著变化;而室外自然老化的 PF 胶合板,在室外环境中需要暴露 5 年以上,其强度值才出现大幅下降。

综上所述,IB 和 MOR 两个指标能准确反映室外用人造板的耐老化性,其研究成果也为室内加速老化法与室外自然老化方法的相关性提供了纽带。各国的标准中,ASTM D 1037-2006 的 6 循环加速老化法试验条件较为苛刻,对室外用人造板的 TS 及 IB 指标影响也最大,其次为 WCAMA、ASTM D 3434-

2006 以及 BS EN 1087-1:1995。对于刨花板、纤维板,建议采用两年内的室外自然老化法,与室内加速老化法进行比较;对于 PF 胶合板,则使用 5 年以上的室外自然老化法,与室内加速老化法进行比较。

3.2 吸水厚度膨胀率

TS 亦适用于 2 种耐老化性测试方法的关系评定,尤其是对刨花板、纤维板的耐老化性测试。有研究表明,刨花板的 TS 和 IB 之间存在一定联系^[14],在不考虑胶种的情况下,IB 保留率的降幅和 TS 的增长,呈指数关系^[15]。

又有研究^[5]采用 JIS-B 和 ASTM D 1037-2006 的 6 循环加速老化法等室内加速老化方法,对多种人造板的 TS 进行了比较,发现:MDI 刨花板和纤维板的 TS,低于 PF 刨花板(TS 变化率 $>15\%$),胶合板的 TS 变化均小于 4% ,低于刨花板和纤维板;而室外自然老化 2 年后,PF 刨花板的 TS 为 $10\%\sim 14\%$,胶合板和 MDI 纤维板的 TS 均低于 3% 。室内加速老化测定的 TS 结果,与 2 年室外自然老化测定结果的比较研究发现:两种老化方法处理后的板材,其降级变化规律相似,但 2 年室外自然老化法的测定结果略低;同时,老化处理后胶合板的 TS 变化甚微,因此,TS 不适合作为胶合板耐老化性的评定指标。

4 结语

1) 应用室内加速老化法检测室外用人造板产品的耐老化性能时,对耐热、耐水性较高的胶黏剂制备的刨花板和纤维板产品,推荐使用 ASTM D 1037-2006 的 6 循环加速老化法和 BS EN 1087-1:1995 法;对耐热、耐水性一般的室外用刨花板和纤维板等,宜选择试验条件较温和的方法,如 BS EN 321:2002 等;而 ASTM D 3434-2006、ISO 12466-1:2007、ISO 12466-2:2007 和 ISO/DIS 10033-2:2010,则分别适用于测定室外用的各种胶黏剂、胶合板以及 LVL 的耐老化性。

2) IB、MOR 和 TS 等指标,对刨花板与纤维板的耐老化性评定,十分重要。

3) 室外用人造板的耐老化性与胶黏剂的性能密切相关,对于不同的板材种类,应根据我国各地的气候条件选择相应的测试方法,开展一系列长期的室外自然老化和室内加速老化试验,以找出 2 种耐老化性评定方法的相关性,为室外用人造板检测方法标准的制定奠定基础。

(下转第 43 页)

在汽蒸处理时间相同时,有刻痕的试材 PF 树脂的浸入量,虽高于同一涂刷次数的试材,但划痕对板材表面有一定损伤,因此,其 MOE 并未达到最高。

2.2.2 MOR

处理材的 MOR 比素材增加 25%~87%。涂刷条件一致时,汽蒸预处理时间长的试材, MOR 更高;汽蒸时间相同,涂刷 5 次的效果最佳。汽蒸时间越长和涂刷次数越多, MOR 增加愈明显。刻痕影响了试材表面强度,虽然浸注的胶量增加,但其 MOR 增幅有限。

2.2.3 最大载荷

处理材的最大破坏载荷,比素材提高了 20%~83%。随着汽蒸时间的延长和涂刷次数增加,杨木试材的最大载荷逐渐增加。未经汽蒸处理或汽蒸时间短、涂刷次数少的试材,由于 PF 树脂的浸注量相对较少,其承受最大载荷亦较小。

3 结论

1) 汽蒸预处理、涂刷树脂量及表面刻痕,均对杨木的物理性质改善效果影响显著。处理材的密度、增重率均有提高,回弹率明显降低;且汽蒸 4 h 试材的增重率和回弹率改善效果,优于汽蒸 2 h 的处理材。

2) 处理杨木试材的 MOE、MOR 及最大载荷均有提高。表面刻痕虽然提高了 PF 树脂的浸入量,但由于试材表面受到破坏,从而其各项力学强度虽有提高,但未达到最大。

3) 在本试验范围内,汽蒸处理 4 h,涂刷试材表面 5 次为较优的处理工艺。

4) 由于板材表面吸收了 PF 树脂,对热压机压板表面的光洁度要求较高。另外,提高杨木板材表面渗透性的方法,还有待深入研究。

参考文献:

- [1] 陈瑞英,胡国楠.速生杨木密实化研究[J].福建农林大学学报,2005,34(3):324-329.
- [2] 方桂珍,刘一星,崔永志,等.低分子量 MF 树脂固定杨木压缩木回弹技术的初步研究[J].木材工业,1996,10(4):18-21.
- [3] 刘君良,王玉秋.酚醛树脂处理杨木、杉木尺寸稳定性分析[J].木材工业,2004,18(6):5-8.
- [4] Liang B H, Mott L, Shaler S M. Properties of transfer-molded wood-fiber polystyrene composites[J]. Wood and Fiber Science, 1994,26(3):382-389.
- [5] Masafumi Inoue, Kazuya Minato, Misoto Norimoto. Permanent Fixation of Compressed Deformation of wood by Crosslinking[J]. Mokuzai Gakkaish, 1994,40(9):931-936.

(责任编辑 张一萍、姜征)

(上接第 35 页)

参考文献:

- [1] Sekino, S Suzuki. Durability of wood-based panels subjected to ten-year outdoor exposure in Japan[J]. Bulletin of the Iwate Univ. Forests, 2003(4):23-36.
- [2] Kojima Yoichi, Suzuki Shigehiko. Evaluating the durability of wood-based panels using internal bond strength results from accelerated aging treatments[J]. Journal of Wood Science, 2010, 57(1):7-13.
- [3] Ikeda M, S Suzuki. Evaluation of durability performance of wood-based panels subjected to outdoor exposure[J]. Bulletin of Shizuoka Univ. Forests, 1999(23):25-36.
- [4] River B H. Outdoor aging of wood-based panels and correlation with laboratory aging[J]. Forest Products Journal, 1994,44(11/12):55-65.
- [5] Yoichi Kojima, Hiroki Norita, Shigehiko Suzuki. Evaluating the durability of wood-based panels using thickness swelling results from accelerated aging treatments[J]. Forest Products Journal, 2009,59(5):35-42.
- [6] River Bryan H. Outdoor aging of wood-based panels and correlation with laboratory aging[J]. Forest Products Journal, 1994,44(11,12):55-66.

- [7] 吕斌,付跃进,吴盛富,等.室内型胶合板天然耐久性的初步研究[J].林产工业,2004,31(4):17-20.
- [8] 黄小真,蒋身学,张齐生.3种竹材重组材耐老化性能比较[J].林业科技开发,2010,24(2):55-57.
- [9] 黄小真,蒋身学,张齐生.竹材重组材人工加速老化方法的比较研究[J].中国人造板,2010(6):25-27.
- [10] 虞华强,江泽慧,任海青,等.竹篾层压板的力学性质及耐老化性能研究[J].木材加工机械,2006(3):1-4.
- [11] 王志勇,肖生苓,杨丽丽.木质剩余物轨枕复合材料老化性能[J].东北林业大学学报,2009,37(8):42-43.
- [12] 张晓冬,程秀才,班磊.竹木复合层合板老化性能试验[J].林业科技开发,2010,24(3):18-21.
- [13] Okkonen E Arnold, River Bryan H. Outdoor aging of wood-based panels and correlation with laboratory aging: Part 2[J]. Forest Products Journal, Madison: 1996,46(3):68-75.
- [14] 朱晓丹,译.各种加速老化试验对刨花板耐久性的影响[J].建筑人造板,1992,(2):40-43.
- [15] Saito F, Taniguchi T. Particle-bond durability of isocyanate bonded particleboards (in Japanese)[J]. Mokuzai Gakkaish, 1984,30(11):921-926.

(责任编辑 向琴)