

DOI: 10.12326/j.2096-9694.2021003

# GB/T 24508 《木塑地板》新版标准 重要指标解读

赵丽媛, 付跃进

(中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)



**摘要:** 简要分析国内外木塑复合材料相关标准, 解读新版标准 GB/T 24508—2020《木塑地板》的重要指标, 包括最小集中载荷、静曲强度和弹性模量、线性热膨胀系数、邻苯二甲酸酯总量、甲醛释放量、总挥发性有机化合物释放率, 引导标准的正确理解和使用。

**关键词:** 木塑地板; 最小集中载荷; 静曲强度; 弹性模量; 线性热膨胀系数; 甲醛释放量; 总挥发性有机化合物  
**中图分类号:** S781.3; TS67; TU546.6      **文献标识码:** B      **文章编号:** 2096-9694 (2021) 06-0083-06

## Instruction of Principle Indexes of Chinese National Standard GB/T 24508 for Wood-Plastic Composite Flooring

ZHAO Li-yuan, FU Yue-jin

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** This article briefly introduced the development status of wood-plastic composite flooring and analyzed the relevant standards of wood-plastic composite products. The principle indexes of the new-edition standard GB/T 24508—2020 were described, including the minimum concentrated load, modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE), the coefficient of linear thermal expansion, the phthalate content, formaldehyde emission, and the release rate of total volatile organic compounds (TVOC). These information provide a proper guidance for the application of the standard.

**Key words:** wood-plastic composite flooring; minimum concentrated load; modulus of rupture (MOR); modulus of elasticity (MOE); coefficient of linear thermal expansion; formaldehyde emission; total volatile organic compounds (TVOC)

木塑复合材料 (wood-plastic composite, WPC) 由木材、稻壳、麦秸秆等木质纤维和塑料制成, 兼具植物纤维和塑料的优点, 节约木材、低碳环保, 是一种环境友好型产品。我国是木塑产品生

产大国, 木塑产业从1998年开始起步, 到今天已经历20多年的发展, 产品被应用在北京奥运会、上海世界博览会等场馆和设施建设中<sup>[1-2]</sup>。

木塑地板是木塑复合材料的主要产品之一, 在别墅及商业建筑等户外场所应用较多, 与传统木地板相比, 不易腐朽、变色和开裂, 耐污性强, 且易于保养, 其市场规模正逐步扩大。根据中国林产工业协会不完全统计, 2020年中国具有一定规模企业的木塑地板总销量约0.74亿m<sup>2</sup>, 同比增长5.71%, 木塑地板出口量约占总量的60%。

收稿日期: 2021-01-15; 修改日期: 2021-03-17

基金项目: 国家重点研发计划项目“重要农林产品现代加工质量提升共性技术标准”(2016YFF0201900) 课题“新型与特种木材深加工共性技术标准研究”(2016YFF0201903)。

作者简介: 赵丽媛 (1984—), 女, 工程师。Email: zhao\_li\_yuan@126.com

通讯作者: 付跃进, 男, 高级工程师。Email: 147398596@qq.com

产品的发展离不开标准的监督，国家标准 GB/T 24508—2009《木塑地板》自发布至今已有 10 多年的时间，市场、产品要求均发生了很大的变化，新版标准 GB/T 24508—2020 于 2021 年 6 月 1 日正式实施，更适应当前木塑地板产品特点。本文结合木塑复合材料的国内外相关标准背景，解读 GB/T 24508—2020《木塑地板》的重要指标，为相关人员了解标准制定背景、正确使用标准提供参考，以促进木塑产业的良性发展。

1 木塑复合材料标准

木塑复合材料（WPC）相关产品标准涉及木塑铺板、木塑装饰板、木塑墙板、木塑围栏、木塑地板等。表 1 列出了国内外关于 WPC 性能检验的主要标准，既包括 WPC 抗弯、抗压、抗变形、抗老化等通用检验方法，也有针对具体产品，如木塑墙板、护栏等的具体检验项目说明。由于木塑地板是 WPC 的一种，其部分性能与其他木塑产品类似，GB/T 24508 的修订参照了这些标准。

表 1 国内外木塑复合材料标准  
Tab.1 National and overseas standards of wood-plastic materials

| 标准名称                                                                                                                                                                                                                                                | 标准主要内容                               | 发布国家 | 归口单位              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|-------------------|
| ASTM D 7031-2011(2019) <i>Standard Guide for Evaluating Mechanical and Physical Properties of Wood-Plastic Composite Products</i>                                                                                                                   | 木塑复合材料总体物理力学性能评价方法                   | 美国   | ASTM 木材技术委员会      |
| ASTM D 7032-2017 <i>Standard Specification for Establishing Performance Ratings for Wood-Plastic Composite and Plastic Lumber Deck Boards, Stair Treads, Guards, and Handrails</i>                                                                  | 木塑铺板、木塑墙板和防护栏杆的性能检测方法                | 美国   | ASTM 木材技术委员会      |
| DIN EN 15534-1-2018 <i>Composites Made from Cellulose-based Materials and Thermoplastics (Usually Called Wood-Polymer Composites (WPC) or Natural Fibre Composites (NFC)) - Part 1: Test Methods for Characterisation of Compounds and Products</i> | 木塑复合材料性能检验方法                         | 德国   | 德国标准协会标准技术委员会     |
| DIN CEN/TS 15534-2-2007 <i>Wood-Plastics Composites (WPC) - Part 2: Characterisation of WPC Materials</i>                                                                                                                                           | 木塑复合材料性能表征                           | 德国   | 德国标准协会标准技术委员会     |
| ISO 20819-1-2020 <i>Plastics - Wood-Plastic Recycled Composites (WPRC) - Part 1: Specification</i>                                                                                                                                                  | 木塑复合材料规范                             | 国际   | 国家标准化组织(ISO)技术委员会 |
| GB/T 29418—2012《塑木复合材料产品物理力学性能测试》                                                                                                                                                                                                                   | 木塑复合材料物理力学性能测试方法(依据 ASTM D7031-2011) | 中国   | 全国塑料制品标准化技术委员会    |
| GB/T 24137—2009《木塑装饰板》                                                                                                                                                                                                                              | 装饰用非结构型木塑复合板材性能要求                    | 中国   | 全国塑料标准化技术委员会      |
| GB/T 24508—2020《木塑地板》                                                                                                                                                                                                                               | 木塑地板性能要求                             | 中国   | 全国林业生物质材料标准化技术委员会 |

2 GB/T 24508—2020《木塑地板》主要指标说明

与旧版标准 GB/T 24508—2009 相比，新版标准 GB/T 24508—2020 主要修订了定义、分类和部分性能指标，新增、修改、删除和保留的内容分别汇总于表 2 中。由于木塑地板的最小集中载荷、静曲强度、弹性模量和吸水率，会受到基材发泡和不发泡的影响，此 4 个检验项目视基材发泡与否分别提出要求；其他项目指标则不区分基材。

2.1 定义

木质纤维和塑料的比例是衡量产品是否为木塑地板的重要依据。美国标准 ASTM D 7031-2011<sup>[3]</sup>中强调，木塑复合材料（WPC）与塑料木质板（plastic lumber）的区别是 WPC 中木质纤维含

量要高于 50%。GB/T 24508—2020 规定，木塑地板由木质纤维材料（木材、竹材、农作物秸秆等）和热塑性塑料两种材料加工而成，基材不发泡、发泡两类木塑地板的木质纤维含量，分别应不低于 50%、20%，不符合比例要求的不能视为木塑地板。

2.2 分类

木塑地板在别墅及商业建筑等户外场所应用较多，在室内使用相对较少，因而在新版标准中，不再区分木塑地板使用场所（公共场所用和非公共场所用）；同时，根据目前市面上木塑地板的种类，将表面处理状态分类分为素面木塑地板和饰面木塑地板，其中，饰面木塑地板包括涂饰木塑地板、浸渍纸饰面木塑地板、共挤木塑地板等。

表 2 GB/T 24508—2020《木塑地板》的主要修订内容

Tab.2 Main revised contents of national standard GB/T 24508—2020

| 修订方式 | 修订项目                                                             | 项目名称      | 主要变化                                      |
|------|------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------|
| 修改   | 定义、分类、要求等                                                        | 定义        | 拓宽木质纤维的覆盖范围；增加基材发泡和不发泡地板对木质纤维含量的规定        |
|      |                                                                  | 分类        | 删除使用场所分类；修改表面状态分类为素面木塑地板和饰面木塑地板           |
|      |                                                                  | 外观质量和规格尺寸 | 删除扭曲度和翘曲度，增加平整度                           |
|      | 物理力学性能                                                           | 密度        | ≥0.75 g/cm <sup>3</sup>                   |
|      |                                                                  | 吸水率       | 基材发泡≤5.0%，基材不发泡≤1.0%                      |
|      |                                                                  | 耐冷热循环     | 增加表面状态                                    |
|      |                                                                  | 抗冻融性      | 增加表面状态                                    |
|      |                                                                  | 抗老化性      | 增加表面状态                                    |
|      |                                                                  | 表面耐污染     | 修改了试件尺寸                                   |
|      |                                                                  | 表面胶合强度    | 检验方法修改为参照 GB/T 17657—2013                 |
|      |                                                                  | 表面耐划痕     | 检验方法修改为参照 GB/T 17657—2013                 |
|      |                                                                  | 表面耐磨      | 检验方法修改为参照 GB/T 17657—2013                 |
| 新增   | 有害物质限量                                                           | 甲醛释放量     | ≤0.05 mg/m <sup>3</sup>                   |
|      |                                                                  | TVOC 释放率  | 替代 2009 版挥发物，≤0.50 mg/(m <sup>2</sup> ·h) |
|      | 物理力学性能                                                           | 最小集中载荷    | 基材发泡≥2 200 N，基材不发泡≥3 400 N                |
|      |                                                                  | 静曲强度      | 基材发泡≥14 MPa，基材不发泡≥26 MPa                  |
|      |                                                                  | 弹性模量      | 基材发泡≥2 000 MPa，基材不发泡≥3 000 MPa            |
|      |                                                                  | 线性热膨胀系数   | ≤5.0×10 <sup>-5</sup> /°C                 |
|      |                                                                  | 耐沸水       | 表面无开裂，无粉化                                 |
|      | 有害物质限量                                                           | 邻苯二甲酸酯总量  | ≤0.1%                                     |
|      | 检验规则                                                             | 抽样方案      | 新增理化性能检验抽样方案和检验结果的判定                      |
| 删除   | 物理力学性能                                                           | 加热后尺寸变化率  |                                           |
| 保留   | 常温落球冲击、吸水尺寸变化率、抗滑值、蠕变恢复率、耐光色牢度、低温落锤冲击、耐真菌腐蚀、基材氯乙烯单体、基材重金属、涂饰层重金属 |           |                                           |

### 2.3 主要理化性能指标

主要说明修订标准中新增加的物理力学指标，包括最小集中载荷、静曲强度和弹性模量、线性热膨胀系数，以及有害物质中邻苯二甲酸酯总量、甲醛释放量和总挥发性有机化合物（TVOC）释放率（72 h）。

#### 2.3.1 最小集中载荷

最小集中载荷反映物体受到瞬间集中载荷时抵抗外部载荷的能力。在 GB/T 24508—2020 中，最小集中载荷的测试采用长、宽均为 51 mm 的方形压头加载。基材发泡和不发泡会对木塑地板力学性能产生影响，为了确定两种产品的最小集中载荷指标，在标准修订过程中进行了验证试验，分别选择 20 批次基材不发泡木塑地板和 10 批次基材发泡木塑地板进行最小集中载荷的测试。两类木塑地板最小集中载荷测试结果如图 1 所示。

图 1 中，基材发泡木塑地板最小集中载荷最大值为 3 580 N，最小值为 2 210 N；基材不发泡木塑地板最小集中载荷最大值为 4 880 N，最小值为

2 810 N。根据中国资源综合利用协会木塑复合材料专业委员会起草的《北京奥运工程木塑复合板材/型材质量检测技术指南》，作为受力部件的木塑复合板材最小集中载荷应≥3 338 N。参照此指南以及最小集中载荷测试数据，在 GB/T 24508—2020 中规定：基材不发泡木塑地板的最小集中载荷应≥3 400 N，基材发泡木塑地板沿用 GB/T 24508—2009<sup>[4]</sup>的指标，其最小集中载荷≥2 200 N。

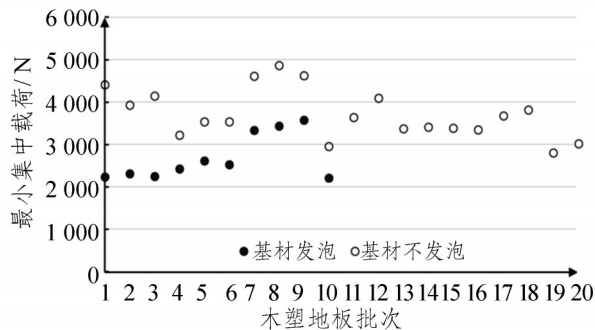


图 1 基材发泡和基材不发泡木塑地板最小集中载荷

Fig.1 Minimum concentrated loads of foam and non-foam back wood-plastic flooring

### 2.3.2 静曲强度和弹性模量

静曲强度和弹性模量是反映产品抵抗弯曲破坏和抵抗变形能力的指标。在 GB/T 24137—2009《木塑装饰板》<sup>[4]</sup>、LY/T 1613—2017《挤出成型木塑复合板材》<sup>[5]</sup>、ASTM 7031-2011<sup>[3]</sup>、ASTM 7032-2017<sup>[6]</sup>、DIN EN 15534-1-2018<sup>[7]</sup>中均对静曲强度和弹性模量做了规定，而 GB/T 24508—2009 中未提及。为了便于生产企业实时掌握产品质量状况，同时为了方便试验的进行，此次修订标准中增加了静曲强度和弹性模量的测试。静曲强度和弹性模量会受到基材的影响，因而在试验验证阶段，分别选择20批次基材不发泡和10批次基材发泡木塑地板进行弯曲性能的测试。测试结果分别如图2a、2b所示。

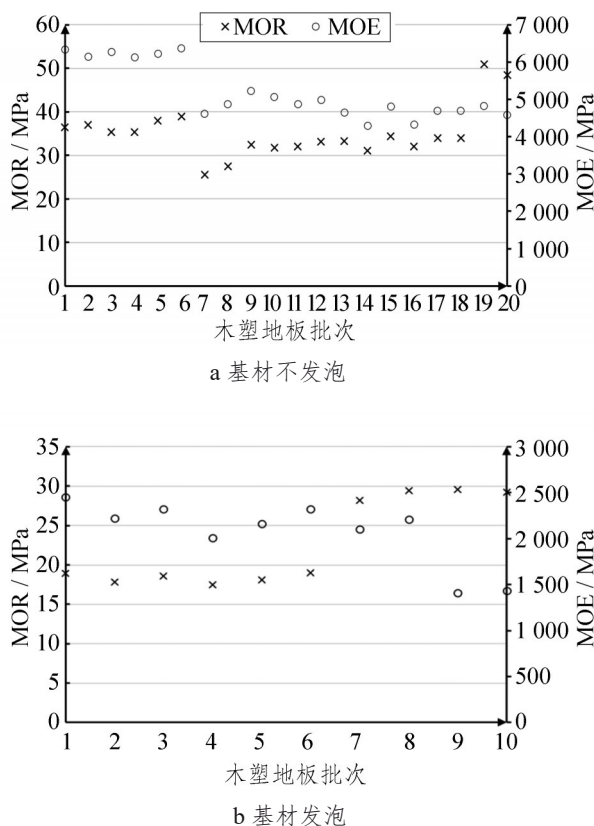


图2 基材发泡和基材不发泡木塑地板的静曲强度和弹性模量

Fig.2 MOR and MOE of foam and non-foam back wood-plastic flooring

在验证试验中，20批次基材不发泡木塑地板的静曲强度、弹性模量最大值分别为50.9、6370 MPa，最小值分别为25.6、4290 MPa；10批次基

材发泡木塑地板的静曲强度、弹性模量最大值分别为29.6、2450 MPa，最小值分别为17.5、1410 MPa。根据《北京奥运工程木塑复合板材/型材质量检测技术指南》，在 GB/T 24508—2020 中规定：基材不发泡木塑地板静曲强度 $\geq 26$  MPa，基材发泡木塑地板静曲强度 $\geq 14$  MPa，基材不发泡、发泡木塑地板的弹性模量分别 $\geq 3000$ 、2000 MPa。

另外，在基材发泡木塑地板弯曲性能测试中，2批测试试样弹性模量均低于1500 MPa，这是因为该样品背面带有开槽。因而在 GB/T 24508—2020 中特别说明，对背面开槽的地板，静曲强度和弹性模量由供需双方协商决定。

### 2.3.3 线性热膨胀系数

木塑复合材料与绝大多数材料一样，在使用过程中尤其是室外使用过程中会受到热胀冷缩的影响。线性热膨胀系数是确定木塑地板在实际安装过程中预留间隙的参数，对于指导木塑产品的安装和使用具有十分重要的意义。

线性热膨胀系数的计算公式为：

$$\alpha = \frac{\Delta L}{\Delta T \times L} \quad (1)$$

式中： $L$ 为试件原始尺寸，mm； $\Delta L$ 为试件受热后尺寸与冷冻后尺寸之差，mm； $\Delta T$ 为受热温度与冷冻温度最大区间值， $^{\circ}\text{C}$ 。

在 GB/T 24508—2020 中，受热温度为 $60^{\circ}\text{C}$ ，冷冻温度为 $-30^{\circ}\text{C}$ ，因而 $\Delta T$ 为 $90^{\circ}\text{C}$ 。从该公式可以看出，线性热膨胀系数与温度以及样品的尺寸相关。ASTM D 7031-2011<sup>[3]</sup>指出，比较不同产品的线性热膨胀性能时要考虑不同材料泊松比的影响。

在验证试验中，随机选择20批次木塑地板（不区分基材发泡和不发泡）进行线性热膨胀系数的测试，结果如图3所示。线性热膨胀系数最大测试值为 $5.62 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ，最小值为 $3.01 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ，木塑地板热膨胀系数受木质纤维和塑料二者比例的影响。根据文献<sup>[8-9]</sup>以及验证试验结果，木塑地板在满足产品规定的木质纤维含量比例的前提下，线性热膨胀系数能维持在 $5.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下，所以在安装木塑地板时，可以根据该热膨胀系数预留间隙，保证木塑地板的热胀冷缩。

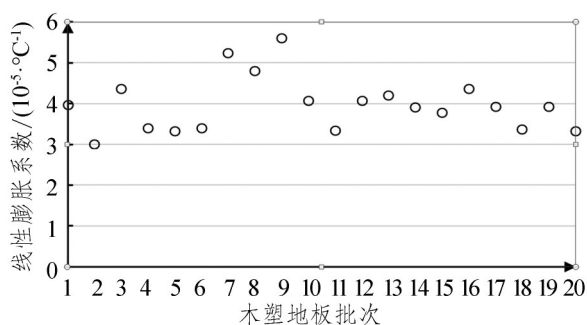


图3 木塑地板线性热膨胀系数

Fig.3 Coefficients of linear thermal expansion of wood-plastic flooring

### 2.3.4 邻苯二甲酸酯总量

邻苯二甲酸酯主要用在聚氯乙烯材料中起到增塑剂的作用,对人体健康有严重的危害。根据 HJ 2540—2015《环境标志产品技术要求 木塑制品》<sup>[10]</sup>,在 GB/T 24508—2020 中增加邻苯二甲酸酯总量的检验,其检验方法和检验指标均根据 HJ 2540—2015 来确定。

### 2.3.5 甲醛释放量

国家强制标准 GB 18580—2017《室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量》于2018年5月开始实施,适用于室内用各种人造板及其制品的甲醛释放限量。在 GB/T 24508—2020 中,同步更新了室内木塑地板甲醛释放量的检测方法,采用 1 m<sup>3</sup>气候箱法进行测试。木塑地板的优点是不施加胶黏剂,因而其甲醛释放量相对较低。根据木塑地板产品特点,结合 GB/T 39600—2020《人造板及其制品甲醛释放量分级》限值要求,规定木塑地板应用于室内环境时,其甲醛释放量指标应≤0.05 mg/m<sup>3</sup>。

### 2.3.6 总挥发性有机化合物(TVOC)释放率(72 h)

在旧版标准 GB/T 24508—2009 中,挥发物检验方法获得的数据是加热过程中地板重量的变化值。事实上,木塑地板中存在苯、甲苯、二甲苯等系列有机化合物,总挥发性有机化合物(TVOC)释放率(72 h)的指标更加科学。因此,在新版标准 GB/T 24508—2020 中,增加了总挥发性有机化合物(TVOC)释放率(72 h)的检验,检验方法和检验指标同 HJ 571—2010《环境标志产品技术要求 人造板及其制品》<sup>[11]</sup>一致。

## 3 室内和室外用木塑地板检测指标

为了便于读者更清晰了解,笔者将室内和室外用木塑地板检测指标分别列于表3中。其中,最小集中载荷等12项为常规检验项目,所有木塑地板均应符合相关要求;室内木塑地板有8项专门指标;室外木塑地板有7项特殊指标。

表3 室内和室外木塑地板检测指标

Tab.3 Assessment of wood-plastic flooring for indoor and outdoor uses

| 适用地板类型 | 指标                                                                                        |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 室内、室外  | 最小集中载荷、静曲强度、弹性模量、常温落球冲击、密度、吸水率、吸水尺寸变化率、表面胶合强度(素面木塑地板除外)、表面耐划痕(素面木塑地板除外)、表面耐磨、抗滑值、蠕变恢复率    |
| 室内     | 表面耐污染腐蚀、耐光色牢度、邻苯二甲酸酯总量、甲醛释放量、TVOC释放率、基材氯乙烯单体(仅用于聚氯乙烯塑料制成的木塑地板)、基材重金属、涂饰层重金属(仅用于具有涂饰层的重金属) |
| 室外     | 线性热膨胀系数、低温落锤冲击、耐沸水、耐真菌腐蚀、耐冷热循环、抗冻融性、抗老化性                                                  |

## 4 结语

GB/T 24508—2020 相对于 GB/T 24508—2009 的主要变化: 1) 进一步清晰了木塑地板分别用于室内和室外时需控制的指标,为使用者提供了参考依据; 2) 增加了室外用木塑地板的性能指标,包括线性热膨胀系数、耐沸水性、老化试验后试件的表面状态,产品质量控制更加严格; 3) 部分指标放宽,比如产品密度,鼓励企业在满足产品使用性能的前提下,可根据供需需求生产不同密度的产品; 4) 采用最小集中载荷取代弯曲破坏载荷,甲醛释放量检测采用 1 m<sup>3</sup>气候箱法,检验方法与国际标准方法接轨,有利于增强产品的国际竞争力。

随着健康环保理念的深入人心,再生资源和循环经济已成为社会共识,木塑栈道、木塑公园椅、木塑花箱、木塑房屋等产品越来越多地出现在公众视野中。木塑地板是木塑制品里占比较大的产品,但目前我国木塑地板质量参差不齐。希望通过该标准的修订,促进木塑地板质量提升,为木塑复合材料行业的健康发展提供保障。

## 参考文献:

- [1] 刘嘉. 在变革中努力前行-中国木塑产业发展现状及改进对策[J]. 亚洲板材与家具, 2020 (1-2): 30-34.
- [2] 徐敏. 我国木塑地板的市场潜力研究[D]. 西安: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2014: 1-4.
- [3] World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee. ASTM D7031-2011, Standard guide for evaluating mechanical and physical properties of wood-plastic composite product [S].
- [4] GB/T 24137—2009, 木塑装饰板[S].
- [5] LY/T 1613—2017, 挤出成型木塑复合板材[S].
- [6] World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee. ASTM 7032-2017, Standard specification for establishing performance ratings for wood-plastic composite and plastic lumber deck boards, stair treads, guards, and handrails[S].
- [7] Deutsches Institut für Normung. Composites made from cellulose-based materials and thermoplastics (usually called wood-polymer composites (WPC) or natural fibre composites (NFC)) - Part 1: Test methods for characterisation of compounds and products[S], 2018.
- [8] 赵丽梅, 何春霞, 朱方政. 等. 木质纤维填料对PE-HD基木塑复合材料热性能的影响[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(3): 13-18.
- [9] 蔡培鑫, 吕群, 梁梦杰. 等. 木塑复合材料配方组成对其线性热膨胀系数的影响[J]. 塑料, 2011, 40(6): 79-82, 86.
- [10] HJ 2540—2015, 环境标志产品技术要求 木塑制品[S].
- [11] HJ 571—2010, 环境标志产品技术要求 人造板及其制品[S].  
(本文编校 向 琴)
- .....
- (上接第70页)
- impacts of preemptive remanufacturing policies for block and stringer pallets[J]. Journal of Cleaner Production, 2019(235): 1327-1337.
- [4] 滑亚婷, 杨飞, 刘乐群, 刘震涛, 吴侨立. 刨花尺寸及配比对刨花模压托盘物理力学性能的影响[J]. 木材科学与技术, 2021, 35(5): 38-43.
- HUA Y T, YANG F, LIU L Q, LIU Z T, WU Q L. The effects of wood particle size and content ratio on the physical and mechanical properties of molded wood pallets[J]. Chinese Journal of Wood Science and Technology, 2021, 35(5): 38-43.
- [5] 李文燕, 王翠翠, 王丹丹, 张双保. 木质刨花模压工业托盘生产工艺分析[J]. 木材加工机械, 2016, 27(6): 47-49.
- LI W Y, WANG C C, WANG D D, ZHANG S B. The production process of molded particle industrial pallet[J]. Forestry and Grassland Machinery, 2016, 27(6): 47-49.
- [6] 康柳. 木质托盘及其板条应用性能的无损检测研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2017.
- [7] 田少娟. 生物质模压刨花托盘的研究及市场化[D]. 南京: 南京林业大学, 2009.
- [8] 牛笑一, 吴俊华, 王艳国, 等. 臭冷杉刨花模压平面托盘的工艺和性能研究[J]. 包装工程, 2013, 34(11): 51-54.
- NIU X Y, WU J H, WANG Y G, et al. Technology and performance of *Abies nephrolepis* wood shavings molded tray[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(11): 51-54.
- [9] 徐辰. 高粱秸模压托盘成形过程的试验研究与数值分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [10] 牡丹克. 竹加工废弃物模压托盘的结构研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- [11] 陈士英. 刨花模压托盘工艺[J]. 木材工业, 1999, 13(2): 3-6, 21.
- CHEN S Y. Molding of particle pallet[J]. China Wood Industry, 1999, 13(2): 3-6, 21.
- [12] 杨兆金, 李学新, 李刚, 等. 木质刨花模压托盘生产工艺探讨[J]. 林产工业, 2006, 33(1): 29-31.
- YANG Z J, LI X X, LI G, et al. Process for wood flake molded pallet manufacture[J]. China Forest Products Industry, 2006, 33(1): 29-31.
- [13] 李晓平, 吴章康, 邹全, 等. 不同胶黏剂和阻燃剂对刨花板燃烧性能的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2014, 31(5): 739-744.
- LI X P, WU Z K, ZOU Q, et al. Flammability of particleboard paneling using resins and fire retardants[J]. Journal of Zhejiang A & F University, 2014, 31(5): 739-744.
- [14] 赵临五, 王春鹏, 刘奕, 等. 低毒快速固化酚醛树脂胶研制及应用[J]. 林产工业, 2000, 27(4): 17-21.
- ZHAO L W, WANG C P, LIU Y, et al. Preparation and application of fast-curing phenol formaldehyde resin[J]. China Forest Products Industry, 2000, 27(4): 17-21.
- [15] 刘明, 陈秀兰, 詹满军, 等. UF/PDMI组合胶黏剂在刨花板生产中的应用[J]. 林产工业, 2019, 56(10): 13-18.
- LIU M, CHEN X L, ZHAN M J, et al. Application of UF resin and PDMI composite adhesive in particleboard manufacturing[J]. China Forest Products Industry, 2019, 56(10): 13-18.
- [16] 郝丙业, 杨小星, 廖伟, 等. 新型无醛胶黏剂在刨花板中的应用[J]. 中国人造板, 2019, 26(4): 17-20.
- HAO B Y, YANG X X, LIAO W, et al. Application of A novel formaldehyde-free adhesive for particleboard production[J]. China Wood-Based Panels, 2019, 26(4): 17-20.
- [17] 杨飞, 刘乐群, 吴侨立, 等. 酚醛树脂刨花模压托盘生产工艺[J]. 木材工业, 2020, 34(6): 53-57.
- YANG F, LIU L Q, WU Q L, et al. Making molded pallets from wood particles bonded with phenolic formaldehyde adhesive[J]. China Wood Industry, 2020, 34(6): 53-57.
- (本文编校 孟凡丹、向 琴)