

DOI: 10.12326/j.2096-9694.2022085

我国板式家具先进制造技术研发与应用进展

彭晓瑞, 吕斌, 李伟光, 李博

(中国林业科学研究院木材工业研究所; 国家林业和草原局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)



摘要: 随着科技进步及大数据与工业4.0在家具产业的渗透, 我国板式家具产业无论在原材料研发、产品与工艺设计、制造技术与装备上, 都发生了较大的变革。综述我国板式家具板件、专用装备、工艺及设计等先进制造技术, 并对我国板式家具先进制造技术的研发与应用进行解析, 以期促进板式家具产业发展。

关键词: 板式家具; 先进制造; 板件; 加工装备; 信息化; 家具设计

中图分类号: TS6 文献标识码: A 文章编号: 2096-9694 (2023) 02-0001-07

Development and Application Progress of Advanced Manufacturing Technology for China's Panel Furniture

PENG Xiaorui, LYU Bin, LI Weiguang, LI Bo

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: With the continuous development of science, technology, the integration with big data and industry 4.0 in the furniture industry, China's panel furniture industry has undergone great revolutions in the exploitation of plate, designs of products and manufacturing process, manufacturing technologies, equipment development, and marketing strategies. This paper summarizes the advanced manufacturing technologies of the panel furniture industry in raw materials, special equipment, processing, and designing, etc. The development and application of advanced manufacturing technology of panel furniture in our country are analyzed, to promote the development of panel furniture industry.

Key words: panel furniture; advanced manufacturing; plate; processing equipment; information; furniture design

板式家具是指以木质人造板为基材, 经过表面装饰处理的板件构成了基本单元和主体的家具^[1-2]。板式家具产业具有明显的特色, 其原材料来源相对丰富, 可开发性强; 造型和制造工艺相对简单, 表面饰面是体现产品设计风格与个性化

的主要手段; 相比实木家具更适合自动化、智能化生产; 金属五金件连接使装配和拆卸都十分方便^[3-6]。

随着中国经济的发展进入新常态, 板式家具从传统手工业发展成为以机械自动化生产为主的先进大规模产业, 甚至部分龙头企业已经逐步实现了工业4.0模式, 引领我国板式家具向智能制造方向不断迈进^[7]。结合我国家具标准与消费者对家具产品的新要求, 我国板式家具在新材料、新工

收稿日期: 2022-04-25; 修改日期: 2023-01-05

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目“木制品PP饰面膜水性涂装关键技术研究”(CAFYBB2019SY034)。

作者简介: 彭晓瑞 (1984—), 女, 副研究员。Email: pengxr@caf.ac.cn

通讯作者: 吕斌, 男, 研究员。Email: zj3@caf.ac.cn

艺、先进制造装备、设计新理念等方面,都面临着较大的变革和升级。同时,随着数字化技术升级,定制家具在现代化加工技术和智能装备研发方面都发生了重大变化^[8-9]。家具产品生产的材料研发、设备配置、工艺设计及智能制造等成为板式家具企业的关注重点,对板式家具产业发展与升级具有重要的推进作用。本文总结板式家具在板件、装备、工艺和设计等方面的先进制造技术,为我国板式家具企业发展提供方向指导。

1 板式家具板件的研发及应用

1.1 轻质高强人造板

板式家具制造在原材料使用方面,多以实心板为主。随着板式家具造型设计风格导向与板材加工过程中抗压、抗剪性能要求的不断提高,板式家具的主要材料从密度较大的人造板向轻质高强的人造板方向转变^[10],这对节约木材资源、减轻产品重量、降低能耗、提高板材环保性能和隔音性能等有重要意义。

当前市场的轻质高强人造板主要是轻质高强刨花板,其芯层采用长80~120 mm、宽20~25 mm、厚0.5~0.8 mm的大片木质薄刨花,经非定向铺装、高压雾化施加胶黏剂,辅以先进的连续压机生产制备而成。轻质高强刨花板的密度(0.25~0.4 g/cm³)低于传统普通刨花板的10%以上,而静曲强度则高于普通刨花板的20%以上,在橱柜、衣柜等定制家具中应用广泛^[11-12]。

对于轻质高强刨花板,中国林产工业协会团体标准T/CNFPIA 3017—2021《轻质高强刨花板》中规定18 mm厚刨花板的静曲强度 ≥ 16.0 MPa、弹性模量 $\geq 2\,550$ MPa、内结合强度 ≥ 0.35 MPa、板面握螺钉力 $\geq 1\,100$ N、板边握螺钉力 ≥ 700 N等要求。轻质高强刨花板制造生产线在我国定制家具、活动家具等各类板式家具基材生产企业中越来越多。广西丰林木业集团股份有限公司(简称广西丰林)、淮北宁丰木业有限公司和山东新港木业发展有限公司等企业目前均有生产。

轻质纤维板则是以木质纤维或其他植物纤维为原料,添加或不添加胶黏剂、助剂,加工制成的密度小于或等于0.45 g/cm³的板材^[13]。轻质纤维

板主要存在质轻但强度不够的问题,用于板式家具还需要进一步研发攻关。近年来,广西丰林等进一步将阻燃功能赋予轻质纤维板,在降低板材甲醛释放量及提高静曲强度和内结合强度的同时,赋予其阻燃防火性能,解决了轻质纤维板易燃及机械强度低等技术瓶颈问题^[14],有利于扩大轻质纤维板的使用范围。广西丰林、广州市佳恒板业有限公司、江西绿洲环保新材料有限公司等企业在制备轻质纤维板领域具有相关经验。

1.2 优质环保胶合板

采用优质厚单板作为表板,以优质环保胶合板或优质集成材为芯材的实木家具板式化已成为家具产业发展的重要方向。优质环保胶合板表面贴覆表面装饰材料,可达到实木家具的表面效果,有效提高生产效率,保证家具产品质量稳定,规避纯实木家具的开裂、变形等问题^[15]。目前研究重点主要集中在胶合板贴面用装饰薄木质量提升、胶合板用单板整张化、低醛/无醛胶黏剂研发与应用及优质表面装饰材料的研发与推广上。广西丰林采用连续压机制备的优质环保胶合板,目前在家具、木门和墙板等领域中应用广泛。唐朝木业研发的超长胶合板(可达3 660 mm $\times$ 1 220 mm)可以直接涂饰高光漆、直接贴覆同步对纹装饰纸以及密实均匀的多层胶合板,还可以直接进行镂铣加工,用于制造实木家具部件,满足高端消费的需求^[15]。

目前板式家具用优质环保胶合板的研究重点集中在根据板材实际特性与环保需求,解决板式家具在使用过程中可能因为环境湿度变化而产生的局部或整体变形的问题。南京林业大学联合德华兔宝宝装饰新材股份有限公司(简称德华兔宝宝)以二氧化硅气凝胶纳米颗粒为主要改性材料,乙醇为分散剂,利用真空浸渍工艺改性杨木单板的疏水性和隔热性,并制备具有疏水保温性能的胶合板,其疏水性较未改性处理的胶合板提高52.89%,导热系数降低23.08%^[16]。

1.3 功能型人造板

板式家具制造根据不同的应用场合,特别考虑板材的防潮性、防霉性、尺寸稳定性、阻燃性、表面抗菌性和环保性等。随着国家对原材料环保

指标的要求越来越高,关于大豆蛋白胶、塑料薄膜等胶黏材料制备板材的研究热度不减。北京林业大学近年来专注于防霉环保型豆胶胶合板的研发,通过对大豆蛋白胶黏剂及其制备杨木胶合板的防霉抗菌性能、理化性能的研究,开发出具备防霉性能的大豆蛋白胶杨木胶合板^[17]。中国林业科学研究院木材工业研究所所以废旧塑料膜为粘合材料,以刨花板为基材,经过高温热压粘合形成高性能薄膜单板复合人造板,该材料尺寸稳定性好,浸渍剥离可达国家标准 GB/T 17657—2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》中Ⅱ类浸渍剥离试验要求,已在地板、木门等领域推广应用^[18]。中国林业科学研究院木材工业研究所研发了通过在刨花板表层添加磷杂菲类阻燃剂,芯层添加聚磷酸铵、三聚氰胺阻燃剂制备阻燃刨花板的技术,板材阻燃性能达到 GB 8624—2012《建筑材料及制品燃烧性能分级》中 B₁ 级要求,其热释放速率峰值比普通刨花板降低约 65%^[19],目前在家具制造领域逐步推广应用。

1.4 多种厚度规格人造板

在板式家具制造过程中,板材的厚度直接影响家具的使用功能和产品质量。因此需根据板件应用的不同部位,重点考虑承重、大跨距和辅助板件等作用选取不同厚度的板材。如对于承重部位的板式部件、水平方向放置的大跨度板式部件、较高、较宽类的侧板部件和大尺寸的柜门、立板等部件,要适当增加板材厚度(18~22 mm),板材太薄易导致产品变形和不稳定等问题;对于非承载、非承重板式部件,根据不同应用部位,厚度可降至 3~5 mm。

2 板式家具加工先进装备的研发与应用

板式家具制作工艺相对简单,主要涉及开料、封边、钻孔等工艺,目前板式家具已经向智能制造方向不断发展,装备也在不断信息化和数字化。

2.1 板式家具开料加工装备

开料是板式家具生产工艺的基本环节。数控开料机作为板式家具的主要生产设备之一,可通过机械手代替人工下料,同时也可与其他板式家具自动化生产设备连线,用于全屋定制板式家具

等生产。现有的数控开料机在设备精度、自动换刀刀库和控制系统效能提升等方面有较大的发展和进步。全自动开料机的加工效率高,节省人工成本,加工精度高,在定制板式家具制造中应用较多。目前使用的全自动开料机通过使用配套软件实现在线设计、呈现 3D 效果图、一键拆单、优化排版等功能,大大提高了加工效率。

2.2 板式家具封边加工装备

板式家具通过封边对板件断面封固,既保证产品美观、减少甲醛释放,又避免环境因素对家具的影响,因此板式家具封边质量对产品质量有重要影响^[20-22]。针对直线封边机和曲线封边机等设备,国内外企业、高校及科研院所展开封边机的配套工艺设计与装备制造的研究。直线封边工艺相对简单,市场已出现了将粘贴压紧装置、封边条前后齐头装置、上下修边装置、跟踪修边装置、刮边装置及抛光装置等组合于一体的直线封边机,其封边效率高,产品质量好。多功能计算机数控加工中心的封边工艺,可用于精准的直线、异形曲线面板封边作业,同时完成齐端、修边、刮边、跟踪圆角等作业,其封边质量优、效率高,在曲线封边加工中具有较强优势^[23]。

封边技术向智能制造方向发展是必然趋势。激光封边技术是通过激光束将热能快速集中,融化表层厚度仅 0.1~0.2 mm 的功能层来胶合封边带与板材,其作业效率高、封边质量好,可实现无缝封边。以德国豪迈集团有限公司的激光封边 KAL370、威力(烟台)木业技术有限公司的豪赛尔 LUMINA 系列激光封边机、武汉华工激光工程有限责任公司的 LASER HEAD 等激光封边机具有代表性。其中华工激光封边机采用特有的飞行激光控制系统,可根据产品尺寸和板件类型,依托完善的工艺参数库,快速选择加工程序,设置机器加工单元,使用预先涂好胶的激光封边带,通过带有近红外光谱模块的激光封边单元进行加工,实现 25 m/min 高速加工封边生产^[24]。

封边机向多功能一体化发展也是必然趋势。封边机可集铣削、端截、开槽、倒棱、砂光、涂胶、加压等多工序于一体,依据加工效果设计相应系列模块化程序,减少基准面校对次数,形成

智能化加工设备。随着智能升级,针对板件加工数量和种类的增多,封边设备软件也需要进行同步发展与升级,从而增强封边设备与软件的兼容性 & 通用性。

2.3 板式家具钻孔加工装备

板式家具钻孔精准性对板式家具质量具有决定性影响。根据设备设计方式、框架、款式不同,目前大多数板式定制家具企业生产采用的数控钻孔设备,以单臂式数控钻孔加工中心、龙门式数控钻孔加工中心、卧式数控钻孔中心、立式数控钻孔中心等为主^[25-26]。这些数控钻孔加工中心,集自动进料、加工和出料于一体,适用于流水线作业,自动化程度高,可一次性实现六面打孔,具有钻孔加工速度快、效率高、加工精度高等优点。企业通过数控钻孔设备的选型、生产线的规划、智能制造的实施等,实现与其他数控设备配套连成自动或智能生产线。

2.4 板式家具立体仓库与分拣包装装备

板式家具及装备企业通过整合业内软硬件资源,并进行优化配置,不断研发分段式自动化生产线或整线方案,促进实现定制家具工件从大板开料至分拣到包装的自动化加工,并可根据客户需要,扩展连接至自动包装生产线以及成品立体仓库阶段,浙江云峰莫干山家居用品有限公司、索菲亚家居股份有限公司(简称索菲亚)、南兴装备股份有限公司、明珠家具集团等企业在此方面有较深入的研究。

针对板式家具开料、封边、钻孔等每道工序后的人工分拣效率低、秩序乱等问题,南京林业大学联合浙江云峰莫干山家居用品有限公司搭建了板式定制家具智能分拣系统关键技术架构,包括智能分拣系统硬件和软件关键技术,从信息采集技术、可编程逻辑控制器、智能机械设备、制造执行系统(manufacturing execution system, MES)、机器人编程、EMS仓库管理系统等方面开展了定制家具企业智能分拣系统的高效应用^[26-28]。

索菲亚通过对定制家具板件材质与尺寸的研究,研发了适用于任意板件材质与尺寸的工装夹具、柔性化缓存装置与存放架;还研发了定制家具部件动态规划分拣技术,构建了基于六轴工业

机器人的多机器人协同货架式板件分拣包装技术与装置,攻克了定制家具产品板件出入库拥堵的难题,可实现六台工业机器人协同工作,分拣速度达到25件/min,分拣包装效率提升33%以上。索菲亚还研发突破了基于算法模型实时优化的智能仓储与物流技术,通过对定制家具包裹规格、数量、产出时间和运输路线的研究,创制了适用于不同包裹尺寸的搬运输送机构,研发了基于运筹学规划算法、有向图算法的拼单规则、按包入库规则、按客户码垛库存规则,创新了最短路径的物流路线自动寻优与规划技术,实现了生产线与智能立体仓库的有机衔接以及产品的入库、库存、发送等整个流程的数字化管理,发货准确率达99%,产品出入库复合效率达462包/h,板材出入库复合效率达49托/h。

3 板式家具先进制造的信息化技术

构建“生产精益化、设备智能化、管理信息化和人员高效化”的“新四化”智能工厂,是板式家具智能制造的关注热点。板式家具智能制造技术,重点围绕软件系统框架、企业资源计划(enterprise resource planning, ERP)和计算机控制系统加工设备运行与监控展开。

3.1 板式家具智能制造软件研发与升级

在软件研发方面,针对传统板式家具制造车间产品和部件种类复杂、信息处理不流畅、生产过程不规范等问题,板式家具龙头企业智能化制造对数字化转型展开了深入研究,实现了从业务驱动向数据驱动业务的方向转变。在生产管理和订单管理中利用MES对木家具制造车间进行数字化计划排产,合理安排生产、完善工艺路线等,达到提高企业生产效率、降低生产成本的目的;通过拆单设计、软件优化、柔性生产线及机器人数据传输对接、板材/工件智能仓库等一系列技术应用,有效地对板式家具车间、物流和前端管理进行优化,为企业生产提供重要支撑^[27]。在信息化建设方面,已突破了多软件信息系统集成,实现了从ERP与MES双系统运行到两者合二为一的阶段,通过IP多媒体操作系统(IMOS)分解数据、金蝶云(Kingdee Cloud)、易开料(CutRite)软件

等，完成ERP与企业管理应用软件（EAS）接口设计等，实现MES系统升级；同时设计、制造一体化系统集成平台基本形成，有效将模型数据转化为物料清单（BOM）、工艺和结构等数据^[27-28]。

目前，中国林业科学研究院木材工业研究所针对木制品加工设备无法实现信息互联互通的问题，提出共享标准的基本原则和要求，并基于开放平台通信统一架构标准，建立了木制品加工设备及生产线信息模型在用于过程控制的对象链接和嵌入统一体系架构地址空间中的映射规则，其有效性得到验证^[29]。南京林业大学专家结合大规模定制家具信息化建设过程中面临的信息共享、决策及基础资料管理的局限性等问题，搭建了定制板式家具ERP系统的四大关键技术体系平台和架构模型。从数据采集管理、属性提炼、档案管理和处理技术及业务功能模块、计划调度与产品质量管控、ERP系统与信息化协同系统、外部设备的集成与接口设计等方面，分析了我国定制板式家具企业实施ERP系统的可行性与技术难点^[29-30]。在板式家具智能制造软件研发领域，云集了广东三维家信息科技有限公司、杭州群核信息技术有限公司、广州市圆方计算机软件工程有限公司等软件服务企业。

3.2 板式家具智能制造计算机控制设备研发与集成

板式家具智能制造的硬件研发重点集中在提高木工机床的柔性制造系统。现有的板式家具加工的机械信息化程度参差不齐，在加工过程中，通过成组零件揉单式生产、二维码实时采集和工艺文件图纸电子化等，基本解决零部件加工过程的自动流转。板式家具企业需要根据设备条件加装不同的传感器，以提高设备信息化程度，为后续网络连接搭建硬件基础，加大柔性设备在车间的应用。同时自动导引运输车（AGV）和机器人在板式家具制造关键环节的应用，对推进板式家具实现智能制造和无人工厂具有关键作用。威力（烟台）木业技术有限公司、南通跃通数控设备有限公司、金田豪迈木业机械有限公司、广州弘亚数控机械股份有限公司和广东瀚秋智能装备股份有限公司等企业，在研发板式家具智能制造专用配套硬件设备方面做出重要贡献。在板式家具企业

中，索菲亚、欧派家居集团股份有限公司、浙江云峰莫干山家居用品有限公司等企业目前跃居智能制造的软件研发与硬件实施前列。如索菲亚的工业4.0工厂已在各工艺环节基本实现无人生产。

4 板式家具的先进设计技术

4.1 大数据驱动下的产品研发与设计

随着大数据在各行各业的盛行，利用数据流有效实现家具智能制造与物联网管理与营销，在板式家具企业中已开始逐渐运用。而基于大数据分析的家具产品外观、结构及流行元素设计与应用，还未在板式家具设计领域中广泛应用。“大数据”的核心即预测，其对于精准研发迎合消费者喜好的家具产品有决定性作用。通过对相关关系的分析，将大数据背后的信息进行处理、整合、分析，在定制家具色彩、造型、风格等设计方面制定出更符合消费需求的产品，有利于实现家具设计和制造产业的精准研发与制造。

家具企业可借助淘宝、京东、抖音等购销平台快速变化的信息数据，有效判断动态人群的兴趣爱好、购买动向、对不同产品的色彩喜好（包括明度、色相、纯度等）、款式选择；同时根据不同性别、年龄、职业等信息分析相应的色彩偏好、风格等，最终实现家具产品外观与功能精准设计，真正做到规避产品同质化现象。实现大数据在家具设计中的有效应用，必将是未来产业发展的重要手段。

4.2 个性化与人性化的家具设计

板式家具目前以活动式和定制为主，为符合人体工学基本理论，体现人性化设计，家具产品需在不同的工艺方面满足不同消费者的个性化需求。大到板件的选择，趋于轻量化与绿色环保化，同时融入金属、石材、绒面等材质，或可通过染色单板、科技木单板、肤感涂料、仿理石、仿裂纹、仿贝母等特种艺术效果涂料的研发与应用，实现家具的色彩与质感之美。小到室内家居装修门墙柜一体化的设计，可形成视觉上的延伸，使家居的整体色调与风格更自然协调，从设计感官上实现明快、简约、质感等。再小到板式家具的封边设计，通过T型、L型、J型或C型的软成型

封边,实现免拉手式多样化设计效果等,都体现着现阶段板式家具在设计与工艺中对个性化与人性的彰显与回应。

为实现板式家具的现代化设计风格,目前市场龙头企业推出了几种主要的数字化设计技术。在定制家具设计的过程中,为满足用户与制造商的可视化对接,板式定制家具现场选购的VR虚拟现实技术,通过拆分整体家具,对家具的零部件进行归类,然后用模块化方法设计研发家具的三维参数化产品库、数字化产品体系构建技术等。个性化设计必然在标准化生产工艺中出现制造与设计的匹配偏差,因此,在板式家具产品个性化设计的道路上,要加大对拆单、分拣、生产、纠错等工艺流程的配套研发力度,从而提高生产效率,保证产品质量。

4.3 板式家具饰面材料的选择与研发应用

新型的表面装饰技术,可一定程度上满足消费者对板式家具的个性化需求,增加产品的附加值。目前装饰纸、装饰薄木及装饰膜厂家都在大力研发板式家具的表面装饰材料。如中国林业科学研究院木材工业研究所研发的一种无醛浸渍胶膜纸,其无甲醛释放,安全环保,纸张间无破坏,耐刮擦性能好,可实现连续化生产^[31]。广东天安新材料股份有限公司研发的电子束辐射固化聚丙烯装饰膜的表面立体效果较好,纹理清晰且耐磨性大大提升。夏特股份有限公司研发的仿大理石、仿皮革、仿金属等装饰面板,可用于板式家具表面饰面的个性化设计。德华兔宝宝研发的不同类型科技薄木,经旋切、双偶氮低分子高渗透染料高温染色,通过计算机多次模拟设计,结合自动雕刻模具,多次重组、胶合、刨切而成,产品纹理逼真、色牢度高、韧性强,可适用于板式家具的个性化设计。广东瀚秋智能装备股份有限公司研发的基于准分子线的木饰面开放肤感板等,实现了板式家具表面装饰半透板材的逼真效果。南京林业大学联合宜华生活科技股份有限公司研发的家具与木制品表面数字化木纹UV数码喷印装饰技术,利用UV固化油墨在家具表面数码打印,木纹纹理和色泽逼真、自然。

表面低温粉末静电喷涂技术,可大大提高材

料表面上漆率、耐磨、耐刮擦和耐黄变性,环保性好,固化时间快,是未来板式家具发展的热点^[32-34]。广东大自然家居有限公司研发的水性植物基双组份面漆,利用可再生植物基水性丙烯酸乳液或聚氨酯分散体与改性水性自交联丙烯酸乳液为主体成分,制备出高硬度、耐黄变、耐水耐污、抗刮的表面水性面漆,可应用于家具表面涂饰。江苏海田涂料有限公司等企业研发的肤感涂料,在橱柜、衣柜等板式家具板件表面进行涂饰,具有抗刮、手感好、防指痕等特性。

越来越多的生产企业将板式家具设计与制造的重点放在低碳可持续和功能材料研发的技术应用上^[35]。表面装饰材料的研发,对板式家具组合应用具有很强的实用价值,可有效降低生产和制造成本,提高产品附加值,同时尽可能减少资源消耗和环境污染,积极响应绿色低碳的环保先行政策^[36-38]。

5 结语

绿色制造、智能制造,不断推动我国板式家具由制造大国向制造强国的转变,是整个板式家具产业未来发展的必然趋势。板式家具在双碳和循环经济下要倡导绿色发展先行,积极开展在双碳和循环经济下的绿色工厂、绿色制造和绿色设计等方面的工作。

局部和整体工艺智能制造也是板式家具发展的必然趋势,对于制造企业来说,在实现智能制造的道路需上结合工厂的产能、用工、场地和设备先进化等诸多因素,逐步进行智能制造工艺提升,而具备一定产业规模的企业,智能制造是板式家具全线生产、制造与营销系统发展的必然方向;要关注设计能力提升,为产品植入更高品质、绿色、可持续的设计理念,推动集成创新和原始创新,助力解决制造业短板领域设计问题;企业要重视产品质量,以标准规范行业塑形,并根据自身情况制定相应的企业、行业标准等;从生产工艺控制、原材料研发与选择、产品设计及包装运输与最终废旧产品的回收利用等各个环节,大力降低能耗,提高材料的综合利用率和推进板式家具高附加值制造。

最后,板式家具制造必然是以先进的原材料、装备、数字化技术及加工工艺的共同植入为手段,将先进制造作为重要举措,不断推进企业的高质量发展,从而促进整个产业的转型升级。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 板式家具成品名词术语第1部分:柜架类家具成品名词术语:QB/T 2913.1—2007[S]. 北京:中国标准出版社, 2007.
- [2] 张超, 洗迪研. 新中式家具大规模定制设计与技术体系研究[J]. 家具与室内装饰, 2019(2): 28-29.
ZHANG C, XIAN D Y. Research on mass customization design and technology system of new Chinese style furniture[J]. Furniture & Interior Design, 2019(2): 28-29.
- [3] 吴智慧. 绿色家具的评价体系与评价方法[J]. 木材工业, 2008, 22(3): 29-32.
WU Z H. Evaluation method and system for green furniture[J]. China Wood Industry, 2008, 22(3): 29-32.
- [4] 高云. 绿色家具与人和空间的互动关系[J]. 吉林广播电视大学学报, 2019(7): 128-129.
- [5] 刘灵. 基于绿色家具理念的儿童家具设计探索[J]. 中国住宅设施, 2019(6): 48-49.
- [6] 惠小雨, 吴智慧, 沈忠民. 定制家具行业数字化设计生产一体化现状的研究与分析[J]. 家具, 2019, 40(3): 7-11.
HUI X Y, WU Z H, SHEN Z M. Status analysis of design and production integration in the customized furniture industry[J]. Furniture, 2019, 40(3): 7-11.
- [7] 吴智慧. 工业4.0时代中国家居产业的新思维与新模式[J]. 木材工业, 2017, 31(2): 5-9.
WU Z H. New thinking and new models of the Chinese home furnishings industry in the industry 4.0 era[J]. China Wood Industry, 2017, 31(2): 5-9.
- [8] 王赫昱, 黄海兵. 高新技术在木材加工中的应用研究[J]. 科学技术创新, 2019(32): 138-139.
- [9] 徐胜润. 基于激光传感器的板式家具特征提取和三维重构算法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019.
- [10] 张佳琦, 王洁, 杨波, 等. 基于人体工程学的红木养生家具造型设计[J]. 家具, 2014, 35(5): 75-83.
ZHANG J Q, WANG J, YANG B, et al. Modeling design of hongmu regimen furniture based on ergonomics[J]. Furniture, 2014, 35(5): 75-83.
- [11] 阿伦. 国内轻质刨花板的研究概述[J]. 林业机械与木工设备, 2005, 33(12): 4-6.
A L. Summary on the development of light particleboard in China[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2005, 33(12): 4-6.
- [12] 张挺, 李新兵, 陈所宁, 等. 各类刨花板在定制家居中的应用[J]. 中国人造板, 2022, 29(1): 2-5.
ZHANG T, LI X B, CHEN S N, et al. Application of various particleboards in customized furniture[J]. China Wood Based Panels, 2022, 29(1): 2-5.
- [13] 国家林业局. 轻质纤维板: LY/T 1718—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [14] 熊薇. 低碳家具创新设计的研究[J]. 包装工程, 2012, 33(4): 68-71.
- [15] 姜征. 高端定制、优质环保, 特种胶合板制造业的领跑者——访广东佛山唐朝木业有限公司[J]. 木材工业, 2017, 31(1): 65-67.
- [16] 张雨滢, 施江靖, 叶交友, 等. 家居用疏水保温胶合板制备及性能研究[J]. 林业工程学报, 2021, 35(6): 190-196.
ZHANG Y T, SHI J J, YE J Y, et al. Preparation and performance of hydrophobic thermal insulation plywood for household[J]. Journal of Forestry Engineering, 2021, 35(6): 190-196.
- [17] 李文萍. 防霉环保型豆胶胶合板的制备及其性能研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2020.
- [18] 郭文静, 常亮. 无醛胶粘剂人造板产业化应用状况[J]. 国际木业, 2016, 46(9): 4-5.
- [19] 姜鹏, 陈志林. 连续平压阻燃刨花板性能研究[J]. 中国人造板, 2019, 26(5): 7-10.
JIANG P, CHEN Z L. Study on performance of continuous flat pressure flame retardant particleboard[J]. China Wood Based Panels, 2019, 26(5): 7-10.
- [20] 刘培义, 刘振宇, 张元桂. 国内高分子封边条及其相关工艺研究进展[J]. 广东化工, 2018, 45(19): 87-88.
LIU P Y, LIU Z Y, ZHANG Y G. Domestic polymer sealing strip and related technology's research progress[J]. Guangdong Chemical Industry, 2018, 45(19): 87-88.
- [21] 曹平祥, 王福轶. 板式家具数字化制造技术浅谈[J]. 木材工业, 2013, 27(1): 35-38.
CAO P X, WANG F Y. Application of digital manufacturing technology in panel furniture industry[J]. China Wood Industry, 2013, 27(1): 35-38.
- [22] 曾庆景, 刘培义. 板式家具封边技术以及激光封边研究进展[J]. 广东化工, 2018, 45(22): 67-68.
ZENG Q J, LIU P Y. Research progress of edge sealing technology of panel furniture and laser sealing[J]. Guangdong Chemical Industry, 2018, 45(22): 67-68.
- [23] 丁翼, 马连祥, 付晓. 板式家具封边技术的研究进展[J]. 家具, 2017, 38(4): 17-19.
DING Y, MA L X, FU X. The research progress of edge banding technology of panel furniture[J]. Furniture, 2017, 38(4): 17-19.
- [24] 毛宇轩, 王金宝. 板式家具激光封边设备[J]. 林业机械与木工设备, 2019, 47(3): 19-23.
MAO Y X, WANG J B. Laser-based edge banding equipment for panel furniture[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2019, 47(3): 19-23.
- [25] 李中原, 丁建文. 板式定制家具智能制造技术浅探[J]. 家具, 2018, 39(4): 106-110.
LI Z Y, DING J W. Application of intelligent manufacturing technology in customized furniture industry[J]. Furniture, 2018, 39(4): 106-110.
- [26] 乡碧云. 高效数控板式封边排钻智能制造设备的研制[J]. 机床与液压, 2015, 43(20): 78-80.
XIANG B Y. Development of efficient intelligent NC manufacturing device for edge banding and multi-axis drilling[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2015, 43(20): 78-80.
- [27] 包瑜亮, 熊先青, 邱富建, 等. 基于数字化技术的木家具制造车间计划排产的研究[J]. 林产工业, 2019, 46(3): 65-68.
BAO Y L, XIONG X Q, QIU F J, et al. Research on planning and scheduling of wood furniture manufacturing workshop based on digital technology[J]. China Forest Products Industry, 2019, 46(3): 65-68.
- [28] 熊先青, 袁莹莹, 牛怡婷, 等. 大规模定制家具ERP系统的构建及其关键技术[J]. 林业工程学报, 2019, 4(4): 162-168.
XIONG X Q, YUAN Y Y, NIU Y T, et al. Research on key technologies of ERP system for mass customization furniture production[J]. China Forestry Science and Technology, 2019, 4(4): 162-168.

(下转第15页)