

“家居数字化车间规划与管控”专栏 (1) DOI:10.12326/j.2096-9694.2021171

编者按: 依托国家“十三五”国家重点研发计划、木竹产业技术创新战略联盟、江苏省重点智能制造产业学院等项目和平台支持,南京林业大学家居智能制造科研团队进行了家居数字化车间规划和管控方法关键技术研究与实践,经产学研联合攻关,研发了家居产品数字化车间整厂规划、机器视觉应用技术、全员生产保全(Total Productive Maintenance, TPM)技术、车间信息集成技术等,为传统家具企业向智能制造转型升级,突破关键技术和提升生产效率提供支撑。本刊于2022年系列报道相关研究成果。

基于成组技术的家具制造车间整厂物流规划

熊先青, 岳心怡, 马莹

(南京林业大学家居与工业设计学院, 江苏南京 210037)



摘要: 为探究定制家具智能制造的整厂物流规划技术和方法,依据成组技术原理,结合企业实地调研情况,阐述家具企业车间物流发展过程和车间流程规划的必要性。分析成组技术在定制家具智能制造过程中的应用情况和成组工艺特征。讨论基于成组技术的定制家具智能制造整厂物流规划的关键技术,包括两部分:由生产空间组织和时间组织构成的家具生产物流组织,由控制形式、控制过程和控制方法构成的家具生产物流控制,提出家具智能制造车间整厂规划的技术要求,为家具企业智能制造转型升级进行整厂物流规划提供参考。

关键词: 家具智能制造; 成组技术; 车间物流与规划

中图分类号: TS6; F424

文献标识码: A

文章编号: 2096-9694 (2022) 01-0029-07

Whole Plant Logistics Planning of Furniture Intelligent Manufacturing Based on Group Technology

XIONG Xian-qing, YUE Xin-yi, MA Ying

(College of Furnishings and Industrial Design, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: In order to explore the whole plant logistics planning technology and method of customized furniture intelligent manufacturing, this paper summarizes the principle of workshop logistics development process and workshop process planning of furniture furnishing manufacturing by using the theory of group technology and enterprise field research. The application of group technology in customized furniture intelligent manufacturing process and the characteristics of group process technology are analyzed. It is concluded that group process technology is the foundation of the workshop logistics planning; the key technologies of logistics planning of customized furniture intelligent manufacturing plant based on group technology are analyzed including the production logistics organization of furniture production process, which is composed of production space organization and time organization, and the logistics system control of furniture production process, which is composed of

收稿日期: 2021-12-10; 修改日期: 2022-01-08

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目“木质家居产品柔性制造技术”(2018YFD0600304); 木竹产业技术创新战略联盟项目“实木整装家居数字化设计与制造技术集成”(TIAWBI202010)。

作者简介: 熊先青(1974—), 男, 教授。Email: 96xiong0450@sina.com

the control form, control process, and control method. This review provides reference for traditional furniture enterprises to break through key technologies and improve production efficiency in the process of transformation and upgrading to intelligent manufacturing.

Key words: furniture intelligent manufacturing; group technology; workshop logistics and planning

中国家具制造已经从传统的半机械化和机械化生产模式向着信息化和数字化制造迈出了坚实的一步,逐渐向着智能制造快步推进^[1]。在家具智能制造发展过程中,经历了批量化制造、传统小批量生产、大规模定制等模式^[2],并逐渐解决了板式家具产品的标准化设计、数字化柔性制造和信息化管控问题^[3]。但如何提升小批量大规模生产模式下的制造效率,仍然是家具企业面临的首要问题^[4]。特别是多数家具工厂只实现了制造过程单一工序的智能,而整厂互联智能仍然处于发展阶段。摆在企业和科研工作者面前的难题是如何由数据来驱动生产,将各工序集成并构建智能工厂,从而减少工人作业、提高整个工厂的制造效率问题。而智能工厂的核心是生产线布局和整厂物流规划^[5-6]。

生产线布局和整厂物流规划,是建立在家具产品加工基本特征的基础上,通过技术理论指导,在合理的生产计划和组织下搭建而形成。大量统计资料和调查发现,定制家具产品的零件按几何形状、尺寸、材料、工艺、质量要求、功能要素、精度等分类,相似件占70%左右^[7-8]。由此,依据相似性原理,实施成组技术(group technology, GT)^[9],通过家具产品或零部件间的尺寸、形状、工艺的加工相似性,将企业不同订单的产品及零

部件按一定的加工技术要求和规范进行分类成组,形成产品族,将同一产品族采用同一类方法组织生产,达到整厂通盘考虑的要求,以此实现多品种、小批量产品加工效率的提升。

基于此,本文通过成组技术在家具制造过程中应用分析,依据家具生产过程的成组工艺特征,探究整厂物流规划关键技术内容,为家具数字化智能工厂的建设提供借鉴。

1 家具车间物流发展与整厂物流规划

1.1 家具车间物流的内涵

家具车间物流即生产物流,是指家具产品的原辅材料经过生产计划安排,通过仓库下单和输送,依据加工工序在车间传送和流转的过程;也包括半成品和外协件,从一个生产车间或仓库流入另一个生产车间或仓库的过程。在此过程中需要通过多种运输装置,进行物料实体形态的流转。生产物流过程依据家具的加工特性一般包括:运输过程、工艺过程、检验过程、线边暂存过程等。

1.2 家具车间物流的发展历程

经过调研典型定制家具企业和木工设备企业,并结合文献资料,梳理家具制造车间物流的发展历程,可分为四个阶段(图1):人工化阶段、半自动化阶段、自动化阶段和智能化阶段^[10]。

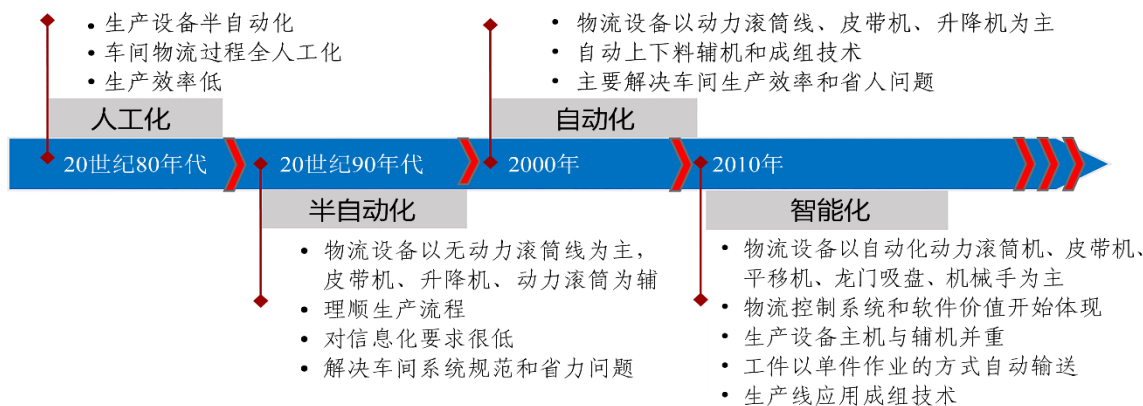


图1 家具制造车间物流的发展历程

Fig.1 History of logistics development in furniture manufacturing workshop

改革开放初期（20世纪80年代初期），中国家具产业处于一种市场填补期，是中国家具产业由初步的手工作业向着工业化工厂迈进的初级阶段。此时期的家具工厂基本上分两种模式，一些国营企业开始转型，更多的是一些传统木工手艺人开始投资办工厂，但由于受到经费和家具工厂经验的限制，车间几乎没有规划，生产设备半自动化，车间物流过程基本全人工化，生产效率低下。

20世纪80年代末期到90年代，国内家具企业兴起，以投资小、见效快为目的，部分企业开始考虑家具制造车间自动化的生产线规划问题。此时，车间物流对生产管理的信息化要求很低，物流设备以无动力滚筒线为主，以皮带机、升降机、动力滚筒为辅，开始逐渐快速理顺了生产流程，初步解决了车间系统规范和省力问题。

进入21世纪，随着信息技术在各行各业的应用，家具企业也开始实现信息化管控，家具制造业由人工管理的模式向着信息化和数字化管理模式迈进，特别是一些家具先进制造技术的应用，如成组技术（GT）、制造执行系统（manufacturing execution system，MES）、企业资源计划（enterprise resource planning，ERP），自动化的车间物流形成。这为家具整厂物流规划打下了基础。家具车间的物流特征包括，物流设备以动力滚筒线、皮带机、升降机为主，开始大量应用自动上下料辅机，物流过程采用工艺相似性原理和设备的成组技术进行组织与管理，主要解决车间生产效率提升和人力成本节省问题。

2010年以后，随着数字化智能制造技术的快速发展，木工设备快速跟进制造步伐，家具车间规划和物流开始向着智能车间的方向发展，家具车间物流开始实施智能化。物流设备以自动化动力滚筒机、皮带机、平移机、龙门吸盘、机械手为主，物流设备控制系统以PC、PLC控制为主，物流控制系统全面执行MES下达指令，生产设备全部配备自动进出料辅机，设备投资将以主机为主转变为主机与辅机并重，很多时候辅机成本远远大于主机，工件不再叠放，而是以单件作业的方式往下一道工序有序自动输送。软件将比硬件更加重要，生产控制软件将成为能否从制造到智

造的关键要素，整条生产线都可以理解成是一套FMS\CIMS融合的成组技术应用。

1.3 家具车间实施整厂物流规划的必要性

家具车间实施整厂物流规划，是通过生产物流管理系统，对家具生产车间物料的运输过程、工艺过程、检验过程、线边暂存过程等进行科学地统筹安排。物流规划是家具车间自动化程度和各工序互联程度高低的重要体现，也是衡量家具智能制造直接依据。通过整厂考虑，依据工件叠放流动还是单件流动、工件的物流走向，确保板件加工过程中始终在滚筒线上运行，保证车间物流的流通顺畅，有效解决传统方式下家具车间物料布局、储运、管理不合理等问题^[11]。

2 家具智能制造过程的成组工艺特征

2.1 成组技术在家具制造过程中的应用

成组技术可应用在家具智能制造过程的各个方面，包括产品设计、夹具设计、工艺规划过程、与柔性制造系统（flexible manufacturing system，FMS）、计算机综合集成制造系统（computer integrated manufacturing system，CIMS）等相关系统的对接及生产组织与管理等^[12]，如图2所示。



图2 成组技术在家具智能制造过程中的应用

Fig.2 Application of group technology in furniture intelligent manufacturing process

其中，成组技术在产品设计中的应用，主要是依据成组技术原理，建立数字化标准模块，从而构建产品族，在促进零部件设计的标准化和通用化、减少制造差错可能性的同时，减少新产品设计工作量，缩短新产品设计周期。同时，可依据信息编码技术，建立家具编码的档案管理体系，形成设计图纸和资料的检索系统或数据库，解决产品、零部件的编码管理和标准化管理问题。

成组技术在工艺规划过程中的应用,通过对产品零部件的特征分析、分类及工艺柔性等方法进行简化设计,针对一组具有加工相似性的所有零件而设计的成组工艺过程,有效地增加生产作业时间,减少单位零部件上的分摊辅助生产时间,如首件确认、调机、换刀、工人学习的时间。

成组技术在夹具设计中的应用,体现在成组夹具的使用上,能够提高夹具使用率,减少夹具的管理或换模具或夹具的时间,提高生产效率。

成组技术是修订式CAPP的基础,应用成组技术原理实现零件组(族)数控编程,从而减低编程成本,减少工艺过程设计所需的时间和费用,缩短工件在生产过程中的运输路线。

采用成组单元或成组流水线,缩短零件运输路线,提高柔性,以零件族编制生产计划,可提高生产管理效率、劳动力和设备利用率;简化生产管理工作,提高不同零部件加工工艺的适应能力,提高按期交货率。

成组技术是FMS、CIMS系统的基础,以零件族为加工对象建立FMS,使系统加工足够多的零件品种,又可简化系统的结构,提高加工效率,缩短生产周期,提高设备利用率。

2.2 家具车间成组工艺技术表现形式

家具制造车间整厂物流规划布置必须利用成组工艺技术,将同一产品族或零部件采用同类方法组织生产,在满足多批量、少品种的定制家具产品工业化生产要求外,提高生产效率,达到整厂物流规划系统构建的技术需求。同时,成组技术也是产品数字化设计(CAD)、辅助工艺规划(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)和柔性制造(FMS)等系统构建基础^[13-14],通过零部件产品族信息,将整厂物流规划系统与企业的管理系统对接,满足企业内信息共享的要求。依据成组技术分类原理和家具加工的工艺规程特征,家具车间成组工艺技术特征表现在以下形式^[15]。

一是成组单机,把一组工序相同或相似的零件族集中在一台机床上加工。其最大特点是减少设备和机床的调整时间,是成组工艺技术的基础,也是整厂物流规划的基本形式。

二是成组生产单元,把一组或几组工艺相似

零件的全部工艺过程,由相应的一组设备完成,该组设备构成家具车间的一个封闭生产单元。其最大特点是可充分利用设备,提高设备利用率,缩短生产周期,简化生产管理。该技术为多样化家具零部件的整厂物流规划进行不同空间布置时提供思路。

三是复合路线法,是为满足产品族中全组零件的加工工艺要求,以组内最复杂零件的工艺路线为基础,结合不同组内其他零件需要的工序单元,构成零部件族的统筹加工过程。该技术也是整厂物流规划的最终目标。

综合上述分析得出,面向家具智能制造的整厂物流规划的核心在于工艺过程的成组,成组工艺技术是车间整厂物流规划的基础,只有将成组工艺技术中的成组单元和复合路线法进行系统规划,才能促进整个物流规划系统发挥更大的作用。

3 基于成组技术的家具车间整厂物流规划关键技术

家具车间整厂物流规划,一方面,需重点考虑工序之间的关联性,将同一个工序尽量集中,确保上下工序连续;另一个方面,还需要通盘考虑材料仓、生产车间、成品仓,以及供电所、空气站、除尘器等的正确位置,甚至厂房结构,门、窗、柱、消防栓、电控柜等。概括起来,家具整厂物流规划时,其关键技术包括两大方面:生产过程的物流组织和生产过程的物流控制。其中,生产过程的物流组织又可分为生产物流的空间组织和时间组织,生产过程的物流控制是通过控制形式、控制过程和控制方法得以体现。

3.1 生产过程物流组织

3.1.1 生产物流空间组织

依据家具产品生产物料的空间移动过程,在考虑物料的搬运流程及运送方式的基础上,依据成组原理和同属性分类,考虑成组技术在家具制造过程中的应用要求,进行最有效地利用空间、最佳物料搬运过程、最大程度地柔性生产、最合理地管控等,从技术的角度,应涉及两方面,即工厂总体布置和车间布置,如图3所示。本研究主要着眼生产效率提升讨论车间物流,因此,以家具车间布置为例进行说明。



图3 某家具企业整厂物流规划空间组织典型案例

Fig.3 A typical space organization of whole plant logistics planning in furniture manufacturing

家具制造车间物流，一般可分为工序物流和工艺物流两个方面。工序物流以产品族的工艺相似性为流程依据，将同一组内各工序之间的物流进行统一规划，如板式家具制造的开料、封边、钻孔、分拣、包装等典型工艺流程。工艺物流是

物料在不同生产线之间的成批搬运，也可理解为生产线间的物流，在过程中可采用滚筒线或者悬链等形式，如标准件、非标准件、自制件、外协件等，在包装之前属于不同物流生产线，但进行到分拣包装时，需要归为一起考虑，如图4所示。

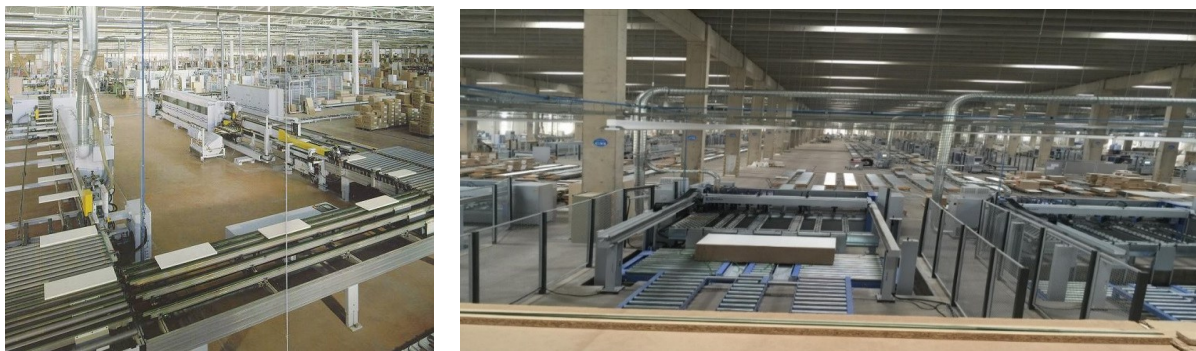


图4 某家具车间物流规划工序物流典型案例

Fig.4 A typical whole plant logistics planning in furniture manufacturing

工艺物流是依据成组技术原理和要求，按工艺特征确保零部件按顺序顺流进行加工，这个过程需要科学的依据和算法才能保证工艺物流布置的合理性。实施过程中，针对一组具有加工相似性的零件制定工艺过程，依据加工工序关联性，结合CAPP系统计算，在尽量缩短零件在车间运输路线的同时，合理安排数控设备和机器人协同运作，实现车间物流的自动化和智能化。如对于板式家具生产企业，进行整厂物流规划时，一方面需要采用物流分析方法，即通过工艺流程图、多种产品工艺流程表、成组方法等，来详细描述家具产品生产过程中各道工序之间的关系，进行工艺流程分析；另一方面需要对车间布置进行分析，通过研究零部件加工的工艺流程，确定工艺系统

的边界和环境因素、物料分类及当量的流量计算、物流系统流程和状态分析、建立可行性方案，进行车间设备和机床布置，并对设备和机床的布置进行评价和改进，最终达到最优化路线。

面向智能制造的整厂物流规划设计，除工序物流和工艺物流外，生产物流空间组织还应考虑物料搬运部分^[16]。物料搬运系统，需要从整个生产系统的运转考虑，通过对物料搬运成本的计算，在满足生产工艺流程要求的前提下，减少物料搬运工作量。这个过程中，还需对物料进行识别、跟踪和实时物料装卸搬运控制，才能满足物料搬运准确性和物流的畅通。同时，为确保物料安放位置的准确，还必须有相互衔接的多种搬运设备和搬运技术支撑，如机械手技术和滚筒线技术等。

3.1.2 生产物流时间组织

家具企业在进行整厂生产物流规划时,除通过车间空间布置缩短零部件在生产工段或工序之间的移动距离外,还需要提高零部件有效移动的速度,合理安排物料的移动方式,这就需要生产物流的时间组织。据统计,许多家具生产过程中,加工时间只占总生产时间的5%,物料等待、闲置等无效时间的占比远超过想象。因此,生产物流时间组织要尽量减少无效时间、缩短产品生产周期。而这个过程与物料在各工序之间的联动或者衔接的方式密切相关。物料在车间移动方式主要有:顺序移动、平行移动和平行顺序移动等^[17]。

顺序移动,是依据生产计划安排,针对家具中的标准零部件,将一批零部件族通过加工特征在各工序之间整批量移动加工,实行集中加工、集中运输。由于此类零部件都是按照生产计划加工,通过整厂物流规划,可减少生产设备和机床的开机次数,加工作业连续进行,从而提高生产效率和车间物流的运作安排。但也会存在各工序之间或多或少的等待加工和运输时间问题。

平行移动,是针对个性化产品的非标零部件,依据订单要求,结合生产物流的空间组织和加工顺序在各工序之间单独移动,每个零部件在完成上道工序加工后,直接进行下一道工序加工,而不需要等待整批零部件加工完成后再集中进行工序之间的转送,但由于零部件的特征不同和单件零部件的工序作业时间差异,容易导致频繁开关设备和机床情况,致使产品生产过程的连续化程度降低。但往往可通过不同的生产线和生产设备布置,确保零部件的个性化加工差异。

平行顺序移动,是在综合考虑定制家具产品零部件分类(标准件和非标准件)的基础上,满足同一订单在规定的加工周期内,能够同时到达分拣包装区而形成的一种生产时间组织形式。加工过程中,依据零部件的特征分解成不同的生产线进行加工,虽然不同特征的零部件的输送方式是独立地分散完成,但零部件在各道工序上的加工与移动时间是一致的,从而确保同一批订单中的零部件能够连续同时进行加工,最终满足个性化订单的齐套要求、减少包装等待时间。此方式

可采用滚筒线的形式运输保证各工序生产设备的连续运转,缩短订单的生产周期。

3.2 生产物流控制

3.2.1 生产物流控制的形式

生产物流过程的有效控制,是生产计划顺利完成的重要保障。一般可以依据成组技术原理,将生产物流控制分为推动式控制和拉动式控制两种形式。

推动型生产物流控制,是采用集中控制的形式,根据家具产品结构特征,综合考虑各工序的物流需求量和提前期的前提下,通过物料需求计划(material requirements planning, MRP)运算,向各零部件待加工的工序单元发出物流指令,实现物流过程的控制。此生产物流控制形式,容易受到局部库存因素的影响,造成库存的不平衡。

拉动型生产物流控制,是采用分散式控制的形式,根据家具产品最终的需求结构,通过对各工序的生产提前期进行预测或计算,得出各工序的物流需求量,再向前一道工序提出物流供应需求指令,以次类推的形式进行物流控制。拉动型生产物流控制,由于能满足每个阶段和局部的物流控制目标,并最终能达到全生产过程物流最优目的,实现家具产品柔性制造技术的要求,从而在家具行业中广为推广。

3.2.2 生产物流控制过程

家具车间生产物流控制,可依靠成组分类原理,将生产物流控制内容分为进度控制、在制品管理、偏差测定和处理等几种形式。其中,进度控制,是家具物料在生产过程中的物流出入控制和物流需求量大小的管理;在制品管理,是对生产过程中的在制品进行静态、动态以及占有量控制;偏差测定和处理,是对车间物流中的预定时间及检测计划执行情况进行管理,并进行处理和反馈的过程。实际应用过程中,家具生产物流控制时,首先需要制定物流的预期量标准;然后依据生产计划制定相应的物流计划;再对物流信息进行采集、处理和反馈过程的控制;最后还需进行短期和长期不断的计划调整,才能满足物流系统的正常进行、保证计划的顺利完成及生产过程的有效性评估。

3.2.3 生产物流控制方法

依据生产物流系统的构成, 可对生产物流控制方法进行定量地科学计算, 以保证生产过程物流控制的准确性。面向家具整厂物流规划的生产控制方法很多, 如采用流动数曲线控制生产数量、甘特图法控制生产进度、加工路线流转单控制生产过程等, 具体应用时可以依据不同家具企业的物流系统进行针对性选择。

4 结语

生产物流是家具企业实现智能制造的基础, 直接影响管理和运作过程。唯有实施生产物流整厂规划, 才会持续改进生产过程中的各种问题, 不断提高生产效率和自动化智能化水平。本文对家具企业生产物流组织和控制过程进行详细分析与解读, 是在深入家具车间了解现有场地、生产设备、生产工艺、产品加工过程, 与生产管理人员深入交换意见的基础上, 以现代家具工厂精细化、自动化、智能化生产的理念为指导, 将成组技术应用到整条生产线, 结合生产物流管控软件和智能设备的应用情况, 提出家具智能制造车间整厂规划技术要求, 为家具企业进行整厂物流规划提供参考, 促进我国家具产业智能制造转型升级。

参考文献:

- [1] 熊先青, 吴智慧. 家居产业智能制造的现状与发展趋势[J]. 林业工程学报, 2018, 3(6): 11-18.
XIONG X Q, WU Z H. Present situation and development trend of intelligent manufacturing in home furnishing industry[J]. Journal of Forestry Engineering, 2018, 3(6): 11-18.
- [2] 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.
- [3] 熊先青, 刘慧, 庞小仁. 大规模定制家具柔性制造系统构建与关键技术[J]. 木材工业, 2019, 33(2): 20-24.
XIONG X Q, LIU H, PANG X R. Flexible manufacturing system for mass customization manufacturing in furniture industry[J]. China Wood Industry, 2019, 33(2): 20-24.
- [4] XIONG X Q, GUO W J, FANG L, et al. Current state and development trend of Chinese furniture industry[J]. Journal of Wood Science, 2017, 63(5): 433-444.
- [5] 唐堂, 滕琳, 吴杰, 等. 全面实现数字化是通向智能制造的必由之路——解读《智能制造之路: 数字化工厂》[J]. 中国机械工程, 2018, 29(3): 366-377.
- [6] 刘俊, 陈琳, 刘润亚. 家具制造企业多中心智能制造共享云平台研究[J]. 林业工程学报, 2021, 6(3): 166-170.
LIU J, CHEN L, LIU R Y. Research on multi-center intelligent manufacturing sharing cloud platform of furniture manufacturing enterprises[J]. Journal of Forestry Engineering, 2021, 6(3): 166-170.
- [7] 熊先青, 任杰. 面向智能制造的家居产品数字化设计技术[J]. 木材科学与技术, 2021, 35(1): 14-19.
XIONG X Q, REN J. Digital design technology of furnishing products in intelligent manufacturing[J]. Chinese Journal of Wood Science and Technology, 2021, 35(1): 14-19.
- [8] Wiedenbeck J, Parsons J. Digital technology use by companies in the furniture, cabinet, architectural millwork, and related industries[J]. Forest Products Journal, 2010, 60(1): 78-85.
- [9] 刘伟, 吴智慧, 徐伟. 生命周期评价在家具行业的应用[J]. 世界林业研究, 2019, 32(2): 56-60.
LIU Y, WU Z H, XU W. Review of the application of life cycle assessment to furniture industry[J]. World Forestry Research, 2019, 32(2): 56-60.
- [10] 李荣荣, 姚倩. 面向智能制造的板式定制家具柔性生产线设备配置[J]. 木材科学与技术, 2021, 35(2): 23-29.
LI R R, YAO Q. Research on equipment configurations of the flexible production line for intelligently manufacturing customized panel furnitures[J]. Chinese Journal of Wood Science and Technology, 2021, 35(2): 23-29.
- [11] 卫军朝, 闫秀天, 张国渊. 包含构件成组约束的多目标产品架构模块划分[J]. 计算机集成制造系统, 2018, 24(12): 3096-3106.
WEI J C, YAN X T, ZHANG G Y. Multi-objective module division method for product architecture incorporating component grouping constraints[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2018, 24(12): 3096-3106.
- [12] 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.
- [13] 韩静, 吴智慧. 板式定制家具企业制造执行系统的构建与应用[J]. 林业工程学报, 2018, 3(6): 149-155.
HAN J, WU Z H. Construction and application of manufacturing execution system for panel customized furniture enterprises[J]. Journal of Forestry Engineering, 2018, 3(6): 149-155.
- [14] 朱剑刚, 吴智慧, 黄琼涛. 家具制造企业信息集成平台构建技术研究[J]. 林业工程学报, 2019, 4(3): 145-151.
ZHU J G, WU Z H, HUANG Q T. Constructing technology of enterprise information integration platform for furniture manufacturing enterprise[J]. Journal of Forestry Engineering, 2019, 4(3): 145-151.
- [15] 洪莲, 于娜. 家具制造作业体力负荷对认知能力的影响[J]. 林业工程学报, 2021, 6(1): 191-196.
HONG L, YU N. Effect of physical load on cognitive ability in furniture manufacturing[J]. Journal of Forestry Engineering, 2021, 6(1): 191-196.
- [16] 李丽娟. 板式家具企业物流系统的构建[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [17] 朱晓雷, 李军. JIT模式在家具企业物流管理中的应用[J]. 家具, 2021, 42(4): 115-118.
ZHU X L, LI J. The application of JIT mode in the logistics management of furniture enterprises[J]. Furniture, 2021, 42(4): 115-118.

(本文编校 向琴)