

“家居数字化车间规划与管控”专栏 (10) DOI: 10.12326/j.2096-9694.2022099

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。

定制家具生产线信息化联动改进

赵伟翔, 钟世禄

(南京林业大学家居与工业设计学院, 江苏南京 210037)



摘要: 为解决定制家具生产信息化程度低、联合生产管理零散、生产组织度较低、管理成本较高的问题,提出一种生产线信息化改进架构,通过新一代移动通信技术联动更多的生产线设备,改进老旧的、信息化程度低的生产线设备,并入智能联动网络,与其他联盟企业生产线设备接入同一平台,进行统一的生产任务指挥,从而实现各生产线协同制造。此架构理论上减少管理流程,提高生产管理的统一性,并为生产管理的快速反应提供软硬件支持,保证生产线的平稳运行。

关键词: 定制家具; 智能工厂; 信息化; 生产线联动

中图分类号: TS664; F406.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-9694 (2022) 06-0041-06

Improving the Information System of Custom-Furniture Production

ZHAO Wei-xiang, ZHONG Shi-lu

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

Abstract: In order to improve information systems in custom furniture production, scattered joint production management, production organization, and management cost, an information system structure for the production line was proposed. Through the new generation of mobile communication technology to connect with other production line equipment, the old production line equipment was integrated into the intelligent network. The production line equipment of other alliance enterprises is connected to the same platform. The unified production task command is carried out, so as to realize the collaborative manufacturing of all production lines. This system theoretically reduces the management processing length, improves the uniformity of production management, and provides hardware and software support for the rapid response of production management, ensuring the smooth operation of the production line.

Key words: custom furniture; smart factory; informatization; production line connection

收稿日期: 2022-05-24; 修改日期: 2022-07-21

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合作课题“实木整装家居数字化设计与集成技术”(TIAWBI2020-10)。

作者简介: 赵伟翔(1999—), 男, 硕士研究生。Email: 1264928486@qq.com

通讯作者: 钟世禄, 男, 副教授。Email: sluzh@qq.com

随着工业4.0的到来,定制家具生产模式逐渐从资源集中型的大企业生产模式向资源分散型的多企业联盟模式转变,产品从趋同向个性化转变,用户参与度提高,柔性、智能制造得到大力发展,定制家具的市场逐步扩大^[1-2]。现有的多企业合作生产管理方法以制造协作联盟(manufacturing collaborative alliances, MCA)模式为主,生产方案较为成熟,如程方启^[3]等在时序约束制造任务上的研究为合作制造的任务规划提供了指导模型。但在具体生产线层面,生产线信息化调度和管理较为落后,部分非数字化设备无法联动,智能设备缺乏规范统一的协作指挥平台,使得整个协作是静态的,生产指令时效滞后,体系抗风险能力较差,人员变动和个别生产线故障会大大影响整体生产计划和企业合作信任。随着5G技术与宽带技术的发展,移动宽带与第六代无线通信技

术扩展(wireless fidelity generation 6 extended, WiFi 6E)为各环节互联提供了技术支持。本研究提出一种网络架构方式,对生产线进行信息化改进,建立统一规范的协作网络,从而降低生产线统一指挥难度,保证各联盟企业生产线有序协作并稳定运行。

1 定制家具企业合作式生产联动问题

由于整套定制家具的需求复杂,产品内容丰富,定制程度高,单一企业的生产线往往不能满足生产需求,通常采用企业合作生产模式^[4],由规模以上企业牵头,通过MCA进行生产线任务分配,通过算法将生产线任务合理分配给联盟企业,联盟企业根据自己的生产计划自行调整和分配任务,在合约期内交付零部件给组装部门,组装部门完成组装后将产品包装,准备出库(图1)。

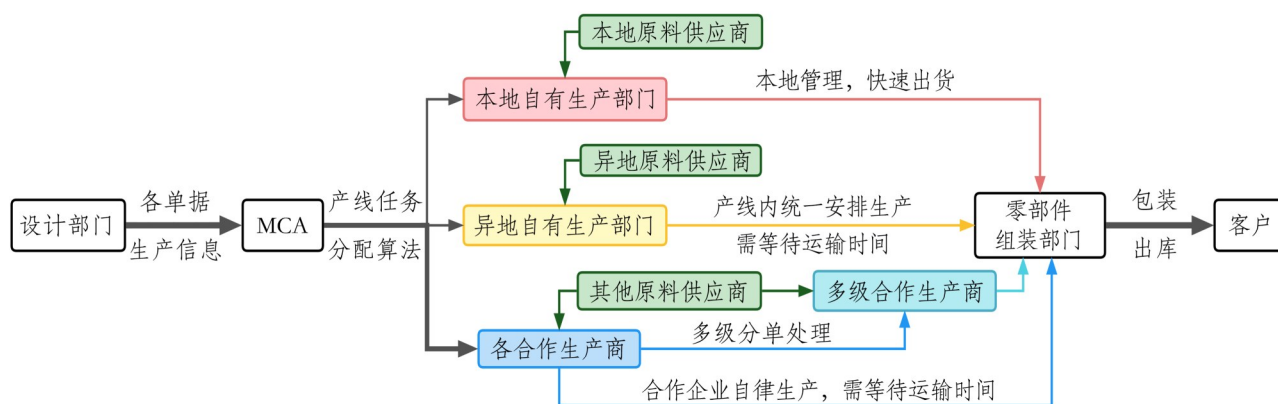


图1 规模以上企业MCA生产线任务分配模式

Fig.1 MCA production line distribution mode of the above-scale enterprises

此过程中MCA主要进行统一调度,为各生产线企业找到最适合的零部件生产任务,而具体的生产线任务则由企业自主管理,根据合作企业的生产计划进行自行调配,在保证合约期的前提下有较大的自由度。然而,随着定制家具产品从趋同向个性转变,对生产线的柔性化要求不断提高,需要对整个合作模式中的生产线进行快速调整以便统一调控。但实际执行过程中,各合作企业的设备信息化程度参差不齐、缺少统一的信息化指挥平台等导致联动水平较低,不能够动态响应调整,需要对现有生产线进行信息化改进,为统一的协作生产提供更好的软硬件基础。

2 定制家具企业生产线信息化改进

2.1 生产设备信息化改进

1) 应用先进传感技术。生产信息获取是智能化制造的第一步,先进的传感技术能提供更多的设计生产信息,实现精密的生产管理。

现有的定制家具加工机械信息化程度参差不齐,可分为非信息化设备,如台锯、钻台、打磨机等;需要人工操作或值守的设备,如封边机、开孔机、木工车床等;自动化设备或智能设备,如加工中心、开料机、钻孔机、自动喷涂车间等。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。

复合视觉传感器能够获得板件表面的光电信息，直观地展现生产信息。基于CCD电荷耦合器的传感器与基于CMOS互补金属氧化物半导体传感器应用范围广，配合各线型激光与多相机的协同成像组成各式传感摄像机，如RGB摄像机、多光谱摄像机和深度摄像机等，能够实现综合视觉信息的获取；如快速3D建模、检验、分拣及自动校准等^[5]，配合智能编码系统进行物料跟踪，实现车间无人精确控制，提高生产效率^[6]，可以应用于开料、钻孔机械中，也可用于物料运送途中，实时获取物料加工进度。实感触觉传感器是一种能够获取被接触物体属性的设备，从而搭建反馈网络，保证物料控制的精准性^[7]。触觉传感器配合温度传感与液态基质实现多信息的获取，现有传感器精度已达5 mN^[8]，能够感知压力、温度与震动等信息来控制抓握姿势和进给速度^[9]，用于较高精度的加工与生产线压力、温度、震动信息的获取。

微机电系统(micro-electro-mechanical system, MEMS)传感是采用微机械加工技术制造的新型传感器，复合各式传感器实现综合传感功能，可根据不同传感需求进行定制集成，综合处理信息建立运动模型，便于进行模拟仿真分析，体积小，功能全，功耗小，是未来智能传感器的发展方

向^[10]，可加装于各机械臂末端，以此获得加工运动参数，根据企业需求进行定制集成，来建立运动模型，保证加工精度，反映加工进度，为工厂的数字孪生模型提供数据。

2) 应用远程控制技术。远程控制技术是通过配置软件对设备计算机桌面进行映射，将数据传输至本地并进行操控的网络技术，使用NAT网络地址转换方式接入互联网，通过创建非对称密钥进行加密传输，保证数据的安全可靠^[11]。

生产线大部分设备系统为Windows或Linux，基于此类平台可以为设备安装远程控制软件实现，对于不能直接安装的设备，也可以通过加装智能远控路由进行信息化改造，国内外都有相应企业的系列产品提供技术支持，如德国某企业的智能压缩算法能够保证低带宽的环境下进行自适性压缩，保证复杂网络环境下的稳定连接^[11]。国内某企业的智能远控路由产品则可通过各接口对低信息化设备进行改造，通过连接控制各传感器实现设备的远程管理。对于端口不适配、需要人员值守的设备，通过各类传感器采集必要的生产信息后通过无线传感器网络(wireless sensor networks, WSN)进行传感器的连接，通过监控和键位映射对设备进行简单的信息化联动^[12] (图2)。

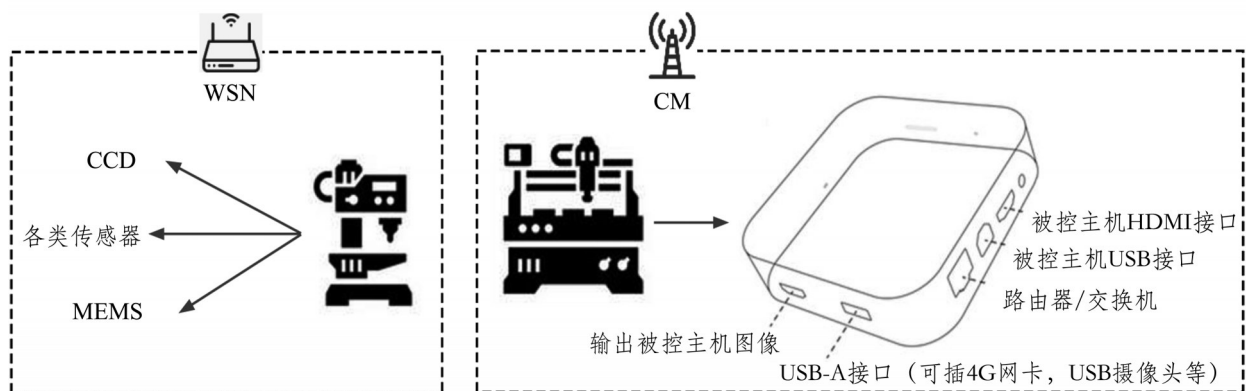


图2 生产线设备信息化改造

Fig. 2 Information transformation of production line equipment

2.2 仓储信息化改进

定制家具产品零件多样、尺寸高度定制，对仓储管理与分类造成不小压力，管理不善导致零件错配或遗落等，会增加生产成本，需要对仓储进行信息化改进。企业仓储管理系统(warehouse

management system, WMS)是实现远程智能仓储管理的基础。现有技术通过对条码识别、射频识别技术(RFID)和紫蜂协议(ZigBee)应用于仓储智能管理，对出库、入库、检验和保管等仓储业务提供了高效率解决方案^[13-16]。随着企业规模的

扩大,更大的仓储空间对远程控制技术的范围、能耗和效率有了更高的要求。新兴窄带物联网(narrow band internet of things, NB-IoT)其覆盖面广、连接设备多、低功耗、低成本的特点^[17],能够更好地实现信息感知和远程仓储控制。赵洪钢等基于NB-IoT所设计的NB-Based WMS可以通过物资类型进行分类并进行基本信息的完善,借助蜂窝网络进行现有基站部署和广覆盖,利用IoT平台实现更加灵活的联接管理,从而实现仓储管理中的出库、检查、运输、入库等业务全流程管理^[18]。彭秋琼提出的基于模糊算法的仓储库存管理远程自动控制系统将具体的算法与硬件结合,大大缩减仓储货物库存表单的建立时间^[19]。

综上,将家具物料按照不同工艺、尺寸、用途基于NB-Based WMS技术进行分类,基于模糊算法建立仓储货物库存表单,将现有仓储网络进行改造,建立物联网,从指挥终端获取物流信息,从而实现各地生产线的统一物流调配。

2.3 工厂联动网络建设

对生产线设备进行信息化改造后,可通过统一的信息化网络进行信息传输。针对厂房内信号频段较为复杂的情况,在进行网络布置时需要将各频段错开以保证各信道相互独立。基于前述的传感技术、远程控制技术以及仓储信息化技术,提出一种网络构建思路(图3),基于定制家具工厂概况,分别选用180 kHz的NB-IoT适配家具物料仓储、2.4 GHz的有线高速宽带适配本地车间的短途通讯、5 GHz的移动宽带适配异地生产线的远程通讯和6 GHz的Wifi 6E无线传感器网络适配定制家具非信息化、高密度作业车间,以设备信息化程度为分类标准,为各设备配置网络并通过相应网络进行数据统一管理。将各联盟企业生产线的生产数据上传至统一的生产指挥平台后,通过WebSocket协议与SSM架构实现生产线数据可视化进行统一的大数据管理^[20],从而实现多企业合作式生产的统一管理,为联动提供软硬件基础。

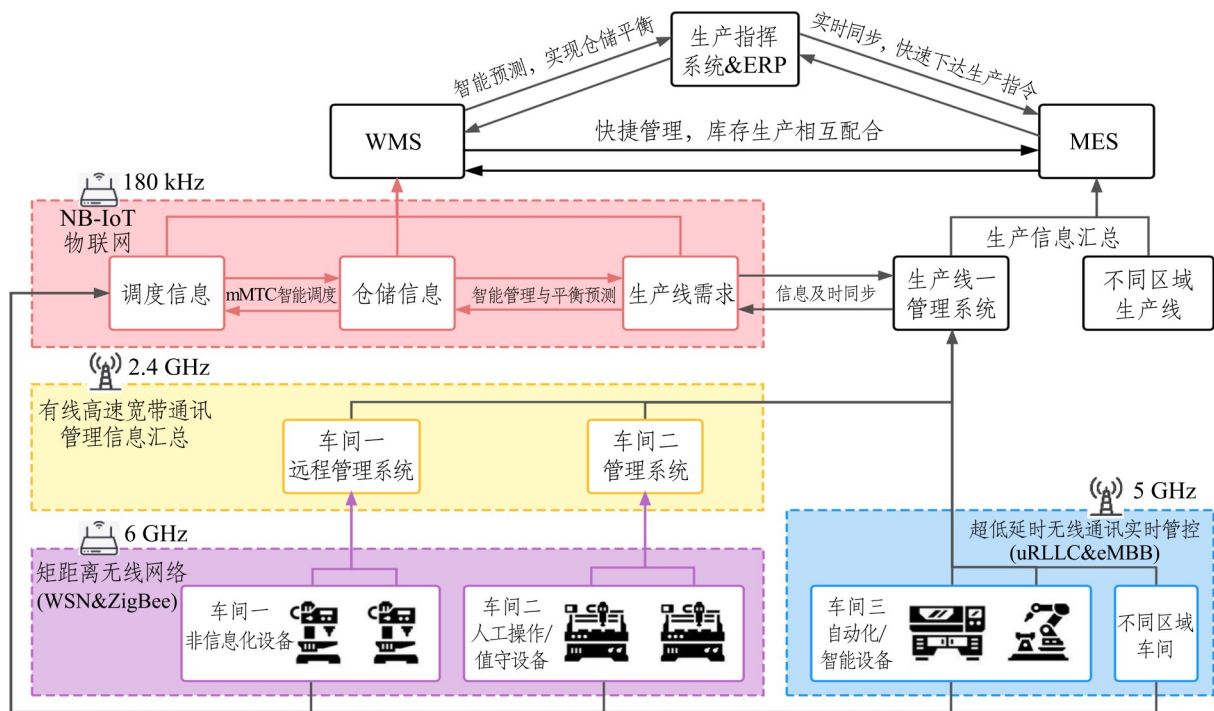


图3 智能工厂网络联动模式

Fig.3 Smart factory network mode

3 生产线信息化管理流程与联动

3.1 生产线信息化管理流程

多企业多生产线的协同制造对生产管理的要求更加严格,大规模的联动网络需要更加智能化

的管理架构,以对各生产线生产调整进行动态响应。实现协同制造需要进行各生产线的数据收集与处理,目前流程工业普遍采用ERP、MES与PCS三层结构来进行生产线数据的处理与管理^[21]。

在完成智能工厂网络搭建后,将各设备信息接入MES,通过实时收集与分析生产数据对生产线进行实时监控和管理,通过信息化标签管理实现设备运行的维护与生产进度的追踪,从而对整个生产链与设计方案的传递进行优化^[22-23];在逻辑动作方面通过PCS实现各回路的闭环控制,以及对各装备的逻辑控制和过程监控;最后将MES的设备信息与PCS的动作信息在ERP平台进行汇总,将物料仓储情况、板件加工进度、各生产线排单详情等必要信息发送给生产指挥平台,各级的快速网络响应能够及时同步生产线信息并及时做出响应调整。接收到订单后,生产系统汇总ERP信息,通过分析各生产线的实时生产节拍与地理信息,为订单找到最快的生产分配方案并生成生产脚本,通过预设生产脚本来对整个生产线进行自动化调控,并根据联盟领头企业对各生产线的实时性需求,建立相应的数字孪生模型,通过已搭建的5G网络与边缘计算技术对3D模型进行云渲染^[24],充分利用联动网络保障软硬件的信息流动,从而更加直观地进行统一指挥与调度,以此减少各生产线的交流成本、管理成本与人力成本,优化生产线的信息化精细管理,实现智能调控,灵活生产。

3.2 定制家具工厂互联合作

产品模块化设计与制造能够降低对生产线柔性化能力的需求。以生产信息的时效性为前提,针对家具的模块化设计生产进行流程优化,建立标准化的设计平台^[25-26],再通过前期市场调研与大数据分析对各模块产量进行预测,将预测模型通过生产指挥系统与ERP进行揉单处理,将单据信息分发至各合作企业生产线,通过MES统筹各区域工厂生产线,实现分散生产。从供应链环节开始,工厂根据存量进行各区域资源调配与物料跟踪,通过智能传感网络与云化PLC使CAPP、CAM与智能机床与智能数控的软硬件结合实现软硬一体化,从而实现扁平化、无线化与灵活化生产,最后通过各传感器质检并分拣打包出库,统一将零件进行打包或是安装完成定制流程,根据售后信息对设计进行优化并更新产量预测数学模型,以便进行下一轮设计生产。相较于一般的定制设计,模块化设计生产通过快速数据同步保证信息时效、信息共享与信息保密,从而实现全制造链协同。但对模块的设计要求和产量预测模型要求较高,数据需求量较大,适合有一定数据积累和工厂布局的大中规模企业进行升级改造。

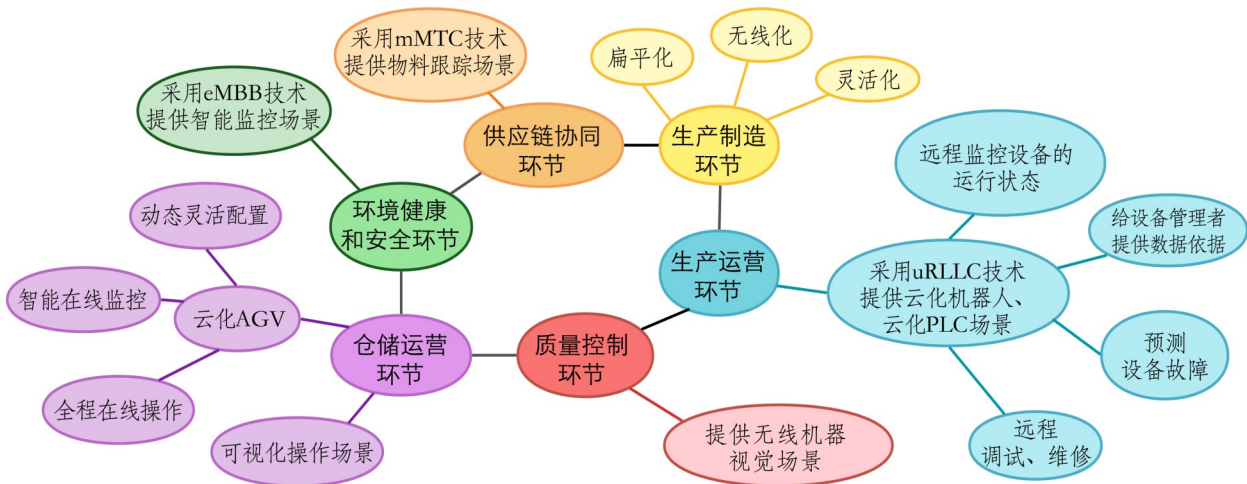


图4 工厂互联模式各环节架构

Fig.4 The structure of the factory interconnection model

4 结语

随着工厂智能化发展,多企业合作式生产为企业降低了生产建设成本,企业联盟生产模式提升了生产线的柔性化程度,同时也需要更加完善

的联动网络与信息化指挥平台来扩大联合规模。制造业智能工厂网络结合通信技术,将更多的生产数据进行实时汇总,为数字孪生技术提供更多数据参考,提高孪生模型的准确性,结合Web-

Socket 协议与 SSM 架构, 辅以模型云渲染技术, 搭建一个直观、清晰的平台, 实现生产线数据的可视化管理。统一的数据管理能够为企业、为客户提供更加直观的数据服务, 提高生产线稳定性, 降低规模成本, 促进产业发展。

参考文献:

- [1] 熊先青, 刘慧, 朱卿卿, 等. 定制家居产业链协同发展的思考[J]. 木材工业, 2018, 32(2): 18-22, 27.
XIONG X Q, LIU H, ZHU Q Q, et al. Development of the customized home furnishing industry chain[J]. China Wood Industry, 2018, 32(2): 18-22, 27.
- [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] 程方启, 王洪飞. 面向制造协作联盟的时序约束制造任务跨度研究[J]. 机械制造, 2013, 51(12): 1-4.
CHENG F Q, WANG H F. An exploration on the manufacture mission span with time-sequence restriction for collaborative manufacturing alliance[J]. Machinery, 2013, 51(12): 1-4.
- [4] 吴智慧. 工业4.0时代家具产业的制造模式[J]. 林产工业, 2016, 43(3): 6-10.
WU Z H. Manufacturing model of furniture industry in industry 4.0[J]. China Forest Products Industry, 2016, 43(3): 6-10.
- [5] 廖琼章. 机器人视觉在数控加工中心的应用研究[J]. 装备制造技术, 2020(10): 142-144.
LIAO Q Z. Research on the application of robot vision in CNC machining center[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2020(10): 142-144.
- [6] 廖凯, 陈坚泽, 李超. 机器人视觉传感技术及应用研究综述[J]. 现代信息科技, 2020, 4(11): 159-162.
LIAO K, CHEN J Z, LI C. Research on robot vision sensing technology and the application[J]. Modern Information Technology, 2020, 4(11): 159-162.
- [7] Kappassov Z, Corrales J A, Perdereau V. Tactile sensing in dexterous robot hands: Review[J]. Robotics and Autonomous Systems, 2015, 74: 195-220.
- [8] Schmidt P A, Maël E, Würtz R P. A sensor for dynamic tactile information with applications in human - robot interaction and object exploration[J]. Robotics and Autonomous Systems, 2006, 54(12): 1005-1014.
- [9] JOHNSON MKCFR A. Microgeometry capture using an elastomeric sensor[J]. ACM Transactions on Graphics, 2011, 30(4):1-8.
- [10] 王淑华. MEMS 传感器现状及应用[J]. 微纳电子技术, 2011, 48(8): 516-522.
WANG S H. Current status and applications of MEMS sensors[J]. Micronanoelectronic Technology, 2011, 48(8): 516-522.
- [11] 冯光午, 赵庆明, 肖庆, 等. TeamViewer 在远程系统管理中的应用[J]. 时代教育(教育教学), 2011(5): 34-35.
FENG G W, ZHAO Q M, XIAO Q, et al. Application of team viewer in remote system management[J]. Time Education, 2011(5): 34-35.
- [12] 罗远航, 孙秦宁, 祝凤荣, 等. 用向日葵和 teamviewer 远程控制 linux 系统[J]. 电脑知识与技术, 2017, 13(20): 42-43.
LUO Y H, SUN Q N, ZHU F R, et al. Remote control linux system with sunlogin and TeamViewer[J]. Computer Knowledge and Technology, 2017, 13(20): 42-43.
- [13] 万孟飞, 庄劲松, 曲大义, 等. 基于 RFID 和条形码技术的库存管理系统优化设计[J]. 青岛理工大学学报, 2015, 36(3): 83-89.
WAN M F, ZHUANG J S, QU D Y, et al. Optimal design for inventory management system on RFID and barcode technology[J]. Journal of Qingdao Technological University, 2015, 36(3): 83-89.
- [14] 张极. 基于物联网技术的仓库存储管理系统研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2015.
- [15] 吴侃. 基于 Zigbee 无线网络与 RFID 技术的烟草仓库烟箱管理系统[D]. 济南: 山东大学, 2012.
- [16] 熊先青, 周卓蓉. 基于“互联网+”技术的家具产品物流配送过程管控平台构建[J]. 制造业自动化, 2022, 44(1): 6-9.
XIONG X Q, ZHOU Z R. Construction of control platform for logistics distribution process of furniture products based on Internet plus technology[J]. Manufacturing Automation, 2022, 44(1): 6-9.
- [17] 欧阳龙. 简析 NB-IOT 关键技术特性及行业应用[J]. 通讯世界, 2017(18): 1-2.
- [18] 赵洪钢, 李孟宇, 李娴. 基于 NB-IoT 的仓储管理系统设计及其 HTCPN 建模[J]. 火力与指挥控制, 2020, 45(3): 53-58, 63.
ZHAO H G, LI M Y, LI X. Design of warehouse management system based on NB-IoT and its modeling of HTCPN[J]. Fire Control & Command Control, 2020, 45(3): 53-58, 63.
- [19] 彭秋琼. 基于模糊控制算法的仓储库存管理远程自动控制系统设计[J]. 制造业自动化, 2022, 44(2): 198-200, 205.
PENG Q Q. Design of remote automatic control system for inventory management based on fuzzy control algorithm[J]. Manufacturing Automation, 2022, 44(2): 198-200, 205.
- [20] 徐茂江, 张钟浩. 基于 SSM 和 WebSocket 的云电脑时延可视化系统[J]. 工业控制计算机, 2020, 33(6): 43-44, 47.
XU M J, ZHANG Z H. Cloud computer delay visualization system based on SSM and web socket[J]. Industrial Control Computer, 2020, 33(6): 43-44, 47.
- [21] 柴天佑, 金以慧, 任德祥, 等. 基于三层结构的流程工业现代集成制造系统[J]. 控制工程, 2002, 9(3): 1-6.
CHAI T Y, JIN Y H, REN D X, et al. Contemporary integrated manufacturing system based on three-layer structure in process industry[J]. Basic Automation, 2002, 9(3): 1-6.
- [22] 裴晓涵, 吴智慧. 定制家具生产进度跟踪技术[J]. 家具, 2021, 42(4): 110-114.
- [23] 熊先青, 岳心怡. 中国家居智能制造技术研究与应用进展[J]. 林业工程学报, 2022, 7(2): 26-34.
XIONG X Q, YUE X Y. Research and application progress of home intelligent manufacturing technologies in China[J]. Journal of Forestry Engineering, 2022, 7(2): 26-34.
- [24] 曹扬晨, 朱国胜, 祁小云, 邹洁. 基于 5G 边缘计算的 Cloud VR 研究[J]. 信息通信, 2019(10):1-3.
- [25] 刘垚彤, 吴智慧. 中国定制家居行业现状与发展趋势[J]. 家具, 2019, 40(5): 1-4.
- [26] 任杰, 熊先青, 赵建忠, 等. 实木定制柜门的标准化设计[J]. 林业工程学报, 2022, 7(1): 197-204.
REN J, XIONG X Q, ZHAO J Z, et al. Research on standardized design of solid wood customized cabinet doors[J]. Journal of Forestry Engineering, 2022, 7(1): 197-204.

(本文编校 向 琴)