

层压门扇自动化组装生产线的设计与分析

李伟光¹, 王玲娟², 毕正浩³, 程献宝¹, 赵丽媛¹, 张占宽¹

(1. 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 江苏金迪木业股份有限公司, 江苏宿迁 223700;

3. 浙江思锐机器人有限公司, 浙江杭州 311250)

摘要: 介绍国产首条层压门扇自动组装机生产线, 分析门扇框料备料、框料拼宽、框料定长、门扇组框、门芯材料填充、面板进料、门扇多层组坯与复合等工序控制方式及关键技术。该生产线实现了层压式木门门扇组坯与装配的全自动化, 对提升我国木门生产技术与装备水平具有积极推动作用。

关键词: 木门; 自动化; 组装; 生产线

中图分类号: S777; TS64; TP278

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654 (2020) 04-0021-05

Automatic Assembly Technology and Automatic Production Line for Laminated Wooden Doors

LI Wei-guang¹, WANG Ling-juan², BI Zheng-hao³, CHENG Xian-bao¹, ZHAO Li-yuan¹, ZHANG Zhan-kuan¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Jiangsu Jindi Wood Industry Co., Ltd, Suqian 223700, Jiangsu, China; 3. Zhejiang Sirui Robot Co., Ltd, Hangzhou 311250, Zhejiang, China)

Abstract: This paper reviewed the first automatically assembly line for laminated wooden doors made in China. The assembly line consists of the door frame material preparation, wood width and transportation, prefabricated parts storage and feeding system, door frame assembly system, core material feeding, panel feeding, door leaf assembly and door leaf system. A fully automatic flexible production line was formed, which actualizes manufacturing processes including frame processing, door core material filling, frame assembly and panel pressing before door assembling, hence the levels of the machine tools technology and manufacturing process of wooden doors were enhanced.

Key words: wooden door; automation; assembling; product line

层压式木门(又称木夹板门)是指在门扇框架内部填充门芯材料, 表面为人造板, 面层为薄木、PVC、装饰纸或其他饰面材料的木门^[1]。因其设计简

约时尚, 性价比较高, 越来越被广大消费者特别是年轻消费者的青睐。2016 年以前, 我国层压式木门的自动化、柔性化加工设备的研发和应用, 主要集中在门扇成型后处理工段^[2-5], 如门扇面板压贴、门扇四边定尺锯切、门扇五金件位置加工^[6]以及门扇砂光和饰面油漆^[7]等工序, 但针对门扇成型之前的组框、门芯材料填充、门扇框架拼装与门扇组坯等工序的研究鲜见。由于定制门扇规格差异较大, 门扇部件的定位、定尺以及排列方式较多, 设备调整困难, 成型前的自动化组装工艺较为复杂, 尚未形成

收稿日期: 2019-05-30; 修改日期: 2020-06-04

基金项目: 2019 年江苏省政策引导类计划(苏北科技专项)“意杨 LVL 抗变形层压式木门制造技术研发及产业化”(SZ-SQ2019019); 国家重点研发计划项目课题“木制品节材加工技术与装备研究”(2016YFD0600702)。

作者简介: 李伟光(1983—), 男, 助理研究员。Email: liwg@criwi.org.cn

有效的自动化解决方案，还是依靠人工作业方式。

近2年来，随着国内劳动力成本的不断提高，自动化控制水平的提升，在“中国制造2025”国家战略背景下，国内梦天、TATA等主要大型门企，越来越重视木门门扇成型前的自动化、柔性化加工，并开始联合国内自动化设备公司，开发了首条层压门扇自动化组装生产线，取得了一定应用效果，大大提高了层压式木门的自动化、柔性化制造水平。笔者参与了层压门扇自动化组装生产线的设计开发，系统介绍该生产线实现自动化控制的关键技术，以期提升我国木门企业的技术与装备水平，促进我国木门产业转型升级，全面实现智能化生产提供参考。

1 层压式木门生产线工艺流程与控制系统设计

1.1 层压式木门自动化组装的基本流程与设备布置

层压式木门自动化组装的基本流程如图1所示，根据基本流程布置的生产线如图2所示，主要包括

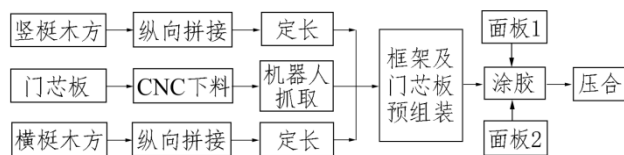


图1 层压式木门自动化组装的基本流程

Fig.1 Basic process of automatically assembling laminated wooden door leaf

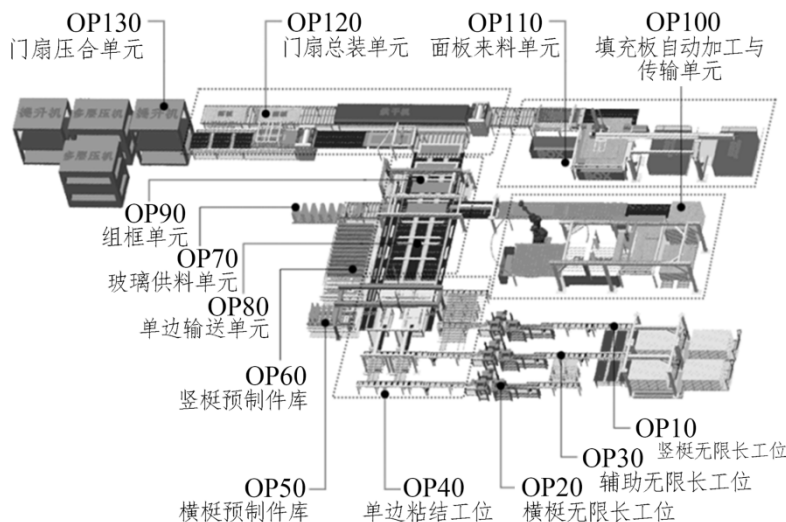


图2 层压式木门自动化组装生产线的布置

Fig.2 Layout of automatic assembly line for laminated wooden doors

门扇框架备料系统、预制件贮存和加工系统、玻璃供料单元、组框单元、面板来料单元、填充板自动加工与传输单元、门扇总装单元以及门扇压合单元等，采用了机器人自动抓取技术、预制件备料与自动输送技术及智能仓储物流技术，完成木门门扇的框料加工、门芯材料填充、拼框与面板压合等加工过程。

1.2 控制系统的总体结构设计

在门扇式自动化组装生产线系统中，上位机负责全系统的协调、优化、高效运行，具有两方面功能：一方面对现场设备的可编程逻辑控制器（programmable logic controller，简称 PLC）发送控制命令，实现对生产现场的控制；另一方面及时监控 PLC 及其他设备的工作状态。

1.2.1 控制系统的方案选择

采用多级控制系统，包括计算机（PC）与 PLC 的管理和控制，PLC 对电磁阀、步进/伺服电机、变频器的控制。根据这些情况，采用上下位机的主从控制结构。上位机采用研华工业计算机，下位机采用西门子 S7-400 系列中的 CPU412 型 PLC。其目的是利用 PC 友好的人机界面，实现人机对话和监控功能。PC 上位机读取 PLC 中各机械手臂、推送气缸的状态，并向 PLC 发送控制命令，检测其工作状态，根据当前的运行状态进行实时故障诊断及报警。利用 PLC 的可靠性高、结构模块化及编程简单等特点，

将其作为下位机完成实时采集和控制任务，操纵各气动执行元件进行动作。

1.2.2 控制系统硬件

系统控制主要针对机械手臂、进料滚轮、推送气缸等运动部件，采用模块控制。旋转模块采用 PLC 控制步进电机实现；其他各运动部件的模块控制均采用 PLC 直接控制电磁阀来驱动执行元件动作的方式。每个控制模块包含气动执行元件（气缸或真空吸盘）、位置或位移传感器、电气连接单元，如图3所示，主要包括：计算机（负责与 PLC 间的控制与管理）、PLC、PLC 接口控制板、电磁阀、步进/伺服电机、变频器等。

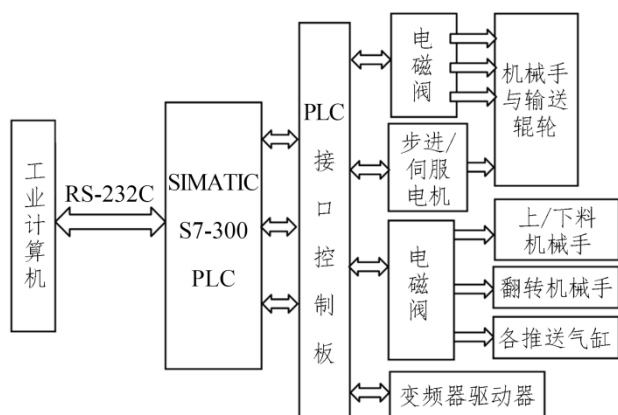


图3 控制系统硬件模块

Fig.3 Control system hardware module

1.2.3 控制系统软件设计

控制软件的功能模块如图4所示，用户界面主要对程序和用户间的信息交互进行总体控制和管理，实现图形获取、状态显示、现场控制等功能。

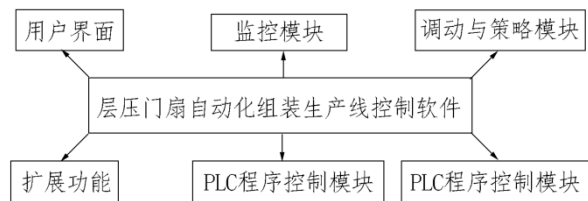


图4 控制软件功能模块

Fig.4 Control system software module

调度策略模块主要是根据系统采集到的仓储位的当前信息，根据制定的调度策略，决定各机械手和气缸下一步要执行的操作。监控模块根据系统的当前运行情况，实现实时监控功能。PLC程序控制主要实现对各个机械手、步进/伺服电机及传送带电机的操作进行控制。上下位机通信模块实现上位机PLC与下位机PLC通过串行口进行通信，由工控组态软件实现。

2 主要工作单元及关键技术

2.1 主要工作单元

2.1.1 门扇框架备料系统

如图5所示，门扇框架备料单元包括竖挺无限长工位、横挺无限长工位和辅助无限长工位，主要完成门扇框架竖挺、横挺及锁木的拼接、定长截断。要求木方规格一般为40 mm（宽）×24 mm（厚）×2 100 mm（长），40 mm（宽）×30 mm（厚）×2 100

mm，40 mm（宽）×35 mm（厚）×2100 mm。该系统利用条码识别技术获取订单信息，通过机械手与伺服进料滚轮控制进料，调整锯切长度，进行自动定长切断。不同门扇框架坯料在备料单元中经过定长切断后，对于标准宽度40 mm的木方通过小桁架机器人机械手抓取旋转90°，放到进料平台，用气缸推入单边粘接工位，自动完成涂胶，单边粘接。

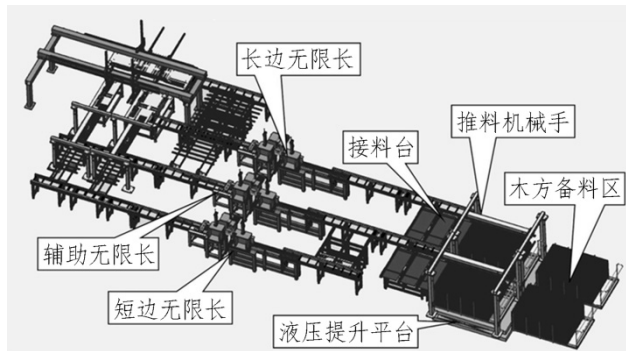
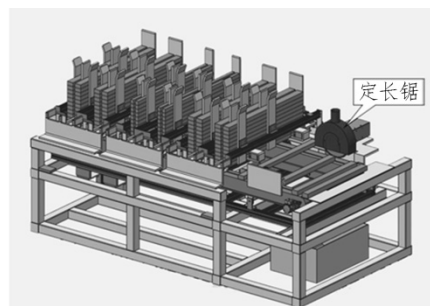


图5 门扇框架备料单元

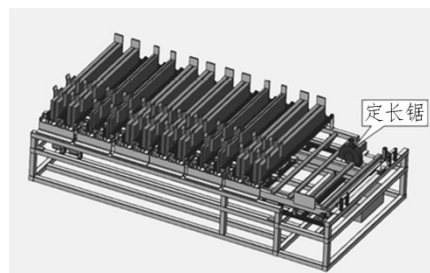
Fig.5 Door frame preparation system

2.1.2 预制件贮存和加工系统

门扇框架用木方的标准宽度默认40 mm。针对非标准宽度的订单产品，需要对木方进行定长截断、尺寸复检和输送。根据所需部件种类不同，预制件贮存系统包括横挺（短边）和竖挺（长边）预制件库，如图6所示。



a 短边预制件



b 长边预制件

图6 预制件贮存和加工单元

Fig.6 Non-standard parts storage and processing system

该单元利用预制件备料与自动输送技术,通过激光扫描自动识别部件上的条码信息,自动调用相应的加工程序对非标准件进行加工和输送。

2.1.3 框架总装配单元

完成门扇框架的备料后,需要对框架的边梃、横梃、横档进行拼装。如图7所示,总装配主要流程为:1)填充板上主线,涂胶,四边挤压,人工检查。2)各组件配齐后流转至总装配工位后涂胶、挤压。如待装配的产品没有横档,横档抓手移动至居中位置,对框架起压紧作用。3)如有横档,二次定位后,桁架机械手抓取完成组装。横档抓手上配有挤压机构,对横档与边梃粘接处进行挤压。

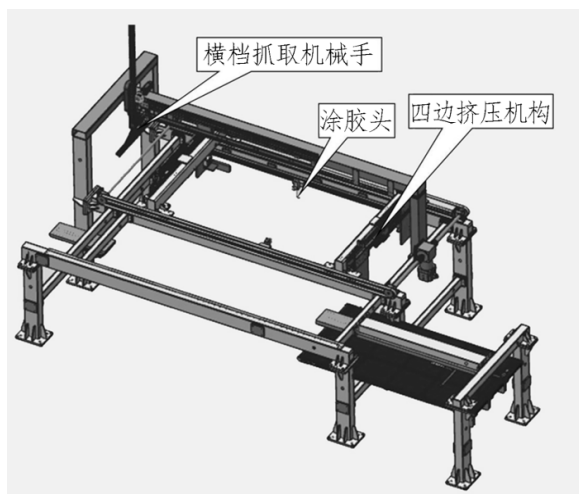


图7 框架总装配单元

Fig.7 Frame assembly system

2.1.4 填充板自动加工与传输单元

填充板自动加工与传输单元可自动完成门芯填充材料的自动接长、拼宽和定尺加工,并自动输送到主线,如图8所示。

由于订单要求不同,且受到与门框连接的锁木影响,门芯填充板尺寸存在差异。为解决这一问题,填充板分为1#和2#。

1#填充板长度为1 600 mm,宽度根据订单需求变化。其坯料由龙门机械手吸附上料,伺服推手推动板材进行自动定宽切割,当宽度不够时,与下一块板材涂胶(EVA热熔胶)拼接后再进行定宽切割。

2#填充板尺寸根据订单产品的长宽而变化,原材料板材送至CNC工作平台,一次切割制成若干块2#填充板,然后推出至下料平台,通过机器人自动抓

取技术逐个抓取、涂胶后,至拼接工位与1#填充板进行拼接,填充板组装完成后推入主线。

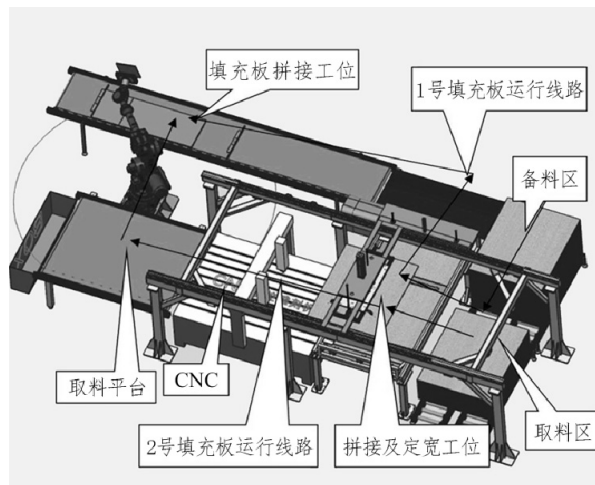


图8 填充板自动加工与传输单元

Fig.8 Filling panel processing and conveyance system

2.1.5 门扇总装配单元

门扇总装配单元示意图如图9所示。

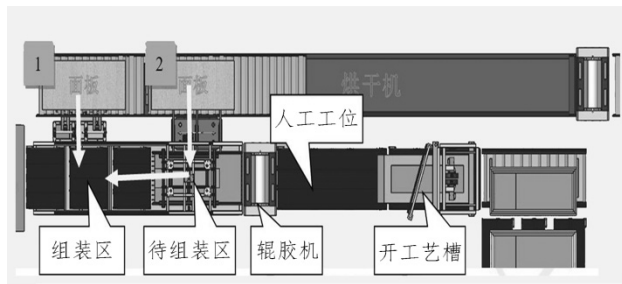


图9 门扇总装配单元

Fig.9 Door leaf assembly system

门扇框架通过框架组装工位后,顶升横移至横向输送线,依次进行开工艺槽、除尘、双面涂胶等加工,流入待组装区。由机构进行整体提升,移载到组装区,两面板同时到位完成组坯复合。2#面板从面板线顶升横移流转至待组装区(待组装区分上下两层,上层为框架,下层为面板),然后输送到组装区,居中定位。1号面板等待下面板,框架到位后,由翻转机构进行吸取,翻转,拍合(1#面板翻转机构吸取面板,旋转90°做等待)。

经过总装配后的门扇由提升机移入压机完成压合,整个过程通过各类传感器来控制 and 监控物料的工作状态。当生产线某一环节发生故障时,其他工位设备自动停机,及时避免物料损失。

2.2 关键技术

2.2.1 机器人自动抓取技术

门扇框架的自动拼装和门芯板的自动填充,是层压复合木门自动化组装的主要难点。为解决此难题,采用基于视觉的机器人自动抓取技术。利用图像处理算法,使用模板匹配、边缘查找及坐标变换对相机捕获的图像进行处理,得到工件在机器人坐标系的位置和姿态,并将工件位姿数据传输给机器人控制器,控制器向机器人发送运动指令,完成对门扇框架和门芯板的抓取及旋转动作。

2.2.2 预制件备料与自动输送技术

对于定制的非标准宽度的产品,需配备非标准件的储备和输送单元。通过激光扫描自动识别部件上的条码信息,根据不同种类、规格部件的加工信息,自动调用相应的加工程序对非标准件进行加工,自动输送到下一工位进行待加工。

2.2.3 智能仓储物流技术

通过人工智能自动判断现场设备运转状况及加工生产节拍、产能需求,利用计算机控制行进路线以及物料传输速度,从而实现高速准确的生产线内物流调度;对加工物料加工各环节进行实时检测、监控,当生产线某一环节发生故障时,其他工位设备自动停机,及时避免物料损失。

2.3 成本与效益分析

按照目前国内层压木门拼装的传统加工方法,备料、组框、面板复合等工序使用通用木材加工机床,需要操作工人40~50人,每天产量60~70套。

而采用层压门扇自动化组装生产线,平均每扇门的加工时间可缩短为50~60 s,节省35~40人,且日产量可增至500套,合计节省人工360人。按目前人工工资150元/天计,一年将节约1900万元,前期设备费用预计增加约5000万元计,三年内即可收回投资成本。

3 结语

层压式木门是我国木门的主流产品。结合层压式木门现有工艺而开发的门扇自动组装生产线,采用机器人自动抓取、预制件备料与自动输送及智能仓储物流等技术,实现了门扇框架加工、门芯材料填充、框架拼装与面板压合等加工过程的自动化。层压门的门套结构也较为复杂,开发适合层压式木门门套的自动化组装生产线,是今后的研究方向之一,以进一步提高我国层压式木门制造的自动化水平。

参考文献:

- [1] 李伟光,张占宽. 木门制造工艺与专用加工装备[M]. 北京:中国林业出版社,2019.
- [2] 吕斌,傅峰. 木质门[M]. 北京:中国建材工业出版社,2013.
- [3] 李伟光,姚遥,张占宽. 典型木门门扇自动化柔性生产线[J]. 木材工业,2015,29(1): 24-27.
LI W G, YAO Y, ZHANG Z K. Automated flexible production line for typical wooden door leaf manufacturing[J]. China Wood Industry, 2015, 29(1): 24-27.
- [4] 曹平祥,郭晓磊. 木质门数字化制造技术与关键设备[J]. 中国人造板,2012(10): 3-6.
CAO P X, GUO X L. Digital manufacturing technology and key equipment for wooden door[J]. China Wood-based Panel, 2012(10): 3-6.
- [5] 曹平祥. T形木质复合木门生产的关键设备[J]. 木材工业,2010,24(5): 20-23.
CAO P X. Key equipment for rabbeting door production[J]. China Wood Industry, 2010, 24(5): 20-23.
- [6] 姚遥,张占宽,李伟光,等. 木门五金件孔槽专用数控加工机的研发[J]. 木材工业,2013,27(6): 21-24.
YAO Y, ZHANG Z K, LI W G, et al. Development of computerized machine for hardware hole and slot processing for wooden door[J]. China Wood Industry, 2013, 27(6): 21-24.
- [7] 梁柏莹,李伟光,张占宽,等. 木门门扇四工位自动喷涂机的开发[J]. 木材工业,2015,29(1): 42-45.
LIANG P Y, LI W G, ZHANG Z K, et al. Development of an automatic spraying machine with four workstations for wooden door leaf manufacturing[J]. China Wood Industry, 2015, 29(1): 42-45.

(本文编校 向琴)

敬请关注本刊微信公众号: mucaigongye 微信扫码(见封面)订阅更便捷、更优惠

本刊网址: mcgy.criwi.org.cn 投稿请认准本刊唯一官方网站