

“家居数字化车间规划与管控”专栏 (3) DOI: 10.12326/j.2096-9694.2021169

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。

全员生产保全体系在定制家居企业设备管理中的应用

周卓蓉¹, 熊先青¹, 王军祥², 白洪涛¹

(1. 南京林业大学家居与工业设计学院, 江苏南京 210037; 2. 索菲亚家居湖北有限公司, 湖北黄冈 438000)



摘要: 为了提升定制家居企业设备管理效能, 引入全员生产保全 (TPM) 体系作为解决方案。在分析TPM内涵和定制家居企业设备管理现状的基础上, 制订定制家居企业TPM准备活动及实施方案, 通过自主保全体系的建立和设备综合效率 (overall equipment effectiveness, OEE) 指标的分析, 改进管理方法, 提升家居企业设备利用率和生产效率。

关键词: 定制家居; 设备管理; 全员生产保全; 设备综合效率

中图分类号: TS6 文献标识码: A 文章编号: 2096-9694 (2022) 03-0020-06

Equipment Management of Customized Furnishing Manufacturers Based on Total Productive Maintenance

ZHOU Zhuo-rong¹, XIONG Xian-qing¹, WANG Jun-xiang², BAI Hong-tao¹

(1. College of Furnishings and Industrial Design, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

2. Suofeiya Home Collection Co., Ltd., Huanggang 438000, Hubei, China)

Abstract: In order to improve the equipment management efficiency for the customized furnishing manufactures, total productive maintenance (TPM) system was adopted. The theory of TPM and the current status of equipment management for the customized furnishing manufactures was analyzed. The preparation process and implementation of TPM activities in customized furnishings manufacturers was designed. The establishment of TPM system and the analysis of overall equipment effectiveness (OEE) can improve management methods, equipment utilization, and production efficiency.

Key words: customized furnishings; equipment management; total productive maintenance; overall equipment effectiveness

收稿日期: 2021-12-08; 修改日期: 2022-04-13

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: 周卓蓉 (1997—), 女, 硕士研究生。Email: 2433734240@qq.com

通讯作者: 熊先青, 男, 教授。Email: xiongqianqing@njfu.edu.cn

自全屋定制概念兴起，家居企业纷纷引进先进设备，建设新生产线、建立智能制造车间来扩充产能；同时，为提高大规模定制生产和运行效率，应用企业资源计划系统（enterprise resource planning, ERP）、制造执行系统（manufacturing execution system, MES）等信息化管理系统^[1-3]。但是企业对设备的管理仍然处于初级阶段，通常等设备出现故障影响正常生产时才维修，存在设备长时间带“病”运行的现象，导致生产中断和安全隐患。加强设备管理对于连续稳定和高效安全生产至关重要。

全员生产保全（total productive maintenance, TPM）是以提高设备综合效率为目标，以全系统的预防维修为过程，以全体人员参与为基础，通过自主的小组活动来推进设备保养和维修管理的体系，是目前先进的设备管理方法^[4-5]，在汽车、电器、航天、重工业、乳业等行业中已广泛应用。鞍钢集团通过大力开展 TPM 培训，提升企业全体员工对 TPM 的认知与管理意识，并以生产现场管理作为活动的切入点，结合自身实际情况建立了各项制度、标准和活动评价体系，通过一年实践，设备故障停机时间减少 10.5%^[6]。

实践证明了应用 TPM 管理的良好效果，但该方法在家居行业中鲜有报道。定制家居企业可借鉴其他行业的成功案例，建立 TPM 活动的人员组织架构，提升员工技能与意识，完善设备管理的制度与标准，建立自主保全体系，从而实现加强设备管理、降低生产成本、提高生产效率和提高企业竞争力的目标。本文对定制家居企业 TPM 活动的实施过程进行探讨，为定制家居企业应用 TPM 提供参考。

1 定制家居企业设备管理现状

1.1 设备先进但利用率低

笔者调研的某定制家居企业主营定制衣柜及其他定制家居产品，其制造基地包括 3 个柜体板件生产车间、1 个配套板件生产车间、1 个压贴车间、2 个成品立体仓库、1 个五金仓库，实现从素板到成品板件以及配套五金件的全流程生产，日产量 10 万件。调研发现，定制家居企业普遍采用全自

动设备，具有功能齐全、制造精度高、理论运行速度高的特点，但目前设备利用率不高，普遍存在设备故障时间长和带“病”运行等问题。

以该企业柜体智能制造车间为例，配置两条自动生产线，每日工作时长 21 h，日产量 1.7 万件左右，每月工作日 27~28 d。2020 年 6—12 月该车间四大工序均出现设备故障，核心设备故障时间（表 1）每月合计约 169 h。

表 1 柜体车间 2020 年 6—12 月设备故障时间统计
Tab.1 Statistics of average equipment failure time in wardrobe workshop from June to December in 2020

工序	核心设备	设备数量/台	每月故障时间/h
开料	电子锯	8	68.2
	机械臂	8	
封边	封边机	8	52.9
钻孔	加工中心	6	26.4
包装	机械臂	6	21.6
	测量站	2	
	裁切机	2	
	封箱机	2	

以封边设备为例，该企业 58 台全自动封边机的维修记录显示，截至 2021 年 3 月，存在 53 处已报备但未完成维修的故障部位。这类问题暂不造成设备直接停机，通常由于维修将耗费 1 h 甚至更长时间以及备件无库存等情况，未得到及时解决，影响生产效率，且存在停机故障的风险。

1.2 方法多样但时效性低

当前，ERP 系统与 MES 系统已应用于定制家居企业的生产管理中，与设备服务器进行连接，获取生产数据与设备状态数据，管理者可掌握实时产量、停机时间、停机原因、维修情况等数据^[7-9]，但存在数据延迟与不准确的情况^[10]。虽然企业将多种管理方法应用于生产管理中，如应用 5S 进行生产现场管理，应用看板对生产信息进行管理，应用工业工程方法改进工作方式，应用 PDCA（Plan-Do-Check-Action）循环以阶梯上升的形式不断推进各项活动，使企业保持着持续改善和追求卓越的意识，但在设备管理方面主要围绕基本的定期保养体系以及事后维修展开，在恢复设备状态和事前预防上存在欠缺，管理的时效性有待提升^[11-12]。

1.3 具备推行TPM的必要条件

首先,定制家居企业管理层已认识到设备管理的重要性,索菲亚、欧派等定制家居企业已经开始推行TPM。其次,随着精益生产的全面开展,多种管理方法推行,定制家居企业建立了基本设备保养体系和现场管理模式,同时,员工素养提升,拥有一定的自主管理意识,且行为习惯相对规范,具备学习TPM知识的良好基础。另外,先进设备、ERP系统、MES系统的应用帮助企业快速获取数据,有助于数据分析,为设备综合效率(overall equipment effectiveness, OEE)的计算以及后续计划维修系统与备件管理系统的建立奠定了前提。

2 定制家居企业应用TPM的准备

2.1 确定重点车间与工序

通过调研可知,当前定制家居企业的主营范围为衣柜、橱柜等柜类家具,以板件加工为主要生产模式,板件生产线按柜门板件、柜体板件和配套板件布局。柜门是工艺最复杂且质量要求最高的板件,但柜门板件数量只有柜体和配套的十分之一。配套和柜体板件数量相当,但配套板件质量要求相对较低。总体而言,柜体车间是生产压力最大的车间,迫切需要新的管理方法提高产品质量与生产效率。与传统车间相比,智能制造车间员工素质和设备智能化程度更高,有利于TPM活动的开展和各类数据的采集,可作为示范车间,为其他车间开展TPM活动提供参考,增强员工参与TPM活动的信心。因此确定重点车间为柜体智能制造车间。

表1结果显示,调研企业的柜体智能制造车间包括开料、封边、钻孔、包装四大工序,在2020年6—12月四大工序核心设备的故障时间分别占比40.3%、31.3%、15.6%、12.8%。开料和钻孔工序的核心设备并联连接在生产线上,当设备出现故障时会降低生产效率,一般情况下不会导致整条生产线停产;而封边和包装工序的核心设备串联连接在生产线上,当某一设备出现故障停机时会引起整条生产线的停产。因此确定重点工序为封边工序^[14-15]。

2.2 完善MES设备管理子系统

定制家居企业常将MES系统用于车间级的信息管控,但其中设备管理子系统尚待完善,需增加信息管理、计划维修、备件管理等功能^[8,16],以加强对设备的管理。

设备信息管理是通过连接设备系统获取机台号、故障开始与持续时间、故障详情等信息,同时现场员工对故障的处理状态进行选择,可分为完全解决、处理中、暂时不处理,其中暂时不处理可分为有无备件两种情况,以此掌握设备状态信息^[17]。

计划维修是指在全面掌握设备运行状态的基础上,生产部门和设备维修部门对设备维修耗时进行初步判断,结合车间的计划内停机时间提前做好规划,将计划时间记录在设备状态信息表中。

备件管理是通过设备状态信息的积累,统计分析各部位配件的维修与更换频率,综合考虑备件采购与到货周期,当库存备件不足时,提前预警,提醒采购。

2.3 成立专业保全团队

目前,定制家居企业正在逐渐推进智能制造车间作为生产柜体板件的主要车间,设备较为先进。以调研企业为例,其智能制造车间的核心设备包括24台全自动加工设备和26台机械臂,设备间通过滚筒运输机和皮带运输机连接,占地1.5万m²,每班配置生产操作员35~40名,具有设备复杂且数量多、车间面积大,但工人数量少的特点,所以仅依靠车间员工进行TPM初期清扫活动会出现人员紧张的现象。同时,随着设备保养要求的提高,车间停机保养时间延长,占用生产时间。因此,企业可以考虑成立专业的保全团队,负责各个车间的保全工作,不参与生产作业。要求保全团队的成员熟悉设备,并且具备TPM管理思想,指导并协助操作员进行保全作业,主导设备的深度保全作业,指导车间初期清扫的开展,以缩短车间停机时间。

3 定制家居企业TPM活动的开展

3.1 成立TPM小组

定制家居企业TPM活动需要从上至下全员参与,从管理者到一线员工构建一个完善的组织构

架,如图1所示,可划分为经营管理级、部门级、班组级、TPM推进组四个层级。其中TPM推进组由一线员工按工序构成,并选定一名小组长,负责小组活动的推行,同时也作为班组级组员,将各层级紧密相连,保证信息的流通与传递。

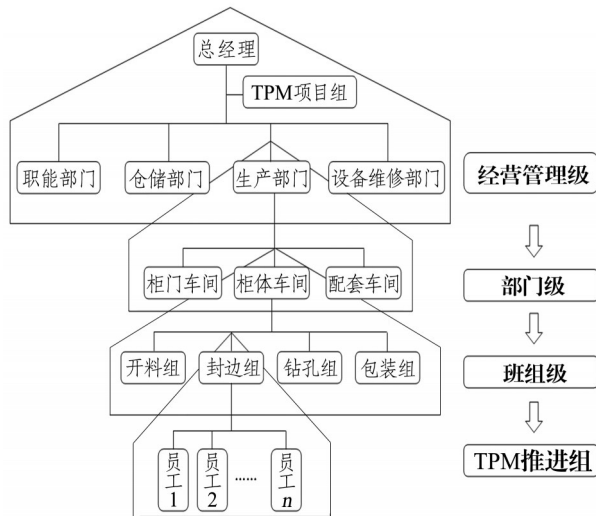


图1 定制家居企业TPM活动的组织架构

Fig.1 Organizational structure of TPM activities in customized furnishing enterprises

3.2 开展TPM培训

当前多数定制家居企业员工缺乏对TPM的了解,因此需要开展全员培训。首先,聘请TPM专家分析企业现状,对企业管理层进行培训,为企业提供指导;其次,召开动员大会,宣贯TPM活动内涵和作用,提升员工参与TPM活动的积极性和自信心;最后,部门定期对员工进行TPM培训,学习TPM知识与设备保全的操作要点。

3.3 建立评价体系与激励方案

为了保证TPM活动有序进行,提升员工参与度,需要建立评价体系与激励方案,通过OEE指标等各类数据对活动效果进行评估。其中自主保全评价内容主要包括保全效果、微缺陷清单和两源(发生源与困难源)清单的记录情况、设备维护基准书的编制进展、提案数量与落地数量等。小组学习可从TPM培训参与度、培训考试结果、单点课程(one point lesson, OPL)编制的数量与质量等方面进行评价。对符合要求、表现优秀的小组和个人给予一定奖励,除了物质奖励,还可以设立流动红旗、积极分子等精神奖励。

3.4 开展小组活动

TPM推进组除了工序内所有员工,还应邀请技术部门或设备维修部门的员工加入,小组活动具有经验共享、集思广益、高效沟通的优势。

3.4.1 设备自主保全

设备自主保全是针对设备故障进行的,设备故障的出现往往是有迹可循的,这种迹象为缺陷。员工秉持着“我的设备我负责”的观念,按照自己参与设定的标准对设备进行操作和管理,分7个步骤。1) 初期清扫:对设备全方位地清理,记录缺陷,生成设备微缺陷清单,全面掌握设备状况;2) 发生源、困难源治理:查找引发设备污染的源头和造成设备清扫、加油、点检困难的源头,生成两源清单,并进行改善与治理;3) 维护基准书制作:根据日常清扫作业,确定清扫基准;4) 总点检:为了维持设备初始性能进行更精细的点检;5) 自主点检:重新审视清扫和总点检的标准,以实现优化;6) 标准化制定:扩大前5步在现场的应用,将习惯变成标准;7) 自主管理:重新思考自主保全的基准,并进行修订,使自主保全内容体制化、常规化。

3.4.2 小组会议与学习

定期开展TPM小组会议,对周期内的活动进行总结,查找问题,并对后续计划与行动进行调整;鼓励小组针对发生源、困难源及安全隐患提出应对方案和解决措施;及时总结设备问题与解决方案,编写和完善OPL,建立完整的学习体系,帮助新员工快速学习的同时,促进组内交流。

4 应用OEE指标评价TPM活动

4.1 OEE的内涵

在定制家居企业TPM活动中,OEE指标是评价TPM活动开展效果最直观的数据,是反映设备实际产能与理论产能差异的数据,受设备效率损失影响,包括故障和换型调试的停机时间损失、设备短暂停机和设备速度降低引起的性能损失、由不良品和返工造成的废品损失^[18]。所以,OEE指标可以用来衡量设备的运行情况,通过对其具体内涵的分析,结合定制家居生产车间实际情况,构建OEE指标架构及计算方式,如图2所示^[19-20]。

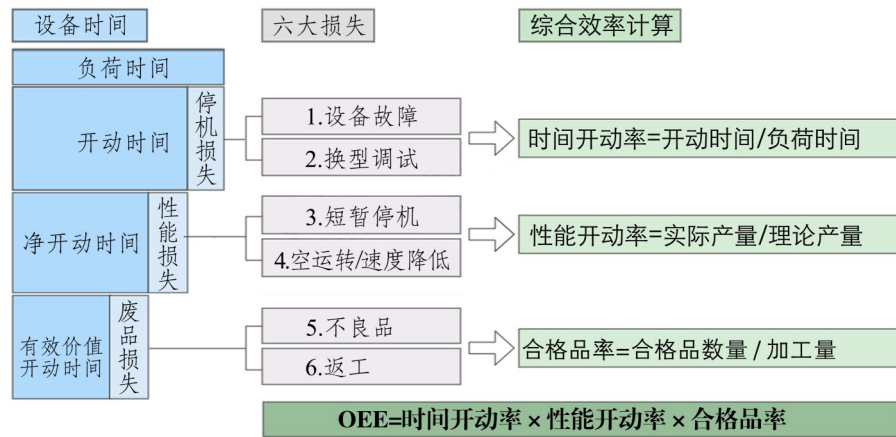


图2 OEE指标架构及计算方法

Fig.2 OEE indicator structure and calculation method

OEE指标在定制家居企业TPM活动全过程中发挥着重要作用。在准备阶段，通过计算各设备的OEE指标了解设备运行情况，通过对损失原因进行分析，找到活动开展重点，并制订相应的计划。在活动的开展阶段，小组根据每周或每月OEE各项数据进行分析，对活动效果进行评价、总结，对设备管理重点和TPM活动计划进行调整和优化。

4.2 OEE指标的应用

调研企业的柜体智能制造车间1号线封边工序的理论生产速度为9件/min，2020年12月该封边工序的负荷时间为578 h，开动时间为480 h，生产成品数量222 736件，其中合格品数量216 722件。根据图2中OEE计算方法，得出其封边设备时间开动率为83.04%，性能开动率为85.93%，合格品率为97.30%，OEE为69.43%。对其停机损失和性能

损失进行分析：据统计，当月封边设备故障停机30.6 h，其他工序设备故障引起生产线停机35.2 h，换型调试停机32.1 h，封边设备短暂停机总时长为45.2 h，可见该工序的时间开动率和性能开动率有较大的提升空间。主要通过全面清扫找出设备现存缺陷，确认发生源和困难源，从源头减少缺陷的出现，从而减少设备故障和短暂停机的发生，并在此基础上维持设备状态。

该企业在2020年12月成立TPM项目组，2021年正式启动TPM项目，按照上述过程，在1—2月开展各项准备工作，自3月起在车间内开展初期清扫等活动逐渐建立自主保全体系，并开展小组会议和小组学习。其中封边工序是活动开展的重点工序，对封边工序2021年3—12月的生产数据进行统计后，利用OEE指标公式计算相关数据，结果如图3所示。

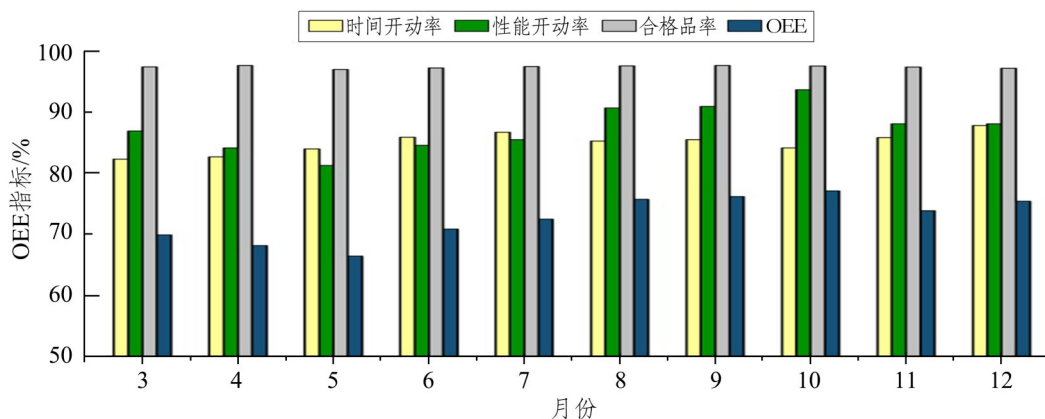


图3 某企业2021年封边工序的OEE指标

Fig.3 OEE values of edge banding process in 2021

由图3可知,在TPM活动初期,OEE各项数据略有下降,这是因为活动初期全面清扫设备,会耗费较多的时间,同时设备隐藏的问题被暴露。从长期来看,OEE各项数据虽有波动但总体上呈现上升的趋势,在保持产品合格率的情况下,OEE指标增长5%,说明基于TPM的设备管理方法对设备效率提升有一定作用,需要长期坚持。

5 结语

本研究基于TPM内涵和定制家居企业设备管理现状的分析,从准备工作和活动开展两方面讨论TPM在定制家居企业中的实施方案。通过完善MES设备管理子系统、建立专业保养团队、建立设备自主保全体系、开展小组培训与学习,并应用OEE指标对活动内容进行评价、对计划进行优化,可以打破生产进度落后的恶性循环并提高员工的技能与意识。定制家居企业的设备管理仍处于初级阶段,引入TPM并长期坚持,将提升设备的综合利用率,提高产能并降低成本,实现企业核心竞争力提升与可持续发展。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 朱兆龙,熊先青,吴智慧,等.面向智能制造的定制家居数字化设计虚拟现实展示技术[J].木材科学与技术,2021,35(5): 1-6.
ZHU Z L, XIONG X Q, WU Z H, et al. Virtual reality display technology in digital design for intelligent manufacturing customized furnishings[J]. Chinese Journal of Wood Science and Technology, 2021, 35(5): 1-6.
- [3] 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.
- [4] 赵永强.维修管理模式对制造企业质量控制影响的实证研究[J].工业工程,2014,17(4): 7-12, 23.
ZHAO Y Q. Effect of preventive maintenance on manufacturing enterprise process quality control[J]. Industrial Engineering Journal, 2014, 17(4): 7-12, 23.
- [5] 周武静,徐学军,叶飞.精益生产组成要素之间的关系研究[J].管理学报,2012,9(8): 1211-1217.
ZHOU W J, XU X J, YE F. Interrelationships among lean production elements[J]. Chinese Journal of Management, 2012, 9(8): 1211-1217.
- [6] 程连贵.TPM管理在鞍钢的实践应用研究[J].中国设备工程,2021(21): 73-74.
- [7] 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.
- [8] 韩静,吴智慧.基于MES的板式定制家具企业生产计划调度[J].木材工业,2019,33(3): 32-35.
HAN J, WU Z H. Production planning and scheduling based on MES for customized panel furniture companies[J]. China Wood Industry, 2019, 33(3): 32-35.
- [9] 熊先青,蒋义,黄琼涛,等.大规模定制家具MES系统的关键技术研究[J].制造业自动化,2018,40(7): 79-83.
XIONG X Q, JIANG Y, HUANG Q T, et al. Research on key technologies of MES system for mass customization furniture[J]. Manufacturing Automation, 2018, 40(7): 79-83.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 牛占文,荆树伟.基于精益生产的制造业企业管理创新模式探讨[J].天津大学学报(社会科学版),2014,16(6): 481-487.
NIU Z W, JING S W. Discussion on management innovation mode of manufacturing enterprises based on lean production[J]. Journal of Tianjin University (Social Sciences), 2014, 16(6): 481-487.
- [13] 新益为.TPM/KTPM精益管理实战[M].北京:人民邮电出版社,2020.
- [14] 熊先青,郭伟娟,钱文婷,等.木家具直线封边工段质量管控探析[J].林产工业,2017,44(5): 9-13.
XIONG X Q, GUO W J, QIAN W T, et al. Analysis of the quality control on wooden furniture linear edge bonding procedure[J]. China Forest Products Industry, 2017, 44(5): 9-13.
- [15] 娄巧莲,郝景新,吴新风,等.基于统计过程控制的板式家具封边工序修边质量调控[J].林业工程学报,2021,6(3): 171-177.
LOU Q L, HAO J X, WU X F, et al. Improvement of panel edge sealing quality during trimming using statistical process control technology[J]. Journal of Forestry Engineering, 2021, 6(3): 171-177.
- [16] 袁莹莹,熊先青,龚建钊.基于ERP与MES信息交互的板式定制家具排产技术[J].木材科学与技术,2021,35(4): 30-35.
YUAN Y Y, XIONG X Q, GONG J Z. Mixing and scheduling technology based on information interaction between ERP and MES for customized panel-furnitures[J]. Chinese Journal of Wood Science and Technology, 2021, 35(4): 30-35.
- [17] 里鹏,史海波,尚文利.设备综合效能关键绩效指标系统设计与实现[J].计算机工程与应用,2011,47(22): 26-28, 32.
LI P, SHI H B, SHANG W L. Design and implementation of key performance indicator system: overall equipment effectiveness[J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(22): 26-28, 32.
- [18] 王野,张铁轶,王旭,等.基于TPM评价体系的设备状态管理平台[J].制造业自动化,2015,37(9): 77-80.
WANG Y, ZHANG T Y, WANG X, et al. The equipment status management platform based on TPM evaluation system[J]. Manufacturing Automation, 2015, 37(9): 77-80.
- [19] 陈宇,陈新,陈新度,等.制造企业生产设备运行维护实时管理系统[J].系统工程理论与实践,2008,28(4): 65-72.
CHEN Y, CHEN X, CHEN X D, et al. Research on real-time production equipment maintenance management system for manufacturing enterprise[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2008, 28(4): 65-72.
- [20] Mitsel A A, Grirorieva M V, Dunaeva T Y. Assessment of overall equipment effectiveness according to OEE methodology[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2021, 1889(4): 042002. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/4/042002.

(本文编校 向琴)