

智能制造背景下精益生产制造执行系统的应用

刘 艳 宋雷雷 赵云峰

(中车南京浦镇车辆有限公司, 210031, 南京)

摘 要 [目的]在智能制造中,制造执行系统(MES)面向生产线执行层,是信息化管理系统的核心组成部分。随着精益生产模式在轨道交通车辆制造业的快速推广,在提升产能的同时,也暴露出因制造资源管控松散、生产数据收集不便捷等因素产生的信息孤岛和信息断层所带来的问题,因此需对MES的应用情况进行分析。[方法]结合轨道交通车辆产品工位制节拍化生产组织模式,以及多品种、小批量离散制造等特征,基于结构化工艺设计和移动互联技术,搭建了基于精益生产工位制的MES。[结果及结论]通过构建生产要素三维立体关系,实现了结构化工艺设计输出驱动现场执行;以移动终端作业为引导,实现了生产透明化管理;对MES进行纵向横向拓展,通过对底层设备数据进行管理,实现了制造数据的互联互通。基于精益生产工位制MES的建设,实现了生产工艺可控、生产资源网格化、生产过程透明化的制造全过程动态管控。

关键词 轨道交通车辆;智能制造;MES;精益生产;结构化工艺;工位制

中图分类号 F273:U239.5

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.05.039

Application of Lean Production Manufacturing Execution System in the Context of Intelligent Manufacturing

LIU Yan, SONG Leilei, ZHAO Yunfeng

(CRRC Nanjing Puzhen Co., Ltd., 210031, Nanjing, China)

Abstract [Objective] In the context of intelligent manufacturing, the MES (manufacturing execution system), targeting the production line execution layer, is a core component of the information management system. With the rapid promotion of lean production mode in the rail transit vehicle manufacturing industry, problems arising from information silos and information disconnections due to loose control of manufacturing resources and inconvenient collection of production data are exposed alongside the increase in production capacity. Therefore, it is necessary to analyze the application of MES. [Method] Combining the production organization mode of rail transit vehicle products with workstation-paced lean production and the characteristics of multi-variety, small-batch discrete manufacturing, a MES based on lean production workstation control is

constructed using structured process design and mobile internet technology. [Result & Conclusion] By constructing a three-dimensional relationship of production elements, the structured process design output driving on-site execution is implemented. Through mobile terminal operations, transparent production management is realized. The MES is expanded longitudinally and laterally, and by managing the data of underlying equipment, interconnection of manufacturing data is achieved. The construction of the MES based on lean production workstation control has realized dynamic control of the entire manufacturing process, controllable making production process, grid-based production resources, and transparent production processes.

Key words rail transit vehicle; intelligent manufacturing; MES; lean production; structured process; workstation system

智能制造是新一轮工业革命的核心驱动力,世界制造业的重要发展方向^[1]。国内轨道交通车辆制造企业正积极探索、实践智能制造在产品制造过程中的应用,以加快推进制造业转型升级。

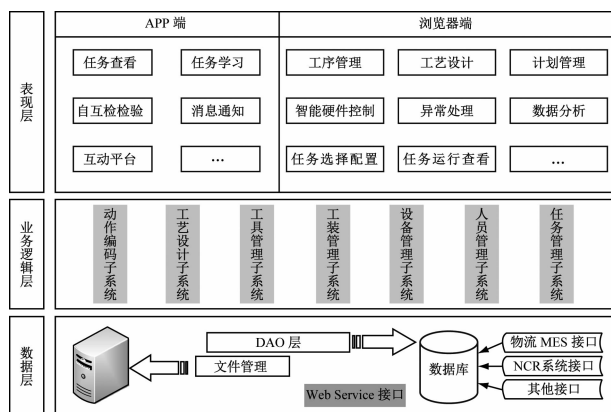
近年来,国内轨道交通车辆制造企业也在逐步深入推行精益生产,通过建立工位制节拍化流水线作业管理模式,大大地缩短了制造周期,从而提升了产能。随着产能的提升,生产中又出现了新的问题:无法实时获取工位“生产六要素”的配置信息,这会造成工艺文件要求的资源和现场实际资源配置不一致。工艺文件采用纸质文档传递,存在信息孤岛,无法保障传递过程中信息的准确性。企业对现场制造资源状态信息采集及监控不到位,无法预估潜在的隐患。如何解决制造过程中信息孤岛和信息断层所带来的问题,是迫在眉睫的工作。

MES(制造执行系统),是一套面向制造企业车间执行层的生产信息化管理系统^[2]。在智能制造中,MES面向生产线执行层,具备现场生产计划管理、设备管理、实时监控和库存物料管理等功能,是信息化管理系统的核心组成^[3]。通过实施具有企业特色的MES,可构建以精益生产和协同制造为核心的数字化车间^[4]。使用MES的用户可对下达的

任务快速做出反应,处理紧急任务时有更多的弹性空间,对生产流程做到精细化管理,以帮助企业降低生产成本,缩短制造时间,从而提高产品质量^[5]。本文结合轨道交通车辆产品工位制节拍化生产组织模式,以及多品种、小批量离散制造等特征,开展了基于工位的制造过程信息化探索。通过开展结构化工艺设计,搭建了基于精益生产工位制的MES,以加快信息化和工业化有机融合,实现智能化精益生产的目标。

1 梳理工位业务范围,确定精益生产MES建设框架

围绕选定工位开展业务梳理,主要涉及工位资源管理、生产管理、计划接收、工艺输出、任务执行、质量管控、资源维护、绩效管理和数据分析等方面。结合轨道车辆产品长度过长、体积过大,车辆总装作业过程中人员需要在工位范围内移动的特点,在MES建设中考考虑将移动终端用于生产作业,实现任务的接收及作业执行反馈。结合上述分析,确定了精益生产MES建设框架,如图1所示。



注:DAO—数据访问对象;NCR—不合格品报告;Web Service—网络服务。

图1 精益生产MES建设框架

Fig. 1 Construction framework of lean production MES

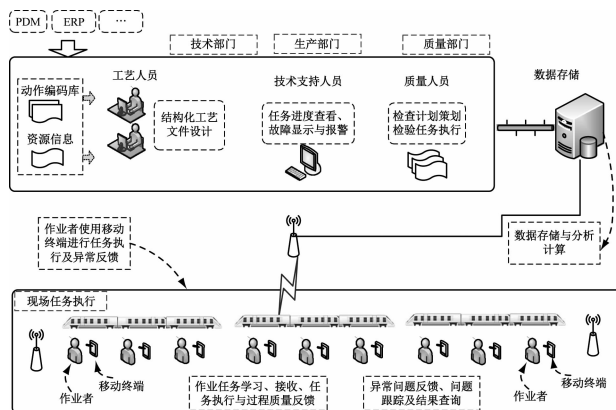
由图1可知:精益生产MES建设框架设定了3层结构:最前端为表现层,即可视的软件系统界面和配套开发供移动终端使用的APP;业务逻辑层实现支持前端运行的业务逻辑运算,其中涉及支持结构化工艺设计的动作编码管理子系统、工艺设计子系统、生产要素管理子系统及现场任务执行管理子系统,其通过各系统间的业务逻辑交互,实现现场资源支持工艺设计、工艺设计输出驱动现场任务执

行的目标;数据层可实现数据存储及管理,同时通过Web Service接口与物流MES、不合格品报告系统及异常管理等系统实现数据交互,并建立一体化协同作业环境,以消除信息孤岛,发挥MES生产指挥大脑的作用。

2 基于结构化工艺设计和移动互联技术,建设精益生产MES

2.1 围绕工位开展业务梳理,确定业务模块及工作流程

为实现工艺设计与现场执行更好的配合,精益生产MES应可实现工艺数据输出直接驱动现场执行的功能,同时打造生产计划、任务管理、质量管理和异常反馈等业务模块,以实现工艺指导、质量控制、生产管理、产品跟踪、设备故障分析、人机交互、智能判断与识别、智能防错、监控与检测和数据追溯等功能。该系统拓扑图如图2所示。



注:PDM—产品数据管理;ERP—企业资源计划。

图2 精益生产MES拓扑图

Fig. 2 Topology diagram of lean production MES

根据精益生产MES拓扑图,进一步确定了MES工作流程:①进行项目信息创建;②根据项目信息及产品数据,开展基于动作编码的结构化工艺设计,以工艺动作为主线,关联相关资源要求,提出产品装配过程中所需资源类型;③工艺文件编制完成后,MES平台将进行审批发布;④在最新的生产计划发布后,MES平台可根据当日生产计划智能推送当日任务至各工位长账号下;⑤工位长依据工艺文件内的资源要求,将工位资源分配至工艺文件中,同时MES会根据工艺要求和实际配置进行智能检验,只有符合开工要求的工序才下发执行;⑥通过开工审核后,任务自动推送至操作者手持终端,

开始任务执行;⑦ 操作者根据工艺引导逐步执行,当某动作需要智能装备时,工艺文件内的工艺数据直接驱动智能装备参数调整;⑧ 该动作任务执行结束,MES 将自动采集执行结果,如果工艺文件内设置过程自互检项点,操作者在执行过程中,当遇到检查点时需进行检查结果反馈;⑨ MES 将自动判断结果是否合格,合格后方继续任务执行,直至结束。

2.2 构建生产要素三维立体关系,实现工艺设计方式转变

本文对工艺动作进行编码管理,创建了“动作编码”新理念,并提出了“动作编码+物料+资源=结果”的工艺设计理念。通过对传统工艺文件进行碎片化,拆分工艺动作,梳理动作属性,并对动作进行数字化编码,建立动作编码库。同时,开展“人员、工具、工装、设备”等生产要素的数字化编码,建立各类资源丰富的属性信息,以确保工艺设计时使用的资源信息与现场相符。

运用精益管理思想,将生产用的动作、资源及物料建立三维关系,通过动作编码的使用,创建具有丰富后台工艺信息的结构化工序动作串,且支持图纸、物料清单、操作视频等多媒体辅助指导形式,使操作者在移动终端上获取更加形象、全面的工艺信息,以实现资源与动作的互动及相互校验。

2.3 工位资源细化管理,实现自动开工审核

MES 内建立了资源管理库,其包括人员信息库、工具信息库、工装信息库和设备信息库。该库可对人员进行职务、工种、资质、在岗状态和特种证书等信息管理;同时,该库还可对工装、工具和设备的基础数据信息、日常使用、资源检修和利用率分析等进行管理。当工艺文件对操作人员提出工种和资质要求时,MES 将根据人员的在岗状态,智能推送符合要求的人员信息供工位长选择配置,以确保现场人员配置符合工艺要求。当工艺文件提出工装、工具、设备型号要求时,MES 根据资源状态智能匹配可用资源,只有当现场资源信息及状态全部符合工艺要求时,作业任务才可下发运行。

2.4 移动终端作业引导,实现生产透明化管理

精益生产 MES 简化了任务下发机制,其采用点对点、端到端推送方式,只需每个操作者配置一部手持的可移动终端,就能实施操作,如图 3 所示。



图3 移动终端任务执行界面截图

Fig. 3 Screenshot of mobile terminal task execution interface

操作者通过移动终端收到当日任务,按照工艺步骤逐项进行作业。操作者每完成一道工艺步骤均需在终端上进行确认,MES 获取完工情况的实时信息后将实现对生产任务执行情况的实时更新,并将下一道工艺步骤推送至移动终端。

MES 设有生产信息及任务执行进度展示界面,能将生产执行过程透明化。通过界面可查看车间各工位的当前详细生产情况,其包括今日任务数量、在用生产资源状态、自互检过程数据和工位异常等信息;可查看每个工位、每道工序的执行进度。

2.5 引入移动终端,实现技术变更点对点推送

传统的技术变更传达,流程复杂,周期长,需经多层传递才能到达操作者手中,且变更内容还存在漏执行、忘记执行和执行不全等情况,这对产品质量、生产秩序、计划兑现造成很大影响。MES 则充分利用和发挥移动终端的便捷性,优化了技术变更实施流程,能将变更信息及时准确地推送至变更相关操作者面前。技术变更流程优化对比如图 4 所示。

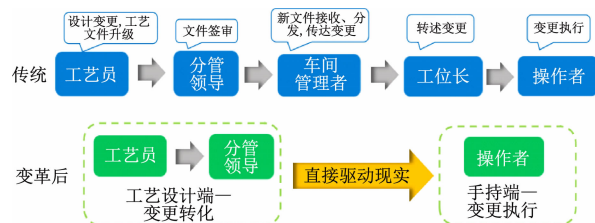


图4 技术变更流程优化对比图

Fig. 4 Comparison chart of technological change process optimization

当工作任务涉及变更内容时,移动终端将自动弹出变更信息,提醒作业者执行变更,而操作者只需在移动终端确认是否已执行变更。

3 MES 纵向横向拓展,实现制造数据互联互通

3.1 实现底层设备数据管理,发挥 MES 生产指挥大脑作用

前期,MES 作为制造执行管理系统,无法将系统驱动和控制的触角直接深入到底层设备,因底层设备复杂多样,通信协议各不相同。为此,在 MES 与底层设备间设置了通信协议转换盒子,以解决通信协议不一致的问题。该盒子内置了各类转化协议的硬件设备,同时兼具工业网络安全助手功能。MES 所需硬件数据可通过通信协议转换盒子获取,下发指令也通过该盒子传递,这样既保证了 MES 与底层设备的数据交互,又保证了 MES 的稳定安全运行。通过对底层设备的驱动控制和数据采集,可实时获知设备的当前状态及运行数据,实现了公司底层设备数据管理,这有利于充分发挥 MES 生产指挥大脑的作用。

3.2 多平台集成一体化,统一数据源

精益制造 MES 未上线前,日常工作中需要多平台间切换获取信息,平台间信息不互通的情况使各平台形成了信息孤岛,同时影响着工作效率。通过精益生产 MES 的建设及系统模块的不断完善,整合取代了已有陈旧系统,将常用制造数据统一办公平台,以提高工作效率。

4 结语

综上,基于轨道交通车辆产品工位制节拍化生产组织模式,以及多品种、小批量离散制造等特征,搭建基于精益生产工位制的 MES,以期实现信息化和工业化有机融合。首先,确定了精益生产 MES 建设框架,分别为表现层、业务逻辑层、数据层。其次,基于结构化工艺设计和移动互联技术,搭建精益生产 MES;确定了 MES 业务模块及工作流程;以操作者关键动作为控制抓手,通过设定动作、物料和资源间的三维立体关系,来实现结构化工艺设计输出驱动现场执行;建立工位资源库,以实现自动开工审核;以移动终端作业为引导,实现生产透明化管理;优化技术变更传递手段,实现技术变更点

对点推送。最后,MES 进行了纵向横向拓展,通过对底层设备数据进行管理、多平台集成一体化,以实现制造数据互联互通。基于精益生产工位制 MES 的建设,实现了生产工艺可控、生产资源网格化、生产数据可视化和生产过程透明化的制造全过程动态管控。该系统建设构架可供其他制造业参考使用。

参考文献

- [1] 周济. 智能制造:“中国制造 2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273.
ZHOU Ji. Intelligent manufacturing: main direction of "made in China 2025" [J]. China Mechanical Engineering, 2015, 26(17): 2273.
- [2] 黄鑫, 李茹. “智能制造”背景下 MES 系统应用开发的研究: 以锂电制造业为例[J]. 高等职业教育(天津职业大学学报), 2019, 28(6): 73.
HUANG Xin, LI Ru. Research on application and development of MES system under the background of 'intelligent manufacturing' — taking lithium manufacturing as an example[J]. Higher Vocational Education (Journal of Tianjin Vocational Institute), 2019, 28(6): 73.
- [3] 张祖军, 赖思琦. 智能制造生产线 MES 系统的设计与开发[J]. 制造业自动化, 2020, 42(8): 85.
ZHANG Zujun, LAI Siqi. Design and development of intelligent manufacturing production line MES system [J]. Manufacturing Automation, 2020, 42(8): 85.
- [4] 汤科, 张维生, 刘京威, 等. MES 关键技术 in 航天制造企业中的应用研究[J]. 新技术新工艺, 2013(12): 8.
TANG Ke, ZHANG Weisheng, LIU Jingwei, et al. Application research on key technology of MES in aerospace manufacturing enterprises[J]. New Technology & New Process, 2013(12): 8.
- [5] 黎小华, 曾国平. 面向国防军工行业数控机床车间的制造执行系统研究与应用[J]. 国防制造技术, 2010(4): 19.
LI Xiaohua, ZENG Guoping. Research and application of manufacturing execution system for NC machining workshop in national defense and military industry[J]. Defense Manufacturing Technology, 2010(4): 19.

· 收稿日期:2023-11-02 修回日期:2023-12-20 出版日期:2024-05-10

Received:2023-11-02 Revised:2023-12-20 Published:2024-05-10

· 通信作者:刘艳,正高级工程师,csrpzly@163.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license