

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2013.06.017

# 基于多品种小批量的MES 在汽车装配企业中的应用

周国利

(湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 分析了当前制造业信息化趋势和制造执行系统在企业3层模型中的地位, 及基于多品种小批量生产模式的汽车装配企业对于制造执行系统的实施需求, 在此基础上, 从系统运行环境、上层计划集成、中间过程集成、底层控制集成和基础数据信息5个方面对汽车装配企业MES总体结构设计进行了研究。最后, 针对某电动汽车装配有限公司订单驱动型多品种小批量的生产模式, 进行了MES功能模块设计, 并将研究成果应用于该公司的实际生产。实践结果表明: 该方案能取得良好的生产效益。

**关键词:** MES; 汽车装配企业; 多品种小批量

**中图分类号:** TP13

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2013)06-0083-06

## Application of Multi-Variety and Small Batch-Based MES in Automobile Assembly Enterprises

Zhou Guoli

(School of Business, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** Analyzes the current manufacturing informatization trend and the status of manufacturing execution system in enterprises' three level model, and studies the demand for the implementation of manufacturing execution system in automobile assembly enterprises based on the production mode of multiple varieties and small batch. Investigates MES overall structure design of automobile assembly enterprises from five aspects of system running environment, upper planning integration, intermediate process integration, bottom control integration and fundamental data information. Designs the MES function module for the order-driven multi-variety and small batch production mode of an electric automobile assembly Co. Ltd, and the research result is applied in the company's production. The application shows that the proposed scheme gets good production efficiency.

**Keywords:** MES; automobile assembly enterprises; multi-variety and small batch

### 1 研究背景

在竞争加剧的市场环境中, 占有制造业经济产值较大比例的汽车装配企业面临着提高企业核心生产技术、降低生产成本、加快企业响应速度等多方

面的挑战和压力。对于汽车装配企业的相关理论和实践研究已有诸多成果面世。正如李培根院士在第五届中国制造业(chief information officer, CIO)年会上解读的制造业发展趋势<sup>[1]</sup>, 实施制造业信息化战略将是整个离散制造行业今后的发展方向。目前,

收稿日期: 2013-09-01

作者简介: 周国利(1987-), 河南新乡人, 女, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为现代经营工程,

E-mail: zhouguolili@126.com

对位于上层计划层与底层控制层之间的制造执行层的信息化建设研究逐渐形成热潮,主要表现在: MES (manufacturing execution system) 系统的开发实现研究,如基于软组件的MES系统实现、面向服务的MES实现<sup>[2]</sup>、基于RFID (radio frequency identification) 的离散车间MES设计<sup>[3]</sup>等;MES与制造企业的管理理念的整合研究,如MES与六西格玛的整合方法<sup>[4]</sup>、MES与电子化制造的集成<sup>[5]</sup>等。

MES是针对位于企业计划层和工业控制层之间的执行层管理问题,即从客户订单的下达到产品交货的整个过程中,研究如何将制造过程中的计划进度、产品过程控制、物料管理、质量控制(监控)、设备管理和成本管理等生产现场的信息收集、传递、处理和反馈做到准确、及时、系统和科学,进而实现生产作业的优化调度和制造资源的动态重组,提高制造管理的透明化和敏捷性。MES在企业3层集成模型中所处的位置<sup>[2]</sup>如图1所示。因此,对汽车装配企业实施MES系统不仅是适应制造业信息化的需要,更是实现企业精益化管理、提高车间管理能力和提升企业核心竞争力的迫切需求。

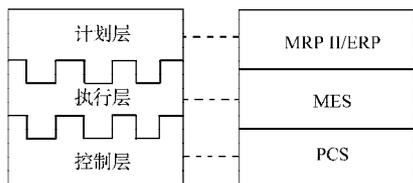


图1 企业3层集成模型

Fig. 1 Three-level integration model of enterprises

综上所述,基于多品种小批量的汽车装配企业如何在制造业信息化浪潮中抓住机遇,选择和应用适应时代发展的信息系统来实现企业、产业升级,提升企业核心竞争力,对于其以后的发展至关重要。本文在此背景下对汽车装配企业MES的实施需求、MES总体结构设计进行了分析与研究,最后以某汽车装配企业为例,针对该企业存在的生产管理问题,进行了MES功能模块设计。通过理论指导实践、实践验证理论、理论与实践相结合的研究方法,应用项目实施方法论对MES在该汽车装配企业的应用进行了系统分析,对相关企业的MES应用具有一定的参考借鉴作用。

## 2 MES系统的实施需求

汽车装配企业的生产模式主要是面向订单的多品种、小批量生产,特点是产品的多样化和定制化、生产规模小、生产周期短、库存率低等<sup>[3]</sup>。这种生产

特性决定了企业要针对不同的产品作出敏捷响应,迅速组织车间资源进行装配生产。汽车装配是流水线生产,按照固定的生产节拍进行整个工艺流程的操作,同时生产过程要实现信息透明化和公开化。通过对相关企业的调研,MES系统实施需求主要包括以下5个方面:

1) 生产过程的透明化。车间生产过程的“黑盒”阻碍了生产决策的及时、准确下达,要从产品的进度跟踪、产品异常分析、产品质量追溯、产品数据看板等方面着手,实现生产过程的透明化,使相关部门和相关人员共享车间生产信息,准确、及时地掌握车间生产状况。

2) 生产管理的实时化<sup>[4]</sup>。车间生产是一个复杂的运行系统,不仅包括设备、物料、生产人员等一系列生产因素,还涉及诸多环境因素和其他非生产性因素。因此,在这样的动态运行系统中,实时反馈生产因素的变动、实时处理生产事件的发生、实时采集产品装配的信息对车间实时调度和车间生产计划跟进至关重要,对系统资源的优化配置也具有重要意义。

3) 生产过程的无纸化。减少车间纸质文件的使用,为车间生产管理开发新的电子化管理工具,特别是针对车间生产计划、车间调度、物料配送、工时统计、产品质量追踪等数据要求统一和准确的模块提供精确、同一、共享的数据资源,减少人为因素造成的失误,提高工作效率和信息传递速度的同时,逐步实现车间制造绿色化。

4) 信息系统的集成化。在汽车装配企业内部实施的企业信息管理信息系统有ERP (enterprise resource planning) 系统、客户关系管理 (customer relationship management, CRM) 系统、供应商关系管理 (supplier relationship management, SRM) 系统、全面质量管理体系 (quality management system, QMS) 等。这些系统都是针对不同管理部门来开发和设计的,而车间生产过程与上层计划、底层控制有着不可分割的联系,因此,需消除系统间的异构性,使生产信息共享和信息系统集成,从而实现产品从计划生产到制造完成的全流程实时数据追踪和信息系统上下游的无缝对接。

5) 生产过程的精益化<sup>[5]</sup>。通过车间生产信息化手段,使生产过程的信息透明度增加,非数据化业务更精细,生产过程和管理规范性增强,减少生产中的等待时间,减少或避免因过量生产、重复动作等造成的浪费,逐步实现精益生产,从而提高公司的生产效率和经济效益。

### 3 MES系统的总体结构设计

依据汽车装配企业MES系统的实施需求，MES系统的设计目标主要有以下3个方面：

1) 具有可集成性<sup>[6-7]</sup>。在企业原有信息系统的基础上进行系统集成，消除上层计划与底层控制之间的空白，为ERP系统提供数据支撑，主要是为ERP系统的计划排产、质量追溯、财务成本核算等模块提供精确数据，提高管理的有效性和科学性。

2) 具有可扩展性<sup>[8]</sup>。开发的系统功能模块不仅要适应企业目前的生产模式，还要适应企业今后发展的需求，能对MES系统进行完善、改进和升级。

3) 具有可兼容性。系统的功能不仅要与企业现行的信息系统兼容，还要满足制造企业未来的信息系统发展需求，节约企业的项目开发成本。

根据汽车装配企业的MES系统需求分析及系统功能设计目标，MES总体结构设计如图2所示。

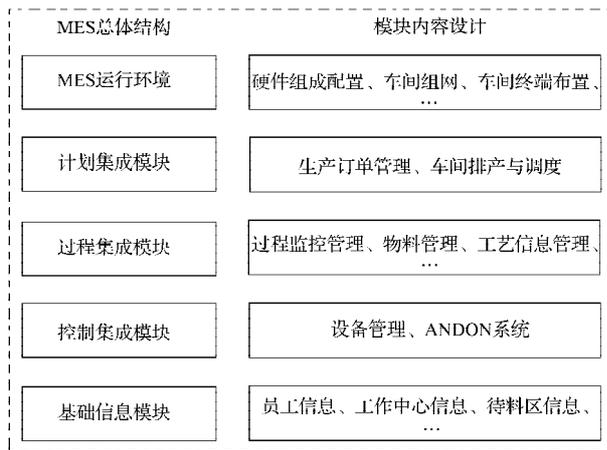


图2 MES总体结构设计

Fig. 2 The design of MES overall structure

MES系统的重点设计模块是面向车间执行层，但是系统必须集成MRP II /ERP上层计划和PLC底层控制，才能完成信息的及时采集和上传下达，同时MES系统的正常使用需要相应的运行环境作为保障。因此，MES总体结构设计包含5个方面：

1) MES运行环境。MES运行环境主要包括硬件组成配置、车间组网方案、车间终端布置方案等，这些环境的搭建和布置为系统在车间的运行实施提供了条件和保障，并为系统在车间生产流程中的信息采集提供技术支持。

2) 计划集成模块。计划集成模块主要包括生产订单管理、车间排产与调度。MES系统实施前，MRP II /ERP上层计划的下达至底层控制的接收传递环节多，传达时间长，不利于车间生产效率的提高。而

MES系统通过接口设计将上层计划读取到系统中，车间可直接在系统终端获取工作指令，取消了任务的传达过程，提高了信息准确率和车间生产效率。

3) 过程集成模块。过程集成模块主要包括过程监控管理、物料管理、工艺信息管理等。此模块的设计填补了上层计划与底层控制之间执行过程的空白，使车间生产过程不再是“黑盒子”，质量问题不再无法追溯，现场管理不再无据可依，管理决策不再延迟滞后，所以此模块在MES系统中的集成实现了生产信息流的对接和共享，对于生产管理能力的提高意义重大。

4) 控制集成模块。控制集成模块主要包括设备管理、ANDON系统。此模块的设计主要针对车间基础操作层，实时反映车间生产状况，包括车间生产异常、设备运行状况等，这些基础信息的收集和反馈便于管理层及时掌握车间生产状况，准确作出生产决策，有利于提高车间现场管理能力。

5) 基础信息模块。基础信息模块主要包括员工信息、工作中心信息、待料区信息等。基础信息的采集为MES系统的实施运行提供信息支持，为MES系统其他模块的设计提供基础数据，可以说整个MES系统的设计是建立在基础信息模块之上的。

因此，各汽车装配企业可针对其公司目前的生产状况，在本文设计的MES系统基础上进行具体模块设计，然后通过上线实施进行效果验证和功能的持续改进。在离散制造业中，已有某些企业的MES系统结构设计应用到实践中的案例，实践结果表明该系统提高了企业的生产效益<sup>[9-10]</sup>。

### 4 MES系统应用实例

#### 4.1 某电动汽车装配有限公司的车间生产介绍

将本文所提出的MES系统应用于湖南省株洲市某电动汽车装配有限公司。该公司是某研究所联合清华大学、三一集团等国内优势资源而组建的股份制公司，主要产品包括混合动力客车系列、传统客车系列、纯电动轻型车系列等，是我国第一家集电动汽车整车、电气系统及关键零部件于一体的，具备研发、制造和检测试验能力的专业电动汽车装配公司。该企业的生产模式是典型的客户订单驱动型的多品种小批量定制型生产，且已存在一定的信息化管理基础，信息系统结构如图3所示。

该公司的执行层管理存在以下问题：

1) 车间生产计划主要由ERP系统依据销售订单、通过主生产计划(master production schedule, MPS)

计算得到，然后通过纸质单据下发到各个车间，最后进行车间各个工序的派工生产。此流程传递链较长，纸质文件较多，且经过部门较多，所以造成了生产计划信息下达不及时、车间生产和物料配送相对滞后的状况。

2) 生产管理系统各成体系，系统信息交互较少，使车间发生异常时原因无法追溯，存在诸多“踢皮球”现象，导致车间生产事故不能及时得到解决，影响车间正常生产。

3) 车间底层控制系统与车间管理系统、上层计划系统的信息对接接口较少，致使车间底层采集的生产信息（产品质量信息、生产进度信息、设备运行信息、工人加工工时等）不能及时反馈到生产管理层，造成生产决策的延时和滞后，导致车间生产成本增加，生产效率得不到提高。

该公司虽然引进和实施了诸多信息管理系统，但各个系统间的集成性较弱，信息共享程度较低，不利于公司业务的整合和项目效益的提高。同时，虽然各个系统面向不同的部门，但其功能模块存在重叠或交叉的情况，还有部门间的壁垒障碍也不利于系统业务整合和系统信息共享。

综上所述，该企业迫切需要实施一套能够集成现有信息系统，同时支持车间生产过程透明化、车间生产信息共享化、车间生产模式精益化的MES系统。MES系统既向上获取计划，又向下采集信息，因此，其实施对于相关信息系统之间的无缝集成和信息共享提供了平台和环境<sup>[11-14]</sup>。

#### 4.2 MES系统实施

针对上述电动汽车装配有限公司的汽车装配多品种小批量的生产模式及车间生产存在的问题和现状，该公司与某科技有限公司合作进行了MES系统的开发。2个公司组织了不同的项目小组对MES系统的开发进行指导和决策：由生产部门主管、信息部门主管及某科技公司技术总监组成项目领导小组，对MES项目进行整体规划和业务决策；由生产部门骨干、信息部门骨干和某科技公司的开发实施团队组成项目实施小组，对MES项目进行需求分析、开发设计、系统培训和上线实施；由系统管理员、信息部专员和关键用户组成的系统维护小组，对项目上线后的信息和数据维护并完善项目实施组织结构。

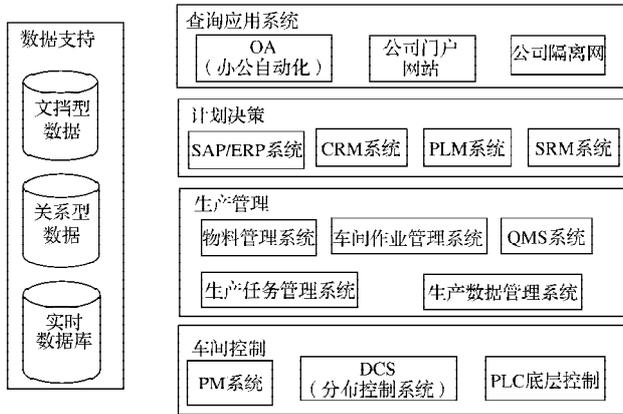


图3 某公司信息系统结构

Fig. 3 A company information system structure

MES系统的功能模块结构如图4所示。

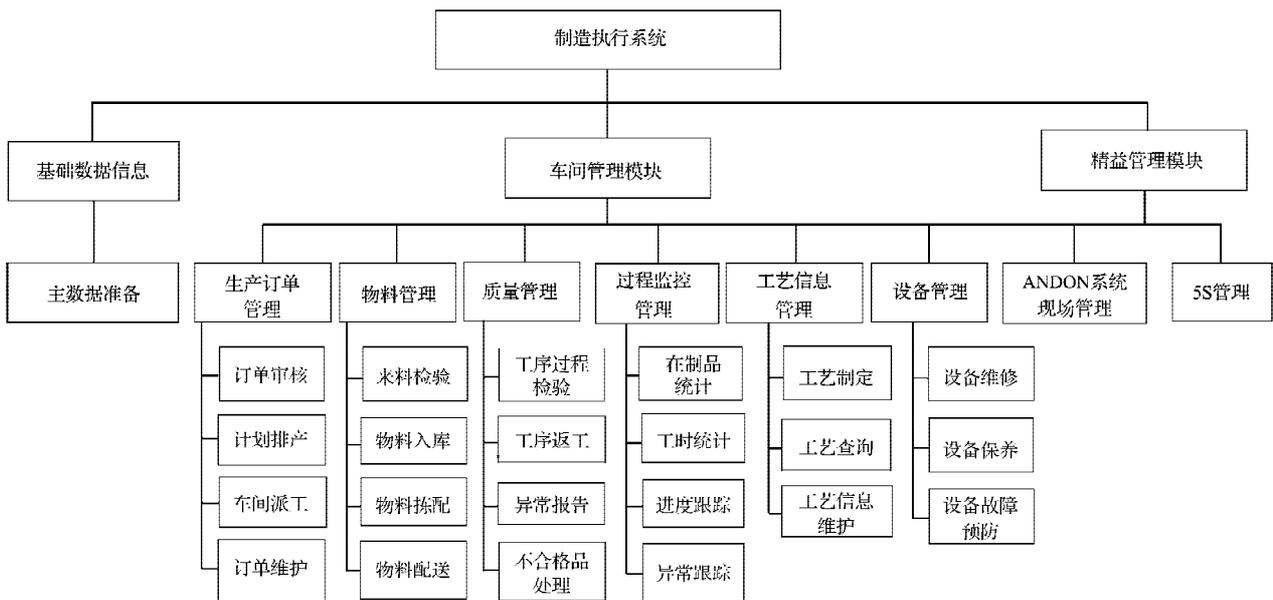


图4 MES系统功能模块

Fig. 4 Functional configuration of MES

在图4中,基础数据信息是整个MES系统实施的基础,车间管理模块的生产订单管理是对上层计划管理的集成,设备管理和精益管理模块是对底层控制的集成,其余模块的开发重点在于车间生产过程的透明化管理、车间制造的无纸化管理、车间信息的动态化管理、车间在制品的精细化管理等,这些模块的开发、设计和实施使企业项目与原有信息系统实现了无缝对接,节约了项目成本,提高了系统效率。

MES系统正式上线实施前,需先进行系统的模拟运行,再采用文档控制-整体切换-具体切换的策略实行。模拟运行主要是建立起系统正式实施的环境,包括基础数据、硬件设施、系统接口等,期间主要是检测系统模块功能及运行环境的稳定性、精确性。这对于系统正式上线运行十分必要。

MES系统的正式上线实施后,结合公司车间精益生产理念,项目实施小组对系统运行的总体计划、月计划、周计划进行了详细规划,并通过各相关部门与项目组的交流、沟通和每周举行的项目例会对项目实施进度进行监督和控制,并对过程中出现的流程问题进行及时解决,确保系统的正常运行。同时,科技公司项目顾问在系统实施过程中全程跟踪,记录分析系统运行状况,为系统的二次开发和功能优化搜集第一手资料。

#### 4.3 MES系统实施后的效果分析

MES系统在该公司实施了半年多,其应用效果主要表现在以下5个方面。

1) 车间信息系统的集成化。MES系统打破了应用系统之间的隔阂和壁垒,将各部门分散的信息集成化采集和应用,减少了企业信息资源的隐形浪费。同时,系统与各部门的信息交互较实施前有较大范围扩展,提高了信息传递效率。

2) 车间生产流程的规范化。MES系统电子化表单的应用,初步实现了车间生产过程的无纸化,目前80%的车间信息传递都是通过系统进行的,较大地提高了信息沟通效率和指令传达速度,同时在一定程度上规范了车间生产流程。

3) 车间生产过程的透明化。MES系统的实施填补了上层计划与底层控制的空白,主要效果如下:车间调度层面,可以依据系统采集的现场生产数据和执行情况进行人力、物力等资源的合理配置;生产管理方面,可以依据系统工时统计记录进行绩效考核,避免了车间报工不及时、不准确的弊端;公司管理层面,可以依据系统统计的生产信息和报表,对产品结构、生产成本、生产效益等作出可靠性决策。

4) 车间生产模式的数据化。精益生产理念在于减少浪费、不断完善、持续改进。MES系统这一计算机辅助手段通过现场生产信息的实时采集和生产事件的实时处理,用数据记录车间生产过程,这就为车间现场管理能力的提升和精益生产的深入开展提供了数据分析依据。

5) 车间生产过程的可视化。通过车间的LED大屏幕、车间信息虚拟展示平台,车间管理人员和企业成员都能够可视化地了解到生产进度及生产线状态。

## 5 结语

在制造业信息化的大背景下,对现代汽车装配企业的管理能力和核心竞争力的提升而言,基于多品种小批量的制造执行系统是一个重要的信息化手段。本文分析了基于多品种小批量生产模式的汽车装配企业的MES系统的实施需求,结合系统设计目标,提出了汽车装配企业的MES系统总体结构方案,然后针对某电动汽车装配有限公司的生产模式,设计了MES系统的具体功能模块结构,将其应用于该公司的生产管理后,取得了良好的生产效益。

#### 参考文献:

- [1] PBN讯.李培根院士提出2010中国制造业信息化十大热点[J].石油工业计算机应用,2011(2):6.  
PBN News. Academician Peigen Li Puts Forward Ten Hotspots for Manufacturing Industry Informatization in China[J]. Computer Application of Petroleum, 2011(2): 6.
- [2] 王琦峰,刘飞,黄海龙.面向服务的离散车间可重构制造执行系统研究[J].计算机集成制造系统,2008,14(4):737-743.  
Wang Qifeng, Liu Fei, Huang Hailong. Service-Oriented Reconfigurable Manufacturing Execution System for Discrete Workshop[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008, 14(4): 737-743.
- [3] 刘卫宁,黄文雷,孙隽华,等.基于射频识别的离散制造业制造执行系统设计与实现[J].计算机集成制造系统,2007,13(10):1886-1890.  
Liu Weining, Huang Wenlei, Sun Dihua, et al. Design and Implementation of Discrete Manufacturing Industry MES Based on RFID Technology[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(10): 1886-1890.
- [4] Hwang Yeong Dong. The Practices of Integrating Manufacturing Execution Systems and Six Sigma Methodology[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, 31(1/2): 145-154.

- [5] Arturo M, Armando S. Achieving E-Manufacturing: Multihead Control and Web Technology for the Implementation of a Manufacturing Execution System[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2006, 17(6): 715-724.
- [6] 浙江大学智能系统与控制研究所, 北京机械工业自动化研究所, 浙江中控软件技术有限公司, 等. GB/T 25485—2010工业自动化系统与集成制造执行系统功能体系结构[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011: 20-25.  
Institute of Cyber-Systems and Control of Zhejiang University, Beijing Research Institute of Automation for Machinery Industry, Zhejiang Zhongkong Software Technology Co., Ltd., et al. GB/T 25485—2010 Industrial Automation System and Integration MES Functional Architecture[S]. Beijing: China Standard Press, 2011: 20-25.
- [7] 谢祥添. 多品种、小批量、订单式生产系统优化研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2008.  
Xie Xiangtian. The Optimization of Multi-Variety, Small Batch and Order Production System[D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2008.
- [8] 杜辉. 制造执行系统中即时消息模块的设计与实现[J]. 枣庄学院学报, 2009, 26(5): 30-34.  
Du Hui. Design and Implementation of Instant Messaging Module for Manufacturing Execution System[J]. Journal of Zaozhuang University, 2009, 26(5): 30-34.
- [9] 王琦峰, 沈丹华. MES在汽车零部件制造企业应用模式研究与实践[J]. 工业工程, 2009, 12(1): 70-74.  
Wang Qifeng, Shen Danhua. Research and Practice of MES Application Mode for Automobile Part Manufacturing Enterprise[J]. Industrial Engineering Journal, 2009, 12(1): 70-74.
- [10] 徐嘉. 适于汽车制造业的制造执行系统的设计与实现[D]. 长春: 吉林大学, 2012.  
Xu Jia. The Design and Realization of Manufacturing Execution System Suitable for Automobile Manufacture[D]. Changchun: Jilin University, 2012.
- [11] 金忠孝, 刘峰, 高磊. 集成的支持柔性生产的汽车制造执行软件系统架构研究与实践[J]. 中国制造业信息化, 2011, 40(17): 6-10.  
Jin Zhongxiao, Liu Feng, Gao Lei. Research and Practice on System Architecture of Integrated and Flexible Automobile MES[J]. Manufacturing Information Engineering of China, 2011, 40(17): 6-10.
- [12] 王楠. 生产制造执行系统在A公司的应用[D]. 天津: 天津大学, 2011.  
Wang Nan. Manufacturing Execution System Applied in A Company[D]. Tianjin: Tianjin University, 2011.
- [13] 范国民. 卷烟企业制造执行系统的研究与应用[J]. 成组技术与生产现代化, 2010, 27(2): 22-24, 46.  
Fan Guomin. Research on and Application of Manufacturing Execution System Oriented to Cigarette Factory[J]. Group Technology & Production Modernization, 2010, 27(2): 22-24, 46.
- [14] 何燕子, 周国利. 面向服务的离散制造车间MES体系结构研究[J]. 湖南工业大学学报, 2013, 27(3): 97-101.  
He Yanzi, Zhou Guoli. Research on MES of Discrete Manufacturing Workshop Based on SOA[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2013, 27(3): 97-101.

(责任编辑: 邓彬)