

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2013.03.020

# 面向服务的离散制造车间MES体系结构研究

周国利, 何燕子

(湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 针对当前MES存在的问题, 及传统面向对象的离散制造车间MES在功能和应用范围等方面存在的不足, 提出了一种面向服务的MES体系结构。阐述了面向服务架构的构成及离散制造车间对面向服务的制造执行系统的需求, 分析了面向服务的离散制造车间MES体系结构的优点。该体系结构为离散制造企业实施MES方案提供了参考意见。

**关键词:** 制造执行系统; 服务体系架构; 资源共享; 信息集成

**中图分类号:** TH166

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2013)03-0097-05

## Research on MES of Discrete Manufacturing Workshop Based on SOA

Zhou Guoli, He Yanzi

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

**Abstract:** In view of the problems of current MES and the shortcomings of the function and application of traditional object-oriented MES applied in discrete manufacturing workshop, proposes a service-oriented architecture (SOA) of MES. Puts forward the structure of SOA and the demands for SOA-based MES in discrete manufacturing workshop, analyzes the advantages of the MES architecture. The system structure provides reference for the application of MES in discrete manufacturing enterprise.

**Keywords:** manufacturing execution system; service oriented architecture; resource sharing; system integration

## 0 引言

在我国经济体制结构中, 离散制造业在评价国家综合实力中起着举足轻重的作用。随着知识经济和电子商务、因特网等信息技术的发展, 现代制造业面临着新的环境和挑战, 制造业信息化成为了促进制造业企业发展的重要动力。同时, 应用面向服务的信息化技术是制造业信息化系统发展的重要趋势, 而制造执行系统(manufacturing execution system, MES)的产生和应用顺应了制造业信息化的潮流, 所以在全球商业竞争日益激烈的今天, 对面向服务的离散制造车间MES的研究显得尤为重要。

作为整个制造企业生产活动与管理活动信息沟

通的桥梁, MES采用双向直接通讯, 在整个企业的产品供需链中, 既向生产过程人员传达企业的计划, 又向有关部门提供产品制造过程状态的信息反馈<sup>[1]</sup>。传统的专业MES开发公司, 其设计的产品通常是针对车间生产过程中特定的功能模型或者是特定制造环境下的车间生产类型而开发的, 因此, 不同的制造业企业可能由于车间内部需求的不同, 从不同软件供应商购买需要的MES产品。这一行为导致了各制造业企业的MES实际上是一个综合应用系统, 其每个子系统有各自的处理逻辑、数据库、数据模型和通信机制。企业专用MES应用于车间生产, 其出发点是为了解决某些关键任务或者某些特定领域问题, 比如车间生产调度、数据的实时采集和质量控

收稿日期: 2013-01-27

作者简介: 周国利(1987-), 女, 河南新乡人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为制造业企业信息化与基础工业工程,

E-mail: zhouguolili@126.com

制等；集成MES主要是针对特定环境设计的行业MES，虽然这类系统具有集成上层计划与下层控制的功能，但其不能与企业中已存在的异构数据库等系统实现相互操作，更不能在动态环境下进行动态配置，从而不利于技术的更新升级。总而言之，随着离散制造车间制造模式的发展和改变，MES存在集成性能差、通用性和可配置性不高<sup>[2]</sup>、实时信息采集和实时事件处理不强、重构能力弱等不足，难以满足现代车间生产管理的要求。因此，本文提出了面向服务的离散制造车间MES体系结构。

## 1 相关研究

MES作为离散制造车间制造系统运行模式的基本构成和支撑技术，其功能模型和体系结构的适用性对于离散制造企业实施MES意义重大。面向服务架构的制造执行系统是基于开放的工业标准，具有语言独立性、松散耦合、跨平台、良好的封装性、位置透明等特点<sup>[3]</sup>。这些特点可以更好地使MES提高应对离散制造车间生产需求的变化，利于实现企业信息流的连续性和车间制造的敏捷性。根据现代制造业的未来发展趋势，面向服务架构的MES成为了学术界的研究热点，其代表性研究成果有：李亚白等人<sup>[4]</sup>把面向服务的思想引入到MES，将车间资源服务化，提出了基于面向服务的可重构MES软件体系结构和实现方法，之后针对现有MES存在的问题，提出了面向服务的协同MES架构<sup>[5]</sup>；郝广科等人<sup>[6]</sup>从MES技术着手，设计了面向服务的多层体系结构，提出了面向服务的制造执行系统开发方法；柴永生等人<sup>[7]</sup>针对制造执行系统应用开发的复杂性，提出了基于服务的制造执行系统信息集成架构；在此基础上，袁安富等人<sup>[8]</sup>以中小企业为研究对象，提出了以Web服务技术为基础的一种面向服务的信息系统架构，实现了MES信息共享和较强的扩展性能；王琦峰等人<sup>[9]</sup>提出了面向服务的MES框架模型，将面向服务作为制造执行系统的架构风格和集成方式；王琦峰等人<sup>[10]</sup>还综合使用多种建模方法，实现了对面向服务的制造执行系统的分析与设计。在工业界的应用中具有代表性的面向服务计算技术有上海普元的面向服务应用平台EOS和流程平台BPS等。文献[11]是关于面向服务的MES实践研究，介绍了FactoryTalk集成化生产与绩效套件如何应用SOA技术实现集成、可扩展和通用的制造执行系统，并在此基础上给出了汽车装配生产线应用实例。

综上所述，目前的研究主要集中于面向服务的

MES框架模型、系统架构及建模等方面，而针对离散制造车间的面向服务的MES模型构建、应用实施及优化运行研究较少，且尚未提出完整、规范性的面向服务的MES体系结构，同时对其在集成化、通用化和产品化的作用方面分析不足，对面向服务的离散制造车间MES的实施案例研究也较少。针对上述问题与现状，本文结合离散制造车间的特点，提出了面向服务的离散制造车间MES体系结构，分析了传统面向对象的MES系统架构不足，并分析了本体系结构构成及其特点。

## 2 传统面向对象的MES系统结构

传统的面向对象的MES体系架构包括用户界面层、业务逻辑层和数据库层<sup>[12]</sup>，如图1所示。

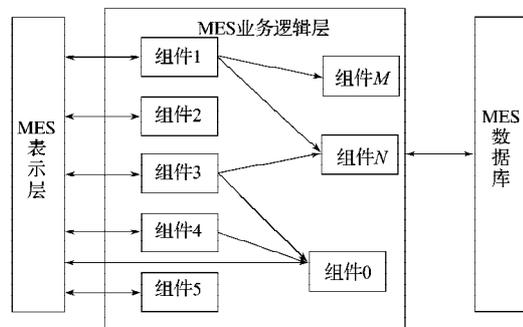


图1 面向对象的3层MES体系结构

Fig. 1 The three-story system structure of SOA-based MES

从支持离散制造车间制造系统优化运行的角度来看，传统的面向对象的MES在技术和功能上存在以下问题：

### 1) 跨车间或跨企业制造过程协同功能

从企业上层信息系统下达的制造任务不仅是车间制造系统内部，更是与其相关的制造企业之间协作的基本驱动因素。考虑如何有效地对制造任务进行分解、如何有效地对车间制造资源进行合理利用的同时，还能在客户要求及车间制造任务制造环境等条件的约束下对所涉及的资源进行优化配置，实现跨车间或跨企业制造过程的有效协同是MES的重要功能。而传统的面向对象的MES功能往往局限于单一的车间制造系统，无法支持跨车间或企业的制造过程管理与协同。

### 2) 制造过程实时信息采集和实时事件处理功能

制造过程实时信息采集和实时事件处理是实现离散制造车间制造系统运行模式敏捷性的基础。但是由于MES所处的实施环境比较复杂，实现这一功能需要从2方面着手，即数据采集方法和采集设备，同时还需要增强车间实时事件采集和处理功能，从

而提高车间制造系统的敏捷性。而传统的面向对象的MES的数据采集是以手工上报为主,结合条形码等半自动信息采集技术,这种采集方式时间间隔较大,容易受到人为因素的影响,且数据的准确性得不到保障。

### 3) 系统集成性和可重构性

生产设备和车间人力资源也是离散制造车间运作系统的一部分, MES 需要与其共享信息和交互资源, 这样才能实现车间对整体资源的优化配置和合理调度。同时内外环境的多变和市场的的不稳定都要求 MES 结构具有可重构性, 这样才能迅速对系统作出重新配置和调整。而传统的面向对象的MES将上述2个系统隔离管理, 不利于企业信息系统集成, 并且传统MES产品针对性较强, 很难做到对动态环境的敏捷反应。

因此, 为了更好地支持面向服务的离散制造车间制造系统运行模式的有效运作, 在功能框架上, 需要对传统的面向对象的MES功能进行扩展, 即要求扩展后的MES能够在原有功能的基础上实现跨车间或跨企业的制造过程协同、制造过程实时信息采集和实时事件处理、MES与生产设备及人力资源的有效集成等。同时, 需要MES提高自身敏捷性和与其他信息系统集成的速度, 即其能够在相应工业标准基础上随机应变。而面向服务架构因为其语言独立性、松散耦合、跨平台、良好的封装性、服务位置透明等特点, 逐渐成为离散制造车间MES首选的体系结构。

## 3 面向服务的体系结构

面向服务体系架构(service oriented architecture, SOA)是一个组件模型, 能将应用程序的不同功能单元(服务)通过服务之间定义良好的接口和协议联系起来。接口采用完全中立的方式来定义, 独立于实现具体服务的硬件、操作系统和编程语言。在SOA中, 服务是封装成用于业务流程中的可重用组件的应用程序单元, 提供了信息或业务数据从一个有效、一致的状态向另一个状态的转换<sup>[2]</sup>。面向服务体系架构如图2所示。

面向服务的体系结构中的角色包括:

1) 服务需求者。服务需求者是一个应用程序、一个软件模块或需要一个服务的另一个服务。其发起对注册中心中的服务查询, 通过传输绑定服务, 并且执行服务功能。服务使用者根据接口契约来执行服务。

2) 服务提供者。服务提供者是一个可通过网络寻址的实体, 接受和执行来自使用者的请求。其将自己的服务和接口契约发布到服务注册中心, 以便服务者可以发现和访问该服务。

3) 服务注册中心。服务注册中心是服务发现的支持者。其包含一个可用服务的存储库, 并允许感兴趣的服务使用者查找服务提供者接口。

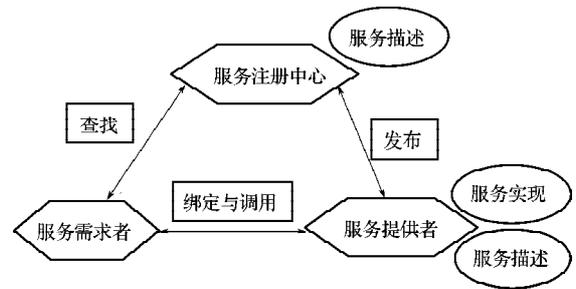


图2 面向服务体系结构

Fig. 2 Service-oriented architecture

## 4 面向服务的离散制造车间MES体系结构

### 4.1 系统需求分析

#### 1) 车间制造资源共享与系统集成

离散制造车间MES执行的任務主要是企业的MRP II / ERP以“工作令”的方式下达, 以车间生产设备, CAD, CAM, CAPP等相关软件, 硬件设施及车间人力资源等车间制造资源为载体, 面向服务的MES首先要对车间异构资源系统进行规范描述和定义, 使之能够信息共享, 然后对制造任务进行有效的分解, 并依据客户订单要求和制造条件对制造资源进行优化配置, 从而实现车间制造资源之间、不同信息系统之间充分的信息共享和无缝的系统集成。

#### 2) 制造过程实时信息采集与实时事件处理

离散制造业企业一般是人员密集型企 业, 车间自动化水平相对较低, 一般以手工上报为主, 加之数据采集设备、采集方式和采集技术的局限性, 使得采集的数据完整度不高, 不利于实现生产过程及时、有效的管理与控制, 更不利于多源信息的融合和复杂信息决策能力的提高, 从而也就很难实现车间制造系统运行模式的敏捷化。

#### 3) MES系统的可重构性

离散制造的2个主要特点是多品种、小批量。因为每个客户需求的多样性, 致使每个产品具体的产品结构、工艺流程、生产计划、生产设备等都可能不一样。因此, 这就要求面向服务的离散制造MES能够迅速对车间组织进行及时调整, 对车间制造工

艺进行及时规划，对加工物料、设备管理等制造资源做出快速响应。即面向服务的MES可重构需求主要包括车间制造管理组织、车间制造流程和车间制造资源。

#### 4.2 体系结构介绍

面向服务的离散制造车间MES在扩展了传统MES功能基础上，引入了面向服务架构和服务理念，目的在于实现离散制造车间制造资源的共享和系统有效集成，支持车架制造系统对下达任务进行有效分解，对车间制造资源进行有效配置，对车间制造流程进行系统优化。同时，扩展后的体系模块通过面向服务这一架构将制造资源封装成服务，然后通过服务的请求和获取等多种方式实现异构系统间信息共享和系统集成，从而实现车间整个制造系统全方位的协同。针对上述离散制造车间对面向服务的MES需求分析，本文提出了一种面向服务的离散制造车间MES体系结构，其主要由资源服务层、基础服务层、功能服务层、流程协同层、平台集成框架层和平台门户构成，如图3所示。

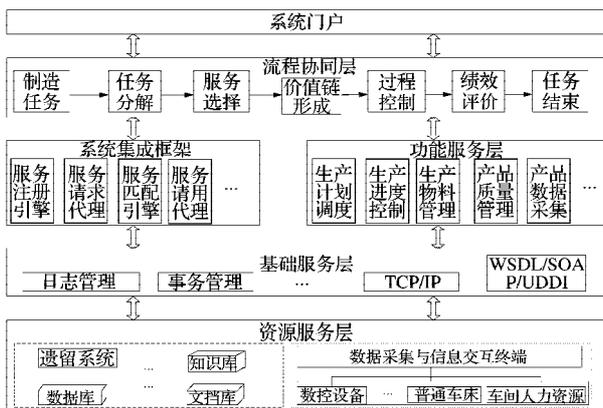


图3 面向服务的离散制造车间MES体系结构

Fig. 3 The SOA-based MES structure of discrete manufacturing workshop

1) 资源服务层。资源服务层包含车间制造系统制造过程中所需要的各种资源，主要是数据库及生产相关文档等信息类资源，还有加工机床、操作工等设备和人力资源，加工设备和人力资源通过数据采集和信息交互终端集成到制造执行系统中。而所有涉及的制造资源则被描述和封装成服务，然后通过面向服务架构来实现资源、信息和数据等的统一，这样有利于实现对资源、数据和信息等的有效管理。

2) 基础服务层。基础服务层属于MES的中间层，是平台的核心基础架构，既包括车间事务管理、日志管理等构成平台基础的中间件，也包括各种基础协议和服务。这一模块的设计方便了用户使用各类制造服务资源，同时也为构建高效稳定和安全的面向

服务的系统平台提供了重要的技术保证。

3) 功能服务层。这一模块是面向服务的制造执行系统的核心，在传统MES功能基础上扩展了面向服务的离散制造车间制造系统运行模式下的诸如制造过程协同、制造过程实时数据采集和实时事件处理等功能模块。所有功能都以服务的方式提供，系统的用户就可以通过面向服务架构来调用所需要的功能服务。

4) 流程协同层。美国ARC顾问集团认为企业实现协同，需要沿着产品生命周期、企业价值链和企业不同的层次实现系统的集成<sup>[12]</sup>。制造过程流程协同层这一模块实现的就是整个产品生命周期从制造任务分解到制造任务完成绩效评价的计划、物料、质量及信息等的运作和管理的所有业务流程，这些流程在企业价值链的支撑下由功能服务层的功能服务依据制造流程的需要进行组合，从而完成整个制造任务。

5) 平台集成框架层。由于制造过程协作的复杂性及不同信息系统之间的异构性，平台集成框架支持面向服务的制造执行系统与车间其他信息系统或者是跨车间内部MES信息、跨企业外部MES信息的集成，通过集成消除各个系统之间的异构性。

6) 系统门户。系统门户是面向服务的制造执行系统的统一入口。

#### 4.3 体系结构优点分析

面向服务的离散制造车间MES结构优点有以下3个方面：

1) 服务化。服务是构建制造执行系统的基本单元，服务的请求、发布、查找和组合运作是系统的基本运作模式。在这一模式下，车间所有的制造资源、软硬件资源及制造知识等被封装成了服务，通过面向服务架构来进行车间制造过程的运作。

2) 功能扩展化。一是面向服务的制造执行系统扩展了传统MES的应用范围，支持网络环境下不同车间制造系统对MES的运作管理；二是系统的构建是基于面向服务技术，支持各类制造服务和功能按照需求增设；三是数据采集和信息交互终端的使用使得制造执行系统的功能想设备层和操作层深入。

3) 集成化。面向服务的制造执行系统在技术上消除了不同信息系统之间的异构性，并将制造资源、软硬件资源等封装成服务，实现了企业三层结构的有效集成。同时，这一系统支持制造系统在计划、进度、质量等方面的信息集成。

## 5 结语

面向服务是MES发展的必然趋势,本文基于面向服务架构提出了面向服务的离散制造车间MES体系结构,其有效解决了离散制造车间制造系统异构性、车间制造资源共享和信息系统集成等问题。本体系结构的实现方法和实施模式将在后续MES研究中得到进一步的完善和验证。

### 参考文献:

- [1] 王琦峰. 面向服务的制造执行系统理论与应用[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2012: 65-89.  
Wang Qifeng. Service-Oriented Manufacturing Execution System Theory and Application[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2012: 65-89.
- [2] 喻道远, 彭宁, 黄刚. 可重构MES体系结构[J]. 现代制造工程, 2007(4): 13-17.  
Yu Daoyuan, Peng Ning, Huang Gang. Research on Reconfigurable Manufacturing Execution System Architecture[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2007(4): 13-17.
- [3] Josuttis Nicolai. SOA in Practice: The Art of Distributed System Design[M]. Cambridge: O'Reilly, 2007: 23-26.
- [4] 李亚白, 蔡宗琰, 郝文育, 等. 面向服务的可重构制造执行系统研究与实现[J]. 机械科学与技术, 2005, 24(11): 1377-1382.  
Li Yabai, Cai Zongyan, Hao Wenyu, et al. Research and Implementation of Service-Oriented Manufacturing Execution System[J]. Mechanical Science and Technology, 2005, 24(11): 1377-1382.
- [5] 李亚白. 面向服务的协同制造执行系统集成与重构技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2007.  
Li Yabai. Research on Integration and Reconfiguration Technology of Service-Oriented Collaborative Manufacturing Execution System[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2007.
- [6] 郝广科, 何卫平, 闫慧, 等. 基于SOA的制造执行系统技术研究[J]. 计算机应用研究, 2010(1): 164-166.  
Hao Guangke, He Weiping, Yan Hui, et al. Research of SOA-Based Manufacturing Execution System[J]. Application Research of Computers, 2010(1): 164-166.
- [7] 柴永生, 孙树栋, 周玉兰, 等. 基于SOA的制造执行系统信息集成研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2005(8): 94-96.  
Chai Yongsheng, Sun Shudong, Zhou Yulan, et al. The Information Integration Based on Service-Oriented in the Case of Manufacturing Execution System[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2005(8): 94-96.
- [8] 袁安富, 李玲. 基于SOA的中小型企业制造执行系统设计[J]. 南京信息工程大学学报: 自然科学版, 2010(4): 314-319.  
Yuan Anfu, Li Ling. Design of Small & Medium-Sized Enterprises Manufacturing Execution System Based on SOA[J]. Nanjing University of Information Science Technology: Natural Science, 2010(4): 314-319.
- [9] 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(4): 737-743.  
Wang Qifeng, Liu Fei, Huang Hailong. Service-Oriented Reconfigurable Manufacturing Execution System for Discrete Workshop[J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2008(4): 737-743.
- [10] 王琦峰, 刘飞. 面向服务的制造执行系统建模方法研究[J]. 中国机械工程, 2008(13): 1569-1573.  
Wang Qifeng, Liu Fei. Modeling Approach for Manufacturing Execution System Based on Service-Oriented Architecture[J]. China Mechanical Engineering, 2008(13): 1569-1573.
- [11] 张银. 基于SOA的MES系统及其应用[J]. 自动化仪表, 2008(2): 24-27.  
Zhang Yin. SOA-Based MES and Its Application[J]. Automation Instrumentation, 2008(2): 24-27.
- [12] 李清, 吴靖. 协同制造体系下的MES标准化[J]. 航空制造技术, 2009(7): 48-52.  
Li Qing, Wu Jing. MES Standardization in Collaborative Manufacturing System[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2009(7): 48-52.

(责任编辑: 邓彬)