

MES 现状与发展趋势

潘美俊¹, 饶运清²

(1. 广西工学院 汽车系, 广西 柳州 545006)

(2. 华中科技大学 机械科学与工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:从 MES 系统体系结构、主流技术、国内外应用情况及中国目前存在的主要问题等方面对 MES 的现状进行了综述与评价, 并对 MES 技术的发展趋势进行了分析, 同时对中国“十一五”期间 MES 的发展前景进行了展望。

关键词: MES; 可配置性; 发展趋势

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1672—1616(2008)09—0043—04

MES 的全称是制造执行系统 (Manufacturing Execution System)。MESA 对 MES 的定义如下: “MES 是一些能够完成车间生产活动管理及优化的硬件和软件的集合, 这些生产活动覆盖从订单发放到出产成品的全过程。它通过维护和利用实时准确的制造信息来指导、传授、响应并报告车间发生的各项活动, 同时向企业决策支持过程提供有关生产活动的任务评价信息^[1]”。上述的定义中强调了以下 3 点: (1)MES 在整个企业信息集成系统中承上启下, 是生产活动与管理活动信息沟通的桥梁; (2)MES 的目的在于优化管理活动, 它强调精确的实时数据; (3)MES 是围绕企业生产这一为企业直接带来效益的价值增值过程进行的, 它强调控制和协调。MES 的概念是美国先进制造研究协会 (AMR) 于 1990 年 11 月首次正式提出^[2]; 1992 年美国成立了以宣传 MES 思想和产品为宗旨的贸易联合会——MES 国际联合会 (MESA International); 1997 年 MESA 发布了 6 个关于 MES 的白皮书, 对 MES 的定义与功能、MES 与相关系统间的数据流程、应用 MES 的效益、MES 软件评估与选择以及 MES 发展趋势等问题进行了详细的阐述^[3~6]; 1999 年, 美国国家标准与技术研究所 (NIST) 在 MESA 白皮书的基础上, 发布有关 MES 模型的报告, 将 MES 有关概念规范化^[7]; 2000 年, 美国国家标准协会 (ANSI) 致力于 MES 标准化工作 (ANSI/ISA-95), 陆续发布了 SP-95 系列标准^[8~10]。MES 的标准化进程以及 ERP 技术的成熟及其广泛应用正成为 MES 发展的强大推动力。

目前, 随着我国制造业信息化建设的深入开展, MES 正成为继 ERP 后的又一热点。

1 MES 的现状

1.1 体系结构

MES 的体系结构经历了从 T-MES 向 I-MES 发展的历程。传统的 MES (T-MES) 是从 20 世纪 70 年代的零星车间级应用发展起来的。T-MES 又可以分为专用 MES (Point MES) 和集成 MES (Integrated MES) 两类。专用 MES 是一种自成一体的应用系统, 它针对某个单一的生产问题 (如在制品库存过大、产品质量得不到保证、设备利用率低等) 提供有限功能 (如物料管理、质量管理、设备维护、作业调度等), 或适用某种特定的生产环境 (如应用于半导体和 MEMS 车间的 MES、应用于 FMS 系统的 MES 等)。专用 MES 具有实施快、投入少等优点, 但通用性和可集成性差。集成 MES 系统起初是针对特定行业 (如航空、装配、半导体、食品和卫生等) 特定的规范化环境而设计的, 目前已扩展到整个工业领域。在功能上它已实现了与上层事务处理和下层实时控制系统的集成。集成化 MES 具有丰富的应用功能、统一的逻辑数据库、产品及过程模型等优点。但该类系统依赖特定的车间环境, 柔性差, 缺少通用性和广泛的集成能力, 难以随业务过程变化而重新配置^[11~13]。

AMR 在分析信息技术的发展和 MES 应用前景的基础上, 提出了可集成 MES (Integratable

MES, I-MES)这一概念^[13]。可集成 MES 是将模块化、消息机制和组件技术应用到 MES 的系统开发中,是两类传统 MES 系统的结合。从表现形式上看, I-MES 具有专用 MES 系统的特点,即 I-MES 中的部分功能可以作为可重用组件单独销售;同时,它又具有集成 MES 的特点,即能实现上下两层之间的集成。此外, I-MES 还具有客户化、可重构、可扩展和互操作等特性,能方便地实现不同厂商之间的集成和原有系统的保护以及即插即用(P & P)等功能。目前,基于组件的 I-MES 是 MES 的主要发展方向。

1.2 主流技术

由于 MES 处于 ERP 和 PCS 之间,既要 ERP 内部系统和 ERP 的外部网络收发信息,又要对 PCS 系统传递信息^[14]。因此, MES 开发与实施涉及的关键技术包括了计算机操作系统、数据库技术、MES 体系结构、开发应用技术等。此外,进行 MES 的开发和实施还需要考虑 MES 系统的可配置性。根据 LogicaCMG 咨询公司 2005 年对 MES 软件的调查报告^[15],国际 MES 产品的主流技术情况如下:

a. 支持平台方面,主要有 Windows NT、Windows 2000、Windows XP、Unix、Linux。与 2004 年相比, MES 的开发厂商对 Windows NT 平台的平均支持率下降到了 68%,而大部分厂商转向支持 Windows 2000、Windows 2003 以及 Windows XP 等平台,特别是对 XP 的支持率达到了 96%; Unix 平台的支持率稳定在 44%的水平; Linux 平台的支持率从 2004 年的 17%增长到 2005 年的 28%,只有少数的产品支持 AS/400 和 Open VMS 等平台。

b. 数据库方面, MES 产品支持的数据库主要有 Oracle、SQL Server、DB2、Progress、Informix、Ingress、Sybase 等。SQL Server 和 Oracle 是开发商主要采用的数据库,约有 30%的产品支持 DB2,仅有小部分的产品支持其他数据库。

c. 应用技术方面, MES 系统的开发主要采用 DCOM、COM+、Active-X、XML、DotNET、J2EE、ODBC、OLE、OPC 等技术。目前的厂商大多采用 Microsoft 的技术进行系统的开发。XML 的采用比例逐年增加,所有参与 2005 年调查的厂商都采用了 XML 技术,这是因为 XML 技术使不同的 MES 软件之间以及 MES 软件与管理软件之间可以进行数据交换以及功能的交互; DotNET 技术目前采用率达到了 72%; J2EE 的采用率也达到了

32%; DCOM、COM+、OLE 的采用率都在 60%以上, Active-X、OPC 则在 70%以上, ODBC 的应用率为 82%。

d. 系统架构方面, MES 系统主要采用 C/S、Web 使能、瘦客户端、分布式结构、负荷平衡等体系结构。C/S 架构的采用率呈下降的趋势,相反瘦客户端(Thin Client)的采用率却上升至 90%。大约 92%的产品都是 Web 使能架构的。

e. 系统可配置性方面,部分 MES 厂商的产品定位是使产品尽可能适合特定的用户群,相反有些厂商则为用户提供柔性的可配置工具来迎合客户的需求,以赢得广大的市场。报告从业务逻辑、图形用户界面、报表等方面来分析 MES 产品的可配置性,并通过标准化(Standard)、组件(Component)、库(Libraries)和客户化定制(Custom Made)4个指标来评价系统的可配置程度。图 1 描述了国际主流 MES 产品的平均可配置性。以图形用户界面的可配置性为例, MES 产品在大于 60%的程度上提供标准功能,在 27%的程度上可通过组件来配置, 8%由库来支持,只在 4%的程度上可实现完全客户化定制。

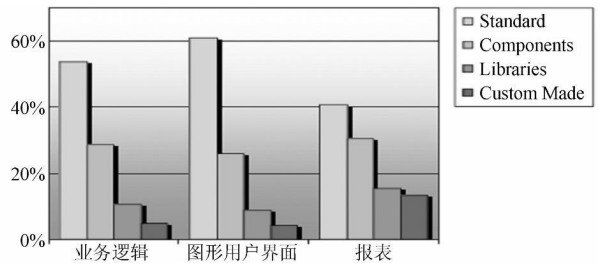


图 1 国际主流 MES 产品的平均可配置性

1.3 应用情况

MES 在发达国家已实现了产业化,其应用覆盖了离散与流程制造领域,并给企业带来了巨大的经济效益。MESA 分别在 1993 年和 1996 年以问卷方式对若干典型企业进行了两次有关 MES 应用情况的调查,这些典型企业覆盖了下列的 7 大行业:医疗产品、塑料与化合物、金属制造、电气/电子、汽车、玻璃纤维、通讯等。调查表明企业使用 MES 后,可有效地缩短制造周期,缩短生产提前期,减少在制品,减少或消除数据输入时间,减少或消除作业转换中的文书工作,改进产品质量/减少次品,消除损失的文书工作。据权威咨询公司 AMR 最新完成的一项市场调查显示:2004 年,全球 MES 市场营收为 10.6 亿美元,与 2001 年相比,增长超过 50%;2006 年全球制造业在管理软件方

面的投资, MES 居第二位, 仅次于 ERP。在国外很多行业应用中 MES 已和 ERP 相提并论, 而且 MES 已经成为目前世界工业自动化领域的重点研究内容之一。国内在“十五”期间, 流程工业领域 MES 成为技术研究的突破口, 重点面向钢铁和石化 2 个典型流程制造行业。目前, MES 已在钢铁、石化等行业得到成功应用并开发完成了若干自主知识产权的 MES 系统, 如: 上海宝信 MES、中国石化 MES(S-MES V1.0)等。根据中国电子信息产业发展研究院的 1 份报告, 到 2003 年底, 共有 110 套 MES 应用于国内的钢铁企业。“十五”期间还对离散制造 MES 进行了探索性研究, 并取得初步成效(如西飞 MES 等), 国内市场上也出现一些针对离散制造业的 MES 产品, 如: ICON-MES、OrBit-MES、天为 MES 等。“十一五”期间, 随着我国制造业信息化建设的深入开展, MES 有望在我国获得更广泛和深入的应用。

1.4 存在的问题

近年来我国 MES 的研究和产业都有了一定的发展, 但总体来说, 与西方发达国家相比, 我国无论是在 MES 技术深度与应用广度上都存在较大差距, 主要体现在以下几个方面:

a. MES 体系还不完整。基本功能不完善, 缺乏过程管理与优化等面向典型行业的核心模块。针对离散制造业尚无完整、系统的 MES 解决方案和成熟的软件产品。

b. 缺乏 MES 技术标准。MES 的设计、开发、实施、维护缺乏技术标准, 影响了 MES 产品的技术性能, 加大了系统开发和应用的成本, 与国外同类 MES 产品竞争没有优势。

c. 集成性还没有完全解决。由于缺乏统一的工厂数据模型, MES 各功能子系统之间以及 MES 与企业其他相关信息系统之间缺乏必要的集成, 导致 MES 作为企业制造协同的引擎功能远未得到充分发挥。

d. 通用性和可配置性较差。现有系统通常针对特定需求, 很难应对企业业务流程的变更或重组。由于缺乏基于工厂数据模型的数据集成技术, 系统的可配置性、可重构性、可扩展性较差, 严重制约 MES 系统的推广应用。

e. 实时性不强。MES 作为面向制造车间的实时信息系统, 实时性是实现 MES 功能的基础。现有系统缺乏准确、及时、完整的数据采集与信息反馈机制, 在底层数据的实时采集、多源信息融合、复

杂信息处理及快速决策等方面非常薄弱。

f. 智能化程度不高。MES 中所涉及的信息及决策过程非常复杂, 由于缺乏智能机制, 现有 MES 大多只提供了一个替代经验管理方式的系统平台, 通常需要大量的人工干预, 难以保证生产过程的高效和优化。

2 MES 技术的发展趋势

MES 系统正朝着下一代 MES (Next-Generation MES) 的方向发展。下一代 MES 的主要特点是: 建立在 ISA95 标准上、易于配置、易于变更、易于使用、无客户化代码、良好的可集成性以及提供门户 (Portal) 功能等等, 其主要目标是以 MES 为引擎实现全球范围内的生产协同。目前, 国际上 MES 技术的主要发展趋势体现在以下几个方面:

a. MES 新型体系结构的发展。一方面, 这种基于新型体系结构的 MES 具有开放式、客户化、可配置、可伸缩等特性, 可针对企业业务流程的变更或重组进行系统重构和快速配置; 另一方面, 随着网络技术的发展及其对制造业的重大影响, 当前 MES 系统正在和网络技术相结合, MES 的新型体系结构大多基于 Web 技术、支持网络化功能。

b. 更强的集成化功能。新型 MES 系统的集成范围更为广泛, 不仅包括制造车间本身, 而且覆盖企业整个业务流程。通过建立能量流、物流、质量、设备状态的统一工厂数据模型, 开发模型维护工具, 使数据适应企业业务流程的变更或重组的需求, 真正实现 MES 软件系统的可配置。在集成方式上更为快捷方便和易于实现, 通过制定 MES 系统设计、开发的技术标准, 使不同软件供应商的 MES 构件和其他异构的信息化构件可以实现标准化互连与互操作以及即插即用等功能, 并能方便地实现对遗留系统的保护。

c. 更强的实时性和智能化。新一代的 MES 应具有更精确的过程状态跟踪和更完整的数据记录功能, 可实时获取更多的数据来更准确、更及时、更方便地进行生产过程管理与控制, 并具有多源信息的融合及复杂信息处理与快速决策能力。有学者曾提出了智能化第二代 MES 解决方案 (MES II), 它的核心目标是通过更精确的过程状态跟踪和更完整的数据记录以获取更多的数据来更方便地进行生产管理, 它通过分布在设备中的智能来保证车间生产的自动化^[15, 16]。如日本森精机的计算机辅助生产管理系统 (CAPS), 可通过 Internet 和通信

终端进行远程实时数据采集、监控与生产管理。

d. 支持网络化协同制造。2004 年 5 月 MESA 提出了协同的制造执行系统 (Collaborative Manufacturing Execution Systems c-MES) 的概念, 指出 c-MES 的特征是将原来 MES 的运行与改善企业运作效率的功能和增强 MES 与在价值链和企业中其他系统和人的集成能力结合起来, 使制造业的各部分敏捷化和智能化^[3]。由此可见, 下一代 MES 的一个显著特点是支持生产同步性, 支持网络化协同制造。它对分布在不同地点甚至全球范围内的工厂进行实时化信息互联, 并以 MES 为引擎进行实时过程管理, 以协同企业所有的生产活动, 建立过程化、敏捷化和级别化的管理, 使企业生产经营达到同步化。

e. MES 标准化 (ISA-95)。从 1997 年开始的国际仪表学会 (ISA) 启动了编制 ISA-95 企业控制系统集成标准, ISA-95 的目的是建立企业级和制造级信息系统之间的集成规范。ISA 于 2000 年发布了 SP95.01 模型与术语标准, 规定了生产过程涉及的所有资源信息及其数据结构和表达信息关联的方法^[8]; 2001 年发布了 SP95.02 对象模型属性标准, 对第一部分定义的内容作了详细规定和解释^[9], SP95.01 和 SP95.02 已经被 IEC/ISO 接受为国际标准; 2002 年发布了 SP95.03 制造信息活动模型标准^[10], 提出了管理层与制造层间信息交换的协议和格式; 2003 年发布了 SP95.04 制造操作对象模型标准, 定义了支持第三部分中制造运作管理活动的相关对象模型及其属性; 正在制定的 SP95.05 详细说明了 B2M (Business To Manufacturing) 事务; 未来的工作是 SP95.06, SP95.06 详细说明了制造运作管理的事务。ISA-95 标准的应用范围如图 2 所示。

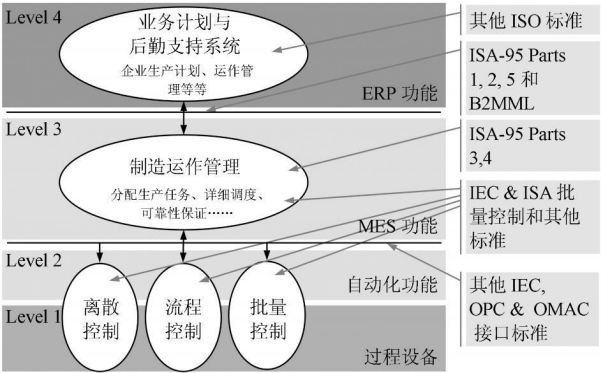


图 2 ISA-95 标准的应用范围

动力, 国际上 MES 主流供应商纷纷采用 ISA-95 标准, 如: ABB、SAP、GE、Rockwell、Honeywell、Siemens 等。

3 展 望

MES 软件弥合了企业计划层和生产车间过程控制系统之间的间隙, 为企业提供一个快速反应、有弹性、精细化的制造业环境, 帮助企业降低成本, 按期交货, 提高产品及服务质量, 使企业能在全球化的竞争中立于不败之地。鉴于 MES 的重要性, 我国将其列为“十一五”期间信息化方面重点发展的方向之一, 将集中国内 MES 及相关领域的优势力量, 力争在 MES 核心关键技术上取得突破, 提高 MES 研发水平及其在重大行业中的应用能力, 解决长期制约我国制造业信息化发展的瓶颈问题。具体发展思路如下:

a. 综合利用成熟理论和技术, 形成可适应、可重构、可集成的 MES 框架体系, 为提高 MES 软件系统的跨行业通用性、适应性和协同能力提供支持。

b. 基于已有的研究基础与成果, 在制造系统性能分析和优化、制造过程监控与管理、智能化生产计划调度以及信息和过程可视化等 MES 关键技术上取得突破, 开发出符合我国离散制造业和流程工业特点及需求的 MES 软件系统、相关工具和构件库。

c. 围绕 MES 在航空航天、汽车、机车、石化、冶金等典型行业中的应用特点, 形成适合其行业特点的典型 MES 应用模式, 并提出相应的解决方案和技术标准。通过 MES 在上述行业的应用, 最终形成支撑整个离散和流程制造业的 MES 技术体系、方法和系统, 为未来 MES 系统的大规模推广应用奠定基础。

参考文献:

[1] MESA International. MES Explained: A High Level Vision [R]. Pittsburgh, USA: MESA International White Paper Number6, 1997.
[2] 柴天佑, 郑秉霖, 胡毅, 等. 制造执行系统的研究现状和发展趋势[J]. 控制工程, 2005, 12(6): 505-510.
[3] MESA International. The Benefits of MES: A Report from the Field [R]. Pittsburgh, USA: MESA International White Paper Number1, 1997.

(下转第 49 页)

MES 的标准化进程是推动 MES 发展的强大

参考文献:

- [1] 李 岩, 初嘉鹏, 汪德潢. 基于 CAN 总线的电子提花机群控系统的研究[J]. 上海纺织科技, 2005, 33(8): 25—26.
- [2] 王毅峰, 温希东. 基于 CAN 总线的智能控制器的设计[J]. 仪表技术与传感器, 2006(4): 33—34.
- [3] 谭剑波, 谢 川, 石忠东. 基于 CAN 总线的智能 I/O 站点设计[J]. 微计算机信息, 2005, 21(19): 1—2.
- [4] 商建锋, 杨旭东, 郭 嘉. 基于 CAN 总线的集散控制系统智能节点的设计[J]. 微计算机信息, 2006, 22(35): 23—24.
- [5] 陈晓侠, 陆 坦, 王立明. 基于 DSP 的 CAN 总线控制系统的设计[J]. 化工自动化及仪表, 2006, 33(6): 50—52.

Design of Rotary Screen Printing Machine System Based on CAN Field Bus

WAN Zhi—ping

(Zhejiang Industry Polytechnic College, Zhejiang Shaoxing, 312000, China)

Abstract: It discusses the can bus—based control system of rotary screen printing machine. This control core is PLC and uses SJA1000 to complete CAN bus control. The paper describes the design of the electric control system in rotary screen printing machine, CAN bus circuit and communication program. The test shows that the control system is stable and reliable.

Key words: CAN Bus; Rotary Screen Printing Machine; SJA1000

(上接第 46 页)

- [4] MESA International. MES Functionalities & MRP to MES Data Flow Possibilities[R]. Pittsburgh, USA; MESA International White Paper Number2, 1997.
- [5] MESA International. Controls Definition & MES to Controls Data Flow Possibilities[R]. Pittsburgh, USA; MESA International White Paper Number3, 1997.
- [6] MESA International. MES Software Evaluation Selection[R]. Pittsburgh, USA; MESA International White Paper Number4, 1997.
- [7] Ed Barkmeyer, Peter Nenno, Shan Feng, *et al.* NIST Response to MES Request for Information [R]. Gaithersburg, USA; NIST Response to RFI—3; MES Models, 1999.
- [8] ANSI/ISA—95.00.01—2000. Enterprise—Control System Integration—Part1: Models and Terminology[S].
- [9] ANSI/ISA—95.00.02—2001. Enterprise—Control System Integration—Part 2: Object Model Attributes[S].
- [10] ANSI/ISA—95.00.03—2005. Enterprise—Control System Integration—Part 3: Models of Manufacturing Operations[S].
- [11] 戴 勇, 曹江辉. MES. 让制造与计划相统一[J]. 中国计算机用户, 2003(27): 48—49.
- [12] 曹江辉, 王 宁. 制造执行系统现状与发展趋势[J]. 高技术通信, 2003(6): 100—105.
- [13] 于海斌, 朱云龙. 可集成的制造执行系统[J]. 计算机集成制造系统, 2000, 6(6): 1—6.
- [14] 王志新, 金寿松. 制造执行系统 MES 及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [15] Nagesh Sukhiand, Ward Nick. Intelligent second—generation MES solutions for 300mm fabs[J]. Solid State Technology, 2000, 43(6): 133—137.
- [16] 饶运清, 李培根, 李淑霞. 等. 制造执行系统的现状与发展趋势[J]. 机械科学与技术, 2002, 21(6): 1 011—1 016.

The Present State and Future of MES

PAN Mei—jun¹, RAO Yun—qing²

(1. Guangxi Institute of Technology, Guangxi Liuzhou, 545006, China)

(2. Huazhong University of Science and Technology, Hubei Wuhan, 430074, China)

Abstract: It summarizes the structure and technology of MES, analyzes our state and main problems about MES development and application, prospects the future of MES during the eleventh five—year plan of China.

Key words: MES (Manufacturing Execution System); Configurability; Trends

欢迎订阅

《中国制造业信息化》原《机械设计与制造工程》是中华人民共和国科学技术部主管、科学技术部高新技术研究发展中心和江苏省机械研究设计院主办、国内外公开发行的的大型科技刊物,是中国科技核心期刊,中国科技论文统计源期刊。

读者可直接向《中国制造业信息化》编辑部订阅。

地址:南京市长虹路 445 号《中国制造业信息化》编辑部

邮编:210012 电话:(025)52409751, 85982041 联系人:吴建红