

文章编号: 1673 5196(2006) 02 0050 05

制造执行系统(MES)的应用与发展

李文辉

(兰州理工大学 电气工程与信息工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 以制造执行系统(MES)的集成模型、外部环境模型、功能模型和 REPAC 模型为主线论述了其应用与发展历程, 阐述了 MES 在中国的研究、应用与发展现状, 认为 MES 是实现车间生产管理敏捷化的基本技术手段. 在此基础上, 从国外、国内和技术三个角度展望了 MES 的未来发展趋势, 指出了敏捷化、智能化和集成化是 MES 技术及系统的重要发展趋势, 为制造业制订 MES 实施的整体解决方案提供了参考.

关键词: 制造执行系统; 企业资源计划; 过程控制系统

中图分类号: TH166 **文献标识码:** A

The application and development of manufacturing execution system (MES)

LI Wen hui

(College of Electrical and Information Engineering, Lanzhou Univ. of Tech., Lanzhou 730050, China)

Abstract: Application and development course of MES was discussed in terms of the integrated model of MES, external environment model, function model and REPAC model. Current situation of MES with respect to its research, application, and development at home was expatiated, and MES is consequently considered as a basic technical approach to realize the agility of shop floor production and its management. Based on them, developmental trend of MES in the future was viewed internationally, domestically, and technically. It was pointed out that the agility, intelligence, and integration are the important trends of MES technology and system, putting forward a reference for a complete solution of MES execution on manufacturing enterprise.

Key words: manufacturing execution system; enterprise resource plan; process control system

当今制造业的生存三要素是: 信息技术(IT)、供应链管理(SCM)和成批制造技术. 使用信息技术就是由依赖人工的作业方式转变为作业的快速化、高效化, 大量减少人工介入, 降低生产经营成本; 供应链管理是从原材料供应到产品出厂的整个生产过程, 使物流资源的流通和配置最优化, 这和局部优化的区别就是全面最优化; 成批制造技术是在合适的时间, 适量产品的生产计划排产优化技术, 并随着生产制造技术的深化, 改善对设备的管理. 这里, MES 技术在企业信息化中扮演着最重要的角色.

为此, MES 的推广和应用已成为制造业信息化工程的重要工作之一, 研究 MES 的应用与发展将

会为制造业制订 MES 实施的整体解决方案提供必要的参考.

1 MES 的产生、发展及其模型

1) 单一功能的 MES 系统

20 世纪 70 年代后半期出现了单一功能的 MES 系统, 诸如设备状态监控系统、质量管理体系和包括生产进度跟踪、生产统计等功能的生产管理系统, 用于解决个别问题. 即在未实施整体解决方案或信息系统以前, 各企业引入的只是单功能的软件产品和个别系统. 当时, ERP 层(称为 MRP)和 DCS 层的工作也是分别进行的, 因此产生了两个问题: 一是横向系统之间的信息孤岛(island of information), 二是 MRP、MRP II 和 DCS 两层之间形成缺损坏或链接(missing ring or link).

2) T MES 原型

20 世纪 80 年代中期,为了解决上述两个问题,生产现场的信息系统开始发展,生产进度跟踪信息系统、质量信息系统、绩效信息系统、设备信息系统及其整合已形成共识.与此同时,原来底层的过程控制系统和上层的生产计划系统也得到了发展,产生了 MES 原型即传统的 MES (traditional MES, TMES),主要是 POP(生产现场管理, point of production)和 SFC(车间级控制系统, shop floor control).

3) 处于信息化中间层的 MES

20 世纪 90 年代初,工业界开始认识到需要一个可以将业务系统和控制系统集成在一起的中间层.制造执行系统(MES)从一开始就是一个特定集合的总称,用来表示一些特定功能的集合以及实现这些特定功能的产品.1992 年,美国的咨询调查公司 AMR(advanced manufacturing research)倡导制造业用三层模型(3rd layer model)^[1]表示信息化(见图 1),将位于计划层和控制层的中间位置的执行层叫做 MES,并说明了各层的功能和重要性.在中国,生产和制造两词有时混用或等同,实际上生产的范畴要比制造广. MES 处于企业信息系统 ERP/SCM 和过程控制系统 DCS/PLC 的中间位置. ERP 作为业务管理系统, DCS/PLC 作为控制系统,而 MES 则作为生产执行系统. MES 与上层 ERP 等业务系统和底层 DCS 等生产设备控制系统一起构成企业的神经系统,一是把业务计划的指令传达到生产现场,二是将生产现场的信息及时收集、上传和处理. MES 不单是面向生产现场的系统,而是作为上、下两个层次之间双方信息的传递系统,是连结现场层和经营层,改善生产经营效益的前沿系统. MES 不是一个特定行业的概念,而是应用于各种制造业

的重要信息系统.

由于 ERP 层和 DCS 层的 IT 应用起步较早,多已基本实现,因此需要通过 MES 层的功能实现对两者进行整合,并填充其间的空隙或狭缝.最初, MES 并没有一个非常明确的定义,它几乎涵盖了所有那些无法准确地分配给其他层的应用程序或产品.大多数这样的产品都是由一些定制的应用程序逐渐演化而来的,而这些应用程序基本上都是由系统集成商针对某类特定用户进行开发的,并且通常都是针对某个特定领域(如排产、实验室、质量、产品跟踪等)的.

4) IMES 和 MES II

20 世纪 90 年代, MES 发展为 IMES(integrated MES)和 MES II(manufacturing execution solutions).

1993 年, AMR 公司提出了 MES 的集成模型^[1](见图 2),这样 MES 作为整个工厂生产现场的集成系统出现,故又称为 Integrated MES(IMES).本模型包括 4 个主要功能,并由实时数据库支持.在这个模型指导下, MES 在 20 世纪 90 年代初期的重点是生产现场信息的整合.

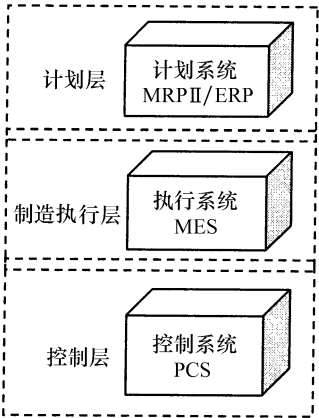


图 1 1992 年 AMR 提出的三层模型

Fig. 1 Three layered model presented by AMR in 1992

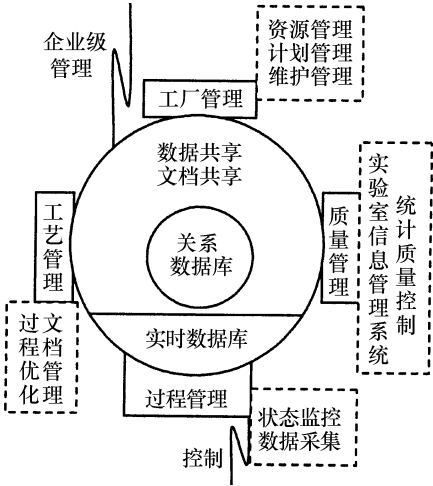


图 2 1993 年 AMR 提出的 MES 集成模型

Fig. 2 Integrated model of MES presented by AMR in 1993

1997 年,制造执行系统国际联盟组织 MESA (manufacturing execution system association international,)提出了如图 3 所示的 MES 外部环境模型^[2].从图 3 可以看出,企业资源计划(ERP)系统、供应链管理(SCM)系统、销售和服务管理(SSM)系统、生产工艺(P&PE)系统、过程控制(controls)系统以及制造执行系统(MES)是面向制造企业的 6 种主流信息系统. MES 与其他几种类型的信息系统都紧密相连,这使得它在企业的整体信息基础中处

于重要的地位. 从信息集成的角度来看, MES 在企业范围的 SCM、SSM、ERP 等系统与面向工厂底层设备的控制系统之间承上启下, 起着垂直信息集成的作用. 同时 MES 连接 SCM、SSM、ERP、P&PE 等系统, 起着横向信息集成的作用.

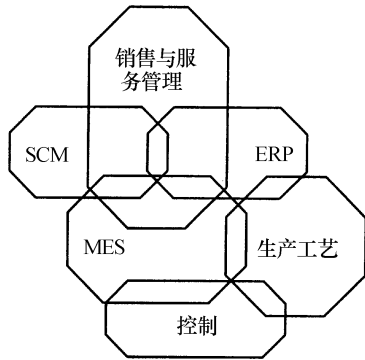


图 3 1997 年 MESA 提出的 MES 外部环境模型
Fig. 3 External environment model of MES presented by MESA in 1997

20 世纪 90 年代中期, 又提出了 MES 标准化和功能组件化、模块化的思路. 这时, 许多 MES 软件实现了组件化, 也方便了集成和整合, 这样用户可根据需要灵活快速地构建自己的 MES.

1997 年, MESA 提出了 MES 的功能模型^[3] (见图 4). 该模型代表的 11 个功能模块如同龟背一样配置. MESA 规定, 只具备 11 个之中的某一个或几个, 也属 MES 系列的单一功能产品.

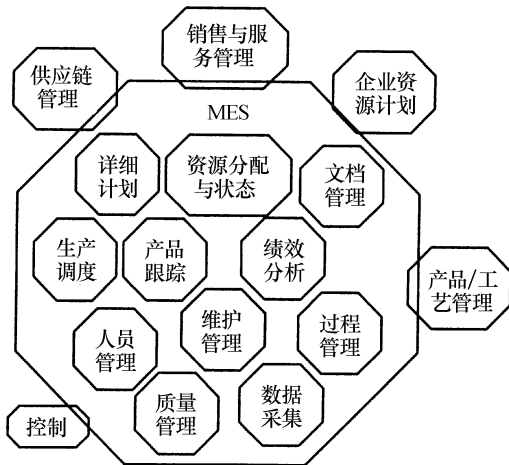


图 4 1997 年 MESA 提出的 MES 功能模型
Fig. 4 Function models of MES proposed by MESA in 1997

AMR 组织则又把按着 11 个功能实现的整体解决方案称为 MES II. 这一时期, 很多团体、政府机构、组织也参与了 MES 的标准化以及标准、模型的研究和建立活动. 涉及分布对象技术、集成技术、平台技术、互操作技术和即插即用等技术. 所有组织

和学者都倡导 MES 功能和接口的标准化, 以及集成(integration)、互操作性(inter operability)的重要性. 系统之间、功能模块之间提倡以 ORB(object request broker)作为 MES 信息访问接口协议, 实现 MES 功能组合的即插即用. 另外, 分部式对象技术标准 CORBA 和有关标准平台都是开发 MES 软件的基础, 但是由于开发成本高、系统性能差以及三层模型界限不明确等因素, 一直影响着 MES 功能的组件化.

1998 年, AMR 公司发表 REPAC(ready, execute, process, analyze, coordinate)模型^[4] (见图 5). 即包括准备、实行、处理、分析、调整 5 个阶段组成的过程周期. 该模型将计划、技术方案、调度、执行和控制等对应的 5 个信息系统集成连接. REPAC 模型不只是针对 MES 三层模型的中间层, 而是与相应系统一起连接在经营系统的闭环回路中.

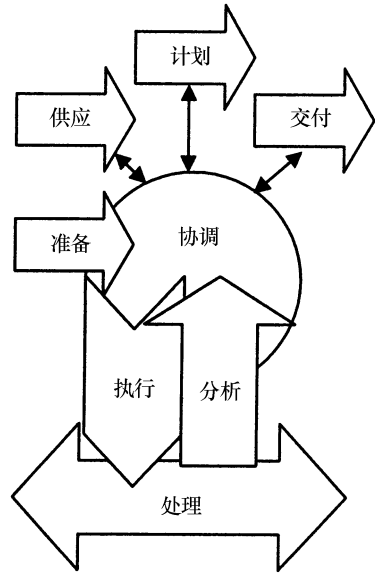


图 5 1998 年 AMR 提出的 REPAC 模型
Fig. 5 REPAC models proposed by AMR in 1998

1994 年 5 月 AMR 对 MES 的概念进行了如下表述: MES 是在公司的整个资源按其经营目标进行管理时, 为公司提供实现执行目标的执行手段, 通过实时数据库连接基本信息系统的理论数据和工厂的实际数据, 并提供业务计划系统与制造控制系统之间的通信功能. 因此, MES 不只是工厂的单一信息系统, 而是横向之间、纵向之间、系统之间集成的系统, 即所谓经营系统. 对于 SCP、ERP、CRM、数据仓库等近年被关注的各种企业信息系统, 只要包含工厂这个对象, 就离不开 MES. 总之, MES 可以概括为一个宗旨——制造怎样执行, 两个核心数据库——实时数据库、关系数据库, 两个通信接口——与控制层接口和与业务计划层接口, 4 个重点功能

——生产管理、工艺管理、过程管理和质量管理,以及11个基本功能(包括重点功能和辅助功能)。

近10年来,新兴的业务类型不断涌现,对技术革新产生了巨大的推动力。正是基于这一点,使人们对B2B以及供应链给予了极大的关注。尽管B2B和供应链属于业务层的解决方案,但如果想要充分地实现它们,还需要得到制造执行系统(MES)的强有力的支持。其结果是MES不能仅仅做成业务(business)和过程(process)之间的接口层,还需要建立大量可以完成公司关键业务的功能。这些功能无法彼此独立,也不能通过数据交换层简单地连接,而是必须依据业务(business)和生产(production)策略彼此协同。这在ISA-95委员会的文件中有非常明确的表述。不仅描述了MES过程,同时还通过各种功能,诸如资源管理和资源分配、调度、数据采集、质量保证管理、维护管理、绩效分析、排程、文件控制、工时管理及物料和生产跟踪等之间的交互作用来描述MES过程。

2 MES在中国的应用与发展现状

中国工业信息化在20世纪70~80年代以工厂自动化为主,80~90年代以管理信息化为主。进入21世纪初,仍然以提升工厂自动化水平,普及DCS、SCADA、PLC、FCS和提升管理信息化水平,由开发MIS转向推广普及ERP为主。在企业信息化中起承上启下作用的MES主要停留在MES思想、内涵及体系结构方面的研究上,应用系统开发一般局限于MES单一功能。“九五”期间,北京航空航天大学、东南大学、南京理工大学等单位在“国家863计划”资助下在MES理论与应用系统开发方面做了一定的工作,如夏敬华、陈杰等人^[5,6]提出面向敏捷制造的车间先进管理控制系统(AMCS),试图构建车间级的敏捷制造系统。张书亭、周华、杨建军等人^[7,8]从建立敏捷制造企业的车间生产管理系统出发,分析和论述了制造执行系统的功能和应用特点,提出使用先进的MES思想和软件辅助建立敏捷车间系统。他们还试图构建基于全能体概念的MES框架结构以解决MES的敏捷性,认为基于全能体的MES系统具有自治性、虚拟性、自组织性、自适应性、动态性、分布式和集中式控制相结合等特点。宋海生等人^[9]研究了网络联盟企业中基于Web的分布式生产单元MES软件体系结构,于海斌等人^[10]则对可集成的MES技术体系进行了探讨。但总的来说,国内多从软件建模和软件开发的角度研究MES,缺乏对MES信息本质及其运动规律的系统

深入研究。产品的自主研发才刚刚开始,尽管有少数国内IT公司一方面模仿国外的模式,同时也总结提炼中国工业企业MES层面的经验,但是仍以实验室产品居多,离商品化还有一段路程;在产品的应用方面,如冶金、石化、烟草、食品等行业已有应用,但仍属拓荒者或先行者。尽管如此,像和利时公司研发的流程行业生产管理系统HOLLiAS MES(manufacturing execution system)和浙大中控的ESP Suite企业综合自动化整体解决方案将会发展成为相对成型、成熟和有规模、有影响、有前途、有希望成大气候的国产MES产品。

和利时公司研发的流程行业生产管理系统HOLLiAS MES(manufacturing execution system)以企业级实时数据库和关系数据库为核心,提供实时信息系统、质量分析系统、设备维护管理系统、能源消耗管理系统、批量管理系统、生产成本核算系统、生产调度系统等功能。为企业生产管理人员进行过程监控与管理、保证生产正常运行,控制产品质量和生产成本提供了灵活有力的工具。HOLLiAS MES与DCS、PLC等控制设备具有丰富的通信接口,通过OPC Client模块与不同的控制系统进行数据交换。I/O Servers支持OPC、DDE等多种通讯接口协议,可连接到由和利时、横河、霍尼韦尔、西门子、罗克韦尔、ABB、费希尔、罗斯蒙特、日立、三菱、欧姆龙等工业自动化厂家生产的DCS、PLC、RTU等设备,并提供ODBC接口,可与ERP等企业经营管理系统集成,实现企业生产的管理控制一体化。HOLLiAS MES以生产过程信息为核心,为企业决策系统提供直接的支持,丰富的可灵活配置的功能模块可以满足不同行业的应用要求。尽管在商品化、产品化、标准化方面还有很多工作要做,但该软件可以堪称中国式的更贴近中国企业的实用的MES。

浙大中控的ESP Suite企业综合自动化整体解决方案是面向流程工业企业的综合自动化整体解决方案,包括企业资源规划(ERP)、生产执行系统(MES)和过程控制系统(PCS)三个层次的软件产品、工程与技术服务。ESP Suite企业综合自动化整体解决方案包括以综合信息集成软件平台(基于关系数据库)和实时监控软件平台(基于实时数据库)为核心的一系列应用软件。

庞大的ERP厂商和开发军团只有较少部分向MES的方向发展,其原因是:MES与工业控制紧密结合,其研发和实施需要很强的工业自动化基础和工业现场工程经验,这是一道比较高的技术门槛,将很多ERP类型的IT厂商拒之门外。但是,MES软

件开发商和 MES 的系统集成商正在受到来自两方面的压力, 即 ERP 软件开发商和系统集成商自上向下的渗透, 将其功能扩展到 MES, 以及 HMI 和 SCADA 软件开发商和系统集成商从下向上的冲击, 增加了 MES 的功能。另外, 实力雄厚的自动化系统供应商(如 siemens, rockwell automation)都在采取并购一些卓有成效的 MES 公司, 或开发 MES 软件包来抢占 MES 的市场。要推进 MES 的推广和普及, 还任重而道远。

随着行业和经济规模的发展, 以及 CIMS 的发展和车间自动化水平的不断提高, 对车间生产管理的集成化、智能化和敏捷化的需求, 将会促进相当部分的 IT 厂商与自动化厂商、制造型企业合并或紧密合作。在今后几年内, MES 厂商可能会如雨后春笋般涌现, 其技术和实施手段也必将日趋成熟, 极大地推进国内 MES 产品在我国深层次的应用。

3 结语

从国外的发展趋势看, 已经形成了一批 MES 软件产品和解决方案, 出现了一批以 MES 为核心产品的工业企业管理应用软件公司, 而且企业信息技术应用的焦点已经由 ERP 转向 MES, 然而 MES 的标准化仍有大量工作要做。

从国内的发展趋势看, CIMS、MES、ERP 等概念进入中国都较早, 但只以 DCS 为代表的底层自动化和以 ERP 为代表的管理系统普及速度较快, 因此, 中国工业企业的信息孤岛和缺损环链现象比国外更为突出, 对 MES 层的认识相对落后。但是, 确实有一些公司在加快开发中国式的 MES 产品或应用国外的 MES 产品, 而且势头较好, 同时, 在认识

观念上由关注 ERP 到关注 MES 的转变也已开始。

从技术角度看, MES 的功能正在向控制层和计划层渗透, 三层结构的分工可能更模糊。MES 功能中的计划排产与执行调度模块(APS)越发突出和推广普及, 它应是 MES 的核心。单一功能的 MES 产品正在向集成的 MES 和整体解决方案发展, 信息技术领域的分布对象技术(CORBA, DCOM 等)标准日臻成熟是 MES 发展和集成的基础, DCS 和 ERP 的普及和提高进一步推动了 MES 的发展和推广。

参考文献:

- [1] SWANTON B. MES five years later: prelude to phase [EB/OL]. <http://www.amrresearch.com>, 1990 06 11.
- [2] MESA International. MES Explained: a high level vision [EB/OL]. <http://www.mesa.org/html/resource.htm>, 1997 05 25.
- [3] 贾 峰, 杨建军. 制造执行系统模型研究 [J]. 新技术新工艺, 2004(11): 23 25.
- [4] AMR Consulting. Next generation plant systems: The key to competitive plant operation [EB/OL]. <http://www.amrconsulting.com/plantsystems.pdf>, 1998 05 25.
- [5] 陈 杰, 孙 宇, 张世琪等. 面向过程的制造执行系统的研究 [J]. 高技术通讯, 1999(12): 37 40.
- [6] 夏敬华, 陆宝春, 陈 杰等. 面向敏捷制造的 AMCS 研究 [J]. 高技术通讯, 1999(10): 4 5.
- [7] 张书亭, 杨建军, 邹学礼. 面向敏捷制造车间的制造执行系统研究 [J]. 新技术新工艺, 2000(12): 2 4.
- [8] 周 华, 杨建军, 邓家盛. 基于全能体的 MES 构建 [J]. 制造业自动化, 2001, 23(2): 13 16.
- [9] 宋海生, 王家海, 张 曙. 网络联盟企业中基于 Web 的制造执行系统 [J]. 制造业自动化, 2001, 23(2): 20 23.
- [10] 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): 4 6.