

THE PRINCIPLE &
PRACTICE TECHNOLOGY
OF
MANUFACTURING
EXECUTION SYSTEM

制造执行系统 (MES)

实现原理与技术

王爱民 著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

制造执行系统(MES) 实现原理与技术

王爱民 著

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

制造执行系统(MES)是制造信息化的重要组成部分,是沟通现场控制和经营管理的桥梁,其目的是构建支持全过程精益管理、全方位业务协调、全员参与协作的车间级协同制造平台。本书研究复杂多变生产环境下的快速响应制造过程协调、关联信息管理、计划排产与动态调度等技术,共分三个层次:一是MES发展背景、定义、框架以及快速响应制造执行模式与技术体系;二是制造执行过程协调、复杂信息关联管理、动态批次与物料协调、渐增式装配齐套控制、生产调度等核心关键技术;三是特殊的产品固定类制造执行系统技术扩展阐述,以及典型制造执行系统应用案例与未来发展。

本书可供高年级大学生、研究生、教学人员、科研人员、系统开发人员以及有关工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

制造执行系统(MES)实现原理与技术/王爱民著. —北京:北京理工大学出版社, 2014.3

ISBN 978-7-5640-8994-8

I. ①制… II. ①王… III. ①制造工业—工业企业管理—计算机管理系统 IV. ①F407.406

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第048449号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本/710毫米×1000毫米 1/16

印 张/17.75

字 数/287千字

版 次/2014年3月第1版 2014年3月第1次印刷

定 价/49.80元



责任编辑/申玉琴

文案编辑/施胜娟

责任校对/周瑞红

责任印制/王美丽

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

序

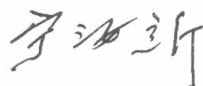
制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)是制造业信息化领域内面向车间层的管控系统,在生产制造系统中起着承上启下,提高企业运作效率和管理水平的作用。随着数字化制造技术的深入发展和国家工业化与信息化的深度融合,企业迫切需要高度精细化和智能化的制造执行系统来管理控制整个生产过程,以提高企业的快速响应能力和核心竞争力。

本书对 MES 实现原理与技术做了系统、翔实的讲解。作者结合自己近十年的科研工作积累与企业应用体会,从系统、关键技术和应用三个方面介绍和论述了制造执行的基本概念、技术体系、动态调度、过程协调、齐套控制等关键技术以及在离散制造业中成功应用的实例。

全书体现了面向多品种、变批量生产的特点,科学地将过程协调、信息管理、计划排产与动态调度等关键技术群系统化梳理,具有内容新、起点高、系统性强、融入快速、响应制造和精益生产理念的特点,并强调了理论与生产实际的结合及与中国国情的结合。

全书图文并茂,实用性强。在写作方式上,注重了技术分解与目前存在问题的深度阐述,通过典型问题的剖析与应用扩展使读者易于掌握核心技术,为当前 MES 在深入推进过程中所遇到的瓶颈和模糊问题提供了一种可参考的解决思路。尤其在计划排产与动态调度方面,区别于传统偏重于调度算法及其优化求解的写作思路,给出了一个系统性的解决框架,为读者后续深入开展相关研究以及推动以排产调度为核心的 MES 的深入应用奠定良好基础。

制造执行系统体现了全过程精益管理、全方位业务协调、全员参与协作的协同制造思想。目前这方面的专门书籍比较缺乏,该书的出版对于厘清概念、明晰思想、把握技术和推进应用,将起到积极的促进作用。期望本书的出版能使读者对制造执行系统有更为全面的了解,为推动信息化与工业化的深度融合和促进企业转型及发展做出贡献。



2014年1月

前言

在国家“工业化与信息化深度融合”战略的积极推动下,制造执行系统(MES)已经逐渐兴起,并成为制造业信息化领域的关键支撑技术之一。MES具有丰富的技术与业务内涵,在物流、信息流和控制流的过程与信息的复杂关联的驱动下,涉及制造执行过程协调、复杂信息关联管理、计划排产与动态调度等技术,同时由于不同生产类型所关注的侧重点不通过,导致MES业务和技术呈现出多样化的技术定制与侧重发展的特点。本着“突出重点、明晰思路”的指导思想,尤其是结合作者的科研经历以及自主思考总结,形成了本书的技术体系。

本书首先介绍了MES基本知识、快速响应制造执行模式与技术体系(第1章~第3章),力求为读者建立相对完整的MES总体架构;随后在制造过程协调及其关联信息管理技术(第4章~第5章)的基础上,结合所接触的企业在MES应用方面存在的典型困惑问题,延伸开展了动态批次与物料协调、渐增式装配齐套物料控制(第6章~第7章)两个方面技术的研究;在作为MES核心的计划排产与动态调度(第8章~第9章)关键技术方面,结合当前制造企业普遍存在的混线生产问题,力求明晰生产调度的总体技术思路,为后续的研究奠定框架性基础,鉴于调度文献和书籍较多,本书并未过多注重调度算法方面的论述;针对具有产品固定性生产特点的船舶曲面分段建造执行系统(第10章)进行了扩展研究,利于读者明确不同生产类型MES技术的差别;最后结合典型业务需求进行了应用案例展示,以增加读者的直观感受,并对未来的理论、应用和开发集成方面的发展(第11章)进行了简要描述。

鉴于当前有关MES的书籍相对比较缺乏,以及与当前快速发展制造业信息化的重要性和紧迫性严重不相称的现状,本书写作的初衷是为广大读者服务,以便更好地在我国传播和普及MES技术,厘清MES关注重点并提出可供参考的技术实现思路,为国内高校高年级学生、软件开发与实施人员、企业工程技术人员等提供一本MES研究和应用的务实参考书。

感谢北京理工大学数字化制造研究所宁汝新、唐承统两位教授的支持和关怀,刘检华、张旭、刘少丽等教师与作者进行的有益讨论,以及国家自然科学基金的资助。同时,感谢作者所指导的丁雷、李京生、卢治兵、李周瑜、周健等博士、硕士研究生在技术章节内容的丰富和完善、应用案例的编写,以及文字校对等方面工作给予的支持。感谢北京理工大学出版社赵岩编辑、莫莉编辑为本书的出版所付出的辛勤劳动。

由于作者水平和专业知识所限,书中不可避免地存在缺点与错误,一些观点或方法可能有失偏颇,希望广大读者和各方面专家多多批评指正。

王爱民

2014年1月

目 录

第 1 章 引 言	1
1.1 MES 定位	1
1.2 MES 发展背景	3
1.3 MES 定义与框架	4
1.4 MES 行业应用	8
1.5 研究对象与意义	10
1.5.1 研究对象	10
1.5.2 研究意义	11
第 2 章 快速响应制造执行模式	13
2.1 MES 基础概念	13
2.2 多品种变批量生产模式分析	15
2.2.1 多品种变批量生产模式来源	15
2.2.2 多品种变批量生产模式的内涵	16
2.2.3 多品种变批量生产模式的特点	17
2.2.4 多品种变批量生产模式的动态性分析	18
2.3 快速响应制造执行模式内涵与定义	19
2.4 快速响应制造执行模式实现策略	20
第 3 章 MES 技术体系	23
3.1 现有问题分析	23
3.2 目标、特征与定义	27
3.3 业务流程与技术框架设计	28
3.3.1 业务流程设计	28
3.3.2 技术框架设计	31
3.4 硬件支撑环境	33
3.4.1 分布式数控系统	34
3.4.2 底层状态监控与执行信息采集系统	34
3.4.3 自动物料输送与存储设备	36

3.4.4	数字化检测设备	36
第4章	快速响应制造执行过程协调技术	39
4.1	问题与目标分析	39
4.2	基于工作流的制造执行过程协调	41
4.2.1	复杂关联生产及生产流程协同	42
4.2.2	基于工作流的多角色业务协同技术	44
4.2.3	workflow设计技术	50
4.3	业务过程协调模型快速定制技术	53
4.3.1	业务过程协调模型快速定制技术思路	53
4.3.2	颗粒式的业务权限管理技术	55
4.3.3	基于数据隔离的业务逻辑建模	56
第5章	快速响应制造执行过程信息管理技术	59
5.1	复杂制造执行信息关联管理内涵	59
5.1.1	复杂制造执行过程数据的特点	59
5.1.2	复杂制造执行过程数据关联管理的目标	61
5.2	复杂制造执行信息的关联组织建模	62
5.2.1	面向关联的分类数据单元模型	62
5.2.2	复杂制造执行过程数据关联约束模型	64
5.3	复杂制造执行信息的快速响应处理技术	66
5.3.1	数据驱动因素分类	66
5.3.2	过程驱动的数据响应处理原则	70
5.3.3	分类模块化数据响应处理技术	71
5.4	异构复杂制造执行信息采集技术	73
5.4.1	复杂制造执行过程数据采集问题分析	73
5.4.2	过程驱动的柔性表单数据采集技术	74
5.4.3	图像/视频数据采集技术	81
第6章	复杂制造执行中的动态批次与物料协调技术	85
6.1	问题分析	85
6.2	动态批次与物料协调技术思路	86
6.3	整体与执行过程相协调的订单批次关联和状态控制技术	88
6.3.1	订单批次动态生产数量管理技术	88
6.3.2	动态订单批次关联管理技术	89
6.3.3	动态订单批次状态协调技术	90
6.4	流水与离散混合生产下的物料周转控制技术	94

6.4.1	流水与离散混合生产模式下的物料周转分析	95
6.4.2	混合生产模式下的物料周转控制技术	96
6.5	复杂订单批次与物料周转的数据协调与状态控制技术	100
6.5.1	订单批次—物料周转的数据关联技术	100
6.5.2	订单批次—物料周转的状态协调技术	101
第7章	复杂产品制造执行过程中的装配物料齐套技术	103
7.1	问题分析	104
7.2	渐增式装配物料齐套控制技术思路	105
7.3	基于装配结构工艺的整体与过程齐套关联控制技术	107
7.3.1	订单任务数据的齐套资源关联技术	107
7.3.2	面向过程的物料齐套状态协调技术	110
7.3.3	齐套状态协调过程中的物料申请数量管理	114
7.4	面向过程的物料齐套状态协调技术	116
7.4.1	基于生产计划的主动式齐套审批优先级评价	116
7.4.2	扁平式库存管理与齐套的配套管理	119
7.5	生产计划驱动的物料状态协调控制技术	120
7.5.1	基于二维码的装配物料周转控制流程	120
7.5.2	装配计划驱动的齐套物料托盘准备技术	123
7.5.3	基于条码的车间物流追溯与统计	124
第8章	面向多品种变批量混线生产的车间生产调度技术	127
8.1	混线生产概念及其运行特点	128
8.2	面向快速响应制造执行的生产调度基础理论	129
8.2.1	排产与调度的概念分析	129
8.2.2	生产调度的内涵分析	130
8.2.3	当前典型生产调度问题	131
8.2.4	生产调度问题解决思路	133
8.2.5	生产调度问题处理策略	134
8.2.6	生产调度理论基本特征	136
8.3	面向快速响应制造执行的生产调度技术思路	138
8.3.1	生产调度技术框架	138
8.3.2	多品种变批量混线生产作业调度	139
8.3.3	快速响应动态调度	140
8.4	混线生产车间作业调度分析	141
8.4.1	混线生产作业调度问题分析	141

8.4.2	离散制造环境下的流水生产方式	141
8.4.3	面向混线生产的资源优化配置方法	143
8.4.4	混线生产作业调度约束问题分析	144
8.5	混线生产作业调度约束建模	145
8.5.1	统一数学参数说明	145
8.5.2	混线生产作业调度统一约束建模	148
8.5.3	混线生产作业调度约束关联机制	150
8.6	连续性生产保证机制	152
8.6.1	压件生产策略	152
8.6.2	基于资源组的能力分配算法	155
8.6.3	动态优先级机制	157
8.7	混线生产车间作业调度算法	158
8.7.1	混线生产作业调度流程	158
8.7.2	人机交互调度算法	158
8.7.3	自动调度算法	161
8.7.4	动态逻辑制造单元调整算法	164
8.7.5	作业计划完成时间算法	165
第9章	生产扰动驱动的快速响应动态调度技术	169
9.1	动态调度的驱动因素分析	170
9.1.1	计划任务层生产扰动	170
9.1.2	生产工艺层生产扰动	172
9.1.3	物料资源层生产扰动	172
9.1.4	生产执行层生产扰动	173
9.2	生产扰动事件的动态调度处理技术思路	173
9.2.1	车间作业动态调度的基本处理过程	173
9.2.2	生产扰动事件驱动的调度调整目标	175
9.2.3	动态调度约束数学模型	176
9.2.4	动态调度总体处理思路	176
9.3	生产扰动事件驱动的自动动态调度技术	178
9.3.1	计划任务层生产扰动处理流程	178
9.3.2	生产工艺层生产扰动处理流程	178
9.3.3	物料资源层生产扰动处理流程	180
9.3.4	生产执行层生产扰动处理流程	180
9.3.5	分类模块化组合的处理思路	181

9.4	基于人机交互调整的动态调度技术	182
9.4.1	人机交互作业计划调整过程	183
9.4.2	图形化调度工序块的离散化处理技术	183
9.4.3	手工调度操作的标准化处理技术	184
9.5	分类模块化的动态调度实现算法	187
9.5.1	受影响工序分析与处理机制	187
9.5.2	车间作业动态调整算法	189
第 10 章	船舶曲面分段建造执行系统技术	197
10.1	船舶曲面分段建造过程分析	197
10.2	虚拟流水生产机制	199
10.3	船舶曲面分段建造执行过程监控技术	202
10.3.1	问题分析	203
10.3.2	技术思路	204
10.3.3	矢量化平面投影建模技术	204
10.3.4	人机交互的场地布局技术	211
10.3.5	计划资源需求驱动的执行数据包采集技术	221
10.4	船舶曲面分段建造日程计划平衡制订技术	222
10.4.1	问题、约束与处理策略	222
10.4.2	技术思路	225
10.4.3	场地布局空间调度技术	227
10.4.4	面向虚拟流水的人员调度技术	234
10.4.5	场地与人力资源平衡调度技术	239
第 11 章	典型 MES 应用案例与未来的发展	241
11.1	离散加工生产类 MES 应用	241
11.1.1	复杂订单批次关联管理	242
11.1.2	基于柔性表单的执行数据采集	245
11.1.3	图像/视频数据采集	248
11.1.4	混线生产作业调度	250
11.1.5	快速响应动态调度	251
11.2	复杂装配生产类 MES 应用	254
11.2.1	面向复杂产品的渐增齐套	254
11.2.2	状态协调的齐套业务流程	255
11.2.3	托盘组合配送与现场扫描确认	256
11.3	船舶曲面分段类 MES 应用	258

11.3.1	分段投影矢量建模	258
11.3.2	分段布局场地间变更	258
11.3.3	分段布局日程间变更	260
11.3.4	分段布局人机交互调整	262
11.3.5	分段—任务包—派工单执行监控看板	264
11.3.6	分段建造资源的数据统计	264
11.4	未来的发展	266
11.4.1	理论研究	266
11.4.2	应用研究	267
11.4.3	系统开发与集成	268
参考文献		269

第 1 章

引 言

制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)是面向车间级生产管控的支撑平台,是企业 CIMS 集成框架的关键组成环节,是实施企业敏捷制造战略和实现车间生产敏捷化的基本技术手段。

2013 年 8 月 14 日,国务院发布了《国务院关于促进信息消费扩大内需的若干意见》,其中明确指出“面向企业信息化需求,突破核心业务信息系统、大型应用系统等的关键技术,开发基于开放标准的嵌入式软件和应用软件,加快产品生命周期管理(PLM)、制造执行管理系统(MES)等工业软件产业化,加强工业控制系统软件开发和安全应用,加快推进企业信息化,提升综合集成应用和业务协同创新水平,促进制造业服务化。大力支持软件应用商店、软件即服务(SaaS)等服务模式创新”。其中重点指出 MES 作为制造车间数字化信息化管理平台,是落实工业化与信息化深度融合战略的关键支撑工具。

1.1 MES 定位

随着 CAD、CAE、CAPP、CAM 等单点工具性软件系统取得良好的深入应用效果,企业认识到了数字化技术对于提升生产效率乃至核心能力的重要作用。在以信息化技术为代表的第三次工业革命的影响下,企业也发展了多样化的面向管理的信息化系统,包括客户关系管理(CRM)、企业资源计划(ERP)、产品全生命周期管理(PLM)、供应链管理(SCM)、办公自动化

(OA)等在内的系统在企业中得到了不同程度的推广和应用,给企业带来了一定的经济效益和管理效益。但当企业的管理者想要通过进一步推进信息化进程来提高自身的管理水平和管理深度时,往往会遇到一个共性的问题:缺少底层的支持,不仅体现为上层的经营计划流程难以向现场延伸,也体现为现场的执行数据难以向上游传递,尤其在日益成熟的ERP系统和日益先进的底层硬件设备之间出现了断层。目前,企业一般通过手工、纸质报表的形式实现上下游的沟通,但整体而言,面向车间的生产管理仍然处于黑箱操作状态。虽然有些企业采用了一些功能简单的处理系统,如订单执行跟踪、质量管理、材料定额管理等,但由于集成性差,加上数据采集方式不一致,因而使得企业的基础信息不完整、不准确,进而使企业在成本分析、投入产出分析、生产过程监控等方面无的放矢,无法做到精细化管理,降低成本落不到实处,管理效益无形中打了折扣,影响了企业竞争力。造成这些问题的主要原因是企业信息化架构不完整,缺少制造执行系统(MES)这一重要环节。

一般而言,随着产品研发进程的进行,信息与流程处于逐步增大、细化和关联的动态变化中,车间作为企业进行产品制造的最终环节,也是设计、工艺、管理等信息的综合接收环节,其生产管理受制于上游环节的影响,具有显著的复杂和动态特点,是制造业信息化的难点和重点,也是制约当前工业化与信息化深度融合战略进一步深入推进的瓶颈。

生产现场作为制造企业的物化中心,它不仅是制造计划的具体执行者,也是制造信息的反馈者,更是大量制造实时信息的集散地,因此生产现场的资源管理、物流控制、业务协调和信息集成是企业生产系统中的重要一环,生产现场的管理与控制系统的敏捷性在一定程度上决定着整个企业的敏捷性,是快速响应制造执行的核心驱动需求。MES为操作人员/管理人员提供计划的执行和跟踪,主要负责生产管理和调度执行。MES通过控制包括物料、设备、人员、流程指令和设施在内的所有工厂资源来提高制造竞争力,提供了一种系统地在统一平台上集成诸如质量控制、文档管理、生产调度等功能的运行方式。制造执行系统作为沟通ERP和车间自动化设备的桥梁,其核心是实现有序、协调、可控和高效的制造执行效果。

目前在多数企业中,生产计划与生产现场之间的信息传递,是依赖“手工作业”而完成的,即人工将生产现场的信息输入到上层系统中。因此,在计划层和生产现场的过程控制层之间,存在一个信息流通上的断层。这就使得许多管理效益无形中打了折扣。一个企业的良性运营是使“计划”与“生产”密切配合,在最短的时间内掌握生产现场的变化,是保证计划合理而快速修正的关键。为此,企业的计划层与生产控制层之间需要“直通车”,使

计划与生产现场可以实时互动,也就是要消除计划和执行之间的断层。制造执行系统作为信息断层的沟通者和信息孤岛的连通者应运而生。

1.2 MES 发展背景

日趋激烈的市场竞争、客户对产品呈现爆炸性的多样化要求,导致产品的生命周期逐渐缩短,产品的结构也日益复杂,这使得传统的以企业为主导、客户被动接受产品的状态逐步转变为以满足客户需求为驱动的大规模定制形式。面对大规模的个性化客户需求,传统的大批、大量生产模式已经不能适应市场的激烈竞争,企业必须实现从少品种、大批量到多品种、变批量、研产并重、混线生产模式的转变,通过提高对客户需求的反应速度以获得竞争优势和市场先机,从而衍生出了快速响应制造的要求。

为了满足多样化的客户定制需求,在产品规划方面,企业必须重视新产品的研制,以丰富产品型谱选择空间;在生产组织方面,要求研制性产品和批产性产品共同基于有限的制造资源进行混合生产,直接表现为复杂性和动态性的显著提升:第一,产品的种类、数量和交货期具有受日趋频繁订货行为的牵引而变动的特点。第二,研制性产品一般采用单件或者小批量生产组织形式,批产性产品体现为中大批量生产组织形式,在此现状下制造执行具有复杂的过程关联与协调内涵。第三,研制性产品具有工艺变化频繁、工时不准确、计划组织随意性大的特点,对批产性产品的生产组织及运行的稳定性带来较大的冲击。第四,对于制造企业而言,制造执行过程具有多方面的扰动,如对于作为调度核心的工时数据,存在来自设备状态、加工操作方法等技术方面的不确定性,以及来自管理上以定额工时作为核算指标导致的人为障碍,都使得无法获得确定性的加工工时基础数据,同时,不管是民品生产企业还是军品生产企业,在当前激烈的市场竞争下,都普遍存在紧急订单插入、订单分批执行等现象,这些生产突发事件或因素都会对生产计划的执行产生冲击。第五,我国企业的信息化基础环境建设尚属薄弱,据统计,ERP 实施的成功率不到 30%,对于大部分实施 ERP 的企业而言,大多还停留在基础物料与库存管理层面;在生产管理方面,完整实施 MES 的企业尚不多见,但在资源、工时、质量等单项领域方面则具有一定的基础,这些都对计划的稳定性和执行状态的全面把握带来一定的影响。因此,制造执行处于复杂和动态的生产环境中,存在工时等基础数据不准确、订单任务等不确定、执行状态反馈不完备等问题,如何实现快速响应制造执行,实现制造

执行过程的协调、制造执行信息的管理、作业调度的控制就构成了快速响应制造执行需要解决的核心问题。

制造执行过程的控制与协调是落实快速响应制造的核心支撑技术之一,其目标是在动态变化的市场和制造环境中,通过对业务流、作业流和信息流的协调控制保证制造执行的高效运行,作为中间平台,实现对上游以ERP为基础的生产计划和下游底层设备控制的贯通协调。以MES为代表的技术及其系统就是为了满足这种需求而提出的,目前已经得到了学术界和工业界的广泛关注、研究与应用。MES技术具有丰富的内涵,包括资源管理、生产调度、单元分配、生产跟踪、性能分析、文档管理、人力资源管理、设备维护管理、过程管理、质量管理和现场数据采集等。与国外MES强调对先进的底层硬件设备执行过程自动化控制相比,我国囿于基础硬件条件限制,MES技术的研究更加强调柔性生产管理,更多的是面向人而非面向自动化设备实现制造执行过程的管控。需要指出的是,对于MES而言,生产调度在制造执行中处于中枢控制的地位,对作业的核心安排不仅体现了资源的优化配置,而且体现了以作业流为核心牵引信息流和业务流的协调思路,是实现有序、协调、可控和高效制造执行的关键使能技术。

随着MRP、ERP等工具和管理理念在我国的逐步推广和深入,我国制造企业的信息化意识逐渐加强。随着企业信息化建设的不断深入,ERP、SCM、CRM、EIP、PDM等林林总总的信息化管理软件,逐渐为众多的管理者所接受,并开始广泛应用于企业管理中,企业也因此取得了一定的管理效益。但上述管理系统主要是对企业的管理数据进行处理和运算,主要应用在计划、预测、分析等方面,但对作为生产现场这一企业主体行为的研究则起步较晚,这也导致目前我国ERP整体的应用效果并不理想,而作为现场管控层的MES技术及应用的缺乏是直接原因之一。

1.3 MES定义与框架

MES的概念是美国先进制造研究会(Advanced Manufacturing Research, AMR)于1990年11月首次正式提出,旨在加强MRP计划的执行功能,把MRP计划通过执行系统同车间作业现场控制系统联系起来。这里的现场控制包括PLC程控器、数据采集器、条形码、各种计量及检测仪器、机械手等。MES系统设置了必要的接口,与提供生产现场控制设施的厂商建立合作关系。AMR将MES定义为“位于上层的计划管理系统与底层的工业

控制之间的面向车间层的管理信息系统”，它为操作人员/管理人员提供计划的执行、跟踪以及所有资源(人、设备、物料、客户需求等)的当前状态。

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——制造执行系统协会(Manufacturing Execution System Association, MESA),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。MESA给出的MES定义为:MES能通过信息传递对从订单下达到产品完成的整个生产过程进行优化管理。当工厂发生实时事件时,MES能对此及时做出反应并报告,并用当前的准确数据对它们进行指导和处理。这种对状态变化的迅速响应使MES能够减少企业内部没有附加值的活动,有效地指导工厂的生产运作过程,从而使其既能提高工厂的及时交货能力,改善物料的流通性能,又能提高生产回报率。MES还通过双向的直接通信在企业内部和整个产品供应链中提供有关产品行为的关键任务信息。MESA在MES定义中强调了以下三点:①MES是对整个车间制造过程的优化,而不是单一地解决某个生产瓶颈;②MES必须提供实时收集生产过程中数据的功能,并做出相应的分析和处理;③MES需要与计划层和控制层进行信息交互,通过企业的连续信息流来实现企业信息全集成。

MESA提出了MES的功能组件和集成模型,并定义了11个功能模块,包括:资源管理、工序调度、单元管理、生产跟踪、性能分析、文档管理、人力资源管理、设备维护管理、过程管理、质量管理和现场数据采集,MES功能模块间的关系以及功能模块在企业中的位置如图1.1所示,从图1.1中可以看出作业调度处于核心地位,对信息传递、业务协调具有直接的牵引作用。

1997年,国际仪表学会(ISA)启动了编制ISA-SP95企业控制系统集成标准的工作,ISA-SP95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;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做了详细规定和解释。SP95.01和SP95.02已经被IEG、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,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,定义了支持第二部分中制造运作管理活动的相关对象模型及其属性;之后发布的SP95.05详细说明了B2M(Business To Manufacturing)事务;SP95.06详细说明了制造运作管理的事务。MES的标准化进程是推动MES发展的强大动力,国际上MES