

制造执行系统(MES) 基本原理与应用

杨欣斌 著

中国石油大学出版社

前言 Preface

随着信息技术的应用与发展,市场环境发生了根本性的变化。顾客驱动已经成为市场的主要特征,市场竞争的要素涉及供货时间、质量、价格、服务和环境。而信息技术的广泛应用,使得以顾客订货和市场需求为轴心的生产活动已可以不受时间和空间的约束,竞争的科技含量大大提高。面对激烈的竞争,企业界的主要策略是采用先进制造技术。例如,许多企业实施了以企业财务经营为主的企业资源计划系统(ERP)、以产品设计管理为主的产品数据管理系统(PDM)或以服务于生产过程监控为主的监控和数据采集系统(SCADA)等。这些系统对于强化企业财务、产品或设备的局部管理具有积极意义。但是,存在的问题使这些系统至今不能将企业经营管理与制造单元过程控制系统(PCS)有效地连接起来,导致 ERP 不能及时获得 PCS 提供的准确数据,同时,PCS 也常常因不能及时得到 ERP 指令来调整工作状态,从而严重影响了企业生产和信息化建设进程。

现代制造业涉及的关键技术分为工程技术数字化(DET)和工程管理数字化(DEM)两部分。企业生产过程管理与过程控制功能相互渗透,新一代企业综合自动化系统体系结合已发生本质的变化,即由原来的五层(工厂层、车间层、单元层、工作站层、设备层)变为现在的三层结构,即 ERP、MES 和 PCS。近年来,企业逐渐认识到将 ERP 与 PCS 统一起来的重要性,并认为 MES 是解决这一问题的有效途径,即通过 MES 来实现企业信息的继承,形成实时化的 ERP—MES—PCS 三层系统,构建企业综合自动化解决方案,最终提高企

业整体管理水平。

ERP 主要包括 SCM、MES、CRM 和财务管理、人力资源管理、产品数据管理等信息子系统。MES 承担企业生产信息收集、生产、传递和管理的职能,它包括生产计划调度、产出统计监控和 PCS 等更小的信息子系统。由于 MES 的发展起步较晚,ERP 系统不能实时监控设备状态和生产结果,无法进行有效计划调度和及时恢复客户提问,同时操作人员也得不到上层的正确指令,从而导致 ERP 管理的失败。因此,开发和实施 MES 是企业经营决策、生产管理和设备监控及企业自动化发展的需要。

本书从系统的观点出发,系统阐述了 MES 的理念、方法与发展,对 MES 涉及的关键技术进行了详细介绍,另外还收集了国内外 MES 研究与应用的最新成果,并介绍了国内外 MES 产品结构体系和典型企业 MES 实施应用解决方案。

作者

2007 年 7 月



Contents

第 1 章 绪论	(1)
1.1 生产系统概述	(1)
1.1.1 生产系统的定义	(1)
1.1.2 生产类型	(3)
1.1.3 生产管理的定义	(7)
1.1.4 生产管理的作用和意义	(8)
1.1.5 生产管理学的特征	(9)
1.2 企业综合自动化技术	(12)
1.2.1 企业综合自动化系统三层结构	(12)
1.2.2 企业综合自动化系统功能特点	(14)
1.3 企业过程管理与控制系统构成	(17)
1.3.1 企业管理技术	(17)
1.3.2 企业管理模式与方法	(18)
1.3.3 企业决策支持系统	(24)
1.3.4 大规模定制生产方式	(25)
1.3.5 流程工业综合自动化技术	(27)
1.4 企业综合自动化平台技术	(32)
1.4.1 企业资源计划(ERP)	(32)
1.4.2 PCS	(34)
1.4.3 MES	(36)
1.4.4 ERP/MES/PCS 信息化模型	(37)
1.4.5 ERP/MES/PCS 信息集成平台技术	(39)

第 2 章 制造执行系统的基本原理	(48)
2.1 MES 的定义与形成过程	(48)
2.1.1 MES 的定义	(48)
2.1.2 MES 的发展历程	(49)
2.1.3 MES 应用与产生的经济效益	(51)
2.2 MES 的体系结构	(55)
2.2.1 MES 的体系结构	(55)
2.2.2 MES 核心功能模块	(58)
2.2.3 MES 辅助功能模块	(58)
2.2.4 MES 产品功能	(58)
2.3 MES 的构成与功能	(59)
2.3.1 MES 的基本职能与特点	(59)
2.3.2 MES 各模块的功能	(62)
2.4 MES 和 SCM 等其他系统的关系模型	(64)
2.4.1 生产组织与制造执行系统构成	(64)
2.4.2 MES 与其他系统的关系模型	(65)
2.5 MES 面临的挑战	(68)
2.5.1 MES 面临的挑战和发展趋势	(68)
2.5.2 MES 涉及的关键技术	(72)
2.5.3 MES 开发技术	(73)
2.6 MES 的最新进展	(74)
2.6.1 传统的 MES(T-MES)	(74)
2.6.2 可集成制造执行系统(I-MES)	(76)
2.6.3 面向敏捷制造的 MES 系统	(86)
2.6.4 基于多 Agent 的可集成制造执行系统的应用开发	(100)
2.6.5 制造信息系统的体系结构	(107)

第 3 章 MES 的技术标准与规范	(110)
3.1 软件工程和软件质量标准	(110)
3.1.1 概述	(110)
3.1.2 软件工程标准	(112)
3.1.3 软件质量及分层模型	(113)
3.1.4 ISO/IEC 质量标准	(114)
3.1.5 我国软件工程和质量标准	(115)
3.2 MES 的技术标准	(116)
3.2.1 概述	(116)
3.2.2 ISA-SP95 企业与控制系统集成标准	(119)
3.2.3 系统集成的结构模型与数据流模型	(123)
3.2.4 信息对象模型及属性	(126)
3.2.5 SP95 的应用	(130)
3.3 MES 组件技术规范	(132)
3.3.1 组件技术与规范	(132)
3.3.2 CORBA 规范的体系结构	(134)
3.3.3 COM+ 组件技术	(140)
3.3.4 EJB 组件技术	(142)
3.3.5 基于 CORBA 的应用系统实现	(147)
第 4 章 MES 关键技术研究	(153)
4.1 操作系统	(153)
4.1.1 Windows 操作系统	(154)
4.1.2 Unix 操作系统	(157)
4.1.3 Linux 操作系统	(158)
4.1.4 NetWare 操作系统	(159)
4.2 数据库技术	(160)
4.2.1 第一代数据库系统	(161)
4.2.2 第二代数据库系统	(162)

4.2.3	第三代数据库系统	(163)
4.3	实时数据库技术	(166)
4.3.1	实时数据库技术的产生与发展	(167)
4.3.2	RTDBMS 的体系结构	(168)
4.3.3	实现 RTDBMS 的关键技术	(169)
4.3.4	实时数据库的选型	(171)
4.3.5	实时数据库通信技术	(172)
4.3.6	几种通信编程语言	(179)
4.4	ODS(Operational Data Store)技术	(184)
4.4.1	数据仓库与 ODS 技术	(184)
4.4.2	ODS 功能	(186)
4.4.3	ODS 的设计	(187)
4.4.4	技术关键	(188)
4.4.5	数据汇总	(189)
4.5	MES 功能模型研究	(190)
4.5.1	计划车间生产任务和资源	(190)
4.5.2	派工	(193)
4.5.3	监控车间生产任务和资源	(193)
4.5.4	管理车间数据和文档	(196)
4.6	CRBR 混合智能生产调度系统	(199)
4.6.1	CRBR 混合智能优化模型结构	(199)
4.6.2	应用实例	(202)
4.6.3	实验验证	(203)
4.7	开放型智能生产调度系统设计方法	(205)
4.7.1	系统设计的构造与组织	(205)
4.7.2	实例分析	(208)
第 5 章	制造执行系统的实施策略	(212)
5.1	制造执行系统需求分析	(212)

5.1.1	从企业制造执行能力角度确定需求	(212)
5.1.2	从市场竞争和价值链角度确定 MES 功能 ..	(214)
5.2	MES 实施阶段	(217)
5.2.1	MES 发展阶段	(217)
5.2.2	MES 实施阶段	(218)
5.2.3	MES 软件生命周期	(219)
5.3	MES 项目实施原则和方式	(220)
5.4	MES 发挥效益的外部环境	(222)
第 6 章	国内外典型的 MES 产品介绍	(224)
6.1	Honeywell MES 解决方案	(224)
6.2	Proficy 解决方案	(225)
6.3	Wonderware 的 FactorySuite 2000 解决方案	(235)
6.4	ASPEN Tech MES 解决方案	(260)
6.5	EMERSON 的 MES 解决方案	(260)
6.6	国内的 MES 现状	(261)
6.6.1	和利时公司的 HOLLIAS-MES	(262)
6.6.2	浙大中控的 ESP-Suite	(263)
第 7 章	制造执行系统 MES 应用案例	(265)
7.1	冶金制造执行系统简介	(265)
7.2	AriMES 主要功能	(266)
7.2.1	计划调度	(266)
7.2.2	质量管理	(268)
7.2.3	生产成本管理	(270)
7.2.4	设备管理	(272)
7.2.5	能源管理	(272)
7.2.6	库存管理	(273)
7.2.7	绩效考核	(273)
7.2.8	信息门户	(274)

7.3 技术特点	(276)
7.4 应用案例	(277)
7.4.1 系统功能	(278)
7.4.2 系统运行环境	(282)
7.4.3 系统接口	(283)
7.4.4 主要效益	(283)
参考文献	(285)

第 1 章 | 绪 论

1.1 生产系统概述

1.1.1 生产系统的定义

系统是由两个或两个以上相互关联而又相互制约的要素组成的、具有特定功能的有机集合体。生产系统是指与实现规定的生产目标有关的生产单位的集合体，是一个人造的、开放的、动态的系统。

国际生产工程学会将生产系统定义为：生产系统是生产产品的制造企业的一种组织体，它具有销售、设计、加工、交货等综合功能，并有对其提供服务的研究开发功能。根据以上定义，新的生产系统由 6 个部分组成：供应商、用户、输入、变换、产出和管理，如图 1.1 所示。

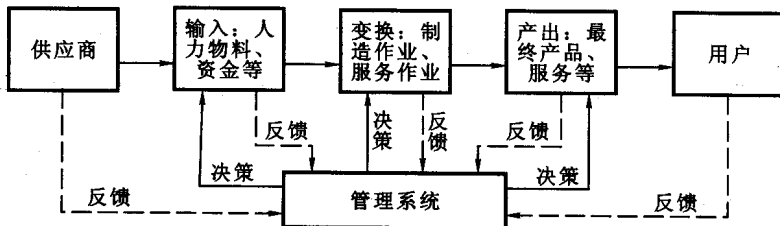


图 1.1 生产系统

1. 输入——资源要素

(1) 人力。人力是具有一定智力和体力的劳动者,是生产管理系统的主体要素,其数量和整体综合素质是企业生产的根本。人力资源的管理经常采用正反馈的激励模式。

(2) 物料。物料包括设备、材料、工具、土地、能源与技术等,是该系统的物质基础,是企业的劳动手段和劳动对象,它们制约着产出的规模,又制约着产品的品种、质量和成本。

(3) 资金。它的数量、构成、周转速度等要素直接影响到企业生产的活动能力。企业需要的是合理地占有资金、灵活地支配资金和经济地利用资金,以确保企业生产活动的顺利进行,借以提高企业与社会整体效益。

(4) 信息。信息泛指市场与顾客的需求、政策与法规、计划、图样、标准、方法、制度、规程等,是企业生产系统的“神经中枢”,既是管理的依据,又是管理的手段。

2. 变换——转化过程

这个过程既是劳动过程,也是管理过程;既是物质变换过程,也是价值增值过程;是人力、物力和财力等资源消耗的过程。因此,必须采取最为经济合理的方式设计这个过程,并对整个过程进行周密计划、协调、监督与控制,突出效率与效益的观念。

3. 产出——产品和服务

无论是有形的产品还是无形的服务,都必须“在需要的时候,以适宜的价格和适宜的品种,向顾客提供具有适当质量的产品和服务”。

4. 管理——指挥和控制组织的协调的活动

管理是通过生产系统的战略决策的计划、组织、指挥、实施、协调和控制等活动,实现系统的物质变换和价值的过程。管理需要善于利用负反馈原理发现生产系统运行过程中出现的新问题,并查明原因,制定对策,采取措施,予以解决,实现对生产管理系统中输入、

变换和产出过程的监督与控制。

5. 供应商——生产要素的生产者和供应者

过去,生产厂家总是认为,供应商与生产厂家之间只是以价格或合同为基础的委托与被委托关系,否认他们是生产系统的组成部分。但在当今环境下,供应商能否按时制造和交付质量合格的材料和零部件,对所有后续活动有着重要的影响。因而,生产厂家现在已把他们视为生产系统中的一部分,与他们建立起相互信赖和利益共享的长期合作关系。在这样的关系下,供应厂商根据生产厂家的日程计划供应物料,甚至参与产品的开发和设计过程,共同努力缩短产品的生产周期。

6. 用户——生产系统中企业产品需求信息的提供者

过去,生产厂家只按自己的设想来开发产品,往往因产品不符合用户的需要而导致失败。现在,生产厂家终于认识到,用户信息的输入和反馈,对企业进行产品的设计和改进行都是极其重要的。于是,生产厂家把用户作为生产系统的组成部分,极力进行市场研究,充分了解用户的需要,并利用这些信息进行产品的设计和生,已成为管理工作的重要组成部分。

1.1.2 生产类型

不同的企业生产的产品不同,生产过程也往往有着很大的差异。在这些表面差异的背后,是否有着内在的一致性,从而使决策者能够抓住企业生产管理内在的客观规律,实施分类管理?一般来讲,根据不同的分类标准,可以把生产类型进行如下分类:

1. 按生产性质分类

(1) 物质生产型(制造业)。

物质生产型企业的生产过程是通过将生产要素输入,经物理变化、化学变化,转化为有形产品输出的过程。对物质生产部门而言,

生产活动的涵盖范围随着生产系统的前伸和后延也大为扩展。生产系统的前伸是指生产系统在以市场为导向的同时,已将其功能扩展到战略制定、产品创新设计,与资源的供应合为一体。生产系统的后延是指企业的生产职能已扩展到产品销售和售后服务方面,包括了服务过程。

(2) 劳动服务型(服务业)。

劳动服务型企业的产出不是物质产品,而是无形的产品服务。按照与顾客直接接触的程度,可以将服务业划分为:纯服务业、准制造业、混合型服务业。

混合型服务业是指性质和内容介于纯服务业和准制造业之间的各种服务业。为了将现代生产管理引入混合型服务业或纯服务业,以提高其效率,需要辨认出这类服务业的“技术内核”,即服务业中具有操作性、具有应用现代生产管理技术的潜在可能性的组成部分。

2. 按生产工艺特性分类

(1) 离散式生产。

离散式生产是指由工人借助机械手段,将产品结构中的各种零部件组合起来,装配成产品的生产过程。产品是由离散的零部件装配而成的,物料运动过程呈离散状态。这种生产方式的特点是工艺过程的离散性。

按专业化程度不同,离散式生产又可进一步分为全能型生产、总装型生产和混合型生产三种。全能型生产是指产品结构中所需要的零部件,从毛坯制造、零件加工到部件装配都由本企业进行,即“大而全”、“小而全”。实践证明,这种方式不利于专业化发展,也不利于提高企业效益。总装型生产是指企业只进行部件装配和产品总装配及试验,装配所需要的全部零件都向外采购或外包。这种生产方式能扩大企业规模,有利于采用大批量生产方式,提高经济效益。混合型生产是指企业只进行专用零件或关键复杂零件的生产,而一般零件、标准件、成品件都向外采购或外包,最后由企业装配成工业产品,其

优缺点介于前述两种方式之间。

(2) 流程式生产。

流程式生产是指把一种或数种原材料投入生产后,经过一系列设备装置,进行化学或物理处理过程,最后制成工业产品的生产过程,如石油化工、钢铁工业等都属于这种方式。流程式生产的加工设备和运输装置都需要进行大量投资,但由于它的产量大,可以降低成本,较快地收回投资。其生产特点是工艺流程的连续性。

按产品结构和工艺特点的不同,流程式生产又可以分为综合流程和分解流程式两种。

3. 按品种和产量分

生产类型可按企业在一定时期内生产品种的多少、同种产品的数量及生产的重复程度进行划分。

(1) 单件小批生产。

单件小批生产是指车间及其各生产环节(工段、生产小组、工作地)在一定时期内很少制造同种产品的生产类型。它的特点是车间负责生产的品种繁多,每一品种生产的数量很少,其稳定性和重复性较低,生产的品种往往不重复制造,或者不定期地少量重复,不采用专用设备,工艺装备系数低,对工人的技术要求高,生产管理人员需要有丰富的工艺知识,否则难以编制详细的作业计划。

(2) 成批生产。

成批生产是指车间及其各生产环节在一定时期内重复轮番制造多种产品的生产类型。它的特点是制造产品的品种较多,各种产品的数量不等,生产条件一般较为稳定,各个工作地都担负较多的工序,各种产品成批轮番地进行生产;轮换品种时,需对设备、工装进行调整,以适应不同零件的加工要求;随着工作地负担的零件的不断变化,其承担的工序也需不断变化;工人需要有较高的技术水平和生产技能;生产计划的编制比较复杂。当品种比较稳定时,可以科学地确定各种零件投入的期量标准,严密地组织品种转换,以提高经济效

益。

(3) 大量大批生产。

大量大批生产是指车间及其各生产环节在较长时期内固定地大量制造同种产品的生产类型。它的特点是制造的产品品种少,同种产品的产量大,生产条件稳定,各个工作地都是固定地完成一道或几道工序,工作地专业化程度高;在大量生产条件下,可以采用高效率的专用机器设备和工艺设备;工人操作简易,可实现工序作业标准化,工人技术熟练;工序划分较细,生产过程的连续性高,便于组织流水生产和自动化生产;劳动定额的制定和计划的编制易于做到准确,生产效率高。因此,大量大批生产的经济效益一般较高。

4. 按组织生产的特点分类

(1) 备货型生产。

备货型生产是指在没有接到用户订单时,按已有的产品标准或产品系列进行生产,生产的目的是为了补充产品库存,通过成品库存来满足用户随时需求。一般来讲,企业应在市场调查、预测的基础上,根据本企业的生产能力有计划地安排生产,采取“有库存而待售”的存货生产方式。一般可采用储存原材料或初加工为主的策略、储存零部件为主的策略或储存的策略组织生产,标准件、通用件和消费品生产企业适宜采用此生产方式。

(2) 订货型生产。

订货型生产是指按用户的订单进行生产。通过签订合同,按订单规定的品种、规格、质量要求、需求量、交货期、售价等要求组织生产。订单来源有随机性和不稳定性,属于无存货生产。虽然在品种规格方面有一定的范围,但还是要针对用户的具体要求进行特殊设计和组织生产,对企业的生产技术水平和管理水平有较高的要求。在具体组织生产时,可采用平均生产策略、跟踪生产策略或分段生产策略。

1.1.3 生产管理的定义

所谓生产管理,可以定义为关于企业生产系统战略决策的设计、运行、维护和改进的过程。

生产管理的目标可以概括为“五适宜”、“三提高”,即在适宜的时候、以适宜的品种、适宜的价格、在适宜的地点,向顾客提供适宜质量的产品和服务,达到提高顾客和社会满意度、提高竞争力、提高经济效益与社会效益的目的。

生产管理的内容根据其内容框架和职能范围,可以分为四层:

1. 生产系统的战略决策制定

主要是确立生产系统及其子系统的目标、行动基本方针、发展方向和重点、基本步骤与原则等,并对影响战略的基本要求提出优化组合方案。例如,决定产出什么,如何组合各种产品类型,如何优化配置所需要投入的资源要素,如何涉及生产组织方式,如何培养、发展企业的核心竞争力。

2. 生产系统的设计

主要是根据确立的生产战略对生产系统进行设计,它包括产品选择、技术选择、工艺设计、能力规划、选址、设施布局、工作设计、生产技术等。

3. 生产系统的运行与控制

主要是根据生产战略和系统设计方案,搞好生产系统的日常运行与控制管理。如生产的总体计划、主生产计划、作业计划、进度控制、质量控制、物流控制、成本控制、信息系统构建与改进等。

4. 生产系统的维护与改进

主要是根据生产系统运行情况和内外部环境的动态变化,对系统进行维护和改进,包括生产管理诊断以及如何根据未来的发展趋势不断改进和完善生产管理的理论体系和方法体系。

生产系统的设计和运行既是相互独立的,又是密不可分的,可以

说设计决定了运行,运行又影响着设计,为此,必须将这两者综合优化考虑。在长期生产管理的实践过程中,形成了很多具体有效的综合模式,如准时生产、企业资源计划等。

上述四个层次的内容构成了生产管理“运营战略—设计—运作与控制—维护与改进”的螺旋循环链,以实现高效、灵活、准时、清洁地生产合格的产品和提供满意服务的目标。

1.1.4 生产管理的作用和意义

1. 生产管理是企业价值链的主要环节

企业作为社会最基本的经济细胞,其生产活动是最主要的社会活动过程,也是企业创造价值、服务社会和获取利润的主要环节。企业的根本目标是为自己实现利润,为社会创造价值,而这些都是必须通过生产过程来实现。否则企业仅仅有人、财、物的流动,而没有价值的增值,这样的流动是没有意义的,是不能生存的。所以说,生产管理是构成价值链增值的主要环节,企业主要通过生产来实现企业在流动过程中价值的增值。

2. 生产管理是企业市场链的主体职能

企业经营除了生产运作、市场营销、财务会计三大基本职能之外,还包括技术管理和人力资源管理两个重要职能。这些都是围绕市场进行的,是企业市场链的主体部分,是企业的维生功能。企业的市场链主要就是这五大职能有机联系的一个循环往复的过程。企业为了实现自己的经营目的,首先要制定一个经营方针,决定经营什么、生产什么;然后需要准备资金,即进行财务活动,这是企业的财务职能;其次需要研制和设计产品以及工艺——技术活动;设计完成后,需要购买物料和加工制造——生产活动;产品生产出来以后,需要通过销售使价值得以实现——营销活动。而使这一切灵活高效运转的是人,是企业的人力资源管理活动。所以,企业为了达到自己的经营目的,为了满足市场的需求,以上五大职能缺一不可。因此,生