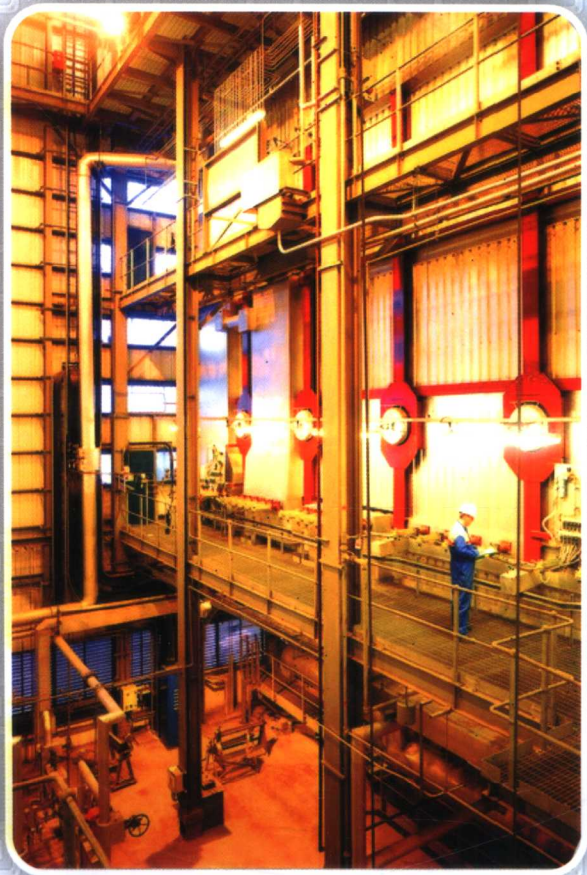


现代工业自动化技术应用丛书

制造执行系统MES及应用

王志新 金寿松 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

现代工业自动化技术应用丛书

制造执行系统MES及应用

王志新 金寿松 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



内 容 提 要

本书侧重介绍制造执行系统 MES 原理、功能特点、规范与标准、应用示范、产品特点及企业应用解决方案等。全书分五章, 主要内容包括: 企业综合自动化技术、企业过程管理与控制系统构成、企业综合自动化平台技术, MES 的形成过程、MES 的构成与功能、MES 的最新发展, MES 组件技术规范、标准、技术关键, MES 应用实施策略、不同应用企业 MES 的特点, MES 产品特点和 MES 应用实例等。

本书适合企业管理策划人员、工厂车间管理人员及 ERP、MES、PCS 开发或应用人员使用, 同时, 也可以作为企业管理、工业工程、生产工程、机械工程、电气工程与自动化、过程控制及企业信息化等专业的本科生和研究生教材或教师参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

制造执行系统 MES 及应用 / 王志新, 金寿松编著. —北京:
中国电力出版社, 2006

(现代工业自动化技术应用丛书)

ISBN 7-5083-4123-6

I. 制… II. ①王…②金… III. 制造工业-工业企业管
理-计算机管理系统 IV. F407.406

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 010430 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 3 月第一版 2006 年 3 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 11 印张 290 千字

印数 0001—3000 册 定价 21.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

序 言



现代工业自动化技术是信息社会中的关键技术和核心技术之一。自动化技术促进了人类文明的发展。实现工业生产自动化可以提高系统性能、改善劳动条件、减轻劳动强度、大幅提高生产率、节约能源、提高产品质量和经济效益。自动化设备可以代替人完成各类高危作业。

现代工业自动化系统已呈现开放性、智能化、信息化与网络化的特点，它融合了自动化技术、信息技术、现代控制技术、网络技术、通信技术、先进制造技术及现代管理学等诸多学科的先进技术，需要各学科的专家及工程技术人员通力合作，从而实现多学科专业知识与系统集成、形成实现现代工业自动化发展的手段或模式。

为了推广现代工业自动化技术的应用，总结、发展和提高我国工业自动化技术的应用水平，培养高水平的工程技术人才，帮助工作在生产第一线的工程技术人员能够及时拓展知识结构，较全面地了解 and 掌握现代工业自动化领域中的最新技术和应用，中国电力出版社组织编写了《现代工业自动化技术应用丛书》。

一、丛书的编写宗旨

团结组织工业自动化领域的专家、学者、科技工作者、工程技术人员和团体，共谋策划与编写，促进我国工业自动化技术的繁荣和发展。

二、丛书的编写原则

1. 以技术应用为主。理论与实践密切结合，通过剖析工程实例，介绍最新技术和产品的应用，以适应工业现场的需要。可操作性强。

2. 丛书各分册均以现场应用实际或范围划分。各分册之间既相互联系又自成体系。

3. 编委会特邀请该领域有扎实理论基础并富有实践经验的专家、学者和工程技术人员来承担编写工作。

三、丛书读者对象

以工程技术人员为主要读者对象，也适宜科研人员和大专院校师生参考。

我们相信《现代工业自动化技术应用丛书》的出版必将对我国工业自动化技术的应用起到积极作用。编写出版《现代工业自动化技术应用丛书》对于我们是一种全新的尝试，难免存在一些问题，希望广大读者给予支持和帮助，我们的联系方式是 mo_bingying@cepp.com.cn。同时，热忱希望各行业从事工业自动化及相关技术的专家、学者、工程技术人员借此机会积极参与，将您在工作实践中获得的丰富经验总结出来，共同为提高我国工业自动化技术的应用水平做出贡献。

《现代工业自动化技术应用丛书》编委会

前 言



20 世纪 90 年代以来，经济全球化趋势日益加强，信息技术发展迅速，市场环境发生了根本性变化。顾客驱动已成为市场的主要特征，市场竞争的要素涉及到供货时间、质量、价格、服务和环境。而信息技术的广泛采用，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地域的限制，竞争的高科技含量大大提高了。面对激烈竞争，企业界的主要策略是采用将制造技术与信息技术、自动化技术、现代管理技术和系统科学技术有机组合的新一代先进制造技术。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（ERP）系统、以产品设计管理为主的产品数据管理（PDM）系统或以服务于生产过程监控为主的监控和数据采集（SCADA）系统等，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，存在的问题是这些系统至今不能够将企业经营管理和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 也常常因不能够及时得到 ERP 指令来调整工作状态，从而严重影响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。其中，DET 包括 CAD/CAM/CAE/CAPP、RE、RP/RT，DEM 的核心为企业应用集成（EAI），即产品数据管理（PDM）/ERP。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构已发生本质的变化，即由原来的五层（工厂层、车间层、单元层、工作站层、设备层）变为由 ERP、MES 和 PCS 构成的三层结构。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。通过 MES 来实现

企业信息的集成，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 也可理解为企业经营信息系统，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。其中财务管理、人力资源管理和产品数据管理作为对象类子系统与 SCM、MES 和 CRM 等区域类子系统相互关联，它们的信息数据可以从 SCM、MES 和 CRM 等区域类子系统获取。MES 承担企业生产信息收集、生成、传递和管理，它包括生产计划调度、产出统计监控和 PCS 等更小信息子系统。目前，ERP 和 PCS 的研究已有很大进展，而 MES 的发展起步较晚。应用 ERP 的人员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回复客户提问，同时基层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，开发与实施 MES 是企业经营决策、生产管理和设备控制及企业自动化发展的需要。有关 MES 的理论与软件产品的研究始于 20 世纪 70 年代，如今已取得了明显的进步。但现有 MES 理论和软件产品在适应性、集成性、成熟度等方面还存在诸多不足，有待作进一步研究与开发，也是当今业界最为关注的热点。

本书从系统工程观点出发，立足企业信息化建设和综合自动化应用集成，覆盖计算机硬件、操作系统、数据库系统和实时数据库技术、企业经营、生产管理、过程控制等。书中收集了国内外 MES 研究与应用实践最新成果，系统阐述了 MES 的理念、方法及发展，介绍了国内外 MES 产品结构特点和典型企业 MES 实施应用解决方案。

全书共五章。第一章由王志新编写，第二章、第三章由王志新、金寿松合作编写，第四章、第五章由金寿松、王志新合作编写。编著者具有从事过程控制系统、制造执行系统、“管控一体化”，以及制造工程和工业工程教学、研究及应用开发经历，对企业运作管理、ERP、生产管理系统的实施应用比较了解，使得本书具有较高的理论水平，尤其具有实际应用价值。

相信，本书的出版，对于提高我国 MES 理论研究水平，推动 MES 开发及企业应用实践进程，具有重要价值。

本书彭瑜教授级高工担任主审，提出了许多创造性的建议和修改意见，借此致以由衷的感谢。

编者

目 录



序言
前言

第 1 章 概论	(1)
1.1 企业综合自动化技术	(1)
1.2 企业过程管理与控制系统构成	(5)
1.3 企业综合自动化平台技术	(24)
第 2 章 MES 的构成与特点	(39)
2.1 MES 的形成过程	(39)
2.2 MES 的构成与功能	(44)
2.3 MES 的最新发展	(58)
第 3 章 MES 的标准与应用开发	(95)
3.1 软件工程和软件质量标准	(95)
3.2 MES 组件技术规范	(102)
3.3 MES 的标准	(121)
3.4 MES 开发技术关键	(138)
第 4 章 MES 应用实施要求	(175)
4.1 MES 应用实施策略	(175)
4.2 不同应用企业 MES 的特点	(189)
第 5 章 MES 应用案例介绍	(210)
5.1 MES 产品特点	(210)
5.2 MES 应用实例	(266)
附录 英文缩写与中文解释对照表	(334)
参考文献	(339)

第1章 概 论

1.1 企业综合自动化技术

1.1.1 企业综合自动化系统三层结构

现代企业基于综合自动化系统，通过信息融合实现企业信息化。例如，流程工业过程控制与生产管理正在发生巨大的变化，由于多学科之间的相互渗透与结合，基础自动化技术的普及应用与发展，管理信息系统的形成与完善，因此实现生产过程控制与生产管理一体化的条件已成熟，最终必将发展成为企业综合自动化新模式。其中，在企业生产管理方面，以企业资源规划（ERP）、供应链管理（SCM）和客户关系管理（CRM）为代表的管理信息系统得以广泛应用，在企业生产过程自动化控制方面，分散型控制系统（DCS）、现场总线控制系统（FCS）、可编程控制器（PLC）等代表性自动化装备及技术已广为普及应用，并极大地提高了生产过程控制水平和产品质量，建立过程控制层与管理层之间的信息联络环节，构建企业综合自动化系统，实现管控一体化。

企业应用集成（EAI, Enterprise Application Integration）的框架结构如图 1-1 所示，其核心是将制造业涉及的关键技术分为工程技术数字化（DET, Digitalization of the Engineering Technology）和工程管理数字化（DEM, Digitalization of the Engineering Management）两部分。其中，DET 包括计算机辅助设计（CAD）/计算机辅助制造（CAM）/计算机辅助工程（CAE）/计算机辅助工艺规划（CAPP）、反求工程（RE）、快速原型（RP）/快速加工（RT），DEM 的核心为 EAI，即产品数据管理（PDM）/ERP。可见，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构已发生了本质的变化，即由原来的五层变为如图 1-2 所示由 ERP、制造执行系统（MES）和过程控制系统（PCS）构成的三层结构。各层的作用如下：

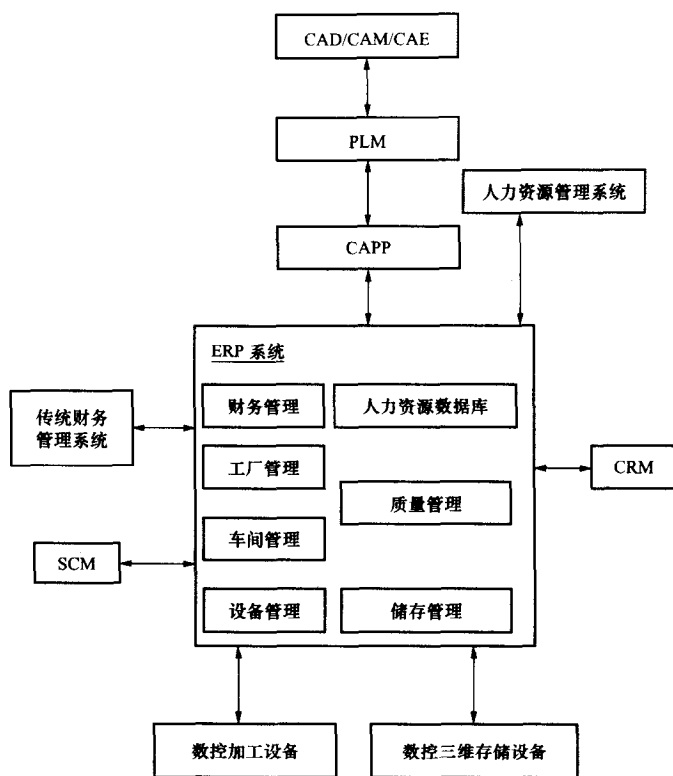


图 1-1 企业应用集成 EAI 框架结构

(1) ERP，属计划层，起制定生产计划的作用，侧重于制定年度目标、季度计划。

(2) MES，属执行层，处于计划层与控制层之间，主要负

责生产管理和调度执行，实现质量控制、文档管理、生产调度等功能，包括物料、设备、人员、流程指令和设施等资源管理，起承上启下的作用，侧重于月份计划目标及每日的调度工作。

(3) PCS，属控制层，起逻辑控制、闭环控制和过程控制的作用。

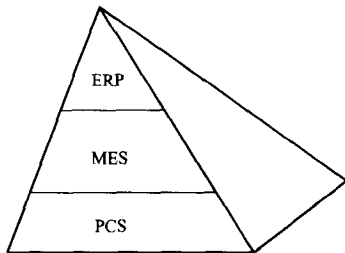


图 1-2 企业综合自动化系统三层结构

1.1.2 企业综合自动化系统功能特点

如图 1-3 所示为适合石油、化工、电力、制药、建材、冶金、造纸、食品等流程工业的企业信息集成解决方案，包括 ERP、MES、PCS (DCS/PLC) 三层。其中，适合流程工业的生产管理系统 MES 以企业级实时数据库和关系数据库为核心，能够提供实时信息系统、质量管理体系、设备维护管理、能源管理系统、批次管理系统、成本核算系统、生产调度管理系统等功能，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有效灵活的工具，实现企业生产管控一体化。

ERP、MES 及 PCS 通过信息集成，在计算技术、优化技术及控制技术推动下，实现管控一体化，能够确保系统获得长期的业务利益与价值。据美国权威调查机构 ARC 公司的调查结果，表明应用流程工业综合自动化技术可望获得显著的经济效益，表现为产品质量提高了 19.2%，劳动生产率提高了 13.5%，产量提高了 11.5%。

基于 ERP/MES/PCS 构建企业综合自动化系统三层结构体系，已成为现代企业实现综合自动化的主要途径与发展趋势。该结构体系中，各层的分工明晰，具有以下功能特点：

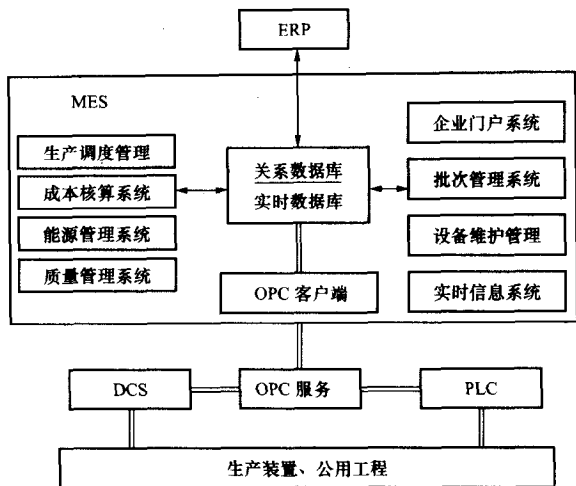


图 1-3 MES 体系结构图

(1) ERP 建立在信息技术基础之上，是企业决策层及员工提供决策运行手段的管理平台，负责生产计划制定、库存控制和财务管理，侧重于优化企业生产组织、生产管理、经营决策等。

(2) MES 的目标为实现生产综合指标的三优，即优化运行、优化控制及优化管理，起承上启下、下情上传、运筹调度的中枢作用，作为基础数据处理平台，具有生产调度、物料跟踪、生产过程资源配置管理、质量管理、流程模拟以及生产过程系统数据采集、模型计算及过程优化等功能。

(3) PCS 有效地对生产工艺过程进行高精度控制，包括过程控制、仪表控制、电气控制和执行机构（各种信号转换、驱动控制设备），确保产品在质量、成本、交货期等方面具有强大的竞争力，其主要功能是完成设备对工艺过程的控制。

ERP 与 MES 的区别在于前者侧重于制定年度目标、季度计划，后者则侧重于月份计划目标及每日的调度工作，MES 与 PCS 之间的重点为设定、优化、监督、调整、跟踪和记录等。

ERP是企业资源分配策划系统，或企业经营信息系统，包括SCM、CRM等子系统。目前，ERP和PCS的研究已有很大进展，而MES的研究工作起步稍迟，在ERP系统中MES部分成了“黑箱”，造成应用ERP的上层人员不能实时监控设备状态和生产结果，因而也就无法有效地实施计划调度并及时回复客户提问。同时，基层操作人员也因不能及时接收到来自上层的正确指令，导致ERP实施难度较大，失败的例子屡见不鲜。因此，开发与实施MES，也是满足企业经营决策、生产管理和设备控制及企业自动化发展的需要。MES是企业生产或流通加工的控制系统，MES在企业经营系统中的地位如图1-4所示。

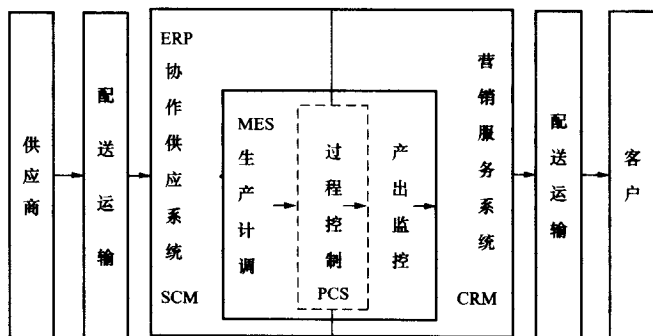


图1-4 MES与ERP和PCS等的关系

1.2 企业过程管理与控制系统构成

1.2.1 企业管理技术

企业管理涉及企业经营战略、经营目标、组织与文化、制造资源、资金与成本、技术与产品开发、生产计划与控制等方面，分为计划层、控制层和执行层三个层次，并通过采用现代管理模式和计算机管理信息系统等手段来辅助管理企业，使得

企业能够更加有效地完成经营与生产组织活动，并最大限度地发挥现有设备、资源、人、技术的作用，获取最大的经济效益。

现代企业管理技术主要涉及现代企业的管理模式与组织理论、管理支持系统（MSS）和现代管理系统方法论。

（1）企业管理模式与方法是建立集成化管理与决策信息系统的理论基础。它包括 ERP，制造资源计划（MRPII），准时制造（JIT），精益生产（LP），按类个别生产（OKP），优化生产技术（OPT），供应链管理（SCM），业务过程重组（BPR），敏捷虚拟企业（AVE）。

（2）MSS 是以先进的管理技术与模式为核心，通过系统集成手段，管理与控制全企业经营生产活动的集成化管理决策信息系统，包括管理信息系统（MIS）、决策支持系统（DSS）和领导信息系统（EIS）。其中，MIS 主要涉及经营销售管理、计划管理、物料管理、生产管理、车间作业管理、财务管理、人力资源管理、采购与供应管理、库存管理、设备管理、能源管理、人事劳资管理和质量信息管理等方面，EIS 是专门为企业顶层领导服务的战略级综合信息查询与处理系统，DSS 则是帮助管理者就生产经营管理问题进行决策与选择的辅助支持工具系统。

（3）现代管理系统方法论。涉及现代管理系统方法指南、企业建模和计算机支撑环境，包括面向管理的企业模型与建模技术，企业管理系统分析、设计方法及计算机辅助工具，以及面向管理的人机交互技术等。

企业以资本赢利为目的，通过营销方式向客户提供产品或者服务，涉及财务开支、核算。因此，理财、生产和营销成为企业不可缺少的最基本的经营活动，通过这些经营活动产生资金流、物流和信息流。其中，资金流是企业利润的来源，物流是资金流增值的工具，信息流是调控资金流和物流的手段。企业经营表现为前台经营活动和后台生产活动。为了企业利润最大化，经营层要做的工作是让客户获得所需要产品并支

付货款。这些产品可以是企业自己购买原材料加工生产出来的，也可以是委托其他企业生产的，或者直接从市场批发购买的。企业可以看作是一个配送中心，企业生产就相当于配送中心的流通加工，将购入的产品或材料，通过储存或者加工成产品，最后卖给客户。

1.2.2 企业管理模式与方法

1. ERP

20 世纪 90 年代，美国 Garter Group Inc. 咨询公司最早提出了这个概念。ERP 是由 MRPII 发展而来的，只是增加了一些功能，包括 SCM、销售与市场、分销、客户服务、财务管理、制造管理、库存管理、工厂与设备维护、人力资源、报表、MES、 workflow 服务和企业信息系统等，体现了面向全球市场、功能更为强大、所管理的企业资源更多、支持混合式生产方式、管理的覆盖面更宽理念、立足全球市场环境，从企业全局出发实施经营与生产计划，建立一套集成经营系统，支持企业综合集成，为企业带来更加广泛、更加长远的经济效益与社会效益。

ERP 对企业资源有效进行综合计划与管理，是提高企业经营效率和效益的一种手段。其核心是计划，而不是财务，财务是手段，计划优化是目的，并借助 ERP 软件达到这个目的。德国 SAP 公司的 R/3 是国际上著名的 ERP 软件产品之一。据 AMR2003 年统计，SAP 约占世界 ERP 市场的 35%，ORACLE 约占 13%，People Soft 约占 10%，J. D. E 约占 5%。ERP 面向企业的主要业务，包括产品定货、原材料采购及生产制造、配送、销售、会计等一系列业务流，是覆盖全公司的信息系统，其关键业务包括计划、财务会计和管理会计，还有人力资源管理。ERP 的数据库要与实时数据库相连，提取生产过程的有关数据，ERP 又和 SCM 集成。SCM 包括从原材料供应采购到终端客户的商品供应的主要业务功能（如计划、采购、制造、作业流程管理、后勤保障、销售管理等）。ERP 的实施规模大、周期长，导

致 46% 逾期完成；支出多、投入大，导致 41% 超过预算；由于多种原因，致使 49% 没有达到预期的社会效益、经济效益和目标。其中，一个重要因素是与生产现场的连接与集成被忽略了。因此，来自生产现场的数据，特别是经过预先整合过的生产数据等信息是构成 ERP 的基础，也是集成的关键，需要由 MES 提供。

(1) ERP 的特点。

1) 面向市场、经营和销售，快速响应市场变化，包含 SCM 功能，注重供应商、制造商与分销商之间的伙伴关系，并支持企业后勤管理。

2) 强调企业流程与 workflow，通过 workflow 实现企业的人员、财务、制造与分销之间的集成，支持企业过程重组。

3) 新增了 PDM 功能，能够管理设计数据与过程，实现了生产管理系统与 CAD、CAM 系统的集成。

4) 强调财务的作用，具有较为完善的企业财务管理体系，便于实现价值管理，使得资金流与物流、信息流能够更加有机地结合。

5) 注重人力资源在生产经营规划中的作用，以及人才培养成本等。

6) 在生产制造计划中，ERP 支持物料需求计划 (MRP) 与 JIT 混合管理模式，也支持多种生产方式 (离散制造、连续流程制造等) 的管理模式。

7) 采用最新的计算机技术，如客户机/服务器分布式结构 (C/S)、浏览器/服务器分布式结构 (B/S)、面向对象技术、基于 Web 的电子数据交换 (EDI)、多数据库集成、数据仓库、图形用户界面、第四代语言及辅助工具、跨网络和异构系统信息集成等。

(2) ERP 实施过程。ERP 实施周期相对较长，大致需要 21 ~ 24 个月时间，整个过程分为五个阶段：

1) 前期工作。涉及企业领导层培训及 ERP 知识介绍，企业