

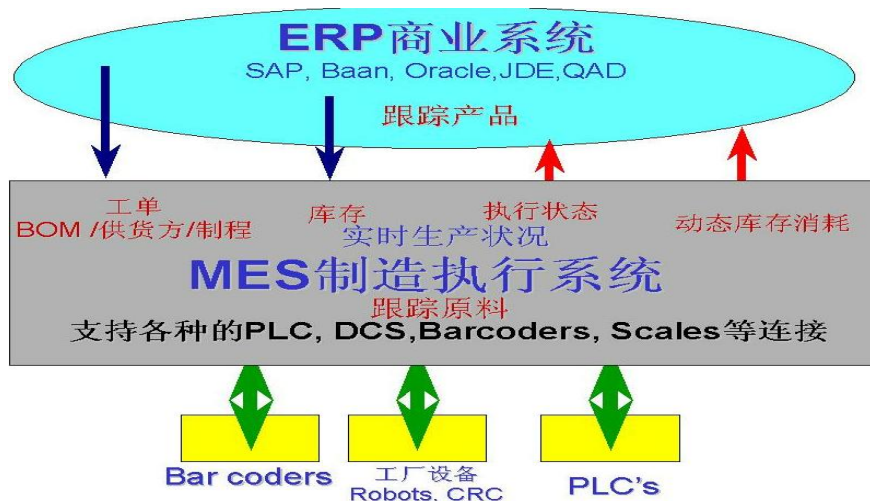
MES 制造执行系统

---实现实时化企业之利器

一、MES 简介

作为世界知名的 IT 咨询顾问公司，Gartner 在 2002 年末，经过大量不同背景、不同学科的分析员长期的调查研究，Gartner 总结归纳出一个对企业管理必将产生深远影响的业务概念 **RTE (实时企业)**。Gartner 将实时企业定义为：**实时企业是一家通过使用最新信息来积极地消除其关键性业务流程中的管理与执行中的延迟从而展开竞争的企业**。但是 Gartner 只告诉我们什么是 RTE，而没有告诉我们怎样的实现 RTE。于是大家众说纷纭，如某些软件公司把自己的 ERP 软件加上 RTE 概念就宣称自己是 RTE 解决方案等等，其实传统的 ERP 系统有 SFCS(车间管理)模块，但是如关键工艺的产量、良率、不良项目等均依赖于生产现场人员手工的统计、分析与回报。所以 ERP 系统无论如何做都没法实现工厂实时化的。如工单到生产现场执行之后，工单的进度如何？原物料的消费状况如何？品质状况如何？设备的运行状况如何？人员的状况如何？所有这些。工厂生产现场就像一个黑箱一样的，信息回报不实时、不准确、不稳定等；但是 MES 制造执行系统的出现填补了这个空白，使生产现场透明化，帮助制造企业实现实时化。

MES 制造执行系统由美国制造研究协会 AMR 于 90 年代初提出：MES(Manufacturing Execution System)，其定义如下：**由一组共享数据的程序所组成的、通过布置在生产现场的专用设备（条码采集器、PLC、传感器、I/O、DCS、RFID、PC 等）对从原材料上线到成品入库的生产过程进行实时数据采集、控制和监控的系统**。是通过控制包括物料、设备、人员、品质、工艺、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、设备管理、制造物流等功能的方式。从而实现企业实时化的信息系统。MES 系统实时接受来自 ERP 系统的工单、BOM、制程、供货方、库存、制造指令等信息，同时把生产方法、人员指令、制造指令等下达给人员、设备等控制层，再实时把生产结果、人员反馈、设备操作状态与结果、库存状况、质量状况等动态地反馈给 ERP 系统。因此 MES 系统建立起制造企业的控制层各种设备、仪器仪表、条码采集设备、PLC 等和 ERP 系统之间的桥梁，**完全填补从传感器到 ERP 之间的沟壑**。如下图示



二、MES 系统在消费性电子制造行业的应用

本人曾经参与过各种不同制造业（电子、家电、机械、汽车、制鞋、制衣等）MES 项目的咨询、规划、开发与实施，本文将消费性电子厂代表性案例，就 MES 导入前后状况进行说明。希望能给各位有心读者达到抛砖引玉、举一反三的效果。

目前国内家电市场是市场开放程度与市场化程度最高的行业，其竞争之激烈，恐怕可称之为完全的市场经济。产品销售在这几年间从生产导向快速地演变成市场导向、竞争导向、客户导向、服务导向；厂家之间的竞争迅速变成了成本、品质、服务之间的竞争。近年来随着商业资本的日益强大，其势必追求更大的话语权，如苏宁、国美、永乐等家电连锁的日益壮大给家电制造厂商巨大的降价压力；这边原材料加价（如：铜、铁等涨价超过 40%）；庞大的成品库存；而销售、市场费用只能增不能减等等，所有这些因素大大压缩了家电制造厂商的利润，逼使家电制造厂商去采用新的管理手段与方法应用于生产现场来提升产品品质、降低产品制造成本。因而也使得生产现场的状况起了很大的变化，传统现场管理方式已无法应付这新的局面，我们可将目前生产型态及引申的问题归纳成以下几点：

(1)产品生命周期缩短

该电子厂有 500 多人研发队伍，共同致力改进现有产品功能及新产品研究，迎合市场需求。每年推出的新产品成千上万种，并且推出新产品的周期越来越短。产品汰旧换新加速迫使产品设计，工程及生产部门之间的关系越来越紧密。生产单位不断面临新的零组件，新的设备，新的制造流程及经常性的工程变更，生产现场需要一套实时生产指示系统，有效地指引生产人员作业规范，同时能正确迅速地将生产状况反应给设计制造部门，及时找出新产品生产问题。

(2)少量多样生产型态

该电子厂除了大量生产自己公司的自有品牌产品之外，还为 Dell、HP、IBM、GE、Philips 等大厂做大量的 OEM/ODM 代工生产，生产线达 15 条之多，每天每条生产线生产的工单有 10 多张，由于少量多样的生产型态，现场随时充斥着众多不同的制造工单，不同的在制品、零组件，生产单位必须具备混线生产能力，弹性而有效率地在一天当中应付不同产品生产所需。

(3)市场变化快速难以预测

消费电子产品是国际竞争压力大的产品，市场变化快。销售部门的销售计划经常变化，客户的销售预测、订单更是经常变化。商场如战场，过去大规模正规作战已不复见，而现在强调的是快速反击部队，能应付全球各地突发状况。生产现场也是要能机动地应付变化快速难以预测的订单式生产型态。

(4)国际性竞争，日益激烈

中国大陆加入 WTO，经济的发展国际化脚步进一步加快，所面临的不仅是国内竞争而是面对全球各地一流产品的竞争压力。就生产而言，所面临的是要不断提升产质量及降低生产成本。过去老板生意好做，只把生产现场当作是一黑箱作业，如今在竞争压力下必须将此黑箱作业透明化，找出任何影响质量及成本的问题，并寻求具体的对策。

(5)原材料供应 JIT 化需求

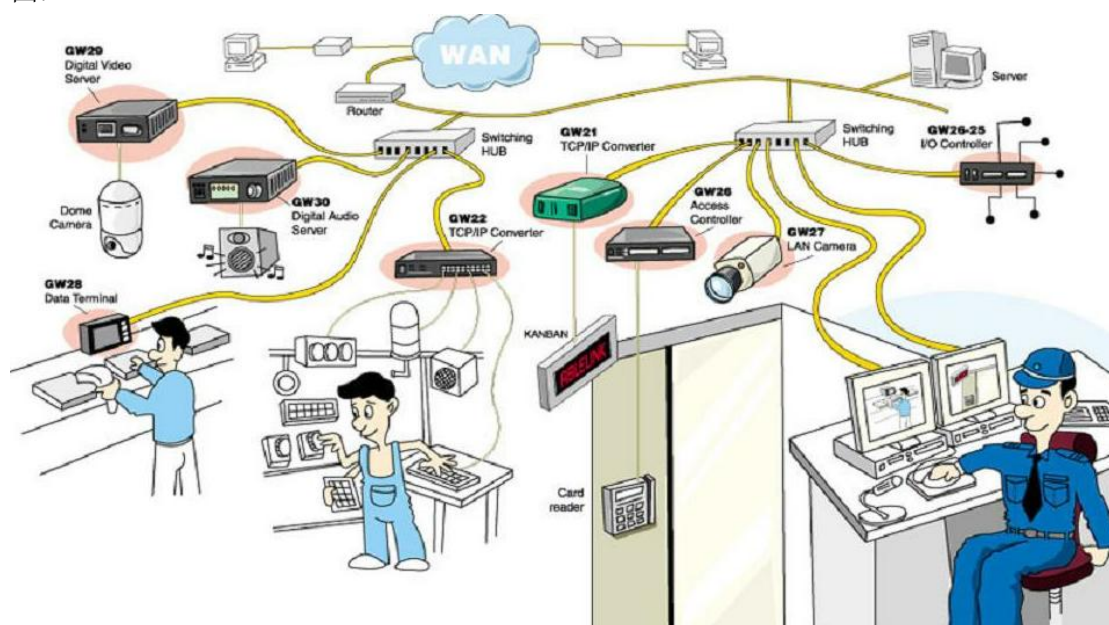
由于产品品种多、生命周期短，为了降低原材料库存，该厂要求其大部分供应商在其周围设周转仓。但其生产线有需要的话，供应商才送货。其靠提高送货频率来降低原材料成本，这要求供应商能实时了解该厂的动态库存，因此众多供应商希望能通过该厂门户网站实时了解其原材料在该厂各个仓库及生产现场的动态消耗状况。

(6) 客户实时信息需求该厂为 Dell、HP、IBM、GE、Philips 等大厂做大量的 OEM/ODM 代工生产,这些国际性的大公司要求能看到其向该厂所下订单的生产进度以及订单的品质分析报告 (SPC 图表)。

该系统以条码 (barcode) 为主要方式数据采集方式,结合各种数据机床、测试仪器等设备采集生产实时数据,实现对生产流程的控制,对品质的监控,并对生产数据进行收集、分析和整理以提供管理所需的报表。

(一)、基于 TCP/IP 智能工厂

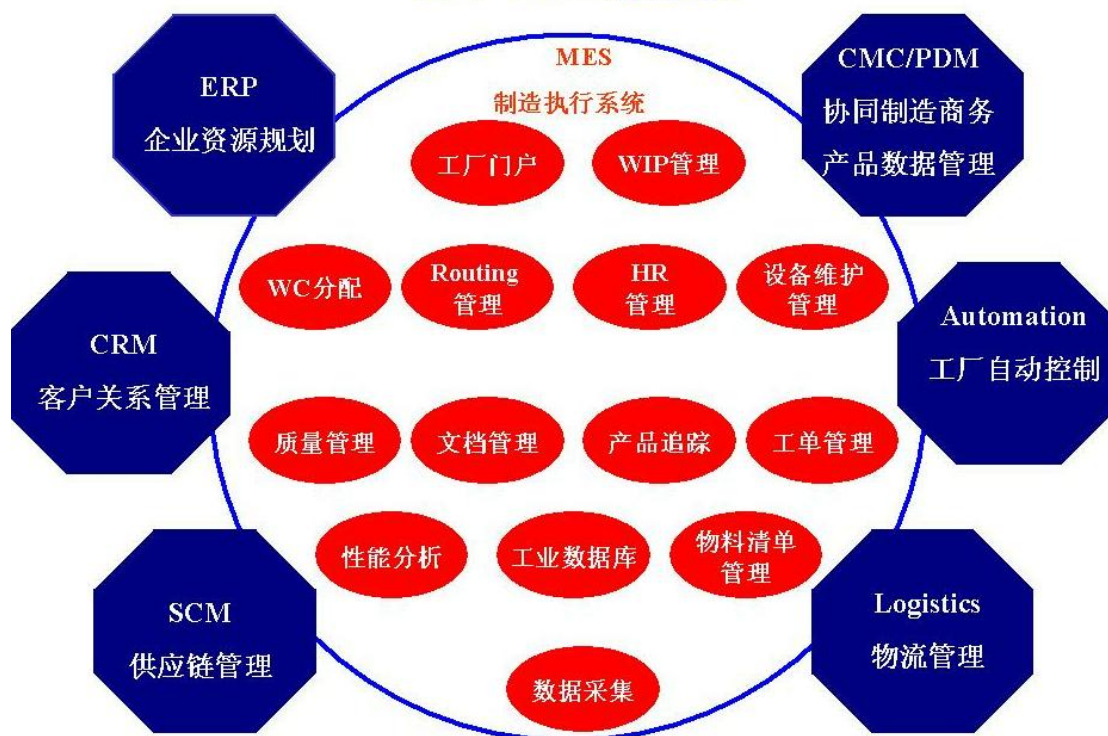
北京中江联合仁信息技术公司是国内专业从事 MES 软件产品的高新软件企业,其根据客户生产现场管理的需求,提出了基于 TCP/IP 智能化工厂解决方案。把工厂现场的影像监控、电子看板系统、现场广播系统、条码采集系统、各种现场自动化设备以及监控电脑、门禁考勤系统等全部整合在基于 TCP/IP 以太网上,实现了工厂监控、控制、管理的一体化。如下图:



(二) 实现功能

该场 MES 系统实现了十四个主要的 MES 功能模块,包括:工厂门户、工序详细调度、WIP 资源分配和状态管理、WC 生产单元分配、过程管理、HR 人力资源管理、设备维护管理、质量管理、文档管理、产品跟踪、物料清单管理、性能分析、工业数据库和数据采集。MES 的功能模型如图 4 所示。

图4: MES功能模型



MES 不是一个独立的系统,而是整个企业信息化中的重要组成部分,其跟企业的 ERP、CRM、SCM、Logistics、Automation、CMC/PDM 都有密切的管理,共同组成整个企业的信息化系统。MES 系统各模块的功能简述如下:

- (1) 工厂门户, 供应商、客户、工厂各级管理人员、工人、工程师等均可以在该模块了解到工厂的实时运行信息;
- (2) WIP 资源分配和状态管理: 指导劳动者, 机器, 工具和物料如何协调的进行生产, 并跟踪其现在的工作状态和刚刚完工情况。基于计划和实际产品制造活动来指导工厂的工作流程。这一模块的功能实际上也可由生产单元分配和质量管理的实现。这里是一个单独的系统来实现。
- (3) WC 生产单元分配: 通过生产指令将物料或加工命令送到某一加工单元开始工序或工步的操作。
- (4) Routing 工序详细调度: 定义产品的加工工艺与流程, 通过基于有限资源能力的作业排序和调度来优化车间性能。
- (5) HR 人力资源管理: 提供按分钟级更新的员工状态信息数据 (工时, 出勤等), 基于人员资历, 工作模式, 业务需求的变化来指导人员的工作。
- (6) 维护管理: 通过活动监控和指导保证机器和其它资产设备的正常运转以实现工厂的执行目标。
- (7) 质量管理: 根据工程目标来实时记录, 跟踪和分析产品和加工过程的质量, 以保证产品的质量控制和确定生产中需要注意的问题。采用 QC 七大手法、SPC 对品质进行分析、统计, 进而改善品质。
- (8) 文档管理: 管理和分发与产品, 工艺规程, 设计, SOP, 或工作令有关的信息, 同时也收集与工作和环境有关的标准信息。

- (9) 产品跟踪：通过监视工件在任意时刻的位置和状态来获取每一个产品的历史纪录，该记录向用户提供产品组及每个最终产品使用情况的可追溯性。
- (10) 工单管理：对 ERP 排产后的工单进行实时跟踪与管理，了解其生产进度、品质状况等信息。
- (11) 性能分析：将实际制造过程测定的结果与过去的历史记录和企业制定的目标以及客户的要求进行比较。其输出的报告或在线显示用以辅助性能的改进和提高。
- (12) 工业数据库：对生产现场采集上来的海量工业实时数据进行存储、压缩、检索、备份、恢复等管理；
- (13) 产品清单管理：将生产中用到的原材料、半成品的标准用量、供应商、批次等进行管理，再根据实际的用量、供应商、批次等进行比较，为动态库存、JIT 供应提供支持。
- (14) 数据采集：监视，收集和来自人员、机器和底层控制操作数据以及工序，物料信息。这些数据可由车间手工录入或由各种自动方式获取。

(三) 实施 MES 后的前后比较

结合企业目前的生产管理现状和需求，我们对 MES 上线前和上线后的生产现场管理进行比较，从中不难看出 MES 的效益来。

(1) 流程卡管理

导入前：

目前企业在生产中没有实行这一制度，在一般的电子、家电业中都会实行流程卡的管理。每一在制品附一流程卡片，作业员完成一制程须将日期、人员、生产信息填写在流程卡上，在成品包装前，收集起来，以备日后维修查询之用。

导入后：

不但能把流程卡管理这一制度建立起来，同时因为系统的大部分生产数据的收集均通过条码设备、自动化设备，大大加快了数据收集的速度，生产线的效率不但没有降低，反而得到了大大的提高。每一流程卡附上该在制品序号条形码，作业员完成一制程后，利用条形码输入序号，及生产数据(例如：不良代码也印制成条形码)，MES 自动并入时间，工作站，人员资料，存入流程卡数据库中。

(2) 工单追踪管理

导入前：

利用每日生产表格由生产单位组长填写各工单投入产出，人员出勤等资料，再汇总计算出各制程进度。然而组装生产线流程快速，生产主管永远无法得知各工单目前的进度。

导入后：

每站(需管制的站点)需刷流程卡序号，计算机可自动计算出其所属工单在各生产单位详细过程及最近状况，主管办公室之计算机可得知全厂一分钟前工单最新状况。如果主管远在国外，只要其能进入 MES 工厂门户系统，了解整个工厂的工单运行情况变成了弹指之间的事。

(3) 在制品追踪管理

导入前：

目前企业没有对 WIP 仓库进行有效的管理，常造成一堆不良品、待修品积压在现场。

导入后：

利用流程卡完整数据，SFCS 可追踪每一在制品最新位置、状态，统计整理后，可以依

制令别，产品别或现场区段，追踪在制品分布状况。

(4) 设备管理

导入前：

不同机种设备时间长短不同，虽然设备多用 PLC 控制，自动输送带控制，但是仍须由人在现场操作，掌握信息不足，无法对设备做有效地利用。

导入后：

透过中江联合 MES 与生产设备联机，可以利用 MES 直接控制 PLC，进，可以有效掌握设备时间及空间利用。

(5) 包装监督

导入前：

相同产品，因不同地区客户，需配置不同文字手册，电源等包装材料，但因混线生产，易生错误（如放置两本文字手册、电源线多放了一条等）。

导入后：

可立即给予包装人员明确包装指示，避免疏忽，或是进一步整合防呆系统可进一步当错误时立即发出警示。

(6) 品质监控管理

导入前：

品质资料由品管站输入品质表格中，但因是人工填写，资料有限，而完整的检修资料是填写在流程卡中，数量多，少有工厂输入计算机，因此多是事后整理品质报表做为未来品质改善，但又因数据不完整、不正确，不容易找到真正原因。

根据我们与企业的交流与生产现场参观，品质状况得不到实时的更新，品质管控中所需要的 P 管制图、Pn 管制图、 \bar{X} -R 管制图等重要的品质图表均有人工事后绘制，不能实时了解生产现场的状况，各种品质管制图几天得不到更新。

导入后：

检测修护、维修资料全由条形码，或计算机立即输入，或从测试检测仪器中实时取出数据进行分析，现场可连接品质看板，实时显示最新品质状况，并可做完整详细统计分析，有效找出品质问题。为品管部门提供实时、动态的 P 管制图、Pn 管制图、 \bar{X} -R 管制图；再也不用为了要向客户提供这些管制图而手忙脚乱了。

(7) 出货管理

导入前：

须利用人工记录那些出货序号，给那一位客户，以做售后服务，也因缺乏实时核对能力，常在出货之机种及数量上发生错误，造成不小的损失。

导入后：

出货同时，刷读外箱序号条形码，可立即核对，如不符出货条件，可立即告之出货人员。同时把出货信息上传 ERP 系统。

(8) 自动化设备整合

导入前：

企业用的 SMT、ICT、AI、ATE 等设备多独立运作，效益不高，设备管理也不佳。

导入后：

将 MES 与 SMT、AI 等整合，可自动得取生产资讯及设备状况，与 ICT、ATE 等整合，可自动得取测试资料。

(9) 现场物料管理

导入前：

企业每天一条线生产 10 多张工单，因混线生产，无法掌握实际生产状况，常发生造缺料

停线。

导入后：

MES 可以随时掌握最新各制令，各机种组装数量，可以实时计算出现场物料状况，以预做供料准备，有效降低这方面人力及缺料现象。

(10) 售后服务

导入前：

也不知其何时出货，很难提供有效的售后服务。客户回修之产品，企业可以方便地找出出货时间、出货客户（有出货条码管理系统）；但如果想了解该产品在生产时的信息，由于出货没有与生产数据进行整合，要找出其原来的生产信息，须花费相当大的人力。

导入后：

MES 提供追踪功能，可以掌握每一成品完整流程卡资料、当时生产现场的状况及出货时间、出货客户，追踪成品在生产中的各种记录，可提供客户完整的售后服务。

(11) 原料入库管理

如果要进行原料入库方面的管控，MES 可以有专门的原材料入库管理模块。我们认为只要对主要的原材料进行条码管理，次要的只要进行批号管理就可以了。当主要原材料进行验收时，对其进行扫描，系统根据其提供的资料，对其按产品、规格进行汇总，同时，系统会与 ERP 进行接口，将数据写入到 ERP 的原料库存档中。

(12) 效益总结

总体上来说，品质得以实时改善提升，制造成本受控，交期缩短；同时由于该 MES 系统提供给大客户查询其订单实时进度、订单的详细品质记录、各种品质管制图表，因此大客户认为其是一个数字化的现代化工厂，能让他们随时随地了解工厂的产能状况、订单生产进度、足够详细的品质记录分析报告，进而给该工厂更多的订单。

(四) 实施 MES 的效益分析

定性

- 降低生产周期
- 减少/消除数据录入时间
- 提高数据完整性
- 降低库存
- 减少上述各过程的统计、记录工作
- 减少适应时间
- 10%**
- 减少过失
- 责任到个人
- 减少过失文书工作
- 产品品质在线报告
- 高 99%**
- 提供 ERP 实时和准确的生产数据

定量

- 降低 **25%**
- 降低至 **30%~70%**
- 提高 **95%** 以上
- 降低 **12%**
- 80%** 的工作量减少
- 试产磨合期降低至原来的
- 减少过失 **70%**
- 工人绩效提高 **20%**
- 减少过失文书工作 **80%**
- 产品品质在线报告，实时性提
- 变成实时、动态数据刷新

六、结论

制造执行系统（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隔，是制造过程信息集成的纽带。MES 通过强调制造过程的整体优化来帮助企业实施完整的闭环生产，同时也为敏捷制造企业的实施提供了良好的基础。大力推动 MES 在制造企业的应用，将对我国成为世界制造中心作出贡献。

参考文献：

- [1] MESA International, "MES Explained: A High Level Vision," White Paper6 (Pittsburgh: Manufacturing Execution Systems Assoc., 1997).
- [2] MESA International, "MES Functionalities & MRP to MES Data Flow Possibilities," White Paper2 (Pittsburgh: Manufacturing Execution Systems Assoc., 1997).
- [3] 孙宇, 陈杰, 蒋晓春, 李东波. 略论制造执行系统研究. 高技术通讯. 1999.10: 60-62.
- [4] MESA International, "Execution-Driven Manufacturing Management for Competitive Advantage," White Paper5 (Pittsburgh: Manufacturing Execution Systems Assoc., 1997).
- [5] Amber Computer System Inc. Integratable MES the challenge and the opportunity, advanced manufacturing research consulting [EB/OL] . <http://www.amrc.com>, 1999.
- [6] "Chapter1—NIIP Reference Architecture: Concepts and Guidelines", NIIP Project Introduction, NIST, <http://www.niip.org>, 1999
- [7] Ed Barkmeyer, Peter Denno. "NIST Response to MES Request for Information", <http://www.nist.org> 1998.
- [8] Heaton J. Next generation plant systems: the key competitive plant operation [EB/OL] . <http://www.amrc.com>, 1998. [9] Microsoft Corp. Microsoft windows DNA for manufacturing, white paper [EB/OL] . <http://www.microsoft.com>, 1999.
- [10] J. Barry, M. Aparicio, T. Durniak, P. Herman. NIIP-SMART: An Investigation of Distributed Object Approaches to Support MES Development and Deployment in a Virtual Enterprise. (EDOC98), 2-5 NOV. 1998.
- [11] 曹江辉 王宁生 AMT-企业资源管理研究中心 制造执行系统现状与发展趋势
- [12] 彭瑜 中国工控网 制造执行系统(MES)的发展和挑战