

# General Model of Information System Framework and Information Flow of the Smart Factory

Chongfei Zhu<sup>1</sup>, Rui Guo<sup>1</sup>, Li Ma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CRRRC Qingdao Sifang Co. Ltd., Qingdao Shandong

<sup>2</sup>HUST-Wuxi Research Institute, Wuxi Jiangsu

Email: china\_ml@163.com

Received: Oct. 29<sup>th</sup>, 2019; accepted: Nov. 15<sup>th</sup>, 2019; published: Nov. 22<sup>nd</sup>, 2019

---

## Abstract

The operation and management of smart factories depend on the integration and interaction of various information and the information flow model is the basis of information interaction. The Smart Factory Information Flow Model is a comprehensive information model that abstracts, understands, and represents information about the design, manufacture, and management of products. Based on the "National Intelligent Manufacturing Standards System Construction Guide (2018 Edition)", this paper closely combines the common characteristics of electronic manufacturing industry and the common needs of intelligent factories, and defines the information system architecture of the smart factory in this industry. The industry's universal smart factory information system architecture and information flow reference model are established to guide the construction, operation and management of smart factories.

## Keywords

Smart Factory, Information Flow, Universal Model, Information System

---

# 智能工厂信息系统架构与信息流通用模型

朱崇飞<sup>1</sup>, 郭锐<sup>1</sup>, 马力<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中车青岛四方机车车辆股份有限公司, 山东 青岛

<sup>2</sup>华中科技大学无锡研究院, 江苏 无锡

Email: china\_ml@163.com

收稿日期: 2019年10月29日; 录用日期: 2019年11月15日; 发布日期: 2019年11月22日

## 摘要

智能工厂的运行与管理依赖于各种信息的集成与交互,信息流模型是信息交互的基础。智能工厂信息流模型是一个综合性的信息模型,是对产品的设计、制造和管理等信息的抽象、理解和表示。本文依据《国家智能制造标准体系建设指南(2018年版)》,紧密结合电子制造业的共性特征以及对智能化工厂的共性需求,对该行业智能工厂的信息系统系架构进行了规范定义,建立具有行业普适性的智能工厂信息系统架构和信息流参考模型,用于指导智能化工厂的建设、运行和管理。

## 关键词

智能工厂, 信息流, 通用模型, 信息系统

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

目前,在国家政策引领下,轨道交通行业正在逐步深化智能制造技术的研究与应用,也建设了一大批智能制造样板线和示范线,如中车青岛四方的高速动车组关键零部件智能制造生产线、株洲中车时代电气的8英寸IGBT智能制造与数字化工厂等,有效提升了企业智能制造技术水平。但是,目前还没有关于智能工厂的规范化标准体系,缺乏公认的智能工厂体系架构参考模型、对智能工厂边界范围的明确界定,以及对智能工厂构成和数据流的清晰描述[1],无法支撑轨道交通行业智能工厂建设和推广应用。

新时代下的轨道交通行业与传统离散制造工业相比,其制造工艺过程相对复杂,原材料及零部件品种多,来源及物料特性多样[2]。因此对智能工厂信息系统的信息集成及信息流要求更高。从生命周期活动上可以划分为设计活动、经营管理活动、生产活动;按照信息技术在企业科研生产全过程的各个功能活动中对应的应用层次、范围和阶段,可以将信息技术从功能上划分为数字化设计技术、数字化制造与测试技术、数字化管理技术等。由于缺少智能工厂信息系统架构与信息流模型,导致轨道交通装备制造企业智能工厂信息“孤岛”现象严重、信息反馈不流畅、信息系统功能重叠、数据冗余、业务流程紊乱、管控混乱等问题。本文依据《国家智能制造标准体系建设指南(2018年版)》[3],紧密结合轨道交通行业的共性特征以及对智能化工厂的共性需求,选取轨道交通行业中相对更为复杂的电子器件制造过程,对该行业智能工厂的信息系统系架构进行了规范定义,建立具有行业普适性的智能工厂信息系统架构和信息流参考模型,用于指导智能化工厂的建设、运行和管理。

## 2. 智能工厂信息系统架构

### 2.1. 智能工厂运行主流程

如图1所示,轨道交通企业的电子器件生产一般都属于按订单生产、用户定制产品的生产模式。客户下达订单至制造企业后,制造企业首先根据用户产品需求完成产品的总体设计,包括结构设计、电路设计等,工艺人员完成产品的工艺设计,所有设计资料需经过集成产品管理团队(IPMT)确认后才能生效。生产计划部制定生产计划,并下发制造部;由制造部制定物料计划,由采购部开始原材料和零配件(包含

用户指定件)的采购。在开工前制造部进行生产准备,包括人员、设备、工装、刀具、物料等。生产准备确认无误后,即按生产计划进行生产派工,在生产过程中,根据生产实绩进行动态的管控与调度。制造完成后进行质检、入库、发运等后续业务流程。

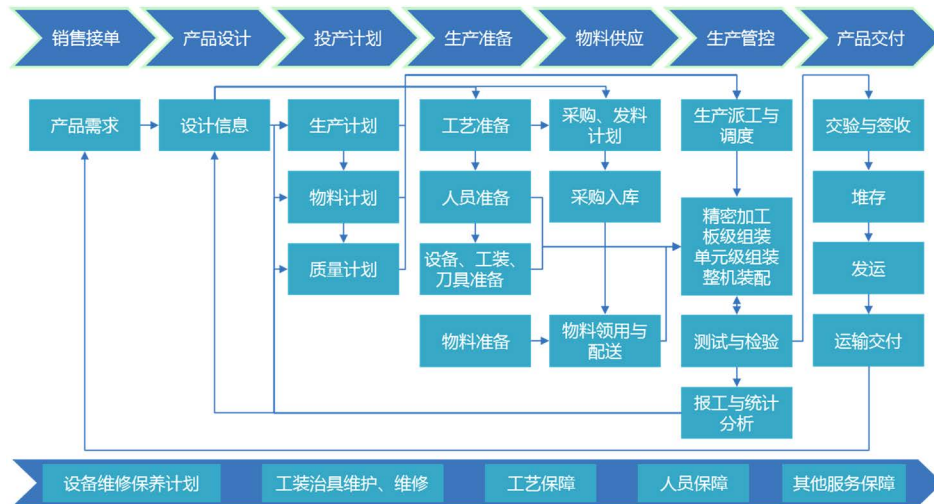


Figure 1. The operation process of electronic device manufacturing enterprises  
图 1. 电子器件制造企业运行流程

## 2.2. 信息系统架构参考模型

如图 2 所示为电子器件制造工厂信息系统架构参考模型,包括智能化设计、智能化经营、智能化制造和智能化装备四部分组成。其中底层为企业制造大数据和网络系统;智能化设计为智能工厂所有活动的提供数据源;智能化经营是衔接前端设计和下游制造的中间阶段,主要负责计划管理;智能化制造负责执行生产计划,控制智能装备;智能化装备作为执行终端,负责指令的执行和数据反馈。

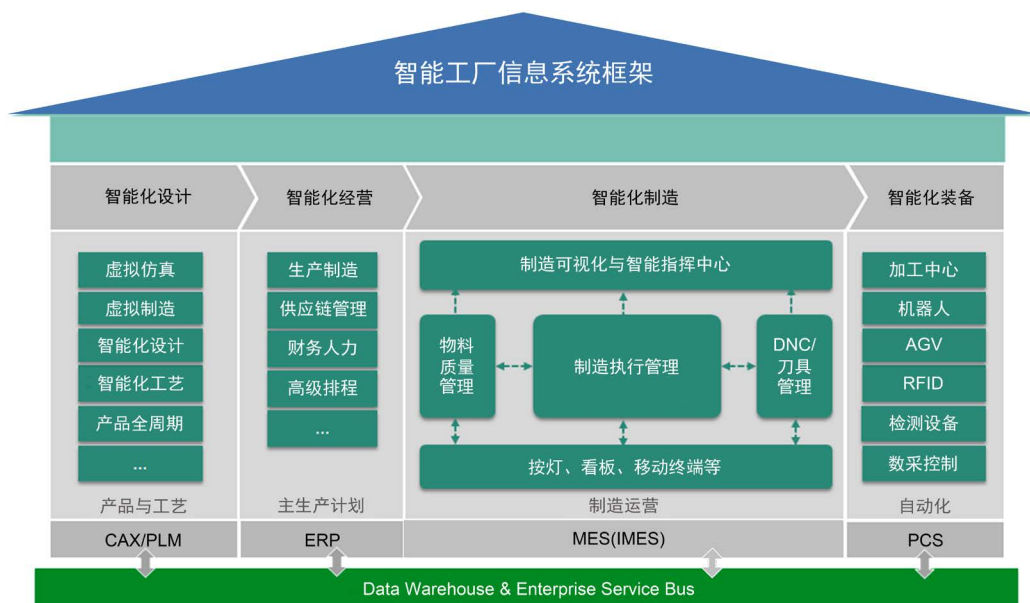


Figure 2. Reference model of intelligent factory information system architecture  
图 2. 智能工厂信息系统架构参考模型

### 2.3. 制造物联系统架构参考模型

制造物联是智能工厂运行的基础，是信息获取和交互的载体。制造物联通过使用各种感知技术与网络技术构建现代制造物联网，对制造过程数据进行全面感知、可靠传递、智能处理，从而实现制造中的“物-物”相联、“人-物”相联以及“人-人”相联[3]。

如图3所示，电子器件制造智能工厂的制造物联系统架构参考模型包括感知层、传输层和数据层，底层为感知对象，包括仓储、物流、微组装、电气互联、精密加工等制造资源；顶层为可视化监控中心，包括多媒体展示、数字双胞胎展示等。制造物联架构模型实际上是工厂信息系统架构的基础[4]，常常用来解决数据来源和指令下达的通路问题，是实现智能制造的前提和保障。



Figure 3. Reference model of Internet of Things system architecture for intelligent factory  
图3. 智能工厂制造物联系统架构参考模型

## 3. 智能工厂信息分类与集成

### 3.1. 信息分类

如图4所示，电子器件制造智能工厂信息包括设计信息、制造测试信息、经营运作与管理信息等。

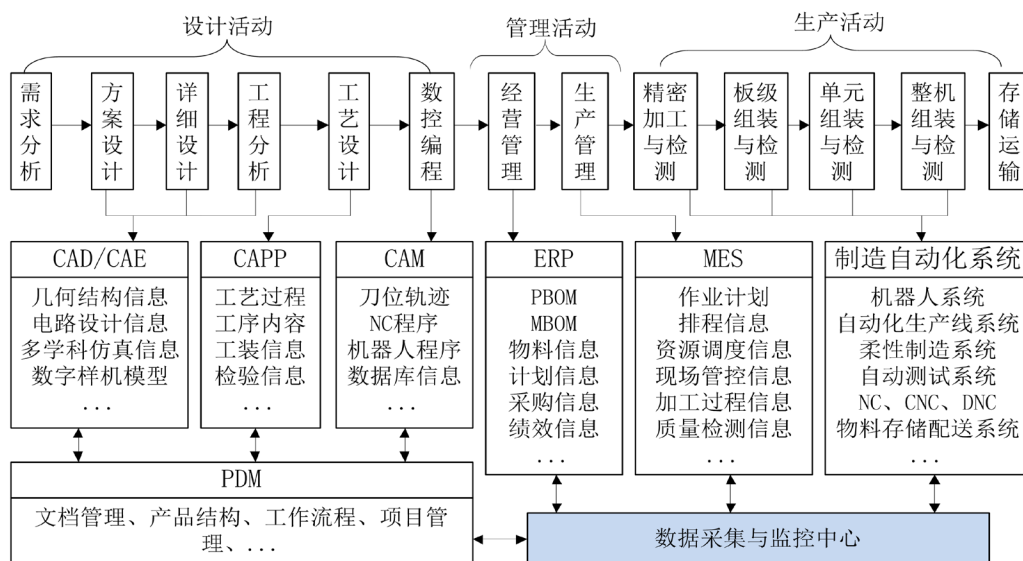


Figure 4. Information classification and integration architecture of intelligent factory

图 4. 智能工厂信息分类与集成架构

#### a) 设计信息

主要依据客户需求和工程需求生成产品模型以及初始 BOM 数据，为后续的工程设计、工艺分析、产品制造以及产品数据管理、企业资源规划等提供数据来源，是产品研发过程中最为重要的一环[5]。目前的发展趋势是采用全三维数字化定义，并以三维模型为核心实现设计与制造过程的协同。

#### b) 工艺信息

工艺信息是连接产品设计与制造的桥梁，是整个制造系统中的重要环节，对产品质量和制成成本具有极为重要的影响[6]。

- 在 CAPP 环境下，完成检索标准工艺文件；
- 选择加工方法；
- 安排路线；
- 选择机床、刀具、量具、夹具等；
- 选择装夹方式和装卡表面；优化选择切削用量；
- 计算加工时间和加工费用；
- 确定工序尺寸和公差及选择毛坯；
- 绘制工序图及编写工序卡等功能。

#### c) 制造信息

如图 5 所示，制造环节的信息技术主要体现在三个层面：

——硬件环境建设(物理层)。包括设备优化重组、设备网络集成、设备运行监测、设备数字化控制等，作为企业产品制造的基础，硬件环境建设的信息技术选用随企业经营运作形式和产品工艺规划类型不同而异。

——生产准备层。涵盖了数字化设计结束至产品投产中间阶段的一切生产活动，主要包括工艺准备、工装准备、资源配备、工艺能力分析、生产过程仿真及样机研制等活动，其信息技术涉及工装 CAD 技术、生产资源建模及硬件管理技术、物理及模拟仿真技术等。生产准备活动的输入信息主要来自 PDM、ERP 或 CAD，其输出信息主要提供制造执行环节支持。

——制造执行层。涵盖了产品开始投产到完成产品生产阶段的车间作业计划及调度、生产信息跟踪采集及处理、生产质量控制及绩效分析等应用领域。制造执行系统(MES)是通过信息的传递,将企业上层的计划管理系统与车间现场的底层控制系统有机地集成起来,在数字化制造环节中MES起到了承上启下的核心作用[7]。

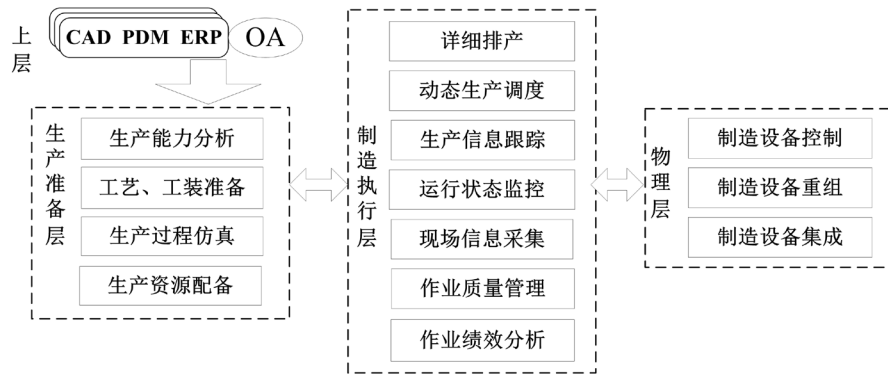


Figure 5. Main content of manufacturing activities  
图 5. 制造环节的主要活动内容

### 3.2. 信息集成

#### a) CAD/CAPP/CAM 与 PDM 集成接口

从信息技术的角度看,产品的设计开发过程是一个产品信息产生、处理、交换、管理的过程,企业信息化环境下的 CAD/CAPP/CAM 就是有关数字化设计信息的处理技术,实现 CAD、CAPP、CAM 的集成,也就是实现产品设计和工程设计内部等信息的整体集成,并在分布式数据库系统和计算机网络的支持下,实现与制造领域等外部技术的信息集成。

PDM 统一管理与产品有关的全部信息,在该架构下,CAD、CAPP、CAM 分别通过和 PDM 的信息传递实现 3C 集成。ERP、MES 与车间现场监控之间集成

#### b) ERP、MES 与车间现场监控之间集成

为了较为清晰地表述企业信息化中经营运作与管理(以 ERP 为代表)、数字化设计和数字化制造之间的集成关系,图 6 描述了 ERP 以及 MES、生产控制层之间的数据信息流动关系。MES 作为中间环节连接 MRP/ERP 和底层生产控制之间的信息交互内容。

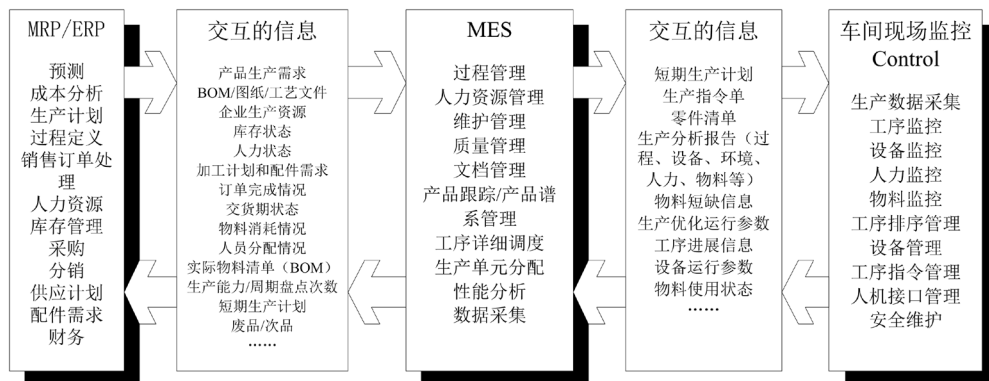


Figure 6. Information interaction and integration model of ERP and MES  
图 6. ERP 与 MES 信息交互集成模型

## 4. 信息流定义

如图 2 和图 3 所示智能工厂信息系统和制造物联架构，由于业务关联，各功能模块之间存在复杂的数据流关系，本节对该信息流进行规范化定义。企业日常业务实践中，在进行企业信息系统建设与集成方案规划时，可参考此信息流定义，得出具体应传输数据、数据的收发方的确定、系统间接口规范等。

### 4.1. 工艺信息流

工艺信息流：

- 1) ERP 将新增、修改的物料传给 PLM；PLM 中搭建好制造 BOM 后，将 BOM 信息传给 ERP，ERP 传给下游；
- 2) 将工艺资源，如工装治具、DNC 代码、作业指导书等传给 MES；
- 3) DNC 代码由 MES 传给 CNC；最终自动化线的检测结果返回给 PLM，协助工艺改进。

### 4.2. 计划信息流

计划信息流：

- 1) ERP 生成主生产计划，APS 根据 CNC 设备、自动化物料配送等资源能力约束，生成集成化的车间加工生产计划；
- 2) 通过仿真系统进行验证后，回传给 ERP；
- 3) MES 接收 ERP 的派工计划，进行生产资源协调，并下发给智能化装备进行生产。

### 4.3. 物料信息流

物料信息流：

- 1) 从 PLM(PDM)里获取物料清单信息，传递给 ERP；
- 2) 在 ERP 里获取物料盘点和采购计划信息；
- 3) 将物料配送、物料出/入库信息通过 MES、ERP 连接；
- 4) 通过底层的智能化装备实现物料信息的收集与物料配送执行，实现物料管理的闭环管理。

### 4.4. 质量信息流

质量信息流：

- 1) PLM 进行质量参数的下发，通过 MES 及 SCADA 下发给质检设备；
- 2) 质检设备进行质检及判断，并将质检结果通过 SCADA 传送给 MES；
- 3) 在 PCT 进行质量记录和分析。

### 4.5. 执行反馈信息流

执行反馈信息流：

- 1) 将底层的智能化装备的实时数据通过 SCADA 系统采集监控；
- 2) 采集到的信息，由 MES、ERP 等系统集中管理；
- 3) 由 MES、ERP 将采集的信息反馈到各业务单元，实现生产过程的闭环管理。

## 5. 结论

智能工厂的运行与管理依赖于各种信息的集成与交互，信息流模型是信息交互的基础。智能工厂信息流模型是一个综合性的信息模型，是对产品的设计、制造和管理等信息的抽象、理解和表示。本文依

据《国家智能制造标准体系建设指南(2018年版)》，紧密结合轨道交通装备制造的共性特征以及对智能化工厂的共性需求，对该行业智能工厂的信息系统系架构进行了规范定义，建立具有行业普适性的智能工厂信息系统架构和信息流参考模型，用于指导智能化工厂的建设、运行和管理。

## 基金项目

《高速动车组关键零部件智能制造新模式应用》项目。

## 参考文献

- [1] 李翌辉, 朱海平, 刘康俊. 中低压开关柜行业智能工厂体系架构标准研究[J]. 计算机集成制造系统, 2017(6): 1216-1233.
- [2] 孙袁, 刘刚, 严伟, 等. 数字化工厂技术在电子制造领域的应用[J]. 中国电子科学研究院学报, 2013, 8(6): 551-556.
- [3] 工业和信息化部, 国家标准化管理委员会. 国家智能制造标准体系建设指南[EB/OL]. <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757016/c6429243/content.html>, 2018-10-12.
- [4] 罗剑明. 制造物联网的实时数据感知与处理模型的研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广东工业大学, 2015.
- [5] 祁国宁, 杨青海, 黄哲人, 等. 面向大批量定制的产品开发设计方法研究[J]. 中国机械工程, 2004, 15(19): 1697-1701.
- [6] 黄乃康. CAPP 技术发展现状与趋势[J]. 智能制造, 2001(5): 3-5.
- [7] 苑京. 基于数字化工厂的离合器装配线仿真与优化[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2016.