

# 汽车制造生产线上 RFID 应用模式研究

倪霖, 钟辉, 段超

(重庆大学机械传动国家重点实验室, 重庆 400030)

**摘要:** 从企业管理和生产环节两方面对无线射频识别(RFID)的应用需求进行分析, 研究 RFID 在汽车制造生产线上应用模式, 构造一个基于 RFID 的汽车制造生产线垂直分布式应用模型体系框架, 给出各功能模块的实现流程。应用结果证明, 该模型可以解决生产过程中存在的信息采集数据缺失和遗漏、人工操作效率低下等问题, 满足汽车制造生产线数据信息采集的实时性和准确性要求。

**关键词:** 汽车制造; 生产线; 无线射频识别; 垂直分布; 应用模式

## Research on RFID Application Mode in Automotive Manufacturing Production Line

NI Lin, ZHONG Hui, DUAN Chao

(State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**【Abstract】** From the enterprise management and the production links on Radio Frequency Identification(RFID) application requirements analysis, this paper researches RFID application mode in automobile manufacturing production line, constructs an automobile manufacturing line vertically distributed application model system framework based on RFID, and gives the system process of each function modules. Application results show that the model can solve the data loss and omissions in information collection and the low efficiency caused by artificial operation in the production process, and meet the requirements of real-time performance and accuracy in automotive manufacturing production line data information collection.

**【Key words】** automotive manufacturing; production line; Radio Frequency Identification(RFID); vertical distribution; application mode

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.04.073

### 1 概述

汽车工业作为国民经济的重要支柱产业, 一直在国民经济和社会发展中起着重要的作用。随着经济全球化和网络信息化浪潮冲击的影响, 世界汽车工业正面临着严峻的考验, 汽车制造企业想彻底摆脱这场危机, 需要对传统制造生产工艺进行变革创新。汽车制造技术经历了从 CAD/CAM/CAE/CAPP 等计算机技术和网络技术向更加柔性化、敏捷化和智能化的自动控制技术和数控技术方向的发展<sup>[1]</sup>。汽车制造生产经历了批量流水线制造、精益制造、大规模定制、敏捷制造和虚拟制造到全球化制造等先进制造管理模式的发展过程<sup>[2]</sup>。然而, 由于汽车生产车间可视化程度低、生产线数据信息冗余、缺失、错误等问题, 导致企业管理层无法实时掌握车间生产状况以准确进行生产协调和控制<sup>[3]</sup>。

无线射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术的出现, 为解决上述问题提供了新的思路。RFID 技术作为一种非接触式的自动识别技术, 通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据信息, 具有信息容量大、读写方便、抗干扰能力强、保密性强等优点。目前, RFID 已被广泛运用于物流、零售、安全防伪等领域。据某权威市场研究报告称, 汽车行业将是推动 RFID 技术发展的主要行业之一<sup>[4]</sup>。因此, RFID 技术在汽车制造行业的应用比较广泛。例如, 宝马、丰田、通用、福特、沃尔沃和现代等国外著名汽车厂商纷纷将 RFID 技术应用到汽车制造生产过程中, 并且取得了不错的效果。继上海大众、上海通用、一汽大众等中外合资汽车公司纷纷采用并实施 RFID 技术后, 国内汽车厂商奇瑞、昌河和长安等也相继在企业中实施 RFID 项目<sup>[5]</sup>。目前, 国内外学者针对 RFID 技术在汽车制造领域的研究主要集中在汽车供应

链管理、生产线物流配送、装配线过程控制、质量管理以及汽车行业采取 RFID 技术的评价体系的建立<sup>[6-7]</sup>。总的来说, 这些研究主要是针对单环节 RFID 功能性的技术解决方案, 很少从 RFID 数据信息集成和应用模式方面进行研究。为此, 本文根据汽车制造生产线特点及需求, 提出 RFID 在汽车制造生产线上垂直分布式模型体系框架, 并论述了该架构功能模块能够实现的功能及实现流程。

### 2 RFID 应用需求分析

基于企业管理视角的 RFID 应用需求包括:

(1) 实现车间管理的实时化和透明化。通过 RFID 实现整车及零部件制造生产全过程实时信息的收集和监控, 企业及车间各级管理人员能够及时掌握车间现场生产状况, 并作出生产作业调度及调控等相应决策。

(2) 实现车间生产管理的精益化和柔性化。通过 RFID 实现原材料、在制品、零部件和整车等产品动态信息的实时跟踪, 根据各生产环节和顾客需求及时调整生产能力, 达到生产能力均衡化, 逐步实现车间生产管理精益化和柔性化。

(3) 实现生产过程的自动化和智能化。通过 RFID 实现对车体的型号和颜色等信息进行识别和记录整理, 控制混流生产的车体队列分合流、自动操作面漆线喷涂机器人和可编程

**基金项目:** 国家“863”计划基金资助项目(2006AA04A123); 重庆市自然科学基金资助项目(CSTC2008BB2173); 中央高校基本科研业务费基金资助项目(CDJXS11110018)

**作者简介:** 倪霖(1971—), 男, 副教授、博士, 主研方向: 物联网, 现代物流, 项目管理; 钟辉、段超, 硕士研究生

**收稿日期:** 2011-07-24 **E-mail:** zhonghui921@126.com

逻辑控制器等现场控制设备, 大力提升车间生产过程的智能化水平。

(4)实现流水线全面质量管理。通过 RFID 对关键工位在制品及零部件质量信息进行采集和存储, 一旦出现产品质量问题, 能够及时进行产品质量追溯。

基于生产环节视角的 RFID 应用需求包括:

(1)实现设备的电子化管理

通过 RFID 实现器具、盛具和磨具等设备的电子化记录, 用以解决传统手工管理方式所带来的记录错误、效率低下和管理混乱的问题。

(2)实现在制品的自动识别

通过 RFID 实现生产线上零部件的自动识别及统计, 以避免由于生产环境恶劣而造成的零部件编码受污染无法识别的问题。

(3)实现生产物流的优化

通过 RFID 对零部件进行跟踪管理, 优化物流流程和零部件库存, 提高物流配送效率, 减少在制品零部件库存浪费。

(4)实现生产过程的优化

通过 RFID 实时读取生产过程信息, 实现过程环节的自动化控制, 指导工人及机械设备快速准确地生产, 降低生产过程中人为出错的可能性, 提高生产制造工艺水平。

(5)实现产品质量的可追溯

通过 RFID 对整车及零部件信息进行采集和关联, 完善整车质量相关数据, 实现整车及零部件信息快速准确追溯。

### 3 汽车制造生产线上的 RFID 应用模式

本文根据汽车制造生产线的特点以及汽车企业管理层和车间操作层对 RFID 的应用需求, 提出基于 RFID 的汽车制造生产线上垂直分布式应用模型。

#### 3.1 垂直分布式模型体系架构

当前汽车制造生产线上的数据采集主要依靠条形码系统, 条形码在生产过程中需要大量人工操作, 效率低下并容易出现错误数据。考虑到条形码在汽车制造生产线上的应用缺陷, 本文在生产线上采用 RFID 标签取代条形码, 实现在制品加工数据和状态信息的实时采集。图 1 为基于 RFID 的汽车制造生产线垂直分布式应用模型的体系框架, 该框架建立在 RFID 制造业垂直分布应用模式的基础上, 由 PLC 设备操作层、MES 设备执行层和应用系统业务层组成, 具体如下:

(1)PLC 设备操作层包括: 生产线上安装的 RFID 标签读写器与传感器构成的传感网络, PLC、DCS、CNC 和 DNC 等计算机化现场控制设备。它们通过对流水线上贴挂了 RFID 标签的在制品数据信息进行自动采集, 并对其建立起数据关联, 方便实现企业内部不同车间的人员、设备资源和管理软件系统的实时信息交互和集成。

(2)MES 设备执行层主要指制造执行系统, 包括一系列功能模块。它一方面完成来自应用系统业务层的生产管理信息的细化分解任务, 将操作指令传递给车间 PLC 设备操作层进行现场控制; 另一方面能够实时监控车间底层设备和仪表的运行状态, 将设备和仪表的状态数据, 经过分析处理后及时反馈给企业管理层进行决策。

(3)应用系统业务层主要包括企业正常经营期间所进行的应用业务操作系统。例如生产管理控制、质量管理、库存管理控制、采购管理、销售管理、售后服务、财务管理和人力资源管理基础业务操作系统。通过这些基础操作业务完成对企业生产经营的分析、决策和掌控。

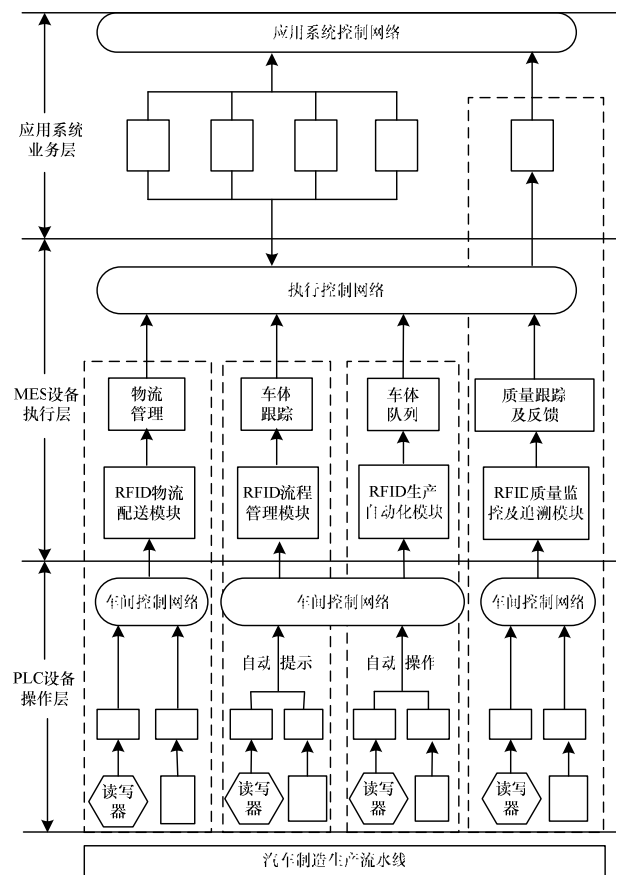


图 1 基于 RFID 的汽车制造生产线垂直分布式应用模型体系框架

#### 3.2 功能模块分析

基于 RFID 的汽车制造生产线垂直分布式应用模型体系框架形成了主要的 4 个功能模块, 包括 RFID 物流配送模块、RFID 流程管理模块、RFID 生产自动化模块、RFID 质量监控及追溯模块。通过这些功能模块解决不同层级、不同人员对不同数据信息需求状况有所不同的问题, 完成异构信息集成处理的过程。

##### 3.2.1 RFID 物流配送模块

RFID 物流配送模块利用车间流水线上安装的 RFID 阅读器、传感器等传感网络元件对贴挂在车体上的 RFID 标签进行信息扫描采集。为了实现车间物流数据的快速采集响应, 直接将 PLC 设备操作层上采集的数据信息通过车间控制网络集成到 MES 设备执行层, 将车间加工信息、原材料供应和在制品零部件配送等车间物流信息存储在 MES 设备执行层, 完成物流管理的功能。企业高层管理者可以通过应用系统对执行控制网络集成的信息数据进行浏览和查询, 实时了解车间物流配送状况。

##### 3.2.2 RFID 流程管理模块

RFID 流程管理模块主要实现整个生产线上车辆自动提示和车体跟踪的功能。RFID 阅读器、传感器等传感网络元件通过读取贴挂在车体身上的 RFID 标签的信息, 将采集到的车体信息直接传送到 PLC 设备操作层进行集成处理并储存。车间控制网络利用该信息实现车辆自动提示的功能, 指导生产线上员工和其他相关生产设备对车体进行识别和调度。执行控制网络将 PLC 设备操作层采集处理的数据信息通过车间控制网络传送到 MES 设备执行层, 进行信息集成处理, 以实现车体跟踪的功能。企业高层管理者通过应用系统可以实时掌握车间生产进程, 便于做生产计划调整。

### 3.2.3 RFID 生产自动化模块

RFID 生产自动化模块主要完成流水线设备自动化操作生产和车体队列的功能,其运作过程类似于 RFID 流程管理模块。PLC 设备将传感网络采集的数据信息直接在车间控制网络下的 PLC 设备操作层进行信息集成,以实现生产流水线自动操作的功能。车间控制网络将 PLC 设备采集的数据信息传送到 MES 设备执行层进行信息集成处理,经过处理后的信息再由执行控制网络下达到生产车间,用以指导车间对车体进行队列生产。

### 3.2.4 RFID 质量监控及追溯模块

汽车制造生产线应用 RFID 技术实现最重要的功能就是对产品、在制品零部件进行质量监控和质量追溯。RFID 质量监控及追溯模块是汽车制造生产线信息集成系统框架的核心组成部分。该模块通过车间控制网络将 PLC 设备操作层传感网络采集的数据信息直接传送到 MES 设备执行层,实现对在制品零部件生产过程实时数据的存储和监控。同时,在检测环节若发现车体存在质量问题,可以通过上层应用系统调用车间控制网络处理得到的 MES 设备执行层存储的数据信

息,了解出现问题的具体环节,实现产品质量跟踪及反馈的功能。

## 4 实际应用效果

在国家“863”计划基金项目的支持下,上述 RFID 应用模式已经被运用到重庆某企业的整车制造生产线上。该企业拥有一套完整的整车生产流水线,涵盖了包括冲压、焊接、涂装、总装和测试环节在内的主要生产工序。目前,该厂已成功实施了 ERP 和基于条码的 MES 系统,整车生产线过去一直实施条形码质量追踪,但是由于条形码质量追踪系统极大地依赖于现场操作工人,受现场工作环境制约,不能实现信息的准确采集和标签的循环利用。生产现场部分生产环节无法设置标签扫描点,不能在在制品零部件进行实时监控。生产现场质量信息采集手段极度落后且不及时,无法实现对单个车体的精细化管理。针对以上问题,该厂确定了“总体规划、分步实施”的原则,通过在焊接、涂装和总装车间流水线上安装 RFID 信息采集点,进行 RFID 系统试点应用研究,图 2 为该企业整车生产部分流水线平面图。

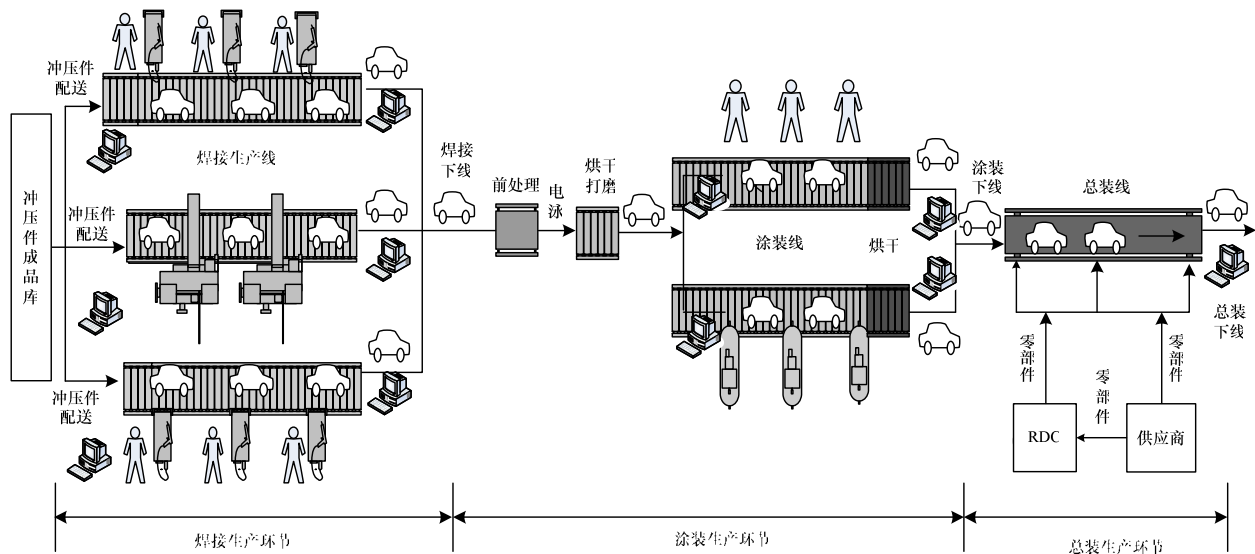


图 2 汽车制造生产流水线(部分)

该企业应用 RFID 系统试运行一段时间后,在管理和经济方面取得了不错的应用效果。通过在生产流水线上利用可循环的 RFID 标签取代一次性条形码,减少了人工工时和工人数量、车体等待停线时间以及企业不必要的经济损失。各级管理人员能够通过实时地掌握实际生产情况进行相应的生产管理和作业调度,实现了流水线的均衡生产、汽车生产过程实时状态信息的监控以及生产过程的全面质量管理和质量追溯。

## 5 结束语

目前,大多数制造企业生产车间仍使用条形码系统进行数据信息的采集、监控、加工和应用,但条形码自身的局限性无法满足企业正常生产运作的需求。特别是汽车制造企业,复杂的工序流程和繁多的零部件加工使得企业对生产流程监控和管理的需求越来越迫切。本文将 RFID 技术引入汽车制造生产线,讨论 RFID 的应用模式,构造了基于 RFID 的汽车制造生产线垂直分布式应用模型体系框架。随着 RFID 技术的日益成熟和 RFID 基础设施的愈加普及,日后 RFID 技术不仅可以应用在制造企业内部生产线上,还可以扩大到供应链的上下游企业,实现企业与企业之间的相互协作,促进整个

供应链上协作效率的提高和管理模式的变革。

## 参考文献

- [1] 韩云岭. 汽车生产制造技术进步浅析[J]. 汽车工程, 2005, 27(2): 129-132.
- [2] 王江, 赵树宽, 吕朋. 基于信息技术应用的汽车产业发展趋势分析[J]. 情报科学, 2009, 27(4): 598-601.
- [3] 田世勇, 吴立辉, 孙磊, 等. 面向 PCB 装配过程跟踪的 RFID 中间件[J]. 计算机工程, 2009, 35(21): 238-241.
- [4] 李文川, 王旭, 吴昊, 等. RFID 在汽车行业中应用模式的研究[J]. 汽车工程, 2010, 32(9): 824-828.
- [5] 尹家绪. 基于产品生命周期工程的汽车制造业制造模式研究及其应用[D]. 重庆: 重庆大学, 2008.
- [6] 丁斌, 罗烽林, 孙晓, 等. 离散型制造企业 RFID 应用策略研究[J]. 中国管理科学, 2008, 16(2): 76-82.
- [7] Trappey C V, Trappey A J C, Lin G Y P. Business and Logistics Hub Integration to Facilitate Global Supply Chain Linkage[J]. Journal of Engineering Manufacture, 2007, 221(7): 1221-1233.

编辑 张帆