



## Intelligent Manufacturing and RFID Technology

华中科技大学 尹周平 陶波



尹周平

华中科技大学机械科学与工程学院教授、博士生导师, 教育部长江学者特聘教授, 国家杰出青年基金获得者, 数字制造装备与技术国家重点实验室副主任。主持承担了国家自然科学基金重大/重点、973、863等国家级项目, 在电子制造技术与装备、复杂产品数字建模与精密测量、RFID技术与应用等方面取得一系列创新性成果。

近年来,在国家 973、863、重大专项等国家级项目支持下,华中科技大学数字制造装备与技术国家重点实验室在智能制造与 RFID 技术领域开展了深入研究,研制了我国第一台具有自主知识产权的全自动 RFID 标签封装装备,研发了全系列工业应用高性能 RFID 读写器和标签,开发的智能制造解决方案在航空、汽车、工程机械等制造龙头企业应用。

智能制造旨在将专家的知识 and 经验融入感知、决策、执行等制造活动中,赋予产品制造在线学习和知识进化的能力,实现高品质制造。其关键技术包括智能感知技术、人工智能技术、智能驱动技术、智能数控技术、智能物流技术等<sup>[1]</sup>。智能制造技术外延广泛,包括智能制造装备、智能制造系统、智能制造服务等,汇聚了广泛的产

业链和产业集群,成为新一轮科技革命和产业革命的重要方向。智能制造技术将逐步减少高品质产品制造对专家的依赖性,彻底改变现有生产方式和制造业竞争格局,引起发达国家的高度重视。

早在 20 世纪 90 年代初,日本就提出了“智能制造系统 IMS”国际合作研究计划,投资超过 10 亿美元开展超过

100个项目的前期技术研究。2006年,在《美国科学技术委员会联合工作组有关制造研发报告》中,将智能集成制造确定为美国政府制造研发的三大重点领域之一,力图建立智能制造技术的基础理论,突破智能制造装备的关键技术<sup>[2-3]</sup>。2011年,美国正式启动“先进制造伙伴计划”,2012年出台“先进制造业国家战略计划”,提出通过加强研发投入和试验税收减免、扩大和优化政府投资、建设“智能”制造技术平台,以加快智能制造的技术创新。欧盟从2007年开始实施的《第七框架计划》中提出,以机器人和信息技术为基础,利用智能制造实现制造模式的新革命,并在“欧洲2020智慧可持续包容增长战略”中提出重点发展以智能为核心的先进制造<sup>[4]</sup>。

在我国,《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》中已明确将“智能制造装备”列为高端制造装备中的重点发展领域。同时,在《国家中长期科技发展规划纲要》中,也明确将智能制造技术列为优先发展主题,并于2012年发布《智能制造装备产业“十二五”发展规划》和《智能制造科技发展“十二五”专项规划》<sup>[5]</sup>。中国科学院发布的《中国先进制造技术到2050年的发展路线图》中指出,“基于泛在信息的智能制造”将会是先进制造技术两大发展主流之一<sup>[6]</sup>。智能制造引发新一轮制造业革命已初现端倪。

物联网与无线射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)促进了智能制造技术的发展,扩展了智能制造的研究领域。RFID是一种利用射频通信实现的非接触式自动识别技术,具有识别距离远、识别速度快、抗干扰能力强以及多目标同时识别等优点。同时,RFID标签还具有条形码所不具备的防水、防磁、耐高温、使用寿命长、读取距离大、标签上数据可以加密、存储数据容量更大、存储信息更改自如等优点,在物流、制造、交

通、军事等领域具有大规模应用的前景,被认为是21世纪最有发展前途的信息技术之一<sup>[7]</sup>。将RFID技术与制造技术相结合,可有效提升制造效率、品质和企业管理水平。在制造过程中应用RFID技术具有以下优势:(1)实现各种生产数据采集的自动化和实时化,弥补企业计划层与控制层之间的“信息断层”,及时掌握生产计划和生产线生产状态。(2)有效跟踪、管理和控制生产所需资源和在制品,实现生产过程的透明化和可视化管理。(3)加强生产现场物料配送的及时性和准确性,降低装配差错率;加强生产过程质量监控和跟踪能力,提高产品质量和生产线整体生产效率。

### 基于 RFID 的智能制造应用

近年来,RFID技术开发及其在制造业的应用研究得到了学术界和产业界的双重关注,RFID系统在国外制造业领域已得到较为广泛应用。国际知名企业(如福特、丰田、宝马等)已纷纷在汽车生产线上使用RFID系统,实现在制品跟踪和生产状态监控。德国

汉莎公司也利用RFID跟踪飞机发动机、飞行器零部件,以提高维修效率。美国通用公司也将RFID等物联网技术应用于航空发动机全生命周期管理。全球著名的市场调研公司AMR在其研究报告中指出,采用RFID等信息技术对生产资料管理能够精确和明显提高供应链性能,从而减少15%的库存量,订单率提高17%以上,生产循环周期缩短35%。RFID技术在智能制造系统中的应用如图1所示。

RFID技术在制造领域的另一个重要应用就是刀辅具管理,目前已经有一些比较成熟的系统(图2)。如日本大昭和Factory Manager,其在刀具管理上采用的是“工具IC代码系统”,通过这个系统,可以实现对生产过程中刀具信息的全方位管理,包括刀具长度、磨损量、刀具所在位置等信息。日本欧姆龙公司和德国的巴夫鲁都有多系列的成套RFID硬件产品及相关配套软件。美国宾夕法尼亚大学研究者们提出把RFID技术应用于刀具供应链管理,通过RFID技术与企业ERP、MES、QRM(绩效管理系统)和

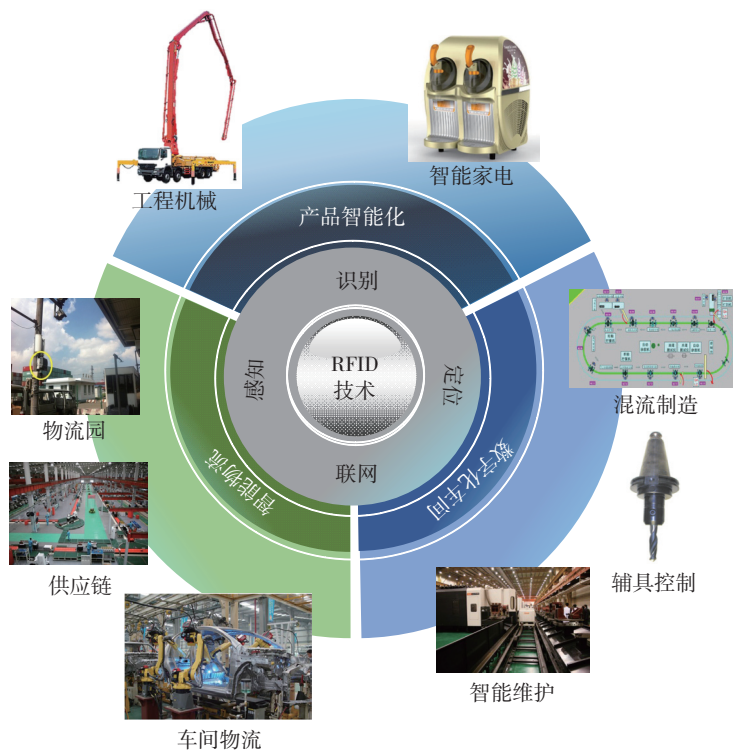


图1 RFID技术在智能制造系统中的应用

CNC 加工中心集成可以极大地减小人工输入工作量,通过降低手动输入错误和减少数据录入时间,减少了数控设备停机时间。NT、KELCH、ZULER 等对刀仪与刀具系统制造商已经成功地把 RFID 系统集成到了对刀仪中。瑞典公司开发的托马斯 (THOMAS) 系统,不但可以显示上万件刀具及辅具中任何一件在生产中的周转情况,以用于知道刀具和辅具安装、刃磨和尺寸检查,还可以预报任何一把刀具的寿命,这使得更换产品所引起的停机时间大大缩短。

国内也有部分企业已经开始在利用 RFID 系统提供生产效率,实现了精益管理。如,天津丰田汽车皇冠车生产线上开始采用 RFID 管理系统,在生产供应链中实现产品的自动追踪和自动分拣。大连机床 (数控) 股份有限公司利用 RFID 系统在加工车间测试刀具管理进行了生产验证,结果表明该系统可以有效地提高车间刀具的使用效率,解决刀具的问题,可以很大程度缓解刀具使用混乱造成的资源浪费问题,有效解决刀具使用成本,保证车间生产的高

质量和高可靠性。隆鑫摩托车成车生产线上已经成功应用了基于 RFID 技术的生产制造执行系统,青岛海尔公司的冰箱生产线上也已经开始投入使用工业级读写器进行产品采集。武汉华威科智能技术有限公司针对 RFID 技术在制造、防伪、石油开采、家电等行业应用需求,先后开发了耐高温高压、长寿命、抗金属、激光全息 RFID 标签等特种 RFID 标签,并在三一重工、上汽通用五菱、美的等国内龙头企业制造过程管理中获得成功应用。

与此同时,RFID 系统也在国内服装制造、卷烟制造、汽车发动机制造等生产线上获得应用,提高日生产效率 10%,且生产质量事故下降 80% 以上。香港大学研究者们分析了制造车间管理的瓶颈所在,并研究了怎样利用基于 RFID 的无线制造技术进行制造车间在制品的管理。通过将 RFID 与 GPS、GIS 相结合,实现智能跟踪为制造和供应链提供实时信息,以支持动态调度来实现物流的规划与执行。相比国外来讲,国内的应用水平还处在初级阶段,多局限于把 MES 和 RFID 数据集成,以监测全程生产过程。

专项等国家级项目支持下,华中科技大学数字制造装备与技术国家重点实验室在智能制造与 RFID 技术领域开展了深入研究,研制了我国第一台具有自主知识产权的全自动 RFID 标签封装装备,研发了全系列工业应用高性能 RFID 读写器和标签,开发的智能制造解决方案在航空、汽车、工程机械等制造龙头企业应用。针对制造现场存在的切削液、切屑、油污、电磁干扰等问题,研究了电磁环境、金属、液体等强干扰环境对 RFID 射频性能影响机理,建立了基于 RFID 的多源制造信息按需自动获取技术、在制品跟踪与定位技术、刀具全过程跟踪与磨损管理技术、加工与配送设备跟踪与定位技术,研究成果成功应用到三一重工、上汽通用五菱、玉柴、江淮汽车、中山达华、美的等国内龙头企业制造过程的监控与物流管理。

研制了特种 RFID 标签及读写器装置 (表 1)。设计了抗金属、抗液体、抗振动、抗电磁干扰的智能感知 RFID 标签,开发出低频、高频、超高频、激光全息等系列化 RFID 标签,研制了满足制造车间恶劣工况的刀具、配送设备、制造设备、在制品、制造过程等管控所需要的小体积、轻重量、大容量、长寿命特种 RFID 标签以及配套使用的

## 基于 RFID 技术的智能制造系统研发

近年来,在国家 973、863、重大

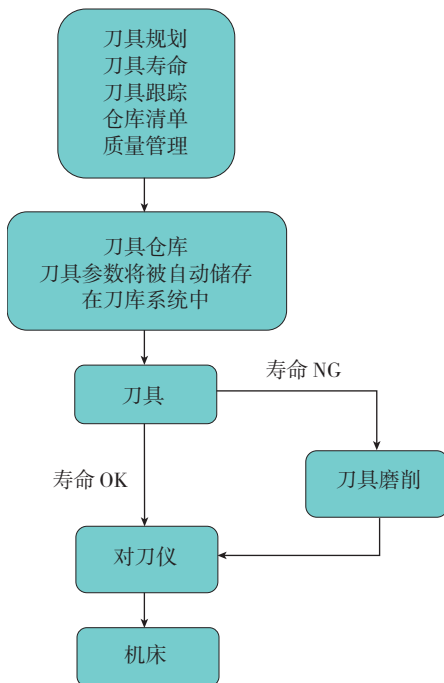


图2 基于RFID技术的刀辅具管理系统及其在制造系统中的应用

表1 工业应用RFID读写器与标签

频段	读写器	标签	应用领域
低频 30~300kHz 0~10cm			林木、动物管理等 农林牧应用 井下通讯等石油开采应用
高频 3~30MHz 0~10cm			辅具管控、混流制造、 装备维护等 数字化车间应用
超高频 850~910MHz >12m			仓储物流、供应链、 车辆管理等 智能物流应用

RFID 读写器、数据采集装置,实现了高温高压、金属、液体环境下 RFID 高可靠应用。

开发了基于 RFID 技术的刀具智能管理系统(图 3)。通过与 DNC/MDC 配合,实现了刀具的加工工艺参数、刀具补偿量、刀具寿命参数、刀具磨/破损等在线监控,以及刀具借用、归还、配置、检验、报废、采购的全面管理。建立了刀辅具从“刀库→对刀仪→机床→维修”电子档案,实现刀具信息无纸化、参数输入电子化,提高刀具利用率,提高机床使用效率。实现了物料/在制品从“仓库→配送→加工→检测”全过程可视化管理,提高了车间生产效率。

开发了基于 RFID 技术的智能物流管理系统。研究了混流制造生产线自动报工、关键配件跟踪管理、工艺流程控制等关键技术,开发了供应链物流智能管理服务系统 ASCM,并与 ERP、MES 等管理系统有效集成,解决了供应商、中间商、客户间供给和需求的一体化智能管理。

另外,通过将 RFID 和 GPS 技术集成,实现室外和室内精确定位。通过将主机厂、供应商、第 3 方物流等产品信息共享,实现产品全程监控。通过优化零部件采购过程,实现快速响应降低库存。

## 研究与应用展望

智能制造作为一种新的制造模式和技术,可为高品质复杂零件制造提供新的解决方案。借助 RFID 技术在识别、感知、联网、定位等方面的强大功能,将其应用于复杂零件制造过程管理,可有效提升其制造效率和品质。结合智能制造技术发展与应用,建议从以下方面开展 RFID 技术在制造中的应用研究:

(1) 基于 RFID 技术的数字化车间。RFID 在数字化车间中的应用主要包括刀辅具管理、设备智能维护、车间混流制造。采用 RFID 技术可实现

刀辅具与主机之间的信息交互、刀辅具的可视化跟踪管理、刀辅具寿命定量监控与预测。此外,通过集成

RFID 技术的智能传感器在线监测设备关键部位运转情况,并通过网络与后台服务器通信,实现加工设备性能特征的在线监测,运行状态评估与风险预警、设备早期故障诊断与专家支持。通过工业现场总线网络与 MES 等系统集成,从而实现工艺路线、加工装备、加工程序等智能选择、加工/装配状态可视化跟踪以及生产过程的实时监控。在国家重大专项的支持下,国内已有制造企业正在开展这方面的有益尝试。

(2) 基于 RFID 技术的智能产品全生命周期管理。智能化是机电产品的未来发展的重要方向和趋势,产品智能化的关键之一在于如何实现其全生命周期信息的快速获取和共享。RFID 技术与传感器技术的有效集成能实时、高效地获取产品在加工、装配、服役等阶段状态信息,同时通过网络传输使生产商及时掌握所生产的产品全生命周期的工况信息,为制造企业后台服务支撑、远程指令下达以及用户的个性化设计改进提供有力的数据支持。目前,这一技术已经在工程机械、智能家电等领域得到成功应用,展现出良好的应用前景。

(3) 基于 RFID 技术的制造物流智能化。将 RFID 系统与制造企业自动立库系统集成,可实现在制品/货品出入库自动化与货品批量识别。另外,RFID 技术和 GPS 技术的集成可以实现制造企业在制品精确定位,同时通



图3 自主研制的基于RFID技术的刀辅具管理系统

过网络传输,实现物流信息共享与产品全程监控,从而优化企业采购过程。通过采用中间件技术将智能物流系统与企业 ERP、MES 系统无缝对接,实现快速响应并降低库存,提升制造企业在制品物流管理的智能化水平。目前,RFID 技术已经在车间物流管理、供应链管理以及物流园管理中得到成功应用,可进一步推广应用到制造企业全物流管理系统中。

## 参考文献

- [1] 荣烈润. 面向 21 世纪的智能制造. 机电一体化, 2006(4):5-9.
- [2] 李晓红, 高原. 美国政府确定制造业重点技术领域(下). 国防制造技术网, 2010[2014-01-05].<http://wuxizazhi.cnki.net/Search/GFZZ201002035.html>.
- [3] Manufacturing the Future. Federal Priorities for Manufacturing R&D, 2008[2014-01-05].[http://eprints.internano.org/72/1/NSTCIWGMFGRD\\_March2008\\_Report.pdf](http://eprints.internano.org/72/1/NSTCIWGMFGRD_March2008_Report.pdf).
- [4] Europe 2020: A European Strategy for smart, sustainable and inclusive growth, 2010.
- [5] 中华人民共和国工业和信息化部. 智能制造装备产业“十二五”发展规划, 2012[2014-01-05].<http://news.machine.com.cn/show-73805/>.
- [6] 中国科学院先进制造领域战略研究组. Advanced Manufacturing Technology In China: A Roadmap to 2050. 科学出版社, 2010.
- [7] 中华人民共和国科学技术部. 中国射频识别(RFID)技术政策白皮书, 2006[2014-01-05].<http://wenku.baidu.com/view/9dace8175f0e7ed1842536b8.html>.

(责编 日午 亦非)