



图1 按照工业 4.0 原则，机器与组件或零件上设置的 RFID 标签实现通信

识别系统

RFID 助力生产流程透明和可靠控制

工业 4.0 的目标是将一个工厂所有的对象通过通信技术实现网络互联。为了实现各个组成部分在生产过程中能自行发挥控制作用，需要相应的技术，如无线射频识别（RFID）和近场通信（NFC）支持（图 1）。

文 | Frank Linti

基于 RFID 技术的识别系统目前在机器制造业已经成为不可或缺的一部分：它有助于生产过程中可靠和有效的控制。然而目前的 RFID 作为一种重复使用的方案主要用于刀具控制方面，并且直接在刀具或滑块上实施。下一个创新步骤面向连续的过程控制，也包括加工单元，借助 RFID 标签对机器和仪器装置组件直接进行标识。

这种智能化识别几乎是唯一的选择。因为极其多样化的选项和灵活多变的加工模式使得生产经营者不断面临生产、装配和智能化技术服务方面的新挑战。对过程链中的各个参与者也提出了一些必要的集成要求，也就是将数据保护下的加工与工业 4.0 进行融合。虽然这个概念在德国的各地都能听说，然而除了若干先行者的几个孤岛项目以外还十分少见。其结论是关键成本和经济性优点在国际化竞争中并未带来收益。

实际上不仅是因为基于 RFID 和自动化的解决方案在经济性方面带给行业兴趣，相关市场发展在机器和仪器装置制造业中形成一种趋势：产品的小批量和个性化配置，在此背景下其他方案几乎都无法胜任。加工过程的复杂性也在日益上升。例如，一个装配的电路板往往要经过多达 10 个不同站点进行电子元件加工处理，直到它最终被装入一台车辆或一个仪器装置中。在制作电路板、涂敷电路和导电带时，过程优化的潜力由于该常规的识别技术的应用无疑得到充分发挥。在电路板装配所要求的存储模块和电容器的加工过程中呈现出更为显著的潜力。

通过直接在电路板上装设一个赋予个性的 RFID 主 ID 可以进行直至单个元件级的选择性装配，从而达到生产 4.0

的基本要求。通过这种方式，在遇到紧急订单时就能够自动进入状态，在装配线上通过一个道岔预选器装置向前进行定位分配。当这一变化由于加工流程而成为必要时，在进行若干下游装配步骤时主板会发出消息，告知对于它应该做些什么或它是否已经经历了若干站点的处理。

目标在于一个单义的 RFID 主标签

为了能够对这类越来越复杂的价值创造链进行透明和有效的控制，在按照工业 4.0 定位的生产过程中，需要工作流程具有明显更高的灵活性。将来应该做到让到达的产品向加工单元发送有关信息，如究竟须对其进行哪些加工处理。通过这种技术手段还可以实现与外部过程的结合，使加工可以快速地转换到其他装配线上进行。所有这些得以实现的前提是必须具备一个单义的 RFID 主标签。在主标签上还能够包含特有的生产和装配信息，甚至可用于无缝地集成到别人的生产中。除此以外，可以在工作步骤、质量管理或至经销商的发送路径

的文件资料等各方面借助 RFID 主标签实现自动化。在对一个批次的或整包 ID 进行无缝分配时遇到向带有 RFID 标签的外壳内装配元件有出错情况时，完备的批次追溯可以达到料仓级水平。这一优点使得企业可以在遭受投诉时快速和低成本地做出应对。

对于 RFID 解决方案的需求是网络化生产的支柱

作为未来网络化生产支柱的 RFID 方案必须满足大量的实际需要。其中之一是行业标准的制定：为了能够让 RFID 在众多参与方和国家得到合理的应用，建立起相关带有数据内容的标签的配备标准非常有必要。一方面必须给出统一的软件数据结构层，在其中所有的参与



图 3 在实现工业 4.0 时必须做到最小的元件和物件都能与机器可靠通信。实现这一点的前提条件是极小的 RFID 标签，即使安置在金属物上也能保证可靠工作

者都可以储存和相互之间实现通信。另一方面必须通过标准在工件标识上实现一种产品级的横向通信。要做到这一点的前提是，所有参与方始终将信息存放到 RFID 芯片内的相同区域。由此可以保证，所有的参与者采用同一种“语言”进行交流。基本的重要信息包括生产厂商 ID，产品 ID，产品序号和生产日期。在现阶段应用的标签上可为这种电子产品编码（EPC）提供的码位在 96 ~ 480 之间。当前的加工信息，如工件是否应该按照选项 A、B 或 C 来加工，这些都存储在用户存储器中，典型应用容量可达 512 bit。电子标签直接安置在部件上，在需要时随时能够读取、修改或者删除。这样，生产无需再与中央软件直接连接就能够获取工件的重要信息。

那么如何能够确保，生产链上的各个组成分部（甚至还包括不同生产企业的）都使用同一 RFID 芯片上的同一数据呢？为了定义一个统一的行业标准，通常需要行业协会与业界一些主要推动者合作，以共同拟定一个参考建议。成功案例包括：移动通信行业协会（VDA）和移动通信设备制造厂商之间以及国际航空运输联盟和飞机制造工业之间的合作。尤其重要的是，行业协会推荐的背后应当是市场最大的游戏参与者，否则将会带来不同标准的装备竞赛，那只会导致互相不信任和丧失实施的动力。尤



图 2 在机器制造行业，RFID 识别系统目前已经可以帮助可靠和有效地控制生产流程

其需要注意的是，在 RFID 方案中应用的芯片和天线的供应不应只限于少数几家。如果整个行业固定采用唯一的芯片类型或仅与一家芯片生产厂商合作，那可能会失去更加廉价或灵活的选择机会。

在高要求环境下的技术障碍

在机器制造业或仪器装置制造业中，常规 RFID 方案很快达到其实际应用的边界条件。由于在困难的基底材料（如在金属物件）上安置电子标签的要求很高，因此需要对 RFID 标签进行优化（图 3）。对于一定的应用，拥有相应的用于金属、碳和 ESD 防静电材料的 RFID 标签产品系列可供选择。

金属或塑料壳体经常需进行上色、涂漆或喷粉表面处理，以及经过若干不同温度的高温干燥处理。在此一个标准的 RFID 标签已经无法满足要求。然而也有相应的解决方案。适宜的 RFID 数据载体必须在金属基底上粘贴牢固，同时提供可供读取的数据。此时要达到的目标是数据载体能够有近乎 100% 的可读性和能够达到 1.5 ~ 2 m 的实际读数距离。此外，这类标签既不允许在涂漆过程带人硅橡胶，也不允许出现干缩，否则标签周边将露出未涂漆的空白边框。一般 RFID 标签指标说明中要求最高应用温度约为 85 °C。而在涂漆流水线上和干燥过程中必须经得住成倍与这一限制值的温度。对于这些过程可选用特殊的 RFID 标签，它们的最高耐温限度可达 230 °C，而且允许多次接连经受这一上限温度。

很多情况下，RFID 标签同时还可作为铭牌来使用，所以必须十分坚固和耐用，能够耐受各种气候和使用环境条件。为此 RFID 标签进入市场时都带有不同的保护薄壳，这能够确保机箱上信息的可靠性和长期性。

在已加工物件的载体上（如容器、垛板或托盘）通常也借助 RFID 芯片进行标记。这种无缝掌控容器和托盘的方式是一个十分重要的组成部分，一方面体现在能够优化加工过程中装料和备料



图 4 通过组件的 RFID 标签来获取如何处理加工单元的信息

方面的高效性，另一方面体现在能够对所装配的部件在批次级上进行物流分配和自动登记入账。装设了 RFID 标签的容器能够在生产过程中完全自动化地进行登记，无需采取人工方式。在生产线之前或生产线旁的备料竖井内托盘或塑料外罩借助 RFID 自动登记，并且作为已加工的批次存在系统里。这样可使得电子组件即使没有单个逐一编码，仍可在返回或召回行动时至少追溯至批次级的范围。借助这一技术能够做到在垛板上作为空箱子或作为加工成品以堆栈的方式予以掌控。物品的出入都能够自动地登记入账，这样在各个加工单元处就无需再配备 RFID 看板。

在空箱实际状况检查方面的优化衍生了一种非常严谨的库存管理模式，这在实践中很多时候能够节省高达 30% 的工作库存。过程中必要的一些用于外部合作伙伴的技术服务文献资料或说明书可以通过所谓 NFC 铭牌（近场无线通信）来控制。这种做法具有如下优点：技术服务合作单位既可以从标签上也可以通过生产商的因特网平台，借助自己的智能手机访问数据或向标签上存入新的实时数据。这样便能建立一个无缝历史记录，既可在工件上又可在数据库内，完全不需要额外的 RFID 读取装置处在外

围区域。

RFID 标签的应用现状

目前市场上提供的 RFID 标签具有足够大的带宽。通过合适的咨询和客户现场的过程分析之后，每个企业都能选择适合自己的产品，为其生产的仪器装置安设一个 RFID 主标签。在过程链中由此带来了诸多优点：除了实现灵活生产外，在各个不同的加工单元上还能够实现智能化流程控制和自动采集装配通道中各个单元的信息（图 4）。同样，这个标签还能进行一些功能扩展，并应用在最终检验处、物品出口处和物流链中，以及销售商或技术服务单位等各个环节。

技术现状表明，从最初的抽象概念形成到最终在工业企业得到实际应用往往需要大约两年的时间。在网络化水平很高的行业（如机器制造业）确立有关 RFID 芯片数据结构和最小数据量的标准，并且得到各有关方的认可需要 5 年以上的时间。然而在初始阶段通常会出现孤岛方案：一些企业通过应用 RFID 标签即使在没有网络化的情况下也能取得明显的经济效益。这主要只涉及到一些较大的中大型工业领域，在这些领域新技术实际应用的节奏通常更快。[11]