■奇瑞汽车股份有限公司/滑德富　方　敏　董皖湘

白车身制造中的机器人技术应用

在白车身制造过程中，自动化技术主要应用于搬运、点焊焊接、螺柱焊焊接、CO_2焊、激光在线检测、在线冲孔和门盖包边等工位。通过使用这些自动化技术，白车身生产效率达到60件/h，自动化率达到60%，车身焊接强度和尺寸达到98.5%和95%以上。同时，大幅度减少操作员工数量，劳动强度大、环境差的工位全部采用机器人。

生产过程中应用的自动化技术系统，通常包含三部分：

（1）控制部分　完成数据的运算、程序的运行、信号的转化等控制功能。

（2）工作部分　主要是焊钳、检测相机、滚轮、焊枪等终端操作设备。

（3）机器人本体　实现运动的传递、轨迹的行走和承载工作部分等动作功能，是自动化技术核心执行单位，是各自动化工艺实现的动力源和基础。

常用的机器人主要有六轴和七轴。六轴就是能实现6个自由度运动，七轴是在六轴基础上增加一个*X/Y/Z*某一方向上的移动，实现大范围、远距离运动。机器人布局和种类应用，通常在主拼工位体现的非常明显，通常会分层布置机器人，由机器人完成转运、焊接和涂胶等工艺（见图1）。

图1　主拼机器人工位

搬运机器人

机器人搬运是自动化生产线最基础的自动化工艺，机器人搬运通常会结合生产计划指令自动下达、自动化存储、差异防错等自动化技术，形成一个指令下达、接收、存储、识别、搬运等完整系统。指令下达和校对是通过计算机系统生产VIN码，根据VIN码生产FIS码。在分装线，机器人通过激光扫描仪扫描FIS码把生产信息进行传递，到主下线后，机器人再次扫描FIS码确认分总成的排序正确性，之后通过MOBY进行工位之间传递。

机器人转运通常要经过人机接口的存储buffer、APC或推杆链（见图2），确保搬运机器人取件时定位准确。Buffer、APC或推杆链根据生产节拍产能进行设计，可以存储多个零件或多种车型零件（见图3）。buffer上的零件定位一致性要高且安全防护到位，否则机器人搬运故障率很高。另外，搬运机器人的抓具是其工作的执行部件，必须定位准确，安全牢固，重量较轻。

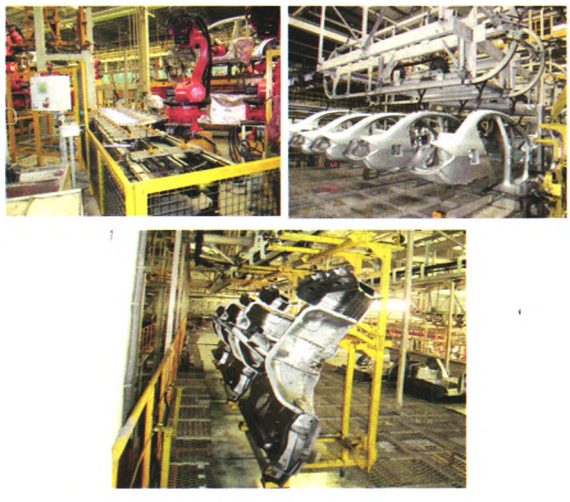


图2　buffer、APC和推杆链

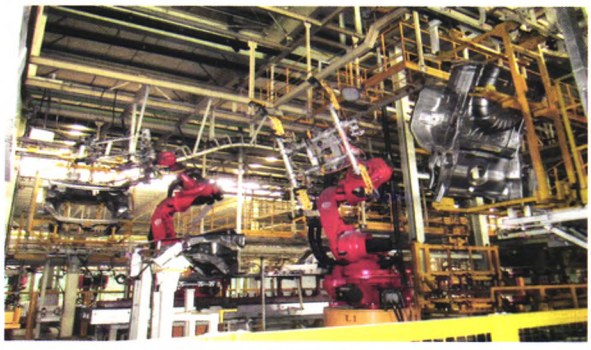


图3　搬运机器人抓具

点焊机器人

机器人点焊在白车身焊接过程中非常重要，机器人焊接焊点数量决定着生产线自动化率、焊点质量决定着整个车身质量水平。机器人点焊的执行部分通常有工频焊钳、中频伺服焊钳和自适应焊钳，机器人中频伺服和自适应焊接大幅度提升了焊接质量。机器人点焊系统主要包括机器人、焊钳和控制系统（见图4），下面重点介绍中频伺服焊接和自适应焊接。

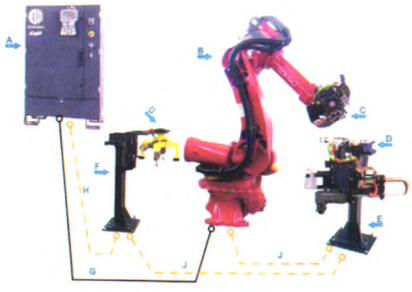


图4　机器人点焊系统

中频伺服焊接的核心是伺服焊钳，其动力源是伺服焊机，伺服电动机相当于气动焊钳的气缸。伺服焊钳的结构主要包括伺服电动机、变压器、滚珠丝杠机构和焊钳本体。

伺服的主要任务是按控制命令的要求，对功率进行放大、变换与调控等处理，使驱动装置输出的力矩、速度和位置控制的非常灵活方便。

焊接机器人

在焊接机器人系统中，伺服焊钳的伺服电动机直接由机器人的伺服控制器控制，相当于机器人的一个附加工装轴，通过伺服电机编码器的反馈数据准确控制电极的移动量。这样就使焊钳移动侧电极的行程运动处于机器人控制当中，使焊钳电极移动过程的位置和速度过程随时受控。

机器人自适应中频焊接是目前自动化焊接线首选的焊接技术，它对零件匹配状态和零件表面清洁度要求大大降低，这样就减轻了人工劳动强度和人工检查要求。

自适应焊接技术原理为自适应方式采集次级电压及次级电流，从而监测动态电阻变化，根据动态电阻变化及时调整焊接电流和焊接时间（见图5），确保焊接能量、焊接直径和焊接质量。

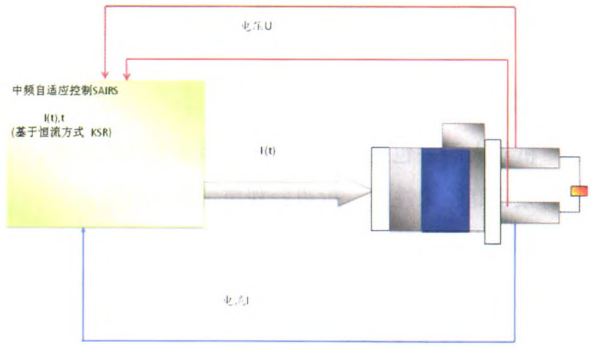


图5 自适应焊接原理

由于采用设备输出焊接参数适应焊接零件，明显降低了焊接飞溅，提升了焊接质量，尤其是在涂胶焊接部位和多层板焊接工位。

在线检测机器人

机器人在线激光检测是确保车身尺寸和生产效率的有效保障方法，在自动化线中实现100%检测和失效立即控制。常见机器人激光检测系统主要由机器人系统、检测报警控制系统、激光测量系统、数据分析系统和远程监控系统等五大部分组成。

检测功能实现过程概述：根据预先制定好测量点和测量特性，机器人载着激光测量头按调试好轨迹进行逐点测量，测量数据通过网络线传递到测量控制器系统中，数据分析系统对实测数据按照工艺控制进行分析判断，根据判断结果，对生产线发出继续生产、报警或停机指令。整个生产线的控制、生产全部由生产线PLC、传感器等软硬件组成的控制系统进行循环控制（见图6）。

激光在线检测的主要目的是监控车身制造尺寸的情况，对不合格的车身进行生产控制，要做到控制报警功能，有蜂鸣器、闪光灯等声光报警，还可以根据生产的不同时期、不同的产品质量状态、工艺技术水平、尺寸预分析状态可以随意设置报警数值和报警参数。

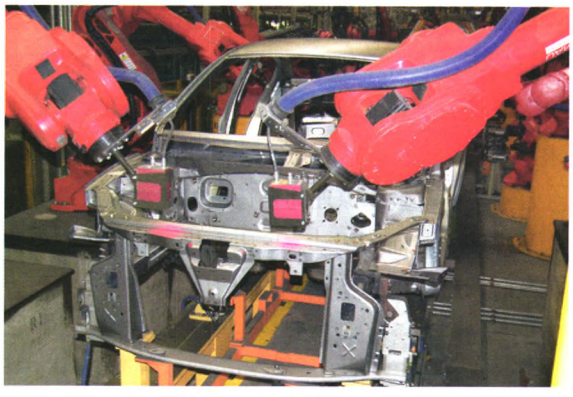


图6 激光在线检测实景图

滚边机器人

机器人门盖包边是白车身四门两盖折边的趋势，具有效率高、柔性化、折边外观质量高等优点。

机器人滚边的工艺可分为下面几个过程：

（1）包前状态 被包件内板与外板都处于定位夹紧状态，夹角通常为9°。

（2）预包状态 在预包时，水平方向和垂直方向的分力成反比，水平方向的力大则垂直方向的力就小，反之亦然。因此机器人带动滚轮的进给量和角度必须控制在预压完成状态线与终包状态线30°～45°夹角范围内，这样预包时得到的水平方向和垂直方向的分力才能使翻边获得较好的状态，否则易出现卷边和鼓边现象。

（3）终包状态 将翻边完全压贴，使被包件的外形面与滚边模具的型面压至一致，其主要是通过机器人的轨迹来控制。这个过程机器人的进给压力应尽可能的垂直与被包件表面。

机器人包边系统由PLC控制系统、滚轮系统、安全防护系统、滚边工装系统等四大部分组成（见图7）。

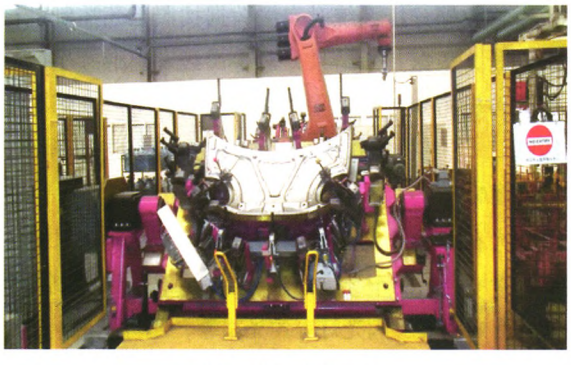


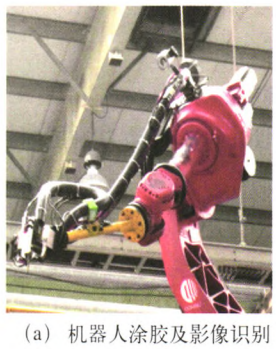
图7 机器人滚边系统

滚轮系统是机器人滚边的执行工具，由各种不同形状的滚轮组合而成（见图8）。由于滚边技术本身的特点，滚边过程一般分为2～4次顺序完成，因此滚轮通常设计有45°轮、90°轮、成形轮和专用特殊轮。这些滚轮的设计主要是依据包边成形水平分力和垂直分力的匹配关系。如果被包件的形状和包边空间允许，可以通过机器人的轨迹来弥补滚轮的角度，通常45°轮可以省去。

图8 机器人滚轮

结语

随着机器人自动化技术的发展，以及生产高效率、高柔性化、高车身质量的要求，焊装生产线及其自动化技术逐渐增多，例如在线冲孔工艺、机器人涂胶及影像识别和机器人螺柱焊等技术（见图9）。



（a）机器人涂胶及影像识别

（b）机器人螺柱焊

图 9

在汽车生产过程中，尤其是白车身制造工艺，机器人自动化技术会逐渐推广，甚至取代手工操作是必然趋势。自动化技术有大幅度缩短制造周期、提高车身质量、降低生产成本等优点，所以我们必须研究和应用自动化技术。

关键词：
机器人 柔性化 高效率 稳定性
（收稿日期20140415）