

# 机器人新技术在汽车底部密封中的应用

Application of New Robotics Technology in Car Bottom Seal

ABB 机器人部 王华东



王华东

ABB 机器人部资深工程师, 拥有近 10 年的汽车行业经验, 在 ABB 供职期间先后担任现场经理、项目经理及工程技术经理等多个职务。管理过多个大型的机器人自动化项目, 积累了丰富的工程技术经验, 尤其在焊接、密封、搬运及切割等应用领域。

由于汽车底盘部位特殊, 工作条件最为恶劣, 而且其质量及可靠性直接影响到汽车行驶的生命安全, 所以现代汽车制造对汽车底部的“装甲”尤其重视。目前常用的方法是采用 PVC 密封, 使汽车底盘与外界隔绝, 以实现防腐、防锈、防撞、防振、隔绝

由于 PVC 密封工艺的要求高且很复杂, 特别是对密封的位置、密封层厚度、均匀度的控制要求很严格, 而且不同部位密封层的厚度也不一样, 所以利用机器人自动完成 PVC 密封可以有效地保证密封质量。

底盘噪声等多重功能。PVC 底部密封通常需要对焊缝、车身底部及轮罩、门槛裙边等多处进行密封, 其中 PVC 焊缝密封是为了提高车身的密封性、汽车的舒适性以及车身缝隙间的耐腐蚀性。PVC 底部及轮罩喷胶可以提高车身的使用寿命, 增强抗石击的性能。

由于 PVC 密封工艺的要求高且很复杂, 特别是对密封的位置、密封层厚度、均匀度的控制要求很严格, 而且不同部位密封层的厚度也不一样, 所以利用机器人自动完成 PVC 密封可以有效地保证密封质量; 此外, PVC 密封本身工作环境相当恶劣, 对人体有很大伤害, 也决定了使用机器人的必然性; 更重要的是, 机器人可以大大提高工作效率, 增强系统的可靠性。当今汽车市场新产品层出不穷, 而且更新换代的速度越来越快, 这就对现代汽车工业生产线提

出了更高的要求——高度柔性化及扩展性。

以机器人为核心的自动化生产线正适应着现代汽车制造业多品种、少批量、占地少的柔性化生产发展方向。同时, 机器人的新技术、新产品也在不断得到开发和应用, 进一步提高及优化了自动化生产线。比如机器人的视觉导引技术、多工具快换技术、焊缝跟踪技术、新一代运动控制技术以及模拟仿真、工厂生产数据管理等软件技术等, 都在当今的 PVC 密封领域也都得到了很好的应用。

PVC 底部密封工位的车体大多是通过风窗吊具等机械类输送线从上一工位传送过来的, 输送线的定位偏差很大, 并且车体静止后也无再定位装置, 再加上车体自身的尺寸偏差, 综合偏差可达 10 ~ 30mm 左右。这就要求借助机器人视觉导引(定位)技术来完成车体位置偏差的快

速测量,机器人在线启动偏差补偿功能,自动进行车体的位置偏差修正,实现精确密封,同时也避免了投入大量资金对输送线改造实现定位准确,降低了投资成本。

### 机器人视觉导引技术应用于车体位置偏差补偿

机器人视觉系统的基本原理为:机器视觉首先采用 CCD 照相机或者其他传感器将被摄取目标转换成图像信号,传送给专用的图像处理系统,根据像素分布和亮度、颜色等信息,转变成数字化信号;然后,图像系统对这些信号进行各种运算来抽取目标的特征,如面积、长度、数量、位置等;最后,根据预设的容许度和其他条件输出结果,如尺寸、角度、偏移量、个数、合格/不合格、有/无等。输出结果传送到上位机或者机器人,例如,机器人得到偏移量后,自动执行机器人轨迹修正程序,然后按补偿后的轨迹运行,实现精确工作。

目前,机器人视觉系统有来自机器人公司自身的,如 ABB 的 TrueView,也有来自第三方专业视觉系统公司的,例如美国的 COGNEX,德国的 VMT 及 ISRA 等。按系统测量的自由度数量通常可分为 2D 及 3D 系统,目前还有特殊应用的 2.5D 系统;从运行环境的角度,机器视觉系统可分为 PC-BASED 系统和 PLC-BASED 系统。基于 PC 的系统利用了其开放性,高度的编程灵活性和良好的 Windows 界面,系统总体成本较低。

视觉数据采集传感器常用有多种类型:摄像头、激光传感及扫描仪等,由于摄像头的成本较低,得到了更广泛的应用。视觉系统的传感器安装方式有 2 种:固定式安装以及机器人端部安装,前者适合多传感器对大型零件(如车体、机翼等)的多视角采集,后者适合单传感器对中小型零件的数据采集。

判断机器人视觉系统的标准有 3 个要素:视觉精度,视觉处理时间以及视觉处理的零件运动范围。视觉精度的高低决定了视觉系统的应用范围,直接影响机器人的补偿精度。目前大多数视觉系统的视觉精度为  $\pm 1 \sim 2\text{mm}$ , ABB 的 TrueView 系统更高达  $\pm 0.5\text{mm}$ 。视觉处理时间直接关系到生产节拍,所以越快越好,大多数为  $2 \sim 3\text{s}$ ,而 ABB 的 TrueView 系统更高为  $0.5 \sim 1.5\text{s}$ ,大大提高了生产效率。视觉处理的零件运动范围及视觉系统可处理的零件最大偏差范围,通常在  $\pm 30 \sim 50\text{mm}$  左右,最大的为 ABB 的 TrueView,为  $\pm 300\text{mm}$  及  $\pm 15^\circ$ 。

由于 PVC 底部密封工位的车体位置偏差是 6 自由度,而且车体尺寸较大,需要多视角摄像采集数据,所以采用固定式安装的多摄像头 3D 视觉系统。该视觉系统利用 4 个已标定的摄像头从 4 个角度采集车体 4 个部位的图像,并从这些图像中搜索车体上的固有特征标记点(理想的标记点是孔,但是角、边沿等其他特征标记也可以利用)的二维图像坐标;同时根据各个摄像头之间的方位关系以及标记点在车体坐标系下的坐标,可以数学上确定一个最佳的车体方位,并计算出当前方位和理论方位之间的矫正矢量( $X, Y, Z, RX, RY, RZ$ );该矫正矢量送给 PLC, PLC 收到数据报包后分析标志位,如果是错误结果,进行出错处理,如重新触发测量等;如果是正确结果,给机器人送出矫正矢量,机器人就能够调整其工作应用轨迹,并启动涂胶应用。

该机器人视觉系统的使用,完全解决了车体的位置偏差问题,保证了机器人接收到精确的补偿数据,并自动修正工作轨迹,然后按新的轨迹执行正确的工作。而且还可以适应多品种的车体应用,柔性高、扩展性强。

### 工具快换技术 可实现多种工艺生产

为减小 PVC 密封生产线的占地面积,通常把焊缝的密封、车身底部及轮罩、以及门槛裙边的密封都集中在一个工位完成;另外,一个车身平台上通常都有多种车型同时生产, PVC 密封工位就要同时适应多种车体的混线生产,因此 PVC 的密封需要多种喷胶工具,机器人需要对多种喷胶工具控制及快速切换。

在汽车工业生产线上,工具快换系统已经得到了大量使用,其中使用最广的工具快换有 2 种形式:工具快换机构及多工具一体化,前者由专门的快换机构公司提供标准化模块,可快速(约  $1 \sim 2\text{s}$  内)进行水电气的快速脱离,释放工具 1,然后再快速进行水电气的快速连接,抓取工具 2,实现工具切换。前者适应于中大型工具及多种应用工具的切换,但是切换时间较长,牺牲了生产节拍;后者将多种工具进行一体化设计,集成安装在机器人端部,适用于中小型工具连接,切换时间很快,可加快生产节拍。

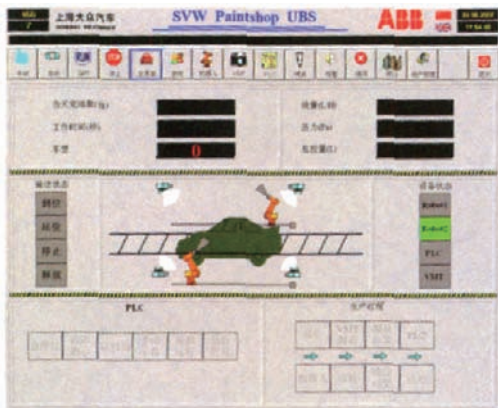
焊缝密封,车身底部工艺都存在较大的区别,特别是对焊缝密封胶的流量控制要求的精确程度,对底部、轮罩以及门槛裙边的密封层厚度都不一样,而这些差异无法用单一的流量控制系统及喷胶工具实现,必须使用多种工具,并且对该工位的节拍要求很高。所以,把多种工具集成于一体实现切换控制,就能很好地满足该系统对多种工艺的要求。在该方案实施的过程中,关键要对多种工具下的工艺参数调整,以及工艺参数的快速切换,经过工艺特殊处理确保切换后的密封工艺顺利过渡,保证了后续密封的理想效果及质量。

### 新一代运动控制技术在密封领域的应用

从工业机器人进入工业生产领

域以来,逐渐代替人工操作或者专机系统,应用范围越来越广,特别是在汽车生产中的一些特殊应用领域,对工业机器人的运动性能要求(例如轨迹精度、运行速度等)更高,比如激光焊接、切割、涂胶等应用场合。

PVC 密封应用也是一个对机器



可视化监控现场的生产信息

人要求很高的应用场合,不仅要求机器人本身要有对密封胶固化粘连环境的防护,更重要的是在门槛裙边区域的涂胶需要高度精确的涂胶轨迹,以免 PVC 过涂,污染车身上的油漆表面等不可接受的缺陷,导致产品质量不过关;而且该工位的节拍非常紧张,所以机器人的工作速度也不能过低,以免影响生产效率。而这些要求都只能靠机器人本身优异的运动性能来保证。

全球任何一家工业机器人公司都有自己的控制系统,而且每家公司的机器人本体、驱动系统都大同小异,其间差异最大的就是控制系统,而控制系统中最核心的技术就是运动控制技术。运动控制技术是指对工业机器人末端执行器的位姿、速度、加速度等项的控制。运动控制技术的先进与否,是否稳定可靠,根本上决定了该机器人系统的运动性能好坏,可靠性高低等关键要素。

ABB 最新的第五代控制系统搭载的运动控制技术,是目前市场上运动控制最先进的技术,正是这种技术,使得工业机器人越来越广泛地应

用于高精行业,并大量替代高精密的专机系统,同时也使传统应用的产品质量和生产效率得到极大的改善。

在 PVC 密封系统中使用由 ABB 第五代控制系统控制的工业机器人作业,从对比中可以看出,传统控制方式在相对较低的速度下仍然容易出现波纹及过涂现象,而借助 TrueMove 的控制技术,机器人可以以相对较高的速度运行,保证涂胶的均匀光滑度以及拐角过渡处的精度。ABB 独特的动态自优化技术使运动精度独立于运动速度,从而大幅缩短生产节拍,提高了涂胶产品的涂胶质量及生产效率,降低了废品率。

### 机器人的工厂生产管理

PVC 密封工位的工作环境恶劣,不仅对操作或者维护管理人员,而且对设备的防护也提出了更高的要求,所以利用远程监控系统对设备及工作数据自动进行采集并实现远程管理就显得尤为重要。系统数据采集和管理系统软件的主要功能是对密封生产工艺数据的采集和生产过程的监控。

ABB 的 WebWare 软件可协助用户提高机器人系统的生产效率,延长其正常的运行时间,促进产品的自动化管理作业。WebWare 能帮助机器人技术人员及生产主管坐在办公室里识别机器人的故障根源,为机器人系统提供备份保护,还可用于查看某一段时间的生产状态趋势。

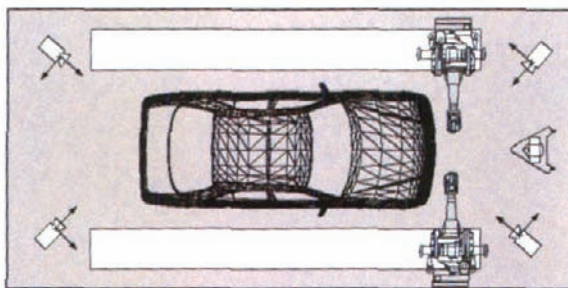
WebWare 软件 100% 基于 Web 方式,能通过标准 IE 浏览器本地或远程访问整线或整厂的产品信息,WebWare 可真正实现即时操作过程监视、档案管理和远程支援。WebWare 通过集合数据来帮助客户

对 ABB 机器人控制器记录生产资源、PLC 和其他工厂设备。通过微软 IE, WebWare 可以很容易地获得这些数据。

通过 WebWare 实现上位 PC 机与机器人的生产管理,其主要功能为:

- 能在 PC 机与机器人之间传输程序;
- 能读写机器人的 I/O 及 RAPID 变量;
- 启动、停止机器人运行;
- 从机器人接收信息及事件;
- 读取机器人当前位置。

通过 WebWare 系统,管理人员可以在远离生产现场的办公室 PC 机上可视化监控现场的生产信息,机器人工作状态、故障报错信息以及其他设备的运行情况,并能够进行生产数据的统计分析,其中目视管理及操作显示可以图表形式表示,反映设备的工艺流程及相应的功能,最终使用



多摄像头 3D 视觉系统示意图

户保护和优化他们对机器人技术的投资,提供全面的解决方案,达到综合的和有效的产品监视的空前水平。

### 结束语

结合工业机器人的多种新技术及新产品,汽车底部 PVC 密封的工艺得到了很大优化,系统解决方案变得更加成熟,尤其是系统的柔性及扩展性、生产效率和产品质量,都得到了极大的提升。在当今汽车市场竞争日益激烈、经济形势日趋严峻的情况下,为赢得市场又增添了一份信心与力量。 (责编 淡蓝)