

现代焊装工艺特点及其发展趋势

□ 东风悦达起亚汽车有限公司 / 钱光辉

本文以汽车制造工厂五大工艺中的焊装工艺为例，重点阐述了现代焊装自动化生产线的工艺特点，希望能给同行主机厂在该方面的应用提供些帮助。

车身内部构造的不同，直接影响汽车的安全性。非承载式车身都是由不同的材料连接而成（见图1），最普遍最重要的工艺就是焊接。冲压、焊装、涂装、总装、发动机被称为整车制造厂“五大工艺”，其中焊装一般是投资力度最大，技术要求最复杂，最难反应工厂技术水平的工艺。焊装被称为机械裁缝负责把冲压好的工件焊接到一起，在制造业中被广泛应用。其中焊装的自动化、柔性化程度决定了焊接的发展前景与未来。汽车制造中焊接车间包括焊钳-焊机-输送线等。因此，了解和掌握焊装工艺技术特点对于从事汽车生产技术和管理的管理人员显得尤为重要。

车身焊接工艺概述

1. 焊接种类及工艺分类

车身常用的连接技术种类包

括：电阻点焊RSW（Resistance Spot Welding）、凸焊、螺柱焊、摩擦焊SFJ（Spot Friction Joining）、激光焊（Laser Welding）、气体保护焊（CO₂、氩气）、滚边（Hemming）、自冲铆SPR（Self-pierce rivets）、无钉压铆（Clinch）、高速射钉铆（Impact&Rivtac）、螺柱压铆和热熔自攻丝FDS（Flow Drill System）、粘接等技术。

（1）电阻点焊RSW。焊接过程分4个阶段。预压阶段：从电极开始加压到焊接电流开始接通之前的阶段。作用是使焊件的接处有良好的接触，为焊接电流顺利通过做

好必要的准备。焊接阶段：通电加热、熔核形成的阶段（主要包括加压阶段、焊接阶段和维持阶段），当建立起需要的温度场，得到符合要求的熔化核心与塑性环后，便切断电流，熔核开始了冷却结晶，电极继续加压，故称冷却阶段。结束阶段：升起电极移动焊件，为下一个焊点进行准备。

（2）凸焊。定义：凸焊是点焊的一种变形，一般采用大平面电极，且在一个工件上有预制的凸点，主要用于焊接低碳钢和低碳钢冲压件。板件最适宜的厚度为0.5~4mm。凸焊时，一次可在接头处形

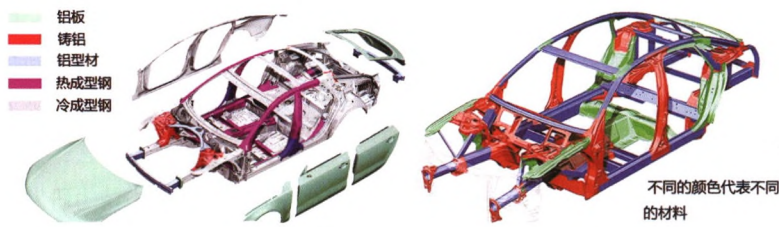


图1 车身材料结构示意图

成一个或多个熔核。在车身上，一般是将凸焊螺栓（带凸点的螺栓）或凸焊螺母（带凸点的螺母）焊在薄板上。这样在装配时，只需要拧紧螺母或螺栓，就可以提高装配功效。

凸焊的优点为：效率高、可靠性强、压痕浅、保养少、适用于各种板材。缺点为：增加工序、额外设备高机械精度、大功率焊机以及公差要求高。

(3) 气体保护焊。气体保护焊分为非熔化极（钨极）气体保护焊和熔化极气体保护焊，具有价格低、焊缝成形好、焊接过程稳定、应用广泛、焊接牢固的优点。适用的车身焊接部位有：侧围轮罩与地板、侧围与前纵梁、车门窗框与内板等点焊不易达到位置。在汽车行业广泛应用的气体保护焊有：MIG（氩气为保护气体，属于熔化极惰性气体保护焊）、MAG（氩气中掺杂CO₂为混合保护保护气体）和TIG（属于非熔化极惰性气体保护焊），其中TIG、MIG都属于氩弧焊。

(4) 包边滚边hemming-包边。HEMM' G PRESS包边的主要过程如图2所示。具体说明如下：HAND' G ROBOT将INR ASSY+OUT PNL送入下模升起装置上；升起装置复位，上模下降，先对件进行预翻边45°；预翻边后翻边刀具模块复位，上模压料板模块压边；包边完成后上模上升复位，下模升起装置将件托起上升复位；HAND' G ROBOT将包好边的件移送下序工位。

(4) 包边滚边hemming-滚边。滚边夹具系统用于将待滚边钢

板固定在滚边模具上，滚轮系统的滚边头固定在工业机器人上，滚边头上面的滚轮根据折叠加工步骤的不同进行选取，通过滚轮将外部钢板的边缘绕里面的钢板进行弯曲。机器人及其控制系统主要用于控制滚轮的运动轨迹，以及机器人与其他相关系统间的通信，可根据车身外形变化设定程序，以满足不同零件形状的滚边需求。机器人滚边相比压力机包边有以下优点：高度柔性化、可对应多车种，工位面积缩小，设备投资费减少。

如图3所示，滚边主要过程有：抓件机器人抓取需滚边车种对应的定位夹具，移动至MRG工位，将工件抓取至滚边台车→滚边台车移动至机器人滚边处，机器人协同工作，在对应滚边区间2~3次加压并移动进行滚边→滚边过程中，如果滚边角度过大，容易导致外板翻边褶皱及飞边等不良现象发生，因此预翻边一般分两道工序→滚边完成后，滚边台车移回旋转平台，抓

件机器人将总成移至下道工序。

(5) 粘接技术。粘接技术具有提高车身的密封、防锈蚀性，减轻振动的优点，应用位置为钣金搭接处。

粘接技术分类如下（见图4）：

- 1) 折边胶。用于汽车的车门、发动机罩盖和行李箱盖板等部件，提高强度无凹坑。
- 2) 点焊密封胶。在焊缝位置处，涂点焊密封胶，可防漏水、透风。工艺如下：冲压件在焊接前，将胶涂敷在冲压件结合处的单板上，然后将两板合拢点焊，随电泳漆、中涂面漆等烘烤工序一块固化。
- 3) 膨胀胶。涂布在冲压薄板与加强梁结构中，经涂装烘烤，受热膨胀后将加强梁与盖板紧密结合成为一体，因而可以提高车身外表的美观性，减弱行车中的振动和噪声。
- 4) BPR胶。涂于车身外板用于提高外板强度。

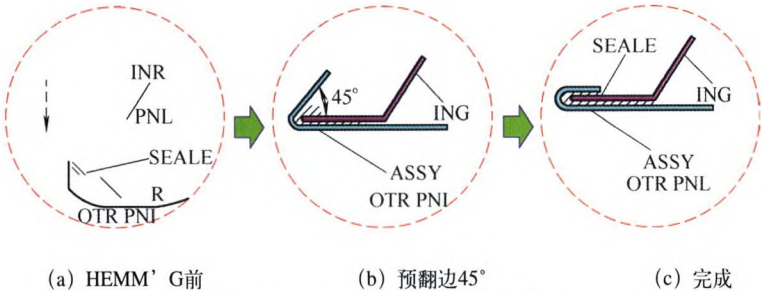


图2 HEMM' G PRESS包边的主要过程

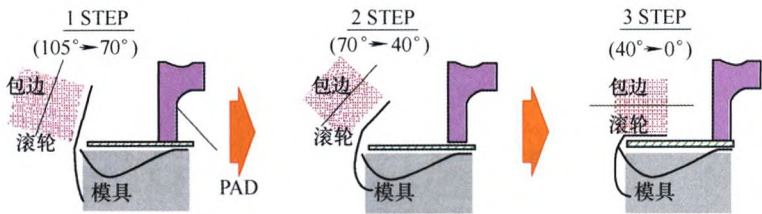


图3 hemming滚边主要过程

DYK现代生产工艺演变

1. DYK焊装生产线发展历史

DYK焊装共有3个工厂，也代表着生产工艺的逐步改进。一工厂面积21 208m²，54UPH,自动化率52.6%，主要生产车型KX7、智跑、赛拉图。主要工艺特点有：两条独立车身生产线；从半手工线到新建100%自动化率生产2线；手工门盖车间独立运营；门盖和主线之间有停顿和转运。

二工厂面积40 800m²，71UPH,自动化率100%，主要生产车型K2、K3、KX CROSS。主要工艺特点有：多车种混流柔性生产方式；在线检查系统；车种别生产比率弹性运用；高柔性化生产；门盖、侧围有停顿和转运。

三工厂面积38 400m²，71UPH,自动化率100%，主要生产车型K4、K5、KX3、KX5。主要工艺特点有：全部焊接机器人，自动化率100%；自动台车+电动小车+机器人；智能焊接控制系统；大物模块部品输送链直接供给系统，完全同期。

2. DYK焊装工厂生产工艺对比

(1) 半手工单一专用焊接生产线——DYK1工厂焊装线。线别夹具单一化，专车专用一条线对应一套专用夹具设备，生产线简单但占地面积较大；手动焊接设备工人手工操纵焊枪对工件进行焊接，焊

接品质不稳定、易漏焊焊偏；M/BUCK组焊单一化，单面侧围夹具旋转进给运动柔性化低，占地面积大；搬运设备单一化，设备结构单一，运行简单 定位传感系统较差，故障率较高；涂胶设备单一化，工人手持胶枪对工件进行人工涂胶品质难以保证，易造成浪费；包边设备单一化，手动包边，压力机共用工作效率低模具老旧。

(2) 柔性化自动化的焊装生产线——DYK2工厂、3工厂和1工厂QM线。夹具共用化程度高，夹具柔性可切换气缸启动多车种夹具UNIT切换；自动化控制，柔性切换；ROBOT焊接设备提高工作效率，降低人力成本；有效控制焊接精度，提高焊接品质；M/BUCK旋转四面体4面体合成夹具对应4个车型同时生产，自动化电动小车转运；搬运设备柔性改造提高工作效率，降低人力成本，多种搬运设备共用EMS轨道；机器人自动涂胶自动化率及打胶品质提高温度自动控制、减少用胶浪费；柔性化台车提高车身定位精度，多车种台车可实现柔性化生产的目标。

5)。车身焊接模块化，分总成在MAIN BUCK 合成焊接。BC线外覆盖件装配，MF线手动调整车身间隙段差。部品模块化由冲压MIP、焊装件、厂家部品组成。把分总成分配给配套厂家生产，减轻主机厂的现场压力。

2. 性化车身生产线

(1) 地板线SHUTTLE台车交换储存系统。地板总成焊接时，总成落在夹具定位块上，非对应车种支撑块、夹具臂保持张开，对应夹紧臂夹紧地板总成进行组焊接。地板总成焊接完成工位间移动，夹紧臂松开，传送气缸顶起地板总成，伺服电动机驱动SHUTTLE，使地板在工位间移动（见图6）。

(2) 甲字混流式旋转台车系统。前地板采用甲字混流实现柔性化，气动省力吊具将前围板、左/右前纵梁放置于台车上，台车通过直行线移动至下工位；机器人将前地板、中地板、后地板总成放入地板总成台车进行补焊；EMS吊具将地板总成吊运至B/B线进行补焊（见图7）。

(3) 由四面体可旋转的支撑加紧点构成的主线柔性化台车。车的作用是定位搬运车身，让车身在各个工位间流动，台车采用四定位销多面的定位原理，台车由钢结

DYK现代化焊装生产线工艺特点分析

1. 焊接模块化

焊装工艺模块化分为地板、侧围、顶盖、门盖分总成焊接（见图

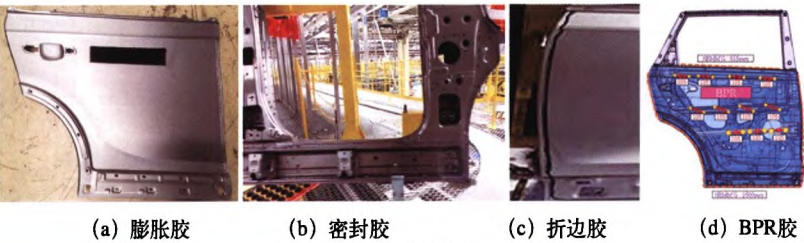


图4 粘接技术分类

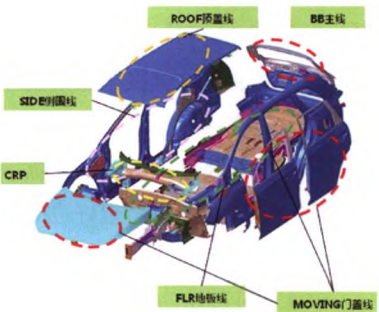


图5 焊装工艺模块化示意

构做成，包括车种切换装置定位装置、感应装置、滚轮、缓冲装置和踏板等（见图8）。

（4）专用夹具旋转台。专用夹具旋转平台一般适用在地板线前纵梁与前围板组焊、侧围内外板组焊，通过在圆形平台均列布置4组专用夹具，可对应四种不同车种的部品的组立焊接。

3. 搬运机械化、省力化

搬运吊具和升降机的大量使用，实现了不同线别间部品的自动转运，提高了生产效率。总成部品的装配通过省力化吊具，降低工人操作强度，提高工作效率。门总成，机盖、背门省力化吊具大量使用；侧围总成、地板总成、CRP总成大量采用自动搬运吊具。

4. 涂胶焊接作业自动化、智能化

通过焊接机器人、涂胶机器人、抓件机器人、刻号机器人、清扫机器人和滚边机器人的大量使用，实现焊接作业100%自动化，降低工人操作强度，提高工作效率及作业品质确保。

5. 焊接品质控制智能化

（1）智能焊接系统。如图9所示，控制主机通过网络串联线束传递焊接与控制信号，给焊接设备发送焊接条件，焊接实际数据反馈给控制主机，根据控制主机设定的控制值来监控焊接情况，假若反馈值偏离控制值，这样就会提供给管理人员一个报警信号（红色闪烁），提高管理效率。

（2）车身焊装在线自动检测系统。ACS检测系统与CMM检测

系统的比较这个分析工具比较常用，它主要是找出车身上点的相关性。通过这个工具可以找出是我们公司自己的问题，还是外协厂家部件的问题，从而可以区别对待。

DYK未来焊装技术发展趋势展望

对于未来新型连接工艺技术，我公司投入如下几种方式：

（1）激光焊接。激光焊接为

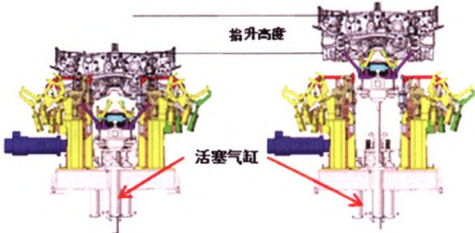


图 6

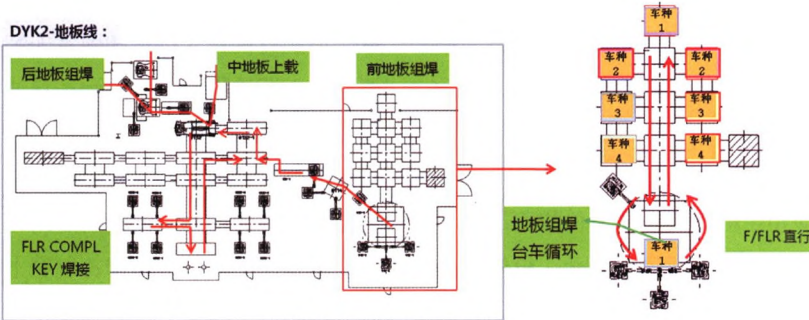


图 7

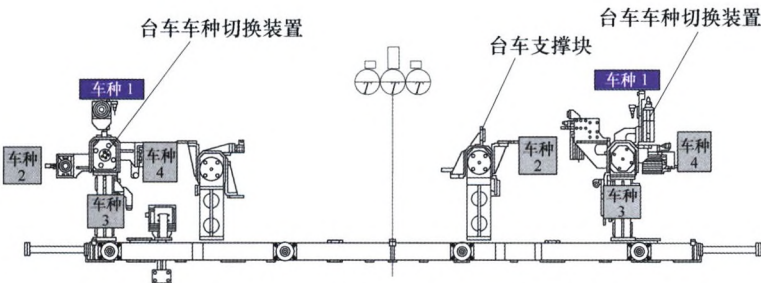


图 8

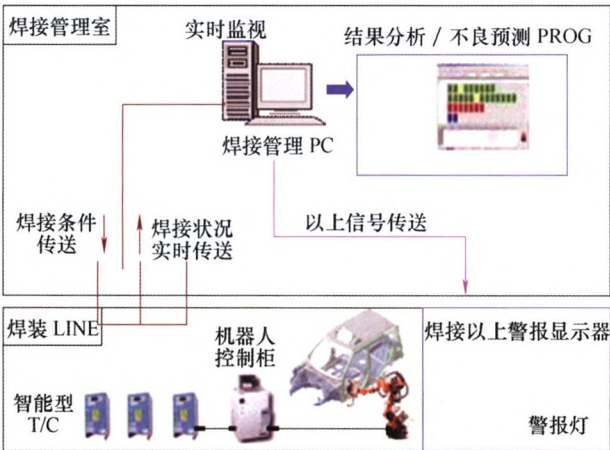


图 9

深熔焊，具有焊接速度快、深宽比大、灵活的优点，在车身的应用有：普通激光焊接（车顶与侧围、侧围门洞、行李箱等）、激光钎焊、激光远程焊接等（见图10）。

（2）摩擦焊FSJ（搅拌FSJ）。摩擦焊FSJ分为四个步骤：机械能转化为热能，材料塑性变形，热塑性下的锻压力，分子间扩散再结晶。分为旋转摩擦焊（车桥、拨叉等）、线性摩擦焊、径向摩擦焊和搅拌摩擦焊（铝车身应用）几种，具有的优点：性能接近，质量稳定，无缓松脱落，无需水气，能耗低，无额外耗材，无污染。

（3）无钉压铆（Clinch）。应用于机器人自动工位的Clinch系统，主要包括动力单元、枪体、凸模凹模和控制器等，动力单元分为气液增力缸和电子压机。根据板材连接工艺的不同又分为以下集中连接点形式：TOX冲压圆点连接、

TOX-SKB圆点连接及TOX冲压平点连接等。

Clinch连接属于冷加工，对工具的损耗很小，而且使用的能源主要为压缩空气，成本低，不足之处是连接点的抗拉强度为点焊的70%，但疲劳强度远高于点焊，故目前Clinch工艺多用于前机盖这种对强度要求不高、对疲劳强度要求高的部位。

（4）自冲铆SPR（Self-plerce rivets）。SPR全称为自冲铆接，广泛应用于车身的侧围和前后地板区域。形式有机器人持枪和固定安装两种。工艺过程如图11所示：自冲铆接工艺，压边圈首先向下运动对铆接材料进行预压紧，防止铆接材料在铆钉的作用下向凹模内流动，而后冲头向下运动推动铆钉刺穿上层材料。

（5）高速射钉铆（Impact&Rivtac）。高速射钉铆是一种单向高速的连接技术，以

60颗/min的速度进行焊接，就像用“重锤”将钉子“锤”进两块板材之中。高速射钉铆技术使用的是带倒钩螺纹的钉子，其材质是C60碳钢，钉子表面涂层是一种高硬度高精度的材质，它既能使钉子表面非常坚固防腐，又可以保证螺纹的清晰度。

（6）热熔自攻丝FDS(Flow Drill System)。热熔紧固工艺的装配步骤为：定位预热→热熔穿透→锥孔成形→螺纹成形→螺钉拧入→紧固落座。该技术的优点有：加工过程更环保，工作环境更清洁；加工过程简单；加工过程中没有切割材料的颗粒组织，所以加工出的工件抗拉力和抗剪力更强。FDS热熔自攻丝技术几乎可应用于所有行业，在汽车身上的应用案例有奥迪A8、华晨宝马新大东工厂等。

结语

车身材料向轻量化高强度化发展，新型连接技术会不断涌现，高度柔性化、智能化的焊装线必将成为发展方向。未来随着对白车身安全性、舒适性以及环保性要求的提高，车身设计结构将更加优化，材质也会向合金化、轻量化发展，这就对制造工艺提出更高要求。因此随着制造工艺的提升，激光焊接、CMT焊接、胶结、铆接和螺钉连接等方式将会得到广泛应用，未来自动化技术的广范运用，所有的高强度、高难度作业都将由机器人来替代，人员将最小化、工作向简单化、舒适化转变。随着工业4.0的到来，智能制造、智能车间存在着无限的可能，车身制造、装配、检查都将实行高度自动化。AUTO1950



图 10

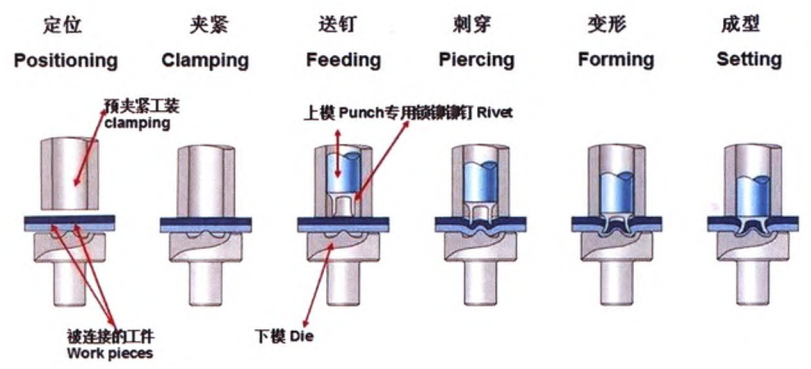


图11 自冲铆SPR工艺过程