

高速柔性化焊装线的搭建

□ 安徽江淮汽车股份有限公司技术中心/范青山 魏庆丰 杜坤

江淮瑞风S3焊装线是一条高速柔性化焊装线，已经投产3款车型并保持稳定运行。通过对江淮瑞风S3焊装线的分析，从其机器人的大量应用、定位系统的切换方式、输送系统的选择等方面进行分析和研究，找出其成功的因素并分析其各个具体应用案例的优缺点，以此来确认一种高速柔性化焊装线搭建的可行方式。



发展背景

近五年来，国内汽车行业投产的焊装生产线以高速柔性化焊装线为主，例如长安汽车北京工厂的

CS75焊装线，长安福特杭州工厂的锐界焊装线，奇瑞捷豹路虎常熟工厂的路虎极光焊装线等，均是高速柔性化焊装线的典范，这也说明高速柔性化焊装已获得长足发展，正在

逐渐替代传统焊装生产线。

究其原因，与汽车市场的需求是密不可分的：

(1) 汽车行业竞争的不断加剧迫使汽车行业的利润率降低，通

过降低工装设备投资来减少每台车的分摊成本，从而在市场竞争中更具备优势是十分必要的。在高速柔性化焊装线设计之初即考虑多平台车型共线可行性，在工位布局、工装形式等方面均预留改造空间，增加车型后只需要有少量的改造即可以实现，大大降低分摊在单一车型的焊装工装、设备、人力等多个方面的成本，实现投入与产出比的最大化。

(2) 消费者对于汽车的个性化需求不断增加，汽车厂商通过不断推出新车型来适应这种需求，这对焊装生产线搭建的周期和厂房空间都提出了很高的要求。高速柔性化焊装线在新车型投产时改造量小，改造周期短，可以缩短产品从研发到投入市场的周期，这对市场需求日新月异的汽车行业而言是非常重要的。而且因为在原有焊装线基础上改造，并不需要占用过多的空间，可以避免因新车型的不断投产带来的厂房压力。

高速柔性化焊装线实现形式分析

高速柔性化焊装线，顾名思义也就是能够满足多车型混线生产且具备高生产节拍的焊装生产线。区别于普通的焊装线，其必须具备两大特点：一是高速，可以进行快速生产，年产能至少在20万辆以上。以江淮瑞风S3焊装生产线为例，年产能24万辆，生产节拍可以高达60UPH (Unit Per Hour)，在考虑设备开动率的情况下，单台车的节拍高达51s。二是高柔性化。焊装是冲焊涂总四大工艺中刚性最强

的，一般的焊装生产线最多承载两平台三车型，而高速柔性化焊装线可以达到三平台四车型以上，同样以江淮瑞风S3焊装线为例，可以满足四平台六车型共线生产。

高速柔性化焊装线的搭建，关键在以下几个方面：

(1) 机器人的广泛应用。工业机器人的快速发展和普及，为汽车厂商实现自动化生产，提升生产效率和精度，降低生产成本和安全风险，实现柔性制造提供技术支撑。同时，关键工位的机器人直接影响着车间的生产效率，机器人的低故障率和容错控制技术的发展也会为高速柔性化焊装线的搭建提供完善的保障。

(2) 柔性化的定位系统。在高速柔性化焊装线上，因为各车型差异化的要求，导致各工位的工装种类及数量繁多，在不能实现各车型共用的情况下，工装必须要通过切换来适应不同车型的变化，实现柔性化共线。

(3) 高速输送系统。输送系统必须要满足高速输送的要求，避免在输送环节占用大量的节拍时间，这其中包括主线输送系统以及线间输送系统，均需要选用高速输送系统。

机器人的广泛应用

1. 机器人的应用范围

传统的焊装生产线通常以人工工位为主，辅以少量的机器人自动化工位来承担人工操作困难或人工无法完成的工作，这一模式在以往的焊装线被广泛应用。近年来这一焊装线构建形式已逐渐被主流汽

车厂商所抛弃，转而采用自动化程度越来越高的焊装生产线。首先，汽车车身的焊接强度对于整车的安全性至关重要，因此焊接生产过程的生产一致性要求是非常高，在这一点，机器人具有人力无法企及的优势。其次，用人成本的增加以及技术快速发展带来的机器人成本降低，使得汽车厂商在焊装线的搭建中更多地选择机器人。

基于高节拍生产的要求，高速柔性化焊装线需要用到更多的机器人，这是基于其自动化生产的要求。在国内汽车企业一些新型柔性化焊装线的构成中，自动化率可以达到80%以上。图1所示为江淮瑞风S3焊装线，共应用了200台左右各类机器人，其自动化率达到了95%以上，人工仅负责送料及焊接过程的监控，基本实现了无人化生产。

2. 机器人的交互协作

在高速柔性化焊装生产线中，机器人的应用体现在方方面面，不仅仅是应用于点焊，其他各项工作诸如工位间输送、涂胶、弧焊、抓件、放件等工作也皆是由机器人完成，人工在其中承担的工作仅仅是部分工位的上件以及线体运行状态的监控。在一些集中上件工位，在人工完成上件之后，接下来的工作均由机器人完成，直至该工位焊接完成输送至下一工位，其组成形式类似于智能化的工作站。图2所示为瑞风S3发舱线一个工位的平面布局图。该工位共有7台机器人，在人工上件完成后，夹具通过滑台滑至焊接区域，由机器人完成工件点定、抓件补焊，最后由机器人抓件放到EMS输送系统上输送至下



图1 江淮瑞风S3焊装线

车身线。由此可以看出，机器人之间分工协作明确，彼此之间互不干涉，极其类似于独立的机器人工作站。这种将多道工序合并到一个工位，由多台机器人交互协作来完成焊接、涂胶、输送等任务的组成形式，在高速柔性化焊装线的侧围

线、发舱线、门盖线均有应用。

3. 机器人定位系统的运用

在高速柔性化焊装线上，采用机器人带精定位抓具来实现零件的定位，是十分重要的一项应用。众所周知，抓具的切换对机器人而言十分简单快速，而且抓具可以放

置在堆垛式的架子上，需要的时候再由机器人连接使用，因此在一个工位上可以用很少的空间放置多个车型的抓具，这是夹具无法比拟的。机器人抓具系统由机器人、抓具、快换机构、抓具支架和电控系统等组成，通常用于工件的抓取上件，而精定位抓具就是在普通抓具基础上进行升级，将原来只用于抓取板件的粗定位单元变更为精定位单元，使之具有夹具的定位精度。在柔性化焊装线大量采用精定位抓具进行主焊线上附件的定位，如后围、A柱内板、顶盖横梁和前围上盖板等，非常适用于车型多、节拍要求高的高速柔性化焊装线。

与装焊夹具相比，采用机器人抓具定位系统有以下两个特点：

(1) 占用空间少。不同车型的抓具可以纵向放置在抓具支架上，占用空间小，在主焊线边上的闲置空间就可以布置，这点对与多车型混线生产的高速柔性化焊装线尤为重要。

(2) 切换速度快。装焊夹具在存储位和工作位的切换速度慢，通常需要30s左右，而精定位抓具可以通过连接在机器人上的快换机构与机器人快速连接和脱离，不同抓具的切换通常在十几秒就可以完成。

(3) 结构简单轻便。不同于夹具需要有基座和基板，精定位抓具是框架式结构带快换机构，结构比夹具要简单，体积更小更易存放。

图3为瑞风S3焊装线上A柱内板总成和后围总成上件工位的机器人抓具定位系统。

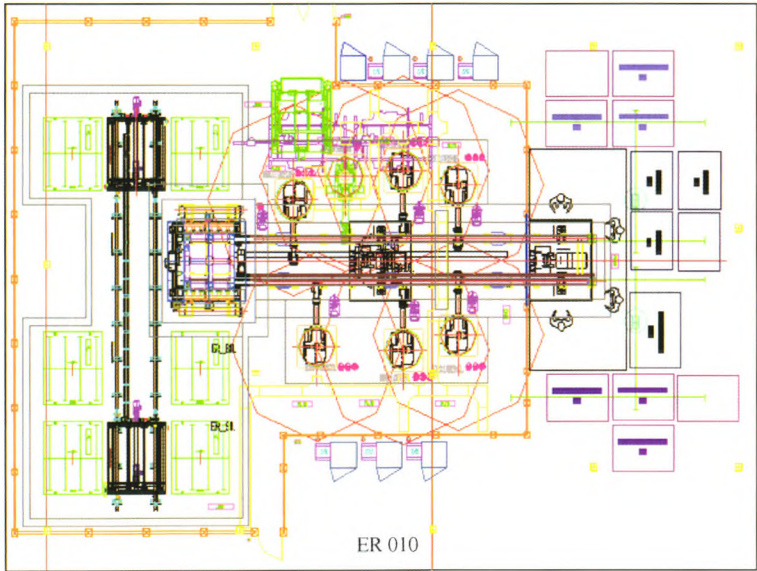


图2 江淮瑞风S3发舱线工位



图3 机器人抓具定位系统

柔性化的定位系统

定位系统作用是保证焊接过程中的尺寸精度，控制批量生产中的尺寸稳定性，是焊装线非常重要的一个组成部分。为了满足高速柔性化焊装线对于自动化、高节拍、高柔性化的要求，除了前面提到过的用于一些附件定位的机器人抓具定位系统，还有三类夹具定位系统是柔性化焊装线实现的关键：一是侧围线和发舱线这些集中上件工位需要用到定位系统复杂的夹具；二是有高精度、高定位一致性要求的总拼夹具；三是主线上各工位上的下车身主定位夹具。

夹具定位系统要实现不同车型的柔性化共用有两种途径：一是在同一夹具上布置不同车型的定位单元，通过气缸实现定位单元的伸缩、翻转等切换，从而满足不同车

型的定位要求；二是每种车型对应开发专用夹具，通过夹具的整体切换来适应不同车型的生产。第一种方式实现成本较低，通过少数定位单元的切换就能完成车型的切换，但只能应用在定位系统简单、不同车型间定位区域相差不大的情况。第二种方式优点是不用考虑车型之间的差异化，柔性化程度高；缺点是成本高、占用区域大，主要用在上件集中、定位精度要求高、定位单元需要密集布置的工位，如侧围线工位、发舱线工位和车身总拼工位等。

1.侧围及发舱线柔性化夹具

侧围及发舱工位的特点是夹具定位机构复杂，单一夹具满足不同车型共用基本不可行，因此每种车型都需对应一种夹具，柔性化共用形式为上面所讲的第二种。要实现其柔性化共用及快速切换，工位区域通常划分为存储区和工作位，不同车型的夹具在不使用时都存放在存储区，通过切换系统实现夹具在存储区和工作位之间任意切换。所谓的夹具切换系统就是将每种车型的专用夹具都置于台车上，台车安装于滑行轨道上，在切换的时候工作位夹具通过轨道移出工作位放到

库区，同时需使用的夹具从存储区滑移和工作位。图4所示为江淮瑞风S3焊装线上侧围线某工位的布置，其采用的就是这种切换形式。类似于这样的切换形式应用简单，在很多车企都有应用，所不同的是布局稍有差别，切换的方式也有不同，原理都是通过夹具在存储区和工作位的切换来实现柔性化共线。

2.总拼工位柔性化夹具

焊装线能否达到高速生产和高柔性化的条件，总拼夹具是其中最重要的一环。柔性化总拼夹具技术近年来获得了长足发展，不同的线体集成供应商均有其核心的技术，例如柯马常用的OPEN GATE 柔性化总拼夹具，天津福臻常用的Autobox-Framer形式柔性总拼夹具等。不同的总拼形式其优缺点都各不相同，需要根据焊装线总体的产能规划、投资预算、生产节拍、线体布局、共线车型数量和共线车型参数等综合考虑。江淮瑞风S3焊装线采用的是德国EDAG公司的GEOTACK柔性化总拼技术（见图5），其特点是结构稳定，利于精度一致性控制，但是夹具的切换速度相对于Autobox-Framer形式柔性化总拼夹具要慢。

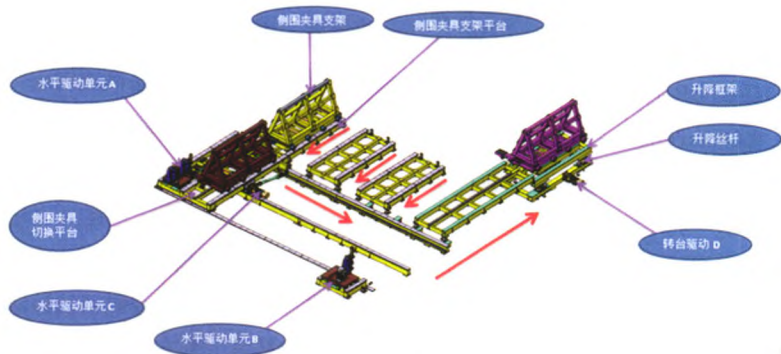


图4 江淮瑞风S3焊装线侧围工位布置

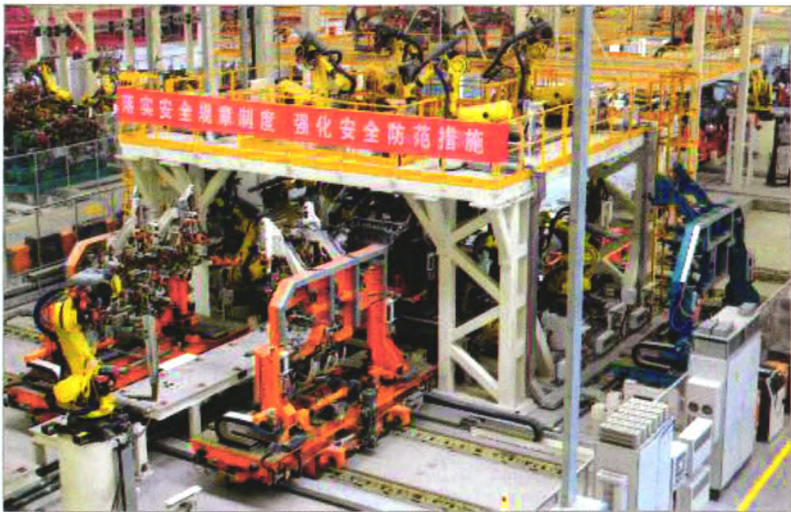


图5 GEOTACK柔性化总拼夹具

3. 下车身柔性化定位系统

主线的每个工位都需要对下车身进行定位，其定位系统一般为4~8组不等。要实现不同车型的共线生产，最理想的情况就是在进行产品设计的初期就对下车身定位点进行约束，以使不同车型的下车体定位点区域不会相差过多，在这种情况下下车体的柔性化定位系统就比较简单，通过定位机构的切换就可以实现。目前江淮瑞风S3焊装线上对下车身的定位采用的是台车，其上有6组风车切换系统，通过风车的翻转来实现不同车型的定位。

如果不同车型的下车身定位点在X/Y/Z三个方向上差距较大，无法通过定位机构的切换来实现共线，在这种情况下可以应用NC-LOCATOR定位系统（见图6）。NC-LOCATOR为一套X、Y、Z三向平移伺服系统，实际上就是数控定位单元，与工业机器人原理类似，重复定位精度可以达到0.1mm。因为其在X/Y/Z三个方向可以大范围移动，因此只要定位点在其移动范围内，都可以实现柔性化定位。



图6 NC-LOCATOR定位系统

高速输送系统

1. 主线输送系统

在主线输送系统的选择上，适用于高速柔性化焊装线的输送方式有GEO PALLET、高速往复杆和高速辊床3种。目前应用最普遍的主要有两种：一种是高速往复杆，代表有长安福特锐界焊装线、长安CS75焊装线等；一种是高速辊床，代表有江淮瑞风S3焊装线。

高速辊床水平输送速度1.5m/s，在工位之间的输送速度可以达到6s以下，最大负载约为2 000kg甚至更高，采用闭环编码系统控制重复定位精度，具有高速、高效、高精度的优点，非常适合高节拍要

求的柔性化焊装线应用。与辊床配套使用用于车身定位的是台车，其上有不同车型的定位单元，通过定位单元的切换来满足不同车型的输送，可以满足柔性化焊装线的定位要求，集输送和下车体定位于一体。图7所示为江淮瑞风S3焊装线上的辊床台车输送系统。



图7 辊床台车输送系统

2. 调整线自行车输送系统

调整线上车身的输送方式可以与主线保持一致，应用辊床滑撬，也可以应用板链输送，都已经是广泛应用的技术，但是门盖在调试上线的输送一直以来还是以工位器具为主。传统的输送方式是在门盖包边或滚边完成后，成品件放到工位器具上，然后人工或拖车将工位器具放上线，使用完后再将空器具流转回去。这种传统的输送方式存在的一个比较大的问题就是工作效率较低，造成人力资源的不必要浪费，且需要制作大量的工位器具，成本较高且占用大量的空间。为了解决以上问题，现在很多车企开始采用随行小车进行调试线开启件的输送，小车从门盖包边线或滚边线经过时，员工会将门盖总成及翼子板放到小车上，一台小车上放置一台车身的部件，通过程序的控制可以跟随主线车身一同前行。空置的小车会沿着轨道循环，重复进行门

盖的输送作业。图8所示为江淮瑞风S3调整线上的自行小车。



图8 调整线随行小车

3.线间输送系统

EMS输送系统是通过输送小车在轨道内的循环，实现工件在不同线体之间的输送，自动化程度高，定位单元结构简单，易于实现柔性化。在柔性化焊装线中，EMS输送系统主要应用于从分线到主线间的输送，例如从发舱线将发舱总成输送到主线的下车体合并工位，从侧围线将侧围总成输送到主线车身合并工位等。因为输送小车的运行需

要搭建环形轨道，占用的空间比较大，通常要布置二层平台。图9所示为江淮瑞风S3焊装线上侧围总成的EMS输送系统，机器人在侧围总成工位将左/右侧围总成挂到EMS小车上，小车在轨道上流转至主线的车身预拼工位，机器将左/右侧围总成取下与下车体进行合并。



图9 EMS输送系统

结语

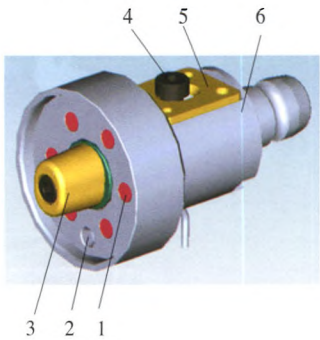
高速柔性化焊装线的搭建没有固定的模式，无论是机器人的使用，还是输送系统的选择等都是多

种多样的。从瑞风S3焊装线的实际应用来看，在进行焊装线搭建时，不一定要选择最先进的技术，但是一定要使各个环节有机统一起来，实现节拍的均衡以及整个系统的稳定运行。并不是生产节拍越高的焊装线越先进，也不是柔性化程度越高的焊装线才越先进。作为汽车生产企业而言，在稳定生产的条件下能够保持较高的设备开动率也是非常重要的，因此在进行高速柔性化焊装线搭建时不能盲目追求先进技术，已经在行业内获得成熟运用的技术才是首选。 **AUTO1950**

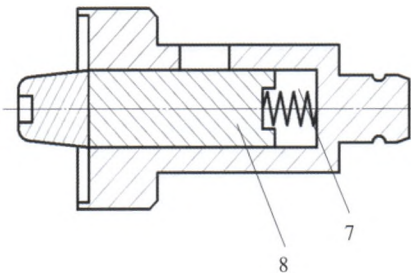
范青山

江淮汽车技术中心焊装工艺部，工程师。先后参加江淮汽车和悦A30、瑞风S3、瑞风M6等多个项目，主要负责项目中后期的工业化调试工作，现为瑞风M6项目负责人。

(上接第67页)



(a) 新压头外形



(b) 新压头内部结构简图

图5 改进后的压头

1.磁铁 2.传感器 3.芯轴头 4.导向杆 5.导向限位板 6.压头基体 7.弹簧 8.芯轴基杆

结语

通过采用带有活动式支撑芯轴的压头，我们成功地解决了隔震衬套方向偏差问题，保证了产品质

量。需要注意的是，采用这种设计时应根据零件公差合理地确定支撑芯轴的锥度，否则会导致零件的轴向位置变化过大而难以找到合适的

弹簧。另外，在选择弹簧时应尽量选刚度较小的，这样克服弹簧作用的磁铁吸力也可以相对减小，从而便于取放零件。 **AUTO1950**



张辉

采埃孚天合亚太有限公司先期制造工程经理
长期从事汽车转向机装配设备及工艺的开发与实施