

doi:10.3969/j.issn.1005-2550.2011.04.017

# 车身焊装夹具的设计研讨

袁正涛<sup>1</sup>, 袁 勃<sup>2</sup>

(1.东风汽车公司 老科协专家委员会,十堰 442000;2.东风汽车有限公司 商用车公司车身厂,十堰 442040)

**摘要:**首次提出了汽车行业中焊接夹具的分类方法;根据车身薄壳体的特点,在夹具设计中正确利用六点定则,合理选择定位基准和夹紧着力点,以及如何控制夹具的精度来满足车身的焊装尺寸要求。并对多品种生产中使用“RoboGate”系统作了简要的介绍。

**关键词:**车身;夹具;定位基准;RoboGate

**中图分类号:** U466      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-2550(2011)04-0064-07

## Study on Cab Welding Fixture Design

YUAN Zheng-tao, YUAN Bo

(1.Senior Scientists and Technicians Association Expert Committee of DFM, Shiyan 442000, China;

2. Cab Plant of Dongfeng Commercial Vehicle Corporation, Shiyan 442040, China)

**Abstract:** This paper firstly try to refer to the classify methods of welding fixture in automotive industry. According to the characteristic of shell cab, it should set at six rules correctly and do a reasonable choice on location datum and clamping focus in fixture designing. To meet the welding size of cab, it must know how to control fixture accuracy. And do the general introduction from using “RoboGate” system in multi-species production.

**Key words:** cab; fixture; location datum; “RoboGate” system

## 1 焊接装配夹具概论

焊接装配夹具设计技术发展得比较晚,国内外相关的专著也较少见。随着我国汽车工业的发展,焊接技术在汽车生产中的应用越来越多,生产效率和产品质量要求越来越高,焊接装配夹具及各种机械化、半自动化和自动化的焊接装配生产线也随之发展起来。随着生产的需要,国内较大的汽车厂都有了专门从事焊接装配夹具设计的专业人员,这门处于机制和焊接专业边缘的专业技术,正在实践中得到发展。

在汽车零件的焊接中,除飞轮齿环、轮辋等个别情况是将一个环状和其他封闭体自身的某道焊缝接起来外,大多数情况都是把几个不同形状的工件焊接到一起,组成一个焊接合件,因此,焊接和装配一般是联系在一起的,故通常把焊接过程中所用的夹具称为焊接装配夹具。所谓焊接装配夹具,是指在焊接工艺过程中,根据工件结构的要求,用来保证被焊

工件的正确相对位置及形状,并籍以得到牢固的焊接接头而使用的除焊接设备本身以外的附加装置,统称为焊接装配夹具,并简称为焊接夹具。焊接夹具中的消耗件易损件和独立起导电作用的一些工具,称为焊接辅具。

### 1.1 焊接装配夹具的分类

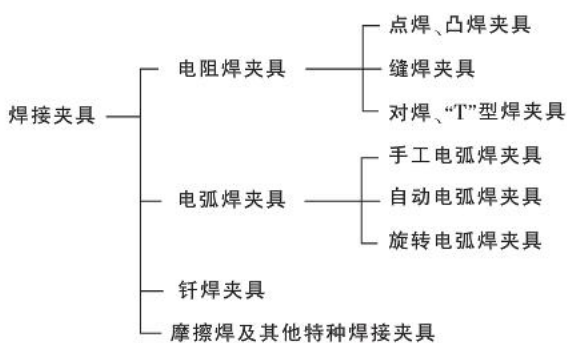
#### 1.1.1 按汽车零部件结构特点分类

1) 薄壳体装焊夹具:以车身为代表的薄板冲压件焊接夹具,有它特定的设计、制造方法和结构特点,是设计、制造、调整工作量最大的一部分。

2) 薄板箱筒型及特殊组件装焊夹具:如燃油箱、储气筒、液压变速箱中泵轮总成和涡轮总成等,其夹具结构就又是一种风格。

3) 中厚板冲压件,机加件和刚性较好的其他焊接件装焊夹具:如传动轴、焊接桥壳、焊接车架、减震器、车轮、刹车蹄片、变速箱齿轮与轴等焊接用夹具。在结构上也有它的特点,这类夹具除有的需要导电外,结构上与机加夹具比较接近。

#### 1.1.2 按焊接工艺方法和焊接接头形式综合分类



### 1.2 对焊接夹具的一般要求

1) 满足产品结构、工艺和生产纲领要求; 有可靠的定位夹紧机构; 处于焊接回路内的夹具应有良好的导电通路; 能减少焊接变形或能适应变形的需要; 对夹具上急剧受热的部位要进行通水冷却; 要根据生产纲领选择夹具结构, 产量低用简易结构, 高产量用气动和自动化程度高的夹具。

2) 容易制造和便于维修。

3) 操作方便和安全: 要便于装卸工件, 特别注意防止焊接后工件从夹具中取不出来; 能使焊缝处于最佳施焊位置; 防止机构压手和松开打手。

4) 结构简单合理, 降低制造成本: 大型焊接夹具价格很贵, 要充分利用工件的装配关系, 了解焊接件的作用, 简化结构, 降低成本。焊接夹具设计中的一个通病, 是结构不必要复杂化, 很多机构实际上是不需要的。

## 2 车身焊装夹具设计研讨

### 2.1 汽车车身的结构特点和一般精度要求

设计夹具时, 要了解产品结构, 吃透工艺要求。车身一般由外复盖件、内复盖件和骨架件组成。复盖件的板厚一般在 0.8~1.2 mm 范围内, 骨架件多为 1.2~2.5 mm, 也就是说它们大都为薄板件, 对夹具设计来说, 有以下特点。

1) 结构形状复杂, 构图困难

车身都是由薄板冲压件经过装配焊接而成的空间壳体。为了造型美观和壳体具有一定的刚性, 组成车身的零件通常是经拉伸成型的空间曲面体, 结构形状相当复杂。

2) 刚性差、易变形

3) 以空间三坐标标注尺寸

车身产品图以空间三个坐标来标注尺寸, 各种车型对坐标原点和坐标间隔的规定略有不同。在设

计车身夹具时只要记住, 凡是在夹具上要标注坐标尺寸的地方, 都必须与产品图上的坐标体系完全一致。

车身复盖件图纸只标注外形的某些限定尺寸, 因此在设计夹具时, 有时要用到产品设计的主样板、线图和主模型。主模型是汽车车身形状的原始数据, 也是制造冲模、焊接夹具、检验夹具和辅具以及检查复盖件形状和尺寸的依据。

### 4) 车身的一般精度要求

由于车身门框与车门间有门锁、密封件, 前后车窗要装玻璃, 因此这些部位的装配精度都比较高, 加上市场竞争和用户对车身外观要求的提高, 特别是轿车车身。现在, 载重车驾驶室的装配精度实际上也是向轿车车身靠近的。其型面与轮廓允差一般控制在  $\pm 1$  mm 以内, 车门与支柱内外间隙允差为  $\pm 2$  mm, 门洞轮廓偏移允差  $\pm 2$  mm, 前车窗轮廓偏移允差  $\pm 2$  mm, 腰线错位 3 mm 以下。实际检查车身, 用车身指定的定位基准, 放置在三相坐标仪上进行测量, 主要测量点的位置偏移允差一般都应控制在  $\pm 2$  mm 以内, 对车身精度来说, 这个数值具有普遍意义。表面上看, 允差数值不小, 但对车身制造来说, 要求是很严的。因为, 车身从设计时的线图—主样板—主模型—冲模—冲压件—焊接夹具等, 每一个子系统中都有偏差, 只有在子系统得到严格控制的情况下, 最终才能生产出合格产品。

对车身焊接夹具、辅具设计者来说, 对产品要求的控制精度应以客户提供的产品图纸要求为准。在焊接夹具设计这个子系统中, 夹具的定位精度, 一般取产品控制精度的 1/3~1/5 的允差数值。

### 2.2 六点定位原则在车身焊装夹具上的应用

六点定则在一般的夹具设计书上都有详细的讲解, 此处就不再重复。但在车身焊装夹具设计时, 常有两种误解: 一是认为六点定则对薄板装焊夹具不适用; 二是看到薄板装焊夹具具有非可调的超定位, 而不加分析的认为是定位原则错误。

应该肯定六点定则对车身焊装夹具是适用的, 设计时应遵守这个原则, 另一方面还需要分析车身冲压件的特点, 只有正确认识其生产特点, 同时又正确理解了六点定则, 才能正确应用这个原则。

1) 薄板冲压件刚性差, 在储存和运输时会产生弹性变形。在装配过程中, 为了克服弹性变形, 必须用外力使有弹性的工件与夹具的定位件紧紧地靠在一起, 与定位件一起形成一个刚性体, 然后才能焊接

成刚性较强、尺寸合格的空间壳体——车身总成。而刚性体工件在夹具中定位，其超定位的支承可以采用浮动或可调支承去适应，如果对有弹性的工件也把超定位的支承设计成浮动的，那就是在弹性体上装弹性工件，永远得不到一个确定的装配尺寸。

2) 车身冲压件有的长或宽达 1~2 m，尺寸允差和形状允差相对较大，由于定位件与工件的间隙，使大零件的装配位置变化在边界部位表现得较明显。为了纠正装配中的错位现象，以使装配误差能均衡分布，在大型焊装夹具的重要部位适当增设工艺定位件，以防止装配误差向某一方向集中，冲压件的精度越低，这种工艺定位越有必要。但这样做无疑又增加了超定位现象。

3) 由于薄板件易变形，所以凡是夹紧力的作用点，都必须有相应的支承块。由于工件的结构限制，夹紧力的作用点往往又不能直接落到原定位支承点上，这时必须增加支承点。从定位原则看，这种支承是多余的，但对薄板件是必不可少的。超定位会使接触点不稳定，产生装配位置上的干涉，应该尽量避免，但并非在任何情况下均不允许出现超定位，只要超定位所产生的不良后果没有超出工件装配要求所允许的范围，超定位是允许存在的，对薄板冲压件来说，超定位有时是必要的。

现在，有的汽车厂家对车身零部件装焊过程的定位基准用指导文件的形式做了明文规定，这对基准的统一及质量的提高是有好处的。如图 1 所示，根据六点定则制定了六个定位基准，在图中以实心箭头表示，它们限制了该件在空间的六个自由度。由于工件大，为防上偏差向前侧集中，在上部增加了一个工艺支承点，其裙部刚性差，为防止弹性变形，又增加了两个工艺支承，就是图中以空心箭头所示的部位。这样在工件被夹紧后，才能与所有定位支承一起形成一个尺寸合格的刚性体，并最终焊接成合格部件。

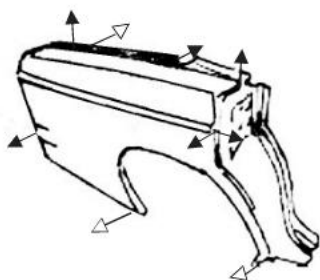


图 1 发动机仓侧板定位基准示意图

根据我们自己的实践以及从国外的指导文件中的例子都能说明，薄板件定位应遵守六点定则，但同时又有它的特点，不同质的矛盾用不同质的方法去解决，这就是理论联系实际。

### 2.3 车身分块和定位基的选择

载重车驾驶室总成(不包括车门)一般由地板、前围、后围、侧围和顶盖几大分总成组成;轿车车身多由地板总成,包括发动机仓、行李箱隔板、侧围、顶盖等分总成组成。在选择定位基准时,首先要了解该车型是否有车身装配过程的定位基准指导性文件。如果有,则全过程应按指导文件的规定执行,以保证冲压件、装焊夹具、检验夹具等基准的统一性;如无指导文件,应根据车身的功能要求和特性按以下原则确定。

#### 1) 保证门洞的装配尺寸

门洞内要装车门、门锁等,其装配尺寸是要求最高的部位,不保证装配精度就会出现门锁不上、打不开等情况。如东汽早期车型的驾驶室、门洞由前、后支柱、底板门槛、门上梁等部件组成,结构比较零散,因此在驾驶室总成装焊时,门洞的定位就比较复杂,如图 2 所示,其中符号 ↑ 为门洞的定位基准,符号 ↓ 为夹紧的着力点。

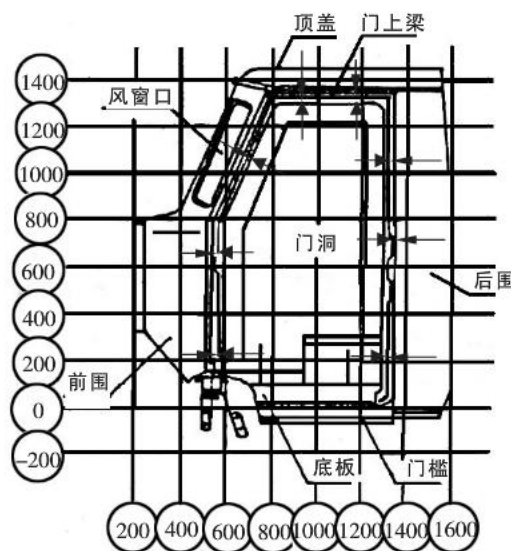


图 2 驾驶室总成定位夹紧示意图

随着技术的进步，现在载重车的驾驶室和小轿车的车身都采用了侧围总成。侧围外板都是整体冲压件，门洞的尺寸精度就由冲压件决定了。装焊侧围总成时，只需解决内加强板与侧围外板的相对位置，夹具结构简单，门洞还更加精准。在总成装焊时，先用侧围总成底部和底板上预留的工艺孔，在预装工

位上用塑料柱塞把侧围初步固定在底板上, 其他分总成装配直接靠侧围定位, 然后送入车身主装夹具中定位, 夹紧并点定成型, 再进入后续焊接工位补焊, 在后续焊接工位上只有底板定位夹具。

### 2) 保证底板悬置孔位置精度

载重车驾驶室装焊完成后, 要装到车架上, 因此, 底板上有悬置孔, 该孔一般冲压在底板加强梁上, 装焊时一定要用悬置孔作定位基准, 轿车底板上最重要的是车轮独立悬挂用孔, 因此, 底板总成装焊时要以该孔组定位, 保证车轮悬挂位置正确。

### 3) 保证前、后风窗口的装配尺寸

前、后风窗口一般由外复盖件和内复盖件组成。有的是在前、后围总成上形成, 在分装夹具上要注意解决其定位; 有的是窗口在总装夹具上形成, 一般有专门的窗口定位装置对风窗口精确定位, 以保证风窗玻璃的装配。

抓住了以上主要矛盾, 车身装焊的基准选择问题就基本解决了。

## 2.4 定位夹紧方法及其元件的单元组合

### 2.4.1 关于定位方法的几个特殊问题

车身焊接夹具大多以冲压件的曲面外型, 在曲面上经过整形的平台、拉延和压弯成型的台阶, 经过修边的窗口和外部边缘, 装配用孔和工艺孔定位, 这就在很大程度上决定了它的定位元件形状比较特殊, 很少能用上机加夹具通用的标准定位元件。

焊接夹具上要分别对各被焊工件进行定位, 并使其不互相干涉。在设置定位元件时, 要充分利用工件装配的相互依赖关系作为自然的定位支承。有的工件焊接成封闭体, 无法设置定位支承, 可要求产品设计时预冲凸台、翻边作为定位控制点。有的工件仅起加强作用, 装配位置要求不严格, 可在与之相配的工件上冲出位置标记, 只要按标记放在规定位置上焊牢即可, 在定位方法上采取这些措施, 可大大简化夹具结构。如车身上有不少电线束卡子, 有的夹具上为之设计了很复杂的活动定位装置, 这是对车身零件的作用不了解造成的一种浪费。

车身焊接夹具上, 板状定位件较多, 定位板一般用 A3 钢板, 厚度 12~16 mm。定位板的位置除有特殊要求外, 最好选在坐标网格线上, 因为这些地方一般有主样板, 加工时可借用样板划线。定位件按坐标标注位置尺寸, 不注公差, 但不是没有要求, 另外还有一套精度标准和检查、验收管理办法。

### 2.4.2 关于工件的夹紧

#### 1) 不使用夹紧机构的条件

车身冲压件装配后, 多使用电阻焊焊接, 工件不受扭转力矩, 当工件的重力与点焊时加压方向一致, 焊接压力足以克服工件的弹性变形, 并仍能保持正确的装配位置, 而与定位基准贴合时, 可以省去夹紧机构。另外, 在固定式点焊机上用焊接样板定位焊接时, 要尽可能用焊工的双手控制被焊工件, 而不用夹紧机构。

#### 2) 高效快速、多点联动夹紧

焊接通常在两个以上工件间进行, 夹紧点一般都比较多, 电阻焊是一种高效焊接工艺, 为减少装卸工件的辅助时间, 夹紧应采用高效快速装置和多点联动夹紧机构。

#### 3) 夹紧力作用点的安排

对于薄板冲压件, 夹紧力作用点应作用在支承点上, 只有对刚性很好的工件才允许作用在几个支承点所组成的平面内, 以免夹紧力使工件弯曲或脱离定位基准。

#### 4) 夹紧力大小的确定

对车身焊接夹具, 夹紧力主要用于保持工件装配的相对位置, 克服工件的弹性变形, 使其与定位支承或导电电极贴合。对于板状结构, 夹紧力应使装配件之间或使工件与电极之间的贴合间隙不大于 0.8 mm; 对于刚性冲压焊接件, 要使其缝隙不大于 0.15 mm, 才能使焊接不发生困难, 避免因夹紧不好而使焊点不牢或工件烧穿。夹紧力的大小与冲压件的质量、导电块的调整位置和磨损情况有很大关系, 现在还提不出一个夹紧力的计算公式, 根据经验, 1.2 mm 厚度以下的钢板冲压件, 每个夹紧点的夹紧力一般选在 300~750 N 范围内, 钢板厚度在 1.5~2.5 mm 之间的冲压件, 每个夹紧点的夹紧力大致可在 500~5 000 N 范围内。

#### 5) 常用的夹紧机构及夹紧力计算

焊接夹具常用各种手动铰链夹紧器和气动铰链夹紧器等。

图 3 是标准铰链夹紧器的计算示意图, 可按下面的公式计算夹紧力。

$$W = Q \frac{L}{l} \times \frac{1}{\tan(\alpha + \beta)}, F = \frac{W l_2}{l_2 + l_3} \quad (1)$$

式中,  $Q$  为手的作用力 (一般按 80 N 考虑);  $F$  为夹紧力;  $\beta$  为摩擦角。备用行程长度  $S$  可按式计算:

$$S = l(1 - \cos\alpha) \quad (2)$$

$\alpha$  角在夹紧时一般应调在  $5^\circ \sim 10^\circ$  的范围内。气

动铰链夹紧机械也可仿上式计算。

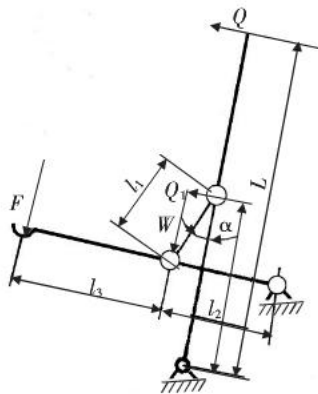


图3 夹紧器计算示意图

### 2.4.3 定位、夹紧元件的单元组合

焊接夹具的定位夹紧元件设计有两种模式：一种是非标准的定位、夹紧和其他联接机械，这种形式结构一般比较紧凑，但设计和制造周期较长；另一种是单元组合式，如图4、图5所示。图4中的定位销较长是为了能伸进焊钳。图5中除定位板和压板要按工件形状设计外，其余都由标准件组合，设计、装配和调整都比较方便。

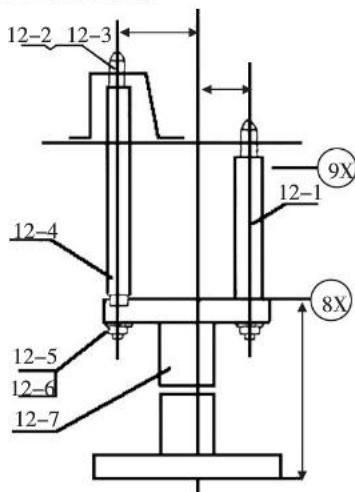


图4 定位销单元组合

## 2.5 夹具结构及精度控制

### 2.5.1 焊接夹具结构设计简介

如图6所示，驾驶室总成装焊夹具体积庞大，结构也相当复杂，为了便于制造、装配、检测和维修，必须对夹具结构进行分解，否则将无法进行测量。图6中有三个装配基准，就是底板1、右侧板2和左侧板3。在它们的平面上都加工有基准槽和坐标线，定位、夹紧组合单元4、5，分别按左右侧板和底板1上的基准槽进行装配。各单元的内部结构和尺寸另有单元组合图，并按单元检测合格，最后将三大部分组合

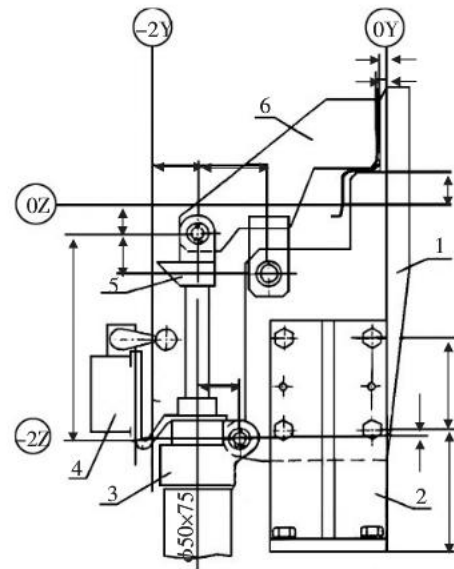
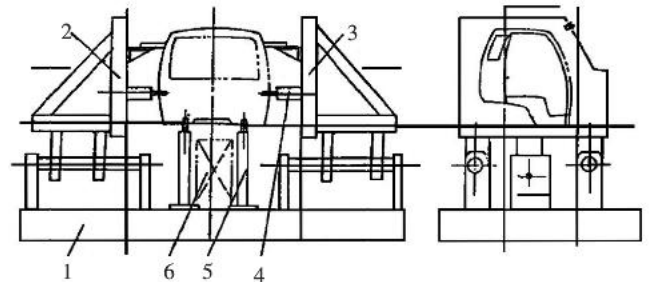


图5 定位板单元组合



1.底板 2.右侧底板 3.左侧底板 4、5 定位夹紧部件 6.传送线

图6 固定式总装焊夹具结构简图

起来，成为一套完整的夹具。

### 2.5.2 焊接夹具的精度控制

1) 夹具精度标准由设计单位制订。图7是对夹具底板上基准槽的形状和尺寸要求，槽宽10 mm，深5 mm，图上标明加工要求，两槽互相垂直。在槽的两侧每200 mm或400 mm还要刻上坐标网格线，线的形状各设计单位都有各自的标准。基准槽是夹具精度的唯一测量基准，其他网格线只能作部件装配时找相对坐标位置用。一般定位销的位置精度允差 $\pm 0.2$  mm，定位板的形状允差 $\pm 0.3$  mm。

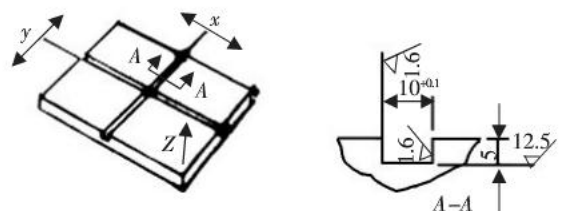
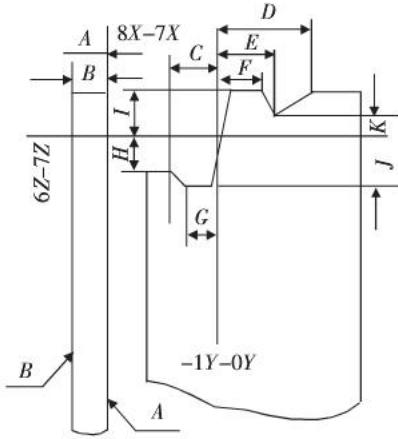


图7 夹具底板上基准槽示意图

### 2) 夹具精度检查表

夹具设计完后，由设计师将夹具全部定位件上

表 1 夹具精度检查表

部件或件号	被测件简图	要求数值	实测数值			
			制作		检查	
			左	右	左	右
No5 之 3-14		0				
		12				
		69.7(A)				
		67.6(B)				
		41.29(A)				
		43.8(B)				
		23.67(A)				
		25.3(B)				
		20.37(A)				
		21.8(B)				
		53.3(A)				
		51.2(B)				
		28				
		44				
		38.4				
		39.28(A)				
39.04(B)						

要求检测的数值绘简图填入表 1 中, 承制单位必须对表中要求数值逐个进行检测, 并将实测数值填入夹具精度检查表中, 然后按设计单位制订的精度标准判定是否合格, 并进行调整, 合格后打定位销。

3) 夹具装配过程的测量

在夹具装配中, 通常用方箱、高度仪、特制量块以底板上的基准槽为测量基准进行装配测量, 如图 8 所示。

夹具装配完成后, 要用三坐标仪测量夹具精度表中要求的各组数值, 合格后交使用单位验收。

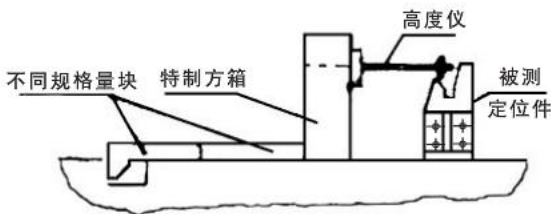


图 8 夹具测量示意图

2.6 车身系列化和多品种生产

当今, 为满足人们对汽车的多样化, 特别是车身外部造型结构新颖的要求, 厂家不得不频繁推出新产品。为使产品具有竞争力, 就必须要用最少种类的车身冲压件、最少的生产装备, 生产出质优价廉的汽车, 以获得更好的经济效益, 为此必须实现多品种混流生产。混流生产的先决条件是产品的系列化和实

现计算机管理。

2.6.1 使用 RoboGate 系统

1) “RoboGate”一词, 由 Robot 和 Gate 组成, 前者是机器人, 后者可译成门框式, 就是由机器人和门框式定位夹具组成的柔性生产线。它是意大利 Fiat 公司首创, 直到今天还是车身生产柔性化的中心议题。

2) 该系统的组成

现以车身总成焊装线为例, 如图 9、10 所示, 它由台车、焊接机器人、门框式定位夹具、车身体板定位托盘和计算机控制系统构成, 其中门框式定位夹

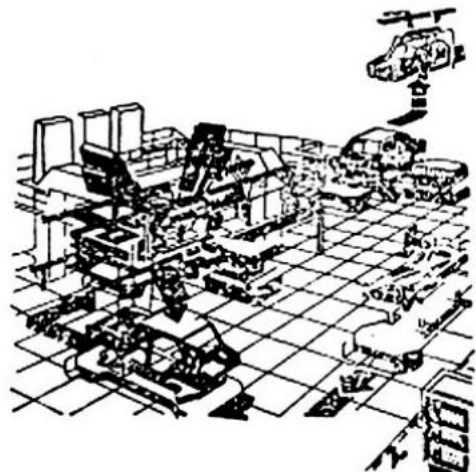


图 9 车身焊接线的 RoboGate 系统

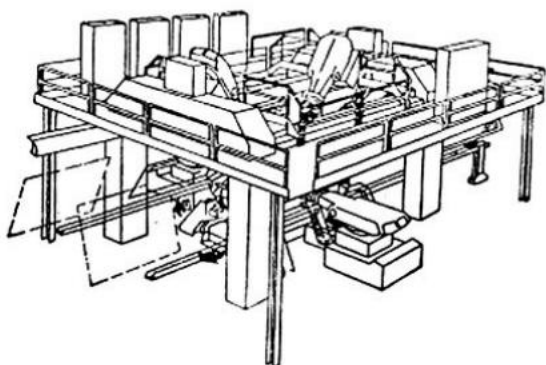


图10 车身的点定焊接工位

具是系统的基础,计算机控制是系统的灵魂。

**台车:**是地面行走的无轨车,以电池为动力,沿埋在地下的感应电缆运动。其运行路线由计算机预设程序决定。

**底板定位托盘:**靠定位销装在台车上,可根据生产的不同车型更换。

**门框式定位夹具:**它是车身主要尺寸和形状的定位依据,不同的车身都有一套不同的夹具。

### 3) 该系统的工作过程

在装配工位,将带发动机仓的底板总成装到托盘上,再装上侧围、顶盖等分总成,用卡子夹牢。由台车按不同车型送到不同的门框式定位夹具内。当车身到达后,夹具上的定位夹紧机构从侧面伸入车身,控制各洞口尺寸,并进行强力夹紧,以防止变形。再由机器人焊接约50个焊点,形成车身壳体。然后,按计算机的指令,送到各后续焊接工位进行300~400个焊点的补焊,直到车身壳体装焊完成。

### 4) 该系统的不足之处

该系统的全过程是自动的,结构很复杂,操作人员虽少,但需要较多经过充分培训的技工维护,弄得不好,故障增多;由于系统复杂,造价比较昂贵。

## 2.6.2 采用直线往返式传送装焊线

为简化结构,降低造价和维护成本,现采用直线往复传送装置的车身焊装线的情况更多一些。线上也是只有一台门框式定位夹具,车身壳体的装配也是在预备工位的托盘中进行,生产过程中和用台车的RoboGate系统基本是一致的。只是托盘的传送是往返、升降传送机构,顶盖也一般在主装夹具的后面

工位装焊。

装配时,用侧围下部预冲的刺头直接插入地板下预冲的槽孔中,然后将刺头打弯,使两者连在一起;或者两者都预冲有圆孔,装配时用特制的弹性柱塞将两者初步联在一起。

在门框式定位夹具这一工位的焊接上,有用机器人的,也有用挂在夹具框架上的自动焊钳焊接的,后者更经济一些。当然,要根据车身结构来决定。

为了实现多品种生产,布线时一般在主装夹具的前后各留一空工位,并在其中一个工位上预装有另一个车型的夹具,当换车型时,启动相关程序,导电电缆、压缩空气管路、液压油管、冷却水管等自动断开,原夹具自动移出,新夹具进入装焊工位,并将电缆等接通,机器人按计算机指令进行调整,完成后就可生产新的车身品种。

## 3 结束语

根据汽车车身的结构特点,对车身焊接夹具的设计进行了必要的研讨。对定位基准的选择方法、薄板冲压件的定位特点、超定位的形成等因素进行了分析说明。结论是:有弹性的冲压件,只有进行正确的定位夹紧后,才能在夹具中形成一个相对的刚性体,并最终焊接成合格的车身壳体。这方面是与机加夹具的设计原理不同的。根据作者本人的设计实践,给出了一些夹紧力的数据,仅供初学者参考。

文中给出的一些车身精度数据,仅为说明车身是有精度要求的,而且其要求是很严的,只有按规定控制了夹具精度才能生产出合格产品。

最后,通过对“RoboGate”系统的介绍,简单说明了车身焊接生产线的发展趋势。

### 参考文献:

- [1] 东汽车身厂关于夹具底板上基准槽和夹具精度检查表的有关标准[S].
- [2] 袁正涛.驾驶室总成随行夹具立体环行装焊线的设计与调整[J].二汽科技,1979,(6).