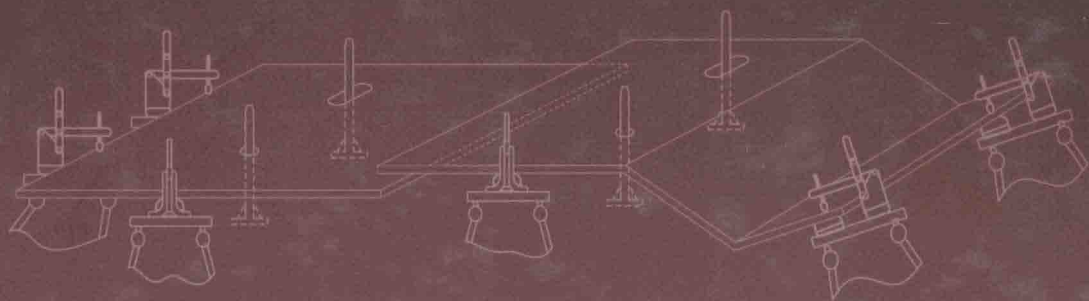


李 兵 著

汽车车身装焊夹具 设计技术



科学出版社

汽车车身装焊夹具设计技术

李 兵 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以汽车车身装焊过程的夹具设计技术为主线,着重阐述了汽车车身薄板件装配过程中的偏差建模、装配公差设计、装焊夹具设计以及基于并联机器人的柔性装焊夹具设计与分析技术。本书将理论方法与设计实例相结合,书中包含的内容总结了作者从事相关研究取得的阶段性成果。

本书主要读者对象为科研院所、高等院校从事汽车车身制造技术研究的教师、研究生和工程设计人员等。

图书在版编目(CIP)数据

汽车车身装焊夹具设计技术/李兵著. —北京:科学出版社,2014.6
ISBN 978-7-03-039899-4

I. ①汽… II. ①李… III. ①汽车-车体结构-焊接设备 IV. U463.820.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 037536 号

责任编辑:刘宝莉 / 责任校对:郑金红

责任印制:肖 兴 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 6 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2014 年 6 月第一次印刷 印张:12 1/2

字数:252 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

我国汽车工业近年来得到快速发展,但和美国、欧洲、日本等国家相比,我国的汽车制造总体水平还有较大差距。汽车车型的更新换代是快速响应市场的必然要求,而汽车车型的更新主要是指车身覆盖件的更新。汽车车身是由大量薄板冲压件通过焊接等方式得到的复杂壳体总成件,薄板零件在冲压成型过程中存在变形,在焊接装配过程中存在各类偏差,因此装焊夹具对装配质量影响很大。汽车装焊夹具是对薄板零件进行装配的定位夹紧工具,装焊夹具通过合理的定位、装夹,将工件固定在三维工作空间,以保证薄板在装焊过程中保持稳定。据统计,汽车工业 70% 以上的车身制造误差源于焊装夹具的定位误差。汽车薄板件装配的夹具定位方案、布局设计和刚体零件装配明显不同,因此研究汽车车身薄板件装配的偏差建模、装配公差设计,进而开展装配夹具定位方案设计、夹持点布局设计是保证汽车薄板件装配质量的关键所在。

汽车车身制造的柔性化是对车型快速更新的必经途径,传统的定位元件是从冲压模具的定位面截切而来,这种定位块不仅耗能耗材,而且其设计制造周期长、成本偏高。针对汽车薄板柔性制造及混流装配的应用需求,近年来基于机器人机构进行汽车柔性装焊夹具设计受到国内外研究者的关注。对于装焊夹具的设计,需满足定位、夹紧要求,还要有足够刚度且焊接和拆装方便。并联机构具有精度高、刚度好、结构紧凑且响应快等优点,可胜任薄板柔性装配夹具的性能要求,本书系统地探讨了基于并联机构的汽车薄板柔性装焊夹具的设计和分析问题。

本书是作者多年来承担相关研究课题取得阶段性成果的总结。全书共分 8 章,第 1、2 章介绍汽车薄板件的装配过程,详细阐述汽车薄板件装配偏差的建模方法以及实例分析。第 3、4 章针对汽车薄板装配夹持点布局方案进行了稳健设计,探讨了基于响应面方法和改进响应面法进行薄板件装焊公差分配和夹具布局优化设计研究。第 5~7 章进行并联柔性夹具机构方案设计,柔性夹具机构构型研究,柔性夹具机构运动学建模以及机构性能分析等。第 8 章构建了并联柔性装焊夹具系统平台并开展了相关实验研究。

本书内容源于于洪健、唐辉、冉涛、宋振东、李刚等研究生提供的研究资料,于洪健承担了书稿的编辑和整理工作。本书得到国家自然科学基金项目“汽车薄板件装配柔性夹具结构创新方案与可重构设计研究”(50505010)的资助,在此一并致谢。

由于作者水平所限,难免存在疏漏之处,恳请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 汽车薄板件装配概述	1
1.3 薄板接头型式与装配方式	3
1.3.1 接头型式	3
1.3.2 装配方式	4
1.4 薄板装配定位及夹紧原理	6
1.5 薄板件装配过程及其引入偏差	7
1.5.1 薄板焊接步骤	7
1.5.2 薄板偏差与关键特性	8
1.5.3 薄板装配偏差源分析	9
1.6 汽车薄板件装焊夹具设计研究现状	11
1.6.1 柔性夹具及其设计方法研究现状	12
1.6.2 柔性薄板件夹具设计理论研究现状	14
1.7 本章小结	15
参考文献	15
第 2 章 汽车薄板件装配偏差建模与分析	18
2.1 引言	18
2.2 焊接偏差与点焊连接建模	19
2.2.1 焊接偏差及回弹方程的建立	19
2.2.2 点焊连接有限元模型	20
2.3 定位偏差建模	21
2.3.1 定位约束的数学描述	21
2.3.2 定位偏差的螺旋模型	23
2.4 夹紧偏差建模	29
2.4.1 完全夹紧的数学模型	29
2.4.2 夹紧偏差模型	30
2.5 基于主成分分析的金属薄板变形分析	33
2.5.1 误差源协方差矩阵的主成分分析	34
2.5.2 基于 PCA 的金属薄板件装配变形分析	35

2.5.3 稳健主成分分析	36
2.5.4 实例分析	37
2.6 基于小波的偏差源分析方法	40
2.6.1 小波分析概述	40
2.6.2 基于小波分析的薄板变形分解	41
2.6.3 薄板焊接装配变形的仿真流程	42
2.6.4 实例分析	44
2.7 本章小结	46
参考文献	47
第3章 汽车薄板装配夹具布局稳健优化设计	49
3.1 引言	49
3.2 稳健设计概述	49
3.3 基于遗传算法的薄板装配夹具布局稳健设计	51
3.3.1 基于泰勒级数展开的优化设计模型	51
3.3.2 基于遗传算法的稳健优化设计	54
3.4 基于影响系数法的薄板装配稳健设计	60
3.4.1 基于拉格朗日极值法的稳健指标	60
3.4.2 薄板装配实例分析	63
3.5 本章小结	65
参考文献	65
第4章 基于响应面法的夹具布局与装配公差优化	67
4.1 引言	67
4.2 响应面法及其近似建模	67
4.3 基于稳健设计空间寻优的二阶段响应面法	69
4.3.1 二阶段响应面法基本思想	70
4.3.2 基于稳健设计空间搜索的改进响应面法优化流程图	70
4.4 基于 Kriging 插值的改进响应面法	71
4.4.1 Kriging 估计量和关键参数	71
4.4.2 基于 Kriging 插值的改进响应面法优化流程	72
4.5 基于神经网络的改进响应面法	73
4.5.1 BP 神经网络模型	74
4.5.2 基于神经网络的改进响应面法优化流程	75
4.6 设计实例	76
4.6.1 基于 Kriging 改进响应模型的薄板装配公差分配优化设计	76
4.6.2 基于神经网络改进响应面法的夹具布局优化设计	80
4.7 本章小结	84

参考文献	84
第 5 章 并联柔性夹具机构构型综合及可重构设计	86
5.1 引言	86
5.2 并联机器人机构研究现状	86
5.2.1 并联机器人机构研究概述	86
5.2.2 并联机构学理论研究的进展	88
5.3 并联夹具系统总体设计方案及机构综合基础	89
5.3.1 并联夹具系统的总体设计方案	89
5.3.2 并联夹具机构综合理论基础	90
5.4 一类三支路 6-DOF 并联机构构型综合	92
5.4.1 机构综合流程	92
5.4.2 机构支路构型枚举	94
5.4.3 机构构型的构建	96
5.5 并联机构构型的衍生机构设计	99
5.5.1 位移流形等效法	99
5.5.2 螺旋重构法	100
5.6 并联夹具机构可重构设计	103
5.6.1 并联夹具主体机构模块化设计	104
5.6.2 并联夹具定位及夹紧单元模块设计	105
5.7 新型并联柔性夹具系统集成	106
5.8 本章小结	107
参考文献	108
第 6 章 并联柔性夹具机构运动学及设计空间建模	111
6.1 引言	111
6.2 并联夹具机构螺旋分析	111
6.2.1 机构螺旋分析	111
6.2.2 机构自由度确认	113
6.2.3 驱动副有效性验证	114
6.3 并联夹具机构位置逆解分析	115
6.3.1 3-RUPR/UPS 机构位置逆解	115
6.3.2 3-UPU/UPS 机构位置逆解	118
6.3.3 3-UPU/UPU 机构位置逆解	119
6.4 并联夹具机构雅可比矩阵求解	119
6.4.1 3-RUPR/UPS 机构雅可比矩阵求解	120
6.4.2 3-UPU/UPS 机构雅可比矩阵求解	121
6.4.3 3-UPU/UPU 机构雅可比矩阵求解	122

6.5	并联夹具机构参数设计空间建模	122
6.5.1	3-RUPR/UPS 并联夹具机构设计空间建模	122
6.5.2	3-UPU/UPS 及 3-UPU/UPU 并联夹具机构设计空间建模	126
6.6	本章小结	127
	参考文献	127
第7章	基于全域评价指标的并联柔性夹具机构性能分析	129
7.1	引言	129
7.2	并联夹具机构工作空间分析	129
7.2.1	工作空间求解方法	129
7.2.2	3-RUPR/UPS 机构工作空间分析	130
7.2.3	3-UPU/UPS 机构及 3-UPU/UPU 机构工作空间分析	133
7.3	并联夹具机构奇异性分析	135
7.3.1	3-RUPR/UPS 并联夹具机构的奇异性分析	136
7.3.2	3-UPU/UPS 及 3-UPU/UPU 并联夹具机构的奇异性分析	137
7.3.3	并联夹具机构奇异性全域评价指标及奇异性分析	138
7.4	并联夹具机构刚度性能分析	142
7.4.1	机构全局刚度矩阵的建立	143
7.4.2	支链变形分析及刚度建模	144
7.4.3	并联夹具机构的刚度建模	152
7.4.4	并联夹具机构刚度全域评价指标及刚度分析	155
7.5	本章小结	157
	参考文献	157
第8章	并联柔性夹具系统平台及实验研究	159
8.1	引言	159
8.2	并联夹具机构尺寸优化及样机设计	159
8.2.1	并联夹具机构尺寸参数优化	159
8.2.2	并联柔性装配夹具系统样机设计	161
8.3	并联柔性装配夹具系统控制系统设计	162
8.3.1	硬件系统	162
8.3.2	软件系统	165
8.4	并联柔性夹具机构实验研究	167
8.5	本章小结	171
	参考文献	172
附录		173

第 1 章 绪 论

1.1 引 言

汽车车身是由柔性薄板零件经过多级装配而成,装配过程复杂,影响装配质量的因素很多。在车身由“零件—分总成—总成—整车”的装配过程中,柔性薄板处于整个装配过程的最底层,其制造质量是保证车身最终质量的根本。但是,由于零件冲压成型过程中存在弹性变形、塑性变形及回弹等因素,在实际生产中,车身零件制造尺寸的偏差难以控制^[1,2]。在装配过程中,零部件的接头形式、夹具定位方案及装配顺序规划等装配工艺设计对装配质量有着重要影响,尤其是夹具定位设计对装配过程零部件尺寸偏差的传递和累积起重要作用。由于制造中不可避免地存在零件制造误差、夹具定位偏差等方面的偏差源,这些偏差源在制造过程中或不断累积或被消除掉^[3,4],因此薄板装配的偏差建模及夹持点布置优化设计成为薄板装配的重要问题。然而在此之前,有必要对汽车薄板的装配过程和此过程中存在的源偏差及引入偏差等进行系统的分析。

1.2 汽车薄板件装配概述

汽车车身是由大量薄板冲压零件通过焊接得到的复杂壳体总成件。车身冲压件又称为车身覆盖件,尺寸大、刚度小,通常由低碳薄钢板冲压而成。从结构形式上来说,车身覆盖件可以分为三类:第一类是外覆盖件,通常指与车身外形有关的大型零件;第二类是骨架结构件,即内覆盖件,是指汽车内部的大型板件;第三类是加强结构件,包括车体内部的加强筋、加强板以及支架类构件等^[4]。

汽车的装焊工艺是一个复杂的层级式装配过程,即“零件—分总成—总成—整车”的装配过程。在这个过程中,总成是具有独立功能的汽车部件单元,总成的种类很多,通常包括:地板总成、发动机舱总成、左侧和右侧总成、后围总成、顶盖总成、左车门和右车门总成、发动机罩总成、行李箱盖总成、前翼子板和后翼子板总成等^[5],图 1.1 给出了汽车所包含的部分总成形式。车身本身也可以认为是汽车车体最大的总成,如图 1.2 所示为典型的白车身结构,其重量和制造成本占整车的 40%~60%。通常一个车身由 250 多个薄板冲压件在 55~75 个装配站上装焊而成,装夹定位点 1700~2500 个,焊点多达 4100 个^[6]。

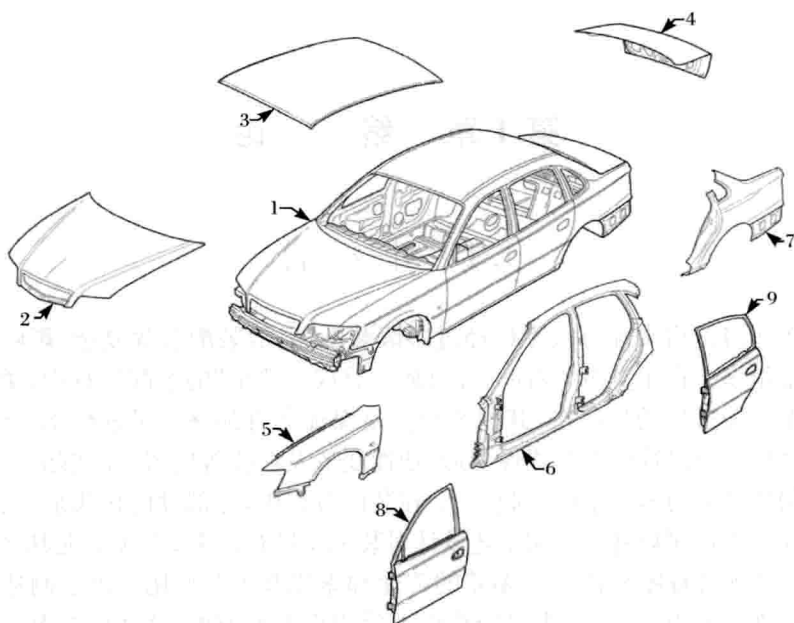


图 1.1 典型车身装焊总成及分总成

1. 车身总成; 2. 发动机舱盖总成; 3. 车顶盖板总成; 4. 后备箱盖总成;
5. 前翼子板; 6. 门框总成; 7. 后翼子板; 8. 前车门总成; 9. 后车门总成

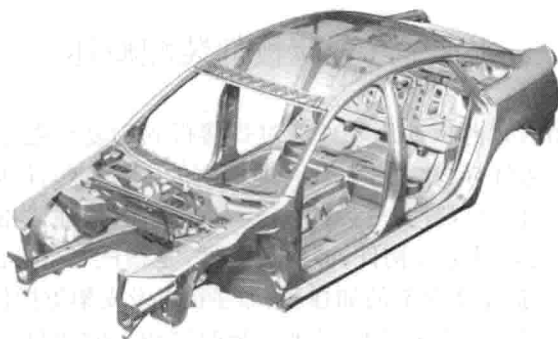


图 1.2 典型白车身结构

汽车车身覆盖件可理解为经一系列工艺连接后形成的薄板件冲压装配体。一辆轿车由数百个薄板冲压件经点焊、CO₂ 气体保护焊、钎焊、铆接、机械连接以及黏结等一系列工艺加工成型。车身装焊的主要方式是电阻焊,焊点的形成过程是热/机械(力)联合作用的过程,如图 1.3 所示。电阻焊是将工件置于两电极之间,通以电流之后工件接触面及附近区域受热至熔融状态,从而实现金属的结合。

故焊点的形成过程是热/机械(力)联合作用的焊接过程(见图 1.3)。包括点焊、凸焊、缝焊、对焊,约占总焊接量的 90%,焊接设备有悬挂式点焊机、固定式点焊机、多点焊机、螺柱式点焊机以及焊接机器人等^[7]。

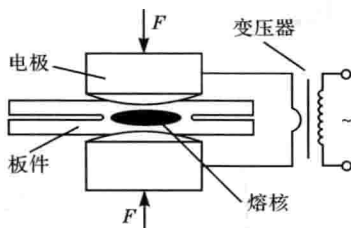


图 1.3 电阻点焊原理图

在工艺如此众多、复杂的装配过程中,制造的每一个阶段都难以避免地存在偏差,因此影响装配质量的因素众多。在装配过程中,冲压件尺寸误差、装配件尺寸偏差、焊接变形、夹具偏差、零部件的接头形式、定位方案、装配顺序规划等装配工艺设计对装配质量有重要影响,这些误差在车身装配过程中耦合、积累、传播,最终形成车身制造的综合误差,影响到车身的综合尺寸精度^[5]。如何全面地构建各组成偏差,并优化装配工艺设计,减小装配偏差的累积或减小其对源偏差的敏感度,对实际生产有非常重要的意义。

1.3 薄板接头型式与装配方式

车体装配为一种多层次体系工艺过程,若干零件经装焊成为分总成,分总成又变成下一层装配中的零件,不同部分的分总成又在一起构成总成,随着层次的递进最终形成车身结构。在此过程中,并联和串联是两种基本的车身装配形式,以这两种装配形式为基础,零件间存在三种主要的接头型式,这些都直接影响装配体的刚度、装配尺寸精度以及装配线的柔性^[8,9]。

1.3.1 接头型式

汽车薄板焊接电阻点焊的主要接头型式有三种:搭接接头(见图 1.4(a))、弯边对接接头(见图 1.4(b))、弯边角接接头(见图 1.4(c))^[10]。对于搭接型式,两装配薄板相互交叠,焊点处于交叠部位;弯边对接型式适用于带有弯边的两薄板装焊,然而当两薄板间存在较大间隙时,需要相当大的焊接力来消除薄板间隙实现焊接操作;弯边角接型式可以理解为前两种接头的混合型式。

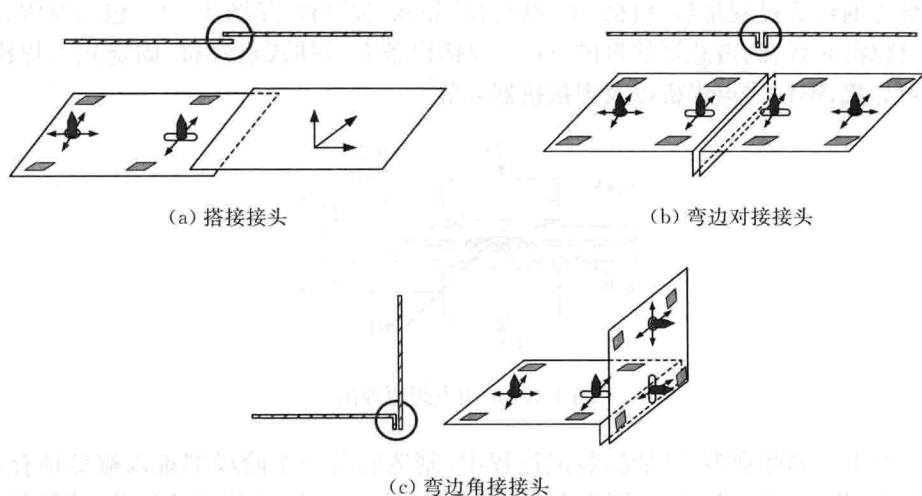


图 1.4 薄板件装配基本接头型式

在三种接头型式中,搭接接头可以适应在接头方向上的滑动,从而补偿上游的误差,降低对误差的传播。搭接接头方式的装配偏差主要来源于焊接夹具,当板厚相对较大时,装配偏差主要取决于厚板工件,因此降低装配夹具的偏差成为提高装配精度的关键。对接接头由于放大了工件的尺寸波动,所以质量相对较差,这种型式的装配偏差主要来源于工件本身,所以控制工件本身的偏差可以有效降低装配偏差。采用角接接头型式时,装配偏差对厚度大的翻边法兰的偏差比较敏感^[9,11]。另外,薄板件的柔性主要体现在沿板件平面法线方向的变形,因此三种接头型式中,搭接型式的回弹现象最严重,变形分析也最为复杂。与此同时,由于其开放性好、便于焊接,它也是薄板装焊中最常见的接头型式。

1.3.2 装配方式

无论选择何种接头型式,对于汽车薄板件而言,装配方式只有两种:串联装配和并联装配,如图 1.5 和图 1.6 所示^[12]。据统计,大刚度工件偏差是最主要的偏差源。在车体制造过程中,串联装配偏差大于单个工件的装配偏差,并联装配则相反。主要原因如下:在进行串联装配时,其偏差特性主要取决于工件的几何特性;在进行并联装配时,其偏差特性受工件的几何结构和力学性能的影响,装配偏差很大程度上取决于刚性大的零件。串联装配偏差比并联装配更有累积性。下面详述两种装配方式的装配偏差模型^[11,12]。

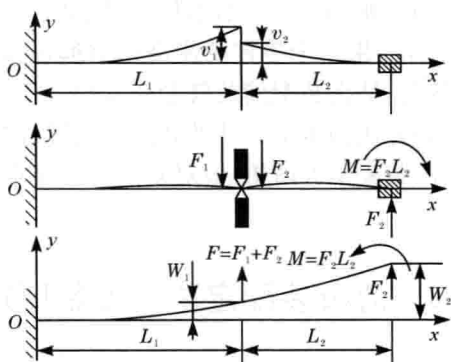


图 1.5 薄板件串联装配方式

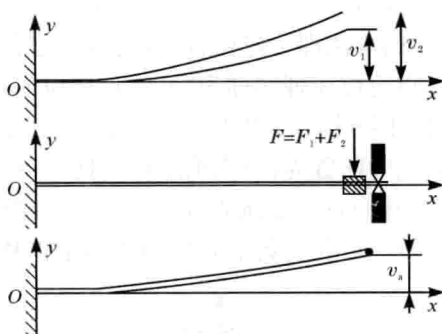


图 1.6 薄板件并联装配方式

图 1.5 是串联装配的一维梁单元模型,装配前两零件的偏差分别为 v_1 、 v_2 ,焊接过程中点焊电极的夹紧力 F_1 、 F_2 将克服零件偏差使之达到名义装配位置,装配偏差模型可由线性力学推导得出

$$W_1 = \frac{F_1 L_1^3}{3EI_1} = v_1 \quad (1.1)$$

$$W_2 = \frac{F_1 L_1^3}{3EI_1} \left(1 + \frac{3L_2}{2L_1}\right) + \frac{F_2 L_2^3}{6EI_2} = \left(1 + \frac{3L_2}{2L_1}\right) v_1 + 0.5 v_2 \quad (1.2)$$

式中, F_1 、 F_2 为两点焊电极所施加的焊接力; L_1 、 L_2 为两薄板件长度尺寸; v_1 、 v_2 、 W_1 、 W_2 为两工件源偏差及关键点偏差; I_1 、 I_2 为两工件惯性矩。

对于并联装配(图 1.6),可由同样的方法推导出:

$$v_a = \frac{K_1}{K_p} v_1 + \frac{K_2}{K_p} v_2 \quad (1.3)$$

$$v_a = \frac{K_1}{K_p} v_1 + \frac{K_2}{K_p} v_2 = \frac{F_1}{K_p} + \frac{F_2}{K_p} = \frac{F_1 + F_2}{K_p} = \frac{F}{K_p} \quad (1.4)$$

式中, K_1 、 K_2 为两工件法向刚度; K_p 为装配件法向刚度; v_a 为装配件偏差。

由式(1.4)可以知道, 如果一个零件的刚度系数远远大于另一零件的刚度系数, 而其偏差很小可以忽略, 那么装配偏差就会非常小。需要指出的是: 虽然上述研究建立的模型和提出的方法揭示了柔性件装配偏差传递的特点, 但对车身冲压件等复杂空间曲面零件的装配不太适用, 应对复杂的三维空间曲面薄板件的偏差传递进行研究。

1.4 薄板装配定位及夹紧原理

依据力学概念, 任何刚体在空间内都具有六个自由度, 即沿某一坐标系 $\{x, y, z\}$ 轴线的三个移动和绕轴线的三个转动(见图 1.7)。零件定位的目的是确定零件在夹具中的位置, 从运动学的角度来讲就是消除或限制零件相对夹具的六个自由度。消除(或限制)自由度的方法即为定位方法, 传统的定位方法为刚体六点定位原理。在实际应用中, 六点定位原理亦称为“3-2-1”定位原理, 夹具通过其定位元件上的点、线、面与工件的接触来实现对工件的限定^[13]。如图 1.7 所示, 工件在空间内受到六点支撑, 这六点的配置为: 三支承点在夹具平面 A 内形成基准平面(面接触)称为首要基准(第一基准); 二支承点在夹具平面 B 内形成导向面(线接触)称为导向基准(第二基准); 一点在夹具平面 C 内称为定程基准(第三基准)。

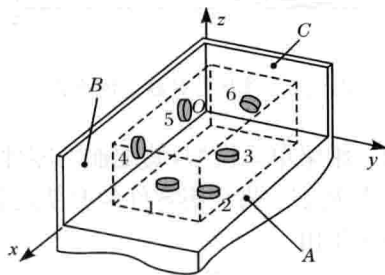


图 1.7 刚体六点(“3-2-1”)定位原理

薄板件在装配过程中最主要的变形是由于自重引起在法线方向上的变形, 因此相应的夹具系统应该在第一基准面上存在多于 3 个定位点以限制这一变形。针对这一问题, Cai^[11] 于 1996 年提出了柔性薄板件夹具的“N-2-1”定位原理, 方法是在薄板件的法线方向上布置 $N \geq 3$ 个定位点, 以限制其在该方向的变形。

需要注意的是, 根据“N-2-1”定位原理, 在第一基准面上, 定位点的个数一般大于 3, 但应该使 N 尽量取较小的值, 这样定位点位置的选取就起着重要作用。定位点个数和位置的确定可以采用有限元分析方法和非线性规划方法。实际作用力通常不会作用在第二、第三这两个基准面方向上, 所以分别需要 2 个和 1 个定

位点就可以限制薄板件在这两个基准面上的运动。研究表明,第二基准面上的2个定位点应该布置在薄板件较长的边上,这样可以使零件更稳定并且更好地弥补零件表面或定位元件的安装误差。根据欧拉翘曲分析,必须禁止将定位点同时设置在工件的正反两侧,避免极小的几何缺陷导致薄板件相对较大的挠度和潜在的翘曲^[5,7]。

1.5 薄板件装配过程及其引入偏差

汽车薄板装焊的实施过程可分为四个步骤,这四个步骤可以归纳为三个阶段,即焊前阶段、焊中阶段和焊后阶段。在各阶段中,工件存在着不同的偏差型式,对不同偏差型式进行分析是薄板装配的基础^[1]。

1.5.1 薄板焊接步骤

图 1.3 所示的电阻点焊工艺在实施过程中可分为图 1.8 所示的四个操作步骤^[11],具体说明如下:

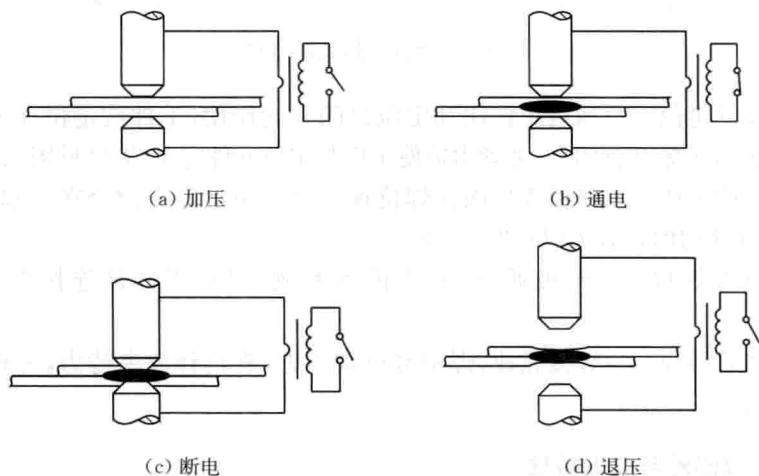


图 1.8 点焊焊接过程

(1) 点焊时,将待焊的两个工件搭接起来,置于焊接电极之间,然后施加一定的电极压力,将两个工件压紧,直至迫使两工件贴合并满足焊接要求。

(2) 闭合焊接开关,接通焊接变压器,此变压器次级电流经焊机机臂、电极,流经被焊工件。焊件本身电阻产生的电阻热使焊件迅速加热。因为与焊件接触的电极是由导电、导热性能良好的铜合金所制,且其内部存在水冷作用,故与电极直接接触的焊件表面散热条件最好,温度难以升高,而两焊件之间的接触表面被加

热到熔化温度,并逐渐扩大形成熔核。

(3) 当熔核尺寸达到所要求的大小时,切断电流,但仍保持足够大的电极压力,熔核在电极压力的作用下冷却结晶,形成焊点。

(4) 去除压力,退出焊枪,该焊点的点焊操作完成。

基于此电阻点焊流程,一个典型的金属薄板焊接装配过程可以分解为以下四个步骤(见图 1.9^[11]):

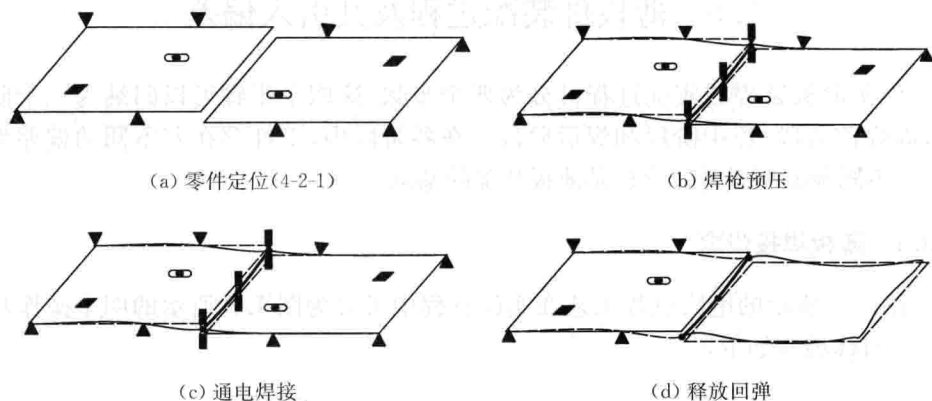


图 1.9 薄板焊接装配过程

(1) 零件定位——通过定位块和定位钉的共同作用,工件被定位在夹具系统中;与此同时,夹紧装置闭合,夹紧力迫使工件与定位元件完全贴合(见图 1.9(a))。

(2) 焊枪预压——薄板焊接面在焊枪预压力作用下紧密配合在一起,预压力大小与焊点处的偏差有关(见图 1.9(b))。

(3) 通电焊接——电极通电,两薄板间形成熔核,零件被连接在一起(见图 1.9(c))。

(4) 释放回弹——焊接完成,焊枪释放预压力,夹具释放夹持力,薄板发生回弹变形(见图 1.9(d))。

1.5.2 薄板偏差与关键特性

汽车薄板件往往具有复杂的曲面形状,因此有必要阐明一下汽车薄板件的装配尺寸评价方法。在薄板的装配过程中,必须保证某些特定的几何尺寸,这些尺寸就称为关键产品特征(key product characteristics, KPC)。在汽车的装配过程中,一般通过布置在零部件上的关键产品特征来衡量各级装焊总成、分总成的质量,通常采用三坐标测量机来测量这些 KPC 点。关键产品特征在装配过程中需要关键控制特征(key control characteristics, KCC)来保证,这些关键控制特性包括定位点、焊接位置、与下一制造工序的连接点等^[15]。如图 1.10 所示,长度 x_1 、 x_2

和 x_3 是 KCC, 由制造过程保证, 而 z_1 则是 KPC, 亦即产品尺寸特性, KPC 也会限制产品功能特性及其质量特性。即 KPC 是产品的功能要求, 而 KCC 是产品的制造要求, 在制造过程中是通过控制 KCC 来满足 KPC 要求的。

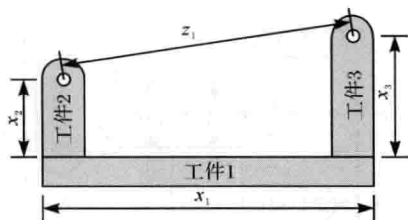


图 1.10 关键特性示意图

1.5.3 薄板装配偏差源分析

下面总结一下造成薄板装配尺寸偏差的主要成因^[16]：

(1) 工件本身的偏差。工件偏差是指工件置于夹具体前与工件装配名义位置的偏差, 主要来源于零件制造偏差及柔性薄板在重力作用下产生的变形。零件的制造偏差主要取决于冲压工艺偏差, 与薄板件的几何特性和材料特性有关。

(2) 工件缺乏定位稳定性。定位稳定性问题主要是由于夹具的定位元件引起的, 包括夹具偏差和定位偏差。夹具设计缺陷、制造误差、布置偏差及定位元件的磨损与失效等都会对其产生影响。

(3) 工件之间的相互干涉。工件是否干涉取决于不同工件之间的装配连接类型。与工件之间的串联和并联装配方式以及工件之间的搭接、对接、角接等焊接接头类型有关。

(4) 焊接工艺的影响。这部分主要包括焊枪的偏差, 如焊枪位置偏差、电极头磨损等, 另外焊接次序、焊点布置方案也会产生不同程度的影响。

实际装配过程中存在的偏差远比式(1.1)~式(1.4)中所考虑的要复杂, 由薄板装配偏差的成因可知, 装焊过程的三个阶段引入了多种形式的源偏差。为进一步分析薄板装配偏差与源偏差之间的关系, 对薄板装配过程及其引入偏差进行了细化分析, 如图 1.11 所示。在薄板装配过程中, 共考虑了 5 种偏差: 焊前阶段所存在的偏差为工件和夹具体本身的制造误差, 即工件偏差(workpart variation, v_p)及夹具偏差(tooling variation, v_t); 焊中阶段薄板件载入夹具系统, 随后夹紧装置闭合, 焊枪压紧工件实现对薄板的焊接, 这一系列的定位、夹紧及焊接动作在薄板件上引入一系列操作偏差, 分别是定位偏差(locating variation, v_l)、夹紧偏差(fixturing variation, v_f)和焊接偏差(welding variation, v_w), 三种偏差所对应的源偏差分别为夹具布置偏差, 夹紧源偏差及焊枪位置偏差。在焊后阶段, 焊接操作