

# 焊接工装设计基础

陈焕明 编著

航空工业出版社

# 前 言

专业课程设计是高等工科院校培养计划中一个综合性较强的工程训练环节，也是南昌航空工业学院近年来实施工程教育与工程训练相结合的培养模式的一个特色。焊接专业课程设计的主要内容是焊接工艺设计和焊接工装设计。鉴于焊接技术与工程专业、材料成型及控制工程专业的学生对焊接工艺方面的基本知识了解多一些，而对焊接工装设计的基本知识十分欠缺，作者结合多年的教学改革实践，编著了这本《焊接工装设计基础》教材，以便进一步探索工程教育与工程训练相结合的教学方法。

全书共分5章，介绍了焊接工装的特点、工件的定位原理及定位器设计、夹紧装置设计、焊接工装中常用的动力装置、焊接工艺装备实例、焊接工装设计方法等方面的内容。编写时，注意了内容的系统性和科学性，在重点介绍基本原理的同时，突出实用性，适量介绍了一些新技术成果，尽量应用焊接生产中的实例进行分析，便于学生联系实际，举一反三，增强工程意识。全书采用最新国家标准和行业标准。每章末列有习题与思考题。

本书可作为高等工科院校焊接技术与工程专业、材料成型及控制工程专业的教材和专业课程设计以及毕业设计参考书，也可供有关专业师生和从事焊接工装设计的工程技术人员参考。

本书受江西省高等学校教学改革研究省级立项课题和南昌航空工业学院高教研究立项课题的资助。

在本书编写与出版过程中，南昌航空工业学院教务处、航空工业出版社给予了大力支持和帮助；南昌航空工业学院焊接研究所同事们以及教务处黄竹生高级工程师给予了大力支持和帮助；珠海固得焊接自动化设备有限公司总经理唐君才高级工程师、南通振康机械有限公司总经理汤子康高级工程师、嘉手五金制品（东莞）有限公司总裁邱魏聪哲给予了大力支持和帮助，并提供了有关的参考资料；上海交通大学博士生导师陈关龙教授审阅了本书初稿，并提出了宝贵意见。作者在此对上述单位和个人以及书中所列参考文献的作者一并表示衷心的感谢。

焊接工装设计涉及的内容十分广泛，包括机械、电子、材料、力学和经济等学科的内容。由于作者经验不足，水平有限，书中错误或不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

陈焕明

2003年9月

# 目 录

绪论 .....	1
一、焊接工装的作用 .....	1
二、焊接工装的分类 .....	2
三、焊接工装的特点 .....	3
第一章 工件的定位原理及定位器设计 .....	4
第一节 工件的定位原理 .....	4
一、六点定位原理 .....	4
二、六点定位原理的合理应用 .....	5
三、 $N-2-1$ 定位原理 .....	7
第二节 定位方法及定位器 .....	8
一、关于基准的概念 .....	8
二、工件以平面定位 .....	8
三、工件以圆孔定位 .....	10
四、工件以外圆柱面定位 .....	12
五、组合表面定位 .....	13
第三节 定位方案设计的方法与步骤 .....	16
一、确定定位基准 .....	16
二、确定定位器的结构及其布局 .....	17
三、确定必限的自由度 .....	18
四、提出定位器的材料和技术要求 .....	19
习题与思考题 .....	19
第二章 夹紧装置设计 .....	20
第一节 夹紧装置的组成与要求 .....	20
一、夹紧装置的组成 .....	20
二、夹紧装置的分类 .....	20
三、夹紧装置的基本要求 .....	21
四、夹紧力的确定 .....	21
五、定位及夹紧符号的标注 .....	25
第二节 简单夹紧机构 .....	26
一、楔块夹紧机构 .....	26
二、螺旋夹紧机构 .....	28
三、偏心夹紧机构 .....	31
四、弹簧夹紧机构 .....	37
五、推拉夹紧机构 .....	38

六、杠杆夹紧机构·····	40
第三节 复合夹紧机构·····	41
一、螺旋—杠杆夹紧机构·····	41
二、偏心轮—杠杆夹紧机构·····	44
三、铰链—杠杆夹紧机构·····	45
四、其他形式复合夹紧机构·····	53
第四节 定心夹紧机构·····	54
一、定心元件等速移动原理及机构·····	54
二、弹性夹筒式定心夹紧机构·····	57
第五节 柔性夹具·····	60
一、组合夹具·····	60
二、可调整夹具·····	64
习题与思考题·····	66
第三章 焊接工装中常用的动力装置·····	68
第一节 气压传动装置·····	68
一、气压传动系统的组成及特点·····	68
二、气缸简介·····	69
三、气缸的选择·····	78
四、气阀和辅助元件的选用·····	80
五、气动夹紧机构应用举例·····	86
六、气动斜楔和铰链—杠杆夹紧机构的设计与计算·····	88
第二节 液压传动装置·····	94
一、液压传动系统的组成及特点·····	94
二、液压泵简介·····	96
三、油缸简介·····	98
四、液压控制阀的类型及用途·····	99
五、液压传动在工程应用中要注意的问题·····	100
第三节 电力传动系统·····	104
一、概述·····	104
二、交流电动机的结构、特点和用途·····	104
三、直流电动机的结构、特点和用途·····	110
四、直流伺服电动机的结构、特点和用途·····	112
五、步进电动机·····	123
六、电力传动系统的特性·····	129
七、电动机容量选择·····	132
习题与思考题·····	137
第四章 焊接工艺装备实例·····	138
第一节 装配定位焊夹具·····	138
第二节 焊接变位机械·····	140

一、焊接变位机 .....	141
二、焊接滚轮架 .....	147
第三节 自动化焊接装备 .....	151
一、ZR-4 全自动焊管机 .....	151
二、可编程控制全位置自动管焊机 .....	156
三、摩托车消声器自动焊接装置 .....	167
四、特殊环缝电阻缝焊设备 .....	168
五、波纹管直缝焊机 .....	170
六、异形零件焊接专机 .....	175
七、弧焊机器人焊接工装夹具 .....	177
习题与思考题 .....	179
<b>第五章 焊接工装设计方法</b> .....	<b>180</b>
第一节 焊接工装设计的基本原则和要求 .....	180
一、实用性原则 .....	180
二、经济性原则 .....	181
三、可靠性原则 .....	181
四、艺术性原则 .....	183
第二节 焊接工装设计的内容与步骤 .....	183
第三节 夹具体设计 .....	185
一、对夹具体的基本要求 .....	185
二、夹具体毛坯制造方法 .....	185
三、夹具体的外形尺寸 .....	187
第四节 尺寸链及其在结构设计中的应用 .....	187
一、尺寸链的基本概念 .....	187
二、尺寸链的基本计算公式 .....	189
三、解尺寸链的基本任务 .....	190
四、结构尺寸链分析的内容 .....	191
五、结构设计中封闭环的确定 .....	192
六、尺寸链计算示例 .....	194
第五节 夹具的公差配合与技术条件的制定 .....	198
一、制定的依据和基本原则 .....	198
二、夹具总图上应标注的尺寸和公差 .....	199
三、公差值的确定 .....	199
第六节 零部件尺寸的合理标注 .....	203
一、尺寸标注的一般原则 .....	203
二、尺寸标注基准的合理选择 .....	203
三、零件尺寸的标注方法 .....	204
习题与思考题 .....	210
<b>附录 A 焊接技术与工程专业课程设计大纲</b> .....	<b>211</b>

附录 B 机械加工的经济精度	213
一、孔加工的经济精度	213
二、圆柱形外表面加工的经济精度	214
三、平面加工的经济精度	214
四、各种加工方法所能达到的表面粗糙度参数值	215
附录 C 定位夹紧符号	216
附录 D 夹具标准件摘选	217
一、定位件	217
二、夹紧件	235
附录 E 焊接专业部分网址	255
参考文献	256

# 绪 论

在机械加工、产品检验、装配和焊接等工艺过程中，使用着大量的工艺装备，简称工装 (**tooling**)，用以安装加工对象，使之占有正确的位置，以保证零件和产品的质量，并提高生产效率。

大多数焊接工装是为某种焊接组合件的装配焊接工艺而专门设计的，属于非标准装置，往往需要各制造厂根据本厂的产品结构特点、生产条件和实际需要自行设计制造或者外协定做。焊接工装设计是生产准备工作的重要内容之一，也是焊接生产工艺设计的主要任务之一，对于汽车、摩托车和飞机等制造业，可以毫不夸张地说，没有焊接工装就没有产品。因此，焊接工艺人员应掌握有关工装设计的基础知识。通常在工艺设计时，提出所需要的工装类型、结构草图和简要说明(例如装配焊接顺序、焊接变形预防或减小措施、焊接速度和焊接电流回路等)。在此基础上由工装设计人员完成详细的结构和零件设计及全部图样。如果设计者对焊接工艺过程生疏，往往设计的工装夹具适用性较差，甚至不能满足生产要求。事实表明，为了使设计的工装适用性良好，通常由工艺工程师来主持设计或亲自参与设计。

本书主要内容就是介绍焊接工装设计的基本理论和结构设计的基础知识。

## 一、焊接工装的作用

### 1. 提高焊接制品的精度，保证其互换性

在装配定位焊时，如果不使用工装夹具，即使组合件是由几个零件组成的，欲保证各零件精确的相对位置，也是不可能的。此外，在焊接过程中，焊件往往会产生变形，尤其是复杂的结构，其变形有时会达到无法消除的程度，就会影响到后面总装配工作，甚至造成产品报废。采用工装夹具，不仅可以保证装配定位焊时，各零件正确的相对位置，而且可以防止或减少工件的焊接变形。尤其是批量生产时，可以稳定焊接质量，减少焊件尺寸偏差，保证产品的互换性。

### 2. 提高劳动生产率，降低制造成本

焊接结构生产过程一般包括：准备(焊接材料的清洗、烘干、工件开坡口等)，装配(对正、定位、夹紧或点固焊等)，焊接，清理(从工装夹具上卸除工件，清除焊渣等)，检验，焊后热处理及矫正，最后检验等工序。焊前和焊后各项辅助工序的劳动量往往超过焊接工序本身。因此，提高劳动生产率最有效的措施是减少辅助工序的时间。在焊接结构生产中，由于焊件的复杂程度不同，纯焊接时间仅占产品全部加工时间的10%~30%，其余为备料、装配及辅助工作等时间。对于梁柱结构，装配与翻转工作时间占总生产工时的30%~50%；对于圆筒结构，其壁厚16 mm、长度1.5 m的纵缝自动埋弧焊的焊接时间为8 min，而其辅助时间为40 min，即焊接时间只占装焊总工时的17%，在这种情况下，即使把焊接速度提高1倍(一般很难办到)，也只能提高生产率约10%。如果采用高效率的焊接工装夹具，使辅助时间减少到20 min，那么劳动生产率就可以提高40%。显然，欲缩短生产周期，提高劳动生产率，除了采用自动化焊接工艺外，还要采用先进的装配工艺，采用机械化和自动化程度高的工装夹具。

采用焊接工装还可以降低制造成本。产品成本一般包括原材料费用、燃料动力费用、厂房设备折旧费、工资、管理费等。制造焊接工装虽然要增加产品的成本，但是各种工装和设备投资以及管理费等，仅仅是分摊到每个产品上的一部分。一旦焊接工装发挥作用，它就能减少装配和焊接工时的消耗，从而提高劳动生产率；降低对装配、焊接工人的技术水平要求；由于焊接质量高，可以减免焊后矫正变形或修补工序，简化检验工序等，缩短整个产品的生产周期。这些效果导致产品成本大幅度降低，制造工装设备的投入将远小于产出。另外，采用工装并不意味着要选用机构复杂、价格昂贵的设备，许多情况下采用一些简单的定位器、夹紧器或将现有设备稍加改装，往往也能收到明显的技术经济效益。

### 3. 减轻劳动强度，保障安全生产

采用工装夹具，工件定位快速，装夹方便、省力，减轻了焊件装配定位和夹紧时的繁重体力劳动；焊件的翻转可以实现机械化，变位迅速，使焊接条件较差的空间位置焊缝变为焊接条件较好的平焊位置焊缝，劳动条件大为改善，同时有利于焊接生产安全管理。

## 二、焊接工装的分类

焊接结构种类繁多，形状尺寸各异，生产工艺过程和要求也各不相同，相应的工艺装备在形式、工作原理及技术要求上也有很大差别。为了适应技术管理工作的需要，便于掌握各类工装的工作特点和设计基本方法，有必要就目前已有的焊接工装进行分类。

### 1. 按用途分类

(1) 装配用工艺装备 这类工装主要任务是按产品图样和工艺上的要求，把焊件中各零件或部件的相互位置准确地固定下来，只进行定位焊，而不完成整个焊接工作。这类工装通常称为装配定位焊夹具，也叫暂焊夹具，它包括各种定位器、压夹器、推拉装置、组合夹具和装配胎架。

(2) 焊接用工艺装备 这类工装专门用来焊接已点固好的工件。例如，移动焊机的龙门式、悬臂式、可伸缩悬臂式、平台式、爬行式等焊接机；移动焊工的升降台等。

(3) 装配焊接工艺装备 在这类工装上既能完成整个焊件的装配又能完成焊缝的焊接工作。这类工装通常是专用焊接机床或自动焊接装置，或者是装配焊接的综合机械化装置，如一些自动化生产线。

应该指出，实际生产中工艺装备的功能往往不是单一的，如定位器、夹紧器常与装配台架合在一起，装配台架又与焊件操作机械合并在一套装置上；焊件变位机与移动焊机的焊接操作机、焊接电源、电气控制系统等组合，构成机械化自动化程度较高的焊接中心。

### 2. 按应用范围分类

(1) 通用焊接工装 指已标准化且有较大适用范围的工装。这类工装无需调整或稍加调整，就能适用于不同工件的装配或焊接工作。

(2) 专用焊接工装 只适用于某一工件的装配或焊接，产品变换后，该工装就不再适用。

(3) 柔性焊接工装 指用同一工装系统装配焊接在形状与尺寸上有所变化的多种工件。柔性概念没有明确的界限，可以是广义的，即工件变化可以在大范围，形状完全不同，尺寸变化也很大，如组合夹具；也可以是狭义的，工件变化只在小范围，即在相似的形状和尺寸变动不大的范围内，如可调整夹具。

### 3. 按动力源分类

可分为手动、气动、液压、电动、磁力、真空等焊接工艺装备。



#### 4. 按焊接方法分类

可分为电弧焊工装、电阻焊工装、钎焊工装、特种焊工装等。

### 三、焊接工装的特点

焊接工装的特点，是由装配焊接工艺和焊接结构决定的。与机床夹具比较其特点是：

(1) 在焊接工艺装备中进行装配和焊接的零件有多个，它们的装配和焊接按一定的顺序逐步进行，其定位和夹紧也都是分别的单独的或是一批批联动地进行，其动作次序和功能要与制造工艺过程相符合。

(2) 焊件在工装中比机加工零件在机床夹具中受有较小的夹持力，而且不同零件、不同部件的夹持力也不相同。在焊接过程中，当零件因焊接加热而伸长或因冷却而缩短时，为了减少或消除焊接变形，要求对某些零件给予反变形或作刚性固定。但是，为了减少焊接应力，又允许某些零件在某一方向是自由的。有些零件仅利用定位装置定位即可，而不夹紧。因此，在焊接工装中不是对所有的零件都作刚性的固定。

(3) 由于工装往往是焊接电源二次回路的一个部分，有时为了防止焊接电流流过机件而使其烧坏，需要进行绝缘。因此绝缘和导电是一个重要而特殊的问题。例如，在设计电阻焊用的夹具时，如果绝缘处理不当，将引起分流，使焊接接头强度降低。在设计电弧焊用的变位机时，如果导电系统设计不当，将会烧坏轴承。

(4) 焊接工装要与焊接方法相适应。例如，用于熔化焊的夹具，工作时主要承受焊接应力和夹紧反力以及焊件的重力；用于压力焊的夹具主要承受顶锻力。薄板钨极氩弧焊要求在夹具上设置铜垫，埋弧焊可在夹具上设置焊剂垫；焊接钛合金、锆合金等活性材料，可以考虑背面充氩气保护；焊接高强钢为防止裂纹需要焊前预热或焊后缓冷的，可以考虑在夹具上设置加热装置；再如，为了避免直流电弧的磁偏吹现象，焊缝两侧的压块不用磁性材料制作；真空电子束焊所使用的夹具也要考虑磁性材料对电子束聚焦的影响。

(5) 焊接件为薄板冲压件时，其刚性比较差，极易变形，如果仍然按刚体的六点定位原理，即 3-2-1 定位，工件就可能因自重或夹紧力的作用，定位部位发生变形而影响定位精度。此外，薄板焊接主要产生波浪变形，为了防止变形，通常采用比较多的辅助定位点和辅助夹紧点以及过多的依赖于冲压件外形定位。因此，薄板焊接工装与机床夹具有显著的差别，不仅要满足精确定位的共性要求，还要充分考虑薄板冲压件的易变形和制造尺寸偏差较大的特征，在第一基面上的定位点数目  $N$  允许大于 3，即采用  $N-2-1$  定位原理。

# 第一章 工件的定位原理及定位器设计

## 第一节 工件的定位原理

### 一、六点定位原理

一个刚体在空间直角坐标系中具有六个自由度，如图 1-1 所示，沿  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个坐标轴的移动自由度和绕  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个坐标轴的转动自由度。工件定位分析时用  $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{Z}$  分别表示沿  $X$  轴、 $Y$  轴、 $Z$  轴的移动自由度，用  $\hat{X}$ 、 $\hat{Y}$ 、 $\hat{Z}$  分别表示绕  $X$  轴、 $Y$  轴、 $Z$  轴的转动自由度。当工件的六个自由度未加限制时，它在空间的位置是不确定的。要使工件的位置按照一定的要求确定下来，就必须将它的某些自由度或全部自由度加以限制。所谓工件的定位 (**location**)，就是指工件在夹具中的位置按照一定的要求确定下来，将必须限制的自由度一一予以限制。

例如，工件放在  $XOY$  平台上限制了几个自由度？限制了三个自由度： $\bar{Z}$ 、 $\hat{X}$ 、 $\hat{Y}$ 。再加一个台阶挡住工件，如图 1-2 所示，工件与阶梯面  $A$ 、 $B$  紧密接触，则夹具的  $A$  面限制了工件的  $\bar{Z}$ 、 $\hat{X}$ 、 $\hat{Y}$  三个自由度， $B$  面限制了  $\bar{X}$  和  $\bar{Z}$  两个自由度。如果在  $XOZ$  面上增加一个挡块支承工件，则可限制工件的  $\bar{Y}$  自由度。这样，工件的六个自由度全部受到限制，使工件在夹具中处于完全确定的位置。

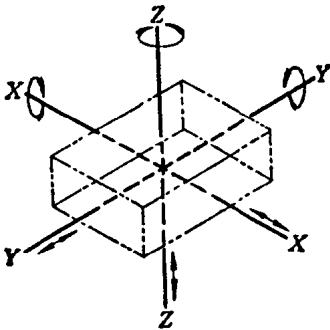


图 1-1 刚体的六个自由度

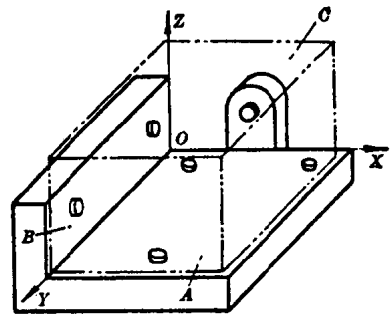


图 1-2 工件的六点定位

在实际生产中，分析工件在夹具定位元件上定位时，理论上可将夹具定位元件转化为相应的定位支承点，并以此来分析具体定位元件所限制的工件自由度。一个大平面相当于三个支承点，图 1-2 中  $A$  面相当于三个支承点，限制了工件的三个自由度；窄长面相当两个支承点，如  $B$  面上两个支承点，限制了工件两个自由度；挡块  $C$  面相当于一个支承点，限制了工件最后一个自由度。

根据以上分析，用六个正确布置的支承点就可完全限制工件的六个自由度，使工件在夹具中占有完全确定的位置。这种用支承点来分析限制工件自由度的方法，称为“六点定位原理” (**six-point locating principle**)，又称“六点定位法则”或“六点定则”。由于这六个支承点相当于按 3、2、1 的数目分布在三个相互垂直的直角坐标平面上，因此又称为“3-2-1 定位原理”。

## 二、六点定位原理的合理应用

应用六点定位原理分析工件在夹具中的定位问题时，不能认为未夹紧前工件还可以相对定位元件反方向运动而判断其自由度未被限制。如图 1-2 所示，工件在夹具中虽可向右移动，但因脱离定位元件  $B$  面已处于非正确安装位置，支承点失去了限制自由度的作用，故应按紧靠  $B$  面来进行分析。此外，在分析支承点起定位作用时，不应考虑力的影响，因为我们说工件在某个方向上的自由度被限制，是指工件在该方向上有了确定的位置，并不是指工件在受到使它脱离支承点的外力时也不运动，使工件在外力作用下也不运动的是夹紧的结果，定位和夹紧是两个概念，不能混淆。

### 1. 全定位与准定位

工件的六个自由度全部被限制而在夹具中占有完全确定的位置，这种定位方式称为全定位或完全定位。图 1-3 所示就是全定位装配的例子。零件 1 和零件 2 拼接成 T 形板，装配时，先把零件 1 放在平台上，然后使它的左侧边缘与挡铁 1 和 2 紧靠，它的端边与挡铁 3 紧靠。这样，零件 1 在平台上就被全定位了。接着再把零件 2 放上，先使它的侧边与挡铁 4 和 5 紧靠，端边与零件 1 的右侧边缘紧靠。这时，零件 2 也被全定位了。这些挡铁就是定位支承点，它们之间的相互位置是事先按照产品图样和工艺上的要求来布置的，所以拼接好的 T 形板能满足产品图样要求。

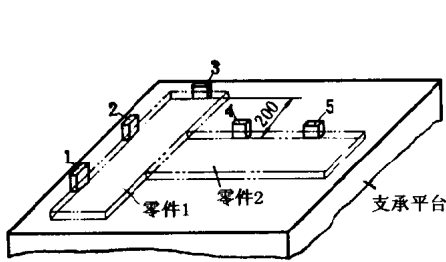


图 1-3 T形板的全定位

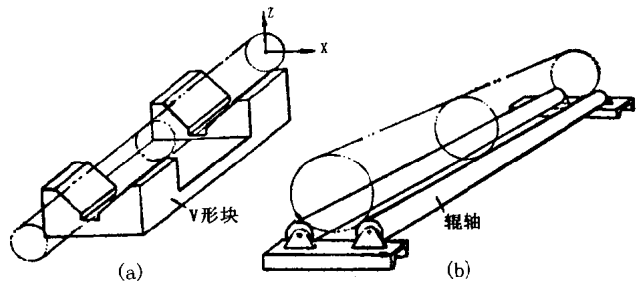


图 1-4 工件的准定位

工件在夹具中定位，如果支承点不足六个，但完全限制了按加工要求需要消除的工件自由度数，这种定位方式称为准定位或不完全定位。由于定位支承点减少，夹具的结构就相应地简化，因此在满足工件加工工艺要求的条件下，就应当尽量采用准定位。如图 1-4 所示，圆管或圆筒环缝对接时采用 V 形块或两根长辊轴定位，只限制工件的  $\bar{X}$ 、 $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$ 、 $\bar{Z}$  四个自由度，另外两个自由度没有限制，即沿工件轴向的移动自由度  $\bar{Y}$  和绕工件轴向的转动自由度  $\bar{Y}$  没有限制，此时已能满足环缝对接的工艺要求。

### 2. 过定位与欠定位

两个或两个以上定位支承点重复限制同一个自由度，这种定位方式称为重复定位或过定位。这种定位状态是否允许采用，主要应从它产生的后果来判定。下面通过两个例子来说明这个问题。

图 1-5 所示，零件 2 套入零件 1 中定位，要保证尺寸  $C$ 。如果同时采用  $A$ 、 $B$  两个端面作为定位基准，则沿尺寸  $C$  方向的移动自由

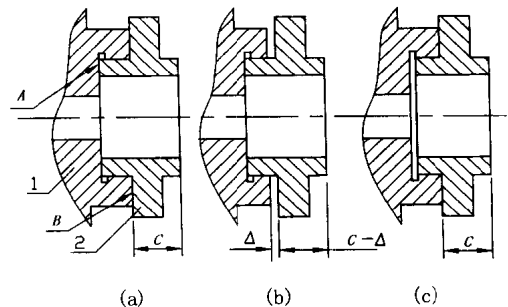


图 1-5 过定位示例

度被限制了两次，即过定位。由于一批工件中，各工件的端面  $A$  与  $B$  之间距离不可能完全一样，存在加工误差，势必某些工件会产生图 1-5(b) 的情况，这就直接影响了尺寸  $C$  的精度。若仅以端面  $B$  为定位基准，如图 1-5(c) 所示，端面  $A$  不与定位件接触，则避免了过定位。通常过定位的结果将使工件的定位精度受到影响，定位不确定和使工件或定位件产生变形，因此，一般情况下应避免出现过定位现象。

图 1-6(a) 所示连杆定位方案，平面支承 1 限制  $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$  三个自由度，短圆柱销 2 限制  $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$  两个自由度，挡销 3 限制  $\bar{Z}$  自由度实现完全定位。若将销 2 改成长圆柱销 2'，因其限制工件的  $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$  四个自由度，从而引起  $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$  两个自由度被重复限制，造成工件定位时如图 1-6(b) 所示的不确定情况。更严重的后果是发生在施加夹紧力之后，由于连杆孔径以及孔和端面的垂直度均有制造误差，若按图 1-7(a) 施加夹紧力，使连杆产生弹性变形。加工完毕松夹后，工件变形恢复，就形成加工表面严重的位置或形状误差。若按图 1-7(b) 施加夹紧力，会引起定位销的变形。显然不论工件或定位元件发生变形，其结果都将破坏工件定位的正确位置。这种过定位导致工件或定位元件变形，明显影响工件的定位精度，应严禁采用。

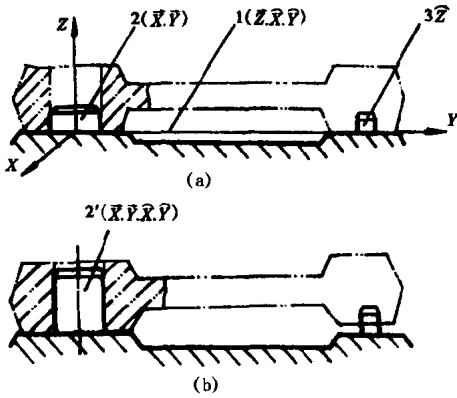


图 1-6 连杆定位方案

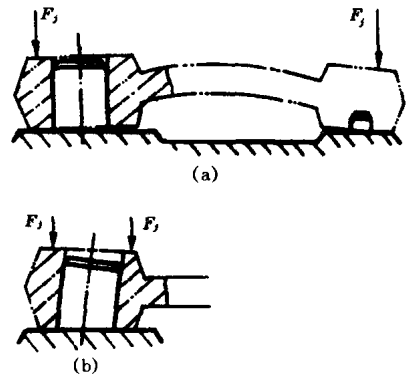


图 1-7 过定位造成的不良后果

在实际生产中，采取适当工艺措施的情况下，可采用过定位以提高定位刚度，这就是过定位的合理应用。仍以图 1-6 为例来说明：若连杆大头的孔轴线与端面的垂直度误差很小，长销与台阶面的垂直度误差也很小，此时就可利用大头孔与长销的配合间隙来补偿这种较小的垂直度误差，并不致引起相互干涉，仍能保证连杆端面与平面支承可靠接触，就不会产生图 1-6(b) 的定位不确定情况，也不会造成图 1-7 夹紧后的严重变形，因而是允许采用的。采用这种方式由于整个端面接触，可增强工件的刚度和定位稳定性，而且用长圆柱销定位大头孔，有利于保证被加工孔相对大头孔轴线的平行度。

为减小或消除重复定位所造成的不良后果，可采取以下措施：

- (1) 改进定位件的结构，避免重复定位，如图 1-5、图 1-6 所示。
- (2) 提高工件定位基准和相应定位工作表面之间的位置精度，以减少干涉引起的不良后果。重复定位虽然一般应当避免，但在设计工装夹具时，对刚性差的工件，为了提高工件与定位元件的接触刚度，防止工件变形，常有意识地采用重复定位，同时采取相应的工艺措施。

欠定位是指工件实际定位所限制的自由度数少于按该工序加工要求所必须限制的自

由度数目。因此，欠定位的结果，将导致出现该限制的自由度而未予限制的不合理现象，从而无法保证该工序所规定的加工要求，设计上是不允许的。但应注意区分：在批量不大的生产中，有少数特殊形式的夹具，个别自由度是通过找正法或用“假销”等元件限制的，装夹完后已取出，因此，不要从形式上误判为欠定位。另一种情况是，虽然定位支承点数目等于或多于需要消除的自由度数目，但并未完全限制加工工艺所要求的那个自由度，从而无法保证该工序的加工精度，此时仍属欠定位，甚至既是欠定位又是重复定位。

### 三、 $N-2-1$ 定位原理

薄板冲压件焊装夹具广泛应用于汽车、飞机及家用电器等工业，焊装夹具的设计质量直接影响到整个产品的制造偏差。薄板焊装夹具与通用的机加工夹具存在显著的差别，它不仅满足精确定位的共性要求，还要充分考虑薄板冲压件的易变形性和冲压制造偏差较大的特征。夹具设计中最重要的是定位元件的设计，往常设计时大多采用六点定位，即“3-2-1”定位原理。对于汽车车身这类薄板冲压件，定位夹具除了具备限制零件刚体运动的基本功能外，还必须能够限制过多的工件变形。如果还是用普通的六点定位的话，工件将因为没有进行可靠的定位而发生定位不准的问题。要对薄板柔性件进行可靠定位，必须有更为有效的夹具设计理论来支持。

近十几年来，许多学者在薄板焊接工装夹具的设计上开展了大量工作，提出了一些新型的薄板冲压件焊装工装夹具的设计理论和方法，取得了显著的效果。 $N-2-1$  定位原理 ( $N-2-1$  locating principle) 就是其中之一，它是 Cai W. 等人于 1996 年在采用变分法确定传统“3-2-1 定位”夹具定位点位置的基础上，针对柔性薄板零件易变形的特点提出来的。 $N-2-1$  定位原理是一种新的定位原理，该定位原理与广泛应用于刚性件的“3-2-1”定位原理相比，更适用于薄板件的定位。

$N-2-1$  定位原理的主要内容：

(1) 第一基准面上所需的定位点数为  $N$  ( $N \geq 3$ )。

对绝大部分薄板件加工过程，其最主要的尺寸问题是薄板件法向方向上的变形，甚至其自重所引起的变形都不容忽视。有关分析表明，对一块长宽各 400 mm，厚 1 mm 的薄板，用“3-2-1”原理定位，在其自重作用下就可能产生 1~3 mm 的变形量。因此，对于薄板件而言，最合理的夹具系统是要求其第一基准面上存在多于三个定位点去限制这一方向上的零件变形。

(2) 第二、第三基准面所需的定位点为 2 个和 1 个。

在第二、第三基准面上分别需要 2 个和 1 个定位点去限制薄板件的刚体运动。2 个和 1 个定位点是足够的，因为实际加工所产生的力通常不会作用在这两个基准面上，以避免弯曲和翘曲。更进一步的分析表明，第二基准面上的两个定位点应布置在薄板件较长的边上。这是因为当两个定位点间距尽可能大时，零件将更稳定，同时还可以更好的弥补零件表面或定位元件的安装误差。

(3) 禁止在正反两侧同时设置定位点。

必须强调禁止在工件正反两侧同时设置定位点，因为甚至极小的几何缺陷都可能导致薄板件产生巨大的挠度和潜在的不稳定或翘曲。

上海交通大学根据  $N-2-1$  定位原理，针对汽车车身覆盖件的焊装夹具设计，提出夹具优化设计的算法，即利用有限元分析和非线性规划方法找到最优的“ $N$ ”定位点，以使得薄板

件的总体变形最小。在实际的焊装夹具设计中，必须要考虑到车身覆盖件的实际形状，事实上汽车制造厂的夹具大部分是单件生产，在固定的平台上安装和调试，主要通过工艺孔或零件本身形状特征定位。汽车车身覆盖件的焊装夹具采用专用的固定平台式焊装胎具结构，其设计的基本原则是：采用定位销与支承钉相辅方式定位，对于易变形的车身覆盖件，定位时考虑  $N-2-1$  定位原理；对于普通零件采用  $3-2-1$  定位原理；夹紧方式则采用气动夹紧和杠杆夹紧相辅的复合夹紧方式；如采用自动装焊流水线，则需考虑翻转结构。

## 第二节 定位方法及定位器

### 一、关于基准的概念

基准又叫基准面 (**datum**)，它是一些点、线、面的组合，用它们来决定同一零件的另外一些点、线、面的位置或者其他零件的位置。

根据用途，基准可分为设计基准和工艺基准。

(1) 设计基准 设计图样上所采用的基准，它是决定零件在整个结构或部件中相对位置的点、线、面的总称。如图 1-8 中表面  $a$  是决定面  $b$ 、面  $d$  及孔  $f$  的设计基准，所以设计基准是确定工件各部分的位置关系的。

(2) 工艺基准 在工艺过程中采用的基准，它是加工装配过程中用来进行定位、安装零件位置的点、线、面。工艺基准又可分为工序基准、定位基准、装配基准和测量基准。

工序基准：工序图上用来确定本工序所加工表面加工后的尺寸、形状和位置的基准。

定位基准：零件在夹具中定位时所依据的点、线、面。如图 1-8 中零件 1 的  $a$  平面和  $e$  平面即是定位基准面。如图 1-2 中  $A$ 、 $B$ 、 $C$  面都是定位基准面， $A$  平面与工件的接触面最大，消除了三个自由度，起主要定位作用，称为主要定位基准或第一定位基准； $B$  平面消除了两个自由度，起次要定位作用，称为导向定位基准或第二定位基准； $C$  平面相当于一个支承点，消除了一个自由度，一般称为止推定位基准或第三定位基准。

装配基准：它在夹具中决定各零件相对位置的点、线、面。如图 1-8 中零件 1 的  $b$  面和  $c$  面或者  $b$  面和孔  $f$  的中心点即是零件 2 的装配基准。

测量基准：在加工装配过程中用以检查零件位置或工艺尺寸所依据的点、线、面。如图 1-8 中的  $a$  面是测量孔  $f$  的基准，孔  $f$  又是测量零件 2 孔  $g$  的测量基准。

工件在夹具中的定位，是通过工件上的定位基准与定位器的工件表面接触或配合来实现的。在设计夹具时首先应根据工件的形状选择合理的基准，尽量选用零件粗糙度适宜的面作为基准，工件上被选作定位基准的表面常有平面、外圆柱面、圆孔、圆锥面、型面等，定位方法和定位器的具体结构应与之相适应。同时又要使一个基准具有多种用途以减少基准的数量，从而简化夹具的机构，因此在选择基准时常常将设计基准作为定位、装配和测量基准，即遵循基准重合原则。

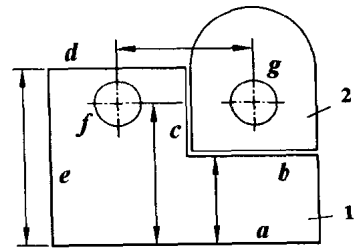


图 1-8 设计基准与工艺基准

### 二、工件以平面定位

工件以平面作为定位基准，是生产中常见的定位方式之一，常用的定位器有挡块、支承

钉、支承板等。

### 1. 挡块

挡块是焊接工装夹具中应用最普遍、结构最简单的一种定位器。图 1-9 是常用挡块的各种形式。图 1-9(a) 属于固定挡块，按定位原理直接把它们焊到钢制的夹具体上；图 1-9(b) 是可拆挡块，采用销子固定挡块，拆卸时可以拔除；图 1-9(c) 是螺栓固定的挡块，也属于可拆挡块。图 1-9(d) 是铰接式可退出挡块，只要将活动销 1 拔出，挡块 2 即可退出，工件装上和卸下都十分方便，并且定位挡块不易丢失。

挡块分受力挡块和不受力挡块两种。受力挡块承受工件的部分重力或夹紧力，以及焊接应力等，设计时可按零件的厚度加固，挡块与工件接触线的长度应大于被定件零件厚度的 1 倍，其高度则不应低于被定件零件截面的重心线。

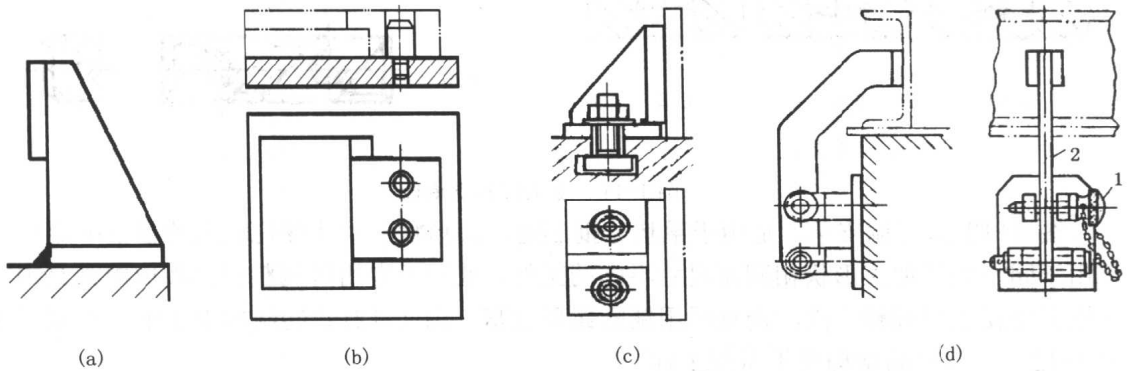


图 1-9 挡块的各种形式

图 1-10 是用永磁材料及软钢制成的定位挡块，可装配铁磁性金属材料的焊接件，特别适用于中、小型的板材及管材的装配。

我国研制的这类定位器性能如下：图 1-10(a) 是直角用永磁定位挡块，自重 860g，斜面吸力 400N；图 1-10(b) 是多用永磁定位挡块，自重 520g，A 面吸力 560N，B 面吸力 780N，可定位 30°、45°、60°、75°、90° 夹角的薄板，改变该定位器的形状，可成为定位任意夹角的专用定位器。图 1-10(c) 是应用示例。

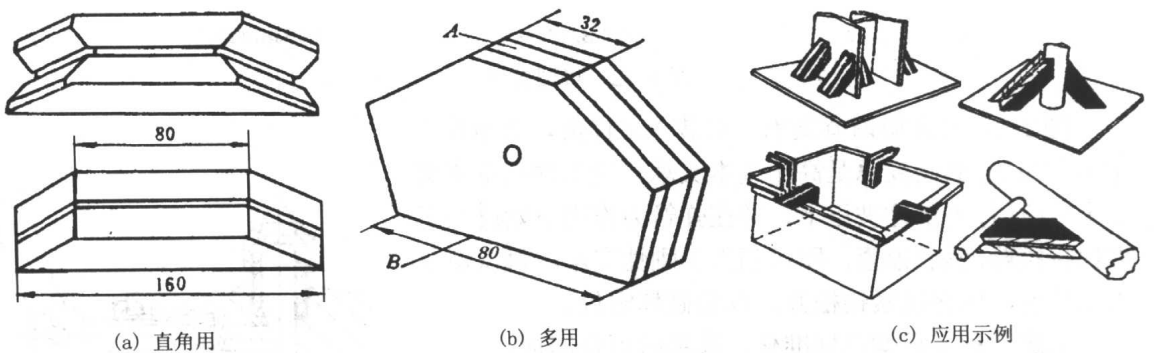


图 1-10 永磁式定位挡块

### 2. 支承钉和支承板

图 1-11(a) 为三种固定支承钉 (GB/T2226)，其中 A 型为平头，多用于定位基准光滑的工件；B 型为圆头，用于未经机械加工的平面定位；C 型为花纹头，多用于未加工的零件侧

面定位，由于接触表面的摩擦系数较大，可使定位所得位置比较稳定，同时夹紧力也可用得小些。固定支承钉可以直接装在夹具体的孔中，与孔的配合为过渡配合(H7/n6)或过盈配合(H7/r6)。使用多个A型支承钉时，装配后应磨平工作表面，以保证等高性。为便于支承钉在磨损后取出更换，夹具体上装支承钉的孔应作成通孔。

图 1-11 (b) 为支承板 (GB/T2236)，多用于已经机械加工的平面定位，A 型用于侧面或顶面定位，B 型带有斜槽，便于清理积屑和脏物，宜作底面定位。支承板用螺钉紧固在夹具体上。采用两个以上支承板定位时，装配后应磨平工作表面，以保证等高性。

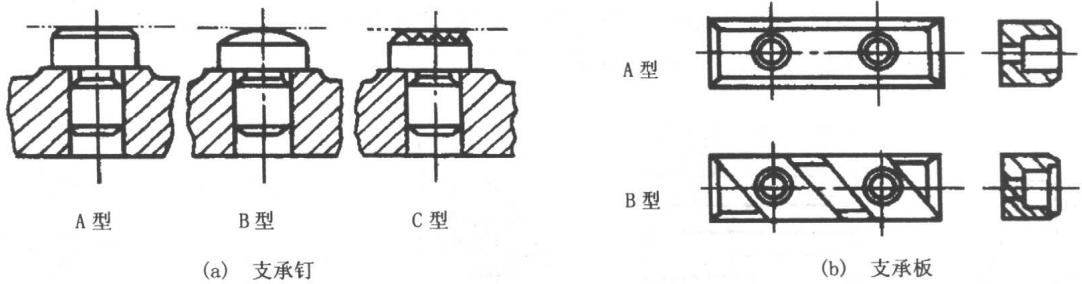


图 1-11 支承钉和支承板

图 1-12 为可调支承，适用于毛坯分批制造，其形状和尺寸变化较大的粗基准定位。也可用于同一夹具加工形状相同而尺寸不同的工件，或用于专用可调整夹具和成组夹具中。在一批工件加工前调整一次，调整后用锁紧螺母锁紧。图 1-12 (a) 的结构用于中、小型工件，图 1-12 (b)、(c) 的结构用于重型工件。

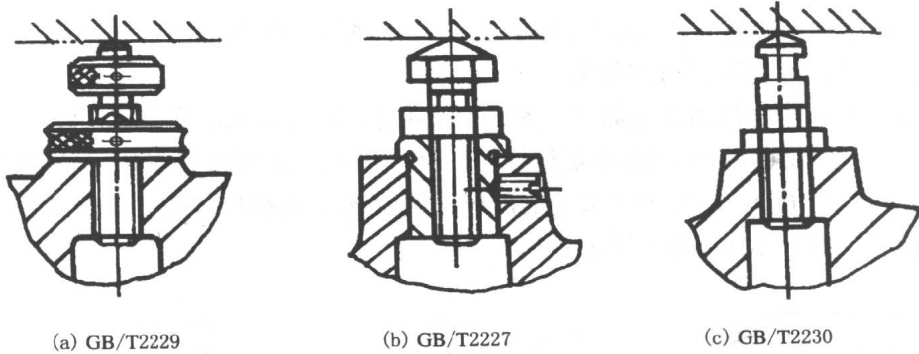


图 1-12 可调支承

图 1-13 为自动调节支承，未装入工件前，支承栓在弹簧作用下，其高度总是高于基本支承。当工件在基本支承上定位时，支承柱被压下，并在弹簧力作用下始终与工件保持接触，然后锁紧，即可相当于刚性支承。每次新装入工件前，应将锁紧销松开，以免破坏定位。

上述几种支承均已标准化，选用时可查国标。

### 三、工件以圆孔定位

工件以圆孔为定位基准，也是生产中常见的定位方式之一。常用的定位器有定位销、定位插销和衬套式定

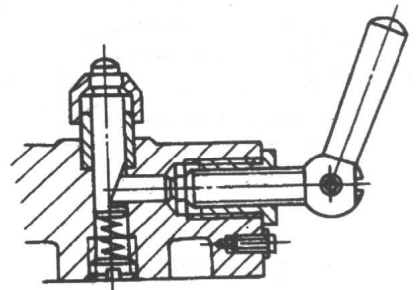


图 1-13 自动调节支承



位器。

### 1. 定位销

图 1-14 所示定位销均已标准化(GB/T2202~2204), 主要用于直径在 50 mm 以下的中小孔定位, 每种定位销有圆柱销和削边销两种形式, 根据定位销与定位孔配合的长径比和配合长度与总体尺寸的关系等, 圆柱销可限制工件的两个或四个自由度, 削边销可限制工作的一个或两个自由度。

当工作部分直径  $d = 1 \sim 3 \text{ mm}$  时采用小定位销(GB/T2202), 夹具体上应有沉孔, 使定位销圆角部分沉入孔内而不影响定位。大批量生产时, 应采用可换式定位销(GB/T2204), 便于磨损后更换。削边销限制的自由度仅为一个或两个(长销), 常用于两孔定位等组合定位。

固定式定位销与夹具体采用 H7/r6 过盈配合, 可换式定位销与衬套孔采用 H7/h6 间隙配合, 用螺母、垫圈固定, 而衬套与夹具体采用 H7/n6 过渡配合。

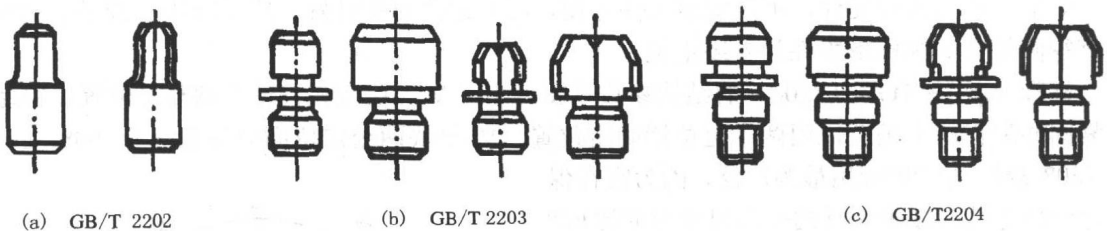


图 1-14 定位销

如果结构上有特殊要求, 或尺寸超过标准定位销, 可根据需要设计非标准定位销。

图 1-15 所示工件以孔缘在锥销上定位, 锥销相当于三个支承点, 限制工件的  $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{Z}$  三个自由度, 图 1-15(a) 为削边锥销, 用于未加工过的孔定位, 图 1-15(b) 为普通圆锥销, 用于精基准定位。工件以单个圆锥定位时容易倾斜, 故应和其他定位元件组合定位。

### 2. 衬套式定位器

图 1-16 所示为衬套式定位器, 将衬套分为上、下两部分, 下半部分固定在夹具体(旋转轴)上, 上半部分制成活动式, 向上撑开时可以顶紧和定位工件, 适用于薄壁圆筒环缝焊接。

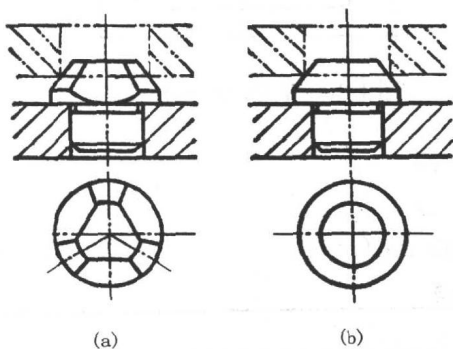


图 1-15 圆锥销

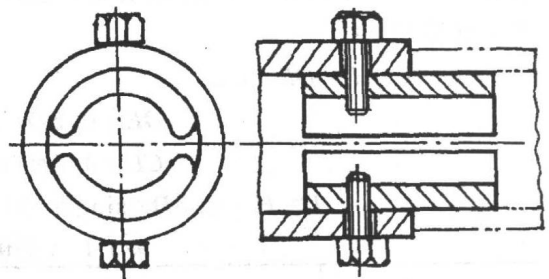


图 1-16 衬套式定位器

### 3. 定位插销

定位插销可以设计成各式各样的手柄, 便于拔插, 插销顶端  $15^\circ$  倒角, 插销定位部分也可以制成削边销, 减少接触面积, 图 1-17 是定位插销应用实例。