

# 车床加工轴类零件径向孔的组合夹具设计

## Modular Fixture Design for Turning Radial Hole in Shaft Part

中航工业北京航空制造工程研究所 付文柱 赵红旗 孙秀强 高 激 王春会

**[摘要]** 针对镗床加工某轴类零件径向孔效率低、经济效益差的问题,设计了一套组合夹具,利用这套组合夹具在车床上加工该零件径向孔,解决了这些问题。

**关键词:** 组合夹具 轴类零件 径向孔

**[ABSTRACT]** For the problem of low-level efficiency and poor economic benefits to machine the radial holes in a shaft part of boring machine, a set of modular fixture is designed. Turning the radial holes with this set of modular fixture can solve the problem.

**Keywords:** Modular fixture Shaft part Radial hole

在生产中遇到如图 1 所示的轴类零件,在其径向上有一孔系,孔系与  $\phi(96 \pm 0.05)$  mm 外圆中心轴线没有对称度要求,但是孔系中各孔要求同轴。

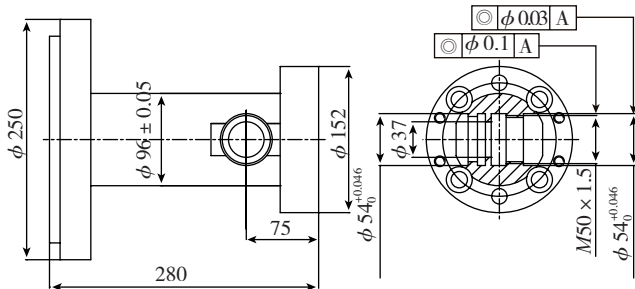


图1 零件示意图  
Fig.1 Diagram of part

原工艺要求在镗床上进行径向孔及孔内槽的粗、精加工,同时在镗床上用顶尖顶着丝锥手工攻丝。但是生产中发现,受镗床转速低及刀具手工刃磨、手工敲刀调整直径的影响,孔内槽尺寸控制困难,加工效率很低,  $\phi 54^{+0.046}$  mm 孔粗糙度 ( $R_a 1.6$ ) 不易达到。在镗床上手工攻丝  $M50 \times 1.5$  时,螺纹与孔同轴度难以保证,稳定性很差。同时,因为螺纹孔很大,需要使用加长套管,费时费力,严重制约了工作效率的提高;并且,占用大量机床时间,经济效益也不高。

为此,笔者根据实际需要,利用现有资源,设计了一套组合夹具,在车床上加工此零件的径向孔、孔内槽、螺纹,解决了这些问题。

### 1 组合夹具的特点

组合夹具是一种标准化、系列化和通用化程度很高的工艺装备,它是由一套预先制造好的各种不同形状、不同规格、不同尺寸、具有完全互换性的标准元件组装而成的夹具。其结构形式可以根据零件的加工要求随时变化,具有通用性强、可重复利用的特点,能够满足各种零件的加工需要。

组合夹具使用完毕后,可以拆卸、清洗,其元件可继续重新组装成新的夹具,这样既免去了高成本的专用工装的储备,同时又可节省夹具制造的时间和费用,从而降低了生产成本,具有较好的经济效益。因此,组合夹具的应用非常普遍,尤其适合现代制造业多品种、中小批量的生产<sup>[1-2]</sup>。

### 2 组合夹具设计

组合夹具设计与普通夹具设计要求一致,即通过夹具使零件相对于机床、刀具占有正确的加工位置。夹具决定了工件的定位精度,对保证加工精度起着非常重要的作用<sup>[3]</sup>。

根据被加工零件的结构特点及加工要求,考虑到装卸方便,本夹具设计由 3 部分组成: 夹具本体、定位装置、夹紧装置<sup>[4]</sup>,同时夹具本体兼有配重功能,如图 2 所示。

#### 2.1 夹具本体

用连接压板将基础板 1 和基础板 2 组成弯板形式

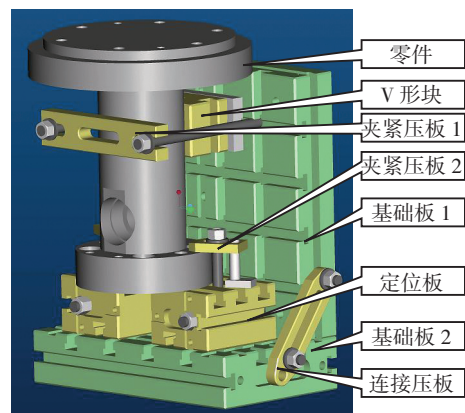


图2 组合夹具图  
Fig.2 Diagram of modular fixture

的夹具本体,用于支撑零件,承受零件的重量。根据零件大小,为了尽量减小夹具尺寸,用两块定位板将零件垫起,使零件  $\phi 250\text{mm}$  外圆位于基础板 1 上方,并且  $\phi 250\text{mm}$  外圆端面与基础板 1 不接触,此时需要注意的是,在基础板 1 上方需留出四爪装夹空间。

## 2.2 定位装置

V 形块是使用最广泛的外圆柱面定位元件,其优点是结构简单,定位精度适中,对中性好<sup>[5]</sup>,不受零件尺寸影响。本夹具利用 V 形块在零件  $\phi (96 \pm 0.05)\text{mm}$  外圆定位,同时用两块定位板在  $\phi 152\text{mm}$  外圆端面限制轴向位移。

## 2.3 夹紧装置及夹紧力计算

夹紧装置应操作方便、安全、省力,在夹紧状态下应使零件的定位基准面紧贴夹具的定位支撑面,保证零件夹紧后定位稳定。零件加工完更换零件时应简单、快捷。夹压点的选择要避免放在容易引起零件变形的地方,尽量放在零件刚性较好的部位<sup>[3]</sup>。根据这些要求,本夹具设计在 V 形块上方以及  $\phi 152\text{mm}$  端分别用夹紧压板夹紧。

夹紧力主要用来克服加工时所产生的切削力,可以根据切削力的经验公式来计算满足切削条件要求的最小夹紧力。此零件材料为 45# 钢,抗拉强度  $\sigma_b$  为 919MPa,用高速钢内孔车刀车削,最大镗孔直径为  $\phi 54\text{mm}$ ,进给量  $f=0.2\text{mm/r}$ ,背吃刀量  $a_p=1.5\text{mm}$ ,车床转速  $n=100\text{r/min}$ ,则切削速度  $v=17\text{m/min}$ ,根据切削力的经验公式:

$$\text{主切削力 } F_C = C_{FC} a_p^{x_{FC}} f^{y_{FC}} v^{n_{FC}} K_{FC}$$

$$\text{背向力 } F_P = C_{FP} a_p^{x_{FP}} f^{y_{FP}} v^{n_{FP}} K_{FP}$$

$$\text{进给力 } F_f = C_{Ff} a_p^{x_{Ff}} f^{y_{Ff}} v^{n_{Ff}} K_{Ff}$$

式中:切削力系数查表取  $C_{FC}=1700, C_{FP}=920, C_{Ff}=530$ ;

背吃刀量的指数  $x_{FC}=1, x_{FP}=0.9, x_{Ff}=1.2$ ;

进给量的指数  $y_{FC}=0.75, y_{FP}=0.75, y_{Ff}=0.65$ ;

切削速度的指数均为 0;

$$\text{修正系数 } K_{FC} = \left(\frac{\sigma_b}{650}\right)^{n_{FC}} = \left(\frac{919}{650}\right)^{0.75} = 1.3,$$

$$K_{FP} = \left(\frac{\sigma_b}{650}\right)^{n_{FP}} = \left(\frac{919}{650}\right)^2 = 2.0,$$

$$K_{Ff} = \left(\frac{\sigma_b}{650}\right)^{n_{Ff}} = \left(\frac{919}{650}\right)^{1.5} = 1.7;$$

计算得切削力  $F_C=991\text{N}, F_P=793\text{N}, F_f=515\text{N}$ 。

考虑到安全系数  $K=K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4=1.5 \times 1.2 \times 1.3 \times 1=2.34$ 。其中:  $K_1$  为基本安全系数,粗加工取大值 1.5;  $K_2$  为加工性质系数,粗加工取 1.2;  $K_3$  为刀具钝化系数,取 1.3;  $K_4$  为切削特点系数,连续切削取 1.0。

则需要最小夹紧力  $F'_C=KF_C=2319\text{N}, F'_P=KF_P=1856\text{N}, F'_f=KF_f=1205\text{N}$ 。

夹紧压板处单个 M12 螺旋夹紧可提供的夹紧力为 4200N,满足最小夹紧力要求<sup>[6-7]</sup>。

## 2.4 配重

当零件的重心与回转中心不重合时,在旋转状态下就会产生不平衡力,使零件加工时产生振动,影响表面加工质量。这时就需要通过在回转体适当部位加重或去重的方式来调整回转体重心位置,使不平衡力引起的振动减小到能够进行稳定加工为止<sup>[8]</sup>。本夹具设计时,综合考虑配重因素,选取合适厚度的基础板 2,经 ProE 三维设计软件计算,满足偏心小于 0.5mm,不需额外增加配重,适当减小了夹具复杂度。

## 3 实际生产

图 3 为实际生产中的照片。在实际生产中,还需要注意以下几点。

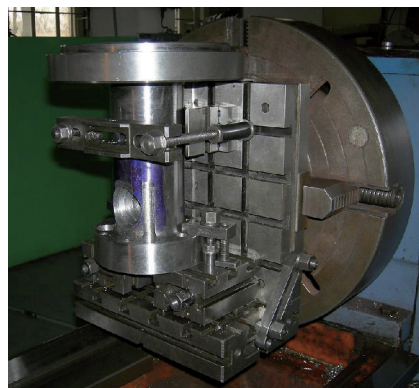


图3 实际生产

Fig.3 Actual production

### 3.1 找正基准的确定

需要由上一道工序铣工在零件的孔系中心处加工出一件  $\phi 35\text{mm}$  孔作为找正基准。因为车床加工中只需要第一件找正一次,仅需铣工在其中一件零件上加工出  $\phi 35\text{mm}$  孔即可,可以大大提高工作效率。

### 3.2 装夹与找正

将零件装夹在组合夹具上,以车床四爪装夹基础板 1,调整四爪,用百分表找正已加工出的  $\phi 35\text{mm}$  孔,使零件  $\phi 35\text{mm}$  孔轴线与车床主轴同轴。

### 3.3 零件的更换

只需松开压板就可以轻松更换零件,不需要重新找正,节省了装夹、找正时间。

## 4 结束语

在实际生产中,未使用组合夹具前,由镗床加工一  
(下转第 80 页)

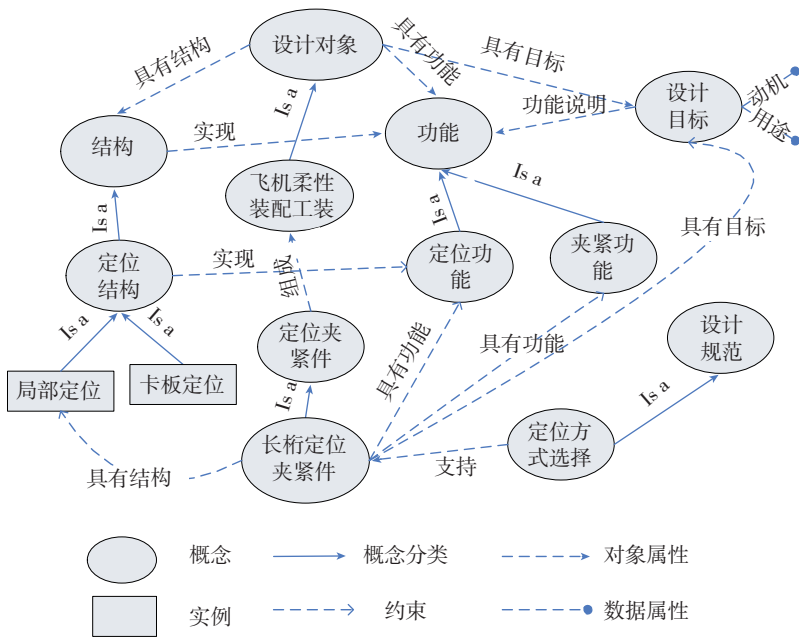


图5 定位夹紧件设计知识本体片段

Fig. 5 Segment of design knowledge ontology of locating and clamping elements

### 3.2 飞机工装设计知识本体的应用

飞机工装设计不同阶段会用到不同的知识,通过本体方法形式化的飞机工装设计知识能很好地支持设计。设计知识与设计对象紧密关联。例如,要设计一套工装,通过问题分析只要保证蒙皮和长桁的相对位置,如采用分别定位从而保证相对定位的实现方案。如图4所示,有3种类型的定位夹紧件,其具体知识片段如表2所示。

表2 定位夹紧件知识片段

序号	功能	结构	关键结构
(a)	蒙皮定位夹紧	连杆结构	抓钩
(b)	蒙皮长桁端面定位夹紧	螺栓连接	端面
(c)	长桁定位夹紧	连杆结构	形状模块

此方案需要解决3个问题:(1)蒙皮定位夹紧问题;(2)蒙皮长桁端面定位夹紧问题;(3)长桁定位夹紧问题。先将问题本体化,并在飞机工装设计知识本体库中进行本体推理查询求解,分别得出定位夹紧件a、定位夹紧件b和定位夹紧件c;再根据具体的蒙皮和长桁尺寸,更改其中的关键结构的尺寸以满足要求;通过参数驱动几何建模得到具体的定位夹紧件。

## 4 结束语

飞机工装设计过程涉及的知识复杂繁多,只有很好地形式化表达设计知识,才能更好地使用知识,提高飞机工装设计品质。按设计阶段和知识的作用对飞机工

装设计知识的进行分类,以设计对象为组织核心,建立了设计知识的本体模型;通过飞机柔性工装的定位夹紧件设计知识的本体实例表达,说明了本体表达飞机工装设计知识的可行性,为飞机工装快速设计及设计知识管理打下了基础。

### 参考文献

[1] 屠立,张树有,陆长明.基于知识模板的复杂产品设计重用方法研究.计算机集成制造系统,2009,15(6):1041-1048.  
 [2] 张东民,廖文和,胡建,等.基于本体的设计知识建模.华南理工大学学报(自然科学版),2005(5):26-31.  
 [3] 王生发,顾新建,郭剑锋,等.面向实例推理的产品设计本体建模研究及应用.机械工程学报,2007(3):112-117.  
 [4] 林剑焯,廖文和,李迎光.基于面向对象的飞机工装概念设计知识表示.机械制造与自动化,2009(5):80-82.  
 [5] 刘彬,莫蓉,刘维伟,等.航空发动机工装设计知识管理系统研究.航空制造技术,2010(4):83-86.  
 [6] Bechhofer S, Harmelen V F, Hendler J, et al. OWL web ontology language reference. [2010-09-21]. <http://www.w3.org/tr/owl-ref/>.

(责编 深蓝)

(上接第75页)

批(8件)零件的径向孔需要7天,而利用组合夹具在车床加工仅需1.5天就可完成,生产效率提高78%,成本降低约86%。

实践证明,通过设计、使用组合夹具,可以充分发挥车床刀具调整方便的特点,在车床上加工铣床、镗床才能加工的轴类零件径向孔,在保证加工质量的前提下,大幅度提高加工效率和经济效益。

### 参考文献

[1] 沈晓红,张艳婷,刘静.组合夹具元件的数据驱动设计及数据管理.组合机床与自动化加工技术,2011(4):91-96.  
 [2] 陈菊意,李广周.组合夹具的应用效果.新技术新工艺,2008(3):62.  
 [3] 张省,金辉.转向泵壳体细长孔钻削夹具的设计.航空制造技术,2010(22):121-122.  
 [4] 张玉恩.销轴类零件径向钻孔夹具.金属加工(冷加工),2011(20):34-35.  
 [5] 胡杰,郑祥明,王涛.可调V形块在轴类零件检测装置中的应用.轻工机械,2011(1):98-99.  
 [6] 林丽珊.泵体孔车床夹具设计.机械工程师,2010(3):142-143.  
 [7] 王先逵.机械加工工艺手册.北京:机械工业出版社,2006.  
 [8] 田立新.利用SolidWorks软件添加配重.金属加工(冷加工),2009(2):67-68.

(责编 深蓝)