

# 参数化设计夹具的研究

彭庄杰

秦川机床工具集团股份有限公司 陕西 宝鸡 721009

**摘要:** 随着机械加工行业的迅速发展,工装夹具作为确保加工质量和效率的关键工具,其专用性、快捷性、使用方便性等越来越受到广大使用客户的青睐,由于其单件和小批量的特性使设计部门疲于应付,对于设计师的配置更是捉襟见肘,而经过引进参数化设计,可极大的提高设计的工作效率和工作质量。

**关键词:** 夹具设计;液性塑料定心夹紧机构;机械加工;参数化;效率

## 1 引言

在制造业中,夹具是确保加工精度和生产效率的重要工具。随着科技的发展,传统的夹具设计方法已逐渐不能满足日益复杂的生产需求。参数化设计的出现为夹具设计带来了新的思路和方法,极大地提升了设计的灵活性和效率。参数化设计在夹具设计中具有显著的优势和广阔的应用前景。通过不断的研究和实践,将进一步推动制造业的发展和进步,为实现高质量、高效率的生产提供有力支持。本文深入探讨了参数化设计在夹具设计中的应用。通过对相关技术和原理的分析,阐述了参数化设计如何提高夹具设计的效率和精度,以及其在现代制造业中的重要意义。同时,结合具体案例展示了参数化设计夹具的实际过程和优势,并对未来的发展趋势进行了展望。

## 2 参数化设计的基本原理

参数化设计是基于一定的数学模型和规则,通过定义参数来控制设计对象的形状和尺寸。数学模型是设计人员用三维设计软件建立起来的零部件及装配件,是参数化设计的基本元素和基础,例如利用Pro/E系统的同一数据库、特征造型、参数化设计等特点,通过创建初始零、部件模型库,开发应用程序,设计人性化的人机交互界面,建立一个由参数控制的自行车参数化快速设计系统。零、部件模型的快速调用和零、部件参数的便捷修改,解决了设计中的大量重复工作,节省了设计时间,提高了设计效率<sup>[1]</sup>。同时该模型库也是开放的,设计人员不仅可以调用模型库中已有的模型,还可以把新的结构形式的零、部件添加到模型库中,使模型库不断丰富与完善,为新产品设计提供更充足的资源<sup>[1]</sup>。

在夹具设计中,这些参数可以包括工件的尺寸、形状、加工工艺要求等,同时追加公式、赋值对相关尺寸形状进行控制,以确保夹具的可靠性和合理性。通过调整参数的值,可以快速生成不同规格的夹具设计方案,从而及时高效的为企业生产赢得时间和效益,使设计工

作变得更为简洁自然。

## 3 参数化设计在夹具设计中的优势

3.1 提高设计效率。减少了重复劳动,设计师可以快速根据不同需求生成相应的夹具。软件中工具下的功能将能极大地提高产品设计的质量和效率,其中关系和参数功能可以极大地提高产品更新换代的速度,用户自定义特征(UDF库)和家族表有助于完善用户零部件标准化设计。关系(也称参数关系)是用户定义的尺寸(或其他参数)之间关系的数学表达式<sup>[2]</sup>。关系能捕捉特征之间、参数之间或装配元件之间的设计联系,是捕捉设计意图的一种方式,用户可用它驱动模型—改变关系也就改变了模型,即得到了不同的规格产品。

3.2 保证设计精度。避免了人为误差,确保夹具与工件的完美匹配。根据设计,需要预先设定相关零件的尺寸公差,利用软件自带的公差库自动调整公差值,避免人为标注公差时出现的误差错误,减少设计的工作时间。

参数化设计在保证设计精度方面具有显著优势。通过建立数学模型和逻辑关系,将设计中的各种元素和约束条件转化为参数。这使得设计师在进行设计调整时,系统能够根据预先设定的规则和参数精确计算和生成相应的设计结果。它避免了传统设计中可能出现的人为误差和不确定性,确保了设计的准确性和一致性。每一个细节都可以通过精确控制参数来实现,无论是尺寸、形状、位置还是其他关键属性。比如对于相关零件的尺寸公差,利用软件自带的公差库自动调整公差值,避免人为标注公差时出现的误差错误,减少设计的工作时间等。

而且,参数化设计还便于进行复杂形状和结构的设计,能够以高精度处理各种复杂的几何关系。同时,在设计变更和迭代过程中,参数化模型能够快速、准确地响应,保证设计始终保持在较高的精度水平,为高质量的设计成果提供有力保障。

## 3.3 便于修改和优化

能够轻松应对设计变更和工艺调整。由于特征之间、参数之间和装配元件之间的相互关联性，对于关键零件的个别尺寸调整，其它零件或尺寸均能根据设计意图做出相应的调整，不必按照常规设计步骤零件逐个更改，从而使得修改和优化更具方便性。

#### 4 参数化设计夹具的实现过程

4.1 需求分析。明确工件的特性和加工要求。在这里，需要找出起决定作用的关键零件，在设计初期就要规划该零件的材料、规格、强度和使用范围，在其它受限零件的变化范围内以调整不同规格零件的使用情况。

4.2 建立参数模型。确定关键参数及其各零件之间的关系。每套产品内，各零件之间均存在一定的装配关系，根据设计意图，将特征之间、参数之间或装配元件之间设计成相互关联的方式，以便于利用关系捕捉到设定的变量，而用它来驱动模型—改变。

4.3 参数驱动设计。利用参数化设计软件生成夹具模型。参数化设计的关键还是各特征、尺寸、零件等之间的关系。该关系包含等式和比较的两种类型的关系，利用各种数学运算符号、三角函数、条件语句、联立方程等使关系保持正确和成立，以达到利用参数驱动设计的目的。良好的设计思路和便捷的装配关系可以快速准确的保证设计方案的最优化。

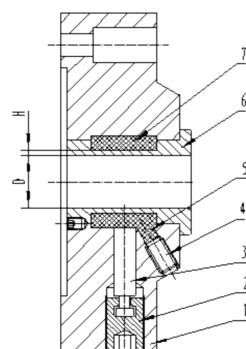
4.4 验证和优化。对设计的夹具结构进行模拟验证和优化调整。结构优化设计是将设计问题的力学特性与数值方法中的各种相似的手段相结合，然后将高度非线性问题转化为一系列近似的带状显示约束问题，最后再通过数学规划法来解答。现代社会，已经将结构优化设计应用于工程优化设计中，并形成了专门研制工程优化设计软件，如ProE、UG、SolidWorks等<sup>[3]</sup>。以有限元为基础，分析产品零件或组装系统，以确保整个产品符合设计要求。有限元模型和产品的几何模型是相关的，经过建模和分析后，工程师将计算出的结构反应（变形、应力、温度等），并以图形形式表示出来。如果计算的结果不符合预期，那么结构设计师就需要再次设计和再次分析，直到达到可接受的设计值为止<sup>[3]</sup>。

#### 5 案例分析

图1所示外胀式液性塑料定心夹紧机构，薄壁套筒6被压配在夹具体1中，密闭腔内灌满液性塑料7，冒口5用螺塞4堵死。拧紧螺钉2，通过加压滑柱3压缩液性塑料7，使其压力P升高，一般 $P = 30 \sim 45 \text{ MPa}$ 。薄壁套筒7在此高压下产生径向弹性变形并增力，对工件定心夹紧。拧松螺钉2后，薄套变形消失，可装卸工件。

定心夹紧机构的设计在本文中采用ProENGINEER软

件建模，根据各个相关零件结构的特性和功能等进行零件设计。



1-夹具体 2-加压螺钉 3-加压滑柱 4-螺塞 5-冒口孔  
6-薄壁套筒 7-液性塑料

图1

分析图示定心夹紧机构，是用来夹紧各种不同直径D的轴类零件，随着尺寸D的改变，相应零件薄壁套筒6、液性塑料7、加压螺柱3、夹具体1中的有关尺寸同时改变，形成了各种不同的零件，如果考虑夹持长度的不变，引入参数化设计，仅需改变尺寸D即可得到相关零件的图纸和造型，避免了过多的重复工作，达到高效设计的作用<sup>[4]</sup>。当然，前提是必须首先建立一套完整的设计模型，以便于按照设定的思路和要求赋值。由于其夹具体1一般与机床连接，定位、连接尺寸、方式是固定的，因此尺寸D只能受限于一一定的范围，而随着与机床连接、定位尺寸的改变，尺寸D的受限范围也将随之改变。

在本设计中的关键零件是薄壁套筒6的设计（图2），薄壁套定位夹紧工作表面直径的公差，直径尺寸d（D）的公差带，按g6、f7（或G7、F7）确定，只需在工程图中选中即可随尺寸的变化而变化。

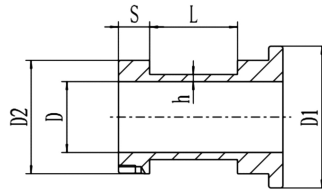


图2

薄壁套的薄壁环槽部分的长度L和厚度h的确定，长度L可按定位基准的长度l确定。一般情况，使 $L = 1$ ，  
当l很短时，取 $L = (1 \sim 1.3) l$   
当l较长时，取 $L = (0.7 \sim 0.8) l$   
这些参数可提前确定好，变化时根据实际更改尺寸值即可，不做赘述。

薄壁部厚度h按L及直径D确定。

如当 $D < 150 \text{ mm}$ 时，按下表公式计算

Lmm	D = 10~50mm	D = 50~150mm
$L > \frac{D}{2}$	$h = 0.015D + 0.5$	$h = 0.025D$
$\frac{D}{2} > L > \frac{D}{4}$	$h = 0.01D + 0.5$	$h = 0.02D$
$\frac{D}{4} > L > \frac{D}{8}$	$h = 0.01D + 0.25$	$h = 0.015D$

同时,尺寸S、D1、D2也进行了规定,一般选D1 = D2+10,其余按下表选择。

D/mm	< 30	≥ 30~50	≥ 50~80	≥ 80~120	≥ 120~160
S	6	8	11	16	22
D2	D+10	D+12	D+18	D+24	D+16

将该表参数输入到设计模型中,即可控制零件的相关图形尺寸(如图3),使得零件设计非常方便和快捷。本示例按规格D = 10~50mm进行设计,只要改动尺寸D,其余尺寸将按照预先设定的要求进行调整。

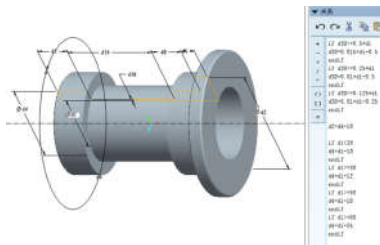


图3

外胀式液性塑料定心夹紧机构,根据薄壁套筒零件的设计,按照预期的目标将各相关尺寸与之关联(图4),即可得到一整套完整的夹具设计图,极大的节省了设计时间,减少了设计师的过多的重复工作,对产品零件等快速提供方案,赢得更快的交货周期。

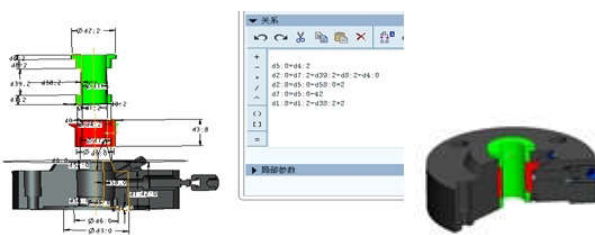


图4

## 6 未来发展趋势

### 6.1 与智能制造的融合

参数化设计的应用提高了工作效率和设计的准确性,在制造业中,夹具设计只是很小的一个点,达到了缩短设计周期,生产周期,提高市场的响应速度,广泛贯穿于本行业中,实现更加自动化和智能化的夹具设计。

### 6.2 跨领域协同设计

参数化设计是制造业信息化的基础,是企业发展的必要手段,我国已将制造业信息化提至关系到国家生存

的高度上来,信息化是当今时代现代化的突出标志,以信息化带动工业化,使信息化与工业化融为一体,互相促进,共同发展。互联网的引入,多学科的交叉,可以与其它工程领域紧密结合,提高整体设计水平。

### 6.3 基于大数据的优化

参数化设计是一种基于参数和算法的设计方法,它可以通过调整参数来改变设计结果,从而实现设计的优化和创新。在参数化设计中,大数据可以发挥重要的作用,通过对大量数据的分析和挖掘,可以为设计提供更多的信息和参考,从而实现设计的优化。基于大数据的参数化设计优化,大量数据信息的采集汇总,使得利用海量数据优化参数和设计方案成为可能,设计的可靠性、安全性、经济性得到了保障,可以帮助设计师更好地理解设计问题,提高设计效率和质量。

## 7 结论

本例中零、部件模型的修改分为模型尺寸修改和模型结构修改。其中模型尺寸修改是一种较简单的修改,它是根据Pro/E参数式设计尺寸驱动的特性来实现的。每一个模型的设计过程中所使用的尺寸都存放在数据库中,要修改尺寸可以在创建模型时进行<sup>[5]</sup>。并且利用尺寸驱动的特性,相关的尺寸也将自动根据创建模型时建立的约束关系完成自动更新。

按照本夹具设计为例,详细介绍了参数化设计的应用过程,包括参数的选取、模型的建立以及最终夹具的效果展示,充分体现了参数化设计的高效性和实用性。阐述了当今夹具设计的重要性以及传统设计方法的局限性。详细介绍了参数化设计的概念、原理和关键技术,包括参数化建模、约束定义与求解等。通过实际案例分析,展示了参数化设计在提高夹具设计效率、准确性和灵活性方面的显著优势。对其未来发展趋势进行了展望,为机床夹具设计领域的进一步发展提供了有益的参考。

## 参考文献

- [1]陈东祥,胡冬梅.基于Pro/E的自行车参数化快速设计系统[J].现代制造工程,2006,(03):50-52
- [2]詹友刚.ProENGINEER中文野火版5.0高级应用教程[M].北京:机械工业出版社,2010
- [3]彭海涛,白笛.Pro/ProENGINEER2000i应用教程[M].北京:人民邮电出版社,2001
- [4]乔建军,王保平,胡仁喜等.Pro/ProENGINEER Wildfire动力学与有限元分析从入门到精通[M].北京:机械工业出版社,2010
- [5]蔡光耀.机床夹具设计[M].北京:机械工业出版社,1990