

CAD 系统中的参数化设计^{*}

杨 刚

(陕西理工学院 计算机系,陕西 汉中 723000)

摘要:介绍参数化设计的定义、基本思想、原理、主要技术方法和参数化绘图技术。其中参数化设计系统中涉及的基本技术和思想主要有:轮廓、草绘、尺寸驱动、变量驱动、设计合理性检查、动态导航等;介绍了参数化编程原理及步骤、图形参数化程序的控制参数和图形参数选取原则。

关键词:参数化设计;CAD 绘图系统;图形;几何尺寸

中图分类号:TP319.72

文献标识码:A

文章编号:1006-6767(2009)04-0102-03

1 传统的 CAD 绘图技术

传统的 CAD 绘图技术用固定的尺寸值定义几何元素,输入的每一条线都有确定的位置,在修改、编辑已有图形时,只能一个图元一个图元地修改,反复进行大量的删除和重画操作。因此,从某种意义上说,一般的 CAD 系统只是做到了将制图员的工作环境从图板上移到了计算机上。传统的 CAD 在几何造型和工程图的发展中起了相当大的作用,但在实际应用中,人们逐渐发现它们存在着某些严重不足,主要表现在:

1) 无法支持快速的设计修改和有效地利用以前的设计结果。传统的 CAD 只记录了产品的形状坐标信息,这样一来,往往会导致对以前大量设计努力的放弃。

2) 无法很好地支持设计的一致性维护工作。传统的 CAD 系统没有记录下设计对象内部元素相互之间的关系,在设计修改时,某一局部的改动不能自动反映到相关部分的变动,需要设计人员手工修改,这样往往不能保证设计要求在设计反复时得到可靠的保证。

3) 不符合工程设计人员的习惯。工程设计往往是通过定义一个结构草图作为原型,通过一些高层次的设计指令不断定义约束和调整参数值,逐步细化以达到最佳的设计结果。而传统 CAD 系统面向具体几何形状,所能处理的只是图形元素的几何信息,仅仅记录了几何形体的精确坐标信息,而大量丰富的具有实际工程意义的几何拓扑、尺寸约束信息和功能要求信息均被丢弃,其应用仅局限于产品的详细设计阶段。

4) 无法支持并行设计^[1]过程。一个复杂的设计对象,需要多个设计人员多方面、多层次、多阶段设计活动的参

与,这就要求从一开始就考虑到产品从设计到最终消亡的整个生命周期的所有因素,强调设计过程并行协调。传统 CAD 系统支持的只是顺序的设计方法无法支持并行的设计过程。在 CAD 系统中采用参数化设计技术可以克服以上 4 个方面的不足。

2 参数化设计概述

最初 CAD 系统所构造的产品模型是几何图素(点、线、圆等)的简单堆叠,仅仅描述设计产品的可视形状,不包含设计者的设计思想,因而难以对模型进行改动,生产新的产品实例。参数化的设计方法正是解决这一问题的有效途径。

参数化设计(parametric design),就是根据产品零部件的性能参数,确定其几何形状或结构尺寸的一种设计方法^[2],也就是说把这些尺寸看成是“设计条件”的函数,当设计条件改变时,零部件图形的尺寸可以随时得到相应改变。

参数化设计有 2 种涵义:

1) 绘图软件本身具有参数化功能。任何交互式的尺寸改动都会导致整个模型的变化,也就是说,只要修改了模型中的某一个尺寸,则整个图形中与此相关的尺寸都会自动更新。这种方法主要适用与结构不是太复杂的图形。

2) 应用程序具有参数化功能。通常由用户或第三方开发出的一些应用程序,主要针对某一领域具体问题进行参数化设计。即该应用程序负责与用户交互,当需要修改某一尺寸时,应用程序负责更新该尺寸及与之相关的其他尺寸。这种方法的编程量很大;另外,要修改图形时,需要重新运行程序。

目前,尚无将这 2 种方式结合起来的软件系统,一般所说的参数化设计均指第 2 种方式。

* 收稿日期:2008-12-15

作者简介:杨刚(1973—),男,陕西洋县人,硕士,讲师,主要从事计算机图形学及辅助设计研究。

3 参数化设计的基本思想

参数化设计系统中涉及的基本技术和思想主要有轮廓(profile)、草绘(sketching)、尺寸驱动(dimension drive)、变量驱动、设计合理性检查和动态导航(dynamic navigator)等。

1) 用轮廓法体现设计思想^[3]。参数化设计系统引入了轮廓的概念,轮廓由若干首尾相接的直线或曲线组成,用来表达实体模型的截面形状或扫描路径。轮廓上的线段(直线或曲线)不能断开、错位或者交叉,整个轮廓可以是封闭的,但也可以是不封闭。

虽然轮廓与生成轮廓的原始线条看上去几乎一模一样,但是它们有本质的区别。轮廓上的线段不能随便被移到别处,而生成轮廓的原始线条可以随便地拆散和移走。这些原始线条与通常的二维绘图图中的线条本质上是一样的。

2) 尺寸驱动。如果给轮廓加上尺寸,同时明确线段之间的约束,计算机就可以根据这些尺寸和约束控制轮廓的位置、形状和大小。计算机如何根据尺寸和约束正确地控制轮廓是参数化的一个技术关键。所谓尺寸驱动就是当设计人员改变了轮廓尺寸数值大小时,轮廓将随之发生相应的变化。

3) 变量驱动。变量驱动也叫做变量化建模技术。变量驱动将所有的设计要素如尺寸、约束条件、工程计算条件甚至名称都视为设计变量,并允许用户定义这些变量之间的关系式和程序逻辑,从而使设计的自动化程度大大提高。变量驱动进一步扩展了尺寸驱动这一技术,给设计对象的修改增加了更大的自由度。

4) 相互制约。所有的零件在装配中都不是孤立存在的,在参数化设计系统中,一个零件的尺寸可以用其他零件上的尺寸和位置参数来确定。这样做可以保证这些零件装配后自动具有相吻合的尺寸,从而减少人为的疏忽。

5) 合理性检查。在传统的人工设计工程中,尺寸不足、多余或相互矛盾是很难避免的,然而在参数化设计系统中,计算机能够帮助设计人员正确地标注尺寸,过多和过少的尺寸都能被计算机发觉,计算机会在适当的时候向设计人员显示提示信息。

6) 动态导航。动态导航提供了一种指导性的参数化作图手段,与设计人员达成某种默契,从而提高设计效率。根据当前光标位置,动态导航能猜测用户意图,然后用直观的图标将所猜测的约束显示在相关图形的附近。

7) 结构规划。在进行产品的设计前,根据产品的设计要求,对产品的整个设计需要进行大概的勾勒。这种前瞻性的勾勒主要是确定产品的重要参数,而不涉及产品的具体细节,属于概念设计的范畴,这被称为结构规划。在以后的设计中,产品的装配和零件设计可以引用结构规划中定义的参数,这样从总体上保持设计的一致性。

4 参数化设计的原理

参数化绘图的原理是,首先分析图形的特点,确定图

形的基本要素及特征点的序列,建立图形的几何尺寸和结构尺寸的关系,此时尺寸约束作为变量来定义。在工程设计中,所有图形都可以分解为点、直线、圆和圆弧这4种基本图元,在二维图形中,几何信息表示为图形元素的关键点(如点的坐标、直线的起点和终点、弧的起点和终点、圆的圆心),基本图元用多种参数表示,程序开发人员将这些拓扑关系及控制变量信息编制成程序。这样就设计出一组在形状和功能上具有相似性的产品模型,当修改图形数据库时即可生成不同尺寸的图形实体,因此参数化绘图也可叫做参数化编程。

5 参数化技术的主要方法

目前参数化技术大致可分为3种方法:基于几何约束的数学方法;基于几何原理的人工智能方法;基于特征模型的造型方法。其中数学方法又分为初等方法和代数方法。初等方法利用预先设定的算法,求解一些特定的几何约束。这种方法简单,易于实现,但仅适用于只有水平和垂直方向约束的场合;代数法则将几何约束转换成代数方程,形成一个非线性方程组,该方程组求解较困难,因此实际应用受到限制;人工智能方法是利用专家系统,对图形中的几何关系和约束进行理解,运用几何原理推导出新的约束,这种方法的速度较慢,交互性不好;特征造型方法是三维实体造型技术的发展,目前正在探讨之中。

6 参数化绘图技术

工程设计中,一方面,进行新产品设计时不可避免地需要多次反复修改,需要进行零件结构和尺寸的综合协调、优化;另一方面,从大量机械、电子等系列产品的图纸中可以发现,同一种基本结构形式的零部件,其图形结构具有一定的相似性,往往只是尺寸的大小不同,其图形随尺寸参数的变化而相应变化。特别是对于结构定型的产品设计,需要针对用户的需求提供不同吨位、功率、规格的产品型号进行设计,以便形成系列。因此,希望有一种比交互式绘图更方便、更高效、更适合结构相似图形绘制的方法。参数化方法比较好地解决了这一问题,在实际工程设计中得到了非常广泛的应用。

6.1 参数化编程原理及步骤

图形的描述可以分为3部分^[4]:图形的拓扑关系、图形的几何参数(如点的坐标),以及这些几何参数与图形结构参数(如图形的长、宽等)之间的联系。

参数化编程方法的实质,就是将图形信息记录在程序中。它用一组变量记录图形的几何参数,用一些类似上述关系的赋值语句表达这些几何参数与结构参数之间的关系,然后再调用一系列绘图语句来描述图形的拓扑关系。

这种方法的优点是程序一旦编制完毕,操作非常方便,用户不需要调用交互绘图命令逐条地绘制图形,只需向程序提供绘图所要求的一些参数,并且尺寸参数也可直接从其他分析、设计程序获得。但它也有局限性,第一,编

程调试过程比较美满,第二,程序完成,图形的结构也就固定,若想改变结构,只能修改程序.所以,这种方法特别适用于结构固定的系列化产品,如标准零件和结构不便的常用零件.

图形参数化程序编写步骤:

- 1) 分析图形的拓扑关系及其变化规律,提炼出图形结构参数.
- 2) 建立图形结构参数与几何参数之间的关系,构建图形的参数化模型.
- 3) 编制、调试图形程序.

6.2 图形参数的确定

通常,图形参数化程序的控制参数有4类:位置参数,确定图形位于零件图上的定位基点坐标;方位参数,确定图形的方位;结构参数,确定图形的结构形状;控制参数,控制图形的结构或视图的方向.

在确定具体图形参数时,需要根据图形的具体情况,通常可以从几方面综合考虑:

- 1) 要保证图形参数可以唯一地确定图形.对于抽象的几何图形,一般用几何尺寸作为图形参数.为保证图形参数唯一地确定图形,可事先对图形进行尺寸试标注,或者用一组参数试画图形.
- 2) 机械图中的图形已不再是抽象的几何图形,而是表示具体零件的结构,因此参数的名称和定义应尽量结合工程实际.
- 3) 优先考虑将描述零件规格、性能的参数作为图形参数.
- 4) 为便于用户操作,参数的个数应尽量少.
- 5) 在不影响对零件表达的情况下,图形的某些部分可采用简化画法,或使其与某些参数建立一定关系,从而省去一些参数.
- 6) 为便于参数输入操作,在程序编制时可采取不同的输入方式.参数较少时可以用交互输入方法,参数较多时

可以采用数据文件方式.

7 结束语

参数化是新一代智能化、集成化 CAD 系统的核心技术之一^[5].参数化绘图技术克服了交互式绘图的缺点,尤其在定制标准化、系列化和通用化比较高的通用产品方面有很大的优势,效率高,可靠性好,以原理简单、适用面广而得到设计界的广泛应用.它的缺点是不能像交互式绘图方式那样方便地对图形进行局部修改.

在机械设计中,通过对基本结构相似的零部件进行规格、系列化的整理和分类,分别输入参数化设计系统中,设计人员只要在屏幕上输入相应的参数,计算机就可以自动进行设计,同时生成零件图和装配图.人工设计需要几天的时间,现在只需几分钟,所以采用参数化技术后能够大大提高工作效率和设计的准确性.参数化技术在我国已得到了广泛应用,并且取得了显著的经济效益和社会效益.

参考文献:

- [1] 崔洪斌,方忆湘,张嘉钰,等.计算机辅助设计基础及应用[M].北京:清华大学出版社,2002:227.
- [2] 原思聪,熊跃华,李玉峰.基于特征与数据库的轴 CAD 系统研究与开发[J].机械设计与研究,2003(6):43-45.
- [3] 纪丰伟,陈恳,张根保.二维参数化技术的发展现状及趋势分析[J].机械设计与制造工程,2000(4):50-51.
- [4] 张辉.基于 ObjectARX 的参数化设计[J].现代制造工程,2004(7):23-25.
- [5] 廖敏.实用钣金展开 CAD 系统的开发技术与应用研究[J].组合机床与自动化加工技术,2004(1):31-34.