

# 光学仪器参数化设计软件 系统(OIPS)的开发

王廷凤

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 本文论述了CAD新技术—参数化设计。从先进的CAD软件出发,描述了参数化建模的基本方法及特征建模、约束建模、变量几何推理式草图设计等新技术。介绍了光学仪器参数化设计软件系统(OIPS)的结构、功能特点,并以一实例加以说明。

**关键词:** 参数化设计; 特征建模; 约束建模; 变量几何

## 1 概 述

CAD技术发展到今天,已可自动或半自动地完成从三维建模、详细设计出图到加工制造、装配等一系列设计和制造活动。由于机械产品中的零件错综复杂,变化多样,加之市场的激烈竞争,产品的更新周期越来越短,对产品的质量和效率提出了更高的要求,采用传统的CAD建模技术作图必须输入大量的信息,操作繁琐不易修改,常常不能满足设计者的要求,不能适应设计中零部件结构的变化。参数化设计则为工程师提供了一个采用新型建模技术作图的工具。当今全球一流的CADD5 CVware TW和先进的Rro/Engineer软件均把参数化设计作为一个独立的重要组成部分。参数化设计新技术包括参数化、特征建模、约束建模、变量推理式草图设计,完全用户化界面和一个开放式数据库结构。

所谓参数化设计是用驱动几何图形的关系式和参数构造三维模型和形成二维图形。通过对尺寸、文字符号和约束方程等输入新的参数值或修改一个模型的参数化建模过程,产生新的几何图形。

参数化设计的优势是:

- 1 参数化建模技术充分体现设计意图(关系、约束等),允许在设计过程中随时方便地修改零部件模型,明显地缩短了产品的设计周期。
- 2 借助于特征建模技术,在建模中调用形状特征几何程序库中的标准设计元素,用加工术语象打孔、切槽、加凸台等命令完成零件模型,删除传统的费时的建模操作。用约束建模可建立模型参数与外部工程需求的双向关系等式,驱动模型几何。

3 三维与二维一致。由三维模型可转换成二维图形,变量几何推理式草图设计可建立带几何约束的尺寸驱动的轮廓,通过二维参数化设计,可提高出图效率;由二维轮廓经三维建模操作(如扫描),可生成三维模型。

4 参数化设计的新用户界面直观形象,易学方便,智能化菜单和程序保证用最少的步骤少用或不用键盘操作。

由于光学仪器很多是回转体,具有很大的共性,同时很多常用件结构变化大同小异,很适用于参数化设计来提高设计效率和质量。我们结合光学仪器的特点,在现有高级图形软件和 AI 的基础上,开发了光学仪器参数化软件系统(OIPS)。在 OIPS 中,建立了统一的后转体基本模型,编制了通用程序,并开发了光学仪器常用零部件三维实体模型和二维图形参数设计程序库,实现空心轴角编码器的系列化参数设计。

## 2 参数化建模基本方法

参数化设计为任何复杂的实体模型提供了几种构造方法。实体图素 Solid Primitives 是最基本的方法,象扫描、投射、缝合、非缝合、布尔运算和交互操作倒圆角和棱角等技术能产生精确的几何形式。

参数化设计不只限于实体模型,也能构造尺寸驱动的线框和曲面模型。

### 1 实体基本体素

实体基本体素是基本几何形状的参数化实体,参数化设计允许你插入和取向放置箱式、圆柱、圆锥、楔形块、球形、环形等基本体素。

### 2 扫描

应用 B-Rep 法,通过沿着一个扫描方向扫描一个封闭的平面轮廓产生一个实体。如果需要能产生无端面的曲面。

扫描类型包括直线扫描(沿着一条直线或矢量挤压一个轮廓,延伸到指定的深度)、旋转扫描、放样(驱动介于两个导向曲线之间的轮廓沿着一个自由曲线扫描)等。

### 3 布尔运算

布尔运算是两个以上实体进行逻辑运算(加、减、交),形成的一个最终实体,它是结合多个实体形成复杂实体非常有效的方法。

## 3 特征建模和约束建模

### 3.1 特征建模

特征建模是 CADD5 的参数化设计软件应用的一个新型建模技术,通过定义模型的形状特征,按零件加工方式构造零件模型。参数化设计提供的常用形状特征几何图形程序库包括孔、凹槽、凸台、型腔、长槽、环形槽形状特征。设计者可通过菜单用打孔、切槽、加凸台等加工命令,很快地完成零件模型,取消了中间构造几何和传统建模所涉及到的操作。

特征建模完全符合设计者的设计思路。在应用基本建模方法(如体素、扫描)制造的基本模型基础上,通过在模型表面上产生的预先定义的轮廓,将形状特征局部地施加到基本模型上。由于拓扑结构只在入口面和/或出口面被确定,故形状特征的应用程序运行时间极少。

例如:

1 切槽—你可以从菜单选择“Notch”,调用凹槽程序,首先输入有关参数值在入口面产生轮廓,然后输入一深度值,通过将轮廓从入口面挤压到该给定深度,产生一凹槽,缺省轮廓是需给出高度和宽度值的矩形轮廓。

2 加凸台—从菜单选“Boss”程序。通过将轮廓从出口面延伸到给定高度产生一凸台。矩形和圆形(从表面的法向看)轮廓是缺省凸台形状。

3 打孔—在一个面上将一轮廓挤压到一个给定深度形成一个孔。矩形圆形轮廓(从面的法向看)是孔的缺省形状。如指定出口面,可打通孔。

所有这些形状特征及它们在基本模型中的位置都是参数化的,你可通过输入参数值,修改形状特征的尺寸大小、位置和取向,也能删除一个形状特征。

### 3.2 约束建模

CADDS5 的参数化设计的约束建模允许你在三维模型上建立变量和与这些变量有关的参数,象尺寸或文字说明。用这些运算变量,你能定义描述模型几何的工程和数学方程,在修改任何变量的基础上方程组被解。模型几何重新生成,反应新的约束条件。

## 4 图形设计的变量几何

CADDS5 参数化设计软件的草图绘制系统(Sketcher),可以无需确定具体准确的尺寸值,很快绘制一个 2D 轮廓。当绘制轮廓时,变量几何自动地扑捉几何约束,如水平、垂直、相切、正交、共线、共圆等。一旦轮廓被绘出,通过加适当数量的尺寸对图形进一步约束,之后,变量几何允许尺寸驱动修改,即你能改变尺寸值和产生一个新的轮廓。变量几何可通过对输入的几何独立增加尺寸参数化一个 2D 轮廓图。

2D 图形设计与 3D 参数化模型相一致。在任何时候,可以从三维参数化建模环境中调用参数化设计草图绘制系统,在激活的构造平面上构造几何图形,一旦一个轮廓被绘制并用变量几何参数化重新生成需要的尺寸和形状,能对轮廓通过参数化建模操作(如扫描等)形成三维模型。

## 5 OIPS 系统结构特点

应用 CAD 的参数化设计技术,结合光学仪器的结构特点,在现有的高级图形软件和 AI 的基础上,开发了光学仪器参数化设计软件系统(OIPS),其目的是提高光学仪器设计

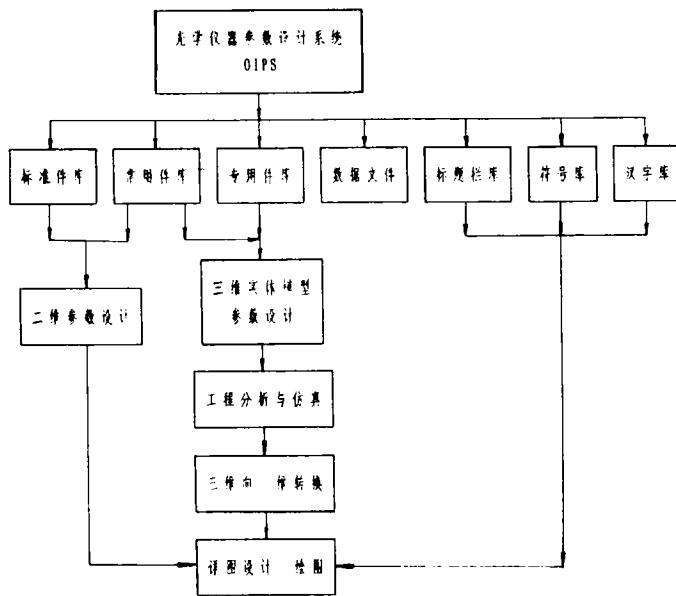


图 1 光学仪器参数化设计系统结构框架

和出图的效率和质量。

OIPS 体系的结构框架如图 1 所示。OIPS 系统的主要功能特点如下：

#### 1 光学仪器常用零部件三维实体模型参数化设计

通过总结光学仪器光学、机械结构的规律和特点，利用分类原则，建立了常用零部件程序库。在设计中，根据需要可随时调用和修改库中的常用零部件，通过输入不同的参数值，改变零部件的结构尺寸，生成所需零部件的实体模型，并自动形成含有零部件体积、重量、重心位置，转动惯量等内容的技术文件。

#### 2 回转体零部件特征参数化设计

回转体是光学仪器常用的一种形状特征，应用拓扑学、图论等理论，找出零部件的同构体和母体，建立了统一的后转体零部件参数化基本模型，编制了后转体特征参数设计和打后通用程序，可适用于轴类零件、孔、压圈、镜筒等后转体零件的参数化设计。

#### 3 实体模型装配

在生成了零部件的实体模型后，可将这些零部件模型装配成一个部件，由零部件还可以进行整个仪器的装配（见图 2）

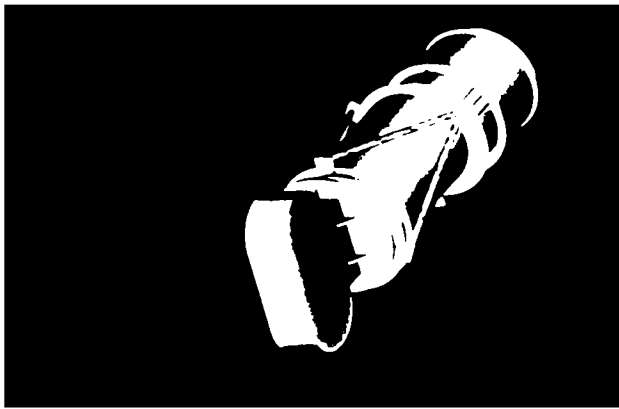


图 2 空间相机实体模型

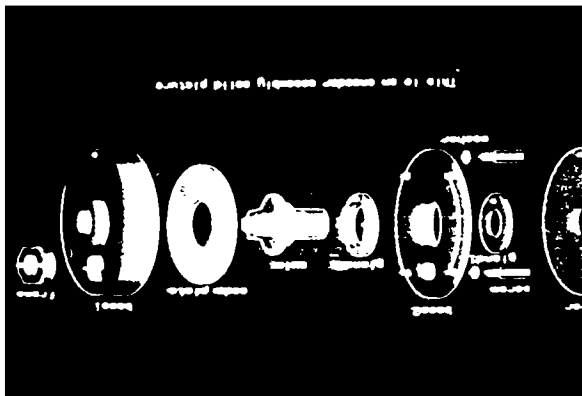


图 3 空心轴角编码器实体模型装配关系图

#### 4 三维实体模型向二维图形的转换

实体模型生成以后，可通过取截面，将实体模型转换成线框模型等方法生成二维图形。

#### 5 详图设计与绘图

在由三维实体模型转换成二维图形的基础上，进行取舍，补充完善各个视图，生成精确的工程图。采用参数化设计方法，利用用户定义键“Button”建立了符合国家标准的标准件库，标题栏库，开发了工程符号库和矢量汉字库。把 Button 建成汉化和图形化菜单，直观形象，详细设计时，可根据用户需要方便调用被选定的标准件及标注尺寸、形位公差、粗糙度、打剖面线、换线、换笔、换层等工程符号库的内容，使工程图样的形成更加简便迅速。

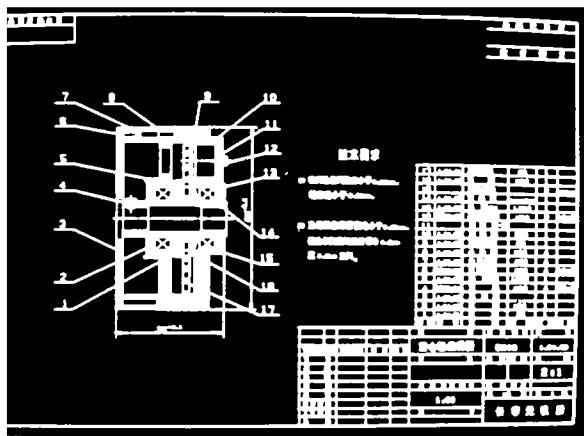


图4 空心轴角编码器总装配图

图形参数设计子程序,完成了编码器实体模型装配关系图(见图3)。绘制出空心轴角编码器零部件和总装图(见图4)的工程图样。

## 6 实 例

以回转体零件基座 I (见图5)为例说明应用 OIPS 系统进行参数化设计的过程。

1 进入 OIPS 系统,以选择菜单方式调用回转体通用程序。

2 输入 M 和 N 值(M 为外圆柱台阶数, N 为内孔台阶数)及相应于 M、N 的径向和轴向参数值,如基座 I 输入;  $M=3$ ,  $N=4$ ; 外径  $D_1 \sim D_3$ , 长度  $L_1 \sim L_3$ , 内孔直径  $HD_1 \sim HD_4$ , 孔长度  $H_1 \sim H_3$  的值,即可形成零件的主截面轮廓图,并可自动扫描生成零件的基本实体模型。

3 基座 I 还有 4 个  $\Phi 3.5$  的孔、一个  $\Phi 9$  的孔和一个销孔,可调用打孔程序在选择的面上适当位置打孔,得到零件的最终实体模型。

4 由三维实体模型转换成二维图形,经详图设计绘出零件的工程图样(如图6)。

根据设计过程和实践经验,用三维参数化设计建立实体模型与传统 CAD 方法比较,建模效率提高 5~10 倍。传统 CAD 方法建立实体模型一般采用 CSG 法,其特点是以体素为基础

## 6 空心轴角编码器系列化参数设计

以空心轴角编码器为例,建立了专用器件库。进行了专用器件库的库结构设计和各层子菜单的开发。对编码器系列化基本参数进行优选,并根据零部件装配关系和工艺要求推出零部件结构尺寸和系列化基本参数间的函数关系式,建立了约束方程,编制了系列化设计主程序和零部件三维实体模型及二维

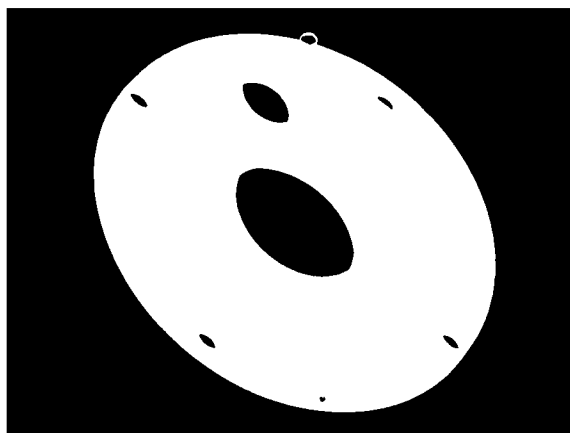


图5 基座 I 实体模型

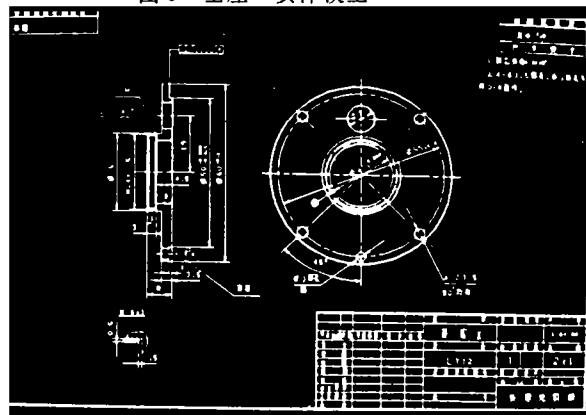


图6 基座 I 工程图样

进行实体造型,造型时设计者首先要在适当位置处经多种坐标变换取向生成各种体素,然后通过各种多次布尔运算形成所需要的实体模型。如基座 I,首先形成实心轴体,孔的形成必须先生成多个圆柱体,然后用实心轴与圆柱体进行布尔减,才生成最终的零件实体模型。这种方法,建模操作复杂,不易修改。用 OIPS 系统参数化建模,只需输入零件的参数值就可自动生成零件的实体模型。减少了基本菜单操作,修改容易。特征建模(如打孔等)取消了中间构造几何和不必考虑为此而进行的布尔运算,快速完成零件模型。对回转体类零件应用 OIPS 系统进行详图设计和 2D 出图,比用传统 CAD 通过输入大量信息(如点坐标)和人机交互操作(画点、线、圆、标尺寸、公差等)来进行 2D 绘图,效率可提高几倍。

## 7 结 束 语

光学仪器参数化设计软件系统(OIPS)已应用于空心轴角编码器和电视摄像机的实际设计及部分地应用于空间相机、光电跟踪仪、弹道相机等课题的方案论证。实践证明,应用 OIPS 系统参数化设计大幅度提高了设计和出图的效率和质量,回转体、打孔等特征参数设计起到了事半功倍的效果,具有很大的实用价值。今后将进一步开发、完善光学仪器常用零部件库和形状特征程序库,开发变量几何智能化草图设计系统,使软件功能更完善更实用。

### 参 考 文 献

- [1] Steven Walske, Machine Design. 60 (16): 52-55
- [2] H. Seifert, W. Threlfall, 江泽涵译,《拓扑学》. 北京,人民教育出版社,1982
- [3] 王朝瑞,《图论》. 北京国防工业出版社,1985
- [4] CADD5. CVware™ Parametric Design. Technical Summary, USA, Computervision Corporation, 1991: 1-60
- [5] 王延风,光学机械. 1992, (4): 54-58

## The Development of Optical Instrument Parametric Design Software System

Wang Yanfeng

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Changchun130022)

### Abstract

CAD new technology-Parametric design is stated in this paper. Starting with advanced CAD softwares soled in the world, several basic methods for parametric modeling and some new technologies such as feature-based modeling, constraint-based modeling, variational geometry and inference sketching are described. This paper introduces optical instument parametric design system(OIPS),including its architecture,functions and features. The procedure of designing a part is illustrated for stating parametric design benefit.

**Key Words:** Parametric design, Feature-based modeling, Constraint-based modeling, Variational geometry