

文章编号:1672-0121(2005)06-0089-04

# 基于多变性设计的回转体零件挤压模具结构智能设计方法研究

张 磊<sup>1</sup>, 曹 洋<sup>2</sup>, 吴公明<sup>1</sup>, 赵 震<sup>1</sup>, 陈 军<sup>1</sup>, 黄少东<sup>2</sup>

(1.上海交通大学 国家模具 CAD 工程研究中心, 上海 200030;

2.中国兵器工业第 59 研究所, 重庆 400039)

**摘要:**为了实现回转体零件挤压模具的快速设计,减少不必要的重复性工作,通过变量化建模和装配技术,并结合人工智能技术和多变性设计技术,在 UG/NX 平台上开发了回转体零件的挤压模具智能设计系统,实例研究表明所建立的系统是有效的。

**关键词:**计算机应用;挤压模具;变量化设计;知识工程;多变性设计

**中图分类号:**TG375

**文献标识码:**B

## 1 引言

随着先进制造技术的发展和市场竞争的日益加剧,如何高效率、低成本、大批量地生产出符合要求的零件,成为制造业领域的焦点问题。锻压成形中的挤压技术提供了一条很好的解决这个问题的途径。挤压工艺具有产品尺寸精度高、强度性能好、材料耗费少和生产效率高特点,符合当今制造业发展的趋势,已经成为当前制造业发展的热点领域,具有广阔的应用前景。但是,目前挤压模具设计基本上仍然是一种以专家经验为主要依据的手工设计过程,设计过程中人为因素很多,导致设计效率低下,影响了产品的竞争力。

近年来,计算机技术尤其是其中智能技术的发展,极大地促进了模具结构设计 CAD 的发展,给传统的模具结构设计带来了一场革命。将计算机智能技术应用到挤压模具 CAD 的设计和优化中,可以很好地将模具设计的专家知识包含在模具设计的过程中,真正实现用模具设计中的专家知识来指导模具结构设计的全过程,体现了模具设计过程的智能化,并最终可以达到提高模具设计质量、缩短模具设计周期的目的。基于此,本文将挤压模具设计中的知识和专家经验应用到回转体零件的挤压模具结构设计过程中,

开发了智能设计系统。

## 2 系统框架

如图 1 所示,选取 UG NX 2.0 为开发平台,利用 UG 完全开放的二次开发接口 OPEN API 为系统开发语言,采用 Visual C++ 编程设计语言,选取 Mi-

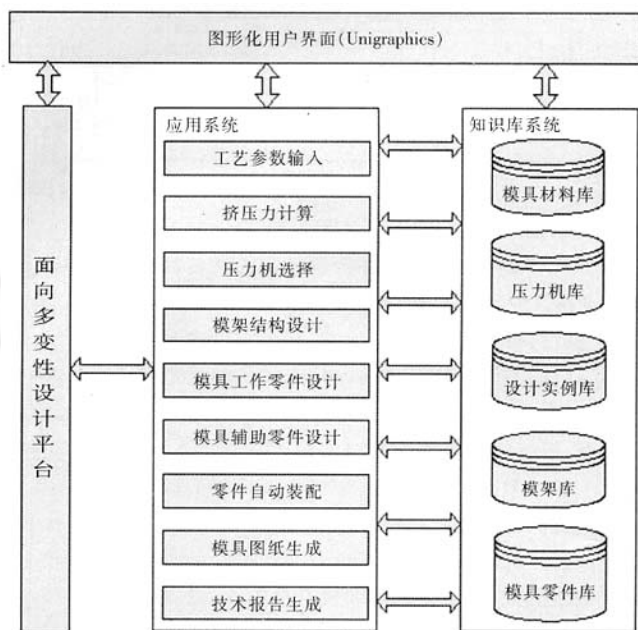


图 1 系统框架图

crosoft Access 为数据库软件,开发了基于知识的全回转体零件冷/热挤压模具结构设计系统。

### 2.1 主要工作流程

基金项目:“十五”国防基础科研资助项目(K1004020714)

收稿日期:2005-08-31

作者简介:张 磊(1980-),男,硕士在读,主攻模具 CAD/CAM

系统的 IDEF 0 功能模型如图 2 所示,其主要工作流程为:

(1)模架结构设计。这一环节主要是依据工艺计算得到的挤压力调用压力机数据库内的参数来选取压力机,然后通过压力机的相关参数选取调用模架库中的模架并进行修改,得到最终所需的模架。

(2)模具零部件设计。在完成了模架的设计后,模具的大部分装配关系已经确定,这一部分主要是完成凸模、凹模以及其他模具辅助零部件的设计,并实现自动装配,完成模具的三维结构设计。

(3)模具图纸生成。由设计完成的挤压模具三维模型生成两维的工程图,并生成技术报告。

库时,具有较好的性能;②可以访问校验规则;③能够指定表之间的关系;④更丰富的数据访问模型,并具有数据定义语言(DDL)支持和数据库操作语言(DML)支持。因此,本系统采用 DAO 技术进行数据访问。同时,系统还要应用 UG/OPEN API 的函数库,和数据知识库进行动态数据交换。

### 3 关键技术

#### 3.1 面向多变性设计(DFV)

面向多变性设计(DFV)作为本系统的辅助支持平台,是本系统设计中的难点之一。它具有丰富的内涵和很好的可操作性,将是以后智能 CAD 系统发展的方向之一。

##### 3.1.1 定义和内涵

面向多变性设计(Design For Variety,DFV)是一个全新的理论和方法。其发源地和研究中心是美国的斯坦福大学。在企业界,面向多变性设计理论首先在 GE 公司采用,随后,很多公司包括 Sony,Nortel Networks,InFocus 等也使用面向多变性设计理论和技术来进行产品设计<sup>[1]</sup>。

DFV 的目标是建立产品设计的体系结构,在各个物理构件上配置产品功能,整个过程包括<sup>[1]</sup>:①表达完整的功能原理;②把相应的功能映射到物理构件上;③规范物理构件间相互作用的关系。

在挤压模具的结构设计中,不同的目标零件意味着不同的设计,这样的设计也应该满足上面三大要求。挤压模具结构设计必须首先满足零件的功能要求,然后根据挤压件零件来映射挤压模的功能与结构,最终来确定挤压模的装配、零件等各种关系,完成挤压模的结构设计。因此,DFV 体系结构完全可以适用于挤压模的结构设计。

建立挤压模结构设计 DFV 平台的目的是寻找一种结构性的方法,来辅助完成整个设计过程。该方法是辅助工程师们进行设计,即通过对已有的挤压模产品的设计继承和改进,完成对新产品的的设计,从而减少设计耗费,最大限度地提高冲模设计的效益;同时,提高模具结构设计过程中数据和知识的传递速度,提高整个系统的运行效率。

##### 3.1.2 GVI 和 CI

跨代变化索引(Generational Variety Index,

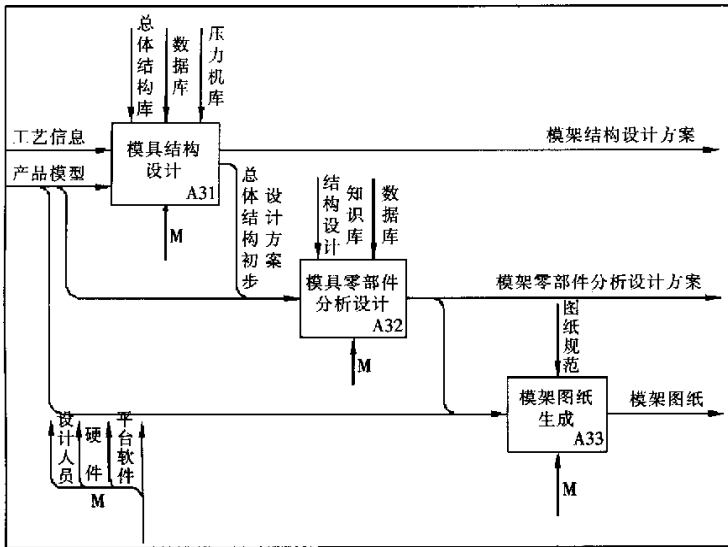


图 2 系统 IDEF0 图

## 2.2 知识库系统

知识库系统是本系统进行模具结构设计的重要数据支持,它主要包括模型知识库和数据知识库两大类。模型知识库包括了模架库、模具零件库和设计实例库。模架库和模具零件库存放了各种变量化驱动的模具零件和典型结构的三维参数化模型,供程序调用。每当系统生成一套新的模具,就作为一个案例存入设计实例库中,以方便将来设计相似模具时直接调用参考或修改。

数据知识库是系统进行模具结构设计的重要数据依据,它包括了压力机库和模具材料库。这些信息都采用数据库存储,采用数据访问对象(DAO)进行数据交换。DAO 是第一个面向对象的接口,比较适用于单系统应用程序或小范围本地分布使用的环境。它相对于传统的 ODBC,具有以下优点:①在某些情况下,特别是在使用 Microsoft Jet(.MDB)数据

GVI)是 DFV 中的一个重要概念,它是一个为了满足市场需求,对构件进行再设计的工作量的指示器。要将工艺参数中相关的各种多变性设计因素映射到模具结构设计阶段,就必须使用 GVI 来显示。

各种不同的外部因素将会对设计产生改变,从而会要求设计中产生相应的变化。一般来说,这种变化不是直接进入产品设计内部的,大部分是通过复杂的映射,在产品设计内部产生,而且这些内部发生的变化是相互作用的,这就称为设计中的“耦合”作用。耦合索引(Coupling Index,CI)就是用来表示这种耦合关系作用的大小的指示器,它表示了一个产品中的构件之间的耦合程度。CI值越高,构件之间的耦合程度越高,当其中的一个发生变化时,就越有可能需要另外的构件也发生相应的变化。

### 3.1.3 挤压模 DFV 平台的流程框图

如图3所示,DFV平台将挤压模的工艺参数和用户各种需求,通过工程转化机制转化为影响多变性设计的外部多变性设计因素,并转化为GVI量化的概念,为多变性设计技术底层提供支持。

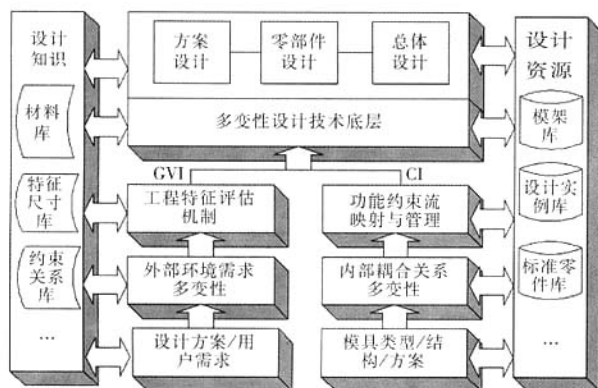


图3 DFV平台流程框图

另外,根据模具类型本身和结构特殊性的要求,建立内部模具的构件间的耦合影响关系(比如耦合的装配关系),并通过功能约束流的映射,转化为CI模型,同样来构建多变性技术底层。该技术底层成为从方案确定、模具结构设计、零部件分析设计到结果输出整个过程的技术基础,系统总结归纳了影响模具结构设计的各种多变性条件,以多变属性流的形式贯穿整个结构设计过程。在平台中,设计资源和设计知识也不断同多变性结构设计过程相交互,提供模型、规则、数据、关系等设计要素,给模具结构设计中的知识交换带来了极大的方便。

例如,DFV平台对模具结构设计平台进行了深入评估,把模具结构设计平台的设计阶段根据功能进行了再划分(表1)。

表1 模具结构设计平台功能划分

阶段	标志描述
特征阶段一	模具结构方案设计
特征阶段二	模具结构初步设计
特征阶段三	模具结构零部件设计
特征阶段四	模具结构总体详细设计

通过各阶段生命周期的确定,多变性设计平台将模具结构设计中的功能特征进行了阶段划分,将相关参数进行了整理归类,使得多变性因素的影响得到了降低,有利于更好的管理各种影响参数,减少模具结构设计的无序性和复杂性。

### 3.2 变量化装配技术

在传统的挤压模具CAD系统中,装配一般都采用“自底向上(Bottom-Up)”的装配方法。设计人员先设计出各模具零件,然后再把设计好的零件逐个拼装在一起。这种方法最大的问题就是模具装配结构与零件间不存在约束关联,零件之间的装配关系和尺寸协调完全基于设计人员的经验和交互操作。一旦某个零件的某个或几个参数发生变化,和它相关联的零件都要重新设计,模具的设计效率难以提高,且容易发生设计结果不一致的现象。

本系统则采用了自顶向下(Top-Down)的设计方法。在自顶向下的设计环境中,设计者首先建立待设计产品的功能描述,这种功能描述通常是装配模型为框架进行的。然后分析装配模型,确定产品需求是否得到了满足。如果不满足,则对功能模型进行调整、修改。一旦满足,设计者就对构件进行详细设计。由于后续的零件详细设计是在总体的装配模型基础上进行的,因此,这种设计方法能够保证产品的功能约束得到满足。在此过程中,产品的功能描述以约束形式由系统记录、求解和维护。由此可见,自顶向下的设计过程是符合设计习惯的。

“自顶向下”的变量化装配设计理论所支持的设计,是在设计变量、设计变量约束、装配约束三个因素制约下进行的一种可变的装配设计:①设计变量是定义产品功能要求和设计者意图的产品整体或其零部件的最基本的功能参数和形状参数,如三角形草图的两条边边长即属于设计变量;②设计变量约束,即设计约束或变量约束,如三角形草图三角边的位置关系即属于设计变量约束,设计变量和设计变量约束控制装配体中的零部件的形状;③装配约束是装配体内各个零部件的配合关系,它确定了零部件的位置。本系统开发所采用的是变量化装配设计技术的核心技术,支持自顶向下的设计方法,即统一

定义零部件之间的装配约束,大部分装配关系一次定义完成。

#### 4 应用实例

以一套热挤压模具为例来说明智能模具结构设计系统的运行机理。如图4所示,首先,根据输入的挤压力信息等参数选取相应的压力机,压力机的主要参数都是从数据库中读取;接着,根据压力机的工作台尺寸和闭合高度等关键参数选取模架,读取模架的相关参数并进行修改,再将修改后的参数传递给模架进行尺寸驱动更新模型;然后,进行凸、凹模和其他模具辅件的参数化设计(图5);最后,根据零件的变量化装配关系及拓扑关系,将这些零件智能化的自动装配到模架上,完成一套热挤压模具的设计(图6)。



图4 压力机选择

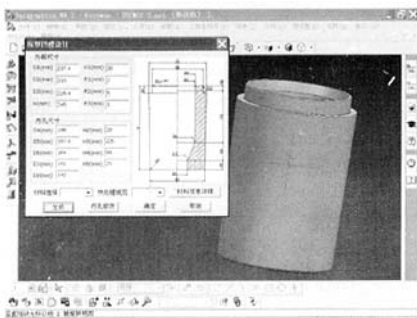


图5 凹模设计

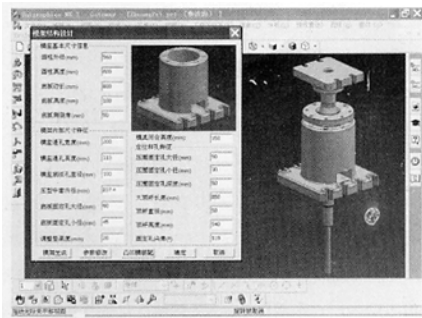


图6 模具结构设计完成图

#### 5 结束语

通过运用“自顶向下”的变量化的建模和装配技术,并将面向多变性设计的技术引入挤压模具的结构设计当中,建立DFV辅助平台体系,可以解决传统挤压模具设计中,无法统一模具零件间相互装配约束关系的问题,给回转变体零件挤压模具的设计和修改带来了极大的方便,提高了设计效率,缩短了开发周期,降低了产品生产成本,也极大减轻了设计者的脑力劳动强度。

#### 【参考文献】

- [1] Mark V Martin, Kosuke Ishii. Design for variety: developing standardized and modularized product platform architecture [J]. Res Eng Design, 2002, (13): 213-235.
- [2] 钟亦祺, 陈扬, 赵震, 等. 基于知识的支持自顶向下的级进模结构设计技术. 上海交通大学学报, 2003, (12): 1887-1890.
- [3] 石磊, 王永志, 杨玉英. 基于知识的汽车覆盖件模具CAD系统框架. 锻压技术, 2003, (6): 60-63.
- [4] 井维峰, 孙锡红, 付浦福. 齿轮冷精密锻造智能CAD/CAM系统研究. 模具工业, 2005, (2): 6-9.
- [5] 罗超, 李大永, 周飞, 等. 基于知识的铝型材挤压模具集成设计系统. 上海交通大学学报, 2003, (12): 1866-1869.

## Research of the Knowledge-based Design of the Extrusion Die Structure of Axisymmetric Parts based on Design-For-Variety

ZHANG Lei, WU Gongming, CHEN Jun

(National Die & Mold CAD Engineering Research Center, Shanghai Jiao Tong Univ., Shanghai 200030, China)

**Abstract:** For realization of rapid design of and reduction of the repeated work, a knowledge-based design system for extrusion die design of axisymmetrical parts has been developed based on the UG/NX, via variational modeling and assembly technology, combined with artificial intelligence and Design For Variety (DFV). Case study has shown the efficiency and effectiveness of the prototype system.

**Keywords:** Extrusion die; Variational design; Knowledge-based engineering; Design for variety