

支持变型设计的重用策略研究*

王 琪¹, 廖文和²

(1. 盐城工学院 车辆工程系, 江苏 盐城 224002 2. 南京航空航天大学 高新技术研究院, 江苏 南京 210016)

摘 要: 在研究产品构成的基础上, 分析了产品建模方法, 提出构筑标准件库, 进行产品组件模块化, 采用基于事例的推理方法等支持变型设计的重用策略, 同时, 设计了支持快速变型设计的支持平台, 并在某型号工程项目的夹具快速设计中得到了应用, 提高了设计效率。

关键词: 变型设计; 设计重用; 快速设计; CAD

中图分类号: TP 391.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-5322(2005)04-0001-04

当今世界多品种、小批量已成为制造业普遍采用的生产、经营策略。随着市场竞争的日益激烈, 如何在最短时间内, 以最好的质量、最低的成本, 将满足用户个性化需求的产品投放市场, 已成为企业间竞争的焦点。变型设计很好地顺应了这种市场竞争的需要, 它的基本思想是通过改进已有的系列产品或设计实例来适应新的设计需求, 实现产品的快速设计和新产品的快速试制定型。

根据德国工程师协会的研究报告, 产品设计开发工作在生产中所占的成本只有6%, 但对产品总成本的影响却占60%以上。在机械工厂的产品的零部件中, 标准件、外购、外协件占零部件总数的50%, 成本的10%, 企业通用件占零部件总数的40%, 成本的20%, 特殊的零部件占总数的10%, 而占成本的70%^[1,2]。因此, 尽量采用标准件、外购、外协件、通用件以及已有产品设计中的可借用件是加速产品快速设计、降低成本、保证产品质量的有效手段。

1 机械产品设计过程分析

从信息处理的角度来看, 设计是人们对某一领域知识的创造、检索和整理, 是一个设计对象的材料, 选用相关的标准件, 进行产品的变型设计。机

描述信息逐步增加的过程。机械产品设计分为创新性设计、适应性设计和变型设计。所谓创新性设计是指在工作原理、结构等完全未知的情况下, 应用成熟的科学技术或经过试验证明是可行的新技术, 设计出过去没有的新型机器。适应性设计是在原理方案基本保持不变的前提下, 对产品局部的变更或设计一个新部件, 使产品在质和量的方面更能满足使用要求。变型设计则是在工作原理和功能结构都不变的情况下, 变更现有的产品结构配置和尺寸, 使之适应于更多的容量要求。研究表明, 将近80%的设计活动包含基于事例的设计^[3]。有经验的设计人员总是善于利用过去的成功的设计经验, 吸取失败的教训。在新产品的开发过程中, 约有40%是重用了过去的部件, 约40%对已有的部件设计进行稍许修改, 而大约只有20%的零部件是完全新的设计。

企业的产品设计首先是满足客户需求, 通过功能分解, 建立产品的性能指标, 达到相关的法规要求, 并按照一定的设计规范进行产品设计。在产品的的设计过程中设计人员首先想到的是否有相似的产品可以参考和借鉴, 通过查找, 检索相应的相似产品, 获得供应商所提供产品的相关技术资

机械产品的快速变型设计内容如图1所示。

* 收稿日期 2005-07-09

基金项目 江苏省高校自然科学研究资助项目(03KJD520246)

作者简介 王 琪(1962-)男, 江苏盐城市人, 盐城工学院车辆工程系教授、高级工程师, 博士, 主要研究方向为 CAD/CAM/CAE 以及车辆工程技术及其应用。

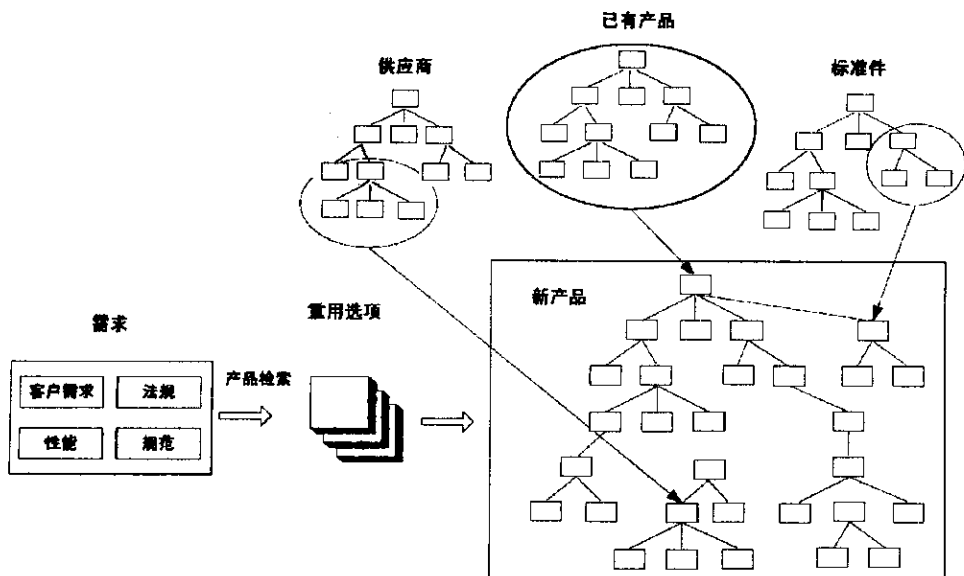


图 1 零件的设计类型

Fig. 1 The rapid design for variant mechanical products

然而,在当前的产品设计过程中,许多设计人员也的确常常采用变型设计去响应客户的需要,然而由于缺乏统一的设计平台,传统的自发性的变型设计并不能自动保证产品的快交换、高质量和低成本,有时甚至适得其反^[4]。主要表现在企业生产的零件的多样性和缺乏可重用性,并导致新零件的数目的失控,许多新零件实际上源源不断地被设计出来,紧接着还需要运用过多的人力、物力、财力和时间,去支持后继的工艺、工装和试验等一系列的技术准备活动。引起这种失控现象的原因在于企业产品信息的无序状态和设计者的随意性,使得大量的产品数据无法成为有效支持产品快速设计的宝贵资源。

因此,需要对企业在长期的生产活动中,所积累和蕴藏的极其宝贵的产品信息资源(图纸、文件、数据、经验、标准和规范等)进行充分的挖掘和科学重组,使之资源化,才能成为有用和便于重复利用的产品信息资源。

2 产品建模

产品是实现某种或一些功能的,通过设计,并被制造出来的,由材料构成的对象或一组对象,如机械零件、液压元件、电器元件等。而在 CAD/CAM 系统中,模型的概念包含了三个含义:数据、结构、算法,其中算法尤为重要,它是用户使用数据和结构的必经之路。产品模型是指在整个产品生命周期中,将一个产品的所有相关信息,如数据、结构和算法,逻辑地集成,可支持产品生命周

期中的各项活动。

由上述可知,产品模型包含了产品数据结构和操作算法,产品模型如何产生和管理,这就是产品建模,即在产品开发阶段,产生产品数据以支持整个产品生命周期的各项活动,可分为两个方面,其一是产品模型,其二是过程链。这里的产品模型是指产生的产品数据库及相应的管理和算法,过程链是数据库产生的控制和通讯。

CAD 技术至今已有三十多年的历史,历经二维绘图、线框造型、曲面造型、实体造型、特征造型等重要发展阶段,其间还伴随着参数化、变量化、尺寸驱动等技术的融入。然而,长期以来商品化的 CAD 软件(如 CATIA、UGS、Pro/E)等出于商业上的考虑过分强调系统的通用性,而忽略了设计对象本身的特点、设计过程在提高设计水平与效率中的作用,作为设计工具的 CAD 系统,设计效率的进一步提高过多地依赖设计人员的知识与经验。国外 CAD 软件系统在产品的设计过程中注重零件设计和装配设计能力相关联的基础上,把焦点转移到产品设计特有过程的自动化上,并已经认识到只提供某一系统单个领域内的方案并不会为缩短产品投放市场的时间带来革命性的转变。实际上用户产品的设计过程是经过了许多年工业知识的积累,才总结出来的复杂流程,需要把这些流程与 CAD 系统有机地结合在一起,这就自然地产生了面向行业与设计过程的 CAD 系统,这方面已成为目前国内外研究开发的热点,并视为 CAD 技术深化应用、发展的唯一出路。

设计过程中产品的零部件变异的形式:借用、复合、重组、延伸。所谓借用就是直接从相似产品或其它类型的产品中引用完全相同的结构;复合是对某个元件或组件的某个特征或元件进行修改或删除,并与相关件进行形式上的合并;重组表现为自身先分解,同时与其它元件或组件在功能上的合并,生成新的结构;延伸是通过增补新的元件或组件,使得产品结构在功能上发生了扩展。认识到这样的建模特征,能够提高产品建模效率,使得产品模型多样化。

因此,以现代CAD技术为基础,以传统设计方法为依托,累积企业的设计知识,构筑产品设计模型,共享企业的设计资源,进行必要的创新设计,能够保证设计质量,提高设计效率。

3 支持产品的设计建模的重用策略

分析产品的构成,可以发现,无论是何种产品都是面向一定的客户群,隶属于某一领域。而且,任何机械产品都包括如螺栓、螺母等在内的通用基础(标准)件,类似夹具设计领域中的定位元件一样的领域共性件,以及满足特定企业产品的常用非标件。设计过程中,需进行标准件或常用非标件的选择,按规范的设计步骤和计算公式设计计算如齿轮、皮带轮和弹簧等通用结构件,及按相关设计知识和经验设计,如箱体、轴等专用件。

在产品的这个构成中有产品、部件和零件,它们可能是来自供应商的外购外协件、企业其它产品的借用件以及重新设计加工的自制件。设计的重点是专用件的设计,尽管其数量少,但它的设计最复杂,耗时最多,而且无公式规范可循,最常用的方法是根据经验或已有的设计或设计方法进行借鉴;通用件的设计,则可采用公式化的设计流程,以提高设计效率。

在产品的设计建模过程中,包括了概念建模、构形设计和详细设计,概念模型具有很强的市场性,构形设计则表现出模块的拼装性,详细设计体现了工程设计背景知识。这个过程中,既有弱理论的经验继承,也有强理论的公式化设计计算。因此,设计重用需要考虑三个基本的问题:一是必须有可重用的对象;二是所重用的对象必须是有用的;三是设计者必须知道如何去使用被重用对象。

当前成功地实施设计重用主要用于产品的详细设计阶段。常用的方法有三种方法,一是创建参数化的常用库:常用件库、常用组件库、模块化

的典型结构库,通过匹配当前设计条件,进行调用、编辑,将选用对象用于当前的设计环境^[5];二是基于事例的推理,即:创建事例索引,检索出相似事例,选用最相似的事例,经过修改、评价,将其用于当前的设计中,同时将新的事例存贮到事例库中,基于事例的设计方法在工程中得到了广泛的应用^[6];三是计划重用,对特定的项目,从系统设计的初期就存贮模块化的设计计算程序以及设计决策中的基本原理,在设计过程中通过一系列的辅助决策过程来完成新的设计。

4 变型设计的重用平台及其关键技术

传统的计算机辅助设计(CAD)技术主要将设计人员从手工绘图中解放出来,并对常规设计给予某些帮助,但不能对设计工程师的智能活动提供有效的支持,因此已不能适应现代化产品设计与开发的需要。为了提高制造业对今后市场变化和小批量多品种产品要求的快速响应的能力,设计正在向着集成化、智能化、自动化方向发展。要实现这一目标,就必须大大提高设计专家与计算机工具这一人机结合的设计系统中机器的智能化水平,使计算机能在更大的范围内、更高水平上帮助或代替人类专家处理数据、信息与知识,做出各种设计决策,大幅度的提高设计自动化的水平,进而大大提高设计工作的效率和质量,以适应市场对产品开发迅速多变的需要。智能设计就是要研究如何提高人机设计系统中计算机的智能水平,使计算机更多更好地承担设计中的各种复杂任务,成为设计工程师的得力助手和同事。

因此,支持快速变型设计的重用策略是组建企业统一的设计重用平台,以规范的编码方式进行产品信息建模,创建开放、可扩充的包括标准件、常用非标件、常用组件和典型结构基础库,在工具集和模块化的基础上,建立通用件的设计计算模块,采用基于事例的方法进行产品设计,支持夹具进行快速变形设计的平台如图2所示。

5 结束语

变型设计的重用策略有力地支持了当前市场对产品多样性和瞬息变化的需求。建立一个面向应用领域的由工程术语库、工程数据库、领域知识库、公式化设计程序库、常用零件库、常用组件库、典型结构库等组成的基础库是很有必要的。它可以扩充、编辑,并通过CAD、CAE、CAM、PDM系统

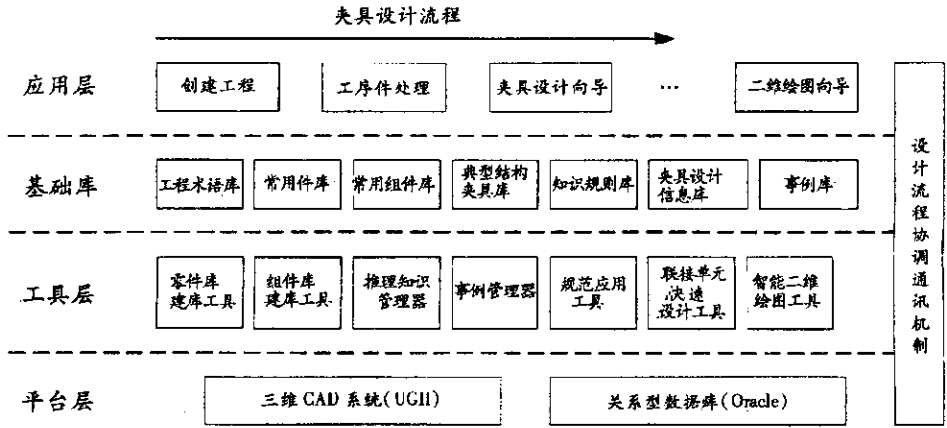


图 2 基于知识的夹具变型设计平台

Fig. 2 Design platform of variant fixture based on knowledge

与记录有产品知识、产品设计原理、产品历史数据、设计事例以及设计分析数据的产品设计库建立联系。在基础库的支持下,利用交互、询问、设计导航及公式化的设计程序进行的产品设计;用

捕捉机制来捕捉设计过程中的推理以及设计交流中的反馈信息,同时存贮到产品设计库相应的子库中;并以设计知识为向导,结合设计事例,进行变型设计,从而提高设计效率。

参考文献:

[1] Dewhurst P , Boothroyd G. Early cost estimation in product design[J]. Journal of manufacturing systems ,1988 ,7(3) :183 - 191.
[2] 帕尔 G 拜茨 W. 工程设计学[M]. 冯培恩 北京 :机械工业出版社 ,1992.
[3] Jenseon T. A taxonomy for design reuse systems :proposing a system for formalized on - line knowledge capturing[A]. Proceedings of Engineering Design Conference 98 on Design Reuse (Eds S. Sivaloganathan and T M M Shahin) [C]June 1998 (Professional Engineering Publishing Limited , London) ,483 - 491.
[4] 钟廷修. 快速响应设计的理论和方法[J]. 液压气动与密封 ,2000 (2) 4 - 7.
[5] 王琪 ,廖文和 ,万久团. 面向对象的可重用三维参数化夹具常用库研究[J]. 组合机床与自动化技术 ,2004 (3) :11 - 13.
[6] WANG Qi ,LIAO Wenhe. Application and Development of Case - Based Reasoning in Fixture Design[J]. Journal of South - east University. 2004 ,20(2) :170 - 175.

Research on Reuse Strategies for Variant Design

WANG Qi¹ , LIAO Wen - he²

(1. Department of Vehicle Engineering Yancheng Industrial Institute Jiangsu Yancheng 224002 ,China ;
2. Institute of New High Technology ,Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Jiangsu Nanjing 210016 ,China)

Abstract Based on the structure of products , it is addressed that the reuse strategies include building standard - parts base , forming the components of product to modularizing , and using the method of the case - based design. And the reuse platform is also intended to support the rapid design , which is applied to the fixture design of the aviation projectresulting in great design efficiency.

Keywords variant design ;reuse design ; rapid design ; CAD