

机械产品

并发设计

CAD

计算机科学1995 Vol. 22No. 4

75-18

机械产品并发设计原理与方法的探讨<sup>\*</sup>

陈久强 殷国富

(四川联合大学机械工程系 成都610065)

TH122

**摘要** This paper deals with basic concepts of concurrent engineering and principles of automatic concurrent design. Based on a available computer-aided integrated environment, a systematic framework for concurrent design of mechanical products is presented. Also, methods to implement concurrent design are discussed.

**关键词** Concurrent design, CAD/CAM integration, Mechanical design.

## 一、前言

为使计算机在机械设计应用中充分发挥作用,创造出一种能模拟人类专家群对复杂产品设计问题进行并行处理、相互合作这一自然属性的软件环境是十分重要的。并发设计(Concurrent Design),作为并发工程(Concurrent Engineering)在产品评价开发活动中的体现,是从传统的串行顺序方式演化到合作并行求解方式的一项重要技术,受到国内外机械工程学者、专家们的关注<sup>[1,2]</sup>,对并发设计理论和计算机支持环境进行了探索和开发<sup>[3,4,5]</sup>。目前的CAD、CAPP、CAM系统大多是按串行方式开发的,不能支持综合、复杂的数据结构,不能支持并发设计所需的系统作业方式。在CAD/CAM智能技术研究中,较多的是进行某一环节局部专家系统的开发,适应性和有效性受到很大限制。由于计算机环境下如何协同多领域、多学科专业专家求解设计问题的基本理论方法和思维模型、并发设计环境中功能完备的产品特征模型以确保产品信息描述唯一性并成为各专业工程师共同语言等均是尚未有效解决的问题,并发设计还缺乏自动化支持工具<sup>[6]</sup>,研究并发设计的基本理论和方法,建立集成化、智能化的并发设计支撑环境是目前并发设计研究的焦点之一<sup>[6]</sup>。

本文在讨论机械产品并发设计概念的基础上,

<sup>\*</sup>国家自然科学基金资助项目。陈久强 博士生,殷国富教授,博士。主要从事机械CAD/CAM及其智能技术研究。

分析了有关基于知识工程技术的并发设计环境的技术难点,论述了并发工程用于产品设计、制造的系统结构和实施策略,提出了并发工程的三个基本要求和变换矩阵的概念,对并发设计系统方法进行探讨。

## 二、机械产品并发设计的基本原理

并发工程是并发进行产品设计及相关过程(制造和支持过程)一体化设计的系统化方法,使产品开发人员从一开始就考虑到产品整个生命周期的所有因素(质量、成本、生产进度、用户要求等),而其中并发设计则指设计工程师在产品设计阶段的早期就综合考虑到工艺规划、制造、装配、测试、维护等其他环节的影响,以证明其设计的正确性与可行性。例如:在产品设计阶段,首先检查制造条件,允许设计者从制造角度去检验设计,并在早期进行可制造性分析和制造经济性评价,以便对设计进行补充、完善,从而降低到达制造阶段才得到的对设计的修正所造成的不必要的资源浪费。正是通过产品设计、材料选择、工艺设计、制造与装配、检验、维护等各个环节的并行集成,达到降低产品成本、缩短研制周期,提高产品质量,充分适应错综复杂的市场变化的目的。

实施并发工程的方法可分为两大类:一是基于专家协作(Team Work)的并行管理方法;二是建立在计算机环境中的并发设计方法,将各个领域知识构成的专家系统、数据库和CAD方法库有机集成,以帮助人类专家进行信息和知识的处理,本文所讨论的内容属于后者,基于计算机技术和知识工程技



#### 四、并发设计实施策略

目前大多数计算机辅助工具(CAD/CAM/CAE)显著提高了生产效益,由于各专业的差异,各种计算机辅助工具的技术标准与目标要求缺乏一致性,高信息的集成还存在一定的差距,为了最高目标地提高经济效益,发展新的计算机辅助工具以支持不同技术背景和处于不同地理位置的工程领域专家群体进行信息交换势在必行,这些信息交换可以是集中式或分布式的、技术性的或管理型的、同步的或非同步的,当然也包括人机交换。为了达到并行处理的目的,这些支持工具必须满足以下要求:

- 1) 互为补充的工程领域专家的集成化;
- 2) 多种富于创造性和竞争力的观点的协调;
- 3) 集中控制的上层任务与实时分布的下层任务之间的通讯;
- 4) 成组问题求解行为的协作。

为了满足这些要求,并发工程软件工具必须具有如图3所示的三项功能要求。图3中 X 轴代表观点,系指在产品生命周期中应该考虑到的功能、结构、制造与维护要求;Y 轴指当前所处的决策行为阶段,即是从初始的概念设计到最后的技术设计与制造阶段中的任一阶段;Z 轴指参与者,表示开发一种富有竞争力的产品时参与的工程师数量,现在所能找到的计算机工具只支持某一观点、偏重某一特殊阶段,即或是用于联网的工具实际上也只适用于单用户,这些工具的特征用原点表示,类比起来,并发工程支持工具完美地集成了多种观点、支持多个阶段,多位参与者协同工作,原理上可看作是空间点(1,1,1)。

##### 1. 运行环境

采用完全相关、一致的工程数据将网络分布式平台集成一体化,实现分布式管理。

(1) 统一的产品模型,使产品模型成为各个领域专家交流和理解的语言,通过提炼各个领域知识的精华进行建模,实现产品数据描述的完整性、统一性和一致性,从根本上保证工程数据库一体化。

(2) 分布式环境,采用计算机网络进行相互通讯与资源共享,使各个领域专家在各自的工作站上独立工作,每个工作站具有自己独特的面向工程对象数据库,必要时每个工作站可以访问其他工作站上

的专家并请求给予帮助或提供咨询意见,继承网络上一般性的数据库。

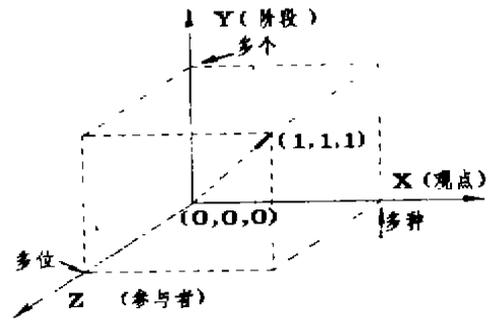


图3 并发工程的三个基本要求

(3) 开放式平台,它是系统与外界进行信息交流的瓶颈,可以完成多媒体信息处理,不仅要求实现人机对话,而且应当是便于灵活使用、对用户友好,具有一定智能(如对图像、声音的识别功能、提供帮助的功能),可以与人一起参与自动化决策工作,因而也是最具创造性和最具开发价值的部分。随着多媒体技术的发展,开放式平台使各个领域专家相互交流更为直接和形象生动,从而显著提高领域专家参与决策的效率,缩短互相适应过程所花费的时间。

##### 2. 知识处理技术(KPT)

知识处理技术为实现高水准的信息提取与利用奠定基础,为了实施高效并行处理,必须改善知识表达方式,克服知识冗余,实现各种领域知识和交叉性知识合理分布与集成,便于领域知识的相互协调和相互理解,真正体现并发设计作为CAD、CAM、数据库的集成化平台作用。

(1) 基于特征的产品模型。产品模型是设计、制造过程的核心,通常把产品的几何形状与抽象的非几何性产品定义(如:公差、表面粗糙度、加工、装配、操作、材料性能等)综合起来形成的高级信息称为特征,大多数特征与制造有关,产品设计图中汇集的几何信息与加工信息可用于设计评价、可制造性、可调度性、可维修性、运行特性及可靠性分析,特征及属性的描述可采用框架表示、面向对象的知识表示或混合的知识表示等多种方法。

(2) 面向制造的设计(DFM)。由于早期决策不可避免地存在不完备性和抽象性,面向制造的设计可以使早期的综合性的多约束条件下的决策动态地

调整其目标函数,使之均衡一致,不断地使决策达到满意的效果。由于设计与制造分属两个不同的知识库所控制,在设计阶段,要满足产品性能和功能要求必须制定较为严格的公差;在制造阶段,为了降低对设备和操作要求并减小制造成本,希望有较大的公差范围;在装配阶段,为了便于工装,希望零件具有较好的互换性,对公差要求十分严格。面向制造的设计就可以权衡和协调这些关系,对产品特性及工艺规划进行优化,使产品容易制造和装配,减少检验工序工作量。从而简化产品设计,降低成本,减少试制费用,缩短产品研制时间,使设计更趋标准化。

### 3. 变换矩阵

从设计状态到制成满足一定功能要求的产品状态存在着一定对应关系,我们用一个变换矩阵  $A$  来描述,可以表示成:

$$[FR]=[A][DP] \quad (1)$$

其中,  $DP$  表示设计参数集,  $FR$  表示产品功能要求,它们既有参量的描述,又有概念型的语义描述。

(1)式提供了从特征空间到功能空间的映射,矩阵  $A$  中各元素提供了各种特征参数与功能要求之间的数值和语义关系,它是设计信息和加工、装配、检测信息的集成。通过对变换矩阵  $A$  的完备性分析及相干性检查,对相互关联和牵制的设计参数进行

重新定义和优化调整,尽量使设计参数相对独立地实现其对应功能要求,消除冗余过程,达到各个过程的协同性,从而找到一种最大限度地降低产品制造复杂度的途径。同时,据  $FR, A$  可以推导出  $DP$ ,在进行新产品设计时,由用户提出产品的功能要求,结合以前产品的设计经验,搜索类似产品的变换矩阵,则可以使零件参数化,形成设计草图和较为粗糙的方案,供设计者参考,这样就节省了许多重复性的工作,降低设计工作的劳动强度,设计者还不断提炼变换矩阵,集类似产品的优点于一体,较容易地设计出让用户满意的产品。

### 五、结束语

并发设计自动化环境的研究意义在于:探讨如何协调多领域、多专业专家求解设计问题的思维过程和合作求解模式,为  $CAD/CAM$  集成、并发设计在  $CIMS$  中应用提供了一种基本理论和技术方法。本文提出的并发设计系统结构和求解策略的特点是:(1)多领域知识的集成化表达;(2)为达到最高目标要求,进行多种突发事件综合决策以及不同观点和结论的协调、控制;(3)并发设计系统结构单元之间以及系统与外部环境之间动态连接并进行信息交换,实现了决策自动化的目的。(参考文献转第50页)

(上接第68页)

户界面基本上是改进后的  $C++$  语言成分集合。首先系统对其中确定成分调出相应构件,非确定成分引导用户查找最为满意构件。这种方法对用户要求水平过高,从根本上摆脱不了语言的约束。现在我们进行的工作是进一步提高界面友好性,试图结合人工智能知识,接收用户的自然语言描述,分析出其中关键成分,与构件进行模式匹配,找出最理想构件<sup>[7]</sup>。这种思想的实现将会使原型法应用更趋于普及化。

#### 参考文献

- [1] 姚淑珍等,原型法及其支持技术,计算机工程,1992.5
- [2] Sharram Hekmatpour, Darrel Ince, Software Prototyping, Formal Methods And VDM Workingham; Addison-Wesley Pub, Comp.,

1988

- [3] 林琪超编,软件开发环境,上海交通大学出版社,1991.5
- [4] Deng-Ji Chen and P. J. Lee, On the Study of Software Reuse Using Reusable  $C++$  Components, Systems Software 1993;20
- [5] 姚淑珍,一种实用的原型开发支持环境,软件世界,1993.3
- [6] 吴怀钊等著,模糊数学与计算机应用,电子工业出版社,1988.12
- [7] Roy Rads et al., Software reuse; from test to hypertext, Software Engineering Journal, Sep. 1992