



唐 林

文章编号: 1003-8728(2001)05-0784-03

机械运动方案智能CAD系统模型研究

唐 林, 王生泽

(东华大学, 上海 200051)

摘 要: 在分析制约机械运动方案智能CAD发展因素的基础上, 提出人机协作型机械运动方案智能CAD设计模式, 并根据运动方案设计过程中不同设计层次具有的设计特征, 建立了面向对象的机械运动方案智能CAD系统设计模型, 模型中每一个对象都有自己独立的设计模式和方法, 由此使机械运动方案智能CAD系统的扩展和实现成为可能, 简化了系统程序的设计、维护和管理。

关 键 词: 机械运动方案; 智能CAD系统; 模型

中图分类号: TP391.72 **文献标识码:** A

机械运动方案设计主要处理对象是反映产品功能需求的功能信息。现有CAD建模技术只适用于几何信息处理, 不支持基于功能信息设计对象模型建立¹。因此, 建立适合于描述和处理运动方案设计中功能信息的模型, 是机械运动方案智能CAD首先须解决的问题。虽然现有CAD理论和方法还不能够支持机械运动方案设计, 但现代设计理论、方法和技术以及计算机科学技术、数据库技术的迅速发展为机械运动方案智能CAD提供了新的、可供使用的手段, 也为设计合理化和科学化奠定了基础。

1 制约机械运动方案智能CAD因素分析

机械运动方案智能CAD成为机械产品自动化设计过程中瓶颈的原因是: (1) 设计过程不确定; 机械运动方案设计过程是一个由一般到具体, 由模糊到清晰的高度抽象思维过程, 也是产品最富创新设计的阶段, 设计对象不同, 设计者的设计经验和设计风格不同, 都会对设计顺序和进程产生影响。系统化描述设计过程同时涉及设计方法学和计算机领域知识, 这些学科本身属于发展学科, 许多观点、方法和技术还处于研究探讨阶段, 因此, 建立计算机能够识别的运动方案设计过程至今还没有取得显著成效。(2) 设计知识不确定; 机械运动方案设计处理的信息多为设计者的经验知识和工程手册中各类知识, 这种知识常常是不确定、不精确、甚至是不完全的模糊型知识。设计者通常根据自己对问题的理解, 在设计过程中逐步地将自己拥有的经

验知识和设计概念通过词汇、图形等表象化, 而其大脑中的实际思维过程, 则是一个黑箱。由于这种设计经验和思路很难用明确的规律和自然语言清楚、准确地描述, 加之自然语言存在模糊性和多义性。因此, 识别机械运动方案设计知识的基本结构和特点, 对其进行形式化抽象描述有一定的困难。模糊型设计知识收集、描述和管理的弱势是阻碍机械运动方案智能CAD发展的关键。(3) 设计方法不确定; 由于受设备条件和技术方法的限制, 传统的机械运动方案设计只能由设计者根据设计条件、设计经验和设计习惯决定, 这是一种隐式但又十分重要的设计知识, 但这些知识存储在不同设计者大脑中, 往往很难甚至无法对其进一步总结归纳, 再利用这类知识则更加困难。(4) 缺少支持决策的CAD技术; 现有CAD技术只能处理数值和图形信息, 难以实现决策的自动化, 而机械运动方案设计中, 机构型综合主要依据设计领域专家的知识 and 经验进行决策, 由此增加了机械运动方案智能CAD的难度。

2 机械运动方案智能CAD模式分析

针对机械运动方案智能CAD制约因素, 制定切实可行的措施, 是实现机械运动方案智能化设计的关键。从机械运动方案的局部设计细节看: 不同设计人员或设计对象, 其设计过程、设计知识和设计方法均有不确定的一面; 但是, 从整个设计过程看, 设计者思维具有共同特征: 确定设计要求→功能分解与综合→机构选型→机构组合→尺度综合→评价优选。这为机械运动方案智能CAD系统的建立提供了有利条件。

建立机械运动方案智能CAD模型, 是计算机辅助机械运动方案设计的核心。从目前具有的计算机应用技术看, 计算机在存储信息和运算速度方面有着无与伦比的优势, 但处理模糊型经验知识和决策支持则不及人类, 甚至无法做到。因此, 建立机械运动方案智能CAD系统, 考虑的核心问题不应是完全的无人自动化, 而是通过人机结合的设计方式解决设计知识不确定问题, 使设计人员从繁杂的设计工作中解脱出来, 把更多的精

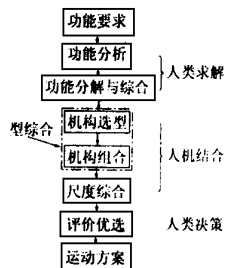


图1 人机结合式机械运动方案智能CAD过程

收稿日期: 2000-06-12

作者简介: 唐林(1957-), 女(汉), 福建, 副教授, 博士后

力放在主要创新设计活动中。

基于这一主导思想以及机械运动方案设计过程中人类遵循的规律, 作者综合运用系统化、模块化和面向对象的设计思想, 将机械运动方案设计分为不同的设计层次和设计模块(见图1和图2),

每个设计层次和模块有不同设计内容和设计方法, 确立各个设计模块的设计方法时, 不仅考虑设计模块的欲达目标, 也考虑设计方法在计算机中可操作性。图1所示的设计过程和图2中的层次化设计模型可以适合于不同的设计对象, 具有通用性。

2.1 功能分解与综合模式

机械运动方案设计中, 确定设计要求, 进行功能分析的针对性较强, 不同产品, 功能分析目标和设计要求内容往往不同, 这一阶段的工作, 人类比计算机有更好的适应性。目前CAD在这一阶段的应用, 主要是标准化设计要求表的框架和栏目特征, 使设计要求结构化^[10, 11, 12]。在人工智能技术水平还没有达到相当水平, 还没有建立含有丰富机构解信息的知识库时, 由计算机完成功能分解与综合很难取得显著成效。功能分解与综合是运动方案设计中富有创新潜力的环节之一, 这一阶段的工作特点是由具体到抽象, 这一层次的创新需要各学科领域的知识, 需要设计者的设计经验和创造性抽象思维能力, 即使这种创新能力能够赋予计算机, 其复杂程度要比由人类完成这项工作高得多。从目前研究状况看, 计算机进行功能分解与综合的能力还不能代替人类。鉴于此况, 文中将功能分析及其分解与综合归属于人类的求解范畴(见图1)。为使计算机能够识别功能分解与综合后的设计过程, 文献^[13]提出了功能结构规范化描述方法。

2.2 型综合自动化设计模式

尺度综合建立在已经初步确定的运动方案基础之上, 因此, 型综合自动化设计理论及实现方法便成为机械运动方案智能CAD研究工作中首要问题。由上文分析和论述的理由知, 型综合是机械运动方案智能CAD的一大难点。从目前计算机具有的应用技术和条件看, 机械运动方案智能CAD型综合自动化设计, 只有将人类智慧和经验与计算机管理和处理信息的能力相结合, 即采用人机协作方式解决机械运动方案设计问题, 才会切合实际, 才能卓有成效。

2.3 评价优选模式

方案评价优选是运动方案设计中一项重要内容。机构功能质量属模糊型知识, 从目前条件和研究状况看, 模糊知识的存储、推理和获取都有一定难度。鉴于此况, 在机械运动方案型综合自动化设计中, 作者用自然语言定性描述机构功能质量(包括机构的工作性能、动力性能、经济性以及结构尺寸等), 并将运动方案的评价和优选蕴涵在型综合自

《CIMS 论文的天地》

动化设计过程中(见图5), 即: 由人类根据功能质量要求和机构具有的功能质量, 做出选择《组合机构的决策。待模糊型知识的存储、推理和获取的难点解决之后, 亦可将评价优选作为智能系统中一个独立的设计层次, 由此进一步提高系统智能化程度。

2.4 机械运动方案智能CAD 模式

图1是人机结合式机械运动方案智能CAD过程。其中功能分析、功能分解与综合以及评价优选为人类求解范畴, 借助人体的分析能力、抽象思维能力和设计经验完成这三个阶段的工作。人机交互式机构选型与组合, 是将人类的经验知识与计算机管理、查询、归纳知识的能力和推理演绎能力相结合, 即: 计算机查询出满足运动功能要求的机构解, 人类根据机构功能质量做出选用《组合机构的决策, 这样, 将机构功能质量的评价蕴涵在机构自动化选型与组合中。

3 面向对象的设计层次模型

复杂系统的设计问题往往按等级分解为较小的、更容易求解的子系统。系统以什么样的标准分级, 不仅受设计问题所在领域的限制, 也取决于设计者的设计思维。机械运动方案设计通常需经过若干层次设计, 逐渐达到设计总目标。

通过系统中的对象以及对象之间的关系, 如实地反映问题域中固有事物及其关系, 是面向对象方法的特征之一。借助于这一思想和方法, 根据机械运动方案各个设计阶段的特征, 视智能CAD为一个系统(整体对象), 并将其划分为功能分解与综合、型综合和尺度综合三个子系统(部分对象)。其中, “型综合”包含“功能元描述”、“机构自动化选型”和“机构自动化组合”三个对象。这样, 机械运动方案智能CAD系统构成图2所示的“整体-部分”对象结构模型。

图2中所有“部分对象”均有独立的设计模式和方法, 各对象间通过消息传递建立联系。这样, 智能CAD系统可以根据发展需要适时地添加新对象, 不断完善和提高机械运动方案智能CAD系统的性能。

型综合是机械运动方案设计的核心, 本文着重以型综合为例, 说明上述思想在机械运动方案智能CAD系统中的具体应用。

4 机械运动方案智能CAD 系统组成及模型

图3是与图2对应的机械运动方案智能CAD系统主要组成部分, 虚线框内是对象

“型综合”的具体描述。AutoCAD 绘图系统是机构组合进行

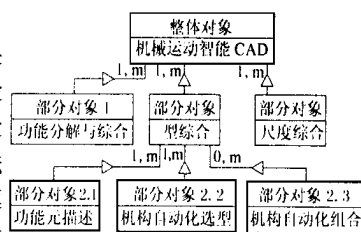


图2 机械运动方案智能CAD系统面向对象的设计层次模型

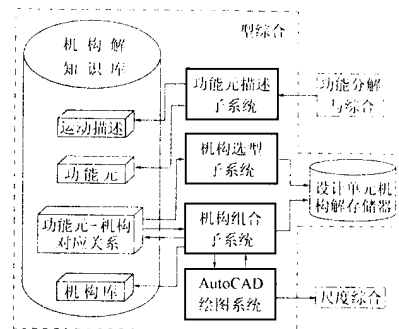


图3 机械运动方案智能CAD系统组成

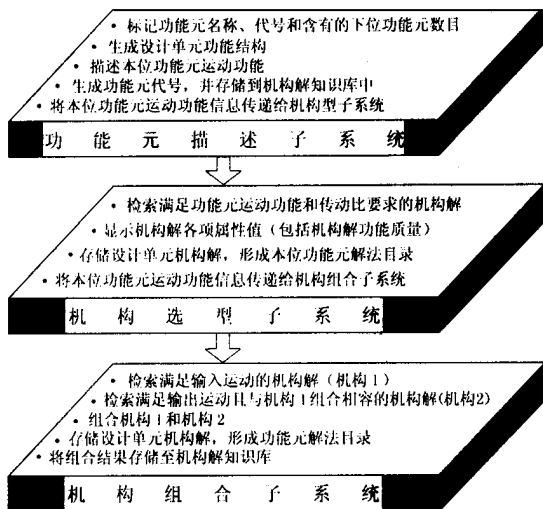


图4 功能元描述、机构选型和机构组合子系统的功用

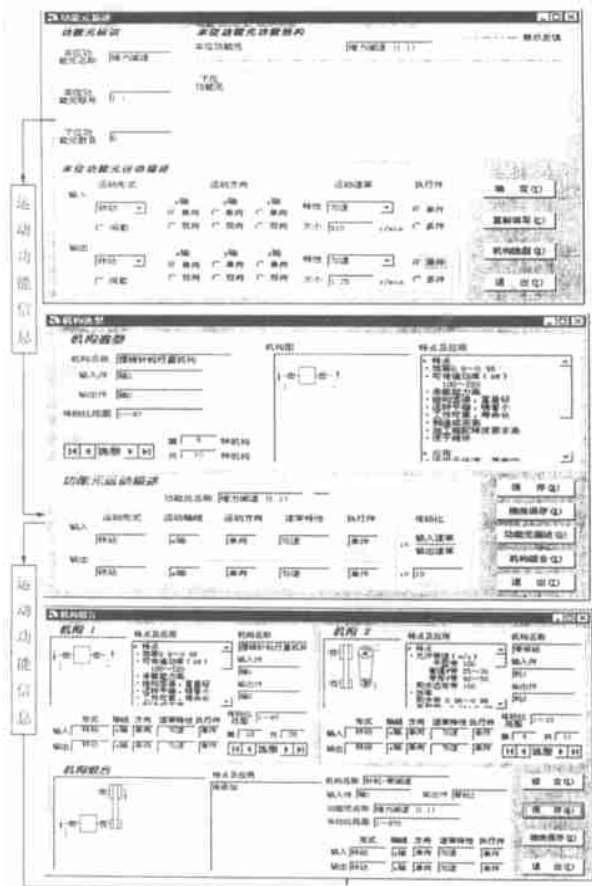


图5 功能元描述、机构选型和机构组合子系统实例界面
简单编辑时的绘图工具，也是尺度综合的辅助工具。设计单元存储器存放功能结构中各个功能元（包括总功能）的机构解。机构解知识库包含功能元和机构的各项属性值，提供功能元与机构间的对应关系，具有一定的辅助推理能力¹⁴，是功能元描述、机构选型和机构组合3个子系统的媒体。

图4描述了隶属于“型综合”3个子系统的详细功用，图5是与其对应的实例界面。这3个子系统均有独立的设

《CIMS 论文的天地》

计模式和方法，其间通过运动功能信息建立联系¹⁵。功能元描述子系统为设计者提供描述设计单元本位功能元信息的界面¹³，是机械运动方案智能CAD系统采集设计信息的重要环节；机构选型子系统的主要任务是：在机构解知识库中检索出满足运动功能和传动比要求的机构解，同时向设计者显示机构解的有关知识（功能质量和机构特征），为其提供评价依据¹⁴。机构组合子系统的功用是：选择出分别满足输入、输出运动功能且具有组合相容性的机构进行组合，根据设计者的要求，可将组合后得到的新机构及其相关知识作为新机构解存储到机构解知识库中¹⁵。机构选型和机构组合模块中的“特点及应用”反映当前机构的功能质量，用自然语言描述，设计者可以根据属性项“特点及应用”的属性值（机构功能质量）做出选择。组合机构的决策，完成评价机构的工作，实现人机结合的型综合自动化设计模式。

图6 是机械运动方案智能CAD模型

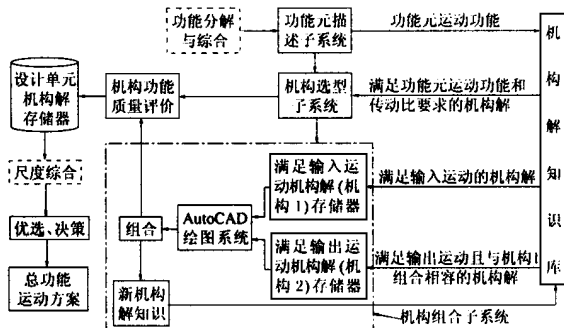


图6 机械运动方案智能CAD模型

5 结束语

设计过程、设计知识和设计方法的不确定性，以及缺少支持决策的CAD技术是制约机械运动方案智能CAD发展的主要因素。文中提出人机协作式智能CAD设计模式和面向对象的机械运动方案智能CAD系统层次化设计模型。模型中每一个对象均根据运动方案设计过程中不同设计层次具有的设计特征而建立，各个对象都有自己独立的设计模式和方法。这样，机械运动方案智能CAD系统功能的扩展与实现成为可能，简化了系统的程序设计、维护和管理。

基于文中人机协作式机械运动方案智能CAD系统的设计模型，作者研制出机械运动方案型综合自动化设计软件JXFA SJ，该软件具有一定的通用性，文献15中详细列举了JXFA SJ在四工位专用机床和摇头风扇运动方案设计中的应用。人类完成功能分解与综合之后，经过JXFA SJ机构自动化组合子系统的若干次组合，分别获得四工位专用机床和摇头风扇的运动方案。

(下转第792页)

(上接第786页)

[参考文献]

- 1 张翰等 计算机辅助概念设计研究[J]. 机械科学与技术, 1999, 18(2): 333~335
- 2 彭雁虹等 面向并行工程的产品设计生命系统模型探讨[J]. 机械设计, 1997, 14(3): 1~3, 26
- 3 胡荣才等 机械 CAD 系统中知识组织方法的研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 1997, 9(4): 328~333
- 4 张成林 基于决策的概念设计过程模型[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 1993, 5(2): 136~140
- 5 应保胜等 TDES—三系列工业汽轮机方案设计专家系统[J]. 机械设计, 1990, 7(4): 9~12, 8
- 6 孙造占等 设计型专家系统的知识表示[J]. 计算机研究与发展, 1993, 30(10): 44~48
- 7 汪利 机械运动系统概念设计及其智能化支撑平台的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 1999
- 8 冯培恩等 基于设计目录的原理方案及其求解过程的特征建模[J]. 机械工程学报, 1998, 34(2): 79~85
- 9 钟佩思等 面向复杂产品方案设计的集成知识表示研究[J]. 机械科学与技术, 1998, 17(6): 901~902, 908
- 10 Kuttig D. Die Funktionsstruktur als integraler Bestandteil des rechnerunterstützten Konstruktionsprozesses[J]. Konstruktion, 1992, 44(5): 183~192
- 11 Feldmann D. G. et al. Qualitätssicherung in Entwicklung und Konstruktion Durch Nutzung Von Konstruktionserfahrung[J]. Konstruktion, 1996, 48(1/2): 23~30
- 12 Otto N. K. et al. Eine Methode zur Definition technischer Produktanforderungen[J]. Konstruktion, 1997, 49(11-12): 19~25
- 13 唐林等 用设计单元法实现计算机辅助机械运动方案设计[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12(8)
- 14 唐林等 机构自动化选型原理及实现[J]. 中国机械工程, 2001, 12(9)
- 15 唐林 机械运动方案型综合自动化设计理论及其实现[D]. 上海: 上海交通大学, 2000, 38~98

Research on Model of Intelligent CAD System for Mechanical Kinematic Scheme

TANG Lin, WAN G Sheng-ze

(Donghua University, Shanghai 200051)

Abstract: A design mode of intelligent CAD for mechanical kinematic scheme in which mankind cooperates with computer is put forward after analyzing the factors restricting its development, and an object oriented intelligent CAD system design model in which each subject (subsystem) has its independent design mode and method was established according to design characteristics of different design layers in design process. It makes possible the expansion and realization of intelligent CAD system for mechanical kinematic scheme, and simplifies its design, maintenance and management of the CAD system program.

Key words: Mechanical kinematic scheme; Intelligent CAD system; Model

