

汽车总体设计专家系统的研制^{*}

黄晓云¹, 张国忠², 张凤赐¹

(1. 沈阳大学浆体输送研究所, 辽宁 沈阳 110044;

2. 东北大学机械工程与自动化学院, 辽宁 沈阳 110004)

摘 要: 以 VC++ 6.0、SQL Server 7.0 和 UG II 作为开发环境, 在认真分析汽车总体设计阶段的任务和特点的前提下, 利用人工智能技术、数据库技术、参数化绘图技术和面向对象方法开发了一个专家系统, 该系统能基于专家知识推理出总体设计阶段所需的各参数, 最终绘出参数化的三维总布置图, 并可进行总布置校核。

关键词: 汽车总体设计; 专家系统; 参数化; 图库; 数据库

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2003) 01-0031-04

汽车总体设计是根据整车设计总目标, 明确各种要求的主次关系, 协调统一, 形成整车设计方案的过程。它是汽车设计中极其重要的设计环节, 不仅贯穿整个设计过程, 而且为各总成、部件的设计构建框架。总体设计质量的高低对汽车的设计质量、使用性能、先进性和产品生命力起决定性的作用。由于总体设计牵涉的面广, 设计中涉及的变数多因此开发新车型不仅对设计师的经验和能力有较高要求而且必须用先进技术辅助设计师综合决策、优选参数、优化设计, 以应付汽车市场激烈的竞争。结合我国汽车设计的现状, 根据汽车总体设计阶段的特点 (既有符号推理, 又有数值计算还有图形绘制), 本文利用人工智能技术结合参数化绘图技术、数据库技术以及面向对象的软件开发技术, 建造汽车总体设计专家系统, 尝试提高我国汽车总体设计的水平, 缩短产品的开发周期。

1 系统设计思想、功能和总体结构

1.1 设计思想和主要功能

本系统的设计思想可以简述为, 以货车为载体, ① 归纳总结出汽车总体设计参数选择的领域知识、专家经验; ② 建造知识库; ③ 建立推理机; ④ 建立解释机制; ⑤ 建立人机接口; ⑥ 建立参数化的汽车总布置零件图库、总成图库和方案图库; ⑦ 设计总布置校核等。但是, 这些工作决不可孤立进行, 必须综合研究分析, 考虑相互关系和全局观念进行设计。系统的主要功能是根据用户输入的数据, 基于知识库中的知识, 自动确定总体设

计阶段的有关参数 (发动机类型、发动机的安装位置、车轴数、驱动形式、尺寸参数、质量参数和性能参数等), 生成参数化的汽车三维总布置图, 并可对总布置进行校核。在整个设计过程中用户可进行干预修改。

1.2 系统的总体结构

系统总体结构见图 1。

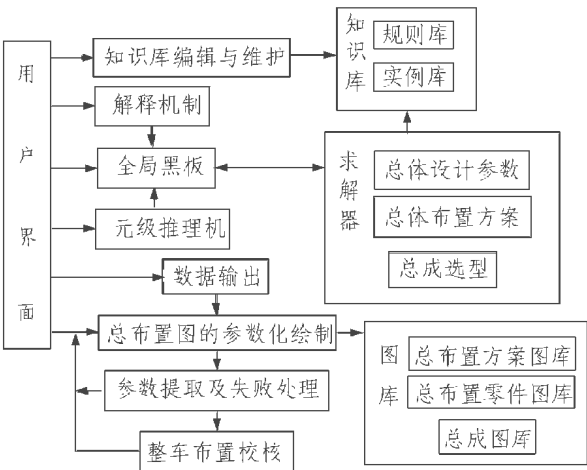


图 1 汽车总体设计专家系统结构图

Fig 1 The structure of expert system of overall vehicle design

1.2.1 知识库和知识库编辑与维护模块 知识的表示和获取是专家系统的“瓶颈”, 知识表示质量的高低直接影响整个专家系统的质量。

本系统知识库利用 SQL Server 7.0 进行管理。
汽车设计是以老的设计结果为新的设计方案的

^{*} 收稿日期: 2002-08-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (59835050)

作者简介: 黄晓云 (1966 年生), 女, 博士研究生; 通讯联系人: 张国忠; E-mail: lhxxy7651.student@sina.com

起点的, 老的设计结果中蕴涵了人类的宝贵经验知识, 所以本系统知识库中除了以规则形式表示的领域知识外, 还包含以往设计成功的车型实例数据, 为设计提供参考。现阶段实例库中搜集了一汽解放牌货车各种基本型的实例数据。规则库中存放的是以规则形式表示的领域知识, 由多个数据库文件组成, 每个文件对应一个求解器, 即一个子任务。各文件以一定格式书写, 在系统运行时由求解器的具体方法进行加载。在归纳知识时要考虑的因素很多, 为了充分利用专家系统的符号推理能力, 凡是能用数学公式描述的知识, 均作为具体求解器的方法实现, 其余的作为规则存储于知识库。

规则知识的表示形式为:

规则号 IF (前提) THEN (结论)

前提是一个条件或几个条件的“AND”形式, 若是后一种情况, 只有在几个条件都成立时, 结论才被接受。每个条件可以是若干项的“OR”形式。

以下是一条具体的规则:

规则 2

- IF 1) 汽车总质量 ≥ 4
- 2) 汽车总质量 < 12
- 3) 发动机=汽油机

THEN 单位燃料消耗量=2.8~3.2

知识库的编辑与维护模块是利用 VC++6.0 的 ODBC 功能实现的, 它以列表的形式把知识库中的知识显示给用户, 用户可通过它完成对知识库中知识的浏览、添加、删除和修改。

1.2.2 求解器 结合领域知识, 本文将总体设计阶段的参数求解任务分解为不同的子任务, 如发动机类型选择子任务、轴数选择子任务等。每个子任务有各自的目标求解变量, 服从不同的求解方法, 彼此之间既相互独立又存在着相互联系。通过分析各子目标, 系统建立了一个求解器基类, 并由它派生出具体的求解器类, 从而生成具体的求解器。每个子任务对应一个求解器。每个求解器都封装了有关的规则集 (利用 VC++ 的 ODBC 功能, 通过 Recordset 类, 加载相应的知识库文件而得) 和用于分析及计算的方法集, 通过正向推理求解其目标变量, 并将所求结果显示给用户, 用户可对其进行修改。各求解器都内嵌了一个局部黑板, 作为局部动态数据区, 用于记录有关的事实, 目标变量求解的中间和最终结果以及求解路径。求解器之间是有一定联系的, 需进行通信。本系统中它们可直接通信也可通过全局黑板进行间接通信。

系统启动参数求解功能后, 先根据用户输入的初始数据搜索实例库, 初步确定各目标变量的值,

并将其作为各求解器中目标变量的默认值, 而求解器利用其基于规则的正向推理结果对各目标变量的默认值进行必要的修正。

1.2.3 全局黑板和推理机 全局黑板是系统的全局动态数据区, 记录了全局事实、全局目标变量和整个系统的求解状态和踪迹, 它可以和各求解器直接通信, 并可实现各求解器的间接通信。其实, 每个求解器相当一个子专家系统, 具有自己的推理机, 以进行其目标变量的求解, 因而这是一个多子系统的专家系统。汽车设计的各子任务间是有一定的依赖关系的, 各子任务的求解是有一定的前提条件的, 例如, 驱动形式子任务的求解必须在总质量已知的前提下才能进行, 因而, 各求解器中都设置了激活条件, 只有满足了这些条件, 求解器才能被激活从而进行目标变量的求解。为了求得当前可激活的求解器, 系统设计了元级推理机, 它根据全局黑板记录的系统求解状态信息, 检查各求解器的激活条件, 确定当前可激活的求解器集, 并顺序激活之。

以一个求解器 A 的求解结果为激活条件的求解器 B 被称为 A 的关联对象, 每个求解器中都封装了其关联对象集, 当用户在解释机制中修改了一个求解器的设计结果并选择基于此结果重新推理时, 元级推理机利用此关联对象集信息按一定的顺序激活相关的求解器进行重新推理。例如, 驱动形式求解器的关联对象为主要尺寸求解器和轴荷分配求解器, 当驱动形式求解器的设计结果在解释机制中被修改了, 而用户选择重新推理时, 元级推理机按一定的顺序依次激活主要尺寸求解器和轴荷分配求解器, 然后再根据主要尺寸求解器和轴荷分配求解器中的关联对象集信息排序激活其他相关求解器, 如此这般, 直到最终完成重新推理。

由此可见, 本系统采用了两级 ES 推理控制策略。

1.2.4 解释机制 通过与全局黑板通信, 回答用户提出的 HOW、WHY、WHAT WHETHER 等问题。本系统采用预制文本法实现专家系统的透明性。用户在此可以对不满意的设计结果进行修改, 并可选择是否在修改的基础上重新进行推理。

1.2.5 数据输出 数据输出完成两项功能: 一是以 TXT 文件的形式存储专家系统的可行设计结果。在 UGII 环境下, 通过 Grip 程序读入该 TXT 文件, 就可在此基础上进行总布置图的参数化绘制; 二是以一定的格式将专家系统的推理结果经打印机输出。

1.2.6 图库 各图库的开发是基于 UG II 平台, 利

用其二次开发工具 Grip 和 UG /Open API 结合 C++ 语言实现的。

(1) 总布置零件图库。随着汽车零部件通用化、系列化程度的提高,同类型的零件或产品往往结构相同或相似,只是具体尺寸有所区别,这些特点有利于方便地建立参数化的零件模型以减少重复性的劳动。

总布置时,一般以总成为整车装配单元。通过系统地分析货车的功能和结构形式,本文将其分为车身总成、车厢总成、车架总成、发动机总成、离合器总成、变速器总成、传动轴总称、前桥总成、后桥总成、座椅总成等若干部分,每个总成由若干主要零件组成,总布置零件图库中存放的就是这些主要零件的图形数据。由于总体设计阶段只需确定各总成的型式、特征参数、控制尺寸和质量,因此,总布置零件图库中只包括与整车总布置密切相关的总成主要零件,且零件是经过简化的,只具有代表其特征的结构和尺寸。

在开发该图库时注意了以下几个问题:①建模过程中要尽量多运用几何约束和参数之间的相互关联以减少表达式数目和后面的编程负担;②以总成为单位建立总布置零件图库,这样可以利用 UG II 的 Interpart Expreion 功能建立同一总成内零件间的相互尺寸关系;③对于系列化、标准化的产品,如发动机和轮胎等,考虑到用户可以选用已有产品也可自行开发,提供了两种设计方法供用户自由选择。对于已有产品,通过 Excel 表格建立 Part Family,用户可以打开电子表格,选择合适的规格,以此驱动零件表达式得到产品的不同版本;如用户想自行设计零件,只要通过对话框或 Import 数据文件输入所需参数便可得到符合要求的零件模型,设计师可在此基础上进行修改。④考虑到总体设计阶段对零件进行的只是粗加工,后续工作还要对其进行扩充和精加工,总布置零件图库全部采用基于 Sketch 的 Sweep 方法建造,因为基于 Sketch 的 Sweep 方法能避免因参数变化而引起的零件的拓扑结构的变化。

(2) 总成图库。总成图库中存放的是各总成的装配模型,描述了组成总成的主要零件的空间位置和约束关系。为了实现装配模型的参数化修改,本文使用了带约束的装配功能(通过 UGII 的 Mate Component 实现),这样零件间有关联关系,当一个零件移动时,存在约束关系的所有零件随之移动,始终保持相对位置,约束尺寸还可以灵活修改。另外,为了使用户能自由替换总成中的零件,所有零件均采用基准特征定位。

当设计师从下拉菜单中选择所需的总成种类、具体类型,输入主要零件尺寸数据和零件之间的装配尺寸数据,系统就自动生成各零件的实体模型和一个由各主要零件装配而成的总成实体模型。

输入数据有手工经对话框输入、由数据文件输入和由电子表格输入等方式供选择。

(3) 总布置方案库。通过分析目前货车常用车型及总布置方案,将其归为长头、短头和平头三大类,每类又根据总成形式和相对位置的不同细分为若干种方案,每种方案对应一个总装配,从下拉菜单中选择或由系统根据专家系统的推理结果自动选择一种装配方案(相当于一级装配),并选定相应的总成(相当于二级子装配),输入所需参数,系统能自动将这些总成装配成整车,设计师可在此基础上继续调整各零部件的位置。

该图库的开发方法与总成图库类似,只是这时的装配件是总成。

1.2.7 总布置图 的参数化绘制、整车 布置校核和物理参数提取 总布置图 的参数化绘制模块可基于各图库、数据文件和用户输入的数据完成汽车总布置图 的参数化绘制,利用 UGII 的动画功能,通过修改相关尺寸参数,很容易对相对运动部件进行运动校核,例如,对于发动机与前车桥之间的运动间隙校核,用户可以通过改变前悬架弹簧的厚度(代表弹簧变形)来模拟前车桥上下跳动的情形;而对于前轮转向时的运动间隙校核,只要通过对转向轮输入一定的转向角就能完成。设计师可据校核结果对总布置图进行适当调整。

总布置方案确定后,利用 UG II 的 Information 功能可以自动提取整车的几何参数(如总长、总宽、总高、接近角、离去角、轮距、轴距等);当设定了零件的密度或指定其质量后可以获得整车的物理参数(如质量、轴荷分配、质心位置和转动惯量等),将这些参数值与专家系统的推理结果作校核,可经局部调整使之满足设计目标。

2 本系统的工作流程

本系统的工作流程如图 2。启动系统后,进入主窗口,用户可选择进入:

(1) 知识库编辑与维护窗口,在这里,用户可选择进入不同的知识库文件,并根据菜单完成对知识库的各种操作。

(2) 参数求解管理窗口,用户此时可启用:
① 参数求解功能,系统进入输入初始数据窗口,该窗口与全局黑板通信,将所得数据转换成全局黑板中的全局事实。接着,系统根据全局黑板中的事

实搜索实例库，给各求解器中的目标变量置默认值，然后系统调用元级推理机，元级推理机根据全局黑板的信息激活各求解器，各求解器完成其目标变量的求解，并将求解结果显示给用户，用户可对求解结果进行修改，并可询问该求解器的有关求解过程；② 解释机制，用户可根据菜单和列表选择系统的解释功能；③ 数据输出，当用户认为专家系统的设计结果符合要求了，便可选择该功能将有关数据输出到 .TXT 文件中，或经打印机输出。

(3) 总布置图的参数化绘制，在这里完成汽车总布置图的参数化绘制，然后系统调用参数提取及失败处理模块，最后进入整车布置校核，并根据这两个模块的结果分别决定是否返回到总布置图的参数化绘制模块进行局部调整。

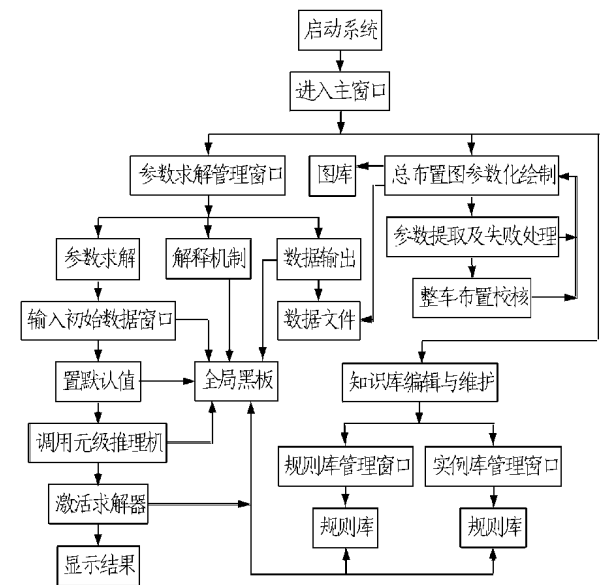


图 2 专家系统工作流程图

Fig 2 The flow diagram of expert system

3 结 论

人工智能技术和参数化技术在机械 CAD 中的应用是当前机械设计研究的热点，汽车总体设计专家系统是这两种先进技术在汽车设计中的一次尝试。目前系统正处于建造之中，可望在建成后能推动我国汽车工业的发展。

参考文献:

[1] 彭昆, 雷雨成. 基于 UG 平台的汽车总体设计专家系统的开发[J]. 上海汽车, 1999(11): 3—5.
[2] SHAH J J. Assessment of features technology[J]. Computer Aided Design, 1991, 23(5): 331—342.
[3] SOLANO L, BRUNET P. Constructive constraint-based model for parametric CAD system[J]. Computer-Aided Design, 1994, 24(8): 614—621.
[4] 刘雄伟, 郑海波, 屠晓明. 参数化特征造型中拓扑结构变异的一种解决办法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2001, 13(3): 267—270.
[5] HAN J H. Integration of feature based design and feature recognition[J]. CAD, 1997, 29(5): 393—403.
[6] MANTYLA M. A modeling system for top-down design of assembled product[J]. IBM J Res Dev, 1990, 9(5): 200—213.
[7] 王峰, 俞新陆. 产品级三维参数化设计系统的研究与开发[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2001, 13(11): 1012—1018.
[8] BRONSVOORT W F. Feature modeling and conversion——Key concepts to current engineering[J]. Computer in industry, 1993, 21(1): 61—86.
[9] GORTI S R, SRIRAM R D. From symbol to form: a framework for conceptual design[J]. Computer-Aided Design, 1996, 28(11): 853—870.
[10] WESLEY M A, LOZANO-PEREZ T, LIEBERMAN L I, et al. A geometric modeling system for automated mechanical assembly[J]. IBM J Res Dev, 1980, 24(1): 64—74.

Development of Expert System of Overall Vehicle Design

HUANG Xiao yun¹, ZHANG Guo zhong², ZHANG Feng -ci¹

(1. Research Institute of Slurry Transportation, Shenyang University, Shenyang 110044, China;

2. School of Mechanical Engineering & Automation, Northeastern University, Shengyang 110004, China;)

Abstract: Based on the conscientious analysis of the task and feature in overall vehicle design stage, an expert system is developed with using Visual C++ 6.0, SQL Server 7.0 and UG II. It can, depending on the expert knowledge, impetrate all the parameters required by the overall vehicle design and give the parametrizing overall layout graph in three dimensions.

Key words: overall vehicle design; expert system; parametrizing; graph gallery; database