

# 组合机床模块化设计 CAD 系统

李春梅, 崔凤奎

(河南科技大学 机电工程学院, 河南 洛阳 471003)

**摘要:**根据组合机床设计特点,将模块化设计技术应用于组合机床 CAD系统。以分级模块化为主导思想,在功能分析的基础上划分组合机床的各级模块并按照面向装配设计的原则设计了模块接口。以三维设计软件UG为开发平台,针对组合机床的每一级模块建立相应的全参数化三维模型库,开发出支持模块化设计的组合机床 CAD系统。

**关键词:**组合机床;模块化程序;三维;计算机辅助设计

**中图分类号:** TG65; TP391.72

**文献标识码:** A

## 0 前言

目前模块化设计已被广泛应用于机械设计领域,它的主要优点是能满足用户对于多品种的要求,可以快速进行产品的系列化设计<sup>[1]</sup>,因此模块化技术特别适用于具有系列化特点的组合机床产品设计中。

组合机床是一种针对专门零件的生产设备,具有以下特点<sup>[2]</sup>:整机中通用部件占很大例,只有少量的专用部件;通用部件的独立性强,具有相对独立的结构;品种多,批量小;具有明显的分级特性;用户要求交货周期短。针对组合机床的上述特点,发展了机床的模块化设计方法<sup>[3]</sup>。

机床设计领域的发展现状是模块化、智能化以及 CAD/CAM/CAPP的集成。当前在组合机床 CAD系统的开发应用方面取得了长足的发展,同时也存在一些问题,主要是缺乏从主机角度进行设计、分析和评价系统<sup>[4]</sup>,不能支持自上而下的从概念设计到详细设计的过程。本文把 CAD技术和模块化设计两种设计方法结合起来,开发出支持模块化组合机床设计的 CAD系统。本系统支持自上而下的组合机床产品设计,可有效地提高设计水平和工作效率,缩短开发周期,降低成本。

## 1 组合机床 CAD 系统总体模块化设计

模块化设计是在功能分析的基础上,划分并设计出一系列功能模块,通过模块的选择和组合可以构成不同的机床,实现不同的功能要求<sup>[5]</sup>。

利用模块化设计的方法,建立组合机床模块化设计 CAD系统的步骤如下:

(1) 组合机床功能分析:进行市场调查,分析用户需要,总结组合机床实现的功能,建立组合机床的总体功能模型,并将机床功能分解为不同级别、层次的子功能。

(2) 总体结构设计:在组合机床功能模型的基础上,实现功能-结构映射。根据组合机床的功能层次,寻求实现功能的结构载体,产生机床结构布局方案,同时进行机床结构、外形尺寸的初步规划。合理地划分结构模块,每一个模块都具有独立的结构,对应一定的功能。

(3) 详细结构设计:利用三维造型工具,将结构概念模型细化,对模块进行标准化、系列化详细设计。针对组合机床的每一层模块都建立相应的全参数化控制三维模型库,用户在这个库中调用需要模块的三维模型进行装配。

(4) 建立 CAD系统主控界面和数据库等:除了建立各级模块的相应三维模型库之外,本 CAD系统还要建立存放设计过程中所需要数据的数据库,以及设计过程中的数据处理和分析程序。在其上建立一个友好的人机交互界面,用户在系统引导下完成设计过程中的模块选择、模块调用、模块组合和设计计

基金项目:河南省科技攻关资助项目(0224330092)

作者简介:李春梅(1973-),女,山东莒县人,硕士生;崔凤奎(1957-),男,河南鄆城人,教授。

收稿日期:2004-06-18

算等过程。

组合机床 CAD 系统结构图如图 1 所示。组合机床 CAD 系统的设计过程中,模块化设计的思想贯穿始终。其中最重要的一步就是根据模块化设计理论,在设计模块的基础上建立组合机床产品模板库。模块的设计分为模块的划分和模块综合两部分。本系统主要在功能分析的基础上划分各级模块,采用面向装配的原则来设计模块的接口,实现模块综合的灵活性和多样性。

### 1.1 在功能分析的基础上划分组合机床的各级模块

模块的划分是一个复杂的分析过程,模块划分太细,可以组成较多的变型产品,但模块的综合较为困难;模块划分过粗,模块综合性较好,但导致产品性能不合理,柔性太差。因此划分组合机床模块需要综合考虑各方面的因素。组合机床具有明显的分级特性<sup>[6]</sup>,因此本系统按照分级划分的原则,从粗到细划分了不同级别、不同层次的模块,每一级的模块都可以划分为更小的模块。模块的分级划分建立在功能分析的基础上,每一级的模块都对应于一定的功能,具有独立的结构。

在模块划分之前,首先进行市场需求分析,将用户需求转化为机床的功能需求。然后分析组合机床的功能,建立组合机床总体功能模型,并将总体功能分解为不同级别、不同层次的子功能。

对组合机床整机功能进行抽象,首先建立机床的总体功能模型。组合机床整机的功能反映在它所完成的加工工艺内容上。因此在整机层次上,可以划分实现不同加工工艺内容的整机模块。在整机功能之下,对组合机床的功能进行进一步划分。这一层上可以划分为加工单元、装夹单元、控制单元等模块。对组合机床部件功能还可以进一步细化。分为动力部件模块、输送部件模块、支撑部件模块、控制部件模块、辅助部件模块等。

### 1.2 按照面向装配设计的原则设计模块接口

面向装配设计是指在概念设计阶段就考虑装配中可能存在的问题,以确保零件快速有效地装配。模块的划分和设计应该遵循面向装配设计的原则,通过功能特征与产品结构之间的映射实现由概念设计到详细设计这样自上而下的设计过程<sup>[7]</sup>。为此模块应该具有易于装配的可互换性接口,以保证模块组合的快速准确。

模块接口是存在着相互结合关系的模块在结合部分存在的具有一定几何形状、尺寸和精度的边界结合表面。模块接口模型包括:接口形状、接口方位、接口功能。模块接口的设计应该考虑接口的统一性,即具有相同功能的模块接口应该采用相同的接口几何形状,接口方位应该一致,模块接口材料、几何尺寸的精度、表面粗糙度应该尽可能的统一。

为了保证模块之间可以实现良好的互换性,接口的系列化是重要的途径。在模块接口系列化的基础上,对于同一系列的接口,提供标准化的接口几何尺寸系列。

## 2 系统的模块化三维造型模板库

本系统以三维设计软件 Unigraphics(简称 UG)为开发平台,采用 UG/OPENAPI 开发接口,VisualC++ 编译环境。包括组合机床加工示意图设计模块、切削用量计算模块、主轴箱设计模块和组合机床各级模块装配模型模板库。利用 UGUIstyler 开发出与 UG 风格完全一致的用户界面,采用数据库技术管理设计计算和模板库中的标准数据。

本系统根据模块化设计的原则,将概念模型细化为具体的三维装配模型。系统的装配模型模板库是根据上述模块的划分而设定的。系统采用了三维参数化造型技术,为每一级模块都建立对应的三维模型。

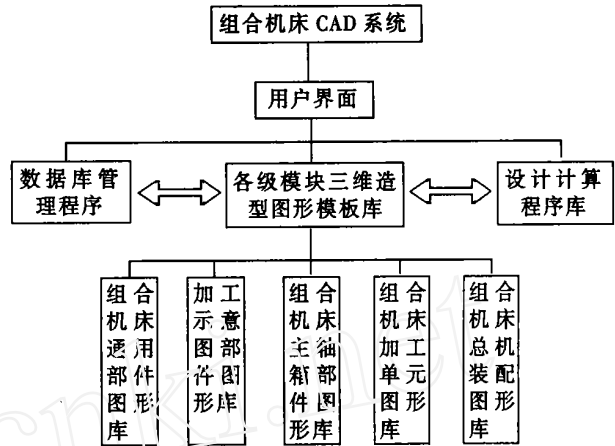


图 1 组合机床 CAD 系统结构图

在设计模块的三维造型模板库时,遵循模块化设计的原则,系统具有下面的特点:

(1)采用参数化三维造型技术建立模块库:参数化建模采用尺寸驱动技术,以约束造型为核心。由于组合机床通用部件的数据已经标准化、系列化,可以实现用几个关键尺寸驱动整个视图的绘制<sup>[8]</sup>。组合机床分级模块结构的三维模型通过这些尺寸作为参数来控制。控制三维模型的参数分为三种:

控制零件轮廓尺寸的参数。

对于通用件和标准件,零件的轮廓尺寸分为主要轮廓尺寸和次要轮廓尺寸。主要轮廓尺寸已经标准化、系列化,次要轮廓尺寸与主要轮廓尺寸有确定的约束关系。主要轮廓尺寸的标准化数据存放在数据库中,用户从界面输入所选标准件或者通用件的型号,系统在数据库中得到相应的标准数据,并且根据主要轮廓尺寸计算出次要轮廓尺寸,赋予三维模型并对模型进行更新。

装配约束参数

零件进行装配时,与其他部件间形成一定的装配约束关系,并可由装配参数控制。装配约束包括配合、对齐、平行、垂直等。

接口参数

控制模块之间接口的形状、方位关系等参数。对于通用件和标准件,接口参数已经标准化,相应数据可以由数据库中自动获取。对于非通用件模块的接口设计,为了保证模块的互换性,也实行标准化系列化设计。例如主轴箱,因为与动力箱存在固定的装配关系,因此主轴箱的接口设计也实现了标准化。用户通过输入模块主参数,直接或者间接的控制模型参数,更新三维模型,生成需要的零部件。

(2)遵循面向对象的模块化设计原则

系统设计模块时,采用面向对象的设计原则。对于每一个模块而言,包括模块内部和外部两方面的信息:内部信息包括模块功能、内部结构尺寸等;外部信息即接口信息,包括形状、方位、结合面属性等。系统将模块内部信息全部封装,内部信息对用户是一个黑箱,用户只需关心接口信息。

(3)用 WAVE 技术控制模块内部装配结构

在模块的设计中,功能设计映射为结构设计是以装配模型作为表达设计功能的全局结构。装配模型由部件结构、部件之间的装配关系和装配约束组成,需要考虑部件之间功能结构上的关系,以及零部件之间的装配顺序、装配方向等。

组合机床设计模块对应的各级装配模型,不仅包括部件结构,还包括部件之间的装配关系和装配约束。在 UG 中,部件之间的装配约束可以由三种方法实现:尺寸驱动、约束驱动和 WAVE 全相关设计。尺寸约束可以用来控制部件间的尺寸相关,约束驱动用来建立装配体中零部件之间在空间位置上的联结关系。WAVE (What-if Alternative Valuable Engineering) 技术是 UG 实现全相关设计的关键技术,支持从概念设计到详细设计。

本系统的模块设计中,使用 WAVE 技术将模块按设计规则形成一个控制结构,在其中定义所需要的几何信息和参数,使组合机床各级模板装配模型中的子模块之间的几何特征都是整体相关。

利用本系统生成的三面加工组合机床见图 2。用户只需输入主要参数即可得到所需的三维模型,在此模型基础上进行细化设计。

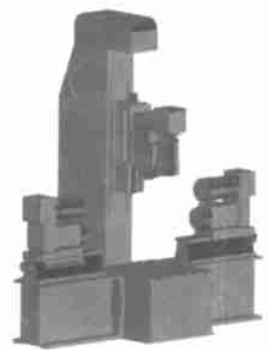


图 2 三面加工组合机床

### 3 结束语

本文在模块化设计理论的基础上,进行组合机床 CAD 系统的开发,实现了计算机辅助模块化设计。该系统提供了组合机床各级模块的参数化三维模型模板库,在每个层次级别上都建立了系列的模块模板库,支持产品从概念设计到详细设计。用户可以根据自己的需要,选择合适的平台模板来进行组合机床设计,有效的提高了设计效率,缩短产品开发周期。

本系统可以进一步完善,为并行工程、智能化设计以及 CAD/CAM/CAPP 的集成提供基础。

**参考文献:**

- [1] 傅迎春. CAD系统在机床模块化设计中的应用[J]. 计算机辅助设计与制造, 1998, (5): 31-33.
- [2] 沈阳工业大学. 组合机床设计[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990.
- [3] 王 军, 李金良. 机床的模块化设计与专家系统技术[J]. 机床与液压, 2002, (6): 199-201.
- [4] 葛爱和, 盛伯浩. CAD技术与机床整机设计[J]. 焦点, 2001(5): 13-15.
- [5] 张锡滨. 基于模块化的虚拟机床设计[J]. 企业技术开发, 2001, (11): 4-5.
- [6] 刘小鹏, 张为国. 机床模块化设计中的模块创建以及应用[J]. 华中理工大学学报, 2000, 28(5): 16-17.
- [7] 王隆太, 盛爱平. 基于CIMS的组合机床CAD系统的研究开发[J]. 扬州大学学报, 1999, 2(4): 64-66.
- [8] 孙建军, 李玉翔, 肖 放. 组合机床通用部件参数化绘图系统设计[J]. 天津工业大学学报, 2001, 20(4): 48-51.

## CAD System for Machine Tool Based on Modular Design Technology

Li Chun - Mei, Cui Feng - Kui

(Electromechanical Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China )

**Abstract:** Based on the characteristics of the design of machine tool, the modular designing technology is applied to CAD system for modular machine tool. The modules of machine tool are divided according to their different functions. The interface between the modules is designed based on the principle of assembly. The system which is developed on UG supports the modular designing technology and includes parametric - driving 3 - D models which correspond to every module of machine tool.

**Keywords:** Modular machine tools; Modularized programs; Three - dimension; Computer aided design