

组合机床模块化设计 CAD 系统

河南科技大学机电工程学院 (洛阳 471003) 李春梅 崔凤奎

一、组合机床 CAD 系统总体模块化设计过程

组合机床模块化设计就是根据用户的需求,在功能分析的基础上,设计出性能、结构各异而功能相同的一系列可互换功能性单元和一些专用、独立部件,然后将其组合成单台机床或者柔性加工单元。

利用模块化设计的方法,建立组合机床模块化设计 CAD 系统分为如下几个步骤:

(1) 组合机床功能分析 首先需要进行市场调查,分析用户需要,根据组合机床的加工要求,总结出组合机床应该实现的功能,建立起组合机床的总体功能模型,并且将机床的功能分解为不同级别、不同层次的子功能。

(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。进行总体结构设计的时候,应该合理地划分结构模块。每一个模块都应该具有独立的结构,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,确定机床每一层模块部件的详细结构,对模块进行标准化、系统化详细设计。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。在三维模型库、数据库和

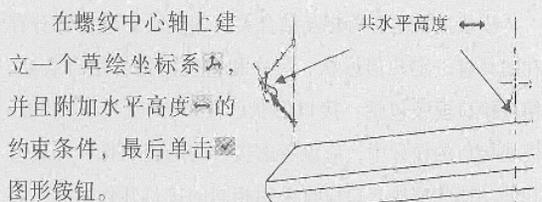


图3 收尾水平约束

在螺纹中心轴上建立一个草绘坐标系,并且附加水平高度的约束条件,最后单击图形按钮。

建立第二个截面:接受默认角度值,产生一个草绘坐标系,并在左方建立一个点,单击图形按钮。收尾效果如图4所示。

在进行角度收尾时是利用关系式进行参数化收尾,在确定螺纹尺寸时选择【关系】,然后选择螺纹特征与旋转扫描(螺纹收尾部分),将全部尺寸显示出来,此时选择【零件关系|增加】并输入如下所示的关系式:

$d_{22} = d_{23}/360 \times d_{20}$

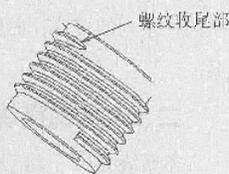


图4 螺纹收尾效果

其中:

d_{22} 表示旋转扫描特征的第二个截面(一点)与草绘坐标系距离, d_{23} 表示旋转扫描特征的第一个截面旋转至第二个截面的角度, d_{20} 表示螺纹的螺距值。

可以取旋转角度 d_{23} 为 60° ,完成螺纹收尾,其余螺纹收尾以同样方法制作。完成制件的三维模型制作,效果图如图5所示。

对“L”形塑料螺纹接头的造型设计具有以下特点:

(1) Pro/E 参数化造型简便。

(2) 利用截面水平约束和关系式的参数化可对螺纹收尾,收尾的参数化使尾端角度和高度修改方便。

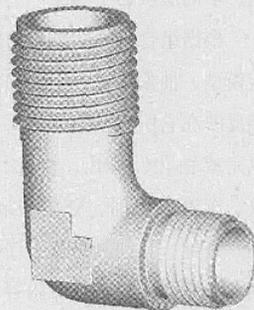


图5 制件三维图

(收稿日期: 20041031)

程序库之上,需要建立一个友好的人机交互界面。用户通过这个主控界面和模块造型库进行交互,在系统引导下完成设计过程中的模块选择、模块调用、模块组合和设计计算等过程。

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,实现模块综合的柔性和多样性。

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,虽然可以组成较多的变型产品,但是模块的综合较为困难;模块划分过粗,模块的综合性较好,但是导致产品性能上的不合理,柔性太差。因此在划分组合机床模块的时候,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,因此我们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。这样用户可以根据自己的需要选择合适级别的模块来进行设计。

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一定的功能,具有独立的结构。

首先进行功能分析市场需求,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。建立组合机床总体的功能模型,并且将机床的功能分解为不同级别、不同层次的子功能。

根据组合机床的整机功能,首先建立机床的总体功能模型,抽象出组合机床的总功能。组合机床整机的功能反映在它所完成的加工工艺内容上。组合机床整机可以完成钻孔、扩孔、铰孔、镗孔、切槽、切削内外螺纹、车削、铣削、磨削、滚压以及冲压、焊接、热处理、装配、自动测量等工序,可以实现单面钻孔、双面钻孔、三面钻孔等加工内容。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,例如单面钻孔组合机床模块、单面铣削组合机床模块、双面钻组合机床模块等。

在整机功能之下,我们对组合机床的功能进行进一步划分。为了实现加工内容,组合机床需要对工件进行装夹、切削加工,加工过程中需要对工件冷却、照明等。对应于实现这些功能,组合机床可以分解为下面几

部分:实现某种加工工艺内容的加工单元、工件装夹单元、控制单元、照明、冷却等辅助部分。例如一台三面钻单工位组合机床,可以将其分解为三个进行钻削加工的加工单元、工件装夹单元、冷却与润滑装置、机械扳手等。因此,这一层上可以划分为加工单元、装夹单元、控制单元等模块,如钻削加工单元模块、铣削加工单元模块等。

对组合机床部件功能还可以做进一步细化。例如,对一个加工单元,要实现刀具的切削主运动、刀具的进给运动;对工件装夹单元,要实现工件的装夹、工件的进给等功能。与这些功能对应,可以把组合机床部件模块分为动力部件模块、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。例如钻削头模块、液压滑动模块等。

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进行装配,从而支持自顶向下的设计过程。模块的划分和设计应该遵循面向装配设计的原则,需要解决的一个主要问题就是模块应该具有易于装配的互换性接口,以保证模块组合的快速准确。

模块接口是有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。模块接口的设计中,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数系。

二、系统的模块化三维造型模板库

本系统是以三维设计软件 Unigraphics (简称 UG) 作为开发平台,采用 UG/OPEN API 开发接口, Visual C++ 编译环境,开发出组合机床 CAD 系统。该系统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 UG Uistyle 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。

在设计模块的三维造型模板库的时候，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。三维模型通过参数来控制。控制三维模型的参数分为三种：

(1) 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。例如，组合机床中的立柱是通用件，它的外形尺寸已经标准化。在本系统中，将立柱的名义尺寸设为主参数，用户只需输入立柱的名义尺寸，系统以这个数据为查询参数，向数据库中查得立柱的底长、高度等参数，并根据系统中设定的一定尺寸关系计算出所有控制参数，赋予三维模型并更新。

(2) 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。

(3) 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，直接或者间接地控制模型参数，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，包括两方面的信息，一方面是模块的内部信息，包括模块功能、内部结构尺寸等；另一方面是模块的外部信息，即接口信息，包括形状、方位、结

合面属性等信息。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。例如，用户选择一个钻削加工单元时，只需输入钻削头名义尺寸，选择滑台类型，钻削加工单元模块内部的信息由系统在后台处理，如钻削头尺寸，相应滑台和侧底座尺寸，钻削头、滑台、侧底座之间的装配约束、接口尺寸都由系统在数据库查询并赋予三维模型并更新模型。

3. 利用 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连接关系。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。

三、结论

作者在模块化设计理论的基础上，在三维设计软件 UG 平台上进行二次开发，建立了组合机床 CAD 系统，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，有效地提高了设计效率，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 的集成提供了基础。

(收稿日期：20041016)