

# 基于模块化设计的石材异型制品加工设备 CAD 开发系统\*

张进生, 任秀华, 王志, 张超

(山东大学机械工程学院, 济南 250061)

**摘要:** 运用模块化设计和基于实例的推理等理论, 开发了石材异型加工设备的人机交互式 CAD 设计系统, 该系统可以实现石材设备及其功能模块的快速选择、查询和设计。本文介绍了该系统的设计开发思想、关键技术、组成框架及基本工作流程, 并以设计实例予以说明。

**关键词:** 石材; 设备; 模块化; 开发; 系统; 数据库

**中图分类号:** TP391; TH12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3881(2004)10-134-3

## CAD Development System of Equipment for Machining Irregular Stones Based on Modularization

ZHANG Jin-sheng, REN Xiu-hua, WANG Zhi, ZHANG Chao

(School of Mechanical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

**Abstract:** An interactive CAD system of equipments for machining irregular stones was developed based on the theories of modularization and CBR, which realizes the rapid selection, consultation, and design of the equipments and their functional modules in the development platform. The design thought, key technology, frame and basic process of the system were put forward, and explanatory examples were illustrated.

**Keywords:** Stones; Equipment; Modularization; Development; System; Database

### 0 引言

随着石材制品不断向高档化、异型化、艺术化发展, 石材行业迫切需要开发相应的多功能、效率高、自动化的石材加工设备, 尤其是希望石材异型制品加工设备的功能可以重构。

山东大学建材与建设机械研究中心与山东省石材工程技术研究中心在吸收国内外同类产品优点的基础上, 成功研制了“SS 系列数控石材异型制品加工设备”。为更好地满足客户个性化、多样化的需求, 我们运用模块化设计的思想和基于实例的推理等理论, 结合数据库技术开发了石材异型加工设备 CAD 设计系统。用户可以根据自己的要求快速选择、查询、设计出相关的设备或功能部件, 构成所需功能的新型加工设备<sup>[1,2]</sup>。

### 1 CAD 系统设计开发思想

设计由面向用户的功能要求开始, 应用功能-结构映射原理, 对整个产品系列采用自上而下(top-down)的设计方法, 将用户的需求逐步分解得到产品功能配置, 也就是将产品的功能分解得到子功能、功能元, 每一个功能元由相应的零部件来体现。将系统按照功能分解为若干相对独立的模块, 通过模块间的相互组合与匹配, 可以得到不同功能、不同规格的加工设备<sup>[3,4]</sup>。

设计思想是面向客户的功能需求, 创建一个支持参数化设计和数据库信息传递的人机交互式 MachineDesign 开发系统。使用时, 该系统可根据客户输入的设计要求, 进行快速选择、设计、组装各组成模

块和整机产品, 并把相关数据存入数据库中, 完成数据库中信息的查询、修改、追加与更新<sup>[3]</sup>。具体过程如图 1 所示。

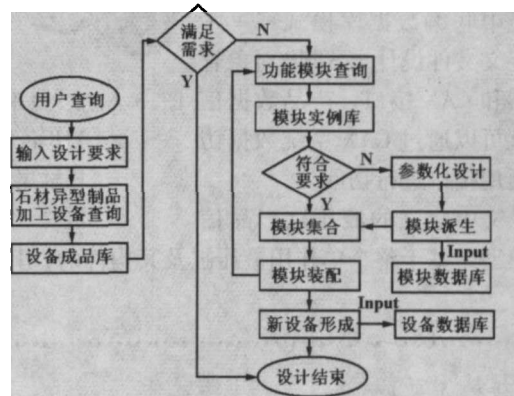


图 1 石材异型制品加工设备设计流程图

### 2 系统设计开发的关键技术

#### 2.1 模块化设计技术

模块化设计是在对一定范围内的不同功能或相同功能的不同性能、不同规格的产品进行功能分析的基础上, 划分并设计出一系列功能模块, 并使模块系列化、标准化, 通过模块的选择和组合可以构成不同的产品, 以满足市场不同需求的设计方法。模块化设计的主要技术有模块划分、模块创建、模块组合和分类编码。模块划分和创建是将产品的总功能分解为一系列子功能, 然后确定独立模块和组合模块; 模块组合是选择所需模块并通过接口判断, 快速组合成满足用户要求的产品; 模块编码的目的是使模块信息的描述

\* 基金项目: 山东省高技术产业发展项目 (编号 sd99-08)

代码化, 便于模块的查询、选择、组合和管理<sup>[5]</sup>。

石材异型加工设备的特点是部件的功能明确、结构相似, 便于根据功能原理确定产品的结构, 进行模块划分, 实现快速设计。本系统是在分析石材设备零部件功能的基础上, 根据模块划分的原则, 将 SS 系列石材异型制品加工设备结构部分划分为工作台、横梁、拖板、动力头、框架五大基本功能模块, 如图 2 所示。通过模块间的不同匹配与组合形成不同类型的石材设备<sup>[6]</sup>。

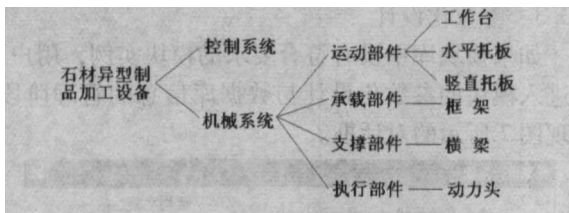


图 2 异型石材加工设备基本功能模块划分

### 2.2 基于实例的推理

基于实例的推理 (Case - Based Reasoning, CBR) 是一种相似类比推理方法, 将经验知识应用于求解新问题的过程模式, 利用具体的实例作为新问题求解的基础。CBR 系统的基本结构如图 3 所示。

在该系统中, 当用户提出设计任务后, 首先在设备及其功能模块库查找与用户所需参数完全匹配的产品, 如若失败, 则搜寻有关能匹配所需参数的

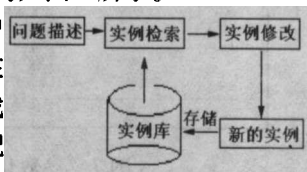


图 3 CBR 系统的结构图

模块; 若检索不到符合要求的实例, 再进入参数化设计系统进行相应的修改、设计, 直到得到所需的产品, 形成新的实例; 然后将新产品存入数据库 (实例库) 中完成数据库信息的充实和更新<sup>[6]</sup>。

### 2.3 参数化设计技术

对于石材异型制品加工设备来说, 其结构设计参数虽然变化复杂, 但在一定的设计主参数范围内, 其结构布局形式变化不大。在该系统中, 石材异型加工设备的参数化设计与建模是在三维设计开发软件上实现的。采用参数驱动的建模方式, 可使设计者根据具体的设计要求快速生成市场需要的模型。

### 2.4 数据库技术

机械设备是具有一定功能、表现为一定性能并具有特定结构的装置。以面向对象的方式建立起来的数据库系统能集中地表达机械产品的功能、性能和结构数据, 有利于产品数据在产品的设计、制造和管理各阶段的可用性。

该开发系统包括石材异型制品加工设备数据库和功能模块数据库。用户刚开始进入系统界面时, 就可以通过数据库来查询是否存在满足要求的加工设备或

功能模块。如图 4 所示, 点击下拉菜单“设计! 数据库的选择、查询与更新”, 进入设备数据库或功能模块数据库进行相关信息的查询、追加、修改与更新等。

(1) 设备数据库。用户通过人机界面按照设计要求输入设备所要加工的制品类型、材料与尺寸范围来查询设备的相关信息, 保证产品性能的可靠性。

(2) 模块数据库。根据模块编码或关键技术参数来查询、存储和管理现有模块的所有数据。模块库中的数据信息主要包括模块的名称、功能、结构形式、尺寸范围与其它部件的连接形式等。

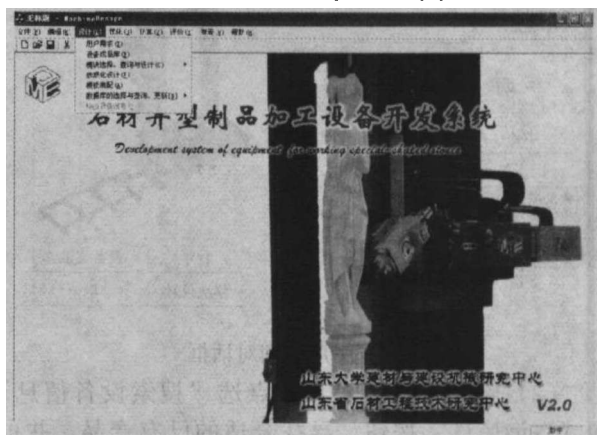


图 4 石材异型制品加工设备开发系统界面图

## 3 石材异型制品加工设备 CAD 开发系统简介

### 3.1 系统环境及设计工具

该系统是以 Windows 2000 作为支持程序运行的操作系统, 选用支持面向对象编程并且有很强的数据库开发能力的 Visual C + + 6.0 作为开发工具。图形建模和零部件的参数化设计是在三维 CAD 设计软件 Pro/E 上进行的, 并以开放式数据库系统 Access 来建立、管理设备数据库和功能模块数据库。

### 3.2 系统主界面说明

如图 4 所示, 该系统主界面由菜单栏、工作窗口、工具栏和状态栏等几部分组成。菜单采用主菜单与下拉菜单形式, 操作起来更加方便、快捷。用户可根据需要, 通过点击不同的菜单选项或命令提示按钮完成一系列操作。本文主要研究石材异型制品加工设备的模块化设计系统<sup>[4]</sup>。

### 3.3 模块化设计系统主要结构组成

石材异型制品加工设备模块化设计是在分析传统模块化设计的过程和石材加工设备结构设计特点的基础上建立的。系统分为四大部分: 用户查询系统、模块化设计、参数化设计和模块装配。

#### 3.3.1 用户查询

(1) 根据石材异型制品的形状特点和加工方式的不同, 将制品分为六大类: 平面浮雕, 立体雕刻,

内曲面, 异型回转体, 大直径外曲面, 异型台面、内外边缘花线。点击图 4 中下拉菜单“设计 | 用户查询”, 进入图 5 所示的查询对话框。用户可以按照制品种类、材料及所要加工制品的尺寸范围这 3 个设计要求查询设备信息。其中“加工制品”和“加工范围”这两个选择项是互为约束、互相限制的, 不同的制品对应不同的范围; 对于同一类加工制品, “加工范围”也存在多种不同选项。

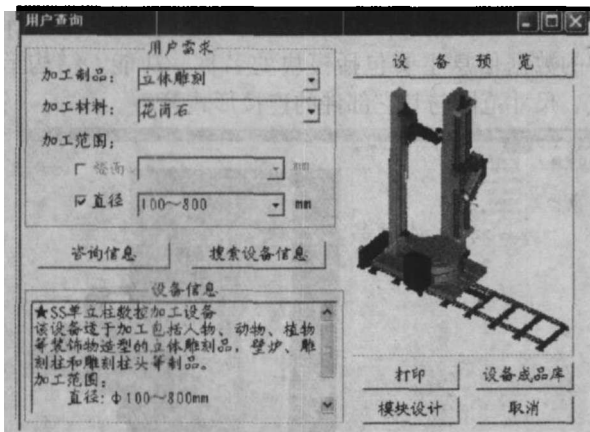


图 5 用户查询对话框

(2) 输入设计要求后, 点选“搜索设备信息”和“咨询信息”按钮, 寻找合适的已有产品, 并可预览三维实体模型, 得到相应的设备信息列表; 如果没有所需设备, 则图片显示为空, 说明该设备正处于设计阶段。

如果想详细了解某些设备信息, 进入“设备成品库”, 可查看每一种设备的详细信息包括设备名称、所属系列、设备特点、应用范围、尺寸范围、性价比以及参考价格等。

### 3.3.2 模块化设计

(1) 用户如果没有查询到所需设备, 点选图 5 所示的“模块设计”按钮, 进入模块的选择、查询和参数化设计环境。

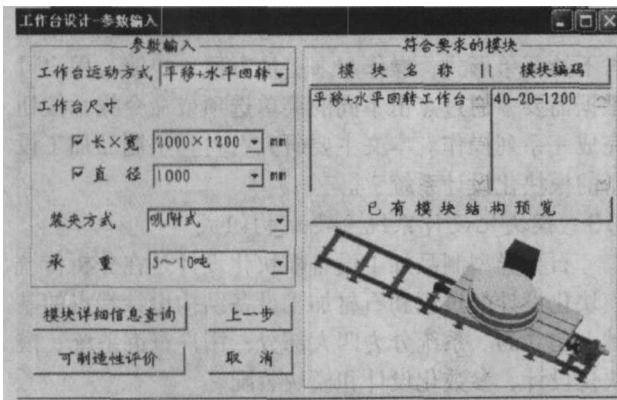


图 6 模块查询对话框

(2) 图 6 为工作台模块查询设计系统。用户通过选择所需的设计参数(工作台运动方式、尺寸、

装夹方式、承重), 可以查询出对应模块的名称、编码并预览模块三维结构图, 从中选择符合要求的模块实例。其中, “工作台运动方式”与其它选项及其包含的内容之间是相互约束的。

(3) 最后点选“模块详细信息查询”按钮, 查看具体的模块数据信息, 包括模块名称、类别、主要功能、编码、结构特征、运动方式等。

(4) 对其它模块重复以上步骤, 查询满足要求的模块信息。

### 3.3.3 参数化设计

如果模块库中没有符合要求的模块实例, 用户可以进入模块的参数化设计与数据库信息的管理阶段, 出现图 7 所示的对话框。

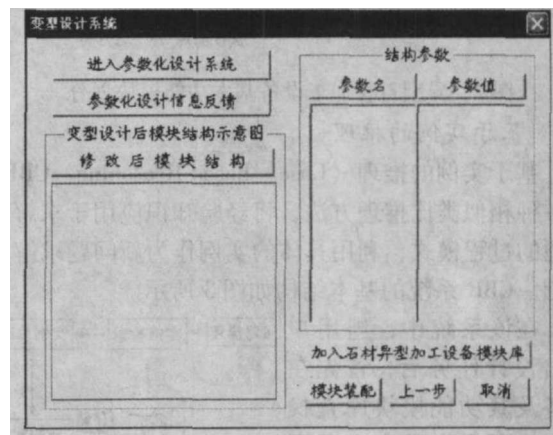


图 7 参数化设计对话框

(1) 点击“进入参数化设计系统”后, 该 CAD 开发平台就会进入 Pro/E 或其他三维设计(如 Solid-Edge、SolidWorks、UG 等)环境, 直接打开相应模块进行参数化变型设计, 直到得到所需模块结构。

(2) 在该对话框中, 点选“参数化设计信息反馈”可以在右边的区域显示出修改后模块的相应参数名、参数值, 也可以进入数据库系统浏览该模块参数化设计后的信息; 同时可以显示修改后模块的三维结构图, 并将得到的新型模块信息存储到石材异型制品加工设备模块数据库中。

### 3.3.4 模块装配

从模块实例库中将符合要求的模块通过接口判断组装成整机, 可以得到不同规格、不同功能的产品, 并能预览装配后的新设备结构; 将该设备信息追加到设备数据库中, 完成数据信息的充实与更新。同时, 也可以对所设计的产品进行结构分析与仿真、全生命周期评价, 得到评价结果和改进意见, 并可返回设计过程进行修改, 逐步完善设计方案。

## 4 结论

系统以石材异型制品加工设备为研究对象, 面向客户的功能需求, 按照功能模块化原理, 以开放式(下转第 154 页)

1 所示的一样, V 腔与 VI 腔相通, 因此 V 腔通入低

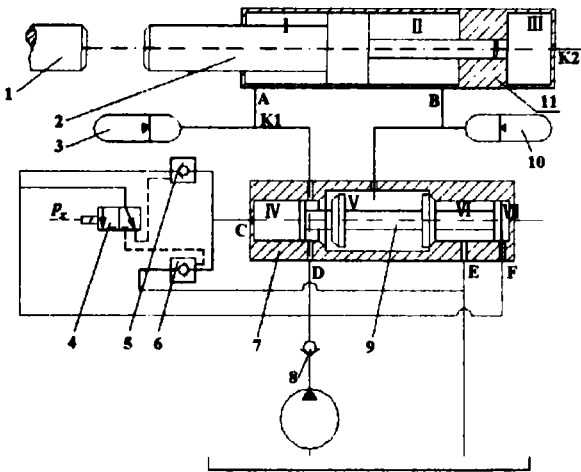


图 2 液压冲击铲的冲程状态

压油, II 腔也就通入低压油, 这时 I 腔对活塞产生的压力高于 II 腔的压力, 活塞减速到停止, 冲程结束。

此系统中的单向阀是用来防止高压油回流, 以保证系统压力升高, 对传感器的压力判断有利。

### 3 结论

高速开关阀控制的液压冲击铲是一种新的设计。它通过高速开关阀控制两个液控单向阀交替的开端, 从而控制配油阀往复运动, 达到控制液压缸的 II 腔的油压的高低, 以完成活塞杆往复运动形成冲击的目的。对高速开关阀的控制是通过 PC 机与单片机来实现上下位机的控制, 而此控制系统是根据采集氮气室

(上接第 136 页)

层体系形式建立起来的 CAD 开发系统。用户根据需要, 通过点击命令键, 输入设计参数和设计要求, 进行快速选择、设计、组装各组成模块和整机产品, 实现石材异型制品加工设备的快速设计。

系统人机界面友好, 操作简单、使用方便, 采用了可视的对话框输入方式。该系统的产业化实施, 可以实现:

(1) 缩短产品设计和制造周期, 快速响应市场变化。开发新产品可以利用系统提供的大量通用模块, 增加少量专用模块; 改变某些插件进行局部修改, 即可组成新产品。

(2) 降低产品成本, 提高产品竞争力。用模块化思想进行产品设计, 以少变应多变, 以少量模块组合成多种产品, 最经济地满足各种使用要求。

(3) 提高产品质量和可靠性, 实现整机优化。根据所提出的设计参数, 选择或设计出最优的模块结构, 并由此组成最优的产品结构。

### 参考文献

和 I 腔的压力传感器的信号、以及脉冲信号的周期综合判断来给高速开关阀发控制信号的。调节 PWM 信号的周期, 改变压力传感器的规定压力值, 从而改变高速开关阀的切换频率, 最终就可以调节液压冲击铲的冲击能和冲击频率。也可利用控制系统控制变量泵来调节供油的流量和压力来改变冲击能和冲击频率。利用此控制系统把对高速开关阀和变量泵的调节相结合, 使之成为一个系统, 这样就可以更好地完成调节工作。

当然, 高速开关阀控制液压冲击还处于研究阶段, 与实际使用还有一定的距离。控制中所用的 PWM 信号的频率, 传感器的判断压力值, 泵的供油量的调节范围都需要反复试验, 在这个基础上, 给出正确标定, 然后得出普遍性的结论, 这样才能在控制中对这些量进行正确的调节, 以达到方便、准确的控制的目的。

### 参考文献

- [1] 赵宏强. 独立无级调节控制的新型液压碎石机研究[D]. 中南工业大学, 1998.
- [2] 张新. 机电一体化的新型压力反馈式液压冲击器系统研究. 中南工业大学, 1999.
- [3] 严金坤, 张培生. 液压传动. 国防工业出版社, 1979.
- [4] 赵宏强, 何清华等. 独立无级调节控制的新型液压冲击器. 工程机械, 1999.

作者简介: 孟庆鑫, 哈尔滨工程大学教授, 主要研究方向: 水下机器人技术。

收稿时间: 2003 - 11 - 05

- [1] 张进生, 王志. SS 系列石材异型制品加工设备实现了模块化制造. 石材, 2001 (1): 31.
- [2] 栾芝芸等. 数控异型石材加工设备的 80c552 单片机控制系统. 石材, 1999 (9): 36 ~ 37.
- [3] French M. J, Conceptual Design for Engineers. London: Springer, 1999: 1 ~ 15.
- [4] 赵民等. 异型石材参数化结构 CAD 设计系统. 石材, 2000 (10): 9 ~ 12.
- [5] 施进发, 梁锡昌. 机械模块学理论. 中国机械工程, 1997, 8 (6): 53 ~ 55.
- [6] 刘思宁. 基于知识、自上而下的机械 CAD 系统. 机械科学与技术, 1999, 18 (5).
- [7] P. Gu, M. Hashernian, S. Sosale. An Integrated Modular Design Methodology for Life - Cycle Engineering. Annals of the CIRP, 1997, 46 (1)

作者简介: 张进生, 男, 1962 年出生, 山东大学机械工程学院教授。主要从事制造过程自动化和石材工程技术方面的研究, 取得成果 10 余项、专利 6 项, 获省部级奖励 9 项。出版著作 4 部, 发表论文 40 余篇。电话: 0531 - 8392008, 13325108366, E-mail: zhangjs@sdu.edu.cn.

收稿时间: 2003 - 11 - 19