

文章编号: 1001-4934-(2003)06-0007-04

# 基于特征的交互式模具 CAPP 系统开发

花广如, 高崇辉, 周雄辉, 阮雪榆

(上海交通大学 国家模具 CAD 工程研究中心, 上海 200030)

**摘要:** 数字化制造成为 21 世纪模具技术的核心, 为适应这一趋势, 从解决工程实际问题出发, 利用 UG 提供的 API 接口函数和 VC++6.0 与 ORACLE 数据库平台, 开发了基于特征的交互式模具 CAPP 系统, 解决了 CAD/CAM 集成过程中各类特征信息获取和辅助工艺决策问题, 提高了模具工艺自动化和数字化管理水平, 基本满足了现有模具企业对 CAPP 的需求。

**关键词:** 特征; 交互式 CAPP; 模具; 信息获取

中图分类号: TP39 TH18 文献标识码: A

**Abstract:** The numerical manufacturing has become the kernel of die & mold technology in 21<sup>st</sup> century. In order to adapt for this trend and solve the practical problem in engineering, the system has used the API interface functions supported by UG and VC++6.0 and Oracle database platform, developed the interactive mold & die CAPP system based on feature, solved the problems of receiving all kinds of feature information and assistant making process decision in CAD/CAM integration, and improved the level of process automatization and numerical management of die & mold. The system has basically satisfied the need of current die & mold enterprise.

**Key words:** feature; interactive CAPP; die & mould; information receiving

## 0 引言

模具作为塑性成形加工的重要工艺装备, 其设计与制造水平直接影响着机械、电子等众多领域产品的质量和生产效率。CAD、CAM 等先进技术的不断深入应用, 在一定程度上提高了模具的质量、缩短了制造周期<sup>[1]</sup>。当前, 制造业信息化成为世界制造业发展的大趋势, 作为制造业重要组成部分, 模具的数字化制造理应成为 21 世纪模具技术的核心。模具的数字化制造就是要实现设计数字化、工艺数字化、加工数字化、管理和服务的数字化等<sup>[2]</sup>。计算机辅助工艺过程设计 (Computer Aided Process Planning; CAPP) 作为公认得连接 CAD 与 CAM 的桥梁, 其发展直接影响着模具的整个数字化制造系统。必须解决 CAPP 与 CAD/CAM 的有机集成。

近年来, 随着计算机集成制造系统 (CIMS)、并行工程 (CE)、智能制造 (IMS)、虚拟制造 (VMS)、敏捷制造 (AM) 等先进制造技术的发展, 无论从广度上还是从深度上, 都对 CAPP 的发展提出了更新更高的要求。

从以往的经验教训中可知, 务必要采用循序渐进的方式, 开发各种计算机辅助系统。先从实际问题出发, 再逐步提高自动化、智能化水平。

CAPP 既要不断提高自身的实用化、自动化和智能化水平, 还必须考虑与其他系统的有机集成, 这样才能从整体上提高解决问题的能力。为此, 本文从解决工程实际问题出发, 利用 UG 提供的 API 接口函数和 VC++6.0 与 ORACLE 数据库平台, 开发了基于特征的交互式模具 CAPP 系统。在第 1 节中介绍了 CAPP 与其他系统的集成, 第 2 节中介绍了本 CAPP 系统的各功能模块; 第 3 节中给出了本系统的一个应用实例。

收稿日期: 2003-07-02

基金项目: 教育部博士点专项科研基金资助 (20020248017)

作者简介: 花广如 (1972~), 男, 博士研究生。

万方数据

## 1 CAPP 与其他系统的集成

CAPP 是实现 CAD、CAM 集成的桥梁,同时它生成的工艺规划还是 MRPII 进行生产调度的依据。PDM 系统作为集成平台,既要为 CAD/CAPP/CAM/MRPII 系统提供数据管理与协同工作的环境,又要为系统的集成运行提供支持。

CAD 系统需要从 PDM 系统获取设计任务书、技术参数、原有零部件图纸、资料以及更改要求等信息,而 CAD 系统产生的 2D 工程图和 3D 模型(包括零件模型与装配模型)、零部件的基本属性、产品明细表、产品零部件间的装配关系、产品数据版本及其状态等,需要交由 PDM 管理。CAPP 系统导入 CAD 的产品装配图和零件图,首先进行结构工艺性分析,对不符合结构工艺性要求的部分向 CAD 部门给出反馈意见,进行协同讨论解决。通过工艺性分析后,进行零件的分类,确定自制件、标准件和外购、外协件,将相关信息交给 PDM 管理。对自制件零件进行毛坯选择和设计后,进行机加工工艺设计和其他专项工艺设计,然后进行工序排序和组合,生成零件的工艺流程。对其中的数控加工工序进行数控编程,选择刀具和切削参数,生成刀位文件。然后将工艺流程存入数据库,交由 PDM 管理,供其他模块共享和调用。CAM 模块对生成的刀位文件进行后处理,针对具体的数控机床生成 NC 代码,用于数控加工。MRPII 从 PDM 中获取材料明细表、自制件的工艺流程、制造资源状况、加工信息、工程更改信息等制造资源计划以及生产调度,并向 PDM 提供更改请求信息、原材料信息、设备状态信息等。整个集成系统的结构框图如图 1 所示。

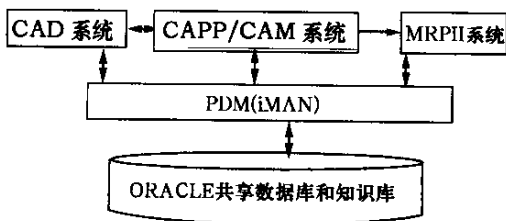


图 1 集成系统的结构框图

## 2 交互式模具 CAPP 系统的结构

CAPP 系统主要由连接数据库、获取零件信息、工艺决策与设计、查询零件工艺、计算机辅助刀具选择和工艺文件生成等组成,其结构框图如图 2 所示。

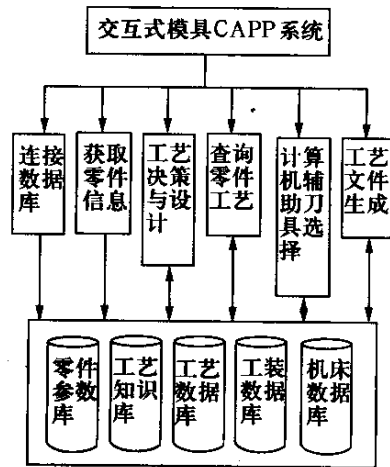


图 2 交互式模具 CAPP 系统结构

### 2.1 连接数据库

在进行工艺计划之前,必须首先建立与 PDM 管理的数据库之间的联系。为了建立联系,用户必须得到授权,从而确保系统的安全性。

### 2.2 获取零件信息

零件和产品信息获取是 CAPP 的关键环节之一,也是当前较难解决的问题,当 CAD 和 CAM 来自于不同的供应商时,因为参数化的数据交换还没有被标准化,所以,参数化的特征数据不能被共享。当使用来自同一系统的 CAD 和 CAM 模块时,尽管他们有内在的联系,其特征仍然不能直接从一个模块到另一个模块,因为供应商把他们仅作为构造“宏”来处理<sup>[3]</sup>。本系统是基于当前主流 CAD 系统之一的 UG 平台开发的。在 UG 上利用特征建模技术生成的零件实体特征中包含了几何形状信息、尺寸信息和拓扑信息。由于特征建模技术不完善,特征的造型方法具有多样性,系统将 UG 特征分为自带特征、用户自定义特征、组合特征和曲面特征四大类,对于 UG 自带特征,如孔、键槽、袋等,利用 API 接口函数可以获取其有关参数信息;对于用户自定义特征,系统根据用户自定义特征的数据结构自动获取其各项参数;对于组合特征,如矩形槽、燕尾槽、台阶等,系统开发了专用的程序。系统利用了人机的各自优势,用户只需根据系统提示,依次选择组合特征的组成面,然后由计算机处理。系统的应用程序根据计算机图形学中的有关原理和技术,对组成面进行坐标变换、参数计算、组合特征类型的判断等,后自动提取组合特征的特征参数。本系统可以提取空间任意位置的组合特征参数信息;对于曲面特征,如通过延伸体造型形成的型腔特征、曲面区域特征等,系统获取特征的 ID 号、轮廓、位置参数和方向参数等来辅助数控编程。这些信息是

CAPP 进行工艺设计的基础,同时还要补充必要的功能、粗糙度、精度等级、形位公差等属性信息以满足工艺决策和设计的需要。然后,将各特征的几何和工艺信息等存入参数数据库。

## 2.3 工艺决策与设计

工艺决策与设计包括:表头信息的获取、毛坯选择与设计、工艺过程设计、工序设计等。

表头信息可以自动从 PDM 管理的数据库中获取,如产品名称、产品代号、零件名称、材料名称等。

毛坯选择由工艺师根据生产纲领和零件结构与形状等确定。在模具行业,对毛坯的设计常采用基于零件的形状获取最小的包络体,然后偏置一定加工余量的处理办法。本系统暂时采用此法,待后续研究中在毛坯设计时适当引入最优化技术。

工艺过程设计是 CAPP 的核心环节,涉及许多专家经验和知识规则。其包括工序确定、工序排序、工序合并、工艺路线优化、选择机床和工装设备、确定工时定额、工序设计、数控编程等内容。本系统以交互式为主,配合采用了知识推理,以提高自动化程度和减少不必要的输入。例如,系统对零件中常见的加工特征建立了加工方案知识库。在某个特征的加工方案生成过程中,系统将该特征参数信息输入到推理机中,推理机根据其信息与知识库中的知识匹配,然后输出匹配的加方案。加工方案的决策关系式为

$$MP=f(PS,FT,FD,IT,Ra,BT,MT,HP,MS)$$

式中,MP 为加工特征的加方案,PS 为零件结构特征,FT 为加工特征类型,FD 为加工特征的尺寸,IT 为加工精度,Ra 为加工特征的粗糙度,BT 为毛坯种类,MT 为材料类型,HP 为热处理工艺,MS 为企业现有的机床集合。

工序排序和合并由人机交互完成。工序内容中的特征描述、参数等都是自动从数据库中获取,所以人工输入的信息量很少。工艺路线选优、选择机床和工装设备、确定工时定额等目前以人机交互方式完成。

工序设计中包含了大量的计算,其计算公式编制成函数,以供调用。系统建立了丰富的工艺数据库,并提供方便快捷的搜索引擎,帮助工艺师检索需要的参数信息。

## 2.4 查询零件工艺

输入查询零件的零件名称,可以对查询到的

零件的工艺文件进行浏览、编辑和删除。用于工艺文件的重用、维护和管理。

## 2.5 计算机辅助刀具选择

该模块主要针对模具型腔加工中粗加工、半精加工、精加工三个阶段所使用刀具的优化选择。通过选择加工对象和刀具类型,程序自动完成提取影响刀具选择的几何约束、刀具切削层的优化合并及其刀具切削量和切削时间的计算、刀具组合优化、推荐加工参数、评估加工时间等功能。

## 2.6 工艺文件生成

主要包括定制工艺文件输出格式、数据加载、卸载以及数据捆绑等。定制工艺文件格式考虑了企业的习惯不同,实现企业的特色。定制的基础是文件的模板化。将表头信息、工序内容等做成单独的若干子模板,而不是嵌在程序中,用户可以根据自己企业的习惯,方便地进行组织,实现工艺文件的柔性产生。

## 3 实例

下面以某模具垫块零件为例,介绍系统的运动情况。

图 3 所示为用户选择 UG 自带特征,如“Hole(圆孔)”进行特征信息获取时的界面。图 4 为组合特征在选择了组成面后系统自动获取相关信息并弹出其对话框。图 5 为用户定制的工艺过程卡片。

## 4 结论

通过从 CAD 实体特征模型中交互选择各类特征,系统自动获取其几何、拓扑信息、经过补充必要的工艺信息后,参数存入由 PDM 管理的共享数据库。在工艺设计过程中配合采用了基于知识的推理决策。计算机辅助刀具选择实现对模具型腔加工中刀具的优化选择。工艺文件定制功能增加了系统的柔性以满足不同企业的需求。本系统在 UG 平台上用 VC++6.0 和 ORACLE 数据库技术进行二次开发,解决了 CAD/CAM 集成过程中各类特征信息获取和辅助工艺决策问题。经过试用,效果良好。

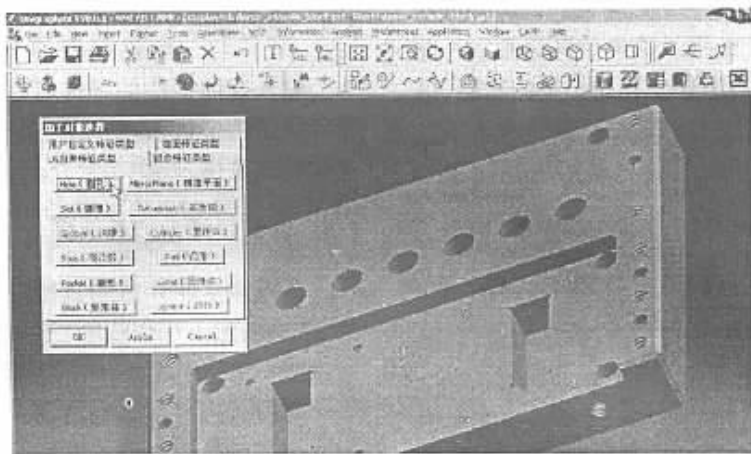


图3 垫块和加工对象选择对话框

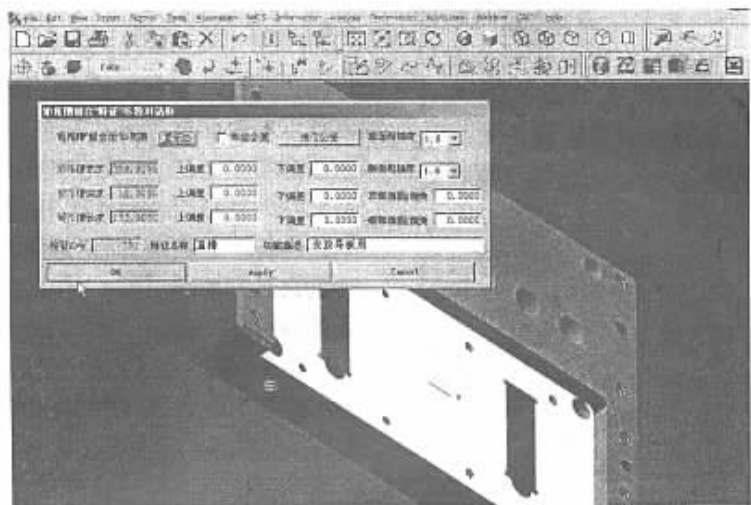


图4 组合特征选择和参数对话框

| 工序号 | 工序内容                       | 加工车间  | 加工设备        | 加工工艺      | 工时(小时) |
|-----|----------------------------|-------|-------------|-----------|--------|
| 1   | 加工基准面                      | 钳工室   | 铣床          |           | 0      |
| 10  | 倒角, 加工φ12.00×25.00起重螺攻孔    | 普通加工室 | 立式钻床        | 麻花钻、丝锥    | 0      |
| 15  | 钻、攻铰孔2-φ12.00, 钻、攻螺攻孔      | 普通加工室 | 立式钻床        | 麻花钻、丝锥、铰刀 | 0      |
| 20  | 与下模板配合, 铣台阶358×170×15.高    | 数控室   | Toshiba三轴铣床 |           | 0      |
| 25  | 钻、攻φ12.00×25.00螺攻孔, 8-φ8.0 | 普通加工室 | 立式钻床        | 麻花钻、丝锥    | 0      |
| 30  | 与导轨配合, 钻、攻定位销孔2-φ12.0      | 普通加工室 | 立式钻床        | 麻花钻、铰刀    | 0      |
| 35  | 检验                         |       |             |           | 0      |

图5 定制的工艺过程卡

械工程, 2002, 13(22): 1 891~1 893.

## 参考文献:

- [1] 阮雪榆, 姜臻亮. 21世纪数字化塑性成形技术与科学[J]. 模具技术, 2003, (2): 3~8.
- [2] 阮雪榆, 赵震. 模具的数字化制造技术[J]. 中国机  
万方数据
- [3] Huikang K. Miao, Nandakumar Sridharan, Jami J Shah. CAD-CAM Integration Using Machining Features [J]. INT. J. Computer Integrated Manufacturing, 2002, 15(4): 296~318.