

CAD/CAPP/CAM 集成系统的研究与开发

魏而巍, 梁木养, 杨平

(北京第一机床厂, 北京 100022)

[摘要] 文章介绍了可实用的 CAD/CAPP/CAM 集成系统。该系统是由机械产品设计人员, 工艺人员和数控机床 NC 编程人员共同努力, 在商品 CAD/CAM 软件 Pro/ENGINEER 平台上开发的。系统由三个子系统组成: 零件信息识别子系统, CAPP 子系统和自动 CAM 子系统。零件信息识别子系统从三维零件中提取零件信息, CAPP 子系统分析零件信息, 自动生成零件加工工序和工步, 从刀具数据库中查询刀具及切削用量, 并完成各工序的工步排序。自动 CAM 子系统根据 CAPP 的结果, 自动生成 Pro/ENGINEER 的 NC 工步, 经过 NC 仿真后生成零件加工的刀位文件, 再经过 NC 后处理生成 NC 代码。

[关键词] CAD; CAPP; CAM; 特征识别

1 引言

近三十年来, CAD、CAM 技术得到突飞猛进的发展, 已广泛用于机械、电子、航空、航天、汽车和船舶等各个领域, 涌现了许多深受用户欢迎的著名商品软件, 如 AUTOCAD、MICROSTATION、I-DEAS、CADAM、UG-2、UCLID、Pro/ENGINEER 等, 这些软件在几何造型、分析计算、数据管理等方面取得了巨大的成功, 成为机械产品设计人员方便有效的工具。其中 I-DEAS、CADAM、UG-2、UCLID、Pro/ENGINEER 等还同时具备 NC 编程的功能。然而由于没有 CAPP 功能, 这些 CAD、CAM 软件需要 NC 编程人员根据 CAD 图形进行繁琐的人机交互操作, 选择零件的加工方法、加工对象、刀具参数、切削用量和确定加工顺序等, 系统才能形成零件加工的刀位文件, 最后转换成 NC 程序。因此实现 CAD、CAPP、CAM 的集成具有十分重大的意义。早在 20 世纪 60 年代有关专家就已提出 CAPP 概念, 国内外学者在 CAPP 方面作了大量的研究工作, 有的已初步进入实用化阶段。但作为 CAD、CAPP、

CAM 集成化的 CAPP 仍是一个重要的研究课题, 至今尚无成熟的 CAD/CAPP/CAM 一体化软件。因而 CAD、CAPP、CAM 的效率得不到充分发挥。为此, 在现有的 CAD、CAM 软件 Pro/ENGINEER 平台上, 以北京第一机床厂的箱体, 杂类零件的生产过程为研究实例, 以实用为目标, 开发了箱体, 杂类零件 CAPP 子系统。整个 CAPP 子系统建立在以加工特征为核心的零件信息模型基础之上, 通过零件信息识别子系统从 Pro/ENGINEER 的三维零件实体模型 (PART) 中提取零件加工特征信息, 建立零件信息模型, 实现 CAD 与 CAPP 的信息集成。通过自动 CAM 子系统将 CAPP 结果转化成 Pro/ENGINEER 的 CAM 模块 Pro/MANUFACTURING 中的 NC Sequences, 实现 CAPP 与 CAM 的信息集成。

2 系统总体结构

系统的总体结构如图 1 所示。系统主要由三个子系统 (零件信息识别子系统, CAPP 子系统, 自动 CAM 子系统) 组成。

2.1 零件信息识别子系统

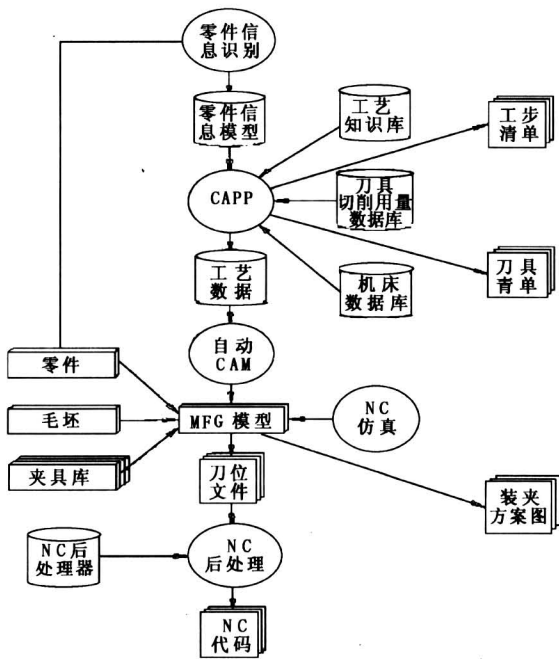


图 1 系统流程图

Fig.1 Flow chart of system

零件信息识别子系统的目的在于为 CAPP 和自动 CAM 子系统提供必要的零件信息。零件信息由零件全局信息和加工特征信息构成，它是贯穿整个系统的核心。

2.1.1 零件全局信息 零件全局信息是所有零件共有的信息，是对零件的总体描述。其构成成分如图 2 所示。



图 2 全局信息模型

Fig 2 Global information model

2.1.2 零件加工特征信息 加工特征是零件加工要素的信息载体，为方便起见，我们将加工特性划分为面系，孔系和槽三大类。各类加工特征的信息模型如图 3~5 所示。

2.1.3 零件信息识别 零件信息识别就是提取所要加工零件的全局信息和加工特征信息的过程。零件信息识别的关键在于加工特征识别。加工特征识

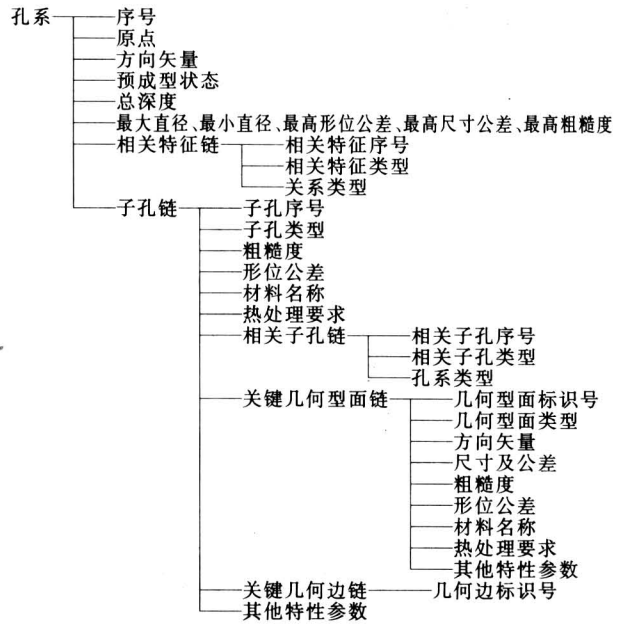


图 3 孔系特征信息模型

Fig 3 Information model of all holes features

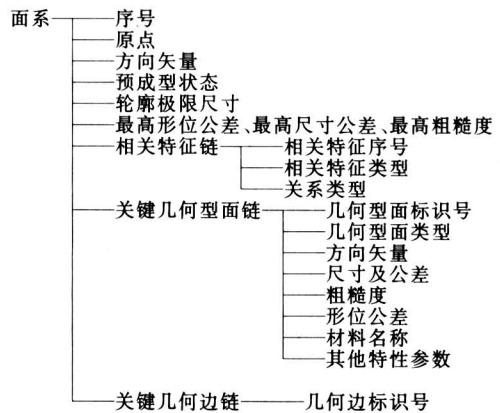


图 4 面系特征信息模型

Fig 4 information model of all surfaces features

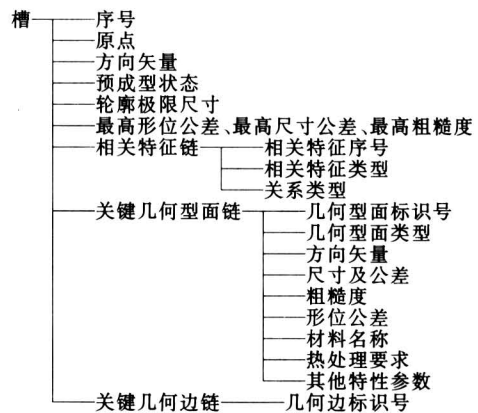


图 5 槽特征信息模型

Fig 5 Information model of all slots features

别采用了自动识别与交互识别相结合的方法。自动识别适用于用户自定义特征 (UDF) 以及用 Pro/ENGINEER 提供的孔类、倒角、简单槽特征等构造的加工特征。自动识别难以识别的加工特征则通过人机交互方式选择加工几何型面的方法来识别。此外, 系统提供了特征编辑界面供用户浏览或修正特征信息。为建立正确完整的加工信息模型提供了工具。

2.2 CAPP 子系统

CAPP 实质就是合理利用制造资源, 为满足产品的技术要求, 制定产品的制造规程。CAPP 的目标是充分合理地利用现有的制造资源, 寻求完成产品零件制造的最佳方案路线。因此, 现有资源数据库的建立是 CAPP 的重要依据。制造资源就广义而言是在整个产品生命周期中所涉及的条件总和。具体而言, 加工工艺所涉及的制造资源, 除了人作为主体因素以外, 主要有毛坯原材料、机床设备、刀具、夹具、量具、辅具等。本系统运用 Pro/ENGINEER 建立了加工车间现有通用夹具和组合夹具的三维实体模型库, 提供查询夹具库, 制定装夹具方案的人机交互界面。在 ORACLE 数据库平台上, 建立了机床设备数据库、毛坯材料性能数据库、刀具及切削用量数据库。系统采用专家智能系统技术, 完成机床设备选择、加工方法链确定、刀具及切削用量选择、工步排序等 CAPP 处理过程, 生成如图 6 所示的零件 CAPP 数据信息。系统还提供了对自动生成的工艺进行编辑的界面, 以保证工艺数据的正确性和完整性。

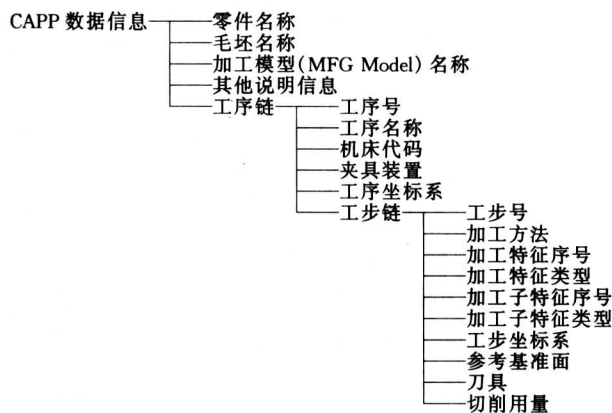


图 6 CAPP 信息模型

Fig 6 Information model of CAPP

2.3 自动 CAM 子系统

自动 CAM 子系统运用宏命令语言, 根据 CAPP 数据信息的各个加工工步、每个工步所加工

的几何对象、所用的刀具参数、切削用量、坐标系等自动创建 Pro/MANUFACTURING 的 NC 工步 (NC Sequences)。此后则可以利用 Pro/MANUFACTURING 的功能对加工过程进行仿真, 对各 NC 工步进行必要的编辑。当加工过程确定后输出加工刀位数据文件 (CL DATA file), 最后经过 NC 后处理生成各工序的加工 NC 代码。

3 实例介绍

图 7 为一个典型的箱体零件, 加工特征主要为孔、面。该零件由卧式数控设备加工需进行两次装卡, 其中 CS0、CS1、CS2 是第一次装卡时各加工方位面的局部坐标系, CS3、CS4 为第二次装卡时各加工方位面的局部坐标系 (加工方向为 Z 向)。下面以第二次装卡为例, 对该系统进行具体介绍。CS3 中的加工特征为平面, CS4 中的加工特征为沉头孔及深孔 DTM4 是以 CS3 为加工坐标系时的刀具回撤面, DTM3 是以 CS4 为加工坐标系时的刀具回撤面。

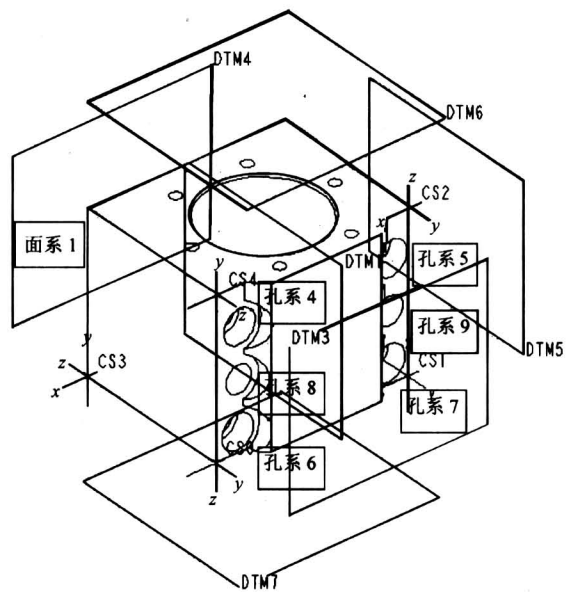


图 7 丝杠座示意图

Fig.7 Drawing of leading screw base

3.1 特征提取

零件的全局信息及孔的信息可自动提取, 面、槽信息由用户根据面、槽类型通过图形菜单在模型上交互式选取, 为了修正自动提取的信息, 也为了适应模型的变化即设计上的改动, 孔、面、槽信息可通过编辑界面进行增减及修改。

孔系包括: ①光滑通孔, ②光滑盲孔, ③沉头

孔, ④螺纹孔, ⑤锥孔, ⑥空刀槽孔, ⑦孔端凸台, ⑧倒角孔。

面系包括: ①外表平面, ②台阶面, ③外轮廓面, ④内轮廓面, ⑤内腔, ⑥倒角面。

槽包括: ①矩形通槽, ②键槽, ③T形槽, ④燕尾槽, ⑤砂轮越程槽。

通过特征信息提取可得到加工方位面中孔及面的信息。

3.2 工艺生成

工艺的生成主要根据以下信息: a. 提取出的加工特征信息, b. 加工设备及装卡方案, c. 特征工艺规则, d. 刀具选择规则, e. 箱体加工工序排序规则, f. 刀具库。

特征工艺规则包括箱体类各种加工特征在不同加工精度要求下的加工工步及每一工步的加工余量。例如: 丝杠座中的面系1(见图7), 类型为外表平面, 粗糙度为1.6, 它对应的特征工艺为: ①粗铣、留余量1.00 mm—②半精铣、留余量0.30 mm—③精铣。孔系4(见图7), 包括一个沉头孔和一个深孔, 无定位及加工精度要求, 沉头孔对应的特征工艺为: ①钻—②正划孔。深孔对应的特征工艺为: ①钻底孔—②钻深孔。该系统包含近两百条特征工艺规则, 并可不断扩充。

刀具选择规则归纳了孔、面、槽加工过程中各加工方式所应采用的刀具种类。例如: 面加工中一般情况选用“面铣刀”, 若加工方式为精铣, 则选用“精面铣刀”。在孔系加工中: 如果加工方式为“钻中心孔”, 刀具选“定心钻”; 如果加工方式为“钻深孔”, 刀具选“钻头”; 如果加工方式为“正划孔”, 刀具选“平划钻”等。以后可根据刀具类型到刀具库中选择实际加工时所用刀具。

箱体加工工序排序规则是将箱体加工中的各种加工方法按照实际加工时的先后顺序加以总结、归纳而得出的。一般情况下的加工顺序为: ①粗铣外表面—②粗铣台阶面、外轮廓面—③加工键槽、矩形通槽—④铣前钻—⑤粗铣内轮廓面、内腔—⑥半精铣、成形半精铣—⑦钻中心孔—⑧钻孔、钻底孔—⑨扩孔、钻前镗孔—⑩粗镗—⑪半精镗—⑫铣槽

孔(弹簧槽孔或空刀槽孔)、镗空刀槽孔—⑬正划孔、反划孔、铣倒角孔—⑭攻丝—⑮精镗、精铰—⑯精铣槽、成形精槽—⑰精铣面。

刀具库使用 oracle 数据库, 其中包括了刀具编码、刀具参数及切削参数。

在装卡方案确定后, 该系统可以根据以上信息自动生成特征工艺及理想刀具参数, 经过排序及刀具匹配生成各加工工序及工步。该系统提供了工艺编辑界面和刀具编辑界面, 用户可根据具体情况对工序、工步进行顺序调整、添加和删除等操作, 对刀具进行手工修改或加入新的刀具。对工艺修改完成后, 可以生成工艺清单及刀具清单。

3.3 生成刀位文件及后置处理

该系统可自动生成刀具轨迹, 通过加工仿真能发现问题, 手工修改。后置处理采用通用后置处理软件 CAMPOST, 可生成适用于各种机床的加工代码。

4 结论

该系统建立在 CAD、CAM 软件 Pro/ENGINEER 平台之上。Pro/ENGINEER 具有很强的 CAD、CAM 功能, 在国内外拥有很多用户, 因而具有很好的应用前景。系统建立了以特征为核心的零件信息模型, 为 CAPP 提供了输入信息, 避免了传统手工输入的繁重工作和输入差错。CAPP 充分考虑了现实的制造资源数据, 采用了专家智能系统技术, 使系统具有较强的适应性, 其结果符合生产实际。系统利用 CAPP 结果自动生成 Pro/MANUFACTURING 的 NC 工步, 避免了繁琐 CAM 人机交互操作。系统在对商品 CAD、CAM 软件的功能不作任何限制的前提下, 引进了 CAPP 子系统, 从而全面实现了 CAD/CAPP/CAM 的信息集成, 大大提高了产品零件 NC 编程的效率和可靠性。

参考文献

- [1] 范玉青, 冯秀娟, 周建华. CAD 软件设计 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1996
- [2] 冯辛安. CAD/CAM 技术概论 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1995

Research and Development of CAD/CAPP/CAM Integrated System

Wei Erwei, Liang Muyang, Yang Ping

(Beijing No.1 Machine Tool Plant, Beijing 100022, China)

[Abstract] In this paper a practical CAD/CAPP/CAM integrated system is introduced. This system has been developed by mechanical designers, process planners and NC programmers on the basis of a commercial CAD/CAM software named Pro/ENGINEER. It consists of three subsystems: Feature Recognition Subsystem, CAPP Subsystem and Automatical CAM Subsystem. In Feature Recognition Subsystem, machining features information of a part is obtained from a three dimensional part. In CAPP Subsystem, machining features information is analyzed, sets and sequences of the process planning are created automatically, tool and cutting parameters for each sequence are selected from tools library, the order of sequences is arranged. In Automatical CAM Subsystem, NC sequences for machining the part are created automatically according to the CAPP result. After the NC sequences in the machining process being simulated, the file of cutter location data is generated. Finally through a post processor, the NC code file is output and transmitted to a NC machine to machine the part.

[Key words] CAD; CAPP; CAM; feature recognition

中国知识基础设施主体工程与《中国工程科学》

中国知识基础设施 (CNKI) 的主体工程——中国学术期刊全文光盘及数据库是世界上第一家中文超大型综合性文献数据库, 被国家科技部列为国家级火炬计划项目和“重中之重”项目, 被国家科技部等五部委联合评为“国家重点新产品”, 最近又被国家新闻出版署评为首届国家电子出版物最高奖——电子出版物国家荣誉奖, 并将列入国家“十五”规划。

根据科学文献计量评价的基本原则和基本理论, 从我国 8 000 多种期刊中确定了 5 000 种期刊作为“中国学术期刊综合评价数据库”来源期刊, 1 500 种科技类期刊作为“中国科学引文数据库”来源期刊, 900 种人文社科类期刊作为“中国人文社科引文数据库”来源期刊。为了进一步提高《光盘版》和中国期刊网全文数据库的建设水平和文献质量, 保证科学文献计量评价研究成果的科学性、权威性, 明确《光盘版》和中国期刊网收录期刊在

数据库建设和计量评价系统中的作用, 经《光盘版》编委会和中国科学文献计量评价研究中心及有关部门审定后, 正式向收录期刊颁发《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录证书、“中国学术期刊综合评价数据库”来源期刊证书、“中国科学引文数据库”来源期刊证书及“中国人文社科引文数据库”来源期刊证书。

本刊获得了《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录证书, 编号为(Q) G330; “中国学术期刊综合评价数据库”来源期刊证书, 编号为(Z) G330; “中国科学引文数据库”来源期刊证书, 编号为(K) G330。中国学术期刊(光盘版)电子杂志社为我刊提供的专用 E-mail 信箱为 GCKX@chinajournal.net.cn, 专用网址为: <http://www.chinajournal.net.cn/GCKX.html>., 欢迎广大作者、读者通过以上渠道, 与《中国工程科学》建立联系、加强沟通。