

基于特征提取的多孔型模具 CAM 系统开发

张新明*, 周赞熙, 崔振山

(上海交通大学 国家模具 CAD 工程研究中心, 上海 200030)

摘要: 针对多孔型模具数控加工中操作繁琐、数控代码生成质量不高的现状, 利用特征提取技术, 开发了 UG 平台下的 CAM 模块。采用特征识别和附加信息输入的方法, 有效地实现了对多孔型模具 CAD 模型制造特征的提取。模块对钻削加工参数选择和多孔工艺规划分别进行了优化, 提高了多孔型模具的生产效率。

关键词: CAM; 特征提取; 参数选择; 工艺优化

中图分类号: TG306 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2006) 05-0113-05

Multi-hole-mould CAM system development based on feature capture

ZHANG Xin-ming, ZHOU Zan-xi, CUI Zhen-shan

(National Die and Mould CAD Engineering Research Center, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: To improve low efficiency and low quality status of multi-hole mould numerical control manufacturing, a CAM system based on UG is developed by using feature capture technology. Manufacturing features are acquired from a CAD model by recognizing geometric features and inputting additional information. Drilling parameters and multi-hole process planning are also optimized by this system, which could effectively improve the efficiency of multi-hole-mould production.

Keywords: CAM; feature capture; parameter determination; process planning optimization

1 引言

随着 CAD/CAM 集成软件的广泛应用, 模具制造企业的生产效率获得极大提高。但是目前的 CAD/CAM 一体化软件通常以 CAD 部分为重点, 忽视了更实际的 CAM 环节。CAD 和 CAM 之间最大的联系是产品模型, 虽然现在的 CAD 可以为 CAM 提供完整的几何模型与加工所需的最基本信息, 但其中缺少 CAM 所需的加工特征信息。此外, 大部分 CAD/CAM 软件需要操作者根据自己的经验确定加工参数, 在弹出的窗口输入各种参数, 生成刀具位置源文件 (CLSIF), 然后才能调用后处理模块生成数控加工程序。这一过程存在一些不足, 如操作过程繁琐, 工作量大且容易出错; 对使用者要求较高, 程序质量依赖于操作人员的经验; 数控加工代码质量不高, 难以实现工艺流程的优化。

这些问题的存在, 限制了 CAD/CAM 软件的使用效率, 使得软件即使有强大的造型和加工功能, 也不一定保证能编制出合理的、易为机床接受的数控加工程序。因此, 如何根据 CAD 造型高效率的生成数控机

床加工代码, 已成为 CAD/CAM 技术发展的重要方向。本文考虑到孔型模具在实际生产中的常见性, 在 UG 平台下开发了基于特征提取的多孔型模具 CAM 系统。

2 开发环境设置及系统框架

选取 Unigraphics NX 2.0 为开发平台, 采用 Visual C++ 编程设计语言^[1], 以 Microsoft Access 为数据库软件, 开发了本系统。系统主要采用 UG 提供的 API (应用程序接口) 模块实现所开发系统与 UG 系统的无缝集成。

UG/open API 是 UG 提供的二次开发工具之一, 能够实现 UG 与外部应用程序的链接, 是允许访问和影响 UG 对象模型的一系列程序集合。它使用 C/C++ 作为编程语言, 能实现 UG 的大部分功能, 如建立 UG 模型、查询模型对象等^[2], 系统框架如图 1 所示。

系统通过集成于 UG 平台的用户界面与用户产生交流, 主要包括特征提取与重建模块和工艺优化模块两部分。特征提取模块是整个系统的核心, 起到了传递数据、沟通前后环节的作用。工艺优化模块针对多孔型模具数控加工建立相应的优化模型, 运用工程优化方法和软件计算技术对加工参数与工艺流程进行优化, 得出数控加工的最优解。

* 男, 25 岁, 硕士研究生

收稿日期: 2005-11-02

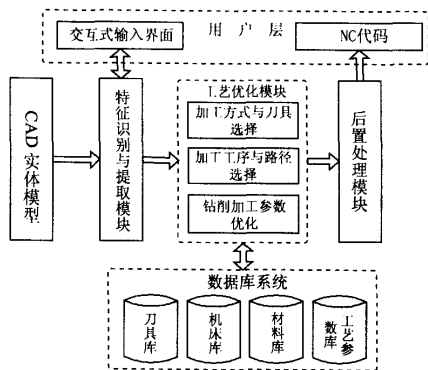


图1 系统框架图

Fig.1 System structure of CAM

3 特征提取与重建模块

特征提取模块的关键技术在于如何对已有的CAD造型特征进行处理和利用，以便更好的为后续CAM环节提供可靠、足够的数据。

特征提取主要有“建立基于特征的CAD模型”和“特征识别”两种模式。前者要重新建立CAD模型，工作量比较大，而后者可以利用已有的、比较成熟的CAD/CAM软件成果，是比较实用的方法。一般在CAD造型时主要考虑产品的几何特征，因此单纯从CAD模型中提取的制造特征是很有局限的，难以支撑后续CAM环节^[3]。

基于以上考虑，本系统采用特征识别的方式，通过交互界面将具有工程语义的二次特征（如工件材料、加工精度）添加到基本特征上去，产生完整的制造特征。这种方法既可以充分利用已有的CAD模型，又解决了原有模型的不足，能够有效地将CAD造型的设计意图传递到CAM环节中。

3.1 CAD模型特征的识别

UG II的CAD模型中含有的形状特征描述了一定的工程意义，是产品信息模型中最基本的特征，可作为更高级别特征信息的载体。特征提取模块首先识别CAD模型中的面轮廓，再依据实体特征造型的特点，从单个造型特征入手进行特征识别，通过单个特征与特征模型的接口访问零件的整体模型，获取此单个特征在零件模型上的几何拓扑信息。

为实现对CAM环节的信息支持，系统需要获取模具加工中的制造特征。制造特征是指通过一定的制造工艺可以加工出的工件特征，具有一定的工程功能，与单纯的几何拓扑信息有本质的不同。为了实现具有加工意义特征的提取，需要预定义制造特征库

来描述可加工的形状特征。制造特征库就是制造特征的集合，结合生产实际，系统按照不同加工特点将孔分为通孔、盲孔、一阶孔和二阶孔，并分别对其定义。

特征库主要采用判定规则描述制造特征，一个判定规则就是在模型中的若干几何元素组成一个特定制造特征的充要条件。如对于盲孔，其判定规则可描述为：有一个入口平面存在；入口平面相邻的曲面为圆柱面，且该圆柱曲面为凸形；柱曲面相邻的另一曲面为平面，且该平面只与该圆柱面相邻。

满足以上判定规则的特征即可构成一个盲孔，其他孔型可对比建立。在定义了制造特征库后，将原始CAD模型中提取的几何拓扑信息与该库进行匹配，提取孔加工的制造信息，实现从几何层面到制造层面的升级。

3.2 附属信息的输入

完整的制造特征还需要包含零件的工艺特征信息，如材料属性、加工精度要求、孔编号等，但在一般的CAD零件模型上只含有底层的几何拓扑信息，不包含更高层意义上的加工信息^[4]。为了实现制造特征识别与信息提取的完整性，解决CAPP信息的二次输入，系统开发了依附于零件模型数据结构的工艺附属信息输入子模块，可将非形状类特征信息根据需要作为属性附加到部件或形状特征的面和边上，建立非形状特征与具体对象间的关系。特征提取重建工作流程如图2所示。

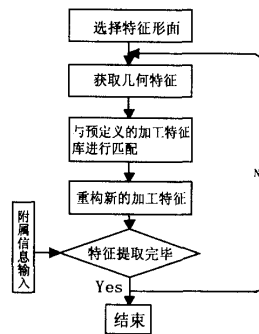


图2 特征提取与重建流程

Fig.2 Process of feature capture and rebuilding flow

4 加工工艺优化子模块

本模块包括刀具及加工方法选择、确定加工参数、安排加工工序等工作。工艺处理步骤是：读取数据文件→选择刀具及加工方法→加工参数优化→工步优化→后置处理。

4.1 刀具及加工方式的选择

适合孔加工的刀具类型很多,有麻花钻、铣刀、铰刀等,系统采取基于制造特征特性的方式进行刀具选择,即根据不同制造特征建立相应的选刀规则,如对平底盲孔就需选择铣刀加工^[5]。

根据特征提取模块传递过来的模具工艺设计初始信息:模具材料、加工特征及特征精度要求等,系统能够自动给出适应于该模具材料的刀具类型,为了防止可能出现的不足,系统同时建有刀具数据库,支持工艺人员交互选择。

刀具确定后,即可选择具体加工方式。其基本选择原则是保证加工精度和表面粗糙度的要求。系统首先读取特征数据文件,获取待加工孔的相关信息,然后按照加工方式判定表进行加工方法的选择。表1所示是孔加工的一个简单判定表:

表1 加工方式判定

Table 1 Determination of manufacturing mode of holes

孔径精度要求	加工方式
IT 11~13	点孔—钻孔
IT 9~10	点孔—钻孔—扩孔
IT 8~9	点孔—钻孔—铰孔
IT 7~8	点孔—钻孔—扩孔—铰孔

4.2 加工参数优化

钻削加工中参数优化主要指钻头转速 v 和进给量 f 的选择。本文中,这些参数优化的目标是在保证模具表面质量的条件下,使模具的加工时间最短。模具的加工时间可以看成是各工序加工时间总和,即:

$$T_m = \sum_{i=1}^n t_i \quad (1)$$

式中 T_m ——模具加工时间

t_i ——每道工序加工时间

由文献[6]可知,每道工序加工时间可表示为:

$$t_i = \frac{\pi D_i h_i}{1000 v_i f_i} \left(1 + t_{ct} \frac{1}{T_i} \right) + t_{ot} \quad (2)$$

式中 t_{ct} ——换刀时间

T_i ——刀具耐用度

t_{ot} ——其他辅助工时

D_i ——钻头直径

h_i ——孔深

将式(2)代入式(1)得:

$$T_m = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\pi D_i h_i}{1000 v_i f_i} \left(1 + t_{ct} \frac{1}{T_i} \right) + t_{ot} \right] \quad (3)$$

由式(3)可以看出模具总加工时间 T_m 是 v 、 f 的函数,即 $T_m = F(v, f)$ 。在实际应用中, v 和 f 的范围主要由以下约束限制:最大机床功率、最大切削力、表面精度要求、机床许用进给和许用主轴转速。现代数控机床提供的进给和主轴转速都在允许的范围内,在实际优化中只需考虑前3个约束。

(1) 最大加工功率约束:

$$K_1 D^{\alpha_1} f_i^{\beta_1} v_i \leq P_{\max} \quad (4)$$

式中 K_1 、 α_1 、 β_1 ——经验系数

P_{\max} ——最大允许加工功率

(2) 最大进给切削力约束:

$$K_2 D^{\alpha_2} f_i^{\beta_2} \leq F_{\max} \quad (5)$$

式中 K_2 、 α_2 、 β_2 为经验系数

F_{\max} ——最大允许进给切削力

(3) 表面精度约束:

$$f - \sqrt{\frac{R_{\max}}{8r_c}} \leq 0 \quad (6)$$

式中 R_{\max} ——表面粗糙度要求

r_c ——刀具的刀尖半径

式(3)为模具加工最小加工时间的数学模型,式(4)~式(6)形成约束条件。因此,模具加工时间最短优化问题就转化为求式(3)的最小值,运用工程优化的方法即可得到 v 和 f 的优化值^[7]。

4.3 参数综合优化策略

对加工参数进行优化,除上节提及的物理约束,还应考虑工艺要求和加工质量的稳定性。因此需要制定相应的综合优化策略,以使数控机床发挥最大的加工效率,同时使产品具有最佳加工品质。

由式(3)可知,增大 v 或 f 的值都可减少钻削加工时间,但 v 与刀具耐用度关系更加密切。随着 v 的增大,刀具耐用度急剧下降,从而导致加工成本的提高。故 v 的选择主要取决于刀具耐用度与加工材料的性质。从加工质量的角度来看,高转速是产生积屑瘤的主要因素。而加大进给量时,切削力会成倍增加,使机床系统弹性变形增大,并可能引起振动,同样也会降低表面加工质量。综合考虑后,模块选择钻削用量的优先顺序为:在保证一定表面加工精度的情况下,先选取大的进给,然后再尽量选择较大的转速。

此外,通常每道工序加工参数的选择空间比较宽,这不仅会降低优化的效率,同时也会对加工质量产生一定的影响。采用查表法获得的解空间范围较大,迭代次数较多,且相应加工手册中给出的表面粗糙度的范围与要求值相差比较大,实际优化过

程中很难有效地保证模具加工的表面质量。因此,为减小工艺参数优化的搜索空间、提高优化效率,可先从实际的工艺数据库中直接获取能保证表面粗糙度的钻削参数范围的相关规则,再通过这些规则简化钻削参数的优化模型^[8]。

系统结合收集实际加工经验,建立了切削参数数据库,针对不同加工材料和加工精度要求设置相应的修正系数,增加了参数优化的合理性和可行性。具体优化策略框架如图3所示。

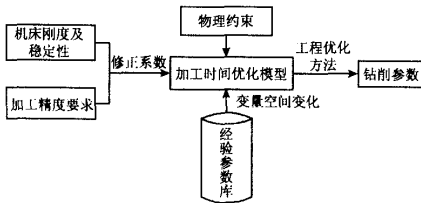


图3 优化策略框图

图3 Frame of comprehensive strategically optimization

4.4 工步优化

加工数据文件记录的所有孔的刀具、加工方法及加工参数确定后,还需对生成的加工工步进行优化排序。数控加工中,换刀所用时间相对于走刀的时间要长很多,所以要提高加工效率主要是减少换刀次数。按照模具加工“工序集中”的原理,即一次装夹完成最大数目的加工工步,模块采用的排序总原则是:在一次装夹中,待加工表面的所有同孔径孔系先完成全部孔的粗加工,再进行精加工^[9]。

一般来说,每个孔的加工都要经过几个工序,使用几把不同的刀具。例如,加工 $\Phi 10.0\text{mm}$ 、 $\Phi 12.5\text{mm}$ 和 $\Phi 14.0\text{mm}$ 的3个孔,各加工工序及所用刀具如表2所示。

表2 孔加工工序与刀具

Table 2 Tools and process of holes making

孔径(mm)	点孔(mm)	钻孔(mm)	倒角
10.0	$\Phi 19.0$ 直线倒角钻 (点孔和倒角)	$\Phi 10$ 钻头	—
12.5	$\Phi 3.0$ 中心孔钻	$\Phi 12.5$ 钻头	$\Phi 19.0$ 直线倒角钻
14.0	$\Phi 3.0$ 中心孔钻	$\Phi 14$ 钻头	$\Phi 19.0$ 直线倒角钻

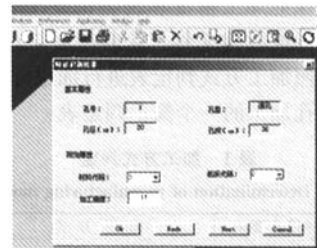
从表2可以看出,3个孔的加工过程中有些工序所用刀具是相同的,如果能把使用相同刀具的工序合并到同一工序里,将减少换刀次数,缩短加工时间。经过优化后,可得到如下工序安排:钻中心孔($\Phi 12.5\text{mm}$, $\Phi 14.0\text{mm}$) \rightarrow 钻孔($\Phi 12.5\text{mm}$) \rightarrow 钻孔($\Phi 14.0\text{mm}$) \rightarrow 倒角($\Phi 12.5\text{mm}$, $\Phi 14.0\text{mm}$, $\Phi 10.0\text{mm}$) \rightarrow 钻孔($\Phi 10.0\text{mm}$),优化后的工序可减少3次换刀。

此外,由于在钻削加工中释放出大量热能,可能造成工件的局部变形,影响最终加工精度。系统对精加工工步的排序采用最大间距法,即当加工完上一有精度要求的孔后,模块优先选择加工距离该孔最远的下一有精度要求孔。这样可提高数控加工的精度,保证生产质量。

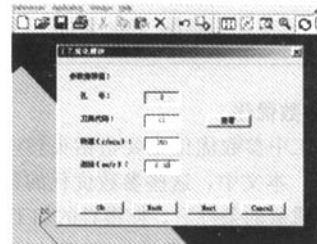
经过工艺优化模块处理,将优化结果数据传至UG平台自带的后处理模块,即可输出数控机床加工源代码。

4.5 部分程序界面

部分程序界面如图4所示。



(a)



(b)

图4 程序运行图框

(a) 特征识别结果 (b) 工艺参数配置

Fig. 4 Frame of process operation

(a) Results of feature capture (b) Parameters configuration

5 结论

(1) 通过附加输入高级工艺信息,有效的实现了对CAD模型制造特征的提取,初步解决了CAD/CAM环节间加工数据传递不足的问题,也为后续CAPP管理提供了必要的工艺信息支持。

(2) 结合加工经验的收集,初步实现了刀具、加工方式及加工参数选择的自动化,减轻了编程工作强度,降低对操作者经验的要求。

(3) 通过对数控加工中加工参数与工步排序的优化,减少了实际加工时间,降低了冗代码率,提高了数控程序的质量。

热轧钢带信息管理系统的设计与实现

魏二有*

(鲁东大学 数学与信息学院, 山东 烟台 264005)

摘要: 将光电测量技术和计算机技术应用到轧钢车间冷热轧生产线, 实现了对热轧钢带的在线动态测量和记录, 应用世纪星监控组态软件实现了信息管理自动化, 为生产者和客户提供了准确的产品信息, 实现了企业对生产质量的在线优化控制, 创造了显著的社会经济效益。为实现企业信息化又迈进了一步。本文较为详细地论述了系统的硬件构成和数据采集, 信息管理的实现, 给出了系统的结构图和软件流程图以及工作界面图, 并给出了本信息管理系统的一部分程序。

关键词: 轧钢; 激光; 传感器; 计算机; 组态软件; 数据库

中图分类号: TG305 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2006) 05-0117-04

Design and implementation of the information management system of hot steel belt in the steel rolling mill

WEI Er-you

(School of Maths and Information, Ludong University, Yantai Shandong 264005, China)

Abstract: By applying laser and computer technology on the hot-rolled production line of the workshop of steel rolling, it is possible to measure and record the steel belt on the production line. By using the CenturyStar's automation monitor & configuration software, we have realized the production automation of information management, giving the producer and customer accurate product information. The quality of the enterprises' products can be controlled on the production line. Due to this measuring system, the mill can not only create more economic and social benefits but also realize informationization greatly. This text comparatively discusses in detail the system structure and data collecting as well as the realization of the information management. The system's overall structure, software flow chart and recording curve are displayed in the article. Some programs are also given in the article.

Keywords: steel rolling; laser sensor; computer; configuration software; data base

1 测试系统的总体结构及功能简介

泰山钢铁公司轧钢厂钢板工艺参数记录分析仪是由烟台师范学院和莱芜普胜科技公司联合研制的

一套高科技光电测量设备。该套设备主要由光电传感器、工业控制计算机、电信号隔离接口电路、计算机特种接口板组成, 如图 1 所示。它可以在线、实时、自动对冷轧、热轧板材/带钢生产线的工作状况进行检测记录, 进行质量跟踪分析, 形成生产、技术统计报表, 提供解决争议的依据。

钢板工艺参数记录分析仪以轧钢生产线现有设

* 男, 46岁, 副教授
收稿日期: 2005-11-03

参考文献:

- [1] 何炜. Visual C++.NET2003 程序设计 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.
- [2] 董正卫, 田立中. UG/open API 编程基础 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [3] 崔展扬, 石教英. 三维模型检索中的特征提取技术综述 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16 (7): 882-889.
- [4] Kjellerg Torsten, Schmekel Hans. Product modeling and information integrated engineering systems [J]. Annals of CIRP, 1992, 41 (1): 201-204.
- [5] 刘雄伟. 数控加工理论与编程技术 (第2版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [6] 艾兴, 肖诗纲. 切削用量简明手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1994.
- [7] 濮良贵. 机械优化设计 [M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1991.
- [8] 蒋亚军, 姜臻亮, 李明辉. 基于模糊粗糙集理论的模具数控切削参数优化 [J]. 上海交通大学学报, 2005, 39 (7): 1115-1118.
- [9] 邓莉辉, 宋健, 魏生民. 多孔类零件加工的工艺过程自动规划的实现 [J]. 机械, 1999, 26 (5): 2-4.