

基于PDM 的 智能CAPP技术

程光耀 著



中国出版集团现代教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

基于 PDM 的智能 CAPP 技术/程光耀著. —北京:现代教育出版社,2008. 12

ISBN 978-7-80196-801-2

I. 基… II. 程… III. 机械制造工艺—计算机辅助设计
IV. TH162

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 182994 号

编 著:程光耀

责 编:李 叶

现代教育出版社出版

(北京市朝阳区安华里 504 号 E 座 邮政编码 100011)

北京世界知识印刷厂印刷 新华书店发行

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

开本 145×210 1/32 印张 5.75

字数 131 千字 印数 2000 册

ISBN 978-7-80196-801-2 定价 18.00 元

版权所有 侵权必究

业务电话:010—64244927

前 言

基于产品数据管理(PDM)的计算机辅助工艺设计(CAPP)是在产品集成制造理念指导下产生的一种新的工艺设计模式,是产品数据管理方法与工程制造技术的有机结合。它的正确实施需要科学的管理策略和推理技术为理论依据,目的是在统一的产品信息模型下实现工艺设计及工艺资源的共享。

计算机辅助工艺设计是先进制造技术的一个重要的重要组成部分,CAPP系统所提供的信息是企业中各应用系统如生产计划与控制(PPC)、制造资源计划(MRP—II)、企业资源计划(ERP)等的信息源,对企业的生产计划、生产组织和管理水平都有较大的影响,因此,基于PDM的CAPP系统的研究与开发是企业信息化工程能否顺利实施的关键所在。

本书介绍的是在经过多年成组技术研究工作的不断发展和经验积累的基础上,通过与企业进行工艺设计项目的合作,对自动机小轴类零件的加工工艺进行理论研究和软件开发。由于工艺设计工作本身的特点及企

业在实施先进制造技术时对工艺设计本身的高要求,使得用计算机完成工艺设计工作变得十分困难且更加艰巨。因此,本书针对当前工艺设计中存在的一些突出问题及技术上的难点进行了研究,提出了一些工艺设计的理论和方法,可以较好地解决当前工艺设计工作中存在的不足,有效地促进 CAPP 系统在这些领域中的实用化和商品化,提高工艺设计工作的效率,优化工艺方案,对企业实施信息化工程有着重要的意义。

本书的写作目的是提高 CAPP 系统设计的水平,推动 CAPP 的最新成果在企业生产实际中的应用。本书共分九章,具体安排如下:

第一章 绪论。论述了 CAPP 技术国内外研究成果与发展现状,包括 PDM、CAPP 技术等,对 CAPP 系统研究工作意义进行了简要的介绍。

第二章 基于 PDM 的 CAPP 概念模型和体系结构。应用系统论提出了基于 PDM 的 CAPP 系统概念模型、体系结构、总体结构、功能模型和 workflow,实现了 PDM 与 CAPP 系统的信息集成、功能集成和过程集成,能够解决工艺设计中的复杂问题,为 CAPP 系统的实现提供了完整的解决方案。

第三章 基于 PDM 的 CAD/CAPP 集成信息模型。详细论述了零件特征的分类原理和计算机内部表示方法,采用面向对象的建模技术,在 Pro/E 系统环境下开发出了零件特征建模系统,实现了几何特征向工艺特征的映射,进行工艺信息的交互输入与查询,为 PDM 框

架下的 CAD/CAPP 系统集成打下了良好的基础。

第四章 基于知识与实例的模糊工艺推理方法。详细介绍了零件的特征信息模糊化表示方法,建立了实例的表示模型、相似检索模型、相似匹配模型、实例的修改模型和实例的存储模型。通过基于零件特征与实例特征的模糊相似匹配和相似推理,得到与零件最相似的实例,从而生成零件的加工工艺的方法。

第五章 基于黑板推理与分层规划的模糊工艺决策模型。介绍了工艺过程分层规划的原理,将复杂的加工工艺排序分层次进行求解,应用面向对象的技术构造了工艺决策过程的分层结构和支持 CAPP 系统决策过程的黑板推理模型、知识源模型和控制黑板控制模型。根据领域黑板装载的零件特征信息与工艺决策信息,通过模糊综合匹配,优选出各层次子任务的工艺决策规则、数据和函数对各层子任务进行求解即得当前零件的工艺设计结果。

第六章 CAPP 系统工艺设计方案的模糊综合评价。论述了 CAPP 系统多工艺方案存在的原因及其影响因素,从零件特征的划分顺序、特征的加工顺序、加工方法的多样性、制造资源的动态性,以及工艺设计原则的多态性和复杂性等方面分析了工艺规划时多种工艺方案产生的原因,给出了一种表达零件特征加工方法和制造资源之间多对多的递阶网络层次结构。以产品质量、生产成本和生产周期为基础,构造了工艺方案评价分层指标树,建立了工艺设计方案的模糊综合评价

模型。

第七章 基于 PDM 的智能 CAPP 系统设计。介绍了定方位分层规划工艺自动生成理论和工艺特征映射模型,特征加工路线定方位三层排序原理,把人工智能技术引入工艺路线排序中,采用特征分层规划、分层处理,建立工艺自动生成专家系统的原理,把工艺生成模块、制造资源选择模块、切削参数的确定模块和工艺过程参数计算模块有机地集成在一起,动态地实现工艺文件的自动生成方法。

第八章 GT-CAPP 系统简介。以自动机小轴类零件的加工为实例,对已开发的 GT-CAPP 自动机智能工艺设计系统的功能进行了验证。

第九章 结论与展望。对研究工作的总结和对未来工作的展望。

在本书的写作过程中,得到了孙厚芳教授的大力支持,对本书的写作提出了许多的宝贵意见,在此深表谢意。由于作者学术水平的限制,如一些学术观点有不妥之处,恳请专家、学者指正。本书难免有不妥和不足,请广大读者批评指正。

程光耀

2008 年 6 月 20 日

目 录

前 言

第一章 绪论/001

- 1.1 基于 PDM 的 CAPP 系统产生的背景/002
- 1.2 PDM 平台是支持 CAPP 系统信息集成的使能技术/004
- 1.3 CAPP 的发展综述/006
 - 1.3.1 CAPP 国内外研究状况/006
 - 1.3.2 CAPP 的发展趋势/013
 - 1.3.3 CAPP 的研究与开发/016
- 1.4 主要研究内容/020

第二章 基于 PDM 的 CAPP 概念模型和体系结构/023

- 2.1 基于 PDM 的 CAPP 系统概念模型的构造原理/023
- 2.2 基于 PDM 的 CAPP 原型系统 GT-CAPP 的体系结构/026
- 2.3 CAPP 原型系统 GT-CAPP 的总体结构/029
- 2.4 CAPP 原型系统 GT-CAPP 的功能模型/030
- 2.5 CAPP 原型系统 GT-CAPP 的工作流程/031

2.6 本章小结/032

第三章 基于 PDM 的 CAD/CAPP 集成信息
模型/033

3.1 零件特征分类/034

3.1.1 特征分类原则/034

3.1.2 几何特征描述模型/037

3.1.3 几何特征类型/038

3.2 面向制造的多层次特征信息描述概念模型/040

3.3 零件的特征信息和工艺信息描述模型/041

3.4 工艺特征信息模型/042

3.5 工艺特征类库/043

3.6 交互式零件特征信息输入方法研究/045

3.6.1 统一的产品定义/046

3.6.2 产品数据交换/051

3.6.3 面向制造开发产品的共享信息模型/053

3.6.4 基于 Pro/E 平台的零件特征信息建模方法/054

3.7 本章小结/057

第四章 基于知识与实例的模糊工艺推理方法/065

4.1 系统功能结构/066

4.2 面向对象的实例描述方法/068

4.2.1 实例分类索引树/068

4.2.2 实例的工艺信息描述/069

4.3 最相似实例的模糊相似推理/070

4.3.1 模糊相似推理分析/071

- 4.3.2 特征相似匹配策略/077
- 4.3.3 最相似实例的推理/080
- 4.4 实例工艺的修改与零件工艺的生成/084
 - 4.4.1 实例零件工艺修改策略和规则/084
 - 4.4.2 实例工艺的修改与再设计/085
- 4.5 应用实例/087
- 4.6 本章小结/089

第五章 基于黑板推理与分层规划的模糊工艺决策方法/091

- 5.1 工序工步排序子任务分解策略/092
- 5.2 基于黑板推理的工艺决策策略/094
- 5.3 工艺决策模型/094
- 5.4 知识源的模糊表示方法/096
- 5.5 模糊决策控制模型/097
- 5.6 本章小结/099

第六章 CAPP 系统工艺设计方案的模糊综合评价/101

- 6.1 CAPP 系统工艺方案评价的必要性/102
 - 6.1.1 零件特征的划分、加工方法和加工顺序的多样性/102
 - 6.1.2 工艺设计原则的复杂性和多态性/103
 - 6.1.3 制造资源的动态性和多样性/104
- 6.2 工艺方案评价体系结构/104
- 6.3 工艺方案模糊综合评价模型/106
- 6.4 定量指标和定性指标的隶属度处理/109

6.5 多目标评价指标权重的确定/110

6.6 应用实例/112

6.7 本章小结/115

第七章 基于 PDM 的智能 CAPP 系统设计/117

7.1 基于 PDM 的智能 CAPP 系统体系结构/118

7.2 智能 CAPP 系统理论研究/120

7.2.1 定方位分层规划工艺自动生成理论/120

7.2.2 定方位分层规划工艺自动排序数学模型研究/123

7.2.2.1 第一层同方位主特征与辅助特征加工顺序排序算法/123

7.2.2.2 第二层零件所有主特征按加工顺序排序算法/124

7.2.2.3 第三层零件所有特征按加工顺序总排序算法/124

7.2.3 定方位分层规划工艺自动生成方法研究/125

7.2.3.1 自动机加工特点分析及刀架的选用/125

7.2.3.2 自动机工艺编制原则/127

7.2.3.3 定方位特征自动排序方法/128

7.3 面向对象的工艺特征库设计/132

7.3.1 基于特征的工艺库设计/133

7.3.2 工艺特征映射模型/134

7.3.3 面向对象的工艺知识表达/136

7.4 工艺过程参数的自动计算/138

7.4.1 切削用量的自动选择/139

7.4.2 自动机加工工步参数的自动计算/141

7.5 本章小结/141

第八章 GT—CAPP 系统简介/145

8.1 基于 PDM 的 CAD/CAPP 集成系统—GT—CAPP 系统简介/145

8.2 GT—CAPP 集成系统的开发环境/147

8.3 应用实例/147

8.3.1 基于 Pro/E 的零件特征信息建模/148

8.3.2 零件工艺设计/148

8.3.3 工艺结果输出/150

8.4 本章小结/162

第九章 结论与展望/163

9.1 研究结论/163

9.2 展望/165

参考文献/167

第一章

绪论

随着企业信息化工程的推广应用,企业面临着前所未有的机遇和挑战,也给企业的产品设计、工艺设计、生产组织、生产管理及市场策划与产品销售等提出了新的更高的要求,传统的制造概念和方法已经不能适应现代商品化市场对制造业的要求。我国企业在工业生产中采用了许多先进的产品设计和产品制造手段,特别是应用计算机技术和 CAX(CAD、CAE、CAPP、CAM 等)技术,大大地提高了企业的产品开发能力和市场竞争力,使企业取得了明显的效益。企业信息化工程的关键是企业生产过程的信息集成,CAPP(Computer Aided Process Planning)系统成了生产过程信息集成的关键环节,工艺设计工作不仅涉及到企业的生产类型、产品结构、工艺装备、生产技术水平等,甚至还要受到工艺人员的实际经验和生产管理体制的制约,使得目前的 CAPP 系统的发展仍落后于企业的需求,成为制约企业信息化、集成化和网络化的瓶颈。

产品数据管理(Product Data Management,简称 PDM)技术是以管理产品数据作为应用立足点,在此基础上解决企业中各系统的信息集成、功能集成和过程集成。国内外学者对 CAPP 系统开发的理论和技术进行了大量深入的探讨,特别是对基于 PDM 的 CAPP 系统开发模式的研究,使得 CAPP 系统能充分利用 PDM 系统的功

能,实现企业工艺信息资源共享。因此,实用的基于 PDM 的 CAPP 系统成为近期研究开发的热点。



基于 PDM 的 CAPP 系统产生的背景

随着人类进入知识经济和网络经济时代,以信息技术为主导,综合先进制造技术和先进制造管理技术的高新技术是现代企业发展的方向。在这巨大的技术变革和管理革新之中,把技术创新与组织创新、管理创新结合起来,使我国的众多企业,特别是大中型企业摆脱当前的生存困境、提高市场竞争能力,是摆在科技工作者和管理工作者面前的重要课题。在过去的几年里,科技部大力推广计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)技术,实施 CAD 应用工程,使我国的 CAD/CAM 技术得到了快速的发展,对加速我国企业的技术进步、提高企业的市场竞争力具有至关重要的作用。但 CAD 技术的全面推广却给数据管理带来了更多的困难,数据管理落后的问题更为明显,主要表现在:

1. 信息共享程度低。目前,企业应用的计算机辅助工具和信息系统,如:CAD、CAM、CAPP、MIS 等都是局部的单元系统,面向企业的某个部门,产生的数据涉及产品的不同方面。这些互不兼容的系统由于采用不同的操作系统、网络系统、数据库系统等软件环境,所产生的数据不能由一个企业级的计算机应用系统来管理,常常以不同的格式和介质存储在不同的计算机系统中,无法在设计、工艺和制造部门之间进行有效地信息共享与传递,形成信息孤岛。

2. 信息传递速度慢。在大部分企业中,信息传递主要是通过书面文件、报表及电话等方式,无法及时收集工艺和制造过程中的反

馈信息,不能实时反映设计和制造过程中的变化,随时跟踪整个产品设计和制造的进展情况。

3. 文档管理落后。在产品设计和制造过程中,不仅会产生大量的文件和图样,同时要多次查询和充分利用已有的设计数据。手工管理和维护这些数据会浪费大量的人力资源和空间资源。应用计算机辅助设计和辅助制造技术,要求计算机把大量的图样和技术数据进行有效地管理,在需要时能够快捷地查询和获取所需要的技术资料;要求计算机详细地记录设计、加工过程中的原始资料及相应的更改信息,用不同的版本来描述当前有效的数据;要求计算机系统的管理人员能够根据各类人员所担负的不同责任,分别赋予不同的权力,处理不同范围的资料。同样,对资料也应根据不同范围设置不同的密级,保证资料的安全和保密。

4. 支撑技术不配套。在数据管理方面,企业仍然停留在使用大型商用关系数据库的层次上,由于这些数据库不能有效地管理图形、图象等非结构数据,不能在异构与分布式计算机环境中实现企业内各类应用的信息集成、功能集成和过程集成。

这些问题更加剧了先进设计和制造技术与落后的管理手段之间的矛盾,新的生产模式,如 CIMS、虚拟产品开发、并行工程、敏捷制造等对信息管理技术提出了更高的要求,要求把产品的设计信息与制造信息有机地结合起来,做到在正确的时刻,把正确的信息以正确的形式送达到正确的人。由于以上诸多因素对信息管理的要求,呼唤一种新的信息管理技术。产品数据管理(PDM)正是在这样的一种背景下应运而生的,它是以软件技术为基础,以产品为核心,实现对产品的数据、过程和资源的集成化管理。

为了适应企业信息化的需要,制造业领域的科技工作者和企业工艺技术人员逐步认识到,生产制造过程中的信息是企业信息化工

作的核心和纽带,要实现生产过程信息化,必须开展基于 PDM 的 CAPP 系统的研究,在 PDM 平台上建立统一的产品信息模型,只有这样才能真正实现设计和制造过程的紧密集成。因此,基于 PDM 的 CAPP 系统的研究成为目前计算机辅助工艺设计的热点之一。

1.2 PDM 平台是支持 CAPP 系统信息集成的使能技术

PDM 作为工程领域的集成框架,集数据库的数据管理能力、网络的通讯能力及过程的控制能力于一体,为 CAPP 系统和其它异构数据间进行交换提供了必要的支撑环境。

PDM 系统管理来自 CAD 系统的产品设计信息,包括图形文件和属性信息。图形信息是指零部件的三维模型或二维工程图,如产品的二维设计图样、三维模型、产品数据版本及状态等;属性信息指零部件的基本属性及装配关系、产品明细、材料等。PDM 系统为 CAD 系统提供包括设计任务书、技术参数、原有零部件资料以及更改要求等产品设计方面的信息。

由于 PDM 系统中已经建立了企业的基本信息库,如材料库、刀具库、设备库、典型工艺库、工艺规程库等与产品有关的基本数据。因此,在 PDM 环境下,CAPP 系统无需直接从 CAD 系统中获取产品的模型信息、原材料信息、制造资源等信息,而是从 PDM 系统相关数据库中获取零部件的模型信息和加工信息,生成该零部件的工艺文件,实现了 CAD 系统与 CAPP 系统的无缝集成。同样,CAPP 系统产生的工艺信息,如工艺路线、工序、工步、工具夹具要求及对设计修改意见等,也要存储到 PDM 系统中的相关文件进行有效的

1.3

CAPP 的发展综述

工艺设计是制造型企业技术部门的主要工作之一,其质量的优劣及设计效率的高低,对生产组织、产品质量、生产效率、产品成本和生产周期等都有着极大的影响。长期以来,依靠工艺人员根据个人的经验以手工方式进行的工艺设计,由于固有的缺陷(效率低、工艺方案因人而异、难以获得最佳的工艺方案等)难以适应当今生产发展的需要,只有应用计算机辅助工艺设计,才能迅速编制出完整、详尽、优化的工艺方案和各种工艺文件,从而极大地提高工艺人员的工作效率,缩短工艺准备时间,加快新产品的投产。

1.3.1

CAPP 国内外研究状况

1965 年,Nibel 首先提出了 CAPP 的概念,到 1969 年世界上第一个 CAPP 系统 AUTOPROS 在挪威诞生,此后,CAPP 在世界范围内受到了广泛的重视,美国、德国、法国、英国、日本、瑞士、荷兰、意大利等国的研究机构又先后推出了几百个 CAPP 系统,如美国的 CAM-1CAPP 系统,适用于所有零件;日本神户大学的 CIMS/PRO 系统,适用于棱柱体类零件的加工;英国曼彻斯特大学的 AUTOCAP 和德国柏林工业大学的 CAPSY 系统用于解决回转体类零件的加工。这些系统把成组技术和专家系统应用到了 CAPP 系统中。有些系统已开始应用于企业,有些系统的功能正在不断扩大与完