

学科门类：工学
中图分类号：TP391.7

单位代码：10287
密 级：公开

硕 士 学 位 论 文

面向 PDM 的集成化 CAPP 系统
研究与开发

研究生姓名	王洪宇
一级学科	机械工程
学科、专业	机械电子工程
研究方向	现代集成制造系统
指导教师	叶文华 副教授

南京航空航天大学

二 零 零 二 年 三 月

学科门类：工 学
中图分类号：TP391.7

单位代码：10287
密 级：公 开

硕 士 学 位 论 文

面向 PDM 的集成化 CAPP 系统 研究与开发

研究生姓名	王洪宇
一级学科	机械工程
学科、专业	机械电子工程
研究 方 向	现代集成制造系统
指 导 教 师	叶文华 副教授

南 京 航 空 航 天 大 学

二 零 零 二 年 三 月

摘 要

随着先进制造技术的研究与应用的不断深入，产品数据管理（PDM）和计算机辅助工艺设计（CAPP）已成为现代集成制造系统和企业信息化的重要组成部分。现代制造业对工艺设计提出了更高的要求，研究和开发面向 PDM 的集成化 CAPP 系统，对促进企业的发展，提高企业的市场竞争力，有着重要作用。

本文主要对面向 PDM 的集成化 CAPP 系统进行了研究和探讨。首先阐述了 PDM 在现代制造业中的地位及 PDM 与 CAPP 之间的关系等，然后分析了面向 PDM 的 CAPP 系统的体系结构，进行了系统设计，并对系统的一些关键技术进行了探讨，如 CAPP 与 PDM 的集成、CAPP 与 CAD 的集成和产品设计信息的集成。在此基础上，进行了面向 PDM 的集成化 CAPP 原型系统的开发。

关键词：CAPP PDM 集成

Abstract

With the further research and application of advanced manufacturing technology, Product Data Management (PDM) and Computer Aided Process Planning (CAPP) has become important parts of modern integrated manufacturing system and enterprise information system. Modern manufacturing enterprises put forward urgent demands for process design. The research and application of PDM oriented integrated CAPP system play a key role in facilitating the development of enterprise and improving its market competitiveness.

The paper mainly studies the PDM oriented integrated CAPP system. Firstly, it expounds the status of PDM in the modern manufacturing enterprising and relationship between the CAPP and PDM. Secondly, it discuss in detail the system design of the prototype and explores the key technologies on the system, such as the integration between CAPP/PDM and CAPP/CAD、the integration of product design information. Based on these, a prototype of PDM oriented integrated CAPP system is developed.

Keyword: Computer Aided Process Planning Product Data Management
Integration

目 录

第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 CAPP 的国内外研究情况	2
1.2.1 CAPP 发展概况	2
1.2.2 当前 CAPP 存在的主要问题	5
1.2.3 现代 CAPP 系统应用技术特点	6
1.3 论文研究内容	7
第二章 面向 PDM 的集成化 CAPP 系统的研究	8
2.1 产品数据管理 (PDM)	8
2.1.1 PDM 在现代制造业中的重要地位和作用	8
2.1.2 PDM 的体系结构	9
2.2 CAPP 系统的分类和基本构成	10
2.3 PDM 与 CAPP 的关系	11
2.3.1 PDM 为 CAD/CAPP/CAM 的集成提供了集成平台	11
2.3.2 PDM 对 CAPP 的支持	13
2.3.3 CAPP 与 PDM 的关联性	14
2.3.4 集成化 CAPP 系统的体系结构	14
2.4 CAPP 与 PDM 集成的实现技术——COM	15
2.4.1 组件对象模型 (COM) 简介	15
2.4.2 组件规范及实现	16
2.4.3 组件技术的演变	20
第三章 集成化 CAPP 系统的分析与设计	22
3.1 PDM 在集成化 CAPP 系统中的应用	22
3.2 集成化 CAPP 系统需要解决的问题	23
3.3 CAPP 系统的对象数据模型	24
3.4 系统的需求分析	26
3.4.1 系统的需求分析过程	26
3.4.2 系统需求功能描述	27
3.5 系统的结构分析	28
3.5.1 系统的功能结构	28
3.5.2 系统的模块结构	29
3.5.3 系统的工作过程	30
3.6 系统的数据库设计	30
第四章 面向 PDM 的集成化 CAPP 系统的关键技术	33
4.1 PDM 系统与 CAPP 系统的集成的实现	33
4.1.1 PDM 系统与 CAPP 系统集成方法	33
4.1.2 SmarTeam 对象模型	34
4.1.3 系统的集成框架	36
4.1.4 产品结构树的集成	36
4.2 CAPP 与 CAD 的集成	38
4.2.1 概述	38

4.2.2 OLE 技术的应用	39
4.3 产品设计信息的集成	41
第五章 集成化 CAPP 原型系统的实现	43
5.1 集成化 CAPP 原型系统的开发	43
5.2 工艺设计	44
5.2.1 工艺任务树的生成	45
5.2.2 典型工艺的检索	45
5.2.3 工艺卡片编辑	46
5.2.4 报表统计	47
5.3 基础信息维护	47
5.3.1 标准工序维护	47
5.3.2 基础数据维护	48
第六章 总结和展望	49
致 谢	50
参考文献	51

第一章 绪论

1.1 引言

工艺设计是产品制造过程中技术准备工作的一项重要内容,是产品设计与实际生产的纽带,是一个经验性很强而且随制造环境变化而多变的决策过程。

生产过程中,按一定顺序逐步改变生产对象的形状(铸造、锻造和快速成型等)、尺寸(机械加工)、位置(装配)和性质(热处理)使其成为产品的这部分过程称为工艺过程。通常,机械加工工艺过程和装配工艺过程是机械制造企业的主要工艺过程。工艺规程是规定工艺过程、内容及其操作等要求,用以指导实际生产的文件,也是将工艺设计人员的设计意图转变为产品制造过程的依据。

一个理想的工艺规程应保证企业以最低的成本、最短的生产周期、最有效的工艺方法制造出已设计好的产品,工艺规程编制应尽量向此理想化的方向发展。

传统的工艺设计一般是由工艺员手工完成的,因此工艺文件的内容、质量以及编制时间主要取决于工艺员的经验和编制习惯。这种状况将不可避免地导致工艺文件的一致性差、质量不稳定和编制时间长。

由于经历和习惯不同,不同工艺员不仅对相似零件,甚至对同一零件设计出的工艺也有差别。同时,一个工艺员不同时刻编出的工艺文件也会有所不同。显然,这对于规范化和标准化的生产极为不利,当然也不利于生产率的提高。

手工编制工艺规程一般要经过以下步骤:工艺员按零件图纸设计工艺规程,然后填写工艺卡、画工序图等;校对,审批;撰写和描图;晒图并装订成册。这个过程花费较长时间,效率低。

随着计算机技术的发展,计算机应用技术逐步深入到制造企业的各个领域,工艺设计领域也包括在其中。应用 CAPP 技术,可以使工艺人员从烦琐重复的事物性工作中解脱出来,迅速编制出完成而详尽的工艺文件,缩短生产准备周期,提高产品制造质量,进而缩短整个产品的开发周期。CAPP 被公认为是 CAD/CAM 真正集成的关键,是许多先进制造系统的技术基础之一。近年来,随着计算机集成制造系统(CIMS)、并行工程(CE)、智能制造系统(IMS)、虚拟制造系统(VMS)、敏捷制造(AM)等先进制造系统的发展,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。

进入九十年代以来,随着网络、数据库、面向对象方法、分布计算、系统集成等计算机相关技术的飞速发展,企业对 CAPP 提出了更高的要求,企业要求 CAPP 与其它相关设计或信息系统(如 CAD、PDM、ERP 等)之间实现产品信息的全面集成。这里的产品信息是指产品从概念设计、计算分析、详细设计、工艺设计、加工制造、销售维护直至产品消亡的整个生命周期内及其各个阶段的相关数据,而不是传统 CAPP 系统

所面对的零组件几何或工艺信息。而且,目前伴随全球市场的形成,通过 Internet 实现企业敏捷制造模式的思想已经被企业所逐步接受,如何实现企业间工艺信息共享、实现企业间制造资源的合理分配和利用,业为 CAPP 的发展提出了新的课题。

因此,CAPP 的理解不能停留在传统的计算机辅助工艺设计这一层次之上,CAPP 应该在实现企业工艺部门的工艺信息共享及工艺设计与管理的一体化的基础上,实现与企业产品设计、产品制造、生产与经营管理、销售及物资供应等部门的计算机应用系统的有机集成。

传统的 CAPP 仅指工艺过程设计的计算机化,CAPP 系统并不直接参与企业生产活动的全过程。无论是早期简单的检索式和派生式系统,还是后来为了提高智能化、实用化、通用化而开发的 CAPP 专家系统、综合式 CAPP 以及 CAPP 开发工具或开发平台,都将功能局限在设计和输出工艺文件的狭小范围内,大多是以单机单用户的方式运行,缺乏工艺活动的组织、协调与控制,与 CAD、CAM 等系统的集成能力弱,难以实现实时信息交换和展开并行工程。

PDM 技术的兴起为产品的开发和制造提供了一个并行的协作环境。CAPP 可以充分利用 PDM 的强大功能,实现工艺设计过程控制和并行工程。PDM 的过程管理可以协调和规范诸如设计、审查、批准、更改等个规程事件,并提供了支持并行设计的框架。它为提高企业的开发效率,提高设计质量和规范设计过程提供了良好的支持。

国内许多 CIMS 工程中,越来越多的企业开始选择商用 PDM 软件作为 CIMS 的集成平台和并行工程的使用环境,研究面向 PDM 集成的 CAPP 系统必然成为一个新的发展趋势。

1.2 CAPP 的国内外研究情况

1.2.1 CAPP 发展概况

对计算机辅助工艺设计(Computer Aided Process Planning, CAPP)这一课题的研究始于 20 世纪 60 年代后期。在 CAPP 发展史上具有里程碑意义的是美国的计算机辅助制造国际组织 CAM-I(Computer Aided Manufacturing - International)于 1976 年推出的世界上第一个 CAPP 系统,即 CAM-I's Automated Process Planning 系统。取其字首的第一个字母,称为 CAPP 系统。如今对 CAPP 的缩写方法虽然还有不同的释义,但把计算机辅助工艺规程设计称为 CAPP 已经举世公认。CAPP 直到 80 年代才逐渐受到工业界的重视。由于 CAPP 系统是制造自动化的关键性问题,国内外不少研究人员投入了很多的精力从理论上和实践上对它进行研究。其研究工作的进展较快,目前国内外许多制造自动化学术会议均包括 CAPP 的内容。

真正具有通用意义的 CAPP 系统是 1969 年以挪威开发的 AUTOPROS 系统为开端,其后很多的 CAPP 系统都受到这个系统的影响,如美国 CAM-I 的 CAPP 系统(1976 年)、美国 Lockheed 公司的 GENPLAN(1980 年)、美国 Metcut 的 AUTOPLAN(1980 年)、美国 OIR 的 MIPLAN(1980 年)以及中国同济大学的 TPJICAP(1982 年)等等。这类系

统的共同特点是在成组技术和数据库技术的基础上,利用零件的结构和工艺相似性,通过检索和修改零件族主样件的标准工艺而获得当前零件的工艺规程。这可以认为是一种“标准工艺法”。由于标准工艺是工艺人员事先拟订的,其工序间的逻辑关系已经确定,而对标准工艺的修改又仅仅是一系列的删减操作,不会改变工序或工步原来的排列顺序,所以,从本质上讲,这类系统的排序完全是由人工来完成,可以认为它们是一种数据检索系统。

继“标准工艺法”之后的是所谓“自动排序”的创成式系统。该类系统是将工艺决策知识用决策表、决策树或公理模型等技术来实现,实际上是把这种工艺决策逻辑用是非判断的决策形式固化在程序中,或采用数据文件结构由系统调入程序中,而零件的工艺规程是根据工艺数据库中的零件信息在没有人工干预的条件下自动创成出来的,如德国亚琛工业大学的 AUTAP、美国 Purdue 大学的 TIPPS、美国 CAM-I 的 XPS-1 等。由于工艺设计的复杂性和多样性,这种功能齐全、能自动排序的完全创成式系统的实现难度太大,至今也没有开发出来。上述系统充其量只能算是半创成式,即在系统中包含有一部分决策逻辑,而其关键部分-工序工步排序或采用前述的标准工艺法来实现或通过人机交互方式来完成。如美国发表的 CORE-CAPP 系统就属于此类。

从 80 年代中后期到 90 年代初期,研究人员在 CAPP 中广泛应用了人工智能技术与专家系统,开发出一大批基于规则推理的 CAPP 专家系统。这些系统与以往系统的显著区别在于它们具有一个将工艺知识与经验以产生式规则表示的知识库和模拟工艺设计专家进行工艺决策的推理机。其基本原理都是通过零件的输入信息与系统的决策规则匹配,按照系统的推理方式和控制策略生成零件的工艺规程。如美国 Penn State U. 的 MICRO-GEPPS 系统、北京理工大学的 BITCAPP 系统、西北工业大学的 CAOS 系统等。

近年来,国内外研究人员对 CAPP 的理论方法进行了广泛的研究和深入地探索,部分开发人员将人工智能技术、人工神经网络、模糊推理、面向对象方法和特征技术等新观点新理论引入到 CAPP 系统中,提出了一些富有特色的 CAPP 系统方法。如清华大学的吴瑞荣等运用模糊 Petri 网技术,针对装夹与定位方案提出可选工艺路线的决策方法;北航的董家骧等运用神经网络进行工序工步的排序;Markus A. 则把基因算法引入 CAPP 中工步排序的优化中。

也有一部分学者提出了 CAPP 系统开发工具的思路,并进行了一些卓有成效的实践;还有人将传统的派生法、传统的创成法与人工智能结合在一起,综合它们的优点,构造了所谓的混合式 (Hybird) CAPP 系统,多种开发模式的结合提高了 CAPP 系统灵活性和通用性,但由于工艺设计的多样性和复杂性,迄今为止已得到实践考验和令人满意的系统还不多。

我国对 CAPP 的研究始于 80 年代初,但与世界先进水平相距不远。特别在国家 863/CIMS 计划的资助和推动下,近年来 CAPP 技术已取得较大的进展,也开发了许多实用系统,

目前国内已经开发了许多适应企业需要的 CAPP 系统,并取得了一定的经济效益。如清华大学开发 1994 年开发的 THCAPP 系统,采用人工智能、模糊推理,基本上作到了 CAD/CAPP/CAM 的集成;西北工业大学为成都飞机公司开发的 FA-CAPP 针对飞机的结构件,以特征基为基础建立专家系统来进行工艺决策,并在一定程度上实现了与 CIMS 各集成单元的集成。

但以上的系统一般是针对某类具有一定特点零件的专用 CAPP 系统,受到制造环境和制造对象的约束,适用面很窄,效率不高。因此,国内一些单位也在尝试进行有一定通用性的 CAPP 的研究,并取得了一定的成效。

华中理工大学的开目 CAPP 系统采用半智能化的思路,根据手工编制工艺的特点,为用户提供了一整套的工具系统,使得耗费时间最多的表格填写效率大大提高,使工装信息等汇总自动化,同时该系统工艺表格、各种数据库等完全开放,通用性很强,可满足各类加工企业的需求。

北京利玛公司的利玛 CAPP-TOOLS 为了满足不同用户不同工艺类别、不同输入项目、不同输出格式的要求,采用定制模板的方式来使用户开发出符合自己需要的系统,用户通过定制工具定制输入项目、输出格式、统计表等模板,模板定制好,以后的系统就以该套模板为准进行工作,这时就生成了一套针对具体用户的专用 CAPP 系统,系统也具有较好的通用性。

由于制造企业所生产的零件种类繁多,不同零件可能相差很大,用前面的几种方法不可能覆盖企业所生产的全部零件,所以由人工交互地输入工艺规程对一个完整的 CAPP 系统来说是必不可少的。

在交互式 CAPP 系统中,计算机就替代了常规工艺设计中的铅笔和工艺卡的作用,工艺员坐在计算机前用常规的思路来输入零件的工艺规程。因此,它不可避免的有着常规工艺设计的弊病,如速度较慢、效率较低、工艺一致性较差等缺点。但利用当前操作系统图形界面和工艺标准化的概念,可以在一定程度上解决这一问题。我们先提取企业中经常用到的工步和工序术语,对其进行规范化,得到一些典型工序和工步,并把它们分门别类;然后在交互编制工艺规程的过程中选择调用所需的典型工序和工步,这将大大提高输入速度和提高工艺用语的规范化。本文在后面的实用中也将采用这种方法。

CAPP 类型和设计方法很多,但从国内的普遍情况来看,以派生式为基础的 CAPP 设计方法较为适用,其主要原因是正在开展或准备推行 CAPP 的工厂大都为几十年以上的老厂,产品种类比较固定,发展方向明确,并在多年的生产中积累了一定数量的切实可行的、稳定的产品工艺,在此基础上,通过整理和完善,可制定出派生式 CAPP 系统需要的产品典型工艺和确定各工艺要素的规则知识。而一味追求创成或专家系统的方法,对企业积累的大量的行之有效的工艺方案弃之不用,在系统的开发技术、开发费用及系统开发的耗费时间等诸方面将会出现极大的困难,使 CAPP 系统难以见效、普及和推行,更难以实现 CAPP 系统软件的商品化。

分析世界 30 多年来和我国 20 年来的 CAPP 发展情况,综合以上的一些分析实例,可以对 CAPP 研究发展情况归纳如下几点:

(1) 由派生式系统向创成式系统发展。

(2) 从传统的 CAPP 系统向智能化的 CAPP 系统发展。

(3) 从孤立的 CAPP 系统向 CAPP/NC(数字控制, Numerical Control)和 CAD(计算机辅助设计, Computer Aided Design)/CAPP/CAM(计算机辅助制造, Computer Aided Manufacturing)一体化方向发展。

(4) 从面向特定对象的专用 CAPP 系统向通用的 CAPP 系统开发工具或平台的方向发展。

在这其中,集成化和通用工具化是两个最重要的发展趋势。

在一个现代制造系统中, CAPP 系统其中的一部分。为了实现制造系统的信息集成, CAPP 必须与 CAD、CAM、PDM(产品数据管理, Product Data Management)以及 ERP(企业资源计划, Enterprise Resource Planning)等系统进行集成,这就需要解决产品各种特征的建模以及数据交换等关键性问题。

同时,由于制造业的范围很广,不同的工厂,甚至同一工厂内的不同车间,产品对象不同,生产批量不同,生产设备、工艺方法和工艺习惯都不一样。一个工厂或车间适用的工艺规程,不一定适用于另一个工厂或车间。要使 CAPP 系统真正能够做到应用面广、适应性强,并能很容易地实现商品化,开发通用的工具型 CAPP 系统是大势所趋。

1.2.2 当前 CAPP 存在的主要问题

迄今为止,国内外在 CAPP 技术的研究和系统的开发上已投入大量的资金和力量,已开发出的为数众多的 CAPP 系统。但从应用角度看,已取得的实际效益和投入的力量很不相称。表现在:开发投入多,应用维护几乎无投入;原型系统多,真正在实际生产中用得较好的系统多数是针对回转体零件的交互型和变异型的、一定程度上满足信息共享要求的 CAPP 系统。同 CAD、CAM、MIS、PDM 等相关技术相比, CAPP 差距相当大。究其原因可概括为以下几个方面:

1、CAPP 研究与开发的目标有很大的片面性

长期以来, CAPP 的目标一直是开发代替工艺人员的自动化系统,而不是辅助系统,即过分强调了工艺决策的自动化。在此目标指导下开发的“自动化” CAPP 系统,虽然融入了人类专家的知识 and 经验,但在运行时通常需要用户首先费时费力地按规定描述方法交互输入零件信息(尽管有不少系统从技术上实现了 CAD/CAPP 集成,但远未达到工程化),然后由系统进行自动决策。一般只提供简单的人机界面,决策过程很少考虑人的有效参与。这就导致了以下问题:系统开发周期长,,费用高,难度大;使用人员很难参与,使用中仍需交互输入大量的信息,麻烦而又容易出错,实用性差,难以推广应用;工艺设计与管理不能集成,很难保证工艺信息和文件的准确性、一致

性;研究与开发只能以零件为主体对象,常常针对特定制造对象、特定制造环境进行。因此开发出的系统功能和应用范围有限,缺乏适应生产环境变化的灵活性和适用性。

2、学院派与工程实用派有待结合

在 CAPP 商品化的发展过程中曾经发生过分歧和争论,分成两派:学院派和工程实用派。学院派的实现需要许多基础信息作为支撑,实施周期长,难度大,灵活性和可移植度差,效果不一定令人满意;而工程使用派目前在商品化道路上取得了成功,然而该类软件编制工艺规程实质上都是由人来完成的,有的就是个卡片编辑器,对工艺编制人员以来很重,自动化程度低,系统的准备时间较长,并没有根本上解决 CAPP 的诸多问题,因此二者必须走相互融合的道路。

3、对 CAPP 的系统化、实用化、工程化研究重视不够

尽管各种新概念、新方法、新技术在 CAPP 中不断获得应用,但主要是针对各种决策功能,而始终缺乏对 CAPP 的系统化、实用化、工程化的研究,缺乏各种技术之间及技术与管理、与人之间的集成,使得这些新技术、新概念、新方法所起的作用甚小,也使得 CAPP 的整体发展缺乏坚实的基础和动力。

4、CAPP 的基础性技术和方法有待进一步深入研究

工艺过程设计是典型的复杂问题,包含了分析、选择、规划、优化等不同性质的各种功能要求,所涉及的范围十分广泛,用到的信息量相当庞大,又与具体的生产环境及个人经验水平密切相关。而长期以来,CAPP 的研究与开发者忽视对工艺设计问题所涉及的通用基础性技术、方法和资料的深入研究和探索,各种新概念、新方法、新技术的采用既缺乏应用基础,也缺乏系统化基础。由于过分强调 CAPP 系统开发中计算机程序设计的重要性而忽视工艺设计的原理和方法,而难以开发出高水平的 CAPP 系统。

1.2.3 现代 CAPP 系统应用技术特点

现代 CAPP 即面向企业信息化建设的网络化集成工艺设计平台,其特点主要包括如下几个方面:

1、工艺数据的格式化是现代 CAPP 要重点解决的问题之一

工艺卡片是工艺设计人员日程工作的重要对象,然而企业真正关心的是工艺卡片上反映的工艺数据,工艺格式是一个完整的工艺中所包含的工艺数据类型以及工艺数据之间的结构关系的总和,工艺格式在工艺卡片和工艺数据格式之间架起抽象的桥梁,使企业关心的所有数据都能通过固定的数据库结构去描述。数据、格式、卡片的三层结构可对应于软件编程中的三层,利用该思想可为 CAPP 软件的平台化奠定坚实的基础。

2、构建在利用标准对象模型的基础上

现代 CAPP 系统作为工艺设计的工作平台,它需要一种通用的对象模型来抽象 CAPP 的数据结构,并且这种模型能提供一种简单的方法用于软件模块之间相互操作,

以此来提供方便软件扩充、软件功能修改以及二次开发手段。

提供该类对象模型的标准有 OMG 的 CORBA (Common Object Request Broker Architecture 公共对象请求代理结构) 以及 Microsoft 的 COM (Component Object Model 组件对象模型)、DCOM 及 COM+等。

3、现代 CAPP 应该是完整的分布式网络应用系统

工艺设计工作的实际需求是协同工作、知识积累、快速复用。分布式网络应用继承了标准的 Client/Server 网络应用体系并优化了客户端程序,通过公用的中间业务逻辑层访问数据库:只要更换中间相关部件即可实现系统的升级维护;网络数据通信次数大大减少,提高了整个网络系统的执行效率。分布式 CAPP 系统能适应工艺设计过程、工艺决策知识和方法以及生产环境约束条件的多样性。同时,从软件工程角度看,它符合软件层次化和模块化的要求。

1.3 论文研究内容

本文根据 CAPP 系统当前发展的现状和趋势,设计了一种面向 PDM 的集成化 CAPP 系统的系统结构,并进行了原型系统的开发。

本文的内容安排如下:

第一章 介绍了 CAPP 系统的基本概念、国内外发展概况,分析了 CAPP 系统的发展趋势及其应用技术特点。

第二章 研究了 PDM 和 CAPP 的体系结构以及面向 PDM 的集成化 CAPP 系统的体系结构,并提出了 PDM 和 CAPP 集成的一种实现技术。

第三章 运用软件工程的分析方法,以需求分析为基础,进行系统的软件结构和工作流程设计。

第四章 结合原型系统的开发过程,论述了系统中的关键技术的实现方法。

第五章 介绍了所开发的原型系统的开发情况。

第六章 对本文进行了总结和展望。

第二章 面向 PDM 的集成化 CAPP 系统的研究

2.1 产品数据管理 (PDM)

2.1.1 PDM 现代制造业中的重要地位和作用

PDM 是一个不断发展的概念, 专门从事 PDM 和 CIM 相关技术咨询业务的国际公司——CIMdata 公司总裁 Edmiller 在《PDM today》一文中给出的 PDM 定义为: PDM 是管理所有与产品相关的信息和过程的技术; 与产品相关的所有信息, 即描述产品的各种信息, 包括零部件信息、结构配置、文件、CAD 图档、审批信息等; 与产品相关的所有过程, 即对这些过程的定义和管理, 包括信息的审批和发放。这一定义意味着 PDM 在工业上的应用非常广泛。

PDM 能有效地将从概念设计、计算分析、详细设计、工艺流程设计、加工制造、销售维护到产品消亡整个生命周期内的产品数据及其各阶段的相关数据, 按照一定的数据模式加以定义、组织和管理, 使产品数据在整个生命周期内保持一致、最新、共享及安全。它能很好地面向企业的生产组织, 使企业提高其产品质量、缩短研制周期、提高工作效率、加快产品投放市场速度, 从而提高产品的竞争能力。

PDM 作为支持协同工作的使能技术, 首先能支持异构计算机环境, 包括不同的网络与数据库; 其次, 能实现产品数据的统一管理与共享, 提供单一的产品数据源; 第三, PDM 能方便地实现对应用工具的封装, 便于有效地管理全部应用工具产生的信息, 提供应用系统之间的信息传递与交换平台; 最后, 它可以提供过程管理与监控, 为协同工作中的过程集成提供必要的支持。综合上述四个方式, PDM 在突出产品数据管理的基础上, 正逐步完善其作为制造业领域集成框架的功能, 为协同工作的实施提供更强有力的自动化环境。

PDM 是面向产品开发过程的技术, 它以计算机网络技术、数据库技术为基础, 以面向对象技术为手段, 是信息化的企业级产品开发过程在计算机系统实现。它完成的功能包括: 生命周期管理, 开发人员管理, 电子仓储管理, 产品结构管理, 零件族管理, 产品变更管理, 产品配置管理等等。

随着计算机应用的迅速发展, 采用计算机辅助设计技术和先进的信息管理技术是企业进行技术更新改造、提高产品竞争力的必由之路。根据国外资料统计, PDM 的应用能使产品开发周期缩短 25%, 减少工程设计修改 4%, 加快产品投放市场进度 50%—80%, 总成本削减 25% 以上。国外的一些汽车、飞机公司实施 PDM 系统后均大大提高了企业的效益。国内根据对机电工业近五百家企业调查, 新产品开发周期达 24 个月, 其中单件、小批量产品的生产技术准备周期约占供货期的 32%, 有的高达 60%, 采用 PDM 技术后, 可缩短生产周期 50%—80%。CIMS 示范应用企业使用 PDM 技术后, 对减低产品开发成本、提高设计能力等均取得了明显的效益。随着中国信息化进程发展, 国内应用 PDM 系统的企业越来越多, PDM 产品的开发与应用进入了快速发展时期, 许

多企业都把 PDM 作为贯穿整个企业的骨架，企业保持竞争力的战略决策。

2.1.2 PDM 的体系结构

PDM 系统是建立在关系数据库管理系统平台上的面向对象的应用系统，PDM 的体系结构如图 2-1 所示，共有四层组成。

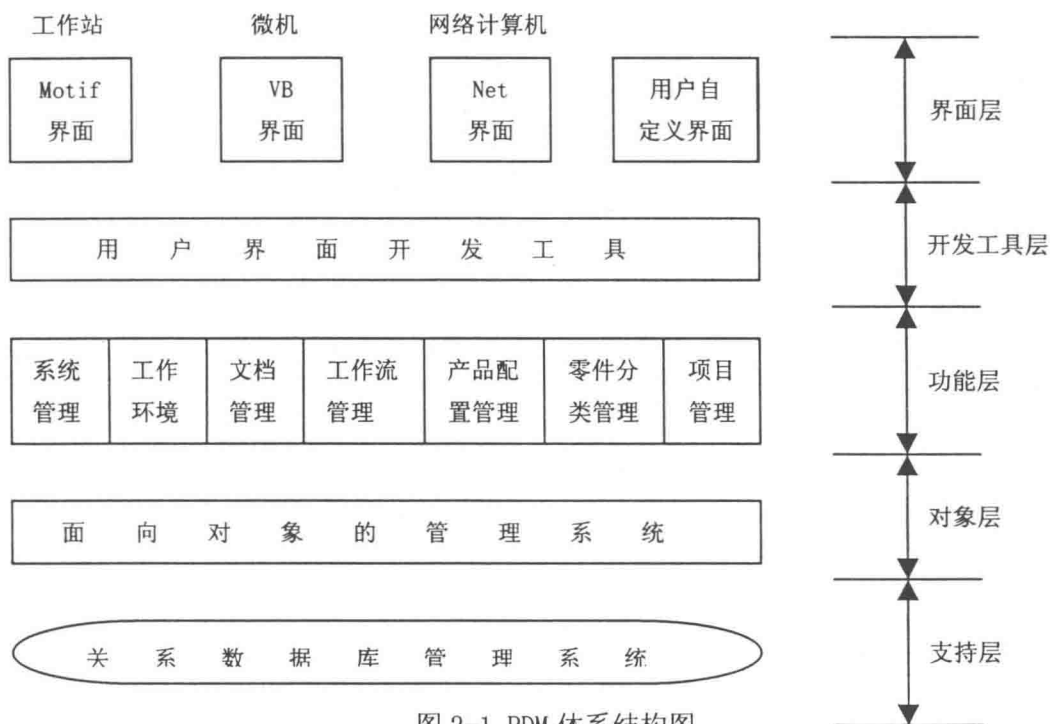


图 2-1 PDM 体系结构图

第一层是支持层。目前流行的通用商业化关系数据库管理系统是 PDM 系统的支持平台，提供数据管理的最基本的要求，如存取、删改、查询等操作。

第二层是面向对象层。由于关系型数据库侧重管理事务性数据，不能满足产品数据动态变化的管理要求。因此，在 PDM 系统中，采用若干个二维关系表来描述产品数据的动态变化。PDM 系统将其管理动态变化数据的功能转换成多个二维关系型表格，实现面向产品对象管理的要求。如可以用一个二维表记录产品的全部图形记录，但不能记录每一个图形的变化历程，再用一个二维表专门记录设计图形的版本变化过程，两张表就可以描述产品设计图形的更改过程。

第三层是功能层，面向对象层提供了描述产品数据动态变化的数据模型。在此基础上，根据 PDM 系统的管理目标，可以建立相应的管理模块。在 PDM 中有两大类功能模块。一类是基本功能模块，包括文档管理、产品配置管理、工作流程管理、零件分类和检索及项目管理等；另一类是系统管理模块，包括系统管理和工作环境。系统管理主要是针对系统管理员如何维护系统，确保数据安全与正常运行的功能模块。工作环境主要保证各类不同的用户能够正常地、安全地、可靠地使用 PDM 系统，既要方便、快捷，又要安全、可靠。

第四层是用户层，包括开发层和界面层。在 PDM 系统中，通常除了提供标准的、

不同硬件平台上的人机界面外，还要提供开发用户化人机界面的工具，以满足各类用户的特殊要求。

2.2 CAPP 系统的分类和基本构成

当前，科学技术飞速发展，产品更新换代频繁，多品种、小批量的生产模式已占主导地位，传统的工艺设计方法已不能适应机械制造业的发展需要。随着计算机技术的发展，受到了工艺设计领域的高度重视。其主要优点在于：

- (1) CAPP 使工艺设计人员摆脱大量、繁琐的重复劳动，将主要精力转向新产品、新工艺、新装备和新技术的研究与开发。
- (2) CAPP 可以显著缩短工艺设计周期，保证工艺设计质量，提高产品的市场竞争能力。
- (3) CAPP 可以提高产品工艺的继承性，最大限度地利用现有资源，降低生产成本。
- (4) CAPP 可以使没有丰富经验的工艺师设计出高质量的工艺规程，以缓解当前机械制造业工艺设计任务繁重，但缺少有经验工艺设计人员的矛盾。
- (5) CAPP 有助于推动企业开展的工艺设计标准化和最优化工作。
- (6) CAPP 是企业逐步推行 CIMS 应用工程的重要基础之一。

通常，可以将制造企业分为五个层次，即：工厂层、车间层、单元层、工作站层和设备层。企业的不同层次对 CAPP 有不同的应用需求。不同应用层次对 CAPP 的需求是不同的，因此了解 CAPP 系统的基本原理、主要特点和应用场合，选择恰当工作原理和方法开发 CAPP 系统是至关重要的。CAPP 系统按其工作原理和工艺设计方法一般可以分为三种类型：检索式 CAPP 系统、派生式 CAPP 系统和创成式 CAPP 系统，在此基础上又发展出综合式 CAPP 系统、CAPP 专家系统等。如图 2-2 所示。

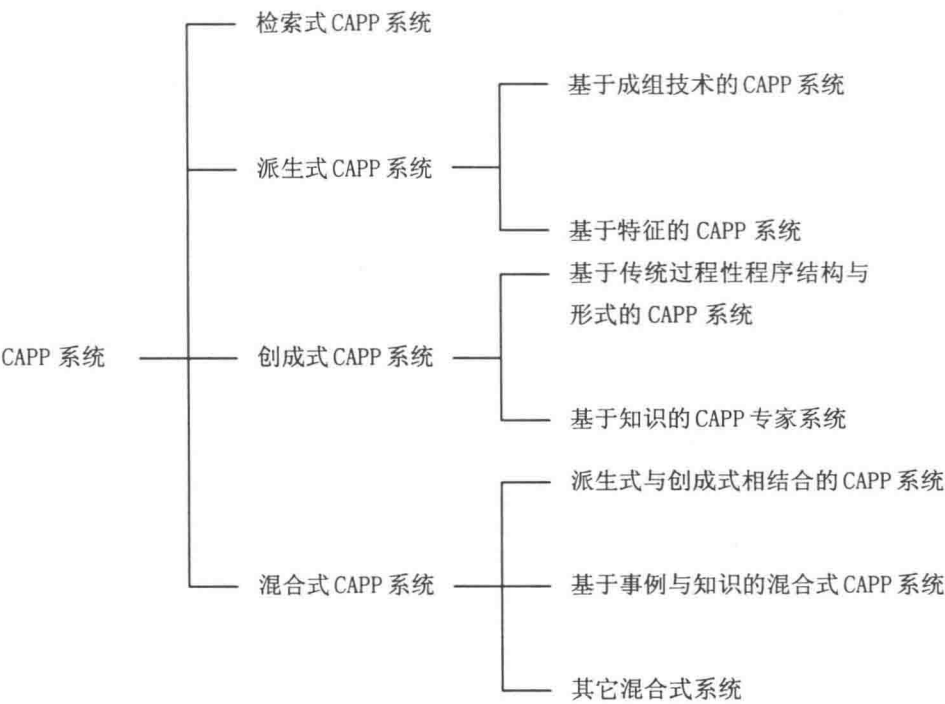


图 2-2 CAPP 系统的分类

尽管世界各国推出了许多面向不同对象、面向不同应用,采用不同方式,基于不同制造环境的 CAPP 系统,但是综合比较和分析结果表明,这些类型繁多的 CAPP 系统,其基本构成是基本不变的,从功能上可分为以下五个部分:零件信息的输入、工艺数据/知识库、工艺决策、人机界面、工艺文件编辑/管理/输出。

1、零件信息的输入

零件信息是系统进行工艺设计的对象和依据,由于计算机尚不能象人一样直接识别零件图上的信息,因此建立相关的数据结构描述并输入零件信息是 CAPP 技术的基础问题之一。

2、工艺决策

工艺决策是 CAPP 系统的控制指挥中心,其作用是以零件信息为依据,按照预先规定的顺序或逻辑,调用有关工艺数据或规则,进行必要的比较、计算和决策,生成零件的工艺规程。

3、工艺数据/知识库

工艺数据/知识库是 CAPP 系统的支撑工具,它存储了工艺设计所要求的工艺数据和规程。合理地组织并管理这些信息,是 CAPP 系统的重要问题。

4、人机界面

人机界面是提供给用户的操作平台,包括系统菜单、工艺设计界面、工艺数据/知识的输入和管理界面,以及工艺文件的显示、编辑与管理界面等。

5、工艺文件的编辑/管理/输出

每个 CAPP 系统都包含大量的工艺文件,管理和维护这些文件是系统的重要内容。工艺文件的输出包括工艺文件的格式化显示、存盘、打印等。

CAPP 系统要完成的工作主要包括毛坯设计、加工方法选择、工序设计、工艺路线制定以及工时定额计算等。其中,工序设计又包括装夹设备选择或设计、加工余量分配、切削用量选择以及机床、刀具、夹具的选择、必要的工序图生成。一个实用的 CAPP 系统应具有如下功能:

- 1) 能够从工程(产品设计)方面获得输入数据,并且生成一整套工艺规程,供编制生产计划和生产、材料、质量控制等使用。
- 2) 能够为加工指令、生产计划调度、工资单计算和材料发放等提供基本数据。
- 3) 应是适合于不同零件种类的通用化系统。
- 4) 应是一个能充分利用计算机潜力的交互式在线处理系统。
- 5) 具有便利的用户界面,并为操作人员提供指南。
- 6) 系统是模块化、结构化的,以便容易扩展和维护。
- 7) 应该与其生产设备一样,具有经济性。

2.3 PDM 与 CAPP 的关系

2.3.1 PDM 为 CAD/CAPP/CAM 的集成提供了集成平台

CAD/CAPP/CAM 的集成是计算机技术在制造科学与应用领域中的一个重要应用。目前,已有许多性能优良的商品化的 CAD、CAPP、CAM 系统。这些独立的系统分别在产品设计自动化、工艺过程设计自动化和数控编程自动化方面起到了重要的作用。但是,采用这些各自独立的系统,不能实现系统之间信息的自动传递和交换。

用 CAD 系统进行产品设计的结果只是输出图纸和有关的技术文档,这些信息不能