



高职高专规划教材

CAPP技术与实施

◎ 祝勇仁 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高职高专规划教材

CAPP 技术与实施

主 编	祝勇仁	
副主编	王循明	张 炜
参 编	邓劲莲	赵正平
主 审	屠 立	



机 械 工 业 出 版 社

本书按照 CAPP 基础理论与 CAXA CAPP 软件 (CAXA 工艺图表 2007 和 CAXA 工艺汇总表 2007) 实践应用相结合的方式, 根据必需、够用的原则进行编写, 力求做到理论实践并重。同时, 结合 CAPP 的技术热点进行介绍, 使学生对 CAPP 能有较全面的理解。

本书第 1、2、3 章是 CAPP 基础理论部分, 阐述了 CAPP 相关的基本概念、原理和实施过程, 第 4~9 章是 CAXA CAPP 实践部分, 详细介绍了 CAXA 工艺图表、CAXA 工艺汇总表的应用功能, 并结合具体应用实例, 系统讲解了工艺卡片的编制、工艺信息的汇总、工艺知识库的维护与使用等操作方法。

本书可作为高职高专院校机械类专业相关课程的辅助教材, 也可作为 CAXA CAPP 用户及制造企业工艺设计人员、生产管理人员的培训用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

CAPP 技术与实施/祝勇仁主编. —北京: 机械工业出版社, 2011.6

高职高专规划教材

ISBN 978-7-111-34671-5

I. ①C… II. ①祝… III. ①机械制造工艺—计算机辅助设计—高等职业教育—教材 IV. ①TH162

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 105114 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王海峰 于奇慧 责任编辑: 王海峰 于奇慧 王丽滨

版式设计: 霍永明 责任校对: 纪 敬

封面设计: 赵颖喆 责任印制: 杨 曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·11.25 印张·276 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-34671-5

定价: 22.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

销售一部: (010)68326294

销售二部: (010)88379649

读者购书热线: (010)88379203

门户网: <http://www.cmpbook.com>

教材网: <http://www.cmpedu.com>

封面防伪标均为盗版

前言

随着全球制造业向亚太地区迅速转移,我国已成为全球制造业的重要基地之一,正在向世界创造中心转变。从某种意义上来说,制造业信息化水平的提升会影响到我国国际地位的提 升。随着产业结构的调整和加入 WTO,我国制造业进入了一个空前蓬勃发展的新时期,生产模式正发生着巨大的变化:大规模定制、多品种小批量生产、按订单生产等模式已成为制造业的主流;产品生命周期缩短、更新换代加速是每一个生产厂家必须面对的现实。为应对瞬息万变的市场需求,企业必须加快新产品的开发,缩短产品设计周期和生产准备周期。作为连接设计与生产、产品与管理的纽带以及 CIMS、MRP-II、ERP 和 PLM 系统重要技术基础之一的 CAPP (Computer Aided Process Planning) 技术与软件也因此进入了一个新的、突飞猛进的应用和发展阶段。普及应用和学习掌握 CAPP 技术成为当前制造业信息化进程中一个新的热点。编者编写本书的目的是为了提高机械类和近机类高职高专学生的 CAPP 理论水平和实际应用能力,普及、推广、应用和发展 CAPP 技术,促进技术进步。

本书按照 CAPP 基础理论与 CAXA CAPP 软件(CAXA 工艺图表 2007 和 CAXA 工艺汇总表 2007) 实践应用相结合的方式,根据必需、够用的原则进行编写,做到理论实践并重。同时,结合 CAPP 的技术热点进行介绍,使学生对 CAPP 能有较全面的理解。CAXA CAPP 是集工艺设计、管理一体化的解决方案,为企业级工艺业务管理、工艺数据管理和工艺设计提供强大的支撑平台,可以帮助企业实现如下目标:①提高工艺设计和管理工作的效率与质量,缩短工艺准备周期,提高工艺设计的标准化、规范化程度;②以产品结构为核心,集中管理产品生命周期的工艺数据及工艺设计和更改过程,保证企业工艺信息的准确性、一致性和完整性;③为企业、个人及外来先进工艺知识提供长期积累的机能,从而不断提高企业的整体工艺设计水平,缓解工艺人员短缺和培养周期长的问题;④工艺数据是整个企业运营管理过程中的重要基础数据,统一的产品数据模型、工艺数据的结构化和单一的工艺数据源保证了 CAXA CAPP 系统可以向企业运行管理环节提供各类有效的工艺数据,并可根据业务流程控制工艺信息分发和流转,实现与产品设计部门和企业其他部门完全同步的工程更改控制,实现与 CAD、PDM、ERP 等系统的有效集成。

本书第 1、2、3 章是 CAPP 基础理论部分,阐述了 CAPP 相关的基本概念、原理和实施过程。第 4~9 章是 CAXA CAPP 实践部分,详细介绍了 CAXA 工艺图表、CAXA 工艺汇总表的应用功能,并结合具体应用实例,系统讲解了工艺卡片的编制、工艺信息的汇总、工艺知识库的维护与使用的操作方法。

本书可作为高职高专院校机械类专业相关课程的辅助教材,也可作为 CAXA CAPP 用户及制造企业工艺设计人员、生产管理人员的培训用书。

本书是浙江机电职业技术学院国家示范院校建设特色教材,在编写的过程中还得到了 2009 年度浙江省科协“育才工程”资助。本书由祝勇仁主编。第 2、3、6、7 章由祝勇仁编写;第 1 章(1.1~1.4)、第 5 章由王循明编写;第 1 章(1.5~1.6)、第 4 章由张炜编写;第 8 章

由邓劲莲编写；第9章由赵正平编写。浙江机电职业技术学院的屠立教授任主审。屠立教授在审稿过程中提出了许多有益的建议和修改意见，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限、时间仓促，书中错误之处在所难免，诚请广大读者批评指正。

本书配有电子教案，凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 下载。咨询邮箱：cmpgaozhi@sina.com。咨询电话：010-88379375。

编 者

目 录

前 言

第 1 章 认识 CAPP 1

1.1 CAPP 的含义 1

1.2 CAPP 的发展历程 1

1.3 CAPP 的现状 4

1.4 CAPP 的应用和发展趋势 8

1.4.1 CAPP 的应用趋势 8

1.4.2 CAPP 的发展趋势 8

1.5 工艺设计的特点和要求 10

1.5.1 工艺设计的特点 10

1.5.2 企业工艺设计的要求与 管理现状 11

1.6 CAPP 的实施 13

1.6.1 CAPP 实施的认识误区 13

1.6.2 CAPP 的实施步骤 15

1.6.3 CAPP 的实施方案 15

思考及练习 18

第 2 章 成组技术 19

2.1 概 述 19

2.2 零件分组常用的方法 20

2.3 成组技术的应用 24

2.4 成组技术的发展现状 25

思考及练习 25

第 3 章 CAPP 系统的类型和工作

原理 26

3.1 CAPP 系统的工作过程与组成 26

3.2 检索式 CAPP 系统 27

3.3 派生式 CAPP 系统 27

3.4 创成式 CAPP 系统 28

3.5 知识基 CAPP 系统 29

3.6 CAPP 系统的集成价值 30

思考及练习 34

第 4 章 CAPP 行业应用概况 35

4.1 工艺软件在企业中的应用 情况 35

4.2 国内主要工艺软件简介 36

思考及练习 41

第 5 章 CAXA 工艺图表概述 42

5.1 CAXA 工艺图表系统功能 特点 42

5.2 CAXA 工艺图表安装及卸载 45

5.3 CAXA 工艺图表界面介绍 51

5.4 CAXA 工艺图表基础知识 54

思考及练习 58

第 6 章 CAXA 工艺图表工艺卡片

编制 59

6.1 CAXA 工艺图表的建立与 填写 59

6.2 CAXA 工艺图表行记录的 操作 69

6.3 CAXA 工艺图表卡片树介绍 73

6.4 工艺附图的绘制 77

6.5 工艺图的输出 81

6.6 CAXA 工艺图表卡片填写 实例 85

思考及练习 91

第 7 章 CAXA 工艺图表模板定制 92

7.1 工艺模板概述 92

7.2 绘制卡片模板 92

7.3 定制工艺卡片模板 97

7.4 定制及更新工艺规程模板	104	8.5 CAXA 工艺汇总表的主要 界面	147
7.5 定制工艺知识库	109	思考及练习	150
7.6 模板定制实例	113	第 9 章 CAXA 工艺汇总表数据库	
思考及练习	123	定制及汇总输出	151
第 8 章 CAXA 工艺汇总表概述	137	9.1 定制数据库	151
8.1 工艺汇总的意义	137	9.2 定制报表及输出定制	155
8.2 常见的工艺汇总表格	137	9.3 汇总与输出	169
8.3 CAXA 工艺汇总表的主要 特点与功能	140	思考及练习	172
8.4 CAXA 工艺汇总表的安装及 卸载	140	参考文献	173

第 1 章 认识 CAPP

1.1 CAPP 的含义

计算机辅助工艺规程设计 (Computer Aided Process Planning, CAPP), 是指借助于计算机软硬件技术和支撑环境, 利用计算机进行数值计算、逻辑判断和推理等功能来辅助工艺设计人员, 以系统、科学的方法制定零件从毛坯到成品的整个机械加工工艺过程, 即工艺规程。CAPP 是将企业产品设计数据转换为产品制造数据的一种技术, 从 20 世纪 60 年代末诞生以来, 其研究开发工作一直在国内外蓬勃发展, 而且逐渐引起人们的重视。具体地说, CAPP 就是利用计算机信息处理和信息管理的优势, 采用先进的信息处理技术和智能技术, 帮助工艺设计人员完成工艺设计中的各项任务, 如选择定位基准、拟订零件加工工艺路线、确定各工序的加工余量、计算工艺尺寸和公差、选择加工设备和工艺装置、确定切削用量、确定重要工序的质量检测项目和检测方法、计算工时定额、编写各类工艺文件等, 最后生成产品生产所需的各种工艺文件和数控加工编程、生产计划制定与作业计划制定所需的相关数据信息, 作为数控加工程序的编制、生产管理与运行控制系统执行的基础信息。CAD/CAM 向集成化、智能化方向的发展及并行模式的出现都对 CAPP 提出了新的要求, 因此, 产生了 CAPP 的广义概念, 即 CAPP 的一头向生产规划最佳化及作业计划最佳化发展, 作为物料需求计划 (Material Requirement Planning, MRP) 的一个重要组成部分; 而另一头则向自动生成数控指令扩展。

借助于 CAPP 系统, 可以解决手工工艺设计效率低、一致性差、质量不稳定、不易优化等问题。智能化的 CAPP 系统可以继承和学习工艺专家的经验 and 知识, 用于指导工艺设计, 在一定程度上可以弥补技术熟练、具有丰富生产经验的工艺专家数量不足的缺憾。所以, 自 CAPP 诞生以来, 一直受到工业界和学术界的广泛重视, 国际生产工程科学院 (CIRP)、美国机械工程师协会 (ASME) 等组织的重要学术会议均把 CAPP 研究作为重要的议题。CAPP 是将产品设计信息转换为各种加工制造、管理信息的关键环节, 是连接 CAD、CAM 的桥梁, 是制造企业信息化建设的信息中枢, 是支撑 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System) 的核心单元技术, 作用和意义重大。

1.2 CAPP 的发展历程

CAPP 系统的研究和发展经历了较为漫长曲折的过程。自从 1965 年 Niebel 首次提出 CAPP 思想, 迄今已经 40 多年, CAPP 领域的研究得到了极大的发展, 经历了检索式、派生式、创成式、混合式、专家系统、开发工具 (平台) 等不同的发展阶段, 并涌现了一大批 CAPP 原型系统和商品化的 CAPP 系统。世界上最早研究和开发 CAPP 的国家是挪威, 即从 20 世纪 60 年代后期就开始研究开发 CAPP。1969 年, 挪威发表了第一个 CAPP 系统——AutoPROS (自动工艺规程设计系统), 它根据成组技术原理, 利用零件的相似性去检索和修改标准工

艺过程,从而形成相应零件的工艺规程。AutoPROS 系统的出现,引起了世界各国的普遍重视。1976 年,美国的 CAM- I 公司也研制出了自己的 CAPP 系统,它是一种可在微机上运行的结构简单的小型程序系统,其工作原理也基于成组技术原理。到目前为止,已研制出很多 CAPP 系统,而且有不少系统已投入生产实践。在已应用的 CAPP 系统中,针对回转类零件的 CAPP 应用比较成熟,而且多应用于单件小批量生产类型。

早期的 CAPP 系统为检索式 CAPP (Retrieval CAPP) 系统。它事先将设计好的零件加工工艺规程存储在计算机中,在编制零件工艺规程时,根据零件图号或名称等检索出存有的工艺规程,从而获得工艺设计内容。这类 CAPP 系统的自动决策能力差,但最易建立,简单实用,对于现行工艺规程比较稳定的企业比较实用。检索式 CAPP 系统主要用于已经标准化的工艺设计。

随着成组技术 (GT) 的推广应用,变异式或派生式 CAPP (Variant CAPP) 系统得到了开发和应用。派生式 CAPP 系统以成组技术为基础,按零件结构和工艺的相似性,将零件划分为零件族,并给每一族的零件制定优化的加工方案和典型工艺过程。挪威早期推出的 AutoPROS 系统、美国麦克唐纳·道格拉斯自动化公司与 CAM- I 开发的 CAPP-CAM- I 系统、英国曼彻斯特大学开发的 AutoCAP 系统等都是典型的派生式 CAPP 系统。派生式 CAPP 系统实质上是根据零件编码检索出标准工艺,并在此基础上进行编辑修改,系统构建容易,有利于实现工艺设计的标准化和规格化,而且有较为成熟的理论基础 (如成组技术等),故开发、维护方便。变异设计的思想与实际手工工艺设计的思路比较接近,故此类系统比较实用,发展较快,取得了一定的经济效益。

20 世纪 70 年代中后期,美国普渡大学的 Wysk 博士在其博士论文中首次提出了基于工艺决策逻辑与算法的创成式 CAPP (Generative CAPP) 系统的概念,并开发出了第一个创成式 CAPP 系统原型——APPAS (Automated Process Planning And Selection) 系统,CAPP 的研究进入了一个新的阶段。创成式 CAPP 系统能根据输入的零件信息,通过逻辑推理、公式和算法等,作出工艺决策,从而自动地生成零件的工艺规程。创成式 CAPP 系统是较为理想的系统模型,但由于制造过程的离散性、产品的多样性和复杂性、制造环境的差异性、系统状态的模糊性、工艺设计本身的经验性等因素,使得工艺过程的设计成为相当复杂的决策过程,实现有一定适应面的、工艺完全自动生成的创成式 CAPP 系统具有相当的难度。已有的系统多是针对特定的零件类型 (以回转体为主)、特定的制造环境的专用系统。

鉴于创成式 CAPP 系统设计开发中的困难,随后,研究人员提出了混合式 CAPP (Hybrid CAPP) 系统,它融合了派生式和创成式两类 CAPP 系统的特点。混合式 CAPP 系统常采用派生的方法首先生成零件的典型加工顺序,然后再根据零件信息并采用逻辑推理决策的方法生成零件的工序内容,最后,再人机交互式地编辑修改工艺规程。目前,混合式的 CAPP 系统应用较为广泛。

进入 20 世纪 80 年代,研究人员探讨将人工智能 (AI) 技术、专家系统技术应用于 CAPP 系统中,促进了以知识基 (Knowledge-based) 和智能化为特征的 CAPP 专家系统的研制。CAPP 专家系统与创成式 CAPP 系统的主要区别在于工艺设计过程的决策方式不同。创成式 CAPP 是基于“逻辑算法+决策表”进行决策,CAPP 专家系统则以“逻辑推理+知识”为核心,更强调工艺设计系统中工艺知识的表达、处理机制以及决策过程的自动化。1981 年,法国的 Descotte 等人开发的 GARI 系统是第一个利用人工智能技术开发的 CAPP 系统原型,该系统采用产生

式规则来存储加工知识,并可完成加工方法选择和工序排序等工作。目前,已有数百套 CAPP 专家系统问世,其中较为著名的是日本东京大学开发的 TOM 系统,英国 UMIST 大学开发的 XCUT 系统及扩充后的 XPLAN 系统等。

20 世纪 80 年代中后期,随着 CIM 概念的提出和 CIMS 在制造领域的推广应用,面向新的制造环境的集成化、智能化及功能更完备的 CAPP 系统成为新的研究热点,进而涌现出了集成化的 CAPP 系统,如德国阿亨工业大学 Eversheim 教授等开发的 AutoTAP 系统;美国普渡大学的 H.P.Wang 与 Wysk 在 CAD/CAM 和 APPAS 系统的基础上,经扩充推出的 TIPPS (Totally Integrated Process Planning System) 系统以及清华大学开发的 THCAP 系统等都是早期集成化的 CAPP 系统的典范。

进入 20 世纪 90 年代,随着产品设计方式的改进、企业生产环境的变化及计算机技术的进步与发展,CAPP 系统的体系结构、功能、领域适应性、扩充维护性和实用性等成为新的研究热点。例如,基于并行环境的 CAPP 系统、可重构式 CAPP 系统、CAPP 系统开发工具、面向对象的 CAPP 系统、CAPP 与 PPS 集成均成为 CAPP 体系结构研究的热点。人工神经网络(ANN)技术、模糊综合评判方法、基因算法等理论和方法也已应用于 CAPP 的知识表达和工艺决策中。与此同时,CAPP 系统的研究对象也从传统的回转体、箱体类零件扩大到焊接、铸造、冲压等领域中,极大地丰富了 CAPP 的研究内涵。

在国外,经过十多年的努力,特别是以美国、法国为代表的西方制造厂商,如 Boeing、Airbus 等著名公司在工艺与过程管理集成及优化方面,开发和集成了大量的 CAPP 工程应用软件和制造数据管理软件,建立了各类工程数据库、材料库、设计和制造特征数据库、典型工艺库、典型零件库等,初步解决了产品技术准备阶段的信息集成与共享问题(如 CAD/CAPP/CAM 集成),制定了相应的企业标准规范,并成功地应用于新型飞机的研制和型号技术改造中,大大提高了设计质量、缩短了研制周期、降低了开发成本。

我国对 CAPP 的研究始于 20 世纪 80 年代初,虽然起步较晚,但发展很快,特别是在国家 863/CIMS 计划的支持和指导下,近年来 CAPP 技术已取得了很大的成绩,出现了大量的学术性和实用性的各类 CAPP 系统。在国内得到一定程度应用的 CAPP 系统有华中理工大学的开目 CAPP,浙江大学的 GS-CAPP,清华大学的 TH-CAPP,以及在企业 and 高校得到广泛应用的北京数码大方科技有限公司开发的 CAXA CAPP 软件等。

同国外 CAPP 软件比较,国内的软件符合国际 CAPP 技术发展的潮流,且在知识处理与智能化方面具有自己的特色。其主要经历了以下四个阶段的发展历程:

(1) 第一代产品 1982~1995 年期间——基于智能化和专家系统思想开发的 CAPP 系统。此类 CAPP 系统片面强调工艺设计的自动化,但因工艺设计的特点决定了自动化的 CAPP 系统存在很大的局限性,无法满足企业对通用 CAPP 系统平台的需求。

(2) 第二代产品 1995 年至今——基于低端数据库(FoxPro 等)开发的 CAPP 系统。这类 CAPP 软件已经注意到 CAPP 需要以工艺数据为对象解决企业的工艺设计问题,不再以卡片(一般的解决途径是采用 CAD 技术,是一个文件系统)为基础。但因开发技术所限,很难做到“所见即所得”,系统的实用性很差。因此,工艺卡片的生成是由程序来完成或是在 CAD 中生成。

这类 CAPP 软件具备了数据库系统的特点,符合工艺数据管理的要求。但因为不是交互式设计方式,所以,不能作为平台类软件。这类 CAPP 软件实用性不强,推广和使用受到了

很大的限制。

(3) 第三代产品 1996 年至今——基于 AutoCAD 或自主图形平台开发的 CAPP 系统。为了解决基于 FoxPro 等低端数据库的 CAPP 系统实用性差的缺点,一些 CAD 软件公司采用 CAD 技术开发了一些 CAPP 系统,它解决了实用性问题,但却忽视了最根本的问题,即工艺是以相关的数据为对象的,而不是以卡片(图形数据)为对象的。此类 CAPP 系统是基于文件系统的 CAD 技术开发的,特别是自主 CAD 平台软件,文件格式采用了非标准的自定义格式,信息的交换存在严重的问题。

(4) 第四代产品 1998 年至今——综合式平台类 CAPP 系统。此类系统完全基于数据库,采用交互式设计方式满足实用化要求,同时注重数据的管理与集成,它集中了第二、第三两代系统的优点,是国内外 CAPP 学者公认的最佳开发模式,开放的体系结构同时满足了特定企业、特定专业的智能化专家系统二次开发的需要。

1.3 CAPP 的现状

目前我国开发应用的 CAPP 系统按其工作原理可以分为以下五大类:交互式 CAPP 系统、派生式或变异式 CAPP 系统、创成式 CAPP 系统、综合式 CAPP 系统和 CAPP 专家系统。企业所用真正起到 CAPP 作用的系统大多为变异式 CAPP 和在创成式与变异式这两种类型基础上开发出的综合式 CAPP 系统,交互式和智能式 CAPP 系统在少数企业也有应用。下面分别介绍各系统的特点及具体应用情况。

1. 变异式 CAPP 系统(在国内企业应用比较普遍)

无锡机床厂、杭州汽轮机厂、成都飞机工业(集团)有限责任公司等单位采用的都是该类 CAPP 系统,其中以杭州汽轮机厂应用效果最佳。首先,该厂所有工艺人员均用 CAPP 系统编制工艺,包括校对、审核全部在计算机上进行,不存在手工编写工艺的现象,确保 CAPP 应用持续不断地坚持下去。其次,该厂的基础工作相当出色,各种工艺技术标准全部进机上网,各种物料资料全部编码建库。第三,该厂产品特殊,零件种类不多,分类较简单,相似性零件所占比重大。该厂采用的是典型的检索式 CAPP 系统,工艺库分为标准工艺库和用户工艺库,零件由 11 位编码分类,新零件编制工艺时既可按编码由标准工艺库检索出同组零件的标准工艺,也可按编码从用户工艺库中检索出已存在的同组零件工艺,必要时也可根据零件名称、编制者姓名、编制日期等,从用户工艺库中检索出所要查看、借用的工艺。根据当前零件图样,对检索出的工艺内容进行必要的修改后,即可按新零件代号存入用户工艺库中。由于该厂产品系列程度高,检索出的工艺一般稍加修改或不需修改即可直接使用。对于极个别改动大或检索不出同组工艺的零件的工艺编制,可选用系统内的标准工艺术语进行工艺编制。该厂工装刀具都已编码入库,编制工艺时可根据编码选用。值得一提的是,该厂根据本厂零件系列,对于一些像机壳、叶片等典型零件的标准工时库,零件工艺检索编制完成后,通过人机对话,输入必要的零件参数(或通过计算机网络由 CAD 系统直接调入),计算机即可自动查表给出该零件各工序的工时定额。

无锡机床厂的 CAPP 思路也很好,他们首先把零件按功能分成十几个大类,每大类内的零件再按工艺特征分组。每组零件有一个简单的四位编码,由每组选出一个有代表性的零件,在该零件上增加一些必要的同组内其他零件具有而该零件所没有的元素,把这样组成的一个

复合零件作为该组的典型零件,再将该典型零件的工艺存入标准工艺库作为该组零件的标准工艺。编制新零件工艺时,首先根据零件的功能和工艺特征确定组编码,然后根据所在零件组,通过人机问答的形式,输入该零件所包含的可选元素,由计算机在该组典型工艺基础上自动取舍而合成该零件的工艺,再经工艺员审核确认或修改后存入用户工艺库。

2. 创成式 CAPP 系统

西安交通大学为秦川机床厂开发的用于动力转向液压泵工艺编制的 CAPP 系统,技术水平相对较高,该系统主要由以下模型组成:

(1) 控制模块 控制模块的主要任务是协调各模块的运行,采用人机交互窗口,实现人机之间的信息交流,控制零件的信息获取方式。

(2) 零件信息输入模块 零件信息既可以通过与 CAD 系统的集成直接获得,也可通过人机对话交互输入。

(3) 工艺设计模块 工艺设计模块进行加工工艺流程的决策,产生工艺过程卡,供加工及生产管理部门使用。

(4) 工序决策模块 工序决策模块的主要任务是生成工序卡,对工序间的尺寸进行计算,并生成工序图。

(5) 工步决策模块 工步决策模块对工步内容进行设计,包括确定切削用量,提供形成数控(NC)加工控制指令所需的刀位文件。

(6) NC 加工指令生成模块 NC 加工指令生成模块依据工步决策模块提供的刀位文件,调用 NC 代码库中适应于具体机床的 NC 指令系统代码,产生 NC 加工控制指令。

(7) 输出模块 可输出工艺流程卡,工艺、工步卡,工序图及其他文档,输出也可从现有工艺文件库中调出各类工艺文件,利用编辑工具对现有工艺文件进行修改得到所需的工艺文件。

(8) 加工过程动态仿真 对所产生的加工过程进行模拟,检查工艺的正确性。

该系统的局限性在于只能解决动力转向油泵的工艺编制,若要推广应用,需针对不同种类的零件组分别开发,系统开发工作量太大。

3. 综合式 CAPP 系统

鉴于上述两种系统特点,人们在以上两种系统基础上发展了 CAPP 系统的设计方法,将其进行了综合与发展,从实际出发并及时应用其他学科的最新发展成果,产生了多种类型的 CAPP 系统,如综合式、交互式、智能式等 CAPP 系统。综合式 CAPP 系统也称半创成式 CAPP 系统,它将变异式与创成式结合起来,利用变异式及创成式两者的优势,在系统开发过程中,将工艺设计过程中一些成熟的、变化少的内容用变异式原理设计,将经验性很强、变化大的内容用创成式原理进行决策,避免了变异式系统的局限性和创成式系统的高难度。我国发展的 CAPP 系统多为这种系统。

沈阳第一机床厂的 CAPP 系统是典型的综合式 CAPP 系统,系统包括:SI-CAPC、SI-CAPRP、SI-ZPT、CAPP,该系统是吸收了国内开发 CAPP 的经验开发成功的,其简介如下:

(1) SI-CAPC 系统(计算机辅助零件编码) SI-CAPC 系统是三套系统的基础,该系统的应用目标是企业的全部技术和生产活动。该系统信息设置完整,用途广泛,不同的技术部门和管理部门都可以根据业务的需要,从零件编码获取有价值的信息。

(2) SI-CAPRP 系统(计算机辅助零件的工艺路线编制) SI-CAPRP 系统是在 SI-CAPC

系统的基础上,为解决该厂零部件专业化生产和成组加工制造环境下零件工艺路线编制的一致性和正确性而研究开发的。该系统将先进的专家系统理论和方法应用于零件工艺路线编制这一具体的工程技术实践中,该系统的应用目标为该厂品种线各成组加工车间的全部零部件。本系统与前期开发的 SI-CAPC 系统能实现数据共享,在编码分类基础上,快速而准确地自动生成零件的工艺路线。

(3) SI-ZPTCAPP 系统(计算机辅助轴、盘、套零件工艺规程编制) SI-ZPTCAPP 系统是在先期开发的两套系统的基础上开发研制的。该系统是以专家的理论和方法为指导,开发专家式的计算机辅助工艺规程设计系统,其工作原理是计算机模拟专家设计工艺规程的一般思维的过程,依据设计工艺规程决策推理,并结合工厂的实际情况,最后设计完整的工艺规程。

(4) SI-CAPP2000 系统 SI-CAPP2000 系统是在以上三套系统的基础上扩充完善的,该系统包括材料定额系统,交互式的电气工艺、装配工艺、热加工工艺系统,数据统计分析工艺文件管理,工艺资源管理,工艺数据汇总,报表预览输出系统,从而形成了比较完整的 CAPP 系统。

目前该系统已在工艺设计中进行应用,通过运行情况可以看到,零件可编码率为 100%;零件可分类率为 99.8%,正确率为 95%;工艺路线编制率为 100%,正确率为 95%;工艺规程可编制率为 95%,正确率为 75%;达到并超过了预期的经济和技术指标。

4. 其他类型 CAPP 系统

(1) 交互式 CAPP 上海第二纺织机械厂应用的即是交互式 CAPP 系统,该系统以人机交互为主要的工作方式,使用人员在系统的提示引导下,回答工艺设计中的问题,对工艺过程进行决策。该系统通用性强,但不同工艺人员编制的工艺文件一致性差。

(2) 利用交互式 CAPP 平台自行开发的专用系统 东方锅炉厂的 CAPP 系统是利用 HT-CAPP(交互式 CAPP)平台自主开发的,大量的工作是东方锅炉厂既懂工艺又懂计算机的人员完成的。一套工艺的生成需要的相关知识较多,逻辑推理复杂,需要开发人员具有丰富的工艺知识与一定的计算机技术知识,要把工艺技术和计算机技术结合起来。由于企业的工艺技术在不断变化,企业只有培养懂工艺的计算机人才,才能适应 CAPP 应用的需要。

通过以上介绍可知,目前开发及应用的 CAPP 系统都必须建立在工艺标准化、规范化的基础上,图 1-1 所示是 CAPP 系统开发道路的分析示意图。

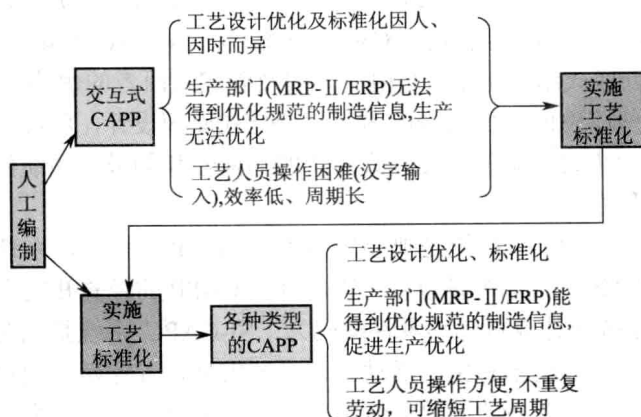


图 1-1 CAPP 系统开发道路的分析示意图

纵观 CAPP 发展的历程, 可以看到 CAPP 的研究开发始终围绕着两方面的需要而展开: 一是不断完善自身在发展中出现的不足, 二是不断满足新的制造技术、制造模式对其提出的新的要求。国内外高等院校和研究机构发表了数以千计的研究论文, 取得了不少研究成果, 大大地推动了 CAPP 的发展, 部分研究成果已经应用于具体实际, 取得了较好的社会效益和经济效益。但不可否认的是, 从总体上看, CAPP 的应用和工程化的问题, 至今并没有得到很好的解决, 这与层出不穷的新技术、新方法、新概念很不相称。CAPP 的研究仍然面临着许多问题, 其应用的广度和深度与企业的实际需求还相差较远。

工艺设计受诸多因素的影响和制约, 个性很强, 不同的生产类型、制造资源环境等, 都影响工艺设计的结果。在一个企业行之有效的工艺计划到另一个企业可能根本就不适用。就一个企业而言, 随着新材料的出现、设备的更新, 工艺也会跟着发生变化, 因此很难有一个通用的 CAPP 系统可以满足所有企业的所有需求。

传统的 CAPP 系统及其构造方法, 存在着以下主要的不足:

1) CAPP 系统的体系结构缺乏柔性、适应性。传统的 CAPP 系统绝大多数是针对特定产品零件和特定制造环境开发的。当零件的种类和制造环境发生变化时, 系统需要重新设计和构造。

2) CAPP 系统开放性差, 大多是封闭系统, 不支持用户的修改和二次开发。

3) CAPP 系统可重用性差, 存在大量低水平的重复工作。传统的 CAPP 系统绝大多数采用结构化程序分析方法和结构化设计方法, 使得 CAPP 系统的可维护性差、可重用性、继承性差。大多数的 CAPP 系统的开发完全从零开始, 功能模块存在大量的低水平的重复工作, 起点低, 系统研制周期长, 效率低。

4) 开发人员对 CAPP 系统的实用性、产业化重视不够, 忽略对 CAPP 系统中的人机工程技术的研究。

由于忽略了从客户使用的角度验证 CAPP 的功能实用性、完备性, 使得大多数的 CAPP 系统为实验室产品或原型产品, 无法真正在企业中应用。随着网络、数据库技术的应用, 原有单机模式的 CAPP 已不能满足实际需求。针对工艺设计个性很强的特点以及上述传统 CAPP 系统的不足, 研究和开发 CAPP 工具系统是解决问题、迎接挑战的一条有效的途径。工艺设计虽然“因厂而异”, 但也遵循一些公共的规范, 有规律可循。将工艺设计中的共性提取出来, 创建系统总体结构框架和设计模型; 针对工艺设计中的个性问题, 开发可重用、可维护的功能组件对象, 通过功能组件对象的实例重用、继承重用、多态性重用, 提高系统的开放性和灵活性; 通过不同功能组件的拼装、升级、重用, 避免不必要的、低水平的重复开发, 实现 CAPP 系统开发和维护的高效。实践证明, 这是开发 CAPP 系统的一种很有效的方法。

长期以来, CAPP 系统开发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, 过分强调了工艺决策的自动化。在此目标指导下开发出的“自动化”CAPP 系统, 虽然融入了人类专家的知识和经验, 但在运行时通常需要用户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。这种 CAPP 系统一般只提供简单的人机界面, 决策过程中很少考虑人的有效参与。以自动化为唯一目标的 CAPP 系统的发展状况已经使人们对 CAPP 研究与开发现状产生怀疑。A.M.Luscombe 和 D.J.Toncich 在针对计算机数字控制 (CNC) 机床进行的 CAPP 研究中, 强调“辅助 (Aid)”而不是“自动化 (Automatic)”。G.VanZeir 提出了交互式工艺设计

(Interactive Process Planning)的概念,并开发了基于交互式的 CAPP 原型系统。AliK.Kamrani 等认为, CAPP 是将工艺设计人员从许多工艺设计工作中解脱出来的一种工具,但能代替熟练工艺人员的 CAPP 系统仍未开发出来,现有的 CAPP 系统不能成为企业的解决方案。

1.4 CAPP 的应用和发展趋势

1.4.1 CAPP 的应用趋势

随着企业信息化在制造企业中的深化,“甩图板”工程已经取得实效, CAPP 系统的应用开始大规模铺开,经过近几年的发展, CAPP 的应用逐渐呈现出以下趋势:

1. CAPP 注重与 CAD/CAM 系统的集成

自 20 世纪 80 年代中后期, CAD、CAM 的单元技术日趋成熟,随着机械制造业向 CIMS 或 IMS(Intelligent Manufacturing System)发展, CAD/CAM 集成化的要求是亟待解决的问题。 CAD/CAM 集成系统实际上是 CAD/CAPP/CAM 集成系统。 CAPP 从 CAD 系统中获取零件的特征信息、工艺信息,并从工程数据库中获取企业的生产条件、资源情况及企业工人技术水平等信息,进行工艺设计,形成工艺流程卡、工序卡、工步卡及 NC 加工控制指令,在 CAD、CAM 中起纽带作用。

2. CAPP 成为基础信息化的重要组成部分, 市场应用急剧增加

现在制造企业实施信息化比以前更成熟、更理性,基础信息化是企业信息化的基础工作和源泉,是实施企业级管理软件系统的前提,已被大多数企业所接受。工艺设计作为生产制造的关键环节, CAPP 的应用急剧增加,市场需求旺盛,成为“甩图板”工程之后的又一个基础工程,简称为“甩钢笔”工程。

3. 行业 CAPP 系统需求明显增加

个性化服务成为企业信息化的重要服务方式,工艺设计作为生产中最活跃的因素,具有更多的可变性和个性,企业在应用大量通用 CAPP 平台的过程中,逐渐发现通用平台的不足,迫切需要针对行业特点开发行业 CAPP 系统。

1.4.2 CAPP 的发展趋势

随着国家对制造业信息化政策的制定和落实,制造技术的进展,近年来商品化 CAPP 系统的普及应用,对 CAPP 系统提出了更高的要求。在这样的形势下, CAPP 技术和系统的发展呈现以下趋势:

1. 知识化、智能化

CAPP 系统不会停留在以解决事务性、管理性工作为主的阶段。基于知识的 CAPP 系统除了作为工艺设计的辅助工具,还有将工艺专家的经验 and 知识积累起来并加以充分利用的任务。在知识化的基础上, CAPP 系统应从实际出发,在工序、特征形体层面或在全过程提供备选的工艺方案,并根据操作者的工作记录进行各种层次的自学习、自适应。

2. 工具化、工程化

各企业的工艺环境、管理模式千差万别, CAPP 既要适应各企业的具体情况,又要控制针对具体企业的实施工作量、提高通用性,这就需加强 CAPP 系统的工具化和工程化。将 CAPP 系统的功能分解成一个个相对独立的工具,用户或软件公司的实施服务人员根据企业

具体情况输入数据和知识,形成面向特定的制造和管理环境的 CAPP 系统;用户可以在实施服务人员指导下进行二次开发。

在工程化方面,不加考虑地完全服从用户原有的环境和模式,去构建具体的 CAPP 系统并不完全合理,有必要根据对国家、国际标准和先进制造技术的分析,结合各类企业工艺的根本需求,引导企业的工艺活动,促进工艺活动的规范化,从而规范 CAPP 系统的实施过程,使大部分企业使用的 CAPP 系统是主体相似的工程产品,而不是个性独特的艺术品。

3. 集成化、网络化

CAPP 是 CAD 与 CAM 之间的桥梁,是 CAQ (计算机辅助质量管理)、PDM (产品数据管理)及 ERP (企业资源规划)的重要产品信息来源,同时也需要由 CAD 提供产品设计模型的特征信息。这些系统的发展可以相对不平衡,但必须在并行工程思想的指导下实现 CAPP 与 CAD、CAM 等系统的全面集成,发挥 CAPP 在整个生产活动中的信息中枢和功能调节作用,包括与产品设计实现双向的信息交换与传送;与生产计划调度系统实现有效集成;与质量控制系统建立内在联系。

网络化是现代系统集成应用的必然要求,CAPP 对内进行各种角色、工种的并行工艺设计,对外与 CAD 的双向数据交换,与 CAQ、CAM、PDM 等的集成应用都需要网络技术支撑,才能实现企业级乃至更大范围的信息化。

4. 交互式、渐进式

CAPP 系统是用来帮助而不是取代工艺设计人员的,实用、通用的 CAPP 工具系统不宜追求完全的自动化。操作者要有足够的工艺知识和判断能力,关键决策要由操作者做出。决策、判断对具备足够工艺判断能力的工艺人员来说不是很困难、繁琐的工作,但对计算机而言可能难以胜任。知识库及其使用法则需要逐步建立、验证、完善,商品化的、基于知识的 CAPP 工具系统需要有目标、有计划的渐进式发展。

5. 其他

也有学者根据多年 CAPP 开发和实践的经验提出了其他观点,如中国工程院院士李培根教授认为,CAPP 的研究应深入到制造业底层,着重解决微观的工艺设计问题。他认为未来 CAPP 发展的趋势有以下三个方面:

(1) 量化 CAPP——注重解决微观工艺问题 CAPP 研究可以分为三个层次:①宏观层——包括工艺设计信息管理、工艺设计流程及系统集成等;②中观层——包括工艺方案评价、工艺路线决策、工艺设计等;③微观层——包括公差确定、工序图生成及切削用量确定等。宏观层关注的对象往往是整个企业或者系统,注重系统模型的建立;中观层关注的是产品或者零部件,注重工艺路线与工艺方法的确定;微观层关注的则是以工序为单位的具体的工艺问题,注重工艺参数的确定。前两者研究的问题往往是定性的,而后者需要量化。早期的 CAPP 研究侧重中观问题,当前研究的重点则是宏观和中观问题。对于微观的工艺设计问题却始终没有解决,而越是这些微观的问题,越是工艺设计的本质问题,越需要综合利用制造技术、信息技术和智能技术进行定量解决。

(2) 基于三维模型的 CAPP——与 CAD/CAM 一体化 在当前的制造信息系统中,CAD/CAM 通常是建立在统一的信息平台的基础上(例如三维设计软件)。由于 CAPP 缺乏通用性,因而是专门的、单独运行的系统;信息集成往往是通过中间文件进行的;随着产品更新换代的加快,产品设计与工艺设计的并行化要求越来越高,这种方式已经越来越不适应现

代产品开发的要求,尤其是当前的 CAPP 注重文本数据的处理,而不是图形数据的处理,对于解决微观的工艺设计问题(例如公差及工序图生成等)构成了巨大的障碍。因此,研究与开发基于三维模型的 CAPP 系统,使 CAD、CAPP 及 CAM 共享统一的三维产品模型,并充分利用 CAD/CAM 的设计与分析功能,将是 CAPP 发展的一个重要方向。

(3) 车间级 CAPP——注重与车间信息化紧密结合 在当前车间信息化不够充分的情况下,由工艺设计确定制造设备的类型、工艺路线和工艺方法;车间调度则确定具体的制造设备,并根据车间实际情况对工艺路线和工艺方法进行微调(实际上完成了部分工艺设计工作)。随着车间信息化工作的深入,CAPP 有可能依据实时的车间制造资源信息(资源类型及使用状况等)、制造过程信息(生产计划及在制状态)等,生成更加符合实际制造状态的工艺文件;车间调度也可以利用 CAPP 提供的辅助工具进行工艺调整。车间信息化一个主要的研究方向是制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES),它面向车间的生产过程管理与实时信息系统,填补了计划管理与底层控制的“鸿沟”,是车间信息化的核心。目前在这方面已经开展了部分研究工作,在 MES 信息系统建模、车间调度与决策算法、车间制造资源集成及敏捷化系统开发等方面,取得了初步成果。随着 MES 的深入研究和推广应用,CAPP 对连接工程设计、生产管理与制造执行将发挥更大的作用。

我国制造业的整体加工水平一般,CAPP 还有很强的生命力。我国制造企业需要提高工艺信息化意识,推广 CAPP 的应用。尽管存在应用水平浅、应用范围窄等问题,CAPP 必然将向全生命周期、基于知识和三维模型等方向快速发展。

1.5 工艺设计的特点和要求

1.5.1 工艺设计的特点

工艺设计是一个极其复杂的过程,它包含了分析、选择、规划、优化等不同性质的各种功能,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。生产环境不同(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,使得产品的工艺差别很大。

工艺设计是企业生产活动中最活跃的因素,因为,工艺设计对其使用环境的依赖必然会导致工艺设计的动态性和经验性,工艺设计必须分析和处理大量信息。因此,有必要利用计算机强大的数据处理能力进行辅助工艺设计。

随着计算机在制造企业中的应用,通过计算机进行工艺的辅助设计已成为可能。计算机辅助工艺设计的应用将提高工艺文件的质量,缩短生产准备周期,并为广大工艺人员从繁琐、重复的劳动中解放出来提供了一条切实可行的途径。选取一个适宜本企业生产及管理环境的 CAPP 系统不但能充分发挥计算机辅助工艺设计的优越性,更能为企业数据信息的集成及管理打下良好的基础。

目前,计算机辅助工艺设计在机械加工制造领域已经有了较大的应用,在锅炉压力容器的工艺设计中也得到了一定的应用。例如,四川省某锅炉(集团)股份有限公司的水冷壁 CAPP 系统的实施,使原来需要一个半月才能完成的水冷壁综合工艺编制工作,只需要几天就能完成,工效提高数倍。在工艺编制中,水冷壁工艺编制实现了 100% 的计算机化,其他部件的工艺计算机化也达 70%。近年来,工艺处工作量逐步增加、人员反而减少,这充分说明了采