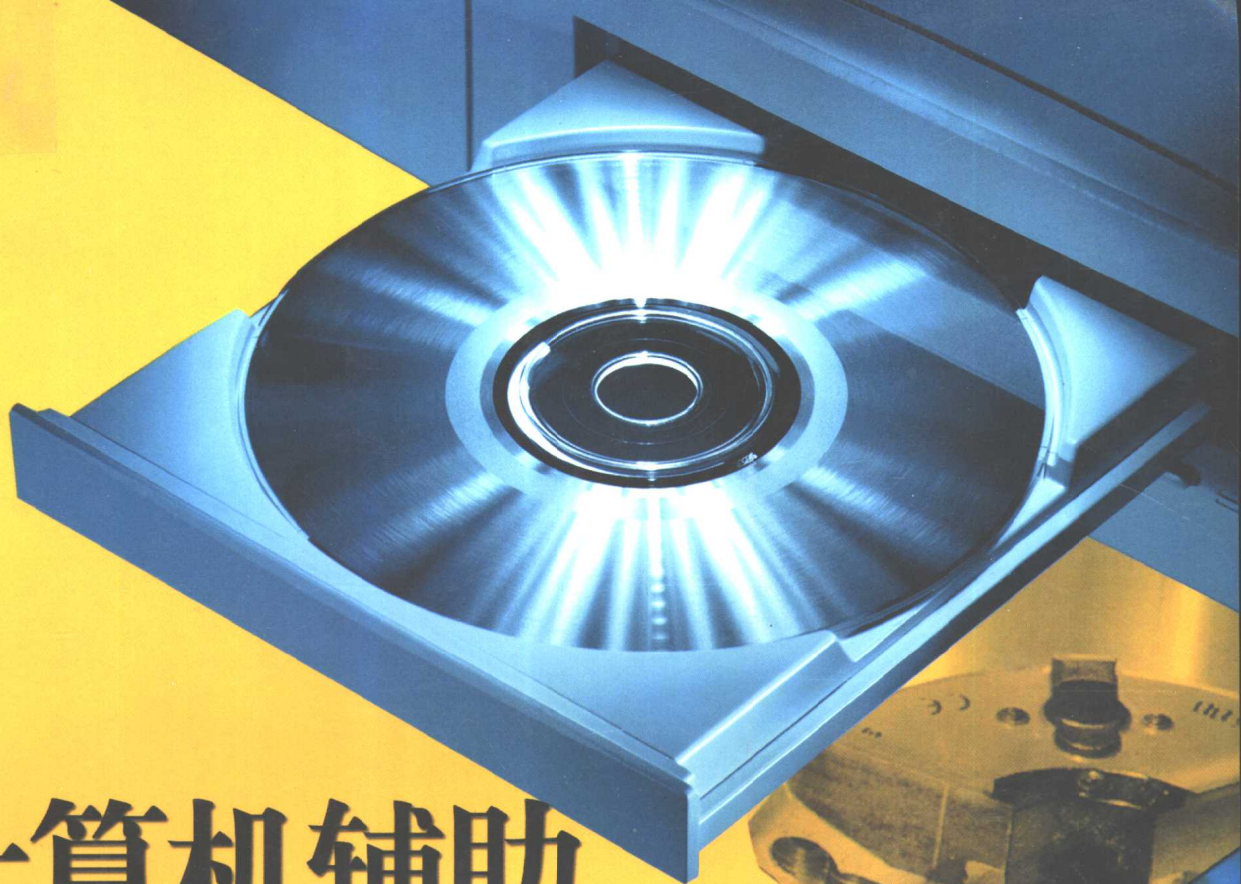




计算机辅助 工艺设计(CAPP)

赵汝嘉 孙波 主编



计算机辅助工艺设计 (CAPP)

主 编 赵汝嘉 孙波

机械工业出版社

为配合《机械加工工艺手册（软件版）》R1.0 的出版而编写此书，全书共 7 章分为三大部分：第一部分是 CAPP 系统的基本概念（第 1 章）；第二部分是 CAPP 系统的使能技术（第 2 章）；第三部分是各种类型 CAPP 系统及实用系统介绍（从第 3 章到第 7 章）。书中所介绍的变异型及交互型 CAPP 系统是经过生产实际检验的实用 CAPP 系统，可供企业选用及参考。

本书可供从事机械加工的工艺设计人员、工装设计人员、车间工艺施工人员及大专院校有关专业师生使用。

图书在版编目（CIP）数据

计算机辅助工艺设计（CAPP）/赵汝嘉，孙波主编. —北京：
机械工业出版社，2003.8
ISBN 7-111-12883-4

I.计... II.赵... III.机械制造工艺—计算机辅
助设计：机械设计 IV.TH162

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 070560 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：张 立

责任编辑：王新国

责任印制：闫 焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·8.75 印张·211 千字

0 001—4 000 册

定价：20.00 元（含 1CD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68326294

投稿专线：（010）88379949、88379674

封面无防伪标均为盗版

前 言

为支持我国制造业信息化工程的发展,机械工业出版社出版了数字化系列手册,已出版的《机械设计手册(软件版)R2.0》及《机械加工工艺手册(软件版)》R1.0在机电产品设计、制造过程中配合CAX软件的使用,使读者从以书本形式查阅各种规范、标准以及其它数据资料转变为在线查询,不仅提高了效率,并与其它通用数据源的建设形成支持制造业信息化工程的基础集成支撑环境之一。为配合《机械加工工艺手册(软件版)》R1.0的出版而编写本书,全书共7章分为三大部分:第一部分是CAPP系统的基本概念(第1章);第二部分是CAPP系统的使能技术(第2章);第三部分是各种类型CAPP系统及实用系统介绍(从第3章到第7章)。全书是由西安交通大学赵汝嘉教授、陕西科技大学孙波副教授主编,各章编写人员分工如下:孙波副教授编写零件信息的描述和输入、工艺数据库以及计算机辅助工装设计等部分;王建文副教授编写人工智能技术部分;曹岩博士编写工艺决策技术及智能型CAPP系统;交互型CAPP系统及变异型CAPP系统由赵汝嘉教授、牟鹏博士、姚锡春硕士编写;演示光盘由姚锡春、王君硕士制作;其余部分由赵汝嘉编写。

书中所介绍的变异型及交互型CAPP系统是经过企业生产实际检验不断改进而形成的一个实用高效的CAPP系统,在《机械加工工艺手册(软件版)》R1.0中附有交互型CAPP系统,对变异型CAPP系统有兴趣者可与机械工业出版社电子出版物编辑室联系。

由于作者们水平所限,不妥之处在所难免,敬请读者不吝赐教,作者们在此表示衷心的感谢。

作者
2003年7月

目 录

前 言

第1章 概 述	1
1.1 CAPP 的基本概念	1
1.2 CAPP 的结构组成	3
1.3 CAPP 的基础技术	5
1.4 CAPP 的类型	5
1.5 CAPP 发展趋势	8
第2章 CAPP 的使能技术	9
2.1 零件信息描述与输入	9
2.1.1 CAPP 系统对零件信息描述技术的要求	9
2.1.2 零件信息描述的基本方法	10
2.1.3 旋转体零件图形输入方法	12
2.1.4 非旋转体零件图形输入系统	14
2.1.5 集成环境下 CAPP 信息输入及接口技术	17
2.2 成组技术	19
2.2.1 概述	19
2.2.2 零件分类编码系统	20
2.2.3 计算机自动柔性编码系统	24
2.3 工艺决策技术	26
2.3.1 判定表与判定树	26
2.3.2 工艺决策及推理机	28
2.3.3 工序决策	30
2.3.4 工艺尺寸确定	35
2.3.5 工艺参数决策	37
2.4 人工智能技术	38
2.4.1 专家系统的基本构成	39
2.4.2 知识表示及其推理	42

2.4.3	工艺设计专家系统开发工具	54
2.5	工艺数据库	58
2.5.1	工艺数据	58
2.5.2	工程数据库的概念	58
2.5.3	工程数据的特点	59
2.5.4	工程数据库系统	63
2.5.5	工程数据库的系统结构	66
2.5.6	工程数据库与事务型数据库的区别	69
2.5.7	工程数据库的设计	71
2.5.8	工艺数据库的建立	80
2.5.9	工艺数据库管理系统	83
第 3 章	交互型 CAPP 系统	88
3.1	概述	88
3.2	系统的体系结构	88
3.2.1	系统的总体结构	88
3.2.2	系统的数据结构	90
3.3	系统的工作过程和运行实例	92
第 4 章	变异型 CAPP 系统	97
4.1	概述	97
4.2	基于成组技术的 CAPP	97
4.2.1	变异型 CAPP 系统的基本工作原理	97
4.2.2	变异型 CAPP 系统的设计过程	98
4.2.3	变异型 CAPP 系统的工作过程	100
4.3	变异型 CAPP 系统的基本构成	101
4.4	变异型 CAPP 系统的工作过程和运行实例	101
第 5 章	创成型 CAPP 系统	107
5.1	基本原理和系统构成	107
5.2	工艺决策	107

5.3 设计和工作过程	111
第 6 章 智能型 CAPP 系统	113
6.1 智能型 CAPP 系统的体系结构.....	113
6.2 工艺设计诸进程中的决策过程.....	114
6.3 智能型 CAPP 系统的实例	117
第 7 章 计算机辅助工装设计	121
7.1 夹具设计	121
7.1.1 基本概念.....	121
7.1.2 标准件库.....	121
7.1.3 开发标准件库的方法.....	123
7.1.4 装配图设计环境.....	124
7.1.5 夹具计算机辅助设计工作流程	124
7.2 复杂刀具计算机辅助设计	125
7.2.1 复杂刀具 CAD 系统结构和功能简介.....	126
7.2.2 数据库及数据库管理系统	127
7.2.3 复杂刀具设计过程的程序实现	128
7.2.4 智能化图形系统.....	129
7.2.5 应用实例.....	130
参考文献	131

第1章 概述

1.1 CAPP 的基本概念

工艺设计是机械制造过程的技术准备工作中一项重要内容,是产品设计与车间生产的纽带,工艺设计所生成的工艺文档是指导生产过程的重要文件及制订生产计划与调度的依据。工艺设计随企业资源及工艺习惯不同而有很大差别,在同一资源及约束条件下,不同的工艺设计人员可能制订出不同的工艺规程。这是一个经验性很强且影响因素很多的决策过程。当前机电产品的生产是以多品种小批量生产起主导作用,制造业正在进入信息化及知识经济时代,传统的制造模式远不能满足快速响应市场的需要。以信息技术为主的多学科综合先进技术改造、提升我国传统的制造业势在必行,制造业的生产模式也必然产生一系列的变化,作为产品生命周期中的一个很重要进程的工艺设计也必需产生变化与之相适应。因而,传统的工艺设计方法已远不能适应当前机械制造行业发展的需要,具体表现为:

- (1) 传统的工艺设计由人工编制,劳动强度大,效率低,且因人而异。
- (2) 设计周期长,不能适应市场瞬息多变的需求。
- (3) 设计质量在很大程度上依赖于工艺设计人员的水平。
- (4) 人工工艺设计很难做到最优化、标准化。
- (5) 工艺设计人员主要进行重复性繁琐的工作,缺少对创新工艺工作的研究。

随着机械制造生产技术和当今市场对多品种、小批量生产的要求,特别是CAD/CAM系统向集成化、智能化、网络化、可视化方向发展,计算机辅助工艺设计CAPP(Computer Aided Process Planning)也就日益为人们所重视。用CAPP系统代替传统的工艺设计方法具有重要的意义,主要表现在:

- (1) 可以将工艺设计人员从繁琐和重复性的劳动中解放出来,转而从事新工艺的开发工作。
- (2) 可以大大缩短工艺设计周期,提高产品对市场的响应能力。
- (3) 有助于对工艺设计人员的宝贵经验进行总结和继承。
- (4) 有利于工艺设计的最优化和标准化。
- (5) 为实现CIMS等先进的生产模式创造条件。

从20世纪60年代开始对CAPP理论与应用进行研究,30多年来虽已取得了较多的成果,但到目前为止,仍有许多问题需进一步的研究。尤其是CAD/CAM向集成化、智能化、网络化、可视化方向发展,及并行工程工作模式、CIMS及AM等先进的生产模式的出现,对CAPP系统也提出了新的要求。因此,CAPP的内涵也在不断的发展。从狭义的观点来看,CAPP是完成工艺过程设计,输出工艺规程。但是在集成化、智能化、网络化、可视化CAD/CAM系统或先进制造模式中,特别是在并行工程工作模式中,“PP”不再单纯理解为“Process

Planning”，而应增加 “Production Planning”的涵义。这样，就产生了 CAPP 的广义概念：即 CAPP 的一头向生产规划最佳化及作业计划调度最佳化发展，作为 MRP II 的一个重要组成部分；CAPP 向另一头扩展是能够与物流系统相联系，生成 NC 加工控制指令，以控制物流或加工过程。然而，我们这里所讨论的 CAPP 仍在传统的认识范围之内。

20 世纪 80 年代以来，随着机械制造业出现 CIMS 或 IMS 等先进制造系统，对 CAD/CAM 集成化的要求越来越强烈。众所周知，CAPP 在 CAD、CAM 中间起到桥梁和纽带作用。在集成系统中，CAPP 必须能直接从 CAD 模块中获取零件的几何信息、材料信息、工艺信息等，以代替人机交互的零件信息输入；CAPP 的输出则是 CAM 所需的各种信息。随着对先进生产模式的深入研究与推广应用，人们已认识到 CAPP 是先进生产模式的主要技术基础之一，因此，CAPP 从更高、更新的意义再次受到广泛的重视。在先进制造系统的生产模式环境下，CAPP 系统与先进制造系统的其它子系统有着紧密的联系，图 1.1 表示了 CAPP 系统与信息化制造系统中的其它主要子系统的信息流。

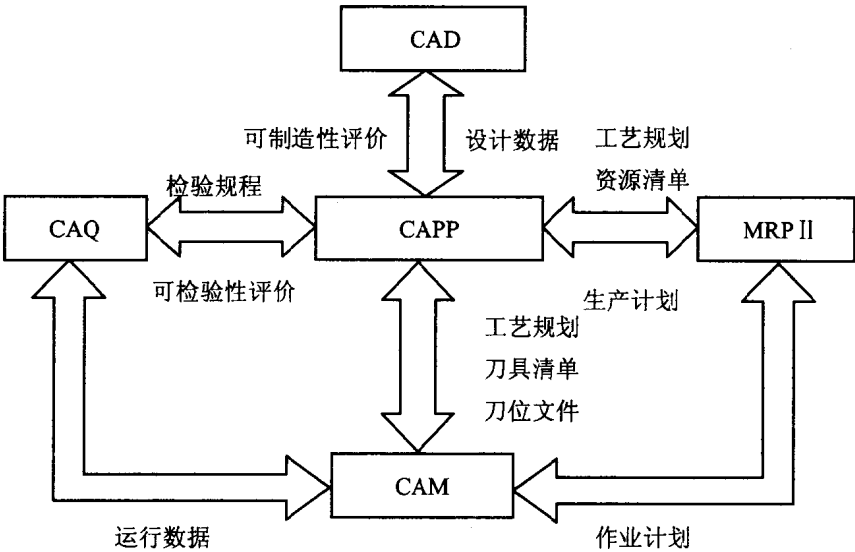


图 1.1 子系统的信息流

- (1) CAPP 接受来自 CAD 系统的产品几何拓扑、材料信息以及精度、粗糙度等工艺信息；为满足并行产品设计的要求，需向 CAD 系统反馈产品的结构工艺性评价信息。
- (2) CAPP 向 CAM 提供零件加工所需的设备、工装、切削参数、装夹参数、加工过程以及反映零件切削过程的刀具位置文件和数控加工指令，同时接收 CAM 反馈的工艺修改意见。
- (3) CAPP 向工装 CAD 提供工艺过程文件和工装设计任务书。
- (4) CAPP 向 MIS(管理信息系统)提供工艺规程、设备、工装、工时、材料定额等信息，同时接受 MIS 发出的技术准备计划、原材料库存、刀具量具状况、设备变更等信息。
- (5) CAPP 向 MAS(制造自动化系统)提供各种工艺过程文件和夹具、刀具以及 NC 加工指令等信息；同时接受由 MAS 反馈的工作报告和工艺修改意见。
- (6) CAPP 向 CAQ(质量保证系统)提供工序、设备、工装、检测等工艺数据，以生成质量控制计划和质量检测规程；同时接收 CAQ 反馈的控制数据，用以修改工艺过程。

由以上可以看出，CAPP 对于保证信息化制造系统中的信息流畅通是非常重要的，从而实现真正意义上的集成。

并行产品设计制造已成为目前制造业热点问题之一，在并行环境下的 CAPP，它接收产品设计信息，在完成工艺设计的同时，一方面对产品结构工艺性进行评价，从加工工艺的角度对产品的结构提出改进建议；另一方面向生产规划及调度系统传递工艺设计结果。生产规划及调度系统根据车间资源的动态变化情况，在满足资源合理配置的同时，对工艺设计所确定的工艺过程，在当前资源条件下对其加工过程可行性作出评价，如果当前的资源不能满足工艺设计的要求，则提出修改工艺过程的建议。因而，并行环境下的 CAPP，对在产品生命周期诸进程中作出全局最优决策也是至关重要的。

1.2 CAPP 的结构组成

CAPP 系统的构成与其开发环境、产品对象、规模大小有关。如图 1.2 所示的系统构成是根据 CAD/CAPP/CAM 集成的要求而拟定的。它体现了我们对 CAPP 系统的广义内涵的理解，从内容上来看，覆盖了机械制造过程各个工种；在深度方面它不仅与 CAD 系统进行集

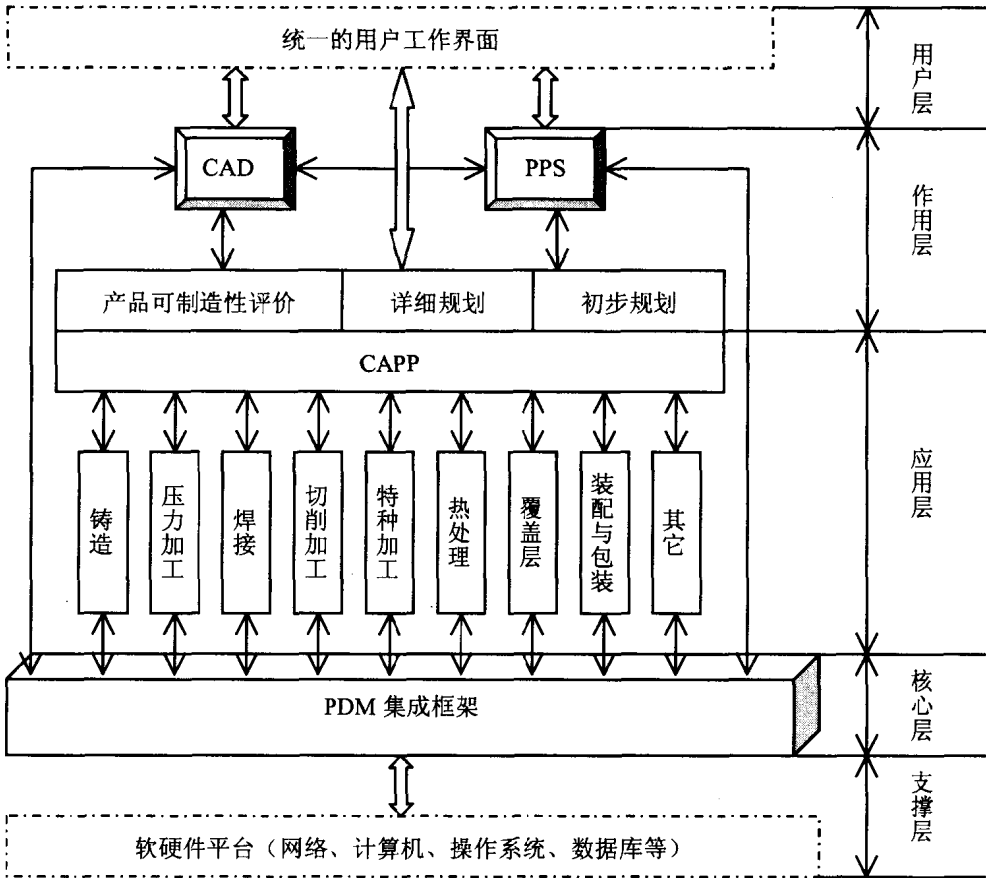


图 1.2 CAPP 系统构成

成,同时还与生产作业计划调度和控制系统进行集成,可以认为这符合面向并行工程的 CAPP 系统的框架的需求。通常人们对 CAPP 的认识多数局限于机械加工部分,这里所介绍的系统仍以机械加工为背景,如图 1.3 所示是一个用于机械加工的 CAPP 系统。

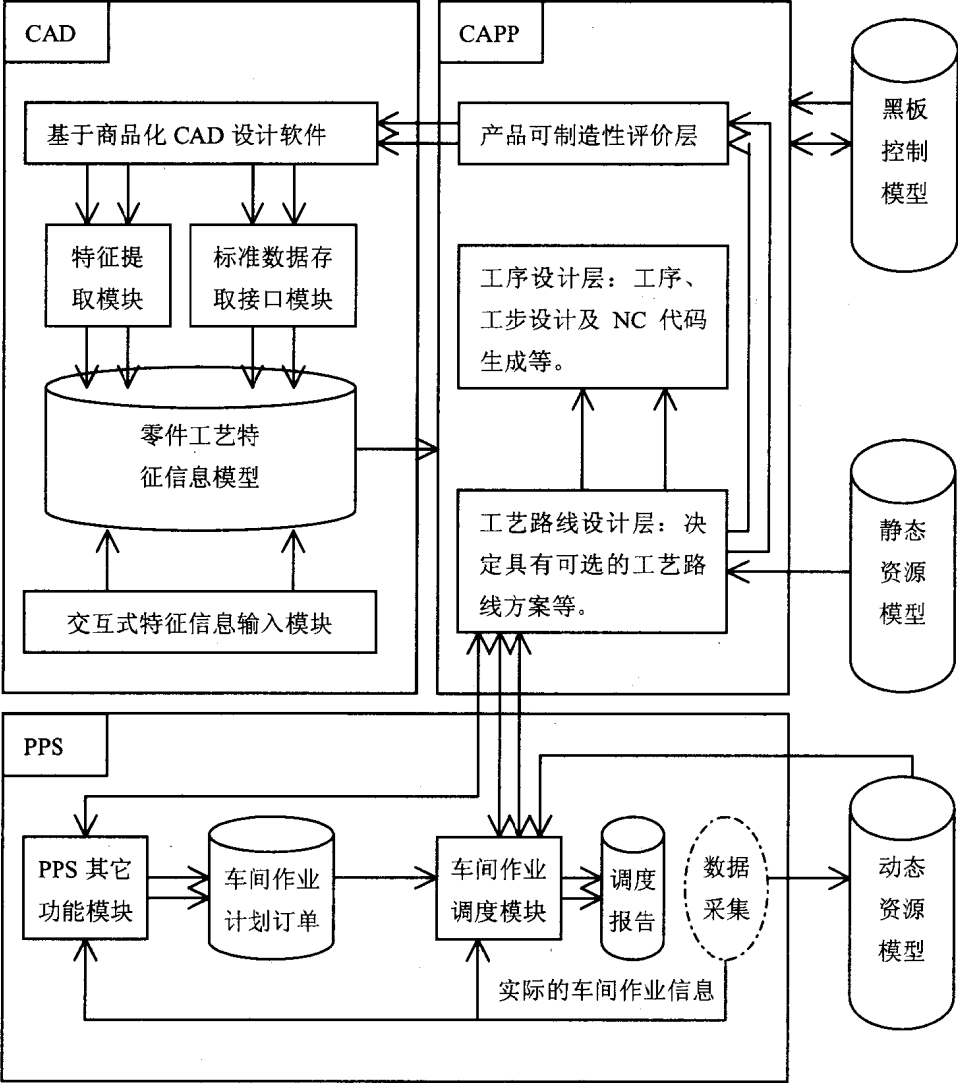


图 1.3 机械加工 CAPP 系统

如图 1.3 所示的 CAPP 系统结构是一个比较完整的、广义的 CAPP 系统,实际上,并不一定所有的 CAPP 系统都必须包括上述全部内容,例如传统概念的 CAPP 不包括 NC 加工控制指令的生成及加工过程的仿真,实际系统组成可以根据实际生产的需要而进行调整。但它们的共同点应使 CAPP 的结构满足层次化、模块化的要求,并具有开放性,便于不断扩充和维护。

1.3 CAPP 的基础技术

(1) 成组技术 (Group Technology—GT) CAPP 系统的研究与开发是与成组技术密切相关的, 早期的 CAPP 系统的开发一般多为以 GT 为基础的变异型 CAPP 系统。

(2) 零件信息的描述与获取 CAPP 与 CAD、CAM 一样, 其单元技术都是按照自己的特点而各自发展的。零件信息 (几何拓扑及工艺信息) 的输入是首当其冲的, 即使在集成化、智能化、网络化、可视化的 CAD/CAPP/CAM 系统, 零件信息的生成与获取也是一项关键技术。

(3) 工艺设计决策机制 其中核心为特征形面加工方法的选择, 零件加工工序及工步的安排及组合, 故其主要决策内容如下:

- 1) 工艺流程的决策。
- 2) 工序决策。
- 3) 工步决策。
- 4) 工艺参数决策。

为保证工艺设计达到全局最优化, 系统把这些内容集成在一起, 进行综合分析, 动态优化, 交叉设计。

(4) 工艺知识的获取及表示 工艺设计是随设计人员、资源条件、技术水平、工艺习惯不同而变化。要使 CAPP 在企业内得到广泛有效的应用, 必须总结出适应于本企业所生产的零件加工的典型工艺及工艺决策的方法, 按 CAPP 系统的开发要求, 用不同的知识表示形式和推理策略来描述这些经验及决策逻辑。

- (5) 工序图及其它文档的自动生成。
- (6) NC 加工指令的自动生成及加工过程动态仿真。
- (7) 工艺数据库的建立。

1.4 CAPP 的类型

1. 交互型 CAPP 系统

交互型 CAPP 系统是按照不同类型零件的加工工艺需求, 编制一个人机交互软件系统。工艺设计人员根据屏幕上的提示, 进行人机交互操作, 操作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及输入相应的内容, 形成所需的工艺规程。因此, 这种 CAPP 系统工艺过程设计的质量对人的依赖性很大, 且因人而异。

2. 变异型 CAPP 系统

变异型 CAPP 系统是利用成组技术原理将零件按几何形状及工艺相似性分类、归族, 每一族有一个主样件, 根据此样件建立加工工艺文件, 即典型工艺规程, 存入典型工艺规程库中。当需设计一个新的零件工艺规程时, 根据其成组编码, 确定其所属零件族, 由计算机检索出相应零件族的典型工艺规程, 再根据当前零件的具体要求, 对典型工艺进行修改, 最后得到所需的工艺规程。变异型 CAPP 系统又可称作派生型、修订型 CAPP 系统。变异型 CAPP

系统如图 1.4 所示。

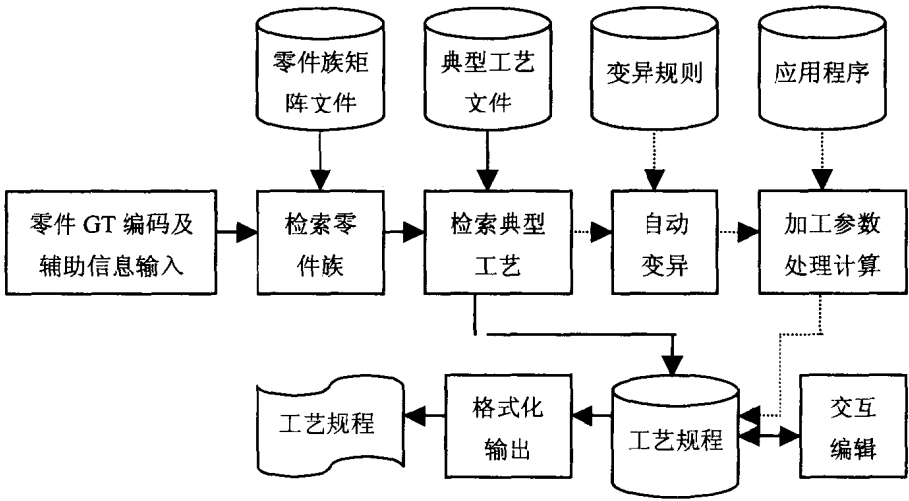


图 1.4 变异型 CAPP 系统

3. 创成型 CAPP 系统

创成型 CAPP 系统可以定义为一个能综合加工信息，自动地为一个新零件制订出工艺规程的系统。即根据零件信息，系统能自动提取制造知识，产生零件所需要的各个工序和工步的加工内容；自动地完成机床、工具的选择和加工过程的最优化；通过应用决策逻辑，可以模拟工艺设计人员的决策过程。在创成型 CAPP 系统中，工艺规程是根据工艺数据库的信息在没有人工干预的条件下从无到有创造出来的。创成型 CAPP 系统如图 1.5 所示。

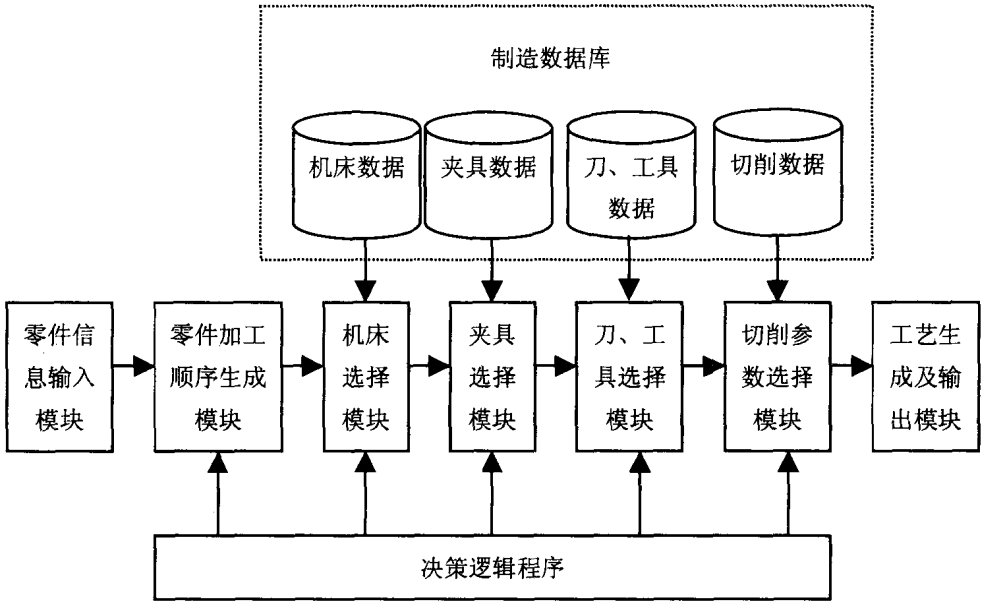


图 1.5 创成型 CAPP 系统

4. 综合型 CAPP 系统

综合型 CAPP 系统也称为半创成型 CAPP 系统，它将变异型与创成型结合起来，即采取变异与自动决策相结合的工作方式。如需对一个新零件进行工艺设计时，先通过计算机检索它所属零件族的典型工艺，然后根据零件的具体情况，对典型工艺进行修改。工序设计则采用自动决策产生，这样较好地体现了变异型与创成型相结合的优点。综合型 CAPP 系统如图 1.6 所示。

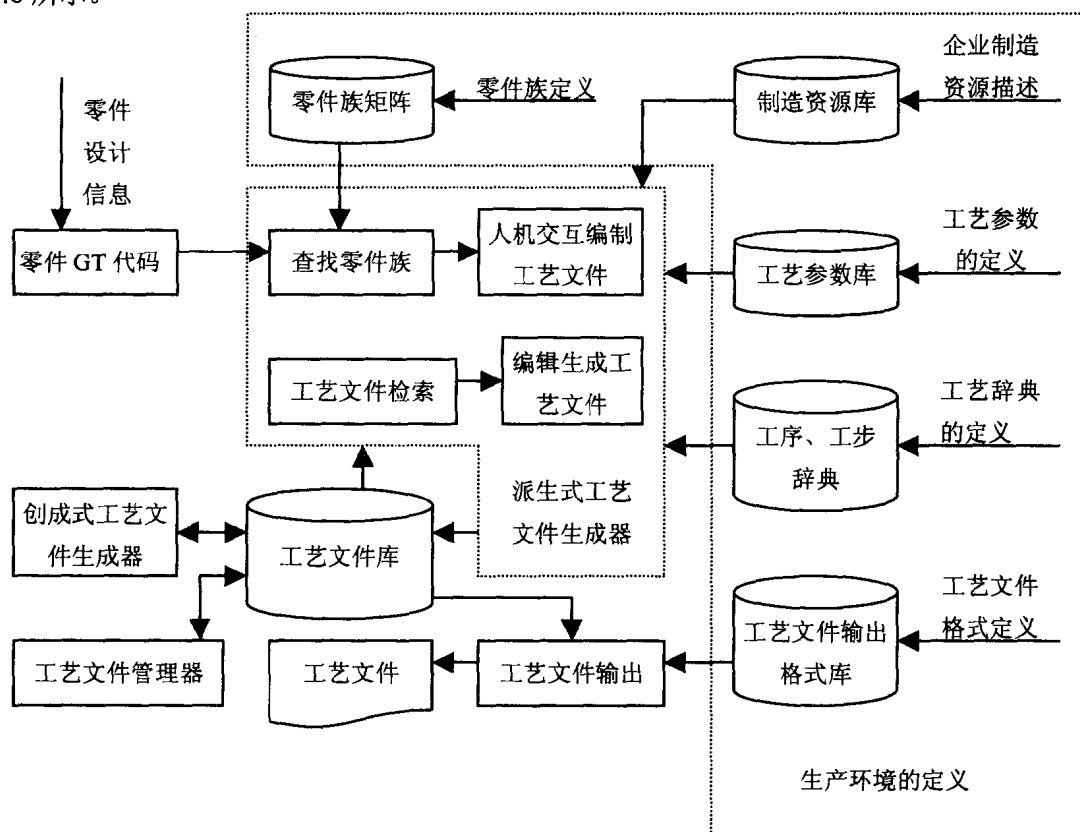


图 1.6 综合型 CAPP 系统

5. 智能型 CAPP 系统

智能型 CAPP 系统是将人工智能技术应用在 CAPP 系统中而形成 CAPP 专家系统。与创成型 CAPP 系统相比，虽然二者都可自动生成工艺规程，但创成型 CAPP 系统是以逻辑算法加决策表为特征；而智能型 CAPP 系统是以推理加知识为特征。作为工艺设计专家系统的特征是知识库及推理机，其知识库由零件设计信息和表示工艺决策的规则集所组成。而推理机是根据当前的事实，通过激活知识库的规则集，而得到工艺设计结果，专家系统中所具备的特征在智能 CAPP 系统中都应得到体现。

6. 智能型工艺设计系统（专家系统）开发工具

工艺设计专家系统不同于一般诊断型专家系统，它是一个复杂的设计型专家系统。它要求除具有一般专家系统所具备的知识获取及表示和推理求解策略外，尚需具有解决在工艺设计及决策中特殊知识的获取和描述，如零件信息（几何拓扑信息、工艺信息、检测信息、表

面质量信息等等)的获取和表示、加工资源信息(设备及工具、人员及技术水平等等)的获取和表示,以及图形、NC 加工指令、加工过程动态模拟的表示与生成等。如果不借助专用工具,要想建立一个实用的工艺设计专家系统是需要花费大量的人力、物力及较长的开发周期。随着专家系统在机械制造生产过程中的广泛应用,CAPP 专家系统需求日益加大。为了缩短专家系统开发周期,国内外研制了多种类型的专家系统开发工具,从不同的层次、不同角度来解决专家系统中的共性问题,如知识表示方式、知识获取、知识检验、知识求解和推理解释等。以使开发者把主要精力集中在知识选取和整理方面,建立相应的知识库,较少地考虑甚至不考虑专家系统中的其它问题,这样,就可以集中精力考虑工艺设计中的有关问题,发挥工艺设计人员之所长,避其所短,缩短开发时间,在质量及速度上都得到充分保证。

1.5 CAPP 发展趋势

随着我国机械制造业进入 21 世纪,以信息技术为主的多学科综合先进技术来改造、提升传统的机械制造业,信息化制造的诞生是必然的结果。各种先进制造模式不断地出现,要求 CAPP 系统向集成化、智能化、网络化、可视化方向发展,以适应信息化制造的需求。当前 CAPP 系统研究开发的热点问题有:

(1) 集成化、智能化、网络化、可视化 CAPP 理论体系的研究,特别是 Internet 的普及以及由于 Internet 的充分利用,对 CAPP 系统提出了新的需求,其中包括基于网络的分布式 CAPP 系统体系结构、支持动态工艺设计的数据模型、支持开发工具的功能抽象方法和信息抽象方法、统一数据结构以及协同决策机制和评价体系、规范、方法等方面的研究。

(2) 加强 CAPP 系统与生产作业计划调度和控制系统集成的研究,特别是在并行设计环境下,根据企业资源的动态变化,寻求满足当前资源及 T(时间)、Q(质量)、C(成本)、S(服务)、E(环境)的约束条件下的最优工艺规划的决策方法及评价标准的研究。

(3) 加强人工智能技术在工艺设计各个环节中的应用研究,特别是将基于逻辑思维的专家系统技术和基于形象思维的人工神经网络技术有机地结合起来,进一步提高系统的智能化水平。

(4) 为满足并行设计的需求,必须加强对可制造性评价和工艺路线最优化及其评价方法的研究。

(5) 为高速、高效、高质量地开发面向企业的不同类型的 CAPP 实用系统,必须充分利用构件重用技术,加强对 CAPP 系统开发平台的研究。

第2章 CAPP 的使能技术

2.1 零件信息描述与输入

2.1.1 CAPP 系统对零件信息描述技术的要求

各类 CAPP 系统其工作过程可用如图 2.1 所示的框图抽象地表示，在计算机硬件、软件系统支撑下和在资源及标准约束控制下，将输入信息通过不同机制（不同类型的 CAPP 系统的作用）转变成所需的各种文档。工艺设计是一项繁杂的工作，工艺人员除了必须考虑零件的结构、尺寸和精度要求、生产批量、毛坯种类和尺寸、加工方法、设备选择、工装配备、热处理要求等众多因素外，还要兼顾企业生产条件、传统工艺习惯以及各类行业标准等，所以是一项涉及面广、经验性强的综合性技术工作。进行工艺设计所需处理的信息不仅量大，而且信息之间的关系错综复杂，这就使得信息的获取成为 CAPP 系统中的关键技术。信息的获取分为两个方面：一为设计者的经验及思想，在不同类型 CAPP 系统中有不同的表示方式，例如在创成型系统中用判定表或判定树表示，在智能型系统中常用人工智能中相适应的知识表示方法表示，具体方法将在后续的相关章节叙述；另一为零件信息。本节将介绍零件信息获取方面的相关内容。

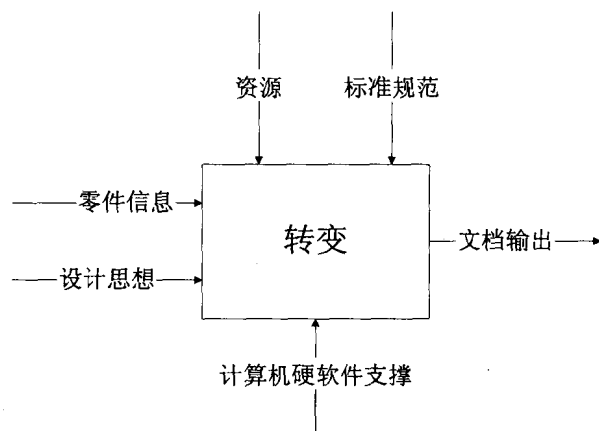


图 2.1 CAPP 系统工作过程

一个良好的 CAPP 系统，必须解决好零件信息的描述与输入问题，简明、准确描述零件信息是实现 CAPP 系统的前提条件和 CAPP 系统进行工艺决策分析的可靠保证，

也是 CAPP 系统运行的基础和依据。同时对于 CAPP 系统的输出质量和运行效率也具有决定性的影响。

零件的信息包括两方面的内容：零件的几何信息和工艺信息。零件的几何信息亦即零件的图形信息，包括零件的几何形状、尺寸等；工艺信息则包含零件各表面的精度、粗糙度、热处理要求、材料和毛坯类型等多种信息。CAPP 系统对零件图形信息的描述有两个基本要求：一是描述零件的各组成表面的形状、尺寸、精度、粗糙度及形状公差等；二是应明确各组成表面的相互位置关系、连接次序及其位置公差。根据这两方面的内容，CAPP 系统才能确定零件加工表面的加工方法以及相应的加工顺序。

2.1.2 零件信息描述的基本方法

如上所述，零件的信息描述与输入在 CAPP 系统中起着重要的作用，因而人们在开发 CAPP 系统时，针对不同的零件和应用环境，提出了很多的零件信息描述与输入方法。下面就简要介绍一些主要方法：

1. 零件分类编码描述法

在早期的 CAPP 系统中，一般采用零件分类编码系统，输入零件的编码以及一些补充信息，用零件编码来粗略描述零件的形状、尺寸、精度等信息。这种方法简单易行，但它对零件的描述过粗，对零件的具体形状、尺寸及精度等无法描述得十分清楚，使得 CAPP 系统不能得到足够的信息来详细、合理地进行工艺决策。现在所研制的 CAPP 系统中，一般很少单独采用此方法来描述零件。这种输入方法适用于变异型 CAPP。

2. 形面要素描述法

为了达到详细描述零件的目的，把一个零件看作是由若干个基本的几何要素所组成的。几何要素分为主要形面要素、次要形面要素和辅助形面要素。就旋转体零件而言，主要形面要素是指外表面的主要要素（外圆面、外锥面、外螺纹、外花键等外形特征）和内表面主要要素（主要孔、锥孔、内螺纹、花键孔等内部特征），由它们构造出零件的主要整体形状。主要形面要素必须按它们在零件上出现的位置依次进行描述。次要和辅助形面要素则包括退刀槽、直槽、径向孔、轴向孔、倒角、圆角等，一般它们都依附于某一个主要形面要素，完成某种特定功能或改善零件的加工工艺性能。

将上述各种形面要素任意组合，对零件的各个形面要素进行编号，以便能正确地输入零件各形面要素的尺寸、位置、精度、粗糙度等信息。利用这种输入方法虽然比较繁琐、费时，但是它可以较完善、准确地输入零件的图形信息。如德国 Hanover 大学 K.W.Prack 开发的“单件小批生产的 CAPP 系统”以及西安交通大学 CAD/CAM 研究所研制的旋转体零件 CAPP 系统（RIMS）中就采用了这种方法。对于描述和输入回转体零件的要素，形面要素法已经进入了成熟阶段；但是，对于非回转体零件的形面要素描述则有一定难度。

3. 图论描述法

这种方法主要是利用图论的基本原理来描述零件的结构形状，即用结点表示零件