

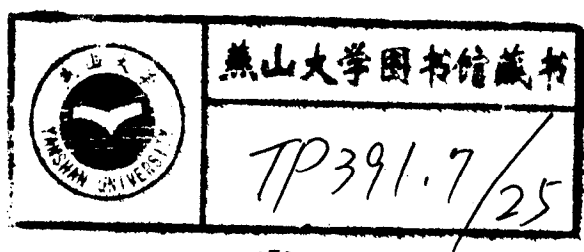
CAD/CAM 实用系统 开发指南

赵汝嘉 殷国富 主编



CAD/CAM 实用系统开发指南

赵汝嘉 殷国富 主编



机械工业出版社



0333075

CAD/CAM是现代制造企业实施信息化系统工程建设的一项重要基础技术,在CAD/CAM系统平台软件的基础上建立和开发具有本企业专业特色的应用软件系统是深化应用CAD/CAM技术的关键及开展产品创新设计必备的重要工具。本书结合作者开发CAD/CAM应用软件的实践经验,详细论述了CAD/CAM应用软件开发技术的基本概念、关键技术和主要开发方法,其内容主要包括:集成化、智能化、网络化、可视化CAD/CAM系统基本概念;CAD/CAM应用软件开发各个阶段的描述方法和工具以及文档资料的要求;CAD/CAM系统硬件配置的要求与选择原则;计算机图形系统原理与OPEN GL标准图形系统的开发方法;工程分析;工程数据库;CAD/CAM应用软件结构与软件开发编程中涉及的共性技术;CAD/CAM系统开发语言环境;最后介绍作者以AutoCAD和MDT软件二次开发工具为基础进行水泵CAD应用软件开发开发的实例。

本书内容新颖实用,可供从事CAD/CAM技术与软件开发的工程技术人员参阅,也可作为大专院校相关专业本科学生和研究生选修课教材。

图书在版编目(CIP)数据

CAD/CAM实用系统开发指南/赵汝嘉,殷国富主编. —北京:机械工业出版社,2001.10

ISBN 7-111-09354-2

I. C… II. ①赵… ②殷… III. ①计算机辅助设计—软件包,CAD/CAM系统 ②计算机辅助制造—软件包,CAD/CAM系统 IV. TP391.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第063768号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:刘小慧 版式设计:冉晓华 责任校对:李汝庚

封面设计:方 芬 责任印制:郭景龙

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002年1月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·14.75印张·360千字

0 001—4 000册

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
本社购书热线电话(010)68993821、68326677—2527

序 言

计算机辅助设计与制造 (Computer Aided Design and Manufacturing, 简称 CAD/CAM) 技术是计算机科学、信息技术与现代设计制造技术相结合的产物, 是当代先进的生产力, 被国际公认为 20 世纪 90 年代的十大重要技术成就之一。CAD/CAM 技术的发展及应用, 不仅改变了制造业设计、制造各种产品的传统作业方式, 还有利于提高企业的产品创新能力、技术水平和市场竞争能力, 也是推进制造业信息化的一个重要切入点和关键技术基础。因此, 对于应用 CAD/CAM 技术的工程技术人员来说, 除了应懂得 CAD/CAM 技术原理和会用 CAD/CAM 系统软件之外, 还应能结合本企业产品的特征, 在 CAD/CAM 系统软件的基础上建立和开发具有专业特色的应用软件系统。

目前 CAD/CAM 书籍出版不少, 就其内容来看, 可分为两大类: 一类为各种编程语言的介绍, 例如 VC、VB、Java、Delphi 等, 还有各种 CAD/CAM 通用系统软件的介绍及使用入门, 例如介绍 AutoCAD、Solid Edge 等, 也属于此类; 另一类为 CAD/CAM 技术基础知识介绍, 它包括相关的各种教材及 CAD/CAM 基础知识著作。

CAD/CAM 技术在我国推广应用已有 10 多年历史了。CAD/CAM 系统软件的应用与开发人员已从基本知识的了解、掌握进入到利用支撑软件, 结合本单位实际情况开发针对本企业产品设计、制造的需要及服务于产品整个生命周期的实用 CAD/CAM 系统软件。因而仅有上述两类书籍是远远不能满足要求的。在目前情况下, 不仅需要熟练的编程人员, 而且更需要 CAD/CAM 软件的系统设计人员及开发实用化 CAD/CAM 系统的组织者, 本书正是为了适应这种新的需求而编写的。目前能满足这种需求的著作在市场上很少发现, 本书的面市将成为 CAD/CAM 系统的应用人员, 特别是专业 CAD/CAM 系统开发人员的得力助手和朋友。

本书是在总结西安交通大学 CAD/CAM 研究所和四川大学制造科学与工程学院多年来开发 CAD/CAM 系统的经验的基础上, 结合 CAD/CAM 实用软件的系统设计人员实际工作的要求而编写, 希望能为 CAD/CAM 应用软件的开发者提供一些帮助。作为 CAD/CAM 系统设计员, 要求有较丰富的相关知识, 因此本书涉及的内容较广, 如果本书能为这些朋友尽一些绵薄之力, 作者将感到十分欣慰。

全书由西安交通大学赵汝嘉教授、四川大学殷国富教授主编, 其中第 1、5 章由赵汝嘉教授编写, 第 2、7 章由殷国富教授编写, 第 4 章由罗阳副教授编写, 第 3、8 章由曹岩博士编写, 第 6 章由陈桦教授编写, 第 9 章由殷国富教授和陈田博士编写。

由于本书涉及内容广泛及作者水平所限, 错误之处在所难免, 希望各位专家与读者不吝赐教, 在此表示衷心感谢。

作 者

2001 年 1 月 26 日

目 录

序言

第1章 概论 1

- 1.1 基本概念 1
- 1.2 CAD/CAM 系统体系结构 3
- 1.3 CAD/CAM 系统的类型 5
- 1.4 关键技术 6

第2章 CAD/CAM 系统的设计

方法 8

- 2.1 软件工程概述 8
 - 2.1.1 CAD/CAM 系统基本特点 8
 - 2.1.2 软件工程 8
 - 2.1.3 软件工程规范 10
- 2.2 机械 CAD/CAM 软件开发流程与软件特点 11
- 2.3 CAD/CAM 软件需求分析 12
- 2.4 CAD/CAM 系统的设计与实现阶段 13
 - 2.4.1 CAD/CAM 软件的初步设计 13
 - 2.4.2 CAD/CAM 软件的详细设计 15
 - 2.4.3 CAD/CAM 软件的实施 15
 - 2.4.4 软件测试 16
- 2.5 IDEF 方法 17
- 2.6 IDEF_{1X} 建模方法 21

第3章 CAD/CAM 系统的硬件配置

与选择 24

- 3.1 CAD/CAM 系统硬件配置类型 24
 - 3.1.1 CAD/CAM 系统的硬件构成及分类 24
 - 3.1.2 UNIX 工作站和 Windows NT 工作站 26
 - 3.1.3 硬件平台及发展趋势 29
- 3.2 传统工作站的性能指标、选择原则、工作站简介 30

- 3.2.1 传统工作站的性能指标 30

- 3.2.2 传统工作站的选择原则 33

- 3.2.3 传统工作站简介 35

3.3 NT 工作站的性能指标、选择原则、

- 常用 NT 工作站简介 37

- 3.3.1 NT 工作站的性能指标 37

- 3.3.2 NT 工作站选择原则 41

- 3.3.3 NT 工作站简介 43

- 3.4 CAD/CAM 硬件系统集成技术 45

第4章 计算机图形系统原理与

开发方法 47

- 4.1 图形系统的层次结构和标准 47

- 4.1.1 图形系统的基本功能及其层次结构 47

- 4.1.2 图形系统的可移植性问题与图形标准 48

- 4.2 GKS 标准与 PHIGS 标准 49

- 4.2.1 图形核心系统 GKS 49

- 4.2.2 程序员层次交互图形系统 PHIGS 50

- 4.3 GL 标准与微机平台 OpenGL 的

- 开发环境 50

- 4.3.1 GL 与 OpenGL 标准 50

- 4.3.2 微机平台 OpenGL 的开发环境 52

- 4.3.3 OpenGL 应用程序的基本框架 53

- 4.4 OpenGL 基本图形功能 56

- 4.4.1 点、线和实体的颜色 56

- 4.4.2 折线和多边形 58

- 4.4.3 OpenGL 变换 60

- 4.4.4 基本三维形体 63

- 4.4.5 曲线和曲面 65

- 4.5 OpenGL 高级功能 70

- 4.5.1 真实感图形 70

- 4.5.2 显示列表和文字显示 74

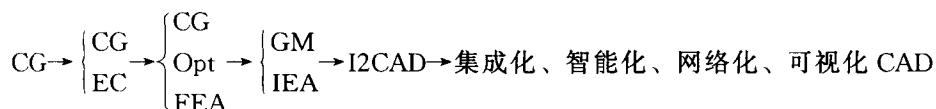
4.5.3 交互技术	76	7.2.2 面向对象的程序设计方法	148
4.5.4 缓存与动画技术	77	7.2.3 程序流程描述方法	149
4.6 OpenGL 图形应用程序实例	78	7.3 软件开发的基本技术	151
第 5 章 工程分析	80	7.3.1 程序重用技术	152
5.1 有限元分析	80	7.3.2 数据处理技术	153
5.1.1 两种平面问题	81	7.3.3 程序结构组织	154
5.1.2 机器结构平面问题的有限元 分析	82	7.3.4 CAD/CAM 软件集成方法	155
5.2 最优结构设计	99	7.4 图形交互技术	156
5.2.1 概述	99	7.5 人机交互界面的设计技术	161
5.2.2 最优结构设计过程	100	7.5.1 用户界面的类型	161
5.3 集成工程分析	104	7.5.2 人机交互界面的设计方法	162
5.3.1 引言	104	7.5.3 交互界面设计原则	166
5.3.2 前置处理模块	104	7.6 机械设计软件 MDT 的交互界面与 二次开发实例	167
5.3.3 后置处理	106		
5.3.4 有限元—优化集成工程分析	107	第 8 章 CAD/CAM 系统开发语言 环境	178
第 6 章 工程数据库	109	8.1 开发 CAD/CAM 软件系统层次	178
6.1 工程数据库的概念	109	8.2 VB 简介	179
6.1.1 数据库技术的发展	110	8.2.1 VB 功能简介	180
6.1.2 工程数据的特点	112	8.2.2 VB 主要特点	185
6.1.3 工程数据库系统	115	8.2.3 VB 应用	185
6.2 工程数据库与传统关系型数据库 的比较	118	8.3 VC 简介	188
6.2.1 传统数据库的模型与体系结构	118	8.3.1 VC 功能简介	188
6.2.2 工程数据库的系统结构	123	8.3.2 VC 的主要特点	189
6.2.3 工程数据库与商用数据库 的区别	127	8.3.3 C++ 基本类库及实现策略	190
6.3 工程数据库的设计	128	8.4 Delphi 简介	191
6.3.1 工程数据库的设计方法	128	8.4.1 Delphi 功能简介	191
6.3.2 数据库设计的基本步骤	130	8.4.2 Delphi 主要特点	195
6.3.3 数据库设计的需求分析	130	8.4.3 用 Delphi 开发商品化软件	196
6.3.4 工程数据库设计过程	131		
6.4 工程数据库管理系统实例——TORNADO 数据库管理系统简介	140	第 9 章 CAD/CAM 应用软件开发 实例	198
第 7 章 CAD/CAM 实用系统的软件 开发方法	145	9.1 应用 MDT 进行机械产品设计 的方法	198
7.1 CAD/CAM 系统结构与功能	145	9.2 AutoCAD 与 MDT 二次开发方法	199
7.2 CAD/CAM 应用软件设计方法	148	9.2.1 AutoCAD 的二次开发工具 简介	199
7.2.1 结构化程序设计方法	148	9.2.2 VC++ 编制 ARX 程序的技术 方法	202
		9.2.3 MDT 环境下的软件开发方法	206
		9.3 水泵 CAD 软件系统的开发实践	207

9.3.1 水泵 CAD 软件的计算模型	207	软件开发	213
9.3.2 水泵 CAD 体系结构与 工作流程	209	9.4.1 叶轮 CAD 系统工作流程	213
9.3.3 水泵 CAD 的数表、线图 程序化方法	209	9.4.2 叶轮设计的动态调控与实时 效果	214
9.3.4 基于产品层次结构的界面 设计技术	211	9.4.3 参数化实体造型方法简介	220
9.3.5 面向对象技术的应用	212	9.4.4 叶轮叶片参数化特征造型 方法	220
9.3.6 容错处理技术的应用	213	9.4.5 导叶参数化实体造型方法	222
9.4 水泵零件的三维造型方法与 CAD		9.5 水泵 CAD 软件系统的特点	225
		参考文献	226

第 1 章 概 论

1.1 基本概念

CAD、CAM 的单元技术，经过 40 多年的研究与广泛深入的应用，已经日趋成熟，并且随着科学技术的发展和工程应用日益增长的要求，其内涵也在不断地发生变化，人们对它的理解也越来越深入。目前它不仅成为开发机电产品的新技术，而且已成为一个新兴的高技术产业。CAD 的发展过程可以归纳如下：



其中：

CG (Computer Graphics) 计算机绘图，主要用以代替人工绘图。

EC (Engineering Computation) 工程计算，主要用于代替人工计算器或手摇计算机计算。

Opt (Optimization) 最优化，对机电产品结构进行最优结构设计。

FEA (Finite Element Analysis) 有限元分析，对机电产品的动静热特性进行分析，并进行机电产品性能计算机仿真，寻求机电产品结构上的薄弱环节。

GM (Geometry Modelling) 几何建模，主要用三维实体模型表达产品的结构。

IEA (Integrated Engineering Analysis) 集成工程分析，把有限元分析和优化设计有机地结合起来用于产品结构的最佳决策。

I2CAD (Integrated and Intelligent CAD) 集成化、智能化 CAD。

从这个发展过程可以看到，我们对 CAD 的理解绝不能简单地理解为计算机绘图，工程图样只是产品设计结果的一种表示形式，而产品设计是一个过程，这个过程是创造性思维过程。产品设计过程大致经过下列阶段：

- 1) 根据市场需求分析，确定生产产品类型、性能、规格及规模；
- 2) 根据上述生产经营决策，确定产品总体方案；
- 3) 根据总体方案的决策，确定产品的总体结构；
- 4) 根据总体结构，进行结构的详细设计，并进行结构参数的最优决策；
- 5) 对产品的装配过程、产品性能及工作过程进行仿真；
- 6) 在确定满足性能后，输出各种技术文档，包括绘制工程图样。

从产品设计过程可以看出，这是一个创造性思维和反复迭代的寻优过程，CAD 中的 D 只是 Design 而不是 Drawing，特别是当前处于知识经济时代，为满足市场瞬息万变的需求，产品设计要更加注意知识含量和创新度，追求高附加值的产品，把多学科的先进技术综合应用于产品设计过程中。为满足产品创新设计的需求，必须建立智能化、集成化、网络化、可视化的 CAD 系统。

集成化：在过去一段时期，所谓集成指的是信息集成，它是以统一产品数据模型及工程数据库为基础，在系统之间及系统内部实现信息传递、响应、分析及反馈，从而达到系统及各模块之间的无缝集成。它的核心问题是实施标准及建立基于特征的统一的产品数据模型和工程数据库。图 1-1 是 CAD/CAM 系统集成概念模型。目前对集成的认识是以信息集成为基础的多集成的概念，实现多集成的目的，是在 TQCSE（T—time, Q—quality, C—cost, S—service, E—environment）目标下，寻求全局最优决策，实现可持续发展的策略。多集成的内容包含：信息集成；智能集成；过程集成；工作机制集成；资源集成；技术集成；人机集成。

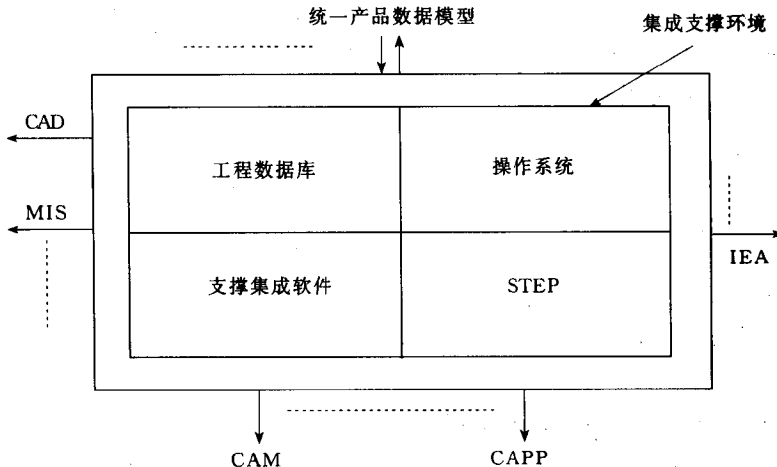


图 1-1 集成概念模型

智能化：人工智能技术在机电产品设计过程中各环节深入地应用，并使以逻辑思维为特征的专家系统技术和以形象思维为特征的人工神经网络技术有机地结合起来，使其应用各得其所。

网络化：为分布式并行协同处理提供软、硬件环境，使实施并行产品设计及制造和基于 Internet 的 Tele-Design 和 Tele-Manufacturing 有了坚实的基础。它必须具有分布式计算机网络系统及协同求解系统的协同决策的产品设计质量评价体系、规范及方法。

可视化：它综合利用科学计算可视化技术、计算机仿真技术、虚拟现实技术及多媒体技术。它包含的内容如下：

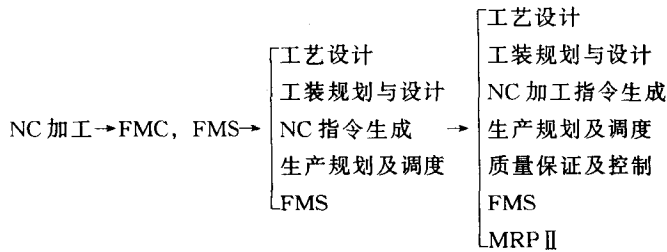
- 1) 科学计算结果数据的数字及图形动态显示；
- 2) 产品及其零部件的几何仿真，包括产品装配过程仿真；
- 3) 产品性能的物理及力学仿真；
- 4) 产品工作过程仿真，并使其具有临境感及可驾驭感。

在建立 CAD 系统时，应从产品设计全过程来认识，使其具有产品创新设计的功能，而不只是绘图功能，因而从广义的角度来看，CAD 系统应具有下列功能：

- 1) 产品方案决策；
- 2) 总体结构决策；
- 3) 结构分析计算；
- 4) 具体结构设计，生成各类技术文档及图样；

- 5) 产品性能仿真, 计算机模拟试验;
- 6) 产品工作过程仿真;
- 7) 产品的装配工艺与加工工艺设计;
- 8) 工装规划与设计。

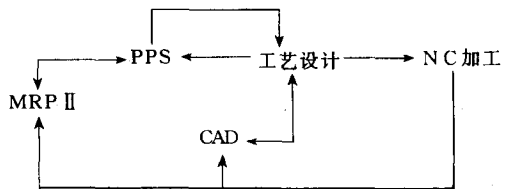
CAM 同 CAD 一样, 在 40 多年中, 按照自己的固有规律向前发展, 人们对它的认识在不断地变化, 其内涵也在不断地丰富。传统的 CAM 是从几何建模中获取几何信息, 输入加工工艺信息, 生成数控加工指令, 传输给数控加工装置控制加工过程。而目前我们对 CAM 的认识已不是这样了。CAM 的发展过程大致如下:



从上面的发展过程可以看出, CAM 的狭义理解就是 NC 加工、FMS 等工作, 作为广义的 CAM 则包含下列内容:

1) 工艺设计 (CAPP) 系统向两端发展, 并与 CAD、PPS (Production Planning Schedule) 协同决策, 在满足资源动态变化的情况下, 寻求资源合理配置和工艺设计的最优决策。而这时的 “PP” 不只具有 Process Planning 的涵意, 而且具有 “Production Planning” 的涵意, 其示意图如下:

- 2) 工装规划与设计。
- 3) 生产规划与调度。
- 4) 制造过程、装配过程的控制及计算机仿真。
- 5) 质量检测、控制及管理。
- 6) MRP II。



从这里可以看出 CAD 与 CAM 的接合部是工艺设计, 这就是我们常讲的 CAPP 是 CAD 与 CAM 的纽带。所谓广义的 CAD/CAM 系统的涵意应是从产品的概念设计、方案决策一直到产品售后服务的全过程, 即 CAD/CAM 技术应用于整个产品生命周期。

所谓集成化、智能化、网络化、可视化 CAD/CAM 系统是把制造业提高到一个新的高度来认识, 即利用信息技术、计算机技术等先进技术来改造传统的制造业, 从而形成信息化制造系统, 而我们所讲的先进制造系统正是在此基础上发展起来的。

1.2 CAD/CAM 系统体系结构

CAD/CAM 系统由相关的硬件及软件组成, 硬件主要指计算机及其网络系统, 从广义角度来说, 硬件还应包括加工及运输装置等; 软件则包括核心支撑软件系统、应用软件等。

CAD/CAM 系统一般由三个层次构成，如图 1-2 所示。

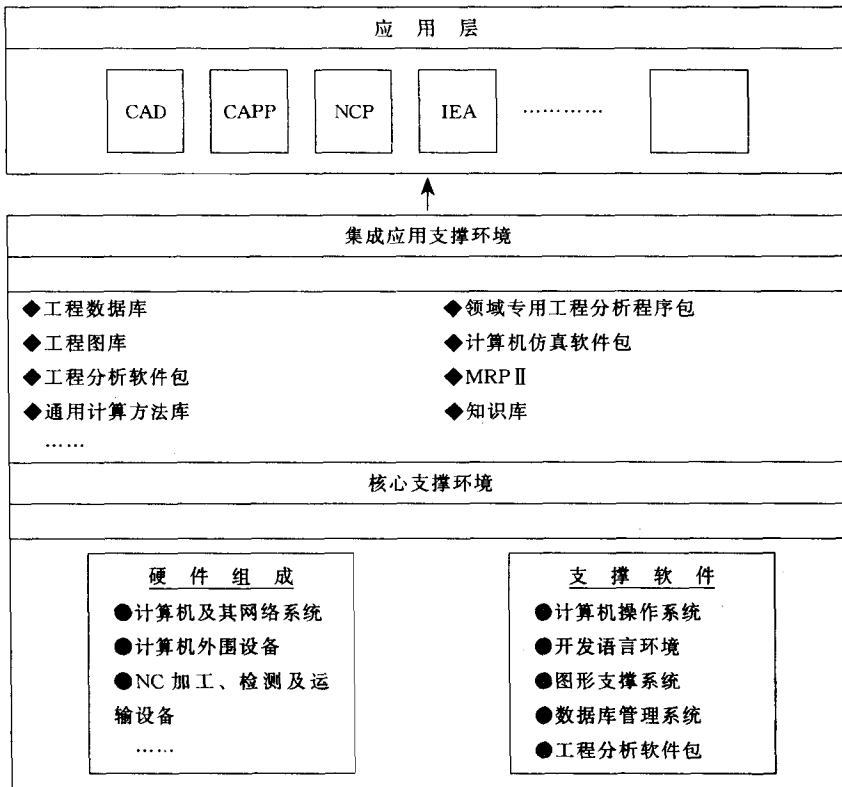


图 1-2 CAD/CAM 系统体系结构

要形成一个具有高效率、高运行质量以及实用化的系统，必须解决两个问题：

- 1) 选择核心支撑环境。
- 2) 根据企业的实际情况及产品在开发过程中的需求、企业的发展规划、技术基础及资源情况，确定二次再开发的内容。要充分认识到购买的软、硬件到位只是建立一个实用化 CAD/CAM 系统的开始。

在确定 CAD/CAM 系统的体系结构时，取决于下列几方面问题：

- 1) 系统所要完成的任务；
- 2) 实现这个系统可以利用的资源；
- 3) 系统设计时所确定的要求；
- 4) 在企业内部或更大范围内的规章制度；
- 5) CAD/CAM 系统设计师的经验；
- 6) 系统设计时的约束条件。

在确定 CAD/CAM 系统软、硬件配置时，必须考虑下列原则：

- 1) 应考虑系统的特点，特别是产品设计、制造的工作性质、技术基础和工作量；
- 2) 应充分考虑计算机技术发展动向；
- 3) 应充分考虑计算机系统硬件、软件的兼容性 & 现有的软、硬件可利用率；
- 4) 投资强度。

1.3 CAD/CAM 系统的类型

CAD/CAM 系统可以按硬件构成或工作性质来划分, 这里介绍的是按工作性质划分的系统。

1. 变异型系统

它是基于相似工程或成组技术而设计的系统。如果企业的产品已标准化、系列化、模块化, 在设计时, 其结构变化不大, 给出一些主要参数, 可以通过产品系列标准、规范搜索出结构参数, 而产品的性能分析基本上也是定型的, 例如刀具、量具、汽轮机、阀门等, 这类产品可以采用变异型系统。图 1-3 是变异型 CAD 系统工作框图。

2. 自动型 CAD/CAM 系统

该产品的设计理论已经成熟, 计算公式已经确定, 计算顺序和判别标准亦无二意, 在设计计算过程中所需的资料及数据完备, 整个过程按程序的控制流自动完成。其工作过程如图 1-4 所示。

3. 智能型 CAD/CAM 系统

人工智能技术 AI (Artificial Intelligence) 是 20 世纪三大科学成就之一, 在 CAD/CAM 系统中日益获得广泛应用。所谓智能型 CAD/CAM 系统就是人工智能技术在机电产品设计、制造中深入的应用, 特别是专家系统技术的应用。专家系统是一种问题求解智能软件系统, 在某一专业领域内, 它把人类专家的经验 and 知识表示成计算机能够接收和处理的符号形式, 按专家的推理方式和控制策略, 解决该领域内只有专家才能解决的问题, 并达到专家级水平。通常的专家系统组成如图 1-5 所示。

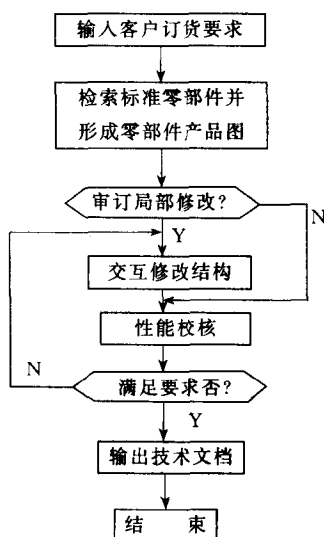


图 1-3 变异型 CAD 系统工作过程

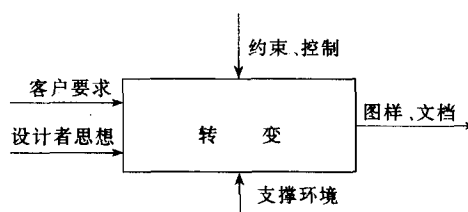


图 1-4 自动型 CAD 系统工程过程

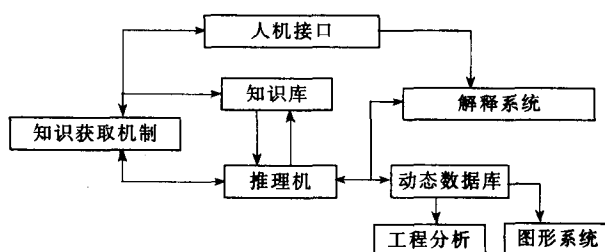


图 1-5 CAD/CAM 专家系统组成

4. 交互型 CAD/CAM 系统

系统采用以人机交互为主的工作方式, 设计人员在系统的提示及指导下, 回答设计过程中的问题, 从而完成设计工作。图 1-6 为一个交互型 CAPP 系统工作流程。

1.4 关键技术

为了适应 21 世纪的制造模式, CAD/CAM 集成系统关键技术主要有:

1) 集成化技术。在过去制造系统中仅强调信息的集成, 这是不够的。现在更强调技术、人和管理的集成。在开发制造系统时强调“多集成”的概念, 即信息集成、智能集成、串并行工作机制集成、资源集成、过程集成、技术集成及人员集成, 这更适合未来制造系统的需求。

2) 智能化技术。应用人工智能技术实现产品生命周期(包括产品设计、制造、发货、支持用户到产品报废等)各个环节的智能化, 实现生产过程(包括组织、管理、计划、调度、控制等)各个环节的智能化, 也要实现人与制造系统的融合及人在其中的智能的充分发挥。

3) 网络技术。网络技术包括硬件与软件的实现, 各种通信协议及制造自动化协议, 信息通信接口, 系统操作控制策略等, 是实现各种制造系统自动化的基础。特别是在当前情况下, 要实现基于 Internet 的 Tele-design 和 Tele-Manufacturing(异地设计与异地制造)技术的基础。

4) 分布式并行处理智能协同求解技术。该技术实现制造系统中各种问题的协同求解, 获得系统的全局最优解, 实现系统的最优决策。

5) 多学科多功能综合产品设计技术。机电产品的开发设计不仅用到机械科学的理论与知识(力学、材料、工艺等), 而且还用到电磁学、光学、控制理论等。不仅要考虑技术因素, 还必须考虑经济、心理、环境、卫生及社会等方面因素。机电产品的开发要进行多目标全性能的优化设计, 以追求机电产品动静热特性、效率、精度、使用寿命、可靠性、制造成本与制造周期的最佳组合。研究重点是: 并行工程及 CAD/CAPP/CAM/CAE 一体化设计技术。面向制造/装配/市场销售的并行设计和“鲁棒性”设计技术。产品效益及风险的并行评估技术等。

6) 综合可视化技术。是利用虚拟现实技术、多媒体技术及计算机仿真技术实现产品设计制造过程中的几何仿真、物理仿真、制造过程仿真及使用过程仿真, 采用多种介质来存储、表达、处理多种信息, 融文字、语音、图像、动画于一体, 给人一种真实感及临境感。

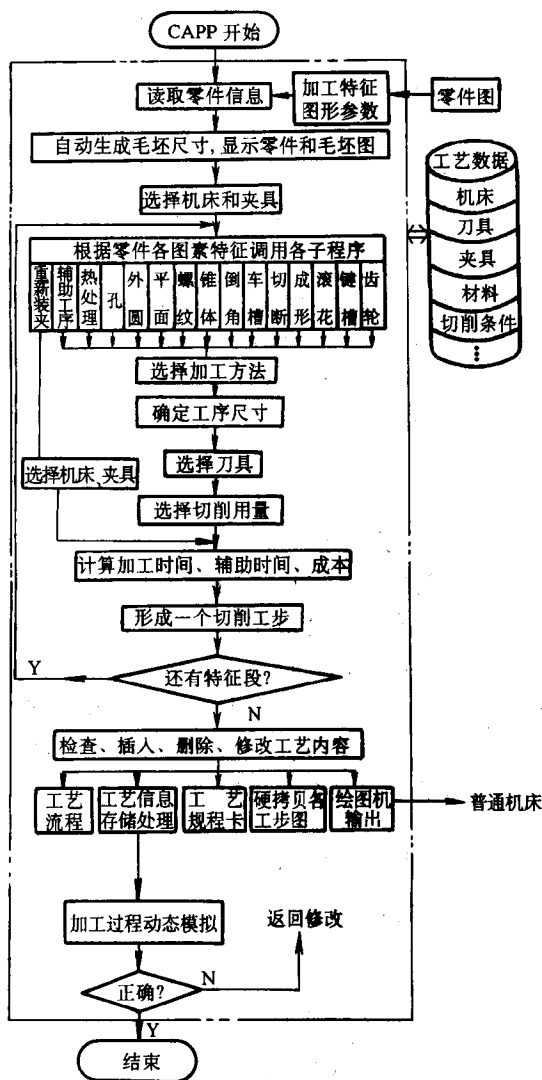


图 1-6 交互型 CAPP 系统工作流程

7) 人一机—环境系统技术。将人、机器和环境作为一个系统来研究，发挥系统的最佳效益。研究的重点是：人机环境的体系结构及集成技术，人在系统中的作用及发挥，人机柔性交互技术，人机智能接口技术，清洁制造等。

这些主要关键技术随着 21 世纪先进制造技术的发展及新的生产模式的出现，会不断地对 CAD/CAM 集成系统提出新的要求，其关键技术内容会产生某些变化，但集成化、智能化、网络化及可视化仍然为 CAD/CAM 系统的发展的主要方向。

第2章 CAD/CAM 系统的设计方法

随着计算机在制造业的广泛应用,质量高、实用性强的 CAD/CAM 软件的需求量与日俱增。因此,如何有组织、有计划地进行专业应用软件开发已成为计算机进一步应用的关键。本章在介绍软件工程基本原理的基础上,针对机械 CAD/CAM 系统的开发特点,从总体规划的角度出发,论述 CAD/CAM 系统开发各个阶段的目标、内容、步骤、描述方法和工具以及文档资料的要求等问题,目的是为建立 CAD/CAM 系统提供一种规范化和可行的系统设计方法,并用一个实例说明这一过程的实现方法。

2.1 软件工程概述

软件是用于求解某一问题并充分发挥计算机效能的程序的总称。这些程序不同于在普通数学中的解题过程,它们是利用计算机本身的逻辑功能,合理地组织整个求解问题的流程,简化或者代替在各个环节中人所承担的工作,从而达到充分发挥机器效率,便于用户掌握计算机的目的。软件是整个计算机系统的“灵魂”。

2.1.1 CAD/CAM 系统基本特点

CAD/CAM 系统是应用现代计算机技术,以产品信息建模为基础,以计算机图形处理为手段,以工程数据库为核心对产品进行定义、描述和结构设计,用工程计算方法进行性能分析和仿真,用工艺知识决策加工方法等设计制造活动的信息处理系统。通常将 CAD/CAM 功能归纳为建立几何模型、工程分析、动态仿真、自动绘图、工艺规划和数控编程,因而需要计算分析方法库、图形库、工程数据库等资源的支持。

CAD/CAM 工作过程的主要步骤是:①通过 CAD/CAM 系统人机交互界面输入设计要求,构造出设计产品的几何模型,并将相关信息存储于数据库中。②运用计算方法库的计算分析,包括有限元分析和优化设计,同时确定设计方案和零部件的性能参数。③通过人机交互方式,对设计结果进行评价决策和实时修改,直至达到设计要求为止。利用图形库支持工具,绘制所需图形、生成各种文档。④设计结果可直接进入 CAPP 或 CAM 阶段。

CAD/CAM 系统开发过程中涉及到的技术方法是:产品信息建模技术、图形处理技术、工程分析技术、数据库与数据交换技术、文档处理技术、软件设计技术等。

由此可见,CAD/CAM 软件开发是一个高难度、高智力的工程项目。为了保证所开发软件的质量,必须研究和采用科学的开发方法和技术。按照软件工程的原则,用系统工程的方法进行规划与设计,才能达到预期的目的。

2.1.2 软件工程

工程软件是研究软件开发和维护的普遍原理与技术的一门工程学科,现已成为计算科学中的一个重要分支。工程软件学的研究对象包括技术方法、工具和管理等方面。在软件开发过程中,若能按照软件工程学的方法论,便可减少软件开发费用,缩短软件开发周期,提高软件产品质量和可维护性。因此,CAD/CAM 软件开发过程中应用软件工程学原理和方法是十分重要的。

工程软件的基本要求是：软件能正确、完整地实现既定功能；软件可靠，适应恶劣操作环境；软件简明易读，程序层次分明，接口规范简单；软件易维护，易实现修订及适应和完善性维护；软件应用结构化设计方法和模块化结构；软件文档齐全，格式规范。

一般软件开发过程大致可以分为几个阶段：提出目标、可行性研究、定义功能、技术设计、编写程序、模块测试、功能集成、整体测试、运行维护。

软件工程采用软件生存周期的方法，从时间的角度对软件开发和维护的过程进行分解，把软件生存周期按时间依次划分为几个独立的阶段，各个阶段有相对独立的任务且相对简单，方便分工协作，利用结构化分析和设计技术逐步完成各个阶段的任务。由于可以通过对各阶段的文档从技术和管理两个方面对开发过程进行严格的审查，从而保证软件顺利开发，保证软件的质量和软件的可维护性。

软件工程强调使用生存周期方法学。所谓生存周期，即软件产品从形成概念开始，经过开发、使用和不断增补修正，直到最后被淘汰的整个过程。按照软件工程的思想，这个过程又可划分成若干个互相区别而又互相联系的阶段。每一阶段中的工作均以前一阶段的结果为依据，并作为下一阶段工作的前提；每个阶段完成确定的任务，提交相应的文档；每个阶段结束时都进行严格的技术审查和管理复审。

国家颁布的计算机软件开发规范（GB/T8566—1995）将软件生存周期划分成以下六个阶段：

1) 可行性研究与计划阶段。确定软件开发目标和总体要求，进行可行性分析，制订开发计划。这一阶段的任务是首先明确“要做什么”，明确软件的功能和目标以及大致规模；其次研究“是否能做”，探索要开发软件的难度、深度和广度，估算系统成本和效益，分析开展该项工作的可行性，包括技术、设备、人员以及市场可行性等方面的内容。可行性研究的结果是决策者承接或中止该开发项目的重要依据。若研究结果项目可行，则还要制订开发计划。

2) 需求分析阶段。进行系统分析，确定软件功能需求和设计约束。这一阶段的任务是弄清“必须做什么”。软件开发人员和用户密切配合，充分交流信息，真正准确地了解用户的具体要求，得出经过用户确认的系统逻辑模型，避免盲目急于着手设计的倾向。

3) 设计阶段。确定设计方案，包括软件结构、模型划分、功能分配以及处理流程。通常，设计阶段应分解为概要设计和详细设计两个步骤：①概要设计的任务是解决“如何做”，考虑多种可能的解决方案，并依据某种令人信服的标准或原则推荐及确定设计方案；然后，进行模块划分，也就是将软件系统按功能划分成许多规模适中的程序集，再将其按合理的层次结构组织起来。②详细设计的任务是解决“如何具体做”，把概要设计的抽象概括解决方案细化、具体化。

4) 实现阶段。完成源程序的编码、编译和无语法错误的程序清单，完成程序单元测试。这个阶段的任务是编制出正确的、可读性好的程序。开发人员选取适当的程序设计语言，把详细设计的结果翻译成可处理执行的程序，并认真调试、检测每一个程序段。

5) 测试阶段。实现系统总装测试和确认测试；检查审阅文档；成果评价。这个阶段的任务是通过各种类型的测试发现问题、纠正错误，使软件达到预定的要求。总装测试是根据设计的软件结构，把经过单元测试检验通过的模块装配起来，在装配过程中进行必须的测试。确认测试则是按需求分析阶段确定的功能要求，由用户或用户委托第三方对软件系统进

行验收, 撰写测试分析报告, 对软件产品作出成果评价。

6) 运行与维护阶段。软件在运行使用中不断地被维护, 根据新提出的需要和运行中发现的问题进行必要且可能的扩充和修改。通常有四类维护活动: ①改正性维护, 诊断和改正运行中发现的软件错误; ②适应性维护, 修改软件以适应环境的变化; ③完善性维护, 根据用户的要求改进或扩充软件使它更加完善; ④预防性维护, 修改软件为将来的维护活动做预备。每一项维护活动结束后, 软件都有不同程度的改进, 对于商品化软件来说, 都会推出新的版本。

上述软件开发的各个阶段的任务相对独立和简单, 便于不同人员分工协作, 从而降低了整个软件开发工程的困难程度; 每个阶段都提供阶段产品, 提交文档资料, 使所有人员职责明确, 便于检查; 每个阶段成果都要经过严格的管理确认和技术复审, 这可使早期产生的错误被及时发现, 避免到开发后期发生重大返工。经验证明, 发现和改正错误的时间越晚, 需要付出的代价就越大。上述各阶段的工作量并非均衡相等, 统计结果表明, 其中维护阶段所占百分比最大, 如图 2-1 所示。软件工程学的一个重要目标就是提高软件的可维护性, 减少软件维护的代价。

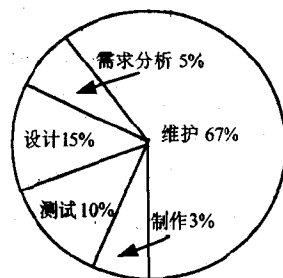


图 2-1 各阶段成本比例

综上所述, 软件工程利用生存周期方法学, 在每个阶段都采用科学的管理手段和良好的技术方法, 使软件开发全过程以一种有条不紊的方式进行, 保证了软件的质量, 提高了软件开发的成功率和生产率。目前, 国外已推出了计算机辅助软件工程 (CASE) 软件, 它作为一种综合软件支撑环境, 支撑软件生存周期中的不同阶段, 协助软件的开发管理工作, 被称为开发软件的工具, 受到普遍关注和欢迎。

2.1.3 软件工程规范

软件工程规范标准和软件文档编制是工程化软件要求的集中体现。

1. 软件工程规范国家标准

1) 《计算机软件开发规范》(GB/T 8566—1995) 详细规定软件开发过程的各个阶段及每一阶段的任务、实施步骤、实施要求、完成标志及交付文档。

2) 《计算机软件产品开发文件编制指南》(GB/T 8567—1988) 详细规定软件开发过程中应该产生的文档种类、数目和文档的编制形式、编制内容。

3) 《计算机软件需求说明编制指南》(GB/T 9385—1988) 详细规定软件需求说明的内容和质量、书写格式、内容以及各自的作用。

4) 《计算机软件测试文件编制规范》(GB/T 9386—1988) 详细规定一组测试文件的种类、数目、书写格式、内容以及各自的作用。

5) 《计算机软件质量保证计划规范》(GB/T 12504—1990) 详细规定在制订软件质量保证计划时应该遵循的、在计划、评审、控制和验收几个方面活动的、统一的基本要求, 列出了编制大纲。

6) 《计算机软件配置管理计划规范》(GB/T 12505—1990) 详细规定软件配置管理计划的目次、章节内容等统一要求。这些要求涉及到标识软件产品项、控制和实现软件的修改、记录和报告修改的实现状态、以及评审和检查配置管理工作等四个方面的实施计划。

7) 《软件工程术语》(GB/T 11457) 详细列举了软件工程中的常用术语定义、说明、英