

高等农林院校精品课程建设教材

GAO DENG NONG LIN YUAN XIAO JING PIN KE CHENG JIAN SHE JIAO CAI

CAD/CAM

CAD/CAM JI SHU JI YING YONG

技术及应用

刘 军 李永奎 陶栋材 主 编



中国农业大学出版社

高等农林院校精品课程建设教材

CAD/CAM 技术及应用

刘 军 李永奎 陶栋材 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

CAD/CAM 技术及应用/刘军,李永奎,陶栋材主编. —北京:中国农业大学出版社,2005.4
ISBN 7-81066-697-5

I. C… II. ①刘… ②李… ③陶… III. ①机械设计:计算机辅助设计 ②机械制造:计算机辅助制造 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 012246 号

书 名 CAD/CAM 技术及应用
作 者 刘 军 李永奎 陶栋材 主编

策划编辑 张秀环

责任编辑 洪重光

封面设计 郑 川

责任校对 陈 莹 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100094

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

E-mail:caup@public.bta.net.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 18.5 印张 453 千字

印 数 1~4 000

定 价 22.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

内 容 简 介

本书重点介绍先进制造技术中 CAD/CAM 的基础技术、关键技术和应用技术。内容包括 CAD/CAM 系统的支撑技术、CAD/CAM 软件开发基础、CAD 的基本方法、计算机辅助图形处理、CAD/CAM 建模技术及产品数据模型、计算机辅助工程分析技术、计算机辅助数控加工、成组技术基础、计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助工装设计、计算机辅助质量系统和 CAD/CAM 集成技术及其发展等。

考虑到 CAD/CAM 技术的迅速发展及其应用的日益广泛,教材编写中除注意内容安排的系统性、完整性之外,还注意突出介绍方法和思路上的多样性和实用性,并体现了 CAD/CAM 技术的最新发展趋势。

本书可作为机械工程、农业工程相关专业的本科生和研究生教材或参考书,同时可供广大从事 CAD/CAM 技术研究的工程技术人员参考。

前 言

CAD/CAM 技术是当代科学技术发展最为活跃的领域之一,是产品更新、生产发展、国际间经济竞争的重要手段,它的应用和发展引起了社会和生产的巨大变革,因此 CAD/CAM 技术被视为 20 世纪最杰出的工程成就之一。目前,CAD/CAM 技术广泛应用于机械、电子、航空、航天、汽车、船舶、纺织、轻工及建筑等各个领域,它的应用水平已成为衡量一个国家技术发展水平及工业现代化水平的重要标志。

随着市场竞争的日益激烈及全球市场的形成,对制造业来说,本世纪企业竞争的核心将是新产品的开发能力及制造能力,CAD/CAM 技术是提高产品设计质量、缩短产品开发周期、降低产品生产成本的强有力的手段。因此,国内外的企业对 CAD/CAM 技术的发展及应用都十分重视。随着 CAD/CAM 技术的推广应用,它已经从一门新兴技术发展成为一种高新技术产业,所以 CAD/CAM 技术也是工程技术人员必须掌握的基本工具。

CAD/CAM 技术涉及的内容十分广泛,本教材以机械工程、农业工程类专业本科生和研究生的教育为主,在学生已掌握了计算机的基本知识、计算机编程语言、计算机辅助绘图、机械设计及机械制造工艺学等基本知识的基础上,系统地介绍了计算机在设计与制造中的应用和开发技术。教材的编写考虑学科的发展及国民经济的需要,总结编者多年的教学经验和研究成果。在内容安排上,按照产品开发过程链,着重介绍一些基本概念、实施方法和关键技术;在介绍实施方法时,突出思路和方法的多样化,以开阔学生思路,培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书在编写过程中,力求做到以下几点。

1. 尽量反映 CAD/CAM 技术的最新发展和内容,使其在内容上具有先进性。
2. 从系统论、信息论、控制论所形成的系统科学和方法论的角度,以制造系统工程为主线来论述 CAD/CAM 的内容,使之在体系上具有科学性。
3. 理论联系实际,注意多介绍一些方法、实例,以满足技术上的实用性。
4. 贯彻名词术语、代(符)号、量和单位等现行国家标准,以满足行业和社会的需要。
5. 尽量多用图、表,图文并茂,使读者便于理解。

本书由河南农业大学刘军、沈阳农业大学李永奎、湖南农业大学陶栋材任主编,河北农业大学弋景刚、安徽农业大学孔晓玲、山西农业大学郑德聪任副主编。

参加各章编写工作的人员如下:李永奎(沈阳农业大学)——第 1, 2 和 3 章;陶栋材,吴明亮(湖南农业大学)——第 4 和 7 章;孔晓玲(安徽农业大学)——第 5 和 11 章;赵凤芹(沈阳农业大学)——第 6 章;弋景刚(河北农业大学)第 8 和 13 章;刘军,李燕(河南农业大学)——第 9 和 10 章;郑德聪(山西农业大学)——第 12 章。

由于编者水平有限,书中不足、不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2004 年 11 月

目 录

1 概述	(1)
1.1 CAD/CAM 的基本概念	(1)
1.2 CAD/CAM 的系统结构	(4)
1.3 我国 CAD/CAM 应用现状与发展	(9)
习题 1	(10)
2 CAD/CAM 系统的支撑技术	(11)
2.1 CAD/CAM 系统的硬件	(11)
2.2 CAD/CAM 系统的软件	(12)
2.3 计算机网络及通信	(16)
习题 2	(18)
3 CAD/CAM 软件开发基础	(19)
3.1 软件工程	(19)
3.2 数据结构	(20)
3.3 数据库技术	(29)
习题 3	(33)
4 CAD 的基本方法	(34)
4.1 设计资料的程序化处理	(34)
4.2 建立经验公式的方法	(39)
4.3 CAD 人机交互技术和接口技术	(46)
习题 4	(51)
5 计算机辅助图形处理	(57)
5.1 概述	(57)
5.2 图形变换	(62)
5.3 交互式绘图	(77)
5.4 参数化绘图	(79)
5.5 图形软件标准	(81)
习题 5	(83)
6 CAD/CAM 建模技术及产品数据模型	(85)
6.1 基本概念	(85)
6.2 几何建模技术	(86)
6.3 特征建模技术	(97)
习题 6	(104)
7 计算机辅助工程分析技术	(105)
7.1 计算机辅助工程分析概述	(105)

7.2 有限元分析技术	(105)
7.3 优化设计	(120)
7.4 计算机仿真技术	(131)
习题 7	(135)
8 计算机辅助数控加工	(136)
8.1 计算机辅助数控加工的内容	(136)
8.2 计算机辅助数控加工程序编制	(139)
8.3 数控加工过程的计算机仿真	(159)
习题 8	(161)
9 成组技术基础	(162)
9.1 成组技术的基本概念	(162)
9.2 零件的分类编码和分类编码系统	(166)
9.3 零件的分组方法	(173)
9.4 成组技术的应用和经济效益	(176)
习题 9	(180)
10 计算机辅助工艺过程设计	(181)
10.1 概述	(181)
10.2 零件信息的描述与输入	(189)
10.3 派生式 CAPP 系统	(194)
10.4 生成式 CAPP 系统	(199)
10.5 智能式 CAPP 系统	(211)
10.6 CAPP 专家系统开发工具	(222)
10.7 CAPP 技术的发展	(224)
习题 10	(225)
11 计算机辅助工装设计	(226)
11.1 概述	(226)
11.2 计算机辅助制造中的刀具系统	(226)
11.3 计算机辅助机床夹具设计	(229)
习题 11	(235)
12 计算机辅助质量系统	(236)
12.1 计算机集成质量系统	(236)
12.2 计算机辅助加工过程监控	(240)
12.3 计算机辅助质量检测	(245)
12.4 计算机辅助测试	(253)
习题 12	(256)
13 CAD/CAM 集成技术及其发展	(257)
13.1 CAD/CAM 集成技术	(257)
13.2 柔性制造系统	(260)
13.3 计算机集成制造系统	(264)
13.4 并行工程	(270)

13.5 智能制造系统.....	(272)
13.6 精良工程.....	(274)
13.7 敏捷制造.....	(276)
13.8 虚拟制造.....	(277)
习题 13	(280)
参考文献.....	(282)

1 概述

1.1 CAD/CAM 的基本概念

1.1.1 CAD/CAM 的概念

计算机辅助设计(computer aided design, CAD)是指工程技术人员借助于计算机进行设计的方法。其特点是将人的创造能力和计算机的高速运算能力、巨大存储能力及逻辑判断能力很好地结合起来。在工程、产品设计中的许多繁重工作,例如非常复杂的数学和力学计算,多种设计方案的提出,综合分析比较与优化,工程图纸及生产管理信息的输出等,均可由计算机完成。一般认为 CAD 系统应具有草图设计、零件设计、工程分析、装配设计、图纸输出和数据交换等功能。

计算机辅助制造(computer aided manufacturing, CAM),一般意义上是指计算机自动生成数控加工程序,工艺过程设计,加工顺序和加工参数的优化及加工过程仿真分析等。广义上讲 CAM 是指利用计算机系统辅助完成从生产准备到产品制造整个活动的过程,包括工艺设计、数控加工代码的生成、加工作业计划、生产监控及制造质量控制等。

1.1.2 CAD/CAM 的集成

CAD/CAM 技术是围绕产品的设计与制造相对独立发展起来的,在早期应用中,常常以独立的形式出现,并独立发挥作用。但在产品整个设计与制造过程中,各个环节又是紧密相连的。经过多年的发展,CAD/CAM 技术形成了一些具有环节针对性的单项技术,其中代表性技术有:

- ①计算机辅助绘图(computer aided graphics,CAG);
- ②计算机辅助工程分析(computer aided engineering,CAE);
- ③计算机辅助工艺过程设计(computer aided process planning,CAPP);
- ④计算机辅助数控编程(number control programming,NCP);
- ⑤计算机虚拟制造(virtual manufacturing,VM)。

如果将每项技术作为独立的系统运行,一方面需要在各系统之间进行频繁的数据交换,另一方面还需要频繁地在各系统间进行切换。人们很自然想到将与产品设计制造的各环节相对应各个单项技术集成在一个大系统中,实现数据与功能的自动连接,这样可以大大提高效率。集成后的系统,输入的是产品的设计参数,输出的是控制数控设备动作的加工程序。这种集成多项功能的计算机辅助设计制造系统就是 CAD/CAM 集成系统。

1.1.3 CAD/CAM 的过程

图 1-1 给出一个较为完整的利用 CAD/CAM 系统开发产品的过程,过程中包括以下几个

主要方面。

①将欲设计的产品的性能参数输入 CAD 系统,CAD 系统首先进行方案设计与分析,再利用几何建模功能,构造几何模型。

②系统对模型进行进一步的分析计算,确定总体方案及各零部件的结构参数,并将结果以图形方式显示在屏幕上。

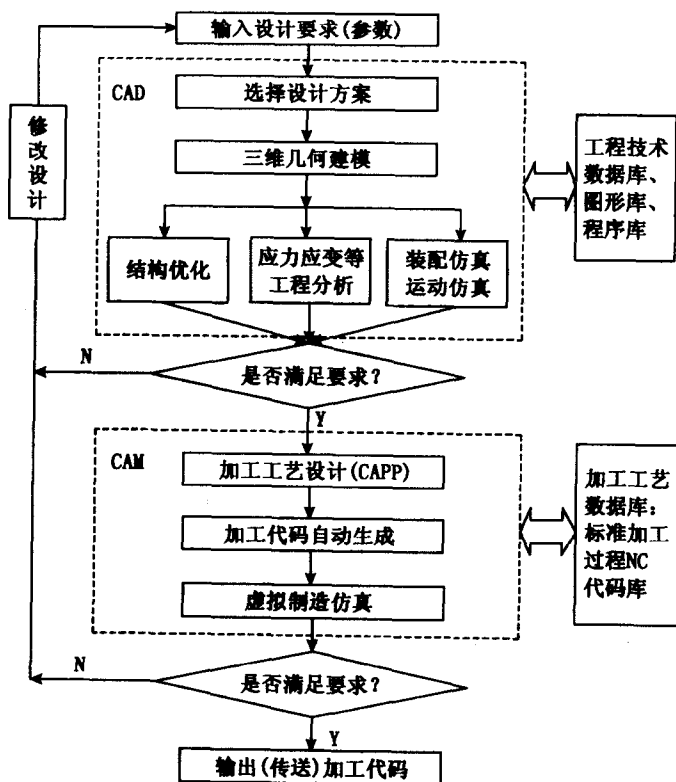


图 1-1 CAD/CAM 过程

③系统设计人员可以对产品的性能、结构、运动及装配进行预测、分析与仿真等。用户可以根据这些结果,初步判断出设计对象是否满足要求,如果在某些方面存在问题,可以对设计做进一步修改,直到达到要求为止。

④模型设计完成后,CAM 系统根据模型的参数、技术要求及加工设备的性能,首先对零部件的加工工艺进行设计与分析。在此过程中,设计人员可以根据特殊的加工工艺条件,对工艺的设计结果进行必要的干预,以达到工艺的可行性与过程的最优化。

⑤工艺设计完成后,系统输出工艺规程或选定数控加工设备的 NC 程序。对生成 NC 程序,系统还可以进行加工过程仿真,以验证其工艺的合理性与可行性。

上述的每个过程,都可以分别独立的进行,各过程之间没有内在的实质性的联系。也可以仅使用几个过程完成设计,如对于简单的零件,可以利用 CAD 完成建模后,直接生成 NC 程序,进行数控加工,由于零件简单,可以不进行复杂的参数分析等。

1.1.4 CAD/CAM 的主要功能

工程技术人员利用 CAD/CAM 系统,可以实现产品设计与制造全过程的信息辅助处理,

包括数值计算、设计分析、图纸生成、产品性能的分析与仿真、加工工艺过程的分析计算、加工过程的仿真等。所以,一般 CAD/CAM 系统应具备如下功能。

1.1.4.1 零件造型

CAD 的造型技术是指利用计算机图形学理论,在计算机系统中构造零件的数字模型。其主要技术主要包括两个方面:一是模型的计算机描述方法,即研究用什么样的数据结构来描述一个完整的几何实体及零件的其他特征参数的问题;二是用户如何输入模型的参数,目前多采用三维图形人机交互方式实现模型的定义。几何造型技术是 CAD/CAM 的核心,是为产品的设计、分析、制造提供最基本的数据。有了基本几何模型后,系统才能进一步对模型进行分析、进行加工工艺的设计等工作。

1.1.4.2 装配造型

装配造型是将设计好的零件模型,在 CAD/CAM 提供的模拟环境下,实现虚拟的组装,在装配过程中可以发现由于设计不当而产生的装配问题,如装配间隙、零件装配的干涉、零件运动的干涉等问题。

1.1.4.3 产品工作过程仿真与分析

系统形成装配模型后,设计人员可以在虚拟的产品上进行运动学分析,检查产品在动作上是否达到了设计要求。一些先进系统还可以进行动力学分析,实现虚拟样机的试验研究。

1.1.4.4 标准件库管理

根据工业标准,CAD 系统中通常提供大量的标准件模型与标准特征模型,如螺栓、键、孔、轴、法兰等,设计人员可以方便地从库中调用这些标准件。系统也同时提供对标准件库进行编辑功能,用户可以对标准件库进行必要的扩展。

1.1.4.5 工程图生成

工程图是一种设计与制造的中间成果,也是一种必要的技术文件。就目前工业技术水平,生成工程图纸还是必要的。因此多数 CAD 系统都提供了工程图的生成能力,可以在三维模型基础上,自动完成投影图、辅助图及局部视图,也可以完成尺寸的自动标注等功能。先进的 CAD 系统可以实现工程图与三维模型的同步编辑功能。

1.1.4.6 工程分析与优化设计

几何模型形成后,系统可以求出模型的几何参数及其他物理参数,如体积、重心、转动惯量等参数。系统利用有限元等数值分析方法,可以计算出零件的应力分布、温度分布等。利用优化理论,系统可以对零件的性能、参数等特征进行优化计算,求出所设计的某个参数或多个参数综合最优化。

1.1.4.7 辅助工艺过程设计

作为 CAD 与 CAM 的中间环节,计算机辅助工艺过程设计(CAPP)的任务是在 CAD 设计的几何模型的基础上,根据加工的要求及加工条件,进行零件的加工方法、工艺路线、加工步骤、加工设备及加工参数的设计。CAPP 一方面可以实现加工工艺过程的优化,给出最佳的工艺路线、最合理的工序安排;另一方面其结果也为 CAM 的 NC 自动编程奠定了必要的技术基础。

1.1.4.8 辅助 NC 编程与加工过程仿真

CAM 系统根据 CAD 建立的零件几何模型及 CAPP 的工艺过程设计,结合具体的数控加工设备,自动生成 NC 程序。NC 程序生成后,系统可以对加工过程进行仿真,就是在虚拟的数控设备上执行 NC 程序,以验证 NC 程序的正确性,如是否出现刀具与零件、机床或夹具相

干涉等问题。系统还可以实现加工程序的优化,以最优的走刀路线、最合理的加工用量进行加工。

1.2 CAD/CAM 的系统结构

1.2.1 CAD/CAM 系统的组成

一般认为 CAD/CAM 系统是由硬件、软件和工程师组成。硬件是 CAD/CAM 系统运行的基础,主要包括计算机主机、计算机外部设备以及网络通信设备等。软件是 CAD/CAM 系统的核心,包括操作系统、各种支撑软件和应用软件等。CAD/CAM 软件在系统中占据越来越重要的地位,软件配置水平决定 CAD/CAM 系统性能的优劣,软件的成本已远远超过了硬件设备。

工程师在系统中起着关键的作用。从使用方法的角度看,目前各类 CAD/CAM 系统基本都采用人机交互的工作方式,通过人机对话完成 CAD/CAM 的各种作业过程。CAD/CAM 系统这种工作方式要求工程技术人员与计算机密切合作,各自发挥自身的特长。计算机在信息的存储与检索、分析与计算、图形与文字处理等方面有着特有的功能,而设计策略、逻辑控制、信息组织以及经验和创造性方面,工程技术人员将起到主导性作用。

1.2.2 系统硬件

由于 CAD/CAM 系统需要进行大量的数据处理、数值运算、图形处理等复杂的作业,对系统硬件提出了更高的要求,为保证系统有效、快捷地工作,其硬件系统应满足如下的要求。

1)强大的图形功能。在 CAD/CAM 系统中,图形信息的处理所占比例较大,为提高图形软件的处理效率,系统应配置较高档的图形显示系统,如配置具有大的数据通讯带宽、大的显示存储功能及高速的 3D 加速图像处理芯片的显示卡等。

2)高速的信息处理与数值运算能力。三维模型的处理、图形的显示、工程分析等工作都需要大量的逻辑和数值运算,并需要大量的信息支持,因此 CPU 的速度在 CAD/CAM 系统中显得十分重要。

3)大容量的存储空间。CAD/CAM 工作过程中,随着模型复杂程度的加大,描述模型及处理模型都需要大量的存储空间,配置大容量的存储空间对提高系统的运行速度及稳定性是十分必要的。

4)方便的人机交互功能。CAD/CAM 系统一般采用人机交互工作方式,要求硬件系统能够提供方便的人机交互工具和快速的交互响应速度。

5)良好的通信联网功能。CAD/CAM 集成系统是一个综合化系统,涉及到产品的各种设计、制造与技术管理等活动。作为一个完善的系统,需要计算机网络的支持,可以将不同地点和不同部门的信息整合为一个大系统,实现信息共享,团队作业。

1.2.3 CAD/CAM 支撑软件

支撑软件是 CAD/CAM 系统的核心,是在计算机基本系统基础上,以实现 CAD/CAM 各种功能为目的的工具软件集合。根据软件功能特点,可分为绘图软件、几何造型软件、工程分析与优化软件及数据库管理软件等。目前国内广泛流行的 CAD/CAM 支撑软件主要有如下几种。

1.2.3.1 Unigraphics(UG)

UG 是 Unigraphics Solutions 公司产品。系统突破传统 CAD/CAM 模式,为用户提供一个全面的产品建模系统。在 UG 中,优越的参数化和变量化技术与传统的实体、线框和表面功能结合在一起,这一结合被实践证明是强有力的,并被大多数 CAD/CAM 软件厂商所采用。

1.2.3.2 SOLIDEDGE

SOLIDEDGE 是真正 Windows 软件。它不是将工作站软件生硬地搬到 Windows 平台上,而是充分利用 Windows 基于组件对象模型(COM)的先进技术重写代码。SOLIDEDGE 与 Microsoft Office 兼容,与 Windows 的 OLE 技术兼容,这使得设计师们在使用 CAD 系统时,能够进行 Windows 下的文字处理、电子报表、数据库操作等。

SOLIDEDGE 具有友好的用户界面,它采用一种称为 Smart Ribbon 的界面技术,用户只要按下一个命令按钮,即可以在 Smart Ribbon 上看到该命令的具体内容和详细的步骤,同时在状态条上提示用户下一步该做什么。

SOLIDEDGE 是基于参数和特征实体造型的新一代机械设计 CAD 系统,它是为设计人员专门开发的,易于理解和操作的实体造型系统。

1.2.3.3 AutoCAD

AutoCAD 是 Autodesk 公司的主导产品。Autodesk 公司是世界第 4 大 PC 软件公司。目前在 CAD/CAE/CAM 工业领域内,该公司是拥有全球用户量最多的软件供应商,也是全球规模最大的基于 PC 平台的 CAD 和动画及可视化软件企业。Autodesk 公司的软件产品已被广泛地应用于机械设计、建筑设计、影视制作、视频游戏开发以及 Web 网的数据开发等重大领域。

AutoCAD 是当今最流行的二维绘图软件,它在二维绘图领域拥有广泛的用户群。AutoCAD 有强大的二维功能,如绘图、编辑、剖面线和图案绘制、尺寸标注以及二次开发等,同时有部分三维功能。AutoCAD 提供 AutoLISP、ADS、ARX 作为二次开发的工具。在许多实际应用领域(如机械、建筑、电子)中,一些软件开发商在 AutoCAD 的基础上已开发出许多符合实际应用的软件。目前,Autodesk 公司已经发布 AutoCAD2004。

1.2.3.4 MDT

MDT 是 Autodesk 公司在 PC 平台上开发的三维机械 CAD 系统。它以三维设计为基础,集设计、分析、制造以及文档管理等多种功能为一体;为用户提供了从设计到制造一体化的解决方案。MDT 主要功能特点如下:

①基于特征的参数化实体造型,用户可十分方便地完成复杂三维实体造型,可以对模型进行灵活地编辑和修改;

②基于 NURBS 的曲面造型,可以构造各种各样的复杂曲面,以满足如模具设计等方面对复杂曲面的要求;

③可以比较方便地完成几百甚至上千个零件的大型装配;

④MDT 提供相关联的绘图和草图功能,提供完整的模型和绘图的双向联结。

1.2.3.5 SolidWorks

SolidWorks 是生信国际有限公司推出的基于 Windows 的机械设计软件。生信公司是一家专业化的信息高速技术服务公司,在信息和技术方面一直保持与国际 CAD/CAE/CAM/PDM 市场同步。该公司提倡的“基于 Windows 的 CAD/CAE/CAM/PDM 桌面集成系统”是以 Windows 为平台,以 SolidWorks 为核心的各种应用的集成,包括结构分析、运动分析、工程

数据管理和数控加工等。

SolidWorks 是基于 Windows 平台的全参数化特征造型软件,它可以十分方便地实现复杂的三维零件实体造型、进行复杂装配和生成工程图。图形界面友好,用户上手快。该软件可以应用于以规则几何形体为主的机械产品设计与生产准备工作中。

1.2.3.6 Pro/Engineer

Pro/Engineer 系统是美国参数技术公司(Parametric Technology Corporation,PTC)的产品。PTC 公司提出的单一数据库、参数化、基于特征、全相关的概念改变了机械 CAD/CAE/CAM 的传统观念,这种全新的概念已成为当今世界机械 CAD/CAE/CAM 领域的新标准。利用该概念开发出来的第三代机械 CAD/CAE/CAM 产品 Pro/Engineer 软件能将设计至生产全过程集成到一起,让所有的用户能够同时进行同一产品的设计制造工作,即实现所谓的并行工程。Pro/Engineer 系统主要功能如下:

- ①真正的全相关性,任何地方的修改都会自动反映到所有相关地方;
- ②具有真正管理并发进程、实现并行工程的能力;
- ③具有强大的装配功能,能够始终保持设计者的设计意图;
- ④容易使用,可以极大地提高设计效率。

Pro/Engineer 系统用户界面简洁,概念清晰,符合工程人员的设计思想与习惯。整个系统建立在统一的数据库上,具有完整而统一的模型。

1.2.3.7 高华 CAD

高华 CAD 是由北京高华计算机有限公司推出的 CAD 产品。该公司是由清华大学和广东科龙(容声)集团联合创建的一个专门从事 CAD/CAM/PDM/MIS 集成系统的研究、开发、推广、应用、销售和服务的专业化高技术企业。公司与国家 CAD 支撑软件工程中心紧密结合,坚持走自主知识产权的民族软件产业的发展道路,以“用户的需要就是我们的需要”为承诺,在科研成果商品化方向迈出了可喜的一步。

高华 CAD 系列产品包括计算机辅助绘图支撑系统 GHDrafting、机械设计及绘图系统 GHMDS、工艺设计系统 GHCAAP、三维几何造型系统 GHGEMS、产品数据管理系统 GHPDMS 及自动数控编程系统 GHCAAM。其中 GHMDS 是基于参数化设计的 CAD/CAE/CAM 集成系统,它具有全程导航、图形绘制、明细表的处理、全约束参数化设计、参数化图案拼装、尺寸标注、标准件库、图像编辑等功能模块。

1.2.3.8 CAXA 电子图板和 CAXAME 制造工程师

CAXA 电子图板和 CAXAME 制造工程师软件的开发与销售单位是北京北航海尔软件有限公司(原北京航空航天大学华正软件研究所)。该公司是从事 CAD/CAE/CAM 软件与工程服务的专业化公司。

CAXA 电子图板是一套高效、方便、智能化的通用中文设计绘图软件,可帮助设计人员进行零件图、装配图、工艺图表、平面包装的设计,适合所有需要二维绘图的场合,使设计人员可以把精力集中在设计构思上,彻底甩掉图板,满足现代企业快速设计、绘图、信息电子化的要求。

CAXAME 是面向机械制造业自主开发的、使用中文界面的三维复杂形面 CAD/CAM 软件。CAXAME 制造工程师 1.0 版于 1996 年推出,CAXAME 2.0 版于 1998 年 3 月发布,CAXAME 2000 版业已发布。

1.2.3.9 金银花系统

金银花(Lonicera)系统是由广州红地技术有限公司开发的基于 STEP 标准的 CAD/CAM

系统。该系统是国家科委 863/CIMS 主题在“九五”期间科技攻关的最新研究成果。该软件主要应用于机械产品设计和制造中,它可以实现设计/制造一体化和自动化。该软件起点高,以制造业最高国际标准 ISO 10303(STEP)为系统设计的依据。该软件采用面向对象的技术,使用先进的实体建模、参数化特征造型、二维和三维一体化、SDAI 标准数据存取接口的技术;具备机械产品设计、工艺过程设计和数控加工程序自动生成等功能;同时还具有多种标准数据接口,如 STEP、DXF 等;支持产品数据管理(PDM)。目前金银花系统的系列产品包括:机械设计平台 MDA、数控编程系统 NCP、产品数据管理 PDS、工艺设计工具 MPP。

机械设计平台 MDA(mechanical design assistant)是金银花系列软件之一,是二维和三维一体化设计系统。目前,MDA1.7 版已投放市场,MDA99 版也已发布。“金银花”MDA 在国内率先实现商品化,并向国外三维 CAD 软件发出了强有力的挑战。

此外,美国 Unigraphics Solutions 公司的 SolidEdge,CNC 公司的 MasterCAM,SDRC 公司的 I-DEAS,法国达索公司的 CATIA 等系统也具有各自的专长,并在一些行业中被广泛应用。

1.2.4 CAD/CAM 中主要关键技术

参数化设计、特征建模技术、数控自动编制技术是目前 CAD/CAM 系统的热门研究技术。

1.2.4.1 参数化设计

参数化设计(parametric),又叫尺寸驱动(dimension-driven)是 CAD 在实际应用中提出来的,它不仅可使 CAD 系统具有交互式绘图功能,还具有自动绘图的功能。目前它是 CAD 技术应用领域内的一个重要的、且待进一步研究的课题。利用参数化设计手段开发的专用产品设计系统,可使设计人员从大量繁重而琐碎的绘图工作中解脱出来,可以大大提高设计速度,并减少信息的存储量。

由于上述应用背景,国内外对参数化设计做了大量的研究,目前参数化技术大致可分为如下 3 种方法:①基于几何约束的数学方法;②基于几何原理的人工智能方法;③基于特征模型的造型方法。其中数学方法又分为初等方法(primary approach)和代数方法(algebraic approach)。

参数化设计中的参数驱动机制是基于对图形数据的操作。通过参数驱动机制,可以对图形的几何数据进行参数化修改,但是在修改的同时,还要满足图形的约束条件,需要约束间关联性的驱动手段来约束联动,约束联动是通过约束间的关系实现的驱动方法。对一个图形,可能的约束十分复杂,而且数量很大。而实际由用户控制的,即能够独立变化的参数一般只有几个,称之为主参数或主约束;其他约束可由图形结构特征确定或与主约束有确定关系,称它们为次约束。对主约束是不能简化的,对次约束的简化可以有图形特征联动和相关参数联动两种方式。

所谓图形特征联动就是保证在图形拓扑关系不变的情况下,对次约束的驱动,亦即保证连续、相切、垂直、平行等关系不变。反映到参数驱动过程就是要根据各种几何相关性准则去判识与被动点有上述拓扑关系的实体及其几何数据,在保证原关系不变的前提下,求出新的几何数据。称这些几何数据为从动点。这样,从动点的约束就与驱动参数有了联系。依靠这一联系,从动点得到了驱动点的驱动,驱动机制则扩大了其作用范围。

所谓相关参数联动就是建立次约束与主约束在数值上和逻辑上的关系。在参数驱动过程中,始终要保持这种关系不变。相关参数的联动方法使某些不能用拓扑关系判断的从动点与驱动点建立了联系。使用这种方式时,常引入驱动树,以建立主动点、从动点等之间的约束关系的

树形表示,便于直观地判断图形的驱动与约束情况。

在图 1-2 中,主要的图形特征关联有线段 AB 与 BC 垂直、线段 DC 与 BC 垂直、线段 AB , CD 分别与半圆弧 AD 相切,圆 O 与半圆弧同心等;参数关联存在于圆 O 与线段 BC 之间,关系为:圆 O 直径为 BC 长一半。有了这些关联后,如果改变线段 BC 尺寸,半圆弧的半径及圆的直径将同时改变,但几何关系不会改变。

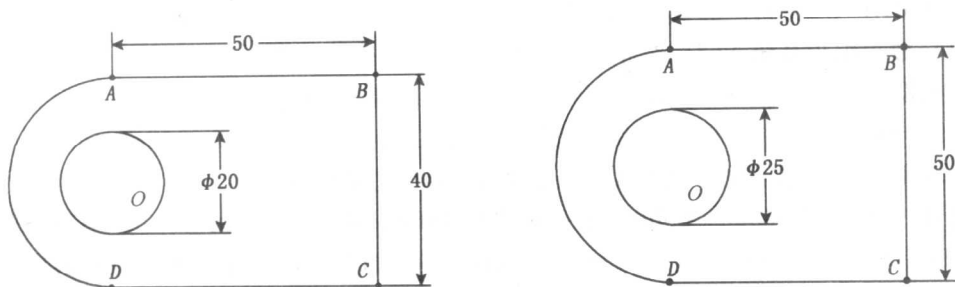


图 1-2 参数化设计示例

1.2.4.2 特征建模技术

特征建模技术是 CAD/CAM 技术发展中的一个新里程碑,它是在 CAD/CAM 技术的发展和应用达到一定水平,要求进一步提高生产组织的集成化、自动化程度的历史进程中孕育成长起来的。

客观事物都是由事物本身的特性体及其相互关系构成。一般地讲,特征是客观事物特点的征象或标志。目前人们对于 CAD 中特征的定义尚没有达到完全统一。在研究特征技术的过程中,国内外学者从不同的侧面、不同的角度,根据需要给特征赋予了不同的含义。在机械行业中,特征源于使用在各种设计、分析和加工活动的推理过程,并且经常紧密地联系到特定的应用领域,因而产生了不同的特征定义。当我们提到特征时,通常是指形状特征。形状特征的一种定义是面向加工的,例如工件特征定义为:在工件的表面、边或角上形成的特定的几何构型。另一种涉及工艺过程的形状特征定义为:工件上一个有一定特性的几何形状,其对于一种机械加工过程是特定的,或者用于装夹和测量目的。此外,还有用于装配的功能特征,如配合特征、用于加工的加工精度特征等。

在图 1-3 模型中,包含有 6 个基本几何特征,其中基本特征 A 和基本特征 B 构成了模型的主体,在这两个特征基础上建立其他特征。

1.2.4.3 数控编程技术

数控编程是目前 CAD/CAPP/CAM 系统中最能明显发挥效益的环节之一,其在实现设计与加工自动化、提高加工精度和加工质量、缩短产品研制周期等方面发挥着重要作用。数控编程在诸如航空工业、汽车工业等领域有着大量的应用。由于生产实际的强烈需求,国内外都对数控编程技术进行了广泛的研究,并取得了丰硕成果。

数控编程是从零件图纸(模型)中到获得数控加工程序的全过程。数控编程的核心工作是

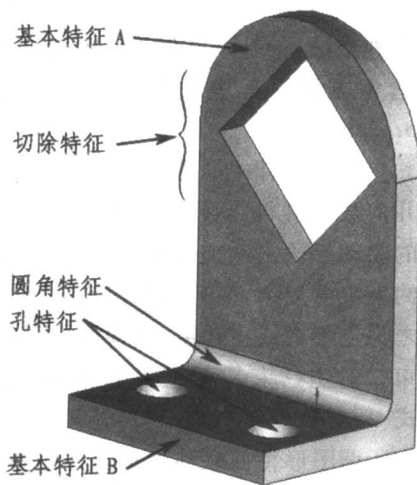


图 1-3 特征建模技术示例

生成刀具轨迹,然后将其离散成刀位点,刀位点一般取为刀具轴线与刀具表面的交点,多轴加工中还要给出刀轴矢量,最后经后置处理程序进一步产生数控加工程序。

1.3 我国 CAD/CAM 应用现状与发展

1.3.1 我国 CAD 技术应用的现状

我国 CAD/CAM 技术的研究起步于 20 世纪 70 年代,当时仅有少数大型企业和科研单位及部分高校参加,进展速度很慢。近年来,由于计算机价格的不断下降,加之改革开放和国内外市场激烈竞争形势的不断发展,促使我国科技人员采用新技术的积极性不断高涨,CAD/CAM 技术的优点逐渐被更多的人所接收。近几年来,CAD 技术有了较快的发展,主要表现为以下几个方面。

1)少数大型企业已经建立起较完整的 CAD/CAM 系统并获得较好的效益。几年来,少数大型企业在某一(和某些)专业领域大胆应用 CAD/CAM 技术后,真正提高了产品质量,缩短了生产周期,取得了较好的社会经济效益。这些企业认识到了 CAD/CAM 技术是提高生产效率必不可少的条件之一。

2)中小企业开始使用 CAD/CAM 技术。进入 20 世纪 90 年代后,国家各工业部门都十分重视推广应用 CAD/CAM 技术,制定了发展计划,并对所属企业提出了具体要求。另外,少数大型企业采用 CAD/CAM 技术后产生的明显的经济效益,对中小企业的影响十分巨大。它们首先应用微机和微机 CAD 软件组成 CAD 系统,进行机电产品的设计和工程图纸的绘制,与传统设计方法相比提高了效率。同时,应用范围也不断扩大,而且逐步深化。有的企业在原有的基础上还计划引进工程工作站和数控机床,实现 CAD 和数控加工相结合。

3)我国已自行开发了大量实用的 CAD/CAM 软件。从 20 世纪 70 年代中后期起,国内一些高等院校和科学院的研究所以及一些大型企业在 CAD/CAM 技术领域内进行了大量的研究工作,自行开发了一些实用的 CAD/CAM 软件。由于这些软件价格比较便宜,维护和培训较方便,所以便于推广应用。

4)引进国外成套的 CAD/CAM 设备。在改革开放和发展市场经济的条件下,一些经济效益好的企业从国外引进一些成套的功能较强的 CAD/CAM 系统,这对提高我国 CAD/CAM 技术的水平是十分有用的。

1.3.2 我国 CAD/CAM 技术应用中存在的问题

CAD/CAM 软件在我国制造行业设计中已得到广泛应用,但在实际工作中还存在一些问题。

①CAD/CAM 标准化尚不完善,传统的设计与加工的标准已经不能很好地满足 CAD/CAM 要求;

②CAD/CAM 系统硬件与软件配套水平不高,主要体现在个别用户盲目追求主要硬件设备的高水平,常常忽略附属设备及软件的配套,如高性能的数控加工设备没有高水平的 CAM 软件支持,很难发挥其应有的功能;

③工程技术人员技术水平存在差异,能够熟练使用 CAD 系统完成实际设计任务,对系统各项功能能够清楚掌握的设计人员,能够熟练操作维护复杂数控加工设备的技术人员,在国内