



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

机械CAD/CAM

(机械制造与控制专业)

主编 周 玮

CAD/CAM



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

机械 CAD/CAM

(机械制造与控制专业)

主 编 周 玮
副 主 编 李 超
责任主审 罗圣国
审 稿 李 晶 程国全



高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材,是根据教育部 2001 年颁发的中等职业学校机械制造与控制专业教学指导方案编写的。

全书共六章,较全面系统地阐述了计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)的基本概念和理论,并从实际应用的角度,着重介绍了机械 CAD / CAM 的基础知识、机械 CAD / CAM 系统的组成、机械 CAD / CAM 数据处理方法、现代机械设计与制造方法、机械 CAD / CAM 的造型基础及机械 CAD / CAM 中的数控加工。

本书采用模块式编写方式,突出职业技术教育特点,强调应用。

本书可供中等职业学校 3、4 年制机械制造及控制专业及其他机械类专业使用,也可作为各类成人中专、自学考试、岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD / CAM / 周玮主编. —北京:高等教育出版社,
2002 (2006 重印)

ISBN 7 - 04 - 010265 - X

I. 机... II. 周... III. ①机械设计:计算机辅助
设计 - 专业学校 - 教材②机械设计:计算机辅助制造 -
专业学校 - 教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 012395 号

责任编辑 李 激 封面设计 王 睢 责任绘图 朱 静
版式设计 周顺银 责任校对 朱惠芳 责任印制 宋克学

机械 CAD/CAM

周 玮 主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 9.75
字 数 230 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2002 年 4 月第 1 版
印 次 2006 年 6 月第 11 次印刷
定 价 12.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 10265 - 00

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本书根据教育部 2001 年颁发的中等职业学校机械制造与控制专业“机械 CAD/CAM 教学基本要求”编写,是中等职业教育国家规划教材。

本书在内容的选择上力求突出职教特点,本着少而精、理论联系实际和学以致用原则,在较全面系统地阐述计算机辅助机械设计(CAD)与计算机辅助机械制造(CAM)的基本概念、理论及方法的基础上,尽量突出实用性。

本书在编写中力图体现以下特色:

1. 注意反映新概念、新技术及新方法,保持教材的先进性。
2. 处理好课程各部分内容及与相关专业基础课、专业课之间的关系,做到有机联系,相互渗透。
3. 强化工程意识,培养学生的动手能力,突出职教特色。
4. 选择目前工程中常用的、比较成熟的、具有代表性的机械 CAD / CAM 方法,使其具有明显的时代特征。
5. 处理好针对性与适用性的关系,既可扩大学生的知识面,又有利于全面提高学生的素质。
6. 强化实践教学、现场教学和直观教学。

本教材的教学时数为 55 学时,各章学时分配见下表(供参考)。

章 次	学时数(含实训)
第一章 机械 CAD/CAM 基础知识	4
第二章 机械 CAD/CAM 系统的组成	6
第三章 机械 CAD/CAM 数据处理方法	6
第四章 现代机械设计与制造方法简介	4
第五章 机械 CAD/CAM 的造型基础	20
第六章 机械 CAD/CAM 的数控加工	12
机 动	3
合 计	55

本书由周玮担任主编(第一章,第二章第二~四节,第三章第一、二节,第五章第一、二、四节)。参加编写工作的还有关颖(第二章第一节、第三章第三节),於春月(第四章),李超(第五章第三节,第六章)。河北机电工业学校赵国增对本书提出了许多宝贵的意见。编写中还得到了辽宁省教育学院李世维,沈阳航空工业学院刘伟民的大力帮助,在此一并表示谢意。

本书通过全国中等职业教育教材审定委员会审定,由北京科技大学罗圣国教授担任责任主审,李晶教授、程国全副教授审稿。他们对书稿提出了很多宝贵意见,在此,表示衷心感谢。

限于编者水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2002 年 1 月 10 日

目 录

第一章 机械 CAD/CAM 基础知识	1	第一节 先进制造技术	34
第一节 机械 CAD/CAM 技术的产生和		第二节 计算机辅助工艺规程设计	36
发展	1	第三节 计算机集成制造系统	41
第二节 机械 CAD 技术概述	5	第四节 反求工程及网络制造系统	45
第三节 机械 CAM 技术及机械 CAD/CAM 技术		习题与思考题	48
的集成	9	第五章 机械 CAD/CAM 的造型基础	49
习题与思考题	12	第一节 造型的基本方法	49
第二章 机械 CAD/CAM 系统的组成	13	第二节 CAXA - ME 2000 总体介绍	51
第一节 硬件系统	13	第三节 二维图形绘制基础	56
第二节 软件系统	17	第四节 曲面造型	62
第三节 机械 CAD/CAM 软件的选用		第五节 三维实体造型基础知识	68
原则	19	第六节 造型实例	72
第四节 机械 CAD/CAM 一体化系统的		习题与思考题	87
构造	20	第六章 机械 CAD/CAM 中的数控加工 ...	93
习题与思考题	21	第一节 数控铣加工基础	93
第三章 机械 CAD/CAM 数据处理方法 ...	22	第二节 切削加工	99
第一节 数表的程序化	22	第三节 轨迹编辑	119
第二节 线图程序化	26	第四节 后置处理	126
第三节 数据的管理	29	第五节 CAD/CAM 综合实例	132
习题与思考题	33	习题与思考题	146
第四章 现代机械设计与制造方法简介 ...	34	参考文献	148

第一章 机械 CAD/CAM 基础知识

第一节 机械 CAD/CAM 技术的产生和发展

一、机械 CAD/CAM 的基本概念

机械 CAD/CAM(Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing)——机械计算机辅助设计与计算机辅助制造,是一种利用计算机帮助人们进行机械设计与制造的现代技术。将机械设计与制造结合起来即指采用计算机后,传统的机械设计与制造彼此相对分离的任务应作为一个整体来规划和开发,实现信息处理的高度一体化。

机械 CAD 是在计算机硬件、软件系统的支撑下,研究对象的描述、系统的分析和优化、产品的设计和仿真、图形的处理的理论和工程方法,使计算机可辅助设计师完成产品的全部设计过程,最后输出满意的设计结果和产品图样。采用计算机进行辅助设计,有可能改变传统的经验设计方法,由静态设计分析向动态设计分析过渡,由可行性设计向优化设计过渡。

机械 CAM 是应用计算机进行制造信息处理的全过程,包括采用计算机系统生产规划、管理和控制产品制造的全过程。它既包括与加工过程直接联系的计算机检测与控制,如控制数控机床、工业机器人及进行质量监控等;也包括间接控制,即利用计算机来管理工厂的生产、经营,提供生产计划、进度表、预报、指令和其他数据等。机械 CAM 的具体内容应包括编制制造工艺规程和数控机床加工程序、控制数控机床和机器等的工作、安排生产计划和进度、制订材料需求计划、进行车间生产现场的控制及进行质量监控等。

机械 CAM 中许多所需的信息和数据来自机械 CAD,许多数据和信息对机械 CAD 和机械 CAM 来说是公共的。实践证明,将机械 CAD 和机械 CAM 作为一个整体来开发,可以取得更加明显的效益,而且机械 CAD 的效益最终也多半是由机械 CAM 体现出来的,这就是所谓的机械 CAD/CAM 一体化技术。尽管目前许多企业的 CAD 和 CAM 技术仍然处于单独使用状态,但随着生产技术的发展,要求不同功能的机械 CAD 和机械 CAM 模块的信息能相互传递,把越来越多的 CAD 和 CAM 功能融合为一体。

二、传统的机械产品开发与机械 CAD/CAM 的对比

1. 传统的产品开发流程

传统的产品开发流程如图 1-1 所示。首先,根据市场需要进行产品的设计。产品的设计过程是通过创造、分析和综合达到满足某特定功能要求的一种活动。设计过程大致为:

(1) 产品的设计要求确定后,进行市场调研,依据实际经验、实验数据以及有关产品的标准、规范等创建设计模型。

(2) 对模型进行分析计算及优化,不断地改进模型,直到比较理想地满足设计目标为止。

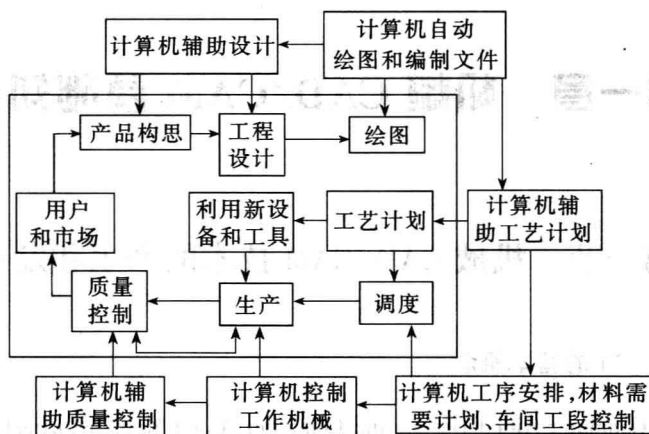


图 1-1 机械 CAD/CAM 的工作内容

(3) 进行结构设计, 绘出满足产品结构要求的图样。

(4) 编制技术文件。

(5) 进行产品的试制、样机试验和性能考核, 如不满意, 需对设计图样甚至设计模型作进一步的修改。

(6) 产品售出后, 根据市场和用户的反馈, 如有必要, 能继续对设计图样和设计模型进行进一步的修改。

产品开发过程的下一步是根据产品图样和技术文件进行生产准备工作, 包括工艺性审查, 确定工艺方法, 编制加工工艺规程, 设计工具、夹具及量具。有了产品图样和工艺规程, 生产部门可以制订生产计划, 进行作业调度, 安排生产。在生产过程中需对产品进行质量控制, 产品出厂后还需不断征求用户的意见, 对产品进行改进。

在上述设计和生产过程中, 下列几方面的工作由人工完成则显得繁琐、复杂, 甚至难以胜任。

1) 大量的数据处理 这些数据涉及材料、设备、结构和工艺等许多方面的标准规范、经验和试验数据不仅数据量非常大, 而且数据的类型、属性和形式也是多种多样的。设计过程中需要对这些数据进行存取、加工、传递、检查等, 有时是非常繁琐、复杂, 甚至是重复的操作。

2) 大量的图形处理和绘制工作 图样是工程师的语言, 是表达和记录设计的主要方式。在概念设计阶段, 需要快速地设计产品模型和系统布局, 生成和编辑有关的图形; 在结构设计阶段, 需要绘制大量的工程图样。

3) 大量的数值计算工作 过去, 人们凭借计算器, 只能采用材料力学、结构力学提供的近似公式进行计算, 有时还需要对实际结构进行较大的简化。因此, 计算精度低、易出错、效率低, 已满足不了产品发展的需要。采用现代设计计算方法, 可以进行较精确的分析计算, 但其计算工作量之大是人力难以完成的。

2. 计算机在机械设计及生产中的应用

计算机可以较好地胜任上述使人们感到头疼的工作。它可以大量地存储数据, 并快速地进行数据的检索和处理; 具有很强的构造模型和图形处理能力; 善于迅速准确地从事诸如绘图、编制报表等繁琐和重复性的工作, 具有高速运算和逻辑分析能力, 可完成过去无法想象的、复杂的工程分析计算。但计算机不善于处理一些无法形成规则和模型的问题, 对“模糊”问题的处理能

力较差,也不善于处理一些临时出现的、意想不到的问题。在设计过程中,上述问题是大量的,而人可以凭经验、直觉、想象力、判断力甚至灵感去处理上述问题。因此,计算机无法代替人的作用。利用计算机辅助人们完成设计任务,可以发挥人和计算机各自的优势,有效地提高工作效率和质量。在这里,人是起主导作用的,计算机只能辅助人进行工作,而不能取代人的作用。近年来,专家系统和人工智能系统的广泛采用,计算机可以部分地替代人的工作。

在生产过程中,计算机可以辅助人们进行工作,如图 1-1 所示的内容。计算机可以有效地辅助设计人员进行产品的构思和模型的构造(概念设计),进行工程分析计算和优化,不必经过样机试制便可在计算机上对设计的产品性能进行模拟仿真;计算机可以辅助绘制工程图样并进行文件编辑,辅助工艺人员和管理人员编制工艺规程,制订生产计划和作业调度计划,控制工作机械(机床、机器人等)工作,并在加工过程中进行质量控制等。

三、机械 CAD/CAM 技术发展过程

机械 CAD/CAM 技术的产生及发展如图 1-2 所示。图的左部表示硬件的发展,右部表示相应的软件技术的发展。由此可见,在 CAD 与 CAM 技术的发展过程中,首先是有了 CAM,然后才出现了 CAD。

随着工业的发展,产品的品种越来越多,生产批量越来越小。在中小批量的生产条件下,如何提高生产的自动化程度和产品质量的稳定性,显得十分重要。1952 年美国麻省理工学院研制成功了世界上第一台数控机床,从理论上解决了上述问题。在这以后,数控技术发展很快,并得到了广泛的应用。

数控机床是根据加工指令进行加工的。如采用人工编制数控加工指令,所需时间往往超过加工时间几十倍。编程中最为费时而且容易出错的是根据被加工零件的图形计算工件和刀具之间的相对运动轨迹和节点坐标,尤其是进行三维和三维以上加工的编程更容易出错。

解决生产中提出的上述难题,可以借助计算机的高速计算能力。20 世纪 50 年代美国麻省理工学院开发的自动编程工具(APT)语言,解决了如何方便地将被加工零件的形状输入到计算机中进行轨迹计算的问题。它由一些基本符号、字母和数字组成,并有一定的词法和语法,用来描述零件的几何形状、尺寸、几何元素间的相互关系(相交、相切、平行等),以及刀具运动的顺序、走向和其他工艺参数等。

采用 APT 语言可以控制数控机床运动,当然也可以控制数控绘图机绘图,这就是最初的计算机辅助绘图。用这种方法绘图,图形描述由键盘或穿孔卡输入,无法进行人机实时交互,不能称为设计。

1963 年,美国麻省理工学院研制成功了世界上第一台可进行实时交互图形处理的计算机图形显示系统,并在美国计算机联合会的年会上发表了 5 篇论文。其中一篇题为“计算机辅助设计 requirements 的论文,提出了如下的设想:“设计师坐在计算机前用光笔操作,从概念设计到生产设计以至制造,都可以实现人机对话,设计员可以随心所欲地对计算机所显示的图形进行修改,能在 10~15 min 时间内完成通常要花费几个星期时间的手工作业”。这在当时看来,多少有一些神奇,但极大地地震动了追求实效的工程界,人们普遍认为这一工作开始了 CAD 技术的新纪元,也是现代计算机图形学的开端。由此可见,CAD 技术的发展与计算机图形学的发展从一开始就是密切相关的。

计算机硬件和软件技术的发展是相辅相成的,并经历了以下几个发展阶段:

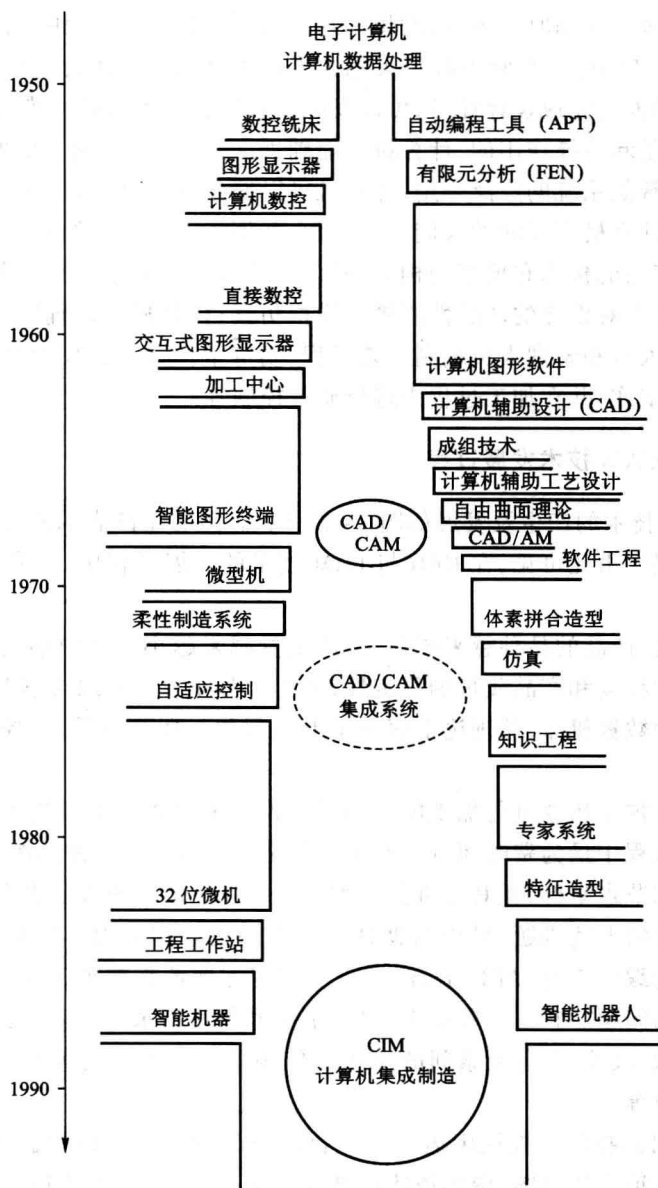


图 1-2 机械 CAD/CAM 技术的产生及发展

(1) CAD/CAM 阶段 这个阶段的主要特征是计算机图形软件进一步商品化,出现了各式各样的交互式图形系统,简化了图像、图表和其他图形的生成;采用计算机进行绘图和曲面造型,以及把计算机图形显示用于数控加工零件编程;成组技术开始用于计算机辅助设计和工艺规程编制。

(2) CAD/CAM 集成系统阶段 这个阶段的主要特征是计算机辅助设计、辅助工艺规程编制、辅助制造以及辅助计划管理各大模块之间的信息流实现一体化;采用仿真技术,在计算机屏幕上可以预测产品的性能。实现信息流的一体化和进行产品性能仿真,发展了几何实体造型和

特征模型技术,使人工智能与专家系统开始应用于计算机辅助设计和辅助工艺规程编制等领域。随着微型计算机和超级微型计算机的出现及性能的不断提高,尤其在 1980 年初出现了主机和图形终端合在一起的“工程工作站”,使以工程工作站、网络服务器和局域网组成的网络化计算机系统代替了原来的小型机或超级小型机为基础的集中式计算机系统,显示了明显的优势。

(3) CIM(计算机集成制造)阶段 这个阶段的主要特征是除了信息流实现高度的集成外,在物料流、刀具流等方面也进行了集成。

四、机械 CAD/CAM 在我国的应用

我国的机械 CAD/CAM 技术是从 20 世纪 80 年代开始起步的,当时的计算机硬、软件条件都很落后,且主要依靠进口,计算机多用来进行一些分析计算。在 20 世纪 80 年代后期,国家在机械 CAD/CAM 方面进行了较大投资,开展了 24 个重点产品的 CAD 系统的开发和研制。随着计算机技术的发展,企业对采用机械 CAD/CAM 的认识也从开始的单纯为了减少重复性劳动,提高到目前的改造传统产业、增强企业的活力、进入国际市场的高度。因此,企业使用机械 CAD/CAM 的积极性和投资强度也随着提高。尤其是,当前企业为了适应市场竞争的需要,对传统的产品结构、生产装备和管理模式正在进行改造。其中,首当其冲的是进行产品结构的调整,提高产品的技术档次,缩短新产品的开发周期,提高产品设计质量,降低物耗和造价,以适应现代产品的多品种、小批量和及时更新换代的要求,提高产品在国内外市场的竞争能力。为了实现这一目的,采用机械 CAD/CAM 技术是一条重要的途径。

可以预计,在已经进入新世纪的今天,机械 CAD/CAM 技术的发展会越来越快,应用也将越来越普遍。

第二节 机械 CAD 技术概述

一、机械 CAD 的基本概念

产品设计与开发是制造行业中重要的环节,随着生产力的发展和科学技术的进步,产品设计开发技术也有了显著的发展与提高,产品设计开发领域应用技术的发展历程见表 1-1。

表 1-1 产品设计开发领域应用技术的发展历程

起始年代	设计发展阶段	核心内容	主要特点
1850 年	技术设计	零件绘图	设计、工艺编制和制造在同一车间完成
1930 年	设计方法学	规范化设计方法	(1) 设计成为一门系统科学 (2) 设计工作规范化 (3) 设计、工艺、制造成为各自独立的部分 (4) 设计过程仍以绘图为主(经验判断、类比设计),并结合零件优化设计
20 世纪 60 ~ 80 年代	计算机辅助机械设计(CAD)	二维几何模型	绘图与计算机分析(CAE)结合,如有限元分析、零件优化设计
		三维几何模型	(1) 三维与二维自动转换 (2) CAD 与 CAM 集成
		三维参数化建模	(1) 虽仍基于几何模型但方便性增强 (2) 知识处理和仿真技术的应用,增强设计能力

续表

起始年代	设计发展阶段	核心内容	主要特点
20 世纪 90 年代	计算机辅助产品开 发 工 程 (CADE)	基于特征的产 品模型	(1) 统一产品、工艺设计模型 (2) 标准化数据格式 (3) 通用的分布式工程数据管理系统(EDMS) (4) 产品性能仿真和结构优化 (5) CAD/CAE/CAPP/CAM 集成开发环境

机械 CAD 是指在设计活动中,利用计算机作为工具,帮助工程技术人员进行设计的一切适用技术的总和,是人和计算机相结合、各尽所长的新型设计方法。从思维的角度看,设计过程包含分析和综合两个方面的内容。人可以进行创造性的思维活动,将设计方法经过综合、分析,转换成计算机可以处理的数学模型和解析这些模型的程序。在程序运行过程中,人可以评价设计结果,控制设计过程。计算机则可以发挥其分析计算和存储信息的能力,进行大量的信息加工、管理和交换。也就是在设计人员的初步构思、判断、决策的基础上,由计算机对数据库中大量设计资料进行检索,根据设计要求进行计算、分析及优化,将初步设计结果显示在图形显示器上,以人机交互方式反复加以修改,经设计人员确认之后,在自动绘图机及打印机上输出设计结果。人和计算机的结合,在设计过程中发挥各自的优势,有利于获得最优设计结果,缩短设计周期。

在机械 CAD 作业过程中,逻辑判断、科学计算和创造性思维是反复交叉进行的。一个完整的机械 CAD 系统,应在设计过程中的各个阶段都发挥作用。而要实现这一点,就必须具备以下三个条件:

(1) 建立完备的产品设计数据库 产品设计数据库是用来存储设计某类产品时所需要的各种信息,如有关标准规范、经验曲线、计算公式等,并按照数据结构关系存入计算机。数据库可供机械 CAD 作业时检索或调用,也便于数据的管理和数据资源的共享。

(2) 建立完备的应用程序库 即将解决某一类工程设计问题的通用及专用设计程序,如通用数学方法计算机程序、常规机械设计程序、优化方法程序、有限元计算程序等,汇集备用。

(3) 建立多功能交互式图形程序库 利用图形程序库可以进行二维及三维图形的信息处理,能在此基础上绘制工程设计图,建立标准件库、零部件库等。

二、机械 CAD 技术的优势

与传统的机械设计相比,无论在提高生产率、改善设计质量方面,还是在降低成本、减轻劳动强度方面,CAD 技术都有着巨大的优越性。主要表现在以下几个方面:

(1) 机械 CAD 可以提高设计质量 在计算机系统内存储了各种有关专业的综合性的技术知识,为产品设计提供了科学的基础。计算机与人交互作用,有利于发挥人、机各自的特长,使产品设计更加合理化。机械 CAD 采用的优化设计方法有助于某些工艺参数和产品结构的优化。另外,由于不同部门可利用同一数据库中的信息,保证了数据的一致性。

(2) 机械 CAD 可以节省时间,提高生产率 设计计算和图样绘制的自动化大大缩短了设计时间。机械 CAD 和机械 CAM 的一体化可显著缩短从设计到制造的周期,与传统的设计方法相比,其设计效率可提高 3~5 倍以上。

(3) 机械 CAD 可以较大幅度地降低成本 计算机的高速计算和绘图机的自动工作大大节省

了劳动力。同时,优化设计带来了原材料的节省。有些机械 CAD 的经济效益可以估算,有些则难以估算。由于采用机械 CAD/CAM 技术,生产准备时间缩短,产品更新换代加快,大大增强了产品在市场上的竞争力。

(4) 机械 CAD 技术将设计人员从繁琐的计算和绘图工作中解放出来 在产品设计中,绘图工作量约占全部工作量的 60%,在机械 CAD 中这一部分的工作由计算机来完成,可以使设计人员从事更多的创造性劳动,产生的效益十分显著。

三、我国机械 CAD 技术的应用

1. 我国机械 CAD 技术应用层次

机械 CAD 技术从 20 世纪 60 年代开始至今,经过了近半个世纪的发展,在技术和应用上均达到了相当成熟的阶段,CAD 软件已广泛应用于机械、电子、航空、航天、汽车、船舶、轻工、纺织、建筑等领域。目前,CAD 技术在我国的应用情况有以下几个层次:

(1) 基于 CAD 绘图、产品造型的应用层次 处于这一层次的企业比比皆是。其基本特点是:无论是二维或是三维设计平台,这类 CAD 应用较过去的手工绘图大大提高了效率,规范了图样,特别是在系列化产品设计、变形产品设计中,通过参数化、模块化技术革新,缩短了产品开发周期;在一定程度上为保证产品质量创造了条件,如装配检查、干涉检查、基于三维的机构运动检查等;没有产品性能分析,没有建立信息共享的平台,开发过程沿用传统模式,产品数据资料管理仍然以蓝图形式。

(2) 基于产品性能分析与优化设计的 CAD 应用 广义的 CAD 技术应该包含产品的性能设计与优化设计。产品的性能设计是产品生命周期这一系统工程中的重要环节,它决定了产品功能的完备性、制造的可能性和上市的快捷程度。产品质量与成本、产品质量与上市时间,看起来是矛盾的两个方面,实质上它们是辩证的统一。

处于这一层次的 CAD 技术应用的特点有:将产品的结构设计与产品性能设计密切结合,通过 CAE 技术实现对关键零部件的静、动态分析和结构的截面尺寸优化、形状优化以及拓扑优化,达到了真正的“设计(Design)”境界。在设计环境上建立了信息传输的网络条件,但是没有基于数据库的管理系统;产品信息资源的利用率较低,设计更改、产品配套资料的管理中的人为因素影响较大。

(3) 基于 PDM 环境的 CAD 应用 PDM 作为管理所有与产品相关的信息和所有与产品开发过程相关的信息技术,已经成为在企业范围内将策划、概念设计、可行性论证、初步设计与详细设计的完整过程构筑成一个并行化协作环境的关键使能器,是在数据库技术基础上发展起来的一门面向工程设计与 CAD 应用的信息管理技术。PDM 管理着由各种工程设计与 CAD 应用产生的分布式数据文件的元数据,并对其变更情况、当前状态、安全性进行控制,实现项目与流程的管理。

处于这一层次 CAD 应用的特点是:产品开发环境基本建成,实现了产品图档管理和产品信息在安全条件制约下的共享,初步实现了基于项目责任制的任务发放、执行、审核与提交的流程化管理;设计部门与计划管理、采购库存、质量控制等其他部门的联系没有达到信息共享的程度,设计部门的可应用信息资源有限,产品配置难以达到最佳状态;经营决策部门必须对来自设计部门和生产部门的信息进行二次处理,才能进行计划制订、初步经营预测。

(4) 基于企业信息化平台的 CAD 应用 处于这一层次的企业,不仅实现了产品 CAD、零件 CAPP、关键零部件的 CAE、数控加工件 CAM 的信息一体化,同时实现了产品开发部门与管理部門的双向信息传输。

2. 我国 CAD 技术应用与开发存在的问题

由于 CAD 技术的迅速发展,现已形成以研究开发、生产制造、推广应用到销售服务等一整套完整的高技术产业。但是与工业发达国家相比,我国在应用或开发的广度和深度上还存在很大的差距,主要表现在:

(1) 我国自主版权软件的商品化程度低、可靠性较差、功能单一、集成化程度低,难以进入市场;

(2) 国内 CAD 技术的推广应用还很不普遍,在制造业领域真正使用 CAD 技术进行产品设计的企业为数不多;

(3) 虽然引进了不少 CAD 软件,但其功能都没有充分利用,而且 CAD 软件的引用和应用在行业之间、地区之间的发展也很不平衡。

由此可见,进一步发展 CAD 技术的研究、开发和在企业中推广应用,仍是从事 CAD 技术工作的人员的一项繁重而又十分迫切的任务。

四、CAD 的研究热点及展望

CAD 技术目前及将来会在以下几方面进行重点研究,并将取得进展。

1. 参数化设计

用 CAD 方法开发产品时,零件设计模型的建立速度是决定整个产品开发效率的关键。产品开发初期,零件形状和尺寸有一定的模糊性,要在装配验证、性能分析和数控编程之后才能确定。这就希望零件模型具有易于修改的柔性。参数化设计方法就是将模型中的定量信息变量化,使之成为任意调整的参数。对变量化参数赋予不同数值,就可得到不同大小和形状的零件模型。参数化设计可以提高模型的生成和修改的速度,在产品的系列设计、相似设计及专用 CAD 系统开发方面都具有较大的应用价值。

2. 智能 CAD

智能 CAD 是指通过运用专家系统、人工神经网络系统等人工智能技术在作业过程中具有某种程度人工智能的 CAD 系统。

专家系统是一个能在某个特定领域内,用人类专家的知识、经验和能力去解决该领域中复杂困难问题的计算机程序系统。它不同于通常的问题求解系统,其基本思想是使计算机的工作过程能尽量模拟领域专家解决实际问题的过程。专家系统在 CAD 作业中适时给出智能化提示,告诉设计人员下一步做什么,当前设计存在的问题,建议解决问题的几种途径;或模拟人的智慧,根据出现的问题提出合理的解决方案。

3. 相关性设计

相关性设计为设计工作提供了极大的方便。用户无论是在什么地方进行修改,系统都会自动地更新与修改有关的内容,增强了设计的灵活性。

4. 基于特征的设计

特征设计是用易于识别的、包含加工信息的几何单元,如孔、槽、倒角等,来取代以往设计中

所用的几何描述,如直线、圆弧等。特征是构造零件的最基本的单元要素,既反映零件的几何信息,又反映零件的加工工艺特征信息。因此,基于特征的设计更适合于机械 CAD/CAM 的集成和 CIMS 中的建模需要。

5. 面向对象的设计方法

面向对象的设计方法是分析问题和解决问题的新方法。其基本出发点是尽可能地按照人类认识世界的方法和思维方式来分析和解决问题。客观世界是由许多具体的事物或事件,抽象的概念、规则等组成的,我们将所要研究的事、物、概念等都称为对象。面向对象的设计方法正是以对象作为最基本的元素,作为分析问题、解决问题的核心。

6. CAD 系统的集成化

CAD 系统集成化是当前 CAD 技术发展的一个重要方面。集成化的形式之一,是将 CAD 和 CAM 集成为一个机械 CAD/CAM 系统。在这种系统中,设计师可利用计算机,经过运动分析、动力分析、应力分析,确定零部件的合理结构形状,自动生成工程图样文件,存放在数据库中,再由机械 CAD/CAM 系统对数据库中的图形数据文件进行工艺设计及数控加工编程,并直接控制数控机床进行加工制造。机械 CAD/CAM 的进一步集成是将 CAD、CAM、CAT 集成为 CAE 计算机辅助工程系统,使设计、制造、测试工作一体化。

7. CAD 系统的网络化

网络技术是计算机技术和通信技术相互渗透、密切结合的产物,在计算机应用和信息传输中起着越来越重要的作用。计算机辅助设计作为计算机应用的一个重要方面,同样离不开网络技术。一个复杂的 CAD 系统本身可能就由一个计算机网络构成,通过网络连接一个服务器和多台工作站。辅助设计所需的所有公共信息,如图形、数据、零件、编码等都存储在服务器所带的一个公共数据库中,而各台工作站可以通过网络共享其中的数据,进行各自的设计工作。工作站之间也可以通过网络交换相互所需的处理结果。

第三节 机械 CAM 技术及机械 CAD/CAM 技术的集成

一、CAM 技术的概念及发展

CAM 目前尚无统一的定义,国外学者 D.E. William 的定义为:“共享数据,每一部分不必重新初始化,这就是集成化。”国内一些专家认为,机械 CAD/CAM 系统集成化是,在总体设计的指导下,以工程数据库为核心,以网络为支撑,把各种不同功能的软件系统(如设计、制造、工艺规划、有限元及信息管理系统等系统)按不同的用途有机地结合起来,在统一的执行控制程序组织下,实现各种信息传递,协调各子系统,有效地运行和保证系统内信息畅通,并达到信息交换和资源共享以及系统最优的整体效益。

CAM 有广义和狭义之分,广义 CAM 一般指利用计算机辅助从毛坯到产品制造过程中的直接和间接的活动。包括工艺准备(计算机辅助工艺设计、计算机辅助工装设计与制造、NC 自动编程、工时定额和材料定额编制等)、生产作业计划、物料作业计划的运行控制(加工、装配、检测、输送、存储)、生产控制、质量控制等。其中,计算机辅助工艺设计 CAPP(Computer Aided Process Planning,简称 CAPP)已逐渐成为一门独立的技术分支。狭义 CAM 通常仅指数控程序的编制,可包括

刀具路径的规划、刀位文件的生成、刀具轨迹仿真以及 NC 代码的生成等。

CAM 技术始于 20 世纪 50 年代。1952 年研制成功数控机床,1955 年在通用计算机上研制成功的自动编程系统(APT),实现了 NC 程序编程的自动化,这标志着柔性制造时代的开始,成为 CAM 硬、软件的开端。

1967 年,英国莫林公司首先建造了一条由计算机集中控制的自动化制造系统(称为莫林—24),紧接着,美国辛辛那提公司又研制了一条与莫林—24 类似的系统,并于 20 世纪 70 年代初定名为柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,简称 FMS)。FMS 可同时完成不同零件、不同工序的制造任务,并且,各制造设备之间通过物料的自动输送、自动存储系统实现柔性联系,将整个物流过程置于计算机集中控制和集中监视之下,使之能在停机调整的情况下以最短的时间向另一种零件转换。

20 世纪 70 年代中期,由于微处理器(大规模集成电路)的出现,计算机的性能成倍提高,体积及成本大大下降,从而促进了柔性制造技术迅猛发展,各种微机数控(CNC)技术获得了广泛的应用。

在软件方面,在 APT 的基础上,近年来,国内外的研究人员相继开发了许多适用各种小型机、微型机的自动编程系统。数控编程与 CAD 和 CAPP 的集成,是近年来数控自动编程发展的一个重要方向,数控编程与 CAD 的集成是指在 CAD 系统提供的图形信息基础上,直接进行编程。目前,这种集成方式主要有 3 种。一种是集成数控编程,即把 NC 模块作为 CAD 系统的一个组成部分,可以对零件设计和加工中的信息进行集成处理;第二种是将 CAD 输出的数据以标准接口的方式传递给数控编程系统;第三种是通过 CAD 系统直接产生一个针对特定数控语言的专用零件源程序,然后由后置处理系统生成数控程序。数控编程与 CAPP 的集成是 NC 自动编程技术发展的一个非常重要的方面。通常,这种集成主要有两种不同的方式,一种是 CAPP 系统通过进行刀具路径的计算,自动生成标准 APT 程序,然后由一个后置处理系统将此 APT 程序翻译成数控程序;另一种方式是直接将刀具路径计算的结果(即刀位文件)转换成为特定的数控系统的指令代码,从而生成数控程序。

数控编程与 CAD、CAPP 的集成,不仅可以从根本上提高 NC 自动编程的效率,同时也为实现计算机集成制造系统(CIMS)奠定了坚实的基础。

二、机械 CAD/CAM 集成系统

计算机辅助设计和计算机辅助制造关系十分密切。开始,计算机辅助几何设计和数控加工自动编程是两个独立发展的分支。但是,随着它们的推广和应用,二者之间的相互依存关系变得越来越明显了。设计系统只有配合数控加工,才能充分显示其巨大的优越性。另一方面,数控技术只有依靠设计系统产生的模型才能发挥其效率。所以,在实际应用中二者很自然地结合起来,形成了计算机辅助设计与制造集成系统。通常机械 CAD/CAM 系统指的就是这种集成系统。在机械 CAD/CAM 系统中,设计师可利用计算机,经过运动分析、动力分析、应力分析,确定零部件的合理结构形状,自动生成工程图样文件,存放在数据库中,再由机械 CAD/CAM 系统对数据库中的图形数据文件进行工艺设计及数控加工编程,并直接控制数控机床进行加工制造。

系统集成可分为内部集成和外部集成。内部集成是指系统各个组成部分之间的接口必须一致,通过工程数据库以保证信息畅通。外部集成是指一系统嵌入另一系统,前者的外部接口必须

和后者内部接口一致,以保证信息流畅通。对于现有的功能分散的 CAD、CAM 系统,为了实现信息交换达到集成的目的,必须采用外部集成的方式,在不同的系统内部模型之间架起桥梁。有两种方式实现这种连接:一种是通过专用的数据接口进行数据转换;另一种是采用与系统无关的标准数据格式进行数据转换。

目前,机械 CAD/CAM 系统的运行平台主要有两种,一种是工作站;另一种是微机。随着硬件技术的发展,在图形处理方面工作站与微机之间的差异逐渐缩小。由于微机的硬件投资远低于工作站,且易于掌握,便于用户进行软件开发、移植和扩充,微机与各种数控装置的通讯技术成熟,因此微机已逐渐成为各类机械 CAD/CAM 软件的主要运行平台。

1. 机械 CAD/CAM 系统集成的基本原则

机械 CAD/CAM 系统集成化的目的,是提供一种能覆盖某一类产品的、更高效能的设计/制造整体系统。系统集成化的基本原则是:

(1) 使一个计算机应用部门或行业的 CAD 和 CAM 应用软件,在机械 CAD/CAM 总体设计的指导下,以工程数据库为核心,以图形系统和网络软件为支撑,用现代计算机接口的方法,把这些 CAD、CAM 应用于网络软件,并连接成为一个有机的整体;

(2) 使其互相支持,互相调节,信息共同占有,数据共同享用,以发挥出单项应用于网络软件所达不到的整体效益;

(3) 使应用成果能作综合性的优化处理,获得经济上最受益、技术上最先进的最优化方案和设计。

2. 实施机械 CAD/CAM 集成的优点

(1) 机械 CAD/CAM 集成可以提高加工质量。在计算机系统内存储了各有关专业的综合性的技术知识,为产品的设计和工艺的制定提供了科学的依据。计算机与设计人员交互作用,有利于发挥人机各自的特长,使产品设计和制造工艺更加合理化。系统采用的优化设计方法有助于某些工艺参数的优化。

(2) 机械 CAD/CAM 集成可以节省时间,提高生产率。设计计算和图样绘制的自动化大大缩短了设计时间,机械 CAD/CAM 的一体化可显著缩短从设计到制造的周期。

(3) 机械 CAD/CAM 集成可以较大幅度地降低成本。计算机的高速运算和自动绘图大大节省了劳动力。优化设计带来了原材料的节省。例如,冲压件的毛坯优化排样可使材料利用率提高 5%~7%。采用 CAM 可加工传统方法难以加工的复杂型面,可减少加工和调试工时,使制造成本降低。由于采用了机械 CAD/CAM 技术,生产准备时间缩短,产品更新换代加快,大大增强了产品的市场竞争能力。

(4) 机械 CAD/CAM 技术将技术人员从繁冗的计算、绘图和 NC 编程工作中解放出来,使其可以从事更多的创造性劳动。

机械 CAD/CAM 技术随着计算机硬件和软件技术的迅速发展日趋完善,在机械、电子、宇航和建筑等部门得到广泛应用。机械 CAD/CAM 技术使产品的设计制造和组织生产的传统模式产生了深刻的变革,成为产品更新换代的关键技术,被人们称为产业革命的发动机。在工业发达的国家,机械 CAD/CAM 已经形成了一个推动各行各业技术发展、具有相当规模的新兴产业。

3. 机械 CAD/CAM 系统的分类

机械 CAD/CAM 系统可以从不同的角度加以分类。按系统的功能范围,机械 CAD/CAM 系统