



普通高等学校机械制造及其自动化专业“十二五”规划教材
顾问 杨叔子 李培根 李元元

机械CAD/CAE/CAM技术

高伟强 成思源 胡 伟 卜 研 © 编著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

机械CAD/CAE/CAM技术

高伟强 成思源 胡 伟 卜 研 编著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书较全面地介绍了机械 CAD/CAE/CAM 技术的基本知识,着重突出了计算机几何建模、有限元法分析、数控刀位数据计算等基本理论和方法,并介绍了 UG NX 6.0 和 ANSYS 系统的基本功能。本书通过实例和程序,如:基于 OpenGL 的图形变换及曲线计算 C 语言程序、UG 连杆零件实体建模、有限元方法运用实例、ANSYS 分析实例、UG 数控后处理器生成等,帮助读者学习和理解 CAD/CAM 的基本理论,提高读者的学习兴趣。本书的主要内容包括:机械 CAD/CAM 技术的概述、CAD 几何建模技术基础、UG NX 6.0 系统 CAD 建模、CAE 技术基础、ANSYS 系统的应用、CAPP 技术基础、CAM 技术基础、CAD/CAE/CAM 系统集成技术。

本书是面向高等学校机械类、近机械类专业,如:机械设计制造及其自动化、材料成形与控制工程、车辆工程、过程装备与控制等专业本科学生 CAD/CAE/CAM 课程的教材,也可作为高校相关专业专科生、本科生、研究生和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD/CAE/CAM 技术/高伟强 成思源 胡伟 卜研 编著. —武汉:华中科技大学出版社,2012.2

ISBN 978-7-5609-7563-4

I. 机… II. ①高… ②成… ③胡… ④卜… III. 机械-计算机辅助技术 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 254875 号

机械 CAD/CAE/CAM 技术

高伟强 成思源 胡伟 卜研 编著

策划编辑:俞道凯

责任编辑:姚 幸

封面设计:潘 群

责任校对:代晓莺

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:湖北通山金地印务有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:25 插页:2

字 数:470 千字

版 次:2012 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:39.80 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

普通高等学校机械制造及其自动化专业“十二五”规划教材

编 委 会

丛书顾问：杨叔子 华中科技大学

李元元 华南理工大学

李培根 华中科技大学

丛书主编：张福润 华中科技大学

曾志新 华南理工大学

丛书编委（排名不分先后）

吕 明 太原理工大学

芮执元 兰州理工大学

吴 波 华中科技大学

范大鹏 国防科技大学

王 杰 四川大学

何 林 贵州大学

李铁军 河北工业大学

刘国平 南昌大学

何岭松 华中科技大学

郭钟宁 广东工业大学

管琪明 贵州大学

李伟光 华南理工大学

蒋国璋 武汉科技大学

张宪民 华南理工大学

邓星钟 华中科技大学

李蓓智 东华大学

王艾伦 中南大学

何汉武 广东工业大学

高殿荣 燕山大学

高全杰 武汉科技大学

王连弟 华中科技大学出版社

邓 华 中南大学

李 迪 华南理工大学

轧 刚 太原理工大学

成思源 广东工业大学

程宪平 华中科技大学

前言

CAD/CAE/CAM 技术的发展推动了几乎一切领域的设计、制造技术革命,从根本上改变了传统的设计、生产、管理的模式。目前,CAD/CAE/CAM 技术已广泛应用于航空、航天、军工、汽车、船舶、机械、模具、电子、轻工装备等各个领域,为企业在激烈的市场竞争中发挥着越来越重要的作用。CAD/CAE/CAM 技术的发展与应用程度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之一。

我国非常重视 CAD/CAE/CAM 技术的研究和发展,通过 30 多年的努力,特别是近 10 年来的努力,CAD/CAE/CAM 技术已经在我国得到广泛应用。但目前我国仍然缺乏 CAD/CAE/CAM 方面的人才,特别是高端的研究和开发应用人才。作为培养人才的摇篮,高校担负起 CAD/CAE/CAM 技术人才培养的重任。本书是面向高校机械类、近机械类专业本科 CAD/CAE/CAM 课程学习的教材,较全面地介绍了机械 CAD/CAE/CAM 技术的基本理论和基础知识,旨在使读者掌握 CAD/CAE/CAM 的基本概念、原理、知识和方法,为从事 CAD/CAE/CAM 技术的研究和应用打下基础。

本书结构严谨,内容丰富、新颖,兼顾基础理论知识学习与具体 CAD/CAE/CAM 软件应用,为读者提供了丰富的应用实例和程序,实用性较强。目前国际上流行的 CAD/CAE/CAM 系统众多,都有各自的特点和强项。但它们的基本原理、主要功能是相同的。本书选择普遍性、代表性较强的 UG NX 和 ANSYS 为实践教学软件,从基本概念出发,阐述了 CAD/CAE/CAM 基本理论和方法,引导读者掌握 CAD/CAE/CAM 技术开发应用的基本知识,为读者正确学习和掌握 CAD/CAE/CAM 软件提供帮助。

本书共分八章。第 1 章是机械 CAD/CAE/CAM 技术概述,提出了 CAD/CAE/CAPP/CAM 的基本概念,介绍了 CAD/CAE/CAM 技术的发展历程、历史地位和发展趋势,分析了 CAD/CAE/CAM 在产品制造各个阶段的作用,阐述了 CAD/CAE/CAM 的功能和组成。第 2 章是 CAD 建模技术基础,介绍了计算机几何建模的基本理论和方法,如几何投影过程、几何图形变换、曲线曲面理论、实体建模理论、参数化及变量化方法等,并提供了部分基于 OpenGL 的图形变换和曲线、曲面计算绘图 C 语言源程序供读者学习。第 3 章是 UG NX 6.0 CAD 建模,结合第 2 章的几何建

模理论,引导读者正确地掌握 CAD 建模软件的学习方法,介绍了 UG NX 6.0 的基本操作和主要的几何建模命令。第 4 章是 CAE 技术基础,介绍了有限单元法分析、优化设计、计算机仿真技术等基本理论,并通过实例帮助读者学习和加深理解。第 5 章是 CAE 系统的应用,介绍了 ANSYS 系统的基本功能和使用入门,并通过实例讲解了 ANSYS Workbench 的建模、施加约束及载荷、求解和后处理、分析等应用过程。第 6 章是 CAPP 技术基础,介绍了 CAPP 的基本概念和实现 CAPP 的基本原理。第 7 章是 CAM 技术基础,介绍了数控加工的基本概念,数控编程的流程和自动编程方法,着重讲述了数控刀位数据计算和后处理的基本理论,并以 UG NX 6.0 为例,讲述了平面铣、型腔铣和固定轴轮廓铣的 CAD/CAM 集成数控编程过程。第 8 章是 CAD/CAE/CAM 系统集成技术,介绍了系统集成的基本概念和数据管理、数据交换基本形式。

本书各章节编写分工如下:第 1、2、7 章由高伟强编写,第 3 章由卜研、高伟强编写,第 4、5 章由成思源编写,第 6、8 章由胡伟编写。全书由高伟强统稿和整理。

本书在编写过程中,参阅了以往其他版本的同类教材和参考文献,同时参阅了部分高等院校的一些教学资料和文献,得到同行专家、教授的帮助,同时得到了广东工业大学机电学院领导的支持,机电学院部分研究生参与书稿的整理和编辑工作,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限、时间仓促,书中难免存在疏漏和错误之处,恳请专家、读者不吝指正。谢谢!

编 者

2011 年 7 月于广东工业大学

目录

第 1 章 机械 CAD/CAE/CAM 技术概述	(1)
1.1 CAD/CAE/CAM 的基本概念	(1)
1.2 CAD/CAE/CAM 的历史地位和作用	(4)
1.3 机械 CAD/CAE/CAM 系统的功能和组成	(5)
1.4 CAD/CAE/CAM 技术的发展概况和发展趋势	(11)
思考及练习题	(17)
第 2 章 CAD 建模技术基础	(19)
2.1 CAD 几何建模概述	(19)
2.2 CAD 建模中的图形学基础	(24)
2.3 线框建模	(94)
2.4 曲面建模	(99)
2.5 实体建模	(104)
2.6 特征建模	(111)
2.7 参数化与变量化设计技术	(115)
2.8 装配建模技术	(125)
思考及练习题	(133)
第 3 章 UG NX 6.0 CAD 建模	(135)
3.1 UG NX 6.0 基础	(135)
3.2 UG NX 6.0 线框建模	(142)
3.3 UG NX 6.0 曲面建模基础	(160)
3.4 CAD 实体建模	(168)
3.5 UG NX 6.0 特征建模	(176)
3.6 UG NX 6.0 装配建模技术	(195)
3.7 UG NX 6.0 工程图	(207)
思考及练习题	(221)
第 4 章 CAE 技术基础	(225)
4.1 CAE 技术概述	(225)

4.2	有限元法简介	(227)
4.3	优化设计概述	(241)
4.4	仿真技术	(253)
	思考及练习题	(261)
第5章	CAE 系统的应用	(262)
5.1	ANSYS 系统简介	(262)
5.2	ANSYS 软件的基本使用方法	(265)
5.3	ANSYS 软件的快速入门	(272)
5.4	ANSYS Workbench Environment 的基本使用方法	(283)
5.5	AWE 综合实例分析	(289)
	思考及练习题	(300)
第6章	CAPP 技术基础	(301)
6.1	CAPP 的概述	(301)
6.2	CAPP 中零件几何及工艺信息的描述与输入	(308)
6.3	CAPP 原理	(312)
	思考及练习题	(327)
第7章	CAM 技术基础	(328)
7.1	CAM 概述	(328)
7.2	数控编程	(332)
7.3	多坐标数控加工刀位计算方法	(340)
7.4	数控后处理和数控程序校验	(347)
7.5	UG NX 6.0 Manufacturing 简介	(354)
	思考及练习题	(376)
第8章	CAD/CAE/CAM 系统集成技术	(378)
8.1	概述	(378)
8.2	CAD/CAE/CAM 系统集成数据管理	(382)
8.3	产品数据交换标准	(387)
	思考及练习题	(391)
	参考文献	(392)

第 1 章 机械 CAD/CAE/CAM 技术概述

计算机是现代科学技术发展的重大成就之一,已广泛应用到研究、生产、生活等各个领域。计算机的应用大大减轻了科技人员的脑力劳动和体力劳动,甚至能够完成人力所不能及的工作,促进科学技术和生产力的发展。在产品制造领域中,随着市场经济的发展,人们对各类产品的质量、产品更新换代的速度,以及产品从设计、制造到投放市场的周期都提出了越来越高的要求。在当今高效益、高效率、高技术竞争的时代,要适应瞬息万变的市场要求,提高产品质量,缩短生产周期,最大限度地提供客户需求的产品和服务,就必须采用先进的设计和制造技术。

随着计算机技术的迅速发展,机电产品设计和生产的方法都在发生着显著的变化,以前一直只能靠人工完成的许多作业过程,通过计算机的应用逐渐实现了高效化和高精度化。计算机技术与数值计算技术、机械设计、制造技术相互渗透与结合,产生了计算机辅助设计、计算机辅助工程与计算机辅助制造这样一门综合性的应用技术。它具有高智力、知识密集、综合性强、效益高等特点。这种利用计算机来达到高效化、高精度化的目的,实现自动化设计、数值模拟计算及生产制造的方法分别称为 CAD(computer aided design,计算机辅助设计)、CAE(computer aided engineering,计算机辅助工程)和 CAM(computer aided manufacturing,计算机辅助制造)技术。CAD、CAE 和 CAM 技术的发展,不仅改变了人们设计、制造各种产品的常规方式,有利于发挥设计人员的创造性,还将大大提高企业的管理水平和市场竞争能力。

1.1 CAD/CAE/CAM 的基本概念

1. CAD 技术

CAD 是指在人和计算机组成的系统中,以计算机为辅助工具,通过人机交

互方式进行产品设计构思和论证、产品总体设计、技术设计、零部件设计、有关零件分析计算(包括强度、刚度、热、电、磁的分析和设计计算等)、零件加工图样的设计和信息的输出,以及技术文档和有关技术报告的编制等,以达到提高产品设计质量、缩短产品开发周期、降低产品成本的目的。CAD系统的主要功能如下。

- (1) 草图设计。
- (2) 零件设计。
- (3) 装配设计。
- (4) 复杂曲面设计。
- (5) 工程图样绘制。
- (6) 工程设计计算。
- (7) 真实感及渲染。
- (8) 数据交换接口。

2. CAE 技术

CAE是指利用计算机辅助进行工程模拟分析、计算,主要包括有限单元分析法、有限差分法、最优化分析方法、计算机仿真技术、可靠性分析、运动学分析、动力学分析等内容,其中有限单元分析法在机械CAD/CAM中应用最为广泛。CAE的主要任务是对机械工程、产品和结构未来的工作状态和运行行为进行仿真,及时发现设计中的问题和缺陷,保证设计的可靠性,实现产品设计优化,缩短产品开发周期,提高产品设计的可靠性,节省产品研发成本。CAE技术是以现代计算力学为基础,以计算机数值计算、仿真为手段的工程分析技术。CAE技术已成为机械CAD/CAM技术中不可或缺的重要环节。

3. CAPP 技术

CAPP(computer aided process planning,计算机辅助工艺设计)是指在人和计算机组成的工程系统中,根据产品设计阶段给出的信息,采用人机交互方式或自动方式来确定产品加工工艺流程和加工工艺方法的过程。在CAD/CAM集成环境中,通常工艺设计人员可以依据CAD过程提供的相关信息和CAM系统的基本功能,实现对产品的加工工艺路线进行设计和对加工状况的仿真,以生成控制产品加工过程的相关信息。CAPP的主要功能如下。

- (1) 毛坯设计。
- (2) 加工方法的选择。
- (3) 工艺路线的制定。
- (4) 工序的设计。
- (5) 工艺文件的编制、管理。



(6) 刀具、夹具、量具等工艺装备的设计。

在工艺路线的制定中,通常包括加工设备的选型、工具(如刀具、夹具和量具等)的选择;工序的设计包括工步、工位设计,切削参数(如切削速度、进给量和切削深度等)的选择,加工余量分配及工序尺寸计算,消耗定额的计算及工时定额计算等。

对一些特殊的加工要求,有时需要设计专用刀具、夹具等工艺装备。

4. CAM 技术

CAM 是借助计算机进行产品制造活动的简称,有广义和狭义之分。广义 CAM 一般是指利用计算机辅助完成从毛坯到产品制造过程中的直接和间接的各种活动,包括工艺准备、生产作业计划制定、物流过程的运行控制、生产控制、质量控制等方面的内容。其中,工艺准备包括计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助工装设计与制造、数控编程、计算机辅助工时定额和材料定额的编制等任务;物流过程的运行控制包括物料加工、装配、检验、输送、储存等生产活动。狭义 CAM 通常指计算机辅助数控程序的编制,包括刀具路线规划、刀位文件生成、刀具轨迹仿真及后置处理和 NC(数控)代码生成等作业过程。通常 CAD/CAM 系统中 CAM 指的是狭义 CAM。

5. CAD/CAE/CAM 集成技术

从 CAD 和 CAM 技术的发展历程可知,CAD、CAE、CAM 等各单项技术大多数都是各自独立发展的。众多性能优良、相互独立的商品化 CAD、CAE、CAPP、CAM 系统在各自领域都起到了重要的作用,形成了一系列高性能的“自动化孤岛”。这些各自独立的“自动化孤岛”相互割裂,不能实现系统之间信息的自动传递和转换,信息资源不能共享,严重制约了各自的发展和性能的有效发挥。随着 CAD、CAE、CAM 技术的广泛应用,迫切需要将 CAD 系统的信息应用到生产(如 CAE、CAPP、CAM 等)、管理(MIS、MRPII 等)等后续各个环节,由此提出了 CAD/CAE/CAM 集成的概念,以解决 CAD、CAE、CAPP 和 CAM 系统之间数据自动传递和转换的问题。集成化的 CAD/CAE/CAM 系统借助于工程数据库技术、网络通信技术及标准格式的产品数据接口技术,把分散的 CAD、CAE、CAM 模块高效、快捷地连接起来,实现软、硬件资源共享,保证整个系统内的信息流动畅通无阻,发挥集成化带来的更高效益。对于 CAD/CAE/CAM 系统来说,集成应具备以下三个基本特征。

(1) 数据共享 系统各部分的输入可一次性完成,每一部分不必重新初始化,各子系统产生的输出可为其他有关的子系统直接使用,不必人工干预。

(2) 系统集成化 系统中功能不同的软件系统按不同的用途有机地结合起

来,用统一的执行控制程序来组织各种信息的传递,保证系统内信息流畅通,并协调各子系统有效地运行。

(3) 开放性 系统采用开放式体系结构和通用接口标准。在系统内部各个组成部分之间易于数据交换,易于扩充;在系统外部,一个系统能有效地嵌入另一个系统中作为其组成部分,或者通过标准外部接口有效地连接,实现数据交换。



1.2 CAD/CAE/CAM 的历史地位和作用

早在 1985 年,美国信息制造业专家 W. H. Slatterback 曾经预言,从 1985 年到 2000 年期间,美国的制造业面临的变化将比 20 世纪前 75 年的变化要大得多,其根本原因是 CAD/CAE/CAM 技术的应用越来越普遍。目前在许多发达国家,CAD/CAE/CAM 技术不仅广泛用于航空航天、汽车、电子和机械制造等产品的生产领域,而且逐渐发展到服装、装饰、家具和制鞋等应用领域。此外,CAD/CAE/CAM 技术作为计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system,CIMS)的技术基础,会随着网络化、全球化的发展进入一个新的台阶。CAD/CAE/CAM 技术的普及和应用不仅对传统制造业提出新的挑战,而且已对新兴产业的发展、劳动生产率的提高、材料消耗的降低、国际竞争能力的增强起到重要作用,已成为衡量一个国家科学技术现代化和工业现代化水平的重要标志之一。

1989 年,美国评出近 25 年间 10 项最杰出的工程技术成就,其中第 4 项就是 CAD/CAE/CAM。1991 年 3 月 20 日,海湾战争结束后的第 3 周,美国政府发表了跨世纪的国家关键技术发展战略,列举了 6 大技术领域中的 22 项关键项目,认为这些项目对于美国的长期国家安全和经济繁荣至关重要。而 CAD/CAE/CAM 技术与其中的两大领域 11 个项目紧密相关,这就是制造与信息、通信。制造技术为工业界生产一系列创新的、成本上有竞争能力和高质量的产品投入市场打下基础;而信息和通信技术则以惊人的速度不断发展,改变着社会的通信、教育和制造方法。制造技术的关键项目有计算机集成制造、智能加工设备、微米和纳米级制造技术、系统管理技术;信息和通信技术包括软件、微电子学和光电子学、高性能计算机和互联网、高清晰度成像显示、传感器和信号处理、数据存储器和外围设备、计算机仿真和建模。

CAD/CAE/CAM 技术推动了几乎所有领域的设计、制造技术革命,CAD/



CAE/CAM 技术的发展和水平已成为衡量一个国家科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。CAD/CAE/CAM 技术从根本上改变了过去的手工绘图、发图、凭图样组织生产过程的技术管理方式,将它变为在计算机上交互设计,通过网络发送产品技术文件,在统一的数字化产品模型下进行产品的设计打样、分析计算、工艺计划和工艺文件的制定、工艺装备的设计及制造、数控编程及加工、生产作业规划、质量控制、编印产品维护手册、组织备件订货供应、产品广告宣传等。企业建立一个完善的 CAD/CAE/CAM 系统,就等于建立了一种新的设计和生产技术管理体制。有了这样的新体制,就可以方便地进行下列工作。

(1) 实现生产组织的平行工程作业,使产品的设计、生产工艺准备、调度管理、仓库物流、零部件制造及装配、销售及客户服务等各个部门的工程技术人员可以从统一的产品数据库中获得所有设计、制造等工程信息,并行协同工作,及早协调处理各种问题。

(2) 在产品阶段就可利用三维几何模型模拟产品、零部件、设备的制造、装配和工作过程,及早发现结构布局 and 系统安装的空间干涉错误,提高产品设计的可靠性,缩短产品开发和生产准备周期。

(3) 彻底改变传统的工程图样发放管理模式,可利用网络等现代信息技术,实现跨地域迅速、有效地发放、更改及管理图样等技术文档。

(4) 进行产品的功能和性能仿真。1996 年,联合国通过了《全面禁止核试验条约》,但这并不意味着核国家不再发展和研究核武器,核武器的开发研制可通过计算机仿真技术进行研究,通过模拟仿真评价核武器的性能。同样,机械产品的开发也可以利用仿真技术全部或部分替代样机的试验过程,通过虚拟的数字化产品模型,模拟产品的使用工况,分析产品的使用性能,这样可大大缩短产品开发周期,节省样机试制和检测的成本。

(5) 利用产品的三维模型可提前进行产品的外观造型设计和市场推广。这点对轻工业产品尤其重要,及早让订货单位从屏幕上评审产品的造型、色彩、装潢和包装。



1.3 机械 CAD/CAE/CAM 系统的功能和组成

1. CAD/CAE/CAM 在产品生产过程各阶段的作用

不同的产品有着不同的生产过程。就机械产品而言,其开发生成过程大致

可以分为初步设计、详细设计、生产准备和产品制造四个阶段,如图 1-1 所示。

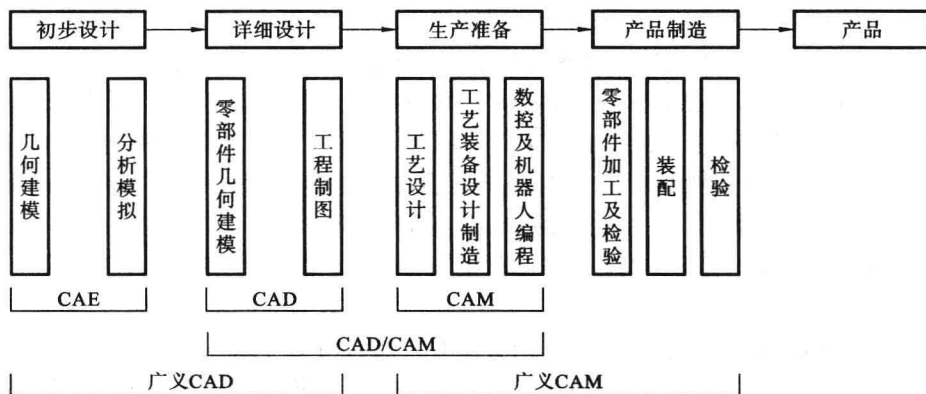


图 1-1 机械产品 CAD/CAE/CAM 的涉及范围

机械产品初步设计阶段是指在确定产品设计目标和方案的基础上,研究满足功能要求的总体运动实现方法和机构的几何结构,建立机械结构大致的三维几何模型和运动模型,并进行性能预测、运动学及动力学分析、强度及刚度分析、机构运动模拟等分析工作,最终获得产品的详细设计参数的阶段。在这一阶段可利用计算机建立产品的数字化虚拟模型,利用仿真技术进行产品性能的模拟分析仿真,提高产品设计的可靠性,缩短开发周期,降低开发成本。在初步设计阶段可运用 CAE 工程分析系统对设计进行仿真、模拟分析和优化,因此这一阶段的许多工作属于 CAE 的工作范围。

初步设计阶段后就进入产品的详细设计阶段。在详细设计阶段,需要对初步设计阶段的结果进行细化,拆分总体结构,建立各零部件的三维实体模型,进一步确定产品各零部件的几何形状和尺寸细节、公差精度和表面质量、材料和热处理工艺等工程技术要求,最终根据工程设计规范绘制工程图样,编制各种设计文档,为指导生产、质量控制、管理和物流控制提供技术文件。在详细设计阶段,通常要运用 CAD 系统对具体结构进行设计、计算和几何建模,并绘制工程图样,因此这一阶段许多工作属于 CAD 的工作范围。

完成产品的详细设计后,首先要根据产品的设计文件制定产品生产的工艺过程,这包括零件的加工工艺过程设计、加工工序的设计、部件及产品装配工艺的设计,编制加工工艺过程卡、工序卡等工艺文件,设计毛坯工程图,选择加工工艺装备和工夹量具,设计并制造专用工艺装备,为形成生产规模和保障质量做准备。在现代制造系统中,这部分生产准备内容可以由 CAPP 系统辅助完成。在完成工艺设计和工装准备后,工程技术人员还要对数控加工和机器人、



物流控制、自动装配等自动化系统的控制程序编程。对数控加工机床等自动控制系统的编程通常认为是在狭义CAM的范围的内容。

在产品制造阶段,要完成产品零部件的实际加工生产、部件及产品的装配和质量性能的检验。在这一阶段,CAM就是利用数控机床等自动化装备辅助完成零件的高效加工,利用机器人等辅助进行产品装配和物料输送,利用计算机自动检测设备检测零件加工质量和产品性能。

CAD/CAE/CAM技术的运用大大提高了产品生产的自动化程度,对保证产品质量、提高劳动生产效率、降低劳动成本、缩短产品研发周期起到了极大的促进作用。

2. 机械CAD/CAE/CAM系统的功能

1) 交互式三维几何建模功能

交互式三维几何建模是指通过人-机交互的方式来生成和编辑三维几何图形,建立设计对象的三维虚拟模型的过程。利用交互式三维几何建模功能,可以构造各种零部件和产品的几何模型,描述零部件的几何形状、尺寸和结构、空间布局及装配关系,并且可以为计算分析、工作仿真、工程图样绘制、工艺过程设计、数控加工编程等后续工作提供产品的几何信息。因此,几何建模是CAD/CAE/CAM系统的核心,为产品的设计、制造和管理提供最基本的模型信息。一个系统的几何建模能力是衡量CAD/CAE/CAM系统功能强弱的重要指标之一。CAD几何建模技术经历了线框造型、曲面造型、实体造型和参数化特征造型等过程。

2) 工程计算和工程数据存储、检索功能

机械产品设计中需要完成大量烦琐的工程计算和校验,如:根据梁的几何模型计算其抗弯、抗扭截面模量,校验梁的设计强度和刚度;回转件的质量中心计算及动、静平衡配重计算;部件或产品总质量的估算等。在进行设计计算中还要查阅检索大量的设计数据和标准,如:材料的极限强度、屈服强度和热处理硬度;公差范围和极限尺寸;标准件的系列参数等。这些计算与数据检索都具有较高的重复性和规律性,非常适合计算机系统处理。计算机辅助设计不仅可以解决工程绘图和几何建模等问题,还可以利用计算机的高速计算功能和海量数据存储及高效检索功能,辅助工程设计人员开展设计计算和资料检索工作,使其摆脱繁重的计算和数据检索等重复性劳动,让他们有更多的精力从事创新性设计。

高性能的CAD系统都具有较强的工程计算和工程数据库检索能力,可结合参数化、变量化设计功能,将其计算结果直接与几何模型的参数关联,实现设



计计算的自动化。

3) 工程绘图功能

工程图样是指导生产和经营管理的重要技术文件。目前大多数产品的详细设计参数都是通过工程图样记录和表达的。因此,工程绘图是 CAD/CAE/CAM 系统中必要的、最基本的功能。

4) 结构分析和优化功能

在工程设计中,常常要对结构的机械物理性能进行分析、优化,最终获得符合要求的设计结果。CAD/CAE/CAM 系统中根据产品的设计模型和工作状况,如负载类型及其大小,热源及环境温度场等,对产品进行结构静力学分析、动力学分析、运动学分析、热力学分析或仿真评价设计质量和安全性、可靠性,并通过优化目标模型对设计参数进行优化设计,最终获得最优设计参数。

5) 模拟仿真功能

利用产品的虚拟模型,在计算机系统中模仿产品的实际工作环境和工作过程,对产品的各项功能进行仿真,可以在设计阶段对产品的工作性能进行分析和评价,及早发现设计中存在的错误和问题,提出修改意见,改进设计方案,提高产品开发的成功率和可靠性。

6) 加工工艺设计和工艺文件的管理功能

加工工艺是连接设计与制造的桥梁。根据产品的设计要求和企业的工艺装备,计算机从产品的设计信息中获取零件的加工特征,根据工艺知识和推理决策系统,编制出零件的加工工艺过程,选择加工装备,最后生成加工工艺文件,并能对工艺文件进行输出、检索和编辑管理。

7) 数控自动编程和数控加工仿真功能

数控编程是实现数控加工的基础和关键,对于复杂零件和需要多坐标联动数控加工的零件,手工编程将无法满足数控加工编程的要求。CAD/CAM 集成数控加工自动编程是目前数控编程的高效率、高可靠编程方法,可以满足高精度、多轴联动复杂零件的数控加工编程的需要。利用 CAD 建立的产品模型和 CAPP 生成的工艺方案,由 CAM 系统自动生成刀位数据文件,通过后处理得到数控机床的加工程序,并通过计算机模拟数控程序的加工过程,观察加工效果,验证数控代码的可行性和安全性。

8) 产品的工程数据管理

随着科学技术的进步,现代机电产品的复杂性越来越高,CAD/CAE/CAM 系统的数据量也越来越大,数据的种类也越来越复杂,数据的时效性、数据的安全性、数据管理的有效性等问题日显突出。在 CAD/CAE/CAM 系统中利用工程数据库,建立统一的网络化运行环境,将产品全生命周期中各个信息孤岛的



信息集成起来,利用计算机系统控制整个产品的开发设计、加工制造过程,通过逐步建立虚拟的产品模型,最终形成完整的产品数据、生产过程描述及生产过程控制数据管理系统。

3. 机械 CAD/CAE/CAM 系统的组成

机械 CAD/CAE/CAM 系统由硬件系统、软件系统两大部分组成。硬件系统是 CAD/CAE/CAM 系统运行的基础,软件系统是 CAD/CAE/CAM 系统的运行核心。硬件系统主要包括计算机主机系统、图形外部设备和网络通信设备,广义上讲硬件系统还包括用于数控加工和自动化装配等方面的数控机床和机器人等生产加工设备。软件系统由系统软件、支撑软件和应用软件等组成。随着 CAD/CAE/CAM 系统功能的不断完善和提高,软件成本在整个系统中所占的比重越来越大,目前一些高端软件的价格已经远远高于硬件系统的价格。

1) CAD/CAE/CAM 的硬件系统

CAD/CAE/CAM 的硬件系统主要由计算机主机、外存储器、输入/输出设备、网络通信设备和数控生产加工设备等组成。

计算机主机是 CAD/CAE/CAM 系统的硬件核心,其性能直接影响到 CAD/CAE/CAM 系统的总体性能。按照主机性能等级的不同,可将计算机分为巨型机、小型机、图形工作站和 PC 机等不同档次。计算机主机主要由中央处理单元(CPU)、内存(RAM)、输入/输出(I/O)设备、图形加速处理单元(GPU)等组成。计算机主机的功能主要取决于 CPU、GPU 的性能和内存的容量。

外存储器简称外存,用来存放暂时不用或等待调用的程序、数据、设计模型等信息。当使用这些信息时,由操作系统根据命令调入内存。外存储器的特点是大容量,目前常用的有 U 盘、硬盘、硬盘阵列、DVD 光盘、蓝光光盘等,大容量外存通常可达数百 GB 或更高。

输入/输出设备包括输入设备和输出设备两类。

输入设备是指通过人-机交互作用,将各种外部数据转换成计算机能识别的信号的装置,主要分为键盘输入类(如键盘)、指点输入类(如鼠标)、图形输入类(如数字化仪)、图像输入类(如扫描仪、数码相机等)、语音输入类等。

将计算机处理后的数据转换成用户所需的形式,实现这一功能的装置称为输出设备。输出设备能将计算机运行的中间或最终结果、过程,通过文字、图形、影像等形式表现出来,实现与外界的交流与沟通。常用的输出设备包括显示输出(如图形显示器)、打印输出(如打印机)、绘图输出(如自动绘图仪)等。

网络通信设备包括网卡(网络适配器)、集线器(hub)、路由器(router)、交换机(switch)、网桥(bridge)、中继器(repeater)、网关(gateway)、调制解调器(mo-