

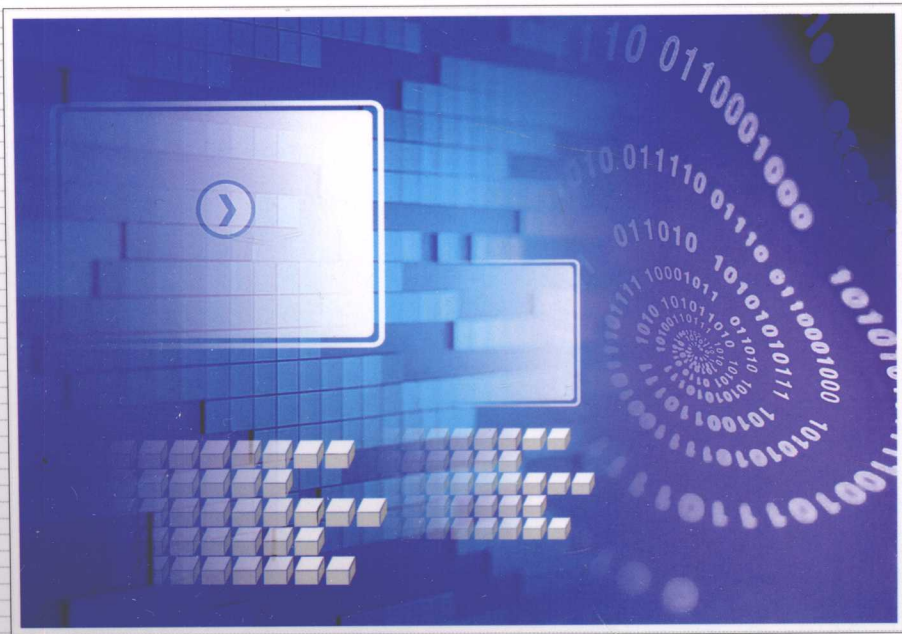


中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

机械CAD/CAM

jixie CAD/CAM

■ 主编 柯吉友



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

职业教育培养的是面向生产的技术型人才,本书根据中等职业学校学生情况及国内外教材编写经验,在校全面、系统地阐述基本概念、理论的基础上突出了实用性。

本书共分六章,前三章阐述了机械 CAD/CAM 的基础知识,包括技术基础、数据处理、机械设计与加工等,后三章注重应用,结合实例讲解了建模、造型和数控加工方面的操作实用方法。

版权专用 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

机械 CAD/CAM/柯吉友主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 9

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2842 - 8

I. 机… II. 柯… III. ①机械设计: 计算机辅助设计 - 专业学校 - 教材②机械制造: 计算机辅助制造 - 专业学校 - 教材 IV. TH122 TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 157647 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 7.75

字 数 / 192 千字

版 次 / 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 14.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

中等职业教育是以培养具有较强实践能力,面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育,是职业技术教育的初级阶段。目前,中等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据教育部关于要求发展中等职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,北京理工大学出版社组织编写了《21 世纪中等职业教育特色精品课程规划教材》。该系列教材是中等职业教育课程改革项目研究成果。坚持以能力为本位,以就业为导向,以服务学生职业生涯发展为目的的指导思想。主要从以下三个角度切入:

1. 从专业建设角度

该系列教材摒弃了传统普通高等教育和传统职业教育“学科性专业”的束缚,致力于中等职业教育“技术性专业”。主体内容由与一线技术工作相关联的岗位有关知识所构成,充分体现职业技术岗位的有效性、综合性和发展性,使得该系列教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性,而且突出知识的实用性、综合性,把职业岗位所需要的知识和实践能力的培养融于一炉。

2. 从课程建设角度

该系列教材规避了现有的中等职业教育教材内容上的“重理论轻实践”、“重原理轻案例”,教学方法上的“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”,考核评价上的“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向,力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容,加强实践性教学环节,注重案例教学和能力的培养,使职业能力的提升贯穿于教学的全过程。

3. 从人才培养模式角度

该系列教材为了切合中等职业教育人才培养的产学结合、工学交替培养模式,注重有学就有练、学完就能练、边学边练的同步教学,吸纳新技术引用、生产案例等情景来激活课堂。同时,为了结合学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习实际,注重对新知识、新工艺、新方法、新标准引入,在培养学生创造能力和自我学习能力的培养基础上,力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了贯彻和落实上述指导思想,在本系列教材的内容编写上,我们坚持以下一些原则:

1. 适应性原则

在进行广泛的社会调查基础上,根据当今国家的政策法规、经济体制、产业结

构、技术进步和管理水平对人才的结构需求来确定教材内容。依靠专业自身基础条件和发展的可行性,以相关行业和区域经济状况为依托,特别强调面向岗位群体的指向性,淡化行业界限、看重市场选择的用人趋势,保证学生的岗位适应能力得到训练,使其有较强的择业能力,从而使教材有活力、有质量。

2. 特色性原则

在调整原有专业内容和设置专业新兴内容时,注意保留和优化原有的、至今仍适应社会需求的内容,但随着社会发展和科技进步,及时充实和重点落实与专业相关的新内容。“特色”主要是体现为“人无我有”,“人有我精”或“众有我新”,科学预测人才需求远景和人才培养的周期性,以适当超前性专业技术来引领教材的时代性。结合一些一线工作的实际需要和一些地方用人单位的区域资源优势、支柱产业及其发展方向,参考发达地区的发展历程,力争做到专业课内容的成熟期与人才需求的高峰期相一致。

3. 宽口径性原则

拓宽教材基础是提高专业适应性的重要保证之一。市场体制下的人才结构变化加快,科技迅猛发展引起技术手段不断更新,用人机制的改革使人才转岗频繁,由此要求大部分专门人才应是“复合型”的。具体课程内容应是当宽则宽,当窄则窄。在紧扣本专业课程内容基础上延伸或派生出一些适应需求的与其他专业课相关的综合技能。既满足了社会需求又充分锻炼学生的综合能力,挖掘了其潜力。

4. 稳定性和灵活性原则

中职职业教育的专业课程都有其内核的稳定性,这种内核主要是体现在其基本理论,基础知识等方面。通过稳定性形成专业课程教材的专业性特点,但同时以灵活的手段结合目标教学和任务教学的形式,设置与生产实践相切合的项目,推进教材教学与实际工作岗位对接。

为了更好地落实本教材的指导思想和编写原则,教材的编写者都是既有一定的教学经验、懂得教学规律,又有较强实践技能的专家,他们分别是:相关学科领域的专家;中等职业教育科研带头人;教学一线的高级教师。同时邀请众多行业协会合作参与编写,将理论性与实践性高度统一,打造精品教材。另外,还聘请生产一线的技术专家来审读修订稿件,以确保教材的实用性、先进性、技术性。

总之,该系列教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果,希望本系列教材能为职业教育的提高和发展作出贡献。

北京理工大学出版社

前 言



随着社会主义市场经济的迅速发展,数控加工技术广泛地应用于各个行业,机械 CAD/CAM 逐渐进入实用化阶段,普遍应用于航空航天、汽车、机械等行业。相对于快速发展的机械制造技术,相关人才的输出较为滞后,为了培养更多这方面的人才,满足社会即企业的需求,编者参考了众多教学大纲,并结合实际经验编写了本书。

职业教育培养的是面向生产的技术型人才,本书根据中等职业学校学生情况及国内外教材编写经验,在较全面、系统地阐述基本概念、理论的基础上突出了实用性。

本书共分六章,前三章阐述了机械 CAD/CAM 的基础知识,包括技术基础、数据处理、机械设计与加工等,后三章注重应用,结合实例讲解了建模、造型和数控加工方面的操作实用方法。

由于作者水平有限,加上时间仓促,书中难免存在不足之处,恳请读者多提宝贵意见,以便进一步修改。

编 者

目 录

第一章 机械 CAD/CAM 技术基础	1
第一节 机械 CAD/CAM 技术概述	1
第二节 机械 CAD/CAM 系统	2
第三节 常用 CAD/CAM 软件介绍	4
第二章 机械 CAD/CAM 数据处理	7
第一节 程序化数表	7
第二节 程序化线图	11
第三节 数据的处理	15
第三章 机械设计与加工	19
第一节 先进制造技术	19
第二节 计算机辅助工艺过程设计	22
第三节 计算机集成制造系统	26
第四节 反求工程	29
第五节 网络制造系统	31
第四章 机械 CAD/CAM 建模	35
第一节 基本方法	35
第二节 软件介绍	38
第三节 线框建模	40
第四节 曲面建模	45

第五节 三维实体建模	52
第五章 实体造型实例	57
第一节 涡轮造型	57
第二节 鼠标造型	73
第六章 数控加工基础	80
第一节 数控加工基础	80
第二节 加工	87
第三节 轨迹编辑	100
第四节 后置处理	107

机械 CAD/CAM 技术基础



本章概述

机械 CAD/CAM 技术是适应市场需求,而在机械制造领域产生的一种全新的设计与制造方式,它的应用革新了机械产品的设计理念和生产方式,极大地提高了生产效率。其发展伴随着计算机技术的发展,经历了一个突飞猛进的阶段。本章主要介绍机械 CAD/CAM 技术的基本定义和特点,以及其组成和发展趋势。



学习目标

1. 了解机械 CAD/CAM 技术的发展过程和趋势。
2. 掌握机械 CAD/CAM 系统的组成。
3. 熟悉常用机械 CAD/CAM 软件。

* * * * *

第一节 机械 CAD/CAM 技术概述

一、机械 CAD/CAM 定义

CAD(Computer Aided Design, 计算机辅助设计),指利用计算机及其图形设备帮助设计人员进行设计工作;CAM(computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造),指利用计算机来进行生产设备管理控制和操作。计算机在现代制造业起着重要的作用,利用其集成技术,将产品设计(CAD)、工艺设计(CAPP)、生产加工(CAM)有机地结合起来,称之为机械 CAD/CAM 集成技术。

二、机械 CAD/CAM 技术优势

与传统的机械设计相比,机械 CAD/CAM 技术有着巨大的优势,主要表现在以下三个方面:

(1)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技术知识,为产品设计提供了科学依据。计算机与人交互作用,有利于发挥人机各自的特长,是产品设计更加合理化。

(2)增加生产效率 由于机械产品的设计计算和图样绘制的自动化,大大缩短了设计工作所需的时间。随着计算机技术的日益发展,机械 CAD 和机械 CAM 的一体化集成技术可显著缩短从设计开发到制造生产的周期,与传统的设计方法相比,设计效率得到大幅提升。

(3)降低生产成本 计算机高速分析计算能力节省了大量劳动力,同时,优化设计技术也节省了原材料的消耗,提高了经济效益。

三、机械 CAD/CAM 发展趋势

计算机技术、制造技术等与 CAD/CAM 相关的技术发展日新月异,推动了 CAD/CAM 的迅猛发展。CAD/CAM 技术的发展趋势呈现下列特征:

(1)智能化 机械设计过程,除了数值计算,还包含了大量决策性和创造性的活动。为了适应机械产品设计的设计新需求,机械设计必须向着智能设计的方向发展。智能制造系统是一种由智能机器和人类共同组成的人机一体化系统。通过机器模拟人类的智能活动,形成一种新的设计方式,具有高度柔性和高度集成性,能够更好地满足设计需求。

(2)网络化 随着机械项目的大型化,一个项目往往需要多个个人或企业协作完成,而 Internet 的迅速发展正适合于这种协同作业方式,将分散的智力和生产设备组合,建立网络体系,这种方式具有巨大的信息优势,成为全球化机械制造系统的发展方向。

(3)一体化 产品开发过程包括设计、分析和制造等多个环节,要使机械 CAD/CAM 技术在产品开发过程的各个环节都得到应用,就要求将 CAD/CAM 集成起来,实现一体化。所谓的一体化,并非将单独的 CAD、CAM 等系统进行简单的连接,而是从概念设计开始就考虑到集成。通过将系统设计得到的产品信息用于产品开发的其他环节,能够进一步实现信息资源的有效共享。

第二节 机械 CAD/CAM 系统

CAD/CAM 系统由硬件系统和软件系统组成,如图 1-1 所示。

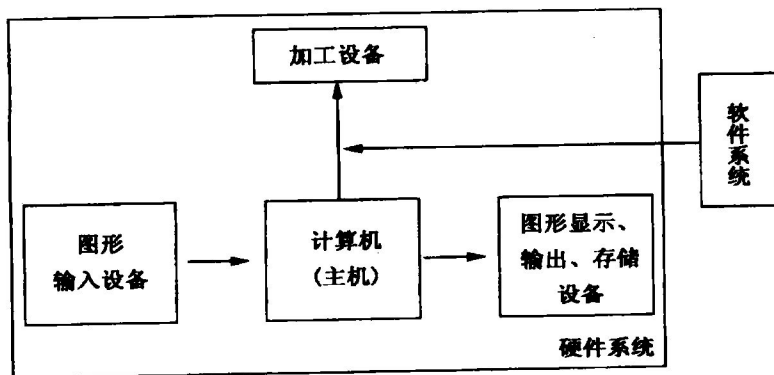


图 1-1 CAD/CAM 系统的组成

一、硬件系统

1. 计算机(主机)

计算机(主机)是指计算机的中央处理机 CPU、内存储器 and 输入/输出接口(I/O)。执行运算和逻辑判断任务,控制和指挥整个系统的运行,是 CAD/CAM 的中枢。

2. 图形输入设备

图形输入设备向计算机输入数据、图形、程序和各种字符信息。是人机交互的工具,主要有鼠标、键盘、数字化仪和扫描仪等。

3. 图形显示、输出设备

图形显示、输出设备显示和输出计算机运行的结果。是人机交互的工具,主要有显示器、打印机和绘图仪等。

4. 数据存储设备

数据存储设备用来存放大量暂时不用而等待调用的程序和数据。主要有磁盘和光盘等。

5. 加工设备

加工设备是 CAD/CAM 的控制对象。主要有数控机床、工业机器人和自动监测装置等。

二、软件系统

1. 系统软件

系统软件是计算机的操作系统,对计算机资源进行管理和控制的软件,是人机交互的接口。系统软件具有公用性和基础性,需要具备内存管理、CPU 管理、文件管理、输入输出管理等基本功能。

2. 支撑软件

支撑软件是帮助用户高效率地开发、运行应用软件的软件系统,是软件开发工具。主要有以下几种:

(1)几何造型软件 几何造型软件用于建立零件的三维几何模型,生成线框模型、曲面模型和实体模型。

(2)图形软件 图形软件为用户提供一个可被高级语言调用的图形程序库,提供完成图形的生成、显示、编辑、修改、输出、存储以及文本操作等功能,在应用程序中可以通过图形支撑软件进行图形处理。

(3)网络软件 网络软件为网络型 CAD/CAM 系统提供联网支持的软件。

(4)数据库管理系统数据库管理系统 对交互设计、绘图和数控加工信息进行管理,实现数据共享的软件系统。

(5)计算分析、优化、仿真软件 主要提供一些常用的算法程序库、有限元分析程序、优化程序和各種数字仿真程序,是辅助设计和工程分析的重要工具。

(6)NC 编程软件 NC 编程软件是供 CAD/CAM 系统自动转换生成和输出 NC 加工程序的软件。

3. 应用软件

应用软件是在软件和支撑软件的基础上,针对某个特定领域而利用基础软件专门开发出来的应用程序。应用软件是 CAD 系统的核心,会直接影响最终设计的效果。

第三节 常用 CAD/CAM 软件介绍

一、UNI GRAPHICS II

UNI GRAPHICS II 简称 UG II,是由美国 UGS(Unigraphics Solutions)公司开发的 CAD/CAM 软件。除了具备一般 CAD/CAM 软件造型和加工的功能外,该软件还能对多种设计方案进行对比分析和优化,能管理复杂产品的装配。

UG II 有许多明显的特点,比如:采用了能独立运行的面向对象的集成管理数据库系统,使产品的设计、分析和制造工作能自由转换;采用了特征化、参数和变量化的概念设计;其曲面造型是以非均匀 B 样条为数学基础,并将线框模型、曲面模型和实体模型融为一体来进行曲面实体造型。

UG II 主要有概念设计、基本设计绘图、细节绘图、实体模型、高级曲面模型、组合件及部件、机械结构、图形有限元模型、塑料流动、图形交互式语言、平面铣削、型腔铣切、车削加工、钣金成形、下料排样、冲压—激光、综合仿真、工程数据库、计算机辅助工艺过程设计等功能模块。

在 UG II 的二次开发接口中,有把 UG II 的图形功能与高级语言的计算功能结合起来的 GRLP;有为用户设计新产品和复杂曲面几何形状的实体建模提供进一步开发工具的子程序,该子程序由 Parasolid 和 UG 集成而来;有提供软件库让 UG 与其他软件系统实现接口的 UserFunction,该接口允许用户在 UG 中增加功能、存取 UG 数据库,将其他用户写的程序连接到 UG;有实现工业标准数据转换的 LGES 双向接口等。

UG II 主要用于航空航天飞行器、汽车、通用机械以及模具的设计、分析和制造等行业。

二、Solidworks/CAMworks

Solidworks 是美国 Solidworks 公司推出的世界上第一套基于 Windows 和微软、硬件平台的三维机械设计软件。Solidworks 的黄金伙伴 CAMworks 是 Treksoft 公司开发的一套高智能化、高效率的计算机辅助制造软件。Solidworks 与 CAMworks 无缝链接为用户提供了一整套完善的 CAD/CAM 一体化解决方案。

Solidworks 采用最流行的 Parasolid 技术开发的内核构成了先进的基于特征的最新技术,具有强大的设计功能。在零件设计方面,Solidworks 提供了非全约束的实体特征建模与曲面建模相结合的技术,使用户在设计时操作更加灵活,并且能够保证用户设计出非常复杂的产品;在零件设计环境中,还具有功能强大的钣金模块,该模块可以利用平面特征、多重弯曲等功能设计出非常复杂的钣金零件;在装配设计方面,Solidworks 提供了自底向上和自顶向下两种装配设计方法;在工程图方面,Solidworks 提供了生成完整详细的工程图的各种设计工具,使用户能快捷地生成完整的、符合标准的工程图样;在接口方面,Solidworks 支持 IGES、DXF、DWG、SAT(ACSI)、STEP、STL、ASC II、VDAFS(VDA)、VRML、Parasolid 等数据标准。

CAMworks 是按 Solidworks 要求采用统一的数据库、单一的 Windows 界面,并通过 Solidworks 公司严密的内部测试和认证的黄金伙伴。CAMworks 实现了传统 CAD/CAM 软件中的计算机辅助加工编程方法与先进的人工智能技术的完美集合,能保证产品数据和特征信息的一致;能够支持多轴数控铣削、车削、线切割、激光成形、水刀切割等完整的数控加工方法,具有上

百种数控机床的后置处理程序;具有世界领先的基于实体特征的加工技术和加工特征识别技术,能直接对实体模型进行切削和加工模拟,能通过独创的自动特征识别 AFR(Automatic Feature Recognition)技术和交互特征识别 IFR(Interactive Feature Recognition)技术,快捷、智能化地识别和提取零件几何特征,而不必考虑创建特征的 CAD 系统是什么类型;资源丰富,功能完善的内置工艺技术数据库(TechDB - Technology Database)运用了基于知识经验的加工技术(KBM),能够明显的减少编制加工工艺流程所需要的人员经验和时间;方便、实用的联合加工技术,能够将不同的加工特征和加工计划按照一定规律组成逻辑组,以树结构显示,并且与模型的加工特征动态链接。

Solidworks 除了通过黄金伙伴相配套来加强自身的实力,还通过开发高级渲染(Photo Works)、动画模拟(Animator)、有限元分析(COSMOSXpress)、在线资源库(3D Content - Central)等附加模块来不断完善自身功能。

Solidworks 与 CAMworks 结合广泛应用于机械、电子、汽车、航空等行业。

三、CAXA 制造工程师

CAXA 制造工程师是一套由我国北京北航海尔软件有限公司研制开发的基于 Windows 原创风格、功能强大、易学易用、全中文界面的计算机辅助设计与制造软件。

CAXA 制造工程师为现代机械行业提供了从造型设计到加工轨迹仿真、代码生成、校验一体化的全套方案。在设计阶段,是通过独立或混合使用线框造型、曲面造型和实体特征造型来完成对三维复杂产品的设计;在加工阶段,是通过设定加工工艺参数和机床来自动生成二至五轴的加工代码,并通过轨迹仿真和代码反读来校验加工工艺和代码质量。

CAXA 制造工程师还提供了许多与其他 CAD 软件进行双向数据交换的接口,比如:基于曲面的 DXF 和 IGES 标准图形接口,基于实体的 SAT、X-T、X-B,面向快速成形设备的 SLT 以及面向 INTERNET 和虚拟现实的 VRML 接口。这些接口保证了与世界流行的 CAD 软件的双向数据交换,使企业可以跨平台和跨地域的与合作伙伴实现虚拟产品的开发和生产。

CAXA 制造工程师主要用于汽车、电子、兵器、航空航天等精密零件的生产和塑模、锻模、汽车覆盖件拉伸模等复杂模具的设计及加工。

四、Pro/ENGINEER

Pro/ENGINEER 简称 Pro/E,是美国 PTC(Parametric Technology Corporation)公司开发的一套能实现三维 CAD/CAM 参数化操作的软件。

Pro/E 主要有基本模块、曲面造型、特征定义、装配设计、组件设计、工程制图、图表设计、电缆设计、电缆制造、模具设计、钣金设计、有限元网络、加工编程、数据校验、标准件库、数据管理、报表生成和读图等功能模块。

为了便于用户实现二次开发,Pro/E 提供了许多接口,比如:有为用户开发工具提供 C 语言编程的函数库的 Pro/DEVELOP;有对菜单和辅助说明信息进行语言翻译的 Pro/LANGVGE;有提供符合工业标准的输入、输出设备的软件接口 Pro/PLOT;有实现工业标准数据转换的 Pro/INTERFACE,数据交换功能包括 IGES4.0、IGES128、SET、DXF、SLA、NEUTRAL、PAT-RAN Geom、SUPERTAB Geom、VDA;Pro/E 还提供了 Pro/CAT 与 CATIA 系统的双向数据交换接口、Pro/CDT 与 PROFESSIONAL CADAM 的双向数据交换接口、Pro/ECAD 与 ECAD(电子 CAD)的数据交换接口来实现与其他 CAD 系统的数据交换。Pro/E 主要用于汽车、宇航和飞

机制造、模具、电子及计算机设备等行业。



机械 CAD/CAM 的发展历史

1952 年,美国麻省理工学院成功研制了第一台数控铣床。

20 世纪 50 年代中期,美国麻省理工学院研制开发了自动控制编程工具语言,提出了一系列 CAM 基本技术。

1963 年,美国麻省理工学院研制成功了第一台可进行实时交换图形处理的计算机图形显示系统。

1972 年,国际信息处理联合会正式给出了 CAD 的定义。

20 世纪 80 年代,CAD/CAM 向集成系统发展。

20 世纪 90 年代,进入面向产品并行设计制造环境的 CAD/CAM 阶段。



1. 机械 CAD/CAM 的基本定义是什么?
2. 简述机械 CAD/CAM 系统的组成以及各部分的功能?
3. 机械 CAD/CAM 技术有哪些发展趋势?
4. 列举常用 CAD/CAM 应用软件?

机械 CAD/CAM 数据处理



本章概述

机械 CAD/CAM 设计过程中,需要对一系列的数据资料进行大量的分析、计算及其他各种处理工作。传统的设计过程中,工程设计人员查阅各种国家标准、工程规范等来获取这些数据,耗费了大量时间、精力而并不能保证其准确性。CAD/CAM 系统的工作过程本质上就是计算机化的数据处理过程。通过 CAD/CAM 系统,由计算机来完成这些繁琐的过程。数据处理是由人、计算机和程序共同对数据进行处理的过程。处理工程实践数据时,主要包括程序化数表、文件化数表、数表的数据库管理、解析化数表等。本章着重介绍程序化数表和数表的数据库管理。



教学目标

1. 了解数表的概念、分类,掌握其程序化的方法。
2. 掌握线图的特点和处理方法。
3. 理解数据处理中的文件处理和数据库管理。

第一节 程序化数表

机械设计中应用的数表形式很多,通常分为简单数表和列表函数数表两类,根据不同的数表类型需要采用不同的数据处理方法。

程序化数表就是将数表中的数据以一定的形式编放于程序中,直接被计算机自动检索和调用。此方法的优点是在数据量较少时,程序和数据在一起;缺点是数据无法共享。

一、简单数表

简单数表的特点是数据之间相互独立,没有一定的函数关系。按其数值与自变量(或相关因素)个数的多少可分为一维数表、二维数表和多维数表。设计手册的各种标准或规范中的数表,多属于简单数表。

1. 一维数表

由一个自变量选取数据的表格称为一维数表,是数表中最简单的一种,表现为一行多列的形式。表 2-1、表 2-2 分别为材料密度和渐开线圆柱齿轮模数的一维数表。

表 2-1 材料密度表

材料	铸铁	工业铸铁	钢材	高速钢	不锈钢
密度/(g/cm ³)	6.6	7.87	7.85	8.30	7.75

表 2-2 渐开线圆柱齿轮模数(摘自 GB/T 1357—1987)

mm

第一系列	1, 1.25, 1.5, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8
第二系列	1.75, 2.25, 2.75, (3.25), 3.5, (3.75), 4.5, 5.5, (6.5), 7
第一系列	10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50
第二系列	9, (11), 14, 18, 22, 28, (30), 36, 45

2. 二维数表

由两个自变量才能确定一个未知数据的表格称为二维数表,其各数据间也是相互独立的。表 2-3 为冲裁模凹模孔口部分尺寸参数的二维数表,对于同一种材料厚度有 3 个参数(h, α, β)需要确定。

表 2-3 凹模孔口部分尺寸参数表

材料厚度/mm	h /mm	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$
≤ 0.5	5.0	0.25	2.0
$> 0.5 \sim 1.0$	6.0	0.25	2.0
$> 1.0 \sim 2.5$	7.0	0.25	2.0
$> 2.5 \sim 6.0$	8.0	0.50	2.0
> 6.0	10.0	0.50	3.0

3. 多维数表

自变量个数大于 2 的数表称为多维数表,数表的维数由具体的自变量个数来确定。工程手册中以多维数表居多。表 2-4 是轴的常用材料及其试件的主要力学功能参数的多维数表。

表 2-4 轴的常用材料及其试件的主要力学功能

材料 牌号	热 处理	毛坯直径 /mm	硬度(HBS)	抗拉强度	屈服点	弯曲疲劳	扭转疲劳	说明
				σ_b	σ_b	极限 σ_{-1}	极限 τ_{-1}	
MPa 不小于								
Q235		≤16	375 ~ 160	235	185	105	用于不重要 或载荷不大的 轴	
		>16 ~ 40		225	175	100		
		>40 ~ 60		215	170	98		
		>60 ~ 100		205	165	95		
		>100 ~ 150		195	155	90		
		>150		185	150	85		

续 表

材料 牌号	热 处理	毛坯直径 /mm	硬度(HBS)	抗拉强度	屈服点	弯曲疲劳	扭转疲劳	说明
				σ_b	σ_s	极限 σ_{-1}	极限 τ_{-1}	
MPa 不小于								
20	正火	25	≤ 156	420	250	180	100	用于载荷不 大, 要求 韧 性较高的轴
	正火 回火	≤ 100	103 ~ 156	400	220	165	95	
		> 100 ~ 300		380	200	155	90	
		> 300 ~ 500		370	190	150	85	
		> 500 ~ 700		360	180	145	80	

简单数表的参数数据多是工程规范或标准的数值,因此设计时,这些参数的选取要取数表中的标准值,称为数据的圆整(注:不要与数值取整混淆)。由于数表中的各个数据是相互独立的,因此,没有插值计算的问题,这是它与列表函数数表在处理上的主要区别。

4. 程序化简单数表

程序化简单数表是将数表中的数据以某种计算机语言,直接编入程序中,在设计时,可以根据已知条件检索和调用所需的数据。数表中的数据是相互独立的,没有一定的函数关系,故不涉及插值的问题。常用的方法是数表中的数据,根据具体计算机语言的规定,编写成一维、二维或多维数组语句,供应用程序调用。这种方法简便、易操作。

在计算机数据的处理过程中,按理论公式计算出的参数的理论值与工程规范或标准选取的标准值不同时,这就涉及数据的选取,按规定要选取工程规范或标准选取标准值,这项工作 CAD 作业中称为参数的圆整,这是 CAD 作业中经常需处理的工作。此工作编程中的思想就是让计算机对参数的理论值与标准数表的数值进行一一比较,取标准数表中第一个等于或大于理论值的数值作为此参数的实际应用值,从而实现参数的自动检索和圆整。但是此项工作处理的数据量较大,因此常采用数组语句的方法进行编程。

二、列表函数数表

在工程设计中,由于复杂问题通常难以用理论公式准确表示,只能通过实验、观察或简化公式计算得到各参数之间的一些离散而相互对应的数据,而这些参数数据间显然存在某种函数关系,即

$$y_i = f(x_i), i = 1, 2, \dots, n$$

但是,难以用明确的理论公式表达出来。可以将这些相应的数据 x_i, y_i 组成一张数表,称为列表函数,用于表示参数间的关系。表 2-5 即为列表函数数表,列表函数适用于表达工程中某些复杂问题的参数间的关系。

表 2-5 列表函数数表

x	x_1	x_2	x_3	x_4	$\dots$	x_n
y	y_1	y_2	y_3	y_4	$\dots$	y_n

1. 列表函数数表

列表函数数表同简单数表的分类方法相同,按自变量的多少可分为一维数表(函数值与

一个自变量相关),如表2-6;二维数表(函数值与两个自变量相关);三维数表(函数值与三个自变量相关)等,依次类推。

表2-6 空气的动力黏性系数表(节录)

温度/℃	0	10	20	30	40	50	60	70	80
动力黏性系数 / $\text{Pa} \cdot \text{s} \times 10^{-5}$	1.72	1.78	1.82	1.87	1.92	1.96	2.01	2.04	2.10

2. 程序化列表函数数表

列表函数数表与简单数表的区别是:数据有一定的函数关系,是相互关联的,如 $y=f(x)$,如表2-5所示,故列表函数数表的程序化时,自变量值与标准值不同时的处理方法与简单数表的程序化处理方法不同,不采用圆整的方法,而采用插值的方法。关于列表数据的编程方法可以用简单列表的数组语句和 INPUT 语句将数表的参数值编入程序中,在此不再赘述,着重介绍插值方法。常用的插值方法是线性插值和抛物线插值方法。

(1)线性插值 一般称 $g(x)$ 为逼近函数 $f(x)$ 称被逼近函数。如果要求构造的函数 $g(x)$ 取给定的离散数据,则称 $g(x)$ 为 $f(x)$ 的插值函数 $f(x)$ 称为被插值函数。线性插值就是构造的函数 $g(x)$ 为线性函数,用 $g(x)$ 来代替列表函数 $f(x)$,如图2-1所示,其几何意义,即是过曲线 $f(x)$ 上的两点 $(x_i, y_i), (x_{i+1}, y_{i+1})$ 作直线 $g(x)$,用 $g(x)$ 来代替 $f(x)$ 。

编程的基本思想是,用列表中相邻的两个自变量 $(x_i, y_i), (x_{i+1}, y_{i+1})$ 来确定线性函数 $g(x) = a + bx$ 的系数 a 和 b ,然后将理论计算的 $(x_i < x < x_{i+1})$ 值代入 $g(x)$,求出的值作为参数取值。公式为

$$y = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}(x - x_i) + y_i$$

由于用线性函数 $g(x)$ 代替 $f(x)$ 时未考虑 $f(x)$ 的曲率半径和方向,因此这样代替存在一定的误差,误差的大小与原有函数 $f(x)$ 有关。但是当数表中的自变量数值间隔很小时,线性插值的精度完全能满足使用要求。

(2)抛物线插值 抛物线插值为非线性插值,所需构造的函数 $g(x)$ 为二次函数,用 $g(x)$ 来代替列表函数 $f(x)$ 。如图2-2所示其几何意义为在 $f(x)$ 上取3点,过此3点作抛物线 $g(x)$ 代替原有函数 $f(x)$ 。抛物线插值与线性插值相比,可以获得较高的精度。

编程的基本思想同线性插值,即用列表中相邻的三个自变量3点 $(x_{i-1}, y_{i-1}), (x_i, y_i), (x_{i+1}, y_{i+1})$ 作抛物线的方程 $g(x) = a + bx + cx^2$,确定系数 a, b, c ,然后将理论计算的 $x(x_{i-1} < x < x_{i+1})$ 值代入 $g(x)$,求出 $g(x)$ 值即为参数的取值 y ,其计算公式为

$$y = \frac{(x - x_i)(x - x_{i+1})}{(x_{i-1} - x_i)(x_{i+1} - x_i)} y_{i-1} + \frac{(x - x_{i-1})(x - x_{i+1})}{(x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1})} y_i + \frac{(x - x_{i-1})(x - x_i)}{(x_{i+1} - x_{i-1})(x_{i+1} - x_i)} y_{i+1}$$