



全国高职高专教育精品规划教材

CAXA

制造工程师 应用教程

● 主编 李海涛



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

全国高职高专教育精品规划教材

CAXA 制造工程师应用教程

主 编 李海涛
副主编 肖善华 杨 颖 肖起涛
编 委 王 泉 尚德波 解永辉
王 琦 周 荃 陈 娟

江苏工业学院图书馆
藏书章

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要介绍 CAXA 数控加工软件应用技术, 内容包括 CAXA 制造工程师三维造型及其仿真加工。突出以应用为主线, 由浅入深、循序渐进地介绍了 CAXA 制造工程师软件的应用。主要内容包括: 零件设计中的曲线草图设计、实体特征设计、曲面设计及相关知识; 数控编程中的平面加工、曲面粗加工与精加工及程序管理等相关知识, 并辅以相对应的实例操作进行讲解。全书抓住 CAXA 制造工程师软件的实体造型与数控加工两大核心内容, 结合作者多年教学和生产实践经验, 突出实际应用, 强调技巧性和启发性, 以最有效的方式提高读者的学习效果。教材讲练结合, 图文并茂, 选材典型, 具有很好的启发和引导作用。

CAXA 是数控工艺员培训(数控铣和加工中心部分)考试的指定软件, 具有技术领先、全中文界面、易学、实用等特点, 是一套 Windows 原创风格、功能强大的三维造型、曲面实体完美结合的 CAD/CAM 一体化软件。

本书可作为大专院校机械专业的 CAD/CAM 课程、数控工艺员(数控铣和加工中心部分)培训的教材或教学参考书, 同时可作为 CAXA 制造工程师的自学教程, 并可供数控加工技术人员参考。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

CAXA 制造工程师应用教程/李海涛主编. —北京: 北京交通大学出版社, 2009.6

(全国高职高专教育精品规划教材)

ISBN 978-7-81123-636-1

I. C… II. 李… III. 数控机床-计算机辅助设计-应用软件, CAXA-高等学校: 技术学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 084292 号

责任编辑: 张慧蓉

出版发行: 北京交通大学出版社

电话: 010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编: 100044

印刷者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印张: 22.25 字数: 526 千字

版 次: 2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-81123-636-1/TG·8

印 数: 1~3 000 册 定价: 34.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

全国高职高专教育精品 规划教材丛书编委会

主任：曹 殊

副主任：武汉生（西安翻译学院）

朱光东（天津冶金职业技术学院）

何建乐（绍兴越秀外国语学院）

文晓璋（绵阳职业技术学院）

梅松华（丽水职业技术学院）

王 立（内蒙古建筑职业技术学院）

文振华（湖南现代物流职业技术学院）

叶深南（肇庆科技职业技术学院）

陈锡畴（郑州旅游职业学院）

王志平（河南经贸职业学院）

张子泉（潍坊科技职业学院）

王法能（西安外事学院）

邱曙熙（厦门华天涉外职业技术学院）

逯 侃（步长集团 陕西国际商贸学院）

委员：黄盛兰（石家庄职业技术学院）

张小菊（石家庄职业技术学院）

邢金龙（太原大学）

孟益民（湖南现代物流职业技术学院）

周务农（湖南现代物流职业技术学院）

周新焕（郑州旅游职业学院）

成光琳（河南经贸职业学院）

高庆新（河南经贸职业学院）

李玉香（天津冶金职业技术学院）

邵淑华（德州科技职业学院）

宋立远（广东轻工职业技术学院）

孙法义（潍坊科技职业学院）

刘爱青（德州科技职业学院）

颜 海（武汉生物工程学院）

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,其根本任务是培养生产、建设、管理和服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的应用型专门人才,所培养的学生在掌握必要的基础理论和专业知识的基础上,应重点掌握从事本专业领域实际工作的基础知识和职业技能,因此与其对应的教材也必须有自己的体系和特点。

为了适应我国高职高专教育发展及其对教育改革和教材建设的需要,在教育部的指导下,我们在全中国范围内组织并成立了“全国高职高专教育精品规划教材研究与编审委员会”(以下简称“教材研究与编审委员会”)。“教材研究与编审委员会”的成员所在单位皆为教学改革成效较大、办学实力强、办学特色鲜明的高等专科学校、成人高等学校、高等职业学校及高等院校主办的二级职业技术学院,其中一些学校是国家重点建设的示范性职业技术学院。

为了保证精品规划教材的出版质量,“教材研究与编审委员会”在全国范围内选聘“全国高职高专教育精品规划教材编审委员会”(以下简称“教材编审委员会”)成员和征集教材,并要求“教材编审委员会”成员和规划教材的编著者必须是从事高职高专教学第一线的优秀教师和专家。此外,“教材编审委员会”还组织各专业的专家、教授对所征集的教材进行评选,对所列选教材进行审定。

此次精品规划教材按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”而编写。此次规划教材按照突出应用性、针对性和实践性的原则编写,并重组系列课程教材结构,力求反映高职高专课程和教学内容体系改革方向;反映当前教学的新内容,突出基础理论知识的应用和实践技能的培养;在兼顾理论和实践内容的同时,避免“全”而“深”的面面俱到,基础理论以应用为目的,以必需、够用为尺度;尽量体现新知识和新方法,以利于学生综合素质的形成和科学思维方式与创新能力的培养。

此外,为了使规划教材更具广泛性、科学性、先进性和代表性,我们真心希望全国从事高职高专教育的院校能够积极参加到“教材研究与编审委员会”中来,推荐有特色的、有创新的教材。同时,希望将教学实践的意见和建议,及时反馈给我们,以便对出版的教材不断修订、完善,不断提高教材质量,完善教材体系,为社会奉献更多更新的与高职高专教育配套的高质量教材。

此次所有精品规划教材由全国重点大学出版社——北京交通大学出版社出版,适应于各类高等专科学校、成人高等学校、高等职业学校及高等院校主办的二级技术学院使用。

全国高职高专教育精品规划教材研究与编审委员会

2009年6月

总 序

历史的年轮已经跨入了公元 2009 年,我国高等教育的规模已经是世界之最,2008 年毛入学率达到 23%,属于高等教育大众化教育的阶段。根据教育部 2006 年第 16 号《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神,高职高专院校要积极构建与生产劳动和社会实践相结合的学习模式,把工学结合作为高等职业教育人才培养模式改革的重要切入点,带动专业调整与建设,引导课程设置、教学内容和教学方法改革。由此,高职高专教学改革进入了一个崭新阶段。

新设高职类型的院校是一种新型的专科教育模式,高职高专院校培养的人才应当是应用型、操作型人才,是高级蓝领。新型的教育模式需要我们改变原有的教育模式和教育方法,改变没有相应的专用教材和相应的新型师资队伍的现状。

为了使高职院校的办学有特色、毕业生有专长,需要建立“以就业为导向”的新型人才培养模式。为了达到这样的目标,我们提出“以就业为导向,要从教材差异化开始”的改革思路,打破高职高专院校使用教材的统一性,根据各高职高专院校专业和生源的差异性,因材施教。从高职高专教学最基本的基础课程,到各个专业的专业课程,着重编写出实用、适用高职高专不同类型人才培养的教材,同时根据院校所在地经济条件的不同和学生兴趣的差异,编写出形式活泼、授课方式灵活、引领社会需求的教材。

培养的差异化是高等教育进入大众化教育阶段的客观规律,也是高等教育发展与社会发展相适应的必然结果。也只有使在校学生接受差异性的教育,才能充分调动学生浓厚的学习兴趣,才能保证不同层次的学生掌握不同的技能专长,避免毕业生被用人单位打上“批量产品”的标签。只有高等学校的培养有差异性,其毕业生才能有特色,才会在就业市场具有竞争力,从而使高职高专的就业率大幅提高。

北京交通大学出版社出版的这套高职高专教材,是在教育部“十一五规划教材”所倡导的“创新独特”四字方针下产生的。教材本身融入了很多较新的理念,出现了一批独具匠心的教材,其中,扬州环境资源职业技术学院的李德才教授所编写的《分层数学》,教材立意很新,独具一格,提出以生源的质量决定教授数学课程的层次和级别。还有无锡南洋职业技术学院的杨鑫教授编写的一套《经营学概论》系列教材,将管理学、经济学等不同学科知识融为一体,具有很强的实用性。

此套系列教材是由长期工作在第一线、具有丰富教学经验的老师编写的,具有很好的指导作用,达到了我们所提倡的“以就业为导向培养高职高专学生”和因材施教的目标要求。

教育部全国高等学校学生信息咨询与就业指导中心择业指导处处长

中国高等教育学会毕业生就业指导分会秘书长

曹 殊 研究员

前 言

先进制造技术是改造传统制造业的有效手段, 尽管先进制造技术无论就其行业覆盖面和学科上而言, 迄今并没有明确的界定, 但其内涵十分广泛则是公认的。正因为如此, 现有的一些先进制造技术发展规划覆盖面常比较宽, 作为宏观指导文件这是必要的, 但在资金有限的条件下却加大了实施规划的难度。众所周知效益是实施先进制造技术的首要目标, 而现有条件则是实施的基础, 先进一定要适用才能产生效益。为了有效地在我国利用先进制造技术改造传统制造业, 需要明确研究、开发和应用先进制造技术的重点。综观国内外先进制造技术的现状和发展, 可以看出数字化制造实为先进制造技术的核心技术, 是实施其他先进制造技术的平台。所以, 世纪之交在我国利用先进制造技术改造传统制造业, 重点是应利用数字化制造技术改造传统制造业, 继续大力开展数字化制造技术的研究开发。

CAD/CAM 系统软件是数控机床实现自动编程必不可少的应用软件。随着 CAD/CAM 技术的飞跃发展和推广应用, 国内外不少公司与研究单位先后推出了各种 CAD/CAM 支撑软件。目前, 就国内市场上销售比较成熟的 CAD/CAM 支撑软件有十几种, 既有国外的, 也有国内自主开发的, 这些软件在功能、价格、使用范围等方面有很大的差别。20 世纪 90 年代以前, 市场上销售的 CAD/CAM 软件基本上为国外的软件系统。90 年代以后, 国内在 CAD/CAM 技术研究和软件开发方面进行了卓有成效的工作, 尤其是在以 PC 机动性平台的软件系统。其功能已能与国外同类软件相当, 并在操作性、本地化服务方面具有优势。一个好的数控编程系统, 已经不仅仅限于绘图、做轨迹、出加工代码, 它还是一种先进的加工工艺的综合, 先进加工经验的记录、继承和发展。

北航海尔软件公司经过多年来的不懈努力, 推出了 CAXA 制造工程师数控编程系统。这套系统集 CAD、CAM 于一体, 功能强大, 易学易用, 工艺性好, 代码质量高, 现在已经在全国上千家企业使用, 并受到好评, 不但降低了投入成本, 而且提高了经济效益。CAXA 制造工程师数控编程系统, 现正在一个更高的起点上腾飞。CAXA 制造工程师数控编程系统的主要功能是: 利用灵活、强大的实体曲面混合造型功能和丰富的数据接口, 轻松实现产品任意复杂的三维造型设计; 只需通过加工工艺参数和机床后置的设定, 直接选取需加工的部分, 就可以自动生成适用于任何数控系统的加工代码; 可以通过直观的加工仿真和代码反读来检验加工工艺和代码质量。

本书系统地介绍了 CAXA 在计算机辅助制造方面的基础知识, 并附有大量的典型实例。分别介绍了 CAXA 基础、系统设置、曲线曲面图形的绘制与编辑、实体特征的生成、生成加工轨迹等。本书在讲解的过程中, 注意由浅入深、从易到难, 各章节既各自独立, 又相互关联。作者根据多年使用 CAXA 的经验, 以一系列的典型实例、及时的总结和提示, 帮助读者快捷地掌握所学知识。

为了使本书具有较强的针对性和实用性, 本着“由难到易、由简到繁、再到综合应用”的原则, 将全书分为 4 篇。第 1 篇基础篇, 介绍软件的界面、基本概念与基本操作; 第 2 篇造型篇, 介绍线架造型、曲面生成与曲面编辑、特征实体造型; 第 3 篇加工篇, 介绍数控加工基本知识及各种加工功能的应用与操作方法; 第 4 篇综合实例, 通过 3 个例子介绍 3D 造

型和数控加工功能的综合应用。

本书由潍坊职业学院李海涛担任主编；宜宾职业技术学院肖善华，昆明冶金高等专科学校杨颖，聊城市高级技工学校肖起涛任副主编；参编的还有潍坊职业学院王泉、尚德波、解永辉、王琦、周荃、陈娟。

由于编者的水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2009年5月

目 录

第 1 篇 基础篇	(1)
第 1 章 CAXA 制造工程师应用基础知识	(1)
1.1 数控加工技术概述	(1)
1.2 自动编程基础知识	(2)
1.3 CAD/CAM 系统简介	(4)
1.4 CAXA 制造工程师软件介绍	(9)
第 2 章 基本操作	(15)
2.1 文件管理	(15)
2.2 编辑	(22)
2.3 显示	(23)
2.4 工具	(29)
2.5 设置	(36)
2.6 数据接口	(44)
第 2 篇 造型篇	(48)
第 3 章 线架造型	(48)
3.1 空间线架	(48)
3.2 曲线生成	(50)
3.3 曲线编辑	(62)
3.4 几何变换	(66)
第 4 章 曲面生成与曲面编辑	(73)
4.1 曲面生成	(73)
4.2 曲面编辑	(89)
4.3 曲面造型综合实例	(109)
第 5 章 特征实体造型	(118)
5.1 草图	(118)
5.2 特征造型	(121)
5.3 处理特征	(137)
5.4 模具生成和实体布尔运算	(147)
5.5 特征造型综合实例	(151)
第 3 篇 加工篇	(173)
第 6 章 数控加工基础	(173)
6.1 数控加工基本知识	(173)

6.2 各种加工功能中通用加工参数设置	(176)
第 7 章 加工功能介绍	(201)
7.1 粗加工	(201)
7.2 精加工	(217)
7.3 补加工	(245)
7.4 槽加工	(259)
7.5 其他加工	(265)
7.6 知识加工	(270)
7.7 轨迹仿真	(271)
7.8 轨迹编辑	(276)
7.9 后置处理	(281)
7.10 工艺清单	(287)
第 4 篇 综合实例	(304)
第 8 章 机头热锻件模具的 3D 设计与 NC 加工	(304)
8.1 机头热锻件的 3D 设计	(304)
8.2 机头热锻件模具的 NC 加工	(333)
第 9 章 凸轮的造型与加工	(336)
9.1 凸轮的实体造型	(336)
9.2 凸轮曲面加工	(338)
9.3 轨迹仿真	(342)
9.4 生成 G 代码	(343)
9.5 生成工序单	(343)
参考文献	(346)

第1篇 基础篇

第1章 CAXA 制造工程师应用基础知识

1.1 数控加工技术概述

1.1.1 数控加工的特点

数控加工，也称之为 NC (Numerical Control) 加工，是以数值与符号构成的信息，控制机床实现自动运转。数控加工经历了半个世纪的发展已成为应用于当代各个制造区域的先进制造技术。数控加工的最大特征有二点：一是可以极大地提高精度，包括加工质量精度及加工时间误差精度；二是加工质量的重复性，可以稳定加工质量，保持加工零件质量的一致。也就是说加工零件的质量及加工时间是由数控程序决定而不是由机床操作人员决定的。

数控加工具有如下优点：

- ① 提高生产效率；
- ② 不需熟练的机床操作人员；
- ③ 提高加工精度并且保持加工质量；
- ④ 可以减少工装卡具；
- ⑤ 可以减少各工序间的周转，原来需要用多道工序完成的工件，用数控加工可以一次装卡完成，缩短加工周期，提高生产效率。
- ⑥ 容易进行加工过程管理；
- ⑦ 可以减少检查工作量；
- ⑧ 可以降低废、次品率；
- ⑨ 便于设计变更，加工设定柔性；
- ⑩ 容易实现操作过程的自动化，一个人可以操作多台机床；
- ⑪ 操作容易，极大减轻体力劳动强度。

随着制造设备的数控化率不断提高，数控加工技术在我国得到日益广泛的使用，在模具行业，掌握数控技术与否及加工过程中的数控化率的高低已成为企业是否具有竞争力的象征。数控加工技术应用的关键在于计算机辅助设计和制造 (CAD/CAM) 系统的质量。

如何进行数控加工程序的编制是影响数控加工效率及质量的关键，传统的手工编程方法复杂、烦琐，易于出错，难于检查，难以充分发挥数控机床的功能。在模具加工中，经常遇

到形状复杂的零件,其形状用自由曲面来描述,采用手工编程方法基本上无法编制数控加工程序。近年来,由于计算机技术的迅速发展,计算机的图形处理功能有了很大增强,基于CAD/CAM 技术进行图形交互的自动编程方法日趋成熟,这种方法速度快、精度高、直观、使用简便和便于检查。CAD/CAM 技术在工业发达国家已得到广泛使用。近年来在国内的应用也越来越普及,成为实现制造业技术进步的一种必然趋势。

1.1.2 数控加工

数控加工是将待加工零件进行数字化表达,数控机床按数字量控制刀具和零件的运动,从而实现零件加工的过程。

被加工零件采用线架、曲面、实体等几何体来表示,CAM 系统在零件几何体基础上生成刀具轨迹,经过后置处理生成加工代码,将加工代码通过传输介质传给数控机床,数控机床按数字量控制刀具运动,完成零件加工。其过程如下所示:

【零件信息】→【CAD 系统造型】→【CAM 系统生成加工代码】→【数控机床】→【零件】

① 零件数据准备:系统自设计和造型功能或通过数据接口传入 CAD 数据,如 STEP, IGES, SAT, DXF, X-T 等;在实际的数控加工中,零件数据不仅仅来自图纸,特别在广泛采用 Internet 网的今天,零件数据往往通过测量或通过标准数据接口传输等方式得到;

② 确定粗加工、半精加工和精加工方案;

③ 生成各加工步骤的刀具轨迹;

④ 刀具轨迹仿真;

⑤ 后置输出加工代码;

⑥ 输出数控加工工艺技术文件;

⑦ 传给机床实现加工。

1.2 自动编程基础知识

1.2.1 自动编程的概念

前面介绍了数控编程中的手工编程,当零件形状比较简单时,可以采用这种方法进行加工程序的编制。但是,随着零件复杂程度的增加,数学计算量、程序段数目也将大大增加,这时如果单纯依靠手工编程将极其困难,甚至是不可能完成的。于是人们发明了一种软件系统,它可以代替人来完成数控加工程序的编制,这就是自动编程。

自动编程的特点是编程工作主要由计算机完成。在自动编程方式下,编程人员只需采用某种方式输入工件的几何信息以及工艺信息,计算机就可以自动完成数据处理、编写零件加工程序、制作程序信息载体以及程序检验的工作而无须人的参与。在目前的技术水平下,分析零件图纸以及工艺处理仍然需要人工来完成,但随着技术的进步,将来的数控自动编程系统将从只能处理几何参数发展到能够处理工艺参数。即按加工的材料、零件几何尺寸、公差等原始条件,自动选择刀具、决定工序和切削用量等数控加工中的全部信息。

1.2.2 自动编程的分类

自动编程技术发展迅速,至今已形成的种类繁多。这里仅介绍三种常见的分类方法。

(1) 按使用的计算机硬件种类划分,可分为:微机自动编程,小型计算机自动编程,大型计算机自动编程,工作站自动编程,依靠机床本身的数控系统进行自动编程。

(2) 按程序编制系统(编程机)与数控系统紧密程度划分。

① 离线自动编程 与数控系统相脱离,采用独立机器进行程序编制工作称为离线自动编程。其特点是可为多台数控机床编程,功能多而强,编程时不占用机床工作时间。随着计算机硬件价格的下降,离线编程将是未来的趋势。

② 在线自动编程 数控系统不仅用于控制机床,而且用于自动编程,称为在线自动编程。

(3) 按编程信息的输入方式划分。

① 语言自动编程:这是在自动编程初期发展起来的一种编程技术。语言自动编程的基本方法是:编程人员在分析零件加工工艺的基础上,采用编程系统所规定的数控语言,对零件的几何信息、工艺参数、切削加工时刀具和工件的相对运动轨迹和加工过程进行描述形成所谓“零件源程序”。然后,把零件源程序输入计算机,由存于计算机内的数控编程系统软件自动完成机床刀具运动轨迹数据的计算,加工程序的编制和控制介质的制备(或加工程序的输入)、所编程序的检查等工作。

② 图形自动编程:这是一种先进的自动编程技术,目前很多 CAD/CAM 系统都采用这种方法。在这种方法中,编程人员直接输入各种图形要素,从而在计算机内部建立起加工对象的几何模型,然后编程人员在该模型上进行工艺规划、选择刀具、确定切削用量以及走刀方式,之后由计算机自动完成机床刀具运动轨迹数据的计算,加工程序的编制和控制介质的制备(或加工程序的输入)等工作。此外,计算机系统还能够对所生成的程序进行检查与模拟仿真,以消除错误,减少试切。

③ 其他输入方式的自动编程:除了前面两种主要的输入方式外,还有语音自动编程和数字化技术自动编程两种方式。语音自动编程是指采用语音识别技术,直接采用音频数据作为自动编程的输入。使用语音编程系统时,操作人员使用记录在计算机内部的词汇,通过电话筒将所要进行的操作讲给编程系统,编程系统自会产生加工所需程序。数字化自动编程是指通过三坐标测量机,对已有零件或实物模型进行测量,然后将测得的数据直接送往数控编程系统,将其处理成数控加工指令,形成加工程序。

1.2.3 自动编程的发展

数控加工机床与编程技术两者的发展是紧密相关的。数控加工机床的性能提升推动了编程技术的发展,而编程手段的提高也促进了数控加工机床的发展,二者相互依赖。现代数控技术下在向高精度、高效率、高柔性和智能化方向发展,而编程方式也越来越丰富。

数控编程可分为机内编程和机外编程。机内编程指利用数控机床本身提供的交互功能进行编程,机外编程则是脱离数控机床本身在其他设备上编程。机内编程的方式随机床的不同而异,可以“手工”方式逐行输入控制代码(手工编程)、交互方式输入控制代码(会话编程)、图形方式输入控制代码(图形编程),甚至可以语音方式输入控制代码(语音编程)或通过高级语言方式输入控制代码(高级语言编程)。但机内编程一般来说只适用于简单形体,而且效率较低。机外编程也可以分成手工编程、计算机辅助 APT 编程和 CAD/CAM 编程等方式。机外编程由于其可以脱离数控机床进行数控编程,相对机内编程来说效

率较高,是普遍采用的方式。随着编程技术的发展,机外编程处理能力不断样强,已可以进行十分复杂形体的灵敏控加工编程。

在 20 世纪 50 年代中期,MIT 伺服机构实验室实现了自动编程,并公布了其研究成果,即 APT 系统。60 年代初,APT 系统得到发展,可以解决三维物体的连续加工编程,以后经过不断的发展,具有了雕塑曲面的编程功能。APT 系统所用的基本概念和基本思想,对于自动编程技术的发展具有深远的意义,即使目前,大多数自动编程系统也在沿用其中的一些模式。如编程中的三个控制面:零件面(PS)、导动面(DS)、检查面(CS)的概念:刀具与检查面的 ON、TO、PAST 关系等等。

随着微电子技术和 CAD 技术的发展,自动编程系统也逐渐过渡到以图形交互为基础的与 CAD 集成的 CAD/CAM 系统为主的编程方法。与以前的语言型自动编程系统相比,CAD/CAM 集成系统可以提供单一准确的产品几何模型,几何模型的产生和处理手段灵活、多样、方便,可以实现设计、制造一体化。

虽然数控编程的方式多种多样,毋庸置疑,目前占主导地位的是采用 CAD/CAM 数控编程系统进行编程。

1.3 CAD/CAM 系统简介

1.3.1 基于 CAD/CAM 的数控自动编程的基本步骤

目前,基于 CAD/CAM 的数控自动编程的基本步骤如图 1-1 所示:

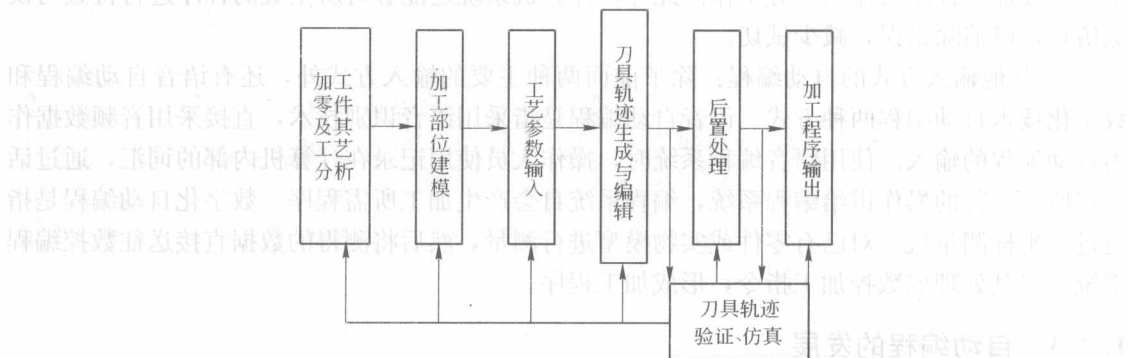


图 1-1 基于 CAD/CAM 的数控自动编程的基本步骤

1. 加工零件及其工艺分析

加工零件及其工艺分析是数控编程的基础。所以,和手工编程、APT 语言编程一样,基于 CAD/CAM 的数控编程也首先要进行这项工作。在目前计算机辅助工艺过程设计(CAPP)技术尚不完善的情况下,该项工作还需人工完成。随着 CAPP 技术及机械制造集成技术(CIMS)的发展与完善,这项工作必然为计算机所代替。

加工零件及其工艺分析的主要任务有:

- ① 零件几何尺寸、公差及精度要求的核准;
- ② 确定加工方法、工夹量具及刀具;
- ③ 确定编程原点及编程坐标系;

④ 确定走刀路线及工艺参数。

2. 加工部位建模

加工部位建模是利用 CAD/CAM 集成数控编程软件的图形绘制、编辑修改、曲线曲面及实体造型等功能将零件被加工部位的几何形状准确绘制在计算机屏幕上, 同时在计算机内部以一定的数据结构对该图形加以记录。加工部位建模实质上是人将零件加工部位的相关信息提供给计算机的一种手段, 它是自动编程系统进行自动编程的依据和基础。随着建模技术及机械集成技术的发展, 将来的数控编程软件将可以直接从 CAD 模块获得相关信息, 而无须对加工部位再进行建模。

3. 工艺参数的输入

在本步骤中, 将利用编程系统的相关菜单与对话框等, 将第一步分析的一些与工艺有关的参数输入到系统中。所需输入的工艺参数有: 刀具类型、尺寸与材料; 切削用量 (主轴转速、进给速度、切削深度及加工余量); 毛坯信息 (尺寸、材料等); 其它信息 (安全平面、线性逼近误差、刀具轨迹间的残留高度、进退刀方式、走刀方式、冷却方式等)。当然, 对于某一加工方式而言, 可能只要求其中的部分工艺参数。随着 CAPP 技术的发展, 这些工艺参数可以直接由 CAPP 系统来给出, 这时工艺参数的输入这一步也就可以省掉了。

4. 刀具轨迹生成及编辑

完成上述操作后, 编程系统将根据这些参数进行分析判断, 自动完成有关基点、节点的计算, 并对这些数据进行编排形成刀位数据, 存入指定的刀位文件中。

刀具轨迹生成后, 对于具备刀具轨迹显示及交互编辑功能的系统, 还可以将刀具轨迹显示出来, 如果有不太合适的地方, 可以在人工交互方式下对刀具轨迹进行适当的编辑与修改。

5. 刀位轨迹的验证与仿真

对于生成的刀位轨迹数据, 还可以利用系统的验证与仿真模块检查其正确性与合理性。所谓刀具轨迹验证 (Clidata Check 或 NC Verification) 是指零用计算机图形显示器把加工过程中的零件模型、刀具轨迹、刀具外形一起显示出来, 以模拟零件的加工过程, 检查刀具轨迹是否正确、加工过程是否发生过切, 所选择的刀具、走刀路线、进退刀方式是否合理、刀具与约束面是否发生干涉与碰撞。而仿真是指在计算机屏幕上, 采用真实感图形显示技术, 把加工过程中的零件模型、机床模型、夹具模型及刀具模型动态显示出来, 模拟零件的实际加工过程。仿真过程的真实感较强, 基本上具有试切加工的验证效果 (对于由于刀具受力变形、刀具强度及韧性不够等问题仍然无法达到试切验证的目标)。

6. 后置处理

与 APT 语言自动编程一样, 基于 CAD/CAM 的数控自动编程也需要进行后置处理, 以便将刀位数据文件转换为数控系统所能接受的数控加工程序。

7. 程序输出

对于经后置处理而生成的数控加工程序, 可以利用打印机打印出清单, 供人工阅读; 还可以直接驱动纸带穿孔机制作穿孔纸带, 提供给有读带装置的机床控制系统使用。对于有标准通讯接口的机床控制系统, 还可以与编程计算机直接联机, 由计算机将加工程序直接送给机床控制系统。

1.3.2 基于 CAD/CAM 的数控自动编程系统关键技术概述

1. 零件建模 (造型)

零件建模是属于 CAD 范畴的一个概念。它大致研究三方面的内容:

① 零件模型如何输入计算机;

② 零件模型在计算机内部的表示方法 (存储方法);

③ 如何在计算机屏幕上显示零件。

根据零件模型输入、存储及显示方法的不同,现有的零件模型大致分为四大类。

① 线框模型:通过输入、存储及显示构成零件的各个边来表示零件。其优点是数据量小、运算简单、对硬件要求低;缺点是描述能力有限,个别图形的含义不唯一。这种模型主要应用于工厂车间的布局、运动机构的模拟与干涉检查、加工中刀具轨迹的显示,也可用于建模过程的快速显示。② 表面模型:通过输入、存储及显示构成零件表面的各个面及面上的各个边来表示零件。同线框模型相比,表面模型能精确表示零件表面的形状,信息更加完整,因而可以表示很多用线框模型无法表示的零件。但由于表面模型仅能描述零件表面情况,而无法描述零件内部情况,信息仍然是不完备的。利用表面模型可以进行消隐与渲染从而生成真实感图形。该模型可用于有限元网格划分及数控自动编程过程。③ 实体模型:通过将零件看成实心物体来描述零件。实体模型可以完备的表达物体的几何信息,因而广泛应用于 CAD/CAM、建筑效果图、影视动画、电子游戏等各个行业。但实体模型对工程至关重要的工艺信息却还没有涉及。④ 特征模型:通过具有工程意义的单元 (如孔、槽等) 构建、表达零件模型的一种方法。该方法在上世纪八十年代后期获得了广泛接受与研究,是一种全新的、划时代的模型方法:对于零件设计者而言,机械零件的设计不在面向点、线、面等几何元素,而是具有特定功能的单元。而特征模型不仅可以完备表达零件的几何与拓扑信息,而且还包含精度、材料、技术要求等信息,从而使零件工艺设计、制造的自动化成为可能。需要指出的是,四种模型之间是有一定关系的:从线框模型到特征模型是一个表达信息不断完善的过程。低级模型是高级模型的基础;高级模型是低级模型的发展。

适合数控编程的模型主要是表面模型、实体模型及特征模型。现有技术条件下,应用最广泛的是表面模型,以表面模型为基础的 CAD/CAM 集成数控编程系统习惯成为图象数控编程系统。在以表面模型为基础的数控编程系统中,其零件的设计功能 (或几何造型功能) 是专为数控编程服务的,针对性强,易于使用,典型系统有 MasterCAM、SurfCAM 等。基于实体模型的数控编程较为复杂,由于实体模型并非专为数控编程所设计,为了用于数控编程往往需对实体模型进行加工表面 (或区域) 的识别并进行工艺规划,最后才可以进行数控编程。特征模型的引入可以实现工艺分析设计的自动化,但特征模型尚处于研究之中,其成功应用于数控编程还需时日。

2. 刀具轨迹生成与编辑

刀具轨迹的生成一般包括走刀轨迹的安排、刀位点的计算、刀位点的优化与编排等三个步骤。编程系统对于刀具轨迹的具体处理一般分为二维轮廓加工、腔槽加工、曲面加工、多坐标曲面加工及车削加工等情况分别进行处理。下面仅介绍常用的前三种加工刀具轨迹的生成方法。

① 二维轮廓加工。对于二维轮廓加工,一般需要先计算机中绘制出轮廓线,然后选择有序化串联方式将各轮廓线首尾相连,再定义进退刀方式及各基本参数(如粗精加工次数、步进距离等,系统即可以完成二维轮廓走刀轨迹的生成。

② 腔槽加工。腔槽加工走刀轨迹的生成一般分粗加工与精加工两种。精加工一般较简单,只需沿型腔底面和轮廓走刀,精铣型腔底面和边界外形即可。粗加工一般有两种生成方式可供用户选择:行切方式与环切方式。行切加工方式如图 1-2 所示,首先使用者需提供走刀路线的角度(与 X 轴的夹角)及走刀方式是单向(one way)还是双向(zig-zag)、每一层粗加工的深度及型腔实际深度。之后,使用者还需指定腔槽的边界。编程系统根据这些信息,首先计算边界(含岛屿边界)的等距线,该等距线距离边界轮廓的距离为精加工余量。然后从刀具路径方向与轮廓等距线的第一个切线切点开始逐行计算每一条行切刀具轨迹线与等距线的交点,生成各切削行的刀具轨迹线段。最后从第一条刀具轨迹线开始,按照走刀方式,将各个刀具轨迹线按照一定方法相连就形成了所需的刀具运动轨迹。环切加工一般沿型腔边界走等距线,其优点是铣刀的切削方式不变(顺铣或逆铣)。环切加工方式如图 1-3 所示,编程系统的计算方法是按照一定偏置距离对型腔轮廓的每一条边界曲线分别计算等距线,然后通过对各个等距线进行必要的裁剪或延伸并进行一定的有效性检测以判断是否与岛屿或边界轮廓干涉从而连接形成封闭等距线。最后将各个封闭等距线相连,就构成了所需刀具轨迹。

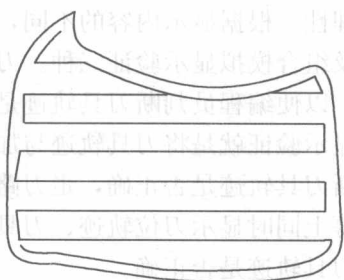


图 1-2 行切加工方式

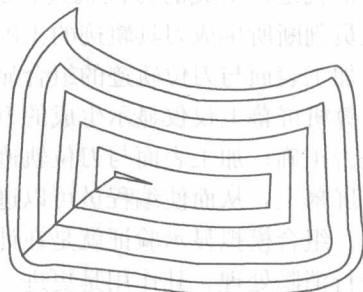


图 1-3 环切加工方式

③ 曲面的加工。曲面的加工相对较为复杂,目前常用的刀具轨迹生成方法有参数线法、截面法、投影法等三种方法。

参数线法的基本思想是:任何一个曲面都可以写成参数方程 $[x, y, z] = [fx(u, v), fy(u, v), fz(u, v)]$ 的形式。当 u 或 v 中某一个为常数时,形成空间的一条曲线。采用参数线法加工时,选择一个参数方向为切削行的走刀方向,另外一个参数方向为切削行的进给方向,通过一行行的切削最终生成整个刀具轨迹。参数线法计算简单,速度快,是曲面数控加工编程系统主要采用的方法,但当加工曲面的参数线不均匀时会造成刀具轨迹也不均匀,加工效率不高。

截面法加工的基本思想是:采用一组截面(可以是平面、也可以是回转柱面)去截取加工表面,截出一系列交线,将来刀具与加工表面的切触点就沿着这些交线运动,通过一定方法将这些交线连接在一起,就形成最终的刀具轨迹。截面法主要适用于曲面参数线分布不太均匀及由多个曲面形成的组合曲面的加工。