



配有内含详细操作视频、
源文件、结果文件的学习光盘

精通模具数控系列



精通

野火科技 主编
李锦标 钟平福 郭雪梅 编著

UG NX 5 数控加工

- 国家数控鉴定专家顾问、一线专家汇集多年经验编写
- 内容与数控程序员要求接轨，案例与实际操作完全吻合
- 指导数控程序员快速制定与实施数控工艺解决方案

清华大学出版社

TG659-39/26D

2008

精通模具数控系列

精通 UG NX 5 数控加工

野火科技 主编

李锦标 钟平福 郭雪梅 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

Unigraphics(简称UG)是EDS公司推出的集CAD\CAE\CAM于一体的三维参数化软件。作者基于8年的实际工作与3年的教学经验编写了本书,其中涵盖了UG NX 5加工模块的各种功能的实际应用技巧。本书共8章,分别介绍了数控加工的概述、CAM数控编程原理及加工工艺、UG NX 5 CAM的操作及应用初探、UG NX 5平面铣、UG NX 5型腔铣、固定轴曲面轮廓铣、点位加工和加工实例综合应用剖析。本书重在介绍如何应用软件。

本书内容经典实用、简明易懂,专为实现模具数控加工一体化解决方案而编写。本书特别适合作为企业解决问题程序员及大专院校及技工学校的教材;也适合作为自学者自学、从事数控加工的初中级用户或版本升级的读者的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

精通UG NX 5 数控加工/野火科技主编;李锦标,钟平福,郭雪梅编著. —北京:清华大学出版社,2008.1
(精通模具数控系列)

ISBN 978-7-302-16619-1

I. 精… II. ①野… ②李… ③钟… ④郭… III. 数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, UG NX 5 IV. TG659-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第195218号

责任编辑:黄 飞 杨作梅

装帧设计:杨玉兰

责任校对:李玉萍

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京鑫丰华彩印有限公司

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:190×260 印 张:25.25 字 数:605千字

附DVD光盘1张

版 次:2008年1月第1版 印 次:2008年1月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:43.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:026489-01

精通模具数控系列编委会

专业面向企业
面向生产实际



主任：李锦标

顾问：蔡 伟 简琦昭 甘页昌 邝伟文
杨国华 赖新建

编委：易铃棋 郭雪梅 杨烨辉 邓志安
沈宠棣 陈伟城 杨胜中 谷海军
钟平福 邝孟晖 胡思政 蔡小红
程五毛 黄永枝 甘嘉峰 钟海平
陈海龙 杨梦华 邓高兰 邓绍强

序 言

随着经济的飞速发展，中国已迅速成长为世界制造业的中心。也即形成了模具数控人才特别走俏之势。许多学校也应急性地开设了这一专业，以适应办学、求学需要。在中国模具第一大省——广东，各类与模具数控相关的培训机构更如雨后春笋般涌现。怎样才能以最合理的时间，经过强化学习和培训，将一位初学者培养成一名合格的、能立即上岗的技术人才；用什么教材和教学模式进行这一高新技能的教学，是人们一直探讨的课题。

以李锦标为带头人的野火科技多位作者在教研活动中，以一线企业生产经验为依据，积极探索应用型技能人才培养的科学方法，在大量实践基础上、并在多年教学探索、实训活动中不断完善课程体系，在广东深宝蓝职业培训学校(广东省模具工业协会模具行业认证考试中心、模具设计师国家职业技能培训的示范教学和鉴定试点、全国首家模具设计师职业技能鉴定所)和各地合作学校推广使用，取得了巨大成功。

在此基础上，本丛书作者将自己宝贵的教学经验凝结成这套“精通模具数控系列”丛书，以公开出版发行的方式奉献给社会，将模具数控培训的专业知识与更多学子共同分享。

值此系列教材出版发行之际，我谨代表深宝蓝学校，向李老师和参与教材编写的同事致以热烈的祝贺！向为教材编写和出版提供帮助和支持的本校毕业生致以真挚的谢意！向清华大学出版社独到的慧眼表以由衷的敬佩！

广东省模具工业协会常务理事
广东深宝蓝职业培训学校理事长



作为世界制造与设计中心的中国，传统制造业发展缓慢的现状却严重制约了经济发展的步伐。国家信息产业部提出大力发展模具数控产业，以取代传统制造业。但与此同时，中国模具数控业正面临着模具数控技术应用型人才严重短缺的问题。据统计，中国在未来20年内将紧缺500万模具数控人才，其中具有“改造性”的技术人才最为紧缺，因为改造意味着实际解决。

“精通模具数控系列”丛书是专门针对应用型模具设计与数控加工专业方向编写的，内容面向企业、面向生产实际，包含大量的典型模具设计、典型数控加工实例，这些实例均为广东地区模具企业为解决实际问题而总结出来的方案，特别适用于“改造性”人才的学习与提高。在精通模具设计部分，作者参照国家“模具设计师”等相关职业技能鉴定标准进行编写，可以作为“模具设计师”鉴定考试的辅助教材。

“精通模具数控系列”丛书内容安排合理，其原始资料为深得培训学员认同的企业实际案例和培训课堂教学讲义。本套丛书采用通俗而生动的语言，务求使刚接触模具行业的新手也能轻松读懂，也可以使在模具企业生产第一线工作的技术工人产生亲切感和认同感。

广东省职业技能鉴定指导中心模具设计与制造专家组组长
模具设计师国家职业技能鉴定所所长



前 言

Unigraphics(简称UG)是EDS公司推出的集CAD\CAE\CAM于一体的三维参数化软件,UG软件自20世纪70年代发布以来,经历了基于图纸(1974年)、基于特征(1988年)、基于过程(1995年)和基于知识(2000年)四个发展阶段,功能得到不断扩展,在CAD/CAE/CAM/PLM等领域占有的市场不断扩大,有独领风骚之势。UG软件包含CAD/CAE/CAM计算机辅助工业设计、知识驱动自动化、数据交换和其他特殊应用等功能。

UG软件在CAD方面的建模和造型分为两个模块:实体造型和自由曲面造型。在造型功能方面,除其他软件所具有的通用功能外,UG还拥有灵活的复合建模、齐备的仿真照相、细腻的动画渲染和快速的原型工具,仅复合建模就可让用户在实体建模、曲面建模、线框建模和基于特征的参数建模中任意选择,使设计者可根据工程设计的实际情况确定最佳建模方式,从而得到最佳设计效果。在加工功能方面,UG软件针对计算机辅助制造的实用性、适应性和效能性,通过覆盖制造过程,实现制造的自动化、集成化和用户化,从而在产品制造周期、产品制造成本和产品制造质量诸方面使用户受益极大。

本书由资深企业程序专家、高级讲师精心策划与编写,其特点如下。

🔱 权威特色

本书由国家“模具设计师”职业技能鉴定所命题科科长,广东省职业技能鉴定中心(考试)授权(CAM)高级讲师;计算机辅助制造(CAM)考评员;高级模具设计工程师;国家模具设计师考试考前指导教师按照企业需求精心策划并亲自编写。

🔱 内容新颖

本书采用目前最新版本的UG NX 5作为教学软件,以介绍专业动态、软件的模块功能、实际解决方案为重点,并配合典型实例剖析,有利于巩固学习的效果。

🔱 内容经典

本书安排完全按照读者的接受角度出发,从UG NX 5的本身功能开始介绍,手把手形式的编程概念、工艺及典型程序编制流程解说,各种形状工件的典型流程剖析,最后配上综合实例对读者学习的内容进行剖析应用,巩固读者对知识点的掌握。

🔱 企业适用性强

本书在介绍解决方案时,分析了企业常见问题,引领读者认识并发现问题,然后分析问题,最后去解决问题,例子的加工方法完全符合实际,与实际需要完全接轨。

🔱 安排合理 通俗易懂

本书的章节结构经过精心策划、安排合理。知识由浅入深、由基础到高级、由原理到

应用、由发现到解决，逐步提高读者对软件的操作能力和对问题的解决能力。

另外，为了尽快掌握解决问题的技巧，本书将源文件、结果文件和部分实例操作录制成视频并随书赠送。

本书由李锦标、钟平福、郭雪梅编著，在本书的编写过程中，我们力求精益求精，但难免存在一些不足之处，敬请广大读者批评指正。

野火科技：李锦标

2007.10.1

目 录

第 1 章 数控加工概述	1	2.4.1 NC 刀具轨迹生成方法研究 发展现状	25
1.1 数控模块分析及 UG NX 5 数控 模块特点	1	2.4.2 现役主要 CAD/CAM 系统中 NC 刀轨生成方法分析	26
1.1.1 CAD/CAM 软件数控模块 分析	1	2.4.3 Unigraphics NX 编程技术 高级应用概述	28
1.1.2 UG NX 5 数控模块特点	2	2.5 小结	28
1.2 UG CAM 典型编程流程	3	2.6 习题	28
1.2.1 获取 CAD 模型	4	第 3 章 UG CAM 操作及应用初探	30
1.2.2 加工工艺分析和规划	4	3.1 UG 加工环境设置	30
1.2.3 填写程序单	7	3.1.1 UG 加工环境	30
1.3 小结	7	3.1.2 启用 UG 加工环境	30
1.4 习题	7	3.2 UG 编程一般步骤	32
第 2 章 CAM 数控编程原理 及加工工艺	9	3.2.1 UG 编程一般步骤	32
2.1 数控加工简介	9	3.2.2 初探 UG 铣加工编程	32
2.1.1 数控技术与数控机床	9	3.3 操作导航器应用	35
2.1.2 数控机床的产生	10	3.3.1 程序顺序视图	36
2.1.3 数控机床的工作原理	11	3.3.2 刀具视图	37
2.1.4 数控加工内容及原理	11	3.3.3 几何视图	37
2.2 数控加工工艺基础	12	3.3.4 方法视图	37
2.2.1 数控加工工艺的主要内容	12	3.4 刀具的创建	38
2.2.2 数控加工内容选择	12	3.4.1 刀具类型及参数设置	38
2.2.3 数控加工零件工艺分析	13	3.4.2 刀具建立	39
2.3 数控机床程序编制	14	3.5 创建操作	41
2.3.1 编制程序基本知识	14	3.6 创建几何体	42
2.3.2 数控编程内容	14	3.6.1 创建几何体的过程	42
2.3.3 数控编程方法	15	3.6.2 创建加工坐标系	45
2.3.4 数控程序段格式和程序 信息字	16	3.6.3 创建安全平面	49
2.3.5 数控编程常用指令及功能	17	3.7 刀具路径仿真及检查	50
2.4 CAM 概述	25	3.7.1 刀具路径仿真	50
		3.7.2 过切检查	52
		3.8 刀具路径后处理	52

3.8.1	CLSF 方式后处理	52	5.4	型腔铣特有选项	136
3.8.2	UG 后置后处理	53	5.4.1	全局每刀深度	136
3.8.3	车间工艺文件	55	5.4.2	切削层	136
3.9	用户模板设置	55	5.4.3	切削参数	140
3.10	小结	55	5.5	型腔铣操作实例	147
3.11	习题	55	5.5.1	工艺分析	147
第 4 章	UG NX 5 平面铣	57	5.5.2	填写 CNC 加工程序单	148
4.1	平面铣的加工特点	57	5.5.3	加工程序的创建	148
4.2	一般平面铣的创建过程	58	5.6	等高轮廓铣	165
4.3	平面铣的基础知识	64	5.6.1	等高轮廓铣的概述	165
4.3.1	操作对话框	64	5.6.2	等高轮廓铣的一般操作	166
4.3.2	平面铣加工几何体的类型	65	5.6.3	等高轮廓铣加工几何体	169
4.3.3	平面铣加工几何体的创建	67	5.6.4	等高轮廓铣的参数选项	170
4.4	公用选项知识	68	5.7	等高轮廓铣操作实例	174
4.4.1	切削模式	68	5.7.1	工艺分析	174
4.4.2	切削步进	72	5.7.2	填写 CNC 加工程序单	174
4.4.3	切削层	73	5.8	小结	193
4.4.4	切削参数	74	5.9	习题	193
4.4.5	非切削运动	80	第 6 章	固定轴曲面轮廓铣	195
4.4.6	角控制	95	6.1	固定轴曲面轮廓介绍及应用	195
4.4.7	进给和速度	98	6.2	固定轴曲面轮廓操作建立	196
4.5	面铣削操作	100	6.3	几何体	200
4.5.1	面铣削的优点	100	6.4	固定轴曲面轮廓铣常用驱动方式	201
4.5.2	几何体类型	101	6.4.1	曲线/点驱动方式	201
4.5.3	切削	101	6.4.2	曲线/点驱动方式流程剖析	205
4.6	平面铣操作实例	102	6.4.3	螺旋式驱动方式	208
4.6.1	工艺分析	102	6.4.4	螺旋式驱动方式流程剖析	210
4.6.2	填写 CNC 加工程序单	102	6.4.5	边界驱动方式	213
4.6.3	加工程序的创建过程	103	6.4.6	边界驱动方式流程剖析	219
4.7	小结	122	6.4.7	区域铣削驱动方式	223
4.8	习题	123	6.4.8	区域铣削驱动方式流程剖析	226
第 5 章	UG NX 5 型腔铣	124	6.4.9	曲面区域驱动方式	229
5.1	型腔铣的加工特点	124	6.4.10	流线驱动方式	233
5.2	型腔铣的创建过程	125	6.4.11	刀轨驱动方式	233
5.3	型腔铣基础知识	133	6.4.12	径向切削驱动方式	234
5.3.1	型腔铣选项框	133	6.4.13	清根驱动方式	236
5.3.2	型腔铣加工几何体的类型	133	6.4.14	文本驱动方式	244
5.3.3	型腔铣加工几何体的创建	135			

6.5 投影矢量.....	244	7.4 参数设置.....	313
6.6 刀轨设置参数选项.....	247	7.4.1 操作参数.....	313
6.6.1 切削参数.....	247	7.4.2 循环类型.....	314
6.6.2 非切削运动.....	257	7.4.3 深度.....	315
6.6.3 进给和速度.....	276	7.5 点位加工操作实例.....	315
6.7 固定轴曲面轮廓加工实例.....	276	7.5.1 工艺分析.....	315
6.7.1 工艺分析.....	276	7.5.2 填写 CNC 加工程序单.....	316
6.7.2 填写 CNC 加工程序单.....	276	7.6 小结.....	333
6.7.3 固定轴的操作的创建过程.....	277	7.7 习题.....	334
6.8 小结.....	301	第 8 章 加工实例综合应用剖析.....	335
6.9 习题.....	301	8.1 前模加工方案.....	335
第 7 章 点位加工.....	303	8.1.1 工艺分析.....	335
7.1 点位加工的特点.....	303	8.1.2 填写 CNC 加工程序单.....	335
7.2 点位加工的一般创建过程.....	303	8.2 后模加工方案.....	360
7.3 点位加工基础知识.....	309	8.2.1 工艺分析.....	360
7.3.1 点位加工类型.....	309	8.2.2 填写 CNC 加工程序单.....	360
7.3.2 点位加工几何体的创建.....	310	8.3 小结.....	388
7.3.3 指定孔概述.....	311	8.4 习题.....	388

第 1 章 数控加工概述

本章主要知识点

- ✎ CAD/CAM 软件数控模块分析
- ✎ UG NX 5 数控模块的特点
- ✎ UG 加工流程的介绍
- ✎ 加工工艺的分析和常用参数的设置
- ✎ 程序加工单的填写

目前应用于数控编程的软件有很多,大多数都集计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)于一体。UG NX 5 是当今世界上最经济、最有效及全方位的 CAD/CAM 软件之一。本章主要介绍 CAD/CAM 软件数控模块的分析(包括 CAD/CAM 的基本概念和常用的数控编程软件)、UG NX 5 数控模块的特点、UG CAM 典型编程流程、加工工艺分析和规划(包括工序的划分、加工顺序的安排、数控加工工序和普通工序的衔接、工件的定位与夹紧、铣削刀具的选择和切削用量的选择)及程序单的填写。

1.1 数控模块分析及 UG NX 5 数控模块特点

1.1.1 CAD/CAM 软件数控模块分析

1. CAD 与 CAM 的基本概念

CAD(Computer Aided Design, 计算机辅助设计)是指以计算机为辅助工具,根据产品的功能要求,完成产品的工程信息及制图。

CAM(Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造)是指利用计算机辅助完成从生产准备到产品制造整个活动的过程。

2. 常见 CAD/CAM 软件简介

1) Mastercam

Mastercam 是由美国 CNC Software 公司推出的基于 PC 平台的 CAD/CAM 软件,它具有强大的加工功能,尤其在对复杂曲面自动生成加工代码方面,具有独到的优势。由于 Mastercam 主要针对数控加工,所以其零件的设计造型功能不强,但由于它对硬件的要求不高,且操作灵活、易学易用、价格较低,因此受到众多企业的欢迎。

2) UGII CAD/CAM 系统

UGII 由美国 UGS 公司开发经销,其不仅具有复杂造型和数控加工的功能,还具有管

理复杂产品装配,进行多种设计方案的对比分析和优化等功能。该软件具有较好的二次开发环境和数据交换能力。其庞大的模块群为企业提供了从产品设计、产品分析、加工装配、检验,到过程管用、虚拟运作等全系列的技术支持。由于软件运行对计算机的硬件配置有很高要求,其早期试用版本只能在小型机和工作站上使用。随着微机配置的不断升级,已开始微机上使用。目前该软件在国际 CAD/CAM/CAE 市场已占有较大的份额。本书将以 UGII 为例来介绍零件自动编程的方法。

3) Pro/ENGINEER

Pro/ENGINEER 是美国 PTC 公司研制和开发的软件,它开创了三维 CAD/CAM 参数化的先河。该软件具有基于特征、全参数、全相关和单一数据库的特点,可用于设计和加工复杂的零件。另外,它还具有零件装配、机构仿真、有限元分析、逆向工程、同步工程等功能。该软件也具有较好的二次开发环境和数据交换能力。

4) CATIA

CATIA 是最早实现曲面造型的软件,它开创了三维设计的新时代。它的出现,首次实现了计算机完整描述产品零件的主要信息,使 CAM 技术的开发有了现实的基础。目前 CATIA 系统已发展成从产品设计、产品分析、加工、装配和检验,到具有过程管理、虚拟动作等众多功能的大型 CAD/CAM/CAE 软件。

5) CIMATRON

CIMATRON 是以色列 Cimatron 公司提供的 CAD/CAM/CAE 软件,它是较早在微机平台上实现三维 CAD/CAM 的全功能系统。它具有三维造型、生成工程图、数控加工等功能,还具有各种通用和专用的数据接口及产品数据管理等功能。该软件在我国很早就得到了全面汉化,已积累了一定的应用经验。

6) CAXA

CAXA 是由我国北京北航海尔软件有限公司研制开发的全中文、面向数控铣床和加工中心的三维 CAD/CAM 软件。CAXA 基于微机平台,采用原创 Windows 菜单和交互方式,全中文界面,便于轻松地学习和操作。CAXA 全面支持图标菜单、工具条、快捷键。用户还可以自由创建符合自己习惯的操作环境。CAXA 既具有线框造型、曲面造型和实体造型的设计功能,又具有生成二至五轴的加工代码的数控加工功能,可用于加工具有复杂三维曲面的零件,其特点是易学易用、价格较低,已在国内众多企业、院校及研究院中得到应用。

1.1.2 UG NX 5 数控模块特点

1. Unigraphics CAM 简介

Unigraphics CAM 系统可以提供全面的、易于使用的功能,以解决数控刀轨的生成、加工仿真和加工验证等问题。Unigraphics CAM 系统所提供的单一制造方案可以高效率地加工从普通的孔洞到飞机螺旋桨的所有零件。

Unigraphics CAM 系统提供了范围极广的功能,它不但可以支持多级化的不同模块选择以满足客户的需要,还可以方便地采用不同的配置方案来更好地满足其特定的工业需求。

汽车工业方面: Unigraphics CAM 系统强大的铣削功能对于加工注塑模具、铸造模具和冲压模具以及精加工都极为合适。

航空航天方面: 在航空航天工业中制造飞机机身和涡轮发动机的零部件都需要进行多轴加工, Unigraphics CAM 系统可以很好地满足这些需求。

日用消费品/高科技产品方面: Unigraphics CAM 系统可以直接满足日用消费品和高科技产品制造商对注塑模具加工制造的需要。另外, 它还支持对小面片几何体(STL 模型)的直接加工, 可以帮助用户快速地将原型转化为模具。

通用机械方面: Unigraphics CAM 系统为通用机械工业提供了多种专业的解决方案, 比如高效率的平面铣切、针对铸造件及焊接件的精细加工以及大批量的零部件车加工和钻孔加工。对于通用产品特征的加工可以实现高效的自动化。另外, Unigraphics CAM 系统可提供兼容多 CAD 系统的功能, 可以接受很多不同 CAD 系统产生的几何数据。Unigraphics CAM 支持所有主要的 CAD 系统, 包括 Unigraphics、I-deas、Solid Edge、Pro/ENGINEER、CATIA 和 AutoCAD。Unigraphics CAM 系统可满足那些要求具备专业 CAM 方案的制造企业。Unigraphics CAM 系统同时也是 UGS 公司的产品全生命周期管理解决方案的一部分——它能够提供在协同化基础之上的、全球最领先的技术以及服务。

2. Unigraphics CAM 系统特点

Unigraphics CAM 系统尽管具有非常复杂和全面的功能, 但其仍然极为简单易用。Unigraphics CAM 系统可以为用户提供面向过程的解决方案, 从而优化生产的速度。Unigraphics CAM 所提供的高速铣、多轴铣、预定义加工模板和过程助手可以帮助企业充分挖掘公司加工设备的潜力。Unigraphics CAM 系统具有极为广泛的功能, 可满足所有的关键制造工业的不同需求, 并且其独特的、面向过程的解决方案可以满足制造业的特殊需求, 其功能包括: 平面铣、三轴轮廓铣、多轴铣、车和铣组合加工、线切割和钣金制造。

3. 刀具及工艺资源管理

Unigraphics CAM 系统提供多级化的资源管理, 包括可以由用户自己创建和扩展的集成数据库以及集成的外部数据库, 可实现对刀具、机床工具以及进给和切削速率的全面管理。Unigraphics CAM 系统可以帮助用户在产品变更时快速地确定生产设备, 节省时间并帮助企业作出准确经济的决策。资源库可以由用户自行定义, 并具有强大的查询功能。用户所选择的资源可以通过二维或三维图形的方式来确认。CAM 数据库提供了非常方便的访问机制, 可从中提取如下的信息: 机床工具、刀具、卡具、进给量和速率。

1.2 UG CAM 典型编程流程

UG CAM 典型编程流程如图 1-1 所示。

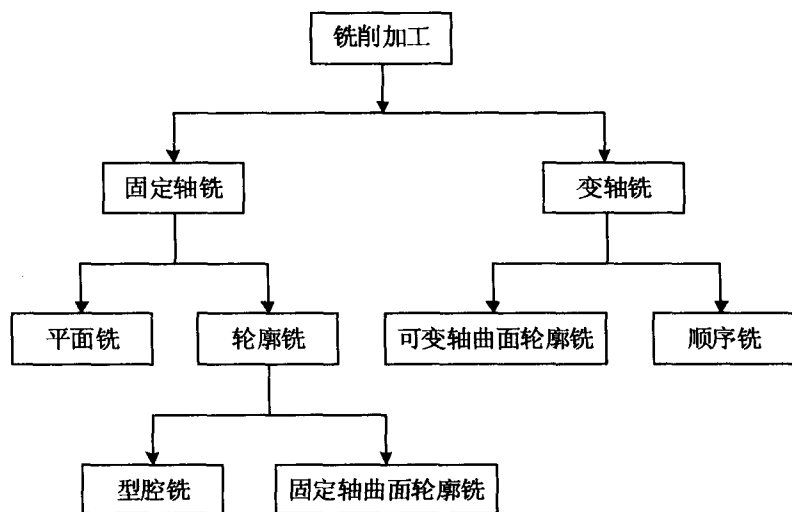


图 1-1 UG CAM 典型编程流程

1.2.1 获取 CAD 模型

可直接利用 UG 建模功能建立 CAD 模型，还可以利用其他三维软件(如 Pro/E、Casta、SolidEdge 等)建立并经过文件的转换而获取。

1.2.2 加工工艺分析和规划

数控加工程序编制简称数控编程。数控编程由程序员或工艺员完成。加工零件之前，必须将零件的全部工艺过程、工艺参数和位移数据等与常规工艺路线拟定好。数控加工工艺路线的设计，最初也需要找出零件所有的加工表面并逐一确定各表面的加工方法，其每一步相当于一个工步。然后将所有工步内容按一定原则排列出先后顺序。再确定哪些相邻工步可以划为一个工序，即进行工序的划分。最后再将所需的其他工序如常规工序、辅助工序、热处理工序等插入，衔接于数控加工工序序列之中，就得到了要求的工艺路线。数控加工的工艺路线设计与普通机床加工的常规工艺路线拟定的区别主要在于它仅是几道数控加工工艺过程的概括，而不是指从毛坯到成品的整个工艺过程，由于数控加工工序一般均穿插于零件加工的整个工艺过程，因此在工艺路线设计中，一定要兼顾常规工序的安排，使之与整个工艺过程协调吻合。

1. 工序的划分

在数控机床上加工的零件，一般按工序集中原则划分工序。划分方法如下。

(1) 按安装次数划分工序。以一次安装完成的那一部分工艺过程为一道工序。该方法一般适合于加工内容不多的工件，加工完毕就能达到待检状态。

(2) 按所用刀具划分工序。以同一把刀具完成的那一部分工艺过程为一道工序。这种方法适用于工件的待加工表面较多，机床连续工作时间过长，加工程序的编制和检查难度较大等情况。在专用数控机床和加工中心上经常采用这种方法。

(3) 按粗、精加工划分工序。考虑工件的加工精度要求、刚度和变形等因素来划分工

序时,可按粗、精加工分开的原则来划分工序,即以粗加工中完成的那部分工艺过程为一道工序,精加工中完成的那部分工艺过程为另一道工序。一般来说,在一次安装中不允许将工件的某一表面粗、精不分地加工至精度要求后再加工工件的其他表面。

(4) 按加工部位划分工序。以完成相同型面的那一部分工艺过程为一道工序。有些零件的加工表面多而复杂,构成零件轮廓的表面结构差异较大,可按其结构特点(如内型、外形、曲面或平面等)划分成多道工序。

综上所述,在划分工序时,一定要视零件的结构与工艺性、机床的功能、零件数控加工内容的多少、安装次数以及生产组织等实际情况灵活运用。

2. 加工顺序的安排

加工顺序安排得合理与否,将直接影响零件的加工质量、生产率和加工成本。应根据零件的结构和毛坯状况,结合定位及夹紧的需要综合考虑,重点应保证工件的刚度不被破坏,尽量减少变形,还应遵循下列原则。

(1) 尽量使工件的装夹次数、工作台转动次数、刀具更换次数及所有空行程时间(走空刀的时间)减至最少,提高加工精度和生产率。

(2) 先内后外原则,即先进行内型、内腔加工,后进行外型加工。

(3) 为了及时发现毛坯的内在缺陷,精度要求较高的主要表面的粗加工一般应安排在次要表面粗加工之前;大表面加工时,因内应力和热变形对工件影响较大,一般也需要先加工。

(4) 在同一次安装中进行的多个工步,应先安排对工件刚性破坏较小的工步。

(5) 为了提高机床的使用效率,在保证加工质量的前提下,可将粗加工和半精加工合为一道工序。

(6) 加工中容易损伤的表面(如螺纹等),应放在加工路线的后面。

3. 数控加工工序与普通工序的衔接

这里所说的普通工序是指常规的加工工序、热处理工序和检验等辅助工序。数控工序前后一般都穿插其他普通工序,若衔接不好就容易产生矛盾。较好的解决办法是建立工序间的相互状态联系,在工艺文件中做到互审互签。例如是否预留加工余量,留多少、定位基准的要求、零件的热处理等,这些问题都需要前后衔接、统筹兼顾。

4. 工件的定位与夹紧方案

(1) 工件的定位。

粗基准方案的确定应遵循以下原则:相互位置要求原则;加工余量合理分配原则;重要表面原则;不重复使用原则;便于装夹原则。精基准的选择原则:基准重合原则;基准统一原则;自为基准原则;互为基准反复加工原则;便于装夹原则。辅助基准:辅助基准是为了便于装夹或易于实现基准统一而人为制成的一种定位基准。

(2) 工件的夹紧。夹紧装置由力源部分和夹紧机构两个基本部分组成。

(3) 夹紧力方向的确定。夹紧力的作用方向应垂直指向主要的定位基准;夹紧力的作用方向应使所需夹紧力尽可能小;夹紧力的作用方向应使工件变形尽可能小。夹紧力作用点的选择:夹紧力的作用点应施加于工件刚性较好的部位上;夹紧力作用点应尽量靠近工

件加工面；夹紧力的作用点应落在定位元件的支撑范围内。夹紧力的大小，一般按静力平衡原理，计算所需的理论夹紧力，乘上安全系数即为实际所需夹紧力。

5. 铣削刀具的选择

选择铣刀时要根据不同的加工材料和加工精度要求，选择不同参数的铣刀进行加工。数控铣床上使用最多的是可转位面铣刀和立铣刀，在此重点介绍面铣刀和立铣刀参数的选择。

(1) 面铣刀主要参数的选择。

标准可转位面铣刀直径为 $\phi 16\text{mm} \sim \phi 30\text{mm}$ ，应根据侧吃刀量选择适当的铣刀直径（一般比切宽大 $20\% \sim 50\%$ ），尽量包容工件整个加工宽度，以提高加工精度和效率，减小相邻两次进给之间的接刀痕迹和保证铣刀的耐用度。粗铣时，铣刀直径要大些，因为粗铣切削力大，选小直径铣刀可减小切削扭矩。精铣时，铣刀直径要大些，尽量包容工件整个加工宽度，以提高加工精度和效率，并减小相邻两次进给之间的接刀痕迹。

(2) 立铣刀主要参数的选择。立铣刀的有关参数，推荐按下述经验数据选取：

刀具半径 R 应小于零件内轮廓面的最小曲率半径 ρ ，一般取 $R=(0.8 \sim 0.9)\rho$ 。

零件的加工高度 $H \leq (1/4 \sim 1/6)R$ ，以保证刀具具有足够的刚度。

对不通孔（深槽），选取 $L=H+(5 \sim 10)\text{mm}$ （ L 为刀具切削部分长度， H 为零件高度）。

加工外型及通槽时，选取 $L=H+r+(5 \sim 10)\text{mm}$ （ r 为刀尖半径）。

粗加工内轮廓面时，铣刀最大直径 D 可按下式计算：

$$D=2(\delta \sin \theta / 2 - \delta l) / (1 - \sin \theta / 2) + D$$

式中， D ——轮廓的最小凹圆角直径；

δ ——圆角邻边夹角等分线上的槽加工余量；

δl ——精加工余量；

θ ——回角两邻边的夹角。

加工肋时，刀具直径为 $D=(5 \sim 10)b$ ，其中 b 为肋的厚度。

野火专家提示：要注意选择切削性能好、精度高、可靠性高、耐用度高、断屑及排屑性能好的刀具。

6. 切削用量的选择

切削用量包括切削速度、进给速度、背吃刀量和侧吃刀量。从刀具耐用度出发，切削用量的选择方法是先选取背吃刀量或侧吃刀量，其次确定进给速度，最后确定切削速度。

(1) 背吃刀量（端铣）或侧吃刀量（圆周铣）的选取主要由加工余量和对表面质量的要求决定。

在工件表面粗糙度值要求为 $Ra312.5\mu\text{m} \sim Ra25\mu\text{m}$ 时，如果圆周铣削的加工余量小于 5mm ，端铣的加工余量小于 6mm ，粗铣一次进给就可以达到要求。但在余量较大、工艺系统刚性较差或机床动力不足时，可分两次进给完成。

在工件表面粗糙度值要求为 $Ra3.2\mu\text{m} \sim Ra12.5\mu\text{m}$ 时，可分粗铣和半精铣两步进行，粗铣时背吃刀量或侧吃刀量的选取不同，粗铣后留 $0.5\text{mm} \sim 1.0\text{mm}$ 余量，在半精铣时切除。

在工件表面粗糙度值要求为 $Ra0.8\mu\text{m} \sim Ra3.2\mu\text{m}$ 时，可分粗铣、半精铣和精铣3步进

行。半精铣时背吃刀量或侧吃刀量取 1.5mm~2.0mm, 精铣时圆周铣侧吃刀量取 0.3mm~0.5mm, 面铣背吃刀量取 0.5mm~1mm。

(2) 进给速度。进给速度 V_f 是单位时间内工件与铣刀沿进给方向的相对位移, 单位为 mm/min。它与铣刀转速 n 、铣刀齿数 Z 及每齿进给量 f_z (单位为 mm/z) 的关系式为 $V_f = f_z Z n$

(3) 切削速度。铣削的切削速度计算公式为

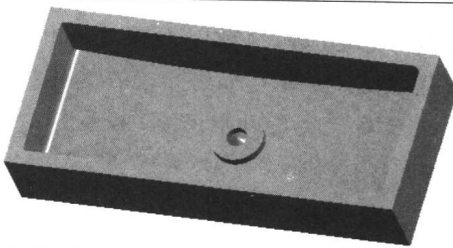
$$V = \pi D n / 1000$$

式中, n 代表主轴转速; D 代表刀具直径。

1.2.3 填写程序单

NC 程序加工单如表 1-1 所示。

表 1-1 NC 程序加工单

CNC 加工程序单				加工简图				
模具编号	01	编程日期	2007-5-4					
加工编号	02	跟模组长						
加工内容	铣型腔	编程人员						
加工数量	1 件	测量部位						
加工尺寸	120×47×40	测量尺寸						
对刀位置	顶为 0							
序号	刀具	方法	刀长	加工深度	余量			
T1	D20	粗铣	5	-35	0.5			
T2	D10	精铣	5	-35	0.3			
T3	D5R2.5	清角	5	-35	0.3			

1.3 小 结

本章主要介绍了 CAD/CAM 软件数控模块的分析、UG NX 5 数控模块的特点、UG CAM 编程流程及其加工工艺分析和规划以及 NC 程序单的填写。

学习本章应该重点掌握 UG NX 5 数控加工的典型流程及其工艺分析和基本参数的设置, 同时, 大家应该注意, 学习本章内容是为学习后面的内容做准备的, 将本章所学内容与其他章节相结合, 融会贯通, 达到学以致用目的。

1.4 习 题

填空题

- (1) 数控编程由_____完成。
- (2) CAD 是指_____。
- (3) CAM 是指_____。