

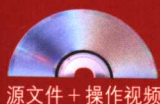
CAD/CAM/CAE 实用技术

UG NX 数控编程技术 基础及应用

SUNNYTECH
浙大旭日科技

周超明 赵东福 聂相虹 编著

- 必要的基础知识与实际的工程经验，练就扎实的基本功
- 典型的应用案例，使您快速掌握 UG NX 4.0 数控编程技术
- 明确的学习重点和丰富的使用技巧，大大提高实际技能
- 书附光盘中的实例源文件和操作视频，使学习更加方便



清华大学出版社

CAD/CAM/CAE 实用技术

UG NX 数控编程技术 基础及应用

周超明 赵东福 聂相虹 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

UG 软件是优秀的面向制造行业的 CAD/CAM/CAE 高端软件,其加工模块非常强大,能满足各种复杂零件的加工要求,在业界享有盛誉。

本书基于最新的 UG NX 4.0 版本,以应用为主线,由浅入深、循序渐进地介绍了 UG NX 加工模块,重点突出三轴数控铣编程。全书辅以丰富的功能实例,并在附书光盘中配以多媒体演示,着重加工工艺的分析、技术精华的剖析和操作技巧的指点,以使读者切实、深入地掌握利用 UG NX 进行数控编程的方法和技巧。

本书适合具有中专以上文化程度的数控编程人员阅读,也可作为各级 UG CAM 技术培训教材以及大中专院校相关专业课程的教材。

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

UG NX 数控编程技术基础及应用/周超明,赵东福,聂相虹 编著. —北京:清华大学出版社,2006.12
(CAD/CAM/CAE 实用技术)

ISBN 7-302-14129-0

I. U… II. ①周… ②赵… ③聂… III. 数控机床—程序设计—应用软件, UG NX IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 134641 号

责任编辑:胡伟卷 刘金喜

封面设计:于洁 王永

版式设计:康博

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

<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:北京市世界知识印刷厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:24 字 数:554 千字

版 次:2006 年 12 月第 1 版 印 次:2006 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:39.60 元(配光盘)

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:022064-01

丛书序言

工业技术不断进步的一个重要标志是计算机应用的日益普及。在机械制造业, 计算机辅助设计/制造/工程分析(CAD/CAM/CAE)技术的地位和角色正在发生深刻的转变——由稀有昂贵的高级技术资源普及成为常规的和必备的技术手段。随着全球制造业向我国的转移, 这种转变已呈现出加速的趋势, 形成了对该领域技术人才巨大的市场需求。

在这一趋势的带动下, CAD/CAM/CAE 技术已成为机械行业从业人员和高等院校相关专业学生的学习和培训热点。

CAD/CAM/CAE 技术的发展十分迅速, 各种软件层出不穷, 版本更新越来越快。面对种类繁多的软件以及日益复杂的功能, 初学者往往会感到十分茫然, 难以把握学习的要领, 以致影响学习的效果和积极性。

为帮助读者扎实、高效地学习和掌握 CAD/CAM/CAE 技术中最实用的部分, 我们组织编写了这套《CAD/CAM/CAE 实用技术》丛书。这套丛书总结了我们多年的 CAD/CAM/CAE 技术应用和培训经验, 不仅包括了 CAD/CAM/CAE 技术中的经典内容, 还讲授了一些比较专业的高级实用技术。其中包括:

- 通用的、基础性的 CAD 技术, 如工程制图、三维造型等。
- 应用较为广泛的高级技术, 如模具分析、逆向工程等。
- 常用的 CAE 分析技术。

本丛书希望达到的学习目标是:

- 使初学者快速、扎实地掌握 CAD/CAM/CAE 的基础知识和基本技能, 并具备一定程度的三维造型能力。
- 使具有一定 CAD/CAM/CAE 技术基础和工作经验的读者掌握更专业的高级技术, 达到较高的应用水平。

本丛书可供具有中专以上文化程度的机械工程师自学, 或作为高等院校相关专业课程的教材, 以及用于 CAD/CAM/CAE 技术的普及和高级培训。

限于编写时间和作者的水平, 从书中必然会存在需要进一步改进和提高的地方。希望读者及专业人士提出宝贵意见与建议, 以便我们今后不断加以完善。可通过网站 <http://www.51cax.com> 与我们交流。

本丛书是编委会全体成员共同努力的结果, 在此深表谢意。杭州浙大旭日科技发展有限公司的工程师们为本丛书提供了大量的技术资料和技术支持, 在此也对他们表示衷心的感谢。

最后, 感谢清华大学出版社为本丛书的出版提供的机遇和帮助。

《CAD/CAM/CAE 实用技术》丛书编委会

前 言

随着计算机技术的发展,计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)越来越广泛地应用于航空航天、汽车、摩托车、模具、精密机械和家用电器等各个领域。伴随着全球制造业向我国逐步转移的发展趋势,目前国内对数控编程人员的需求将呈现出高速、持续的增长。

UG NX 是业界公认的最优秀的数控加工软件之一,它具有可以满足所有零件加工要求的功能,加工模块建立在三维主模型的基础上,具有强大的刀具路径生成、编辑功能,包括铣削、车削、点位加工和线切割等完善的加工解决方案。在我国珠江三角洲和长江三角洲地区使用非常广泛。

数控编程是一项实践性很强的技术,对软件的使用只是数控编程的一部分。本书的编写以应用为主线,主要介绍了 2.5 轴和 3 轴的铣削加工、点位加工和后处理。按照数控编程的一般步骤和编程人员必须具备的知识结构安排本书内容,主要包括以下各部分:

- 数控技术基础知识。
- UG NX 4.0 加工模块的基础知识,包括各父节点组创建、刀具路径的管理及参数设置。
- 2.5 轴和 3 轴铣削加工,包括各操作类型的创建步骤、参数设置等。
- 点位加工,包括创建点位加工步骤、循环参数设置等。
- 后处理,包括后处理器设置和车间工艺文档输出。

本书重点对 UG NX 4.0 CAM 中各参数进行讲解,说明各选项的意义和设置方法,并以大量的图形来辅助讲解,让读者一目了然;同时配合精选的编程实例,让读者在学习过程中,可以亲自动手创建高效率、高质量的刀具路径,以体现 UG NX 4.0 CAM 的强大之处。本书所附光盘包含了书中提及的所有实例,并以 UG NX 2.0 版本进行创建,高于 2.0 版本的软件可以直接打开 PART 文件进行练习。为了方便使用低版本的读者,在光盘中提供了所有练习的 IGES 文档。此外,光盘中还提供了各实例操作的多媒体视频。

在本书中使用了下列标记,表示不同的技术细节,提醒读者特别注意:



提示:对本节相关内容的技术要点进行补充,说明某些细节内容。



注意:说明编程时应注意的问题,这些问题必须得到足够重视,否则可能产生严重的后果,如不能生成刀具路径、刀具路径产生错误等。



技巧:说明编程时的应用技巧,使用这些技巧有利于提高程序的质量或编程效率。

本书可以作为大中专院校 UG NX CAM 的教材,也可以供具有一定 UG NX 基础知识和数控加工经验的编程人员自学参考使用。希望通过本书的学习,广大读者能够快速正确

地应用 UG NX 4.0 软件进行数控编程。

本书在编写过程中得到了单岩、吴立军老师的大力支持和帮助，并对本书的初稿作了认真细致的校核与修改，在此表示衷心的感谢。

限于作者水平，书中错漏之处在所难免，恳请读者对本书的不足提出宝贵意见和建议，以便我们不断改进。可以通过 E-mail: book@51cax.com 与作者联系，也可发邮件至我们的服务邮箱 wkservice@tup.tsinghua.edu.cn。

本书读者还可通过 51CAX 培训网进行答疑，方法如下：

- (1) 在 www.51cax.com 网站注册并登录。
- (2) 在网站中单击“图书中心”或者“我要买书”，进入图书中心页面。
- (3) 在图书中心页面中单击“图书答疑密码”，在文本框中输入本书所附光盘表面标签上的号码，并确定。
- (4) 在“图书中心”页面下方“我购买的图书”栏目中该图书的右侧单击“答疑”，即可进入 BBS 的相关区域提出您的问题。

作 者

目 录

第 1 章 数控技术基础知识	1
1.1 概述	1
1.1.1 数控加工的定义及特点	1
1.1.2 数控加工的发展趋势	2
1.2 数控机床概述	3
1.2.1 数控机床的发展	3
1.2.2 数控机床的组成及工作原理	4
1.2.3 数控机床的分类	6
1.2.4 数控机床的选择	9
1.3 数控加工基础知识	9
1.3.1 坐标轴	9
1.3.2 数控程序编制基础	10
1.4 基于 CAD/CAM 软件的交互式图形编程	13
1.4.1 交互式图形编程概述	13
1.4.2 交互式图形编程技术的特点及实现过程	14
1.4.3 交互式图形编程工艺内容和特点	15
1.4.4 交互式图形编程的工艺分析和规划	15
1.4.5 目前常用的 CAD/CAM 软件简介	17
第 2 章 UG NX CAM 应用基础	20
2.1 UG NX CAM 概述	20
2.1.1 UG NX CAM 模块的作用、加工能力及特点	20
2.1.2 UG NX CAM 中的一些加工术语	21
2.1.3 UG NX CAM 加工类型	23
2.2 UG NX CAM 快速入门实例	25
2.3 UG NX CAM 环境介绍	41
2.3.1 初始化加工环境	41
2.3.2 UG NX CAM 界面介绍	43
2.3.3 自定义加工环境	46
2.3.4 模板、模板零件和模板集	47
2.4 操作导航器	48

2.4.1	操作导航视图	49
2.4.2	参数继承关系	51
2.4.3	操作导航器的符号	51
2.4.4	操作导航器上的右键菜单	51
2.5	组的创建	60
2.5.1	创建程序组	61
2.5.2	创建加工几何组	62
2.5.3	创建刀具组	70
2.5.4	创建加工方法组	77
2.5.5	创建操作	83
2.6	永久边界	85
2.7	加工参数预设置	88
第3章	平面铣和型腔铣	92
3.1	平面铣和型腔铣概述	92
3.2	创建平面铣和型腔铣操作	95
3.3	加工几何体	100
3.3.1	平面铣操作的几何体	100
3.3.2	型腔铣操作的几何体	105
3.4	平面铣和型腔铣的共同选项	108
3.4.1	组	108
3.4.2	切削方法	108
3.4.3	步进距离	114
3.4.4	控制点	116
3.4.5	进、退刀方法	120
3.4.6	切削参数	132
3.4.7	拐角控制	149
3.4.8	避让几何	152
3.4.9	进给率	156
3.4.10	机床控制	159
3.5	切削深度	163
3.5.1	平面铣切削深度	163
3.5.2	型腔铣切削深度	166
3.6	操作管理	169
3.6.1	刀具路径显示	169
3.6.2	刀具路径管理	172
3.7	平面铣和型腔铣实例	180

3.7.1 平面铣实例	180
3.7.2 型腔铣实例	198
第4章 等高轮廓铣	205
4.1 等高轮廓铣概述	205
4.2 创建等高轮廓铣操作	205
4.3 等高轮廓铣实例	210
第5章 固定轴曲面轮廓铣	214
5.1 固定轴曲面轮廓铣概述	214
5.2 创建固定轴曲面轮廓铣操作	215
5.3 加工几何体	217
5.4 固定轴曲面轮廓铣的常用驱动方式	219
5.4.1 曲线/点驱动	219
5.4.2 螺旋驱动	226
5.4.3 边界驱动	229
5.4.4 区域铣驱动	238
5.4.5 曲面区域驱动	245
5.4.6 刀轨驱动	254
5.4.7 径向切削驱动	258
5.4.8 清根切削驱动	263
5.4.9 文字驱动	272
5.5 刀轴	276
5.6 切削参数	277
5.7 非切削参数	285
5.7.1 工况	286
5.7.2 加工过程中刀具的运动	288
第6章 点位加工	299
6.1 点位加工概述	299
6.2 创建点位加工操作	300
6.3 设置点位加工几何	302
6.3.1 零件表面	303
6.3.2 加工底面	304
6.3.3 指定加工位置	304
6.4 循环控制	310
6.4.1 循环参数组	310
6.4.2 循环参数	311

6.5	一般参数	313
6.6	钻孔加工实例	314
第 7 章	后处理	323
7.1	图形后置处理器(GPM)	323
7.1.1	机床数据文件生成器(MDFG)	323
7.1.2	刀具位置源文件	330
7.1.3	图形后处理途径	330
7.2	UG NX 后置处理器(UG/Post)	333
7.2.1	UG/Post 后处理术语	333
7.2.2	UG/Post 简介	333
7.2.3	UG/Post 后处理步骤	334
7.2.4	用后处理构造器创建后处理	334
7.2.5	后处理构造器参数定义	338
7.3	车间工艺文件	349
第 8 章	综合实例	351
8.1	本例要点	351
8.2	模型分析与工艺规划	351
8.2.1	模型分析	351
8.2.2	工艺规划	352
8.3	初始设置	352
8.4	创建粗加工操作	356
8.4.1	对整个零件进行粗加工	356
8.4.2	对整个零件进行二次粗加工	359
8.4.3	对手柄中间的小型腔进行粗加工	361
8.5	创建半精加工操作	363
8.5.1	对整个零件进行半精加工	363
8.5.2	对小型腔进行半精加工	365
8.6	创建精加工操作	366
8.6.1	对零件上的平面进行精加工	366
8.6.2	对大区域陡峭面进行精加工	368
8.6.3	对平坦区域进行精加工	370
8.6.4	对小型腔侧壁进行精加工	371
8.6.5	对小型腔底面进行精加工	372
8.6.6	清根加工	373

第1章 数控技术基础知识

【内容提要】

本章将学习数控加工的定义及特点;数控加工发展趋势;数控机床的组成及工作原理;数控编程基础知识;基于CAD/CAM软件的交互式图形编程和目前常用的CAD/CAM软件。

【学习重点】

数控编程基础知识和基于CAD/CAM软件的交互式图形编程。

1.1 概 述

数控加工技术集传统的机械制造、计算机技术、现代控制技术、传感检测技术、信息处理、光机电技术于一体,是现代机械制造技术的基础。它的广泛应用,给机械制造业的生产方式、产品结构带来了深刻的变化。近年来,国内制造业发展迅速,全球制造业向我国转移的趋势十分明显,代表着先进制造技术的数控加工在制造业中的应用也日益普及。随着数控技术的飞速发展,数控技术的水平和普及程度,已经成为衡量一个国家综合国力和工业现代化水平的重要标志。

1.1.1 数控加工的定义及特点

数控(Numerical Control, NC), 国标 GB8129-87 中对其定义如下: 用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。

由于数控加工是将数字化控制技术应用与传统的加工技术之中, 因此它覆盖了几乎所有的加工领域, 如车、铣、刨、镗、钻、拉、电加工、板材成型、管料成型等。与传统的加工手段相比, 数控加工的优点表现在如下几个方面:

- 自动化程度高。一般情况下, 操作者只要完成工件的装夹、刀具定位和更换, 在机床旁边观察、监督机床的运行情况, 并根据加工状态进行一些必要的状态调整即可。
- 加工质量稳定。由于数控加工自动化程度高, 人工干预少, 因此基本消除了操作人员的技术水平、情绪、体力等因素的波动对加工结果的影响。
- 新产品加工效率高。由于数控加工的装夹及准备较简单, 同时加工是由程序控制的,

因此对不同的产品往往只需要编制新的程序即可，而不需要设计新的工装，因此可有效缩短新产品的制造周期。

- 复杂产品加工能力强。数控加工的刀位计算是由 CAD/CAM 软件完成的，不需要人工计算，因此能够高效率高质量地处理复杂的加工表面。

生产对象的形状越复杂、加工精度越高、设计更改越频繁、生产批量越小，数控加工的优越性就发挥得越明显。

数控加工技术包含了数控加工与编程、金属加工工艺、CAD/CAM 软件操作等多方面知识与经验，其主要任务是计算加工走刀中的刀位点(简称 CL 点)。根据数控加工的类型可分为数控铣加工、数控车加工、数控电加工等。数控铣加工又可分为 2.5 轴铣加工、3 轴铣加工和多轴铣加工等。3 轴铣加工是最常用的一种加工类型，在以后的介绍中如果没有特别说明，我们所说的数控加工即为 3 轴数控铣加工。

1.1.2 数控加工的发展趋势

(1) 高速、高精度度

效率、质量是先进制造技术的主体。高速、高精加工技术可极大地提高效率，提高产品的质量和档次，缩短生产周期和提高市场竞争力。高速加工中心进给速度可达 80m/min，甚至更高，空运行速度可达 100m/min 左右。在加工精度方面，近 10 年来，普通级数控机床的加工精度已由 10 μ m 提高到 5 μ m，精密级加工中心则从 3~5 μ m，提高到 1~1.5 μ m，并且超精密加工精度已开始进入纳米级(0.01 μ m)。为了实现高速、高精加工，与之配套的功能部件如电主轴、直线电机得到了快速的发展，应用领域进一步扩大。

(2) 智能化

21 世纪的数控装备将是具有一定智能化的系统，智能化的内容包括在数控系统中的各个方面：为追求加工效率和加工质量方面的智能化，如加工过程的自适应控制，工艺参数自动生成；为提高驱动性能及使用连接方便的智能化，如前馈控制、电机参数的自适应运算、自动识别负载自动选定模型、自整定等；简化编程、简化操作方面的智能化，如智能化的自动编程、智能化的人机界面等；还有智能诊断、智能监控方面的内容、方便系统的诊断及维修等。

(3) 网络化

网络化数控装备是近两年国际著名机床博览会的一个新亮点。数控装备的网络化将极大地满足生产线、制造系统、制造企业对信息集成的需求，也是实现新的制造模式如敏捷制造、虚拟企业、全球制造的基础单元。国内外一些著名数控机床和数控系统制造公司都在近两年推出了相关的新概念和样机，如在 EMO2001 展中，日本山崎马扎克(Mazak)公司展出的 Cyber Production Center(智能生产控制中心，CPC)；日本大隈(Okuma)机床公司展出的 IT plaza(信息技术广场，IT 广场)；德国西门子(Siemens)公司展出的 Open Manufacturing Environment(开放制造环境，OME)等，反映了数控机床加工向网络化方向发展的趋势。

1.2 数控机床概述

数控机床(Numerical Control Machine Tools)是采用了数控技术的高效率高自动化加工机床。数控机床起源于美国。1952年麻省理工学院研制出第一台三坐标数控铣床。随着计算技术、电子技术、自动控制技术及精密测量技术的迅速发展,数控机床也随之不断地更新换代,先后经历了电子管、晶体管、小规模集成电路、小型计算机(CNC)、微型机(MNC)和微机(PC)数控系统等6个发展阶段。数控机床发展至今,已成为衡量一个国家工业化程度和技术水平的重要标志之一。

1.2.1 数控机床的发展

数控机床最早出现于20世纪50年代,由麻省理工学院成功研制了第一台三坐标数控铣床。1953年麻省理工学院和美国空军合作研制出最早的自动编程系统APT(Automatically Programmed Tools)语言。1970年首次出现了第一台用计算机控制的数控机床(CNC)。1974年,出现了采用微处理器和半导体存储器的微计算机数控装置。

随着科学技术的进步,数控机床的发展将呈现以下趋势:

(1) 高效率

数控机床加工的效率取决于两个因素:切削速度和非加工时间。切削速度包括主轴转速和进给速度,在专业主轴厂的开发下,目前加工中心的主轴转速一般都在 $1.5 \times 10^4 \text{ r/min} \sim 2 \times 10^4 \text{ r/min}$,最高甚至达到了 $4 \times 10^4 \text{ r/min}$ 和 $6 \times 10^4 \text{ r/min}$;进给运动的速度可达 20 m/min ,甚至 60 m/min 。复合功能的机床也大幅度减少了非加工时间。

(2) 高精度

近10年来,普通级数控机床的加工精度已由 $10 \mu\text{m}$ 提高到 $5 \mu\text{m}$,精密级加工中心则从 $3 \sim 5 \mu\text{m}$,提高到 $1 \sim 1.5 \mu\text{m}$,并且超精密加工精度已开始进入纳米级($0.01 \mu\text{m}$)。

(3) 5轴联动加工和复合加工机床快速发展

采用5轴联动对三维曲面零件的加工,可用刀具最佳几何形状进行切削,不仅光洁度高,而且效率也大幅度提高。当前由于电主轴的出现,使得实现5轴联动加工的复合主轴头结构大为简化,其制造难度和成本大幅度降低,数控系统的价格差距缩小。因此促进了复合主轴头类型5轴联动机床和复合加工机床(含5面加工机床)的发展。

(4) 智能化、开放式、网络化

21世纪的数控装备将是具有一定智能化的系统,智能化的内容包括在数控系统中的各个方面:为追求加工效率和加工质量方面的智能化,如加工过程的自适应控制,工艺参数自动生成;为提高驱动性能及使用连接方便的智能化,如前馈控制、电机参数的自适应运算;简化编程、简化操作方面的智能化,如智能化的自动编程、智能化的人机界面等;还有智能诊断、智能监控方面的内容、方便系统的诊断及维修等。

数控系统开放化已经成为数控系统的未来之路。所谓开放式数控系统就是数控系统的开发可以在统一的运行平台上,面向机床厂家和最终用户,通过改变、增加或剪裁结构对象(数控功能),形成系列化,并可方便地将用户的特殊应用和技术诀窍集成到控制系统中,快速实现不同品种、不同档次的开放式数控系统,形成具有鲜明个性的名牌产品。

数控装备的网络化将极大地满足生产线、制造系统、制造企业对信息集成的需求,也是实现新的制造模式如敏捷制造、虚拟企业、全球制造的基础单元。

(5) 安全与环保

凡是可能伤害人身的地方都加有安全警示装置。干切削和微量润滑剂切削方法因其可大大减少润滑剂的挥发而得到越来越广泛的应用,并且几乎所有的机床都是封闭起来的,这样,即使有过量的油雾和烟雾也容易收集。同时,机床的人机工效也明显增强,在加工过程中,操作者工作得更舒适。此外,无污染的清洁加工技术也受到普遍重视。

(6) 外观

机床制造商更注重机床造型的美观和色调的协调柔和,其机床精品更向工艺品方向发展。

1.2.2 数控机床的组成及工作原理

1. 数控机床的组成

数控机床主要由数控装置、伺服系统(包括伺服电动机及检测装置)和机床本体三大部分组成,如图 1-1 所示。

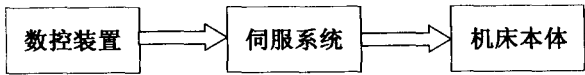


图 1-1

数控装置是数控机床的神经中枢,它由专用或通用计算机、输入/输出接口及机床控制器(可编程控制器)等部分所组成,接收输入装置输入的加工信息,完成计算、逻辑判断、输入/输出控制等功能,发出相应的数字信号给伺服系统,进一步通过伺服系统来控制机床的运动。

伺服系统是数控系统的执行部分,它由速度控制单元、位置控制单元、测量反馈单元、伺服电机及机械传动装置所组成。它接收数控系统发来的数字信号,控制机床上的移动部件按所要求的定位精度和速度进行运动。伺服系统的性能直接影响到数控机床的加工精度和生产效率。

机床本体,在数控机床加工时,通常一次装夹后自动完成整个切削过程,粗、精加工均在同一台机床上进行。因此要求数控机床具有较好的动态刚度、较小的热变形及高精度等特性。

2. 数控机床的工作原理

在数控机床上加工零件时, 首先根据零件的加工图纸或 CAD 模型确定零件的加工工艺、工艺参数和刀具位移数据, 再按数控系统的指令格式编写数控加工程序, 可在机床操作面板上输入加工程序或在计算机上输入程序再利用通信软件传输给数控系统, 在数控系统内控制软件的支持下, 对程序进行处理和计算, 给伺服系统发出相应的信号, 控制机床按所要求的轨迹运动, 完成对零件的加工。数控机床的工作原理如图 1-2 所示。



图 1-2

随着数控加工技术的发展, 数控加工设备种类增多, 零件的几何形状更加复杂, 对编程技术的要求也相应地提高。手工编程已不能解决复杂零件的编程问题。一种可直接将零件的几何图形信息自动转化为数控加工程序的计算机辅助编程技术——计算机辅助设计 CAD(Computer Aided Design)和计算机辅助制造 CAM(Computer Aided Manufacture)便应运而生。

应用 CAD/CAM 技术, 可将零件的几何图形输入到计算机中, 建立起零件的三维几何模型(CAD), 通过数控编程(CAM)模块, 指定刀具半径、加工方式及切削用量等工艺参数, 就能自动地计算出数控加工刀心轨迹数据, 再通过调用相应的数控机床后置处理程序, 就可生成数控加工程序进行加工, 并可在屏幕上动态地模拟刀具的加工情况。它具有速度快、精度高、直观性好、使用简便、便于进行干涉碰撞检查等优点。目前使用 CAD/CAM 软件进行数控自动编程已成为普遍采用的数控编程方法。采用 CAD/CAM 自动编程的工作流程如图 1-3 所示。

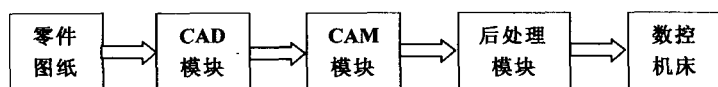


图 1-3

计算机数控系统 CNC(Computer Numerical Control)除了计算机以外, 还包括输入接口、CRT 显示器、键盘、控制面板、输出接口等。其中输入接口有光电阅读机、磁盘驱动器、串行通信口等, 用以输入系统参数、刀具参数和零件加工程序等用户数据。键盘用以输入加工程序、刀具参数与操作指令, 修改或编辑程序。CRT 显示器用以监控机床加工状态、程序执行情况, 进行加工模拟。

操作面板可供使用者操纵机床运动, 加工程序的启停与调整, 选择操纵模式。输出接口是数控系统与数控机床之间的纽带。它包括伺服驱动接口和机床直流输入/输出接口。伺服驱动接口进行数/模转换、对反馈元件的输出进行数字化处理并计数, 以供计算机采样。机床直流输入/输出接口用于处理辅助功能。

数控系统的系统程序通常固化在机床的只读存储器(ROM)中。机床运行后调入计算机内存中。它指挥整个系统的活动,进行所有的数控功能的管理,响应用户请求,进行输入/输出,监控机床执行情况,出现错误时报警等。

数控系统的主要工作有输入、译码、数据处理、插补、伺服输出等。

1.2.3 数控机床的分类

1. 按机床运动轨迹分类

(1) 点位控制系统(Positioning Control System)

点位控制系统又称为点到点控制系统(Point to Point Control System)。刀具从起点向终点移动时,不论其中间的移动轨迹如何,只要刀具最后能准确地到达终点即可。点位控制在移动过程中不进行加工,对其移动速度也无严格要求。可以先移动一个坐标轴,再沿另一个坐标轴移动,也可多个坐标轴同时移动,甚至沿空间曲线移动。通常是以快速移动速度沿直线运动,以缩短点位时间。点位系统主要用于数控钻床、数控坐标镗床和数控冲剪床等。

(2) 直线控制系统(Straight Control System)

直线控制系统控制刀具或工作台以所要求的速度,沿平行于某一坐标轴方向进行直线切削。它也可沿与坐标轴成 45° 的斜线进行切削,但不能沿任意角度的直线进行直线切削。直线控制系统通常也具备刀具半径补偿功能,主轴转速、进给量控制功能。

该类控制系统通常还具备点位控制功能,称为点位——直线控制系统。主要用于数控镗铣床、数控加工中心。

(3) 轮廓控制系统(Contouring Control System)

轮廓控制系统又称为连续控制系统(Continuous Control System)。这类控制系统可对两个或两个以上的运动坐标的位移及速度进行连续地控制,因而可以进行空间曲线或曲面的加工。

2. 按伺服系统类型分类

(1) 开环伺服系统

开环伺服系统为无位置反馈的系统,其驱动元件主要是功率步进电机或电液脉冲马达。典型的系统原理见图 1-4 所示。开环系统由环形分配器、步进电机功率放大器、步进电机、齿轮箱、丝杠螺母传动副所组成。

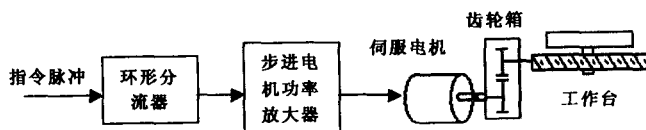


图 1-4

开环系统的结构简单,易于控制,但由于没有位置检测装置,精度差(主要取决于传动链的精度和步进电机的步距角精度)。如果负荷突变(如切深突增),或者脉冲频率突变(如加速、减速),则数控运动部件将可能发生“失步”现象,即丢失一定数目的进给指令脉冲,从而造成进给运动的速度和行程误差。因此被广泛地应用于精度要求不太高的中小型数控机床床上。

(2) 半闭环伺服系统

半闭环伺服系统使用安装在进给丝杠或电机轴端的角位移测量元件(如旋转变压器、脉冲编码器、圆光栅等)来测量丝杠或电机轴的旋转角位移并反馈给数控系统。其工作原理如图 1-5 所示。

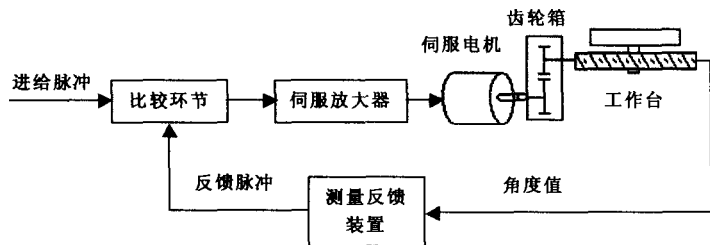


图 1-5

半闭环伺服系统未将丝杠螺母副、齿轮传动副等传动装置包括在闭环反馈系统中,故称之为半闭环伺服系统。它不能补偿位置闭环系统以外的传动装置的传动误差,其控制精度介于闭环和开环之间。由于角位移测量元件价格便宜,系统成本较低,如在系统中采用传动精度较高的滚珠丝杠和精密消除间隙齿轮,再配以存储有螺距误差补偿和反向间隙补偿的数控装置,半闭环伺服系统也能达到较高的加工精度。

(3) 闭环伺服系统

闭环伺服系统是误差控制的随动系统。闭环伺服系统由位置比较和放大元件、速度比较和放大元件、驱动部件、机械传动装置和测量反馈装置等所组成。驱动部件可采用宽速直流电机或宽调速交流电机,测量装置可采用感应同步器或光栅等直线测量元件。闭环伺服系统的工作原理如图 1-6 所示。

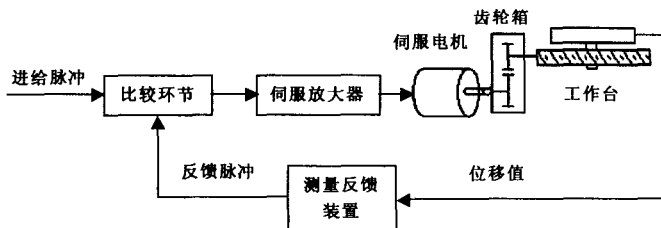


图 1-6

数控系统发出位移脉冲指令,经电机和机械传动装置使刀具或工作台移动。此时,安装在工作台上的测量元件将机械位移转换为反馈脉冲,反馈到输入端与输入脉冲相比较,