

“十一五”高等院校应用型规划教材

机电 模具 数控系列

# UG NX 数控编程 技术基础

赵东福 主 编

聂相虹 吴立军 周超明 副主编

电子教案

25个实例文件

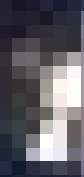
6个视频演示文件

 南京大学出版社

第 2 版

# UG NX 数控编程 技术基础

第 2 版



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

TG659/215D

2007

**“十一五”高等院校应用型规划教材·机电 模具 数控系列**

# UG NX数控编程技术基础

**赵东福 主 编**

**聂相虹 吴立军 周超明 副主编**

**南京大学出版社**

## 内 容 简 介

本书以最新的UG NX 4.0版本为基础,详细介绍了UG数控编程的基础知识及相关的方法和技巧。内容包括数控技术基础知识、UG NX CAM应用基础、平面铣、型腔铣、等高轮廓铣、固定轴曲面轮廓铣、点位加工和后处理。

本书重点讲解了UG NX 4.0 CAM铣削加工和点位加工。全书图例丰富,讲解翔实,配套光盘中附有本书所有的实例文件及重点实例的视频讲解,以便于读者学习与演练。

本书可作为应用型本科院校机械类专业和高职高专数控专业课程的教材,也可作为其他数控编程人员的自学教材和参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

UG NX 数控编程技术基础/赵东福主编. — 南京:南京大学出版社, 2007.5

“十一五”高等院校应用型规划教材·机电 模具 数控系列

ISBN 978-7-305-05056-5

I. U... II. 赵... III. 数控机床-程序设计-应用软件, UG NX-高等学校:技术学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第059757号

出版者 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路22号 邮编 210093

网 址 <http://press.nju.edu.cn>

出版人 左 健

丛 书 名 “十一五”高等院校应用型规划教材·机电 模具 数控系列

书 名 UG NX 数控编程技术基础

主 编 赵东福

责任编辑 许书民 编辑热线 025-83595844

照 排 南京海洋电脑制版有限公司

印 刷 阜宁人民印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张: 17.25 字数: 397千字

版 次 2007年5月第1版 2007年5月第1次印刷

ISBN 978-7-305-05056-5

定 价 29.00元

发行热线 025-83592169 025-83592317

电子邮箱 [sales@press.nju.edu.cn](mailto:sales@press.nju.edu.cn)(销售部)

[nupressl@publicl.ptt.js.cn](mailto:nupressl@publicl.ptt.js.cn)

# 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。随着全球制造业中心向我国逐步转移,国内对数控编程人员的需求将呈现出高速、持续的增长趋势。

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,具有强大的刀位轨迹生成和编辑功能,包括铣削、车削、点位加工和线切割等完善的加工解决方案。

数控编程是一项实践性很强的技术,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,主要包括以下几部分:

- 数控技术基础知识。
- UG NX 4.0 加工模块的基础知识,包括父节点组的创建、刀位轨迹的管理及参数设置。
- 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,包括创建点位加工的步骤、循环参数的设置等。
- 后处理,包括后处理器的设置和车间工艺文档的输出。

本书重点介绍 UG NX 4.0 和 CAM 的基本功能,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、高质量的刀位轨迹,以便快速掌握数控编程的基本知识和技能。

本书可作为应用型本科院校机械类专业和高职高专数控专业课程的教材,也可供具有一定 UG NX 基础和数控加工经验的编程人员自学参考。希望通过本书的学习,广大读者能快速、正确地应用 UG NX 软件进行数控编程。

本书由浙江科技学院赵东福教授主编,聂相虹、吴立军、周超明为副主编,浙江科技学院的曹淼龙、何学群,金华市技师学院的陶佐英,浙大旭日科技的周超明等参与了本书的编写。在编写过程中还得到了浙江大学的单岩及浙大旭日科技的众多工程师的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

限于作者的知识水平,书中难免存在疏漏之处,恳请广大读者批评指正。读者可通过网站 <http://www.51cax.com> 或电子邮件 [book@51cax.com](mailto:book@51cax.com) 与我们交流。

编 者

2007 年 3 月

# 《“十一五”高等院校应用型规划教材》

## 编审委员会

- 主任：薛向阳 复旦大学  
闪四清 北京航空航天大学
- 副主任：罗怡桂 同济大学计算机学院  
崔洪斌 河北工业大学  
郭 军 北京邮电大学信息工程学院

### 委员(以下排名不分先后):

- 刘永华 山东潍坊学院  
张孝强 南京邮电大学  
刘晓悦 河北理工大学计控学院  
白中英 北京邮电大学计算机学院  
王相林 杭州电子科技大学  
申浩如 昆明学院  
刘 悦 济南大学信息科学与工程学院  
孙一林 北京师范大学信息科学与技术学院  
陆 斐 东南大学  
吴立军 浙江大学科技学院  
徐 健 山东莱芜职业技术学院  
李丹明 山东经贸职业学院

# 丛书序

目前,我国高等教育正迎来一个前所未有的高速发展时期。社会的迫切需求是高等教育发展的最大动力,高等教育的发展已进入到一个新的阶段。高等本科院校也逐渐演变成“研究型、学术型”和“应用型、就业型”两大类。

而作为知识传承载体的教材,在“应用型”高等院校的教学活动中起着至关重要的作用。但目前教材建设却远远滞后于应用型人才培养的步伐,许多院校一直沿用偏重于研究型的教材,应用型教材比较缺乏,这势必影响应用型人才的培养。因此,我们顺应国家“十一五”规划的大局,在教育界相关专家的建议与指导下,坚持“以理论知识够用为前提,重点加强应用技能的培养”的原则,加大实验、实践的力度,由广大学校的老师结合本校的教学改革和精品课程建设,适时规划了这一系列教材,以顺应高等教育普及化迅速发展的趋势。

本套教材具有如下特色。

## 1. 理论知识以“够用”为前提,培养创新型的应用人才

本系列教材,以培养应用型人才为目标,确保理论知识的介绍够用,加大新知识、新技术的介绍,加强实验、实践的力度,以培养创新型的应用人才。

## 2. 注重现代教育技术在教学中的应用

本系列教材中的实验采用全程录像的方式,实例采用视频演示的方式讲授。每本书均配一张光盘,提供课堂实例的多媒体视频演示与实验的全程录像,以方便老师授课和学生自主学习。

## 3. 重视对学生应用能力的培养与训练

本系列教材的编写以“提高学生应用能力”为宗旨,按照企业对高校学生的实际需求,以“项目驱动法”来设计实例与实验,使学生能够在了解相关理论的基础上,具备相应的实际操作技能。

## 4. 立体化的教学资源网——提供网站优质服务与教学支持

面对“十一五”规划的新形势,为了继续深化课程与教学改革,更深入地解决课改与教改中的重点与难点问题,为中国高等教育的发展提供精工细做的食粮,我们不仅提供优秀的纸质主教材,还提供电子教案、教学大纲、实验录像、视频演示、网络课程等教学配套资源,形成纸质出版物、电子音像与网络出版物等有机结合的立体化教学解决方案。

老师通过网络平台,可以获得更多、更好的教学资源;学生通过网络平台,可以随时随地进行学习。网络平台方便师生进行信息交流,实现资源共享。

# 目 录

<b>第 1 章 数控技术基础知识</b> ..... 1	
1.1 数控加工基础.....1	
1.1.1 数控加工工艺的内容及特点.....2	
1.1.2 数控加工的工艺设计.....3	
1.2 数控机床与数控系统.....6	
1.2.1 数控机床的工作原理及 数控机床的坐标.....6	
1.2.2 数控机床的坐标系和自由度.....9	
1.3 数控编程基础..... 11	
1.3.1 概述..... 11	
1.3.2 数控加工程序的结构和格式..... 12	
1.3.3 常用的数控指令..... 14	
1.3.4 图形交互式自动编程..... 18	
1.4 常用的 CAM 软件..... 20	
复习思考题..... 20	
<b>第 2 章 UG 加工模块基础知识</b> ..... 21	
2.1 UG 功能介绍及特点..... 21	
2.2 加工类型..... 22	
2.3 加工流程..... 22	
2.3.1 加工步骤及术语解释..... 22	
2.3.2 加工前的准备工作..... 24	
2.4 加工几何..... 26	
2.5 加工刀具..... 29	
2.5.1 刀具参数..... 29	
2.5.2 刀柄参数..... 31	
2.6 加工方法..... 31	
2.7 程序组..... 32	
2.8 UG NX NC 助理..... 32	
2.9 实例操作..... 34	
复习思考题..... 62	
<b>第 3 章 UG 加工模块环境介绍</b> ..... 63	
3.1 进入加工模块及用户界面简介..... 63	
3.1.1 进入 CAM 模块..... 63	
3.1.2 UGNX/CAM 工作界面..... 64	
3.2 操作导航器..... 66	
3.2.1 操作导航视图..... 66	
3.2.2 参数继承关系..... 68	
3.3 参数组的创建..... 71	
3.3.1 程序组的创建..... 71	
3.3.2 刀具的创建..... 72	
3.3.3 几何的创建..... 74	
3.3.4 加工方法的创建..... 77	
3.3.5 操作的创建..... 88	
3.4 刀位轨迹的管理..... 91	
3.4.1 生成刀位轨迹..... 92	
3.4.2 重播刀位轨迹..... 92	
3.4.3 仿真刀位轨迹..... 93	
复习思考题..... 96	
<b>第 4 章 操作类型及共同选项</b> .....97	
4.1 操作类型..... 97	
4.1.1 平面铣..... 98	
4.1.2 型腔铣..... 98	
4.1.3 等高轮廓铣..... 99	
4.1.4 固定轴曲面轮廓铣..... 99	
4.2 特有的选项..... 100	
4.3 共同的选项..... 100	
4.4 切削方法..... 102	
4.4.1 往复式走刀..... 102	
4.4.2 单向走刀..... 103	
4.4.3 单向沿轮廓走刀..... 104	
4.4.4 跟随周边走刀..... 104	
4.4.5 跟随工件走刀..... 104	
4.4.6 摆线走刀..... 105	
4.4.7 沿轮廓走刀..... 106	
4.4.8 标准驱动走刀..... 106	





4.5 步进距离	107	5.7.1 几何体	159
4.6 进退刀方法	114	5.7.2 毛坯距离和最终底面余量	159
4.6.1 安全距离	114	复习思考题	173
4.6.2 预钻孔	115	<b>第6章 型腔铣</b>	<b>174</b>
4.6.3 进刀	116	6.1 概述	174
4.6.4 传送方式	117	6.2 创建型腔铣操作	175
4.6.5 退刀	119	6.2.1 子模板类型	175
4.7 拐角控制	124	6.2.2 型腔铣操作对话框	176
4.8 避让几何	124	6.2.3 生成型腔铣操作刀位轨迹	177
4.8.1 初始点	125	6.3 加工几何体	177
4.8.2 起刀点	126	6.4 控制几何一切削层	182
4.8.3 返回点	126	6.4.1 自动产生切削层	183
4.8.4 回零点	127	6.4.2 用户定义	184
4.8.5 安全平面	127	6.4.3 单个切削层	186
4.8.6 重新显示避让几何体	128	复习思考题	190
4.9 进给率	128	<b>第7章 等高轮廓铣</b>	<b>191</b>
4.9.1 速度	129	7.1 等高轮廓铣概述	191
4.9.2 主轴方向	129	7.2 创建等高轮廓铣操作	191
复习思考题	129	复习思考题	201
<b>第5章 平面铣</b>	<b>130</b>	<b>第8章 固定轴曲面轮廓铣</b>	<b>202</b>
5.1 概述及主要概念	130	8.1 概述及主要概念	202
5.2 创建平面铣操作步骤	130	8.2 创建固定轴曲面轮廓铣操作	203
5.2.1 子类型模板	131	8.3 加工几何	204
5.2.2 平面铣操作对话框	132	8.3.1 切削区域	205
5.2.3 生成平面铣操作刀位轨迹	133	8.3.2 修剪边界	205
5.3 创建几何体	133	8.4 常用驱动方式	205
5.3.1 边界几何	133	8.4.1 区域铣驱动	205
5.3.2 选取方法	134	8.4.2 清根切削驱动	217
5.4 控制几何——控制点	139	8.4.3 其他驱动方式	225
5.4.1 预钻孔进刀点	139	8.5 非切削参数	227
5.4.2 切削区域起始点	141	8.5.1 工况	227
5.5 切削参数	143	8.5.2 加工过程中刀具的运动	228
5.5.1 策略	144	复习思考题	229
5.5.2 余量(毛坯)	148	<b>第9章 点位加工</b>	<b>230</b>
5.5.3 连接	150	9.1 概述及主要概念	230
5.5.4 未切削区域	154	9.2 创建点位加工操作	231
5.6 切削深度	155		
5.7 表面铣	158		



9.3 点位加工几何.....	233	第 10 章 后处理.....	251
9.3.1 零件表面.....	233	10.1 图形后置处理器.....	251
9.3.2 加工底面.....	233	10.2 刀具位置源文件.....	254
9.3.3 指定加工位置.....	234	10.3 UG 后置处理器.....	255
9.4 循环控制.....	237	10.3.1 UG/Post 主要概念.....	255
9.4.1 循环参数组.....	237	10.3.2 UG/Post 后处理步骤.....	255
9.4.2 循环参数.....	238	10.3.3 后处理模板创建步骤.....	256
9.5 一般参数.....	241	10.4 车间工艺文件.....	260
9.5.1 最小安全距离.....	241	复习思考题.....	261
9.5.2 深度偏置.....	241		
复习思考题.....	250		

# 第1章

## 数控技术基础知识



### 学习目标

数控加工的基础知识,包括数控工艺、数控机床、数控编程等基本概念及原理,并了解不同的数控加工软件。



### 学习要求

- **了解:** 数控加工的基本概念,数控机床知识及坐标轴定义,数控编程基础。
- **掌握:** 数控加工工艺知识,数控编程基础。

### 1.1 数控加工基础

数字控制技术简称数控技术(Numerical Control, NC),是利用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法。由于现代数控系统都采用了计算机进行控制,因此也可以称之为计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)。数控技术集微电子、计算机、信息处理、自动检测、自动控制等技术于一体,是现代机械制造技术的基础。由于数控加工将数字化控制技术应用于传统的加工技术,因此它覆盖了几乎所有的加工领域,如车、铣、刨、镗、磨、钻、拉、切断、插齿、电加工、板材成型、管料成型等,其中以数控铣床应用最为广泛。

数控机床(Numerical Control Machine Tools)是采用了数字控制技术的机床,它是应用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和机床设计等先进技术的典型机电一体化产品。机床控制也是数控技术应用最早、最广泛的领域。

数控系统(Numerical Control System)是为了实现对机械运动和加工过程进行数字化信息控制,而必须具备的硬件和软件的整体,它的核心是数控装置(Numerical Controller)。采用计算机控制的数控装置它称为 CNC 装置,它完成了加工程序的输入、编辑和修改,实现信息存储、数据交换、代码转换、插补运算以及各种控制功能。



数控加工时首先要对工件进行工艺分析,制定加工工艺。根据工艺特点将加工过程中所需要的各种操作(如进给、主轴变速、工件夹紧、起停、刀具选择、冷却液供给等)步骤及工件的形状尺寸用程序—数字化的代码来表示,再由计算机数控装置对这些输入的信息进行处理和运算。数控系统按照工件程序的要求控制机床的伺服驱动系统,以自动完成工件的加工。当加工对象发生改变时,一般需要重新制定加工工艺及编制加工程序。数控加工过程如图 1-1 所示。

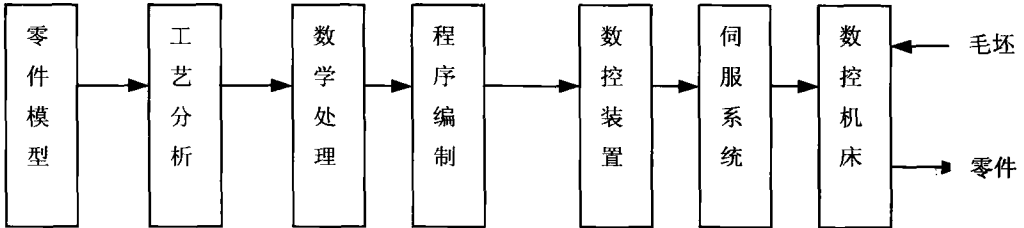


图 1-1 数控加工过程

数控加工工艺就是使用数控机床加工零件的一种工艺方法。

在数控机床上加工零件时,要把加工零件的全部数控加工工艺过程、工艺参数和轨迹数据等编制到程序中,这就要求操作人员首先要对加工的工艺进行拟定。

### 1.1.1 数控加工工艺的内容及特点

数控加工与通用机床加工相比较,在加工方法与内容上各有异同,最大的不同是控制方式。通用机床在加工零件时,各个工序的划分、工步的安排、进给量、走刀路线及其他切削参数的选择,都是根据操作者自己的经验和习惯来确定的。而用数控机床在加工过程时,由于数控机床在加工过程中是完全按照编制的程序来走刀的,所以在编制程序之前首先应考虑这些参数的设置。另外,数控机床虽然自动化程度高,但是自适应性较差,并不是所有的零件都适合数控加工,必要时零件的参数要作适当的修改以满足数控机床的加工要求,同时应考虑加工的成本和效率。

由此可见,程序编制是数控加工的一项重要工作,理想的加工程序不仅应保证加工出符合要求的零件,还应能使数控机床的功能得到合理的应用与充分发挥。因此,在编程前,首先得对被加工零件进行相关的工艺准备。

数控加工工艺主要包括以下几方面的内容:

- (1) 根据零件的特征和数控机床加工的适应性分析选择并确定进行数控加工的零件内容。根据零件的材料、形状、尺寸、精度、毛坯形状和热处理要求等确定加工方案,并选择合适的数控机床。
- (2) 结合加工表面的特点和数控设备的功能对零件进行数控加工工艺分析。
- (3) 进行数控加工工艺设计。工艺设计包含的内容较多,需要考虑加工方案、刀具和工夹



具的设计选择、刀点的选择、加工路线的确定等。

(4) 根据编程的需要,对零件模型进行数学处理和计算。工艺处理完成后,根据零件的几何尺寸、加工路线,计算出数控机床所需要的数据。

(5) 编写零件加工程序单。编程人员可以根据所使用的数控系统的指令、程序段格式,分段编写零件的加工程序。编程人员需要了解数控机床的性能、程序指令代码以及数控机床加工零件的过程,才能编写出正确的加工程序。数控加工程序中必须给定各种切削参数的最佳数值。

(6) 将加工程序输入数控系统并进行程序校验。编程结束后,要制备控制介质。现代控制介质就是磁盘,也可以通过计算机与机床的通讯功能,实现加工程序的直接传输。制备完成的控制介质需要经过校验、试件加工后才能正式使用。

(7) 编制数控加工工艺技术文件。这是一个指导数控加工的纲领性技术文件,与一般的机械制造工艺文件相同。

数控机床的性能不断地改善和提高,数控装备不断地完善,以及编程技术的迅速发展,使数控加工方法的应用日益广泛。另外,由于数控机床的自动化程度高,控制方式不同,使数控加工工艺具有以下特点。

- 数控加工有相对的适应性

对于形状复杂、加工精度高的零件或者难测量、难控制进给和无开敞内腔的壳体零件尤为适用。而对于一些要用特种机床来加工的零件则不适合用数控加工。

- 工艺参数和过程设计的周密性

工艺参数和过程设计的周密性主要针对数控加工自适应性较差的问题,它不像通用机床,在加工过程中可以根据出现的问题随时可以进行人为的调整,比如说在攻螺纹时,可以直观地了解到螺纹孔内的积屑是否挤满,然后决定是否要进行清理后再进行下一步的操作。而数控加工在工艺设计时必须提前注意到加工过程中的每一个细节,因此在图形数学处理和编程过程中需要考虑充分,以保证在加工过程顺利进行。

- 工艺内容的具体性

在通用机床加工工艺中,比如工步的划分与安排、刀具的安排、走刀路线等,都是由操作工人根据自己的经验和习惯来考虑和决定的。而在数控加工中,这些操作经验需要充分考虑分析并做出正确的选择,且编入加工程序中去。因此在数控加工工艺设计时所有的工艺安排都必须考虑到并编入到加工程序中。这就要求编程人员必须掌握较扎实的工艺基本知识和较丰富的实践经验,另外还要具备数控编程的相关知识,对数控编程知识的理解决定了所编程序的加工质量和加工效率。

### 1.1.2 数控加工的工艺设计

数控加工工艺设计是进行数控加工的一项基础性工作。数控机床的使用效果在很大程度上取决于数控加工工艺设计的正确性与合理性。数控加工工艺的合理设计对实现优质、高效、经济的数控加工具有重要的意义。主要包括选择零件适合数控加工的对象、对零件进行数控工艺



性分析、数控加工的工艺规划等 3 方面内容。

## 1. 选择适合数控加工的零件对象

选择某个零件进行数控加工并不是对整个零件的所有表面都作为数控加工内容,而是应该仔细对零件进行工艺分析后再选择合适且需要进行数控加工的内容和工序。在选择时一般可以按以下顺序考虑。

- (1) 普通机床无法加工的表面应作为优先选择的内容。
- (2) 普通机床难以加工,质量也难以保证的对象为重点选择的内容。
- (3) 普通机床加工效率低,工人手工操作劳动强度大的内容,可选择数控加工。

但是也有一些工序不适合选择数控加工,例如需要通过较长时间占机调整的加工内容(如以毛坯的粗基准定位来加工第一个精基准的工序等);必须按专用工装协调的孔及其他内容(主要原因是采集编程用的数据有困难,协调效果也不理想);按某些特定的制造依据(如样板、样件等)加工的型面轮廓(主要原因是取数据难,易与检验依据发生矛盾,增加编程难度);不能在一次安装中加工完成的其他零星部位,采用数控加工效率低,效果不明显,可安排普通机床进行加工。

## 2. 零件的数控工艺分析

被加工零件的数控加工工艺性问题涉及面很广,它包含从零件设计、工艺过程直到形成产品的整个过程。在进行数控加工的工艺性分析时,编程人员应根据所掌握的数控加工基本特点以及所用的数控机床的功能和实际工作经验,力求把这一前期准备工作做得完善,从而减少失误和返工。

### (1) 审查与分析零件图形中尺寸标注是否适合数控加工

数控加工倾向于以同一基准标注尺寸或直接给出坐标尺寸。这样有利于编程,也便于尺寸的协调,使设计、工艺、检验基准与编程原点保持一致性。零件设计人员在尺寸标注时,往往较多地考虑装配等使用特性,常采用局部分散的尺寸标注。由于数控加工的加工精度和重复定义精度很高,不会产生较大的积累误差而破坏使用特性,因此可以将局部的分散尺寸标注改为集中尺寸标注和坐标尺寸标注。

### (2) 审查与分析零件图样中构成轮廓的几何元素是否充分

分析图样中各个元素之间的关系是否合理正确,如直线与圆弧、圆弧与圆弧之间是否相交或相切。只有弄清其关系,才能得到正确的基点和节点坐标值。

### (3) 审查与分析定位基准是否可靠

数控加工特别强调定位基准的可靠性,尤其是需要多次重复使用同一基准装夹的零件,它要求定位基准可靠,有时候还需要增加工艺定位基准。

## 3. 数控加工的工艺规划

数控加工的工艺规划包括加工对象及加工区域的规划、加工工艺路线的规划、加工工序和



加工方式的规划等。

### (1) 加工对象和加工区域的规划

对于加工表面形状差异很大、加工表面不同区域尺寸差异较大或加工表面要求的精度和实际表面精度差异较大时,需要进行分区加工;另外,为有效控制加工残余高度,应针对曲面变化采用不同的刀轨形式和行间距进行分区加工。对加工对象进行分析,对加工区域进行规划,可以达到提高加工质量和效率的目的。

### (2) 加工工艺路线的规划

设计加工路线时,首先要考虑加工顺序。加工顺序的安排应根据零件的结构和毛坯状况,以及定位安装与夹紧的需要来考虑,重点是保证定位夹紧时工件的刚性和加工精度。加工顺序安排的原则如下:

- 上道工序的加工不能影响下道工序的定位和夹紧,要综合考虑。
- 先粗后精原则:加工顺序应由粗加工到精加工逐步进行,加工余量由大到小。考虑到粗加工时零件产生变形需要一定的时间恢复,最好粗加工后不要立即安排精加工。
- 先内后外原则:先进行内腔的加工,后进行外形加工工序。
- 先面后孔原则:在零件上既有面加工,又有孔加工时,要采用先加工面后加工孔的顺序,这样可以提高孔的加工精度。
- 工序集中原则:以相同定位、夹紧方式或同一把刀具加工的工序,最好连续进行,从而减少重复定位次数、换刀次数与挪动压紧元件次数。
- 在同一次安装进行的多道工序中,应先安排对工件刚性破坏较小的工序。
- 基准先行原则:首先安排零件粗、精加工时要用到定位基准面的加工,当零件重新装夹进行精加工时,应考虑精修基准面或孔,也可采用加工表面作为新的定位基准方法。

在数控加工的工艺路线设计时还要考虑数控加工工序与普通加工工序的衔接,数控加工的工艺路线设计常常仅是几道数控加工工艺过程,而不是指毛坯到成品的整个工艺过程。由于数控加工工序常常穿插于零件加工的整个工艺过程中,因此工艺路线设计一定要全面,瞻前顾后,使之与整个工艺过程吻合。如果衔接得不好就容易产生矛盾,最好的解决办法是建立下一工序向上一工序提出工艺要求的机制,如要不要留加工余量,留多少,定位面与定位孔的精度要求及形位公差,对校形工序的技术要求,对毛坯的热处理状态要求等,目的是达到相互能满足加工需要,且质量目标和技术要求明确,交接验收有依据。

### (3) 加工工序和加工方式的规划

加工工艺路线设计完成后就可以实施具体加工工序的设计了,主要内容有拟定工序加工的具体内容、切削用量、定位夹紧方式及刀具运动轨迹、选择刀具、夹具等工艺装备,为编制加工程序做好准备。在工序设计时需要注意下面几个方面:

#### ● 刀具的选择

数控加工机床的刀具种类繁多,功能各不相同,根据不同的加工条件、加工区域和加工工序选择合适的刀具是编制程序的重要环节,刀具的正确选择对加工质量和效率有较大的影响。



- 刀轨形式的选择

刀轨也称刀具加工路径,指数控机床在加工过程中刀具相对于被加工工件的运动轨迹和方向。确定刀轨就是要确定刀具运动的运动轨迹和方向。妥善安排刀轨可使被加工零件获得良好的加工精度和表面质量,数值计算容易而减少编程工作量,并可以使进给路线最短、程序段数减少、缩短空走刀时间。

刀轨选择不仅包括切削加工时的加工路线,还包括刀具到位、对刀、退刀和换刀等一系列过程的刀具运动路线。应针对不同的加工区域、加工类型、加工工序选择合理的刀轨形式,以确保加工的质量和效率。

- 误差的控制

除零件程序编制过程中产生的误差,影响数控加工精度的还有机床误差、系统插补误差、伺服动态误差、定位误差、对刀误差、刀具磨损误差、工件变形误差等。确定与编程有关的误差环节和误差控制参数,可以保证控制编程精度和实际加工精度。

- 残余高度的控制

根据刀具参数、加工表面特征确定合理的刀轨行间距,在保证加工表面的前提下尽可能提高加工效率。

- 切削参数的设置

切削参数包括切削深度或宽度、主轴速度、进给速度等。对于粗加工、精加工、钻孔等应选用不同的切削参数。确定切削参数的目标是尽量提高材料的切除率,同时保持稳定的切削状态和要求的加工精度。

- 安全控制

包括安全高度、避让区域等涉及加工安全的控制因素。

工艺分析规划是数控编程中较为灵活的部分,受机床、刀具、加工对象等多种因素的影响。从某种程度上说,加工工艺规划基本上是加工经验的体现,因此要求编程人员在工作中不断总结和积累经验,使工艺分析和规划更符合实际工作的需要。

## 1.2 数控机床与数控系统

### 1.2.1 数控机床的工作原理及数控机床的坐标

数控机床(Numerical Control Machine Tools)就是采用了数控技术的机床。国际信息处理联盟(International Federation for Information Processing)第五技术委员会对数控机床作了如下定义:数控机床是一个装有程序控制系统的机床,该系统能够逻辑地处理具有使用代码,或其他符号编码制定规定的程序。换言之,数控机床是一种采用计算机,利用数字进行控制的高效能自动化加工的机床,它能够按照国际或国家,甚至生产厂家所规定的数字或文字编码方式,把各种机械位移量、工艺参数(如主轴转速,切削速度)、辅助功能(如刀具变换、切削液自动供停等),





用数字、文字等符号表示出来, 经过程序控制系统, 即数控系统的逻辑处理与计算, 发出各种指令, 实现要求的机械动作, 自动完成加工任务。在加工零件或加工作业变换时, 它只需要改变控制的指令程序就可以实现新的控制。

### 1. 数控机床的组成

数控机床的基本组成包括: 输入/输出装置、数控装置、伺服驱动和反馈装置、辅助控制装置以及机床本体等, 如图 1-2 所示。

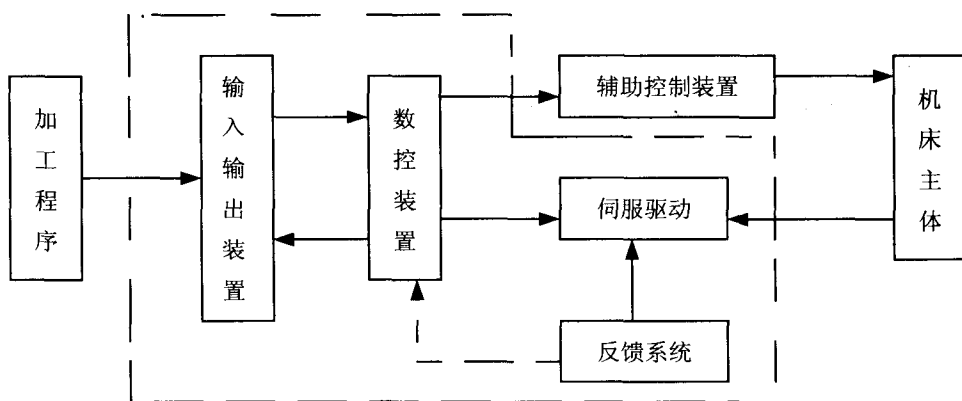


图 1-2 数控机床组成

图 1-2 中的输入/输出装置、数控装置、伺服驱动和反馈装置构成了机床数控系统(NC)。数控系统是所有数控设备的核心, 它的主要控制对象是坐标轴的位移(包括移动速度、方向、位置等), 其控制信息主要来源于数控加工或运动控制程序。

#### (1) 输入/输出装置

这一部分是信息通道, 加工零件的程序和各种参数、数据都是通过这一装置进入数控装置的。键盘和显示器是任何数控设备必备的最基本的输入输出装置。

#### (2) 数控装置

数控装置是数控系统的核心。它是由中央处理器(CPU)、存储器、总线和相应的软件构成的专用计算机, 它接收到输入信息后, 经过译码、计算和处理, 然后输出各种指令, 控制机床的各部分进行规定的动作。在控制信息和指令中, 最基本的是坐标轴的进给速度、进给方向和进给位移量指令, 它们直接决定了刀具或坐标轴的移动轨迹。

#### (3) 伺服驱动

伺服驱动也称为伺服驱动装置, 它是由伺服放大器和执行机构等组成的。它用于接收计算机运算处理后分配来的信号, 该信号经过调解、转换、放大以后去驱动伺服电机, 带动数控机床的执行部件运动。

伺服系统按其控制方式, 分为开环、半闭环和闭环 3 类, 如图 1-3 所示。其中开环最简单, 但是当负荷突变或脉冲频率突变时, 数控运动部件将可能发生“失步”现象, 即丢失一定数量