

UG NX 8 (第2版)

数控加工基础教程

甘辉 刘朝福 管爱枝 编著



- ◆ 系统完备的基础知识，锻炼扎实的基本功底
- ◆ 详细透彻的实例讲解，手把手传授操作技巧
- ◆ 典型的工厂应用案例，练就专业的技术水平
- ◆ 丰富的技巧和知识点，使学习过程更加快捷
- ◆ 操作性强的课后实训，使应用水平全面提升

清华大学出版社

CAD/CAM 技能型人才培养规划教材

UG NX 8 数控加工 基础教程 (第 2 版)

甘辉 刘朝福 管爱枝 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以UG NX 8版本为蓝本,有机融合了UG NX 软件应用、操作技巧及数控加工相关知识。全书共10章,分别介绍数控技术基础知识,UG NX CAM应用基础,平面铣和型腔铣,等高轮廓铣,固定轴曲面轮廓铣,点位加工和后处理等。本书不仅详细地介绍了UG NX 软件数控编程核心功能,而且通过适量的实例、练习进行强化训练,并穿插大量的操作技巧,以帮助读者切实掌握应用UG NX 进行数控编程。

本书配套提供的资源包括书中实例的源文件、结果文件及更多的综合案例等学习资源,便于读者练习与揣摩思路和技巧,读者可在 www.51cax.com 网站注册后凭本书封底序列号免费下载。任课教师可免费获取教学资源及51cax网上试题库。

本书可作为高等院校CAD/CAM相关专业的教材,也可作为各类CAD/CAM培训机构的授课教材,还可以作为其他数控编程人员CAM技术的自学教材或参考书。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

UG NX 8 数控加工基础教程/甘辉,刘朝福,管爱枝 编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2013.4
(CAD/CAM 技能型人才培养规划教材)

ISBN 978-7-302-31713-5

I. ①U… II. ①甘… ②刘… ③管… III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件—教材
IV. ①TG659-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第048694号

责任编辑:刘金喜 胡雁翎

封面设计:唐 宇

版式设计:牛静敏

责任校对:邱晓玉

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62794504

印 刷 者:三河市君旺印装厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:16.5 字 数:371千字

版 次:2009年12月第1版 2013年4月第2版 印 次:2013年4月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.80元

编 委 会

主 编 单岩(浙江大学)

副主编 吴立军(浙江科技学院)

编 委 (按姓氏笔画顺序)

王丹萍	王志明	王忠生	乔 女
刘朝福	刘 晶	阮冰洁	李加文
吴中林	李兆飞	宋秋丽	张 廷
苗 盈	郑才国	郑林涛	单 辉
徐善状	彭 伟	管爱枝	

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。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。

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,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:数控技术基础知识;UG NX 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;2.5~3 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。

本书配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,使读者能快速掌握数控加工编程的基本知识和技能。

本书由甘辉、刘朝福、管爱枝编写。限于编写时间和编者的水平,书中难免会存在需要进一步改进和提高的地方。我们十分期望读者及专业人士提出宝贵的意见与建议,以便今后不断加以完善。请通过以下方式与我们联系。

- 网站: <http://www.51cax.com>
- E-mail: book@51cax.com
- 致电: 0571-28852522, 0571-87952303

本书责编的 E-mail: hnliujinxi@163.com。服务邮箱: wkservice@vip.163.com。

本书提供的配套资源包括书中实例的源文件、结果文件及更多的综合案例等学习资源,便于读者练习、揣摩思路与技巧,读者可在 www.51cax.com 网站注册后凭本书封底序列号免费下载。杭州浙大旭日科技开发有限公司为本书配套提供 PPT 教学课件及 51cax 网上题库等立体教学资源,任课教师可来电免费获取。PPT 教学课件和实例源文件也可通过 www.tupwk.com.cn/downpage 免费下载。

最后,感谢清华大学出版社为本书的出版所提供的机遇和帮助。

作 者

2013 年 1 月

目 录

第 1 章 数控技术基础知识	1	第 3 章 UG 加工环境介绍	59
1.1 数控加工基础	2	3.1 进入加工环境及用户界面简介	59
1.1.1 数控加工工艺的内容及特点	2	3.1.1 进入 CAM 模块	59
1.1.2 数控加工的工艺设计	3	3.1.2 UG NX CAM 工作界面	60
1.2 数控机床与数控系统	6	3.2 工序导航器	62
1.2.1 数控机床的工作原理及 数控机床的坐标	6	3.2.1 4 个视图	62
1.2.2 数控机床的坐标系和自由度	9	3.2.2 参数继承关系	64
1.3 数控编程基础	11	3.3 参数组的创建	67
1.3.1 概述	11	3.3.1 程序组的创建	67
1.3.2 数控加工程序的结构和格式	12	3.3.2 刀具的创建	67
1.3.3 常用的数控指令	13	3.3.3 几何体的创建	69
1.3.4 图形交互式自动编程	18	3.3.4 加工方法的创建	72
1.4 常用的 CAM 软件	19	3.3.5 操作的创建	82
第 2 章 UG 加工模块基础知识	21	3.4 刀位轨迹的管理	85
2.1 UG 功能介绍及特点	21	3.4.1 生成刀位轨迹	85
2.2 加工类型	22	3.4.2 重播刀位轨迹	86
2.3 加工流程	22	3.4.3 仿真刀位轨迹	86
2.3.1 加工步骤及术语解释	22	第 4 章 操作类型及共同选项	91
2.3.2 加工前的准备工作	24	4.1 操作类型	91
2.4 加工几何	27	4.1.1 平面铣	91
2.5 加工刀具	28	4.1.2 型腔铣	92
2.5.1 刀具参数	28	4.1.3 深度加工轮廓铣	93
2.5.2 刀柄参数	30	4.1.4 固定轴曲面轮廓铣	93
2.6 加工方法	31	4.2 特有的选项	94
2.7 程序组	31	4.3 共同选项	94
2.8 UG NX NC 助理	32	4.4 切削方法	96
2.9 实例操作	33	4.4.1 往复式走刀	96
		4.4.2 单向走刀	97



4.4.3 单向轮廓走刀	97	5.5.1 策略	136
4.4.4 跟随周边走刀	98	5.5.2 余量	139
4.4.5 跟随部件走刀	98	5.5.3 连接	141
4.4.6 摆线走刀	99	5.5.4 空间范围	144
4.4.7 轮廓加工	100	5.6 切削深度	145
4.4.8 标准驱动走刀	100	5.7 表面铣	147
4.5 步进距离	101	5.7.1 几何体	148
4.6 进退刀方法	108	5.7.2 毛坯距离和最终底面余量	148
4.6.1 安全距离	108	第 6 章 型腔铣	165
4.6.2 预钻孔	109	6.1 概述	165
4.6.3 进刀	110	6.2 型腔铣操作	166
4.6.4 转移类型	111	6.2.1 工序子类型	166
4.6.5 退刀	112	6.2.2 型腔铣操作对话框	167
4.7 拐角控制	117	6.2.3 生成型腔铣操作刀位轨迹	168
4.8 避让几何	118	6.3 加工几何体	168
4.8.1 出发点	119	6.4 控制几何——切削层	173
4.8.2 起点	119	6.4.1 自动产生切削层	173
4.8.3 返回点	119	6.4.2 用户定义	175
4.8.4 回零点	120	6.4.3 单个切削层	176
4.8.5 安全平面	120	第 7 章 等高轮廓铣	181
4.9 进给率	121	7.1 等高轮廓铣概述	181
4.9.1 速度	122	7.2 创建等高轮廓铣工序	181
4.9.2 更多	122	第 8 章 固定轴曲面轮廓铣	193
第 5 章 平面铣	124	8.1 概述及主要概念	193
5.1 概述及主要概念	124	8.2 创建固定轴曲面轮廓铣操作	194
5.2 创建平面铣的操作步骤	124	8.3 加工几何	195
5.2.1 子类型模板	125	8.3.1 切削区域	196
5.2.2 平面铣操作对话框	126	8.3.2 修剪边界	196
5.2.3 生成平面铣操作刀位轨迹	127	8.4 常用驱动方法	196
5.3 创建几何体	127	8.4.1 区域铣削驱动方法	196
5.3.1 边界几何	127	8.4.2 清根切削驱动方法	206
5.3.2 选取方法	128	8.4.3 其他驱动方法	214
5.4 控制几何——控制点	131	8.5 非切削参数	216
5.4.1 预钻孔进刀点	132	8.5.1 进刀/退刀	217
5.4.2 切削区域起点	134	8.5.2 转移/快速	217
5.5 切削参数	135		

8.5.3 避让.....	218	9.5 一般参数.....	230
8.5.4 更多.....	218	9.5.1 最小安全距离.....	230
第 9 章 点位加工.....	221	9.5.2 深度偏置.....	231
9.1 概述及主要概念.....	221	第 10 章 后处理.....	241
9.2 创建点位加工工序.....	222	10.1 图形后置处理器.....	241
9.3 加工几何.....	223	10.2 刀具位置源文件.....	243
9.3.1 零件顶面.....	223	10.3 UG 后置处理器.....	244
9.3.2 加工底面.....	224	10.3.1 UG/Post 的主要概念.....	244
9.3.3 指定加工位置.....	224	10.3.2 UG/Post 后处理步骤.....	245
9.4 循环控制.....	227	10.3.3 后处理模板的创建步骤.....	245
9.4.1 循环参数组.....	227	10.4 车间工艺文件.....	251
9.4.2 循环参数.....	228		

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与知识，并了解不同的数控加工软件。

学习要求

- ✓ 掌握：数控加工工艺知识，数控编程基础。
- ✓ 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。

数字控制技术(Numerical Control, NC)，简称“数控技术”，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，它是现代机械制造技术的基础。由于数控加工是将数字化控制技术应用于传统的加工技术中，因此几乎覆盖了所有的加工领域，如车、铣、刨、镗、磨、钻、拉、切断、插齿、电加工、板材成形、管料成形等，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所必须具备的硬件和软件的整体。数控系统的核心是数控装置(Numerical Controller)，而采用计算机控制的数控装置即称为 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，制定出加工工艺。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，编制加工程序。数控加工过程如图 1-1 所示。

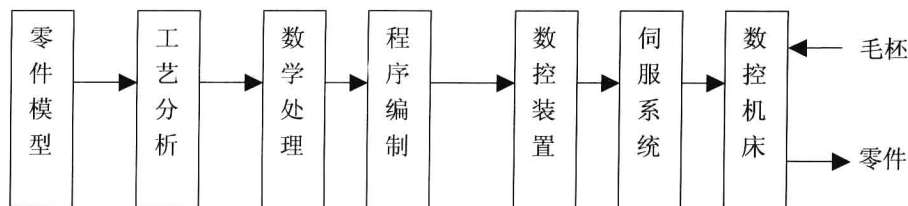


图 1-1 数控加工过程

1.1 数控加工基础

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,这就要求我们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。最大的不同是在控制方式上。通用机床加工零件时,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,都是操作者根据自己的经验和习惯来确定的。而用数控机床在加工过程中,由于是完全按照编制的程序来走刀的,因此我们在编制程序之前首先得考虑这些参数的设置,如各个工序的划分,工步的安排,进给量、走刀路线及其他切削参数等。另外,对于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做适当的修改来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。所以在编程前,我们首先要对被加工零件进行相关的工艺准备。

一般,数控加工的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、精度及毛坯形状及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。

工艺设计包括的内容较多,需要考虑加工方案、刀具和工夹具的设计选择、对刀点的选择、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) 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加工。

(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。

由于数控机床的性能不断的改善和提高,数控装备不断的完善以及编程技术的迅速发展,使数控加工方法获得日益广泛的应用。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几个特点:

(1) 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、难控制进给和尺寸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不适合用数控加工。

(2) 工艺参数和过程设计的周密性

这主要是针对数控加工过程中自适应性,它不像通用机床,在加工过程中可以根据出现的问题随时进行人为的调整,比如说在加工螺纹的时候,可以直观地了解到螺纹孔内的积屑是否挤满,然后再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,从而在图形数学处理和编程过程中考虑充分,保证加工过程的顺利进行。

(3) 工艺内容的具体性

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决定的。而在数控加工中,这些操作经验需要经过充分考虑和分析并做出正确的选择,并编到加工程序中去。因此,在数控加工工艺设计时,所有的工艺安排都必须考虑周全并编到加工程序中。

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

数控加工的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。其内容主要包括：选择零件适合数控加工的内容；对零件进行数控工艺性分析及数控加工的工艺规划 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将整个零件的所有表面都作为数控加工内容，而是仔细对零件进行工艺分析后选择合适、需要进行数控加工的内容和工序。在选择时一般可以按下列顺序考虑：

- (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：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，它包含在零件设计、工艺过程直到形成产品的整个过程中。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) 审察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，在保持设计、工艺、检验基准与编程原点一致性方面带来很大的方便。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。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，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) 审察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、节点坐标值。

(3) 审察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，特别是需要多次重复使用同一基准装夹的零件，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、加工工艺路线规划、加工工序和加工方式规划等。

(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,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

设计加工工艺路线时,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利于保证加工精度。加工顺序安排的原则如下:

① 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。

② 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,最好粗加工后不要紧接着安排精加工。

③ 先内后外原则:先进行内腔的加工,后进行外形加工工序。

④ 先面后孔原则:在零件上既有面加工,又有孔加工时,要先加工面后加工孔,这样可以提高孔的加工精度。

⑤ 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,减少重复定位次数,换刀次数与挪动压紧元件次数。

⑥ 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。

⑦ 基准先行原则:首先安排零件粗精加工时要用到的定位基准面的加工,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通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穿插于零件加工的整个工艺过程中,因此在工艺路线设计中一定要全面,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,例如,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,并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具体实施加工工序的设计了,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以下几个方面:

① 刀具的选择

数控加工机床刀具种类繁多,功能各不相同,根据不同的加工条件正确选择刀具是编制

程序的重要环节,针对不同的加工区域和加工工序选择合适的刀具,对加工质量和效率有较大的影响。

② 刀轨形式的选择

刀轨也称刀具加工路径,它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,数值计算容易从而减少编程工作量,并使进给路线最短,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。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。

③ 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,保证控制编程精度和实际加工精度。

④ 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。

⑤ 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。

⑥ 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,受到机床、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 of Information Processing)第五技术委员会对数控机床所下定义为: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，甚至生产厂家所编写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。在被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。

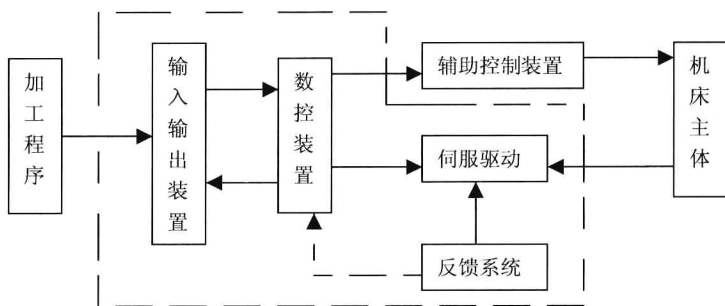


图 1-2 数控机床组成

图 1-2 中的输入输出装置、数控装置、伺服驱动和反馈系统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，是由伺服放大器和执行机构等组成的。它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。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

量的进给指令脉冲,从而造成进给运动的速度和行程误差。开环控制系统一般应用于精度不高的经济型中、小数控机床的进给运动。

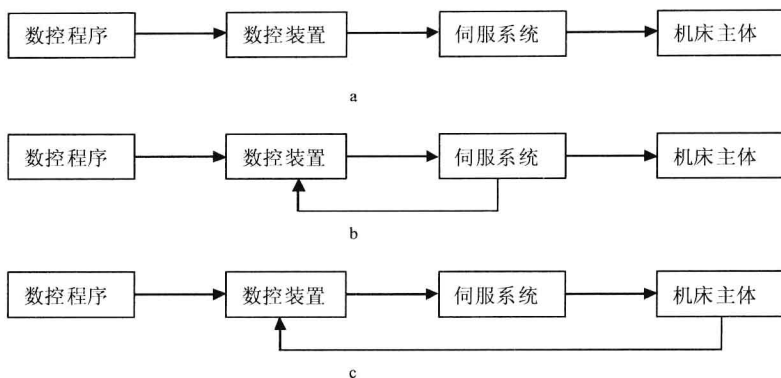


图 1-3 伺服系统

半闭环和闭环系统都有用于检查位置和速度指令执行结构的检测(含反馈)装置。半闭环的检测装置,安装在伺服电机或传动丝杆上。由于丝杆的螺距误差以及受载后丝杆、轴承变形等影响,半闭环对检测结果的校正并不完全,控制精度比闭环要低一些。但从目前控制原理上看,控制运动部件是一个指令元件,传动机构因有变形,可视为弹性元件,两者构成一个振荡环节。显然,半闭环不包含这些环节,因而一般不会引起振荡。而闭环如果系统参数选取不合适,则有可能产生进给振荡,即运动不稳定。目前,一般数控机床都采用半闭环控制,闭环则用于精度高的机床,如高精度的镗铣加工中心。

(4) 辅助控制装置

辅助控制装置的作用是根据数控装置输出主轴的转速、转向和起停指令、刀具的选择和交换指令、冷却、润滑装置的起停指令。工件和机床部件的松开、夹紧工作台转位等辅助指令所提供的信号,以及机床上检测开关的状态等信号,经过必要的编译和逻辑运算,经放大后驱动相应的元件,带动机床机械部件,液压启动等辅助装置完成指令规定的动作。辅助控制装置通常由 PLC 和强电控制回路构成。

(5) 机床本体

机床本体与传统的机床基本相同,它也是由主传动系统、进给传动系统、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等部分组成。但为了满足数控的要求,充分发挥机床性能,它在总体布局、外观造型、传动系统结构、刀具系统以及操作性能方面都已经发生了很大的变化。随着科学技术的进步,数控机床的发展呈现出以下趋势。

① 性能的发展:高速、高精度、高效化、工艺复合和多轴化

速度、精度和效率是机械制造的关键性能指标。数控机床的效率取决于两个因素,一个是切削速度。由于数控机床各组件制造分工的专业化,主轴高速化日益普及。另外一个因素就是非加工时间的缩短。非加工时间如工件搬运、上下料、安装调整、换刀和主轴的升、降速等时间。数控机床的工艺复合化是指工件在一台机床上一次装夹后,可以通过自动换刀、

旋转主轴头和转台等各种措施、完成多工序、多表面的复合加工。多轴化是以减少工序、辅助时间为主要目的的复合加工。由于减少非加工时间是提高加工效率的有效途径,因此复合功能的机床也是近年来发展很快的机种。

由于各组件加工的精密化,误差控制在微米级别已经不是问题。计算机辅助生产系统的发展带动了数控控制器的功能越来越多。

② 安全与环保

凡是可能伤害人身的地方都应加有安全警示装置。干切削和微量润滑油切削方法因可大大减少润滑油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,机床的人机工效学明显增强了,在加工过程中,操作者工作更舒适。此外,无污染的清洁技术也受到普遍重视。

③ 外观

机床制造商更注重机床的人性化设计,造型美观和色调的协调柔和,其精品机床更向工艺品方向发展。

2. 数控机床的加工原理

数控机床的加工过程,就是将加工零件的几何信息和工艺信息编制成程序,由输入部分送入计算机,经过计算机的处理、运算,按各坐标轴的分量送到各轴的驱动电路,经过转换、放大从而驱动伺服电机,带动各轴运动,并进行反馈控制,使各轴精确走到要求的位置。

(1) 数控装置根据加工程序要求的刀具轨迹,将轨迹按机床对应的坐标轴,以最小移动量(脉冲当量)进行微分,并计算出各轴需要移动的脉冲数。

(2) 通过数控装置的插补运算,把要求的轨迹以“最小移动当量”为单位等效折线进行拟合,并找出最接近理论轨迹的拟合折线。

(3) 数控装置根据拟合折线的轨迹,给相应的坐标轴连续不断地分配脉冲,并通过伺服驱动使机床坐标轴按分配的脉冲运动。

只要数控机床的最小移动量足够小(通常为 0.001mm),所用的拟合折线就完全可以等效代替理论曲线。通过改变坐标轴的脉冲分配方式,就可以改变拟合折线的形状,从而达到改变加工轨迹的目的。另外,通过改变分配脉冲的频率,就可以改变坐标轴(刀具)的运动速度。这样就实现了数控机床控制刀具移动轨迹的目的。

数控系统所确定的刀具运动的轨迹称为数控刀轨,数控编程的任务就是要计算出数控刀轨,并以程序的形式输出到数控机床。数控刀轨是由一系列简单的线段连接而成的折线,折线上的节点称为刀位点,刀具的中心就是沿着刀轨依次经过每个刀位点,切削出零件的形状。数控编程的核心内容就是计算出数控刀轨的刀位点。

1.2.2 数控机床的坐标系和自由度

数控机床的坐标和运动方向的命名,是为了简化程序编制的方法和保证记录数据的通用