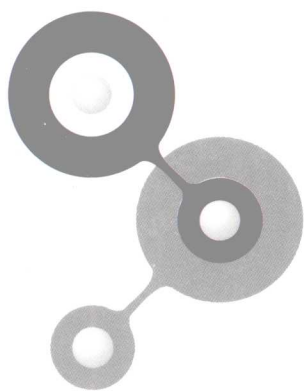




高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材



数控加工工艺学

主编 任 同
主审 陈洪涛



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材

数控加工工艺学

主 编 任 同

副主编 马有良

主 审 陈洪涛

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本书的主要内容包括数控加工技术概述,数控加工的切削基础,数控加工工艺设计及数控加工工艺文件,数控加工的工具系统,数控加工中常用刀具材料及加工工件材料,数控加工夹具,复杂形状零件的数控加工工艺,数控车削、铣削和加工中心的加工工艺,高速切削工艺。

本书力求理论联系实际,给出了许多例题及其分析,实用性强,可以提高学生的动手能力。本书内容全面,由浅入深,重点突出,便于自学。

本书可作为机械设计制造及自动化专业本科生的教材,也可作为机械设计制造及自动化专业高职、电大、自考、网教学生的教材和其他机械类专业的教材,亦可供从事机械制造事业的工程技术人员参考。

★本书配有电子教案,有需要的老师可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺学/任同主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2008.8

高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2020-6

I. 数… II. 任… III. 数控机床—加工工艺—高等学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 043748 号

策 划 马乐惠

责任编辑 马晓娟 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 20

字 数 472千字

印 数 1~4000册

定 价 29.00元

ISBN 978-7-5606-2020-6/TH·0089

XDUP 2312001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

高等学校

自动化、电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化专业

“十一五”规划教材编审专家委员会名单

主任：张永康

副主任：姜周曙 刘喜梅 柴光远

自动化组

组长：刘喜梅（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

韦 力	王建中	巨永锋	孙 强	陈在平	李正明
吴 斌	杨马英	张九根	周玉国	党宏社	高 嵩
秦付军	席爱民	穆向阳			

电气工程组

组长：姜周曙（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

闫苏莉	李荣正	余健明
段晨东	郝润科	谭博学

机械设计制造组

组长：柴光远（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

刘战锋	刘晓婷	朱建公	朱若燕	何法江	李鹏飞
麦云飞	汪传生	张功学	张永康	胡小平	赵玉刚
柴国钟	原思聪	黄惟公	赫东锋	谭继文	

项目策划：马乐惠

策 划：毛红兵 马武装 马晓娟

前 言

21 世纪,我国机械制造业大力发展,尤其是航空、航天、汽车等制造业空前繁荣。制造业的竞争,其实质是数控技术的竞争,也是数控人才的竞争。市场急需数控人才,为此国家提出了加大数控人才培养力度的要求,相关人员对数控教学的课程体系和教学方式也进行了有益的探索和实践。

本书是作者通过近几年对全国数十家企业的多次调研,根据数控人才知识结构的市场需求,从培养学生必备的专业基础知识和专业技术应用能力出发,集有关教师多年的理论教学和实践教学经验编写而成的。

本书以保证基础、突出应用、力求先进、确保能力培养为指导思想,具有知识面宽,适用面广,技术及工艺方法新,内容浅显易懂,面向实践,注重实用等特点。

例如,在确定零件的数控加工内容时,明确哪些应作为首选内容,哪些是重点选择内容,哪些又是可选内容,而哪些又是不宜选作数控加工的内容,等等。书中附有大量的例题,既可供教师根据实际情况选用,又对学生自学有所帮助,为“精讲多练”创造了条件。

本书共分 8 章,内容包括数控加工技术概述,数控加工的切削基础,数控加工工艺设计,数控刀具及工具系统、机床附件,数控加工工件的定位和机床夹具,复杂形状零件的数控加工工艺,数控切削加工工艺,高速切削工艺等。

本书由任同担任主编,并负责统筹全书。本书由廖磊编写第 1、5 章,马有良编写第 6 章及第 7 章的 7.5 节,郑丽璇编写第 2、4 章,任同编写了其余章节。在编写过程中,参考了许多其他高等院校、职业技术学院的有关教案和课件,编者在此一并表示衷心的感谢。

本书可作为机械设计制造及自动化专业本科生的教材,也可作为机械设计制造及自动化专业高职、电大、自考、网教学生的教材和其他机械类专业的教材,亦可供从事机械制造事业的工程技术人员参考。

四川工程职业技术学院的陈洪涛老师对本书进行了认真的审阅,提出了许多宝贵的建议,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,因此书中难免有不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 3 月

目 录

第 1 章 数控加工技术概述	1
1.1 数控技术及数控加工的基本概念	1
1.1.1 数控技术	1
1.1.2 数控加工	2
1.2 数控机床的组成与工作原理	4
1.2.1 数控机床的组成	4
1.2.2 数控机床的工作原理	6
1.3 数控机床的分类	6
1.3.1 按工艺用途划分	6
1.3.2 按运动方式划分	6
1.3.3 按伺服系统类型划分	7
1.3.4 按数控机床系统的功能划分	8
1.4 数控机床的特点与发展方向	9
1.4.1 数控机床的特点	9
1.4.2 数控机床的发展方向	10
1.5 数控机床的坐标系统与原点偏置	11
1.5.1 坐标系及运动方向的规定	11
1.5.2 坐标轴及其运动方向	13
1.5.3 坐标原点	14
1.5.4 程序原点的设置与偏移	16
1.5.5 绝对坐标编程及增量坐标编程	17
1.6 现代数控加工的补偿	18
1.6.1 刀具长度补偿	18
1.6.2 刀具半径补偿	20
1.6.3 夹具偏置补偿	21
1.7 数控程序常用指令及格式	21
1.7.1 程序段的一般格式	21
1.7.2 常用的编程指令	22
1.8 数控加工编程	26
1.8.1 数控编程的基本概念	26
1.8.2 数控编程的步骤	26
1.8.3 数控编程的方法	27
习题与思考题	29
第 2 章 数控加工的切削基础	30
2.1 金属切削过程的基本规律	30

2.1.1 切削运动和切削用量	30
2.1.2 切削时的工件表面	31
2.1.3 切削层参数	31
2.1.4 切削过程的金属变形	34
2.1.5 切削力与切削功率	42
2.1.6 切削热与切削温度	48
2.2 常用工件材料性能基础	52
2.2.1 金属材料的加工特性	52
2.2.2 非金属材料的加工特性	54
2.3 切削刀具的基本知识	57
2.3.1 刀具的几何参数	58
2.3.2 刀具的磨损	64
2.3.3 刀具耐用度	68
2.4 切削用量与切削液	70
2.4.1 切削用量	70
2.4.2 切削液	73
2.5 机械加工质量和加工精度	76
2.5.1 加工精度	76
2.5.2 加工表面质量	79
2.5.3 机械加工中的振动	82
习题与思考题	84

第3章 数控加工工艺设计	87
3.1 数控加工的基本概念	87
3.1.1 机械产品生产过程	87
3.1.2 机械加工工艺过程	87
3.1.3 生产纲领和生产类型	90
3.1.4 工件的定位原理	92
3.1.5 机械加工工艺规程	93
3.2 数控加工工艺概述	95
3.2.1 数控加工的工艺特点	96
3.2.2 数控加工工艺的主要内容	96
3.2.3 数控加工的发展前景	97
3.3 数控加工工艺性分析	99
3.3.1 零件图分析	99
3.3.2 零件的结构工艺性分析	100
3.4 数控加工内容的选择及数控机床的合理选用	100
3.4.1 数控加工内容的选择	100
3.4.2 数控机床的合理选用	101
3.5 数控加工工艺路线的设计	102
3.5.1 定位基准的选择	102
3.5.2 加工方法的选择	103
3.5.3 工序的划分	106

3.5.4 工序顺序的安排	107
3.6 数控加工工序的设计	107
3.6.1 走刀路线和工步顺序的确定	107
3.6.2 工件的安装与夹具的选择	110
3.6.3 刀具的选择	110
3.6.4 加工余量的确定	111
3.6.5 切削用量的选择	114
3.7 对刀点与换刀点的确定	115
3.8 测量方法的确定	117
3.9 数控加工工艺文件	118
3.10 数控加工工艺守则	120
习题与思考题	121
第4章 数控刀具及工具系统、机床附件	122
4.1 数控刀具	122
4.1.1 数控刀具的种类	122
4.1.2 数控刀具的特点	127
4.1.3 数控刀具材料	128
4.1.4 机夹可转位刀片及代码	132
4.1.5 数控刀具刀柄的结构及特点	133
4.1.6 数控刀具刀柄的选择方法及注意事项	137
4.1.7 数控刀具的选择	140
4.2 数控工具系统	150
4.2.1 数控工具系统简介	151
4.2.2 数控车床转塔式刀架的工具系统	156
4.2.3 刀具管理系统	158
4.3 数控机床附件	159
4.3.1 数控机床附件的种类	159
4.3.2 数控机床附件的发展趋势	166
习题与思考题	167
第5章 数控加工工件的定位和机床夹具	169
5.1 数控夹具	169
5.1.1 数控加工中使用的夹具	169
5.1.2 夹具的组成	169
5.1.3 数控机床夹具的作用与分类	170
5.1.4 数控夹具的要求	172
5.1.5 数控加工夹具的特点	172
5.2 工件在数控夹具中的定位与夹紧	173
5.2.1 定位方式与定位元件	173
5.2.2 定位误差的分析	180
5.2.3 工件在夹具中的夹紧	182
5.3 数控加工中的组合夹具	185

5.3.1	组合夹具的发展过程及经济效益	185
5.3.2	槽系组合夹具系统	186
5.3.3	孔系组合夹具系统	190
5.3.4	使用组合夹具的成本及管理分析	193
5.3.5	组合夹具结构的自动化设计	194
5.4	计算机辅助组合夹具元件的选择与安装规划	195
5.4.1	计算机辅助组合夹具元件的选择	195
5.4.2	计算机辅助组合夹具元件的安装规划	195
	习题与思考题	196
第6章	复杂形状零件的数控加工工艺	197
6.1	复杂形状零件的数控加工工艺概况	197
6.2	机床类型与工艺特点	199
6.3	复杂形状零件数控加工工艺方案	201
6.3.1	二维轮廓加工	201
6.3.2	二维型腔加工	201
6.3.3	三坐标曲面加工	201
6.3.4	五坐标曲面加工	202
6.3.5	曲面粗加工	204
6.4	其他工艺问题	205
	习题与思考题	209
第7章	数控切削加工工艺	210
7.1	数控车削和数控车削中心加工工艺	210
7.1.1	数控车床和数控车削中心	210
7.1.2	数控车削和数控车削中心加工工艺	213
7.1.3	典型零件的车削加工工艺分析	224
7.2	数控铣削加工工艺	234
7.2.1	数控铣床	234
7.2.2	数控铣削加工工艺	237
7.2.3	典型零件的铣削加工工艺分析	249
7.3	加工中心加工工艺	252
7.3.1	加工中心	253
7.3.2	加工中心加工工艺	257
7.3.3	典型零件的数控加工中心加工工艺分析	261
7.4	典型零件数控加工工艺分析	265
7.4.1	典型箱体类零件数控加工工艺分析	265
7.4.2	典型轴类零件数控加工工艺分析	270
7.4.3	典型模具成型零件数控加工工艺分析	273
7.5	组合件加工工艺设计及 CAM 加工	277
7.5.1	组合件及零件的工艺分析	277
7.5.2	组合件的 CAM 加工	289
	习题与思考题	295

第 8 章 高速切削工艺 298

8.1 高速切削原理 298

8.1.1 高速切削的概念 298

8.1.2 高速切削的优点 298

8.1.3 高速切削的工业应用 299

8.2 高速切削机床、刀具..... 299

8.2.1 高速切削的关键技术 299

8.2.2 高速切削机床 300

8.2.3 高速切削刀具 301

8.3 高速切削工艺 303

8.3.1 高速切削工艺内容 303

8.3.2 高速切削工艺实现 304

8.3.3 高速铣削加工工艺 305

参考文献 308

第1章 数控加工技术概述

装备工业的技术水平和现代化程度决定着整个国民经济的水平和现代化程度,数控技术及装备是发展新兴高新技术产业和尖端工业(如信息技术及其产业、生物技术及其产业、航空/航天等国防工业产业)的实用技术和最基本的装备。制造技术和装备是人类生产活动中最基本的生产资料,而数控技术又是当今先进制造技术和装备最核心的技术。目前,世界各国制造业广泛采用数控技术,以提高制造能力和水平,提高对动态多变市场的适应能力。大力发展以数控技术为核心的先进制造技术已成为世界各国加速经济发展、提高综合国力和国家地位的重要途径。

数控加工是计算机辅助设计与制造技术中最能明显发挥效益的生产环节之一。它不仅大大提高了复杂型面产品的制造能力和制造效率,而且保证产品能达到极高的加工精度和加工质量。

数控加工技术集传统的机械制造、计算机、现代控制、传感检测、信息处理、光机电等技术于一体,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及产品结构带来了深刻的变化。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 数控技术及数控加工的基本概念

1.1.1 数控技术

数控技术是20世纪中期发展起来的机床控制技术,是用数字信息对机械运动和工作过程进行控制的技术。数控装备是以数控技术为代表的新技术对传统制造业渗透而形成的机电一体化产品,即所谓的数字化设备。数控技术是机械工程与先进的微电子技术、计算机软硬件技术、传感检测技术、自动控制技术等深度结合的机电一体化高新技术。

1. 数控与数控机床

数控即数字控制(Numerical Control, NC),是用数字化信息对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法。

数控机床(Numerical Control Machine Tools)是技术密集度及自动化程度很高的机电一体化设备,也就是采用了数控技术的机床,或者说是装备了数控系统的机床。国际信息处理联盟第五技术委员会对数控机床作了如下定义:数控机床是一种装有程序控制系统的机床,该系统能逻辑地处理具有特定代码和其他符合编码指令规定的程序。

2. 数控系统

数控系统就是数控机床定义中所指的那种程序控制系统，它能逻辑地处理输入到系统中的具有特定代码的程序，并将其译码，从而使机床运动并加工零件。

数控系统在本质上是一台计算机。在硬件方面，它经历了电子管、晶体管、小规模集成电路、微处理机到当前 PC 结构的五代发展历程；在体系结构上，它经历了硬件数控(NC)、计算机数控(CNC)到目前的 PC 数控(PC-NC)三个阶段。早期的数控系统运算速度低，功能处理需要专门硬件来完成，而当前计算机的性能及速度迅速提高，功能处理可以由更为灵活的软件方法来实现，特别是能在 PC 计算机上实现，有力地推动了数控系统的发展。在目前应用的数控系统中，还存在专用计算机和通用计算机两类结构，其中前者由生产厂家专门设计，后者则使用与 PC 兼容和通用的工业 PC 机(IPC)。由于 PC 的通用性和软件的柔性，使得当前数控系统正向着 PC 平台、软件方式及开放结构方向发展。

3. 计算机数控系统

计算机数控系统(Computerized Numerical Control System)是采用通用计算机元件与结构，并配备必要的输入/输出部件构成的，它采用控制软件来实现加工程序的存储、译码、插补运算、辅助动作逻辑连锁以及其他复杂功能。计算机数控系统由装有数控系统程序的专用计算机、输入/输出设备、可编程序控制器(PLC)、存储器、主轴驱动及进给驱动装置等部分组成，习惯上称为 CNC 系统，其原理如图 1-1 所示。通常所说的数控系统，一般均指计算机数控系统。

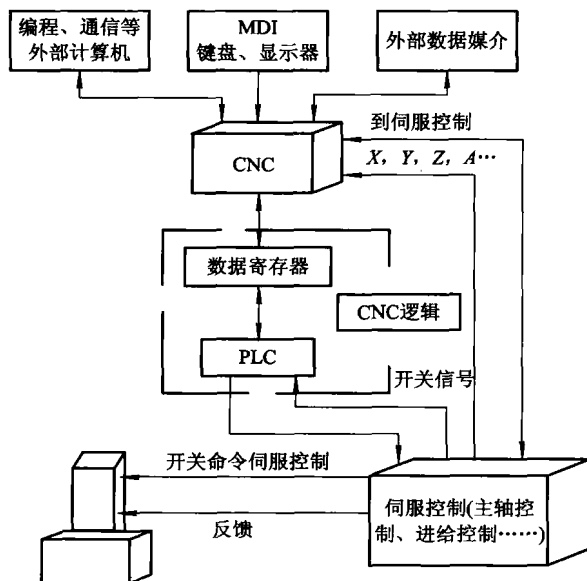


图 1-1 CNC 系统原理

1.1.2 数控加工

数控加工(NC Machining)是根据零件图样及工艺要求等原始条件编制零件数控加工程序，并输入数控系统，以数值与符号构成的信息控制机床，使之自动运转的方法，也就

是控制数控机床中刀具与工件的相对运动,从而完成零件加工的方法。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领域的先进制造技术。数控加工的最大特征有两点: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;二是具有加工质量的重复性,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。所谓数控加工,就是用数控机床加工零件的方法。数控加工是伴随数控机床的产生、发展而逐步完善起来的一种应用技术,它是人们长期从事数控加工实践的经验总结。

数控加工具有如下优点:

- (1) 提高了生产效率;
- (2) 不需熟练的机床操作人员;
- (3) 能提高加工精度,并且能保持加工质量;
- (4) 可以减少工装夹具;
- (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,缩短了加工周期,提高了生产效率;
- (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,极大地减轻了体力劳动强度。

数控加工主要包括以下几个方面的内容:

- (1) 确定零件上需要数控加工的表面;
- (2) 对零件图样进行数控加工的工艺分析;
- (3) 进行数控加工的工艺设计;
- (4) 编制加工程序;
- (5) 输入加工程序;
- (6) 对加工程序进行校验和修改;
- (7) 运行加工程序,对零件进行加工。

随着制造设备的数控化率的不断提高,数控加工技术在我国得到了日益广泛的使用。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,易出错,难检查,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提高,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,也便于检查。CAD/CAM技术在工业发达国家已得到广泛使用,近年来,在我国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。

1.2 数控机床的组成与工作原理

1.2.1 数控机床的组成

数控机床是由程序载体、输入装置(CNC 单元)、数控装置、伺服系统、位置反馈系统和机床机械部件构成的,见图 1-2。

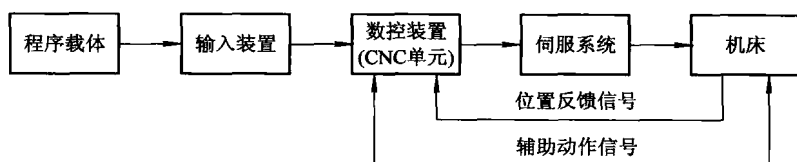


图 1-2 数控机床的组成

1. 程序载体

数控机床是按照输入的零件加工程序运行的。零件加工程序的编制方法将在第 2 章作详细介绍。零件加工程序包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数(走刀量、主轴转速等)和辅助运动等内容。一般将零件加工程序用规定的格式和代码,储存在一种载体上,如穿孔纸带、盒式磁带或软磁盘等,再通过数控机床的输入装置,将程序信息输入到数控装置内。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体内有关加工的信息读入数控装置。根据程序载体的不同,有不同的输入装置。例如,对于穿孔纸带,配有光电阅读机;对于盒式磁带,配有录放机;对于软磁盘,配有软盘驱动器和驱动卡。有时为了方便用户,数控机床可以同时具备两种输入装置。

现代数控机床的数控装置一般用一台或多台微型计算机构成,可称之为 CNC(Computer Numerical Control)系统。这样,加工程序还可以通过手动方式(MDI 方式),用数控系统的操作面板上的按键直接键入 CNC 单元;或者用与上级机通信的方式直接将其输入 CNC 单元。

3. 数控装置(CNC 单元)

CNC 单元由信息的输入、处理和输出三个部分组成,其详细情况在本书的第 4 章将作介绍。程序载体通过输入装置将加工信息传给 CNC 单元,编译成计算机能识别的信息,由信息处理部分按照控制程序的规定逐步存储并进行处理后,通过输出单元发出位置和速度指令给伺服系统和主运动控制部分。

在数控系统中,位置信息是作为数值,亦即数字量来处理的。例如,10.20 mm 这个数值,就是根据它有多少个最小设定系统值(0.01 mm)来表示的,可表示为 1020 个最小设定单位。

在机床加工时,数控装置中的运算器主要根据设定的数学模型进行运算。运算器一面向运算,一面向输出回路发送进给指令。伺服线路的形式不同时,进给指令的形式也不同,最一般的是以进给脉冲列形式给出,即一个进给脉冲所对应的机床位移量就是一个脉冲当量,因此进给脉冲列的个数即为位移量,其重复频率即为进给速度。运算器依照输入回路指令,把适当的进给脉冲分配给多个输出端(如 $+\lambda$, $-\lambda$, $+\mu$, $-\mu$ 等)。从这个意义上来说,运算器就是一个脉冲分配器。但是,在轮廓控制系统中,通常称这种能正确地产生分配到各坐标的脉冲序列的线路为“插补器”,而进行这种脉冲分配所需的运算称为插补运算。沿直线分配脉冲序列的称为直线插补,又称一次插补;沿圆弧分配脉冲序列的称为圆弧插补;沿抛物线分配脉冲序列的称为抛物线插补。圆弧插补和抛物线插补总称为二次插补。各轴向伺服机构通过输出回路接收运算器送来的进给脉冲后,驱动机床的刀具相对工件在相应的轴向移动。各轴向移动的合成即形成了插补器(即运算器)所要求的刀具相对工件的运动轨迹。当然,运算器向输出回路发送进给指令的形式是多种多样的,除上述的脉冲形式外,还可以是一组数据,也可以是模拟电压信号,或者是继电器等开关信号。

在早期的数控装置中,插补器是用逻辑电路与时序电路等数字电路组合而成的,称之为硬件插补器。而在 CNC 系统中,插补运算是通过插补软件来实现的,又称为软件插补。

数控机床的辅助动作,如刀具的选择与更换、切削液的启停等能够用可编程控制器(PLC)进行控制。现代数控系统中,一般备有 PLC 附加电路板,形成内嵌式 PLC。这种结构形式可省去 CNC 与 PLC 之间的连线,结构紧凑,可靠性好,操作方便,无论技术上还是经济上都是有利的。

4. 伺服系统

伺服系统由伺服电动机以及驱动装置和伺服控制软件组成。伺服系统与数控机床的进给运动部件构成进给伺服系统。伺服系统根据 CNC 单元来的速度及位置指令驱动机床的进给运动部件,完成指令规定的运动。每一坐标方向的运动部分配备有一套伺服系统。

伺服电动机的驱动控制装置一般仅用于电动机的速度控制(包括速度反馈),而电动机的角位移控制一般由 CNC 单元实现。

5. 位置反馈系统

位置反馈分为伺服电动机的转角位移反馈和数控机床执行机构(工作台)的位移反馈两种。运动部分通过传感器将上述角位移或直线位移转换成电信号,输送给 CNC 单元,与指令位置进行比较,并由 CNC 单元发出指令,纠正所产生的误差。位置反馈系统将在本书第 6 章中作详细介绍。

6. 机床的机械部件

数控机床的机械结构除了主运动系统、进给系统以及辅助部分,如液压、气动、冷却和润滑部分等一般部件外,尚有些特殊部件,如储备刀具的刀库、自动换刀装置(ATC)、自动托盘交换装置等。与普通机床相比,数控机床的传动系统更为简单,但机床的静态和动态刚度要求更高,传动装置的间隙要尽可能小,滑动面的摩擦系数要小,并要有恰当的阻尼,以适应对数控机床高定位精度和良好的控制性能的要求。

1.2.2 数控机床的工作原理

数控机床的工作原理如图 1-3 所示。

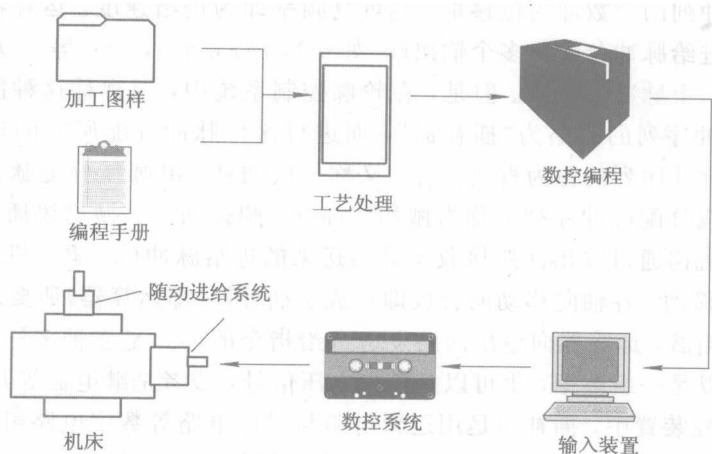


图 1-3 数控机床的工作原理

在数控机床上加工零件通常要经过以下步骤：

- (1) 根据加工零件的图样与工艺方案，用规定的代码和程序格式编写程序单，并把它记录在载体上；
 - (2) 把程序载体上的程序输入到 CNC 单元中；
 - (3) CNC 单元将输入的程序处理后，向机床各个坐标的伺服系统发出信号；
 - (4) 伺服系统根据 CNC 单元发出的信号，驱动机床的运动部件，并控制必要的辅助操作；
 - (5) 通过机床机械部件带动刀具与工件的相对运动，加工出符合要求的工件；
 - (6) 检测机床的运动，并将其通过反馈装置反馈给 CNC 单元，以减小加工误差。
- 当然，对于开环数控机床来说，是没有检测、反馈系统的。

1.3 数控机床的分类

目前，为了研究数控机床，可从不同角度对数控机床进行分类。

1.3.1 按工艺用途划分

按工艺用途可将数控机床分为：

- (1) 金属切削类数控机床，如数控车床、加工中心、数控钻床、数控镗床等；
- (2) 金属成型类数控机床，如数控折弯机、数控弯管机、数控回转头压力机等；
- (3) 数控特种加工机床，如数控线切割机床、数控激光加工机床；
- (4) 其他类型的数控机床，如火焰切割机、数控三坐标测量机等。

1.3.2 按运动方式划分

按运动轨迹方式，即刀具与工件的相对运动方式，可将数控机床分为点位控制系统数

控机床、直线控制系统数控机床和轮廓控制系统数控机床,如图1-4所示。

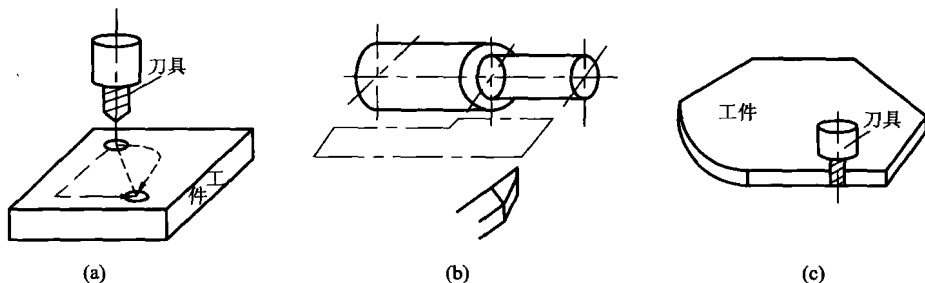


图1-4 数控机床分类

(a) 点位控制; (b) 直线控制; (c) 轮廓控制

1. 点位控制系统

这类控制系统的特点是要求保证点与点之间的准确定位,它只控制行程的终点坐标值,至于点与点之间所经过的轨迹,则不加控制。采用这类系统的机床有钻床、坐标镗床、冲床等。

2. 直线控制系统

这类控制系统的特点是不仅要控制行程的终点坐标值,还要保证被控制的两坐标间的轨迹是一条直线。采用这类控制系统的机床有加工中心、车床、铣床、磨床等。

3. 轮廓控制系统(连续控制系统)

这类控制系统的特点是能够对两个或两个以上坐标方向的同时运动进行严格的连续控制,不仅要控制加工的轮廓,而且要将每个坐标的行程控制与速度控制联系起来。较高性能的数控机床,如车床、铣床、磨床、加工中心等均采用此类控制系统。

1.3.3 按伺服系统类型划分

按伺服系统类型不同,数控机床可以分为开环控制系统数控机床、闭环控制系统数控机床和半闭环控制系统数控机床三类。

1. 开环控制系统

数控装置根据输入的数据和指令值,经过运算发出输出脉冲列,送到步进电动机,使其转过一定的角度,带动丝杠螺母使工作台(或刀具)移动一定的距离。这种没有信号反馈和位置检测,也不将被控制量的实际值和指令值进行比较的系统叫开环控制系统,如图1-5所示。

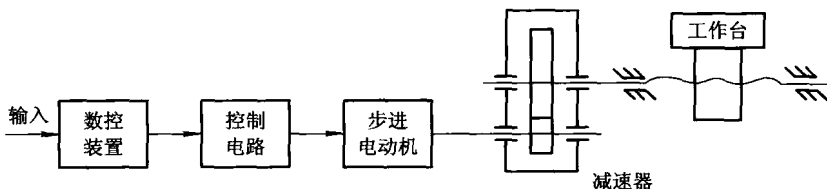


图1-5 开环控制系统