

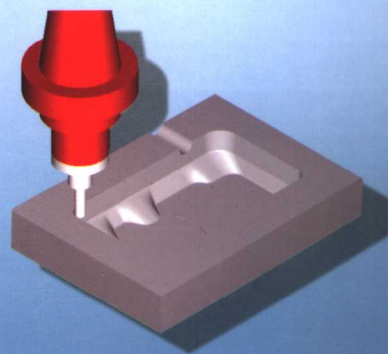
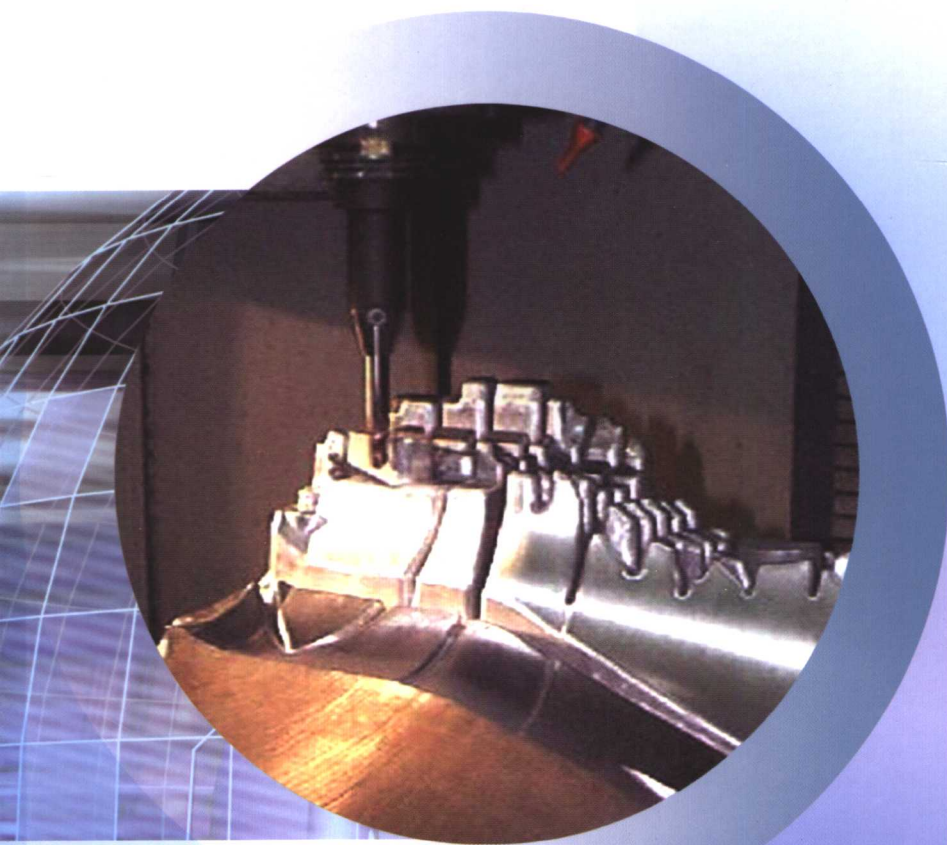


中等职业学校机电类规划教材

数控技术应用专业系列

数控加工工艺 与编程基础

于万成 编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中等职业学校机电类规划教材
数控技术应用专业系列

数控加工工艺 与编程基础

于万成 编

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工工艺与编程基础 / 于万成编. —北京: 人民邮电出版社, 2006.5

中等职业学校机电类规划教材. 数控技术应用专业系列

ISBN 7-115-14452-4

I. 数... II. 于... III. ①数控机床—加工—专业学校—教材②数控机床—程序设计—专业学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 030562 号

内 容 提 要

本书共分 7 章。主要内容包括数控机床的组成、分类及特点, 切削用量的选择方法、刀具几何参数的选择和影响数控加工精度与表面质量的因素; 工件的装夹方法、数控加工工艺分析与工艺设计的方法; 程序的结构与格式和常用编程指令的使用方法; 数控车削加工工艺与编程方法、宏程序及其调用方法; 数控铣削加工工艺与编程方法和子程序编写与调用方法; 加工中心的加工工艺与编程方法; 数控电火花加工和线切割加工工艺与编程方法。本书以项目训练为载体, 突出技能训练, 强调学生分析问题和解决问题能力的培养。

本书可作为中等职业学校数控技术应用专业教材, 也可作为机械制造专业和模具专业的教材。

中等职业学校机电类规划教材

数控技术应用专业系列

数控加工工艺与编程基础

-
- ◆ 编 于万成
责任编辑 郭 晶
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
河北三河市海波印务有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 11
字数: 257 千字 2006 年 5 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2006 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-115-14452-4/TN · 2720

定价: 16.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

中等职业学校机电类规划教材

数控技术应用专业系列教材编委会

主 任 葛金印

副 主 任 郁汉祺 陈志雄 邱士安 魏宣燕 向 伟

委 员	陈移新	陈银梅	成振洋	程叔重	董守栋
	龚石根	关 亮	侯永强	胡其谦	刘振强
	沈华良	苏根发	王伟文	吴金龙	肖建章
	杨光生	于万成	袁晓玲	张 林	张立淼
	赵堂春	张孟玮			

本 书 编 委

于万成 孟广耀



我国加入 WTO 以后,国内机械加工行业和电子技术行业得到快速发展。国内机电技术的革新和产业结构的调整成为一种发展趋势。因此,近年来企业对机电人才的需求量逐年上升,对技术工人的专业知识和操作技能也提出了更高的要求。相应地,为满足机电行业对人才的需求,中等职业学校机电类专业的招生规模在不断扩大,教学内容和教学方法也在不断调整。

为了适应机电行业快速发展和中等职业学校机电专业教学改革对教材的需要,我们在全国机电行业和职业教育发展较好的地区进行了广泛调研;以培养技能型人才为出发点,以各地中职教育教研成果为参考,以中职教学需求和教学一线的骨干教师对教材建设的要求为标准,经过充分研讨与论证,精心规划了这套《中等职业学校机电类规划教材》,第一批教材包括三个系列,分别为《专业基础课程与实训课程系列》、《数控技术应用专业系列》、《模具设计与制造专业系列》。

本套教材力求体现国家倡导的“以就业为导向,以能力为本位”的精神,结合职业技能鉴定和中等职业学校双证书的需求,精简整合理论课程,注重实训教学,强化上岗前培训;教材内容统筹规划,合理安排知识点、技能点,避免重复;教学形式生动活泼,以符合中等职业学校学生的认知规律。

本套教材广泛参考了各地中等职业学校的教学计划,面向优秀教师征集编写大纲,并在国内机电行业较发达的地区邀请专家对大纲进行了多次评议及反复论证,尽可能使教材的知识结构和编写方式符合当前中等职业学校机电专业教学的要求。

在作者的选择上,充分考虑了教学和就业的实际需要,邀请活跃在各重点学校教学一线的“双师型”专业骨干教师作为主编。他们具有深厚的教学功底,同时具有实际生产操作的丰富经验,能够准确把握中等职业学校机电专业人才培养的客观需求;他们具有丰富的教材编写经验,能够将中职教学的规律和学生理解知识、掌握技能的特点充分体现在教材中。

为了方便教学,我们免费为选用本套教材的老师提供教学辅助光盘,光盘的内容为教材的习题答案、模拟试卷和电子教案(电子教案为教学提纲与书中重要的图表,以及不便在书中描述的技能要领与实训效果)等教学相关资料,部分教材还配有便于学生理解和操作演练的多媒体课件,以求尽量为教学中的各个环节提供便利。

我们衷心希望本套教材的出版能促进目前中等职业学校的教学工作,并希望能得到职业教育专家和广大师生的批评与指正,以期通过逐步调整、完善和补充,使之更符合中职教学实际。

欢迎广大读者来电来函。

电子函件地址: guojing@ptpress.com.cn, wangping@ptpress.com.cn

读者服务热线: 010-67143761, 67132792, 67184065



先进机床加工技术是现代制造业的基础。随着 2001 年我国加入世界贸易组织,国外工业产品纷纷进入国内市场,市场竞争日益激烈,国内企业普遍认识到采用先进机床进行工业生产的重要性和紧迫性。因此,近年来数控机床的应用范围迅速扩大,传统机床作业方式正被数控机床自动操作所替代。然而,目前国内掌握数控应用技术的技能型人才严重短缺,这使得数控技术应用领域专业人才的培养任务显得十分迫切。在这样的背景下,编者总结自己在教学岗位上教学多年的心得体会,同时结合当前学校教学的实际要求和企业要求,以教育部技能型紧缺人才指导性教学计划为指导,编写了这本教材。

在本书的编写过程中,编者在仔细分析中等职业学校数控技术应用专业教学的知识要求和技能要求的基础上,以数控加工工艺为主线,以数控编程为辅助和对应,并安排了适当的项目训练,有利于学生工艺方面和数控编程能力的培养;注重理论与实践相结合,力求内容简单、实用,避免繁杂的理论堆列。

本书的特点:知识结构清晰,内容深浅适度,层次性强,知识新颖,适合当前项目教学的要求;全书通过项目训练来巩固和加强学生所学知识和技能,通过综合实训来提高学生运用知识去分析问题、解决问题的能力;结合企业生产实际和中职学生的认知方式,重视学生操作技能和综合职业能力的培养。

本书由山东省轻工工程学校于万成老师编写。青岛理工大学机械学院孟广耀教授审阅了本书,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

编写过程中,广泛参阅了国内外同行的专著、教材、讲稿、论文等文献资料,在此一并致以谢意。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

作者
2006 年 1 月

目 录

第 1 章 数控机床概论	1
1.1 数控机床的组成、分类及其功能	1
1.1.1 数控机床的组成	2
1.1.2 数控机床的分类	3
1.2 数控加工技术	6
1.2.1 数控加工的特点	6
1.2.2 数控加工的对象	8
1.2.3 数控技术的发展方向	8
1.3 数控加工的切削基础	9
1.3.1 金属切削过程中的基本规律	9
1.3.2 金属材料的切削加工性	11
1.3.3 刀具几何参数的合理选择	13
1.3.4 切削用量的选择	16
1.4 机械加工精度与表面质量	19
1.4.1 基本概念	20
1.4.2 影响数控加工精度的因素	21
1.4.3 影响工件表面质量的工艺因素	22
1.4.4 数控加工中的振动	22
1.4.5 数控加工质量的控制方法	22
1.5 综合实训	23
第 2 章 数控加工工艺基础	25
2.1 工件在数控机床上的装夹	25
2.1.1 工件定位的基本原理	26
2.1.2 定位方法与定位基准的选择	27
2.1.3 工件的夹紧	32
2.2 数控加工工艺概述	34
2.2.1 编制数控加工工艺应注意的问题	34
2.2.2 数控加工工艺的基本特点	36
2.2.3 数控加工工艺的主要内容	37
2.3 数控加工工艺分析与工艺设计	37
2.3.1 数控机床加工工艺分析	37
2.3.2 数控加工工艺路线设计	38
2.4 数控加工工艺文件的编制	43
2.4.1 数控加工工序卡片	44



2.4.2 数控加工刀具卡片	44
2.4.3 数控加工走刀路线图	45
2.5 综合实训	45
第3章 数控机床编程基础	47
3.1 程序编制的内容与方法	47
3.1.1 编程的内容与步骤	47
3.1.2 编程的方法	48
3.2 数控机床的坐标系	49
3.2.1 机床坐标系	50
3.2.2 工件坐标系	50
3.3 程序结构与格式	53
3.3.1 程序的结构	53
3.3.2 程序段格式	54
3.3.3 主程序和子程序	55
3.4 常用编程 G 指令	56
3.4.1 数控车床基本指令	56
3.4.2 数控铣床和加工中心基本指令	58
3.5 数控编程中数值的计算方法	61
3.5.1 基本坐标点的计算方法	61
3.5.2 工件表面坐标点的计算	62
第4章 数控车削加工工艺与编程方法	65
4.1 数控车削加工的主要对象	65
4.1.1 数控车削加工的主要对象	65
4.1.2 数控车削加工的基本特点	66
4.2 数控车削加工工艺分析	66
4.2.1 基本概念	66
4.2.2 零件加工的工艺性分析	67
4.3 常用复合指令的编程方法	73
4.3.1 FANUC 数控车床常用指令的含义	73
4.3.2 西门子数控车床常用指令的含义	84
4.3.3 华中数控车床常用指令的含义	88
4.4 宏程序及其调用	90
4.4.1 宏程序	90
4.4.2 宏程序的调用	93
4.5 综合实训	94



第 5 章 数控铣削加工工艺与编程方法	97
5.1 数控铣削加工工艺概述	97
5.1.1 数控铣削加工的主要对象	97
5.1.2 数控铣削加工中的基本问题	98
5.2 数控铣削加工工艺分析	99
5.2.1 加工零件的工艺性分析	99
5.2.2 项目训练	104
5.3 常用坐标系设置指令和循环指令的使用方法	104
5.3.1 FANUC Oi MC 数控铣床系统常用循环指令的含义	104
5.3.2 西门子 802D 数控铣床系统常用循环指令的含义	109
5.3.3 HNC—22M 数控铣床常用循环指令的含义	118
5.4 子程序	120
5.4.1 子程序的概念和构成	120
5.4.2 子程序的应用	122
5.5 计算参数和程序跳转指令	123
5.5.1 计算参数 R	123
5.5.2 程序跳转	124
5.6 综合实训	125
第 6 章 加工中心的加工工艺与编程方法	128
6.1 加工中心加工工艺概述	128
6.1.1 加工中心加工的基本特点	128
6.1.2 加工中心的刀柄	128
6.1.3 夹具系统	129
6.2 加工中心加工工艺的确定	132
6.2.1 零件的工艺性分析	132
6.2.2 加工工艺方案的确定	132
6.2.3 编写加工中心工艺时应注意的问题	134
6.3 综合实训	136
第 7 章 数控电火花成形加工与线切割加工工艺与编程方法	142
7.1 数控电火花成形加工概述	142
7.1.1 基本概念	142
7.1.2 电火花成形加工的特点	143
7.1.3 电火花成形加工机床	143
7.1.4 电火花加工原理	144
7.1.5 电火花加工机床的主要技术规格	145
7.2 电火花加工工艺	146



7.2.1	加工前的准备	146
7.2.2	电极的装夹与校正	146
7.2.3	电规准的选择与转换	148
7.2.4	电火花加工的工艺过程	149
7.3	数控电火花线切割加工	152
7.3.1	基本概念	152
7.3.2	电火花线切割加工特点	153
7.3.3	电火花线切割加工机床	153
7.3.4	电火花线切割加工工艺	154
7.4	数控线切割编程	156
7.4.1	3B 程序格式	156
7.4.2	ISO 代码	158
7.5	综合实训	162
参考文献		165

第1章

数控机床概论

本章主要介绍数控机床的组成、分类、数控加工的特点和对象，介绍金属切削加工的基础知识以及机械加工精度与表面质量知识。通过学习，使学生能够掌握数控加工的特点，特别是重点掌握切削加工用量的选择和精度控制的方法。

知识目标

- 了解数控机床的组成和加工的特点。
- 了解金属切削过程基本规律。
- 掌握刀具几何参数的选择方法。
- 掌握数控切削加工用量的选择和精度控制的方法。

技能目标

- 能够根据零件加工要求，正确选择刀具和切削用量。
- 能够分析影响工件（零件）表面质量的因素。

1.1 数控机床的组成、分类及其功能

随着科学技术和社会生产的迅速发展，机械产品日趋复杂，社会对机械产品的质量和生产率提出了越来越高的要求。同时，随着航空工业、汽车工业和轻工业消费品生产的高速增长，形状复杂的零件越来越多，精度要求也越来越高。此外，激烈的市场竞争要求产品研制生产周期越来越短，传统的加工设备和制造方法已难于适应这种多样化、柔性化与形状复杂零件的高效高质量加工要求。为解决上述这些问题，一种灵活、通用、高精度、高效率的“柔性”自动化生产设备——数控机床应运而生。

数控机床就是将加工过程所需的各种操作（如主轴变速、松夹工件、进刀与退刀、开车与停车、自动关停冷却液等）和步骤以及工件的形状尺寸用数字化的代码表示，通过控制介质将数字信息送入数控装置，数控装置对输入的信息进行处理与运算，发出各种控制信号，控制机床的伺服系统或其他驱动元件，使机床自动加工出所需要的工件。

数控技术是指用数字、字母和符号对某一工作过程进行可编程自动控制的技术。它已成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术。现代的 CAD/CAM, FMS, CIMS



等，都建立在数控技术之上，离开了数控技术，先进制造技术就成了无本之木。同时，数控技术关系到国家的战略地位，是体现一个国家综合国力水平的重要基础性产业，其技术水平高低是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志，实现加工机床及生产过程数控化，已经成为当今制造业的发展方向。

数控机床已广泛应用于飞机、汽车、船舶、家电、通信设备等的制造。此外，数控技术也在机器人、绘图机械、坐标测量机、激光加工机及等离子切割机、线切割、电火花和注塑机等机械设备中得到了广泛的应用。

在本节中，学生可以了解数控机床的组成、分类和功能，并具有正确区分各部件功能的技能。

1.1.1 数控机床的组成

现代数控机床一般由输入/输出设备、计算机数控装置（CNC）、伺服系统、可编程控制器（PLC）及电气控制装置、检测反馈系统和机床本体等部分组成，如图 1.1 所示。

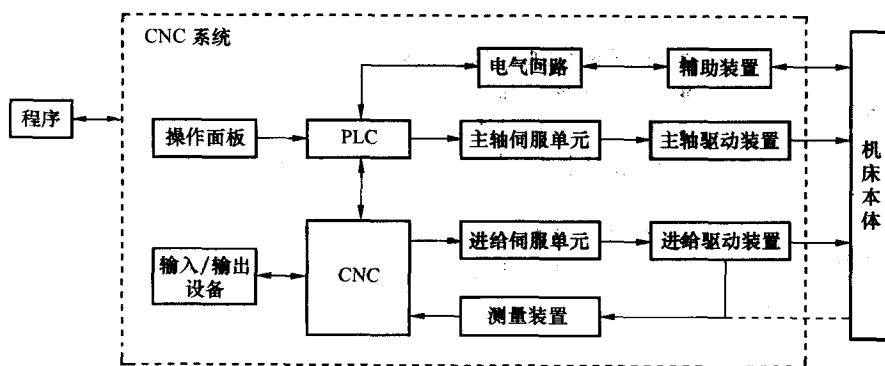


图 1.1 数控机床的组成

1. 输入/输出设备

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电脉冲信号，传送并存入计算机数控装置内。目前，数控机床的输入装置有键盘、磁盘驱动器、RS232 串行通信口、MDI 方式等。

输出装置的作用是使数控系统通过显示器为操作人员提供必要的信息。各种类型数控机床中最直观的输出装置是显示器，有 CRT 显示器或彩色液晶显示器两种。显示的信息可以是正在编辑的程序、坐标值、报警信号等。

因此，输入/输出装置是机床数控系统和操作人员之间进行信息交流、人机对话必须具备的交互设备。

2. 计算机数控装置

计算机数控装置是数控机床的核心，接受输入装置送到的数字化信息，经过数控装置的控制软件和逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后，将各种指令信息输出给伺服系统，向伺服系统发出相应的脉冲信号，并通过伺服系统控制机床运动部件按加工程序指令运动。



3. 伺服系统

伺服系统包括伺服单元、伺服驱动装置（或执行机构）等，是数控系统的执行部分。其作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成机床移动部件的运动。每一个脉冲信号使机床移动部件的位移量称为脉冲当量（也叫最小设定单位）。每个进给运动的执行部件都配备一套伺服系统，有的伺服系统还配有位置测量装置，可直接或间接测量执行部件的实际位移量，并反馈给数控装置，对加工的误差进行补偿。

4. 可编程控制器及电气控制装置

可编程控制器与计算机数控装置诸调配合来共同完成数控机床的控制，其中计算机数控装置主要完成与数字运算和管理等有关的功能，如零件程序的编辑、插补运算、译码、位置伺服控制等。它接收计算机数控装置的控制代码 M（辅助功能）、S（主轴转速）、T（选刀、换刀）等顺序动作信息，对顺序动作信息进行译码，转换成对应的控制信号，控制辅助装置完成机床相应的开关动作，如工件的装夹、刀具的更换、冷却液的开关等一些辅助动作。它还接收机床操作面板的指令，一方面直接控制机床的动作，另一方面将一部分指令送往数控装置用于加工过程的控制。

用于数控机床的可编程控制器一般分为两类：一类是内装型可编程控制器，另一类是独立型可编程控制器。

电气控制装置主要安装在电气控制柜中，控制柜主要用来安装机床强电控制的各种电气元器件，除了提供数控、伺服等一类弱电控制系统的输入电源，以及各种短路、过载、欠压等电气保护外，还在可编程控制器的输出接口与机床各类辅助装置的电气执行元件之间起桥梁连接作用，控制机床辅助装置的各种交流电动机、液压系统电磁阀或电磁离合器等。此外，它也与机床操作台相关手动按钮连接。控制柜由各种中间继电器、接触器、变压器、电源开关、接线端子和各类电气保护元器件等构成。它与一般普通机床的电气系统类似，但为了提高对弱电控制系统的抗干扰性，要求各类频繁起动或切换的电动机、接触器等电磁感应器件中均必须并接 RC 阻容吸收器；对各种检测信号的输入均要求用屏蔽电缆连接。

5. 检测反馈系统

检测反馈装置的作用是对机床的实际运动速度、方向、位移量以及加工状态加以检测，把检测结果转化为电信号反馈给数控装置，通过比较，计算出实际位置与指令位置之间的偏差，并发出纠正误差指令。检测反馈系统可分为半闭环和闭环两种。半闭环系统中，位置检测主要使用感应同步器、磁栅、光栅、激光测距仪等。

6. 机床本体等部分组成

机床本体是加工运动的实际机械部件，主要包括主运动部件、进给运动部件（如工作台、刀架）和支承部件（如床身、立柱等），还有冷却、润滑、转位部件（如夹紧、换刀机械手）等辅助装置。数控机床的本体（与普通机床相比）结构简单、刚性好，采用滚珠丝杠，主轴变速采用变频调速和伺服控制。

1.1.2 数控机床的分类

1. 按机床的运动轨迹分类

按照机床的运动轨迹可把机床数控系统分为 3 大类。



(1) 点位控制系统

点位控制系统只控制机床移动部件的终点位置，而不管移动部件所走的轨迹如何，可以一个坐标移动，也可以两个坐标同时移动，在移动过程中不进行切削。这种控制方法用于数控钻床、数控镗床、数控冲床和数控点焊设备中。

(2) 直线切削控制系统

直线切削控制系统控制刀具或工作台以适当的速度按平行于坐标轴的方向直线移动并可对工件进行切削，这类系统也能按 45° 进行斜线切削，但不能按任意斜率进行切削，简易数控车床就属于直线切削控制系统。也可将点位控制系统和直线切削控制系统结合在一起成为点位/直线切削控制系统，数控镗床就属于这一类系统。

(3) 连续切削控制系统

连续切削控制系统又称轮廓控制系统，它能对刀具与工件相对移动的轨迹进行连续控制，能加工曲面、凸轮、锥度等形状复杂的零件，数控铣床、数控车床、数控磨床均采用连续切削控制系统。这种控制系统能够用脉冲信号控制机床按给定的尺寸和加工速度使刀具或工件走任意斜线或圆弧，高级的连续切削控制系统的插补器还具有抛物线、螺旋线插补功能。

连续切削控制系统按同时控制且相互独立的轴数，可以分为 2 轴控制、2.5 轴控制、3 轴控制、4 轴控制和 5 轴控制等。2 轴控制指的是可以同时控制 2 轴；2.5 轴控制是指两个轴连续控制，第 3 个轴点位或直线控制，从而实现 3 个主要轴 X 、 Y 、 Z 内的二维控制；3 轴控制是指同时控制 X 、 Y 、 Z 3 个坐标轴，这样刀具在任意方向都可移动，因而能够进行三维的立体加工。

2. 按工艺用途分类

(1) 金属切削类数控机床

这类机床的品种与传统的通用机床一样，有数控车床、数控铣床、数控钻床，数控镗床、数控磨床、加工中心等，而每一种又有很多品种、规格。加工中心是一种带有自动换刀装置，工件经一次装夹后，能进行铣削、钻削、攻丝、键削、铰孔等多道工序的复合型数控机床。加工中心目前主要有两类：一类是在镗、铣床基础上发展起来的，称为铣削加工中心；另一类是在车床基础上发展起来的，称为车削加工中心。

(2) 金属成型类数控机床

这类数控机床包括数控折弯机、数控弯管机、数控压力机等。

(3) 数控特种加工机床

这类数控机床包括数控线切割机、数控电火花成形机床、数控冲床、数控激光切割机床等。

(4) 其他类型数控机床

这类数控机床包括数控三坐标测量机等。

3. 按进给伺服系统控制方式分类

由数控装置发出脉冲或电压信号，通过伺服系统控制机床各运动部件运动。数控机床按进给伺服系统控制方式分类有 3 种形式：开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统。

(1) 开环控制系统

如图 1.2 所示，这种控制系统采用步进电动机，无位置测量元件。输入数据经过数控装置运算，输出脉冲指令控制步进电动机工作。这种控制方式对执行机构不进行检测，无反馈



控制信号，因此称为开环控制系统。

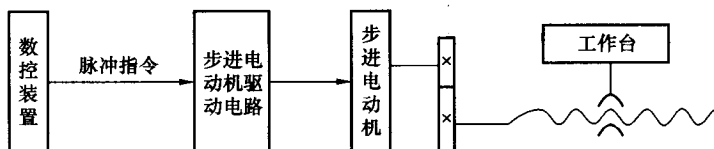


图 1.2 开环控制系统

这种开环控制系统的精度完全依赖于步进电动机的步距精度及齿轮、丝杠的传动精度。由于它没有测量反馈校正措施，所以往往不能满足高精度数控机床的要求，但开环控制系统的结构简单，调试容易，造价低，在数控机床的发展过程中占有一定的地位，所以现在仍被普遍采用。

(2) 半闭环控制系统

如图 1.3 所示，半闭环控制系统是在开环控制系统的丝杠上加装角位移测量装置（如感应同步器和光电编码器等），通过检测丝杠的转角，间接地检测移动部件的位移，然后反馈到数控装置中，由于惯性较大的机床移动部件不包括在检测范围之内，因而称为半闭环控制系统。

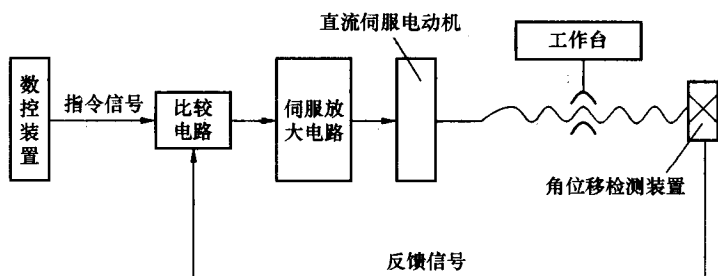


图 1.3 半闭环控制系统

这种控制系统的位置测量元件不是测量工作台的实际位置，而是测量直流伺服电动机的转角，经过推算得出工作台的位移值，反馈至比较电路，与指令中的位移值相比较，用比较的误差值控制直流伺服电动机工作。

(3) 闭环控制系统

如图 1.4 所示，闭环控制系统是在机床移动部件上直接加装位置检测装置，将测量的结果直接反馈到数控装置中，与输入的指令位移进行比较，用偏差进行控制，使移动部件按照实际的要求运动，最终实现精确定位。这种控制系统绝大多数采用直流伺服电动机。闭环控制系统的控制精度高，但要求机床的刚性好，对机床的加工、装配要求高，调试较复杂，而且设备的成本高。

4. 按数控系统功能水平分类

按照数控系统的功能水平，数控系统可以分为经济型（低档型）、普及型（中档型）和高档型数控系统 3 种。

(1) 经济型数控系统

这一档次的数控机床通常仅能满足一般精度要求的加工，能加工形状较简单的直线、斜



线、圆弧及带螺纹类的零件。控制的轴数和联动轴数在 3 轴或 3 轴以下,进给分辨率为 $10\mu\text{m}$,快速进给速度可达 10m/min 。这类机床结构一般都比较简单,精度中等,价格也比较低。如经济型数控线切割机床、数控钻床、数控车床、数控铣床及数控磨床等。

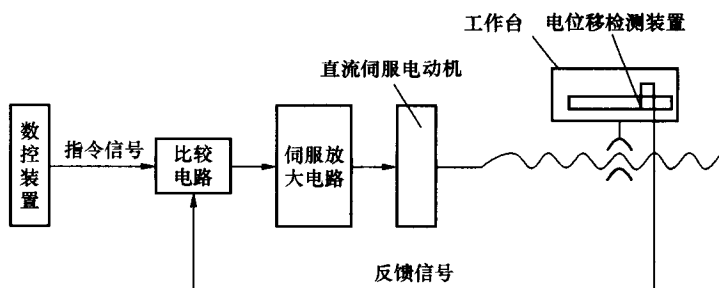


图 1.4 闭环控制系统

(2) 普及型数控系统

这类数控系统功能较多,但不追求过多,以实用为准,除了具有一般数控系统的功能以外,还具有一定的图形显示功能及面向用户的宏程序功能等。采用的微型计算机系统一般为 32 位微处理器系统,具有 RS-232 通信接口,机床的进给多用交流或直流伺服驱动,一般系统能实现 4 轴或 4 轴以下联动控制,进给分辨率为 $1\mu\text{m}$,快速进给速度为 $10\text{m/min}\sim 20\text{m/min}$,其输入、输出的控制一般可由可编程控制器来完成,从而大大增强了系统的可靠性和控制的灵活性。这类数控机床的品种极多,几乎覆盖了各种机床类别,且其价格适中,目前它总的趋势是趋向于简单、实用,不追求过多的功能,从而使机床的价格适当降低。

(3) 高档型数控系统

高档型数控系统指加工复杂形状工件的多轴控制数控机床,且其工序集中、自动化程度高、功能强、具有高度柔性。采用的微型计算机系统为 64 位以上微处理器系统,机床的进给大都采用交流伺服驱动,除了具有一般数控系统的功能以外,应该至少能实现 5 轴或 5 轴以上的联动控制,最小进给分辨率为 $0.1\mu\text{m}$,最大快速移动速度能达到 100m/min 或更高,具有三维动画图形功能和友好的图形用户界面,同时还具有丰富的刀具管理功能、宽调速主轴系统、多功能智能化监控系统和面向用户的宏程序功能,还有很强的智能诊断功能和智能工艺数据库,能实现加工条件的自动设定,且能实现计算机的联网和通信。这类系统功能齐全,价格昂贵。

1.2 数控加工技术

在本节中,学生可以了解数控加工的特点、对象以及发展方向,掌握数控机床的应用范围,并具有正确选用数控机床加工不同零件的技能。

1.2.1 数控加工的特点

数控机床与传统机床相比,具有以下一些特点。



1. 数控加工的优点

(1) 自动化程度高

数控机床加工前经调整后, 输入程序并启动, 机床就能自动连续地进行加工, 直至加工结束。操作者主要是进行程序的输入、编辑、装夹零件、刀具准备、加工状态的观测, 零件(工件)的检验等工作, 劳动强度大大降低, 数控机床操作者的劳动趋于智力型工作。另外, 数控机床一般是封闭式加工, 既清洁, 又安全。

(2) 加工精度高, 质量稳定

由于数控机床本身的定位精度和重复定位精度都很高, 精度已从微米级提高到亚微米级, 乃至纳米级。普通机床的加工精度已由 $\pm 10\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5\mu\text{m}$, 精密级加工中心的加工精度则从 $\pm (3\sim 5)\mu\text{m}$, 提高到 $\pm (1\sim 1.5)\mu\text{m}$ 。因此, 数控加工不但可以保证零件获得较高的加工精度, 而且质量稳定, 也便于对加工过程实行质量控制, 减少了通用机床加工中人为因素造成的失误。

(3) 生产效率高

由于数控机床加工时能在一次装夹中加工出很多待加工的部位, 既省去了通用机床加工时不少中间工序(如划线、装夹、检验等), 缩短了辅助时间, 又为后继工序(如装配等)带来了方便。其综合效率比通用机床明显提高。

(4) 适应性强

由于数控加工一般不需要很多复杂的工艺装备, 可以通过编制程序把形状复杂和精度要求高的零件加工出来, 故当设计更改时, 可以通过改变相应的程序来实现, 一般不需要重新设计制造工装(工艺装备)。因此, 数控加工能大大缩短产品研制周期, 给新产品的研制开发和产品的改进、改型提供了很好的手段。

(5) 便于实现计算机辅助制造

计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)已成为航空航天、汽车、船舶及其他机械工业实现现代化的必由之路。通过计算机辅助设计, 设计出来的产品图样及数据变为实际产品的最有效的途径, 就是采取计算机辅助制造技术。数控机床及其加工技术正是计算机辅助制造系统的基础。

2. 数控加工的缺点

(1) 加工成本一般较高

数控机床的价格一般是同类普通机床的几倍甚至几十倍。此外, 其零配件价格较高, 维修成本也高。再加上与其配套的编程设施、计算机及其外部设备等, 其产品成本大大高于普通机床。

(2) 只适宜于多品种小批量或中批量生产

由于数控加工对象一般为较复杂零件, 又往往采用工序相对集中的工艺方法, 在一次定位安装中加工出许多待加工面, 势必将工序时间拉长。与由专用多工位组合机床或自动机形成的生产线相比, 在生产规模与生产效率方面仍有很大差距。

(3) 加工过程中难以调整

由于数控机床是按程序运行自动加工的, 一般很难在加工过程中进行适时的人工调整, 即使可以做局部调整, 但其可调范围也很有限。

(4) 维修困难

数控机床是技术密集型的机电一体化产品, 增加了微电子维修方面的困难, 一般均需配