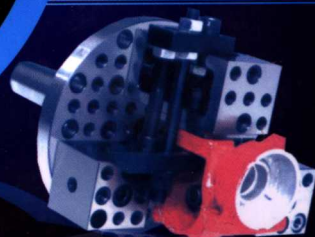




国家技能型紧缺人才培养教程

数控工艺与 编程技术

余英良 主编



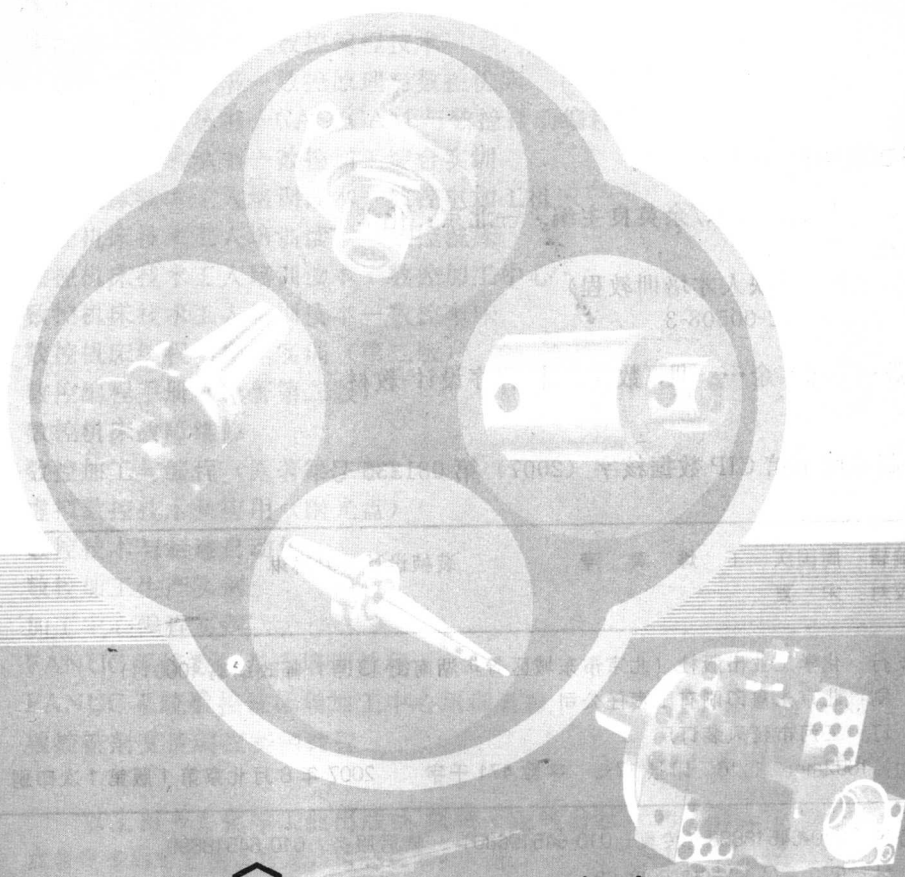
化学工业出版社



国家技能型紧缺人才培养教程

数控工艺与 编程技术

余英良 主编



化学工业出版社

北京

本教程以数控加工工艺和编程所涉及的相关技术为主线,将车、铣各一套生产型案例的全程知识,以案例法教学分解在各个知识点的学习和实训作业中,突出数控工艺设计与数控编程的结合和实际应用。

本书以讲清概念为前提,以强化应用为重点,以培训中级职业技能数控操作工的能力为目标,以SIEMENS数控系统(或FANUC数控系统)的具体操作为基础,培养岗位适应性较强的、需求量和紧缺性较大的、具有较强数控加工操作技能和较丰富加工工艺知识的数控工艺人员。

本书可作为高职高专数控技术以及相关专业的教材,也可作为成人教育、数控技术培训的教材,也是从事数控加工人员继续再教育的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控工艺与编程技术/余英良主编. —北京:化学工业出版社, 2007. 7

(国家技能型紧缺人才培养教程)

ISBN 978-7-122-00508-3

I. 数… II. 余… III. 数控机床-程序设计-教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 081235 号

责任编辑:周国庆 王 烨 黄 滢
责任校对:宋 夏

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张17 $\frac{3}{4}$ 字数471千字 2007年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00 元

版权所有 违者必究

前言



数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物。随着科学技术的迅猛发展,数控机床已是衡量一个国家机械制造工业水平的重要标志。我国正在成为世界制造中心,在这种形势下,大量普及应用数控机床、振兴制造业就成为我国经济发展的当务之急。近年来,我国数控机床的产量以每年超过 30% 的速度递增,目前我国在役数控机床约 20 万台。数控机床和制造业的快速发展,需要大量能熟练掌握现代数控机床操作、工艺编程和维修的技能型人才。

本书内容共 3 章,分别介绍数控机床,数控加工工艺(工艺、装夹、刀具、切削用量)和数控加工编程(编程基础、数控车削编程及其教学型实例、数控铣削编程及其教学型实例)等相关实用知识。本书的配套教材是《数控车削加工实训及案例解析》、《数控铣削加工实训及案例解析》。该系列教材系统地进行数控工艺、数控加工编程以及进行生产型案例解析实际操作的实训,将数控工艺、数控编程和案例解析(理论教学→实训项目→课程设计)组合成一个整体,其基础课程内容、专业内容和实训内容,既相对独立,又相互呼应。

针对高等职业教育“突出实际操作技能培养”的要求,本书的编写具有以下鲜明特点。

1. 将数控车床(数控铣床)工艺、数控车床(数控铣床)编程分章节编写,这样编写的目的是,可以在理论教学中突出不同类型机床的工艺和编程特点,又可以分班同时进行实训,能够大大提高数控基地的利用率。

2. 考虑到实际技能培养和数控技术在实际使用中的需要,给出一套在生产实际中实用的数控加工工艺文件范本供参考选用。

3. 突破以往教材数控编程的模式,将数控 5 大指令功能糅合在一起,按照加工程序实际执行的先后顺序,分为几类指令组进行编程学习,这样更有利于数控编程的学习和实际操作的需要。

4. 采用理论学习与实训项目相配合的编写模式,每个章节均附以相应的实训项目(在配套教材给出),系统地进行数控工艺、数控加工编程以及实际操作的训练。有数控机床实训条件的院校可以按配套教材进行,没有数控机床实训条件的院校可使用数控机床仿真软件辅助进行教学,也可以使用教学课件辅助教学。可以将理论和实训的对应内容合并进行教学,也可以将理论知识与实训项目分开进行。

本书内容涵盖了数控技术在实际应用中如机床、刀具、装夹、切削用量、车削工艺、铣削工艺、数控机床操作和数控编程等相关知识。在各章节知识的学习中,配套教材共设置了 38 个实训项目约 200 个实训小项,目的就在于加深和检验学生对所学知识的理解与实际掌握程度。就学习而言,此时所掌握的知识还是离散的和相对独立的,如能将这些已经掌握的知识综合起来,达到融会贯通,就能形成数控加工技术的实际能力。实现这个目标的具体做法就是将已经完成的各个章节的实训作业重新整合,并将其内容在数控机床或数控仿真系统上通过实际调试加工。这样既是对实训项目的复习总结和升华,同时也就自然而然形成了本课程的课程设计。本书中给出了“教学型”课程设计,配套教材中给出了“生产型”课程设计,目的在于对数控加工能力的深化和吸收。

为方便老师教学、学生自学,本书还配制了光盘,内容包括电子助学/助教课件,套类

零件车削加工（工艺编程部分）课件，工艺部分录像，实操部分录像。相信视频光盘会对读者学习本书起到很好的辅助作用。

本书由漯河职业技术学院余英良主编，漯河职业技术学院黄宏伟、河南广播电视大学杨德卿副主编，漯河职业技术学院刘伟、张和平、付璐，郑州电大刘俊霞，驻马店广播电视大学邓建党，新乡广播电视大学郭建明参编。天津天大精益数控技术有限公司对本书的编写给予了大力帮助和支持，在此表示感谢。

限于编者水平，书中不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

➤ 第 1 章 数控机床及其操作 1

1.1 数控机床概述	2
1.1.1 数控机床的产生和发展	2
1.1.2 数控机床的组成	2
1.1.3 数控机床的工作原理	4
1.1.4 数控机床的分类	5
1.1.5 数控机床的性能指标与功能	7
1.1.6 数控机床的特点	9
1.2 数控机床的机械部件	11
1.2.1 数控机床的主体结构	11
1.2.2 数控机床的机械结构与主轴部件	13
1.2.3 数控机床进给系统机械结构	16
1.2.4 自动换刀装置	18
1.3 数控系统	21
1.3.1 典型数控系统	21
1.3.2 计算机数控 (CNC) 装置的硬件结构	22
1.3.3 CNC 装置的软件结构	24
1.3.4 伺服驱动系统	24
1.3.5 位置检测装置	26

➤ 第 2 章 数控加工工艺 29

2.1 数控加工工艺概述	30
2.1.1 数控加工工艺的基本特点和主要内容	30
2.1.2 数控加工工艺分析的一般步骤与方法	30
2.1.3 数控加工工艺文件	36
2.2 数控机床装夹方式	40
2.2.1 数控车床工装夹具	40
2.2.2 数控车床零件基准和加工定位基准	40
2.2.3 数控车床通用夹具	42
2.2.4 数控车床的装夹校正	46
2.2.5 数控铣床零件定位基准与装夹	46
2.2.6 数控铣床通用夹具与安装	48
2.2.7 数控铣床的装夹校正	52
2.3 数控刀具与选用	55

2.3.1	数控机床对刀具的要求	55
2.3.2	数控刀具的种类	56
2.3.3	数控刀具的特点和性能要求	57
2.3.4	数控机床所用刀具材料的类型与选择	58
2.3.5	数控刀具的失效形式	63
2.3.6	数控可转位刀片与刀片代码	64
2.3.7	数控可转位刀片的夹紧	64
2.3.8	数控车削刀具(可转位刀片)的选择	65
2.3.9	数控车床所用刀具的装夹	68
2.3.10	数控铣削刀具的选择	69
2.3.11	对刀仪与对刀块	73
2.4	数控加工的切削用量	75
2.4.1	数控车削加工	75
2.4.2	数控车削加工切削用量的选择	81
2.4.3	数控铣削加工	85
2.4.4	数控铣削加工切削用量的选择	87
2.5	数控车削加工工艺	89
2.5.1	数控车削工艺分析的一般步骤和方法	89
2.5.2	数控车削工艺分析举例(教学型)	100
2.6	数控铣削加工工艺	105
2.6.1	数控铣削工艺分析的一般步骤和方法	105
2.6.2	数控铣削工艺分析举例(教学型)	122

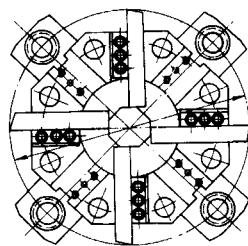
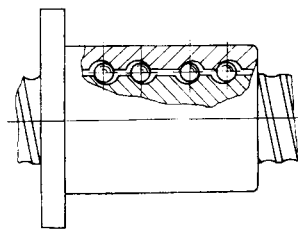
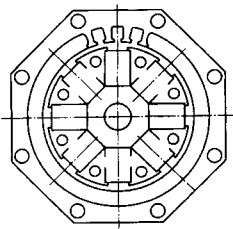
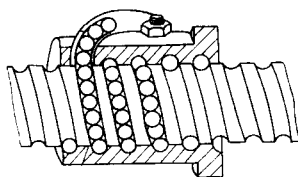
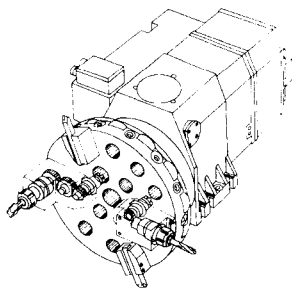
第3章 数控加工编程 127

3.1	数控编程基础	128
3.1.1	数控编程概述	128
3.1.2	数控编程的内容和步骤	128
3.1.3	机床坐标系和运动方向	132
3.1.4	工件坐标系和运动方向	137
3.1.5	数控系统的准备功能和辅助功能	138
3.2	数控车床编程(FANUC 数控系统为主)	141
3.2.1	数控编程指令的功能	142
3.2.2	数控车床编程的特点	143
3.2.3	加工准备类指令	144
3.2.4	基本加工类指令	147
3.2.5	循环加工类指令	150
3.2.6	返回类指令	158
3.2.7	刀具补偿指令	160
3.2.8	子程序指令	164
3.3	数控车床编程实例	169
3.3.1	数控车削加工轴类零件实例(教学型)	169
3.3.2	数控车削加工套类零件实例(教学型)	171

3.3.3	数控车削加工螺纹零件实例 (教学型)	172
3.3.4	数控车削加工特殊型面零件实例 (教学型)	174
3.3.5	数控车削加工综合型零件实例 (教学型)	175
3.3.6	数控车削加工轴类零件实例 1 (生产型)	178
3.3.7	数控车削加工轴类零件实例 2 (生产型)	183
3.3.8	数控车削加工套类零件实例 1 (生产型)	187
3.3.9	数控车削轴套类零件实例 2 (生产型)	192
3.3.10	数控车削轴套类零件实例 3 (生产型)	201
3.4	数控铣床编程 (SIEMENS 数控系统为主)	205
3.4.1	数控系统和铣削加工的主要功能	205
3.4.2	数控编程指令功能简介	206
3.4.3	加工准备类指令 (SIEMENS 数控系统)	207
3.4.4	基本加工类指令	210
3.4.5	加工轨迹运行编辑类指令	212
3.4.6	转移跳转类指令	215
3.4.7	坐标偏置类指令	216
3.4.8	刀具补偿类指令	219
3.4.9	返回类指令	221
3.4.10	循环加工类指令	222
3.4.11	子程序指令	227
3.5	数控铣床编程实例	237
3.5.1	数控铣削加工钻孔类零件 (教学型)	237
3.5.2	数控铣削加工平面轮廓类零件 (教学型)	240
3.5.3	数控铣削加工挖槽类零件 (教学型)	241
3.5.4	使用子程序铣削加工	244
3.5.5	数控铣削加工十字型腔零件 (生产型)	247
3.5.6	数控铣削加工型腔零件 (生产型)	257
3.5.7	数控铣削加工平面类零件 (生产型)	269
	参考文献	273
	光盘使用说明	274

第 1 章

数控机床及其操作





1.1 数控机床概述

1.1.1 数控机床的产生和发展

数字控制机床 (Numerically Controlled Machine Tool) 简称数控 (NC), 是近代发展起来的一种自动控制技术, 是用数字信息实现自动控制机床运转的一种方法。它把机床的加工程序和运动变量 (如坐标方向、位移量、轴的转向和转速等), 以数字形式预先记录在控制介质 (如拨码开关、磁带等) 上, 通过数控装置自动地控制机床运动, 同时具有完成自动换刀、自动测量、自动润滑和冷却等功能。

数控机床发展到今天, 较大程度依赖于数控系统的发展。自 1952 年美国研制出第一台数控铣床起, 数控系统经历了两个阶段和六代的发展。

(1) 数控 (NC) 阶段 (1952~1970 年)

早期计算机的运算速度低, 这对当时的科学计算和数据处理影响还不大, 但不能适应机床适时控制的要求。人们不得不采用数字逻辑电路“搭”成一台机床专用计算机作为数控系统, 被称为硬件连接数控 (Hard-wired NC), 简称为数控 (NC)。随着元器件的发展, 这个阶段经历了三代, 即

第一代数控: 1952~1959 年采用电子管元件构成的专用数控装置 (NC);

第二代数控: 1959~1964 年采用晶体管电路的 NC 装置;

第三代数控: 1965~1970 年采用小、中规模集成电路的 NC 装置。

(2) 计算机数控 (CNC) 阶段 (1970~现在)

到了 1970 年, 通用小型计算机业已出现成批生产, 其运算速度比五六十年代的产品有了大幅度的提高, 这比专门“搭”成的专用计算机成本低、可靠性高。于是将其移植过来作为数控系统的核心部件, 从此进入了计算机数控 (CNC) 阶段。随着计算机技术的发展, 这个阶段也经历了三代, 即

第四代数控: 1970~1974 年采用大规模集成电路的小型通用计算机控制系统 (CNC);

第五代数控: 1974~1990 年微处理器应用于数控系统;

第六代数控: 1990 年以后 PC 机 (个人计算机, 国内习惯称微机) 的性能已发展到很高的阶段, 可满足作为数控系统核心部件的要求, 数控系统从此进入了基于 PC (PC-Based) 的时代。

1.1.2 数控机床的组成

数控机床主要由以下几个部分组成, 如图 1-1 所示。

(1) 计算机数控装置 (CNC 装置)

计算机数控装置是计算机数控系统的核心, 其主要作用是根据输入的零件加工程序或操作命令进行相应的处理, 然后输出控制命令到相应的执行部件 (伺服单元、驱动装置和 PLC 等) 完成零件加工程序或操作者所要求的工作。所有这些都是在 CNC 装置协调控制、合理组织下, 使整个系统有条理地工作。它主要由计算机系统、位置控制板、PLC 接口板、通信接口板、扩展功能模块以及相应的控制软件等组成。

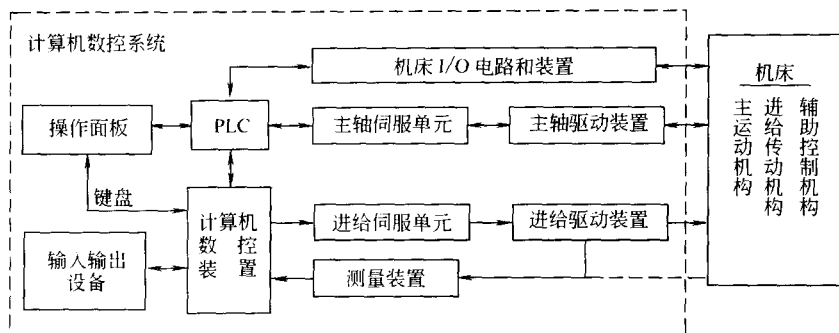


图 1-1 数控机床的组成

(2) 伺服单元、驱动装置和测量装置

伺服单元和驱动装置包括主轴伺服驱动装置、主轴电动机、进给伺服驱动装置及进给电动机。测量装置是指位置和速度测量装置，它是实现主轴、进给速度闭环控制和进给位置闭环控制的必要装置。主轴伺服系统的作用是实现零件加工的切削运动，其控制量为速度。进给伺服系统的作用是实现零件加工所需的成形运动，其控制量为速度和位置，特点是能灵敏、准确地实现 CNC 装置的位置和速度指令。

(3) 控制面板

控制面板又称操作面板，是操作人员与数控机床（系统）进行信息交互的工具。操作人员可以通过操作面板对数控机床（系统）进行操作、编程、调试或对机床参数进行设定和修改，也可以通过操作面板了解和查询数控机床（系统）的运行状态。操作面板是数控机床的一个输入输出部件，主要由按钮站、状态灯、按键阵列（功能同于计算机键盘）和显示器等部分组成。

(4) 控制介质与程序输入输出设备

控制介质是记录零件加工程序的媒介，是人与机床建立联系的介质。程序输入输出设备是 CNC 系统与外部设备进行信息交换的装置，其作用是将记录在控制介质上的零件加工程序输入 CNC 系统，或将调试好的零件加工程序通过输出设备存放或记录在相适应的介质上。目前数控机床的控制介质和程序输入输出设备是磁盘和磁盘驱动器等。

此外，现代数控系统一般可利用通信方式进行信息交换。这种方式是实现 CAD（计算机辅助设计）/CAM（计算机辅助制造）的集成，FMS（柔性制造系统）和 CIMS（计算机集成制造系统）的基本技术。目前在数控机床上常用的通信方式如下。

- ① 串行通信。
- ② 自动控制专用接口。
- ③ 网络技术。

(5) PLC、机床 I/O（输入/输出）电路和装置

PLC 是用二进制与逻辑运算、顺序动作有关的 I/O 控制，它由硬件和软件组成。机床 I/O 电路和装置是用来实现 I/O 控制的执行部件，是由继电器、电磁阀、行程开关、接触器等组成的逻辑电路。它们共同完成以下任务。

- ① 接受 CNC 的 M、S、T 指令，对其进行译码并转换成对应的控制信号，控制装置完成机床相应的开关动作。
- ② 接受操作面板和机床传送来的 I/O 信号，送给 CNC 装置，经其处理后，输出指令控制 CNC 系统的工作状态和机床的动作。

(6) 机床本体

机床本体是数控系统的控制对象，是实现加工零件的执行部件。它主要由主运动部件

(主轴、主运动传动机构)、进给运动部件(工作台、拖板及相应的传动机构)、支承件(立柱、床身等)以及特殊装置、自动工作台交换(APC)系统、自动刀具交换(ATC)系统和辅助装置(如冷却、润滑、排屑、转位和夹紧装置等)组成。

数控机床的组成相对普通机床有以下几个特点。

① 由于采用了高性能的主轴及进给伺服驱动装置,数控机床的机械传动装置得到了简化,传动链较短。

② 数控机床的机械结构具有较高的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性以及抗热变形性能。

③ 较多地采用高效传动部件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨等。

要点提示:

◆ 数控车床由哪些部分组成? 各有什么作用?

1.1.3 数控机床的工作原理

数控机床的工作原理如图 1-2 所示。首先根据被加工零件的状态、尺寸及工艺要求等,采用手工或计算机进行零件加工程序的编制,把加工零件机床所需的各种动作及工艺参数变成数控装置所能接受的程序代码,并将这些程序代码存储在控制介质(穿孔带、磁带、光盘等)上,然后经输入装置,读出信息并送入数控装置。当控制介质为穿孔带时,用光电读带机输入;若控制介质为磁带或光盘,可用驱动器输入,或用计算机和数控机床的接口直接进行通信。进入数控装置的信息经一系列的处理和运算转变成脉冲信号,有的脉冲信号传送到机床的伺服系统,经传动装置驱动机床有关运动部件;有的脉冲信号则传送到可编程控制器中,按顺序控制机床的其他辅助动作,如工件夹紧、松开,切削液的开闭,刀具的自动更换等。

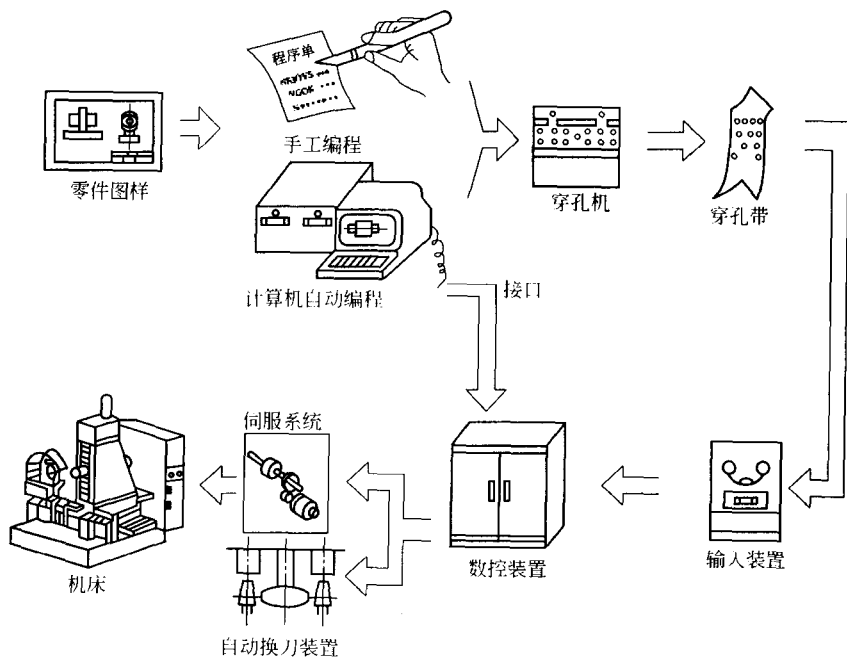


图 1-2 数控机床的工作原理示意图

要点提示:

◆ 数控机床的工作原理是什么?

1.1.4 数控机床的分类

数控机床的种类很多,从不同角度出发,就有不同的分类方法,通常有以下几种。

(1) 按控制功能分类

① 点位控制数控机床 这类数控机床仅能控制两个坐标轴带动刀具或工作台,从一个点(坐标位置)准确地快速移动到下一个点(坐标位置),然后控制第三个坐标轴进行钻削、镗削等切削加工。它具有较高的位置定位精度,在移动过程中不进行切削加工,因此对运动轨迹没有要求。点位控制的数控机床主要用于平面内的孔系加工,主要有数控钻床、数控镗床、数控冲床等。

② 直线控制数控机床 这类数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度,从一个点以一条直线准确地移动到下一个点,移动过程中能进行切削加工,根据切削条件和加工材料的不同,进给速度可在一定范围内调节。现代组合机床采用数控进给伺服系统,驱动动力头带动多轴箱沿工件轴向进给进行钻削、镗削等切削加工,它可以算作一种直线控制的数控机床。

③ 轮廓控制数控机床 这类数控机床具有控制几个坐标轴同时协调运动,即多坐标轴联动的能力,使刀具相对于工件按程序指定的轨迹和速度运动,能在运动过程中进行连续切削加工。这类数控机床包括用于加工曲线和曲面形状零件的数控车床、数控铣床、加工中心等。现代的数控机床基本上都是这种类型。若根据其联动轴数还可细分为 2 轴联动(X 、 Z 轴联动或 X 、 Y 轴联动)、2.5 轴联动(任意 2 轴联动,第 3 轴周期进给)、3 轴联动(X 、 Y 、 Z 3 轴联动)、4 轴联动(X 、 Y 、 Z 和 A 或 B 4 轴联动)、5 轴联动(X 、 Y 、 Z 和 A 、 C 或 X 、 Y 、 Z 和 B 、 C 或 X 、 Y 、 Z 和 A 、 B 5 轴联动)的数控机床。联动坐标轴数越多加工程序的编制越复杂,通常 3 轴联动以上的零件加工程序只能采用自动编程编制。

(2) 按进给伺服系统类型分类

按数控系统的进给伺服子系统有无位置测量反馈装置可分为开环数控机床和闭环数控机床。在闭环数控系统中,根据位置测量装置安装的位置不同又可分为全闭环和半闭环两种。

① 开环数控机床 开环数控机床采用开环进给伺服系统。图 1-3 所示为开环进给伺服系统简图。由图可知,开环进给伺服系统没有位置测量反馈装置,信号流是单向的(数控装置→进给系统),故系统稳定性好。但由于无位置反馈,相对闭环系统而言,控制精度不高,其精度主要取决于伺服驱动系统和机械传动机构性能和精度。这类数控系统一般以步进电机

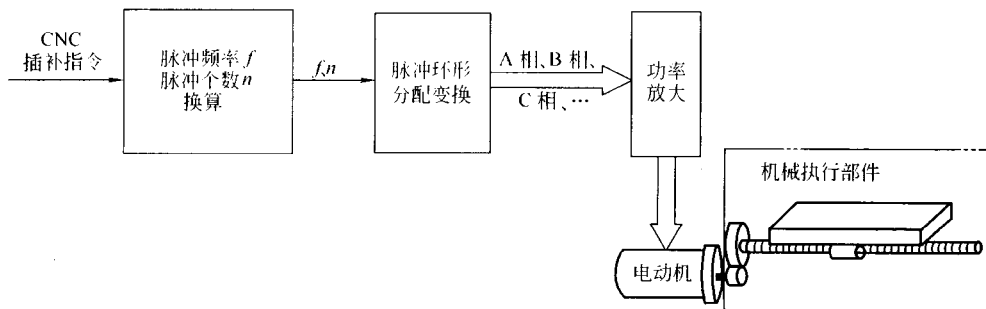


图 1-3 开环进给伺服系统简图

作为伺服驱动元件,它具有机构简单、工作稳定、调试方便、维修简单、价格低廉等优点。在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到广泛应用。

② 半闭环数控机床 半闭环数控机床的进给伺服系统如图 1-4 所示。半闭环数控系统的位置检测点是从驱动电动机(常用交、直流伺服电动机)或丝杠端引出,通过检测电动机和丝杠旋转角度来间接检测工作台的位移量,而不是直接检测工作台的实际位置。由于在半闭环路内不包括或只包括少量机械环节,可获得较稳定的控制性能,这类数控系统的稳定性虽不如开环系统,但比闭环要好。另外,在位置环内各组成环节的误差可得到某种程度的纠正,如位置环处不能直接消除的丝杠螺距误差、齿轮间隙引起的运动误差等,均可通过软件补偿这类误差来提高机床系统的运动精度,因此在现代 CNC 机床中得到了广泛应用。

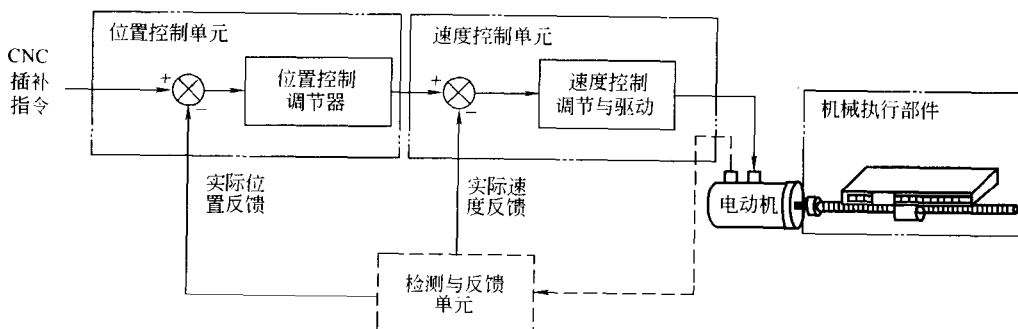


图 1-4 半闭环进给伺服系统简图

③ 闭环数控机床 闭环进给伺服系统的位置检测点如图 1-5 中的单点划线所示,它直接对工作台的实际位置进行检测。理论上讲,可以消除整个驱动和传动环节的误差、间隙和失动量,具有很高的位置控制精度。但由于位置环系统的设计、安装和调试都有相当的难度,对其组成环节的精度、刚性和动态特性等都有较高的要求,价格昂贵。这类系统主要用于精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精磨床以及较大型的数控机床等。

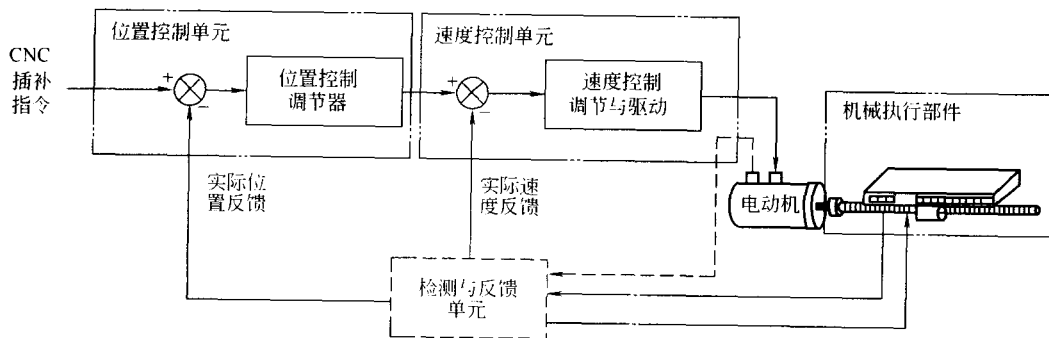


图 1-5 闭环进给伺服系统简图

(3) 按工艺用途(机床类型)分类

① 切削加工类 在常用的车床、铣床、刨床、磨床、镗床、插床、拉床、切断机床、齿轮加工机床等机床中,国内外都开发了数控机床,而且品种分得越来越细。例如,在数控磨床中不仅有数控外圆磨床、集磨外圆和内圆于一机的数控万能磨床、数控平面磨床、数控坐标磨床、数控工具磨床、数控无心磨床、数控齿轮磨床,还有专用或专门化的数控轴承磨床、数控外螺纹磨床、数控内螺纹磨床、数控双端面磨床、数控凸轮轴磨床、数控曲轴磨床、能自动换砂轮的数控导轨磨床(又称导轨磨削中心)等。

② 成形加工类 此类是指具有通过物理方法改变工件形状功能的数控机床,如数控折弯机、数控冲床、数控弯管机、数控旋压机等。

③ 特种加工类 此类是指具有特种加工功能的数控机床,如数控电火花成形机床、带有自动换电极功能的电加工中心、数控激光切割机床、数控激光热处理机床、数控激光板料成形机床、数控等离子切割机等。

④ 其他类型 指一些广义上的数控设备,如数控装配机、数控测量机、机器人等。

(4) 按数控系统的功能水平分类

按数控系统的功能水平有两种分法。一种是把数控机床分为高、中、低档(经济型)数控机床。这种分类方法在我国应用较普遍。目前高、中、低档的界限还没有统一的界定标准,加之不同时期划分的标准也不同,故按照功能水平分类的指标限定仅供参考。高、中、低档数控系统功能水平界定指标见表 1-1。

表 1-1 低、中、高档数控系统功能水平界定指标

功 能	低 档	中 档	高 档
分辨率/ μm	10	1	0.1
进给速度/(m/min)	8~15	15~24	15~100
驱动轴数(轴)	2~3	2~4	3~5 以上
通信功能	一般无	RS-232 或 DNC 接口	可有 MAP 通信接口,有联网能力
内装 PLC	无	有	有强功能的 PLC
主 CPU	8 位、16 位	32 位或 32 位以上的多 CPU	

注: MAP (Manufacturing Automation Protocol) 为制造自动化协议。

另一种是将数控机床分为经济型(简易)、普及型(全功能)和高档型数控机床。全功能型并不追求过多功能,以实用为准,也称为标准型。经济型数控机床的目的是根据实际机床的使用要求,合理地简化系统,降低价格。在我国,经济型数控机床是指装备了功能简单、价格低、使用操作方便的低档数控系统的机床、线切割机及对原有的机床进行数控化改造等。

要点提示:

- ◆ 数控机床的分类通常是如何划分的?
- ◆ 数控车床按照其控制水平,可以分成哪几类?
- ◆ 什么是开环、闭环、半闭环数控机床? 它们之间有什么区别?

1.1.5 数控机床的性能指标与功能

(1) 数控机床的主要性能指标

① 数控机床的主要技术规格 数控车床主要有床身、刀架最大回转直径,最大车削长度,最大车削直径等技术规格;数控铣床主要有工作台、工作台 T 形槽和工作台行程等的规格尺寸。

② 数控机床的运动指标 数控机床主轴采用直流或交流伺服电动机驱动,选用高速精密轴承支撑,保证主轴具有较宽范围和较高回转精度,以及较高的刚度和抗振性。现代数控机床的主轴转速普遍达到 5000~10000r/min,甚至更高。主轴转速可以通过操作

面板上的“主轴转速倍率”开关直接改变,其调节范围为50%~120%,每挡间隔为5%~10%。

③ 数控机床的精度指标

a. 脉冲当量(分辨率) 脉冲当量是影响数控机床加工精度和表面质量的主要因素,因而是数控机床的重要精度指标。普通数控机床的精度指标是0.001mm,经济型数控机床的精度指标为0.01mm,精密或超精密数控机床的精度指标为0.001~0.0001mm。

b. 定位精度 定位精度是指数控机床工作台等移动部件所达到的实际位置的精度。实际位置与指令位置的差值为定位误差。引起定位误差的因素包括伺服系统、检测系统、进给系统误差,以及运动部件的几何误差。定位误差将直接影响零件加工的精度,一般数控机床的定位精度为0.018~0.001mm。

c. 重复定位精度 重复定位精度是指在相同的条件下,采用相同的操作方法,重复进行同一动作时,得到的一致性程度。一般数控机床的重复定位精度为0.008mm。

④ 刀具系统 数控机床包括刀架工位数、刀具孔直径、刀杆尺寸、换刀时间等各项内容。数控机床刀库的容量与换刀时间直接影响着生产效率。通常数控车床的刀库容量为4~8把,中小型加工中心的刀库容量为16~60把,大型加工中心的刀库容量为100把以上。

⑤ 其他指标 除了以上性能指标外,还有主轴变频电动机、进给伺服电动机的规格型号和功率等电气指标;冷却系统指标;数控机床外形尺寸、机床重量等。

(2) 数控机床的主要功能

① 可控轴数与联动轴数 可控轴数是指数控系统最多可以控制的坐标轴数目,包括移动轴和回转轴。联动轴数是指数控系统按照加工要求同时控制运动的坐标轴数目。

② 插补功能 所谓插补,就是在工件轮廓的某起始点和终止点之间进行“数据密化”,并求取中间点的过程。插补功能是指数控机床能够实现的线型加工能力。

由于直线和圆弧是构成零件轮廓曲线的基本几何元素,所以大多数数控系统都具有直线和圆弧的插补功能。而椭圆、抛物线、螺旋线等复杂曲线的插补,只有高档数控系统或特殊需要的数控系统才具备。

③ 进给功能 数控系统的进给功能包括快速进给、切削进给、手动连续进给、点动进给、进给倍率修调、自动加减速等功能。

④ 主轴功能 数控系统的主轴功能包括恒转速控制、主轴定向停止、主轴转速修调等。

恒转速控制即主轴自动变速,使刀具相对于切削点的速度保持不变。主轴定向停止也称为主轴准停,即在换刀和精镗孔后、退刀等动作开始之前,主轴在工件圆周方向实现准确定位。

⑤ 刀具补偿功能 刀具补偿功能包括刀具位置补偿、刀具半径补偿和刀具长度补偿。位置补偿是对车刀刀尖位置变化、刀具在进行换刀后位置变化的补偿;刀具半径补偿是对车刀刀尖半径、铣刀半径变化的补偿;刀具长度补偿是指沿着加工深度方向对刀具长度变化的补偿。

⑥ 操作功能 数控机床通常有单程序段执行、跳段执行、试运行、图形模拟、机械锁住、暂停和急停等功能,有的还有软件操作功能。

⑦ 程序管理功能 数控系统的程序管理功能是指对加工程序的检索、编辑、修改、插入、删除、更名和程序的存储、通信等功能。

⑧ 图形显示功能 一般的数控系统都具有CRT显示,可以显示字符和图形、人机对话、自诊断等,具有刀具轨迹的动态显示。高档的数控系统还具有三维图形显示功能。

⑨ 辅助编程功能 除基本的编辑功能外,数控系统通常还具有固定循环、镜像、图形

缩放、子程序、宏程序、坐标系旋转、极坐标等编程功能,可以减少手工编程的工作量和减小编程的难度。

⑩ 自诊断报警功能 现代数控系统具有人工智能的故障诊断系统,可以用来实现对整个加工过程的监视,诊断数控系统的故障,并及时报警。这种系统是以专家们所掌握的各种故障原因及其处理方法为依据而开发出来的应用软件。操作者只要回答显示器中提出的简单问题,就能和专家一样诊断出数控机床的故障原因并指出排除故障的方法。

⑪ 通信功能 数控系统一般都配有 RS-232C 或 RS-422 远距离串行接口,可以按照用户的格式要求,与同一级计算机进行多种数据交换。现代数控系统大都具有制造自动化协议(MAP)接口,并采用光缆通信,提高数据传送的速度和可靠性。

要点提示:

- ◆ 数控机床有哪些规格、性能和可靠性指标?
- ◆ 数控机床的主要功能有哪些?

1.1.6 数控机床的特点

(1) 数控机床的加工特点

① 适应性强,适合加工单件或中小批量复杂工件 在数控机床上改变加工工件时,只需要重新编制(或更换)程序,就能实现新工件的加工。数控机床加工工件时,只需要简单的夹具。当加工工件改变后,不需要制作特别的工装夹具,不需要重新调整机床,这就为复杂结构的单件、小批量生产及试制产品提供了极大的便利。数控机床还能实现精密复杂零件的自动加工。

② 加工精度高,产品质量稳定 数控机床是按程序指令进行加工的。由于数控机床的脉冲当量普遍达到了 0.001mm ,而且传动系统和机床结构都具有很高的刚度和热稳定性,进给系统采用消除间隙措施,反向间隙与丝杠螺距误差等由数控装置进行自动补偿,所以数控机床能达到很高的加工精度。特别是数控机床加工完全是自动进行的,消除了操作者人为产生的误差,使同一批工件的尺寸一致性好,加工质量十分稳定。

③ 自动化程度高,劳动强度低 数控机床对工件的加工是按事先编好的程序自动完成的,工件加工过程中不需要人的干预,加工完毕后自动停车,使操作者的劳动强度与紧张程度大为减轻,加上数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑,操作者的劳动条件大为改善。

④ 生产效率高 工件加工所需的时间主要包括机动时间和辅助时间两部分。数控机床能有效地减少这两部分的时间。数控机床主轴转速和进给量的变化范围比普通机床大,因此能选用最有利的切削用量。由于数控机床的结构刚性好,能使用大切削用量的强力切削,从而提高了数控机床的切削效率,节省了机动时间。数控机床的移动部件空行动速度快,工件装夹时间短,辅助时间比一般机床少。

⑤ 良好的经济效益 数控机床虽然设备昂贵,分摊到每个工件的设备费用较高,但用数控机床加工工件可以节省许多其他费用,如用数控机床加工工件可以节省划线工时,减少调整、加工和检验时间,节省了直接生产的费用;数控机床加工不需设计制造专门工装夹具,节省了工艺装备费用;数控机床加工精度稳定,废品率低,使生产成本下降;另外,数控机床可以一机多用,节省厂房面积,减少建厂投资。因此,使用数控机床加工可以获得良好的经济效益。