

# 数控编程

赵青 主编



NLIC 2970680938



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

世纪英才中职项目教学系列规划教材（机电类专业）

# 数 控 编 程

赵 青 主编



NLIC 2970680938

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

## 图书在版编目(CIP)数据

数控编程 / 赵青主编. -- 北京: 人民邮电出版社,  
2011.3  
世纪英才中职项目教学系列规划教材. 机电类专业  
ISBN 978-7-115-24331-7

I. ①数… II. ①赵… III. ①数控机床—程序设计—  
专业学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第220585号

## 内 容 提 要

本书以数控机床中级工的国家职业标准为依据,以综合职业能力培养为目标,以典型工作任务为载体,按照工作过程的顺序和学生自主学习的要求进行教学设计并安排教学活动,实现理论教学与实践教学融合一、能力培养与工作岗位对接合一、实习实训与顶岗工作学做合一,突出教、学、做合一。本书共讲述了4个项目:数控车床编程(一)、数控车床编程(二)、数控铣和加工中心编程、数控自动编程。

本书既适合中职学校数控和模具专业作为教材使用,又适合作为数控类岗位准入培训用书,还可作为相关专业技术工人的自学教材。

世纪英才中职项目教学系列规划教材(机电类专业)

## 数 控 编 程

- ◆ 主 编 赵 青  
责任编辑 丁金炎  
执行编辑 郝彩红
- ◆ 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>  
北京昌平百善印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 13.25  
字数: 297千字  
印数: 1-3 000册
- 2011年3月第1版  
2011年3月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-24331-7

定价: 26.00元

读者服务热线: (010)67132746 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

# 世纪英才中职项目教学系列规划教材

## 编委会

顾问：姜大源 刘邦祥

主任委员：王国玉 杨承毅

委员：(以姓氏笔画为序)

|         |     |     |     |     |     |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 马 峰     | 马书群 | 马朋飞 | 马翊钧 | 王 君 | 王 曦 |
| 王永红     | 王庆海 | 王利懿 | 王经万 | 王质云 | 王奎英 |
| 王根宝     | 王雪瑞 | 王韶锋 | 车世明 | 付克达 | 仝桂梅 |
| 冯 睿     | 台 畅 | 叶 原 | 白小海 | 任华魁 | 刘建民 |
| 刘晓武     | 刘海峰 | 刘起义 | 吕 燕 | 孙吉云 | 朱灯华 |
| 朱滢元     | 江新顺 | 闫爱民 | 何应俊 | 余铁梅 | 吴廷鑫 |
| 吴金龙     | 张 立 | 张 华 | 张小平 | 张少利 | 张玉枝 |
| 张自蕴     | 张国俭 | 张修达 | 张彦锋 | 张树周 | 张皓明 |
| 李 明     | 李 峡 | 李中显 | 李友节 | 李尤举 | 李开慧 |
| 李文华     | 李世英 | 李占平 | 李国举 | 李宗忍 | 杨 鑫 |
| 杨广宇     | 杨永年 | 杨幸福 | 肖勤安 | 苏全卫 | 陈子聪 |
| 陈志刚     | 陈清顺 | 周四六 | 周自斌 | 周志文 | 易法刚 |
| 林 春     | 武 燕 | 罗 敬 | 金 杰 | 侯建胜 | 侯爱民 |
| 姜宏伟     | 柳其春 | 胡 祎 | 胡国喜 | 赵 杰 | 赵永杰 |
| 赵庆丰     | 徐 艳 | 徐 辉 | 徐宗敏 | 涂 波 | 贾海朝 |
| 高茂岭     | 高康欣 | 黄伟琦 | 黄瑞冰 | 彭学勤 | 景伟华 |
| 温宇庆     | 程立群 | 董代进 | 辜小兵 | 煞莎莎 | 路子凌 |
| 雍照章     | 翟秀慧 | 蔡永超 | 薛应华 |     |     |
| 策 划：丁金炎 | 彭保林 |     |     |     |     |

## 丛书前言

2008年12月13日,教育部“关于进一步深化中等职业教育教学改革的若干意见”【教职成(2008)8号】指出:中等职业教育要进一步改革教学内容、教学方法,增强学生就业能力;要积极推进多种模式的课程改革,努力形成就业导向的课程体系;要高度重视实践和实训教学环节,突出“做中学、做中教”的职业教育教学特色。教育部对当前中等职业教育提出了明确的要求,鉴于沿袭已久的“应试式”教学方法不适应当前的教学现状,为响应教育部的号召,一股求新、求变、求实的教学改革浪潮正在各中职学校内蓬勃展开。

所谓的“项目教学”就是师生通过共同实施一个完整的“项目”而进行的教学活动,是目前国家教育主管部门推崇的一种先进的教学模式。“世纪英才中职项目教学系列规划教材”丛书编委会认真学习了国家教育部关于进一步深化中等职业教育教学改革的若干意见,组织了一些在教学一线具有丰富实践经验的骨干教师,以国内外一些先进的教学理念为指导,开发了本系列教材,其主要特点如下。

(1) 新编教材摒弃了传统的以知识传授为主线的知识架构,它以项目为载体,以任务来推动,依托具体的工作项目和任务将有关专业课程的内涵逐次展开。

(2) 在“项目教学”教学环节的设计中,教材力求真正地去体现教师为主导、学生为主体的教学理念,注意到要培养学生的学习兴趣,并以“成就感”来激发学生的学习潜能。

(3) 本系列教材内容明确定位于“基本功”的学习目标,既符合国家对中等职业教育培养目标的定位,也符合当前中职学生学习与就业的实际状况。

(4) 教材表述形式新颖、生动。本系列教材在封面设计、版式设计、内容表现等方面,针对中职学生的特点,都做了精心设计,力求激发学生的学习兴趣,书中多采用图表结合的版面形式,力求学习直观明了;多采用实物图形来讲解,力求形象具体。

综上所述,本系列教材是在深入理解国家有关中等职业教育教学改革精神的基础上,借鉴国外职业教育经验,结合我国中等职业教育现状,尊重教学规律,务实创新探索,开发的一套具有鲜明改革意识、创新意识、求实意识的系列教材。其新(新思想、新技术、新面貌)、实(贴近实际、体现应用)、简(文字简洁、风格明快)的编写风格令人耳目一新。

如果您对本系列教材有什么意见和建议,或者您也愿意参与到本系列教材中其他专业课教材的编写,可以发邮件至 [wuhan@ptpress.com.cn](mailto:wuhan@ptpress.com.cn) 与我们联系,也可以进入本系列教材的服务网站 [www.ycbook.com.cn](http://www.ycbook.com.cn) 留言。

丛书编委会

## Foreword

本书是根据《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养指导方案》的核心课程项目“数控编程”的教学内容和教学要求，并依据人力资源和社会保障部关于数控机床工中级技能考核标准的要求编写的。

本书主要有以下特点。

(1) 编写中始终坚持“以就业为导向，以能力为本位”的教育教学理念，适应企业技术发展，体现教学内容的先进性和前瞻性。切实贯彻学生“做中学”的指导方针。始终本着易学、够用，实践性强的原则，将理论与实践紧密结合。

(2) 重在对学生基本功的培养，以学生为主体，体现教学组织的科学性和灵活性，重点突出基本知识的传授和基本技能的培养。以项目引领、任务驱动的方式将加工工艺和生产实践相结合，循序渐进地组织教学，为进一步学习自动编程做准备。

(3) 通过对项目的学习，掌握相关指令的编程方法和数控机床的操作技能，在操作的过程中培养学生分析加工工艺的能力和编写加工技术文件的能力，使教学方式最优化，教学效果最大化。

(4) 本书根据华中数控 HNC-21T 系统、FANUC 0i Mate-MC 系统编写，学生通过对本书 4 个项目的学习，将能够熟练掌握华中数控 HNC-21T 系统和 FANUC 0i Mate-MC 系统相关指令的编程方法和相关工件的加工工艺，并能够通过数控自动编程软件（CAXA）对较复杂的工件进行编程以及精密加工。

(5) 本书针对性、实用性强，重点突出，层次分明，图文并茂，语言通俗易懂。

本书的理论学时数为 100 学时（机动 4 学时）、实训学时数为 360 学时，建议学时安排如下。

| 课 程 内 容 | 理 论 学 时 | 实 训 学 时 | 总 学 时 |
|---------|---------|---------|-------|
| 开篇导学    | 8       |         | 8     |
| 项目一     | 22      | 90      | 112   |
| 项目二     | 18      | 60      | 78    |
| 项目三     | 40      | 150     | 190   |
| 项目四     | 8       | 60      | 68    |
| 合计      | 96      | 360     | 456   |

本书由赵青担任主编，主要由赵青、李尤举、朱新民、逯国防、刘倩婧、齐保军、沈国

强参加编写，由王国玉老师担任主审。在本书的编写过程中得到了聊城技师学院、聊城职业技术学院、聊城市机电工程技术学校、通州职教中心的大力支持，此书所参阅的著作和文献资料给予了编者灵感和构想，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错漏之处，恳请读者和同仁批评指正。

编 者

# 目 录

## Contents

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 开篇导学 数控机床的认知 .....     | 1   |
| 导学一 认识数控机床 .....       | 1   |
| 导学二 数控机床编程基础 .....     | 9   |
| 导学三 数控机床加工基础 .....     | 20  |
| 项目一 数控车床编程 (一) .....   | 37  |
| 任务一 台阶轴加工 .....        | 37  |
| 任务二 复杂轮廓加工 .....       | 50  |
| 任务三 孔加工 .....          | 64  |
| 项目二 数控车床编程 (二) .....   | 74  |
| 任务一 槽的加工 .....         | 74  |
| 任务二 内外螺纹加工 .....       | 81  |
| 任务三 非圆曲线加工 .....       | 99  |
| 项目三 数控铣、加工中心编程 .....   | 106 |
| 任务一 轮廓零件加工 .....       | 106 |
| 任务二 零件铣削中的分层加工 .....   | 118 |
| 任务三 复杂轮廓坐标变换加工 .....   | 127 |
| 任务四 孔加工 .....          | 141 |
| 任务五 非圆曲线加工 .....       | 150 |
| 项目四 数控自动编程 .....       | 160 |
| 任务一 CAXA 数控铣自动编程 ..... | 160 |
| 任务二 CAXA 数控车自动编程 ..... | 182 |

# 开篇导学 数控机床的认知

## 导学一 认识数控机床

### 一、数控技术与数控机床

#### 1. 数控技术

数控技术是指采用数字化信息实现加工自动化的控制技术,简称 NC(Numerical Control)。它不仅可以控制位移、角度、速度等机械量,还可以控制温度、压力、流量等其他量。

#### 2. 数控机床

数控机床是利用数字化信号对机床的运动及加工过程进行控制的机床,或者说是装备了数控系统的机床。它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部件使机床自动加工出所需要的工件。数控机床的诞生与发展,有效地解决了一系列生产上的矛盾,为单件、小批量精密复杂工件的加工提供了自动化加工手段。

### 二、数控机床的组成

数控机床主要由输入装置、数控装置、伺服机构、辅助控制装置、检测装置和机床本体组成,如图 0-1、图 0-2、图 0-3 所示。

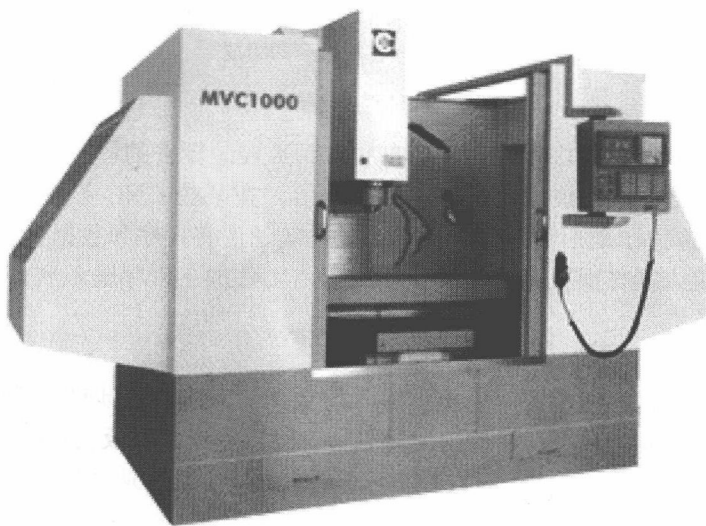


图 0-1 数控铣床

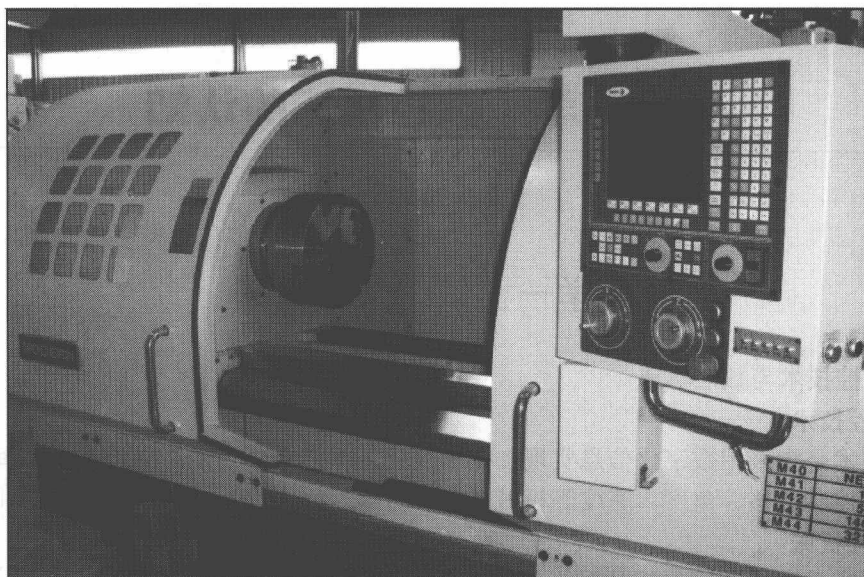


图 0-2 数控车床

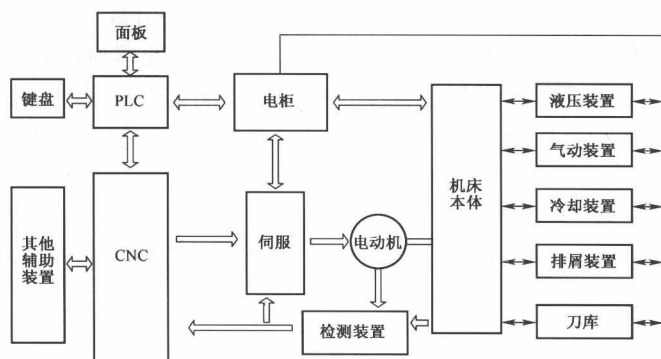


图 0-3 数控机床的组成

## 1. 输入装置

输入装置是指编程人员将零件加工信息传送到数控装置去的程序载体。控制介质有多种形式，常用的有磁盘、移动硬盘、Flash（U 盘）等，在某些 CNC 设备上，利用 CAD/CAM 软件先在计算机上编程，然后通过计算机与数控系统通信将程序和数据直接传送给数控装置，也可以通过数控机床操作面板上的键盘，用手工将工件加工程序输入到数控装置（如图 0-4 所示）。

## 2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心。它根据输入的数据，完成数值计算、逻辑判断、输入输出控制等。数控装置一般由专用（或通用）计算机、输入输出接口板及可编程序控制器（PLC）等组成。可编程序控制器主要用于对数控机床辅助功能、主轴转速功能和刀具功能的控制（如图 0-4 所示）。

## 3. 伺服系统

伺服系统是数控机床的执行机构，由驱动装置和执行部件（如伺服电动机）两大部分

组成,包括主轴伺服单元、进给伺服单元、机床控制线路、功率放大线路及驱动装置,它接受数控装置发来的各种动作命令,驱动数控机床传动系统的运动。它的伺服精度和动态响应是影响数控机床的加工精度、表面质量和生产率的重要因素。目前数控机床的伺服机构中,常用的位移执行机构有功率步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机等(如图 0-4 所示)。

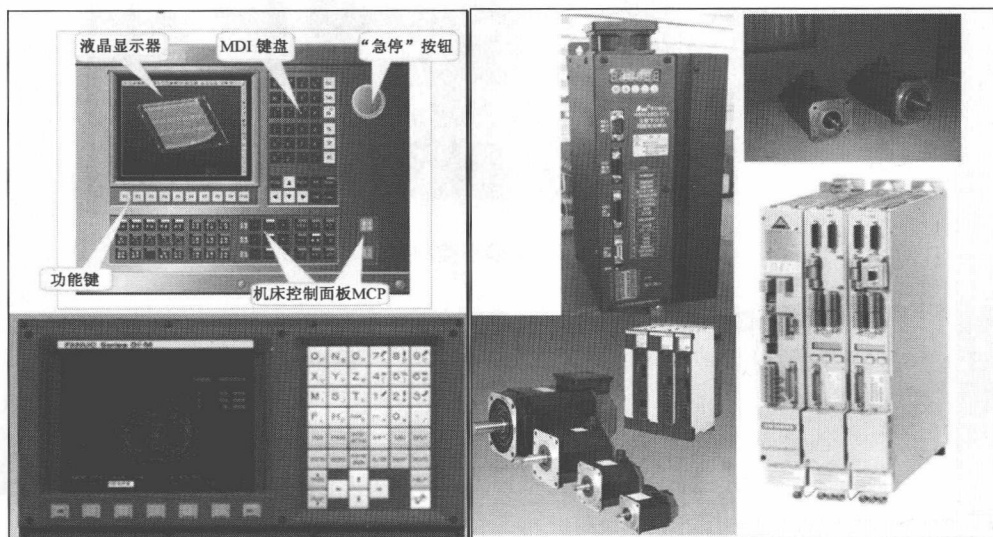


图 0-4 输入装置、数控装置和伺服系统

#### 4. 辅助控制装置

辅助控制装置是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的强电控制装置。它接受数控装置输出的主运动变速、刀具选择和交换、辅助动作等指令信息,经过必要的编译、逻辑判断、功率放大后,直接驱动相应的电气、液压和机械部件,以完成各种规定的动作。此外,有些开关信号经过它送到数控装置进行处理。由于可编程控制器(PLC)(如图 0-5 所示)具有响应快、性能可靠、易于使用、编程和修改程序并可直接驱动机床电气等特点,现已广泛用作数控机床的辅助控制装置。

#### 5. 检测反馈装置

检测反馈装置将数控机床各个坐标轴的实际位移量、速度参数检测出来,转换成电信号,并反馈到机床的数控装置中。数控装置将反馈回来的实际位移量、速度值与指令设定值进行比较,判断是否一致,并发出相应的指令,控制伺服机构按指令设定值运动,纠正所产生的误差。检测反馈装置安装在数控机床的工作台或丝杠上。检测装置的检测元件有多种,常用的有直线光栅、光电编码器、圆光栅、绝对编码尺等(如图 0-6 所示)。

#### 6. 机床本体

机床本体是数控机床的主体,是用于完成各种切削加工的机械部分。它包括主传动系统、进给系统以及辅助装置等。对于数控加工中心,还有存放刀具的刀库、自动换刀装置(ATC)和自动托盘交换装置等。与传统的机床相比,数控机床的结构强度、刚度和抗振性,传动系统和刀具系统的部件结构,操作机构等方面都发生了很大的变化,其目的是为了满足数控技术的要求和充分发挥数控机床的效能(如图 0-1 和图 0-2 所示)。

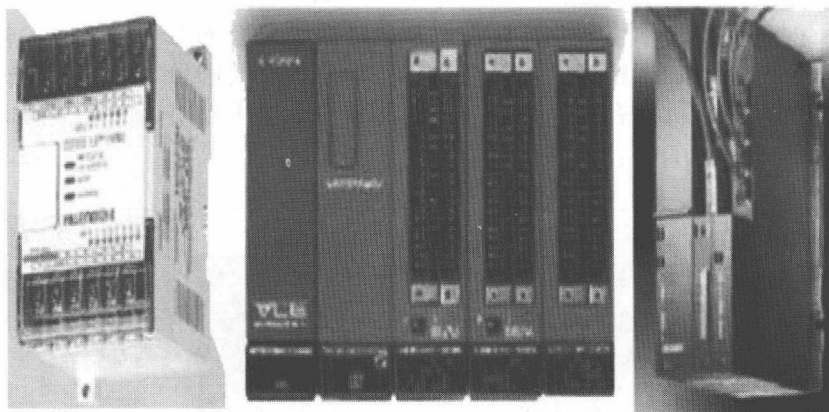


图 0-5 可编程控制器

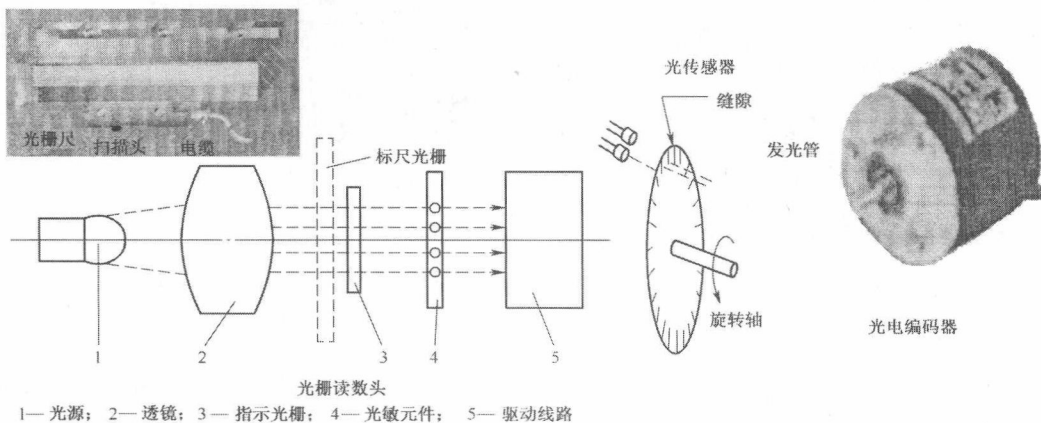


图 0-6 检测反馈装置

## 三、数控机床的工作原理

数控机床加工零件的工作过程如图 0-7 所示。

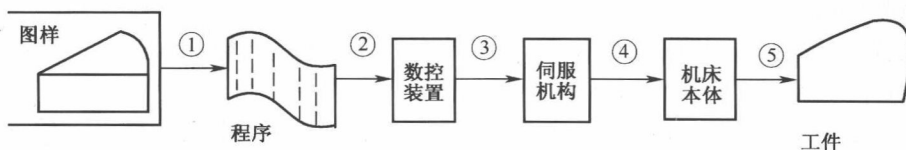


图 0-7 数控机床加工零件的工作过程

加工步骤如下。

- ① 根据被加工零件的图样与工艺方案，用规定的代码和程序段格式编写出加工程序。
- ② 将所编写加工程序指令输入到机床数控装置中。
- ③ 数控装置对程序（代码）进行处理之后，向机床各个坐标的伺服驱动机构和辅助控制装置发出控制信号。
- ④ 伺服机构接到执行信号指令后，驱动机床的各个运动部件，并控制所需的辅助动作。

- ⑤ 机床自动加工出合格的零件。

#### 四、数控系统的主要功能

数控系统的功能取决于数控系统硬件和软件的配置,一般来说,数控系统的主要功能可归纳为以下几点。

① 多轴控制功能控制系统可以控制坐标轴的数目指的是数控系统最多可以控制多少个坐标轴,其中包括平动轴和回转轴。基本平动坐标轴是  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  轴,基本回转坐标轴是  $A$ 、 $B$ 、 $C$  轴。联动轴是指数控系统按照加工的要求可以控制同时运动的坐标轴的数目。如某型号的数控机床具有  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个坐标轴运动方向,而数控系统只能同时控制两个坐标( $XY$ 、 $YZ$  或  $XZ$ )方向的运动,则该机床的控制轴数为三轴(称为三轴控制),而联动轴数为两轴(称为两联动)。

② 插补功能指数控机床能够实现的运动轨迹,如直线、圆弧、螺旋线、抛物线、正弦曲线等。数控机床的插补功能越强,说明加工的轮廓种类越多。

③ 进给功能包括快速进给(空行程移动)、切削进给、手动连续进给、点动,进给量调整(倍率开关)、自动加速减速功能等性能。进给功能与伺服驱动系统的性能有很大的关系。

④ 主轴功能可实现恒转速、恒线速度、定向停车及转速调整(倍率开关)等功能。恒线速度指的是主轴可以自动变速,使得刀具对工件切削点的线速度保持不变。主轴定向停车功能主要用于数控机床在换刀、精镗等工序退刀前对主轴进行准确定位,以便于退刀。

⑤ 刀具功能指在数控机床上可以实现刀具的自动选择和自动换刀。

⑥ 刀具补偿功能包括刀具位置补偿、半径补偿和长度补偿功能。半径补偿中有车刀的刀尖半径、铣刀半径的补偿,长度补偿中有铣床、加工中心沿加工深度方向对刀具长度变化的补偿。

⑦ 机械误差补偿功能指系统可以自动补偿机械传动部件因间隙所产生的误差的功能。

⑧ 操作功能指数控机床通常有单程序段运行、跳段执行、连续运行、试运行、图形模拟仿真、机械锁住、暂停和急停等功能,有的还有软件操作功能。

⑨ 程序管理功能指对加工程序的检索、编制、插入、删除、更名、锁住、在线编辑(即后台编辑,在执行自动加工的同时进行编辑)以及程序的存储通信等。

⑩ 图形显示功能在显示器(CRT)上进行二维或三维、单色或彩色的图形显示。图形可以进行缩放、旋转,还可以进行刀具轨迹动态显示。

⑪ 辅助编程功能如固定循环、镜像、图形缩放、子程序、宏程序、坐标轴旋转、极坐标等功能,可减少手工编程的工作量和难度。

⑫ 自诊断报警功能指数控系统对其软件、硬件故障的自我诊断能力。这项功能可以用于监视整个机床和整个加工过程是否正常,并在发生异常时及时报警。

⑬ 通信功能指现代数控系统中一般配有 RS232 接口或 DNC 接口,可以与上级计算机进行信号的高速传输。高档数控系统还可与 Map 或 Internet 相连,以适应 FMS、CIMS 的要求。

#### 五、数控机床的分类

目前数控机床的品种很多,其分类方法目前尚无统一规定,通常按下面 4 种方法进行分类,见表 0-1。

表 0-1

数控机床的分类

| 类别<br>序号 | 按工艺用途<br>分类 | 按运动方式<br>分类  | 按控制方式<br>分类 | 按数控机床的<br>显示分类 |
|----------|-------------|--------------|-------------|----------------|
| 1        | 数控车床        | 点位控制系统数控机床   | 开环控制数控机床    | 低档数控机床         |
| 2        | 数控铣床        | 点位直线控制系统数控机床 | 半闭环控制数控机床   | 中档数控机床         |
| 3        | 数控加工中心      | 轮廓控制系统数控机床   | 闭环控制数控机床    | 高档数控机床         |
| 4        | .....       |              |             |                |

## 1. 按工艺用途分类

按工艺用途分类，数控机床可分为数控钻床、车床、铣床、镗床、磨床和齿轮加工机床等，还有压床、冲床、弯管机、电火花切割机、火焰切割机等。

加工中心是带有刀库及自动换刀装置的数控机床，它可以在一台机床上实现多种加工。工件一次装夹，可完成多种加工，既节省辅助工时，又提高加工精度。加工中心特别适用于箱体、壳体的加工。车削加工中心可以完成所有回转体零件的加工。

## 2. 按运动方式分类

### (1) 点位控制系统机床

点位控制系统是指数控系统只控制刀具或机床工作台，从一点准确地移动到另一点，而点与点之间运动的轨迹不需要严格控制的系统。为了减少移动部件的运动与定位时间，一般先以快速移动到终点附近位置，然后以低速准确移动到终点定位位置，以保证良好的定位精度。移动过程中刀具不进行切削。使用这类控制系统的主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床等。图 0-8 是点位控制加工示意图。

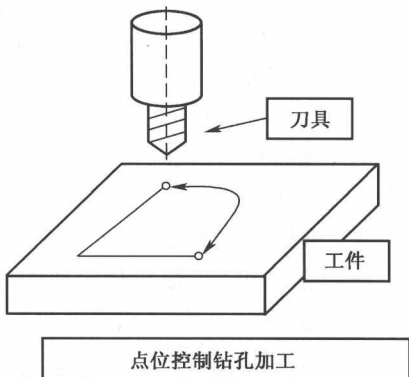


图 0-8 点位控制加工示意图

### (2) 点位直线控制系统机床

点位直线控制系统是指数控系统不仅控制刀具或工作台从一个点准确地移动到下一个点，而且保证在两点之间的运动轨迹是一条直线的控制系统。刀具移动过程可以进行切削。应用这类控制系统的有数控车床、数控钻床和数控铣床等。图 0-9 是点位直线控制切削加工示意图。

### (3) 轮廓控制系统机床

轮廓控制系统也称连续切削控制系统，是指数控系统能够对两个或两个以上的坐标轴同时进行严格连续控制的系统。它不仅能控制移动部件从一个点准确地移动到另一个点，而且还能控制整个加工过程每一点的速度与位移量，将零件加工成一定的轮廓形状。应用这类控制系统的有数控铣床、数控车床、数控齿轮加工机床和加工中心等。图 0-10 是轮廓控制加工示意图。

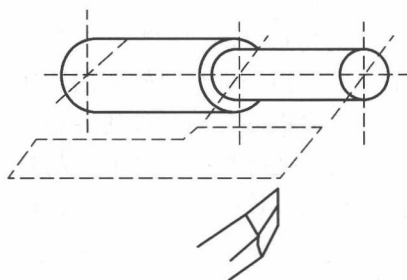
## 3. 按控制方式分类

### (1) 开环控制数控机床

开环控制系统的特征是系统中没有检测反馈装置，指令信息单方向传送，并且指令发出后，不再反馈回来，故称开环控制。

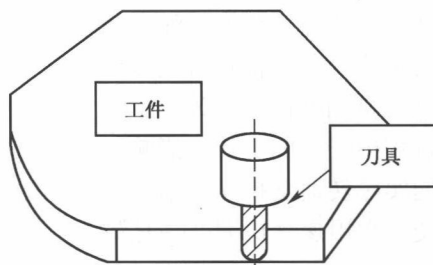
受步进电动机的步距精度和工作频率以及传动机构的传动精度影响，开环系统的速度和

精度都较低,但由于开环控制系统结构简单、调试方便、容易维修且成本较低,故仍被广泛应用于经济型数控机床上。典型的开环控制数控系统如图 0-11 所示。



点位直线控制切削加工

图 0-9 点位直线控制切削加工示意图



轮廓控制数控机床的加工

图 0-10 轮廓控制加工示意图

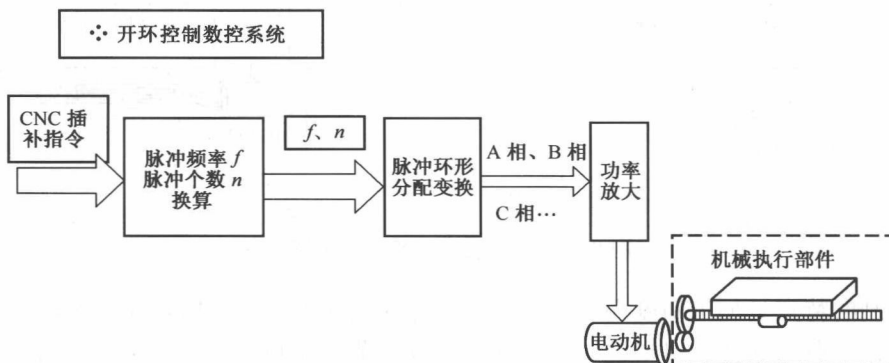


图 0-11 开环控制数控系统

## (2) 半闭环控制数控机床

半闭环控制系统框图如图 0-12 所示。半闭环控制数控机床不是直接检测工作台的位移量,而是采用转角位移检测部件,测出伺服电动机或丝杠的转角,推算出工作台的实际位移量,反馈到计算机中进行位置比较,用比较的差值进行控制。由于反馈环内没有包含工作台,故称半闭环控制。

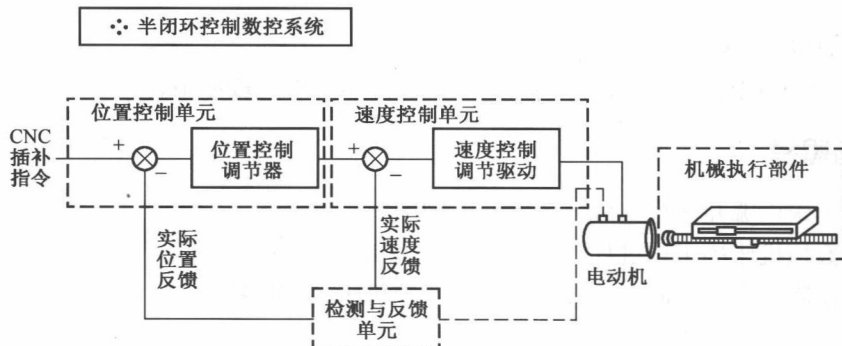


图 0-12 半闭环控制数控系统框图

半闭环控制精度较闭环控制差，但稳定性好，成本较低，调试维修也较容易，兼顾了开环控制和闭环控制两者的特点，因此应用比较普遍。

## (3) 闭环控制数控机床

闭环控制数控系统框图如图 0-13 所示。闭环控制系统的特点是利用安装在工作台上的检测部件将工作台实际位移量反馈到计算机中，与所要求的位置指令进行比较，用比较的差值进行控制，直到差值消除为止。可见，闭环控制系统可以消除机械传动部件的各种误差和工件加工过程中产生的干扰的影响，从而使加工精度大大提高。速度检测部件的作用是将伺服电动机的实际转速转换成电信号送到速度控制电路中，进行反馈校正，保证电动机转速保持恒定不变。常用速度检测部件是测速电动机。

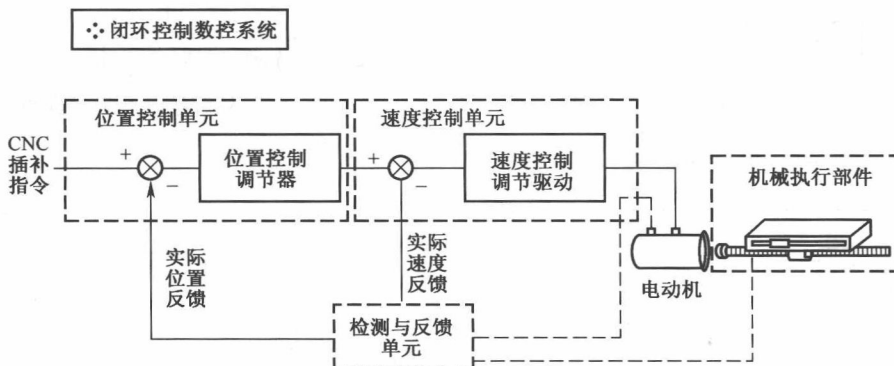


图 0-13 闭环控制数控系统框图

闭环控制的特点是加工精度高、移动速度快。这类数控机床采用直流伺服电动机或交流伺服电动机作为驱动部件，电动机的控制电路比较复杂，检测部件价格昂贵。因而调试和维修比较复杂，成本高。

## 4. 按数控机床的显示分类

### (1) 低档数控机床

低档数控机床又称经济型数控机床。其特点是根据实际加工要求，合理地简化系统以降低机床价格。一般采用开环步进电机驱动，用简单的 CRT 显示。

### (2) 中档数控机床

中档数控机床具备较齐全的 CRT 显示，可以显示字符和图形，可进行人机对话、自诊断等。

### (3) 高档数控机床

高档数控机床 CRT 显示除具备中档的功能外，还具有三维图形显示等。

## 学习与思考

1. 数控机床由哪几部分组成？各有什么作用？
2. 简述数控机床的工作过程。
3. 点位控制、直线控制、轮廓控制系统数控机床各有何特点？

## 导学二 数控机床编程基础

### 一、坐标系的确定

#### (一) 机床坐标系

在数控机床上加工零件,机床的动作是由数控系统发出的指令来控制的。为了确定机床运动部件的运动方向和移动距离,就要在机床上建立一个坐标系,这个坐标系就是机床坐标系。

##### 1. 坐标系及运动方向的规定

标准的机床坐标系采用右手笛卡儿直角坐标系(如图 0-14 所示)。

(1) 伸出右手的大拇指、食指和中指,并互为  $90^\circ$ 。大拇指代表  $X$  坐标,食指代表  $Y$  坐标,中指代表  $Z$  坐标。

(2) 大拇指的指向为  $X$  坐标的正方向,食指的指向为  $Y$  坐标的正方向,中指的指向为  $Z$  坐标的正方向。

(3) 围绕  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  坐标旋转的旋转坐标分别用  $A$ 、 $B$ 、 $C$  表示,根据右手螺旋定则,大拇指的指向为  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  坐标中任意轴的正向,则其余四指的旋转方向即为旋转坐标  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的正向(如图 0-14 所示)。

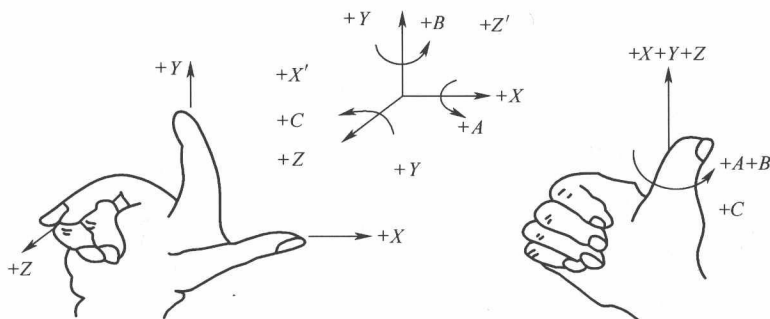


图 0-14 右手笛卡儿直角坐标系

##### 2. 运动方向的规定

对于机床坐标系的方向,均将增大刀具与工件距离的方向确定为各坐标轴的正方向。数控铣床上三个运动的正方向和数控车床上两个运动的正方向如图 0-15 所示。

##### 3. 坐标轴方向的确定

###### (1) $Z$ 坐标

$Z$  坐标的运动方向是由传递切削动力的主轴所决定的,即平行于主轴轴线的坐标轴为  $Z$  坐标, $Z$  坐标的正向为刀具离开工件的方向。

如果机床上有几个主轴,则选一个垂直于工件装夹平面的主轴方向为  $Z$  坐标方向;如果主轴能够摆动,则选垂直于工件装夹平面的方向为  $Z$  坐标方向;如果机床无主轴,则选垂直于工件装夹平面的方向为  $Z$  坐标方向。

###### (2) $X$ 坐标

$X$  坐标平行于工件的装夹平面,一般在水平面内。确定  $X$  坐标的方向时,要考虑以下两种情况。