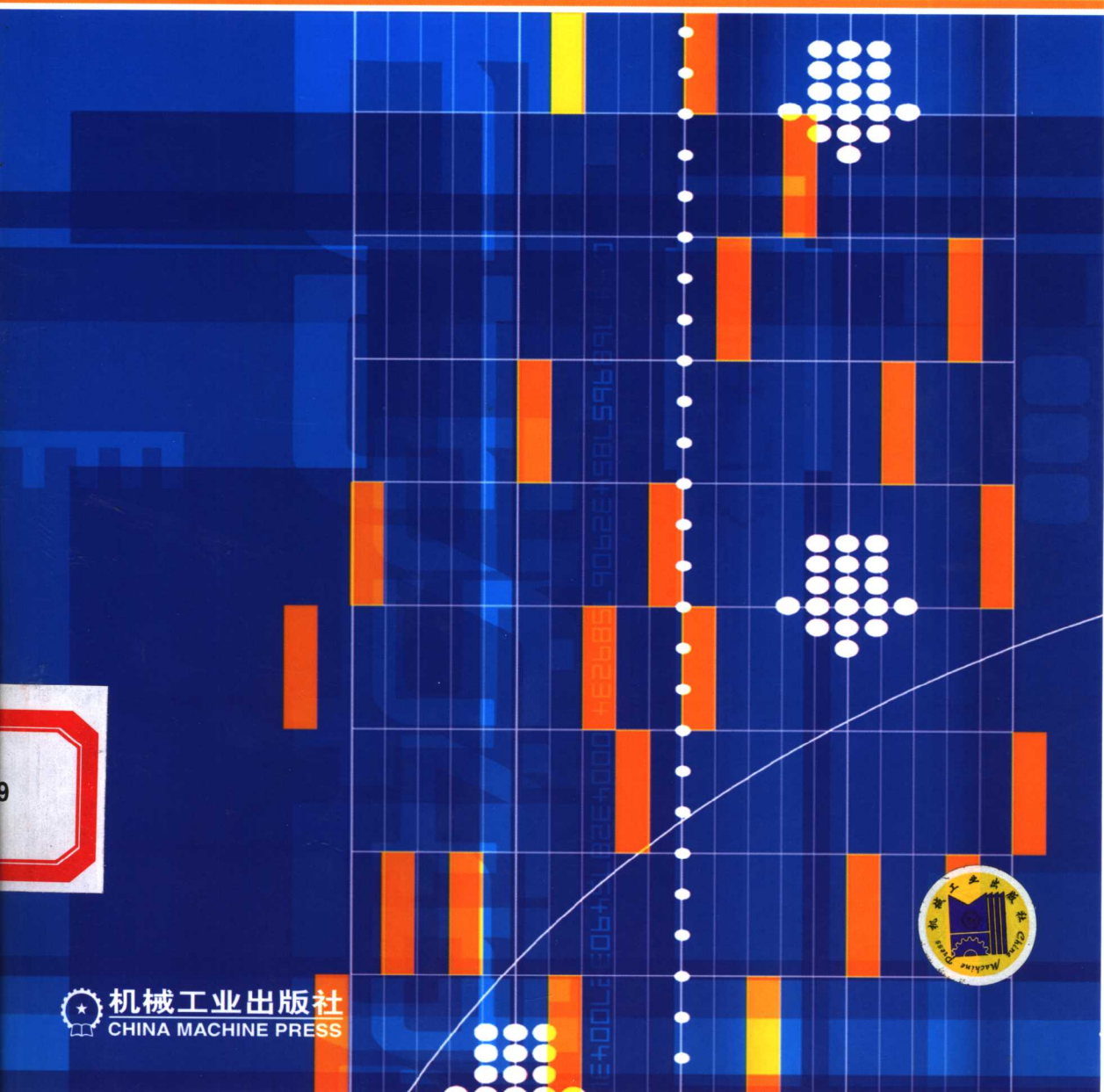




◎ 职业技术教育规划教材 ◎

# 数控技术及应用

郑晓峰 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



T6659  
Z476

职业技术教育规划教材

# 数控技术及应用

主编 郑晓峰  
参编 张光跃 钱 斌 沈则亮  
      王文浩 范裕彤  
主审 周树锦



机械工业出版社

144X80/10

本书详细介绍了数控技术的基础知识、数控机床的编程技术、典型数控装置的硬件组成及连接方式、典型伺服系统的组成及应用、常用检测装置的工作原理及用途、数控机床的典型机械结构等。为了提高学生解决实际问题的能力,着重介绍了数控自动编程软件的应用;以 FANUC 系统控制的加工中心为例,介绍了实际操作知识。本书以培养学生能力为主线,理论浅显、通俗易懂、实例较多、实用性强。

本书可作为高职及中等职业学校(3、4 年制)数控加工技术、机电一体化等专业的教材,同时可供有关专业技术人员作为参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

数控技术及应用/郑晓峰主编. —北京:机械工业出版社, 2003.9

职业技术教育规划教材

ISBN 7-111-13033-2

I. 数... II. 郑... III. 数控机床 - 专业学校 - 教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 081098 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:邓海平 汪光灿 版式设计:冉晓华 责任校对:李汝庚

封面设计:陈 沛 责任印制:施 红

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·5.875 印张·224 千字

0001—4000 册

定价:14.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

## 前 言

本书详细介绍了数控技术的基础知识、数控机床的编程技术、典型数控装置的硬件组成及连接方式、典型伺服系统的组成及应用、常用检测装置的工作原理及用途、数控机床的典型机械结构等。为了提高学生解决问题的能力，着重介绍了数控自动编程软件的应用；以 FANUC 系统控制的加工中心为例介绍了实际操作知识。本书以培养学生能力为主线，理论浅显、通俗易懂、实例较多、实用性强。

本书可作为高职及中等职业学校数控加工技术、机电一体化等相关专业的教材，同时可供有关专业技术人员作为参考用书。本书由安徽机电职业技术学院郑晓峰(第一章、第四章、附录)、沈则亮(第二章)、钱斌(第六章)、王文浩(第七章)、重庆市工业学校范裕彤(第三章)、广州白云职业技术学院张光跃(第五章)编写，郑晓峰担任主编。

本书由广东机电职业技术学院周树锦担任主审。

由于编者水平有限，经验不足，书中难免存在错误与不当之处，恳请读者予以批评指正。

编 者  
于芜湖  
2003 年元月

# 目 录

## 前言

## 第一章 数控技术概述 ..... 1

### 第一节 数控技术的概念 ..... 1

### 第二节 数控机床的组成及作用 ..... 2

### 第三节 数控系统的组成与分类 ..... 4

### 第四节 数控技术的发展 ..... 7

### 习题 ..... 9

## 第二章 数控机床的程序编制 ..... 10

### 第一节 程序编制的基础知识 ..... 10

### 第二节 数控机床的坐标系统 ..... 18

### 第三节 数控加工程序编制 ..... 20

### 第四节 数控自动编程应用简介 ..... 32

### 习题 ..... 40

## 第三章 计算机数控装置 ..... 43

### 第一节 概述 ..... 43

### 第二节 CNC 装置的硬件结构 ..... 47

### 第三节 CNC 装置软件组成 ..... 53

### 第四节 CNC 装置的插补原理 ..... 56

### 第五节 CNC 装置的刀具补偿

#### 原理 ..... 63

### 第六节 典型 CNC 实例——日本

#### FANUC 公司数控装置 ..... 67

### 习题 ..... 72

## 第四章 伺服系统 ..... 73

### 第一节 概述 ..... 73

### 第二节 步进电动机及驱动电路 ..... 74

### 第三节 交流电动机伺服系统 ..... 84

### 第四节 直流伺服电动机 ..... 94

### 习题 ..... 96

## 第五章 检测装置 ..... 97

### 第一节 概述 ..... 97

### 第二节 编码器检测装置 ..... 98

### 第三节 光栅检测装置 ..... 104

### 第四节 感应同步器检测装置 ..... 110

### 第五节 旋转变压器 ..... 116

### 习题 ..... 119

## 第六章 数控机床的机械结构 ..... 121

### 第一节 主传动结构 ..... 121

### 第二节 进给传动结构 ..... 129

### 第三节 滚珠丝杠螺母副 ..... 133

### 第四节 导轨副 ..... 138

### 习题 ..... 140

## 第七章 数控机床操作知识 ..... 141

### 第一节 操作控制 ..... 142

### 第二节 加工中心的基本操作 ..... 148

### 第三节 手动操作 ..... 154

### 第四节 程序管理 ..... 155

### 第五节 自动方式 ..... 162

### 第六节 报警和信息 ..... 164

### 习题 ..... 165

## 附录 A 报警表 ..... 166

## 附录 B 常用术语 ..... 180

## 参考文献 ..... 181

# 第一章 数控技术概述

## 第一节 数控技术的概念

数控技术是指用数字或数字化信号构成的程序对设备的工作过程实现自动控制的一门技术,简称数控(NC,Numerical Control)。数控系统(NC,Numerical Control System)是指利用数控技术实现自动控制的系统。

数控设备则是采用数控系统进行控制的机械设备。其操作命令是用数字或数字代码的形式来描述,工作过程是按照指令的程序自动地进行,装备了数控系统的机床称为数控机床。数控机床是数控设备的典型代表,其他数控设备包括数控火焰切割机、数控测量机、数控绘图机、数控雕刻机、电脑绣花机、工业机器人等。

数控技术综合运用了微电子、计算机、自动控制、精密检测、机械设计与制造等技术的最新成果,具有动作顺序的程序自动控制,位移和相对位置坐标的自动控制,速度、转速及各种辅助功能的自动控制等功能。

数控技术具有以下特点:

### 1. 生产率高

运用数控设备对零件进行加工,工序安排相对集中,而且所用辅助装置(如工夹具等)比较简单,这样既减少了生产准备时间,又大大缩短了产品的生产周期。并且在加工过程中减少了测量检验时间,有效地提高了生产效率。

### 2. 加工精度高

由于采用了数字控制方式,同时在电子元器件、机械结构上采用了很多提高精度的措施,使数控设备能达到较高的加工精度(一般在 $0.01 \sim 0.005\text{mm}$ 之间)。另外,由于自动地完成整个加工过程,消除了各种人为误差,提高了同批产品加工质量的一致性。

### 3. 柔性和通用性增强

数控设备特别适合于单件、小批量、轮廓复杂多样的零件加工。若被加工产品发生了变化,只要改变相应的控制程序即可实现加工。另外,数控软件的不断升级;硬件电路的模块化;接口电路的标准化,可以满足不同层次用户的需求。

### 4. 可靠性高

对于数控系统,用软件替代一定的硬件后,使系统中所需元件数量减

少，硬件故障率大大降低。日本 FANUC 公司系统的平均无故障时间已达 23000h。同时，较先进的数控系统自身具备故障诊断程序，将设备修复时间降低到最低限度。

## 第二节 数控机床的组成及作用

### 一、数控机床的组成

数控机床一般由输入输出装置、数控装置、伺服驱动装置、辅助控制装置和机床的机械部件五部分组成，有些数控系统还配有位置检测装置，如图 1-1 所示。

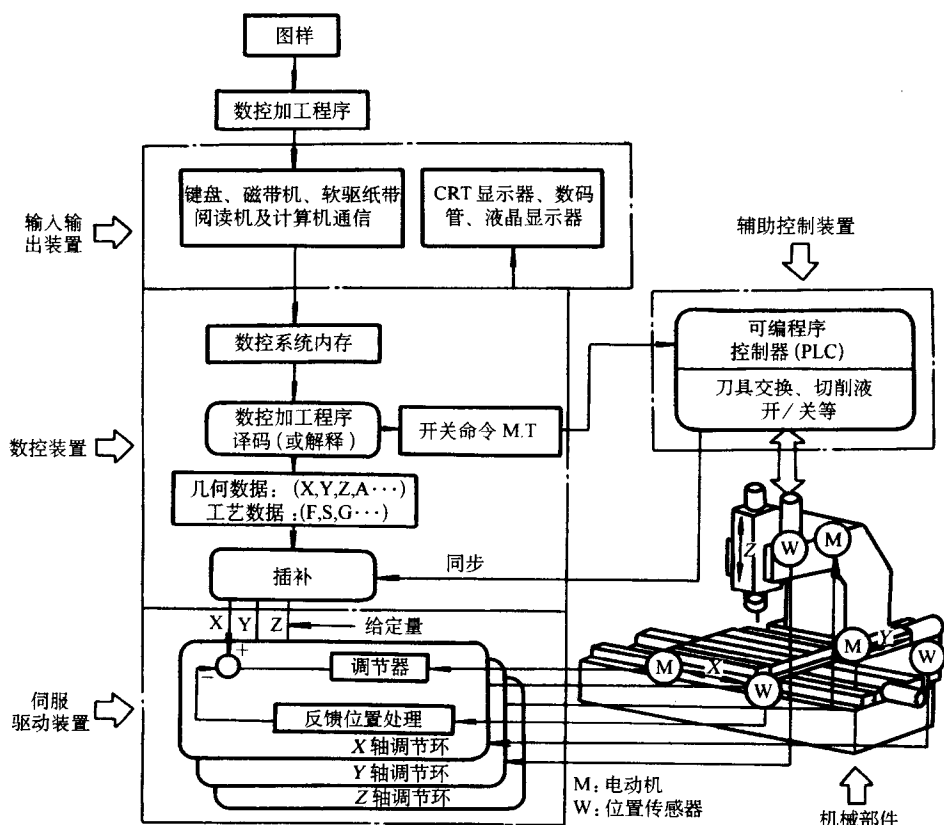


图 1-1 数控机床的组成

#### 1. 输入输出装置

CNC 机床在加工前，必须接受由操作人员输入的零件加工程序，然后才能进行加工控制，从而加工出所需的零件。程序一般通过键盘进行手动输入(MDI,

Manual Data Input); 也可以通过自动输入方式, 即采用纸带阅读机、磁带机将事先编制好的程序通过控制介质输入到数控装置; 目前, 随着 CAD、CAM、CIMS 技术的发展, 越来越多地采用串行通信方式进行程序的传输。

为了便于加工程序的编辑修改、模拟显示, 数控系统通过显示器为操作人员提供必要的信息界面, 较简单的显示器只有若干个数码管, 只能显示字符; 较高级的系统一般配有 CRT 显示器或液晶显示器, 可以显示图形。

## 2. 数控装置

数控装置是数控系统的核心。它的主要功能是将输入装置传送的数控加工程序, 经数控装置系统软件进行译码、插补运算和速度预处理等。系统进行数控加工程序的译码时, 将其区分成几何数据、工艺数据和逻辑开关功能。几何数据是刀具相对工件运动路径的数据, 利用这些数据可加工出要求的工件轮廓; 工艺数据是主轴转速  $S$  和进给速度  $F$  等功能的数据; 逻辑开关功能是对机床电器控制的逻辑开关命令, 如机床主轴启/停、自动换刀、切削液的开/关等, 现代数控机床大多采用可编程控制器(PLC)来实现。

## 3. 伺服驱动装置

伺服驱动装置通过接收数控装置发出的速度和位置信息, 控制伺服电动机的运动速度和方向。它一般由驱动电路和伺服电动机组成, 并与机床上的进给传动链组成数控机床的进给系统。每个坐标轴方向都配有一套伺服驱动装置, 它有开环、半闭环和闭环之分。

## 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、液压部件之间的控制装置, 可通过 PLC 对机床辅助功能  $M$ 、主轴速度功能  $S$  和换刀功能  $T$  等实现逻辑控制。

## 5. 位置检测装置

位置检测装置与伺服装置配套组成半闭环或闭环伺服驱动系统。位置检测装置通过直接或间接测量将执行部件的实际进给位移检测出来, 反馈到数控装置并与指令位移进行比较, 将其误差转换放大后控制执行部件的进给运动, 以提高系统精度。

## 6. 机床的机械部件

数控机床的机械部件包括: 主运动部件, 进给运动执行部件, 如机床工作台、滑板及其传动部件和床身立柱及支承部件。此外, 还有转位、夹紧、润滑、冷却、排屑等辅助装置。对于加工中心类的数控机床, 还有存放刀具的刀库, 交换刀具的机械手或机器人等部件。数控机床机械部件的组成与普通机床相似, 但传动结构要求更为简单, 在精度、刚度、摩擦、抗震性等方面要求更高, 而且传动和变速系统要便于实现自动化。

### 第三节 数控系统的组成与分类

数控系统的品种规格繁多，它是由输入输出装置、数控装置、辅助控制装置、伺服驱动装置等组成，其中数控装置是核心。无论哪种数控系统，虽然各自的控制对象可能各不相同，但其控制原理基本相同。按照数控系统的基本原理可分为：

#### 一、按运动轨迹分类

按照运动轨迹，数控系统可分为点位、直线和轮廓控制系统。

##### 1. 点位控制系统

这类数控系统仅控制机床运动部件从一点准确地移动到另一点，在移动过程中不进行加工，对运动部件的移动速度和运动轨迹没有严格要求，可先沿机床一个坐标轴移动完毕，再沿另一个坐标轴移动，为了提高加工效率，保证定位精度，系统常要求运动部件沿机床坐标轴快速移动接近目标点，再以低速趋近并准确定位。采用这类系统的机床有数控钻床(图 1-2)、数控镗床、数控冲床、数控测量机等。

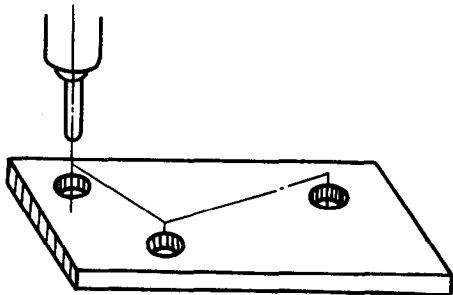


图 1-2 数控钻床的点位控制

##### 2. 直线控制系统

这类数控系统除了控制机床运动部件从一点到另一点的准确定位外，还要控制两相关点之间的移动速度和运动轨迹。在移动的过程中，刀具只能以指定的进给速度切削。其运动轨迹平行于机床坐标轴，一般只能加工矩形、台阶形零件。采用这类系统的机床有数控车床(图 1-3)、数控铣床等。

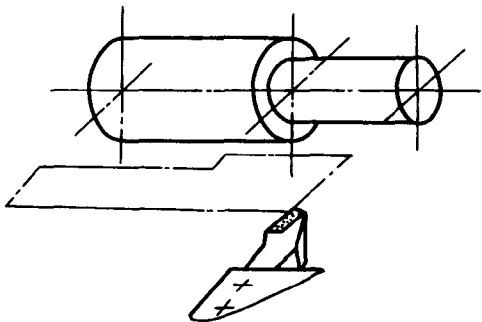


图 1-3 数控车床直线控制

##### 3. 轮廓控制系统

轮廓控制系统也称为连续控制系统。这类数控系统能够对两个以上机床坐标轴的移动速度和运动轨迹同时进行连续相关的控制。这类数控系统要求数控装置具有插补运算功能，并根据插补结果向各坐标轴控制器分配

脉冲，从而控制各坐标轴联动，实现连续控制。采用这类系统的机床有数控车床、数控铣床、数控线切割机床(图 1-4)、数控加工中心等。

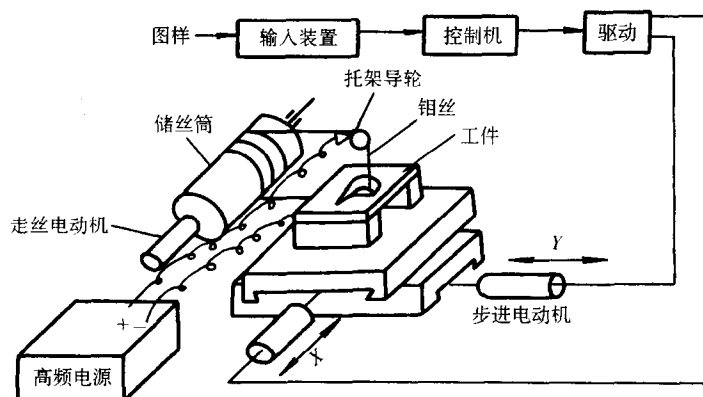


图 1-4 数控线切割机床加工示意图

## 二、按伺服系统分类

按照伺服系统的控制方式，数控系统可分为开环、半闭环和闭环控制系统。

### 1. 开环控制系统

这类数控系统没有任何检测反馈装置，CNC 装置发出的指令信号经驱动电路进行功率放大后，通过步进电动机带动机床工作台移动，信号的传输是单方向，如图 1-5 所示。机床工作台的位移量、速度和运动方向取决于进给脉冲的个数、频率和通电方式，因此，这类系统结构简单，价格低廉，便于维护，控制方便，被广泛应用。

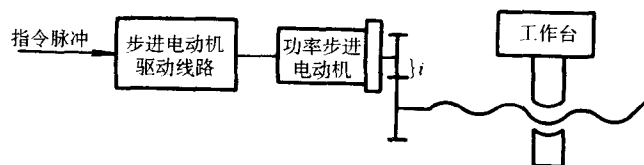


图 1-5 开环控制系统框图

### 2. 半闭环控制系统

这类数控系统采用角位移检测装置，该装置直接安装在伺服电动机或滚珠丝杠端部，用来检测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 CNC 装置的比较器中，与程序指令值进行比较，用差值进行控制，直到差值为零，如图 1-6 所示。这类系统没有将工作台和丝杠螺母副的误差包括在内，因此，由这些装置造成的误差无法消除，会影响移动部件的位移精度，但其控制精

度比开环控制系统高，成本较低，稳定性好，测试维修也较容易，应用较广泛。

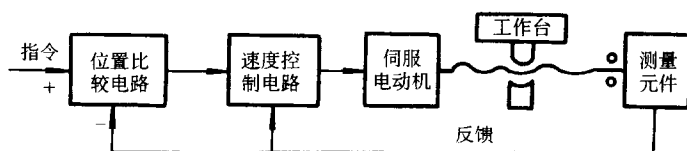


图 1-6 半闭环控制系统框图

### 3. 闭环控制系统

这类数控系统采用直线位移检测装置，该装置安装在机床运动部件或工作台上，将检测到的实际位移反馈到 CNC 装置的比较器中，与程序指令值进行比较，用差值进行控制，直到差值为零，如图 1-7 所示。这类系统可以将工作台和机床的机械传动链造成的误差消除，因此，其控制精度比开环、半闭环控制系统高，但其成本较高，结构复杂，调试、维修较困难，主要用于精度要求高的数控坐标镗床、数控精密磨床等。

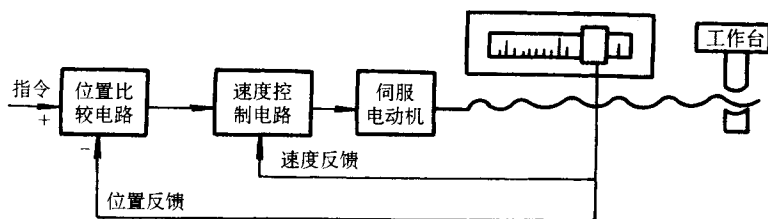


图 1-7 闭环控制系统框图

## 三、按制造方式分类

### 1. 通用型数控系统

这类数控系统通常以 PC 机作为 CNC 装置的支撑平台，各数控机床制造厂家根据用户需求，有针对性地研制、开发数控软件和控制卡等，构成相应的 CNC 装置。其通用性强，使用灵活，便于升级，且抗干扰能力强，如华中 I、II 型数控系统。

### 2. 专用型数控系统

这类数控系统技术成熟，它是由各制造厂家专门研制、开发制造的，专用性强，结构合理，硬件通用性差，但其控制功能齐全，稳定性好，如德国 SIEMENS 系统、日本 FANUC 系统等。

## 四、按功能水平分类

数控系统按功能水平可分为经济型、普及型和高级型三种。这种分类没有严格的界限，其参考指标包括：CPU 性能、分辨率、进给速度、伺服性能、通信功

能、联动轴数等。

#### 1. 经济型数控系统

该系统采用 8 位 CPU 或单片机控制, 分辨率为 0.01mm, 进给速度在 6~8 m/min, 采用步进电动机驱动, 具有 RS232 接口, 联动轴数在 3 轴以下, 具有简单的 CRT 字符显示或数码管显示功能。

#### 2. 普及型数控系统

该系统采用 16 位或更高性能的 CPU, 分辨率在 0.001mm 以内, 进给速度 24m/min, 采用交流或直流伺服驱动, 具有 RS232 或 DNC 接口, 联动轴数在 5 轴以下, 具有 CRT 字符显示和平面线性图形显示功能。

#### 3. 高级型数控系统

该系统采用 32 位或更高性能的 CPU, 分辨率 0.0001mm, 进给速度 24m/min, 采用数字化交流伺服驱动, 具有 MAP (Manufacturing Automation Protocol) 高性能通信接口, 具备联网功能, 联动轴数在 5 轴以上, 有三维动态图形显示功能。

### 第四节 数控技术的发展

20 世纪 40 年代, 美国帕森斯公司和麻省理工学院共同合作, 于 1952 年研制出第一台三坐标直线插补连续控制的立式数控铣床。从第一台数控铣床问世至今 50 多年中, 随着微电子技术的不断发展, 特别是计算机技术的发展, 数控系统的发展已经历了五代, 即:

第一代数控系统: 1952 年~1959 年, 采用电子管、继电器元件;

第二代数控系统: 1959 年开始, 采用晶体管元件;

第三代数控系统: 1965 年开始, 采用集成电路;

第四代数控系统: 1970 年开始, 采用大规模集成电路及小型计算机;

第五代数控系统: 1974 年开始, 采用微型计算机。

随着数控系统的发展, 其功能不断增多, 柔性不断增强, 性能价格比不断提高, 与此同时, 伺服系统和检测元件的性能不断改善, 其精度也有所提高。

当前数控技术正朝着以下几个方向发展:

#### 一、计算机数控(CNC——Computer Numerical Control)

CNC 的功能是由系统程序决定的, 改变系统程序, 即可改变其功能, 所以它具有很强的通用性, 同时具有很强的自诊断功能。

#### 二、计算机直接数控(DNC——Direct Numerical Control)

DNC 系统也称为计算机群控系统。它是以一台计算机直接控制和管理一群数控设备的系统。产品加工程序由一台计算机储存与管理, 并根据加工需要, 分时地将加工程序传递给各台数控设备。计算机还可对数控设备的工作情况进行管



FMS 不仅实现了生产过程中信息流的自动化, 还实现了传递各种物质流的自动化。

#### 四、计算机集成制造系统 CIMS

计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System) 是采用现代计算机技术将制造工厂全部生产活动(设计、制造、装配、市场调查与决策、销售、管理等)所需的各种分散的自动化系统的有机集成。它的基础是 CAD、CAM、CAPP、DBS、MRP 等。

### 习 题

1. 数控技术有哪些特点?
2. 数控机床由哪几部分组成? 各部分有何作用?
3. 数控系统由哪几部分组成? 各部分有何作用?
4. 点位、直线、轮廓控制系统各有哪些特点?
5. 开环、半闭环、闭环控制系统有何区别与联系?
6. 简述数控技术的发展趋势。

## 第二章 数控机床的程序编制

普通机床的加工是由操作人员根据工艺人员制定的工艺规程和零件图样进行手动操作的。而数控机床的动作指令由数控程序控制。程序编制方法一般分为两大类：1) 手工编程。2) 自动编程。手工编程方法是熟悉一个数控机床控制系统的最为有效的途径，适用于几何形状简单的工件。自动编程是利用数控语言或 CAD/CAM 软件进行的计算机辅助编程，适用于几何形状复杂的工件，自动编程的工作量减轻，编程时间缩短，准确性高，应用也越来越广泛。

### 第一节 程序编制的基础知识

#### 一、数控编程的概念

在数控机床上加工零件时，程序员根据加工零件的图样和加工工艺，将零件加工的工艺过程及加工过程中需要的辅助动作，如换刀、冷却、夹紧、主轴正反转等，按照加工顺序和数控机床中规定的指令代码及程序格式编成加工程序单。再将程序单中的全部内容输入到机床数控装置中，自动控制数控机床，完成工件的全部加工。这种根据零件图样和加工工艺编制成加工指令并输入到数控装置的过程称为数控程序编制。程序编制的一般内容和过程如图 2-1 所示。

(1) 分析零件图样，确定加工工艺 根据零件图样，对零件的形状、尺寸、精度、表面质量、材料、毛坯种类、热处理和工艺方案等进行详细分析，制定加工工艺。在制定加工工艺时，应考虑充分发挥数控机床所有功能，做到加工路线要短、进给和换刀次数要少、加工安全可靠。同时，对毛坯的基准面和加工余量要有一定要求，以便毛坯的装夹，使加工能顺利进行。

(2) 刀具运动轨迹计算 在编制程序前要进行运动轨迹的基点、圆弧线段的圆心等坐标值计算，这些坐标值是编制程序时需要输入的数据。所谓基点就是运动轨迹相邻几何要素间的交点。

(3) 编写加工程序单 根据计算出的运动轨迹坐标值和

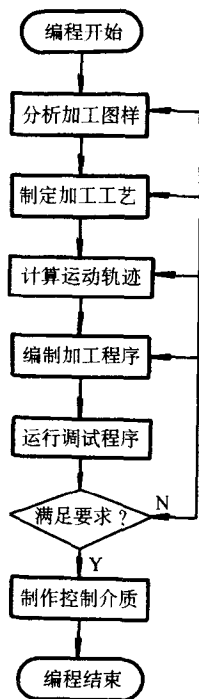


图 2-1 程序编制的一般内容和过程流程图

已确定的加工顺序、加工路线、切削参数以及辅助动作等，按照数控机床规定的功能代码及程序格式，逐段编写加工程序单。

(4) 程序输入 简单程序可以直接使用键盘输入至数控装置。比较复杂的程序需记录在输入介质上，或通过通讯方式输入至数控装置。通常制作成穿孔纸带或存放在软磁盘、硬磁盘内。

(5) 程序校验和首件试切 输入的程序必须进行校验，才可以使用或保存。校验的一般方法是：1) 在不装夹工件情况下起动数控机床，进行空运行，观察运动轨迹是否正确。或者在数控铣床上用笔代替刀具，用坐标纸代替工件，进行空运行画图，检查运动轨迹。2) 在具有 CRT 屏幕图形显示功能的数控机床上，进行工件图形的模拟加工，检查工件图形的正确性。然后进行首件试切，进一步考察程序单或控制介质的正确性，并检查是否满足加工精度要求。只有首件试切通过检查，方可制作供加工使用和保存的控制介质。

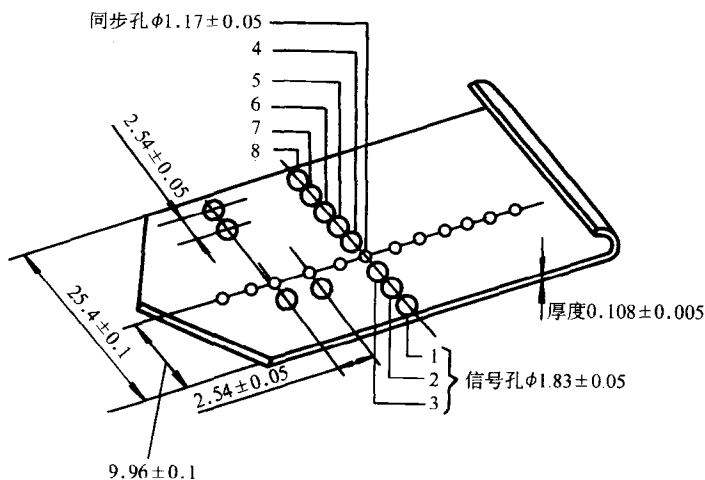


图 2-2 八单位标准穿孔纸带

## 二、数控编程的代码

常用来记录数控加工程序的控制介质有穿孔纸带、穿孔卡、磁盘和磁带。穿孔纸带是一种机械式的代码孔，穿孔纸带代码清楚地反映了数字、文字和符号，不易受环境影响，便于长期保存，且存储的程序量很大。常用的标准纸带有五单位(每行五列信息孔)和八单位(每行八列信息孔)两种。根据孔道上有、无孔的不同组合，可表示出各种各样的代码。五单位穿孔纸多用于数控线切割机床。八单位穿孔纸带常用于数控机床，其尺寸规格如图 2-2 所示。穿孔纸带每行有 9 个孔，其中  $\phi 1.17 \pm 0.005\text{mm}$  孔为同步孔，作为每行大孔的定位基准，并产生读带的同步控制信号， $\phi 1.83 \pm 0.005\text{mm}$  孔为信息孔。

所谓代码是指由一些信息孔按标准排列成一行二进制图案，每一行代码分别表示一个十进制数或一个英文字母或一个符号，国际上通用的八单位数控穿孔纸带有 ISO (国际标准化协会) 和 EIA (美国电子工业协会) 代码，见表 2-1。

代码中有数字码(0~9)、文字码(A~Z)和符号码。这些代码根据每行孔的个数及其位置的不同予以区别。EIA 代码和 ISO 代码的主要区别在于：EIA 代码每行为奇数孔，其第五列为补奇列；ISO 代码每行为偶数孔，其第八列为补偶列。补奇列或补偶列的作用都是检验纸带的穿孔是否有错。出现差错时，数控装置根据穿孔纸带的奇偶性自动识别。孔码有一定的规律性。ISO 代码中的所有数字代码在第五列和第六列有孔；字母代码在第七列有孔。这些规律给数控系统辨别代码符号的逻辑设计带来很大方便。

表 2-1 ISO 代码与 EIA 代码的穿孔带编码形式

| ISO 代码          | EIA 代码          | 数 字 代 码 | 定 义                          |
|-----------------|-----------------|---------|------------------------------|
| 8 7 6 5 4 3 2 1 | 8 7 6 5 4 3 2 1 |         |                              |
| ○ ○             | ○               | 0       | 数字 0                         |
| ○ ○ ○ ○         | ○               | 1       | 数字 1                         |
| ○ ○ ○ ○         | ○               | 2       | 数字 2                         |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | 3       | 数字 3                         |
| ○ ○ ○ ○         | ○               | 4       | 数字 4                         |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | 5       | 数字 5                         |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | 6       | 数字 6                         |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | 7       | 数字 7                         |
| ○ ○ ○ ○         | ○               | 8       | 数字 8                         |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | 9       | 数字 9                         |
| ○               | ○ ○ ○ ○         | A       | 绕着 X 坐标的角度                   |
| ○               | ○ ○ ○ ○         | B       | 绕着 Y 坐标的角度                   |
| ○ ○             | ○ ○ ○ ○         | C       | 绕着 Z 坐标的角度                   |
| ○               | ○ ○ ○ ○         | D       | 第三进给速度功能                     |
| ○ ○             | ○ ○ ○ ○         | E       | 第二进给速度功能                     |
| ○ ○             | ○ ○ ○ ○         | F       | 进给速度功能                       |
| ○               | ○ ○ ○ ○         | G       | 准备功能                         |
| ○               | ○ ○ ○ ○         | H       | ISO 永不指定(可作特殊用途)；EIA 输入(或引入) |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | I       | ISO 沿 X 坐标圆弧起点对圆心值 EIA 不用    |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | J       | ISO 沿 Y 坐标圆弧起点对圆心值 EIA 未指定   |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | K       | ISO 沿 Z 坐标圆弧起点对圆心值 EIA 未指定   |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | L       | ISO 永不指定 EIA 不用              |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | M       | 辅助功能                         |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | N       | 序号                           |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | O       | 不用                           |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | P       | 平行于 X 坐标的第三坐标                |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | Q       | 平行于 Y 坐标的第三坐标                |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | R       | 平行于 Z 坐标的第三坐标                |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | S       | 主轴转速功能                       |
| ○ ○ ○ ○         | ○ ○ ○ ○         | T       | 刀具功能                         |