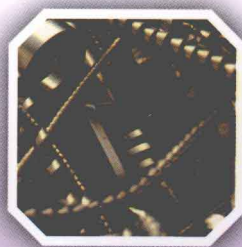


高职高专机电类规划教材



数控机床原理 与维修

■ 李艳玲 陈运安 主编 杨续波 庾朝永 副主编 杨翠明 主审



高职高专机电类规划教材

数控机床原理与维修

李艳玲 陈运安 主编

杨续波 度朝永 副主编

杨翠明 主审

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

数控机床原理与维修 / 李艳玲, 陈运安主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2011.2
高职高专机电类规划教材
ISBN 978-7-115-24716-2

I. ①数… II. ①李… ②陈… III. ①数控机床—理论—高等学校: 技术学校—教材②数控机床—维修—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第002197号

内 容 提 要

本书按照当前高职高专教育教学改革思想,本着淡化理论,强调实用的原则编写而成。全书主要内容包括数控机床的数控系统,数控机床编程指令体系,数控机床机电接口,伺服驱动系统,检测装置,电气控制系统及其常见故障的诊断维修等。本书可作为高职高专、高级技校、技师学院的数控维修技术、机电一体化技术等专业的教材,也可作为自学用书和工程技术人员的参考书。

高职高专机电类规划教材

数控机床原理与维修

-
- ◆ 主 编 李艳玲 陈运安
副 主 编 杨续波 虞朝永
主 审 杨翠明
责任编辑 潘新文
 - ◆ 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: 9 2011年2月第1版
字数: 214千字 2011年2月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-24716-2

定价: 18.00 元

读者服务热线: (010)67170985 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

前 言

数控技术的应用，促进了机械制造业的高速发展。由于数控机床具有先进性、复杂性和高智能化的特点，对数控机床的维修技术和手段都发生了很大的变化，机械行业对数控机床维修及应用人才的需求越来越突出，特别是急需具备数控机床编程、安装调试、维修于一体的技术人才。

编者在多年教学工作中，对不同层次的学生进行过“数控原理”、“数控机床电气控制”、“数控机床常见故障与维修”的课程教学，在使用各种版本的教材时，特别是针对高职高专学生的教学，总感到教材的深浅程度、涉及面和学校的实训实习条件存在一定的差距。因此在实际的教学过程中，在使用教材的同时，针对企业对数控机床维修技术人才的需求，添加一些与学校实训实习有关联的实际内容进行教学。本书就是根据作者在多年教学工作中的体会所编写，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者和有关专家批评指正。

本书由李艳玲、陈运安任主编、杨续波、庾朝永任副主编，湖南机电职业技术学院副院长杨翠明教授主审。杨翠明教授在本书的编写过程中进行了大量的技术指导，在此表示最诚挚的感谢。

本书在编写中参考了大量的技术文献，在此向其所有作者表示衷心的感谢。

编 者

2010年11月

目 录

第 1 章 数控装置	1
1.1 数控技术与数控系统的基本概念	1
1.2 计算机数控的硬件系统	2
1.2.1 微处理器	2
1.2.2 微处理器的结构与类型	3
1.2.3 存储器	4
1.2.4 总线	5
1.2.5 可编程序控制器	5
1.2.6 输入/输出接口	6
1.2.7 位置控制器	6
1.3 计算机数控的软件系统	6
1.3.1 指令	7
1.3.2 程序	7
1.3.3 编程语言	7
1.3.4 CNC 系统软件的分类	8
1.3.5 CNC 系统软件的结构类型	9
1.3.6 CNC 系统软件的特点	9
1.4 计算机数控的功能	11
1.4.1 计算机数控的基本功能	11
1.4.2 计算机数控的选择功能	13
1.4.3 计算机数控的信息处理过程	13
1.5 计算机数控系统的分类	14
1.5.1 按数控系统的运动轨迹分类	14
1.5.2 按伺服控制方式分类	15
1.5.3 相关知识连接——插补原理与补偿原理	17
习题与实践训练	17
第 2 章 计算机数控伺服驱动系统	19
2.1 伺服控制原理	19
2.1.1 位置伺服系统控制原理框图	19
2.1.2 相位比较伺服系统	20
2.1.3 幅值比较伺服系统	21
2.1.4 数字式伺服系统	21

2.1.5 相关知识连接——自动控制的基本规律与调节器	22
2.2 步进电动机伺服驱动系统	23
2.2.1 步进电动机伺服系统工作原理	23
2.2.2 相关知识连接——步进电动机的分类、结构与工作原理	26
2.3 直流伺服驱动系统	28
2.3.1 直流伺服驱动系统的调速原理	28
2.3.2 相关知识连接——直流电动机结构与工作原理	30
2.4 交流伺服驱动系统	35
2.4.1 交流伺服驱动系统的控制原理	35
2.4.2 相关知识连接——交流伺服电动机	40
2.5 主轴驱动系统	42
2.5.1 现代数控机床对主轴传动提出的要求	43
2.5.2 主轴驱动系统的类型	43
习题与实践训练	44
第3章 检测装置	45
3.1 光栅	45
3.1.1 光栅的种类、结构与工作原理	46
3.1.2 提高光栅检测装置分辨精度的细分电路	47
3.1.3 编码器	48
3.2 旋转变压器和感应同步器	51
3.2.1 旋转变压器	51
3.2.2 感应同步器	54
习题与实践训练	56
第4章 数控机床电气控制基础	57
4.1 数控机床低压电器基础知识	57
4.1.1 低压电器的分类与作用	57
4.1.2 常用低压电器的组成与主要技术参数	58
4.2 常用低压电器元件的结构、工作原理及其选用	59
4.2.1 低压熔断器	59
4.2.2 低压开关电器	61
4.2.3 主令电器	62
4.2.4 接触器	65
4.2.5 继电器	67
4.2.6 变压器	70
4.3 导线与电缆的分类与导线安全载流量	71
4.3.1 导线与电缆的分类(铜材)	71
4.3.2 绝缘导线与电缆截面的选择	72

4.4 电工识图基础	73
4.4.1 电气控制原理图读图的原理及方法	73
4.4.2 位置图、接线图的绘制方法	73
习题与实践训练	74
第5章 数控机床编程指令体系	75
5.1 数控机床坐标轴、坐标系、零点与参考点	75
5.1.1 数控机床坐标轴	75
5.1.2 坐标轴运动方向的规定	75
5.1.3 数控机床坐标系、零点和参考点	76
5.1.4 数控机床工件坐标系、程序原点和对刀点	77
5.2 数控编程的基本知识	78
5.2.1 零件程序的结构和指令字格式	78
5.2.2 程序段的格式与一般结构	79
5.3 HNC-21/22 数控系统编程指令体系	79
5.3.1 机床数字控制代码	79
5.3.2 辅助功能 M 代码	80
5.3.3 主轴功能 S、进给功能 F 和刀具功能 T	82
5.3.4 准备功能 G 代码	83
5.3.5 数控车床加工零件编程示例	83
习题与实践训练	85
第6章 HED-21S 型数控机床	86
6.1 数控机床的发展概况	86
6.1.1 我国数控技术现状	86
6.1.2 世界数控技术发展趋势	87
6.2 HED-21S 型数控系统的组成和基本工作原理	87
6.2.1 HED-21S 型数控系统的组成	87
6.2.2 数控机床的基本工作原理	90
6.3 HED-21/22 车床基本操作	90
6.3.1 操作注意事项	90
6.3.2 开机、关机、急停、复位、回机床参考点、超程解除	91
6.3.3 数控机床手动操作步骤	91
6.3.4 MDI 录入操作	92
6.3.5 程序编辑	93
6.3.6 程序管理	94
6.3.7 程序运行	95
6.3.8 数据设置	96
6.3.9 参数设置及显示	97

习题与实践训练	98
第 7 章 数控机床机电接口	99
7.1 数控机床的电气接口	99
7.1.1 接口的类型	99
7.1.2 CNC 装置与 PLC 的数据交换和处理过程	99
7.1.3 接口信号的种类	100
7.1.4 接口电路的主要任务	100
7.2 HED-21S 型数控系统电气原理	100
7.2.1 数控系统电气(电源部分)原理	100
7.2.2 继电器与输入/输出开关量原理	100
7.2.3 HC5301-R 继电器板、输入端子板	101
7.2.4 数控系统电气(输出开关量)原理	103
7.2.5 数控系统电气(输入开关量)原理	104
7.2.6 数控系统电气(手摇单元)原理	105
7.2.7 数控系统电气(光栅尺)原理	105
7.2.8 数控系统电气(主轴单元)原理	106
7.2.9 数控系统电气(步进单元)原理	106
7.3 HED-21S 数控装置接口	107
7.3.1 数控装置接口	107
7.3.2 接口功能定义	107
7.4 日立 SJ100 系列变频器电气接口与参数	111
7.4.1 日立 SJ100 系列变频器控制面板	111
7.4.2 按键功能定义与指示灯显示含义	111
7.4.3 变频器常用的功能参数	112
7.4.4 日立 SJ100 系列变频器参数表	113
7.4.5 日立 SJ100 系列变频器主要错误报警及故障诊断	113
7.4.6 日立 SJ100 系列变频器操作	114
7.4.7 变频器常用参数的设置	115
7.4.8 日立 SJ100 系列变频器智能端子	115
7.4.9 变频器智能端子速度控制方法	116
7.5 三洋 RS1A01AA 伺服驱动器按键与接口功能	117
7.5.1 控制面板按键名称与信号接口	117
7.5.2 操作键	118
7.5.3 数字操作器的功能	118
7.5.4 模式选择	118
7.5.5 “显示状态”模式	119
7.5.6 三洋 RS1A01AA 伺服驱动器主要报警及故障诊断	119
7.6 雷塞 M535 步进驱动器面板开关与接口功能	119

7.6.1 雷塞 M535 步进驱动器面板开关	119
7.6.2 步进驱动器拨码开关 SW1、SW2、SW3 状态对应的电流值	120
7.6.3 步进驱动器拨码开关 SW5、SW6、SW7、SW8 状态对应的细分数	120
习题与实践训练	120
第 8 章 数控机床电气、机械电路常见故障维修	122
8.1 HED-21S 型数控车床连接方法与要求	122
8.1.1 电源回路的连接	122
8.1.2 数控机床整体电气接线检查	122
8.1.3 数控机床电气连接后的调试	123
8.1.4 系统功能检测	123
8.2 数控机床维修的基本要求	123
8.2.1 维修人员的素质要求	123
8.2.2 数控机床维修必备的技术资料	124
8.2.3 数控机床维修常用的工具与仪器	124
8.3 数控机床故障诊断与排除的基本方法	125
8.4 数控机床常见故障诊断与维修	127
8.4.1 数控系统故障诊断与维修	127
8.4.2 数控系统显示类故障诊断与维修	129
8.4.3 回参考点常见故障诊断及维修	130
8.4.4 数控机床进给驱动系统故障诊断与维修	131
8.4.5 数控机床主轴驱动系统故障诊断与维修	132
8.5 数控机床常见机械故障诊断与维修	133
8.5.1 数控机床滚珠丝杠螺母副结构与故障维修	133
8.5.2 数控机床导轨副的结构与故障维修	134
习题与实践训练	135
参考文献	136

第1章 数控装置

数控机床(Numerical Control Machine Tool)是机电一体化在机械加工领域中的典型产品。它是集微电子技术、自动化控制技术、电机技术、自动检测技术、计算机控制技术、传感器技术、机床、液压及气压传动技术、加工工艺等技术于一体的自动化设备。在现代机械制造中,数控机床适应于多品种、小批量、复杂零件的加工。作为实现柔性制造系统(Flexible Manufacture System, FMS)、计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacture System, CIMS)和未来工厂自动化(Factory Automation, FA)的基础,数控机床已成为现代制造技术中的关键设备。

数控机床在计算机控制系统(CNC)的控制下按照一定的加工指令控制主轴系统、进给系统、刀具库系统、冷却系统等辅助设备的工作。

1.1 数控技术与数控系统的基本概念

数控技术是20世纪制造技术的重大成就之一,数控技术已被世界各国列为优先发展的关键工业技术。

数控技术是数字控制(Numerical Control, NC)技术的简称。是指利用数字化的代码构成的程序对控制对象的工作过程实现自动控制的技术。

数控系统(Numerical Control System, NCS)是指利用数控技术实现自动控制的系统,由数控装置、伺服系统、反馈系统连接成的装置,用数字代码形式的信息控制机床的运动速度与运动轨迹,以实现零件给定形状的加工。

数控系统中得到控制信息是数字量(0, 1),它与模拟控制相比具有许多优点,如可用不同的字长表示不同精度的信息,可对数字化信息进行逻辑运算、数学运算等复杂的信息处理工作,特别是可用软件来改变信息处理的方式或过程,具有很强的“柔性”。

数控系统的硬件基础是数字逻辑电路。最初的数控系统是由数字逻辑电路构成的,称为硬件数控系统(NC)。随着微型计算机的发展,硬件数控系统已被逐渐淘汰,采用专用或通用计算机及控制软件与相关的电气元部件一起来实现数控功能,称为计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)系统。CNC系统是由计算机承担数控中的命令发生器和控制器的数控系统,采用存储程序的方式实现部分或全部基本数控功能,从而具有真正的“柔性”。

CNC 系统是数控机床的运算和控制系统，是数控机床的核心。它是一种位置控制系统，其过程是根据输入的信息（加工程序）进行信息处理、插补运算，获得理想的运动轨迹信息，然后输出到执行部件，加工出所需要的零件。数控机床功能的强弱主要由 CNC 系统决定。

CNC 系统由硬件系统和软件系统两部分组成。硬件系统是软件系统运行的物质基础,而软件系统是整个控制系统的灵魂。数控系统在软件系统的控制下进行有序的工作。

1.2 计算机数控的硬件系统

计算机数控 (CNC) 的硬件系统由微处理器 (CPU)、存储器 (ROM、RAM)、数据总线、可编程序控制器 (PLC)、输入/输出接口 (I/O)、位置控制器、手动数据输入 (MDI)、显示 (CRT) 接口等组成, 如图 1-1 所示。

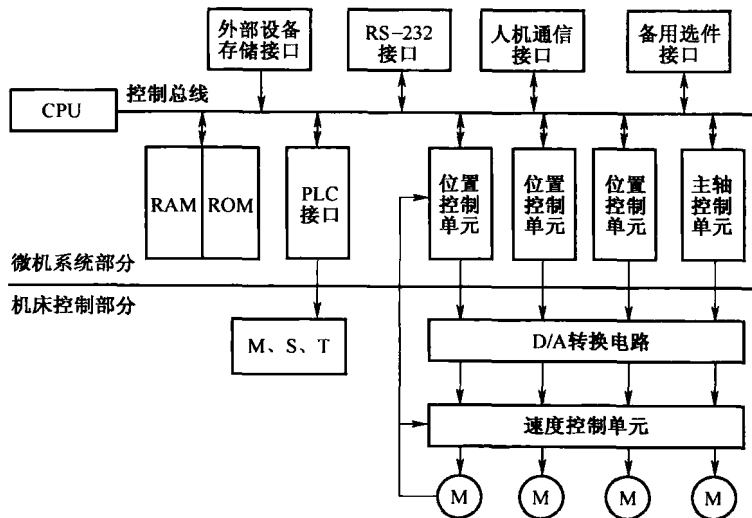


图 1-1 CNC 系统硬件组成框图

1.2.1 微处理器

CPU 又称为中央处理单元，由算术逻辑部件（ALU）、工作寄存器组和控制部件 3 部分组成。

1. 算术逻辑部件

ALU 是指对传送到 CPU 的数据进行算术或逻辑运算的电路，如加法、减法运算、逻辑与、逻辑或运算等。

2. 工作寄存器组

CPU 有多个工作寄存器，用来存放操作数与运算的中间结果。

3. 控制部件

控制部件包括时钟电路和控制电路。时钟电路产生时钟脉冲，用于计算机各部分电路的同步定时。控制电路产生完成各种操作所需要的控制信号。

CPU 是 CNC 装置中的核心，完成数据的算术运算和逻辑运算，程序指令的译码，向 CNC 装置各部分顺序发出执行操作的控制信号，并且接收执行部件的反馈信息，从而决定下一步的命令操作。

1.2.2 微处理器的结构与类型

CNC 系统从硬件结构上有单微处理器（只用一个 CPU）结构和多微处理器（多个 CPU）结构。

1. 单微处理器结构

CNC 系统只用一个 CPU 作为核心，CPU 通过总线连接存储器和各种接口，采用集中控制、分时处理的方法完成各种控制任务。由于数控系统只有一个 CPU，会受到 CPU 字长、位宽、寻址能力、运算速度等因素的限制，系统的扩展和升级比较困难。这种 CNC 系统硬件和软件结构都比较简单，图 1-1 所示为一个典型的单微处理器装置的结构框图。

2. 多微处理器结构

多微处理器数控系统的结构类型受计算机系统结构的发展影响，典型的结构有共享总线结构、共享存储器结构和二者混合性结构。

(1) 共享总线结构

该结构以系统总线为中心，按功能将 CNC 系统分为若干个带有 CPU 的主模块和不带 CPU 的从模块，所有模块都严格地按定义标准连接在系统总线上。通过共享总线，每一个模块都有效地连接在一起，按要求交换各种数据和信息，组成一个完整的实时多任务系统，实现 CNC 系统预定的各种功能。共享总线型多微处理器结构如图 1-2 所示。

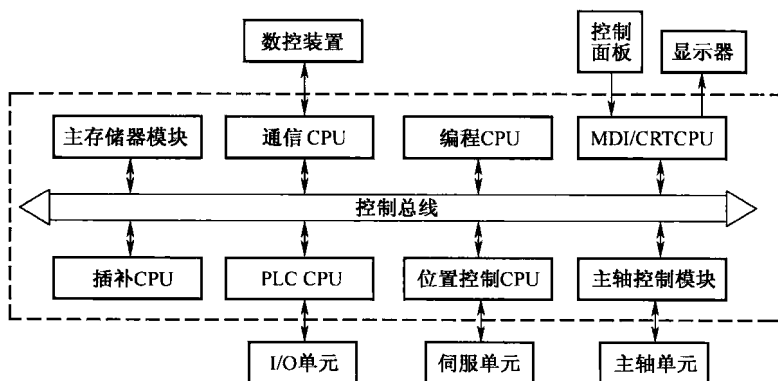


图 1-2 共享总线型多微处理器结构框图

(2) 共享存储器结构

该结构采用多端口的公共存储器来实现各主模块之间的互连和通信,在某一时刻只允许一个主模块对存储器进行读/写操作。典型的产品有美国 GE 公司的 MTC1 CNC 系统。MTC1 系统中共有如下 3 个 CPU。

① 中央 CPU。主要负责数控程序的编译、刀具和机床参数的输入。

② 显示 CPU。负责把中央 CPU 的指令和数据送视频电路中显示,还定时扫描键盘和倍率开关状态,然后送中央 CPU 处理。

③ 插补 CPU。进行插补运算、位置控制、I/O 控制、RS-232C 串行通信等操作。

中央 CPU、显示 CPU 和插补 CPU 之间有两个 512bit 共享存储器,用于交换信息。其结构如图 1-3 所示。

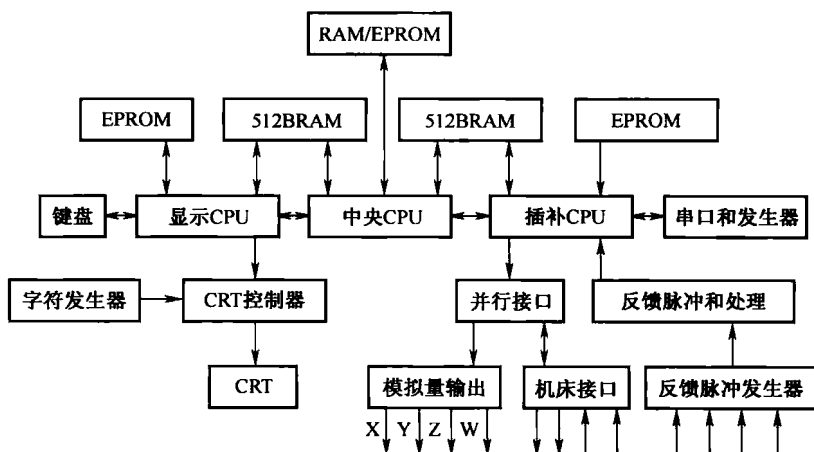


图 1-3 共享存储器型 (MTC1) 多微处理器结构

1.2.3 存储器

存储器由许多存储单元组成 (字节 Byte), 有了存储器计算机才具备了记忆功能。CPU 将数码存入存储器的过程称为“写”操作, CPU 从存储器将数码取出的过程称为“读”操作, 为了便于读、写操作, 要对存储器所有单元按顺序进行编号, 存储器的编号就是存储单元的地址, 每一个存储单元地址都是唯一的。

存储器的一个重要指标是容量。每一个存储单元存放 8 个二进制数, 存储器的容量一般以“KB”为单位, 1KB=1024 存储单元。

ROM——为只读存储器, 用于存放系统控制程序。常用的 ROM 芯片有 EPROM、EEPROM 等。

RAM——为可读、写 (随机) 存储器, 用于存放零件的加工程序和系统运行时的中间结果。常用的 RAM 芯片有半导体 CMOS RAM、数控用半导体 RAM 等。

在 CNC 装置中, 一般有 3 种用途的内存存储器。

① 系统程序存储器。通常采用 EPROM 存储芯片, 用专门的写入器将系统程序写入, EPROM 中的程序只能被读出, 用来实现 CNC 系统的各项功能。

② 工作参数存储器。通常采用 RAM。它是系统程序执行过程中的活动场所, 用于堆栈、

参数和运算中间结果的保存。

③ 用户程序存储器。一般采用带后备电池的 CMOS RAM 芯片, 用来保存操作人员编写的加工程序、数据和参数。

1.2.4 总线

所谓总线, 就是在微型计算机各芯片之间或芯片内部各部件之间传输信息的一组公共通信线, 一般为三总线结构。

数据总线 (Data Bus, DB) ——在各芯片之间传输信息。

地址总线 (Address Bus, AB) ——传送地址信息。

控制总线 (Control Bus, CB) ——传送控制信息。

当用一组总线分时传送地址和数据信息时, 称为地址/数据分时复用总线。CPU 内部一般只使用一组总线, 称为单总线结构。

随着传输信息的高速化和多任务化, 总线结构和标准也在不断发展, 总线按用途分为内部总线和外部总线。

1. 内部总线

内部总线又称为系统总线或板级总线, 用于 CNC 装置中各插件板之间的连接与通信, 如 S-100、VME、Versbus、Multi、STD 总线和 IBM-AT 标准总线。STD 总线在国际上得到广泛应用, 也是我国重点发展的工业标准总线。

2. 外部总线

外部总线为通信总线, 用于系统与系统之间的通信, 如 RS-232C、RS-422、IEEE-488 等。

1.2.5 可编程序控制器

可编程控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是一种以微处理器为基础的通用型自动控制装置, 是专为在工业环境下应用而设计的。当 PLC 用于控制机床顺序动作时, 称为可编程机床控制器 (Programmable Machine Controller, PMC)。

PLC 已成为数控机床不可缺少的控制装置。数控系统和 PLC 协调配合, PLC 主要完成与逻辑运算有关的动作, 没有轨迹上的具体要求, 辅助完成对数控机床开关量的控制, 实现数控机床的 M (辅助)、S (主轴)、T (刀具) 功能。用于数控机床的 PLC 一般有如下两类。

1. 集成型 (内装型) PLC

将数控系统与 PLC 综合设计在一起。它是 CNC 向 PLC 功能的扩展, 两者不能分离, 信息传送在 CNC 内部。在硬件上, 内装型 PLC 可与 CNC 共用一个 CPU, 也可单独拥有一个 CPU。该类型的 CNC 系统其硬件和软件整体结构合理、实用、性价比高, 适应变化不大的数控系统。

2. 独立型 (外装型) PLC

选用独立专业化 PLC 生产厂家的产品, 来实现数控机床的顺序控制功能。用户可选用不同厂家的产品, 功能易于扩展和变更, 可以方便地向 FMS (柔性制造系统)、CIMS (计算机

集成制造系统) 发展。

1.2.6 输入/输出接口

输入/输出 (I/O) 接口是沟通 CPU 与外围设备不可缺少的重要部件。外围设备种类繁多, 其运行速度、数据形式、电平等各不相同, 常常与 CPU 不一致, I/O 接口起到信息转换与协调的桥梁作用。I/O 接口有专门的接口芯片, 有串行通信与并行通信两种方式, 如图 1-4 和图 1-5 所示。

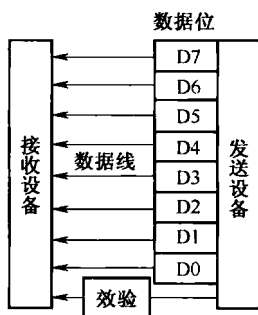


图 1-4 并行通信方式

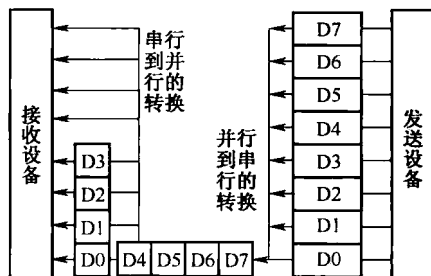


图 1-5 串行通信方式

1. 并行通信接口

并行通信接口可以同时输入、输出 8 位数据, 也可按位独立地输入、输出。并行通信传送速度快, 但传输线根数多, 只适应近距离数据通信。

2. 串行通信接口

串行通信接口是将一条信息的各位数据从低位到高位顺序逐位传送。串行通信适应远距离数据通信。

CNC 系统通过各种 I/O 接口与外界进行信息交换, 包括 MDI 接口、LED 接口、CRT 接口、直流开关量接口、模拟量接口、通信接口及 D/A、A/D 转换接口等。

1.2.7 位置控制器

含指令寄存器、指令译码器、定时器及控制电路。位置控制器主要是对数控机床进给运动的坐标轴位置进行控制, 它随时将插补运算到的各坐标轴位移指令与实际检测的位置反馈信息进行比较, 结合有关补偿参数, 适时地向各坐标伺服驱动控制单元发出位置进给指令, 经过功率放大驱动伺服电动机运转, 是一种同时具有位置控制和速度控制两种控制功能的反馈控制系统。

1.3 计算机数控的软件系统

计算机数控 (CNC) 的软件系统是为了实现 CNC 系统各种功能而编制的专业软件, 称

为系统软件。软件是指使用和管理计算机的各种程序 (Program)，而程序是由一条条指令 (Instruction) 组成的，一系列指令有序的集合称为程序。各种程序有序地进行配合，控制 CNC 系统有序地工作。计算机软件系统即程序系统。

1.3.1 指令

控制计算机进行各种操作的命令称为指令。指令分为操作码和操作数两部分。操作码表示该指令执行何种操作，操作数表示参加运算的数据或数据所在的地址。

例如：将数 29 传送 (Move) 到寄存器 A 的指令称为传送指令，其书写形式为

MOV A, #29; $\leftarrow A(29)$

其中，“ $\leftarrow A(29)$ ”是用符号表示的该指令功能。

又如：将寄存器 A 的内容与数 38 相加的指令称为加法 (Additive) 指令，其书写形式为

ADD A, #38; $(A) \leftarrow (A) + 38$

其中：ADD——操作码，执行加法操作；

A——目的操作数；

#38——源操作数，表示参加运算的一个数据本身；

$\leftarrow (A) + 38$ ——运算结果存放在目的操作数单元 A 中。

1.3.2 程序

为了计算一个数学式，或者要控制一个生产过程，需要事先制定计算机的计算步骤或操作步骤。计算步骤或操作步骤是由指令来实现的，而程序是由指令组成的，编制程序的过程称为程序设计。

例如：计算 $63+56+36+14=?$ 编制程序为

MOV A, #63; 将数 63 送入寄存器 A。

ADD A, #56; 将 A 的内容 63 与数 56 相加，其和 119 送回 A。

ADD A, #36; 将 A 的内容 119 与数 36 相加，其和 155 送回 A。

ADD A, #14; 将 A 的内容 155 与数 14 相加，其结果 169 送回 A。

为了使计算机能自动进行计算，要预先用输入设备将上述程序输入到存储器存放，计算机启动后在控制器的作用下，CPU 按照顺序依次取出程序的一条条指令，加以译码和执行。程序中的加法操作是在运算器中进行的，运算结果可以保存在 A 存储器中，也可以通过输出设备输出。

1.3.3 编程语言

编程语言有汇编语言、高级语言和机器语言 3 种。

1. 汇编语言

上面介绍的用助记符 (指令功能的英文缩写) 表示的操作码，用字符 (字母、数字、符号) 表示操作数的指令，称为汇编指令。用汇编指令编制的程序称为汇编指令程序。这种程序占有存储器单元少，执行速度快，能够准确掌握执行时间，可实现精细控制，因此特别适用于实时控制。

由于汇编语言是面向机器的语言，各种计算机的汇编语言是不同的，需要对所有计算机的结构、原理和指令系统比较清楚才能编写各种汇编语言程序，而且不能通用于其他机器。这是汇编语言的不足之处。

2. 高级语言

高级语言是面向过程的语言，在用高级语言编写程序时注意着眼于算法，而不必了解计算机的硬件结构和指令系统。高级语言是独立于机器的，一般来说，同一个用高级语言编写的程序，可以在任何种类的机器中使用。高级语言适应于科学计算、数据处理等方面。常用的高级语言有 BASIC、FORTRAN、ALGOL、PASCAL、COBOL 等。

3. 机器语言

计算机中只能存放和处理二进制信息，而二进制的代码只有 0 和 1 两个符号，这种二进制代码形式的程序就是机器语言程序。所以，无论是高级语言程序，还是汇编语言程序，都必须转换成二进制代码形式后才能进入计算机。汇编语言指令与机器语言指令有一一对应的关系，如表 1-1 所示。

表 1-1 汇编语言与机器语言对应的关系

汇 编 语 言	机 器 语 言
MOV A, #63	0111 0100 0011 1111
ADD A, #56	0010 0100 0011 1000
ADD A, #36	0010 0100 0010 0100
ADD A, #14	0010 0100 0000 1110

汇编语言程序和高级语言程序又统称为源程序，机器语言程序又称为目标程序。

1.3.4 CNC 系统软件的分类

在系统软件的控制下，CNC 系统对输入的加工程序自动进行处理，并发出相应的控制指令。系统软件由管理软件和控制软件两部分组成，如图 1-6 所示。

1. 管理软件

管理软件主要完成系统资源的管理、系统各部分任务的调度，包括以下内容。

- ① 零件程序的输入/输出、I/O 接口信息处理、通信外设的连接与信息传递。
- ② 显示零件程序、刀具位置、系统参数、机床状态及报警。
- ③ 诊断 CNC 装置是否正常及判断故障原因。

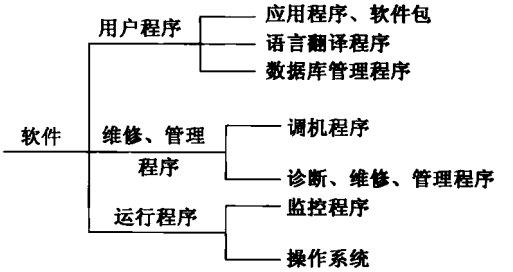


图 1-6 计算机软件系统示意图