



面向21世纪机电及电气类专业高职高专规划教材



数控机床电气控制

■ 主编 姚永刚 主审 迟之鑫



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪机电及电气类专业高职高专规划教材

数控机床电气控制

主 编 姚永刚

副主编 杨 捷 王文深

参 编 张 勇 孙德胜

主 审 迟之鑫

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书共分 8 章,第 1 章介绍了数控机床控制系统的基本组成和控制原理;第 2 章介绍了数控机床中常用的位置、速度等测量装置及其作用;第 3 章介绍了数控机床中的驱动电动机;第 4 章介绍了数控机床主轴及进给驱动装置和控制方法;第 5 章介绍了数控系统软、硬件基本组成及功能,典型数控系统的组成和控制点;第 6 章介绍了常用低压电器元件及继电器接触式控制系统;第 7 章以西门子 S7 系列可编程控制器为例,介绍了可编程控制器的工作原理、程序编写方法及 PLC 控制系统的设计方法及应用实例;第 8 章重点介绍了数控机床开关量控制及可编程控制器在数控机床中的应用。

本书内容丰富,层次清晰,重点突出,重视实践技能的培养,通过大量实例的介绍,力图帮助一线操作人员提高水平和应用能力,使其由经验型向知识型转变。

本教材可作为职业技术教育、高职高专数控技术应用专业、机电一体化专业等机电类专业的教材,也可以作为从事数控机床调试、维修行业和一般电气工程技术人员的参考书。

★本书配有电子教案,有需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制/姚永刚主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2006.2

面向 21 世纪机电及电气类专业高职高专规划教材

ISBN 7-5606-1635-6

I. 数… II. 姚… III. 数控机床—电气控制—高等学校:技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 159245 号

策 划 马晓娟

责任编辑 潘恩祥 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安市高陵县印刷厂

版 次 2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 19

字 数 446 千字

印 数 1~4000 册

定 价 21.00 元

ISBN 7-5606-1635-6/TM·0025

XDUP 1927001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

前 言

数控机床是集计算机、传感与检测技术、自动控制技术及气、液压等技术于一体的机电一体化典型产品。采用数控机床，提高机械工业的数控化率是当前机械制造业技术改造，技术更新的必由之路。现代数控机床已成为柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)乃至计算机集成制造系统(CIMS)和无人化自动工厂(FA)中不可缺少的基础设备，在数控专业及其他机电专业中，普及数控机床电气控制技术及系统的基础知识尤为重要。

编者在多年的实践和教学中发现，由于受课时的限制，数控及机电类专业学生开设的电专业课程较少，而且不系统，遇到像数控机床这样的数控设备调试和维修时往往不知如何下手。为此，笔者针对数控及其他机电专业对职业技术人员的知识和能力要求，经过对课程改革方案的认真讨论和研究，按照“机电结合，以电为主，强调应用，够用为度”的原则编写了本书。本书从数控机床组成的角度出发，系统地介绍了传感器检测技术、电动机、电气控制技术、可编程控制器的基础知识和数控机床控制技术及系统的知识。在深度和广度上，一方面力求注意知识面和知识点的深度；另一方面注意本教材与其他课程的衔接，同时在内容处理上既注意基础部分，又充分反映了本领域的最新技术，既考虑先进性，又注意结合当前的国情。通过大量实例介绍，强调知识的实际应用。实际上，该书几乎囊括了数控机床中涉及到的所有电专业的知识，通过学习本书，读者就能基本掌握数控机床和其他机电设备的调试与维修所需要的电专业知识。

本教材可作为职业技术教育、高职高专数控技术应用专业、机电一体化专业等相关专业的教材，也可作为成人教育学习电气控制与PLC等电类相关课程教材，还可以作为从事数控机床调试和维修行业的工程技术人员的参考书。本教材参考学时为60~80课时，有关章节内容可根据专业要求酌情调整。

本书由姚永刚主编，具体参加编写的人员有：姚永刚(第5、7、8章)、杨捷(第6章及附录)、王文深(第1、2章)、张勇(第3章)、孙德胜(第4章)。

限于编者知识水平，加之编写时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。此外，在本书的编写过程中作者参阅了多种同类教材和著作，特向其编、著者致谢。

编 者

2005年10月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数控机床控制系统的组成	1
1.2 数控机床的分类	5
1.3 数控机床技术的发展	8
思考与练习	10
第 2 章 数控机床检测装置	11
2.1 检测技术基础知识	11
2.2 光栅传感器	15
2.3 旋转编码器	17
2.4 旋转变压器和感应同步器	23
2.5 磁栅	27
思考与练习	28
第 3 章 驱动电动机	30
3.1 直流电动机	30
3.2 三相异步电动机的工作原理及特性	40
3.3 步进电动机	63
3.4 直流伺服电动机	68
3.5 交流伺服电动机	70
思考与练习	72
第 4 章 数控机床驱动装置	73
4.1 概述	73
4.2 步进驱动装置	75
4.3 晶闸管—电动机直流自动调速系统	81
4.4 晶体管—电动机直流脉宽调制自动调速系统	98
4.5 交流调速系统	102
思考与练习	115
第 5 章 数控系统的组成	117
5.1 经济型数控系统	117
5.2 标准型数控系统	122
5.3 数控系统中的通信接口	133
5.4 FANUC 数控系统	135
5.5 Siemens 数控系统	140
5.6 开放式数控系统	153

思考与练习	157
第 6 章 低压电器及继电—接触式控制系统	159
6.1 主电路中常用的低压电器	159
6.2 控制电路中常用的电器元件	164
6.3 电气控制系统图的绘制规则和常用符号	176
6.4 三相笼形异步电动机控制线路	180
6.5 直流电动机控制线路	192
6.6 行程控制线路	198
思考与练习	202
第 7 章 可编程控制器及其应用	204
7.1 概述	204
7.2 可编程控制器的组成和工作原理	207
7.3 S7-200 系列可编程控制器	216
7.4 应用基本指令编程	240
思考与练习	250
第 8 章 数控机床的可编程控制器	252
8.1 数控机床 PLC	252
8.2 FANUC 指令系统	258
8.3 PLC 在数控机床控制中的应用	268
8.4 PLC 位置控制	277
思考与练习	280
附录 A 电气图常用新旧图形符号和文字符号对照表	284
附录 B S7-200 系列 PLC 有效编程范围	291
参考文献	293

第 1 章 绪 论

机械制造工业中，单件、小批量生产的零件约占机械加工总量的 80% 左右。此外，市场竞争日趋激烈，致使机械产品不断更新换代，对其质量要求也越来越高，传统的普通加工设备已难于适应高效率、高质量连接、多样化的加工要求。机床数控技术的应用，一方面可以使机械加工全过程实现自动化；另一方面又使得机械加工的柔性不断提高，即提高了机械制造系统适应各种生产条件变化的能力。同时，数控技术又是柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)的重要技术基础，是机电一体化的重要组成部分。本章主要介绍数控机床控制系统的组成以及数控技术在数控机床中的重要地位。

1.1 数控机床控制系统的组成

1.1.1 数控机床的组成

数字控制(NC, Numerical Control, 简称数控)技术是用数字化信息进行控制的自动控制技术。采用数控技术的控制系统称为数控系统，装备了数控系统的机床即为数控机床。数控机床是集机床、计算机、电机、自动控制、传感检测等技术于一体的自动化设备。

数控机床一般由加工程序、输入装置、数控系统、伺服系统和辅助控制装置、检测反馈系统以及机床本体组成，如图 1-1 所示。

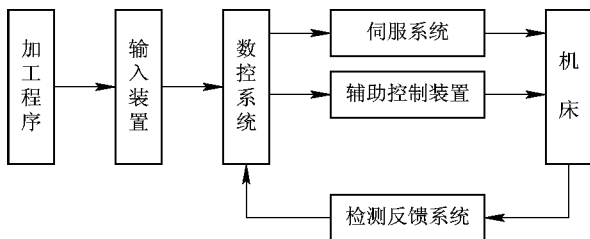


图 1-1 数控机床的组成

图 1-2 和图 1-3 分别为卧式普通车床和数控车床的传动系统示意图。可以看出，数控车床与普通车床相比，传动链简单清晰，其主轴转动和进给轴移动分别由主轴电机和进给电机来驱动，而辅助运动，都是由数控系统中的可编程控制器(PLC)来控制完成的。如主轴卡盘的松紧和尾座顶尖的伸缩是通过 PLC 控制液压系统的液压缸来完成的，从刀库中选刀和换刀同样是经 M(辅助指令)指令与 T(换刀指令)指令由 PLC 功能指令来完成。

数控机床电器控制框如图 1-4 所示。

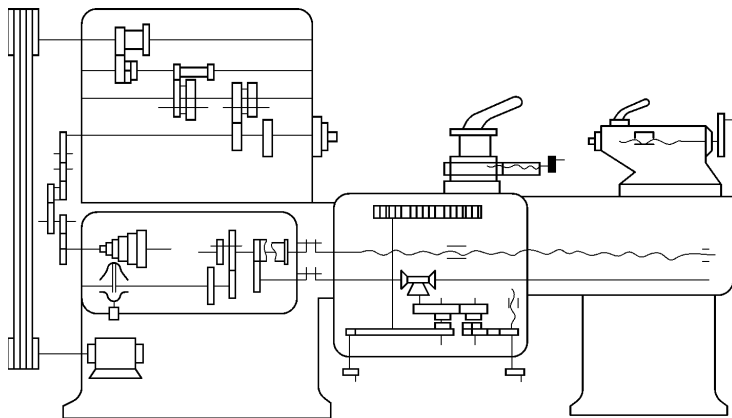
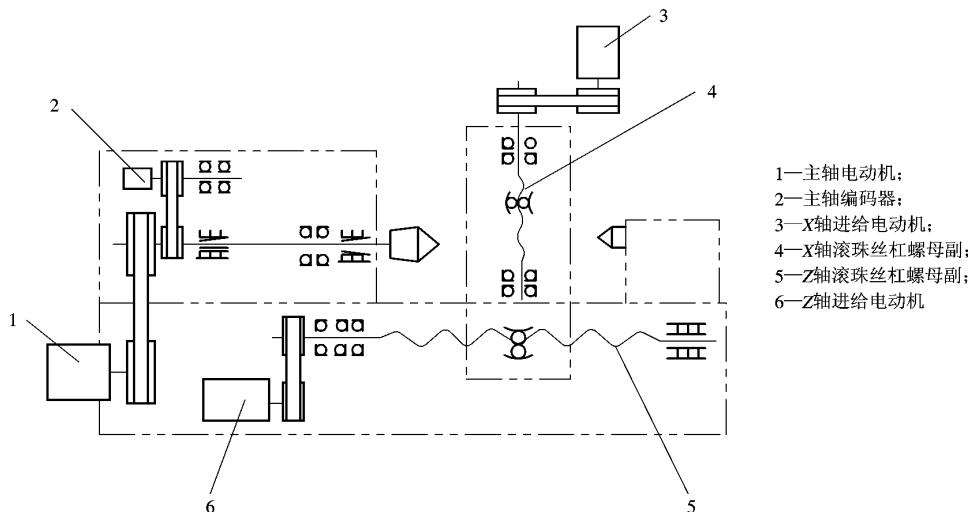
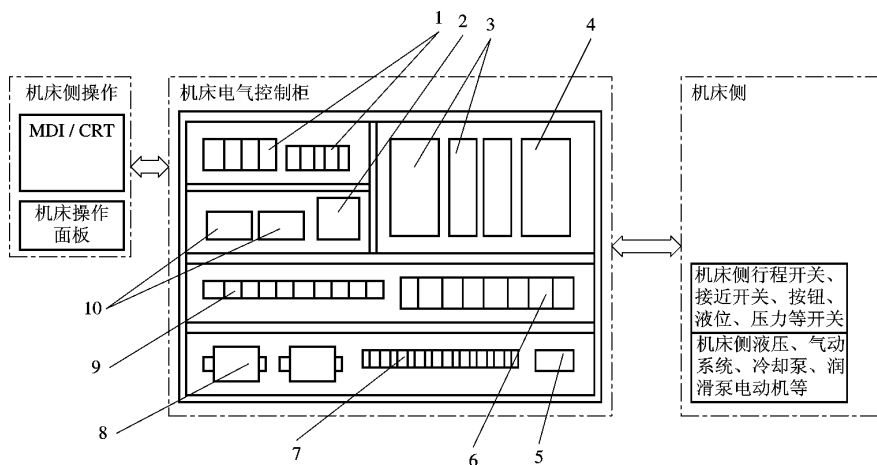


图 1-2 卧式车床传动系统示意图



- 1—主轴电动机；
- 2—主轴编码器；
- 3—X轴进给电动机；
- 4—X轴滚珠丝杠螺母副；
- 5—Z轴滚珠丝杠螺母副；
- 6—Z轴进给电动机

图 1-3 卧式数控车床传动系统示意图



- 1—熔断器及断路器；2—开关电源；3—主轴及进给驱动装置；4—CNC装置；5—接地排；
- 6—接触器；7—接线排；8—机床控制变压器；9—中间继电器；10—输入/输出(I/O)端子排

图 1-4 数控机床电气控制柜示意图

1.1.2 数控机床的工作原理和特点

在对零件进行数控加工之前，首先要根据被加工零件的图样和工艺方案，用规定的代码和程序格式编写加工程序，并用适当的方法将程序指令输入到机床的数控装置中。数控系统对输入的加工程序进行译码、运算之后，向机床输出各种信息和指令，控制其各部分按规定有序地动作（包括机床主运动的变速、启停，进给运动的速度、方向和位移大小，以及其他诸如刀具选择交换、工件夹紧松开和冷却润滑液的启、停等）。伺服系统的作用就是将进给速度、位移量等信息转换成机床的进给运动，数控系统要求伺服系统能准确、快速地跟随控制信息，执行机械运动，同时，检测反馈系统将机械运动的实际位置、速度等信息反馈至数控系统中，并与指令数值进行比较后发出相应指令，修正所产生的偏差，提高数控机床的位置控制精度。

总之，数控机床的运行在数控系统的严密监控下，处在不断地计算、输入、输出、反馈等控制过程中，从而保证数控机床能严格按照输入程序的要求来执行动作。

从数控机床最终要完成的任务看，主要有以下三个方面的内容：

1. 主轴运动

和普通机床一样，主轴运动主要完成切削任务，其动力约占整台机床动力的 70%~80%。基本控制功能是主轴的正、反转和停止，可自动换挡及无级调速；对加工中心和有些数控车床，还要求主轴进行高精度准停和分度功能。

2. 进给运动

进给运动是数控机床区别于普通机床最主要的地方，即用电气驱动替代了机械驱动，数控机床的进给运动是由进给伺服系统完成的。进给伺服系统由进给伺服驱动装置、伺服电动机、进给传动链及位置检测反馈装置等组成，如图 1-5 所示。

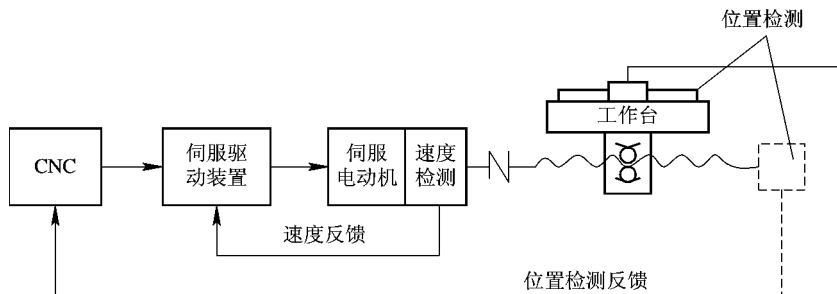


图 1-5 数控机床进给伺服系统

一般说来，数控机床功能的强弱主要取决于计算机数控系统(CNC)装置，而数控机床性能的优劣，如运动速度与精度等，主要取决于进给伺服驱动系统。为了保证进给运动的位置精度，人们采取了一些有效的措施。如对机械传动链进行预紧和反向间隙调整；采用高精度的位置检测装置；采用高性能的伺服驱动装置和伺服电动机，来提高数控系统的运算速度等。

3. 输入/输出(I/O)接口

数控系统对加工程序处理后输出的控制信号除了对进给运动轨迹进行准确的控制外，还需要对机床主轴启/停、换向、刀具更换、工件夹紧/松开以及液压、冷却、润滑、分度工

作台转位等辅助动作进行控制。例如，通过对加工程序中的 M 代码指令、机床操作面板上的控制开关及分布在机床各部位的行程开关、接近开关、压力开关等输入元件的检测，由数控系统内的可编程控制器(PLC)进行逻辑运算，输出控制信号驱动中间继电器、接触器、电磁阀及电磁制动器等输出元件，对冷却泵、润滑泵、液压系统和气动系统进行控制。

数控机床接口是指数控装置与机床电气设备之间的电气连接部分。根据国际标准《ISO4336—1981(E)机床数字控制——数控装置和数控电气设备之间的接口规范》的规定，接口分为四种类型。图 1-6 所示为数控装置、数控设备和机床间的连接关系。

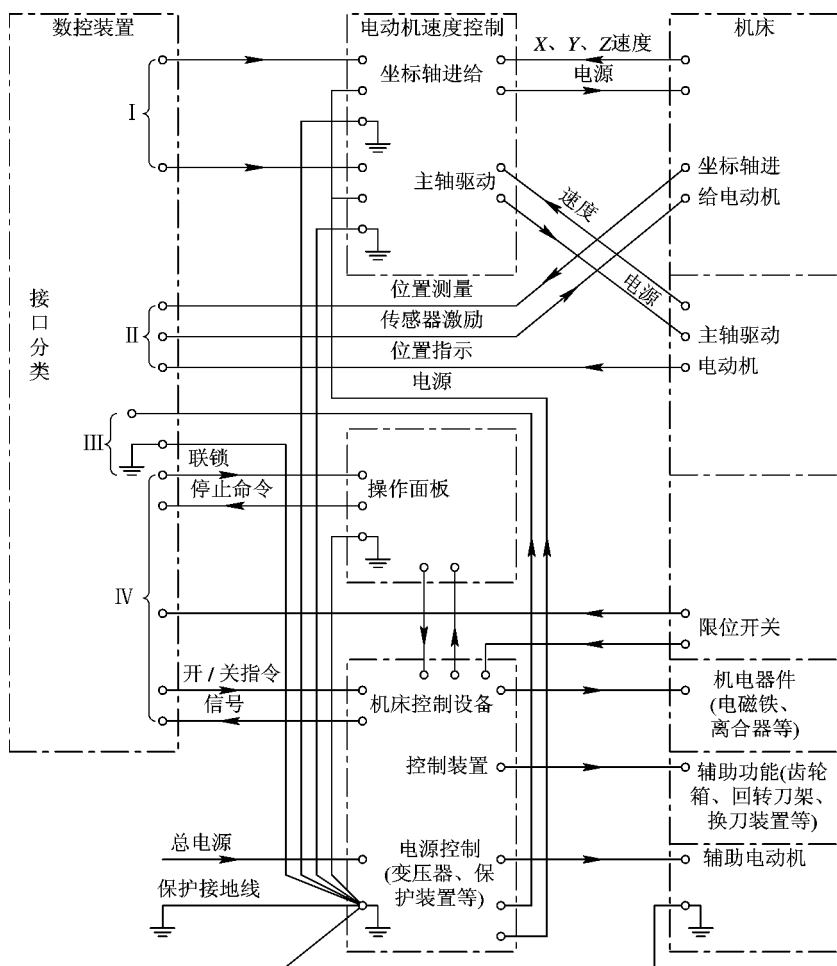


图 1-6 数控装置、控制设备与机床间的连接关系

第 1 类：与驱动命令有关的连接电路，主要是指与坐标轴进给驱动和主轴驱动的连接电路。

第 2 类：数控装置与测量系统和测量传感器之间的连接电路。

第 3 类：电源及保护电路。

第 4 类：通/断信号和代码信号连接电路。

第 1、2 类接口连接电路传送的信息是数控装置与伺服单元、伺服电机、位置检测和速度检测器件间的控制信息及反馈信息。它们属于数字控制及伺服控制。

第3类电源及保护电路由数控机床强电线路中的电源控制电路构成。强电线路由电源变压器、控制变压器、各种断路器、保护开关、接触器、熔断器等连接而成，以便为辅助交流电机(如风扇电机、冷却泵电机、润滑泵电机等)、电磁铁、离合器、电磁阀等功率执行元件供电。强电线路不能与低压下工作的控制电路或弱电线路直接连接，只有通过断路器、热动开关、中间继电器等器件转换成在直流低压下工作的触点的开合工作，才能成为继电器逻辑电路和PLC可接收的电信号，反之亦然。

第4类开关信号和代码信号是数控装置与外部传送的输入、输出控制信号。当数控机床不带PLC时，这些信号直接在数控装置和机床间传送。当数控装置带有PLC时，这些信号除极少数的高速信号外，均通过PLC传送。

数控机床是一种高效能自动化加工设备。与普通机床相比，数控机床具有以下特点：

(1) 对零件加工的适应性强、灵活性好。因数控机床能实现若干个坐标联动，加工程序可按对加工零件的要求而变换，而不需改变机械部分和控制部分的硬件，就能适应新的工作要求。

(2) 加工精度高、加工质量稳定。在数控机床上加工零件，零件加工的精度和质量由机床保证，完全消除了操作者的人为误差。所以数控机床的加工精度高，一致性好，加工质量稳定。

(3) 加工生产效率高。在数控机床上可以采用较大的切削用量，有效地节省了加工时间。还有自动换刀、自动换速和其他辅助操作自动化等功能，而且无需工序间的检验与测量，故使辅助时间大为缩短。

(4) 能完成复杂型面的加工。许多复杂曲线和曲面的加工，普通机床无法实现而数控机床则完全可以做到。

(5) 减轻劳动强度，改善劳动条件。数控机床的加工，除了装卸零件、操作键盘、观察机床运行外，其他机床动作都是按照程序要求自动连续地进行切削加工，操作者不需要进行繁重的重复手工操作。因此能减轻工人劳动强度，改善劳动条件。

(6) 有利于生产管理。采用数控设备，有利于向计算机控制和管理生产方向发展，为实现制造和生产管理自动化创造了条件。

1.2 数控机床的分类

数控机床的品种很多，功能各异，通常可按下列三种方法进行分类。

1. 按工艺用途分类

1) 金属切削类数控机床

金属切削类数控机床和传统的通用机床产品种类一样，有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗床以及加工中心机床等。数控加工中心机床是带有自动换刀装置，在一次装夹后，可以进行多种工序加工的数控机床。

2) 金属成型类数控机床

金属成型类数控机床有数控折弯机、数控弯管机、数控压力机等。

3) 数控特种加工机床

数控特种加工机床有数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

2. 按加工路线分类

1) 点位控制系统

点位控制系统数控机床只要求控制一个位置到另一个位置的精确移动，而不管是按照什么轨迹运动。在移动过程中不进行任何加工。为了精确定位和提高生产率，一般先快速移动到终点附近，然后再减速移动到定位点，以保证良好的定位精度。这类数控机床主要有数控钻床、坐标镗床、数控冲床和数控测量机等。图 1-7(a)所示为数控钻床点位控制加工示意图。

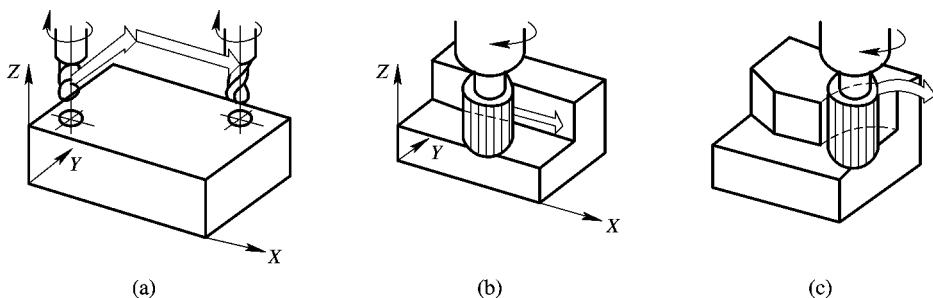


图 1-7 数控机床的运动方式

(a) 点位控制；(b) 点位直线控制；(c) 轮廓控制

2) 直线控制系统

直线控制系统是指控制刀具或机床工作台以适当速度，沿着平行于某一坐标轴方向或与坐标轴成 45° 的斜线方向进行直线加工的控制系統。但该系统不能沿任意斜率的直线进行直线加工。一般的简易数控系统均属于直线控制系统。

将点位控制和直线控制结合起来的控制系统称为点位直线控制系统，该系统同时具有点位控制和直线控制的功能。此外，有些系统还具有刀具选择、刀具长度和刀具半径补偿等功能。这一类数控机床有数控镗铣床、加工中心等。图 1-7(b)为点位直线控制系统加工示意图。

3) 轮廓控制系统

轮廓控制系统又称连续控制系统，其特点是数控系统能够对两个或两个以上的坐标轴同时进行连续控制。加工时不仅要控制起点和终点，还要控制整个加工过程中每点的速度和位置。应用这类控制系统的数控机床有数控铣床、可加工曲面的数控车床、加工中心等。图 1-7(c)为数控铣床轮廓加工示意图。

3. 按伺服系统的类型分类

1) 开环控制系统

开环控制系统机床的伺服进给系统中没有位移检测反馈装置，通常使用步进电机作为执行元件。数控装置发出的控制指令直接驱动装置控制步进电机的运转，然后通过机械传动系统转化成工作台的位移，如图 1-8 所示。

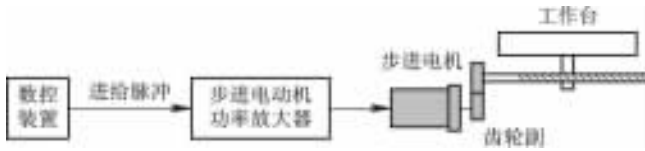


图 1-8 开环控制系统的结构图

开环控制系统由于没有位置检测、反馈及校正功能，位置控制精度一般不高。但其工作稳定、调试方便、价格便宜、使用维修方便，在我国广泛用于经济型数控机床或旧设备的数控改造中。

2) 闭环控制系统

闭环控制系统控制的机床上安装有检测装置，直接对工作台的位移量进行检测，如图 1-9 所示。当数控装置发出指令进给信号后，经伺服驱动使工作台移动时，安装在工作台上的位置检测装置把机械位移量变为电参量，反馈到输入端与输入指令信号进行比较，得到的差值经过转换和放大，最后驱动工作台向减少误差的方向移动，直到差值消除时才停止移动。由于闭环系统的位置检测包含了进给传动链的全部误差，如丝杠螺母副、导轨副的间隙等，因此可达到很高的控制精度。位置检测装置有光栅、感应同步器和磁栅等。

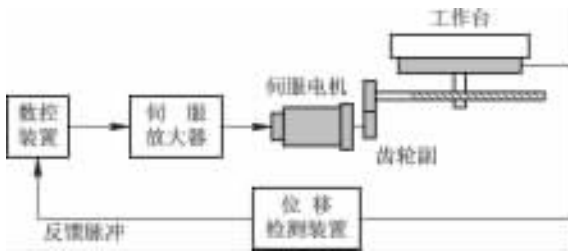


图 1-9 闭环数控系统的结构图

但是，由于很多机械传动环节包括在闭环控制的环路内，各部件的摩擦特性、刚性以及间隙等都是非线性变量，这直接影响伺服系统的调节参数。因此，对闭环系统的设计和调整都有较大的难度，设计和调整不好，很容易造成系统的不稳定。

3) 半闭环控制系统

半闭环控制系统控制系统的机床是在伺服电机上同轴安装的，或在滚珠丝杠轴端安装有角位移检测装置，通过测量角位移间接地测出移动部件的直线位移，然后反馈至数控系统中去。常用的角位移检测装置有光电编码器、旋转变压器或感应同步器等。

如图 1-10 所示为半闭环控制系统结构图。由于在半闭环控制系统中，进给传动链中的滚珠丝杠副、导轨副等机构的误差都没有全部包括在反馈环路内，因此其位置控制精度低于闭环伺服系统。但是，由于把惯性质量较大的工作台安排在反馈环之外，因此半闭环伺服系统稳定性能好，调试方便，目前应用比较广泛。至于传动链误差，可以通过适当提高丝杠、螺母等机械部件的精度以及采用误差软件补偿(如反向间隙补偿、丝杠螺距误差补偿)的措施来减少。

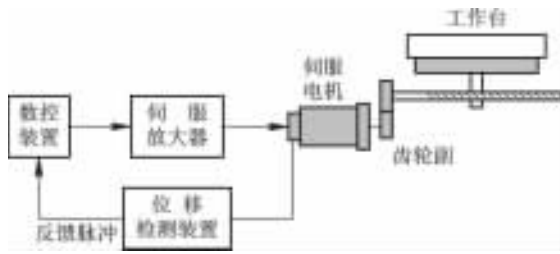


图 1-10 半闭环数控系统结构图

1.3 数控机床技术的发展

1.3.1 数控机床的发展

由于计算机的诞生，1952年由美国麻省理工学院研制成功世界上第一台数控铣床标志着数控技术发展的开始。在此后的50多年中，随着电子技术、计算机技术、自动控制技术和精密测量技术的发展，数控机床也在迅速地发展和不断地更新换代。

数控机床的发展大致经历了以下六个阶段：

第一阶段，1952年，出现了第一台电子管数控系统。

第二阶段，1960年，出现了晶体管和印刷电路板的数控系统。

第三阶段，1965年，出现了小规模集成电路的数控系统。

第四阶段，1970年，出现了小型计算机数控系统的硬件，并以软件形式实现数控功能的数控系统。

第五阶段，1974年，出现微处理器或微型计算机数控系统。

第六阶段，20世纪90年代后期，出现了PC+CNC(CNC为专用计算机数控系统)智能数控系统。以个人计算机(PC机)为控制系统的硬件部分，Windows NT为PC机的操作系统平台，在PC机上安装NC软件系统，即为加工中心的控制系统。德国Roeders公司生产的RFM600型加工中心就是典型的PC+CNC系统。

PC+CNC系统的优点集中表现为如下几点：

(1) 与PC硬件的完全通用，使数控系统能随着PC技术的升级而升级，系统维护方便。

(2) 充分共享PC丰富的软件资源。

(3) 由于PC机有标准的接口，方便地接入局域网及Internet，易于实现网络化制造。

1.3.2 数控伺服系统的发展趋势

伺服系统是数控系统的重要组成部分，伺服系统的静、动态性能直接影响数控机床的定位精度、加工质量和生产效率。数控伺服系统主要朝着下面几个方向发展：

1. 全数字式控制系统

伺服系统传统的位置控制是将检测到的工作台实际位置反馈至数控系统，与指令位置比较后输出速度控制模拟信号至伺服驱动装置，而全数字式数控系统的位置比较是在伺服

驱动装置中完成的，数控系统仅输出位置指令的数字信号至伺服驱动装置。

现代数控机床趋向于采用数字式交流伺服系统。在全数字式控制系统中，交流伺服电机的位置、速度和电流调节实现了数字化，高速响应的伺服系统几乎不受负载变化的影响。主轴驱动采用高速大功率电主轴。

2. 采用高分辨率的位置检测装置

现代数控机床的位置检测大多采用高分辨率的光栅和光电编码器，进一步提高了检测装置的分辨力。

3. 采用误差软件补偿措施

现代数控机床采用软件控制，既可以实现复杂的控制算法，又可以通过参数设置对伺服系统进行多种补偿，如反向间隙补偿、丝杠螺距累积误差补偿或摩擦误差补偿等。

4. 采用前馈控制技术

传统的伺服系统是将指令位置 and 实际位置的差值乘以位置环增益作为速度指令，经伺服驱动装置驱动伺服电机。但这种方式总是存在着位置跟踪滞后的问题，使得数控机床在加工拐角及圆弧时会出现较大误差。通过前馈控制，可使这种跟踪滞后误差大大减小，进而提高了机床的位置控制精度。

5. 采用摩擦非线性误差补偿的控制技术

机床传动副(如导轨副)之间的非线性静摩擦力会导致机床产生爬行现象，这样会导致机床产生位置误差。除采取降低静摩擦的措施之外，现代伺服系统还应具有静、动摩擦非线性误差补偿的控制功能。

1.3.3 以数控机床为基础的生产自动化系统

采用单台数控机床实现单工序柔性自动化加工，对生产率的提高还是有限的，必须发挥生产线和整个制造系统的效能，为此出现了计算机直接数控系统(DNC)柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)及计算机集成制造系统(CIMS)。

1. 计算机直接数控系统(DNC)

计算机直接数控系统就是用一台中央计算机直接控制和管理数台数控设备进行零件加工或装配的系统，也称计算机群控系统。中央计算机主要对多台数控系统进行数控加工程序和有关数据的分配，并分时监控各台数控系统的运行，这样会进一步提高数控机床的生产率。

2. 柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)

柔性制造单元由数控加工中心与工件自动交换装置组成，可以实现单工序或双工序加工的可变加工单元。柔性制造单元既可作为组成柔性制造系统的基础，也可用作独立的自动化加工设备。

柔性制造系统是将一群数控机床与工件、刀具、夹具及切屑的自动传输线相配合，并由计算机统一管理与控制的制造系统。

柔性制造系统是当前机械制造技术发展的方向，能解决机械加工中高度自动化和高度柔性化的矛盾，使两者有机地结合于一体。

3. 计算机集成制造系统(CIMS)

随着制造技术的发展,不仅需要发展车间制造过程自动化,而且要实现从生产决策、产品设计、市场预测、直到销售的整个生产活动的自动化,这样一个全面、完整功能的生产制造系统就是计算机集成制造系统(CIMS)。它可以将一个制造企业的生产活动进行有机的集成,以实现更高效益,更高柔性的智能化生产。

虽然 CIMS 涉及的领域相当广泛,但数控机床仍然是 CIMS 不可缺少的基本工作单元。

思考与练习

- 1-1 何谓数控机床?数控机床与普通机床有何不同?
- 1-2 数控机床的电气控制系统由哪些装置组成?
- 1-3 点位控制、点位直线控制和轮廓控制各有何特点?
- 1-4 说明开环、半闭环和闭环伺服系统的组成及各自的特点?
- 1-5 简述数控伺服系统的发展趋势。
- 1-6 为什么说数控技术是 FMS 和 CIMS 的重要技术基础?

第 2 章 数控机床检测装置

2.1 检测技术基础知识

检测技术属于信息科学的范畴，与计算机技术、自动控制技术和通信技术共同构成了完整的信息技术学科。客观世界的一切物质都以不同的方式运动着，为了认识客观世界，人们就必须找出表征物质运动的各种信号以及信号与物质运动的关系，这就是检测的任务。

随着自动化技术的飞速发展，检测技术在工业生产领域得到了广泛的应用。如生产过程中产品质量的检测和控制、生产过程的自动化等都需要测量生产过程中的有关参数并以此为依据进行反馈控制，从而保证在整个生产过程中这些参数处于最佳状态。在数控机床的伺服系统中，必须有位置检测装置作为移动部件的实际位置检测，数控系统将实际位置量进行比较，来控制刀架或工作台至指令位置。

2.1.1 检测系统的组成

检测系统一般由传感器、测量电路和显示记录装置等几个部分组成，它们分别完成信息的获取、转换、显示和处理等功能，如图 2-1 所示。

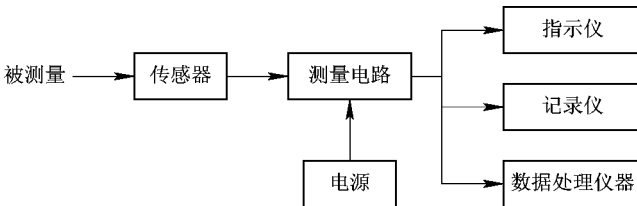


图 2-1 检测系统的组成

传感器是把被测量转换为一种与之有确定对应关系的易于处理的物理量(通常为电量)的装置。它是检测系统最重要的环节，它的性能直接决定了整个检测系统的性能。

在数控机床中有许多不同的物理量需要进行检测和控制，如位移、速度(包括线速度和角速度)、位置、压力、温度等，而一般的控制系统只能够识别电量，所以必须通过传感器将各种非电量转换成电量才能够加以利用。传感器的类型很多，常用的有位置传感器、位移传感器、压力传感器和温度传感器等几种。