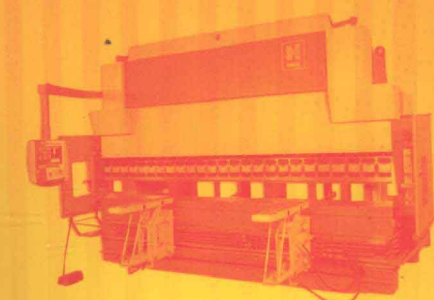


王 兵 主 编

数 控 机 床 结 构 与 使 用 维 护

SHUKONG JICHUANG
JIEGOU YU SHIYONG WEIHU



化学工业出版社

数控机床结构与使用维护

王 兵 主 编
尹述军 詹大成 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床结构与使用维护/王兵主编. —北京: 化学工业出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-122-14713-4

I. ①数… II. ①王… III. ①数控机床-结构②数控机床-使用方法③数控机床-维修 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 142777 号

责任编辑: 王 烨
责任校对: 洪雅姝

文字编辑: 谢蓉蓉
装帧设计: 刘丽华

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 装: 北京云浩印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 12 字数 327 千字 2012 年 10 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: 39.00 元

版权所有 违者必究

FOREWORD

前言

数控技术是提高产品质量、提高劳动生产效率必不可少的物质手段。它的使用给机械制造业生产方式、产业结构、管理方式带来了深刻的变化。数控机床是典型的机电一体化设备，随着数控加工技术的高速发展，数控机床正逐渐成为机械工业技术改造的首选设备，它的关联效益的辐射能力使得数控机床的使用、维护等问题日渐突出，社会因此亟需大量高素质的数控机床操作、使用和维护人才。通过科学的方法、行之有效的措施，解决数控设备的购买、使用和维护，保证数控机床的安全和可靠运行，提高数控机床使用率，已迫在眉睫。

本书从设备的角度出发，就数控机床的类型、结构特点以及数控系统、伺服驱动和常见的机械结构、功能部件的原理深入浅出地阐述了数控机床选型与故障维护处理的理论依据，较为全面系统地叙述了数控机床选型的基本依据与一般原则、数控机床使用故障的诊断与维护处理的基本方法，突出了内容的先进性、实用性与技术的综合性，旨在提高数控机床各技术人员对数控设备掌握的快速性和针对性，从而克服盲目性和片面性，以期达到多、快、好、省的使用和维护效果。

本书由王兵主编，尹述军、詹大成副主编。参加编写的还有叶广明、江成洲、曾艳、杨东、王平。全书由王兵统校，邱言龙、周少玉审阅了全部内容，并提出了很多改进意见和建议。

本书可供各企业从事数控机床设计、维护、调试、使用的各类工程技术人员参考，也可作为各职业院校相关专业的教材。

限于编者水平和经验，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正，以利提高。

编者
2012年4月

CONTENTS

目录

第1章 数控机床概述

- 1.1 数控机床的产生和发展 1
 - 1.1.1 数控机床的产生 1
 - 1.1.2 数控机床的特点 1
 - 1.1.3 数控机床的发展 2
- 1.2 数控机床的组成与工作过程 2
 - 1.2.1 数控机床的组成 2
 - 1.2.2 数控机床的工作过程 4
 - 1.2.3 常用数控系统 5
 - 1.2.4 数控机床的分类 6
 - 1.2.5 常用数控机床的种类 8
- 1.3 数控机床的设备管理 16
 - 1.3.1 数控机床设备的管理 16
 - 1.3.2 设备的日常维护 18

第2章 数控机床的选型技术

- 2.1 数控机床选型依据与原则 24
 - 2.1.1 数控机床的选型依据 24
 - 2.1.2 数控机床的选型原则 27
- 2.2 数控机床类型的选择 34
 - 2.2.1 数控车床的选择 34
 - 2.2.2 数控铣床的选择 38
 - 2.2.3 加工中心的选择 40
 - 2.2.4 其他数控机床的选择 43
 - 2.2.5 数控机床的改造与二手设备的
选用 44
- 2.3 数控机床的采购与验收 48
 - 2.3.1 数控机床的采购 48
 - 2.3.2 数控机床的验收 52

第3章 数控机床的维护基础

- 3.1 数控机床维护的基本要求 57
 - 3.1.1 数控机床维护的基本含义、
目的与内容 57
 - 3.1.2 数控机床维护与维修基本
要求 58
 - 3.1.3 数控机床维护、维修工作的
安全规范 60
- 3.2 数控机床维护中故障的分析
方法 60
 - 3.2.1 数控机床常见故障及其
分类 61
 - 3.2.2 分析的基本方法 61
 - 3.2.3 故障维修的基本步骤 63
- 3.3 数控机床故障诊断与维护的常用
仪器 68
 - 3.3.1 万用表 68
 - 3.3.2 示波器 68
 - 3.3.3 PLC 编程器 70
 - 3.3.4 逻辑测试笔和脉冲信
号笔 70
 - 3.3.5 集成电路测试仪 71
 - 3.3.6 短路跟踪仪 72
 - 3.3.7 逻辑分析仪 72
 - 3.3.8 维修工具 73

第4章 数控系统的维护

4.1 数控系统的基本构成及各部分的功能	74	4.3.4 系统分析法	95
4.1.1 数控系统的基本构成	74	4.3.5 静态与动态测量法	96
4.1.2 数控系统的工作过程	75	4.4 数控系统硬件的更换	96
4.1.3 数控系统各部分的功能	76	4.4.1 基本元器件的替代	96
4.1.4 常用数控系统的基本配置	77	4.4.2 更换印制电路板和单元模块	98
4.1.5 数控系统的发展趋势	85	4.4.3 更换数控系统电池的方法	99
4.2 数控系统的维护与故障处理方法	88	4.4.4 更换控制单元的风扇电动机	101
4.2.1 数控系统维修的基本要求	88	4.4.5 更换控制部分 (CNC) 电源单元的熔断器	101
4.2.2 数控系统的维护	88	4.4.6 液晶显示器 (LCD) 的调整	102
4.2.3 故障的处理方法	90	4.5 数控系统的软件故障及排除	102
4.3 数控系统硬件故障的处理方法	92	4.5.1 数控系统的软件配置	102
4.3.1 常规检查	92	4.5.2 软件故障发生的原因	103
4.3.2 面板显示与指示灯显示分析法	93	4.5.3 软件故障的排除	104
4.3.3 故障现象分析法与信号追踪法	94		

第5章 伺服系统的维护

5.1 伺服系统结构组成与分类	105	5.4 常见位置检测元件的维护	125
5.1.1 伺服系统的组成与工作原理	105	5.4.1 光栅	126
5.1.2 伺服系统的作用与分类	107	5.4.2 光电脉冲编码器	126
5.2 主轴伺服系统的故障与诊断	111	5.4.3 感应同步器	127
5.2.1 常用主轴系统的基本结构与工作原理	112	5.4.4 旋转变压器	128
5.2.2 主轴伺服驱动控制的连接	116	5.4.5 磁栅尺	128
5.2.3 主轴伺服系统故障形式与维护诊断方法	117	5.5 常见 I/O 元件的维护	129
5.3 进给伺服系统的维护	120	5.5.1 控制开关	129
5.3.1 进给驱动系统及其结构	120	5.5.2 行程开关	129
5.3.2 进给伺服系统的维护	122	5.5.3 接近开关	130
		5.5.4 压力开关	132
		5.5.5 温控开关	133
		5.5.6 接触器	133
		5.5.7 继电器	134

第6章 数控机床机械部件的维护

6.1 数控机床机械结构的组成	135	特点	135
6.1.1 数控机床机械结构的特点	135	6.1.2 数控机床的机械结构组成与	

加工能力	136	6.4.2 滚珠丝杠副的防护润滑与 应用	154
6.1.3 数控机床的布局	138	6.4.3 滚珠丝杠螺母副的维护	155
6.2 数控机床机械部件维护的基本 知识	142	6.5 刀库与换刀装置的维护	156
6.2.1 机械部件的检查调试	142	6.5.1 刀库的结构特点	156
6.2.2 机械部件常见故障的 处理	143	6.5.2 自动换刀装置的形式	157
6.3 主轴部件维护	145	6.5.3 刀具交换装置	159
6.3.1 主轴部件	145	6.5.4 刀库及换刀机械手的常见故障 和维护	160
6.3.2 主轴部件的维护	148	6.6 导轨副的维护	162
6.4 滚珠丝杠副的维护	150	6.6.1 导轨副的结构	162
6.4.1 滚珠丝杠副的结构特点	150	6.6.2 导轨副的维护要点	165

第7章 数控机床辅助控制的维护

7.1 液压系统的结构与维护	168	7.2.2 典型气动系统	181
7.1.1 液压系统的结构组成	168	7.2.3 气动系统的维护	182
7.1.2 液压系统的设计	171	7.3 润滑系统的结构与维护	183
7.1.3 典型数控液压系统	172	7.3.1 数控机床润滑系统的特点和 分类	183
7.1.4 液压系统的维护	174	7.3.2 润滑系统故障和维护 处理	184
7.2 气动系统的结构与维护	176		
7.2.1 气动系统的结构	176		

参考文献	186
------------	-----

第1章

数控机床概述

1.1 数控机床的产生和发展

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的自动化加工设备，是一种以数字量作为指令信息形式，通过数控逻辑电路或计算机控制的机床。它综合运用了机械、微电子、自动控制、信息、传感测试、电力电子、计算机、接口和软件编程等多种现代化技术，是一种典型的机电一体化产品。数控是数字控制（Numerical Control）的简称，因此，数控机床也简称为 NC 机床。

1.1.1 数控机床的产生

数控机床最初是由美国的 T. Parsons 提出设想的，1947 年，美国的 Parson 公司在生产直升机机翼检查样板时，为了提高精度和效率，提出了用穿孔卡片来控制机床的方案，这一方案迎合了美国空军为开发航天及导弹产品需要加工复杂零部件的需求，于是得到了空军的经费支持，开始研究以脉冲方式控制机床各轴的运动，进行复杂轮廓加工的装置。

1949 年，在麻省理工学院伺服机构研究所的合作协助下，T. Parsons 与 MIT（麻省理工学院）的伺服机构研究所一起，历时三年，终于完成了能进行三轴控制的铣床样机，取名为“Numerical Control”，这就是数控机床的第一号机。以后，很多厂家都开展了数控机床的研制开发和生产。1959 年，美国 Keaney& Treckre 公司开发成功了具有刀库、刀具交换装置、回转工作台，可以在一次装夹中对工件的多个面进行钻孔、铰孔、攻螺纹、镗削、平面铣削、轮廓铣削等多种加工的数控机床。由于它将钻、铣等多种机床的功能集于一身，不但省却了工件的反复搬动、安装、换刀等手续，而且使加工精度大为提高。从此，数控机床的一个新的种类——加工中心（Machining Center）诞生了，并逐步成为数控机床中的主力。

1.1.2 数控机床的特点

数控机床加工相对于普通机床加工而言，大致具有如下特点。

- ① 机床操作人员能在较短的时间内掌握机床的操作和加工方法。
- ② 数控机床的加工精度稳定，操作的熟练程度对加工精度影响不大。
- ③ 由于要花时间做编程等准备工作，数控机床一般适合于中批量规模以上的生产。
- ④ 在形状复杂部件、多工序部件的加工方面，数控机床的优越性显著。
- ⑤ 能将工序管理、刀具管理等工作标准化。

⑥ 可长时间自动运行。

⑦ 在设计变化、减少库存量等方面，由于是基于计算机进行的，因而生产管理方便，易于进行系统化集成。

⑧ 相对而言，数控设备费用高，以至于加工成本也相对较高。

⑨ 对程序的依赖易导致放松对工作的改进等不良之处也不容忽视。

1.1.3 数控机床的发展

数控机床是以微电子技术发展为推动力的，其发展开发历程如表 1-1 所示。

表 1-1 数控系统的开发历程

发展阶段与时间		发展历史	发展阶段与时间		发展历史
第一阶段	1952 年	第一代电子管数控系统	第四阶段	1970 年	第四代小型计算机数控系统
第二阶段	1959 年	第二代晶体管数控系统	第五阶段	1974 年	第五代微处理器数控系统
第三阶段	1965 年	第三代集成电路数控系统	第六阶段	1990 年	第六代基于工业 PC 的通用 CNC 系统

目前数控技术已经应用在各种加工机床上，例如数控车床、数控铣床、数控冲床、数控齿轮加工机床、数控电火花、线切割、激光加工机床等。

数控机床已发展到不但具有刀具自动交换装置，而且具有工件自动供给、装卸寿命检测、排屑等各种附加装置，可以进行长时间的无人运转加工。其可靠性和功能也逐步得到了很大的提高，而其价格、体积和能耗却大为下降。

当今的数控机床已经在机械加工部门占有非常重要的地位，是 FMS (Flexible Manufacturing System, 柔性制造系统)、CIMS (Computer Integrated Manufacturing System, 计算机集成制造系统) 的基本构成单位。

近年来，为充分利用通用计算机技术的丰富资源和利于发展延续，基于 PC 的 CNC 技术已经成为发展方向。同时，CNC 技术除进一步向高速度、高精度控制能力发展外，还正向着开放式体系结构发展，以适应下一代的集成化、网络化的先进制造模式的需要，并能及时方便地纳入新技术、新方法。开放式数控技术具有如下几个重要技术特征。

① 迅速运用高速发展的计算机技术、信息技术、网络技术。

② 用户可以在较大范围内根据需要进行选择和配置硬件，如主轴轴数、伺服轴数和 PLC-I/O 点数等。

③ 用户可以在开放式环境下扩充系统的功能，例如，开发最适合自己的用途的人机界面，或者利用标准 NC 控制功能开发自己的专有控制功能。

④ 系统能够直接运行其他标准应用软件，如 CAD、数据库等，利用现有软件开发出能满足自己产品要求的最佳控制系统。

1.2 数控机床的组成与工作过程

1.2.1 数控机床的组成

数控机床由数控系统、伺服系统和机床本体三个基本部分组成，如图 1-1 所示。

(1) 数控系统

数控系统是数控机床的核心，它是一个专用的计算机系统，由硬件和软件两部分组成。数控系统的硬件包括总线、CPU、电源、存储器、操作面板和显示器、位控元件、可编程

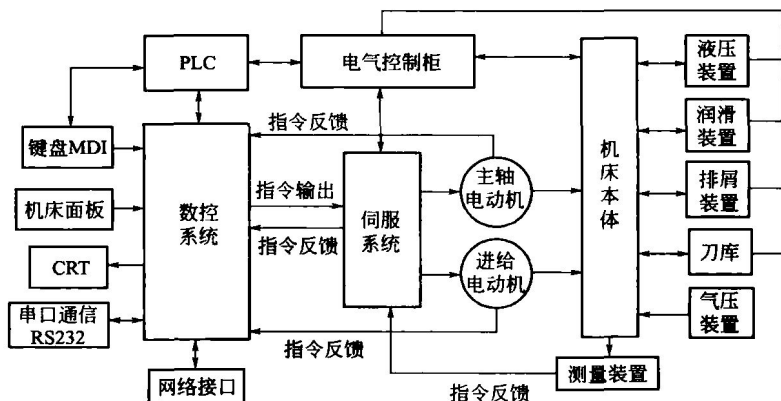


图 1-1 数控机床的组成

序控制器逻辑控制单元与数据输入/输出接口等组成。

数控系统接收从机床输入装置输入的控制信号代码，经过输入、缓存、译码、寄存、运算、存储等步骤转变成控制指令，实现直接或通过可编程序控制器（PLC）对伺服系统的控制。输入/输出装置是机床数控系统和操作人员信息进行信息交流、实现人机对话的交互设备，包括键盘、磁盘驱动器、纸带阅读机、RS232 口或网口、控制面板、LCD 显示器等，如图 1-2 所示。

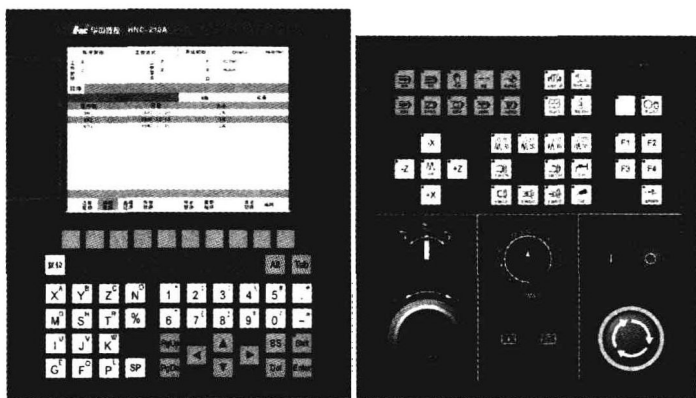


图 1-2 数控系统装置

可编程序控制器（PLC）用来控制数控机床的辅助控制装置。数控机床通过数控系统和 PLC 共同完成控制功能，其中数控系统主要完成与数字运算和管理等有关的功能，如零件程序的编辑、插补运算、译码、刀具运动位置的伺服控制等；而 PLC 主要的作用是接收数控系统输出的开关量指令信号，如程序代码中的 M（辅助功能）、S（主轴转速）、T（选刀、换刀）等，对开关量动作信息进行译码，将其转换成对应的控制信号，进而控制机床相应的开关动作，如工件的装夹、刀具的更换、切削液的开关等。

(2) 伺服系统

伺服系统是机床工作的动力装置，它接收数控系统发出的进给脉冲信号，经过放大后，驱动机床主机实现机床的进给运动。伺服系统由伺服单元、执行元件以及位置检测装置组成。伺服驱动系统主要包括伺服驱动装置和电动机。

伺服单元是数控系统与机床本体的联系环节，它把来自数控系统的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。伺服单元分为主轴驱动单元和进给驱动单元等。

执行元件的作用是把经过伺服单元放大的指令信号变为机械运动,常用的执行元件有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。常用的伺服电动机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机,如图 1-3 所示。根据接收指令的不同,伺服驱动有脉冲式和模拟式两种。模拟式伺服驱动方式按驱动电动机的种类,可分为直流伺服驱动和交流伺服驱动。步进电动机采用脉冲驱动方式,交、直流伺服电动机采用模拟式驱动方式。

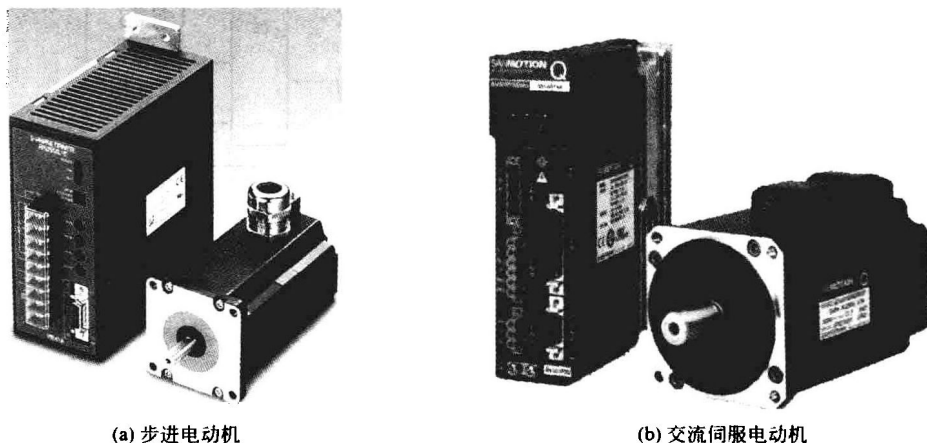


图 1-3 伺服电动机

多数数控机床还具有位置检测装置。位置检测元件包括脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅、磁尺和激光等,常用的是长光栅或圆光栅的增量式位移编码器。检测元件将执行元件(如电动机、刀架或工作台等)的速度和位移量检测出来,经过相应的电路将所测得信号反馈回伺服驱动装置或数控系统,构成半闭环或全闭环系统,补偿进给电动机的速度或执行机构的运动误差,以达到提高运动机构精度的目的。

(3) 机床本体

机床本体是加工运动的机械部件,包括主运动部件、进给运动部件(工作台、刀架)和支承部件(床身、立柱)等。有些数控机床还配备了特殊部件,如回转工作台、刀库、自动换刀装置和托盘自动交换装置等。数控机床本体结构与传统机床相比,发生了很大变化,由于普遍采用滚珠丝杠和滚动导轨,其传动效率更高,传动系统更为简单。

此外,为保证数控机床功能的充分发挥,还设有一些辅助系统,如冷却、润滑、液压(或气动)、排屑、防护系统等。

1.2.2 数控机床的工作过程

数控机床加工零件时,要预先根据零件加工图样的要求确定零件的工艺流程、工艺参数和刀具位移数据,再按编程手册的有关程序指令规定,编制出零件的加工程序。或利用 CAD/CAM 软件进行编程,然后将程序通过磁盘输入机、串口等输入设备输入到数控系统,由数控系统对程序进行处理和计算,并发出相应的命令,通过伺服系统使数控机床按预定的轨迹运动,进行零件的切削加工。数控加工的过程一般可分为 5 个阶段,详细流程如图 1-4 所示。

(1) 准备阶段

根据加工零件的图纸,进行工艺分析,确定加工方案、工艺参数、位移参数等加工信息和夹具选用、刀具类型选择等相关辅助信息。

(2) 数值运算

在确定了工艺方案后,就需要根据零件的几何尺寸、加工路线等,计算刀具中心运动轨

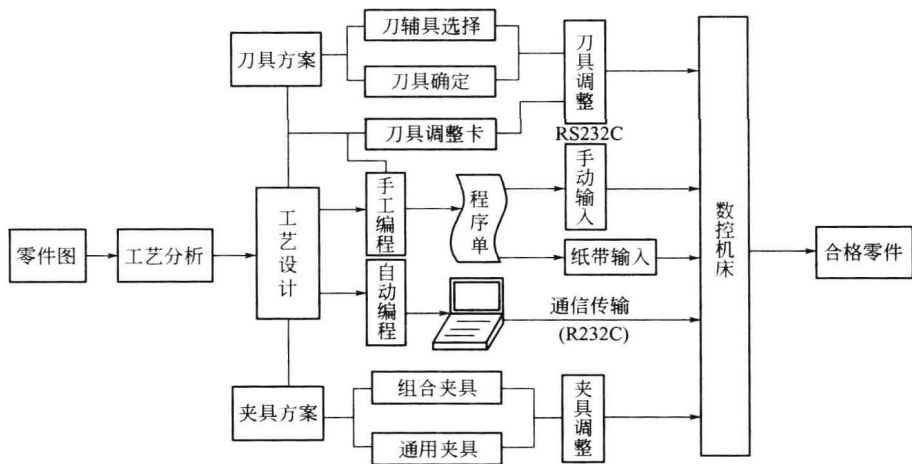


图 1-4 数控加工过程

迹，以获得刀位数据。

(3) 编程和传输

编程人员使用数控系统规定的代码及程序段格式编写数控加工程序，或用自动编程软件直接生成数控加工程序，并输入到控制系统。

(4) 程序转换

数控装置将加工程序语句译码、运算，转换成动作指令，在系统的统一协调下驱动各运动部件进行刀具路径模拟、试运行；正确安装工件，完成对刀操作，实施首件试切。

(5) 加工阶段

通过数控机床的正确操作，运行零件数控加工程序，自动完成对零件的数控加工。

1.2.3 常用数控系统

(1) FANUC 数控系统

FANUC 公司生产的较有代表性的数控系统是 F6 和 F11。FANUC 数控系统中的 F0/F00/F0i Mate 系列和 FANUC 0i 系列是目前中国市场上应用较广泛的系统。FANUC 0i Mate 系列最大控制轴数为 3 轴，FANUC 0i-C 数控系统最大控制轴数是 4 轴。F0i 系统采用总线技术，增加了网络功能，并采用了“闪存”（Flash ROM）。系统可以通过 Remote buffer 接口与 PC 相连，由 PC 控制加工，实现信息传递，系统间也可以通过 I/O Link 总线相连。F0 Mate 是 F0 系列的派生产品，与 F0 相比是结构更为紧凑的经济型数控装置。

(2) SINUMERIK 数控系统

西门子公司生产的数控系统包括 SINUMERIK 810 系统/820 系统/850 系统/880 系统/805 系统/8400 系统及全数字化的 840D 系统，另外还在中国市场推出了 802 系列数控系统。

SINUMERIK 840Di 数控系统是一个基于 PC 的、全 PC 集成的控制系统，基于工业 PC 型计算机的现代控制系统正越来越多地被用于数控机床中。配以 Windows XP 操作系统的控制系统具有开放和灵活的软、硬件平台，方便用户的使用与二次开发。该系统的应用领域包括制作木制品、制作玻璃、制陶、包装、贴片机、冲压机、弯曲机，以及各种机床和类似机床的机械。除了高度的软、硬件开放性，SINUMERIK 840Di 系统的显著特点是 CNC 控制功能与 MDI 功能都在 PC 处理器上运行，这样可以省略传统控制系统中所需的 NC 处理单元。这种控制系统大量采用标准化印制电路板和电气部件。

(3) 其他数控系统

常见数控系统的型号还有德国的 HEIDENHAIN、法国的 NUM、美国的 AB、西班牙的 FAGOR 等。

国产自主开发的数控系统有华中理工大学的华中Ⅰ型系统、华中Ⅱ型系统，中国科学院沈阳计算机所的蓝天Ⅰ型系统，北京航天机床数控系统集团公司的航天Ⅰ型系统，中国珠峰数控公司的中华Ⅰ型系统等。

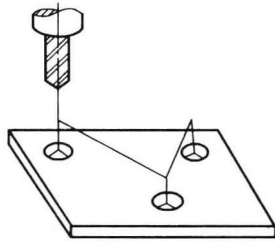
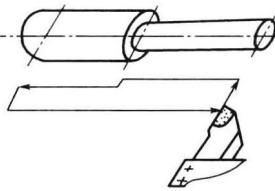
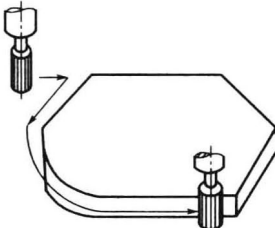
1.2.4 数控机床的分类

数控机床经过几十年的发展，其规格、型号繁多，品种已达千种，结构与功能也各具特色。从不同的经济技术或经济指标出发，可对数控机床进行各种不同的分类。

(1) 按控制运动的轨迹分类

数控机床按控制运动的轨迹分类情况如表 1-2 所示。

表 1-2 数控机床按控制运动轨迹的分类

分 类	功用说明	图 示	应用举例
点位控制数控机床	其机械运动实行点到点的准确定位控制，而对其点到点之间的运动轨迹未做要求，这是因为刀具在其定位运动过程中不进行切削，而以快速进给到定位位置（即不与工件接触）		数控钻床、数控冲床、数控坐标镗床、数控元件插装机等
直线控制数控机床	其机械运动方式除了要控制刀具相对工件（或工作台）的起点和终点的准确位置，还要控制每一程序段的起点与终点间的位移过程，即刀具以给定的进给速度作平行于某一坐标轴方向的直线运动		数控车床、数控磨床等
连续控制数控机床	这类机床又称轮廓控制数控机床，它能够同时对两个或两个以上的坐标进行控制，从而按给定的规律和速度进行准确的轮廓控制，使其运动轨迹成为所需要的直线、曲线或曲面		数控车床、铣床、凸轮磨床、线切割机床等

(2) 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、数控车床、数控铣床、数控磨床和凸轮加工机床等，还有压床、冲床、弯管机、电火花切割机床、火焰切割机床、凸焊机。

加工中心是带有刀库与自动装置的数控机床，它可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，既节省了辅助工时，又提高了加工精度。

(3) 按控制方式分类

① 开环控制系统。开环控制示意如图 1-5 所示，它是无位置反馈的一种控制方法，它采用的控制对象、执行机构多半是步进式电动机或液压转矩放大器（即电液脉冲马达）。这种控制方法在 20 世纪 60 年代应用很广泛，但随着机械制造业的发展，它逐渐不能适应要

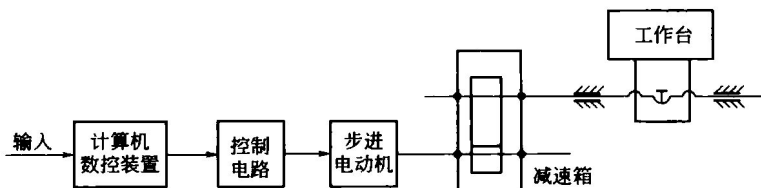


图 1-5 开环控制驱动方式

求。例如，精度要求愈来愈高，功率也愈来愈大，步进电动机做不成大功率；用电液脉冲马达，机构就相当庞大，所以目前逐渐被其他控制方式所取代。但开环系统由于结构简单、控制方法简便，价格也相对便宜，对精度要求不高，且功率需求不太大的地方，还是可以用的。经济型简易数控车床的应用就是一例。

② 半闭环控制系统。半闭环控制系统示意如图 1-6 所示，它是在丝杠上装有角度测量装置（光电编码器、感应同步器或旋转变压器）作为间接的位置反馈。因为零件的尺寸精度应由刀架的运动来测量，但半闭环控制系统不是直接测量刀架的实际位移，而是测量带动刀架的丝杠转动了多大角度，然后根据螺距进行计算，计算出它的位置。这种方法显然是有局限性的，必须要求丝杠加工得精确，确保在丝杠上的螺母只有很小的间隙。当然还可以通过软件进行补偿，但是对这些器件的精度与传动间隙的要求也是必要的。

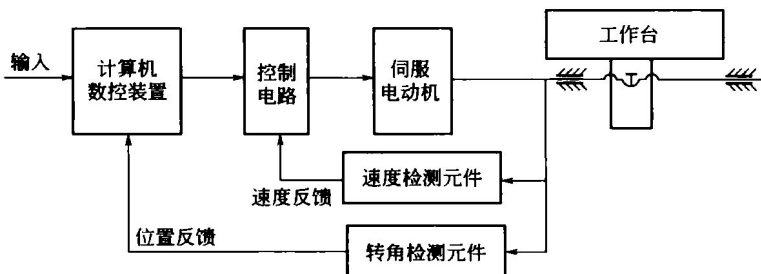


图 1-6 半闭环控制驱动方式

采用这种方法一是在电动机上安装光电编码器比较简单；二是把传动环中最大的一个惯量环节，工作台或刀架的移动放到整个传动闭环的外面，这样在调节上就比较方便了，使系统调试简单。

③ 闭环控制系统。闭环控制系统示意如图 1-7 所示，它是对机床的移动部件的位置直接用直线位置检测装置进行检测，再把实际测量出的位置反馈到数控装置中去，与输入指令比较是否有差值，然后用这个差值去控制移动部件，使移动部件按实际需要值去运动，从而实现准确定位。这种方法，其精度主要取决于测量装置的精度，而与传动链的精度无关，因此这种控制方式要比半闭环精度高。

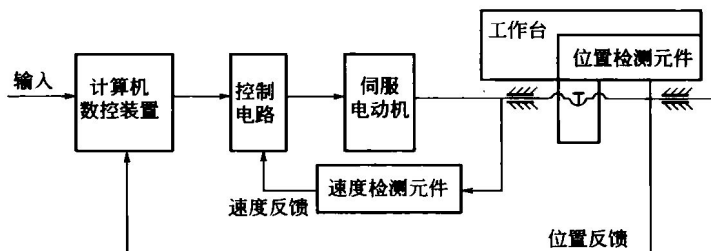


图 1-7 闭环控制驱动方式

虽然如此,闭环控制系统对机床的要求以及对机床的传动链仍然要求非常高,因为传动系统刚度不足、传动系统有间隙或机床导轨摩擦力大引起运动副爬行,这些不仅使调试困难,还会使系统出现振荡现象。

④ 混合环控制。这实际上是半闭环和闭环系统的混合形式,内环是速度环,控制进给速度。外环是位置环,主要对数控机床进给运动的坐标位置进行控制。

1.2.5 常用数控机床的种类

数控技术发展到现在,几乎所有的机床种类都向着数控化的方向发展。在机械加工中有数控车、铣、钻、磨;在塑性加工机床中有数控冲床、弯管机等;在特种加工方面则有数控电火花、线切割、激光加工机床等。

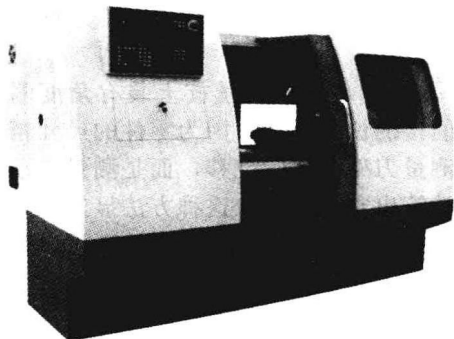


图 1-8 常用数控车床

(1) NC 车床

NC 车床是切削加工中应用最为广泛的机床之一,如图 1-8 所示的数控车床是最为常见的一种。一般用于加工出各种形状不同的轴类或盘类回转体零件,其加工零件的尺寸精度可达 IT5~IT6,表面粗糙度可达 $1.6\mu\text{m}$ 以下。

数控车床的品种繁多,规格不一,可按如下方法进行分类。

① 按车床主轴位置分类。这类数控车床可分为卧式和立式,卧式车床的主轴轴线处于水平位置,如图 1-9 所示,是应用最为广泛的数控车床。立式数控车床的主轴垂直于水平面,并有一个直径很大的圆形工作台,用来装夹零件用,如图 1-10 所示,主要用于加工径向尺寸较大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。



图 1-9 卧式数控车床

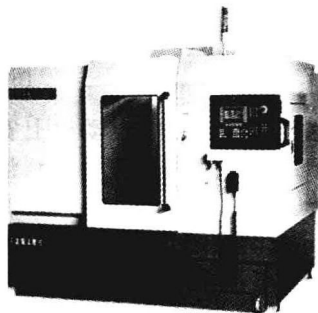


图 1-10 立式数控车床

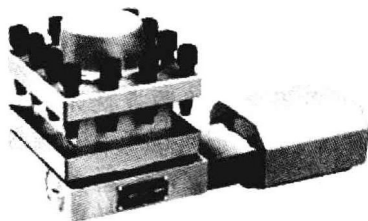
② 按刀架数量分类。这种分类可将数控车床分为单刀架和双刀架数控车床。

数控车床一般配有各式各样的单刀架,如四工位卧式自动转位刀架或多工位转塔式自动转位刀架,如图 1-11 所示。

双刀架数控车床的双刀架配置平行分布,如图 1-12 所示;也可以是相互垂直分布,如图 1-13 所示。

③ 按数控系统功能分类。这种分类方法将数控车床分为经济型数控车床、全功能型数控车床、车削中心、FMC 车床。

经济型数控车床是基于普通车床进行数控改造的产物,如图 1-14 所示;全功能型数控车床的总体结构先进,控制功能齐全,辅助功能完善,如日本 FANUC-OTE、德国 SIEMENS-810T 系统的数控车床都是全功能型的,如图 1-15 所示;车削中心是以全功能数控车



(a) 四工位卧式自动转位刀架



(b) 多工位转塔式自动转位刀架

图 1-11 数控车床单刀架的形式

床为主体，并配置有刀库、换刀装置、分度装置、铣削动力头和机械手等，能实现多工序的复合加工，如图 1-16 所示；FMC 车床实际上是一个由数控、机器人等构成的柔性加工单元，如图 1-17 所示，它能实现工件的自动搬运、装卸和加工调整准备的自动化。

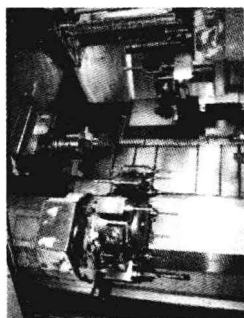


图 1-12 平行分布双刀架数控车床

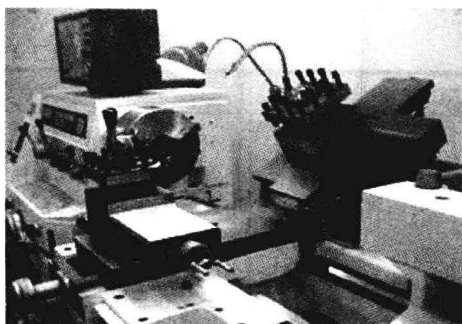


图 1-13 垂直分布双刀架数控车床

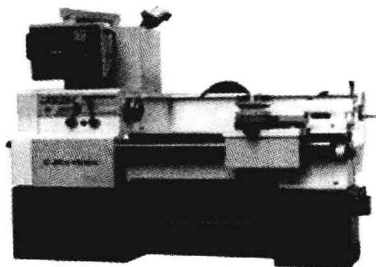


图 1-14 经济型数控车床

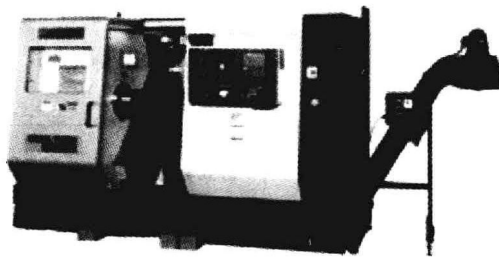


图 1-15 全功能型数控车床

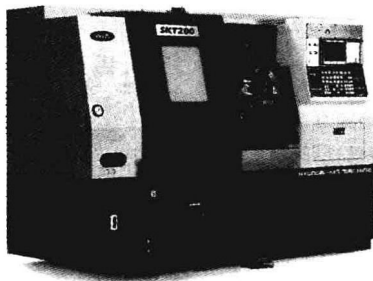


图 1-16 车削中心

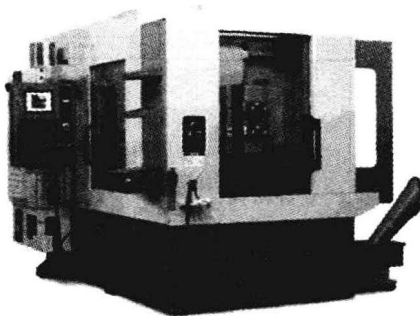


图 1-17 FMC 车床

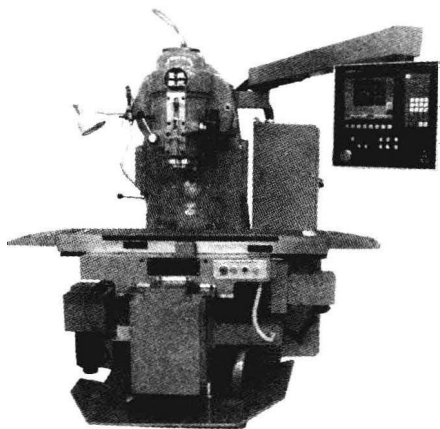


图 1-18 数控铣床

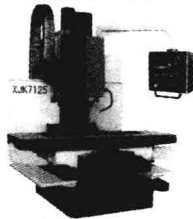
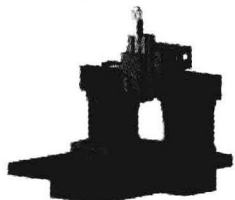
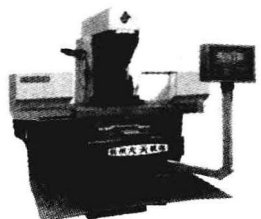
(2) 数控铣床

数控铣床如图 1-18 所示,它是一种用途广泛的机床,有立式和卧式两种。一般数控铣床是指规格较小的升降台式数控铣床,其工作台宽度在 400mm 以下。一般情况下,在数控铣床上只能用来加工平面曲线的轮廓。但对于有特殊要求的数控铣床,还可加进一个回转的 A 坐标或 C 坐标,即增加一个数控分度头或数控回转工作台,用以加工螺旋槽、叶片等立体曲面零件。

数控铣床的种类很多,一般数控铣床是指规格较小的升降台式数控铣床,其工作台宽度多在 400mm 以下。规格较大的数控铣床,例如工作台宽度在 500mm 以上的,其功能已向加工中心靠近,进而演变成柔性加工单元。数控铣床的分类

如表 1-3 所示。

表 1-3 数控铣床的分类

分类方法	种类	特点应用说明	结构图示
按主轴布置形式分类	立式数控铣床	立式数控铣床的主轴轴线垂直于水平面,是数控铣床中最常见的一种分布形式,应用范围也最为广泛。立式数控铣床中又以三坐标(X、Y、Z)联动铣床居多,其各坐标的控制方式如下 1. 工作台纵、横向移动并升降,主轴不动方式(小型数控铣床一般采用这种方式) 2. 工作台纵、横向移动,主轴升降方式(中型数控铣床一般采用这种方式) 3. 龙门架移动式,即主轴可在龙门架的横向与垂直导轨上移动,而龙门架则沿床身做纵向移动(大型数控龙门铣床采用这种方式)	
			
			
	卧式数控铣床	卧式数控铣床的主轴平行于水平面,主要用来加工箱体类零件。为扩大功能和加工范围,通常采用增加数控转盘来实现 4 轴或 5 轴加工。这样,工件在一次加工中可以通过转盘的改变工位,进行多方位加工,使配有数控转盘的卧式数控铣床在加工箱体零件和需要在一次装夹中改变工位时具有明显的优势	
	立卧两用数控铣床	立卧两用数控铣床的主轴轴线可以靠手动或自动任意变换方向(有的在工作台上增设了数控转盘,以实现对零件的“5 面加工”),这就使一台数控铣床具有立式和卧式两个功能。这类铣床适应性更强,使用范围较为广泛,其生产成本也低	