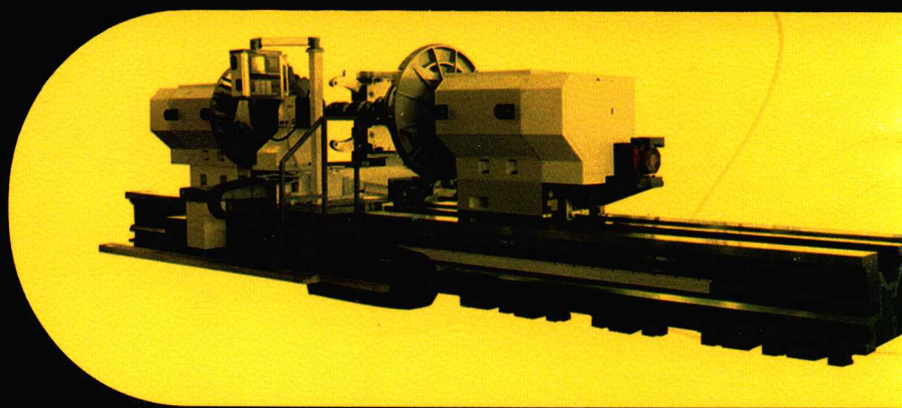


S H U K O N G J I C H U A N G W E I X I U

数控机床维修

主编 郝新成



世界图书出版公司

数控机床维修

SHU KONG JI CHUANG WEI XIU

主 编:郝新成

副主编:邓自清 王俊荣 胡敬军



中国出版集团

世界图书出版公司

西安 北京 上海 广州

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床维修 / 郝新成主编. —西安: 世界图书
出版西安有限公司, 2018.6

ISBN 978-7-5192-0039-8

I. ①数… II. ①郝… III. ①数控机床—维修②数控
机床—电气设置—安装 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第219002号

数控机床维修

主 编 郝新成

责任编辑 李志刚

出版发行 世界图书出版西安有限公司

地 址 西安市北大街85号

邮 编 710003

电 话 029—87233647 (市场营销部)

029—87234767 (总编室)

传 真 029—87279675

经 销 全国各地新华书店

印 刷 北京京华虎彩印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15

字 数 290千

版 次 2018年6月第1版 2018年6月第1次印刷

书 号 978-7-5192-0039-8

定 价 68.00元

前 言

本书是在富泰华精密电子有限公司（郑州富士康）、铸昌科技有限公司、驻马店驿城区金恒机械厂、驻马店中集华骏车辆有限公司等有关企业的帮助与指导下，结合编者多年的专业教学和企业实践经验，编写而成的一体化学习用书。

在本书的编写过程中，我们体现“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和通俗易懂”的编写原则，理论以“必须、够用”为度，着眼解决实际问题，注重理论和实践的结合，突出操作技能；积极吸收新知识、新技术、新工艺、新方法，较全面地反映行业的技术发展趋势，体现本书的先进性；打破传统的图书编写模式，树立以读者为主体的学习理念，采用了大量实物图片，用简洁清晰的文字和丰富的图表对实际数控机床维修案例进行分析、介绍，直观明了，体现了本书的易教、易学和创新性。

由于时间仓促，限于作者的水平，全书难免有错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2018年6月

项目一 识别数控机床 ·····	1
任务一 了解数控机床·····	1
任务二 了解数控机床维修的基础知识·····	20

项目二 数控机床典型机械部件装调与维修 ·····	57
任务一 进给传动机构的装调与维修·····	57
任务二 主传动系统的装调与维修·····	67
任务三 自动换刀装置的装调与维修·····	93

项目三 数控机床电气系统总体结构及电气连接 ·····	113
任务一 数控机床电气系统总体结构及电气连接·····	113
任务二 进给伺服系统的连接调试与维修·····	136
任务三 主轴伺服系统的连接调试与维修·····	150
任务四 数控机床辅助功能的装调与维修·····	163

项目四 数控机床整机装调与精度验收 ·····	183
任务一 数控机床整机装调·····	183
任务二 数控机床精度检测·····	193

项目五 数控机床常见故障的诊断和修复·····213

任务一 数控车床的维修实例·····213

任务二 数控车床伺服系统故障维修实例·····217

任务三 数控车床主轴系统故障维修实例·····223

任务四 数控车床刀架系统故障维修实例·····228

项目一

识别数控机床



任务一 了解数控机床

任务引入

在社会生产发展与科学技术日益进步的今天，人们总是在不断地探索某些先进的生产模式，以适应和满足社会对机械产品多样化的要求。伴随着电子技术、计算机技术、自动化以及精密机械与测量技术的高速发展和综合运用，产生了进行自动化加工的机电一体化新型加工装备——数控机床。

知识链接

数字控制（Numerical Control）技术，简称数控（NC）技术，是近代发展起来的用数字化信息进行控制的一种自动控制技术。其控制对象可以是各种生产过程，控制参数主要有位移、速度、温度、流量等。

采用数控技术的系统称为数控系统。根据不同的被控制对象，有各种各样的数控系统。

目前应用最广泛的是机械加工行业中各种机床数控系统。装备了数控系统的机床称为数控机床，如数控车床、数控铣床、数控加工中心、数控线切割机床等。

数字控制技术是随着数字电子技术而发展起来的。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固定的数字逻辑电路组成的专用硬件数控系统，简称NC系统。它柔性差、功能单一，且成本高，发生故障时维修工作量大，从而限制了它的推广和应用。随着微电子计算机技术的飞速发展，出现了采用计算机或微型计算机的数控系统，由硬件和软件共同完成数控任务，被称为计算机数控系统（Computer Numerical Control），简称CNC系统。它具有柔性好、功能强、可靠性高、易于实现机电一体化和性价比高等优点。现代数控系统大多采用计算机数控系统。由此可见，现代数控设备是集微电子技术、计算机技术、自

动控制技术、精密测量技术和机械传动技术于一体的高度智能化的产品。它使得传统的制造业发生了质的变化，从而实现了加工过程的自动化。

数控机床又称CNC机床，就是数字程序即电子计算机数字化信号控制的机床。它能够按照人们所给定的程序，生产加工出我们所需要产品的几何形状。

任务实施

【活动一 数控机床的组成】

一、数控机床的组成

数控机床一般由输入/输出设备、数控装置、主轴和进给伺服单元及检测装置、伺服驱动和反馈装置、辅助控制装置以及机床本体等部分组成，如图1-1所示。

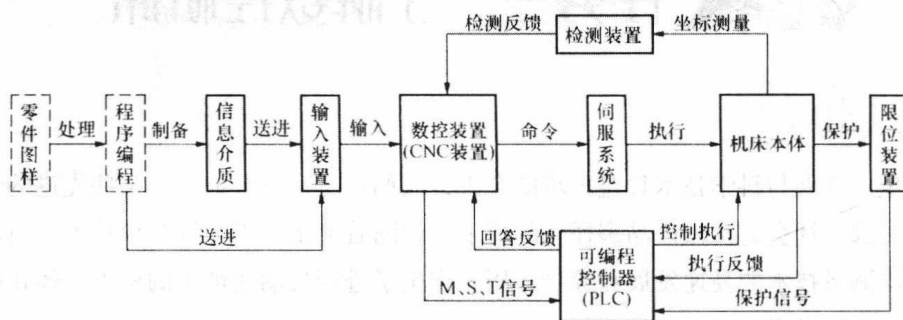


图1-1 数控机床的组成

机床本体以外的部分统称为数控系统，其中数控装置是数控系统的核心。

1. 信息输入或输出

信息输入或输出是通过输入/输出装置进行的，输入/输出装置的作用是进行数控加工或运动控制程序、加工与控制数据、机床参数以及坐标轴位置、检测开关的状态等数据的输入、输出。

2. 数控装置

数控装置是数控系统的核心，CNC数控系统原理如图1-2所示。它由输入/输出接口线路、控制器、运算器和存储器等部分组成。数控装置的作用是将输入装置输入的数据，通过内部的逻辑电路或控制软件进行编译、运算和

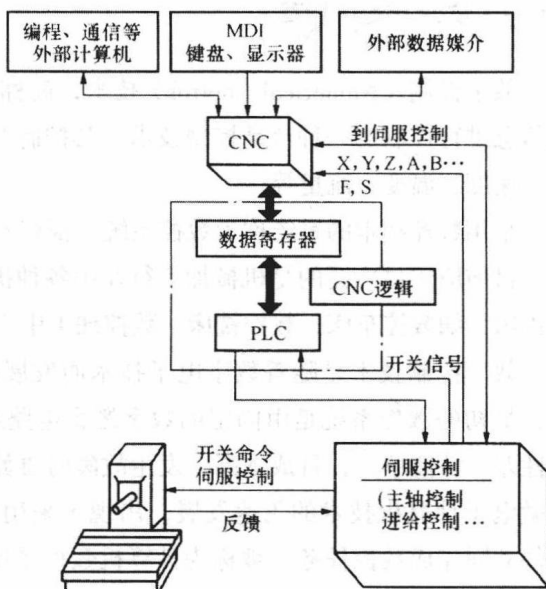


图1-2 CNC数控系统原理

处理，并输出各种信息和指令，以控制机床的各部分进行规定的动作。

3. 伺服驱动及检测装置

伺服驱动通常由伺服放大器（也称驱动器、伺服单元）和执行机构等部分组成。在数控机床上，目前一般都采用交流伺服电动机作为执行机构，在先进的高速加工机床上，已经开始使用直线电动机。检测装置是闭环（半闭环）数控机床的检测环节，其作用是通过现代化的测量元件：脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅、磁尺和激光测量仪等，将执行元件（如刀架等）或工作台等的实际位移的速度和位移量检测出来，反馈到伺服驱动装置或数控装置，并补偿进给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。

伺服系统是数控机床的驱动系统，用来实现数控机床的进给与主轴的伺服控制。

（1）进给伺服控制。进给伺服系统的组成如图1-3所示，它包括位置控制单元、速度控制单元、测量反馈单元以及执行电动机等。它能够接受来自计算机的各种指令，以此来驱动执行电动机的运行。它对数控机床的加工精度和生产效率有着直接的影响。

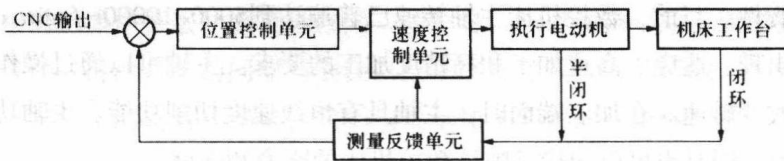


图1-3 进给伺服系统的组成

（2）主轴伺服控制。主轴伺服系统包括主轴控制单元、主轴电动机、测量反馈单元等，它是数控机床主轴运动的控制部分。

4. 机床本体

机床本体就是数控机床的机械结构件，也是由主传动系统、进给传动系统、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置、排屑、防护系统等部分组成。但为了满足数控机床的要求，充分发挥机床性能，它在总体布局、外观造型、传动系统结构、刀具系统以及操作性能方面都已发生了很大的变化。机床机械部件包括床身、箱体、立柱、导轨、工作台、主轴、进给机构、刀具交换机构等。

5. 辅助控制机构、进给传动机构

辅助控制机构、进给传动机构是介于数控装置和机床机械传动、液压传动部件之间的控制部件。其主要作用是接收数控装置输出的主轴转速、转向和开停指令，刀具选择交换，冷却、润滑装置和排屑装置的开停指令，工件和机床部件的松开、夹紧，工作台转位等辅助指令信号，以及机床上检测开关的状态等信号。经必要的编译、逻辑判断、功率放大后，直接驱动相应的执行元件，带动机床机械部件、液压、气动等辅助装置完成指令规定的动作。它通常由可编程序控制器（PLC）和强电控制回路构成，PLC在结构上可以与CNC一体化（内

置式PLC)，也可以相对独立（外置式PLC）。

二、数控机床的主要技术指标

通过了解数控机床的主要技术指标，可以使维修者在维修数控机床时更具有针对性和方向性。

1. 主要规格尺寸指标

(1) 数控车床主要指标有：床身与刀架上最大工件回转直径、最大工件车削长度、最大工件车削直径等。

(2) 数控铣床主要指标有：工作台尺寸、工作台T形槽尺寸、工作台行程范围等。其中，行程范围是指坐标轴可控的运动区间，它是直接体现机床加工能力的指标参数，一般指数控机床坐标轴X、Y、Z的行程大小构成的空间加工范围。

2. 主轴系统指标

主轴系统指标主要包括主轴转速和主轴功率。数控机床的主轴一般均采用直流或交流主轴电动机驱动，选用高速精密轴承支承，保证主轴具有较宽的调速范围和足够高的回转精度、刚度及抗震性。目前，数控机床主轴转速已普遍达到 $5000\sim 10000\text{r}/\text{min}$ ，甚至更高。特别是电主轴的出现，适应了高速加工和高精度加工的要求。主轴可以通过操作面板上的转速倍率选择开关改变转速。在加工端面时，主轴具有恒线速度切削功能。主轴功率反映了数控机床的加工能力，同时也可以间接反映该数控机床的刚度和强度。

3. 进给系统指标

进给系统指标包括进给速度范围、进给扭矩、快移速度、运动分辨率、定位精度和螺距范围等主要技术参数。

数控机床的进给速度是影响零件加工质量、生产效率以及刀具寿命的主要因素。它受数控装置的运算速度、机床运动特性及工艺系统刚度等因素的限制。目前国内数控机床的进给速度可达 $10\sim 15\text{m}/\text{min}$ ，国外较先进的数控机床进给速度为 $15\sim 30\text{m}/\text{min}$ 。进给轴扭矩反映数控机床的加工能力，同时也可以间接反映该数控机床的刚度和强度。

另外，控制轴数和联动轴数也是一项重要指标。控制轴数是指机床数控装置能够控制的进给轴数目。联动轴数是指机床数控装置控制的进给轴同时达到空间某一点的坐标数目，它反映数控机床的曲面加工能力。

4. 刀具系统指标

刀具系统指标主要指刀库容量及换刀时间，它对数控机床的生产率有直接影响。数控车床包括刀架工位、工具孔直径、刀杆尺寸、换刀时间、重复定位精度等各项内容。加工中心刀库容量是指刀库能存放加工所需要的刀具数量。目前，常见的中小型加工中心刀具数量多为 $16\sim 60$ 把，大型加工中心刀具数量达 100 把以上。换刀时间是指带有自动交换刀具系统

的数控机床，将主轴上使用的刀具与装在刀库上的下一工序需用的刀具进行交换所需要的时间。目前，国内一般可在10~20s内完成换刀。

5. 数控机床的精度指标

(1) 分辨率和脉冲当量。分辨率是指两个相邻的分散细节之间可以分辨的最小间隔。脉冲当量是指数控系统每发出一个脉冲信号，机床机械运动机构产生的一个相应的位移量。脉冲当量是设计数控机床的原始数据之一，其数值的大小决定数控机床的加工精度和表面质量。目前，普通数控机床的脉冲当量一般采用0.001mm；简易数控机床的脉冲当量一般采用0.01mm；精密或超精密数控机床的脉冲当量采用0.0001mm。

(2) 定位精度和重复定位精度。定位精度是指数控机床工作台等移动部件所达到的实际位置的精度。实际运动位置与指令位置之间的差值称为定位误差。引起定位误差的因素包括伺服系统、检测系统、进给系统的误差以及移动部件导轨的几何误差等。定位误差直接影响零件加工的尺寸精度。一般数控机床的定位精度为 $\pm 0.01\text{mm}$ 。重复定位精度是指在相同的条件下，采用相同的操作方法，重复进行同一动作时，所得到结果的一致程度。重复定位精度受伺服系统特性、进给系统的间隙与刚性以及摩擦特性等因素的影响。一般情况下，重复定位精度是呈正态分布的偶然性误差，它影响批量加工零件的一致性，是一项非常重要的性能指标。一般数控机床的重复定位精度为 $\pm 0.005\text{mm}$ 。

(3) 分度精度。是指分度工作台在分度时，理论要求回转的角度值和实际回转的角度值的差值。分度精度既影响零件加工部位在空间的角度位置，也影响孔系加工的同轴度等。

6. 数控机床的可靠性指标

数控机床的可靠性指标主要包括平均无故障时间、平均修复时间、平均有效度。

(1) 平均无故障时间。是指一台数控机床在使用中平均两次故障间隔的时间，即数控机床在寿命范围内总工作时间和总故障次数之比。

(2) 平均修复时间。是指一台数控机床从开始出现故障直到能正常工作所用的平均修复时间。考虑到实际系统出现故障总是难免的，故对于可维修的系统，总希望一旦出现故障，修复的时间越短越好。

(3) 平均有效度。正常工作时间与总时间之比称为设备的平均有效度，平均有效度反映了设备提供正常使用的能力，是衡量设备可靠性的一个重要指标。

7. 其他指标

数控机床的其他指标主要包括电气、冷却系统、外形尺寸和机床质量等。

(1) 数控机床电气包括主电动机、伺服电动机规格型号和功率等。

(2) 数控机床冷却系统包括冷却箱容量、冷却泵输出量等。

(3) 数控机床外形尺寸表示为长 \times 宽 \times 高。



(4) 数控机床重量为机床的质量。

三、数控机床的特点

1. 数控机床的应用特点

与传统的机床相比，数控机床应用特点如下。

(1) 具有较高的柔性。这是数控机床最大的一个特点。它适用于零件频繁更换、单件和小批量生产以及新产品的开发，因为它与普通机床不同，只需改变零件程序即可适应不同品种的零件加工，不必制造和更换许多专用工装夹具，节省了大量工艺装备的费用；因加工柔性好，不需要经常地重新调整机床，更有利于缩短产品的研制与生产周期，适应多品种、中小批量的现代生产需要。

(2) 具有复杂形状加工能力。复杂形状零件在飞机、汽车、造船、模具、动力设备和国防军工等制造部门具有重要地位，其加工质量直接影响整机产品的性能。数控加工运动的任意可控性使其能完成普通加工方法难以完成或者无法进行的复杂型面加工。

(3) 具有高精度。数控加工是用数字程序控制实现自动加工，机床的传动系统与机床结构都有很高的刚度和热稳定性，在加工过程中排除了人为误差因素，且加工误差还可以由数控系统通过软件技术进行补偿校正。数控机床的加工精度一般可达 $0.005\sim 0.1\text{mm}$ 。它还可以避免加工技术工人的操作误差，并且使同一批加工零件的各尺寸具有特别好的同一性，因此，采用数控加工可以提高零件加工精度和产品加工质量。

(4) 具有较高的自动化程度，能减轻劳动强度。数控机床调整好之后，除了用工装夹毛坯外，加工是按事先编好的程序自动完成的，操作者不需要进行繁重的重复手工操作，劳动强度和紧张程度大为改善，劳动条件也相应得到改善。

(5) 有较高的生产效率。由于数控机床具有良好的刚性，可进行强力切削、快速空行程进给以及高速切削加工，有效地减少零件的加工时间和辅助时间，一般可提高生产率 $2\sim 3$ 倍；另外还能进行多道工序的加工，减少了半成品的工序间周转的时间，在加工复杂零件时生产率可提高十几倍甚至几十倍；特别是五面体加工中心和柔性制造单元等设备，零件一次装夹后能完成几乎所有表面的加工，不仅可消除多次装夹引起的定位误差，还可大大减少加工辅助操作，使加工效率进一步提高。

(6) 有利于管理。数控加工技术的应用，使机械加工的大量前期准备工作与机械加工过程联为一体，使零件的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺规划(CAPP)和计算机辅助制造(CAM)的一体化成为现实，可预先精确估计出加工生产的时间，因而能对使用的刀具、夹具进行规范化、现代化、科学化的管理。

2. 数控机床的机械结构特点

数控机床的机械结构特点如下。

(1) 因数控机床大多采用了高性能的主轴部件与进给伺服驱动系统, 其机械传动结构大大简化, 传动链较短。

(2) 数控机床的机械结构具有较高的动态刚度、阻尼精度以及耐磨性, 热变形也小。这就保证了数控机床能够连续地自动加工。

(3) 数控机床更多地采用了如滚珠丝杠副、直线滚动导轨等高效、高精度的传动部件。

3. 数控机床的加工适应特点

数控机床在加工以下零件时更能显示出其独特的优越性。

(1) 批量小而且又多次生产的零件。

(2) 需要进行多种加工的零件。

(3) 切削加工余量较大的零件。

(4) 几何形状较为复杂的零件。

(5) 工艺设计线路经常变化的零件。

(6) 公差要求相当严格的零件。

(7) 需要对各部分尺寸和技术要求全部检测的零件。

(8) 较为贵重的零件。

【活动二 数控机床的分类】

数控机床经历了几十年的发展变化, 已经在各个工业中得到了广泛的应用。目前, 数控机床的品种齐全, 规格与型号繁多, 其功能和结构也各具独特, 可以从不同的角度和按照多种原则进行分类。

一、按工艺用途分类

按工艺用途分类, 包括三类机床: 金属切削类机床、金属成形类机床、特种加工机床与其他类机床。

1. 金属切削类机床

金属切削类机床品种与普通的机床一样。属于这类机床的有: 数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗床以及数控加工中心等。

2. 金属成形类机床

金属成形类机床起步较晚, 但目前发展的速度很快。它包括: 数控折弯机、数控弯管机、数控组合冲床、数控回转头压力机等。

3. 特种加工机床与其他类机床

特种加工机床包括: 数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床、数控火焰切割机床。

其他类型如数控三坐标测量机等。



二、按功能水平分类

按功能水平分类，可将数控机床分为低、中、高档三类。其水平的高低由主要技术参数、功能指标和关键部件的功能水平来决定。

1. 低档类数控机床

低档类数控机床又称为经济型机床。其特点是根据实际使用要求，合理地简化了系统，以降低产品的价格。它主要用于车床、铣床、线切割机床以及其他旧机床的数控化改造。

图1-4所示为改造式经济型数控车床。

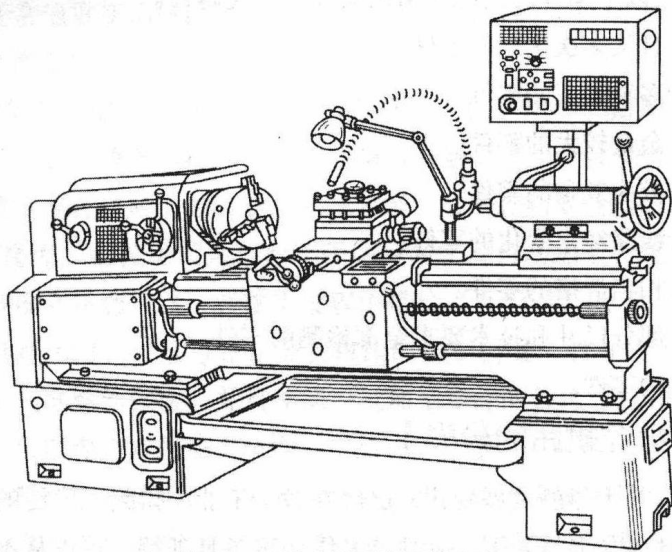


图1-4 改造式经济型数控车床

低档类数控机床的技术指标通常为：脉冲当量是 $0.01 \sim 0.05\text{mm}$ ，快进速度为 $4 \sim 10\text{mm}/\text{min}$ ，开环步进电动机驱动，用数码管或简单CRT显示，主CPU一般为8位或16位。

2. 中档类数控机床

中档类数控机床的技术指标通常为：脉冲当量为 $0.005 \sim 0.01\text{mm}$ ，进给速度为 $15 \sim 24\text{m}/\text{min}$ ，最多联动轴数为3~5轴，并有较为齐全的CRT显示。不仅有字符，而且还有图形、人机对话、自诊断等功能，另外还有RS232或DNC接口，主CPU一般为16位或32位。

3. 高档类数控机床

高档类数控机床的技术指标通常为：脉冲当量为 $0.001 \sim 0.01\text{mm}$ ，进给速度为 $15 \sim 100\text{m}/\text{min}$ ，可控联动轴数达5轴以上，伺服系统为闭环直流或交流伺服系统，CRT显示不仅非常完善，而且具有三维图形显示等功能，具有MAP等高性能通信接口，具有联网功能，主CPU一般为32位或64位。

三、按机械运动的轨迹分类

按机械运动的轨迹分类，就是按照数控机床的数控系统的控制方式来分类的，它包括以下三类。

1. 点位控制系统

点位控制系统只要求精确的点位坐标值，对于控制的行走线路即对其点到点之间的运动轨迹则不作要求，但系统为了保证定位的准确性，对其速度的变化规律则要求非常严格，因为只有这样，才可能在低速状态下比较准确地定位。

如图1-5所示，是点位控制示意图。

属于点位控制机床的有：数控钻床、数控冲床、数控坐标镗床、数控测量机等。

2. 直线控制系统

在同一时间内，直线控制系统一般只能控制一个坐标移动，它不仅要求精确地定位，而且还要求能控制位移的速度，如图1-6所示。

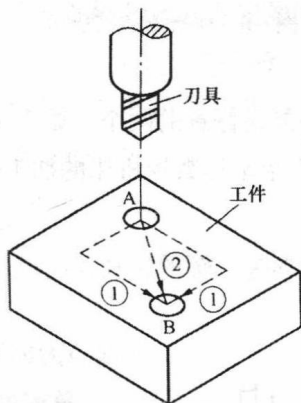


图1-5 点位控制示意图

- ①—沿直角坐标轴方向分两步到达目标点；
- ②—沿直角坐标的斜线方向直接到达目标点

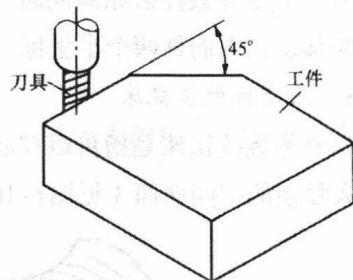


图1-6 直线控制示意图

属于直线控制的数控机床有：数控车床、数控铣床、数控磨床等。

3. 连续控制系统

连续控制系统主要用于两轴或者两轴以上的数控机床，使其加工出平面曲线或者是立体曲线来，它不仅要求控制速度，还要求控制运动轨迹和控制坐标（见图1-7）。

属于连续控制的数控机床有：数控车床、数控铣床、数控凸轮磨床、数控齿轮加工机床以及数控电火花线切割机床等。



四、按控制的坐标轴数分类

在编写零件的加工程序时，我们首先要设定坐标系，以确定零件在机床中的位置。直白地讲就是数控机床在加工零件时，常常要控制两个或两个以上的坐标轴方向的运动。它分为以下几种。

1. 两坐标数控机床

两坐标数控机床是指可以控制X和Z或者是X和Y两个坐标轴，以加工曲线轮廓零件的机床，如图1-8所示。

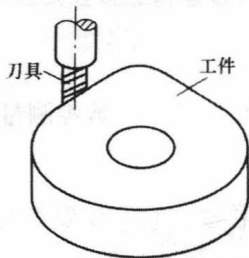


图1-7 连续控制示意图

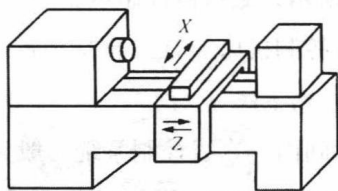


图1-8 两坐标数控机床

2. 两个半坐标数控机床

两个半坐标数控机床能同时进行联动控制的坐标只能是任意的两个，第三个仅能作等距的周期移动，因而称两个半坐标。如图1-9所示，是两个半坐标数控机床的加工示意图。

3. 三坐标数控机床

三坐标数控机床是指可以控制和联动控制的坐标轴均为三轴的轮廓控制机床。它可以加工不太复杂的空间曲面（见图1-10）。

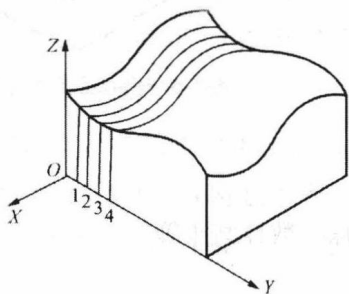


图1-9 两个半坐标数控机床加工曲面

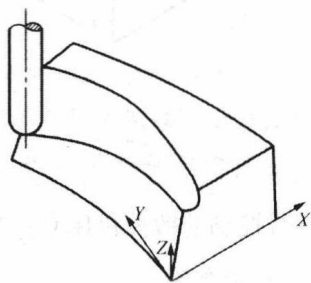


图1-10 三坐标数控机床加工曲面

4. 多坐标数控机床

多坐标数控机床的联动坐标轴为四轴或四轴以上，其控制精度高，适合于加工形状特别复杂的零件（见图1-11）。

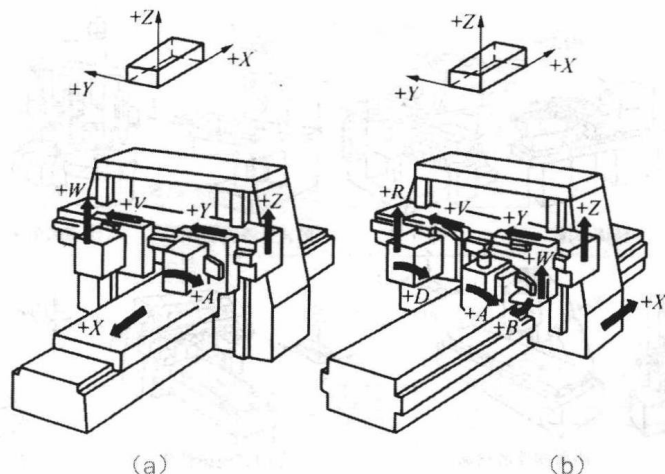


图1-11多坐标数控机床

(a) 龙门式轮廓铣床；(b) 龙门式移动轮廓铣床

各种机床的坐标轴和运动方向如图1-12所示。

五、按伺服系统的类别分类

数控机床按伺服系统的类别分类，实际上是根据其不同的控制方式，即机床有无检测反馈元件以及检测装置分类。

1. 开环伺服数控机床

开环伺服数控机床没有检测反馈装置，如图1-13所示，它适用于精度和速度要求均不高的场合。

这类机床的优点如下。

- (1) 结构简单。
- (2) 成本较低。
- (3) 工作比较稳定。
- (4) 调试使用方便。

2. 闭环伺服数控机床

闭环伺服数控机床是在其运动部件上安装了位移测量装置，如图1-14所示。它主要由位置比较环节、速度控制环节、伺服驱动放大器、进给伺服电动机和位置测量装置所组成。

闭环伺服系统主要用于一些精度要求较高且速度要求也高的精密大型数控机床，如数控镗床、超精车床、超精磨床等。

3. 半闭环伺服控制数控机床

大多数数控机床都采用半闭环伺服系统，它的控制检测元件安装在电动机或丝杠的端头，如图1-15所示。