



工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目

职业教育机电类“十二五”规划教材

数控机床电气控制

韩志国 王同庆 主编

周树清 田涛 副主编

刘万菊 主审

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目

职业教育机电类“十二五”规划教材

数控机床电气控制

韩志国 王同庆 主编

周树清 田涛 副主编

刘万菊 主审

人民邮电出版社
北京

数控机床电气控制 / 韩志国, 王同庆主编. — 北京:
人民邮电出版社, 2013.9
职业教育机电类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-115-32399-6

I. ①数… II. ①韩… ②王… III. ①数控机床—电
气控制—职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第169046号

内 容 提 要

本书结合数控机床的生产管理、维修维护、改造等方面的生产实践编写,共设计7个教学模块,归纳和拓展了数控系统、数控机床常见低压电器、进给运动的控制、主轴的控制、可编程机床控制器(PLC)的知识,重点介绍了数控机床中常用的电器的知识和电机的知识。

本书适合作为高职高专数控设备应用与维护、数控技术、机电一体化及机电类相关专业的教材,也适合作为数控设备维修人员自学的参考书。

编 者 王同庆 韩志国

副主编 黄田 郭树国

审 定 梁永波

-
- ◆ 主 编 韩志国 王同庆
 - 副 主 编 周树清 田 涛
 - 主 审 刘万菊
 - 责任编辑 李育民
 - 责任印制 杨林杰
 - ◆ 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京天字星印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13.75
字数: 321千字

2013年9月第1版

2013年9月北京第1次印刷

定价: 34.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154



数控机床电气控制是数控设备应用与维护专业必修的核心课程。本书依照数控设备应用与维护等专业人才培养方案涉及的相关专业培养目标对数控机床安装和调试能力的要求,以及数控机床装调维修工证书的能力要求,遵循国家职业标准和职业技能鉴定规范编写而成,目的是使职业技能型专业人才能够具备数控机床故障诊断能力和维修能力。

全书分为7个职业能力训练模块,主要内容包括数控机床系统的结构和组成、数控机床电气控制基础、数控机床进给运动的控制、数控机床主轴的控制、通用PLC指令、可编程序控制器程序和数控系统PMC程序。在每个职业能力训练模块中,首先介绍完成要求所需的必备条件,然后介绍相关知识。每个模块都进行详细的知识点介绍,以培养学生的数控机床安装和调试能力,培养学生分析实际问题和解决实际问题的综合能力。

本书的编写充分结合我院数控设备应用与维护专业现有实验设备,并紧密联系数控机床装调维修工国家职业资格证书所涵盖的内容,学生完成学习后,即可考取中级职业资格证书。该课程也是我院骨干校重点建设专业的核心课程,教材的编写为课程改革建设提供保障。

本课程建议学时为72~90学时。

本书由韩志国、王同庆任主编并负责总体组织策划,周树清、田涛任副主编,商丹丹、赵宏安参编,刘万菊主审。具体分工如下:韩志国编写模块六、模块七,王同庆编写模块二、模块四,周树清编写模块一,田涛编写模块五,商丹丹编写模块三,赵宏安在编写过程中提供素材,参与编写模块七的部分内容。

书中部分内容的编写参照了有关文献,恕不一一列举,谨对书后所有参考文献的作者表示感谢。在编写过程中,编者得到各方同仁的大力支持和帮助,他们对许多关键问题提出了宝贵意见,在此一并表示感谢!书中疏漏和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2013年6月



模块一 数控系统的结构及组成1	任务七 了解数控加工工艺系统的组成 14
任务一 了解数控机床的基本知识1	任务八 熟悉数控系统的分类 15
一、数控技术的基本概念.....1	一、按数控装置类型分类..... 15
二、数控机床的产生.....1	二、按控制方式分类..... 15
三、数控机床的发展趋势.....2	三、按照功能水平分类..... 17
四、数控机床的加工过程.....2	任务九 了解常见的典型数控系统
任务二 掌握数控机床的基本结构及组成 ...2	及其产品 17
一、数控机床的基本结构.....2	一、日本 FANUC 数控系统..... 17
二、数控机床的组成.....3	二、德国 SIEMENS 公司的 CNC 产品..... 18
任务三 了解数控机床的分类方法4	三、西班牙 FAGOR 公司的 CNC 产品..... 22
一、按工业用途分类.....4	四、国产华中数控系统..... 23
二、按运动方式分类.....6	习题 26
三、按工艺用途分类.....7	模块二 数控机床电气控制基础 27
四、按功能水平的高低分类.....7	任务一 掌握常用机床电器的基础知识 27
五、按伺服系统分类.....7	一、电器的定义..... 27
任务四 认识伺服系统8	二、电器的分类..... 28
任务五 了解数控机床的坐标系9	三、机床电器的主要性能参数..... 28
一、机床原点与机床坐标系.....9	任务二 熟悉常见的数控机床控制电器 29
二、工件原点与工件坐标系.....10	一、刀开关..... 29
任务六 熟悉并掌握数控系统的	二、转换开关..... 30
组成和功能10	三、万能转换开关..... 31
一、数控系统的总体结构.....10	四、低压断路器..... 32
二、数控系统的组成及功能.....11	五、接触器..... 35
三、数控系统设备及装置介绍.....12	六、继电器..... 37

七、主令电器	41	二、脉冲编码器	88
八、熔断器	43	三、绝对式编码器	89
九、热继电器	45	四、光栅	90
十、控制变压器	46	五、磁栅	93
十一、直流稳压电源	47	任务四 掌握直流电动机伺服系统	94
十二、导线和电缆	47	一、直流伺服电动机的结构和工作原理	95
任务三 绘制机床电气原理图	48	二、直流伺服进给驱动控制基础	97
一、电路图	48	三、直流伺服电动机的特点	98
二、电气控制线路图	49	任务五 掌握交流伺服进给电动机	99
任务四 掌握数控机床电气控制的		习题	101
逻辑表示	51	模块四 数控机床主轴的控制	103
一、逻辑表示方法	51	任务一 了解数控机床对主轴的要求	103
二、逻辑运算法则	51	任务二 掌握主轴变速方式	104
任务五 掌握组成电气控制线路的		任务三 掌握交流主轴电动机	
基本环节	52	及其驱动控制	110
一、正转、点动及两地控制	52	一、交流主轴电动机	110
二、正反转控制	55	二、交流主轴驱动控制	111
三、顺序控制及时间控制	57	任务四 掌握主轴准停控制	117
任务六 分析典型电气控制线路	60	一、概述	117
一、C650 卧式车床的电气控制	60	二、机械准停控制	118
二、X62W 卧式万能铣床电气控制	63	三、电气准停控制	118
任务七 掌握简单的控制线路分析		任务五 了解主轴进给功能	120
及故障处理	68	习题	120
习题	70	模块五 通用 PLC 指令	122
模块三 数控机床的进给运动的控制	71	任务一 掌握位操作指令	124
任务一 了解数控机床的进给运动	71	一、位操作指令	124
一、数控机床伺服系统的概念及组成	71	二、定时器指令	128
二、伺服系统应具有的基本性能	72	三、计数器指令	132
三、伺服系统的分类	74	四、比较指令	133
任务二 掌握步进电动机及其驱动控制	77	任务二 熟悉运算指令	134
一、步进电动机的基本类型	78	一、算术运算指令	134
二、步进电动机的工作原理	78	二、逻辑运算指令	137
三、步进电动机的控制方法	80	三、递增、递减指令	138
任务三 了解数控机床的位置检测装置	83	任务三 理解数据处理指令	138
一、感应同步器	84	一、数据传送指令	138

二、移位指令	139	六、输入/输出信号 (X 信号和 Y 信号)	175
习题	141	七、G 信号和 F 信号	176
模块六 可编程序控制器程序	143	任务二 PMC 数据备份与恢复	176
任务一 掌握编程原则	143	一、了解数据知识	176
任务二 掌握基本电路	144	二、利用 RS-232 接口进行 PMC 备份和恢复	178
一、启动和复位电路	144	三、利用存储卡接口进行 PMC 备份和恢复	184
二、沿触发电路	145	四、利用以太网接口进行 PMC 备份和恢复	186
三、延时电路	145	任务三 机床安全保护功能编程	189
四、长时间延时电路	147	一、急停控制	189
五、顺序延时接通电路	149	二、复位功能编程	191
六、顺序循环执行电路	150	三、行程限位功能编程	192
七、优先电路	152	四、垂直轴的制动程序	194
任务三 编写 S7-200 实例程序	152	五、PMC 编辑功能的开通	194
习题	168	任务四 机床工作方式功能编程	201
模块七 数控系统 PMC 程序	169	一、系统标准面板	201
任务一 了解 FANUC Oi 系列数控系统 PMC 地址	169	二、设计现场设备实验工作方式 PMC 程序	207
一、地址定义	169	习题	210
二、绝对地址与符号地址	170	参考文献	212
三、G、F 信号名称定义说明	170		
四、PMC、CNC、MT 之间的关系	171		
五、R、T、C、K、D 和 A 信号	172		

模块一

| 数控系统的结构及组成 |

任务一

了解数控机床的基本知识

| 一、数控技术的基本概念 |

(1) 数字控制：简称 NC (Numerical Control)，是采用数字化信息实现加工自动化的控制技术。用数字化信号对机床的运动及加工过程进行控制的机床称作数控机床。

(2) NC 机床：早期的数控机床的 NC 装置是由各种逻辑元件、记忆元件组成随机逻辑电路，由硬件来实现数控功能的，称作硬件数控，用这种技术实现的数控机床称作 NC 机床。

(3) CNC 机床：现代数控系统采用微处理器或专用微机的数控 (Computer Numerical Control) 系统，用事先存放在存储器里的系统程序 (软件) 来实现逻辑控制，实现部分或全部数控功能，并通过接口与外围设备连接，这样的机床称作 CNC 机床。

| 二、数控机床的产生 |

随着科学技术的发展，机械产品的结构越来越合理，它们的性能、精度和效率日趋提高，更新换代频繁，生产类型从大批大量生产向多品种小批量生产转化。因此，对机械产品的加工相应提出了高精度、高柔性 with 高自动化的要求。数字控制机床就是为了解决单件、小批量，特别是复杂型面零件加工的自动化并保证质量要求而产生的。第一台数控机床是 1952 年美国 PARSONS 公司与麻省理工学院 (MIT) 合作研制的三坐标数控铣床，它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、

精密检测与新型机械结构等多方面的技术成果,可用于加工复杂曲面零件。

数控机床的发展先后经历了电子管(1952年)、晶体管(1959年)、小规模集成电路(1965年)、大规模集成电路及小型计算机(1970年)和微处理机或微型计算机(1974年)等5代数控系统。

三、数控机床的发展趋势

(1) 高速化。采用高速的32位以上的微处理器,可提高数控系统的分辨率并实现连续程序段的高速、高精加工。日本产的FANUC15系统开发出的64位CPU系统,能达到最小移动单位 $0.1\mu\text{m}$ 时,最大进给速度为 $100\text{m}/\text{min}$ 。

(2) 多功能化。过去的普通机床,大多只能完成某些单独的加工工艺过程,数控机床则可以完成一些复合的加工工艺,而不需要改变机床的结构。

(3) 智能化。引进了自适应控制技术。自适应控制(Adaptive Control, AC)技术是能调节在加工过程中所测得的工作状态特性,且能使切削过程达到并维持最佳状态的技术。

(4) 高精度化。通过减少数控系统误差、采用补偿技术可提高数控机床的加工精度。

(5) 高可靠性。通过提高数控系统的硬件质量,采用模块化、标准化和通用化来提高其可靠性。

四、数控机床的加工过程

数控机床加工工件的基本过程即从零件图到加工好零件的整个过程。数控技术的创立,给机械制造业带来了革命性的变化。现在数控技术已成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术,现代的CAD/CAM、FMS和CIMS、AM和IM等,都是建立在数控技术之上的。数控技术是提高产品质量,提高劳动生产率必不可少的物质手段;是国家战略技术和国家综合国力水平的重要标志。专家们预言:21世纪机械制造业的竞争,实质是数控技术的竞争。图1.1所示为数控机床加工过程示意图。

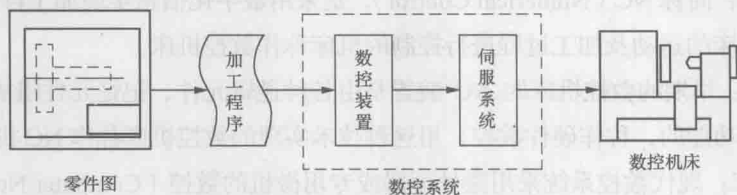


图1.1 数控机床的加工过程

任务二

掌握数控机床的基本结构及组成

一、数控机床的基本结构

数控机床一般由输入装置、数控系统、伺服系统、测量环节和机床本体(组成机床本体的各机

械部件)组成,如图 1.2 所示。

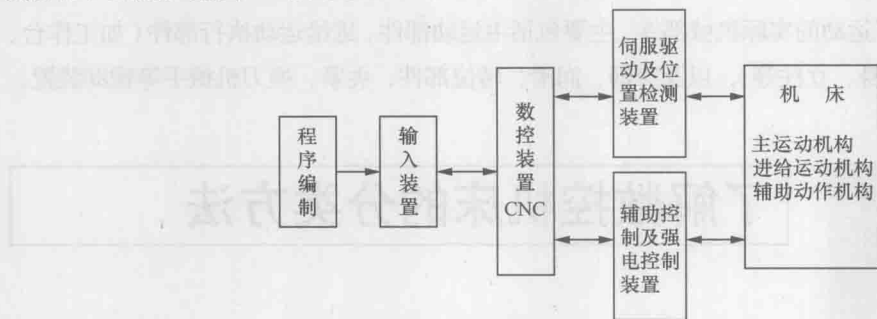


图1.2 数控机床的基本结构图

二、数控机床的组成

数控机床一般由输入装置、数控系统、伺服系统、测量环节和机床本体(组成机床本体的各机械部件)组成。

(1) 程序的存储介质。人与数控机床之间建立某种联系的中间媒介物就是控制介质,又称为信息载体。常用的控制介质有穿孔带、穿孔卡、磁盘和磁带。

(2) 输入输出装置(操作面板)。它是操作人员与数控装置进行信息交流的工具,通常包含按钮站、状态灯、按键阵列、显示器等。

(3) 人机交互设备。数控机床在加工运行时,通常都需要操作人员对数控系统进行状态干预,对输入的加工程序进行编辑、修改和调试,同时对数控机床运行状态进行显示等,这就要求数控机床具有人机联系的功能。具有人机联系功能的设备统称为人机交互设备。常用的人机交互设备有键盘、显示器、光电阅读机等。

(4) 通信。现代的数控系统除采用输入输出设备进行信息交换外,一般还具有用通信方式进行信息交换的能力。它们是实现 CAD/CAM 的集成、FMS 和 CIMS 的基本技术。通信采用的方式有以下 3 种。

- ① 串行通信(RS-232、RS-485 等串口);
- ② 自动控制专用接口和规范(DNC 方式、MAP 协议等);
- ③ 网络技术(Internet、LAN 等)。

DNC 是 Direct Numerical Control 或 Distributed Numerical Control 的缩写,意为直接数字控制或分布数字控制。

(5) 数控装置是数控机床的核心,它接收脉冲信号,经过译码、运算和逻辑处理后,将指令信息输出给伺服系统,使设备按规定的动作运行。

(6) 伺服装置是数控机床执行机构的驱动部件,作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成机床执行部件的运动。

(7) 检测反馈装置的作用是对机床的实际运动速度、方向、位移量以及加工状态加以检测并将

结果反馈给数控装置,计算出与指令位移之间的偏差并发出纠正误差指令。

(8) 机床主体是加工运动的实际机械部件,主要包括主运动部件、进给运动执行部件(如工作台、刀架)、支承部件(如床身、立柱等),以及冷却、润滑、转位部件,夹紧、换刀机械手等辅助装置。

任务三

了解数控机床的分类方法

一、按工业用途分类

数控机床按工业用途可分为如下 17 类。

(1) 数控车床(NC Lathe)。用于加工各种轴类、套筒类和盘类零件上的回转表面,如内外圆柱面、圆锥面、成型回转表面及螺纹面等。

(2) 数控铣床(NC Milling Machine)。适合于各种箱体类和板类零件的加工,除对工件进行型面的铣削加工外,也可以对工件进行钻、扩、铰、镗、以及攻螺纹等加工。

(3) 数控钻床(NC Drilling Machine)。数控钻床主要用于钻孔、扩孔、铰孔、攻丝等。在汽车、机车、造船、航空航天、工程机械等行业有广泛应用。在超长型叠板、纵梁、结构钢、管型件等多孔系的各类大型零件的钻孔加工中有出色表现。

(4) 数控镗床(NC Boring Machine)。这是用镗刀对工件已有的预制孔进行镗削的机床。通常,镗刀旋转为主运动,镗刀或工件的移动为进给运动。它主要用于加工高精度孔或一次定位完成多个孔的精加工,此外还可以从事与孔精加工有关的其他加工面的加工。使用不同的刀具和附件还可进行钻削、铣削,它的加工精度和表面质量要高于钻床。镗床是大型箱体零件加工的主要设备。

(5) 数控齿轮加工机床(NC Gearing Holding Machine)。数控齿轮加工机床是用数字控制技术加工各种圆柱齿轮、锥齿轮和其他带齿零件齿部的机床。

(6) 数控平面磨床(NC Surface Grinding Machine)。平面磨床主要是用砂轮周边磨削,加工大型短宽工件的平面。磨削时工件可直接固定在工作台面上或电磁吸盘上。

(7) 数控外圆磨床(NC External Cylindrical Grinding Machine)。数控外圆磨床是按加工要求预先编制程序,由控制系统发出指令进行加工,主要用于磨削圆柱形和圆锥形的外表面。

(8) 数控轮廓磨床(NC Contour Grinding Machine)。轮廓控制数控机床能够对两个或两个以上运动的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的平面或空间的运动轨迹能满足零件轮廓的要求。它不仅能控制机床移动部件的起点与终点坐标,而且能控制整个加工轮廓每一点的速度和位移,将工件加工成要求的轮廓形状。数控轮廓磨床就是典型的轮廓控制数控机床。

(9) 数控工具磨床(NC Tool Grinding Machine)。数控工具磨床用来加工立铣刀、球头铣刀、

阶梯钻、铰刀、成形铣刀、深孔钻、三角凿刀和牛头刨刀具等，能刃磨金属切削刀具的刃口和沟槽及一般中、小型零件的外圆、平面和复杂形面，最大磨削工件直径为 250mm。

(10) 数控坐标磨床 (NC Jig Grinding Machine)。数控坐标磨床是具有最高磨削性能的精密万能外圆磨床，可以利用直线和圆弧逼近的方法，对淬火后的、具有任意曲线的平面图形的样板、模具型腔和冲头等零件进行加工。

(11) 数控电火花加工机床 (NC Dielectric Electric Discharge Machine)。数控电火花加工机床是采用电火花原理进行数控加工的机床。电火花加工的原理是在极短的时间内击穿工作介质，在工具电极和工件之间进行脉冲性火花放电，通过热能熔化、汽化工具材料来去除工件上多余的金属。电火花加工是在液体介质中进行的，机床的自动进给调节装置使工件和工具电极之间保持适当的放电间隙，当在工具电极和工件之间施加很强的脉冲电压（达到间隙中介质的击穿电压）时，会击穿介质绝缘强度的最低处，由于放电区域很小、放电时间极短，所以，能量高度集中，使放电区的温度瞬时高达 $10000^{\circ}\text{C} \sim 12000^{\circ}\text{C}$ ，工件表面和工具电极表面的金属被局部熔化，甚至汽化蒸发。局部熔化和汽化的金属在爆炸力的作用下被抛入工作液中，并被冷却为金属小颗粒，然后被工作液迅速冲离工作区，从而使工件表面形成一个微小的凹坑。一次放电后，介质的绝缘强度恢复，等待下一次放电。如此反复使工件表面不断被蚀除，并在工件上复制出工具电极的形状，从而达到成型加工的目的。

(12) 数控线切割机床 (NC Wire Discharge Machine)。它的基本工作原理是用连续移动的细金属丝（称为电极丝）作电极，对工件进行脉冲火花放电，蚀除金属、切割成型。

(13) 数控激光加工机床 (NC Laser Beam Machine)。数控激光加工机床是激光束高亮度（高功率）、高方向性特性的一种技术应用。其基本原理是把具有足够功率（或能量）的激光束聚焦（焦点光斑直径可小于 0.01mm ）后，照射到材料适当的部位，材料接受激光照射能量后，在 $10 \sim 11\text{s}$ 内便开始将光能转变为热能，被照部位迅速升温。根据不同的光照参量，材料可以发生汽化、熔化、金相组织变化以及产生相当大的热应力，从而达到工件材料被去除、连接、改性和分离等加工的目的。

(14) 数控冲床 (NC Punching Press)。数控冲床是数字控制冲床的简称，是一种装有程序控制系统的自动化机床。该控制系统能够逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序，并将其译码，从而使冲床动作并加工零件。

(15) 加工中心 (Machine Center)。它是把铣削、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等功能集中在一台设备上，工件一次装夹后能完成较多的加工步骤的数控机床。由于加工中心配有刀塔和自动换刀控制系统，所以，它的加工效率和加工精度都很高。

(16) 数控超声波加工机床 (NC Ultrasonic Machine)。它是利用超声波技术与数字化控制相结合的数控加工机床。如数控超声波清洗器，可用于工矿企业、大专院校、科研单位的高精度的清洗、脱气、消泡、乳化、混匀、置换、提取、粉料粉碎及细胞粉碎等。

(17) 三坐标测量机 (Coordinate Measuring Machine, CMM) 是指在一个六面体的空间范围内，能够表现几何形状、长度及圆周分度等测量能力的仪器，又称为三坐标测量仪或三次元。

二、按运动方式分类

数控机床按运动方式可分为点位控制系统、直线控制系统和连续轮廓控制系统。

(1) 点位控制 (Positioning Control) 系统。只控制刀具从一点到另一点的位置, 而不控制移动速度和轨迹, 在移动过程中刀具不进行切削加工。点与点之间的移动轨迹、速度和路线决定了生产率的高低。为了提高加工效率, 保证定位精度, 系统采用“快速趋近, 减速定位”的方法实现控制。常见的有数控钻床、数控测量机等。图 1.3 所示为点位加工示意图。三种加工走刀路线如图 1.4 所示。

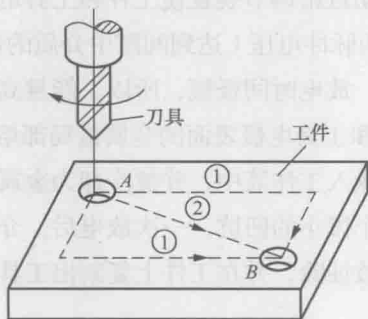


图1.3 点位加工示意图

刀具的三种路线图

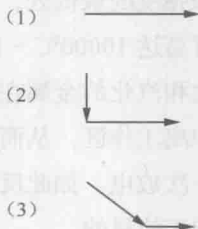


图1.4 加工走刀路线图

(2) 直线控制 (Straight-line Control) 系统。控制刀具或机床工作台以给定的速度, 沿平行于某一坐标轴的方向, 由一个位置到另一个位置精确移动, 并且在移动过程中进行直线切削加工。直线控制系统不仅要求具有准确的定位功能, 而且要控制两点之间刀具移动的轨迹是一条直线, 且在移动过程中刀具能以给定的进给速度进行切削加工。直线控制系统的刀具运动轨迹一般是平行于各坐标轴的直线; 特殊情况下, 如果同时驱动两套运动部件, 其合成运动的轨迹是与坐标轴成一定夹角的斜线。常见的有数控车床、数控镗床等。图 1.5 所示为直线控制系统的加工路线图。

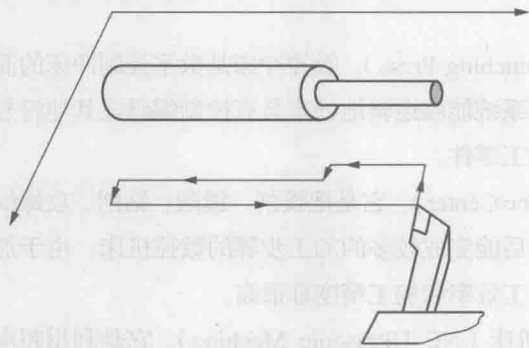


图1.5 直线控制系统的加工路线图

(3) 连续轮廓控制数控机床。轮廓控制系统能同时控制两个或两个以上的坐标轴, 需要进行复杂的插补运算, 即根据给定的运动代码指令和进给速度, 计算出相对工件的运动轨迹, 实现连续控制。这类数控机床有数控车床、数控铣床、数控线切割机床、数控加工中心等。图 1.6 所示

为数控线切割机床加工示意图。

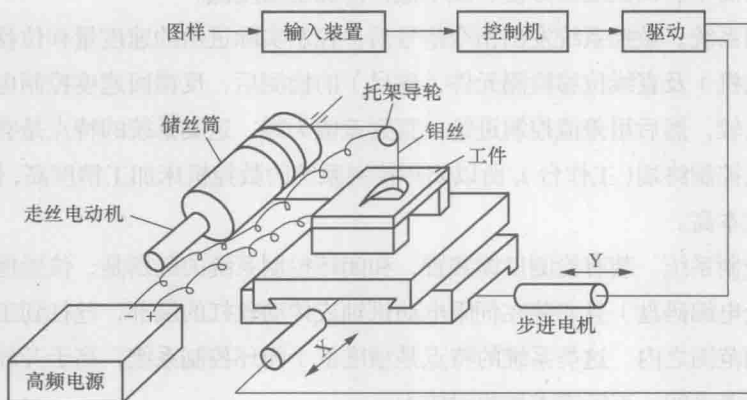


图1.6 数控线切割机床加工示意图

三、按工艺用途分类

按工艺用途可分为普通数控机床、数控加工中心、多坐标数控机床和特种加工数控机床。

(1) 普通数控机床。工艺性能与传统的通用机床相似，包括数控车床（增加加工空间圆弧面）、数控铣床（增加加工空间曲面）、数控刨床、数控镗床、数控钻床、数控磨床等。

(2) 数控加工中心。又称多工序数控机床，是带有刀塔和刀具自动交换装置的数控铣床。工件一次装夹后，能实现多种工艺、多道工序的集中加工，减少了装卸工件、调整刀具及测量的辅助时间，提高了生产效率，减少了工件因多次安装而带来的误差。

(3) 多坐标数控机床。能实现3个或3个以上的坐标轴联动的数控机床称为多坐标数控机床，它能加工形状复杂的零件。常见的多坐标数控机床能实现联动的坐标轴数一般为4~6个。坐标数是指数控机床能进行数字控制的坐标轴数。注意，行业术语中的两坐标加工或三坐标加工是指数控机床能实现联动的坐标轴。

(4) 特种加工数控机床。利用电脉冲、激光和高压水流等非传统手段进行加工的数控机床，如数控电火花、数控线切割机床和数控激光切割机床等。

四、按功能水平的高低分类

数控机床按功能水平可分为经济型数控机床、标准型数控机床和多功能高档数控机床。

五、按伺服系统分类

数控机床按伺服系统可分为开环控制系统、闭环控制系统、半闭环控制系统和混合型控制系统。

(1) 开环控制系统。数控装置发出的指令信号经驱动电路放大后，驱动步进电动机旋转一定的角度，再经过传动部件，如螺杆螺母机构（把旋转运动转化为直线位移的机构），带着工作台移动。

它的指令信号发出后,控制移动部件到达的实际位置值没有反馈,即没有反馈检测装置。这类系统的特点是机床结构简单、调试维修方便、成本低,但加工精度低。

(2) 闭环控制系统。数控系统发出指令信号后,控制实际进给的速度量和位移量,经过速度检测元件(测速发电机)及直线位移检测元件(磁尺)的检测后,反馈回速度控制电路和位置比较电路与指令值进行比较,然后用差值控制进给,直到差值为零。这类系统的特点是有检测反馈装置,且位置检测装置在控制终端(工作台),所以闭环控制系统的数控机床加工精度高,但它的结构复杂、调试维修困难、成本高。

(3) 半闭环控制系统。装有检测反馈装置,和闭环控制系统的区别是,位置检测装置采用角位移检测元件B(光电编码盘)且安装在伺服电动机轴或传动丝杠的端部,丝杠到工作台之间的传动误差不在反馈控制范围之内。这类系统的特点是精度低于闭环控制系统,高于开环控制系统,调试和维修难度介于两者之间,市场需求量相对较大。

(4) 混合型控制系统。将开环、闭环、半闭环控制系统的优点有选择地组合起来,就构成了混合型控制系统,它特别适合用于精度要求高、进给速度快的大型数控机床。

任务四

认识伺服系统

“伺服”一词源于希腊语,是“奴隶”的意思。人们想把“伺服机构”当个得心应手的驯服工具,服从控制信号的要求而动作。在信号来到之前,转子静止不动;信号来到之后,转子立即转动;当信号消失,转子能即时自行停转。由于它的“伺服”性能,因此而得名——伺服系统。

1. 伺服系统的定义

伺服系统是使物体的位置、方位、状态等输出被控量能够跟随输入目标值(或给定值)任意变化的自动控制系统。

伺服系统的主要任务是按控制命令的要求,对功率进行放大、变换与调控等处理,使驱动装置输出的力矩、速度和位置控制得非常灵活方便。

2. 伺服系统的组成

伺服系统是具有反馈的闭环自动控制系统。它由位置检测部分、误差放大部分、执行部分及被控对象组成。

3. 伺服系统的性能要求

伺服系统必须具备可控性好、稳定性高和快速响应性强等基本性能。可控性好是指信号消失以后,系统能立即自行停转;稳定性高是指系统的转速随转矩增加而均匀下降;快速响应性强是指系统的反应快,灵敏。

4. 伺服系统的种类

按伺服驱动机的种类来分,有电气式、油压式和电气-油压式3种。

按伺服系统的功能来分,有计量伺服和功率伺服系统,模拟伺服和功率伺服系统,位置伺服和加速度伺服系统等。

电气式伺服系统根据电气信号可分为DC直流伺服系统和AC交流伺服系统两大类。AC交流伺服系统又可分为异步电动机伺服系统和同步电动机伺服系统两种。

任务五

了解数控机床的坐标系

数控机床的坐标系是为了确定工件在机床中的位置,机床运动部件的特殊位置及运动范围而建立的几何坐标系。建立机床坐标系,可以确定机床位置关系,获得所需的相关数据。现代数控机床均可设置多个工件坐标系,在加工时通过指令进行转换。

一、机床原点与机床坐标系

1. 机床原点

(1) 定义。机床原点也称机床坐标系的零点M,是确定数控机床坐标系的零点以及其他坐标系和机床参考点(或基准点)的出发点。也就是说,数控机床坐标系是由生产厂家事先确定的,可在机床用户使用说明书(手册)中查到。这个原点是在机床调试完成后便确定了的,是机床上固有的一个基准点。可用回零方式建立机床原点。

(2) 机床原点的建立过程实质上是机床坐标系的建立过程。

(3) 数控车床的机床坐标零点多在主轴法兰盘接触面的中心(即株洲前端的中心)上。主轴为Z轴,株洲法兰盘接触面的水平面为X轴。+X轴和+Z轴的方向指向加工空间。

(4) 数控铣床的机床零点因生产厂家而异,如有的数控铣床的机床坐标零点在左前方,X轴、Y轴的正方向对着加工区,刀具在Z轴负方向移动接近工件。

2. 机床参考点

参考点是用来对测量系统定标,用以校正、监督工作台和刀具运动的。它是由机床制造厂家定义的一个点R,点R和点M的坐标关系是固定的,其位置参数存放在数控系统中。当数控系统启动时,都要执行返回参考点R,由此建立各种坐标系。参考点R的位置是在每个轴上用挡块和限位开关精确地预先确定好的,多位于加工区域的边缘。

3. 机床坐标系

以机床原点为坐标系原点的坐标系是机床固有的坐标系,具有唯一性。机床坐标系是数控机床中所建立的工件坐标系的参考坐标系。



机床坐标系一般不作为编程坐标系，仅作为工件坐标系的参考坐标系。

二、工件原点与工件坐标系

(1) 工件原点。为编程方便在零件、工件夹具上选定的某一点或与之相关的点。该点也可以与对刀点重合。

(2) 工件坐标系。以工件原点为零点建立的一个坐标系。编程时，所有的尺寸都基于此坐标系计算。

(3) 工件原点偏置。使用夹具将工件安装在机床上后，工件原点与机床原点间的距离。

任务六

熟悉并掌握数控系统的组成和功能

一、数控系统的总体结构

数控系统的总体结构，主要分3部分，即电源系统、控制系统和独立单元。

1. 电源系统

数控机床的控制电源是数控系统硬件的重要组成部分，也是在维修中常常出现问题的部分。数控机床的电源系统有交流与直流两个部分。

(1) 交流电源。为控制系统提供能源的器件，也是为伺服驱动提供能源的器件。交流电源上有各种保护及切换装置，如短路、隔离及失压保护。这个交流电源向伺服系统供电时，一定要注意有晶闸管器件的装置的供电相序，一旦程序接错，晶闸管器件就失去了同步的关系，从而造成故障。

(2) 直流电源。直流电源作控制用多为开关稳压电源。

① 开关稳压电源有+5V、+24V、±15V等电压，各设备的电压情况不尽相同，如CRT上的供电电压有的是直流24V，有的是交流110V或220V，所以，要尽可能地看好各端子供电电压的要求。电源非常重要，一旦出错会造成不可弥补的损失。对伺服系统供电的直流电压，大多数是经伺服变压器及整流装置获得的。

② 电池电源。由于数控装置中的有些信息要在机床断电情况下进行保持，因此有一部分RAM需用电池来进行数据保持，这些电池多数是锂电池，寿命长，但电量小。这部分电池也可用普通电