

上岗就业百分百系列丛书

数控机床调试工

上岗就业**百分百**

上岗就业百分百系列丛书编委会 组编



NLIC 2970700776



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



上岗就业百分百系列丛书

数控机床调试工 上岗就业百分百

上岗就业百分百系列丛书编委会 组编



NLIC 2970700776



机械工业出版社

本书是参考《国家职业标准》的中级数控机床装调维修工等级标准及职业技能鉴定规范要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书主要内容包括:数控机床基础知识,数控机床的故障及检修,数控机床主传动系统的调试,数控机床进给伺服系统的组成与调试,数控机床电气控制系统的调试,数控系统的调试。本书从企业对技术工人应具备的通用知识和技能出发,遵循由浅入深、由简单到复杂的规律,突出技术实用性和通用性,图文并茂,通俗易懂,重点提高读者的综合技能水平。

本书主要用作企业培训部门、职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的教材,也可作为技校、中职和各种短训班的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床调试工上岗就业百分百/上岗就业百分百系列丛书编委会组编. —北京:机械工业出版社,2011.4

(上岗就业百分百系列丛书)

ISBN 978-7-111-33272-5

I. ①数… II. ①上… III. ①数控机床—调试—基本知识

IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 017039 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王晓洁 责任编辑:宋亚东 责任校对:李秋荣

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·11.25 印张·297 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-33272-5

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

随着我国工业化进程的加速、产业结构的调整和升级,经济发展对高技能人才的需求不断扩大。然而,技能人才短缺已是不争事实,并日益严重,这已引起中央领导和社会各界的广泛关注。面对技能人才短缺现象,政府及各职能部门快速做出反应,采取措施加大培养力度,鼓励各种社会力量倾力投入技能人才培养领域。为认真贯彻国家中长期人才发展规划(2010—2020年),适应全面建设小康社会对技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,我们特邀请有关专家组织编写了这套“上岗就业百分百系列丛书”。

本套丛书在编写中以企业对人才的需求为导向,以岗位职业技能要求为标准,以与企业无缝接轨为原则,以企业技术发展方向为依据,以知识单元体系为模块,结合职业教育和技能培训实际情况,注重学员职业能力的培养,体现内容的科学性和前瞻性。同时,在编写过程中力求体现“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理、叙述通俗”的特色。为此,在编写中从实际出发,简明扼要,没有过于追求系统及理论的深度,突出“上岗”的特点,使具有初中文化程度的读者就能读懂学会,便于广大技术工人、初学者、爱好者自学,掌握基础理论知识和实际操作技能,从而达到实用速成、快速上岗的目的。

本套上岗就业百分百系列丛书编委会的组成人员有:汪立亮、刘兴武、袁黎、徐寅生、陈忠民、张能武、黄芸、徐峰、杨光明、潘旺林、潘珊珊、兰文华、邱立功。我们真诚地希望本套丛书的出版能对我国技能人才的培养起到积极的推动作用,能成为广大读者的“就业指导 and 创业帮手”。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

上岗就业百分百系列丛书编委会

目 录

前言

第1单元 数控机床基础知识	001
模块一 数控机床的发展历史	001
一、数控机床的产生	001
二、数控机床的现状	002
三、数控机床的发展方向	003
模块二 数控机床的分类及构成	005
一、数控机床的分类	005
二、数控机床的构成	008
模块三 数控机床的指标与坐标系	011
一、数控机床的指标	011
二、数控机床的坐标系	014
第2单元 数控机床的故障及检修	017
模块一 数控机床故障的概念及分类	017
一、数控机床故障的基本概念	017
二、数控机床故障的分类	018
模块二 数控机床故障检测的步骤与原则	020
一、数控机床故障的排除步骤	020
二、排除故障应遵循的原则	021
模块三 数控机床常见故障的排除方法	023
一、常规检查法	023
二、其他检查法	026
模块四 维修数控机床时的注意事项	030
一、维修前的检查	030
二、维修中的注意事项	031
第3单元 数控机床主传动系统的调试	034
模块一 典型主传动系统	034

一、典型主传动系统的组成	034
二、数控机床主传动系统的参数	037
三、对数控机床主传动系统的要求	038
模块二 数控机床主轴的调试	039
一、主轴的拆卸与调整	039
二、FANUC 16i/18i/21i TB 系列主轴的连接	046
模块三 主轴部件的装配与调试	051
一、主轴部件的装配	051
二、数控车床主轴部件的调试	054
三、数控铣床主轴传动系统的调试	056
四、加工中心主轴驱动系统的调试	057
第4单元 数控机床进给伺服系统的组成与调试	059
模块一 对进给运动系统的要求	059
一、进给运动系统的作用	059
二、滚珠丝杠副	060
模块二 数控机床进给伺服系统的组成	062
模块三 进给伺服驱动系统的调试	075
一、伺服控制单元的调试	075
二、数控机床位置精度的调试	077
三、滚珠丝杠副轴向间隙的调整	078
四、进给伺服系统传动间隙的补偿机构	079
模块四 滚珠丝杠副的保护及润滑	081
第5单元 数控机床电气控制系统的调试	083
模块一 数控机床的电气控制系统	083
一、电气控制系统的构成形式	083
二、识读电气图	085
三、数控机床硬件的安装与连接	093
四、电气接线的关键技术	098
模块二 电气系统的通电与调试	101
一、电气系统的通电检查	101
二、电气系统的调试	103
模块三 急停控制和限位控制	106
一、急停控制	106
二、限位控制	107
模块四 车床刀架控制	110
一、简易刀架的控制	110
二、带编码器可双向换刀的刀架控制	112
模块五 电气系统常见故障与排除	114
一、电气系统常见故障	114

二、电气故障的排除	115
三、电气故障排除注意事项	117
第6单元 数控系统的调试	118
模块一 数控系统基本参数的调试	118
一、驱动器的参数配置	118
二、驱动器定位参数和坐标控制使能参数	119
三、速度参数的设定	121
四、误差补偿参数	123
模块二 FANUC Oi 系统的调试	130
一、FANUC 数控系统的介绍	130
二、FANUC 系统的连接	131
三、FANUC Oi Mate-MB 基本参数	144
模块三 SINUMERIK 802C 系统的调试及 840D 系统的连接	145
一、通电和系统引导	146
二、PLC 调试	146
三、初始化调试	148
四、主轴调试	150
五、调试完成后的工作	152
六、840D 数控系统的构成	152
七、840D 数控系统的连接	155
模块四 SIEMENS 840D 系统的调试	163
一、开机准备	163
二、开机和启动	164
三、NC 和 PLC 总清	166
四、PLC 调试	167
五、NC 调试	168
六、轴的试运行及其优化	170
七、MMC 软件的安装	170
参考文献	171

第1单元

数控机床基础知识



知识要点

- 数控机床的发展趋势。
- 数控机床的分类。
- 数控机床的基本组成。
- 数控机床的工作原理。
- 数控机床的坐标系。



任务目标

- 了解数控机床的发展历史,掌握数控机床的分类及各种数控机床的优缺点。
- 熟悉数控机床的基本组成和工作过程,掌握加工中心的工作原理。
- 掌握数控机床的主要组成部分,了解各组成部分的基本功能和工作过程。
- 掌握数控机床的几项基本指标和各个指标所代表的意义。
- 掌握确定数控机床坐标的方法。

模块一

数控机床的发展历史

一、数控机床的产生

数控机床是新型自动化机床,它是具有广泛的通用性和自动化程度很高的全新型机床,是用数字代码形式的信息来控制机床,并按给定的动作顺序进行加工的自动化机床。

采用数字控制技术进行机械加工的思想最早来源于 20 世纪 40 年代,数控机床最早产生于美国。

1947 年,为精确制作直升机叶片的样板,美国帕森斯(PARSONS)公司设想并利用全数字计算机对叶片轮廓的加工路径进行了数据处理,使得加工精度达到 0.038 1 mm,这是最早将数字控制技术运用到机械加工中的实例。

1949年,美国空军为了能在短时间内制造出经常变更设计的火箭零件,委托帕森斯公司并通过该公司与麻省理工学院伺服机构研究所协作,开始了数控机床的研制工作。经过三年的研制,于1952年成功研制了世界上第一台数控铣床,当时所用的电子元件是电子管。

从1952年至今,数控机床按数控系统的发展经历了五代。

第一代:1955年,数控系统由电子管组成,体积大,功耗大。

第二代:1959年,数控系统由晶体管组成,广泛采用印制电路板。

第三代:1965年,数控系统采用小规模集成电路作为硬件,其特点是体积小,功耗低,可靠性进一步提高。

以上三代数控系统,由于其数控功能均由硬件实现,故历史上又称其为硬件数控。

第四代:1970年,数控系统采用小型计算机取代专用计算机,其部分功能由软件实现,它具有价格低、可靠性高和功能多等特点。

第五代:1974年,数控系统以微处理器为核心,不仅价格进一步降低,而且体积进一步缩小,使实现真正意义上的机电一体化成为可能。这一代又可分为六个发展阶段。

1974年:系统以位片微处理器为核心,有字符显示、自诊断功能。

1979年:系统采用CRT显示、VLIC(大规模和超大规模集成电路)、大容量磁泡存储器、可编程接口和遥控接口等。

1981年:具有人机对话、动态图形显示、实时精度补偿功能。

1986年:数字伺服控制诞生,大惯量的交直流电动机进入实用阶段。

1988年:采用高性能32位机为主机的主从结构系统。

1994年:基于PC的数控系统诞生,使数控系统的研发进入了开放性、柔性化的新时代,新型数控系统的开发周期日益缩短。它是数控技术发展的又一个里程碑。

综上所述,由于微电子技术和计算机技术的不断发展,数控机床的数控系统也随着不断更新,发展非常迅速,几乎5年左右时间就更新换代一次。

而我国关于数控机床的研究有以下几个发展阶段:

1958年:开始起步。

20世纪50年代~60年代:处于研发阶段。

20世纪60年代~70年代:研制了晶体管式数控系统。

20世纪80年代:引进设备,进行技术吸收更新。

20世纪80年代~90年代:数控大发展的阶段。

20世纪90年代:我国有自主产权的中高档数控设备产生。高校和研究所加入,推出了基于PC的CNC系统。

进入21世纪,中国数控机床的重点是以提高系统的可靠性、实用性为前提,以易于联网和集成成为目标;注意加强单元技术的开拓、完善;CNC单机向高精度、高速度和高柔性方向发展;数控机床及其柔性制造系统能方便地与CAD、CAM、CAPP、MTS连接,向信息集成方向发展;网络系统向开放式、集成化和智能化方向发展。

二、数控机床的现状

近年来,世界上许多数控系统生产厂家利用微型计算机(Personal Computer)丰富的软、硬件资源开发开放式体系结构的新一代数控系统。其硬件、软件和总线规范都是对外开放的,由于有充足的软、硬件资源可以利用,不仅使数控系统制造商和用户的系统集成得到有力的支持,而且也

针对用户的二次开发带来极大的方便,促进了数控系统多档次、多品种的开发和广泛应用。既可通过升级或剪裁制成各种档次的数控系统,又可以通过扩展构成不同类型数控机床的数控系统,大大缩短了开发生产周期,并可随 CPU 升级而升级。随着人工智能在计算机领域的渗透和发展,数控系统引入了自适应控制、模糊系统和神经网络的控制机理,不但具有自动编程、前馈控制、模糊控制、学习控制、自适应控制、工艺参数自动生成、三维刀具补偿、运动参数动态补偿、温差刚性变形补偿等功能,而且人机界面极为友好,故障诊断专家系统使自诊断和故障监控功能更趋完善。

当前,随着制造业对一次装夹、多种工序加工的复合化要求的提高,国外已经出现了加工中心与车削中心复合机床,加工中心与激光加工复合机床,集车、磨、铣、钻、铰、滚齿等工序于一身的车磨复合机床,集平磨、内圆磨、外圆磨于一身的磨削中心,集各种机床及测量机于一身的虚拟轴机床,五轴联动激光切割机等。

三、数控机床的发展方向

当前,世界数控技术及其装备的发展趋势主要体现在以下几个方面:

1. 高速、高效、高精度、高可靠性

要提高加工效率,必须首先提高切削速度和进给速度,同时还要缩短加工时间。要确保加工质量,必须提高机床部件运动轨迹的精度,而可靠性则是上述目标的基本保证。为此,必须要有高性能的数控装置作保证。

(1) 高速、高效

机床向高速、高效方向发展,可充分发挥现代刀具材料的性能,不但可以大幅度提高加工效率、降低加工成本,而且还可以提高零件的表面加工质量和精度。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低成本生产有广泛的适用性。

新一代数控机床(含加工中心)只有通过高速化大幅度缩短切削工时才可能进一步提高其生产率。超高速加工特别是超高速铣削与新一代高速数控机床,特别是高速加工中心的开发应用紧密相关。20 世纪 90 年代以来,欧洲、美国、日本争相开发应用新一代高速数控机床,加快了机床高速化发展步伐。高速主轴单元(电主轴,转速 15 000 ~ 100 000 r/min)、高速且高加/减速度的进给运动部件(快移速度 60 ~ 120 m/min,切削进给速度高达 60 m/min)、高性能数控和伺服系统以及数控工具系统都出现了新的突破,达到了新的技术水平。随着超高速切削机理、超硬耐磨长寿命刀具材料和磨料磨具,大功率高速电主轴、高加/减速度直线电动机驱动进给部件以及高性能控制系统(含监控系统)和防护装置等一系列技术领域关键技术的解决,应不失时机地开发应用新一代高速数控机床。依靠快速、准确的数字量传递技术对高性能的机床执行部件进行高精密度、高响应速度的实时处理。由于采用了新型刀具,车削和铣削的切削速度已达到 5 000 ~ 8 000 m/min 以上;主轴转速在 30 000 r/min 以上(有的高达 100 000 r/min);工作台的移动速度(进给速度)在分辨率为 1 μm 时为 100 m/min 以上(有的达 200 m/min),在分辨率为 0.1 μm 时为 24 m/min 以上;自动换刀速度在 1 s 以内;小线段插补进给速度达到 12 m/min。根据高效率、大批量生产的需求和电子驱动技术的飞速发展以及高速直线电动机的推广应用,需要开发出一批高速、高效、高速响应的数控机床以满足汽车、农机等行业的需求。由于新产品更新换代周期加快,模具、航空、军事等工业的加工零件不但复杂,而且品种增多,也需要高效的数控机床实现优质、低成本的生产。

(2) 高精度

从精密加工发展到超精密加工(特高精度加工)是世界各工业强国致力发展的方向。其精度

从微米级到亚微米级,乃至纳米级($<10\text{ nm}$),其应用范围日趋广泛。超精密加工主要包括超精密切削(车、铣)、超精密磨削、超精密研磨抛光以及超精密特种加工(激光束、电子束和离子束加工及微细电火花加工、微细电解加工和各种复合加工等)。随着现代科学技术的发展,对超精密加工技术不断提出了新的要求。新材料及新零件的出现,更高精度要求的提出等都需要超精密加工工艺。因此,必须发展新型超精密加工机床,完善现代超精密加工技术,以适应现代科技的发展。

当前,机械加工高精度的要求如下:普通的加工精度提高了一倍,达到 $5\text{ }\mu\text{m}$;精密加工精度提高了两个数量级;超精密加工精度进入纳米级($0.001\text{ }\mu\text{m}$);主轴回转精度要求达到 $0.01\sim0.05\text{ }\mu\text{m}$;加工圆度为 $0.1\text{ }\mu\text{m}$;加工表面粗糙度值 $R_a0.003\text{ }\mu\text{m}$ 等。

高精度是为了适应高新技术发展的需要,也是为了提高普通机电产品的性能、质量和可靠性,减少其装配时的工作量,从而满足装配效率的需要。随着高新技术的发展和对机电产品性能与质量要求的提高,机床用户对机床加工精度的要求也越来越高。为了满足用户的需要,近十多年来,普通级数控机床的加工精度已由 $\pm 10\text{ }\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5\text{ }\mu\text{m}$,精密级加工中心的加工精度则从 $\pm(3\sim5)\text{ }\mu\text{m}$ 提高到 $\pm(1\sim1.5)\text{ }\mu\text{m}$ 。

(3) 高可靠性

高可靠性是指数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性一个数量级以上,但也不是可靠性越高越好,仍然是适度可靠(因为是商品,受性能价格比的约束)。对于每天工作两班的无人工厂而言,如果要求在 16 h 内连续正常工作,无故障率 $P(t)$ 为 99% 以上,则数控机床的MTBF(Mean Time Between Failures,当产品的寿命服从指数分布时,其故障率的倒数就叫做平均故障间隔时间)就必须大于 $3\text{ }000\text{ h}$ 。MTBF大于 $3\text{ }000\text{ h}$,对于由不同数量的数控机床构成的无人化工厂差别就大多了,只对一台数控机床而言,如主机与数控系统的失效率之比为 $10:1$ (数控系统的可靠性比主机高一个数量级),则此时数控系统的MTBF就要大于 $33\text{ }333.3\text{ h}$,而其中的数控装置、主轴及驱动等的MTBF就必须大于 10 万 h 。

当前国外数控装置的MTBF值已达 $6\text{ }000\text{ h}$ 以上,驱动装置达 $30\text{ }000\text{ h}$ 以上。

2. 模块化、智能化、柔性化和集成化

(1) 模块化

为了适应数控机床多品种、小批量的特点,机床结构模块化,数控功能专门化,机床性能价格比显著提高并加快优化。个性化是近几年来特别明显的发展趋势。

(2) 智能化

智能化的内容包括在数控系统中的各个方面:为追求加工效率和加工质量方面的智能化,如自适应控制、工艺参数自动生成等;为提高驱动性能及使用连接方便方面的智能化,如前馈控制、电动机参数的自适应运算、自动识别负载、自动选定模型、自整定等;简化编程、简化操作方面的智能化,如智能化的自动编程、智能化的人机界面等;智能诊断、智能监控方面的内容,方便系统的诊断及维修等。

(3) 柔性化和集成化

数控机床向柔性自动化系统发展的趋势是:从点(数控单机、加工中心和数控复合加工机床)、线[柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、柔性制造生产线(FML)、专用机床或数控专用机床组成的柔性制造(FML)]向面[工段车间独立制造岛、自动化工厂(FA)]、体[计算机集成制造(CIMS)、分布式网络集成制造系统]的方向发展,另一方面向注重应用性和经济性方向发展。柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段,是各国制造业发展的主流趋势,是先进制造领域的基础技术。其重点是以提高系统的可靠性、实用化为前提,以易于联网和集成为目标;注

重加强单元技术的开拓、完善;CNC 单机向高精度、高速度和高柔性方向发展;数控机床及其构成柔性制造系统能方便地与计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、机床自动编程的编辑程序(CAMP)、信息系统(MIS)连接,向信息集成方向发展;网络系统向开放式、集成化和智能化方向发展。

3. 开放性

为适应数控进线、联网、普及型个性化、多品种、小批量、柔性化及数控迅速发展的要求,最重要的发展趋势是体系结构的开放性,设计生产开放式的数控系统,如美国、欧洲共同体及日本发展开放式数控的计划等。

4. 出现新一代数控加工工艺与装备

为适应制造自动化的发展,向 FMC、FMS 和 CIMS 提供基础设备,要求数字控制制造系统不仅能完成通常的加工功能,而且还要具备自动测量、自动上下料、自动换刀、自动更换主轴头(有时带坐标变换)、自动误差补偿、自动诊断、进线和联网等功能,广泛地应用机器人、物流系统。围绕数控技术、制造过程技术在快速成形、并联机构机床、机器人化机床、多功能机床等整机方面和高速电主轴、直线电动机、软件补偿精度等单元技术方面先后有所突破,并联杆系结构的新型数控机床实用化。

以计算机辅助管理和工程数据库、互联网等为主体的制造信息支持技术和智能化决策系统,可对机械加工中海量信息进行存储和实时处理。应用数字化网络技术,使机械加工整个系统趋于资源合理支配并高效地应用。

由于采用了神经网络控制技术、模糊控制技术、数字化网络技术,加快了机械加工向虚拟制造的方向发展。

模块二 数控机床的分类及构成

一、数控机床的分类

金属切削机床品种规格繁多,常见的机床有车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、锯床等。数控机床是用数控系统装备起来的“工作母机”。现有的金属切削机床基本都能实现数控化。

1. 按工艺要求分类

数控机床按工艺要求可分为普通数控机床和加工中心。

(1) 普通数控机床

普通数控机床是指在加工工艺过程中能完成一个(或部分)工序加工的数控机床,如数控铣床、数控车床、数控钻床、数控磨床等。普通数控机床在自动化程度上还不够完善,刀具的更换与零件的装夹仍需人工来完成。

值得注意的是,现代普通数控车床一般都带有自动回转刀架,可以一次完成较多工序的加工任务。

(2) 加工中心

加工中心是指带有刀库和自动换刀装置的数控机床,可以分为铣削加工中心(见图 1-1)和车削加工中心。

铣削加工中心将数控铣床、数控镗床、数控钻床的功能组合在一起,零件在一次装夹后,可以

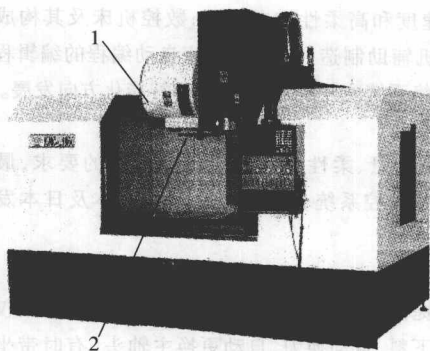


图 1-1 铣削加工中心

1—刀库 2—换刀机械手

对大部分加工面进行铣、镗、钻、扩、铰及攻螺纹等多工序加工。车削加工中心将部分铣削功能移植到动力刀架上,从而在零件一次装夹后,可以完成回转体零件的常规车削和端面铣、钻孔等功能。

加工中心能有效地减少由于多次装夹造成的定位误差,所以它适用于零件工序多、形状复杂、精度要求高、生产批量较小的产品。

2. 按控制方式分类

数控机床根据有无检测元件和反馈装置,可以分为开环、全闭环和半闭环控制系统的数控机床。

(1) 开环控制系统

开环控制系统是指不带反馈装置的控制系,由步进电动机驱动线路和步进电动机组成,如图 1-2 所示。数控装置经过控制运算发出脉冲信号,每一脉冲信号使步进电动机转动一定的角度,步进电动机通过滚珠丝杠推动机床工作台移动一定的距离。

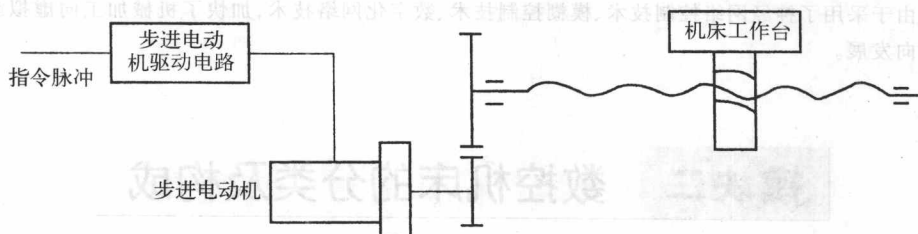


图 1-2 开环控制数控机床的原理

采用这种结构的数控机床结构比较简单、工作稳定、容易掌握使用,但控制精度和加工速度一般,适用于要求不高的零件的加工。

(2) 半闭环控制系统

如图 1-3 所示,半闭环控制系统的特点是将角位移传感器装在传动丝杠或伺服电动机上,它检测的是转角信号。角位移信号反馈到数控装置的比较器中,与输入的原指令位移值进行比较,用比较后的差值进行控制,使移动部件补充位移,直到差值消除为止,从而实现从数控装置到电动机转角间的闭环自动调节。

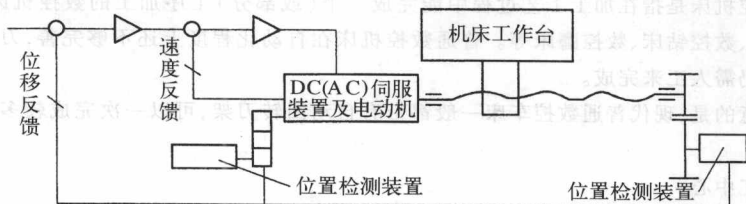


图 1-3 半闭环控制数控机床的原理

半闭环系统的优点是系统稳定性好,精度控制适中,优于开环系统;缺点是所组成的控制环不

包括机械传动链,故精度相对于全闭环要低。半闭环系统是大多数中小型数控机床所首选的结构形式。

3. 全闭环控制系统

如图1-4所示,全闭环控制系统的特点是在机床移动部件上直接安装直线位移检测位置,检测装置将检测到的实际位移反馈到系统的比较器中,与输入的原指令位移值进行比较,系统用比较后的差值控制移动部件作补充位移,直到差值消除时才停止移动,从而实现精确定位与运动控制。

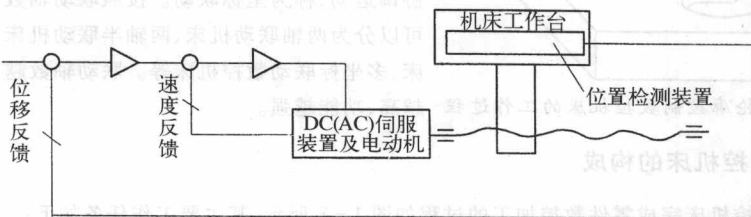


图 1-4 全闭环控制数控机床的原理

从理论上说全闭环系统的优点是其运动精度仅取决于检测精度。一个优良的全闭环系统可以对传动系统的间隙、磨损等自动进行补偿,其加工精度是非常高的。全闭环系统的缺点是系统稳定性较差,各种干扰因素不能超出一定范围,否则会引起系统的振荡。

全闭环控制系统的定位精度高于半闭环控制,但结构比较复杂,调试维修的难度较大,常用于高精度和大型数控机床。

3. 按控制轨迹分类

数控机床按照数控装置控制机床移动部件的轨迹来分类,有点位控制数控机床、点位直线控制数控机床、轮廓控制数控机床等。

(1) 点位控制数控机床

如图1-5所示,点位控制数控机床是指数控装置只控制刀具或工作台从一点准确移至另一点,然后进行定点加工,而点与点之间的路径不需要控制的数控机床。采用这类控制的有数控钻床、数控镗床等。

(2) 点位直线控制数控机床

如图1-6所示,点位直线控制数控机床是指数控装置除控制直线轨迹的起点和终点的准确定位外,在这两点之间还要控制进给速度并进行直线切削。采用这类控制的有简单的数控铣床、数控车床和数控磨床等。

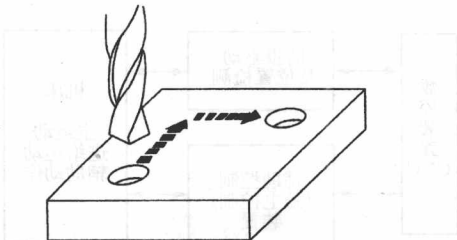


图 1-5 点位控制数控机床的工作过程

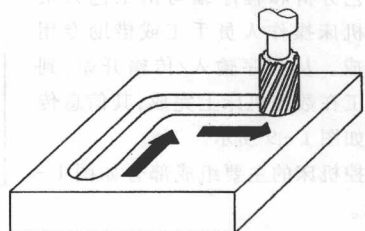


图 1-6 点位直线控制数控机床的工作过程

(3) 轮廓控制数控机床

如图 1-7 所示,轮廓控制数控机床是指能够连续控制两个或两个以上坐标方向的联合运动并进行切削加工的数控机床。为了使刀具或工作台能按照预定的轨迹加工工件的曲线轮廓,数控装置具有插补运算的功能。采用这类控制的有数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心等。

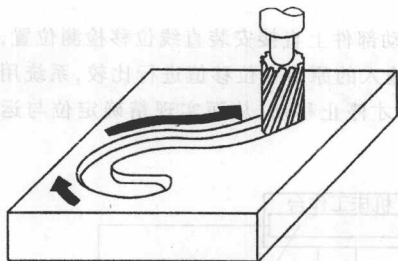


图 1-7 轮廓控制数控机床的工作过程

数控装置控制几个坐标轴按需要的函数关系同时协调运动,称为坐标联动。按照联动轴数,数控机床还可以分为两轴联动机床、两轴半联动机床、三轴联动机床、多坐标联动数控机床等。联动轴数越多,机床档次越高,功能越强。

二、数控机床的构成

利用数控机床完成零件数控加工的过程如图 1-8 所示,其主要工作任务如下:

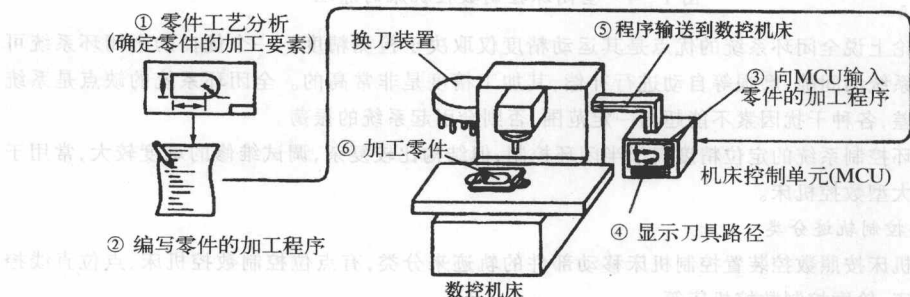


图 1-8 数控加工过程

- ① 根据零件加工图样进行工艺分析,确定加工方案、工艺参数和位移数据。
- ② 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单,或用自动编程软件,进行 CAD/CAM 工作,直接生成零件的加工程序文件。
- ③ 程序的输入或传输。由手工编写的程序,可以通过数控机床的操作面板输入;由编程软件生成的程序,可通过计算机的串行通信接口直接传输到数控机床的控制单元(MCU)。
- ④ 将输入或传输到数控单元的加工程序,进行试运行、刀具路径模拟。
- ⑤ 通过对机床的正确操作,运行程序,完成零件的加工。

工艺分析和程序编写由工艺人员或数控机床操作人员手工或借助专用软件完成。从程序输入/传输开始,到零件加工在数控机床上完成,其信息传递过程如图 1-9 所示。

数控机床的主要组成部分如图 1-10 所示。

1. 程序编制及程序载体

数控程序是数控机床自动加工零



图 1-9 机床零件加工信息传递过程

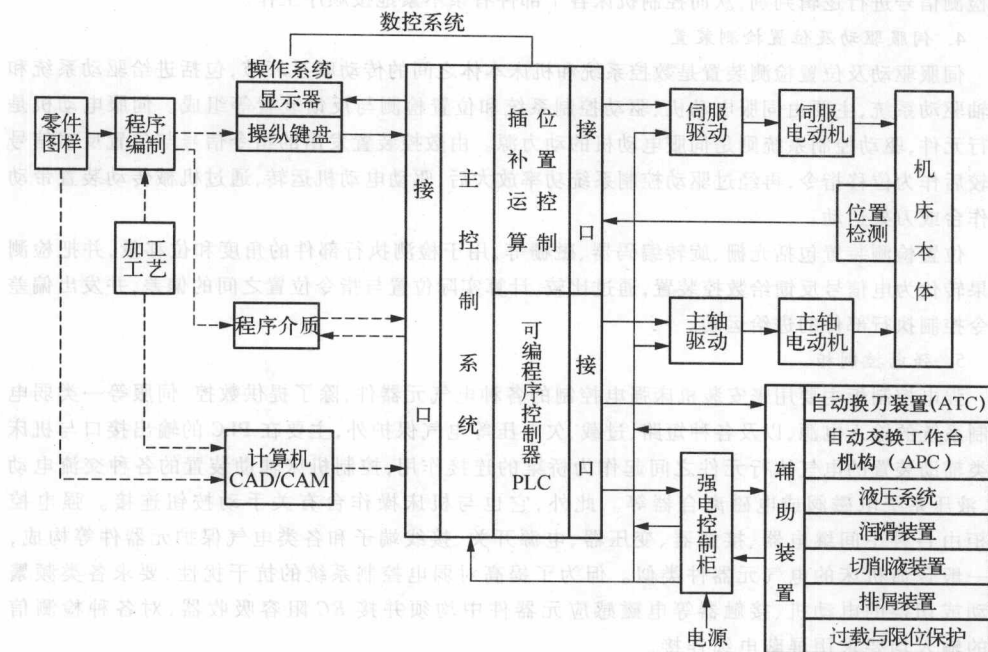


图 1-10 数控机床的主要组成部分

件的工作指令。在对加工零件进行工艺分析的基础上,确定零件坐标系在机床坐标系上的相对位置,即零件在机床的安装位置;刀具与零件相对运动的尺寸参数;零件加工的工艺路线,切削加工的工艺参数以及辅助装置的动作等。得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等加工信息后,用由文字、数字和符号组成的标准数控代码,按规定的方法与格式,编制零件加工的数控程序单。编制程序的工作可由人工进行,对于形状复杂的零件,则要在专用的编程机或通用计算机上进行自动编程 (APT) 或 CAD/CAM 设计。

2. 输入装置

编好的数控程序存放在便于输入到数控装置的存储载体上,它可以是软盘、磁盘、U 盘以及通信网络,然后通过输入装置将程序载体上的数控代码传递并存入数控系统内。

根据控制存储介质的不同,输入装置可以是软盘驱动器、通信接口等。数控机床加工程序也可以通过键盘用手工方式直接输入数控系统,还可由编程计算机用 RS-232 或网络通信方式传送到数控系统中。

3. 数控系统

计算机数控系统 (CNC 装置) 是机床实现自动加工的核心,是数控机床的灵魂所在。它主要由输入元件、显示器、主控制系统、可编程序控制器、输入/输出接口等组成。主控制系统主要由 CPU、存储器和控制器等组成。数控系统的主要控制对象是位置、角度、速度等机械量,以及温度、压力、流量等物理量,其控制方式可分为数据运算处理控制和时序逻辑控制两大类。其中,数据运算处理控制是根据所读入的零件程序,通过译码、编译等处理后,进行相应的刀具轨迹插补运算,并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号的比较,从而控制机床各坐标轴的位移;而时序逻辑控制通常由可编程序控制器 PLC 来完成,它根据机床加工过程中各个动作的要求进行协调,按

各检测信号进行逻辑判别,从而控制机床各个部件有条不紊地按顺序工作。

4. 伺服驱动及位置检测装置

伺服驱动及位置检测装置是数控系统和机床本体之间的传动联系环节,包括进给驱动系统和主轴驱动系统,主要由伺服电动机、驱动控制系统和位置检测与反馈装置等组成。伺服电动机是执行元件,驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。由数控装置发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令,再经过驱动控制系统功率放大后,驱动电动机运转,通过机械传动装置带动工作台或刀架运动。

位置检测装置包括光栅、旋转编码器、磁栅等,用于检测执行部件的角度和位移量,并把检测结果转化为电信号反馈给数控装置,通过比较,计算实际位置与指令位置之间的偏差,并发出偏差指令控制执行部件的进给运动。

5. 强电控制柜

强电控制柜主要用来安装机床强电控制的各种电气元器件,除了提供数控、伺服等一类弱电控制系统的输入电源,以及各种短路、过载、欠电压等电气保护外,主要在 PLC 的输出接口与机床各类辅助装置的电气执行元件之间起作为桥梁的连接作用,控制机床辅助装置的各种交流电动机、液压系统电磁阀或电磁离合器等。此外,它也与机床操作台有关手动按钮连接。强电控制柜由各种中间继电器、接触器、变压器、电源开关、接线端子和各类电气保护元器件等构成,与一般普通机床的电气元器件类似。但为了提高对弱电控制系统的抗干扰性,要求各类频繁起动或切换的电动机、接触器等电磁感应元器件中均须并接 RC 阻容吸收器,对各种检测信号的输入均要求用屏蔽电缆连接。

6. 辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀装置(ATC, Automatic Tool Changer)、自动交换工作台机构(APC, Automatic Pallet Changer)、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液装置、排屑装置、过载和保护装置等。

7. 机床本体

数控机床的机床本体与普通机床相似,由主传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统和冷却装置等组成。但数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构,以及操作机构等方面都已发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点。

数控机床与普通机床比较,具有下列特点:

- ① 转速高,功率大。数控机床能进行大功率切削和高速切削,从而实现高速加工。
- ② 主轴转速的变换迅速可靠,并能自动无级变速,使切削工作始终处于最佳状态。
- ③ 主轴还设计有刀具自动装卸、主轴定向停止和主轴孔内的切屑清除装置,以实现刀具的快速及自动装卸。
- ④ 有工件自动交换、工件夹紧与放松机构。如在加工中心类机床上采用自动交换工作台机构。
- ⑤ 床身机架具有很高的动、静刚度。
- ⑥ 采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工,为了操作安全等,一般采用移门结构的全封闭罩壳,对机床的加工部位进行全封闭处理。