



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校数控技术应用专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控机床操作与维护 技术基础——操作训练

徐冬元 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

**教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校数控技术应用专业教学用书**

技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控机床操作与维护技术 基础——操作训练

徐冬元 主编
葛金印 吴联兴 主审

高等教育出版社

内容简介

本书是教育部推荐的数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材之一,是根据教育部 2003 年 12 月颁发的《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》中核心教学与训练项目的基本要求,并参照相关的国家职业标准和行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的。

本书主要介绍数控车床、数控铣床、数控加工中心、数控线切割、数控电火花等数控机床的一般操作、保养和维护等方面的知识与操作训练课题。围绕操作实例,使学生能正确理解相关的理论知识,培养学生的实际操作能力。

本书可作为中等职业学校数控技术应用专业及相关专业的教学用书,也可作为有关行业的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作与维护技术基础. 操作训练/徐冬元主
编. —北京:高等教育出版社,2005. 7(2006 重印)

ISBN 7-04-016720-4

I. 数... II. 徐... III. 数控机床-专业学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 049469 号

策划编辑	李新宇	责任编辑	张春英	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	王艳红	责任校对	张颖	责任印制	朱学忠		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 济南新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 8.25
字 数 190 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2005 年 7 月第 1 版
印 次 2006 年 1 月第 2 次印刷
定 价 10.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16720-00

出版说明

2003年12月教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合印发了《教育部等六部门关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》。为了配合该项工程的实施,高等教育出版社开发编写了数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材。该系列教材已纳入教育部职业教育与成人教育司发布实施的《2004—2007年职业教育教材开发编写计划》,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定,作为教育部推荐教材出版。

高等教育出版社出版的教育部推荐数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材(以下简称推荐系列教材),是根据教育部办公厅、国防科工委办公厅、中国机械工业联合会最新颁布的《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》编写的。推荐系列教材力图体现:以培养综合素质为基础,以能力为本位,把提高学生的职业能力放在突出的位置,加强实践性教学环节,使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者;职业教育以企业需求为基本依据,办成以就业为导向的教育,既增强针对性,又兼顾适应性;课程设置和教学内容适应企业技术发展,突出数控技术应用专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法,具有一定的先进性和前瞻性;教学组织以学生为主体,提供选择和创新的空間,构建开放的课程体系,适应学生个性化发展的需要。推荐系列教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新尝试。主要特色有:

1. 以就业为导向,定位准确,全程设计,整体优化。
2. 借鉴国内外职业教育先进教学模式,突出项目教学,顺应现代职业教育教学制度的改革趋势,适应学分制。
3. 理论基础知识教材,以职业技能所依托的理论知识为主线,综合了多门传统的专业基础课程的理论知识。知识点以必需、够用为度。
4. 理论实践一体化教材,缩短了理论与实践教学之间的距离,内在联系有效,衔接与呼应合理,强化了知识性和实践性的统一。
5. 操作训练和实训指导教材,参照国家职业资格认证标准,成系列按课题展开,考评标准具体明确,直观实用,可操作性强。

推荐系列教材既注重了内在的相互衔接,又强化了相互支持,并将根据教学需求不断完善和提高。

查阅推荐系列教材的相关信息,请登录高等教育出版社“中等职业教育教学资源网”(网址:<http://sv.hep.com.cn>)。

高等教育出版社

2004年12月

前 言

本书是教育部推荐的数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材之一。

随着我国国民经济的高速发展,以及我国逐步成为世界制造业中心,在机械制造领域,普通机床逐步被高效率、高柔性、高精度的数控机床所替代。而目前我国数控技术应用专业领域技能型人才的奇缺,严重制约着数控设备的使用与普及,继而制约着我国制造业的发展。因此,加速培养数控技术应用专业领域技能型人才,成为职业教育的当务之急。

数控技术是实用性很强的技术。各类数控机床种类较多,他们之间既有许多相似之处,又有各自不同的特点。为了使学生在短期内对各类数控机床的一般知识、机床结构、刀库、换刀机构、数控系统的调试、数控系统参数的设置与调整、数控插补原理、数控代码编程等知识有一个较为全面与基础性的认识与实践,本书介绍了几种常用的数控设备——数控车床、数控铣床、数控加工中心、数控线切割、数控电火花等,并着重介绍了数控车削加工、数控铣削加工、数控线切割加工、数控电火花加工过程中的机床操作、调试、编程及机床的维护与保养,每种加工方法都列举了零件的加工实例,由浅入深,由易到难,由二维到三维,由平面到曲面,为学生学习和掌握不同类型数控机床的编程和操作,提供了较为宽广的知识平台和实践指南,为学生将来的就业、择业提供了良好的前提条件。不同地区、不同就业岗位的读者可以根据本地区、本校、本单位的具体情况,从中选择适当的教学内容。

本书绪论部分由徐冬元编写;第一章、第二章由金忠编写;第三章、第四章由师平编写。全书由徐冬元统稿、定稿。

教育部聘请无锡机电高等职业技术学校葛金印和天津冶金职业技术学院吴联兴审阅了本书,他们给本书提出了许多宝贵意见。本书的编写工作还得到了编者所在学校——镇江机电高等职业技术学校的领导与同志们的大力支持。在此一并深表谢意。

由于编者的水平与能力有限,且受到设备条件等因素的制约,加上数控技术发展的日新月异,书中定有许多值得探讨的内容,存在缺点与错误也在所难免,恳请广大读者给予指正与批评,以便使本书得到尽快的更正和完善。

编 者
2005年2月

目 录

绪论	1	第三章 数控线切割操作实训	78
第一章 数控车床操作实训	8	课题 1 线切割机床的基础知识	78
课题 1 数控车床的入门知识	8	课题 2 加工数据结构	83
课题 2 数控车床的手动操作	21	课题 3 外轮廓加工	86
课题 3 数控车床的程序编辑	29	课题 4 内轮廓加工	89
课题 4 数控车床的加工过程	34	课题 5 复合加工	92
课题 5 数控机床的保养及维修	42	课题 6 机床故障及排除方法	97
课题 6 数控车削综合训练(一)	46	思考与练习三	98
课题 7 数控车削综合训练(二)	49	第四章 数控电火花成型机操作	
思考与练习一	52	实训	99
第二章 数控铣床操作实训	53	课题 1 数控电火花加工的基础知识	99
课题 1 数控铣床和加工中心的入门知识	53	课题 2 电火花加工的应用实例	110
课题 2 数控铣床的手动操作	61	课题 3 电火花成型机床的常见故障及	
课题 3 数控铣床的程序编辑	64	处理方法	116
课题 4 数控铣床的加工过程	67	课题 4 电火花加工中的技术安全规程	120
课题 5 加工中心与在线加工概述	70	思考与练习四	121
课题 6 数控铣削综合训练(一)	71	参考文献	122
课题 7 数控铣削综合训练(二)	74		
思考与练习二	77		

绪 论

一、数控机床的发展和特点

20 世纪 80 年代以前,在大批量的生产中(如汽车、拖拉机与家用电器等零部件的生产),为了保证产品的质量,企业多采用专用的工艺装备、专用的机床或专用的自动生产线进行生产,使得生产周期长,产品改型难,新产品的开发周期长。而单件小批量的机械产品一般都用通用机床生产加工。通用机床的自动化程度不高,通常由人工操作,因此难以提高生产效率和保证产品质量。特别是一些具有曲线、曲面轮廓的复杂零件,只能借助靠模和仿形机床,或借助划线和样板由手工操作来完成加工,致使加工精度和生产效率均受到很大限制。当产品变化时,其工艺装备,甚至机床设备均需作相应的变换和调整。

为了解决上述问题,数控机床、加工中心(MC——Machining Center)和柔性制造系统(FMS——Flexible Manufacturing System)等应运而生。自 1952 年第一台数控机床问世至今的 50 多年中,以电子信息技术为基础,集传统的机械制造技术、计算机技术、现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通信技术、液压气动技术、光电技术于一体的数控技术得到了迅速发展和广泛应用,普通机械正逐渐被高效率、高精度的数控机械所代替,从而形成了巨大的生产力,使得制造业发生了革命性的变化。数控技术已成为现代制造技术的基础。它已广泛应用于飞机、汽车、船舶、家电、通讯设备等的制造。此外,数控技术也在机器人、绘图机械、坐标测量机、激光加工机及等离子切割机、注塑机等机械设备中得到了广泛的应用。数控技术水平的高低,数控机床拥有量的多少,已经成为衡量一个国家和地区工业现代化水平的重要标志。

微电子技术的应用与发展,给数控技术提供了强有力的支持,使控制系统由模拟控制系统发展为数字控制系统。个人计算机直接用于数控系统而产生的计算机数控(CNC——Computer Numerical Control)装置,不论是运算速度、精度,还是系统的稳定性、可靠性,都比以前的数控系统有了极大的提高,给数控技术的发展带来了强大的生命力。具体表现有以下几个方面的特点:

1. 高速化与高精度化

数控机床高速化,是指计算机系统读入加工指令数据后能高速处理并计算出伺服电动机的移动量,伺服系统能快速地作出反应。为使数控机床在极短的空程内由零加速到较高速度并在高速下保持高定位精度,必须具有高加(减)速度、高精度的位置检测系统和伺服品质。此外,必须实现主轴、进给系统、刀具交换系统、托盘交换系统等各种关键部分的高速化。因此,需要重新考虑设备的全部特性,即从机床的基础部件到刀架等。日本 MAZAK 公司的 FF510 型卧式加工中心,其最大加(减)速度为 $1.0g$,主轴最高转速为 $15\,000\text{ r/min}$;由于有大的角加(减)速度,仅需 1.8 s ,其主轴转速即可从 0 r/min 提速到 $15\,000\text{ r/min}$;其换刀时间为 0.9 s (刀到刀)和 2.8 s (切削到切削)。

数控机床加工精度的提高,一般通过减少数控系统的误差和采用补偿技术来达到。在减少

CNC 系统控制误差方面,通常采用的是提高数控系统的分辨率,以微小程序段实现连续进给,使 CNC 控制单位精细化,提高位置检测精度,以及在位置伺服系统中采用反馈控制与非线性控制等方法。在采用补偿技术方面,除采用齿隙补偿、丝杠螺距误差补偿和刀具补偿等技术外,设备的热变形误差补偿技术和空间误差的综合补偿技术已成为世界范围的研究课题。研究结果表明,综合误差补偿技术的应用可将加工误差减少 60% ~ 80%。由于计算机运算速度和主轴转速的较大提高,具有真正零跟踪误差的现代数控装置已被开发出来,使机床可以同时具备高切削、高进给速度和高精度的加工,满足现代机床工作的要求。

2. 复合化

复合化包含工序复合化和功能复合化。例如工件在一台设备上一次装夹后,可通过自动换刀等各种措施来完成多工序和多表面的加工。在一台数控设备上能完成多工序切削加工(如车、铣、镗、钻等)的加工中心,可代替多机床和多装夹的加工,这样既能减少装卸时间,提高每台机床的加工能力,减少半成品库存量,又能提高加工精度,从而打破了传统的工序界限和分散加工的工艺规程。常见的有主轴头立、卧式自动转换的加工中心,车、铣加工中心等。

3. 小型化与开放式结构

机电一体化设备对 CNC 装置提出了小型化的要求,以便将机、电装置融为一体。目前,许多 CNC 采用的是最新的、大规模集成电路(LSI)、新型 TFT 彩色液晶薄型显示器和表面封装技术,实现了三维立体装配。

由于计算机新技术大量应用于数控技术中,新一代数控系统的体系结构向开放式系统发展。国际上主要数控系统和数控设备生产国及其厂家瞄准了通用个人计算机(PC 机)所具有的开放性好、成本低、可靠性高、软硬件资源丰富等特点,自 20 世纪 80 年代末以来竞相开发了基于 PC 的 CNC 系统,并提出了开放式 CNC 体系结构的概念,开展了针对开放式 CNC 系统的前、后台标准的研究。

4. 高柔性化

柔性是指数控机床适应加工对象变化的能力。数控机床的发展,使其已完全能满足加工对象的变化。在提高单机柔性化的同时,数控机床也朝着单元柔性化(如柔性加工单元,FMC)和系统柔性化(如柔性制造系统,FMS)方向发展。

5. 智能化

随着人工智能的不断发展,为了适应制造业生产柔性化、自动化的需要,数控机床智能化程度亦不断提高。例如应用自适应控制技术,引入专家系统指导加工;加强故障自诊断功能;研制智能化交流伺服驱动装置等。

在党和政府的大力支持下,我国数控机床产业通过“八五”、“九五”攻关,在数控系统的研究开发方面取得了巨大的成功,研制出拥有自主知识产权的中、高档数控系统,从而冲破了国外技术上的垄断和封锁。总结我国数控技术发展的经验,坚持技术创新,确定技术发展路线是振兴我国数控产业的精髓。在“八五”数控技术攻关过程中,我国一大批数控技术工程人员也开发出了基于 PC 机的 CNC,避开了在专用 CNC 硬件这一弱势上与人硬拼,使我国的数控技术得以健康发展。目前,国产数控系统最多可以控制 16 轴,实现 9 轴联动。同时,国产数控系统的可靠性大大提高,平均无故障时间(MTBF)已远远超过 20 000 h,在国际数控领域占有了一席之地。

二、数控机床的工作原理及组成

以数字化信息形式进行控制的机床称为数字控制机床,简称数控机床。

数字控制(NC——Numerical Control)系统是相对于模拟控制系统而言的:数字控制系统中的信息是数字量,而模拟控制系统中的信息是模拟量。随着计算机技术的发展,硬件数控系统已逐渐被淘汰,取而代之的是计算机数控(CNC)系统。

1. 数字控制系统的特点

- ① 用不同的字长表示不同精度的信息。
- ② 可进行算术运算和复杂的信息处理。
- ③ 可进行逻辑运算,并可根据不同的指令进行不同方式的信息处理;并可用软件来改变信息处理的方式或过程,从而避免改变电气或机械结构(即硬件),因而具有很好的柔性。

由于数字控制系统具有上述优点,故被广泛应用于机械运动的轨迹控制。轨迹控制是机床数控系统和工业机器人的主要控制内容。

2. 数控机床的工作原理

数控机床是用代码化的数字信息将刀具移动轨迹的信息记录在编制的程序中,然后送入数控系统,经过译码、运算,控制机床的刀具与工件的相对运动,从而加工出形状、尺寸与精度都符合要求的零件的一类机床。

3. 数控机床的组成

数控机床一般由输入/输出设备、CNC 装置、伺服单元、驱动装置(或称执行机构)、可编程控制器(PLC)及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成。图 0-1 是数控机床的组成框图。其中除机床本体之外的部分统称为 CNC 系统。

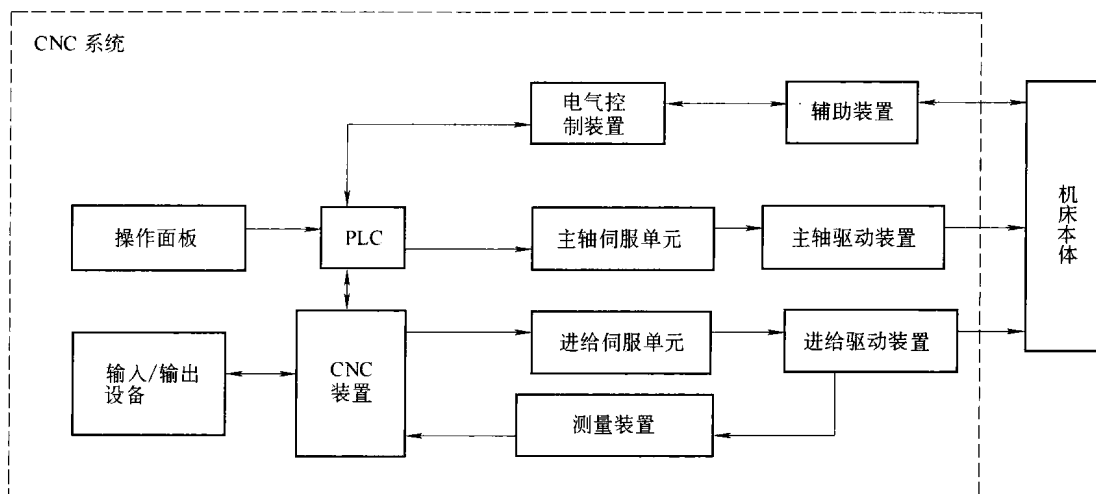


图 0-1 数控机床的组成

(1) 输入/输出装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电脉冲信号,传送并存入数控装置

内。目前,数控机床的输入装置有键盘、磁盘驱动器、光电阅读机等,其相应的程序载体为磁盘。

各种类型数控机床中最直观的输出装置是显示器,有 CRT 显示器或彩色液晶显示器两种。输出装置的作用是:数控系统通过显示器为操作人员提供必要的信息。显示的信息是正在编辑的程序、坐标值、报警信号等。

因此,输入/输出装置是机床数控系统和操作人员进行信息交流所必须具备和必要的交互设备。

(2) 数控装置

数控装置(或称计算机数控装置)是计算机数控系统的核心,它接受的是输入装置送来的脉冲信号。信号经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令,控制机床的各个部分,使其进行规定的、有序的动作。这些控制信号中最基本的信号是经插补运算决定的各坐标轴(即作进给运动的各执行部件)的进给速度、进给方向和位移量指令(送到伺服驱动系统驱动执行部件作进给运动),其他还有主轴的变速、换向和启停信号,选择和交换刀具的刀具指令信号,控制冷却液,润滑油启停,工件和机床部件松开、夹紧,分度工作台转位的辅助指令信号等。

数控装置主要包括微处理器(CPU)、存储器、局部总线、外围逻辑电路以及与 CNC 系统的其他组成部分联系的接口等。

(3) 伺服单元

伺服单元接收来自数控装置的速度和位移指令。这些指令经变换和放大后通过驱动装置转变成执行部件进给的速度、方向和位移。因此,伺服单元是数控装置与机床本体的联系环节,它把来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。根据接收指令的不同,伺服单元有脉冲式单元和模拟式单元之分。伺服单元就其系统而言又有开环系统、半闭环系统和闭环系统之分,其工作原理亦有差别。

(4) 驱动装置

驱动装置把经过放大的指令信号变为机械运动,通过机械连接部件驱动机床工作台,使工作台精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动,加工出形状、尺寸与精度都符合要求的零件。和伺服单元相对应,驱动装置有步进电动机、交流伺服电动机等。

伺服单元和驱动装置可合称为伺服驱动系统,它是机床工作的动力装置,用以实施计算机数控装置的指令,所以,伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说,数控机床的功能主要取决于数控装置,而数控机床的性能主要取决于伺服驱动系统。

(5) 可编程控制器

可编程控制器亦称为可编程逻辑控制器(PLC——Programmable Logic Controller)。

数控机床的控制是通过 CNC 和 PLC 的协调配合来完成的。其中 CNC 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、位置伺服控制等。PLC 主要完成与逻辑运算有关的一些动作,而没有轨迹上的具体要求。它接收 CNC 的控制代码 M(辅助功能)、S(主轴转速)、T(选刀、换刀)等顺序动作信息,对顺序动作信息进行译码,转换成对应的控制信号,控制辅助装置完成机床相应的开关动作,如工件的装夹、刀具的更换、冷却液的开关等一些辅助动作。它还接收机床操作面板的指令,一方面直接控制机床的动作,另一方面将一部分指令送到数控装置,用于加工过程的控制。

数控机床的 PLC 一般分为两类,一类是内装型,将 CNC 和 PLC 综合起来设计,即 PLC 是

CNC 装置的一部分;另一类是独立型 PLC。

(6) 机床本体

机床本体即数控机床的机械部件,包括主运动部件、进给运动执行部件(工作台、拖板及其传动部件)和支承部件(床身立柱等),还包括具有冷却、润滑、转位和夹紧等功能的辅助装置。加工中心类的数控机床还有刀库、交换刀具的机械手等部件。数控机床机械部件的组成与普通机床相似,但是,由于数控机床的高速度、高精度、大切削用量和连续加工等要求,其机械部件在精度、刚度、抗震性等方面要求更高。因此,近年来在设计数控机床时采用了许多新的加强刚性、减小热变形、提高精度等方面的措施。

三、数控系统的分类

机床数控系统通常有两种分类方式。

1. 按系统特点分类

(1) 点位控制数控系统

机床的点位控制系统控制刀具相对于工件的定位点的坐标位置,而对定位移动的轨迹并无要求,因为刀具在定位移动过程中不进行切削加工。这类数控系统常用于数控钻床、数控镗床、数控冲床和数控测量机。

(2) 轮廓控制数控系统

采用这类数控系统的机床又称连续控制或多坐标联动数控机床,其数控系统控制多轴联动,使工件相对于刀具按程序规定的轨迹和速度运动,进行连续切削加工。数控车床、数控铣床、加工中心等用于加工曲线和曲面的机床,必须采用这种数控系统。

2. 按有无测量装置分类

数控系统按有无测量装置可分为开环数控系统和闭环数控系统。闭环数控系统根据测量装置采样点的位置又可分为全闭环数控系统和半闭环数控系统两种。

(1) 开环数控系统

开环数控系统结构简单,没有测量反馈装置。同时,数控装置发出的指令信号流是单向的,所以不存在系统稳定性问题。因为无位置反馈,所以精度不高,其精度主要取决于伺服驱动系统的性能。

开环数控系统的工作原理如图 0-2 所示,它首先将控制机床工作台或刀架运动的位移距离、位移速度、位移方向、位移轨迹等参量通过输入装置输入 CNC 装置,CNC 装置根据这些参量指令计算出进给脉冲序列(脉冲个数对应位移距离,脉冲频率对应位移速度,脉冲方向对应位移方向,脉冲输出的次序对应位移轨迹);然后对脉冲单元进行功率放大,形成驱动装置的控制信号;最后,由驱动装置驱动工作台或刀架按所要求的速度、轨迹、方向和移动距离加工出形状、尺寸与精度都符合要求的零件。

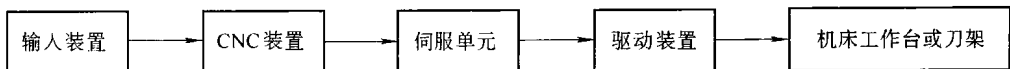


图 0-2 开环数控系统工作原理框图

开环数控系统一般由功率步进电动机作为伺服驱动单元。

开环数控系统具有工作稳定、反应迅速、调试方便、维修简单、价格低廉等优点,在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到广泛应用。但是,由于步进电动机的低频共振及丢步等原因,其应用有逐渐减少的趋势。在我国,经济型数控机床一般都采用开环数控系统。

(2) 半闭环数控系统

半闭环数控系统工作原理如图 0-3 所示,它由伺服电动机采样旋转角度而不是检测工作台的实际位置。因此,丝杠的螺距误差和齿轮或同步带轮等引起的误差都难以消除。半闭环数控系统环路内不包括或只包括少量机械传动环节,因此系统控制性能稳定。而机械传动环节的误差,大部分可通过误差补偿的方法消除,因而仍可获得不错的精度。

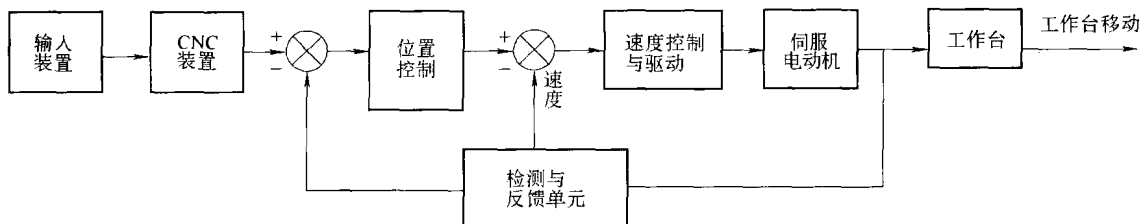


图 0-3 半闭环数控系统工作原理框图

(3) 全闭环数控系统

全闭环数控系统工作原理如图 0-4 所示,采样点从机床的运动部件上直接引出。通过采样工作台运动部件的实际位置,即对实际位置进行检测消除整个传动环节的误差和间隙,因而具有很高的位置控制精度。但是,由于位于环内的许多机械环节的摩擦特性、刚性和间隙都是非线性的,故容易造成系统的不稳定以及使调试困难。这类系统主要用于精度要求很高的镗铣床、超精车床和螺纹车床等。

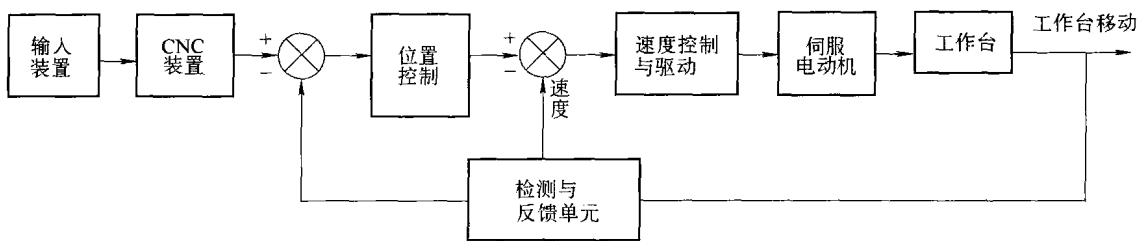


图 0-4 全闭环数控系统工作原理框图

四、数控机床机械结构的特殊要求

CNC 机床的机床本体,在开始阶段使用的大部分是普通机床的机械结构,只是在自动变速装置、刀架或工作台自动转位装置和手柄等方面作了些改变。实践证明,由于 CNC 机床自动化水平的日益提高,其进给速度远超过普通机床的进给速度,如有些数控机床的进给速度达 24

m/min,可以在大切削用量下连续加工;同时,还有极高的精度,可以实现小进给量,例如在进给量为 $0.001 \sim 0.0001$ mm 时不发生低速爬行。所以,CNC 机床比普通机床在设计上要求更严格,更精密。下面只阐述有关主要方面的设计要求。

(1) 机床的导轨

导轨的功用是支承和引导机床的拖板、工作台沿导轨移动,同时保证其移动时的直线性(直线运动导轨)或真圆性(圆运动导轨),以及它们与有关基面之间的相互位置的准确性。CNC 机床除对导轨的导向精度、精度保持性和刚度有更高的要求外,还特别要求导轨有良好的摩擦特性,即导轨的摩擦系数要小,以减小摩擦阻力和导轨热变形,使运动轻便平稳。另外,导轨的动、静摩擦系数应尽量接近,以便导轨在小进给量、低速时无爬行。

基于上述要求,工作时进给速度在 10 m/min 以下的 CNC 机床多采用贴塑导轨,有更高要求的则采用滚动导轨。

(2) 丝杠螺母副

CNC 机床的进给运动链中,将旋转运动转换为直线运动的一般都采用丝杠螺母副。在普通机床上可以采用梯形丝杠螺母副。运动时,梯形丝杠螺母副之间的运动是滑动摩擦,摩擦阻力大,传动效率低,不适宜高速传动。因此 CNC 机床采用的是滚珠丝杠螺母副,丝杠螺母副之间的运动是滚动摩擦。滚珠丝杠螺母副具有以下特点:

- ① 摩擦损失小,传动效率高(可达 $0.90 \sim 0.96$)。
- ② 丝杠螺母之间预紧后,可以完全消除间隙,从而提高了传动精度和刚度。
- ③ 摩擦阻力小,磨损小,寿命长,精度保持性好。动、静摩擦力之差极小,不易产生低速爬行,有利于保证运动平稳。
- ④ 不能自锁。因此,丝杠立式使用时,交流伺服电动机均带抱闸,即电动机具有制动装置。

(3) 传动联轴器

在 CNC 机床的进给运动链中,交流伺服电动机与滚珠丝杠的连接一般采用直连方式,即通过传动联轴器来传递力矩。按设计要求,电动机轴与丝杠轴必须同轴,但实际工作中仍有误差,为补偿这一误差,CNC 机床采用了弹性联轴器。联轴器与转轴的连接方式对被连接的两轴允许的平行偏差、角度偏差等亦有相应要求。

CNC 机床的传动结构除上述要求外,对同步齿形带、齿轮副、蜗轮副等都有消除间隙的要求。传动副间隙的存在降低了传动精度,不仅如此,更重要的是,间隙属于非线性误差,将引起系统的振荡,造成系统的不稳定。

五、本课程的特点和学习方法

数控机床是先进制造业的重要组成部分。本课程是对各类数控机床的各方面知识与操作技能的基本阐述,是一门实用性及实践性极强的课程,在学习中要紧密结合生产实际,加强理论与实践的紧密结合。

学好这门课程,意味着今后良好的就业、择业前景,因此从现在起就必须认真掌握好相关的理论知识,并积极参与数控机床操作的实验与实习,大胆进行各项实践活动,只有这样才能真正获得数控机床操作与维护保养方面的能力。

第一章

数控车床操作实训

数控车床又称为 CNC 车床,是利用计算机数字控制的车床。普通卧式车床要靠手工操作来完成各种切削加工,而数控车床则是将编好的加工程序输入到数控系统中,由数控系统通过车床的 X、Z 轴的伺服电动机去控制车床运动部件的动作顺序、移动量和进给速度,再配以主轴的转速和方向,从而加工出各种形状的轴类等回转类零件。因此,数控车床是目前使用较为广泛的数控机床。

课题 1 数控车床的入门知识

一、实训目的

1. 了解数控车床和普通车床结构上的区别。
2. 了解数控车床常用刀具和夹具的特点及其选用。
3. 熟悉数控车床各部分的名称及作用。
4. 掌握文明、安全生产的要求。

二、数控车床的种类

1. 简易数控车床

简易数控车床一般由单板机或单片机进行控制。机床主体部分由普通车床略作改进而成。此类车床结构简单,价格低廉,但功能较低,无刀尖圆弧半径自动补偿功能。

2. 经济型数控车床

经济型数控车床一般采用开环或半闭环控制系统。此类车床的显著缺点是无恒线速切削功能(图 1-1)。

3. 全功能型数控车床

全功能型数控车床一般采用半闭环或闭环控制系统,具有高刚度、高精度和高加工速度等特点。此类车床具备恒线速切削和刀尖圆弧半径自动补偿功能(图 1-2)。

4. 车削中心

车削中心以全功能型数控车床为主体,并配置刀库和换刀机械手。此类车床的功能更全面,但价格较高。

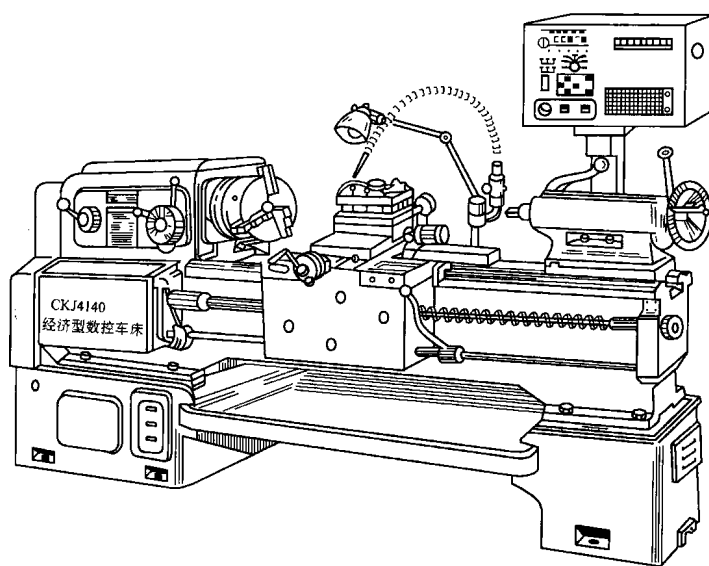


图 1-1 经济型数控车床

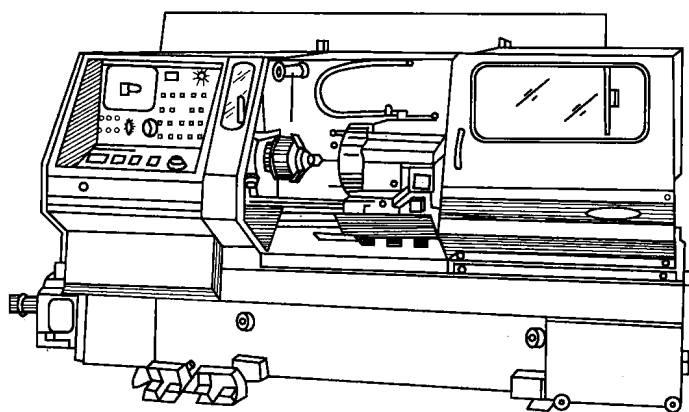


图 1-2 全功能型数控车床

三、数控车床的结构

1. 控制柜

(1) SINUMERIK 802S 超薄面板

SINUMERIK 802S 超薄面板如图 1-3 所示。

(2) 机床控制面板

机床控制面板如图 1-4 所示。

(3) 电气柜

电气柜如图 1-5 所示。

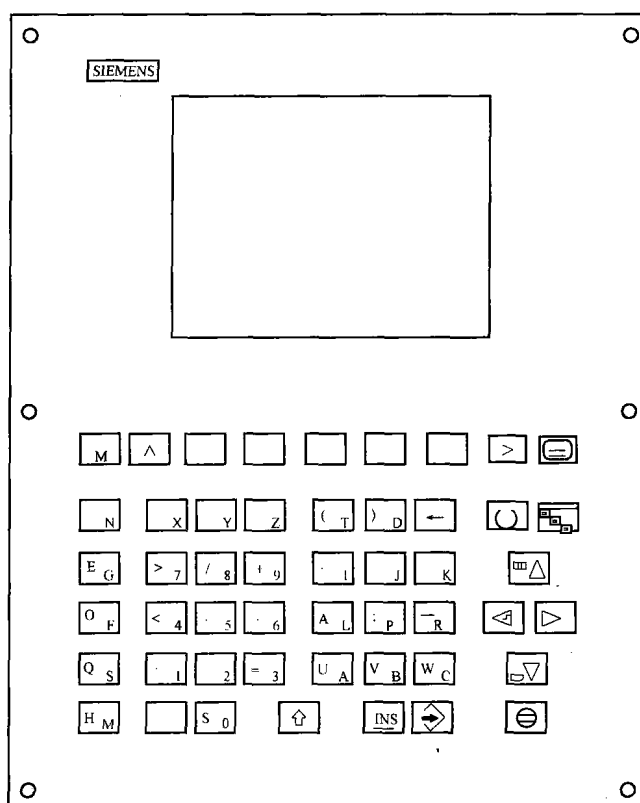


图 1-3 SINUMERIK 802S 超薄面板

2. 机械部分

(1) 主轴部分

普通车床主轴的转动、停止、变向、变速等动作多由人工操作控制,而在经济型数控车床、全功能型车床及车削中心中则由相应的辅助功能指令自动控制伺服电动机,从而控制主轴的变速、变向等动作。

普通车床的主轴旋转与长丝杠通过齿轮传动等机构保持一定的传动比,而数控车床的长丝杠则不受主轴至丝杠间的机械传动比直接支配,而是由装在丝杠上的步进电动机驱动。在加工螺纹时由主轴脉冲发生器发出脉冲信号供给数控装置作控制信号,使步进电动机按与主轴转速成一定比例的频率运行,加工出符合螺距的螺纹。

(2) 进给系统

数控车床取消了挂轮箱、进给箱、溜板箱及绝大多数齿轮传动机构,仅保留纵向、横向进给螺旋传动机构(滚珠丝杠副),车床的横向、纵向进给主要由伺服电动机、直流伺服电动机或交流电动机控制。

(3) 刀架

普通车床由人工完成换刀工作。而数控车床配置自动换刀的四刀位回转刀架或多刀位转塔

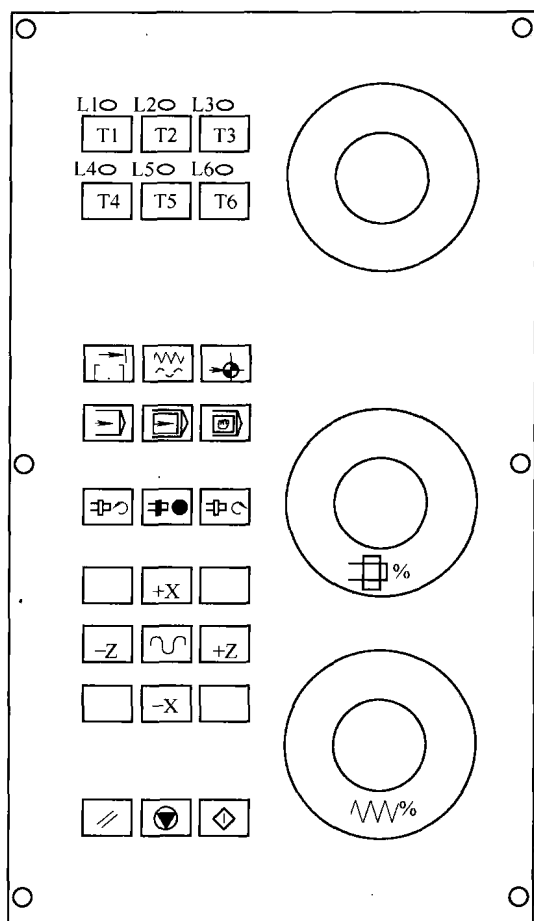


图 1-4 机床控制面板

刀架(图 1-6),这类刀架具有运动灵活、重复定位精度高、夹紧力大等特点。

(4) 床身

普通卧式车床床身和导轨一般为水平布置,而数控车床床身导轨的布局形式一般有平床身、斜床身、平床身斜滑板等几种形式(图 1-7)。

按照 JB3051—1982,数控车床坐标系的配置如图 1-8 所示。

图中以字母表示运动坐标轴,箭头表示其正向。

四、数控车床常用刀具、夹具的选用

1. 轴类零件加工用刀具、夹具的选用

(1) 加工轴类零件常用的车刀

传统的普通车床通常使用焊接式硬质合金车刀,仅提倡使用可转位机夹车刀,但在数控车床上应尽可能多地使用可转位机夹车刀。使用可转位机夹车刀可以为自动对刀准备条件,可转位机夹车刀磨损以后,只需松开螺钉,将硬质合金刀片转位,使新的切削刃进入相应的切削位置即