

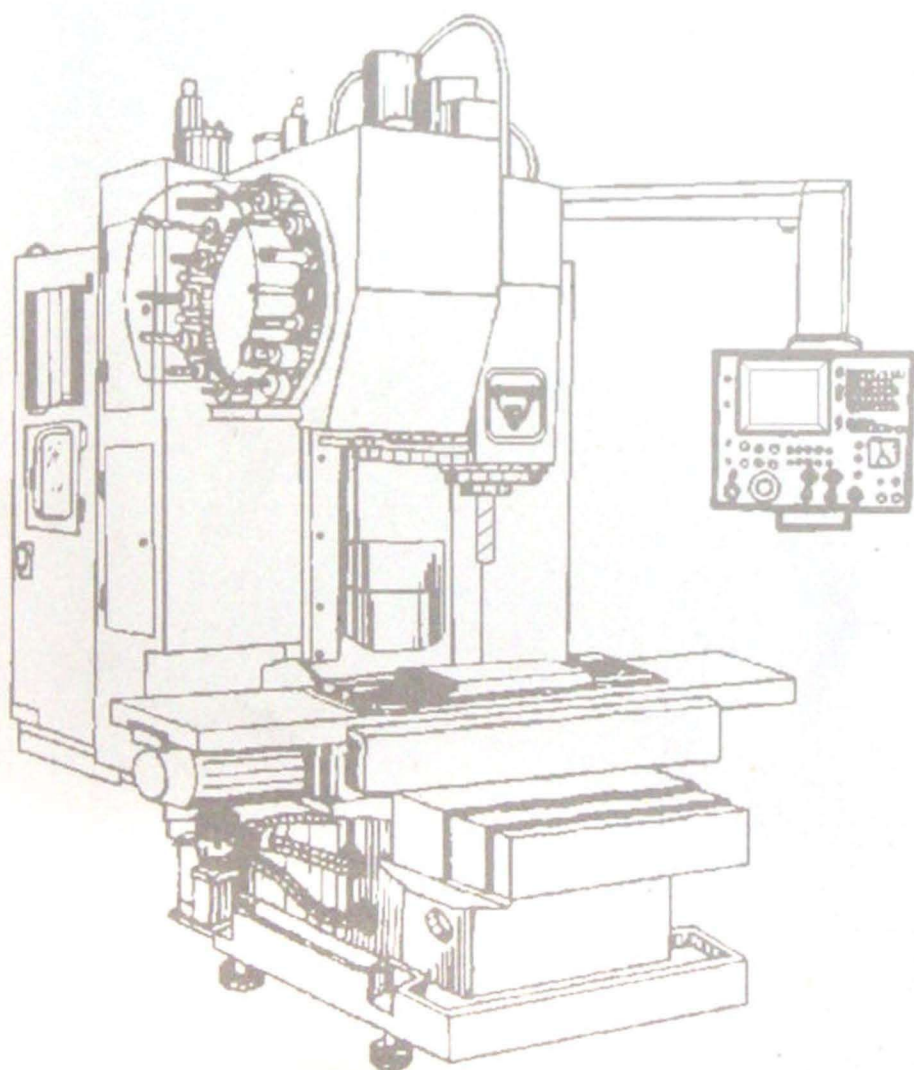


全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材
QUANGUO GAOZHIGAOZHUAN JIXIESHEJIZHIZAO LEI GONGXUEJIEHE SHIERWU GUIHUAXILIEJIAOCAI

丛书顾问 陈吉红

数控机床与操作

主编 ● 张文华 段明忠 刘战术



SHUKONG JICHUANG YU CAOZUO



JIXIESHEJIZHIZAO



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材
丛书顾问 陈吉红

数控机床与操作

主 编	张文华	段明忠	刘战术	
副主编	张秀娟	张 文	舒雨锋	王祥祯
参 编	邵海军	郭文星		

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书主要介绍数控机床的基础知识、数控机床的典型机械结构、数控车床与操作、数控铣床与操作、加工中心与操作、数控雕刻机与操作、特种加工技术及数控机床控制原理等内容,各项目均附有思考与练习。书中采用了最新国家标准规定的名词术语,较系统地介绍了数控机床的产生、发展,数控原理及数控机床结构,介绍了几种典型数控系统数控机床的操作方法。

本书一方面注重学生数控基础理论知识的学习,另一方面注重实际操作技能的培养。本书内容通俗易懂、深入浅出,重点突出、详略得当,知识完整、结构新颖。

本书适用于高职高专数控技术应用、模具设计与制造和计算机辅助设计等机类专业的学生作教材使用,也可作为机械设计制造及自动化专业本科生的教材,并可供机械加工及自动化行业的广大工程技术人员作参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床与操作/张文华 段明忠 刘战术 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.5
ISBN 978-7-5609-7846-8

I. 数… II. ①张… ②段… ③刘… III. 数控机床-操作-高等职业教育-教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 068867 号

数控机床与操作

张文华 段明忠 刘战术 主编

策划编辑:严育才

责任编辑:严育才

封面设计:范翠璇

责任校对:代晓莺

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:仙桃市新华印务有限责任公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:17

字 数:350千字

版 次:2012年5月第1版第1次印刷

定 价:33.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材

编委会

丛书顾问:

陈吉红(华中科技大学)

委员(以姓氏笔画为序):

万金宝(深圳职业技术学院)

王平(广东工贸职业技术学院)

王兴平(常州轻工职业技术学院)

王连弟(华中科技大学出版社)

王怀奥(浙江工商职业技术学院)

王晓东(长春职业技术学院)

王凌云(上海工程技术大学)

王逸民(贵州航天工业职业技术学院)

王道宏(嘉兴职业技术学院)

牛小铁(北京工业职业技术学院)

毛友新(安徽工业经济职业技术学院)

尹霞(湖南化工职业技术学院)

田鸣(大连职业技术学院)

刑美峰(包头职业技术学院)

吕修海(黑龙江农业工程职业学院)

朱江峰(江西工业工程职业技术学院)

刘敏(烟台职业学院)

刘小芹(武汉职业技术学院)

刘小群(江西工业工程职业技术学院)

刘战术(广东轻工职业技术学院)

孙慧平(宁波职业技术学院)

杜红文(浙江机电职业技术学院)

李权(滨州职业学院)

李传军(承德石油高等专科学校)

吴新佳(郑州铁路职业技术学院)

何晓凤(安徽机电职业技术学院)

宋放之(北京航空航天大学)

张勃(漯河职业技术学院)

张健(十堰职业技术学院)

张焕(郑州牧业工程高等专科学校)

张云龙(青岛职业技术学院)

张俊玲(贵州工业职业技术学院)

陈天凡(福州职业技术学院)

陈泽宇(广州铁路职业技术学院)

罗晓晔(杭州科技职业技术学院)

金濯(江苏畜牧兽医职业技术学院)

郑卫(上海工程技术大学)

胡翔云(湖北职业技术学院)

荣标(宁夏工商职业技术学院)

贾晓枫(合肥通用职业学院)

黄定明(武汉电力职业技术学院)

黄晓东(九江职业技术学院)

崔西武(武汉船舶职业技术学院)

阎瑞涛(黑龙江农业经济职业学院)

葛建中(芜湖职业技术学院)

董建国(湖南工业职业技术学院)

窦凯(广州番禺职业技术学院)

颜惠庚(常州工程职业技术学院)

魏兴(六安职业技术学院)

秘书:季华 万亚军

序

目前我国正处在改革发展的关键阶段,深入贯彻落实科学发展观,全面建设小康社会,实现中华民族伟大复兴,必须大力提高国民素质,在继续发挥我国人力资源优势的同时,加快形成我国人才竞争比较优势,逐步实现由人力资源大国向人才强国的转变。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》提出:“发展职业教育是推动经济发展、促进就业、改善民生、解决‘三农’问题的重要途径,是缓解劳动力供求结构矛盾的关键环节,必须摆在更加突出的位置。职业教育要面向人人、面向社会,着力培养学生的职业道德、职业技能和就业创业能力。”

高等职业教育是我国高等教育和职业教育的重要组成部分,在建设人力资源强国和高等教育强国的伟大进程中肩负着重要使命并具有不可替代的作用。自从1999年党中央、国务院提出大力发展高等职业教育以来,培养了1300多万高素质技能型专门人才,为加快我国工业化进程提供了重要的人力资源保障,为加快发展先进制造业、现代服务业和现代农业作出了积极贡献;高等职业教育紧密联系经济社会,积极推进校企合作、工学结合人才培养模式改革,办学水平不断提高。

“十一五”期间,在教育部的指导下,教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会,根据《高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会章程》,积极开展国家级精品课程评审推荐、机械设计与制造类专业规范(草案)和专业教学基本要求的制定等工作,积极参与了教育部全国职业技能大赛工作,先后承担了“产品部件的数控编程、加工与装配”、“数控机床装配、调试与维修”、“复杂部件造型、多轴联动编程与加工”、“机械部件创新设计与制造”等赛项的策划和组织工作,推进了双师队伍建设和课程改革,同时为工学结合的人才培养模式的探索 and 教学改革积累了经验。2010年,教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会数控分委会起草了《高等职业教育数控专业核心课程设置及教学计划指导书(草案)》,并面向部分高职高专院校进行了调研。根据各院校反馈的意见,教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会委托华中科技大学出版社联合国家示范(骨干)高职院校、部分重点高职院校、武汉华中数控股份有限公司和部分国家精品课程负责人及一批层次较高的高职院校教师组成编委会,组织编写全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材。

本套教材是各参与院校“十一五”期间国家级示范院校的建设经验以及校企



结合的办学模式、工学结合的人才培养模式改革成果的总结,也是各院校任务驱动、项目导向等教学做一体的教学模式改革的探索成果。因此,在本套教材的编写中,着力构建具有机械类高等职业教育特点的课程体系,以职业技能的培养为根本,紧密结合企业对人才的需求,力求满足知识、技能和教学三方面的需求;在结构上和内容上体现思想性、科学性、先进性和实用性,把握行业岗位要求,突出职业教育特色。

具体来说,力图达到以下几点。

(1) 反映教改成果,接轨职业岗位要求。紧跟任务驱动、项目导向等教学做一体的教学改革步伐,反映高职高专机械设计制造类专业教改成果,引领职业教育教材的发展趋势,注意满足企业岗位任职知识、技能要求,提升学生的就业竞争力。

(2) 创新模式,先进理念。创新教材编写体例和内容编写模式,针对高职高专学生的特点,体现工学结合特色。教材的编写以纵向深入和横向宽广为原则,突出课程的综合性,淡化学科界限,对课程采取精简、融合、重组、增设等方式进行优化。

(3) 突出技能,引导就业。注重实用性,以就业为导向,专业课围绕高素质技能型专门人才的培养目标,强调促进学生知识运用能力,突出实践能力培养原则,构建以现代数控技术、模具技术应用能力为主线的实践教学体系,充分体现理论与实践的结合,知识传授与能力、素质培养的结合。

当前,工学结合的人才培养模式和项目导向的教学模式改革还需要继续深化,体现工学结合特色的项目化教材的建设还是一个新生事物,处于探索之中。随着这套教材投入教学使用和经过教学实践的检验,它将不断得到改进、完善和提高,为我国现代职业教育体系的建设和高素质技能型人才的培养作出积极贡献。

谨为之序。

教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会主任委员

国家数控系统技术工程研究中心主任

华中科技大学教授、博士生导师

陈吉红

2012年1月于武汉

前 言

数控机床是计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术综合运用的产物,是典型的机电一体化产品。它的出现及所带来的巨大效益,引起世界各国科技界和工业界的普遍重视。发展数控机床是当前我国机械制造业技术改造的必由之路,也是未来工厂自动化的基础。

随着数控机床的大量使用,急需培养大批能熟练掌握现代数控机床编程、操作和维修的人员。本书正是以高职高专数控专业教学为立足点,广泛借鉴先进资料和经验编写而成。全书共分8个项目,项目一为数控机床的基础知识,对数控机床进行概述。项目二为数控机床的典型机械结构,介绍滚珠丝杠螺母副结构、齿轮传动间隙消除结构及机床导轨。项目三为数控车床与操作,对数控车床进行概述,介绍数控车床典型机械结构、车削中心及数控车床华中系统、广州数控系统操作面板及实例操作。项目四为数控铣床与操作,对数控铣床进行概述,介绍典型数控铣床机械结构及法那科(FANUC)铣床数控系统操作面板及实例操作。项目五为加工中心与操作,介绍加工中心的基本组成、分类、适用场合,典型加工中心机械结构、西门子(SIEMENS)数控系统操作面板及操作实例。项目六为数控雕刻机与操作,介绍数控雕刻机的工作原理、分类,面板功能、编程软件及操作实例。项目七为特种加工技术,介绍数控电火花、线切割的典型结构及操作。项目八为数控机床控制原理,介绍数控系统的插补原理及数控机床的位置检测。本书结合具体的实例,详细介绍了法那科、西门子、华中“世纪星”、广州数控、MD21A系列数控电火花成形机床等典型数控系统及装置的操作方法和精雕软件 En3D7.0 及 WAPT 编程软件的使用方法。

本书由张文华、段明忠、刘战术任主编,张秀娟、张文、舒雨锋、王祥祯任副主编,邵海军、郭文星任参编,其中九江职业技术学院张文华编写项目一,九江职业技术学院张秀娟、郭文星编写项目二和项目三(至华中数控车床操作实例),东莞职业技术学院舒雨锋编写项目三广州数控操作部分,九江职业技术学院王祥祯编写项目四,襄樊学院张文编写项目五,九江职业技术学院邵海军编写项目六,武汉工程职业技术学院段明忠编写项目七,广东轻工职业技术学院刘战术编写项目八。全书最后由张文华统稿、定稿。

尽管我们在《数控机床与操作》教材建设方面做出了许多努力,但是,由于作者水平有限,数控技术发展迅速,本书在编写中难免存在疏漏之处,恳请各相关教学单位和读者在使用本书的过程中给予关注,提出宝贵意见,在此深表感谢!

编 者

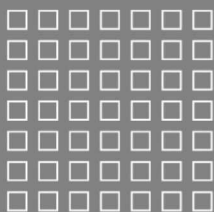
2011 年 12 月

目 录

项目一 数控机床的基础知识	(1)
任务1 数控机床的概述	(1)
任务2 数控机床的分类	(5)
任务3 数控机床的基本工作原理和组成	(8)
任务4 数控机床坐标系的确定	(12)
任务5 数控机床的加工特点和应用	(15)
思考与练习	(16)
项目二 数控机床的典型机械结构	(17)
任务1 滚珠丝杠结构	(17)
任务2 齿轮传动间隙消除结构	(21)
任务3 机床导轨	(25)
思考与练习	(28)
项目三 数控车床与操作	(29)
任务1 概述	(29)
任务2 数控车床典型机械结构	(33)
任务3 车削中心	(46)
任务4 数控车床操作	(51)
思考与练习	(79)
项目四 数控铣床与操作	(80)
任务1 概述	(80)
任务2 数控铣床典型机械结构	(85)
任务3 数控铣床操作	(93)
思考与练习	(118)
项目五 加工中心与操作	(119)
任务1 概述	(119)
任务2 加工中心典型机械结构	(122)
任务3 加工中心操作	(130)
思考与练习	(150)
项目六 数控雕刻机与操作	(151)
任务1 概述	(151)
任务2 数控雕刻机操作	(153)



思考与练习	(194)
项目七 特种加工技术	(195)
任务 1 数控电火花加工技术	(195)
任务 2 数控电火花成形加工技术	(202)
任务 3 数控电火花线切割加工技术	(210)
任务 4 数控电火花线切割操作	(213)
思考与练习	(220)
项目八 数控机床控制原理	(222)
任务 1 数控系统插补原理	(222)
任务 2 数控机床的位置检测装置	(238)
思考与练习	(260)
参考文献	(262)



项目

数控机床的基础知识

任务 1 数控机床的概述

知识点 1 数控机床的发展概况

数控机床(numerical control machine)是用数字信息进行控制的机床。它用数字代码将刀具相对工件移动的轨迹、速度等信息记录在程序介质上,送入数控系统,然后经过译码和运算,控制机床刀具与工件的相对运动,加工出所需要的工件。数控机床是在机械制造技术和控制技术的基础上发展起来的,其过程大致如下。

1948 年,美国帕森斯公司(Parsons Corporation)接受美国空军委托,研制直升机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于样板形状复杂,精度要求高,一般加工设备难以完成,于是提出采用电子计算机来控制机床的设想。

1949 年,受美军方的委托,美国帕森斯公司与美国麻省理工学院伺服机构实验室(Servo Mechanism Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology)合作,历时 3 年,于 1952 年研制成功了立式数控铣床。该铣床采用三坐标直线插补连续控制,被公认为世界上第一台数控机床,该铣床也是第一代数控实验性机床。它利用电子管元件,采用了计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测和新型机械结构等新技术。

1954 年 11 月,在帕森斯专利基础上,第一台用于工业的数控机床由美国本迪克斯公司(Bendix Corporation)正式生产。1955 年,美空军用巨额资金订购了约 100 台。

1959 年 3 月,美国卡耐·特雷克公司(Kearney&Trecker Corporation)发明了带有自动换刀装置的数控机床,被称为加工中心(machining center, MC)。这种机床在刀库中装有丝锥、钻头、铰刀、铣刀等刀具,根据穿孔带的指令自动选择刀具,并通过机械手将刀具装在主轴上,对工件进行加工。同时,数控系统中广



泛采用晶体管和印制电路板,从而使数控机床跨入了第二代数控产品。

1965 年,小规模集成电路研制成功,由于它的体积小、功耗低,使数控系统的可靠性得到进一步提高,数控机床发展到第三代数控产品。

以上三代数控产品都是采用专用计算机控制的硬件逻辑数控(numerical control, NC)系统的普通机床。

由于当时计算机的价格十分昂贵,为了提高系统的性价比,1967 年,英国首先把几台数控机床连接成具有柔性的加工系统,这是最初的柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS)。之后,美、日等国也相继进行了开发和应用。所谓柔性,就是当加工工件改变时,除了重新装夹工件和更换刀具外,只需改变数控程序,而不需要对数控机床作任何调整的这种灵活、通用并能迅速适应工件变更的特性。

随着计算机技术的发展,小型计算机的价格急剧下降。小型计算机开始取代专门控制的硬件逻辑数控系统,数控的许多功能由软件程序来实现。

1970 年,在美国芝加哥国际展览会上,首次展出了这种由计算机作控制单元的数控(computer numerical control, CNC)系统。这就是第四代数控产品。

1974 年,美、日等国首先研制出以微处理器为核心的微型计算机数控系统。由于微处理器的集成度和可靠性高且价格低廉,所以微处理器数控系统得到了广泛的应用。这就是第五代数控产品。

1978 年后,加工中心迅速发展,各种加工中心相继问世。

1980 年初,国际上又出现了柔性制造单元(flexible manufacturing cell, FMC)。这种单元投资少、见效快,既可单独长时间少人看管运行,也可集成到 FMS 或更高级的集成制造系统中使用,数控系统也得到升级。

20 世纪 80 年代末 90 年代初,计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system, CIMS)诞生。CIMS 是生产决策、产品设计 CAD、制造 CAM、检验 CAT 和管理等全过程均由计算机集成管理和控制的生产自动化系统。实现 CIMS 的基础是 FMC 和 FMS。这段时间以来,数控机床无论在品种、数量还是在功能上都取得了长足的进步,并为机械制造业注入了新的活力。

我国从 1958 年开始研究数控机床,到 20 世纪 60 年代中期,仍然处于研制、开发时期,一直没有取得实质性的成果。从 20 世纪 70 年代开始,数控技术成果在车、铣、磨、齿轮加工、电加工等领域全面展开,数控加工中心在上海、北京研制成功。但数控系统的可靠性、稳定性未能得到有效解决,因而没有被广泛推广。在这一时期,数控线切割机床由于结构简单、使用方便、价格低廉,在模具加工中得到了应用和推广。

20 世纪 80 年代初,我国先后从日本、德国、美国等国家引进一些先进的数控装置及主轴、伺服系统的生产技术,并投入了生产。这些数控系统可靠性高,功能齐全,推动了我国数控机床生产技术的迅速发展,使我国生产的数控机床在性



能和质量上产生了一个质的飞跃。

20 世纪 90 年代后,我国数控机床的品种有了新的发展。数控机床品种不断增多,规格齐全,许多技术复杂的大型数控机床、重型数控机床及柔性制造系统都相继被研制出来。这个时期,在引进、消化国外技术的基础上,进行了大量开发工作。一些较高档次的数控系统(如五轴联动),分辨率为 $0.002\ \mu\text{m}$ 的高精度数控系统陆续被开发出来。

近些年来,我国数控机床工业发展较快,目前已有数控机床生产厂近百家。为加快我国数控机床工业的发展,更好地满足国民经济发展的需要,国家制定颁发的《机械工业振兴纲要》中已将数控机床列为四个重点振兴的领域之一。

知识点 2 数控机床的发展趋势

随着科学技术的发展,现代机械制造要求产品的形状和结构不断改进,对零件加工质量的要求也越来越高,对产品多样化的需求增强。随着产品品种增多,产品更新换代速度加快,这就要求数控机床成为一种具有高效率、高质量、高灵活性和低成本的新一代制造设备。尤其是随着 FMS 的迅猛发展和 CIMS 的兴起和不断成熟,对机床数控系统提出了更高的要求。现代数控机床正向着智能化、高可靠性、高速、高效、高精度、多功能复合化的方向发展。

1. 智能化

在数控机床工作过程中,有许多因素直接或间接影响加工效果,如工件毛坯余量不均匀、材料硬度不一致、刀具磨损或破损、工件变形等因素。这些变量是事先难以预测的,编制加工程序时一般都是凭经验数据,而实际加工时,难以用最佳参数进行切削。现代数控机床采用了智能化自适应控制技术,它能根据切削条件变化而自动调整并保持最优工作状态,提高了效率和工件的加工精度、表面质量。主要体现在如下几方面:

- (1) 工件自动检测、自动定心;
- (2) 刀具折损检测及自动更换备用刀具;
- (3) 刀具寿命及刀具收存情况管理;
- (4) 负载监控;
- (5) 数控管理;
- (6) 维修管理;
- (7) 利用反馈控制实时补偿的功能;
- (8) 根据加工时热变形对滚珠丝杠等的伸缩和弯曲进行实时补偿的功能。

此外,在数控机床上装有各种类型的监控、检测装置(如红外线),对工件及刀具进行监测,并监视加工全过程,一旦发现工件尺寸超差、刀具磨损、破损,立即报警,并给予补偿或调换刀具。



2. 高可靠性

高可靠性已经成为数控系统制造商和数控机床制造商追求的目标。数控机床在设计过程中通常采用故障诊断技术,自动检错、纠错技术,系统恢复技术和软件可靠性技术。

3. 高速化

高速和超高速加工技术不仅可以提高加工效率,而且也是加工难切削材料、提高加工精度、控制机床和工件振动的重要手段。高速和超高速加工技术的关键是提高机床的主轴转速和进给速度。目前数控系统多采用 32 位 CPU(已经开发出 64 位 CPU 的新型数控系统)和多 CPU 并行技术,使运算速度得到了很大提高。与高性能数控系统相配合,数控机床采用了交流数字伺服系统。伺服电动机实现了数字化,并采用了运动性能不受机械负荷变动影响的高速响应伺服驱动技术。同时,高分辨率、高响应的位置检测器也已应用到伺服系统中。数控机床的主轴转速一般工作在 1500 r/min,普遍可达到 6000 r/min 以上;一般快移速度工作在 5 m/min,普遍可达到 10~20 m/min。

目前,在超高速加工中,车削和铣削的切削速度已达到 5000~8000 m/min,甚至更高;主轴转速在 30000 r/min 以上;在分辨率为 0.1 μm 时,进给速度可达 24 m/min 以上;自动换刀速度在 1 s 以内;小线段插补速度达到 12 m/min。

4. 高效性

为了减少机床辅助时间,提高机床工作效率,可采取一系列措施缩短换刀时间,目前数控机床换刀时间最短为 0.5 s;采用各种形式的交换工作台,使装卸工件的时间与机动时间重合,同时缩短工作台交换时间;广泛采用脱机编程、图形模拟等技术,实现后台输入修改编辑程序,前台加工,缩短新的加工程序在机调试时间;采用快换夹具、刀具装置,以及实现对工件原点快速定位等措施,缩短机床和刀具的调整时间。

5. 高精度

高精度一直是机床数控技术发展追求的目标,在 20 世纪末已取得明显的效果。普通级中等规格的加工中心的定位精度已从 20 世纪 80 年代的 $\pm 12\mu\text{m}/300\text{ mm}$,提高到 $\pm (0.15\sim 3\mu\text{m})/1000\text{ mm}$,重复定位精度由 $\pm 2\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 。

6. 多功能复合化

(1) 具有多种监控、检测及补偿功能 为了提高数控系统的效率及运行精度,对现代数控系统配置了各种检测装置,如刀具磨损检测系统及热变形检测装置等。与之相适应,现代数控系统具备工具寿命管理、刀具长度补偿、刀尖补偿、爬行补偿、实时变形补偿等多种功能。

(2) 彩色图形显示 大多数现代数控系统都采用图形显示。可以进行二维



图形轨迹显示,有的还可以实现三维彩色动态图形显示。

(3) 人机对话功能 借助显示器、键盘可以实现程序的输入、编辑、修改和删除等,此外还具有前台操作、后台编辑的功能。

(4) 自诊断功能 现代数控系统已具有硬件、软件及故障自诊断功能,提高了可维修性及系统的使用效率。

(5) 很强的通信功能 现代数控系统,除了能与编程机、绘图机等外围设备通信外,还能与其他 CNC 系统通信或与上级计算机联络,以实现柔性制造系统连线的要求。

任务2 数控机床的分类

数控机床可以根据不同的方法进行分类,常用的有按数控机床工艺用途分类、按数控机床运动轨迹分类、按进给伺服系统控制方式分类、按控制的坐标轴数分类和按数控系统的功能水平分类等。

知识点1 按数控机床工艺用途分类

按数控机床工艺用途,可把数控机床分为如表 1-1 所示的十大类,一般常用的有数控车床、数控铣镗床和加工中心三类。

表 1-1 按数控机床工艺用途分类

序号	分 类	名 称
1	数控车床	数控卧式车床、数控立式车床、车削中心
2	数控铣镗床	数控卧式铣镗床、数控立式铣镗床、其他数控铣镗床
3	加工中心	卧式加工中心、立式加工中心、立卧式加工中心等
4	数控磨床	数控平面磨床、外圆磨床、轮廓磨床、工具磨床、坐标磨床
5	数控钻床	数控滑座式钻床、龙门式钻床、立式铣钻床、铣钻加工中心
6	数控特种机床	数控电火花机床、线切割机床、激光切割机床
7	数控组合机床	数控多工位组合机床
8	数控专用机床	数控齿轮机床、曲轴机床、管子加工机床、活塞车床等
9	数控机床生产线	活塞生产线、柔性生产线
10	其他	数控冲床、超声波加工机床、三坐标测量机床等

知识点2 按数控机床运动轨迹分类

数控机床运动轨迹主要有点位控制运动、直线控制运动和轮廓控制运动三种形式,如图 1-1 所示。

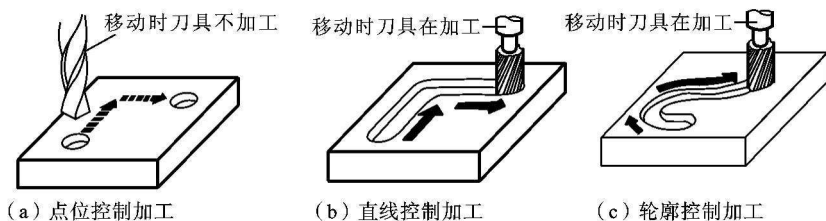


图 1-1 数控机床运动轨迹示意图

(a) 点位控制加工;(b) 直线控制加工;(c) 轮廓控制加工

1. 点位控制的数控机床

点位控制方式就是刀具与工件相对运动时,只控制从一点运动到另一点的准确性,而不考虑两点之间的运动路径和方向。即在刀具相对工件的移动过程中,不进行切削加工。这种控制方式多应用于数控钻床、数控冲床、数控坐标镗床和数控点焊机等。

2. 直线控制的数控机床

直线控制数控机床的特点是不仅要控制从起点到终点的准确定位,而且保证在两点之间的运动轨迹是一条平行机床坐标轴的直线,或两轴同时移动,形成与坐标轴有一定角度的斜线。直线控制数控机床虽然比点位控制数控机床的工艺范围广,但在使用中仍受到很大的限制。这类数控机床主要有经济型数控车床、数控镗铣床和加工中心等。

3. 轮廓控制的数控机床

轮廓控制运动也称为连续控制运动,指刀具或工作台按工件的轮廓轨迹运动,运动轨迹为任意方向的直线、圆弧、抛物线或其他函数关系的曲线。采用这种控制方式的数控机床有数控车床、数控铣床和加工中心等。

知识点 3 按进给伺服系统控制方式分类

按进给伺服系统控制方式,数控机床可分为开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统。

1. 开环控制系统

开环控制系统驱动部分采用步进电动机,无位置测量元件,输入数据经过数控系统运算,输出指令脉冲控制步进电动机工作,如图 1-2 所示。这种控制方式对执行机构不检测,无反馈控制信号,因此称为开环控制系统。开环控制系统的设备成本低,调试简单,但控制精度低,工作速度受到步进电动机的限制,目前广泛应用于经济型数控机床上。

2. 闭环控制系统

闭环控制系统如图 1-3 所示,测量元件(通常为光栅尺)安装在工作台上,将测出工作台的实际位移值反馈给数控装置。位置比较电路将测量元件反馈的工

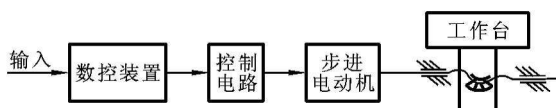


图 1-2 开环控制系统

工作台实际位移值与指令的理论位移值相比较,用比较的误差值控制伺服电动机工作,直至到达实际位置,误差值消除,称为闭环控制。闭环控制系统的控制精度高,但要求机床的刚度好,对机床的加工、装配要求高,调试较复杂,而且设备的成本高。

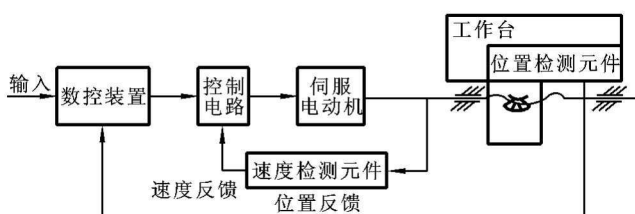


图 1-3 闭环控制系统

3. 半闭环控制系统

半闭环控制系统如图 1-4 所示,它不是直接检测工作台的位移量,而是采用转角位移检测元件,测出伺服电动机或丝杠的转角,推算出工作台的实际位移量,反馈到计算机中进行位置比较,用比较的差值进行控制。由于反馈环内没有包含机械传动部分,故称为半闭环控制。

半闭环控制精度较闭环控制的精度差,但稳定性好,成本较低,调试维修也较容易,兼顾了开环控制和闭环控制的特点,因此应用比较普遍。

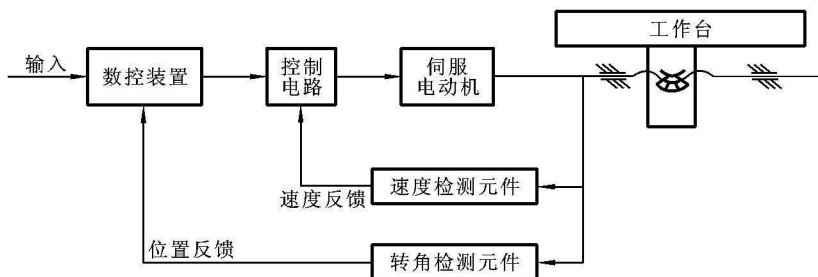


图 1-4 半闭环控制系统

知识点 4 按控制的坐标轴数分类

数控机床在加工零件时,常常要控制两个或两个以上坐标轴的联动。在一台数控机床上,可以对几个坐标轴方向的联动进行数字控制,这台机床就称为“几”坐标数控机床。



1. 两坐标数控机床

两坐标数控机床是指可以控制两个坐标轴(联动)加工曲线轮廓零件的机床。如可以同时控制 X 和 Z 坐标轴的数控车床、X 和 Y 坐标轴的数控线切割机、简易数控铣床等。

2. 三坐标数控机床

三坐标数控机床是可以联动控制的坐标轴为三轴的轮廓控制机床,可以用于加工不太复杂的空间曲面。最典型的是数控立式铣床。

3. $2\frac{1}{2}$ 坐标数控机床

这类机床俗称为两轴半坐标数控机床。它有 X、Y、Z 三个可以控制的坐标轴,但能同时进行联动控制的坐标轴只能是其中的任意两个,即 X—Y、X—Z 或 Y—Z,第三个不能联动控制的坐标轴仅能作等距的周期移动。这类机床主要有经济型数控铣床和数控钻床等。

4. 多坐标数控机床

多坐标数控机床是联动控制坐标轴为四轴或四轴以上的机床,通称为多坐标数控机床。这类数控机床的控制精度较高,加工零件的形状多为空间曲面,但加工程序的编制工作复杂,一般需要配合自动编程机,故适宜加工形状特别复杂、精度要求高的零件。

知识点 5 按数控系统的功能水平分类

按数控系统的功能水平,通常可把数控机床划分为经济型、普及型、高级型三类。

1. 经济型数控机床

经济型数控机床结构简单,精度中等,但价格较低,仅能满足一般精度要求的加工,能加工形状较简单的直线、斜线、圆弧及带螺纹类的零件。

2. 普及型数控机床

普及型数控机床具有人机对话功能,应用较广,且价格适中,通常称为全功能数控机床。

3. 高级型数控机床

高级型数控机床是指加工复杂形状、多轴控制、工序集中、自动化程度高、柔性度高的数控机床。

任务 3 数控机床的基本工作原理和组成

知识点 1 数控机床的基本工作原理

在数控机床上加工零件,一般操作步骤如下。