

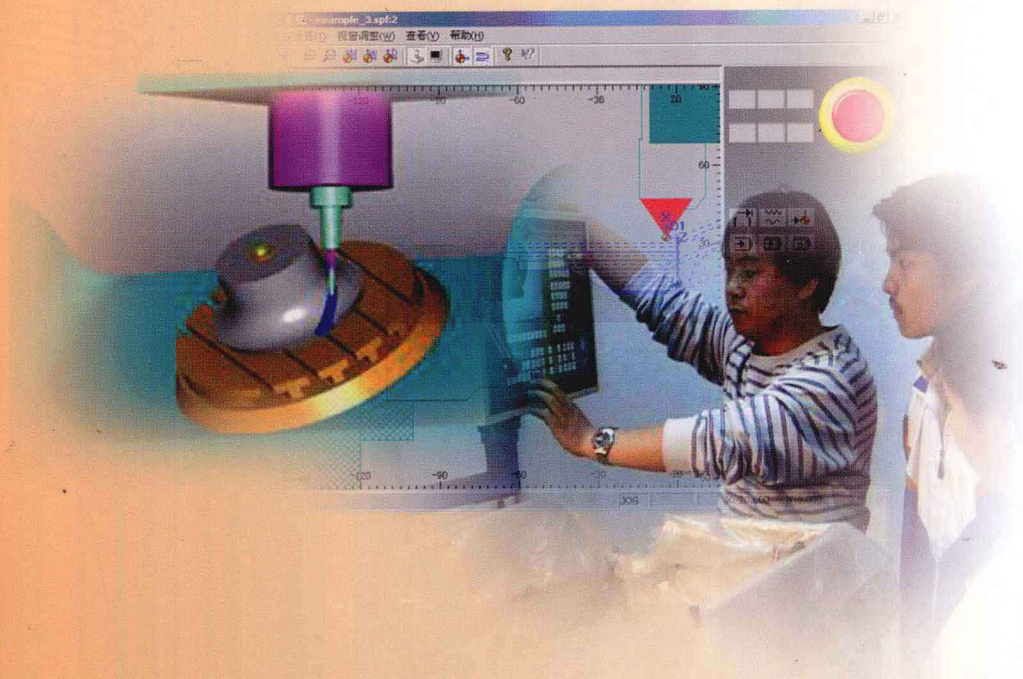
石油高职教育“工学结合”教材

SHIYOU GAOZHI JIAOYU GONGXUE JIEHE JIAOCAI

数控仿真与实操

葛乐清 王秀伟 主编

张 晔 主审



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

石油高职教育“工学结合”教材

数控仿真与实操

葛乐清 王秀伟 主编
张 晔 主审

石油工业出版社

内 容 提 要

本书共分四个学习情境,内容主要包括数控车床、数控铣床、数控加工中心及数控电火花线切割加工机床的原理、仿真加工及操作。本书内容结合实际,工作任务具体实用,可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高等教育机电专业的教学用书,也可作为职业培训及技能鉴定的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控仿真与实操/葛乐清 王秀伟主编.

北京:石油工业出版社,2011.3

石油高职教育“工学结合”教材

ISBN 978-7-5021-8275-5

I. 数…

II. ①葛… ②王…

III. 数控机床-计算机仿真-高等学校:技术学校-教材

IV. TG 659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 020594 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523574 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:12.5

字数:316 千字

定 价:25.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

本书是国家示范性高职高专院校“数控技术专业”建设成果教材之一。该教材提纲在大庆职业学院“数控技术专业示范性课程建设领导小组”组织下,经校企专家多轮研讨形成,并且是在完成了一轮“工学结合”的课程改革后形成的。

全书从学生的认知规律出发,理论与实践结合,打破了传统学科性课程的理论编写体系,突出就业技能和发展能力。在教学内容上,从职业岗位群技能培养需求分析、课程任务与教学目标分析、学生特征分析入手,然后倒推,确定内容,以技能培养为核心,落实应用——明确每个知识点用于何处和怎样用,融教、学、做为一体,并注意及时跟踪先进技术的发展,体现了高职教育的新观念、新思路。在教学过程中,注重校内学习与真实工作过程的一致性,行动导向重于书本知识。在教学方法上,以行动导向、案例驱动、应用实例并用,重视教室与实习地点一体化,注重“工学结合”。在课程改革方面,建立突出职业能力培养的课程体系,教、学、做为一体,强化职业能力培养。

本书以四个学习情境来体现四类典型数控机床操作的基础知识和基本技能。在每一个情境中由2~4个任务来展现具体的相关理论知识和实践知识。内容包括:数控车床的仿真加工与操作、数控铣床的仿真加工与操作、数控加工中心的仿真加工与操作、数控电火花线切割机床的仿真加工与操作。本书内容难易程度适当,适合机械类专业使用。

本书的编写组成员葛乐清、王秀伟、任振平、李战梅都来自于大庆油田装备制造集团生产一线,具有丰富的实际生产经验和教学经验。葛乐清、王秀伟担任主编,葛乐清统稿,张晔担任主审,陈雅娟、梁文瑞、任振平担任副主编。学习情境一由葛乐清、董海生编写;学习情景二由梁文瑞、任振平编写;学习情境三由王秀伟、潘学民编写;学习情境四由陈雅娟、李战梅编写。

本书在编写过程中,参考了有关教材和资料,并得到许多同仁,特别是大庆油田装备制造集团有关人员的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免有缺点和不妥之处,敬请同仁和读者批评指正。

编 者

2010年12月

目 录

绪论	1
学习情境一 数控车床的仿真加工与操作	9
任务一 数控车床的认识	9
任务二 FANUC 数控车床程序的认知	33
任务三 使用数控车床对简单轴零件的仿真加工与操作	43
任务四 使用数控车床对阶梯轴零件的仿真加工与操作	61
学习情境二 数控铣床的仿真加工与操作	71
任务一 数控铣床的认识	71
任务二 FANUC 数控铣床程序的认知	83
任务三 使用数控铣床对轮廓零件的仿真加工与操作	93
任务四 使用数控铣床对型腔零件的仿真加工与操作	110
学习情境三 数控加工中心的仿真加工与操作	130
任务一 数控加工中心机床的认识	130
任务二 使用数控加工中心对孔系零件的仿真加工与操作	144
学习情境四 数控电火花线切割机床的仿真加工与操作	158
任务一 数控电火花线切割机床的认识	158
任务二 数控电火花线切割机床程序的认知	165
任务三 使用电火花线切割机床对槽型样板零件的仿真加工与操作	173
参考文献	193

绪 论

一、数控机床及其发展过程

数控的产生依赖于数据载体和二进制形式数据运算的出现。1908 年,穿孔的金属薄片互换式数据载体问世;19 世纪末,发明了以纸为数据载体并具有辅助功能的控制系统;1938 年,香农在美国麻省理工学院进行了数据快速运算和传输,奠定了现代计算机,包括计算机数字控制系统的基础。数控技术是与机床控制密切结合发展起来的。1952 年,第一台数控机床问世,成为世界机械工业史上一件划时代的事件,推动了自动化的发展。

现在,数控技术也称为计算机数控技术,简称“数控”,英文 Numerical Control (NC)。目前它是采用计算机实现数字程序控制的技术,即用数字、字母和符号对某一工作过程进行可编程的自动控制技术,这种技术用计算机按事先存储的控制程序来执行对设备的控制功能;由于采用计算机替代原先用硬件逻辑电路组成的数控装置,使输入数据的存储、处理、运算、逻辑判断等各种控制机能的实现,均可通过计算机软件来完成;数控系统是实现数控技术相关功能的软、硬件系统,它是数控技术的载体;数控机床是应用数控技术对机床加工过程进行控制的机床。

从 1952 年至今,数控机床按照控制机的发展,已经历了五代。

1959 年,由于在计算机行业中研制出晶体管元件,因而在数控系统中广泛采用晶体管和印刷电路板,从而跨入了第二代。

1965 年,出现小规模集成电路,由于它体积小、功耗低,使数控系统的可靠性得以进一步提高,使数控系统发展到第三代。

以上三代系统,都是采用专用控制计算机的硬接线数控系统,称为硬线系统,或统称为普通数控系统 (NC)。

随着计算技术的发展,小型计算机的价格急剧下降,激烈地冲击着市场。数控系统的生产厂家认识到,采用小型计算机来取代专用控制计算机,经济上是合算的,许多功能可以依靠编制专用程序存在计算机的存储器中,构成所谓控制软件而加以实现,提高了系统的可靠性和功能特色。这种数控系统,称为第四代系统,即计算机数控系统 (CNC)。

但是,计算机技术的发展是日新月异的,就在 1970 年前后,美国英特尔 (Intel) 公司开发和使用了四位微处理器,微处理芯片渗透到各个行业,数控技术也不例外。这种以微处理机技术为特征的数控系统称为第五代系统 (MNC)。

为了满足市场和科学技术发展的需要,达到现代制造技术对数控技术提出的更高的要求,未来世界数控技术及其装备发展趋势主要体现在下述几个方面。

(一) 高速、高效、高精度、高可靠性

要提高加工效率,首先必须提高切削和进给速度,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

机床向高速化方向发展,可充分发挥现代刀具材料的性能,不但可以大幅度地提高加工效率、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(高速加工中心)的开发应用紧密相关。20世纪90年代以来,欧、美、日各国争相开发应用新一代高速数控机床,加快机床高速化发展步伐。高速主轴单元(电主轴,转速 $15000\sim 100000\text{r/min}$)、高速且高加速、减速的进给运动部件(快移速度 $60\sim 120\text{m/min}$,切削进给速度高达 60m/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、高加速、减速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,使开发、应用新一代高速数控机床成为可能。

依靠快速、准确的数字量传递技术可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 $5000\sim 8000\text{m/min}$ 以上;主轴转数在 30000r/min (有的高达 10万 r/min)以上;工作台的移动速度(进给速度),在分辨率为 $1\mu\text{m}$ 时,达到 100m/min (有的达到 200m/min)以上,在分辨率为 $0.1\mu\text{m}$ 时,达到 24m/min 以上;自动换刀速度在 1s 以内;小线段插补进给速度达到 12m/min 。

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(小于 10nm),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(三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,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,对机械加工高精度的要求是:普通的加工精度提高1倍,达到 $5\mu\text{m}$;精密加工精度提高两个数量级,超精密加工精度进入纳米级($0.001\mu\text{m}$),主轴回转精度要求达到 $0.01\sim 0.05\mu\text{m}$,加工圆度为 $0.1\mu\text{m}$,加工表面粗糙度 $Ra=0.003\mu\text{m}$ 等。

精密化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,从而提高装配效率。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10多年来,普通级数控机床的加工精度已由 $\pm 10\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5\mu\text{m}$,精密级加工中心的加工精度则从 $\pm 3\sim 5\mu\text{m}$,提高到 $\pm 1\sim 1.5\mu\text{m}$ 。

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在一个数量级以上,但也不是可靠性越高越好,应是适度可靠。对于每天工作两班的无人工厂而言,如果要求在 16h 内连续正常工作,无故障率 $P(t)=99\%$ 以上的话,则数控机床的平均无故障运行时间MTBF就必须大于 3000h 。MTBF大于 3000h ,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，如果只对一台数控机床而言，若主机与数控系统的失效率之比为 10 : 1 的话（数控的可靠比主机高一个数量级）。此时数控系统的 MTBF 就要大于 33333.3h，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 6000h 以上，驱动装置达 30000h 以上。

（二）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，使机床性能价格比显著提高并加快优化。

2. 智能化

（1）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。

（2）提高驱动性能及使用连接方便的智能化，如前馈控制、电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。

（3）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。

（4）智能诊断、智能监控、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（FMC、FMS、FTL、FML）向面（工段车间独立制造岛、FA）、体（CIMS、分布式网络集成制造系统）的方向发展；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 CAD、CAM、CAPP、MTS 连接，向信息集成化方向发展；网络系统向开放、集成和智能化方向发展。

（三）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。

（四）新一代数控加工工艺与装备

（1）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。

（2）FMC、FMS Web-based 制造及无图纸制造技术。

（3）围绕数控技术、制造过程技术在快速成型、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、直线电机、软件补偿精度等单元技术方面先后有所突破。并联邦关系结构的新型数控机床实用化，这种虚拟轴数控机床用软件的复杂性代替传统机床机构的复杂性，开拓了数控机床发展的新领域。

（4）以计算机辅助管理和工程数据库、因特网等为主体的制造信息支持技术和智能化决策系统，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率的应用。

(5) 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, 机械加工向虚拟制造的方向发展。

我国是从 1958 年开始研究数控机械加工技术的。

20 世纪 60 年代针对壁锥、非圆齿轮等复杂形状的工件研制出了数控壁锥铣床、数控非圆齿轮插齿机等设备, 保证了加工质量, 减少了废品, 提高了效率, 取得了良好的效果。

20 世纪 70 年代针对航空工业等加工复杂形状零件的急需, 从 1973 年以来组织了数控机床攻关会战, 经过 3 年努力, 到 1975 年已试制生产了 40 多个品种 300 多台数控机床。据国家统计局的资料, 从 1973 到 1979 年, 7 年内全国累计生产数控机床 4108 台 (其中约 3/4 以上为数控线切割机床)。

从技术水平来说, 为了扬长避短, 以解决用户急需, 并争取打入国际市场, 1980 年前后我国采取了暂时从国外 (主要是从日本和美国) 引进数控装置和伺服驱动系统, 为国产主机配套的方针, 几年内大见成效。1981 年, 我国从日本发那科 (FANUC) 公司引进了 5, 7, 3 等系列的数控系统和直流伺服电机, 直流主轴电机技术, 并在北京机床研究所建立了数控设备厂, 当年年底开始验收投产, 1982 年生产约 40 套系统, 1983 年生产约 100 套系统, 1985 年生产约 400 套系统, 伺服电机与主轴电机也配套生产。1985 年, 我国数控机床的品种已有了新的发展, 除了各类数控线切割机床以外, 其他各种金属切削机床 (如各种规格的立式、卧式加工中心, 立式、卧式数控车床, 数控铣床, 数控磨床等) 也都有了极大的发展。到 1989 年底, 我国数控机床的可供品种已超过 300 种, 其中数控车床占 40%, 加工中心占 27%。

目前, 我国除具有设计与生产常规的数控机床 (包括 MNC 系统的车、铣, 加工中心机床等) 外, 还生产出了柔性制造系统。1984 年北京机床研究所研制成功了 FMC-1 和 FMC-2 柔性加工单元, 之后又开始了柔性制造系统的开发工作, 并与日本发那科公司合作, 在北京机床研究所内建立了第一条柔性制造系统 (JCS-FMC-1 型), 用于加工直流伺服电机的轴类、法兰盘类、刷架体类和壳体类的 14 种零件。近年来, 依靠我国科技人员的努力, 已先后研制成功并在北京、长春等地安装使用了 FMS。

沈阳机床集团 2005 年 11 月 15 日全资收购德国希斯公司全部净资产, 通过希斯公司在欧洲的销售领域扩大出口, 同时提高了我国机床高端产品的制造水平。

这一切说明, 我国的机床数控技术已经进入了一个新的发展时期, 预计在不远的将来, 我国将会赶上和超过世界先进国家的水平。

二、数控机床的分类

按工艺用途对数控机床进行分类, 是最基本的分类方法。另外, 还可以按数控系统控制运动的方式或按伺服驱动的控制方式对数控机床进行分类。

(一) 按工艺用途分类

1. 切削类

1) 普通型数控机床

最常用的普通型数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床和数控齿轮加工机床等金属切削类机床。

(1) 典型的数控车床如图 0-1 所示, 适合加工各种复杂的内、外回转表面。

(2) 典型的数控铣床如图 0-2 所示, 适合加工如图 0-3 所示的具有曲线轮廓的平面凸轮零件和如图 0-4 所示的复杂三维曲面凹模。

数控铣床主轴前端的结构与普通铣床不同, 可以分别安装铣刀、钻头和镗刀, 因此, 还具有数控钻床和数控镗床的加工功能, 图 0-5 所示为利用数控铣床加工的连接板零件。

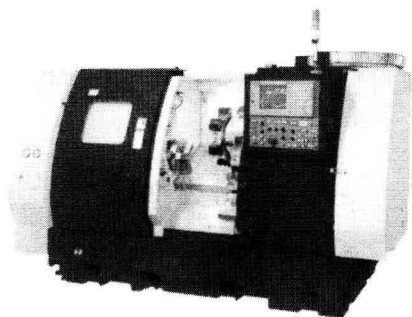


图 0-1 数控卧式车床

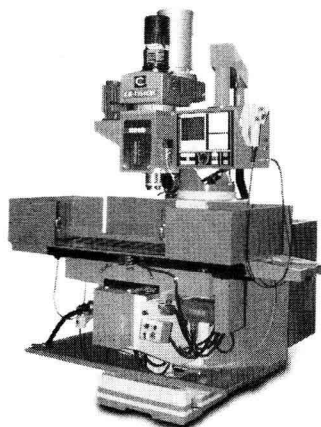


图 0-2 数控铣床

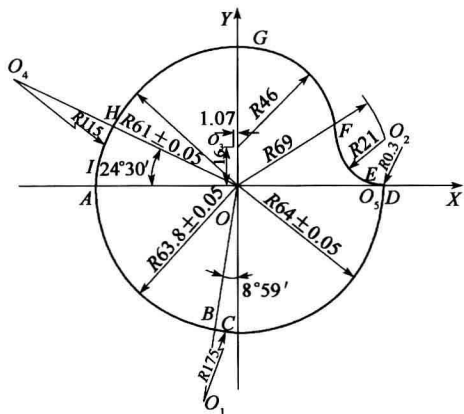


图 0-3 平面凸轮零件

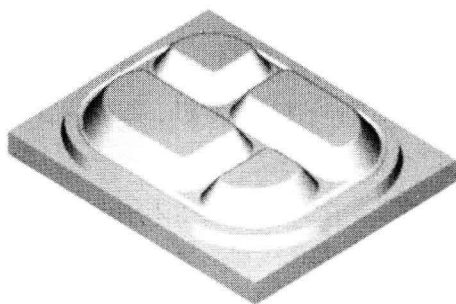


图 0-4 三维曲面凹模

(3) 带有转塔主轴头的钻削中心, 转塔上安装有多个主轴头, 主轴头上预先安装有各工序所需要的旋转刀具, 加工过程中各主轴头依次转到加工位置, 并带动刀具旋转钻削中心, 主要完成钻孔、扩孔、铰孔、镗孔和攻螺纹等工艺内容, 还可以完成简单的铣削功能。

(4) 数控平面磨床主要用于高硬度、高精度零件的平面加工。

(5) 数控齿轮加工机床主要有数控滚齿机、数控插齿机、数控弧齿锥齿轮铣齿机等, 主要用于加工直齿圆柱齿轮及各种形状的直齿非圆齿轮。

2) 数控加工中心

在普通数控机床上加装刀库和自动换刀装置, 构成一种带自动换刀系统的数控机床, 称为加工中心。以镗铣加

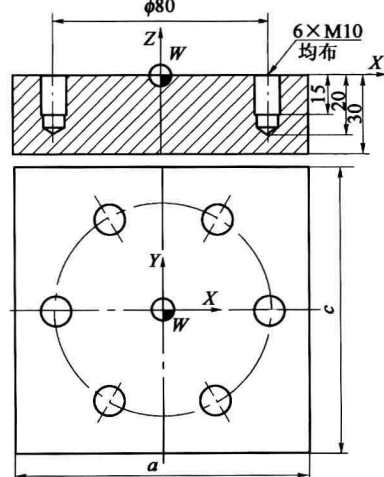


图 0-5 连接板零件

工中心为例，它将数控铣床、数控钻床和数控镗床的功能组合在一起，工件在一次装夹后，可以完成多个表面的多工序加工。立式加工中心如图 0-6 所示。

卧式加工中心如图 0-7 所示。卧式加工中心上一般都配置有回转工作台，一种是分度回转工作台，用于完成工件分度；另一种是数控回转工作台，用于完成圆周进给运动。发动机机体很适合在卧式加工中心上加工。

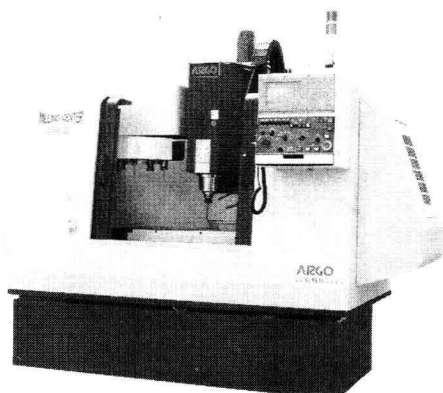


图 0-6 立式加工中心

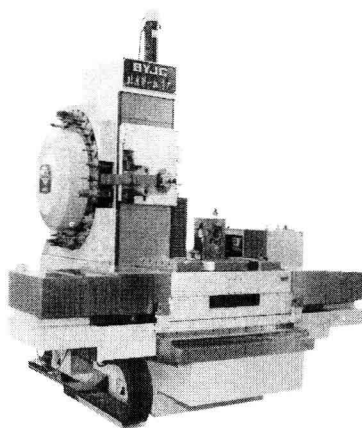


图 0-7 卧式加工中心

2. 成型类

成型类数控机床是指采用挤、冲、压、拉等成型工艺方法加工零件的数控机床，常见的有数控液压机、数控折弯机、数控弯管机、数控旋压机等。

3. 电加工类

电加工类数控机床是指采用电加工技术加工零件的数控机床，常见的有数控电火花成型机床、数控电火花线切割机床、数控火焰切割机、数控激光加工机等。

数控电火花成形机床主要由主机、电源箱、工作液循环过滤系统三大部分组成。

数控电火花线切割机床分高速走丝和低速走丝两种类型。

4. 快速成型

快速成型（Rapid Prototyping, RP）是一项新的制造技术，它开辟了不使用刀具、模具等传统工具即可制造各类零件的新途径。

（二）按运动方式或控制方式分类

1. 按数控系统控制运动的方式分类

- （1）点位控制数控机床。
- （2）直线控制数控机床。
- （3）轮廓控制数控机床。

2. 按伺服驱动的控制方式分类

- （1）开环控制数控机床。
- （2）全闭环控制数控机床。
- （3）半闭环控制数控机床。

三、数控机床的主要性能指标

(一) 精度指标

数控机床的精度包括定位精度和重复定位精度、分度精度、分辨率与脉冲当量、加工精度。精度是数控机床的重要技术指标之一。

1. 定位精度和重复定位精度

定位精度是指实际位置与数控指令位置的一致程度。不一致量表现为误差。定位误差包括了伺服系统、进给系统和检测系统的误差，还包括移动部件导轨的几何误差等。

重复定位精度是指在同一台数控机床上，应用相同程序、相同代码加工一批零件，所得到的连续结果的一致程度。重复定位精度受伺服系统特性、进给系统的间隙、刚度以及摩擦特性等因素的影响。

数控车床定位精度指标《数控卧式车床精度检验》GB/T 16462—1996 中做了规定。

2. 分度精度

分度精度是指分度工作台在分度时，指令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。

3. 分辨率与脉冲当量

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。对测量系统而言，分辨率是可以测量的最小增量；对控制系统而言，分辨率是可以控制的最小位移增量或角位移增量。

脉冲当量是指数控装置每发出一个脉冲信号，反映到数控机床各运动部件的位移量或角位移量。

4. 加工精度

加工精度是指零件加工后的实际几何参数（尺寸、形状和位置）与理想几何参数的符合程度。

(二) 可控轴数与联动轴数

数控机床控制的轴数与普通机床中的主轴及传动轴的概念截然不同。直线控制的数控机床和轮廓控制的数控机床，需要对两个或两个以上的运动同时协调地进行控制，才能满足零件的加工要求。将机床数控装置控制各坐标轴协调动作的坐标轴数目称为联动轴数。目前有两轴联动、两轴半联动、三轴联动、四轴联动、五轴联动等。

两轴联动用于数控车床加工回转曲面或数控铣床加工，图 0-8 所示两轴联动加工曲面。

两轴半联动是三个坐标轴中有两个轴联动，另外一个坐标轴只做周期性的进给，加工如图 0-9 所示的三维空间曲面时，X、Z 两坐标轴联动，Y 轴控制每次进给量 ΔY 。

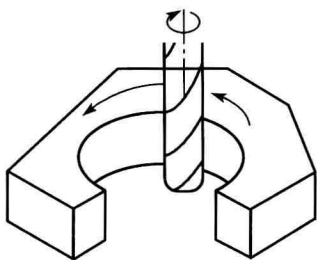


图 0-8 两轴联动加工曲面

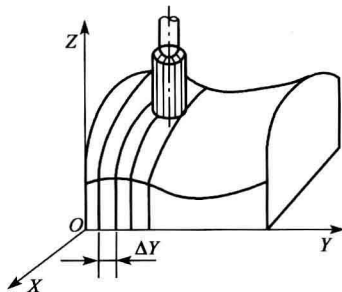


图 0-9 两轴半联动加工三维空间曲面

三轴联动数控机床可以用球头铣刀加工如图 0-10 所示的三维空间曲面。

四轴联动、五轴联动数控机床可以加工叶轮、螺旋桨等零件，图 0-11 所示为五轴联动加工中心加工叶轮的实例。

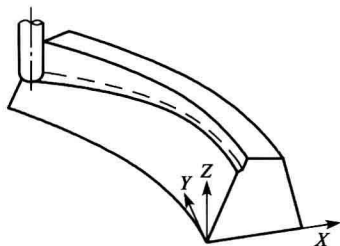


图 0-10 三轴联动加工三维空间曲面

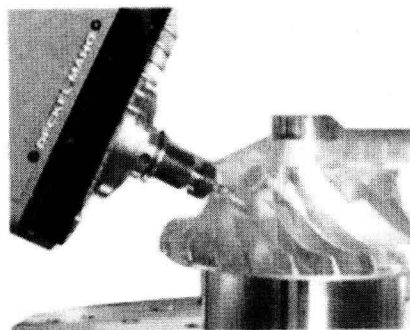


图 0-11 五轴联动加工中心加工叶轮

(三) 运动性能指标

数控机床的运动性能指标主要包括主轴转速、进给速度、坐标行程、回转轴的转角范围、刀库容量及换刀时间等。

【练习题】

1. 数控机床具有哪些特点？
2. 数控机床由哪几部分组成？
3. 数控技术有哪些特点？数控技术的主要发展方向是什么？
4. 简述数控机床的分类。简述数控机床的发展趋势。
5. 数控机床按控制系统运动方式分为哪几类？各有什么特点？
6. 什么是柔性制造系统？

学习情境一 数控车床的仿真加工与操作

学习目标：

- (1) 能说出数控车床的基本结构和工作过程；能区分数控车床各功能模块，并说出其功用。
- (2) 能运用常用的数控程序、独立进行数控程序的输入与调整方法。
- (3) 能独立操作数控车床、使用数控车床的操作面板。
- (4) 知道数控车床安全操作常识。
- (5) 能独立对数控车床进行日保养。
- (6) 具备根据数控车床的报警信号，初步判断常见的故障部位的技能。
- (7) 能够运用仿真软件进行机床模拟操作。
- (8) 能选择和使用常用的量具，并具有对常用的量具进行校正与保养的技能。
- (9) 能选择和使用常用的数控刀具，并能选择相应的加工参数。

任务一 数控车床的认识

一、基本概念

(一) 数字控制 (NC) 与计算机数字控制 (CNC)

1. 数字控制 (NC)

数字控制 (NC)，是相对于模拟控制而言的。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。

数字信息量是使用信号的有无或高低来表示的，是离散的点。模拟信息量是使用信号值的大小来表示的，是连续的线。

数字控制系统有如下特点：

- (1) 可用不同的字长表示不同精度的信息。
- (2) 可进行算术运算，也可以进行复杂的信息处理。
- (3) 可进行逻辑运算，可根据不同的指令进行不同方式的信息处理，从而用软件来改变信息处理的方式或过程，而不用改变电路或机械结构，因而具有柔性。

最初的数字控制系统是由数字逻辑电路构成的，因而称为硬件数控系统。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系统。

2. 计算机数字控制 (CNC)

用计算机代替数字逻辑电路，用软件来处理数字信息，它具有真正的柔性，并可处理逻

辑电路难以处理的复杂信息，使数字控制系统的性能大大提高。

3. NC 与 CNC 的关系

NC 是低级阶段，CNC 是高级阶段，都属于广义的数字控制。它们所对应的机床有 NC 机床和 CNC 机床。

(1) NC 机床在操作时，只能通过纸带阅读机等读取外部编制的程序。操作人员能启动和中断程序，但不可以修改程序。刀具和夹具尺寸在程序里已经考虑，机床操作员必须把刀具和夹具按程序纸带上的指令准确地安装和调整。

(2) CNC 机床使用了计算机，操作员不仅能启动数控程序，而且还能够自己编写和输入、修改程序。刀具和夹具尺寸可以与编制数控程序无关，而直接输给 CNC——数控装置；当以自动方式工作时，这些都是自动进行的。

它们在编程语言和加工技术上没有原则性区别。

(二) 机床数控和数控机床

机床数控是机床数字控制技术的简称，是以数字化的信息实现机床控制的一门技术。现在这项技术也广泛地应用于其他设备上，如数控绘图机、数控测量机等。机床数控现在多称为数控技术。

采用数字形式信息控制的机床称为数字控制机床，简称数控机床。具体地说，凡是用代码化的数字信息将刀具移动轨迹的信息记录在程序介质上，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，加工出所需工件的一类机床称为数控机床。

(三) 自动机床与半自动机床

1. 自动机床

凡是切削运动和辅助运动全部自动化，并且能够自动重复一定的加工工作循环的机床称为自动机床。在自动机床上，操作者的主要任务是，在机床工作之前根据加工要求调整机床，而在机床加工过程中，仅需进行观察机床工作情况、检查工件加工质量、定期上料和更换已磨损的刀具等。

2. 半自动机床

能自动完成一次工作循环，但必须由操作者卸下加工完毕的工件，装上待加工的坯件并重新启动机床，才能够开始下一个新的工件循环。纯机械的自动、半自动机床有：六角车床、仿形车床、顺序作业车床、多刀车床、连续作业车床等。

需要说明的是：并不是只有 CNC 机床才能实现自动加工，机械形式的也有，只是结构、调整复杂而已；一般的 CNC 机床属于半自动的。

(四) 顺序控制和数字控制

1. 顺序控制

控制计算机只能控制各种自动加工动作的先后顺序，而对运动部件的位置不能进行控制，位移量是靠预先调整好尺寸的挡块等方式实现的。也有些顺序控制是靠行程开关、继电器等实现的。

2. 数字控制

它是自动化过程，使数控设备进行自动控制的指令是以数字和文字编码的方式记录在控

制介质上, 经过控制计算机的处理后, 对各种动作的顺序、位移量以及速度实现自动控制。这比其他自动化设备所采用的凸轮、靠模、调整限位开关等要简便得多。

(五) 控制介质

数控机床工作时, 不需要人工去摇手柄操作机床, 但又要自动地执行人们的意图, 这就必须在人和数控机床之间建立某种联系, 这种联系就是信息, 其媒介物称为控制介质 (或称程序介质、输入介质、信息载体)。在数控机床加工时, 要把加工零件所需要的全部动作及刀具相对于工件的位置等内容, 用数控装置所能接受的数字和文字代码来表示, 并把这些代码储存在控制介质上。

控制介质可以是穿孔带, 也可以是穿孔卡、磁带、磁盘或其他可以储存代码的载体。至于采用哪一种, 则取决于数控装置的类型。而在 CAD/CAM 集成系统中, 将其程序直接送入数控装置, 不需上述控制介质。

一切能表达一定含义的信号、密码、情报和消息均称为信息。控制介质实质就是控制信息的载体, 是信息的外在形式, 而信息则是其实质内容。

信息不可以脱离载体而存在, 但信息的载体不是唯一的。

二、数控车床的分类、功能及用途

(一) 按车床主轴位置分类

1. 立式数控车床

立式数控车床简称为数控立车, 其车床主轴垂直于水平面, 一个直径很大的圆形工作台, 用来装夹工件。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件, 如图 1-1 所示。

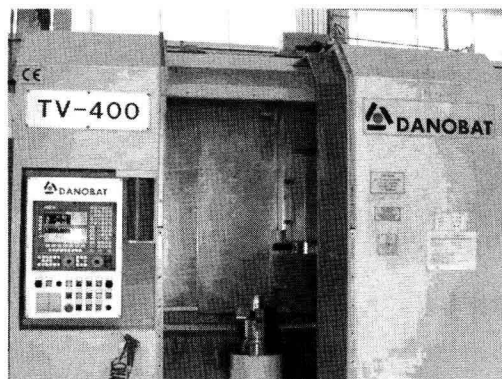


图 1-1 立式数控车床

2. 卧式数控车床

卧式数控车床分为数控水平导轨卧式车床和数控倾斜导轨卧式车床。其倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性, 并易于排除切屑。卧式数控车床分为刀架前置和刀架后置两种形式。

(二) 按加工零件的基本类型分类

1. 卡盘式数控车床

这类车床没有尾座, 适合车削盘类 (含短轴类) 零件。夹紧方式多为电动或液动控制,

卡盘结构多具有可调卡爪或不淬火卡爪（即软卡爪）。

2. 顶尖式数控车床

这类车床配有普通尾座或数控尾座，适合车削较长的零件及直径不太大的盘类零件。

（三）按刀架数量分类

1. 单刀架数控车床

数控车床一般都配置有各种形式的单刀架，如四工位卧动转位刀架或多工位转塔式自动转位刀架。

2. 双刀架数控车床

这类车床的双刀架配置平行分布，也可以是相互垂直分布。

（四）按功能分类

1. 经济型数控车床

图 1-2 所示为经济型数控车床，采用步进电动机和单片机对普通车床的进给系统进行改造后形成的简易型数控车床，成本较低，但自动化程度和功能都比较差，车削加工精度也不高，适用于要求不高的回转类零件的车削加工。

2. 普通数控车床

如图 1-3 所示为普通数控车床，根据车削加工要求在结构上进行专门设计并配备通用数控系统而形成的数控车床，数控系统功能强，自动化程度和加工精度也比较高，适用于一般回转类零件的车削加工。这种数控车床可同时控制两个坐标轴，即 X 轴和 Z 轴。

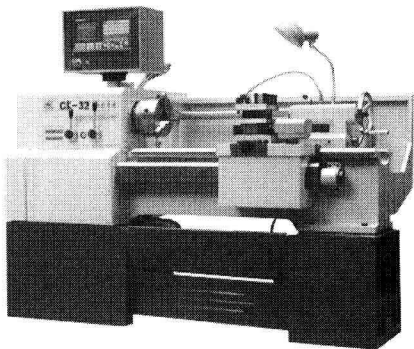


图 1-2 经济型数控车床

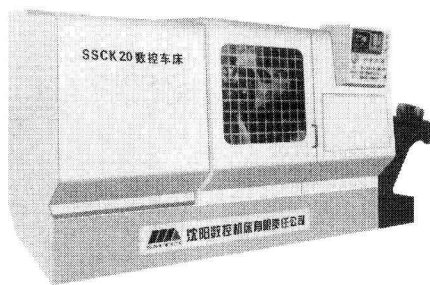


图 1-3 普通数控车床

3. 车削加工中心

在普通数控车床的基础上，增加了 C 轴和动力头，更高级的数控车床带有刀库，可控制 X、Z 和 C 三个坐标轴，联动控制轴可以是 (X、Z)、(X、C) 或 (Z、C)。由于增加了 C 轴和铣削动力头，这种数控车床的加工功能大大增强，除可以进行一般车削外，还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。

（五）其他分类方法

按数控系统的不同控制方式，数控车床可以分很多种类，如直线控制数控车床，两主轴控制数控车床等；按特殊或专门工艺性能可分为螺纹数控车床、活塞数控车床、曲轴数控车床等多种。