

职业教育与技能训练一体化教材

数控车床编程与操作

SHUKONG CHECHUANG BIANCHENG YU CAOZUO

刘蔡保 主编 石伟 副主编

· 精讲数控车床系统的编程、实例和操作 ·

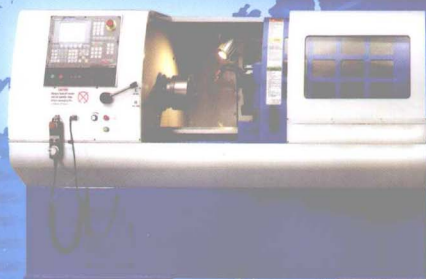
🔍 简明扼要的知识提炼

🔍 循序渐进的课程讲解

🔍 详细深入的实例分析

🔍 完整系统的跟踪复习

🔍 紧密实践的操作指导



化学工业出版社

职业教育与技能训练一体化教材

数控车床编程与操作

刘蔡保 主 编

石 伟 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以突出编程为主导,在分析加工工艺的基础上应用多种实例,重点讲述了对企业生产中常见产品类型进行数控加工的操作方法和编程思路,详细讲解每一例题,以指令+图例+实例+练习的学习方式逐步深入地学习编程指令,通过精心挑选的典型实例,对数控加工工艺的编程和流程做了详细的阐述。

本书内容包括数控机床简介,数控车床编程,数控车床加工工艺,典型零件数控车床加工工艺分析及编程操作,FANUC 数控系统操作等。

本书适合作为高职或中职层次数控加工专业的教材,同时也适合成人教育,企业培训,以及技术人员自学时参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与操作/刘蔡保主编. —北京:化学工业出版社,2009.1

职业教育与技能训练一体化教材

ISBN 978-7-122-04521-8

I. 数… II. 刘… III. ①数控机床:车床-程序设计-职业教育-教材 ②数控机床:车床-操作-职业教育-教材
IV. TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第213687号

责任编辑:王金生

责任校对:蒋宇

装帧设计:张辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市彩桥印刷有限责任公司

装订:北京顺板装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张18¼字数488千字 2009年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.80元

版权所有 违者必究

前 言

数控机床集计算机技术、电子技术、自动控制、传感测量、机械制造、网络通信技术于一体，是典型的机电一体化产品。它的运用和发展，开创了制造业的新时代，改变了制造业的生产方式、产业结构、管理方法，对加工制造业已经产生了深远的影响。

数控机床的广泛应用给传统的机电类专业人才的培养带来新的挑战。本书以突出编程为主导，在分析加工工艺的基础上应用多种实例，重点讲述了对生产中常见产品类型进行数控加工的操作方法和编程思路，详细讲解每一个指令、每一个例题。本书编写力求理论表述简洁易懂，步骤清晰明了，便于掌握应用。

本书结构紧凑、特点鲜明。

◆ 环环相扣的学习过程

针对数控编程的特点，本书提出了“1+1+1+1”的学习方式，即“指令+图例+实例+练习”的过程，逐步深入学习编程加工指令，简明扼要、图文并茂、通俗易懂，用简单的语言、灵活的例题、丰富的习题去轻松学习，变枯燥的过程为有趣的探索。

◆ 简明扼要的知识提炼

本书以数控车床编程为主，简明直观地讲解了数控加工中的重要知识点，有针对性地描述了数控机床、数控车床的基本结构、工作性能和加工特点，分析了刀具的种类、使用范围，切削液生产注意事项，并结合实例对数控加工工艺的编制和流程、方法、做了详细的阐述。

◆ 循序渐进的课程讲解

数控编程的学习不是一蹴而就的，也不是按照指令生搬硬套的。编者结合多年的教学和实践，推荐本书的学习顺序是：按照数控车床编程学习的领会方式，由浅入深、逐层进化的学习顺序，从简单的直线命令，到复杂的循环指令，对每一个指令详细讲解其功能、特点、注意事项，并有专门的实例分析和练习题目。相信只要按照书中的编写顺序进行编程的学习，定可事半功倍地达到学习的目的。

◆ 详细深入的实例分析

在学习编程的过程中，每一个指令都有详细的实例分析和编程，需要好好掌握与领会。书中有专门的章节讲解加工实例，通过 30 个应用实例的讲解，详细了解零件的工艺分析、流程设计、工序安排及编程方法，更好地将学习的内容巩固吸收，对实际加工的过程有一个质的认识和提高。

◆ 完整系统的跟踪复习

复习是对学习内容的强化与升华，本书讲解的每一个指令，无论是简单的直线、圆弧指令，还是复杂的轮廓循环、椭圆指令，都有丰富的、针对性的练习题进行跟踪复习。学习和复习是紧密联系的，只有在认真学习和深入复习的基础上，才能使学为所用。

◆ 紧密实践的操作指导

书中讲解的实例紧密联系实际加工，并详细讲解了 FANUC 数控车床系统的操作方法，程序的输入、对刀、校验、图形检测、零件加工的具体步骤和过程，使编程所学，直接应用到实际的加工中，达到迅速掌握机床操作的效果。

本书精选了大量的典型案例，取材适当，内容丰富，理论联系实际。所有实训项目都经过实践检验，所给程序的程序段都进行了详细、清晰的注释说明。本书的讲解由浅入深，图文并茂，通俗易懂。

本书编写中注重引入本学科前沿的最新知识，体现了数控加工编程技术的先进性。本书参考了国内外相关领域的书籍和资料，也融汇了编者长期的教学实践和研究心得，尤其是在数控技术专业教学改革中的经验与教训。全书分为上、中、下三篇，一共六个章节。

上篇：第一章数控机床编程和第二章数控车床简介，介绍了数控的基础知识，从中了解数控加工的特点、原理、数控车床的结构、刀具、切削液等等。

中篇：本书的重点，占全书篇幅的 3/4。详细讲解数控指令、实例编程。

第三章数控车床编程具体介绍 FANUC 系统编程指令。每讲述一个指令，便有相应的实例编程分析、讲解，并有练习题让学习者跟踪复习，达到边学习边巩固的作用。

第四章数控车床加工工艺简单介绍加工工艺的流程和编制方法。因本书之重点为数控编程的学习，此章不做特别重点的要求，具体的加工工艺的编制将通过第五章实例讲解来融会贯通。

第五章典型零件数控车床加工工艺分析及编程操作，详细讲解了 30 个典型案例，包括特型轴零件、细长轴零件、螺纹轴零件、轴套零件、两件套、三件套等数控加工零件，涵盖了实际加工中的绝大部分的类型。例题的安排基本遵循循序渐进的原则，每一个例题均有详细的加工工艺流程，包括零件分析、装夹、走刀路线、刀具卡、加工工序卡和程序的编制，做到有序、明了、直观地说明。本章涉及内容大都为本书讲解的内容，部分内容涉及普通机床和加工工艺的知识，需要大家在学习本书内容的时候广泛涉猎，多多充实自己的知识点。

下篇：第六章介绍了 FANUC 0i、FANUC 0i-TC 数控车床系统的基本操作，同时详细讲解了程序的输入、对刀、图形检测、零件加工的具体步骤和过程。让大家通过本章学习达到迅速掌握机床基本操作的效果。

本书由刘蔡保任主编，石伟任副主编，参加编写的还有朱巧云和钱汉春，田拥军负责审稿，并提出了许多宝贵建议，在此一并表示感谢。

希望大家通过对本书的学习，能使自己的数控编程水平达到一个新的层次。由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编者
2009.1

目 录

上篇 数控基本知识

第一章 数控机床简介	2
第一节 数控机床概述	2
第二节 数控机床的历史和未来发展势	3
一、数控 (NC) 阶段	3
二、计算机数控 (CNC) 阶段	3
三、数控未来发展的趋势	3
第三节 数控机床的基本组成和工作原理	4
一、数控机床的基本组成	4
二、数控机床的工作原理	5
第四节 数控机床的特点	5
第二章 数控车床简介	7
第一节 数控车床的结构和分类	7
一、数控车床的结构	7
二、数控车床的分类	8
第二节 数控车床的特点	9
一、按加工对象	9
二、按结构和工作特点	10
第三节 数控车床刀具	10
一、数控车床刀具的类型	10
二、数控车床常用的刀具结构形式	10
三、数控车床刀具材料	13
第四节 数控刀具的切削用量选择	16
一、切削用量的选择原则	16
二、切削用量各要素的选择方法	16
三、基本切削用量相关值	17
第五节 切削液	19
一、切削液分类	19
二、切削液的作用与性能	20
三、切削液的选取	22
四、切削液在使用中出现的问题及其对策	22

中篇 数控车床编程

第三章 数控车床编程	26
-------------------------	----

第一节 数控车床编程的必要知识点	27
一、数控车床的坐标系和点	27
二、进给速度	28
三、常用的辅助功能	28
四、相关的数学计算	29
第二节 坐标点的寻找	30
第三节 快速定位 G00	30
第四节 直线 G01	31
第五节 圆弧 G02/03	35
第六节 复合形状粗车循环 G73	39
第七节 螺纹切削 G32	47
第八节 简单螺纹循环 G92	51
第九节 简单加工工艺的编制	54
综合训练（一）	60
第十节 外径粗车循环 G71	62
第十一节 端面粗车循环 G72	64
第十二节 螺纹切削循环 G76	70
第十三节 切槽循环 G75	73
第十四节 镗孔循环 G74	77
第十五节 锥度螺纹	79
第十六节 多头螺纹	82
第十七节 椭圆	85
第十八节 简单外径循环 G90	88
第十九节 简单端面循环 G94	89
第二十节 绝对编程和相对编程	90
精华提炼与复习	91
一、切削路径（走刀路径）	91
二、编程指令全表	93
三、CNC 编程注意十大事项	94
综合训练（二）	94
第四章 数控车床加工工艺	99
第一节 数控车床加工过程	99
一、数控加工过程概述	99
二、数控加工及其特点	100
第二节 数控加工工序的划分原则与内容	101
第三节 数控加工工艺的编制	104
一、数控加工走刀路线图	104
二、数控车削加工刀具卡片	104
三、数控车削加工工序卡片	105
四、数控加工程序说明卡片	105
五、数控车削加工刀具调整图	106
六、数控加工专用技术文件的编写要求	106
第五章 典型零件数控车床加工工艺分析及编程操作	107

一、螺纹特型轴数控车床零件加工工艺分析及编程	107
二、细长轴类件数控车床零件加工工艺分析及编程	110
三、特长螺纹轴数控车床零件加工工艺分析及编程	114
四、复合轴数控车床零件加工工艺分析及编程	117
五、圆锥销配合件数控车床零件加工工艺分析及编程	123
六、螺纹手柄数控车床零件加工工艺分析及编程	129
七、单球手柄数控车床零件加工工艺分析及编程	132
八、螺纹特型件数控车床零件加工工艺分析及编程	135
九、球头特种件数控车床零件加工工艺分析及编程	140
十、弧形轴特件数控车床零件加工工艺分析及编程	144
十一、螺纹配合件数控车床零件加工工艺分析及编程	148
十二、螺纹多槽件数控车床零件加工工艺分析及编程	152
十三、螺纹宽槽轴数控车床零件加工工艺分析及编程	157
十四、双头孔轴数控车床零件加工工艺分析及编程	161
十五、螺纹圆弧轴数控车床零件加工工艺分析及编程	166
十六、双头特型轴数控车床零件加工工艺分析及编程	171
十七、长轴类数控车床零件加工工艺分析及编程	177
十八、球头螺纹件数控车床零件加工工艺分析及编程	180
十九、螺纹轴类件数控车床零件加工工艺分析及编程	184
二十、球身螺纹轴数控车床零件加工工艺分析及编程	188
二十一、双头轴类件数控车床零件加工工艺分析及编程	192
二十二、双头多槽螺纹件数控车床零件加工工艺分析及编程	197
二十三、掉头内外螺纹轴数控车床零件加工工艺分析及编程	201
二十四、螺纹及孔轴数控车床零件加工工艺分析及编程	206
二十五、球身螺纹长轴数控车床零件加工工艺分析及编程	211
二十六、双头孔及弧轴数控车床零件加工工艺分析及编程	216
二十七、球头螺纹手柄数控车床零件加工工艺分析及编程	220
二十八、圆弧螺纹组合件数控车床零件加工工艺分析及编程	224
二十九、三件套圆弧组合件数控车床零件加工工艺分析及编程	231
三十、复合轴组合件数控车床零件加工工艺分析及编程	240
综合训练	251

下篇 数控车床操作

第六章 FANUC 数控系统操作	256
第一节 FANUC Oi 系列标准数控系统	256
一、操作界面简介	256
二、FANUC Oi 标准系统的操作	260
三、零件编程加工的操作步骤	264
第二节 FANUC Oi Mate-TC 数控系统操作	272
一、操作界面简介	272
二、零件编程加工的操作步骤	275
参考文献	284

上篇 数控基本知识

第一章 数控机床简介

第一节 数控机床概述

普通机床已有近两百年的历史。随着电子技术、计算机技术及自动化、精密机械与测量等技术的发展与综合应用，产生了机电一体化的新型机床——数控机床。数控机床一经使用就显示出了它独特的优越性和强大生命力，使原来不能解决的许多问题，找到了科学解决的途径。

数控机床（见图 1-1~图 1-4）是一种通过数字信息，控制机床按给定的运动轨迹，进行自动加工的机电一体化的加工装备，经过半个世纪的发展，数控机床已是现代制造业的重要标志之一，在我国制造业中，数控机床的应用也越来越广泛，是一个企业综合实力的体现。



图 1-1 数控车床（一）

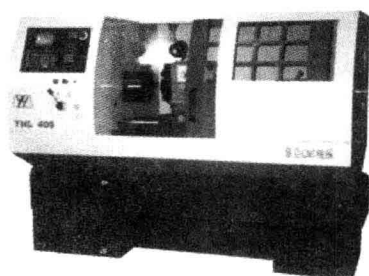


图 1-2 数控车床（二）

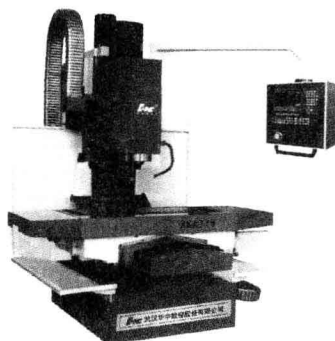


图 1-3 数控铣床

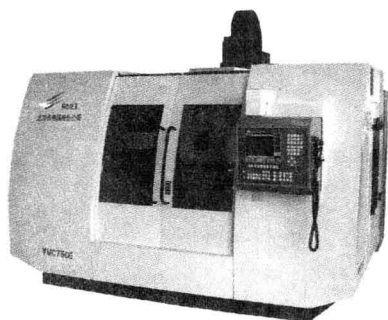


图 1-4 加工铣心

凡是用数字化的代码把零件加工过程中的各种操作和步骤以及刀具与工件之间的相对位移量记录在介质上，送入计算机或数控系统，经过译码运算、处理，控制机床的刀具与工件的相对运动，加工出所需的零件，此类机床统称为数控机床。

数字化的代码即人们编制的程序，包括字母和数字构成的指令；各种操作指改变主轴转速、主轴正反转、换刀、切削液的开关等操作，步骤是指上述操作的加工顺序；刀具与工件

之间的相对位移量，即刀具运行的轨迹，我们通过对刀实现刀具与工件之间的相对值的设定；介质，程序存放的位置，如磁盘、光盘、纸带等；译码运算、处理，将人们编制的程序翻译成数控系统或计算机能够识别的指令，即计算机语言。

第二节 数控机床的历史和未来发展趋势

1946年诞生的世界上第一台电子计算机，表明人类创造了可增强和部分代替脑力劳动的工具。它与人类在农业、工业社会中创造的那些只是增强体力劳动的工具相比，起了质的飞跃，为人类进入信息社会奠定了基础。

6年后，即1952年，计算机技术应用到机床上，在美国诞生了第一台数控机床。从此，传统机床产生了质的变化。近半个世纪以来，数控系统经历了两个阶段和六代的发展。

一、数控（NC）阶段

早期计算机的运算速度低，对当时的科学计算和数据处理影响还不大，不能适应机床实时控制的要求。人们不得不采用数字逻辑电路“搭”成一台机床专用计算机作为数控系统，被称为硬件连接数控（HARD-WIRED NC），简称为数控（NC）。随着元器件的发展，这个阶段历经了三代，即1952年的第一代——电子管；1959年的第二代——晶体管；1965年的第三代——小规模集成电路。

二、计算机数控（CNC）阶段

到1970年，小型计算机业已出现并成批生产。于是将它移植过来作为数控系统的核心部件，从此进入了计算机数控（CNC）阶段。到1971年，美国Intel公司在世界上第一次将计算机的两个最核心的部件——运算器和控制器，采用大规模集成电路技术集成在一块芯片上，称之为微处理器（MICROPROCESSOR），又可称为中央处理单元（简称CPU）。

到1974年微处理器被应用于数控系统。这是因为小型计算机功能太强，控制一台机床能力有富裕（故当时曾用于控制多台机床，称之为群控），不如采用微处理器经济合理。而且当时的小型机可靠性也不理想。早期的微处理器速度和功能虽还不够高，但可以通过多处理器结构来解决。由于微处理器是通用计算机的核心部件，故仍称为计算机数控。

到了1990年，PC机（个人计算机，国内习惯称微机）的性能已发展到很高的阶段，可以满足作为数控系统核心部件的要求。数控系统从此进入了基于PC的阶段。

总之，计算机数控阶段也历经了三代。即1970年的第四代——小型计算机；1974年的第五代——微处理器和1990年的第六代——基于PC（国外称为PC-BASED）。

还要指出的是，虽然国外早已改称为计算机数控（即CNC）了，而我国仍习惯称数控（NC）。所以日常讲的“数控”，实质上已是指“计算机数控”了。

三、数控未来发展的趋势

1. 继续向开放式、基于PC的第六代方向发展

基于PC所具有的开放性、低成本、高可靠性、软硬件资源丰富等特点，更多的数控系统生产厂家会走上这条道路。至少采用PC机作为它的前端机，来处理人机界面、编程、联网通信等问题，由原有的系统承担数控的任务。PC机所具有的友好的人机界面，将普及到所有的数控系统。远程通讯，远程诊断和维修将更加普遍。

2. 向高速化和高精度化发展

这是适应机床向高速和高精度方向发展的需要。

3. 向智能化方向发展

随着人工智能在计算机领域的不断渗透和发展，数控系统的智能化程度将不断提高。

(1) 应用自适应控制技术 数控系统能检测过程中一些重要信息，并自动调整系统的有关参数，达到改进系统运行状态的目的。

(2) 引入专家系统指导加工 将熟练工人和专家的经验，加工的一般规律和特殊规律存入系统中，以工艺参数数据库为支撑，建立具有人工智能的专家系统。

(3) 引入故障诊断专家系统 具备判断程序加工故障、缺陷的功能。

(4) 智能化数字伺服驱动装置 可以通过自动识别负载，而自动调整参数，使驱动系统获得最佳的运行。

第三节 数控机床的基本组成和工作原理

一、数控机床的基本组成

输入/输出装置、数控装置、伺服驱动和反馈装置构成了机床数控系统，如图 1-5 所示。

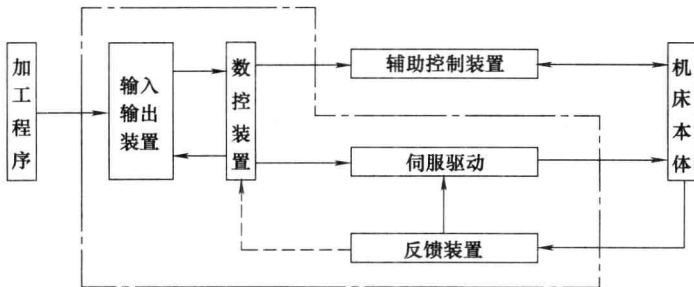


图 1-5 机床数控系统

输入/输出装置进行数控加工或运动控制程序，加工与控制数据，机床参数等以及坐标轴位置，检测开关的状态等数据的输入输出。

数控装置，由输入/输出接口线路、控制器、运算器和存储器等部件组成。将输入装置输入的数据，通过内部逻辑电路和控制软件进行编译运算和处理，并输出各种信息和指令，以控制机床的各部分进行规定的动作。

伺服驱动，又叫伺服控制器，由伺服放大器（伺服单元）和执行机构等部分组成。采用交流伺服电动机作为执行机构。

反馈装置（测量装置）的作用是检测数控机床坐标轴的实际位置和移动速度，检测信号被反馈输入到机床的数控装置或伺服驱动中，数控装置或伺服驱动对反馈的实际位置和速度与给定值进行比较，并向机床输出新的位移、速度指令。检测装置的安装、检测信号反馈的位置，决定于数控系统的结构形式。由于先进的伺服都采用了数字化伺服驱动技术（称为数字伺服），伺服驱动和数控装置间一般都采用总线进行连接，反馈信号在大多数场合都是与伺服驱动进行连接，并通过总线传送到数控装置。只有在少数场合或采用模拟量控制的伺服驱动（称为模拟伺服）时，反馈装置才需要直接和数控装置进行连接。

数控装置发出的一个进给脉冲所相应的机床坐标轴的位移量，称为机床的最小移动量，亦称脉冲当量。根据机床精度的不同，常用的脉冲当量有 0.01mm、0.005mm、0.001mm 等，在高精度数控机床，可以达到 0.0005mm，0.0001mm 甚至更小。测量装置的位置检

测精度也必须与之相适应。

辅助控制装置主要作用是根据数控装置输出主轴的转速、转向和启停指令，刀具的选择和交换指令，冷却、润滑装置的启停指令。工件和机床部件的松开、夹紧工作台转位等辅助指令所提供的信号，以及机床上检测开关的状态等信号，经过必要的编译和逻辑运算，经放大后驱动相应执行的元件，带动机床机械部件、液压气动等辅助装置完成指令规定的动作。

机床本体与传统的机床基本相同，它也是由主传动系统、进给传动系统、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等部分组成。但为了满足数控的要求，充分发挥机床性能，它在总体布局、外观造型、传动系统结构、刀具系统以及操作性能方面都已发生了很大的变化。

二、数控机床的工作原理

数控机床采用了“微分”原理。

根据加工程序要求的刀具轨迹，将轨迹按机床对应的坐标轴，以最小移动量（脉冲当量）进行微分——即插补运算，找出拟合折线脉冲给伺服驱动机床运动（见图 1-6 中的曲线和斜线走法），并计算出各轴需要移动的脉冲数。简单说来，就是以无数的小折线模拟出斜线和曲线。

通过数控装置的插补软件或插补运算器，把要求的轨迹用以“最小移动单位”为单位的等效折线进行拟合，并找出最接近理论轨迹的拟合折线。

数控装置根据拟合折线的轨迹，给相应的坐标轴连线不断地分配进给脉冲，并通过伺服驱动使机床坐标轴按分配的脉冲运动。

① 只要数控机床的脉冲当量足够小，所用的拟合折线完全可以等效代替曲线；

② 只要改变坐标轴的脉冲分配方式，即可改变拟合折线的形状，从而达到改变加工轨迹的目的；

③ 只要改变分配脉冲的频率，即可改变坐标轴（刀具）的运动速度。

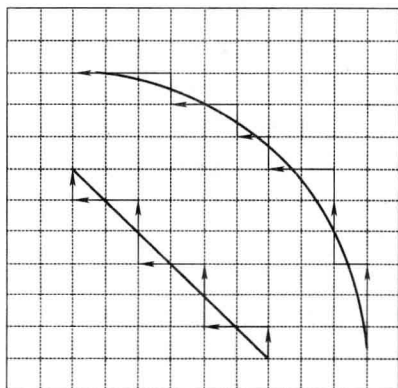


图 1-6 刀具轨迹示意

第四节 数控机床的特点

1. 加工精度高

数控机床加工精度之所以比普通机床高的原因主要有以下几个方面。

① 数控机床的脉冲当量小，位置分辨率高。机床的脉冲当量决定了机床理论上可以达到的定位精度，在数控机床上，脉冲当量一般都达到了 0.001mm，高精度数控机床则更小，因此它能实现比普通机床更精确的定位。

② 数控系统具备误差自动补偿功能。在数控机床上，进给传动系统的反向间隙与丝杠的螺距误差等均可由数控系统进行自动补偿，因此，数控机床能在同等条件下，提高零件的加工精度。

③ 数控机床的传动系统与机床结构设计。都具有比普通机床更高的刚度和稳定性，部件的制造、装配精度均比较高，提高了机床本身的精度与稳定性。

④ 数控机床采用了自动加工方式，避免了加工过程中的人为干扰。特别是在加工中心

上,通过一次装夹,可以完成多工序的加工,减少了零件的装夹误差。因此,零件的尺寸一致性好,产品合格率高,加工质量稳定。

2. 机床的柔性强

在数控机床上,改变加工零件只需重新编制(更换)程序,就能实现对不同零件的加工,它为多品种、小批量生产加工以及新产品试制提供了极大的便利。同时,由于数控机床通过多轴联动,具备曲线、曲面的加工能力,扩大了机床的适用范围。特别对于普通机床难以加工或无法加工的复杂零件,利用数控机床可以充分发挥功能,提高加工精度和效率。因此,对加工对象变化的适应性好,“柔性”比普通机床强。

3. 自动化程度高,劳动强度低

数控机床对零件的加工是根据事先编好的程序自动完成的。在正常加工过程中,操作者只要进行极为简单的操作,即可完成零件的自动加工,不需要进行繁杂的重复性手工操作,操作者的劳动强度可大为减轻。此外,数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置,使操作者的劳动条件也得到了很大改善。

4. 生产率高

零件加工效率主要决定于零件的实际加工时间和辅助加工时间。数控机床的效率主要通过以下几个方面体现。

① 在数控机床上,由于主轴的转速和进给量都可以任意选择,因此,对于每一道工序的加工,都可选择最合适的切削用量,以提高加工效率。此外,由于数控机床的结构刚性好,一般都允许较大切削用量的强力切削,提高了数控机床的切削效率,节省了实际加工时间。

② 数控机床的移动部件的空行程运动速度大大高于普通机床,它一般都在 15m/min 以上,在高速加工数控机床上,目前已经达到 100m/min 左右,刀具定位时间非常短,空程运动辅助时间比普通机床要小得多。

③ 数控机床更换被加工零件时一般都不需要重新调整,在加工中心上,更是一次装夹,完成多工序加工,节省了零件安装、调整时间。

④ 数控机床加工零件的尺寸一致性好,质量稳定,一般只需要做首件检验,即可以代表批量加工精度,节省了停机检验时间。

⑤ 数控机床可以实现精确、快速定位,它不必像普通机床那样,在加工前对工件进行“划线”,节省了“划线”工时。

5. 良好的经济效益

数控机床虽然设备价格较高,分摊到每个零件的加工费用比普通机床高,但使用数控机床加工,可以通过上述优点体现出整体效益。特别是数控机床的加工精度稳定,减少了废品,降低了生产成本;此外,数控机床还可一机多用,节省厂房面积和投资。因此,使用数控机床,通常都可获得良好的经济效益。

6. 有利于现代化管理

采用数控机床加工,能准确地计算零件加工工时和费用,简化了检验工、夹具,减少了半成品的管理环节,有利于生产管理的现代化。数控机床使用了数字信息控制,适合数字计算机管理,使它成为计算机辅助设计、制造及管理一体化的基础。

第二章 数控车床简介

数控车床是数字程序控制车床的简称，它集通用性好的万能型车床、加工精度高的精密型车床和加工效率高的专用型车床的特点于一身，是国内使用量最大，覆盖面最广的一种数控机床。要学好数控车床理论和操作，就必须勤学苦练，从平面几何、三角函数、机械制图、普通车床的工艺和操作等方面打好基础。

因此，必须首先具有普通车工工艺学知识，然后才能从掌握人工控制转移到数字控制方面来；另一方面，若没有学好有关数学、电工学、公差与配合及机械制造等内容，要学好数控原理和程序编制等，也会感到十分困难。熟悉零件工艺要求，正确处理工艺问题。由于数控机床加工的特殊性，要求数控机床加工工人既是操作者，又是程序员，同时具备初级技术人员的某些素质，因此，操作者必须熟悉被加工零件的各项工艺（技术）要求，如加工路线，刀具及其几何参数，切削用量，尺寸及形状位置公差。在熟悉了各项工艺要求，并对出现的问题正确进行处理后，才能减少工作盲目性，保证整个加工工作圆满完成。

第一节 数控车床的结构和分类

一、数控车床的结构

如图 2-1 所示，数控车床与普通车床一样，也是用来加工零件旋转表面的。一般能够自动完成外圆柱面、圆锥面、球面以及螺纹的加工，还能加工一些复杂的回转面，如双曲面等。车床和普通车床的工件安装方式基本相同，为了提高加工效率，数控车床多采用液压、气动和电动卡盘。

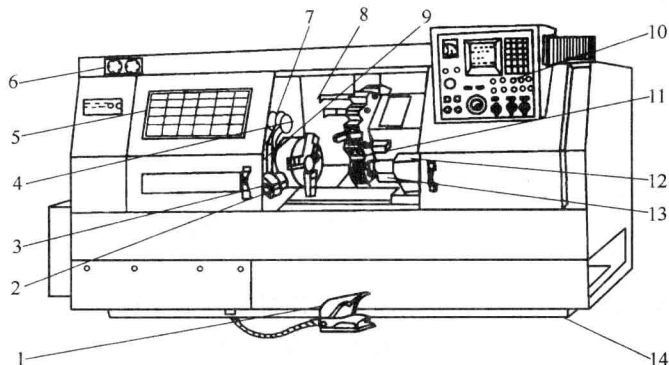


图 2-1 数控车床结构

- 1—脚踏开关；2—对刀仪；3—主轴卡盘；4—主轴箱；5—机床防护门；
6—压力表；7—对刀仪防护罩；8—防护罩；9—对刀仪转臂；
10—操作面板；11—回转刀架；12—尾座；13—滑板；14—床身

数控车床的外形与普通车床相似，即由床身、主轴箱、刀架、进给系统、液压系统、冷却和润滑系统等部分组成。数控车床的进给系统与普通车床有质的区别，传统普通车床有进

给箱和交换齿轮架，而数控车床是直接用电机通过滚珠丝杠驱动溜板和刀架实现进给运动，因而进给系统的结构大为简化。

二、数控车床的分类

数控车床可分为卧式和立式两大类。卧式车床又有水平导轨和倾斜导轨两种。档次较高的数控卧车一般都采用倾斜导轨。按刀架数量分类，又可分为单刀架数控车床和双刀架数控车床，前者是两坐标控制，后者是四坐标控制。双刀架卧车多数采用倾斜导轨。由于数控车床品种繁多，规格不一，可按如下方法进行分类。

1. 按车床主轴位置分类

(1) 立式数控车床 立式数控车床（见图 2-2）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。

(2) 卧式数控车床 卧式数控车床（见图 2-3）又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。



图 2-2 立式数控车床

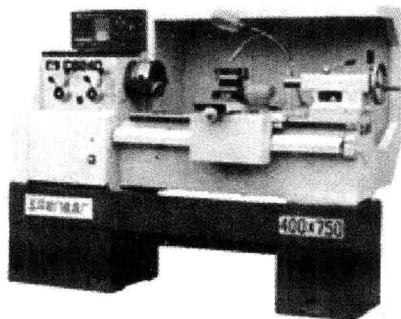


图 2-3 卧式数控车床

2. 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。

3. 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。

4. 按功能分类

(1) 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 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。

(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。

5. 其他分类方法

按数控系统的不同控制方式等指标，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。

第二节 数控车床的特点

一、按加工对象

与传统车床相比，数控车床比较适合于车削具有以下要求和特点的回转体零件。

1. 精度要求高的零件

由于数控车床的刚性好，制造和对刀精度高，以及能方便和精确地进行人工补偿甚至自动补偿，所以它能够加工尺寸精度要求高的零件。在有些场合可以以车代磨。此外，由于数控车削时刀具运动是通过高精度插补运算和伺服驱动来实现的，再加上机床的刚性好和制造精度高，所以它能加工对直线度、圆度、圆柱度要求高的零件。

2. 表面粗糙度小的回转体零件

数控车床能加工出表面粗糙度小的零件，不但是因为机床的刚性好和制造精度高，还由于它具有恒线速度切削功能。在材质、精车余量和刀具已定的情况下，表面粗糙度取决于进给速度和切削速度。使用数控车床的恒线速度切削功能，就可选用最佳线速度来切削端面，这样切出的粗糙度既小又一致。数控车床还适合于车削各部位表面粗糙度要求不同的零件。粗糙度小的部位可以用减小进给速度的方法来达到，而这在传统车床上是做不到的。

3. 轮廓形状复杂的零件

数控车床具有圆弧插补功能，所以可直接使用圆弧指令来加工圆弧轮廓。数控车床也可加工由任意平面曲线所组成的轮廓回转零件，既能加工可用方程描述的曲线，也能加工列表曲线。如果说车削圆柱零件和圆锥零件既可选用传统车床也可选用数控车床，那么车削复杂转体零件就只能使用数控车床。

4. 带一些特殊类型螺纹的零件

传统车床所能切削的螺纹相当有限，它只能加工等节距的直、锥面公、英制螺纹，而且一台车床只限定加工若干种节距。数控车床不但能加工任何等节距直、锥面，公、英制和端面螺纹，而且能加工增节距、减节距，以及要求等节距、变节距之间平滑过渡的螺纹。数控车床加工螺纹时主轴转向不必像传统车床那样交替变换，它可以一刀又一刀不停顿地循环，直至完成，所以它车削螺纹的效率很高。数控车床还配有精密螺纹切削功能，再加上一般采用硬质合金成型刀片，以及可以使用较高的转速，所以车削出来的螺纹精度高、表面粗糙度小。可以说，包括丝杠在内的螺纹零件很适合于在数控车床上加工。

5. 超精密、超低表面粗糙度的零件（即粗糙度要求高的零件）

磁盘、录像机磁头、激光打印机的多面反射体、复印机的回转鼓、照相机等光学设备的透镜及其模具，以及隐形眼镜等要求超高的轮廓精度和超低的表面粗糙度值，它们适合于在高精度、高功能的数控车床上加工。以往很难加工的塑料散光用的透镜，现在也可以用数控车床来加工。超精加工的轮廓精度可达 $0.1\mu\text{m}$ ，表面粗糙度可达 $0.02\mu\text{m}$ 。超精车削零件