



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

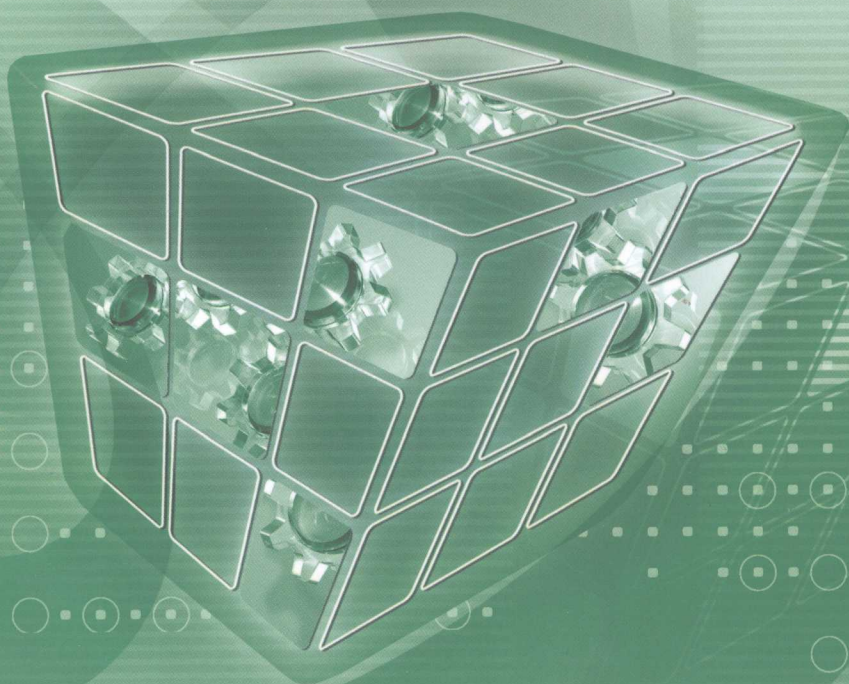
数控车削编程与 加工技术

第2版

◎ 谢晓红 主编

◎ 葛金印 王 猛 主审

本书配有电子教学参考资料包



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

技能型紧缺人才培养

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

数控车削编程与加工技术 (第2版)

谢晓红 主编

葛金印 王 猛 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材,是根据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,符合核心教学与训练项目的基本要求和中级数控车床操作员职业技能鉴定规范的基本要求。前3章为基础知识,讲述了数控车床的组成与工作原理、加工工艺基础知识、编程基础知识;接下来的12章讲述了编程相关知识、实训项目、制定工序、操作技能等模块,其中“*”号内容为选学内容。

本书突出了“教学做合一”的职教办学模式,在实训内容方面按照识读工件图样→工艺分析→确定加工方法→选用刀具→确定切削用量→编程→模拟→上机操作加工→检验→质量分析→巩固与提高,明确改进措施的步骤组织教学训练内容。

本书作为中等职业学校数控技术应用专业教材,也可作为职业技术学院机电一体化、机械制造类专业教材及机械类工人岗位培训和自学用书。

本书还配有电子教学参考资料包,包括教学指南、电子教案及习题答案,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控车削编程与加工技术/谢晓红主编. —2版. —北京:电子工业出版社,2008.7
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
ISBN 978-7-121-06910-9

I. 数… II. 谢… III. 数控车床: 车床—车削—程序设计—专业学校—教材 IV. TG519.1
中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第095339号

策划编辑:白楠

责任编辑:白楠

印刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:473.6千字

印次:2008年7月第1次印刷

印数:16000册 定价:24.90元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

中等职业学校教材工作领导小组

主任委员：陈 伟 信息产业部信息化推进司司长

副主任委员：辛宝忠 黑龙江省教育厅副厅长

李雅玲 信息产业部人事司处长

尚志平 山东省教学研究室副主任

马 斌 江苏省教育厅职社处处长

黄才华 河南省职业技术教育教学研究室主任

苏渭昌 教育部职业技术教育中心研究所主任

王传臣 电子工业出版社副社长

委员：（排名不分先后）

唐国庆 湖南省教科院

张志强 黑龙江省教育厅职成教处

李 刚 天津市教委职成教处

王润拽 内蒙古自治区教育厅职成教处

常晓宝 山西省教育厅职成教处

刘 晶 河北省教育厅职成教处

王社光 陕西省教育科学研究所

吴 蕊 四川省教育厅职成教处

左其琨 安徽省教育厅职成教处

陈观诚 福建省职业技术教育中心

邓 弘 江西省教育厅职成教处

姜昭慧 湖北省职业技术教育研究中心

李栋学 广西壮族自治区教育厅职成教处

杜德昌 山东省教学研究室

谢宝善 辽宁省基础教育教研培训中心职教部

安尼瓦尔·吾斯曼 新疆维吾尔自治区教育厅职成教处

秘书长：李 影 电子工业出版社

副秘书长：柴 灿 电子工业出版社

再版前言



数控技术的广泛应用,给传统制造业的生产方式、产品结构、产业结构带来深刻的变化,也给传统的机电类专业人才的培养带来新的挑战。根据教育部颁布的《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型人才培养培训指导方案》开发编写了本专业系列教材。

《数控车削编程与加工技术》是根据数控车床编程与操作员职业岗位要求设置的课程,重点介绍了数控车床相关的基础知识,FANUC 0-TD 数控系统的编程技术、加工技术训练,以及中级工数控车床操作工技能训练。

本教材的编写始终坚持了以就业为导向,将数控车削加工工艺(工艺路线选择、刀具选择、切削用量设置等)和程序编制方法等专业技术能力融合到实训操作中,充分体现了“教学做合一”的职教办学特色。

教材内容编写主要体现以下几方面的特点:

1. 以“数控加工技术应用与操作能力的培养”为主线,以应用为目的,专业知识内容以“必需”和“够用”为度。
2. 采用理论实践一体化教学和案例式教学模式组织编写,通过操作实训来培养学生掌握数控专业知识的综合应用能力和操作技能技巧。
3. 结合数控车床操作工职业资格考核标准进行实训操作的强化训练,注重提高学生的实践能力和岗位就业竞争力。
4. 紧扣数控加工技术的岗位(群)新需求,科学合理安排教材内容,融合相关的数控新技术、新设备、新材料、新工艺的内容,缩短学校教育与企业需要的距离,更好地满足企业的需要。

本书由谢晓红担任主编,张吉玲、周欣阳、朱虹、高晓东参编。本书由葛金印、王猛担任主审。本书经过教育部审批,作为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

编者水平和经验有限,书中欠妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

为了方便教师教学,本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版),请有此需要的教师登录华信教育网(<http://www.huaxin.edu.cn> 或 <http://www.hxedu.com.cn>)免费注册后进行下载,具体下载方法详见书后反侵权盗版声明页,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编者

2008年4月



目 录



第 1 章 数控车床的组成与工作原理	1
1.1 数控车床的简介	1
1.1.1 CNC 数控车床的加工特点	1
1.1.2 CNC 数控车床的分类	2
1.2 数控车床的工作过程与组成	3
1.2.1 数控车床的工作过程	3
1.2.2 数控车床的组成	3
1.3 数控系统的主要功能	8
本章小结	11
习题 1	11
项目练习	11
第 2 章 数控车削加工工艺基础	12
2.1 数控车削加工工艺的内容	12
2.1.1 数控车削加工的主要对象	12
2.1.2 数控车削加工工艺的主要内容	13
2.1.3 数控车削加工工艺的基本特点	13
2.2 数控车削加工工艺的制定	14
2.2.1 零件图样分析	14
2.2.2 工序和装夹方式的确定	15
2.2.3 加工顺序的安排	18
2.2.4 进给路线的确定	19
2.2.5 定位与夹紧方案的确定	22
2.2.6 夹具的选择	22
2.2.7 数控车削刀具的选择	23
2.2.8 切削用量的选择	26
2.3 轴类零件的数控车削加工工艺分析	28
2.3.1 零件的结构特点和技术要求	28
2.3.2 轴类零件的材料、毛坯及热处理	30
2.3.3 轴类零件的加工工艺分析	30
2.3.4 轴类零件的数控车削加工工艺分析案例	32
本章小结	35
习题 2	35

项目练习	35
第3章 数控车削编程基础知识	37
3.1 数控车削编程概述	37
3.1.1 数控编程的内容	37
3.1.2 数控编程的种类	38
3.1.3 程序的构成	39
3.1.4 典型数控系统的指令代码	41
3.2 数控车床的坐标系统	43
3.3 部分指令的编程要点	46
3.4 程序编制中的数学处理	48
本章小结	51
习题3	51
项目练习	51
第4章 数控车床基本操作	52
4.1 相关知识概述	52
4.1.1 数控车床控制面板的操作 (FANUC 0-TD 系统)	52
4.1.2 工件的装夹	57
4.1.3 数控车床的对刀	58
4.2 操作实训	60
4.2.1 数控车床的手动操作	60
4.2.2 数控车床的试切对刀练习	61
4.2.3 工件坐标系的建立	64
本章小结	65
习题4	65
第5章 简单轴类零件的编程及加工	66
5.1 基础知识	66
5.1.1 简单轴类零件的加工工艺	66
5.1.2 直线、圆弧插补指令简介	67
5.2 操作实训——圆弧插补实例	73
本章小结	78
习题5	78
项目练习	78
第6章 简单套类零件的编程及加工	80
6.1 基础知识	80
6.1.1 套类零件内孔加工工艺分析	80
6.1.2 单一固定切削循环指令 G90、G94 简介	82
6.2 操作实训	84
6.2.1 圆锥小轴的编程与加工	84
6.2.2 内、外圆锥套的编程与加工	87
本章小结	90

习题 6	91
项目练习	91
第 7 章 公、英制螺纹的编程及加工	92
7.1 基础知识	92
7.1.1 数控车削螺纹的基本知识	92
7.1.2 螺纹车削编程指令简介	95
7.2 操作实训	99
7.2.1 外螺纹轴的编程与加工	99
7.2.2 螺纹轴、套组合件的编程与加工	102
7.2.3 多线螺纹零件的编程与加工	106
本章小结	109
习题 7	110
项目练习	110
第 8 章 复杂轮廓类零件的编程与加工	111
8.1 基础知识	111
8.1.1 复合车削循环原理	111
8.1.2 G70~G75 循环指令	112
8.2 操作实训	120
8.2.1 用 G71、G70 车削轴类零件	120
8.2.2 用 G71、G72、G70 等车削零件	123
本章小结	126
习题 8	126
项目练习	126
第 9 章 凹槽类零件的编程与加工	129
9.1 基础知识	129
9.1.1 凹槽加工工艺简介	129
9.1.2 凹槽加工编程指令	131
9.1.3 子程序应用和多凹槽加工	133
9.2 操作实训	136
9.2.1 退刀槽螺杆的加工	136
9.2.2 综合零件套的加工	139
9.2.3 端面槽零件车削加工	143
9.2.4 多凹槽零件的编程与加工	146
本章小结	150
习题 9	151
项目练习	151
第 10 章 复合练习	153
10.1 基础知识和技能	153
10.2 操作实训	154
10.2.1 圆弧手柄编程与加工	154

10.2.2	轴类零件编程与加工	157
10.2.3	复杂零件编程与加工	161
	本章小结	166
	习题 10	166
	项目练习	166
第 11 章	刀尖半径补偿编程及加工	168
11.1	基础知识	168
11.1.1	刀具几何补偿和磨损补偿	168
11.1.2	刀尖半径补偿	170
11.2	操作实训——综合零件编程与加工实例	174
	本章小结	178
	习题 11	178
	项目练习	178
第 12 章	利用宏指令编程及加工	179
12.1	基础知识	179
12.2	操作实训——椭圆编程与加工实例	185
	本章小结	189
	习题 12	189
	项目练习	189
*第 13 章	复杂零件的编程及加工	191
13.1	基础知识	191
13.1.1	典型零件数控加工工艺分析	191
13.1.2	梯形螺纹数控加工工艺分析	199
13.2	操作实训	201
13.2.1	套类零件编程及车削加工	201
13.2.2	复杂组合件编程及车削加工	206
	本章小结	217
	项目练习	217
*第 14 章	强化训练——数控车工考证实操练习	220
14.1	基础知识	220
14.2	初级数控车工实操入门训练	221
14.3	中级数控车工实操强化训练	229
14.4	高级数控车工实操强化训练	250
	本章小结	261
	项目练习	262
*第 15 章	特殊工艺品编程及车削加工	265
15.1	硬铝手电筒外壳的编程及加工	265
15.2	国际象棋的编程及加工	277
15.2	其他小工艺品加工练习	284

第 1 章 数控车床的组成与工作原理

数控车床由于具有高效率、高精度、高柔性等特点,在机械制造业中得到日益广泛的应用,其中数控车床是目前应用最广泛的数控设备之一,因此,加深对数控车床的工作原理和组成的了解是进行生产实践的坚实基础。

【知识目标】

- 了解数控车床具有的优越于普通车床的加工特点。
- 掌握数控车床的工作原理,各组成部分的性能和特点。
- 了解车床数控系统所具有的基本功能和特殊功能。

1.1 数控车床的简介

1.1.1 CNC 数控车床的加工特点

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普通车床的特点于一身,是国内使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床,占数控机床总数的 25% 左右(不包括技术改造而成的车床)。

数控车床主要用于轴类和盘类回转体零件的加工,能够通过程序控制自动完成内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹等工序的切削加工,并可进行切槽、钻、扩、铰孔和各种回转曲面的加工。而近年来研制出的数控车削中心和数控车铣中心,使得在一次装夹中可以完成更多的加工工序,提高了加工质量和生产效率,精度稳定性好,操作劳动强度低,特别适用于复杂形状的零件或中、小批量零件的加工。

数控车床与普通车床相比,具有三个方面的特色。

(1) 高难度加工。如图 1-1 所示“口小肚大”的特殊内成型面零件,在普通车床上不仅难以加工,并且还难以检测。采用数控车床加工时,其车刀刀尖运动的轨迹由加工程序控制,“高难度”由车床的数控功能可以方便地解决。

对由非圆线或列表曲线(如流线形曲线)构成其旋转面的零件,各种非标准螺距的螺纹或变螺距螺纹等多种特殊螺旋类零件,以及表面粗糙度要求非常均匀、且 Ra 值又较小的变径表面类零件,都可通过车床数控系统所具有的同步运行及恒线速度等功能保证其精度要求。

再如,在具有特殊数控系统(如 FAGOR8025/8030 型)的车床或某些车削中心上,通过使用同步刀具(即数个切削刀头可同时绕其自身轴线旋转,且具有独立动力),即可加工截面为四边形、六边形和八边形等多棱柱类零件。

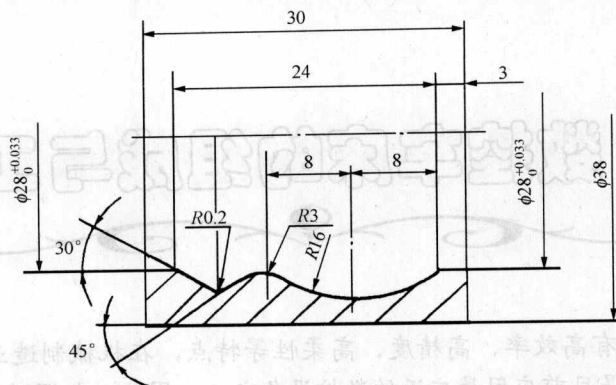


图 1-1 特殊内成型面零件

(2) 高精度零件加工。复印机中的回转鼓、录像机上的磁头及激光打印机内的多面反射体等超精零件，其尺寸精度可达 $0.01\mu\text{m}$ ，表面粗糙度值可达 $Ra0.02\mu\text{m}$ ，这些高精度零件均可在高精度的特殊数控车床上加工完成。

(3) 高效率完成加工。为了进一步提高车削加工的效率，通过增加车床的控制坐标轴，就能在一台数控车床上同时加工出两个多工序的相同或不同的零件，也便于实现一批复杂零件车削全过程的自动化。

1.1.2 CNC 数控车床的分类

数控车床的分类方法较多，可以根据设计类型和轴的数目分类。

1. 按车床主轴位置分类

(1) 立式数控车床。立式数控车床也称为立式镗铣床，其车床主轴垂直于水平面，并有一个直径很大的圆形工作台，供装夹工件用。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。卧式数控车床的主轴处于水平位置，采用卧式车床布局。卧式数控车床依床身又可分为倾斜式与平台式两种。倾斜式的刀座采用转塔式，刀架要后置；平台式的刀座与传统车床类似，刀架前置。

2. 按可控制轴数分类

(1) 两轴控制。当机床上只有一个回转刀架时，可以实现两坐标轴控制。当前大多数中小型数控车床采用两轴联动（即 X 轴、 Z 轴）。

(2) 多轴控制。当具有两个回转刀架时，可以实现四坐标轴控制。档次较高的数控车削中心都配备了动力铣头，还有些配备了 Y 轴，使机床不但可以进行车削，还可以进行铣削加工，数控车床的工艺和工序将更加复合化和集中化。

3. 按刀架数量分类

(1) 单刀架数控车床。普通数控车床一般都配置有各种形式的单刀架，如四工位卧式自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。双刀架数控车床其双刀架的配置（即移动导轨分布）可以是



后文中图 1-7 (a) 所示的平行分布,也可以是图 1-7 (b) 所示的相互垂直分布,以及同轨结构。

4. 按数控系统的功能分类

(1) 经济型数控车床。一般采用开环控制,具有 CRT 显示、程序储存、程序编辑等功能,加工精度不高,主要用于精度要求不高,有一定复杂性的零件。

(2) 全功能数控车床。是较高档次的数控车床,具有刀尖圆弧半径自动补偿、恒线速度、倒角、固定循环、螺纹切削、图形显示、用户宏程序等功能,加工能力强,适宜加工精度高、形状复杂、工序多、循环周期长、品种多变的单件或中小批量零件。

(3) 车削中心。车削中心的主体是数控车床,转塔刀架上有能使刀具旋转的动力刀座,主轴具有按轮廓成形要求连续(不等速回转)运动和进行连续精确分度的 C 轴功能,并能与 X 轴或 Z 轴联动,控制轴除 X、Z、C 轴之外,还可具有 Y 轴,可实现车、铣复合加工。

1.2 数控车床的工作过程与组成

1.2.1 数控车床的工作过程

数控车床的工作过程如图 1-2 所示。

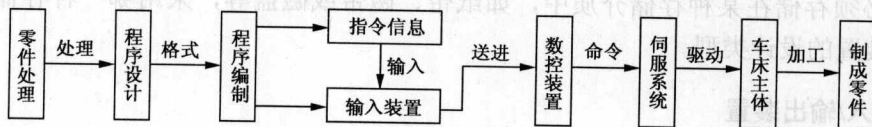


图 1-2 数控车床的工作过程

(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规则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) 将加工程序的内容以代码形式完整记录在信息介质(如穿孔带或磁带)上。

(4) 通过阅读机把信息介质上的代码转变为电信号,并输送给数控装置。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,通过计算机的串行通信接口直接传输到数控机床的数控单元(MCU)。

(5) 数控装置将所接受的信号进行一系列处理后,再将处理结果以脉冲信号形式向伺服系统发出执行的命令。

(6) 伺服系统接到执行的信息指令后,立即驱动车床进给机构严格按照指令的要求进行位移,使车床自动完成相应零件的加工。

1.2.2 数控车床的组成

数控车床是由数控程序及存储介质、输入/输出装置、计算机数控装置、伺服系统、机床本体组成的,如图 1-3 所示。

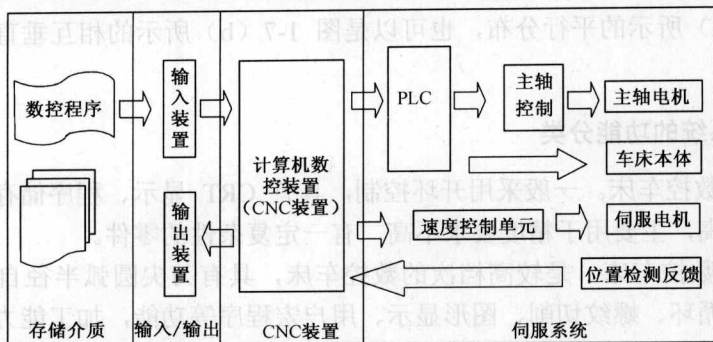


图 1-3 CNC 系统图

1. 数控程序及存储介质

数控程序是数控车床自动加工零件的工作指令。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；刀具与零件相对运动的尺寸参数；零件加工的工艺路线或加工顺序、切削加工的工艺参数，以及辅助装置的动作等。这样得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等加工信息，然后用标准的文字、数字和符号组成的数控代码，按规定的方法和格式，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，或者在数控车床以外用自动编程计算机系统来完成，比较先进的数控车床可以在数控装置上直接编程。

程序必须存储在某种存储介质中，如纸带、磁带或磁盘等，采用哪一种存储载体，取决于数控装置的设计类型。

2. 输入/输出装置

存储介质上记载的加工信息需要通过输入装置输送给机床数控系统，机床内存中的零件加工程序可以通过输出装置传送到存储介质上。输入/输出装置是机床与外部设备的接口，目前输入装置主要有纸带阅读机、软盘驱动器、RS232C 串行通信口、MDI 方式等。

3. CNC 装置的数控系统

CNC 装置是数控加工中的专用计算机，除具有一般计算机结构外，还有与数控车床功能相关的功能模块结构和接口单元。CNC 装置由硬件和软件组成，软件在硬件的支持下运行，离开软件，硬件便无法工作，两者缺一不可。

CNC 装置的硬件主要由中央处理单元、各类存储器、输入/输出接口、位置控制，以及其他各类接口组成，如图 1-4 所示。各组成部分的作用如下。

- ① 中央处理单元（CPU）：实施对整个系统的运算、控制和管理。
- ② 存储器：用来储存系统软件、零件加工程序，以及运算的中间结果等。
- ③ 位置控制：主要完成对主轴驱动的控制，以便完成速度控制；通过伺服系统对坐标轴的运动实施控制。
- ④ 输入/输出接口：主要用来交换数控装置和外部之间的往来信息。
- ⑤ MDI/CRT 接口：完成手动数据输入并将信息显示在 CRT 上。

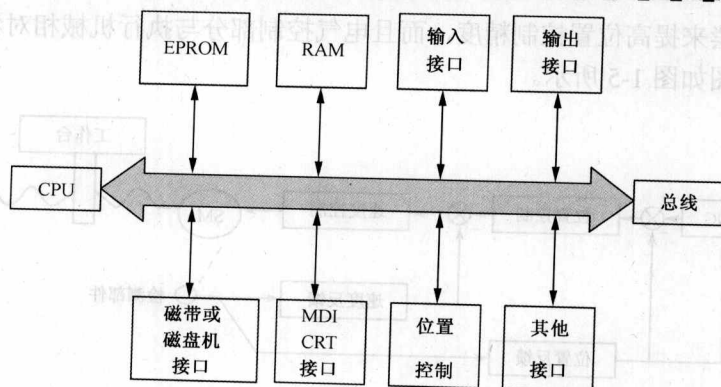


图 1-4 数控装置硬件构成

CNC 装置硬件结构一般分为单微处理器结构和多微处理器结构。微处理器是 CNC 装置的核心，由于所有数控功能都由一个 CPU 来完成，因此 CNC 装置的功能受微处理器的字长、数据宽度、寻址能力和运算速度等因素的限制。

4. 数控车床的进给伺服系统

数控车床的进给传动系统常用伺服进给系统来工作，数控车床伺服系统是以车床移动部件的位置和速度为控制量的自动控制系统，又称随动系统、拖动系统或伺服系统。

车床进给伺服系统，一般由位置控制、速度控制、伺服电机、检测部件及机械传动机构五大部分组成。但习惯上所说的进给伺服系统，只是指速度控制、伺服电机和检测部件三个部分，而且，将速度控制部分称之为伺服单元或驱动器。

(1) 数控车床对进给伺服系统的要求。为了提高数控车床的性能，对车床进给伺服系统提出了很高的要求。由于各种数控车床所完成的加工任务不同，所以对进给伺服系统的要求也不尽相同，但大致可概括为以下几个方面：高精度，快速响应，宽调速范围，低速大转矩，好的稳定性。

(2) 伺服系统的类型。按照伺服系统的结构特点，伺服单元或驱动器通常有四种基本结构类型：开环、闭环、半闭环及混合闭环。

① 开环进给伺服系统。开环伺服机构，即无位置反馈的系统，由步进电机驱动线路和步进电机组成。每一脉冲信号使步进电机转动一定的角度，通过滚珠丝杠推动工作台移动一定的距离。这种伺服机构比较简单，工作稳定，操作方法容易掌握，但精度和速度的提高受到限制。如果负荷突变（如切深突增），或者脉冲频率突变（如加速、减速），则数控运动部件有可能发生“失步”现象，即丢失一定数目的进给指令脉冲，从而造成进给运动的速度和行程误差。故该类控制方式，仅限于精度不高、轻载负载变化不大的经济型中、小数控车床的进给传动。

② 半闭环进给伺服系统。在车床中应用得最为广泛的是半闭环结构，半闭环伺服机构是由比较线路、伺服放大线路、伺服电机、速度检测器和位置检测器组成的。位置检测器装在丝杠或伺服电机端部，利用丝杠的回转角度间接测出工作台的位置。常用的伺服电机有宽调速直流电动机、宽调速交流电动机和电液伺服电机。位置检测器有旋转变压器、光电式脉冲发生器和圆光栅等。这种伺服机构所能达到的精度、速度和动态特性优于开环伺服机构，为大多数中、小型数控车床所采用。这是由于它的环路中非线性因素少，容易整定，可以比



较方便地通过补偿来提高位置控制精度，而且电气控制部分与执行机械相对独立，系统通用性强。其结构框图如图 1-5 所示。

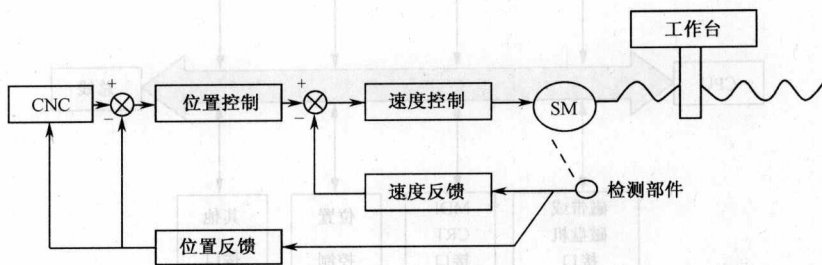


图 1-5 半闭环进给伺服系统的结构框图

③ 闭环进给伺服系统。闭环伺服机构的工作原理和组成与半闭环伺服机构相同，只是位置检测器安装在工作台上，可直接测出工作台的实际位置，故反馈精度高于半闭环控制，但掌握调试的难度较大，常用于高精度和大型数控车床。闭环伺服机构所用伺服电机与半闭环相同，位置检测器则用长光栅、长感应同步器或长磁栅。一般来说，只在具备传动部件精密度高、性能稳定、使用过程温差变化不大的高精度数控车床上才使用全闭环伺服系统。

（3）数控车床的位置检测装置。

① 位置检测装置的要求。在闭环与半闭环伺服系统中，必须利用位置检测装置把车床运动部件的实际位移量随时检测出来，与给定的控制值（指令信号）进行比较，从而控制驱动系统正确运转，使工作台（或刀具）按规定的轨迹和坐标移动，位置检测装置是伺服系统的重要组成部分，它对于提高数控车床加工精度起着决定性的作用，就好像起着人的眼睛和刻度盘的作用。为此，检测元件应满足的要求是：工作可靠，抗干扰性强；满足数控车床的精度和速度要求；维护方便；成本低。

② 位置检测装置的分类。不同类型的数控车床对于检测系统的精度与速度有不同的要求，一般来说，大型数控车床以满足速度要求为主，而中小型和高精度数控车床以满足精度要求为主。按常用位置检测装置的基本工作原理，其分类如表 1-1 所示。

表 1-1 常用位置检测装置的分类

装置类型	数 字 式		模 拟 式	
	增 量 式	绝 对 式	增 量 式	绝 对 式
旋转型	脉冲编码器 圆光栅	编码盘	旋转变压器 圆感应同步器 圆磁栅	多极旋转变压器 三速圆感应同步器
直线型	长光栅 激光干涉仪	编码尺	直线感应同步器 磁栅	绝对值式磁尺 三速感应同步器

5. 车床本体

车床本体是加工运动的实际机械部件，主要包括：主运动部件、进给运动部件（如工作台、刀架）和支承部件（如床身、立柱等），还有冷却、润滑、转位部件，如夹紧、换刀机械手等辅助装置。



数控车床本体通过专门设计, 各个部位的性能都比普通车床优越, 如结构刚性好, 能适应高速和强力车削需要; 精度高, 可靠性好, 能适应精密加工和长时间连续工作等。

(1) 主轴。数控车床主轴的回转精度, 直接影响到零件的加工精度; 其功率大小与回转速度, 影响到加工的效率; 其同步运行、自动变速及定向准停等要求, 影响到车床的自动化程度。

例如, 主轴的径向跳动和端面跳动将直接影响到被加工零件的形状和位置精度, 并且不可能通过采取其他的工艺(如补偿方法等)措施给予弥补; 主轴的功率大小将影响到车床进行强力切削的性能(如受阻降速或闷车); 其同步运行则是自动加工螺纹及螺旋面零件所必须具有的功能等。

(2) 床身及导轨。数控车床的床身除了采用传统的铸造床身外, 也有采用加强钢筋板或钢板焊接等结构, 以减轻其结构重量, 提高其刚度。

数控车床床身上的导轨结构有传统的滑动导轨(金属型), 也有新型的滑动导轨(贴塑导轨)。贴塑导轨的摩擦系数小, 耐磨性、耐腐蚀性及吸振性好, 润滑条件优越。在倾斜床身, 导轨基体上粘贴塑料面后, 切屑不易在导轨面上堆积, 减轻了清除切屑的工作。

(3) 机械传动机构。除了部分主轴箱内的齿轮传动等机构外, 数控车床已在原普通车床传动链的基础上做了大幅度的简化, 如取消了挂轮箱、进给箱、溜板箱及其绝大部分传动机构, 而仅保留了纵、横向进给的螺旋传动机构, 并在驱动电机和丝杆间增设了(少数车床未增设)可消除其侧隙的齿轮副。

数控车床主轴变速分为有级变速、无级变速及分段无级变速三种形式, 其中有级变速仅用于经济型数控车床上, 大多数数控车床均采用无级变速或分段无级变速。

主轴传动和进给传动一样, 经历了从普通三相异步电动机传动到直流主轴传动, 而随着微处理器技术和大功率晶体管技术的应用, 现在又进入了交流主轴伺服系统的时代, 目前已很少见到在数控车床上使用直流主轴伺服系统。

(4) 刀架。刀架是自动转位刀架的简称, 它是数控车床普通采用的一种最简单的自动换刀设备。由于自动转位刀架上的各种刀具不能按加工要求自动进行装、卸, 故它只是属于自动换刀系统中的初级形式, 不能实现真正意义上的自动换刀。

刀架的基本结构形式和组合形式分别如图 1-6 和图 1-7 所示。

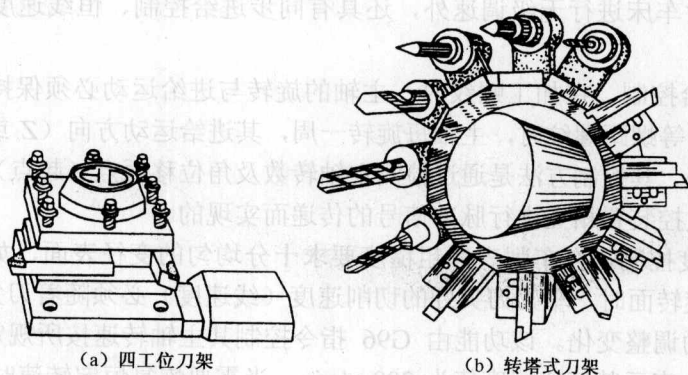


图 1-6 基本结构形式的自动转位刀架

在数控车床上, 刀架转换刀具的过程是: 接受转刀指令→松开夹紧机构→分度转位→



粗定位→精定位→锁紧→发出动作完成后的回答信号。驱动刀架工作的动力有电力和液力两类。

(5) 辅助装置。数控车床的辅助装置较多,除了与普通车床所配备的相同或相似的辅助装置外,数控车床还可配备对刀仪、位置检测反馈装置、自动编程系统及自动排屑装置等。



图 1-7 组合形式的自动转位刀架

1.3 数控系统的主要功能

数控车床中数控装置的硬件采用了微处理器、存储器、接口芯片等,再安装不同的监控软件就可以实现过去难以实现的许多功能。显然 CNC 装置的功能要比过去 NC 装置的功能丰富得多,更加便于适应数控车床的复杂控制要求。

数控装置的功能通常包括基本功能和选择功能。基本功能是数控系统的必备功能,选择功能是供用户根据机床特点和用途进行选择的功能。CNC 装置的功能主要反映在准备功能 G 指令代码和辅助功能指令代码上。

现以 FANUC 0-TB 数控系统为例,简述其部分功能。

1. 主轴功能

主轴功能除对车床进行无级调速外,还具有同步进给控制、恒线速度控制及主轴最高转速控制等功能。

(1) 同步进给控制。在加工螺纹时,主轴的旋转与进给运动必须保持一定的同步运行关系。例如,车削等螺距螺纹时,主轴每旋转一周,其进给运动方向(Z 或 X)必须严格位移一个螺距或导程。其控制方法是通过检测主轴转数及角位移原点(起点)的元件(如主轴脉冲发生器)与数控装置相互进行脉冲信号的传递而实现的。

(2) 恒线速度控制。在车削表面粗糙度要求十分均匀的变径表面,如端面、圆锥面及任意曲线构成的旋转面时,车刀刀尖处的切削速度(线速度)必须随着刀尖所处直径的不同位置而相应地自动调整变化。该功能由 G96 指令控制其主轴转速按所规定的恒线速度值运行,如 G96 S200 表示其恒线速度值为 200m/min。当需要恢复恒定转速时,可用 G97 指令对其注销,如 G97 S1200。

(3) 最高转速控制。当采用 G96 指令加工变径表面时,由于刀尖所处直径在不断变化,当刀尖接近工件轴线(中心)位置时,因其直径接近零,线速度又规定为恒定值,主轴