

职业院校通用教材

数控车床 编程与加工实训

陈远智 主编

王向阳 辛少宇 副主编



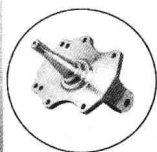
清华大学出版社

职业院校通用教材

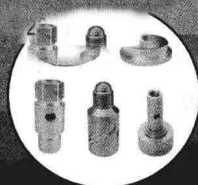
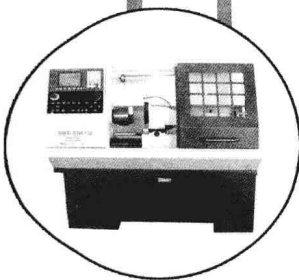
数控车床 编程与加工实训

陈远智 主编

王向阳 辛少宇 副主编



常州大学图书馆
藏书章



ISBN 978-7-302-58015-0
C-201310-097
C-201310-097

清华大学出版社
地址：北京清华大学学研大厦A座
邮编：100084
电话：(010) 62770175
http://www.tup.tsinghua.edu.cn

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是根据数控技能型紧缺人才的培养目标为指导思想,以劳动和社会保障部制定的数控车工国家职业技能鉴定标准而编写。

本书以零件加工为主线,详细介绍了 GSK980T 数控车床的编程方法和零件加工工艺,以及 CAXA 数控车自动编程知识。全书共分 7 章,内容包括数控车床概述、数控车床基本操作及安全文明生产、数控车床编程基础知识、数控车床编程的指令代码、数控车床手动编程与加工实训、数控车床自动编程、数控车床的维护保养与常见故障诊断等。

本书可作为中等职业学校数控技术应用专业教材,也可作为高等职业技术学院机电一体化、机械制造类专业教材及数控专业工人的岗位培训教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与加工实训/陈远智主编. —北京:清华大学出版社,2011.1

ISBN 978-7-302-24137-9

I. ①数… II. ①陈… III. ①数控机床:车床—程序设计 ②数控机床:车床—加工工艺 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 233690 号

责任编辑:金燕铭

责任校对:李 梅

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:10.5

字 数:239 千字

版 次:2011 年 1 月第 1 版

印 次:2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:16.00 元

产品编号:032876-01

随着科学技术的飞速发展,机械制造技术发生了深刻的变化。为了适应市场对产品的更高要求,数控技术得到了更广泛的应用。数控技术水平及数控机床的拥有量已经成为衡量一个国家工业现代化水平的重要标志。

本教材以广州数控设备有限公司 GSK980T 数控系统为平台,重点介绍了数控车床的基本知识和基本操作技能,内容包括数控车床控制面板操作、坐标系的设定、数控编程基本知识、GSK980T 数控系统各指令的应用、CAXA 自动编程、零件的加工实例与分析等。

本教材的主导思想是:突出操作技能,提高动手能力。教材中采用了大量的实例,知识结构由浅到深,训练项目由易到难,循序渐进,理论与实践紧密结合。考核内容以国家职业技能鉴定为标准,贴近实际生产,更符合企业需要。

学习本教材需要具备一定的机械制图知识、金属材料与刀具知识、公差与测量知识、数控车削工艺知识,同时还必须具备普通车床的基本操作技能。

本教材由广东省中山市中等专业学校陈远智老师(数控车高级技师)担任主编,由广东省中山市中等专业学校王向阳老师、广东省轻工业技师学院辛少宇老师(数控铣高级技师)担任副主编。其中第 4 章、第 5 章 5.5~5.11 节、第 6 章由陈远智编写,第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 7 章由王向阳编写,第 5 章 5.1~5.4 节由辛少宇编写。在编写过程中还得到了华南理工大学宋小春教授的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,教材中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 4 月

第 1 章 数控车床概述	1
1.1 数控车床的分类与结构	1
1.2 数控车床的加工特点与加工对象	4
1.3 车床数控系统	6
1.4 数控机床及其发展概况	9
思考与练习	11
第 2 章 数控车床基本操作及安全文明生产	12
2.1 GSK980T 系统数控车床的基本操作	12
2.1.1 操作面板说明	12
2.1.2 手动操作	15
2.1.3 自动运行	17
2.1.4 试运转	19
2.1.5 安全操作	20
2.1.6 报警处理	20
2.1.7 程序存储与编辑	20
2.1.8 数据的显示、设定	26
2.1.9 显示	32
2.2 数控车床安全操作和文明生产	37
2.2.1 数控车床安全操作规程	37
2.2.2 数控车床的维护与保养	38
思考与练习	38
第 3 章 数控车床编程基础知识	39
3.1 数控编程的内容与方法	39
3.2 数控机床坐标系	41
3.2.1 机床坐标系	41
3.2.2 工件坐标系	44
3.3 编程中的数学处理	44
3.3.1 数学处理的内容	44

3.3.2	尺寸链计算	47
3.3.3	坐标值的常用计算方法	48
3.4	数控程序的结构	49
3.4.1	指令字	50
3.4.2	程序段的格式	51
3.4.3	程序的格式	51
3.4.4	主程序和子程序	52
3.5	绝对值编程与相对值编程	53
	思考与练习	54
第 4 章	数控车床编程的指令代码	55
4.1	编程概述	55
4.2	主轴功能、进给功能和刀具功能	57
4.3	辅助功能代码	58
4.4	准备功能代码	59
4.5	宏程序编程简介	79
	思考与练习	82
第 5 章	数控车床手动编程与加工实训	83
5.1	G01 直线插补指令编程与加工实训	83
5.2	G02/G03 圆弧插补指令编程与加工实训	85
5.3	G71 复合循环指令编程与加工实训	87
5.4	G73 复合循环指令编程与加工实训	89
5.5	G75 复合循环指令编程与加工实训	91
5.6	G92/G76 螺纹车削循环指令编程与加工实训	93
5.7	M98/M99 子程序调用指令编程与加工实训	95
5.8	宏程序编程与加工实训	97
5.9	轴类零件编程与加工实训	100
5.10	套类零件编程与加工实训	104
5.11	组合零件编程与加工实训	106
	思考与练习	113
第 6 章	数控车床自动编程	117
6.1	CAXA 自动编程步骤	117
6.2	CAXA 数控车软件基础知识	118
6.2.1	CAXA 的界面与菜单介绍	118
6.2.2	CAXA 系统的交互方式	121
6.3	CAXA 数控车软件的 CAD 功能	121

6.3.1 基本图形的构建.....	121
6.3.2 曲线的编辑.....	122
6.4 零件几何绘图(建模)实例	124
6.5 程序的编制与加工	129
思考与练习.....	152
第7章 数控车床的维护保养与常见故障诊断.....	153
7.1 数控车床的日常维护与保养	153
7.2 数控车床常见故障诊断及处理方法	153
7.2.1 数控车床的硬件故障.....	154
7.2.2 数控车床的软件故障.....	156
思考与练习.....	159
参考文献.....	160

第 1 章

数控车床概述

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)。

近几年来,我国在继续开发国产化数控机床的同时,还大力引进和吸收国外先进数控机床的设计与制造技术,研制、开发并批量生产了功能丰富、可靠性与生产率更高的全功能数控车床、数控纵切自动车床及车削加工中心等高档产品,满足了国内市场的需要,部分数控车床(包括经济型)还销往国外。

1.1 数控车床的分类与结构

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、球面及螺纹的加工,还能加工一些复杂的回转面,如双曲面等。数控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、气动和电动卡盘的装夹方式。

1. 数控车床的分类

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。立式数控车床简称为数控车床,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。这类车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。卧式数控车床又分为数控水平导轨卧式车床和数控倾斜导轨卧式车床。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。

(2) 按加工零件的基本类型分类

① 卡盘式数控车床。这类车床未设置尾座,适合车削盘类(含短轴类)零件。其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长爪(即软卡爪)。

② 顶尖式数控车床。这类数控车床配置有普通尾座或数控尾座,适合车削较长的轴类零件及直径不太大的盘、套类零件。

(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,如图 1-1 所示。

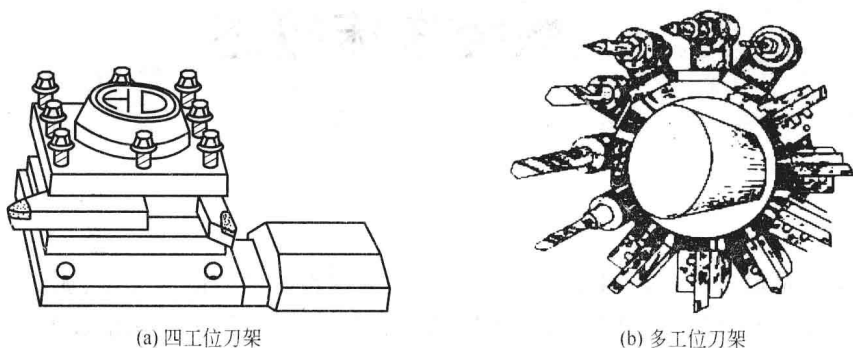


图 1-1 基本结构形式的自动转位刀架

② 双刀架数控车床。这类车床其双刀架的配置(即移动导轨分布)可以是如图 1-2(a)所示的平行分布,也可以是如图 1-2(b)所示的相互垂直分布,还可以是同轨结构。

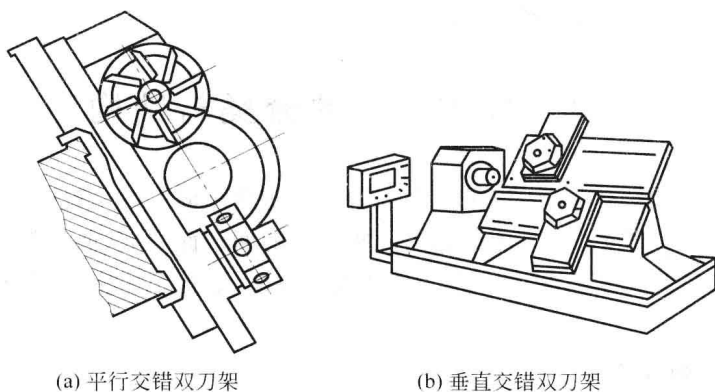


图 1-2 组合形式的自动转位刀架

(4) 按功能分类

① 经济型数控车床。经济型数控车床是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,其成本较低,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。普通数控车床是根据车削加工要求,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。其数控系统功能强,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。车削加工中心是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和换刀机械手,可控制 X 、 Z 和 C 三个坐标轴,其联动控制轴可以是 (X/Z) 、 (X/C) 或 (Z/C) 。由于增加了 C 轴和铣削动力头,故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。有的车削加工中心还具有很高精度

的角度定位(即分度值达 0.001° 的 C 轴位置控制功能),从而实现三坐标(X、Z 和 C)联动轮廓控制。

(5) 其他分类方法

按数控系统的不同控制方式等指标,数控车床可以分为很多种类,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。

2. 数控车床的结构

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本质的区别,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滑板和刀架实现进给运动的,因而其进给系统的结构大为简化。

虽然数控车床的种类较多,但其结构主要由车床主体、数控装置和伺服系统三大部分组成。这里着重介绍车床主体的结构。

数控车床主体通过专门设计,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零件的加工精度;其功率大小和回转速度影响加工的效率;其同步运行、自动变速及定向准停等功能影响车床的自动化程度。

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车床进行强力切削的功能(如受阻降速或闷车);其同步运行功能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的,以减轻结构重量,提高刚度。数控车床床身上的导轨结构有传统的滑动导轨(金属导轨),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,即如图 1-3 所示的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。



图 1-3 倾斜床身

(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、横进给的螺纹传动机构,并在驱动电动机至丝杠间增设了(少数数控车床未增设)可消除其侧隙的齿轮副。

(4) 刀架

刀架是自动转位刀架的简称,它是数控车床普遍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,故它只能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见图 1-1 和图 1-2。

在数控车床上,刀架转换刀具的过程是:接受转换指令→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。其驱动刀架工作的动力装置有电力和液压两类。

(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。

1.2 数控车床的加工特点与加工对象

1. 数控车床的加工特点

数控车床与传统车床相比,具有以下一些加工特点。

(1) 具有高度柔性

在数控车床上加工零件,主要取决于加工程序。它与普通车床不同,不必制造、更换许多工具、夹具,不需要经常重新调整车床。因此,数控车床适用于零件频繁更换的场合,即单件、小批生产及新产品的制造。它的应用缩短了生产准备周期,节省了大量工艺装备的费用。如图 1-4 所示的“口小肚大”的内成型面零件(局部图),不仅在普通车床上难以加工,而且还难以检测。采用数控车床加工则很方便,其车刀刀尖运动的轨迹由加工程序控制。对于由非圆曲线或列表曲线(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表面粗糙度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。

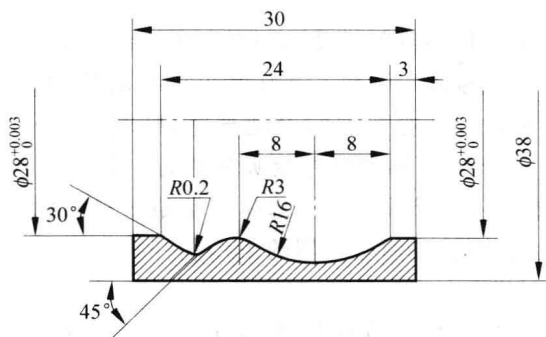


图 1-4 特殊内成型面零件的局部图

例如,在具有特殊数控系统(如 FAGOR 8025/8030 型)的车床或某些车削加工中心上,通过使用同步刀具(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、八边形等的多棱柱类零件。

(2) 加工精度高

数控车床的加工精度一般可达 0.001~0.01mm。数控车床是按数字信号形式控制

的,数控装置每输出一个脉冲信号,则车床移动部件移动一个脉冲当量(一般为 0.001mm),而且,车床进给传动链的反向间隙与丝杠螺距的平均误差可由数控装置进行补偿,因此数控车床的定位精度比较高。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 $0.1\mu\text{m}$,表面粗糙度 Ra 值可达 $0.02\mu\text{m}$,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) 加工质量稳定、可靠

加工同一批零件时,在同一车床上,在相同加工条件下,使用相同刀具和加工程序,刀具的走刀轨迹完全相同,即零件的一致性良好,质量稳定。

(4) 生产率高

数控车床可有效地减少零件的加工时间和辅助时间,其主轴转速和进给量的范围大,允许车床进行大切削量的强力切削。数控车床目前正进入高速加工时代,车床移动部件的快速移动和定位及高速切削加工,极大地提高了生产率。另外,配合车削中心的刀具使用,实现了在一台车床上进行多道工序的连续加工,减少了半成品工序间的周转时间,也提高了生产率。

为了进一步提高车削加工的效率,可通过增加车床的控制坐标轴,在一台数控车床上同时加工两个多工序的相同或不同的零件,也可实现一批工序特别复杂的零件车削加工过程的自动化。

(5) 改善劳动条件

在加工前,输入零件加工程序并启动,数控车床就能自动连续地进行加工,直至加工结束。所以,操作者的工作主要是程序的输入、编辑、装卸零件、刀具准备、加工状态的观测、零件的检验等,劳动强度极大降低,趋于智力型工作。另外,数控车床一般是在封闭的环境下加工,既清洁又安全。

(6) 利于生产管理现代化

数控车床的加工是以标准代码为控制信息来实现的,因此易于实现加工信息标准化,目前已和计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)系统有机地结合起来,成为先进制造技术的基础。

2. 数控车床的加工对象

与传统车床相比,数控车床比较适合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、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,再加上车床的刚性好、制造精度高,所以它能加工对母线直线度、圆度、圆柱度要求高的零件。

(2) 表面粗糙度好的回转体零件

数控车床能加工出表面粗糙度值小的零件,不但是因为车床的刚性好、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,这样切削出的表面粗糙度值既小又一致。数控车床还适合车削各部位表面粗

糙度要求不同的零件,表面粗糙度值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。车削圆柱零件和圆锥零件时既可选用传统车床,也可选用数控车床,但车削复杂的回转体零件时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面、锥面的公、英制螺纹,而且一台车床只限定加工若干种节距。而数控车床不但能加工任何等节距的直面、锥面的公、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,直至完成加工,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,可以使用较高的转速,所以车削出来的螺纹精度高、表面粗糙度值小。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、超低表面粗糙度值的零件

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的零件,适合在高精度、高功能的数控车床上加工。以往很难加工的散光用的塑料透镜,现在也可以用数控车床来加工。超精车削零件的材质以前主要是金属,现已扩大到塑料和陶瓷。

1.3 车床数控系统

1. 车床数控系统的功能简介

车床数控系统不仅具有直线、圆弧和螺纹等基本插补运算功能和主轴转速、进给速度等基本控制功能,还具有满足不同加工需要的一些特别功能,这些功能分别视不同的数控系统而定。

1) 主轴功能

主轴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,主轴的旋转与刀具的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,刀具在进给运动方向(Z 轴或 X 轴)上必须严格移动一个螺距或导程。其控制方法是通过检测主轴转速及角位移原点(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、圆锥面及由任意曲线构成的旋

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位置不同而相应地自动调整。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,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,其直径接近零;线速度又规定为恒定值,故主轴转速将会急剧升高。为预防因主轴转速过高而发生事故,可用 G46 指令限定其恒线速度运动中的最高转速,如 G46 P2000。

2) 自动返回参考点功能

数控系统具有刀具从当前位置快速返回至参考点位置的功能,其指令为 G28,该功能既适用于单坐标轴返回,又适用于 X 和 Z 两个坐标轴同时返回。

3) 螺纹车削功能

螺纹车削功能可控制完成各种等螺距(公制或英制)螺纹的加工,如圆柱(右旋、左旋)、圆锥及端面螺纹等的加工。

4) 多种循环切削功能

为缩短加工程序的长度,使程序更加简洁,并减少编程的工作量,有利于加工,数控系统应具有以下一些循环切削功能。

(1) 单一固定循环

单一固定循环包括车削外圆、端面的矩形循环,车削圆锥面的固定循环和螺纹切削循环。

(2) 多重复合循环

多重复合循环的形式很多,主要有以下几种。

① 外圆、端面的粗车循环。这两种循环均针对成组轮廓的粗车而设置,进给路线也不同于单一的矩形或锥形,编程也比较复杂。在已编好精车加工路线的程序段之后,将有关精车余量、每次进给的切削深度和退刀量等参数设定后,就可实现其粗车循环。

② 固定形状的粗车循环。这种循环加工的特点是每次循环进给的路线形式(由精车路线提供)均固定不变,只改变其循环起点的位置。该循环功能适用于已经过铸造或模锻等基本成型的坯件的粗车加工。

③ 精车复合循环。该循环加工的特点与固定形状的粗车循环相仿,但因其适用于经粗车后的精车,故不需设定 X 轴和 Z 轴方向的总退刀量及循环次数等参数,而仅需指定精车路线中各程序段的第一条和最后一条程序的顺序号即可。

④ 端面、钻孔复合循环。这种循环功能用于断续切削端面及钻孔,以利于刀具冷却或排屑。

⑤ 外圆、车槽复合循环。该功能用于断续车削外圆或车削外沟槽。例如,用刀宽较小的车槽刀断续车削 Z 轴方向尺寸较宽的矩形外沟槽时,就可采用该循环功能。

2. 常用数控系统的种类与特点

数控系统可以控制机床实现 2 轴、3 轴或多轴联动加工。数控系统控制联动的进给

轴数越多,加工过程中数控系统的计算数据量就越大,要求数控装置的计算速度也越快,从而导致数控系统的结构更加复杂,数控机床的制造成本大大提高。

新型数控系统在保留传统数控系统功能的基础上,增加了更多的计算机系统的功能。

① 具有与计算机网络进行通信和联网的能力。该功能将数控系统与计算机网络直接相连,通过计算机网络可以将经过数控系统验证的 NC 代码存档备用,在计算机网络上由 CAD/CAM 软件生成的 NC 代码能够随时向数控系统传送。在加工复杂曲面时,由计算机网络和数控系统构成 DNC 加工模式,可消除数控系统程序存储器容量小的限制。

② 实现远程控制加工的功能。数控机床的远程加工是指在远离数控机床的计算机上,由操作人员对已经安装正确的工件进行加工。该种加工模式要求数控机床有较高的网络数据交换能力,在加工时数控机床将控制权限交予网络,由远程计算机控制数控机床,数控机床将加工过程的数据和图像反馈给远程计算机。

下面简单介绍一下常用的 FANUC 数控系统、SIEMENS 数控系统和 GSK980T 数控系统。

(1) FANUC 数控系统

FANUC 数控系统目前有 0C 系列、1x 系列。

FANUC—0C 数控系统常用的有 0T 系统和 0M 系统。0T 系统主要用于车削类机床,可控制 2~3 个轴;0M 系统主要用于镗、铣削类机床,可控制 3~4 个轴,具有 3 轴或 5 轴联动功能。

FANUC—1x 系列(10/11/12/15/16/18)数控系统属于高性能数控系统,主机 CPU 采用 32 位 CISC 处理器和 RISC 高速处理器,主要用于高速度、高精度、高效率要求的加工场合。该系统还增加了人工智能故障诊断功能,系统推理软件以知识库为根据查找故障原因。

FANUC—1x 系列数控系统具有多主轴、多控制轴控制功能,数控铣床可以构成具有 3 轴联动和 5 轴联动功能的加工中心,数控车床可以组成具有 C 轴、Y 轴功能的车削中心。FANUC—1x 系列数控系统还具有与计算机联网组成柔性制造系统的能力。

(2) SIEMENS 数控系统

SIEMENS 数控系统常用的 SIEMERIK 802D 是西门子公司推出的面向中国地区开发的普及型全数字数控系统。

SIEMERIK 810 和 820T/M/G 数控系统采用 80816 微处理器、集成式 PLC、分离式小尺寸操作面板和机床控制面板。系统采用 RS-232C 接口进行数据传送及通信联网,中英文菜单。SIEMERIK 810 和 820T/M/G 数控系统多用于小型数控机床。

SIEMERIK 840D/T 适用于高自动化水平的机床及柔性制造系统,采用由 32 位主机 CPU 组成的多微处理器系统。它除了数控用 CPU 之外,还有伺服用 CPU 及通信用 CPU。在实际使用中,除通信用 CPU 外,其他 CPU 均可扩展到 2~4 个。

(3) GSK980T 数控系统

相对于国内外其他同等档次的数控系统,GSK980T 数控系统(国产华中世纪星数控系统)具有以下几个鲜明的特点。

① 高可靠性。选用嵌入式工业 PC,全密封防静电面板结构,具有超强的抗干扰

能力。

② 高性能。最多控制轴数为 4 个进给轴和 1 个主轴,支持 4 轴联动;全汉字操作界面、故障诊断与报警、多种形式的图形加工轨迹显示和仿真,操作简便,易于掌握和使用。

③ 低价位。与其他国内外同等档次的普及型数控系统产品相比,华中世纪星系列数控系统的性价比较高。如果配套选用华中数控的全数字交流伺服驱动和交流永磁同步电动机、伺服主轴系统等,则数控系统的整体价格只有国外同档次产品的 $1/3 \sim 1/2$ 。

④ 配置灵活。可自由选配各种类型的脉冲接口、模拟接口交流伺服驱动单元或步进电机驱动单元;除标准机床控制面板外,配置 40 路光电隔离开关量输入接口和 32 路功率放大开关量输出接口、手持单元接口、主轴控制接口与编码器接口,还可扩展远程 128 路输入/输出端子板。

⑤ 真正的闭环控制。华中世纪星系列数控系统配置交流伺服驱动器和伺服电动机时,伺服驱动器和伺服电动机的位置信号实时反馈到数控单元,由数控单元对它们的实际运行全过程进行精确的闭环控制。

GSK980T 数控系统目前已广泛用于车、铣、磨、锻、齿轮、仿形、激光加工、纺织、医疗等设备,适用的领域有数控机床配套、传统产业改造、数控技术教学等。

1.4 数控机床及其发展概况

1. 数控机床的概念

数控机床是一种通过数字信息控制机床按给定的运动规律,进行自动加工的机电一体化新型加工装备。

一个国家的机床数控化率,反映了这个国家机床工业和机械制造业水平的高低,同时也是衡量一个国家科技进步的重要标志之一。它对于实现生产过程的自动化,促进科技进步和加速现代化建设,都有着十分重大的意义。发达国家视数控技术为机械工业发展的战略点,并且大力推进和发展数控机床。

机床数控技术是通过数控机床加工技术而实现的,应用数控技术的关键就在于如何学好和用好数控机床,这也是学习本课程的目的之一。

2. 数控机床的产生

世界上第一台数控机床是为适应航空工业制造一种复杂精密零件——检查直升机叶片轮廓用的样板,由美国帕森斯公司与麻省理工学院合作研制成功的。最初的研制方案是该公司经理帕森斯于 1948 年提出,1949 年与麻省理工学院伺服机构试验室一起开始研制,并于 1952 年公开展示了这台数控机床的样机——电子管式、直线插补和连续控制的三坐标立式铣床。随后又经过三年的改进与自动编程的研究,于 1955 年正式进入实用阶段,并投产了 100 台类似机床,供给美国空军制造飞机、导弹时使用。

3. 国内外数控机床的发展简介

(1) 国外数控机床的发展

自从 1952 年诞生了世界上第一台数控机床以来,随着微电子技术 with 计算机技术的高速发展,决定数控机床整体水平的主要系统——计算机(数控)系统,经历了以下几代

变化。

第一代数控：1952年起由电子管电路构成的专用数控(NC)。

第二代数控：1959年起由晶体管数字电路组成的专用数控(NC)。

第三代数控：1965年起由中、小规模集成数字电路组成的专用数控(NC)。

第四代数控：1970年起由大规模集成数字电路组成的小型通用计算机数控(CNC)。

第五代数控：1974年开始，采用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控(MNC)。

目前，美国、日本、德国、法国及俄罗斯等国家的数控机床已进入大批量生产阶段，其中以日本发展最快。1977年，日本年产数控机床仅五千多台，1990年就已发展到年产六万多台，数控化率达70%，居世界第一位。在数控技术先进的国家中，具有代表性的数控公司(或厂家)有：日本的法那科公司、德国的西门子公司、美国的A-B公司、西班牙的法格公司、意大利的A-BOSZA公司和法国的NUM公司等。

从技术发展的角度上看，在国外数控机床中，产量最多的仍是普通数控机床(特别是数控车床)，其次是加工中心机床，现已发展到了较为成熟的柔性制造单元(简称FMC)和柔性制造系统(简称FMS)，超级数控机床——计算机集成制造系统(简称CIMS)也已开始应用于生产。其所采用的数控系统(计算机)已发展到64位机和多CPU系统；可控坐标轴数达20轴以上，联动坐标轴数达10轴以上；分辨率(最小设定单位)已普遍达到 $0.01\mu\text{m}$ ，少数机床已发展到 $0.001\mu\text{m}$ ；快速行程也提高到了 $240\text{m}/\text{min}$ 。

(2) 我国数控机床的发展

我国数控机床的研制工作起步较晚，但发展迅速，前景广阔。

1958年，由北京机床研究所和清华大学等单位率先研制了电子管式开环伺服驱动的数控机床。其后由于历史的原因，迟迟未能在实用阶段上有所突破。直到20世纪70年代初期，研制数控机床的热潮才开始在我国掀起，并取得了一些初步成果。当时研制的数控装置主要是采用晶体管分立元器件，性能不稳定，可靠性差，只有少量的数控机床(如专用数控铣床及非圆齿轮插齿机等)开始用于生产。1972年，集成数字电路的数控系统在清华大学研制成功之后，数控技术开始在车、铣、钻、镗、磨及齿轮、电加工等加工领域得以推广应用，其中以数控电火花线切割机床发展最快。

从1980年开始，随着我国改革开放政策的贯彻实施，国内一些单位开始从日本、美国、德国等国家引进了较先进的数控(制造)技术，并投入了批量生产。到1986年年底，已累计发展了数控机床105种，并初步形成了科研、开发、生产、维修服务和人员培训的体系。与此同时，我国许多单位纷纷投入经济型数控系统的研制工作，并取得了可喜的成果。

1985年10月，国家有关部委组织专家测试组对18个省、市推荐的48套经济型数控系统进行了全面测评，其中常州的BSX—1、南京的JWK—SAL、西安的WK2—3等获得好评。至此，适合我国国情需要的经济型数控系统开始在机械制造等多个领域使用。

最近，我国又在引进、消化和吸收国外先进数控技术的基础上，开发和生产了很多高档的数控系统及新型数控机床，并且拥有了中国自己的软、硬件版权。我国近年来开发的数控机床品种已达500多种，大多达到了20世纪80年代的国际先进水平。其中，许多机