

# 化 十

# 中数控 系统数控车床 编程与维护

魏家鹏 主编

马修泉 副主编  
王素艳

● 实践指导 操作性强  
● 实例典型 提升技能  
● 步入蓝领 成就梦想



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

典型数控系统实用技术培训教程

# 华中数控系统数控车床

## 编程与维护

魏家鹏 主编

马修泉 王素艳 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

全书共分8章,内容包括数控车床基础知识、数控车削加工工艺、数控车床程序编制、CAXA数控车计算机辅助设计、数控车床的操作、数控车床的故障诊断与简单故障处理等。本书在介绍数控车床的编程操作与维护的同时,增加了CAXA软件生成华中数控系统代码的内容,力求为企业解决疑难问题,努力做到系统性强、实用性大、需求性好。

本书可作为数控技术应用专业、数控机床加工专业和机电一体化专业的中、高等职业教育教材,也可作为从事数控车床工作的工程技术人员的参考书、数控车床短期培训用书。

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

华中数控系统数控车床编程与维护 / 魏家鹏主编. —北京: 电子工业出版社, 2008.6  
(典型数控系统实用技术培训教程)

ISBN 978-7-121-06801-0

I. 华… II. 魏… III. ①数控机床: 车床—程序设计—技术培训—教材②数控机床: 车床—维护—技术培训—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 076740 号

策划编辑: 李 洁

责任编辑: 韩玲玲

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂  
装 订:

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: 11.75 字数: 300 千字

印 次: 2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 23.00 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 zlls@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

为引导和支持各地职业教育实训基地建设、推动职业教育改革,从2004年开始,中央财政和各省、市、地方财政设立专项资金,重点建设了一大批职业院校数控实训基地,许多基地已经成为所在地区数控大赛的最佳比赛场地。承办所在赛区选拔赛的单位有30个是重点建设的数控实训基地,其中有26个数控实训基地大量选用了配置华中数控系统的数控机床。

在第一届全国数控技能大赛决赛期间,配置华中数控系统的26台国产数控机床经受了考验,其性能稳定可靠,并且,选用华中系统的选手获奖比例位居第一。2006年,参加第二届全国大赛总决赛的各工种选手中,选用华中数控系统的人数和比例比上一届进一步增加。其中,学生组占43.3%,职工组占21.9%,教师组占35.1%。政府支持国产数控系统用于数控技能大赛,加深了广大用户对国产数控系统的了解,使得华中数控系统在企业中的占有率也在不断提高,预计到2010年,在国内市场将达到25%的市场占有率。而目前华中数控系统的编程与操作方面的书籍还是空白,不能适应社会需求,故编写本书。

本书以突出操作技能为主导,立足于应用,选用了华中(HNC-21T)数控系统作为典型数控系统进行剖析,介绍数控车床的编程、操作与维护。同时添加CAXA数控车软件生成华中数控系统代码的内容,力求为企业解决疑难问题,努力做到全书系统性强、实用性大、需求性好。在素材的组织上,为突出实用的特点,搜集了大量来源于企业当前加工的零件和一线维修的实例,便于读者借鉴。在特色上,借鉴国内外较权威的图书,精选大量的实物和操作界面图片,使读者能够提高阅读效率,而接受起来也更加容易。

本书可作为数控技术应用专业、数控车床加工专业和机电一体化专业的中、高等职业教育教材,也可用作从事数控车床工作的工程技术人员的参考书、数控车床短期培训用书。

编 者

# 目 录

1.1	数控车床的组成	1	3.2	数控机床坐标系	33
1.2	数控车床的传动	2	3.3	编程中的数学处理	37
1.3	数控车床的进给系统	3	3.3.1	数学处理的内容	37
1.4	数控车床的冷却系统	4	3.3.2	尺寸链计算	39
1.5	数控车床的润滑系统	4	3.3.3	坐标值的常用计算方法	41
1.6	数控车床的排屑系统	4	3.4	零件程序的结构	42
1.7	数控车床的防护罩	4	3.4.1	指令字	42
1.8	数控车床的刀架	4	3.4.2	程序段的格式	43
1.9	数控车床的尾架	4	3.4.3	程序的格式	44
1.10	数控车床的刀库	4	3.5	练习与思考题	44
1.11	数控车床的尾座	4	第4章	数控车床编程	45
1.12	数控车床的刀架	4	4.1	编程概述	45
1.13	数控车床的尾座	4	4.1.1	准备功能	45
1.14	数控车床的刀架	4	4.1.2	辅助功能	46
1.15	数控车床的尾座	4	4.2	主轴功能、进给功能和刀具功能	47
1.16	数控车床的刀架	4	4.2.1	主轴功能S	47
1.17	数控车床的尾座	4	4.2.2	进给功能F	48
1.18	数控车床的刀架	4	4.2.3	刀具功能T	48
1.19	数控车床的尾座	4	4.3	辅助功能代码	48
1.20	数控车床的刀架	4	4.4	准备功能代码	50
1.21	数控车床的尾座	4	4.4.1	单位的设定	51
1.22	数控车床的刀架	4	4.4.2	编程方式的选定	51
1.23	数控车床的尾座	4	4.4.3	坐标系的设定与选择	53
1.24	数控车床的刀架	4	4.4.4	进给控制指令	54
1.25	数控车床的尾座	4	4.4.5	回参考点控制指令	62
1.26	数控车床的刀架	4	4.4.6	刀具补偿功能指令	64
1.27	数控车床的尾座	4	4.4.7	暂停指令G04	69
1.28	数控车床的刀架	4	4.4.8	恒线速度指令G96、G97	69
1.29	数控车床的尾座	4	4.4.9	简单循环	70
1.30	数控车床的刀架	4	4.4.10	复合循环	75
1.31	数控车床的尾座	4	4.5	宏程序与子程序编程	82
1.32	数控车床的刀架	4	4.5.1	宏程序编程	82
1.33	数控车床的尾座	4	4.5.2	子程序编程	84
1.34	数控车床的刀架	4	3.5	练习与思考题	86
1.35	数控车床的尾座	4			
1.36	数控车床的刀架	4			
1.37	数控车床的尾座	4			
1.38	数控车床的刀架	4			
1.39	数控车床的尾座	4			
1.40	数控车床的刀架	4			
1.41	数控车床的尾座	4			
1.42	数控车床的刀架	4			
1.43	数控车床的尾座	4			
1.44	数控车床的刀架	4			
1.45	数控车床的尾座	4			
1.46	数控车床的刀架	4			
1.47	数控车床的尾座	4			
1.48	数控车床的刀架	4			
1.49	数控车床的尾座	4			
1.50	数控车床的刀架	4			
1.51	数控车床的尾座	4			
1.52	数控车床的刀架	4			
1.53	数控车床的尾座	4			
1.54	数控车床的刀架	4			
1.55	数控车床的尾座	4			
1.56	数控车床的刀架	4			
1.57	数控车床的尾座	4			
1.58	数控车床的刀架	4			
1.59	数控车床的尾座	4			
1.60	数控车床的刀架	4			
1.61	数控车床的尾座	4			
1.62	数控车床的刀架	4			
1.63	数控车床的尾座	4			
1.64	数控车床的刀架	4			
1.65	数控车床的尾座	4			
1.66	数控车床的刀架	4			
1.67	数控车床的尾座	4			
1.68	数控车床的刀架	4			
1.69	数控车床的尾座	4			
1.70	数控车床的刀架	4			
1.71	数控车床的尾座	4			
1.72	数控车床的刀架	4			
1.73	数控车床的尾座	4			
1.74	数控车床的刀架	4			
1.75	数控车床的尾座	4			
1.76	数控车床的刀架	4			
1.77	数控车床的尾座	4			
1.78	数控车床的刀架	4			
1.79	数控车床的尾座	4			
1.80	数控车床的刀架	4			
1.81	数控车床的尾座	4			
1.82	数控车床的刀架	4			
1.83	数控车床的尾座	4			
1.84	数控车床的刀架	4			
1.85	数控车床的尾座	4			
1.86	数控车床的刀架	4			
1.87	数控车床的尾座	4			
1.88	数控车床的刀架	4			
1.89	数控车床的尾座	4			
1.90	数控车床的刀架	4			
1.91	数控车床的尾座	4			
1.92	数控车床的刀架	4			
1.93	数控车床的尾座	4			
1.94	数控车床的刀架	4			
1.95	数控车床的尾座	4			
1.96	数控车床的刀架	4			
1.97	数控车床的尾座	4			
1.98	数控车床的刀架	4			
1.99	数控车床的尾座	4			
2.00	数控车床的刀架	4			

<b>第5章 数控车床自动编程</b> .....	(87)	6.6.2 主轴手动操作 .....	(131)
5.1 计算机辅助编程步骤 .....	(87)	6.6.3 其他手动操作 .....	(131)
5.2 CAXA 数控车自动编程软件 基础知识 .....	(88)	<b>6.7 工作参数设置</b> .....	(132)
5.3 CAXA 数控车的 CAD 功能 .....	(91)	6.7.1 工件坐标系设置 .....	(132)
5.3.1 基本图形的构建 .....	(91)	6.7.2 刀具补偿设置 .....	(133)
5.3.2 曲线的编辑 .....	(93)	<b>6.8 程序输入与文件管理</b> .....	(136)
5.3.3 几何绘图(建模)实例 .....	(94)	6.8.1 选择程序 .....	(136)
5.4 CAXA 数控车的 CAM 功能 .....	(97)	6.8.2 程序编辑 .....	(137)
5.4.1 机床设置与后置处理 .....	(97)	6.8.3 零件程序管理 .....	(138)
5.4.2 轮廓粗车功能 .....	(100)	<b>6.9 程序运行与控制</b> .....	(139)
5.4.3 轮廓精车功能 .....	(105)	6.9.1 正式加工前的准备 .....	(139)
5.4.4 切槽功能 .....	(106)	6.9.2 自动运行的启动、暂停、 中止、再启动 .....	(140)
5.4.5 螺纹加工功能 .....	(108)	6.9.3 加工断点的保存 与恢复 .....	(143)
5.4.6 代码生成 .....	(108)	6.9.4 运行时干预 .....	(145)
5.5 典型零件车削的自动 编程实例 .....	(110)	6.9.5 MDI 运行 .....	(146)
练习与思考题 .....	(119)	练习与思考题 .....	(147)
<b>第6章 数控车床的操作</b> .....	(120)	<b>第7章 典型零件的车削编程与加工</b> .....	(148)
6.1 华中数控“世纪星”数控 系统简介 .....	(120)	7.1 轴类零件的车削编程与加工 .....	(148)
6.1.1 基本配置 .....	(120)	7.1.1 零件图 .....	(148)
6.1.2 主要技术规格 .....	(121)	7.1.2 加工前的准备工作 .....	(148)
6.2 “世纪星”数控系统操作装置 .....	(122)	7.1.3 数控车削加工操作过程 .....	(150)
6.2.1 显示装置 .....	(122)	7.1.4 注意事项与手动调整 .....	(154)
6.2.2 NC 键盘 .....	(123)	7.2 套类零件的车削编程与加工 .....	(154)
6.2.3 机床控制面板(MCP) .....	(123)	7.2.1 零件图 .....	(154)
6.3 软件操作界面 .....	(125)	7.2.2 加工前的准备 .....	(155)
6.3.1 操作界面 .....	(125)	7.2.3 数控车削加工操作过程 .....	(157)
6.3.2 系统菜单结构 .....	(126)	7.2.4 车削加工中的注意事项 .....	(159)
6.4 数控车床的一般操作步骤 .....	(127)	<b>第8章 数控车床的维护与常见故障分析</b> .....	(160)
6.5 开机、关机及返回参考点 .....	(127)	8.1 数控车床的使用维护与保养 基础知识 .....	(160)
6.5.1 开机步骤 .....	(127)	8.1.1 数控车床的可靠性 .....	(160)
6.5.2 复位 .....	(128)	8.1.2 数控车床操作、编程、维修人员 必备的基本知识 .....	(161)
6.5.3 返回机床参考点 .....	(128)	8.1.3 数控车床的使用要求 及注意事项 .....	(161)
6.5.4 紧急情况处理 .....	(129)	8.1.4 数控车床的维护与保养 .....	(162)
6.5.5 关机步骤 .....	(129)	8.2 数控车床故障诊断方法 .....	(163)
6.6 数控车床的手动控制 .....	(129)		
6.6.1 坐标轴的运动控制 .....	(129)		

8.2.1	数控车床故障 诊断原则 .....	(163)	8.3.3	电气系统故障及实例分析	(169)
8.2.2	数控车床的故障诊断方法	(163)	8.3.4	伺服系统故障及实例分析	(172)
8.3	数控车床常见故障 .....	(165)	8.3.5	HNC-21T 数控系统内部 报警信息清单 .....	(175)
8.3.1	数控车床常见机械故障 及实例分析 .....	(165)		练习与思考题 .....	(177)
8.3.2	数控系统常见故障 及实例分析 .....	(167)		参考文献 .....	(178)

# 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。

### 1.1.1 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。

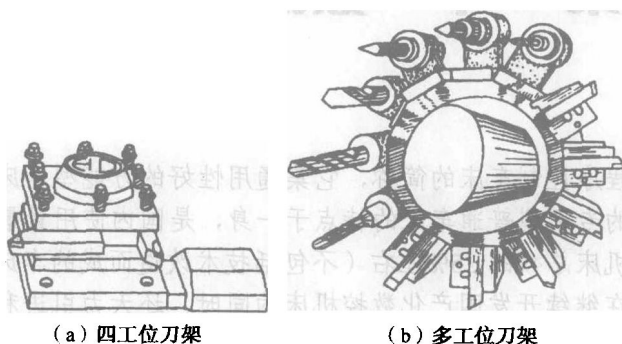


图 1-1 基本结构形式的自动转位刀架

(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。

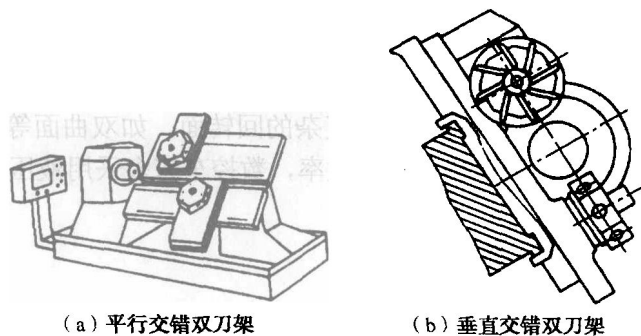


图 1-2 组合形式的自动转位刀架

### 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 $0.001^\circ$ 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。

### 1.1.2 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,而数控车床是直接由伺服电机通过滚珠丝杠驱动溜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,但其结构均主要由车床主体、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。

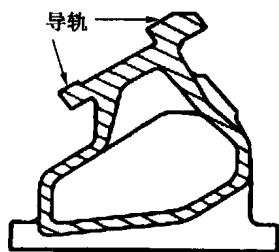


图 1-3 倾斜床身

### 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，作了大幅度的简化，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

### 1.2.1 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开发。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（如流线型曲线）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。

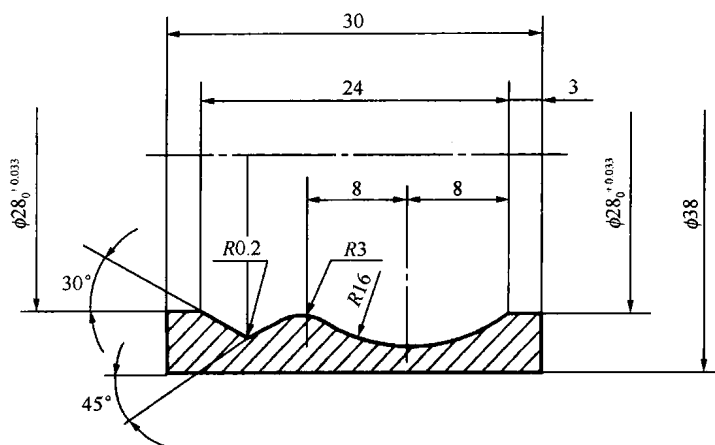


图 1-4 特殊内成型面零件的局部图

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  $0.01\sim 0.001\text{mm}$ 。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  $0.001\text{mm}$ ），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，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，配合车削中心的刀库使用，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，数控车床一般是封闭加工，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的标准化，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。

### 1.2.2 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，这样切出的粗糙度既小又一致。数控车床还适合车削各部位表面粗糙度要求不同的零件，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。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，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

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。超精加工的轮廓精度可达到  $0.1\mu\text{m}$ ，表面粗糙度可达  $0.02\mu\text{m}$ 。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

### 1.3.1 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  $200\text{m/min}$ 。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 P 2000。

## 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

该功能可控制完成各种等螺距（米制或英制）螺纹的加工，如圆柱（右、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，并减少其编程的工作量，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。

## 1.3.2 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 数控系统及国内的华中“世纪星”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 系列和 0M 系列。0T 系列主要用于车削类机床,可控制 2~3 个轴;0M 系列主要用于镗、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. 华中“世纪星”数控系统

华中“世纪星”数控系统是在华中 I 型、华中 2000 系列数控系统的基础上,满足用户对低价格、高性能、简单、可靠的要求而开发的数控系统。

相对于国内外其他同等档次的数控系统,世纪星系列数控系统(HNC-21T、HNC-21M)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,世纪星系列数控系统



的性能/价格比较高。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 1/3~1/2。

(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/128 路输出端子板。

(5) 真正的闭环控制。世纪星系列数控系统配置交流伺服驱动器和伺服电机时，伺服驱动器和伺服电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。

华中“世纪星”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。

## 练习与思考题

1. 数控车床如何分类？
2. 数控车床的加工特点是什么？
3. 数控车床的加工范围有哪些？
4. 车床数控系统的功能有哪些？
5. 简述常用数控系统的种类及其特点。