



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

机械零件数控车削加工

■ 赵显日 主 编
■ 仲兴国 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

机械零件数控车削加工

主 编 赵显日
副主编 仲兴国
编 写 高琪妹 张晓光
姚芳萍 张 莹
主 审 王 晓 华

藏 书 章



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。

本书以数控车床操作工岗位所必备的知识与技能为基础,结合“数控车工国家职业标准”,基于“项目导学、任务驱动、行动导向”的理念编写而成,采用项目教学模式,便于产学结合。

本书包括6个项目,共12个任务,任务均源于生产实际。根据生产与教学的需要,每个任务又由工作任务、相关知识、任务实施、训练与考核四部分构成。为便于知识拓展、能力提高,每个任务后安排了习题供学生巩固与提高。本书从生产实际出发,强调知识与技能的有机结合,着重提高自学能力、技能水平、分析解决问题的能力,培养创新意识。

本书可供高职高专院校、职工大学、成人教育等相关专业选用,还可供普通高等院校、中等职业院校和有关工程技术人员参考,也可作为企业数控车床操作人员的自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械零件数控车削加工/赵显日主编. —北京:中国电力出版社,2011.6

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育
ISBN 978-7-5123-1880-9

I. ①机… II. ①赵… III. ①机械元件—数控机床:车床—车削—高等教育—教材 IV. ①TH13 ②TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第128915号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011年6月第一版 2011年6月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 16.25印张 398千字
定价 28.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

随着科学技术的不断发展,数控技术已经广泛应用于机械制造业,普通机床正逐步被高精度、高效率、高自动化的数控机床所代替。数控加工作为目前机械加工的一种重要手段,已成为衡量一个国家制造业水平的重要标志。

高职教育作为我国职业教育的重要组成部分,担负着为现代化的制造业培养高技能人才的重任,“更快、更好培养高技能人才,满足企业需要”是时代提出的要求。

本书以数控车床操作工岗位所必备的知识和技能为基础,结合“数控车工国家职业标准”,基于“项目导学、任务驱动、行动导向”的理念编写而成。工作任务直接源于生产实践,理论知识、实践经验与工作任务有机结合,充分体现高职教育特色。本书在提高学生理论与技能水平的同时,更强调培养学生的学习能力、分析解决问题的能力,以及创新意识,对学生职业素养的提高起到积极作用。

本书安排了6个项目,每个项目又由1~3个任务构成,任务安排遵循学生认知规律及职业成长规律,按照由简单到复杂、由单一到综合,以能力递进方式排序;结合生产与教学的需要,每个任务又由工作任务、相关知识、任务实施、训练与考核四部分构成,为便于学生拓展知识、提高能力,每个任务后安排了习题供学生练习。

本书编写灵活,各校在使用过程中,可以根据实际需要选择教学内容,还可结合本地区经济发展,选择企业的生产任务为训练任务,实现产学结合。

本书项目1~3、项目5由赵显日编写,项目4由仲兴国编写,项目6由张晓光编写,高琪妹、姚芳萍、张营参与了部分章节的编写工作,赵显日负责全书的统稿。

在本书编写过程中,得到了相关企业的大力支持。本书由长春汽车高等专科学校王晓华主审,审稿老师对全书提出了宝贵的建议和意见,在此一并表示衷心感谢。

编者

2011年6月

目 录

前言

项目 1 直线外形轴类零件的加工	1
任务 1.1 数控车床对刀操作	1
任务 1.2 阶梯轴的加工	25
任务 1.3 锥面零件的加工	50
项目 2 圆弧面零件的加工	70
任务 2.1 简单圆弧面零件的加工	70
任务 2.2 复杂圆弧轴零件的加工	86
项目 3 螺纹零件的加工	98
任务 3.1 普通螺纹零件的加工	98
任务 3.2 梯形螺纹零件的加工	114
项目 4 盘、套类零件的加工	128
任务 4.1 套类零件的加工	128
任务 4.2 盘类零件的加工	147
项目 5 组合件的加工	160
任务 5.1 一般组合件的加工	160
任务 5.2 含椭圆的组合件的加工	191
项目 6 自动编程应用	208
任务 6.1 机床圆头轴零件的加工	208
附录	227
参考文献	254

项目 1 直线外形轴类零件的加工

【项目导读】 直线外形轴类零件一般由圆柱面、圆锥面、直槽面、端面等组成。直线外形轴类零件的加工是数控车削加工中最基本的工作任务，也是数控车削其他零件的基础。数控车床的对刀操作又是数控车削加工中最基本的、必不可少的重要环节。因此，本项目以数控车床对刀操作为切入点，在掌握数控车床基本操作的基础上，进行阶梯轴和锥面零件的加工。通过对三个任务的实施，使学生掌握数控加工程序编制的方法及要领，掌握基本编程指令的格式及用法，掌握直线外形轴类零件的工艺制订、程序编制、程序检验，并能用数控车床加工出合格零件。

最终目标：能独立完成直线外形轴类零件的数控车削加工。

任务 1.1 数控车床对刀操作

1.1.1 工作任务

数控车床对刀操作工作任务见表 1-1。

表 1-1 数控车床对刀操作工作任务

在数控车床上执行对刀操作（工件坐标原点位于工件右端面与回转轴的交点上），并根据所给程序完成如图 1-1 所示零件的加工。毛坯尺寸 $\phi 40$ ，材料为铝

图 1-1 数控车床对刀操作任务零件

程序如下：

O0001	N0080 G01 Z-55.0;
N0010 G54 G40 G97 G99;	N0090 X50.0;
N0020 S1200 M03 T0101;	N0100 G00 Z2.0;
N0030 G00 X50.0;	N0110 X34.5;
N0040 Z0;	N0120 G01 Z-31.9;
N0050 G01 X0 F0.2;	N0130 X50.0;
N0060 G00 Z2.0;	N0140 G00 Z2.0;
N0070 X38.5;	N0150 M00;

续表

任务描述	N0160 S1800 M03 T0101; N0170 G00 X33.99; N0180 G01 Z-32.0 F0.08; N0190 X37.99; N0200 Z-55.0; N0210 X50.0; N0220 G00 X100.0; N0230 Z100.0; N0240 M05; N0250 M30;																							
知识点 与技能点	知识点 ◇数控车床安全操作规程及日常维护保养 ◇数控机床坐标系、工件坐标系、数控机床坐标原点、机床参考点、工件坐标原点 ◇数控车床操作面板 ◇数控车床对刀原理及方法 ◇数控车床工件坐标系设定方法 技能点 ◇数控车床工件装夹与找正、刀具安装 ◇数控车床对刀操作 ◇程序输入与编辑 ◇程序运行（单步运行、自动运行、空运行） ◇零件试切、修正刀补参数																							
工艺条件	(1) 车床：配置 FANUC-0i 系统卧式数控车床一台 (2) 毛坯：φ40 铝棒 (3) 刀具、量具及其他 <table><tr><th>名 称</th><th>规 格</th><th>数 量</th></tr><tr><td>外圆车刀</td><td>93°</td><td>1</td></tr><tr><td>切断刀</td><td>4</td><td>1</td></tr><tr><td>游标卡尺</td><td>0~150，0.02</td><td>1</td></tr><tr><td>外径千分尺</td><td>25~50，0.01</td><td>1</td></tr><tr><td>薄铜皮</td><td></td><td>若干</td></tr><tr><td>系列刀垫</td><td>0.1、0.2、0.5、1.0、2.0</td><td>若干</td></tr></table>			名 称	规 格	数 量	外圆车刀	93°	1	切断刀	4	1	游标卡尺	0~150，0.02	1	外径千分尺	25~50，0.01	1	薄铜皮		若干	系列刀垫	0.1、0.2、0.5、1.0、2.0	若干
名 称	规 格	数 量																						
外圆车刀	93°	1																						
切断刀	4	1																						
游标卡尺	0~150，0.02	1																						
外径千分尺	25~50，0.01	1																						
薄铜皮		若干																						
系列刀垫	0.1、0.2、0.5、1.0、2.0	若干																						

1.1.2 相关知识

一、数控车床安全操作与维护保养

(一) 数控车床安全操作规程

操作数控车床一定要规范，以避免发生人身、设备等安全事故。

1. 安全操作基本注意事项

(1) 工作时要穿好工作服、安全鞋，戴好工作帽及防护镜。注意，不允许戴手套操作机床。

(2) 不要移动或损坏安装在机床上的警告标牌。

(3) 不要在机床周围放置障碍物，工作空间应足够大。

(4) 某一项工作如果需要两人或多人共同完成时，应注意相互间的协调一致。

(5) 不允许用压缩空气清洗机床、电气柜及 NC 单元。

2. 工作前的准备工作

(1) 机床工作前需认真检查润滑系统工作是否正常,若机床长时间未用,应先采用手动方式向各部分供油。

(2) 机床工作前要有预热,开机后要检查是否正常运行,可以通过试车的方式进行检查。

(3) 要使用机床允许规格的刀具,及时更换破损刀具。

(4) 不要将调整机床时所使用的工具遗忘在机床内。

(5) 刀具安装后应进行1~2次试切削。

(6) 加工前应检查工件装夹是否牢固。如果工件安装不牢,会由于离心力作用而被甩出。

(7) 机床开动前,必须关好机床防护门。

3. 工作过程中的安全注意事项

(1) 禁止用手接触刀尖和铁屑,铁屑要用铁钩或毛刷来清理。

(2) 禁止用手或其他任何方式接触正在旋转的主轴、工件或其他运动部件,禁止在加工过程中测量工件、清扫机床等。

(3) 机床在自动执行程序时,操作人员不得撤离岗位,要密切注意机床、刀具的工作状况,根据实际加工情况调整加工参数。一旦发现意外情况,应立即停止机床动作。

(4) 经常检查轴承温度,过高时应请有关人员进行检查。

(5) 在加工过程中,不允许打开机床防护门。

(6) 工件伸出车床100mm以外时,必须在伸出位置设防护物。

(7) 严格遵守岗位责任制,机床由专人使用和管理,未经本人同意,他人不得使用。

4. 工作完成后的注意事项

(1) 清除切屑、擦拭机床,保持机床与环境的整洁。

(2) 检查润滑油、冷却液的状态,及时添加或更换。

(3) 使工作台面远离行程开关后关机。

(4) 依次关掉机床操作面板上的电源和总电源。

(二) 数控车床维护保养

数控车床具有集机、电、液于一体的特点,是一种自动化程度较高的先进设备。为充分发挥其效益,必须做好日常维护保养工作。

(1) 检查润滑油是否符合要求。操作机床前要检查润滑油油位是否正常,若不正常,应按说明书的要求加入牌号、型号等合适的润滑油。

(2) 防止灰尘进入数控装置。如果数控装置的空气过滤器灰尘积累过多,会使柜内冷却空气流通不畅,引起柜内温度过高而使数控系统工作不稳定。此外,电气柜内电路板和元器件上积有灰尘时,也应及时清扫。

(3) 伺服电动机的维护保养。伺服电动机每10~12个月进行一次维护保养,加速或减速变化频繁的机床要每两个月进行一次维护保养。维护保养的主要内容包括:用干燥的压缩空气吹去电刷的粉尘,检查电刷的磨损情况,如需更换,应选用规格型号相同的电刷,更换后空载运行一段时间使其与换向器表面吻合;检查清扫整流子以防止短路;如装有测速发电机和脉冲编码器时,也要进行定期检查和清扫。

(4) 定期检查电器部件。检查各插头、插座、电缆、各继电器的触点是否出现接触不

良、断线、短路等故障；检查各印制电路板是否干净，检查主电源变压器、各电动机的绝缘电阻是否在 $1\text{M}\Omega$ 以上。

(5) 经常监视数控系统的电网电压。数控系统允许的电网电压范围在额定值的 $85\%\sim 110\%$ ，如果超出此范围，轻则使数控系统不能稳定工作，重则会造成重要电子元件损坏。

(6) 定期更换存储器用电池。数控系统中部分 CMOS 存储器中的存储内容在关机时靠电池供电保持，当电池电压降到一定值时会造成参数丢失，因此要定期检查电池电压。注意，一定要在数控系统通电状态下更换电池。

(7) 定期进行机床水平和机械精度检查并校正。机械精度的校正方法有软硬两种：软方法主要是通过系统参数补偿，如丝杠反向间隙补偿、各坐标定位精度定点补偿、机床回参考点位置校正等；硬方法一般要在机床进行大修时进行，如进行导轨修刮、滚珠丝杠螺母预紧调整反向间隙等，并对各坐标轴进行超程限位检验。

(8) 长期不用数控车床的保养。当数控车床长期闲置不用时，应经常给数控系统通电，在车床锁住的情况下使其空运行，在空气湿度较大的梅雨季节应每天通电，利用电器元件本身发出的热量驱走数控柜内的潮气，以保证电子元器件的性能稳定可靠。

数控车床日常保养见表 1-2。

表 1-2

数控车床日常保养

序号	检查周期	检查部位	检 查 要 求
1	每天	导轨润滑油箱	检查油量，及时添加润滑油，润滑油压泵是否定时启动打油及停止
2	每天	主润滑恒温油箱	工作是否正常，油量是否充足，温度范围是否合适
3	每天	机床液压系统	油箱泵有无异常噪声，工作油面高度是否合适，压力表指示是否正常，管路及各接头有无泄漏
4	每天	压缩空气气源压力	气动控制系统压力是否在正常范围之内
5	每天	X、Z 轴导轨面	清除切屑和脏物，检查导轨面有无划伤损坏，润滑油是否充足
6	每天	各防护装置	机床防护罩是否齐全有效
7	每天	电气柜各散热通风装置	各电气柜中冷却风扇是否工作正常，风道过滤网有无堵塞，及时清理过滤器
8	每周	各电气柜过滤网	清洗过滤网上的尘土
9	不定期	冷却液箱	随时检查液面高度，及时添加冷却液，若太脏应及时更换
10	不定期	排屑器	经常清理切屑，检查有无卡住现象
11	半年	各轴导轨驱动传送带	按说明书要求调整传动带松紧程度
12	半年	各轴导轨上镶条，压紧滚轮	按说明书要求调整松紧状态
13	一年	检查和更换电动机电刷	检查换向器表面，除去毛刺，吹净碳粉，磨损过多的电刷及时更换
14	一年	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、滤油器、油箱，更换过滤液压油
15	一年	主轴润滑恒温油箱	清洗过滤器、油箱，更换润滑油
16	一年	冷却液压油泵过滤器	清洗冷却油池，更换过滤器
17	一年	滚珠丝杠	清洗丝杠上旧的润滑脂，涂上新油脂

二、适宜数控车削加工的零件

数控车床可以在计算机的控制下,自动完成内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、端面、槽面、各种螺纹的车削加工,还可以进行钻孔、扩孔、铰孔等车削加工。因此,数控车床适宜加工形状复杂、精度要求高的轴类、套类、盘类零件,具体介绍如下。

(1) 轮廓形状复杂或难于控制尺寸的回转体零件。由于车床的数控装置具有直线和圆弧插补功能,还有部分车床的数控装置具有某些非圆曲线插补功能,因此,数控车床能车削由任意平面曲线轮廓所组成的回转体零件,包括经过计算机处理、不能用方程描述的列表曲线类零件,以及难于控制尺寸的零件,如图 1-2 所示的封闭内成形面的壳体零件等。

(2) 精度要求高的零件。一般数控车削尺寸精度可达 IT6~IT7,表面粗糙度 R_a 值可达 $0.8\mu\text{m}$ 。在特种精密数控车床上,还可加工出轮廓形状精度极高(达 $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$)、表面粗糙度值极小(R_a 达 $0.02\mu\text{m}$)的超精零件。

(3) 特殊螺纹的回转体零件。数控车床不仅能加工等导程的直螺纹、锥螺纹,还可以车削增导程、减导程以及要求等导程与变导程间平滑过渡的螺纹。

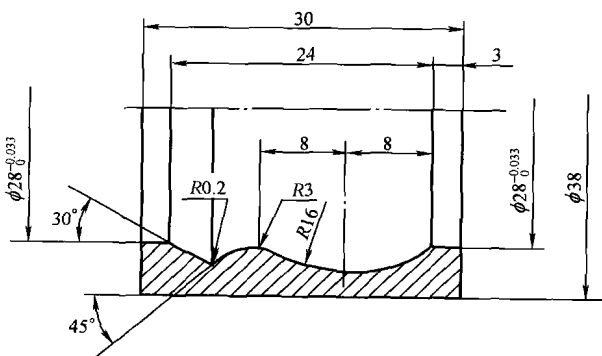


图 1-2 特形内表面零件

(4) 淬硬工件的加工。在大型模具加工中,有不少尺寸大且形状复杂的零件,这些零件热处理后的变形量较大,磨削加工难度大。因此,用陶瓷车刀在数控机床上对淬硬后的零件进行车削加工,以车代磨,提高加工效率。

三、数控车床的典型数控系统

数控车床的数控系统主要有日本的 FANUC、MITSUBISHI,德国的 SIEMENS、HEIDENHAIN,西班牙的 FAGOR,美国 A-B,以及中国的华中数控、广州数控、北京航天数控等系统。数控车床配置的数控系统不同,其指令代码也有差异。目前,FANUC、SIEMENS 和华中数控在我国应用广泛。

1. FANUC 数控系统

FANUC 数控系统在我国应用比较广泛,如控制小型车床两轴高可靠性的 Power Mate 0 系列、经济型 CNC 的 0-D 系列、全功能型的 0-C 系列、高性价比的 0i 系列,以及具有网络功能的超小且超薄型的 CNC16i/18i/21i 系列,除此之外,还有实现机床个性化的 CNC16/18/160/180 系列等,目前在中国市场上应用于车床的数控系统主要有 0i 系列和 0i mate 系列。图 1-3 所示为 FANUC 0i 系列数控系统。

2. SIEMENS 数控系统

SIEMENS 数控系统是由德国西门子公司开发研制的。目前,在中国市场上常见的 SIEMENS 数控系统有 SINUMERIK810、840 等型号,此外还有专门针对我国市场开发的 SINUMERIK802S/Cbase line、802D 等车床数控系统。图 1-4 所示为 SIEMENS SINUMERIK802S 系列数控系统。

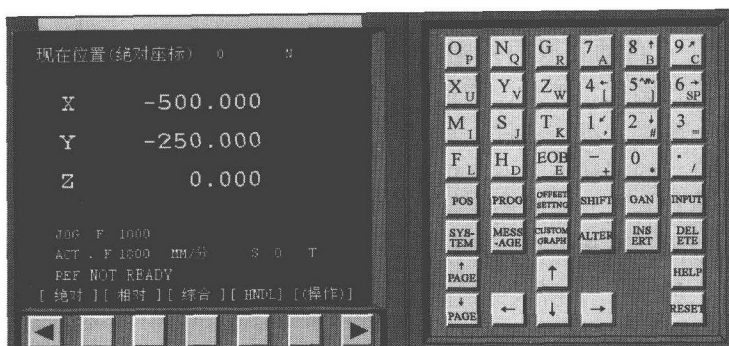
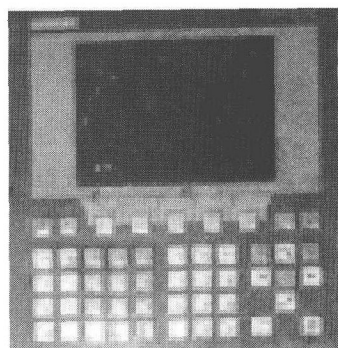


图 1-3 FANUC Oi 数控系统面板

图 1-4 SIEMENS SINUMERIK 802S
数控系统面板

3. 国产数控系统

我国数控系统研制和生产始于 20 世纪 80 年代,起步虽晚但发展很快。目前常用于数控车床的国产数控系统有华中数控、北京航天数控、广州数控系统等。

四、FTC-20L 型数控车床主要技术参数

FTC-20L 型卧式数控车床主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 FTC-20L 型卧式数控车床主要技术参数

名 称		参 数	名 称		参 数
数控系统		FANUC Oi mate-TC	尾座心轴直径		φ65
床身最大回转直径		φ560	尾座心轴锥度		#4
鞍架最大回转直径		φ350	尾座心轴行程		90mm
棒材允许直径		φ52	快移速度	纵向	24m/min
最大车削直径		φ350		横向	24m/min
最大车削长度		610mm	定位精度 X/Z		12/25μm
滑鞍最大行程	横向	(175+25)mm	重复定位精度 X/Z		±3/5μm
	纵向	650mm	主电机功率		15/18.5kW
主轴头形式		A2-6	伺服电机功率 X/Z		2.1/2.1kW
主轴内孔直径		φ62	液压电机		2.25kW
主轴转速		45~4500r/min	切削液电机		0.86kW
主轴孔锥度		1:20	运屑器电机		0.2kW
刀具数		8	主电压		220V
方型刀具尺寸		25mm	机床外形尺寸 (L×B×H)		3405mm×1542mm ×1963mm
镗刀座内孔		φ40			

五、数控车床工件装夹与刀具安装

(一) 数控车床常用夹具

数控车床夹具主要有圆周定位夹具、中心孔定位夹具和其他车床夹具三种。

1. 圆周定位夹具

(1) 三爪自定心卡盘。三爪自定心卡盘是数控车床上最常用的通用夹具。三爪自定心卡盘最大的优点是可以自动定心、夹持范围大、装夹效率高，但定心精度存在误差，不适于二次装夹同轴度要求高的工件。

在三爪自定心卡盘上装夹工件时，应注意悬伸长度不宜过长。一般工件直径较小（小于30mm）时，其悬伸长度应控制在直径的3倍以内；若工件直径较大（大于30mm），其悬伸长度应控制在直径的4倍以内。

(2) 软爪。由于三爪自定心卡盘精度不高，因此当二次装夹加工同轴度要求高的工件时，应使用软爪。软爪通常用低碳钢制造，使用前根据被加工工件定位面进行车削加工（见图1-5）以保证卡爪中心与主轴中心同轴。车削软爪时，最好使软爪的内圆直径 D_k 等于或略小于所要装夹工件的外径 D_w ，以消除卡盘的定位间隙并增加软爪与工件的接触面积，如图1-6所示。在车削软爪或每次装卸零件时，应注意固定使用同一扳手方孔，夹紧力也要均匀一致，改用其他扳手方孔或改变夹紧力的大小，都会改变卡盘平面螺纹的移动量，从而影响装夹后的定位精度。

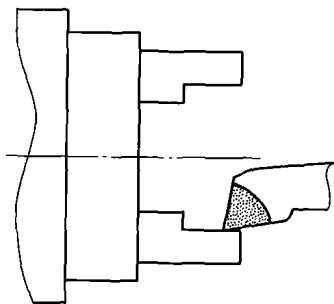


图 1-5 加工软爪

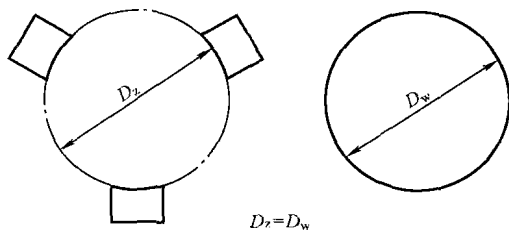


图 1-6 软爪的内圆直径与工件直径的关系

(3) 液压动力卡盘。三爪自定心卡盘除机械式外，还有液压式。液压卡盘动作灵敏，装夹迅速、方便，能实现较大的压紧力，但夹持范围变化小，尺寸变化大时需重新调整卡爪位置。液压动力卡盘夹紧力的大小可通过调整液压系统的油压进行控制，以适应棒料、盘类零件和薄壁套筒零件的装夹。

(4) 四爪卡盘。四爪卡盘装夹工件比较费时，一般在数控车床上很少使用。

(5) 高速动力卡盘。为了提高数控车床的生产效率，对主轴提出越来越高的要求，以实现高速甚至超高速切削。现有数控车床转速已经高达10 000r/min，如此高的转速，一般的卡盘已不适用，必须采用高速动力卡盘才能保证工作的安全可靠。

高速动力卡盘常增设离心力补偿装置，利用补偿装置产生的力抵消卡爪组件离心力造成的夹紧力损失；另一个方法是减轻卡爪组件质量以减小离心力。

高速动力卡盘应定期清洗和润滑，以保证正常工作。

2. 中心孔定位夹具

(1) 双顶尖。双顶尖装夹工件不需找正，定心准确可靠，安装方便。

(2) 自动夹紧拨动卡盘。在数控车床上加工有中心孔的长轴时，工件用主轴顶尖定位，在尾座顶尖顶紧后，主轴顶尖后退带动杠杆等机构夹紧工件，并将机床主轴的转矩传给工

件。这类夹具在粗车时可传递足够大的转矩，以适应主轴高转速切削。

(3) 拨齿顶尖。拨齿顶尖有内、外拨齿顶尖和端面拨齿顶尖两种。

内、外拨齿顶尖如图 1-7 所示，该顶尖适用于装夹有中心孔的长轴，工件用顶尖定位，尾座前进时顶尖压缩弹簧退让，最后工件轴向顶紧在内锥的拨齿上，通过拨齿顶尖传递扭矩。

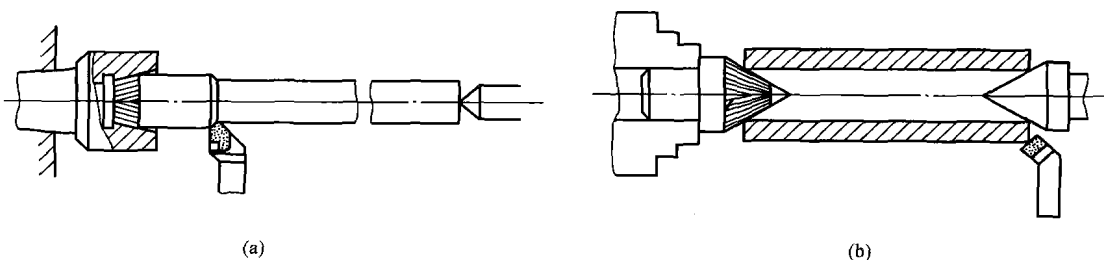


图 1-7 内、外拨齿顶尖
(a) 内拨齿顶尖；(b) 外拨齿顶尖

端面拨齿顶尖是利用端面拨齿带动工件旋转，适合装夹的工件直径在 $\phi 50 \sim \phi 150$ 之间。

3. 其他车床夹具

用数控车床加工时，有时会遇到一些形状复杂或不规则的零件，不能用以上夹具装夹，此时可考虑花盘、角铁、专用夹具等。

(1) 花盘。当加工表面的回转轴线与基准面垂直时，外形复杂的零件可以装夹在花盘上加工，如图 1-8 所示。

(2) 角铁（弯板）。当加工表面的回转轴线与基准面平行时，外形复杂的零件可以装夹在角铁上加工，如图 1-9 所示。

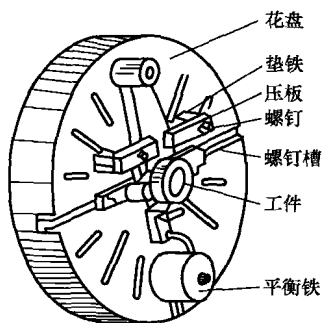


图 1-8 用花盘装夹工件

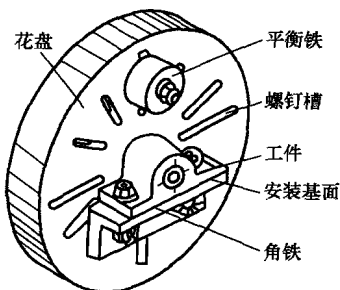


图 1-9 用角铁装夹工件

当装夹不规则偏重工件时，无论采用花盘还是角铁装夹，均应加配重（平衡铁）。

(二) 数控车床工件找正

所谓找正，即通过调整卡爪或顶尖，使工件加工表面的回转轴线与车床主轴回转中心重合。下面以三爪自定心卡盘装夹工件为例，说明数控车床上工件找正方法。

三爪自定心卡盘在装夹轴向长度不大并且精度要求不高的工件时，一般不需要找正；但当工件较长或工件精度要求高时，则必须找正。如图 1-10 所示，三爪自定心卡盘装夹了圆

柱形工件，用外圆找正时，将百分表固定在工作台上，触头触压在圆柱侧母线的上方，用手轻轻转动卡盘，根据百分表的读数用铜棒轻敲工件进行调整，直至百分表显示的读数符合要求为止，此时说明工件表面回转中心与机床主轴轴线同轴。

(三) 数控车床车刀安装

刀具安装正确与否，将直接影响加工质量和切削效果。车刀安装时应注意以下几点。

(1) 车刀伸出部分不宜过长，否则会使刀杆刚性变差，切削时易产生振动，影响工件的表面粗糙度。一般伸出量不超过刀杆高度的 1.5 倍。

(2) 车刀刀杆应与工件轴线垂直，否则影响车刀角度。

(3) 车刀垫铁要平整，数量要少，垫铁应与刀架对齐，螺钉压紧车刀刀杆后，螺钉应依次轮流拧紧。

(4) 车刀安装后，需要检验车刀刀尖是否与工件轴线等高，一般直接用车刀试车端面，观察其是否过工件中心来判断。车刀刀尖高于或低于工件回转中心时，车削后工件端面中心处将留有凸头，如图 1-11 (a) 所示；图 1-11 (b) 所示为使用硬质合金车刀车端面时，刀尖高于工件中心，车削到中心处使刀尖崩碎。

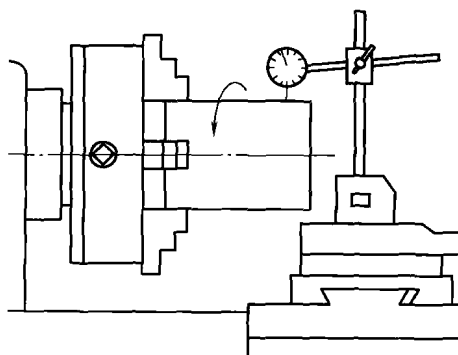


图 1-10 用百分表进行工件外圆找正

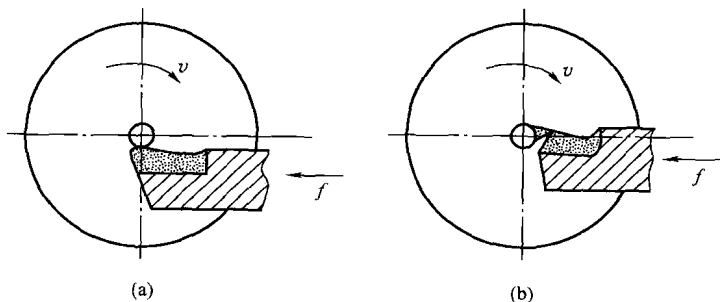


图 1-11 车刀刀尖与工件回转中心不等高时的端面切削情况

(a) 刀尖低于回转中心；(b) 刀尖高于回转中心

六、数控机床坐标系

数控加工时，将编制好的程序输入到数控机床的控制系统中，经过数控系统的运算处理，转换为驱动伺服机构的指令信号，从而控制机床的相关动作。为了确定机床的运动方向和移动距离，需要在机床上建立坐标系，称之为机床坐标系，又称标准坐标系。

数控机床坐标轴是指数控机床的每一个直线进给运动或每一个圆周进给运动。数控机床坐标轴数是指数控机床能独立进行直线进给运动和圆周进给运动的数目。

(一) 坐标系的确定原则

国际标准化组织 2001 年颁布的 ISO2001 标准规定了数控机床坐标系的命名原则。

(1) 标准坐标系（机床坐标系）的规定。标准中规定直线进给坐标轴用 X 、 Y 、 Z 表示，称基本坐标轴，围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A 、 B 、 C 表示，统称为基本坐标系。如果数控机床在基本坐标系外，另有第二组、第三组直线运动与基本坐标系

的坐标轴平行,称为附加坐标,附加坐标轴分别用 U 、 V 、 W 和 P 、 Q 、 R 表示。

标准的机床坐标系是一个右手笛卡儿直角坐标系,如图1-12(a)所示,图中大拇指指向为 X 轴的正方向,食指指向为 Y 轴的正方向,中指指向为 Z 轴的正方向。该坐标系各个坐标轴与机床的主要导轨相平行,它与安装在机床上并按机床主要导轨找正的工件相关。

围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的圆周进给坐标轴 A 、 B 、 C ,其方向根据右手螺旋法则来判断,如图1-12(b)所示,大拇指指向 $+X$ 、 $+Y$ 或 $+Z$ 方向,则环绕的四指指向为圆周进给运动的 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ 方向。

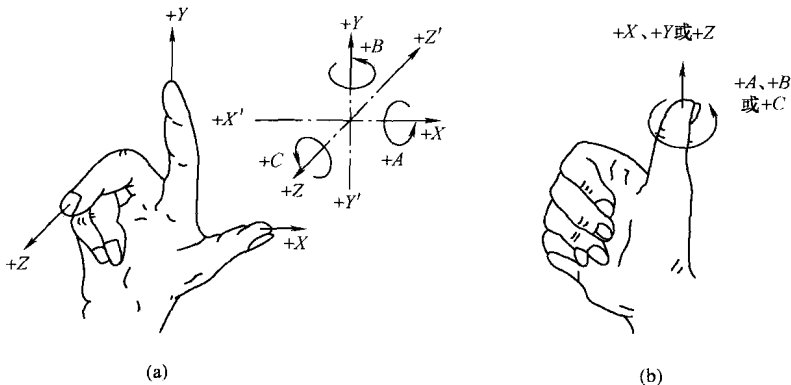


图1-12 右手直角笛卡儿直角坐标系及右手螺旋法则

(a) 右手笛卡儿直角坐标系; (b) 右手螺旋法则

(2) 假定工件静止、刀具相对于工件运动的原则。标准中规定数控机床的进给运动,无论是刀具移动,还有工件进给,为便于编程,均假定工件不动、刀具相对于工件做进给运动。

(二) 运动方向的确定

机床某一运动部件的运动正方向规定为增大刀具与工件距离的方向。

确定数控机床坐标轴时一般先确定 Z 轴,其次是 X 轴,最后确定 Y 轴。

(1) Z 轴的确定。标准中规定与机床主轴重合或平行的坐标为 Z 轴;对于没有主轴的机床,规定垂直于工件装夹表面的方向为 Z 轴方向。坐标轴正方向为刀具离开工件的方向,因此,数控车床 Z 轴为主轴轴线方向。

(2) X 轴的确定。 X 坐标的运动是水平的,它平行于工件装夹面。对于加工过程中主轴带动工件旋转的机床,如数控车床、数控磨床等, X 轴沿工件的径向并平行于横向拖板,刀具或砂轮离开工件回转中心的方向为 X 轴的正向。对于刀具旋转的机床,若 Z 轴水平(主轴是卧式的),如数控卧式镗床、铣床,从主轴(刀具)向工件看, X 轴的正向指向右边。若 Z 轴垂直(主轴是立式的),对于单立柱机床,如数控立式镗床、铣床,从主轴向立柱看, X 轴的正向指向右边;对于双立柱机床,从主轴向左侧立柱看, X 轴的正向指向右边。

(3) Y 轴的确定。根据 X 轴和 Z 轴的方向,按右手笛卡儿直角坐标系确定 Y 轴正方向。

(4) 旋转轴方向的确定。旋转坐标轴的方向根据右手法则判断,即大拇指指向 X 、 Y 、 Z 轴的正方向,其余手指的指向是 A 、 B 、 C 的正方向。

部分数控机床的坐标系如图1-13所示。

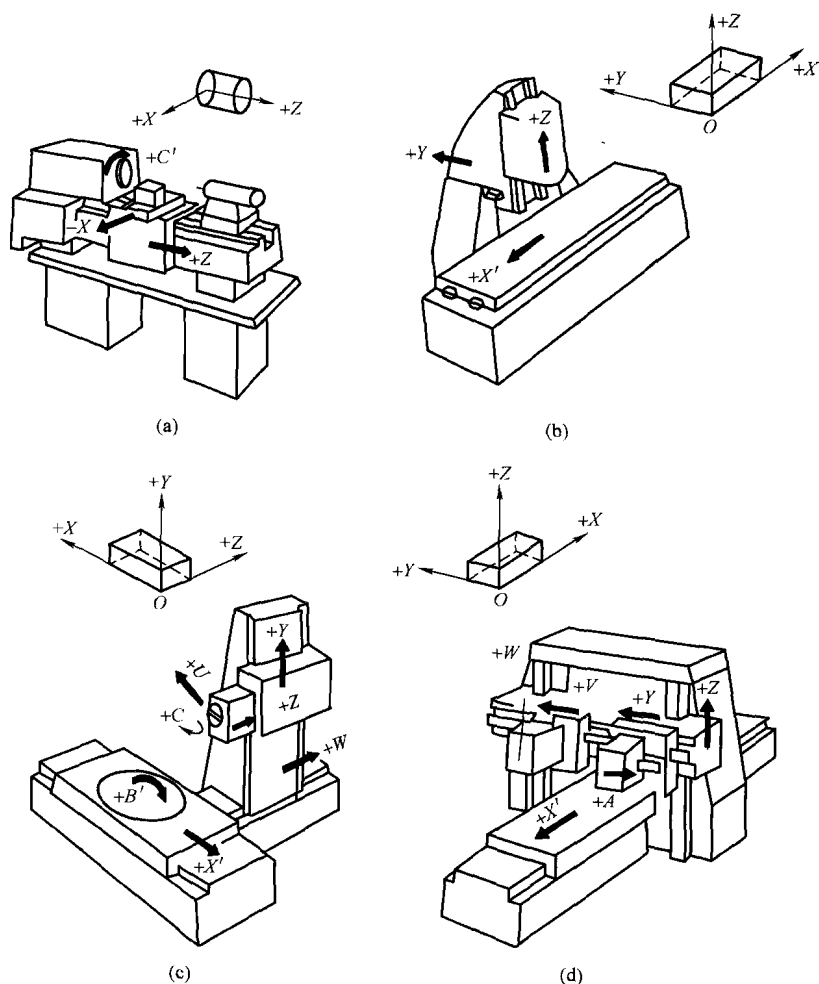


图 1-13 数控机床坐标系

(a) 卧式数控车床；(b) 数控刨床；(c) 卧式数控镗铣床；(d) 数控龙门铣床

(三) 机床坐标系的原点与机床参考点

(1) 数控机床坐标系的原点。数控机床坐标系的原点（简称机床原点）又称机械原点或机床零点，它是机床上的一个固定点，这个点在机床一经设计、制造和调整，即被确定下来。机床原点是由生产厂家确定的，通常不允许用户改变。数控车床的机床原点一般在卡盘前端面或后端面与主轴回转中心的交点上，如图 1-14 中的 O 点。

(2) 数控机床参考点。数控机床参考点是机床上一个固定不变的极限点，其位置取决于机械挡块或行程开关的设置位置。机床参考点由生产厂

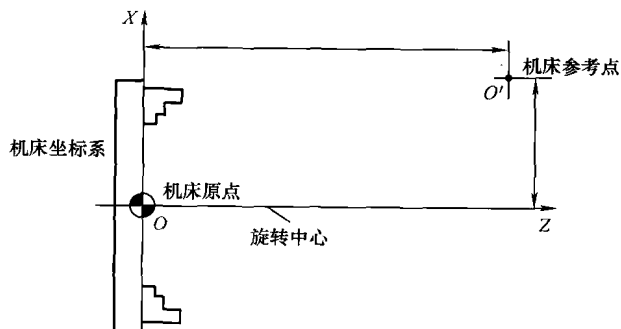


图 1-14 数控机床原点与机床参考点

家测定后输入数控系统中,通常不允许用户更改,如图 1-14 中的 O' 点。

机床原点与机床参考点的关系如图 1-14 所示。

(3) 数控机床坐标系的建立。对于大部分数控机床,开机后的第一步总是进行返回参考点(又称回零)操作,即机床各运动部件沿各自的正向退至机床参考点,其目的是通过回参考点建立机床坐标系。在机床不断电的前提下,该机床坐标系一经建立将保持不变。

注意:通常所说的回零操作是机床返回参考点的操作,并非返回机床零点。当返回参考点的工作完成后,显示器将显示出机床参考点在机床坐标系中的坐标值,该数值也表示参考点与机床零点间的工作范围。也有的机床在返回参考点时,显示为零($X0, Y0, Z0$),这表示该机床零点是建立在参考点上的。

(四) 工件坐标系

工件坐标系又称编程坐标系,是编程人员编制程序时根据零件图样及加工工艺建立的坐标系,是人为设定的坐标系。

(1) 工件坐标系的原点。工件坐标系的原点又称工件原点或编程原点。为了便于编程,工件原点通常设在工件图样的基准或工件的对称中心上,如回转体零件的端面中心、非回转体零件的角边、对称图形的中心等。数控车床的工件坐标原点一般设在主轴中心线与工件右端面或左端面的交点处。

(2) 工件坐标系的建立。工件通过机床夹具安装在工作台的适当位置,工件坐标系的坐标方向应与机床坐标系的坐标方向一致。工件坐标系原点可能与机床坐标系原点重合,此时,操作人员需要通过测头测量某些基准面、基准线之间的距离,进而获得工件坐标原点到机床坐标原点之间的距离,这个距离称为工件原点偏置。将该偏置值预存到数控系统中,加工时,工件坐标原点偏置值会自动加到工件坐标系上,使数控系统按机床坐标系确定加工时的坐标值。工件坐标系与机床坐标系的位置关系如图 1-15 所示。

七、数控车床对刀原理及方法

对刀是数控车床加工中极其重要和复杂的基本工作。对刀的好坏将直接影响零件加工精度。

数控车床对刀要解决以下三个问题:一是要确定工件坐标原点在机床坐标系中的位置,从而建立工件坐标系;二是要考虑多把刀加工时,刀具的不同尺寸对加工的影响;三是刀具的磨损对加工的影响。

数控车床刀架内有一个刀具参考点,如图 1-16 所示的“ $\times$ ”,数控系统通过控制该点的运动,间接地控制每把刀刀尖(刀位点)的运动。

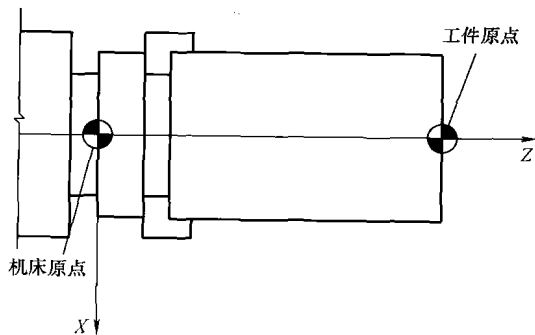


图 1-15 工件坐标系与机床坐标系的关系

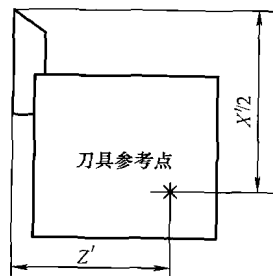


图 1-16 刀架内的刀具参考点