

高职高专机电类  
工学结合模式教材

# 数控车削编程与加工

耿国卿 编著

清华大学出版社

高职高专机电类  
工学结合模式教材

# 数控车削编程与加工

耿国卿 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书以培养学生的数控车削编程与加工技能为核心,以工作过程为导向,以典型工作任务为载体,采用项目教学的方法将数控车床的基本操作、编程方法与编程技巧、数控车削加工工艺有机地结合起来,重点培养学生的数控车削编程与加工能力、自学能力、创新能力以及综合职业能力。全书包括数控车床的基础知识及基本操作;简单轴类零件加工;阶梯轴、端面及锥面零件加工;圆弧、切断及槽类零件加工;复杂轴类零件加工;螺纹加工;盘套类零件加工;非圆曲面零件加工;综合零件加工共9个项目。书中保留了编程指令的相对完整性和系统性,以方便学生对编程基本方法的学习,提高编程能力。书中许多内容是作者依据多年的实践经验和研究写成的,具有一定的实用性和生产指导价值。

本书可作为一般本科、高职高专机电一体化技术专业、数控技术专业以及模具设计与制造专业的教材用书,也可作为中等职业学校教材和技术工人的培训教材,并可供机械制造业有关工程技术人员参考使用。

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

数控车削编程与加工/耿国卿编著. —北京:清华大学出版社,2011.5

(高职高专机电类工学结合模式教材)

ISBN 978-7-302-24713-5

I. ①数… II. ①耿… III. ①数控机床:车床—车削—程序设计—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第019492号

责任编辑:贺志洪

责任校对:李梅

责任印制:杨艳

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto: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:19

字 数:435千字

版 次:2011年5月第1版

印 次:2011年5月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:36.00元

---

产品编号:040322-01



随着我国机械制造业的发展,数控设备的广泛普及和机床数字化程度不断提高,社会上需要大量的数控技术人才。根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育的若干意见》提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出地位,促进学生的技能培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展的精神,作者依据多年的教学 and 实践经验编写了本书。

本书以 FANUC 系统为基础,以工作过程为导向,以典型工作任务为载体,采用项目教学的方法,介绍了数控车床的基础知识及基本操作、编程方法与编程技巧、数控车削加工工艺,重点培养学生数控车削的编程与加工技能、自学能力、创新能力以及综合职业能力。本书体现了教学过程的实践性、开放性和职业性;体现了“学习的内容是工作,通过工作实现学习”的职业教育课程的本质特征。

全书包括 1 个项目准备和 8 个项目,每个项目内容包括“知识准备”、“指令学习”和“典型工作任务”3 个部分。在教材编写结构上采用“由浅入深”、“由易到难”的原则;在教学方法上,“知识准备”内容是完成工作任务所需要的工艺知识,以学生自学为主,培养学生的自学能力;“指令学习”是完成工作任务的技术手段,旨在培养学生的编程能力。“典型工作任务”部分主要来源于企业案例,重点培养学生完成一个完整工作任务所需要的分析能力、编程方法和技巧以及加工工艺知识的运用等能力。书中许多内容是作者依据多年的实践经验和研究编写成的,具有一定的实用性和生产指导价值。

本书讲述的是数控车削编程与加工;数控铣床与加工中心编程的内容可以配合使用清华大学出版社出版的耿国卿等编著的《数控铣削编程与加工》(ISBN 978-7-302-21626-1)教材。

本书不足之处,敬请读者批评指正。

编者

2011 年 3 月 1 日



<b>项目准备 数控车床基础知识及基本操作</b> .....	1
0.1 认识数控车床 .....	1
0.1.1 数控机床的产生和发展 .....	1
0.1.2 数控机床特点 .....	2
0.1.3 数控车床的分类 .....	4
0.1.4 数控车床的结构及组成 .....	7
0.2 数控机床坐标系 .....	8
0.2.1 机床坐标系 .....	8
0.2.2 工件坐标系 .....	10
0.3 数控车床基本操作 .....	11
0.3.1 数控车床操作面板 .....	11
0.3.2 数控车床安全操作规程 .....	13
0.3.3 数控车床基本操作 .....	15
0.4 数控车床对刀 .....	20
0.4.1 试切法对刀 .....	21
0.4.2 设置刀具补偿参数 .....	25
0.5 数控车床编程指令 .....	26
0.5.1 数控程序的结构 .....	26
0.5.2 数控系统的功能指令 .....	27
0.5.3 数控编程的特点 .....	31
练习题 .....	31
<b>项目 1 简单轴类零件加工</b> .....	34
1.1 知识准备 .....	34
1.1.1 轴类零件常用材料及热处理 .....	34
1.1.2 加工余量及切削用量的选择 .....	35
1.1.3 数值处理 .....	39
1.1.4 切削液的合理选用 .....	39
1.1.5 外圆车刀及安装 .....	40
1.1.6 工件的装夹 .....	42
1.1.7 轴类工件的测量 .....	45
1.2 指令学习 .....	48

1.2.1	快速定位 G00 .....	48
1.2.2	直线插补 G01 .....	49
1.2.3	倒角 C 和圆角 R .....	51
1.3	典型工作任务 .....	52
1.3.1	短轴加工 .....	52
1.3.2	销轴加工 .....	55
	练习题 .....	57
<b>项目 2</b>	<b>阶梯轴、端面及锥面零件加工 .....</b>	<b>59</b>
2.1	知识准备 .....	59
2.1.1	端面加工方法 .....	59
2.1.2	锥面加工方法 .....	61
2.2	指令学习 .....	65
2.2.1	内、外圆切削固定循环 G90 .....	65
2.2.2	圆锥切削固定循环 G90 .....	66
2.2.3	端面车削固定循环 G94 .....	67
2.2.4	锥面车削固定循环 G94 .....	68
2.3	典型工作任务 .....	69
2.3.1	光轴加工 .....	69
2.3.2	中间轴加工 .....	75
2.3.3	长轴加工 .....	78
	练习题 .....	82
<b>项目 3</b>	<b>圆弧、切断及槽类零件加工 .....</b>	<b>84</b>
3.1	知识准备 .....	84
3.1.1	圆弧的加工方法 .....	84
3.1.2	切断的加工方法 .....	86
3.1.3	车外圆沟槽的加工方法 .....	92
3.1.4	车内沟槽的加工方法 .....	93
3.1.5	车端面沟槽的加工方法 .....	95
3.2	指令学习 .....	96
3.2.1	圆弧切削指令 G02/G03 .....	96
3.2.2	暂停指令 G04 .....	97
3.2.3	径向切槽复合循环 G75 .....	98
3.2.4	子程序指令 M98/M99 .....	99
3.3	典型工作任务 .....	101
3.3.1	圆弧手柄加工 .....	101
3.3.2	外沟槽零件加工 .....	104
3.3.3	端面及内沟槽零件加工 .....	106
	练习题 .....	108

<b>项目 4 复杂轴类零件加工</b> .....	110
4.1 知识准备 .....	110
4.1.1 数控车削加工路线的设计 .....	110
4.1.2 数控加工工艺原则 .....	111
4.2 指令学习 .....	112
4.2.1 恒线速度功能 G96 .....	112
4.2.2 刀尖圆弧半径补偿 G41/G42/G40 .....	114
4.2.3 内、外圆粗车复合循环 G71 .....	118
4.2.4 精车循环 G70 .....	120
4.2.5 端面粗车复合循环 G72 .....	121
4.2.6 仿形粗车循环 G73 .....	123
4.3 典型工作任务 .....	125
4.3.1 短轴加工 .....	125
4.3.2 圆弧轴加工 .....	127
4.3.3 锥体零件加工 .....	128
4.3.4 锥轴加工 .....	130
4.3.5 心轴加工 .....	133
4.3.6 球形轴加工 .....	136
练习题 .....	138
<b>项目 5 螺纹加工</b> .....	142
5.1 知识准备 .....	142
5.1.1 螺纹车削加工方法 .....	142
5.1.2 螺纹的测量 .....	145
5.2 指令学习 .....	147
5.2.1 螺纹切削指令 G32 .....	147
5.2.2 螺纹切削固定循环 G92 .....	154
5.2.3 螺纹切削复合循环 G76 .....	157
5.3 典型工作任务 .....	159
5.3.1 普通外螺纹加工 .....	159
5.3.2 普通内螺纹套加工 .....	170
5.3.3 圆锥管螺纹加工 .....	174
5.3.4 梯形螺纹加工 .....	181
5.3.5 端面螺纹零件加工 .....	198
练习题 .....	201
<b>项目 6 盘套类零件加工</b> .....	205
6.1 知识准备 .....	205
6.1.1 钻中心孔 .....	205

6.1.2	钻孔	207
6.1.3	铰孔	209
6.1.4	车孔	210
6.1.5	薄壁零件的加工	212
6.1.6	孔径的测量	213
6.2	指令学习	218
6.3	典型工作任务	219
6.3.1	轴套加工	219
6.3.2	套体零件加工	221
6.3.3	薄壁衬套加工	223
	练习题	226
<b>项目 7</b>	<b>非圆曲面零件加工</b>	<b>230</b>
7.1	知识准备	230
7.1.1	宏程序的概念	230
7.1.2	宏变量	232
7.1.3	运算指令	233
7.1.4	转移与循环指令	234
7.1.5	宏程序调用	235
7.2	典型工作任务	237
7.2.1	椭圆手柄加工	237
7.2.2	双曲线轴加工	242
7.2.3	抛物线轴加工	245
7.2.4	正弦曲线轴加工	250
	练习题	253
<b>项目 8</b>	<b>综合零件加工</b>	<b>256</b>
8.1	知识准备	256
8.1.1	偏心工件的加工方法	256
8.1.2	滚花	258
8.2	典型工作任务	261
8.2.1	偏心轴加工	261
8.2.2	梯形螺纹轴加工	266
8.2.3	密封座加工	270
8.2.4	配合件加工	274
	练习题	279
	<b>参考文献</b>	<b>295</b>





# 数控车床基础知识及基本操作

## 0.1 认识数控车床

### 0.1.1 数控机床的产生和发展

数字控制(Numerical Control, NC)技术,是用数字化的信息对某一对象进行自动控制的技术。采用数控技术的控制系统称为数控系统。采用通用计算机硬件结构,用控制软件来实现数控功能的数控系统,称为计算机数控(CNC)系统。

数控机床(Numerical Control Machine Tool)是指采用了数字控制技术的机床,它通过数字化的信息对机床的运动及其加工过程进行控制,实现要求的机械动作,自动完成加工任务。数控机床是典型的技术密集且自动化程度很高的机电一体化加工设备。

随着科学技术的不断发展,机械产品日趋精密、复杂,改型也日益频繁,对机床的性能、精度、自动化程度等提出了越来越高的要求。尤其是在航空航天、造船、军工和计算机等工业中,零件精度高、形状复杂、批量小、品种多、加工困难、劳动强度大,传统的机械加工方法已难以保证质量,难以保证零件的同一性。为解决这系列的问题,1952年,美国帕森斯公司和麻省理工学院研制成功了世界上第一台数控铣床,用它来加工直升飞机叶片轮廓检查用样板。这台数控机床被称为世界上第一台数控机床,其控制器采用电子管,并成功实现了三轴联动的控制。1954年11月,在帕森斯专利的基础上,第一台工业用数控机床由美国本笛克斯公司(Bendix Corporation)生产出来。1958年美国的 KEANEY & TRECKER 公司在世界上首先研制成功了带有自动换刀装置的加工中心。

半个多世纪以来,数控技术得到了迅猛的发展,加工精度和生产效率

不断提高。数控机床的发展至今已经历了两个阶段和六个时代。

#### (1) 数控(NC)阶段(1952—1970年)

早期的计算机运算速度低,不能适应机床实时控制的要求,人们只好用数字逻辑电路“搭”成一台机床专用计算机作为数控系统,这就是硬件连接数控,简称数控(NC)。随着电子元器件的发展,这个阶段经历了三代,即1952年的第一代——电子管数控机床,1959年的第二代——晶体管数控机床,1965年的第三代——小规模集成电路数控机床。

#### (2) 计算机数控(CNC)阶段(1970年至今)

1970年,通用小型计算机已出现并投入成批生产,人们将它移植过来作为数控系统的核心部件,从此进入计算机数控阶段。这个阶段也经历了三代,即1970年的第四代——小型计算机数控机床(CNC),1974年的第五代——微型计算机数控系统(MNC),1990年的第六代——基于PC的数控机床(PC-BASED)。

前三代数控装置属于采用专用控制计算机的硬件数控装置,一般称为NC数控装置,早已淘汰;1970年以后的小型计算机或微型计算机取代硬件控制计算机,许多控制可以用专门编制程序实现,于是被称为软件控制系统。目前数控系统均采用第五代以上数控系统,现在大部分教科书中将现代数控系统称为CNC。

20世纪80年代初,国际上又出现了柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS),它是由一个物料运输系统将所有的数控设备连接起来形成的数控制造系统,其中的设备不限于切削加工设备,也可以是电加工、激光加工、热处理、冲压剪切设备以及装配、检验等设备。柔性制造系统由中央计算机集中控制,可以实现无固定加工顺序的随机自动制造。它是实现计算机集成制造系统的重要基础。

计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)是采用现代计算机技术,将计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)、计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)、计算机辅助管理(Computer Aided Management)集成在一起,将制造工厂全部生产活动所需要的各种分散的自动化系统有机地集成起来,将制造过程中的物料流和信息流组成一个协调平衡的运动系统,实现总体的优化来适应市场竞争的需要。

### 0.1.2 数控机床特点

随着微电子技术和计算机技术的不断发展,数控技术也随之不断更新,发展非常迅速,几乎每5年更新换代一次,其在制造领域的加工优势逐渐体现出来。

#### 1. 适应性强,具有高柔性

适应性即所谓的柔性,是指数控机床随生产对象变化而变化的适应能力。在数控机床上改变加工零件时,只需重新编制程序,输入新的程序后就能实现对新的零件的加工;而不需改变机械部分和控制部分的硬件,且生产过程是自动完成的。这就为复杂结构零件的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的方便。适应性强是数控机床最突出的优点,也是数控机床得以产生和迅速发展的主要原因。

## 2. 能实现复杂运动

数控机床几乎可以实现任意轨迹的运动和任何形状的空间曲面的加工。如用普通机床难以加工的螺旋桨、汽轮机叶片等空间曲面,都可以用数控机床完成加工。

## 3. 加工精度高,产品质量稳定

数控机床是按数字形式给出的指令进行加工的,一般情况下工作过程不需要人工干预,这就消除了操作者人为产生的误差。在设计制造数控机床时,采取了许多措施,使数控机床的机械部分达到了较高的精度和刚度。数控机床工作台的移动当量普遍达到了 $0.01\sim 0.0001\text{mm}$ ,而且进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿,高档数控机床采用光栅尺进行工作台移动的闭环控制。数控机床的加工精度由过去的 $\pm 0.01\text{mm}$ 提高到 $\pm 0.005\text{mm}$ ,甚至更高。定位精度 20 世纪 90 年代初中期已达到 $\pm 0.002\sim \pm 0.005\text{mm}$ 。此外,数控机床的传动系统与机床结构都具有很高的刚度和热稳定性。通过补偿技术,数控机床可获得比本身精度更高的加工精度。尤其提高了同一批零件生产的一致性,产品合格率高,加工质量稳定。

## 4. 自动化程度高,劳动强度低(改善劳动条件)

数控机床加工前经调整后,输入程序并启动,机床就能自动连续地进行加工,直至加工结束。操作者主要是程序的输入、编辑、装卸零件、刀具准备、加工状态的观测,零件的检验等工作,劳动强度极大降低,机床操作者的劳动趋于智力型工作。另外,机床一般是封闭式加工,既清洁又安全。

## 5. 生产效率高,减少辅助时间和机动时间

零件加工所需的时间主要包括机动时间和辅助时间两部分。数控机床主轴的转速和进给量的变化范围比普通机床大,因此数控机床每一道工序都可选用最有利的切削用量。由于数控机床结构刚性好,因此允许进行大切削用量的强力切削,这就提高了数控机床的切削效率,节省了机动时间。数控机床的移动部件空行程运动速度快,工件装夹时间短,刀具可自动更换,辅助时间比一般机床大为减少。

数控机床更换被加工零件时几乎不需要重新调整机床,节省了零件安装调整时间。数控机床加工质量稳定,一般只做首件检验和工序间关键尺寸的抽样检验,因此节省了停机检验时间。在加工中心机床上加工时,一台机床实现了多道工序的连续加工,生产效率的提高更为显著。

## 6. 良好的经济效益

数控机床虽然设备昂贵,加工时分摊到每个零件上的设备折旧费较高。但在单件、小批量生产的情况下,使用数控机床加工可节省划线工时,减少调整、加工和检验时间,节省直接生产费用。数控机床加工零件一般不需制作专用夹具,节省了工艺装备费用。数控机床加工精度稳定,减少了废品率,使生产成本进一步下降。此外,数控机床可实现一机多用,节省厂房面积和建厂投资。因此,使用数控机床可获得良好的经济效益。

## 7. 有利于生产管理的现代化

数控机床使用数字信息与标准代码处理、传递信息,特别是在数控机床上使用计算机控制,为计算机辅助设计、制造以及管理一体化奠定了基础。

### 0.1.3 数控车床的分类

数控车床能够自动完成轴类、盘套类零件的内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹等切削加工,并能进行切槽和钻、扩、铰孔等加工。数控车床品种繁多,规格不一,可按如下方法进行分类。

#### 1. 按数控车床的结构分类

按数控车床的主轴位置结构可分为卧式数控车床和立式数控车床。

##### (1) 卧式数控车床

主轴轴线为水平位置的数控车床为卧式数控车床。卧式数控车床又分为水平式床身数控车床和倾斜式床身数控车床。

① 水平式床身数控车床(如图 0-1 所示)。目前国内大部分经济型数控车床都采用这种形式,它与传统的普通车床床身形式接近。水平式床身数控车床在刀架配置方面大部分为前置式四工位卧动转位刀架。

② 倾斜式床身数控车床(如图 0-2 所示)。倾斜式床身数控车床一般为全功能型。其床身一般有倾斜  $45^{\circ}$  和  $60^{\circ}$  两种。其倾斜床身结构可以使车床具有更大的刚性,并易于排除切屑。全功能数控车床具有高精度、高效率、高柔性化等综合特点,适合中小批量形状复杂零件的多品种、多规格生产。倾斜式床身数控车床刀架一般为后置式多工位转塔式自动转位刀架。

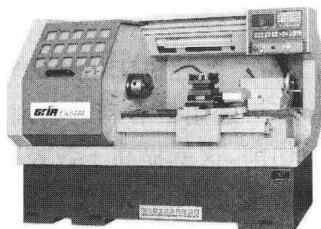


图 0-1 水平式床身数控车床

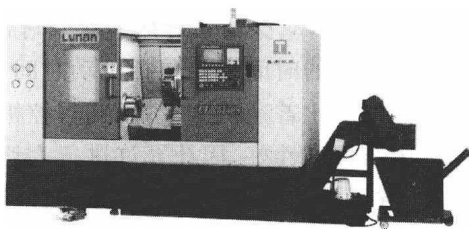


图 0-2 倾斜式床身数控车床

##### (2) 立式数控车床(如图 0-3 所示)

立式数控车床的轴线垂直于水平面,一个直径很大的圆形工作台,用来装夹工件。它有单立柱和双立柱两种。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盘类零件。

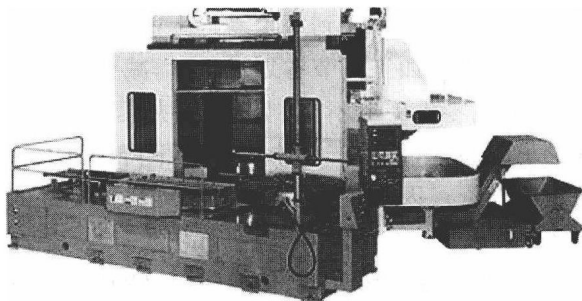


图 0-3 立式数控车床

## 2. 按数控车床的功能分类

按数控车床的功能可分为经济型数控车床、全功能型数控车床、车削加工中心和车铣复合加工中心。

### (1) 经济型数控车床

经济型数控车床是对普通车床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) 全功能型数控车床

全功能型数控车床又称标准型数控车床,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。

### (3) 车削加工中心(如图 0-4 所示)

车削加工中心是在普通数控车床基础上发展起来的一种复合加工机床。一般来说,车削加工中心具有以下三个特征:其一是采用动力刀架;其二是具有 C 轴功能;其三是刀架容量大,更高级的机床还带有刀库。即除了具有一般二轴联动数控车床的各种车削功能外,车削中心的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,可以三轴三联动。控制轴除 X、Z、C 轴之外,还可具有 Y 轴。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,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。

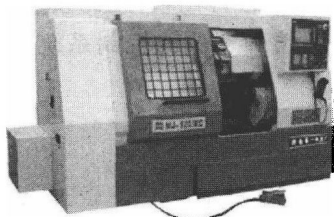


图 0-4 车削加工中心

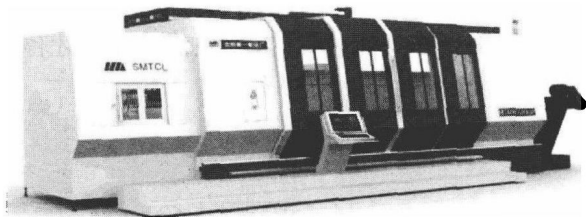


图 0-5 车铣复合加工中心

### (4) 车铣复合加工中心(如图 0-5 所示)

车铣复合加工中心是一种在车削加工中心基础上发展起来的、控制轴数更多、复合加工功能更强大的先进的复合加工机床,典型的如五轴车铣复合加工中心。

五轴车铣复合加工中心是一种以车削功能为主,并集成了铣削和镗削等功能,至少具有 3 个直线进给轴和 2 个圆周进给轴,且配有自动换刀系统。这种车铣复合加工中心是在三轴车削中心基础上发展起来的,相当于 1 台车削中心和 1 台加工中心的复合。因此,可以在 1 台车铣中心上,经过一次装夹,完成全部车、铣、钻、镗、攻丝等加工,通过多轴联动可以加工复杂形状的异形零件,如叶轮等。通过增加特殊功能模块,可实现更多工序集成,例如将齿轮加工、内外磨削加工、深孔加工、型腔加工、激光淬火、在线测量等功能集成到车铣中心上,真正做到所有复杂零件的完整加工。其工艺范围之广和能力之强,已成为当今复合加工机床的佼佼者,是世界范围内最先进的机械加工设备之一。

### 3. 按伺服系统的控制方式分类

数控机床按伺服系统的控制方式可分为开环控制数控机床、半闭环系统数控机床和闭环系统数控机床。

#### (1) 开环伺服控制系统(如图 0-6 所示)

开环伺服控制系统是指不带位置检测反馈装置的控制系統,由步进电机驱动线路和步进电机组成。数控装置经过控制运算发出脉冲信号,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。信号流是单向的(数控装置→进给系统),故系统稳定性好。

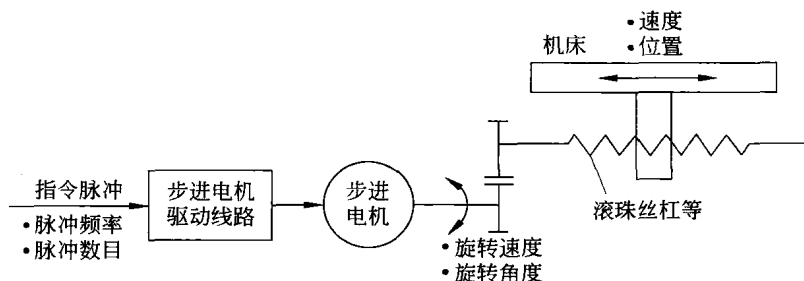


图 0-6 开环伺服控制系统

#### (2) 闭环伺服控制系统(如图 0-7 所示)

闭环伺服控制系统是在机床移动部件位置上直接装有直线位置检测装置,将检测到的实际位移反馈到数控装置的比较器中,与输入的原指令位移值进行比较,用比较后的差值控制移动部件作补充位移,直到差值消除时才停止,以达到精确定位的控制系统,能得到更高的速度、精度和驱动功率。

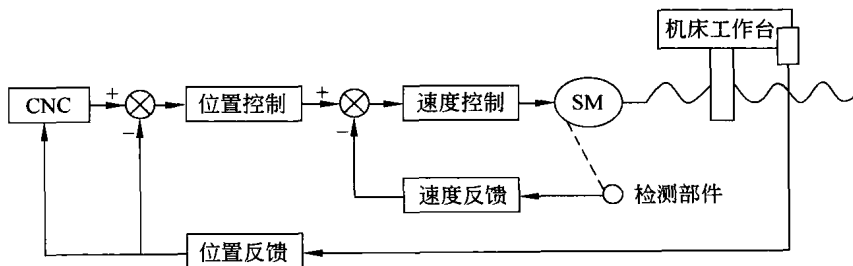


图 0-7 闭环伺服控制系统

闭环控制系统的定位精度高于半闭环控制,但结构比较复杂,调试维修的难度较大,常用于高精度和大型数控机床。

#### (3) 半闭环伺服控制系统(如图 0-8 所示)

半闭环伺服控制系统是在开环控制系统的伺服机构中装有角位移检测装置,通过检测伺服机构的滚珠丝杠转角间接检测移动部件的位移,然后反馈到数控装置的比较器中,与输入原指令位移值进行比较,用比较后的差值进行控制,使移动部件补充位移,直到差值消除为止的控制系统。系统的位置采样点是从伺服电机或丝杠的端部引出,采样旋转

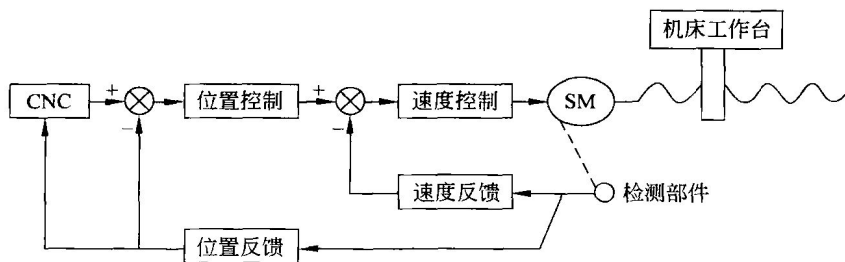


图 0-8 半闭环伺服控制系统

角度进行检测,不是直接检测最终运动部件的实际位置。

半闭环环路内不包括或只包括少量机械传动环节,因此可获得稳定的控制性能,其系统的稳定性虽不如开环系统,但比闭环系统要好。其精度较闭环差,较开环系统好。但可对这类误差进行补偿,因而仍可获得满意的精度。由于半闭环伺服系统结构简单、调试方便、精度也较高,因而在现代 CNC 机床中得到了广泛应用。

数控车床的分类方法还有很多,例如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。

#### 0.1.4 数控车床的结构及组成

数控车床主要由机床本体和数控系统组成。机床本体由床身、主轴、进给装置、导轨、刀架、液压与气动装置、冷却与润滑装置、排屑装置等组成,如图 0-9 所示。数控系统由程序载体、输入/输出装置、数控装置(CNC 单元)、伺服系统、位置反馈系统等组成。

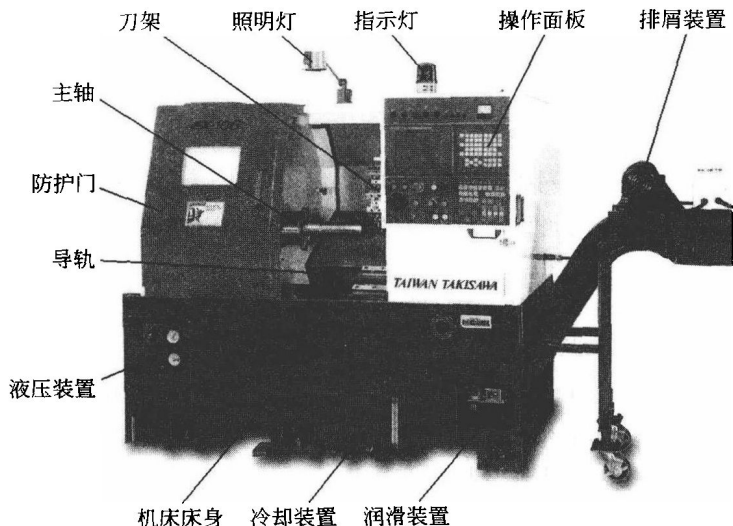


图 0-9 数控车床的结构及组成

数控装置(CNC 单元)是数控机床的核心,它由信息的输入、处理和输出三个部分组成。数控装置接收数字化信息,经过数控装置的控制软件和逻辑电路进行译码、插补、逻

辑处理后,将各种指令信息输出给伺服系统,伺服系统驱动执行部件作进给运动。

当前,在数控车床上使用的主流系统有 FANUC(法那科)、SIEMENS(西门子)、三菱、广数、华中、DASEN(大森)、KND(凯恩蒂)等。这些数控系统的编程方法及编程格式基本类似,本书以 FANUC 0i-TC 数控系统的规范进行编程。

## 0.2 数控机床坐标系

### 0.2.1 机床坐标系

#### 1. 机床坐标系

在数控机床上,机床的动作是由数控装置控制的,为了确定机床的成形运动和辅助运动,必须先确定机床上运动的方向和运动的距离,这就需要一个坐标系才能实现,这个坐标系就称为机床坐标系。

机床坐标系中 X、Y、Z 轴的关系,采用笛卡儿右手直角坐标系,如图 0-10 所示。用右手拇指、食指和中指分别代表 X、Y、Z 轴,三个手指互相垂直,所指方向分别为 X、Y、Z 轴的正方向。围绕 X、Y、Z 轴的回转运动分别用 A、B、C 表示,其正方向用右手螺旋定则确定。

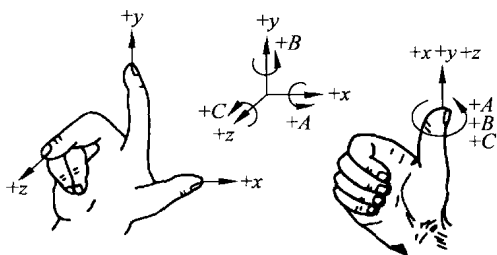


图 0-10 笛卡儿右手直角坐标系与右手螺旋法则

#### 2. 运动方向的确定

确定机床坐标轴时,一般是先确定 Z 轴,再确定 X 轴,最后确定 Y 轴。机床的某一运动部件的运动正方向规定为增大工件与刀具之间距离的方向,即刀具远离工件为正方向;反之为负方向。

数控机床的进给运动,有的是主轴带动刀具运动来实现(例如立式数控铣床 Z 轴),有的由工作台带动工件运动来实现(例如立式数控铣床 X、Y 轴)。数控车床是主轴带动工件旋转,刀架带动车刀做进给运动。因此,标准规定假定工件不动,刀具相对静止的工件而运动。这一原则使编程人员在编写程序时不必考虑是刀具移向工件,还是工件移向刀具,而永远假定工件是静止的,刀具相对静止的工件而运动。

(1) Z 轴坐标的运动。一般取产生切削力的轴线即主轴轴线为 Z 轴。主轴带动工件旋转的机床有车床等。主轴带动刀具旋转的机床有铣床等。当机床有几个主轴时,选择一个垂直于工件装夹面的主轴为 Z 轴,如龙门轮廓铣床。当机床无主轴时,选择与装夹工件的工作台面相垂直的直线为 Z 轴。

Z 轴的正方向是增大刀具和工件之间距离的方向。



(2) X轴坐标的运动。X轴一般位于平行工件装夹面的水平面内,是刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。在没有主轴的机床上(如刨床),X坐标平行于主要切削方向,以该方向为正方向。对于工件做回转切削运动的机床(如车床),在水平面内取垂直于工件回转轴线(Z轴)的方向为X轴,刀具远离工件的方向为正方向。

(3) Y轴坐标的运动。Y轴正方向,根据X、Z轴的运动,按照笛卡儿右手直角坐标系来确定。

水平床身数控车床和倾斜床身数控车床的坐标轴及其方向如图0-11所示。

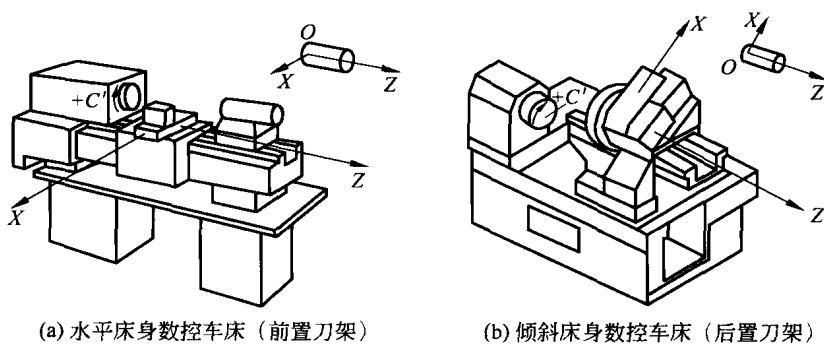


图 0-11 数控车床坐标轴及其方向

### 3. 机床原点

以机床原点(也称机械零点)为坐标原点建立起来的直角坐标系称为机床坐标系。机床坐标系是机床固有的,对于某具体机床来说,在经过设计制造调整后,这个原点便被确定下来,它是机床上的固定点。数控机床的机床原点各厂家不一致,数控车床的原点一般是设在卡盘端面与主轴的中心线上,也有的设在X、Z轴的极限位置处。按笛卡儿右手直角坐标系规定,以刀尖远离零件的方向为正方向,如图0-12所示。

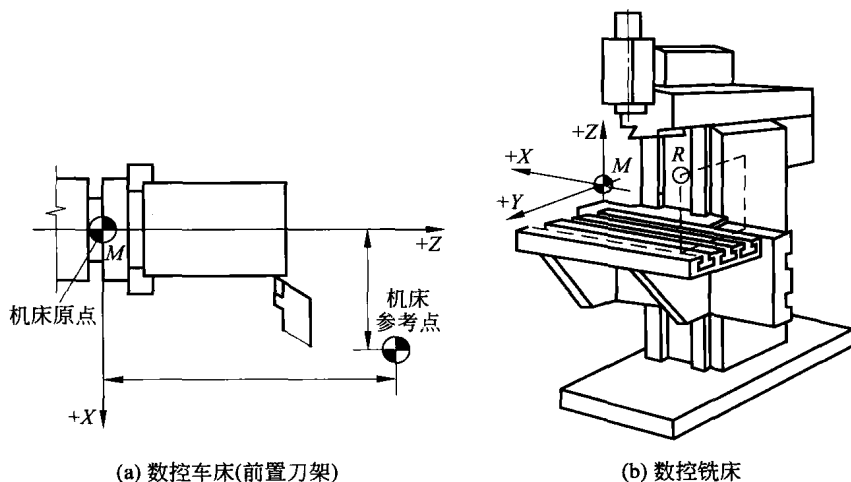


图 0-12 数控机床的机床原点与机床参考点