

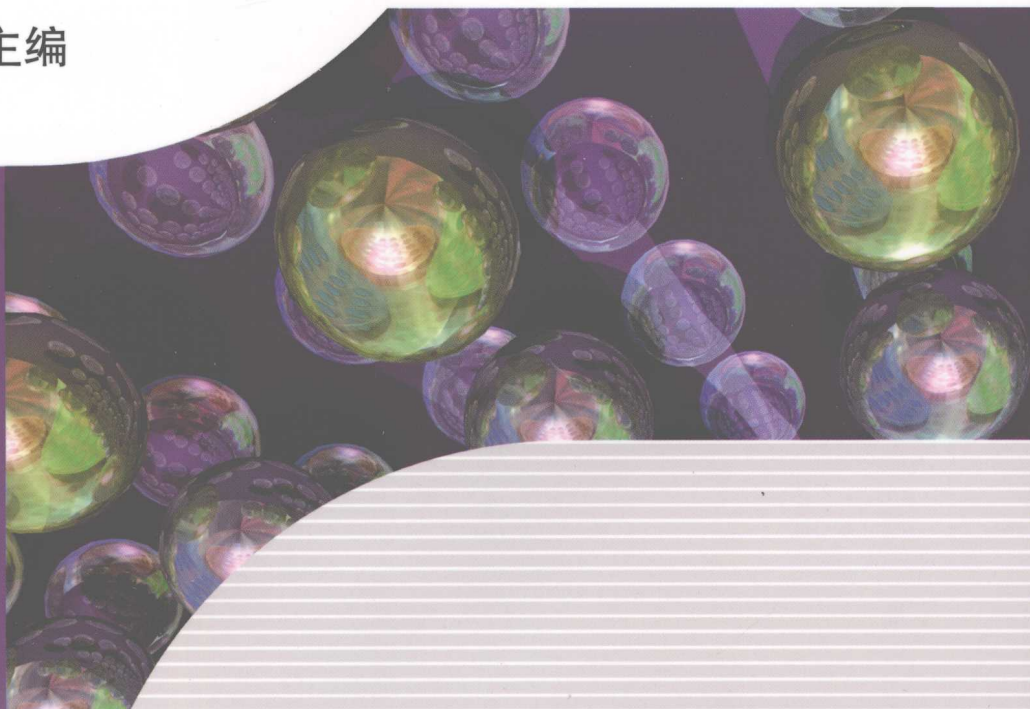


教育部高等职业教育示范专业规划教材

数控技术专业

数控机床操作 与编程训练 上册

张貽摇 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

教育部高等职业教育示范专业规划教材
(数 控 技 术 专 业)

数控机床操作与编程训练

上 册

主编 张贻摇
主审 袁江波



机 械 工 业 出 版 社

本书共分十二章,包括数控机床的基本知识;数控车床的基本结构及配置了 FAUNC Oi、三菱、广州数控系统车床的实际操作方法和步骤,各系统编程的要求和特点;数控铣床的基本结构及配置了 FAUNC Oi、SIEMENS 数控系统的数控铣床的实际操作方法和步骤,各系统编程的要求和特点;加工中心的结构特点及加工的特殊要求;快走丝和慢走丝线切割机床、单轴和三轴电火花成形机床的基本结构及加工方法,以及应用 CAD/CAM 数控加工软件进行自动编程等内容。

本书是高等学校数控、模具、机电等专业进行实践教学教材,对理论教学也有较好的辅助作用。本书还可供数控机床操作人员及数控机床编程人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作与编程训练.上册/张贻摇主编. —北京:机械工业出版社, 2006.12

教育部高等职业教育示范专业规划教材(数控技术专业)

ISBN 7-111-20397-6

I. 数… II. 张… III. ①数控机床-操作-高等学校:技术学校-教材 ②数控机床-程序设计-高等学校:技术学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 139936 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:郑 丹 责任编辑:郑 丹 王海峰 李欣欣

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:鞠 杨 责任印制:李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.75 印张·410 千字

0 001—8 000 册

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页,倒页,脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639、88379641、88379643

编辑热线电话:(010)88379171

封面无防伪标均为盗版

前 言

数控机床自 1952 年诞生以来,在短短的 50 年间得到了突飞猛进的发展。数控机床是现代机械工业的重要技术装备,也是先进制造技术的基础装备。数控机床随着微电子技术、计算机技术、自动控制技术的发展而得到飞速发展。目前,几乎所有传统机床都有了数控机床品种。数控技术极大地推动了计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机集成制造系统等的发展,并为实现绿色制造打下了基础。

我国改革开放以来,经济发展很快,科技水平得到大幅提高,数控机床在我国的应用越来越普遍,数量也越来越多。在我国,几乎所有的机床品种都有了数控机床,极大地推动了现代制造技术的发展。

随着数控机床的应用日趋普及,社会对其相应的人才的需求越来越大,要求也越来越高。为此,数控技术的教学和人才培养更应强调其实用性、先进性和可操作性。为使学生更好地学习数控技术这一学科,使学生受到系统的实训方法和实际技能的训练,重点培养学生的基本操作能力,最大限度地发挥实训的作用,同时根据教学大纲的要求,我们编写了本书。本书主要供高职高专学生进行数控机床实训时使用。

本书共分十二章,第一章由蒋建洲编写、第二章由程义编写、第三章由熊春生编写、第四章、第五章由刘井才编写、第六章由王根如编写、第七章由黄育根编写、第八章由吴孝泉编写、第九章由刘菊平编写、第十章由卢桂琴编写、第十一章由罗井明编写、第十二章由黄飞腾编写。张贻摇任本书主编,全书由袁江波主审。

由于时间仓促,编者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,希望广大读者给予批评、指正。

编 者

目 录

前言

第一章 数控机床概述	1
第一节 数控技术的基本概念	1
第二节 数控机床的工作原理与工作方式	2
第三节 数控机床的分类	4
第四节 数控机床的坐标系统与原点偏置	6
第五节 数控机床的刀具补偿	12
第六节 数控加工工艺参数的确定	13
第七节 数控系统的指令	15
第八节 数控加工编程	19
第九节 数控机床的维护	21
第二章 数控车床结构	24
第一节 数控车床简介	24
第二节 数控车床的卡盘和尾座	27
第三节 数控车床的刀架	28
第四节 数控车床的刀具	28
第三章 FANUC Oi 系统数控车床操作	31
第一节 控制面板与操作	31
第二节 FANUC Oi - T CK6136A 数控车床的 操作步骤	40
第三节 数控车床操作实例	43
第四章 三菱系统数控车床操作	48
第一节 控制面板与操作	48
第二节 三菱系统数控车床操作步骤	54
第三节 数控车床操作实例	56
第五章 广州系统数控车床操作	60
第一节 广州数控系统简介	60
第二节 控制面板与操作	61
第三节 广州系统数控车床操作步骤	65
第四节 数控车床操作实例	67
第六章 数控铣床结构	69
第一节 数控铣床简介	69
第二节 数控铣床的附属设备	72
第三节 数控铣床的刀具	73

第七章 FANUC Oi 系统数控铣床操作	75
第一节 FANUC Oi 数控系统简介	75
第二节 控制面板与操作	75
第三节 FANUC Oi 数控铣床操作步骤	78
第四节 FANUC Oi 数控铣床操作实例	84
第八章 SIEMENS 系统数控铣床操作	88
第一节 SIEMENS 802D 数控系统简介	88
第二节 控制面板	90
第三节 SIEMENS 802D 数控铣床操作步骤	91
第四节 SIEMENS 802D 数控铣床操作实例	100
第九章 FANUC Oi 系统加工中心操作	105
第一节 加工中心结构简介	105
第二节 控制面板与操作	110
第三节 FANUC Oi 加工中心操作步骤	114
第四节 FANUC Oi 加工中心操作实例	117
第十章 线切割机床操作	123
第一节 DK7740 快走丝线切割机床简介	123
第二节 DK7725B 快走丝线切割机床简介	137
第三节 数控慢走丝线切割机床简介	144
第十一章 电火花成形机床简介	152
第一节 概述	152
第二节 HCD300K 精密数控电火花成形机	153
第三节 D7140 精密电火花成形机	171
第四节 M30E 精密电火花成形机	176
第十二章 应用 CAD/CAM 软件进行数控 加工编程	182
第一节 基础知识	182
第二节 绘制二维图形	190
第三节 图形编辑	203
第四节 图形标注	212
第五节 2D 刀具路径	219
第六节 实体造型	235
第七节 构建曲面	244
第八节 三维曲面加工	254
参考文献	261

第一章 数控机床概述

第一节 数控技术的基本概念

一、引言

回顾数控技术的发展，它是以数控机床的发展揭开序幕的，二次大战后，美国空军为了军备需要，首先进行数控技术的研发工作。随着科学的飞速发展，数控技术的发展异常迅猛。从发展的角度看，数控技术大致经历了以下几个发展阶段。世界上第一台数控机床在美国诞生，是由美国帕森斯公司（Parsons Co.）和麻省理工学院伺服机构研究所（Servo Mechanism Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology）为推进导弹和飞机的研制联合开发的，1955 年进入实用阶段，称之为第一代数控系统。由于晶体管的发明，1959 年，数控系统采用了晶体管元件和印刷电路板技术，使系统的可靠性提高、成本下降，数控技术跨入了第二阶段。20 世纪 60 年代以后，随着体积小、功耗低的小规模集成电路在数控系统中的使用和专用功能器件的出现，数控系统以其更可靠的性能进入了第三代。这三代数控系统均为硬件式数控，零件程序的输入、运算、插补及控制功能均由专用硬件来完成，其功能简单、柔性通用性差、设计研发周期较长。20 世纪 70 年代初，小型计算机的普及并逐渐在数控系统中得以应用，系统中的许多功能由软件来实现，计算机数控（CNC）技术从此问世，数控系统进入了第四代。随着计算机技术的飞速发展，1974 年，数控系统进入了其发展史上的第五个阶段，也就是微处理器的投入使用。20 世纪 80 年代以后，随着数控系统和其他相关技术的发展，产品逐渐规格化系列化，数控系统的效率、精度、可靠性进一步提高，投资少见效快的柔性加工系统 FMS（Flexible Manufacture System）进入实用化阶段。现在数控系统使用的微处理器（CPU），已普遍采用 32 位或 64 位字长，时钟频率高于 16MHz。大规模/超大规模集成电路、精简指令集计算机和多 CPU 的使用，使得数控系统的运算速度和处理能力进一步提高。在这种背景下，人们从系统角度出发，重点思考更多的是整个系统的优化问题，当然这并不意味着人们对众多单项关键技术的研究兴趣减少。

二、新技术在数控系统中的广泛应用

1. 数字图像处理技术应用

目前，数字图像处理技术在工业生产中有广泛的应用。数字图像处理技术发展迅猛，无论在理论上还是在实践上都有着巨大的潜力，对我国的现代化建设有着深远的影响。其发展方向主要体现在以下几个方面：在高分辨率、高速度方面，其目标是实现实时处理；立体化使图像包含的信息更为丰富和完整，将图像和图形结合实现三维成像或多维成像；智能化可实现图像的自动生成、自动识别和处理；在新理论新算法研究方面，在图像处理领域引入了一些新的理论及算法，如 Wavelet、神经网络、遗传算法等，促进了图像处理技术在数控系统中应用的发展。

2. 自动编程技术的应用

数控自动编程技术受到广泛关注,各国的专家学者都在潜心研究自动编程系统。数控加工是指在数控机床上按事先编制好的程序,对零件进行自动加工的一种加工工艺方法,零件加工的最终效果直接取决于数控程序编制的效率和准确率。随着计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)技术的推广和计算机数控加工技术的广泛应用,计算机辅助自动编程势在必行。自动编程是用计算机代替编程人员完成编程工作,自动生成加工指令,解决一些人工编程难以解决的难题,充分利用计算机计算速度快而准的特点,可极大地提高编程的效率和准确率。

第二节 数控机床的工作原理与工作方式

机床数字控制技术,简称机床数控技术,是以数字化的信息处理实现机床自动控制的一门技术。采用数字化信息处理控制的机床称为数字控制机床,简称数控机床。

数控机床由输入介质、人机交互设备、计算机数控装置、进给伺服驱动系统、主轴伺服驱动系统、辅助控制装置、反馈装置和适应控制装置等部分组成,如图1-1所示。各部分的工作原理简述如下。

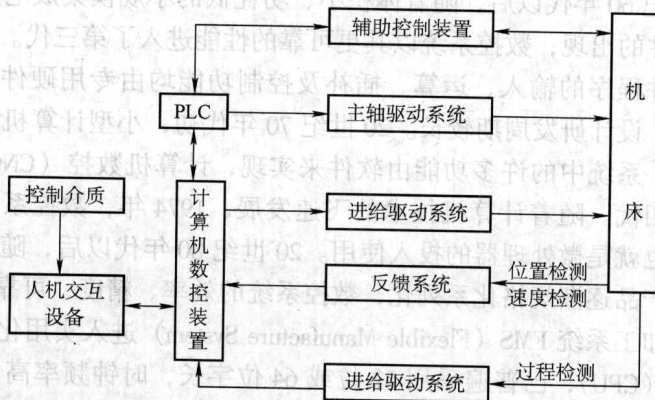


图1-1 数控机床的组成

一、数控机床的组成

1. 控制介质

人与数控机床之间建立某种联系的中间媒介物就是控制介质,又称为信息载体。常用的控制介质有穿孔带、穿孔卡、磁盘和磁带。

2. 计算机数控(CNC)装置

数控装置是数控机床的中枢。目前,绝大部分数控机床均采用微型计算机控制。数控装置由硬件和软件组成,图1-2中双点画线框内包含的部分是数控装置硬件结构框图,它由运算器、控制器(运算器和控制器构成CPU)、存储器、输入接口、输出接口等组成。

3. 进给伺服驱动系统

进给伺服驱动系统由伺服控制电路、功率放大电路和伺服电动机组成。伺服驱动的作用,是把来自数控装置的位置控制移动指令转变成机床工作部件的运动,使工作台按规定轨

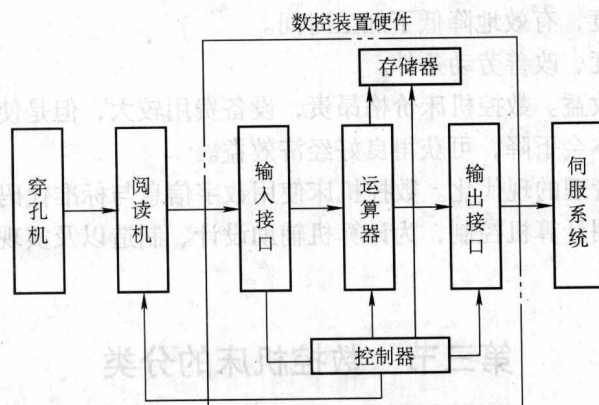


图 1-2 数控装置的结构

迹移动或精确定位，加工出符合图样要求的工件，即把数控装置送来的微弱指令信号，放大成能驱动伺服电动机的大功率信号。

常用的伺服电动机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。根据接收指令的不同，伺服驱动有脉冲式和模拟式，而模拟式伺服驱动方式按驱动电动机的电源种类，可分为直流伺服驱动和交流伺服驱动。步进电动机采用脉冲驱动方式，交、直流伺服电动机采用模拟式驱动方式。

4. 辅助控制装置

辅助控制装置包括刀库的转位换刀、液压泵、冷却泵等控制接口电路。

5. 机床

数控机床是高精度和高生产率的自动化加工机床，与普通机床相比，应具有更好的抗振性和刚度，要求相对运动面的摩擦因数要小，进给传动部分之间的间隙要小。所以其设计要求比通用机床更严格，加工制造要求精密，并采用加强刚性、减小热变形、提高精度的设计措施。

二、数控机床的特点

数控机床主要针对小批量的产品生产，由于生产过程中产品品种的变换频繁，批量小，加工方法的区别大，与其它加工设备相比，数控机床具有如下特点：

(1) 适应性强，适合加工单个或小批量复杂工件。在数控机床上改变加工工件时，只需要重新编制新工件的加工程序，更换新的加工孔带或用手动方式输入工件程序，就能实现工件加工，且不需要制作特别的工装夹具，也不需要重新调整机床。因此，特别适合单件、小批量及试制新产品的工件加工。

(2) 加工精度高，产品质量稳定。数控机床的脉冲当量普遍可达 0.001mm/P ，传动系统和机床结构都具有很高的刚度和热稳定性，工件加工精度高，进给系统采用消除间隙措施，并对反向间隙与丝杠螺距误差等由数控系统实现自动补偿，所以加工精度高。特别是因为数控机床加工完全是自动进行的，这就排除了操作者人为产生的误差，使同一批工件的尺寸一致性好，加工质量十分稳定。

(3) 生产率高。工件加工所需时间包括机动时间和辅助时间。数控机床加工工件时能有效地减少机动时间和辅助时间。因为数控机床主轴转速和进给量的调速范围都比普通机床的范围大，机床刚性好，快速移动和停止采用了加速、减速措施，因而既能提高空行程运动速

度,又能保证定位精度,有效地降低了加工时间。

(4) 减轻劳动强度、改善劳动条件。

(5) 良好的经济效益。数控机床价格昂贵,设备费用较大,但是使用数控机床可节省许多其他费用,总体成本会下降,可获得良好经济效益。

(6) 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、制造以及实现生产过程的计算机管理与控制奠定了基础。

第三节 数控机床的分类

数控机床根据其加工工艺、控制原理、功能和组成,可以从以下几个不同的角度进行分类。

一、按加工工艺方法分类

1. 金属切削类数控机床

与传统的车、铣、钻、磨、齿轮加工相对应的数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床等。尽管这些数控机床在加工工艺方法上存在很大差别,但它们都具有很好的精度一致性,较高的生产率和自动化程度。加工中心机床可以有效地避免由于工件多次安装造成的定位误差,减少了机床的台数和占地面积,缩短了辅助时间,大大提高了生产效率和加工质量。

2. 特种加工类数控机床

除了切削加工数控机床以外,数控技术也大量用于数控电火花线切割机床、数控电火花成形机床、数控等离子弧切割机床、数控火焰切割机床以及数控激光加工机床等。

3. 板材加工类数控机床

常见的应用于金属板材加工的数控机床有数控压力机、数控剪板机和数控折弯机等。

近年来,其他机械设备中也大量采用了数控技术,如数控多坐标测量机、自动绘图机及工业机器人等。

二、按控制运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是机床移动部件只能实现由一个位置到另一个位置的精确定位,在移动和定位过程中不进行任何加工。机床数控系统只控制行程终点的坐标值,不控制点与点之间的运动轨迹,因此几个坐标轴之间的运动无任何联系。可以几个坐标同时向目标点运动,也可以各个坐标单独依次运动。

这类数控机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床、数控点焊机等。点位控制数控机床的数控装置称为点位数控装置。

2. 直线控制数控机床

直线控制数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度,沿着平行于坐标轴的方向进行直线移动和切削加工,进给速度根据切削条件可在一定范围内变化。

直线控制的简易数控车床,只有两个坐标轴,可加工阶梯轴。直线控制的数控铣床,有三个坐标轴,可用于平面的铣削加工。

数控镗铣床、加工中心等机床,它的各个坐标方向的进给运动的速度能在一定范围内进行调整,兼有点位和直线控制加工的功能,这类机床应该称为点位/直线控制数控机床。

3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床能够对两个或两个以上运动的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的平面或空间的运动轨迹能满足零件轮廓的要求。它不仅能控制机床移动部件的起点与终点坐标,而且能控制整个加工轮廓每一点的速度和位移,将工件加工成要求的轮廓形状。

数控车床、数控铣床、数控磨床就是典型的轮廓控制数控机床。数控火焰切割机、电火花加工机床以及数控绘图机等也采用了轮廓控制系统。轮廓控制系统的结构要比点位/直线控制系统更为复杂,在加工过程中需要不断进行插补运算,然后进行相应的速度与位移控制。

三、按驱动装置的特点分类

1. 开环控制数控机床

图 1-3 所示的为开环控制数控机床系统框图。

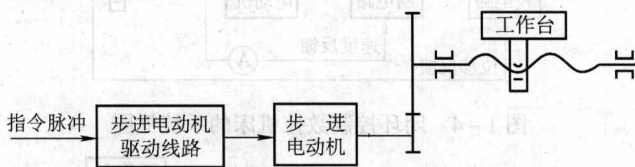


图 1-3 开环控制数控机床的系统框图

这类控制的数控机床是其控制系统没有位置检测元件,伺服驱动部件通常为反应式步进电动机或混合式伺服步进电动机。数控系统每发出一个进给指令,经驱动电路功率放大后,驱动步进电动机旋转一个角度,再经过齿轮减速装置带动丝杠旋转,通过丝杠螺母机构转换为移动部件的直线位移。移动部件的移动速度与位移量是由输入脉冲的频率与脉冲数所决定的。此类数控机床的信息流是单向的,即进给脉冲发出去后,实际移动值不再反馈回来,所以称为开环控制数控机床。

开环控制系统的数控机床结构简单,成本较低。但是,系统对移动部件的实际位移量不进行监测,也不能进行误差校正。因此,步进电动机的失步、步距角误差、齿轮与丝杠等传动误差都将影响被加工零件的精度。开环控制系统仅适用于加工精度要求不很高的中小型数控机床,特别是简易经济型数控机床。

2. 闭环控制数控机床

闭环控制数控机床是在机床移动部件上直接安装直线位移检测装置,直接对工作台的实际位移进行检测,将测量的实际位移值反馈到数控装置中,与输入的指令位移值进行比较,用差值对机床进行控制,使移动部件按照实际需要的位移量运动,最终实现移动部件的精确运动和定位。从理论上讲,闭环系统的运动精度主要取决于检测装置的检测精度,与传动链的误差无关,因此其控制精度高。图 1-4 所示的为闭环控制数控机床的系统框图。图中 A 为速度传感器、C 为直线位移传感器。当位移指令值发送到位置比较电路时,若工作台没有移动,则没有反馈量,指令值使得伺服电动机转动,通过 A 将速度反馈信号送到速度控制电路,通过 C 将工作台实际位移量反馈回去,在位置比较电路中与位移指令值相比较,用比较后得到的差值进行位置控制,直至差值为零时为止。这类控制的数控机床,因把机床工

作台纳入了控制环节,故称为闭环控制数控机床。

闭环控制数控机床的定位精度高,但调试和维修都较困难,系统复杂,成本高。

3. 半闭环控制数控机床

半闭环控制数控机床是在伺服电动机的轴或数控机床的传动丝杠上装有角位移电流检测装置(如光电编码器等),通过检测丝杠的转角间接地检测移动部件的实际位移,然后反馈到数控装置中去,并对误差进行修正。图 1-5 所示的为半闭环控制数控机床的系统框图。图中 A 为速度传感器、B 为角度传感器。通过测速元件 A 和光电编码盘 B 可间接检测出伺服电动机的转速,从而推算出工作台的实际位移量,将此值与指令值进行比较,用差值来实现控制。由于工作台没有包括在控制回路中,因而称为半闭环控制数控机床。

半闭环控制数控系统的调试比较方便,并且具有很好的稳定性。目前大多将角度检测装置和伺服电动机设计成一体,这样,使结构更加紧凑。

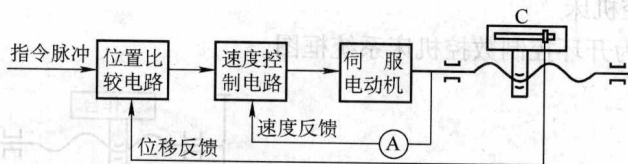


图 1-4 闭环控制数控机床的系统框图

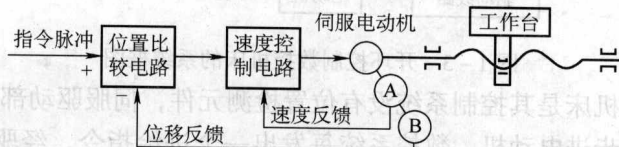


图 1-5 半闭环控制数控机床的系统框图

第四节 数控机床的坐标系统与原点偏置

在数控编程时,为了描述机床的运动,简化程序编制的方法及保证纪录数据的互换性,数控机床的坐标系和运动方向均已标准化,ISO 和我国都拟定了命名的标准。通过这一部分的学习,能够掌握机床坐标系、编程坐标系、加工坐标系的概念,具备实际动手设置机床加工坐标系的能力。

一、机床坐标系

1. 机床坐标系的确定

(1) 机床相对运动的规定。在机床上,我们始终认为工件静止,而刀具是运动的。这样编程人员在不考虑机床上工件与刀具具体运动的情况下,就可以依据零件图样,确定机床的加工过程。

(2) 机床坐标系的规定。在数控机床上,机床的动作是由数控装置来控制的,为了确定数控机床上的成形运动和辅助运动,必须先确定机床上运动的位移和运动的方向,这就需要通过坐标系来实现,这个坐标系被称之为机床坐标系。

例如铣床上,有机床的纵向运动、横向运动以及垂向运动,如图 1-6 所示。在数控加工中就应该用机床坐标系来描述。

标准机床坐标系中 X 、 Y 、 Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡儿直角坐标系决定:

1) 伸出右手的大拇指、食指和中指, 并互为 90° , 则大拇指代表 X 坐标, 食指代表 Y 坐标, 中指代表 Z 坐标。

2) 大拇指的指向为 X 坐标的正方向, 食指的指向为 Y 坐标的正方向, 中指的指向为 Z 坐标的正方向。

3) 围绕 X 、 Y 、 Z 坐标旋转的旋转坐标分别用 A 、 B 、 C 表示, 根据右手螺旋定则, 大拇指的指向为 X 、 Y 、 Z 坐标中任意轴的正向, 则其余四指的旋转方向即为旋转坐标 A 、 B 、 C 的正向, 见图 1-7。

(3) 运动方向的规定。增大刀具与工件距离的方向即为各坐标轴的正方向, 如图 1-8 所示为数控车床上两个运动的正方向。

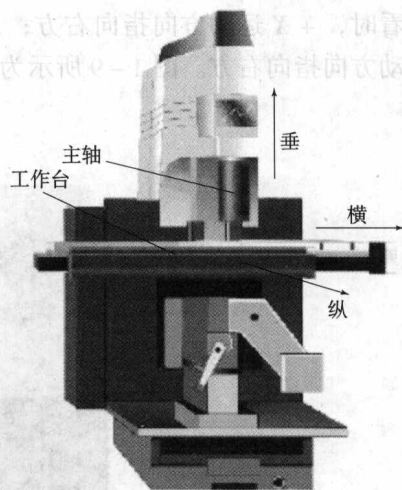


图 1-6 立式数控铣床

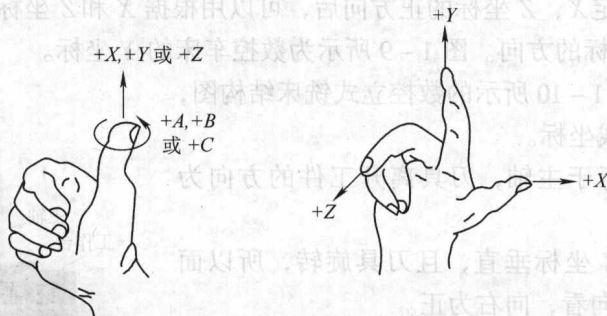


图 1-7 右手笛卡儿直角坐标系

2. 坐标轴方向的确定

(1) Z 坐标。 Z 坐标的运动方向是由传递切削力的主轴所决定的, 即平行于主轴轴线的坐标轴即为 Z 坐标, Z 坐标的正向为刀具离开工件的方向。

如果机床上有几个主轴, 则选一个垂直于工件装夹平面的主轴方向为 Z 坐标方向; 如果主轴能够摆动, 则选垂直于工件装夹平面的方向为 Z 坐标方向; 如果机床无主轴, 则选垂直于工件装夹平面的方向为 Z 坐标方向。图 1-9 所示为数控车床的 Z 坐标。

(2) X 坐标。 X 坐标平行于工件的装夹平面, 一般在水平面内。确定 X 轴的方向时, 要考虑两种情况:

1) 如果工件作旋转运动, 则刀具离开工件的方向为 X 坐标的正方向。

2) 如果刀具作旋转运动, 则分为两种情况: Z 坐标水平时, 观察者沿刀具主轴向工件

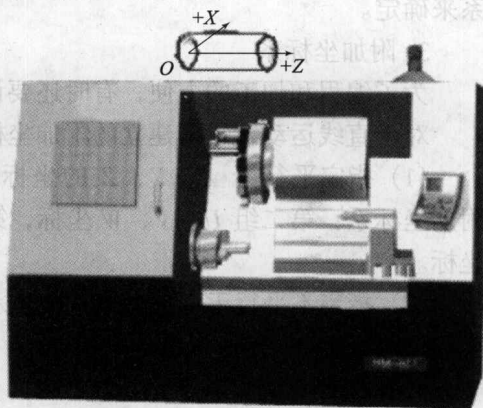


图 1-8 机床运动的方向

看时, $+X$ 运动方向指向右方; Z 坐标垂直时, 观察者面对刀具主轴向立柱看时, $+X$ 运动方向指向右方。图 1-9 所示为数控车床的 X 坐标。

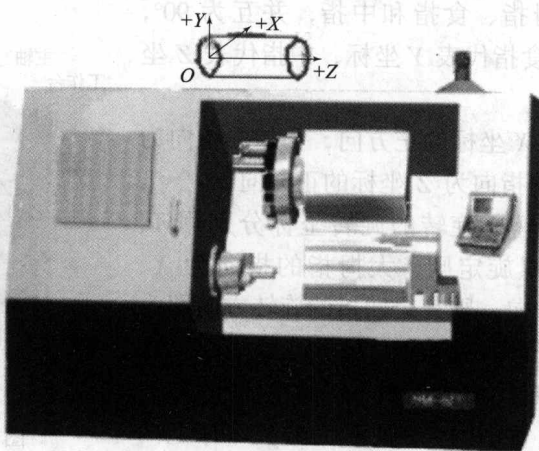


图 1-9 数控车床的坐标系

(3) Y 坐标在确定 X 、 Z 坐标的正方向后, 可以用根据 X 和 Z 坐标的方向, 按照右手直角坐标系来确定 Y 坐标的方向。图 1-9 所示为数控车床的 Y 坐标。

例 1-1 根据图 1-10 所示的数控立式铣床结构图, 试确定 X 、 Y 、 Z 直线坐标。

1) Z 坐标: 平行于主轴, 刀具离开工件的方向为正。

2) X 坐标: 与 Z 坐标垂直, 且刀具旋转, 所以面对刀具主轴向立柱方向看, 向右为正。

3) Y 坐标: 在 Z 、 X 坐标确定后, 用右手直角坐标系来确定。

3. 附加坐标系

为了编程和加工的方便, 有时还要设置附加坐标系。对于直线运动, 通常建立的附加坐标系有:

(1) 指定平行于 X 、 Y 、 Z 的坐标轴。可以采用的附加坐标系: 第二组 U 、 V 、 W 坐标, 第三组 P 、 Q 、 R 坐标。

(2) 指定不平行于 X 、 Y 、 Z 的坐标轴。也可以采用的附加坐标系: 第二组 U 、 V 、 W 坐标, 第三组 P 、 Q 、 R 坐标。

4. 机床原点的设置

机床原点是指在机床上设置的一个固定点, 即机床坐标系的原点。它在机床装配、调试时就已确定下来, 是数控机床进行加工运动的基准参考点。

(1) 数控车床的原点: 一般取在卡盘端面与主轴中心线的交点处, 见图 1-11。同时, 通过设置参数的方法, 也可将机床原点设定在 X 、 Z 坐标的正方向极限位置上。

(2) 数控铣床的原点。在数控铣床上, 机床原点一般取在 X 、 Y 、 Z 坐标的正方向极限

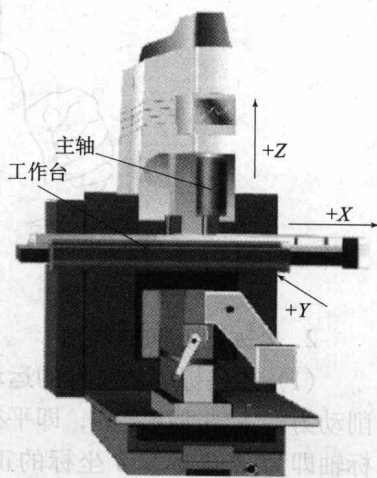


图 1-10 数控立式铣床的坐标系

位置上, 见图 1-12。

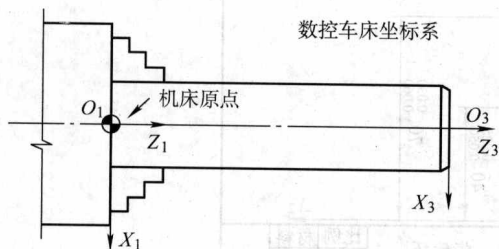


图 1-11 车床的机床原点

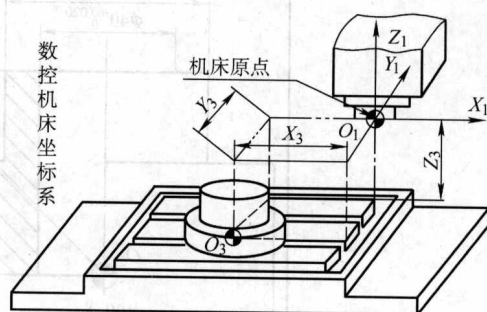


图 1-12 铣床的机床原点

5. 机床参考点

机床参考点是用于对机床运动进行检测和控制的固定位置点。

机床参考点的位置是由机床制造厂家在每个进给轴上用限位开关精确调整好的, 坐标值已输入数控系统中。因此参考点对机床原点的坐标是一个已知数。

通常在数控铣床上机床原点和机床参考点是重合的; 而在数控车床上机床参考点是离机床原点最远的极限点。图 1-13 所示为数控车床的参考点与机床原点。

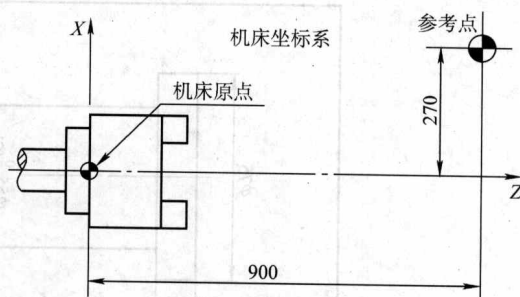


图 1-13 数控车床的参考点

数控机床开机时, 必须先确定机床原点, 而确定机床原点的运动就是刀架返回参考点的操作, 这样通过确认参考点, 就确定了机床原点。只有机床参考点被确认后, 刀具 (或工作台) 移动才有基准。

二、编程坐标系

编程坐标系是编程人员根据零件图样及加工工艺等建立的坐标系。编程坐标系一般供编程使用, 确定编程坐标系时不必考虑工件毛坯在机床上的实际装夹位置。如图 1-14 所示, 其中 O_2 即为编程坐标系原点。

编程原点是根据加工零件图样及加工工艺要求选定的编程坐标系的原点。

编程原点应尽量选择在零件的设计基准或工艺基准上, 编程坐标系中各轴的方向应该与所使用的数控机床相应的坐标轴方向一致, 如图 1-15 所示为车削零件的编程原点。

三、加工坐标系

1. 加工坐标系的确定

加工坐标系是指以确定的加工原点为基准所建立的坐标系。

加工原点也称为程序原点, 是指零件被装夹好后, 相应的编程原点在机床坐标系中的位置。

在加工过程中, 数控机床是按照工件装夹好后所确定的加工原点位置和程序要求进行加

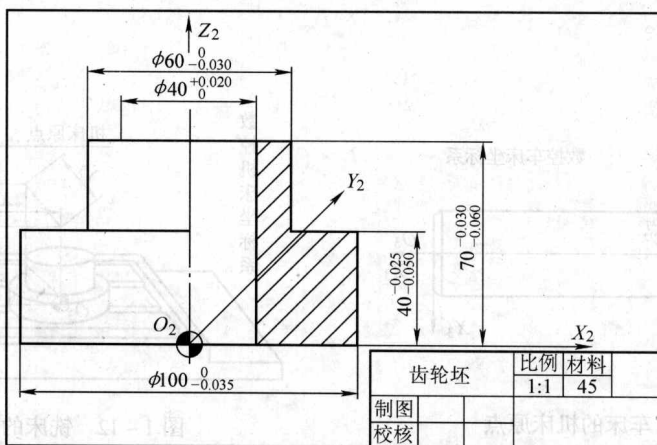


图 1-14 编程坐标系

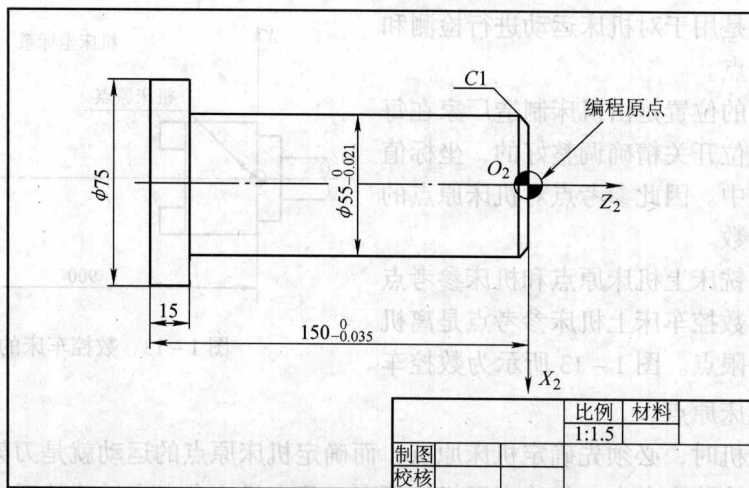


图 1-15 确定编程原点

工的。编程人员在编制程序时，只要根据零件图样就可以选定编程原点、建立编程坐标系、计算坐标数值，而不必考虑工件毛坯装夹的实际位置。对于加工人员来说，则应在装夹工件、调试程序时，将编程原点转换为加工原点，并确定加工原点的位置，在数控系统中给予设定（即给出原点设定值），设定加工坐标系后就可根据刀具当前位置，确定刀具起始点的坐标值。在加工时，工件各尺寸的坐标值都是相对于加工原点而言的，这样数控机床才能按照准确的加工坐标系位置开始加工。图 1-15 中 O_2 为加工原点。

2. 加工坐标系的设定方法

方法一：在机床坐标系中直接设定加工原点。

例 1-2 以图 1-14 为例，在配置 FANUC - OM 系统的立式数控铣床上设置加工原点 O_2 。

(1) 加工坐标系的选择 编程原点设置在工件轴心线与工件底端面的交点上。

设工作台工作面尺寸为 $800\text{mm} \times 320\text{mm}$ ，若工件装夹在接近工作台中间处，则确定了加工坐标系的位置，其加工原点 O_3 就在距机床原点 O_1 为 X_3 、 Y_3 、 Z_3 处，并且 $X_3 =$

-345.700mm , $Y_3 = -196.220\text{mm}$, $Z_3 = -53.165\text{mm}$ 。

(2) 设定加工坐标系指令

1) G54~G59 为设定加工坐标系指令。G54 对应一号工件坐标系, 其余以此类推。可在 MDI 方式的参数设置页面中, 设定加工坐标系。如对已选定的加工原点 O_2 , 将其坐标值

$X_3 = -345.700\text{mm}$

$Y_3 = -196.220\text{mm}$

$Z_3 = -53.165\text{mm}$

设在 G54 中, 则表明在数控系统中设定了 1 号工件加工坐标。设置页面如图 1-16。

2) G54~G59 在加工程序中出现时, 即选择了相应的加工坐标系。

WORK		COORDINATES		0 023	N0010
NO.	(SHFIT)			NO.	(G55)
0 0				0 2	
	X	0.000		X	-324.89
	Y	0.000		Y	-195.67
	Z	0.000		Z	-68.35
NO.	(G54)			NO.	(G56)
0 1				0 3	
	X	-345.700		X	0.000
	Y	-196.220		Y	0.000
	Z	-53.165		Z	0.000
ADRS 8:58:48					
[WERA]	[MACRO]		[MENU]	HNDL [WORK]	[TOOL LF]

图 1-16 加工坐标系设置

方法二: 通过刀具起始点来设定加工坐标系。

(1) 加工坐标系的选择加工坐标系的原点可设定在相对于刀具起始点的某一符合加工要求的空间点上。应注意的是, 当机床开机回参考点之后, 无论刀具运动到哪一点, 数控系统对其位置都是已知的, 也就是说, 刀具起始点是一个已知点。

(2) 设定加工坐标系指令。

G92 为设定加工坐标系指令。在程序中出现 G92 程序段时, 即通过刀具当前所在位置即刀具起始点来设定加工坐标系。

G92 指令的编程格式: $G92 \quad X \quad a \quad Y \quad b \quad Z \quad c$

该程序段运行后, 就根据刀具起始点设定了加工原点, 如图 1-17 所示。

从图 1-17 中可看出, 用 G92 设置加工坐标系, 也可看作是: 在加工坐标系中, 确定刀具起始点的坐标值, 并将该坐标值写入 G92 编程格式中。

例 1-3 在图 1-18 中, 当 $a = 50\text{mm}$, $b = 50\text{mm}$, $c = 10\text{mm}$ 时, 试用 G92 指令设定加工坐标系。设定程序为 G92 X50 Y50 Z10

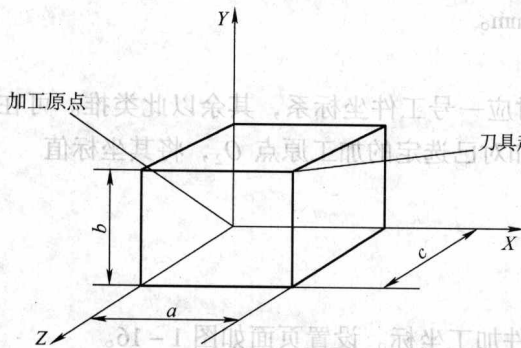


图 1-17 设定加工坐标系

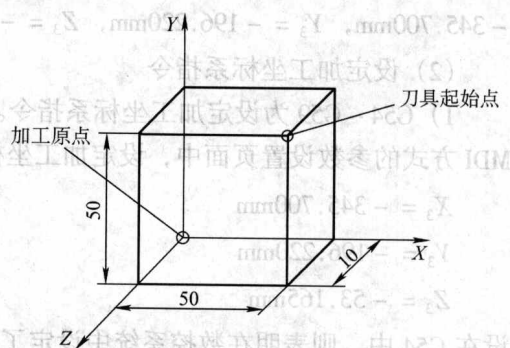


图 1-18 设定加工坐标系应用

第五节 数控机床的刀具补偿

1. 数控车床刀具补偿

数控车床刀具补偿功能包括刀具位置补偿和刀具圆弧半径补偿两方面。在加工程序中用 T 功能指定, $T \times \times \times \times$ 中前两个 $\times \times$ 为刀具号, 后两个 $\times \times$ 为刀具补偿号, 如 T0202。如果刀具补偿号为 00, 则表示取消刀补。

2. 加工中心、数控铣床刀具补偿

加工中心、数控铣床的数控系统, 刀具补偿功能包括刀具长度补偿、半径补偿和夹具补偿等刀具补偿功能。

(1) 刀具长度补偿。刀具长度是一个很重要的概念。我们在对一个零件编程的时候, 首先要指定零件的编程中心, 然后才能建立工件编程坐标系, 而此坐标系只是一个工件坐标系, 零点一般在工件上。长度补偿只是和 Z 坐标有关, 它不像 X、Y 平面内的编程零点, 因为刀具是由主轴锥孔定位而不改变, 对于 Z 坐标的零点就不一样了。每一把刀的长度都是不同的, 例如, 我们要钻一个深为 50mm 的孔, 然后攻螺纹深为 45mm, 分别用一把长为 250mm 的钻头和一把长为 350mm 的丝锥。先用钻头钻孔深 50mm, 此时机床已经设定工件零点, 当换上丝锥攻螺纹时, 如果两把刀都从设定零点开始加工, 丝锥因为比钻头长而攻螺纹过长, 结果损坏了刀具和工件。此时如果设定刀具补偿, 把丝锥和钻头的长度进行补偿, 此时机床零点设定之后, 即使丝锥和钻头长度不同, 因补偿的存在, 在调用丝锥工作时, 零点 Z 坐标已经自动向 Z+ (或 Z-) 补偿了丝锥的长度, 保证了加工零点的正确。

刀具长度补偿是通过执行含有 G43 (G44) 和 H 指令来实现的, 同时我们给出一个 Z 坐标值, 这样刀具在补偿之后移动到离工件表面距离为 Z 的地方。另外一个指令 G49 是取消 G43 (G44) 指令的, 其实我们不必使用这个指令, 因为每把刀具都有自己的长度补偿, 当换刀时, 利用 G43 (G44) H 指令赋予了自己的刀具长度补偿而自动取消了前一把刀具的长度补偿。

刀具长度补偿的两种方法:

1) 用刀具的实际长度作为刀具长度的补偿 (推荐使用这种方式)。使用刀具长度作为补偿就是使用对刀仪测量刀具的长度, 然后把这个数值输入到刀具长度补偿寄存器中, 作为刀具长度补偿。使用刀具长度作为刀具长度补偿的理由如下: