



中等职业教育**机械类**系列教材

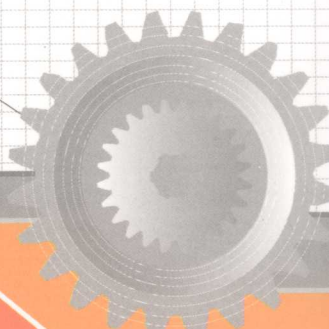
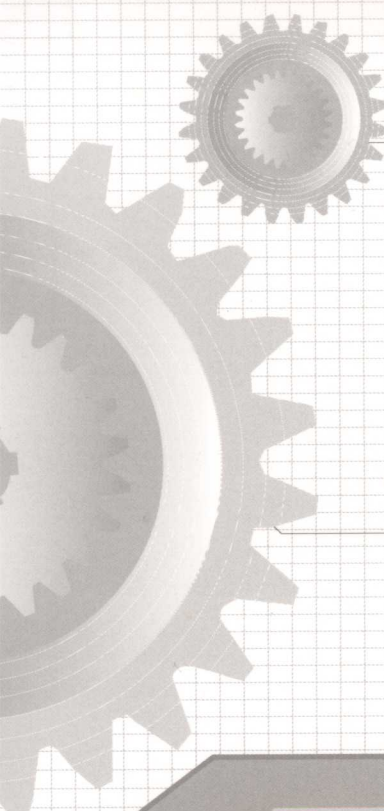
◎ 总主编 董代进 张仁英

数控车床编程与仿真加工

Shukong Chechuang biancheng yu Fangzhen Jiagong

◎ 主 编 董代进 邓红梅

◎ 主 审 夏进刚



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

教师信息反馈表

数控车床编程与仿真加工

主编 董代进 邓红梅
主审 夏进刚

江苏工业学院图书馆
藏书章

重庆大学出版社

重庆大学图书馆

重庆大学图书馆

重庆大学图书馆

重庆大学图书馆

重庆大学图书馆

重庆大学图书馆

重庆大学图书馆

重庆大学图书馆

内 容 简 介

本书以实例的形式,以广州超软数控加工仿真软件为工具,系统地讲述了数控车编程的基本知识以及GSK928TC系统、GSK980TD系统、HNC22T系统的指令及编程。

本书图文并茂、通俗易懂、可操作性强,与数控车的实际操作紧密相联,既可作为中等职业学校数控车编程与仿真加工教材,也可作为数控车方面的培训教材,还可作为相关工程技术人员自学数控车编程用书以及高等职业学校师生用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与仿真加工/董代进,邓红梅主编. —重庆:重庆大学出版社,2009.2

(中等职业教育机械类系列教材)

ISBN 978-7-5624-4752-8

I. 数… II. ①董…②邓… III. ①数控机床:车床—程序设计—专业学校—教材②数控机床:车床—操作—专业学校—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 205851 号

中等职业教育机械类系列教材 数控车床编程与仿真加工

主编 董代进 邓红梅

主审 夏进刚

责任编辑:周 立 版式设计:周 立

责任校对:夏 宇 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

自贡新华印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:19.25 字数:480千

2009年2月第1版 2009年2月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4752-8 定价:36.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

本书根据中等职业学校机械类专业的特点以及数控车编程及其仿真加工在机械类专业的地位和作用,以能熟练运用广州超软数控加工仿真软件,紧扣数控车的实际操作,对 GSK928TC 系统、GSK980TD 系统、HNC22T 系统进行仿真加工为目的,主要讲述了:

1. 数控车编程的基本知识。
2. 广州超软数控加工仿真软件的使用。

3. GSK928TC 系统、GSK980TC 系统、HNC22T 系统的操作、编程指令及其编程、以及仿真加工。

充分体现“以就业为导向,以能力为本位,以学生为宗旨”的精神。

本书作者长期从事中等职业学校数控车的理论与实际、以及数控仿真加工的教学,是各个学校优秀的双师型教师,具有丰富的实践经验和扎实的理论功底,非常熟悉中等职业学校的教育教学规律,本书既可作为数控车的仿真加工教材,也可作为数控车的实际操作教材。

根据中等职业学校机械类的教学要求,本课程教学共需 100 个课时左右,课时分配,可参考下表:

内 容	项目一	项目二	项目三	项目四	合 计
课时(节)	15	25	20	40	100

本书由重庆市龙门浩职业中学的董代进、徐继银、罗漾,重庆教育管理学校的邓红梅,重庆万洲职教中心的葛卫国,重庆九龙坡区职业教育中心的彭荣、唐斌武,五里店职业中学的何伟,重庆市机械高级技工学校陈燚等老师共同编写,由董代进、邓红梅任主编,全书由夏进刚主审。

本书在编写过程中,得到重庆龙门浩职业中学章方学校长、张小毅副校长,该校电子机械部邹开耀部长的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中错误与不足在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 10 月

目 录

项目一 数控车床编程与数控仿真加工基础	1
任务一 数控车床编程基础	1
课题一 数控技术概述	1
课题二 数控程序的坐标系	7
课题三 程序的结构	13
课题四 数控车程序编制中的数学处理	17
课题五 数控程序编制的内容及步骤	20
任务二 认识广州超软数控加工仿真软件	23
课题一 数控加工仿真技术的发展与应用	23
课题二 CZK 系统的安装	26
课题三 CZK 系统的操作	35
课题四 CZK 菜单工具栏、标准工具栏的操作	47
项目二 GSK928TC 系统	58
任务一 GSK928TC 操作	58
课题一 GSK928TC 操作面板说明	58
课题二 手动操作	61
课题三 设置工件原点	63
课题四 零件程序处理	65
课题五 GSK928TC 加工初步	67
课题六 设置刀补值	68
课题七 自动工作方式	71
任务二 GSK928TC 编程指令	73
课题一 GSK928TC 常用指令代码	73
课题二 G00、G01、G02、G03 插补指令	75
课题三 G90——内外圆柱(锥)面车削循环	77
课题四 螺纹切削	79
课题五 G71——外圆粗车复合循环	81
课题六 G75 切槽循环	83
课题七 凹槽加工	85
任务三 GSK928TC 仿真加工实例	87
课题一 阶梯螺纹轴的车削	87
课题二 复杂轴类零件 1	91

课题三	复杂轴类零件 2	95
课题四	带凹圆槽轴类零件的车削	98
课题五	套类零件的车削	102
项目三	GSK980TD 系统	108
任务一	GSK980TD 操作	108
课题一	操作面板说明	108
课题二	页面显示及数据的修改与设置	113
课题三	录入方式(MDI)方式和编辑工作方式	116
课题四	对刀操作	118
课题五	程序的自动运行	120
课题六	GSK980TD 加工初步	122
任务二	GSK980TD 编程基础	123
课题一	GSK980TD 指令	123
课题二	圆弧插补(G02、G03)	125
课题三	单一型固定循环(G90、G92、G94)	127
课题四	复合循环指令	129
课题五	子程序	137
任务三	GSK980TD 加工实例	139
课题一	加工实例一	139
课题二	加工实例二	142
课题三	加工实例三	145
课题四	加工实例四	147
课题五	加工实例五	151
项目四	CZK-HNC22T 系统与华中数控车编程	158
任务一	认识 CZK-HNC22T 系统	158
课题一	CZK-HNC22T 系统面板的操作	158
课题二	CZK-HNC22T 系统加工初步	166
课题三	CZK-HNC22T 系统程序的处理	176
课题四	CZK-HNC22T 系统程序的运行方式	184
任务二	HNC22T 系统编程指令及其编程	187
课题一	HNC22T 系统编程初步	187
课题二	HNC22T 系统准备功能 G 代码	188
课题三	HNC22T 系统的刀具补偿功能指令	267
课题四	HNC22T 系统辅助功能 M 代码	274
课题五	HNC22T 系统主轴功能 S、进给功能 F、刀具功能 T	277
课题六	综合编程实例	278
参考文献		299

项目一 数控车床编程与数控仿真加工基础

项目内容 1. 数控车床编程基础知识。

2. 认识广州超软加工仿真软件。

项目目标 1. 了解数控技术的一些基本术语、数控加工的特点、数控机床的基本功能。

2. 理解数控车床的坐标系、程序的结构,能运用数学知识处理数控程序编制中的一些数学问题,理解数控程序编制的内容及步骤。

3. 了解数控加工仿真技术的历史,掌握 CZK 系统的安装及操作,理解 CZK 菜单工具栏、标准工具栏的内容及含义。

任务一 数控车床编程基础

课题一 数控技术概述

一、数控技术的几个基本术语

1. 数字控制

数字控制(Numerical Control)简称 NC,是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程,如加工、测量、装配等,进行可编程控制的自动化方法。

2. 数控技术

数控技术(Numerical Control Technology)是指用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。控制对象不仅可以是位移、角度、速度等机械量,也可以是温度、压力、流量、颜色等物理量,这些量的大小不仅是可测量的,而且可以经 A/D 或 D/A 转换,用数字信号来表示。数控技术是近代发展起来的一种自动控制技术,是机械加工现代化的重要基础与关键技术。

数控技术的产生依赖于数据载体和二进制形式数据运算的出现。1908 年,穿孔的金属薄片互换式数据载体问世。19 世纪末,以纸为数据载体并具有辅助功能的控制系统被发明。1938 年,香农在美国麻省理工学院进行了数据快速运算和传输,奠定了现代计算机,包括计算机数字控制系统的基础。数控技术是与机床控制密切结合发展起来的。1952 年,第一台数控机床问世,成为世界机械工业史上一件划时代的事件,推动了自动化的发展。

现在,数控技术也叫计算机数控技术,目前它是采用计算机实现数字程序控制的技术。这种技术用计算机按事先存贮的控制程序来执行对设备的控制功能。由于采用计算机替代原先用硬件逻辑电路组成的数控装置,使输入数据的存储、处理、运算、逻辑判断等各种控制机能的实现,均可通过计算机软件来完成。

3. 数控机床

数控机床(Numerical Control Machine Tools)是采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床,它是按加工要求预先编制程序,由控制系统发出以数字量作为指令信息进行工作的机床。它是数控技术应用的典型例子。

数控机床将零件加工过程所需的各种操作(如主轴变速、主轴启动和停止、松夹工件、进刀退刀、冷却液开或关等)和步骤以及刀具与工件之间的相对位移量都用数字化的代码来表示,由编程人员编制成规定的加工程序,通过输入介质(磁盘等)送入计算机控制系统,再由计算机对输入的信息进行处理与运算,发出各种指令来控制机床的运动,使机床自动地加工出所需要的零件。

现代数控机床综合应用了微电子技术、计算机技术、精密检测技术、伺服驱动技术以及精密机械技术等多方面的最新成果,是典型的机电一体化产品。

随着数控技术的发展,数控机床不仅在宇航、造船、军工等领域广泛使用,而且也进入了汽车、机床等民用机械制造行业。目前,在机械制造行业中,单件、小批量的生产所占有的比例越来越大,机械产品的精度和质量也在不断地提高。所以,普通机床越来越难以满足加工精密零件的需要。同时,由于生产水平的提高,数控机床的价格在不断下降,因此,数控机床在机械行业中的使用已很普遍。

4. 数控系统

数控系统(Numerical Control System)实现数字控制的装置。

5. 计算机数控系统

计算机数控系统(Computer Numerical Control)简称 CNC,是以计算机为核心的数控系统。

6. 数控编程

在数控机床上加工零件,首先要进行程序编制,将零件的加工顺序、工件与刀具相对运动轨迹的尺寸数据、工艺参数(主运动和进给运动速度、切削深度等)以及辅助操作等加工信息,用规定的文字、数字、符号组成的代码,按一定的格式编写成加工程序单,并将程序单的信息通过控制介质输入到数控装置,由数控装置控制机床进行自动加工。从零件图纸到编制零件加工程序和制作控制介质的全部过程称为数控程序编制。

二、数控加工的特点

数控加工经历了半个世纪的发展已成为应用于当代各个制造领域的先进制造技术。数控加工的最大特征有两点:一是可以极大地提高精度,包括加工质量精度及加工时间误差精度;二是加工质量的重复性,可以稳定加工质量,保持加工零件质量的一致。也就是说加工零件的质量及加工时间是由数控程序决定而不是由机床操作人员决定的。具体来说,数控加工具有如下优点:

1. 具有复杂形状加工能力

复杂形状零件在飞机、汽车、造船、模具、动力设备和国防军工等制造部门具有重要地位,其加工质量直接影响整机产品的性能。数控加工运动的任意可控性,使其能完成普通加工方法难以完成或者无法进行的复杂型面加工。

2. 高质量

数控加工是用数字程序控制实现自动加工,排除了人为误差因素,且加工误差还可以由数

控系统通过软件技术进行补偿校正。因此,采用数控加工可以提高零件加工精度和产品质量。

3. 高效率

与采用普通机床加工相比,采用数控加工一般可提高生产率2~3倍,在加工复杂零件时,生产率可提高十几倍甚至几十倍。特别是五面体加工中心和柔性制造单元等设备,零件一次装夹后能完成几乎所有表面的加工,不仅可消除多次装夹引起的定位误差,还可大大减少加工辅助操作,使加工效率进一步提高。

4. 高柔性

只需改变零件程序即可适应不同品种的零件加工,且几乎不需要制造专用工装夹具,因而加工柔性好,有利于缩短产品的研制与生产周期,适应多品种、中小批量的现代生产需要。

5. 减轻劳动强度,改善劳动条件

数控加工是按事先编好的程序自动完成的,操作者不需要进行繁重的重复手工操作,劳动强度和紧张程度大为改善,劳动条件也相应得到改善。

6. 有利于生产管理

数控加工可大大提高生产率、稳定加工质量、缩短加工周期、易于在工厂或车间实行计算机管理。数控加工技术的应用,使机械加工的大量前期准备工作与机械加工过程联为一体,使零件的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺规划(CAPP)和计算机辅助制造(CAM)的一体化成为现实,宜于实现现代化的生产管理。

7. 数控机床价格较高,维修较难

数控机床是一种高度自动化机床,必须配有数控装置或电子计算机,机床加工精度因受切削用量大、连续加工发热多等影响,使其设计要求比通用机床更严格,制造要求更精密,因此数控机床的制造成本较高。此外,由于数控机床的控制系统比较复杂,一些元件、部件精密度较高以及一些进口机床的技术开发受到条件的限制,所以对数控机床的调试和维修都比较困难。

三、数控机床简述

1. 数控机床的类型

20世纪40年代末,美国开始研究数控机床,1952年,美国麻省理工学院(MIT)伺服机构实验室成功研制出第一台数控铣床,并于1957年投入使用。这是制造技术发展过程中的一个重大突破,标志着制造领域中数控加工时代的开始。数控加工是现代制造技术的基础,这一发明对于制造行业而言,具有划时代的意义和深远的影响。世界上主要工业发达国家都十分重视数控加工技术的研究和发展。我国于1958年开始研制数控机床,成功试制出配有电子数控系统的数控机床,1965年开始批量生产配有晶体管数控系统的三坐标数控铣床。经过几十年的发展,目前的数控机床已经在工业界得到广泛应用,在模具制造行业的应用尤为普及。

数控机床种类繁多,一般将数控机床分为16大类:

(1) 数控车床(含有铣削功能的车削中心)

(2) 数控铣床(含铣削中心)

(3) 数控镗床

(4) 以铣镗削为主的加工中心

(5) 数控磨床(含磨削中心)

(6) 数控钻床(含钻削中心)



(7) 数控拉床

(8) 数控刨床

(9) 数控切断机床

(10) 数控齿轮加工机床

(11) 数控激光加工机床

(12) 数控电火花切割机床(含电加工中心)

(13) 数控板材成型加工机床

(14) 数控管料成型加工机床

(15) 其他数控机床

模具制造常用的数控加工机床有:数控铣床、数控电火花成型机床、数控电火花线切割机床、数控磨床和数控车床。

2. 数控机床的组成

数控机床通常由控制系统、伺服系统、检测系统、机械传动系统及其他辅助系统组成。

(1) 控制系统用于数控机床的运算、管理和控制,通过输入介质得到数据,对这些数据进行解释和运算并对机床产生作用。

(2) 伺服系统根据控制系统的指令驱动机床,使刀具和零件执行数控代码规定的运动。

(3) 检测系统则是用来检测机床执行件(工作台、转台、滑板等)的位移和速度变化量,并将检测结果反馈到输入端,与输入指令进行比较,根据其差别调整机床运动。

(4) 机床传动系统是由进给伺服驱动元件至机床执行件之间的机械进给传动装置。

(5) 辅助系统种类繁多,如:固定循环(能进行重复加工)、自动换刀(可交换指定的刀具)、传动间隙补偿(补偿机械传动系统产生的间隙误差)等。

四、数控机床的基本功能

1. 数控系统的功能

计算机数控系统,现在普遍采用了微处理器,可以通过软件实现很多功能。数控系统有多种系列,性能各异。数控系统的功能通常包括基本功能和选择功能,基本功能是数控系统必备的功能。选择功能是供用户根据机床特点和用途进行选择的功能。CNC 系统的功能主要反映在准备功能 G 指令代码和辅助功能 M 指令代码上。根据数控机床的类型、用途、档次的不同,CNC 系统的功能有很大差别。

2. 数控系统的标准

为了满足设计、制造、维修和普及的需要,在输入代码、坐标系、加工指令及程序格式等方面,国际上形成了两种通用的标准,即国际标准化组织(ISO)标准和美国电子工程协会(EIA)标准。我国原机械工业部根据 ISO 标准制定了 JB 3050—1982《数字控制机床穿孔符》、JB 3051—1982《数字控制机床坐标系和运动方向的命名》、JB 3208—1983《数字控制机床穿孔带程序段程式中的准备功能 G 和辅助功能 M 代码》。目前,由于各个数控机床生产厂家所用的标准尚未完全统一,其所用的代码、指令及其含义不完全相同,因此,在数控编程时必须按所用的数控机床编程说明书的规定进行。

3. 数控系统代码

数控系统中常用的代码有 ISO 代码和 EIA 代码。目前国际上广泛应用的是 ISO 标准。我

国原机械工业部制定的 JB 3208—1938 标准与国际上使用的 ISO 1056—1975E 标准等效。

零件程序所用的代码,主要有准备功能(G 功能)、辅助功能(M 功能)、进给功能(F 功能)、刀具功能(T 功能)和主轴功能(S 功能)。一般数控系统中常用的 G 功能和 M 功能都与国际 ISO 标准中的功能一致,对某些特殊功能,ISO 标准中未指定的,按其数控机床控制功能的要求,数控生产厂家按需要进行自定义,并在数控编程手册中加以具体说明。下面介绍 ISO 标准中常用的功能指令。

4. 数控机床的基本功能

(1) 控制功能。CNC 系统的主要性能之一就是能控制的轴数和能同时控制(联动)的轴数。控制轴有移动轴和回转轴,有基本轴和附加轴。通过轴的联动可以完成轮廓轨迹的加工。

一般数控车床只需二轴控制、二轴联动;数控铣床需要三轴控制、三轴联动或 2.5 轴联动;加工中心为多轴控制、多轴联动。控制的轴数越多,特别是同时控制的轴数越多,要求 CNC 系统的功能就越强大,同时 CNC 系统也就越复杂,编制程序也就越困难。

(2) 插补功能。CNC 系统是通过软件插补来实现刀具运动轨迹控制的。由于轮廓控制的实时性很强,软件插补的计算速度难以满足数控机床对进给速度和分辨率的要求,同时,由于 CNC 不断扩展其他方面的功能,也要求插补计算其所占用的 CPU 时间。因此,CNC 的插补功能实际上被分为粗插补和精插补。插补软件每次插补一个小线段的数据为粗插补。伺服系统根据粗插补的结果,将小线段分成单个脉冲的输出称为精插补,有的数控机床采用硬件进行插补。

(3) 准备功能(G 功能)。准备功能也称 G 功能或 G 代码,是使机床或数控系统建立起某种加工方式的指令。G 功能由地址符 G 及其后的两位数字给成,一般从 G00 ~ G99 共 100 个。

G 代码分为模态代码(又称续效代码)和非模态代码。所谓模态代码是指在程序中一旦指令生成就一直有效,非模态代码是指只在本程序段中才有效。

(4) 辅助功能(M 功能)。辅助功能也称 M 功能或 M 代码,由地址符 M 及其后的两位数字组成,它是控制机床或系统开关功能的一种指令,用以指定如主轴的正、反转、工件或刀具的夹紧与松开、系统切削液的开与关、程序的结束等。

(5) 进给功能(F 功能)。进给功能也称为 F 功能或 F 代码,由地址符 F 及其后面的数字组成,用来指定刀具相对于工件运动的速度或螺纹的螺距、导程。当指进给速度时,其单位一般是 mm/min。该代码是模态代码,一般有代码指定法和直接指定法两种方法。

① 代码指定法。F 后跟随两位数字,这些数字不直接表示进给速度的大小,而是机床进给速度数列的序号。

② 直接指定法。F 后跟的数字就是进给速度的大小,例如 F100 表示进给速度是 100 mm/min。这种指定方法较为直观,因此现在大多数机床均采用这一指定方法。按数控机床的进给功能,它也有两种速度表示法:

切削进给速度(每分钟进给量):对于直线轴如 F800,表示每分钟进给速度是 800 mm;对于回转轴如 F12,表示每分钟进给速度为 12°。

同步进给速度(每转进给量):主轴每转进给量规定的进给速度,如 0.5 mm/r,只有主轴上装有位置编码的机床,才能实现同步进给速度。

(6) 主轴功能(S 功能)。主轴功能也称主轴转速功能,即 S 功能,用来指定主轴的转速,

由地址符 S 及其后的数字组成,单位是 r/min 。如 S2000 表示主轴转速为 2 000 r/min ,该指令也是模态代码。

(7) 刀具功能(T 功能)。刀具功能也称 T 功能,在自动换刀的数控机床中,该指令用来选择所需的刀具,同时也用来表示选择刀具偏置和补偿。T 功能由地址符 T 及其后的 2~4 位数字组成。如 T26 表示换刀时选择 26 号刀具。当用作刀具补偿时,T26 是指按 26 号刀具事先所设定的数据进行补偿。若用四位数码指令时,如 T0101,则前两位数字表示刀号,后两位数字表示刀补号。由于不同的数控系统有不同的规定,具体应用时,应按所用数控机床编程说明书中的规定进行。

(8) 补偿功能。补偿功能是通过输入到 CNC 系统存储器的补偿量,根据编程轨迹重新计算刀具的运动轨迹和坐标尺寸,从而加工出符合要求的工件。补偿功能主要有以下两种:

① 刀具的尺寸补偿。如刀具长度补偿、刀具半径补偿和刀尖圆弧半径补偿,这些功能可以补偿刀具的磨损以及换刀时对准正确的位置。

② 丝杠的螺距误差补偿和反向间隙补偿或者热变形补偿。通过事先检测出的丝杠螺距误差和反向间隙,并输入到 CNC 系统中,在实际加工中进行补偿,从而提高数控机床的加工精度。

(9) 字符、图形显示功能。CNC 控制器可以配置单色或彩色 CRT 或 LCD,通过软件和硬件接口实现字符和图形的显示。通常可以显示程序、参数、各种补偿量、坐标位置、故障信息、人机对话编程菜单、零件图形及刀具模拟移动轨迹等。

(10) 报警功能。机床在操作或自动运行过程中,如果出现操作顺序或逻辑或格式上的错误,CNC 系统就会立刻出现报警状态,CRT 显示器上会显示出报警的编号、报警的内容及其他详细的内容。

(11) 自诊断功能。为了防止故障的发生或在发生故障后,可以迅速查明故障的类型和部位,以减少停机时间,CNC 系统中设置了各种诊断程序。不同的 CNC 系统设置的诊断程序是不相同的,诊断的水平也不相同。诊断程序一般可以包含在系统程序中,在系统运行过程中进行检测和诊断;也可以在系统运行前或故障停机后进行诊断,查找故障的部位。有的 CNC 系统可以实现远程通信诊断或在线诊断以及网络诊断。

(12) 通信功能。为了适应柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS)和计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system, CIMS)的需要,CNC 系统通常具有 RS232C 通信接口,有的还备有 DNC 接口或以太网接口。也有的 CNC 通过制造自动化协议(manufacturing automatic protocol, MAP)接入工厂的通信网络。

(13) 人机交互图形编程功能。为了进一步提高数控机床的编程效率,对于 NC 程序的编制,特别是较为复杂零件的 NC 程序都要通过计算机辅助编程,尤其是利用图形进行自动编程,以提高编程效率。因此,现代 CNC 系统一般要求具有人机交互图形编程功能。有这种功能的 CNC 系统可以根据零件图直接编制程序,即编程人员只需送入图样上简单表示的几何尺寸就能自动地计算出全部交点、切点和圆心坐标,生成加工程序。有的 CNC 系统可根据引导图和显示说明进行对话式编程,并具有自动控制工序选择、刀具和切削条件的自动控制选择等智能功能。有的 CNC 系统(如日本 FANUC 系统)还备有用户宏程序功能。这些功能有助于那些未受过 CNC 编程专门训练的机械工人能够很快地进行程序编制工作。

【想一想 1-1】 数字控制、数控技术、数控机床、数控编程的含义。

【想一想 1-2】 数控加工有哪些特点？

【想一想 1-3】 数控机床有哪些基本功能？

课题二 数控程序的坐标系

一、车床坐标系

1. 车床相对运动的规定

在车床上,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车床上工件与刀具具体运动的情况下,就可以依据零件图样,确定车床的加工过程。

2. 车床坐标系的规定

(1) 机床坐标系的含义。在数控车床上,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。

为了简化编程和保证程序的通用性,对数控机床的坐标轴和方向的命名制定了统一标准:规定直线进给的坐标轴用 X, Y, Z , 也就是右手笛卡尔直角坐标系。右手笛卡尔直角坐标系,如图 1.1 所示,内容如下:

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。

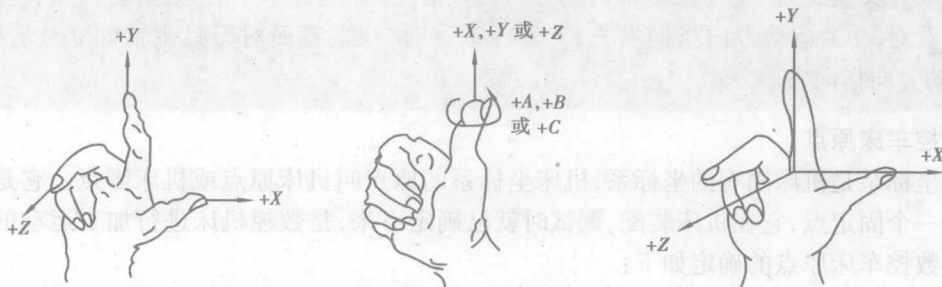


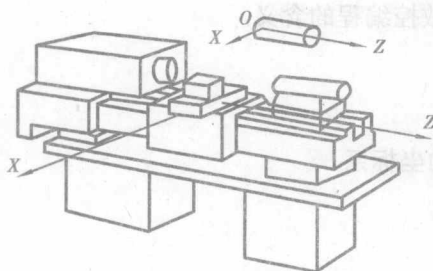
图 1.1 机床坐标系中 X, Y, Z 坐标轴的相互关系

(2) 数控车床坐标系。数控车床坐标系的规定为:

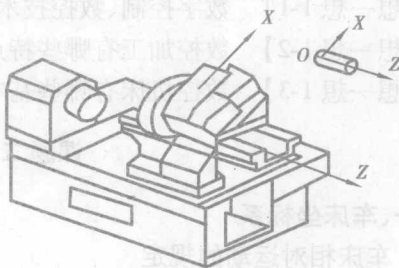
① Z 坐标轴。与“传递切削动力”的主轴轴线重合,平行于车床纵向导轨,其正向为远离卡盘的方向,负向为走向卡盘的方向,如图 1.2 所示。

② X 坐标轴。在工件的径向上,平行于车床横向导轨,其正向为远离工件,走向工件的方向为其负向。如图 1.2 所示,为横向水平导轨和倾斜导轨两种布置的数控车床坐标系。

③ Y 轴(车床上是虚设的)与 X 轴和 Z 轴构成笛卡尔直角坐标系。



(a) 横向导轨水平布置的坐标轴方向



(b) 横向导轨倾斜布置的坐标轴方向

图 1.2 横向导轨两种布置的数控车床坐标系

提示:

● 机床坐标系运动方向的规定。增大刀具与工件距离的方向即为各坐标轴的正方向,减小刀具与工件距离的方向即为各坐标轴的负方向。

(1) Z 坐标轴。 Z 坐标的运动方向是由传递切削动力的主轴所决定的,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, Z 坐标的负向为刀具走向工件的方向。

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。

(2) X 坐标轴。 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:

如果工件做旋转运动(如车床),则刀具离开工件的方向为 X 坐标的正方向;

如果刀具做旋转运动(如铣床),则分为两种情况: Z 坐标水平时,观察者沿刀具主轴向工件看时, $+X$ 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。

3. 数控车床原点

机床坐标系是机床固有的坐标系,机床坐标系的原点叫机床原点或机床零点。它是机床上设置的一个固定点,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。数控车床原点的确定如下:

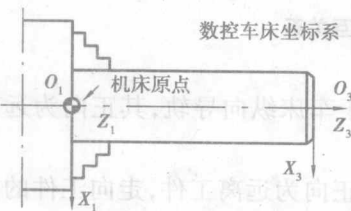


图 1.3 数控车床的原点

在数控车床上,机床原点一般取在卡盘端面与主轴中心线的交点处,如图 1.3 所示。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。

二、机床参考点

数控装置上电时,并不知道机床原点,为了正确地在机床工作时,建立机床坐标系,通常在每个坐标轴的移动范围内设置一个机床参考点。

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。

通常在数控车床上机床参考点是离机床原点最远的极限点。如图 1.4 所示,为数控车床的参考点与机床原点。

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,所以,机床开机后的第一步骤应是“回零”操作,以确定机床参考点和机床原点的距离。

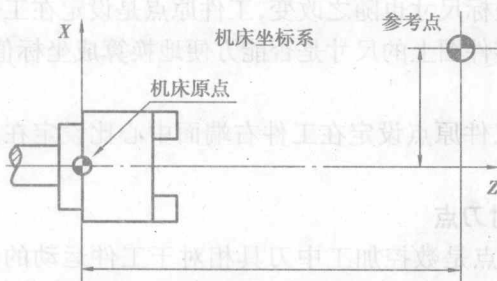


图 1.4 数控车床的参考点与机床原点

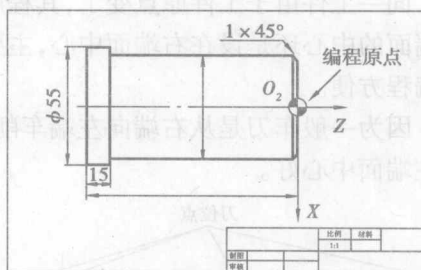


图 1.5 编程坐标系与编程原点

三、编程坐标系

1. 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 1.5 所示,为数控车床编程坐标系示例。

2. 编程原点

编程原点是根据加工零件图样及加工工艺要求所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 1.5 所示,为编程原点选在零件右端面中心。

3. 编程原点的选择

编程原点的选择一般应从以下几个方面考虑:

- (1) 所选的原点要便于数值计算,减少错误,以利于编程。
- (2) 尽量选在工件的设计基准或工艺基准上,便于测量和检验。
- (3) X 轴方向的原点,选在工件回转轴线上。
- (4) Z 轴方向的原点,一般设在工件表面。

四、工件坐标系

1. 工件坐标系

工件坐标系是指以确定加工原点为基准所建立的坐标系。

2. 工件原点

工件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,将编程原点转换为工件原点,并确定工件原点的位置,在数控系统中给予设定(即给出原点设定值),设定工件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工件原点而言的,这样数控机床才能按照准确的工件坐标系位置开始加工。

3. 工件原点的选择

同一工件由于工件原点变了,其程序段中的坐标尺寸也随之改变,工件原点是设定在工件左端面的中心还是设在右端面中心,主要是考虑零件图上的尺寸是否能方便地换算成坐标值,使编程方便。

因为一般车刀是从右端向左端车削,所以将工件原点设定在工件右端面中心比设定在工件左端面中心好。

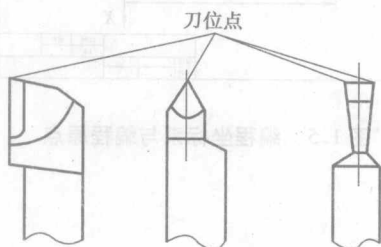


图 1.6 常用车刀的刀位点

五、对刀点

对刀点是数控加工中刀具相对于工件运动的起点,是零件程序加工的起始点,所以对刀点也叫程序起点。对刀的目的是确定工件原点在机床坐标系中的位置,即工件坐标系与机床坐标系的关系。数控车床所使用的刀具大都为尖形车刀,一般以车刀刀尖为刀位点。常用车刀的刀位点,如图 1.6 所示。

对刀点可设在工件上并与工件原点重合,也可设在工件外任何便于对刀之处,但该点与工件原点之间必需有确定的坐标联系。一般情况下,对刀点既是加工程序执行的起点,也是加工程序执行的终点。通常把设定该点的过程称为对刀或叫建立工件坐标系。

对刀有手动试切对刀和自动对刀两种,经济型数控车床一般是采用手动试切对刀,本书只介绍手动试切对刀方法。

六、工件坐标系的建立(对刀)

设定工件坐标系就是以工件原点为坐标原点,确定刀具起始点的坐标值。工件坐标系设定之后,显示屏上显示的是车刀刀尖相对工件原点的坐标值。编程时,工件的各尺寸坐标都是相对工件原点而言,因此,数控车床的工件原点也称程序原点。

在数控车床上建立工件坐标系有多种方法,不同数控系统所采用的主要方法也有不同,这里介绍常见的几种方法。

1. 通过“刀补”方式确定工件坐标系

通过“刀补”方式确定工件坐标系的具体方法是:

(1) 进行系统回零操作。

(2) 用每一把车刀,分别试切工件外圆、端面,并分别记下测量值。

(3) 进入数控系统的 MDI 方式、刀具偏置页面,在“试切直径”和“试切长度”位置,分别输入测量值,数控系统就自动计算出每把刀具的刀位点相对于工件原点的机床绝对坐标。

(4) 在程序中调用带有刀具位置补偿号的刀具功能指令(如“T0101”)后,即建立起加工坐标系。

这种方法相当于将每一把车刀,都建立起了各自相对独立的工件坐标系。由于操作简单,不需要计算,因此,这种方法已成为当前数控车床应用的主流方式。

2. 用 G92 设定工件坐标系

(1) 用 G92 设定工件坐标系的含义。在华中数控系统中,用 G92 设定工件坐标系。在程序中出现 G92 程序段时,立即通过刀具当前所在位置,即刀具起始点来设定工件坐标系。

G92 指令的编程格式: G92 X Z

X、Z 分别为刀尖的起始点距工件原点的距离,执行 G92 指令后,系统内部立即对(X,Z)进行记忆并显示在显示器上,这就相当于在系统内部建立了一个以工件原点为坐标原点的工件坐标系。

该程序段运行后,就根据刀具起始点设定了工件原点。

用 G92 设置加工坐标系,也可看做是:在工件坐标系中,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。

(2) 用“G92”设定工件坐标系的具体方法。如图 1.7 所示,用“G92”指令,把工件原点设定在工件右端面中心 O 点,其方法是:

① 换上基准刀(如 1 号刀)。

② 分别试切工件外圆和端面,并分别记下测量值。

③ 通过计算,把基准刀的刀位点,手动移动到距离工件原点一个自行指定的坐标位置(如 A 点 X40,Z20)。

④ 在程序的首段,使用预置寄存指令:“G92 X40 Z20”(以工件右端面的中心为工件原点,如果以工件左端面的中心为工件原点,则工件坐标系建立指令是“G92 X40 Z55”)。

⑤ 自动运行程序,数控系统把工件坐标系原点,设置在工件的右端面中心 O 点上。

这种方法是通过刀具当前的位置 A 点,间接确定出工件坐标系原点 O。要注意的是:在运行程序之前,必须确保刀具的刀位点位于 G92 指定的位置上(如 A 点),否则会出现意想不到的结果,因此这种方法在实际操作中,目前不太常用。

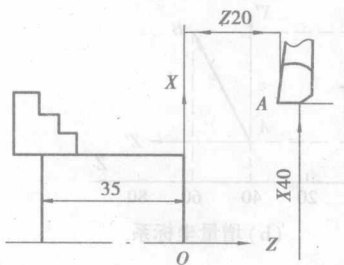


图 1.7 用 G92 指令,建立工件坐标系

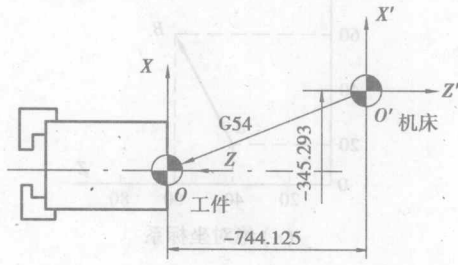


图 1.8 用 G54 指令,建立工件坐标系

3. 用存储型零点偏置指令设置工件坐标系,如“G54 ~ G59”

(1) 用“G54 ~ G59”设定工件坐标系的含义。“G54 ~ G59”为设定工件坐标系指令,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。

(2) 用“G54 ~ G59”设定工件坐标系的具体方法。如图 1.8 所示,用“G54 ~ G59”指令,