

职业院校数控技术应用专业系列教材

数控加工技能综合实训 (中级数控车工、数控铣工考证)

周晓宏 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

职业院校数控技术应用专业系列教材

数控加工技能综合实训

(中级数控车工、数控铣工考证)

主编 周晓宏

参编 肖清 刘向阳



机械工业出版社

本书介绍了数控车床和数控铣床中级操作工所需掌握的知识 and 技能, 包括基础篇、数控车床篇和数控铣床篇。

基础篇介绍了数控编程的基本知识和数控加工工艺知识。

数控车床篇介绍了 FANUC 车削系统和 SIEMENS 车削系统的编程方法, 以及 FANUC 系统和 SIEMENS 系统数控车床的操作方法, 并列出了数控车削加工编程综合实例和数控车床加工技术综合实训。

数控铣床篇介绍了 FANUC 铣削系统和 SIEMENS 铣削系统的编程方法, 以及 FANUC 系统和 SIEMENS 系统数控铣床的操作方法, 并介绍了应用 MasterCAM 软件进行二维数控铣削自动编程的方法, 列举了数控铣削加工编程综合实例和数控铣床加工技术综合实训。

本书可作为高职、中职、技校等职业院校数控技术应用专业的教材, 也可作为模具和机电一体化专业的教材, 还可供从事数控编程和加工工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工技能综合实训: 中级数控车工、数控铣工考证/周晓宏主编. —北京: 机械工业出版社, 2010. 8

职业院校数控技术应用专业系列教材

ISBN 978-7-111-31592-6

I. ①数… II. ①周… III. ①数控机床—加工—职业教育—教材
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 159065 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: 王英杰 王晓洁 责任编辑: 赵磊磊

版式设计: 张世琴 责任校对: 张晓蓉

封面设计: 路恩中 责任印制: 乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 21 印张 · 516 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-31592-6

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面防伪标均为盗版

前 言

随着机械制造技术的发展,数控车床和数控铣床在企业中的应用越来越广泛,企业正急需大量数控车床和数控铣床操作工。数控机床是价格昂贵的机电一体化设备,绝大多数企业都要求操作人员持证上岗。数控车床和数控铣床操作工培训考证工作正在我国各地的职业院校中广泛开展。本书正是为适应职业院校数控专业学生培训考证需要编写的。数控加工技能综合实训是数控专业学生考证之前开设的一门专业主干课程。

本书根据企业数控车床和数控铣床操作工岗位的知识和技能要求来编写,共分3篇,即基础篇、数控车床篇和数控铣床篇。基础篇介绍了数控编程的基本知识和数控加工工艺知识。数控车床篇介绍了FANUC车削系统和SIEMENS车削系统的编程方法,以及FANUC系统和SIEMENS系统数控车床的操作方法,并列举了数控车削加工编程综合实例和数控车床加工技术综合实训。数控铣床篇介绍了FANUC铣削系统和SIEMENS铣削系统的编程方法,以及FANUC系统和SIEMENS系统数控铣床的操作方法,并介绍了应用MasterCAM软件进行二维数控铣削自动编程的方法,列举了数控铣削加工编程综合实例和数控铣床加工技术综合实训。

本书的许多编程加工实例都来自于企业生产实际,介绍的数控系统和数控机床是目前企业应用最多的数控系统和机型。本书可作为高职、中职、技校等职业院校数控技术应用专业的教材,也可作为模具和机电一体化专业的教材,还可供从事数控编程和加工工作的工程技术人员参考。

本书由深圳技师学院周晓宏主编,肖清、刘向阳参加编写。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

基础篇

第一章 数控编程基础知识	1
第一节 数控编程概述	1
一、数控编程的概念	1
二、数控编程的步骤	1
三、数控编程的方法	3
第二节 编程几何基础	4
一、机床坐标系及运动方向	4
二、绝对坐标与增量坐标	6
三、机床原点和机床参考点	7
四、工件坐标系和工件原点	8
第三节 程序的结构及常用指令	8
一、程序的结构及格式	8
二、常用的编程指令	10
第四节 现代数控机床的功能	13
一、控制功能	13
二、操作功能	14
三、编程功能	15
四、数控输入/输出功能	15
五、其他功能	16
本章小结	16
思考与训练	16
第二章 数控加工工艺编制	18
第一节 基本概念	18
一、生产过程	18
二、工艺过程	18
三、机械加工工艺过程	18
四、机械加工工艺规程	20
五、加工余量	22
六、加工精度	23
七、表面质量	25

第二节 数控加工工艺概述	25
一、数控加工工艺的特点	25
二、数控加工工艺的主要内容	26
三、数控加工工艺设计	26
第三节 数控加工工艺系统	31
一、数控加工工艺系统的组成	31
二、数控加工刀具的种类及特点	32
三、数控机床夹具	34
第四节 数控车削加工工艺的制订	36
一、分析零件图样	36
二、确定毛坯	37
三、确定装夹方法和对刀点	37
四、确定加工方案	38
五、刀具的选择	42
六、切削用量的确定	45
第五节 数控铣削加工工艺的制订	48
一、分析零件图样	49
二、选择合适的数控机床	49
三、合理安排加工顺序	49
四、选择夹具与零件的装夹方法	50
五、拟定加工工艺路线	50
六、选择刀具	54
第六节 典型零件的数控加工工艺分析	62
一、轴类零件数控车削加工工艺	62
二、平面凸轮的数控铣削加工工艺	64
第七节 数控加工工艺实训	66
一、数控车削加工工艺实训	66
二、数控铣削加工工艺实训	67
本章小结	68
思考与训练	68

数控车床篇

第三章 数控车床的程序编制	71
第一节 数控车床概述	71

一、数控车床的用途和分类	71	四、FANUC 系统操作面板功能键的 使用	141
二、数控车床的特点与发展	72	五、机床操作面板的组成及其使用 方法	145
三、数控车床的组成及布局	72	六、FANUC 系统数控程序的编辑和 管理	148
四、数控车床的工作原理	74	七、应用数控车床加工零件的工作 步骤	153
五、数控车床的典型结构	75	第二节 SIEMENS 系统数控车床的 操作方法	162
第二节 数控车床的编程基础	78	一、数控车床操作面板的组成及其 使用	162
一、数控车床坐标系统	78	二、数控系统操作面板的组成及其 使用	163
二、数控车床的对刀方法	80	三、SINUMERIK 802S 系统显示屏幕的 划分及其功能	164
第三节 FANUC 车削系统的编程 方法	81	四、开机和回参考点	166
一、编程指令表	81	五、对刀和参数设置	167
二、程序的构成	83	六、程序编辑	168
三、F、T、S 指令	84	七、加工操作	170
四、FANUC 0-TD 车削系统的编程 方法	85	第三节 数控车床的操作规程、 注意事项及技巧	171
第四节 SIEMENS 车削系统的编程 方法	103	一、数控车床的正确使用	171
一、SIEMENS 车削系统的常用功能	103	二、数控车床的操作规程	172
二、程序结构及传输格式	104	三、数控车床通电后的检查	172
三、SINUMERIK 802S 系统基本编程 指令	105	四、操作数控车床时的注意事项	172
四、螺纹切削	111	五、工件加工后尺寸不符合图样要求的 修改方法	173
五、程序跳转及应用	115	六、切削过程中发现错漏的修改方法	176
六、循环指令及应用	119	本章小结	177
第五节 数控车削加工编程综合 实例	126	思考与训练	177
一、FANUC 车削系统的编程实例	126	第五章 数控车床加工技能综合 实训 (中级考证)	179
二、SIEMENS 车削系统的编程实例	133	第一节 FANUC 系统数控车床综合 实训 (中级考证)	179
本章小结	136	一、综合实训 (一)	179
思考与训练	136	二、综合实训 (二)	182
第四章 数控车床的操作方法	139	第二节 SIEMENS 系统数控车床综合实训	
第一节 FANUC 系统数控车床的 操作方法	139		
一、数控车床的组成	139		
二、FANUC 数控车削系统操作面板 的组成	140		
三、FANUC 数控车削系统操作面板 功能简介	140		

一、SINUMERIK 802D 数控铣床 的机床操作面板	286
二、SINUMERIK 802D 数控系统 操作面板	287
三、SINUMERIK 802D 数控系统显示屏幕的 划分及其功能	288
四、SINUMERIK 802D 数控铣床的 操作方法	288
第三节 数控铣床的操作规程及维护 保养	302
一、数控铣床操作规程	302
二、操作数控铣床时防止机床碰撞的 方法	303
三、工件加工质量的控制方法	303
四、数控铣床日常维护保养的要点	304
本章小结	306

思考与训练	306
第九章 数控铣床加工技能综合实训 (中级考证)	308
第一节 FANUC 系统数控铣床综合 实训(中级考证)	308
一、综合实训(一)	308
二、综合实训(二)	312
第二节 SIEMENS 系统数控铣床综合 实训(中级考证)	316
一、综合实训(一)	316
二、综合实训(二)	320
本章小结	323
思考与训练	323
参考文献	326

基础篇

第一章 数控编程基础知识

学习目标: 1. 掌握数控编程的步骤、数控机床坐标系统、数控程序的结构和格式。
2. 学会在数控机床上确定坐标系统。

第一节 数控编程概述

一、数控编程的概念

生成用数控机床进行零件加工的数控程序的过程,称为数控编程,有时也称为零件编程。

数控编程可以手工完成(即手工编程),也可以由计算机辅助完成(即计算机辅助数控编程)。

采用计算机辅助数控编程需要一套专用的数控编程软件,现代数控编程软件主要是以CAD软件为基础的交互式CAD/CAM—NC编程集成系统。

二、数控编程的步骤

现代数控机床都是按照事先编制好的数控加工程序自动对工件进行加工的。理想的加工程序不仅能保证加工出符合图样要求的合格零件,同时还能使数控机床的功能得到合理的应用与充分的发挥,使数控机床能安全可靠及高效地工作。

在进行数控编程之前,程序员应了解所用数控机床的规格、性能、CNC系统所具备的功能及编程指令格式等。编制程序时,应先对图样描述的零件几何形状、尺寸及工艺要求进行分析,确定加工方法和加工工艺,包括加工工序、刀具、加工路线、切削参数等,再进行数值计算,获得刀位数据。然后按数控机床规定的代码和程序格式,将工件的尺寸、刀位数据、加工路线、切削参数(主轴转速、进给速度、背吃刀量等)以及辅助功能(换刀,主轴正转、反转,切削液开、关等)编制成加工程序,并输入数控系统,由数控系统控制机床自动进行加工。

一般来说,数控编程过程主要包括:分析零件图样和工艺处理、数学处理、编写程序

单、输入数控系统及程序检验,如图 1-1 所示。数控编程的具体步骤与要求如下:

1. 分析零件图样和工艺处理

这个步骤包括:对零件图样进行分析以明确加工的内容及要求,确定加工方案,选择合适的数控机床,设计夹具,选择刀具,确定合理的进给路线及选择合理的切削用量等。工艺处理涉及的问题比较多,编程人员需要注意以下几点:

(1) 工艺方案及工艺路线 数控机床上确定工艺方案、工艺路线的原则是:

- 1) 应考虑数控机床使用的合理性及经济性,并充分发挥数控机床的功能。
- 2) 合理选取起刀点、切入点和切入方式,保证切入过程平稳,没有冲击。
- 3) 尽量缩短加工路线,减少空行程时间和换刀次数,提高生产效率。
- 4) 保证零件的加工精度和表面粗糙度要求。
- 5) 尽量使数值计算方便,程序段少,减少编程工作量。
- 6) 保证加工过程的安全性,避免刀具与非加工面的干涉。

在划分工艺时,除了按先粗后精、先面后孔等原则保证零件质量外,常用刀具集中的方法,即用一把刀加工完成相应各部位,再换另一把刀加工相应的其他部位,以减少空行程和换刀时间。

(2) 正确选择编程原点及编程坐标系 对于数控机床来说,编制程序时,正确选择编程原点及编程坐标系是很重要的。编程坐标系是指数控编程时,在工件上确定的基准坐标系,其原点也是数控加工的对刀点。编程原点及编程坐标系的选择原则如下:

- 1) 所选的编程原点及编程坐标系应使程序编制简单。
- 2) 编程原点应选在容易找正并在加工过程中便于检查的位置。
- 3) 引起的加工误差小。

(3) 正确选择刀具和切削用量 数控机床所使用的刀具应满足安装调整方便、刚性好、精度高、寿命长的要求。选择刀具时应根据工件材料的性能、机床的加工能力、加工工序的类型、切削用量以及其他与加工有关的因素来选择刀具。

切削用量包括主轴转速、进给速度、背吃刀量等。主轴转速根据机床允许的切削速度及工件直径选取。进给速度按零件加工精度、表面粗糙度要求选取,粗加工取较大值,精加工取较小值。最大进给速度受机床刚度及进给系统性能的限制。背吃刀量由机床、刀具、工件的刚度确定。在刚度允许的条件下,粗加工取较大的背吃刀量,以减少进给次数,提高生产效率;精加工取较小的背吃刀量,以获得表面质量。

(4) 零件的安装与夹具的选择 数控机床上安装零件应考虑以下几点:

1) 尽量选择通用、组合夹具,安装一次把零件的所有加工面都加工出来。零件的定位基准与设计基准重合,减少定位误差。使用组合夹具,生产准备周期短,夹具零件可以反复使用,经济效果好。

2) 应特别注意要迅速完成工件的定位和夹紧过程,减少辅助时间。必要时可以考虑采用专用夹具。

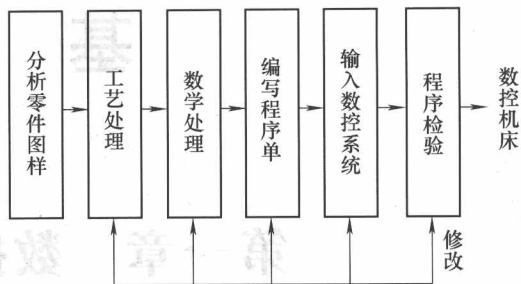


图 1-1 数控编程的步骤

3) 所用夹具应便于安装, 便于协调工件和机床坐标系的尺寸关系。

2. 数学处理

在完成了工艺处理的工作后, 下一步需根据零件的形状、尺寸、进给路线, 计算出零件轮廓上各几何元素的起点、终点以及圆弧的圆心坐标。若数控系统无刀补功能, 则应计算刀心轨迹。当用直线、圆弧来逼近非圆曲线时, 还应计算曲线上各点的坐标值, 以获得刀位数据。

3. 编写程序单

手工编程适合于零件形状较简单、加工工序较短、坐标计算较简单的场合, 对于形状复杂(如空间自由曲线、曲面)、工序较长、计算较烦琐的零件可采用计算机辅助编程。

4. 输入数控系统

可通过键盘直接将程序输入数控系统, 也可先制作控制介质(穿孔带等), 再将控制介质上的程序输入数控系统。

5. 程序检验

对有图形显示功能的数控机床, 可进行图形模拟加工, 检查刀具轨迹是否正确。对无此功能的数控机床可进行空运转检验。

以上工作只能检验刀具运动轨迹的正确性, 检验不出对刀误差和某些计算误差引起的加工误差以及加工精度。所以还要进行首件试切, 可先用铝、塑料、石蜡等易切削材料试切。试切后若发现工件不符合要求, 再修改程序或进行刀具尺寸补偿。

三、数控编程的方法

1. 手工编程

手工编程是指编制零件数控加工程序的各个步骤, 即从零件图样分析、工艺处理、确定加工路线和工艺参数、几何计算、编写零件的数控加工程序单直至程序的检验, 均由人工来完成, 手工编程过程如图 1-2 所示。

对于点位加工和几何形状不太复杂的零件, 数控编程计算较简单, 程序段较少, 手工编程即可实现。但对轮廓形状不是由简单的直线、圆弧组成的复杂零件, 特别是空间复杂曲面零件以及几何元素虽不复杂, 但程序量很大的零件, 计算及编写程序就相当烦琐, 工作量大, 容易出错, 且很难校对, 采用手工编程难以完成。此时必须采用自动编程。

2. CAD/CAM 集成系统数控编程

CAD/CAM 集成系统数控编程是指以待加工零件 CAD 模型为基础的一种集加工工艺规划及数控编程为一体的自动编程方法。其中零件 CAD 模型的描述方法多种多样, 适用于数控编程的主要有表面模型和实体模型, 其中以表面模型在数控编程中应用较为广泛。以表面模型为基础的 CAD/CAM 集成数控编程系统习惯上又称为图像数控编程系统。

CAD/CAM 集成系统数控编程的主要特点是零件的几何形状可在零件设计阶段采用

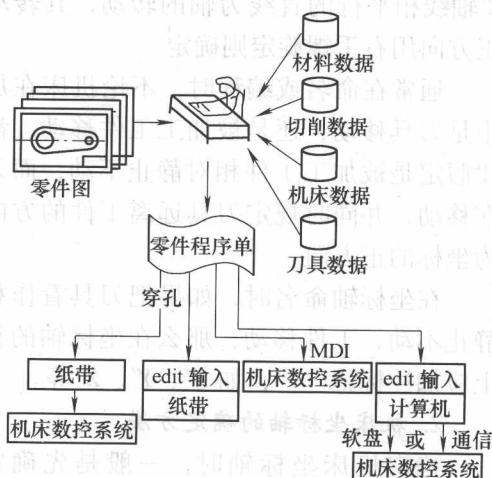


图 1-2 手工编程过程

CAD/CAM 集成系统的几何设计模块在图形交互式下进行定义、显示和修改,最终得到零件的几何模型(可以是表面模型,也可以是实体模型)。数控编程的一般过程包括刀具的选择、刀具相对于零件表面运动方式的定义、切削加工参数的确定、进给轨迹的生成、加工过程的动态图形仿真显示、程序验证直到后置处理等,一般都是在屏幕菜单及命令驱动等图形交互方式下完成的,具有形象、直观和高效等优点。

以实体模型为基础的数控编程方法比以表面模型为基础的数控编程方法复杂,基于后者的数控编程系统一般只用于数控编程。就是说,其零件的设计功能(或几何造型功能)是专为数控编程服务的,针对性强,容易使用,典型的软件系统有 Master CAM、UG 等数控编程系统。

第二节 编程几何基础

一、机床坐标系及运动方向

建立机床坐标系是为了确定刀具或工件在机床中的位置,确定机床运动部件的位置及其运动范围。统一规定数控机床坐标系各轴的名称及其正负方向可以简化数控程序的编制,并使编制的程序对同类型机床有互换性。为了表示各运动部件的运动方位和方向,我国制订了 JB/T 3051—1999《数控机床 坐标和运动方向的命名》标准。

1. 坐标轴的命名

在标准中统一规定采用右手笛卡儿坐标系对机床的坐标系进行命名。如图 1-3 所示为机床坐标系与转动方向的确定,坐标系的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且按机床主要导轨找正的工件相关。 A 、 B 、 C 表示以 X 、 Y 、 Z 坐标轴线或与 X 、 Y 、 Z 轴线相平行的直线为轴的转动,其转动的正方向用右手螺旋定则确定。

通常在命名或编程时,不论机床在加工中是刀具移动,还是被加工工件移动,都一律假定是被加工工件相对静止不动,而刀具在移动,并同时规定刀具远离工件的方向作为坐标的正方向。

在坐标轴命名时,如果把刀具看作相对静止不动,工件移动,那么在坐标轴的符号上应加注标记“'”,如 X' 、 Y' 、 Z' 等。

2. 机床坐标轴的确定方法

确定机床坐标轴时,一般是先确定 Z 轴,再确定 X 轴和 Y 轴。

(1) Z 轴 一般是选取产生切削力的轴线方向作为 Z 轴方向。对于有主轴的机床,如图 1-4 和图 1-5 所示的卧式数控车床、立式升降台数控铣床等,则以机床主轴轴线方向作为 Z 轴方向,同时规定刀具远离工件的方向为 Z 轴正方向。

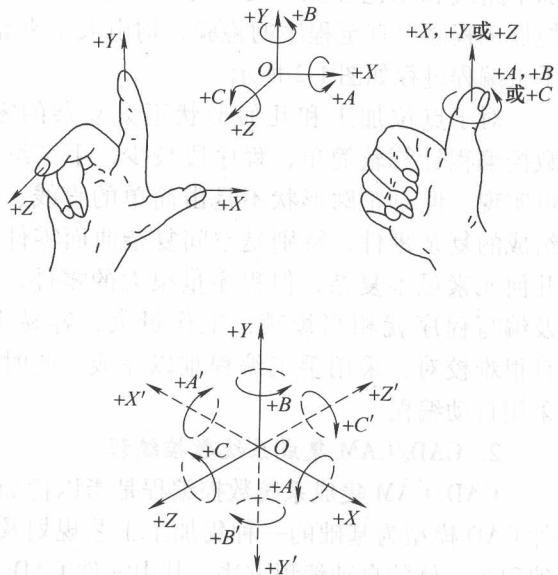


图 1-3 机床坐标系与转动方向的确定

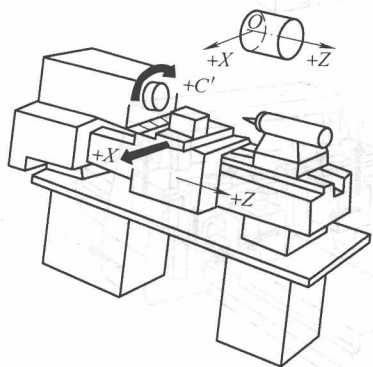


图 1-4 卧式数控车床

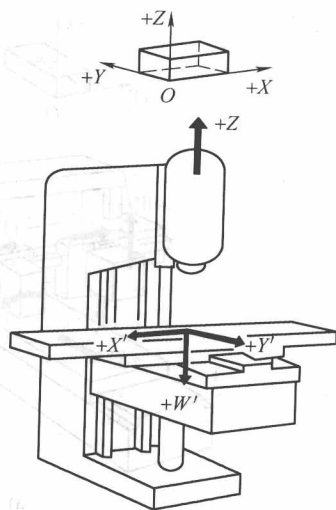


图 1-5 立式升降台数控铣床

(2) **X 轴** X 轴一般位于与工件安装面相平行的水平面内。对于机床主轴带动工件旋转的机床,如车床、磨床等,则选定在水平面内垂直于工件旋转轴线的方向为 X 轴,且刀具远离主轴轴线的方向为 X 轴的正方向。

对于机床主轴带动刀具旋转的机床,若主轴是水平的,如图 1-6 所示的卧式升降台数控铣床等,由刀具主轴向工件看,选定主轴右侧方向为 X 轴正方向;若主轴是竖直的,如立式铣床、立式钻床等,由刀具主轴向立柱看,选定主轴右侧方向为 X 轴正方向。

(3) **Y 轴** Y 轴方向可根据已选定的 Z、X 轴按右手笛卡儿坐标系来确定。

(4) **A、B、C 的转向** 当选定机床的 X、Y、Z 坐标轴后,根据右手螺旋定则来确定 A、B、C 三个转动的正方向。

(5) **附加坐标** 如果机床除有 X、Y、Z 主要直线运动外,还有平行于其坐标的运动,则应分别命名为 U、V、W。如果还有第三组运动,则应分别命名为 P、Q、R。如果还有不平行或不平行于 X、Y 或 Z 轴的直线运动,则可相应命名为 U、V、W、P、Q 或 R。

如在第一组 A、B 和 C 做回转运动的同时,还有平行或不平行于 A、B 和 C 回转轴的第二组回转运动,可命名为 D、E 和 F。

如图 1-7 所示的龙门式和龙门移动式轮廓数控铣床就是含有这种坐标类型的机床。机床坐标可在机床使用说明书或机床标牌上找到。

坐标轴移动量(坐标尺寸)有米制和英制两种。若选用米制,坐标轴移动的最小设定单位一般有 $1\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 1mm 三种。如果 X、Y、Z 三坐标轴移动的最小设定单位为 $10\mu\text{m}$,向 X 轴正方向移动 38.23mm ,向 Y 轴负方向移动 25.63mm ,可表达为 X3823 Y - 2563 或

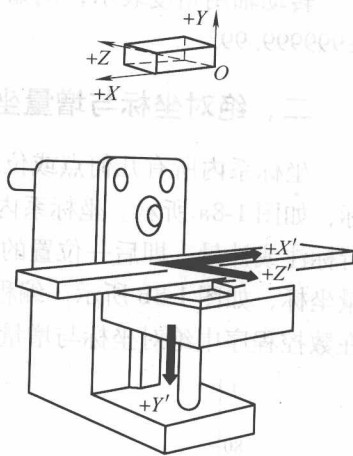


图 1-6 卧式升降台数控铣床

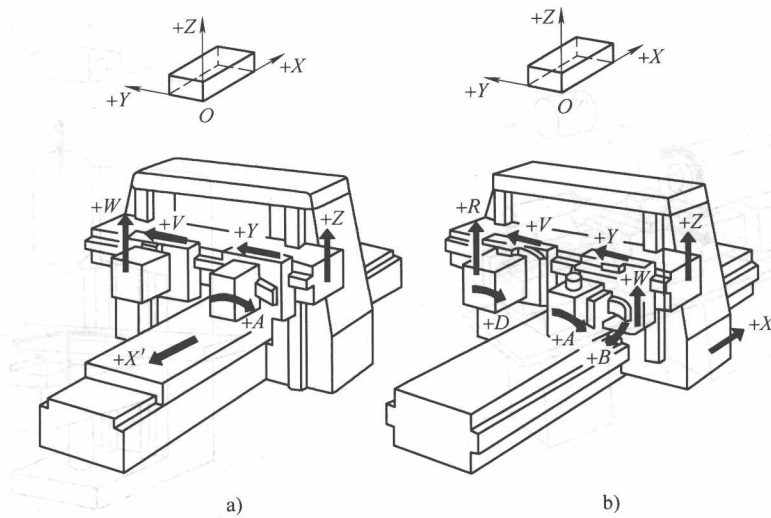


图 1-7 具有附加坐标的龙门数控铣床

a) 龙门式轮廓数控铣床 b) 龙门移动式轮廓数控铣床

X38.23 Y-25.63 (小数点方式输入, 单位是 mm)。如果输入设定单位以下位数的指令数值, 则设定单位以下位数会被四舍五入, 例如输入 X111.72317, 就变为 X111.72。另外, 最大指令数不能超过 8 位数。当最小设定单位为 $10\mu\text{m}$ 时, 指令数的范围为 $0 \sim \pm 999999.99\text{mm}$ 。

转动轴用角度表示, 例如 C 轴正向转动 55° 就设定为 C55。回转轴的最大指令值为 $0 \sim \pm 999999.99^\circ$ 。

二、绝对坐标与增量坐标

坐标系内所有几何点或位置的坐标值均从坐标原点标注或计量, 这种坐标值称为绝对坐标, 如图 1-8a 所示。坐标系内某一位置的坐标尺寸用相对于前一位置的坐标尺寸的增量进行标注或计量, 即后一位置的坐标尺寸是以前一位置为零位进行标注的, 这种坐标值称为增量坐标, 如图 1-8b 所示。编程时要根据零件的加工精度要求及编程方便与否选用坐标类型。在数控程序中绝对坐标与增量坐标可单独使用, 也可在不同程序段上交叉使用。

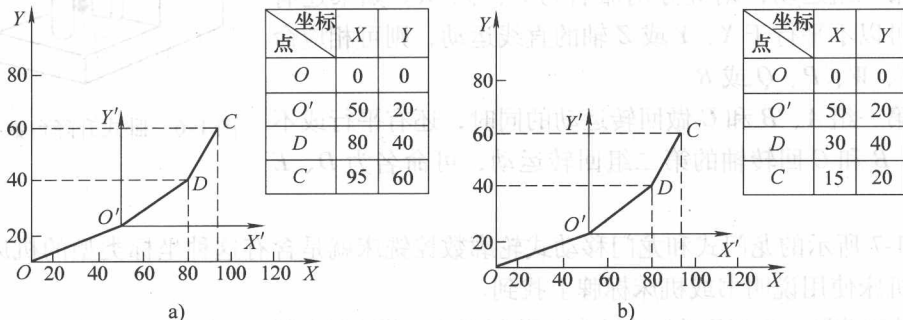


图 1-8 绝对坐标与增量坐标

a) 绝对坐标 b) 增量坐标

三、机床原点和机床参考点

1. 机床原点

机床原点又称为机械原点，它是机床坐标系的原点。该点是机床上的一个固定点，其位置是由机床设计和制造单位确定的，通常用户不允许改变。机床原点是工件坐标系、编程坐标系、机床参考点的基准点。数控车床的机床原点一般设在卡盘前端面或后端面的中心处。数控铣床的机床原点，各生产厂不一致，有的设在机床工作台的中心处，有的设在进给行程的终点处。

2. 机床参考点

机床参考点是机床坐标系中一个固定不变的位置点，用于对机床工作台滑板与刀具相对运动的测量系统进行标定和控制的点。机床参考点通常设置在机床各轴靠近正向极限的位置上，通过减速行程开关粗定位，由零位点脉冲精确定位。机床参考点对机床原点的坐标是一个已知定值，即可以根据机床参考点在机床坐标系中的坐标值间接确定机床原点的位置。机床接通电源后，通常都要做回零操作，即利用 CRT/MDI 控制面板上的功能键和机床操作面板上的有关按钮，使刀具或工作台退回到机床参考点。回零操作又称为返回参考点操作。返回参考点后，显示器显示机床参考点在机床坐标系中的坐标值，表明机床坐标系已自动建立。这时，测量系统进行标定，置零或置一个定值。可以说回零操作是对基准的重新核定，可消除由于种种原因产生的基准偏差。

在数控加工程序中可用相关指令使刀具经过一个中间点自动退回到参考点。

机床参考点已由机床制造厂商测定后输入数控系统，并且记录在机床说明书中，用户不得改变。

一般数控车床、数控铣床的机床原点、机床参考点位置如图 1-9 所示。但许多数控机床系统将机床参考点坐标值设置为零，此时机床坐标系的原点就在机床参考点上，机床坐标系中的绝对坐标值均显示为负值。

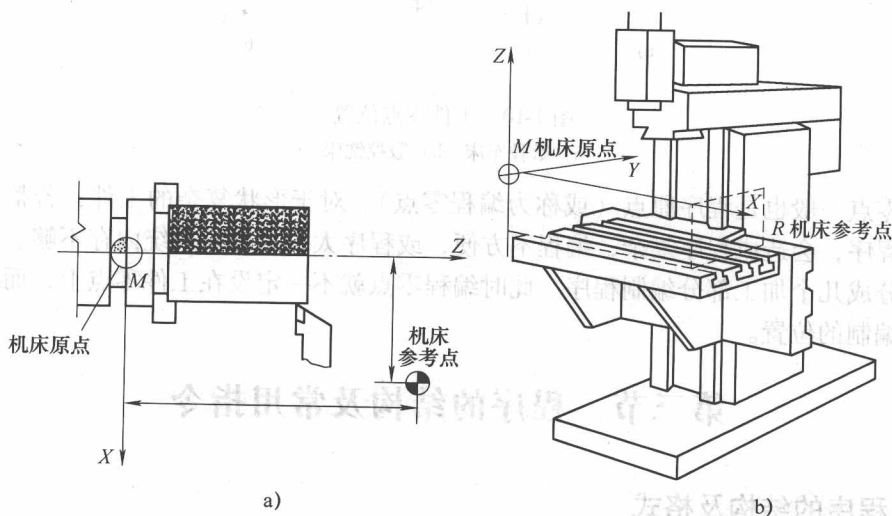


图 1-9 数控机床的机床原点与机床参考点

a) 数控车床 b) 数控铣床

值得注意的是,不同的数控系统返回参考点的动作、细节不同,操作前应仔细阅读有关操作说明。

四、工件坐标系和工件原点

为了编程方便,在工件图样上设置一个坐标系,坐标系的原点就是工件原点,也叫做工件零点。与机床坐标系不同,工件坐标系是由编程人员根据情况自行选择的。选择工件零点的一般原则是:

- 1) 工件零点尽量选在尺寸精度高、表面粗糙度值低的工件表面上。
- 2) 工件零点选在工件图样的基准上,以便于编程。
- 3) 便于测量和检验。
- 4) 工件零点最好选取在工件的对称中心上。

数控车床加工工件时,工件零点一般设在主轴中心线与工件右端面(或左端面)的交点处,如图 1-10a 所示。数控铣床加工工件时,工件零点一般设在进刀方向一侧,工件外轮廓表面的某个角上或对称中心上,如图 1-10b 所示。

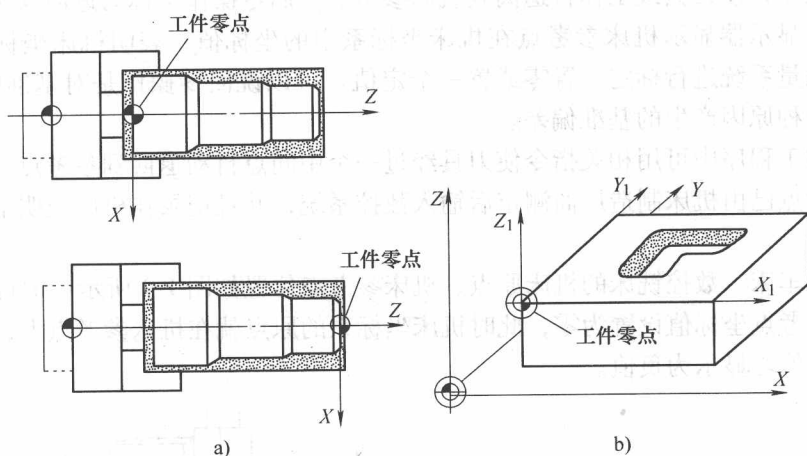


图 1-10 工件零点位置

a) 数控车床 b) 数控铣床

工件零点一般也是程序原点(或称为编程零点)。对于形状复杂的工件,若整个工件编写成一个程序,会造成程序复杂,编程不方便,或程序太长,数控系统内存不够。因此需要将工件拆分成几个加工部分编制程序。此时编程零点就不一定设在工件零点上,而是设在便于各程序编制的位置。

第三节 程序的结构及常用指令

一、程序的结构及格式

每种数控系统根据系统本身的特点及编程的需要都有一定的程序格式。对于不同的机床,程序的格式也不同。因此编程人员必须严格按照机床说明书的规定格式进行编程。

1. 程序的结构

一个完整的程序由程序号、程序内容和程序结束三部分组成。

例如：

O0001		程序号
N01 G92 X40 Y30;	}	程序内容
N02 G90 G00 X28 T01 S800 M03;		
N03 G01 X-8 Y8 F200;		
N04 X0 Y0;		
N05 G28 X30;		
N06 G00 X40;		
N07 M02;		程序结束

(1) 程序号 程序号即程序的开始部分。为了区别存储器中的程序，每个程序都要有程序编号，在编号前采用程序编号地址码。如在 FANUC6 系统中，一般采用英文字母 O 作为程序编号地址，而其他系统可能采用 P、% 或：等。

(2) 程序内容 程序内容部分是整个程序的核心，它由许多程序段组成，每个程序段由一个或多个指令构成，它表示数控机床要完成的全部动作。

(3) 程序结束 程序结束是以程序结束指令 M02 或 M30 作为整个程序结束的符号来结束整个程序的。

2. 程序段格式

零件的加工程序是由程序段组成的，每个程序段由若干个数据字组成，每个数据字是控制系统的具体指令。它是由表示地址的英文字母、特殊文字和数字集合而成的。

程序段格式是指一个程序段中字、字符、数据的书写规则，这里介绍常用的字-地址程序段格式。

字-地址程序段格式由语句号字、数据字和程序段结束组成。各字前有地址，各字的排列顺序不严格要求，数据的位数可多可少，不需要的字以及与上一程序段相同的续效字可以不写。其优点是程序简短、直观且容易检验、修改，目前被广泛使用。

字-地址程序段格式如下：

N__	G__	X__	Y__	Z__	……	F__	S__	T__	M__	LF	
语句号字	准备功能字	尺寸字					进给功能字	主轴转速功能字	刀具功能字	辅助功能字	程序段结束

例如：N20 G01 X25 Y-36 F100 S400 T03 M03;

程序段内各字的说明：

(1) 语句号字 语句号字用以识别程序段的编号，用地址码 N 和后面的若干位数字表示。例如：N20 表示该语句号为 20。

(2) 准备功能字 (G 功能字) G 功能字是使数控机床做某种操作的指令，用地址 G 和两位数字来表示，从 G00 ~ G99 共 100 种。