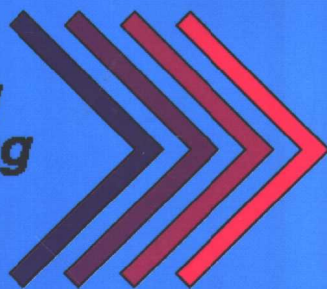


Shukong  
Jichuang  
Biancheng  
yu  
Caozuo



# 数控机床编程与操作

高凤英 主编 王 煜 副主编

```
N0090 X0 Y15
N0100 G01 Z0
N0110 G02 X0 Y-15 Z-4 I0 J-15 K8
N0120 G02 X0 Y15 Z0 I0 J15 K8
N0130 G00 Z2
N0140 X-60 Y-60
N0150 G42 G01 X-50 Y-50
N0160 G01 Z-6
N0170 G91 X85
N0180 G02 X15 Y15 I15 J0
N0190 G01 Y65
N0200 G03 X-20 Y20 I-20 J0
N0210 G01 X-92 Y16
N0220 G01 X12 Y-116
N0230 G90 G00 Z20
N0240 G40 G01 X-60 Y-60
N0250 G00 X0 Y0
N0230 M02
```



东南大学出版社

# 数控机床编程与操作

高凤英 主 编

王 煜 副主编



东南大学出版社  
· 南京 ·

## 内 容 提 要

本书是为满足高等院校本、专科学生学习数控机床编程与操作的需要而编写的一本实用性很强的教学指导教材。

本书共分6章。第1章介绍数控机床编程的基础知识,第2~5章重点介绍多种数控系统的程序编制方法和数控机床的操作,有德国的SIEMENS 802D铣削加工中心及国产的数控车床、数控铣床,第6章附有习题供学生练习。本书内容新颖,图文并茂,既有指令说明,又有编程实例,还有实际机床操作指导,是学习数控编程和操作的实用教材。

本书的大部分内容作为学生学习讲义在学校使用多年,内容已经成熟。本书可作为工科院校学生学习数控机床编程和操作的教材,企业职工培训用书,也可作为有此系统的机床厂家用户操作使用手册。

### 图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与操作/高凤英主编. —南京:东南大学出版社,2002.8

ISBN 7-81050-964-0

I. 数… II. 高… III. 数控机床-程序设计-高等学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第026539号

东南大学出版社出版发行  
(南京四牌楼2号 邮编210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 南京化工大学印刷厂印刷  
开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.75 字数:356千字  
2002年8月第1版 2002年8月第1次印刷  
印数:1—4000 定价:23.00元

(凡因印装质量问题,可直接向发行科调换。电话:025-3792327)

# 前 言

数控机床作为自动化设备正被越来越普遍的采用,全国许多工科院校都开设了数控技术课程,更多的工矿企业则希望通过对在职人员的培训,使他们掌握数控技术。无论是院校还是企业,都需要有教学培训用的数控教材,以期有效地开发数控技术教学和培训工作。

就数控技术教学和培训而言,本书具有典型意义,它结合高等院校数控机床实践教学的需要,重点介绍多种数控系统的程序编制方法和数控机床的操作,学习人员通过认真阅读本书,就能编制程序和学会数控机床操作。本书对初学数控机床编程和操作的人员,是一本难得的好书,它从简单到复杂都举有实例,使读者能获得数控指令的含义和应用方法的完整知识。

数控编程技术是一门集综合性、实践性和灵活性于一体的专业课程,编程前要有切削原理、加工工艺、工艺处理、数值计算、刀具等编制数控程序的知识,还涉及毛坯、金属材料、热处理、公差配合及加工设备等多方面的知识。因此,在学习时要注意善于合理、综合地运用已学过的机械基础知识。

本书的大部分内容作为学生学习讲义在学校使用多年,内容丰富,图文并茂。本书适合作为工科院校本、专科学生及中等专业学校学生学习用书,还可作为工矿企业人员的培训教材。

本书由具有多年数控技术教学和培训经验的高凤英、王煜两位老师编写,本教材中的每一种操作,每一示例,都经过潜心钻研和反复验证,如果读者认真而又富有创造性地运用本书去教、去学,就一定会从中得到较为理想的收获。

本书在编写过程中得到李宏胜、孙来业、屈波、夏庆观、缪德建、顾雪艳、高世平、唐志明等老师的支持,在此表示感谢。由于水平有限,恳请广大读者在使用过程中对本书不足及错误之处提出宝贵意见。

编 者  
2002年3月

# 目 录

<b>1 数控加工程序编制</b> .....	(1)
1.1 数控加工编程概述 .....	(1)
1.2 数控加工特点 .....	(2)
1.3 数控加工编程坐标轴与运动方向 .....	(3)
1.4 数控加工编程中的工艺处理 .....	(6)
<b>2 XK0816A 数控铣床编程和操作</b> .....	(9)
2.1 编程 .....	(9)
2.1.1 程序段格式 .....	(9)
2.1.2 准备功能(G 功能) .....	(11)
2.1.3 辅助功能(M 功能) .....	(28)
2.1.4 F,S,T 功能 .....	(29)
2.2 编程实例 .....	(30)
2.3 机床操作 .....	(35)
2.3.1 数控系统的操作面板 .....	(36)
2.3.2 开机 .....	(37)
2.3.3 PRGRM 主功能 .....	(38)
2.3.4 OPERA 主功能 .....	(43)
2.3.5 PARAM 主功能 .....	(46)
2.3.6 GPS 主功能 .....	(48)
2.3.7 报警号和报警内容 .....	(51)
<b>3 FR-3M 数控铣床编程与操作</b> .....	(53)
3.1 编程格式 .....	(53)
3.2 准备功能(G 功能)和编程实例 .....	(54)
3.3 辅助功能 .....	(63)
3.4 F,S,T 功能 .....	(65)
3.5 错误代码的含义 .....	(65)
3.6 FR-3M 系统操作 .....	(66)
<b>4 CK0630 数控车床编程与操作(HN-9702 系统)</b> .....	(81)
4.1 编程 .....	(81)
4.1.1 CK0630 车床坐标系 .....	(81)
4.1.2 程序结构 .....	(82)
4.1.3 准备功能(G 功能) .....	(84)
4.1.4 辅助功能(M 功能) .....	(92)
4.1.5 F,S,T 功能 .....	(93)

4.2	编程实例	(94)
4.3	HN-9702 系统车床操作	(101)
4.3.1	控制面板	(101)
4.3.2	回零(ZERO)	(104)
4.3.3	编辑	(105)
4.3.4	手动操作	(109)
4.3.5	参数设置	(110)
4.3.6	图形模拟	(114)
4.3.7	加工过程	(115)
4.3.8	操作及编程注意事项	(116)
4.3.9	系统报警信息说明	(117)
4.3.10	系统测试及初始化	(118)
4.3.11	RS232 接口说明	(119)
4.3.12	口令的设置	(119)
<b>5</b>	<b>SIEMENS 802D 编程与操作</b>	<b>(120)</b>
5.1	NC 程序的基本组成	(120)
5.1.1	SIEMENS 802D 的 NC 编程基本结构	(120)
5.1.2	指令表	(122)
5.2	系统指令	(135)
5.2.1	平面选择:G17~G19 功能	(135)
5.2.2	绝对和增量指令:G90,G91,AC,IC	(135)
5.2.3	公制尺寸/英制尺寸:G71,G70,G710,G700	(136)
5.2.4	极坐标,极点定义:G110,G111,G112	(137)
5.2.5	可编程的零点偏置:TRANS,ATRANS	(138)
5.2.6	可编程旋转:ROT,AROT	(139)
5.2.7	可编程的比例缩放:SCALE,ASCALE	(140)
5.2.8	可编程的镜像:MIRROR,AMIRROR	(141)
5.2.9	工件装夹——可设定的零点偏置:G53,G54~G59,G500,G153	(142)
5.2.10	可编程的工件区域限制:G25,G26,WALIMON,WALIMOF	(144)
5.2.11	快速直线移动:G00	(145)
5.2.12	带进给率的直线插补:G1	(145)
5.2.13	圆弧插补:G2,G3 功能	(146)
5.2.14	通过中间点进行圆弧插补:CIP	(150)
5.2.15	切线过渡圆弧:CT	(151)
5.2.16	螺旋插补:G2/G3,TURN 功能	(151)
5.2.17	等螺距螺纹切削或攻丝:G33	(152)
5.2.18	带浮动夹头的夹具攻丝:G63	(153)
5.2.19	螺纹插补:G331,G332	(153)
5.2.20	返回固定点:G75	(154)
5.2.21	回参考点:G74	(155)
5.2.22	进给率 F	(155)
5.2.23	圆弧进给率修正:CFTCP,CFC	(155)

5.2.24	准确定位/连续路径加工:G9,G60,G64 .....	(156)
5.2.25	加速度性能:BRISK,SOFT .....	(159)
5.2.26	比例加速度补偿:ACC .....	(159)
5.2.27	带先导控制功能运行:FFWON,FFWOF .....	(160)
5.2.28	第4轴功能 .....	(160)
5.2.29	暂停:G4 .....	(161)
5.2.30	主轴转速 S 及旋转方向 .....	(161)
5.2.31	主轴转速极限:G25,G26 .....	(162)
5.2.32	主轴定位:SPOS .....	(162)
5.2.33	轮廓倒圆,倒角 .....	(163)
5.2.34	轮廓定义编程 .....	(164)
5.2.35	刀具补偿 .....	(167)
5.2.36	刀具 T .....	(167)
5.2.37	刀具补偿号 D .....	(168)
5.2.38	刀尖半径补偿:G41,G42 .....	(171)
5.2.39	拐角特性:G450,G451 .....	(173)
5.2.40	取消刀尖半径补偿:G40 .....	(174)
5.2.41	刀尖半径补偿中的几个特殊情况 .....	(175)
5.2.42	刀尖半径补偿举例 .....	(176)
5.2.43	辅助功能 M .....	(177)
5.2.44	H 功能 .....	(177)
5.2.45	计算参数 R .....	(178)
5.2.46	程序跳转 .....	(179)
5.2.47	子程序 .....	(182)
5.2.48	调用固定循环 .....	(184)
5.2.49	编程实例 .....	(186)
5.3	SIEMENS 802D 操作 .....	(188)
5.3.1	数控控制面板 .....	(188)
5.3.2	屏幕功能划分 .....	(190)
5.3.3	操作区域键 .....	(192)
5.3.4	直角坐标系 .....	(192)
5.3.5	开机回参考点 .....	(194)
5.3.6	“加工”操作区——JOG 运行方式 .....	(195)
5.3.7	手轮运行 .....	(196)
5.3.8	MDA 手动输入方式 .....	(197)
5.3.9	端面铣削 .....	(198)
5.3.10	程序输入 .....	(199)
5.3.11	模拟图形 .....	(202)
5.3.12	输入刀具参数及刀具补偿 .....	(202)
5.3.13	输入/修改零点偏置值 .....	(205)
5.3.14	自动加工 .....	(207)
5.3.15	CNC 自动加工 .....	(209)
5.3.16	执行外部程序,DNC 自动加工 .....	(211)

5.3.17 通过 RS232 接口进行数据输出 .....	(212)
<b>6 习题与要求 .....</b>	<b>(214)</b>
6.1 习题 .....	(214)
6.2 数控机床编程、操作实习目的、要求 .....	(221)
<b>附录 准备功能、辅助功能表 .....</b>	<b>(223)</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>(226)</b>



# 1 数控加工程序编制

## 1.1 数控加工编程概述

随着科学技术和社会生产的迅速发展,机械产品日趋精密复杂,特别是在宇航、造船、军工、模具及计算机工业中,零件精度高、形状复杂、批量小、频繁改型,使用普通机床则存在加工困难、生产效率低、劳动强度大、精度难以保证等现象。

数控机床是 20 世纪 50 年代初期发展起来的一种新型自动化机床,它解决了复杂零件加工的困难。数控机床对复杂型面零件的加工,可以手工编程,也可以自动编程,即借助计算机高速运算处理后自动生成程序,然后用程序控制机床,完成零件的全部加工过程。

数控加工,是指在数控机床上进行零件加工的一种工艺方法。这种加工方法与一般加工方法仅在控制方式上有所不同。在普通机床上加工零件,通常是先编写机械加工工艺规程卡,操作者按照工艺规程加工零件。在自动机床上加工零件,通常依靠凸轮、靠模和挡块,机床自动地按照凸轮、靠模和挡块规定的形状加工零件。普通机床加工零件的工艺卡片中的工艺过程和工艺参数的确定,以及自动机床加工零件时用的凸轮、靠模和挡块形状的确定,实际上都是编制相应的程序。

在数控机床上加工零件,事先将被加工零件的工艺过程、工艺参数、位移数据和辅助运动用数控机床规定的代码和程序段格式记录在控制介质上。数控机床根据控制介质上的指令,控制机床的进给运动,实现零件加工的全过程。记录工艺过程、工艺参数、位移数据和辅助运动的表格称为零件加工程序单,简称程序,它是制作控制介质的依据。这里,我们把从零件图纸到获得数控机床加工零件所需的控制介质的全过程称为数控编程。

数控机床目前常用的控制介质有穿孔带、磁盘、磁带、手工键盘等等。随着科学技术的发展,由计算机通过电缆接口,直接将程序输入数控机床的工作方法不断推广应用,DNC 直接数控加工、CAD/CAM 计算机辅助设计和辅助编程的应用也越来越广泛。

从世界上第一台数控机床诞生到现在,数控技术经过近 50 年的发展和完善,现在已经非常成熟。数控机床其中一个很重要的工作就是数控编程,因为数控机床的工作是按照事先编好的零件加工程序自动完成加工的,没有零件加工程序,数控机床就不能运动和工作。数控机床是高效自动化设备,理想的加工程序不仅仅要保证加工出合格的零件,同时也应使数控机床的功能得到合理的应用和充分的发挥,使数控机床能安全、可靠、高效地工作,所以说,数控编程对于数控机床来说是一项非常重要的工作。

数控程序如此重要,那么,数控程序由哪些内容组成的呢?大家知道,数控程序是记录在控制介质上的零件加工工艺过程、工艺参数、位移数据和辅助运动。数控程序实际上就是由工艺过程、工艺参数、位移数据和辅助运动四部分内容组成的。

数控程序是有章可循的,目前常用的标准是:

(1) 国际编程标准 ISO 标准。

(2) 美国编程标准 EIA 标准。

(3) 我国编程标准 3208-83 标准,与 ISO 标准和 EIA 标准相似。

ISO 标准和 EIA 标准比较,ISO 标准有如下优点:

(1) 信息量大。

(2) 采用偶数校验,可靠性高。

(3) 便于逻辑判别和校验。

数控编程的方法、种类多种多样,但从根本上区别,只有两大类,即手工编程和计算机自动编程两大类。

数控机床编程工作框图见图 1.1。

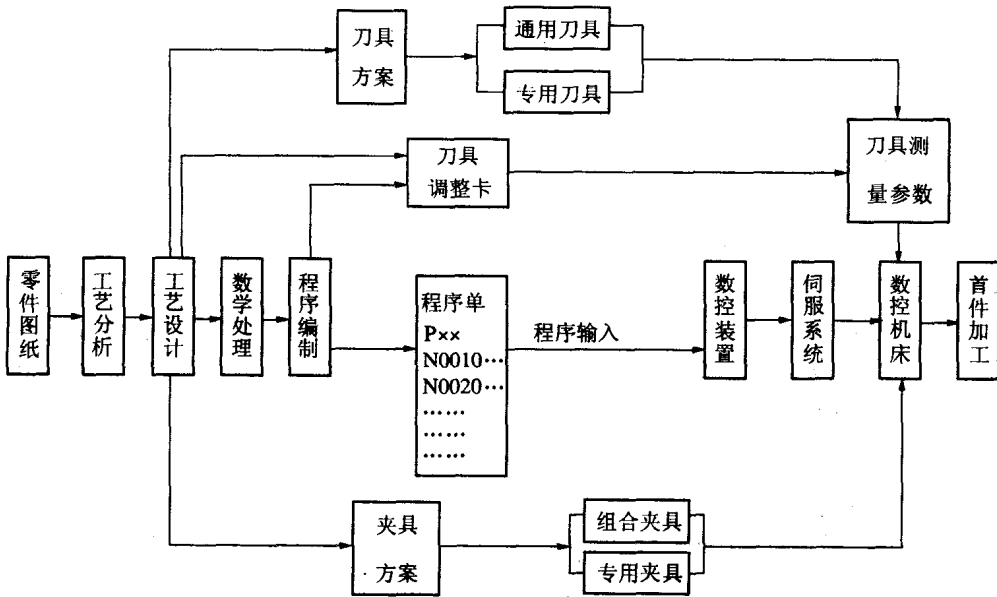


图 1.1 数控机床编程工作框图

手工编程工作量大,繁琐,劳动强度也大。但是对于简单的零件,手工编程来得快。

自动编程又称计算机辅助编程,编程人员必须画出零件立体图形,然后选择切削方式,设置刀具参数、切削用量等。计算机经后置处理后可生成加工程序,还可以动态模拟,并观看刀具切削情况,检查程序的正确性。通过机床电缆接口和计算机联接,将程序输入机床或者进行 DNC 加工。自动编程具有劳动强度低、编程时间短、精度高的优点。

## 1.2 数控加工特点

随着数控机床的不断完善和更新,以及编程技术的迅速发展,使数控加工方法获得日益广泛的应用。这是因为数控加工方法有许多优点。

1) 加工精度高,工件质量稳定

数控机床加工精度不受零件形状复杂程度的影响,一般在 0.005~0.1mm,加工中消除了操作者的人为误差,提高了同批零件尺寸的一致性。这为提高产品的互换性和装配的工

作质量提供了有利条件,使产品质量保持稳定。

#### 2) 生产效率高

使用数控机床加工,对工夹具的要求降低了。由于数控机床具有很高的自动化程度,省去了划线、多次装夹和准备时间,检验工作可以只作首件检验和抽检,节省了时间。在零件变更时只要更换程序,加工中心可自动更换刀具,使多道工序可连续加工,缩短了加工周期,这些方面都使数控机床加工的生产效率显著提高。

#### 3) 自动化程度高,改善劳动条件

数控机床调整好,除了手工装夹毛坯外,全部加工过程都是自动完成,简化了工人的操作,减轻了操作者的劳动强度,改善了劳动条件。

#### 4) 加工对象适应性强

在数控机床上实现自动加工是由程序控制,当加工对象改变时,除了相应更换刀具和解决毛坯装夹方式外,只要重新编制该零件加工程序,便可自动加工出新的零件,不必对机床作任何复杂调整。这样省去了许多专用样板和标准样件,又缩短了生产准备周期。针对产品改型频繁、试制周期要求短的特点,数控加工方法具有特殊的优越性。

#### 5) 有利于向计算机管理和通信发展

由于数控机床是使用数字信息,最宜与计算机联接,便于计算机直接管理与控制,形成计算机辅助设计与制造紧密结合的一体化系统。

数控机床优点显著,但它的技术复杂,价格昂贵,对机床维护与编程技术要求高,为了提高机床利用率,保持良好的经济效益,需要切实解决好加工程序编制、刀具供应、编程与操作维护人员的培训工作。

### 1.3 数控加工编程坐标轴与运动方向

#### 1) 坐标轴及运动方向

为了便于编程时描述机床的运动,简化程序的编制方法及保证记录数据的互换性,数控机床的坐标轴和运动方向均已标准化。我国 JB3051—82 标准,对机床坐标轴及运动方向作了如下规定:

(1) 刀具相对于静止的工件而运动的原则。这一原则使编程人员在不知道是刀具移近工件还是工件移近刀具的情况下,就可以依据零件图纸,确定机床的加工过程。也不论机床的具体结构是工件静止、刀具运动,还是工件运动、刀具静止,确定坐标系一律看作工件静止,刀具产生相对运动。

(2) 标准坐标系的规定。在数控机床上,机床的动作是由数控装置来控制的。为了确定机床的运动,必须确定机床上运动的方向和距离,这就需要有一个坐标系来实现,标准的机床坐标系是一个右手笛卡尔直角坐标系。如图 1.2 所示,拇指、食指和中指相互成直角,分别代表 X, Y, Z 三个坐标。

X, Y, Z 三个坐标与机床的主要导轨相平行,工件安装在机床上,通过移动导轨来找正工件。

旋转方向用右手螺旋法则,拇指为轴的正方向,四指为绕轴旋转的正方向,分别代表 A, B, C 的正向旋转方向。

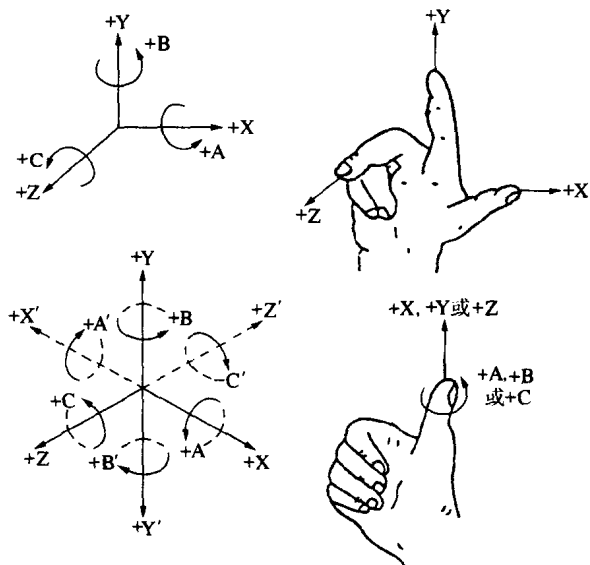


图 1.2 右手笛卡尔坐标系

数控机床某一部件运动的正方向,是增大工件和刀具距离的方向。

**Z 坐标。**Z 轴是由“传递切削动力”的主轴所规定,通常是这样确定的:对于铣床、镗床、钻床,主轴带动刀具旋转的轴是 Z 轴;对于车床、磨床和其他加工旋转体的机床,主轴带动工件旋转,Z 轴与主轴旋转中心重合,平行于床身导轨。

**X 坐标。**对于铣床、钻床、镗床,X 坐标是水平的,它平行于工件装夹平面;对于车床、磨床等加工旋转体的机床,X 轴在工件的径向上,它平行于横导轨。刀具远离工件旋转中心是 X 的正方向。

**Y 坐标。**+Y 的运动方向,根据 X,Z 坐标的运动方向,按照右手笛卡尔坐标系来确定。

## 2) 机床坐标系原点和编程原点

在确定了机床各坐标轴及运动方向后,还要确定机床坐标系的原点。

(1) 机床原点。机床原点是生产厂家在制造机床时设置的固定坐标系原点,也称机床零点,它是在机床装配、调试时就已经确定下来的,一般都在机床坐标系的极限位置,它是数控机床进行加工运动的基准点,也是机床检测的基准。对于数控钻铣床及铣加工中心,X,Y,Z 轴都在坐标系的正方向极限位置上(见图 3.19),如果此时机床继续向正向移动,就会超程。对于加工旋转体的机床,当回机床零点后,一般取卡盘端面法兰盘与主轴中心线的交点处,如图 1.3 所示。

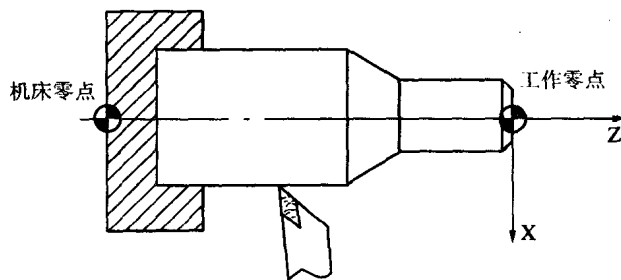


图 1.3 车床零点

(2) 编程原点。编程原点是程序员根据加工零件图纸选定的编制程序的坐标原点,也称编程零点或程序零点。程序员在选择设置零点时,应尽可能选择在零件的设计基准或工艺基准上,安装零件时应尽可能使“定位基准”与“设计基准”重合。

在数控加工中,选择确定工件零点是非常重要的,因为工件零点是零件加工时刀具相对零件运动的“基准点”,这一点往往是刀具加工的起点,有时也是刀具加工的终点。这一点可设在被加工零件上,也可以设在夹具上与零件定位基准有一定关联的位置上。工件零点是零件安装好后,通过“对刀”找正确定下来的,所以有人又称这一点为“对刀点”。

选择确定工件零点的原则如下:

- ① 所选的零点,便于数学计算,能简化程序的编制。
- ② 工件零点应选在容易找正、在加工过程中便于检查的位置上。
- ③ 工件零点应尽可能选在零件的设计基准或工艺基准上,使加工引起的误差最小。

使用对刀确定工件零点时,在零件安装好后,就需要进行“对刀”。所谓“对刀”是指使“刀位点”与“对刀点”重合的操作。“刀位点”是指刀具的定位基准点。对于立铣刀来说,“刀位点”是刀具的旋转轴线与刀具底面的交点;球头铣刀是球头的球心点;钻头是钻尖;车刀是刀尖,切断车刀有左右两个刀位点。

选择对刀点除选在零件的设计基准或工艺基准上之外,还应选在对刀较方便的地方,使对刀工作能方便地进行。

对刀找正工件零点(编程零点)的方法,即“刀位点”与“对刀点”的重合操作:先把零件毛坯初步安装,用千分表找正零件的基准面,然后夹紧。对刀找正零点步骤如下:

- ① 操作机床回机械零点。
- ② 移动机床将对刀杆慢慢接近工件。

若 X 方向坐标显示“ $-189.36$ ”, Y 方向坐标显示“ $-85.68$ ”, Z 方向坐标显示“ $-201.56$ ”,则把相对机床零点的坐标值记录下来。

试计算工件零点“O”坐标,设对刀杆球直径  $\phi 18\text{mm}$ ,可得

$$X = -189.36 + (-9) = -198.36$$

$$Y = -85.68 + 9 = -76.68$$

$$Z = -201.56 \text{ (用实际切削刀具对刀,不需要加减)}$$

把以上 X, Y, Z 计算结果存入编程时选择的零点指令里(G54~G59)即可,找正零点工作结束,见图 1.4。

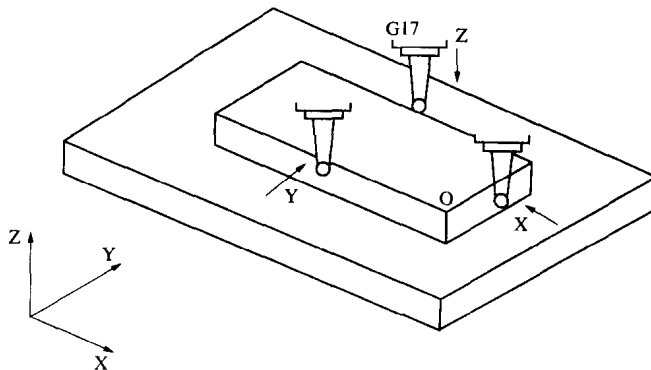


图 1.4 铣床、铣加工中心对刀图

## 1.4 数控加工编程中的工艺处理

在数控机床上加工零件,无论是手工编程还是自动编程,首先遇到的问题就是工艺处理。数控机床用的零件程序通常要比普通机床用的零件工艺规程复杂得多。普通机床用的工艺规程实际上只是一个工艺过程卡,机床的切削用量、走刀路线、工序内的工步往往都由操作工人自行选定。在数控机床上,这些内容都要变成固定的程序,即使是操作者灵活掌握的东西,也要事先选定和安排好,写在程序里。零件程序要包括机床的运动过程、刀具的选择、走刀路线的确定、切削用量的选择等等。这就要求程序员要熟悉机床性能、特点、切削规范和刀具系统,加工程序不能有丝毫差错,否则,加工不出合格的零件。

### 1) 数控加工工艺的主要内容

- (1) 选择适合加工该零件的数控机床并确定加工工序内容。
- (2) 零件图纸的数控工艺性分析。
- (3) 制订工艺路线,如划分工序、加工顺序的安排、基准的选择和其他工序的衔接等。
- (4) 数控工序的设计,如工步、刀具的选择,夹具的定位与安装,走刀路线的确定,切削用量的选择,测量零件的质量等等。
- (5) 有关数控工序、程序的调整,如对刀、刀具补偿等。
- (6) 数控加工中的余量分配。
- (7) 数控机床上部分工艺指令的处理。

### 2) 确定加工路线

加工路线是指加工过程中刀具运动的轨迹和方向,加工路线的确定应保证零件的加工精度和表面光洁度。根据零件的形状,选用顺铣还是逆铣以保证零件的加工精度,这些在确定加工路线时应予考虑。

在数控机床上加工零件时,对加工的工序要进行划分,工序的划分主要有以下几种方法:

(1) 按所用刀具划分工序。为了提高效率,减少换刀次数,压缩空程时间,减少不必要的定位误差,加工中心大多数采用按刀具集中所有加工工序的方法来加工零件。就是用同一把刀加工完该零件上所有需要同一把刀加工的部位,然后再换刀。

(2) 按粗精加工划分工序。根据零件形状、尺寸和精度,以及零件刚度和变形因素,可以安排先粗加工,后精加工,粗加工后让零件冷却,恢复一段时间,然后再精加工,这种方法称为按粗精加工来划分工序。

(3) 按先面后孔的原则划分工序。零件上既有面加工,又有孔加工时,可以先面加工后孔加工,按这种方法划分工序有利于提高孔的加工精度。

总之,合理选择走刀路线,对于数控加工非常重要。走刀路线的选择应考虑以下几个方面:

- (1) 尽量缩短走刀路线,减少空程走刀,提高工效。
- (2) 走刀路线要保证加工零件的表面粗糙度和尺寸精度要求。
- (3) 有利于简化数值计算,减少程序段数和编程工作量。

### 3) 选择刀具确定切削用量

安装方便、刚性好、精度高、耐用度好是选择刀具的先决条件,粗精加工可选择不同的刀具。编程时,要考虑刀具的结构尺寸和调整尺寸。特别在自动换刀的数控机床上,刀具安装后

要进行对刀,把刀具参数存入机床,刀具参数可以在机外调整,也可以在机内调整(一般较好的数控机床都有对刀仪,把对刀调整好的数据存入刀具系统,编程时调用所需刀具号即可)。

编程时切削用量主要由切削速度、切削深度、切削宽度、主轴转速、进给量等几个方面组成。

切削用量受机床刚度和刀具刚度、耐用度的限制,在刚度允许的情况下,应尽可能地使切削深度等于零件的加工深度,减少走刀次数,提高工效。不同的工序其切削用量都不一样,编程时都应写入程序。具体数值应根据机床说明书和切削原理中的有关资料,结合实际经验予以确定,对于表面粗糙度和精度要求高的零件,可以留下少量精加工余量进行精加工。数控机床的精加工余量可比普通机床少一些,精加工时,进给速度也应小一些。

切削用量选择原则:粗加工时,优先选择大的切削深度  $a_p$ ,其次选择较大的进给量  $F$ ,最后确定合理的切削速度  $V$ ;精加工时,选择较小的切削深度  $a_p$  和进给量  $F$ ,尽可能选择较高的切削速度  $V$ 。

数控机床编程时的切削用量可用 3 个地址字母编程:切削速度用  $V$ ,单位为  $m/min$ ;主轴转速用  $S$ ,单位为  $r/min$ ;进给量用  $F$ ,单位为  $mm/min$ (或  $mm/r$ )。

表 1.1、表 1.2 和表 1.3 是硬质合金车刀粗车、精车时的进给量、切削速度,供切削加工时参考。

表 1.1 硬质合金车刀粗车时的进给量参考数值

工 件 材 料	车刀刀杆尺寸 $B(mm) \times H(mm)$	工件直径 $d$ (mm)	切削深度 $a_p$ (mm)					
			3	5	8	12	12 以上	
			进给量 $F$ (mm/r)					
碳素结构钢和合金结构钢	16×25	20	0.3~0.4	—	—	—	—	
		40	0.4~0.5	0.3~0.4	—	—	—	
		60	0.5~0.7	0.4~0.6	0.3~0.5	—	—	
		100	0.6~0.9	0.5~0.7	0.5~0.6	0.4~0.5	—	
		400	0.8~1.2	0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.6	—	
	20×30	20	0.3~0.4	—	—	—	—	
		40	0.4~0.5	0.3~0.4	—	—	—	
		60	0.6~0.7	0.5~0.7	0.4~0.6	—	—	
		25×25	100	0.8~1.0	0.7~0.9	0.5~0.7	0.4~0.7	—
			600	1.2~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.9	0.4~0.6
			40	0.4~0.5	—	—	—	—
		铸 铁	16×25	60	0.6~0.8	0.5~0.8	0.4~0.6	—
100	0.8~1.2			0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.7	—	
400	1.0~1.4			1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.8	—	
40	0.4~0.5			—	—	—	—	
铁	20×30	60	0.6~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7	—	—	
		100	0.9~1.3	0.8~1.2	0.7~1.0	0.5~0.8	—	
	25×25	600	1.3~1.8	1.2~1.6	1.0~1.3	0.9~1.1	—	
		40	0.4~0.5	—	—	—	—	

注:(1)加工断续表面及有冲击的加工时,表内的走刀量应乘系数  $k=0.75 \sim 0.85$ 。

(2)加工耐热钢及其合金时,不采用大于  $0.1mm/r$  的走刀量。

(3)在无外皮加工时,表内走刀量应乘以系数 1.1。

表 1.2 硬质合金车刀精车时的进给量参考数值

表面精度 $R_a(\mu\text{m})$	加工材料	副偏角 $k'_r(^{\circ})$	切削速度 $V(\text{m}/\text{min})$	刀尖圆弧半径 $r_c(\text{mm})$		
				0.5	1.0	2.0
				进给量 $F(\text{mm}/\text{r})$		
10	钢和铸铁	5 10~15	不限制	— —	0.55~0.7 0.45~0.6	0.7~0.88 0.6~0.7
5	钢	5	<50	0.2~0.3	0.25~0.35	0.3~0.45
			50~100	0.28~0.35	0.35~0.4	0.4~0.55
			>100	0.35~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6
	10~15	<50	0.18~0.25	0.25~0.3	0.3~0.4	
50~100		0.25~0.3	0.3~0.35	0.35~0.5		
>100		0.3~0.35	0.35~0.4	0.5~0.55		
铸铁	5 10~15	不限制	—	0.3~0.5	0.45~0.65	
			—	0.25~0.4	0.4~0.6	
2.5	钢	$\geq 5$	30~50	—	0.11~0.15	0.14~0.22
			50~80	—	0.14~0.20	0.17~0.25
			80~100	—	0.16~0.25	0.23~0.35
			100~130	—	0.2~0.3	0.25~0.39
	>130	—	0.25~0.3	0.35~0.39		
铸铁	$\geq 5$	不限制	—	0.15~0.25	0.2~0.35	
1.25	钢	$\geq 5$	100~110	—	0.12~0.15	0.14~0.17
			100~130	—	0.13~0.18	0.17~0.23
			>130	—	0.17~0.26	0.21~0.27

加工材料强度不同时走刀量的修正系数

材料强度 $\sigma_b(\text{GPa})$	<0.5	0.5~0.7	0.7~0.9	0.9~1.1
修正系数 $K_{\text{料}}$	0.1	0.75	1.0	1.25

表 1.3 硬质合金外圆车刀切削速度参数值

工作材料	热处理状态	$a_p=0.3\sim 2\text{mm}$	$a_p=2\sim 6\text{mm}$	$a_p=6\sim 10\text{mm}$
		$F=0.08\sim 0.3\text{mm}/\text{r}$	$F=0.3\sim 0.6\text{mm}/\text{r}$	$F=0.6\sim 1\text{mm}/\text{r}$
		$V(\text{m}/\text{min})$	$V(\text{m}/\text{min})$	$V(\text{m}/\text{min})$
低碳钢、易切钢	热轧	140~180	100~120	70~90
中碳钢	热轧	130~160	90~110	60~80
	调质	100~130	70~90	50~70
	淬火	60~80	40~60	—
合金结构钢	热轧	100~130	70~90	50~70
	调质	80~110	50~70	40~60
工具钢	退火	90~120	60~80	50~70
不锈钢	—	10~80	60~70	50~60
灰铸铁	<190HBS	80~110	60~80	50~70
	190~225HBS	90~120	50~70	40~60
高锰钢(13%Mn)	—	—	10~20	—
铜及铜合金	—	200~250	120~180	90~120
铝及铝合金	—	300~600	200~400	150~300
铸铝合金(7%~13%Si)	—	100~180	80~150	60~100



## 2 XK0816A 数控铣床编程和操作

### 2.1 编程

#### 2.1.1 程序段格式

程序段格式是指程序段书写规则,它包括机床所要求执行的功能和运动所需要的所有几何数据和工艺数据。一个零件加工程序是由若干个以段号大小次序排列的程序段组成,每个程序段的组成部分见表 2.1。

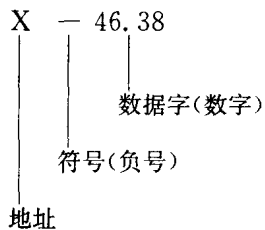
表 2.1 地址含义

机 能	地 址	范 围	意 义
程序号	P,N	1~99	指定程序号、子程序号
顺序号	N	0000~9999	程序段号
准备功能	G	G00~G99	指令动作方式
坐标字	X,Y,Z	$\pm 0.001 \sim \pm 9999.999$	坐标运动指令
	I,J,K	$\pm 0.001 \sim \pm 9999.999$	圆心坐标、螺距
进给速度	F	12~400	进给速度指令
主轴功能	S	100~2000	主轴转速指令
刀具功能	T	1~20	刀具指令
辅助功能	M	0~99	辅助指令

每个程序段可根据需要选择以上地址指令,不一定全选,但在每个程序段中,指令最好要遵照上述先后次序来排列。

XK0816A 数控铣床采用的程序段格式是可变程序段格式。所谓可变程序段格式就是程序段的长度随字数和字长都是可变的。

一个程序段由一个或多个程序字组成,程序字通常由地址字和地址字后的数字和符号组成。例如:



这种程序段格式,以地址功能字为首,后跟一串数字组成,若干个字构成程序段,并以“米”字符作为结束。这一种格式,如上一段程序已经写明,本段程序里又不必要变化的那些