

SHUKONGJICHUANG

# 数控机床

## 编程与操作切削技术

BIANCHENGYUCAOZUOQIEXUEJISHU

(第2版)

高凤英 主编



东南大学出版社  
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

# 数控机床编程与操作切削技术

(第2版)

主 编 高凤英  
主 审 张祖继

东南大学出版社  
· 南京 ·

## 内 容 提 要

本书是为满足高等院校和中等技术学校学生学习数控机床编程、切削加工和数控技能考工需要而编写的一本实用性很强的教学指导教材。

本书共分8章,第1章介绍数控编程、数控工艺、切削加工、刀具等切削基础知识;第2~4章介绍FANUC系统、SIEMENS系统和FAGOR系统的编程,有数控车床、铣床、加工中心等多种机床编程;第5章是SIEMENS 802D、802S、802C、FANUC系统编程综合切削实例,有多种非圆曲线用R参数和宏程序编程加工实例;第6章是习题集,编有数控车床、数控铣床、加工中心知识习题和四十多道技能习题,供学生实习训练用;第7章是数控车床、数控铣床、加工中心操作工模拟考核试卷,分中级、高级共8份试卷和答案;第8章是数控机床的日常维护、保养和安全操作规程。本书编程知识全面,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。

本书可作为工科院校、中等技术学校学生学习数控机床编程、数控技能考工的培训教材,以及企业职工培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与操作切削技术 / 高凤英主编. —2 版.

南京: 东南大学出版社, 2009. 3

ISBN 978 - 7 - 5641 - 1559 - 3

I. 数… II. 高… III. ①数控机床—程序设计②数控机床—金属切削 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 016760 号

### 数控机床编程与操作切削技术(第 2 版)

出版发行 东南大学出版社

出版人 江汉

社 址 南京市四牌楼 2 号

邮 编 210096

经 销 全国各地新华书店

印 刷 盐城印刷总厂有限责任公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 24.75

字 数 618 千字

版 次 2009 年 3 月第 2 版

印 次 2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数 1—4000 册

书 号 ISBN 978 - 7 - 5641 - 1559 - 3

定 价 48.00 元

(凡因印装质量问题,请与我社读者服务部联系。电话: 025 - 83792328)

# 前 言

数控机床作为自动化设备正被越来越普遍地采用,工科院校都开设了数控技术课程,制造业企业则希望通过对在人员的培训,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编程教材,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切削实例,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编程实例,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,编程前要有机械制图、切削原理、加工工艺、工艺处理、数值计算、机床、刀具等编制数控程序的基础知识,还涉及毛坯、金属材料、热处理、公差配合、精度测量及加工设备等多方面的知识。因此,在学习时要灵活运用已学过的基础知识。

本书的前两版在学校已使用多年,这次应广大读者的要求再版,专门增加了 FANUC 铣削实例,SIEMENS 802D、802C、802S 车削、铣削编程切削实例,实例中包含多种非圆曲线的加工,用 R 参数和宏程序编制的切削实例。为衔接数控技能考工工作,第 6 章对需要参加数控技能考核的学员,专门编有数控车床操作工中级、高级,数控铣床、加工中心操作工中级、高级模拟考核试卷和答案,共 8 份试卷供学员模拟考核。学员通过参加模拟考核,可以知道自己掌握了多少数控技能知识,为下一步学习明确了方向。

本书由南京工程学院从事数控技术教学和培训经验的高凤英主编,叶付广、陈云燕任副主编,张祖继主审,杨力编写了 FANUC 加工中心的实例,林其桥编写了 FANUC 车削部分实例,彭孝兴、邢晓风、朱静波、李高超、陈亮、朱海双、邢学达、史贵州、袁玉虎编写了 SIEMENS 部分实例。本书中的每一种操作,每一个示例,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有关专家和领导郁汉琪、周明虎、盛党红、曹庆福、

李宏胜、马龙庆、耿信广、刘悌来、孙来业、王煜、方华、屈波、张四弟、夏庆观、缪德建、顾雪艳、高世平、唐志民、刘落明等同志的支持和帮助,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

2008年12月

# 目 录

<b>1 数控切削加工技术基础</b> .....	( 1 )
1.1 数控加工概述 .....	( 1 )
1.2 数控加工特点 .....	( 3 )
1.3 数控加工编程坐标轴与运动方向 .....	( 4 )
1.3.1 坐标轴及运动方向 .....	( 4 )
1.3.2 机床坐标系原点和编程原点 .....	( 5 )
1.4 数控加工工艺 .....	( 7 )
1.4.1 零件图的工艺分析 .....	( 8 )
1.4.2 定位基准的选择 .....	( 8 )
1.4.3 加工方法的选择及工艺路线拟定 .....	( 10 )
1.4.4 加工余量和工序尺寸的确定 .....	( 14 )
1.4.5 数控加工刀具 .....	( 15 )
1.4.6 金属切削运动及过程 .....	( 24 )
1.4.7 刀具材料 .....	( 40 )
1.4.8 高速钢、硬质合金刀具材料的应用 .....	( 43 )
1.4.9 切削用量 .....	( 44 )
1.4.10 切削液 .....	( 54 )
1.4.11 零件的装夹、找正和加工质量控制 .....	( 56 )
<b>2 FANUC 数控车床编程与操作</b> .....	( 62 )
2.1 FANUC 编程 .....	( 62 )
2.1.1 FANUC 程序基本功能及组成 .....	( 62 )
2.1.2 坐标系的设定 .....	( 69 )
2.1.3 轮廓加工指令 .....	( 71 )
2.1.4 刀尖圆弧半径补偿编程 .....	( 76 )
2.1.5 螺纹车削加工指令 .....	( 81 )
2.1.6 固定循环 .....	( 87 )
2.2 综合编程实例(以 FANUC 0 - TD 系统为例) .....	( 95 )
2.3 FANUC CNC 车床操作 .....	( 100 )
2.3.1 数控控制面板 .....	( 100 )
2.3.2 手动操作 .....	( 102 )
2.3.3 程序编辑 .....	( 105 )
2.3.4 对刀,设置刀偏值 .....	( 107 )
2.3.5 工件零点(原点)偏移量的设定 .....	( 108 )



2.3.6	MDI 运行和试运行	(110)
2.3.7	自动运行	(112)
2.3.8	通过外部设备将程序输入	(113)
<b>3</b>	<b>SIEMENS 系统编程与操作</b>	(116)
3.1	SIEMENS 802D 程序的基本组成	(116)
3.1.1	SIEMENS 802D 的 NC 编程基本结构	(116)
3.1.2	指令表	(118)
3.2	SIEMENS 802D 系统编程指令	(131)
3.2.1	平面选择:G17~G19 功能	(131)
3.2.2	绝对和增量指令:G90,G91,AC,IC	(131)
3.2.3	公制尺寸/英制尺寸:G71,G70,G710,G700	(132)
3.2.4	极坐标,极点定义:G110~G112	(133)
3.2.5	可编程的零点偏置:TRANS,ATRANS	(135)
3.2.6	可编程旋转:ROT,AROT	(136)
3.2.7	可编程的比例缩放:SCALE,ASCALE	(137)
3.2.8	可编程的镜像:MIRROR,AMIRROR	(138)
3.2.9	工件装夹后,设定零点偏置指令:G53,G54~G59,G500,G153	(139)
3.2.10	可编程的工作区域限制:G25,G26,WALIMON,WALIMOF	(140)
3.2.11	快速直线移动:G00	(141)
3.2.12	带进给率的直线插补:G1	(141)
3.2.13	圆弧插补:G2,G3 功能	(142)
3.2.14	通过中间点进行圆弧插补:CIP	(146)
3.2.15	切线过渡圆弧:CT	(147)
3.2.16	螺旋插补:G2/G3,TURN 功能	(147)
3.2.17	等螺距螺纹切削或攻丝:G33	(148)
3.2.18	带浮动夹头的夹具攻丝:G63	(149)
3.2.19	螺纹插补:G331,G332	(149)
3.2.20	返回固定点:G75	(150)
3.2.21	回参考点:G74	(150)
3.2.22	进给率 F	(151)
3.2.23	圆弧进给率修正:CFTCP,CFC	(151)
3.2.24	准确定位/连续路径加工:G9,G60,G64	(152)
3.2.25	加速度性能:BRISK,SOFT	(154)
3.2.26	比例加速度补偿:ACC	(155)
3.2.27	带先导控制功能运行:FFWON,FFWOF	(155)
3.2.28	第 4 轴功能	(156)
3.2.29	暂停:G4	(156)
3.2.30	主轴转速 S 及旋转方向	(157)
3.2.31	主轴转速极限:G25,G26	(157)

3.2.32	主轴定位:SPOS	(158)
3.2.33	轮廓倒圆,倒角	(158)
3.2.34	轮廓定义编程	(160)
3.2.35	刀具补偿	(162)
3.2.36	刀具 T	(163)
3.2.37	刀具补偿号 D	(163)
3.2.38	刀具半径补偿:G41,G42	(166)
3.2.39	拐角性能:G450,G451	(168)
3.2.40	取消刀具半径补偿:G40	(169)
3.2.41	刀具半径补偿中的几个特殊情况	(170)
3.2.42	刀具半径补偿举例	(171)
3.2.43	辅助功能 M	(172)
3.2.44	H 功能	(172)
3.2.45	计算参数 R	(173)
3.2.46	程序跳转	(174)
3.2.47	子程序	(177)
3.2.48	调用固定循环	(179)
3.2.49	铣削编程综合实例(SIEMENS 802D)	(200)
3.3	SIEMENS 802D 操作	(202)
3.3.1	数控控制面板	(202)
3.3.2	屏幕功能划分	(204)
3.3.3	操作区域键	(205)
3.3.4	直角坐标系	(205)
3.3.5	开机回参考点	(207)
3.3.6	“加工”操作区——JOG 运行方式	(208)
3.3.7	手轮运行	(209)
3.3.8	MDA 手动输入方式	(210)
3.3.9	端面铣削	(211)
3.3.10	程序输入	(212)
3.3.11	模拟图形	(214)
3.3.12	输入刀具参数及刀具补偿	(214)
3.3.13	输入/修改零点偏置值	(217)
3.3.14	自动加工	(220)
3.3.15	CNC 自动加工	(221)
3.3.16	执行外部程序,DNC 自动加工	(223)
3.3.17	通过 RS232 接口进行数据输入输出	(224)
3.4	SIEMENS 802S 802C 车床编程	(225)
3.4.1	指令表	(225)
3.4.2	车削切槽循环—LCYC93	(234)



3.4.3	毛坯粗切循环—LCYC95	(236)
3.4.4	螺纹切削循环—LCYC97	(239)
<b>4</b>	<b>FAGOR 8025M 编程与操作</b>	(242)
4.1	FAGOR 8025M 编程	(242)
4.1.1	程序组成	(242)
4.1.2	程序格式	(242)
4.1.3	FAGOR 系统 G 代码	(243)
4.1.4	常用指令代码介绍	(245)
4.1.5	固定循环	(257)
4.1.6	编程综合实例	(265)
4.2	FAGOR 8025M 操作	(269)
4.2.1	8025M 的控制面板	(269)
4.2.2	操作方式	(270)
4.2.3	EDITING 编辑方式	(270)
4.2.4	空运行,图形模拟显示	(272)
4.2.5	手动操作机床	(272)
4.2.6	回机床参考点(也称机床零点)	(273)
4.2.7	刀具偏置/零点设置	(274)
4.2.8	自动运行(AUTOMATIC)与单段运行(SINGLE BLOCK)	(275)
<b>5</b>	<b>数控车床、铣床、加工中心实用编程例题</b>	(277)
5.1	数控车床编程切削实例	(277)
5.2	铣床、加工中心编程切削实例	(303)
<b>6</b>	<b>数控加工知识习题和技能习题</b>	(318)
6.1	知识习题	(318)
6.2	车削技能习题	(319)
6.3	铣、加工中心技能习题	(333)
<b>7</b>	<b>数控机床操作工模拟考核试卷</b>	(345)
7.1	数控车床操作工考核试卷	(345)
7.2	数控铣床、加工中心操作工考核试卷	(362)
<b>8</b>	<b>数控机床日常维护、保养和安全操作规程</b>	(378)
8.1	数控机床日常维护与保养	(378)
8.2	安全操作规程	(380)
附录	江苏省数控车床操作工技师操作技能试题和评分标准	(382)
	参考文献	(388)

# 1 数控切削加工技术基础

## 1.1 数控加工概述

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、自动编程,还可以使用 CAD/CAM 软件,在计算机上绘制图形,设计工艺参数,然后借助计算机高速运算处理后自动生成程序,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,数控技术经过五十多年的发展和完善,现在已经非常成熟。数控机床运用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?第一,编程时,首先要制订一个零件加工工艺顺序,决定先做零件的哪一部分,再做零件的哪一部分,例如要车一小轴,决定先粗车,后精车,再切槽,这些称为零件加工工艺;第二,加工中要确定主轴旋转速度、进给量、切削深度等等,这些称为选择工艺参数;第三,刀具从 A 点切削至 B 点,再切削到 C 点,

程序中要有刀具的位移数据;第四,切削加工中要主轴旋转方向,冷却液开、关,刀具要更换等等,这些称为辅助运动。综上所述,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,可分为手工编程、自动编程、CAD/CAM软件编程三种。本书重点介绍手工编程。

数控机床手工编程工作框图见图 1.1 所示。

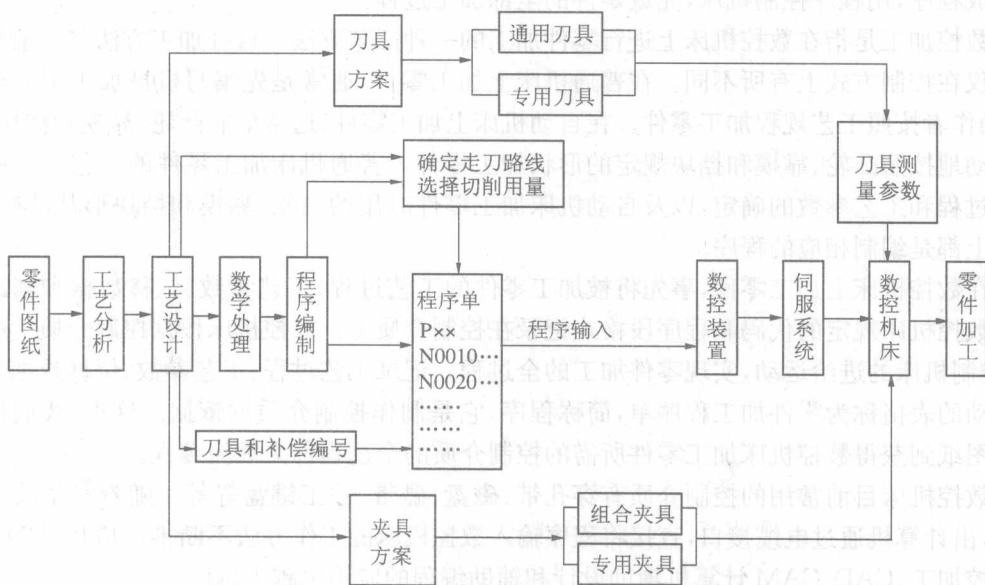


图 1.1 数控机床编程工作框图

从框图可以看出,拿到图纸以后,首先要看清、看懂图纸,工艺分析时要分析零件的材料、形状、尺寸精度、形状位置精度、表面粗糙度以及技术要求、毛坯形状、热处理等。工艺设计要选择确定加工路线,工艺参数,如切削速度、转速、切削深度、预留精加工余量等等。数学处理的复杂程度,取决于零件的复杂程度和数控系统的功能,对于直线和圆弧组成的平面零件,可以用初等数学进行计算处理;对于二次曲线组成的平面轮廓,可以用直线或圆弧逼近的方法计算相邻直线的交点进行编程,目前一般数控系统都有计算参数,可以利用变量参数进行自由赋值,让计算机一边计算一边加工;对于三维以上的复杂轮廓,必须使用 CAD/CAM 软件进行设计和自动编程。

(1) 手工编程 利用一般的计算工具,运用各种数学方法人工进行刀具轨迹的运算,并进行指令编制。这种方法变换比较简单,容易掌握,适应性较大,适用于中等复杂程度及计算量不大的零件编程,是数控机床操作人员必须掌握的一种编程方法。

(2) 自动编程 利用微机及专用的自动编程软件,以人机对话方式确定加工对象和加工条件,自动进行运算和生成指令,适用于曲线轮廓、三维曲面等复杂型面的加工程序的编制。这种方法编制较复杂的零件加工程序效率高、可靠性好。专用软件多为在微机上开放式操作系统环境下开发的,成本低、通用性强。目前中小企业普遍采用这种方法。

(3) CAD/CAM 软件编程 利用 CAD/CAM 集成软件进行零件的设计、分析及加工编程,适用于制造业中的大型 CAD/CAM 集成系统,如各类柔性制造系统(FMS)和集成制造系统(CIMS)。这种方法适应面广、效率高、程序质量好,但投资大,编程人员的素质要高,掌握起来需要一定的时间。

## 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  $0.005\sim 0.1\text{mm}$ ,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,检验工作可以只做首件检验和抽检,节省了时间。在零件变更时只要更换程序,加工中心可以自动更换刀具,工序集中,使多道工序可以连续加工,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

数控机床调整后,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的,当加工对象改变时,除了更换相应刀具和解决毛坯装夹方式外,只要重新编制零件加工程序,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,最宜与计算机联结,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

#### 1.3.1 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 JB 3051-82 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,确定零件的加工过程。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,这就需要一个坐标系来实现,标准的机床坐标系是一个右手笛卡儿直角坐标系。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 三个坐标轴。

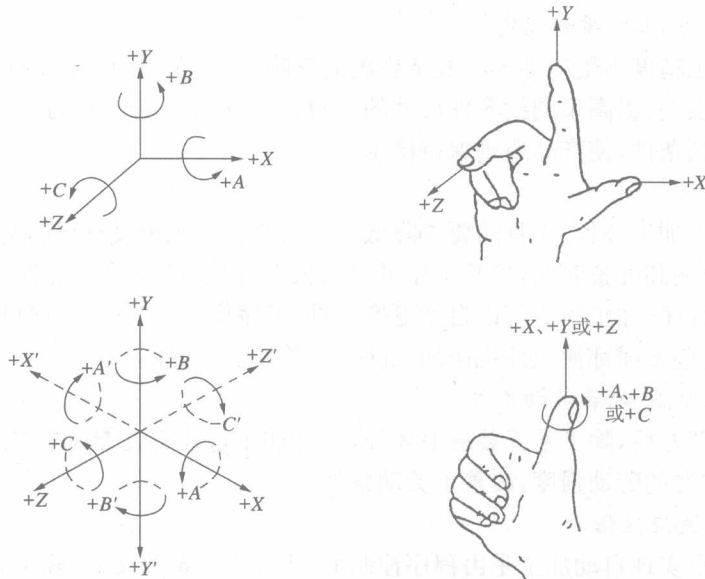


图 1.2 右手笛卡儿坐标系

X、Y、Z 三个坐标轴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。

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 轴是水平的,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,按照右手笛卡儿坐标系来确定。

### 1.3.2 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,它是在机床装配制造时设置的限位开关,一般都在机床坐标系正向的极限位置,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。开机后,通过回零操作,建立机床坐标系。对于数控钻铣机床及铣削加工中心, X、Y、Z 轴都在坐标系的正方向极限位置上,见图 1.3。如果此时机床继续向正方向移动,就会超程。对于加工旋转体的机床,当回机床原点后,一般取卡盘端面法兰盘与主轴中心线的交点处,如图 1.4 所示。

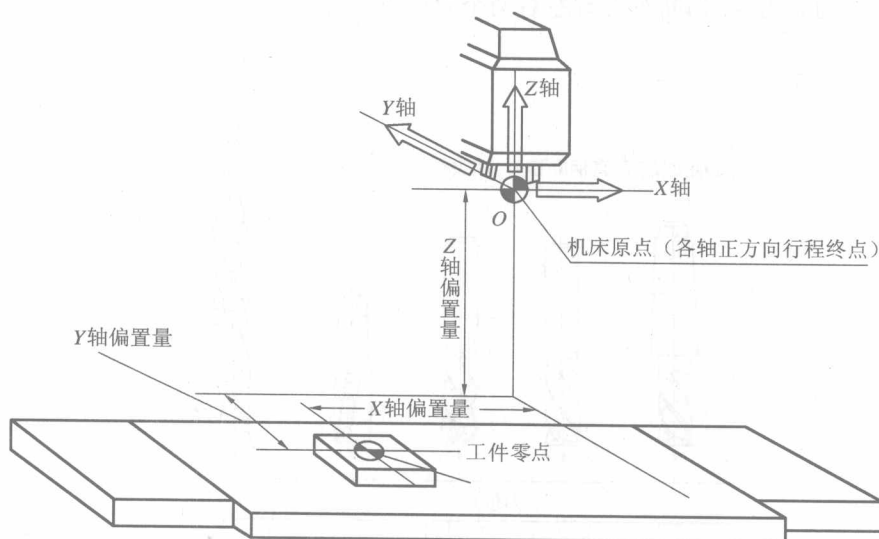


图 1.3 数控钻、铣机床原点与工件零点示意图

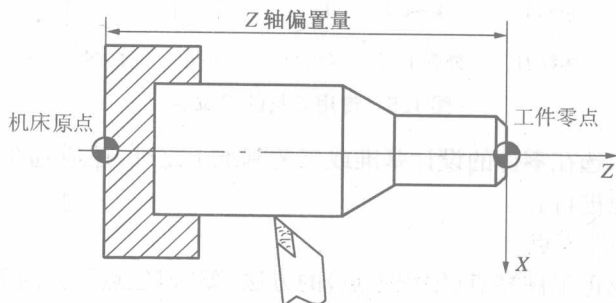


图 1.4 数控车床原点和工件零点示意图



(2) 编程原点。编程原点是编程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、程序原点、工件零点或对刀点。编程员在选择设置编程原点时,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。这一点可以设置在被加工零件上,也可以设置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”是立铣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或球顶端点;钻头是钻尖;车刀是刀尖,切断车刀有左右两个刀位点(见图 1.5)。

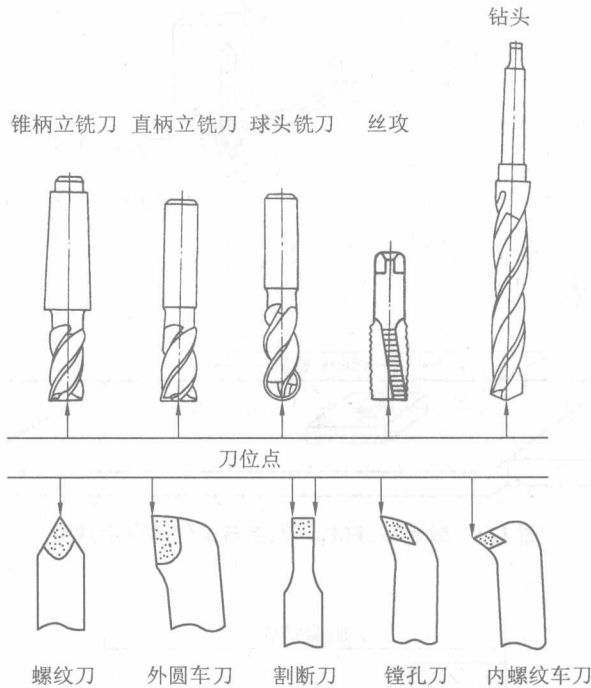


图 1.5 常用刀具的刀位点

选择工件零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。

(3) 对刀找正工件零点

铣削加工对刀找正工件零点(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,移动机床 X、Y、Z 轴,用千分表或百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 操作机床回机床零点。

② 移动机床坐标轴将对刀杆慢慢接近工件,用 0.02 mm 的塞尺(或纸片)放在工件与对刀杆之间,来回移动塞尺,当塞尺移动稍紧时,记录此时某轴相对机床零点的坐标值,X、Y、Z 轴必须逐项进行。

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”。

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

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

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

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

注意:如果工件精度高,塞尺的厚度也要算上。

把以上 X、Y、Z 计算结果存入编程时选择的零点指令里(G 54~G 59)即可,找正零点工作结束(见图 1.6)。

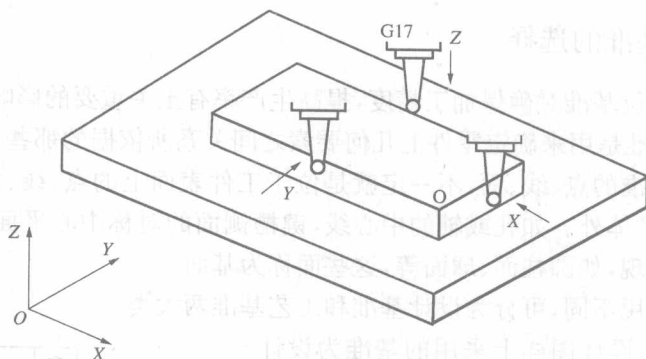


图 1.6 铣床、铣加工中心对刀示意图

SIEMENS 系统在机床操作面板上设有 **测量工件** 和 **计算** 键,事先将刀具半径存入刀具参数表中,按“计算键”,系统会自动计算出零点坐标(详见该系统说明)。

有关找正工作详见第 1.4.11 节。

## 1.4 数控加工工艺

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,机床上用的刀具、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切削运动过程、刀具的选择、走刀路线的确定、切削用量的选择等等。这就要求程序员有很高的素质,要熟悉机床性能、特点、切削规范和刀具系统,加工程序不能出错,否则会出事故。

### 1.4.1 零件图的工艺分析

在制定工件的加工工艺规程之前,首先要对零件图进行工艺分析。这项工作是很必要的,它直接影响零件加工的合理性和经济性。我们首先要分析图样上的各项技术要求是否合理,零件是否具有良好的结构工艺性。结构工艺性良好是指在具体的生产条件下,零件的结构能在保证质量的前提下,以较高的生产率和较低的成本方便地制造出来。

通过分析零件和技术要求,了解被加工零件表面的尺寸精度和几何形状精度。各被加工表面之间的相互位置精度、表面粗糙度、表面质量、热处理要求等。通过分析、了解这些技术要求的作用,从中找出主要技术要求及在工艺上难以达到的技术要求,对制定工艺方案起决定作用。

零件的结构尺寸大小各不相同,但都是由平面、圆柱面、圆锥面、球面等基本表面和螺旋面、渐开浅面等特殊成型表面构成的。这些基本表面和特殊成型表面的不同组合形成了各自的零件结构特点。按照零件的结构特点和工艺过程的相似性可将工件分成轴类零件、套筒类零件、盘类零件、叉杆类零件和箱体类零件。对于轴类零件、套筒类零件以及圆盘类零件多用车削的加工方法;对于叉杆类零件和箱体类零件多用铣削、镗削的方法。

### 1.4.2 定位基准的选择

正确地选择定位基准对确保加工精度,提高生产率有至关重要的影响。

(1) 基准 基准是用来确定零件上几何要素之间关系所依据的那些点、线、面。需要指出的是作为定位基准的点、线、面,不一定是位于工件表面上的点、线、面。它们有的在工件体内,有的在工件体外。如孔或轴的中心线,键槽侧面的对称中心平面等,它们的存在要通过有关表面来体现,如圆柱面、球面等,这些面称为基面。

根据基准的作用不同,可分为设计基准和工艺基准两大类。

① 设计基准 设计图样上采用的基准为设计基准。它是根据零件的工作条件和性能而确定的,零件的尺寸及相互位置要求,也是以设计基准为依据进行标注的。如图 1.7 所示,端面 A 是端面 B、C 的设计基准,外圆 D 是孔 E 的设计基准。

② 工艺基准 在工艺过程中采用的基准,包括定位基准、工序基准、测量基准。

定位基准:在加工中用于定位的基准称为定位基准。

工序基准:在各工序中用来确定本工序加工表面的尺寸、形状、位置的基准,称为工序基准。

测量基准:测量时所采用的基准,称为测量基准。

另外,在装配过程中用来确定零件或部件在产品中的相对位置所采用的基准称为装配基准。

以上各类基准有时是重合的,有时是不重合的,有时是相互的。如图 1.8 所示,主轴孔的设计基准是底面 2,而加工时的定位基准是顶面 1。

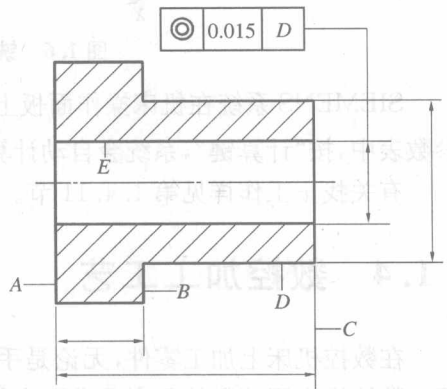


图 1.7 设计基准