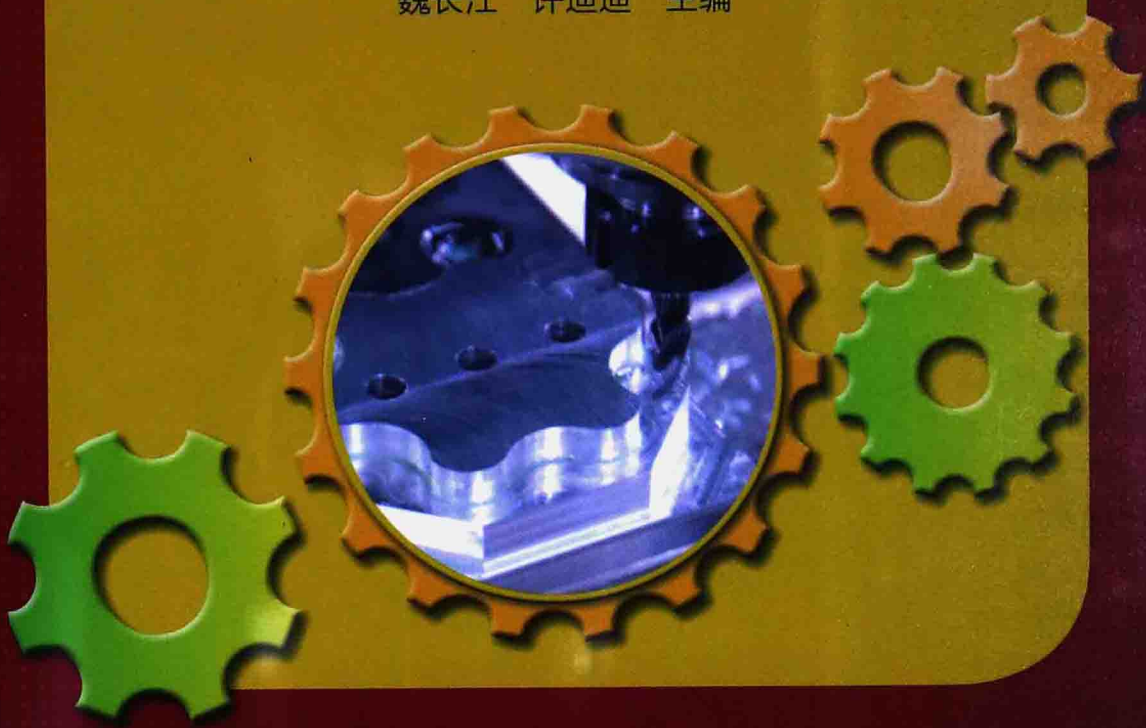


Technology
实用技术

看图学数控编程与操作

图解数控铣削 编程与操作

魏长江 许迪迪 主编



科学出版社

看图学数控编程与操作

图解 数控铣削编程与操作

魏长江 许迪迪 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共12章,主要以图解形式介绍数控铣床(加工中心)的编程和操作的方法及步骤。内容包括:数控铣削(加工中心)加工的基础知识和编程方法,数控铣削工艺及刀具功能、数控铣削的编程基础、数控机床的面板功能,以及平面铣削、外轮廓和内轮廓铣削、孔加工(固定循环的使用)、宏程序应用等。

本书使用FANUC数控系统。学习者可以通过完成从简单到复杂的综合性学习项目,逐步掌握解决实际问题的方法,具有较强的实用性。

本书可供广大数控机床从业人员,尤其是青年员工阅读,也可供工科院校数控专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

图解数控铣削编程与操作 / 魏长江, 许迪迪主编. —北京: 科学出版社, 2015.7

(看图学数控编程与操作)

ISBN 978-7-03-044539-1

I.图… II.①魏… ②许… III.①数控机床-铣床-程序设计-图解
②数控机床-铣床-金属切削-图解 IV.TG547-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第122044号

责任编辑: 张莉莉 杨 凯 / 责任制作: 魏 谨

责任印制: 赵 博 / 封面设计: 刘素霞

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司 印刷

科学出版社发行

各地新华书店经销

*

2015年7月第 一 版

开本: 720×1000 1/16

2015年7月第一次印刷

印张: 13

印数: 1—3 000

字数: 256 000

定价: 45.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《图解数控铣削编程与操作》

编委会

主 编：魏长江 许迪迪

副主编：邓红梅

委 员：赵 郁 王平安 李雨辰 任立伟
韩加喜 张占莉 王 微 薛晓峰

前言

数控机床是现代制造业的基础，当前数控机床的利用率已经成为衡量一个国家制造业水平的重要标准之一。随着现代制造业的飞速发展，数控机床也朝着高性能、高精度、高速度、高柔性化和模块化方向快速发展。然而，由于我国高水平的数控技能人才严重匮乏，使得许多企业中的高档数控机床的有效利用率很低，严重制约着经济的快速发展，因此加大力度培养高水平的数控技能人才是我国制造业的当务之急。

为提高数控技能的培养质量，充分体现职业教育创新的发展趋势，我们特别组织了企业里的数控技术专家、高级工程师和多年在一线教学工作以及具有丰富经验的数控技能竞赛指导教师，共同编写了《图解数控铣削编程与操作》一书。

本书根据职业教育的特点，以职业能力培养为核心，理论与实践教学并举，创新校企合作的新型教育模式编写而成。本书结合数控加工中心培训大纲，以图文并茂的方式介绍数控铣削加工工艺编制、程序编制等专业知识和操作方法；充分体现学以致用、学做合一的教学理念，使学生学会制订复杂零件的数控铣削加工工艺、编制数控铣削程序及操作数控铣床完成加工任务。本书定位为入门级数控专业技术书，但对于知识的把握，课题的组织形式等均参照企业对于技术工人的人才需求、质量和培养的意见进行设计和编写。

本书由魏长江和许迪迪共同创作。在本书编写过程中，得到了北京市汽车工业高级技工学校数控技术系多位领导和老师的帮助，同时北京奔驰公司培训中心技术培训科高级经理邓红梅女士，全国劳动模范、北京奔驰公司“赵郁工作室”赵郁老师，北京奔驰公司王平安、李雨辰经理提出了许多宝贵意见，在此一并感谢。

本书可供广大数控机床从业人员，尤其是青年员工阅读，也可供有关专业工人、技术人员及大中专、技工学校师生参考。

由于本书涉及面广，编者水平有限，书中难免有不妥与疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 数控机床与数控铣床	1
1.1 什么是数控机床	1
1.2 数控机床的分类	1
1.3 数控铣床的组成和分类	2
1.4 数控铣床的加工范围	5
1.5 数控铣床安全操作规程	6
第 2 章 数控铣削工艺及刀具功能	9
2.1 零件的工艺性分析	10
2.1.1 分析零件图	10
2.1.2 铣削加工顺序的安排	11
2.1.3 根据零件选择合适机床	12
2.2 铣刀的选择	12
2.2.1 常用铣削刀具分类	12
2.2.2 刀柄分类及表示方法	15
2.2.3 刀具切削用量的计算	15
2.2.4 加工路线的确定	19
2.2.5 周边铣削和端面铣削	20
2.2.6 顺铣和逆铣	21
第 3 章 数控铣削编程基础	25
3.1 数控编程的编制过程	25
3.2 数控编程方法	26
3.3 数控机床坐标系	27
3.3.1 数控铣床坐标系建立的原则	28
3.3.2 标准坐标系	28

3.3.3	机床坐标轴的确定方法	29
3.3.4	数控铣床的坐标系	30
3.4	程序组成结构	32
3.4.1	程序号 (O)	32
3.4.2	顺序号 (N)	32
3.4.3	准备功能 (G)	33
3.4.4	尺寸字 (X/Y/Z/A/B/C)	33
3.4.5	进给功能 (F)	33
3.4.6	主轴转速 (S)	34
3.4.7	刀具功能 (T)	34
3.4.8	辅助功能 (M)	34
第 4 章	机床面板的功能及基本操作	35
4.1	FANUC 0i 数控系统编程面板	35
4.2	零件程序的输入、编辑和注册 (存储)	38
4.2.1	输入单行程序段	38
4.2.2	新程序的注册 (存储)	39
4.2.3	搜索并调出程序	40
4.2.4	插入一段程序	41
4.2.5	使用 CAN 键 (退格键)	42
4.2.6	使用 DELETE 键 (删除键)	42
4.2.7	使用 ALTER 键 (替换键)	42
4.2.8	注意事项	42
4.3	机床操作面板简介	43
4.4	基本操作	48
4.4.1	开关加工中心机床的顺序	48
4.4.2	回机床零点的方法及需要回参考点情况	48
4.5	手动操作机床	50
4.5.1	手动移动 “X”、“Y”、“Z” 轴	50
4.5.2	手动转动主轴	51

4.5.3	手动操作“刀库”	51
4.5.4	手动操作排屑机	53
4.5.5	手动操作“切削液”	53
4.5.6	手动资料输入的操作 (MDI)	53
4.6	对刀操作	54
4.6.1	对刀原理	54
4.6.2	常用的对刀方法	56
4.6.3	试切法操作实例	57
4.6.4	寻边器找正法操作实例	60
4.6.5	百分表找正法操作实例	62
4.7	装刀并确定刀具长度补偿	63
4.7.1	刀具安装及拆卸	63
4.7.2	将安装好的刀具及刀柄安装到机床	65
4.7.3	确定刀具长度补偿	66
第 5 章	大平面铣削	69
5.1	G代码功能指令	70
5.1.1	坐标系零点偏置指令 (G54 ~ G59)	70
5.1.2	快速定位指令 (G00)	70
5.1.3	直线插补指令 (G01)	71
5.1.4	轮廓倒角指令 (G01)	72
5.1.5	定义平面指令 (G17、G18、G19)	73
5.2	M功能指令	74
5.2.1	M03、M04和M05指令	74
5.2.2	M06指令	74
5.2.3	M08和M09指令	74
5.2.4	M30指令	74
5.3	数控加工前准备工作	75
5.3.1	分析零件图	75
5.3.2	工具、量具和夹具选择	76



5.3.3	刀具及切削用量选择	77
5.3.4	数控编程	77
5.4	数控加工实施	80
5.5	加工注意事项	84
第 6 章	外轮廓铣削	85
6.1	指令功能说明	86
6.1.1	圆弧插补指令 (G02和G03)	86
6.1.2	刀具半径补偿指令 (G41和G42)	87
6.1.3	G41/G42指令使用说明	88
6.2	数控加工前的准备工作	89
6.2.1	分析零件图	89
6.2.2	基点坐标计算	90
6.2.3	工具、量具和夹具选择	91
6.2.4	刀具及切削用量选择	91
6.2.5	数控编程	92
6.3	数控加工实施	96
6.4	加工注意事项	100
第 7 章	内轮廓铣削	101
7.1	指令功能说明	102
7.1.1	坐标系旋转指令 (G68和G69)	102
7.1.2	坐标系镜像指令 (G51.1和G50.1)	103
7.1.3	刀具长度补偿指令 (G43和G44)	103
7.1.4	G43/G44指令使用举例说明	104
7.2	子程序调用M98及说明	106
7.3	数控加工前准备工作	108
7.3.1	分析零件图	108
7.3.2	铣削方向及铣削路线的确定	108
7.3.3	基点坐标计算	108

7.3.4	工具、量具和夹具选择	108
7.3.5	刀具及切削用量选择	109
7.3.6	数控编程	109
7.4	数控加工实施	114
7.4.1	装夹工件并找正	114
7.4.2	对刀(确定工件坐标系)	114
7.4.3	装刀并确定刀具长度补偿	115
7.4.4	编程及加工	116
7.4.5	检验(去毛刺)	117
第 8 章	数控铣削孔零件工艺基础	119
8.1	孔的种类	119
8.1.1	按孔的深浅分类	119
8.1.2	按工艺用途分类	120
8.2	常见孔加工刀具及方法	121
8.2.1	常见的孔加工刀具	121
8.2.2	常见的孔加工方法	123
8.3	孔加工时操作注意事项	126
第 9 章	点钻孔加工	129
9.1	G代码功能指令	130
9.1.1	极坐标编程指令(G16/G15)	130
9.1.2	返回平面选择设定指令(G98/G99)	131
9.1.3	钻孔循环指令(G81)	133
9.1.4	钻孔循环指令(G82)	134
9.1.5	深孔钻孔循环指令(G83)	134
9.1.6	高速深孔钻循环指令(G73)	135
9.1.7	取消循环指令(G80)	135
9.2	数控加工前准备工作	135
9.2.1	分析零件图	135



9.2.2	工具、量具和夹具选择	136
9.2.3	刀具及切削用量选择	136
9.2.4	数控编程	137
9.3	数控加工实施	141
9.3.1	装夹工件并找正	141
9.3.2	确定坐标系并对刀	141
9.3.3	装刀(确定刀具长度补偿)	141
9.3.4	编程及加工	142
9.3.5	检验(去毛刺)	143
第 10 章	精密孔的加工	145
10.1	G代码功能指令	146
10.1.1	镗孔固定循环(G85)	146
10.1.2	镗孔循环指令(G86)	146
10.1.3	精镗循环指令(G76)	147
10.2	数控加工前准备工作	148
10.2.1	分析零件图	148
10.2.2	工具、量具和夹具选择	149
10.2.3	刀具及切削用量选择	149
10.2.4	数控编程	150
10.3	数控加工实施	156
10.3.1	装夹工件并找正	156
10.3.2	确定坐标系并对刀	156
10.3.3	装刀(确定刀具长度补偿)	156
10.3.4	编程及加工	157
10.3.5	检验(去毛刺)	158
第 11 章	螺纹孔和盲孔的加工	159
11.1	G代码功能指令	160
11.1.1	攻左旋螺纹固定循环指令(G74)	160

11.1.2	攻右旋螺纹固定循环指令 (G84)	160
11.2	数控加工前准备工作	161
11.2.1	分析零件图	161
11.2.2	铣削方向及铣削路线的确定	162
11.2.3	工具、量具和夹具选择	163
11.2.4	刀具及切削用量选择	163
11.2.5	数控编程	164
11.3	数控加工实施	169
11.3.1	装夹工件并找正	169
11.3.2	确定坐标系并对刀	169
11.3.3	装刀 (确定刀具长度补偿)	169
11.3.4	编程及加工	169
11.3.5	检验 (去毛刺)	170

第 12 章 宏程序在铣削加工中的应用 173

12.1	用户宏程序概述	173
12.2	宏程序编程基础	174
12.2.1	宏程序中的变量	174
12.2.2	变量的赋值	177
12.2.3	宏程序的运算	178
12.2.4	控制跳转指令	178
12.3	宏程序编程加工实例 (平面轮廓的加工)	180
12.3.1	G05.1 Q1和G05.1 Q0	180
12.3.2	数控加工前准备工作	180
12.3.3	工具、量具和夹具的选择	181
12.3.4	刀具及切削用量选择	182
12.3.5	数控编程	182
12.4	数控加工实施	184
12.4.1	装夹工件并找正	184
12.4.2	确定坐标系并对刀	184

12.4.3 装刀（确定刀具长度补偿）	185
12.4.4 编程及加工	185
12.4.5 检验（去毛刺）	186

附录	187
----------	-----

附录1 FANUC 0i系统常用G指令	187
附录2 FANUC系统准备功能M代码	188
附录3 表示地址的英文字母的含义	189
附录4 数控铣床工安全操作规程	189

第 1 章

数控机床与 数控铣床

1.1 什么是数控机床

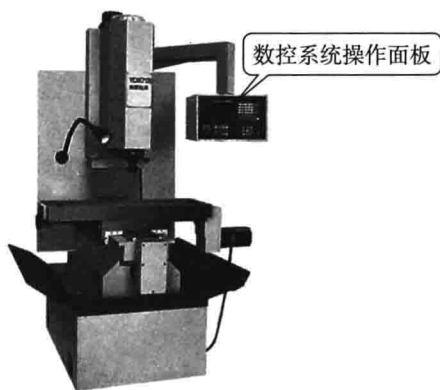
数控机床是数字控制机床（Computer numerical control machine tools）的简称。它是指利用数字、字母及符号等代码形式的信息（程序指令），控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹进行自动加工的机床。

数控机床与普通机床相比，在外观上很容易分辨，例如普通铣床和数控铣床，如图1.1所示。



普通铣床上没有数控系统装置

(a) 一台普通铣床



数控铣床上有数控系统装置

(b) 一台数控铣床

图1.1 普通铣床与数控铣床在外观上的对比

1.2 数控机床的分类

数控机床有很多分类方法，如果按照用途来分类，可以把数控机床分为金属切削类、金属成形类、特种加工类，以及其他类型数控机床，如图1.2所示。

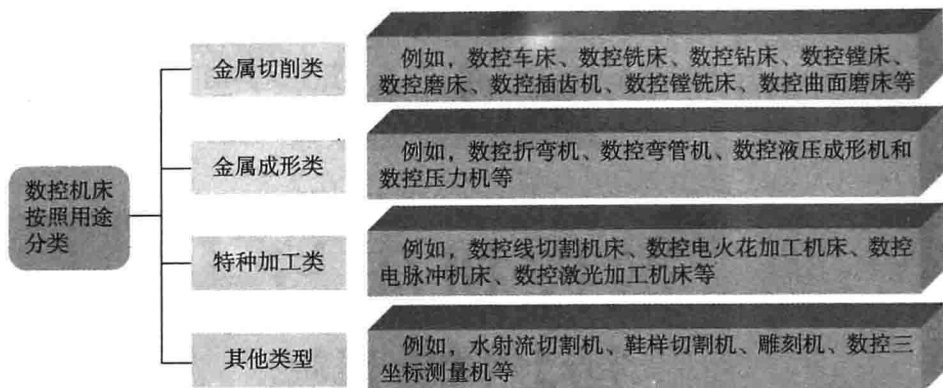
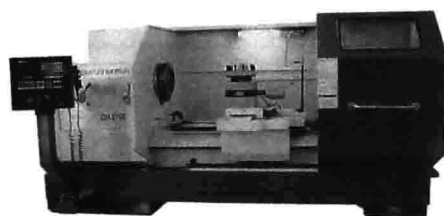


图1.2 数控机床按照用途分类

图1.3所示为一些数控机床的外观。



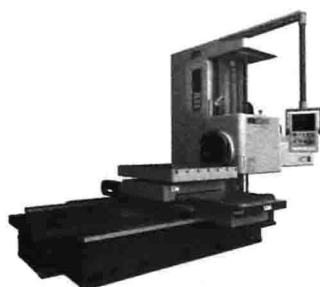
(a) 数控车床



(b) 数控铣床



(c) 数控钻床



(d) 数控镗床

图1.3 一些数控机床

1.3 数控铣床的组成和分类

1. 数控铣床的组成

数控机床主要由数控系统和机床本体组成。一般数控铣床又分为普通数控铣床和带刀库的数控铣床, 后者也叫做加工中心。加工中心除可以实现数控铣床的全部功能之外, 还可以实现自动换刀功能, 自动化程度很高, 数控

系统更加完善。下面就以FV800立式加工中心为例，来说明数控铣床的基本组成。它主要由工作台、数控装置、机床主轴、机床夹具、防护门、床身、刀库及自动换刀装置等组成，如图1.4所示。

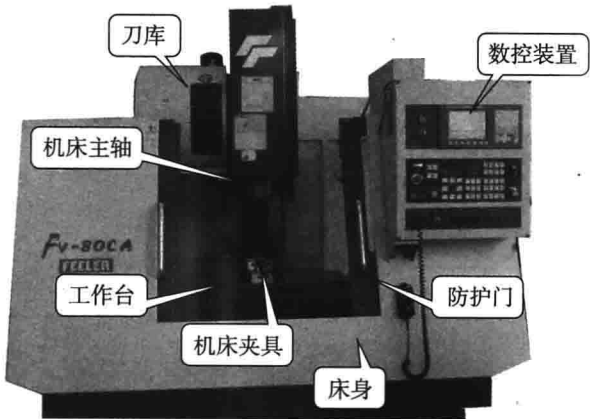


图1.4 数控铣床的组成

数控加工中心各部分名称及功能如表1.1所示。

表1.1 数控加工中心各部分名称及功能

序 号	名 称	功 能
1	工作台	导向及支撑导轨上的部件。它的精度、刚度及结构形式对机床的加工精度和承载能力有直接的影响
2	数控装置	接收输入的信号及指令，经过编译、插补运算和逻辑处理后，输入信号和指令到伺服系统，进而控制机床的各个部分进行动作。数控装置是数控机床的“大脑”
3	机床主轴	安装刀具
4	机床夹具	装夹工件
5	防护门	安全防护作用
6	床 身	支撑数控铣床各部件
7	刀 库	刀具储存、调用功能

2.数控铣床的分类

数控铣床的种类很多，大致可按其主轴的布置形式和按数控系统的功能来进行分类。

数控铣床按主轴的布置形式分类，如表1.2所示。

数控铣床也可按数控系统的功能分类，如表1.3所示。



表1.2 数控铣床按主轴布置形式分类

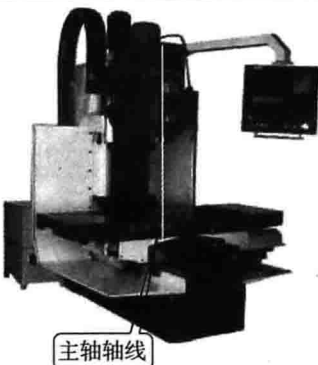
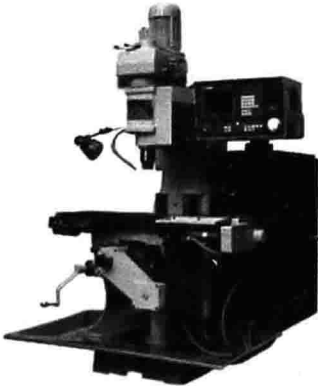
分 类	图 片	说 明
立式数控铣床		立式数控铣床的主轴轴线垂直于水平面，它是数控铣床中数量最多的一种，应用范围也最广泛
卧式数控铣床		卧式数控铣床的主轴轴线平行于水平面
立卧两用数控铣床		也称为万能式数控铣床，主轴可以旋转90°或工作台带着工件旋转90°

表1.3 数控铣床按照数控系统的功能分类

分 类	图 片	说 明
经济型数控铣床		经济型数控铣床一般是在普通立式铣床或卧式铣床的基础上改造而来的，采用经济型数控系统，成本低，机床功能较少，主轴转速和进给速度不高，主要用于精度要求不高的简单平面或曲面零件加工