

数控铣宏程序编程 实例精讲

沈春根 徐晓翔 刘义◎主编

免费获取习题答案



工艺路线和编程思路相结合
逻辑算法和刀路规划相结合
操作步骤和内容提示相结合
单型面编程和综合实例相结合

数控铣宏程序编程 实例精讲

沈春根 徐晓翔 刘 义 主编



机械工业出版社

本书全部采用实例形式,针对数控铣削中的常见型面,首先介绍正方体、圆、多边形、键槽、内孔型腔和群孔等规则轮廓铣削的宏程序编程,再介绍非圆型面的椭圆、倾斜椭圆、正弦曲线和螺旋线等非圆型面轮廓铣削的宏程序编程,最后介绍各类圆角、斜角以及 G18 平面圆柱面和斜面等常见型面轮廓铣削的宏程序编程。

为便于读者学习,可联系 296447532@qq.com 获取习题答案。

本书可以作为企业数控铣、加工中心操作人员的参考书,也可作为高职、中职等院校数控技术课程的实践教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣宏程序编程实例精讲/沈春根,徐晓翔,刘义
主编. —北京:机械工业出版社,2014.3
ISBN 978-7-111-45798-5

I. ①数… II. ①沈…②徐…③刘… III. ①数控机
床—铣床—程序设计 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 026102 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:周国萍 责任编辑:周国萍 杨明远

版式设计:常天培 责任校对:肖琳

封面设计:马精明 责任印制:李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2014 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·20.5 印张·397 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-45798-5

定价:46.00 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

策划编辑:(010)88379733

社服务中心:(010)88361066

网络服务

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

读者购书热线:(010)88379203

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

前言

数控技术的快速发展和新产品的不断涌现,对从事或即将从事数控编程的专业人才提出了更高的要求,不仅要掌握数控机床操作和基本的手工编程技能,而且还要能够解决复杂型面零件或者超精密零件的数控加工问题,以便充分发挥数控系统的编程潜力,使数控设备产生最大效益。

掌握宏程序编程和自动编程(计算机辅助编程)技术是步入高级程序员序列的必备条件,而对于初学者来说,学习宏程序和学习其他高级语言一样——比较抽象,需要通过大量的案例学习和实践操作后才能掌握其精髓。那么选择一本通俗易懂、由浅入深的宏程序编程案例书籍,无疑为快速入门提供了临摹练习的素材。

本书编者在2012年推出了《数控车宏程序编程实例精讲》,该书和市面上同类书籍最大的区别是:以最简单型面加工的宏程序编程案例入手,详解编程思路、刀路规划、流程框图和操作步骤,循序渐进,加工零件的编程难度逐渐加大,最终引导初学者能够运用宏程序编程解决非圆型面的加工。该书得到了很多读者的认可,并对书的编写特色和效果给予了肯定,为此,编者精心推出了《数控车宏程序编程实例精讲》的姊妹篇——《数控铣宏程序编程实例精讲》,希望给数控加工行业的编程学习者和爱好者提高编程实战技能助一臂之力。

本书主要内容

第1章介绍了数控铣宏程序编程的入门知识,主要包括宏程序变量的定义、控制流向的语句和程序设计的逻辑,以及一个完整的数控铣宏程序编制案例。

第2章介绍了数控铣宏程序编程的基本应用,主要包括铣削正方形凸台、圆轮廓、正多边形、圆周槽和四棱台5个宏程序应用实例。

第3章介绍了数控铣宏程序编程的型腔加工,主要包括铣削键槽、内孔、长方形型腔和圆周凹槽4个宏程序应用实例。

第4章介绍了数控铣宏程序编程的群孔加工,主要包括加工直线排孔、

圆周钻孔、角度排孔和矩阵孔 4 个宏程序应用实例。

第 5 章介绍了数控铣宏程序的非圆型面加工, 主要包括铣削整椭圆轮廓、1/2 椭圆轮廓、倾斜椭圆、椭圆型腔和正弦曲线轮廓 5 个宏程序应用实例。

第 6 章介绍了数控铣宏程序的螺纹加工, 主要包括铣削单头外螺纹、多头外螺纹、内螺纹和圆锥内螺纹 4 个宏程序应用实例。

第 7 章介绍了数控铣宏程序的倒角、倒圆加工, 主要包括铣削圆锥内孔、孔口倒 1/4 圆角、孔口倒 45°角和矩形内腔倒圆 4 个宏程序应用实例。

第 8 章介绍了数控铣宏程序的圆柱面、斜面加工, 主要包括铣削 G18 平面圆柱面、1/4 圆弧轮廓、45°斜面和 1/4 椭圆面 4 个宏程序应用实例。

本书编排特点

注重工艺路线和编程思路相结合、逻辑算法和刀路规划相结合、操作步骤和内容提示相结合、单型面编程和综合实例相结合。实例类型基本上覆盖了数控铣削中常见的加工型面, 实例中程序的语句均有说明、比较和总结。

本书读者对象

本书适合数控铣、加工中心操作人员和高职、中职等院校数控技术专业学生。

本书学习方法建议

学习数控 CNC 编程基本知识 → 上机实践 → 学习宏程序基本概念 → 对照本书实例进行学习和模仿 → 程序仿真和验证 → 上机实践 → 加工实物 → 总结。

本书编写人员

本书由沈春根、徐晓翔和刘义主编, 戴永前、汪健、吴玉华、林有余、周丽萍、王亚元、范燕萍、朱和军、陈俊、孙奎州、黄冬英、史建军、徐雪、歆欢、王秋、杨磊、陈建、钱广东、王彬彬、甘建红和许玉芳等人参与了编写工作, 全书由沈春根统稿。本书在编写过程中借鉴了国内外同行有关宏程序编程技术的成果, 在此一并表示感谢。

由于编者水平有限, 加之时间仓促, 书中不足和错误之处恳请读者斧正, 并提出宝贵建议, 便于一起提高数控加工编程技术水平, 更欢迎来信进行交流和探讨(邮箱: liuyicslg@126.com)。

编 者

目 录

前言

第1章 数控铣宏程序编程的入门知识	1
1.1 宏程序编程的基础——变量的定义	1
1.1.1 变量的概述	1
1.1.2 变量的赋值	1
1.1.3 变量的使用	2
1.1.4 变量的类型	3
1.1.5 变量的算术运算和逻辑运算	4
1.2 宏程序编程的工具——控制流向的语句	5
1.2.1 语句的分类	5
1.2.2 运算符的描述	10
1.3 宏程序编程的灵魂——程序设计的逻辑	11
1.3.1 算法的概述	11
1.3.2 用流程框图表示一个数控铣的逻辑设计（算法）	11
1.3.3 一个简单算法实例的编写过程	12
1.4 一个完整的数控铣宏程序编制案例	14
1.5 本章小结	22
1.6 本章习题	23
第2章 数控铣宏程序的基本应用	24
2.1 实例 2-1：铣削正方形凸台的宏程序应用实例	24
2.1.1 零件图以及加工内容	24
2.1.2 零件图的分析	25
2.1.3 算法以及程序流程框图的设计	26

2.1.4	本节小结	41
2.1.5	本节习题	41
2.2	实例 2-2: 铣削圆的宏程序应用实例	42
2.2.1	零件图以及加工内容	42
2.2.2	零件图的分析	42
2.2.3	算法以及程序流程框图的设计	43
2.2.4	本节小结	50
2.2.5	本节习题	50
2.3	实例 2-3: 铣削正多边形宏程序应用实例	51
2.3.1	零件图以及加工内容	51
2.3.2	零件图的分析	52
2.3.3	算法以及程序流程框图设计	52
2.3.4	本节小结	59
2.3.5	本节习题	59
2.4	实例 2-4: 铣削圆周槽的宏程序应用实例	60
2.4.1	零件图以及加工内容	60
2.4.2	零件图的分析	60
2.4.3	算法以及流程框图的设计	62
2.4.4	本节小结	69
2.4.5	本节习题	70
2.5	实例 2-5: 铣削四棱台的宏程序应用实例	70
2.5.1	零件图以及加工内容	70
2.5.2	零件图的分析	71
2.5.3	算法以及程序流程框图的设计	72
2.5.4	本节小结	77
2.5.5	本节习题	77
2.6	本章小结	78
2.7	本章习题	78
第3章	数控铣宏程序编程的型腔加工	79
3.1	实例 3-1: 铣削键槽的宏程序应用实例	79
3.1.1	零件图以及加工内容	79

3.1.2 零件图的分析	80
3.1.3 算法以及程序流程框图的设计	80
3.1.4 本节小结	89
3.1.5 本节习题	89
3.2 实例 3-2: 铣削内孔的宏程序应用实例	89
3.2.1 零件图以及加工内容	89
3.2.2 零件图的分析	90
3.2.3 算法以及程序流程框图的设计	90
3.2.4 本节小结	103
3.2.5 本节习题	103
3.3 实例 3-3: 铣削长方形型腔的宏程序应用实例	104
3.3.1 零件图以及加工内容	104
3.3.2 零件图的分析	104
3.3.3 算法以及程序流程框图的设计	105
3.3.4 本节小结	114
3.3.5 本节习题	114
3.4 实例 3-4: 铣削圆周凹槽的宏程序应用实例	115
3.4.1 零件图以及加工内容	115
3.4.2 零件图的分析	115
3.4.3 算法以及程序流程框图的设计	116
3.4.4 本节小结	121
3.4.5 本节习题	121
3.5 本章小结	122
3.6 本章习题	122
第 4 章 数控铣宏程序的群孔加工	124
4.1 实例 4-1: 直线排孔的宏程序应用实例	124
4.1.1 零件图以及加工内容	124
4.1.2 零件图的分析	125
4.1.3 算法以及程序流程框图的设计	126
4.1.4 本节小结	133
4.1.5 本节习题	133

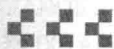
4.2 实例 4-2: 圆周钻孔的宏程序应用实例	134
4.2.1 零件图以及加工内容	134
4.2.2 零件图的分析	134
4.2.3 算法以及程序流程框图的设计	135
4.2.4 本节小结	145
4.2.5 本节习题	145
4.3 实例 4-3: 角度排孔的宏程序应用实例	146
4.3.1 零件图以及加工内容	146
4.3.2 零件图的分析	146
4.3.3 算法以及程序流程框图的设计	148
4.3.4 本节小结	155
4.3.5 本节习题	155
4.4 实例 4-4: 矩阵孔的宏程序应用实例	156
4.4.1 零件图以及加工内容	156
4.4.2 零件图的分析	156
4.4.3 算法以及程序流程框图的设计	157
4.4.4 本节小结	164
4.4.5 本节习题	164
4.5 本章小结	165
4.6 本章习题	165
第5章 数控铣宏程序的非圆型面加工	166
5.1 实例 5-1: 铣削整椭圆轮廓的宏程序应用实例	166
5.1.1 零件图以及加工内容	166
5.1.2 零件图的分析	166
5.1.3 算法以及程序流程框图的设计	167
5.1.4 本节小结	180
5.1.5 本节习题	181
5.2 实例 5-2: 铣削 1/2 椭圆轮廓的宏程序应用实例	181
5.2.1 零件图以及加工内容	181
5.2.2 零件图的分析	181
5.2.3 算法以及程序流程框图的设计	182

5.2.4 本节小结	190
5.2.5 本节习题	190
5.3 实例 5-3: 铣削倾斜椭圆的宏程序应用实例	190
5.3.1 零件图以及加工内容	190
5.3.2 零件图的分析	191
5.3.3 算法以及程序流程框图的设计	192
5.3.4 本节小结	196
5.3.5 本节习题	197
5.4 实例 5-4: 铣削椭圆型腔的宏程序应用实例	197
5.4.1 零件图以及加工内容	197
5.4.2 零件图的分析	197
5.4.3 算法以及程序流程框图的设计	198
5.4.4 本节小结	206
5.4.5 本节习题	206
5.5 实例 5-5: 铣削正弦曲线轮廓的宏程序应用实例	207
5.5.1 零件图以及加工内容	207
5.5.2 零件图的分析	207
5.5.3 算法以及程序流程框图的设计	208
5.5.4 本节小结	213
5.5.5 本节习题	214
5.6 本章小结	214
5.7 本章习题	215
第 6 章 数控铣宏程序的螺纹加工	216
6.1 实例 6-1: 铣削单线外螺纹的宏程序应用实例	216
6.1.1 零件图以及加工内容	216
6.1.2 零件图的分析	216
6.1.3 算法以及程序流程框图的设计	218
6.1.4 本节小结	225
6.1.5 本节习题	225
6.2 实例 6-2: 铣削多线外螺纹的宏程序应用实例	225
6.2.1 零件图以及加工内容	225

6.2.2	零件图的分析	225
6.2.3	算法以及程序流程框图的设计	226
6.2.4	本节小结	232
6.2.5	本节习题	233
6.3	实例 6-3: 铣削内螺纹的宏程序应用实例	233
6.3.1	零件图以及加工内容	233
6.3.2	零件图的分析	233
6.3.3	算法以及程序流程框图的设计	234
6.3.4	本节小结	238
6.3.5	本节习题	239
6.4	实例 6-4: 铣削圆锥内螺纹的宏程序应用实例	239
6.4.1	零件图以及加工内容	239
6.4.2	零件图的分析	239
6.4.3	算法以及程序流程框图的设计	240
6.4.4	本节小结	245
6.5	本章小结	245
6.6	本章习题	245
第7章	数控铣宏程序的倒角、倒圆加工	246
7.1	实例 7-1: 铣削圆锥内孔的宏程序应用实例	246
7.1.1	零件图以及加工内容	246
7.1.2	零件图的分析	246
7.1.3	算法以及程序流程框图的设计	248
7.1.4	本节小结	254
7.1.5	本节习题	254
7.2	实例 7-2: 孔口倒圆的宏程序应用实例	255
7.2.1	零件图以及加工内容	255
7.2.2	零件图的分析	255
7.2.3	算法以及程序流程框图的设计	256
7.2.4	本节小结	262
7.2.5	本节习题	263
7.3	实例 7-3: 孔口倒 45° 角的宏程序应用实例	263

7.3.1 零件图以及加工内容	263
7.3.2 零件图的分析	263
7.3.3 算法以及程序流程框图的设计	264
7.3.4 本节小结	269
7.3.5 本节习题	269
7.4 实例 7-4: 矩形内腔倒圆角的宏程序应用实例	270
7.4.1 零件图以及加工内容	270
7.4.2 零件图的分析	270
7.4.3 算法以及程序流程图的设计	271
7.4.4 本节小结	277
7.4.5 本节习题	277
7.5 本章小结	277
7.6 本章习题	278
第 8 章 数控铣宏程序的圆柱面、斜面加工	279
8.1 实例 8-1: 铣削 G18 平面圆柱面的宏程序应用实例	279
8.1.1 零件图以及加工内容	279
8.1.2 零件图的分析	279
8.1.3 算法以及程序流程框图的设计	281
8.1.4 本节小结	289
8.1.5 本节习题	289
8.2 实例 8-2: 铣削 1/4 圆弧轮廓的宏程序应用实例	290
8.2.1 零件图以及加工内容	290
8.2.2 零件图的分析	290
8.2.3 算法以及程序流程框图的设计	291
8.2.4 本节小结	297
8.2.5 本节习题	297
8.3 实例 8-3: 铣削 45°斜面的宏程序应用实例	298
8.3.1 零件图以及加工内容	298
8.3.2 零件图的分析	298
8.3.3 算法以及程序流程框图的设计	299
8.3.4 本节小结	304

8.3.5 本节习题	305
8.4 实例 8-4: 铣削 1/4 椭圆面的宏程序应用实例	306
8.4.1 零件图以及加工内容	306
8.4.2 零件图的分析	306
8.4.3 算法以及程序流程框图的设计	307
8.4.4 本节小结	313
8.4.5 本节习题	313
8.5 本章小结	314
8.6 本章习题	314
参考文献	315



数控铣宏程序编程的入门知识

本章内容提要

本章主要介绍宏程序编程的基本知识，包括变量的定义、控制流向的语句（语法）以及宏程序编程的算法（流程框图的绘制）等内容。其中变量的定义是编写宏程序的基础；语法（即控制流向的语句）是编写宏程序的工具；算法是编写宏程序的核心和灵魂。最后通过讲解一个简单的入门实例：应用宏程序编写零件平面铣削的程序，介绍宏程序编写的具体步骤和主要方法，为后续复杂工件的宏程序编程应用打下基础。

1.1 宏程序编程的基础——变量的定义

1.1.1 变量的概述

FANUC 数控系统中变量的定义是用“#”和后面指定的变量号表示的，其中变量号可以是数值，也可以是表达式，甚至可以是其他的变量，如#100、#[3*2-1]…。

1.1.2 变量的赋值

定义了变量号之后，数控系统会临时开辟一个内存字节来存放该变量，但该变量没有任何意义，只是向系统要一个空的内存，必须对该变量进行赋值后才能实现运算功能。

赋值的格式为：变量 = 表达式。其中“=”为赋值运算符，其作用是把赋值运算符右边的值赋给左边的变量。

两点说明：

1) 例如: $\#100 = 2$ 是把数值 2 赋给 $\#100$ 号变量, 以后在程序中出现 $\#100$ 号变量就代表数值 2。当然变量的值在程序中也可以任意修改, 如 $\#100 = 3$, 就是将 $\#100$ 修改为数值 3。

注意: 赋值运算符两边的内容不能互换。如 $\#100 = \#101 + \#102$, 如果误写成 $\#101 + \#102 = \#100$, 意义就会截然不同。在宏程序编程中, 这类赋值方式和计算机编程高级语句 (如 C 语言) 是一致的。

2) 变量既可以参与运算, 也可以相互进行赋值运算。

例如: $\#100 = 1$; (把 1 赋给 $\#100$ 号变量)

$\#101 = 2$; (把 2 赋给 $\#101$ 号变量)

$\#103 = \#100 + \#101$; (把 $\#100$ 号变量的值加上 $\#101$ 号变量的值赋给 $\#103$ 号变量)

$\#104 = \#103$; (把变量 $\#103$ 号变量的值赋给 $\#104$ 号变量)

注意: 在 $\#104 = \#103$ 这个赋值语句中, $\#103$ 必须有明确的值, 如果 $\#103$ 没有确定的值, 那么把 $\#103$ 赋给 $\#104$ 是没有任何意义的。

1.1.3 变量的使用

1) 变量号可以用变量代替。如 $\# [\#100]$ 号变量, 设 $\#100 = \#101$, 则整个变量就等于 $\#101$ 号变量。

2) $\#100 = 0$ 和 $\#0$ 号变量的区别: $\#100 = 0$ 是把 0 赋给 $\#100$ 号变量, 此时 $\#100$ 号变量就等于 0, 有实际意义; $\#0$ 为空变量, 是永远不能被赋值的。

3) 在地址后面指定变量号即可以引用变量值。当使用表达式指定变量时, 把表达式用 $[\]$ 括起来表明进行 $[\]$ 内的运算。如果要改变表达式的符号, 应把符号放在表达式的前面。建议在编制宏程序时变量 (而不是规定) 最好用 $[\]$ 括起来, 以免产生歧义。例如:

G01 X $[2 * \#100 + 1]$ F $\#101$; ($\#101$ 是进给量的值)

G01 Z $[-\#100]$ F $\#101$; ($\#100$ 是地址符 Z 的值)

GOTO $\#100$; ($\#100$ 是跳转标号)

4) 变量可以用于条件判断的比较, 例如:

IF $[\#100 GT \#101]$ GOTO 20;

在条件判断语句中使用变量, 增加了程序的灵活性。

5) 在 FANUC 系统中, 可以使用系统宏变量来设置坐标系的值。例如: G54 坐标系中三个数值分别为 100、200、300, 就可以用以下的变量替换:

$\#5221 = 100$;

$\#5222 = 200$;

$\#5223 = 300$;

当工件的坐标系发生改变时,只需要修改#5221、#5222、#5223 的值即可。这种用法适合程序执行前的程序保护,防止坐标系中的值被误修改而导致加工错误。

6) 有些场合不允许使用变量。例如:

定义程序名: O#100。

7) 在实际编程中,每个变量要单独写一行,不能把多个变量写在同一行,否则系统会出现报警。例如:

正确的写法

.....

#100 = 10;

#101 = 2;

#102 = 0;

.....

错误写法

.....

#100 = 10; #101 = 2; #102 = 0;

.....

1.1.4 变量的类型

变量根据变量号中数字的范围,可以分为四种类型,具体见表 1-1。

表 1-1 变量的类型及功能

变量号	变量类型	功 能
#0	空变量	该变量总是空的,没有值赋给该变量
#1 ~ #33	局部变量	局部变量只能用在宏程序中存储数据,例如:运算断电时,局部变量被初始化为空,调用宏程序时,自变量对局部变量进行赋值
#100 ~ #199	公共变量	在不同的宏程序中意义相同,当断电时,变量#100 ~ #199 初始化为空
#500 ~ #999		变量#500 ~ #999 数据保存,即使断电也不丢失
#1000 以上	系统变量	系统变量用于读和写 CNC 的各种数据,如刀具的当前位置和补偿值等

在实际编程中,可以使用变量号在公共变量范围中的变量(即#100 ~ #199 变量之内),这些变量是厂家提供给用户自由使用的;系统变量号中的变量出于厂家对系统的保护,是不可以随便写入数据改变其值的。关于 FANUC Oi 更多的系统变量、接口系统变量、采用系统变量读入和改写刀具补偿值、改写工件零点的偏置等变量的说明,读者可以参考北京 FANUC 公司提供的 FANUC Oi 操作和参数说明书。

1.1.5 变量的算术运算和逻辑运算

表 1-2 所示为变量的算术运算和逻辑运算，应用时有如下几点说明：

表 1-2 变量的算术运算和逻辑运算一览表

功 能	格 式	备 注
定义置换	#i = #i	
加法	#i = #i + #k	
减法	#i = #i - #k	
乘法	#i = #i * #k	
除法	#i = #i / #k	
正弦	#i = SIN [#j]	三角函数和反三角函数的数值均以度 (°) 为单位来指定。 例如：90°30' 应写成 90.5°
反正弦	#i = ASIN [#j]	
余弦	#i = COS [#j]	
反余弦	#i = ACOS [#j]	
正切	#i = TAN [#j]	
反正切	#i = ATAN [#j]	按四舍五入取整进行运算的
平方根	#i = SQRT [#j]	
绝对值	#i = ABS [#j]	
舍入	#i = ROUND [#j]	
指数函数	#i = EXP [#j]	
(自然对数)	#i = LN [#j]	
上取整	#i = FIX [#j]	
下取整	#i = FUP [#j]	逻辑运算是按位进行运算的，按照二进制数据运算
与	#I AND #j	
或	#I OR #j	
异或	#I XOR #j	用于与 PMC 信号交换 (BIN 为二进制；BCD 为十进制)
从 BCD 转为 BIN	#I = BIN #j	
从 BIN 转为 BCD	#I = BCD #j	

1) 以上只是罗列了变量算术运算和逻辑运算的基本功能。在实际宏程序编制中，也不是每个功能及其格式都需用到，记住常用的一些功能，例如：定义置换、加减乘除、SQRT []、SIN []、COS [] 等，其他的在实际编程中需要时查询即可。

2) 注意运算的优先次序。

函数→乘和除运算(*、/、AND)→加和减运算(+、-、OR、XOR)。