

第二版

# 数控铣削

# 编程与加工

赵刚 主编



化学工业出版社

第二版

# 数控铣削 编程与加工

赵刚 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：45.00元

ISBN 978-7-132-33402-2

本书主要针对 FANUC0i 和 SINUMERIK 828D 这两款世界技能大赛数控铣项目指定系统的数控机床铣削加工进行讲解,分为编程与操作基础、加工实例和项目教学 3 个模块。全书理论知识与实践技能并重,实用性强。

本书可供数控机床操作与编程人员学习使用,也可作为职业院校数控相关专业师生组织教学及实训环节的参考用书。

# 数控铣削编程与加工

## 第二版

赵刚 主编

### 图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣削编程与加工/赵刚主编. —2 版. —北京:化学工业出版社, 2019. 2

ISBN 978-7-122-33405-3

I. ①数… II. ①赵… III. ①数控机床-铣床-程序设计-教材②数控机床-铣床-金属切削-加工-教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 269145 号

责任编辑:黄滢

文字编辑:张燕文

责任校对:杜杏然

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 322 千字 2019 年 3 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

此为试读,需要完整PDF请访问: [www.ertongbook.com](http://www.ertongbook.com)

本书第一版完成于2007年,分为编程指令篇、机床加工操作篇和加工实例篇三个模块,主要针对FANUC Oi系统数控机床的铣削加工进行讲解,以手工编程为主。

随着时代的发展,2010年,我国正式加入了世界技能组织,参加了世界技能大赛。对接世界大赛标准,第二版主要针对FANUC Oi和SINUMERIK 828D这两款世界技能大赛数控铣项目指定系统的数控机床铣削编程加工进行讲解,分为3篇,第1篇为编程与操作基础、第2篇为加工实例、第3篇为项目教学,自动编程软件采用MasterCAM。

本书实用性强,编写过程中力求使理论知识与实践技能并重,书中很多实例均来源于一线教师多年的教学与生产实践。作为教学改革实践,本书新增了项目教学篇,探索教学改革、紧密结合实践是本书的一大特色。

本书可供广大数控机床操作人员与编程人员学习使用,也可作为职业院校数控相关专业师生组织教学及实训环节时的参考用书。

本书由湖南工贸技师学院赵刚任主编,王斌、罗海任副主编,陈夕明、冯涛、谭志明参加了编写,编写过程中得到了学校领导以及兄弟学院相关老师的大力支持和帮助,他们提出了很多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于水平所限,书中不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者



## 第 1 篇 编程与操作基础

### 第 1 章 数控编程概述 / 001

---

1.1 NC 程序简介 .....	001
1.1.1 NC 程序格式简介 .....	001
1.1.2 数据输入格式简介 .....	002
1.1.3 坐标位置数值的表示方式 .....	002
1.1.4 选择性执行符“/” .....	003
1.1.5 程序段注释符“( )” .....	003
1.2 地址符详解 .....	003
1.2.1 程序段号地址符 N .....	003
1.2.2 主轴功能地址符 S .....	004
1.2.3 刀具功能地址符 T .....	004
1.2.4 进给功能地址符 F .....	004
1.2.5 辅助功能地址符 M .....	005
1.2.6 准备功能 G 指令 .....	005

### 第 2 章 子程序的调用 / 015

---

2.1 子程序的格式 .....	015
2.2 执行方法和顺序 .....	015

### 第 3 章 孔加工固定循环指令 / 020

---

3.1 常用孔加工固定循环指令 .....	020
3.1.1 指令简介 .....	020
3.1.2 指令详解 .....	021
3.2 钻削循环指令 (G81 和 G82) .....	022
3.2.1 指令格式 .....	022
3.2.2 加工实例 .....	022
3.3 钻削深孔指令 (G73 和 G83) .....	023

3.4 镗削循环指令 (G76、G85、G87 和 G89) .....	024
3.5 攻螺纹固定循环指令 (G74 和 G84) .....	025
3.5.1 指令格式 .....	025
3.5.2 加工实例 .....	025

## 第 4 章 铣削编程中的实用功能 / 027

---

4.1 极坐标 (G15 和 G16) 的使用 .....	027
4.1.1 指令格式 .....	027
4.1.2 程序示例 .....	027
4.2 坐标系旋转指令 (G68 和 G69) .....	029
4.2.1 指令格式 .....	029
4.2.2 程序示例 .....	029
4.2.3 注意事项 .....	031
4.3 可编程镜像 (G51.1 和 G50.1) .....	031
4.3.1 指令格式 .....	031
4.3.2 程序示例 .....	031
4.3.3 说明 .....	033
4.4 比例缩放 (G50 和 G51) .....	033
4.4.1 指令格式 .....	033
4.4.2 说明 .....	034
4.4.3 程序示例 .....	035

## 第 5 章 用户宏程序简介 / 036

---

5.1 宏程序的概念 .....	036
5.2 宏程序的赋值 .....	037
5.3 宏程序中的变量 .....	038
5.4 运算符与表达式 .....	038
5.4.1 算术运算符 .....	038
5.4.2 条件运算符 .....	039
5.4.3 逻辑运算符 .....	039
5.4.4 函数 .....	039
5.4.5 表达式 .....	039
5.5 循环控制语句 .....	039
5.6 宏程序的分类 .....	040
5.7 宏程序编程示例 .....	041

## 第 6 章 数控铣削加工必备工艺知识 / 047

---

6.1 数控铣床的坐标系与关键点 .....	047
6.1.1 坐标轴和运动方向的命名原则 .....	047
6.1.2 坐标轴的规定 .....	047

6.1.3	机床坐标系与工件坐标系 .....	048
6.1.4	数控机床的关键点 .....	048
6.2	铣削用量 .....	049
6.2.1	切削速度 $v_c$ .....	049
6.2.2	进给率 $F$ .....	049
6.2.3	切削深度 $a_p$ .....	050
6.2.4	切削宽度 (步距) $a_e$ .....	050
6.3	编程中的常用工艺路线 .....	050
6.3.1	Z 轴方向上的编程设定 .....	050
6.3.2	进退刀方式与向量 .....	051
6.3.3	零件的加工路线 .....	052

## 第 7 章 FANUC 0i 系统数控铣床操作面板 / 054

---

7.1	操作面板的外形 .....	054
7.2	操作面板的组成 .....	054
7.2.1	CRT 显示器 .....	055
7.2.2	MDI 键盘 .....	055
7.2.3	机床操作面板 .....	057

## 第 8 章 数控机床基本操作专项练习 / 060

---

8.1	数据的输入/输出与程序的编辑 .....	060
8.1.1	通过 MDI 键盘输入加工程序 .....	060
8.1.2	通过 MDI 键盘编辑加工程序 .....	062
8.2	机床的手动操作 .....	064
8.2.1	机床回零 .....	064
8.2.2	手动/连续方式 .....	065
8.2.3	手动脉冲方式 .....	065
8.3	加工中心的对刀 .....	065
8.3.1	对刀原理 .....	065
8.3.2	对刀工具与方法 .....	066
8.4	数控机床自动运行专项练习 .....	068
8.4.1	存储器运行 .....	068
8.4.2	自动/单段方式 .....	069
8.4.3	检查运行轨迹 .....	069
8.4.4	MDI 运行 .....	069
8.4.5	DNC 运行 .....	070

## 第 9 章 SINUMERIK 828D 系统数控编程 / 071

---

9.1	数控程序简介 .....	071
-----	--------------	-----

9.1.1	数控程序格式 .....	071
9.1.2	程序段指令编写规则 .....	072
9.1.3	数控程序命名 .....	073
9.2	地址符和指令详解 .....	074
9.2.1	地址符 N .....	074
9.2.2	进给功能 F .....	074
9.2.3	主轴功能 S .....	074
9.2.4	刀具功能 T .....	074
9.2.5	辅助功能 M .....	074
9.2.6	准备功能 G .....	075
9.3	子程序 .....	087
9.3.1	子程序名称 .....	087
9.3.2	定义子程序 .....	088
9.3.3	子程序的嵌套 .....	088
9.3.4	子程序的调用 .....	088
9.3.5	子程序的返回指令 .....	088
9.4	钻孔循环指令 .....	089
9.4.1	CYCLE81 (钻中心孔) .....	089
9.4.2	CYCLE83 (深孔钻削) .....	090
9.4.3	CYCLE85 (铰孔) .....	092
9.4.4	CYCLE84 (刚性攻螺纹) .....	092

## 第 10 章 SINUMERIK 828D 系统数控机床操作 / 094

---

10.1	SINUMERIK 828D 系统操作元件 .....	094
10.1.1	软键栏和屏幕区域 .....	094
10.1.2	CNC 全键键盘 .....	096
10.1.3	标准西门子机床控制面板 .....	097
10.2	SINUMERIK 828D 系统基本操作 .....	099
10.2.1	开机操作 .....	099
10.2.2	手动界面操作 .....	099

## 第 2 篇 加工实例

### 第 11 章 数控铣削加工实例 / 107

---

课题 1	铣削加工平面 .....	107
课题 2	铣削加工“8”字形密封槽 .....	109
课题 3	铣削加工 C 形凹槽 .....	110
课题 4	铣削加工英文字母“CNC” .....	112
课题 5	铣削加工台阶 .....	114
课题 6	带刀具半径补偿时的编程 .....	115



课题 7 局部工件坐标系的建立与子程序的调用 .....	118
课题 8 子程序的嵌套 .....	120
课题 9 铣削加工螺旋线 .....	122
课题 10 X-Z (G18) 平面上的子程序调用 .....	125
课题 11 曲面的手动编程 .....	127
课题 12 铣削加工圆台零件 .....	128
课题 13 子程序和半径补偿相结合使用 .....	130
课题 14 利用极坐标指令加工钻套 .....	132
课题 15 加工内弧线下连杆 .....	134
课题 16 利用旋转坐标加工标志图形 .....	135
课题 17 铣削加工支座 .....	137
课题 18 铣削加工回转缓冲器 .....	141
课题 19 宏程序的二重嵌套 .....	144
课题 20 铣削加工内圆弧面 .....	145
课题 21 利用 WHILE 语句完成内圆弧面的铣削加工 .....	147
课题 22 特殊指令 G10 的应用 .....	147
课题 23 利用 G10 指令倒角 .....	150
课题 24 薄壁零件的铣削 .....	151
课题 25 加工变位齿轮 .....	153
课题 26 零件轮廓加工 .....	163
课题 27 铣削加工螺纹 .....	165

### 第 3 篇 项目教学

#### 学习任务 1 三根鲁班锁的制作 / 167

学习活动 1 接受工作任务, 明确工作要求 .....	168
学习活动 2 制定三根鲁班锁的加工工艺 .....	170
学习活动 3 制作三根鲁班锁并检测 .....	173
学习活动 4 工作总结与评价 .....	176

#### 学习任务 2 同心吊坠的制作 / 177

学习活动 1 接受工作任务, 明确工作要求 .....	177
学习活动 2 制定同心吊坠的加工工艺 .....	179
学习活动 3 制作同心吊坠并检验 .....	180
学习活动 4 工作总结与评价 .....	181

#### 编程加工练习题 / 182

#### 参考文献 / 192

## 第1章 数控编程概述

数字控制是由程序中的指令控制系统去执行以往必须由人工操作的所有加工动作。故学习程序编制必须完全了解程序中指令的功能及格式，这样才能将传统人工操作机床设备的加工经验及相关知识，很正常地用指令来描述加工顺序。简而言之，数控铣床（或加工中心）的程序就是依据已具有的加工知识和加工顺序，用正确的指令依序描述组合而成。

特别注意的是，编制数控程序时必须考虑以下几点。

- ① 依工件形状及尺寸标示决定程序原点位置及加工顺序。
- ② 工件的夹持方法：用台虎钳夹持或用 T 形槽螺栓、垫板或制作特殊夹具。
- ③ 刀具的选择：包括铣刀的直径、刀刃长度、材质及其他刀具的选用并决定各把刀具的刀号及刀具半径补正地址、长度补正地址。
- ④ 切削条件：包括各把刀具的主轴转速、切削深度、进给率、精铣预留量等。

### 1.1 NC 程序简介

#### 1.1.1 NC 程序格式简介

数控程序是由指令组成，而指令是由英文字母与数值（如 N10，G28，G90，G91，M03，F100，S2500，T01 等）或特殊符号（如单节选择性指令“/”、单节结束指令“；”等）组成。不同的系统使用的指令和代码的格式是不同的，不能盲目照搬，本章所用指令均按照在我国应用得较为广泛的 FANUC 0i 系统的代码格式为蓝本进行编写。

NC 程序示例：

```
-----  
O0001;                               N30 G54;  
N10 G28 G91 Z0;                       N40 M06 T01;  
N20 G28 X0 Y0;                         N50 M03 S1000;
```

N60 G90 G00 G43 Z5. H01;

N80 G01 Z-5. F50;

N70 G00 G41 X25. Y30. D11;

N90 M30;

示例中每一行称为一个程序段，每一程序段由至少一个程序字（Word）组成，程序字由一个地址符（Address）和数值（Number）组成。每一单节后面加一单节结束符号“;”，以界定单节的范围。如此 CNC 控制器即依照程序中的单节指令，依序执行程序。

地址符用英文字母表示，其含义如表 1-1 所示，地址符依照已设定的程序功能而有不同的含义，其目的在于限定其后数字的含义。

表 1-1 地址符的功能及其含义

功 能	地址符	取值范围	含 义
程序号	O	1~9999	程序号
顺序号	N	1~9999	顺序号
准备功能	G	00~99	指定数控功能
尺寸定义	X,Y,Z	±99999.999mm	坐标位置值
	R	±9999.9999mm	圆弧半径,圆角半径
	I,J,K	±9999.9999mm	圆心坐标位置值
进给率	F	1~100000mm/min	进给率
主轴转速	S	1~4000r/min	主轴转速值
选刀	T	0~99	刀具号
辅助功能	M	0~99	辅助功能 M 代码号
刀具偏置号	H,D	1~200	指定刀具偏置号
暂停或指定子程序号	P	0~99999.999ms 或 1~9999	暂停或程序中某功能的开始使用的顺序号
重复次数	L	1~999	调用子程序用
参数	Q	1~9999 或 ±99999.999mm	固定循环终止段号或固定循环中的定距

### 1.1.2 数据输入格式简介

NC 程序中的每一指令均有一定的固定格式，使用不同的控制器其格式也不同，故必须依据该控制器的指令格式书写指令，若其格式有错误，则程序将不被执行而出现报警信息。

其中，以数值资料输入时应特别小心。一般数控铣床或加工中心均可选择用公制单位“mm”或英制单位“in”为坐标数值的单位。公制可精确到 0.001mm，英制可精确到 0.0001in，这也是一般数控机床的最小移动量。如输入 X1.23456 时，实际输入值是 X1.234mm 或 X1.2345in，多余的数值即被忽略不计。且字也不能太多，一般以 7 个字为限，如输入 X1.2345678，因超过 7 个字，会出现报警信息。故在程序编制时，要确定不超过数控机床规定的实际限制（即不要超过最小脉冲当量），一定要参照数控机床制造厂商给出的说明书。

### 1.1.3 坐标位置数值的表示方式

数控程序控制刀具移动到某坐标位置，其坐标位置数值的表示方式有以下两种。

#### (1) 用小数点表示法

用小数点表示法即数值的表示用小数点“.”明确地标示个位在哪里。例如“X25.36”，其中 5 为个位，故数值大小很明确。

#### (2) 不用小数点表示法

不用小数点表示法是指数值中无小数点，则 CNC 控制器会将此数值乘以最小移动量

(公制 0.001mm, 英制 0.0001in) 作为输入数值。例如“X25”, CNC 控制器会将  $25 \times 0.001\text{mm} = 0.025\text{mm}$  作为输入数值。要表示“X25mm”, 可输入“X25.”或“25000”。一般用小数点表示法较方便, 并可节省 CNC 控制器的存储空间, 故常被使用。

以下的地址符均可选择使用小数点表示法或不使用小数点表示法: X、Y、Z、I、J、K、F、R 等。但也有一些地址符不允许使用小数点表示法, 如 P、Q、D 等。一般均采用小数点表示方式来描述坐标位置数值。在键入数控程序, 尤其是坐标数值是整数时, 常常会遗漏小数点。例如想要输入“25mm”, 但键入“25”, 其实际的数值是 0.025mm, 相差 1000 倍, 可能会发生撞机或大量铣削, 要小心谨慎。

### 1.1.4 选择性执行符“/”

在单节的最前端加一斜线“/”(选择性执行符)时, 该单节是否被执行, 是由机床操作面板上的单节选择性执行按钮来决定的。当置于“ON”(机床灯亮), 则该单节会被忽略而不被执行; 当置于“OFF”(灯灭), 则该单节会被执行。例如:

```
-----
N1;                               N2;
...                               ...
/M00;                             /M00;
-----
```

说明: M00 为暂停指令, 选择性执行时, 加工中使用便于操作者对工件的尺寸进行测量, 控制工件的加工质量。

### 1.1.5 程序段注释符“( )”

为了方便检查、阅读数控程序, 在许多数控系统中允许对程序进行注释, 注释可以作为对操作者的提示显示在屏幕上, 注释对机床动作没有丝毫影响。注释应放在程序号或程序段号的后面, 并用“( )”括起来, 不允许将注释插在地址和数字之间, 如以下程序所示:

```
-----
O0007;
(PROGRAM NAME-CILUN)
( DATE-DD-MM-YY-10-06-05 TIME=HH: MM-20: 54)
N100 G21 G0 G17 G54 G40 G49 G80 G90;
-----
```

## 1.2 地址符详解

### 1.2.1 程序段号地址符 N

数控程序的每一单节之前可以加一顺序号码, 以地址符 N 后面加上 1~9999 数字表示。顺序号码与数控程序的加工顺序无关, 它只是那一单节的代号, 故可任意编号。但最好以由小到大的顺序编写, 较符合人们的思维习惯。

使用技巧: 为节省存储空间, 提高编程效率, 每一单节前面无需都书写程序段号, 程序段号常跟注释、说明, 并不影响加工。例如:



```

-----
N1; (FIRST)                                N2; (SECOND)
G90 G54 G40 G17 G49 G80;                    ...
...
-----

```

同时，程序段号也可以作为循环语句的标识。例如：

```

-----
N1 IF[#2 LT 1.0] GOTO3                       GOTO1;
#1=#1+5.0;                                    N3#2=#2-1.0;
#2=#2-1.0;
-----

```

使用 CAM 软件时，生成的刀路文件经过后处理，程序段号可以自动生成，自动换行，省去了单节结束指令“;”，具体的示例如下：

```

-----
%                                             N104T1M6
00000                                         N106G0G90G54X-19.305Y-15.6S1200M3
(PROGRAM NAME-HY10)                          N108G43H1260.M8
( DATE = DD-MM-YY-27-02-02 TIME = HH:      N110234.8
MM-12:50)                                     N112G1Z29.8F2.
((UNDEFINE)T00L-1 DIA.OFF.-41 LEN.         N114X19.305
-1 DIA.-10.)                                 N116G0250.
N100G21                                       N118X24.248Y-5.2
N102G0G40G49G80G90
-----

```

## 1.2.2 主轴功能地址符 S

用代码指定主轴速度，并不会使机床主轴转动，需和 M03、M04 指令配合使用。一个程序段只能包含一个 S 代码，关于 S 代码后的数值位数和 S 代码与运动指令在同一程序段时程序如何执行可参考相关的机床说明书。

直接指定主轴速度值，主轴速度可以直接用地址符 S 后的最多 5 位数值 (r/min) 指定。指定主轴转速的 5 位数值的单位，取决于机床厂的规定，详细情况见机床制造厂提供的说明书，操作时结合机床操作面板的主轴倍率开关一起使用。

## 1.2.3 刀具功能地址符 T

在地址符 T 后一般指定 2 位数字用以选择机床上的刀具。在一个程序段中只能指定一个 T 代码。数控铣床无 ATC (自动换刀装置)，只能手动换刀，所以 T 功能只用于加工中心，且加工中心并不是在任意位置都可以换刀，要避免与工作台、工件、夹具等发生碰撞，一般是设定在参考点换刀的。例如：

```

-----
G91 G28 Z0; (Z 轴回归参考点)
G28 X0 Y0; (X、Y 轴回参考点)
M06 T03; (主轴更换第 3 把刀具)
-----

```

## 1.2.4 进给功能地址符 F

直线插补 G01 及圆弧插补 G02、G03 等的进给速度是用 F 代码后面的数值指令的，主

要用如下两种方式指定。

### (1) 每分进给 (G94)

在地址符 F 之后指定每分钟的刀具进给量, 单位为 mm/min, 如图 1-1 所示。

### (2) 每转进给 (G95)

在地址符 F 之后指定主轴每转的刀具进给量, 单位为 mm/r。

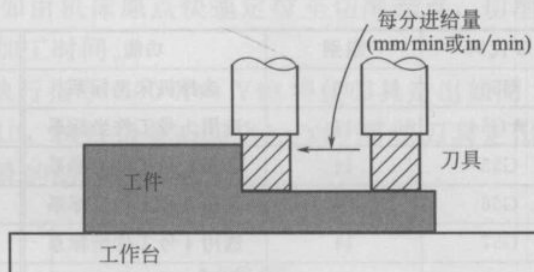


图 1-1 每分进给量示意图

## 1.2.5 辅助功能地址符 M

辅助功能又称 M 功能, 由地址符 M 及其后的两位数字组成。它与数控系统的插补运算无关, 是根据加工时机床操作的需要给予规定的工艺性指令。常用的 M 代码及其功能如表 1-2 所示。

表 1-2 常用的 M 代码及其功能

M 代码	功 能	M 代码	功 能
M00	程序停止	M06	刀具交换
M01	条件程序停止	M08	冷却开
M02	程序结束	M09	冷却关
M03	主轴正转	M30	程序结束并返回程序头
M04	主轴反转	M98	调用子程序
M05	主轴停止	M99	子程序结束返回/重复执行

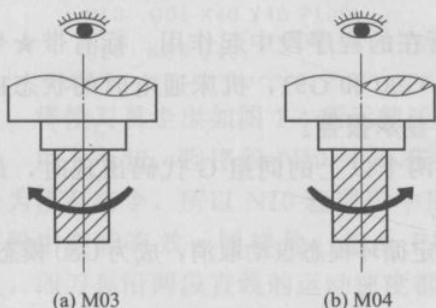


图 1-2 M03 和 M04 示意图

通常在一个程序段中仅能指定一个 M 代码, 对于 M03 和 M04, 主轴的正转和反转是从 Z 轴的正向朝负向观察, 主轴顺时针转动为 M03, 主轴逆时针转动为 M04, 具体可参见图 1-2。

## 1.2.6 准备功能 G 指令

准备功能又称 G 功能, 它是建立机床或控制系统工作方式的一种命令, 它由地址符 G 及其后的两位数字组成。常用的 G 代码及其功能如表 1-3 所示。

表 1-3 常用的 G 代码及其功能

G 代码	组别	功能	G 代码	组别	功能
★G00	01	定位(快速移动)	G28	00	返回参考点
★G01	01	直线插补(进给速度)	G29	00	从参考点返回
G02	01	顺时针圆弧插补	G30	00	返回第二参考点
G03	01	逆时针圆弧插补	★G40	07	取消刀具半径补偿
G04	00	暂停, 精确停止	G41	07	左侧刀具半径补偿
G09	00	精确停止	G42	07	右侧刀具半径补偿
★G17	02	选择 XY 平面	G43	08	刀具长度补偿+
G18	02	选择 ZX 平面	G44	08	刀具长度补偿-
G19	02	选择 YZ 平面	★G49	08	取消刀具长度补偿
G27	00	返回并检查参考点	G52	00	设置局部坐标系

续表

G 代码	组别	功能	G 代码	组别	功能
G53	00	选择机床坐标系	★G80	09	取消固定循环
★G54	14	选用 1 号工件坐标系	G81	09	钻削固定循环
G55	14	选用 2 号工件坐标系	G82	09	钻削固定循环
G56	14	选用 3 号工件坐标系	G83	09	深孔钻削固定循环
G57	14	选用 4 号工件坐标系	G84	09	攻右旋螺纹固定循环
G58	14	选用 5 号工件坐标系	G85	09	镗削固定循环
G59	14	选用 6 号工件坐标系	G86	09	镗削固定循环
G60	00	单一方向定位	G87	09	反镗削固定循环
G61	15	精确停止方式	G88	09	镗削固定循环
★G64	15	切削方式	G89	09	镗削固定循环
G65	00	宏程序调用	★G90	03	绝对值指令方式
G66	12	模态宏程序调用	G91	03	增量值指令方式
★G67	12	模态宏程序调用取消	G92	00	工件零点设定
G73	09	深孔钻削固定循环	★G98	10	固定循环返回初始平面
G74	09	攻左旋螺纹固定循环	G99	10	固定循环中返回到 R 平面
G76	09	精镗固定循环			

可以看到，G 代码被分为了不同的组，这是由于大多数的 G 代码是模态的。模态 G 代码，是指这些 G 代码不只在当前的程序段中起作用，而且在以后的程序段中一直起作用，直到程序中出现另一个同组的 G 代码为止。同组的模态 G 代码控制同一个目标但起不同的作用，它们之间是不兼容的。

00 组的 G 代码是非模态的，这些 G 代码只在它们所在的程序段中起作用。标有带★号的 G 代码是机床通电时默认的代码。对于 G00 和 G01、G90 和 G91，机床通电时的状态由系统参数决定。如果程序中出现错误的 G 代码，CNC 会显示报警。

同一程序段中可以有几个 G 代码出现，但当两个或两个以上的同组 G 代码出现时，最后出现的一个（同组的）G 代码有效。

在固定循环模态下，任何一个 01 组的 G 代码都将使固定循环模态自动取消，成为 G80 模态。

### (1) 快速点定位 (G00)

指令格式：G00 IP \_\_；

IP \_\_ 在本书中代表任意不超过三个进给轴地址的组合，当然，每个地址后面都会有一个数字作为赋给该地址的值，一般机床有三个或四个进给轴即 X、Y、Z、A，所以 IP \_\_ 可以代表如 X18. Y179. Z-39. 或 X257.3 Z73.5 A45. 等内容。

G00 这条指令就是使刀具快速移动到 IP \_\_ 指定的位置，被指令的各轴之间的运动是互不相关的，也就是说刀具移动的轨迹不一定是一条直线。其移动速率可由执行操作面板上的“快速进给率”旋钮调整，并非由 F 机能制定。

若 X、Y、Z 轴最快移动速率为 3000mm/min，则“快速进给率”旋钮调整方式如表 1-4 所示。

表 1-4 “快速进给率”旋钮调整方式

序号	旋钮调整倍率	序号	旋钮调整倍率
1	100%，以 3000mm/min 移动	3	25%，以 750mm/min 移动
2	50%，以 1500mm/min 移动	4	0%，此时由参数设定(大多设定为 400mm/min)

只要非切削的移动, 通常使用 G00 指令, 如由机床原点快速定位至切削起点, 切削完成后的 Z 轴退刀及 X、Y 轴的定位等, 以节省加工时间。

G00 编程举例: 起始点位置为 X10 Y10, 执行指令 G00 X40 Y40 将使刀具走出如图 1-3(a) 所示的轨迹; 如果起始点位置仍为 X10 Y10, 执行指令 G00 X40 Y60 将使刀具走出如图 1-3(b) 所示的轨迹, 这是 CNC 装置插补运算的结果。

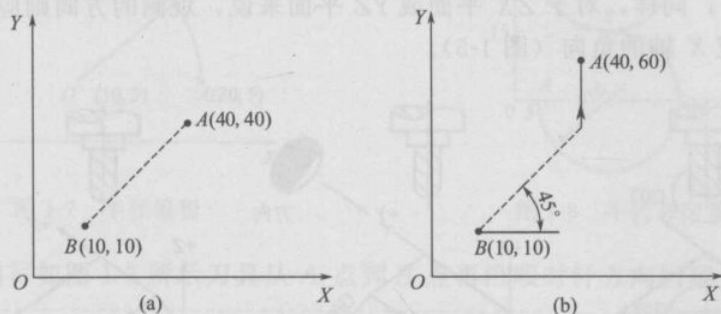


图 1-3 G00 示意图

## (2) 直线插补 (G01)

指令格式: G01 IP \_\_ F \_\_;

G01 指令使当前的插补模态成为直线插补模态, 刀具从当前位置移动到 IP 指定的位置, 其轨迹是一条直线, F 指定了刀具沿直线运动的速度, 单位为 mm/min (X、Y、Z 轴)。该指令是最常用的指令之一。

假设当前刀具所在点为 X10 Y10, 执行如下程序段:

```
N10 G01 X40 Y40 F100;
N20 X80 Y40;
```

将使刀具走出如图 1-4 所示轨迹。

由上可知, 程序段 N20 并没有指令 G01, 由于 G01 指令为模态指令, 所以 N10 程序段中所指令的 G01 在 N20 程序段中继续有效; 同样地, 指令 F100 在 N20 段也继续有效, 即刀具沿两段直线的运动速度都是 100mm/min。

## (3) 圆弧插补 (G02/G03)

下面所列的指令可以使刀具沿圆弧轨迹运动。

在 XY 平面:

$$G17 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} X \_ Y \_ \begin{cases} R \_ \\ I \_ J \_ \end{cases} F \_;$$

在 ZX 平面:

$$G18 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} Z \_ X \_ \begin{cases} R \_ \\ K \_ I \_ \end{cases} F \_;$$

在 YZ 平面:

$$G19 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} Y \_ Z \_ \begin{cases} R \_ \\ J \_ K \_ \end{cases} F \_;$$

### ① 平面选择。

G17: 指定 XY 平面上的圆弧插补。

G18: 指定 ZX 平面上的圆弧插补。

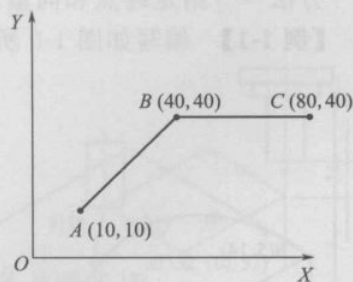


图 1-4 G01 示意图



G19: 指定 YZ 平面上的圆弧插补。

② 圆弧方向。

G02: 顺时针方向的圆弧插补。

G03: 逆时针方向的圆弧插补。

这里所讲的圆弧方向, 对于 XY 平面来说, 是由 Z 轴的正向往 Z 轴的负向看 XY 平面所看到的圆弧方向; 同样, 对于 ZX 平面或 YZ 平面来说, 观测的方向则应该是从 Y 轴或 X 轴的正向到 Y 轴或 X 轴的负向 (图 1-5)。

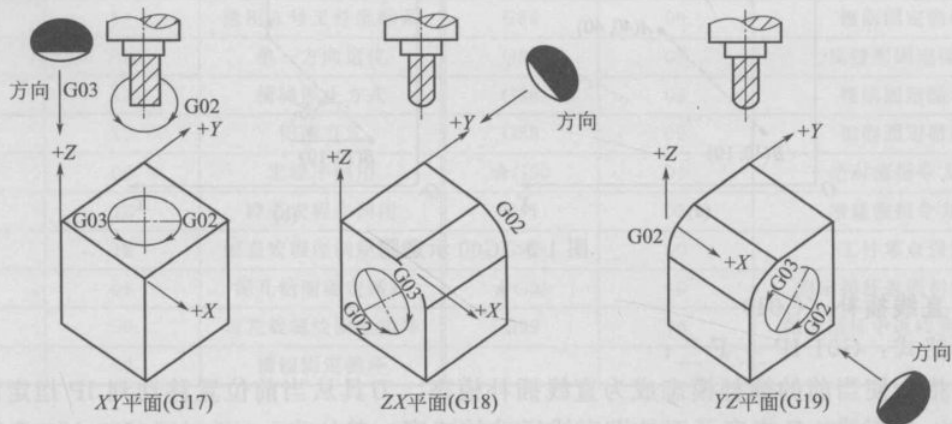


图 1-5 圆弧判别方向示意图

③ 终点位置。

G90 模态: 当前工件坐标系中终点位置的坐标值。

G91 模态: 从起点到终点的距离 (有方向)。

④ 两种不同的编程方式。

方法一 给定终点和向量。

**【例 1-1】** 编写如图 1-6 所示刀具从 A 点到 B 点的加工程序。

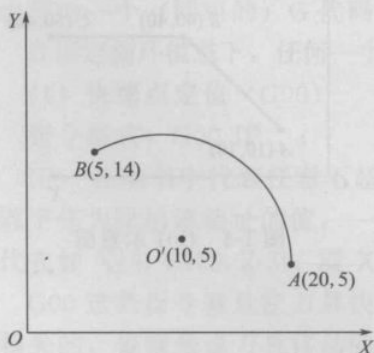


图 1-6 向量编程

```
G17 G03 X5.0 Y14.0 I-10.0 J0 F100;
```

地址符 I、J 后的数据表示的是圆弧起点指向圆心的向量, 数值的计算方法是用圆心的坐标减去圆弧起点的坐标差值。

方法二: 给定半径和终点。

对一段圆弧进行编程, 还可以用给定半径和终点位置的方法, 用地址符 R 来给定半径值, 替代给定圆心位置的地址。R 的值有正负之分, 一个正的 R 值用于一段小于或等于  $180^\circ$  圆弧的编程, 一个负的 R 值则用于一段大于或等于  $180^\circ$  圆弧的编程。编程加工一个整圆时, 只能使用给定终点和向量的方式。

**【例 1-2】** 编写如图 1-7 所示刀具从 A 点到 B 点的加工程序。

```
G17 G03 X5.0 Y14.0 R10.0 F80;
```

G17 在机床通电时默认, 进给率也可以由自保持功能不写, 故以上程序段也可以写为:

```
G03 X5.0 Y14.0 R10.0;
```