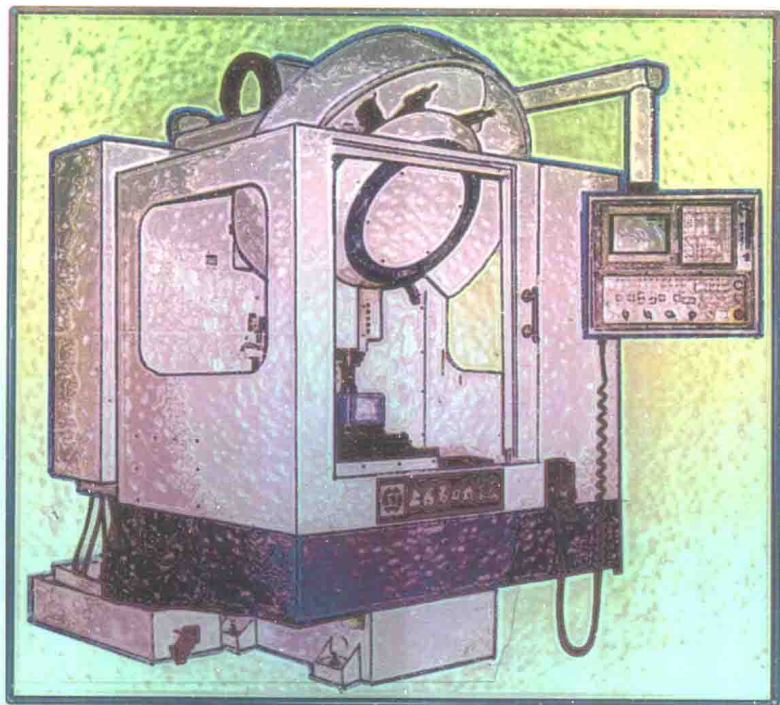


# 加工中心编程与操作

孙竹 何善亮 编著



机械工业出版社

# 加工中心编程与操作

孙 竹 何善亮 编著

机械工业出版社

本书重点介绍数控加工中心的编程和操作功能。编程指令包括：各类轴移动指令、坐标系指令、简化编程指令、刀具补偿指令、孔加工及槽加工固定循环指令、圆柱面加工指令、子程序及用户变量编程指令等。操作功能包括：手动、自动、程序管理、刀具参数设置、原点设定等。

本书图文并茂，对各类编程、操作功能列举了大量例题，并附有大量练习题，供读者参考、练习。

本书可作为数控机床编程操作人员岗位培训教材、工科院校学生学习数控编程操作的教材，也可供从事数控应用技术的有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

加工中心编程与操作/孙竹,何善亮编著.-北京:机械工业出版社,1999.6

ISBN 7-111-06726-6

I. 加… II. ①孙… ②何… III. ①数控机床-程序设计 ②数控机床-操作 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 18160 号

出版人：马九荣（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：盛君豪 张亚秋 版式设计：冉晓华

责任校对：张媛 封面设计：姚学峰 责任印制：路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

850mm×1168mm<sup>1/32</sup>·8.125 印张·211 千字

001—4 000 册

定价：16.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换  
本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

# 前 言

加工中心是一种典型的数控机床。掌握某一类型加工中心的操作和编程的方法可为使用其他数控机床打好坚实的基础。

各种加工中心的不同操作方法在于它们所配置的数控系统不同。本书选讲日本 OKUMA 公司生产的 OPS700M 数控系统。目前这种数控系统在国内外的数控机床上都有较广泛的使用，属于典型的数控系统。它能控制三个基本轴和一个附加轴。用户存储盘中可容纳相当于纸带长度为 2560m (64KB) 的程序信息。OKUMA 的另一个型号是 OPS7000M，控制的附加轴可达三轴，可容纳相当于纸带长度为 10240m (256KB) 的程序信息。

同一个数控系统可以配置在不同型号的数控机床上，数控系统的功能是通过它所在的机床反映出来的。机床制造厂在对各种机床配置数控系统时，往往是根据使用要求仅选择其中的一部分功能。本书从通用性、实用性出发提供了 OPS 系统的大部分功能和操作方法。必须指出的是，读者在使用某台数控机床时还需查阅机床厂提供的使用说明书，以明确系统功能在本机床上的有效性。

本书第一、二、三、六章由何善亮编写，其余各章由孙竹编写。

本书的出版，得到上海发展汽车工业教育基金会的资助。

# 目 录

前言

<b>第一章 概述</b> .....	1
第一节 指令代码的分类综述 .....	1
第二节 程序的类型和格式 .....	6
第三节 坐标系统和单位系统 .....	10
<b>第二章 准备功能</b> .....	14
第一节 工件坐标系的确定 .....	14
第二节 坐标计算功能 .....	18
第三节 简单的轴移动指令 .....	25
第四节 简单的简化编程指令 .....	32
<b>第三章 刀具补偿功能</b> .....	42
第一节 刀具长度补偿 .....	42
第二节 刀具半径补偿 .....	44
<b>第四章 孔加工固定循环</b> .....	62
第一节 概述 .....	62
第二节 孔加工固定循环细则 .....	65
<b>第五章 区域加工</b> .....	79
第一节 概述 .....	79
第二节 区域加工细则 .....	83
<b>第六章 圆柱表面加工</b> .....	98
第一节 概述 .....	98
第二节 对应基本坐标轴的确定 .....	99
第三节 圆柱表面加工程序格式 .....	102
<b>第七章 用户任务</b> .....	108
第一节 转移功能 .....	108
第二节 变量功能 .....	109
第三节 运算功能 .....	111

<b>第八章 子程序及综合举例</b> .....	118
第一节 子程序 .....	118
第二节 综合举例 .....	124
<b>第九章 控制面板与手动操作</b> .....	145
第一节 控制面板 .....	148
第二节 手动操作 .....	154
<b>第十章 程序管理操作</b> .....	164
第一节 索引功能 .....	164
第二节 编辑功能 .....	169
第三节 文件保护 .....	172
第四节 文件删除 .....	173
第五节 文件更名 .....	175
第六节 日期及时间显示与更改 .....	176
第七节 通信功能 .....	178
第八节 毛坯定义 .....	180
<b>第十一章 MDI 操作及原点设定操作</b> .....	193
第一节 MDI 操作 .....	193
第二节 原点设定操作 .....	195
<b>第十二章 刀具参数设定</b> .....	200
第一节 刀具参数页面 .....	200
第二节 刀具半径补偿值的设定 .....	203
第三节 刀具长度补偿值的设定 .....	203
第四节 刀具名称及形状参数的设定与修改 .....	206
<b>第十三章 安全操作及自动加工</b> .....	207
第一节 安全操作 .....	207
第二节 自动加工的操作内容 .....	208
第三节 自动加工的运行、停止方式 .....	210
第四节 自动运行各页面显示 .....	218
第五节 自动加工的操作步骤 .....	225
<b>第十四章 练习题</b> .....	229
第一节 概念题 .....	229
第二节 编程操作练习题 .....	233
<b>参考文献</b> .....	251

# 第一章 概 述

本章首先分类介绍 OPS 系列数控系统的常用指令代码, 然后通过一个程序例子说明该系统程序的编写格式。本章还将叙述 OPS 系列的坐标系统和单位系统。

## 第一节 指令代码的分类综述

与其他数控系统一样, OPS 系列数控系统也有两大类指令代码——G 代码和 M 代码, 分别为准备代码和辅助代码。此外, OPS 系列中还采用了许多由字符直接组成的指令代码。这些代码较为直接地反映了它的功能, 使程序编写语言化, 增强使用上的灵活性。本节对前二种代码按其功能分类列表。在本节中读者不太可能对每一个代码含义和使用方法完全理解, 必须通过以后各章的学习逐步掌握各指令的使用细节。

### 一、G 功能指令

#### 1. 与坐标设定有关的指令 (表 1-1)

表 1-1 指令功能 (一)

代码	功 能	代码	功 能
G11	坐标轴的平移和旋转	G17	选择 XY 平面
G10	取消 G11	G18	选择 ZX 平面
G15	工件坐标系选择 (模态)	G19	选择 YZ 平面
G16	工件坐标系选择 (非模态)	G92	偏置工件坐标系

#### 2. 与坐标轴移动有关的指令 (表 1-2)

#### 3. 刀具补偿指令 (表 1-3)

#### 4. 与指令确定的数值有关的指令 (表 1-4)

#### 5. 可简化编程的指令 (固定循环) (表 1-5) ...

表 1-2 指令功能 (二)

代码	功 能	代码	功 能
G00	定位 (快速移动)	G03	逆圆或逆螺旋线插补
G01	直线插补	G30	回零
G02	顺圆或顺螺旋线插补		

表 1-3 指令功能 (三)

代码	功 能	代码	功 能
G40	刀具半径补偿取消	G53	刀具长度补偿取消
G41	刀具半径左补偿	G56	Z 轴长度补偿
G42	刀具半径右补偿		

表 1-4 指令功能 (四)

代码	功 能	代码	功 能
G90	绝对值编程	G95	进给量 (每转)
G91	增量值编程	G20	输入值为英制
G94	进给速度 (每分钟)	G21	输入值为米制

表 1-5 指令功能 (五)

代码	功 能	代码	功 能
G50	几何缩放取消	G83	深孔钻固定循环
G51	几何缩放	G84	右旋攻螺纹固定循环
G62	镜像加工	G85	镗孔固定循环(切削速度退刀)
G73	高速深孔钻固定循环	G86	镗孔固定循环(快速退刀)
G74	左旋攻螺纹固定循环	G87	背镗固定循环
G76	精镗固定循环	G89	镗孔固定循环(与 G85 等同使用)
G80	固定循环功能取消		
G81	钻孔固定循环	G274	左旋同步攻螺纹
G82	钻孔固定循环(与 G81 等同使用)	G284	右旋同步攻螺纹



## 6. 宏指令

G100~G120 各代码可供建立用户宏指令，以简化程序的编制。

## 7. 其他功能 G 代码指令（表 1-6）

表 1-6 指令功能（六）

代码	功 能	代码	功 能
G04	进给暂停	G61	急停检查（模态）
G09	急停检查（非模态）	G64	取消急停检查
G22	程序行程极限有效	G175	圆筒周边切削
G23	程序行程极限无效	G186	公差控制无效
G31	跳步	G187	公差控制有效
G174	圆筒周边切削无效		

## 二、M 功能指令

1. M00 程序停止。执行 M00 以后程序停止，可按机床上的起动按钮使机床重新起动，继续执行以后的程序。

2. M01 可选择的程序停止。当按下机床操作面板上的“选择开机”按钮时，执行 M01 以后程序停止，重新起动则继续执行下段。

3. M02 和 M30 程序结束。

4. M03、M04 和 M05 主轴正转、反转和停转。

5. M06 换刀。

6. M15、M16 第四旋转轴正转、反转。

7. M19 主轴定位。执行 M19 后可使主轴正转后停在规定的角度上。在 M19 后用“RS=角度值”规定定位的角度，角度值可以是 0~360 的整数。如 M19 后不带 RS，则表示 RS=0。

8. M118 主轴定位（反转）。执行 M118 后可使主轴反向旋转后停在规定的角度上。其余与 M19 相同。

9. M119 主轴定位（以较短的路径转）。执行 M119 后可使主轴从当前位置到达规定角度位置以较短路径（正转或反转）旋转后停在规定的角度上。其余与 M19 相同。

10. M52、M53 和 M54 与 G 指令的固定循环配合使用。在孔加工的固定循环中使用，可使刀具返回到不同的高度，如返回到最高位置、返回到规定位置或返回到安全高度等。详细可查阅第四章。

11. M132、M133 决定机床上的“单段执行”开关（程序逐段执行）有效、无效。

12. M134、M135 决定机床上的“主轴转速倍率”开关有效、无效。

13. M136、M137 决定机床上的“进给速度倍率”开关有效、无效。

14. M138、M139 决定机床上的“空运转”开关有效、无效。

15. M140、M141 决定机床上的“进给保持”开关有效、无效。

16. M201~M210 与 G100~G120 各代码一样可供建立用户宏指令，以简化程序的编制。

### 三、由字符表示的指令例举

OKUMA 系统中采用了许多字符形式的指令，将在以后有关各章中叙述。为使读者对字符形式指令有所认识，下面先举两个使用例子。

1. 在子程序中使用 下面有一个程序（主程序）。该程序执行过程中要调用二个子程序，它们分别为 OSUB 和 OSQR。

```
主程序：N1 G90 G00 X20 Y20
          N2 CALL OSUB Q3 LX=10 LI=25 LP
            =4
            &.LY=15 LJ=25 LZ=50
          M02
```

```
子程序：OSUB
          N11 LC=LP
          N12 CALL OSQR LX=LX LY=LY LZ=
            LZ
```

```

N13 LC=LC-1
N14 IF [LC LE 0] N17
N15 G91 G00 X=LI
N16 GOTO N12
N17 G91 G00 Y=LJ
N18 LI=-LI
RTS

```

子程序: OSQR

```

N21 G91 G01 Z=-LZ
N22 X=LX
N23 Y=LY
N24 X=-LX
N25 Y=-LY
N26 G00 Z=LZ
RTS

```

在上面的主程序 N2 程序段和子程序的 N12 程序段中出现的“CALL”是子程序调用指令,其后跟的就是需要调用的子程序名。OSUB 子程序的 N14 程序段内容为 IF [LC LE 0] N17。其含义为如果 LC (变量) 小于 0, 则转去执行 N17, 否则执行下一个程序段。OSUB 子程序中 N16 程序段“GOTO N12”表示执行 N15 后再转去执行 N12 程序段。两个子程序的末段都是“RST”程序段, 它代表子程序结束。此后程序的执行又返回到子程序调用命令的下一个程序段。

2. 在倒角、倒圆功能中的应用 下列程序

```

:
N10 G00 X100 Y210
N11 CHFR G01 X160 L6 F200
N12 CHFC X170 Y180 L5
N13 CHFR X210 L4
N14 X200 Y150

```

N15 X100

⋮

如果先不看 N12~N14 程序段中的 CHFR、CHFC 和 Ln 指令，则可以得到一个折线的插补路径。CHFR 和 CHFC 分别表示在所在程序段和下一个程序的交界处形成一个圆角和倒角。L 后面的数字表示圆角的半径或倒角的长度。所以执行上述程序后刀具路径如图 1-1 所示。

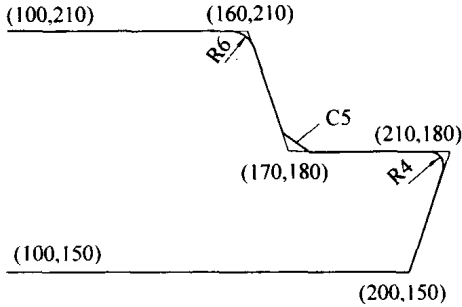


图 1-1 倒角倒圆

## 第二节 程序的类型和格式

OKUMA 系统有四种不同类型的程序，分别称之为谓主程序、子程序、库程序和顺序程序。其中最常用的为主程序和子程序。

### 一、主程序和子程序

主程序是程序的主体，一个主程序适用于加工某一个工件的某些工序。主程序可以不依赖于其他类型的程序而单独执行。子程序不能单独执行，只能从属于主程序，被主程序或者通过上一级子程序调用。子程序又可分为由用户自编的子程序和由系统提供的子程序两种。

#### 1. 程序规则

##### (1) 程序名

- 1) 以字母“O”开始。
- 2) 在“O”以后跟字母或数字。字母或数字的个数不得超过 4 个。

3) “O”与后面的字母或数字之间不得有空格。

4) “O”后面紧跟的字母不能再是“O”。即如果用 OO \* \* \*

作程序名是不符合规则的。

5) 如果“O”后面紧跟字母那么在其后还可以含一个数字。如果“O”后紧跟数字那么其后不能再含字母。例：程序名用“O1234”，“OABC”，“OD1”等都是符合规则的，如程序名用“O3AB”或“OA45”等就不符合规则了。

6) 程序名阅读不是以数值为单位的而是以字符为单位的。所以程序名“O0123”和“O123”是不同的，同样“O00”和“O0”也是不同的。

### (2) 程序的结尾

1) 主程序的最后一个程序段必须是 M02 或 M30。

2) 子程序的最后一个程序段必须是 RTS。

2. 程序实例 下列为加工图 1-2 零件的程序。该程序所完成的加工内容为铣上平面、钻四个  $\Phi 10$  通孔以及镗四个  $\Phi 15$  沉头孔。

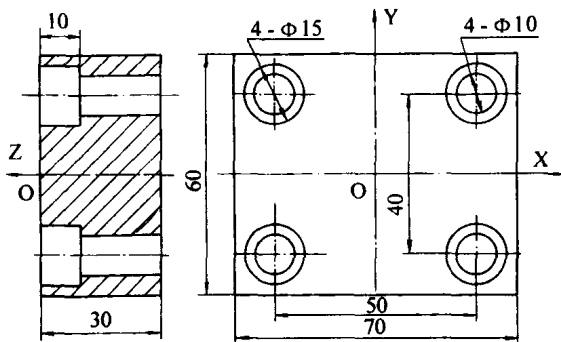


图 1-2 加工实例

N10	G15	H01	选择工件坐标系
N15	T01		选 1 号刀转到位
N20	M06		换上 1 号刀
N25	G56	Z50 H01	Z 向进给到位 (考虑长度补偿)
N30	S600	M03	刀具以 600r/min 正转
N35	G94	F120	决定刀具进给速度为 120mm/min
N40	G00	X75 Y0	以下完成上端面加工

N45 Z0  
 N50 G01 X-75  
 N55 G00 Z50  
 N60 M05 主轴停转  
 N65 T02 换2号刀转到位  
 N70 M06 换上2号刀  
 N75 G56 Z50 H02 Z向进给到位(考虑长度补偿)  
 N80 S1200 M03 刀具以1200r/min正转  
 N85 M54  
 N90 G73 X25 Y20 Z-35 R10 P0 Q8  
 以下完成四个 $\Phi 10$ 孔加工  
 N95 X-25  
 N100 Y-20  
 N105 X25  
 N110 G80  
 N115 G00 Z50  
 N120 M05 主轴停转  
 N125 T03 换3号刀转到位  
 N130 M06 换上3号刀  
 N135 G56 Z50 H03  
 N140 S800 M03  
 N145 M54  
 N150 G81 X25 Y20 Z-10 R10 P1  
 以下完成四个 $\Phi 20$ 孔  
 N155 X-25  
 N160 Y-20  
 N165 X25  
 N170 G80  
 N175 G00 Z100  
 N180 M05

N185 M02

程序结束

### 3. 程序编写中几个问题

(1) 程序中应有的内容 通过上面的实例可以看到, 在编写加工程序时, 应包括下面一些内容。

1) 坐标系的设定。

2) 与所选用刀具有关的指令设置。如刀具号、刀具长度与刀具半径补偿号等。

3) 切削要素的设定。如主轴转速(切削速度)、走刀量(进给速度)、切削深度(即Z方向的进给量)。

4) 刀具运动路径的确定。

这是程序的主体部分, 编写时对这些程序段应充分利用系统所提供的各种功能使程序编写得越简单越好。如在上面的程序中采用了固定循环等使程序得以简短, 以致机床所需的存储容量减少, 程序的输入操作时间缩短同时也减少了程序输入的差错。

(2) 关于段名的使用 每一个程序段的开始可以冠以段名但也可以省略。当程序中的某些程序段需作重复循环时有关段的段名不能省略。程序段命名要遵循下列规则。

1) 以字母“N”开始。

2) 在“N”以后跟字母或数字, 段名是指第一个“N”后的部分。段名所用的字符个数不得超过5个。

3) 如果用字母作为段名那么“N”后紧跟的必须是字母。

4) 段名是以字符为单位的, 所以如果用数字作为段名时, 在不影响循环的情况下数值的大小可任意排列。因为段名是以字符为单位的, 所以段名“N0123”和“N123”是不同的, 同时“N00”和“N0”也是不同的。

## 二、库程序和顺序程序

1. 库程序 一些用户常用的子程序和由G代码表示的宏程序可以库程序的形式表示。当系统通电后库程序即存入缓冲器中, 随时可调用。

2. 顺序程序 顺序程序不同于上面所讲各类程序。它是用

一个程序的形式，规定不同的几个主程序先后执行的次序，同时也可规定某主程序执行的次数。系统一旦起动该顺序程序后，可在无人干预的情况下依次执行几个主程序，进一步提高了系统的自动化程度。

### 第三节 坐标系统和单位系统

数控机床上为了实现刀具对工件的切削必须有两者之间的相对运动，即刀具相对于工件移动到预期的目标位置上。为此必须建立一个坐标系统，以此决定该目标位置在坐标系中的坐标值。

#### 一、数控机床基本坐标系的概念

各种数控机床的结构不同，以数控铣床为例，有工作作进给运动而铣刀仅作旋转主运动的、也有工作台固定不动而铣刀既作旋转主运动又作进给运动的。为了使用户在编程时方便，国际标准统一规定：数控机床的基本坐标系为刀具相对于工件的进给运动坐标系。我国的 JB3051—82 标准也作了相应的规定，对于机床主轴垂直于工作台面的立式数控铣床（或立式加工中心）其基本坐标系如图 1-3 所示。

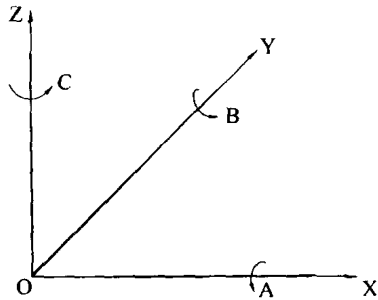


图 1-3 数控机床的基本坐标系

注意，绕 X、Y 和 Z 轴旋转的 A、B 和 C 三个旋转运动也指刀具相对于工件的进给运动。例如：C 方向的运动可理解为某些铣床在工作台面上附有一个旋转台面，绝对不要把 C 方向的运动理解为主轴的旋转主运动；B 和 A 方向的运动可理解为在工作台安装有旋转轴线分别平行于 Y 和 Z 的分度头，参见图 9-2 和图 9-3。

大多数数控系统都可实现 X、Y 和 Z 轴的联动，称之为三轴联动。数控系统如在三轴联动的基础上还能使 A、B 和 C 方向中的一个到三个同时产生进给运动，则分别称之为四轴、五轴和六



轴联动。

## 二、机床工作时的三个坐标系统

机床工作时有三个不同坐标系统的概念。它们是机床坐标系、工件坐标系和当前坐标系。

1. 机床坐标系 是由机床制造厂设定的，其原点称为机床零点。每台机床的机床零点都通过系统参数来设定，用户一般不要去改变原有的数据，以免造成不必要的麻烦。

一般机床零点位于各轴正向极限位置，由于这个原因，当用机床坐标系表示刀具的坐标位置时，其值始终是负的。各轴沿负向移动到极限位置所显示的 X、Y 和 Z 方向的坐标值的绝对值就是各轴的最大移动量。

2. 工件坐标系 在一般情况下，对某工件编制加工程序时不可能直接用机床坐标系，因为这样是很不方便的。为此由编程者另外设定坐标系，这就是工件坐标系（又称编程坐标系）。

工件坐标系的原点（称工件零点或编程零点）是用它对机床零点的偏置值表示。可以在系统中设定四个工件坐标系。设定时需对每个工件坐标系编一个号，它们应分别为 H01、H02、H03 和 H04。程序中要使用哪一个只要按编程的格式要求写上相应的编号就可以了。H00 是机床坐标系的编号。关于如何在程序中选用不同的坐标编号将在第二章第一节中详述。

例如：想把工件坐标系的原点设在机床坐标系  $X = -200$ 、 $Y = -100$ 、 $Z = 0$  处，该坐标系的编号取为 H01，则形成的 H01 坐标系与 H00 坐标系之间的关系如图 1-4 所示。

无论哪一种坐标系，坐标值的表示都是用在坐标轴名（或称为地址）后跟数值的方法。例“X \* \* , Y \* \* , Z \* \*”。本书用代号“IP”表示坐标值的写法。

设定工件坐标系的操作方法请查阅第十一章第二节。

3. 当前坐标系 为进一步方便编程，有时需要在不改变工件坐标系的情况下，在某几个程序段中临时改变一下坐标系，这个坐标系就称为当前坐标系。