

# 斯沃数控仿真软件

## WA310 系统 操作和编程说明书

南京斯沃软件技术有限公司

2006/07 版本

# 前言

南京斯沃软件技术有限公司是一支专业从事可视化软件开发的队伍。主要提供 CAD/CAM、数控仿真、UG 关键技术的示范、推广和应用。面向企业的新产品开发和创意设计，提供贴近用户个性化需求的产品整体设计、技术咨询、二次开发服务。根据客户要求 进行专业 CAD\CAM 的软件开发，以及数控系统、面板仿真的开发，提供基于 UG 软件的二次开发服务，指导客户利用 UG 软件建立企业标准化的设计流程，缩短新产品研发周期，降低改型设计开发成本，提高产品设计质量。

南京斯沃软件技术有限公司开发的，发那科 (FANUC)、西门子 (SINUMERIK)、三菱 (MITSUBISHI)、广州数控 (GSK)、华中世纪星 (HNC)、北京凯恩帝 (KND)、大连大森 (DASEN)、南京华兴 (WA) 数控车铣及加工中心仿真软件，是结合机床厂家实际加工制造经验与高校教学训练一体所开发的。通过该软件可以使学生达到实物操作训练的目的，又可大大减少昂贵的设备投入。

南京斯沃软件技术有限公司

2006 年 7 月

# 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一章 斯沃数控仿真软件概述.....   | 1  |
| 1.1 斯沃数控仿真软件简介.....   | 1  |
| 1.2 斯沃数控仿真软件的功能.....  | 1  |
| 1.2.1 控制器.....        | 1  |
| 1.2.2 功能介绍.....       | 3  |
| 第二章 斯沃数控仿真软件操作.....   | 1  |
| 2.1 软件启动界面.....       | 1  |
| 2.1.1 试用版启动界面.....    | 1  |
| 2.1.2 网络版启动界面.....    | 2  |
| 2.1.3 单机版启动界面.....    | 4  |
| 2.2 工具条和菜单的配置.....    | 4  |
| 2.3 文件管理菜单.....       | 6  |
| 2.3.1 机床参数.....       | 7  |
| 2.3.2 刀具管理.....       | 9  |
| 2.3.3 工件参数及附件.....    | 12 |
| 2.3.4 快速模拟加工.....     | 15 |
| 2.3.5 工件测量.....       | 16 |
| 2.3.6 录制参数设置.....     | 16 |
| 2.3.7 警告信息.....       | 17 |
| 第三章 WA310 操作.....     | 21 |
| 3.1 WA310 机床面板操作..... | 21 |
| 3.2 WA310 数控系统操作..... | 23 |
| 3.2.1 按键介绍.....       | 24 |
| 3.2.2 手动操作虚拟数控机床..... | 25 |
| 第四章 WA310 铣床编程.....   | 33 |
| 4.1 坐标系.....          | 33 |
| 4.2 G代码命令.....        | 34 |
| 4.3 辅助功能（M功能）.....    | 49 |
| 第五章 WA310 车床编程.....   | 58 |
| 5.1 坐标系.....          | 58 |
| 5.2 G代码命令.....        | 61 |
| 5.3 辅助功能（M功能）.....    | 85 |
| 第六章 WA31D 操作.....     | 94 |
| 6.1 WA31 机床面板操作.....  | 94 |
| 6.2 WA31 数控系统操作.....  | 95 |
| 6.2.1 按键介绍.....       | 95 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 6.2.2 手动操作虚拟数控机床..... | 96  |
| 第七章 WA31 车床编程.....    | 99  |
| 7.1 坐标系.....          | 99  |
| 7.2 G代码命令.....        | 100 |
| 7.3 辅助功能（M功能）.....    | 111 |
| 第八章 WA31 铣床编程.....    | 117 |
| 8.1 坐标系.....          | 117 |
| 8.2 G代码命令.....        | 118 |
| 8.3 辅助功能（M功能）.....    | 138 |

# 第一章 斯沃数控仿真软件概述

## 1.1 斯沃数控仿真软件简介

南京斯沃软件技术有限公司开发 FANUC、SINUMERIK、MITSUBISHI、广州数控 GSK、华中世纪星 HNC、北京凯恩帝 KND、大连大森 DASEN 数控车铣及加工中心仿真软件，是结合机床厂家实际加工制造经验与高校教学训练一体所开发的。通过该软件可以使达到实物操作训练的目的，又可大大减少昂贵的设备投入。

斯沃数控仿真软件包括八大类，28 个系统，62 个控制面板。具有 FANUC、SIEMENS (SINUMERIK)、MITSUBISHI、广州数控 GSK、华中世纪星 HNC、北京凯恩帝 KND 系统、大连大森 DASEN、南京华兴 WA 编程和加工功能，学生通过在 PC 机上操作该软件，能在很短时间内掌握各系统数控车、数控铣及加工中心的操作，可手动编程或读入 CAM 数控程序加工，教师通过网络教学，可随时获得学生当前操作信息。

## 1.2 斯沃数控仿真软件的功能

### 1.2.1 控制器

- ✓ 实现屏幕配置且所有的功能与 FANUC 工业系统使用的 CNC 数控机床一样。
- ✓ 实时地解释 NC 代码并编辑机床进给命令。
- ✓ 提供与真正的数控机床类似的操作面板。
- ✓ 单程序块操作，自动操作，编辑方式，空运行等功能。
- ✓ 移动速率调整，单位毫米脉冲转换开关等。



图 1.2-1 WA310(铣床)



图 1.2-2 WA310(车床)

## 1.2.2 功能介绍

- ★ 国内第一款自动免费下载更新的数控仿真软件
- ★ 真实感的三维数控机床和操作面板
- ★ 动态旋转、缩放、移动、全屏显示等功能的实时交互操作方式
- ★ 支持 ISO-1056 准备功能码（G 代码）、辅助功能码（M 代码）及其它指令代码
- ★ 支持各系统自定义代码以及固定循环
- ★ 直接调入 UG、PRO-E、Mastercam 等 CAD/CAM 后置处理文件模拟加工
- ★ Windows 系统的宏录制和回放
- ★ AVI 文件的录制和回放
  
- ★ 工件选放、装夹
- ★ 换刀机械手、四方刀架、八方刀架
- ★ 基准对刀、手动对刀
- ★ 零件切削，带加工冷却液、加工声效、铁屑等
- ★ 寻边器、塞尺、千分尺、卡尺等工具
- ★ 采用数据库管理的刀具和性能参数库
- ★ 内含多种不同类型的刀具
- ★ 支持用户自定义刀具功能
- ★ 加工后的模型的三维测量功能
- ★ 基于刀具切削参数零件光洁度的测量

## 第二章 斯沃数控仿真软件操作

### 2.1 软件启动界面

#### 2.1.1 试用版启动界面



图 2.1-1

- (1) 在左边文件框里选择试用版;
- (2) 在右边的窗口处点击选择所要使用的数控系统
- (3) 如果需要超级使用可以选择
- (4) 选择系统完成之后,点击 Try It 进入系统界面



## 2.1.2 网络版启动界面



图 2.1—2

- (1) 在左边文件框内选择网络版
- (2) 在右边的第一个条框内选择所要使用的系统名称
- (3) 在 User 里选择用户名,输入密码
- (4) 在 Remember Me 和 Remember My Password 中进行选择
- (5) 输入服务器的 IP 地址
- (6) 点击 Sign in 进入系统界面
- (7) 启动SSCNCSSRV.exe, 进入SERVER主界面, 如下图:

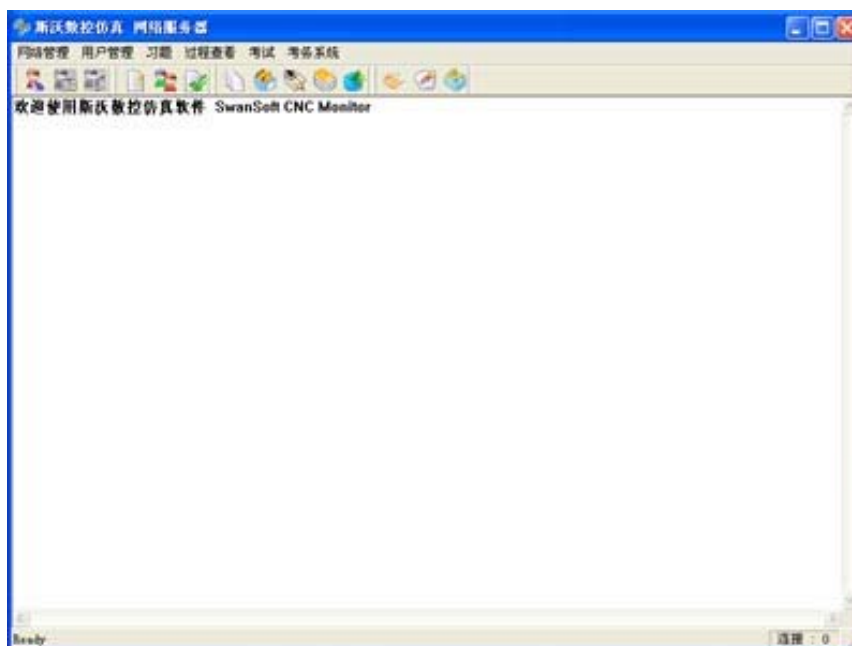


图 2.1—3

(8) 单击工具栏中的“用户状态”图标，将会显示所有用户的状态，如下图

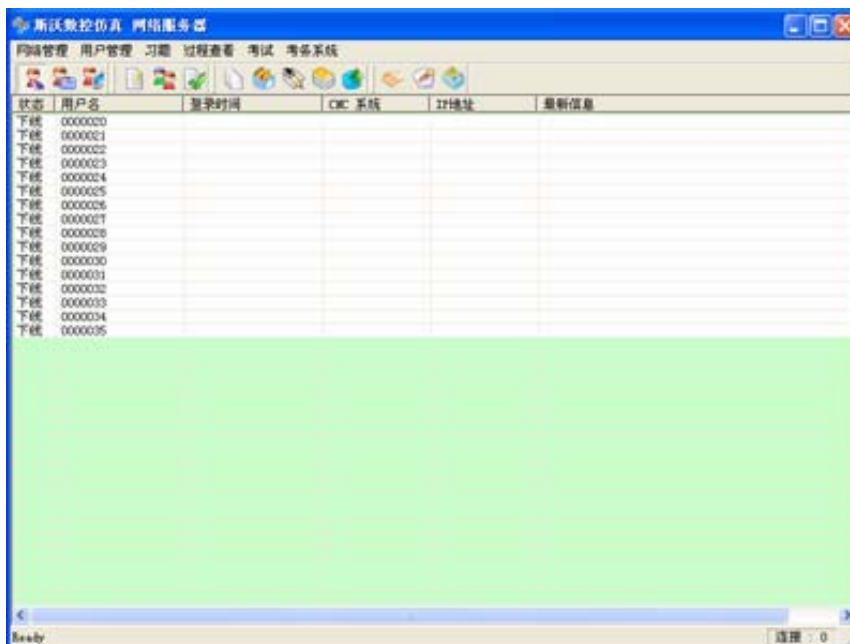


图 2.1-4

(9) 在用户状态列表中选择一个用户, 然后点击工具栏上的“设置教师机”图标 将其设为教师机

(10) 单击“用户管理”图标, 弹出“用户管理”对话框, 如下图:

在这个对话框中添加用户名和姓名, 以及该用户的权限。添加用户可以逐个添加也可以批量添加

- a. 逐个添加时, 输入用户名, 姓名, 密码和密码确认, 还可以为每个用户设置必要的权限, 然后点击保存。
- b. 批量添加时, 输入起始编号和用户数, 还可以为每个用户设置必要的权限, 然后点击保存。



图 2.1-5

### 2.1.3 单机版启动界面



图 2.1-6

- (1) 在左边文件框内选择单机版
- (2) 在右边的条框内选择所要使用的系统名称
- (3) 在 PC Encryption(机器码加密) 和 Softdog Encryption(软件狗加密)中选择其一,
- (4) 点击 Run 进入系统界面

## 2.2 工具条和菜单的配置

全部命令可以从屏幕左侧工具条上的按钮来执行。当光标指向各按钮时系统会立即提示其

功能名称，同时在屏幕底部的状态栏里显示该功能的详细说明。

工具条简介：

|                                                                                                           |                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|  建立新 NC 文件               |  Y-X 平面选择    |
|  打开保存的文件(如 NC 文件)        |  机床罩壳切换      |
|  保存文件(如 NC 文件)           |  工件测量        |
|  另存文件                    |  声控          |
|  机床参数                    |  坐标显示        |
|  刀具库管理                   |  冷却水显示       |
|  工件显示模式                  |  毛坯显示        |
|  选择毛坯大小、工件坐标等参数         |  零件显示       |
|  开关机床门                 |  透明显示      |
|  铁屑显示                  |  ACT 显示    |
|  屏幕安排：以固定的顺序来改变屏幕布置的功能 |  显示刀位号     |
|  屏幕整体放大                |  刀具显示      |
|  屏幕整体缩小                |  刀具轨迹      |
|  屏幕放大、缩小               |  在线帮助      |
|  屏幕平移                  |  录制参数设置    |
|  屏幕旋转                  |  录制开始      |
|  X-Z 平面选择              |  录制结束      |
|  Y-Z 平面选择              |  示教功能开始和停止 |

## 2.3 文件管理菜单

程序文件 (\*.NC)、刀具文件 (\*.ct) 和毛坯文件 (\*.wp) 调入和保存有关的功能，例如用于打开或保存对 NC 代码编辑过程的数据文件。



打开相应的对话框被打开，可进行选取所要代码的文件，完成取后相应的 NC 代码显示在 NC 窗口里。在全部代码被加载后，程序自动进入自动方式；在屏幕底部显示代码读入进程。



新建

删除编辑窗口里正在被编辑和已加载的 NC 码。如果代码有过更改，系统提示要不要保存更改的代码。



保存

保存在屏幕上编辑的代码。对新加载的已有文件执行这个命令时，系统对文件不加任何改变地保存，并且不论该文件是不是刚刚加载的，请求给一个新文件名。

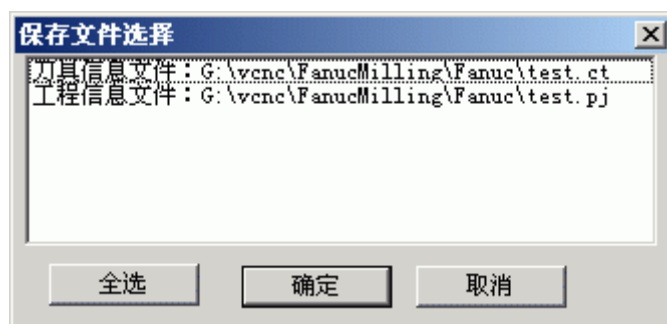


图 2.3—1



另存为

把文件以区别于现有文件不同的新名称保存下来。

加载项目文件

把各相关的数据文件（wp 工件文件；nc 程序文件；刀具 ct 文件）保存到一个工程文件

里（扩展名：\*.pj），此文件称为项目文件。这个功能用于在新的环境里加载保存的文件。

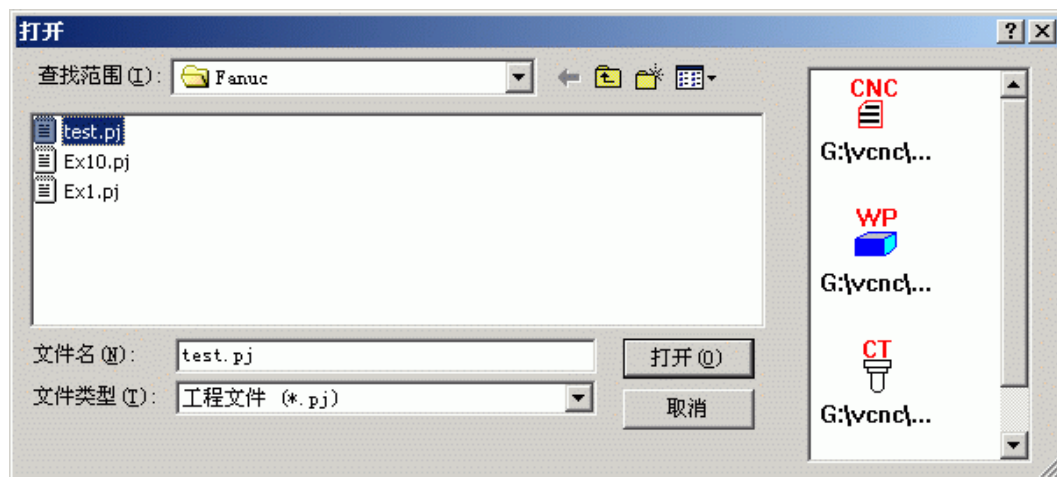


图 2.3-2

### 项目文件保存

把全部处理过的数据保存到文件里。屏幕的各空白部分可以做修改。

## 2.3.1 机床参数



### a. 机床参数设置：

拖动“参数设置”对话框中的滑块选择合适的换刀速度

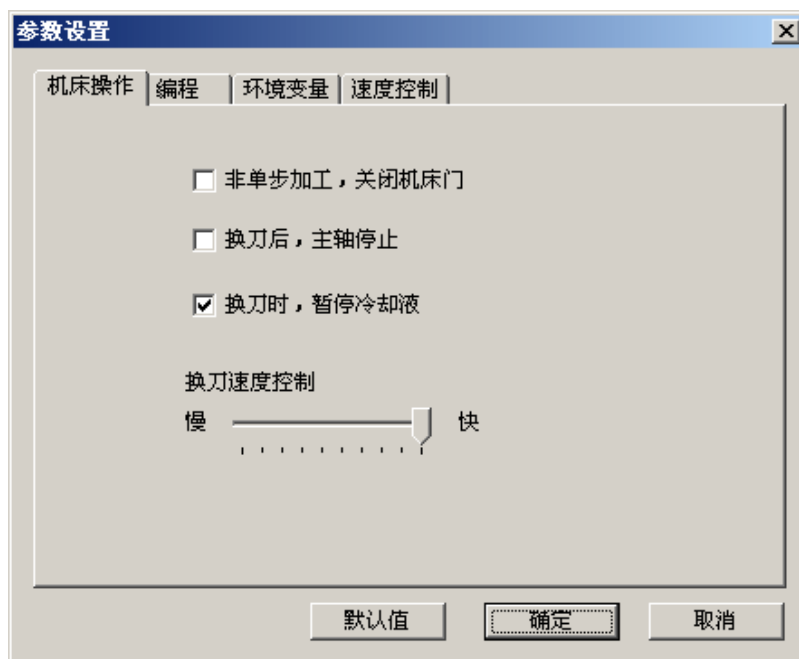


图 2.3-3

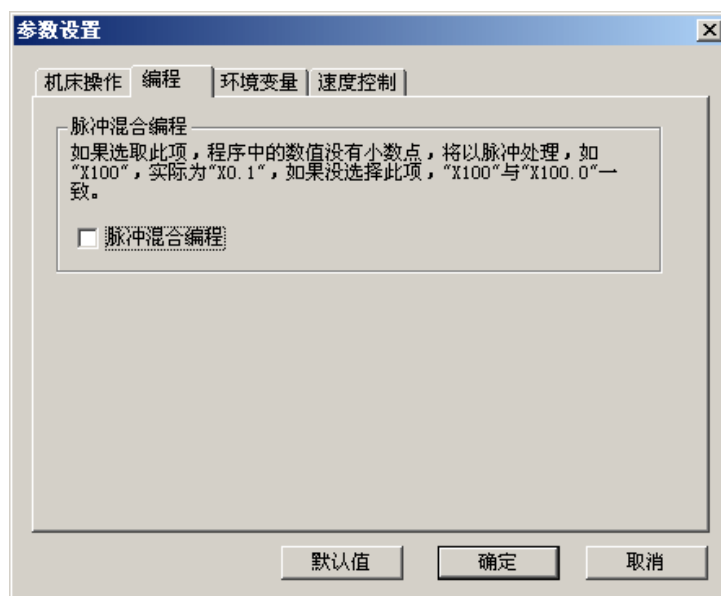


图 2.3—4

单击“选择颜色”按钮可以改变机床背景色。

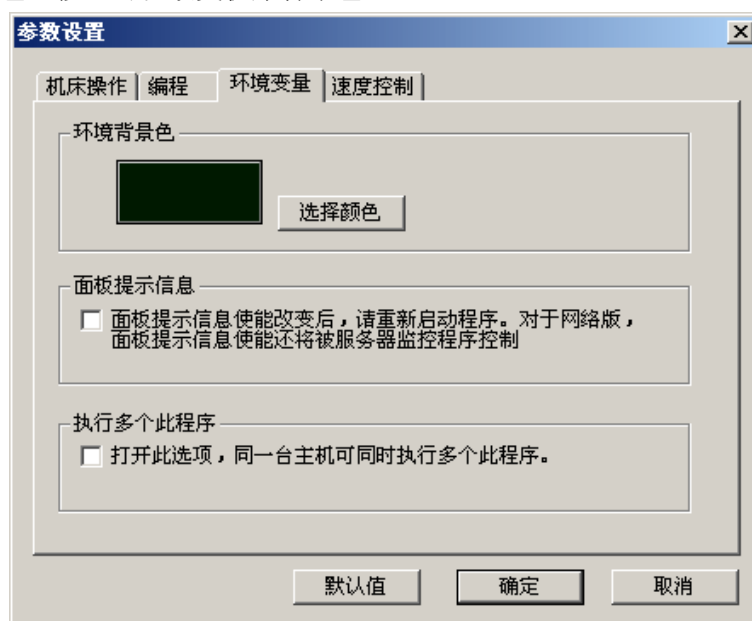


图 2.3—5

调节“加工图形显示加速”和“显示精度”可以获得合适的仿真软件运行速度。

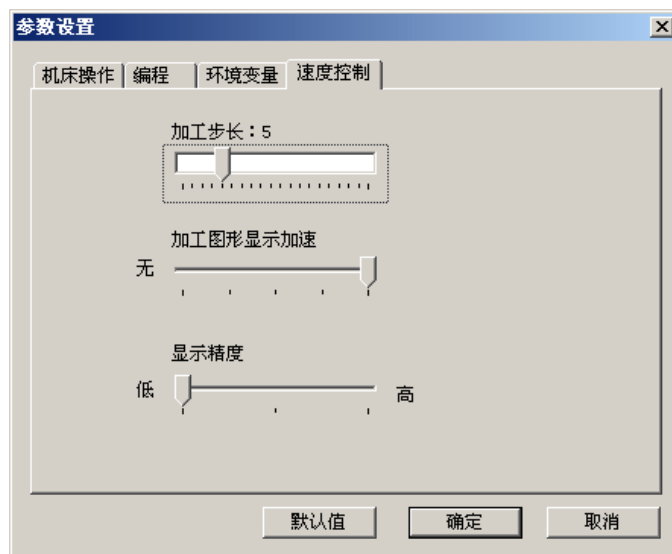


图 2.3—6

b. 显示颜色:

选择刀路和加工颜色后，单击“确定”按钮。



图 2.3—7

## 2.3.2 刀具管理

a. 铣床



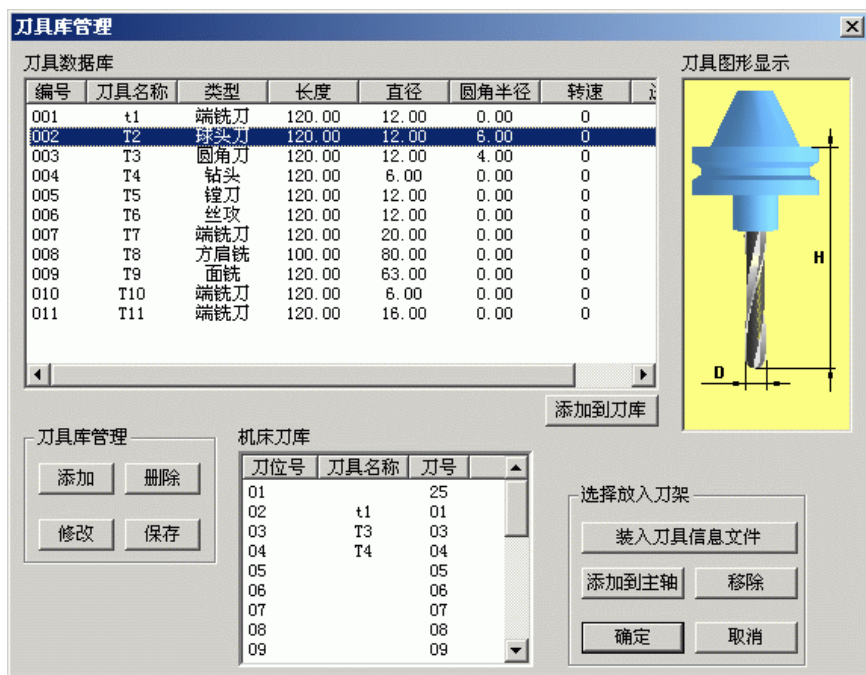


图 2.3-8

添加

- (1). 输入刀具号
- (2). 输入刀具名称
- (3). 可选择端铣刀、球头刀、圆角刀、钻头、镗刀。
- (4). 可定义直径、刀杆长度、转速、进给率
- (5). 选确定, 即可添加到刀具管理库

刀具添加到主轴

- (1) 在刀具数据库里选择所需刀具, 如 01 刀
- (2). 按住鼠标左键拉到机床刀具上.
- (3). 添加到刀架上, 按确定

b. 车床

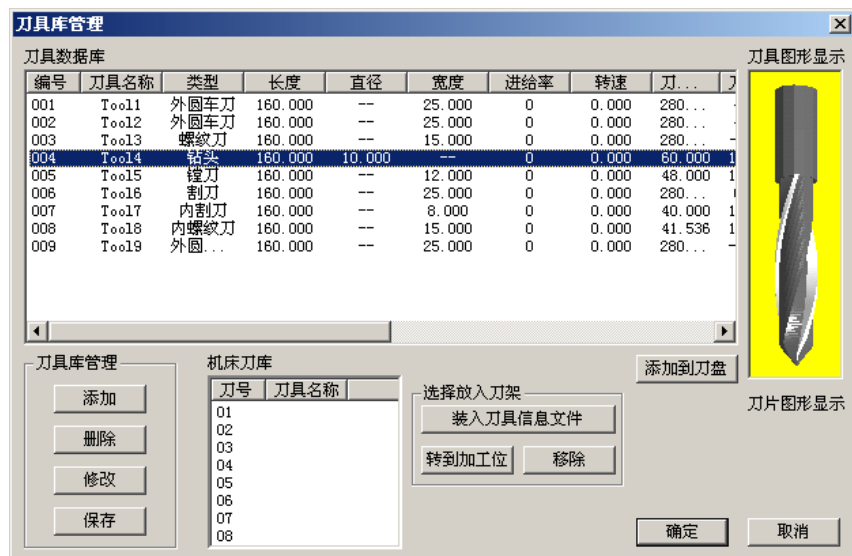


图 2.3-9

添加

- (1). 输入刀具号
- (2). 输入刀具名称
- (3). 可选择外圆车刀、割刀、内割刀、钻头、镗刀、丝攻、螺纹刀、内螺纹刀、内圆刀。
- (4). 可定义各种刀片、刀片边长、厚度
- (5). 选确定, 即可添加到刀具管理库

内圆刀的添加:

- (1) 单击“添加”按钮, 弹出“添加刀具”对话框, 如下图:

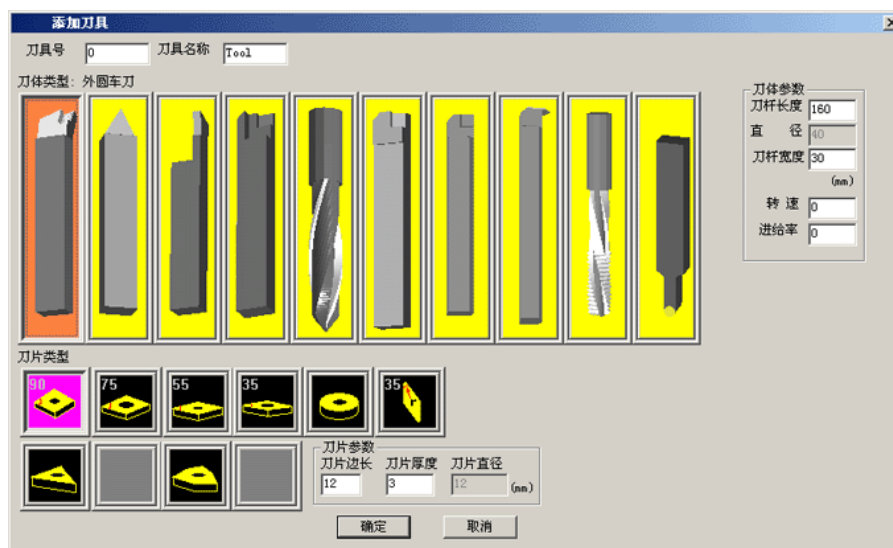


图 2.3—10

- (2) 选择“添加刀具”对话框中最右边的圆头刀, 弹出“刀具”对话框, 如下图:

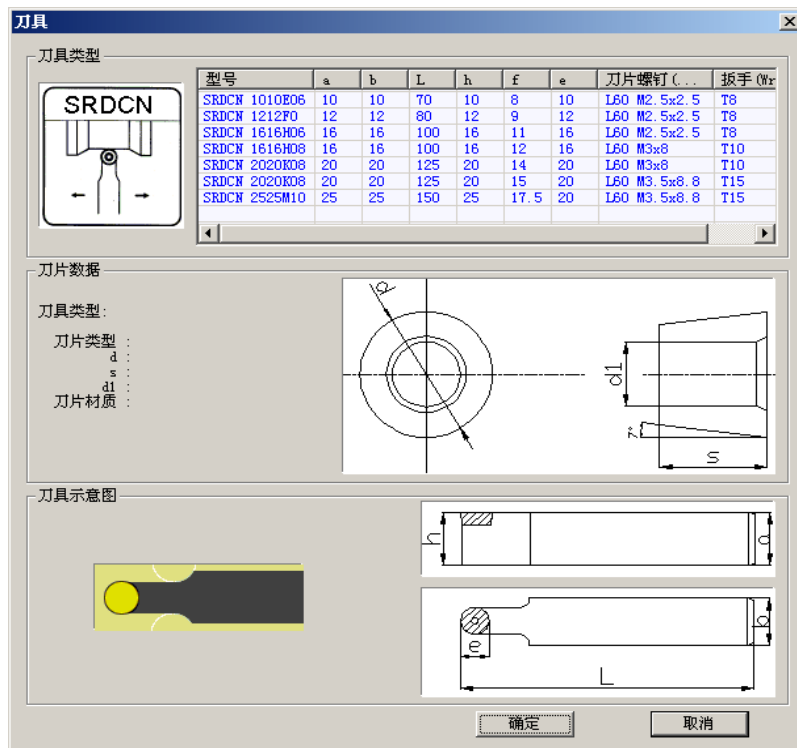


图 2.3—11

(3)在“刀具”对话框中选择所需的刀具单击确定, 返回到“添加刀具”对话框, 输入刀具号和刀具名称单击确定, 添加刀具完成。

刀具添加到主轴

- (1)在刀具数据库里选择所需刀具, 如 01 刀
- (2). 按住鼠标左键拉到机床刀库上.
- (3). 添加到刀架上, 按确定

### 2.3.3 工件参数及附件

a. 铣床

毛坯大小、工件坐标

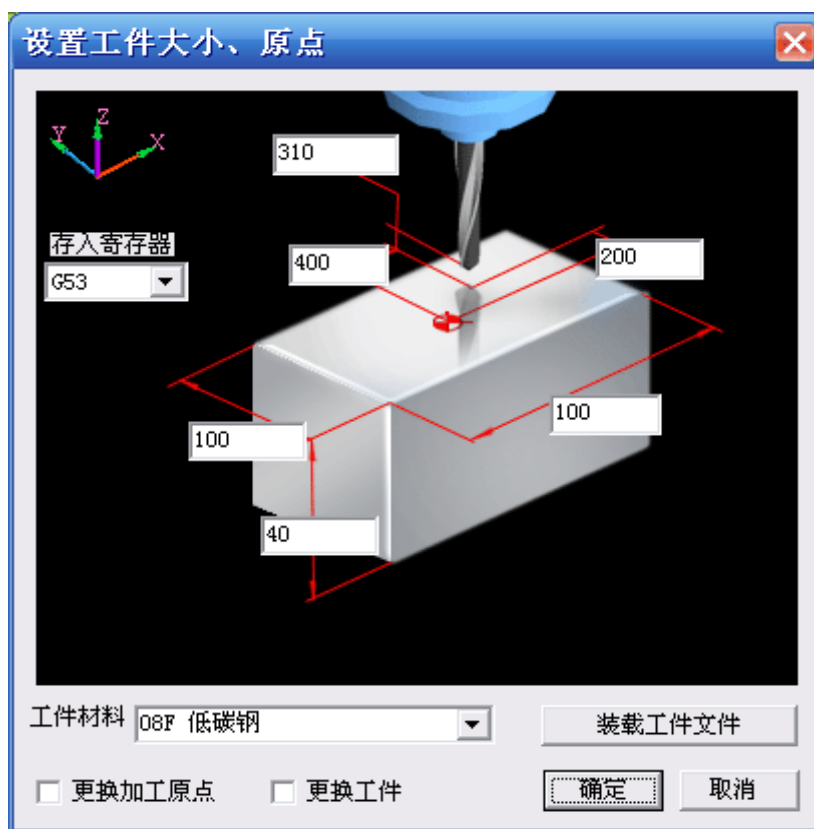


图 2.3—12

- (1)定义毛坯长、宽、高以及材料
- (2)定义工件零点 X、Y、Z、坐标
- (3)选择更换加工原点、更换工件

b. 车床

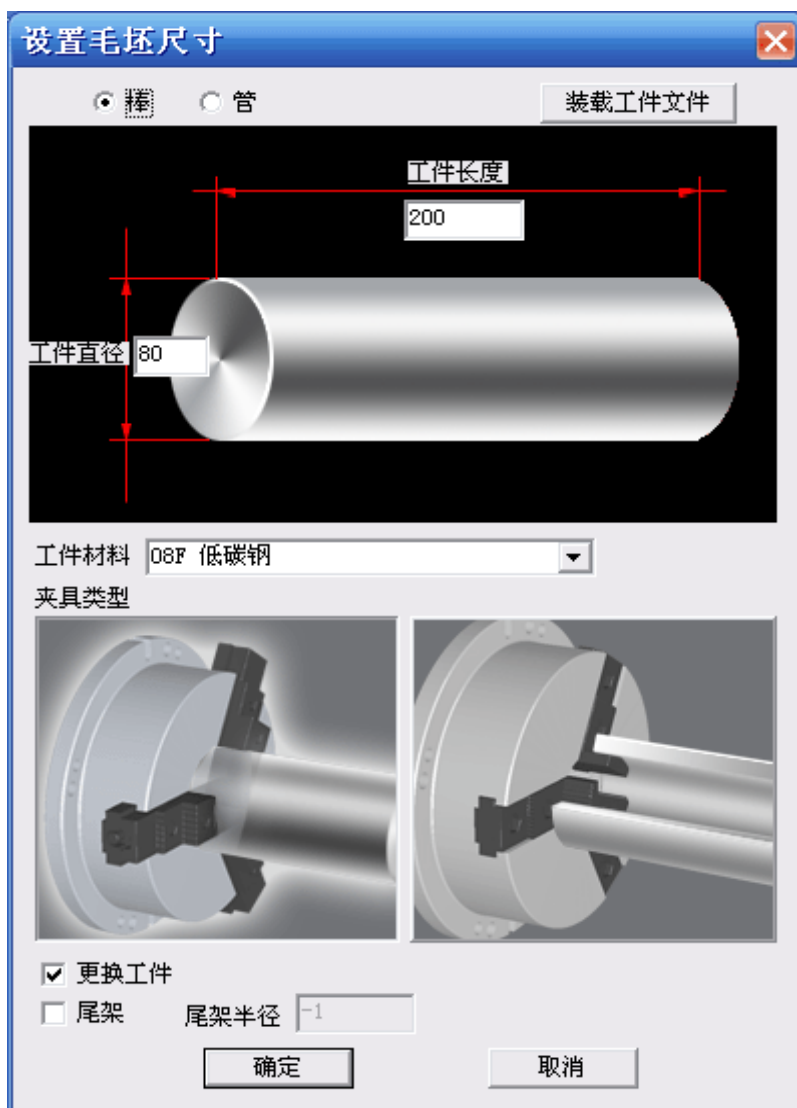


图 2.3—13

- (1) 定义毛坯类型，长度、直径以及材料
- (2) 定义夹具
- (3) 选择尾夹
- (4) 选择工件夹具

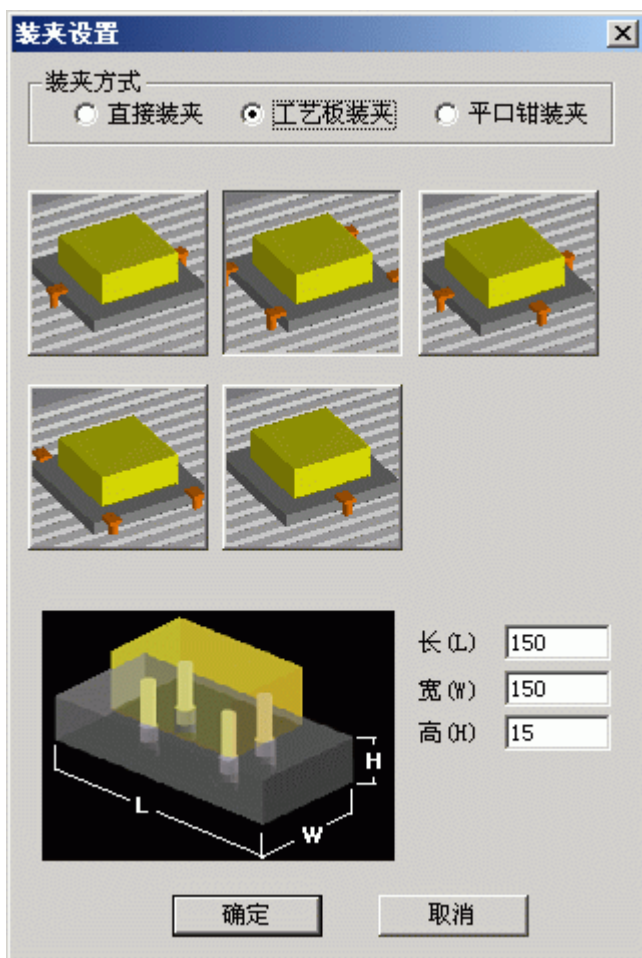


图 2.3—14

#### 工件放置



图 2.3—15

- (1) 选择 X 方向放置位置.
- (2) 选择 Y 方向放置位置.
- (3) 选择放置角度位置.
- (4) 按“放置”和“确定”键.

寻边器测量工件零点, 在型号列表中选择所需的寻边器

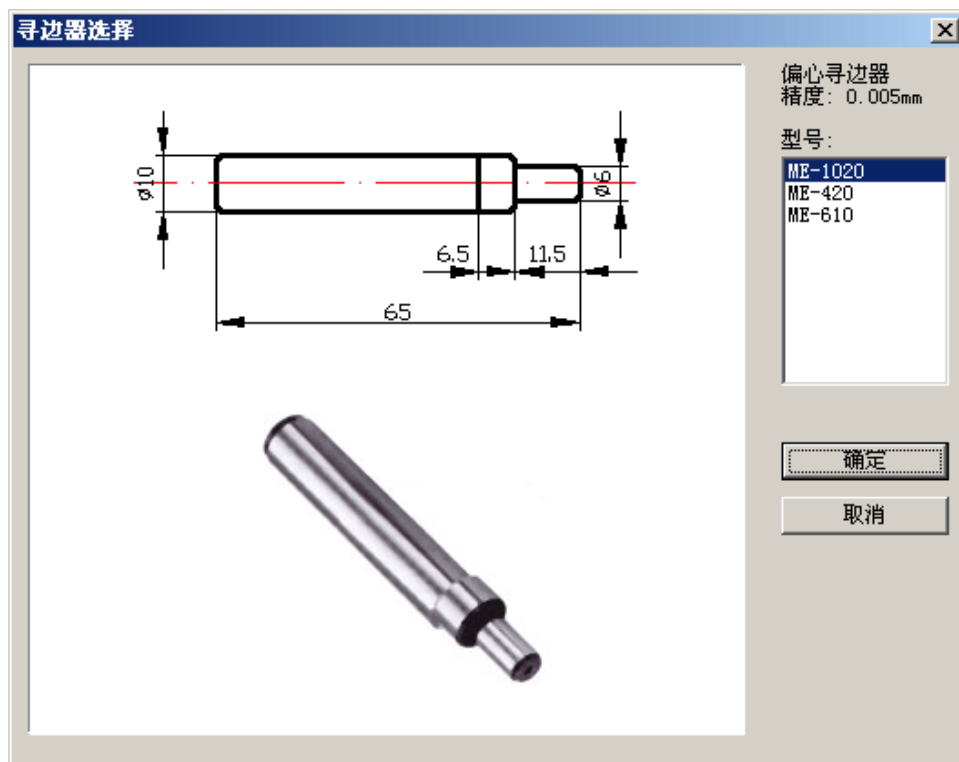


图 2.3—16

冷却液管调整

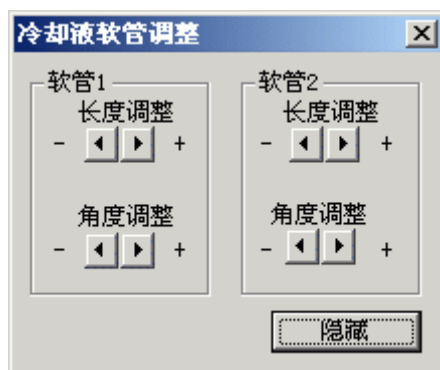


图 2.3—17

## 2.3.4 快速模拟加工

- (1) 用 EDIT 编程
- (2) 选择好刀具。
- (3) 选择好毛坯、工件零点。
- (4) 方式模式放置 AUTO
- (5) 无须加工，可按此键快速模拟加工

## 2.3.5 工件测量



测量的三种方式

- (1) 特征点
- (2) 特征线
- (3) 粗糙度分布

工件测量可用计算机数字键盘上的向上、向下、向左和向右光标键测量尺寸，也可利用输入对话框。

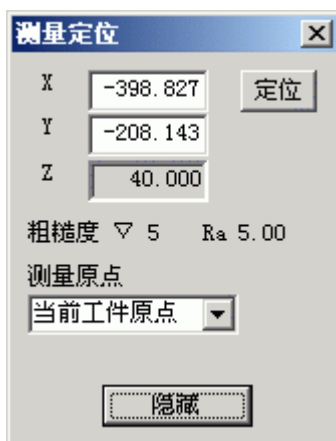
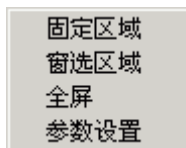


图 2.3—18

## 2.3.6 录制参数设置



三种录制区域选择方式，参数设置为



图 2.3—19

## 2.3.7 警告信息



输出当前信息文件



输出所有信息文件



前一天信息



后一天信息



删除当前信息文件



参数设置

单击“参数设置”按钮时，出现“信息窗口参数”窗口。



图 2.3—20 字体颜色设置

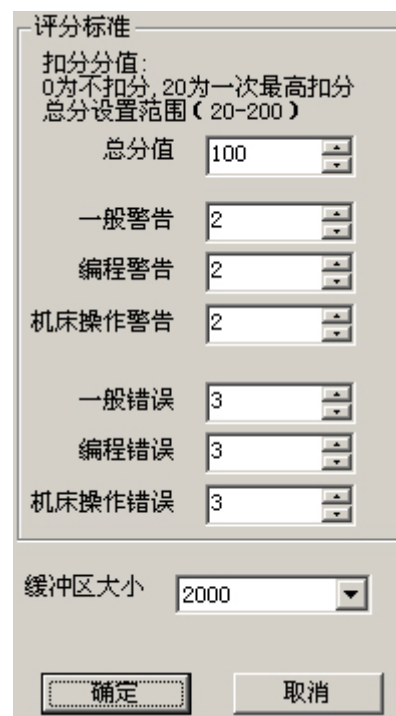


图 2.3—21 评分标准

### 1. 一般警告

- ◆ 回参考点！
- ◆ 卸下主轴测量芯棒(仅用于铣床)！
- ◆ 程序保护已锁定，无法编辑！
- ◆ 程序保护已锁定，无法删除程序！
- ◆ 程式没有登记！请先登记！
- ◆ 输入格式为: :X\*\*\* 或 Y\*\*\* 或 Z\*\*\* (FANUC 测量)！
- ◆ 刀具参数不正确！



- ◆ 刀具库中已有该刀号的刀具, 请重新输入刀号!
- ◆ 刀架上无此号的刀具!
- ◆ 自动换刀前, 请先卸下测量芯棒!
- ◆ 请把模式打在 Auto、Edit 或 DNC 上, 再打开文件!
- ◆ 工件过大, 无法放置工件!

## 2. 编程警告

- ◆ 搜索程序, 无 0\*\*\*程序!
- ◆ 程序保护已锁定, 无法编辑新的程序号!

## 3. 机床操作警告

- ◆ 电源没打开或没上强电!
- ◆ 主轴启动应该在 JOG、HND、INC 或 WHEEL 等模式
- ◆ 请关上机床门!
- ◆ 启动 NCSTART, 请切换到自动、MDI、示教或 DNC 模式!

## 4. 一般错误

- ◆ 请先卸下主轴测量芯棒再启动 NCSTART
- ◆ X 方向超程
- ◆ Y 方向超程
- ◆ Z 方向超程

## 5. 编程错误

- ◆ 一般 G 代码和循环程序有问题!
- ◆ 程序目录中, 无 0\*\*\*号程序!
- ◆ 刀号超界!
- ◆ 半径补偿寄存器号 D 超界
- ◆ 长度补偿寄存器号 H 超界
- ◆ 0\*\*\*程式没有登记!无法删除!
- ◆ 子程序调用中, 副程序号不存在!
- ◆ 子程序调用中, 副程序不正确!
- ◆ G 代码中缺少 F 值!
- ◆ 刀具补偿没有直线段引入!
- ◆ 刀具补偿没有直线段引出!

## 6. 机床操作错误

- 刀具碰到工作台了！
- 测量芯棒碰到工作台了！
- 端面碰到工件了！
- 刀具碰到了夹具！
- 主轴没有开启，碰刀！
- 测量芯棒碰刀！
- 碰刀！请更换小型号的测量芯棒，或将主轴提起！

在斯沃数控仿真网络服务器里，通过操作教师可以实时发送考题给学生，学生做完可发送给教师评分，教师可控制学生机床操作面板和错误信息的提示。

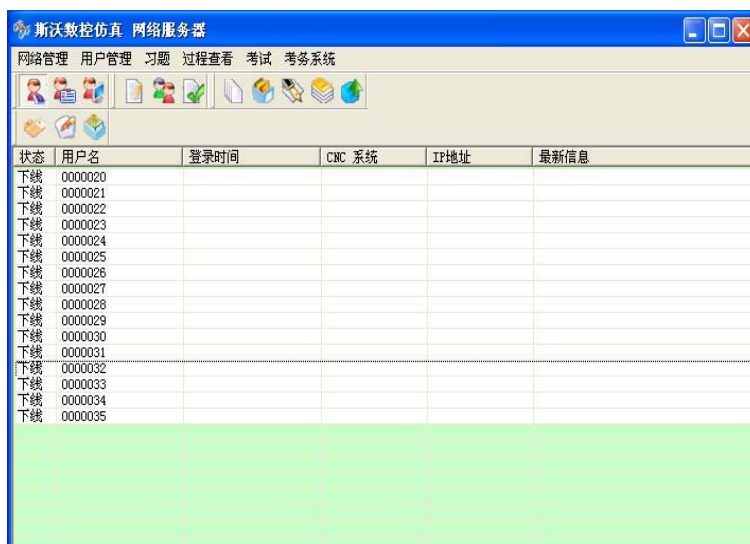


图 2.3—22 网络管理

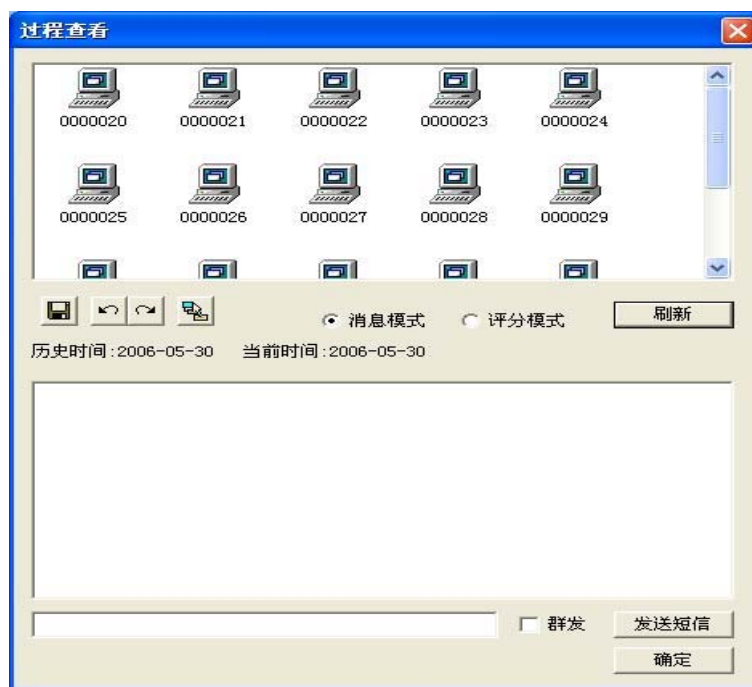


图 2.3—23 过程查看

## 第三章 WA310 操作

### 3.1 WA310 机床面板操作

要正确操作华兴数控系统，必须掌握各种功能的操作方法及所显示的各种信息的含义。数控系统提供的全部操作功能可由键盘操作实现。系统的操作面板如图 3-1 所示：



图 3.1-1 WA310 车床面板



图 3.1-2 WA310 铣床面板



：进给升/降：在自动、手动下动态调节进给速度 F



：主轴升/降：在自动、手动下动态调节主轴转速 S（仅在主电机变频调速时有效）



主轴反：主轴逆时针旋转(执行 M04)



主轴停：关主轴，停止旋转(执行 M05)



**主轴点动**: 主轴点动。按下该键时主轴顺时针转动，松开时主轴停止转动



**冷却开关**: 冷却液开/关控制



**手轮倍率**: 设定手轮脉冲倍率，设定范围： $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$



**换刀**: 单步换刀。每按一次，系统按顺序换下一把刀。



**轴选**: 选择手轮方式下进给控制的机床运动轴。



**手动速度**: 手动速度，在 F100、F600、F1500 快速切换



**夹紧/松开**: 主轴夹紧/松开



**程序暂停**: 与循环暂停相比，系统多了关主轴的操作，直到用户按  继续执行后续程序段，

或按  终止本次自动循环操作



**循环取消**: 循环取消，终止当前程序的自动循环加工操作，只有系统处于循环暂停（进给保持）状态时，该按键才有效



**循环暂停**: 循环暂停（进给保持），系统暂停执行当前程序，直到用户按  继续执行后续程

序段，或按  终止本次自动循环操作



**循环启动**: 循环启动，用于启动当前程序的加工执行。在 OPERT 主功能界面下，若用户已选择好待加工的程序，在“自动”子功能下按此键即开始进行当前程序的加工。



**-X**: 手动 X 负向进给



**+X**: 手动 X 正向进给



**+Y**: 手动 Y 正向进给



**-Y**: 手动 Y 负向进给



**-Z**: 手动 Z 负向进给



**+Z**: 手动 Z 正向进给



**+A**: 手动 A 正向进给



**-A**: 手动 A 负向进给



**手动快速进给**: 手动快速进给选择键。在非模态情况下（位参数 20 号的第六位为 0 时），与手动进给键中的任一键同时按下，机床进行快速移动，移动速度由 10 号系统参数设定；在模态情况下（位参数 20 号的第六位为 1 时），每按一次手动快速键，系统切换一次加速状态，比如上电时为非加速模式，按手动进给键时系统进行快速移动，若再

按一次手动快速键，则回到手动速度来运动。

## 3.2 WA310 数控系统操作



图 3.2-1 铣床面板

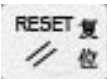


图 3.2-2 车床面板



### 3.2.1 按键介绍

#### 主功能键盘区

主功能键盘区包括 、、、、 五个键，用于选择系统的

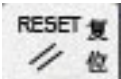
五大主功能：

：用户加工程序管理，用于创建、修改、保存以及输入输出用户加工代码等操作；

：机床操作，实现对机床的各种操作功能；

：参数设置，用于设置各种与机床、数控系统以及驱动器有关的参数；

：监测系统当前状态，用于诊断显示系统坐标、输入输出等状态信息。

：软复位。取消当前正在执行的操作，关冷却液，主轴以及刀具输出信号

位于液晶屏的下方, 实现在各主功能界面下选择相应子功能的操作, 子功能键盘区也称 F 功能键盘区, 为表述一致, 我们以 F 功能键盘区代替子功能键盘区, F 功能键代替子功能键来表达。

F 功能键共有 10 个, 分别为 、、、、、、、

以及  和  键。F1~F8 功能键所代表的功能随选择的主功能不同而变化, 其功能对

应于显示界面中按钮菜单的功能, 用于在主功能界面下选择相应的子功能。  键 和

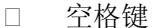
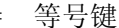
 键用于 F 功能键的扩展。

#### 编辑键盘区

提供编辑加工代码以及设置修改各种参数值所需的按键, 编辑键包括:

G M F S T X Y Z A I K P J L N R / 字母键

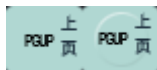
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 数字键

 空格键  负号键  小数点键  等号键

编辑键中一些键为功能复用键, 系统根据当前状态进行复用。比如在程序编辑状态下, “G” 键的功能是在当前光标处显示出 “G” 字符, 而在操作加工主界面下, “G” 键的功能是进入 MDI 方式, 而并不显示 “G” 字符。

：CAN, 清除报警栏的错误信息

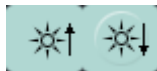
：回车键, 在文件编辑界面下产生新行, 在其他状态下表示当前输入结束



: 翻页键，对程序名列表、程序内容或参数显示等界面进行上一页面或下一页面内容显示。



: 上、下、左、右方向键



: 调节液晶显示屏的亮度



: 快速进入刀补修调操作



: 坐标偏置。编程坐标系(工件坐标系)和机床坐标系同时偏置



: 快速进入刀补操作，参数修改时进入密码输入



: 当系统处于程序管理或参数管理主功能界面时，按此键表示保存当前程序、系统参数、刀具参数、机床参数等文件。当系统处于加工状态时，按此键表示调用用户程序，当前界面弹出程序名列表和程序名输入框，在程序名输入框输入程序名并按回车，表示调用该程序。

具有复用功能的键包括：



: X Save, 保存当前编程坐标系 X 轴数值，作测定刀具补偿值参数



: Y Save, 保存当前编程坐标系 Y 轴数值，作测定刀具补偿值参数



: Z Save, 保存当前编程坐标系 Z 轴数值，作测定刀具补偿值参数



: A Save, 保存当前编程坐标系 A 轴数值，作测定刀具补偿值参数



: F Set, 手动设置进给速度



: S Set, 手动设置主轴转速



: G MDI, 在文件编辑或字符输入状态下，表示输入显示“G”字符，在  主功能界面下，表示进入 MDI 方式输入状态

### 3.2.2 手动操作虚拟数控机床

机床操作主功能下，系统提供的子功能包括手动连续进给(简称手动)、点动增量进给(简称点动)、手轮连续进给(简称手轮)、自动循环加工、DNC 方式、MDI 方式、回零操作、偏置功能、M 功能面板操作。



## 手动连续进给

是指在手动模式下按住手动操作机床功能键盘区的八个手动进给键中任意一个，机床沿相应轴方向连续移动，弹起时停止运动的一种用户控制方式。

## 点动增量进给

是指在点动模式下按一次手动操作机床功能键盘区的八个手动进给键中任意一个，机床沿相应轴方向移动一个固定的距离。点动增量进给可用于短距离移动机床，进行精定位。

## 手轮连续进给

是指在手轮模式下，旋转操作面板上的手摇脉冲发生器，机床沿相应轴方向移动一定的距离。运动轴的移动速度与旋转手轮快慢以及手轮倍率值大小有关。

## 自动循环加工

是指在自动模式下，系统根据用户编写的加工程序，按照程序代码流程执行相应的加工操作。

## MDI 方式

指在字符显示模式下，按  键，弹出 MDI 输入框，在此框中用户可输入一段加工代码，

按  键后系统执行刚才输入加工代码。该段程序不需要输入程序段号。

MDI 方式便于用户快捷的输入并执行一段程序，而不必用编写并调用加工文件的方式实现机床控制。在自动方式下的可执行程序段均可在 MDI 方式下运行。

## M 功能面板操作

指通过系统提供的面板按键快捷的进行 M 功能操作。

M 功能面板操作包括循环、冷却液开/关操作以及主轴状态设定

1、冷却液开/关操作指直接按手动操作机床功能键盘区的  键，系统打开或者关闭冷却液的操作。

2、铣床主轴定义，通常情况下使安装刀具的轴以指定的速度正向或反向旋转的轴规定为主轴。



**主轴正**：按此键时系统使主轴正转继电器吸合，从而控制主轴顺时针方向旋转



**主轴反**：按此键时系统使主轴反转继电器吸合，从而控制主轴逆时针方向旋转



**主轴停**：按此键时系统断开主轴正反转继电器，使主轴电机断电，从而停止旋转



**主轴点动**：按此键时系统使主轴正转继电器吸合，主轴顺时针旋转；键一旦松开就关主轴

机床坐标手动移动

### 手动方式(手动连续进给)



按 **F3** (手动) 键进入手动方式，在手动方式下，按八个手动进给键中任意一个，对应的坐标轴便沿相应的方向运动。其进给速度可按 **F SET** 手工设定。默认值为 100mm/min。

实际手动进给速度 = 手动进给速度设定值 × 进给倍率

实际手动进给速度 = 手动进给速度设定值 × 进给倍率

### 修改手动进给速度设定值：



按 **手动速度** 键，设定值在 100、600、1500 三个值间循环切换，松开选取之一；

按 **Fset** 键在‘手动速度’后出现光标，此后可输入数字，该值表示每分钟进给的毫米数，



再按 **ENTER** 键。该速度的范围在 1~6000mm/min (0.001mm 脉冲当量时) 之间，若输入有误，系统自动设定为 12.000mm/min。按错数字，可用 **←** 键修改。

手动进给速度可用进给倍率拨码开关动态调节。

### 手动连续进给的操作步骤

- 1、设定手动进给速度 F；
- 2、拨动进给倍率拨码开关调节进给倍率；
- 3、按手动进给键，机床沿相应的轴方向移动，连续按住手动进给键则该轴一直进给运行，按键弹起则停止该轴的进给。

手动快速移动：当任一手动进给键与 **W** (加速) 键同时按下时，以快速移动速度 (10 号系统

参数的值)运动机床,而忽略手动进给速度设定值。此功能称为手动快速移动,10号系统参数的值也称为快速移动速度。 (加速)键可以通过参数设定为模态和非模态。

### 点动方式(点动连续进给)

与手动方式一样,按  (点动)键进入点动方式,每按一次坐标进给键,其坐标便沿该键对应的方向移动一个给定的长度,该长度由  键设定,按  键在‘点动距离’后出现光标,此处可输入4个数字,按  键。默认值为0.001mm。有效范围为0.001mm~65.500mm。

### 点动增量进给的操作步骤

- 1、设定点动增量值:按  键后,直接输入要修改的数值,再按  键;
- 2、按手动进给键,机床沿相应的轴方向移动。每按一次就移动一个增量值。

### 手轮方式(手轮连续进给)

310M/Mi 控制系统,手轮可以控制机床在四个轴八个方向上的直线运动,按  键在 X、Y、Z、A 四个方向随时切换所选运动轴,为适应不同的需要,手轮设置了四个速度档位(倍率),分别为×1、×10、×100,速度档之间可按  键随时切换,最小控制精度等同于系统控制精度(0.001mm),最大控制速度是脉冲当量的100倍。

按  (手轮)键进入手轮方式。

### 手轮进给的操作步骤

- 1、按  键,会在 X 轴、Y 轴、Z 轴、A 轴间来回切换。选择一个机床运动轴;
- 2、按  键,设定手轮移动的倍率;
- 3、旋转手轮,机床沿相应的轴方向移动。

### 主轴与冷却

在手动、点动、手轮方式下，主轴和冷却均可手动操作。

主轴状态由、、、四个按钮控制。键设定主轴转速，系统输出该转速对应的模拟量。该转速由3号、4号系统参数设定上限。

按键设定冷却状态。

### 自动循环

对应机床的自动操作方式，按（自动）键进入自动方式，此时F功能键按钮变成如下所示：

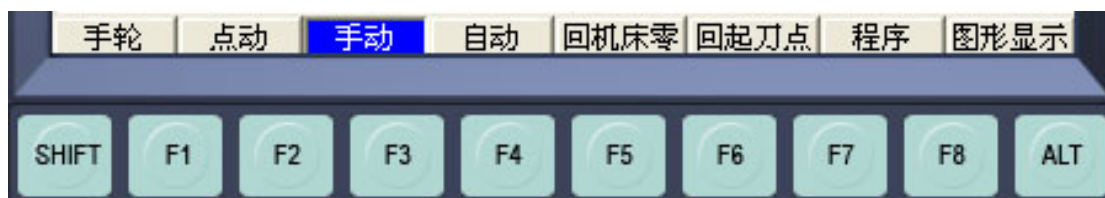


图 3.2-1

### 打开程序

进入自动方式后用户需通过按键通知系统准备运行的程序名。

用户程序列表里分两栏排序显示了电子盘里已有的程序以及各个程序的属性、长度等信息。

若两栏排满了，还可按或键翻页显示未列出的程序。

在“加工文件”区出现光标并且闪烁，用户可在此处键入用户准备运行的程序名，键用于修改程序名输入时按错的字符。

程序名输入无误后按键，系统恢复到进来时的界面，说明系统已准备运行该程序。

### 启动自动循环

在“加工文件”信息区有有效的文件名后，按键，该程序开始运行。

任意段号处启动加工

在按键启动自动循环前，可设置起始段号使系统在任意段号处启动加工：按（起始段号）键，在程序名后会出现闪烁光标，用户可在此处键入起始段号（如 N0110），按



键。

做了指定起始段号的操作，再按键时系统从程序的指定段号处进行跳转加工，指定段号前的程序段不执行。

设置的起始段号仅一次有效，即设置好起始段号后，如果启动了循环加工，则下一次如要从相同的段号处执行跳转加工，必须在启动自动循环前再设置起始段号。

### 单段

按键来回切换。按钮按下时为有效，这时系统每执行完一个程序段，便停下来等待启动信号，每按一次键，系统向下执行一个程序段。

若在等待启动信号时按下键，则本次循环被取消，且不能再恢复。

### 暂停

与对应，自动循环可由键暂停加工。在暂停后按键继续运行，若按键，则本次循环被取消。

#### 执行自行循环加工的一般步骤

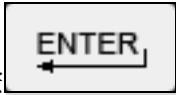
1. 拨动进给倍率拨码开关和主轴倍率拨码开关，都置到 1.0 档位；
2. 若要重新设定待加工程序名，否则跳过此步；
3. 若要从任意段号处跳转加工，执行相关操作，否则跳过此步；
4. 若要单段运行自动循环，执行相关操作，否则跳过此步；
5. 若要改变模拟、联机运行状态，执行相关操作，否则跳过此步；
6. 启动自动循环，执行相关操作；
7. 在循环加工过程中，可按循环暂停键使系统进行暂停运行，即进给保持；也可拨动进给倍

率拨码开关调整进给速度，或者拨动主轴倍率拨码开关调整主轴转速。

## 回零操作及坐标系重建

回零操作包括回机床零操作和返回进刀点两种操作。在操作主界面下，按  (回机床零) 进入回机床零模式，此时连续按住坐标进给键，系统对应轴沿 13 号位参数设定的方向移动，

直到检测到机床零点信号完成该轴的回零操作。在字符显示模式下，按  (回进刀点)，

弹出 MDI 程序段，按  键后系统执行回进刀点操作。

## 回机床零操作介绍

在连续的重复加工中，为了消除积累误差，最好每隔一段时间，返回机床零点一次。在每次开机后，最好也回机床零点一次，使系统有一个绝对的参考基准，同时消除上次关机时各坐标轴的位置漂移。

手动回零时，在加工界面下按  (回机床零) 进入操作模式，连续按手动进给键，系统沿参数设定的方向连续移动直到碰上零点开关，则当前轴完成回零操作。

对于 G74 回零指令，执行回零操作后，系统移动到碰上零点开关才停止，同时系统把机床坐标置为零。

## 返回进刀点 (G75) 功能

G75 的功能是用来使机床回到 95、96、97、98 号系统参数设定的机床坐标位置，同时将工件坐标值改为 99、100、101、102 号系统参数设定的值，来实现快速返回进刀点功能。

用户应首先将进刀点的机床坐标存入 95、96、97、98 号系统参数，同时将进刀点的工件坐标存入 99、100、101、102 号系统参数，然后在需要时调用 G75 功能来实现返回进刀点。

## 返回进刀点功能 (G76)

该功能使机床从当前位置返回到 99 号~102 号系统参数设定的工件坐标位置。该功能的使用是在工件坐标系未被破坏的前提下，快捷返回工件坐标系的确定位置。

在机床加工主功能界面下，按  (回进刀点) 键，在 MDI 输入框显示 “G76XYZA” 指令，



按 （回车）键后，执行回进刀点操作，系统从当前工件坐标位置移动到 99 号～102 号系统参数指示的位置后停止。

### 坐标偏置功能

该功能用于同时对系统坐标和机床坐标修正一个增量值。

由于关机，机床漂移或者加工丢步等原因，造成加工出的工件尺寸与编程尺寸出现偏差，在这种情况下，用户可使用偏置功能进行修正。

## 第四章 WA310 铣床编程

### 4.1 坐标系

在数控机床上加工零件时，刀具与零件的相对运动，必须在确定的坐标系中才能按规定的程序进行加工。为了便于编程时描述机床的运动，简化程序的编制方法，保证记录数据的互换性，数控机床的坐标和运动方向均已标准化。机械工业部于 1982 年颁布了 JB3051-82 数字控制机床坐标和运动方向的命名标准，其命名原则和规定如下：

相对于静止的工件而运动的原则。

这一原则是为了使编程人员能够在不知道是刀具移动，还是工件移动的情况下，就能够依据零件图纸，确定机床的加工过程。

#### 标准坐标系的规定

标准坐标系是一个右手直角坐标系。如图 4.1-1 所示。

这个坐标系的各个坐标轴与机床主要导轨相平行。

#### 机床上坐标轴正方向的规定

机床某一轴的正方向，是增大刀具和工件距离的方向。具体说明如下：

#### Z 轴

标准坐标系中，与机床平行的主轴的轴为 Z 轴。

铣床上，主轴为带动刀具旋转的轴。从工件到刀架的方向定为 Z 轴正向。

#### X 轴

一般情况下，X 轴定为水平方向。

刀具旋转的机床

Z 轴为水平：朝 Z 轴负方向看时，X 轴正向应指向右方。

Z 轴为垂直，单立柱机床：从机床的前面向立柱看时，X 轴正向应指向右方。

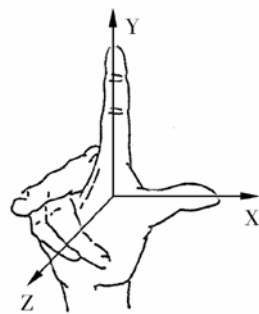


图 4.1-1 右手直角坐标



Z 轴为垂直，龙门式机床：从主要主轴向左手立柱看时，X 轴正向应指向右方。

## Y 轴

Y 轴正向应由右手坐标系确定。

## 机床参考点

机床参考点也称机械零点，它是指 X、Y、Z、A 四个方向沿正向移动到接近极限位置，感应到该方向参考点开关时所决定的位置。一台机床是否有回参考点功能，取决于机床制造商是否安装了参考点开关（也称机械原点开关）。

## 工件坐标系

用于工件加工的坐标系叫做工件坐标系，工件坐标系由用户预先设定。加工程序选择在已设定的工件坐标系下进行加工。工件坐标系可以通过修改其坐标原点在机床坐标系中的坐标位置进行设定或修改。

310M/Mi 系统支持用户创建 6 个工件坐标系（G54-G59），工件坐标系在机床坐标系中的位置及关系如图 4.1-2 所示。

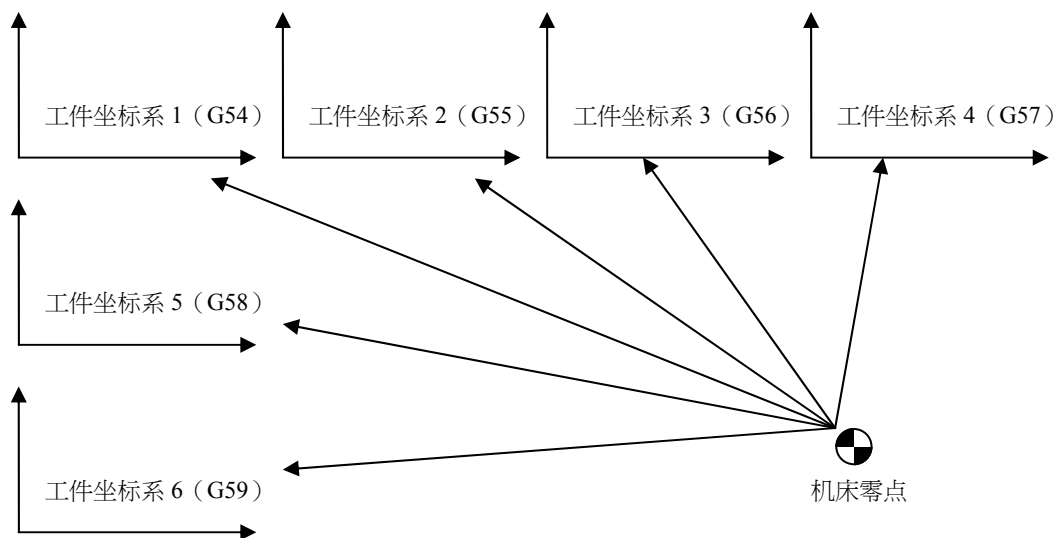


图 4.1-2 工件坐标系

## 4.2 G 代码命令

准备功能用字母 G 后跟两位数来编程，G 功能也称 G 指令，用来定义轨迹的几何形状和 CNC 的工作状态。任何一种数控装置，其功能均包括基本功能和选择功能两大部分。基本功

能是系统必备的功能，选择功能是供用户根据机床特点和用途选择的功能，编程时一定要先看懂机床说明书之后才能着手编程。

机床可根据数控系统的功能来配置控制功能，即机床不一定能实现数控系统的全部功能。

本数控系统的全部 G 功能如下：

|    |         |                |
|----|---------|----------------|
| 模态 | G00     | 快速定位           |
| 模态 | G01     | 直线插补           |
| 模态 | G02     | 顺时针圆弧插补或螺旋线插补  |
| 模态 | G03     | 逆时针圆弧插补或螺旋线插补  |
|    | G04     | 延时             |
|    | G09     | 伺服准停到位         |
|    | G11     | 程序块沿 Y 轴镜像     |
|    | G12     | 程序块沿 X 轴镜像     |
|    | G13     | 程序块以原点镜像加工     |
| 模态 | G17     | 选择 XOY 平面      |
| 模态 | G18     | 选择 XOZ 平面      |
| 模态 | G19     | 选择 YOZ 平面      |
|    | G20     | 子程序调用          |
|    | G22     | 子程序定义          |
|    | G24     | 子程序定义结束，返回调用程序 |
|    | G25     | 跳转加工           |
|    | G26     | 转移加工           |
|    | G27     | 无限循环           |
| 模态 | G30     | 放大/缩小倍率取消      |
| 模态 | G31     | 放大/缩小倍率定义      |
| 模态 | G40     | 取消刀具半径补偿       |
| 模态 | G41     | 左刀具半径补偿        |
| 模态 | G42     | 右刀具半径补偿        |
| 模态 | G43     | 建立刀具长度补偿       |
| 模态 | G44     | 撤消刀具长度补偿       |
| 模态 | G47     | 短直线速度自动过渡      |
| 模态 | G48     | 取消短直线速度自动过渡    |
| 模态 | G54~G59 | 工件坐标系选择        |
| 模态 | G73     | 高速深孔加工循环       |
| 模态 | G74     | 返回机床参考点（机械原点）  |
| 模态 | G75     | 返回对刀点          |
| 模态 | G76     | 从当前位置返回程序零点    |
| 模态 | G78     | 精镗循环           |
| 模态 | G81     | 中心孔钻孔循环        |
| 模态 | G82     | 带停顿的中心钻孔循环     |
| 模态 | G83     | 深孔加工循环         |
| 模态 | G84     | 公制刚性攻丝循环       |

|    |     |            |
|----|-----|------------|
| 模态 | G85 | 英制刚性攻丝循环   |
| 模态 | G86 | 镗孔循环（自动返回） |
| 模态 | G87 | 反镗循环       |
| 模态 | G88 | 镗孔循环（手动返回） |
| 模态 | G89 | 带停顿的镗孔循环   |
| 模态 | G90 | 绝对值方式编程    |
| 模态 | G91 | 增量值方式编程    |
|    | G92 | 设定工件坐标系    |
|    | P=  | 参变量赋值      |

### G00——快速定位

格式: G00 X\_ Y\_ Z\_

说明:

(1) 所有编程轴分别以 06 号~09 号系统参数所定义的速度移动, 当某轴走完编程值便停止, 而其他轴继续运动。

(2) 不运动的坐标无须编程。

(3) 目标点的坐标值可以用绝对值, 也可以用增量值, 小数点前最多允许 6 位数(包括符号位), 小数点后最多允许 3 位, 正数可省略“+”号(该规则适用于所有坐标编程)。

(4) G00 编程时, 也可以写作 G0

例 1: 如图 4.2-1 所示, 其程序为:

绝对值方式编程: G00 X170 Y150.

增量值方式编程: G91 G00 X160 Y140

在执行 G00 指令的过程中, 刀具的运动轨迹可能为一折线, 如图 4.2-1 中, 刀具先是 X 和 Y 同时快速移到 A 点, 然后 X 向再快速到 B 点。。所以, 在使用 G00 编程时, 要注意刀具是否与工件或夹具发生干涉, 以免引起碰撞。

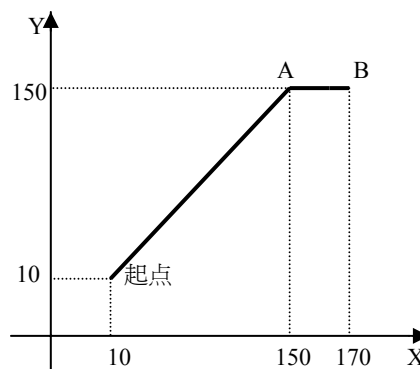


图 4.2-1 G00 指令应用

### G01——直线插补

格式: G01 X\_ Y\_ Z\_ F\_

G01 X\_ Y\_ F\_

G01 Y\_ Z\_ F\_

说明:

- (1) 每次加工开始，自动处于 G01 状态。
- (2) 不运动的坐标可以省略。
- (3) 目标点的坐标可以用绝对值或增量值书写。
- (4) G01 加工时，其进给速度按所给的 F 值运行，F：1~6000mm/min。
- (5) G01 也可以写成 G1。

例 1：图 4.2—2 所示轨迹程序如下

绝对值方式编程：

```
G01 X210 Y120 F150
```

增量值方式编程：

```
G91 G01 X194 Y104 F150
```

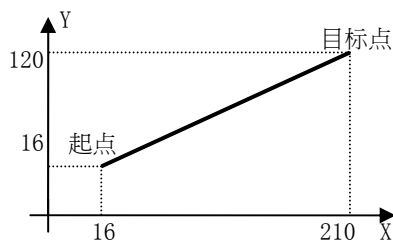


图 4.2—2 G01 指令应用

## G02——顺圆插补

格式：G02 X\_ Y\_ I\_ J\_ F\_

G02 X\_ Y\_ R\_ F\_

说明：

(1) X、Y 在 G90 时，圆弧终点坐标是相对编程零点的绝对坐标值。在 G91 时，圆弧终点是相对圆弧起点的增量值。无论 G90、G91，I 和 J 均是圆心相对圆弧起点的坐标值，I 是 X 方向值、J 是 Y 方向值。圆心坐标在圆弧插补时不得省略，除非用 R（圆弧半径）编程。

(2) G02 指令编程时，可以直接编过象限圆，整圆等（R 编程不能用于整圆）。

注：过象限时，会自动进行间隙补偿，如果参数区未输入间隙补偿或参数区的间隙补偿与机床实际反向间隙相差悬殊，都会在工件上产生明显的切痕。

(3) 整圆不能用 R 编程。

(4) R 为圆弧的半径。R 为带符号数，“+”表示圆弧角小于或等于 180°；“—”表示圆弧角大于 180°。

(5) G02 也可以写成 G2。

(6) XOY、ZOX、YOZ 平面内的圆弧无须定义插补平面（G17、G18、G19）。

## G03——逆圆插补

格式：G03 X\_ Y\_ I\_ J\_ F\_

G03 X\_ Y\_ R\_ F\_

说明：用 G03 指令编程时，除圆弧方向相反外，其余跟 G02 指令相同。

例 1：加工图 4.2—3（a）程序如下：（180°圆弧）

绝对值方式:

G90 G03 X40 Y20 I-25 J-25 F100 (圆心坐标编程)

G90 G03 X40 Y20 R35.36 F100 (半径 R 编程)

增量方式:

G91 G03 X-50 Y-50 I-25 J-25 F100 (圆心坐标编程)

G91 G03 X-50 Y-50 R35.36 F100 (半径 R 编程)

例 2: 加工图 4.2-3 (b) 程序如下: (>180° 圆弧)

绝对值方式:

G03 X70 Y81.70 I19 J30 F50 (圆心坐标编程)

G03 X70 Y81.70 R-35.51 F50 (半径 R 编程)

增量方式:

G91 G03 X35 Y61.70 I19 J30 F50 (圆心坐标编程)

G91 G03 X35 Y61.70 R-35.51 F50 (半径 R 编程)

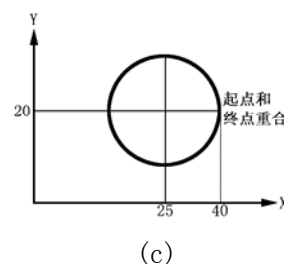
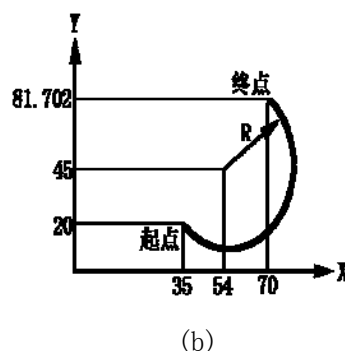
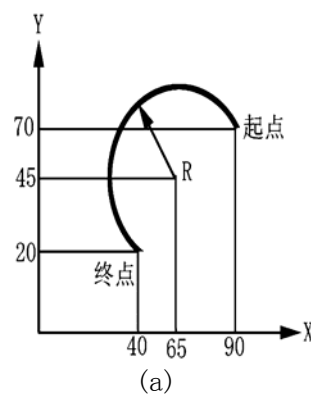
例 3: 加工图 4.2-3 (c) 程序如下: (整圆编程)

绝对值方式: (整圆不能用 R 编程)

G03 X40 Y20 I-15 J0 F50 (圆心坐标编程)

增量方式: (整圆不能用 R 编程)

G91 G03 X0 Y0 I-15 J0 F50 (圆心坐标编程)



#### G04——延时

格式: G04 K××.××

4.2-3 G03 指令应用

说明:

(1) 程序延时 K 后面的编程值 (秒) 后, 继续向下运行延时范围 0.01~65.5 秒。

(2) G04 的程序段里不能有其他指令。

#### G09——伺服准停到位

格式: G09

说明:

(1) G09 只对本段程序有效, 本段程序结束时 CNC 等待伺服的准确定位信号, 然后开始下一段程序, 可避免将尖角加工成圆角。

(2) G09 的等待时间由 72 号系统参数决定, 超时则出现错误 57。

#### G11——对称于 Y 轴镜像

格式:

说明:

- (1) G11 指令将本段所定义的两个程序段号之间的程序段沿 X 轴反向加工, 并按编程所给的循环次数循环执行若干次。
- (2) 镜象加工开始程序段号和结束程序段号, 中间用小数点隔开, 镜象加工开始程序段号必须位于结束段号之前。
- (3) 循环次数由第 2 个小数点之后的三位整数决定。省略则为循环一次。
- (4) 当镜象加工完毕后, 下一加工程序段应该是 G11 段的下一段。
- (5) G11 不能作为整个程序的最后一段编程。若 G11 程序段位于最后时, 应再加一句程序如 M02。
- (6) G11 的用法以下例说明: (图中的编号是刀具中心轨迹运动的顺序)
- (7) 注意: G11 所定义的镜象段号之内, 不得发生其他转移加工指令, 如子程序跳转等。

例 1:

```

N0010 G01 Z-2 M03 S1000 F100
N0020 G91 G01 X30 Y30
N0030 X20
N0040 G01 G90 X0 Y0
N0050 G11 N0020. 0040
N0060 M02

```

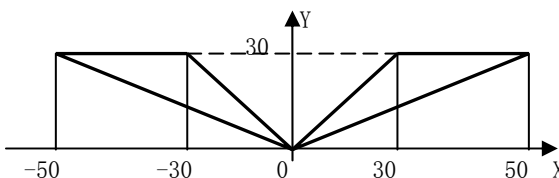


图 4.2-4 G11 指令应用

### G12——对称于 X 轴镜象

格式: G12 N××××. ××××. ×××

说明: G12 指令将定义的两个程序段之间的加工沿 Y 反方向进行, 其余描述与 G11 相同。

G12 的用法以下例说明:

从图中可看出刀具中心按程序运动的轨迹, 程序如下:

```

N0010 G01 Z-1 F1000 S1000 M03
N0020 G91 G42 T01 X20 Y20
N0030 X30 Y10
N0040 X30
N0050 G03 X15 Y15 I0 J15
N0060 G02 X15 Y15 I15 J0
N0070 G01 Y10
N0080 X-50
N0090 G02 X-30 Y0 I-15 J0
N0100 G01 G90 X20 Y20
N0110 G40 X0 Y0
N0120 G12 N0020 . 0110
N0130 M02

```

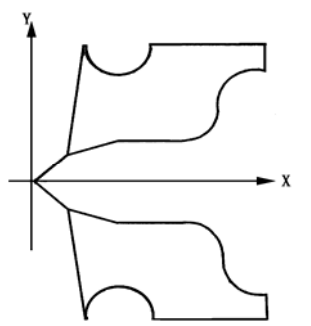


图 4.2-5 G12 指令应用

### G13——原点对称

格式: G13 N××××. ××××. ×××

说明: G13 指令是 G11、G12 指令同时作用的效果, 其余说明与 G11、G12 相同。

G13 指令的编程用法如下:

```

N0010 G01 Z-1 F100 S1000 M03

```

```

N0020 G91 G42 X20 Y20
N0030 X30 Y10
N0040 X30
N0050 G03 X15 Y15 I0 J15
N0060 G02 X15 Y15 I15 J0
N0070 G01 Y10
N0080 X-50
N0090 G02 X-30 Y0 I-15 J0
N0100 G01 G90 X20 Y20
N0110 G40 X0 Y0
N0120 G11 N0020.0110
N0130 G12 N0020.0110
N0140 G13 N0020.0110
N0150 G00 Z5
N0160 M02
    
```

### G17、G18、G19——插补平面选择

格式: G17 (或 G18, 或 G19)

说明: G17 选择 XOY 平面插补

G18 选择 XOZ 平面插补

G19 选择 YOZ 平面插补

G17、G18、G19 平面插补图如图 4-8 所示。

(1) 只在以下情况时使用平面定义:

- 1、定义刀具半径补偿平面。
- 2、定义螺旋线插补的螺旋平面时。
- (2) 当在 G41、G42、G43、G44 刀补时, 不得变换定义平面。
- (3) 一般的轨迹插补系统自动判别插补平面而无须定义平面。
- (4) 三联动直线插补无平面选择问题。
- (5) 系统上电时, 自动处于 G17 状态。

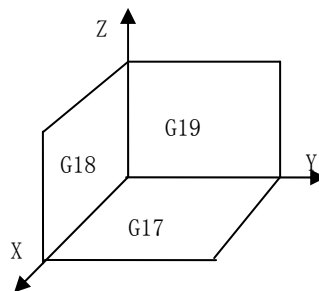


图 4.2-6 插补平面选择

### G20——子程序调用

格式: G20 N××.××× P0=×××× P2=×××× ..... P9=××××

说明:

(1) N 后第一个 2 位数为要调用的子程序的程序名, 允许 2 位数, 小数点后 3 位数表示本次调用的循环次数, 可以从 1~255 次。在 P1=××××、P2=××××、.....、P9=××××中, P1~P9 为变量号, “=” 后的数字表示由该变量传递到子程序中的实际数值, 最多十个参数。

- (2) 若 G20 段中无 P 变量, 则子程序中不能出现变量 P。
- (3) 子程序中的参变量在 G20 调用时, 必须赋予明确的数值。
- (4) 本段程序不得出现以上描述以外的内容。
- (5) 不同的子程序可重复嵌套调用 10 次, 但不得调用本身。

如下程序可以说明用 P 变量编写的子程序的含义:

主程序: P10

```
N0020 G20 N05. 2 P7=200 P3=-47.65 P9=01 P0=0
```

子程序：N05

```
N1000 G22 N05
N1005 GP9 G90 XP0 YP0 F100
N1010 XP3 FP7
N1050 G24
```

以上程序相当于如下程序：

```
N1000 G22 N05
N1005 G01 G90 X0 Y0 F100
N1010 X-47.65 F200
N1015 G24
```

以上例子可以说明参数的传递关系。不遵守以上规则，系统将出错。用 P 变量编写的子程序实例如下：

主程序：

```
N0010 S1000
N0020 G20 N50 P1=-3
N0030 G20 N50 P1=-6
N0040 M02
```

子程序：N50

```
N0010 G22 N50
N0020 G00 Z2
N0030 G41 G01 X0 Y0 F100
N0040 G01 ZP1
N0050 Y20
N0060 G02 X60 Y20 I30 J0
N0070 G01 Y0
N0080 X45
N0090 G03 X15 Y0 I-15 J0
N0100 G01 X-5 Y0
N0110 G00 Z2
N0120 G40 G01 X0 Y0
N0130 G24
```

## G22——子程序定义

格式：G22 N××

说明：

- (1) 子程序名以 N 开头，N 后的二位数子程序名。
- (2) 编 G22 N××程序段时，不得有其他指令出现。
- (3) G22 与 G24 成对出现，形成一个完整的子程序体。
- (4) 子程序内部的参数数据有二种格式：
  - a) 常数格式，数据中为编程给定常数，即 0~9。
  - b) 参变量格式，程序中的功能号、参数等数字部分均可用变量表示，而变量的具体值由调用子程序的程序段传入。本系统可处理 10 个变量参数：  
P0 P1 ..... P9。
- (5) 子程序内部不能有转移加工、镜像加工。



**G24——子程序结束返回**

格式: G24

说明:

- (1) G24 表示子程序结束, 返回到调用该子程序程序的下一段。
- (2) G24 与 G22 成对出现。
- (3) G24 本段不允许有其他指令出现。

注意: 调用子程序时如果 P 参数没有定义, 则在子程序中 P 参数的值是不定的。

**G25——跳转加工**

格式: G25 N××××.××××.×××

说明:

- (1) 本格式所定义的循环体为 N 后面的两个程序段号之间定义的程序块(包括这两段), 最后一个数字定义该程序块的调用次数, 1~ 255 次, 不编认为是 1。
- (2) G25 指令执行完毕后的下一段加工程序, 为跳转加工程序块的下一段程序。
- (3) G25 程序段中不得出现其他指令。

例 1:

```
N0010 G92 X50 Y100 Z120
N0020 G25 N0040.0060.02
N0030 G00 X10 Y20
N0040 G01 X40 Y80 F300
N0050 Y60
N0060 G00 X50 Y100
N0070 G04 K3
N0080 M02
```

以上程序的加工顺序是这样的:

N0010—N0020—N0040—N0050—N0060—N0040—N0050—N0060—N0070—N0080

**G26——转移加工**

格式: G26 N××××.××××.×××

说明: 转移加工指令执行完毕, 下一个加工段为 G26 N××××.××××.×××段的下一段, 这是与 G25 的区别之处, 其余与 G25 相同。

例 1:

```
N0005 S800 M03
N0010 G26 N0050.0080.02
N0020 G4 K2
N0030 G01 X2 F20
N0040 G00 X0 Y0
N0050 G92 G90 X0 Y0
N0060 G01 Y-20 X20 F300
N0070 M00
N0080 Y-40
N0090 Y-60 X0
N0100 M02
```

以上程序的加工顺序是这样的:

N0005—N0010—N0050—N0060—N0070—N0080—N0050—N0060—N0070—N0080—N0020—N0030—N0040—N0050—N0060—N0070—N0080—N0090—N0100

**G27——无限循环**

格式: G27 N××××. ××××

说明:

(1) N 之后第一个段号与第二个段号之间的程序段为无限循环的区间, 一旦进入到 G27 状态, 系统将无限地重复执行这一块程序段所定义的运行轨迹。

(2) 为保证每次循环开始时, 坐标不发生偏移, 要求该程序块为封闭轨迹, 否则将造成每次开始时起点漂移, 最终越出工作台。

**G30——放大/缩小倍率取消**

格式: G30

说明: 执行 G31 放大/缩小时, G30 取消 G31 的作用。

**G31——放大或缩小倍率设置**

格式: G31 K××. ××

说明:

(1) 倍率范围为 0.1~9.9 即 K0.1~K9.9。

(2) 倍率的效果是将加工轨迹的各个部分尺寸均匀地放大或缩小 K 倍。

(3) 倍率对刀具尺寸不产生效果。

**G40——取消刀具半径补偿**

格式: G40

说明:

(1) G40 必须与 G41 或 G42 成对使用。

(2) 编入 G40 的程序段为撤消刀具半径补偿的程序段, 必须编入撤刀补的轨迹, 用直线插补 G01 指令和数值。

**G41——左边刀具半径补偿**

格式: G41 G01 X\_ Y\_

说明:

(1) G41 的切削方向如图 4.2-7。使刀具在工件轮廓的左边补偿进行切削运动

(2) G41 发生前, 刀具参数必须在主功能 PARAM 中刀具参数内设置完成。

(3) G41 段程序, 必须有 G01 功能及对应的坐标参数才有效, 以建立刀补。

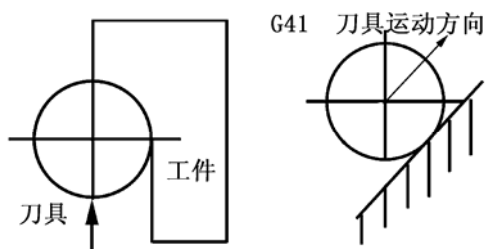


图 4.2-7

**G42——右边刀具半径补偿**

格式: G42 G01 X\_ Y\_

说明: G42 刀具半径补偿如图 4.2-8, 其它说明与 G41 相同。

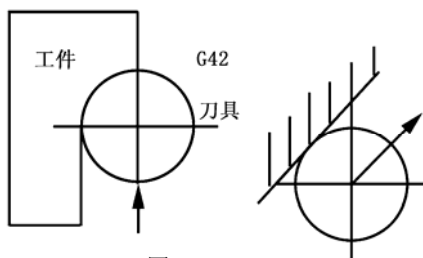


图 4.2—8

(3) 撤销刀补的原则，最后一段刀补轨迹加工完成后，应有一段直线 G01 撤销刀补状态，它是从刀补终点运动到撤销刀补点的实际位置。这与建立刀补方式类似。

注意：刀补建立程序段和刀补撤销程序段所使用的 G01 直线段必须同 G40、G41 或 G42 编在同一个程序段里，其后写上坐标参数。

以一个综合性为例：

前面的综合示例编程为：

程序名：P00

```

N0010 G0 X0 Y0
N0020 T1 (刀具直径  $\phi 12$ )
N0030 G42 G01 X45 Y30 F500
N0040 G01 X50 Y30
N0050 G01 X65 Y45
N0060 G01 X95 X45
N0070 G03 X110 Y30 R15
N0080 G01 X135 Y30
N0090 G01 X135 Y65
N0100 G02 X135 Y95 R15
N0110 G01 X135 Y130
N0120 G01 X110 Y130
N0130 G03 X95 Y115 R15
N0140 G01 X65 Y115
N0150 G01 X50 Y130
N0160 G01 X45 Y130
N0170 G01 X45 Y115
N0180 G01 X35 Y115
N0190 G03 X12 Y80 R26
N0200 G03 X35 Y45 R26
N0210 G01 X45 Y45
N0220 G01 X45 Y30
N0230 G40 G01 X0 Y0
N0240 M02

```

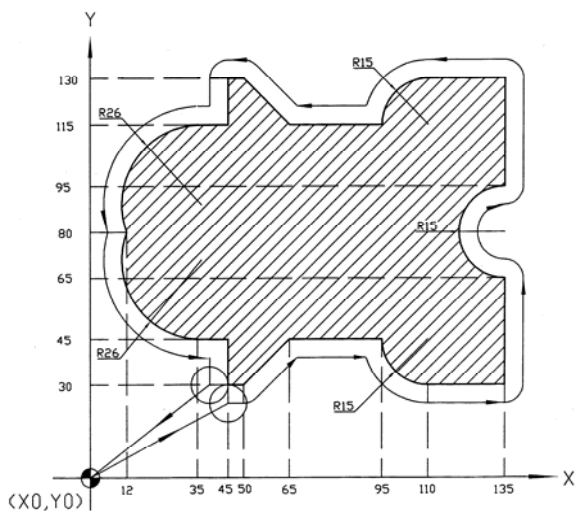


图 4.2—9

说明：刀具半径补偿主要用于补偿刀具半径对实际轮廓的影响，从而只需按实际轮廓编程，而无须按刀具中心编程，它带来的另一个好处就是可以简单地改变刀具表中的半径值，可以改变切削余量，避免了由于余量变化而重复计算编程的工作。

**G43——建立刀具长度补偿**

格式: G43

说明:

刀具长度补偿, 顾名思义是用来补偿刀具长度差值的。当实际刀具长度与编程刀具长度不一致时, 可以通过刀具长度补偿功能实现对刀具长度差值的补偿。

刀具长度补偿通常只要把实际刀具长度与编程刀具长度之差作为偏置值, 存入刀具偏置参数表即可。

G43 和 G44 必须在程序里成对出现。

**G44——撤销刀具长度补偿**

格式: G44

说明: G44 的功能是将刀具长度补偿撤销, 使刀具偏置存储器里的 Z 轴长度偏置值不起作用。

**G48——取消 G47**

格式: G48

说明:

- (1) 当刀具半径补偿及长度补偿有效时, G47 无效。
- (2) DNC 加工时, G47 自动有效。

**G54~G59——工件坐标系选择**

格式: G54 (以 G54 为例)

说明:

(1) G54~G59 是预先设置的 6 个坐标系, 在编程时或 MDI 中可以选择其中的任意一个。坐标系一旦选定, 屏幕就以所选定的新的坐标系来显示工件坐标, 程序的执行也是基于这个坐标系, 直到用加工代码或 MDI 方式改变坐标系为止。

(2) 对于车床控制, 使用 G54~G59 时不推荐使用 G92, 否则会使 G54~G59 坐标系同时产生偏移, 可能会导致不可预料的错误。

**G73——高速深孔加工循环**

用于 Z 轴的间歇进给, 使深孔加工时容易排屑, 减少退刀量, 可以进行高效率的加工。

格式: G73 X\_ Y\_ Z\_ I\_ J\_ K\_ R\_ F\_

说明: Z: 孔顶坐标

I: 孔底坐标

J: 每次进给深度 (绝对值表示)

K: 每次退刀量 (绝对值表示)

R: 延时时间

F: 进给速度

例: G92 X60 Z120

M03

G90 G73 X100 Z80 I20 J20 K10 R1 F600

或 G91 G73 X40 Z-40 I-60 J20 K10 R1 F600

M05

M02

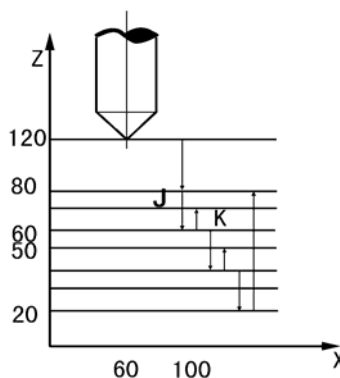


图 4.2-10

G73 指令动作循环如图 4.2-10 所示。

**G74——返回参考点（机床零点）**

格式: G74 X\_ Y\_ Z\_

说明:

- (1) 本段中不得出现其他内容。
- (2) G74 后面出现的座标将以 Z、X、Y 顺序依次回零。
- (3) 使用 G74 前必须确认机床装配了参考点开关。

**G75——从参考点返回对刀点.**

格式: G75 X\_ Y\_ Z\_

说明:

- (1) 本段中不得出现其他内容。
- (2) G75 后面出现的座标将以 Z、X、Y 顺序依次回对刀点。
- (3) 参数表中 95 号、96 号、97 号系统参数分别记忆了机床上某个位置相对于机床原点的 X、Y、Z 坐标值, 在机床原点坐标系建立后 (已返回过机床原点), 可用 G75 功能从机床原点返回到该固定位置。即回到小坐标为系统参数的位置。

**G76——从当前位置返回程序零点**

格式: G76 X\_ Y\_ Z\_

说明:

- (1) 本段中不得出现其他内容。
- (2) 相对于机床原点的坐标以大坐标显示, 某一位置 X、Y、Z 的坐标分别记忆于 99 号、100 号、101 号系统参数, 该功能可从机床任意位置回到该处, 速度与 G00 相同。
- (3) 加工开始点 (99 号、100 号、101 号系统参数) 是参考加工原点 (如卡盘中心) 所设定的点, G76 执行的结果是使刀尖移动到与参数 99 号、100 号、101 号系统参数相同的大坐标位置。

**G78——精镗循环**

G78 精镗时, 主轴在孔底定向停止后, 向刀尖反方向移动, 然后快速退刀, 以保护已加工的平面不被划伤。

格式: G78X Y\_ Z\_ R\_ I\_ J\_ K\_ F\_

说明: Z: 孔顶坐标

R: 孔底坐标

I: X 轴刀尖反向位移量

J: Y 轴刀尖反向位移量

K: 延时时间

F: 进给速度

例: G92 X60 Z50

M03

G90 G78 X100 Z30 R15 I10 K1.8 F300

或 G91 G78 X40 Z-20 R-15 I10 K1.8 F300

G78 指令动作循环如图 4.2-13 所示。

**G81——中心孔钻孔循环**

格式: G81 X\_ Y\_ Z\_ I\_ F\_

说明: Z: 孔顶坐标

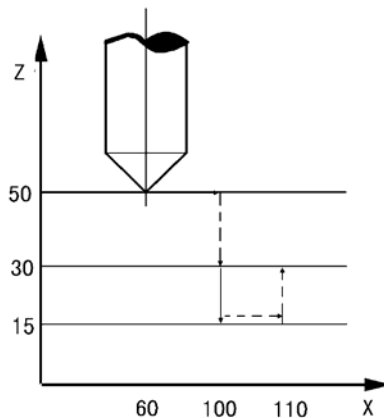


图 4.2-11

I: 孔底坐标

F: 进给速度

例: G92 Y50 Z45  
M03

G90 G81 Y80 Z20 I-5 F300

或 G91 G81 Y30 Z-25 I-25 F300

### G82——带停顿的中心孔钻孔循环

格式: G82 X\_ Y\_ Z\_ I\_ R\_ F\_

说明: Z: 孔顶坐标

I: 孔底坐标

R: 延时时间

F: 进给速度

G82 主要用于加工盲孔, 以提高孔深精度。

例:

G92 Y50 Z80  
M03

G90 G82 Y80 Z60 I-10 R1.6 F500

或 G91 G82 Y30 Z-20 I-70 R1.6 F500

G92 指令动作循环同 G81。

### G83——深孔加工循环

用于 Z 轴的间歇进给, 使深孔加工时容易排屑, 减少退刀量, 可以进行高效率的加工。

格式: G83 X\_ Y\_ Z\_ I\_ J\_ K\_ R\_ F\_

说明: Z: 孔顶坐标

I: 孔底坐标

J: 每次进给深度 (绝对值表示)

K: 每次退刀后, 再次进给时, 由快进转换为工进时距前一次加工面的距离 (无符号数)

R: 延时时间

F: 进给速度

例: G92 X60 Z130  
M03

G90 G83 X100 Z90 I30 J20 K10 R1 F600

或 G91 G83 X40 Z-40 I-60 J20 K10 R1 F600

G83 指令动作循环如图 4.2-14 所示。

### G85——英制刚性攻丝循环

说明: 格式与说明与 G84 相同, 只是 K 值以牙/英寸计。

### G86——镗孔循环 (自动返回)

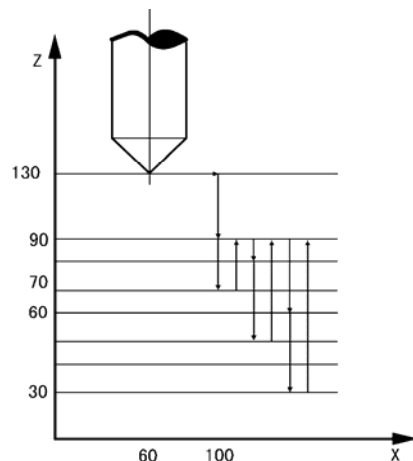


图 4.2-12

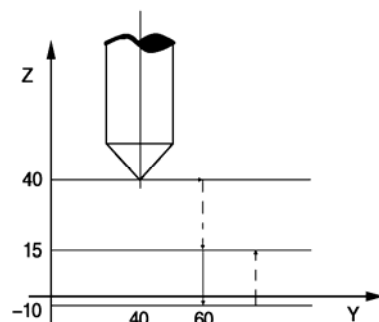


图 4.2-13

格式: G86 X\_ Y\_ Z\_ I\_ F\_

说明: Z: 孔顶坐标

I: 孔底坐标

F: 进给速度

与 G81 相比, G86 指令到孔底时主轴停止

例: G92 Y40 Z40

M03

G90 G86 Y60 Z15 I-10 F500

或 G91 G86 Y20 Z-25 I-25 F500

G86 指令动作循环如图 4.2-15 所示。

### G87——反镗循环

格式: G87 X\_ Y\_ Z\_ R\_ I\_ J\_ F\_

说明: Z: 孔顶坐标

R: 孔底坐标

I: X 轴刀尖反向位移量

J: Y 轴刀尖反向位移量

F: 进给速度

基本以 G78 相同, 只是从孔底开始起刀加工

例: G92 X60 Z55

M03

G90 G87 X100 Z40 R20 I80 K1.8 F300

或 G91 G87 X40 Z-15 R-20 I80 K1.8 F300

G87 指令动作循环如图 4.2-16 所示。

### G88——镗孔循环（手动返回）

加工到孔底后系统停止, 须手动将刀具从孔中退出

格式: G88 X\_ Y\_ Z\_ R\_ I\_ J\_ K\_ F\_

说明: Z: 孔顶坐标

R: 孔底坐标

I: X 轴刀尖反向位移量

J: Y 轴刀尖反向位移量

K: 延时时间

F: 进给速度

例: G92 Y50 Z90

M03

G90 G88 Y80 Z60 R30 J15 K1 F500

或 G91 G88 Y30 Z-30 R-30 J15 K1 F500

G88 指令动作循环如图 4.2-17 所示。

### G89——带停顿的镗孔循环

格式: G89 X\_ Y\_ Z\_ I\_ R\_ F\_

说明: Z: 孔顶坐标 I: 孔底坐标 R: 延时时间 F: 进给速度

与 G86 相比, G89 指令在孔底有停顿延时。

### G90——绝对值方式编程

格式: G90

说明:

(1) G90 编入程序时, 以后所有编入的坐标值全部是以编程零点为基准的。

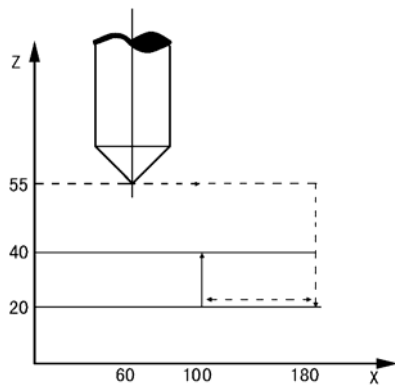


图 4.2-14

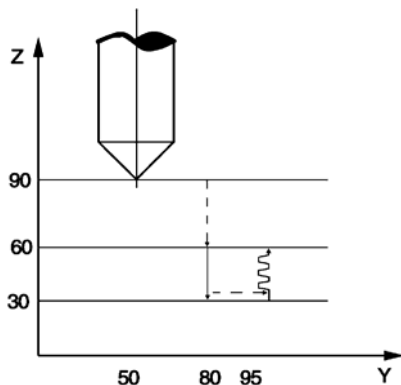


图 4.2-15

(2) 系统上电后, 机床处在 G90 状态。

```
例: N0010 G90 G01 X10 Y20 F200
N0020 X30 Y30
N0030 X60 Y40
N0040 Y50
N0050 M02
```

#### G91——增量方式编程

格式: G91

说明: G91 编入程序时, 之后所有坐标值均以前一个坐标位置作为起始点来计算运动的编程值。

在下列坐标系中, 始终以前一点作为起始点来编程。

```
例: N0010 G91 G01 X10 Y20 F200
N0020 X20 Y20
N0030 X10 Y20
N0040 X10 Y-10
N0050 X30 Y-20
N0060 M02
```

#### G92——设定工件坐标系

格式: G92 X\_ Y\_ Z\_ A\_

说明:

- (1) G92 只改变系统当前显示的大座标值, 不移动座标轴, 达到设定座标原点的目的。
- (2) G92 的效果是将显示的刀尖大座标改成设定值。
- (3) G92 后面的 X、Y、Z、A 可分别编入, 也可全编。

## 4.3 辅助功能 (M 功能)

M 功能也称辅助功能, 用于 CNC 输入输出口的状态控制。辅助功能由字母 M 及后面两位数组成, 本数控系统的辅助功能有如下几个:

|     |              |
|-----|--------------|
| M00 | 程序暂停         |
| M01 | L××(K××) 条件停 |
| M02 | 程序结束并停机      |
| M03 | 主轴正转         |
| M04 | 主轴反转         |
| M05 | 主轴停          |
| M08 | 冷却开          |



|         |             |
|---------|-------------|
| M09     | 冷却关         |
| M10     | 工件夹紧        |
| M11     | 工件松开        |
| M20     | K××号继电器     |
| M21     | K××关××号继电器  |
| M30     | 程序结束并返回程序开头 |
| M71~M85 | 继电器脉冲输出     |

M 功能是用来使机床外部开关接通或断开的功能，如主轴启动、停止，冷却电机接通或断开。

M 功能常因生产厂家及机床结构和型号不同而与标准规定的 M 功能有差异，所以记住本系统所定义的 M 功能即可。

下面就 M 功能作详细说明：

### M00——程序暂停

格式：M00

说明：程序里出现 M00，本段程序运行结束，等待启动信号。按下加工启动键，程序继续运行。

### M01——条件暂停

格式：M01 K×× 或 M01 L××

说明：L、K 后二位数对应于某 I/O 口的编号，程序执行到此处便停下等待，直到外部向该 I/O 口输入一低有效（或高有效）的信号，程序向下执行。要求外部电平有效时间>100 毫秒。K 为高电平有效，L 为低电平有效。I/O 口的编号见技术手册。

### M02——程序结束

格式：M02

说明：

(1) M02 结束加工程序。

(2) 若位参数 00#的 SLOF 位=0, M02 关主轴 (M05) 和冷却 (M09), 本次循环结束;

(3) 若位参数 00#的 SLOF 位=1, M02 不关主轴和冷却, 仅结束本次循环。

### M03——主轴正转

格式: M03

说明:

程序里写有 M03 指令, 首先使主轴正转继电器吸合, 接着 S 功能输出模拟量, 控制主轴顺时针方向旋转。它控制 1#继电器。

M03 动作顺序:

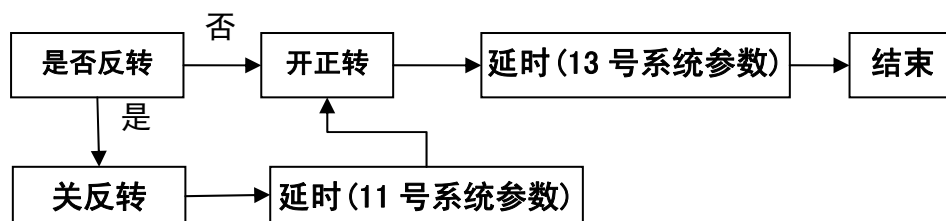


图 4.3-1

若 1 号位参数的第二位等于 0, M03 为电平输出 (保持输出)。

若 1 号位参数的第二位等于 1, M03 为脉冲输出。脉冲延时由 15 号系统参数决定。

系统参数 11: 决定主轴由正转直接切换反转, 或由反转切换到正转之间的延时。

系统参数 13: 主轴启动延时。主轴启动后应延时一段时间, 使转速稳定后再进行下一步加工。

### M04——主轴反转

格式: M04

说明:

(1) 控制 2#继电器, 启动主轴反转。M04 动作顺序:

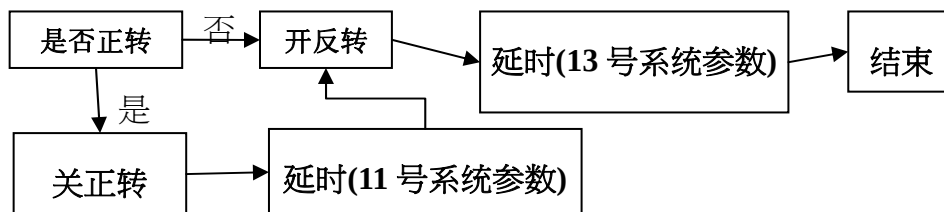


图 4.3-2

(2) 若 1 号位参数的第二位等于 0, M04 为电平输出 (保持输出)。

(3) 若 1 号位参数的第二位等于 1, M04 为脉冲输出。脉冲延时由 15 号系统参数决定。

### M05——主轴停止旋转

格式: M05

说明:

(1) M05 指令输出脉冲信号, 关主轴正或反转控制继电器, 停止输出模拟量, 主轴旋转停止。输出脉冲信号宽度由 14#参数决定。控制 3#继电器。

(2) 如果 12 号系统参数 $\neq 0$ , CNC 还输出短信号到 8#继电器, 提供主轴制动功能。

(3) 如果 1 号位第三位 M5CL=1, M05 关 10#、12#、14#继电器, 如果 1 号位第三位 M5CL=0, M05 不关 10#、12#、14#继电器。

(4) M05 指令执行过程:

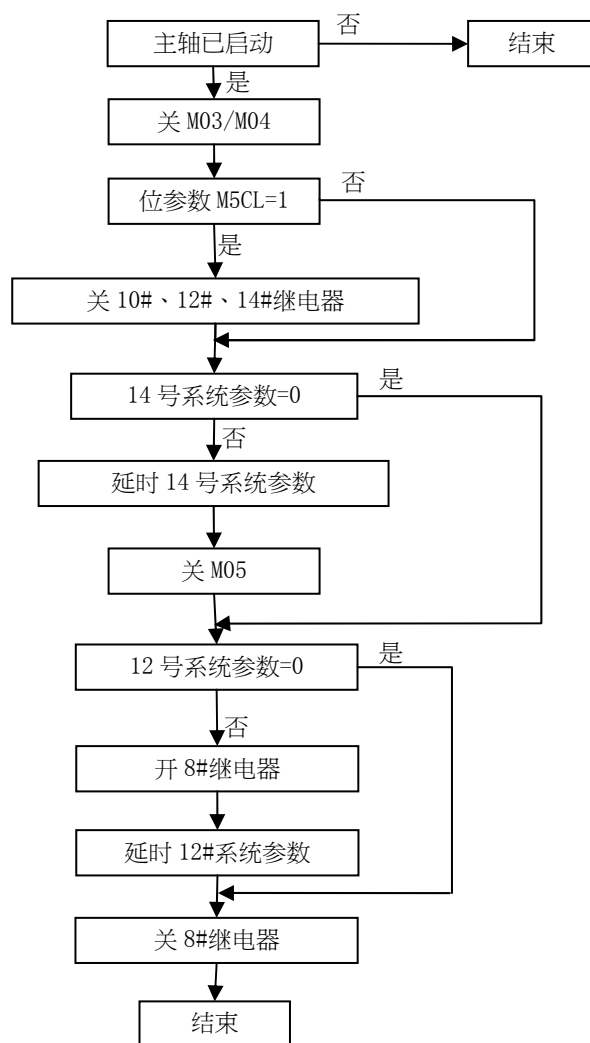


图 4.3—3

系统参数 12: CNC 输出 8#继电器的吸合时间, 用于主轴刹车。

1 号位第三位 M5CL: M05 输出时间。

系统参数 11、12、13、14 为 0 时, 触点均不动作。

### M08——开冷却液

格式: M08

说明: M08 功能在本段程序开始时执行, 接通冷却液控制继电器。

### M09——关冷却液

格式: M09

说明：M09 功能在本段程序运行完毕后，关掉冷却液控制继电器。

#### **M10——工件夹紧**

格式：M10

说明：M10 功能使控制夹紧动作的继电器合上。

#### **M11——工件松开**

格式：M11

说明：

- (1) 撤消控制夹紧动作的继电器。
- (2) 输出 M 功能控制
- (3) M12 主轴进入高速档。

### **四速电机控制**

M13 (M41) 四速电机 I 档。

M14 (M42) 四速电机 II 档。

M15 (M43) 四速电机 III 档。

M16 (M44) 四速电机 IV 档。

#### **M20——开指定的继电器**

格式：M20 K××

说明：K 后二位数对应某继电器控制口，执行到该句后，系统使相应的继电器功率输出有效，并延时 1 秒后继续向下执行。

#### **M21——关指定的继电器**

格式：M21 K××

说明：K 后二位数对应某继电器控制口，执行到该句后，系统使相应的继电器功率输出口无效，并延时 1 秒后继续向下执行。

## M30——返回程序头

格式：M30

说明：当程序运行到 M30 时，系统将程序指针指向程序开头并等待操作者的输入，如按循环启动键，则重新执行程序，如按取消循环键，则取消循环加工。

M (41—44)

M41——四速电机 I 档输出（与 M13 相同）

M42——四速电机 II 档输出（与 M14 相同）

M43——四速电机 III 档输出（与 M15 相同）

M44——四速电机 IV 档输出（与 M16 相同）

## M71~M85——M 功能脉冲输出

格式：M71（以 M71 为例）

说明：考虑到各种机床对 M 功能要求不同，系统设置了该功能，用于控制外接中间继电器输出短时间的通断信号，其动作顺序如下：

- （1）接到 M71 口的中间继电器吸合。
- （2）延时，延时时间由 15 号系统参数决定，15 系统系统=0 时延时 0.4 秒。
- （3）断开继电器。

F、S、T 功能

F、S、T 功能是进给功能、主轴功能、刀具功能的简称。

## F——进给功能

进给功能一般称 F 功能，用 F 功能可以直接规定各轴在 G01、G02、G03 功能下的进给速度，F 功能用字母 F 及 F 后的数字表示，其切削进给速度为毫米/分。本系统的进给速度，从 1-15000mm/min 之间，用户可根据实际切削情况，任意选用，F 一旦设定，只能被后面语句的 F 值修改。

## S——主轴转速控制

S0-S5（系统保存 S0-S5，为多速电机的换挡信号控制），主轴控制分主轴变频调速电机和主轴用变速电机（双速电机、三速电机）两种。

### 主轴带变频电机

主轴转速由 S××××、M03、M04、M05、03 号系统参数、04 号系统参数、11 号~14 号系统参数实现主轴控制，确定主轴控制的模拟量输出（出厂设定 0~10V）。一般机床主轴有一级手工换挡，以实现不同的转速范围，使得低速时仍有较大的输出扭矩。系统可输出高速、低速两档模拟电压值，高低档的速度上限分别由系统参数中的 3 号、4 号系统参数决定。

例如：

03 号系统参数=5000，04 号系统参数=1500，

当处于高速档时（必须将“H/L 输入”同“24V 地”断开）：

$$V_S = (V_{ref} \times S) / 03 \text{号系统参数} \quad (\text{式 2-3})$$

当处于低速档时（必须将“H/L 输入”同“24V 地”接通）：

$$V_S = (V_{ref} \times S) / 04 \text{号系统参数} \quad (\text{式 2-4})$$

式中：Vref：最大模拟电压 10V；

Vs：CNC 实际输出的模拟电压；

03 号系统参数：高速档转速上限；

04 号系统参数：低速档转速上限；

### 数字量控制主轴运转

指令为 S1，S2，S3（适用于多速电机），配合 M03，M04，M05 使用。M03、M04、M05 确定主轴正转、反转或停。

一般机床主轴有一级手工换挡，以实现不同的转速范围，使得低速时仍有较大的输出扭矩，可用外部的输入信号来控制，例如：

低速档：0—1500rpm：1500rpm 时输出 10V D/A 电压其余转速线性变化

高速档：0—5000rpm：5000rpm 时输出 10V D/A 电压其余转速线性变化

可根据用户要求调整最大转速设定。

高低速档位要求外部输入一个开关量信号告知 CNC（见技术手册）。

系统可通过 8#位参数的 S—MOT 位控制主轴四速电机，当 S—MOT=1 时，由 M41~M44 控制各档位的模拟量线性输出

## T——刀具功能

刀具功能也称 T 功能，用来进行刀具选择，刀具功能用字母 T 及后面的数字表示。本系统共有 40 把刀具参数地址，即从 T01~T40。在 PARAM 状态下，按 F1 键，屏幕上显示 40 把刀具参数，操作者可在这一屏里，键入实际刀具参数。Z 是当前刀具长度与标准刀具长度之差，R 是刀具半径。

当程序里编有刀具半径补偿、刀具长度补偿时，控制系统就从刀具参数里调用相应的刀具参数进行补偿。

T 功能格式如下：Tn                      n：刀补号（01~40）



## 第五章 WA310 车床编程

### 5.1 坐标系

在数控机床上加工零件时，刀具与零件的相对运动，必须在确定的坐标系中才能按规定的程序进行加工。为了便于编程时描述机床的运动，简化程序的编制方法，保证记录数据的互换性，数控机床的坐标和运动方向均已标准化。机械工业部于年颁布了数字控制机床坐标和运动方向的命名标准，其命名原则和规定如下：

相对于静止的工件而运动的原则。

这一原则是为了使编程人员能够在不知道是刀具移动，还是工件移动的情况下，就能够依据零件图纸，确定机床的加工过程。

#### 标准坐标系的规定

标准坐标系是一个直角坐标系。

这个坐标系的各个坐标轴与机床主要导轨相平行。

#### 机床运动部件方向的规定

机床的某一运动部件的运动正方向，是增大刀具和工件距离的方向。

#### Z 坐标运动

Z 坐标的运动，是由传递切削动力的主轴所规定。在标准坐标系中，始终与主轴平行的坐标轴被规定为 Z 坐标轴。

#### X 坐标运动

X 坐标轴是水平的，它平行于工件的装夹表面。坐标轴是在刀具或工件定位平面内运动的主要坐标轴。

在车床上，规定大拖板沿床身（纵向）向尾架侧移动为坐标轴正向，刀架朝摇把方向移动为 X 坐标轴正向（后置刀架正好相反）。

## 机床坐标系

机床制造商在机床各个运动轴上的固定位置上安装较高精度的开关，作为机床上确定位置，该开关的位置自身或与伺服电机的编码器信号共同确定该运动轴的机械零点（也称机床零点，机床参考点）。

机床制造商在机床各坐标运动轴（即步进伺服电机进行速度、位置控制的运动方向上）的极限位置安装的机械式或电磁式接近开关用于以下两个目的。

1. 对于精度要求不高的场合，可采用安装重复精度较好的接近开关（比如霍尔式感应开关），通过对该信号的感应决定机械原点的位置。

2. 对于精度要求较高的机床采用机械式或电磁式开关作为粗定位开关，以伺服电机编码器的脉冲作为精定位信号共同决定机床原点的位置。当检测到粗定位开关发出信号时，该轴降速，然后反向或不反向运动（由号参数位 5, 6, 7, 8 位决定）直到编码器的信号向系统发出中断信号为止决定机械原点的位置。该方法较复杂但精度较高，对初定位开关无较高精度要求，一般可与限位开关合用一只机械式三联开关。

以机床零点作为坐标零点的坐标系称为机床坐标系。机床坐标系值指示的是刀尖当前位置相对于机床零点的距离。

## 工件坐标系

所有坐标值，其含义是刀尖相对于坐标原点的位置。坐标原点不同，即使刀尖在机床上处于同一绝对位置，其坐标值也不同。

编程人员在编写加工程序时，一般相对于工件的某一个固定安装位置作为编程原点，而编程的目的就是编制工件的切削轮廓相对该原点位置偏移量的程序。按程序加工工件时，刀尖的坐标运动轨迹必须相对于编程的坐标系运动。该坐标体系称为工件坐标系。对于车床，一般以工件的回转轴线及卡盘端面作为轴、轴的原点，也可以工件端面作为轴的原点  $X' O' Z'$

早期的经济型数控系统，一般不设计机床零点开关，而工件坐标系通过对刀过程产生，关电后数控系统的内部存储器保护电路保存，这种方法简单成本低，但容易造成造成撞刀或数据丢失而造成工件坐标不准。

对于现代数控系统，必须装配机床原点开关，每次上电后必须返回机床原点并建立工件坐标系，虽然复杂，但具有性能可靠的优点并且可方便的实现多种工件坐标系的变换。

310 系统可支持上述两种模式，由号位参数第位决定。

**强烈推荐：**机床必须加装机床原点开关信号

#### 1. 工件坐标系的建立与上电恢复工件坐标系（针对安装了机床原点的情况）

对于以前已建立好的机床坐标系及工件坐标系的情况，上电后必须恢复工件坐标系。

（1）上电后数控系统自动处于工件坐标系状态，此时系统只能工作于手动和返回参考点状态

（2）在（机床操作）状态下按（机床零点）进入机床零点模式

（3）按各手动方向键返回各轴的机床零点，同时系统根据此时的轴及刀具号恢复此时该轴在状态下的工件坐标值

（4）系统有号位参数的，，，位决定哪几个轴必须返回机床零点。各轴返回机床零点完毕，系统可以正常工作。

对于新装工件或新装机床，首先必须建立工件坐标系

（1）系统上电后处于状态

（2）用上述方法返回各轴机床原点（对于车床，、轴必须返回机床原点），此时系统仍然会产生一工件坐标系，但此时的工件坐标系是无效的，需要通过试切对刀来建立。

（3）采用试切对刀的方法建立各把刀的刀补值。工件坐标系坐标自动建立并存储在系统中，以后每次上电返回机床零点的同时，当前刀具对应的工件坐标值（屏幕显示的大字符显示的坐标）自动恢复。

#### 2. 工件坐标系的建立与上电恢复工件坐标系（针对未安装机床原点的情况）

未安装机床原点的工件坐标系的建立仍然采用试切对刀的方法建立，详细操作见节对刀方法描述。

#### 3. 试切对刀的注意点

对于车床系统，试切对刀于建立刀尖的工件坐标至关重要，初此之外，这种方法还必须注意以下几个问题：

- (1) 单独对刀，某把刀具因为磨损、损坏而须更换时只须对该把刀单独试切对刀即可。
- (2) 单独对刀时，不须考虑当前工件坐标系是的哪一个。
- (3) 无论何时对刀，尤其是方向在输入刀具长度或直径时，都必须以统一的基准点进行测量。例如：以前各把刀在输入长度时，以卡盘端面测量出工件长度，以后都必须以卡盘端面作为向长度的测量基线。

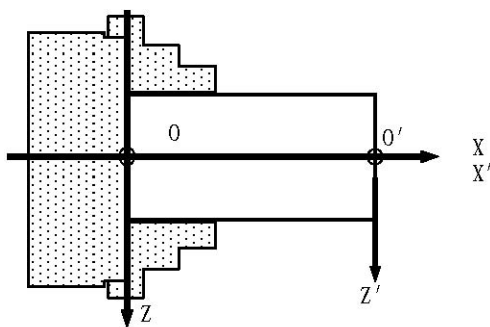


图 5.1—1

## 5.2 G 代码命令

准备功能用字母后跟两位数来编程，功能也称指令，用来定义轨迹的几何形状和的工作状态。任何一种数控装置，其功能均包括基本功能和选择功能两大部分。基本功能是系统必备的功能，选择功能是供用户根据机床特点和用途选择的功能，编程时一定要先看懂机床说明书之后才能着手编程。机床可根据数控系统的功能来配置控制功能，即机床不一定能实现数控系统的全部功能。

系统的全部功能如下：

|    |     |         |
|----|-----|---------|
| 模态 | G00 | 快速定位    |
| 模态 | G01 | 直线插补    |
| 模态 | G02 | 顺时针圆弧插补 |
| 模态 | G03 | 逆时针圆弧插补 |

|    |         |                  |
|----|---------|------------------|
|    | G04     | 延时               |
|    | G09     | 进给准停             |
|    | G20     | 独立子程序调用          |
|    | G22     | 独立子程序定义          |
|    | G24     | 独立子程序定义结束，返回调用程序 |
|    | G25     | 跳转加工             |
|    | G26     | 程序块调用加工程序内子程序调用  |
|    | G27     | 无限循环             |
| 模态 | G30     | 倍率取消             |
| 模态 | G31     | 倍率定义             |
|    | G47     | 短直线速度自动过渡        |
|    | G48     | 取消               |
| 模态 | G54~G59 | 工件坐标系选择          |
|    | G71     | 内外径切削复合循环        |
|    | G72     | 端面切削复合循环         |
|    | G73     | 封闭轮廓复合循环         |
|    | G74     | 返回机床参考点（机械原点）    |
|    | G75     | 返回对刀点            |
|    | G76     | 返回加工开始点          |
|    | G77     | 恢复当前坐标系          |
|    | G81     | 外圆加工循环           |
|    | G82     | 端面加工循环           |

|    |     |          |
|----|-----|----------|
|    | G85 | 英制刚性攻丝循环 |
|    | G86 | 公制螺纹加工循环 |
|    | G87 | 英制螺纹加工循环 |
| 模态 | G90 | 绝对值方式编程  |
| 模态 | G91 | 增量值方式编程  |
|    | G92 | 设置程序零点   |
|    | G96 | 恒线速切削有效  |
|    | G97 | 取消恒线速切削  |
|    | G98 | 取消每转进给   |
|    | G99 | 设定每转进给   |
|    | P=  | 参变量赋值    |

### **G00——快速定位**

格式: G00 X\_Z\_

说明:

- (1) X, Z 轴分别以 06 号, 08 号系统参数所定义的速度移动, 当某轴走完编程值便停止, 而其他轴继续运动。
- (2) 不运动的坐标无须编程。
- (3) 目标点的坐标值可以用绝对值, 也可以用增量值, 小数点前最多允许位数包括符号位小数点后最多允许 3 位, 正数可省略号 (该规则适用于所有坐标编程)。

G00 编程时也可以写作 G0

### **G01——直线插补**

格式: G01 X\_Z\_F\_

G01 X\_F\_

G01 Z\_F\_

说明:

(1) 每次加工开始, 自动处于 G01 状态。

(2) 不运动的坐标可以省略。

(3) 目标点的坐标可以用绝对值或增量值书写。

(4) G01 加工时, 其进给速度按所给的 F 值运行, F 范围: 1~6000mm/min。G01

也可以写成 G1。

### G02——顺圆插补

格式: G02 X\_Z\_I\_K\_F\_

G02 X\_Z\_R\_F\_

说明:

(1) X、Z 在 G90 时圆弧终点坐标是相对编程零点的绝对坐标值。在 G91 时圆弧终点是相对圆弧起点的增量值。无论 G90、G91, I 和 K 均是圆心相对圆弧起点的坐标值, I 是 X 方向直径量、K 是 Z 方向。圆心坐标在圆弧插补时不得省略, 除非用 R(圆弧半径)编程。

(2) G02 指令编程时, 可以直接编过象限圆, 整圆等 (R 编程不能用于整圆)。

注: 过象限时, 会自动进行间隙补偿, 如果参数区未输入间隙补偿或参数区的间隙补偿与机床实际反向间隙相差悬殊, 都会在工件上产生明显的切痕。

(3) 整圆不能用 R 编程。

(4) R 为工件单边 R 弧的半径。R 为带符号数 “+” 表示圆弧角小于 180° ;

“-” 表示圆弧角大于 180° 。

(5) G02 也可以写成 G2。

### G03——逆圆插补

格式: G03 X\_Z\_I\_K\_F\_

G03 X\_Z\_R\_F\_

说明: 用 G03 指令编程时, 除圆弧旋转方向相反外, 其余跟 G02 指令相同。

#### **G04——暂停**

格式: K×××.××

说明: 程序延时 K 后面的编程值秒后, 继续向下运行, 延时范围 0.01~65.5 秒。

#### **G09——暂停**

格式: G09

说明: G09 用于检测伺服是否到位, 伺服由于有跟随误差, 其达到给定误差限时与指令位置有一微小时间与进给速度有关, 当伺服跟随误差小于给定值时, 伺服会向 CNC 系统输出一个准停信号 (XPSN、ZPSN), 当系统在走完某段程序后, 如该段有 G09, 则 CNC 在一段时间内检查各轴是否有 PSN 信号输入, 该时间由 72 号系统参数设定, 当超过定时, 仍无信号, 则 CNC 发出 57 号报警继续往下运行。

#### **G22——子程序调用**

格式: G22 N××

说明:

(1) N 后第一个 2 位数到小数点前为要调用的子程序的程序名, 允许 2 位数, 小数点后 3 位数表示本次调用的循环次数可以从 1~255 次。

(2) 子程序中的参变量在 G20 调用前, 必须由 P 指令赋予明确的数值。

(3) 本段程序不得出现以上描述以外的内容。

(4) 不同的子程序可重复嵌套调用 10 次, 但不得调用本身。

#### **G22——子程序定义**

格式: G22 N××



说明:

- (1) 子程序名以 N 开头, N 后的二位数子程序名。
- (2) G22 N××不得与其他指令共段。
- (3) G22 与 G24 成对出现, 形成一个完整的子程序体。
- (4) 子程序内部的参数数据有二种格式:
- (5) 常数格式, 数据中为编程给定常数, 即 P0~P9。
- (6) 参变量格式, 程序中的功能号, 参数等数字部分均可用变量表示, 而变量的具体值在调用子程序的主程序中由 P=××定义传入, 本系统可处理 10 个变量参数: P0 P1...P9。
- (7) 子程序与转移加工 (G25、G26)、可混合嵌套最多 10 次。
- (8) 在需要由参数定义变量时, 可用 P0=××, P1=××等来给 P0#~P9#赋予明确的数值, 无论 P 参数在主程序或子程序中出现, 该参变量即用最近一次的赋值来取代。

#### G24——子程序结束返回

格式: G24

说明:

- (1) 表示子程序结束, 返回到调用该子程序程序的下一段。
- (2) G24 与 G22 成对出现。
- (3) G24 本段不允许有其他指令出现。

例: 通过下例说明在子程序调用过程中参数的传递过程, 请注意应用。

主程序 P01.

N0010 S1000 M03

N0020 P7=200 P8=50 P9=02

N0030 G20 N05

N0040 M02

子程序 N05

N0010 G22 N05

N0020 G92 X50 Z100

N0030 G01 X40 F0.7

N0040 Z97

N0050 G01 Z92 X50 I10 K0 F0.8

N0060 G01 Z-25 F0.7

N0070 G00 X60

N0090 Z100

Z0100 G24

### G25——跳转移加工

格式: G25 N××××.××××.×××

说明:

(1) 本格式所定义的循环体为后面的两个程序段号之间定义的程序块包括这两段, 最后一个数字定义该程序块的调用次数, 1~255 次, 不编认为是 1。

(2) G25 指令执行完毕后的下一段加工程序, 为跳转加工程序块的下一段程序。

(3) G25 程序段中不得出现其他指令。

例: N0010 G92 X50 Z100

N0020 G25 N0040.0060.02

N0030 G00 X10 Z20

N0040 G01 X40 Z80 F300

N0050 Z60

N0060 G00 X50 Z100

N0070 G04 K3

N0080 M02

以上程序的加工顺序是这样的：

N0010—N0020—N0040—N0050—N0060—N0040—N0050—N0060—N0070—N0080

### **G26——转移加工程序内部子程序调用**

格式：G26 N××××.××××.×××

说明：转移加工指令执行完毕下一个加工段为 G26 N××××.××××.×××段的下一段，这是与 G25 的区别之处，其余与 G25 相同。

例：N0005 S800 M03

N0010 G26 N0050.0080.02

N0020 G4 K2

N0030 G01 X2 F20

N0040 G00 X0 Z0

N0050 G92 G90 X0 Z0

N0060 G01 Z-20 X20 F300

N0070 M00

N0080 Z-40

N0090 Z-60 X0

N0100 M02

以上程序的加工顺序是这样的：

N0005—N0010—N0050—N0060—N0070—N0080—N0050—N0060—N0070—N0080—N0020—N0030—N0040—N0050—N0060—N0070—N0080—N0090—N0100

### **G27——无限循环**

格式: G27 N××××.××××

说明:

- (1) N 之后第一个段号与第二个段号之间的程序段为无限循环的区间,一旦进入到 G27 状态系统将无限地重复执行这一块程序段所定义的运行轨迹。
- (2) 为保证每次循环开始时,坐标不发生偏移,要求该程序块为封闭轨迹,否则将造成每次开始时起点漂移,最终越出工作台。

### **G30——放大缩小倍率取消**

格式: G30

说明: 执行 G31 放大缩小时, G30 取消 G31 的作用。

### **G31——放大或缩小倍率**

格式: G31 K××.××

说明:

- (1) 倍率范围为 0.01~65.5, 即 K0.01~K65.5。
- (2) 倍率的效果是将加工轨迹的各个部分尺寸均匀地放大或缩小 K 倍。
- (3) 倍率对刀具尺寸不产生效果。

### **G47——短直线速度自动过渡**

格式: G47

说明: 在加工非圆曲面时,一般 CAD/CAM 软件是在保证一定精度的前提下用很短的直线来逼近曲面,数控系统控制各个座标轴在两段直线之间进行速度调整,在保证切削线速度不变的前提下从一段直线过渡到下一段直线,避免了每一段短直线都升速降速造成线速度不均匀的

现象，降低机床的震动，提高实际切削速度和表面光洁度。G47 有效时，两段直线必须符合以下条件才能自动过渡：

- (1) 直线长度 $<21\text{mm}$  (2) 两直线交角 $<20^\circ$

### G48——取消 G47

格式：G48

说明：G47、G48 为选项功能、除非特别指定，否则数控系统不包含该功能。

### G54~G59——工件坐标系选择

格式：G54(以 G54 为例)

说明：

- (1) G54~G59 是预先设置的 6 个坐标系，在编程时或 MDI 中可以选择其中的任意一个。坐标系一旦选定，屏幕就以所选定的新的坐标系来显示工件坐标，程序的执行也是基于这个坐标系，直到用加工代码或 MDI 方式改变坐标系为止。
- (2) 对于车床控制使用 G54~G59 时不推荐使用 G92，否则会使 G54~G59 坐标系同时产生偏移可能会导致不可预料的错误。

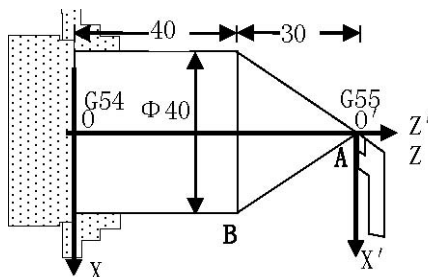


图 5.2-1

例：如图中，假如当前刀具在 A 点，则从 A 点到 B 点，使用直径编程可以表示为：

G54 G90 X40 Z40 F100 或 G55 G90 X40 Z-30 F100

### G71——内外径切削复合循环

格式：G71 I\_K\_N\_X\_Z\_F\_

说明:

该指令执行如图所示的粗加工和精加工，其精加工路径为 A B 的轨迹。

其中:

I: 切削深度每次切削量，指定时不加符号，方向由矢量 A B 决定；

K: 每次退刀量，指定时不加符号，X 和 Z 轴间方向分别由 X(方 X 向精加工余量)和 Z(Z 方向精加工余量)的符号决定；

N: 精加工程序段数；

X: X 方向精加工余量；

Z: Z 方向精加工余量；

F: 粗加工时 G71 中编程的 F 有效，而精加工时处于精加工程序段内的 F 有效。

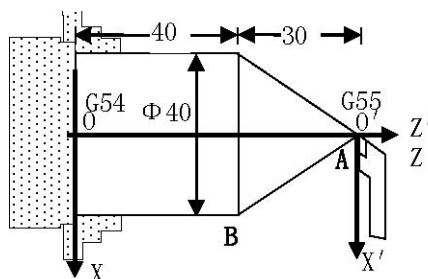


图 5.2-2

G71 切削循环下，切削进给方向平行于 Z 轴，X 和 Z 的符号如图所示。其中 (+) 表示沿轴正方向移动，(-) 表示沿轴负方向移动。

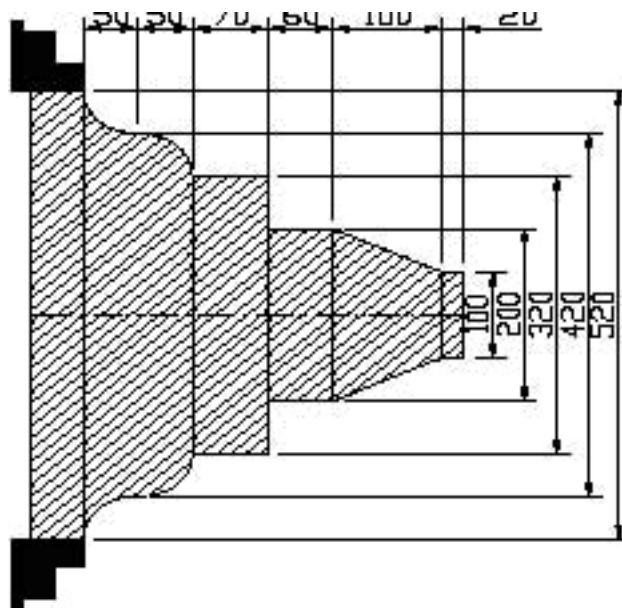


图 5.2—3

例：（切内径）

```

N0010 G00 X20 Z290
N0020 G71 I7 K2 N8 X-.37 Z.29 F2400
N0030 G00 X240 Z290
N0040 G02 X190 Z265 I0 K-25 F240
N0050 G03 X140 Z240 I-50 K0
N0060 G01 X100 Z200
N0070 G01 X100 Z160
N0080 G01 X80 Z110
N0090 G01 X80 Z80
N0100 G01 X20 Z20
N0110 G00 X20 Z290
    
```

N0120 G27 N0020.0110

N0130 M02

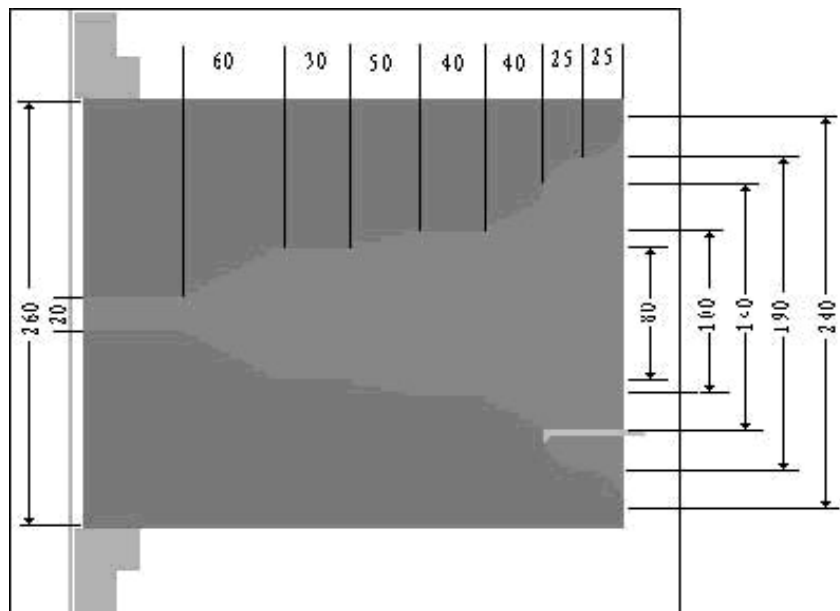


图 5.2-4

### G72——端面切削复合循环

格式: G72 I\_K\_N\_X\_Z\_F\_

说明:

该指令执行如图所示的粗加工和精加工，其精加工路径为 A→B→C→D 的轨迹。

其中:

I: 切削深度每次切削量，指定时不加符号，方向由矢量 A B 决定;

K: 每次退刀量，指定时不加符号，X 和 Z 轴间方向分别由 X(X 方向精加工余量)和 Z(Z 方向精加工余量)的符号决定;

N: 精加工程序段数;

X: X 方向精加工余量;

Z: Z 方向精加工余量;



F: 粗加工时 G72 中编程的 F 有效, 而精加工时处于精加工程序段内的 F 有效。

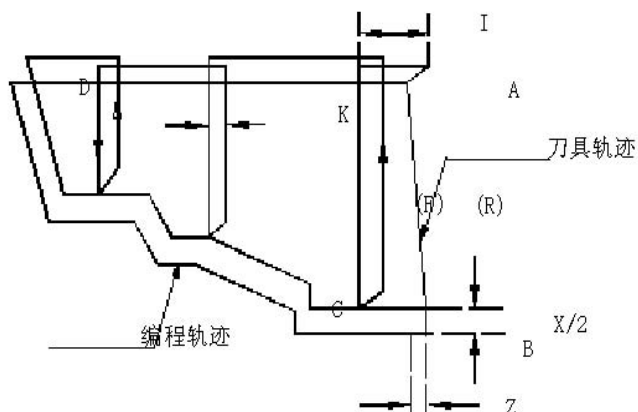


图 5.2—5

G72 切削循环下, 切削进给方向平行于 X 轴, X 和 Z 的符号如图所示。其中 (+) 表示沿轴正方向移动, (-) 表示沿轴负方向移动。

例: (直径编程)

N0010 G00 X520 Z370

N0020 G72 I7 K2 N8 X.37 Z.29 F2400

N0030 G00 X520 Z40

N0035 G01 X500 Z90 F240

N0040 G01 X320 Z140

N0060 G01 X320 Z210

N0070 G01 X200 Z210

N0080 G01 X200 Z270

N0090 G03 X100 Z320 I0 K50

N0095 G02 X0 Z370 I-100 K0

N0100 G00 X520 Z370

N0110 M02

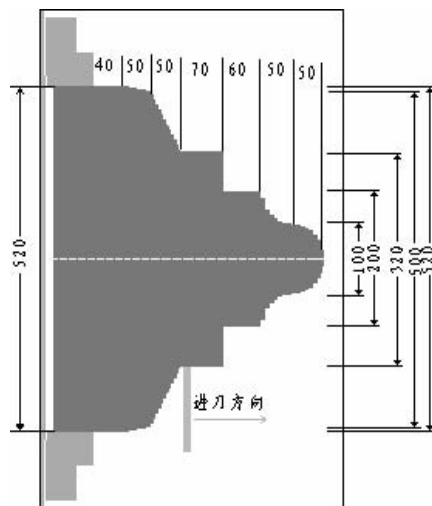


图 5.2—6

### G73——封闭轮廓复合循环

格式: G73 I\_K\_N\_L\_X\_Z\_F\_

说明:

该功能在切削工件时刀具轨迹为如图所示的封闭回路，刀具逐渐进给，使封闭切削

回路逐渐向零件最终形状靠近，最终切削成工件的形状，其精加工路径为 A B 的轨迹。

这种指令能对铸造、锻造等粗加工中已初步成型的工件，进行高效率切削。

其中:

I: X 轴方向的粗加工总余量;

K: Z 轴方向的粗加工总余量;

N: 精加工程序段数;

L: 粗切削次数;

X: X 方向精加工余量;

Z: Z 方向精加工余量;

F: 粗加工时 G73 中编程的 F 有效, 而精加工时处于精加工程序段内的 F 有效。

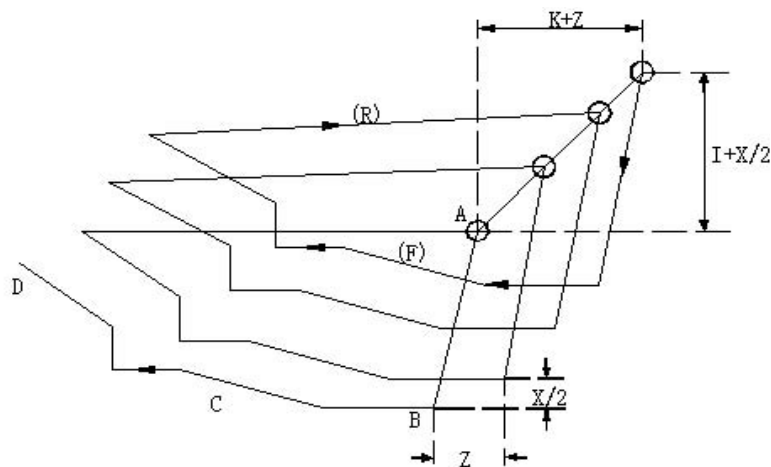


图 5.2—9

注意: I 和 K 表示粗加工时总的切削量, 粗切削次数为 L, 则每次 X、Z 向的切削量为  $I/L$ 、 $K/L$ ;

例: (直径编程)

N0010 G00 X540 Z390

N0020 G73 I1440 K60 N6 L20 X.6 Z.3 F2400

N0030 G00 X80 Z370

N0040 G01 X80 Z270 F240

N0050 G01 X80 Z270 F240

N0050 G01 X150 Z140

N0060 G02 X350 Z40 I200 K0

N0070 G01 X400 Z20

N0080 G01 X520 Z00

N0090 G00 X540 Z390

N0100 M02

**G74——返回参考点(机械原点)**

格式: G74 X\_Z\_

说明:

- (1) 本段中不得出现其他内容。
- (2) G74 后面出现的座标将以 X、Z 顺序依次回零。
- (3) 使用 G74 前必须确认机床装配了参考点开关。

**G75——从参考点返回对刀点**

格式: G75 X\_Z\_

说明:

- (1) 本段中不得出现其他内容。
- (2) G75 指令执行后, 将小坐标 XP, ZP 回到 95 号、97 号系统参数设定的位置。
- (3) G75 指令执行后, 将大坐标变为 99 号、101 号系统参数设定的值。

**G76——从当前位置返回加工起始点(进刀点)**

格式: G76 X\_Z\_

说明:

- (1) 本段中不得出现其他内容。
- (2) 机床上相对于原点的坐标以大坐标显示, 某一位置的坐标可记忆于 99 号、101 号系统参数, 该功能可从机床任意位置回到该处, 速度与 G00 相同。
- (3) 加工开始点(99 号、101 号系统参数)是参考加工原点(如卡盘中心)所设定的点, G76 执行的结果是使刀尖移动到与 99 号、101 号系统参数相同的坐标位置。

**G77——恢复当前坐标系**

格式 G77 X\_Z\_

G77 X\_

G77 Z\_

说明：G77 指令只能与 G75 指令配合使用，恢复 G75 执行前的工件坐标系。

### **G81——外圆（内圆）固定循环**

格式：G81 X\_Z\_R\_I\_K\_F\_

说明：

(1) 在绝对坐标模式下，X、Z 为另一个端面（终点）的绝对坐标，相对值编程模式下，X、Z 为终点相对于当前位置的增量值。

(2) R 为起点截面的加工直径。

(3) I 粗车进给，K 精车进给，I、K 为有符号数，并且两者符号应相同。符号约定如下：由外向中心轴切削（车外圆）为“-”，反之为“+”。

(4) 不同的 X、Z、P 值决定外圆不同的形状，如：有锥度或没有锥度，正向锥度或反向锥度，左切削或右切削等。

(5) F 为切削加工的进给速度（mm/min）。

(6) 加工结束后，刀具停止在终点上。

### **G82——端面固定循环**

格式：G82 X\_Z\_R\_I\_K\_F\_

说明：

(1) 在绝对坐标模式下，X、Z 为另一个端面（终点）的绝对坐标，相对值编程模式下，X、Z 为终点相对于当前位置的增量值。

(2)  $R = (\text{终点直径} - \text{起点直径})$ ，终点起点直径在终点起点截面上最终锥体直径。在将工件截短的平端面加工时，终点直径与起点直径均为零。R 为有符号数，“+”表示终点直径大于起点直径，“-”则相反。

(3) I 粗车进给, K 精车进给, I、K 为有符号数, 并且两者符号应相同。符号约定下: 向左切削加工时为“+”可省略向右切削加工时为“-”。

(4) 不同的 X、Z、P、I 值决定端面不同的形状, 其中, R 值决定是否有锥度, R=0 时端面没有锥度; 如果在绝对模式下同时有 X=0, R=0, 则将工件截短, 并且端面车平; R 的符号决定了有锥度端面的锥度方向; Z、R、I 的符号共同决定了锥度端面的切削方式, 分内切削和外切削两种。对于各种情况的编程, 以下将举例作详细说明。

(5) 为切削加工的进给速度 (mm/Min)。

(6) 对于没有锥度的端面, 加工长度没有限制; 对于有锥度的端面, 加工长度限制在两端面之间的长度, 并且加工开始前刀具须停在两端面之一上。加工结束后, 刀具停止在编程终点上。

例: 锥度有台阶的端面循环, 初始时刀具可停在 A 或 B 位置上

#### 从 A 开始

G90 G82 X30 Z100 R10 I-1 K-0.2 F200 (绝对值方式)

G91 G82 X0 Z-5 R10 I-1 K-0.2 F200 (相对值方式)

加工过程:

G01, Z 方向进刀 2 倍 I (第一刀为 I, 最后一刀为 I+K 精车), 行长度切削; G01, Z 方向进刀至终点处, 进行深度切削。

G01 两轴插补, 切削至另一端面; G01, Z 方向退刀 I 至安全位置, 同时进行辅助切面光滑处理;

G00, X 方向退刀到起点处;

G00, Z 方向快速进刀至离工件表面 I 处, 预留 I 进行下一步切削加工;

如果加工结束则 G01 进刀至终点处, 停止, 否则重复至①

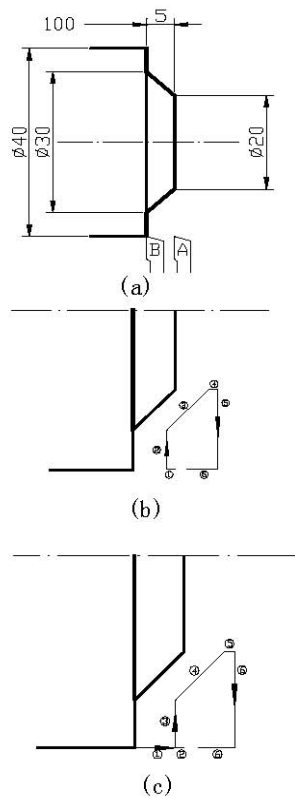


图 5.2—10

### 从 B 处开始

G90 G82 X20 Z105 R-10 I-1 K-0.2 F200 (绝对值方式)

G91 G82 X-20 Z5 R-10 I-1 K-0.2 F200 (相对值方式)

加工过程:

G00, Z 方向快速进刀至 A 处;

G01, Z 方向进刀 2 倍 I (第一刀为 I, 最后一刀为 I+K 精车), 进行长度切削;

G01, X 方向进刀至终点处, 进行深度切削;

G01 两轴插补, 切削至另一端面;

G01, Z 方向退刀 I 至安全位置, 同时进行辅助切面光滑处理;

如果加工结束则 G01 进刀至终点处, 停止; 否则, G00, X 方向退刀刀起点处;

G00, Z 方向快速进刀至离工件表面 I 处, 预留 I 进行下一步切削

重复至②。

### G85——英制刚性攻丝循环

格式：同 G84

注：螺距为 K 牙/英寸。

### G86——公制螺纹循环

格式：G86 X\_Z\_K\_I/D\_R\_N\_L\_J\_

说明：

(1) 每次进刀深度由程序前面的 P10 和 P11 赋值语句决定，最后一刀 X 向单边进刀 0.005 光整螺纹面。

(2) 螺纹在 X 向退尾方向由 I 值界定“+”为外螺，“-”为内螺纹。

(3) 螺纹加工循环的起始位置为将刀尖对准螺纹的外径处。

(4) J 值表示 Z 方向预留退尾的长度。不编表示系统默认。

(5) 当需要等螺纹收尾时，可使用旋出功能。其格式为通常的 G86 功能中增加 J 值，J 后面的数字代表 Z 向退尾长度，即当刀尖离螺纹终点距离为 J 后面的值时（Z 方向），X 向开始退尾。J 值不编时，一般 Z 向走到接近终点时 X 向才退尾。

(6) 在 G86 中 X 向退尾长度正常以 I 后面的值表示，当编 D 时，表示螺纹进刀为旋进。用旋进功能时注意：开始进刀时，刀尖必须位于工作表面外距离 > D 值，否则将撞刀，旋进距离等于退尾距离（X 向）

(7) 根据 I、J、D 的编码，可以由四种组合：

1)、G86 Z-100 R2 K3 L10 I5 普通螺纹加工

2)、G86 Z-100 R2 K3 L10 I5 J6 离 Z 向终点 6mm 时退尾

3)、G86 Z-100 R2 K3 L10 D5 旋进切入但没有等螺距收尾

4)、G86 Z-100 R2 K3 L10 D5 J6 旋进旋出



(8) 16 号系统参数表示 X 向旋进/旋出的速度，一般编程值为 2000mm/min-3000mm/min, 但当设定值<1000mm/min 时，系统加工时自动调整到 2500mm/min.

(9) 对于螺纹切削的分刀，可在程序中自由设定，采用赋值语句 P10=0, 1, 2.

1) 当 P10=0 时，螺纹切削时等距离进刀，即每次进刀量为 R/L，当 25 号系统参数不等于零时，最后增加一刀光刀。

2) 当 P10=1 时，等切削量进刀。对于 60 度螺纹刀可保证每次进刀的金属切削量基本相同。其公式为：

$$\Delta Rn = (\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) \times R \sqrt{L}$$

式中：  $\Delta Rn$  ： 第 n 次进刀量

$n \leq L$ ： 第 n 次进刀，

$L$  ： 循环次数

$R$  ： 总切深

3) 当 P10=2 时，等切削量进刀，将 P10=1 时的第一刀分为两刀切削。由于 P10=1 等切削量的第一刀切削在总切深中占到较大比例，因此，如果觉得第一刀切削量太大，可将 P10 设为 2，系统将第一刀分为两刀切削，以免损伤刀尖。

(10) 对于螺纹切削方式在程序中可以自由设定，采用赋值语句 P11=0, 1, 2, 3.

1) 当 P11=0 时，正常切削

2) 当 P11=1 时，左边切削

3) 当 P11=2 时，右边切削

4) 当 P11=3 时，左右切削

例：N0010 P10=2 P11=0

N0020 G0 X100 Z100

N0030 G0 X50 Z1

N0040 G86 Z50 K1 R1 I6 L5

N0050 G0 X100 Z100

N0060 M02

(11) 螺纹加工的开始及结束时由升降速过程, 在此期间内, 螺纹是不准确的, 因此实际加工时必须避开这两个区域。69 号系统参数定义了螺纹加工时 Z 向加速时间常数。

(12) 螺纹加工时步进/伺服电机的速度不应超过某一值, 如 2.5m/min, 该速度与机床大小及电机功率有关, 由 45 号系统参数决定。

(13) 螺纹在切削前, CNC 测主轴转速, 定出步进电机的最佳升速过程, 以及判断主轴转速是否稳定, 等到编码器的零信号出现后, 开始加工, 这过程需 50—100 毫秒, 若主轴转速不稳定, CNC 需等到主轴转速稳定后才开始加工。若测不到稳定的速度, 一般不会进行螺纹加工。24 号系统参数表示主轴转速波动的百分比, 正常取 10—13, 实际加工时主轴转速波动率应 < 24 号系统参数。

(14) 25 号系统参数, 设定螺纹最后一刀的光刀量, 若螺纹加工循环最后不要刀光, 25 号系统参数应为 0。

(15) 当只编 G86X\_Z\_K\_ 时进行单刀螺纹切削, 切削完后不退刀。

### **G87-----英制螺纹循环**

注: 螺距为 K 牙/英寸。

### **G90——绝对值方式编程**

格式: G90

说明:

(1) G90 编入程序时, 以后所有编入的坐标值全不是以编程零点为基准的,

(2) 系统上电后, 机床处在 G90 状态。

例: N0010 G90 G92 X20 Z90

```
N0020 G01 X40 Z80 F100
```

```
N0030 G01 Z60 F50
```

```
N0040 G03 X60 Z50 I0 K-10
```

```
N0050 M02
```

### **G91——增量方式编程**

格式: G91

说明: G91 编入程序时, 之后所有坐标值均以前一个坐标位置作为起始点来计算运动的编程值。在下列坐标系中, 始终以前一点作为起始点来编程。

例: N0010 G91 G92 X20 Z85

```
N0020 G01 X20 Z-10 F100
```

```
N0030 Z-20
```

```
N0040 X40 Z-15
```

```
N0050 M02
```

### **G92——设定工件坐标系**

格式: G92 X\_Z\_

说明:

- (1) G92 只改变系统当前显示的坐标值不移动坐标轴, 达到设定坐标原点的目的。
- (2) G92 的效果是将显示的刀尖坐标改成设定值。
- (3) G92 后面的 X Z 可分别编入, 也可全编。

### **G96——恒线速切削**

格式: G96

说明:

- (1) 恒线速切削只适用于有模拟量输出的系统，控制主轴无级变速。
- (2) 当 G96 执行时，CNC 以此时的切削速度为基准，根据 X 方向是进刀还是退刀线性调整主轴的转速。
- (3) 当主轴的转速达到系统的额定最大转速时，X 向连续进刀，主轴的转速不再变化。
- (4) G96 由 G97 及 M05、M02 等指令来取消。
- (5) 由于主轴变频器有升/降速时间设定，当 G96 生效时，变频器的升/降时间常数越短，则主轴转速的跟随性越好。

#### **G97——取消恒线速切削**

格式：G97

#### **G98——取消每转进给**

格式：G98

#### **G99——设定每转进给**

格式：G99 F××××××

说明：G99 后面的 F××××××为每转进给的距离，单位为  $\mu\text{m}$ ，即后面只能为整数。这与每分钟进给的单位不同。

## **5.3 辅助功能（M 功能）**

M 功能也称辅助功能，用于 CNC 输入输出口的状态控制。辅助功能由字母 M 及后面两位数组成，系统的辅助功能有如下几个：

|     |         |
|-----|---------|
| M00 | 程序暂停    |
| M01 | 条件停     |
| M02 | 程序结束并停机 |
| M03 | 主轴正转    |

|         |             |
|---------|-------------|
| M04     | 主轴反转        |
| M05     | 主轴停         |
| M06     | 冷却开         |
| M07     | 冷却关         |
| M08     | 工件夹紧        |
| M09     | 工件松开        |
| M10     | 开指定的继电器     |
| M11     | 关指定的继电器     |
| M20     | 设定刀补号       |
| M21     | 程序结束并返回程序开头 |
| M71~M85 | 继电器脉冲输出     |

M 功能是用来使机床外部开关接通或断开的功能，如主轴启动、停止，冷却电机接通或断开。

M 功能常因生产厂家及机床结构和型号不同而与标准规定的 M 功能有差异，所以记住本系统所定义的功能即可。

下面就 M 功能作详细说明：

#### **M00——程序暂停**

格式：M00

说明：程序里出现 M00，本段程序运行结束后暂停等待。按下加工起动键，程序继续运行。

#### **M01——条件暂停**

格式：M01 K×× 或 M01 L××

说明：K 或 L 后二位数对应于某 I/O 口的编号，程序执行到此处便停下等待，直到外部向该 I/O 口输入一低有效（或高有效）的信号，程序向下执行。要求外部电平有效时间>100 毫秒。K 为高电平有效，L 为低电平有效。

**M02—程序结束**

格式：M02

说明：

- (1) M02 结束加工程序。
- (2) 若位参数 00#的 SLOF 位=0，M02 关主轴（M05）和冷却（M09），本次循环结束；
- (3) 若位参数 00#的 SLOF 位=1，M02 不关主轴和冷却，仅结束本次循环。

**M03——主轴正转**

格式：M03

说明：

程序里写有 M03 指令，首先使主轴正转继电器吸合，接着 S 功能输出模拟量，控制主轴顺时针方向旋转。它控制 1#继电器。

M03 动作顺序：

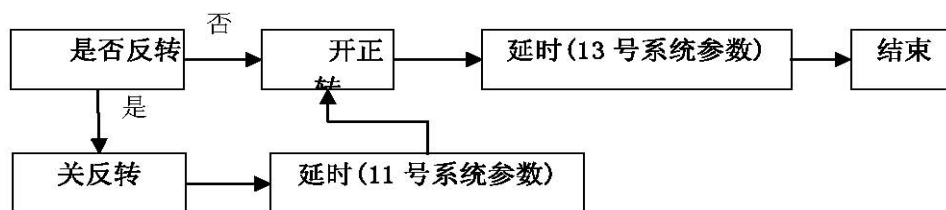


图 5.3—1

若 1 号位参数的第二位等于 0，M03 为电平输出（保持输出）。

若 1 号位参数的第二位等于 1，M03 为脉冲输出。脉冲延时由 15 号系统参数决定。

系统参数 11：决定主轴由正转直接切换反转，或由反转切换到正转之间的延时。

系统参数 13：主轴启动延时。主轴启动后应延时一段时间，使转速稳定后再进行下一步加工。

**M04——主轴反转**

格式：M04

说明：

(1) 控制 2#继电器，启动主轴反转。M04 动作顺序：

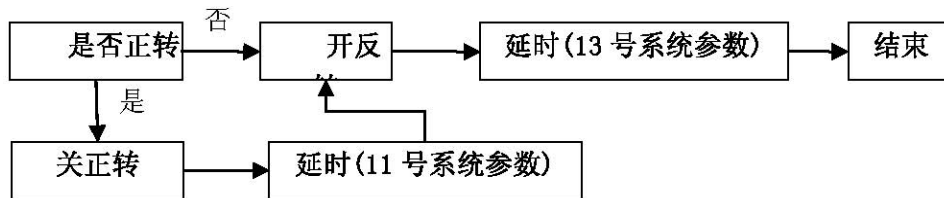


图 5.3-2

(2) 若 1 号位参数的第二位等于 0，M04 为电平输出（保持输出）。

(3) 若 1 号位参数的第二位等于 1，M04 为脉冲输出。脉冲延时由 15 号系统参数决定。

### M05——主轴停止旋转

格式：M05

说明：

(1) M05 指令输出脉冲信号，关主轴正或反转控制继电器，停止输出模拟量，主轴旋转停止。输出脉冲信号宽度由 14#参数决定。控制 3#继电器。

(2) 如果 12 号系统参数 $\neq 0$ ，CNC 还输出短信号到 8#继电器，提供主轴制动功能。

(3) 如果 1 号位第三位 M5CL=1，M05 关 10#、12#、14#继电器；如果 1 号位第三位 M5CL=0，M05 不关 10#、12#、14#继电器。

(4) M05 指令执行过程：

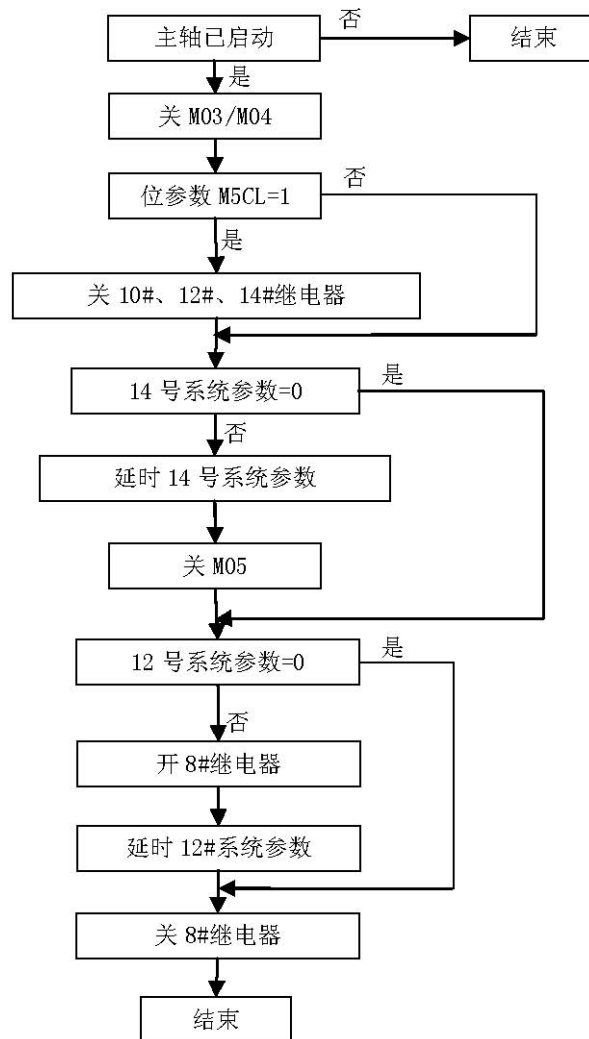


图 5.3—3

系统参数 12: CNC 输出 8#继电器的吸合时间, 用于主轴刹车。

1 号位第三位 M5CL: M05 输出时间。

系统参数 11、12、13、14 为 0 时, 触点均不动作。

### M08——开冷却液

格式: M08

说明: M08 功能在本段程序开始时执行, 接通冷却控制继电器 (6#继电器)。

### M09——关冷却液

格式: M09



说明：M09 功能在本段程序运行完毕后，关掉冷却液控制继电器（6#继电器）。

### **M10——工件夹紧**

格式：M10

说明：功能使控制夹紧动作的继电器合上(9#继电器)。

### **M11——工件松开**

格式：M11

说明：M11 撤消控制夹紧动作的继电器(9#继电器)。

### **M20——开指定的继电器**

格式：M20 K××

说明：K 后二位数对应某继电器号，执行到该句后，0C 门输出有效，使继电器板上的继电器吸合，并延时 1 秒后继续向下执行。

### **M21——关继电器**

格式：M21 K××

说明：K 后二位数对应某继电器号，执行到该句后，0C 门输出无效，使继电器板上的继电器断开，并延时 1 秒后继续向下执行。

### **M24——设定刀补号**

格式：M24 K××

说明：在第一次使用或其他必须改变刀补号时，它只改变刀补号而不调整工件坐标，后二位数取值为 00—10。

### **M30——返回程序头**

格式：M30

说明：当程序运行到 M30 时，系统将程序指针指向程序开头并等待操作者的输入，如按循环启动键，则重新执行程序，如按取消循环键，则取消循环加工。

## M71～M85——M 功能脉冲输出

格式：M77（以 M77 为例）

说明：考虑到各种机床对 M 功能要求不同，系统设置了该功能，用于控制继电器板上的继电器输出短时间的通断信号，其动作顺序如下（以 M77 为例）：

- （1）控制继电器板上的 7#继电器，使之吸合。
- （2）延时 15#参数，15#参数=0 时延时 0.4 秒。
- （3）断开 7#继电器。

F、S、T 功能

F、S、T 功能是进给功能、主轴功能、刀具功能的简称。

## F——进给功能

进给功能一般称 F 功能，用功能可以直接规定各轴在 G01、G02、G03 功能下的进给速度，F 功能用字母 F 及 F 后的数字表示，其切削进给速度为毫米/分。本系统的进给速度，从 1-15000mm/min 之间，用户可根据实际切削情况，任意选用，F 一旦设定，只能被后面语句的 F 值修改。

## S——主轴转速控制

S0-S5（系统保存 S0-S5，为多速电机的换挡信号控制），主轴控制分主轴变频调速电机和主轴用变速电机（双速电机、三速电机）两种。

## 主轴带变频电机

主轴转速由 S××××、M03、M04、M05、03 号系统参数、04 号系统参数、11 号～14 号系统参数实现主轴控制，确定主轴控制的模拟量输出（出厂设定 0～10V）。一般机床主轴有一级手工换挡，以实现不同的转速范围，使得低速时仍有较大的输出扭矩。系统可输出高速、低速两档模拟电压值，高低档的速度上限分别由系统参数中的 3 号、4 号系统参数决定。

## 数字量控制主轴运转

指令为 S1, S2, S3（适用于多速电机），配合 M03, M04, M05 使用。M03、M04、M05 确定主

轴正转、反转或停。

## T——刀具功能

刀具功能也称 T 功能，用来进行刀具选择，使用电动刀架或排刀由 05 号系统参数（=0：排刀，=1：电动刀架，2-10：用户定制刀架）决定。刀具功能用字母 T 及后面的数字组表示。对于电动刀架，控制回转刀架进行换刀，并改变相应刀号；对于排刀，刀号一律为 0，仅改变刀补号。

### T 功能格式

Tn. m

n：刀号（1-8）m：刀补号（1-10）

有以下几种书写形式：

|              | 电动刀架           | 排刀      |
|--------------|----------------|---------|
| Tn           | 换 n 号刀，用 n 号刀补 | 用 n 号刀补 |
| Tn. 0 或 Tn   | 换 n 号刀，不带刀补    | 同上      |
| T0. M 或 T. m | 不换刀，用 m 号刀补    | 用 m 号   |
| 刀补 Tn. m     | 换 n 号刀，用 m 号刀补 | 用       |
| m 号刀补 T0. 0  | 无动作            | 无动作     |

### 刀号与刀补号

对于排刀，刀号一律为 0，通过改变刀补号来修正刀尖的偏差；对于电动刀架，刀号一律由刀架内的传感器得到，CNC 不作记忆。因此，无论排刀还是电动刀架，CNC 均可准确地了解刀号。而刀补号 CNC 无法通过外部开关得到，尤其是对于排刀以及刀号与刀补号不一样时，CNC 只能通过记忆得到刀补号，在正常工作中刀补号在 1~10 之间，但是在特殊情况下，如 CNC 第一次使用、系统总清除或内存紊乱引起刀补号超出上述范围或不准时，可用 M24 人为指定刀补号，但此时有可能造成 CNC 实际坐标与显示坐标不符，这时需重新找正 CNC 坐标。

## 关于刀补号的初始化

CNC 在第一次使用时，可用以下方法产生刀补号：

1、（推荐用此方法）

(1)、用 Tn 指令换刀并采用该刀补号。

(2)、将刀尖位置测出（用该刀试切一段工件的办法），将 X、Z 的实际坐标值用设置。

2、采用 M24 Km 人为地给定一个刀补号。

## T 功能动作顺序

T 功能在出厂时 CNC 内置 PLC 的动作顺序如下：

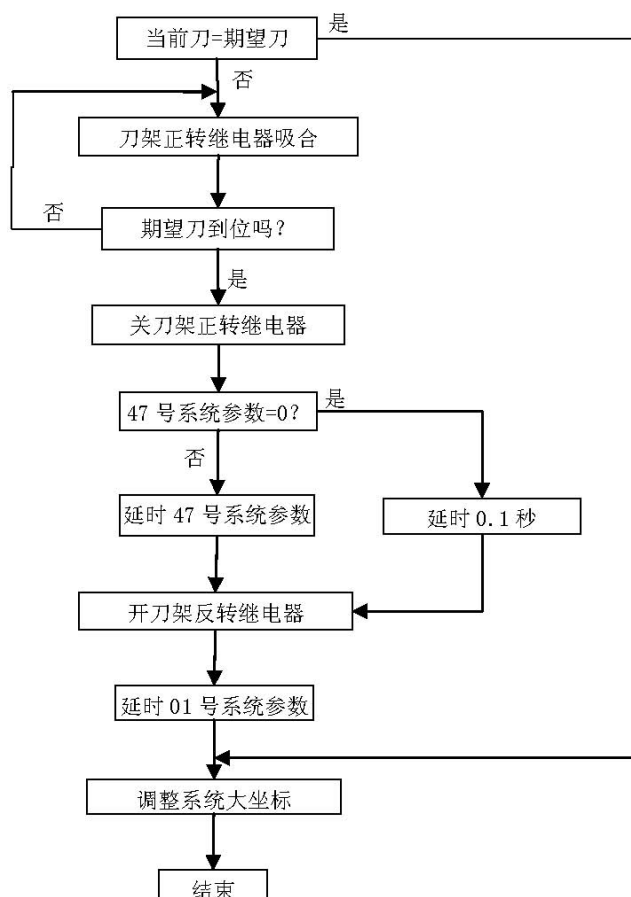


图 5.3-4

## 第六章 WA31D 操作

### 6.1 WA31 机床面板操作



图 6.1—1 WA31 铣床面板



图 6.1—2 WA31 车床面板

- |                                                                                     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
|  | 循环取消 |
|  | 循环暂停 |
|  | 循环启动 |
|  | 主轴点动 |
|  | 主轴换挡 |
|  | 冷却开关 |
|  | 回参考点 |

## 6.2 WA31 数控系统操作

### 6.2.1 按键介绍



6.2-1 车床面板



6.2-2 铣床面板



与程序有关的各种管理，程序输入，输出操作



所有与机床有关的运动，强电信号控制。



根据不同的机床设定不同的控制参数。



分别用于手动进给时进入 MDI 方式，设置进给速度 F、步进量 J、主轴转速 S

F1—F5 五个软定义键所代表的功能随当前用户选择的主功能不同而变化，主要用于在主功能下选择属于该主功能的子功能。



计算机硬件系统复位，进入开机后的初始状态。

## 6.2.2 手动操作虚拟数控机床

### 主功能选择

开机后，只有主功能选择有效，用户想使用某个具体的功能，只有进入相关的主功能后，才能实现。因此，用户必须首先按包含该具体功能的主功能选择键，进入对应的主功能状态，选择所希望的功能。

一般说来，要实现某一个具体功能操作，用户只须进行三次按键：

- (1) 按主功能键，系统某一个退出原来状态，进入新的主功能状态。
- (2) 按子功能选择键（F1—F5 之一），将该子功能置于有效。
- (3) 在子功能状态下，按具体操作键实现具体操作键实现具体功能。

### 子功能选择

在屏幕下方有五个键标有 F1—F5，这五个键的作用是在某一主功能下，选择各种子功能。

### 程序管理

程序管理画面上按 F5 键，在屏幕第三行右边出现“编辑”二字，同时光标在第一行“程序名”后闪烁，用户可输入一个主程序名 P00—P99 或子程序名 N00—N99，按回车后进入编辑画面。

若该程序已存在系统中，则将该程序显示在屏幕上，若是新程序，屏幕上程序显示区中无任何程序，屏幕中间空白处供用户编辑。

**字符数字键：**每按一次字符或数字键，在光标位置上出现所按字符或数字，同时光标及其后的字符均后移一个字符位置，即在原光标位置上挤进一个字符。

**编辑功能键：**由 F 功能键和回车键组成。编辑功能键的作用是移动光标到适合的位置，以便加进、删除一个字符，他们不直接在程序中添加字符。

### OPERT 主功能

OPERT 主功能提供对系统或机床的各种操作和控制，如自动循环，手动连续进给，进给参数选择，MDI 方式等。

### 自动循环

自动循环，对应机床的自动操作方式，按 F3 键后，在操作方式显示“自动”再按“7”键，屏幕第一行“程序”二字后出现并闪烁，用户可在此处输入准备运行的程序



名, F1 键用于修改程序名输入时按错的字符, 屏幕中间的“程序名表”显示用户程序区中已有的程序名, 程序大小, 程序属性。

程序名输入无误并按“ENTER”键, 说明系统已准备运行此程序。

本系统规定, 自动循环下的编程零点, 就是系统大坐标显示值为零的点, 一切编程轨迹均以此坐标为基准。亦可在 MDI 方式下用 G92 设定坐标零点, 也可将当前系统坐标位置设置为加工零点与程序零点重合。如果自动循环开始时, 大字符坐标显示为零, 那么编程轨迹均相对于当前的刀具位置进行。

如果自动循环开始时, 大字符坐标不为零, 系统认为此时各坐标轴已从零点移动了一段距离, 移动量就是大字符的显示值, 而编程坐标的零点不是循环开始时的刀具位置, 而是认为刀具已从零点移动了一段距离, 零点就在移动之前的那一点。

#### DNC 功能:

DNC 功能实现数控与上位 PC 机之间的程序分块传输, 从而可以加工任意大型的 NC 加工程序。

(1) 当 10# 位参数的 XON=0 时, 上位机必须 XON 无效。

在自动工作方式下按 F4, 数控等待, 然后上位 PC 机, 进入传送方式, 选定文件后开始传送。

(2) 当 XON=1 时, 上位机的 XON 状态也必须有效。

#### 手动操作机床

手动操作包括手动连续进给和步进进给二种方式, 又称手动, 电动操作方式, 冷却和主轴均可手动操作。

(1) 手动方式: 按“OPERT”键即进入手动方式, 在手动方式下, Z-, Z+, Y-, Y+ 表示各个坐标轴沿其正方向或负方向移动的操作键, 按下其中之一, 对应的坐标轴便沿相应的方向运

动, 其进给速度可按“F”手动设定, 当由以上四个进给键之一与  同时按下时, 按 10# 参数设定速度运行。

(2) 点动方式: 与手动方式一样, 按 F2 键便可进入点动操作方式, 每按一次坐标进给键, 其坐标便沿该键对应的方向移动一个给定的长度, 该长度由“I”设定。

(3) 手动操作参数的设定, 只在手动, 点动方式时有效。

(4) 主轴与冷却: 在手动, 手轮, 点动方式下, 主轴, 冷却均可手工操作。

#### 返回机床零点

在加工功能下进入手动方式, 此时, 按 F5 键, 操作方式成为返回机床零点方式, 可看

见在操作二字后出现机床零三个字。按 F4 选择键入希望回零的轴后  键, 如果直接按回车键, 则按 X. Y. Z 的顺序回零。在连续的重复加工中, 为了消除积累误差, 最好每隔一段时间返回机床零点一次, 在每次开机后, 最好也回机床零点一次, 使系统有一个绝对的参考基准, 同时, 消除上次关机时各坐标轴的位置漂移。

#### 手轮

对于车窗控制系统, 手轮可以控制机床在 X 方向或 Z 方向上的直线运动, 为不适应不同的需要, 手轮设置了三个速度档, 分别为 X1. X10. X100, 速度档之间可随时切换, 最小控制精度等同于系统控制精度, 最大控制速度是脉冲当量的 100 倍, 手轮主要用于机床的快速直线移动, 对刀等。

手轮操作如下:

1. 在主菜单下按 OPERT 主功能键进入机床操作界面
2. 按“F1”进入手轮操作方式



- 按“F4”键选择运动坐标轴，同时在屏幕的“操作”提示符下显示已选择的坐标轴。



- 按  键选择手轮倍率，同时在屏幕的“操作”提示下显示已选择的倍率。
- 摇动手轮，则机床做响应运动。
- 要退出手轮状态，可按其他任一“F”功能键（F1—F5）。

### 系统状态设置

在加工主功能的自动子功能下，有二种与机床—数控系统有关的状态设置。

- 单段：按“F1”键来回切换。有效时，运行二字后显示单段，系统每执行一个程

序段，便停下来等待用户输入，每按一次一个“”键，系统向下执行一个

程序段，若在等待时按下“”键，那么这个循环将被取消，且不能被恢复。所谓单段是指是指每一个与机床控制有关的动作，并不单是指程序的一行。

- 暂停：与对应，自动循环可由键暂停加工。在暂停后按继续运

行，若按键，则本次自动加工被取消。

### MDI 操作方式

在加工主功能的手动、自动点动、手轮方式下，按字母 G，屏幕第二行出现光标，此时可键入一行程序，按 ENTER 键后系统执行该行程序，该段程序必须输入段号。在自动方式下的可执行程序段均可在 MDI 方式下执行。

### 图形显示功能

在 OPER 主功能下，按“F3”进入自动方式，此时按“F5”进入图形显示方式。该功能用于显示刀具在某加工程序控制下，刀尖的运行轨迹。该功能可以使用户直接观察到编程轨迹的运行过程，同时结合屏幕上显示的坐标值，能直观地发现程序中的重大错误。屏幕上的图形可同步跟踪刀尖的切削运动，并显示棒料的外形，操作者可以从屏幕上直接观察到刀尖运动时，回转体的形成过程。模拟状态时，屏幕上显示刀具的中心轨迹，但机床各坐标轴并不运动，并且各种机床电器的控制功能也无效，它主要供用户调试程序，当程序无误时可以加工，避免由于编程疏忽引起的故障，甚至事故。

## 第七章 WA31 车床编程

### 7.1 坐标系

#### 坐标系规定

在数控机床上加工零件时，刀具与零件的相对运动，必须在确定的坐标系中才能按规定的程序进行加工。为了便于编程时描述机床的运动，简化程序的编制方法，保证记录数据的互换性，数控机床的坐标和运动方向均已标准化。机械工业部于 1982 年颁布了 JB3051-82 数字控制机床坐标和运动方向的命名标准，其命名原则和规定如下：

#### 相对于静止的工件而运动的原则

这一原则是为了编程人员能够在不知道是刀具移动，还是工件移动的情况下，就能够依据零件图纸，确定机床的加工过程。

#### 机床运动部件方向的规定

机床的某一运动不见的运动正方向，是增大刀具和工件距离的方向。

#### Z 坐标运动

Z 坐标的运动，是由传递切削动力的主轴所规定。在标准坐标系中，始终与主轴平行的坐标被规定为 Z 坐标。

#### X 坐标运动

X 坐标是水平的，它平行与工件的装夹表面。X 坐标是在刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。

在车床上，规定大拖板沿床身向尾架侧移动为 Z 坐标正向，刀架朝摇把方向移动为 X 坐标正向。

#### 机床参考点

机床参考点也称机械零点，它是指 X、Z 两方向沿正方向移动到接近极限位置，感应到该方向参考点开关时所决定的位置。一台机床是否有回参考点功能，取决于机床制造商是否安装了参考点开关。

#### 工件坐标系

所有坐标值，其含义是刀尖相对于坐标原点的位置。坐标原点不同，即使刀尖在机床上处于同一绝对位置，其坐标值也不同。为了保证加工中刀尖坐标的唯一性，必须确定坐标原点，而零点位置是由刀尖的位置及坐标值大小反推而得到。

注：在车床上，规定 X 方向（也称横向）坐标为直径值。

#### 换刀时刀补的原理

加工比较复杂的工件时，往往需要多把刀具。而加工程序是按其中某一把刀具的刀尖进行编制的，换刀后，当前刀尖相对于前一把刀的刀尖在 X 和 Z 两个方向必定会有偏移，也就是说即使大小拖板不动，换刀后刀尖位置会变化，刀补的作用是用来弥补这种变化。

## 7.2 G 代码命令

### 准备功能

准备功能用字母 G 后跟两位数来编程，G 功能也称 G 指令，用来定义轨迹的几何形状和 CNC 的工作状态，任何一种数控装置，其功能均包括基本功能和选择功能两大部分。基本功能是系统必备的功能，选择功能是供用户根据机床特点和用途选择的功能，编程时一定要先看懂机床说明书之后才能着手编程。机床可根据数控系统的功能来配置控制功能即机床不一定能实现数控系统的全部功能。

31DT 系列数控系统的全部 G 功能如下：

|    |     |                  |
|----|-----|------------------|
| 模态 | G00 | 快速定位             |
| 模态 | G01 | 直线插补             |
| 模态 | G02 | 顺时针圆弧插补          |
| 模态 | G03 | 逆时针圆弧插补          |
|    | G04 | 延时               |
|    | G09 | 进给准停             |
|    | G20 | 独立子程序调用          |
|    | G22 | 独立子程序定义          |
|    | G24 | 独立子程序定义结束，返回调用程序 |
|    | G25 | 跳转加工             |
|    | G26 | 转移加工             |
|    | G27 | 无限循环             |
| 模态 | G30 | 放大或缩小倍率取消        |
| 模态 | G31 | 放大或缩小倍率          |
|    | G47 | 短直线速度自动过渡        |
|    | G48 | 取消 G47           |
| 模态 | G53 | 撤销零点偏置           |
|    | G54 | 绝对值零点偏置          |
|    | G55 | 增量零点偏置           |
|    | G56 | 当前点偏置            |
|    | G71 | 内外径切削复合循环        |
|    | G72 | 端面切削复合循环         |
|    | G73 | 封闭轮廓复合循环         |
|    | G74 | 返回机床参考点（机械原点）    |
|    | G75 | 返回对刀点            |
|    | G76 | 返回加工开始点          |
|    | G77 | 恢复当前坐标系          |
|    | G81 | 外圆固定循环           |
|    | G82 | 端面固定循环           |
|    | G85 | 英制刚性攻丝循环         |

|    |     |          |
|----|-----|----------|
|    | G86 | 公制螺纹加工循环 |
|    | G87 | 英制螺纹加工循环 |
| 模态 | G90 | 绝对值方式编程  |
| 模态 | G91 | 增量方式编程   |
|    | G92 | 设定工件坐标系  |
|    | G96 | 恒线速切削    |
|    | G97 | 取消恒线速切削  |
|    | G98 | 取消每转进给   |
|    | G99 | 设定每转进给   |
|    | P=  | 参变量赋值    |

注意：所谓模态，当该 G 功能被编程后，它一直维持有效，甚至被相同性质的另一模态功能所取代。

### G00——快速定位

格式：G00 X\_Z\_

说明：（1）所有编程轴同时以 0# 参数所定义的速度移动，当某轴走完编程值便停止，而其他轴继续运动。

（2）不运动的坐标无须编程。

（3）目标点的坐标值可以用绝对值，也可以用增量值，小数点前最多允许 5 位数，小数点后最多允许 3 为，正数可省略“+”号。

（4）G00 编程时，也可以写作 G0

### G01——直线插补

格式：G01 X\_Z\_F\_

G01 X\_F\_

G01 Z\_F\_

说明：（1）每次加工开始，自动处于 G01 状态。

（2）不运动的坐标可以省略。

（3）目标点的坐标可以用绝对值或增量值书写。

（4）G01 加工时，其进给速度按所给的 F 值运行，F 范围：1—60000mm/min.

（5）G01 也可以写成 G1。

### G02——顺圆插补

格式：G02 X\_Z\_I\_K\_F\_

G02 X\_Z\_R\_F\_

说明：（1）X、Z 在 G90 时，圆弧终点坐标是相对编程零点的绝对坐标值。在 G91 时，圆弧终点时相对圆弧起点的增量值。无论 G90、G91、I 和 K 均是圆心相对圆弧起点的坐标值，I 是 X 方向只将量，K 是 Z 方向。圆心坐标在圆弧插补时不得省略，除非用 R 编程。

（2）G02 指令编程时，可以直接编过象限圆，整圆等。

注：过象限时，会自动进行间隙补偿，如果参数区未输入间隙补偿或参数区的间隙补偿与机床实际反向间隙相差悬殊，都会在工件上产生明显的切痕。

（3）整圆不能用 R 编程。

（4）R 为工件单边 R 弧的半径 R 为带符号数，“+”表示圆弧角小于 180 度，“-”表示圆弧角大于 180 度。

（5）G02 也可以写成 G2。

### G03——逆圆插补

格式: G03 X\_Z\_I\_K\_F\_

G03 X\_Z\_R\_F

说明: 用 G03 指令编程时, 除圆弧旋转方向相反外, 其余跟 G02 指令相同。

#### **G04——延时**

格式: G04 K×××.××

说明: 程序延时 K 后面的编程值后, 继续向下运行, 延时范围 0.01—65.5 秒。

#### **G09——进给准停**

格式: G09

说明: G09 用于检测伺服是否到位, 伺服由于有限随误差, 其达到给定误差限时与指令位置有一微小时间 (与进给速度有关), 当伺服跟随误差小于给定值时, 伺服会向 CNC 系统输出一个准停信号, 当系统在走完某程序后, 如该段有 G09, 则 CNC 在一段时间内检测各轴是否有 PSN 信号输入, 该时间由 89# 参数设定, 当超过定时, 仍无信号, 则 CNC 发出 57# 警报继续向下运行。

#### **G20——子程序调用**

格式: G20 N××.××

说明: (1) N 后第一个 2 位数为要调用的子程序的程序名, 允许 2 位数, 小数点后 3 位数表示本次调用的循环次数, 可以从 1—255 次。

(2) 子程序中的参变量在 G20 调用前, 必须由 P 指令赋予明确的数值。

(3) 本段程序不得出现以上描述以外的内容。

(4) 不同的子程序可重复嵌套调用 10 次, 但不得调用本身。

#### **G22——子程序定义**

格式: G22 N××

说明: (1) 子程序名以 N 开头, N 后的二位数为子程序名。

(2) G22 NXX 不得与其他指令共段。

(3) G22 与 G24 成对出现, 形成一个完整的子程序序体。

(4) 子程序内部的参数数据有二种格式:

a. 常数格式, 数据中为编程给定常数, 即 0—9

b. 参变量格式, 程序中的功能号, 参数等数字部分均可用变量表示, 而变量的具体值在调用子程序的主程序中由 P=×× 定义传入, 本系统可以处理 10 个变量参数: P0 P1 … P9

(5) 子程序与转移加工 (G25、G26) 可混合嵌套最多 10 次。

(6) 在需要由参数定义变量时, 可用 P0=××, P1=×× 等来给 0#—9# 赋予明确的数值, 无论 P 参数在主程序或子程序中出现, 该参变量即用最近一次的赋值来取代。

#### **G24——子程序结束返回**

格式: G24

说明: (1) G24 表示子程序结束, 返回到调用该子程序程序的下一段。

(2) G24 与 G22 成对出现。

(3) G24 本段补允许有其它指令出现。

注意: (1) 调用子程序时如果 P 参数没有定义, 则在子程序中 P 参数的值是不定的。

(2) 参变量也可用于主程序中。

#### **G25——跳转加工**

格式: G25 N××××.××××.××

说明: (1) 本格式所定义的循环体为 N 后面的两个程序段号之间定义的程序块, 最

后一个数字定义该程序块的调用次数，1—255 次，不编认为是 1。

G25 指令执行完毕后的下一段加工程序，为跳转加工程序块的下一段程序。

G25 程序段中不得出现其它指令。

例：N0010 G92 X50 Z100

N0020 G25 N0040.0060.02

N0030 G00 X10 Z20

N0040 G01 X40 Z80 F300

N0050 Z60

N0060 G00 X50 Z100

N0070 G04 K3

N0080 M02

以上程序的加工顺序是这样的：

N0010—N0020—N0040—N0050—N0060—N0040—N0050—N0060—N0070—N0080

### G26——转移加工

格式：G26 N××××.××××.×××

说明：转移加工指令执行完毕，下一个加工段为 G26 N××××.××××.×××段的下一段，这是与 G25 的区别之外，其余与 G25 相同。

例：N0005 S800 M03

N0010 G26 N0050.0080.02

N0020 G4 K2

N0030 G01 X2 F20

N0040 G00 X0 Z0

N0050 G92 G90 X0 Z0

N0060 G01 Z-20 X20 F300

N0070 M00

N0080 Z-40

N0090 Z-60 X0

N0100 M02

以上程序的加工顺序是这样的：

N0005---N0010---N0050---N0070—N0080—N0050---N0060---N0070---N0080

N0020—N0030---N0040---N0050---N0060---N0070---N0080---N0090---N0100

### G27——无限循环

格式：G27 N××××.××××

说明：（1）N 之后第一段号与第二段号之间的程序段为无限循环的区间，一旦进入到 G27 状态，系统将无限地重复执行这一块程序段所定义的运行轨迹。

（2）为保证每次循环开始时，坐标不发生偏移，要求该程序块为封闭轨迹，否则将造成每次开始时起点漂移，最终越出工作台。

### G30——放大缩小倍率取消

格式：G30

说明：执行 G31 放大缩小时，G30 取消 G31 的作用。

### G31——放大或缩小倍率

格式：G31 K××.××

说明：（1）倍率范围为 0.001—65.5，即 K0.00.—K65.5

（2）倍率的效果是将加工轨迹的各个部分尺寸均匀地放大或缩小 K 倍。

(3) 倍率对刀具尺寸不产生效果。

#### **G47——短直线速度自动过渡**

格式: G47

说明: 在加工非圆曲面时, 一般 CAD/CAM 软件是在保证一定精度的前提下用很短的直线来逼近曲面, 数控系统控制各个坐标轴在两段直线之间进行速度调整, 在保证切削线速度不变的前提下从一段直线过渡到下一段直线, 避免了每一段短直线都升速降速造成线速度不均匀的现象, 降低机床的震动, 提高实际切削速度和表面光洁度。G47 有效时, 两段直线必须符合以下条件才能自动过渡:

- (1) 直线长度小于 21MM (2) 两直线交角小于 20 度

#### **G48——取消 G47**

格式: G48

说明: G47、G48 为选项功能、除非特别制定, 否则数控系统不包含该功能。

#### **G53——撤销零点偏置**

格式: G53

说明: (1) 在零点偏置后, G53 功能将使加工零件的编程零点恢复到最初设定的编程零点。

- (2) G53 功能必须在执行过零点偏置功能后才有效。

#### **G54——绝对零点偏置**

格式: G54 X\_Z\_

说明: (1) G54 功能将使编程原点平移到 X' 0' Z' 所规定的坐标处。

- (2) X、Z 两个坐标可以全部平移, 也可以一坐标平移, 不编入的坐标, 其原点不平移。

- (3) G54 功能为独立程序段, 本段不得出现其它指令。

- (4) G54 以后的程序段, 将以 G54 建立的新的坐标系编制, 不必考虑原坐标系的影响。

- (5) 加工时动态坐标显示仍然相对最初的坐标系原点。

- (6) G54 本身不是移动指令, 它只是记忆坐标偏置。

例: N0010 G92 G90 X40 Z65  
N0020 G01 X60 Z45 F100  
N0030 G54 Z35  
N0040 G01 X50 Z0  
N0050 X80 Z-20  
N0060 G53  
N0070 M02

#### **G55——增量零点偏置**

格式: G55 X\_Z\_

说明: (1) G55 功能将使坐标系的原点从刀具的当前位置增量平移 XZ 形成新的坐标系。

其它注意事项同 G54

例: N0010 G90 G92 X20 Z70  
N0020 G01 X40 Z50 F100  
N0030 G55 Z-10  
N0040 G01 X50 Z0  
N0050 X60 Z-20



N0060 G53

N0070 M02

### **G56---当前点偏置**

格式: G56

说明: (1) G56 功能将刀具的当前位置设定为坐标原点, 以后编程均以这点为坐标原点, 不必考虑原坐标系的影响。

(2) 其余与 G54 相同。

例: N0010 G90 G92 X20 Z60

N0020 G01 X40 F100

N0030 G56

N0040 G02 Z-20 I0 K-10

N0050 G53

N0060 M02

### **G71----内外径切削复合循环**

格式: G71 I\_K\_N\_X\_Z\_F\_

说明: 该指令执行的粗加工和精加工, 其精加工路径为 A—B—C—D 的轨迹。

其中: I: 切削深度, 指定时不加符号, 方向由矢量 AB 绝对;

K: 每次退刀量, 指定时不加符号, X 和 Z 轴间方向分别由 X 和 Z 的符号决定。

N: 精加工程序段数;

X: X 方向精加工余量;

Z: Z 方向精加工余量;

F: 粗加工时 G71 中编程的 F 有效, 而精加工时处于精加工程序段内的 F 有效。

### **G72----断面切削复合循环**

格式: G72 I\_K\_N\_X\_Z\_F\_

说明: 该指令执行的粗加工和精加工, 其精加工路径为 A—B—C—D 的轨迹。

其中: I: 切削深度, 指定时不加符号, 方向由矢量 AB 绝对;

K: 每次退刀量, 指定时不加符号, X 和 Z 轴间方向分别由 X 和 Z 的符号决定。

N: 精加工程序段数;

X: X 方向精加工余量;

Z: Z 方向精加工余量;

F: 粗加工时 G72 中编程的 F 有效, 而精加工时处于精加工程序段内的 F 有效。

### **G73---封闭轮廓复合循环**

格式: G73 I\_K\_N\_L\_X\_Z\_F\_

说明: 该功能在切削工作时刀具轨迹的封闭回路, 刀具逐渐进给, 使封闭切削回路逐渐向零件最终形状靠近, 最终切削成工件的形状, 其精加工路径为 A—B—C—D 的轨迹。

这种指令能对铸造、锻造等粗加工已初步成型的工件, 进行高效率切削。

其中:

I: X 轴方向的粗加工总余量;

K: Z 轴方向的粗加工总余量;

N: 精加工程序段数;

L: 粗切削次数;

X: X 方向精加工余量

Z: Z 方向精加工余量



F: 粗加工时 G73 中编程的 F 有效, 而精加工时处于精加工程序段内的 F 有效。

注意: I 和 K 表示粗加工时总的切削量, 粗切削次数为 L, 则每次 X、Z 向的切削量为 I/L, K/L;

附: 各复合循环示例

%P55

```

N0100 G00 X260 Z370
N0020 G71 I7 K2 N8 X.37 Z.29 F2400
N0030 G00 X50 Z370
N0040 G01 X50 Z350 F240
N0050 G01 X100 Z230
N0060 G01 X100 Z170
N0070 G01 X160 Z170
N0080 G01 X160 Z170
N0090 G03 X210 Z50 I0 K-50
N0100 G02 X260 Z0 I50 K0
N0110 G00 X260 Z370
N0120 G27 N0020.0110
N0130 M02

```

%P66 直径编程

```

N0100 G00 X520 Z370 F2400
N0020 G71 I14 K2 N8 X.74 Z.29 F2400
N0030 G00 X100 Z370
N0040 G01 X100 Z350 F240
N0050 G01 X200 Z230
N0060 G01 X200 Z170
N0070 G01 X320 Z170
N0080 G01 X320 Z100
N0090 G03 X420 Z50 I0 K-50
N0100 G02 X520 Z0 I100 K0
N0110 G00 X520 Z370
N0120 G27 N0020.0110
N0130 M02

```

%P59 切内径

```

N0100 G00 X10 Z370
N0020 G71 I7 K2 N8 X-.37 Z.29 F2400
N0030 G00 X240 Z370
N0040 G02 X190 Z320 I0 K-50 F240
N0050 G03 X140 Z270 I-50 K0
N0060 G01 X100 Z200
N0070 G01 X100 X150
N0080 G01 X60 Z150
N0090 G01 X60 Z80
N0100 G01 X10 Z00
N0110 G00 X10 Z370

```

```
N0120 G27 N0020.0110
N0130 M02
%P77
N0100 G00 X260 Z370
N0020 G72 I7 K2 N8 X.37 Z.29 F2400
N0030 G00 X260 Z40
N0035 G01 X250 Z90 F240
N0040 G01 X160 Z140
N0060 G01 X160 Z210
N0070 G01 X100 Z210
N0080 G01 X100 Z270
N0090 G03 X50 Z320 I0 K50
N0100 G00 X260 Z370
N0120 M02
%P99
N0010 G00 X270 Z390
N0020 G73 I220 K60 N6 L20 X.6 Z.3 F2400
N0030 G00 X40 Z370
N0040 G01 X40 Z270 F240
N0050 G01 X75 Z140
N0060 G02 X175 Z40 I100 K0
N0070 G0 X200 Z20
N0080 G01 X260 Z00
N0090 G01 X260 Z390
N0100 G27 N0020.0090
N0110 M02
%P98 直径编程
N0010 G00 X540 Z390
N0020 G73 I440 K60 N6 L20 X.6 Z.3 F2400
N0030 G00 X80 Z370
N0040 G01 X80 Z270 F240
N0050 G0 X150 Z140
N0060 G02 X350 Z40 I200 K0
N0070 G01 X400 Z20
N0080 G01 X520 Z00
N0090 G00 X520 Z390
N0100 G27 N0020.0090
N0110 M02
```

运用这组复合循环指令，只需指定精加工路线和粗加工的吃刀量，系统会自动计算粗加工路线和循环次数。

#### **G74---返回参考点**

格式：G74 X\_Z\_

说明：（1）本段中不得出现其它内容

（2）G74 后面出现的坐标将以 X.Z 顺序依次回零。

(3) 使用 G74 前必须确认机床装配了参考点开关。

#### G75---从参考点返回对刀点

格式: G75 X\_Z\_

说明: (1) 本段中不得出现其他内容

(2) G75 指令执行后, 将小 XP, ZP 回到 8#, 9# 参数设定的位置。

(3) G75 执行完毕后, 自动将大坐标置为 18#, 19# 设定的值。

#### G76---从当前位置返回加工起始点

格式: G76 X\_Z\_

说明: (1) 本段中不得出现其他内容

(2) 机床上相对于原点的坐标以大坐标显示, 某一位置的坐标可记忆于 18#、19# 参数, 该功能可从机床任意位置回到该处, 速度与 G00 相同。

(3) 加工开始点 (18#、19#) 是参考加工原点所设定的点, G76 执行的结果是使刀尖移动到与参数 18#、19# 相同的坐标位置。

#### G77---恢复当前坐标系

格式: G77 X\_Z\_

G77 X\_

G77 Z\_

说明: G77 X\_Z\_R\_I\_K\_F\_

#### G81---外圆固定循环

格式: G81 X\_Z\_R\_I\_K\_F\_

说明: (1) 在绝对坐标模式下, X、Z 为另外一个端面的绝对坐标, 增量编程模式下, X、Z 为终点相对于当前位置的增量值。

(2) R 为起点截面的加工直径。

(3) I 粗车进给量, K 精车进给量, I、K 为有符号数, 并且两者符号应相同。符号约定如下: 由外向中心轴切削为 “-”, 反之为 “+”。

(4) 不同的 X、Z、R 值决定外圆不同的形状。

(5) F 为切削加工的进给速度。

(6) 加工结束后, 刀具停止在终点上。

#### G82---端面固定循环

格式: G82 X\_Z\_R\_I\_K\_F\_

说明: (1) 在绝对坐标模式下, X、Z 为另一端面的绝对坐标, 增量编程模式下, X、Z 为终点相对于当前位置的增量值。

(2) R= (终点直径-起点直径), 终点直径在终点截面上最终锥体直径。在将工件截短的平端面加工时, 终点直径与起点直径均为零。R 为有符号数, “+” 表示终点直径大于起点直径, “-” 则相反。

(3) I 粗车进给, K 精车进给, I、K 为有符号数, 并且两者符号相同, 符号约定如下: 向左切削加工时为 “+”, 向右加工时为 “-”。

不同的 X、Z、R、I 值决定端面不同的形状, 其中, R 值决定是否有锥度, R=0 时端面没有锥度, 如果在绝对模式下同时有 X=0, R=0, 则将工件截短, 并且端面车平, R 的符号决定了有锥度端面的锥度方向; Z、R、I 的符号共同定了锥度的切削方式, 分内切削和外切削两种。对于各种情况的编程, 以下将举例作详细说明。

F 切削加工的进给速度

对于没有锥度的端面, 加工长度没有限制, 对于有锥度的端面, 加工长度限制在两端面之间的长度, 并且加工开始前刀具须停在两端面之一上。加工结束后, 刀具停止在

编程终点上。

#### G85----攻丝循环

#### G86----公制螺纹循环

格式: G86  $\Delta X_Z_K_I/D_R_N_L_J$

$\Delta X$ :  $\Delta X$  为 X 向直径变化,  $\Delta X=0$  是直螺纹

Z: 螺纹长度, 绝对或相对编程均可

K: 螺距

I/D: 螺纹切完后在 X 方向的退尾长度/旋进距离值

R: 螺纹外径与根径的直径差, 正值

N: 螺纹头数, 用于多头螺纹

L: 循环次数

J: Z 向退尾长度 (加正值)

说明: (1) 每次进刀深度由程序前面 P10 和 P11 赋值语句决定, 最后一刀 X 向单边进刀光整螺纹面。

(2) 螺纹在 X 向退尾方向由 I 值决定 “+” 为外螺纹, “-” 为内螺纹。

(3) 螺纹加工循环的起始位置为将刀尖对准螺纹的顶径处。

(4) J 值表示 Z 方向预留退尾的长度, 不编表示系统默认。

(5) 当需要等螺距收尾时, 可使用旋出功能, 其格式为通常的 G86 功能中增加 J 值, J 后面的数字代表 Z 向退尾长度, 即当刀尖离螺纹终点距离为 J 后面的值时, X 向开始退尾。J 值不编时, 一般 Z 向走到接近终点时 X 向才退尾。

(6) 在 G86 中 X 向退尾长度正常以 I 后面的值表示, 当编 D 时, 表示螺纹进刀为旋进。用旋进功能时注意: 开始进刀时, 刀尖必须位于工件表面外距离  $>D$  值, 否则将撞刀, 旋进距离等于退尾距离 (X 向)。

(7) 根据 I、J、D 的编程, 可以有四种组合:

a. G86 Z-100 R2 K3 L10 I5 普通螺纹加工

b. G86 Z-100 R2 K3 L10 I5 J6 离 Z 向终点 6mm 时退尾

c. G86 Z-100 R2 K3 L10 D5 旋进切入但没有等螺距退尾

d. G86 Z-100 R2 K3 L10 D5 J6 旋进旋出

(8) 16# 参数表示 X 向旋进/旋出的速度, 一般编程值 2000mm/min—3000mm/min, 但当设定值  $<1000$ mm/min 时, 系统加工时自动调整到 2500mm/min。

(9) 对于螺纹切削的分刀, 可在程序中自由设定, 采用赋值语句 p10=0, 1. 2。

a. 当 P10=0 时, 螺纹切削时等距离进刀, 即每次进刀量为 R/L, 当 25# 参数不等于 0 时, 最后增加一刀光刀。

b. 当 P10=1 时, 等切削量进刀, 对于 60 度螺纹刀可保证每次进刀的金属切削量基本相同。

c. 当 P10=2 时, 等切削量进刀, 将 P10=1 时的第 1 刀分为两刀切削。如果觉得第一刀切削量太大, 可将 P10 设为 2, 系统将第一刀分为两刀切削, 以免损伤刀尖。

(10) 对于螺纹切削方式在程序中也可以自由设定, 采用赋值语句 P11=0. 1. 2. 3。

a. 当 P11=0 时, 正常切削 b. 当 P11=1 时, 左边切削 c. 当 P11=2 时, 右边切削 d. 当 P11=3 时, 左右切削

(11) 螺纹加工的开始及结束时有升降速过程, 在此时间内, 螺纹是不准确的, 因此实际加工时必须避开这二个区域。40# 参数定义了螺纹加工时 Z 向加速时

间常数。

(12) 螺纹加工时步进/伺服电机的速度不应超过某一值，如 2.5m/min，该速度与机床大小及电机功率有关，由 45# 参数决定。

(13) 螺纹在切削前，CNC 测主轴转速，定出步进电机的最佳升降速过程，以及判断主轴转速是否稳定，等刀编码器的零信号出现后，开始加工，这过程需 50—100 毫秒。若主轴转速不稳定，CNC 需等刀主轴转速稳定后才开始加工，若测不到稳定的速度，一般不会进行螺纹加工。23# 参数表示主轴转速波动的百分比，正常取 10—13，实际加工时主轴转速波动率应 < 23# 参数。

(14) 25# 参数，设定螺纹最后一刀的光刀量，若螺纹加工循环最后不要光刀，25# 参数应 = 0。

(15) 当只偏 G86 X\_Z\_K\_ 时进行单刀螺纹切削，切削完后不退刀。

注意：旋进（D 值有效）时，只能加工直螺纹。J 必须是正值。

### **G87——英制螺纹循环**

注：螺距为 K 牙/英寸。

### **G90——绝对值方式编程**

格式：G90

说明：1. G90 编入程序时，以后所有编入的坐标值全部是以编程零点为基准的。

2. 系统上电后，机床处在 G90 状态。

### **G91——增量方式编程**

格式：G91

说明：G91 编入程序时，之后所有坐标值均以前一个坐标位置作为起始点来计算运动作为起始点来编程。

### **G92——设定工件坐标系**

G92 X\_Z\_

说明：(1) G92 只改变系统当前显示的坐标值，不移动坐标轴，达到设定坐标原点的目的。

(2) G92 的效果是将显示的刀尖坐标改成设定值。

(3) G92 后面的 X、Z 可分别编入，也可全编。

### **G96——横线速切削**

格式：G96

说明：(1) 横线速切削只适用于有模拟量输出的系统，控制主轴无级变速。

(2) 当 G96 执行时，CNC 以此时的切削速度为基准，根据 X 方向是进到还退刀线性调整主轴的转速。

(3) 当主轴的转速达到系统的额定最大转速时，X 向连续进刀，主轴的转速不再变化。

(4) G96 由 G97 及 M05、M02 等指令来取消。

(5) 由于主轴变频器有升/降速时间设定，当 G96 生效时，变频器的升/降时间常数越短，则主轴转速的跟随性越好。

(6) 横线速切削时主轴转速下限由 28# 参数决定。

### **G97——取消横线速切削**

### **G98——取消每转进给**

### **G99——设定每转进给**

格式：G99 F×××××

说明：G99 后面的 F××××× 为每转进给的距离，单位为 m，即 F 后面只能为整数，

这与每分钟进给的单位不同。

## 7.3 辅助功能（M 功能）

M 功能也称辅助功能，用于 CNC 输入输出口的状态控制。辅助功能由字母 M 及后面两位数组成，31DT 数控系统辅助功能有如下几个：

M00 程序暂停  
M01 条件暂停  
M02 程序结束  
M03 主轴正转  
M04 主轴反转  
M05 主轴停止  
M08 开冷却液  
M09 关冷却液  
M10 工件夹紧  
M11 工件松开  
M20 开指定的继电器  
M21 关指定的继电器  
M24 设定刀补号  
M30 返回程序开头  
M71-M85 M 功能脉冲输出

M 功能是用来使机床外部开关接通或断开的功能，如主轴启动，停止，冷却电机接通或断开，M 功能常因机床生产厂家及机床结构和型号不同，与标准规定的 M 功能有差异。

M00---程序暂停

格式：M00

说明：程序里出现 M00，本段程序运行结束后暂停等待，按下加工启动键，程序继续运行。

M01---条件暂停

格式：M01 K×× 或 M01 L××

说明：K 后二位数对应于某 I/O 口的编号，程序执行到此处便停下等待，直到外部向该 I/O 口输入一低有效的信号，程序向下执行，要求外部电平有效时间>100 毫秒。K 为高电平有效，L 为低电平有效。

M02---程序结束

格式：M02

说明：（1）M02 结束加工程序

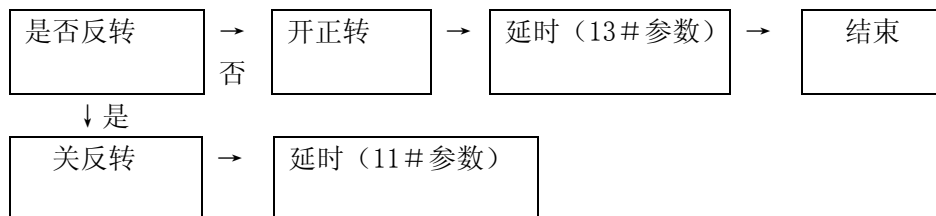
（2）若位参数 00# 的 SLOF 位=0，M02 关主轴和冷却，本次循环结束。

（3）若参数 00# 的 SLOF 位=1，M02 不关主轴和冷却，仅结束本次循环。

M03---主轴正转

格式：M03

说明：（1）程序里写有 M03 指令，首先使主轴正转继电器吸合，接着 S 功能输出模拟量，控制主轴顺时针方向旋转。它控制 1# 继电器。M03 动作顺序：



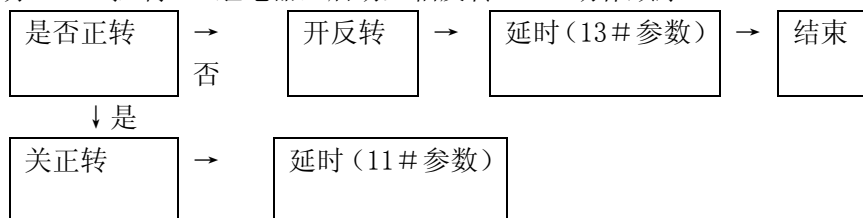
(2) 若 21# 参数=0, M03 为保持输出

(3) 若 21# 参数=1, M03 为脉冲输出, 脉冲延时由 15# 参数决定

M04---主轴反转

格式: M04

说明: (1) 控制 2# 继电器, 启动主轴反转。M04 动作顺序:



(2) 若 21# 参数=0, M04 为保持输出

(3) 若 21# 参数=1, M04 为脉冲输出, 脉冲延时由 15# 参数决定

M05---主轴停止

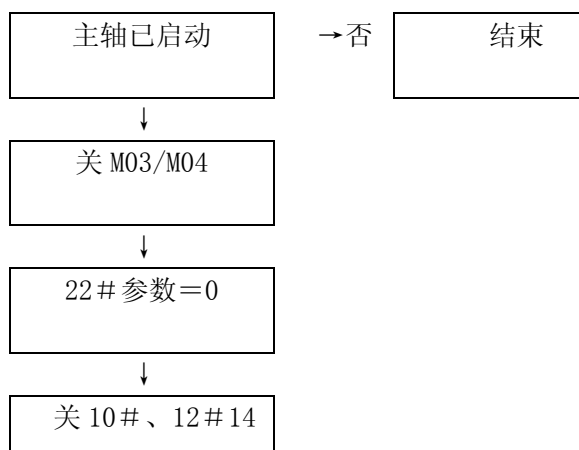
格式: M05

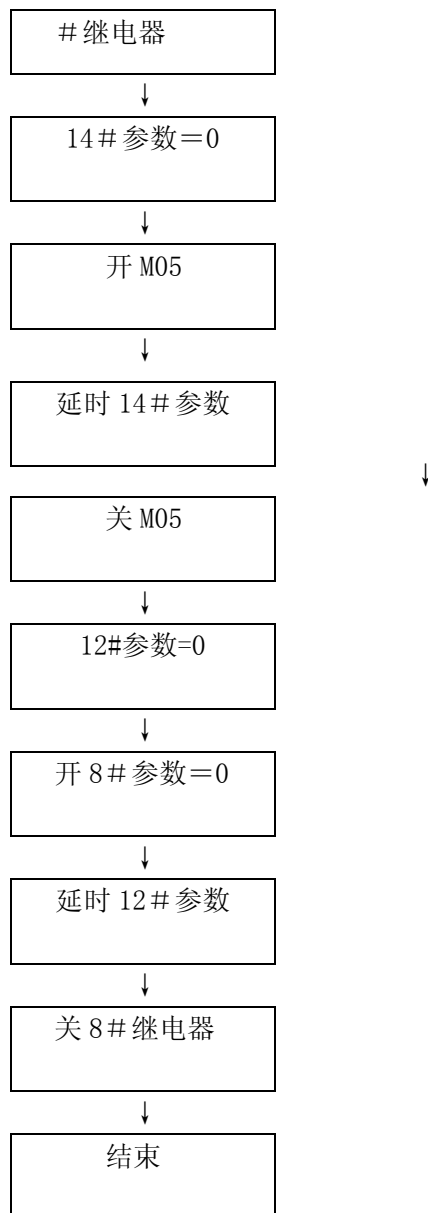
说明: (1) M05 指令输出脉冲信号, 关主轴正或反转控制继电器, 停止输出模拟量, 主轴旋转停止。

(2) 如果 12# 参数≠0, CNC 还输出短信号到 8# 继电器, 提供主轴制动功能。

(3) 如果 22# 参数=0, M05 关 10#、12#、14# 继电器, 22# =1, M05 不关 10#、12#、14# 继电器。

(4) M05 指令执行过程:





M08---开关却液

格式: M08

说明: M08 功能在本段程序开始时执行, 接通冷却液控制继电器 (6# 继电器)

M09---关冷却液

格式: M09

说明: M09 功能在本段程序运行完毕后, 关掉冷却液控制继电器 (6# 继电器)

M10---工件夹紧

格式: M10

说明: M10 功能使控制夹紧动作的继电器合上 (9# 继电器)

M11---工件松开

格式: M11

说明: M11 撤销控制夹紧动作的继电器 (9# 继电器)

M20---开指定的继电器

格式: M20 K××



说明:K 后二位数对应某继电器号, 执行到该句后, OC 门输出有效, 使继电器板上的继电器吸合, 并延时 1 秒后继续向下执行。

M21——关指定的继电器

格式: M21 K××

说明: K 后二位数对应某继电器号, 执行到该句后, OC 门输出无效, 使继电器板上的继电器断开, 并延时 1 秒后继续向下执行。

M24—设定刀补号

格式: M24 K××

说明: 在第一次使用或其他必须改变刀补号时, 它只改变刀补号而不调整工件坐标, K 后二位数取值为 00—10。

M30——返回程序头

格式: M30

说明: 当程序运行到 M30 时, 系统将程序指针指向程序开头并等待操作者的输入, 如按循环启动键, 则重新执行程序, 如按取消循环键, 则取消循环加工。

M71—M85——M 功能脉冲输出

格式: M77

说明: 考虑到各种机床对 M 功能要求不同, 系统设置了该功能, 用于控制继电器板上的继电器输出短时间的通断信号, 其动作顺序如下 (以 M77 为例):

- (1) 控制继电器板上的 7# 继电器, 使之吸合。
- (2) 延时 15# 参数, 15# 参数=0 时延时 0.4 秒
- (3) 断开 7# 继电器

F. S. T 功能

F、S、T 功能是进给功能、主轴功能、刀具功能的简称。

F——进给功能

进给功能一般称 F 功能, F 功能可以直接规定 G01、G02、G03 的进给速度, F 功能用字母 F 及 F 后数字表示, 其切削进给速度为毫米/分, 31DT 数控系统的进给速度从 F1—F60000mm/min 之间, 用户可根据实际切削情况, 任意选择。

S——主轴转速控制

主轴控制分主轴变频调速电机和主轴用变速电机 (双速电机、三速电机) 两种。

主轴带变频电机

由 Sxxxx、M03、M04、M05、03#参数、04#参数、11#—14#参数实现主轴控制, 确定主轴控制的模拟量输出。一般机床主轴有一级手工换挡, 以实现不同的转速范围, 使得低速时仍有较大的输出扭矩。31DT 可输出高速, 低速两档模拟电压值, 高低档的速度上限分别由 P 参数中的 3#参数、4#参数决定。

数字量控制主轴运转

指令为 S1、S2、S3, 配合 M03、M04、M05 使用。M03、M04、M05 确定主轴正转、反转或停。

T——刀具功能

刀具功能也称 T 功能, 用来进行刀具选择, 使用电动刀架或排刀由 05#参数决定。刀具功能用字母 T 及后面的数字组表示。对于电动刀架, 控制回转刀架进行换刀, 并改变相应刀号, 对于排刀, 刀号一律为 0, 仅改变刀补号。

T 功能格式

Tn.m n:刀号 (1—8) m:刀补号 (1—10)

有以下几种书写形式:

电动刀架

排刀

|              |                 |         |
|--------------|-----------------|---------|
| Tn           | 换 n 号刀, 用 n 号刀补 | 用 n 号刀补 |
| Tn. 0 或 Tn   | 换 n 号刀, 不带刀补    | 同上      |
| Tn. m 或 T. m | 不换刀, 用 m 号刀补    | 用 m 号刀补 |
| Tn. m        | 换 n 号刀, 用 m 号刀补 | 用 m 号刀补 |
| T0. 0        | 无动作             | 无动作     |

#### 刀号与刀补号

对于排刀, 刀号一律为 0, 通过改变刀补号来修正刀尖的偏差, 对于电动刀架, 刀号一律由刀架内的传感器得到, CNC 不作记忆。因此, 无论排刀还是电动刀架, CNC 均可准确地了解刀号。而刀补号 CNC 无法通过外部开关得到, 尤其是对于排刀以及刀号与刀补号不一样时, CNC 只能通过记忆得到刀补号, 在正常工作中刀补号在 1—10 之间, 但是在特殊情况下, 如 CNC 第一次使用, 系统总清除或内存紊乱引起刀补号超出上述范围或不准时, 可用 M24 人为指定刀补号, 但此时有可能造成 CNC 实际坐标与显示坐标不符, 这时需要重新找正 CNC 坐标。

注: 若参数设定为电动刀架, 而 CNC 系统未与电动刀架连接或连接不正确, 此时系统会出现错误 06。

#### 刀补表

刀补表的物理意义是各把刀之间刀尖的差值, 为了减少记忆量, 一般刀补表只是记忆每把刀相对于一个固定基准在 X. Z 方向的坐标, 然后在刀补时根据当前刀和前一把刀相对该固定基准的差值不同, 得出两把刀之间的补偿值, 也就是说, 刀补表记忆的不是刀补值, 刀补值需在换刀时经计算得出来。31DT 共有 10 各刀具参数地址, 即从 T01—T10。在 PARAM 状态下, 按 F1 键, 屏幕上显示 10 各刀具参数, DX 为 X 方向的刀补值, DZ 为 Z 方向的刀补值。操作者可在这一屏里, 改变实际刀具参数。

#### 工件坐标系的确定

一旦刀补表确定后, 必须给当前刀的刀具位置确定在工件坐标系的坐标值, 现假设工件坐标系的原点在卡盘面上。

#### 关于刀补号的初始化

CNC 在第一次使用时, 可用以下方法产生刀补号:

- (1) 1. 用 Tn 指令换刀并采用该刀补号
2. 将刀尖位置测出, 将 X. Z 的实际坐标值用 G92 设置。
- (2) 采用 M24Km 人为地给定一个刀补号。

刀补号一旦产生, CNC 便连续进行记忆, 该记忆是在电池保护的内存内, 由于种种原因, 有可▲▼能造成刀补号被破坏, 为了防止这种情况, 建议每次关机前采用记忆的功能将 CNC 内部的关键数据存入电子盘, 每次开机后再将保存的数据进行恢复。

#### 步骤: 关机保存

- a. 进入 PARAM 参数主功能
- b. 按“▲”, 再按 F1 关机
- c. 关机

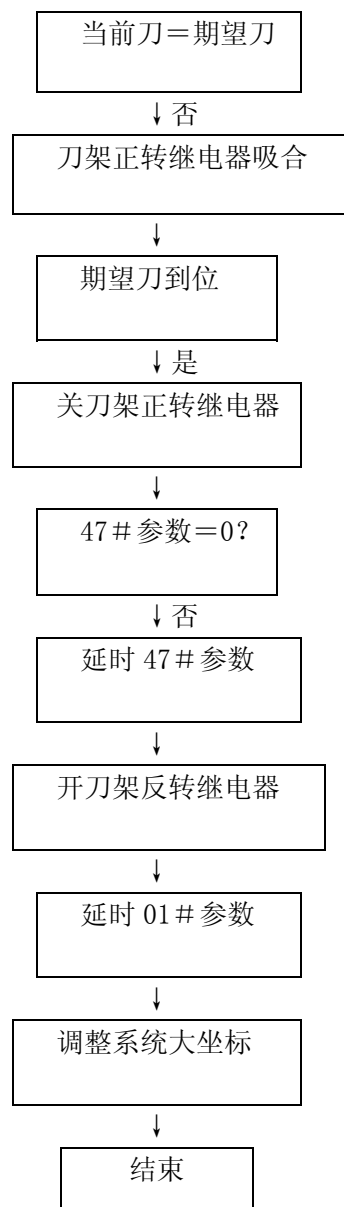
#### 开机恢复:

- a. 开机后立即进入 PARAM 参数
- b. 按“▲”, 再按 F2 开机
- c. 退出

以上方法可保护和恢复以下数据: 刀补号、系统坐标、间隙补偿方向

#### T 功能动作顺序

T 功能在出厂时 CNC 内置 PLC 的动作顺序如下:



## 第八章 WA31 铣床编程

### 8.1 坐标系

#### 坐标系规定

在数控机床上加工零件时，刀具与零件的相对运动，必须在确定的坐标系中才能按规定的程序进行加工。为了便于编程时描述机床的运动，简化程序的编制方法，保证记录数据的互换性，数控机床的坐标和运动方向均已标准化。机械工业部于 1982 年颁布了 JB3051-82 数字控制机床坐标和运动方向的命名标准，其命名原则和规定如下：

#### 相对于静止的工件而运动的原则

这一原则是为了编程人员能够在不知道是刀具移动，还是工件移动的情况下，就能够依据零件图纸，确定机床的加工过程。

#### 机床运动部件方向的规定

机床的某一运动不见的运动正方向，是增大刀具和工件距离的方向。

#### Z 坐标运动

Z 坐标的运动，是由传递切削动力的主轴所规定。在标准坐标系中，始终与主轴平行的坐标被规定为 Z 坐标。

#### X 坐标运动

X 坐标是水平的，它平行与工件的装夹表面。X 坐标是在刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。

在车床上，规定大拖板沿床身向尾架侧移动为 Z 坐标正向，刀架朝摇把方向移动为 X 坐标正向。

#### 机床参考点

机床参考点也称机械零点，它是指 X、Z 两方向沿正方向移动到接近极限位置，感应到该方向参考点开关时所决定的位置。一台机床是否有回参考点功能，取决于机床制造商是否安装了参考点开关。

#### 工件坐标系

所有坐标值，其含义是刀尖相对于坐标原点的位置。坐标原点不同，即使刀尖在机床上处于同一绝对位置，其坐标值也不同。为了保证加工中刀尖坐标的唯一性，必须确定坐标原点，而零点位置是由刀尖的位置及坐标值大小反推而得到。

注：在车床上，规定 X 方向（也称横向）坐标为直径值。

#### 换刀时刀补的原理

加工比较复杂的工件时，往往需要多把刀具。而加工程序是按其中某一把刀具的刀尖进行编制的，换刀后，当前刀尖相对于前一把刀的刀尖在 X 和 Z 两个方向必定会有偏移，也就是说即使大小拖板不动，换刀后刀尖位置会变化，刀补的作用是用来弥补这种变化。

## 8.2 G 代码命令

### 准备功能

准备功能用字母 G 后跟两位数来编程，G 功能也称 G 指令，用来定义轨迹的几何形状和 CNC 的工作状态，任何一种数控装置，其功能均包括基本功能和选择功能两大部分。基本功能是系统必备的功能，选择功能是供用户根据机床特点和用途选择的功能，编程时一定要先看懂机床说明书之后才能着手编程。机床可根据数控系统的功能来配置控制功能即机床不一定能实现数控系统的全部功能。

31DM 系列数控系统的全部 G 功能如下：

|    |     |                  |
|----|-----|------------------|
| 模态 | G00 | 快速定位             |
| 模态 | G01 | 直线插补             |
| 模态 | G02 | 顺时针圆弧插补          |
| 模态 | G03 | 逆时针圆弧插补          |
|    | G04 | 延时               |
|    | G09 | 进给准停             |
|    | G11 | 程序块沿 Y 轴镜像       |
|    | G12 | 程序块沿 X 轴镜像       |
|    | G13 | 程序块沿原点镜像         |
| 模态 | G17 | 选择 XY 平面         |
| 模态 | G18 | 选择 XZ 平面         |
| 模态 | G19 | 选择 YZ 平面         |
|    | G20 | 独立子程序调用          |
|    | G22 | 独立子程序定义          |
|    | G24 | 独立子程序定义结束，返回调用程序 |
|    | G25 | 跳转加工             |
|    | G26 | 转移加工             |
|    | G27 | 无限循环             |
| 模态 | G30 | 倍率取消             |
| 模态 | G31 | 倍率定义             |
| 模态 | G40 | 取消刀具半径补偿         |
| 模态 | G41 | 左刀具半径补偿          |
| 模态 | G42 | 右刀具半径补偿          |
| 模态 | G43 | 建立刀具长度补偿         |
| 模态 | G44 | 撤销刀具长度补偿         |
| 模态 | G47 | 短直线速度自动过渡        |
| 模态 | G48 | 取消 G47           |
| 模态 | G53 | 撤销零点偏置           |
| 模态 | G54 | 绝对值零点偏置          |
| 模态 | G55 | 相对值零点偏置          |

|    |     |               |
|----|-----|---------------|
| 模态 | G56 | 当前点偏置         |
| 模态 | G73 | 高速深孔加工循环      |
| 模态 | G74 | 返回机床参考点（机械原点） |
| 模态 | G75 | 返回对刀点         |
| 模态 | G76 | 从当前位置返回程序零点   |
| 模态 | G78 | 精镗循环          |
| 模态 | G81 | 中心孔钻孔循环       |
| 模态 | G82 | 需停顿的中心孔钻孔循环   |
| 模态 | G83 | 深孔加工循环        |
| 模态 | G84 | 公制刚性攻丝循环      |
| 模态 | G85 | 英制刚性攻丝循环      |
| 模态 | G86 | 镗孔循环（自动返回）    |
| 模态 | G87 | 反镗循环          |
| 模态 | G88 | 镗孔循环（手动返回）    |
| 模态 | G89 | 需停顿的镗孔循环      |
| 模态 | G90 | 绝对值方式编程       |
| 模态 | G91 | 增量值方式编程       |
|    | G92 | 设定程序零点        |
|    | P=  | 参变量赋值         |

注意：所谓模态，当该 G 功能被编程后，它一直维持有效，甚至被相同性质的另一模态功能所取代。

#### **G00——快速定位**

格式：G00 X\_Z\_

说明：（1）所有编程轴同时以 0# 参数所定义的速度移动，当某轴走完编程值便停止，而其他轴继续运动。

（2）不运动的坐标无须编程。

（3）目标点的坐标值可以用绝对值，也可以用增量值，小数点前最多允许 5 位数，小数点后最多允许 3 为，正数可省略“+”号。

（4）G00 编程时，也可以写作 G0

#### **G01——直线插补**

格式：G01 X\_Y\_Z\_F\_

G01 X\_Y\_F\_

G01 Y\_Z\_F\_

说明：（1）每次加工开始，自动处于 G01 状态。

（2）不运动的坐标可以省略。

（3）目标点的坐标可以用绝对值或增量值书写。

（4）G01 加工时，其进给速度按所给的 F 值运行，F 范围：1—60000mm/min.

（5）G01 也可以写成 G1。

#### **G02——顺圆插补**

格式：G02 X\_Y\_I\_J\_F\_

G02 X\_Y\_R\_F\_

说明：（1）X、Z 在 G90 时，圆弧终点坐标是相对编程零点的绝对坐标值。在 G91 时，圆弧终点时相对圆弧起点的增量值。无论 G90、G91、I 和 K 均是圆心相对圆弧起点的坐标值，I 是 X 方向只将量，K 是 Z 方向。圆心坐标在圆弧插补

时不得省略，除非用 R 编程。

(2) G02 指令编程时，可以直接编过象限圆，整圆等。

注：过象限时，会自动进行间隙补偿，如果参数区未输入间隙补偿或参数区的间隙补偿与机床实际反向间隙相差悬殊，都会在工件上产生明显的切痕。

(3) 整圆不能用 R 编程。

(4) R 为工件单边 R 弧的半径 R 为带符号数，“+”表示圆弧角小于 180 度，“-”表示圆弧角大于 180 度。

(5) G02 也可以写成 G2。

(6) XOY、ZOX、YOZ 平面内的圆弧无须定义插补平面 G17、G18、G19。

### G03——逆圆插补

格式：G03 X\_Y\_I\_J\_F\_

G03 X\_Y\_R\_F\_

说明：用 G03 指令编程时，除圆弧旋转方向相反外，其余跟 G02 指令相同。

### G04——延时

格式：G04 K××.××

说明：(1) 程序延时 K 后面的编程值后，继续向下运行，延时 0.01—65.5

(2) G04 的程序段里不能有其它指令。

### G09——伺服准停到位

格式：G09

说明：(1) G09 只对本段程序有效，本段程序结束时 CNC 等待伺服的准确定位信号，然后开始下一段程序，可避免将尖角加工成圆角。

(2) G09 的等待时间由 89#决定，超时则出现错误 57。

### G11——对称于 Y 轴镜像

格式：

G11 N××××.××××.××××

循环次数,最多允许写三位数,1-255

镜像加工程序段结束时的程序段号,要求 4 位数

镜像加工程序段开始时的程序段号,要求 4 位数

说明：(1) G11 指令将本段所定义的两个程序段号之间的程序段沿 X 轴反向加工，并按编程所给的循环次数循环执行若干次。

(2) 镜像加工开始程序段号和结束程序段号，中间用小数点隔开，镜像加工开始程序段号必须位于结束段号之前。

(3) 循环次数由第 2 个小数点之后的三位整数决定。省略则为循环一次。

(4) 当镜像加工完毕后，下一加工程序段应该是 G11 段的下一段。

(5) G11 不能作为整个程序的最后一段编程。若 G11 程序段位于最后时，应再加一句程序如 M02。

(6) G11 的用法以下例说明：

(7) 注意：G11 所定义的镜像段号之内，不得发生其它转移加工指令，如子程序跳转等。

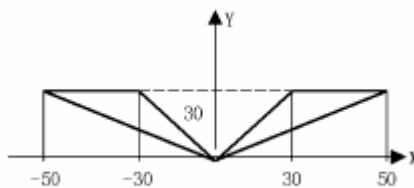


图 8.2—1

```

例 1: N0010 G01 Z-2 M03 S1000 F100
      N0020 G91 G01 X30 Y30
      N0030 X20
      N0040 G01 G90 X0 Y0
      N0050 G11 N0020.0040
      N0060 M02
    
```

#### G12——对称于 X 轴镜像

格式: G12 N×××××.×××××.×××

注: G12 指令将定义的两个程序段之间的加工沿 Y 反方向进行, 其余描述与 G11 相同。

G12 的用法以下例说明:

从图中可看出刀具中心按程序运动的轨迹, 程序如下:

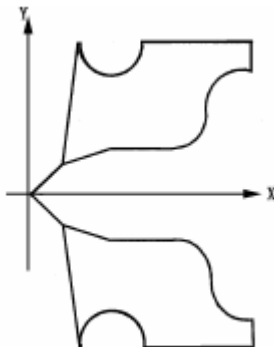


图 8.2—2

```

N0010 G01 Z-1 F1000 S1000 M03
N0020 G91 G42 T01 X20 Y20
N0030 X30 Y10
N0040 X30
N0050 G03 X15 Y15 I0 J15
N0060 G02 X15 Y15 I15 J0
N0070 G01 Y10
N0080 X-50
N0090 G02 X-30 Y0 I-15 J0
N0100 G01 G90 X20 Y20
N0110 G40 X0 Y0
N0120 G12 N0020.0110
    
```



N0130 M02

### G13——原点对称

格式: G13 N××××.××××.×××

注: G13 指令是 G11.G12 指令同时作用的效果, 其余说明与 G11.G12 相同。

G13 指令的编程用法如下:

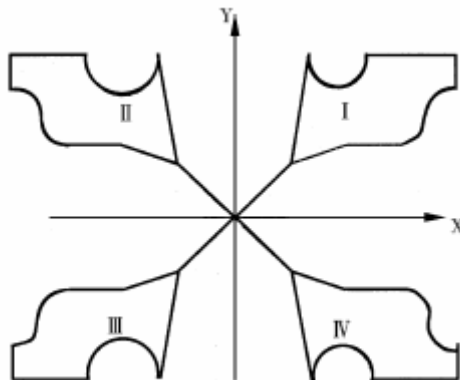


图 8.2—3

```

N0010 G01 Z-1 F100 S1000 M03
N0020 G91 G42 X20 Y20
N0030 X30 Y10
N0040 X30
N0050 G03 X15 Y15 I0 J15
N0060 G02 X15 Y15 I15 J0
N0070 G01 Y10
N0080 X-50
N0090 G02 X-30 Y0 I-15 J0
N0100 G01 G90 X20 Y20
N0110 G40 X0 Y0
N0120 G11 N0020.0110
N0130 G12 N0020.0110
N0140 G13 N0020.0110
N0150 G00 Z5
N0160 M02
    
```

以上程序加工的图形, 铣图 I 用程序段 N0020-N0110. 用 G11 功能调用程序段 N0020-N0110 铣图 II, 用 G12 功能调程序段 N0020-N0110 铣图 IV, 用 G13 功能调程序段 N0020-N0110 铣图 III.

### G17、G18、G19——插补平面选择

格式: G17

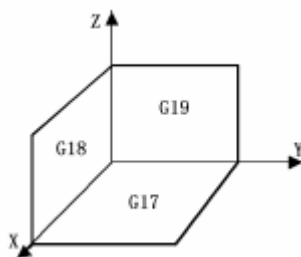


图 8.2—4

G17 选择 XOY 平面插补

G18 选择 XOZ 平面插补

G19 选择 YOZ 平面插补

G17、G18、G19 平面插补图如右：

说明：（1）只在以下情况时使用平面定义：定义刀具半径补偿平面

（2）当在 G41、G42、G43、G44 刀补时，不得变换定义平面

（3）一般的轨迹插补系统自动判别插补平面而无须定义平面

（4）三联动直线插补无平面选择问题。

（5）系统上电时，自动处于 G17 状态。

### G20——子程序调用

格式：G20 N××.××× P0.××××.××

P2.××××.××……P9.××××.××

说明：（1）N 后第一个 2 位数为要调用的子程序的程序名，允许 2 位数，小数点后 3 位数表示本次调用的循环次数，可以从 1—255 次。P1.××××.××.P2.××××.××…….P3.××××.××为变量号，其分隔点后的数字表示由该变量传递到子程序中的实际数值，最多十个参数。

（2）若 G20 段中无 P 变量，则子程序中不能出现变量 P。

（3）子程序中的参变量在 G20 调用时，必须赋予明确的数值。

（4）本段程序不得出现以上描述以外的内容。

（5）不同的子程序可重复嵌套调用 10 次，但不得调用本身。

如下程序可以说明用 P 变量编写的子程序的含义：

主程序：P10

N0020 G20 N05.2 P7.200 P3.-47.65 P9.01 P0.0

子程序：N05

N1000 G22 N05

N1005 GP9 G90 XP0 YP0 F100

N1010 XP3 EP7

N1050 G24

以上程序相当于如下程序：

N1000 G22 N05

N1005 G01 G90 X0 Y0 F100

N1010 X-47.65 F200

N1015 G24

以上例子可以说明参数的传递关系。不遵守以上规则，系统将出错。用 P 变量编写的子程序实例如下：

主程序：

```
N0010 S1000
N0020 G20 N50 P1.-3
N0030 G20 N50 P1.-6
N0040 M02
```

子程序：N50

```
N0010 G22 N50
N0020 G00 Z2
N0030 G41 G01 X0 Y0 F100
N0040 G01 ZP1
N0050 Y20
N0060 G02 X60 Y20 I30 J0
N0070 G01 Y0
N0080 X45
N0090 G03 X15 Y0 I-15 J0
N0100 G01 X-5 Y0
N0110 G00 Z2
N0120 G40 G01 X0 Y0
N0130 G24
```

### G22——子程序定义

格式：G22 N××

说明：（1）子程序名以 N 开头，N 后的二位数子程序名。

（2）编 G22 N×× 程序段时，不得有其它指令出现。

（3）G22 与 G24 成对出现，形成一个完整的子程序体。

（4）子程序内部的参数数据有二种格式：

a. 常数格式，数据中为编程给定常数，即 0—9

b. 参变量格式，程序中的功能号，参数等数字部分均可用变量表示，而变量的具体值由调用子程序的程序段传入。本系统可处理 10 个变量参数：P0. P1…P9。

（5）子程序内部不能有转移加工，镜像加工。

### G24——子程序结束返回

格式：G24

说明：（1）G24 表示子程序结束，返回到调用子程序程序的下一段。

（2）G24 与 G22 成对出现。

（3）G24 本段不允许有其它指令出现。

注意：调用子程序时如果 P 参数没有定义，则在子程序中 P 参数的值是不定的。

### G25——跳转加工

格式：G25 N×××××.×××××.××

说明：本格式所定义的循环体为 N 后面的两个程序段号之间定义的程序块，最后一个数字定义该程序块的调用次数，1—255 次，不编认为是 1。

G25 指令执行完毕后的下一段加工程序，为跳转加工程序块的下一段程序。

G25 程序段中不得出现其它指令。

例：N0010 G92 X50 Z100

```
N0020 G25 N0040.0060.02
N0030 G00 X10 Z20
N0040 G01 X40 Z80 F300
N0050 Z60
N0060 G00 X50 Z100
N0070 G04 K3
N0080 M02
```

以上程序的加工顺序是这样的：

N0010-N0020-N0040-N0050-N0060-N0040-N0050-N0060-N0070-N0080

### G26——转移加工

格式：G26 N××××.××××.×××

说明：转移加工指令执行完毕，下一个加工段为 G26 N××××.××××.×××段的下一段，这是与 G25 的区别之外，其余与 G25 相同。

例：N0005 S800 M03  
N0010 G26 N0050.0080.02  
N0020 G4 K2  
N0030 G01 X2 F20  
N0040 G00 X0 Z0  
N0050 G92 G90 X0 Z0  
N0060 G01 Z-20 X20 F300  
N0070 M00  
N0080 Z-40  
N0090 Z-60 X0  
N0100 M02

以上程序的加工顺序是这样的：

N0005---N0010---N0050---N0070—N0080—N0050---N0060---N0070---N0080  
N0020—N0030---N0040---N0050---N0060---N0070---N0080---N0090---N0100

### G27——无限循环

格式：G27 N××××.××××

说明：(1)N 之后第一段号与第二段号之间的程序段为无限循环的区间，一旦进入到 G27 状态，系统将无限地重复执行这一块程序段所定义的运行轨迹。

(2) 为保证每次循环开始时，坐标不发生偏移，要求该程序块为封闭轨迹，否则将造成每次开始时起点漂移，最终越出工作台。

### G30——放大缩小倍率取消

格式：G30

说明：执行 G31 放大缩小时，G30 取消 G31 的作用。

### G31——放大或缩小倍率

格式：G31 K××.××

说明：(1) 倍率范围为 0.001—65.5，即 K0.00. —K65.5

(2) 倍率的效果是将加工轨迹的各个部分尺寸均匀地放大或缩小 K 倍。

(3) 倍率对刀具尺寸不产生效果。

### G40——取消刀具半径补偿

格式：G40

说明：(1)G40 的切削方向如图。使刀具在工件轮廓的左边补偿进行切削运动

- (2) G41 发生前，刀具参数必须在主功能 PARAM 中刀具参数内设置完成。
- (3) G41 段程序，必须有 G01 功能及对应的坐标参数才有效，以建立刀补。

#### G41——左边刀具半径补偿

格式: G41 G01 X\_Y\_

- 说明: (1) G41 的切削方向，使刀具在工件轮廓的左边补偿进行切削运动
- (2) G41 发生前，刀具参数必须在主功能 PAPAM 中刀具参数内设置完成。
  - (3) G41 段程序，必须有 G01 功能及对应的坐标参数才有效，以建立刀补。

#### G42——右边刀具半径补偿

格式: G42 G01 X\_Y\_

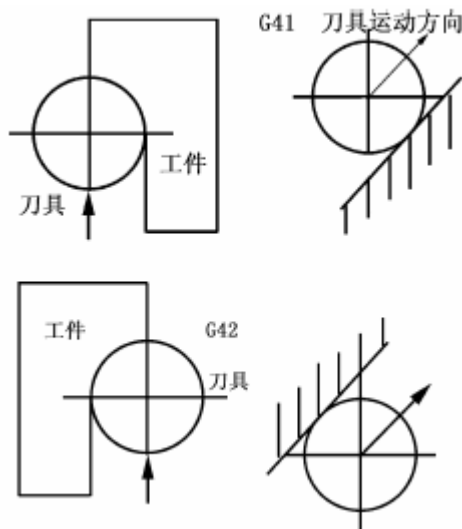


图 8.2—5

说明: G42 刀具半径补偿如图，其它说明与 G41 相同。

关于各种刀补方式详细说明如下:

##### (1) 建立刀补

为保证刀具从无刀具半径补偿运动到所希望的刀具半径补偿开始点，应提前用 G01 直线功能建立刀具半径补偿，各种情况如下图所示:

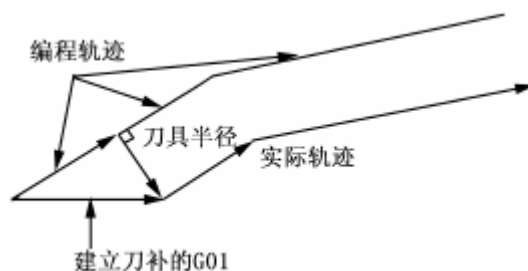


图 8.2—6

图中粗实线为实际编程轨迹，箭头线为刀补后的刀具中心轨迹。

建立刀补段必须使 G01 直线，是刀具从当前点直线运动到刀补后第一段轨迹的刀具中心偏移点处。

- (2) 二段轨迹之间的过渡情况如下图，不同轨迹的相交情况分三种情况: 光滑连接:  $>180$

度交角； $<180$  度交角。同时，根据前后二段轨迹是直线或圆弧又分 4 种，直线→直线；直线→圆弧；圆弧→直线；圆弧→圆弧

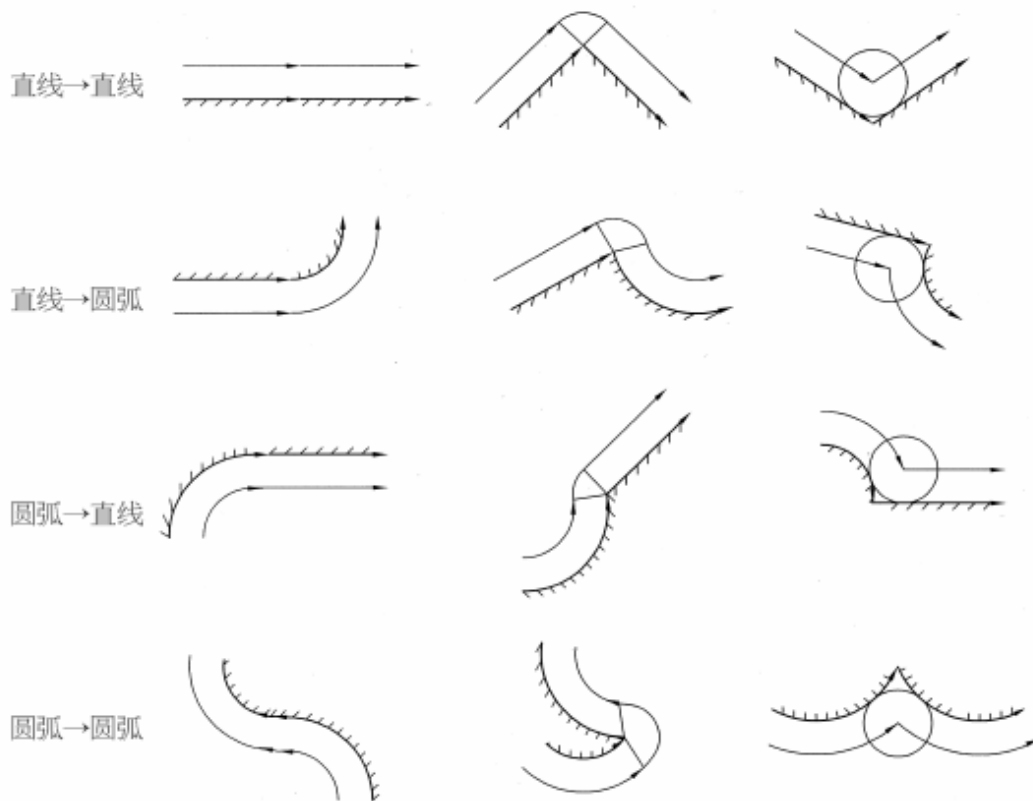


图 8.2—7

对于光滑连接，系统直接过渡，走过交点。

对于 $>180$  度情况，系统在拐点处产生一附加圆弧实现过渡。

对于 $<180$  度情况，系统则计算二段轨迹的交点。

一般简称光滑过渡为刀补机能 A。

二段轨迹夹角 $>180$  过渡为刀补机能 B。

二段轨迹夹角 $<180$  过渡为刀补技能 C。

(3) 撤销刀补的原则，最后一段刀补轨迹加工完成后，应有一段直线 G01 撤销刀补状态，它是从刀补终点运动到撤销刀补点的实际位置，这与建立刀补方式类似。

注意：刀补建立程序段和刀补撤销程序段所使用的 G01 直线段必须同 G40, G41 或 G42 编在同一程序段里，其后写上坐标参数。

以一个综合性为例：

前面的综合示例编程为：

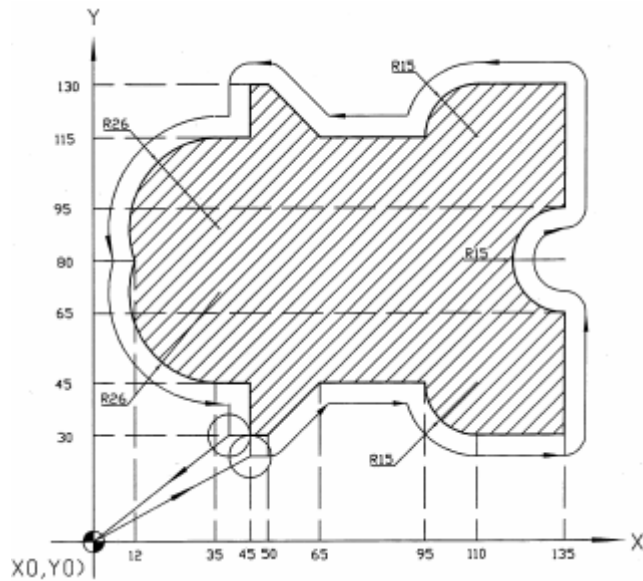


图 8.2—8

程序名: P00

```

N0010 G0 X0 Y0
N0020 T1
N0030 G42 G01 X45 Y30 F500
N0040 G01 X50 Y30
N0050 G01 X65 Y45
N0060 G01 X95 X45
N0070 G03 X110 Y30 R15
N0080 G01 X135 Y30
N0090 G01 X135 Y65
N0100 G02 X135 Y95 R15
N0110 G01 X135 Y130
N0120 G01 X110 Y130
N0130 G03 X95 Y115 R15
N0140 G01 X65 Y115
N0150 G01 X50 Y130
N0160 G01 X45 Y130
N0170 G01 X45 Y115
N0180 G01 X35 Y115
N0190 G03 X12 Y80 R26
N0200 G03 X35 Y45 R26
N0210 G01 X45 Y45
N0220 G01 X45 Y45
N0230 G40 G01 X0 Y0
N0240 M02

```

说明: 刀具半径补偿主要用于补偿刀具半径对实际轮廓的影响, 从而只需按实际轮廓编程, 而无须按刀具中心编程, 它带来的另一个好处就是可以简单地改变刀具表中的半径值, 可

以改变切削余量，避免了由于余量变化而重复计算编程的工作。

#### G43——建立刀具长度补偿

格式: G43

说明: 刀具长度补偿, 是用来补偿刀具长度差值的, 当实际刀具长度与编程刀具长度不一致时, 可以通过刀具长度补偿功能实现对刀具长度差值的补偿。

刀具长度补偿通常只要把实际刀具长度与编程刀具长度之差作为偏置值存入刀具偏置参表即可。

G43 和 G44 必须在程序里成对出现。

#### G44——撤销刀具长度补偿

格式: G44

说明: G44 的功能是将刀具长度补偿撤销, 使刀具偏置存储器里的 Z 轴长度偏置值不起作用。

#### G47——短直线速度自动过渡

格式: G47

说明: 在加工非圆曲面时, 一般 CAD/CAM 软件是在保证一定精度的前提下用很短的直线来逼近曲面, 数控系统控制各个坐标轴在两段直线之间进行速度调整, 在保证切削线速度不变的前提下从一段直线过渡到下一段直线, 避免了每一段短直线都升速减速造成线速度不均匀的现象, 降低机床的震动, 提高实际切削速度和表面光洁度。G47 有效是, 两短直线必须符合以下条件才能自动过渡。

(1) 直线长度  $< 18.9 \text{ mm}$  (2) 两直线交角  $< 20^\circ$

#### G48——取消 G47

格式: G48

说明: G47、G48 为选项功能、除非特别制定, 否则数控系统不包含该功能。

#### G53——撤销零点偏置

格式: G53

说明: (1) 在零点偏置后, G53 功能将使加工零件的编程零点恢复到最初设定的编程零点。

(2) G53 功能必须在执行过零点偏置功能后才有效。

#### G54——绝对零点偏置

格式: G54 X\_Z\_

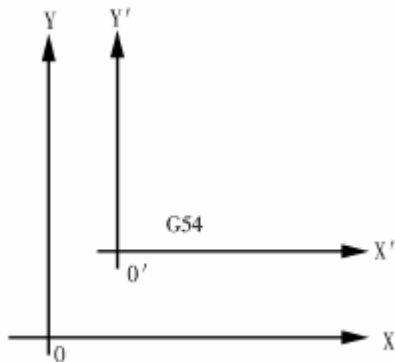


图 8.2—9

说明: (1) G54 功能将使编程原点平移到  $X' \ 0' \ Z'$  所规定的坐标处。



- (2) X、Z 两个坐标可以全部平移，也可以一坐标平移，不编入的坐标，其原点不  
平移。
  - (3) G54 功能为独立程序段，本段不得出现其它指令。
  - (4) G54 以后的程序段，将以 G54 建立的新的坐标系编制，不必考虑原坐标系的  
影响。
  - (5) 加工时动态坐标显示仍然相对最初的坐标系原点。
  - (6) G54 本身不是移动指令，它只是记忆坐标偏置。
- 例：

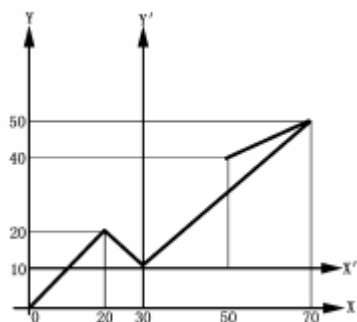


图 8.2—10

```

N0010 G92 G90 X40 Z65
N0020 G01 X60 Z45 F100
N0030 G54 Z35
N0040 G01 X50 Z0
N0050 X80 Z-20
N0060 G53
N0070 M02
    
```

### G55——增量零点偏置

格式：G55 X\_Z\_

说明：G55 功能将使坐标系的原点从刀具的当前位置增量平移 XZ 形成新的坐标系。

其它注意事项同 G54

例：

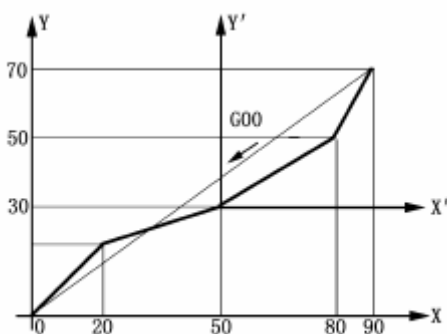


图 8.2—11

```

N0010 G90 G92 X20 Z70
N0020 G01 X40 Z50 F100
N0030 G55 Z-10
N0040 G01 X50 Z0
N0050 X60 Z-20
N0060 G53
N0070 M02
    
```

### G56——当前点偏置

格式: G56

说明: (1) G56 功能将刀具的当前位置设定为坐标原点, 以后编程均以这点为坐标原点, 不必考虑原坐标系的影响。

(2) 其余与 G54 相同。

例:

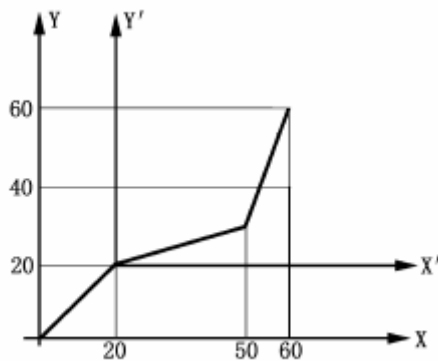


图 8.2—12

```

N0010 G90 G92 X20 Z60
N0020 G01 X40 F100
N0030 G56
N0040 G02 Z-20 I0 K-10
N0050 G53
N0060 M02
    
```

### G73——高速深孔加工循环

用于 Z 轴的间歇进给, 使深孔加工时容易排屑, 减少退刀量, 可以进行高效率的加工。

格式: G73 X\_Y\_Z\_I\_J\_K\_R\_F

Z: 孔顶坐标 I: 孔底坐标 J: 每次进给深度, 绝对值表示

K: 每次退刀量 R: 延时时间 F: 进给速度

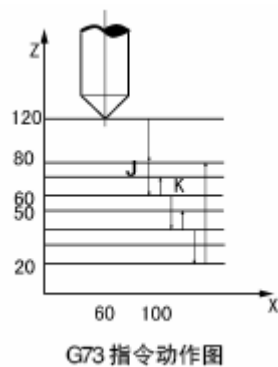


图 8.2—13

例：G92 X60 Z120

M03

G90 G73 X100 Z80 I20 J20 R1 F600

或 G91 G73 X40 Z-40 I-60 J20 K10 R1 F600

M05

M02

G73 指令动作循环如图。

#### G76—从当前位置返回加工起始点

格式：G76 X\_Z\_

说明：（1）本段中不得出现其他内容

（2）机床上相对于原点的坐标以大坐标显示，某一位置的坐标可记忆与 18#、19#、26#参数，该功能可从机床任意位置回到该处，速度与 G00 相同。

（3）加工开始点时参考加工原点所设定的点，G76 执行的结果是使刀尖移动到与参数 18#、19#、26# 相同的坐标位置。

#### G78——精镗循环

G78 精镗时，主轴在孔底定向停止后，向刀尖反方向移动，然后快速退刀，以保护已加工的平面不被划伤。

格式：G78 X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_K\_F\_

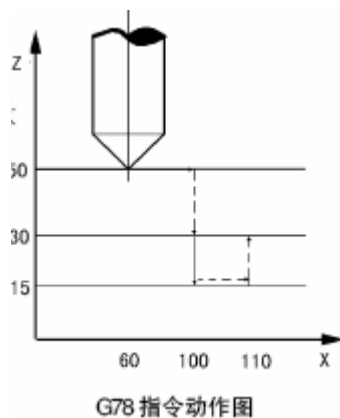


图 8.2—14

Z:孔顶坐标 R:孔底坐标 I:X 轴刀尖反向位移量  
J:Y 轴刀尖反向位移量 K:延时时间 F:进给速度

例:

G92 X60 Z50

M03

G90 G78 X100 Z30 R15 I10 K1.8 F300

或 G91 G78 X40 Z-20 R-15 I10 K1.8 F300

G78 指令动作循环如图所示。

### G81——中心孔钻孔循环

格式: G81 X\_Y\_Z\_I\_F\_

Z:孔顶坐标 I: 孔底坐标 F: 进给速度

例:

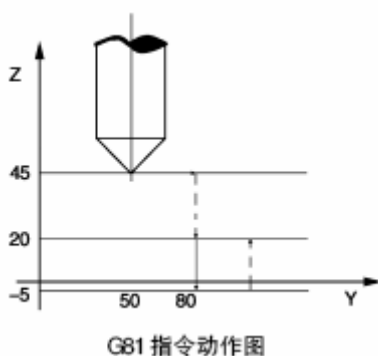


图 8.2—15

G92 Y50 Z45

M03

G90 G81 Y80 Z20 I-5 F300

或 G91 G81 Y30 Z-25 I-25 F300

G81 指令动作循环如图所示:

### G82——带停顿的中心孔钻孔循环

格式: G82 X\_Y\_Z\_I\_R\_F\_

Z:孔顶坐标 I:孔底坐标 R:延时时间 F:进给速度

G82 主要用于加工盲孔,以提高孔深精度。

例: G92 Y50 Z80

M03

G90 G82 Y80 Z60 I-60 R1.6 F500

或 G91 G82 Y30 Z-20 I-70 R1.6 F500

G92 指令动作循环同 G81。

### G83——深孔加工循环

用于 Z 轴的间隙进给,使深孔加工时容易排屑,减少退刀量,可以进行高效率的加工。

格式: G83 X\_Y\_Z\_I\_J\_K\_R\_F\_

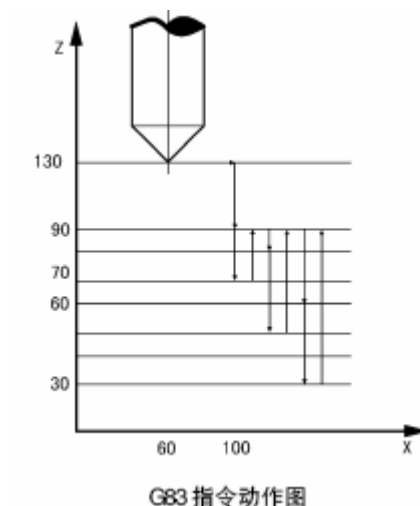


图 8.2—16

Z: 孔顶坐标    I: 孔底坐标    J: 每次进给深度    K: 每次退刀后, 再次进给时, 由快进转换为工进时距前一次加工面的距离

R: 延时时间    F: 进给速度

#### G84——公制钢性攻丝循环

格式: G84 Z\_K\_L\_N\_

说明: (1) G84 只能在安装主轴编码器的情况下使用。

(2) Z, K 为公司长度与螺距。

N: 当攻丝进给达到 Z 值后, 系统发出主轴停止信号, 当主轴降至该转速时, 系统发出主轴反转信号, 从而节省反转时间, N 不编则由 83# 参数确定。

L: 补偿量, 可减少断丝攻的可能性, 取值范围为 0—15, 一般推荐值为 6。

#### G85——英制钢性攻丝循环

说明: 格式与说明与 G84 相同, 只是 K 值以牙/英寸计。

#### G86——镗孔循环

格式: G86 X\_Y\_Z\_I\_F\_

Z: 孔顶坐标    I: 孔底坐标    F: 进给速度

与 G81 相比, G86 指令到孔底时主轴停止。

例:

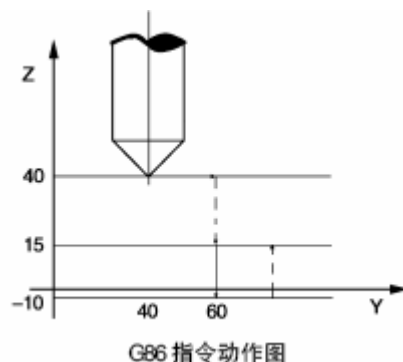


图 8.2—17

```
G92 G86 Y60 Z15 I-10 F500
M03
G90 G86 Y60 Z15 I-10 F500
或 G91 G86 Y20 Z-25 I-25 F500
```

G86 指令动作循环如图。

### G87——反镗循环

格式: G87 X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_F\_

Z:孔顶坐标 R:孔底坐标 I:X 轴刀尖反向位移量

J:Y 轴刀尖反向位移量 F:进给速度

基本以 G78 相同, 只是从孔底开始起刀加工

例:

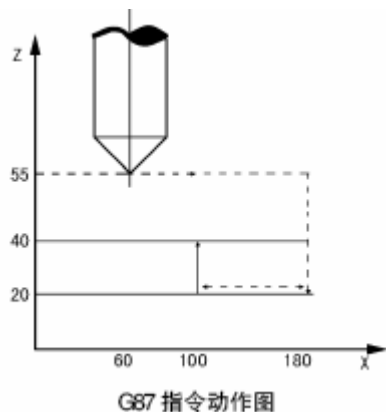


图 8.2—18

```
G92 X60 Z55
M03
G90 G87 X100 Z40 R20 I80 K1.8 F300
或 G91 G87 X40 Z-15 R-20 I80 K1.8 F300
```

G87 指令动作循环如图

### G88——镗孔循环

加工到孔底后系统停止, 须手动降刀具从孔中退出

格式: G77 X\_Y\_Z\_R\_I\_J\_K\_F\_

Z:孔顶坐标 R:孔底坐标 I:X 轴刀尖反向位移量 J:Y 轴刀尖反向位移量 K:延时时间 F:进给速度

例:

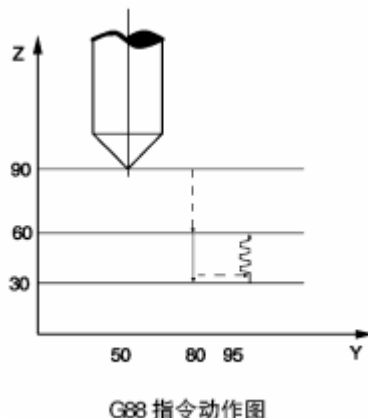


图 8.2—19

```
G92 Y50 Z90
M03
G90 G88 Y80 Z60 R30 J15 K1 F500
或 G91 G88 Y30 Z-30 R-30 J15 K1 F500
G88 指令动作循环如图
```

#### G89——带停顿的镗孔循环

格式: G89 X\_Y\_Z\_I\_R\_F\_

Z:孔顶坐标 I:孔底坐标 R:延时时间 F:进给速度

与 G86 相比, G89 指令在孔底有停顿延时

小结: (1) 快速进给是 G00 指令完成的, 速度由 P1 参数决定, 因此建议用户在使用固定循环前修改 P00 参数到较小值。

(2) 使用固定循环指令前应有 M03 或 M04 指令使主轴回转

(1) 打孔的孔位方向由顶点坐标 Z 和孔底坐标 I 的相对位置决定。

(2) 固定循环程序段 Z 坐标即是孔顶点坐标又是循环结束后的停刀点。

(3) 若固定循环程序段中数据错, 系统产生 13# 错误

(4) G88 指令只能单次使用, 固定循环结束后系统处于停止状态, 以配合手动退出刀具

#### G90——绝对值方式编辑

格式: G90

说明: (1) G90 编入程序时, 以后所有编入的坐标值全部是以编程零点为基准的

(2) 系统上电后, 机床处在 G90 状态。

例:

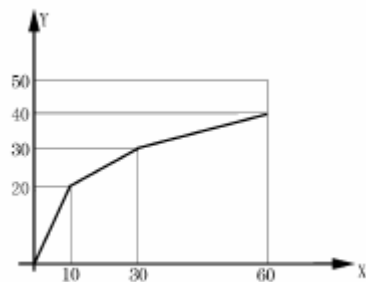


图 8.2—20

```

N0010 G90 G01 X10 Y20 F200
N0020 X30 Y30
N0030 X60 Y40
N0040 Y50
N0050 M02
    
```

### G91——增量方式编程

格式: G91

说明: G91 编入程序时, 之后所有坐标值均以前一个坐标位置作为起始点来计算运动的编程值。

在下列坐标系中, 始终以前一点作为起始点来编程。

例:

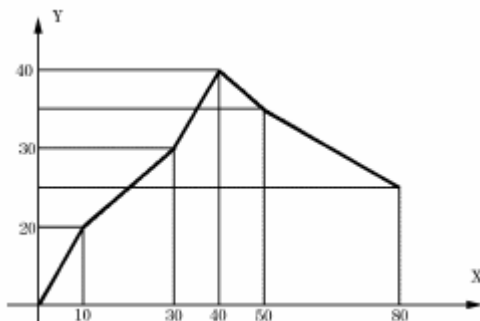


图 8.2—21

```

N0010 G91 G01 X10 Y20 F200
N0020 X20 Y10
N0030 X10 Y10
N0040 X10 Y-10
N0050 X30 Y-10
N0060 M02
    
```

### G92——设定工件坐标系

格式: G92 X\_Y\_Z\_

说明: (1) G92 只改变系统当前显示的大坐标值, 不移动坐标值, 达到设定坐标原点的目的。

(2) G92 的效果是将显示的刀尖大坐标改成设定值。



(3) G92 后面的 X.Y.Z 可分别编入, 也可全编。

## 8.3 辅助功能 (M 功能)

M 功能也称辅助功能, 用于 CNC 输入输出口的状态控制。辅助功能由字母 M 及后面两位数组成, 31DT 数控系统辅助功能有如下几个:

M00 程序暂停  
M01 条件暂停  
M02 程序结束  
M03 主轴正转  
M04 主轴反转  
M05 主轴停止  
M08 开冷却液  
M09 关冷却液  
M10 工件夹紧  
M11 工件松开  
M20 开指定的继电器  
M21 关指定的继电器  
M24 设定刀补号  
M30 返回程序开头  
M71-M85 M 功能脉冲输出

M 功能是用来使机床外部开关接通或断开的功能, 如主轴启动, 停止, 冷却电机接通或断开, M 功能常因机床生产厂家及机床结构和型号不同, 与标准规定的 M 功能有差异。

### M00——程序暂停

格式: M00

说明: 程序里出现 M00, 本段程序运行结束后暂停等待, 按下加工启动键, 程序继续运行。

### M01——条件暂停

格式: M01 K×× 或 M01 L××

说明: K 后二位数对应于某 I/O 口的编号, 程序执行到此处便停下等待, 直到外部向该 I/O 口输入一低有效的信号, 程序向下执行, 要求外部电平有效时间>100 毫秒。K 为高电平有效, L 为低电平有效。

### M02——程序结束

格式: M02

说明: M02 结束加工程序, 关主轴和冷却液, 本次循环加工结束。

### M03——主轴正转

格式: M03

说明: 程序里写有 M03 指令, 首先使主轴正转继电器吸合, 接着 S 功能输出模拟量, 控制主轴顺时针方向旋转。

### M04——主轴反转

格式: M04

说明: 与 M03 相同, 启动主轴反转继电器, 控制主轴逆时针方向旋转。

### M05——主轴停止

格式: M05

说明: (1) 程序里面出现 M05 指令, 坐标指令运行结束后, 关主轴正或反转控制继电器, 停止输出模拟量, 主轴旋转停止。

(2) 如果 12# 参数  $\neq 0$ , CNC 还输出短信号到 8# 继电器, 提供主轴制动功能。

#### **M08——开关却液**

格式: M08

说明: M08 功能在本段程序开始时执行, 接通冷却液控制继电器 (6# 继电器)

#### **M09——关冷却液**

格式: M09

说明: M09 功能在本段程序运行完毕后, 关掉冷却液控制继电器 (6# 继电器)

#### **M10——工件夹紧**

格式: M10

说明: M10 功能使控制夹紧动作的继电器合上 (9# 继电器)

#### **M11——工件松开**

格式: M11

说明: M11 撤销控制夹紧动作的继电器 (9# 继电器)

输出 M 功能控制

#### **M12 主轴进入高速档。**

#### **四速电机控制**

M13 四速电机 I 档。

M14 四速电机 II 档。

M15 四速电机 III 档。

M16 四速电机 IV 档。

#### **M20——开指定的继电器**

格式: M20 K $\times\times$

说明: K 后二位数对应某继电器号, 执行到该句后, OC 门输出有效, 使继电器板上的继电器吸合, 并延时 1 秒后继续向下执行。

#### **M21——关指定的继电器**

格式: M21 K $\times\times$

说明: K 后二位数对应某继电器号, 执行到该句后, OC 门输出无效, 使继电器板上的继电器断开, 并延时 1 秒后继续向下执行。

#### **M30——返回程序头**

格式: M30

说明: 当程序运行到 M30 时, 系统将程序指针指向程序开头并等待操作者的输入。

M41-M44

M41—四速电机 I 档输出

M42—四速电机 II 档输出

M43—四速电机 III 档输出

M44—四速电机 IV 输出。

#### **M71—M85——M 功能脉冲输出**

格式: M71

说明: 考虑到各种机床对 M 功能要求不同, 系统设置了该功能, 用于控制继电器板上的继电器输出短时间的通断信号, 其动作顺序如下 (以 M71 为例):

(1) 接到 M71 口的中间继电器吸合。

(2) 延时，延时时间由 15# 参数决定，15# 参数=0 时延时 0.4 秒

(3) 断开继电器

### F. S. T 功能

F、S、T 功能是进给功能、主轴功能、刀具功能的简称。

#### F——进给功能

进给功能一般称 F 功能，F 功能可以直接规定 G01、G02、G03 的进给速度，F 功能用字母 F 及 F 后数字表示，其切削进给速度为毫米/分，31DM 数控系统的进给速度从 F1—F60000mm/min 之间，用户可根据实际切削情况，任意选择。

#### S——主轴转速控制

主轴控制分主轴变频调速电机和主轴用变速电机（双速电机、三速电机）两种。  
主轴带变频电机

由 Sxxxx、M03、M04、M05、03#参数、04# 参数、11#—14# 参数实现主轴控制，确定主轴控制的模拟量输出。一般机床主轴有一级手工换挡，以实现不同的转速范围，使得低速时仍有较大的输出扭矩。31DT 可输出高速，低速两档模拟电压值，高低档的速度上限分别由 P 参数中的 3# 参数、4# 参数决定。

数字量控制主轴运转

指令为 S1、S2、S3，配合 M03、M04、M05 使用。M03、M04、M05 确定主轴正转、反转或停。

#### T——刀具功能

刀具功能也称 T 功能，用来进行刀具选择。刀具功能用字母 T 及后面的数字组表示。31DM 共有 10 把刀具参数地址，即从 T01—T10。在 PARAM 状态下，按 F1 键，屏幕上显示 10 把刀具参数，操作者可在这一屏里，键入实际刀具参数，Z 是当前刀具长度与标准刀具长度之差 R 是刀具半径。

当程序里编有刀具半径补偿，刀具长度补偿时，控制系统就从刀具参数里调用相应的刀具参数进行补偿。

T 功能格式

n: 刀补号 (1—10)

刀补号一旦产生，CNC 便连续进行记忆，该记忆是在电池保护的内存内，由于种种原因，有可▲▼能造成刀补号被破坏，为了防止这种情况，建议每次关机前采用记忆的功能将 CNC 内部的关键数据存入电子盘，每次开机后再将保存的数据进行恢复。

地址：南京市广州路 5 号君临国际 A 幢 1306 室

邮编：210008

电话：025-51860015

传真：025-51860015

网址：<http://www.swansc.com>

E-mail：[sales@swansc.com](mailto:sales@swansc.com)

南京斯沃软件技术有限公司