# GSK21MA 加工中心数控系统

# 编程手册



广州数控设备有限公司

GSK CNC EQUIPMENT CO., LTD.

在本使用手册中，我们将尽力叙述各种与该系统操作相关的事项。限于篇幅限制及产品具体使用等原因，不可能对系统中所有不必做和/或不能做的操作进行详细的叙述。因此，本编程手册中没有特别指明的事项均视为“不可能”或“不允许”进行的操作。

本使用手册的版权，归广州数控设备有限公司所有，任何单位与个人进行出版或复印均属于非法行为，广州数控设备有限公司将保留追究其法律责任的权利。

# 公 司 简 介

广州数控——中国南方的数控产业基地，国家 863《中档数控系统产业化支撑技术》重点项目承担企业。多年来致力于开发、生产机床数控系统，伺服驱动装置与伺服电机，广泛推广机床数控化改造、数控技术培训业务，开展数控机床贸易服务——集科、工、贸于一体。产品配套国内 50 多家机床生产企业，售后服务网点遍布全国，GSK 系列产品以高的性能价格比畅销全国，远销东南亚。2000 年至 2005 年，产品产销量连续六年居国内第一，为全国最大机床数控系统生产基地。

# 现 场 技 术 支 持 服 务

如果您遇到通过电话不能解决的问题，您可以获得现场支持的服务，广州数控设备有限公司将授权技术支持工程师到现场帮您解决技术问题。

# 前 言

尊敬的客户：

对您惠顾选用广州数控设备有限公司的**GSK21MA** 加工中心数控系统（以下可简称为“系统”），我们深感荣幸！

## 关于使用手册

使用手册全面地介绍了 GSK21MA 系统的特性、系统组成、各部分的系统命令及其使用、操作步骤、用户编程方法及示例等，是用户快速学习和使用本系统的基本手册。本手册的更新和升级事宜，由广州数控设备有限公司授权并组织实施。未经广州数控设备有限公司授权或书面许可，任何单位或个人无权对本手册内容进行修改或更正，广州数控设备有限公司概不负责由此而造成的客户损失。

## 技术支持

广州数控设备有限公司提供对 GSK21MA 数控系统的全部技术支持，包括用户培训、软、硬件升级及技术咨询。

广州数控设备有限公司提供了各种方式，尽最大可能帮助您解决关于 GSK21MA 数控系统产品的问题。如果您在使用 GSK21MA 数控系统的过程中遇到了问题，您可以在 GSK21MA 数控系统帮助系统中使用用户在线帮助功能。如果您希望得到更多的技术资料，请查阅 GSK21MA 数控系统的使用手册，或访问本公司网站。

## 终身服务

在您购买 GSK21MA 数控系统的同时，您将填写一张 GSK21MA 数控系统用户登记卡。从此时起，您就成为众多广州数控系统用户大家庭中的一员。广州数控设备有限公司凭借此卡，向您提供终身技术支持及软、硬件升级服务。

## 电话热线服务

在 GSK21MA 数控系统的使用过程中，不论您何时何地遇到问题，您都可以拨打技术支持电话，广州数控设备有限公司将给您以满意的答复。

**所有规格和设计如有变化，公司恕不另行通知。**

**诚挚的感谢——您在使用广州数控设备有限公司的产品时，对我们的友好支持！**

# 安全警告及注意事项

⚠操作不当将引起意外事故，必须要具有相应资格的人员才能操作本系统。操作之前请务必仔细阅读本使用手册！

# 目 录

## 产 品 简 介

功能介绍.....1
驱动器.....1
存储容量.....1
电机.....1
程序功能.....1
数控功能.....1
编程.....2
仿真.....错误！未定义书签。
操作模式.....错误！未定义书签。
刀具.....错误！未定义书签。
通讯.....2
操作.....2
补偿.....2
PLC 区.....2
安全.....2

## 编 程 篇

1 编程基础知识.....3
1.1 刀具沿着工件的形状运动—插补功能.....3
1.2 进给功能.....4
1.3 加工图样和刀具的运动.....5
1.3.1 机械零点.....5
1.3.2 机床坐标系.....5
1.3.3 参考点.....5
1.3.4 工件坐标系.....6
1.3.5 坐标系与平面.....7
1.4 切削速度—主轴功能.....9
1.5 各种功能操作指令—辅助功能.....9
1.6 刀具形状和刀具加工—刀具补偿功能.....10
1.6.1 刀具长度补偿.....10
1.6.2 刀具半径补偿功能.....10
1.7 刀具移动的范围—行程校验.....12
1.8 控制轴.....12

1.9 小数点编程 ..... 12
1.10 程序框架的定义 ..... 13
1.10.1 指令 ..... 13
1.10.2 程序段 ..... 16
1.10.3 主程序和子程序 ..... 16
2 准备功能 G 代码 ..... 22
2.1 准备功能 G 代码的种类 ..... 22
2.2 参数的构成 ..... 25
2.3 基本参数字和指令值范围 ..... 26
2.4 简单 G 代码 ..... 27
2.4.1 快速定位 G00 ..... 27
2.4.2 直线插补 G01 ..... 29
2.4.3 绝对值/增量编程 G90/G91 ..... 30
2.4.4 圆弧（螺旋）插补 G02/G03 ..... 31
2.4.5 暂停(G04) ..... 36
2.4.6 单方向定位（G60） ..... 37
2.4.7 系统参数的在线更改(G10) ..... 38
2.4.8 工件坐标系 G54～G59 ..... 40
2.4.9 选择机床坐标系 G53 ..... 45
2.4.10 浮动坐标系 G92 ..... 45
2.4.11 标平面选择 G17/G18/G19 ..... 47
2.5 参考点 G 代码 ..... 48
2.5.1 返回参考点 G28 ..... 49
2.5.2 从参考点自动返回 G29 ..... 50
2.6 固定循环 G 代码 ..... 51
2.6.1 高速深孔加工循环 G73 ..... 56
2.6.2 钻孔循环，点钻循环 G81 ..... 58
2.6.3 钻孔循环，锪镗循环 G82 ..... 59
2.6.4 排屑钻孔循环 G83 ..... 61
2.6.5 右旋攻丝循环 G84 ..... 63
2.6.6 左旋攻丝循环 G74 ..... 64
2.6.7 精镗循环 G76 ..... 66
2.6.8 镗孔循环 G85 ..... 67
2.6.9 镗孔循环 G86 ..... 69
2.6.10 镗孔循环，背镗孔循环 G87 ..... 70
2.6.11 镗孔循环 G88 ..... 72
2.6.12 孔循环 G89 ..... 74
2.6.13 右旋刚性攻丝 G84 ..... 75
2.6.14 左旋刚性攻丝 G74 ..... 77

2.6.15 固定循环取消 G80 ..... 79
2.6.16 举例 ..... 79
2.7 刀具补偿 G 代码 ..... 82
2.7.1 刀具长度补偿 G43、G44、G49 ..... 82
2.7.2 刀具半径补偿 G40/G41/G42 ..... 84
2.7.3 刀具半径补偿的详细说明 ..... 91
2.8 进给 G 代码 ..... 109
2.8.1 进给方式 G64/G61/G63 ..... 108
2.9 宏功能 G 代码 ..... 109
2.9.1 用户宏程序 ..... 109
2.9.2 用户宏指令 ..... 109
2.9.3 用户宏程序本体 ..... 110
2.9.4 用户宏程序实例 ..... 117
3 辅助功能 M 代码 ..... 119
3.1 由 PLC 控制的 M 代码 ..... 119
3.1.1 正、转指令（M3、M4） ..... 119
3.1.2 主轴停转指令 M5 ..... 120
3.1.3 冷却开、关（M8、M9） ..... 120
3.1.4 润滑开、关（M32、M33） ..... 120
3.2 控制程序用的 M 代码 ..... 120
3.2.1 程序结束并返回（M30） ..... 120
3.2.2 程序暂停（M00） ..... 121
3.2.3 程序选择暂停（M01） ..... 121
3.2.4 主程序调用子程序指令（M98） ..... 121
3.2.5 程序结束并返回（M99） ..... 121
3.2.6 单段屏蔽功能（M50/M51） ..... 122
4 主轴功能 S 代码 ..... 122
5 进给功能 F 代码 ..... 123
5.1 快速移动 ..... 123
5.2 切削速度 ..... 123
5.3 切线速度控制 ..... 123
5.4 切削进给速度的限制 ..... 124
5.5 进给速度倍率 ..... 124
5.6 自动加减速 ..... 124
5.7 程序段拐角处的加减速处理 ..... 125
6 编程诊断 ..... 126

# 产 品 简 介

本手册主要介绍 **GSK21MA** 加工中心系统的编程相关知识，考虑到初学者对数控系统认识上的差异，特增加一节基础知识的介绍，便于操作者尽快适应本产品，深入了解和掌握系统的编程规则。

## 功能介绍

### 驱动器

- 适配 GSK－DA98 系列交流伺服驱动单元、迈信驱动单元及安川、松下、三菱等驱动单元。

### 存储容量

- 存储扩展：64M 电子盘（存放加工代码及系统程序）。

### 电机

- 广数伺服电机，如：130SJT-M050C；新华中伺服电机；日本安川、松下、三菱等伺服电机。

### 程序功能

- 程序处理：多段先读，自动拐角判断的速度控制，多段加减速以及机床最大速度箝制。

### 数控功能

- 进给轴功能：

  进给倍率：0～150%　16 级实时修调；
  快速范围：最高快移速度：36m/min　（对应反馈脉冲频率 1.25MHZ）；
  可编程加速度；
  各轴最高快移速度≤36 m/min（最小输出单位为 0.001mm 时），快移倍率 F0～100%，4 级实时修调；直线、圆弧插补最高速度≤15 m/min（最小输出单位为 0.001mm 时）；
  指令范围：±-9999.999 mm；
  最高插补速度：15m/min 。

- 主轴功能：数字主轴，主轴转速倍率 5%～150%三十级实时修调，柔性、刚性攻丝。可配多速电机，配合档位控制调速。

- 插补：最大三轴联动，螺旋插补，预处理；粗插补精度：0.1 指令单位，进给插补；位控后保证精度：±1 个反馈脉冲(脉冲当量位 0.0001mm/pulse)；加减速控制：插补为有限加速控制、快速为 S 曲线加减速，加减速时间常数可调；最小指令单位：0.001mm 或 0.0001°。

- 联动轴数：基本功能三轴联动（三轴直线、样条曲线插补，螺旋线插补，二轴任意圆弧插补），插补周期小于等于 4ms，加减速预处理程序段数大于等于 3 段；（可扩展至 5~8 轴联动，扩展四阶五次多项式插补）。

- X、Y、Z 主轴均为闭环控制，最大反馈脉冲频率 1. 25MHZ。

**编 程**

- 语言：完全兼容 CAM 后置处理的常用程序。
- G 功能：快速定位、直线、圆弧、自动回参考点、坐标系指定和偏移、圆弧插补坐标平面指定、宏指令编程、程序的跳转等。

**通 讯**

- U 盘通讯
- 硬盘数据备份
- 可与 PC 机双向传送用户程序、PLC 程序、参数、偏置数据

**操 作**

- 分辨率为 640×480 点彩色 10.4 英寸液晶显示器，软键盘
- CNC 全键盘，集成操作面板，操作面板功能键的任意配置
- 中文显示实时刷新，跟踪误差实时监测
- 多等级的访问权限保护

**补 偿**

- 反向间隙补偿
- 螺距误差补偿
- 过相限误差补偿
- 前馈进给控制

**PLC 区**

- 内置输入/输出总计 128 点（包括机床操作面板的 64 点输入/64 点输出）的 PLC，可在线实时进行 PLC 的标准语言及梯形图编程、状态实时监测

**安 全**

- PLC 自诊断功能，报警功能齐全，报警显示灵活多样
- 参数提示及非法操作报警

# 编 程 篇

本篇主要介绍与编程有关的各种操作，包括：G 功能、辅助功能、主轴功能及进给功能等。

**注意！编程者在程序开始处可以取消各种模态指令，如“G40”、“G49”“G80”等。以防止程序运行过程中模态调用错误。**

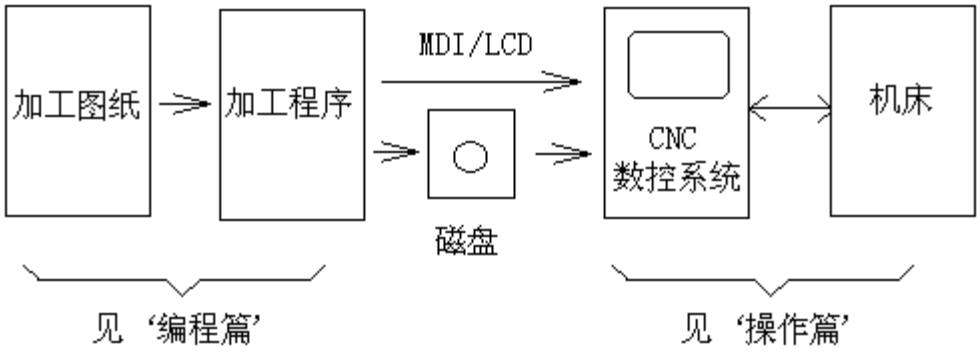
## 1 编程基础知识

用 CNC 机床加工零件时，先根据工艺编制程序，后将该程序传入系统内存或直接控制 CNC 机床。

(1) 根据加工图纸编制零件加工程序。

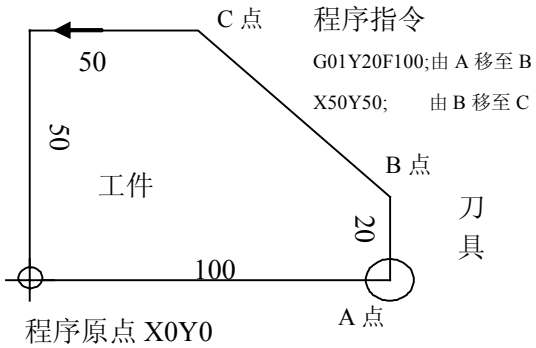
(2) CNC 读入程序后，把零件和刀具装在机床上，刀具按着程序运动，加工实际零件。

在操作一书中， 详细地记述了如何操作。

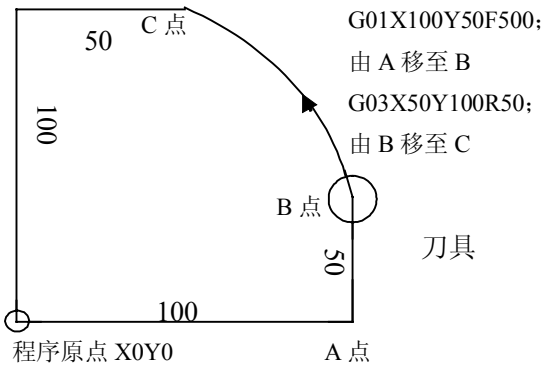



### 1.1 刀具沿着工件的形状运动—插补功能

**1）刀具沿着直线运动**



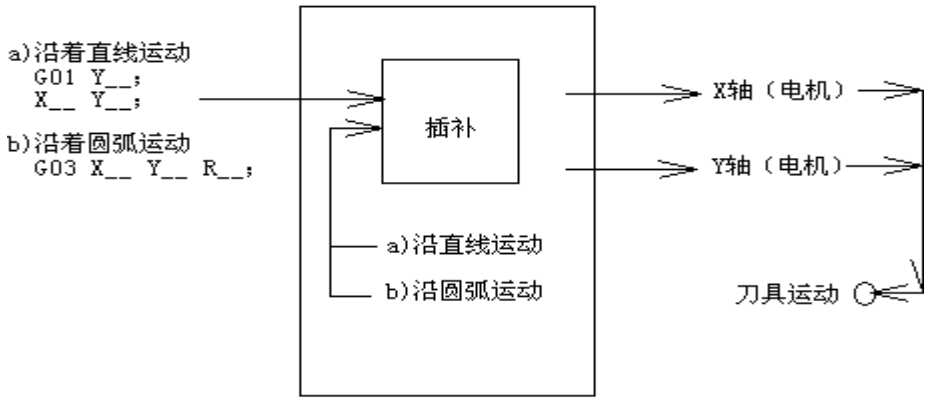
**2）刀具沿着圆弧运动**




把刀具这样沿着直线、圆弧运动的功能称为插补功能。

由于程序中通常只给出终点的坐标，而刀具以什么样的轨迹移动过去则依靠 G 指令控制。运动轨迹的中间点是由 CNC 自动运算并控制的，这就是插补的过程。

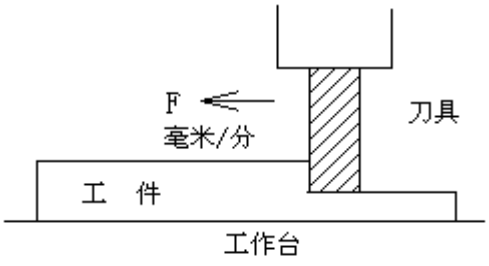
编程指令 G01，G02 等被称为准备功能， 用于指示数控装置进行何种插补。




**注：在实际机床运动中，有可能刀具不移动，而是工作台移动。为便于理解与说明，在本说明书中，全部假定刀具移动而工件静止来进行说明。实际的运动请参照机床实际运行方向，注意避免因此造成的人身和机床伤害。**

## 1.2 进给功能

决定进给速度的功能称为进给功能。



为了切削零件，用指定的速度使刀具运动称为进给，进给速度用数值指令。例如，让刀具以150mm/min 进给时，程序指令为 F150。

## 1.3 加工图样和刀具的运动

### 1.3.1 机械零点

**机械零点**是机床坐标系的设计零点，而机床坐标系是机床固有的坐标系，通常是由机床厂设定的一个基准点，是在机床上经手动回零操作把刀具返回到这个固定的基准点后建立的。

### 1.3.2 机床坐标系

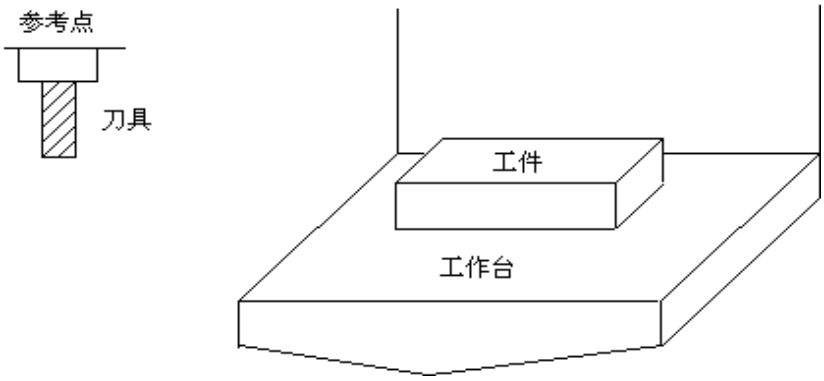
机床制造厂对每台机床设置机械零点，用机械零点作为一个固定点而设置的坐标系称为机床坐标系。

本系统采用右手笛卡儿坐标系，主轴方向的运动为Z轴运动，从主轴向工件方向看主轴箱接近工件的运动为Z轴负向运动，远离工件的运动为Z轴正向运动；其余方向由右手笛卡儿坐标系判定。

在通电之后，执行手动返回机械零点才能建立机床坐标系。机床坐标系一旦设定，就保持不变，直到电源关,系统重启或按下急停为止。

### 1.3.3 参考点

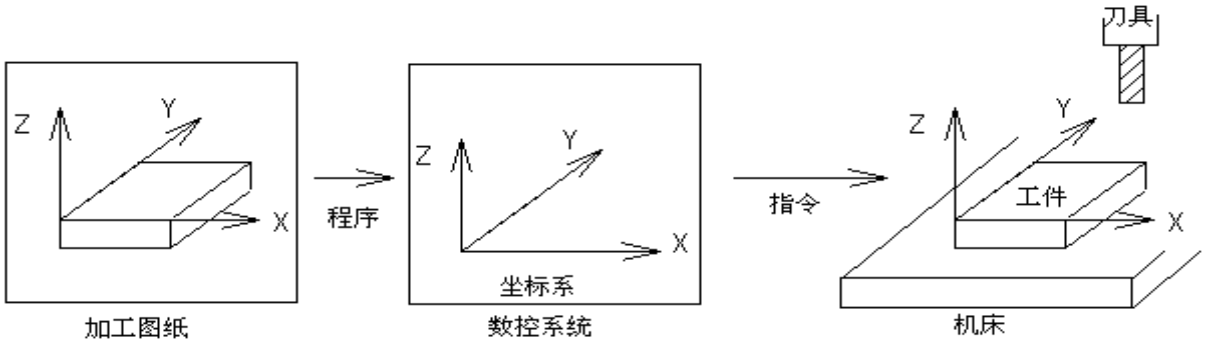
在 CNC 机床上，设计有特定的机械装置，在这个位置换刀和进行后面将要讲述的坐标系设定，这个位置称为参考点。参考点是由机床厂设定的机床坐标系下的一个固定点。一般情况下数控铣床系统的参考点与机械零点重合，而加工中心参考点通常为换刀点。




使刀具移动到参考点，有下面两种方法：

1. 手动返回参考点（见操作手册中“手动回机械零点”一节）
2. 自动返回参考点

### 1.3.4 工件坐标系



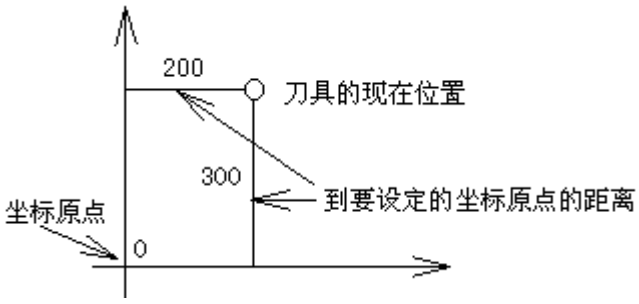

坐标系根据设定的地方不同，有下面两种：

1) 加工图纸上的编程坐标系

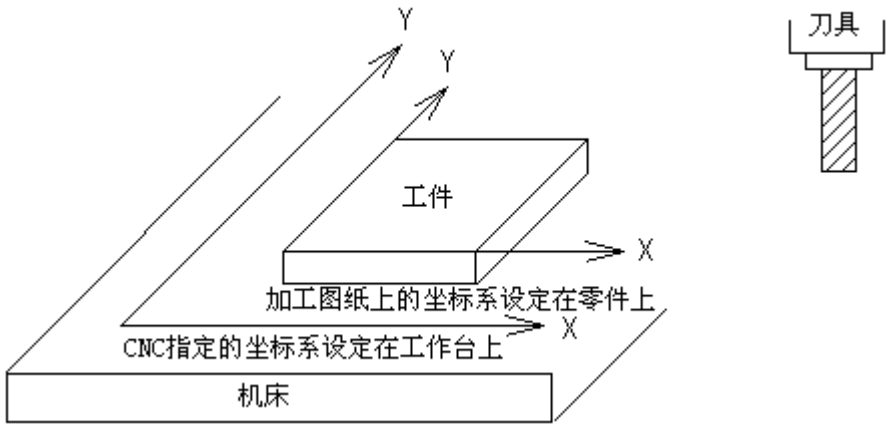
这个坐标系是由加工图纸上根据工艺要求确定， 程序中的数据使用这个坐标系下的坐标值。

2) CNC 指令的工件坐标系

这个坐标系实际设定在机床工作台或工件上。根据程序，指令指定现在的刀具位置到要设定的坐标系原点的距离，这样就设定了工作台上的工件坐标系。




工件一装在工作台上， 就产生了这两个坐标系的相对关系。

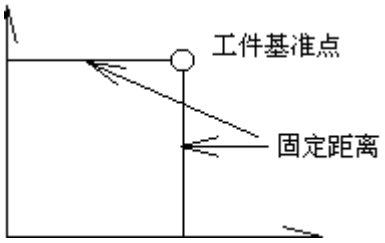



刀具在 CNC 指令的工件坐标系上，按照加工图纸上编程坐标系的指令程序把工件切削成图纸

上的形状，因此，要把零件正确地加工出图纸所示的形状，必须把这两个坐标系确定在同一位置上。

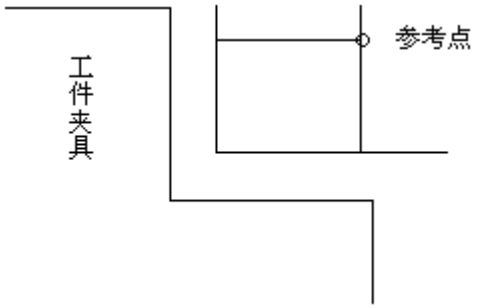
确定这两个坐标系同一位置的方法称之为找正。可根据零件的形状、加工数量等采用不同的方法。

Ⅰ) 用零件的基准点



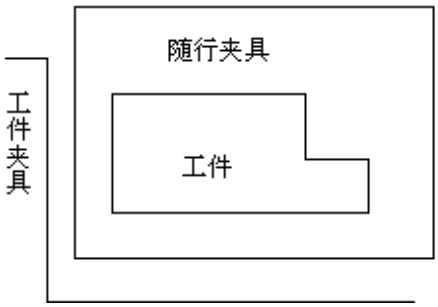

把刀具中心移动对准零件基准点， 在此位置用 CNC 指令设定工件坐标系，此时工件坐标系与编程坐标系重合。

Ⅱ) 把零件直接装在夹具上时




由于刀具中心无法直接定位于工件基准点， 因此要将刀具定位到距基准点已知距离的位置（可以是参考点）利用已知距离设定 CNC 指令的工件坐标系（如 G92）。

3) 零件装在随行夹具上， 然后再一起装在夹具上的情况




（工件夹具安装及CNC指令的坐标系的设定与（2）的情况相同）

一个加工程序设置一个工件坐标系（选择一个工件坐标系）。设置的工件坐标系可以用移动它的原点来改变。

设置工件坐标系使用二种方法之一设置工件坐标系：

1. 用G92法，具体情况见2.4.10
2. 用G54到G59法，具体情况见2.4.8

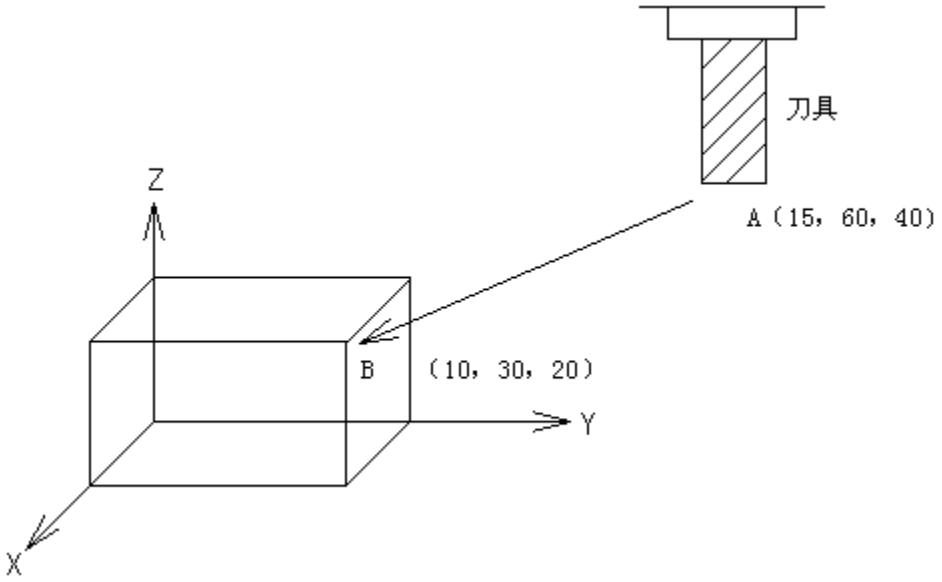
### 1.3.5 坐标系与平面

对刀具进行空间定位，除了可以指定刀具在工件坐标系下的绝对位置(G90)，即所谓的绝对值定位，还可以指定刀具相对于前一个位置的偏移量(G91)，即所谓的相对值定位。

**刀具运动指令尺寸的表示方法--绝对值和增量值指令。**

1）绝对坐标值

是在指定工件坐标系下目标位置的坐标值，即刀具要移动到的坐标位置。

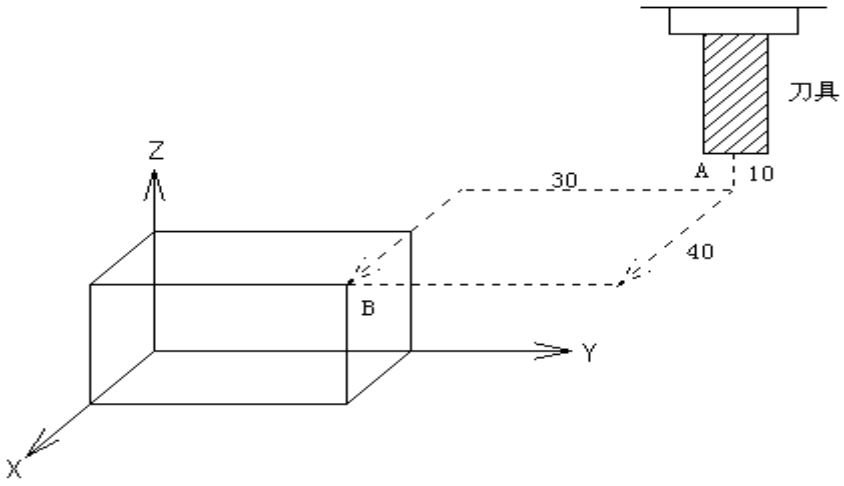



刀具从 A 点移动到 B 点， 在 G54 工件坐标系下使用 B 点的坐标值， 其指令如下：

G90 G54X10 Y30 Z20 ；

2) 增量坐标值

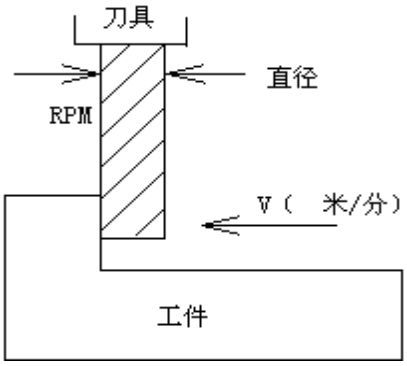
指以当前位置为坐标原点，目标位置相对当前位置的坐标值。




刀具从 A 点快速移动到 B 点， 其指令如下：

G0 G91 X-40 Y-30 Z-10；

## 1.4 切削速度—主轴功能




把切削工件时刀具相对工件的速度称为切削速度。CNC 可以用主轴转速 RPM（转/分钟）来指令这个切削速度。

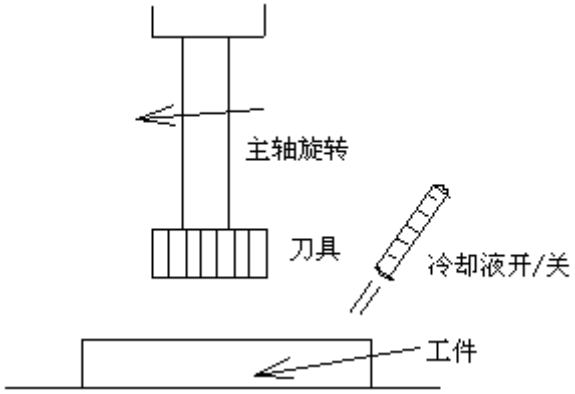
例如： 刀具直径为 100 毫米， 切削线速度用 80 米/分加工时， 根据主轴转速 N=1000V/πD 的关系， 主轴转速约 255RPM， 指令为：

S255

把有关主轴转速的指令称为主轴功能。

## 1.5 各种功能操作指令—辅助功能

实际上， 刀具开始加工工件时， 要使主轴回转， 根据需要供给冷却液， 为此必须控制机床主轴电机和冷却泵的开/关。



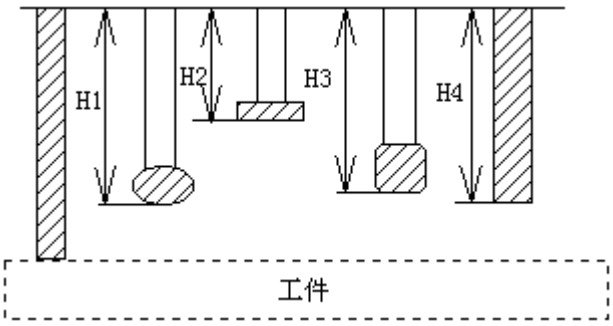

这些由系统通过 NC 指令控制程序或机床开/关动作的功能称为辅助功能，用 M 代码指令。

例如：若指令 M03，主轴就以指令的回转速度顺时针回转。（顺时针是指由主轴方向向 Z 的负方向看）。

## 1.6 刀具形状和刀具加工—刀具补偿功能

### 1.6.1 刀具长度补偿

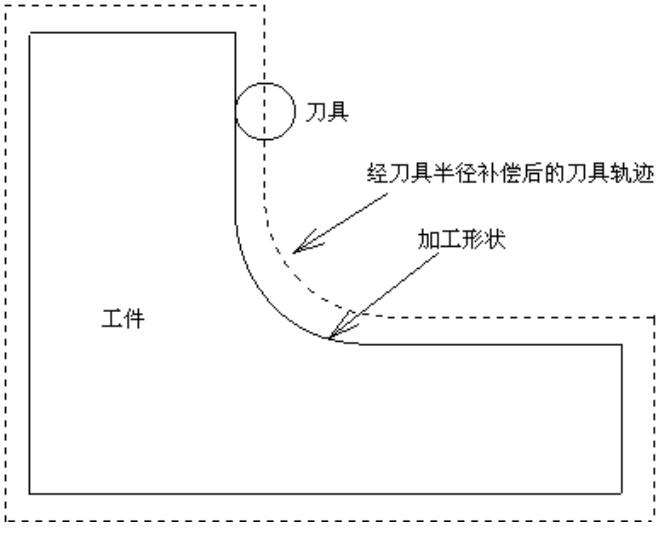
通常加工一个工件时，要使用几把刀具。如果在同一坐标系下执行如 G0Z0 的指令时，由于刀具的长度是不同的，所以刀具端面到工件的距离也不同。如果频繁改变程序就会非常麻烦，且易出错。




为此，事先测定出各刀具的长度，然后把它们与标准刀具长度的差（通常定为第一把刀）设定给 CNC。运行长度补偿程序，即使换刀，程序也不需要改变就可以加工，使刀具端面在执行 Z 轴定位（如 G0Z0）的指令后距离工件的位置是相同的。这个功能称为刀具长度补偿功能。

### 1.6.2 刀具半径补偿功能

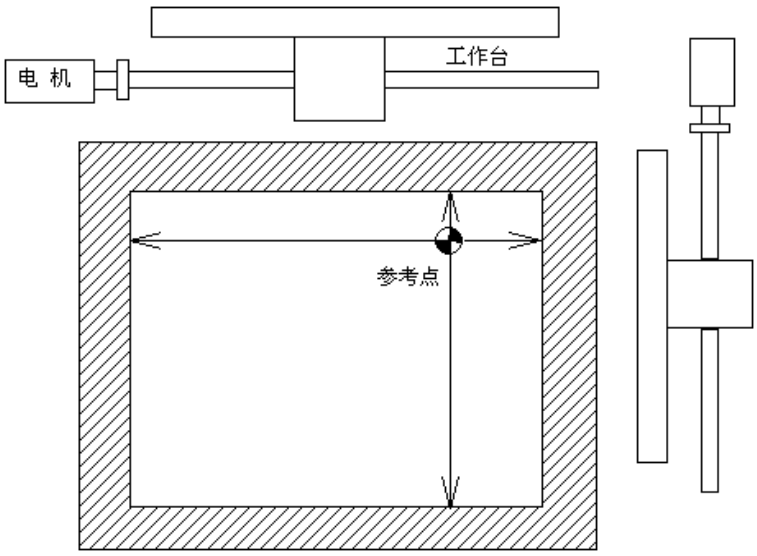
因为刀具有半径， 如果刀具按程序给定的刀具轨迹运行则会将工件切削掉刀具的半径，为了简化编程，CNC 可以相对于加工形状偏移一个刀具半径的位置运行程序，而直线与直线或圆弧之间相交处的过渡轨迹则由系统自动处理。



事先把刀具直径值存在 CNC 刀具补偿列表中，刀具就能根据程序调用不同的半径补偿量沿着加工形状偏移距离为刀具半径的轨迹运动。这个功能称为刀具半径补偿功能。

## 1.7 刀具移动的范围—行程校验

用参数设定可以指定刀具可以安全运行的范围，超出这个范围，系统将停止各轴的运动，同时系统给出超程报警。 这个功能称为行程校验即通常所讲的软限位。




## 1.8 控制轴

1 控制轴数

| | |
|---|---|
| 控制轴数 | 最多 6 轴<br>(X，Y，Z，A，B,C) |
| 同时控制轴数 | 5 轴 |

2 设定单位

| 最小设定单位 | 最小移动单位 | 最大行程 |
|---|---|---|
| 0.001 毫米 | 0.001 毫米 | 9998.999 毫米 |

本系统没有英制单位。

3 最大行程

最大行程 = 最小移动单位×99999999

## 1.9 小数点编程

数值可以带小数点输入。对于表示距离、时间和速度单位的指令值可以使用小数点， 但要受参数值限制，小数点的位置是毫米或秒的位置。小数点后的零可以省略。

Z15.0 =Z15 毫米

F10.0 ＝F10 毫米/分

可以用小数点输入的参数字如下：

X，Y，Z，I，J，K，Q，R，F。

**注：**对于只有整数意义的字母在系统内部有小数点，取整数处理。

## 1.10 程序框架的定义

### 1.10.1 指令

#### 1.10.1.1 指令的含义

**指令**是加工程序的基本功能单元。一个指令代表一个完整的操作。

例如：G0 X10 Y10，就是一个指令，表示从当前点快速移动到坐标 A 的地方，坐标 A 若是在绝对方式下，则为(10，10)的点。

从上述例中，可以看出，指令的基本格式：**地址符 ＋ 参数**。上例中，地址符为 G0，而 X10 Y10 则表示参数部分。

**地址符**可分为两部分，**指令字**和**指令值**。在 G0 X10 Y10 指令中，对于地址符 G0，其指令字为 G，指令值为 0。

为了称呼的方便，我们通常用指令来称呼代码。例如：G1 X10 Y1，G1 X20 Y 3，我们都可称为 G1 指令，只是具体到编程加工时，我们才有必要清楚参数部分，在本说明书中，也采取如此方法来称呼指令。

- **指令字**，由英文字母表示，21MA 系统中目前支持的指令字为‘G’，‘M’，‘S’，‘T’，‘F’五类。这些指令字是按其用途来分类的，如‘G’表示指令为编程加工指令，‘T’表示指令为刀具选择指令。指令字的具体介绍，请参考 2，3，4，5 章。

- **指令值**，直接跟在指令字后面的数字，由整数表示，如‘04’，指令值的小数部分将被忽略。其往往是表示某项的功能。

例如：指令 G04 P1000 中，指令值为 04，在 21MA 系统中，表示指令为编程加工指令中的 4 号指令，即为刀具暂停指令。不难理解，**指令值**必须紧跟在指令字之后，单独出现的话没有意义。如仅给出一个‘ 0 4 ’，而不提供‘G’，系统无法判断是什么指令，是表示暂停指

令（G04），还是主轴反转(M4)，因此系统会出现报错。

**注：指令值中的前零在程序中可以省略，例：**

**G00＝G0　M03＝M3　G02＝G2**

**参数**部分代表完成指令所需的辅助信息。在 G04 P0004 中，参数部分只有一个参数 P0004，表示暂停的时间，4 ms。而在 G01 X10 Y10 中，参数部分则有三个参数：X10 Y10，省略的 Z 轴上的参数，用来表示直线插补的终点坐标。对于具体指令的的参数格式以及参数定义，请参考 2 ， 3 ， 4 ， 5 章的说明。

参数可以按构造分为两部分，**参数字**和**参数值**。例如对于参数 X10 来说，参数字为 X，参数值为 10。在 G01 指令中，此参数在绝对直角方式下，X 表示坐标点的 X 轴分量为 10。

- **参数字**，由英文字母表示，如‘P’；
- **参数值**：参数字其后的值，通常为数字，或者宏程序中的“＃＋数字”。

不难理解参数字和参数值必须同时出现，具体理由同指令字和指令值类似。

有些指令，用指令字已经可以完整表示意思。例如：M3；表示主轴正转。因此，在 21MA 系统中，M3 就没有参数部分。

在编程时，在有些指令中，其参数是可以省略的，也有些参数是不可省略的。因此参数又可按性质分**必需参数**与**可省参数**。

**注意！在指令中，对于缺少必需参数的指令，系统将无法执行，会返回诊断分析。甚至出现错误动作，因此在操作之前必须详细阅读编程说明书。**

- **必需参数**：表示指令出现的地方，其也必须出现。下面举例说明：

G2 指令的所带的参数为参数 R。这个参数为必需参数。

例：

G2 X10 Y10 R5；（1）

G3 X20 Y10 R10；

则在（1）处，若省略 R5，系统则会出现诊断分析 1 0 0 5，提示参数不足，这就是由于参数 R 为必须参数，不可省略。可在(1)语句处，添加上参数 R5，即可通过。

- **可省参数**：表示指令出现的地方，其可以不出现，而是以前一指令语句中的设置为准。

例：

G0 X10 Y10 Z0；

G1 X20； （2）

则在(2)处，G1 的参数部分的参数 Y 和参数 Z 都没有出现，但系统不会出现诊断分析。这就是因为 G1 的参数 X，参数 Y，参数 Z 都为可省参数。假若没有出现的话，则表示在此参数上没有变化。例如：对(2)语句，在绝对方式下，可等同于 G1 X20 Y10 Z0，在增量方式下，可等同于 G1 X20 Y0 Z0。也就是说 G1 指令的目标点的 Y，Z 分量与执行 G1 指令时起始点的 Y，Z 分量相同。

参数到底为必需还是可省参数，请见具体指令的说明。

指令值的取值范围由系统所支持的指令表确定。对于不支持的指令字与指令值的组合，系统将返回出错信息。参数值的取值范围为+9999~ -9999 之间。超出这个范围系统可能无法正确执行加工动作。参数值的小数部分可以精确到小数点后第 3 位，之前的实数可以参与运算，而之后的尾数将被舍去。

对参数值来说，长度的基本单位为毫米，角度的基本单位为度，时间的基本单位为秒或毫秒。即参数值整数部分的最小位将取以上基本单位。

#### 1.10.1.2 指令的分类

系统将指令分为 3 类：

- 刀具移动指令
- 模态指令
- 辅助功能指令

**刀具移动指令** 需要指定**定位参数**，以实现对刀具移动的定位。定位参数的参数字只能是 X、Y、Z 中的一个。如：

X0 Y0 代表一个定位参数。

在以后的叙述中，定位参数的整体将以 IP 表示。单个定位参数的参数字以 AX 表示。必要时参数字可以增加序号以示区别。如：AX1* AX2*。

**模态指令** 是对模态进行维护的指令。刀具移动的方式当然也是模态信息的一部分。但作为系统的最终目标，系统将刀具移动指令单独列出。

**辅助功能指令** 包括与主轴控制，刀具功能，冷却，润滑，暂停等相关的指令。将在第 3 部分介绍。

本手册的第 2、3、4、5 部分将以上述分类为基础介绍系统所支持的所有指令。

### 1.10.2 程序段

**程序段**是加工程序的基本执行单元。在实际编程中，它表示为同一行中的所有指令。它可以是一组指令的集合，也可以是单个指令。

例：

```
G90 G17 G0 X10 Y10;    (1)
G1 X20 Y30;            (2)
```

对于（1）程序段，则由 G90 ，G17， G0 三个指令组成。

对于（2）程序段，则只有 G1 一个指令。

程序段以段结束符为标记。本系统的段结束符为‘;’。编程时，可以省略不写。如果省略的话，则系统在编辑保存并加载后会自动添加。

注：1、当外部载入程序，而没有加‘；’时，必须将外部载入程序在编辑模态保存。

2、NC 程序的 M30(或 M99)程序段后，如无分号';'且该程序段为文件的最后一行，系统将出现"1050 程序必须以 M30/M99 结尾"的报错信息。请在该程序段后回车添加新行，或者添加';',这为自动方式下，直接载入运行 U 盘 NC 程序的要求。

段中指令的基本执行顺序规则为：

辅助指令（M、S、T）——>其它非刀具移动指令——>刀具移动指令

还有一些特殊的执行顺序规则将会在具体的指令说明中给出。

这里给出一个段的示例：

```
G01 X0 Y0 M3 S1000 F100;
```

上例中 G01 X0 Y0 为一个基本插补指令；M3 为一个不带参数的辅助指令；S1000 为一个不带参数的辅助指令。示例执行的顺序将是正转主轴，再进行刀具移动定位。

即 M3 S1000——>G01 X0 Y0 F100。

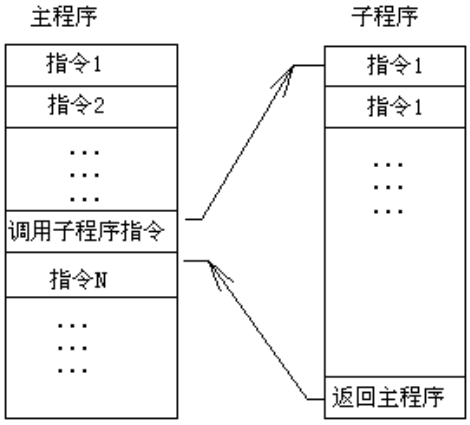
### 1.10.3 主程序和子程序

**程序**为程序段的集合。它代表一个完整的加工过程。程序必须以 M30 或 M99 结束，否则系统将返回报警信息。在 21MA 系统中，对 M30 和 M99 加以区分，M30 标记着主程序的结束。M99 为子程序结束。而在主程序结尾使用 M99 则表示返回程序开头重复运行。

### 1.10.3.1 主程序

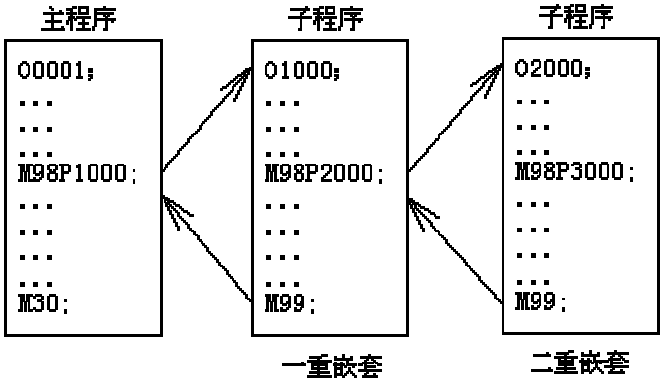
程序分为主程序和子程序。通常 CNC 是按主程序的指示运动的，如果主程序上遇有调用子程序的指令，则 CNC 按子程序运行，在子程序中遇到返回主程序的指令时，CNC 便返回主程序继续执行。

在 CNC 存储器内，主程序和子程序合计可存储容量高达 20M，主程序名可以是任意字母或数字的组合，并不受后缀名的限制，这样可方便与其它程序的通讯。选择其中一个主程序后，便可按其指示控制 CNC 机床工作。




### 1.10.3.2 子程序

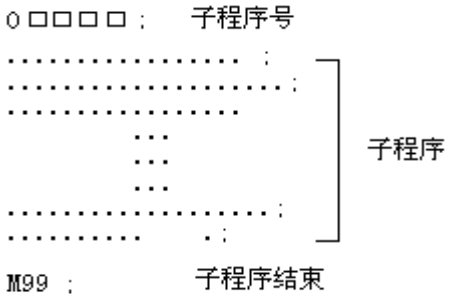
在程序中存在某一固定顺序且需重复使用的程序时，便可把它们作为子程序事先存到存储器中，这样可以使程序变得非常简单。子程序可以在自动方式下调出，并且被调出的子程序还可以调用另外的子程序。从主程序中被调出的子程序称为一重子程序，从一重子程序中调出的子程序称为二重子程序，以此类推。




可以用一条调用子程序指令连续重复调用同一子程序，目前系统最多可重复调用 9999 次。

**(A) 编写子程序**

按下面格式写一个子程序



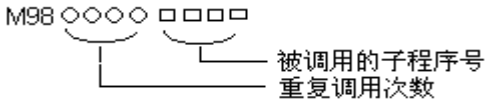

在子程序的开头，在参数字 O 后写上子程序号，在子程序最后是 M99 指令。M99 如下例，只能单独的一个程序段。

例： X100……M99 ；（错误）

**注意！** 子程序的子程序号必须是 O 开头的四位数字，以保证与 M98 调用时的数字相对应，否则，子程序将不被执行。

**(B) 子程序的执行**

子程序由主程序或子程序调用指令调出执行。调用子程序的指令格式如下：

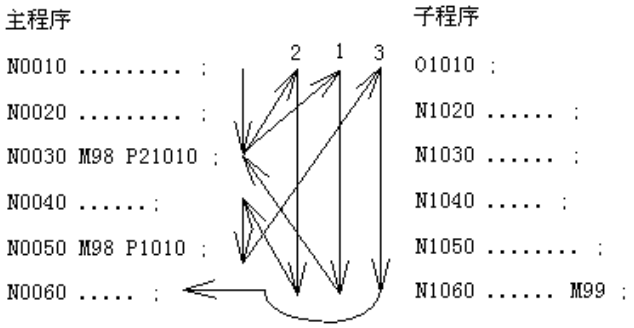



如果省略了重复次数， 则认为重复次数为 1 次。

(例) M98 P51002 ；

表示子程序为 O1002 的子程序连续调用 5 次。M98 P_ 只可单独存在于一个程序段中。

从主程序调用子程序执行的顺序




**注 1：在子程序中调用子程序与在主程序中调用子程序的情况一样。**

**注 2：当检索不到用参数字 P 指定的子程序号时， 产生报警。**

**注 3：用 MDI 输入 M98 P○○○○ ；时， 将会调用子程序，但不建议这样使用。**

**注 4：子程序间的调用不可形成循环调用关系，否则系统会报错。**

**注 5：允许主程序与子程序不在同一文件中。例如：主程序存在 A.txt 文件中，而子程序存在以子程序号（“0”后面的数字）为文件名的文件中，则可实现 A 中的程序对此子程序的调用。另外,如果主程序和文件列表中均有开头以“0”并且程序名一样的子程序,系统默认主程序中的子程序并调用,而不调用文件列表中的子程序。**

**注 5：文件列表中的子程序名必须加后缀（.DAT），否则系统无法识别。**

**注 6：目前系统子程序调用次数默认最大为 9999 次，如果用户有特别需要则可以在购买时提出。**

**注 7：文件列表中的子程序里面最好不要存在其它的子程序定义。**

### 1.10.3.3 跳过任选程序段

把"/"斜杠放在程序段的开头，当操作面板上的跳过任选程序段开关置于 ON 时，在自动运行时，带有"/"的程序段无效。当跳过任选程序段开关置于 OFF 时，则带有"/"的程序段有效。也就是说含有"/"的程序段根据操作的选择，可以跳过。

跳过任选程序段开关 ON 时， 其无效的范围如下：

/N123 G01 X4……； N7890

|← 无效范围 →|

(例) N100 X100 ；

/N101 Z100 ；

N102 X200 ；

在上面的程序中，如果跳过任选程序段开关是 ON 时，则 N101 程序段被跳过。

**注 1：** "/"必须处于程序段的开头，如果不在开头，则从"/"开始到最近一个“；”之间的信息被跳过。

**注 2：** 跳过任选程序段是从存储器把信息读到缓冲存储器时处理的。已读入到缓冲寄存器中的信息， 即使开关置于 ON， 已读入的程序段也有效。

**注 3：** 在顺序号查找替换时，本功能也有效。

**注 4：** 在程序通过接口传入存储器中时，此功能无效。即无论跳过任选程序段的开关状态为何，含有"/"的程序段都被存入。

**注 5：** 存储器内程序输出时，也与跳过任选程序段开关状态无关。

### 1.10.3.4 行注释符($)

行注释符：本行$符号后的内容将被忽略，不被解释执行。

**注 1：** $符号可用来为程序添加注释，增加 NC 代码的可读性。

**注 2：** 可以被用作跳段符的功能。可以把不需要执行的 NC 代码注释掉，不过这样的话，不论在何种情况下，该行程序都不执行。

**宏程序举例：**

例：下面的宏程序用来分层铣削一工件

```
O0001;
G65  H01  P#500  Q0;
```

```
G65  H01  P#501  Q0；
G65  H01  P#502  Q-8；
G65  H01  P#503  Q2；
G65  H01  P#504  Q3；
G65  H01  P#505  Q150；
G65  H01  P#506  Q130；
G65  H01  P#507  Q1；
G65  H01  P#508  Q80；
G65  H01  P#509  Q5；
G65  H01  P#510  Q2000；
G65  H01  P#511  Q80；
G92 X0 Y0 Z20 M03 S1300；
M98 P9001；
G0 X0 Y0 Z20；
M05；
M30；
O9001；
G65 H02 P#100 Q#509 R#507；        $#100=#509+#507=D+K
G65 H04 P#102 Q#509 R2；
G65 H26 P#102 Q#508 R100；         $#102=直径×#508/100(直径×T/100)
G65 H02 P#102 Q#102 R1；           $#102=#102+1
G65 H02 P#103 Q#500 R#100；        $#103=X+D+K
G65 H02 P#104 Q#501 R#100；        $#104=Y+D+K
G65 H02 P#105 Q#500 R#505；
G65 H03 P#105 Q#105 R#100；        $#105=X+I-(D+K)
G65 H02 P#106 Q#106 R#506；
G65 H03 P#106 Q#106 R#100；        $#106=Y+J-(D+K)
G65 H02 P#107 Q#502 R#507；        $#107=Z+K 为 Z 方向终点切削坐标值
G90 G00 X#104 Y#104；              $定位于 A 点(XY 平面)
Z#503；                            $ 定位 R 点(Z 轴方向)
G65 H01 P#108 Q#503；
N100 G65 H03 P#108 Q#108 R#504；   $#108=R+Q
G65 H85 P110 Q#108 R#107；         $如果 #108≥Z+K， 转向 N110
G65 H01 P#108 R#107；              $如果 #108＜Z+K， #108=#107
N110 G1 Z#108 F#511；              $Z 轴以速度 E 切深 Q.
X#103 F#510；                      $X 向以速度 F 切至#103
G65 H01 P#109 Q1；                 $#109=1，Y 向切削次数
N120 G65 H04 P#110 Q#109 R#102；   $#110=#109×#102+#104
```

```
G65 H02 P#110 Q#110 R#104；
G65 H86 P130 Q#110 R#106；        $如果 #110≤#106， 转向 N130
G65 H01 P#110 Q#106；             $否则，#110=#106
N130 Y#110；                      $Y 向以速度 F 切至#110
G65 H23 P#111 Q#109 R2；          $#111 Y 向切削的奇偶次(0，1)
G65 H81 P140 Q#111 R1；
X#103；                           $偶次(2，4，6 ..)，X 向以速度 F 切至#103
G65 H80 P150；
N140 X#105；                      $奇次(1，3，5 ..)，X 向以速度 F 切至#105
N150 G65 H02 P#109 Q#109 R1；     $#109=#109+1
G65 H84 P-120 Q#110 R#106；       $如果 #110＜#106，转向 N120
G00 Z#503；                       $Z 轴快速返回 R 点
X#103 Y#104；                     $X，Y 轴快速定位#103，#104
G65 H86 P200 Q#108 R#107；        $如果 #108≤#107， 转向 N200，加工结束.
G65 H02 P#112 Q#108 R1000；       $#112=#108+1.MM
G65 H04 P#113 Q#511 R8；          $#113=8×E
G01 Z#112 F#113；                 $Z 轴以速度 8×E 运动至离上次切削平面 1 毫米
G65 H80 P-100；                   $转向 N100 继续循环加工.
N200 M99；
```

# 2 准备功能 G 代码

## 2.1 准备功能 G 代码的种类

准备功能由 G 代码及后接数字表示，规定其所在的程序段的意义。G 代码有以下两种类型。

| 种 类 | 意 义 |
|---|---|
| 一次性代码 | 只在被指令的程序段有效 |
| 模态 G 代码 | 在同组其它 G 代码指令前一直有效 |

(例) G01 和 G00 是同组的模态 G 代码

G01 X __ ；

Z _____ ； G01 有效

X _____ ； G01 有效

G00 Z____； G00 有效

模态是加工程序运行的内环境。可以说一切对刀具相对于工件的移动产生影响的当前信息都可以被称为模态。这里包括刀具插补移动的方式，对刀具和工件进行空间定位的坐标系统，以及坐标系统建立的基础，参考点。还包括由刀具的差别带来的刀补，以及刀具轨迹在平面内的缩放、旋转状态。这些模态信息的改变都将对刀具相对于工件的移动产生影响。可以使用两种方法对模态信息进行维护。一个是修改**系统参数**，如坐标系的建立，刀补值的输入等。另外就是通过具体的**模态指令**。比如刀补指令 G43、G41，刀具移动指令 G00、G01 等。另外，还可以通过参数输入方式的指令 G10 在线对系统参数进行修改。

**注：具体的系统参数请参考系统参数表（模态列出）**

| G 代码 | 组别 | 指令形式 | | | 功 能 |
|---|---|---|---|---|---|
| G00 | 01 | G00 X_Y_Z_ | | | 定位(快速移动) |
| *G01 | | G01 X_Y_Z_F_ | | | 直线插补(切削进给) |
| G02 | | G02 X_Y_ R_ F_; | | | 圆弧插补 CW(顺时针) |
| G03 | | G03 X_Y_ I_J_ F_; | | | 圆弧插补 CCW(逆时针) |
| G04 | 00 | G04 P__ 或 G04 X__ | | | 暂停， 准停 |
| G60 | | G60 X_ Y_ Z_ F_ | | | 单方向定位 |
| G10 | 11 | G10N_R_L_ | | | 修改刀具偏置，以及螺补 |
| G11 | | G11 | | | 取消 G10 |
| *G17<br>G18<br>G19 | 02 | 在程序段中随其它程序写入即可，用在圆弧插补与刀具半径补偿中。 | | | XY 平面选择<br>ZX 平面选择<br>YZ 平面选择 |
| *G20 | 06 | 目前系统只使用公制数据输入，不能用英制输入数据 | | | 英制数据输入 |
| G21 | | | | | 公制数据输入 |
| G28 | | G28 G29 X_Y_Z_ | | | 返回参考点 |
| G29 | | | | | 从参考点返回 |
| *G40 | 07 | G17 | G40 | X_Y_ | 刀具半径补偿取消 |
| G41 | | G18 | G41 | X_Z_ | 左侧刀具半径补偿 |
| G42 | | G19 | G42 | Y_Z_ | 右侧刀具半径补偿 |
| G43 | 08 | G43 | | Z_ | 正方向刀具长度补偿 |
| G44 | | G44 | | | 负方向刀具长度补偿 |
| *G49 | | G49 | | | 刀具长度补偿取消 |
| G53 | 00 | 在程序中写入即可 | | | 选择机床坐标系 |
| *G54 | 05 | 在程序段中随其它程序写入即可，一般放在程序的开始处。 | | | 工件坐标系 1 |
| G55 | | | | | 工件坐标系 2 |
| G56 | | | | | 工件坐标系 3 |
| G57 | | | | | 工件坐标系 4 |
| G58 | | | | | 工件坐标系 5 |
| G59 | | | | | 工件坐标系 6 |
| G65 | 00 | G65 H_P# i Q# j R# k | | | 宏程序指令 |
| G73 | 09 | G73 X_Y_Z_R_Q_F_; | | | 钻深孔循环 |
| G74 | | G74 X_Y_Z_R_P_F_; | | | 左旋攻丝循环 |
| G76 | | G76 X_Y_Z_R_P_F_K_; | | | 精镗循环 |
| *G80 | | 在程序段中随其它程序写入 | | | 固定循环注销 |
| G81 | | G81 X_Y_Z_R_F_; | | | 钻孔循环(点钻循环) |
| G82 | | G82 X_Y_Z_R_P_F_; | | | 钻孔循环(镗阶梯孔循环) |
| G83 | | G83 X_Y_Z_R_Q_F; | | | 深孔钻循环 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| G84 | | G84 X_Y_Z_R_P_F_; | 攻丝循环 |
| G85 | | G85 X_Y_Z_R_F_; | 镗孔循环 |
| G86 | | G86 X_Y_Z_R_F_; | 钻孔循环 |
| G87 | | G87 X_Y_Z_R_Q_P_F_; | 反镗孔循环 |
| G88 | | G88 X_Y_Z_R_P_F_; | 镗孔循环 |
| G89 | | G89 X_Y_Z_R_P_F_; | 镗孔循环 |
| *G90 | 03 | 在程序段中随其它程序写入 | 绝对值编程 |
| G91 | | | 增量值编程 |
| G92 | 00 | G92 X_Y_Z_ | 坐标系设定 |
| G98 | 10 | 在程序段中随其它程序写入 | 在固定循环中返回初始平面 |
| G99 | | | 返回到 R 点(在固定循环中) |

**注 1**：带有*记号的 G 代码，当电源接通时，系统处于这个 G 代码的状态。G00，G01 可 以用参数设定来选择。

**注 2**：00 组的 G 代码是一次性 G 代码。

**注 3**：如果使用了 G 代码一览表中未列出的 G 代码，则出现报警，或指令了不具有的选择功能的 G 代码，也报警。

**注 4**：在同一个程序段中可以指令几个不同组的 G 代码，不能在同一个程序段中指令两个以上的同组 G 代码，否则，系统会出现报警或不正常走刀现象。

**注 5**：在固定循环中，如果指令了 01 组的 G 代码，固定循环则自动被取消，变成 G80 状态。但是 01 组的 G 代码不受固定循环的 G 代码影响。

**注 7**：G 代码根据类型的不同，分别用各组号表示。

**注 8**：特别说明,系统界面模态区,如显示 G94/G95,G20/G21,G50/G51,G68/G69 为系统的正常情况,不影响加工,这些指令为系统以后扩展的指令.目前系统对这些指令暂不支持.

## 2.2 参数的构成

参数通常是和代码共同出现，是构成指令的要素。它是由参数字和其后面的参数值构成的(有时在数值前带有+、－符号)。




参数字是英文字母(A～Z 或 a～z)中的一个字母。它规定了其后数值的意义。在本系统中，可以使用的参数字和它的意义如下表所示：

根据不同的准备功能，有时一个参数字也有不同的意义。

| 功 能 | 参数字 | 意 义 |
|---|---|---|
| 程序号 | O | 程序号 |
| 顺序号 | N | 顺序号 |
| 准备功能 | G | 指定动作状态(直线， 圆弧等) |
| 尺寸字 | X，Y，Z | 坐标轴移动指令 |
| | R | 圆弧半径 |
| | I，J，K | 圆弧中心坐标 |
| 进给速度 | F | 进给速度指定 |
| 主轴功能 | S | 主轴转速指定 |
| 刀具功能 | T | 刀具号的指定 |
| 辅助功能 | M | 控制机床方面 ON/OFF 的指定 |
| 长度偏置 | H | 长度偏置号的指定 |
| 半径偏置 | D | 半径偏置号的指定 |
| 暂 停 | P，X | 暂停时间的指定 |
| 子程序号指定 | P | 指定子程序号 |
| 重复次数 | P | 子程序的重复次数 |
| 参数 | P，Q，R | 固定循环参数 |

## 2.3 基本参数字和指令值范围

基本参数字和指令值范围如下表所示。编程时要参照本手册，同时也要参照机床厂家发行的机床使用说明书，在很好理解对编程的限制（建议：参数字和指令范围）的基础上编制程序。

基本参数字和指令范围代码

| 功　能 | 参数字 | 范　围 | 单　位 |
|---|---|---|---|
| 程序号 | O | 1～9999 | |
| 顺序号 | N | 1～9999 | |
| 准备功能 | G | 0～99 | |
| 尺寸字 | X，Y，Z，I，J，K，Q，R | ±9999.999 | mm |
| 每分进给 | F | 1～100000 | mm/min |
| 主轴功能 | S | 0～99999 | r/min |
| 刀具功能 | T | 0～99 | |
| 辅助功能 | M | 0～99 | |
| 暂 停 | X<br>P | 1～10 秒<br>1000～10000 毫秒 | X 对应 s<br>P 对应 ms |
| 子程序号指定 | P | 1～9999 | |
| 固定循环重复次数 | K | 1～9（参数可更改） | 次 |
| 半径偏置 | D | －9999.999～+999.999 | mm |
| 长度偏置 | H | －9999.999～+999.999 | mm |

**注 1：GSK21MA** 系统在小数点编程上没有限制，程序中的值按正常的书写习惯即可，且前零可省略，小数点后的零可省。例如：

G01 X0200.0 ＝G1 X200；

G00 G40 X－0100.5＝G0 G40 X－100.5

上面两种情况都可被系统所识别。

**注 2：**指令值的取值范围由系统所支持的指令表确定。对于不支持的指令字与指令值的组合，系统将返回出错信息。参数值的小数部分可以精确到小数点后第 3 位，之前的实数可以参与运算，而之后的尾数将被舍去。

**注 3：GSK21MA** 系统支持科学计算法，例如：

G01 X2E2 ＝G1 X200；

以上情况可以被系统所识别。

**注 4：**对参数值来说，长度的基本单位为 mm，角度的基本单位为“°”，时间的基本单位为 s 或 ms。即参数值整数部分的最小位将取以上基本单位。

## 2.4 简单 G 代码

### 2.4.1 快速定位 G00

指令格式：（G90/G91）G00 X_Y_Z_

功能：G00 指令，刀具以快速移动速度，直线插补移动到用绝对值指令或增量值指令指定的工件坐标系中的位置。（如图 2.4.1.1）

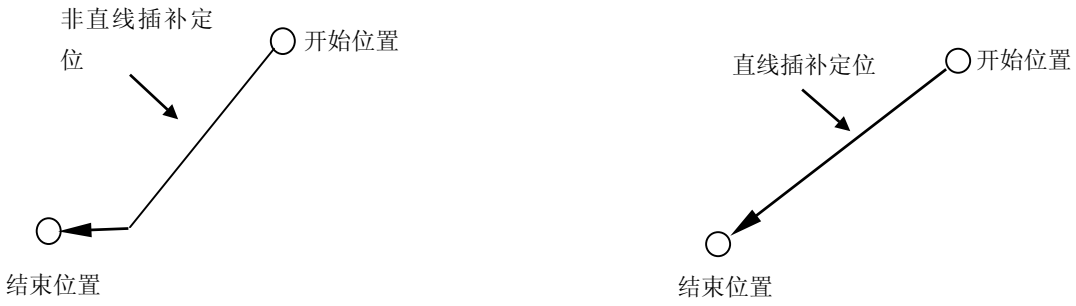



**图 2.4.1.1**

说明：

1 **G00 后的 3 个指令参数为定位参数，其参数字只能是 X、Y、Z。均为可选参数。以绝对值指令编程时，参数表示为坐标系下编程终点的坐标值。以增量值指令编程时，参数表示为编制刀具各轴移动的距离和方向。当采用了多余参数进行编程时，系统加工时不能通过或不按照编程路径进刀，有时会给出报警提示。**

2 **执行 G00 后，系统把当前刀具移动方式的模态改为 G00 方式。通过改变系统参数表中的 P007.6 的值，可以设定接通电源时系统默认的模态是 G00（参数值为 0 时）还是 G01（参数值为 1 时）。**

3 **不指定定位参数刀具不移动，系统只改变当前刀具移动方式的模态为 G00。**

4 G0 运行时的刀具轨迹是否采用直线由参数 P18.7 控制。采取直线方式定位时，包括在 G28 指定在参考点和中间位置之间的定位这种情况。刀具以不超过每轴的最大快速移动速度使各轴移动合成轨迹为一直线，同时同步定位到目标点。非直线时，各指定的轴以设定的最高速度同时移动，直到指令的目标点。

5 由 G00 指令的定位方式为，程序段的开始刀具加速到预定的速度，而在程序的终点减速，在确认到位之后执行下个程序段。

6 G00 与 G0 是等效格式。

7 X,Y,Z 轴 G0 速度由参数 P261~P263 设定。

## 限制：

1、快速移动速度不能在参数字 F 中指定，如在 G0 指令中设置的速度，仅为后面加工段的切削进给速度作准备。例如：

G0 X0 Y10 F800； 采用系统参数设定的速度快速进给

G1 X20 Y50； 采用 F800 的进给速度

进给的速度由参数(P143线性轴G0快速定位速度)来设定，对于快速进给速度的调整，用操作面板上的开关如图2.4.1.2，可具备如下的倍率：F0， 25， 50， 100%；F0对应的速度是系统默认最大速度值的10%，各轴通用。




**图2.4.1.2 快速进给倍率开关**

2、绝不允许把G00与G01、G02、G03这些同组的模态G代码同段编程，否则系统将会提示报警。

## 提示：

当采用如下格式进行编程时，系统语法检查报警：1012 参数 X 重复出现。

G0X10 X－20；

## 系统有关 G0 参数：

G00 指令中的快速移动速度由机床制造厂来设定，其中具体的相关系统参数见下

| | | |
|---|---|---|
| P261 | X 轴手动快速进给的最大速度/G0 速度 | 5000 |
| P262 | Y 轴手动快速进给的最大速度/G0 速度 | 5000 |
| P263 | Z 轴手动快速进给的最大速度/G0 速度 | 5000 |

### 2.4.2 直线插补 G01

**指令格式：**(G90/G91)G01 X_ Y_ Z_ F_

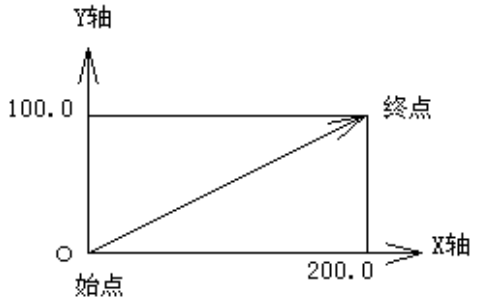
**功能：**刀具以参数 F 指定的进给速度（毫米/分）沿直线移动到指定的位置。

**说明：**

1 X_ Y_ Z_为终点坐标值，由于涉及坐标系的概念，请参阅2.4.6～2.4.8各节。

2 F 指定的进给速度，直到新的F值被指定之前一直有效，因此无需对每个程序段都指定F。用F代码指令的进给速度是沿着直线轨迹插补计算出的，如果在程序中F代码不指令，进给速度采用系统上电时默认的F值或系统参数中线性轴的最小进给速度（设置见系统参数**P162**）。

程序实例（如图2.4.2.1）




G01 X200 Y100 F200 ；

注： 各轴方向的速度如下：
G01 Xα Yβ Zγ Ff ；
在这个程序段中：

X 轴方向的速度： $F_X = \frac{\alpha}{L} \times f$

Y 轴方向的速度： $F_Y = \frac{\beta}{L} \times f$

Z 轴方向的速度： $F_Z = \frac{\gamma}{L} \times f$

$L = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}$

图2.4.2.1

**注意！**

1 除 F 外的指令参数均为定位参数。用系统参数可以设定切削进给速度 F 的上限值。实际的切削速度(使用倍率后的进给速度)如果超过了上限值，则被限制在上限值。单位为毫米/分。

2 执行 G01 直线插补指令后系统把当前刀具移动方式的模态改为 G01 方式。

3 当 G01 后不指定定位参数时刀具不移动，系统只改变当前刀具移动方式的模态为 G01。

4 G01 直线插补时，不指定的轴将不移动，保持原先的位置。

5 在直线插补的方式下，对于任意程序，第一次单段(a)仅执行辅助指令，不执行刀具移动，G54/G59 坐标系也占用一次单段(b)执行，所以对于程序:

```
G0G54X20Y10; （1）
G1X30;
Y40;
M30;
```

如果在程序刚开始运行就以单段方式的话，则必须前面的单段 a,和单段 b,再循环启动才会执行移动至 X20Y10。在样条插补的方式下，则会按正常情况处理，第一次循环启动会移动至 X20Y10.

**系统参数**

G1 指令中用参数 F 指定的进给速度是刀具沿着直线运动的速度。其中具体的相关系统参数见下表：

| | |
|---|---|
| **P146** | 线性轴 G01 加速度 |
| **P161** | 线性轴 G01 最大速度限制 |
| **P162** | 线性轴最低 F 进给速度限制 |

### 2.4.3 绝对值/增量编程 G90/G91

**指令格式：G90/G91**

**功能：** 作为指令轴移动量的方法，有绝对值指令和增量值指令两种方法。

绝对值指令是用轴移动的终点位置的坐标值进行编程的方法。而终点位置涉及坐标系的概念，请参阅 2.4.6～2.4.8 各节。

增量值指令是用轴的相对移动量直接编程的方法。增量值与所在的坐标系无关系，只需给出终点位置相对于起点位置的运动方向和距离即可。

绝对值指令和增量值指令分别用 G90 和 G91 指令。

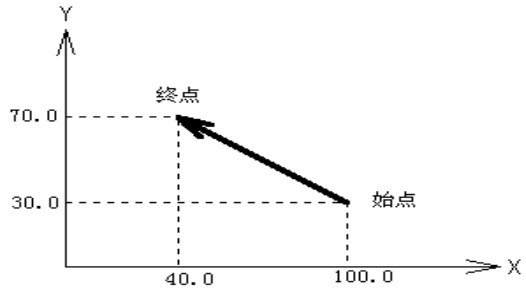



**图 2.4.3.1**

图 2.4.3.1 中的从始点到终点的移动,用绝对值指令 G90 编程和增量值指令 G91 编程的情况如下：

G90 G0 X40 Y70；

或 G91 G0 X－60 Y40 ；

两种方式都可完成同样的动作，操作者可根据需要灵活使用。

**说明**

- 无指令参数。可随其它指令写入程序段。
- G90 与 G91 为同组的模态值，即在指定为 G90 时，在未指定 G91 之前，均为 G90 方式（默认方式），对于 G91，在未指定 G90 方式之前，均有效。

**系统参数**

设置系统参数 **P16.7** 可以指定开机时缺省的定位参数是 G90 方式（参数为 0 时）还是 G91 方式（参数为 1 时）。

### 2.4.4 圆弧（螺旋）插补 G02/G03

**A、圆弧插补 G02/G03**

**G02 与 G03 规定：**

平面内圆弧插补即在指定平面内完成由起点到终点按指定旋向及半径或圆心运行的圆弧轨迹。

由于已知起点和终点，并不能完全确定圆弧的轨迹，所以需要给出：

- 圆弧的旋转方向（G2，G3）
- 圆弧插补的平面（G17、G18、G19）
- 圆心坐标或半径，由此引出两种指令格式，圆心坐标 I、J、K 或半径 R 编程。

只有上述三点全部确认才能在坐标系内进行插补运算。

用下面的指令可以进行圆弧插补，刀具可以沿着圆弧运动，如下所示：

XY 平面的圆弧

$$G17\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}X_Y_\begin{Bmatrix}R_\\I_J_\end{Bmatrix}F_;$$

ZX 平面的圆弧

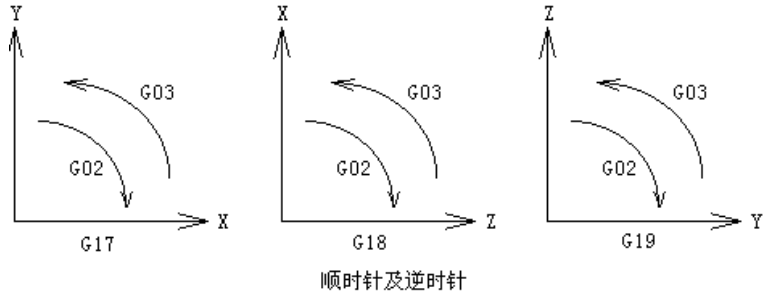
$$G18\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}X_Z_\begin{Bmatrix}R_\\I_K_\end{Bmatrix}F_;$$

YZ 平面的圆弧

$$G19\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}Y_Z_\begin{Bmatrix}R_\\J_K_\end{Bmatrix}F_;$$

| 项目 | 指 定 内 容 | 命 令 | 意 义 |
|---|---|---|---|
| 1 | 平面指定 | G17 | XY 平面圆弧指定 |
| | | G18 | ZX 平面圆弧指定 |
| | | G19 | YZ 平面圆弧指定 |
| 2 | 回转方向 | G02 | 顺时针转 CW |
| | | G03 | 逆时针转 CCW |
| 3 | 终点位置 G90 方式 | X、Y、Z 中的两轴 | 工件坐标系中的终点位置坐标 |
| | 终点位置 G91 方式 | X、Y、Z 中的两轴 | 终点相对始点的坐标 |
| 4 | 从始点到圆心的距离 | I、J、K 中的两轴 | 圆心相对起点的位置坐标 |
| | 圆弧半径 | R | 圆弧半径 |
| 5 | 进给速度 | F | 圆弧的切线速度 |

所谓顺时针和逆时针是指在右手直角坐标系中，对于 XY 平面(ZX 平面， YZ 平面)从 Z 轴(Y 轴，X 轴)的正方向往负方向看而言， 如图 2.4.4.1。




顺时针及逆时针

**图 2.4.4.1**

设置系统 30 号参数可以指定开机时缺省的平面模态信息。当该参数分别为 0/1/2 时，开机时相应的缺省平面为 G17/G18/G19。

用参数字 X、Y 或 Z 指定圆弧的终点。对应于 G90 指令的是用绝对值表示，对应于 G91 的是用增量值表示，增量值是终点相对始点的坐标。圆弧中心用参数字 I、J、K 指定，它们分别对应于 X、Y、Z 。I、J、K 参数值无论是在绝对方式 G90 还是相对方式 G91 下，都是圆心相对圆弧起点的坐标（简单的可理解为临时以起点为坐标原点，圆心所在的坐标），是含符号的增量值。如图 2.4.4.2：

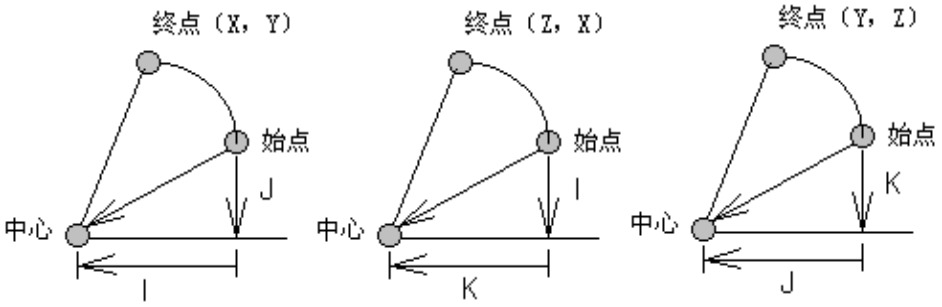



**图 2.4.4.2**

I，J，K 根据圆心相对与起点方向带有符号。圆弧中心除用 I，J，K 指定外，还可以用半径 R 来指定。如下：

G02 X_ Y_ R_ ；

G03 X_ Y_ R_ ；

1 此时可画出下面两个圆弧，大于 180°的圆和小于 180°的圆。对于大于 180 °的圆弧则半径用负值指定。

(例如图 2.4.4.3) ①的圆弧小于 180°时

G91 G02 X60 Y20 R50 F300 ；

②的圆弧大于 180°时

G91 G02 X60 Y20 R-50 F300 ；

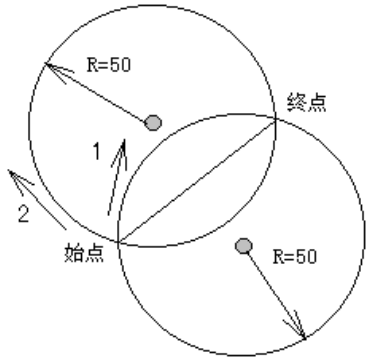



**图 2.4.4.3**

2 对于等于 180° 的圆弧可用 IJK 也可用 R 编程：

例： G90 G0 X0 Y0; G2 X20 I10 F100;

等同于 G90 G0 X0 Y0; G2 X20 R10 F100

或 G90 G0 X0 Y0; G2 X20 R-10 F100

注意：对于 180° 的圆弧 R 的正负值不影响圆弧的运行轨迹。

3 对于等于 360° 的圆弧只能使用 IJK 编程。

(程序的实例)

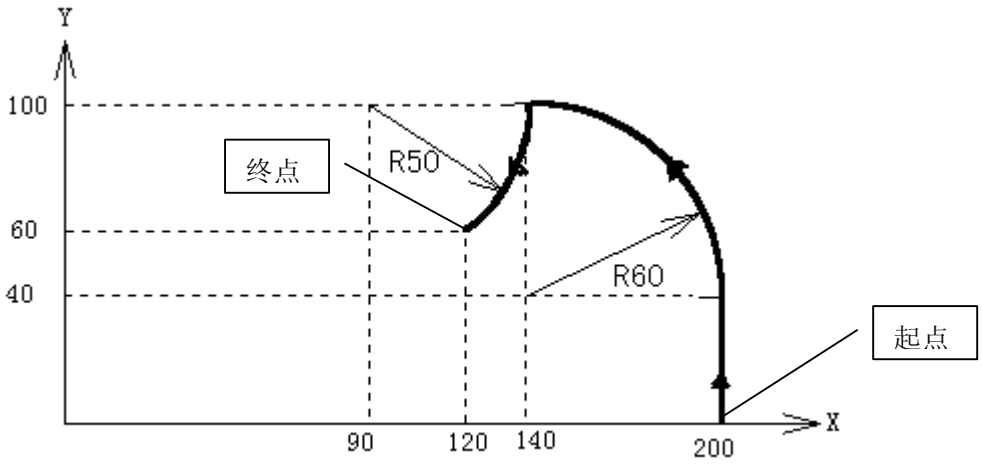



**图 2.4.4.4**

图 2.4.4.4 的刀具轨迹编程如下

1. 绝对值编程

G0 X200 Y40 Z0;

G90 G3 X140 Y100 R60 F300;

G2 X120 Y60 R50;

或

G0 X200 Y40 Z0;

G90 G3 X140 Y100 I-60 F300;

G2 X120 Y60 I-50;

2. 增量值编程

G0 G90 X200 Y40 Z0;

G91 G3 X-60 Y60 R60 F3000;

G2 X-20 Y-40 R50;

或

G0 G90 X200 Y40 Z0;

G91 G3 X-60 Y60 I-60 F300;

G2 X-20 Y-40 I-50；

**限制：**

1. 如果同时指定参数字I， J， K 和R 的话，用参数字R指定的圆弧优先，其它被忽略。
2. 如果圆弧半径参数与从起点到圆弧中心的参数都没有指定，则系统返回出错信息。
3. 如果要插补整圆，则只可通过指定从起点到圆弧中心的参数I，J，K的形式，而不能采取指定R的形式。
4. 注意在进行圆弧插补时，对坐标平面的选择设置。

### B、螺旋线插补

**指令格式 G02/G03**

在 XY 平面上的圆弧

$$G17\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}\ X_p_\ Y_p_\ Z_p_\ \begin{Bmatrix}I_\ J_\\R_\end{Bmatrix}\ F_$$

在 ZX 平面上的圆弧

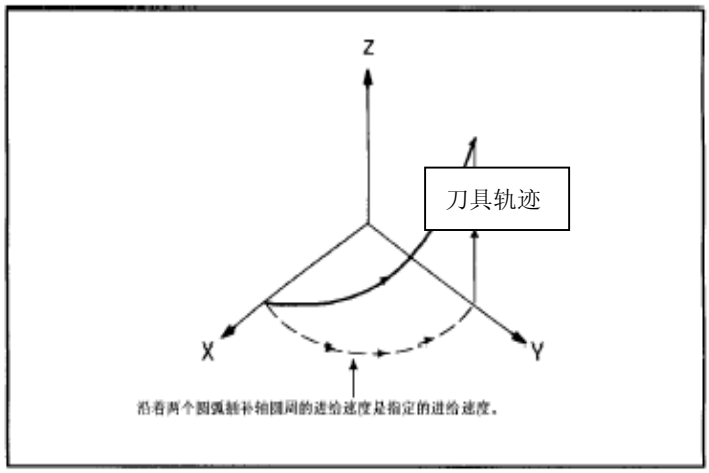
$$G18\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}\ X_p_\ Y_p_\ Z_p_\begin{Bmatrix}I_\ K_\\R_\end{Bmatrix}\ F_$$

在 YZ 平面上的圆弧

$$G19\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}\ X_p_\ Y_p_\ Z_p_\begin{Bmatrix}J_\ K_\\R_\end{Bmatrix}\ F_$$

**功能：** 使刀具以参数 F 指定的进给速度从当前点以圆弧或者螺旋的轨迹移动到指定的位置。

**说明：**



指令参数前两位为定位参数。参数字为当前平面内的两个轴的轴号(X，Y 或者 Z)。这两个定位参数指定刀具在当前平面内应移动到的位置。指令参数第三位的参数字为除圆弧插补轴外的直线轴。其参数值为螺旋的高度。指令参数 R 的参数字即为 R，其参数值为圆弧的半径。指令参数 PARA1_ ，PARA2_为定位参数。其参数字只能为 I(对应 X 轴)，J(对应 Y 轴)或者 K(对应 Z 轴)。其参数值表示当前点到圆心的矢量。除了指令参数 AX3 外，其他指令参数的具体含义和限制相同于圆弧插补。

如果系统根据给定的指令参数无法加工出圆，则系统返回出错信息。执行后系统把当前刀具移动方式的模态改为 G02/G03 方式。

| 沿着两个圆弧插补轴圆周的进给速度是指定的进给速度 |
|---|

指令方法只是简单地加上一个不是圆弧插补轴的移动轴，F指令指定沿圆弧的进给速度。因此直线轴的进给速度如下：

$$F* \frac{\text{圆弧的长度}}{\text{直线轴的长度}}$$

确定进给速度使直线轴的进给速度不超过任何限制值。

**注 1：圆弧插补的限制同样适用于螺旋插补。**

**注 2：在刀具偏置和刀具长度补偿的情况下，进行螺旋插补的执行情况如下，对圆弧进行刀具半径补偿，而对螺旋轴进行长度补偿。**

**注 3：注意在进行螺旋插补时，对坐标平面的选择设置。**

### 2.4.5、暂停(G04)

**指令格式：**G04 X_ 或 P_

**功能：**G04 执行暂停操作，按指定的时间延时执行下个程序段。另外在切削方式，G64 方式中为进行准确停止检查可以指定暂停。

| | | | |
|---|---|---|---|
| G04 | X<br>P | 1～10s<br>4～9999ms | X 对应秒<br>P 对应毫秒 |

**注：G04 指令设置的最长暂停时间可由系统 P235 号参数设定，当指令时间大于 P235 号参数设定的时间，将以 P235 号参数设定的时间进行暂停。**

例如：P235 设置为 5，执行 G04 P8000，系统以 G04 P5000 执行暂停。

**说明：**

1 指令参数P，其参数值为整数，单位为ms。

2 指令参数X，其参数值可以为小数，单位为秒。

3 参数值小于4毫秒将执行4毫秒的暂停。参数X和P为可选参数。

4 G04为非模态指令，只在当前行有效。

5 当X，P参数同时出现时，将以P设置的值进行暂停。

6 当P指定为带有小数的值时，小数部分被略去。

7 G04指令段中只能跟X或P，其它代码的出现系统将报警提示。

8 X、P值设为负值时，忽略负号，GO4可正确执行。

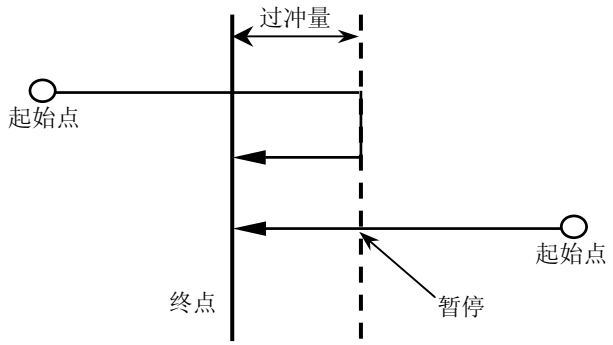
例如：

G04 X2 P3000； 则执行暂停为3s

G04 P1000 X5； 则执行暂停时间为1s

### 2.4.6 单方向定位（G60）

**指令格式：G60 X_ Y_ Z_ F_**




**功能：** 为消除机床反向间隙而要精确定位时,可以使用 G60 从一个方向的准确定位。

## 说明:

G60为非模态G代码，仅在指定的程序段中有效。

参数X Y和Z,在绝对值编程时，表示终点的坐标值，在增量值编程时，表示刀具移动的距离。

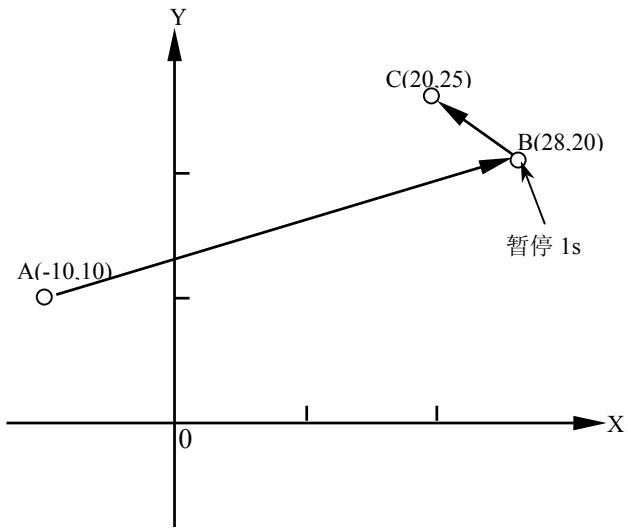
在刀具偏置下，使用单方向定位时，单方向定位的轨迹是刀具补偿后的轨迹。

上图中，标记的过冲量可以通过系统参数P027，P028，P029来设定，暂停时间可以通过P026来设定，定位的方向可通过参数P015来设定，具体情况请参考系统参数。

例1：

```
G90 G00 X-10 Y10;
G60 X20 Y25;   (1)
```

若在系统参数为P015.0=0,P015.1=1; P026=0001,P027=8,P0028=5;的情况下，则对(1)语句，刀具




的轨迹为AB→暂停1s→BC

## 系统参数：

| | |
|---|---|
| P015.0 | 0：单方向 G60 采取从 X 正方向定位<br>1：单方向 G60 采取从 X 负方向定位 |
| P015.1 | 0：单方向 G60 采取从 Y 正方向定位<br>1：单方向 G60 采取从 Y 负方向定位 |
| P015.2 | 0：单方向 G60 采取从 Z 正方向定位<br>1：单方向 G60 采取从 Z 负方向定位 |
| P027 | X 轴上的过冲量（单位：mm） |
| P028 | Y 轴上的过冲量(单位：mm) |
| P029 | Z 轴上的过冲量(单位：mm) |
| P26 | 单方向定位过程中的暂停时间(单位：s) |

### 2.4.7 系统参数的在线更改(G10)

**注：目前系统支持 G10 使用，主要可以修改刀具偏置，以及螺补。G10 为模态指令。**

## 指令格式

G10 N_R_L_； 设定为参数输入方式
N_R_ ；参数修改
┇
G11； 取消参数输入方式

参数定义：
N:参数号或刀具偏置号
R:参数值或刀具偏置值

L：用于指定刀具的长度偏置，或半径偏置。

N 参数值的范围说明：

对于螺距误差补偿值修改，直接指定参数号。
P400~P527：X 轴螺距误差补偿
P550~P677：Y 轴螺距误差补偿
P700~P827：Z 轴螺距误差补偿
P850~P977：第四轴螺距误差补偿
P1000~P1127：第五轴螺距误差补偿
对于刀具偏置值的修改，则指定刀具号＋2000 进行相应刀具号的修改。

L 参数的说明：

L 参数用于指定修改刀具的长度偏置或者半径偏置，为系统可选参数，当指定值小于或等于 0 时，为修改刀具的长度偏置，当指令值大于 0 时，为修改刀具的半径偏置。当此参数缺省时，系统默认为长度偏置，对于螺距误差补偿，L 参数值将无效。
N,R 参数为系统的必须参数。

R 参数说明：

用于指定 N 所对应参数修改的目标值。
举例说明：
当修改刀具偏置号时，如修改刀具 3 的长度刀补为 10，
采取 G10 N2003 R10;等价于 G10 N2003 R10 L-1;
如修改刀具号 3 的半径补偿为 5，采取 G10 N2003 R5 L1;
修改螺距误差补偿，如修改参数 400 的值为 0.12，采取 G10 N400 R0.12 即可修改。

**注：**

在参数输入方式下，除注释性语句，不能指定其它的 NC 语句。

G10 必须程序段中必须单独指令，否则将出现报错，G11 取消指令在程序段中单独指令才生效，否则无法取消 G10 模态，系统将出现“1006 请先取消 G10 模态”报错。

G10 修改的参数值,必须满足系统参数的范围,如果不满足将出现"1102 G10 修改的参数值非法"的报错,出现此报错,用户请先查阅参数值的设定范围再行修改.

运行 G10 前必须取消固定循环的模态指令，否则系统会报错“1101，使用 G10 前请先取消固定循环。”

例如：

```
G10   N2001 R20.2;
G11 M3;    (1)
```

在（1）处将出现 1006 报错，出现如此情况的原因为 G11 必须程序段中单独存在才生效。
请采取

```
G11；
M3；
```

方式修改。

### 2.4.8 工件坐标系 G54～G59

**指令格式：**G54～G59

**功能：**指定当前的工件坐标系，通过在程序中指定工件坐标系 G 代码的方式，选择工件坐标系，如 G56 G90 X_Y_等。

**说明：**

1 无指令参数。

2 系统本身可以设置六个工件坐标系，由指令 G54~G59 可选择其中的任意一个坐标

3 开机时返回机床零点后自动选择 G54 (工件坐标系 1)，位置画面的绝对位置是在 G54 坐标系下的坐标值。

G54 ---------- 工件坐标系 1
G55 ---------- 工件坐标系 2
G56 ---------- 工件坐标系 3
G57 ---------- 工件坐标系 4
G58 ---------- 工件坐标系 5
G59 ---------- 工件坐标系 6

4 六个工件坐标系的原点对应机床坐标系下的坐标值。

5 当程序段中调用不同工件坐标系时，指令移动的轴，将定位到新的工件坐标系下的坐标点；没有指令移动的轴，坐标将跳变到新工件坐标系下对应的坐标值，而实际位置不会发生改变。

例：G54 的坐标系原点对应的机床坐标为（10，10，10）

G55 的坐标系原点对应的机床坐标为（30，30，30）

顺序执行程序时，终点的绝对坐标与机床坐标显示如下：

| 程序 | 绝对坐标 | 机床坐标 |
|---|---|---|
| G0 G54 X50 Y50 Z50 | 50，50，50 | 60，60，60 |
| G55 X100 Y100 | 100，100，70 | 130，130，60 |
| X120 Z80 | 120，100，80 | 150，130，110 |

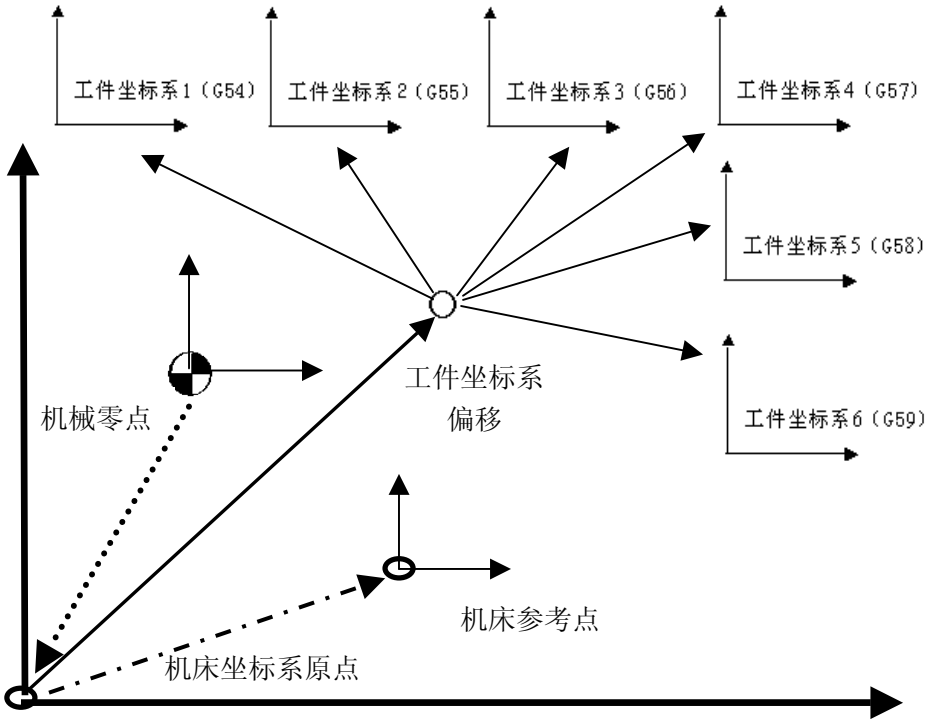
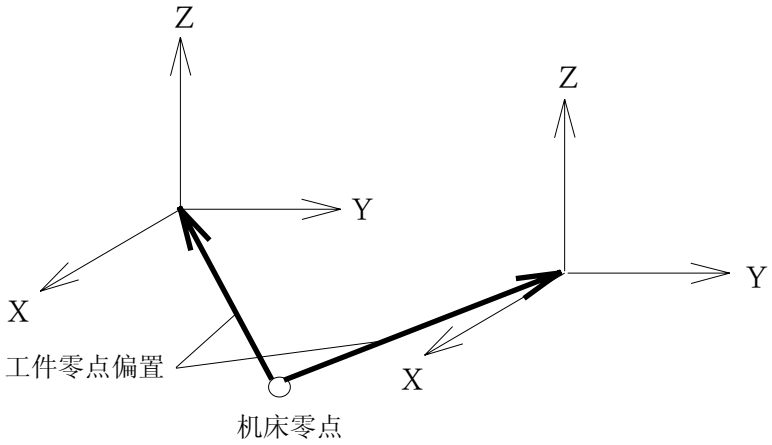



**图 2.4.2.1**

由上图 2.4.2.1 所示，机床开机后手动回零为回到机械零点，由机械零点建立机床坐标系，由此产生机床参考点和确定工件坐标系。工件坐标系偏移参数 **P81～85** 对应的值为 6 个工件坐标系的整体偏移量。

**注：图 2.4.2.1 中的坐标系及机床零点等只是说明相对关系，并不代表相互的实际位置，具体以厂家设定为准。**

可以通过录入方式下坐标偏置的输入（请参考操作手册 6.4 一节）或设置系统参数 **P87~P110** 可以指定 6 个工件坐标系的原点（参数值为工件坐标系原点所对应的机床坐标值），这六个工件坐标系是根据从机械零点到各自坐标系零点的距离而设定的。具体设置请参照参数说明书 4.2、工件坐标系原点机床坐标值设定一节。




**例：**N10 G55 G90 G00 X100 Y20；

N20 G56 X80.5 Z25.5；

在上述例子中，N10 程序段开始执行时，快速定位至工件坐标系 G55 的位置（X=100，Y=20）。N20 程序段开始执行时，绝对坐标值自动变成为快速定位至 G56 工件坐标系下的坐标值（X=80.5，Z=25.5）。

注意:可以对工件坐标系进行整体偏移（又称外部工件零点偏移），只需将偏移量在 MDI 方式下录入到参数 P81－85 中即可。通常用于卡具的位置修调，详细操作请参考操作手册 6.5 一节。

**特别注意**！在工件找正后设定工件坐标系原点及在设定后直接调用工件坐标系的前后，一定要注意工件坐标系偏移参数 **P81～85** 或坐标偏置输入表中偏置一项对应的值此时是否为零，如不为零，请根据需要自行判断是否正确，否则进行定位将可能到达意料之外的地方。

**限制：**

1 当选择了工件坐标系的功能后，一般不需 G92 设定坐标系。如用 G92 设定则会以 G92 设定的浮动坐标系为基准。

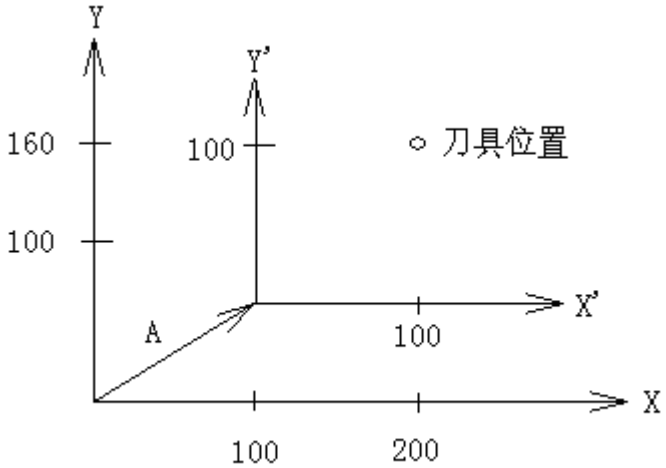


图 2.4.2.2

在图 2.4.2.2 中，在 G54 坐标系下，当刀具定位在（200，160）时如执行指令 G92 X100 Y100；则工件坐标系 1 不移动，维持不变。只是将刀具所在位置定为浮动坐标系下（100，100），相当于坐标系偏移（100，60）。

2 在设置工件坐标系后，第一个固定循环指令最好以完整的格式出现，若采用缺省参数的话，则固定循环的相关数据，如 R 平面设置，孔底位置等均采用先前的工件坐标系中的相关设置。

例：

G90 G54 G73 X10 Y10 Z-30 R2 Q9 F200；

G55 X20 Y30； (1)

则(1)在进行固定循环时，则系统调用工件坐标系 G55，孔底的位置为 G55 坐标系下的 X=20，Y=30，Z=-30，R 平面为 R=2，进刀量采用 Q=9 等。

3 在进行关于坐标设置中 G54～G59 的参数，参考点的参数，以及坐标偏移参数，机械坐标系原点的参数，修改后，必须使用与修改的参数相关的指令才能使参数设置生效，否则，系统将沿用末修改前的参数设置进行工作。

例:

假设当前坐标偏移参数 X=20,在录入方式下，修改了坐标偏移参数 X=30，由于此参数影响到 G54 坐标系，必须在录入方式下键入 G54 再运行，才会使设置的参数生效 X=30，否则还是使用原先的坐标偏移 X=20。

**系统参数：**

| 参 数 号 | 注 释 | 默认置 |
|---|---|---|
| P087 | X 轴第 1 工件坐标系原点机床坐标值（G54） | 0 |
| P088 | Y 轴第 1 工件坐标系原点机床坐标值（G54） | 0 |
| P089 | Z 轴第 1 工件坐标系原点机床坐标值（G54） | 0 |
| P090 | 第四轴第 1 工件坐标系原点机床坐标值（G54） | 0 |
| P091 | X 轴第 2 工件坐标系原点机床坐标值（G55） | 0 |
| P092 | Y 轴第 2 工件坐标系原点机床坐标值（G55） | 0 |
| P093 | Z 轴第 2 工件坐标系原点机床坐标值（G55） | 0 |
| P094 | 第四轴第 2 工件坐标系原点机床坐标值（G55） | 0 |
| P095 | X 轴第 3 工件坐标系原点机床坐标值（G56） | 0 |
| P096 | Y 轴第 3 工件坐标系原点机床坐标值（G56） | 0 |
| P097 | Z 轴第 3 工件坐标系原点机床坐标值（G56） | 0 |
| P098 | 第四轴第 3 工件坐标系原点机床坐标值（G56） | 0 |
| P099 | X 轴第 4 工件坐标系原点机床坐标值（G57） | 0 |
| P100 | Y 轴第 4 工件坐标系原点机床坐标值（G57） | 0 |
| P101 | Z 轴第 4 工件坐标系原点机床坐标值（G57） | 0 |
| P102 | 第四轴第 4 工件坐标系原点机床坐标值（G57） | 0 |
| P103 | X 轴第 5 工件坐标系原点机床坐标值（G58） | 0 |
| P104 | Y 轴第 5 工件坐标系原点机床坐标值（G58） | 0 |
| P105 | Z 轴第 5 工件坐标系原点机床坐标值（G58） | 0 |
| P106 | 第四轴第 5 工件坐标系原点机床坐标值（G58） | 0 |
| P107 | X 轴第 6 工件坐标系原点机床坐标值（G59） | 0 |
| P108 | Y 轴第 6 工件坐标系原点机床坐标值（G59） | 0 |
| P109 | Z 轴第 6 工件坐标系原点机床坐标值（G59） | 0 |
| P110 | 第四轴第 6 工件坐标系原点机床坐标值（G59） | 0 |
| P51(POFIS5) | 5Th 轴第一工件原点偏移量（G54） | 0 |
| P52(POF2S5) | 5Th 轴第二工件原点偏移量（G55） | 0 |
| P53(POF3S5) | 5Th 轴第三工件原点偏移量（G56） | 0 |
| P54(POF4S5) | 5Th 轴第四工件原点偏移量（G57） | 0 |
| P55(POF5S5) | 5Th 轴第五工件原点偏移量（G58） | 0 |
| P56(POF6S5) | 5Th 轴第六工件原点偏移量（G59） | 0 |

### 2.4.9 选择机床坐标系 G53

指令格式：G53 X_ Y_ Z_

功 能：将刀具快速定位到机床坐标系下对应的坐标处。

说 明：

1 当 G53 在程序内使用，其后的指令坐标应为机床坐标下的坐标值，机床将快速定位到指定的位置。

2 G53 为非模态指令，只在当段有效。且不影响之前定义的坐标系。

限 制

**选择机床坐标系G53**

当指令机床坐标系上的位置时，刀具快速移动到该位置。用于选择机床坐标系的G53 是非模态G代码；即它仅在指令机床坐标系的程序段有效。对G53应指定绝对值G90，当增量值方式下（G91）时指定G53，G91被忽略（G53仍然以G90方式，但不改变G91方式的模态）。可指令刀具移动到机床的特殊位置，例如，换刀位置可以用G53编制移动程序定位到该点。

**电源接通后**

系统上电后，在G53指定之前，必须设置机床坐标系，因此，通电后必须进行手动返回参考点（手动方式下系统回零操作）或由G28 指令的自动返回参考点。当采用绝对位置编码器时就不需要该操作。

### 2.4.10 浮动坐标系 G92

指令格式：G92 X_ Y_ Z_

功 能： 设置浮动工件坐标系。3 个指令参数指定当前刀具在新的浮动工件坐标系下的绝对直角坐标值。该指令不会产生运动轴的移动。

说明：

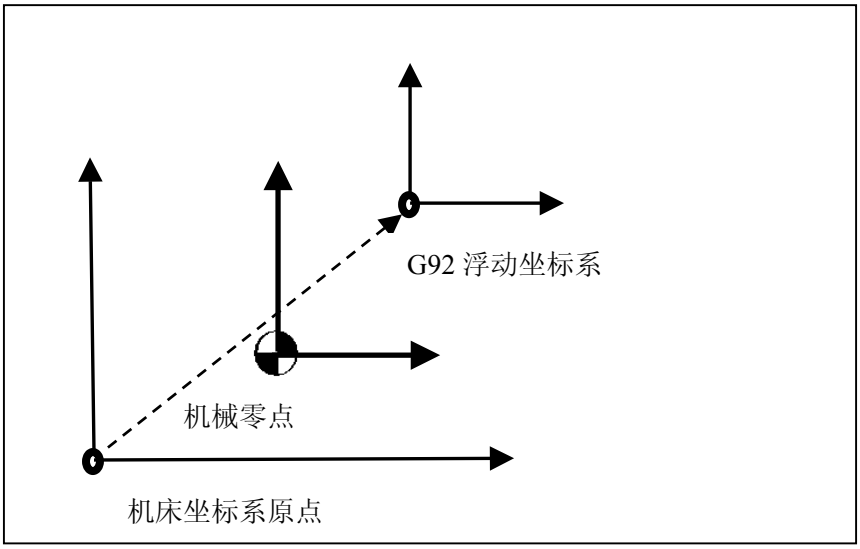



图 2.4.3.1

1 如图所示，G92 浮动坐标系对应的原点为机床坐标系下的值，与工件坐标系没有关系，是在机床回机械零点后才能建立的。

对于 G92 设定后的有效性在以下情况前有效：

1)系统断电前

2)调用工件坐标系前

3)机床回零操作前

G92 浮动坐标系通常用于临时工件加工时的找正，因断电后将丢失。通常运行在程序开始处或自动运行程序之前 MDI 方式下指令 G92。

2 指令 G92 的 3 个指令参数为定位参数，其参数字只能是 X、Y、Z 均为可选参数。对未指定定位参数的轴，新的浮动坐标系下的坐标与当前工件坐标系下的坐标一致。对 G92 不指定定位参数，G92 将不执行。

3 确定浮动坐标系的方法有以下两种：

**1、以刀尖定坐标系：**

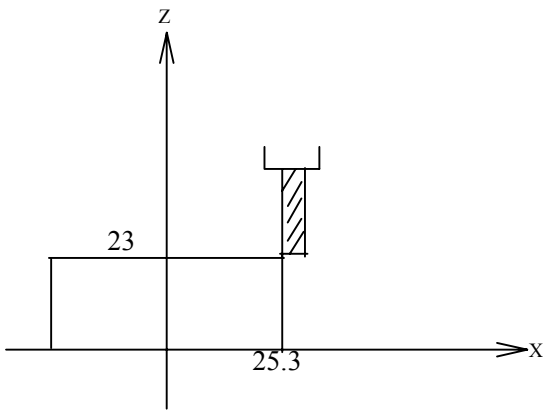



图 2.4.3.2

如图 2.4.3.2 所示，G92 X25.3 Z23， 将刀尖所在的位置作为浮动坐标系下（X25.3 Z23）点。

**2、以刀柄上的某一固定点为基准定坐标系：**

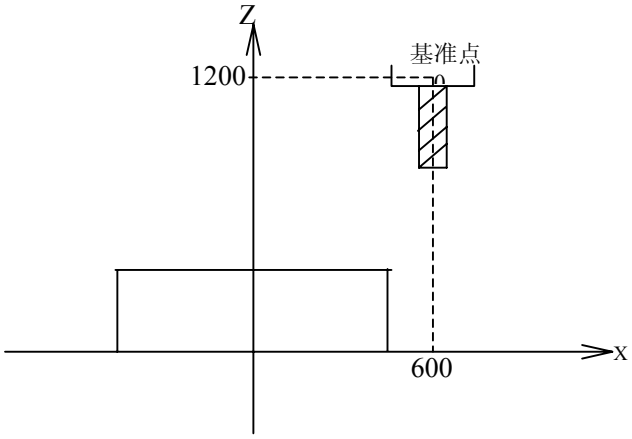



图 2.4.3.3

如图 2.4.3.3 所示，利用 G92 X600 Y1200；指令进行坐标系设定（以刀柄上某基准点为起刀点时）。把刀柄上某一基准点作为起点，如果按程序中的绝对值指令运动，则基准点移到被指令的位置，必须加刀具长度补偿，其值为基准点到刀尖的差。

**注 1**：如果在刀偏中用 G92 设定坐标系，则对刀具长度补偿来说是没加刀偏前，用 G92 设定的坐标系。

**注 2**：对于刀具半径补偿，用 G92 指令时要取消刀偏。

## 限 制

在设置浮动坐标系后，第一个固定循环指令必须以完整的格式出现，不然将出现走刀不正确。

### 2.4.11 标平面选择 G17/G18/G19

**指令格式**：G17/G18/G19

**功 能**：对圆弧插补，刀具半径补偿或钻孔、镗孔时，需要进行平面选择。此时通过 G17/G18/G19 进行选择平面。

**说 明**：

无指令参数，开机时系统默认为 G17 平面。也可以同设定参数 P30 来决定开机后系统默认的平面。详细设定参见《参数说明书》

指令与平面的对应关系：

G17----------XY 平面

G18----------ZX 平面

G19----------YZ 平面

G17，G18，G19 在没被指令的程序段里，平面不发生变化。

**例：**

G18 X_ Z_； ZX 平面

G0 X_ Y_；平面不变(ZX 平面)

另外，移动指令与平面选择无关。例如，在下面这条指令情况下，Y 轴不存在 ZX 平面上，Y 轴移动与 ZX 平面无关。

G18Y_；

**提 示：** 目前只支持 G17 平面下的固定循环，在进行编程时，为规范或严格起见，最好在相应程序段中明确指定平面，尤其是在多人共用同一系统的情况下。这样能避免因编程错误而引起意外或异常。

## 系统参数

设置系统 P30 号参数，可以指定开机时缺省的平面模态信息。当该参数分别为 0/1/2 时，开机时相应的缺省平面为 G17/G18/G19。

## 2.5 参考点 G 代码

参考点是机床上的一个固定点，用参考点返回功能，刀具可以很容易地移动到该位置。

对于参考点，有三种指令操作方式，如图2.5.1.1通过G28，可以使刀具经过中间点，沿着指令中的指定轴，自动地移动到参考点；通过G29，可以使刀具从参考点，经过中间点，沿着指令中的指定轴，自动地移动到指定点。

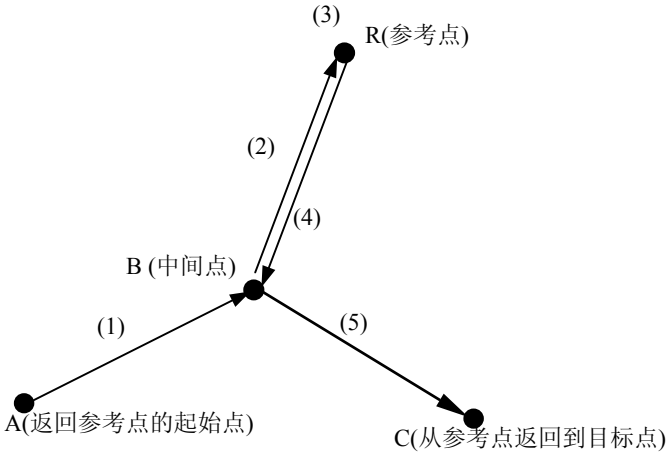



图 2.5.1.1

### 2.5.1 返回参考点 G28

指令格式：G28 X_ Y_ Z_

功能： G28 指令用于执行通过中间点返回参考点（机床上某一特定位置）的操作。

**说明：**

**中间点：**

中间点是通过G28中的指令参数来指定，可以用绝对值指令或增量值指令来表示。在执行这个程序段时，还存储了指令轴的中间点的坐标值，以供G29（从参考点返回）指令使用。

注意! 中间点的坐标是储存在CNC中的，但每次只存储G28指令中，指令的轴的坐标值，而对于没有指令的其它轴，则是用以前G28指令过的坐标值。因此，用户使用G28指令时，如果对目前系统中默认的中间点，不清楚时，最好对各个轴均进行指定。请结合下面例1中的N5程序段来考虑。

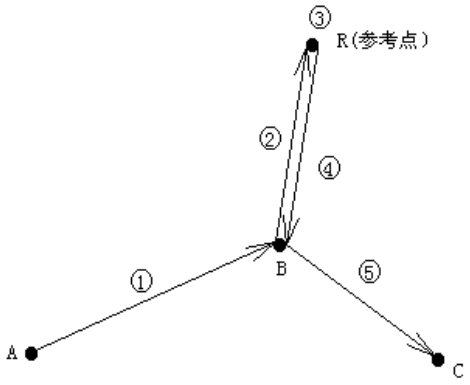



图 2. 5. 1. 1

1 G28 程序段的动作可分解成如下（参见图 2.5.1.1）：

(1) 以快速移动速度从当前位置定位到指令轴的中间点位置(A 点→B 点)。

(2) 以快速移动速度从中间点定位到参考点(B 点→R 点)。

2 G28 为非模态指令，只对当前段有效。

3 支持单轴或多轴的组合返回参考点，在进行工件坐标变换时，系统中保存的中间点的坐 标，也随着改变为变换后的工件坐标系中相应位置。请结合下面例1中的N2和N6来考虑。

例1：

N1 G90 G54 X0 Y10；

N2 G28 X40 ； 设定X轴上的中间点为G54工件坐标系下的X40，经点（40,10）返回参考点，即X轴单独返回参考点。

N3 G29 X30 ； 从参考点经点（40，10）返回到点(30，10)，即X轴单独回到目标点。

N4 G01 X20；

N5 G28 Y60 ； 中间点(X40，Y60)，由于X轴没有指令，则以前面的G28中指令过的X40来代替，注意：中间点并不是（20，60）。

N6 G55； 工件坐标系变换，则中间点由G54工件坐标系下的点(40，60)更换为G55工件坐标系下的点(40，60)。

N7 G29 X60 Y20； 从参考点经G55工件坐标系下的中间点(40，60)，返回到点(60，20)。

G28 会自动取消刀补。但这个指令一般是在自动换刀时使用(即返回参考点后，在参考点换刀)，所以使用这个指令时，原则上要先取消刀具半径补偿和刀具长度补偿。

### 2.5.2 从参考点自动返回G29

**指令格式：**G29 X_ Y_ Z_

**功能：**G29 执行从参考点经 G28 中指令的中间点返回到指定点的操作。

**说明：**

1 G29 程序段的动作可分解成如下步骤(参见图 2.5.1.1)：

(1) 以快速移动的速度从参考点定位到G28中定义的中间点(R点→B点)。

(2) 以快速移动速度从中间点定位到指令的点进行 (B 点→C 点)。

2 G29 为非模态信息，只对当前段有效。在一般情况下在 G28 指令后，应立即指定从参考点返回指令。

3 G29指令格式中的可选参数X Y和Z，用于指定从参考点返回的目标点(即图2.5.1.1中的C点)，可以用绝对值指令或增量值指令来表示。对增量值编程，指令值指定离开中间点的增量值。当对某些轴没有指定时，则表示此轴相对中间点没有移动量。G29后只跟一个轴的指令则为单轴返回，其余轴将不动作。

例 1：

G90 G0 X10 Y10；

G91 G28 X20 Y20； 经中间点（30，30）返回参考点

G29 X30； 经中间点(30，30)从参考点返回(60，30)，注意是在增量编程方式，X 轴向的分量应为 60。

G29 指令的中间点是通过 G28 指令来赋值的。对于中间点的定义，规范，以及系统默认情况，请详见 G28 指令中的说明。

## 2.6 固定循环 G 代码

固定循环通常是用含有G 功能的一个程序段完成用多个程序段指令完成的加工动作，使程序得以简化。使编程员编程变得容易。（本系统只具有G17平面的固定循环）

**固定循环的一般过程：**

固定循环由6个顺序的动作组成，如图2.6.0.1

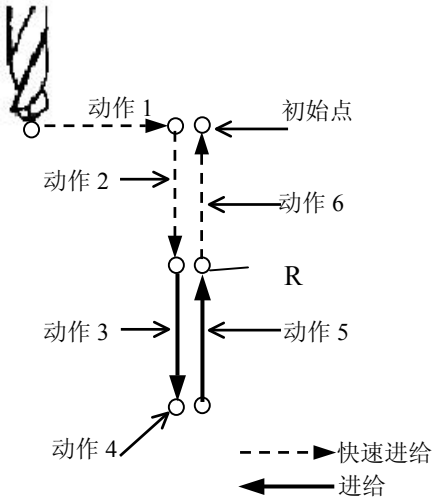



图2.6.0.1

动作1：X轴和Y轴的定位(还可包括另一个轴)

动作2：快速移动到R点

动作3：孔加工

动作4：在孔底的动作

动作5：返回到R点

动作6：快速移动到初始点

在 XY 平面定位，在 Z 轴方向进行孔加工。不能在其它轴方向进行孔加工。与指定平面的 G 代码无关。规定一个固定循环动作由三种方式决定。它们分别由 G 代码指定。

1) 数据形式

G90 绝对值方式； G91 增量值方式

2) 返回点平面

G98 初始点平面； G99 R 点平面

3) 孔加工方式

G73， G74， G76， G80～89

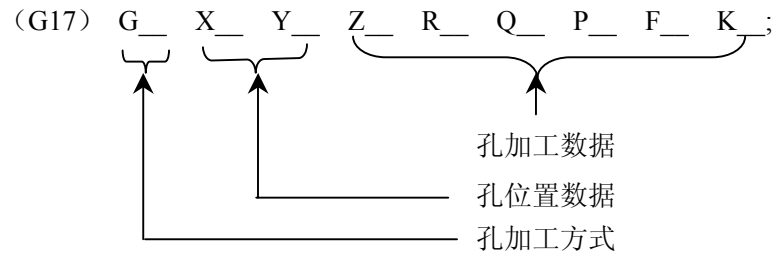
**初始点平面和 R 点平面**

**初始点平面**是表示开始固定循环状态前刀具所处的 Z 轴方向的绝对位置。

**R 点平面**又称安全平面，是固定循环中由快进转工进时，Z 轴方向的位置，一般定在工件表面之上一定距离，防止刀具撞到工件，并保证足够距离完成加速过程。

G73/G74 /G81～G89 指定了固定循环的全部数据(孔位置数据、孔加工数据、重复次数)，使之构成一个程序段。

**孔加工方式的格式如下所示:：**




其中，孔位置数据和孔加工数据的基本含义表 2.6.0.1：

表 2.6.0.1

| 指定内容 | 参数字 | 说 明 |
|---|---|---|
| 孔加工方式 | G | 请参照表 2.6.0.3，注意上述限制。 |
| 孔位置数据 | X，Y | 用绝对值或增量值指定孔的位置，控制与 G00 定位时相同。 |
| 孔加工数据 | Z | 如图 2.6.0.2(A)所示，用增量值指定从 R 点到孔底的距离或者用绝对值指令孔底的坐标值。进给速度在动作 3 中是用 F 指定的速度，在动作 5 中根据孔加工方式不同， 为快速进给或着用 F 代码指令的速度。 |
| | R | 用增量值指定图 2.6.0.2(B)的从初始点平面到 R 点距离， 或者用绝对值指定 R 点的坐标值。进给速度在动作 2 和动作 6 中全都是快速进给。 |
| | Q | 指定 G73，G83 中每次切入量或者 G76，G87 中平移量(增量值)。 |

| | | |
|---|---|---|
| | P | 指定在孔底的暂停时间。固定循环指令都可以带一个参数 P_，在 P_的参数值中指定刀具到达 Z 平面后，执行暂停操作的时间。P_的参数值为 4 位整数，单位为 ms。参数值小于 4ms 将执行 4 毫秒的暂停。 |
| | F | 指定切削进给速度。 |
| | K | 在K_的参数值中指定重复次数,K 仅在被指定的程序段内有效。可省略不写，默认为一次。最大钻孔次数受参数 **P189** 限定（默认为 9 次）当指定负值时，按其绝对值进行执行，为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。 |

**限 制!**

- 不能单段（单独）指定钻孔指令 G_ _，这样系统报警 1098，而且也没有意义。
- 一旦指令了孔加工方式，一直到指定取消固定循环的 G 代码之前一直保持有效，所以连续进行同样的孔加工时，不需要每个程序都指定。
- 取消固定循环的 G 代码，有 G80 及 01 组的 G 代码。
- 加工数据，一旦在固定循环中被指定，便一直保持到取消固定循环为止，因此在固定循环开始，把必要的孔加工数据全部指定出来，在其后的固定循环中只需指定变更的数据。

**注：F 指令的切削速度，即使取消了固定循环也被保持。**

**单段方式下，固定循环大体采取三段加工方式，定位→R 平面→初始平面，但由于插补方式不同，在直线插补的情况下，R 平面可能按 2 次或 2 次以上循环启动才可以启动，这为系统正常现象，在样条插补的情况下，R 平面会在按循环启动后立刻执行“R 平面→初始平面”部分。**

在固定循环中，如果复位，则孔加工数据、孔位置数据均被消除。上述的保持数据和清除数据的实例如下所示：

表 2.6.0.2

| 顺序 | 数据的指定 | 说 明 |
|---|---|---|
| ① | G00X-M3; | |
| ② | G81X-Y-Z-R-F-; | 因为是开始，对 Z，R，F 要指定需要的值。 |
| ③ | Y-; | 因为和孔 2 中已指定的孔加工方式及孔加工数据相同，所以 G81，Z-R-F-全可省略。孔的位置移动 Y，用 G81 方式加工孔进一次。 |
| ④ | G82X-P-; | 相对于孔 3 位置只在 X 轴方向移动。用 G82 方式加工，并用 2 中已指定的 Z，R，F 和 4 中指定的 P 为孔加工数据进行孔加工。 |
| ⑤ | G80X- Y- | 不进行孔加工。取消全部孔加工数据。 |
| ⑥ | G85X-Z-R-P-; | 因为在 5 中取消了全部数据，所以 Z，R 需要再次指定，F 与 2 中指定的相同，故可省略。P 此程序段中不需要，只是保存起来。 |

| | | |
|---|---|---|
| ⑦ | X- Z-； | 只是与 6 只是 Z 值不同的孔加工，并且孔位置只是 X 轴方向有移动。 |
| ⑧ | G89X-Y-； | 把 7 中已指定的 Z，6 中已指定的 R，P 和 2 中指定的 F 作为孔加工数据，进行 G89 方式的孔加工。 |
| ⑨ | G01X-Y-； | 消除孔加工方式和孔加工数据。 |

**A、固定循环的绝对值指令和增量值指令 G90/G91**

G90，G91相对应的数据给出方式是不同的，沿着钻孔轴的移动距离对G90和G91变化如图2.6.0.2所示。（一般用G90编程，如用G91编程，则Z和R均按负值处理）

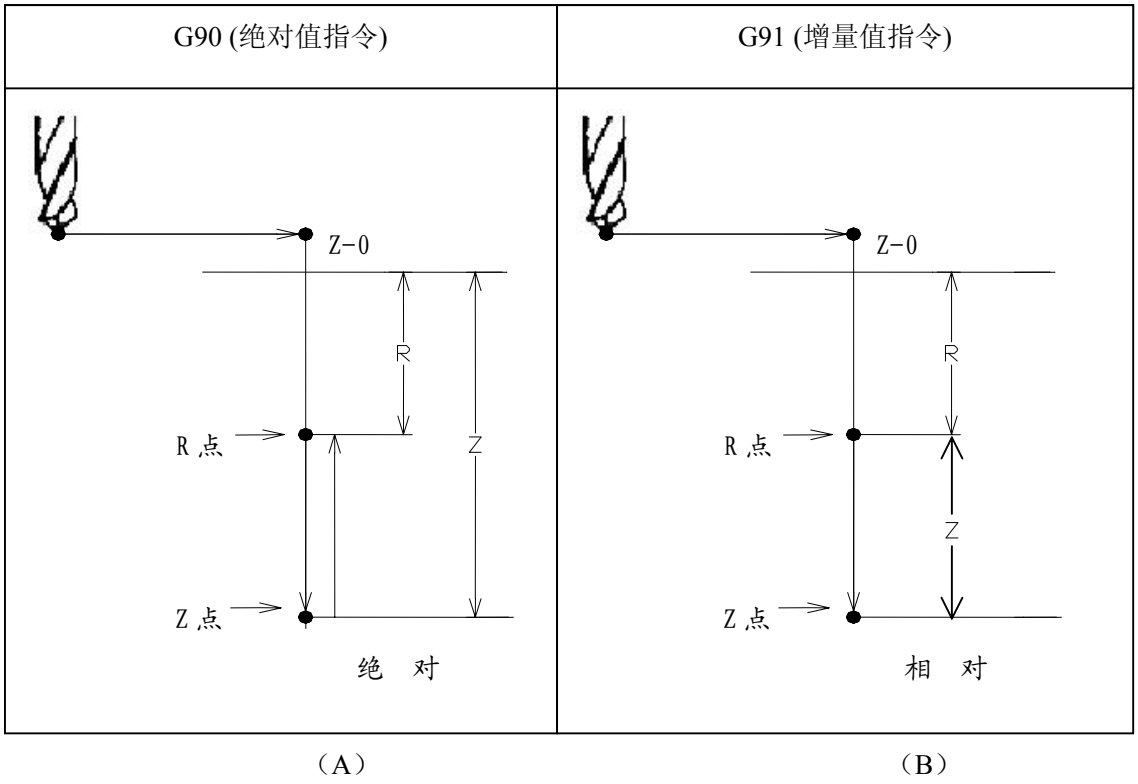



图2.6.0.2

**特别提醒：**在 G91 模态下，考虑到用户在固定循环时为当前位置开始向 Z 轴负方向进刀，故 R 值与 Z 值规定为负值，若用户输入正值，统一按负值处理。

**B、固定循环的返回平面指令G98/G99**

当刀具到达孔底后刀具可以返回到 R 点平面或初始位置平面。根据 G98 和 G99 的不同，可以使刀具返回到初始点平面或 R 点平面。

最初的孔加工用 G99，最后加工用 G98。用 G99 状态加工孔时，初始平面也不变化。指令 G98 和 G99 的动作如下图所示。

系统默认情况为G98。

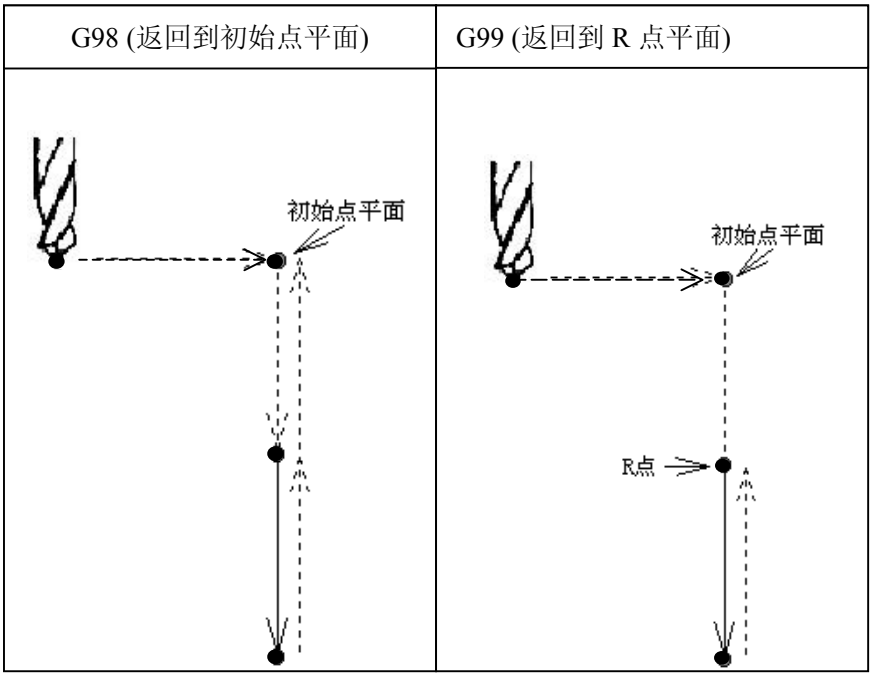
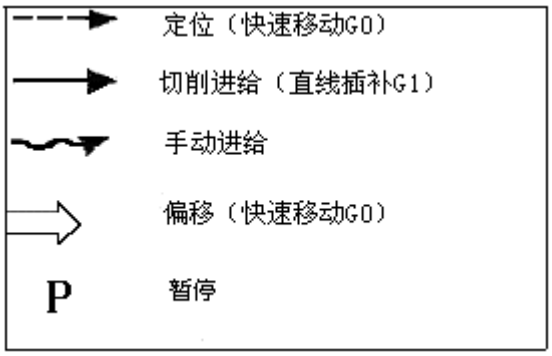



图2.6.0.3

各个固定循环解释图使用的下列符号：



**固定循环比较表（G73～G89）**

表 2.6.0.3

| G 代码 | 开孔动作(-Z 方向) | 孔底动作 | 退刀动作(+Z 方向) | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| G73 | 间歇进给 | | 快速进给 | 高速深孔加工 |
| G74 | 切削进给 | 暂停主轴正转 | 切削进给 | 反攻丝循环 |
| G76 | 切削进给 | 主轴准停 | 快速进给 | 精镗 |
| G80 | | | | 取消 |
| G81 | 切削进给 | | 快速进给 | 钻，点钻 |
| G82 | 切削进给 | 暂 停 | 快速进给 | 钻，镗阶梯孔 |
| G83 | 间歇进给 | | 快速进给 | 深孔加工循环 |
| G84 | 切削进给 | 暂停主轴反转 | 切削进给 | 攻丝 |
| G85 | 切削进给 | | 切削进给 | 镗 |
| G86 | 切削进给 | 主轴停 | 快速进给 | 镗 |
| G87 | 切削进给 | 主轴正转 | 快速进给 | 镗 |
| G88 | 切削进给 | 暂停 主轴停 | 手动 | 镗 |
| G89 | 切削进给 | 暂 停 | 切削进给 | 镗 |

**限制**

进行固定循环加工前，一定要撤销刀具半径补偿，否则，系统将出现不正确走刀现象。

在固定循环模态下，R 指令不能以单段的形式出现，即固定循环开始后，不能单独编写一个 R 指令作为一行。

### 2.6.1 高速深孔加工循环G73

**指令格式：** G73 X_Y_Z_R_Q_F_K_

**功能：** 该循环专门为执行高速深孔钻设定，它执行间歇切削进给直到孔的底部，在进给的同时从孔中快速退刀，排出切屑。动作示意图见图 2.6.1.1

**说明：**

X_Y_：孔定位数据

Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

Q_：每次切削进给的切削深度

F_：切削进给速度

K_：重复次数

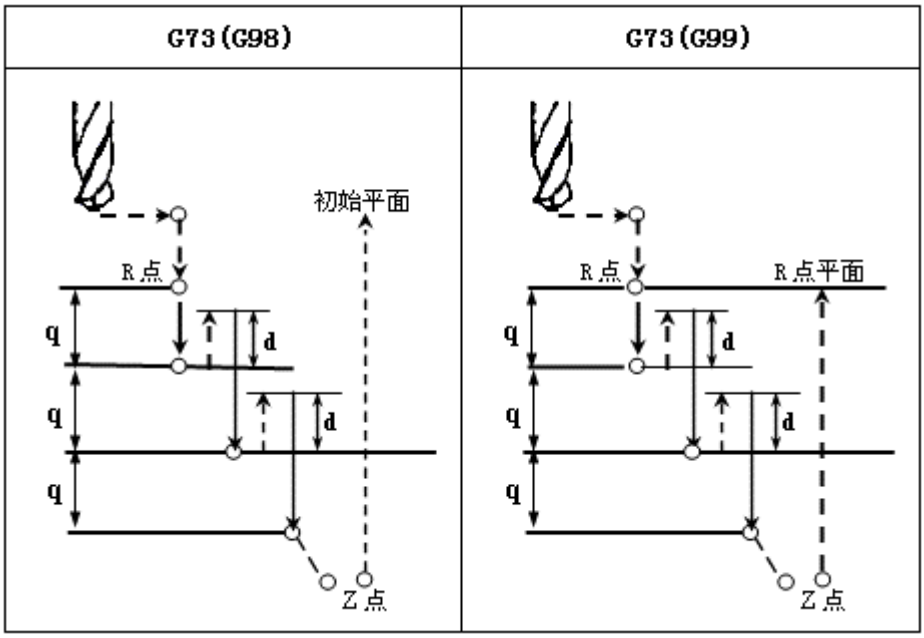



**图2.6.1.1**

Z、R：执行第一个钻孔时孔底参数Z及参数R一定要正确指定（不能缺省），否则，系统将执行不正常钻孔动作，给出报警提示：“缺少Z/R参数”。

Q： 指定指令参数Q时，将作如上图所示的间歇进给。这时，系统将以参数P121中设定的退刀量d（如图2.6.1.1）进行回退，刀具每次进给间歇地执行距离为d的快速移动退回。

**注1：如果不指定指令参数Q，将不作间歇进给。系统会给出报警提示：“进刀量设置为0，请修改程序”。如Q值指定为负值，系统将以其绝对值进行间歇进给。**

**注2：如果指定的Q值小于参数121中设置的值，系统将提示：“进刀量Q小于回退值d”的报警信息，此时可修改参数121的值，或修改程序中进刀量Q的值。**

**注3：当在固定循环中，指定刀具长度偏置(G43，G44 或G49)时，在定位到R点的同时加偏置或取消偏置。。**

**K：重复次数K，只在指定K值的当前段有效，没指定的段将执行一次钻孔动作，当指定负值时，按其绝对值进行执行，为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。**

**限制：**

**取　　消：**不能在同一程序段中指定01组G代码G00、G01、G02、G03或G60，否则将报警。

**刀具偏置：**在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

**例 1**

```
M3 S1500 主轴开始旋转
G90 G99 G73 X0 Y0 Z-15. R-10.Q5. F120.   定位，钻1孔，然后返回到R点
Y-50；                                   定位，钻2孔，然后返回到R点
Y-80；                                   定位，钻3孔，然后返回到R点
X10；                                    定位，钻4孔，然后返回到R点
Y10；                                    定位，钻5孔，然后返回到R点
G98 Y75；                                定位，钻6孔，然后返回初始位置平面
G80；
G28 G91 X0 Y0 Z0；                       返回到参考点
M5；                                     主轴停止旋转
M30；
```

**注：上例中进行第 2～6 孔加工时，虽然省略了 Q，则同样执行排屑动作。**

### 2.6.2 钻孔循环，点钻循环 G81

**指令格式：** G81 X_ Y_ Z_ R_ F_ K_

**功能：** 该循环用作正常钻孔切削进给，执行到孔底，然后刀具从孔底快速移动退回。

**说明：**

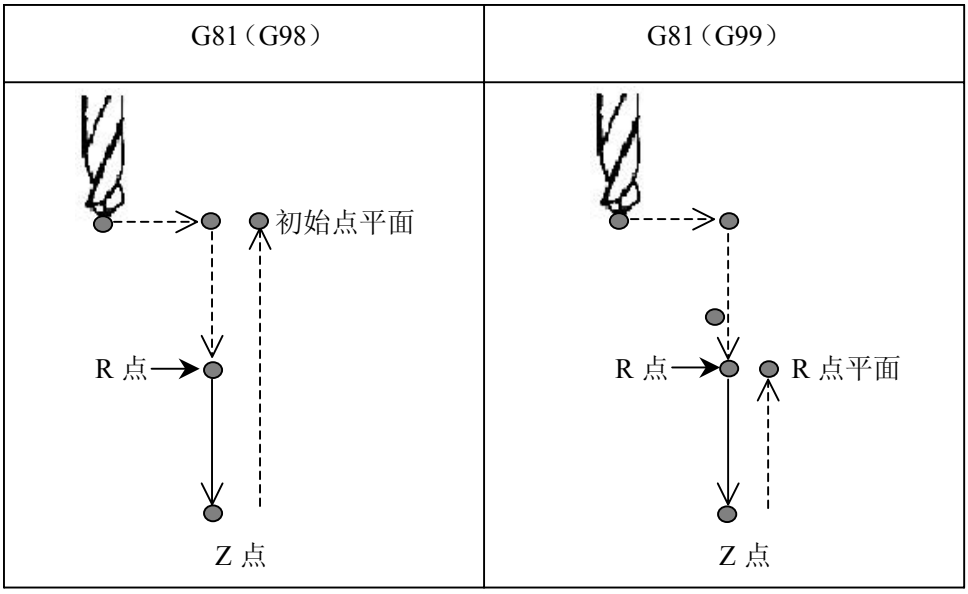
X_Y_：孔位数据

Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

F_：切削进给速度

K_：重复次数（若必要）



**Z、R**：执行第一个钻孔时孔底参数Z及参数R一定要正确指定（不能缺省），否则，系统将执行不正常钻孔动作，给出报警提示：“缺少Z/R参数”。若指定了P、Q参数，系统将提示：“参数多余”警告。

在沿着X和Y轴定位以后，快速移动到R点，从R点到Z点执行钻孔加工，然后刀具快速移动退回。在指定G81之前用辅助功能M代码旋转主轴。

**K**：当指定重复次数K 时，只对第一个孔执行M 代码，对第二或以后的孔不执行M代码。为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。

当在固定循环中指定刀具长度偏置G43 G44 或G49 时，在定位到R点的同时加偏置。

**提示**：若指定除上述以外的参数时，系统将报警提示。例如：指定Q参数，系统警告为：“参数多余”。若第一个孔没有指定Z或R参数，系统也将给出警告：“缺少Z/R参数”。

**例：**

```
M3 S2000  主轴开始旋转
G90 G99 G81 X300. Y-250. Z-150. R-10. F120.  定位，钻1孔，然后返回到R点
Y-550.;                                      定位，钻2孔，然后返回到R点
Y-750.;                                      定位，钻3孔，然后返回到R点
X1000.;                                      定位，钻孔4，然后返回到R点
Y-550.;                                      定位，钻5孔，然后返回到R点
G98 Y-750.;                                  定位，钻6孔，然后返回初始位置平面
G80;
G28 G91 X0 Y0 Z0 ;                           返回到参考点
M5;                                          主轴停止旋转
M30;
```

**限制：**

**取　　消**：不能在同一程序段中指定01组G代码G00、G01、G02、G03或G60，否则将报警。

**刀具偏置**：在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

### 2.6.3 钻孔循环，镗镗循环 G82

**指令格式**：G82 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_ K_;

**功能**： 该循环用作正常钻孔，切削进给执行到孔底，执行暂停，然后刀具从孔底快速移动退回.

**说明：**

X_Y_：孔位数据

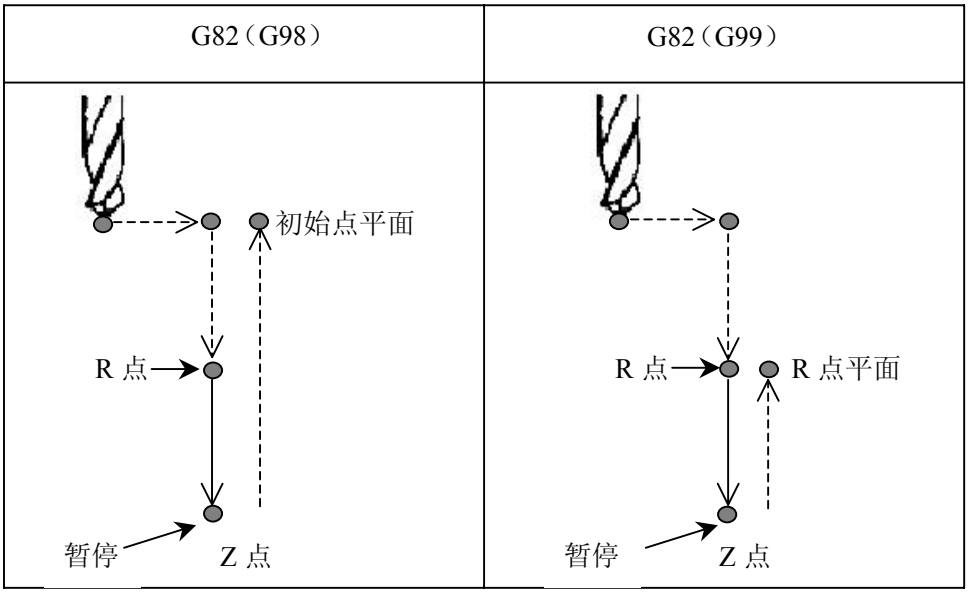
Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

F_：切削进给速度

P_：暂停时间

K_：重复次数




**P**：第一个钻孔程序段必须有 P 指令，以后其他孔编程时可以不指定，这样将以第一个指定的 P 参数进行暂停动作。否则，系统将自动暂停 1 秒。

除了多了暂停动作外，格式和 G81 格式相同，只是在孔底暂停后上升。由于在孔底暂停，在镗孔加工中，可提高孔深的精度及孔的光洁度。

沿着X和Y轴定位以后，快速移动到R点.然后从R点到Z点，执行钻孔加工。当到孔底时，执行暂停，然后刀具快速移动退回.

指定G82之前，用辅助功能M代码旋转主轴.

**K**：当指定重复次数K 时，只对第一个孔执行M 代码，对第二或以后的孔不执行M代码.为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。

当固定循环中，指定刀具长度偏置G43 G44 或G49 时，在定位到R点的同时加偏置.

**P**：在执行钻孔加工的程序段中指定P， 如果在不执行钻孔加工的程序段中指定，P不能作为模态数据被贮存.

例：

M3 S2000 主轴开始旋转

G90 G99 G82 X300. Y-250. Z-150. R-100. P1000 F120 定位，钻1孔，然后返回到R点

Y-550； 定位，钻2孔，然后返回到R点

Y-750； 定位，钻3孔，然后返回到R点

X1000.； 定位，钻4孔，然后返回到R点

Y-550； 定位，钻5孔，然后返回到R点

```
G98 Y-750;                          定位，钻6孔，然后返回初始位置平面
G80;
G28 G91 X0 Y0 Z0 ;                  返回到参考点
M5;                                 主轴停止旋转
M30;
```

限制

**取　　消**：不能在同一程序段中指定01组G代码G00、G01、G02、G03或G60，否则将报警。

**刀具偏置**：在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

### 2.6.4 排屑钻孔循环 G83

指令格式：G83 X_ Y_ Z_ R_ Q_ F_ K_

功能： 该循环执行深孔钻.执行间歇切削进给到孔的底部，钻孔过程中从孔中排除切屑。

说明：

X_Y_：孔位数据

Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

Q_：每次切削进给的切削深度

F_：切削进给速度

K_：重复次数（若必要）

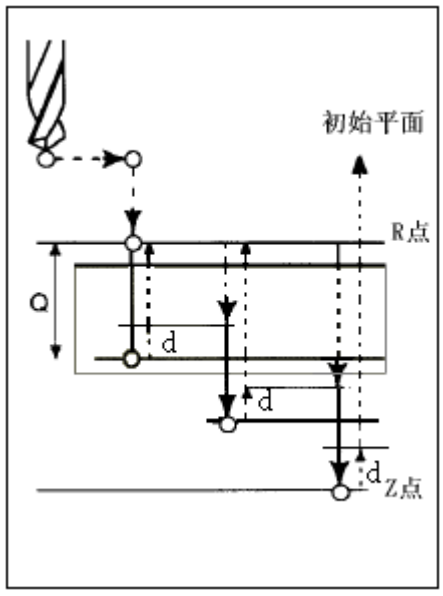
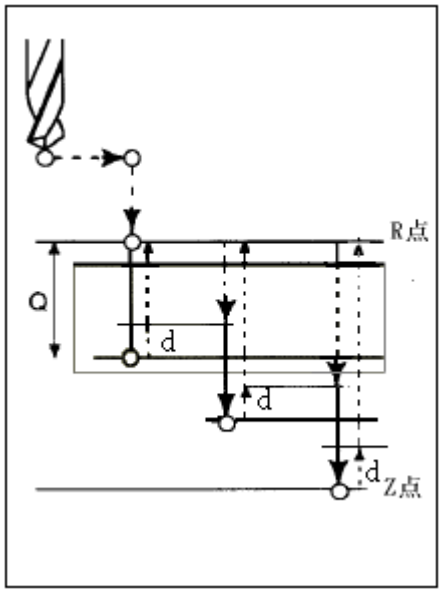
| G83 (G98) | G83 (G99) |
| --- | --- |
|  |  |



图 2.6.6.1

图中虚线（－－－）表示刀具以快速移动的速度所走轨迹

图中实线（ ——— ）表示刀具以编程指定的速度进给所走轨迹

Q：表示每次切削进给的切削深度，在第二次和以后的切削进给中，执行快速移动到上次钻孔结束之前距离为d的点，再次执行切削进给d，d的值通过参数P121进行设定。如图2.6.6.1所示，这样做好处在于：在接触孔表面时系统加速过程已完成，达到均匀进刀的目的。

在Q中必须指定正值，负号被忽略，系统仍以正值处理。

在执行钻孔的程序段中指定Q ，如果在不执行钻孔的程序段中，指定Q不能作为模态数据被贮存。

P：若钻孔程序段中指定了暂停指令P_参数，则系统将给出：“参数多余”报警。

指定G83之前，用辅助功能旋转主轴(M代码)。

K：当指定重复次数K 时，只在第一个孔执行M 代码，对第二孔和以后的孔不执行M代码。为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。

当固定循环中，指定刀具长度偏置(G43，G44 或G49)时，在定位到R 点的同时加偏置。

**注**：在钻孔期间，本系统目前不支持过载扭矩检测信号，所以，目前该系统不提供小孔深孔钻循环功能的G83。

**例**

| | |
|---|---|
| M3 S2000 | 主轴开始旋转 |
| G90 G99 G83 X300. Y-250. Z-150. R-100. Q15 F120; | 定位，钻1孔，然后返回到R点 |
| Y-550; | 定位，钻2孔，然后返回到R点 |
| Y-750; | 定位，钻3孔，然后返回到R点 |
| X1000; | 定位，钻4孔，然后返回到R点 |
| Y-550; | 定位，钻5孔，然后返回到R点 |
| G98 Y-750; | 定位，钻6孔，然后返回初始位置平面 |
| G80; | |
| G28 G91 X0 Y0 Z0 ; | 返回到参考点 |
| M5; | 主轴停止旋转 |
| M30; | |

限制

**取　　消**：不能在同一程序段中指定01组G代码G00、G01、G02、G03或G60，否则将报警。

**刀具偏置**：在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

### 2.6.5 右旋攻丝循环G84

**指令格式**：G84 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_

**功能**： 该循环执行攻丝．在这个攻丝循环中当到达孔底时主轴以反方向旋转。

**说明**：

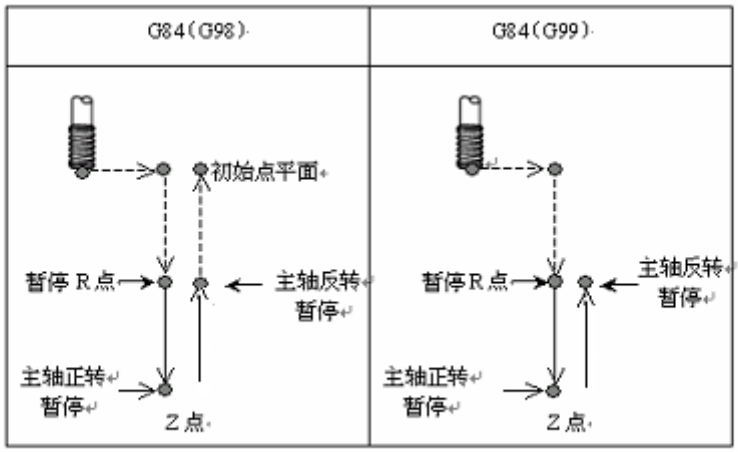
X_Y_：孔位数据

Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

P_：暂停时间

F_：切削进给速度




主轴顺时针旋转执行攻丝，当到达孔底时，为了回退主轴，以相反方向旋转．这个过程生成螺纹．在攻丝期间，进给倍率被忽略．进给暂停，不停止机床，直到返回动作完成．

在指定G84之前，用辅助功能M代码使主轴旋转。如果没指令主轴顺时针旋转，系统在R平面自动根据当前主轴指令转速，调整为顺时针旋转。

**K**：当指定重复次数K 时，仅对第一个孔执行M 代码，对第二或以后的孔不执行M代码．为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。

**P**：在执行钻孔加工的程序段中指定P， 如果在不执行钻孔加工的程序段中指定P，不能作为模态数据被贮存．

当在固定循环中指定刀具长度偏置G43 G44 或G49 时，在执行定位到R点的同时加偏置．

在每分进给方式中，螺纹导程与进给速度以及主轴转速的关系：

进给速度F=丝锥螺距×主轴转速S

如：在零件上攻M12×1.5的螺纹孔，可选用参数

S500=500 r /min F=1.5×500=750mm/min

多头螺纹时，再乘以头数即可得到F值。

**例：**

| | |
|---|---|
| M3 S100 | 主轴开始旋转 |
| G90 G99 G84 X300. Y-250. Z-150. R-120 P300 F120 | 定位，攻丝1孔，然后返回到R点 |
| Y-550.； | 定位，攻丝2孔，然后返回到R点 |
| Y-750.； | 定位，攻丝3孔，然后返回到R点 |
| X1000； | 定位，攻丝4孔，然后返回到R点 |
| Y-550.； | 定位，攻丝5孔，然后返回到R点 |
| G98 Y-750.； | 定位，攻丝6孔，然后返回初始位置平面 |
| G80； | |
| G28 G91 X0 Y0 Z0 ； | 返回到参考点 |
| M5； | 主轴停止旋转 |
| M30； | |

**限制：**

**取 消：**不能在同一程序段中指定01组G代码G00、G01、G02、G03或G60，否则将报警。

**刀具偏置：**在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

### 2.6.6 左旋攻丝循环 G74

**指令格式：**G74 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_

**功能：**该循环执行攻丝．在这个攻丝循环中当到达孔底时主轴以正方向旋转。

**说明：**

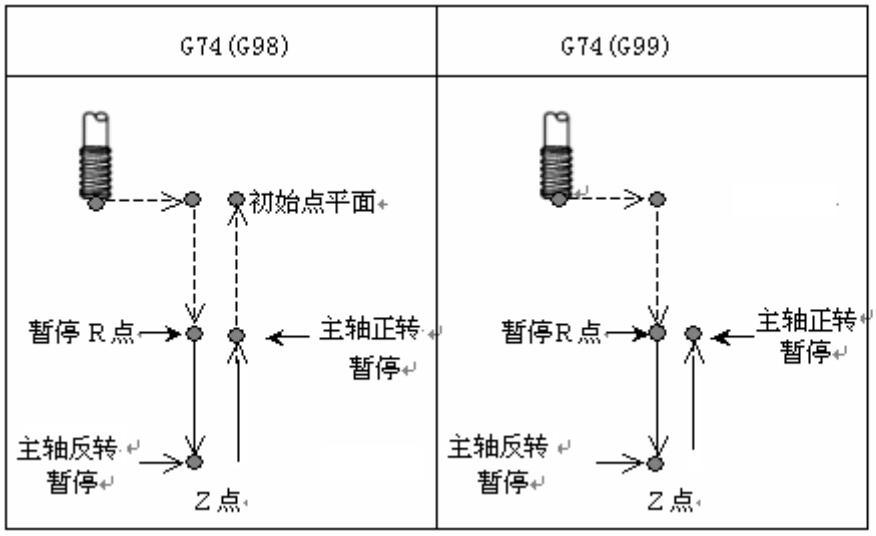
X_Y_：孔位数据

Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

P_：暂停时间

F_：切削进给速度




主轴逆时针旋转执行攻丝，当到达孔底时，为了回退主轴，以相反方向旋转．这个过程生成螺纹．在攻丝期间，进给倍率被忽略．进给暂停，不停止机床，直到返回动作完成．

在指定G74之前，用辅助功能M代码使主轴旋转。如果没指令主轴逆时针旋转，系统在R平面自动根据当前主轴指令转速，调整为逆时针旋转。

K：当指定重复次数K 时，仅对第一个孔执行M 代码，对第二或以后的孔不执行M代码．为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。

P：在执行钻孔加工的程序段中指定P， 如果在不执行钻孔加工的程序段中指定P，不能作为模态数据被贮存．

当在固定循环中指定刀具长度偏置G43 G44 或G49 时，在执行定位到R点的同时加偏置．

**例：**

| | |
|---|---|
| M4 S100 | 主轴开始旋转 |
| G90 G99 G74 X300. Y-250. Z-150. R-120 P300 F120 | 定位，攻丝1孔，然后返回到R点 |
| Y-550.； | 定位，攻丝2孔，然后返回到R点 |
| Y-750.； | 定位，攻丝3孔，然后返回到R点 |
| X1000； | 定位，攻丝4孔，然后返回到R点 |
| Y-550.； | 定位，攻丝5孔，然后返回到R点 |
| G98 Y-750.； | 定位，攻丝6孔，然后返回初始位置平面 |
| G80； | |
| G28 G91 X0 Y0 Z0 ； | 返回到参考点 |
| M5； | 主轴停止旋转 |
| M30； | |

**限制：**

**取　　消**：不能在同一程序段中指定01组G代码G00、G01、G02、G03或G60，否则将报警。

**刀具偏置：**在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

### 2.6.7 精镗循环 G76

**指令格式：**G76 X_Y_Z_Q_R_P_F_K_

**功能：**精镗循环适用于孔的精镗。当到达孔底时，主轴停转，切削刀具离开工件被加工表面并返回。防止出现退刀时的退刀痕，影响加工表面的光洁度，同时避免刀具的损坏。

**说明：**

X_Y_:孔位数据

Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

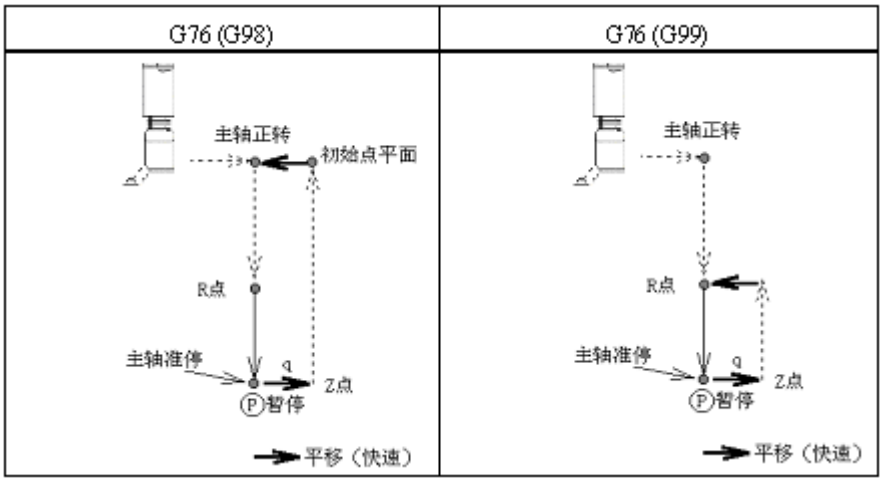
R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

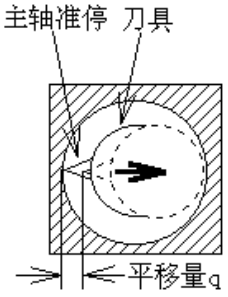
Q_:孔底的偏移量

P_:暂停时间

F_:切削进给速度

K_:精镗的次数




当刀具到达孔底时，主轴停止在固定的回转位置上，并且刀具以刀尖的相反方向移动退刀。这保证加工面不被破坏，实现精密而有效的镗削加工。参数Q指定了退刀的距离。通过系统参数P002.4与P002.5指定退刀方向， Q 值必须是正值。即使用负值，符号也不起作用。Q 在孔底的偏移量是在固定循环内保存的模态值必须小心。指定因为它也用作G73 和G83 的切削深度。

在指定G76之前，用辅助功能M代码旋转主轴。如果不指定，镗孔也可正常运行。

K:当指定重复次数K 时，只对第一个孔执行M 代码，对第二或以后的孔不执行M代码。

例

M3 S500 主轴开始旋转

G90 G99 G76 X300.Y-250. 定位,镗1孔,然后返回到R点

Z-150. R-100.Q5. 孔底定向然后移动5mm

P1000 F120.; 在孔底停止1s

Y-550.; 定位,镗2孔,然后返回到R点

Y-750.; 定位,镗3孔,然后返回到R点

X1000.; 定位,镗4孔,然后返回到R点

Y-550.; 定位,镗5孔,然后返回到R点

G98 Y-750.; 定位,镗6孔,然后返回初始位置平面

G80 G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回到参考点

M5; 主轴停止旋转

限制：

轴切换：必须在改变钻孔轴之前，取消固定循环。

镗加工：在不包含X Y Z R或其它轴的程序段中不执行镗加工。

平移量： 系统参数对Q如果指定为负值符号，负值符号将被忽略。

取消：不能在同一程序段中指定01组G代码G00到G03或G60和G76, 否则G76将被取消，同时出现报警。

### 2.6.8 镗孔循环 G85

**指令格式：** G85 X_ Y_ Z_ R_ F_ K_

**功能：** 该循环用于镗孔。

**说明：**

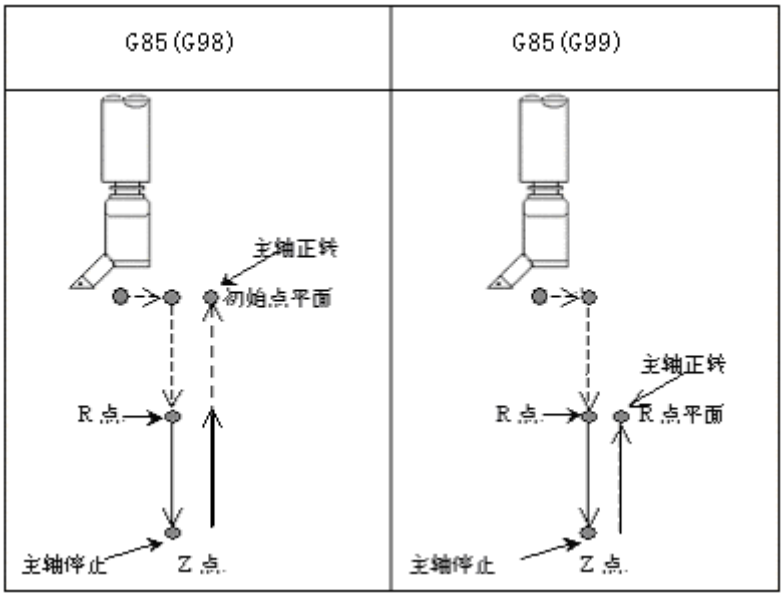
X_Y_：孔位数据

Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

F_：切削进给速度

K_：重复次数




沿着X和Y轴定位以后，快速移动到R点，然后从R点到Z点执行镗孔，当到达孔底时，执行切削进给，然后返回到R点．（其区别于其他指令的不同之一是从孔底Z回退到参考平面R时，为切削进给方式）。在指定G85之前用辅助功能M代码旋转主轴。

K：当指定重复次数K 时，只对第一个孔执行M 代码，对第二或以后的孔不执行M代码．为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。

当在固定循环中，指定刀具长度偏置G43 G44 或G49 时，在定位到R点的同时加偏置。

**例**

| | |
|---|---|
| M3 S100 | 主轴开始旋转 |
| G90 G99 G85 X300. Y-250. Z-150. R-120. F120. | 定位，镗1孔，然后返回到R点 |
| Y-550.； | 定位，镗2孔，然后返回到R点 |
| Y-750.； | 定位，镗3孔，然后返回到R点 |
| X1000.； | 定位，镗4孔，然后返回到R点 |
| Y-550.； | 定位，镗5孔，然后返回到R点 |
| G98 Y-750.； | 定位，镗6孔，然后返回初始位置平面 |
| G80； | |
| G28 G91 X0 Y0 Z0 ； | 返回到参考点 |
| M5； | 主轴停止旋转 |
| M30； | |

**限制**

**取　　消**：不能在同一程序段中指定01组G代码G00、G01、G02、G03或G60，否则将报警。

**刀具偏置**：在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

### 2.6.9 镗孔循环 G86

**指令格式：** G86 X_ Y_ Z_ R_ F_ K_；

**功能：** 该循环指令用于镗孔加工循环（孔底不需要暂停动作）。

**说明：**

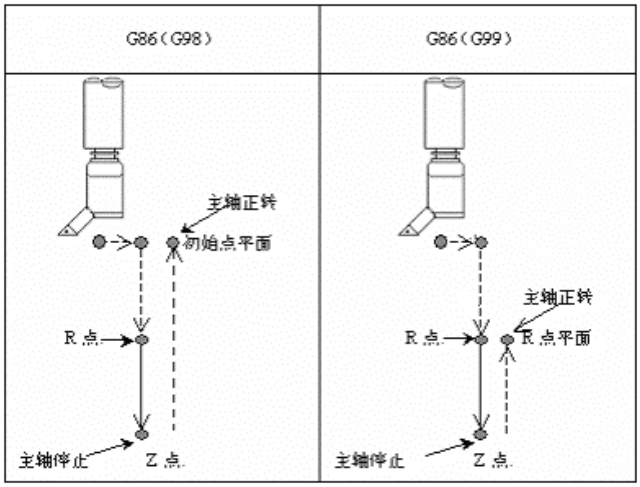
X_Y_：孔位数据

Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

F_：切削进给速度

K_：重复加工次数




沿着X和Y轴定位以后，快速移动到R点，然后从R点到Z点执行镗孔．当主轴在孔底停止时，刀具以快速移动退回。

在指定G86之前，用辅助功能M代码旋转主轴（这一点一定要注意，否则，会出现刀具损坏或工件报废现象）。

**K**：当指定重复次数K 时，只对第一个孔执行M 代码，对第二或以后的孔不执行M代码。为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。

当在固定循环中，指定刀具长度偏置G43 G44 或G49 时，在定位到R点的同时加偏置。而刀具半径偏置被取消。

**提示：** G86区别于G88的是，孔底动作没有暂停，如果非要暂停，则采用G88进行加工。若指定了P参数，系统将警告提示：“多余参数”。

例

```
M3 S2000                    主轴开始旋转
G90 G99 G86 X300. Y-250. Z-150. R-100. F120.
                            定位，镗1孔，然后返回到R点
Y-550.;                     定位，镗2孔，然后返回到R点
Y-750.;                     定位，镗3孔，然后返回到R点
X1000.;                     定位，镗4孔，然后返回到R点
Y-550.;                     定位，镗5孔，然后返回到R点
G98 Y-750.;                 定位，镗6孔，然后返回初始位置平面
G80;
G28 G91 X0 Y0 Z0 ;          返回到参考点
M5;                         主轴停止旋转
M30;
```

**限制：**

**轴 切 换：**必须在切换镗孔轴之前取消固定循环。

**镗 加 工：**在不包含X Y Z R或任何其它轴的程序段中，不执行镗加工。

**取 消：**不能在同一程序段中指定01组G代码G00到G03或G60和G86，否则将报警。

**刀具偏置：**在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

### 2.6.10 镗孔循环，背镗孔循环 G87

**指令格式：**G87 X_Y_Z_R_Q_ F_

**功能：** 该循环执行精密镗孔

**说明：**

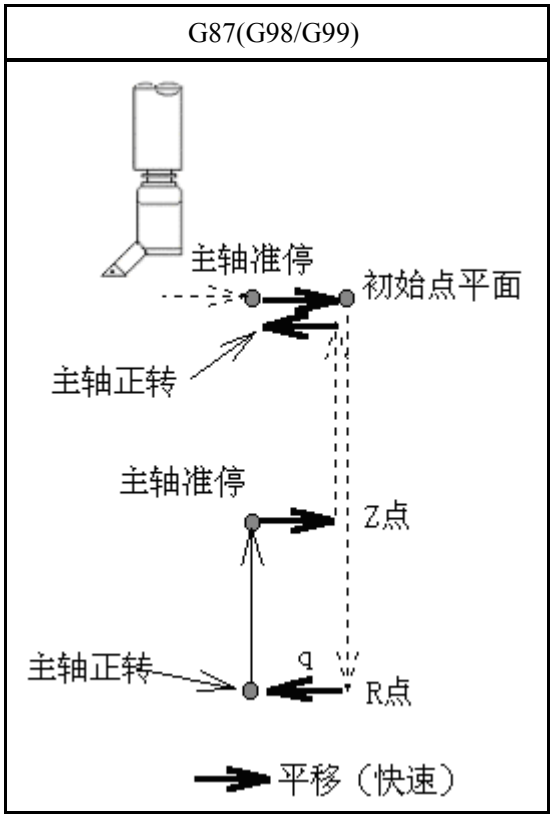
X_Y_:孔位数据

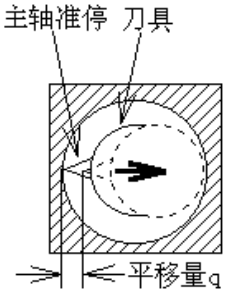
Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

Q_:孔底的偏移量

F_:切削进给速度




当刀具到达孔底时，主轴停止在固定的回转位置上，并且刀具以刀尖的相反方向移动退刀。这保证加工面不被破坏，实现精密而有效的镗削加工。参数Q*指定了退刀的距离。通过系统参数P002.4与P002.5指定退刀方向， Q 值必须是正值。即使用负值，符号也不起作用。Q 在孔底的偏移量是在固定循环内保存的模态值必须小心指定，因为它也用作G73 和G83 的切削深度。

沿着X和Y轴定位以后，主轴定向后停止刀具，在刀尖的相反方向移动，并在孔底R点定位快速移动，然后刀具在刀尖的方向上移动，并且主轴正转沿Z 轴的正向镗孔直到Z点，在Z点主轴再次定向后，刀具在刀尖的相反方向移动，然后刀具返回到初始平面，刀具在刀尖的方向上偏移主轴正转，执行下个程序段的加工.

**建议：**在指定G87前用辅助功能M代码旋转主轴，但如果不指定镗孔也可正常进行。

**提示：**在进行背镗孔循环编程时，切记Z值与R值得指定，一般情况下，这里的Z位置在R位置上面。否则，系统将予以报错“Z平面应高于R平面”。

例

M3 S500 主轴开始旋转

G90 G99 G87 X300. Y-250. Z-120. R-150. Q5. P1000 F120.
定位,镗1 孔,在初始位置定向然后偏移
5mm 在Z点停止1秒
Y-550.; 定位,镗2孔,然后返回到R点
Y-750.; 定位,镗3孔,然后返回到R点
X1000.; 定位,镗4孔,然后返回到R点
Y-550.; 定位,镗5孔,然后返回到R点
G98 Y-750.; 定位,镗6孔,然后返回初始位置平面
G80 G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回到参考点
M5; 主轴停止旋转

**限制：**

轴切换：必须在切换镗孔轴之前取消固定循环.
镗加工：在不包含X Y Z R或其它辅助轴的程序段中，不执行镗加工.
**P/Q：** Q必须指定为正值，如果Q指定为负值，符号被忽略. 在执行镗加工的程序段中，指定P 和Q ，在不执行镗加工的程序段中，指定它们，它们不作为模态数据被贮存.
取消：不能在同一程序段中指定01 组G 代码G00 到G03 或G60和G87 ，否则G87将被取消.
**刀具偏置：**在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

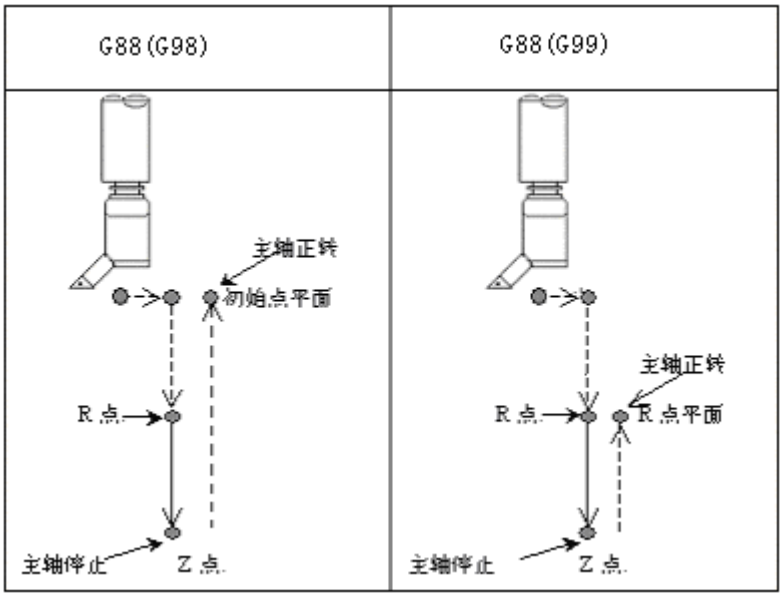
### 2.6.11 镗孔循环 G88

指令格式：G88 X_Y_Z_R_ P_F_

**功能：** 该循环用于镗孔

**说明：**

X_Y_:孔位数据
Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值
R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。
P_:暂停时间
F_:切削进给速度




沿着X和Y轴定位以后，快速移动到R 点，然后从R 点到Z 点执行镗孔,当镗孔完成后,执行暂停,然后主轴停止,刀具从孔底Z点手动返回到R点（G99情况下）或初始点（G98情况下）后，开始主轴正传。

在指定G88之前,用辅助功能M代码旋转主轴.

当指定重复次数K 时,只对第一个孔执行M 代码,对第二或以后的孔不执行M代码.

**注意**!在执行G88指令时，若主轴没有转动起来，系统不会报警提示。所以，在执行此指令前一定要确认系统状态，尤其是主轴的状态。

例

M3 S2000 主轴开始旋转

G90 G99 G88 X300. Y-250. Z-150. R-100. P1000 F120.

定位,镗1孔,然后返回到R点

Y-550.; 定位,镗2孔,然后返回到R点

Y-750.; 定位,镗3孔,然后返回到R点

X1000.; 定位,镗4孔,然后返回到R点

Y-550.; 定位,镗5孔,然后返回到R点

G98 Y-750.; 定位,镗6孔,然后返回初始位置平面

G80 G28 G91 X0 Y0 Z0 ; 返回到参考点

M5; 主轴停止旋转

**限制：**

轴切换:必须在切换镗孔轴之前取消固定循环.

镗加工:在不包含X Y Z R或任何其它轴的程序段中,不执行镗加工.

P :在执行镗孔加工的程序段中指定P ,如果在不执行镗孔加工的程序段中指定P,不能作为模态数据被贮存.

取消:不能在同一程序段中指定01组G代码G00到G03或G60和G88 ,否则G88将被取消，同时出现报警。

刀具偏置：在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

### 2.6.12 孔循环 G89

**指令格式：**G89 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_ K_

**功能：** 该循环用于镗孔。

**说明：**

X_Y_：孔位数据

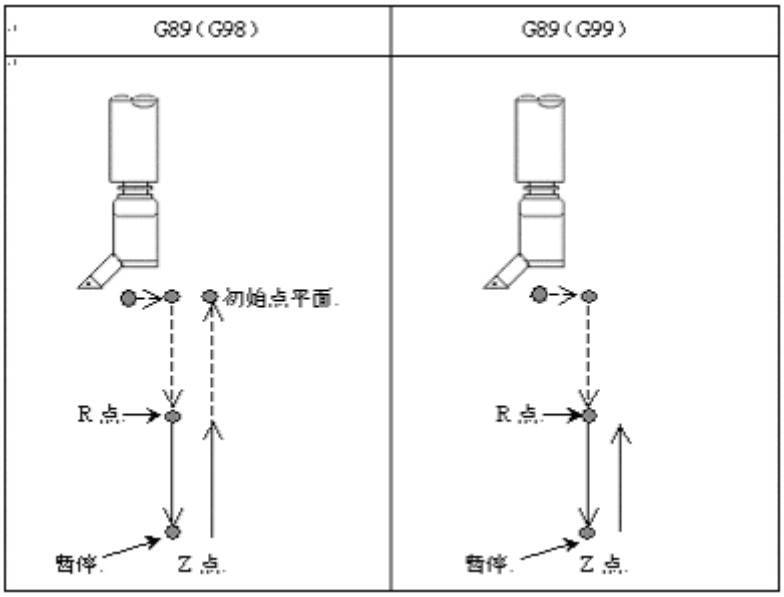
Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

P_：暂停时间（必须指定参数）

F_：切削进给速度

K_: 重复次数




**P**：暂停参数 P 为必须参数，若不指定系统会自动暂停 1 秒（系统默认）。在执行镗孔加工的程序段中指定 P ，如果在不执行镗孔加工的程序段中指定 P，不能作为模态数据被贮存。

该循环几乎与G85相同，不同的是该循环在孔底执行暂停。

在指定G89之前用辅助功能M代码旋转主轴。

K: 当指定重复次数K 时，只对第一个孔执行M 代码，对第二或以后的孔不执行M代码。为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。

当在固定循环中指定刀具长度偏置G43 G44 或G49 时，在定位到R点的同时加偏置。

**例**

```
M3 S100                          主轴开始旋转
G90 G99 G89 X300. Y-250. Z-150. R-120. P1000 F120.
                                 定位，镗1 孔，然后返回到R 点在孔底停止1秒
Y-550.;                          定位，镗2孔，然后返回到R点
Y-750.;                          定位，镗3孔，然后返回到R点
X1000.;                          定位，镗4孔，然后返回到R点
Y-550.;                          定位，镗5孔，然后返回到R点
G98 Y-750.;                      定位，镗6孔，然后返回初始位置平面
G80;
G28 G91 X0 Y0 Z0 ;               返回到参考点
M5;                              主轴停止旋转
M30;
```

**限制**

**取　　消**：不能在同一程序段中指定01组G代码G00、G01、G02、G03或G60，否则将报警。

**刀具偏置**：在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

### 2.6.13 右旋刚性攻丝 G84

**指令格式：G84 X_Y_Z_R_P_F_K_**

**功能**：在刚性方式中主轴电机的控制是一个伺服电机，可实现高速高精度攻丝。可以保证在R点不变化的情况下，攻丝的起始位置是一致的。即在一个位置多次重复执行攻丝指令，而螺纹丝不会乱扣、烂牙。

**说明：**

X_Y_：孔位数据

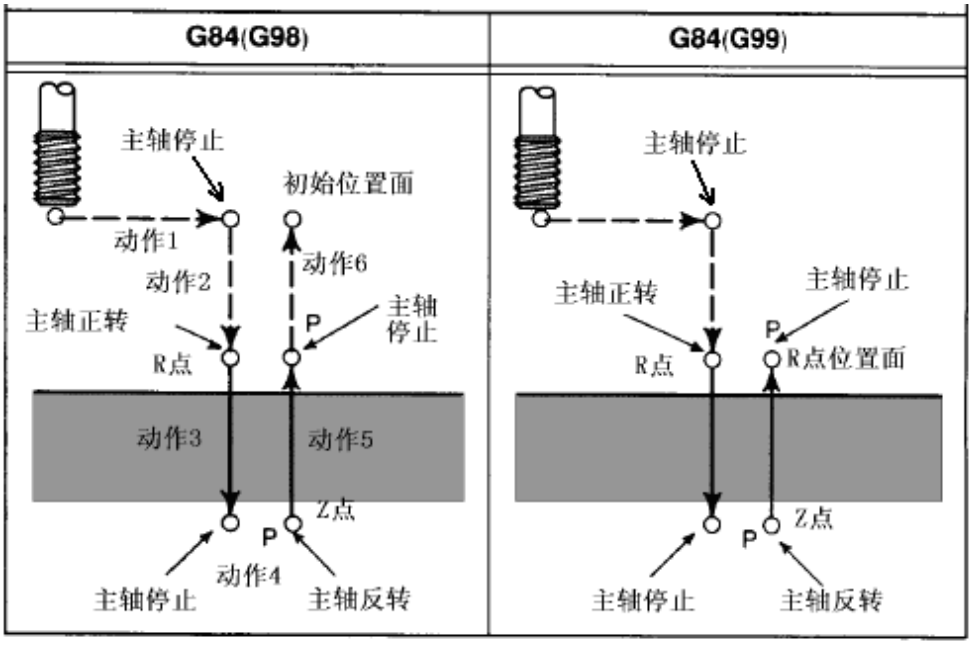
Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

P_：暂停时间

F_：切削进给速度

K_：重复次数




沿X和Y轴定位后，Z轴执行快速移动到R点，执行G84主轴开始正转，从R 点到Z点执行攻丝，当攻丝完成时，主轴停止并执行暂停，然后主轴以相反方向旋转刀具，退回到R 点，主轴停止。然后执行快速移动到初始位置。

当攻丝正在执行时进给速度倍率和主轴倍率认为是100% 。

**刚性方式：**

用下列任何一种方法可以指定刚性方式：

(1)在攻丝指令段之前指定M29 S*****

(2)在包含攻丝指令的程序段中指定M29 S*****

螺纹导程用表达式：进给速度/主轴转速。

Z轴进给速度=主轴转速*螺纹导程。

刀具长度补偿，如果在固定循环方式中，指定刀具长度补偿G43 G44或G49 的话，在定位到R点的同时加偏置。

例：

主轴速度1000r/min

螺纹导程1.0mm

则 Z轴进给速度= 1000*1=1000mm/min

G00 X120 Y100； 定位

M29 指定刚性方式

M3 S1000 主轴正转

G84 Z-100 R-20 F1000； 刚性攻丝

**限制：**

F指令：如果指定的F值超过切削进给速度上限值的话，则发出报警。

K：当指定重复次数K 时，只对第一个孔执行M 代码，对第二或以后的孔不执行M代码。为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。

P ：在执行攻丝程序段中，指定P 如果在非攻丝程序段中指定R ，它不能作为模态数据存储。

**取消**：不能在同一个程序段中指定01组G代码G00、G01、G02、G03或G60，否则将报警。

**刀具偏置**：在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

**程序再起动**：在刚性攻丝期间程序再起动无效。

### 2.6.14 左旋刚性攻丝 G74

**指令格式：**G74 X_Y_Z_R_P_F_K_

**功能：**在刚性方式中主轴电机的工作是一个伺服电机，该指令可实现左旋高速高精度攻丝。

**说明：**

X_Y_：孔位数据

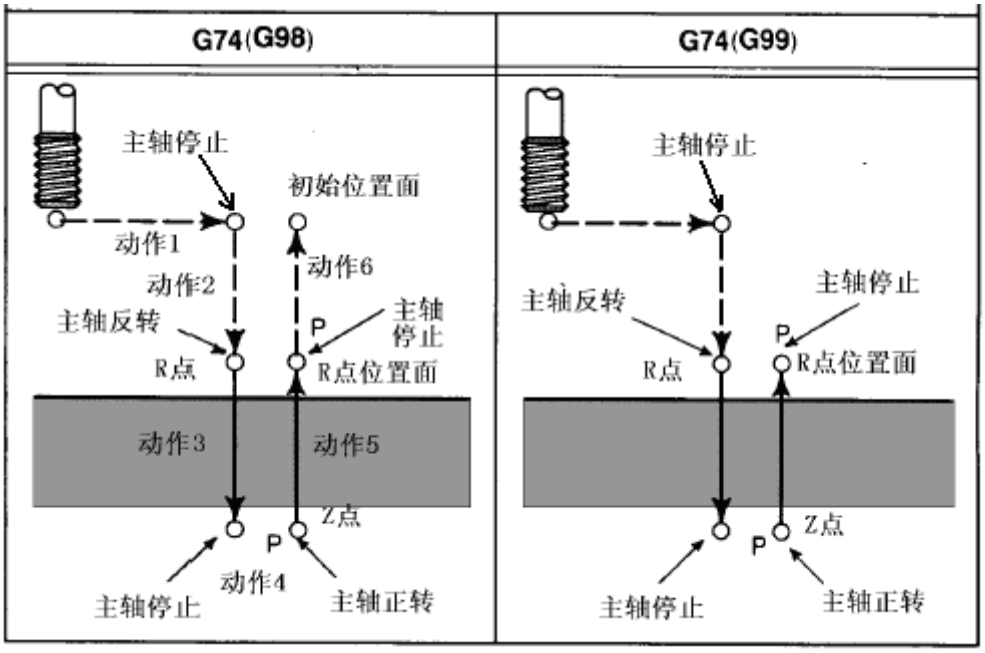
Z_：增量编程表示指定 R 点到孔底距离；绝对编程表示孔底的绝对坐标值

R_：增量编程表示从初始点平面到 R 点距离；绝对编程表示 R 点的绝对坐标值。

P_：暂停时间

F_：切削进给速度

K_：重复次数




沿X和Y轴定位后，Z轴快速移动到R点，执行G74主轴开始反转，从R 点到Z点执行攻丝，当攻丝完成

时，主轴停止并执行暂停，然后主轴以相反方向旋转刀具退回到R 点，主轴停止，然后执行快速移动到初始位置。当攻丝正在执行时进给速度倍率和主轴倍率认为是100%。

**刚性方式：**

用下列任何一种方法可以指定刚性方式：

(1)在攻丝指令段之前指定M29 S*****

(2)在包含攻丝指令的程序段中指定M29 S*****

螺纹导程用表达式：进给速度/主轴转速。

Z轴进给速度=主轴转速*螺纹导程。

刀具长度补偿，如果在固定循环方式中，指定刀具长度补偿G43 G44或G49 的话，在定位到R点的同时加偏置。

**P** ：在执行攻丝程序段中，指定P 如果在非攻丝程序段中指定R ，它不能作为模态数据存储.

取消：不能在同一个程序段中指定01组G代码G00到G03或G60和G74 否则G74将被取消。

**K**: 当指定重复次数K 时，只对第一个孔执行M 代码，对第二或以后的孔不执行M代码。为零时，不执行钻孔动作，只改变模态。

例：

主轴速度1000rpm

螺纹导程1.0mm

则 Z轴进给速度= 1000*1=1000mm/min

```
G00 X120 Y100;          定位
M29                     指定刚性方式
M4S1000                 主轴转动方向
G74 Z-100 R-20 F1000;   刚性攻丝
或  G00 X120 Y100;      定位
M29 S1000;              指定刚性方式
G84 Z-100 R-20 F1000;   刚性攻丝
```

**限制：**

**刀具偏置**：在运行固定循环方式之前刀具半径偏置自动撤销，固定循环完成后，偏置自动建立。

**程序再起动**：在刚性攻丝期间程序再起动无效。

### 2.6.15 固定循环取消 G80

指令格式：G80

功能： G80取消固定循环。

说明：

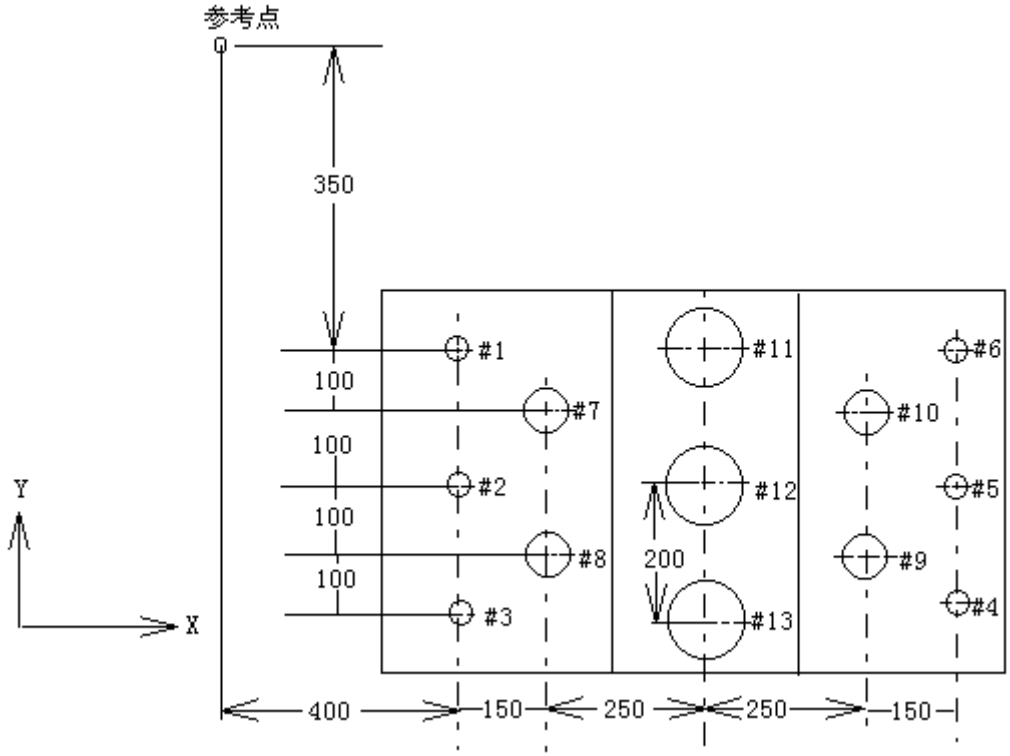
取消所有的固定循环，执行正常的操作．R 点和Z 点也被取消．其它钻、镗孔数据也被取消清除。

例

```
M3 S100                          主轴开始旋转
G90 G99 G88 X300. Y-250. Z-150. R-120. F120.
                                 定位，镗1孔，然后返回到R点
Y-550.；                         定位，镗2孔，然后返回到R点
Y-750.；                         定位，镗3孔，然后返回到R点
X1000.；                         定位，镗4孔，然后返回到R点
Y-550.；                         定位，镗5孔，然后返回到R点
G98 Y-750.；                     定位，镗6孔，然后返回初始位置平面
G80；
G28 G91 X0 Y0 Z0 ；              返回到参考点取消固定循环
M5；                             主轴停止旋转
```

### 2.6.16 举例

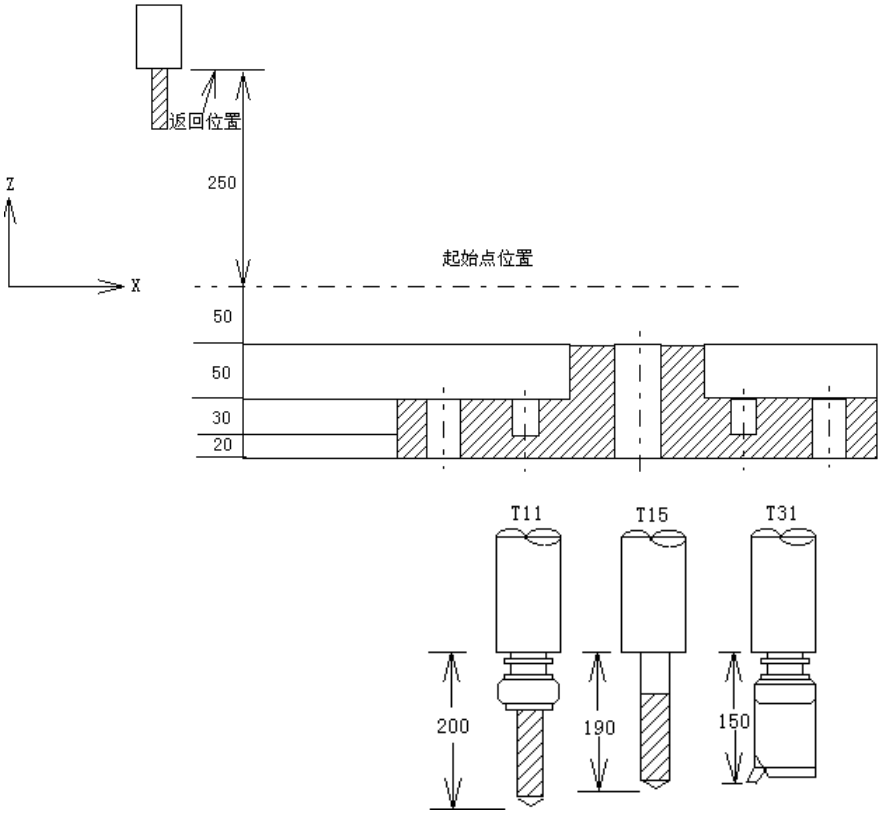
下面使用刀具长度补偿， 综合来说明固定循环的使用。




**# 1～ 6...钻 Φ10 孔**

**# 7～10...钻 Φ20 孔**

**#11～13..镗 Φ95 孔**




偏置号 11 的值为 200，偏置号 15 的值为 190，偏置号 31 的值为 150 作为偏移量分别设定。程序如

下：

| | |
|---|---|
| N001 G92 X0 Y0 Z0 ； | 坐标系设定在参考点。 |
| N002 G90 G00 Z250 T11 M6 ； | 换刀。 |
| N003 G43 Z0 H11 ； | 在初始点进行平面刀具长度补偿。 |
| N004 S300 M3 ； | 主轴启动。 |
| N005 G99 G81 X400 Y-350 ；<br>Z-153 R-97 F120 ； | 定位后加工#1 孔。 |
| N006 Y-550 ； | 定位后加工#2 孔， 返回 R 点平面。 |
| N007 G98 Y-750 ； | 定位后加工#3 孔， 返回初始点平面。 |
| N008 G99 X1200 ； | 定位后加工#4 孔， 返回 R 点平面。 |
| N009 Y-550 ； | 定位后加工#5 孔， 返回 R 点平面。 |
| N010 G98 Y-350 ； | 定位后加工#6 孔， 返回初始点平面。 |
| N011 G00 X0 Y0 M5 ； | 返回参考点， 主轴停。 |
| N012 G49 Z250 T15 M6 ； | 取消刀具长度补偿， 换刀。 |
| N013 G43 Z0 H15 ； | 初始点平面， 刀长补偿。 |
| N014 S200 M3 ； | 主轴起动。 |
| N015 G99 G82 X550 Y-450 ；<br>Z-130 R-97 P30 F70 ； | 定位后加工#7 孔， 返回 R 点平面。 |
| N016 G98 Y-650 ； | 定位后加工#8 孔， 返回初始点平面。 |
| N017 G99 X1050 ； | 定位后加工#9 孔， 返回 R 点平面。 |
| N018 G98 Y-450 ； | 定位后加工#10 孔， 返回初始点平面。 |
| N019 G00 X0 Y0 M5 ； | 返回参考点， 主轴停。 |
| N020 G49 Z250 T31 M6 ； | 取消刀具长度补偿， 换刀。 |
| N021 G43 Z0 H31 ； | 初始点平面刀长补偿。 |
| N022 S100 M3 ； | 主轴起动。 |
| N023 G85 G99 X800 Y-350 ；<br>Z-153 R47 F50 ； | 定位后加工#11 孔， 返回 R 点平面。 |
| N024 G91 Y-200 ；<br>Y-200 ； | 定位后加工#12，#13 孔， 返回 R 点平面。 |
| N025 G00 G90 X0 Y0 M5 ； | 返回参考点， 主轴停。 |
| N026 G49 Z0 ； | 取消刀具长度补偿。 |
| N027 M30 ； | 程序停。 |

## 2.7 刀具补偿 G 代码

由于在手动编制程序时通常不考虑刀具的长度和半径，而使刀具始终是按刀具中心的点进行移动，如果不加补偿，将会对零件产生干涉，同时对于多把刀具，也存在刀具尺寸的偏差，为了消除这些偏差给编程时带来的麻烦，所以系统引入刀具补偿功能。

在使用刀具补偿功能时，应注意：

目前系统只支持G17 平面的刀具补偿。在使用G41、G42 半径补偿，以及G43、G44 长度补偿时，该程序段必须紧跟参数D或H，否则系统将出现错误，刀具建立补偿后，可以修改D、H，直到下次调用时才会有效。

### 2.7.1、刀具长度补偿 G43、G44、G49

**指令格式：**

G43<br>G44 } Z_ H_ ；<br>G49

**功能：**

G43 指定刀具长度的正向补偿。

G44 指定刀具长度的反向补偿。

G49 取消刀具长度补偿。

**说明：**

上述指令的作用是将Z 轴指令终点位置再移动一个偏移量（即建立刀具长度补偿时必须是在移动中完成）。把编程时假想的刀具长度值（通常设定为第一把刀）和实际加工时使用刀具长度值之差预先设定在偏置存储器中，因此不需要变更程序，只需要改变刀具长度补偿值就可以使用不同长度的刀具加工零件。

G43，G44指定不同的偏移方向，用 H代码指定偏移号，通常使用G43指令。

**(1) 偏移方向**

G43： 正向偏移（最常用的偏移方式）

G44： 负向偏移

无论是绝对值指令，还是增量值指令，在G43时，把程序中Z轴移动指令终点坐标值加上用H代码指定的偏移量(设定在偏置存储器中)；G44时，减去H 代码指定的偏移量，然后把其计算结果的坐标值作为终点坐标值。实际应用中，常使用G43长度补偿，只有在特殊情况才使用G44指令。

G43，G44是模态 G代码，在遇到同组其他 G代码之前均有效。

**(2) 偏置量的指定**

由H 代码指定长度偏置号，与该偏置号对应的偏置量与程序中Z 轴移动指令值相加或相减，形成新的Z轴移动指令。根据需要偏置号可以指定H00～H50。

用 LCD/MDI 面板，可把偏置号对应的偏置量事先设定在偏置存储器中。

偏置量设定的范围如下：

| | 毫 米 输入 |
|---|---|
| 偏移量 | 0～±9999.999 |

偏置号00，即H00对应的偏置量是0。H00对应的偏置量在系统中不能设定。

**注意!** 刀具长度补偿的程序段中必须指令Z轴方向，而且严格禁用X、Y的值。

例如： G43 X10 Y10 Z5 H1

该指令段错误。系统执行该指令且不报错，运行结果加上刀补。但是上述编程格式会造成机床的误动作。

建议请严格按照指令格式输入。

应改为： G43 Z5 H1；

X10 Y10

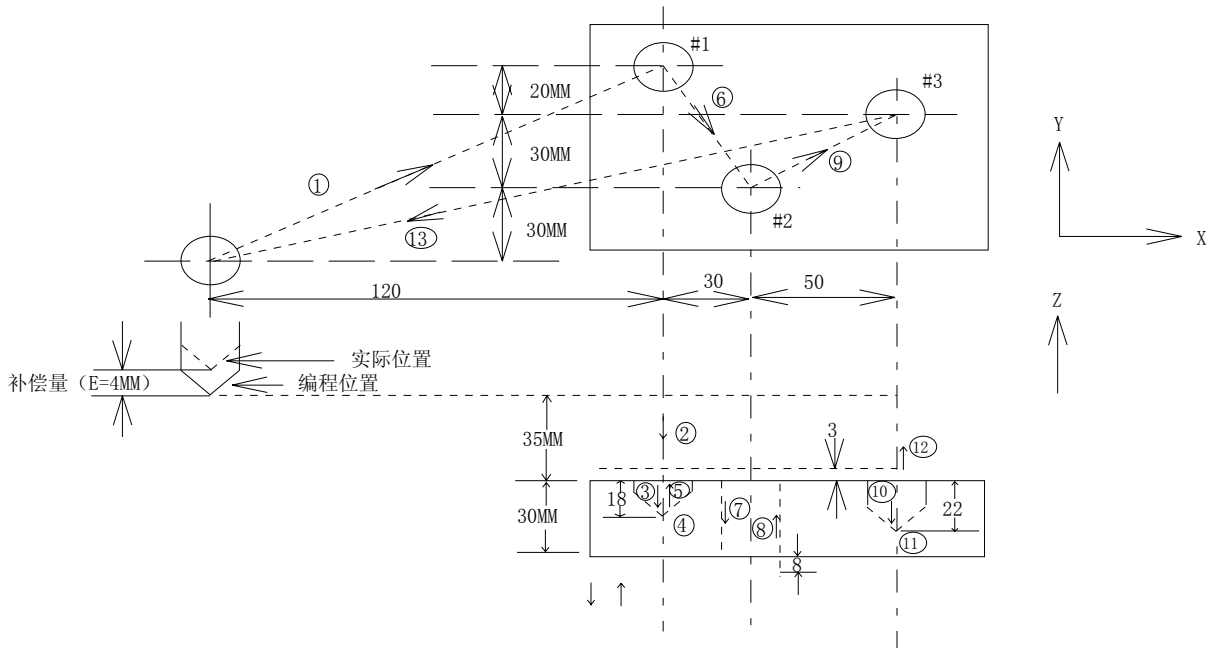
**(3) 取消刀具长度补偿**

用 G49或者H00取消刀具补偿。指令G49或H00的程序段中必须跟一个Z值，使Z轴移动，在移动中取消长度补偿。只是指令G49并不会立即撤销刀补，请用户注意！

**(4) 刀具长度补偿的具体实例**

(A) 刀具长度补偿(加工#1， #2， #3孔)

(B)




H01= 偏移量-4

N1 G91 G00 X120 Y80 ； ..... (1)

N2 G43 Z-32 H01 ； ..... (2)

N3 G01 Z-21 F200 ； ..... ...(3)

N4 G04 P2000 ； ..... . (4)

N5 G00 Z21 ； ..... .....(5)

N6 X30 Y-50 ； ..... .....(6)

N7 G01 Z-41 F200 ； ..... .....(7)

N8 G00 Z41 ； ..... .....(8)

N9 X50 Y30 ； ..... ..... (9)

N10 G01 Z-25 F100 ； ..... .....(10)

N11 G04 P2000 ； ..... .....(11)

N12 G00 Z57 H00 ； ..... ... ...(12)

N13 X-200 Y-60 ； ..... ... . .....(13)

N14 M30 ；

**注1：变更偏置号而改变偏置量时，只是变成新的偏置量，而不是新的偏置量与旧的补偿量相加。**

H01.....偏置量20

H02.....偏置量30

G90 G43 Z100 H01 ； ..... Z走到120

G90 G43 Z100 H02 ； ..... Z走到130

2.7.2、刀具半径补偿G40/G41/G42

**指令格式：**

{ G41 D_
  G42 D_

G40

**功能：**

G41 指定刀具移动方向的左侧补偿。

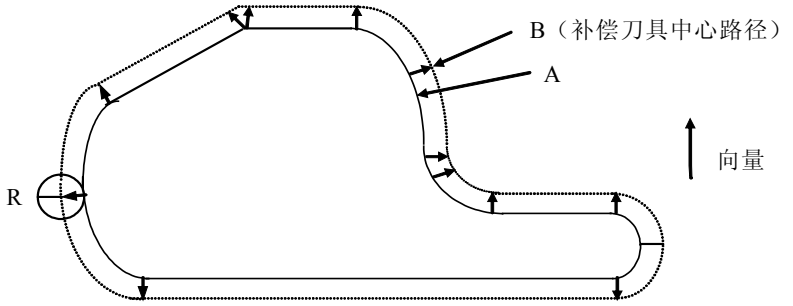
G42 指定刀具移动方向的右侧补偿。

G40 取消刀具半径补偿。

**说明：**

**1 刀具半径补偿功能**

如下图，用半径为 R 的刀具切削工件 A，刀具中心路径为图中 B，路径 B 距离 A 为 R。刀具偏移




补偿及向量

工件 A 半径的距离称为补偿。

编程人员用刀具半径补偿模式编制加工程序，加工中，测定刀具直径并录入 CNC 的存储器，刀具路径变成补偿路径 B。

**2 补偿量（D 值）**

本系统最多可设置 99 个补偿量（与刀具长度补偿各为 99 个），但系统实际只有 50 个，补偿号的个数可以通过 P345 号参数来设置。在程序中以 D 码指令后的两个数值即为补偿量，补偿量必须通过 MDI/LCD 单元设定。

补偿量的设定范围如下：

| | 毫米输入 |
|---|---|
| 补偿量 D | -9999.999～+9999.999ｍｍ |

**注：D00 的补偿量必须设为 0。**

**3 补偿向量**

补偿向量是二维向量，等于 D 码指定的补偿值一半。补偿向量的计算是在控制单元内完成，在每个程序段中，它的方向是随着刀具路径适时修改。这个补偿向量在控制单元内完成，以便算出刀具移动须补偿多少，补偿路径（即刀具中心轨迹）等于编程路径加上或减去（由补偿方向决定）刀具半径。补偿向量用重新设定取消。

补偿向量总是与刀具有关，在编制程序时，了解向量的状态是十分重要的。

**4 平面选择及向量**

补偿计算是在由 G17，G18，G19 所选择的平面内执行。这个平面称为补偿平面。例如，当选择 XY 平面时，在程序中用(X，Y)执行补偿计算和向量计算。不在补偿平面的轴的坐标值不受补偿影响。

在同时进行三轴控制时，只对投影在补偿平面的刀具路径作补偿。

补偿平面的变更必须在取消补偿模式后进行。

| G码 | 补偿平面 |
|---|---|
| G17 | X - Y 平面 |
| G18 | Z - X 平面 |
| G19 | Y - Z 平面 |

5 G40，G41 及 G42

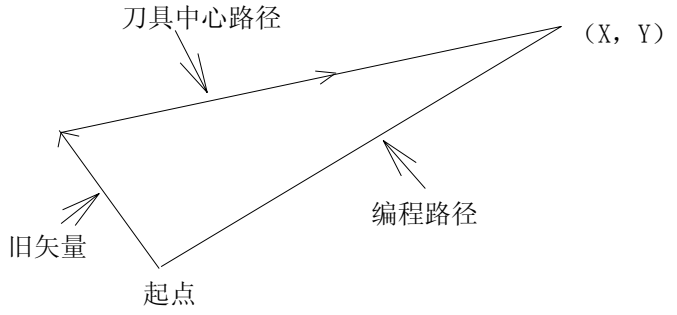
用 G40，G41，G42 指令刀具半径补偿向量的取消及进行。它们与 G00，G01，G02，G03 指令组合，定义一个模式确定补偿向量的值，方向及刀具运动方向。

| G代码 | 功 能 |
|---|---|
| G40 | 刀具半径补偿取消 |
| G41 | 刀具半径左补偿 |
| G42 | 刀具半径右补偿 |

**取消刀具半径补偿(G40)**

在G00，G01状态，利用下面指令，G40 X__ Y__ ；。

从起点的旧矢量向着终点进行直线运动。G00方式下，各轴向终点进行快速运动。使用此指令， 使系统从刀具补偿状态进入到取消刀具补偿状态。

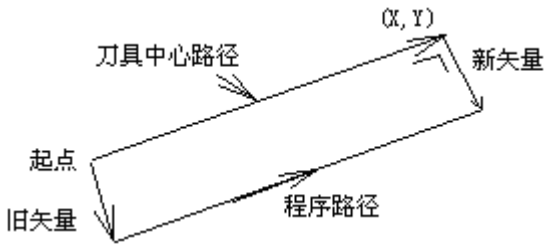



如果只是G40 ；没指令X__ Y__ 时，刀具不作运动。

**刀具半径补偿 左(G41)**

**1 G00，G01 时**

G41 X__ Y__ D__ ；指令在程序段终点，形成一个与(X，Y)的方向垂直的新矢量，刀具从起点处旧矢量的尖端向新矢量的尖端移动。




旧矢量为零时，利用该指令，使刀具从取消刀具偏置状态进入刀具半径补偿状态。
此时，由 D 代码指定偏移值。
但是，指定 G00 时，各轴以各自的快速进给速度运动。

**2 G02， G03 时**

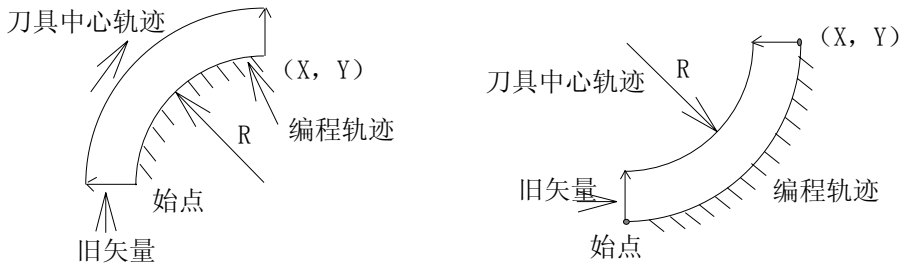
G41……；

•

•

G02 /G03 X__ Y__ R__ ；

根据上述程序可以作出新矢量，它位于圆弧中心和终点的连线上，从圆弧前进方向看，指向左方(右方)，刀具中心从圆弧的旧矢量尖端向着新矢量尖端沿着圆弧移动。但前提是旧矢量已正确地作出来了。偏移矢量是从起点或终点指向圆弧中心或者背离中心的。




**刀具半径补偿 右(G42)**

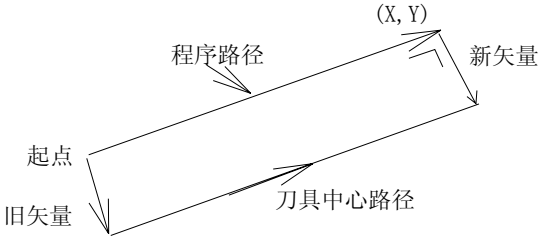
G42 与 G41 刚好相反，沿着刀具前进方向，刀具在工件的右侧进行偏移。也就是说用 G42 作出的矢量方向恰好和 G41 作出的矢量方向相反。除了矢量方向相反之外，偏移方法与 G41 完全相同。

**(A) G00， G01 时**

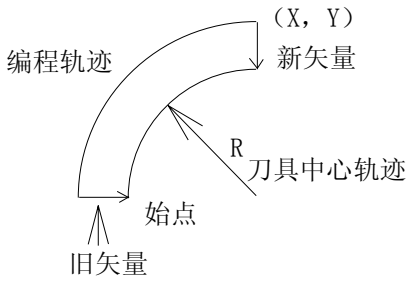
G42 X__ Y__ D__ ；

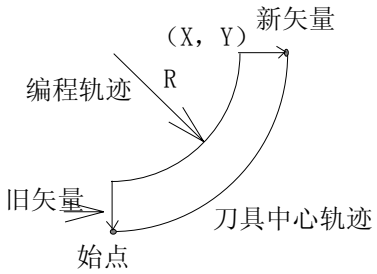
但是，G00 时，各轴以独立的快速进给速度运动。

G42 X__ Y__ ；

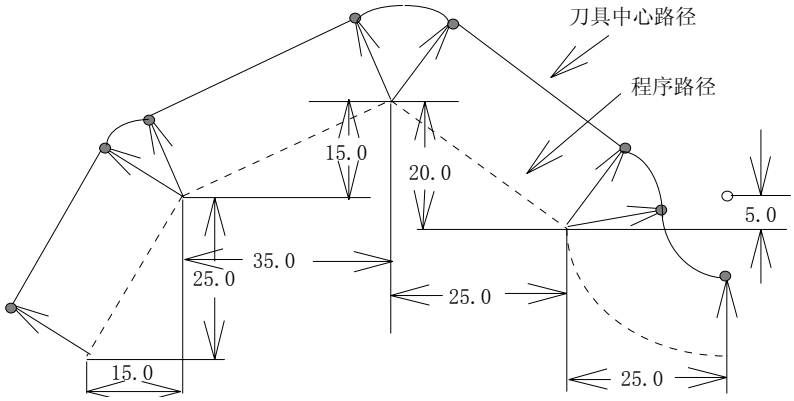


**(B) G02， G03 时**

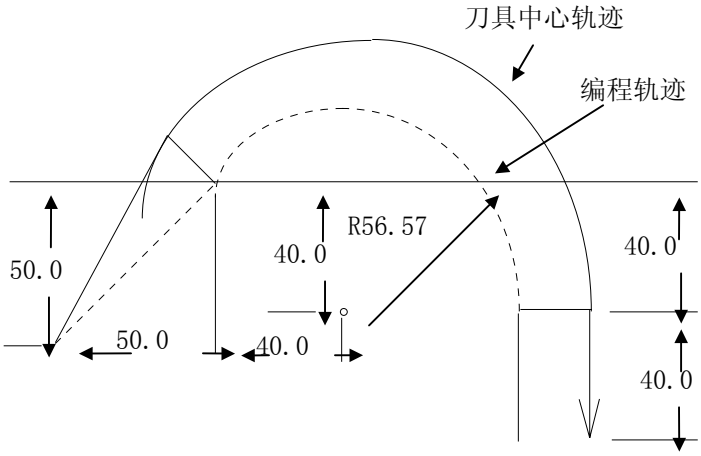



例 2.7.2 (A)




G91 G17 G41 G01 X15 Y25 F180 D06 ；
X35 Y15 ；
X25 Y-20 ；
G03 X25 Y-20.50 R25 ； (增量指令)
例 2.7.2 (B)




单位： mm
G91 G17 G01 X50 Y50 F150 D06 ；
G02 X96.57 Y-40 R56.57 ；
G01 -Y40 ； (增量指令)

6 有关偏移的一般注意事项

**(A) 偏移号的指定**

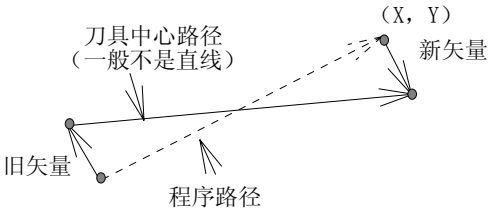
偏移号是用 D 代码指定的。可在从偏移取消状态变到刀具半径补偿状态之前的任何地方指定。另外，一组指定后，除非中途需要变更偏移量，否则不需要重新指定。

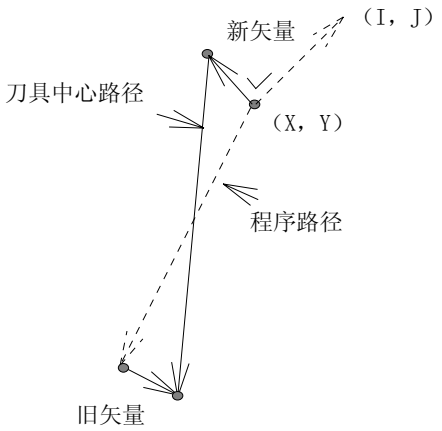
**(B) 关于从取消偏移状态进入刀具半径补偿状态**

从取消偏移状态进入刀具半径补偿状态时的移动指令必须是定位(G00) 或直线插补(G01)，不能用圆弧插补(G02，G03)。

**(C) 刀具半径补偿左和右的转换**

偏移方向从左变到右，或者从右变到左时，一般都是经过偏移取消状态。但是定位(G00)或者直线插补(G01)可以不经由偏移取消状态，直接转换。此时的刀具轨迹如下图所示：



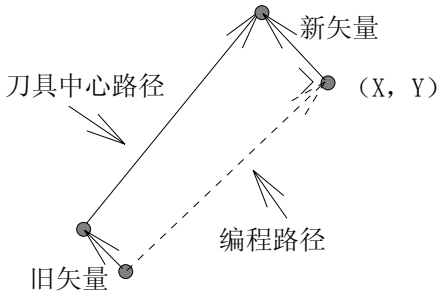



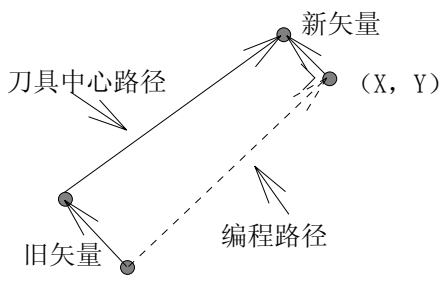

G1G41 D__；
G1G42 D__X__ Y__；

G42 D__；
G41 D__ X__ Y__；

**(D) 偏移量的变更**

偏移量的改变一般是在偏移取消状态，在换刀时进行，但对于定位(G00) 和直线插补来说在偏移状态中也可进行，其情况如下图所示。



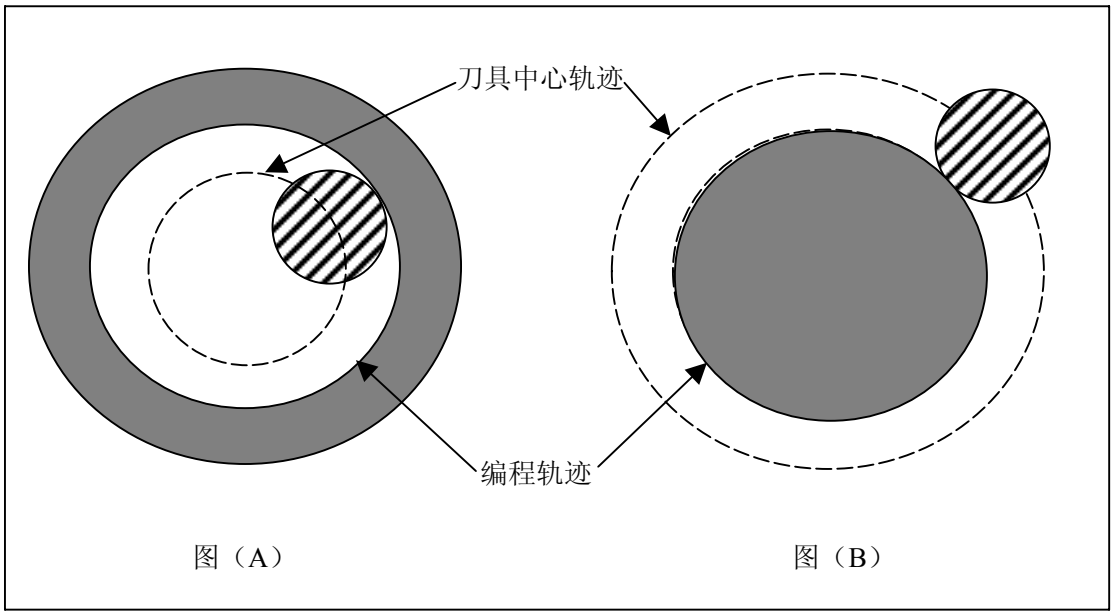
偏移量的变更

**(E) 偏移量的正负和刀具中心轨迹**

如果把偏移量设为负值时，则加工出的工件相当于把程序单上 G41 与 G42 全部变换时的情况，因此，沿着工件外侧切削的变成沿着工件内侧切削，原来沿着工件内侧加工的，变成沿着外侧加工。

如下图中一般编程时，假设偏移量为正值：

当刀具轨迹编程如(A)图所示时，如果把偏移量设为负的，那么刀具运行轨迹就如图(B)所示；类似的，当刀具轨迹编程如(B)图所示时，如果把偏移量设为负的，那么刀具运行轨迹就如图(A)所示。




一般带有尖角的图形是常见的(带有尖角圆弧插补的图形)。但是偏移量设为负值后，不能加工零件的内侧圆形。切削某角内侧尖角时，在那儿插入适当半径的圆弧，圆滑过渡后，才能切削。

左补偿还是右补偿要看补偿方向是在刀具相对工件（认为工件不动）运动方向的左侧还是右侧。G41 或 G42 使系统进入补偿模式，G40 使系统取消补偿模式。

补偿程序示例如下：

程序段（1）称为起动，在该段 G41 指令使补偿取消模式变为补偿模式。在本段的终点，刀具中心用刀具半径垂直于下一段程序路径（从 P1 至 P2）方向补偿。刀具补偿量用 D07 指定，即补偿号码设为 7，G41 表示刀具路径左补偿。

补偿开始后，当工件形状编成如 P1→P2……P9→P10→P11，刀具路径补偿自动执行。

刀具路径补偿的程序示例

```
  G92 X0 Y0 Z0;
(1)  N1 G90 G17 G0 G41 D7 X250 Y550 ;    （补偿量必须用补偿号码预先设定）
(2)  N2 G1 Y900 F150 ;
(3)  N3 X450 ;
```

(4) N4 G3 X500 Y1150 R650 ；

(5) N5 G2 X900 R-250 ；

(6) N6 G3 X950 Y900 R650 ；

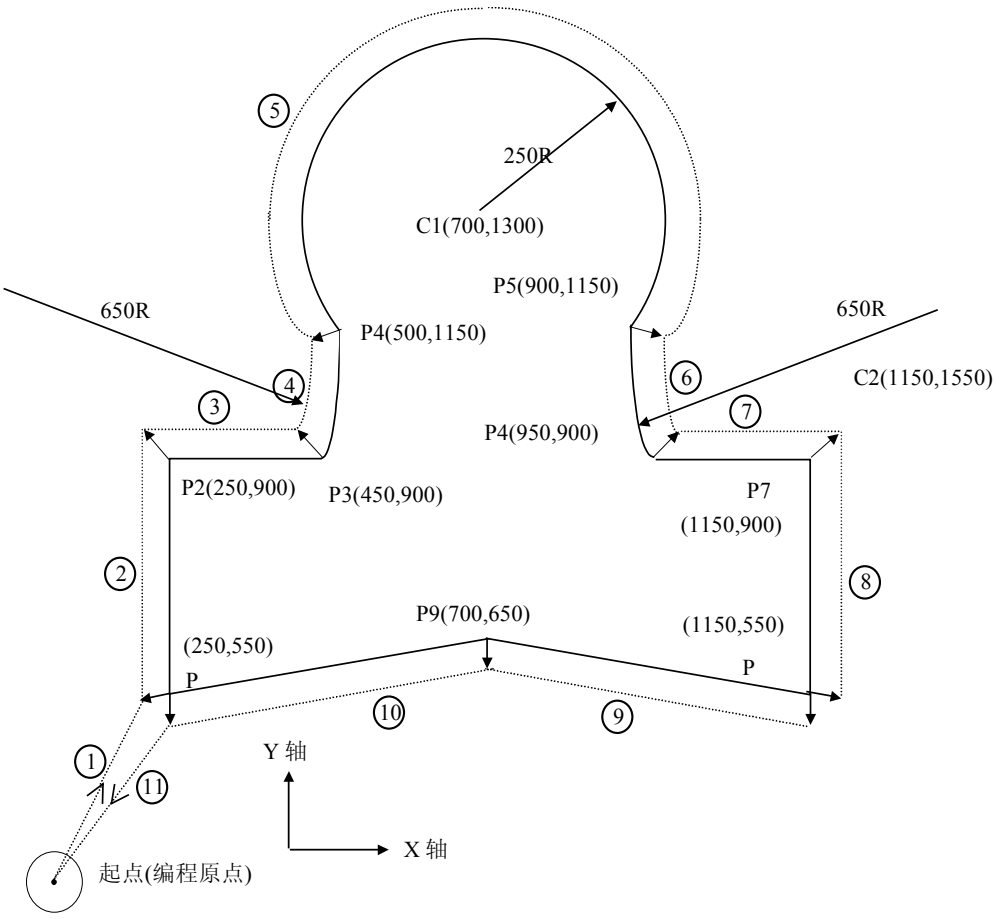
(7) N7 G1 X1150 ；

(8) N8 Y550 ；

(9) N9 X700 Y650 ；

(10)N10 X250 Y550 ；

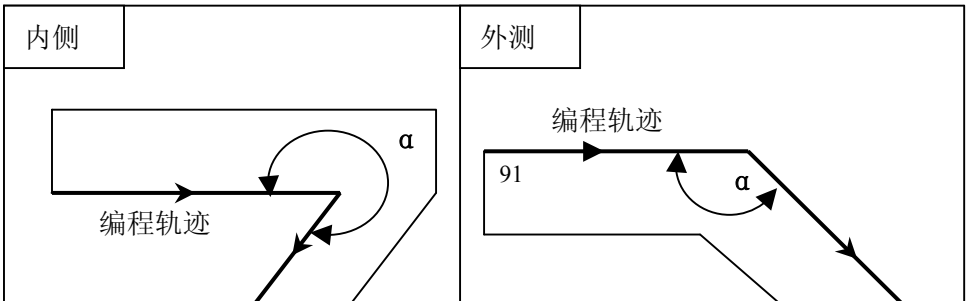
(11) N11 G0 G40 X0 Y0 ；




2.7.3、刀具半径补偿的详细说明

**概念：**

• 内侧和外侧　　当两段程序指令建立的刀具轨迹的夹角超过180度时称该轨迹为内侧，当夹角在0 和180 度之间时称为外侧




- -

工件

工件

- 符号的意义

在后面图中使用下面的符号

——S表示在这个位置单程序段执行1 次

——SS表示在这个位置单程序段执行2 次

——SSS表示在这个位置单程序段执行3 次

——L表示刀具沿直线移动

——C表示刀具沿圆弧移动

——r表示刀具半径补偿值

——交点是两段编程轨迹在它们由r偏置之后彼此相交的位置

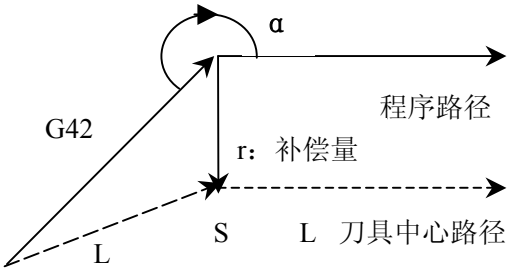
——0表示刀具中心

**1. 起刀时的刀具移动**

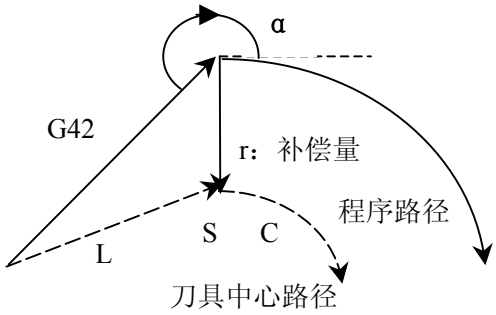
从偏置取消方式变为偏置方式时，刀具移动如下图所示(起刀)：

**（a）沿着拐角的内侧移动（α≥180°）**

(i) 直线－直线



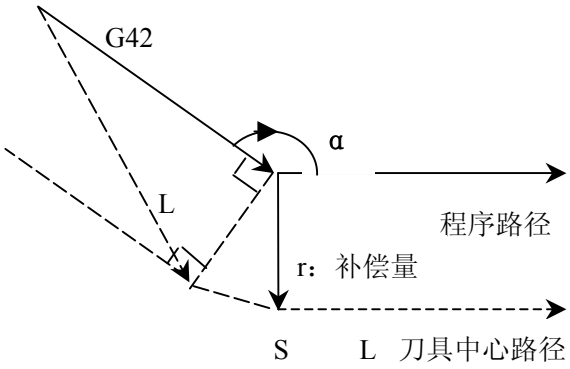

(ii) 直线－圆弧




**(b) 沿着拐角为钝角的外侧移动（180°＞α≥90°）**

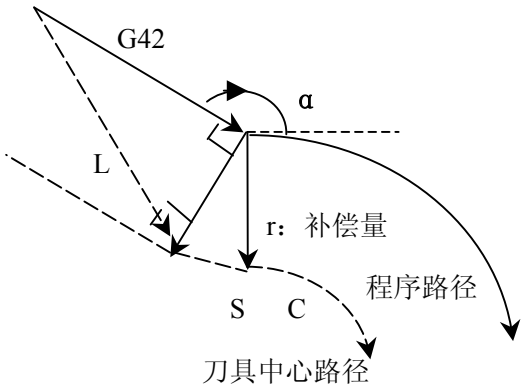
刀具路径在补偿开始或取消时的动作：

(i) 直线－直线



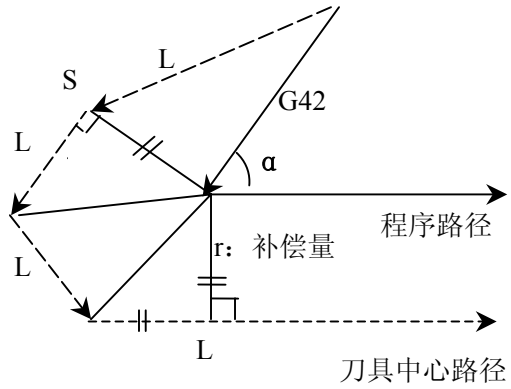

注：交点是连续二个程序段补偿路径相交的位置

(ii) 直线－圆弧

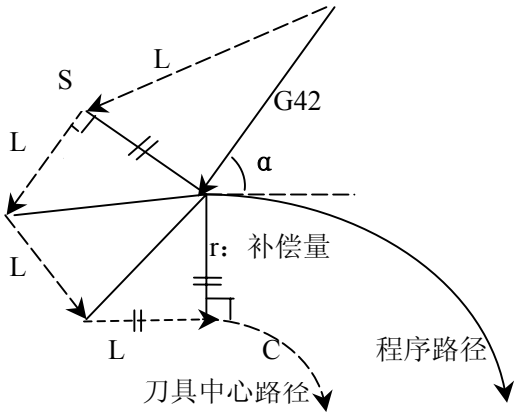



**（C）沿着锐角的外侧移动（α＜90°）**

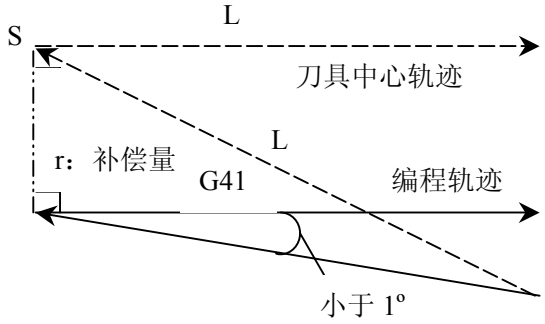
(i) 直线－直线




(i) 直线－圆弧




**（d）沿着拐角为小于 1 度的锐角的外侧移动，直线→直线。（α＜1°）**



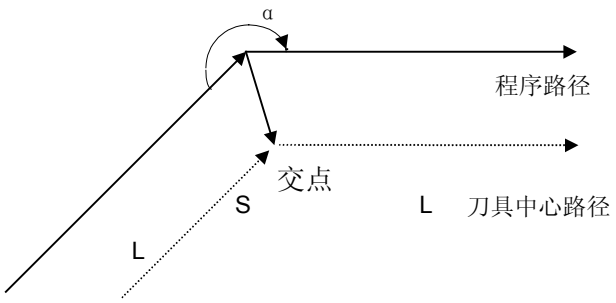

**2. 偏置方式中的刀具移动**

在补偿模式，如果不连续指定二个或二个以上的非移动指令（辅助机能或暂停等），补偿将会正确执行，否则会产生切削过量或切削不足。在补偿模式执行中不可变更补偿平面，否则会产生报警，同

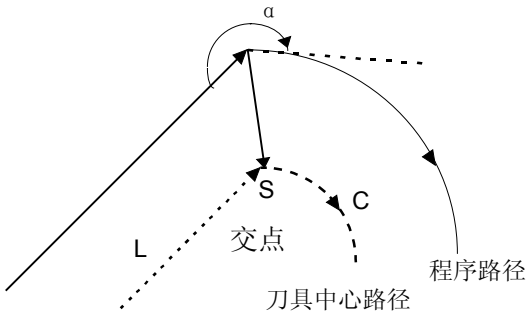
时刀具停止。在偏置方式中，刀具的移动如下图所示：

**（a）沿着拐角的内侧移动（α≥180°）**

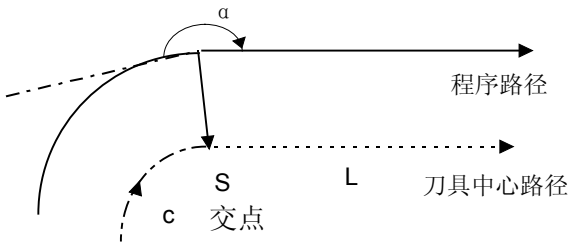
( i ) : 直线→直线



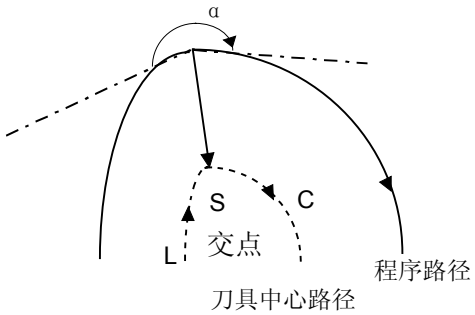

( ii ) : 直线→圆弧




( iii ) : 圆弧→直线

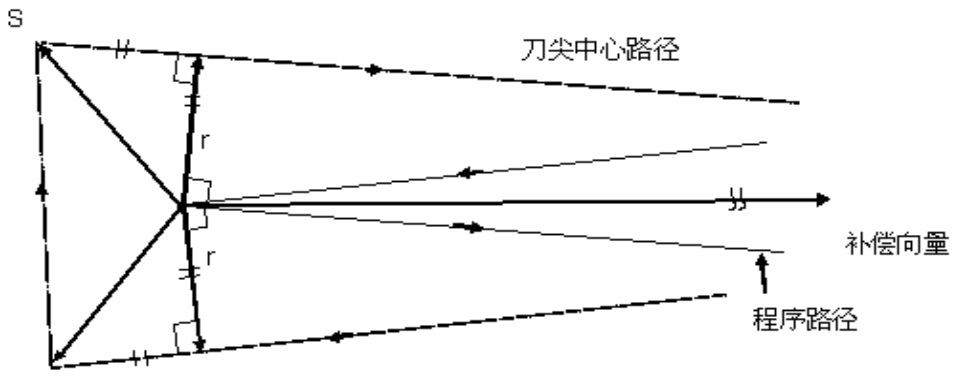



(iv) : 圆弧→圆弧




(v) 小于 1 度内侧加工及补偿向量放大

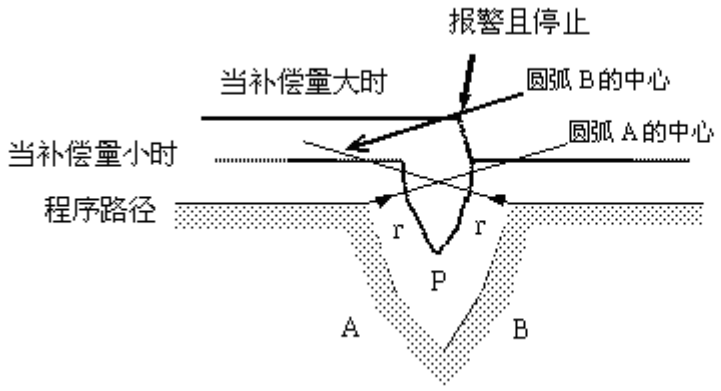
(i) 直线→直线




系统将报警提示！

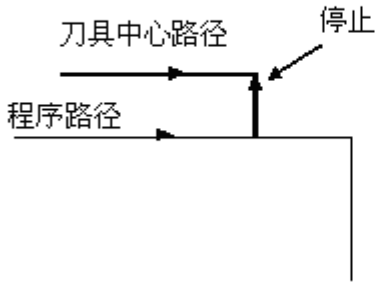
3. 特殊情况：

（i）没有交叉点




在左图，当刀具半径值小时，圆弧的补偿路径有交点，但是当半径变大，可能交点不存在。刀具停止在前一程序段的终点并显示报警 。

（ii） 圆弧的中心与起点或终点一致




在左图，会产生报警并停止在前一程序段的终点。

```
(G41)
N5 G01 X1000;
N6 G02 X1000 I0 J0;
N7 G03 Y-1000 J-1000.;
```

**3. 偏置取消方式中的刀具移动**

在补偿模式，当满足以下任何一项条件的程序段执行时，系统进入补偿取消模式，这个程序段的动作称为补偿取消。

**a）指令 G40**

**b）刀具半径补偿号码为 0。**

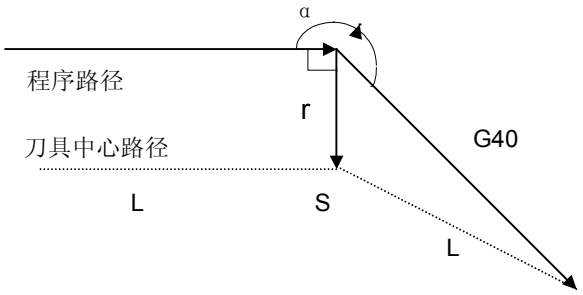
在执行补偿取消时，不可用圆弧指令（**G03** 及 **G02**）。如果指令圆弧会产生报警且刀具停止。

在补偿取消模式，控制执行该程序段及在刀具半径补偿缓冲寄存器中的程序段。此时，如果单段程序执行模式，执行一个程序段后停止。再一次按起动按扭，执行下一个程序段而不用读取下一个程序段。

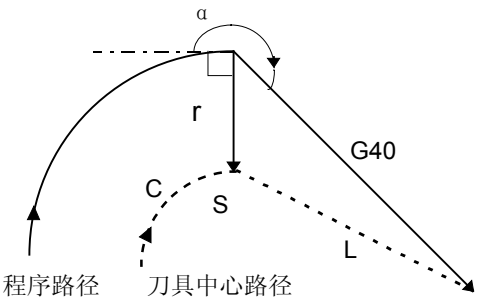
以后控制在取消模式下，通常下一个要执行的程序段将会读入缓冲寄存器，其后的程序段不再读入刀具半径补偿缓冲器。

**（a）沿着拐角的内侧移动（α ≥180°）**

(ⅰ): 直线→直线

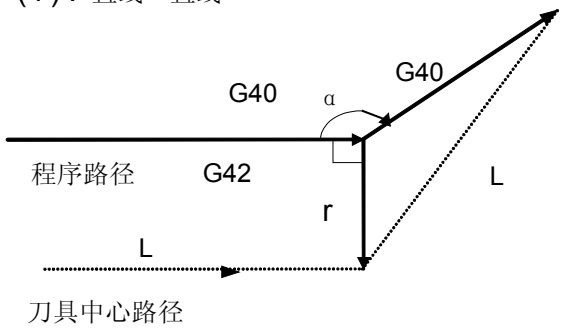



(ⅱ): 圆弧→直线

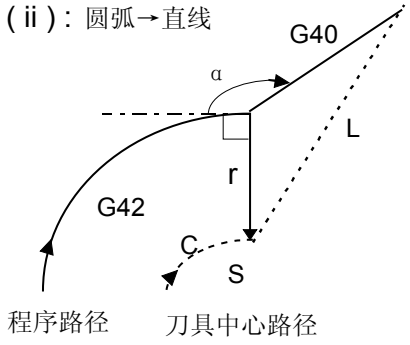



**（b）沿着拐角的内侧移动（90°≤α<180°）**

(ⅰ): 直线→直线

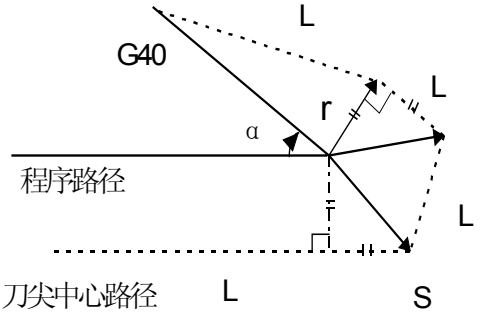



(ⅱ): 圆弧→直线

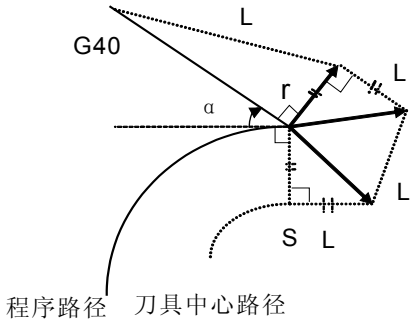



**（c）沿着拐角为锐角的外侧移动（α＜90°）**

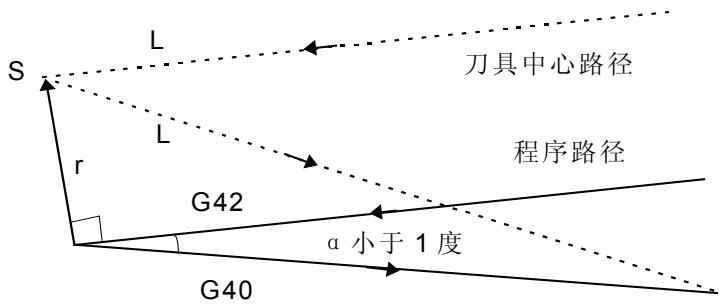
（ⅰ）： 直线→直线




(ⅱ): 圆弧→直线




**（d）沿着拐角为小于 1 度的锐角的外侧移动，直线→直线。（α＜1°）**



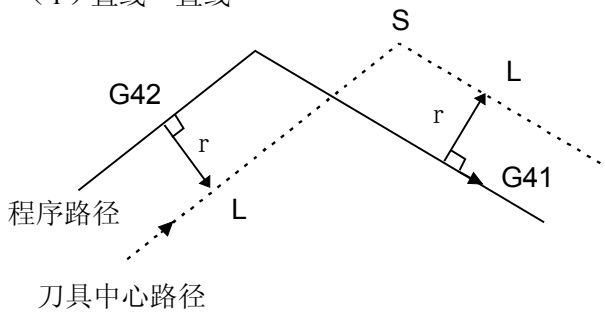

**5. 在补偿模式中变更补偿方向**

刀具半径补偿 G 码（ G41 及 G42 ）决定补偿方向，补偿量的符号如下 ：

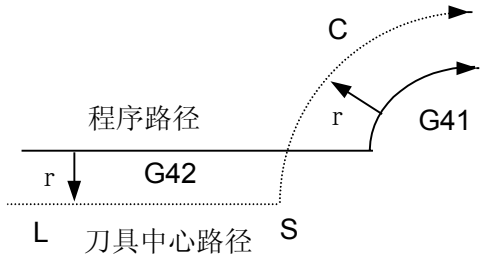
| 补偿量符号<br>G 码 | + | - |
|---|---|---|
| G41 | 左侧补偿 | 右侧补偿 |
| G42 | 右侧补偿 | 左侧补偿 |

特殊场合下，在补偿模式中可变更补偿方向。但不可在起动开始程序段及其后面的程序段变更。补偿方向变更时，没有内侧和外侧的概念。下列的补偿量假设为正。

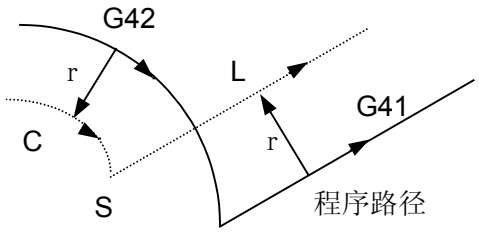
（ i ）直线→直线



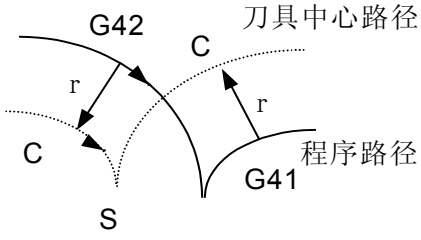

（ii）直线→圆弧




（iii）圆弧→直线



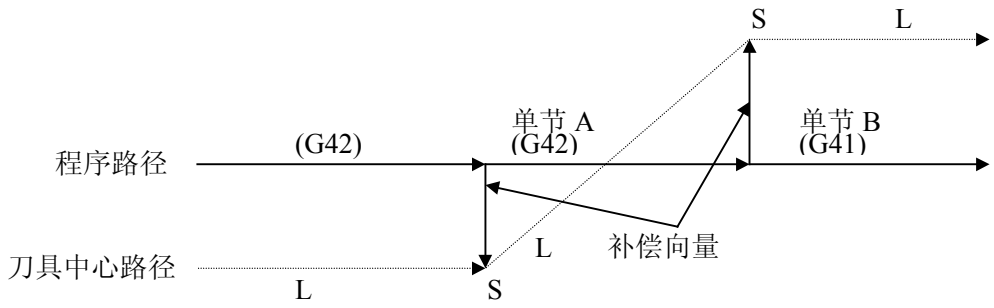

（iv）圆弧→圆弧



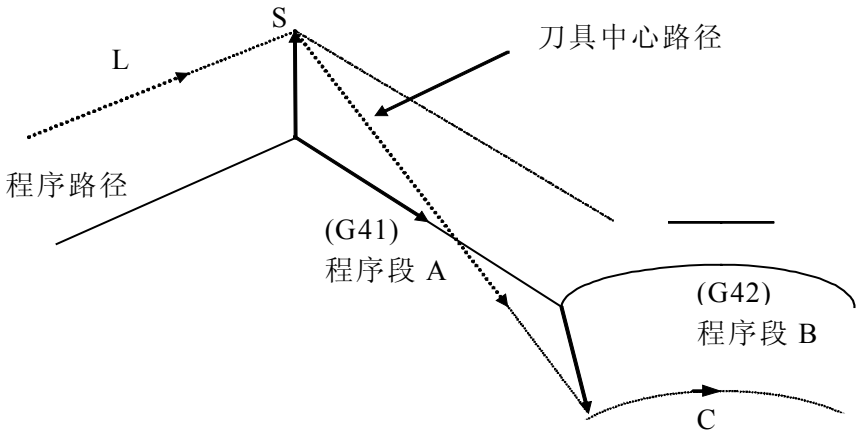

（v） 如果补偿正常执行，但没有交点时

当用 G41 及 G42 改变程序段 A 至程序段 B 的偏置方向时，如果不需要补偿路径的交点，在程序段 B 的起点做垂直于程序段 B 的向量。

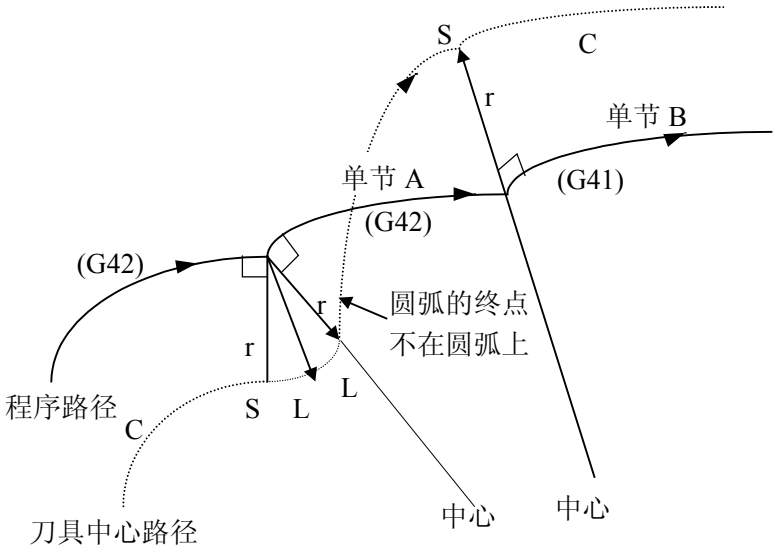
**(1) 直线-----直线**




**(2) 直线-----圆弧**



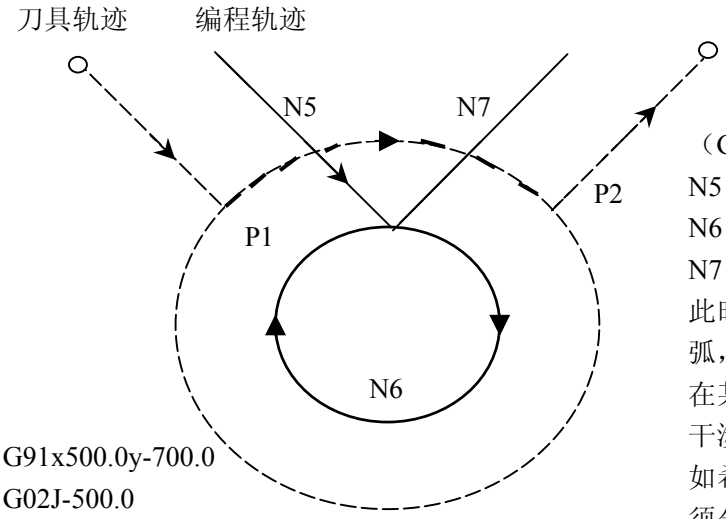

**(3) 圆弧-----圆弧**




（iv）刀具半径补偿使刀具中心路径长度在一周以上时，通常不会产生上述状况。但当G41及G42变更时，可能会发生上述状况。

圆弧--圆弧（直线--圆弧）时更换刀补半径时系统要报警，当刀号为 D0 时报圆弧指令不能取消刀俱补偿！

但是：直线--直线则可以更换刀号




N5G01G91x500.0y-700.0
N6G41G02J-500.0
N7G42G01x500.0y700.0

（G42）
N5 G02G91X5000Y-7000；
N6 G41G02J-5000；
N7 G42G01X5000Y7000；
此时，刀具中心路径不是圆弧，而是 P1 至 P2 的一段弧。在某些条件下，可能会因为干涉检查出现报警。
如希望刀具按全圆移动，必须分段指令

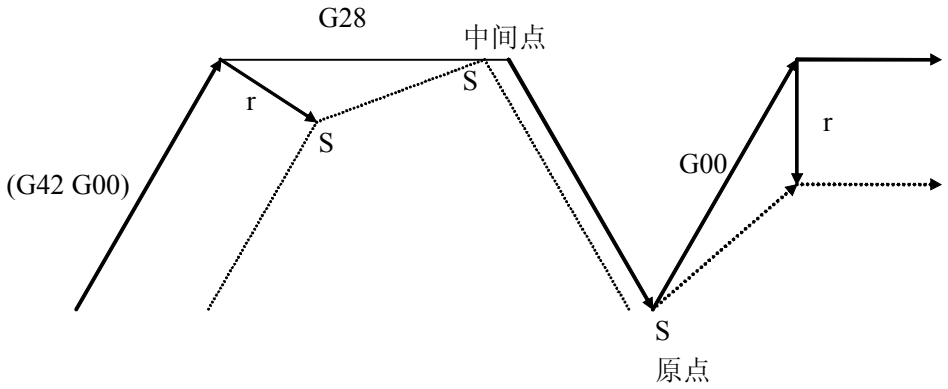
！

**6. 暂时的补偿取消**

在补偿模式中，如果指定以下的指令，补偿会暂时取消，此后系统会将补偿模式自动恢复。这个操作的详细方法，请参照补偿取消及补偿开始的详细说明。

**a） G28 自动返回参考点**

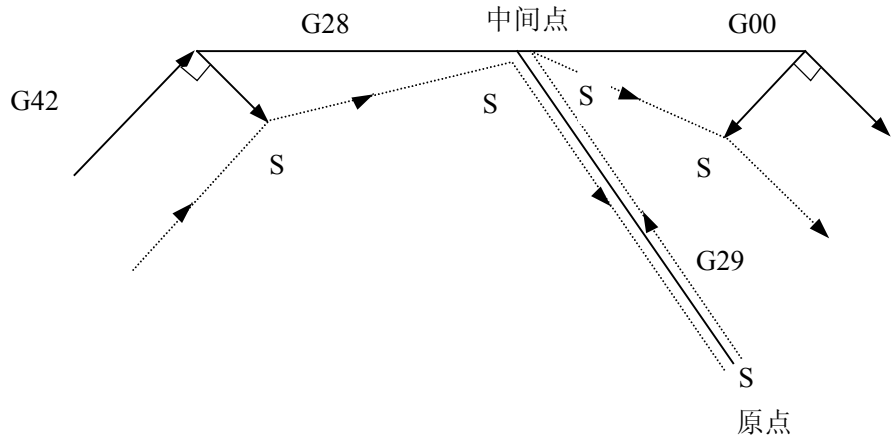
在补偿模式中，如果指令 G28，补偿将在中间点取消，在参考点返回后补偿模式自动恢复。



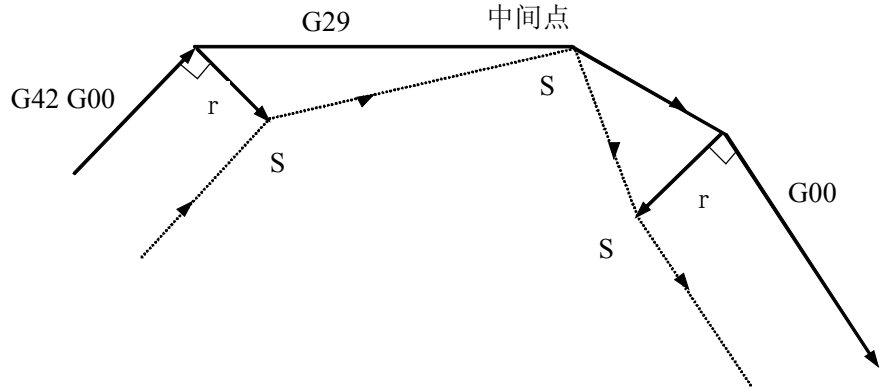

**b ）G29 从参考原点自动返回**

在补偿模式中，如指令 G29，补偿将在中间点取消，补偿模式将在下一个程序段自动恢复。

在 G28 后立刻指令时：




不在 G28 后立刻指令时:

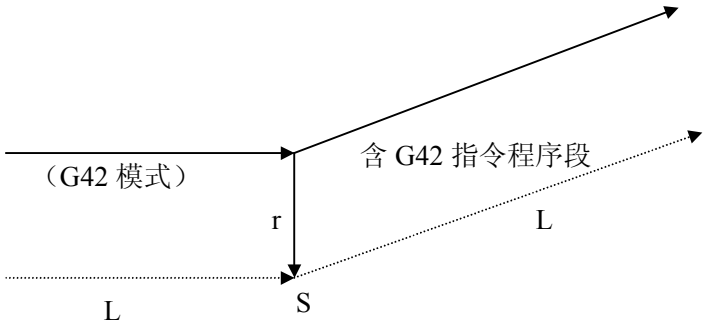



**7. 补偿模式中的刀具半径补偿 G 码**

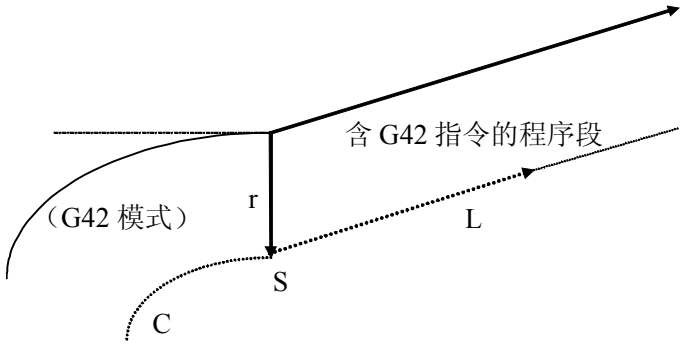
在补偿模式中，指定刀具半径补偿 G 码（G41，G42）时，相对于移动方向会形成一个与前程序段成直角的向量，与加工内侧和外侧无关。但如果在圆弧指令中指定此种 G 码，则不能得到正确的圆弧。

当用刀具半径补偿 G（G41，G42）改变补偿方向时，请参照（5）。

直线-----直线



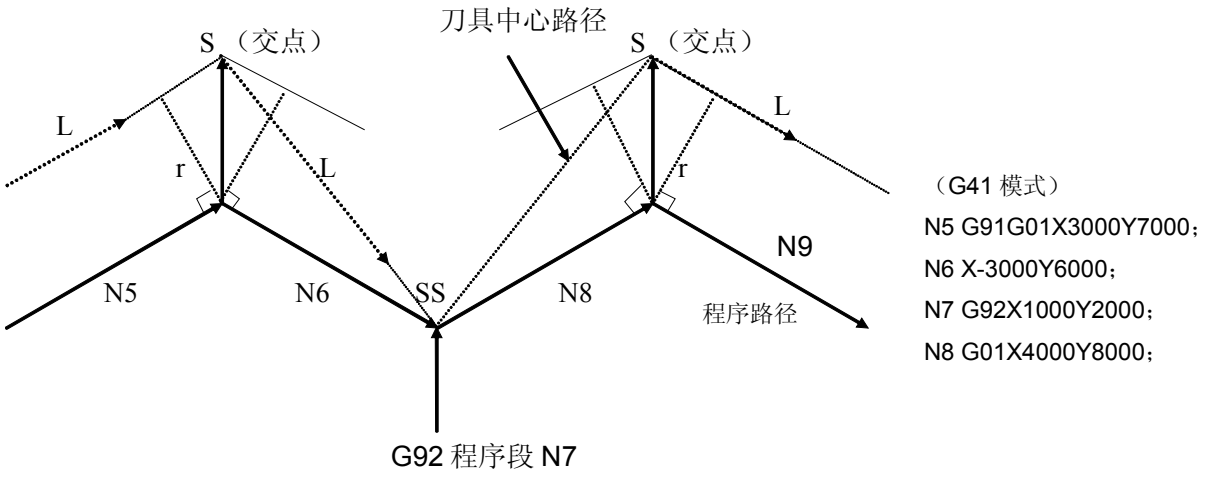

圆弧-----直线




**8. 暂时取消补偿向量的指令**

在补偿模式中，如果指定了 G92（绝对坐标编程），补偿向量会暂时取消，之后，补偿向量会自动恢复。

此时，不同于补偿取消模式，刀具直接从交点移动到补偿向量取消的指令点。在补偿模式恢复时，刀具又直接移动到交点。



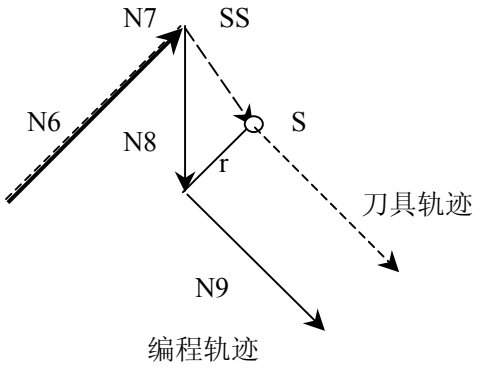

**9. 刀具不移动的程序段**

在以下程序段中没有刀具移动。在这些程序段中，即使刀具半径补偿模式有效也不会移动。

(1) M05 ； …… M 码输出
(2) S21 ； ……S 码输出
(3) G04 X10000；…… 暂停
(4) (G17) Z100 ；…… 补偿平面内无移动指令
(5) G90 ；…… 只有 G 码
(6) G01 G91 X0； …… 移动量是零

**a）在补偿开始时的指令**

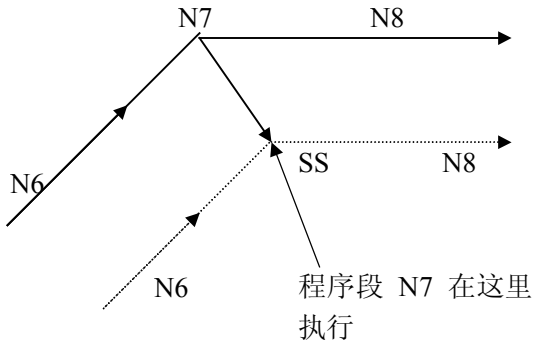
如果在补偿开始的指令没有刀具移动，不会产生补偿向量。




```
G40 G91 .........
        :
N6 X1000.0 Y1000.0;
N7 G41 X0 ;
N8 X-1000.0 ;
N9 X1000.0 Y-1000.0 ;
```

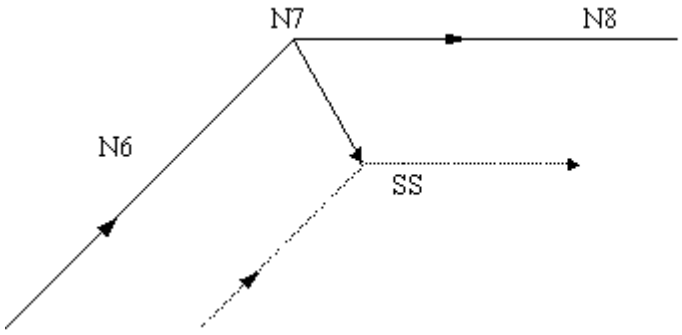
**b）在补偿模式指令时**

在补偿模式下只指令了一个无刀具移动的程序段时，向量及刀具中心路径与没有指令该程序段时一样。（ 参照项目(3)补偿模式 ）此无刀具移动程序段在单程序段停止点执行。




```
N6G91X100.0 Y200.0 ;
N7 G04 X100.0 ;
N8 X100.0 ;
```

但是，当程序段移动量是零时，即使只指定一个程序段，刀具移动同与两个及两个以上没有刀具移动指令的程序段一样。

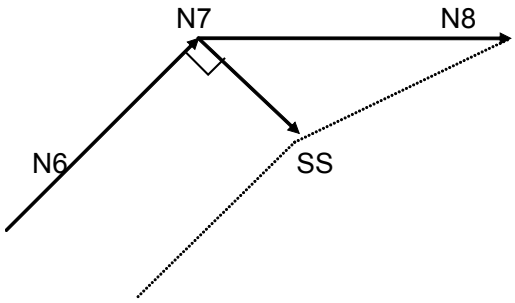



```
N6 G91X1000 Y2000 ;
N7 X0 ;
N8 X1000 ;
```

**注：上述程序段为G1G41的条件下运行，G0时轨迹与图不符。**

**c）与补偿取消一起指令时**

当与补偿取消一起指令的程序段没有刀具移动时，会形成长度为补偿量，方向垂直于前程序段移动方向的向量，这个向量在下一个移动指令取消。

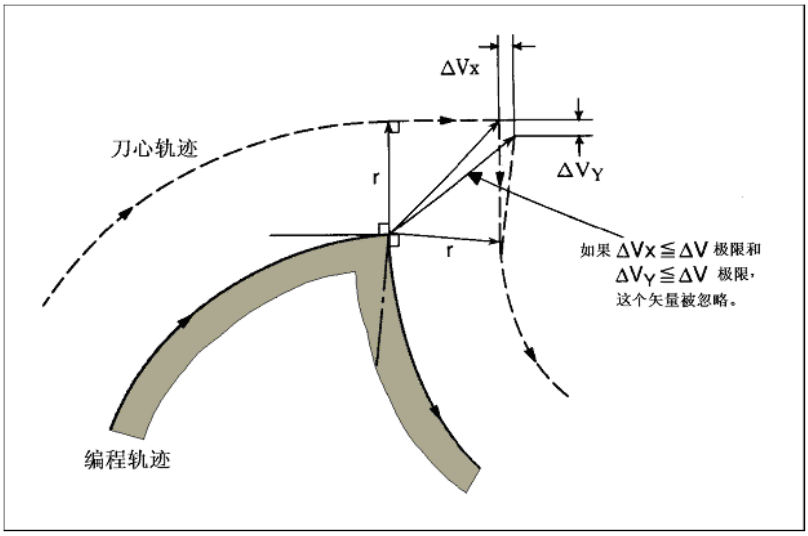



N6 G91X100.0 Y100.0 ；
N7 G40 ；
N8 X100.0 Y0 ；

**10. 拐角移动**

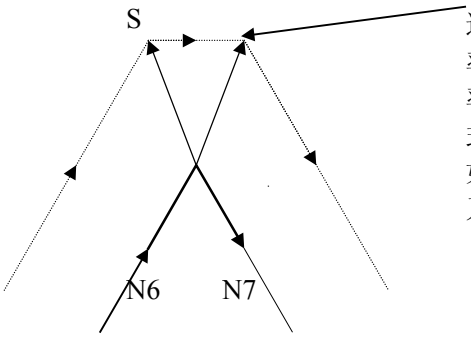
如在程序段结束时产生二个以上的向量，刀具从一个向量直线移动至另一个向量。这个移动称为转角移动。

如果这些向量几乎一致，不执行转角移动，较后的向量忽略。



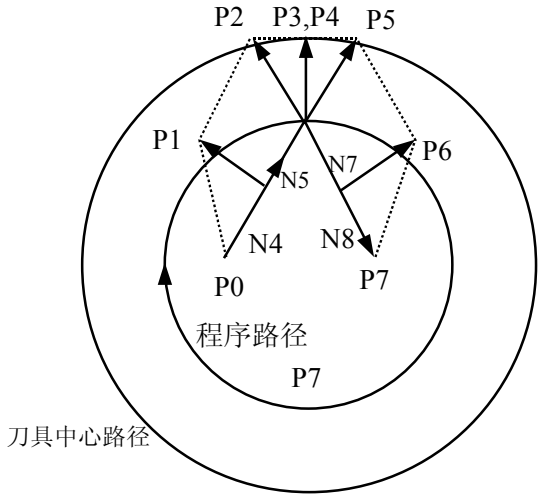

如果ΔVX≤ΔV 极限及ΔVY≤ΔV 极限，较后的向量忽略。

如果这些向量不一致，产生一个沿转角的移动。这个移动属于较后的程序段。




这些移动属于程序段 N7，进给率因此等于程序段 N7 的进给率 。如果程序段 N7 是 G00 模式，刀具以快速进给率移动 。如果是 G01，G02，G03 模式，刀具以切削进给率移动。

但是，如果下一个程序段的路径超过半圆时，不执行以上功能。理由如下：




N4 G41G91X1500Y2000；
N5 X1500Y2000；
N6 G02J-6000；
N7 G01X1500Y-2000；
N8 G40X1500Y-2000；

如果向量未忽略，刀具路径如下：

P0 →P1 →P2 →P3（圆弧） →P4 →P5 →P6 →P7

但是，如果 P2 及 P3 间的距离忽略，则 P3 忽略。刀具路径如下：

P0 →P1 →P2 →P4 →P5 →P6 →P7 程序段 N6 的圆弧切削忽略。

**11. 干涉检查**

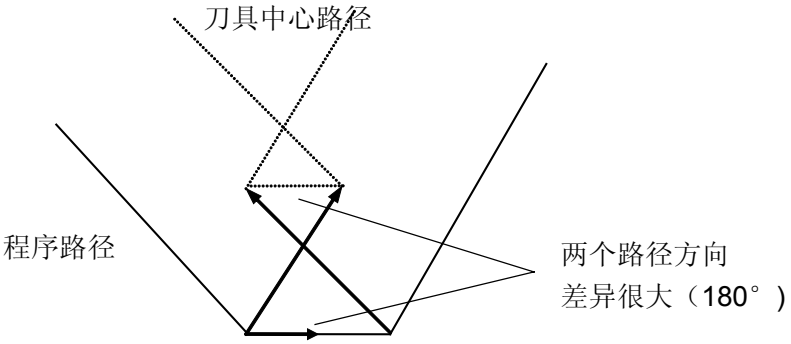
刀具过度切削称为"干涉 "。干涉能预先检查刀具过度切削。如在载入程序后的语法检查中检测到干涉时，系统将报警提示。

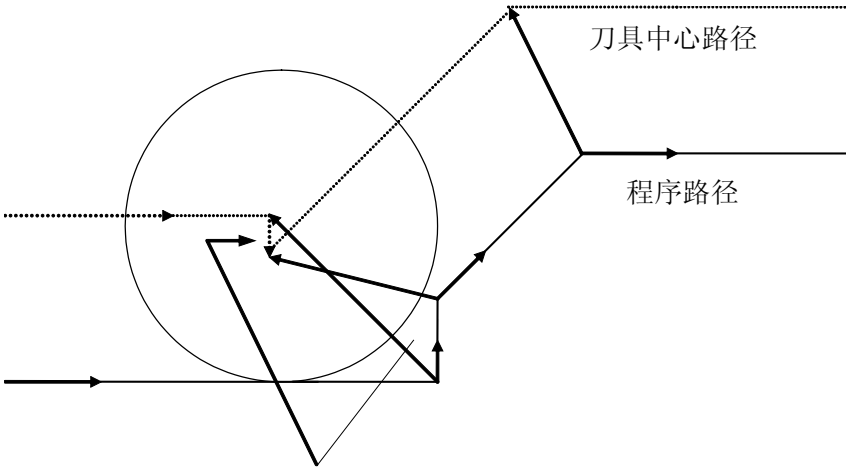
干涉的基本条件：

**（1）** 刀具路径方向与程序路径方向不同。(路径间的夹角在 90 度与 270 度之间)。

**（2）** 圆弧加工时，除以上条件外，刀具中心路径的起点和终点间的夹角与程序路径起点和终点间的夹角有很大的差异（180 度以上 )。

例①






两个路径方向差异很大（180°）

**12. 手动操作**

刀尖半径补偿中的手动操作，请参照操作篇的手动操作。**如果刀具长度补偿在刀具半径补偿中执行，刀具半径的补偿量视为被变更。**

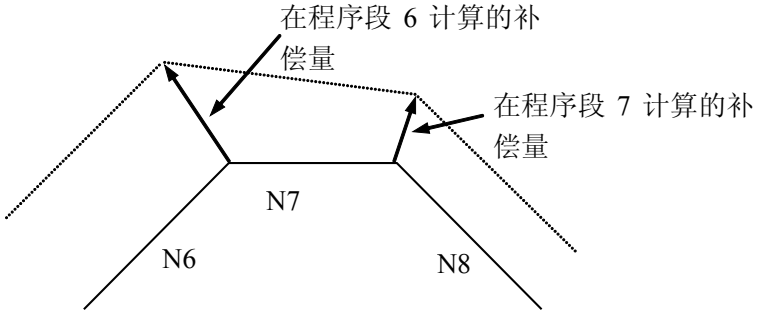
**13.补偿一般注意事项**

**（ａ）指令补偿量**

补偿量用 D 码指定补偿量号码。一旦指定，D 码保持有效直到另一个 D 码被指定，或取消补偿。D 码除了用于对刀具半径补偿指定补偿量外，也用于刀偏的偏置值。

**（ｂ）变更补偿量**

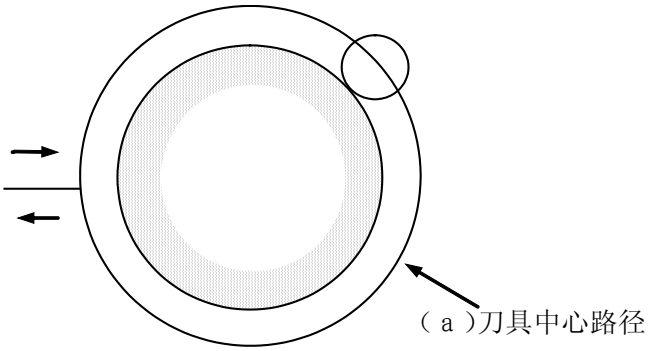
通常，换刀时，补偿量必须在取消模式中变更。如在补偿模式中变更补偿量，在程序段的终点计算新补偿量。

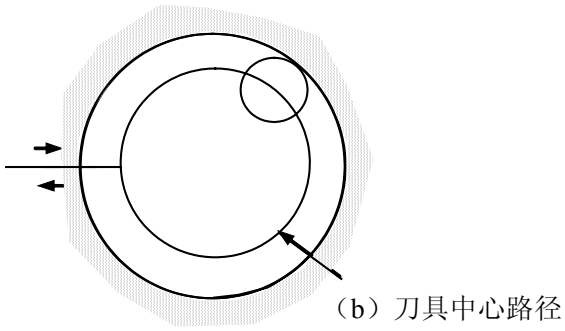



**（C）补偿量的正负及刀具中心路径**

如果补偿量是负（－），程序中的 G41 及 G42 彼此交换。如果刀具中心沿工件外侧移动，它将会沿内侧移动，反之亦然。

以下范例所示。一般，制作程序时补偿量为（＋）。当刀具路径如图（ａ）编程时，如果补偿量为负（－），刀具中心移动如图（ｂ），反之亦然。因而同一程序可切削成公形或母形，且它们之间的间隙可选择补偿量作调整。

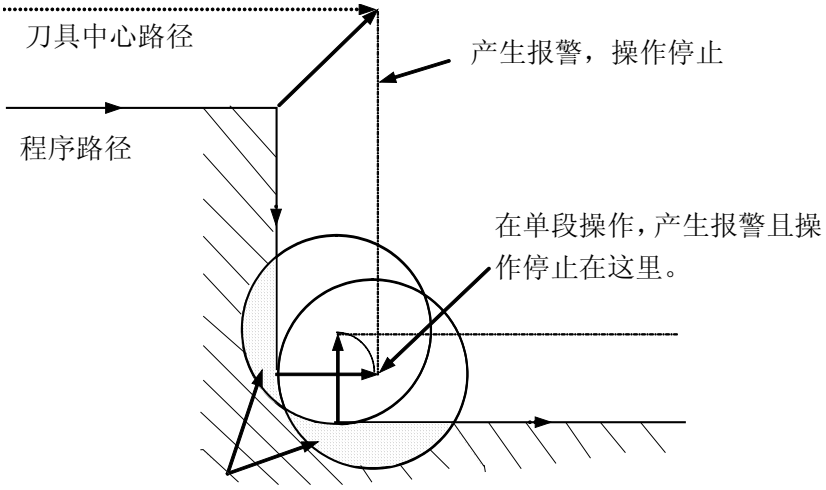



**（ｄ）用刀具半径补偿过度切削**

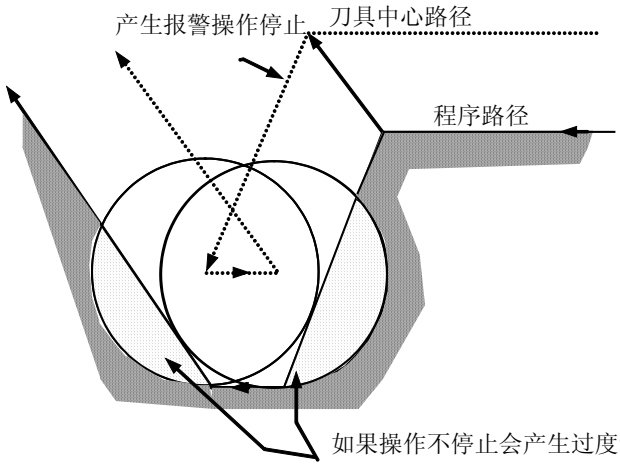
**（1）用比刀具半径小的圆弧内侧加工时**

当转角半径小于刀具半径时，因为刀具的内侧补偿将产生过度切削，会产生报警且 CNC 停在单段程序开始位置。因为刀具在用单段执行方式停止时会产生过度切削。



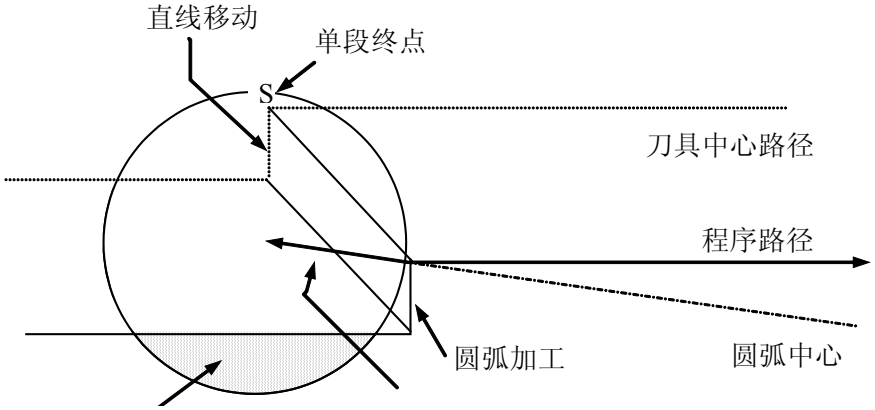

如果 CNC 不停止会产生过度切削

比刀具半径小的截沟加工时，因为刀具半径补偿强制刀具中心路径向程序路径反向移动，会产生过度切削。



**（3）比刀具半径小的段差加工时**

如果在程序中有比刀具半径小的段差时，用圆弧加工指令这个段差的加工时，正常补偿的刀具中心路径变成与程序方向相反。此时忽略最初的向量，刀具直线移动到第二个向量。单段执行在这里停止。如不在单段模式下加工，自动运行会继续。如果段差是直线，不会产生报警，作正确切削。但会残留未切削部分。

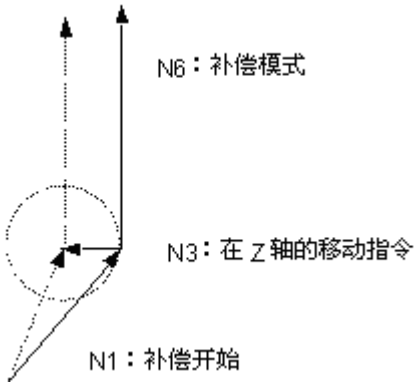



刀具半径补偿 C 的补偿开始及在 Z 轴移动

一般是在加工开始时，刀具半径补偿有效后，刀具沿 Z 轴移动距工件一段距离。上述情况，如想将沿 Z 轴的移动分为快速进给及切削进给，请参照以下两个程序：

N1 G91G00X500Y500H01；
N3 G01Z－300F1；
N6 Y100F2；

执行 N3 时，N6 也进入缓冲区，
用它们之间的关系，
如图右正确的执行补偿。




如果程序段 N3（Z 轴移动指令）
分开如下：
N1 G91G00X500Y500H01；
N3 Z－250；
N5 G01Z－50F1；
N6 Y100F2；

**（e）系统不支持假想编程，系统报警提示：不支持这种编程格式！**

如：如 G42 X__ Y__ I__ J__ D__ 这种格式系统报警提示不支持这种编程。

由于系统不支持假想编程，所以关于假想编程方面的说明暂时不予说明，待系统完善再添加。不便之处尽请谅解。

## 2.8 进给 G 代码

### 2.8.1 进给方式 G64/G61/G63

**指令格式：**

准停方式 G61

攻丝方式 G63

切削方式 G64

**功能：**

准停方式G61，一旦指定，直到G63或G64指定之前，该功能一直有效。刀具在程序段的终点减速执行到位检查，然后执行下个程序段。

攻丝方式G63，一旦指定直到G61或G64指定之前，该功能一直有效。刀具在程序段的终点不减速而执行下个程序段。当指定G63 时，进给速度倍率和进给暂停都无效。

切削方式G64 ，一旦指定，直到G61或G63指定之前，该功能一直有效。刀具在程序段的终点不减速而执行下个程序段。

**说明：**

无参数格式。

G64 为系统的缺省进给方式，程序段的终点不减速，直接执行下段。

准停方式中的到位检查的目的是，检查伺服电机是否到达指定的位置范围以内。

在准确停止方式，切削方式和攻丝方式刀具移动的轨迹是不同的。

具体见下图2.8.1.1

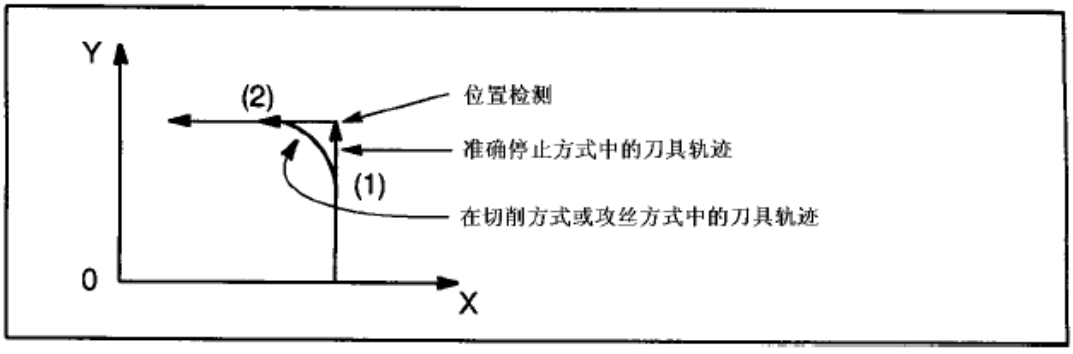


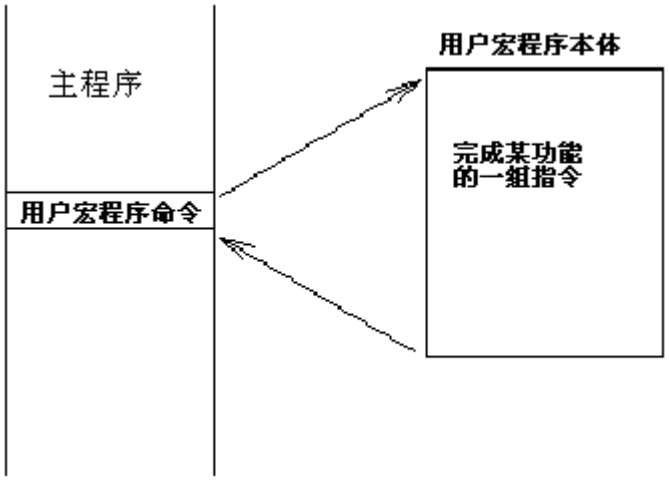

图2.8.1.1 从程序段1 到程序段2 的刀具轨迹

## 2.9 宏功能 G 代码

### 2.9.1 用户宏程序

把由一组指令实现的某种功能象子程序一样事先存入存储器中，用一个指令代表这些功能。程序中只要写出该代表指令，就能实现这些功能。把这一组指令称为用户宏程序本体，把代表指令称为"用户宏指令"。用户宏程序本体有时也简称宏程序。用户宏指令也称为宏程序调用指令。

**注：21MA 在LCD上可以显示、修改变量表供程序中调用。**




编程人员不必记忆用户宏程序本体，只要记住作为代表指令的用户宏指令就行了。

用户宏程序最大特点是在用户宏程序本体中，能使用变量。变量间可以运算，并且用宏指令指令，可以给变量赋值。

### 2.9.2、用户宏指令

用户宏指令是调用用户宏程序本体的指令。

指令格式如下：

M98 P □□□□ ；

└──── 被调用的宏程序本体的程序号。

利用上述指令，可调用用P指定的宏程序本体。

**注意!被调用的程序可以是另一段程序，也可以是本程序下的一段，但必须以0 □□□□开始，且不能在本程序的开始部分，只能在下部。**

**系统规定:**

1. 外部宏程序名字必须是点号前由自然数占四个位、点号后是"dat/DAT"的格式,即类似"xxxx.dat"。如果点号前的数字不够四位，必须左边补零填满至四位，如：0010.dat或者9000.dat。
2. 系统文件是系统保留文件，包括9000.dat~9999.dat，只有在机床用户以上级别的用户才能创建查看，打开，编辑，复制，取名，传出，传入这些文件。系统文件不能删除。
3. M98Pxxxx调用程序时，如宏程序是0020.dat，则可以用M98P20或M98P0020或M98P020调用；如果要增加调用次数，则必须是M98Px0020格式，其中x是调用次数，x必须小于10000，x后面的四个数字必须与宏程序名完全相同。

### 2.9.3 用户宏程序本体

在用户宏程序本体中，可以使用一般的CNC指令，也可使用变量，运算及转移指令。用户宏程序的本体，以O后续的程序号开始，用 M99结束。

```
O8000 ;                    程序号
G65 H01 ... ... ;          运算指令
G90 G00 X#101 ... .. ;     使用变量的CNC指令
...
...
...
G65 H82 ... ;              转移指令
...
...
M99 ;                      用户宏程序本体结束
```

用户宏程序本体的构成

**1 、变量的使用方法**

用变量可以指令用户宏程序本体中的参数值。变量值可以由主程序赋值或通过 LCD/MDI 设定，或者在执行用户宏程序本体时，赋给计算出的值。

可使用多个变量，这些变量用变量号来区别。

(1) 变量的表示

用#后续变量号来表示变量， 格式如下：

#i (i = 1， 2， 3， 4 ……)

(例) #5， #109， #1005

(2) 变量的引用

用变量可以置换参数值后的数值。

(例)

F#103 当#103 = 15 时，与 F15 指令是同样的。

G#130 当#130 = 3 时，和 G3 是同样的。

提请注意：Z-#110… 这种引用认为是非法的，系统将报警处理。

**注 1：参数字 O 和 N（程序号和顺序号）不能引用变量。不能用 O#100，N#120 编程。**

**注 2：如果超过了参数值所规定的最大指令值，不能使用。#30 = 120 时， M#30 超过了最大指令值。**

**注 3：注 1：变量值的显示和设定：变量值可以显示在 LCD 画面上，也可以用 MDI 方式给变量设定值。**

**2 、变量的种类**

根据变量号的不同，变量分为公用变量和系统变量，它们的用途和性质都不同。

**(1) 公用变量#100～#131，#500～#531：**

公用变量在主程序以及由主程序调用的各用户宏程序中是公用的。即某一用户宏程序中使用的变量#i和其它宏程序使用的#i是相同的。因此，某一宏程序中运算结果的公用变量#i可以用于其他宏程序中。

公用变量的用途，系统中不规定，用户可以自由使用。

| 变量号 | 变量类型 | 功 能 |
|---|---|---|
| ＃100～＃131 | 公用变量 | 切断电源时清除,电源接通时全部为 0 |
| ＃500～＃531 | | 数据保存在文件中，即使断电也不丢失 |

**(2) 系统变量：**

| | |
|---|---|
| #1001 | G0，G1，G2，G3，G73~G89 |
| #1002 | G17，G18，G19 |
| #1003 | G90，G91 |
| #1005 | G94，G95 |
| #1006 | G20，21 |
| #1007 | G40，G41，G42 |
| #1008 | G43，G44，G49 |
| #1010 | G98，G99 |
| #1011 | G54~G59 |
| #1107 | D 代码 |
| #1109 | F 代码 |
| #1111 | H 号码 |
| #1113 | M 号码 |

| | |
|---|---|
| #1114 | T 号码 |
| #1119 | S 号码 |
| #1120~#1247 | 读 PLC 内部继电器 R0~R127 |
| #1248 | 读数据表 D45 |
| #1249 | 读数据表 D46 |
| #1250 | 读 PLC 梯形图执行完信号（每执行完一次翻转一次） |
| #1251~#1350 | PLC 内部继电器 R151～R250 |
| #1351~#1500 | 可用 G10 在线修改，用于存储机床厂所开发宏程序里定义的可调参数，现在规定 1351 为刀库中主轴安全高度。 |

其中#1001~#1119 为在调用系统级子程序（指子程序号 9000 及以上）时，才进行设置（使用刀库的系统才会用到）。普通子程序在没进行设置时，读这部分变量时，将予以报错。

例：

当执行 G65 H01 #100 #1002 时，在#100 中得到的值是 0，1，2，3，或者 73~89

当执行 G65 H01 #101 #1005 时，在#101 中得到的值是 94，或者 95

**（3） 关于用户宏程序本体的注意事项**

1) 用键输入的方法

在参数字G、X、Y、Z、R、I、J、K、F、H、M、S、T、P、Q的后面按 #键，# 便被输入进去。

2) 在 MDI状态，也可指令运算，转移指令。

除G65以外，其它参数值数据能用键输入，而不能显示。

3) 运算、转移指令的H、P、Q、R在G65之前、后都当作G65命令的参数使用。

H02 G65 P#100 Q#101 R#102 ； 正确

N100 G65 H01 P#100 Q10 ； 正确

4) 单程序段

通常在运算、转移指令的程序段执行时，即使单程序段开关ON时也不停止。

5) 变量值的范围为：－9999～9999。

6) 变量值运算结果可以是小数，精度为0.0001。除H11（或运算），H12（与运算），H13（非运算），H23（取余运算）会在计算过程中，忽略变量的小数部分外，其它运算都不会舍掉小数点进行运算。

例：

#100 ＝ 35， #101 ＝ 10， #102 ＝ 5

#110 ＝ #100÷#101 (＝3.5)

#111 ＝ #110×#102 (＝17.5)

#120 ＝ #100×#102 (＝175)

#121 ＝ #120÷#101 (＝17.5)

7) 运算、转移指令的执行时间，因条件不同而异，一般平均值可考虑为10毫秒。

8) 公用变量的操作方法详情请参考《操作手册》录入方式中的说明。

### （4） 运算指令和转移指令(G65)

**一般形式：**

G65 Hm P#i Q#j R#k ；

m： 01～99表示运算指令或转移指令功能。

#i： 存入运算结果的变量名。

#j： 进行运算的变量名1。也可以是常数。常数直接表示，不带#。

#k： 进行运算的变量名2。也可以是常数。

意义： #i = #j ○ #k

└──────── 运算符号， 由Hm指定

(例)P#100 Q#101 R#102……#100 = #101 ○ #102 ；

P#100 Q#101 R15 ……#100 = #101 ○ 15 ；

P#100 Q-100 R#102……#100 = -100 ○ #102 ；

用G65 指定的H 代码，对偏置量的选择没有任何影响。

| G 代码 | H代码 | 功 能 | 定 义 |
|---|---|---|---|
| G65 | H01 | 赋值 | #i ＝ #j |
| G65 | H02 | 加算 | #i ＝ #j ＋ #k |
| G65 | H03 | 减算 | #i ＝ #j － #k |
| G65 | H04 | 乘算 | #i ＝ #j × #k |
| G65 | H05 | 除算 | #i ＝ #j ÷ #k |
| G65 | H11 | 逻辑加(或) | #i ＝ #j OR #k |
| G65 | H12 | 逻辑乘(与) | #i ＝ #j AND #k |
| G65 | H13 | 异或 | #i ＝ #j XOR #k |
| G65 | H21 | 平方根 | $\#i=\sqrt{\#j}$ |
| G65 | H22 | 绝对值 | #i ＝ ┃#j┃ |
| G65 | H23 | 取余数 | #i＝#j-trunc(#j÷#k)×#k |
| G65 | H24 | 十进制变为二进制 | #i ＝ BIN(#J) |
| G65 | H25 | 二进制变成十进制 | #i ＝ BCD(#J) |
| G65 | H26 | 复合乘除运算 | #i ＝ (#i×#j) ÷ #k |
| G65 | H27 | 复合平方根 | $\#i=\sqrt{\#j^2+\#k^2}$ |
| G65 | H31 | 正弦 | #i ＝ #j×SIN(#k) |
| G65 | H32 | 余弦 | #i ＝ #j×COS(#k) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| G65 | H33 | 正切 | #i ＝ #j×TAN(#k) |
| G65 | H34 | 反正切 | #i ＝ ATAN(#j/#k) |
| G65 | H80 | 无条件转移 | 转向N |
| G65 | H81 | 条件转移1 | IF #j ＝ #k， GOTO N |
| G65 | H82 | 条件转移2 | IF #j ≠ #k， GOTO N |
| G65 | H83 | 条件转移3 | IF #j ＞ #k， GOTO N |
| G65 | H84 | 条件转移4 | IF #j ＜ #k， GOTO N |
| G65 | H85 | 条件转移5 | IF #j ≥ #k， GOTO N |
| G65 | H86 | 条件转移6 | IF #j ≤ #k， GOTO N |

**运算指令：**

1） 变量的赋值：# I = # J

**G65 H01 P#I Q#J**

（例）G65 H01 P# 201 Q1005； （#201 = 1005）

G65 H01 P#201 Q#210； （#201 = #210）

G65 H01 P#201 Q-#202； （#201 = -#202）

2）加法运算：# I = # J+# K

**G65 H02 P#I Q#J R#K**

（例）G65 H02 P#201 Q#202 R15； （#201 = #202+15）

3）减法运算：# I = # J－# K

**G65 H03 P#I Q#J R# K；**

（例）G65 H03 P#201 Q#202 R#203； （#201 = #202－#203）

4）乘法运算：# I = # J×# K

**G65 H04 P#I Q#J R#K；**

（例）G65 H04 P#201 Q#202 R#203； （#201 = #202×#203）

5）除法运算：# I = # J÷# K

**G65 H05 P#I Q#J R#K**

（例）G65 H05 P#201 Q#202 R#203； （#201 = #202÷#203）

6）逻辑加（或）：# I = # J. OR. # K

**G65 H11 P#I Q#J R#K；**

（例）G65 H11 P#201 Q#202 R#203； （#201 = #202. OR. #203）

7）逻辑乘（与）：# I = # J. AND. # K

**G65 H12 P#I Q#J R#K；**

（例）G65 H12 P# 201 Q#202 R#203； （#201 = #202. AND. #203）

8）异或：# I = # J. XOR. # K

**G65 H13 P#I Q#J R#K**

（例）G65 H13 P#201 Q#202 R#203； （#201 = #202. XOR. #203）

9）平方根：# I = $\sqrt{\#J}$

**G65 H21 P#I Q#J ；**

（例）G65 H21 P#201 Q#202 ； （#201 = $\sqrt{\#202}$ ）

10）绝对值：#I = | #J |

**G65 H22 P#I Q#J ；**

（例）G65 H22 P#201 Q#202 ； （#201 = | #202 |）

11）取余数：#I = #J－TRUNC(#J/#K)×#K，TRUNC：舍取小数部分

**G65 H23 P#I Q#J R#K**

（例）G65 H23 P#201 Q#202 R#203； （#201 = #202- TRUNC (#202/#203)×#203

12）十进制转换为二进制：#I = BIN (#J)

**G65 H24 P#I Q#J ；**

（例）G65 H24 P#201 Q#202 ； （#201 = BIN（#202））

13）二进制转换为十进制：#I = BCD (#J)

**G65 H25 P#I Q#J ；**

（例）G65 H25 P#201 Q#202 ； （#201 = BCD（#202））

14）复合乘除运算：#I =（#I×#J）÷#K

**G65 H26 P#I Q#J R# k；**

（例）G65 H26 P#201 Q#202 R#203； （#201 =（#201×#202）÷#203）

15）复合平方根：#I = $\sqrt{\#J^2+\#K^2}$

**G65 H27 P#I Q#J R#K**

（例）G65 H27 P#201 Q#202 R#203； （#201 = $\sqrt{\#202^2+\#203^2}$ ）

16）正弦：#I = #J•SIN（#K）（单位：‰度）

**G65 H31 P#I Q#J R#K；**

（例）G65 H31 P#201 Q#202 R#203； （#201 = #202•SIN（#203））

17）余弦：#I = #J•COS（#K）（单位：‰度）

**G65 H32 P#I Q#J R# k；**

（例）G65 H32 P#201 Q#202 R#203； （#201 =#202•COS（#203））

18）正切：#I = #J•TAM（#K）（单位：‰度）

**G65 H33 P#I Q#J R# K；**

（例）G65 H33 P#201 Q#202 R#203； （#201 = #202•TAM（#203））

19）余切：#I = ATAN（#J /#K）（单位：‰度）

**G65 H34 P#I Q#J R# k；**

（例）G65 H34 P#201 Q#202 R#203； （#201 =ATAN（#202/#203））

**注 1：用度指定（P）~（S）的单位，单位是 1‰度。**

**注 2：在各运算中，当必要的 Q，R 没指定时，其值作为零参加运算。**

**注3：在各运算中，小数部分全部舍去。**

**转移命令**

1）无条件转移

**G65 H80 Pn； n：顺序号**

（例）G65 H80 P120；（转到 N120 程序段）

2）条件转移 1 #J.EQ.# K ( = )

**G65 H81 Pn Q#J R# K； n：顺序号**

(例) G65 H81 P1000 Q#201 R#202；

当# 201 = #202 时，转到 N1000 程序段，当#201 ≠ #202 时，顺序执行。

3）条件转移 2 #J.NE.# K ( ≠ )

**G65 H82 Pn Q#J R# K； n：顺序号**

(例) G65 H82 P1000 Q#201 R#202；

当# 201 ≠ #202 时，转到 N1000 程序段，当#201 = #202 时，程序顺序执行。

4）条件转移 3 #J.GT.# K ( ＞ )

**G65 H83 Pn Q#J R# K； n：顺序号**

(例) G65 H83 P1000 Q#201 R#202；

当# 201 ＞ #202 时，转到 N1000 程序段，当#201 ≤ #202 时，程序顺序执行。

5）条件转移 4 #J.LT.# K ( ＜ ＝)

**G65 H84 Pn Q#J R# K； n：顺序号**

(例) G65 H84 P1000 Q#201 R#202；

当# 201 ＜ #202 时，转到 N1000 程序段，当#201 ≥ #202 时，程序顺序执行。

6）条件转移 5 #J.GE.# K ( ≥ )

**G65 H85 Pn Q#J R# K； n：顺序号**

(例) G65 H85 P1000 Q#201 R#202；

当# 201 ≤ #202 时，转到 N1000 程序段，当#201 ＜ #202 时，顺序执行。

7）条件转移 6 #J.LE.# K ( ≤ )

**G65 H86 Pn Q#J R# K； n：顺序号**

(例) G65 H86 P1000 Q#201 R#202；

当# 201 ≤ #202 时，转到 N1000 程序段，当#201 ＞ #202 时，顺序执行。

**注1:当转移地址的顺序号指定为正值时，开始是顺序方向然后是逆方向检索，指定负值时，开始是逆方向然后是正方向。**

**注2: 也可以用变量指定顺序号。如: G65 H81 P#200 Q#201 R#202; 当条件满足时，程序移到#200指定的顺序号的程序段。**

**注： 系统只支持N0～N9999整数范围内的跳转号，超过10000的跳转号在语法分析时会报错.**

**（5）逻辑与、逻辑或和逻辑非指令**

举例：

G65 H01 P#100 Q0;

G65 H01 P#101 Q3;

G65 H01 P#102 Q5;

G65 H11 P#100 Q#101 Q#102;

$5表示成二进制为101，3表示成011，计算结果为#100=7;

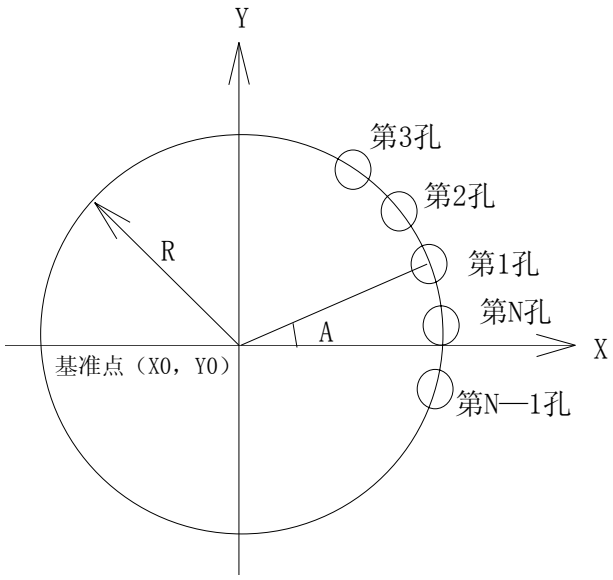
G65 H12 P#100 Q#101 Q#102;

$5表示成二进制为101，3表示成011，计算结果为#100=1;

### 2.9.4 用户宏程序实例

**1 螺栓孔循环**

在圆心为基准点(X0，Y0)、半径为(R)的圆周上，始角为(A)，加工N个等分孔。




X0，Y0为螺栓孔循环基准点的坐标值。

R：半径，A：始角， N：个数。上述参数使用下面的变量。

#500： 基准点X的坐标值(X0)

#501： 基准点Y的坐标值(Y0)

#502： 半径(R)

#503： 始角(A)

#504： N个数

N＞0时，反时针转，个数N。

N＜0时，顺时针转，个数N。

以下的变量用于宏程序中的运算。

#100： 表示第I个孔加工的计数(I)

#101： 计数的终值(＝｜N｜)(IE)

#102： 第I个孔的角度(θI)

#103： 第I个孔的X坐标值(Xi)

#104： 第I个孔的Y坐标值(Yi)

用户宏程序本体可写成下列形式：

```
O9010；
N100 G65 H01 P#100 Q#0；                I＝0
G65 H22 P#101 Q#504；                   IE＝｜N｜
N200 G65 H04 P#102 Q#100 R360000；
G65 H05 P#102 Q#102 R#504；             θI＝A＋360°×I/N
G65 H02 P#102 Q#503 R#102；
G65 H32 P#103 Q#502 R#102；             XI＝XI＋R・COS(θI)
G65 H02 P#103 Q#500 R#103；
G65 H31 P#104 Q#502 R#102；             YI＝YI＋R・SIN(θI)
G65 H02 P#104 Q#501 R#104；
G90 G00 X#103 Y#104；                   第I个孔定位。
M10；    输出孔加工M代码。
G65 H02 P#100 Q#100 R1；                I＝I＋1
G65 H84 P200 Q#100 R#101； 当I＜IE 时， 转到N200 加工IE个孔。
M99；
```

调用上面用户宏程序本体的程序实例如下：

```
O0010；
G65 H01 P#500 Q100000； X0=100MM
G65 H01 P#501 Q-200000； Y0=-200MM
G65 H01 P#502 Q100000； R=100MM
G65 H01 P#503 Q20000； A=20°
G65 H01 P#504 Q12； N=12反时针转
G92 X0 Y0 Z0；
M98 P9010；      调用用户宏程序
X0 Y0；
M30；
```

## 3、辅助功能 M 代码

本机床可供用户使用的 M 代码列表如下：

| | M 代码 | 功 能 |
|---|---|---|
| 控制程序用的 M 代码 | M30 | 程序结束并返回程序头，加工件数加 1 |
| | M98 | 调用子程序 |
| | M99 | 子程序结束返回 / 重复执行 |
| 由 PLC 控制 M 代码 | M00 | 程序暂停 |
| | M01 | 程序选择暂停 |
| | M03 | 主轴正转 |
| | M04 | 主轴反转 |
| | M05 | 主轴停转 |
| | M08 | 冷却开 |
| | M09 | 冷却关 |
| | M19 | 主轴定向 |
| | M32 | 润滑开 |
| | M33 | 润滑关 |
| | M50 | 屏蔽单段功能 |
| | M51 | 恢复单段功能 |

注意!

移动指令和 M 同在一个程序段中时，M 指令比移动指令提前执行。例如在单段运行方式下，N1 段运行完的同时，执行 N2 段的 M05 指令。

(例) N1 G01 X10 Y-10 ； (单段运行时，执行此段时 M05 主轴停止同时运行)

N2 G91 G01 X50 Y-50 M05 ；

### 3.1 由 PLC 控制的 M 代码

#### 3.1.1、正、反转指令（M3、M4）

指令：M3（M4） Sx x x；

说明：正转是指沿 Z 轴方向由正向负观察，主轴顺时针旋转(CW)则为正转；反之为反转(CCW)。

Sx x x 指令是指主轴的转速，在档位控制时为所在档位。

单位为：转/分钟（r/min）

当为变频器控制时 Sx x x 是指实际转速，例如：S1000 是指定主轴以 1000r/min 的速度旋转。

注意!

1. 正、反转指令不能在同一程序段内使用，若同时出现则后出现的有效。
2. 正、反转指令通常后跟 S 指令，也可在需要的地方写入 S 指令。
3. 在自动方式下如遇辅助功能锁，则主轴正、反转指令不被执行。

### 3.1.2 主轴停转指令 M5

指令：M5

说明：当自动方式执行 M5 时，主轴将停止转动。但 S 指令的速度被保留。主轴停止时的减速方式根据机床厂家设置而定。通常为能耗制动。

### 3.1.3 冷却开、关（M8、M9）

指令：M8（M9），控制冷却水泵的启、停。在自动方式下如遇辅助功能锁，则水泵控制指令不被执行。

### 3.1.4、润滑开、关（M32、M33）

指令：M32（M33），控制润滑泵的启、停。

## 3.2 控制程序用的 M 代码

控制程序用的 M 代码分为主程序控制类和宏程序控制类。

**主程序控制类为：**

### 3.2.1 程序结束并返回（M30）

在自动方式运行时，将在程序运行到M30时停止自动运行状态，其后若有程序将不被执行，并且将停止主轴和冷却运转，返回到程序的开始处，工件加工数加1。系统在任何情况下，碰到M30均作为整个程序的结束标志。

**注意!**

1 当代码M 之后指定数值时，代码信号和选通信号被送到机床机床，使用这些信号去接通或断开它的各种功能．代码对应机床功能由机床制造厂决定。

2 CNC 允许在一个程序段中，最多指定三个M 代码．但是由于机械操作的限制，某些M 代码不能同时指定。有关机械操作对一个程序段中，指定多个M代码的限制。见机床制造厂的说明书。

3 M30，M98 ，M99的M 代码也不能与其它M代码一起指定，这些M代码必须在单独的程序段中指定。

4 这种M代码包括使CNC 将M 代码本身送往机床，同时还使CNC 执行内部操作的代码，比如调用程序号为9001~9009 程序的M 代码和使程序段预读功能无效的M 代码．另外只让CNC 将M 代码本身送往机床不执行内部操作的M 代码，可在同一程序段内指定。

### 3.2.2 程序暂停（M00）

在自动方式运行时，将在程序运行到 M00 时暂停自动运行状态，此时将保存前面的模态信息。当按循环启动键后则继续运行。其作用相当于进给保持键按下。

### 3.2.3 程序选择暂停（M01）

在自动方式运行时，将在程序运行到 M01 时有选择的暂停自动运行状态，若 M01 有效开关置为开位，则 M01 与 M00 指令有同样效果，如果 M01 有效开关置关位，则 M01 指令不起任何作用。操作请参考操作手册

### 3.2.4 程序调用子程序指令（M98）

在主程序中可以编写 M98 指令调取子程序执行。

### 3.2.5 程序结束并返回（M99）

1．在自动方式运行时，如果在一个主程序段结尾处使用 M99，将在程序运行到 M99 时返回到程序的开始处自动执行，其后若有程序将不被执行，工件加工数不累加。

2．在子程序的结尾处使用 M99，则程序运行到此段将返回主程序 M98 段处理。

举一个简单的利用 M98，M99 进行主程序循环运行的例子：

```
M98 P500001
M30
O0001
G0 X0 Y0
……
M99
```

其中 P500001 中，50 为循环执行 50 次，0001 指定调用以 O0001 开始的子程序。

### 3.2.6 单段屏蔽功能（M50/M51）

1．自动方式运行时，程序中的 M50 功能为屏蔽单段功能，M51 为恢复单段功能。

如：

```
G0 X50 Y50 Z50;
X0;
M50;
X50 Y100;
Z100;
X0 Y0;
M51;
X50 Y50;
M30;
```

若以单段方式运行上述程序，M50 前为单段运行。M50 与 M51 之间的程序不以单段方式运行，而是连续运行，M51 后单段运行程序。

# 4 主轴功能 S 代码

通过代码 S 和其后面的数值，把代码信号转成模拟信号后送给机床，用于机床的主轴控制。

说明：

**1** 在一个程序段中可以指令一个 S 代码。例如：M3 S300 表示主轴以 300 转/分钟速度运行。

**2** 关于可以指令 S 代码的位数以及如何使用 S 代码等，请参照机床制造厂家的说明书。

**3** 当移动指令和 S 代码在同一程序段时，移动指令和 S 功能指令同时开始执行.

**4** 通过代码 S 和其后面数值控制主轴转速。

**5** 当使用档位控制调速的多速主轴电机时，可输入 S1—S4 控制四档档位，由ＰＬＣ输出口定义控制输出。档位参数控制为参数 **P007.1**＝1。

**6** 主轴转速的单位为：r/min（转/分钟），暂不支持线速度 m/min（米/分钟）。

**7** 主轴配编码器，可完成柔性及刚性攻丝，具体见固定循环 2.6.13 和 2.6.14 一节。

**8** S 指令只有在主轴正转或反转的情况下，系统识别，否则将被系统忽略处理。

# 5 进给功能 F 代码

进给功能控制刀具的进给速度，进给功能以及控制方式如下：

## 5.1 快速移动

用指令(G00)进行快速定位。快速进给的最大速度由参数(**P261**)来设定，所以在程序中不需要指定。对于快速进给速度，用操作面板上的波段开关可进行如下的倍率调节：

F0％、F25％、F50％、100%

其中，F0：是由143参数设定的最大速度的10％，各轴通用，其他同理。当指定定位指令(G00)时，刀具以CNC(参数**P261**)设置的快速移动速度移动，并具备多轴同步到达目标点的功能。

快速定位（G0）加速度可以由参数进行设定，根据机床及电机响应特性，可以进行合理的设定。详细操作见《21MA 系统参数说明书》的相关部分。

**注：在G00程序段中，即使指定了进给速度F指令，也无效，系统G0速度进行定位。**

## 5.2 切削速度

在直线插补(G01)，圆弧插补(G02， G03)中，用F代码后面的数值来指令刀具的进给速度。单位为毫米/分。刀具以程序中编制的切削进给速度移动。使用机床操作面板上的开关可以对快速移动速度或切削进给速度实施倍率（倍率调节范围为：0％～150%）。

为防止机械振动，在刀具移动开始和结束时自动实施加/减速。

注1：在利用进给速度 F 功能进行编程时，21MA 系统 F 代码可以在程序段内任意位置指定。例如：

G1X100Y100 F1200； 正确

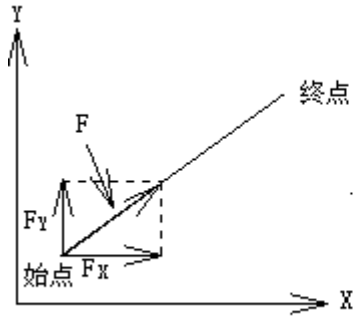
G02I20F600； 正确

F800G03J50； 正确；

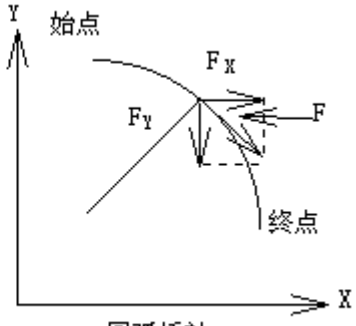
注2：F代码可以单独作为程序段指定。

## 5.3 切线速度控制

通常切削进给是控制轮廓轨迹切线方向的速度，使之达到指令的速度值。



直线插补



圆弧插补

F： 切线方向的速度 $F=\sqrt{F_x^{\ 2}+F_y^{\ 2}+F_z^{\ 2}}$

$F_x$： X轴方向的速度

$F_y$： Y轴方向的速度

$F_z$： Z轴方向的速度

## 5.4 切削进给速度的限制

用参数(P149)可以设定切削进给速度的上限值。实际的切削速度(使用倍率后的进给速度)如果超过了上限值，则被限制在上限值。上限值单位用毫米/分来设定。

## 5.5 进给速度倍率

手动方式下进给倍率及自动方式下进给倍率均可通过操作面板上的倍率开关进行调节，可以使用0～150%(每挡 10%共 16 档)的倍率。自动方式下，当波段开关的倍率按钮为零时，系统将停止进给，显示自动/运行，调动波段开关，程序继续运行。

注意：当进给倍率为零时，系统不予提示信息，敬请用户注意！

## 5.6 自动加减速

系统带动电机在移动开始和移动结束时自动地进行加减速控制，所以能够平稳地启动和停止。并且在移动速度变化时也自动地加减速，所以速度的改变可以平稳地进行。因此在编程时对于加减速不需要考虑。

快速进给：前加减速（0：直线型；1：钟型）

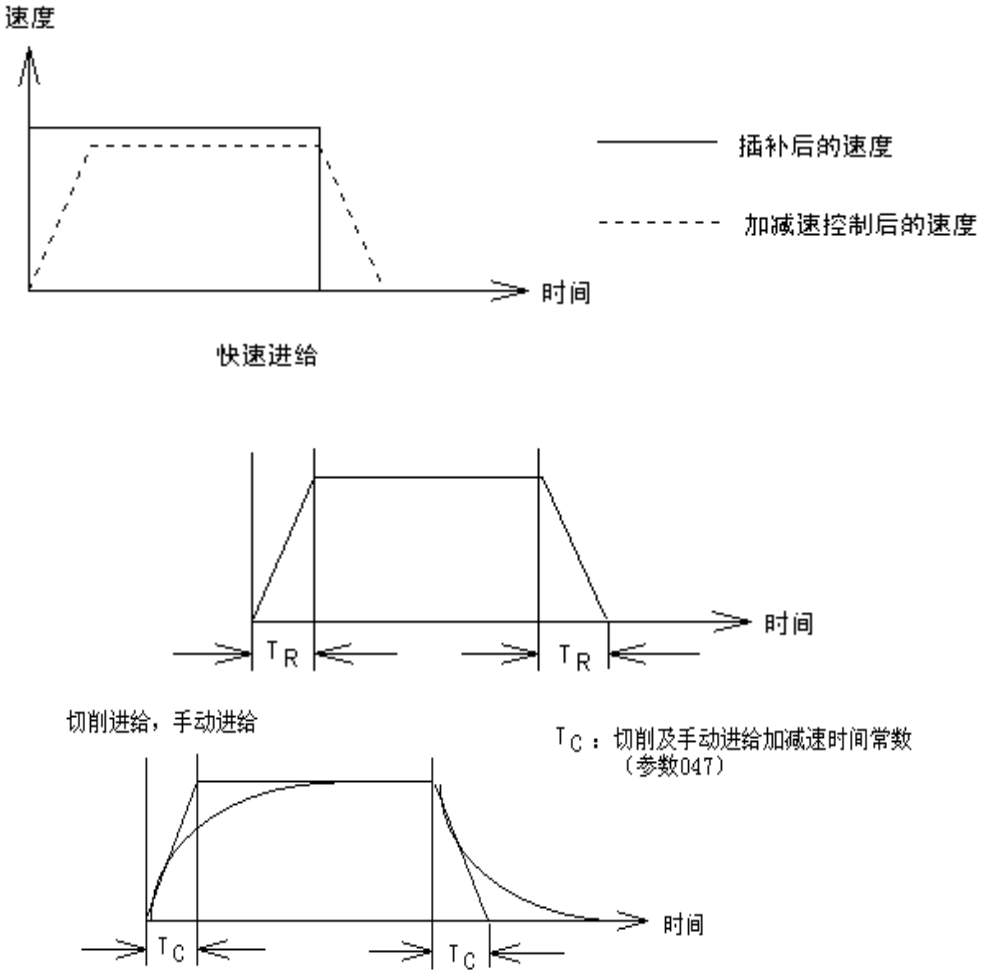
后加减速（0：直线型；1：指数型）

切削进给：前加减速（0：直线型；1：钟型）

后加减速（0：直线型；1：指数型）

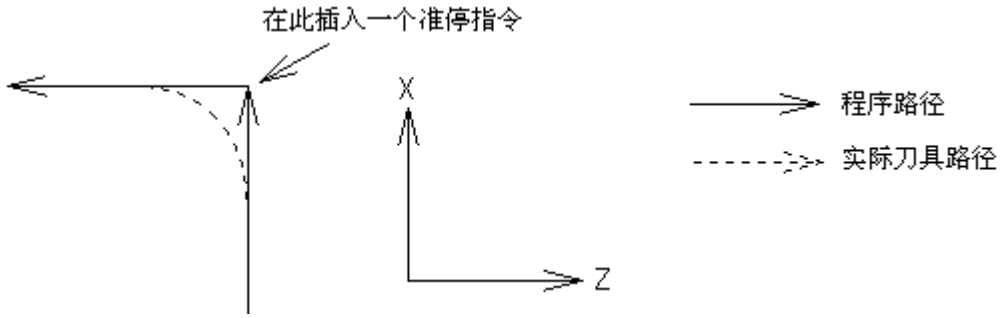
手动进给： 后加减速（0：直线型；1：指数型）

(用参数设定各轴通用的时间常数)




## 5.7 程序段拐角处的加减速处理

例如，前一个程序段只有 X 轴移动，而下一程序段只有 Z 轴移动，在 X 轴减速时，Z 轴进行加速，此时刀具的轨迹如下：




如果加入准停指令，则刀具如上图实线那样按程序指令运动。否则，切削进给速度越大，或加减速时间常数越长，则拐角处的弧度也越大。圆弧指令时，实际刀具轨迹的圆弧半径比程序给出的圆弧半径小。要拐角处误差变小，在机械系统允许的情况下，应使加减速时间常数尽量减小。

# 6 编程诊断

在编程时，可能会遇到一些报警信息，提示词法，语法分析时，出现错误，这往往是由于用户编程时，违反了上面介绍的 21MA CNC 编码的规则。出现问题时，最好仔细阅读相应功能指令编程时的格式，说明，尤其是限制方面的介绍。下面对诊断分析中可能出现的名词进行解释：

**规则数字：**

（1）系统对 2 ； 2 .；0 .2 ； 00.2；.2 等类似的数字都认为是规则数字。

（2）GSK21MA 系统把‘+’跟上（1）中定义的规则数字，和‘-’跟上（1）中定义的规则数字都认为是合法数字，如： +2；+2.；+0.2；+0.02；+.2 都为规则数字。

（3）为用户输入的方便，在表示小于 1 的小数时，允许把小数点前的 0 省略掉。如，+0.5 可用 +.5 来代替，0.5 可用.5 代替，-0.5 可用-.5 代替。

（4）除此以外，其他形式的数字均为非规则数字。值得注意的是，系统对 0.2+；2+.3；0.2 .；0..2；.+ 都看作两个数字，即分别为<0.2,+> ；<2,+.3>；<0.2, .>；<0. ,0.2>； <. ,+>。尤其是用户编程中碰到 1002 和 1003 诊断分析时，很大可能是由于输入的数字不正确而导致，所以应特别注意。

在某些情况下，对同一程序段，可能可以报出多个诊断号，

例如：有下列编程需求：

在绝对坐标方式下，要以（10，0）为起点，以(20，0)为终点，顺时针画一半圆，假设某用户编程时把代码输入成如下。

G15 G90 G00 X10 Y0

G02 X20 Y R5 U1..2； (1)

M99；

则在程序段（1）位置，我们可发现可报出四个诊断号 1004（参数多余），1002（数字必须跟在字母之后），1011（不匹配一个圆），1023（不完整的参数），但实际在进行语法检查时，

首先抛出的诊断分析为 1023；

添加 Y 的参数值，（1）变为 G02 X20 Y0 R51. U1..2，则抛出的诊断分析为 1004

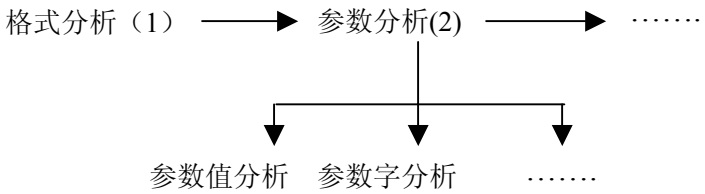
修改去掉 U 后，(1)变为 G02 X20 Y R51..2，则抛出的诊断分析为 1002；

接着去掉.2 后，（1）变为 G02 X20 Y R51.，则抛出的诊断分析为 1011；

**注 1：当某程序段中能多个诊断号时，而语法检查时，每次只会报出一个诊断号，系统大体是采取如下方式报出：**

词法分析(A)→合法程序段分析(B)→语义分析(C)

而词法分析可划分为：




而参数值分析与参数字分析诊断分析的出现次序则与用户编程相关。

建议当编程时报出诊断分析时，用户仔细查阅下面相应的诊断分析，采取步步排除修改。

**不能写磁盘!**

### 17：刀补出现错误:除数为零

注释：刀补出现除数为零

### 26：刀补出现错误: 圆弧终点不在圆弧上

**注释：**用户提供的信息不可匹配一个圆

**诊断分析：**

在进行圆弧插补时，如果用户提供的信息，不足以插补成圆的时候，则出现 26 报警信息。

例：

G42D1G1X-30Y0;

G1X0Y0;

G2X10Y0R4.8;

由于点（0，0）和点（10，0）不可能出现在半径为 4.8 的圆上，则会出现此 26 报警信息。

### 33：刀补出现错误: 没有交叉点

**注释：**当刀具半径值小时，圆弧的补偿路径有交点，但当刀具半径变大，可能交点不存在

**诊断分析：**

在进行圆弧插补时，刀具半径 D 值很大，补偿路径没有交点。

例：

D1=30

G42D1G1X-30Y0;

G1X0Y0;

G2X2Y0R1;

### 34：刀补出现错误: 补偿开始或者结束的程序段是圆弧指令

**注释：**G41/G42 后紧跟 G2/G3 或者 G2/G3 后紧跟 G40

**诊断分析：**

不能使用圆弧开始和结束半径刀补。

例：

G42D1;

G2X10Y0R5;

### 35：刀补出现错误：补偿开始程序段的下一程序段改变了工件的位置

**诊断分析：**

刀补开始左右刀补改变。

例：

G42D1G1X0Y0;

G41D1G1X10Y10;

### 38：坐标平面变换不可在半径刀补方式下进行

**诊断分析：**

刀补平面不能变换。

例：

G17;

G42D1;

G18;

G1X10Y10;

### 41：刀补出现错误：干涉检查出错

**诊断分析：**刀具路径方向与程序路径方向不同；圆弧加工时，除以上条件外，刀具中心路径的起点和终点的夹角与程序路径起点和终点间的夹角有很大的差异。

例：

G41D1G1X0Y0Z0;

X30;

X0Y5;

### 42：刀补出现错误：在补偿模式中在圆弧指令中指定刀尖半径补偿G码（相同）

**注释：**在圆弧半径刀补中，改变了刀具半径值。

**诊断分析：**

直线到圆弧的刀补；圆弧到圆弧的刀补，圆弧段不能改变刀具值。

例：

D1=6; D2=10

G41D1;

G1X10Y0;

G41D2G2X20Y0R5;

### 44：刀补出现错误: G92在半径刀补下出错

**注释**：系统预留的诊断号，不会出现该诊断号

### 45：刀补出现错误: 同一段有多个移动量为零的点或者当前段为固定循环，请取消半径刀补

**注释**：系统预留的诊断号，不会出现该诊断号

### 46：刀补出现错误: 圆弧内侧补偿，圆弧半径小于刀具半径,产生过度切削

**注释**：转角半径小于刀具半径时，刀具的内侧补偿将产生过度切削

**诊断分析**：

G42 条件下，G02 圆弧的半径小于刀具半径；G41 条件下，G03 圆弧的半径小于刀具半径。

例：

D=10

G42D1;

G1X10;

G2X18Y0R4;

### 900：不支持的CNC命令

**诊断分析**：

用户编程时，出现目前系统不支持的CNC命令（编程手册中没有介绍的）时，则会出现900诊断分析。

例：

G1 X10;

G12 X20 R5; 编程时，多输入了数字1，变成了G12，为系统不支持的CNC命令，则会出现1000诊断分析。

G65 H99 P1 Q2 R3; H99宏功能号不支持。

### 901：未知的字母

**诊断分析**：

用户编程时，如果输入了目前编程手册中所支持的字符集以外的字符，则会出现 901 诊断分析。

例：

G90 G1 X20 Y0;

G0 X10 \; 编程时多输入了支持字符集以外的字符'\'，则出现 901 诊断分析，修改程序，把'\'去掉

即可。

M99;

### 902：非规则数字

**诊断分析：**

用户编程时，如果输入的数字不合法，则会出现 902 诊断分析。

例：

G01 X . Y10; ‘.’非合法数字，则出现 902 诊断分析

G65 H01 P# . Q2; ‘.’非合法数字，则出现 902 诊断分析

G01 X+ Y20; ‘+’非合法数字，则出现 902 诊断分析

### 903：不支持-9999-+9999范围外的编程

**诊断分析：**

在程序中，只支持-9999-+9999范围内的编程，即X,Y等参数值的范围为-9999-+9999，用户输入范围外的数值将出现此诊断分析。

X10000 Y10; 输入时，则会出现903诊断分析，由于X参数值超出范围-9999-+9999

### 904：子程序调用次数太大

**诊断分析:**

M98指令中参数P，只可带8位或8位以下的数字，即格式为M98P********，当超出此范围时，将出现此诊断分析。

例：M98 P100009999 将出现此诊断分析。

### 905: 程序名不能为负数

### 1000：N后面只能跟数字

**诊断分析：**

作为程序段号标记的N后面，跟的是非数字，一般为字母。

例如：

NG01 X10； 出现1000报警。

G01 XO1 Y10； 把字母’O’当成0输入，则出现1000报警

### 1001：标号N存在二义性

**诊断分析：**

在程序中，不同行之间不允许用户定义两个相同的标号N_，如果出现，则抛出此诊断分析。

例如：

N1001 G1 x0;

N1002 N1002 G1 z10; 在同一行中，尽管N1002出现两次了，但不抛出1001诊断分析

N1002 G0 X0; 由于N1002前面已经出现过，则抛出1001诊断分析

N1000 G1 X2;

M99;

### 1002：数字必须跟在字母之后

**诊断分析：**

在程序中，可能出现数字没有参数字搭配使用。常见的情况为：

01 X10 Y10； 输入时，把G给漏输了，则会出现1002诊断分析

G01 X10..2 Y20； 输入时，X的值多输了个小数点，则也会出现1002诊断分析

G65 H01 P#100#200；输入时，漏输了字母Q，则会出现1002诊断分析

G01 X0.1； 输入时，多输入了'-'号，则会出现1002诊断分析

### 1003：不完整的单词

**诊断分析：**

参数不完整，即不符合参数字+参数值格式，即代表参数字的字母出现了，但参数值却被省略了。

例：

G1 X10 Y10;

G1 X Y10; X 参数不完整，出现 1003 诊断分析

G01 XO1 Y10; 把字母'O'当成 0 输入，则出现 1003 诊断分析

M99;

### 1004：不匹配的参数

**诊断分析：**

这往往是由于所提供的参数，并非CNC当前段指令格式中所需要的参数。

例：

程序1：

G17 G90 G00 X0 Y0;

G02 X10 Y0 R5;

G01 X20;

X10 R5; R并非G01格式G01 X_ Y_ Z_ F_中所需参数，则抛出1004诊断分析

编程时，应时刻注意系统的模态，如上面的例子中，用户可能还误认为当前模态为G02。

### 1005：指令缺少参数

**诊断分析：**

这往往是由于编程时未提供CNC当前段指令格式中的必须参数。

例：

G17 G90 G0 X0 Y0；

G02 X10 Y0 R5； R为必须参数，不可省略或者默认，否则报出1005诊断分析。

X20 R5； 如果把R5省略掉，则报出1005诊断分析

### 1006：请先取消G10模态

**诊断分析：**

出现1006报错，如此情况的原因为G11必须程序段中单独存在才生效。

例：

G10 N2001 R20.2

### 1008：变量位置错误

**诊断分析：**

在程序中，系统变量和用户变量（即#****）不可作为GMSTF参数字的参数值。

例：

G65 H01 P#100 Q1;

G#100 X10; 目前系统不支持GMSTF后跟变量，将会出现1008诊断分析

### 1010：不匹配的注释文件

**诊断分析：**

对于段注释符号

@

…….

@

或者（

……

)

如果不是成双匹配出现时，将出现1010诊断分析。

例：

@ M3 S2000

G90 G99 G81 X30. Y-25. Z-15. R2. Q15. F120.

Y-55.;

G18 Y-75.;

X100.;

Y-55.;

G98 Y-75;

G80 G28 G91 X0 Y0 Z0 ;

M5;

M30; 在程序结束位置，如果语法检查时，发现@…还没有被匹配，则在此位置出现1024诊断分析。

解决办法：找出被漏掉的@，加上@符号，或者删除程序中的@符号。

### 1011：圆弧平面只支持同比例缩放

**诊断分析：**

在使用比例缩放 G51 的时候，如果要执行圆弧 G2/G3 指令，则请保证圆弧平面的缩放比例一致，否则将出现 1011 诊断分析。

例：

G17;

G51X10 Y10 I1.5 J2

G0 X10 Y20;

G2 X10Y40 R20; 在此程序段将抛出 1011 诊断分析，原因是前面 G51 的比例缩放 X,Y 轴不相等。

G0 X20;

M99;

### 1012：参数重复出现

**诊断分析：**

同一程序段，作为参数的字母最多可出现一次，这主要是避免编程的混淆。如果出现两次或两次以上，则将出现 1012 诊断分析。

例：

G0 X10 Y10 X20; 参数 X 重复出现 X10,X20,则会抛出 1012 诊断分析

G04 P10 G51 X10 Y10 P2; 参数 P 重复出现，尽管 G04 与 G51 都可带参数 P,但系统会提示 1012 诊断分析。遇此种情况，最好按需求分两个程序段写。

### 1013：00/01/09组代码同段相互出现

**诊断分析：**

00 组代码：G04 G27 G28 G29 G65 G92 G60 G53

01 组代码：G00 G01 G02 G03

09 组代码：固定循环指令 G73-G89，包括 G80

在同程序段出现时，将出现 1013 诊断分析。在出现此诊断分析时，请将相应的指令分做多个程序段编写，即可消除报警。

例如：

G03 G73 X10 Y10 R2 Q5 F1000; 会抛出 1013 诊断分析。

G01 X10 Y10 G00; 会抛出诊断分析。

这里尤其值得注意的是 G80,

G01 X10 Y10;

G73 X10 Y10 R2 Q5;

G80 X10; 此处将会抛出 1013 号诊断分析。X10，即 G01 X10，为 01 组代码，G80 为 09 组代码，所以抛出 1013 诊断分析。

### 1014：P和N不配或无相应N标号

**诊断分析：**

在进行宏跳转指令编程时，如果在程序中代表跳转的目标参数值的N指令找不到时，则出现此0001014号诊断分析。

例：

G0 X10；

G65 H80 P0001； N0001代表的程序段存在，则跳转到N0001程序段执行，即G1 X10不执行。

G1 X10；

N0001 G1 X15；

G65 H80 P0002； N0002代表的程序段找不到，则出现1014号诊断分析。

G1 X20；

X30；

M99；

### 1015： 主轴转速过大

**诊断分析：**

在编程时，如果用 S 所设置的主轴转速大于系统参数 **P349** 所设置的值时，将出现 1015 号诊断分析。

例:

系统参数 **P349** 所设置的值为 3000，但用户编程时，用户指令 S4500，则系统会出现 1015 诊断分析。

解决办法：将用户指令主轴转速降低，或者将参数 **P349** 设置的值增大。

### 1021：不可以整除0

**诊断分析：**

在使用宏指令G65进行编程时，如果使用功能号H05或者H26，则在指令参数时，应注意，不可指定参数字R的值为0。

例：

G65 H01 P#100 Q2；

G65 H01 P#101 Q3；

G65 H01 P#102 R0；

G65 H05 P#100 Q#101 R#102； 由于变量#102的值为0，则由于参数字R的值为#102=0，出现1021诊断分析。

G01 X#100 Y#101；

M99；

### 1023：变量＃_找不到

**诊断分析：**

目前系统只允许使用#100~#531之间的变量，对于其他不在此间的变量如#10不予以支持，当出现此变量时，则会出现此1023号诊断分析。

例：

G17 G90;

G01 x#532 Y90 F1000; 非#100~#531之间的变量，则出现此1023号诊断分析。变量#532找不到

M99;

### 1030： 极坐标不支持G2G3命令

**诊断分析：**

不可以在极坐标指令下使用 G2G3 命令，否则将出现 1030 诊断分析。

例：

G16;

G2 X10 Y10 R20; 将抛出 1030 诊断分析。

### 1035：G28指令应该至少跟一个轴参数

**诊断分析：**

G28 指令使刀具进行返回参考点动作时，可单独指令某个轴或多个轴的组合回参考点，但不允许在一个轴都不指令的情况下回零，否则的话，将出现 1035 诊断分析。

例：

G90 X0 Y10;

G28 ； 省略了所有轴参数，则将出现1035诊断分析。

G29 X30 Y20;

### 1036：G29指令应该至少跟一个轴参数

**诊断分析：**

G29 指令使刀具进行从参考点返回动作时，可单独指令目标点的某个轴或多个轴的组合从参考点返回，但不允许对目标点所有轴都不指令的情况下从参考点返回，否则的话，将出现 1036 诊断分析。

例：

G90 X0 Y10;

G28 X20;

G29; 省略了所有轴参数，则将出现 1036 诊断分析。

### 1037：中间点_轴位置无法确定

**诊断分析：**

在执行 G29 指令时，如果检测到 G29 指令中与指令参数中对应的某个轴的中间点还没有确定的话，则会出现 1037 诊断分析。

例：

G90 X0 Y10;

G28 X20; （1）

G29 X40 Y30; （2）

假设开机后还没有进行 Y 轴上的回参考点操作，则对（1）程序段来讲，只对中间点的 X 轴进行了设置，那么在执行 G29 指令时，由于中间点的 Y 轴无法确定，所以将出现 1037 诊断分析。

### 1050：程序必须以M30/M99结尾

**诊断分析：**

用户编程时，要求以M30或者M99作为程序的结束标志，当没有以M30/M99结束时，则抛出1050诊断分析。

例：

G90 G17 G01 X10;

G02 X20 R5;

M98 P0002;

G0 X0 Y0;

M99; 假若没写M99的话，此处不会抛出1050诊断分析，系统会继续运行0002号程序，在0002号程序运行完结束。假若写了M99，则不会继续运行0002号程序。

O0002;

G1 X10 Y0;

G2 X0 Y5;

M99; M99假若没写的话，则会抛出1050诊断分析

### 1051：子程序不存在

**诊断分析：**

这往往是由于程序中用M98调用子程序时，找不到子程序，这有可能是子程序不存在，或者用户输入时，把子程序名输入错误。

例：

G90 G01 X10;

M98 P0003; 调用子程序O0003，由于程序中找不到子程序O0003，则出现1051诊断分析

G0 X0 Y0 Z0;

M30;

O0002; 输入时，把0003错输成了0002。

G0 X20;

G2 X30 R5;

M99;

### 1052：闭包调用是不被支持的

**诊断分析：**

在使用M98进行子程序调用时，如果系统检测到子程序之间，或者子程序与主程序之间存在着闭包调用关系，则出现1052诊断分析。解决办法：使程序之间的调用，不能形成闭包关系。

例：

O0001;

G1 X10 Y10;

G98 P0002; (1)

M99;

O0002;

G1 X20 Y20;

G98 P0001; (2)

M99;

语句(1)和语句（2）使 0001 程序与 0002 程序之间的调用形成闭包关系，则语法检查到（2）时，将出现 1052 诊断分析。解决办法是顺藤摸瓜，找出导致程序形成闭包的症结所在。

### 1056：M98/M99/M30在段中只可单独出现

**诊断分析：**

系统规定 M98/M99/M30 在段中只可单独出现，当一个段中在出现 M98/M99/M30 时还出现了其他 GMST 命令，则将出现 1056 诊断分析。

例：

G90 X0 Y10;

G1 X20;

M98 P0002 X4; (1)

Y30 M99; (2)

则在执行(1)和(2)程序段时，都将出现 1056 诊断分析，原因是（1）程序段中，M98 命令和 G1 命令同时出现，（2）程序段中，M99 命令也并非单独出现。

可将上述程序改为如下，则可通过。

G90 X0 Y10;

G1 X20;

M98 P0002;

X4;

Y30;

M99;

### 1070：旋转坐标方式下不可进行G53指令

**诊断分析：**

旋转坐标方式下不可进行 G53 指令，否则，将出现 1070 诊断分析。

例如：

G68 X10 Y10 R45;

G53 X166.23 Y223.56; 此处将抛出 1070 诊断分析。

因此在使用 G53 指令之前，请先使用 G69 取消旋转坐标方式。

### 1071：缩放坐标方式下不可进行G53指令

**诊断分析：**

缩放坐标方式下不可进行 G53 指令，否则，将出现 1071 诊断分析。

例如：

G51 X10 Y10 P2;

G53 X166.23 Y223.56; 此处将抛出 1071 诊断分析。

因此在使用 G53 指令之前，请先使用 G50 取消缩放坐标方式。

### 1072：极坐标方式下不可进行G53指令

**诊断分析：**

极坐标方式下不可进行 G53 指令，否则，将出现 1072 诊断分析。

例如：

G16;

G53 X166.23 Y223.26 此处将抛出 1072 诊断分析。

因此在使用 G53 指令之前，请先使用 G15 取消极坐标方式。

### 1080：该圆弧不确定!

**诊断分析：**

使用圆弧指令，在插补整圆时，不可以用 R 指令，否则将出现 1080 诊断分析。

例：

G15 G90;

G0 X10 Y10;

G2 X10 Y10 R20; 此处将抛出 1080 诊断分析。

### 1081：圆弧的半径不能为0

**诊断分析:**

圆弧的半径不能设置为 0 ,否则将出现此诊断分析。

例如：

G2 X10 Y10 I0 J0；则抛出 1081 诊断分析。

G2 X10 Y10 R0.001;则抛出 1081 诊断分析。

### 1082：该圆弧不存在

**诊断分析:**

当指令的圆弧半径，起点，终点无法满足一个圆时，将出现此诊断分析。

例如：

G90 G15;

G0 X0 Y0;

G2 X10 Y10 R10；则抛出 1082 诊断分析,原因是点（0，0）与点（10，10）之间，不存在一个半径为 10 的圆。

当出现此诊断分析时，请用户认真核对，是否计算错误。

### 1084：圆弧参数缺少,系统无法识别

**诊断分析：**

当圆弧指令的半径参数 R,I,J,K 都没设置时，将出现此诊断分析。

例：

G0x10;

G2 X20 Y20; 此处将抛出 1084 诊断分析，原因是圆弧没带任何半径参数。

### 1088：指定圆弧半径大于99999

### 1090：非法的圆弧插补参数

**诊断分析：**

非法的圆弧插补参数，指的是在指令了圆弧插补平面以外的参数，则会出现此报警。

例：

G0 X0 Y0 Z0;

G17;

G2 X10 Y10 I-10 K10; 此处将抛出 1090 报警，原因是 G17 平面的圆弧插补参数只有 I,J,而 K 参数是关于 G18,G19 平面的圆弧插补参数。

G0 X0 Y0 Z0;

G18;

G2 Z10 X10 K-10 I0 J1; 此处将抛出 1090 报警，原因是 G18 平面的圆弧插补参数只有 I,K,而 J 参数是关于 G17,G19 平面的圆弧插补参数

### 1091：进刀量Q必须大于退刀量d

**诊断分析：**

系统规定在固定循环过程中，对于加工过程为多次进刀退刀的指令，如 G83,G73 等，在指令参数 Q 时必须使进刀量大于退刀量。否则将出现 1091 诊断分析。

例：

G0 X0 Y0 Z10;

G73 X10 Y10 Z-30 R2 Q4;

假若系统参数 **P121** 设置的值为 d=3，则在执行时,系统检测到 Q>d，则编译可以通过。假若系统参数 **P121** 设置的值为 d=5,则在执行时，系统检测到 Q<d,则将出现 1091 诊断分析。

在出现诊断分析的情况下有两种方法来修正，请用户根据实际情况选用：

(1) 在录入方式下修改系统参数 **P121**

(2) 修改指令中的参数 Q 的值

### 1095：进刀量设置为0,请修改程序

**诊断分析：**

系统规定 Q 参数在固定循环 G73/G83 指令中不可设置为 0，否则将出现此报警。

例：

G54 G17 G90;

G99 M3；

G73 x10 y30 Z-20 R2 k2 Q0 F2000; （1）

y20 z-15 R3 k2;

G15;

M99;

在程序段（1）处，指定 Q 为 0，则将出现诊断分析 1095。

### 1096：缺少Q参数

**诊断分析：**

系统规定 Q 参数在固定循环 G76/G86 指令中不可设置为 0，或者 Q 参数没有设置，否则将出现此报警。

例：

```
G54 G17 G90;
G99 M3；
G76 x10 y30 Z-20 R2 k2 Q0 F2000;  （1）
y20 z-15 R3 k2;
G15;
M99;
```

在程序段（1）处，指定 Q 为 0，则将出现诊断分析 1096。

## 1097：缺少Z参数

**诊断分析：**

在取消固定循环后再执行固定循环指令或者系统上电后第一次执行固定循环指令，由于系统无法知晓固定循环的 Z 平面，则如果没有对固定循环指令的参数 Z 进行指定的话，则系统将给出 1097 诊断分析。

例如：

```
G0 X0 Y0 Z10;
G80;
G73 X10 Y10 R2 Q5;   则此处将抛出 1097 号诊断分析。（1）
X10 Y20 R2 Q4;       （2）
```

如果在(1)程序段中指定 Z-10; 则在（2）程序段中，尽管没有指定 Z 参数，则系统默认上面的 Z 平面，不会给出报警。

## 1098：缺少R参数或指定了没有参数的命令

**诊断分析：**

在取消固定循环后再执行固定循环指令或者系统上电后第一次执行固定循环指令，由于系统无法知晓固定循环的 R 平面，则如果没有对固定循环指令的参数 R 进行指定的话，则系统将给出 1098 诊断分析。

例如：

```
G0 X0 Y0 Z10;
G80;
G73 X10 Y10 Z-10 Q5;   则此处将抛出 1098 号诊断分析。（1）
X10 Y20 R2 Q4;         （2）
```

如果在(1)程序段中指定 R-2; 则在（2）程序段中，尽管没有指定 R 参数，则系统默认上面的 R 平面，

不会给出报警。

### 1100：固定循环不可在非G17平面进行

**诊断分析：**

目前系统只允许在 G17 平面进行，如果用户在 G18,G19 平面进行固定循环，则系统将给出 1100 诊断分析。出现此诊断分析，用户只需先设置 G17 平面，再进行固定循环即可。

例：

G18;

G0 X0 Y0;

G73 X10 Y10 R2 Q5 Z-10 F1000; 此处将抛出诊断分析。

### 1101：使用G10前请先取消固定循环

**诊断分析：**

目前系统只允许在取消固定循环的前提下使用

例：

G73 X10 Y10 R2 Q5 Z-10 F1000

G10 N2001 R2;此处会抛出报警信息。

### 1102: G10修改的参数非法

**诊断分析：**

目前系统只允许修改刀偏参数和螺补参数，修改其他参数均报错。

例：

G10 N21 R2;此处将抛出报警信息。

### 1112：负数不可开算术平方根

**诊断分析：**

在使用宏指令G65进行编程时，如果使用功能号H21，则在指令参数时，应注意，不可指定参数字R的值小于0。

例：

G65 H01 P#100 Q2;

G65 H01 P#101 Q-3;

G65 H21 P#100 Q#101; 由于#101的值为-3<0，则不可进行开算术平方根运算，出现1112诊断分析。

G01 X#100 Y#101;

M99;

### 1114：G92设置不可在旋转方式下进行

**诊断分析：**

G92 坐标系设置不可在旋转方式下进行，否则将抛出 1114 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消坐标旋转 G69,然后再进行 G92 坐标系设置。

例：

G68 X10 Y10 R45;

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G92 X20 Y20 ; 此处将抛出 1114 诊断分析。

### 1115：G92设置不可在缩放方式下进行

**诊断分析：**

G92 坐标系设置不可在缩放方式下进行，否则将抛出 1115 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消缩放 G51,然后再进行 G92 坐标系设置。

例：

G51 X10 Y10 P2;

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G92 X20 Y20 ; 此处将抛出 1115 诊断分析。

### 1118：坐标平面变换不可在缩放方式下进行

**诊断分析：**

坐标平面变换（指的是 G17,G18,G19）不可在缩放方式下进行，否则，将抛出 1118 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消缩放 G51，然后再进行坐标平面变换。

例：

G17 G0 X10 Y10;

G51 X10 Y10 Z10 P2;

G0 X12;

G18 X0 Y20; 坐标平面由 G17 变换到 G18，此处将抛出 1118 诊断分析。

### 1119：G92设置不可在极坐标方式下进行

**诊断分析：**

G92 坐标系设置不可在极坐标方式下进行，否则将抛出 1119 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消极坐标 G15，然后再进行 G92 坐标系设置。

例：

G16

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G92 X20 Y20 ; 极坐标方式下，此处将抛出 1119 诊断分析。

### 1120：工件坐标系设置不可在极坐标方式下进行

**诊断分析：**

工件坐标系设置不可在极坐标方式下进行，否则将抛出 1120 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消极坐标 G15，然后再进行工件坐标系设置。

例：

G16

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G54 X20 Y20 ; 极坐标方式下，此处将抛出 1120 诊断分析。

### 1121：坐标平面变换不可在极坐标方式下进行

**诊断分析：**

坐标平面的变换不可在极坐标方式下进行，否则将抛出 1121 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消极坐标 G15，然后再进行坐标平面变换。

例：

G16

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G18 X20 Y20 ; 极坐标方式下，此处将抛出 1121 诊断分析。

### 1122：极坐标设置不可在旋转方式下进行

**诊断分析：**

极坐标设置不可在旋转方式下进行，否则将抛出 1122 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消旋转方式，然后再进行极坐标设置。

例：

G90 G68 X10 Y10 R45;

G0 X10 Y10;

G16; 为坐标旋转方式下，将给出 1122 诊断分析。

### 1123：极坐标设置不可在缩放方式下进行

**诊断分析：**

极坐标设置不可在缩放方式下进行，否则将抛出 1123 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决

的办法是，先取消缩放方式，然后再进行极坐标设置。

例：

G90 G51X10 Y10 P2;

G0 X10 Y10;

G16; 为比例缩放方式下，将给出 1123 诊断分析。

### 1124：单方向定位不可在极坐标方式下进行

**诊断分析：**

单方向定位 G60 不可在极坐标方式下进行，否则将抛出 1124 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消极坐标 G15，然后再进行单方向定位。

例：

G16

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G60 X10 Y10 Z10；极坐标方式下，此处将抛出 1124 诊断分析。

### 1125：返回参考点G28指令不可在极坐标，旋转，缩放方式下进行

**诊断分析：**

返回参考点 G28 指令不可在极坐标，旋转，缩放方式下进行，否则将抛出 1125 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先进行相应取消，然后再进行返回参考点。

例：

G16

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G28 X10 Y10；极坐标方式下，此处将抛出 1125 诊断分析。

### 1140：工件坐标系设置不可在旋转方式下进行

**诊断分析：**

工件坐标系的是设置不可在旋转方式下进行，否则将抛出 1140 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消坐标旋转，然后再进行工件坐标系设置。

例：

G68 X10 Y10 R45;

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G54 X20 Y20；坐标旋转方式下，此处将抛出 1140 诊断分析。

### 1141：坐标平面变换不可在旋转方式下进行

**诊断分析：**

坐标平面的变换不可在旋转方式下进行，否则将抛出 1141 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消坐标旋转，然后再进行坐标平面变换。

例：

G68 X10 Y10 R45;

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G18 X20 Y20 ;坐标旋转方式下，此处将抛出 1141 诊断分析。

### 1143：单方向定位不可在旋转方式下进行

**诊断分析：**

单方向定位 G60 不可在旋转方式下进行，否则将抛出 1143 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消坐标旋转，然后再进行单方向定位。

例：

G 68 X10 Y10 R45;

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G60 X10 Y10 Z10 ; 坐标旋转方式下，此处将抛出 1143 诊断分析。

### 1160：工件坐标系设置不可在缩放方式下进行

**诊断分析：**

工件坐标系的是设置不可在缩放方式下进行，否则将抛出 1160 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消坐标缩放，然后再进行工件坐标系设置。

例：

G 51 X10 Y10 Z10 P2;

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G54 X20 Y20 ; 坐标旋转方式下，此处将抛出 1160 诊断分析。

### 1161：坐标平面变换不可在缩放方式下进行

**诊断分析：**

坐标平面的变换不可在缩放方式下进行，否则将抛出 1161 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消坐标缩放，然后再进行坐标平面变换。

例：

G51 X10 Y10 Z10 P2;

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G18 X20 Y20 ;坐标缩放方式下，此处将抛出 1161 诊断分析。

### 1163：单方向定位不可在缩放方式下进行

**诊断分析：**

单方向定位 G60 不可在缩放方式下进行，否则将抛出 1163 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消坐标缩放，然后再进行单方向定位。

例：

G51 X10 Y10 Z10 P2;

G0 X0 Y0;

G1 X10;

G60 X10 Y10 Z10 ; 坐标缩放方式下，此处将抛出 1163 诊断分析。

### 1170：钻孔时不能进行刀具半径补偿

**诊断分析：**

在固定循环模态下，不可进行刀具的半径补偿。否则将抛出 1170 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消固定循环，然后再进行刀具半径补偿。

例：

G73 X10 Y10 R2 Q5 Z-10;

X20 Y20 R3;

G41 D1; 此处为在固定循环 G73 模态下，将抛出 1170 诊断分析。

### 1198：Z平面高于R平面

**诊断分析：**

在固定循环中，除 G87 指令，其他的固定循环，都不可以将 Z 平面设置高于 R 平面，否则将给出报警。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，请确认 Z 平面是否高于 R 平面，然后将 R 平面高于 Z 平面。

例：

G90;

G0 X0 Y0 Z10;

G73 X10 Y10 R2 Q5 Z10; 此处 Z 平面高于 R 平面，是否是漏输入了负号，将抛出 1198 诊断分析。

### 2122：坐标旋转不可在极坐标方式下进行

**诊断分析：**

坐标旋转不可在极坐标方式下进行，否则将抛出 2122 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决

的办法是，先取消极坐标，然后再进行坐标旋转。

例：

G90 G16;

G0 X10 Y10;

G68 X10 Y10 R45; 为 G16 坐标方式下，将给出 2122 诊断分析。

### 2123：比例缩放不可在极坐标方式下进行

**诊断分析：**

比例缩放不可在极坐标方式下进行，否则将抛出 2123 诊断分析。在出现此诊断分析的情况下，解决的办法是，先取消极坐标，然后再进行比例缩放。

例：

G90 G16;

G0 X10 Y10;

G51X10 Y10 P2; 为 G16 坐标方式下，将给出 2123 诊断分析。

### 2125：偏置号必须在 0-50 范围