K100M-C铣床用数控系统

编程手册

北京凯恩帝数控技术有限责任公司

C033B-1001-W31N-0001
© KND CO., LTD.

K100M-C铣床用数控系统 编程手册 C033B-1001-W31N-0001

WWW.KND.COM.CN

说明书使用注意事项

在对本产品进行安装连接、编程和操作之前，必须详细阅读本说明书以及机床厂家提供的说明书，严格按照说明书的要求进行操作，否则可能导致产品损坏、工件报废甚至人身伤害。

本说明书描述的产品功能、技术指标仅针对本产品。安装了本产品的数控机床的实际功能和技术性能由机床厂家的设计决定，关于数控机床的具体指标请以机床厂家的说明书为准。

本说明书的内容可能随产品更新而变动，恕不另行通知。

定制系统与标准系统的区别之处，请参见具体的定制说明。

本产品支持电子盘功能。机床调试完毕后，请将系统参数备份在电子盘中。当机床运行过程中发生数据紊乱或工作异常等情况时，读取电子盘操作可使系统快速恢复到备份前的状态。具体操作方法请参见操作篇内容。

本说明书发布于 2020-04-27，基于以下软硬件版本编制：
主板版本号：0030I-0100-W01Z-0102
软件版本号：K100M-C_A01_V3.1.12_171221
PLC 版本号：KMC_STD_2.0_20170525
其它版本的不同之处请参考相关补充说明书。

本说明书的版权归“北京凯恩帝数控技术有限责任公司”所有。如有疑问，请垂询我公司技术人员，或使用以下沟通渠道联系我公司。

网址：http://www.knd.com.cn　E-mail：bj@knd.com.cn
总机：010-63701999　销售部：010-63701981

产品使用注意事项

运输与储存

产品包装箱堆叠不可超过六层
不可在产品包装箱上攀爬、站立或放置重物
不可使用与产品相连的电缆拖动或搬运产品
严禁碰撞、划伤面板和显示屏
产品包装箱应避免潮湿、暴晒以及雨淋

开箱检查

打开包装后请确认是否是您所购买的产品
检查产品在运输途中是否有损坏
对照清单确认各部件是否齐全，有无损伤
如存在产品型号不符、缺少附件或运输损坏等情况，请及时与我公司联系

接线

参加接线与检查的人员必须是具有相应能力的专业人员
产品必须可靠接地，接地电阻应小于 4 欧姆，不能使用中性线（零线）代替地线
接线必须正确、牢固，以免导致产品故障或出现意想不到的后果
插拔插头或打开产品机箱前，必须切断产品电源

检修

检修或更换元器件前必须切断电源
发生短路或过载时应检查故障，故障排除后方可重新启动
不可对产品频繁通断电，断电后若须重新通电，相隔时间至少 1 分钟

目 录

I 概述篇 1

1 概要 3

1.1 概述 3
1.2 规格一览表 4
1.3 CNC 机床的一般操作 6
1.4 阅读说明书注意事项 6

II 编程篇 7

1 概述 9

1.1 插补功能 9
1.2 进给功能 9
1.3 加工图纸和刀具的运动 10
1.3.1 参考点（特定的机械点） 10
1.3.2 加工图纸上的坐标系和 CNC 指令的坐标系 11
1.3.3 刀具运动指令尺寸的表示方法（绝对值和增量值指令） 12
1.4 主轴功能 13
1.5 刀具功能 14
1.6 辅助功能 14
1.7 程序的构成 14
1.8 刀具补偿功能 16
1.9 行程 17

2 控制轴 18

2.1 控制轴数 18
2.2 屏蔽轴显示功能 18
2.3 轴名称 19
2.4 轴类型 19
2.5 同步轴 20
2.6 单位 20
2.7 最大行程 21

3 准备功能（G 功能） 23

4 插补功能 26

4.1 定位（G00）.....26
4.2 直线插补（G01）.....27
4.2.1 直线插补说明.....27
4.3 圆弧插补（G02，G03）.....28
4.3.1 圆弧插补说明.....28
4.3.2 圆弧插补精度控制机能.....31
4.4 螺旋线插补（G02，G03）.....32
4.5 数字主轴螺纹插补（G07.2）.....33
4.6 数字主轴螺纹切削循环（G78.1）.....35

5 进给功能.....41

5.1 快速进给.....41
5.2 切削进给.....41
5.2.1 每分进给（G94）.....41
5.2.2 每转进给（G95）.....42
5.2.3 输入单位与输出范围.....42
5.3 高速高精进给控制.....43
5.3.1 加减速控制.....43
5.3.2 拐角控制.....45
5.3.3 轨迹光顺功能.....46
5.3.4 刀具轴向设定功能.....47
5.3.5 编程允差设定功能.....47
5.3.6 预先预读功能.....47
5.3.7 速度平滑控制.....48
5.3.8 修改参数（G05）.....48
5.4 暂停（G04）.....49

6 参考点.....50

6.1 自动返回参考点（G28）和从参考点移动（G29）.....50
6.2 自动返回第 2、第 3 参考点（G30）.....52
6.3 返回参考点检查（G27）.....52

7 坐标系.....53

7.1 机床坐标系.....53
7.1.1 机床坐标系的设定.....53
7.1.2 机床坐标系定位（G53）.....53
7.1.3 快速机床坐标系定位（G153）.....54
7.1.4 程序控制加减速度和加减速曲线.....54
7.2 工件坐标系.....54
7.2.1 工件坐标系的设定.....54
7.2.2 工件坐标系的移动或变更.....57
7.3 附加工件坐标系（G54 Pn）.....59

7.4 局部坐标系（G52） 60
7.5 笛卡尔坐标轴设定（G54.9） 61
7.6 平面选择（G17，G18，G19） 62

8 坐标值和尺寸 63

8.1 绝对指令和增量指令（G90，G91） 63
8.2 比例缩放（G50，G51） 63
8.3 英制与公制的转换（G20，G21） 66
8.4 小数点编程 67

9 测量机能 69

9.1 跳跃机能（G31） 69
9.2 多级跳跃机能 70
9.3 自动刀具测量补偿（G36，G37） 71

10 主轴功能（S 功能） 74

10.1 主轴速度指令 74
10.1.1 S2 位数（主轴档位输出） 74
10.1.2 S5 位数（主轴模拟输出） 74
10.2 模拟主轴换档 75
10.2.1 模拟主轴自动换档机能 75
10.2.2 模拟主轴手动换档机能 76
10.3 数字主轴控制 76

11 刀具功能（T 功能） 78

12 辅助功能（M 功能） 79

12.1 辅助功能代码 79
12.2 辅助功能参数 82
12.3 与辅助功能相关的报警 82

13 程序的构成 84

13.1 程序 84
13.1.1 主程序和子程序 84
13.1.2 程序号 87
13.1.3 顺序号和程序段 87
13.1.4 跳过任选程序段 87
13.1.5 注释节 88
13.1.6 字和地址 88
13.1.7 基本地址和指令值范围 89
13.1.8 扩展 NC 字和地址 89

13.2 程序结束 90
13.3 文件结束 90

14 简化编程功能 91

14.1 钻孔固定循环 91
14.1.1 高速深孔加工循环（G73） 94
14.1.2 反攻丝循环（G74） 96
14.1.3 精镗循环（G76） 96
14.1.4 钻孔循环、点钻循环（G81） 97
14.1.5 钻孔循环、镗阶梯孔循环（G82） 98
14.1.6 深孔加工循环（G83） 99
14.1.7 攻丝循环（G84） 100
14.1.8 镗削循环（G85） 100
14.1.9 镗削循环（G86） 101
14.1.10 镗削循环、反镗循环（G87） 102
14.1.11 镗孔循环（G88） 104
14.1.12 镗孔循环（G89） 105
14.1.13 固定循环取消（G80） 106
14.1.14 钻孔固定循环实例（使用刀具长度补偿） 106
14.2 攻丝固定循环 110
14.2.1 模拟主轴攻丝（G93） 110
14.2.2 数字主轴刚性攻丝（G84、G74） 111
14.3 直线角度编程功能 115

15 补偿功能 118

15.1 刀具长度补偿（G43、G44、G49） 118
15.2 刀具半径补偿（G40~G42） 120
15.2.1 概要 120
15.2.2 补偿指令 121
15.2.3 半径补偿注意事项 124
15.2.4 刀具半径补偿的详细说明 124
15.3 拐角圆弧补偿功能（G39） 146
15.4 补偿量的程序输入功能（G10） 149

16 用户宏程序（宏 B） 150

16.1 变量 150
16.2 基本数据类型 152
16.2.1 整型常量 152
16.2.2 实型常量 153
16.2.3 类型转换 154
16.3 系统变量 154
16.4 算术、逻辑和关系运算 158

16.5 加工程序语句 159
16.6 控制语句 160
16.6.1 无条件转移（GOTO 语句） 160
16.6.2 条件转移（IF 语句） 161
16.6.3 循环（WHILE 语句） 162
16.7 命令语句 163
16.7.1 字符串 163
16.7.2 MSG 命令 163
16.7.3 ERR 命令 163
16.7.4 OPENWRITE 命令 164
16.7.5 CLOSEWRITE 命令 164
16.7.6 WRITE 命令 164
16.8 宏程序调用 165
16.8.1 G65 宏程序调用 166
16.8.2 自定义 G 代码宏程序调用 166
16.8.3 自定义 M 代码宏程序调用 168
16.8.4 自定义 T 代码宏程序调用 169
16.8.5 CALL 调用 170
16.8.6 G 接口调用宏程序 171
16.9 变量索引和数组 172
16.9.1 变量索引 172
16.9.2 数组 172
16.10 中断型用户宏程序 173
16.11 用户宏程序库及实数标准 175
16.11.1 用户宏程序数学库函数 175
16.11.2 函数功能说明 176
16.11.3 实型数与 IEEE754 标准 184
16.12 常见问题解释 186

Ⅰ　概述篇

1 概要

1.1 概述

本手册详细阐述了钻、镗、铣床用数控系统的使用说明，包括全部选择功能说明。“规格一览表”列出了该系统具有的各种功能。数控机床实际具备的功能、机床操作面板规格及使用方法请参照机床厂家发行的说明书。系统软硬件特性如下：

- 性能强劲
  - 采用高性能 ARM9 微处理器实现高速高精控制，插补周期 2 毫秒，内部控制精度 1 纳秒
  - 可实现多程序段预读，速度平滑，圆弧插补精度控制功能
  - 采用插补前加减速控制，可跨多段自动加减速
  - 具备 1000 条/秒的程序指令处理能力，可实现高速小线段加工
- 美观可靠
  - 控制主板采用六层 PCB 板设计，使用表贴元件，集成度更高
  - 采用 TFT 彩色液晶显示器
  - 应用全新工艺结构，抗干扰能力更强，可靠性更高
  - 采用国际流行色的全新模具面板，外形美观大方
- 功能丰富
  - 轴名可自定义
  - 支持国际标准 G 指令，与 FANUC 系统指令兼容
  - 具有简化编程功能
  - 支持丰富的软件功能
  - 标配数字主轴接口，可控制伺服主轴
  - 可选配绝对值编码器电机，开机不必回零即可加工
  - 支持开放式 PLC，满足二次开发需求，可显示和监控梯图程序
  - 具有 PLC 轴功能，可用来控制刀库、刀架旋转、交换工作台、分度工作台和其他外围装置
  - 具有分中对刀，三点定圆心对刀，增量偏移坐标系等方便的对刀功能
  - 系统 DI/DO 标准配置 40/24 点，机床用数字和模拟接口可通过远程 I/O 模块扩展
  - 提供断点管理，断电管理功能
  - 具有同步轴功能
- 信息安全
  - 具有限时保护，开机、参数、程序密码等多种操作权限控制功能
  - 支持电子盘数据备份功能
  - 支持 U 盘接口，可实现系统与 U 盘间的数据互存，支持 U 盘 DNC 加工功能
  - 支持以太网接口，可实现系统与计算机间的数据互存，支持以太网 DNC 加工功能
  - 内置 640K 程序存储空间，可编辑和运行 U 盘内的程序
- 界面友好
  - 支持中文、英文两种操作界面，提供完整的帮助信息，使操作更方便
  - 系统参数按功能分类排列，使用更方便
  - 支持 3D 图形显示功能，能描绘毛坯、加工过程、加工后的形状、坐标变换、剖视图等

1.2 规格一览表

- **结构规格**

型号	安装方式	显示屏尺寸	面板尺寸
K100M-C	横式	8 英寸（分辨率 800×600）	400×245

- **基本功能**

名称	K100M-C 规格
最大控制轴数	4
最大 PLC 轴数	5
数字主轴	1
模拟主轴	1

轴类型	直线轴 旋转轴（A 类旋转轴、B 类旋转轴、C 类旋转轴、D 类旋转轴）
同步轴	支持
Cs 轴控制	支持
插补周期	2ms
公制英制转换	支持
最小指令值	0.001mm
最大指令值	±99999.999mm
最大快速速度	60000mm/min；快速倍率：F0，25，50，100%
最大进给速度	30000mm/min；进给倍率：0%~150%
电子齿轮比	1~65535：1~65535
定位	G00
插补功能	直线插补（G01） 圆弧插补（G02/G03） 螺旋线插补（G02/G03） 数字主轴螺纹插补（G07.2） 数字主轴螺纹切削循环（G78.1）
攻丝功能	模拟主轴攻丝（G93） 刚性攻丝（G84、G84.5）
坐标系功能	机床坐标系（G53） 工件坐标系（G54~G59），支持回零后自动坐标系设定 附加工件坐标系（G54 Pn） 局部坐标系（G52） 平面选择（G17/G18/G19） 笛卡尔坐标系（G54.9） 比例缩放（G50/G51）
参考点功能	自动返回参考点（G28），自动返回第 2 或第 3 参考点（G30） 自动从参考点返回（G29），返回参考点检查（G27）
简化编程功能	钻孔固定循环（G73、G74、G76、G80~G89）

	攻丝固定循环（G93、G84、G74） 倒角和倒圆编程 直线角度编程
测量功能	跳跃机能（G31），多级跳跃机能 自动刀具测量（G36、G37）
用户宏程序	用户宏程序 B；宏程序调用（G65） 自定义用户宏程序调用；支持中断型用户宏程序
刀具功能	刀补偏置数量：128 刀具数量：12 刀具长度补偿、刀具半径补偿、刀具磨损补偿 可程序输入补偿数据 对刀功能：分中对刀、三点定圆心对刀等
主轴功能	档位控制（S01~S08）；模拟量控制（S5 位数，支持自动/手动换挡） 主轴速度倍率 50%~120%；模拟电压 0~10 伏 数字主轴（主轴定位、刚性攻丝、速度/位置模式切换）
辅助功能	支持 2 位数 M 代码，可自定义 M 代码 辅助功能锁
高速高精功能	多段预读，跨段自动加减速，支持多种加减速曲线类型选择 速度平滑处理 拐角和圆弧补偿功能（G39） 螺距误差补偿（各轴 512 点） 反向间隙补偿
PLC 功能	开放式 PLC，梯图显示与实时监控 PLC 轴功能和简易 PLC 轴功能 轴数据诊断功能 40 个 DI 点、24 个 DO 点 可使用指令输出加工数据到 PLC 接口（G65.1）
自动运行	存储器运行；MDI 多段或单段运行 DNC 运行（A 类 DNC（串口和 U 盘）和 B 类 DNC（U 盘和以太网））
手动运行	手动多轴进给；回零，单步进给，手轮进给 手动辅助功能操作
试运行	机床锁（支持全轴轴锁和单轴轴锁） 空运转、单程序段、跳过任选程序段
安全防护	复位、紧急停；硬限位；软限位（支持软限位预测功能） 程序保护开关、参数保护开关、数据备份功能 断点管理和断电管理
显示编辑	640kB 程序存储器，可存储 512 个程序；可运行和编辑 U 盘内程序 支持中英文界面选择，可显示进给速度、模态信息、加工时间等 内置 3 个电子盘，支持备份和恢复操作 以太网输入输出数据操作 轨迹图形和实体图形

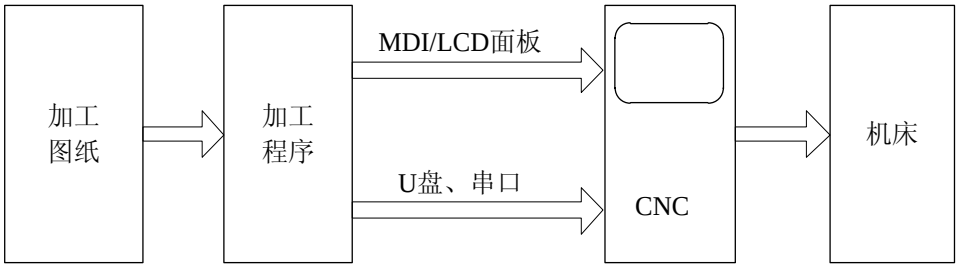
通讯接口	RS232，RS485，CAN，U 盘接口，以太网
电源供电	单相 AC220V +10%-15%，50Hz±1Hz
配套驱动器	可选配伺服或步进驱动器

1.3 CNC 机床的一般操作

用 CNC 机床加工零件时，首先要编制程序，然后用该程序控制 CNC 机床。

1 根据加工图纸编制零件加工程序。编程手册详细地介绍了编程方法。

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。操作手册详细介绍了如何操作。



参考“编程篇” 参考“操作篇”内容

3 连接调试手册详细介绍了系统外形尺寸，信号说明及日常维护等信息。

1.4 阅读说明书注意事项

1 数控机床的功能不仅由数控系统决定，还与机床结构、配电柜、驱动系统等因素有关。

由此图可知，CNC 系统一般由基本功能、选择机能、接口部分组成。不同的机床可能选择不同的接口设计和选择机能，所以机床操作人员需要参阅机床厂家发行的说明书。

2 本手册介绍了数控系统与连接调试相关的说明。机床设计人员除了需要阅读本说明书外，还要结合编程操作手册相关内容，才能全面了解系统的功能。在此基础上才能使机床达到最佳性能。由于功能不同，订购的费用也不一样，详细情况请参照 KND 公司订货清单。

3 本手册以下列软硬件版本为基础阐述：

系统主板版本：0030I-0100-W01Z-0102

系统软件版本： K100M-C_A01_V3.1.12_171221

PLC 版本：KMC_STD_2.0_20170525

4 其它版本软件的不同之处请参看相关“补充说明书”。

5 若需要编制 PLC 程序，请参考《KND PLC 用户手册》进行 PLC 二次开发。

★ 重要提示

本系统提供电子盘功能。机床调试完毕后，请将系统当前数据备份在电子盘中。当机床运行过程中发生数据丢失、数据紊乱或不能工作等情况时，恢复电子盘操作可使系统快速恢复到备份前的状态。具体操作方法请参见《操作手册》。

II　编程篇

1 概述

1.1 插补功能

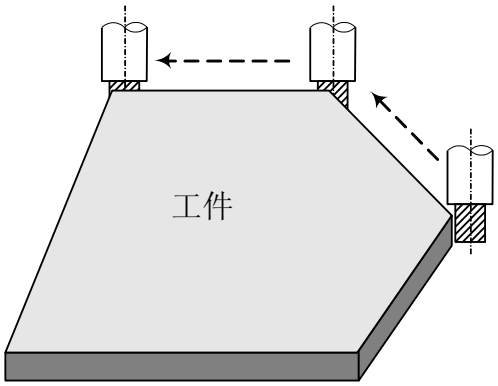
刀具沿着构成工件的直线和圆弧运动。（参见 II-4）

注

在实际机床中，有可能刀具不动，而工作台运动。本手册假定刀具相对工件运动来进行说明。

解释

- **刀具沿着直线运动**

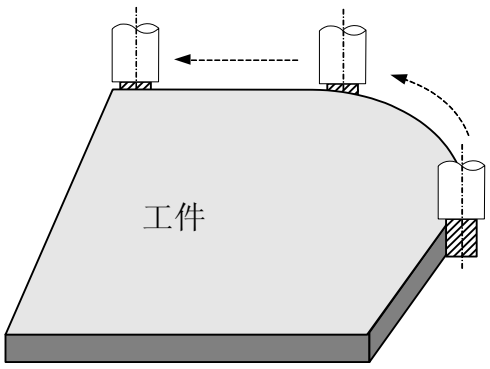


指令程序

G01 X_ Y_ ;

X_ ;

- **刀具沿着圆弧运动**



指令程序

G03 X_ Y_ R_ ;

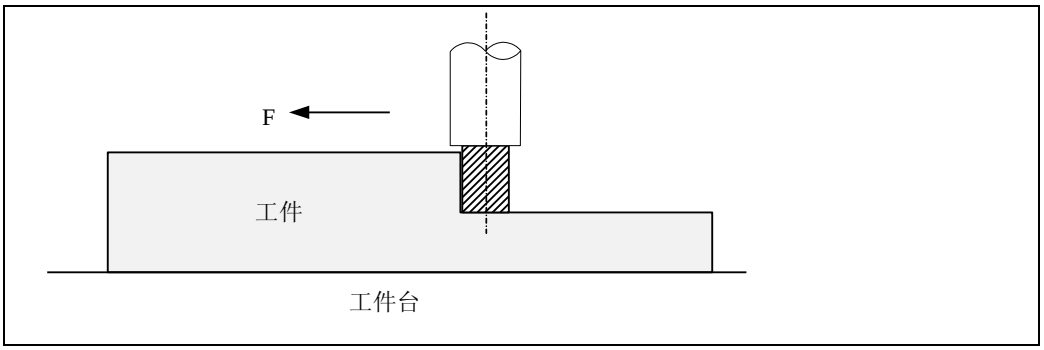
把刀具沿着直线、圆弧运动的功能称为插补功能。

编程指令 G01、G02、G03 等称为准备功能，用于指示数控装置进行何种插补。

1.2 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。（参见 II-5）

解释



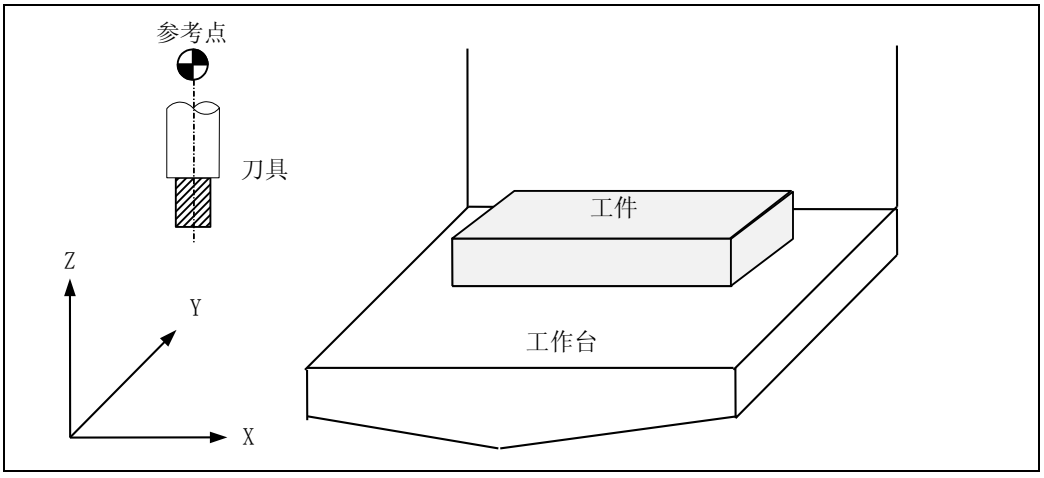
进给速度可用数值指令。例如，让刀具以 150mm/min 进给时，程序指令为：F150.0。

决定进给速度的功能称为进给功能。

1.3 加工图纸和刀具的运动

1.3.1 参考点（特定的机械点）

在 CNC 机床上，设计有特定的机械装置，通常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。



解释

要使刀具移动到参考点，有下面两种方式：

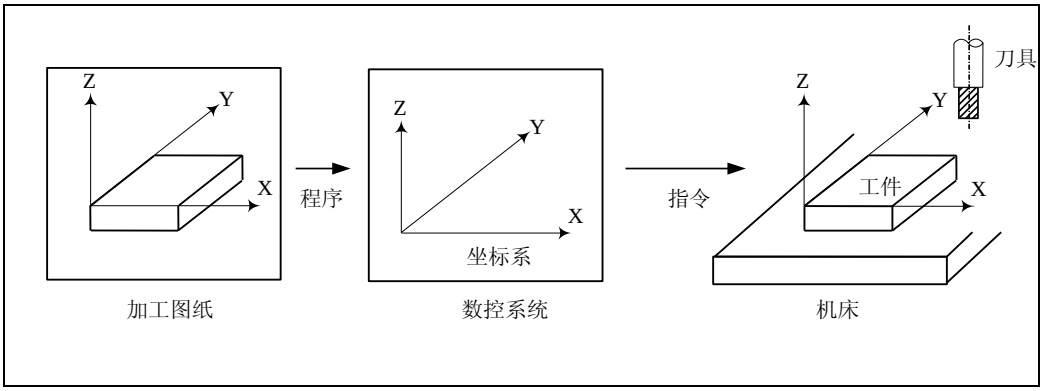
1 手动返回参考点（参见操作手册）

通过手动方式按照操作返回参考点。

2 自动返回参考点（参见 II-6）

通常，接通电源后，首先手动返回参考点。之后，为了更换刀具而将刀具移动到参考点时，使用自动返回参考点。

1.3.2 加工图纸上的坐标系和 CNC 指令的坐标系



解释

- **坐标系**

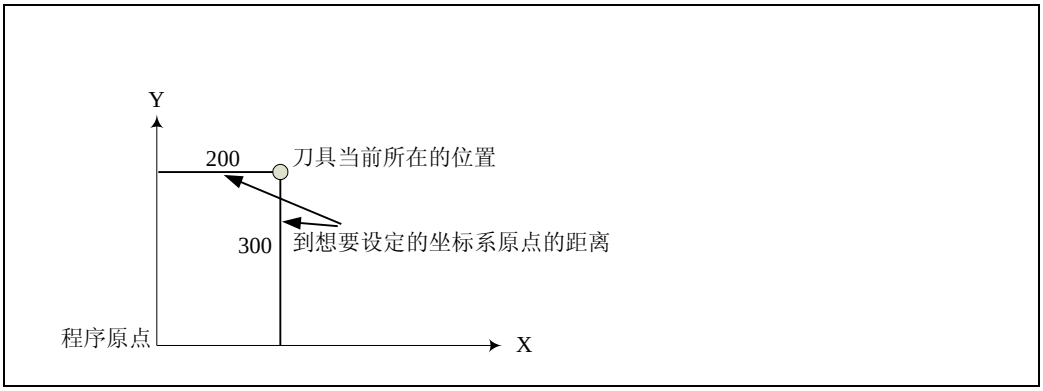
坐标系根据设定的地方不同，有下面两种（参见 II-7）：

1 加工图纸上的坐标系

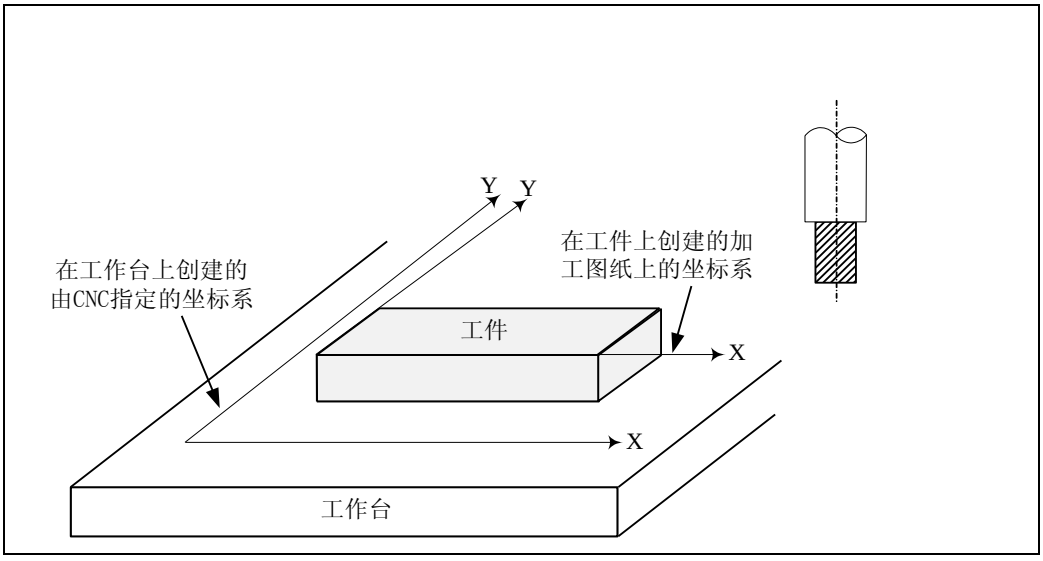
这个坐标系画在加工图纸上，程序中的数据使用这个坐标系的坐标值。

2 CNC 指令的坐标系

这个坐标系实际设定在机床工作台上。根据程序，指令从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。

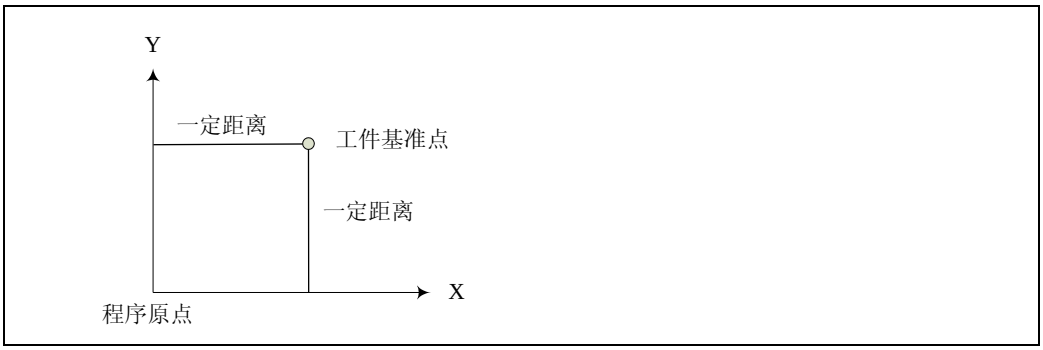


刀具在 CNC 指令的坐标系上，按照加工图纸上坐标系的指令程序把工件切削成图纸上的形状，因此，要把零件正确地加工出图纸所示的形状，必须把这两个坐标系确定在同一位置上。

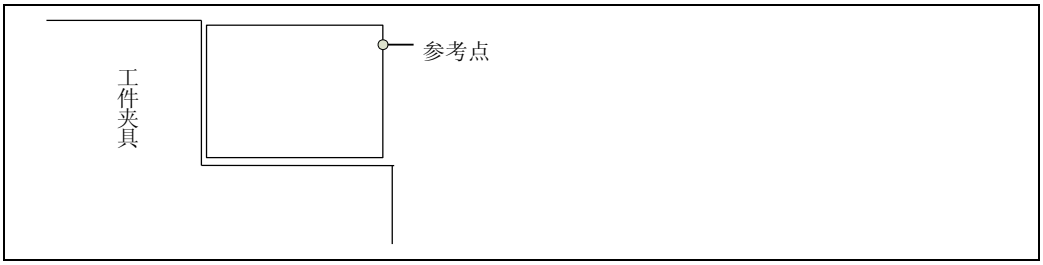
- **将两个坐标系设定在相同位置的方法**

对于如何确定这两个坐标系在同一位置，可根据零件的形状、加工数量等采用不同的方法。

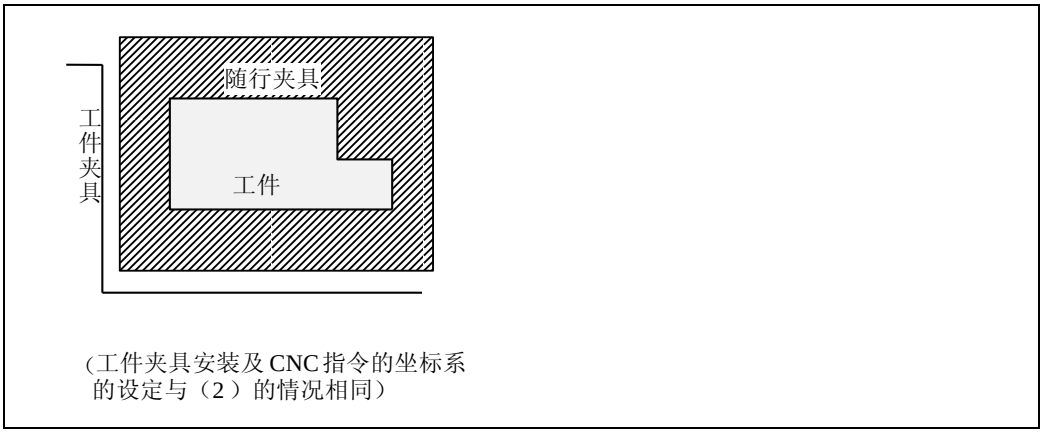
1 利用工件的标准面、点时



2 直接将工件安装在夹具上



3 暂时将工件安装在托架上，将工件和托架一起安装在夹具上



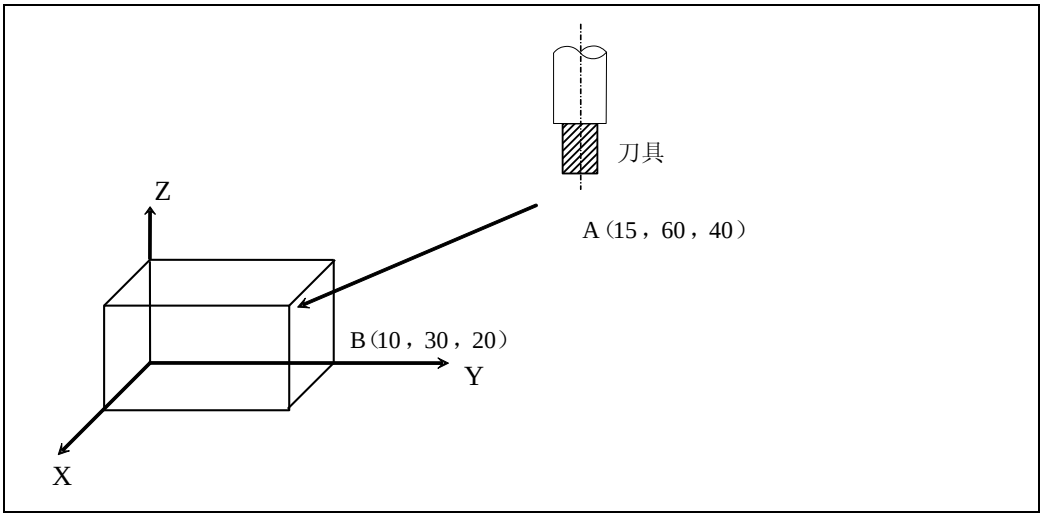
1.3.3 刀具运动指令尺寸的表示方法（绝对值和增量值指令）

刀具运动指令的坐标值有绝对值和增量值两种。（参见《编程篇》绝对指令和增量指令（G90，G91）章节）

解释

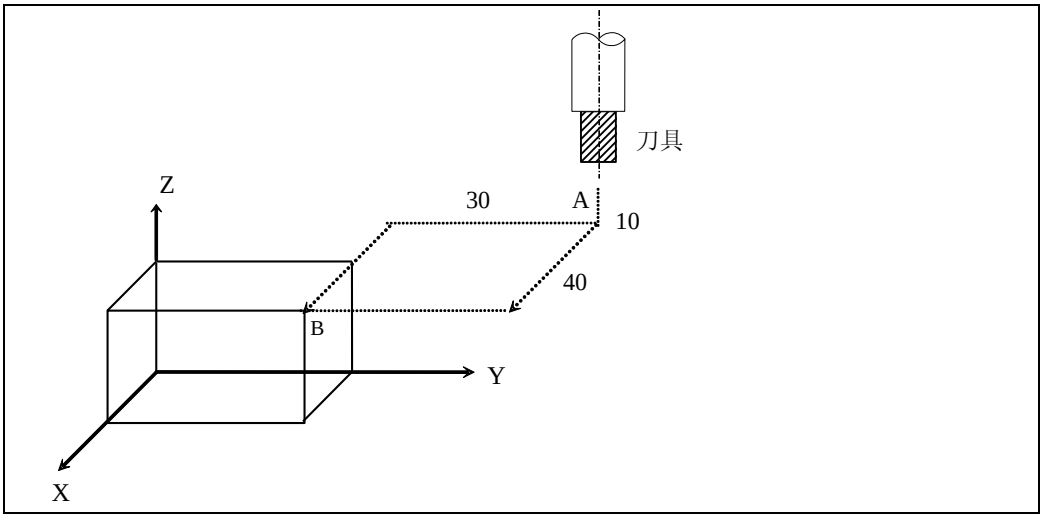
- **绝对指令**

指定“自坐标系原点的距离”，即以坐标值指定刀具的移动位置。



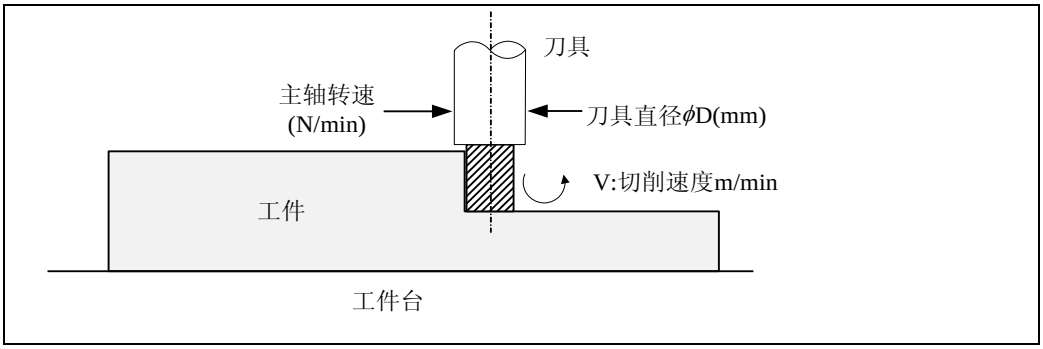
- **增量指令**

指定刀具由上一位置到下一位置的距离。



1.4 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 来指令这个切削速度。



刀具直径为 100 毫米，切削速度用 80 米/分加工时，根据主轴转速 N=1000V/πD 的关系，主轴转速约 250RPM，指令为：S250

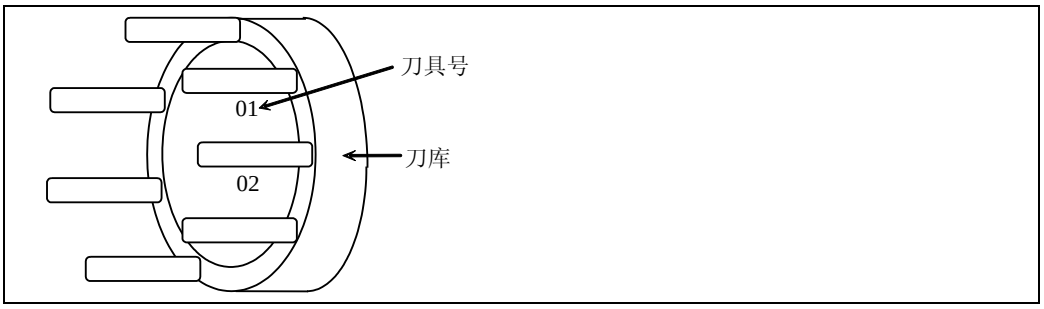
把有关主轴转速的指令称为主轴功能。（参见 II-10）

1.5 刀具功能

根据各种加工（铣削加工下为钻孔/攻丝/镗孔/铣削等，车削加工下为粗削/半光洁/精削/螺纹切削/开槽等），选择各自所需的刀具。

给每个刀具赋予一个编号，通过程序指定该编号，即可选择相应的刀具。

举例

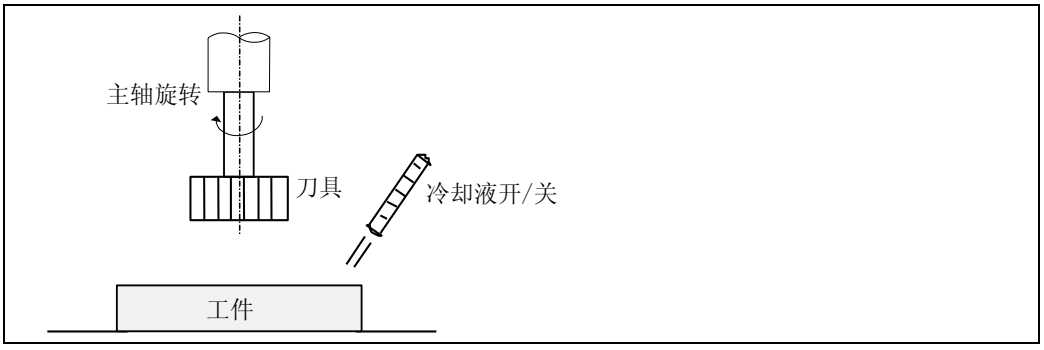


某孔加工用刀具为 01 号，在刀库 01 号的位置上，通过指令：T01 就可以选择该刀具。

把这个功能称为刀具功能。（参见 II-11）

1.6 辅助功能

刀具开始加工工件时，要使主轴回转，供给冷却液，关闭卡盘，为此必须控制机床主轴电机和冷却油泵的开/关、卡盘的开合。



指定机床各种设备开/关操作的功能称为辅助功能，通常用 M 代码指定。（参见 II-12）

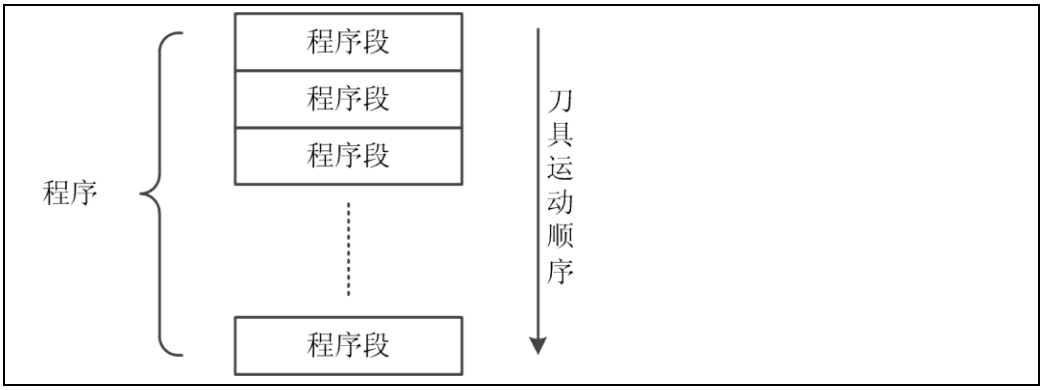
例如，M03 表示机床主轴正转。

1.7 程序的构成

为操作机床而给 CNC 发出的一组指令，称为程序。

在发出指令后，使刀具沿直线或圆弧移动，或使主轴电机开始或停止旋转。

在程序中，是按刀具的实际移动顺序发出指令的。



每一顺序的指令组，称为程序段。

对一个加工系列，整个程序由多个程序段组成。

识别各个程序段的号码称为顺序号，而识别各个程序的号码称为程序号。（参见 II-13）

解释

- **程序段**

N**** G** X**.* Y**.* M** S**** T**** ;

N：顺序号

G：准备功能

X、Y：运动尺寸

M：辅助功能

S：主轴功能

T：刀具功能

分号（;）：程序段结束

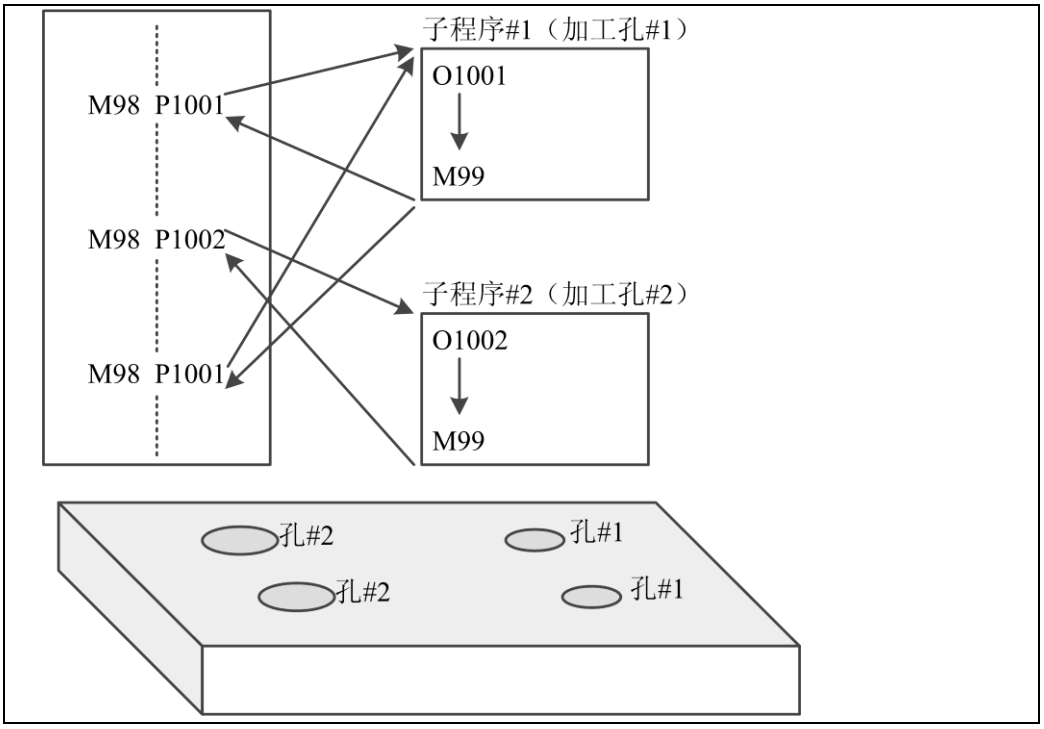
一个程序段的开头是表示 CNC 运动顺序的顺序号，末尾是表示这个程序段结束的分号（;）。

- **程序**

通常在程序的开头是程序号，以地址符 O 开头。在程序的结尾是 M30 或 M99，表示程序结束。

- **主程序和子程序**

编写加工程序时，如果要在工件的不同地方加工同样的图形，则往往先把这部分图形的程序单独编写出来，把它称为子程序。相对于子程序来说，程序的本体就称为主程序。在执行主程序时，如果有调用子程序的指令，则执行子程序。子程序执行完后，再返回执行主程序的指令。

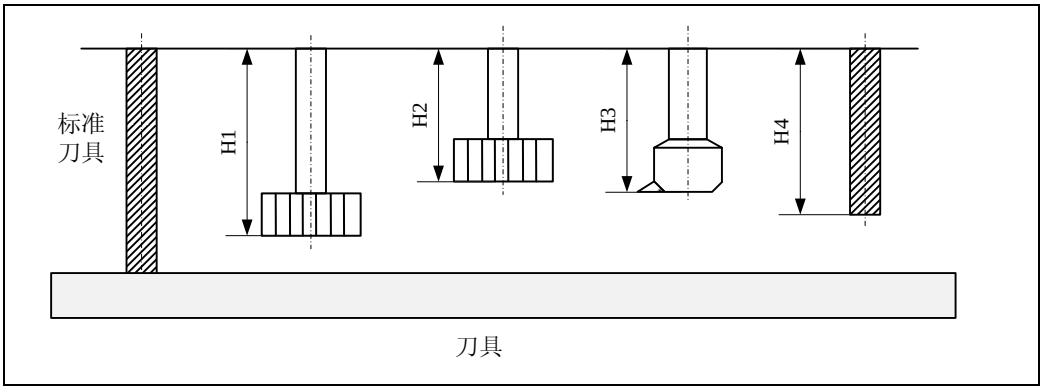


1.8 刀具补偿功能

解释

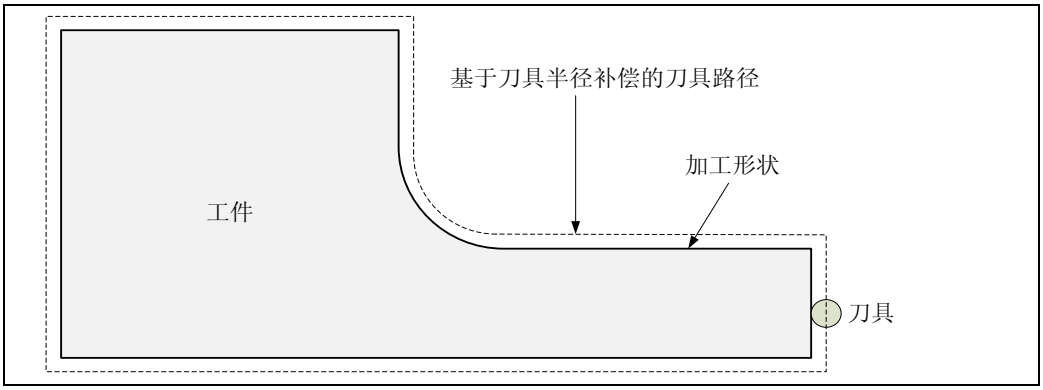
- **刀具长度补偿功能**

通常加工一个工件时，要使用多把刀具。各刀具有不同的形状，按照这些刀具来改变程序，非常麻烦。为此，事先测量出各刀具的长度，然后把它们与标准刀具长度的差设定给系统（参见操作手册），这样，即使换刀，程序也不需要变更就可以加工了。这个功能称为刀具长度补偿功能。（参见 II-15）



- **刀具半径补偿功能**

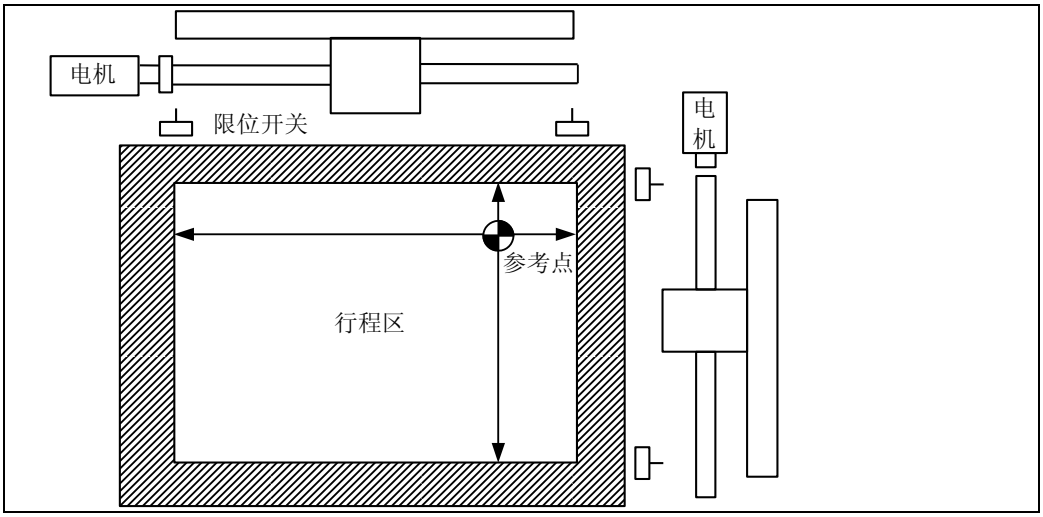
由于刀具有半径，因此一般刀具轨迹相对于加工形状偏移一个刀具半径的位置。事先把刀具半径存在系统中，刀具就能沿着偏移加工形状距离为刀具半径的轨迹运动。这个功能称为刀具半径补偿功能。（参见 II-15）



1.9 行程

机床上每个轴的端点都装有限制开关，以防止刀具移动超出端点。

刀具可以移动的范围称为行程。



2 控制轴

2.1 控制轴数

默认情况下，系统支持的控制轴数如下表所示：

型号	K100M-C
轴数	4

2.2 屏蔽轴显示功能

本系统支持通过参数控制指定轴是否被屏蔽。屏蔽 NC 显示由参数“MDA”（《连接调试手册》第 139 页 P0405.2）控制，屏蔽 PLC 显示由参数“MDPA”（《连接调试手册》第 139 页 P0405.3）控制。

注

参数 MDA 和 MDPA 的设置可能为固化值。

参数处理

1 仅屏蔽某轴 NC 显示时，与其对应的下列轴型参数也同时被**屏蔽**：

(1) P0405.0、P0405.1、P0405.4、P0405.6、P2705.7、P3201.0、P5101.0

(2) P0420、P0421、P0510、P0511、P0512、P2625、P2630、P4611、P4612、P5131、P5132、P5133、P5212、P5213、P5220、P5221、P5412、P5413、P5414、P5420

2 若同时屏蔽某轴 NC 显示和 PLC 显示，**仅显示**与其对应的下列参数：

(1) P0405.2、P0405.3、P0415

屏蔽 NC 显示的影响

1 参数 P0405.0（NC 指令运动报警）被设置为 1

2 参数 P0405.1（屏蔽手动运动）被设置为 1

3 参数 P0405.4（数字螺纹主轴）被清除为 0

4 运行程序过程中不处理该轴对应地址符，也不判断地址冲突

5 被屏蔽轴不能指定为笛卡尔坐标系的组成部分

6 该轴的刀具长度补偿无效

7 该轴的手轮/单步运动无效

8 图形诊断页面、刀补页面、坐标系页面上的坐标显示被屏蔽

屏蔽 PLC 显示的影响

PLC 通道页面和轴控制诊断页面中的 PLC 坐标显示被屏蔽

同时屏蔽 NC 显示与 PLC 显示的影响

1 该轴的驱动器报警被屏蔽

2 该轴的螺补零点、螺补值被清除为 0

3 该轴的螺补页面、总线诊断页面、总线参数页面被屏蔽

2.3 轴名称

赋给机床移动轴的名称，叫做轴名称。

轴名称可通过参数“自定义轴地址字符”（《连接调试手册》第 141 页 P0420）设定。可供选择的轴名称如下：

A、B、C、U、V、W、X、Y、Z

2.4 轴类型

控制轴的类型包括：直线轴、A 类旋转轴、B 类旋转轴、C 类旋转轴和 D 类旋转轴。可通过参数“轴类型”（《连接调试手册》第 140 页 P0412）进行选择。

解释

- **A 类旋转轴**

绝对坐标不受任何限制，机床坐标被限制在 0~360 度之间。

N1 G90 C0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值
N2 G90 C200.0;	N2	200.0	200.0	200.0
N3 G90 C540.0;	N3	340.0	540.0	180.0
N4 G91 C720.0;	N4	720.0	1260.0	180.0

- **B 类旋转轴**

绝对坐标和机床坐标被限制在 0~360 度之间。对于自动运行，所有程序段的起点都被限制在 0~360 度之间，但是本段可以指令超过 360 度的运动。

G90 C0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值
N1 G90 C-150.0;	N1	-150.0	210.0	210.0
N2 G90 C540.0;	N2	330.0	180.0	180.0
N3 G90 C-620.0;	N3	-800.0	100.0	100.0
N4 G91 C380.0;	N4	380.0	120.0	120.0
N5 G91 C-840.0;	N5	-840.0	0	0

- **C 类旋转轴**

绝对坐标和机床坐标被限制在 0~360 度之间，并在绝对编程时执行最短路径。增量指定时，移动量就是指令值；绝对指定时执行最短路径，移动量限定在-180 度~+180 度之间（包括-180 度和+180 度）。

G90 C0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值
N1 G90 C-150.0;	N1	-150.0	210.0	210.0
N2 G90 C540.0;	N2	-30.0	180.0	180.0
N3 G90 C-620.0;	N3	-80.0	100.0	100.0
N4 G91 C380.0;	N4	380.0	120.0	120.0
N5 G91 C-840.0;	N5	-840.0	0	0

- **D 类旋转轴**

绝对坐标和机床坐标被限制在-180~180 度之间，并在绝对编程时执行最短路径。增量指定时，移动量就是指令值；绝对指定时执行最短路径，移动量限定在-180 度~+180 度之间（包括-180 度和+180 度）。

G90 C0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值

N1 G90 C-150.0;	N1	-150.0	-150.0	-150.0
N2 G90 C540.0;	N2	-30.0	-180.0	-180.0
N3 G90 C-620.0;	N3	-80.0	100.0	100.0
N4 G91 C380.0;	N4	380.0	120.0	120.0
N5 G91 C-840.0;	N5	-840.0	0	0

注

1 使用 B/C/D 类旋转轴时，应特别注意，以防止发生干涉、碰撞。

2 使用 C/D 类旋转轴时，如果进行圆弧插补，那么最好用相对量指定圆弧终点坐标。

2.5 同步轴

机床上有时需要采用两台伺服电机驱动同一个轴。在系统中，通过控制一个轴的运动，使两台电机同步运动的功能称为同步轴功能。

解释

- **主动轴**

直接控制的轴称为主动轴

- **从动轴**

与主动轴同步运动的轴称为从动轴

- **设定方法**

轴型参数“从动轴对应主动轴号”（《连接调试手册》第 140 页 P0415）用于设定从动轴对应的主动轴号。主动轴的 P0415 必须设置为 0，从动轴的 P0415 应设置为其对应的主动轴的轴号，一个主动轴可以带多个从动轴。

- **控制方式**

从动轴跟随主动轴运动，不能单独运动，不能进行手动、回零、单步、手轮等手动控制，也不能在自动加工时通过编程指令其运动。但是从动轴有独立的间隙补偿和螺距误差补偿。

- **回零处理**

当主动轴回到零点时，从动轴也视为回到零点，并进行回零后处理。

2.6 单位

系统涉及到的单位包括最小输入单位、最小输出单位、最小移动单位和最小插补单位。

1 最小输入单位

也称最小设定单位或最小编程单位，指的是编程时移动量的最小单位，或绝对坐标的最小单位。以毫米、英寸或度表示。

2 最小输出单位

也称最小机床单位，指的是机床坐标的最小单位。以毫米、英寸或度表示。

3 最小移动单位

发送给驱动器的指令的最小单位（系统电子齿轮比 1:1 时，表示 1 个脉冲代表的长度或角度）。以毫米、英寸或度表示。

4 最小插补单位

为最小移动单位的千分之一（当最小编程单位为微米时实现纳米级插补，当最小编程单位为纳米时，实现皮米级插补）。系统电子齿轮实际分频系数为参数设定分频系数的 1000 倍。

解释

- **直线轴的最小单位**

直线轴的最小输入单位包括公制和英制两种，由 G 代码（G20/G21）选择或通过设置页面选择。而最小输出单位和最小移动单位的公英制选择由参数 SCW（P400.3）控制。

直线轴小数位数由参数“直线轴小数位数”（《连接调试手册》第 137 页 P0042）设定。参数设置可参照下表。

P0042	最小输入单位	最小输出单位	最小移动单位	最小插补单位
1	0.1mm	0.1mm	0.05mm	0.00005mm
	0.01inch	0.01inch	0.005inch	0.000005inch
2	0.01mm	0.01mm	0.005mm	0.000005mm
	0.001inch	0.001inch	0.0005inch	0.0000005inch
3	0.001mm	0.001mm	0.0005mm	0.0000005mm
	0.0001inch	0.0001inch	0.00005inch	0.00000005inch

- **旋转轴的最小单位**

旋转轴的单位没有公英制之分，默认情况下单位是度（deg）。

旋转轴小数位数由参数“旋转轴小数位数”（《连接调试手册》第 137 页 P0045）设定。参数设置可参照下表：

P0045	最小输入单位	最小输出单位	最小移动单位	最小插补单位
1	0.1deg	0.1deg	0.05deg	0.00005deg
2	0.01deg	0.01deg	0.005deg	0.000005deg
3	0.001deg	0.001deg	0.0005deg	0.0000005deg

- **暂停最小单位**

暂停最小单位为 0.001 秒，与直线轴或旋转轴的最小单位无关。详细设定单位请参见机床制造厂家的说明书。

注

1 公制下导程 F 的小数位数=公制直线轴小数位数+1；英制下导程 F 的小数位数=英制直线轴小数位数+2。公制下导程变化量 K 的小数位数=公制直线轴小数位数+1；英制下导程变化量 K 的小数位数=英制直线轴小数位数+2。

2 本版本最小移动单位为最小输出单位的一半。而此前版本除了车床 X 轴直径编程时最小移动单位为最小输出单位的一半外，最小移动单位与最小输出单位相同。请注意电子齿轮比的设定。

2.7 最大行程

机床各控制的实际行程范围由“正向行程限位”（《连接调试手册》第 142 页 P0610）和“负向行程限位”（《连接调试手册》第 143 页 P0611）设定，参数值必须在最大行程范围之内。

解释

机床各控制轴的最大行程由“允许数据位数”和最小输出单位决定。如下表所示。

允许数据位数	最大行程
8	最小输出单位×± 99999999

注

1 允许数据位数参数由数控系统厂家设定。

2 不可指定超过最大行程的指令。

3 当正负向行程限位超过最大行程时，以最大行程进行限制。

3 准备功能（G 功能）

准备功能由 G 代码（G 地址及其后数值）表示，规定其所在的程序段的意义。

格式

格式 1：Gxxxx

4 位数 G 代码

格式 2：Gab.c

2 位数带 1 位小数 G 代码，等价于 Gcab。

例如 G53.1 等价于 G153（编程时这两种方式都支持）。

自定义 G 代码范围为 G0~G9999，但是 G999 以后 G 代码无法用相应的带小数点的 G 代码表示。

类型

类型 1：非模态 G 代码

只在被指令的程序段有效

类型 2：模态 G 代码

在同组其它 G 代码指令前一直有效

例

G00 和 G01 为同组模态 G 代码。加工程序如下：

G00 X__ ； （G00 有效）

Z__ ； （G00 有效）

G01 X__ ； （G01 有效）

Z__ ； （G01 有效）

G 代码列表

G 代码	组别	功能
G04	00	暂停，准停
G10		可编程数据输入
G27		返回参考点检查
G28		返回参考点
G29		从参考点返回
G30		返回第 2 第 3 参考点
G31		跳跃机能
G36		各轴自动刀偏设定
G37		各轴自动刀偏设定
G92		工件坐标系设定
G39		拐角偏移圆弧插补
G52		局部坐标系设定
G53		机床坐标系定位
G153(G53.1)		机床坐标系定位（快速移动）

G 代码	组别	功能
G954(G54.9)		笛卡儿坐标系坐标轴设定
G05		参数修改指令
G207(G07.2)		数字主轴螺纹插补
G165(G65.1)		指令数据输出
★G00	01	定位（快速移动）
★G01		直线插补（切削进给）
G02		圆弧插补 CW（顺时针）
G03		圆弧插补 CCW（逆时针）
G93		攻丝固定循环
G178(G78.1)		数字主轴螺纹切削循环
★G17	02	XY 平面选择
G18		ZX 平面选择
G19		YZ 平面选择
★G90	03	绝对值编程
G91		增量值编程
★G98	04	在固定循环中返回初始平面
G99		在固定循环中返回 R 点平面
★G54	05	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
G20	06	英制数据输入
G21		公制数据输入
★G40	07	刀尖半径补偿取消
G41		刀尖半径补偿（左）
G42		刀尖半径补偿（右）
G43	08	正方向刀具长度偏移
G44		负方向刀具长度偏移
★G49		刀具长度偏移取消
★G80	09	固定循环注销
G81		钻孔循环（点钻循环）
G82		钻孔循环（镗阶梯孔循环）
G83		深孔钻循环
G84		攻丝循环
G85		镗孔循环
G86		钻孔循环
G87		反膛循环
G88		镗孔循环

G 代码	组别	功能
G89		镗孔循环
G73		高速深孔加工循环
G74		反攻丝循环
G76		精镗循环
★G94	10	每分进给
G95		每转进给
★G50	12	比例缩放取消
G51		比例缩放开始

注

1 带★记号的 G 代码为系统默认 G 代码，系统启动时，同组模态 G 代码处于默认状态。

2 01 组 G 代码中的 G00、G01 需要通过参数“G01”（《连接调试手册》第 152 页 P2500.7）来选择哪个作为默认 G 代码。

3 06 组 G 代码中 G20、G21 的开机状态与系统关机前保持一致。

4 00 组的 G 代码是非模态 G 代码，只在当前程序段有效。

5 如果使用了 G 代码列表中未列出或未使能的 G 代码，则出现报警（PS1205）。

6 在同一个程序段中可以指令几个不同组的 G 代码。如果在同一个程序段中指令了多个同组 G 代码，则发出报警（PS1215）。

7 在固定循环（09 组 G 代码）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 01 组的 G 代码不受固定循环 G 代码的影响。

8 G 代码体系 A 中绝对编程和增量编程方式不是由 G90 和 G91 区分，而是由地址符区分。

9 G 代码体系 A 在 09 组 G 代码固定循环中只能返回初始平面。

10 G 代码体系 A 没有比例缩放功能。

4 插补功能

4.1 定位（G00）

用 G00 定位，刀具以快速移动速度移动到由 IP 指定的位置。

格式

G00 IP__ ;

IP：X、Z、U、W 等，表示任意轴的组合。对绝对指令为刀具移动的终点坐标值，对增量指令为刀具的移动量。

分号（;）：表示程序段结束。

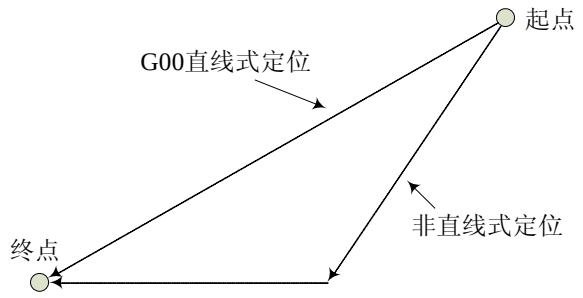
解释

G00 为 01 组代码，指定 G00 后，在指定同组 G 代码前一直有效。

G00 定位方式可由参数“LRP”（《连接调试手册》第 135 页 P0004.1）选择：

- LRP=0：G00 使用非直线方式定位。各轴按照快速速度独立运动，直到到达定位点。平均加减速由参数“轴快速独立运动时的加减速度”（添加参数交叉引用）设定。
- LRP=1：G00 使用直线插补方式定位。刀具沿着直线移动到指定点，运行轨迹与 G01 相同。刀具在最短的时间定位，各轴定位速度不超过各自的“快速速率”（《连接调试手册》第 143 页 P0711）。但要注意的是，此时仍然是各轴独立控制加减速，由参数“快速加速曲线”（《连接调试手册》第 173 页 P6412）和“快速减速曲线”（《连接调试手册》第 173 页 P6413）控制。G00 定位示意图如下：

非直线定位、直线插补方式定位示意图



限制

1 进行“自动手轮”功能控制时，如果使用非直线定位，那么手轮正转和反转影响 G00 定位路径；反转只能保证回到起点，但路径与正转路径不重合。直线插补定位则无此影响。

2 直线插补定位时，加速度由参数“快速运动平均加速度”（《连接调试手册》第 174 页 P6432）给定，减速度由“快速运动平均减速度”（《连接调试手册》第 174 页 P6433）给定。非直线插补定位时，各轴加减速度由参数“轴快速独立运动时的加减速度”（添加参数交叉引用）给定。

3 同一个程序段，相同参数下，直线插补定位与非直线定位的执行时间相同。建议使用直线插补定位。

4 以下情况中的定位自动使用直线插补定位，与 LRP 的设定无关：G36~G37，G178，钻孔循环，

螺纹指令后的 G00 段，半径补偿插入的定位段。

5 其余情况的定位与 LRP 设定有关，主要包括：

- G00 指令（前一段不是螺纹指令）
- G27~G30 指令
- G53 指令

4.2 直线插补（G01）

4.2.1 直线插补说明

G01 是以当前点为起点，用 IP 指定终点，以 F 值为指定速度，从当前点到终点做直线插补运动的切削指令。

格式

G01 IP__ F__ ;

IP：对绝对指令为刀具移动的终点坐标值，对增量指令为刀具的移动量。

F：刀具的进给速度。

解释

F 指定的进给速度，在指定新值前总是有效，因此不需对每个程序段一一指定。

由 F 指定的速度是刀具沿着直线移动的合成速度。若没有在任何情况下指定过 F，则发出报警（PS0011）。

沿各轴方向的速度如下：

G01 Xα Zγ Ff ;

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

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

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

若同时对直线轴 α 和旋转轴 β 进行直线插补，则分别以 mm/min 和 deg/min 为单位的 α 、β 的切线速度为 F(mm/min)。β 轴的速度是通过 F 求出所需时间后再将其换算为 deg/min 而求得的。

G91 G01 X40.0 C20.0 F300.0 ;

假定以公制输入时的 C 轴的 20.0deg 为 20mm。

分配所需时间为：

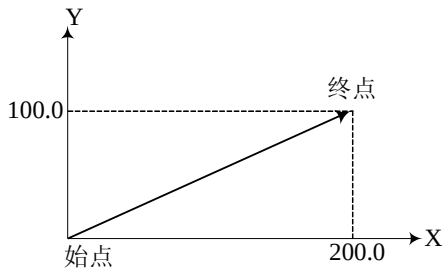
$$\frac{\sqrt{40^2 + 20^2}}{300} = 0.14907\,\text{min}$$

C 轴的速度为：

$$\frac{20\,\text{deg}}{0.14907\,\text{min}} = 134.2\,\text{deg/ min}$$

举例

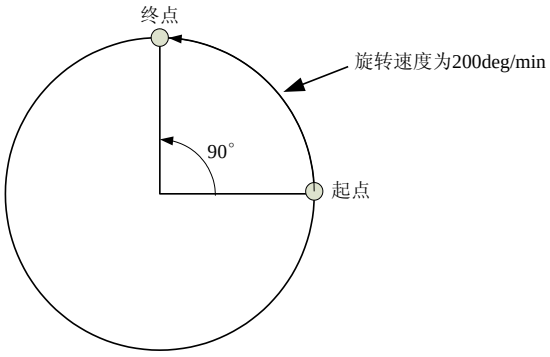
- **直线轴插补**



G91 G01 X200.0 Y100.0 F200.0 ;

刀具以 200mm/min 的速度，从始点（0，0）移动到终点（200.0，100.0）。

- **旋转轴插补**



G91 G01 C90.0 F200.0 ;（旋转轴特殊控制机能无效）

旋转轴以 200deg/min 的进给速度，逆时针旋转 90 度。

4.3 圆弧插补（G02，G03）

4.3.1 圆弧插补说明

在指定平面上，使刀具沿着圆弧进行切削运动。

格式

XY 平面的圆弧

$$G17\ \begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} Xp_\ Yp_\ \begin{Bmatrix} R_ \\ I_\ \ J_ \end{Bmatrix} NIP_\ \ F_\ ;$$

ZX 平面的圆弧

$$G18\ \begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} Zp_\ Xp_\ \begin{Bmatrix} R_ \\ K_\ \ I_ \end{Bmatrix} NIP_\ \ P_\ \ F_\ ;$$

YZ 平面的圆弧

$$G19\ \begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} Yp_\ Zp_\ \begin{Bmatrix} R_ \\ J_\ \ K_ \end{Bmatrix} NIP_\ \ P_\ \ F_\ ;$$

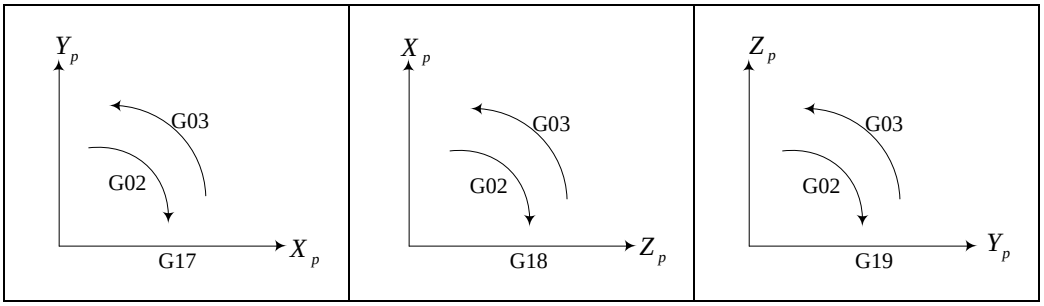
项目	指定内容	命令	描述
		G17	XY 平面圆弧指定

项目	指定内容	命令	描述
1	平面指定	G17	XY 平面圆弧指定
		G19	YZ 平面圆弧指定
2	插补方向	G02	顺时针圆弧插补（CW）
		G03	逆时针圆弧插补（CCW）
3	终点位置或距离	Xp、Yp、Zp 中的两轴	绝对坐标系中的终点位置
		G91 下 Xp、Yp、Zp 中的两轴	从始点坐标到终点坐标的距离
4	圆心位置或半径	I、J、K 中的两轴	从始点坐标到圆心坐标的距离
		R	圆弧半径
5	进给速度	F	圆弧进给的切线速度

解释

- **圆弧插补的方向**

所谓顺时针（G02）和逆时针（G03）是指在右手直角坐标系中，对于 XpYp 平面（ZpXp 平面、YpZp 平面） 从 Zp 轴（Yp 轴、Xp 轴） 的正方向往负方向看而言，如下图所示：

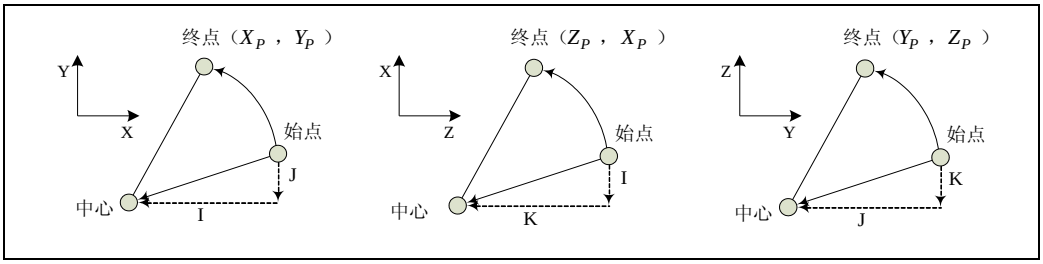


- **圆弧上的移动量**

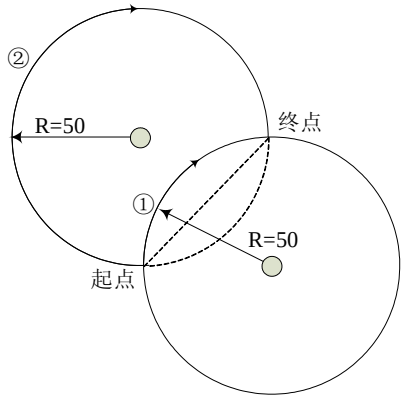
用地址 Xp、Yp 或 Zp 指定圆弧的终点，G90 指令下表示绝对值，G91 指令下表示增量值。增量值是从圆弧始点到终点的距离值。

- **圆弧中心**

圆弧中心用地址 I、J、K 指定，它们分别对应于 Xp、Yp、Zp。I、J、K 后面的数值是从圆弧始点到圆心的矢量分量，是含符号的增量值。如下图所示：



- **圆弧半径**



①的圆弧小于 180°时，执行 G 代码 G91 G02 X60.0 Y50.0 R50.0 F300.0 ;

②的圆弧大于 180°时，执行 G 代码 G91 G02 X60.0 Y50.0 R-50.0 F300.0 ;

- **圆弧中心检查功能**

当参数“RIKALM”（《连接调试手册》第 153 页 P2501.7）设为 1 时，该功能有效。当 G02/G03 未指令圆心或者圆心错误时发出 PS329 报警。包括以下情况：

1 指令“R0”，立即报警

2 指令“I0 J0 K0”，立即报警

3 同时用 R 和 IJK 指令圆心时，立即报警

4 未指令 R 和 IJK 时，若当前段包括 G02/G03，则立即报警；若当前是 G02/G03 模态，则指令轴运动时报警；

- **进给速度**

圆弧插补的进给速度用 F 指定，为刀具沿着圆弧切线方向的速度。

注

1 当 I、J 或 K 为 0 时，该地址可以省略。

2 当忽略所有圆弧上的移动量，则终点与起点位置相同，若用 I、J、K 指定圆心，则指定的是一个整圆。

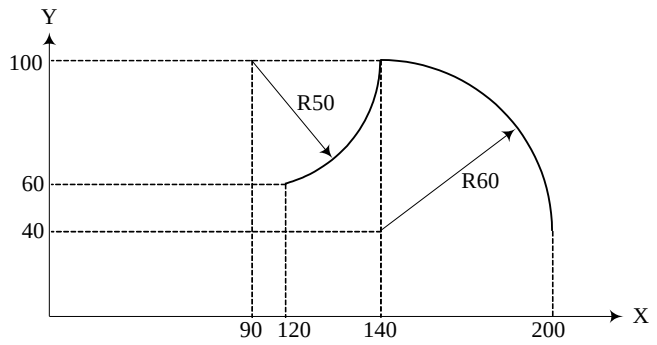
3 终点与起点位置相同时使用 R，则生成 0 度的弧，即不移动。

4 刀具实际移动速度相对于指定速度的误差在±2%以内，而指定速度是刀具沿着半径补偿后的圆弧运动的速度。

5 R 指令圆弧半径时，需满足$2R + e \geq \overrightarrow{AB}$，e 为“圆弧起点和终点极半径允许偏差量”（《连接调试手册》第 175 页 P6450），$\overrightarrow{AB}$为圆弧起点到终点的矢量大小，否则系统报警。

6 通过指令 G54.9 Pijk，可实现任意两轴圆弧插补。G54.9 的设定对本指令的格式会产生影响。此时，Xp、Yp、Zp 分别为 G54.9 设定的第 1/2/3 个轴。

举例



把图上的轨迹分别用绝对值方式和增量值方式编程。

绝对方式

G92 X200.0 Y40.0 Z0 ;

G90 G03 X140.0 Y100.0 I-60.0 F300.0 ;

G02 X120.0 Y60.0 I-50.0 ;

或

G92 X200.0 Y40.0 Z0 ;

G90 G03 X140.0 Y100.0 R60.0 F300.0 ;

G02 X120.0 Y60.0 R50.0 ;

增量方式

G91 G03 X-60.0 Y60.0 I-60.0 F300.0 ;

G02 X-20.0 Y-40.0 I-50.0 ;

或

G91 G03 X-60.0 Y60.0 R60.0 F300.0 ;

G02 X-20.0 Y-40.0 R50.0 ;

4.3.2 圆弧插补精度控制机能

解释

“圆弧或螺线插补精度”(《连接调试手册》第 175 页 P6451）又称弓高误差，用于控制圆弧插补精度。用户可以利用该机能独立控制圆弧或扩展弧线速度。

假设圆弧半径为 r（mm），“圆弧或螺线插补精度”为 δ nm，插补周期 itp（ms），那么速度 v 计算公式为：

$$v = 120 \times \sqrt{2 \times r \times \delta} / itp \quad \text{（mm/min）}$$

在不同的半径、精度、插补周期下，速度对照表如下：

半径和精度	1ms 插补周期速度	2ms 插补周期速度
R=4mm， δ =5nm	759mm/min	380mm/min
R=4mm， δ =10nm	1073mm/min	537mm/min
R=4mm， δ =20nm	1518mm/min	759mm/min
R=4mm， δ =100nm	3394mm/min	1697mm/min
R=4mm， δ =200nm	4800mm/min	2400mm/min

半径和精度	1ms 插补周期速度	2ms 插补周期速度
R=40mm，δ =5nm	2400mm/min	1200mm/min
R=40mm，δ =10nm	3394mm/min	1697mm/min
R=40mm，δ =20nm	4800mm/min	2400mm/min
R=40mm，δ =100nm	10733mm/min	5367mm/min
R=40mm，δ =200nm	15179mm/min	7589mm/min

注

1 “圆弧或螺线插补精度”设为 0 时，该机能无效。

2 该机能仅用于控制速度，通过降低速度达到减小伺服跟随误差的目的，实际上达不到这样的精度。

3 相同的圆弧插补精度，在不同插补周期下，对圆弧的速度限制是不一样的；插补周期越小，相同精度下，圆弧加工速度越快。

4.4 螺旋线插补（G02，G03）

圆弧插补的同时，若指令了平面外的轴，则刀具螺旋运动。

格式

XY 平面的圆弧

G17 $\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}$ Xp_ Yp_ $\begin{Bmatrix}R_\\I_\ J_\end{Bmatrix}$ NIP_ P_ F_ ;

ZX 平面的圆弧

G18 $\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}$ Zp_ Xp_ $\begin{Bmatrix}R_\\K_\ I_\end{Bmatrix}$ NIP_ P_ F_ ;

YZ 平面的圆弧

G19 $\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}$ Yp_ Zp_ $\begin{Bmatrix}R_\\J_\ K_\end{Bmatrix}$ NIP_ P_ F_ ;

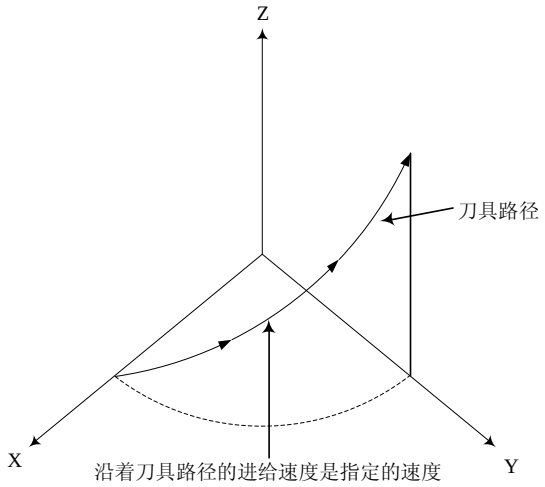
NIP_：平面外轴指令。插补时，与平面内圆弧插补同时开始同时结束。

P_：附加整圆数（<=10000000）。

其余符号同圆弧插补说明。

解释

F 指令指定的是沿着刀具路径的进给速度，是投影圆弧切线速度与直线轴速度的合成，如下图所示：



圆弧（XY 平面）切线速度为：

$$F\times\frac{\text{圆弧弧长}}{\sqrt{(\text{圆弧弧长})^2+(\text{直线轴长})^2}}$$

直线轴（Z 轴）的进给速度为：

$$F\times\frac{\text{直线轴长}}{\sqrt{(\text{圆弧弧长})^2+(\text{直线轴长})^2}}$$

4.5 数字主轴螺纹插补（G07.2）

数字主轴螺纹插补是指使用数字主轴代替模拟主轴进行螺纹加工。

格式

G07.2 Pij NF_ NP_ ;　　启动数字主轴螺纹插补

…… NF_ ;

……

…… NF_ ;

G07.2 ;　　取消数字主轴螺纹插补

Pij：

i 为螺纹导程方向轴的轴号（直线轴），j 为主轴轴号（旋转轴），数值为：1~4，分别对应第 1~4 轴。

NF_：

G07.2 程序段的 NF_为启动数字主轴螺纹插补后第 1 个程序段的起点导程。后面的 NF_为当前段终点导程（也是下一段起点导程）。

NP_：

主轴转动方向。

NP0：直线轴正向移动时，主轴正向运动；直线轴负向运动时，主轴反向运动。

NP1：直线轴正向移动时，主轴反向运动；直线轴负向运动时，主轴正向运动。NP0 可忽略。

解释

数字主轴螺纹插补有效时，除定位程序段（G00）外，主轴跟随指定的直线轴运动。主轴最高转速

为：主轴转速 $= \frac{\text{直线轴移动速度}}{\text{导程}}$

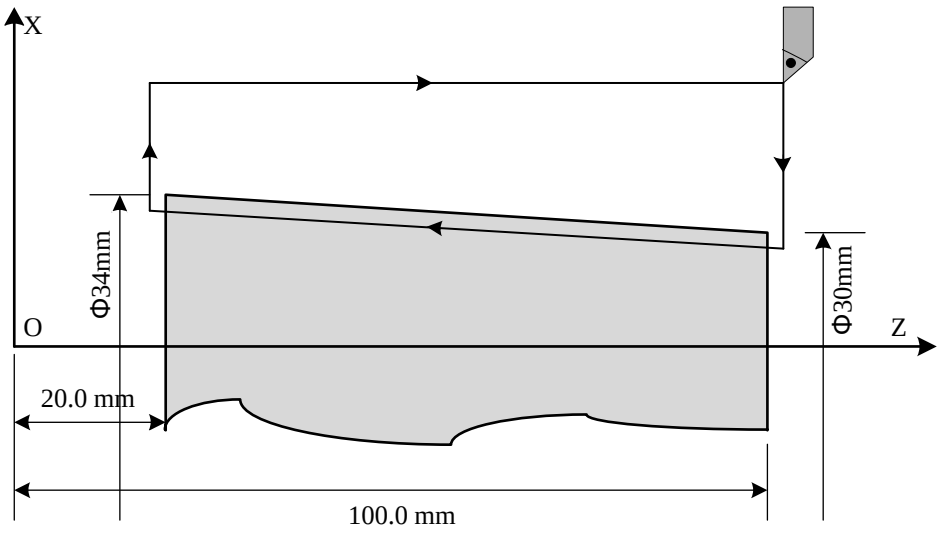
数字主轴螺纹插补有效时，“数字螺纹加速曲线”（《连接调试手册》第 173 页 P6418）和“数字螺纹减速曲线”（《连接调试手册》第 173 页 P6419）有效，“数字螺纹切削主轴平均加速度”（《连接调试手册》第 175 页 P6438）和“数字螺纹切削主轴平均减速度”（《连接调试手册》第 175 页 P6439）有效。快速加减速曲线和加减速度不受影响。

起点导程和终点导程不同时，导程在起点和终点间线性变化（变螺距螺纹）。

注

1 G07.2 指令应独占一段指令。
2 非 MDI 方式复位时自动取消数字主轴螺纹插补。
3 数字主轴螺纹插补不影响手动模式。
4 数字主轴螺纹插补有效，指令 NF 为 0 时，视为主轴不动（或导程无穷大）。
5 数字主轴螺纹插补有效时，系统只考虑起点到终点直线轴的移动量，而不考虑实际是否有移动。如果该移动量为 0，那么主轴不动。
6 数字主轴螺纹插补有效时，过高的直线轴移动速度或过小的导程，可能会导致主轴转速过高。
7 数字主轴螺纹插补有效时，螺纹加工，攻丝循环（G93）、钻孔循环（包括刚性攻丝）不可使用。
8 G07.2 启动数字主轴螺纹插补时，系统自动插入 M05 指令。数字主轴螺纹插补有效时，不要再指令主轴正/反转（M03/M04），否则主轴转速为正/反转转速与数字主轴螺纹插补时主轴转速的叠加。

举例



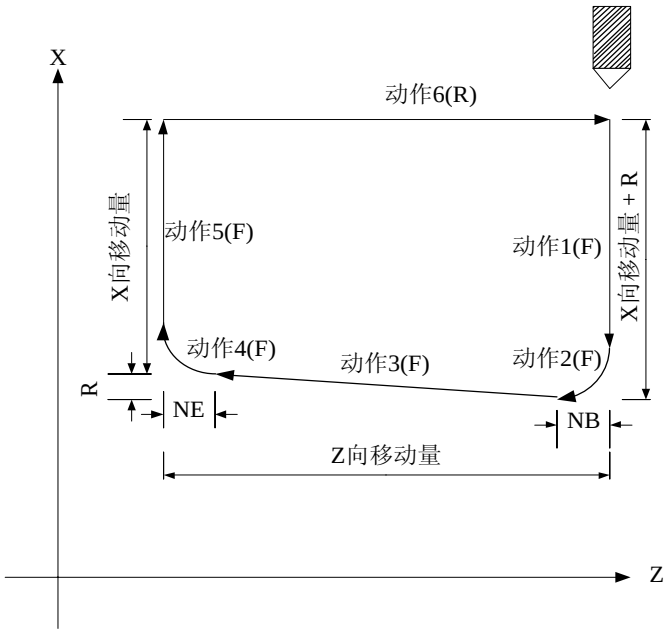
加工 80.0mm 长的螺纹，导程为 5.0mm，X 方向切深为 1mm（2 次切入）。

加工程序

```
G00 X40. Z102.0 ;
G07.2 P34 NF5. ;          //第 4 轴为旋转轴 C
X15. ;
G01 X17. Z18. F50. ;
G00 X40. ;
Z102. ;
X14. ;
G01 X16. Z18. F50. ;
G00 X40. ;
Z102. ;
G07.2 ;
```

4.6 数字主轴螺纹切削循环（G78.1）

数字主轴螺纹切削循环（G78.1）利用固定循环功能，在一个程序段中实现螺纹切削的进刀，加工，退刀，返回等多个动作，用于简化数字主轴螺纹插补时的编程，提高编程效率。G78.1 固定循环由 6 个动作完成，如下图所示。



G78.1固定循环动作顺序：
动作1：切削进给进刀；
动作2：切削进给旋入；
动作3：切削进给加工；
动作4：切削进给旋出；
动作5：切削进给退刀；
动作6：快速进给返回；

格式

G78.1 X(U)_ Z(W)_ R_ Q_ NB_ NE_ NP_ L_ F_ ;

X(U)_：X 向终点坐标或者移动量。

Z(W)_：Z 向终点坐标或者移动量。

R_：锥度螺纹最大端和最小段的半径差。

Q_：第一头螺纹的起始偏移角度。

NB_：螺纹旋入阶段的宽度。

NE_：螺纹旋出阶段的宽度。

NP_：指定 NP1 时多头螺纹的偶数头反向加工，指定 NP0 时正常加工多头螺纹。

L_：螺纹头数。

F_：切削进给速度。

解释

- **使用要点和注意事项**

1 在指定 G78.1 之前，需要先指定 G07.2 进入到数字主轴螺纹插补模式，否则报警（PS0287）。

2 G78.1 是模态指令，在未指令 01 组其他 G 代码时一直有效，指令 01 组其他 G 代码后清除 G78.1 的模态信息。

3 非 MDI 复位时，G78.1 被替换为 01 组上电时默认 G 代码。

4 不可在坐标变换（包括极坐标变换、比例缩放、坐标旋转）有效状态下指定 G78.1，否则报警（PS0288）。

5 X_，Z_在每个程序段都必须指令，如果只指令其中一个，则报警（PS0292）；同时不允许 X，Z 轴以外的其他轴输入，否则报警（PS0290）。

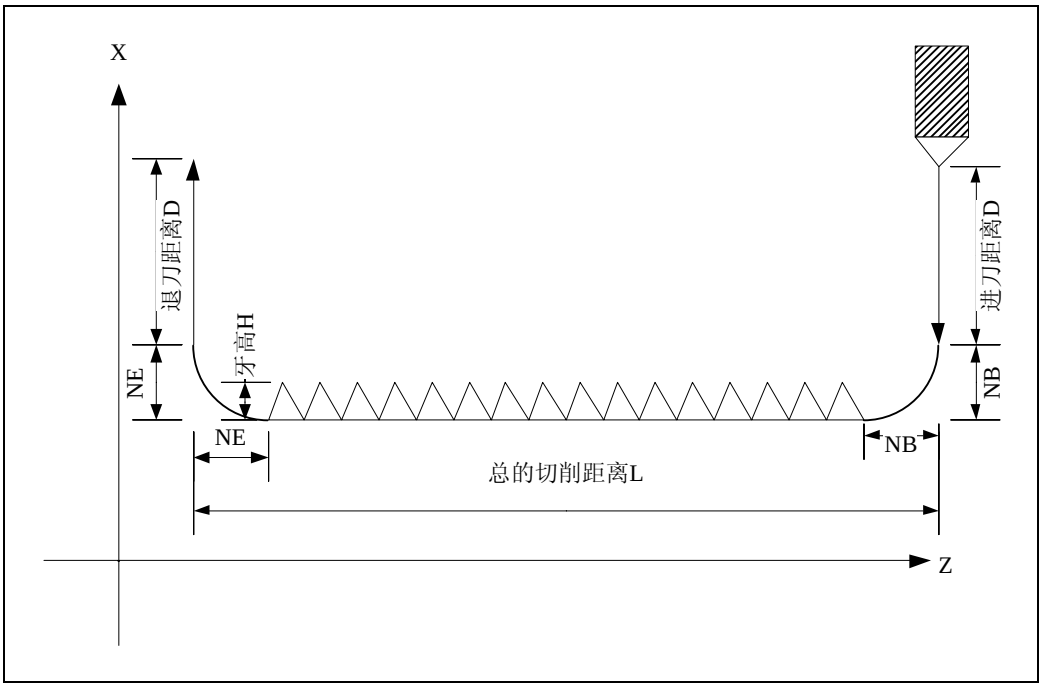
6 如果 X_，Z_都没有输入时，系统将只记录模态信息而不运动。

7 固定循环从旋入阶段到旋出阶段禁止单段停止。

8 动作 6（快速返回到循环起点）的过程中，主轴自动旋转至零点，为下一次循环作准备。系统根据退刀时主轴的位置，自动采取正转、反转或不转动的方法将主轴位置调整到零位。

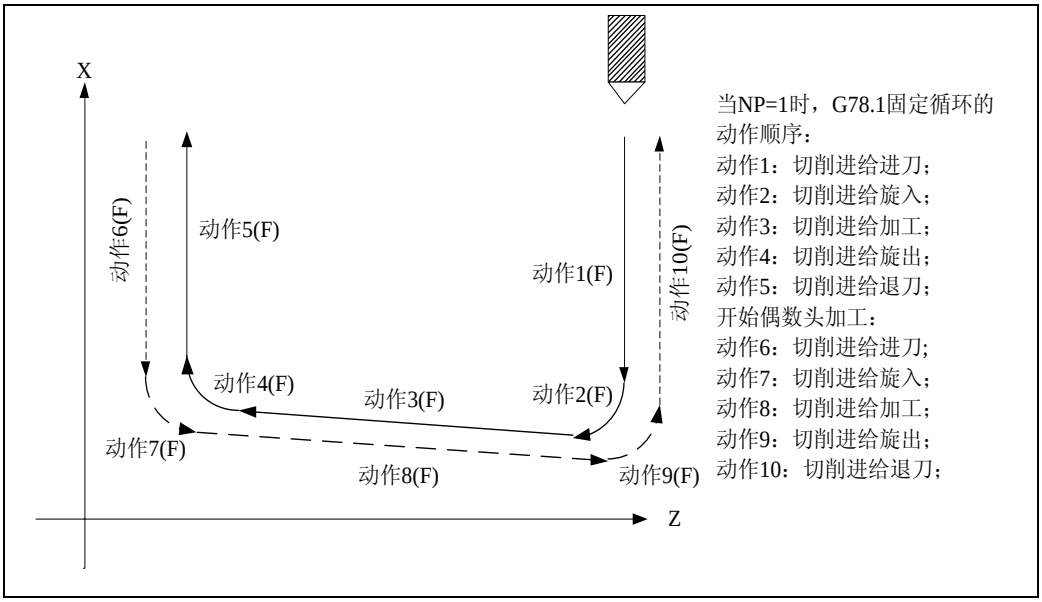
- **NB 和 NE 的意义**

在螺纹旋入阶段或者螺纹旋出阶段，由于升降速的原因需要一段加速或减速的距离，以实现刀具的旋入或旋出。系统在旋入或旋出阶段，根据 NB 或 NE 的值自动插入一段小圆弧指令实现该加减速过程，如下图所示。其中 NB 或 NE 的距离应大于螺纹牙高 H，并且远小于进刀或者退刀距离 D，同时 NB 与 NE 的和不能超过 Z 轴的总进给量 L。



- **NP 的意义**

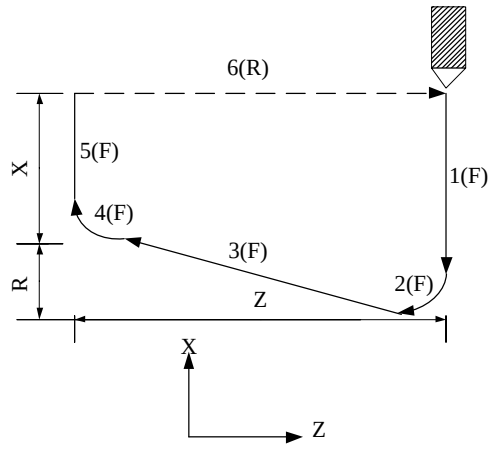
NP 为 1 时，多头螺纹加工的偶数头将进行反向加工，省去了快速运动回到初始点的过程，提高了加工效率。当不是多头螺纹或者 NP 等于 0 时，将正常加工多头螺纹，即快速运动回到起始点后继续正向加工下一头螺纹。指定 NP1 的加工情况如下图所示。



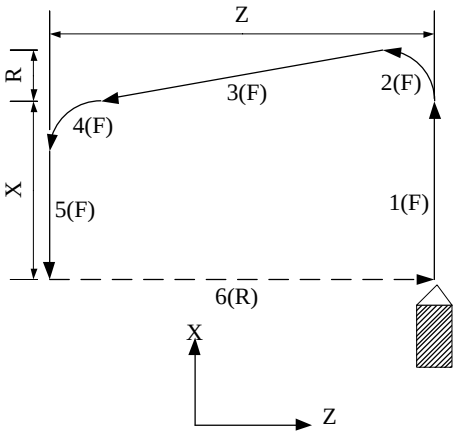
- **增量指定下符号与轨迹的关系**

增量值指定时，地址 X、Z、R 后数值的符号和刀具轨迹的关系如下所示。

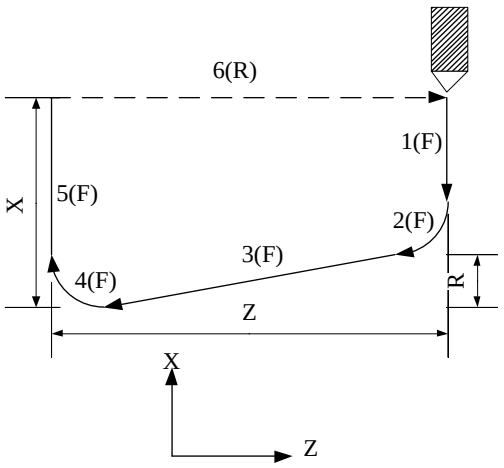
（1）X<0，Z<0，R<0



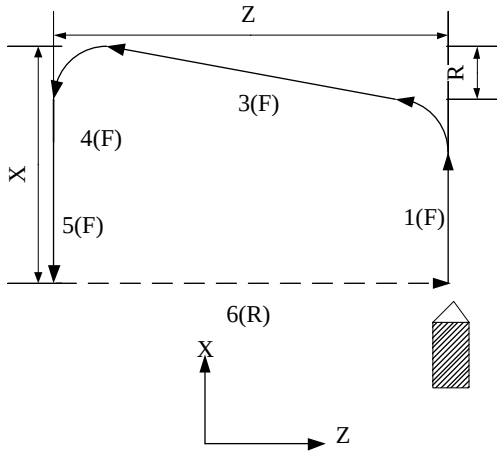
（2）X>0，Z<0，R>0



（3）X<0，Z<0，R>0，但｜R｜≤｜U/2｜

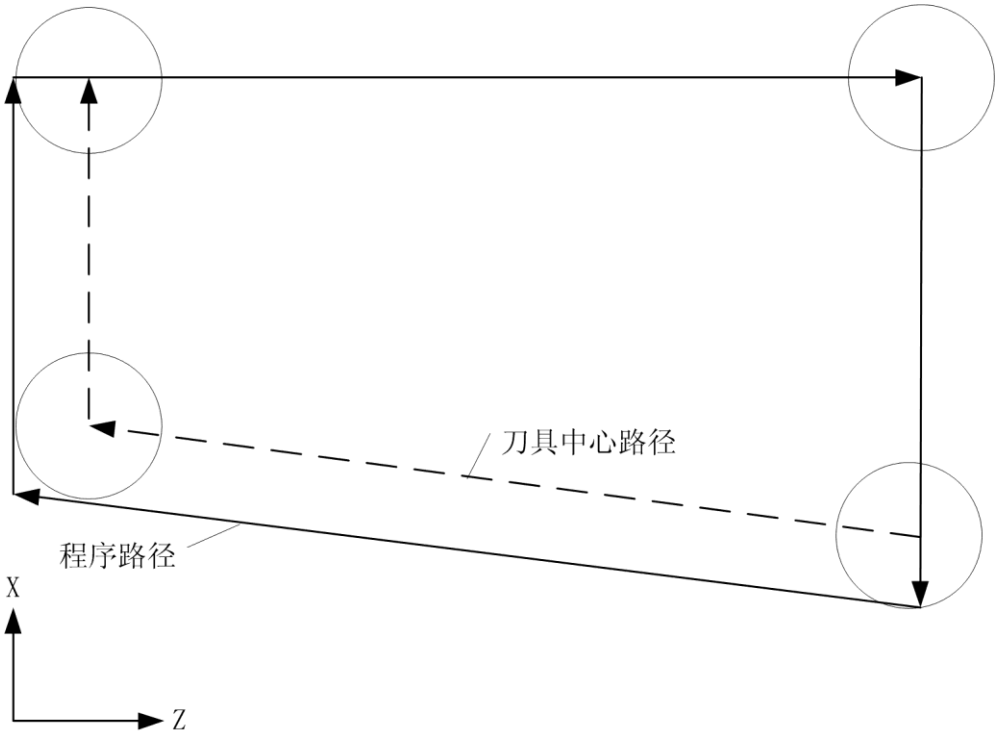


（4）X>0，Z<0，R<0，但｜R｜≤｜U/2｜

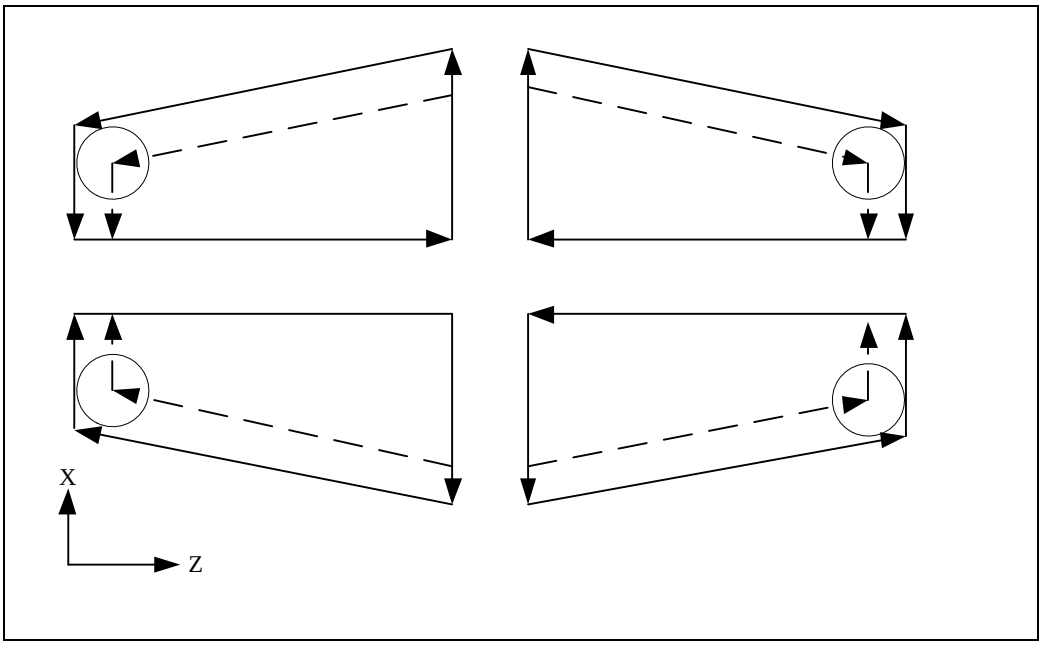


- **半径补偿**

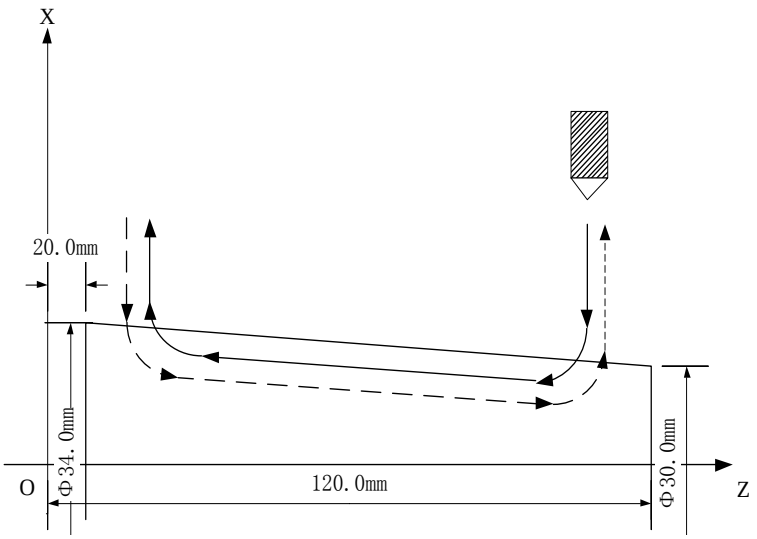
对于 G78.1 固定循环的刀具中心路径，通常平行于程序路径，如下图所示：



无论 G41 还是 G42 方式，补偿方向如下图所示：



举例



加工 80.0mm 长的双头螺纹，导程为 5.0mm，X 方向切深为 1.5mm（6 次切入）。

加工程序

```
G18 G00 X40. Z100.0 ;   //
G07.2 P34 NF5. ;        //第 4 轴为旋转轴 C
G78.1 X17. Z20. R-2. NB3.0 NE3.0 NP1 L2 F50. ;
X14.5 Z20. ;
X14. Z20. ;
X13.8 Z20. ;
X13.6 Z20. ;
X13.5 Z20. ;
G07.2 ;
```

5 进给功能

5.1 快速进给

用定位指令（G00）进行快速定位。每个轴的快速进给速度都可以用参数来设定，所以在指令中不需要指定。

格式

G00 IP__ ;

G00：定位（快速移动）指令。

IP__：指定终点坐标。

解释

定位过程中各轴速度由参数“快速速率”（《连接调试手册》第 143 页 P0711）设定。

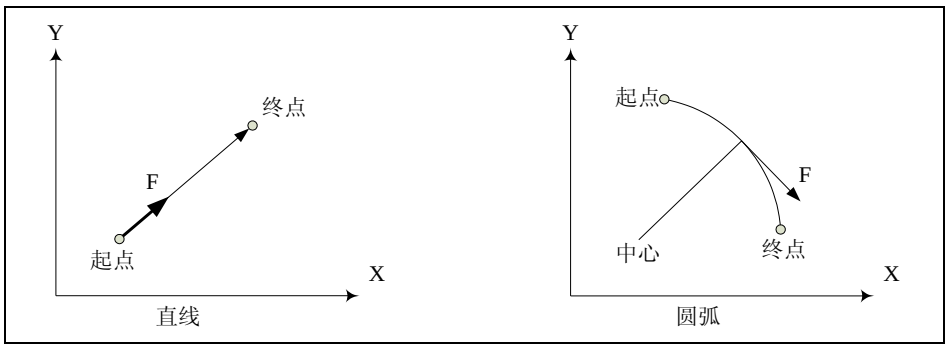
对于快速移动速度的倍率控制，利用机床操作面板上的按键，可得到如下倍率：

F0、25%、50%、100%

F0：由参数“快速倍率最低挡速率 F0”（《连接调试手册》第 143 页 P0712）设定

5.2 切削进给

在直线插补（G01）和圆弧插补（G02、G03）中用 F 代码后面的数值来指定刀具的进给速度。切削进给速度的方向指向刀具移动的切线方向。如下图所示：



切削进给支持两种指令方法：一种是每分进给，F 值表示刀具每分钟的进给量；另一种是每转进给，F 值表示主轴每转一圈刀具的进给量。

5.2.1 每分进给（G94）

格式

G94 ;

F__ ;

G94：每分进给指令

F__：进给速度（毫米/分或英寸/分）

解释

1 在每分进给方式下，刀具每分钟的进给量直接由 F 的数值决定。每分进给 G 代码是模态的，一旦指定将一直有效，直到同组的每转进给 G 代码被指定。
2 系统接通电源后，即被设定在每分进给方式。
3 实际的切削速度（使用倍率后的进给速度）如果超过了参数“切削进给上限速度”（《连接调试手册》第 143 页 P0713）设定值，则被限制在上限值上。上限值以毫米/分或英寸/分为单位进行设定。
4 进给倍率通过操作面板上的倍率开关控制，可以使用 0~150%（每档 10%）的倍率。

5.2.2 每转进给（G95）

格式

G95 ;
F__ ;
G95：每转进给指令
F__：进给速度

解释

1 在每转进给方式下，主轴每转一圈刀具的进给量直接由 F 的数值确定。每转进给 G 代码是模态的，一旦指定将一直有效，直到同组的每分进给 G 代码被指定。
2 进给倍率通过操作面板上的倍率开关控制，可以使用 0~150%（每档 10%）的倍率。
3 使用每转进给时，主轴上必须装有位置编码器。
4 当位置编码器的转速在 1rev/min 以下时，进给速度会出现不均匀。如果不要求速度均匀的加工，可用 1rev/min 以下的转速。这种不均匀会达到什么程度，不能一概而论，不过在 1rev/min 以下，转速越慢，进给速度越不均匀。

5.2.3 输入单位与输出范围

在默认参数设置下（直线轴小数位数 P0042 为 3，允许数据位数 P0015 为 8，最大切削速度 P0020 为 30000，最大切削转速度 P0022 为 2000），每分进给和每转进给方式的最小输入单位和最大输出范围，如下表所示：

输入输出方式	每分进给		每转进给	
	最小输入单位	最大输出范围	最小输入单位	最大输出范围
公制输入输出	0.001mm/min	30000.0mm/min	0.0001mm/rev	2000.0mm/rev
英制输入输出	0.0001inch/min	2362.2inch/min	0.000001inch/rev	2000.0inch/rev

注
1 每分进给方式的速度，在上述最大输出范围内，还受切削进给上限速度参数（P0713）的限制。
2 进给速度指令值在系统中的运算误差为±2%。当达到稳定状态后，误差是通过测定移动 500mm 以上的距离来求得的。
3 对于如螺纹切削和攻丝等指令，进给倍率无效。

5.3 高速高精进给控制

5.3.1 加减速控制

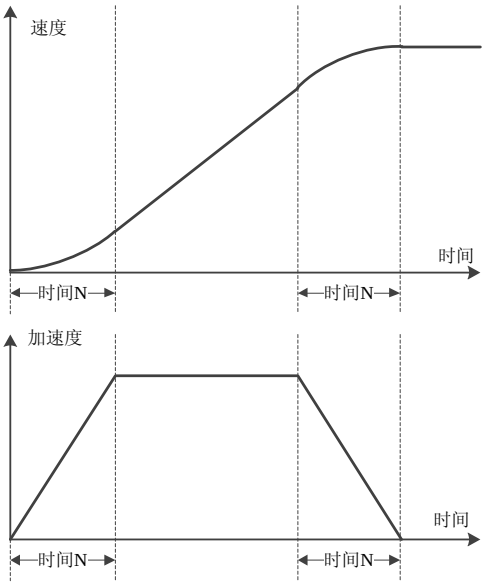
本系统自动进行加减速控制，不但能够使刀具的启动和停止更加平稳，而且在运行过程中也可以使速度平稳的变化。因此，编程时不需要对加减速进行考虑，但要提前设置好加减速相关参数。

加减速控制有插补前加减速控制和插补后加减速控制之分，本系统在插补前进行加减速控制，并可跨多段加减速。

5.3.1.1 加减速曲线类型

本系统提供 6 种加减速曲线类型，分别为：直线（2 次）、2.5 次曲线、3 次曲线、4 次曲线、三角曲线和带匀速段的 S 曲线。

前 5 种曲线的次数是从位移与时间关系计算得出的，而带匀速段的 S 曲线则包括单独的恒加速度阶段，如下图所示：在运动起步阶段，加速度在设定的时间 N 内线性增大到一定值后保持，直到**速度**接近期望值后再在时间 N 内线性降低加速度值到 0，直到**速度**最终达到期望值。



加速和减速可选择不同的曲线类型，并可分别选用不同的加速度。相关参数如下：

1 自动方式相关参数

(1) 切削加速曲线（P6410）/切削减速曲线（P6411）

(2) 快速运动加速曲线（P6412）/快速运动减速曲线（P6413）

(3) 紧急减速曲线（P6416）。紧急减速曲线用于复位/暂停/轴锁等情况，急停或限位报警时立即停止输出，无减速过程。

(5) 刚性攻丝加速曲线（P6414）/刚性攻丝减速曲线（P6415）

(6) 数字螺纹加速曲线（P6418）/数字螺纹减速曲线（P6419）

2 手动模式相关参数

(1) 手动加速曲线（P5210）/手动减速曲线（P5211）

(2) 单步或手轮加速曲线（P5410）/单步或手轮减速曲线（P5411）

(3) 回零加速曲线（P5110）/回零减速曲线（P5111）

5.3.1.2 加速度与减速度数值

不管是哪一种加减速曲线，当加速度太大时，都会逼近直线，影响加工的平稳性，因此要合理设置加速度和减速度。数值太小会影响加工效率，太大会造成机床震动。为方便用户调试，系统使用平均加减速度参数，通过最大速度和平均加减速度可计算出加减速时间。

例

假设：编程最大速度为 2 米/分，平均加速度（20 米/分）/秒，平均减速度为（10 米/分）/秒。那么刀具从停止加速到最大速度的时间为 0.1 秒（2÷20），从最大速度减速到停止的时间为 0.2 秒（2÷10）。

平均加速度或减速度适用于各种曲线类型。多轴联动时，加速度或减速度均指的是切线方向的平均加减速度。相关参数如下：

1 自动方式相关参数：

(1) 切削平均加速度（P6430）/切削平均减速度（P6431）

(2) 快速运动平均加速度（P6432）/快速运动平均减速度（P6433）

(3) 紧急减速系数（P6436）。紧急减速系数用于复位/暂停/轴锁等情况，急停或限位报警时立即停止输出，无减速过程。

(5) 刚性攻丝平均加速度（P6434）/刚性攻丝平均减速度（P6435）

(6) 数字螺纹平均加速度（P6438）/数字螺纹平均减速度（P6439）

2 手动模式相关参数：

(1) 手动平均加速度（P5212）/手动平均减速度（P5213）

(2) 单步或手轮平均加速度（P5412）/单步或手轮平均减速度（P5413）

(3) 回零平均加速度（P5112）/回零平均减速度（P5113）

(4) 手轮平滑时间（P5414）

(5) 手轮或单步速率限制（P5420）

5.3.1.3 加减速相关参数显示设置

系统支持对加减速曲线类型和加减速度参数的**显示方式**进行设置。

1 加减速曲线类型参数是否显示受参数“FACDCT”（《连接调试手册》第 135 页 P0005.2）控制。

2 加减速度参数的单位由参数“ACDCMS”（《连接调试手册》第 135 页 P0005.4）控制。

3 加减速度参数合并功能是否有效由参数“ACDCM”（《连接调试手册》第 135 页 P0005.4）控制。

5.3.1.4 加减速控制方式

各种模式下加减速控制方式的概览如下表所示：

插补功能	可用加速曲线类型	可用减速曲线类型	
		正常情况	复位/暂停/轴锁/急停/限位等紧急情况
直线/圆弧/螺线插补（每分进给）	所有曲线类型 P6410/P6412/P6430/P6432	所有曲线类型 P6411/P6413/P6431/P6433	所有曲线类型 P6416/P6436
直线/圆弧/螺线插补（每转进给）	√（2 次）直线 P6430/P6432	所有曲线类型 P6411/P6413/P6431/P6433	所有曲线类型 P6416/P6436

插补功能	可用加速曲线类型	可用减速曲线类型	
		正常情况	复位/暂停/轴锁/急停/限位等紧急情况
直线/圆弧插补（自动手轮控制）	√（2 次）直线 P5310	√（2 次）直线 P5310	√（2 次）直线 P5310
数字主轴刚性攻丝	所有曲线类型 P6414/P6434	所有曲线类型 P6415/P6435	所有曲线类型 P6416/P6436
数字主轴螺纹插补	所有曲线类型 P6418/P6438	所有曲线类型 P6419/P6439	所有曲线类型 P6416/P6436
手动方式/单步方式/回零方式	不支持带匀速段的 S 曲线 P5110/P5210/P5410	不支持带匀速段的 S 曲线 P5111/P5211/P5411	不支持带匀速段的 S 曲线 P5111/P5211/P5411
手轮模式	√（2 次）直线 P5414/P5420	√（2 次）直线 P5414/P5420	√（2 次）直线 P5414/P5420

5.3.2 拐角控制

解释

- **基于角度的控制**

参数“切削拐角角度”（《连接调试手册》第 175 页 P6453）用于判断两程序段是否相切。

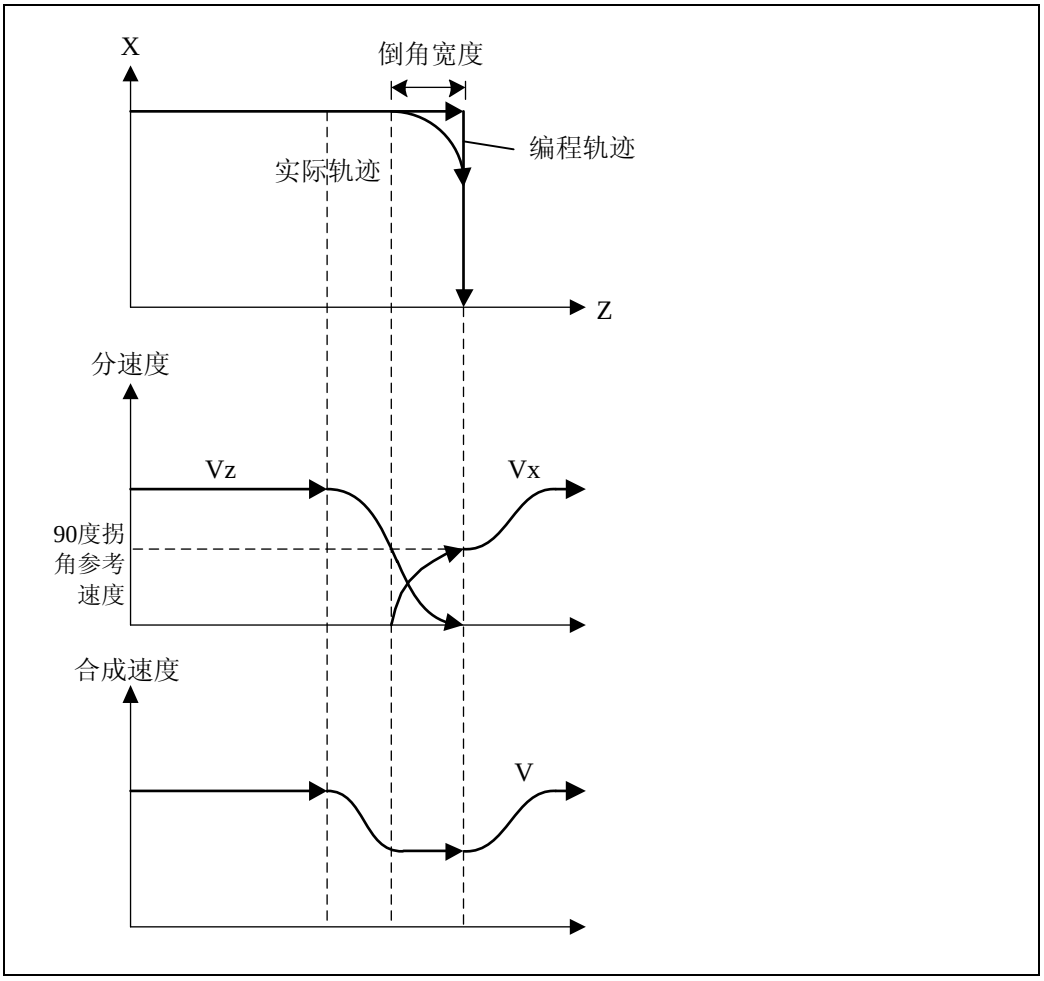
注

1 增大此参数时，如果机床产生冲击，应设置“切削平滑系数”（《连接调试手册》第 176 页 P6457）。

2 模具加工时，有时需要在大转角处（接近或超过 90 度）不减速，否则表面加工质量不好；此时，可将该参数设置为较大值（必须<180 度）。

- **倒角宽度控制机能**

该机能允许一定的过切量，用于防止刀具相对工件表面运动速度过低，或者在允许一定过切量的情况下提高加工效率。由参数“90 度拐角参考速度”（《连接调试手册》第 178 页 P6475）控制。如下图所示：在拐角处，当 Z 轴减速到“90 度拐角参考速度”时，X 轴就开始启动加速，两轴的合成速度不会继续下降，所以拐角处的加工效率会提高，但刀具实际轨迹存在误差。



注

1 使用该机能后，如果紧急停止信号（外部急停/外部复位/键盘复位）在倒角宽度控制开始前出现，那么倒角宽度控制机能无效，系统立即减速停止；如果紧急停止信号在倒角宽度控制开始后出现，那么在倒角控制结束后减速停止。

2 小线段加工或要求轮廓精度较高的地方，可以禁用该功能（设为 0），或设为较小的数值。

5.3.3 轨迹光顺功能

使用轨迹光顺功能，允许轮廓有一定的误差，减小机床震动。

相关参数为：

第 1 轨迹误差控制机能：第 1 轨迹误差控制基系数（P6457）/第 1 轨迹误差控制阶数（P6458）

第 2 轨迹误差控制机能：第 2 轨迹误差控制基系数（P6459）/第 2 轨迹误差控制阶数（P6460）

两机能基本相同，可同时使用。

注

1 在振动允许范围内，设置时应让阶数尽量高，基系数尽量小，这样可兼顾精度和加工平稳性。但过高的阶数可能会导致 PS0002 报警（当阶数倍增时，系统负载率会显著增大）。

2 加工螺纹或每转进给时，如果对跟随性要求较高，那么可以减小 P6457~P6460 数值，或直接禁用这两个功能。

3 两个轨迹误差控制机能共同特点是：都有轨迹光顺作用，但对直线轨迹影响基本可忽略，同时不会造成同一轨迹往复加工不重合问题。不同点是：第 1 轨迹误差控制机能在更新坐标前控制。而第 2 轨迹误差控制机能在更新坐标后控制；其输出存在滞后，在碰到限位后按减速停止（会走完滞后量）。

4 第 2 轨迹误差控制机能与通常意义上的后加减速共同点是：存在滞后量。不同点是：其影响仅在附近的若干插补周期，对直线轨迹部分无影响，不会造成往复加工同一轨迹不重合现象；后加减速可能对直线轨迹会产生平移（与原轨迹平行，但有一定的偏移），往复加工同一轨迹不重合。

5 建议驱动器前馈设置为 100%，并且不要使用驱动器的限位功能，这会造成较大的冲击，限位最好由系统处理。当驱动器前馈设置较大时，限位冲击较大，此时除了可通过设置工作区进行减速外，也可适当设置 P6459/P6460 减小冲击。

5.3.4 刀具轴向设定功能

设定刀具轴向，即与哪个进给轴平行，可优化刀具方向固定的小线段加工。相关参数为刀具轴向设定（P6455）和小线段最大长度值（P6454）。

注

1 如果刀具轴向设定参数被设定为 0 或程序段 4 轴及以上联动，则该机能无效。

2 使用该机能，可能会引起较大的震动，这时可设置参数 P6457 以便减小震动。

3 当该机能有效时，如果连续两段长度均大于参数 P6454 设定值，那么临时禁用刀具轴向控制机能。

5.3.5 编程允差设定功能

设定编程允许误差，可优化小线段加工。相关参数为编程允许误差（P6456）和 TDIRC（P6400.1）。

注

1 “编程允许误差”（《连接调试手册》第 176 页 P6456）不能设定过大。当 CAM 软件生成小线段时选择的最小编程单位与系统相同时，应设定该参数为 4 个最小编程单位（或略微大些）。当 CAM 软件生成小线段时选择的最小编程单位大于系统最小编程单位时，应设定该参数为 4 个 CAM 软件生成程序时选择的最小编程单位（或略微大些），如：CAM 软件生成时选择 1μm 为单位，而系统最小编程单位是 0.1μm，那么设定该值为 40（=4μm）或略大。当 CAM 软件生成小线段时选择的最小编程单位小于系统最小编程单位时，设定该参数为 4 个系统的最小编程单位（或略微大些），如：CAM 软件生成时选择 0.1μm 为单位，而系统最小编程单位是 1μm，那么设定该值为 4（=4μm）或略大。

2 同时设定刀具轴向和允许误差（当 TDIRC=1 时），可以使用较小的切削拐角角度（如：10 度~20 度）加工出合格的工件。

5.3.6 预先预读功能

通常情况系统边预读边加工，但如果存在大量的程序段长度小于单插补周期内进给量，那么最终预

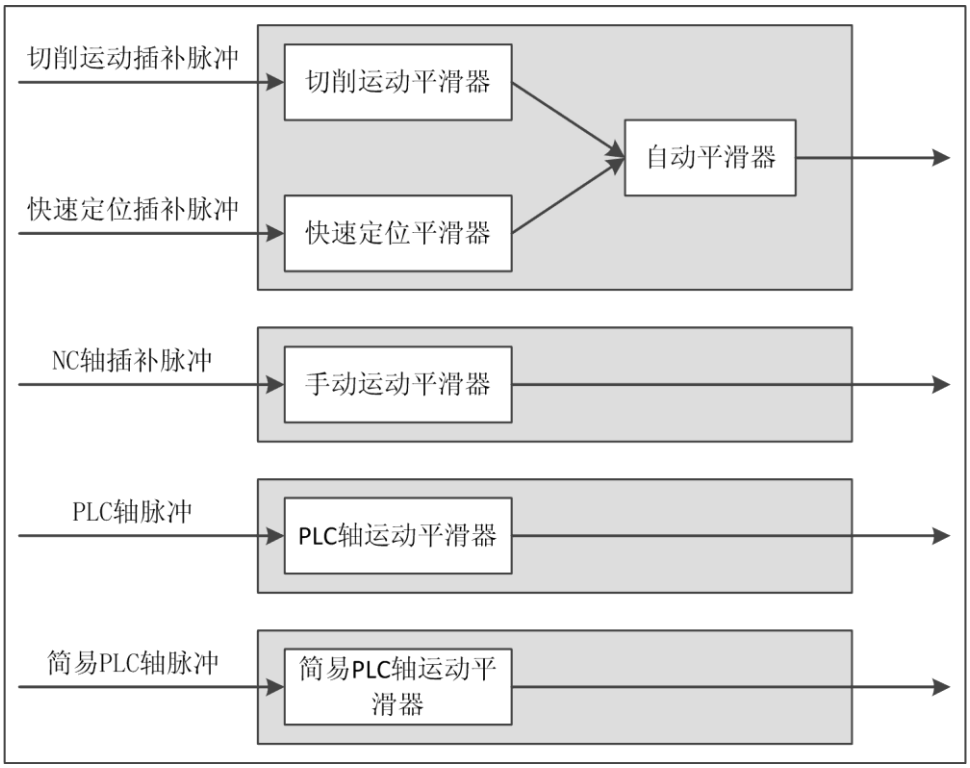
读可能跟不上进给。（尽量不要生成这种程序，CAM 输出时可适当降低分辨率。）本机能启用后，必要时会在速度为 0 处预先填充预读控制器，填充时轴无输出，并在运行状态处显示“预读”。相关参数为预读控制器最小负载百分比（P6470）。

注

使用该机能后，可能会延长加工时间。

5.3.7 速度平滑控制

系统提供 5 个通道的速度平滑控制功能，它们分别用于控制切削运动、快速定位运动、手动运动、PLC 轴运动和简易 PLC 轴运动。如下图所示：



系统为每个平滑器分配两个数据参数。如下表所示：

平滑系数	平滑阶数	说明
P6457	P6458	切削运动平滑器控制参数
P6459	P6460	自动平滑器控制参数（对切削运动和快速定位都有效）

解释

速度平滑控制功能可以光顺轴运动轨迹，减少机床震动。设置合适的参数可在允许的加工精度范围内尽可能的增加加工效率。各平滑器的控制算法相同，只是控制参数的范围和默认值不同。

在允许的机床震动范围内，应尽量设置大的平滑阶数和小的平滑系数，这样可兼顾加工精度和加工平稳性。但提高平滑阶数会显著增大 CPU 负载，过大的阶数可能会导致 PS002 报警。

5.3.8 修改参数（G05）

G05 指令可用于修改以下参数：

- “切削平滑系数”（《连接调试手册》第 176 页 P6457），用 R 指定。
- “自动平滑系数”（《连接调试手册》第 176 页 P6459），用 E 指定。

- “切削拐角角度”（《连接调试手册》第 175 页 P6453），用 Q 指定。

格式

G05 Rr Ee Qq ;

r 为切削平滑系数，数值范围：0~4。

e 为自动平滑系数，数值范围：0~4。

q 为切削拐角角度，数值范围为：10.0~179.999999。

注

1 G05 指令必须独占一段指令。

2 可以只修改某一个参数，指令执行后，立即将新的参数存入非易失性存储器。

3 Q 的有效小数位数为系统直线轴的小数位数，与旋转轴小数位数或参数显示的小数位数无关。建议输入时带上小数点。

4 不同的程序要求不同，有些程序要求高精度，而有些程序允许轮廓有一定程度的失真。因此，不同的程序可能需要不同的参数，这时可在程序开头或其它适当地方插入 G05 指令，而不必打开程序开关手工修改这些参数。

5.4 暂停（G04）

利用暂停指令，可以推迟下个程序段的执行，推迟时间为指令的时间。

格式

G04 X__ ;

或

G04 P__ ;

X：暂停时间设置（可使用小数）。

P：暂停时间设置（不可使用小数）。

解释

利用暂停指令，可以使下一程序段的执行推迟指定的一段时间。

指令字	指令范围	指令单位
X	0.001~99999.999	秒
P	1~99999999	0.001 秒

注

1 X/P 指令单位与直线轴或旋转轴的最小单位无关。

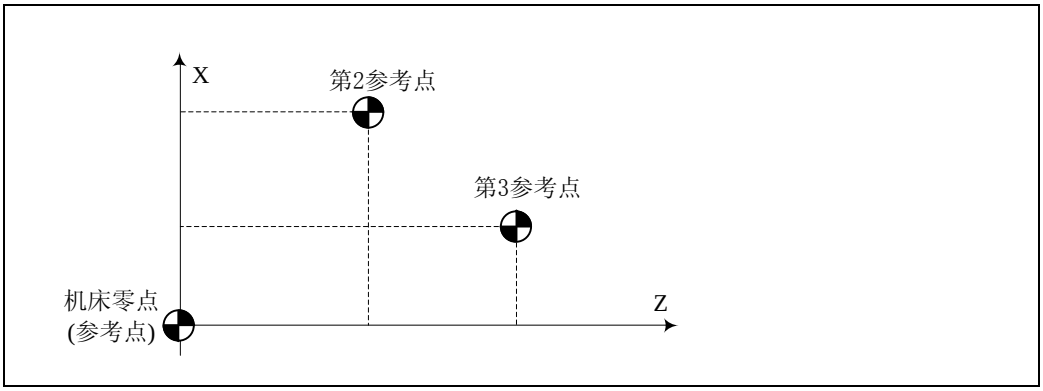
2 如果省略了 P、X 指令则可看作是准确停。

3 执行 G04 指令将自动禁止预读与缓冲。

6 参考点

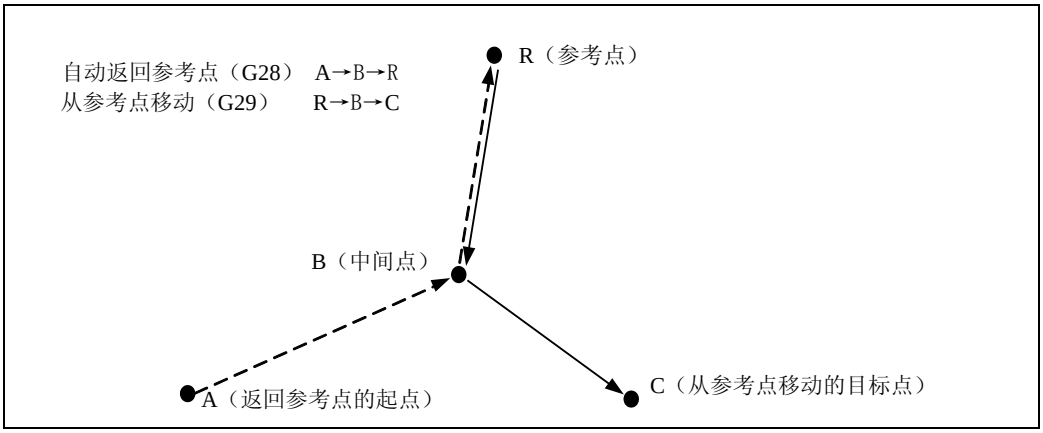
参考点是指机床上某一固定位置。加工时，可把参考点作为自动换刀的位置，通过返回参考点功能将刀具移动到该位置。

本系统最多可以指定三个参考点，第 1 参考点的机床坐标始终为 0，即机床零点，“第 2 参考点机床坐标”（《连接调试手册》第 142 页 P0511）和“第 3 参考点机床坐标”（《连接调试手册》第 142 页 P0512）分别用于设定第 2、3 参考点的机床坐标，如下图所示。



6.1 自动返回参考点（G28）和从参考点移动（G29）

自动返回参考点功能（G28）可使指定轴经中间点自动返回到参考点，返回完毕，回零灯亮。从参考点移动功能（G29）可使指定轴经中间点移动到指定位置。如下图所示。



格式

G28 IP__ ;

G28：自动返回参考点指令。

IP__：自动返回参考点时途经的中间点坐标，绝对或增量值指定。

G29 IP__ ;

G29：从参考点移动指令。

IP__：最终移动到的目标点坐标，绝对或增量值指定。

解释

1 执行 G28 过程中，以快速移动速度进行中间点和参考点的定位。

2 在机床锁住状态，G28 无法从中间点快速定位到参考点，回零灯也不会亮。

3 G28 一般在自动换刀时使用，因此原则上要提前取消刀具半径、长度等补偿量。

4 只有在 G28 程序段中指定的坐标才能作为中间点被存储。对于还未在 G28 中指定的坐标，则用之前指定 G28 的中间点坐标作为当前中间点坐标。

例

N1 G28 X40.0 ; X 轴移动到参考点，中间点（X40.0）被存储起来。

N2 G28 Z60.0 ; Z 轴移动到参考点，中间点（Y60.0）被存储起来。

N3 G29 X10.0 Z20.0 ; X 轴和 Z 轴经 G28 指定的中间点（40.0，60.0），返回到 G29 指定的目标点（10.0，20.0）。

5 参数“回零后自动坐标系设定的坐标值”（《连接调试手册》第 142 页 P0510）可指定刀具在返回参考点后的工件坐标。

6 G29 要在通过 G28 或 G30 返回参考点的状态下指定。

7 对于 G29 的增量指令，指定值指定的是从中间点开始的增量值。

8 在 G29 移动到中间点和指令点中，都是以快速移动速度进行的。

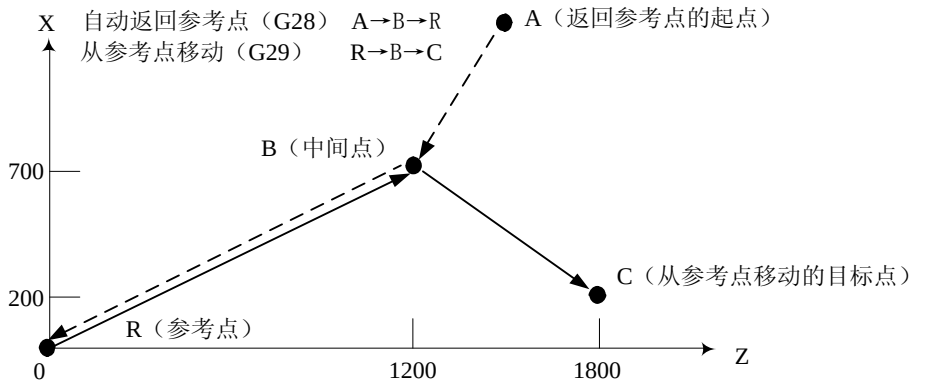
注

1 通电后，如果一次也没进行手动返回参考点，指令 G28 时，从中间点到参考点的运动和手动返回参考点时相同。

2 用 G28 指令通过中间点到参考点后，变更工件坐标系时，中间点也移动到新坐标系。此后指令 G29 时，在新坐标系中，通过中间点在指定的位置定位。

3 G28、G30 指令从中间点到参考点快速移动时，由于各轴运动独立，最终的轨迹往往是折线而非直线。

举例



加工程序

G28 X700.0 Z1200.0 ; （A→B→R 的程序）

…… ;

G29 X200.0 Z1800.0; （R→B→C 的程序）

6.2 自动返回第 2、第 3 参考点（G30）

格式

G30 P2 IP__ ;

返回第 2 参考点（P2 可以省略）

G30 P3 IP__ ;

返回第 3 参考点

IP__：自动返回参考点时途经的中间点坐标，绝对或增量值指定。

解释

1 只有在执行过 G28 或手动返回参考点之后，方可使用返回第 2、3 参考点功能。通常当刀具自动交换（ATC）位置与第 1 参考点不同时使用 G30 指令。

2 第 2、3 参考点的位置由系统参数“第 2 参考点机床坐标”（《连接调试手册》第 142 页 P0511）和“第 3 参考点机床坐标”（《连接调试手册》第 142 页 P0512）设定，参数的含义是第 2、3 参考点相对于第 1 参考点的距离，单位与机床坐标系的单位一致。

3 在第 1 参考点未建立之前，执行了返回第 2、3 参考点指令，则产生报警（PS0093）。

4 指令 G30 时，P 值非 2 或 3，则产生报警（PS0094）。

5 在机床锁住状态，G30 无法从中间点快速定位到参考点，回零灯也不会亮。

6 G30 一般在自动换刀时使用，因此原则上要提前取消刀具半径、长度等补偿量。

6.3 返回参考点检查（G27）

G27 是用来检查为返回参考点而编写的快速移动程序是否能准确返回参考点的功能。

格式

G27 IP__ ;

IP__：指定参考点的坐标（绝对值/相对值指定）。

解释

G27 指令使刀具以快速移动速度定位到 IP 指定的位置。如果刀具到达参考点（机床零点），参考点返回灯点亮，否则产生报警（PS0092）。

7 坐标系

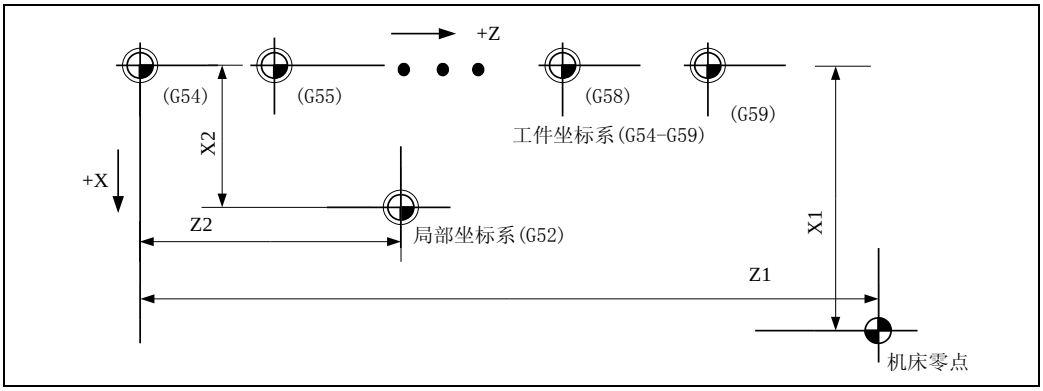
机床工作时，刀具按照加工程序指定的坐标运动到指定位置。坐标值由坐标轴的分量来指定，如X_ Y_ Z_。本系统使用机床坐标系、工件坐标系、局部坐标系之一来指定坐标位置。

1 机床坐标系是以机床上的固定点为原点的，是其他坐标系的基准，一旦建立，系统将其保存，在重新设定前一直有效。

2 工件坐标系是基于机床坐标系中的子坐标系，可以设置和更改其在机床坐标系内的位置。

3 局部坐标系是基于工件坐标系中的子坐标系，可以设置和更改其在工件坐标系内的位置。

各坐标系关系如下图：



7.1 机床坐标系

机床零点（参考点）是机床制造商为机床设定固定基准点。以机床零点为坐标原点的坐标系叫做机床坐标系。

7.1.1 机床坐标系的设定

通常情况下，系统开机后，用户要对机床坐标系进行重新设定。

在对各坐标轴进行手动回零，或由 G28 指令进行返回参考点运动后，系统即可根据机床零点建立机床坐标系。

此坐标系将保存在系统中，直到用户重新设定。

7.1.2 机床坐标系定位（G53）

根据指定的机床坐标，将刀具快速移动到目标位置。

格式

G53 IP__ ;

IP__：目标点在机床坐标系下的绝对坐标

解释

1 由于一般定位指令（G00）只能指定工件坐标系下的目标点，如果用户要将刀具移动到机床的特殊位置时（如换刀位置），用 G53 指令更方便。

2 G53 是非模态 G 代码，仅在当前程序段有效。

3 G53 指令必须是绝对指令。如果是增量指令，则产生报警（PS0241）。

注

1 当指定 G53 指令时，将自动清除刀具半径、长度等补偿量。

2 G53 抑制 G 代码预读。

3 在或数字主轴螺纹插补状态下，执行 G53 指令，会产生报警（PS0049）。

7.1.3 快速机床坐标系定位（G153）

格式

G153 IP__ NF__ ;

IP__：目标点在机床坐标系下的绝对坐标

NF__：运动速率

解释

NF 指令的速率对 G153 为模态数据，在非 G153 或 G04 指令段清除。速率上限受参数“最大快速速度”限制。

G153 可加快换刀速度，使用 NF 可以不影响用户指令的进给速率。

G153 指令运动类型为快速运动，使用快速平滑器和快速加减速曲线类型及快速加减速度。可用 CT/AD/AC/DC 指令修改加减速曲线和加减速度。

7.1.4 程序控制加减速度和加减速曲线

用户可以使用 CT，AD，AC 和 DC 指令在加工程序中控制加减速度和加减速曲线类型。

CT：曲线类型，十位数为加速曲线类型，个位数为减速曲线类型。

AD：加减速度

AC：加速度

DC：减速度

AD，AC 和 DC 的单位与加减速度是否用时间表示无关，与公英制无关。不影响螺纹切削段、刚性攻丝切削段、进入数字螺纹控制的程序段。

例

G153 Z200. NF12000. CT11 AD80. ;

编写 G153 换刀程序时，可以指定加减速曲线和加减速度，以便防止用户修改加减速度和加减速曲线后影响换刀时间。

7.2 工件坐标系

加工零件使用的坐标系称为工件坐标系。工件坐标系在加工前需要提前设定，也可以通过移动原点来改变已设定的工件坐标系。

7.2.1 工件坐标系的设定

工件坐标系有三种设定方法：

1 G92 设定工件坐标系

2 自动设定工件坐标系

3 选择 G54~G59 工件坐标系

7.2.1.1 G92 设定工件坐标系

格式

G92 IP__ ;

IP__：指定当前点在设定工件坐标系下的坐标。

解释

工件坐标系的建立方式是使指定坐标值（IP__）成为当前刀具上的点（如刀尖）在设定工件坐标系中的绝对坐标值。

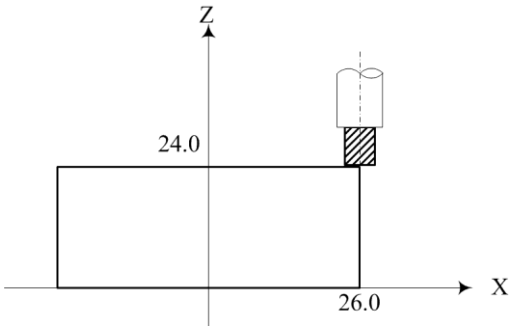
1 在刀具长度补偿条件下用 G92 设定坐标系时，其指定坐标值（IP__）是刀具补偿前的位置。

2 对于刀具半径补偿，使用 G92 指令时，补偿暂时取消。

3 通常情况下，在指定刀具补偿前请先设定工件坐标系。

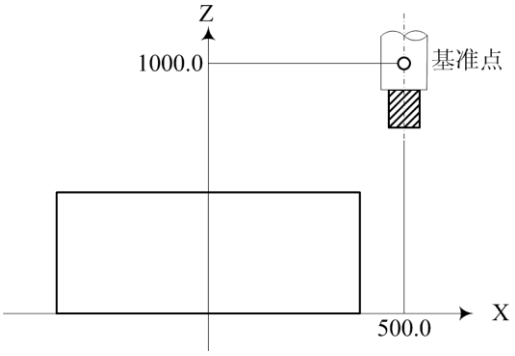
举例

- **以刀尖为指定点设定工件坐标系：**



G92 X26.0 Z24.0 ;

- **以刀架基准点为指定点设定工件坐标系：**



G92 X500.0 Z1000.0 ;

建立坐标系后，在绝对方式下，指令基准点移动到被指定的位置时，必须加刀具长度补偿，补偿值为基准点到刀尖的差。

7.2.1.2 自动设定工件坐标系

手动或自动返回参考点后，系统将自动设定工件坐标系。如果 α、β、γ 分别为参数“回零后自动坐标系设定的坐标值”（《连接调试手册》第 142 页 P0510）的值，则返回参考点后，刀架基准点或刀尖位置的绝对坐标值为 X=α，Y=β，Z=γ。这样就设定了工件坐标系。此方法与在参考点上执行下

面指令设定是等效的。

G92 Xα Yβ Zγ ;

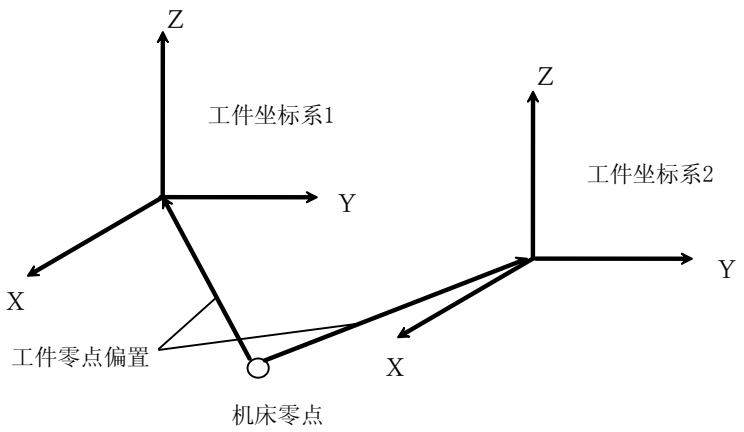
7.2.1.3 选择工件坐标系（G54~G59）

系统提供G54~G59六个基本坐标系，用户可通过系统MDI面板设定各坐标系的工件零点偏置数据，然后选择任意一个工件坐标系。开机后，默认选择 G54 坐标系。

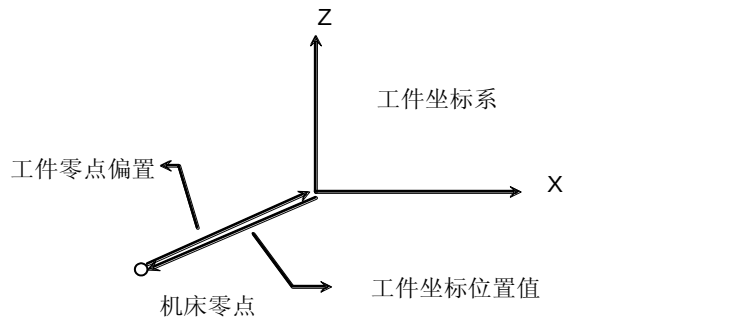
G54	工件坐标系 1
G55	工件坐标系 2
G56	工件坐标系 3
G57	工件坐标系 4
G58	工件坐标系 5
G59	工件坐标系 6

解释

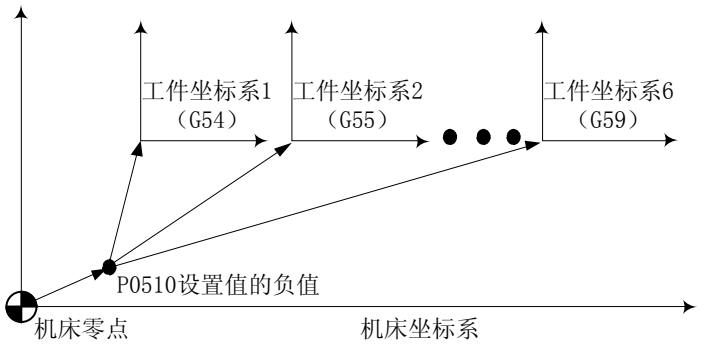
1 这六个工件坐标系是由从机床零点到各自坐标系零点的距离（工件零点偏置）设定的，如下图所示。



2 返回参考点后，绝对位置为工件零点偏置的负值，如下图所示。



3 如果选择了工件坐标系，一般情况下设置参数（P0510）为零。如果设定值不为零，返回参考点后，所有的工件坐标系偏移该参数设定值的负值。

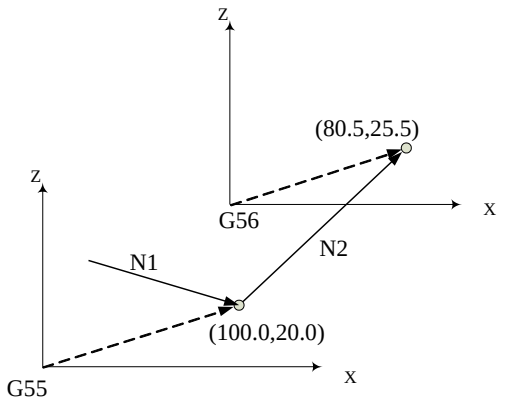


注

1 当选择工件坐标系后，一般不需 G92 设定坐标系。如用 G92 设定则会移动工件坐标系 1~6。因此，勿将 G92 与 G54~G59 混用，除非要移动工件坐标系 1~6。

2 相对位置是否随工件坐标系的设置而改变，取决于参数“PPD”（《连接调试手册》第 147 页 P2300.3）。

举例



加工程序

N10 G55 G00 X100.0 Z20.0 ;

N20 G56 X80.5 Z25.5 ;

7.2.2 工件坐标系的移动或变更

选择 G54~G59 工件坐标系后，如果需要移动或变更工件坐标系，可以通过以下两种方法实现：

1 使用系统 MDI 面板修改 G54~G59 数据；

2 在加工程序中使用 G92 或 G10 修改。

7.2.2.1 用 G92 移动工件坐标系

格式

G92 IP__ ;

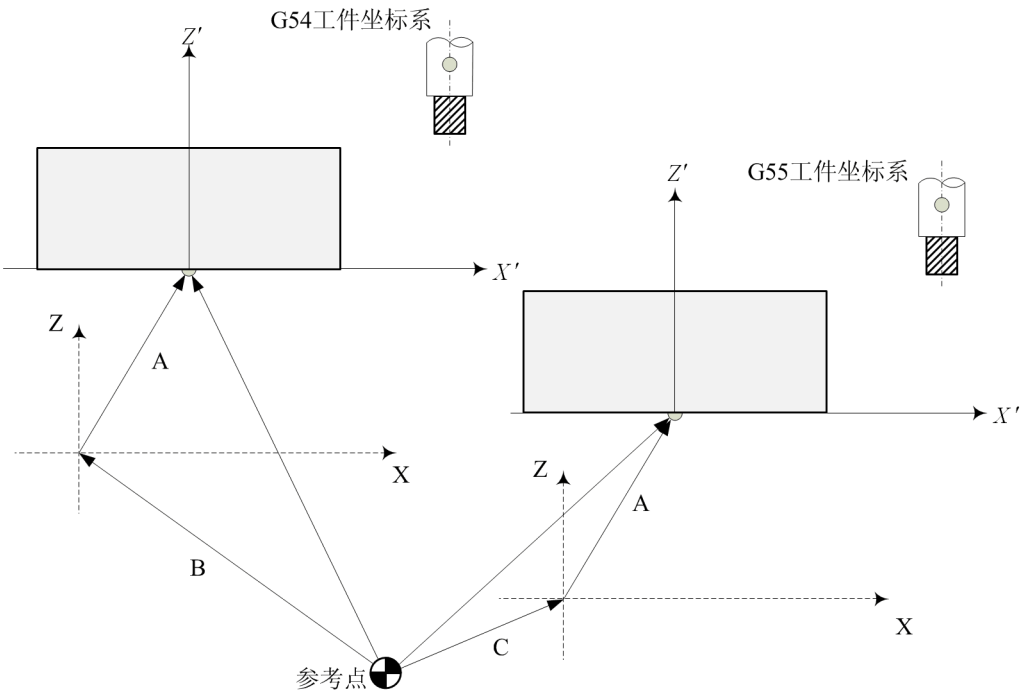
IP__：指定当前点在设定工件坐标系中的坐标。

解释

1 在已选择的工件坐标系（G54~G59）中执行 G50 指令，可以使所有原来的工件坐标系同步发生偏移而产生新的坐标系，所有工件坐标系偏移量相同。

2 G92 指令中指令的 IP__为绝对值，不受当前是相对编程还是绝对编程状态的影响。

举例



X’-Z’：新工件坐标系

X-Z：原工件坐标系

A：由 G92 产生的偏移量

B：G54 中的工件零点偏置量

C：G55 中的工件零点偏置量

7.2.2.2 用 G10 变更工件坐标系

当工件坐标系不足或由于加工程序不同而要求变更工件坐标系时，可使用 G10 指令，代替 MDI 面板手动输入，变更各坐标系的工件零点偏置量。

格式

G54~G59 工件坐标系可由 G10 指令设置。G10 工作方式有两种，由参数“G10 工件坐标系输入方式”（《连接调试手册》第 154 页 P2520）选择。

- **格式 1（参数 P2520 设为 1，与 FANUC 系统工作方式兼容）**

G10 L2 Pp IP__ ;

p：选择要变更的坐标系

- p=0：设定 EXT 坐标系偏移
- p=1~6：设定工件坐标系 G54~G59

IP__：若是绝对指令，则为每轴的工件零点偏置量；若为增量指令，则将值加到对应轴的原工件零点偏置量上。

- **格式 2（参数 P2520 设为 2）**

G10 L2 Pp IP__ ;

p：选择要变更的坐标系。p=0~5 分别设定工件坐标系 G54~G59。

IP__：若是绝对指令，则为每轴的工件零点偏置量；若为增量指令，则将改值加到对应轴的原工件零点偏置量上。

- **G10 设置附加工件坐标系**

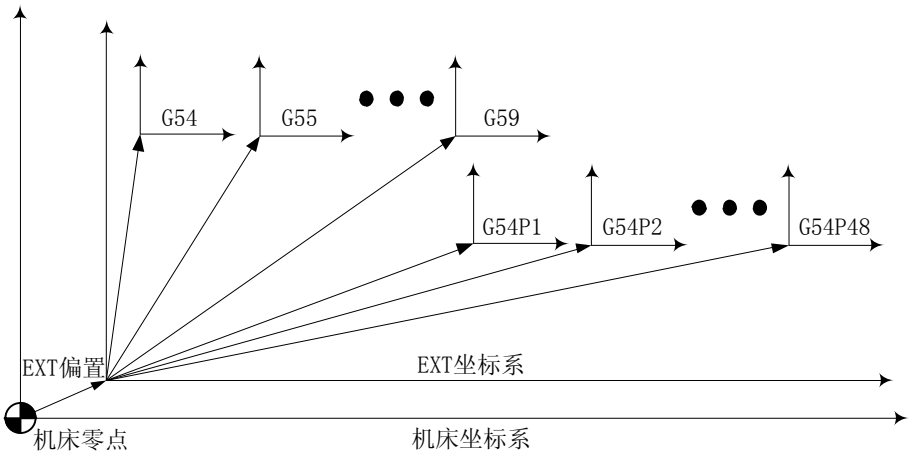
G10 设置附加工件坐标系的方式也分上述两种。详细说明请参考《编程手册》附加工件坐标系（G54Pn）。

注

如 P 未编入或超出范围时，则产生报警（PS0032）。

7.3 附加工件坐标系（G54 Pn）

除了 G54~G59 六个基本工件坐标系以外，系统还提供了 48 个附加工件坐标系和一个 EXT 偏移坐标系。G54~G59 和附加坐标系 1~48 都是在 EXT 偏移坐标系的基础上偏置得到的坐标系，如下图所示：



格式

- **选择附加工件坐标系**

G54 Pn ;

Pn：指定附加工件坐标系的代码。

n：1~48。

- **设置附加工件坐标系**

附加工件坐标系可由 G10 指令设置。G10 工作方式有两种，由参数“G10 工件坐标系输入方式”(《连

接调试手册》第 154 页 P2520）选择。

格式 1（参数 P2520 设为 1，与 FANUC 系统工作方式兼容）

G10 L20 Pp IP__ ;

p：选择要变更的坐标系。p=1~48：设定附加工件坐标系 G54P1~G54P48。

IP__：若是绝对指令，则为每轴的工件零点偏置量；若为增量指令，则将改值加到对应轴的原工件零点偏置量上。

格式 2（参数 P2520 设为 2）

G10 L20 Pp IP__ ;

p：选择要变更的附加工件坐标系

- p=0：设定 EXT 坐标系偏移
- p=1~48：设定附加工件坐标系 1~48

IP__：指定附加坐标系零点相对于 EXT 坐标系零点的偏置量。

解释

- **选择附加工件坐标系**

当 P 代码和 G54 一起指定时，从附加工件坐标系 1~48 中选择相应的坐标系。工件坐标系一旦被选择将一直有效，直到另一个工件坐标系被选择。在电源接通时，选择 G54 工件坐标系。

用户亦可通过系统 MDI 面板设定各坐标系的工件零点偏置值，详细说明请参考《操作篇》“设置画面”章节。

- **在附加工件坐标系中设定工件零点偏置量**

当 G10 指令中 IP__指定增量值时，指定值加到当前的偏置量上生成新的偏置量。

当指定 P0（格式 2）时，设置 G54EXT 坐标系零点相对于机床零点的偏置量。

7.4 局部坐标系（G52）

当在工件坐标系中编写加工程序时，为了简便，可以在工件坐标系中再设定一个子坐标系。这个子坐标系称为局部坐标系。

格式

G52 IP__ ； 设定局部坐标系

……

G52 IP0 ； 取消局部坐标系

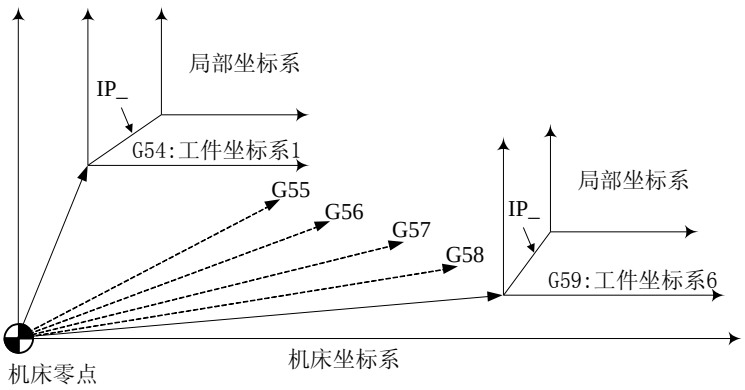
IP__：指定局部坐标系原点在工件坐标系中的绝对坐标。

解释

当设定局部坐标系时，指定的 IP__无论是绝对方式还是相对方式，其数值都表示局部坐标系原点在工件坐标系中的绝对坐标。同时，系统界面显示的绝对坐标也是局部坐标系中的坐标。在工件坐标系中用 G52 指定局部坐标系的新零点，可以改变局部坐标系。

一旦用 G52 指定了局部坐标系，则此局部坐标系将在其对应的工件坐标系中一直有效，直到指令 G52 IP0 ;使局部坐标系零点与工件坐标系零点一致。

与 G92 指令不同，G52 只在其对应的工件坐标系中起作用，如下图所示。



注

1 当一个轴自动或手动返回参考点时，该轴的局部坐标系零点与工件坐标系零点一致，即取消了局部坐标系。这与指令 G52 α0 ;（α：返回参考点的轴）的效果相同。

2 局部坐标系设定不改变工件坐标系和机床坐标系。

3 复位时是否清除局部坐标系，取决于参数的设定。当参数“CLRG52”（《连接调试手册》第 141 页 P0500.6）设置为 1 时，复位时局部坐标系被取消。

4 当用 G92 设定工件坐标系时，局部坐标系被取消。如果未指令所有轴的坐标值，则未指定坐标值的轴的局部坐标系并不取消，而是保持不变。

5 G52 暂时取消刀具半径补偿。

6 G52 程序段执行后，绝对坐标立即显示局部坐标系中的坐标。

7.5 笛卡尔坐标轴设定（G54.9）

空间笛卡尔坐标系的三个坐标轴，通过指令 G54.9 可以修改。主要与极坐标插补、圆柱插补配合使用。

格式

G54.9 Pijk ; **设定笛卡尔坐标轴**

……

G54.9 P0 ;或 G54.9; **恢复默认笛卡尔坐标轴设定**

i/j/k：分别为空间笛卡尔坐标系第 1/2/3 轴。数值为：1~4，分别对应控制轴 1~4。

解释

默认控制轴 1~3 为 X、Y、Z 轴，笛卡尔坐标轴 1~3 为 X、Y、Z 轴，因此默认 G54.9 P123;

注

1 该指令必须独占一个程序段。指令时必须处于刀具补偿取消/极坐标取消/比例缩放取消/旋转取消的状态。

2 设定后系统屏幕右下方显示笛卡尔坐标轴的设定。

3 可用于实现任意两轴圆弧插补。

4 非 MDI 方式下复位时，恢复默认笛卡尔坐标轴设定。

举例

XYZC 四轴指令：

G54.9 P143；笛卡尔坐标系从 XYZ，转换为 XCZ。

……

G54.9； 笛卡尔坐标系从 XCZ，转换回 XYZ。

7.6 平面选择（G17，G18，G19）

用 G 代码进行圆弧插补、刀具半径补偿、坐标旋转缩放、钻孔等平面的选择。

格式

G17；

指定 XpYp 平面（笛卡尔坐标系）

G18；

指定 ZpXp 平面（笛卡尔坐标系）

G19；

指定 YpZp 平面（笛卡尔坐标系）

解释

在没指令 G17，G18，G19 的程序段里，平面不发生变化。

直线移动指令与平面选择无关。

系统开机时，G17（XpYp 平面）被选定。

注

本手册中带有下标 p 的坐标轴，均指笛卡尔坐标轴。即 Xp、Yp、Zp 分别为笛卡尔坐标轴 1~3。

举例

G18 G01 Z10. X20. F100.；	选择 ZpXp 平面
Z30.；	平面不变
G17 Z50.；	直线移动指令与平面无关

8 坐标值和尺寸

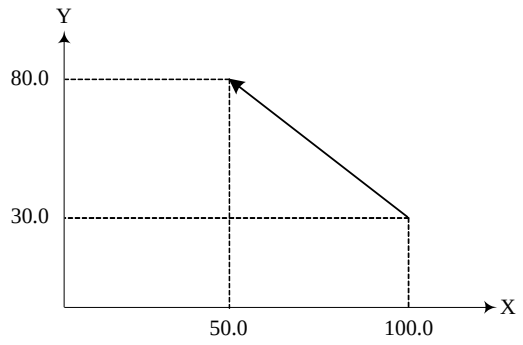
8.1 绝对指令和增量指令（G90，G91）

指令轴移动有绝对指令和增量指令两种方法。绝对指令是用轴移动的终点位置坐标值进行编程的方法。增量指令是用轴移动量直接编程的方法。

格式

G90 IP__ ;	**绝对指令**
G91 IP__ ;	**增量指令**

举例



加工程序

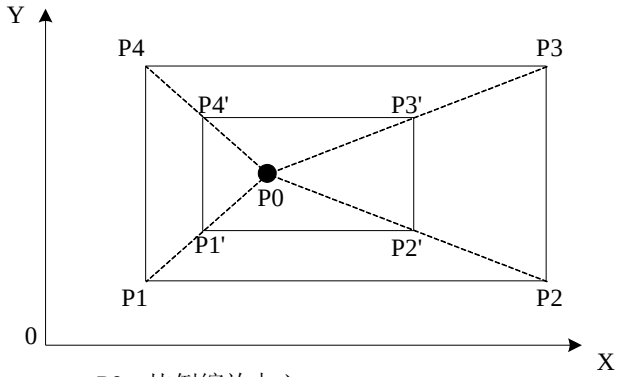
G90 X50.0 Y80.0 ; 绝对指令

G91 X-50.0 Y50.0 ; 增量指令

8.2 比例缩放（G50，G51）

编程形状成比例的放大或缩小，称为比例缩放。

各轴放大或缩小的比例可以相同，也可以不同。比例可以在程序中指定，也可以用参数指定。如下图所示。



P0：比例缩放中心

P1~P4：加工程序的形状（比例缩放前）

P1'~P4'：比例缩放后的形状

格式

- **沿所有轴以相同比例缩放**

G51 IP__ P__ ; **缩放开始**

……

G50 ; **缩放取消**

IP__：比例缩放中心坐标值的绝对值指令。

P__：缩放比例。

- **沿各轴以不同比例缩放（镜像）**

G51 IP_ I_ J_ K_ ; **缩放开始**

……

G50 ; **缩放取消**

IP__：比例缩放中心坐标值的绝对值指令。

I_ J_ K_：X、Y、Z 各轴对应的缩放比例。

解释

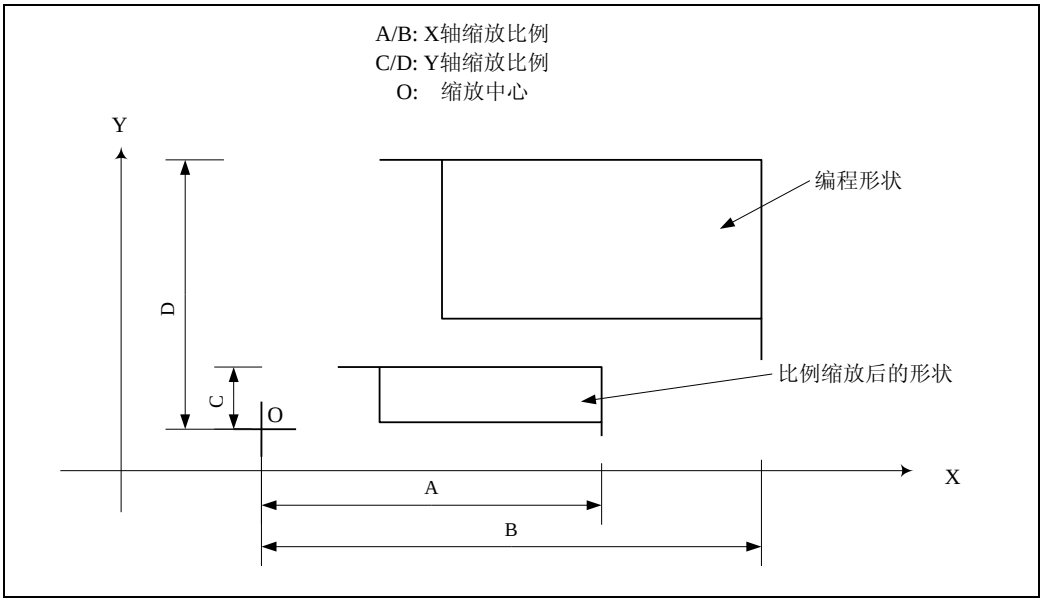
- **以相同比例沿所有轴缩放**

在这种方式下，P__必须输入，否则被认为是各轴比例缩放（I、J、K）格式。如果省略 IP__，则以指令 G51 时的刀具位置作为缩放中心。

缩放比例 P 单位为 0.001，与系统最小单位无关，与公英制无关。

- **沿各轴比例缩放与可编程镜像（负的比例）**

各轴用不同的比例缩放，如下图所示。



各轴的比例（I、J、K）的最小输入单位为该轴的最小输入单位。建议输入时带小数点，以便加工程序在最小输入单位不同的系统上运行。

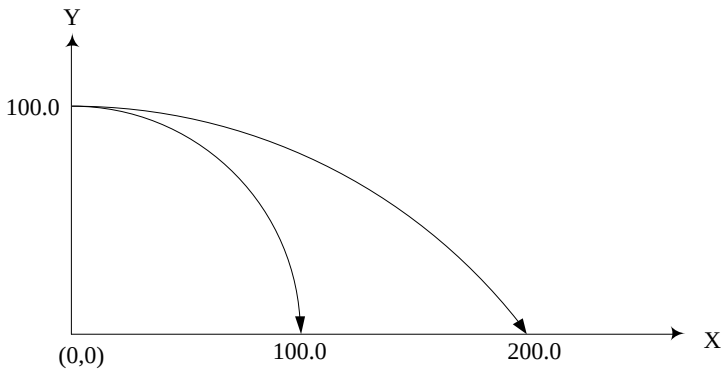
如果设置负值，则成为镜像。

如果某一轴未使用 I/J/K 指定比例，则参数“比例缩放指令 G51 的缩放比例”（《连接调试手册》第 161 页 P3611）设定值有效。

- **圆弧插补的比例缩放**

即使对圆弧插补的各轴指定不同的缩放比例，刀具也不会画出椭圆轨迹。

当各轴的缩放比例不同，圆弧插补用半径 R 编程时，其插补的图形如下图所示（X 轴的比例为 2，Y 轴的比例为 1）。圆弧终点根据缩放中心和比例，在 X 方向放大到 2 倍，圆弧半径取缩放比例中的最大值，放大至 2 倍。




```
G90 G00 X0.0 Y100.0 ;
G51 X0.0 Y0.0 I2.0 J1.0 ;
G02 X100.0 Y0.0 R100.0 F500.0 ;
上述指令与下面的指令效果相同
G90 G00 X0.0 Y100.0 ;
G02 X200.0 Y0.0 R200.0 F500 ;
半径R的缩放比例取I和J两者中的大值
```

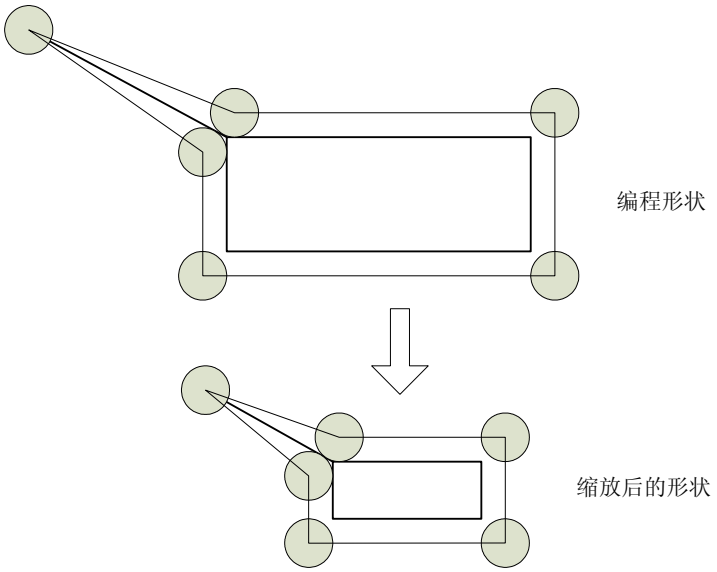
当各轴的缩放比例不同，圆弧插补用 I、J、K 编程时，圆弧终点根据缩放中心和比例确定位置，圆弧中心根据缩放后的 I、J、K 得到，通常这样会使圆弧起始半径和终点半径不同，易产生报警（PS0200）。因此，对于圆弧插补的比例缩放，建议用户不要使用 I、J、K 指定圆心编程。

- **参数 EMPNM 对比例缩放的影响**

当参数“EMPNM”（《连接调试手册》第 161 页 P3600.0）设置为 1 时，如果未指定笛卡尔坐标轴（1~3 轴），那么不进行坐标变换，1~3 轴不移动。通常情况应将该参数设置为 1，以防止空行因坐标变换而产生移动。

- **刀具半径补偿**

刀具半径补偿值不缩放，如下图所示。



刀具半径补偿值不缩放

- **刀具长度补偿**

  刀具长度补偿应在 G50 状态进行。G51 状态时，不应指令长度补偿指令，也不应通过 G10 修改长度补偿值。

- **比例缩放无效**

  以下几种情况，比例缩放无效：

  - 在固定循环（G73、G74、G76、G81~G89）中，Z 轴移动的缩放无效
  - 深孔钻循环（G83，G73）的切入值 q 和返回值 d 的缩放无效。
  - 精镗循环（G76）、反镗循环（G87）中 X 轴和 Y 轴偏移值 q 的缩放无效。
  - 手动运行时，移动距离不能用缩放功能增减。

- **关于参考点和坐标系的指令**

  在缩放状态，不能指令返回参考点的 G 代码（G27~G30）和指令坐标系的 G 代码（G52~G59、G92），也不能通过 G10 修改当前工件坐标系。若必须指令这些 G 代码，应在取消缩放功能后指令。

注

1 必须在单独程序段内指定 G51。在图形缩放后，指定 G50 取消缩放方式。

2 如果比例缩放的结果被四舍五入，移动量可能为 0。此时，该程序段被认为是不移动的程序段。

8.3 英制与公制的转换（G20，G21）

用 G20 和 G21 来选择系统数据的输入单位（最小设定单位或最小编程单位）是英制还是公制。

格式

G20 ;	**英制输入**
G21 ;	**公制输入**

解释

G20 或 G21 要在程序开头，坐标系设定之前，用单独的程序段指令。指令之后，输入数据的单位就成为对应的英制或公制最小设定单位（参见 II-2.6）。下列数据的单位会根据 G20 或 G21 指令变

化：

- F 指定的进给速度值
- 位置相关的指令值
- 工件坐标系零点偏置值
- 刀具补偿值
- 手摇脉冲发生器 1 个刻度的值
- 单步进给的移动量。
- 部分参数值

注

1 当参数“INCV”（《连接调试手册》第 133 页 P0001.5）设为 0 时，系统数据输入单位的公英制与参数“SCW”（《连接调试手册》第 139 页 P0400.3）一致，不受 G20 和 G21 的控制。

2 开机时，G20 或 G21 保持上次关机前的状态。

3 在加工程序运行时，不要中途转换 G20 和 G21 的状态。

4 当最小移动单位和最小输入单位不同时，出现的最大误差只是最小移动单位误差的一半，此误差不累积。

5 G20 和 G21 切换时，要根据新的输入单位修改工件零点偏置和刀具补偿。

8.4 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，这样的地址值如下所示：

X，Y，Z，U，V，W，A，B，C，I，J，K，Q，R，F，E，NX，NY，NZ，NU，NV，NW，NA，NB，NC，NI，NJ，NK，NQ，NR，NF，NE，ND，NH，NL，NO

根据不同地址和指令，小数点的位置可以是秒、毫米、英寸或度的位置。

解释

- **有无小数点处理**

系统对有无小数点的处理完全不同。有小数点时，单位为秒、毫米、英寸或度，无小数点时，单位为最小输入单位。

例

G21 ;	公制，最小输入单位 0.001mm	G20 ;	英制，最小输入单位 0.0001inch
X1. ;	X 位置为 1mm。	X1. ;	X 位置为 1inch
X1 ;	X 位置为 0.001mm。	X1 ;	X 位置为 0.0001inch

- **有无小数点混用**

有小数点的数值和无小数点的数值可以混用。

例

X1000 Z23.7 ;

X10. Z22359 ;

- **最小输入单位限制**

如果指定的数值小于最小输入单位时，则最小输入单位以后的数字被舍去。

例

指定 X1.23456 时，在默认情况下，对于公制输入，按 X1.234 处理；对于英制输入，按 X1.2345 处理，并且数字位数不能超过允许数据位数（7~9）。

输入带小数点的数值时，系统会根据最小输入单位将它改写成整数，并进行位数校验，如果超过允

许数据位数，则产生报警（PS1204）。

例

X1234567.8→X1234567800（公制输入），此时超过 9 位数，产生报警。

- **默认小数点（PODI）**

使能参数“PODI”（《连接调试手册》第 152 页 P2500.3），可以使具有小数点编程功能的地址在编程时，如果没有编入小数点，则自动在数值最后添加小数点。

例

X100 自动认为是 X100.0，即 100mm。此时，如果想编程 100μm，应输入 X0.1，而不能输入 X100。

- **强制输入小数点（POD）**

使能参数“POD”（《连接调试手册》第 152 页 P2500.3），强制可带小数点的地址必须编入小数点。如果没有编入小数点，则产生报警（PS1202）。

- **暂停指令（G04）**

指定暂停时，地址 X 可以输入小数点，但地址 P 不能用小数点。

使用暂停指令时，在一个程序段内要先指定 G04。

例

X1.0 G04 ; X 地址作为位置地址处理，X1.0 在公制单位下暂停 1 秒，英制单位下暂停 10 秒。

G04 X1.0 ; X 地址作为时间地址处理，X1.0 相当于 X1000，结果暂停 1 秒。

9 测量机能

9.1 跳跃机能（G31）

在 G31 中指定进给轴的移动，可以执行与 G01 相同的直线插补。如果在轴移动过程中系统接收到了跳跃信号，则终止执行剩余运动，而开始执行下个程序段。该机能主要用于由外部信号控制的加工跳转情况，或用来测量工件的尺寸。

格式

G31 IP__ F__ ;

G31：跳跃指令，非模态，仅在本程序段中有效。

IP__：指定移动终点坐标。

F__：指定进给速度。

解释

- **跳跃信号**

来自 X1.7 或 G11.7。

- **进给速度**

参数“SKPF”（《连接调试手册》第 165 页 P4500.7）可以选择 G31 是以参数设定的速度进给还是以 F 指令的速度进给。当 SKPF 设为 1 时，以“G31 低速速度”（《连接调试手册》第 165 页 P4510）作为进给速度。

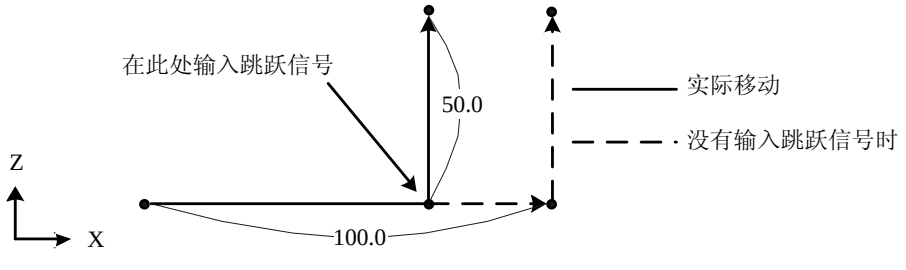
- **跳跃点位置**

跳跃信号为 ON 时，读取宏变量#5041~#5044 的值可以获得跳跃点的绝对坐标值，方便测量。在移动量不明确时，也可以使用跳跃机能。

举例

- **G31 后程序段是增量指令**

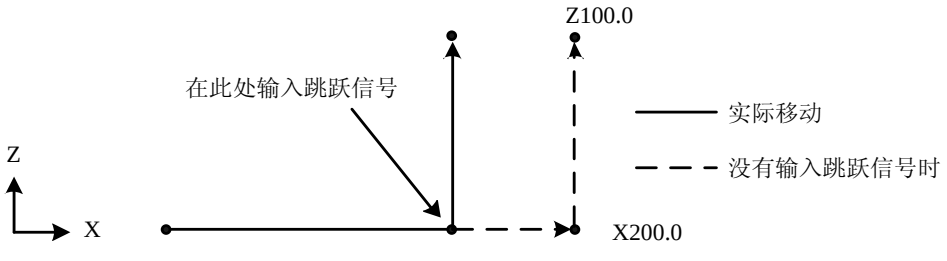
从跳跃信号中断的位置用增量值运动。同时将跳跃点 X 轴绝对坐标保存到宏变量#1 中。




```
…
G91  G31  X100.0  F100.0  ;
#1  =  #5041  ;
Z50.0  ;
…
```

- **G31 后用绝对指令只指定 1 个轴**

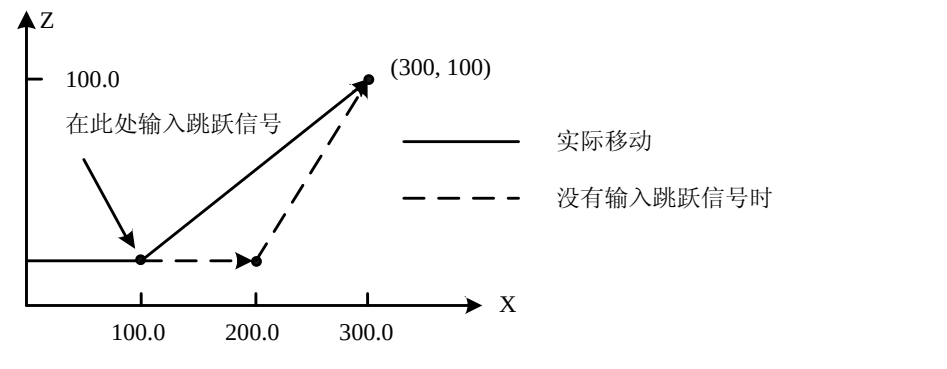
指令轴移动至指令位置，没有指定的轴保持在跳跃信号输入位置。同时将跳跃点 X 轴绝对坐标保存到宏变量#1 中。




```
…
G90  G31  X200.0  F100.0  ;
#1  =  #5041  ;
Z100.0  ;
…
```

- **G31 后用绝对指令指定 2 个轴**

无论跳跃信号从什么时候输入，刀具都移动至下个程序段指定的位置。同时将跳跃点 X 轴绝对坐标保存到宏变量#1 中。




```
…
G90  G31  X200.0  F100.0  ;
#1  =  #5041  ;
X300.0  Z100.0  ;
…
```

9.2 多级跳跃机能

当参数“SKPN”（《连接调试手册》第 136 页 P0006.4）设为 1 时，多级跳跃机能有效。G31 指令再增加 5 个跳跃信号。

格式

G31 IP__ F__ P__ ;

G31：跳跃指令，非模态，仅在本程序段中有效。

IP__：指定移动终点坐标。

F__：指定进给速度。

P__：跳跃信号编号。范围 1~5。P1~P5 分别对应跳跃信号 SKP1~SKP5。P 未输入或输入 P0 时使用原 G31 信号，超出 0~5 范围则触发 PS340 号报警。

解释

- **跳跃信号**

使用 X0.0、X0.1、X0.2、X0.3、X0.4。

各跳跃信号的有效电平可以由参数 P4501 设置。

- **进给速度**

参考章节 II-9.1 说明。

- **跳跃点位置**

参考章节 II-9.1 说明。

9.3 自动刀具测量补偿（G36，G37）

当用 G36 或 G37 指令刀具移动到测量位置时，系统自动计算当前坐标值与指令测量坐标值之间的差值，并将此值作为刀具补偿量。在刀补状态下执行 G36 或 G37 时，计算出的测量结果用于更新补偿量，使当前补偿量变为新补偿量。

格式

G36 IPa ;

G36：自动刀具测量指令。也可以使用 G37，G36 与 G37 功能完全相同，与测量轴无关。

IPa：指定测量轴位置的绝对坐标。只能指定 1 个轴，如 Xa、Ya、Za 等。

解释

- **坐标系**

因为测量位置使用绝对编程指令，所以在指令 G36 或 G37 前，必须预先设定好工件坐标系。

- **移动至测量位置**

在 MDI 或 AUTO 方式，首先调用刀具，然后用 G36 或 G37 指令将刀具移动至测量位置。注意只能指定一个轴，同时测量位置必须是绝对指令，否则报警（PS0083）。

G36 或 G37 指令执行时，刀具以快速进给向测量位置移动，在中途降低进给速度，然后继续移动直到从测量仪器发出终点到达信号为止。即当刀尖到达测量位置时，测量仪器传送一个信号至系统使刀具停止。

测量输入信号与相应轴减速信号共用输入点，如 PLC 接口 X0.5、X1.5 等。参数“DECI”（《连接调试手册》第 147 页 P2105.0）对测量输入信号同样有效，但不进行滤波处理。

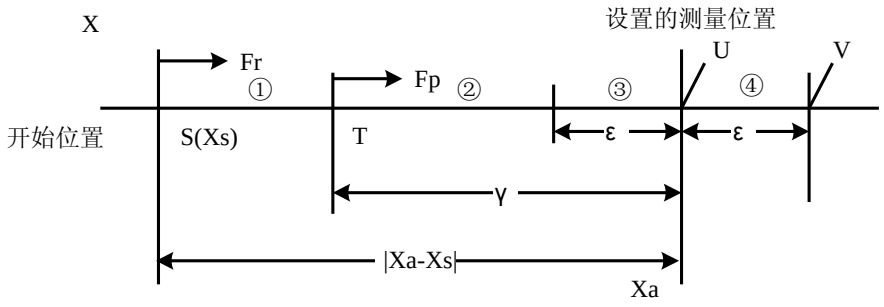
- **补偿**

在刀补状态下，刀补被进一步补偿，其补偿量是刀具测量位置的坐标值 α 与 G36 或 G37 指令指定的 a 值之间的差值。即：

新形状补偿量 = 当前形状补偿量 + 当前磨损补偿量 +（α– a）
新磨损补偿量 = 0

这些补偿量也可从 MDI 键盘变更。

- **进给速度和报警（以 X 轴为例）**



Fr : 快速进给速度
Fp : 测量速度（参数P4610）
γ ：参数P4611
ε ：参数P4612

当刀具从开始位置向 G36 或 G37 指令的 Xa 位置移动时，首先以快速进给速度 Fr 通过区域①。然后刀具从点 T（Xa- γ ）开始，以参数“刀具补偿自动测量中的低速速度”（《连接调试手册》第 165 页 P4610）设定值 Fp 移动通过区域②、③和④。如果在移动通过区域②时触发终点到达信号，会产生报警（PS0080）。如果在点 V 前仍未触发终点到达信号，刀具停止在点 V 并产生报警（PS0080）。

注

1 在指令 G36 或 G37 时，如果长度补偿无效，会产生报警（PS0081）。

2 在 G36 或 G37 指令的同一程序段中变更长度补偿时，会产生报警（PS0082）。

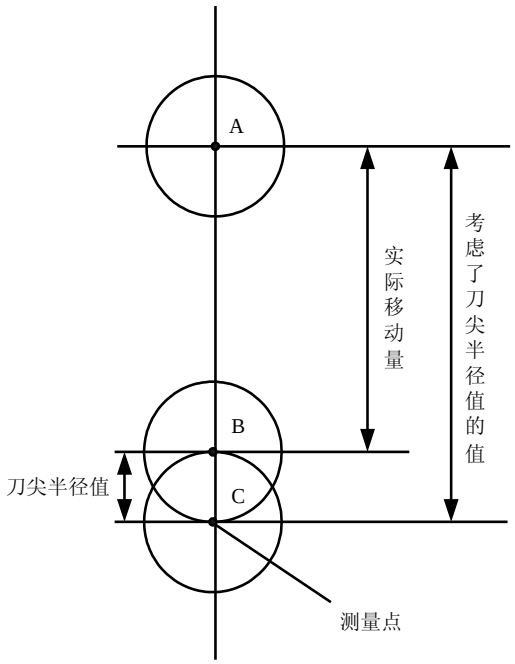
3 测量速度 Fp、γ和ε由参数设定。这些值已经由机床制造厂家设定。

4 γ及ε必须是正数，且γ > ε 。

5 在指令 G36 或 G37 前，必须取消刀尖半径补偿。

6 以测量速度移动时，如果插入一个手动移动，重新启动前，应将刀具回到插入手动移动前的位置。

7 当刀尖半径补偿机能有效，计算刀补时应考虑刀尖半径值，确保刀尖半径设定正确。刀具实际上是从 A 点移动到 B 点，但是补偿量的计算是假设刀具考虑了刀尖半径值而移动到 C 点。



8 测量完后立即更新绝对坐标。

9 如果指令了不能进行长度补偿的轴，则产生报警（PS0237）。

10 主轴功能（S 功能）

10.1 主轴速度指令

将地址 S 及其后面的数值，译码后送给机床，用于机床的主轴控制。在一个程序段中可以指令一个 S 代码，如果指令多个，系统只识别最后一个。

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。

当移动指令和 S 代码在同一程序段时，移动指令和 S 代码可同时开始执行。

注

1 如果主轴转速和移动指令在同一程序段，可能当刀具快速移动到工件时，主轴仍未达到指定的速度。建议 S 代码和移动指令不要写在同一程序段。

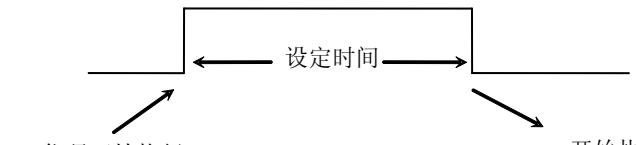
2 S 代码需要和主轴 M 指令配合使用。

10.1.1 S2 位数（主轴档位输出）

用地址 S 和其后面 2 位数控制主轴转速。

系统可提供 8 级主轴机械换档（S01~S08）。当没有选择模拟主轴机能时，即参数“SANG”（《连接调试手册》第 133 页 P0001.4）设为 0 时，S 代码与主轴的转速的对应关系及机床提供几级主轴变速，请参照机床制造厂家的说明书。

S 代码的执行时间可由定时器 T01 设定。



注

1 当在程序中指定了上述以外的 S 代码时，系统将产生外部报警（02：S 代码错）并停止执行。

2 S2 位数有效时，若指令 S4、5 位数，则后 2 位数有效。

3 S 代码设定时间参数请参见 II-12.2。

10.1.2 S5 位数（主轴模拟输出）

解释

- **自动方式**

用地址 S 及其后面的 5 位数值，直接指令主轴的转速（rev/min），不同的机床厂家转速的单位也往往不同。

- **手动方式**

当系统使用模拟主轴时，即参数“SANG”（《连接调试手册》第 133 页 P0001.4）设为 1 时，参数“JOGS”（《连接调试手册》第 156 页 P2700.2）可选择在手动方式下模拟主轴速度的控制方式：

- JOGS＝1 时，模拟主轴速度由编程的 S 代码控制。
- JOGS＝0 时，在手动方式下，模拟主轴速度由以下参数决定：

(1) 参数“手动方式下主轴速度的初值”（《连接调试手册》第 157 页 P2711）设定开机时手动方式下模拟主轴转速的初始值，单位为 rev/min。

(2) 参数“手动方式下主轴速度的增量”（《连接调试手册》第 157 页 P2713）设定手动方式下的模拟主轴转速每次的增减值。增加时以参数“手动方式下主轴速度最大值”（《连接调试手册》第 157 页 P2712）为上限。

位置页面的 S 值在手动方式下显示手动主轴转速。

- **其他方式**

在其它方式时，主轴以指定的 S 代码旋转。

注

1 参数指定的转速是最终主轴输出的转速，而不是主轴电机的转速。其模拟电压的输出值取决于主轴的档位，由系统内部控制调节。

2 当参数“JOGS”（《连接调试手册》第 156 页 P2700.2）设为 0 且主轴旋转时，在手动与非手动间切换，主轴速度会发生变化。

3 本节描述中的手动方式指手动连续进给、手轮、单步或回零（机械或程序回零）方式。

10.2 模拟主轴换档

10.2.1 模拟主轴自动换档机能

解释

- **模拟主轴档位转速**

模拟主轴可自动切换高低两档。主轴低档的最高转速设置在诊断参数“主轴 1 档最大速度”（《连接调试手册》第 224 页 D0040），主轴高档的最高转速设置在诊断参数“主轴 2 档最大速度”（《连接调试手册》第 224 页 D0044）。如果机床仅使用高低两档，建议把“主轴 3 档最大速度”（《连接调试手册》第 224 页 D0048）和“主轴 4 档最大速度”（《连接调试手册》第 224 页 D0052）设置为与“主轴 2 档最大速度”。

- **自动换档条件**

1 系统默认为低档（高档接口无输出）。当指定的模拟主轴速度超过低齿档的最高速度时，开始自动换档。

2 当模拟主轴在高档旋转，而新指定的模拟主轴速度低于主轴低档的最高转速，则会自动进行由高档到低档的转换。

- **换档过程**

1 轴运动停止，模拟主轴输出“主轴换档低速”（《连接调试手册》第 224 页 D0056）设定的转速。

2 延迟“主轴换档定时器 1”（《连接调试手册》第 230 页 T010）设定的时间后，输出换档信号 GEAR2（或 GEAR1）。

3 检测档位信号 HIGI（或 LOWI）是否到位。

4 到位后，延迟“主轴换档定时器 2”（《连接调试手册》第 230 页 T011）设定的时间。

5 主轴以编程的转速旋转。

6 延迟“主轴换档定时器 3”（《连接调试手册》第 230 页 T012）设定的时间后，取消轴停止，换档结束。

- **主轴换档自动检查机能**

该机能通过诊断参数“AGIN”（《连接调试手册》第 216 页 K004.3）选择。

- AGIN=0 时，只在新的 S 指令相对于当前的 S 指令需要换档时，才检查档位反馈。

- AGIN=1 时，只要出现新的 S 指令，就对档位反馈进行检查。如果检查结果不符合新的 S 指令的需求，会启动主轴换档过程。

注

当参数设定 D44≤D40 时，系统无自动换档机能，按 D40 设定的转速输出。

10.2.2 模拟主轴手动换档机能

解释

- **S 代码手动换档**

该机能通过诊断参数“AGST”（《连接调试手册》第 216 页 K004.1）选择。当 AGST=0 时，换档过程与原来相同（自动换档）；当 AGST=1，且 S 代码指定的速度与当前档位不一致时，进行 S 代码手动换档。换档过程如下：

1 轴运动停止，系统提示暂停，模拟主轴输出“主轴换档低速”（《连接调试手册》第 224 页 D0056）设定的转速。

2 延迟定时器“主轴换档定时器 1”（《连接调试手册》第 230 页 T010）设定的时间后，输出换档信号 GEAR2（或 GEAR1）。

3 检测档位信号 HIGI（或 LOWI）是否到位。

4 到位后，延迟“主轴换档定时器 2”（《连接调试手册》第 230 页 T011）设定的时间。

5 延时结束后，按取消键取消报警，然后等待“循环启动”按键。

6 检测到“循环启动”按键后，主轴以编程的转速旋转。

7 延迟“主轴换档定时器 3”（《连接调试手册》第 230 页 T012）设定的时间后，取消轴停止，换档结束。

- **M 代码手动换档（M41 和 M42）**

M41 指令主轴换至低档，M42 指令主轴换至高档。换档过程如下：

1 检查当前的 S 指令值是否为零，如不为零则该 M 指令结束。

2 模拟主轴输出“主轴换档低速”（《连接调试手册》第 224 页 D0056）设定的转速。

3 检测档位信号 HIGI（M42）或 LOWI（M41）是否到位。

4 到位后，模拟主轴输出 0。

5 M 指令结束。

10.3 数字主轴控制

系统配数字主轴时，既可通过速度指令使主轴旋转，也可用 G00 指令使主轴旋转角度，实现主轴定位。

注

1 将系统参数 P0410 设为 5，且 P0405-5.3 设置为 0 时，此功能有效。

2 系统支持 G92 指令设置数字主轴的浮动零点。

定位控制

M60 ； 数字主轴切换到定位控制，
位置页面左下角显示的 S ××××变成 C ×.×××

G28 C0. ； 数字主轴回机械零点

G00 C120 ； 数字主轴定位角度为 120 度

速度控制

M61 ； 数字主轴切换到速度控制（系统默认状态）

M03 S1000 ； 数字主轴正转，速度为 1000 转/分

11 刀具功能（T 功能）

用地址 T 及其后面 2 位数来选择机床上的刀具。在一个程序段中，可以指令一个 T 代码。移动指令和 T 代码在同一程序段中指令时，移动指令和 T 代码同时开始。

系统可提供的刀具数由诊断数据“总刀具数”（《连接调试手册》第 223 页 D0007）设定。

格式

TOO；　选刀

OO：刀具选择号

M06；　换刀

解释

- **加工中心自动换刀功能**

加工中心自动换刀功能是通过机械手（自动换刀机构）和系统相关控制指令来完成的，换刀过程一般为：装刀——选刀——换刀。

选刀和换刀通常分开进行，多数加工中心规定换刀点在机床 Z 轴零点（Z0），要求在换刀前用 G28 指令使主轴自动返回 Z0 点。

换刀过程：PLC 在接到 T 指令后立即自动选刀，并使选中的刀具处于换刀位置。接到 M06 指令后机械手动作，一方面将主轴上的刀具取下送回刀库，另一方面又将换刀位置的刀具取出装到主轴上，实现换刀。

- **松拉刀控制机能**

可通过诊断参数“SOLA”（《连接调试手册》第 221 页 K017.0）选择松拉刀控制机能。

主轴旋转时，刀具应处于紧刀状态：紧刀到位信号 SLIN（X0.7）为 1，松刀输出信号 SOLAO（Y2.7）为 0。此状态一旦改变，则主轴停止，系统处于暂停状态。如果不处于紧刀状态，系统无法启动主轴，并产生外部报警。

在主轴停止的状态下，按下松刀开关 SOLAI（X0.3），松刀输出信号 SOLAO（Y2.7）为 1，关闭松刀开关，松刀输出信号 SOLAO（Y2.7）为 0。

注

更详细的使用说明请参阅机床制造厂家提供的说明书。

12 辅助功能（M 功能）

如果在地址 M 后面指令了 2 位数值，那么就把对应的信号送给机床，用来控制机床辅助功能的开关。M 代码在一个程序段中只允许一个有效。位置移动指令和 M 指令在同一个程序段中时，两者同时开始执行。

12.1 辅助功能代码

本系统提供 M00~M99 共一百个 M 代码。除了已经固定的 M 代码外，其余 M 代码均可由机床厂商自行定义。

解释

- **标准辅助功能 M 代码**

名称	功能
M00	程序暂停
M01	程序选停
M03	主轴正转
M04	主轴反转
M05	主轴停止
M06	调用子程序
M07	对刀测量
M08	冷却液开
M09	冷却液关
M10	卡盘卡紧
M11	卡盘松开
M19	主轴定向
M20	转台夹紧
M21	转台放松
M22	机械手第一个动作
M23	机械手第二个动作
M24	机械手第三个动作
M26	吹气开
M27	吹气关
M30	程序结束
M31	加工计数
M32	润滑开
M33	润滑关
M41	低挡指令
M42	高挡指令
M48	进给倍率固定 100%
M49	进给倍率恢复

名称	功能
M50	主轴松刀
M51	主轴紧刀
M52	斗笠刀库伸出/圆盘刀库倒刀
M53	斗笠刀库拉回/圆盘刀库回刀
M54	斗笠/圆盘刀库正传
M55	斗笠/圆盘刀库反转
M56	斗笠刀库换刀完成/圆盘刀库机械手动作
M57	圆盘刀库换刀完成
M58	第二参考点确认
M59	第三参考点确认
M60	启动位置控制模式
M61	退出位置控制模式，进入速度控制模式
M62	同步轴功能建立
M63	同步轴功能解除
M68	主轴有刀置位
M69	主轴无刀置位
M70	落差测量
M80	链式刀臂靠近刀库侧输出
M81	链式刀臂远离刀库侧输出
M82	链式刀臂刀库侧拔刀输出
M83	链式刀臂刀库侧插刀输出
M84	链式刀臂正转 90 度输出
M85	链式刀臂反转 90 度输出
M86	链式刀臂正转 180 度输出（无凸轮机械手） 过渡刀套正转 90 度输出（有凸轮机械手）
M87	链式刀臂反转 180 度输出（无凸轮机械手） 过渡刀套反转 90 度输出（有凸轮机械手）
M88	刀套定位缸前进输出
M89	刀套定位缸后退输出
M96	用户宏程序中断有效
M97	用户宏程序中断无效
M98	调用子程序
M99	子程序返回

注

1 当在程序中指定了上述以外的 M 代码时，系统将产生外部报警（01：M 代码错）并停止执行。

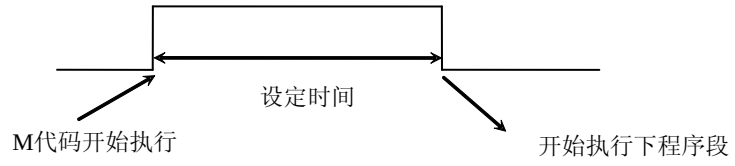
2 M 启动后，即使系统工作方式改变，也仍然保持。用手动方式按键无法关闭，可按“复位”键关闭。

3 PLC 可自定义 M 代码。

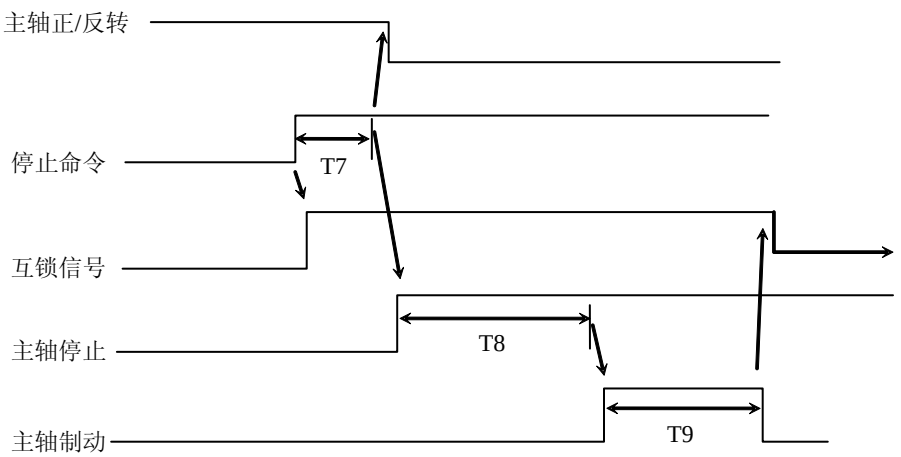
4 M 代码输出为脉冲或电平由 PLC 程序控制。

- **相关定时器**

除 M30 外，其他 M 代码的执行时间可由定时器 T00 设定。示意图如下。



主轴正反转、停止、制动等时序图及设定时间，如下所示。



T7：主轴在转动时，当发出主轴停止（自动或手动）命令后，先使能轴互锁信号，延迟 T7 后，发出主轴停止信号。该值设定在定时器 T 区 T7。

T8：从发出主轴停止信号到发出主轴制动信号的延迟时间。该值设定在定时器 T 区 T8。

T9：主轴制动时间。该值设定在定时器 T 区 T9。

- **特殊意义 M 代码**

下面的 M 代码规定了特殊的使用意义，由系统实现功能：

1 M30：程序结束，编程时必须单独一行。步骤如下：

(1) 停止自动运转，处于复位状态。

(2) 根据参数 M30（P2500.6），光标返回到主程序开头或保持不变。

(3) 根据参数 MCNO（P0001.0），加工件数由 NC 决定或由 PLC 决定。

2 M00：程序停。当执行了 M00 的程序段后，停止自动运行。与程序单段停一样，把之前的模态信息全部保存起来。重新按下“启动”键后，再继续自动运行。

3 M01：程序选停。“程序选停”为开时有效。

4 M98/M99：子程序调用。详情参见 II-13.1.1.2

5 M96/M97：中断型宏程序调用。详情参见 II-16.10。

注

1 M00、M01、M30 的下一个程序段即使存在，也不进入缓冲存储器中。

2 执行 M96/M97 和 M98/M99 时，代码信号不传送给 PLC。

12.2 辅助功能参数

诊断号 T 区为 PLC 参数，用户可根据实际情况进行设定。设定方式参见操作手册。

定时器	功能
T00	M 代码执行时间
T01	S 代码执行时间
T02	T 代码执行时间
T03	换刀过程定时器
T05	自动润滑打开时间定时器
T06	自动润滑关闭时间定时器
T07	互锁开始到主轴停止输出的延时
T08	主轴停止输出到主轴制动输出的延时
T09	主轴制动输出到互锁解除的延时
T10	主轴换档定时器 1 AGEAR1
T11	主轴换档定时器 2 AGEAR2
T12	主轴换档定时器 3 AGEAR3
T14	M 代码脉冲输出宽度
T18	外部蜂鸣器输出定时器
T19	M10 延时定时器
T20	断续吹气输出定时器
T40	刀具未松开到位延时报警定时器（斗笠、圆盘刀库共用）
T41	刀具未夹紧到位延时报警定时器（斗笠、圆盘刀库共用）
T42	刀套未倒下/刀库未伸出到位延时报警定时器（斗笠、圆盘刀库共用）
T43	刀套未抬起/刀库未拉回到位延时报警定时器（斗笠、圆盘刀库共用）
T46	圆盘刀库机械手扣刀信号错误延时报警定时器
T47	圆盘刀库机械手原点信号错误延时报警定时器

12.3 与辅助功能相关的报警

与辅助机能相关的报警通过“外部报警”页面显示。常用外部报警号如下：

外部报警号	报警信息
01	M 代码错。（程序中编入了非法的 M 代码）
02	S 代码错。（程序中编入了非法的 S 代码）
03	T 代码错。（程序中编入了非法的 T 代码）
04	刀盘故障或者换刀时间设定错。
05	刀位异常。当“TCKI”（《连接调试手册》第 221 页 K017.7）设为 1 时有效。
06	M03、M04 代码指定错。（主轴正/反转时，没有停止就指定了主轴反/正转）
07	主轴旋转时指定了 S。（当主轴正在旋转时，指定了 S 代码进行主轴换档）
08	总刀位数参数设定错。

外部报警号	报警信息
09	请进行手动主轴换档，完成后，按循环启动。
10	启动自动循环时，防护门未关闭。
11	主轴单元报警。
13	请手动换档，完成后，按循环启动（选择模拟主轴时）。
14	卡盘松时，起动了主轴。
15	卡盘压力不足。

13 程序的构成

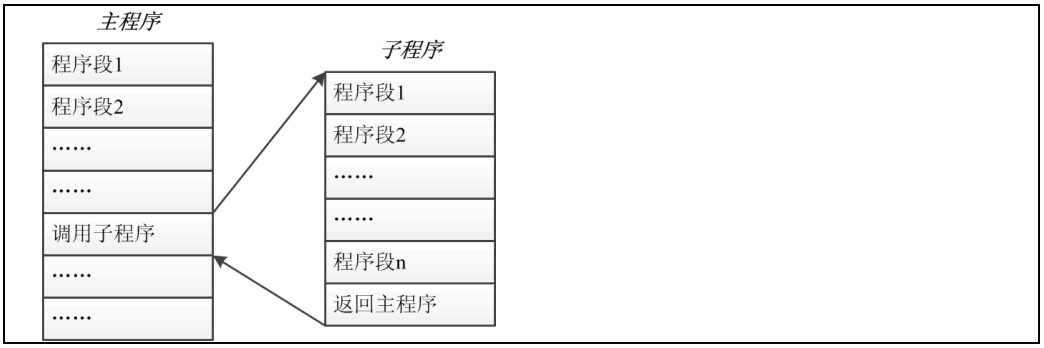
13.1 程序

程序是由多个程序段构成的，而程序段又是由字构成的，各程序段用程序段结束代码（EOB）分隔开。

13.1.1 主程序和子程序

13.1.1.1 主程序

程序分为主程序和子程序。通常系统是按主程序的指令运动的，如果主程序上遇有调用子程序的指令，则系统按子程序运动，在子程序中遇到返回主程序的指令时，系统便返回主程序继续执行。

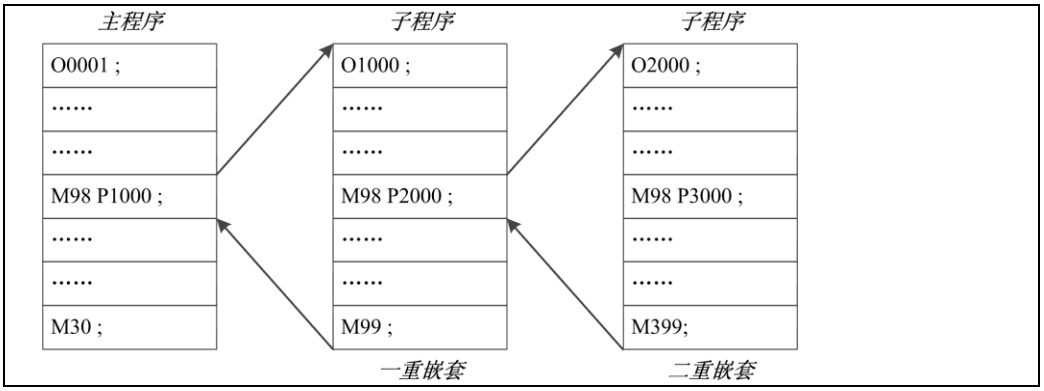


在系统存储器内，主程序和子程序合计可存储 512 个程序（标准机能），选择其中一个主程序后，便可按其指示控制数控机床工作。

关于程序的存储、选择等方法，请参见《操作手册》程序编辑。

13.1.1.2 子程序

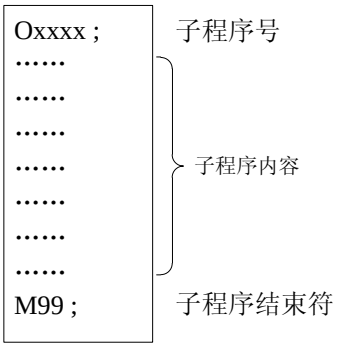
在程序中存在某一些固定顺序且重复出现的指令时，便可把它们作为子程序事先存到存储器中，这样可以使程序变得非常简单。子程序可以在自动方式下调出，并且被调出的子程序还可以调用另外的子程序。子程序嵌套级数最多为 63 级，超出则产生报警（PS0077）。



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

编写子程序

按下面格式写一个子程序：



在子程序的开头，地址 O 后写上子程序号，在子程序最后是 M99 指令。

关于子程序的存储方法请参见操作手册。

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：

M98 POOOOXXXX ;

OOOO：重复调用次数。

XXXX：被调用的子程序号。

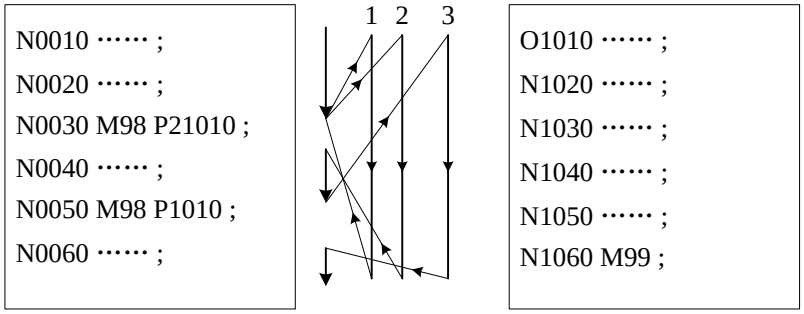
如果省略了重复次数，则认为重复次数为 1 次。

例

M98 P51002 ;

表示号码为 1002 的子程序被连续调用 5 次。

从主程序调用子程序执行的顺序，如下例所示。



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。

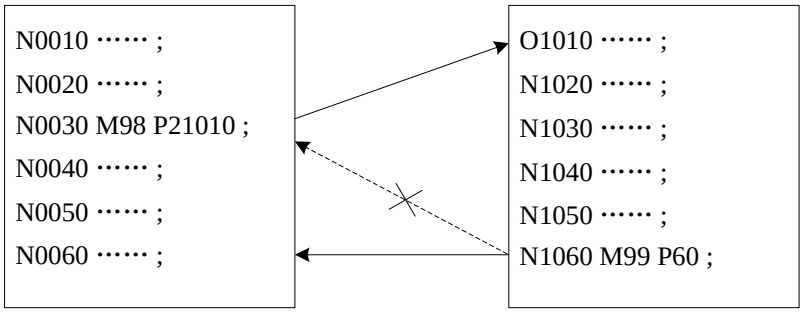
注

当检索不到用地址 P 指定的子程序号时，产生报警（PS0078）。

特殊使用方法

- **P 指定顺序号**

子程序结束时，若用地址符 P 指定了顺序号，系统不返回到调用此子程序的程序段的下一个程序段，而是返回到用 P 指定的顺序号的程序段，但是主程序在非存储器运转方式工作时，P 不起作用。这种方法返回到主程序与一般方法相比占用时间较多。

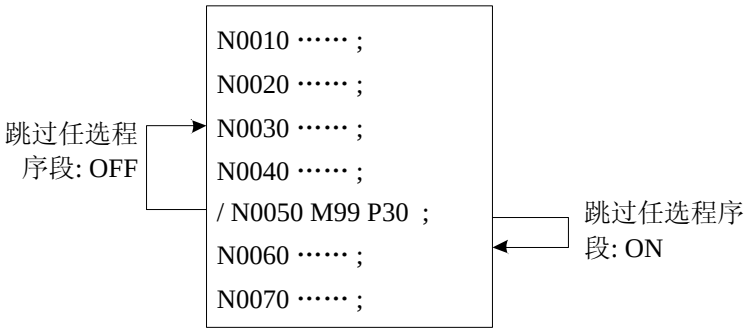


注

M99 中 P 指定的顺序号有效位为 4 位，多出的位无效。

- **主程序中执行 M99**

在主程序中，如果执行 M99，则返回到主程序的开头继续重复执行。例如，在主程序中有个程序段/M99，若跳过任选程序段开关是 OFF 状态，则执行 M99，返回主程序的开头，并从开头重复执行。在跳过任选程序段为 OFF 状态期间，一直反复执行，当跳过任选程序段开关为 ON 状态时，则跳过/M99 程序段，而执行其下个程序段。若此时是/M99 Pn ;程序段时，则不返回到程序的开头，而返回到顺序号 n 的地方，但返回到 n 处时间较长。



注

MDI 模式下单独执行 M99 时，跳转到程序开头后停止，按启动键可再次运行。

- **DNC 运行调用子程序**

在 DNC 方式下，可以调用子程序。调用的子程序必须预先保存在 CMOS 中。调用子程序的过程和自动方式下完全相同，同样支持子程序嵌套调用。

M06 在 DNC 方式下也可以调用子程序，这样，用户可以在 DNC 加工时，进行较复杂的换刀。

- **M06 调用子程序**

1 自动或者 DNC 方式运行 M06 时，系统自动调用一个系统内子程序。子程序名为 Oxxxx，程序号由参数（P2510）设置。通常，M06 代码和 T 代码配套使用，通过调用子程序控制进给轴到达指定换刀位置。T 代码的处理方式不变。

2 如果系统参数 CM98（P2500.5）=0，该机能无效，取零盘时，CM98 默认设为 0。程序号参数 P2510 设置为 0，该机能无效。如果参数被 M06 调用的子程序不存在，会导致报警（PS0078）。

3 参数 CM98（P2500.5）=1，参数 P2510=9006，如下程序在执行到 M06 时会自动调用子程序 O9006：

O0001 ;

M06 T01 ;

M30 ;

- **程序内循环**

程序内循环指令格式如下：

M98 Ln ;	（循环开始，n 表示循环次数）
xxxxxxxxxx	（循环体）
M99 ;	（循环结束）

M98 指令中必须指定地址符 P 或 L，否则报警。DNC 加工中不允许程序内循环操作。

13.1.2 程序号

系统的存储器里可以存储多个程序，为了把这些程序相互区别开，在程序的开头，冠以用地址 O 及后续四位数值构成的程序号。程序从程序号开始，到 M30 或 M99 结束。

格式

Oxxxx

O：程序号地址。

xxxx：程序号（1~9999，前导零可省略。）

13.1.3 顺序号和程序段

程序是由多个指令构成的。一个指令单位称为一个程序段。程序段之间用程序段结束符 EOB（;）隔开。

在程序段的开头可以用地址 N 和后续五位数构成顺序号。前导零可省略。

格式

Nxxxxx

N：顺序号地址。

xxxxx：顺序号（1~99999，前导零可省略。）

解释

顺序号的顺序是任意的，其间隔也可不等。可以全部程序段都带有顺序号，也可以在重要的程序段带有。但按一般的加工顺序，顺序号要从小到大。在程序的重要地方带上顺序号是方便的。例如，换刀时，或者工作台分度移到新的加工面时等。

13.1.4 跳过任选程序段

自动运行方式下，开头带有斜杠（/）的程序段，在机床界面的程序选跳开关为 ON 或机床面板按下“跳段”键时，被系统跳过，不予执行。如果选跳开关为 OFF 且没有按下“跳段键”，则仍照常执行该段。也就是说带有斜杠的程序段，根据操作的选择，可以跳过或不跳过。

EXAMPLE

```
N100 X100.0 ;
/N101 Z100.0 ;
N102 X200 ;
```

在上面的程序中，如果选跳开关为 ON 或按下“跳段键”，则 N101 程序段被跳过。

注

1 斜杠（/）必须处于程序段开头，否则产生报警（PS1109）。

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，已读入的程序段仍有效。

3 在顺序号检索中，本功能也有效。

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，含有斜杠的程序段都被存入。

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。

13.1.5 注释节

用户可以在注释节中，用任意的代码描述标题、注释和提示等。

格式

（……）

（：注释节开始

）：注释节结束

……：用户添加的注释

解释

注释节与加工程序一起传输、存储和显示。

在存储器运行或 DNC 运行加工程序期间，所有注释节被忽略。

注

不可在注释中出现 EOB（;）或%。

13.1.6 字和地址

字是构成程序段的要素，由地址和其后面的数值构成（有时在数值前带有+、-符号）。

格式

X1000

X：地址

1000：数值

解释

地址是英文字母（A~Z）中的一个字母，它规定了其后数值的意义。根据不同的准备功能，有时一个地址也有不同的意义。在本系统中，可以使用的地址和它的意义如下表所示。

功能	地址	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 C U W H V A B	坐标轴移动指令
	R	圆弧半径
	I J K	圆弧中心坐标

功能	地址	意义
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
补偿号	H	补偿号的指定
暂停	P X	暂停时间的指定
子程序号和重复调用次数指定	P	指定子程序号和子程序的重复调用次数
参数	P Q R	固定循环参数

13.1.7 基本地址和指令值范围

基本地址和指令值范围如下表所示（默认状态：允许数据位数为 9，直线轴小数位数为 3）。

功能	地址	毫米输入	英寸输入
程序号	O	1~9999	1~9999
顺序号	N	1~99999	1~99999
准备功能	G	0~999	0~999
尺寸字	X Y Z U V W A B C I J K Q R	±99999.999	±9999.9999
每分进给	F	0.001~30000.0	0.0001~2362.2
主轴功能	S	0~99999	0~99999
刀具功能	T	0~99	0~99
辅助功能	M	0~99	0~99
暂停	X/P	0~99999.999s	0~99999.999s
子程序号重复调用次数指定	P	1~99999999	1~99999999
顺序号	P/Q	1~99999	1~99999
补偿号	H	0~128	0~128

这些全部都是对系统的限制值，与对机床方面的限制完全无关，请特别注意这一点。例如，对于系统，可以指令 X 轴移动量约到 100m（公制），而实际机床 X 轴行程可能是 2m。编程时要参照本说明书，同时也要参照机床厂家发行的说明书，在很好理解对编程限制的基础上编制程序。

13.1.8 扩展 NC 字和地址

基本 NC 字是由“单个大写字母（A~Z）”+“数字”组成的单字母地址字，如：X200.000，Y200.000。

扩展 NC 字有两种表示法：

1 由“N”+“单个大写字母（A~Z）”+“数字”组成的双字母地址字，如：NX200.000，NY200.000。

2 与基本 NC 字一样，由“单个大写字母（A~Z）”+“数字”组成，但要在该字前加逗号。

基本 NC 字和扩展 NC 字可以在同一段中。

例

X200.000 Y100.000 NA300.000 ,X300.000 NC150.000 NZ300.000 ;

该段由 6 个字和一个段落结束符“;”组成。其中有两个基本字（前两个字），四个扩展字（后四个字）。逗号的作用是将紧跟其后的那个基本字转化为扩展字，对双字母地址表示的扩展字不影响。该段与下面的程序段等价：

X200.000 Y100.000 NA300.000 NX300.000 NC150.000 NZ300.000 ;

注

参数“CENCW”（《连接调试手册》第 152 页 P2500.2）控制扩展 NC 字的逗号表示法（第 2 种表示法）是否有效，如果 CENCW 为 0，则逗号表示法无效。

13.2 程序结束

程序的最后有 M30 或 M99 时，表示该程序结束。

格式

M30 ;	**程序结束并返回程序开头**
M99 ;	**子程序结束**

解释

程序执行中，如果检测出上述代码，系统结束程序执行，进入复位状态。执行 M99 后，光标返回到调用该子程序的主程序中；执行 M30 后，光标是否返回程序开头由参数“M30”（《连接调试手册》第 152 页 P2500.6）控制。

13.3 文件结束

在程序结束的后面，用%表示文件的结束。如果在程序结尾未执行 M30 就执行%，则系统变成复位状态。

14 简化编程功能

14.1 钻孔固定循环

钻孔用固定循环可以用包含 G 代码的一个程序段来完成，这样便可省掉在钻孔加工中通常要用多个程序段来指定使用频率较高的几个加工动作。因此，可以使程序得以简化。钻孔固定循环一览表如下。

G 代码	开孔动作	孔底动作	退刀动作	用途
G73	间歇进给	——	快速进给	高速深孔加工循环
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	反镗
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

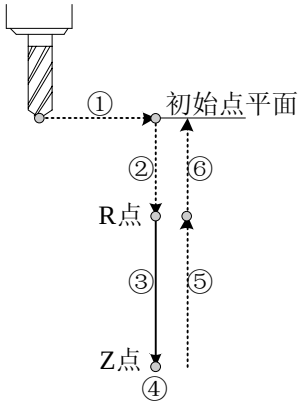
格式

G__ IP__ R__ Q__ P__ J__ F__ L__ ;

其相关地址说明如下表：

指定内容	地址	说明
孔加工方式	G	选择固定循环
孔加工方向	J	X 向：J1 Y 向：J2 Z 向：未输入或输入非 1 或 2，如 J0。 当“DRG954”（《连接调试手册》第 160 页 P3300.6）设为 1 时，钻孔固定循环中可以重新指定空间笛卡尔坐标系的轴。那么孔加工方向不再局限于 X/Z 轴，J1 对应笛卡尔坐标系的第一轴，J2 对应笛卡尔坐标系的第二轴，未输入 J 或输入其它值则对应笛卡尔坐标系的第三轴。
孔位置数据	IP 中非孔加工方向轴地址	用绝对值或增量值指定孔的位置，控制与 G00 定位时相同。 当“DRPNCA”（《连接调试手册》第 160 页 P3300.3）设为 1 时，钻孔固定循环中允许使用空间外轴参与孔位置定位。
孔加工数据	IP 中孔加工方	如下图所示，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

指定内容	地址	说明
	向地址	据孔加工方式不同，为快速进给或者用 F 代码指令的速度。
	R	如下图所示，用增量值指定的从初始点平面到 R 点的距离，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。时间与指定数值的关系和 G04 指定相同。
	F	指定切削进给速度。
循环次数	L	指令重复执行次数，未输入时为 1 次。



固定循环一般由下述六个动作组成：
①：定位
②：快速进给到R点
③：孔加工
④：孔底的动作
⑤：退回到R点
⑥：快速进给到初始点平面

快速进给
切削进给

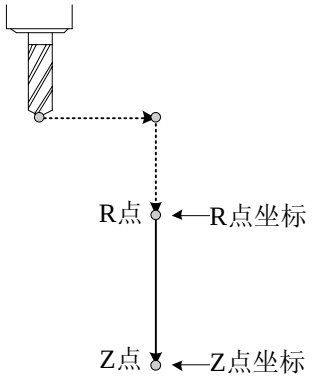
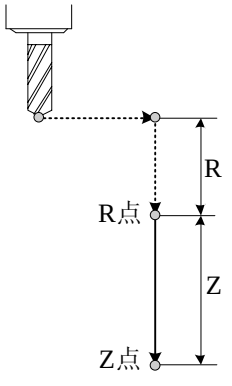
解释

- **绝对编程与相对编程**

对于 G 代码体系 A，用地址 X、Z 和 U、W 来区分绝对编程和相对编程。

对于 G 代码体系 B，用 G 代码 G90 和 G91 来区分绝对编程和相对编程。

通常，G 代码体系 A 只使用绝对编程。G 代码体系 B 的情况如下图所示。

G90（绝对值指令）	G91（增量值指令）
	

注

使用 G91 对 X 编程时，注意其同时对 R、Z 的影响。

- **指定钻孔轴**

1 指令 J1，表示钻孔轴为 X 轴。

2 指令 J2，表示钻孔轴为 Y 轴。

3 指令 J0 或不指令 J，表示钻孔轴为 Z 轴。

当“DRG954”（《连接调试手册》第 160 页 P3300.6）设为 1 时，钻孔固定循环中可以重新指定空间笛卡尔坐标系的轴。那么孔加工方向不再局限于 X/Y/Z 轴，J1 对应笛卡尔坐标系的第一轴，J2 对应笛卡尔坐标系的第二轴，未输入 J 或输入其它值则对应笛卡尔坐标系的第三轴。

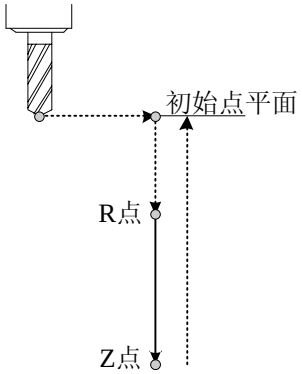
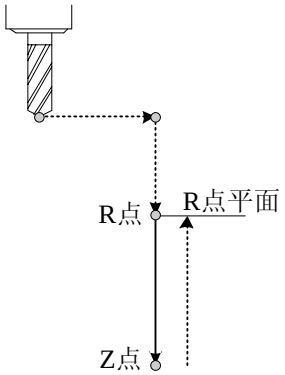
J 指令在连续的钻孔固定循环指令中模态保存，示例如下：

例

```
G84 X-50. F2. J1 ;   // X 向攻丝
X-80. ;              // X 向攻丝
G00 ;                // 出现非钻孔循环指令，前面的 J 模态数据被清除
G84 Z-50. F4. ;      // Z 向攻丝（未指令 J，默认 Z 向）
Z-60. ;              // Z 向攻丝
X-60. J1 ;           // X 向攻丝
```

- **返回点平面**

指令 G98，表示返回初始点平面；指令 G99，表示返回 R 点平面。通常，最初的孔加工用 G99，最后加工时用 G98。用 G99 状态加工孔时，初始点平面也不变化。

G98（返回到初始点平面）	**G99（返回到 R 点平面）**
	

注

1 初始点平面是表示从取消固定循环状态到开始固定循环状态的孔加工轴方向的绝对位置。

2 **G98 和 G99 指令仅在 G 代码体系 B 中支持。G 代码体系 A 中使用钻孔固定循环时，系统默认使用 G98 模态，即刀具只能从孔底返回到初始点平面。**

- **孔加工方式**

可供选择的孔加工固定循环指令包括：G73、G74、G76、G80~G89，都是模态 G 代码。

固定循环指令指定了孔加工所需全部数据，且这些数据都是模态的。遇到 G80 或 01 组 G 代码时，模态清除（L 地址除外）。进行连续孔加工时，只需在固定循环开始指定全部加工数据，其后只指定变更的数据即可。固定循环中按复位会消除模态数据。如下例所示：

例

N1 G00 X_ M3 ;	
N2 G81 X_ Z_ R_ F_ ;	因为是开始，对 Z、R、F 要指定需要的值。
N3 X_ ;	因为和 N2 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。用 G81 方式加工孔进一次。
N4 G82 X_ P_ ;	相对于 N3 位置只在 X 轴方向移动。用 G82 方式加工，并用 N2 中已指定的 Z、R、F 和 N4 中指定的 P 为孔加工数据进行孔加工。
N5 G80 G00 X_ M05 ;	不进行孔加工。取消全部孔加工数据，F 除外。
N6 G85 X_ Z_ R_ P_ ;	因为在 N5 中取消了全部数据，所以 Z、R 需要再次指定，F 与 N2 中指定的相同，故可省略。P 在此程序段中不需要，只是保存起来。
N7 X_ Z_ ;	只是与 N6 的 Z 值不同的孔加工，并且孔位置在 X 轴方向有移动。
N8 G89 X_ ;	把 N7 中已指定的 Z，N6 中已指定的 R、P 和 N2 中指定的 F 作为孔加工数据，进行 G89 方式的孔加工。
N9 G01 X_ Z_ ;	消除孔加工方式和孔加工数据，F 除外。

注

F 指令的切削速度，即使取消了固定循环也保持。

- **K 地址的指定**

当参数“KOE”（《连接调试手册》第 160 页 P3300.7）设为 1 时，在孔加工指令中，如果 K0 被指定，则保存孔加工数据，并定位到钻孔位置，但不向下钻孔。

注

1 如果 K 地址的指定值非 0，则产生报警（PS0195）。

2 如果未使能参数 KOE，当 X、Z、R 都未输入时，不执行任何动作，也不保存钻孔数据。

- **固定循环的取消**

指令 G80 或 01 组 G 代码均可取消固定循环。

限制

注

1 固定循环状态时，如果指令了 X、Z、R 数据中的任意一个则进行孔加工。当 X 和 G04 同时指定时，不进行孔加工。

2 指定钻孔指令前，先启动主轴旋转。如果钻孔指令和 M 代码在同一程序段指定，则在最初定位时送出 M 代码，并等待 M 代码执行结束后，才进行下个循环动作。

3 Q 和 P 的模态值仅在可进行孔加工动作的程序段中才被记忆。

4 刀具长度补偿应在固定循环指令之前指令。

5 固定循环中刀具偏移指令无效。

6 必须在改变钻孔轴或加工平面之前取消固定循环。

14.1.1 高速深孔加工循环（G73）

G73 循环为高速深孔钻循环，执行间歇进给直到孔底。

格式

G73 IP_ R_ Q_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

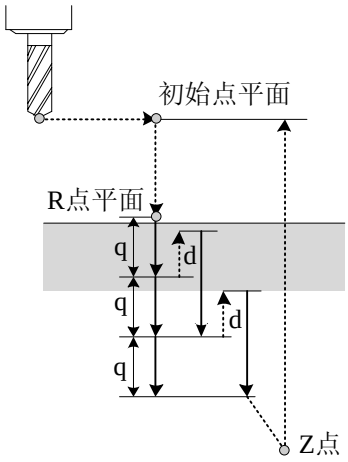
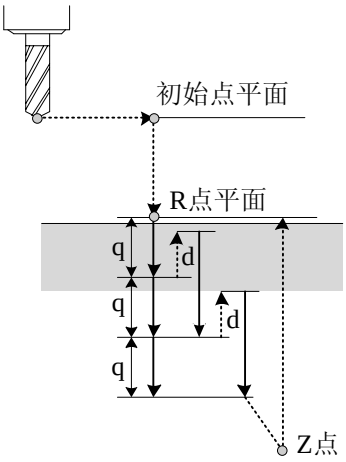
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

Q_：每次切削进给的进给量

J_：孔加工方向，参考第 91 页说明

F_：切削进给速度

L_：循环次数

G73（G98）	G73（G99）
	

解释

高速深孔钻循环沿钻孔轴间歇进给，到孔底后，用快速退回。当使用这个循环时，因为设定了回退量，所以切屑可以跟随刀具的回退排出孔外，提高钻孔速度和精度。

注

1 退刀量 d 可用参数（P3310）设定，钻孔轴方向间歇进给，为使深孔加工容易排屑。退刀量可设定为微小量，这样可以提高工效。退刀运动采用快速移动。

2 Q 值在固定循环内保持模态值，在 G76、G87 中用作孔底平移量，请小心指定。

举例

- **端面中心孔**

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101	T0101
M03 S800 ; 主轴旋转	M03 S800 ; 主轴旋转
G00 X0 Z50.0	G00 X0 Z50.0
G73 Z-50. R5.0. Q10. F100. ;	G99 G73 Z-50. R5.0. Q10. F100. ;
定位，钻孔然后返回初始点平面	定位，钻孔然后返回 R 点平面
G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点	G80 G00 X0.Z50. ; 取消固定循环，返回到加工起点
M05 ; 主轴停止	M05 ; 主轴停止

14.1.2 反攻丝循环（G74）

G74 循环为左旋攻丝循环，用于加工反螺纹。详细说明请参考第 112 页 II-14.2.2.2。

14.1.3 精镗循环（G76）

精镗循环用于镗削精密孔。当到达孔底后，主轴停止，刀具离开工件表面并退回。

格式

G76 IP_ R_ Q_ P_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

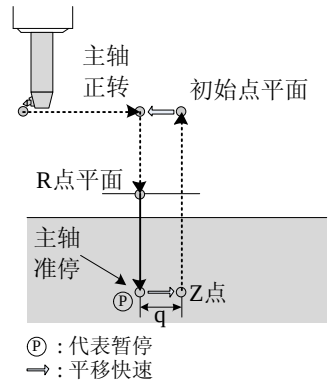
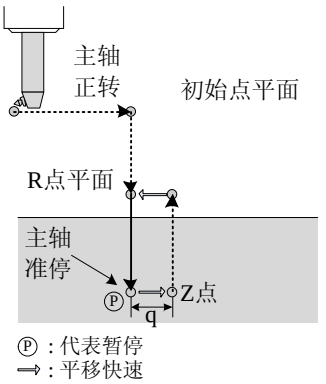
P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）

Q_：孔底的偏移量

J_：孔加工方向，参考第 91 页说明

F_：切削进给速度

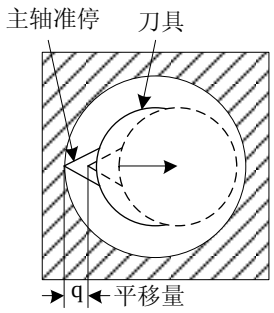
L_：循环次数

G76（G98）	G76（G99）
	

解释

精镗循环用于精密孔的镗削加工，主轴正转状态镗削至孔底，执行主轴准停，暂停时间 P，刀具以刀尖相反的方向平移距离 Q，使得刀具离开工件表面，刀具快速退回，完成精镗循环。

如下图所示，在孔底，通过定向信号，主轴停止在固定的回转位置上，向与刀尖相反的方向移动后退，不擦伤加工面，进行高精度、高效率镗削加工。



注

1 用地址 Q 指定位移量，Q 值必须是正值。即使用负值，符号也不起作用。位移方向（+X、-X、+Y、-Y）的选择，事先用参数 PM1（P3300.4）和 PM2（P3300.5）设定。

2 Q 值在固定循环内保持模态值，在 G83、G73 中用作每次切削深度，请小心指定。

举例

- **精镗端面中心孔**

以 1200rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度镗孔。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面		**G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面**	
T0101		T0101	
M03 S1200 ;	主轴旋转	M03 S1200 ;	主轴旋转
G00 X0 Z50.0		G00 X0 Z50.0	
G76 Z-50. R5.0.P1000 Q0.5. F100. ;		G99 G76 Z-50. R5.0. Q0.5 P1000 F100. ;	
	定位，钻孔然后返回初始点平面		定位，钻孔然后返回 R 点平面
G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点	G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点
M05 ;	主轴停止	M05 ;	主轴停止

14.1.4 钻孔循环、点钻循环（G81）

G81 是通用钻孔加工循环指令。

格式

G81 IP_ R_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

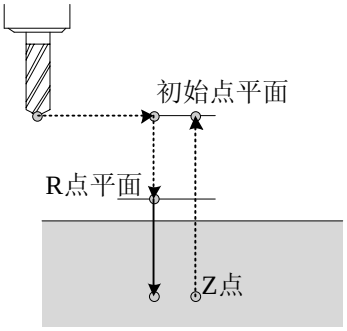
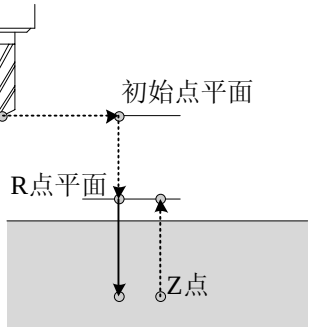
IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

J_：孔加工方向，参考第 91 页说明

F_：切削进给速度

L_：循环次数

G81（G98）	G81（G99）
	

解释

刀具定位后，快速移动到 R 点，沿着钻孔轴方向钻到孔底，然后刀具快速退回。

举例

- **端面中心孔**

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面		G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面	
T0101		T0101	
M03 S800 ;	主轴旋转	M03 S800 ;	主轴旋转
G00 X0 Z50.0		G00 X0 Z50.0	
G81 Z-20. R5.0 F100. ;		G99 G81 Z-20. R5.0 F100. ;	
	定位，钻孔然后返回初始点平面		定位，钻孔然后返回 R 点平面
G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点	G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点
M05 ;	主轴停止	M05 ;	主轴停止

14.1.5 钻孔循环、镗阶梯孔循环（G82）

G82 是通用钻孔加工循环指令，刀具在孔底暂停后返回。由于孔底暂停，在盲孔加工中，可提高孔深的精度。

格式

G82 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

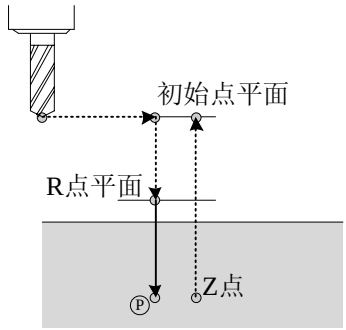
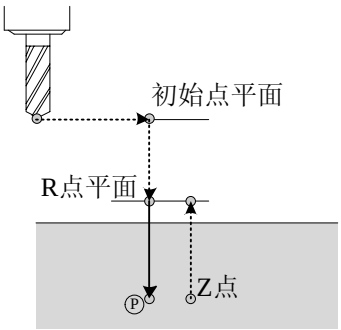
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）

J_：孔加工方向，参考第 91 页说明

F_：切削进给速度

L_：循环次数

G82（G98）	G82（G99）
 Ⓟ代表暂停	 Ⓟ代表暂停

解释

刀具在定位后，快速移动到 R 点，沿着钻孔轴方向钻到孔底，暂停时间 P，然后刀具快速退回。

举例

- **端面中心孔**

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面		G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面	
T0101		T0101	
M03 S800 ;	主轴旋转	M03 S800 ;	主轴旋转
G00 X0 Z50.0		G00 X0 Z50.0	
G82 Z-20. R5.0 P1000 F100. ;		G99 G82 Z-20. R5.0 P1000 F100. ;	
	定位，钻孔然后返回初始点平面		定位，钻孔然后返回 R 点平面
G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点	G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点
M05 ;	主轴停止	M05 ;	主轴停止

14.1.6 深孔加工循环（G83）

G83 是深孔加工循环指令，执行间歇攻孔到孔底，然后快速退出。

格式

G83 IP_ R_ Q_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

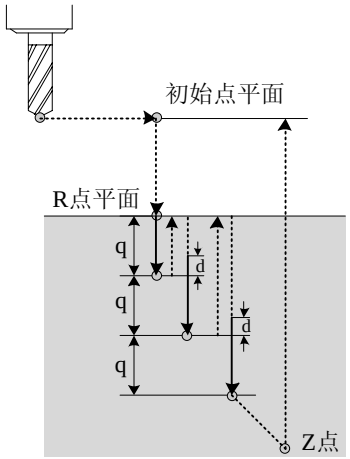
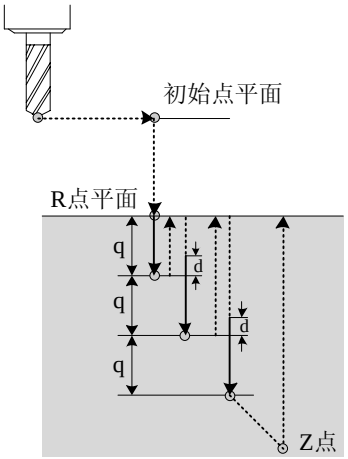
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

Q_：每次切削进给的进给量

J_：孔加工方向，参考第 91 页说明

F_：切削进给速度

L_：循环次数

G83（G98）	G83（G99）
	

解释

按上述格式指令，Q 为每次的切入量，用增量值指令。当第二次以后切入时，先快速进给到距刚加工完的位置 d（毫米或英寸）处，然后变为切削进给。Q 值必须是正值，即使指令了负值，符号也无效。d 用参数（P3311）设定。

注

Q 值在固定循环内保持模态值，在 G76、G87 中用作孔底平移量，请小心指定。

举例

- **端面中心孔**

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面		G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面	
T0101		T0101	
M03 S800 ;	主轴旋转	M03 S800 ;	主轴旋转
G00 X0 Z50.0		G00 X0 Z50.0	
G83 Z-50. R5.0. Q5.0 F100. ;		G99 G83 Z-50. R5.0. Q5.0 F100. ;	
	定位，钻孔然后返回初始点平面		定位，钻孔然后返回 R 点平面
G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点	G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点
M05 ;	主轴停止	M05 ;	主轴停止

14.1.7 攻丝循环（G84）

G84 循环为攻丝循环，用于加工正旋螺纹。详细说明请参考第 111 页 II-14.2.2.1。

14.1.8 镗削循环（G85）

G85 用于镗削加工，加工完后，可以再用 G76 进行精镗。循环过程同 G84，只是在孔底主轴不反转，也没有暂停时间。

格式

G85 IP_ R_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

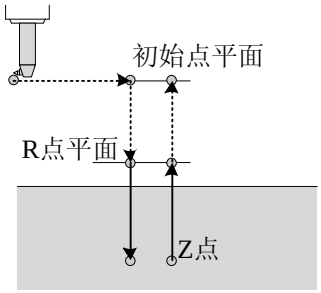
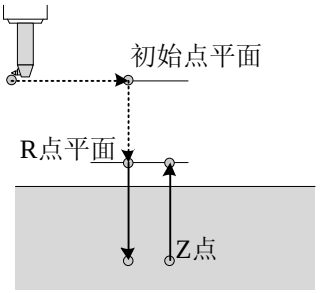
IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

J_：孔加工方向，参考第 91 页说明

F_：切削进给速度

L_：循环次数

G85（G98）	G85（G99）
	

解释

刀具在定位后，快速移动到 R 点，沿着 Z 向切削到孔底，再以切削速度退出，然后刀具返回 R 点或初始平面。

举例

- **端面中心孔**

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面		G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面	
T0101		T0101	
M03 S800 ;	主轴旋转	M03 S800 ;	主轴旋转
G00 X0 Z50.0		G00 X0 Z50.0	
G85 Z-20. R5.0 F100. ;		G99 G85 Z-20. R5.0 F100. ;	
	定位，钻孔然后返回初始点平面		定位，钻孔然后返回 R 点平面
G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点	G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点
M05 ;	主轴停止	M05 ;	主轴停止

14.1.9 镗削循环（G86）

G86 用于镗削加工，加工完后，可以再用 G76 进行精镗。循环过程同 G81，只是在孔底主轴停转。

格式

G86 IP_ R_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

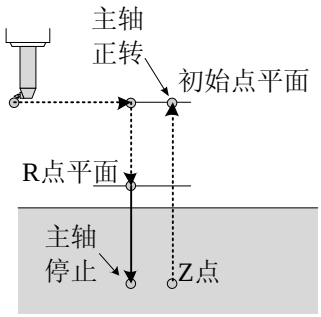
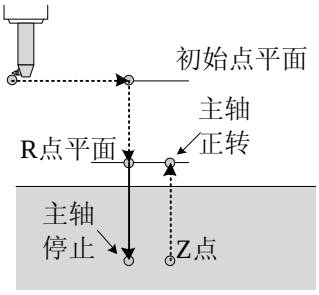
IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

J_：孔加工方向，参考第 91 页说明

F_：切削进给速度

L_：循环次数

G86（G98）	G86（G99）
	

解释

刀具在定位后，快速移动到 R 点，沿着 Z 向切削到孔底，主轴停转，然后刀具快速返回 R 点或初始平面，主轴正转启动。

举例

- **端面中心孔**

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面		G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面	
T0101		T0101	
M03 S800 ;	主轴旋转	M03 S800 ;	主轴旋转
G00 X0 Z50.0 ;		G00 X0 Z50.0 ;	
G86 Z-20. R5.0 F100. ;		G99 G86 Z-20. R5.0 F100. ;	
	定位，钻孔然后返回初始点平面		定位，钻孔然后返回 R 点平面
G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点	G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点
M05 ;	主轴停止	M05 ;	主轴停止

14.1.10 镗削循环、反镗循环（G87）

G87 循环用于镗削精密孔。

格式

G87 IP_ R_ Q_ P_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到指定位置的距离（增量值）或指定位置的坐标（绝对值）

R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

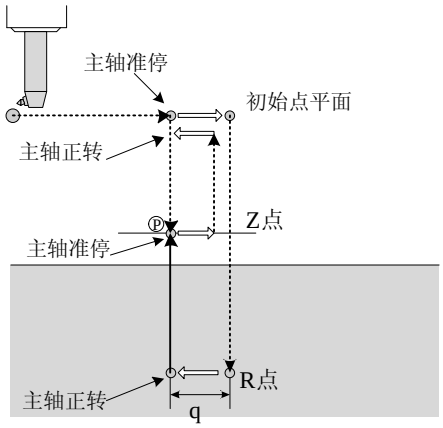
P_：孔顶 Z 点暂停时间（单位 0.001 秒）

Q_：孔底的偏移量

J_：孔加工方向，参考第 91 页说明

F_：切削进给速度

L_：循环次数

G87（G98）	G87（G99）
 Ⓟ 代表暂停	不适用

解释

定位后，主轴在预定的回转位置停止，然后向刀具的相反方向位移 Q，用快速进给在孔底（R 点）定位，然后在此位置快速进给一个位移量 Q，主轴正转后沿钻孔轴的正向镗孔到钻孔轴指令位置。在此位置，使主轴再次停止在预定的位置后，再向刀尖反方向位移 Q，然后刀具从孔中退出。返回到初始点后，进给一个位移量，主轴正转，进行下个程序段动作。关于位移量及其方向，与 G76 完全相同。主轴预定回转位置的工作方式如下：

诊断参数“M19S”（《连接调试手册》第 216 页 K005.2）设为 1，系统运行 G76 或 G87 指令，动作执行到主轴定向时，系统发出主轴定向信号（即输出口 M19O=1），然后等待，当定向完成（即输入口 M19I=1），系统继续往下执行，完成循环过程。

注

1 用地址 Q 指定位移量，Q 值必须是正值。即使用负值，符号也不起作用。位移方向（+X、-X、+Y、-Y）的选择，事先用参数 PM1（P3300.4）和 PM2（P3300.5）设定。

2 Q 值在固定循环内保持模态值，在 G83、G73 中用作每次切削深度，请小心指定。

举例

- **反精镗端面中心孔**

以 1200rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面		G 代码体系 B，刀具返回到初始点平面	
T0101		T0101	
M03 S1200 ;	主轴旋转	M03 S1200 ;	主轴旋转
G00 X0 Z50.0		G00 X0 Z50.0	
G87 Z5.0. R-30.0.P1000 Q0.5. F100. ;	定位，向刀尖相反方向偏移，快速进给到初始平面，进刀偏移，镗 1 孔到 Z 点，暂停，主轴停转，主轴定向，退刀偏移，快速退出，偏移，返回到初始平面	G98 G87 Z5.00. R-30.0 Q0.5 P1000 F100. ;	定位，向刀尖相反方向偏移，快速进给到初始平面，进刀偏移，镗 1 孔到 Z 点，暂停，主轴停转，主轴定向，退刀偏移，快速退出，偏移，返回到初始平面
G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点	G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点
M05 ;	主轴停止	M05 ;	主轴停止

14.1.11 镗孔循环（G88）

G88 循环自动进给，手动退出。

格式

G88 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

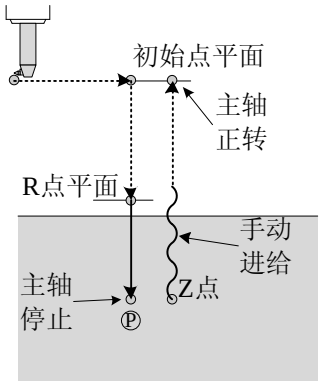
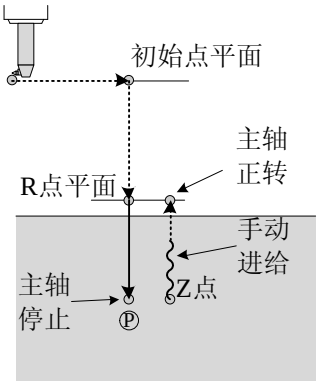
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）

J_：孔加工方向，参考第 91 页说明

F_：切削进给速度

L_：循环次数

G88（G98）	G88（G99）
 Ⓟ：代表暂停	 Ⓟ：代表暂停

解释

刀具定位后，快速移动到 R 点，执行镗孔到孔底，在孔底暂停，主轴停转。此时切换成手动状态，可以手动移出刀具。无论进行什么样的手动操作，都要以刀具从孔中安全退出为原则。再开始自动加工时，快速返回 R 点或初始平面后，主轴正转启动。

举例

- **端面中心孔**

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面		G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面	
T0101		T0101	
M03 S800 ;	主轴旋转	M03 S800 ;	主轴旋转
G00 X0 Z50.0		G00 X0 Z50.0	
G88 Z-20. R5.0 P1000 F100. ;		G99 G88 Z-20. R5.0 P1000 F100. ;	
	定位，镗孔然后返回初始点平面		定位，镗孔然后返回 R 点平面
G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点	G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点
M05 ;	主轴停止	M05 ;	主轴停止

14.1.12 镗孔循环（G89）

G89 用于镗削加工，加工完后，可以再用 G76 进行精镗。循环过程同 G85，只是在孔底有暂停时间。

格式

G89 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

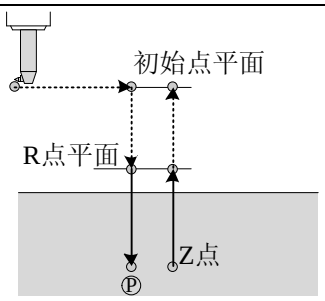
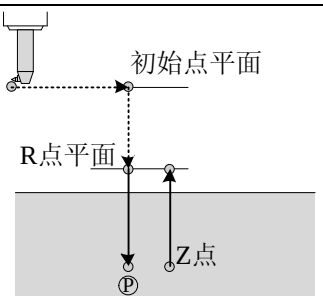
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

P_：在孔底的暂停时间（0.001 秒）

J_：孔加工方向，参考第 91 页说明

F_：切削进给速度

L_：循环次数

G89（G98）	G89（G99）
 Ⓟ：代表暂停	 Ⓟ：代表暂停

解释

G89 循环和 G85 一样，只是在孔底增加了暂停时间，可以提高盲孔的加工精度。

举例

- **端面中心孔**

以 800rev/min 的主轴转速，F100mm/min 的速度加工。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面		G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面	
T0101		T0101	
M03 S800 ;	主轴旋转	M03 S800 ;	主轴旋转
G00 X0 Z50.0 ;		G00 X0 Z50.0 ;	
G89 Z-20. R5.0 P1000 F100. ;		G99 G89 Z-20. R5.0 P1000 F100. ;	
	定位，镗孔然后返回初始点平面		定位，镗孔然后返回 R 点平面
G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点	G80 G00 X0.Z50. ;	取消固定循环，返回到加工起点
M05 ;	主轴停止	M05 ;	主轴停止

14.1.13 固定循环取消（G80）

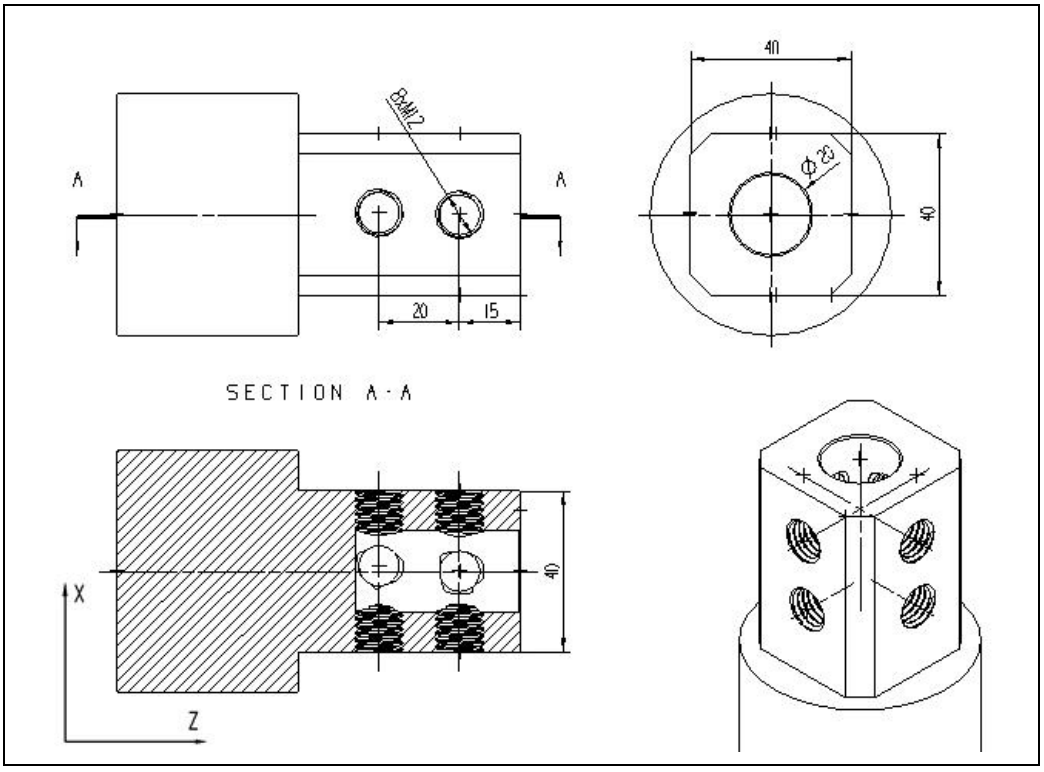
G80 用于取消钻孔固定循环状态。

格式

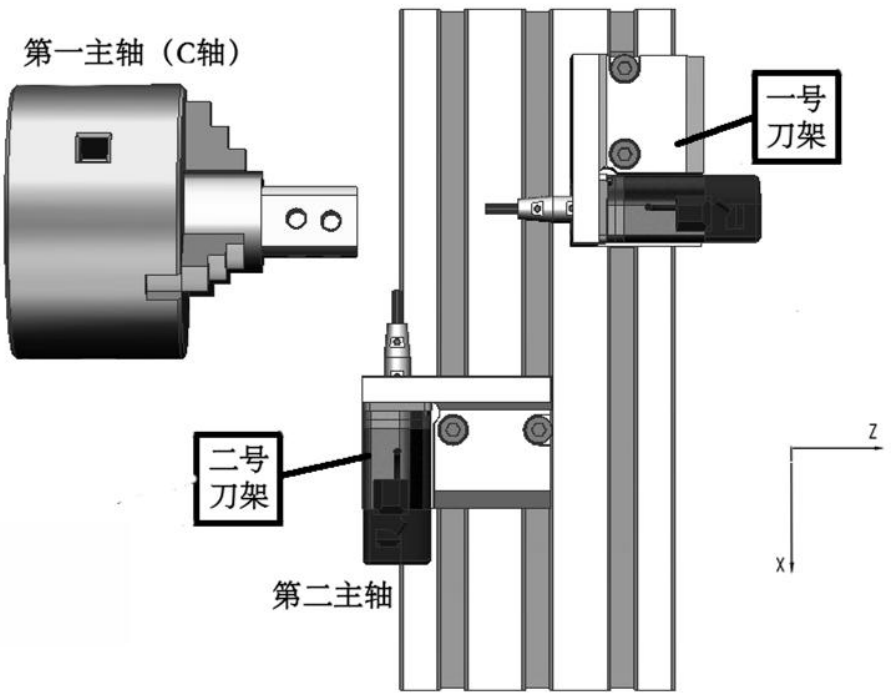
G80 ;

14.1.14 钻孔固定循环实例（使用刀具长度补偿）

- **工件尺寸数据 1**



- **车铣复合结构简图**



- **工艺步骤分析及刀具选择**

根据图纸标识，按如下工艺步骤加工：

1 端面中心Φ20 的孔，选用Φ8，Φ16，Φ19 钻头粗加工，再选用镗刀粗镗Φ20 的孔

(1) 钻Φ8 的孔，深 45，采用深孔加工循环 G83 指令

(2) 钻Φ16 的孔，深 45，采用高速深孔加工循环 G73 指令

(3) 钻Φ19 的孔，深 45，采用钻孔循环 G82 指令

(4) 粗镗Φ20 的孔，深 42，采用镗削循环 G85 指令

2 侧面 8 个 M12 的螺纹孔，底径为 10.25，选用Φ10.5 的钻头钻孔，最后选择 M12 丝锥攻丝

(1) 钻Φ10.5 的 8 个孔，深,18，采用点钻循环 G81 指令

(2) 攻 M12 的孔深 18，采用 G84 右旋攻丝指令

3 精镗端面Φ20 的孔，采用 G76 指令

刀架及刀具编号：

1 平行于 Z 轴为 1 号刀架，安装Φ8，Φ16，Φ19.5 钻头和精镗刀，Φ8 钻头选用刀补号 1，Φ16 钻头选用刀补号 2，Φ19 钻头选用刀补号 3，粗镗刀选用刀补号 4，精镗刀选用刀补号 7

2 垂直于 Z 轴为 2 号刀架，安装Φ10.5 钻头和 M12 丝锥，Φ10.5 钻头选用刀补号 5，M12 丝锥选用刀补号 6

3 采用绝对对刀方式，逐一对刀，输入测量值到相应的刀补号中。

- **加工程序**

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	**G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面**
O8000 T0101 ; 调用Φ8 钻头 M03 S800 ; 第一主轴正转 G00 X0 Z50.0 ;	O8000 T0101 ; 调用Φ8 钻头 M03 S800 ; 第一主轴正转 G00 X0 Z50.0 ;

G83 Z-45.0 R5.0. Q5.0 F100 ; 加工Φ8 的孔	G98 G83 Z-45.0 R5.0. Q5.0 F100 ; 加工Φ8 的孔
G80 ;	G80 ;
T0102 ; 调用Φ16 钻头	T0102 ; 调用Φ16 钻头
G00 X0 Z50.0 ;	G00 X0 Z50.0 ;
G73 Z-45.0 R5.0. Q10.0 F100 ; 加工Φ16 的孔	G98 G73 Z-45.0 R5.0. Q10.0 F100 ; 加工Φ16 的孔
G80 ;	G80 ;
T0103 ; 调用Φ19 钻头	T0103 ; 调用Φ19 钻头
G00 X0 Z50.0 ;	G00 X0 Z50.0 ;
G82 Z-45.0 R5.0 P1000 F100 ; 加工Φ19 的孔	G98 G82 Z-45.0 R5.0 P1000 F100 ; 加工Φ19 的孔
G80 ;	G80 ;
T0104 ; 调用粗镗刀	T0104 ; 调用粗镗刀
S1200 ; 升高转速	S1200 ; 升高转速
G00 X0 Z50.0 ;	G00 X0 Z50.0 ;
G85 Z-42.0 R5.0 F100 ; 粗镗孔	G98 G85 Z-42.0 R5.0 F100 ; 粗镗孔
G80 ;	G80 ;
G00 X80.0 Z100.0 ; 退刀到安全位置	G00 X80.0 Z100.0 ; 退刀到安全位置
M05 ; 第一主轴停止	M05 ; 第一主轴停止
T0205 ; 调用Φ10.5 钻头	T0205 ; 调用Φ10.5 钻头
M60 ; C 轴进入位置模式	M60 ; C 轴进入位置模式
G00 C0 ; C 轴分度到 0 度	G00 C0 ; C 轴分度到 0 度
M38 ; C 轴夹紧	M38 ; C 轴夹紧
M13 S800 ; 启动第二主轴	M13 S800 ; 启动第二主轴
G00 X80.0 Z-15.0 ;	G00 X80.0 Z-15.0 ;
G81 X18.0 R5.0 F100 ; 加工Φ10.5 的孔	G99 G81 X18.0 R5.0 F100 ; 加工Φ10.5 的孔
Z-35.0 ;	G98 Z-35.0 ;
M39 ; C 轴放松	M39 ; C 轴放松
G00 C90.0 ; C 轴分度到 90 度	G00 C90.0 ; C 轴分度到 90 度
M38 ; C 轴夹紧	M38 ; C 轴夹紧
G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工Φ10.5 的孔	G99 G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工Φ10.5 的孔
Z-35.0 ;	G98 Z-35.0 ;
M39 ; C 轴放松	M39 ; C 轴放松
G00 C180.0 ; C 轴分度到 180 度	G00 C180.0 ; C 轴分度到 180 度
M38 ; C 轴夹紧	M38 ; C 轴夹紧
G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工Φ10.5 的孔	G99 G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工Φ10.5 的孔
Z-35.0 ;	G98 Z-35.0 ;
M39 ; C 轴放松	M39 ; C 轴放松
G00 C270.0 ; C 轴分度到 270 度	G00 C270.0 ; C 轴分度到 270 度
M38 ; C 轴夹紧	M38 ; C 轴夹紧
G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工Φ10.5 的孔	G99 G81 X18.0 Z-15.0 R5.0 F100 ; 加工Φ10.5 的孔
Z-35.0 ;	G98 Z-35.0 ;
G80 ; 四面八个孔加工完成	G80 ; 四面八个孔加工完成
M39 ; C 轴放松	M39 ; C 轴放松

M15 ; 第二主轴停止	M15 ; 第二主轴停止
T0206 ; 调用 M12 的丝锥	T0206 ; 调用 M12 的丝锥
M13 S800 ; 启动第二主轴	M13 S800 ; 启动第二主轴
G00 X80.0 Z-15.0 ;	G00 X80.0 Z-15.0 ;
G00 C0 ; C 轴分度到 0 度	G00 C0 ; C 轴分度到 0 度
M38 ; C 轴夹紧	M38 ; C 轴夹紧
G84 X18.0 R5.0 P1000 F1.75 J1 ; 侧面攻丝	G99 G84 X18.0 R5.0 P1000 F1.75 J1 ; 侧面攻丝
Z-35.0 ;	G98 Z-35.0 ;
M39 ; C 轴放松	M39 ; C 轴放松
G00 C90.0 ; C 轴分度到 90 度	G00 C90.0 ; C 轴分度到 90 度
M38 ; C 轴夹紧	M38 ; C 轴夹紧
G84 X18.0 Z-15.0 R5.0 P1000 F1.75 J1 ; 侧面攻丝	G99 G84 X18.0 Z-15.0 R5.0 P1000 F1.75 J1 ; 侧面攻丝
Z-35.0 ;	G98 Z-35.0 ;
M39 ; C 轴放松	M39 ; C 轴放松
G00 C180.0 ; C 轴分度到 180 度	G00 C180.0 ; C 轴分度到 180 度
M38 ; C 轴夹紧	M38 ; C 轴夹紧
G84 X18.0 Z-15.0 R5.0 P1000 F1.75 J1 ; 侧面攻丝	G99 G84 X18.0 Z-15.0 R5.0 P1000 F1.75 J1 ;侧面攻丝
Z-35.0 ;	G98 Z-35.0 ;
M39 ; C 轴放松	M39 ; C 轴放松
G00 C270.0 ; C 轴分度到 270 度	G00 C270.0 ; C 轴分度到 270 度
M38 ; C 轴夹紧	M38 ; C 轴夹紧
G84 X18.0 Z-15.0 R5.0 P1000 F1.75 J1 ; 侧面攻丝	G99 G84 X18.0 Z-15.0 R5.0 P1000 F1.75 J1 ; 侧面攻丝
Z-35.0 ;	G98 Z-35.0 ;
G80 ; 四面 8 个孔加工完成	G80 ; 四面 8 个孔加工完成
M39 ; C 轴放松	M39 ; C 轴放松
M61 ; 轴退出位置模式	M61 ; C 轴退出位置模式
M15 ; 第二主轴停止	M15 ; 第二主轴停止
G00 X80 Z100.0 ; 退刀到安全位置	G00 X80 Z100.0 ; 退刀到安全位置
T0107 ; 调用精镗刀	T0107 ; 调用精镗刀
M03 S1200 ; 第一主轴正转	M03 S1200 ; 第一主轴正转
G00 X0 Z50.0 ;	G00 X0 Z50.0 ;
G76 Z-42.0 R5.0.P1000 Q0.5. F100 ; 精镗Φ20 的孔	G76 Z-42.0 R5.0.P1000 Q0.5. F100 ; 精镗Φ20 的孔
G80 ;	G80 ;
M05 ; 第一主轴停止	M05 ; 第一主轴停止
M30 ; 程序结束	M30 ; 程序结束

14.2 攻丝固定循环

14.2.1 模拟主轴攻丝（G93）

格式

G93 Zp_ F/I_ Q_ L_ P_ ;

Zp_：指定 Zp 轴终点坐标。

F/I_：攻丝导程。I 为英制导程指定，F 为公制导程指定。

Q_：起始角偏移。

L_：加工头数。

P_：孔低暂停时间（不包括主轴停止时间）。

解释

G93 为 01 组模态 G 代码。一般情况下，G93 后应指定 01 组其它模态 G 代码。

例

```
G93 Z-100. F5. ;    攻丝循环到 Z-100.后返回。
G00 X50. ;          X 向快速定位。
```

- **执行过程**

G93 执行过程如下：

1 Zp 轴向负方向按每转进给方式（切螺纹）进给。

2 运动到程序指定的坐标后，自动停止主轴转动。主轴完全停止后，自动反向旋转主轴，Zp 退回到起始位置。

3 停止主轴旋转，恢复程序段前指定的方向旋转主轴。

- **其他说明**

1 与螺纹加工相同，G93 攻丝过程中，加减速曲线为直线，加/减速度由参数（P6480/P6481）设定。

2 如果 Zp 正向运动后执行 G93，由于反向运动，系统会先执行反向间隙补偿。如果配步进电机堵转，可设置更小的间隙补偿速度，或在执行 G93 前，先指令 Zp 轴负向运动。

3 主轴制动时间参数的设置会影响主轴停止后反向启动旋转的时间，请注意设置。

注

1 Zp 必须为负向运动，否则产生报警（PS0012）。

2 不能编入除 Zp 以外的其它轴指令，否则产生报警（PS0012）。

3 G93 模态有效时，如果 Zp 轴未指令，则系统产生报警（PS0012）。（之前版本在 G93 模态有效时，如果 Zp 轴未指令，则按上次保存值运动。）

4 执行 G93 之前，必须启动主轴旋转。

5 要求机床的主轴刹车时间短。系统准备时按运动值+50.000，要求输出主轴停止时，运动长度不能超出 50mm 以上。

6 要求主轴转速不能过高。

7 本版本有 F122（FG93S1/FG93S3）输出信号和 G122（NG93W1/NG93W3）等待输入信号控制功能。具体参考 PLC 接口相关说明。

8 指定地址 I 时，为英制螺纹指定。可理解为移动 1 英寸时主轴的圈数，单位为牙/英寸。

9 系统配数字主轴时，也能用 G93 指令进行攻丝，加工效果比模拟主轴好

10 笛卡儿坐标系设定会更改攻丝进给轴。

14.2.2 数字主轴刚性攻丝（G84、G74）

当机床配数字主轴时，可采用攻丝循环指令（G84）和左旋攻丝循环指令（G74）实现刚性攻丝。这时，主轴电机的工作和进给轴电机一样，由攻丝进给轴和主轴之间的插补来执行攻丝。刚性方式执行攻丝时，主轴每旋转一周，沿攻丝轴产生一定的进给（螺纹导程）。即使在加减速期间，这个操作也不变化。这样的攻丝方式，不用标准攻丝方式中使用的浮动丝锥卡头，可得到较快和较精确的攻丝。

G98 和 G99 指令仅在 G 代码体系 B 中支持。如果要在 G 代码体系 A 中使用钻孔固定循环，系统默认使用 G98 模态，即刀具只能从孔底返回到初始点平面。

14.2.2.1 刚性攻丝（G84）

格式

G84 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

IP_（非攻丝轴）：孔位置数据

IP_（攻丝轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

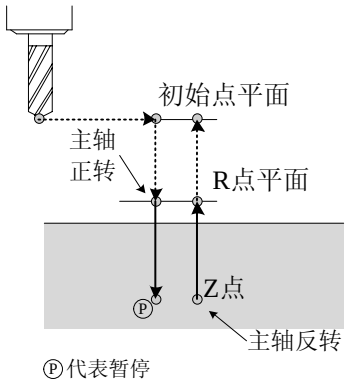
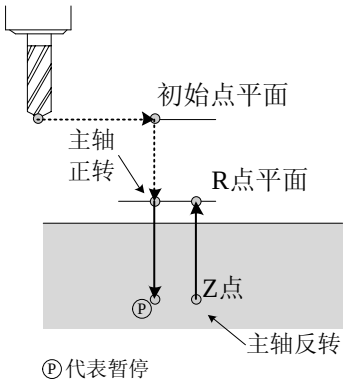
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）

J_：攻丝方向，参考第 91 页说明

F/I_：攻丝导程。I 为英制导程指定，F 为公制导程指定。

L_：循环次数

G84（G98）	G84（G99）
	

解释

- **运动过程**

定位后，执行快速移动到 R 点。从 R 点到孔底执行攻丝。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始终保持 100%。

- **主轴转速**

主轴转速由 S 指定，S 指令在 G84 之前或者和 G84 在同一程序段。

- **攻丝进给速度**

在攻丝加工中，进给轴的进给速度=导程 F*主轴转速 S。系统实际的进给速度为进给轴与主轴的合

成速度，这由系统自动计算。显示上，攻丝过程中 F 值显示为进给轴的进给速度。进给轴的进给速度不超过参数（P0713）设置的切削进给上限速度。

- **加减速控制**

数字主轴刚性攻丝加减速由曲线参数（P6414/P6415）和速度参数（P6434/P6435）设定。

- **数字主轴功能与 G120 接口**

数字主轴功能指的是专用数字主轴功能，非 NC 轴，NC 不能指令。G120 接口功能，可以指令 NC 轴作为 G84、G74 指令的攻丝主轴。这两个功能不能同时使用。

使用 G120 接口功能进行攻丝时，应将参数 UG120（P2700.3）设置为 1，否则为模拟主轴攻丝。配置数字主轴功能的系统应将参数 UG120（P2700.3）固化为 0。

有关 G120 接口功能详细说明，请参考 PLC 接口 G120 的有关说明。

注

1 当配置数字主轴功能时，在攻丝过程中，主轴工作方式不可以改变，否则产生报警（PS186）。
2 进给轴和主轴脉冲输出频率超过系统上限时，产生驱动器报警（3 指令速率过大）。
3 S 指令不可以为 0，否则产生报警（PS0011）。
4 G84 指令中，指定的攻丝长度不可以大于螺纹导程 F*1491，否则报警（PS0187）。
5 固定循环中刀具偏移指令无效。
6 固定循环中指定 01 组代码，则固定循环功能被取消。

举例

- **端面中心孔攻丝**

以 1000rev/min 的主轴转速，1.5mm 导程攻丝。

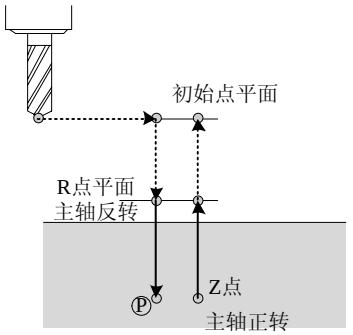
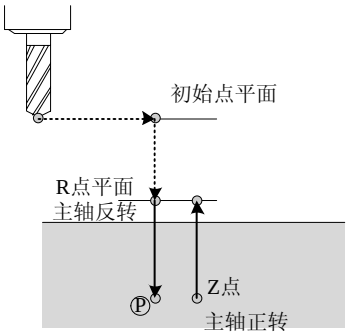
G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 ;	T0101;
M03 S1000; 主轴正转	M03 S1000; 主轴正转
G00 X0 Z30.;	G00 X0 Z30.;
G84 X0. Z-20. R5. P100 F1.5 ;	G99 G84 X0. Z-20. R5. P100 F1.5;
G80 ;	G80 ;
M05 ;	M05
M30 ;	M30 ;

14.2.2.2 左旋刚性攻丝（G74）

格式

G74 IP_ R_ P_ J_ F_ L_ ;

IP_（非攻丝轴）：孔位置数据
IP_（攻丝轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）
R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）
P_：孔底暂停时间（单位 0.001 秒）
J_：攻丝方向，参考第 91 页说明
F/I_：攻丝导程。I 为英制导程指定，F 为公制导程指定。
L_：循环次数

G74（G98）	G74（G99）
 Ⓟ：代表暂停	 Ⓟ：代表暂停

解释

该循环执行左旋攻丝，主轴反转状态攻入，到达孔底后主轴暂停时间 P，主轴正转退出，完成左旋攻丝动作。

注

G74 反攻丝循环中，进给速度倍率和进给保持无效。即使按下“进给保持”按键，在返回动作结束前也不停止。

举例

- **端面中心孔攻丝**

以 1000rev/min 的主轴转速，1.5mm 导程攻丝。

G 代码体系 A，刀具返回到初始点平面	G 代码体系 B，刀具返回到 R 点平面
T0101 ;	T0101;
M04 S1000 ; 主轴反转	M04 S1000 ; 主轴反转
G00 X0 Z30.;	G00 X0 Z30.;
G74 X0. Z-20. R5. P100 F1.5 ;	G99 G74 X0. Z-20. R5. P100 F1.5;
G80 ;	G80 ;
M05 ;	M05 ;
M30 ;	M30 ;

14.2.2.3 深孔刚性攻丝（排屑）循环（G84、G74）

在刚性攻丝方式中，深孔攻丝可能是困难的，因为切屑阻止刀具运动或者增加切削阻力。在这样的情况下，可使用深孔刚性攻丝（排屑）循环。在此循环中，系统会执行数次进刀直到孔底。深孔攻丝循环有两种方式：高速深孔攻丝循环和标准深孔攻丝循环，用参数“PCP”（《连接调试手册》第 156 页 P2700.7）来选择。

格式

G84/G74 IP_ R_ P_ Q_ J_ F_ L_ ;

IP_（非孔加工轴）：孔位置数据

IP_（孔加工轴）：从 R 点到孔底的距离（增量值）或孔底的坐标（绝对值）

R_：从初始点平面到 R 点的距离（增量值），或 R 点的坐标（绝对值）

P_：孔底暂停时间（0.001 秒）

Q_：每次切削进给的进给量

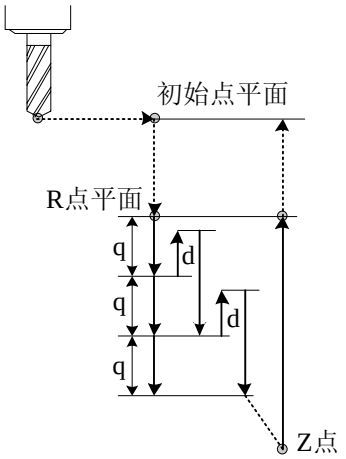
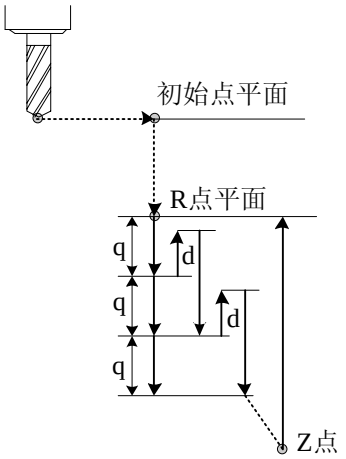
J_：孔加工方向，参考第 91 页说明

F/I_：攻丝导程。I 为英制导程指定，F 为公制导程指定。

L_：循环次数

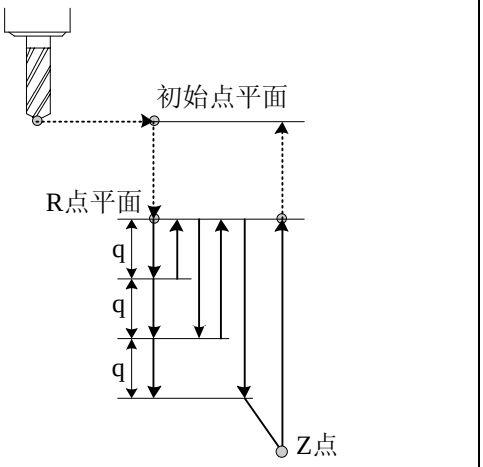
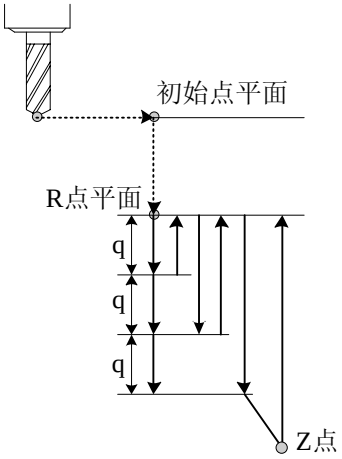
解释

- **高速深孔攻丝循环（PCP=1）**

G84/G74（G98）	G84/G74（G99）
	

如上图所示，攻丝孔位定位后，执行快速移动到 R 点。从 R 点用进刀深度 Q（每次切削进给的进给量）执行切削，然后刀具退回距离 d。当到达 Z 点时，主轴停止，然后以相反方向旋转后退。在参数“深孔刚性攻丝循环后退距离 d”（《连接调试手册》第 161 页 P3410）中设定后退距离 d。

- **标准深孔攻丝循环（PCP=0）**

G84/G74（G98）	G84/G74（G99）
	

如上图所示，攻丝孔位定位后，执行快速移动到 R 点。从 R 点用进刀深度 Q（每次切削进给的进给量）执行切削，然后返回到 R 点。再从 R 点开始下一次进刀。当到达 Z 点时，主轴停止，然后以相反方向旋转后退。

注

1 必须在攻丝程序段中指定 Q。如果在非攻丝程序段中指定 Q，则不能作为模态数据存储。当 Q0 被指定时，不执行深孔刚性攻丝循环。

2 其他注意点参考刚性攻丝（G84）的说明。

14.3 直线角度编程功能

本系统支持直线角度编程功能，配合倒角和倒圆编程功能，可实现图纸尺寸编程功能。设定“ANGPM”（《连接调试手册》第 134 页 P0003.7）为 1 时，该机能有效。

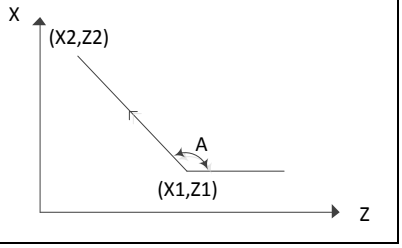
格式

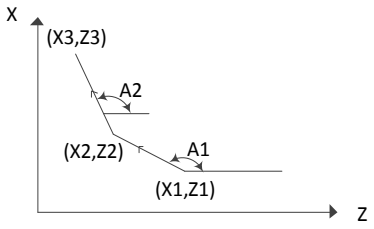
指令格式表示 G18 平面(ZX 平面)时的例子。可以在 G17 平面(XY 平面)、G19 平面(YZ 平面)上以下列格式指定本功能。

格式变化如下：

G17 平面：“Z”→“X”，“X”→“Y”

G19 平面：“Z”→“Y”，“X”→“Z”

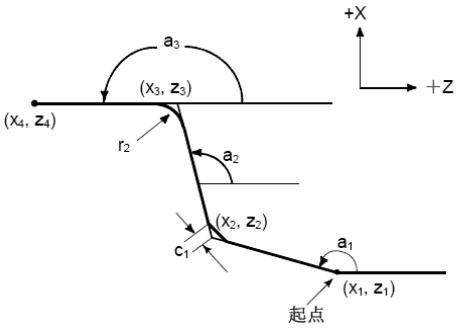
序号	指令		刀具的运动
	CENCW（P2500.2）=0	CENCW（P2500.2）=1	
1	G01 X2_(Z2_) NA_；	G01 X2_(Z2_) ,A_；	

序号	指令		刀具的运动
	CENCW（P2500.2）=0	**CENCW（P2500.2）=1**	
2	G01 NA1_; G01 X3_ Z3_ NA2_; (X3_Z3_需绝对指定)	G01 ,A1_; G01 X3_ Z3_ ,A2_; (X3_Z3_需绝对指定)	

解释

下图所示加工图纸的程序如下：

当CENCW=0时
G01 X(x1) Z(z1) F(f) ; // 起点
X(x2) Z(z2) NC(c1) ;
X(x3) Z(z3) NR(r2) ;
X(x4) Z(z4) ;
或
G01 X(x1) Z(z1) F(f) ; // 起点
NA(a1) NC(c1);
X(x3) Z(z3) NA(a2) NR(r2) ;
X(x4) Z(z4) ;
当CENCW=1时
G01 X(x1) Z(z1) F(f) ; // 起点
X(x2) Z(z2) ,C(c1) ;
X(x3) Z(z3) ,R(r2) ;
X(x4) Z(z4) ;
或
G01 X(x1) Z(z1) F(f) ; // 起点
,A(a1) ,C(c1);
X(x3) Z(z3) ,A(a2) ,R(r2) ;
X(x4) Z(z4) ;



限制

注

1 在下面的程序中，计算交点的角度公差是±1 度。(因为在交点计算中求出的移动量太大)
(1) X_ NA_；(将角度指令 NA 指定为 0 度或 180 度的±1 度范围内的值时，报警 PS0425)
(2) Z_ NA_；(将角度指令 NA 指定为 90 度或 270 度的±1 度范围内的值时，报警 PS0425)

2 计算焦点时，由两条直线构成的角度差在±1 度范围内时，会有报警 PS0428。

3 编程的角度为直线与平面第 1 轴的夹角，逆时针为正，顺时针为负。但系统内部使用其正切值(斜率)进行运算，实际角度可能与用户编入的角度相差 180 度。

4 对于位于仅指定了角度指令的程序段后面的程序段，必须指定两个坐标的绝对指令值和角度指令，否则报警 PS0426。

例: N1 G01 NA_. ;

N2 G01 X_ Z_ NA_ ;

N2 段的平面必须与 N1 段一致，如果 N2 段切换平面，那么报警 PS0432。如果 N2 段输入坐标非绝对编程，那么报警 PS0427。

5 对于编程了角度的程序段，限制如下：

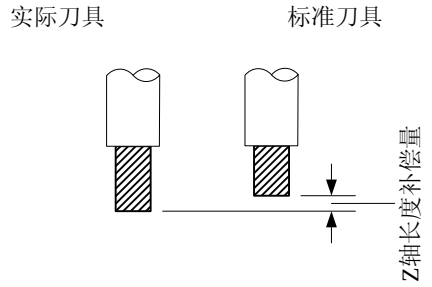
- 不允许变更公英制状态(G20/G21)。否则报警 PS0429
- 前一段 G01 程序段只有角度时，后一段不允许变更平面。否则报警 PS0432

6 直线角度编程机能可以和倒角和倒圆编程机能同时使用。

15 补偿功能

15.1 刀具长度补偿（G43、G44、G49）

把编程时假设的标准刀具与实际进行加工时使用的刀具长度值之差设置到刀补存储器里。加工工件时，不需要修改程序，只需要指定相应的刀补号，就可以使用不同长度的刀具来加工相同的工件。这就是刀具长度补偿功能。



格式

G43 Z_ H_ ;

G44 Z_ H_ ;

G43：正向长度补偿

G44：负向长度补偿

H：补偿号

解释

- **补偿方向**

无论是绝对值编程，还是增量值编程，当指定 G43 时，程序中 Z 轴移动的终点坐标值加上用 H 代码指定的长度补偿值（在刀补存储器中）作为终点坐标值；当指定 G44 时，程序中 Z 轴移动的终点坐标值减去 H 代码指定的长度补偿值作为终点坐标值。

当 Z 轴移动省略时，仅仅移动刀具长度补偿的值。当补偿量是负值时，移动方向相反。

G43，G44 是模态 G 代码，在遇到同组其他 G 代码之前一直有效。

- **补偿号**

补偿号最大可以指定的范围是 H00~H128。在 LCD/MDI 面板，可把补偿号 H01~H128 对应的长度补偿量事先设定在刀补存储器中。与补偿号 H00 对应的刀具长度补偿值始终为 0，无法设定。

刀具长度形状补偿量允许输入范围为[-10000.000，10000.000]，磨损补偿量允许输入范围由参数“刀具磨损补偿最大值”（《连接调试手册》第 160 页 P3220）决定。“刀具磨损补偿最大值”的范围为[1.000~10000.000]，假设该参数的值为 α，那么磨损补偿量的允许输入范围为[-α，α]。执行时刀具长度补偿量为形状补偿量与磨损补偿量之和。

- 刀具补偿号与形状补偿变量号对应表：

补偿号	1 轴长度补偿形状变量号	2 轴长度补偿形状变量号	3 轴长度补偿形状变量号	4 轴长度补偿形状变量号	半径补偿形状变量号
1	#10001	#20001	#30001	#40001	#90001
2	#10002	#20002	#30002	#40002	#90002
……	……	……	……	……	……
128	#10128	#20128	#30128	#40128	#90128

- 刀具补偿号与磨损补偿变量号对应表：

补偿号	1 轴长度补偿磨损变量号	2 轴长度补偿磨损变量号	3 轴长度补偿磨损变量号	4 轴长度补偿磨损变量号	半径补偿磨损变量号
1	#18001	#28001	#38001	#48001	#98001
2	#18002	#28002	#38002	#48002	#98002
……	……	……	……	……	……
128	#18128	#28128	#38128	#48128	#98128

注

1 参数 OFL（P3201.0）指令该轴是否允许长度补偿，默认情况下，第 3 轴（Z 轴）允许长度补偿

2 变更补偿号而改变长度补偿量时，只是变成新的补偿量，而不是新的补偿量与旧的补偿量相加。例如：

H01 长度补偿量 20.0

H02 长度补偿量 30.0

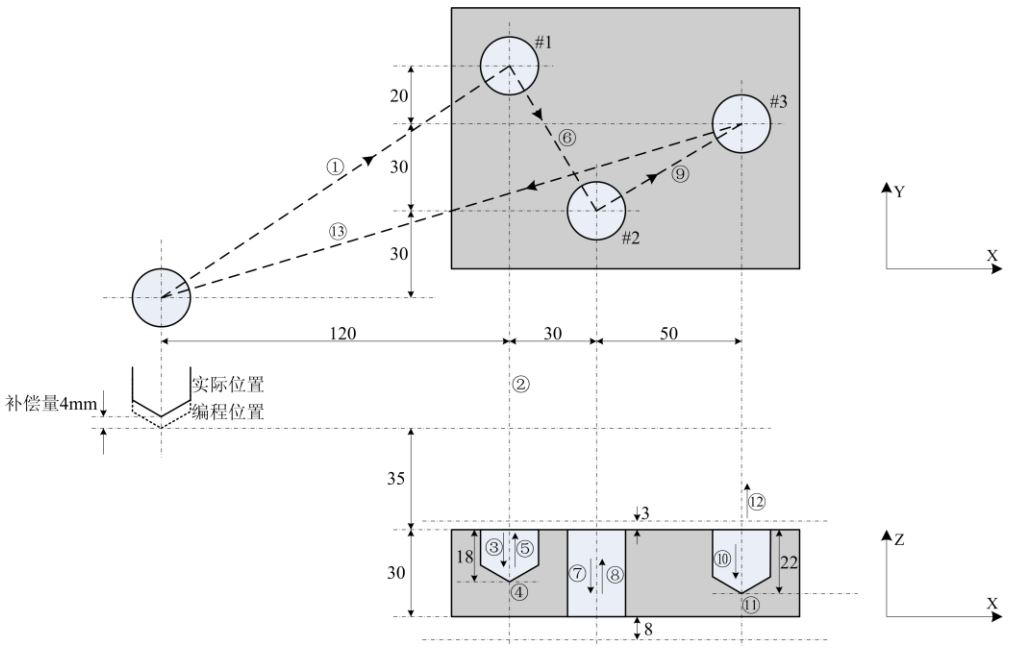
G90 G43 Z100.0 H01 ; Z 走到 120.0

G90 G43 Z100.0 H02 ; Z 走到 130.0

- **取消刀具长度补偿**

用 G49 或者 H00 取消刀具长度补偿。指令 G49 或 H00 后，系统立即取消补偿。

举例



加工程序（H1=-4.0mm）

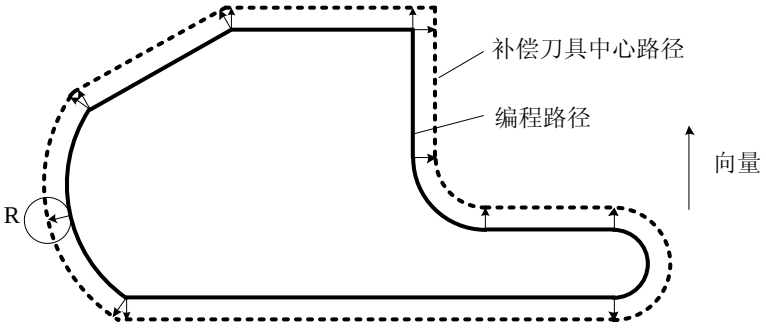
```
N1 G91 G00 X120.0 Y80.0 ;          （1）
N2 G43 Z-32.0 H1 ;                 （2）
N3 G01 Z-21.0 F1000 ;              （3）
N4 G04 P2000 ;                     （4）
N5 G00 Z21.0 ;                     （5）
N6 X30.0 Y-50.0 ;                  （6）
N7 G01 Z-41.0 ;                    （7）
N8 G00 Z41.0 ;                     （8）
N9 X50.0 Y30.0 ;                   （9）
N10 G01 Z-25.0 ;                   （10）
N11 G04 P2000 ;                    （11）
N12 G00 Z57.0 H0 ;                 （12）
N13 X-200.0 Y-60.0 ;               （13）
N14 M02 ;                          （14）
```

15.2 刀具半径补偿（G40~G42）

15.2.1 概要

刀具半径补偿机能就是可以使刀具在相对于编程路径偏移一个刀具半径值的轨迹上运动的功能。使用该功能，用户只需要根据零件形状来编写 NC 程序，而不需要考虑刀具半径等因素，系统内部自动根据指定的补偿号计算出补偿向量及刀具中心轨迹，完成加工过程。

当参数“CRC”（《连接调试手册》第 134 页 P0002.1）设为 1 时，该功能才有效。



刀具半径补偿

15.2.2 补偿指令

格式

- **刀具半径补偿开始**

G00/G01 G41/G42 IP_ H_（或 D_）；

G41：刀具半径补偿（左）

G42：刀具半径补偿（右）

IP_：轴移动的指令值

H_（或 D_）：刀具半径补偿号

当参数“DRCMP”（《连接调试手册》第 158 页 P3200.6）设为 1 时，使用 D 代码代替 H 代码作为半径补偿号。

- **刀具半径补偿取消**

G40 IP_ ;

或

H00 ;

或

D00 ;

G40：刀具半径补偿取消

IP_：轴移动的指令值

H00（或 D00）：指定补偿号 00

解释

- **DRCMP**

DRCMP 设为 0 时：

1 开启刀具长度补偿时，必须同时指令 H，否则系统发出 PS321 报警：“刀具长度补偿未指令 H”；

2 如果同时编入 G41/G42 G43/G44 H_，那么刀具长度补偿与刀具半径补偿的刀补号相同，刀补值分别由对应刀补号中设定的长度补偿值和半径补偿值确定；

3 在已开启刀具长度补偿的状态下，指令开启刀具半径补偿的刀补号不影响刀具长度补偿的刀补号，反之亦然；

4 在已开启刀具长度补偿和刀具半径补偿的状态下，单独指令 H 代码，变更刀具半径补偿值，但不变更刀具长度补偿值；

5 在已开启刀具长度补偿和刀具半径补偿的状态下，指令 G43/G44 H_;可以变更刀具长度补偿号，

但不变更刀具半径补偿号；

DRCMP 设为 1 时，开启长度补偿时可以省略指令 H，此时长度补偿刀补号为上次开启长度补偿时使用的刀补号。

- **半径补偿指令**

用 G40，G41，G42 指令刀具半径补偿向量的取消及进行。

G 代码	组	机能
G40	07	取消刀具半径补偿
G41	07	刀具半径补偿（左）
G42	07	刀具半径补偿（右）

G40，G41 及 G42 是 07 组的 G 代码，它们与 G00，G01，G02，G03 指令组合，定义刀具运动方式、半径补偿类型及补偿方向。

- **补偿号**

当参数“DRCMP”（《连接调试手册》第 158 页 P3200.6）设为 0 时，使用 H 代码指定半径补偿号；DRCMP 设为 1 时，使用 D 代码代替 H 代码指定半径补偿号。

补偿号最多可以设定 128 个，编号范围 H00~H128（H00 或 D00 表示取消刀具半径补偿）。

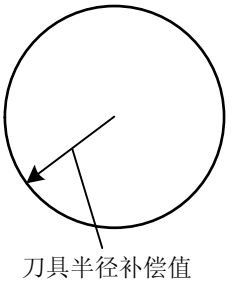
补偿量事先通过 MDI&LCD 单元设定，它与程序上指定 H 代码后面数值或者 D 代码后面数值相对应（参见操作手册）。

半径形状补偿量允许输入范围为[-100.000，100.000]，磨损补偿量允许输入范围由参数“刀具磨损补偿最大值”（《连接调试手册》第 160 页 P3220）决定。“刀具磨损补偿最大值”的范围为[1.000~10000.000]，假设该参数的值为 α，那么磨损补偿量的允许输入范围为[-α，α]。执行时半径补偿值为形状补偿量与磨损补偿量之和。

- **补偿向量**

补偿向量又称为偏移向量，是长度等于指定的刀具半径的二维向量。补偿向量的计算在控制单元内完成，存储在数控装置内部，随着刀具前进，它的方向时刻在改变。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。

补偿向量是随着刀具前进而改变的，清楚这一点，对编程很重要。



- **补偿平面**

补偿的计算是在由 G17，G18，G19 所指定的平面上进行的，该平面称为补偿平面。默认为 G17 平面。当选择 XY 平面时，在程序中用（X，Y）或（I，J）执行补偿计算和向量计算时，不在补偿平面的轴的移动不受补偿影响，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补偿取消模式进行。如果在补偿模式中执行，系统会显示报警（PS0040），同时机床停止。

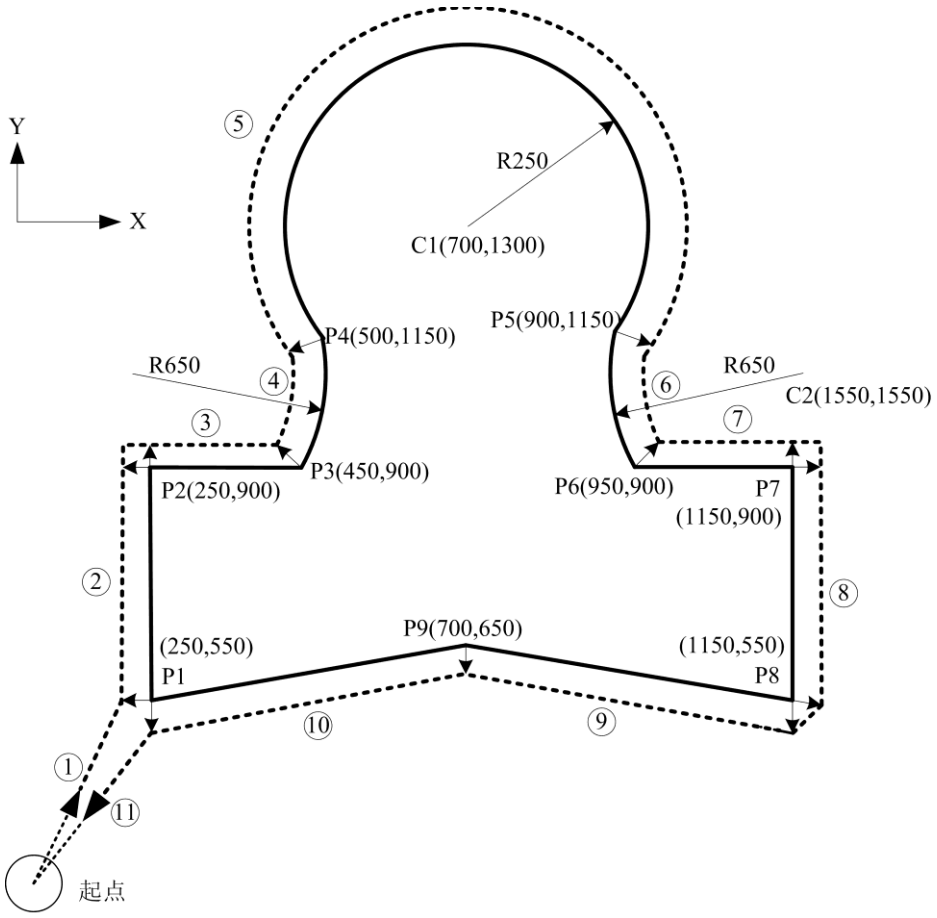
- **补偿方向**

刀具半径补偿方向由刀具半径补偿 G 代码（G41/G42）及补偿量的符号共同决定，如下：

G 代码	补偿量符号	
	+	-
G41	左侧补偿	右侧补偿
G42	右侧补偿	左侧补偿

当指定 G41 或 G42，则系统进入刀具补偿状态。当指定 G40，则系统进入取消补偿状态。

举例



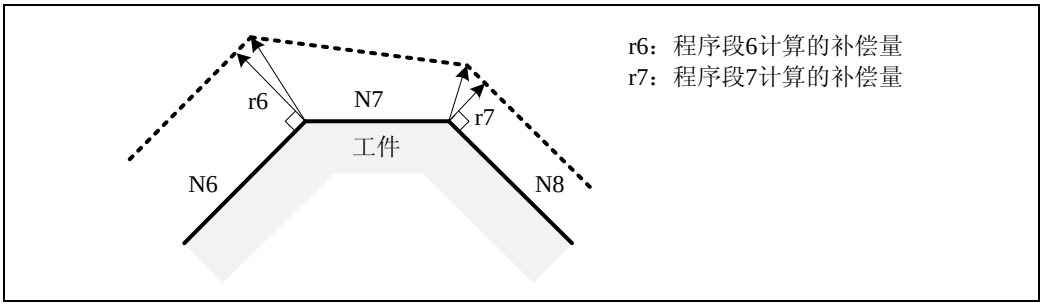
G92 X0 Y0 Z0;

① N1 G90 G17 G00 G41 H07 X250.0 Y550.0；（补偿量用补偿号预先设定）
② N2 G01 Y900.0 F150；
③ N3 X450.0；
④ N4 G03 X500.0 Y1150.0 R650.0；
⑤ N5 G02 X900.0 R-250.0；
⑥ N6 G03 X950.0 Y900.0 R650.0；
⑦ N7 G01 X1150.0 ；
⑧ N8 Y550.0；
⑨ N9 X700.0 Y650.0；
⑩ N10 X250.0 Y550.0；
⑪ N11 G00 G40 X0 Y0；

15.2.3 半径补偿注意事项

补偿模式中变更补偿量

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。



在 G41/G42 方式下又指令 G41/G42

参见 II-15.2.4.3“补偿模式下重复指定刀具半径补偿 G 代码”。

不可连续指令两个或两个以上无移动命令的程序段

参见 II-15.2.4.5。

15.2.4 刀具半径补偿的详细说明

15.2.4.1 概要

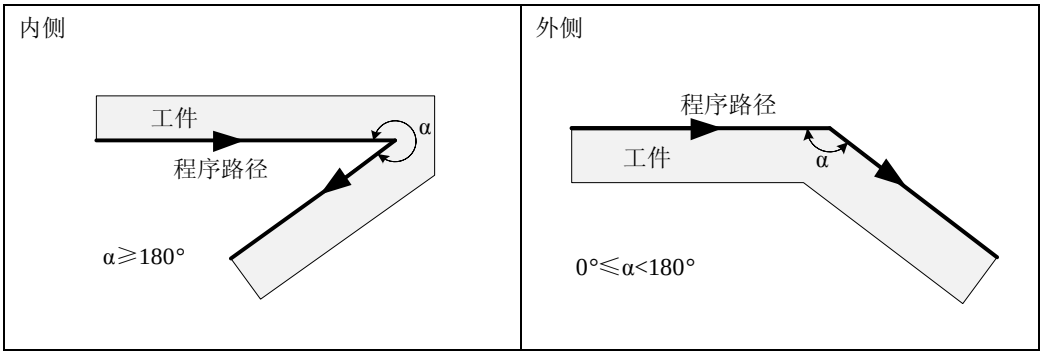
解释

- **拐角**

  两个相邻移动程序段交点处的切线在工件实体一侧的夹角

- **内侧和外侧**

  拐角大于或等于 180 度时称为“内侧”，在 0~180 度之间时称为“外侧”



- **补偿取消状态**

  当系统初上电、复位或者执行了 M02、M30 指令，系统处于补偿取消状态。在补偿取消状态下，补偿向量的大小始终为 0，刀具中心路径与编程路径一致。程序的最后，必须以补偿取消状态结束。

- **补偿开始条件**

  在补偿取消状态下，当满足以下条件的程序段开始执行，系统进入补偿模式。

  1 含有 G41 或 G42 指令，或控制进入 G41 或 G42 模式。

2 刀具补偿的补偿号不为 0。

3 至少指令了补偿平面上一个轴（I、J、K 除外）的移动，且移动量不为 0。

注

在补偿开始程序段，不能指令圆弧指令 G02 和 G03，否则产生报警（PS0034）。

- **补偿结束条件**

在刀具半径补偿模式下，当指令了 G40 IP_或者 H00 或者 D00，刀具半径补偿即被取消。

注

刀具半径补偿取消时，不能指令圆弧指令，否则会产生报警（PS0034）且刀具停止。

- **系统内部程序段数**

补偿开始段，系统连续读入两个程序段，第一个程序段读入并执行，第二个程序段进入刀具补偿缓冲区。

1 在单程序段方式下，读入二个程序段，执行第一个程序段，然后停止。

2 在连续执行时，通常预先读入二个程序段，因此在 CNC 内部有三个程序段，一个为正在执行的程序段，下面的二个程序段进入缓冲区。

在补偿取消时，系统控制当前程序段以及刀具半径补偿缓冲寄存器中的程序段的执行。此时，如果选择单程序段模式，系统执行一个程序段后停止，再次按下起动按扭，系统直接执行下一个程序段而不用再预读。

图中符号

下文描述中，图中出现的各符号含义如下：

1 S 表示执行单程序段 1 次的位置

2 SS 表示执行单程序段 2 次的位置

3 SSS 表示执行单程序段 3 次的位置

4 L 表示刀具沿直线移动

5 C 表示刀具沿圆弧运动

6 r 表示刀具半径补偿量

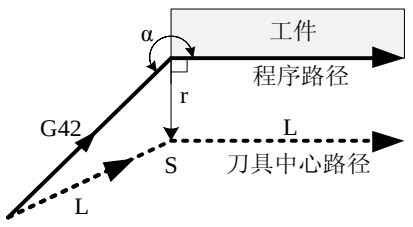
7 X 表示补偿路径交点

15.2.4.2 补偿开始时的刀具移动

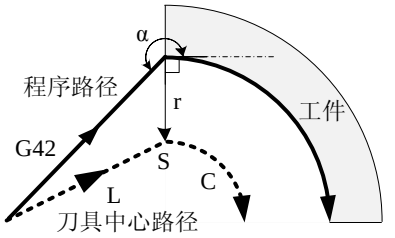
以下说明从补偿取消状态进入补偿状态时的刀具移动方式。

沿拐角的内侧移动（α ≥ 180°）

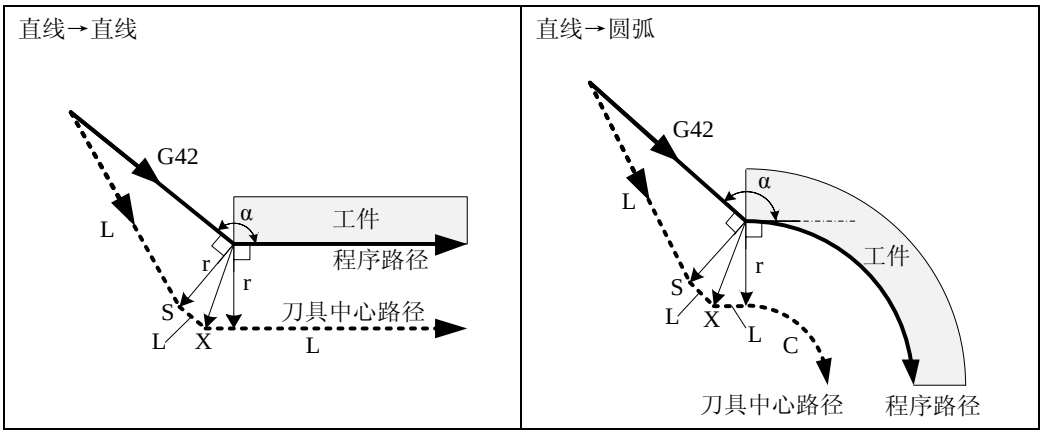
直线→直线



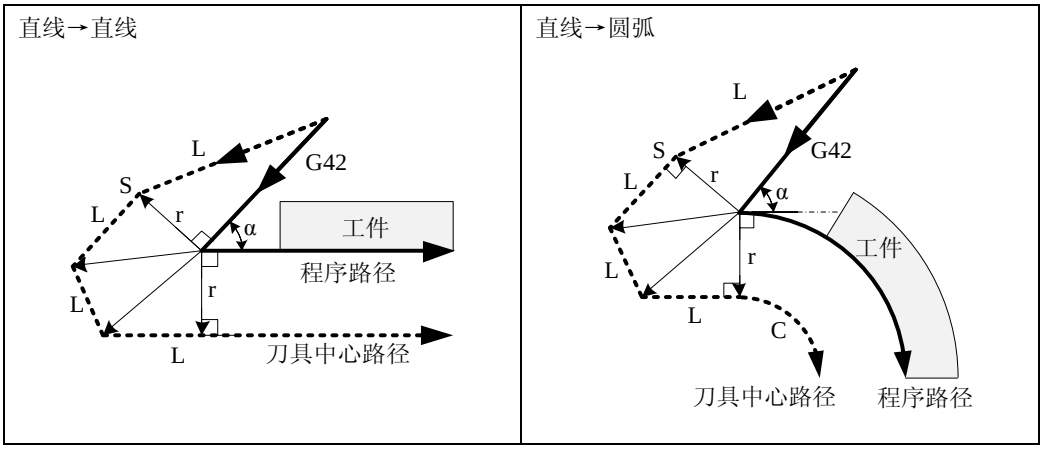
直线→圆弧



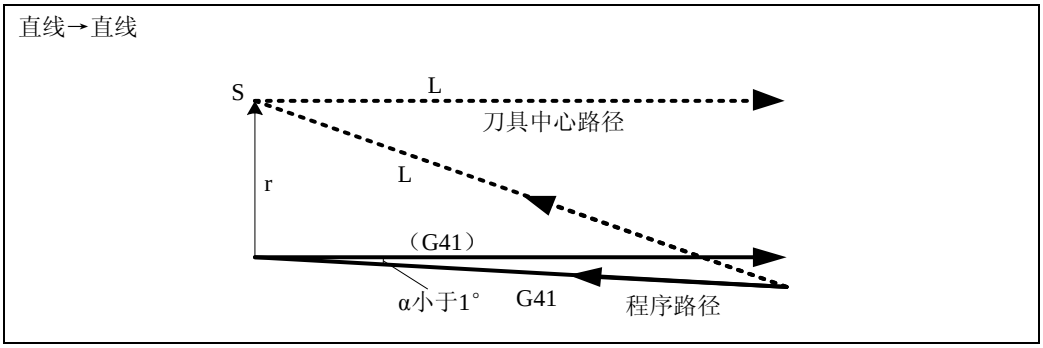
沿着拐角为钝角的外侧移动（90° ≤ α < 180°）



沿着拐角为锐角的外侧移动（α < 90°）



沿着拐角为小于1°的锐角外侧移动（α < 1°）

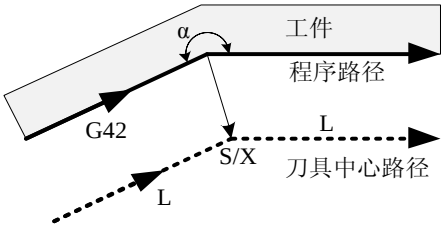


15.2.4.3 补偿模式下的刀具移动

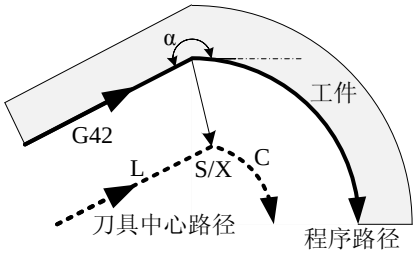
在补偿模式，如果没有连续指定 2 个或 2 个以上的非移动程序段（辅助机能或暂停等），补偿仍会正确执行，否则可能会产生过切或切削不足。在补偿模式执行中不可变更补偿平面，否则会产生报警，同时刀具停止。

沿拐角的内侧移动（α ≥ 180°）

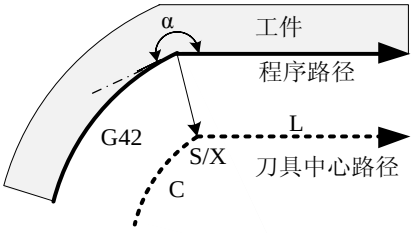
直线→直线



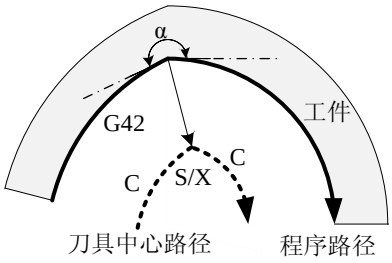
直线→圆弧



圆弧→直线



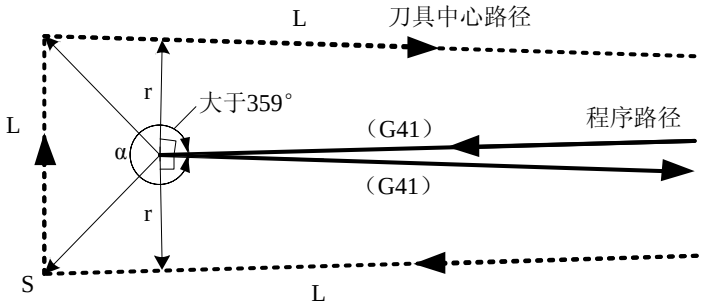
圆弧→圆弧



沿着拐角小于1°的内侧移动（α > 359°）

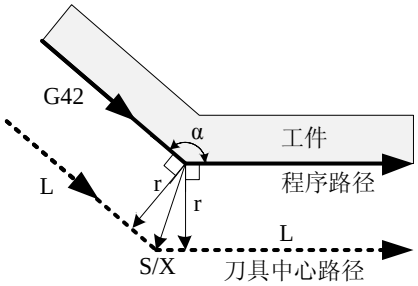
这里只说明直线→直线的情况，其他情况依此类推。

直线→直线

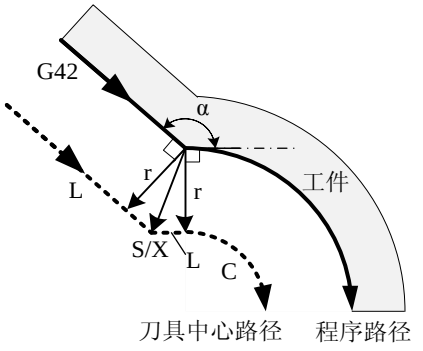


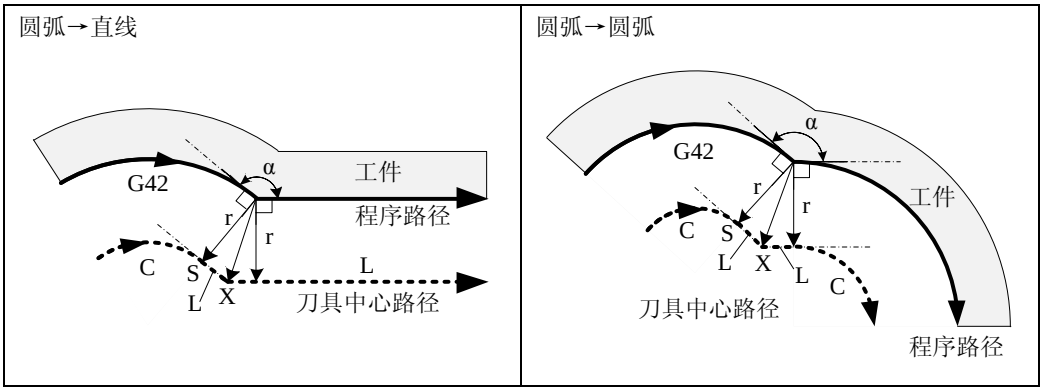
沿着拐角为钝角的外侧移动（90° ≤ α < 180°）

直线→直线

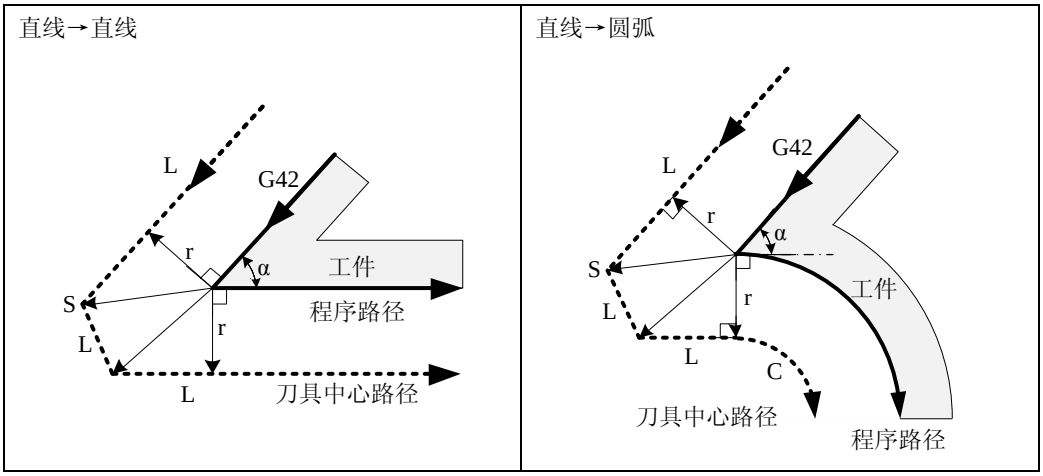


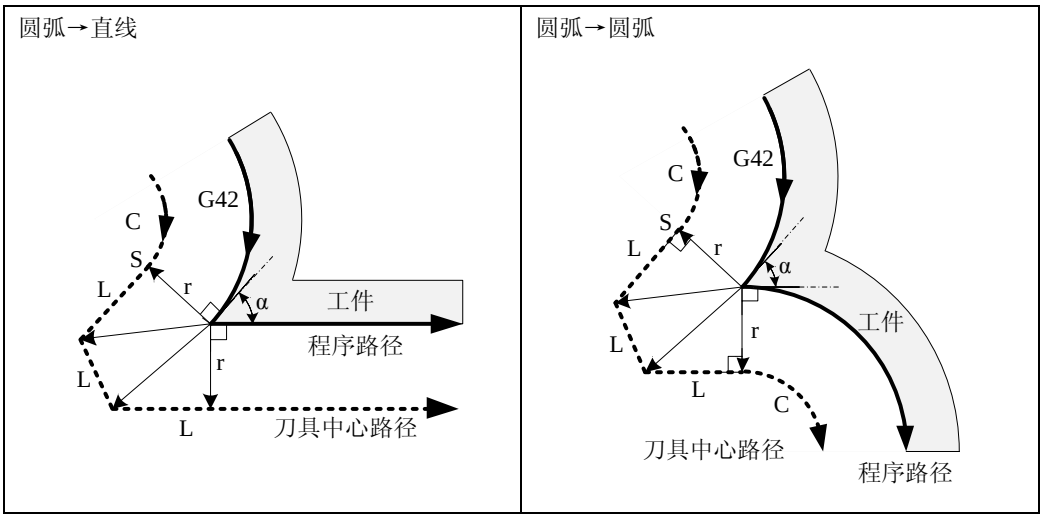
直线→圆弧





沿着拐角为锐角的外侧移动（α < 90°）

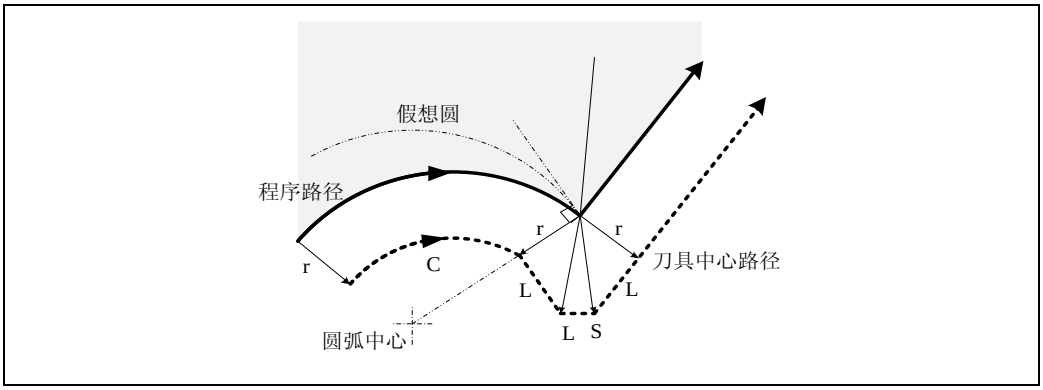




特殊情况

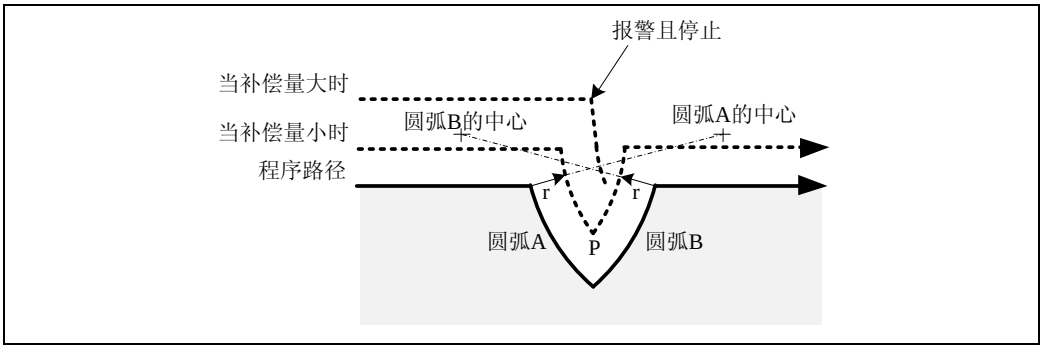
- **编程圆弧终点不在圆弧上**

  如下图，当编程圆弧终点不在圆弧上时，系统则假设刀具半径补偿相对于一个假想圆进行，该假想圆通过圆弧终点。根据这种假设，系统创建一个矢量，并进行补偿。“圆弧→圆弧”情况也相同。



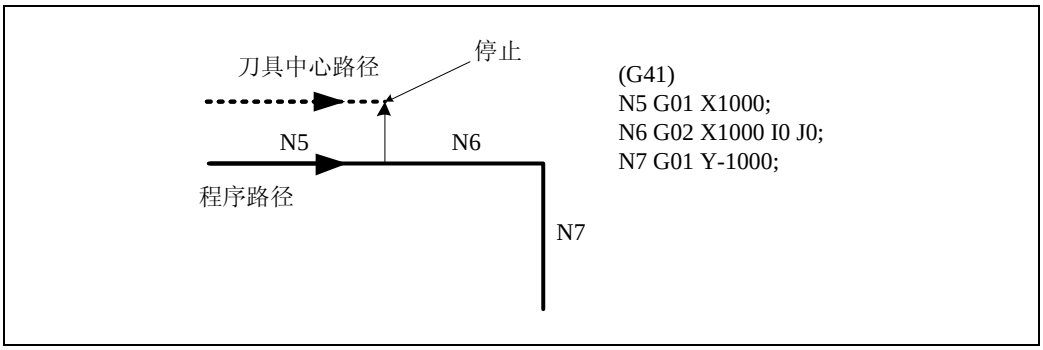
- **没有交叉点**

当刀具半径值较小时，圆弧的补偿路径有交点，但是当刀具半径变大，可能交点不存在。如下图所示，遇到这种情况，刀具将停止在前一程序段的终点并显示报警（PS0033）。



- **圆弧的中心与起点或终点一致**

如果圆心和起点或终点相同，则会产生报警 PS0038，并停止在前一程序段终点。如下图所示。

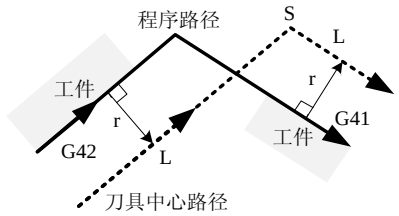


补偿模式下改变补偿方向

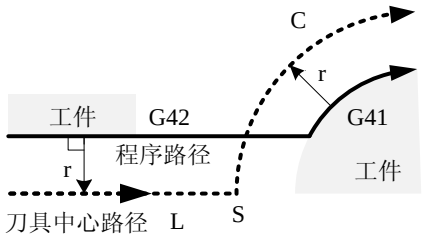
在补偿模式中可变更补偿方向。如果补偿方向在一个程序段中改变，则将该程序段的刀具中心路径和上一程序段的刀具中心路径的交点，作为上一程序段的终点和该程序段的起点。但不可在起动开始程序段及其后面的程序段变更。补偿方向变更时，没有内侧和外侧的概念。下文的解释中补偿量假设为正。

- **具有交点的补偿路径**

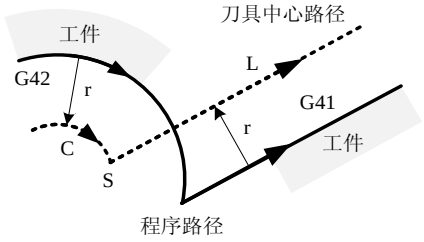
直线→直线



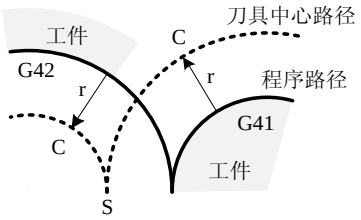
直线→圆弧



圆弧→直线



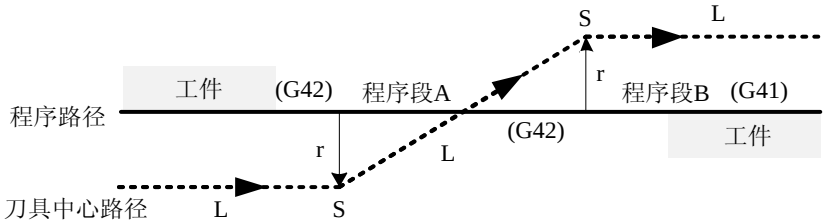
圆弧→圆弧

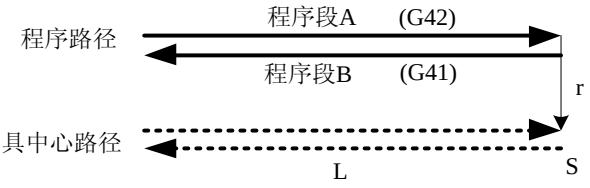


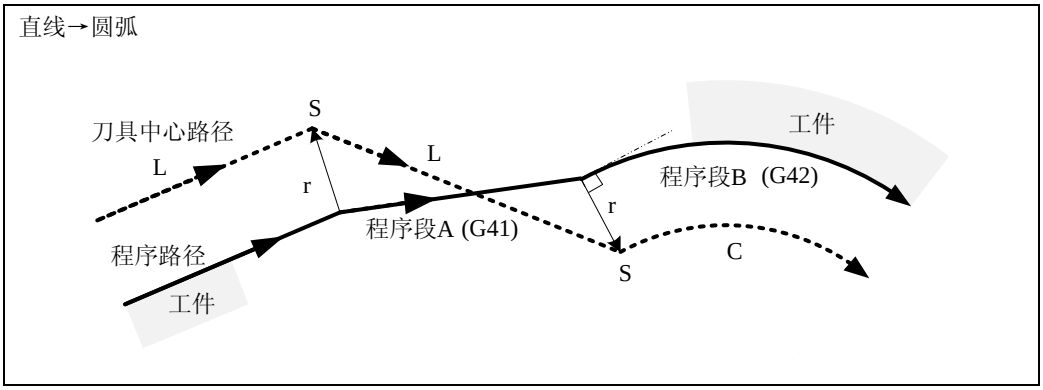
- **没有交点的补偿路径**

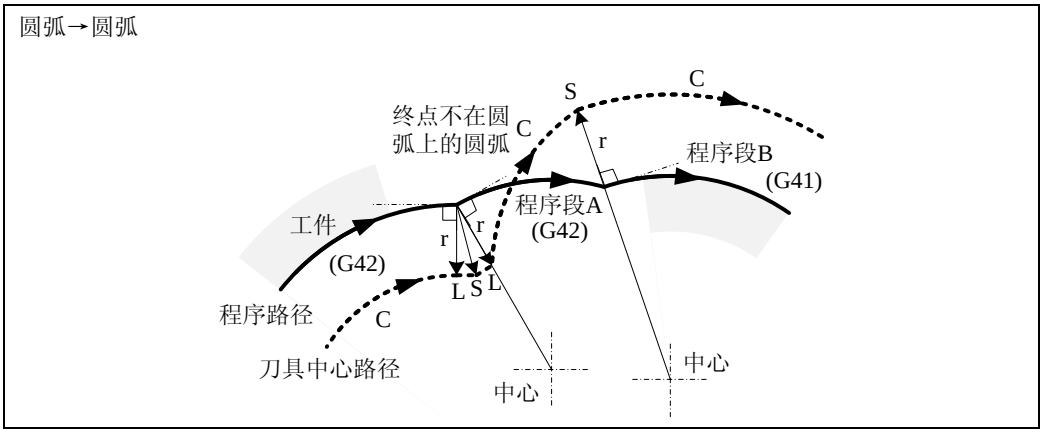
当用 G41，G42 改变程序段 A 至程序段 B 的补偿方向时，如果没有交点，则创建一个与程序段 B 的起点垂直的向量，作为程序段 A 的终点和程序段 B 的起点。

直线→直线





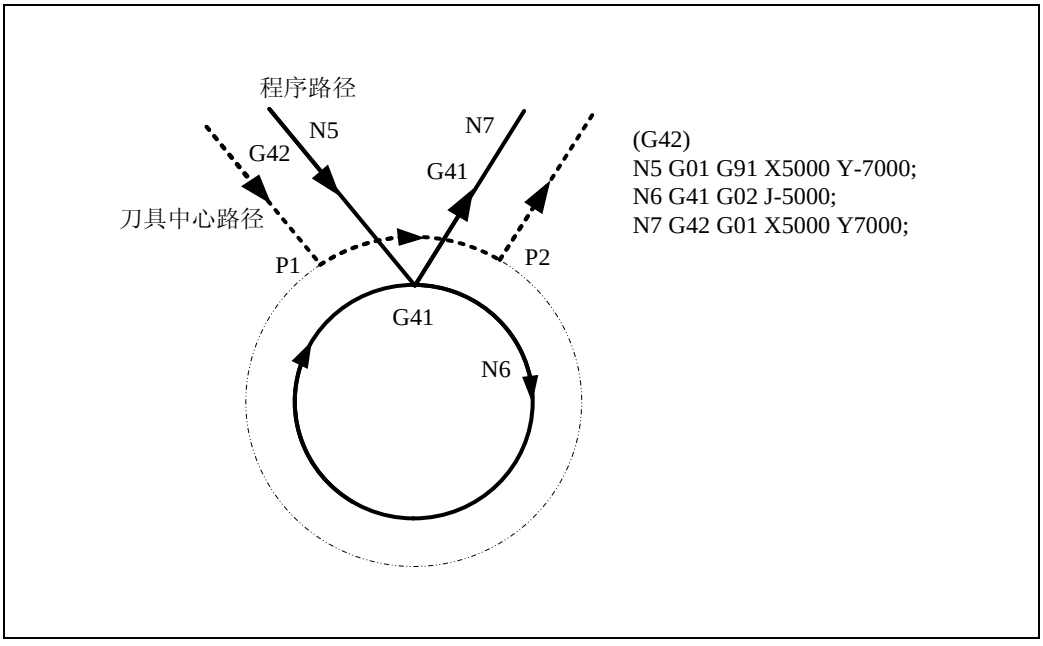




- **大于 1 周的圆弧**

通常不会产生这种情况。但当 G41 及 G42 变更时，或用 I，J，K 指令 G40 时，则可能会出现。如下图，刀具中心路径不是圆弧，而是 P1 至 P2 的一段弧。并且在某些情况下，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。

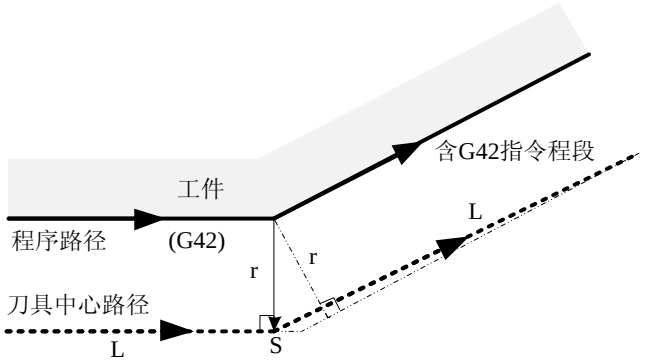


补偿模式下重复指定刀具半径补偿 G 代码

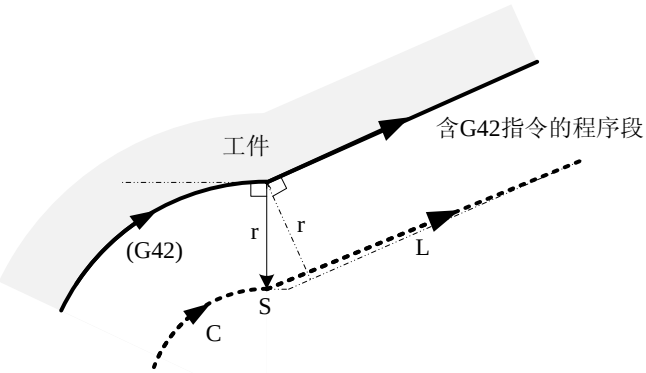
在补偿模式中，重复指定刀具半径补偿 G 代码时（G41/G42 模式时指定 G41/G42），相对于移动方

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。如果在圆弧指令中指定此种 G 代码，则不能得到正确的圆弧。

直线→直线



直线→圆弧

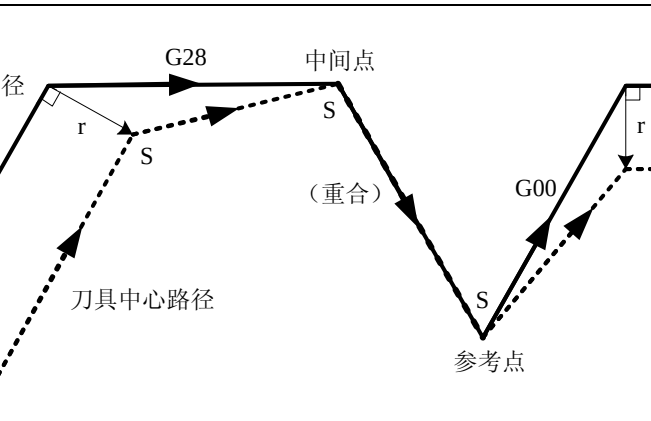


补偿模式下暂时取消补偿的指令

在补偿模式中，如果指定以下的指令，补偿会暂时取消，之后系统会将补偿模式自动恢复。请参见“补偿取消时的刀具移动”及“补偿开始时的刀具移动”的说明。

- **G28 自动返回参考点**

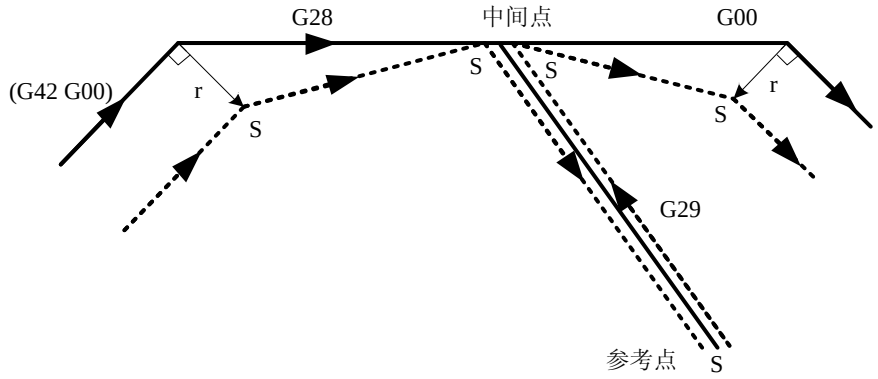
在补偿模式中，如果指令 G28，补偿将在中间点取消，在参考点返回后补偿模式自动恢复



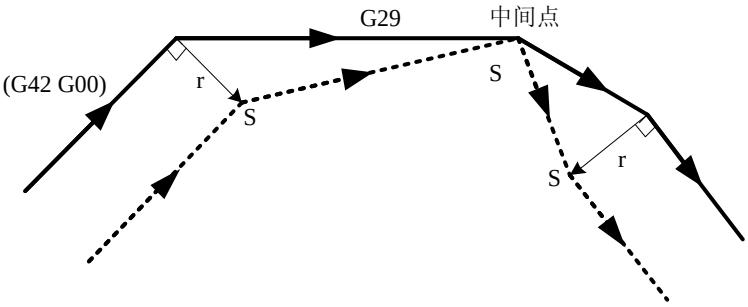
- **G29 从参考原点自动返回**

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 G29 时



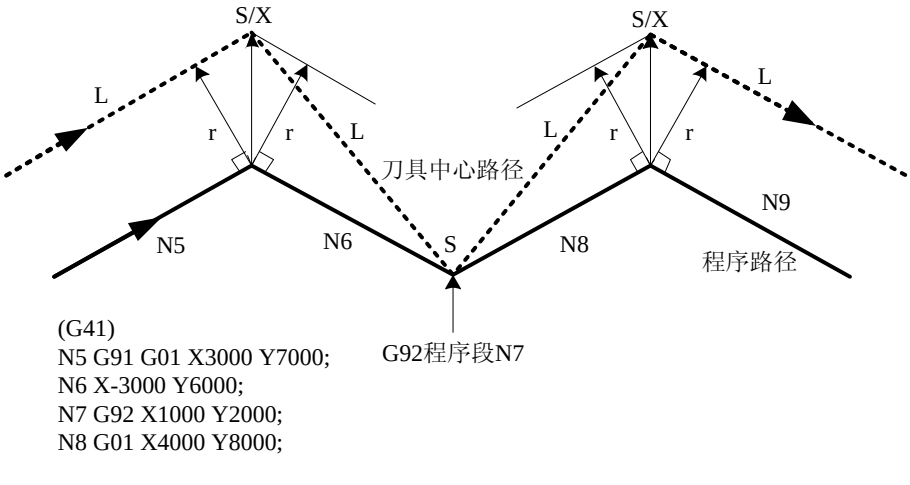
不在 G28 后立刻指令 G29 时



- **G92 工件坐标系设定**

在补偿模式中，如果指定了 G92（工件坐标系设定），补偿向量会暂时取消，之后补偿向量会自动恢复。

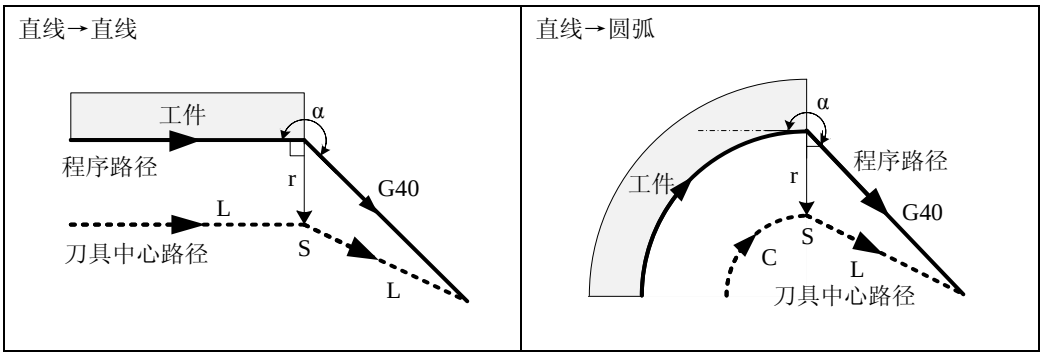
此时，不同于补偿取消模式，刀具直接从交点移动到补偿向量取消的指令点。在补偿模式恢复时，刀具又直接移动到交点。



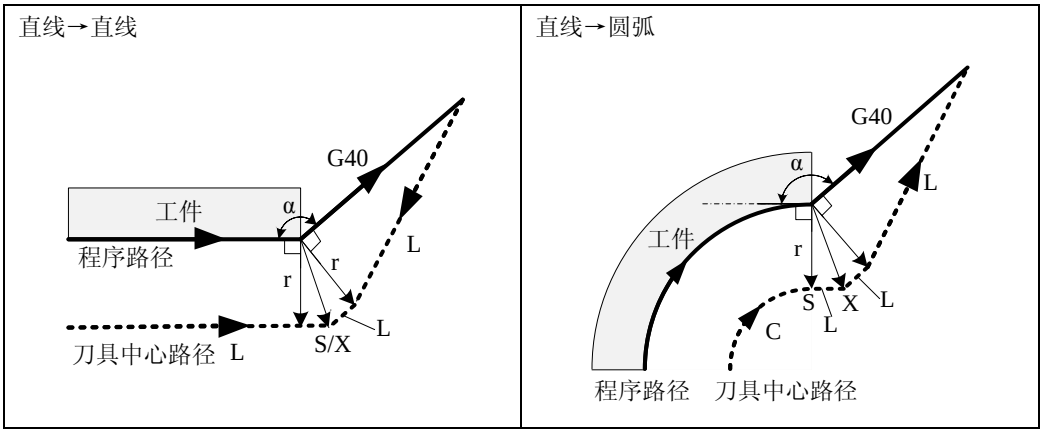
15.2.4.4 补偿取消时的刀具移动

以下说明从补偿状态退出到补偿取消状态时的刀具移动方式。

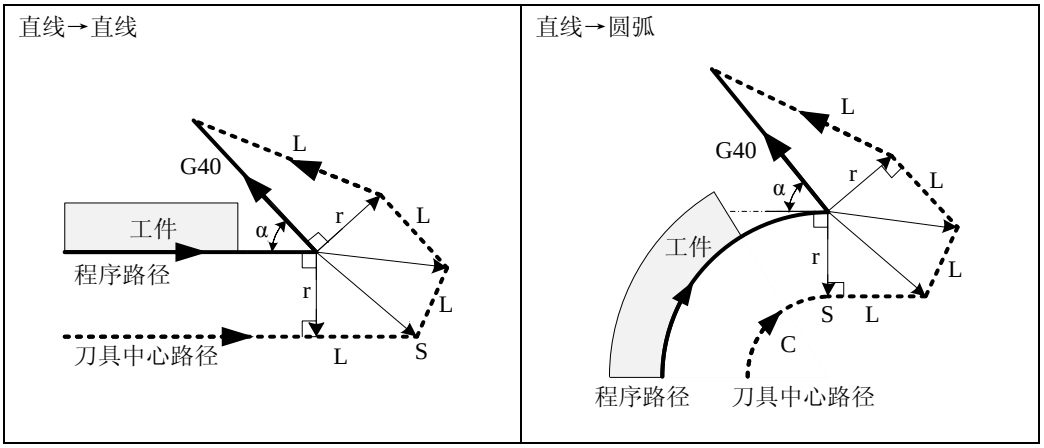
沿拐角的内侧移动（$\alpha \geq 180°$）



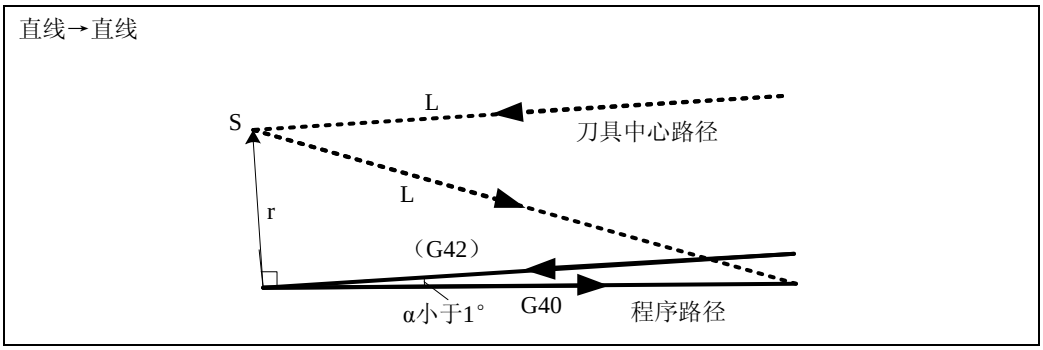
沿着拐角为钝角的外侧移动（$90° \leq \alpha < 180°$）



沿着拐角为锐角的外侧移动（$\alpha < 90°$）



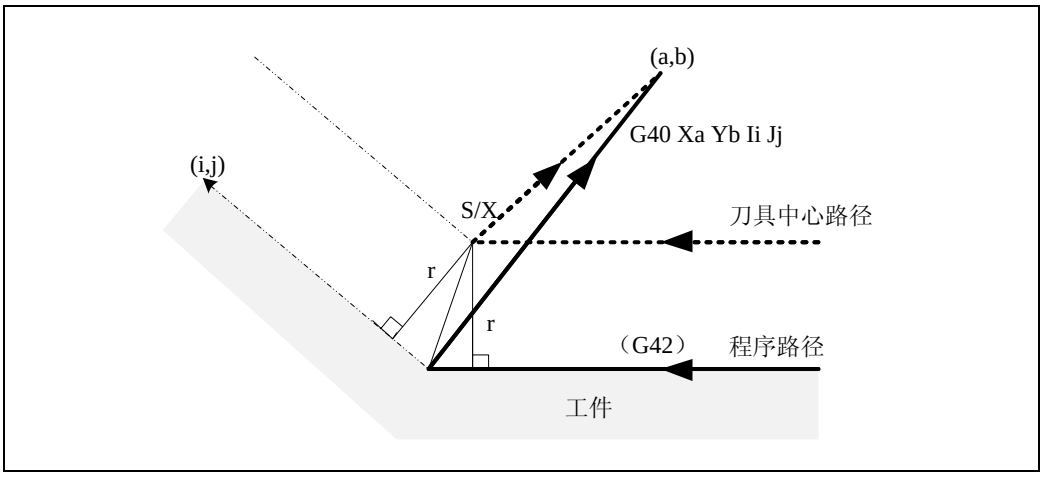
沿着拐角为小于1°的锐角外侧移动（α < 1°）



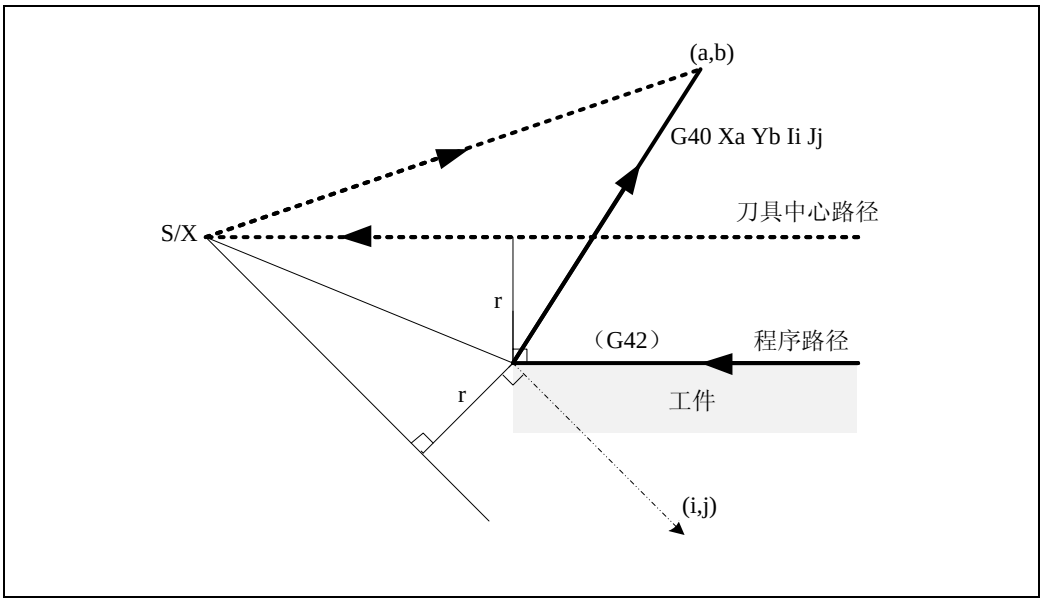
G40 和 I_ J_ K_同时指定

如果在指定 G40 和 I_ J_ K_的程序段之前为 G41 或 G42 模式，则系统假设已经指定从前面程序段的终点到向量(I, J)、(I, K)或(J, K)的方向，补偿方向（G41、G42）与前面程序段相同。

- **指定加工内侧**



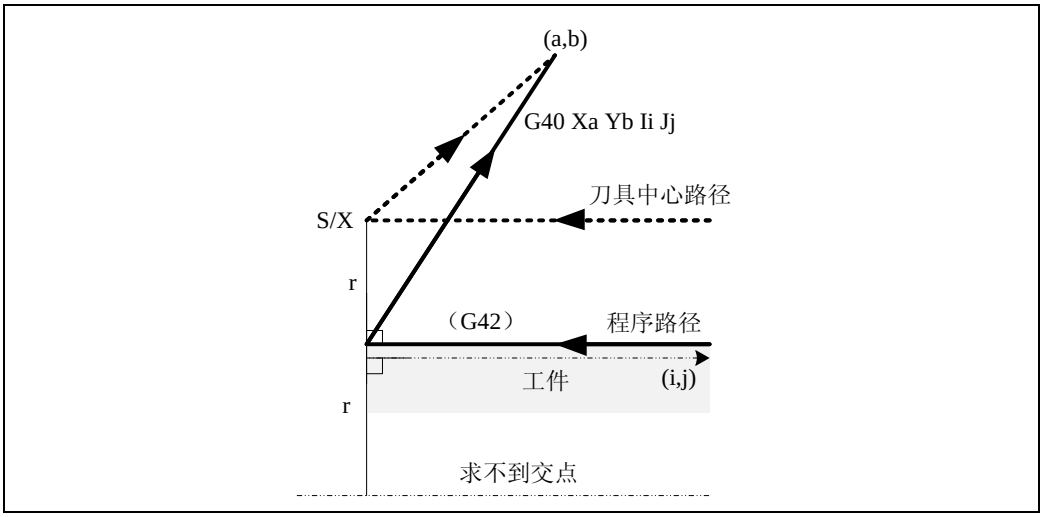
- **指定加工外侧**



- **没有交点**

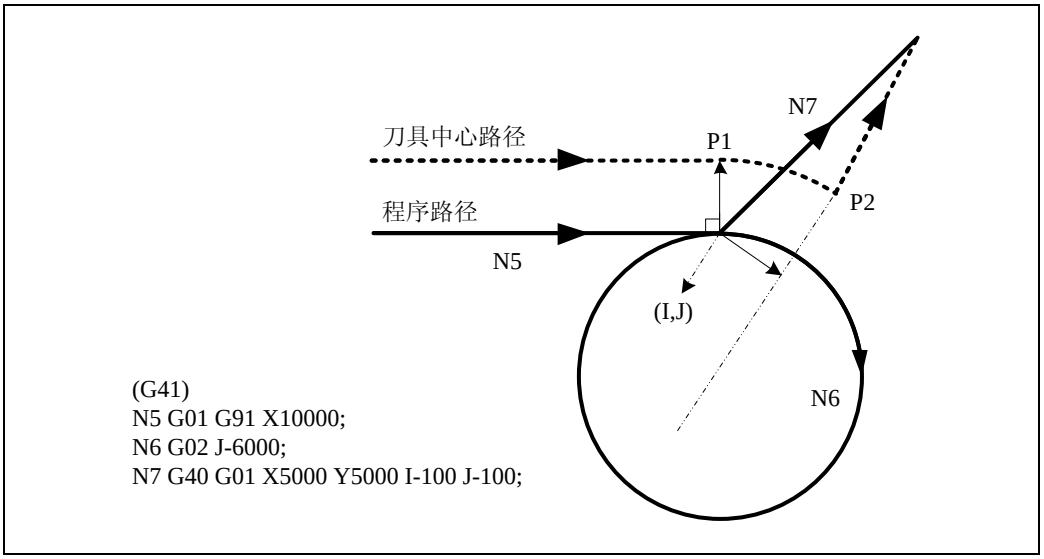
当求不到交点时，系统产生一个起点位于 G40 前面的程序段的终点，大小等于补偿量的一个偏移

向量。刀具移动到该偏移向量处。



- **大于一周的圆弧**

在下图中，刀具中心路径不沿圆周移动，而沿圆弧从 P1 至 P2。在某些情况下，可能会因干涉检查产生报警（PS0041）。如想沿圆周移动，圆弧指令必须分割。



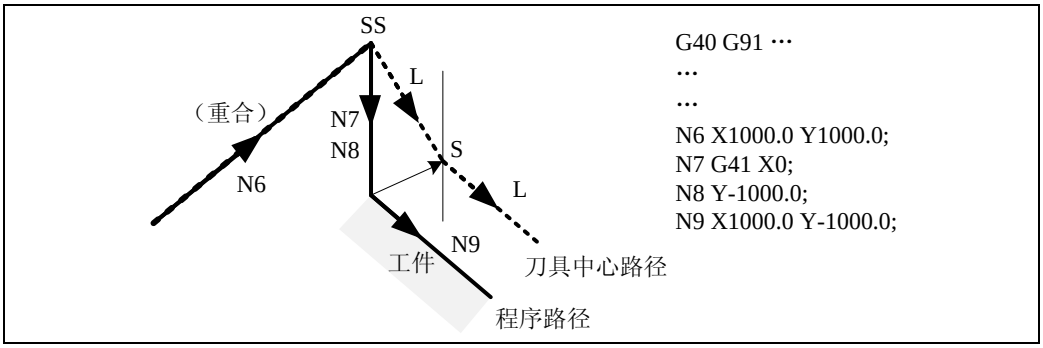
15.2.4.5 不产生刀具移动的程序段

下表中各类型的程序段都是不会产生刀具移动的程序段。

类型	举例	解释
1	M05 ;	M 代码输出
2	S01 ;	S 代码输出
3	G04 X10.000 ;	暂停指令
4	G10 P01 X100 ;	补偿量设定
5	(G17) Z100 ;	补偿平面内无移动的指令
6	G90 ;	只有 G 代码
7	G01 G91 X0 ;	移动量为零

程序段位于补偿开始时

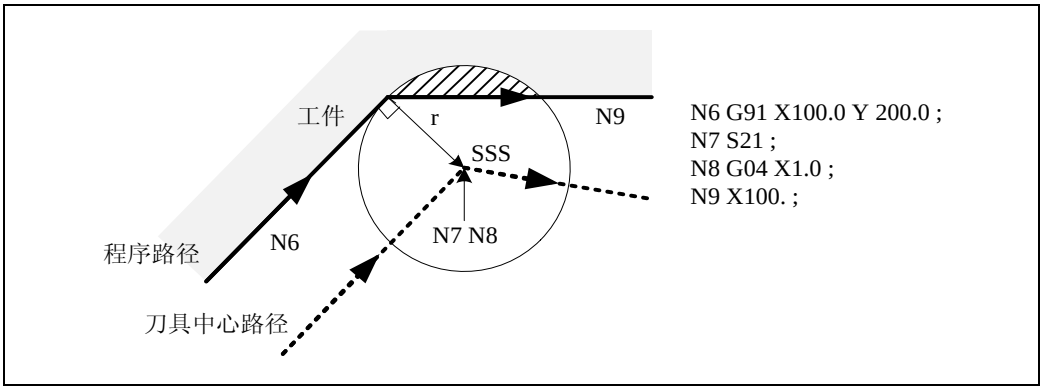
如果在补偿开始的指令没有刀具移动，不会产生补偿向量。



程序段位于补偿模式时

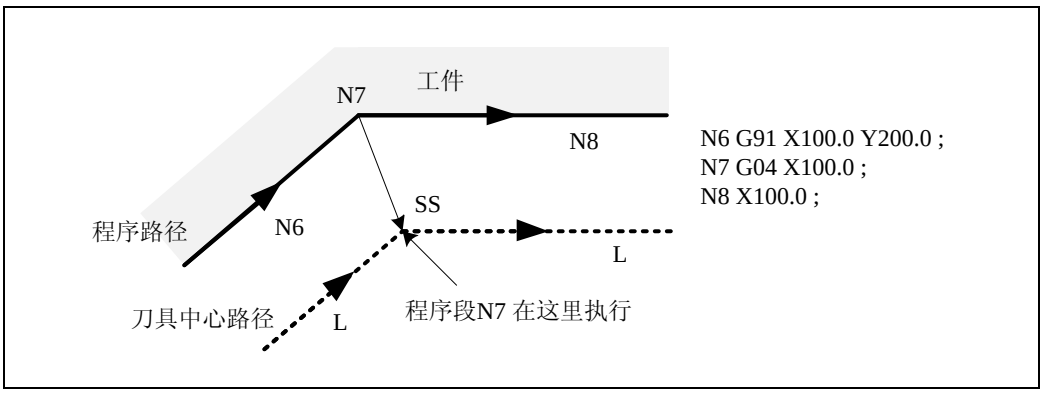
- **连续指令两个及两个以上无刀具移动的程序段时**

两个及以上没有刀具移动的程序段不可连续指令。如果这样指令，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，可能产生过切。

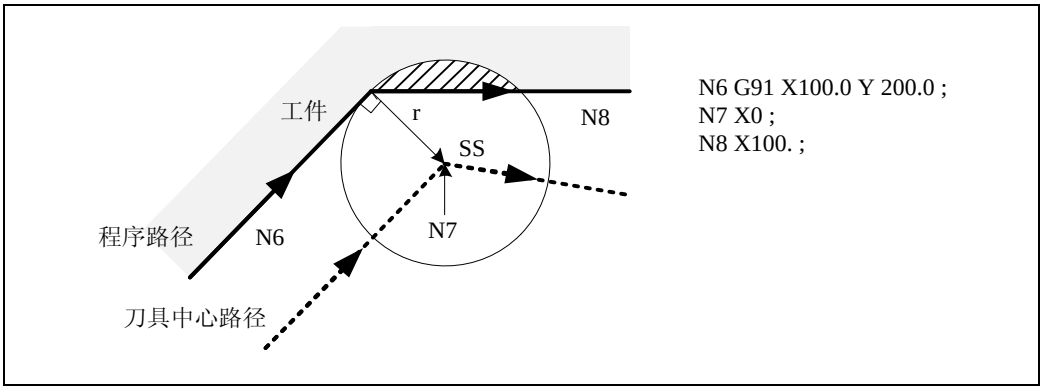


- **仅指令了一个无刀具移动的程序段时**

此时，向量及刀具中心路径与没有指令该程序段时一样。该无刀具移动程序段在单程序段停止点执行。

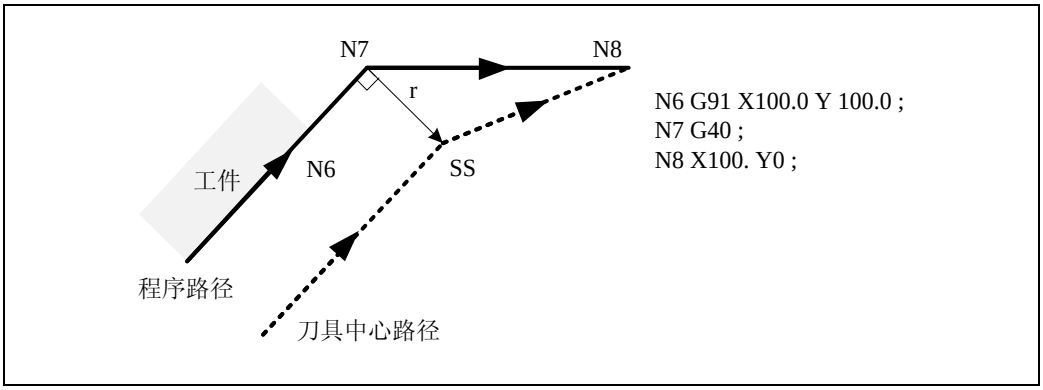


但是，对于移动量为零的程序段（类型 7，参见上表），即使只指定一个程序段，刀具移动与连续指定两个及两个以上没有刀具移动指令的程序段时的情形一样。



程序段位于补偿取消时

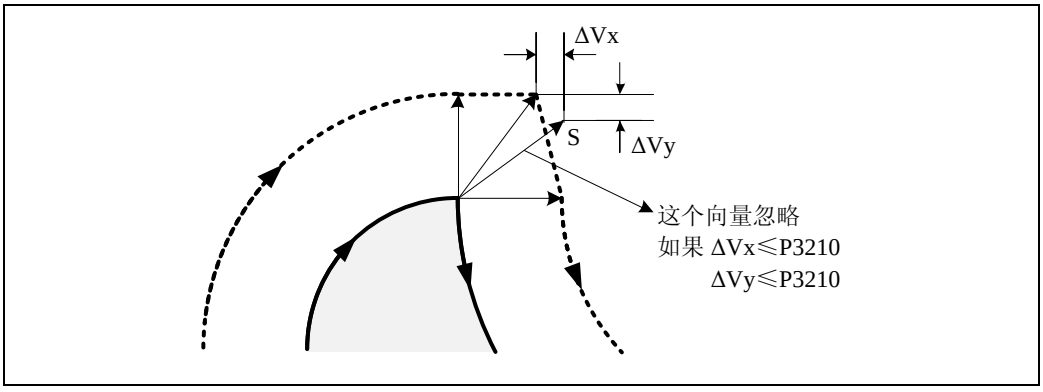
当没有刀具移动的程序段与补偿取消一起指令时，会形成长度为补偿量，方向垂直于前程序段移动方向的向量，这个向量在下一个移动指令取消。



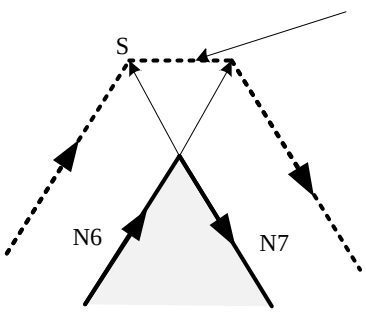
15.2.4.6 转角移动

在一个程序段的终点创建两个或更多个补偿向量时，刀具则线性地从一个向量移动到另一个向量。这种移动称为转角移动。

当向量几乎一致时，即向量间的转角移动的距离被判定为较短时（根据参数 P3210），不执行转角移动。此时后面的向量被忽略。通过忽略因为刀具半径补偿而产生的微小移动，从而防止由于缓冲的中断而引起的速度波动。



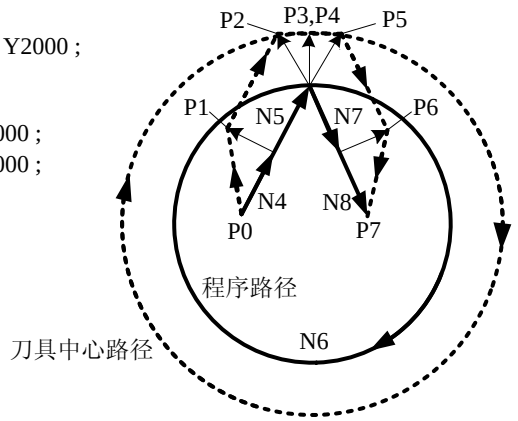
如果这些向量不一致（未被忽略），则产生一个沿转角的移动。这个移动属于后面的程序段。



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，则不执行以上机能，即始终不忽略向量。主要是为了避免如下情况。

N4 G41 G91 X1500 Y2000 ;
N5 X1500 Y2000 ;
N6 G02 J-6000 ;
N7 G01 X1500 Y-2000 ;
N8 G40 X1500 Y-2000 ;



如果向量未忽略，则刀具中心路径为 P0→P1→P2→P3→整圆→P4→P5→P6→P7；但是，如果 P2 及 P3 间的向量可忽略，则 P3 被忽略。刀具路径为 P0→P1→P2→P4→P5→P6→P7，程序段 N6 的圆弧切削整个被忽略。

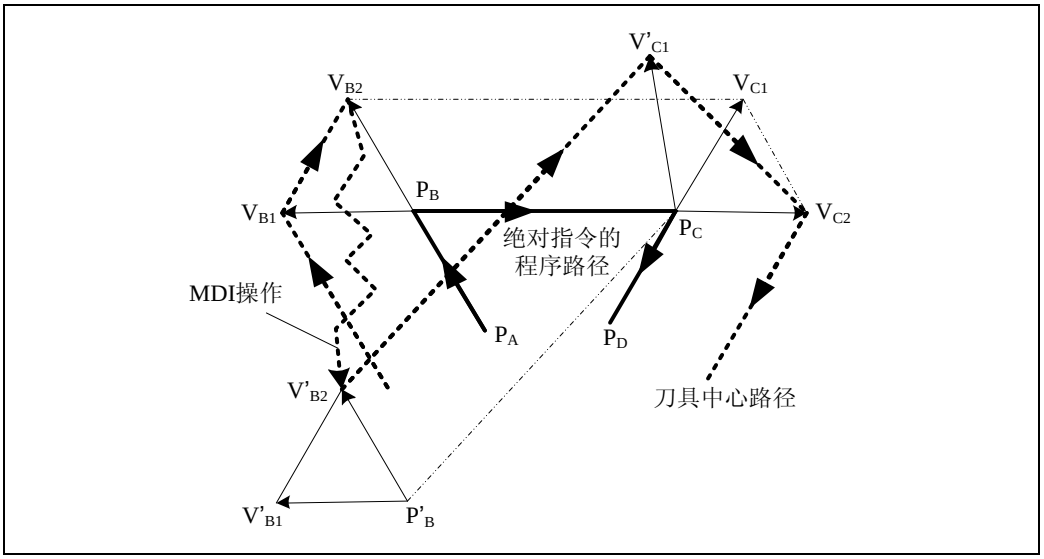
15.2.4.7 MDI 方式下刀具半径补偿

MDI 运行

复位后，在 MDI 方式下执行程序，和自动运行相同，也进行刀具半径补偿。

MDI 干预

当绝对指令编程的 NC 程序在自动运行过程中执行了单程序段停止，插入执行 MDI 操作，然后再次起动自动运行时，此时，系统传送下一个程序段起点的向量，并根据下两个程序段形成其它向量。所以，如下图所示，从点 PC 后补偿可正确地执行。

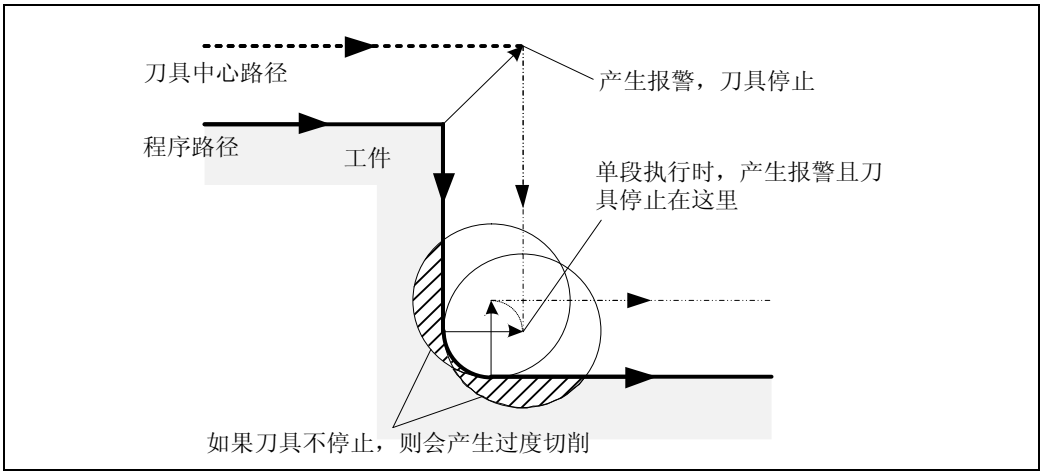


当点P_A，P_B，P_C以绝对指令编程时，程序段从P_A至P_B执行后用单段执行停止，插入 MDI 方式移动刀具。向量V_{B1}及V_{B2}传送至V'_{B1}及V'_{B2}，在程序段$P_B \rightarrow P_C$及$P_C \rightarrow P_D$间的向量V_{C1}及V_{C2}重新计算。但是，因为向量V_{B2}没有再度计算，所以从点P_C后补偿才可正确地执行。

15.2.4.8 利用刀具半径补偿防止过切

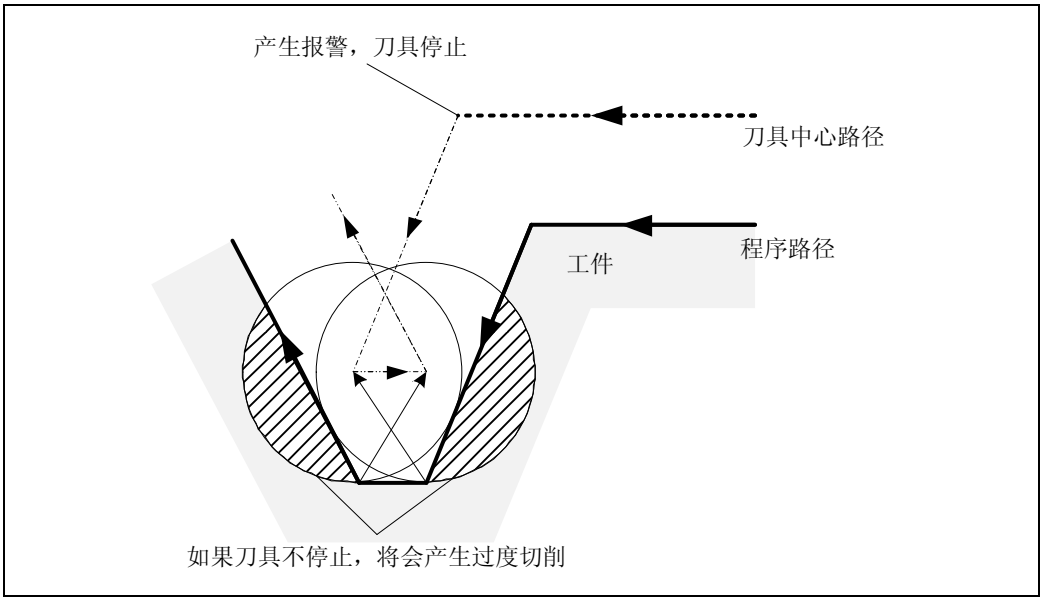
加工比刀具半径小的圆弧内侧

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，刀具停在单段程序开始位置，因此在单段执行时，会产生过度切削。



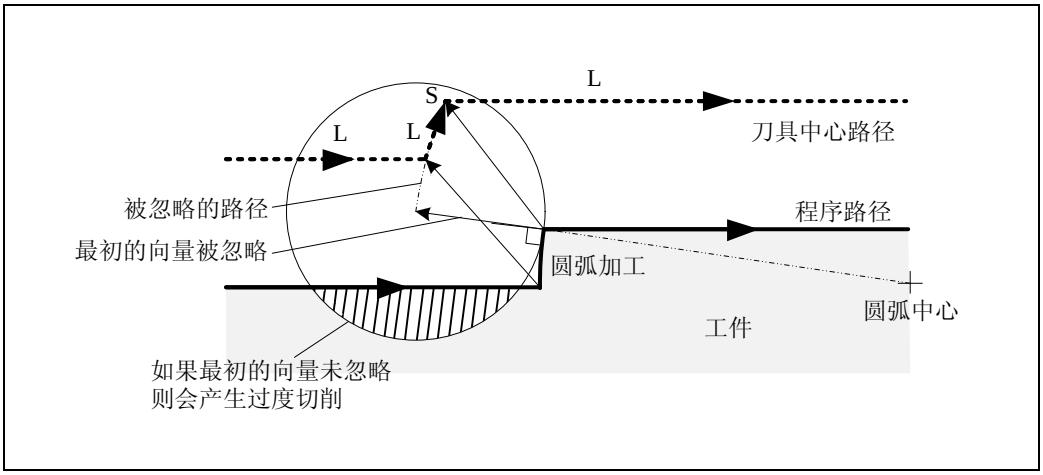
加工刀具半径小的截沟

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。



加工刀具半径小的段差

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。



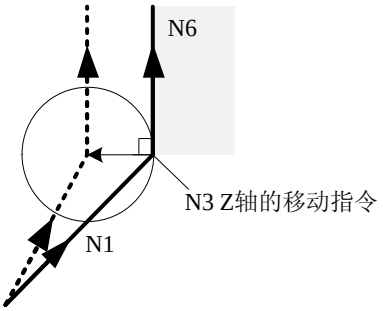
刀具半径补偿开始时分段 Z 轴移动

一般是在加工开始时，刀具半径补偿有效后（补偿平面为 XY），刀具会沿 Z 轴移动到距工件一段距离。此时，如想将沿 Z 轴的移动分为快速进给及切削进给两段，应参照以下例子。

- **原始程序**

如下图，执行 N3 时，N6 也进入缓冲区，系统能够正确的执行补偿。

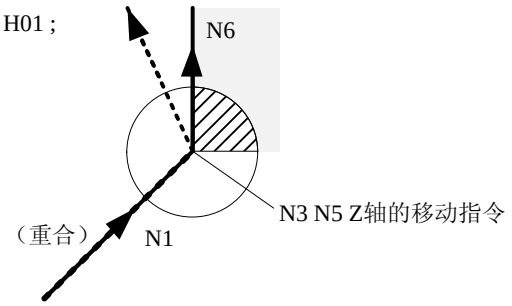
N1 G91 G00 X50000 Y50000 H01 ;
N3 G01 Z-30000 F1000 ;
N6 Y100000 F2000 ;



- **错误修改后的程序**

如下图，刀具在刀补平面内连续两个程序段没有移动指令，N6 不能进入刀补缓冲区，补偿向量不在补偿开始时计算，结果产生过度切削。

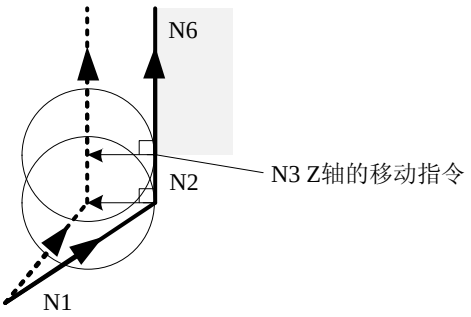
N1 G91 G00 X50000 Y50000 H01 ;
N3 Z-25000 ;
N5 G01 Z-5000 F1000 ;
N6 Y100000 F2000 ;



- **正确修改后的程序**

如下图所示，虽然 N3 和 N5 也连续指定了两个在刀补平面内无移动的程序段，但是根据刀补规则，系统将在无移动指令处，产生方向垂直于前程序段移动方向的向量，由于 N2 和 N6 方向相同，所以能够正确补偿，不会产生过切。

N1 G91 G00 X50000 Y40000 H01 ;
N2 Y10000 ;
N3 Z-25000 ;
N5 G01 Z-5000 F1000 ;
N6 Y100000 F2000 ;



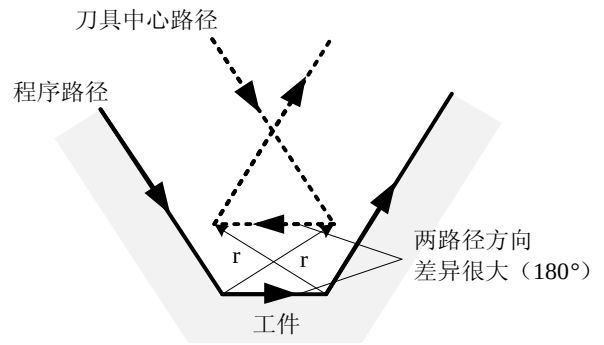
15.2.4.9 干涉检查

刀具过切现象称为“干涉”。干涉检查功能可以预测出可能的刀具过切情况，但是不能检查出所有的干涉情形，即使过切未发生也可能会进行干涉检查，并报警。

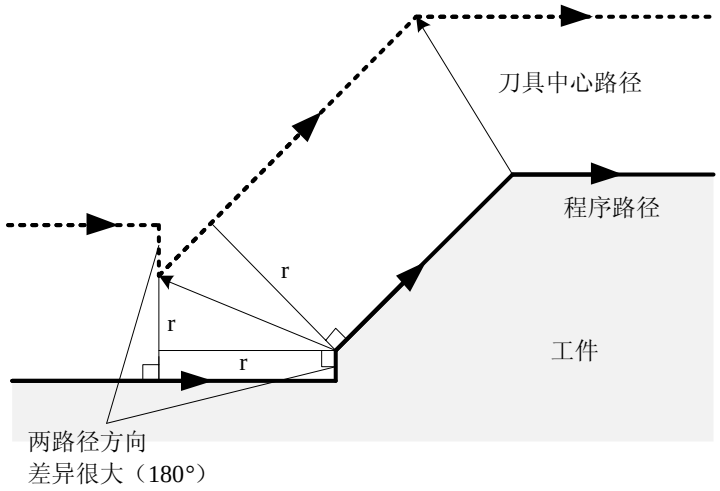
干涉的基本条件

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~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）。

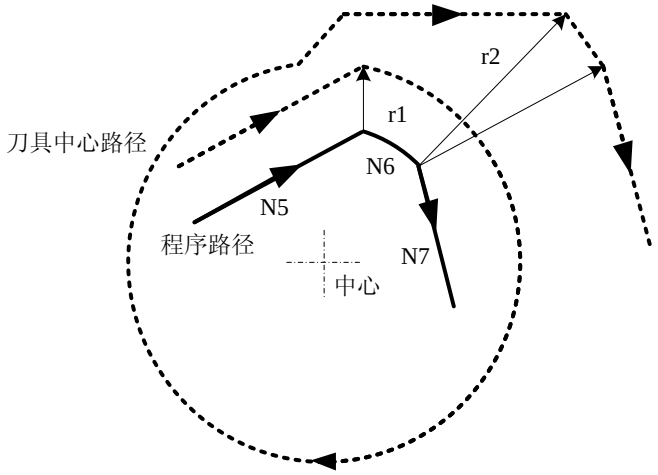
例 1


刀具中心路径
程序路径
r
r
两路径方向
差异很大（180°）
工件

例 2


刀具中心路径
程序路径
r
r
r
工件
两路径方向
差异很大（180°）

例 3



(G41)
N5 G01 G91 X8000 Y2000 H01 ;
N6 G02 Y-1600 X3200 I-2000 J-8000 H02 ;
N7 G01 X2000 Y-5000 ;

（H01刀具半径补偿量 r1 =2000)
（H02刀具半径补偿量 r2 =6000)

以上范例，程序段 N6 的圆弧在一个象限内。但是在刀具补偿后，圆弧位于 4 个象限。

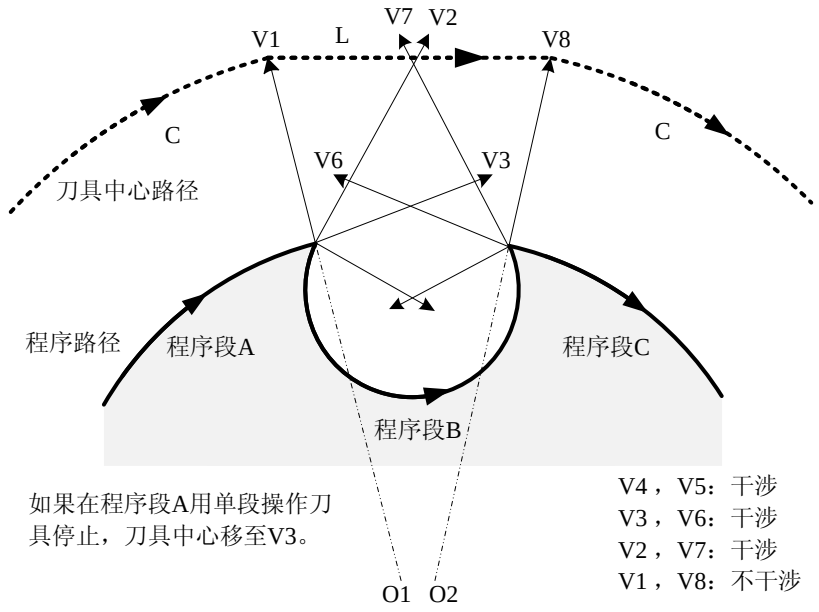
干涉的预先处理

补偿模式中，相邻的程序段 A、B 及 C 执行时，在 A 及 B 间产生向量 V1、V2、V3 及 V4，在 B 及 C 间产生向量 V5、V6、V7 及 V8（参见下文例子中的图），首先检查最近的向量。如果发生干涉，则将它们消去。但是如果要忽略的向量在拐角的最后，它们不能消去。即：

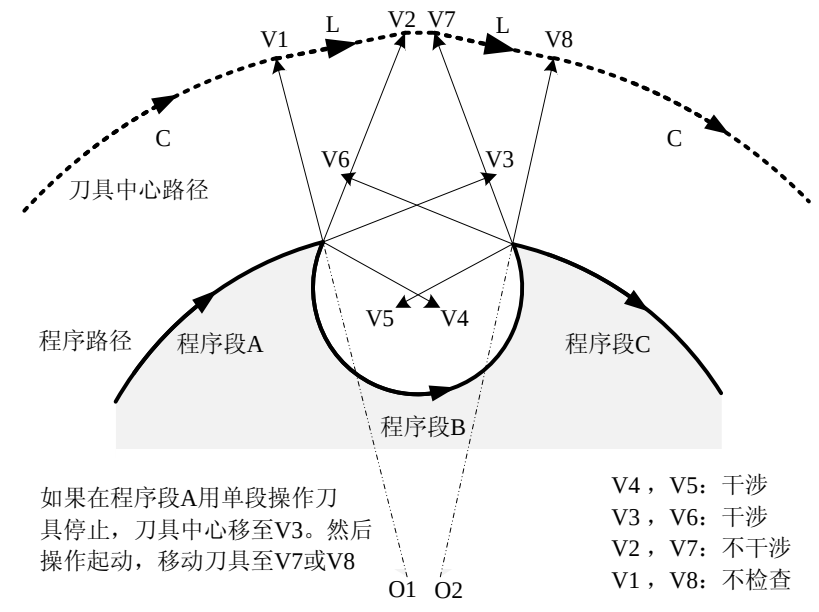
V4 和 V5 间 ----- 干涉 ----- V4，V5 消去
V3 和 V6 间 ----- 干涉 ----- V3，V6 消去
V2 和 V7 间 ----- 干涉 ----- V2，V7 消去
V1 和 V8 间 ----- 干涉 ----- V1，V8 不能消去

如果在检查中，某一对向量不干涉，则不检查此后的向量。如果程序段 B 是圆弧移动，向量干涉会产生直线移动。

例 1 刀具直线移动（V1→V8）

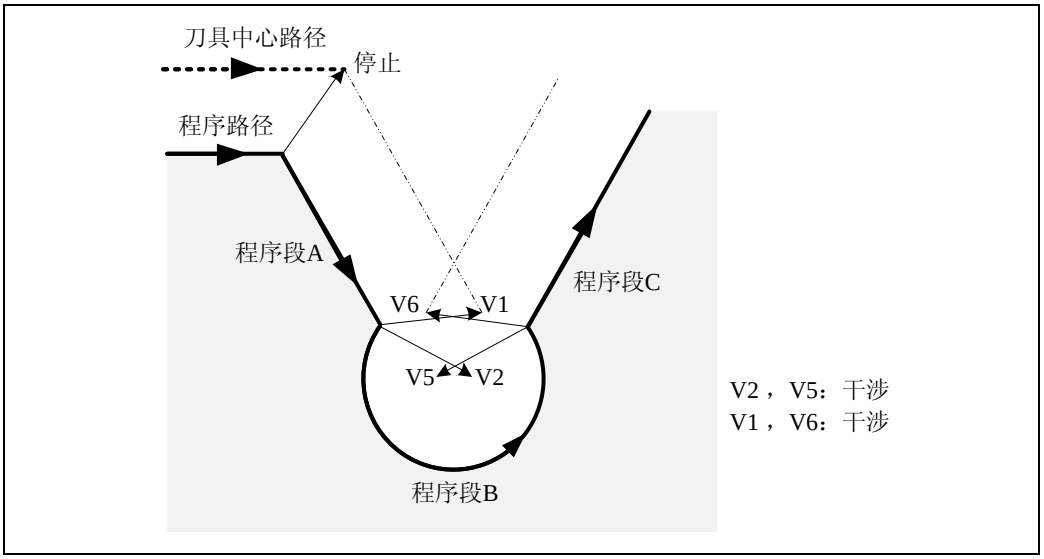


例 2 刀具直线移动（V1→V2→V7→V8）



预处理后仍有干涉发生

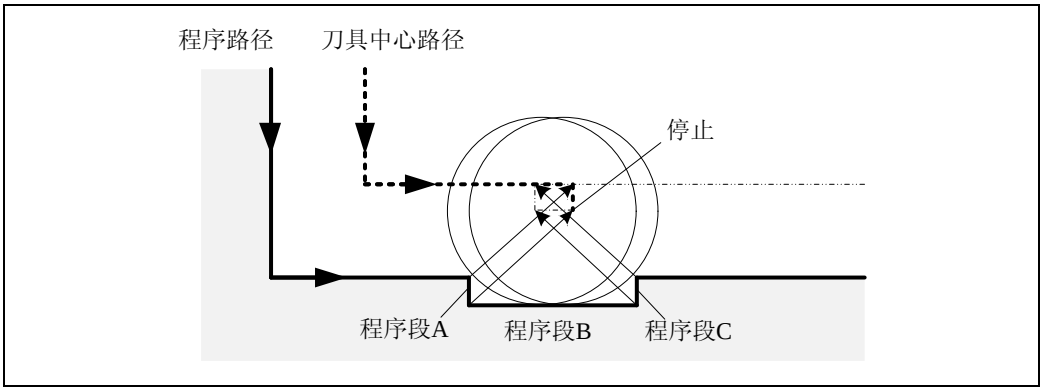
如果干涉在预处理后发生或检查开始只有一组向量而这组向量干涉，刀具在前面程序段执行后立即停止（如果用单程序段操作执行，刀具在程序段结束时停止），显示报警（PS0041）。



实际上没有干涉，但作干涉检查

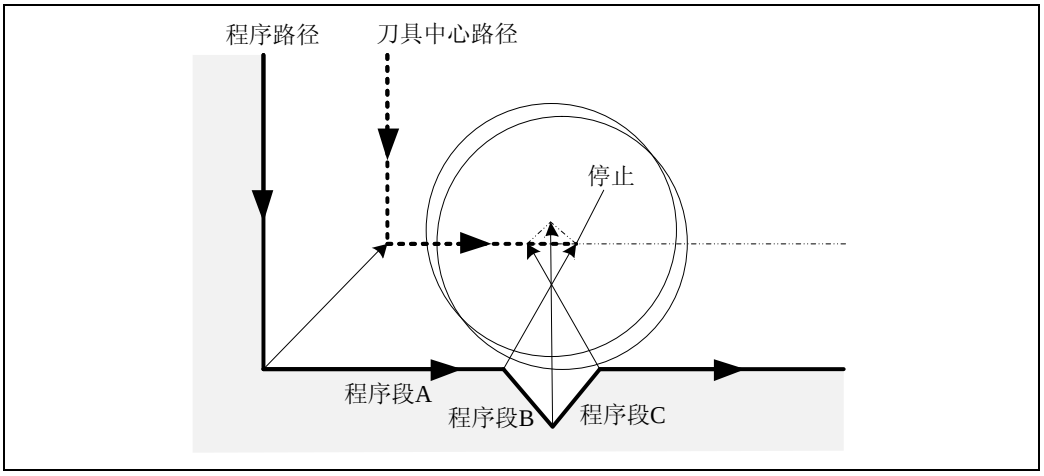
- **凹处深度小于补偿量**

实际上没有干涉，但是因为在程序 B 段，程序的方向与刀具半径补偿的路径相反，刀具停止并显示报警。



- **截沟深度小于补偿量**

刀具路径与程序路径方向相反。



15.3 拐角圆弧补偿功能（G39）

在刀具半径补偿中，通过指定 G39，即可在拐角处进行以补偿量作为半径的拐角圆弧补偿。

格式

G39；
或
G39 I_ J_ ；
G39 K_ I_ ；
G39 J_ K_ ；

解释

- **拐角圆弧插补**

  当上述指令被指定时，即可进行以补偿量为半径的拐角圆弧插补。此指令前面的 G41、G42 确定圆弧是顺时针还是逆时针。G39 是一次性 G 代码。

- **没有 I、J、K 指令时的 G39**

  当指令 G39 时，产生拐角圆弧，该拐角圆弧使圆弧终点的矢量与下一程序段的起点垂直。

- **含有 I、J、K 指令时的 G39**

  当用 I、J、K 指定 G39 时，产生拐角圆弧，该拐角圆弧使圆弧终点的矢量与由 I、J、K 值指定的矢量垂直。

限制

- **移动指令**

  不能在一个含有 G39 的程序段中指定移动指令。否则系统将会发出报警。

- **内侧拐角**

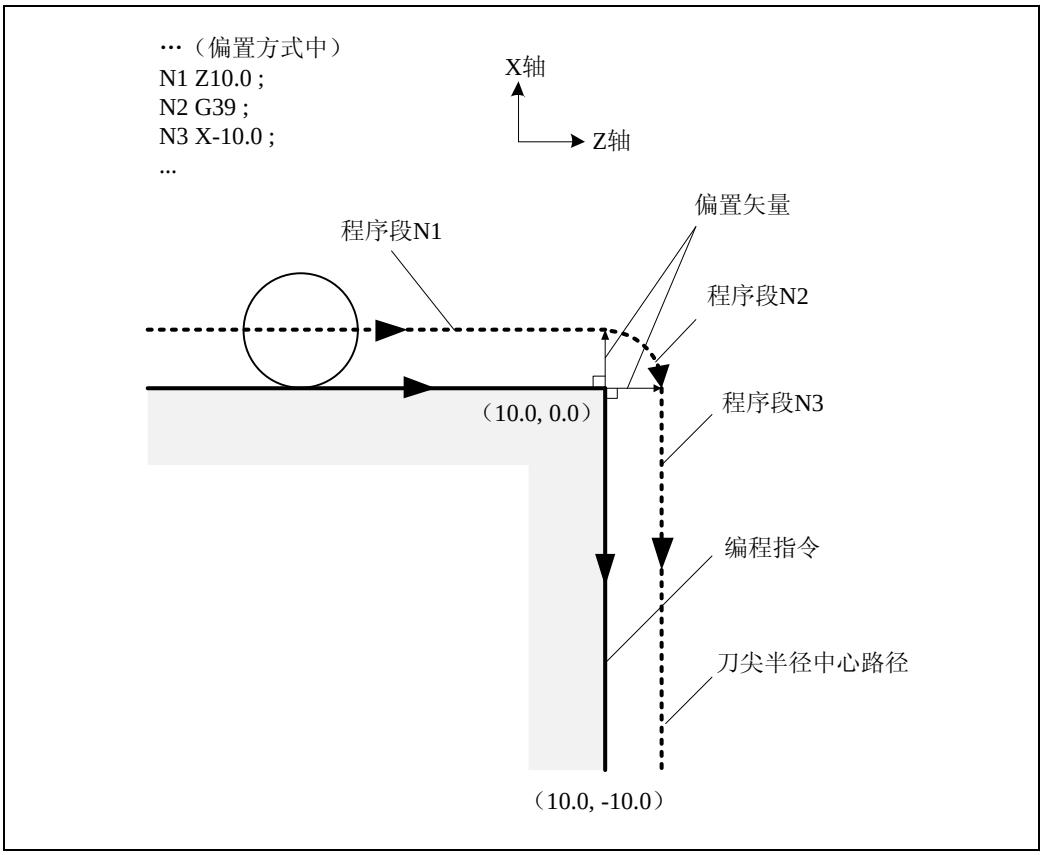
  内侧拐角的程序段间不能指定 G39。进行该指令将导致过切。

- **拐角圆弧的速度**

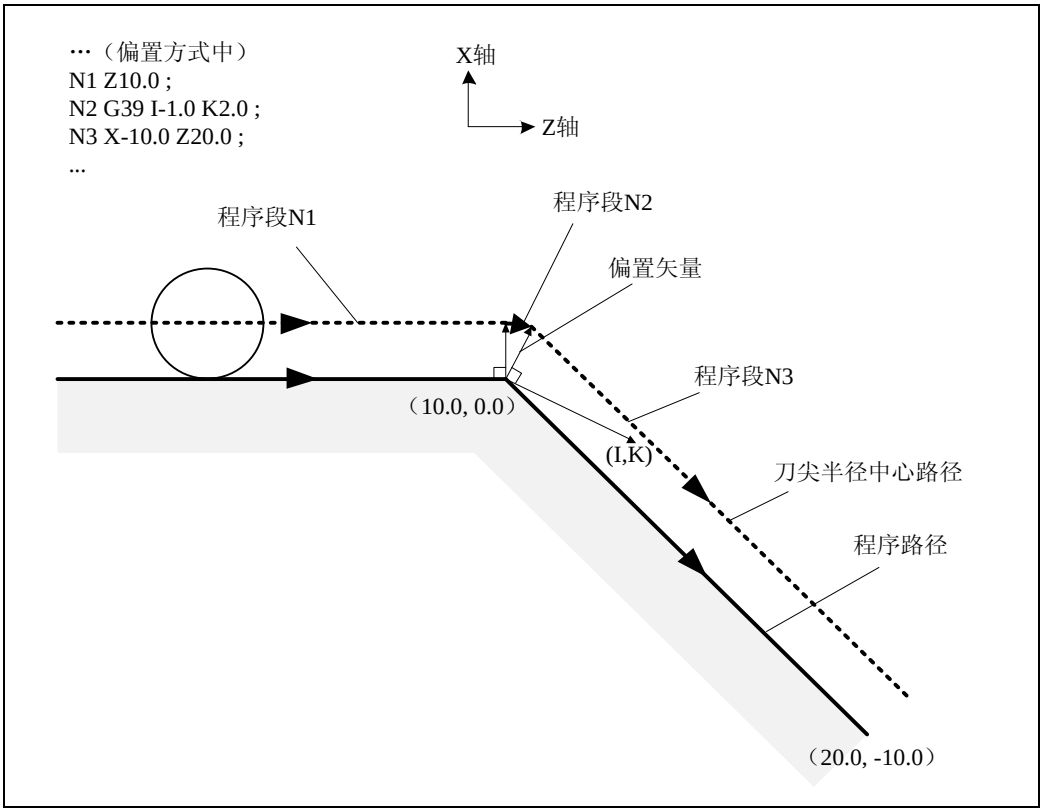
  在 G00 方式下通过 G39 指定拐角圆弧时，拐角圆弧的程序段速度是基于前面指定的 F 指令的速度。

举例

- **没有 I、J、K 指令时的 G39**



- **含有 I、J、K 指令时的 G39**



15.4 补偿量的程序输入功能（G10）

刀具补偿值可在程序中使用 G10 指令输入。

本节对 G10 的所有阐述只针对补偿量的程序输入功能。G10 的其他功能，如变更工件坐标系，请参见 II-7.2.2.2；附加工件坐标系中设定工件零点偏置量，请参见 II-7.3。

G10 设置补偿值的指令格式与刀具补偿存储器的类型有关，由参数“NGW”（《连接调试手册》第 158 页 P3200.4）选择：

刀具偏置存储方式 A（NGW=1）：G10 G90/G91 L11 P_ R_ ；

G10：补偿值输入指令

P_：补偿号

R_：补偿值

刀具偏置存储方式 C（NGW=0）：G10 G90/G91 L_ P_ R_ ；

L_：补偿存储器的种类

- L10：对应于长度形状值；
- L11：对应于长度磨损值；
- L12：对应于半径形状值；
- L13：对应于半径磨损值；

P_：补偿号

R_：补偿量

注

1 省略 L 或编入 L1 的情况下，与 L11 动作相同。

2 当用绝对输入（G90）来指定 G10 时，所指定的值就成为新的刀具补偿量。当用增量输入（G91）时，原补偿值与新值取和后作为新的补偿值。

16 用户宏程序（宏 B）

用户宏程序（如未特别说明简称宏 B）允许用户使用变量、算术运算、逻辑运算、位操作、条件转移、循环控制和程序调用等基本程序语言特征，使得编制程序更方便、灵活、容易、快捷。可以极大的提高程序的通用性，只需要对不同的主程序赋值，即可调用相同的子程序加工同类型的零件（如模具行腔、阵列孔等）。另外，宏程序中函数的运用也使各种曲线加工更加流畅，同时程序占用系统空间更小。

本章节将全面介绍标准宏 B 的功能，简易宏 B 功能仅在标准宏 B 功能基础上简化了个别指令和操作，本节将在被简化的内容处特别注明。

16.1 变量

普通加工程序直接用数值指定 G 代码和移动距离（例如，G01 X100.0）。使用用户宏程序时，数值可以直接指定或用变量指定。当用变量时，变量值可用程序赋值或用 MDI 面板操作设定。

例

```
#1=#2+100 ;
G01 X#1 F300.0 ;
```

解释

- **变量的表示**

一般程序语言需要对变量命名，但用户宏程序不需要，用户可以直接使用变量，即用变量符号（#）和后面的变量号指定。

例

#1、#2、#101 等均表示变量，即变量由“#+数值”组成。

表达式也可用于指定变量号。此时，表达式必须封闭在括号中。

例

当 COMP=1 时，#[#1+#2-12]

当 COMP=0 时，#(#1+#2-12)

注

当参数“COMP”（《连接调试手册》第 161 页 P4100.5）设为 1 时，方括号用于变量索引、改变优先级、函数或命令等语句中，而圆括号用于注释；当 COMP 设为 0 时，圆括号代替方括号功能，而方括号则用于数组功能，注释使用 C/C++语言注释风格（//或/* */）。如无特别说明，默认 COMP 为 1。

- **变量的类型**

所有变量根据变量号可以分成四种类型，如下所示。

变量号	别名	变量类型	功能
#0~#63	r0~r63	局部变量	局部变量只能在宏程序内局部使用，例如，运算结果。断电后开机，局部变量初始化为空。调用宏程序时，自变量对局部变量赋值。
#100~#499	——	公用变量	公用变量在不同的宏程序中意义相同。断电后开

变量号	别名	变量类型	功能
#500~#999			机，变量#100~#499 初始化为空，变量#500~#999 的数据与断电前保持一致，即使断电也不丢失。
#1000~	——	系统变量	系统变量用于读写系统内部的各种数据，例如，刀具的当前位置和补偿值等。

- **变量的显示**

对于局部变量和公用变量（#0~#999），系统在“宏变量”界面予以显示，但不显示系统变量。变量号右侧一栏是该变量的数值，可直接用 MDI 面板操作设定。如果变量未曾赋值，则变量值显示为空。

- **变量的引用**

在地址后指定变量号即可引用其变量值。当用表达式指定变量时，要把表达式放在括号中。

例

```
G01 X#100 ;
G01 X[#1+#2] F#3 ;
```

被引用变量的值根据地址的最小输入单位自动地舍入。

例

系统公制编程时，最小输入单位默认为 0.001mm，当把 12.3456 赋给#1，指令 G00X#1 时，实际在指令 G00 X12.346。

如果要改变引用变量值的符号，应将负号（-）放在#的前面。

例

```
G01 X-#100 ;
G01 X-[#1+#2] F#3 ;
```

- **限制**

程序号和顺序号不能使用宏变量。例如，下面情况不能使用变量：

例

下面的情况不能使用宏变量：

```
O#1 ;
N#3 Y200.0 ;
```

- **未定义变量**

当引用未定义的宏变量时，系统会产生报警（PS1318）。

- **变量赋空机能**

用户可将宏变量赋值为 NULL，表示该变量为空或未定义，一般用于初始化变量。

例

```
1  #1 = NULL ;
2  r1 = NULL ;
3  #1 = 5 ;
4  #[#1] = NULL ; //相当于#5=NULL
```

- **#0 替换为 NULL 功能**

本系统支持自动将#0 变量替换为 NULL，由参数“ZVRBN”（《连接调试手册》第 161 页 P4100.1）控制，ZVRBN 设为 1 时该机能有效。

该功能是为了兼容其它厂家系统的宏程序而设计，一般情况下建议用户浏览宏程序并手动将#0 更改为 NULL。

本功能中的替换操作等价于文本替换，即将“#0”替换为“NULL”，因此以下情况将不做处理：

1 #0 被视为空变量，非 0 号变量。r0 仍然作为 0 号变量被访问，不会替换为 NULL。

2 在#[表达式]中，即便“表达式”结果为 0，也表示 0 号变量，不会被替换为 NULL。

3 “#0…0”也被视为#0 情况，被替换为 NULL。例如，“#00”、“#0000”。

4 空变量不允许进行除赋值、作为 CALL 函数参数及 ISNULL 函数参数以外的操作。例如：

- #1 = NULL == NULL ; //报警
- #1 += NULL ; //报警
- #1 = NULL + 1 ; //报警
- #1 = SIN(NULL) ; //报警

16.2 基本数据类型

用户宏程序有 6 种基本数据类型：整型、无符号整型、长整型、无符号长整型、单精度实型和双精度实型。常量赋值时，系统会自动选择合适的数据类型存储。变量无需定义数据类型，可直接使用。一般情况下，可以赋给变量任何基本数据类型的常量。下表给出了 6 种数据类型的长度和范围。

类型	长度	范围
INT（整型）	4 字节	$-2^{31} \sim 2^{31}-1$
UINT（无符号整型）	4 字节	$0 \sim 2^{32}-1$
LONG（长整型）	8 字节	$-2^{63} \sim 2^{63}-1$
ULONG（无符号长整型）	8 字节	$0 \sim 2^{64}-1$
FLOAT（单精度实型）	4 字节	1.17549435e-38~3.40282347e+38 约精确到 6 位数
DOUBLE（双精度实型）	8 字节	2.2250738585072014e-308~1.7976931348623157e+308 约精确到 15 位数

16.2.1 整型常量

整型、无符号整型、长整型和无符号长整型常数统称为整型常量，简称整数。

解释

- **整型常量的表示**

整型常量具有以下两种表示方法：

1 十进制整数

编程时通常以习惯的十进制整数形式指定。

例

10、-345、0、+5

2 十六进制整数

十六进制整数是以 0x 开头的十六进制字符串。十六进制字符有 0~9，a~f（或 A~F），其中 a~f（或 A~F）表示十进制值 10~15。

例

0x12 （十进制 18）

0xb （十进制 11）

0xa8 （十进制 168）

0xFFFF （十进制 65535）

- **存储类型修饰符**

系统设定了 s、u 和 l 三种整型修饰符。s 表示有符号数，u 表示无符号数，l 表示 8 字节长整型或无符号长整型数。无修饰符，默认为 4 字节有符号整型数。这些修饰符有的可以相互组合。

例

5s	（4 字节有符号整型数）
5u	（4 字节无符号整型数）
5l	（8 字节有符号长整型数）
5sl 或 5ls	（8 字节有符号长整型数）
5ul 或 5lu	（8 字节无符号长整型数）

注

如果设定了修饰符，应该保证数值在规定的范围内，系统不进行溢出判断。

- **系统定义整型常量**

系统定义整型常量 true（TRUE）和 false（FALSE）。其中，true（TRUE）表示 32 位无符号整型数 1，false（FALSE）表示 32 位无符号整型数 0。

16.2.2 实型常量

单精度实型和双精度实型常数统称为实型常量，简称实数。

解释

- **实型常量的表示**

实型常量又称浮点常量，是一个十进制表示的符号实数。符号实数的值包括整数部分、尾数部分和指数部分。实型常量的形式如下：

```
[+|-][digits][.digits][e[+|-]digits]
```

此处，digits 是一位或多位十进制数字（0~9），e 是指数符号。小数点之前是整数部分，小数点之后是尾数部分。整数部分和尾数部分可以省略，但不能同时省略。指数部分用 e 开头，基数为 10。实型常量如果不加修饰，则默认为双精度类型。详情参见 II-16.11.3。

- **存储类型修饰符**

系统设定了 f 和 d 用于修饰单精度和双精度实型常量。修饰符不能修饰带指数符号的实型常量。

例

5.2	（无修饰符，默认 8 字节双精度实型）
5.2e2	（带指数符号默认 8 字节双精度实型）
5.2f	（4 字节单精度实型）
5.2d	（8 字节双精度实型）
5.2e2f 或 5.2e2d	（非法）

- **系统定义实型常量**

为方便使用，系统预定义了部分实型常量，如下表所示。

名称	意义
PI	8 字节双精度实型，值为 3.1415926535897932。
INF 或（PINF）	8 字节双精度实型，值为＋∞（存储为 0x7FF0000000000000），供测试用。
NINF	8 字节双精度实型，值为－∞（存储为 0xFFF0000000000000），供测试用。
ZERO（PZERO）	8 字节双精度实型，值为+0（存储为 0x0000000000000000），供测试用。

名称	意义
NZERO	8 字节双精度实型，值为-0（存储为 0x8000000000000000），供测试用。
NAN	8 字节双精度实型，值为 NAN（存储为 0xFFFFFFFFFFFFFFFF），供测试用。

16.2.3 类型转换

以上 6 种数据类型，可以互相转换。用户宏程序支持显式类型转换和隐式类型转换。

解释

- **显式类型转换**

显示类型转换格式如下：

[类型][表达式]　　当 COMP=1 时

或

(类型)(表达式)　　当 COMP=0 时

类型：INT、UINT、LONG、ULONG、FLOAT 或 DOUBLE。

表达式：当为变量时，可以去掉两侧括号。

例

语句：#1=[INT]5.5 ;

结果：#1=5。

- **隐式类型转换**

对于同一表达式中的常量和变量，如果数据类型不一致，则系统首先进行隐式类型转换。将较小的数据类型提升到较大的数据类型。数据类型从小到大排列如下：

INT、UINT、LONG、ULONG、FLOAT、DOUBLE

例

语句：#1=5.5+8 ;

结果：#1=5.5+[DOUBLE]8。

5.5 为 DOUBLE 型，8 为 UINT 型，DOUBLE>UINT，那么计算时首先将 8 转换为 DOUBLE 型，然后进行计算。

16.3 系统变量

系统变量用于读写系统内部的数据，例如，刀具补偿和当前位置数据等。其中，某些系统变量只能读不能写。系统变量是自动化程序和通用程序设计的基础。

解释

- **接口信号**

接口信号是可编程机床控制器（PLC）与用户宏程序之间交换的信号。

变量号	功能
#1000~#1015 #1032	把 16 位信号从 PLC 传送到用户宏程序。变量#1000~#1015 用于按位读信号，变量#1032 用于一次读整个 16 位信号。
#1100~#1115 #1132	把 16 位信号从用户宏程序传送到 PLC。变量#1100~#1115 用于按位写信号，变量#1132 用于一次写整个 16 位信号。

系统读取到作为接口信号的系统变量#1000~#1015 的值后，便可知接口输入信号的状态（0 为打开，1 为闭合）。其对应 DI 地址定义表如下。

序号	15	14	13	12	11	10	9	8
接口	UI15	UI14	UI13	UI12	UI11	UI10	UI09	UI08
G 区地址	G15.7	G15.6	G15.5	G15.4	G15.3	G15.2	G15.1	G15.0
宏地址	#1015	#1014	#1013	#1012	#1011	#1010	#1009	#1008

序号	7	6	5	4	3	2	1	0
接口	UI07	UI06	UI05	UI04	UI03	UI02	UI01	UI00
G 区地址	G14.7	G14.6	G14.5	G14.4	G14.3	G14.2	G14.1	G14.0
宏地址	#1007	#1006	#1005	#1004	#1003	#1002	#1001	#1000

读取系统变量#1032，可以一次读取全部输入信号，表达式如下：

$$\#1032=\sum_{i=0}^{15}\#(1000+i)\times 2^{i}$$

用户也可通过写系统变量#1100~#1115 来控制接口输出信号的状态（0 为打开，1 为闭合）。其对应 DO 地址定义表如下。

序号	15	14	13	12	11	10	9	8
接口	UO15	UO14	UO13	UO12	UO11	UO10	UO09	UO08
F 区地址	F15.7	F15.6	F15.5	F15.4	F15.3	F15.2	F15.1	F15.0
宏地址	#1115	#1114	#1113	#1112	#1111	#1110	#1109	#1108

序号	7	6	5	4	3	2	1	0
接口	UO07	UO06	UO05	UO04	UO03	UO02	UO01	UO00
F 区地址	F14.7	F14.6	F14.5	F14.4	F14.3	F14.2	F14.1	F14.0
宏地址	#1107	#1106	#1105	#1104	#1103	#1102	#1101	#1100

通过给系统变量#1132 赋值，可以一次输出全部输出信号，表达式如下：

$$\#1132=\sum_{i=0}^{15}\#(1100+i)\times 2^{i}$$

注

1 不能赋值给系统变量#1000~#1032。

2 通过诊断界面的 G 接口可以显示#1000~#1032，其中 G014 对应 UI00~UI07，G015 对应 UI08~UI15。

3 当非 0 或 1 的值赋给系统变量#1100~#1115 时，被认为是 1。

4 可以读取系统变量#1100~#1132 的值。

5 通过诊断界面的 F 接口可以显示#1100~#1132，其中 F014 对应 UO00~UO07，F015 对应 UO08~UO15。

6 系统宏输入或输出接口信号的具体意义请参见操作手册或连接调试手册。

- **刀具补偿值**

通过系统变量可以读写刀具补偿值，可使用的变量数取决于刀补数。刀具补偿号与变量号的关系如下所示。

补偿号	1 轴长度补偿形状变量号	2 轴长度补偿形状变量号	3 轴长度补偿形状变量号	4 轴长度补偿形状变量号	半径补偿形状变量号
1	#10001	#20001	#30001	#40001	#90001
2	#10002	#20002	#30002	#40002	#90002
……	……	……	……	……	……
128	#10128	#20128	#30128	#40128	#90128

补偿号	1 轴长度补偿磨损变量号	2 轴长度补偿磨损变量号	3 轴长度补偿磨损变量号	4 轴长度补偿磨损变量号	半径补偿磨损变量号
1	#18001	#28001	#38001	#48001	#98001
2	#18002	#28002	#38002	#48002	#98002
……	……	……	……	……	……
128	#18128	#28128	#38128	#48128	#98128

- **时间信息**

时间信息相关宏变量如下表所示。

变量号	数据类型	功能
#3001	UINT	该变量为一个计时器，以 1 毫秒为计时单位。当电源接通时，该变量复位为 0。当达到 4294967296 毫秒时，该计时器返回到 0。
#3002	FLOAT	该变量为一个计时器，当循环启动灯亮时以一小时为单位计时。当电源接通时，该变量复位为 0。
#3011	UINT	该变量用于读取当前日期（年/月/日），年/月/日信息转换成十进制数。例如，2006 年 9 月 21 日表示为 20060921。若存储不正确的日期，会产生报警（PS1303）。
#3012	UINT	该变量用于读取当前时间（时/分/秒），时/分/秒信息转换成十进制数。例如，下午 5 时 22 分 18 秒表示为 172218。若存储不正确的时间，会产生报警。（PS1303）。

- **已加工的零件数**

已加工的零件数（加工件数）可以被宏程序读写。其中，写操作由参数“MACN”（《连接调试手册》第 161 页 P4100.4）控制，当 MACN 设为 1 时，用户可以修改已加工的零件数。

变量号	变量类型	功能
#3901	UINT	已加工零件数（加工件数）（不大于 65535 的非负数）。
#3902	UINT	已加工单批计数值（不大于 65535 的非负数）。

- **模态信息**

当前程序段的模态信息可以被宏程序读出（只读）。对应模态 G 代码的变量号=组号+4000，宏变量值为 G 代码值。具体宏变量如下所示。

变量号	变量类型	功能
#4001	UINT	G00、G01、G02、G03、G93
#4002	UINT	G17、G18、G19
#4003	UINT	G90、G91
#4004	UINT	G98、G99

变量号	变量类型	功能
#4005	UINT	G54、G55、G56、G57、G58、G59
#4006	UINT	G20、G21
#4007	UINT	G40、G41、G42
#4008	UINT	G49、G43、G44
#4009	UINT	G80、G81、G82、G83、G84、G85、G86、G87、G88、G89、G73、G74、G76
#4010	UINT	G94、G95
#4012	UINT	G50、G51
#4016	UINT	G12.1、G13.1
#4105	UINT	F 代码
#4107	UINT	H 代码
#4111	UINT	L 代码
#4112	UINT	M 代码
#4113	UINT	顺序号
#4114	UINT	程序号
#4118	UINT	S 代码
#4119	UINT	T 代码

例

语句：#1=#4007 ;

结果：#1=40、41 或 42（#1 的值由系统当前刀具半径补偿状态决定）。

注

#4001~#4119 读出来的数值为 BIN 码。而某些地址的赋值数据必须是 BCD 码，如 G、S（两位数）、T、M 等。使用时应提前进行数制转换。例如，G[BCD[#4007]]，如果#4007=41，那么该段指令等价于 G41。

- **位置信息**

读取系统变量#5001~#5084 后，便可知当前刀具的位置信息。当公制输入时最小单位为 0.001 毫米，英制输入时最小单位为 0.0001 英寸。

系统变量	变量类型	位置信息	移动中读取	刀具半径、长度补偿
#5001~5004	DOUBLE	前段 1~4 轴程序段终点位置（ABSIO）	可	不考虑刀尖位置（程序指令位置）
#5011~5014	DOUBLE	1~4 轴机床位置（ABSMT）	不可	
#5041~5044	DOUBLE	1~4 轴现在位置（ABSOT）	不可	考虑刀具基准点位置（与绝对坐标值相同）
#5080	DOUBLE	刀具半径补偿量	可	
#5081~5084	DOUBLE	刀具长度补偿量（1~4 轴）	可	

注

系统变量#5001~#5084 为只读，不能对其赋值。

16.4 算术、逻辑和关系运算

下表列出的运算可以在宏变量之间进行。赋值运算符右侧表达式中的变量（#j 和#k）可以由常量或另外一个表达式代替，左侧表达式中的变量号也可以使用表达式。

功能	格式	备注
赋值	#i = #j ;	赋值运算。
加法 减法 乘法 除法	#i = #j + #k ; #i = #j - #k ; #i = #j * #k ; #i = #j / #k ;	算术运算。 如果 j==i，可使用简化符号（+=、-=、*=、/=）。如#i = #i + #k 可简化为#i += #k。
与 异或 或 左移 右移	#i = #j & #k ; 或 #i = #j AND #k ; #i = #j ^ #k ; 或 #i = #j XOR #k ; #i = #j | #k ; 或 #i = #j OR #k ; #i = #j << #k ; #i = #j >> #k ;	位操作。只能对整型数进行位操作，使用实型数时将报警。位操作是按整型数的二进制形式操作的。 结果的数据类型为无符号整型或无符号长整型。当有长整型数据参与位运算时，结果是无符号长整型，否则结果是无符号整型。 如果 j==i，那么可使用简化符号（&=、^=、|=、<<=、>>=）。如#i = #i & #k 可简化为#i &= #k。
等于 不等于 大于 大于等于 小于 小于等于	#i = #j == #k ; 或 #i = #j EQ #k ; #i = #j != #k ; 或 #i = #j NE #k ; #i = #j > #k ; 或 #i = #j GT #k ; #i = #j >= #k ; 或 #i = #j GE #k ; #i = #j < #k ; 或 #i = #j LT #k ; #i = #j <= #k ; 或 #i = #j LE #k ;	关系运算。 结果为 32 位无符号整数 0（FALSE）或 1（TRUE）。
从 BCD 转为 BIN 从 BIN 转为 BCD	#i = BIN[#j] ; #i = BCD[#j] ;	主要用于与 PLC 的信号交换。 详情可参考 II-16.11.1。
平方根 绝对值 四舍五入 上取整 下取整 自然对数 指数函数	#i = SQRT[#j] ; #i = ABS[#j] ; #i = FABS[#j] ; #i = ROUND[#j] ; #i = FUP[#j] ; 或 #i = CEIL[#j] ; #i = FIX[#j] ; 或 #i = FLOOR[#j] ; #i = LN[#j] ; 或 #i = LOG[#j] ; #i = EXP[#j] ;	详情可参考 II-16.11.1。
正弦 反正弦 余弦 反余弦 正切 反正切	#i = SIN[#j] ; #i = ASIN[#j] ; #i = COS[#j] ; #i = ACOS[#j] ; #i = TAN[#j] ; #i = ATAN[#j]/[#k] ;	三角函数。当以角度指定时，如$90^{\circ}30'$表示为 90.5 度。 常数或表达式可以代替#j。 详情可参考 II-16.11.1。

解释

- **注意事项**

1 由参数“DEG”（《连接调试手册》第 161 页 P4100.6）决定以角度指定还是弧度编程。当 DEG 设为 0 时，所有三角函数都以弧度指定；当 DEG 设为 1 时，所有三角函数都以角度指定。

2 上表中列出的函数为常用函数，除此之外，C 函数库中绝大部分函数在系统上都能使用，详情可参考 II-16.11.1。

3 当使用双精度进行计算时，可以精确到约 15 位有效数字。当使用单精度计算时，可以精确到约 6 位有效数字。双精度运算精度高，但运算速度比单精度慢，而单精度运算则相反。

- **优先级**

运算符优先级如下表所示。

优先级	运算符	含义
1	()、[]	括号表达式
2	+、-、!、~、(类型)	单目运算符
3	*、/	双目运算符
4	+、-	
5	<<、>>	
6	<、<=、>、>=	
7	==、!=	
8	&、^、|	
9	&&、||	
10	=、+=、-=、*=、/=、<<=、>>=	赋值运算符

其中，括号表达式优先级最高，而赋值运算符优先级最低。计算时，先计算优先级高的。如果优先级一样，则采用从左到右的顺序计算。

例

语句：#1 = [1.0 + 2.0] * 3.0 / 4.0 – [8 >> 2 + 3] ;的计算顺序如下：

1 1.0 + 2.0

2 [1.0 + 2.0] * 3.0

3 [1.0 + 2.0] * 3.0 / 4.0

4 2 + 3

5 8 >> 2 + 3

6 [1.0 + 2.0] * 3.0 / 4.0 – [8 >> 2 + 3]

7 #1 = [1.0 + 2.0] * 3.0 / 4.0 – [8 >> 2 + 3]

16.5 加工程序语句

系统供用户使用的加工程序语句包括：NC 语句、赋值语句、控制语句和命令语句。其中，赋值语句、控制语句和命令语句为宏语句。

解释

- **赋值语句**

赋值语句包含赋值运算符。

例

#1 = #2 ;

- **控制语句**

控制语句包括：GOTO、IF、WHILE 等语句。

例

IF[#1 >= 100] GOTO #2 ;

- **命令语句**

命令语句包括：CALL、MSG、ERR、OPENWRITE、CLOSEWRITE、WRITE 等语句。

例

MSG[“Error!”] ;

- **宏语句与 NC 语句的区别**

宏语句与 NC 语句的不同点如下：

1 即使处于单程序段运行方式，机床也不停止运行。此功能由参数“SBKM”（《连接调试手册》第 161 页 P4100.7）控制，当 SBKM 设为 1 时，宏指令在单程序段方式下停止；当 SBKM 设为 0 时，宏指令在单程序段方式下不停止。

2 在刀具半径补偿方式中宏程序语句段做为不移动程序段处理。

16.6 控制语句

程序是顺序、选择、循环三种结构的复杂组合。宏程序语言使用一组相关的控制语句，来实现选择结构和循环结构：

1 选择控制语句 IF

2 循环控制语句 WHILE

3 转移控制语句 GOTO

16.6.1 无条件转移（GOTO 语句）

格式

GOTO n ;

n：要转移到的程序段顺序号。

解释

GOTO 语句表示转移到标有顺序号|N|（n 的绝对值）的程序段。

可用括号表达式或宏变量指定顺序号，但计算结果不能为非整型数据，否则报警。n 可以为负整数，表示负向优先或负向搜索。如果要向后跳转，可指定 n 为负值，节省搜索时间。

例

……

N10 M03 ;

#1=10 ;　　（给#1 赋值 10）

GOTO #1 ;　（无条件跳转到 N10）

……

执行后，程序跳转到 N10，输出 M03 代码。

注

直接指定 n，且 n 为负数时，需加中括号。例如，GOTO [-1] ;

16.6.2 条件转移（IF 语句）

IF 语句用来判断给定的条件是否满足，根据结果（真或假）来选择执行相应的操作。有两种格式的 IF 语句。

格式

- **格式 1**

IF[表达式] GOTO n ;

n：表达式为真时转移到的程序段顺序号。

- **格式 2**

IF[表达式] THEN 赋值语句 ;

解释

- **格式 1**

如果表达式结果不为 0，则认为结果为真，转移到有顺序号为 n 的程序段。

如果表达式结果为 0，则认为结果为假，执行下个程序段。表达式结果如果为非整数，则应强制转换为整数，否则报警。

例

```
……
#1=1 ;                    （给#1 赋值 1）
N10 #2+=#1 ;              （#2 恒加#1）
IF[#2<100] GOTO 10 ;      （如果#2 小于 100 则程序跳转到 N10）
……
```

该程序对#2 累加，当等于 100 时程序向下顺序执行。

注

关系运算表达式结果为 32 位整数。

- **格式 2**

如果表达式结果不为 0，则认为结果为真，执行赋值语句，否则执行下个程序段。表达式结果如果为非整数，则应强制转换为整数，否则报警。

例

```
……
#1=10 ;                        （给#1 赋值 10）
N10 #1-=1 ;                    （#1 恒减 1）
IF [#1>1] GOTO 10 ;            （如果#1 大于 1，则继续执行 N10）
IF [#1<=2] THEN #1=10 ;        （如果#1 小于等于 2，给#1 赋值 10）
……
```

该程序执行时，#1 每次都从 10 减到 1。

16.6.3 循环（WHILE 语句）

格式

- **格式 1**

WHILE[表达式] DO n ;
……
END n ;
n：指定循环执行范围的标号（1~1023）。

- **格式 2**

DO n ;
……
END n ;
n：指定循环执行范围的标号（1~1023）。

解释

- **格式 1**

如果表达式结果不为 0，则认为结果为真，循环执行 WHILE 到 END 之间的语句，直到表达式结果为假。当表达式结果为零时，跳转到 END 语句的下一个程序段执行。表达式结果如果为非整数，则应强制转换为整数，否则报警。n 为正整数，仅仅为了匹配 DO 和 END 语句。

例

```
……
N1 #1 = 1 ;
N2 #2 = 0 ;
N3 WHILE[#1 <= 100] DO 5 ;
N4 #2 += #1 ;        （计算 1+2+3+·····+100）
N5 #1 += 1 ;
N6 END 5 ;
……
```

该程序执行时，#1 从 1 加到 100，#2 得到的是 1+2+3+·····+100 的和。

- **格式 2**

当 DO 语句中没有指定 WHILE 判断条件语句时，则为无限循环。
如格式 1 中例程，如果不指定 WHILE 判断条件，则#1 和#2 的值无限加下去直至数据溢出报警。

例

```
……
N1 #1 = 1 ;
N2 #2 = 0 ;
N3 DO 5 ;
N4 #2 += #1 ;        （计算 1+2+3+·····）
N5 #1 += 1 ;
N6 END 5 ;
……
```

- **标号 n 与循环嵌套**

标号 n 可重复使用，循环也可以嵌套使用，但有以下限制：

1 DO n 和 END n 必须成对使用（n 值相同），且 DO 一定要在 END 之前出现。

2 两个循环不能交叉。

3 如果循环嵌套，那么子循环的标号不能与父循环相同。

4 GOTO 语句可以从循环体内转移到循环体外，但不能从循环体外转移到循环体内，否则执行到 END 语句会报警。

16.7 命令语句

命令语句是用户宏程序的一部分，包括 MSG、ERR、OPENWRITE、CLOSEWRITE、WRITE。命令语句仅在标准宏 B 功能中有效，在简易宏 B 功能中执行上述语句将触发 PS 报警。

16.7.1 字符串

以一对双引号括起来的字符序列为字符串。字符串不是基本数据类型，只在部分命令语句中使用。例如：“message”。目前不支持中文字符串。

16.7.2 MSG 命令

格式

MSG[参数 1，参数 2，……，参数 n] ;

向消息区输出消息（一条）。

解释

参数可以为任意个（包括 0 个）。参数 1~n 可以是字符串或者表达式。参数若为字符串，则输出字符串；若为表达式，则将计算结果转换为相应的字符串，然后输出。

例

语句：MSG[“5+2=”, 5+2] ;

结果：在消息区显示 5+2=7

16.7.3 ERR 命令

格式

ERR[报警号，参数 1，参数 2，……，参数 n] ;

报警并停止运行，同时向消息区连续显示消息（一条）。

解释

报警页面显示的报警号为 ERR 命令指定的报警号加上 3000。报警号可以是表达式，但结果必须是小于 1000 的整型数，否则报警。参数可以为任意个（包括 0 个），参数 1~n 可以是字符串或者表达式。参数若为字符串，则输出字符串，若为表达式，则将计算结果转换为相应字符串，然后输出。

例

语句：ERR[5, “error”] ;

结果：报 3005 号 P/S 报警，并在报警页面的提示区域显示 error，同时向消息区显示该内容。

注

1 使用 WRITE 指令时，可以在字符串中使用转义字符“\n”和“\t”，所以“\n”和“\t”都将作为一个字符输出。

2 第一个 WRITE 指令使用前应该使用 OPENWRITE 指令打开串口。最后一个 WRITE 指令结束后，应该使用 CLOSEWRITE 指令关闭串口。

3 要使用 WRITE 功能，首先应该设置串口参数，并让串口通讯软件处于接收状态，如同接收程序一样。

16.8 宏程序调用

程序调用包括：NC 程序调用（M98）和宏程序调用。宏程序调用包括以下几种方法：

- G65 宏程序调用
- 自定义 G 代码宏程序调用
- 自定义 M 代码宏程序调用
- 自定义 T 代码宏程序调用
- CALL 调用

NC 程序调用不可以像宏程序调用那样传递参数，数据只能通过全局变量进行传递。

上述宏程序调用方法仅在标准宏 B 功能中有效，在简易宏 B 功能中无效。在简易宏 B 功能中执行 G65 将触发“非法 G 代码”报警；屏蔽自定义 G/M/T 代码参数；执行 CALL 指令将触发 PS 报警。

自变量

调用宏程序时，可能需要给被调用函数传入若干变量，这些变量成为自变量。使用自变量时，CNC 将指定值赋给对应的局部变量。自变量使用的地址符以及与局部变量的关系如下表所示：

地址	变量号	地址	变量号	地址	变量号
A	#1	I	#4	T	#20
B	#2	J	#5	U	#21
C	#3	K	#6	V	#22
D	#7	M	#13	W	#23
E	#8	Q	#17	X	#24
F	#9	R	#18	Y	#25
H	#11	S	#19	Z	#26

注

1 D、H、Q、M、S、T 不可带小数点使用。

2 地址 M、S、T 按 BCD 码指定自变量。如下例子：

```
O8500;
G65 P8600 T11;
M30;

O8600;
#120=0.02;
#[98000+BIN[#20]]=#120;
M99;
```

此程序段的含义是给 **11** 号刀补#98011 的刀具半径磨损赋值；若此段程序编为#[98000+#20]=#120，实际是将给 **17** 号刀补#98017 的刀具半径磨损赋值。原因是 **T11** 传入的值是 BCD 码，所以#20 的实际值是 17，而非 11。所以这里在使用#20 的值时需要先转换为 BIN 值。

16.8.1 G65 宏程序调用

G65 指令仅在标准宏 B 功能中有效，在简易宏 B 功能中执行 G65 将触发“非法 G 代码”报警。

格式

G65 Pp Ln <自变量指定> ;

p：要调用的程序号（标准的 4 位程序号名）。

n：重复次数，需要调用子程序的次数。

自变量指定：要传给被调用宏程序的数据，指定需要定义的自变量数值。参考第 165 页关于“自变量”的说明。

举例

加工程序

```
O156 ;
#100=#1+#2+#3+#5+#6+#4+#7+#8+#9+#11+#17+#18+#19+#21+#22+#23+#24+#25+#26 ;
M99 ;
O0001 ;
G65 P156 A10.0 B11.0 C12.0 D13 E14.0 F15.0 H16 I17.0 J18.0 K19.0 Q20 R21.0 S22 U23.0 V24.0
W25.0 X26.0 Y27.0 Z28.0 ;
M30 ;
```

运行结果

程序 O0001 执行时，G65 将数据传到对应的变量中，由程序 O156 计算出#100 的值。

16.8.2 自定义 G 代码宏程序调用

自定义 G 代码及其调用的宏程序号如下表所示。在简易宏 B 功能中自定义 G 代码参数将被屏蔽。

自定义 G 代码	代码设定参数	调用的宏程序号参数
1	4120	4320
2	4121	4321

16.7.4 OPENWRITE 命令

格式

OPENWRITE [handle] ;

打开 handle 号句柄，准备写入数据。

handle =0，指向内存。

handle =1，指向串口。

handle =2，指向 USB。

当前版本只有 handle =1 有效。

16.7.5 CLOSEWRITE 命令

格式

CLOSEWRITE [handle] ;

关闭 handle 号句柄，结束数据写入。

handle =0，指向内存。

handle =1，指向串口。

handle =2，指向 USB。

当前版本只有 handle =1 有效。

16.7.6 WRITE 命令

格式

WRITE [handle，参数 1，参数 2，……，参数 n] ;

向 handle 号句柄依次写入数据。

handle =0，指向内存。

handle =1，指向串口。

handle =2，指向 USB。

当前版本只有 handle =1 有效。

解释

参数可以为任意个（包括 0 个）。参数 1~n 可以是字符串或者表达式。参数若为字符串，则输出字符串；若为表达式，则将计算结果转换为相应的字符串，然后输出。

例

语句：WRITE[1, “Caculate:\n5+2=”, 5+2] ;

结果：如果串口通讯软件已经准备好接收数据，则将在串口通讯软件中显示：

Caculate:

5+2=7

自定义 G 代码	代码设定参数	调用的宏程序号参数
3	4122	4322
4	4123	4323
5	4124	4324
6	4125	4325
7	4126	4326
8	4127	4327
9	4128	4328
10	4129	4329
11	4130	4330
12	4131	4331
13	4132	4332
14	4133	4333
15	4134	4334
16	4135	4335
17	4136	4336
18	4137	4337
19	4138	4338
20	4139	4339

格式

G[自定义号] Ln <自变量指定>

自定义号：定义在参数 P4120~P4139 中。

n：重复次数。

自变量指定：要传到被调用宏程序的数据。参考第 165 页关于“自变量”的说明。

解释

- **自定义号**

  最多可定义 20 个自定义 G 代码。如果原来系统中已有指定的 G 代码，则自定义 G 代码将代替原有 G 代码的功能。

- **自变量指定**

  与 G65 自变量指定方式完全一致。

- **调用的宏程序号**

  定义在参数 P4320~4339 中。使得每个自定义 G 代码对应一个要调用的宏程序号，因此宏程序号对应的宏程序必须存在。

注

参数 P4320~4339 在出厂时一般为只读属性，被固化为 9320~9339。

举例

如果用户要自定义 G60 指令，调用的宏程序号为 9320，则可事先设定参数 P4120=60，参数 P4320=9320。

加工程序

```
O9320 ;
#101=#24+#25+#26+#4+#5+#6+#18+#9 ;
M99 ;
O1000 ;
G60 L1 X100.0 Y200.0 Z300.0 I400.0 J500.0 K600.0 R700.0 F800 ;
M30 ;
```

运行结果

程序 O1000 中执行 G60 指令时，会调用 O9320 程序，并且将 100.0、200.0、300.0、400.0、500.0、600.0、800 分别传给#24、#25、#26、#4、#5、#6、#18、#9，然后由 O9320 计算出#101 的值。

16.8.3 自定义 M 代码宏程序调用

自定义 M 代码及其调用的宏程序号如下表所示。在简易宏 B 功能中自定义 M 代码参数将被屏蔽。

自定义 M 代码	代码设定参数	调用的宏程序号参数
1	4200	4400
2	4201	4401
3	4202	4402
4	4203	4403
5	4204	4404
6	4205	4405
7	4206	4406
8	4207	4407
9	4208	4408
10	4209	4409
11	4210	4410
12	4211	4411
13	4212	4412
14	4213	4413
15	4214	4414
16	4215	4415
17	4216	4416
18	4217	4417
19	4218	4418
20	4219	4419

格式

M[自定义号] Ln <自变量指定>

自定义号：定义在参数 P4200~P4219 中。

n：重复次数。

自变量指定：要传到被调用宏程序的数据。参考第 165 页关于“自变量”的说明。

解释

- **自定义号**

最多可定义 20 个自定义 M 代码。如果原来系统中已有指定的 M 代码，则自定义 M 代码将代替原有 M 代码的功能。

- **自变量指定**

与 G65 自变量指定方式完全一致。

- **调用的宏程序号**

定义在参数 P4400~4419 中。使得每个自定义 M 代码对应一个要调用的宏程序号，因此宏程序号对应的宏程序必须存在。

注

参数 P4400~4419 在出厂时一般为只读属性，被固化为 9400~9419。

举例

如果用户要自定义 M60 指令，调用的宏程序号为 9400，则可事先设定参数 P4200=60，参数 P4400=9400。

加工程序

```
O9400 ;
#101=#24+#25+#26+#4+#5+#6+#18+#9 ;
M99 ;
O1000 ;
M60 L1 X100.0 Y200.0 Z300.0 I400.0 J500.0 K600.0 R700.0 F800 ;
M30 ;
```

运行结果

程序 O1000 中执行 M60 指令时，会调用 O9400 程序，并且将 100.0、200.0、300.0、400.0、500.0、600.0、800 分别传给#24、#25、#26、#4、#5、#6、#18、#9，然后由 O9400 计算出#101 的值。

16.8.4 自定义 T 代码宏程序调用

自定义 T 代码及其调用的宏程序号如下表所示。在简易宏 B 功能中自定义 T 代码参数将被屏蔽。

自定义 T 代码	代码设定参数	调用的宏程序号参数
1	4250	4450
2	4251	4451
3	4252	4452
4	4253	4453
5	4254	4454
6	4255	4455
7	4256	4456

自定义 T 代码	代码设定参数	调用的宏程序号参数
8	4257	4457
9	4258	4458
10	4259	4459

格式

T[自定义号] Ln <自变量指定>

自定义号：定义在参数 P4250~P4259 中。

n：重复次数。

自变量指定：要传到被调用宏程序的数据。参考第 165 页关于“自变量”的说明。

解释

- **自定义号**

最多可定义 10 个自定义 T 代码。如果原来系统中已有指定的 T 代码，则自定义 T 代码将代替原有 T 代码的功能。

- **自变量指定**

与 G65 自变量指定方式完全一致。

- **调用的宏程序号**

定义在参数 P4450~4459 中。使得每个自定义 T 代码对应一个要调用的宏程序号，因此宏程序号对应的宏程序必须存在。

注

参数 P4450~4459 在出厂时一般为只读属性，被固化为 9450~9459。

举例

如果用户要自定义 T60 指令，调用的宏程序号为 9450，则可事先设定参数 P4250=60，参数 P4450=9450。

加工程序

```
O9450 ;
#101=#24+#25+#26+#4+#5+#6+#18+#9 ;
M99 ;
O1000 ;
T60 L1 X100.0 Y200.0 Z300.0 I400.0 J500.0 K600.0 R700.0 F800 ;
M30 ;
```

运行结果

程序 O1000 中执行 T60 指令时，会调用 O9450 程序，并且将 100.0、200.0、300.0、400.0、500.0、600.0、800 分别传给#24、#25、#26、#4、#5、#6、#18、#9，然后由 O9450 计算出#101 的值。

16.8.5 CALL 调用

CALL 调用可以传递参数，但不能包含 NC 指令。

CALL 调用如果传递了参数，则还必须对被调用程序进行参数列表声明，即在主程序中使用 CALL 指令调用子程序，并在子程序中使用 PARAMS 指令接收参数。如果没有传递参数，则不需要使用 PARAMS 指令。

CALL 调用没有返回值，如有需要可借助全局变量来实现。即在被调用子程序中为指定全局变量赋

值，在主程序中读取该全局变量即可。

CALL 和 PARAMS 指令仅在标准宏 B 功能中有效，在简易宏 B 功能中执行它们将触发 PS 报警。

格式

- **CALL 指令**

CALL[程序号] ;

或

CALL[程序号, 参数 1, 参数 2, ……, 参数 n] ;

程序号：被调用程序的程序号。

n：参数个数（n<=32）。

- **PARAMS 指令**

PARAMS[参数 1, 参数 2, ……, 参数 n] ;

n：参数个数（n<=32）。

解释

- **CALL 指令**

程序号可用表达式表示，其计算结果必须为整数，否则报警。

参数 1~n 为要传入被调用程序的参数，最多 32 个。参数可以为变量、表达式或数组。

- **PARAMS 指令**

参数 1~n 声明可传入的参数，最多 32 个。参数声明只能使用局部变量的别名（r0~r63）。

举例

加工程序

```
O1100 ;                    （主程序）
CALL[1000, 50.0, 100.0] ;  （调用子程序 1000，并传入参数 50.0 和 100.0。）
CALL[1000, 150.0, 200.0] ; （调用子程序 1000，并传入参数 150.0 和 200.0。）
CALL[1000, 250.0, 300.0] ; （调用子程序 1000，并传入参数 250.0 和 300.0。）
M30 ;

O1000 ;                    （子程序）
PARAMS[r1, r5] ;           （参数列表声明，分别用局部变量 r1（#1）和 r5（#5）接收参数）
G04 X0.5 ;
N10 G00 X[r1] Z[r5] ;
G04 X0.5 ;
M99 ;
```

16.8.6 G 接口调用宏程序

自动方式下非自动运行状态下，且无报警时，当检测到诊断信号 G0034 发生变化（非 0）时，系统自动**后台**执行 G0034 指定的宏程序。调用过程不干涉当前程序的显示和译码。

该功能由参数“GMACRO”（《连接调试手册》第 137 页 P0007.0）控制是否有效。

诊断信号 F0009.0 可观察被调用宏程序的状态。

注

1 被调用宏程序未找到时，产生 PS342 报警

2 被调用宏程序只支持宏变量算术运算、逻辑运算、关系运算、赋值语句和 M02、M30。出现其他格式时，产生 PS343 报警

16.9 变量索引和数组

为简化宏程序编程，系统提供了两种变量使用方法：变量索引和数组。

16.9.1 变量索引

用户宏程序可以使用变量索引表示一个变量，以方便循环程序的使用。

格式

变量[索引] **当 COMP=1 时**

或

变量(索引) **当 COMP=0 时**

表示一个变量，其变量号为指定变量的变量号加上索引值。

举例

把 100~199 号变量设置为 0~99。

加工程序

```
O1500 ;
#1 = 0 ;
WHILE[#1 < 100] DO 1 ;
#100[#1] = #1 ;      （使用变量索引）
#1 += 1 ;
END 1 ;
M30 ;
```

注

局部变量的别名也可以使用索引，如 r5[#1]。

16.9.2 数组

用户宏程序支持简单的数组操作，可以处理连续多个变量。

当参数“COMP”（《连接调试手册》第 161 页 P4100.5）设为 1 时，方括号用于变量索引、改变优先级、函数或命令等语句中，而圆括号用于注释；当 COMP 为 0 时，圆括号代替方括号功能，而方括号则用于数组功能，注释使用 C/C++语言注释风格（//或/* */）。如无特别说明，默认 COMP=1。

格式

变量[数组大小]

表示以指定变量为起始变量的连续多个变量，变量个数由指定数组大小决定。

解释

在用户宏程序中，数组主要有以下两种使用方法。

- **连续变量赋值**

变量 1[数组大小 1] op 变量 2[数组大小 2] ;

op：操作符，包括=、+、-、*、/、&=、^=、|=、<<=、>>=10 种操作。

变量 1 和变量 2：分别为左操作数的起始变量和右操作数的起始变量。

数组大小 1 和数组大小 2：可以为表达式，但结果必须为整数，且大小必须相同，否则报警。

例

语句：#100[3]+=r2[3] ;

等价于以下三条语句：

#100+=r2 ;

#101+=r3 ;

#102+=r4 ;

- **CALL 指令参数**

例

```
O1100 ;                          //主程序
#100(0)=50.0 ;                   //变量索引
#100(1)=100.0 ;
CALL(1000, #100[2]) ;            //调用子程序 1000，并传入数组
#100=150.0 ;
#101=200.0 ;
CALL(1000, #100[2]) ;            //调用子程序 1000，并传入数组
M30 ;
O1000 ;                          //子程序
PARAMS(r5[2]) ;                  //接收参数
G04 X0.5 ;
N10 G00 X(r5(0)) Z(r5(1)) ;      //变量索引
G04 X0.5 ;
M99 ;
```

16.10 中断型用户宏程序

当程序正在执行时，来自机床的中断输入信号可以调用另一个程序。该功能称为中断型用户宏程序功能。

格式

M96 Pxxxx ; **用户宏程序中断有效**

M97 ; **用户宏程序中断无效，中断信号被忽略**

xxxx：中断时被调用的程序的程序号。

解释

- **用途**

中断型用户宏程序功能允许在程序执行期间的任一程序段调用另一个程序。这就可使程序根据随时变化的条件实时地运行。例如：

1 当检测到刀具的异常状态时，用外部信号启动异常过程的处理。

2 加工运行的顺序由另一个加工操作中断而不取消现在的运行。

3 以固定的间隔，读取与现在加工有关的信息。

进入宏中断子程序时，自动复位各模态 G 代码组，在中断子程序返回时恢复模态数据。上面叙述的中断型用户宏程序类似于适应控制的应用。

- **中断条件**

用户宏程序中断只能在程序执行期间有效。即在下列条件下有效：

1 存储器运行或 MDI 运行时

2 启动指示灯亮时

3 目前不处理用户宏中断时

- **指令的使用**

一般情况下，指定 M96 使中断信号的输入有效，可以执行用户宏程序中断功能。M97 使信号无效。一旦指定 M96，中断信号的输入是用户宏程序中断开始。直到指定 M97 或 NC 复位后，中断型宏程序功能取消。在指定 M97 或 NC 复位后，即使中断信号输入，用户宏程序中断也不执行，中断信号被忽略直到指定另一个 M96。

- **用户宏程序中断和 NC 语句**

当执行用户宏程序中断时，用户可能希望中断正在执行的 NC 语句，或者希望执行完当前的程序段后再执行中断。这时，可通过参数“INTT”（《连接调试手册》第 161 页 P4100.3）选择是在程序段中间执行中断，还是等到程序段结束后再执行中断。

1 I 型（在程序段中间执行中断，INTT=1）

(1) 当中断信号输入时，任何正在执行的移动或暂停都被立即停止，转而执行中断程序。

(2) 当控制返回到被中断的程序时，如果在中断程序执行过程中坐标没有变化，则程序继续执行完被中断程序段；如果在中断程序执行过程中坐标发生了变化，则程序重新执行被中断程序段。

2 II 型（程序段结束后执行中断，INTT=0）

(1) 如果正在执行的程序段不是循环操作，则当中断信号输入时，在当前程序段执行完之前，不执行宏程序的语句。

(2) 如果正在执行的程序段是循环操作，则当中断信号输入时，在整个循环操作完成之后，才执行宏程序的语句。

- **循环操作期间的用户宏程序中断**

1 对于复合型固定循环，如果被中断，循环有可能无法正常结束。所以请在循环之前使用 M97 指令禁止用户宏程序中断，在循环结束之后使用 M96 指令重新使能用户宏程序中断。

2 对于单一型固定循环：

(1) I 型：即使循环动作正在进行中，移动也被中断，转而执行中断程序。

(2) II 型：当循环动作完成时，执行中断程序。

注

单一型固定循环中执行中断时，如果被调用程序的首行为单一固定循环的同组代码，则会取消单一固定循环的模态。

- **用户宏程序中断信号**

用户宏程序中断信号（诊断信号 X4.7）的输入有两种方式：状态触发方式和边沿触发方式。使用状态触发方式，当它接通时（X4.7 为 1），信号有效；使用边沿触发方式，当它从断开状态切换到接通状态时，该信号变为有效（X4.7 由 0 变为 1 的上升沿有效）。用户可通过参数“TSE”（《连接调试手册》第 161 页 P4100.2）选择这两种方式。

- **限制**

1 M98 或 M99 会临时禁止用户宏程序中断，直到下一个指令段开始。因此，当系统在执行 M98 或 M99 指令段时，无法响应用户宏程序中断输入信号。

2 用户宏程序中断在 DNC 加工过程中不能使用。

3 使用用户宏程序中断功能时，WHILE、END 等宏控制语句之前应该使用 M97 禁止宏中断，在这类语句之后再使用 M96 重新使能宏中断。

16.11 用户宏程序库及实数标准

16.11.1 用户宏程序数学库函数

数学运算库基于 IEEE754 标准的浮点库，实现了常用的数学函数。函数名称与计算机上 C 语言运行时库中相同功能的函数同名，小写形式为大写形式的别名。

常用数学函数

功能	单精度	双精度
获取浮点类型	FPCLASSIFYF	FPCLASSIFY
判断是否是有限数	FINITEF	FINITE
判断是否是无穷大 INF	ISINFF	ISINF
判断是否是非数字	ISNANF	ISNAN
绝对值	FABSF	FABS
下取整	FLOORF	FLOOR
上取整	CEILF	CEIL
截除小数部分	TRUNCF	TRUNC
圆整四舍五入	ROUNDF	ROUND
平方根	SQRTF	SQRT
反正弦	ASINF	ASIN
反余弦	ACOSF	ACOS
正弦	SINF	SIN
余弦	COSF	COS
正切	TANF	TAN
反正切	ATANF	ATAN
以 2 为底的对数	LOG2F	LOG2
以 10 为底的对数	LOG10F	LOG10
自然对数	LOGF	LOG
自然对数底数的幂	EXPF	EXP
2 的幂	EXP2F	EXP2
幂	POWF	POW

其它函数

功能	函数名

功能	函数名
十进制转二进制	BIN
二进制转十进制	BCD
整型数绝对值	ABS
判断变量是否为空	ISNULL

16.11.2 函数功能说明

FPCLASSIFYF、FPCLASSIFY

- **函数格式**

#i = FPCLASSIFYF[#j]　　其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = FPCLASSIFY[#j]　　其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
NAN	0
±INF	1
0	2
非规格化小数	3
规格化有限数	4

注

有关规格化数与非规格化数的区别，参见下一节

FINITEF、FINITE

- **函数格式**

#i = FINITEF[#j]　　其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = FINITE[#j]　　其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
NAN	0
±INF	0
有限数	1

ISINFF、ISINF

- **函数格式**

#i = ISINFF[#j]　　其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = ISINF[#j]　　其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
NAN	0
+INF	1

输入值	返回值
-INF	-1
有限数	0

ISNANF、ISNAN

- **函数格式**

#i = ISNANF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = ISNAN[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
NAN	1
±INF	0
有限数	0

FABSF、FABS

- **函数格式**

#i = FABSF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = FABS[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
NAN	NAN
±INF	+INF
有限数	绝对值

- **举例**

#1 = FABS[-8.5] 计算结果：#1 为 8.5

FLOORF、FLOOR（别名 FIX）

- **函数格式**

#i = FLOORF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = FLOOR[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
NAN	NAN
±INF	±INF
有限数	返回浮点值表示不大于#j 的最大整数

- **举例**

#1 = FLOOR[-8.1] 计算结果：#1 为-9

#1 = FLOOR[8.9] 计算结果：#1 为 8

CEILF、CEIL（别名 FUP）

- **函数格式**

#i = CEILF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = CEIL[#j]　　其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
NAN	NAN
±INF	±INF
有限数	返回浮点值表示不小于#j 的最大整数

- **举例**

#1 = CEIL[-8.9]　　计算结果：#1 为-8

#1 = CEIL[8.1]　　计算结果：#1 为 9

TRUNCF、TRUNC

- **函数格式**

#i = TRUNCF[#j]　　其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = TRUNC[#j]　　其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
NAN	NAN
±INF	±INF
有限数	返回浮点值表示#j 去掉小数部分后的整数

- **举例**

#1 = TRUNC[-8.9]　　计算结果：#1 为-8

#1 = TRUNC[8.1]　　计算结果：#1 为 8

ROUNDF、ROUND

- **函数格式**

#i = ROUNDF[#j]　　其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = ROUND[#j]　　其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
NAN	NAN
±INF	±INF
有限数	返回浮点值表示#j 四舍五入后的整数

- **举例**

#1 = ROUND[5.1]　　计算结果：#1 为 5

#1 = ROUND[5.6]　　计算结果：#1 为 6

ASINF、ASIN

- **函数格式**

#i = ASINF[#j]　　其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = ASIN[#j]　　其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值

输入值	返回值
|#j|<=1	弧度值：$[-\frac{\pi}{2},\frac{\pi}{2}]$ 角度值：[-90,90]
|#j|>1	NAN
±INF	NAN
NAN	NAN

ACOSF、ACOS

- **函数格式**

#i = ACOSF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = ACOS[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
|#j|<=1	弧度值：[0,π] 角度值：[0,180]
|#j|>1	NAN
±INF	NAN
NAN	NAN

ATANF、ATAN

- **函数格式 1**

#i = ATANF[#j]/[#k] 其中，#j、#k 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = ATAN[#j]/[#k] 其中，#j、#k 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值 1**

输入值	返回值
（#k, #j）为平面上的坐标点	由该点构成角度的反正切值

注

当参数“NAT”（《连接调试手册》第 161 页 P4100.0）设为 0 时，返回值范围为弧度值：[0,2π]
角度值：[0,360]

- **函数格式 2**

#i = ATANF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = ATAN[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值 2**

输入值	返回值
有限数	弧度值：$[-\frac{\pi}{2},\frac{\pi}{2}]$ 角度值：[-90,90]
±INF	$\pm\frac{\pi}{2}$
NAN	NAN

注
如果 ATAN[#j]后有除号，则系统认为是格式 1，因此 ATAN[#j]/#k 会报警，应改为[ATAN[#j]]/#k

SINF、SIN

- **函数格式**

#i = SINF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = SIN[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
有限数（弧度值或角度值）	正弦值
±INF	NAN
NAN	NAN

COSF、COS

- **函数格式**

#i = COSF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = COS[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
有限数（弧度值或角度值）	余弦值
±INF	NAN
NAN	NAN

TANF、TAN

- **函数格式**

#i = TANF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = TAN[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
有限数（弧度值或角度值）	正切值
±INF	NAN
NAN	NAN

LOGF、LOG（别名 LN）

- **函数格式**

#i = LOGF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = LOG[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
+INF	+INF
有限正数	自然对数
0	-INF

输入值	返回值
有限负数	NAN
-INF	NAN
NAN	NAN

LOG2F、LOG2

- **函数格式**

#i = LOG2F[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = LOG2[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
+INF	+INF
有限正数	以 2 为底的对数
0	-INF
有限负数	NAN
-INF	NAN
NAN	NAN

LOG10F、LOG10

- **函数格式**

#i = LOG10F[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = LOG10[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
+INF	+INF
有限正数	以 10 为底的对数
0	-INF
有限负数	NAN
-INF	NAN
NAN	NAN

EXPF、EXP

- **函数格式**

#i = EXPF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = EXP[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
+INF	+INF
有限数	e 的幂值
-INF	0
NAN	NAN

EXP2F、EXP2

- **函数格式**

#i = EXP2F[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = EXP2[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
+INF	+INF
有限数	2 的幂值
-INF	0
NAN	NAN

SQRTF、SQRT

- **函数格式**

#i = SQRTF[#j] 其中，#j 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = SQRT[#j] 其中，#j 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

输入值	返回值
+INF	+INF
有限非负数	平方根值
有限负数	NAN
-INF	NAN
NAN	NAN

POWF、POW

- **函数格式**

#i = POWF[#j,#k] 其中，#j，#k 被自动转化为 FLOAT 型数据

#i = POW[#j,#k] 其中，#j，#k 被自动转化为 DOUBLE 型数据

- **返回值**

$\#i = \#j^{\#k}$

- **规则**

1 POWF[x,0]=1 其中：x 为任意值

2 POWF[x,1]=x 其中：x 为任意值

3 POWF[x,NAN]=NAN 其中：x 为任意值

4 POWF[NAN,y]=NAN 其中：y!=0

5 POWF[x,+INF]=+INF 其中：|x|>1

6 POWF[x,-INF]=+0 其中：|x|>1

7 POWF[x,+INF]=+0 其中：|x|<1

8 POWF[x,-INF]=+INF 其中：|x|<1

9 POWF[x,±INF]=NAN 其中：x = ±1

10 POWF[+0,y]=+0 其中：$y \in \{y > 0 \mid y != +0, y != NAN\}$

11 POWF[-0,y]=+0 其中：$y \in \{y > 0 \mid y != 0, y != NAN, y$不是奇数$\}$

12 POWF[+0,y]=+INF 其中： $y \in \{y < 0 \mid y != -0, y != NAN\}$

13 POWF[-0,y]=+ INF 其中： $y \in \{y < 0 \mid y != -0, y != NAN, y$不是奇数$\}$

14 POWF[-0,y]=-POWF[+0, y] 其中：y 是任意奇数

15 POWF[+INF,y]=+INF 其中： $y \in \{y > 0 \mid y != +0, y != NAN\}$

16 POWF[+INF,y]=+0 其中： $y \in \{y < 0 \mid y != -0, y != NAN\}$

17 POWF[-INF,y]=-POWF[-0,-y]

18 POWF[-x,y]=POW[-1,y]×POW[x,y] 其中：y 是任意整数

19 POWF[x,y]=NAN 其中： $x \in \{x < 0 \mid x != -0, x != -INF\}$，y 不是整数

BIN

- **函数格式**

#i = BIN[#j] 十进制转二进制

BCD

- **函数格式**

#i = BCD[#j] 二进制转十进制

ABS

- **函数格式**

#i = ABS[#j] 取绝对值

- **返回值**

输入值	返回值
32 位有/无符号整数	|#j|，类型为 32 位无符号整数
64 位有/无符号整数	|#j|，类型为 64 位无符号整数
浮点数	系统报警

ISNULL

- **函数格式**

#i = ISNULL[#j] 当#j 为空变量时，#i 为 1；否则，#i 为 0。

其中#i 和#j 可以为变量表达式或寄存器（r0、r1、……）。

例 1

```
#1 = NULL ;
#2 = 0 ;              //注意 0 并不是空变量
#3 = ISNULL[#1] ; //结果#3=1
#4 = ISNULL[#2] ; //结果#4=0
```

例 2

```
O502 ;                                  //子程序
IF[ISNULL[#24]] THEN #24 = 50.0 ;       //如果#24 未定义，那么默认为 50.0
IF[ISNULL[#25]] THEN #25 = 100.0 ;      //如果#25 未定义，那么默认为 100.0
G00 X[#24] Y[#25] ;
M99 ;
O503 ;                                  //主程序
G65 P502 X-100. Y-100. ;                //调用 O502，定位到（-100.，-100.）
G65 P502 Y-50. ;                        //调用 O502，定位到（50.，-50.）。未指令 X，那么#24
                                        //取默认值 50.0
G65 P502 X-30. ;                        //调用 O502，定位到（-30.，100.）。未指令 Y，那么
                                        //#25 取默认值 100.0
G65 P502 ;                              //调用 O502，定位到（50.，100.）。#24 和#25 取默认
                                        //值
M30 ;
```

例 3

```
O500 ;
PARAMS[r1, r2] ;
IF[ISNULL[r1]] THEN r1 = 50. ;
IF[ISNULL[r2]] THEN r2 = 100. ;
G00 X[r1] Y[r2] ;
M99 ;
O501 ;
CALL[500, -100., -100.] ;
CALL[500, NULL, -50.] ;
CALL[500, -30., NULL] ;
CALL[500, NULL, NULL] ;
M30 ;
//程序 O501、O500 完成与 O503、O502 相同功能
```

16.11.3 实型数与 IEEE754 标准

浮点数格式

IEEE754 定义了三种类型的浮点数格式：

1 单精度（FLOAT）

2 双精度（DOUBLE）

3 扩展双精度（DOUBLE-EXTEND）

浮点数存储格式

IEEE754 浮点数存储格式如下：

1 FLOAT：1 位符号、8 位指数、23 位尾数

2 DOUBLE：1 位符号、11 位指数、52 位尾数

3 DOUBLE-EXTEND：1 位符号、15 位指数、64 位尾数

浮点数指数部分存储格式

IEEE754 浮点数指数部分在存储时偏移可能值的一半，实际的指数是从存储指数中减去此偏差获得的。如果存储指数小于此偏差，则它实际上是负指数。指数偏移量如下：

1 FLOAT（8 位指数）：127

2 DOUBLE（11 位指数）：1023

3 DOUBLE-EXTEND（15 位指数）：16383

浮点数精度

IEEE754 浮点数表示精度如下：

格式	最小 非规格化数	最小规格化数	最大有限数	有效 数字
单精度	1.4^{-45}	1.17549435^{-38}	3.40282347^{38}	约 6 位
双精度	4.9^{-324}	$2.2250738585072014^{-308}$	$1.79769313486231 57^{308}$	约 15 位
扩展双精度	$\leq 3.6^{-4951}$	$\leq 3.4^{-4932}$	$\geq 1.2^{4932}$	

浮点数特例

IEEE754 浮点数表示特例：

1 +0： 符号位、指数、尾数全为 0

2 -0： 符号位为 1、指数和尾数全 0

3 +INF： 符号位为 0、指数全 1、尾数全 0

4 –INF： 符号位为 1、指数全 1、尾数全 0

5 NAN： 指数全 1、尾数不全为 0

注

有关 IEEE754 细节请参考 IEEE754 标准文档。宏语言支持 IEEE754 标准中单精度和双精度数据类型，不支持扩展双精度。

宏程序支持的实数分类

记符号位为 s，指数为 e，尾数为 m，则

1 FLOAT： s、e、m 分别占用 1 位、8 位、23 位

2 DOUBLE： s、e、m 分别占用 1 位、11 位、52 位

- **NAN**

e 全 1，m 不全 0，表示 NAN（Not A Number，非数字）

- **±INF**

1 e 全 1，m 全 0，s=0 表示+INF（正无穷大）

2 e 全 1，m 全 0，s=1 表示-INF（负无穷大）

- **规格化数**

e 即不全为 0，也不全为 1，称为规格化数，它们的值为：

1 FLOAT：$(-1)^s \times 2^{e-127} \times (1+\frac{m}{2^{23}})$

2 DOUBLE：$(-1)^s \times 2^{e-1023} \times (1+\frac{m}{2^{52}})$

- **非规格化数**

  e 全 0，m 不全 0，称为非规格化数，它们的值为：

  1 FLOAT：$(-1)^s \times 2^{-126} \times \frac{m}{2^{23}}$

  2 DOUBLE：$(-1)^s \times 2^{-1023} \times \frac{m}{2^{52}}$

- **±0**

  e 全 0，m 全 0，s=0 表示+0

  e 全 0，m 全 0，s=1 表示-0

  注

  1 在进行比较时，+0等于−0

  2 由于十进制数的二进制表示形式可能不精确等原因，浮点运算可能丢失精度

16.12 常见问题解释

问题 1

程序

#101=TANF[-64*PI] ; //参数 DEG（P4100.6）=0

结果

#101=-5.5950577e-006

分析

结果是正确的。理论上，应该是#101=0.0，但由于 PI 本身是一个近似值（约等于 3.1415926535897932），同时计算-64*PI 时误差被放大，因此计算结果会产生一定的误差，得到一个接近于 0 的数（-5.5950577e-006）。TANF 是单精度函数，这在误差允许范围内。

问题 2

程序

#118=ATAN[-1/16] ;

结果

#118=0.000000000000000

分析

结果是正确的。-1/16 是整数运算，结果为 0（整数与整数四则运算结果为整数）。应该修改程序为#118=ATAN[-1/16.0]或#118=ATAN[-1.0/16]。

问题 3

程序

#100=5.1f + 8 - 2.0 ;

结果

#100=1.110000038146973e+001

分析

结果是正确的。理论值为 1.11，这里误差的主要原因是浮点数 5.1f 在存储单元中无法精确表示，产生了微小的误差，并在计算过程中累积下来，最后在计算[DOUBLE][5.1f + 8]时表现出来（由于 2.0 为双精度，而 5.1f+8 结果为单精度数据，系统自动进行隐式类型转换）。

问题 4

程序

#103=FPCLASSIFY[EXP2[-149]] ;

结果

#103=4

分析

结果是正确的。注意这里用的是双精度函数 FPCLASSIFY 而不是单精度函数 FPCLASSIFYF。

问题 5

程序

#103= FPCLASSIFY[EXP2F[-149]] ;

结果

#103=2

分析

结果是正确的。注意这里用的是单精度函数 EXP2F，EXP2F[-149]计算结果为 0。注意单精度的数据范围。

问题 6

程序

#200= 5/2 ;

结果

#103=2

分析

结果是正确的。整数除于整数结果还是整数。