

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。

本说明书适用于 K0TII-C 车床等产品，具体规格、功能请参考 I-1.2。

定制系统与标准系统的区别之处，请参见具体的《定制系统补充说明》。

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 2019-08-01，基于以下软硬件版本编制：

主板版本号：0025I-0200-W01Z-0103

后置接口板板号：0025I-0200-W01Z-0203

软件版本号：K0TII-C_A01_V4.2.02b_180509

PLC 版本号：KTC_STD_3.0_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.....	3
1.3	CNC 机床的一般操作.....	5
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.....	10
1.3	加工图纸和刀具的运动.....	11
1.3.1	参考点（特定的机械点）.....	11
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）.....	13
1.4	主轴功能.....	14
1.5	刀具功能.....	15
1.6	辅助功能.....	15
1.7	程序的构成.....	16
1.8	刀具补偿功能.....	17
1.9	行程.....	18
2	控制轴.....	20
2.1	轴名称.....	20
2.2	轴类型.....	20
2.2.1	直线轴和旋转轴的合成运动.....	21
2.3	单位.....	22
2.4	最大行程.....	23
3	准备功能（G 功能）	25
4	插补功能.....	28
4.1	定位（G00）.....	28
4.2	直线插补（G01）.....	29

4.3	圆弧插补 (G02, G03)	29
4.4	等螺距螺纹切削 (G32)	32
4.5	变螺距螺纹切削 (G34)	38
5	进给功能	40
5.1	快速进给	40
5.2	切削进给	40
5.2.1	每分进给 (G98)	40
5.2.2	每转进给 (G99)	41
5.2.3	输入单位与输出范围	41
5.3	加减速控制	42
5.4	速度平滑控制	46
5.5	高速高精控制 (G05)	47
5.6	暂停 (G04)	49
5.7	延时运动功能 (NT)	50
6	参考点	52
6.1	自动返回参考点 (G28) 和从参考点移动 (G29)	52
6.2	自动返回第 2、第 3 参考点 (G30)	54
6.3	返回参考点检查 (G27)	54
7	坐标系	55
7.1	机床坐标系	55
7.1.1	机床坐标系的设定	55
7.1.2	机床坐标系定位 (G53)	55
7.1.3	快速机床坐标系定位 (G153)	56
7.2	工件坐标系 (G50)	56
7.2.1	工件坐标系的设定	57
8	坐标值和尺寸	59
8.1	变换中特定回零功能	59
8.2	小数点编程	60
9	主轴功能	62
9.1	速度控制	62
9.1.1	分级调速 (2 位数 S 指令)	63
9.1.2	无级调速 (5 位数 S 指令)	63
9.2	恒线速控制 (G96, G97)	63
9.3	轮廓控制	67
9.3.1	进入及退出轮廓控制	67
9.3.2	主轴夹紧、松开控制	68

9.3.3	主轴定向	69
9.4	多主轴控制	70
9.4.1	主轴控制 M 代码	70
9.4.2	速度指令	70
9.4.3	当前主轴	70
9.5	主轴换挡	71
9.5.1	自动换挡	71
9.5.2	手动换挡	72
10	刀具功能 (T 功能)	74
11	辅助功能 (M 功能)	76
11.1	辅助功能代码	76
11.2	程序控制相关 M 代码	76
11.3	机床控制相关 M 代码	77
11.4	用户自定义输入/输出 (M983)	79
11.5	主轴卡盘控制	80
11.6	台尾设置	81
12	程序的构成	82
12.1	程序	82
12.1.1	主程序和子程序	82
12.1.2	程序号	87
12.1.3	顺序号和程序段	87
12.1.4	跳过任选程序段	88
12.1.5	注释节	88
12.1.6	字和地址	89
12.1.7	基本地址和指令值范围	90
12.2	程序结束	90
12.3	文件结束	91
13	简化编程功能	92
13.1	单一型固定循环	92
13.1.1	单一型固定循环 G 代码	92
13.1.2	螺纹切削循环 (G92)	94
13.1.3	端面车削循环 (G94)	97
13.2	复合型车削固定循环 (G70~G76)	101
13.2.1	外圆粗车循环 (G71)	102
13.2.2	端面粗车循环 (G72)	106
13.2.3	封闭切削循环 (G73)	108
13.2.4	精加工循环 (G70)	110
13.2.5	端面深孔加工循环 (G74)	113

13.2.6	外圆、内圆切槽循环（G75）	115
13.2.7	复合型螺纹切削循环（G76）	117
13.2.8	复合型固定循环（G70~G76）的注意事项.....	123
14	补偿功能	125
14.1	刀具长度补偿	125
14.2	补偿量的程序输入功能（G10）	128

I 概述篇

1 概要

1.1 概述

本手册详细阐述了 K0TII-C 系列车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
 - 采用全新高性能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 纳米
 - 采用第 2 代高速高精控制算法，具备 1000 条/秒的程序指令处理能力，可实现拐角自动加减速及加速度抑制功能
 - 采用插补前加减速控制，可实现多程序段预读，轨迹及速度平滑，具有刀具方向控制功能，提高小线段加工精度
 - 具有多个加工等级，在高效率与高精度之间取得平衡
 - 内置 50MB 大容量程序存储空间
- 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
 - 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
- 界面友好
 - 会话式操作，降低学习难度
 - 支持中文、英文两种操作界面，提供完整的帮助信息
 - 系统参数按功能分类排列，使用更方便
- 功能丰富
 - 轴名可自定义
 - 系统 DI/DO 标准配置 48/32 点，机床用数字和模拟接口可通过远程 I/O 模块扩展
 - 支持 U 盘接口，支持 DNC 加工
 - 支持程序模拟功能，快速验证刀路及程序语法正确性
 - 支持国际标准 G 指令，与 FANUC 系统指令兼容
 - 支持 KND 拼音输入法，提高程序可读性
 - 具有 NC 控制多主轴功能，降低 PLC 编写主轴功能的难度
 - 支持多种图形诊断方式，方便进行机床调试
- 信息安全
 - 支持电子盘功能
 - 支持数据打包备份及恢复功能

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
K0TII-C	横式	7 英寸（分辨率 800×480）	400×245

- 基本功能

名称	规格
最大控制轴数	2
最大 PLC 轴数	0
数字主轴	0
模拟主轴	1

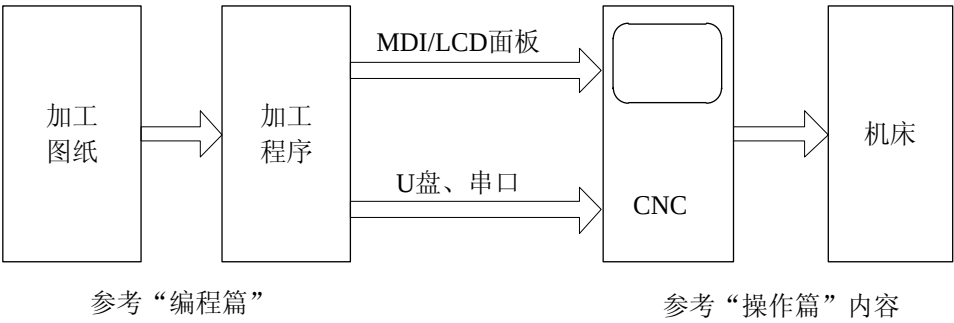
轴类型	直线轴 旋转轴（A 类旋转轴、B 类旋转轴、C 类旋转轴、D 类旋转轴）
插补周期	2ms
最小指令值	0.0001mm
最大指令值	±999999.999mm
最大快速速度	30000mm/min；快速倍率：F0，25，50，100%
最大进给速度	20000mm/min；进给倍率：0%~150%
电子齿轮比	1~65535；1~65535
KSSB 驱动器支持	自动分配电子齿轮比 转矩限制功能 显示各轴负载图
定位	G00
插补功能	直线插补（G01） 圆弧插补（G02/G03）
螺纹功能	螺纹加工指令：G32、G34、G92、G76 公制螺距：0.01~500 毫米 单头和多头螺纹、直螺纹/锥螺纹/端面螺纹、等螺距/变螺距螺纹 螺纹退尾长度、角度和速度可设定
攻丝功能	端面中心攻丝、端面非中心攻丝、侧面攻丝 模拟主轴攻丝（G93） 多个主轴均可参与攻丝
坐标系功能	机床坐标系（G53、G53.1）
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	单一固定循环（G90/G92/G94） 复合固定循环（G70~G76）
任意轴直径编程	支持
测量功能	G04 多级跳转机能
刀具功能	刀补偏置数量：8 刀具数量：6 刀具长度补偿、刀尖半径补偿、刀具磨损补偿 可程序输入补偿数据 对刀功能：绝对对刀、相对对刀、刀补值调整等
主轴功能	NC 控制主轴功能

	多主轴功能：多个主轴均可车螺纹、钻孔、刚性攻丝、每转/每分进给、CS 轴插补 挡位控制（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
辅助功能	支持 4 位数 M 代码，可自定义 M 代码 辅助功能锁
高速高精功能	第 2 代高速高精控制算法（G05），拐角自动加减速及加速度抑制，刀具方向控制机能 10 级高速高精加工等级划分 多段预读，跨段自动加减速，支持多种加减速曲线类型选择 轨迹、速度平滑处理 40 个 DI 点，24 个 DO 点 79 种 PLC 指令
诊断功能	图形诊断（X-Y 诊断，刚性攻丝诊断，高级监控等） 总线诊断
自动运行	存储器运行；MDI 多段或单段运行 DNC 运行（B 类 DNC（U 盘））
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	自动手轮、程序模拟（校验） 机床锁（支持全轴轴锁和单轴轴锁）、切削锁（主轴未旋转时不进行切削） 空运转、单程序段、跳过任选程序段、程序选停 手动/进给/快速倍率 1%~255%逐级可调
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、数据备份及恢复功能（内置 3 个电子盘）
显示编辑	50MB 大容量程序存储器，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 轨迹图形
通讯接口	RS232，RS485，CAN，U 盘接口
电源供电	单相 AC220V +10%-15%，50Hz±1Hz
配套驱动器	只能配套使用 KND 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。



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。

选择机能1	...	选择机能N	接口
CNC基本功能			

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：
- 主板版本号：0025I-0200-W01Z-0103
- 后置接口板板号：0025I-0200-W01Z-0203
- 系统软件版本：K0TII-C_A01_V4.2.02b_180509
- PLC 版本：KTC_STD_3.0_20170525
- 4 其它版本软件的不同之处请参看相关“补充说明书”。

★ 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

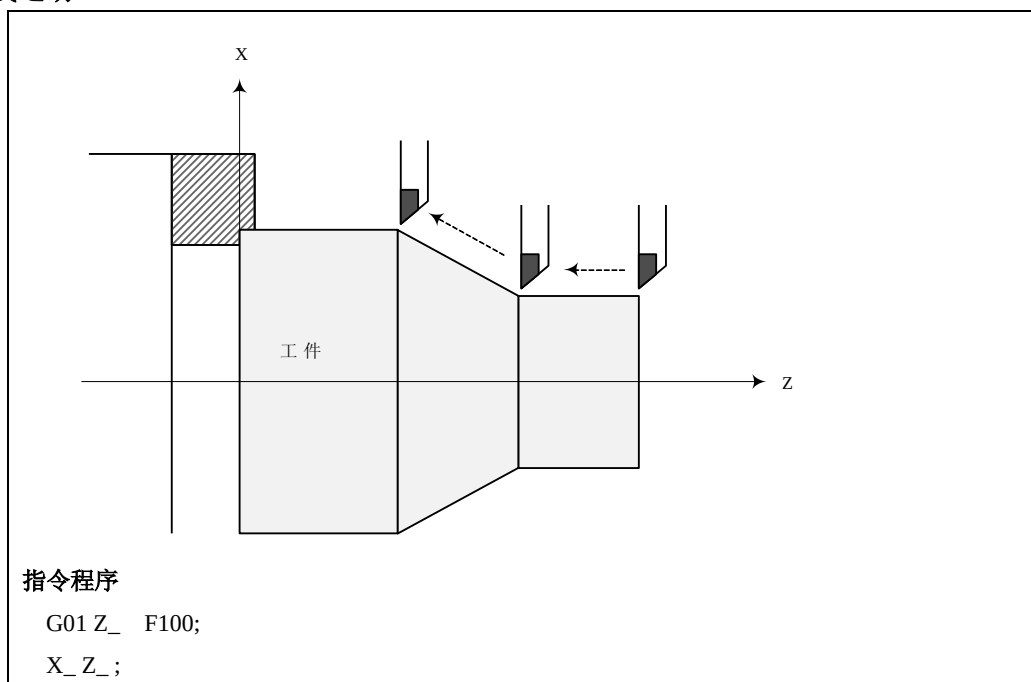
刀具沿着构成工件的直线和圆弧运动。(参见 II-4)

注

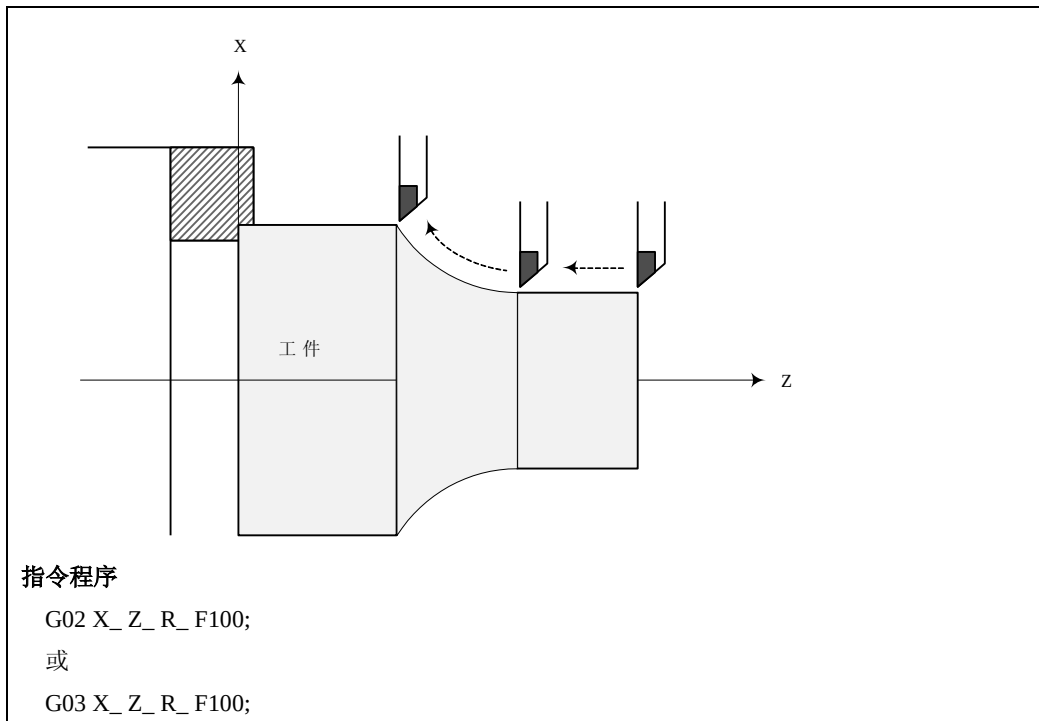
在实际机床中，有可能刀具不动，而工作台运动。本手册假定刀具相对工件运动来进行说明。

解释

- 刀具沿着直线运动



- 刀具沿着圆弧运动



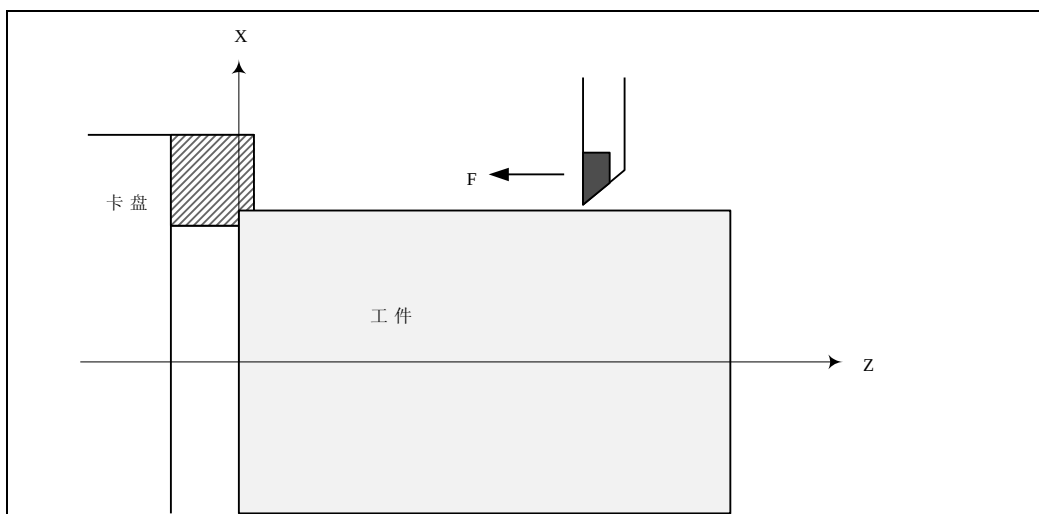
把刀具沿着直线、圆弧运动的功能称为插补功能。

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



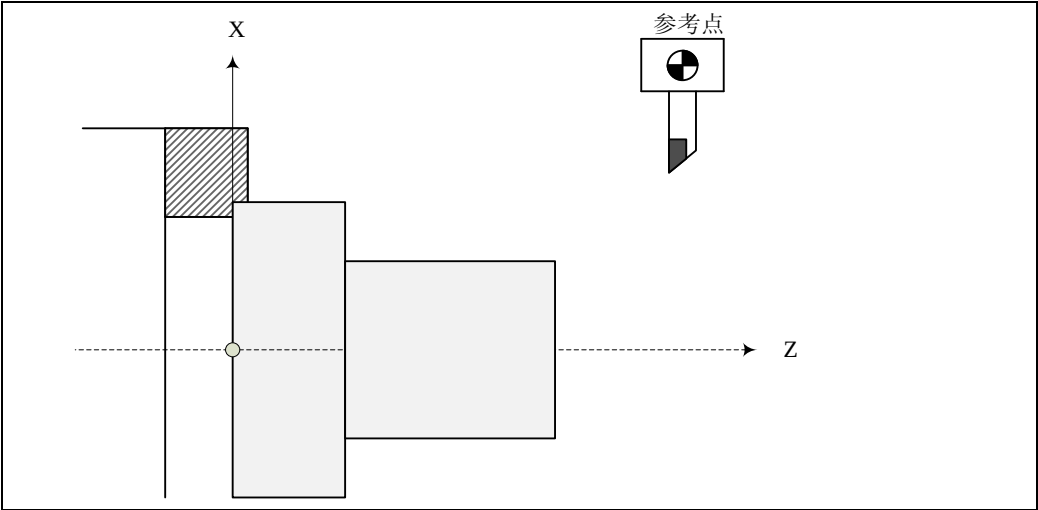
进给速度可用数值指令。例如，让刀具以 150mm/min 进给时，程序指令为：F150.0。

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:

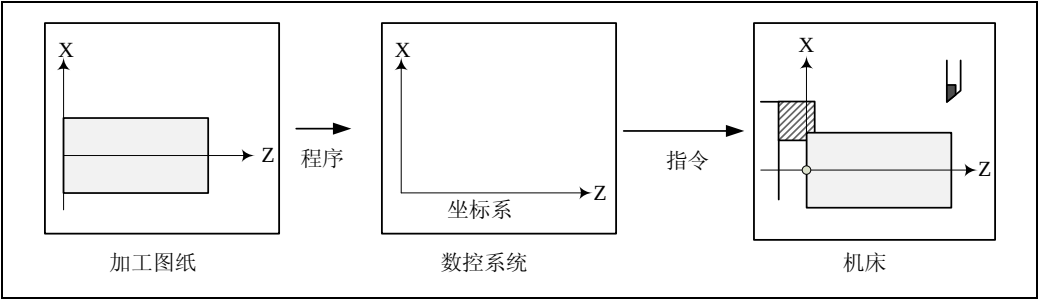
1 手动返回参考点 (参见操作手册)

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):

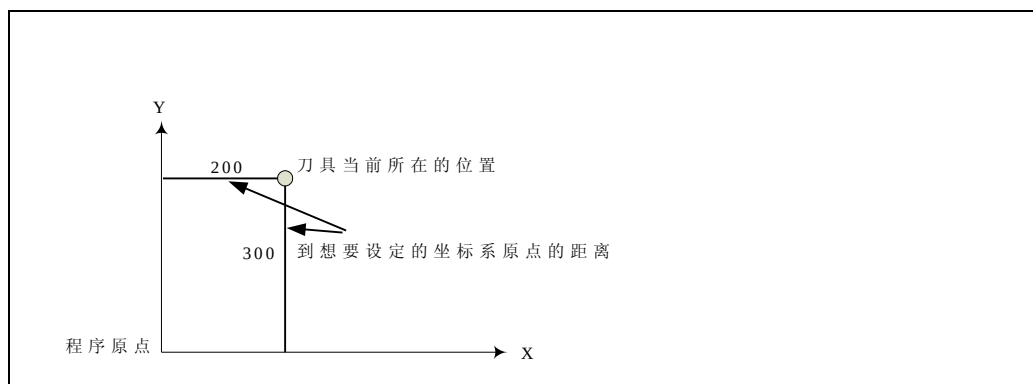
1 加工图纸上的坐标系

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。

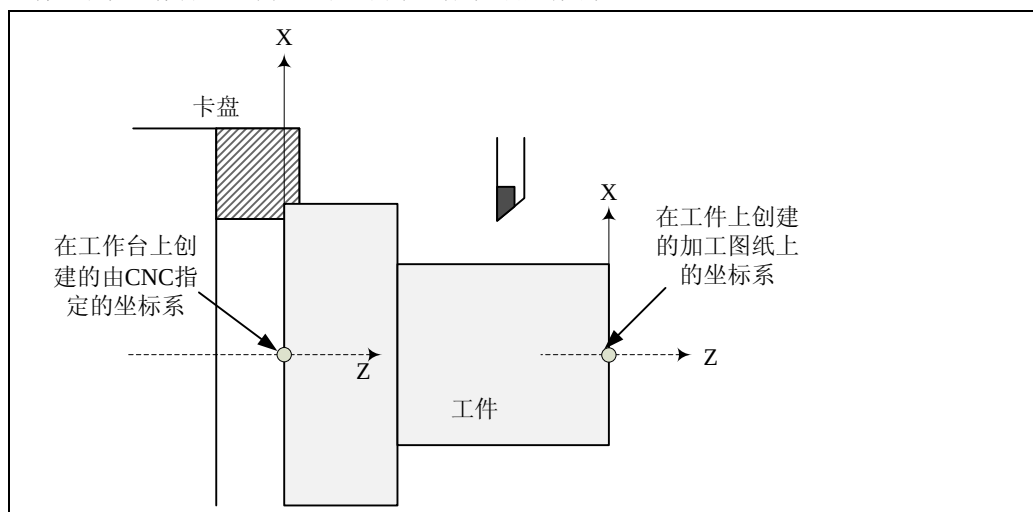
2 CNC 指令的坐标系

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。

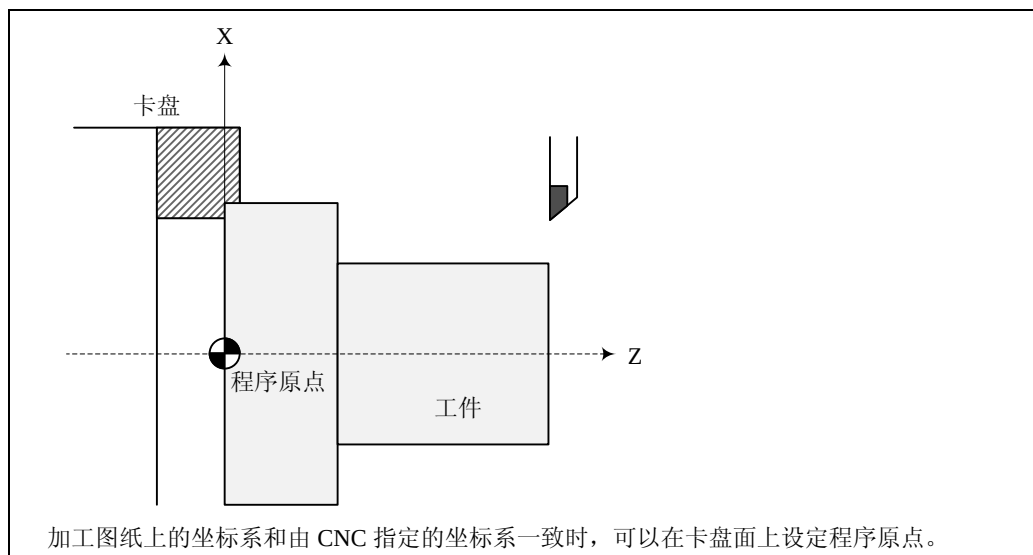


刀具在 CNC 指令的坐标系上，按照加工图纸上坐标系的指令程序把工件切削成图纸上的形状，因此，要把零件正确地加工出图纸所示的形状，必须把这两个坐标系确定在同一位置上。

• 将两个坐标系设定在相同位置的方法

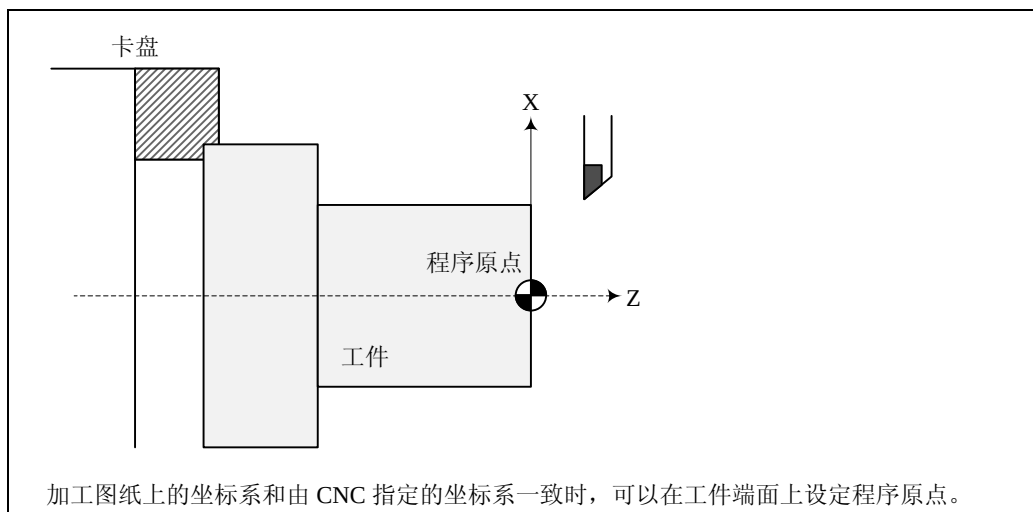
对于如何确定这两个坐标系在同一位置，可根据零件的形状、加工数量等采用不同的方法。

1 把坐标系原点设在卡盘面上



加工图纸上的坐标系和由 CNC 指定的坐标系一致时，可以在卡盘面上设定程序原点。

2 把坐标系原点设在零件端面上



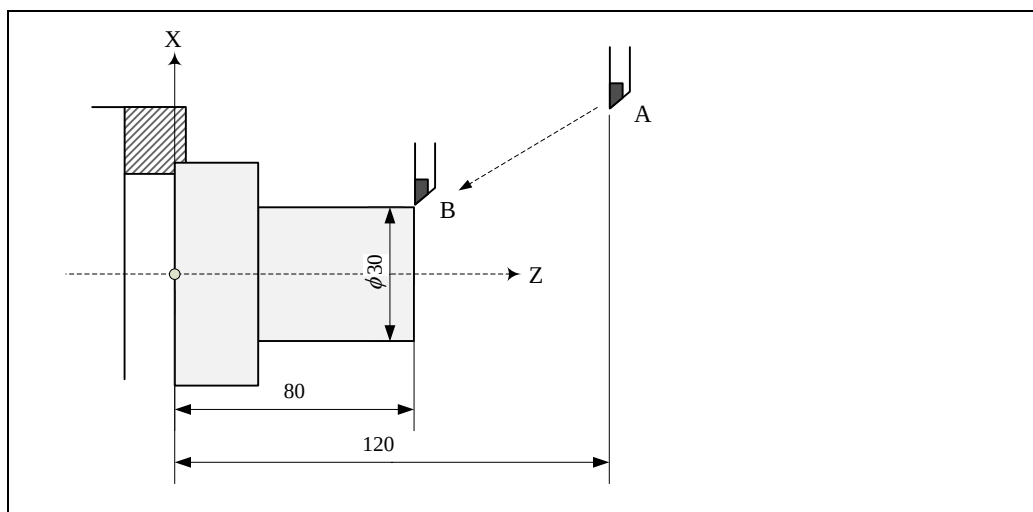
1.3.3 刀具运动指令尺寸的表示方法（绝对值和增量值指令）

刀具运动指令的坐标值有绝对值和增量值两种。

解释

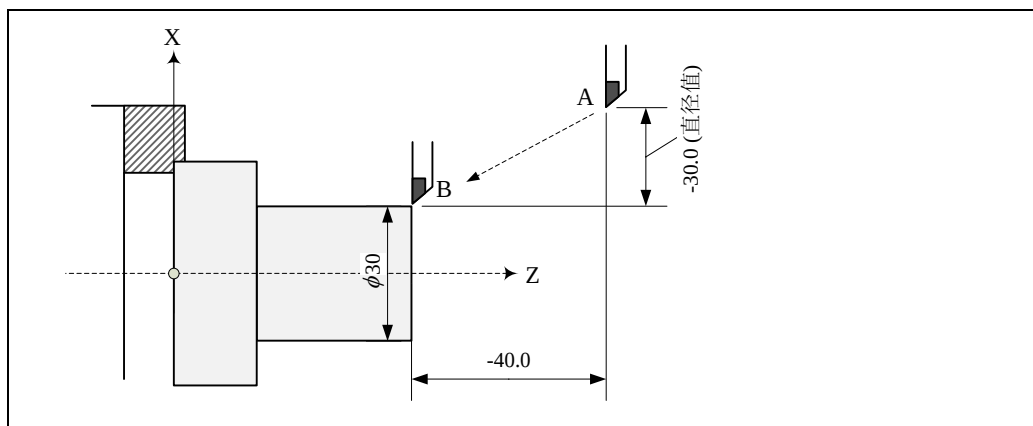
• 绝对指令

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。

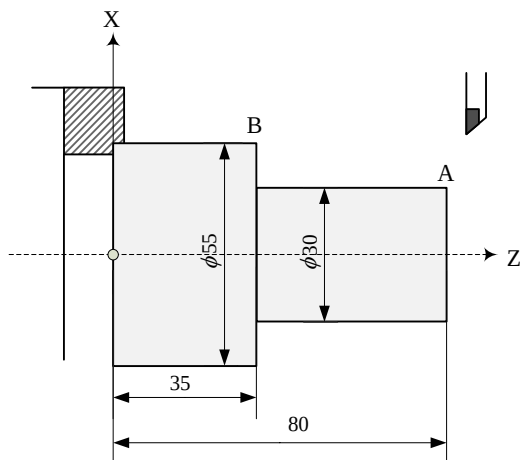


- 直径指定和半径指定

指令 X 轴尺寸时，可以用直径值或半径值。

直径指定

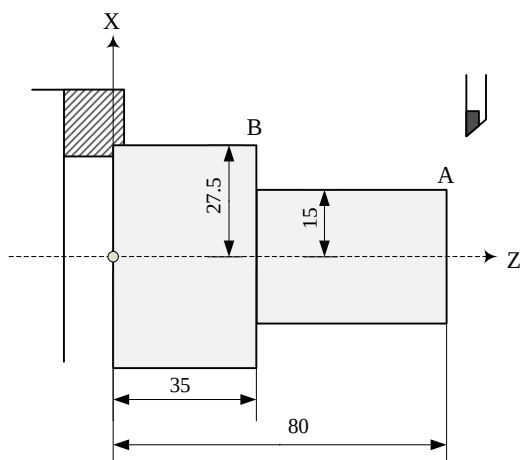
直径指定时，X 轴的值就是图纸上给出的直径值。



A、B 点的坐标值分别为：A (30.0, 80.0)、B (55.0, 35.0)。

半径指定

半径指定时，X 轴的坐标值是离开零件中心的距离，即指令半径值。

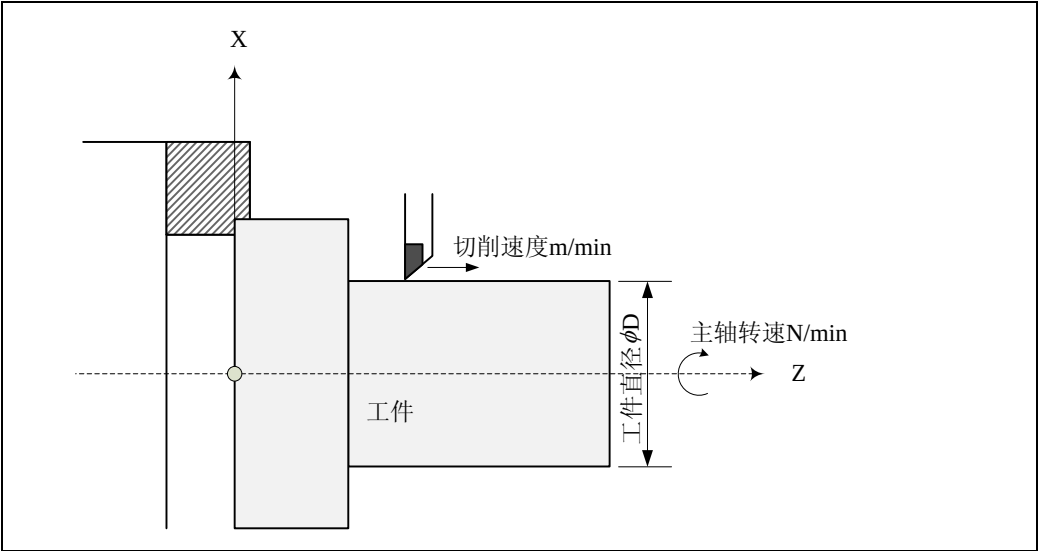


A、B 点的坐标值分别为：A (15.0, 80.0)、B (27.5, 35.0)。

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。



工件直径为 100 毫米，切削速度用 80 米/分加工时，根据主轴转速 $N=1000V/\pi D$ 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-9）

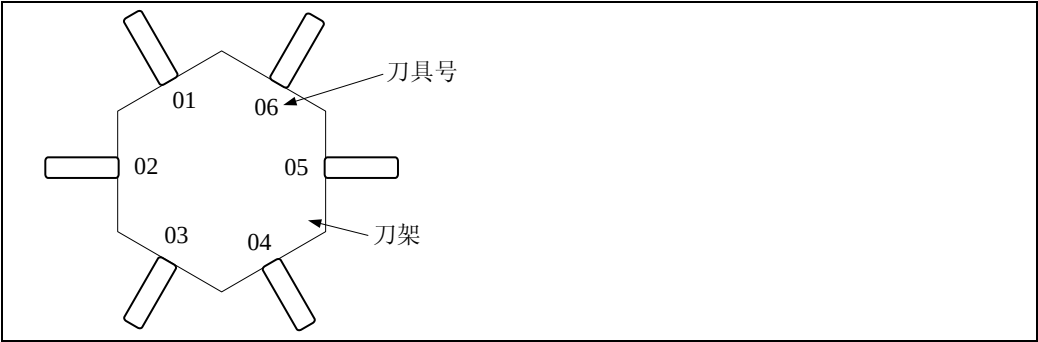
当选择了恒线速度控制功能时，指定切削速度 V （米/分），即使在工件直径不断变化的锥面切削中，主轴速度不断改变，从而保持切削线速度不变。（参见 II-9.2）

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

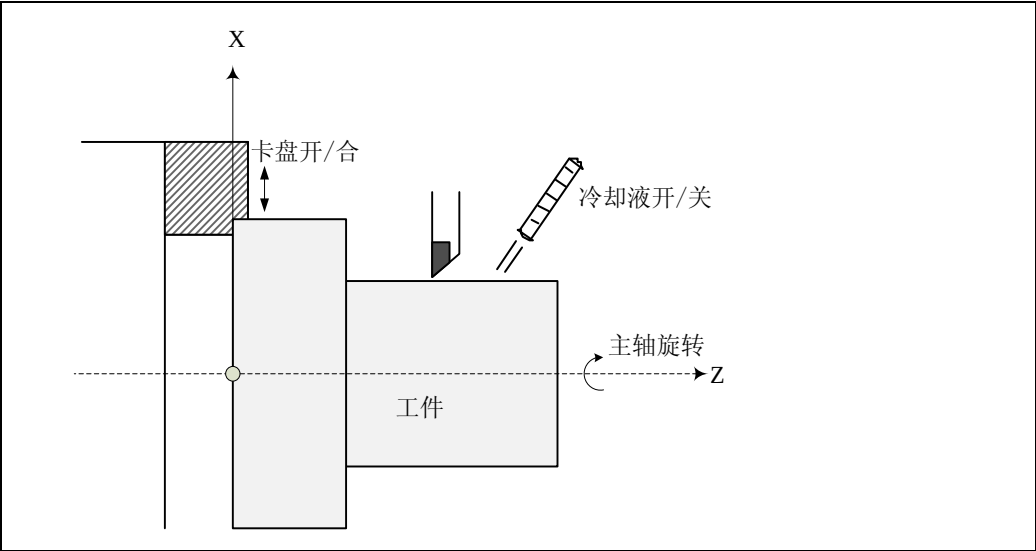


某粗车用刀具号为 01 号，在刀库 01 号的位置上，通过指令：T0101 就可以选择该刀具。

把这个功能称为刀具功能。（参见 II-10）

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。

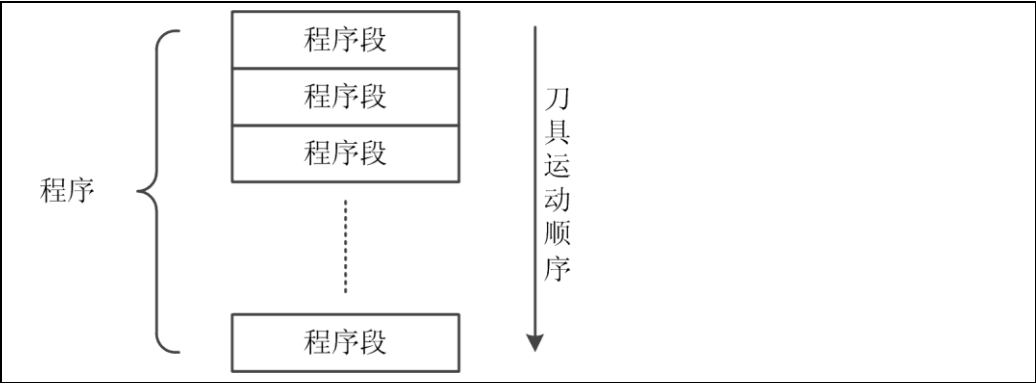


指定机床各种设备开/关操作的功能称为辅助功能，通常用 **M** 代码指定。（参见 II-11）
例如，**M03** 表示机床主轴正转。

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-12）

解释

• 程序段

<code>N**** G** X**.*Y**.* M** S***** T*****;</code>
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

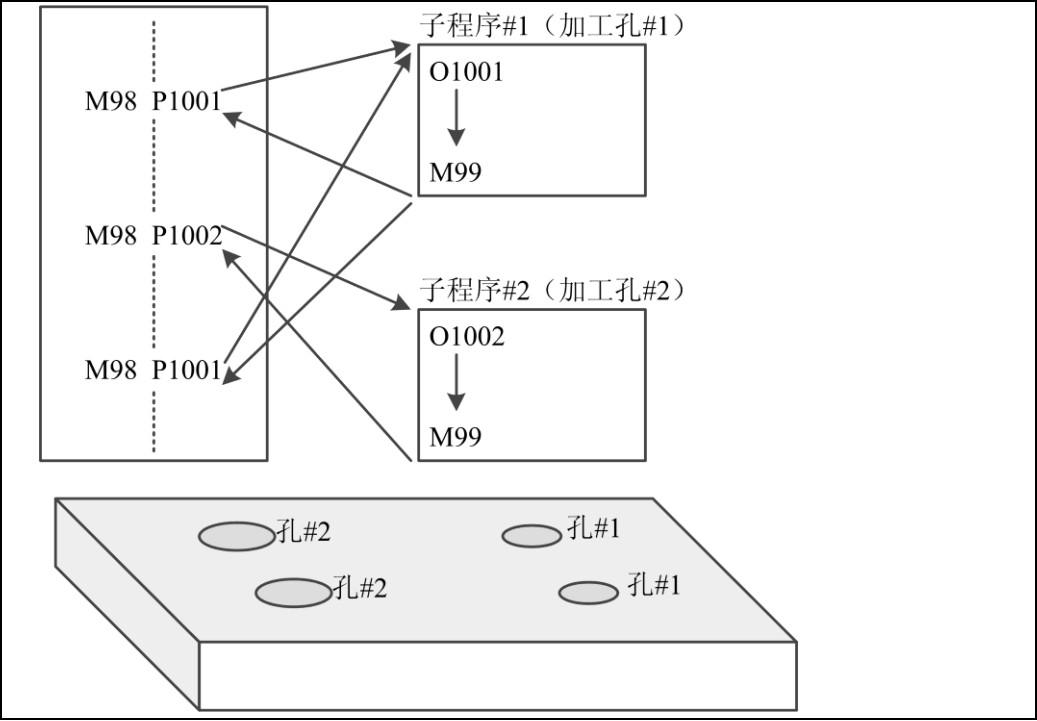
一个程序段的开头是表示 CNC 运动顺序的顺序号，末尾是表示这个程序段结束的分号 (;)。

• 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，程序的主体就称为主程序。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。

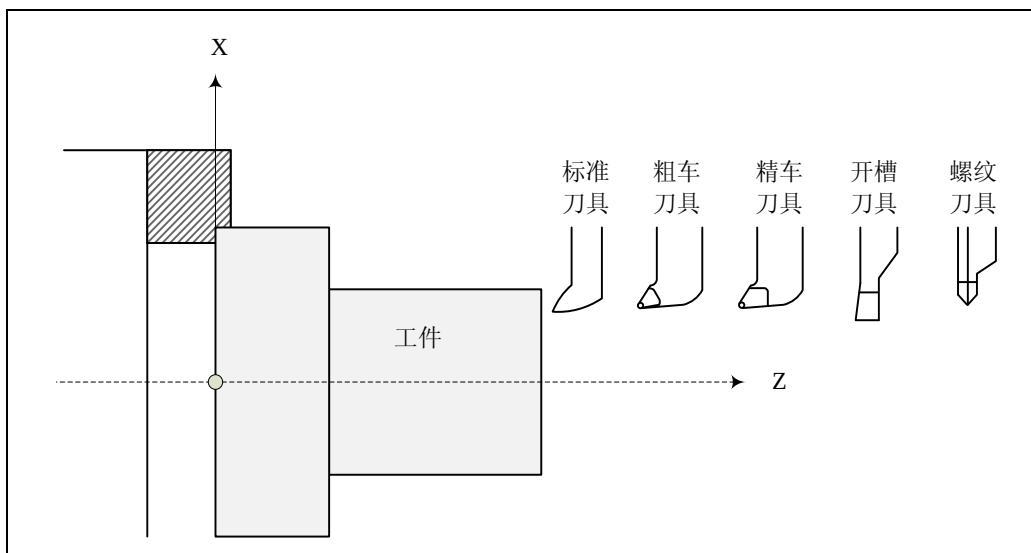


1.8 刀具补偿功能

解释

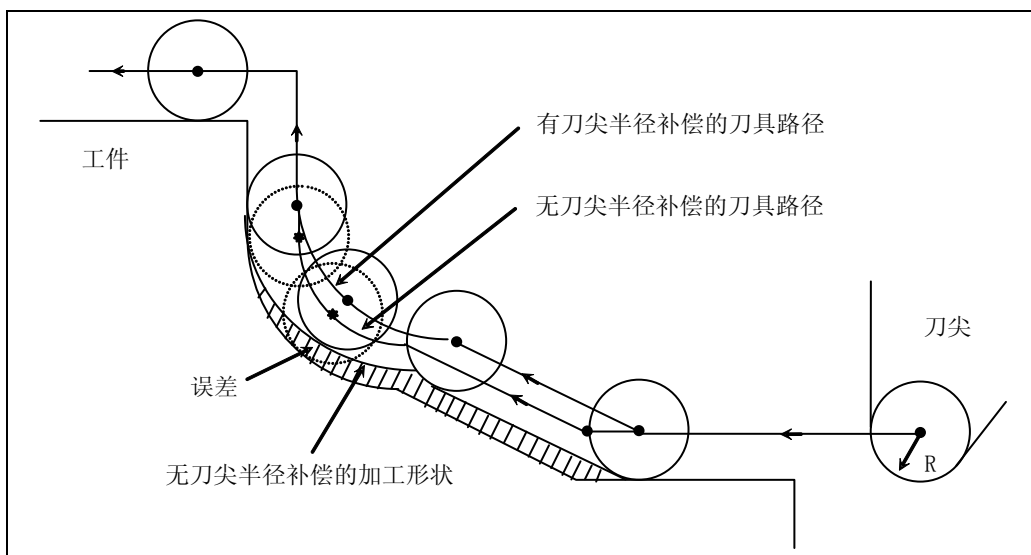
• 刀具长度补偿功能

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刀尖位置，然后把它们与标准刀具刀尖位置的差设定给系统（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。（参见 II-14）



• 刀尖半径补偿功能

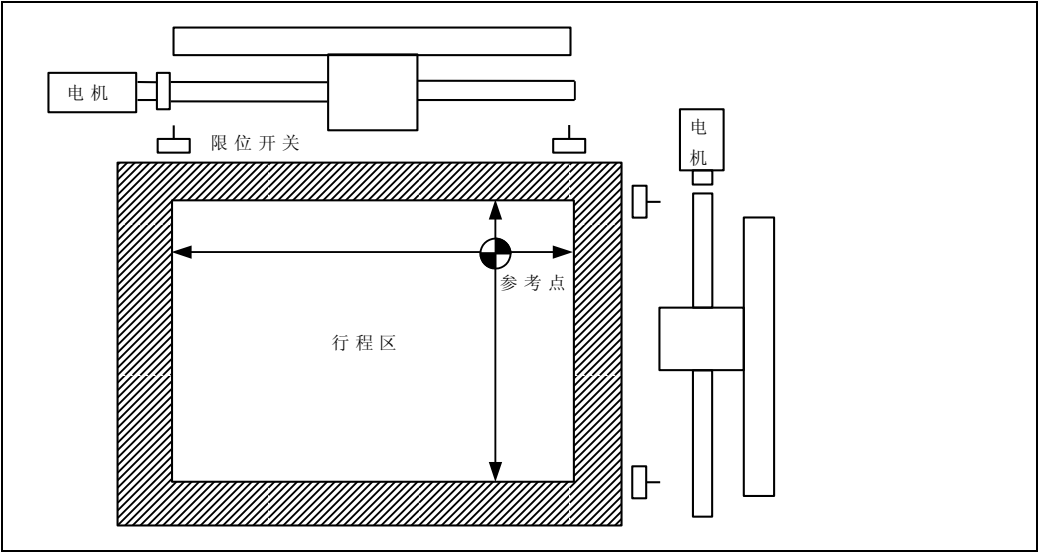
由于实际刀尖都是圆形的，并不是假想刀尖那样的理想尖角，因此只用刀具长度补偿功能进行圆弧切削和锥度切削时，很难达到精度上的要求。事先把刀尖半径存在系统中，刀具就能沿着正确的轨迹运动。这个功能称为刀尖半径补偿功能。（参见 II-14）



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 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”（P0420）设定。可供选择的轴名称如下：

X（U）、Y（V）、Z（W）

2.2 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”（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 Y0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值
N2 Y200.0;	N2	200.0	200.0	200.0
N3 Y540.0;	N3	340.0	540.0	180.0
N4 V720.0;	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。

Y0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值
N1 Y-150.0;	N1	-150.0	210.0	210.0
N2 Y540.0;	N2	330.0	180.0	180.0
N3 Y-620.0;	N3	-800.0	100.0	100.0
N4 V380.0;	N4	380.0	120.0	120.0
N5 V-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）。

Y0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值
N1 Y-150.0;	N1	-150.0	210.0	210.0
N2 Y540.0;	N2	-30.0	180.0	180.0
N3 Y-620.0;	N3	-80.0	100.0	100.0
N4 V380.0;	N4	380.0	120.0	120.0
N5 V-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）。

Y0;	顺序号	实际移动量	终点绝对坐标值	终点机床坐标值
N1 Y-150.0;	N1	-150.0	-150.0	-150.0
N2 Y540.0;	N2	-30.0	-180.0	-180.0
N3 Y-620.0;	N3	-80.0	100.0	100.0
N4 V380.0;	N4	380.0	120.0	120.0
N5 V-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。
3 使用 C/D 类旋转轴时，如果设置了软限位，那么绝对指定时不执行最短路径。

2.2.1 直线轴和旋转轴的合成运动

在一些加工中需要用到直线轴与旋转轴的合成插补运动，因单位差异（旋转轴单位“度”）可能导致合成速度中直线轴分速度与旋转轴分速度不匹配的情况。为解决这个问题，本系统提供“旋转轴速度单位缩放功能”，用于速度的统一匹配，由参数“RAUM”(P0400.6)和“旋转轴减速比”(P0416)控制。

注
1 当 RAUM=0，或 RAUM=1 且 P0416-n(n 为轴号)=0 时，速度单位为“0.1 转/分”，加速度单位为“(100 转/分)/秒”
2 当 RAUM=1 且 P0416-n(n 为轴号)不为 0 时， (1) 速度单位为： $\frac{0.1}{P0416-n} \text{ 转/分} = \frac{36}{P0416-n} \text{ 度/分}$ (2) 加速度单位为： $(\frac{100}{P0416-n} \text{ 转/分})/\text{秒} = (\frac{36000}{P0416-n} \text{ 度/分})/\text{秒}$
3 设置参数“RPSS”(P0405.7)为 1，可使 S 指令及反馈转速为电机转速，而非旋转轴转速。
4 总线轴可以不使用旋转轴速度、加速度单位缩放机能，系统已自动根据 P1130-n/P1131-n 将单位转化为电机单位。该机能一般用于非总线系统或总线系统脉冲轴使用。
5 减速比除通过 P416 参数设置外，还可通过更改对应轴的 G 接口共同作用，对应说明请参考 {章节_诊断信息及 PLC 参数\诊断数据\PLC 到 NC 信号(G 区)_n}中的 G1500~G1560 接口说明。

解释

下面以有旋转轴速度、加速度单位缩放机能的情况描述插补计算的过程。

• 名义移动量

直线轴名义移动量=直线轴实际移动量

$$\text{旋转轴名义移动量} = \text{旋转轴实际移动量} \times \frac{P416}{36}$$

注

- 1 当 P416 设置为减速比时，旋转轴名义移动量为以 0.1 度为单位的电机移动量。
- 2 对于无旋转轴速度、加速度单位缩小机能的总线轴
旋转轴名义移动量= 电机实际移动量/ 36，即：以 0.1 度为单位的电机移动量。

• 名义长度

名义长度 = $\sqrt{\sum \text{名义长度}^2} = \sqrt{\sum \text{直线轴名义移动量}^2 + \sum \text{旋转轴名义移动量}^2}$

直线插补时的速度和加速度

直线轴分速度 = $\frac{\text{直线轴移动量}}{\text{名义长度}} \times \text{本段速度}$ （单位：mm/min 或 inch/min）

旋转轴分速度 = $\frac{\text{旋转轴移动量}}{\text{名义长度}} \times \text{本段速度}$ （单位：度/分）

直线轴分加/减速度 = $\frac{\text{直线轴移动量}}{\text{名义长度}} \times \text{本段加/减速度}$ （单位：mm/min/s）

旋转轴分加/减速度 = $\frac{\text{旋转轴移动量}}{\text{名义长度}} \times \text{本段加/减速度}$ （单位：度/分/秒）

注

- 1 该机能对定位运动、直线运动、圆弧等的附加直线运动、以及 PLC 轴控制中的直线插补运动都有效。
- 2 该机能不影响旋转轴小数位数，也不影响插补分辨率。

• 举例

加工程序

G01 W50. V50. F70.711 ; W 为直线轴 Z 的相对地址, V 为旋转轴 Y 的相对地址。
分速度计算
设 RAUM=1, P0416=36
直线轴名义移动量=50.0
旋转轴轴名义移动量=50.0*36/36=50.0
名义长度 = $\sqrt{50.0^2 + 50.0^2} = 70.711$
直线轴分速度=50.0/70.711*70.711=50.000[mm/min]
旋转轴分速度=50.0/70.711*70.711=50.000[度/min]

2.3 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

本系统只支持公制单位。

直线轴小数位数由参数“直线轴小数位数”（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
2	0.01mm	0.01mm	0.005mm	0.000005mm
3	0.001mm	0.001mm	0.0005mm	0.0000005mm
4	0.0001mm	0.0001mm	0.00005mm	0.00000005mm

• 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”（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
4	0.0001deg	0.0001deg	0.00005deg	0.00000005deg

• 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。公制下导程变化量 K 的小数位数=公制直线轴小数位数+1。
- 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。

2.4

最大行程

机床各控制的实际行程范围由“正向行程限位”（P0610）和“负向行程限位”（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
9	最小输出单位 $\times \pm 999999999$

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。如：G03.2 可写为 G203。

注

1 自定义 G 代码范围为 G0~G9999，但是 G999 以后 G 代码无法用格式 2 表示。

2 G 代码中开头的零可以省略。如：G03 可写为 G3，G03.2 可写为 G3.2，G0100 可写为 G100 等。但 G00 最多略写为 G0。

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

A 体系	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
G50		工件坐标系设定/主轴最高转速钳制
G53		机床坐标系定位
G153(G53.1)		机床坐标系定位（快速移动）
G70		精加工循环

A 体系	组别	功能
G71		外圆粗车循环
G72		端面粗车循环
G73		封闭切削循环
G74		端面深孔加工循环
G75		外圆、内圆切槽循环
G76		复合形螺纹切削循环
G05		高速高精控制指令
★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）
G32		螺纹切削
G34		变螺距螺纹切削
G90		外圆,内圆车削循环
G92		螺纹切削循环
G93		攻丝固定循环
G94		端面切削循环
★G98.1	04	在固定循环中返回初始平面
G99.1		在固定循环中返回 R 点平面
G21	06	公制数据输入
★G98	10	每分进给
G99		每转进给
G96	14	恒线速 ON
★G97		恒线速 OFF

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 未处于上电默认状态的 G 代码采用青色显示。

3 01 组 G 代码 G00、G01 需要通过参数“G01”（P2500.7）来选择哪个作为默认 G 代码。参数“RSTG01”有效时，在非录入方式下进行“复位”操作，可恢复为“G01”参数设置的默认 G 代码。

4 10 组 G 代码 A 体系 G98、G99，B 体系 G94、G95 需要通过参数“FPT”（P2500.1）来选择哪个作为默认 G 代码。参数“RSTFPT”有效时，在非录入方式下进行“复位”操作，可恢复为“FPT”参数设置的默认 G 代码。

5 参数“RSTG40”有效时，在非录入方式下进行“复位”操作，恢复“G40”指令模态，取消刀尖半径补偿。

6 06 组 G 代码模态固定为 G21。

7 00 组的 G 代码是非模态 G 代码，只在当前程序段有效。

8 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）。

9 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）。

10 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。

13 G65.1 为 PLC 轴功能，详细说明参见{章节_调试篇\PLC 轴\指令数据输出（G65.1/G165）_n}

• 相关参数

2500

G01						FPT	
-----	--	--	--	--	--	-----	--

[数据类型] 位型

7

G01

加电时为 G00/G01

0: G00

1: G01

1

FPT

上电时为每分进给或每转进给

0: 每分进给

1: 每转进给

2502

					RSTFPT	RSTG40	RSTG01
--	--	--	--	--	--------	--------	--------

[数据类型] 位型

2

RSTFPT

复位恢复为 FPT 参数设置（录入方式参数无效）

0: 不恢复

1: 恢复

1

RSTG40

复位恢复为 G40（录入方式参数无效）

0: 不恢复

1: 恢复

0

RSTG01

复位恢复为 G01 参数设置（录入方式参数无效）

0: 不恢复

1: 恢复

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。

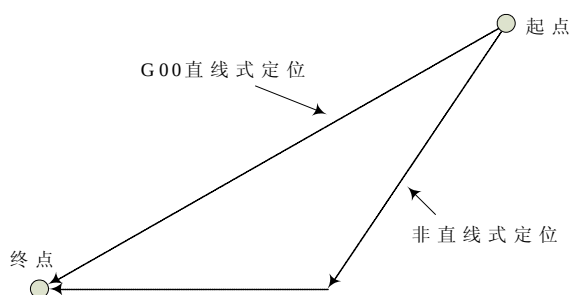
解释

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”（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“轴快速运动平均加减速”（P6432）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”（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”（P6412）和“快速减速曲线”（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 插补定位时，加速度由参数“轴快速运动平均加速度”（P6432）给定，减速度由“轴快速运动平均减速度”（P6433）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：G70~G76 循环，G90~G94，G178，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）

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 ;

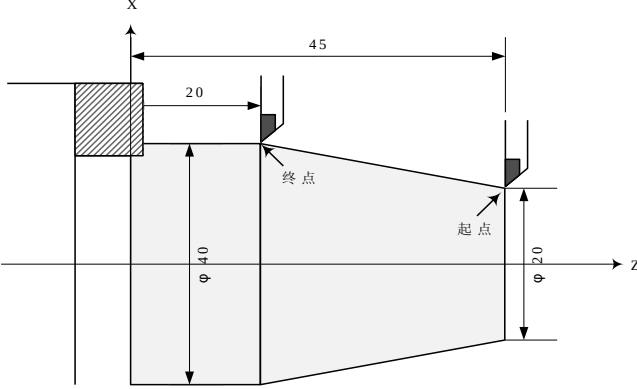
X 轴方向的速度： $F_X = \frac{\alpha}{L} \times f$

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

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

举例

- 直线轴插补



直径编程条件下的直线插补：

G01 X40.0 Z20.0 F200. ; 绝对方式

或

G01 U20.0 W-25.0 F200. ; 增量方式

4.3 圆弧插补（G02，G03）

在指定平面上，使刀具沿着圆弧进行切削运动。

格式

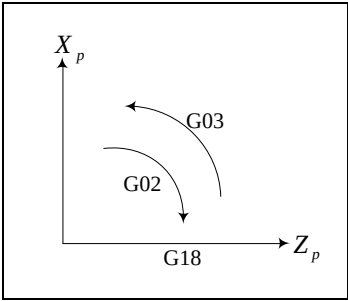
XY 平面的圆弧	
$G17 \begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} X_p - Y_p - \begin{Bmatrix} R_- \\ I_- J_- \end{Bmatrix} NIP_- F_- ;$	

项目	指定内容	命令	描述
1	平面指定	G18	ZX 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
		U、V、W 或 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 ZpXp 平面从 Yp 轴的正方向往负方向看而言，如下图所示：

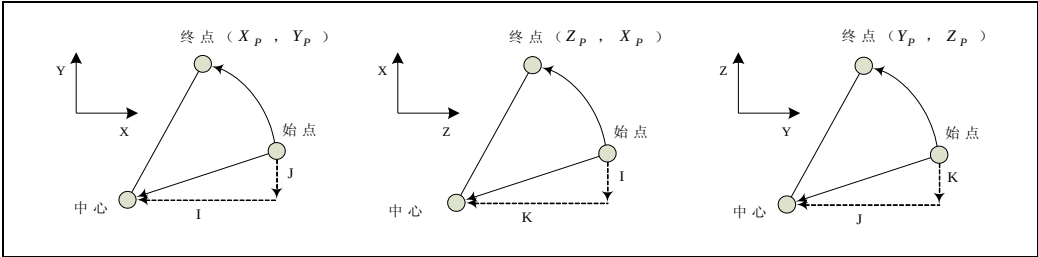


• 圆弧上的移动量

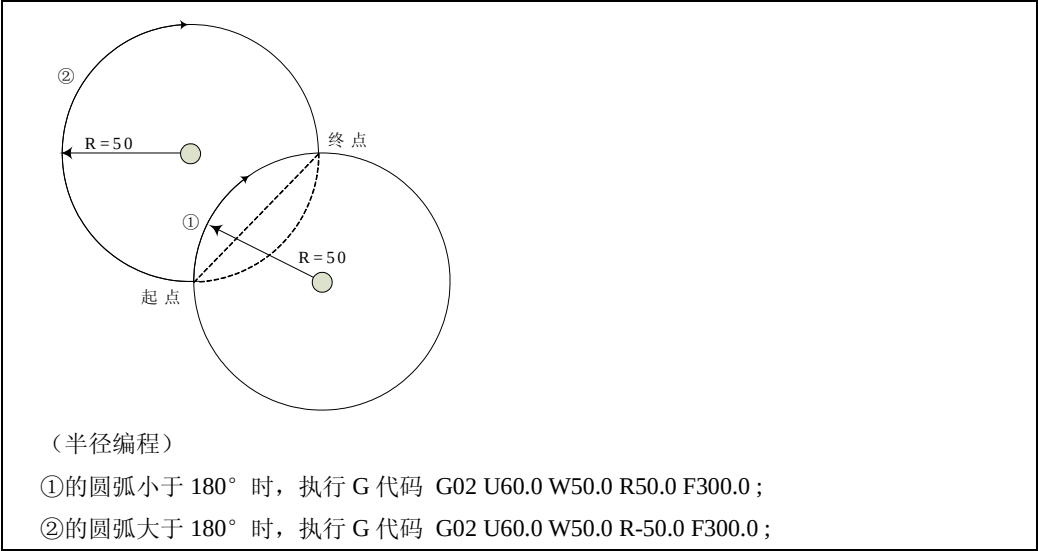
用地址 Xp、Yp 或 Zp 指定圆弧终点的绝对值，用地址 U、V 或 W 指定增量值。

• 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



• 圆弧中心检查功能

2501	RIKALM							
------	--------	--	--	--	--	--	--	--

[数据类型] 位型

RIKALM

0: G02, G03 未指令圆心位置时不报警

1: G02, G03 未指令圆心位置时报警

注

当参数“RIKALM”设为 1 时, 该功能有效。G02/G03 未指令圆心或者圆心错误时发出 PS329 报警: “G02/G03 未指令圆心位置或圆心位置指令错误”。

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

2501	IJK0ALM						
------	---------	--	--	--	--	--	--

[数据类型] 位型

IJK0ALM

0: G02, G03 编入平面外 IJ 或者 K 值为 0 时不报警

1: G02, G03 编入平面外 IJ 或者 K 值为 0 时报警

注

- 1 当参数“IJK0ALM”设为 1 时, 平面外编入 I0/J0/K0 报警 PS21: “G02/G03 平面指定错”。
- 2 当参数“IJK0ALM”设为 0 时, 平面外编入 I0/J0/K0, 不发生报警; 编入非 0 值时发生报警 PS21: “G02/G03 平面指定错”。

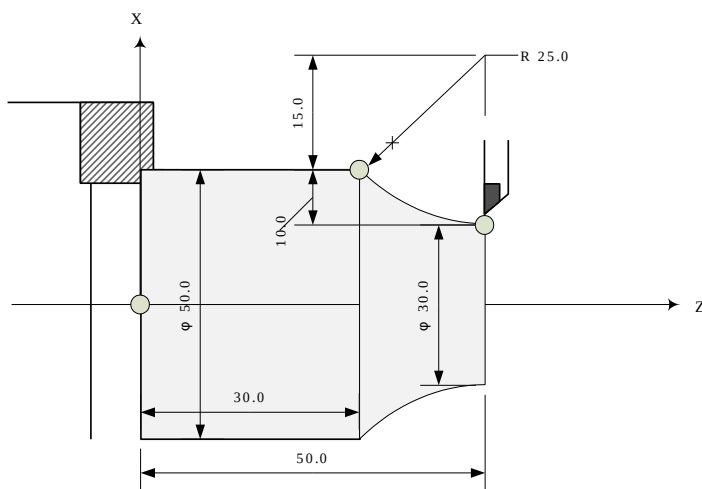
• 进给速度

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 $\pm 2\%$ 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 $2R + e \geq \overline{AB}$ ，e 为“圆弧起点和终点极半径允许偏差量”(P6450)， $\overline{AB}$ 为圆弧起点到终点的矢量大小，否则系统报警。
- 6 圆弧无运动段指令 G40 是否报警由参数“CIRG40NA”(P3253.1) 决定。
 - (1) CIRG40NA=1 时，在 G40 段为 G02/G03 且无运动时，若下一段为圆弧，那么报警，否则不报警；
 - (2) CIRG40NA=0 时，G40 段为 G02/G03 时，不论是否指令运动都报警。

举例



把图中的轨迹分别用绝对方式和增量方式编程：

绝对方式

G02 X50.0 Z30.0 I25.0 F30 ;I, K 指定

或

G02 X50.0 Z30.0 R25.0 F30 ;R 指定

增量方式

G02 U20.0 W-20.0 I25.0 F30 ;I, K 指定

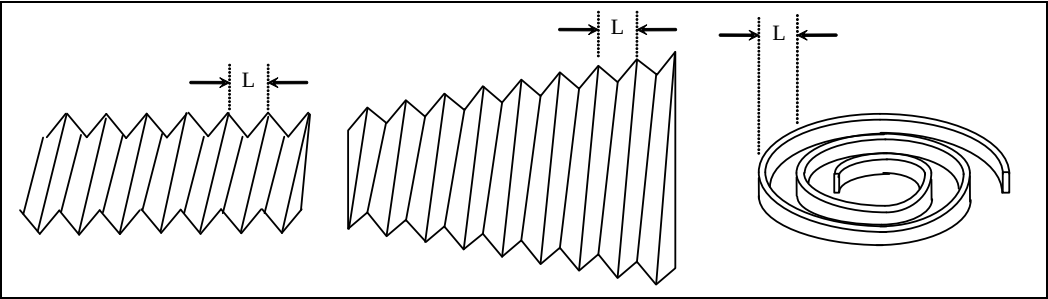
或

G02 U20.0 W-20.0 R25.0 F30 ;R 指定

4.4

等螺距螺纹切削（G32）

用 G32 指令，可以切削相等导程的直螺纹、锥螺纹和端面螺纹。如下图所示，L 为导程。



格式

G32 Xp__ Zp__ F__ Q__ ;
Xp__：指定 X 轴终点坐标。
Zp__：指定 Z 轴终点坐标。
F__：指定长轴方向的导程。
Q__：指定偏移角度（0~360 度）。

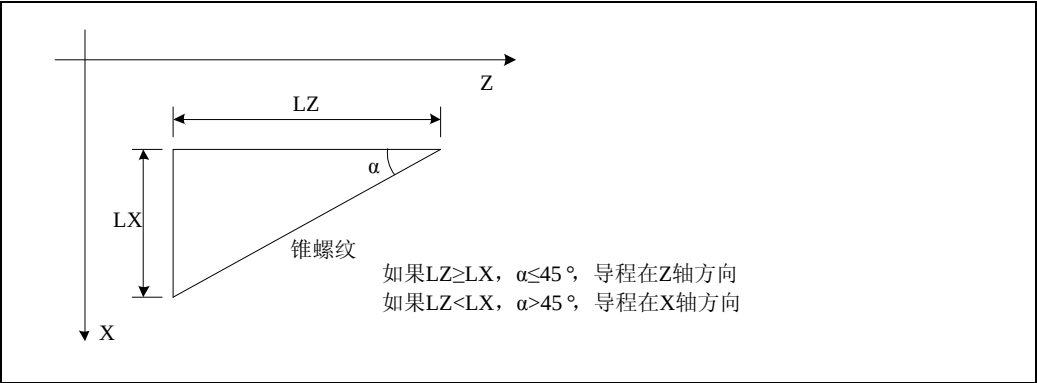
解释

• 螺纹切削类型

G32 为模态指令。起点和终点的 Xp 坐标相同时，进行直螺纹切削；起点和终点的 Zp 坐标相同时，进行端面螺纹切削；起点和终点 Xp、Zp 坐标都不相同时，进行锥螺纹切削。
笛卡尔坐标系 G54.9 的设定对本指令的格式会产生影响。在 G32 指令中，Xp、Zp 应分别为 G54.9 设定的第 1 轴、第 3 轴。

• 螺纹的导程

螺纹导程是指主轴转一圈长轴的位移量，螺纹的导程均指长轴方向上，导程通常用半径指定。



注

1 在螺纹切削开始及结束部分，一般由于升降速的原因会影响起点与终点的位置，考虑到此因素，螺纹指定长度要比实际螺纹加工长度稍长。

2 指定导程的小数位数与系统小数相关参数设定有关。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。

• 加工螺纹时起始角偏移

用于加工多头螺纹。加工时，主轴先偏移 Q__ 指定的角度后，再进行螺纹加工。

注

- 1 Q 仅在编入的程序段有效，其小数位数与直线轴小数位数相同。
- 2 当 Q 超出 360 时无效，按 0 度处理。
- 3 连续 G32 时，Q 仅在第一个 G32 程序段有效，第二个 G32 程序段中指定的 Q 无效。

例

G32 Z-50. F2. Q180 ;Q 地址在当前段指令有效
G32 Z-100 F4 Q360 ;Q 地址在当前段指令无效

• 多次螺纹切削

一般加工一根螺纹时，从粗车到精车，用同一轨迹要进行多次螺纹切削。进行多次螺纹切削时，零件圆周上的切削点仍是相同的，工件上的螺纹轨迹也是相同的。但是从粗车到精车，主轴的转速必须是一定的。当主轴转速变化时，螺纹有可能会产生偏差。

• 连续螺纹切削

当前一个程序段为螺纹切削程序段，而现在程序段也是螺纹切削时，进行连续螺纹切削。

格式为：

G32 Z__ F__ ;
Z__ ;连续螺纹加工
G32__ ;连续螺纹加工
Z__ F__ ;连续螺纹加工

为了在螺纹切削中，进行控制以消除连续的程序段加工中的移动中断引起的不连续部分，可以连续指定螺纹切削的程序段。程序段间的连接处，被控制为尽可能保持与主轴同步。

例

G00 X50.0 Z2.0 ;
G32 Z-50. F8. Q180 ;
G32 Z-100. F10. ;
G32 Z-150. F12. ;

• 英制螺纹切削机能

螺纹切削（G32、G76、G92）或攻丝（G93）时，螺纹导程如果用 I 指定，其单位为：牙/英寸。I 的指令范围与软件配置有关。

例

- 1 切削 $2\frac{1}{8}$ 牙/英寸的螺纹时，指定 I2.125。
- 2 切削 $50\frac{4}{5}$ 牙/英寸的螺纹时，指定 I50.8。
- 3 切削 6 牙/英寸的螺纹时，指定 I6.0。

注

1 当在程序段同时指定 F 和 I 时，F 有效。

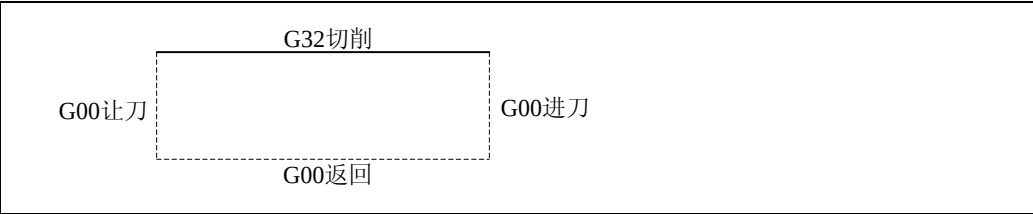
2 I 编程时可带小数点，小数点前单位为牙/英寸，小数位数与直线轴小数位数相同。

3 指令 I 后，系统自动由 I 计算 F，显示 F 值为 I 计算后数值，F 的单位与编程单位有关，而 I 的单位固定为牙/英寸，与编程单位无关。公制编程时， $F=25.4/I$ ，英制编程时， $F=1/I$ 。

4 螺纹段使用 I 指定，执行连续螺纹为模态，非暂停(G04)G 代码模态取消。

• 退尾处理

关于螺纹加工中的进刀、切削、让刀、返回等术语的定义参考以下示意图。



- 螺纹切削段加减速曲线采用直线加减速，加/减速度由参数 P6480/P6481 设定。
- 让刀加减速曲线由参数 P6482 设定，让刀加速度由参数 P6483 设定。
- 退尾效果由“螺纹切削平均减速度”（P6481）、“螺纹让刀加减速曲线”（P6482）与“螺纹让刀平均加减速速度”（P6483）、“螺纹让刀运动速度限制”（P6484）共同决定，实际轨迹如下图所示。



注

1 若让刀段为 G00，那么使用快速平滑器；若为 G01(G32)，那么使用切削平滑器。

2 让刀段采用快速退尾，速度受参数“螺纹让刀运动速度限制”（P6484）限制。

3 更改此参数会改变收尾效果，等螺距退尾需进行以下设定：

(1) 设定参数 RDAOSMT=0

(2) 设置螺纹让刀加速度和螺纹切削减速度相等

4 G32 中螺纹切削的回退功能无效，让刀和返回步骤，需用户编程实现。

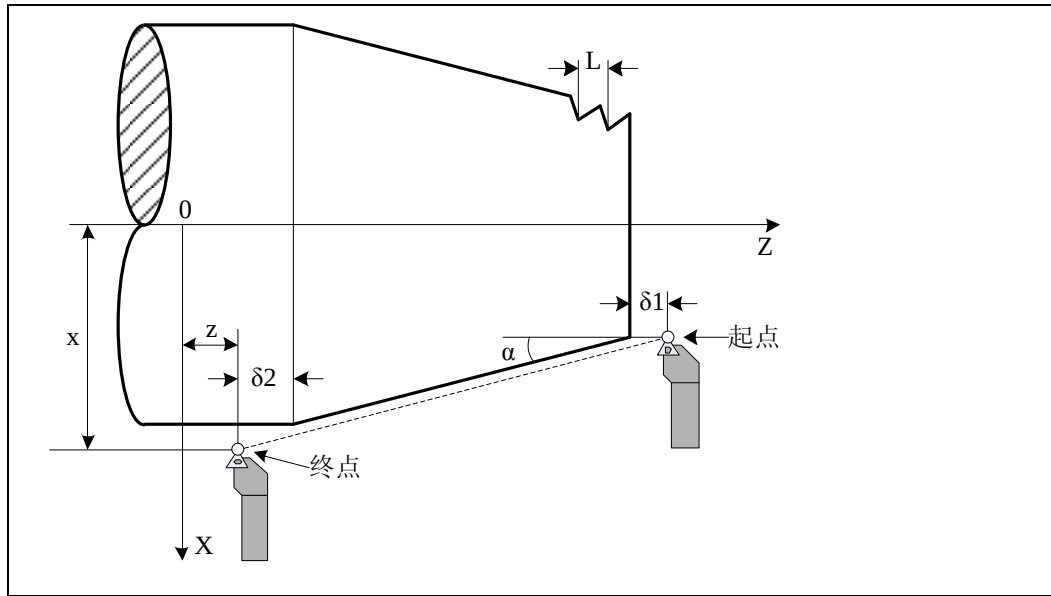
6300			RDAOSMT				
------	--	--	---------	--	--	--	--

[数据类型] 位型

4 RDAOSMT

- 0: 让刀段改用螺纹切削平滑器
- 1: 让刀段不改用螺纹切削平滑器

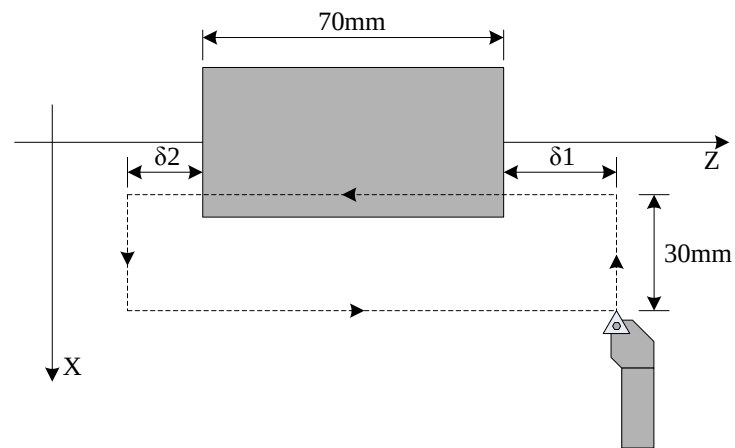
• 螺纹切削注意事项



- 1 在螺纹切削中，进给速度倍率无效，固定在 100%。
- 2 在螺纹切削中，主轴不能停止，如果进给停止，切深会急剧增加，产生危险。因此进给保持在螺纹切削中无效。
- 3 在进入螺纹切削状态后的一个非螺纹切削程序段时，如果又按了一次进给保持按钮（或者持续按着），则在非螺纹切削程序段中停止。
- 4 如果在单程序段状态进行螺纹切削时，在执行完非螺纹切削程序段后停止。
- 5 在螺纹切削过程中，由自动方式变为手动方式时，在非螺纹切削程序段的开始，进给保持停止。从自动方式变为其他方式时，在执行完非螺纹切削程序段后，用单程序段状态停止。
- 6 在切端面螺纹和锥螺纹时，也可进行恒线速控制，但由于转速改变，将难保证正确的螺纹导程。因此切螺纹时，指令 G97，即不使用恒线速控制。
- 7 在螺纹切削前的移动指令程序段可指定倒角，但不能指定圆角 R。
- 8 在螺纹切削程序段中，不能指定倒角和圆角 R。
- 9 在螺纹切削中主轴倍率有效，但在切螺纹中，如果改变了倍率，由于升降速的影响等因素不能切出正确的螺纹。

举例

• 直螺纹切削

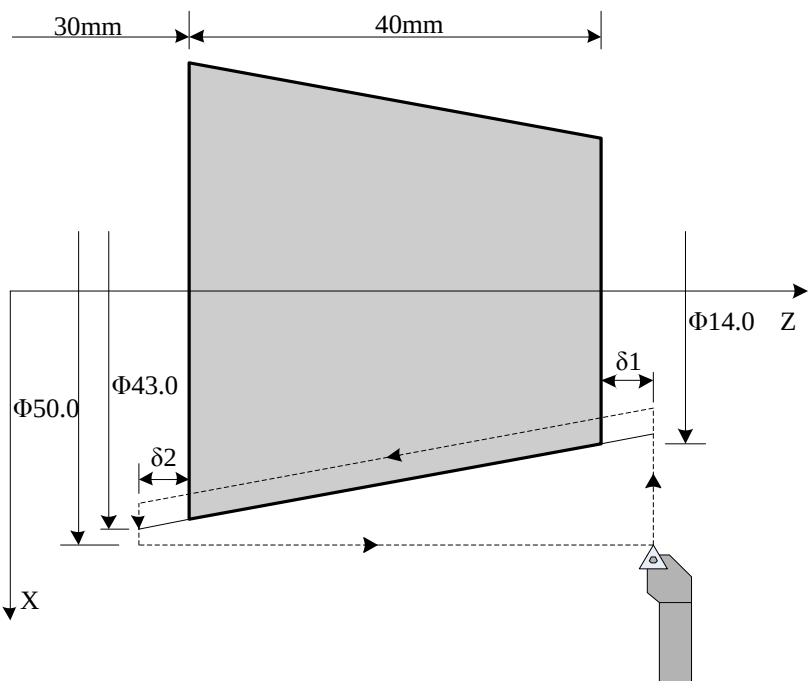


螺纹导程为 4mm, $\delta 1=3\text{mm}$, $\delta 2=1.5\text{mm}$, 在 X 方向切深为 1mm (两次切入)。

加工程序 (公制输入, 直径编程)

```
G00 U-62.0 ;  
G32 W-74.5 F4.0 ;  
G00 U62.0 ;  
W74.5 ;  
U-64.0 ;第二次再切入 1mm  
G32 W-74.5 ;  
G00 U64.0 ;  
W74.5 ;
```

- 锥螺纹切削



螺纹导程为 3.5mm, $\delta 1=2\text{mm}$, $\delta 2=1\text{mm}$, 在 X 方向切深为 1mm (两次切入)。

加工程序 (公制输入, 直径编程)

```

G00 X12.0 Z72.0 ;
G32 X41.0 Z29.0 F3.5 ;
G00 X50.0 ;
Z72.0 ;
X10.0 ;第二次再切入 1mm
G32 X39.0 Z29.0 ;
G00 X50.0 ;
Z72.0 ;

```

4.5 变螺距螺纹切削 (G34)

变螺距螺纹切削通过对每个导程指令增加或减少一个固定值来实现。

格式

G34 Xp__ Zp__ F__ K__ Q__ ;

Xp__ : 指定 X 轴终点坐标。

Zp__ : 指定 Z 轴终点坐标。

F__ : 指定长轴方向的导程。

K__ : 指定主轴每转导程的增减量。

Q__ : 指定偏移角度 (0~360 度)。

解释

- 每转导程增减量

除 K 外其它地址与 G32 指令相同。

K 值的范围为[-50mm， 50mm]。当出现以下情况时，触发报警。

- 1 K 指定值超过上述范围；
- 2 因 K 的增加使导程超过螺距的允许最大值；
- 3 因 K 的减小使导程出现负值。

例	
起点螺距	: 8mm
螺距的增减量	: 0.2mm/rev
指令语句	: G34 Z10 F8.0 K0.2;

注	
如果导程过大，应采用较低的主轴转速。	

• **加工螺纹时起始角偏移**

与 G32 处理相同，加工时，主轴先偏移 Q__指定的角度后，再进行螺纹加工。

• **退尾处理**

与 G32 的处理相同。

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”（P0711）设定。

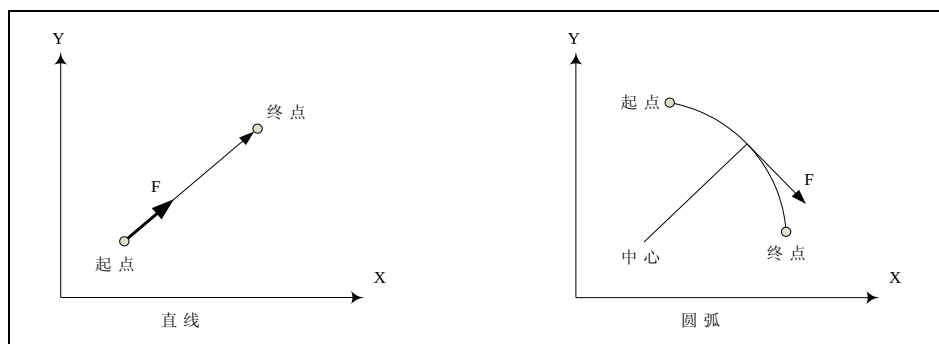
对于快速移动速度的倍率控制，利用机床操作面板上的按键，可得到如下倍率：

F0、25%、50%、100%

F0: 由参数“快速倍率最低挡速率 F0”（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（G98）

格式

G98 ;

F__ ;

G98: 每分进给指令

F__: 进给速度（毫米/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 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”（P0713）设定值，则被限制在上限值上。上限值以毫米/分为单位进行设定。
- 3 进给倍率通过操作面板上的倍率开关控制，可以使用 0~150%（每挡 10%）的倍率。

5.2.2 每转进给（G99）

格式

G99 ;
F__ ;
G99: 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%（每挡 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。

功能参数

2500						FPT	
------	--	--	--	--	--	-----	--

[数据类型] 位型

1 FPT

0: 上电时为每分进给

1: 上电时为每转进给

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），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	20000.0mm/min	0.0001mm/rev	2000.0mm/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 $\pm 2\%$ 。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。
- 4 G98，G99 下，轴锁功能均有效。

5.3 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滑的变化。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。

解释

• 加减速曲线类型

本系统提供 6 种加减速曲线类型供用户选择，分别为：（2 次）直线、2.5 次曲线、（3 次）S 曲线（无匀加速段）、4 次曲线、三角曲线、带匀加速段的 S 曲线。曲线次数是从位移与时间关系得出的。

加速和减速可选择不同的曲线类型，并可分别选用不同的平均加速度。

相关参数如下：

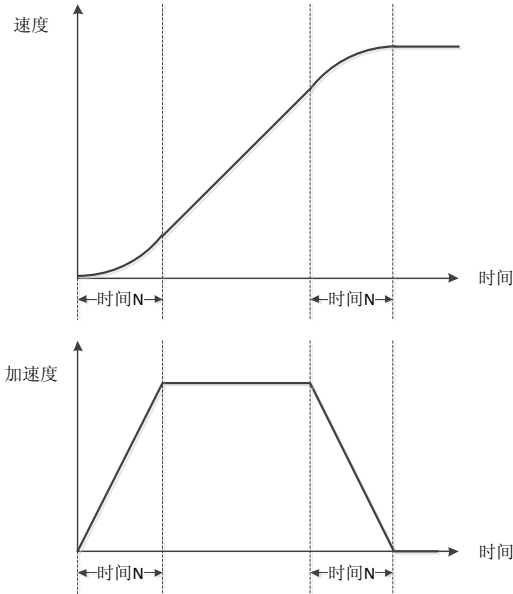
1 自动方式相关参数：

- 切削加速曲线（P6410）/切削减速曲线（P6411）
- 快速运动加速曲线（P6412）/快速运动减速曲线（P6413）
- 刚性攻丝加速曲线（P6414）/刚性攻丝减速曲线（P6415）
- 紧急减速曲线（P6416）
- 数字螺纹加速曲线（P6418）/数字螺纹减速曲线（P6419）
- 螺纹加速曲线（P6420）/数字螺纹减速曲线（P6421）
- 螺纹让刀加速曲线（P6482）

参数数值说明如下：

数值 0~4 为原曲线类型。

数值 ≥ 10 (≤ 200) 为带匀加速段的 S 曲线。且数值大小为时间 N。如下图：



- 带匀加速段的 S 曲线图

注：上述参数系统默认 30，即使用带匀加速段的 S 曲线。

其中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。

2 手动模式相关参数(目前不能使用带匀加速段的 S 曲线):

- 手动加速曲线 (P5210) /手动减速曲线 (P5211)
- 单步或手轮加速曲线 (P5410) /单步或手轮减速曲线 (P5411)
- 回零加速曲线 (P5110) /回零减速曲线 (P5111)

• 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。

系统使用平均加/减速度方便用户使用。通过最大速度和平均加速度或平均减速度可计算出加速或减速时间。

例

最大速度 2000mm/min，平均加速度 (20000mm/min) /s，平均减速度为 (10000mm/min) /s，那么从停止开始加速到最大速度的加速时间为 100ms，从最大速度减速到停止的减速时间为 200ms。

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速度。

相关参数如下：

1 自动方式相关参数：

- 切削平均加速度 (P6430) /切削平均减速度 (P6431)
- 快速运动平均加速度 (P6432) /快速运动平均减速度 (P6433)
- 刚性攻丝平均加速度 (P6434) /刚性攻丝平均减速度 (P6435)
- 紧急减速系数 (P6436)
- 数字螺纹平均加速度 (P6438) /数字螺纹平均减速度 (P6439)
- 螺纹切削平均加速度 (P6480) /螺纹切削平均减速度 (P6481)

其中，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。

2 手动模式相关参数：

- 手动平均加速度（P5212）/手动平均减速度（P5213）
- 单步或手轮平均加速度（P5412）/单步或手轮平均减速度（P5413）
- 回零平均加速度（P5112）/回零平均减速度（P5113）
- 手轮平滑时间（P5414）
- 手轮或单步速率限制（P5420）

• 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速度参数的显示进行设置。

- 1 加减速曲线类型参数是否显示受参数“FACDCT”（P0005.2）控制。
- 2 加减速速度参数的单位由参数“ACDCMS”（P0005.4）控制。
- 3 加减速速度参数合并功能是否有效由参数“ACDCM”（P0005.4）控制。

注

“FACDCT”（P0005.2）仅影响回零、手动、单步的加减速曲线是否显示。

- 1 回零加速曲线（P5110）/回零减速曲线（P5111）
- 2 手动加速曲线（P5210）/手动减速曲线（P5211）
- 3 单步或手轮加速曲线（P5410）/单步或手轮减速曲线（P5411）

• 加减速相关控制指令

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

CT: 曲线类型

AD: 加减速速度

AC: 加速度

DC: 减速度

注

- 1 AD, AC 和 DC 的单位与加减速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。
- 2 CT 取值说明: 0~4 对应不同的曲线; >=5 时为带匀速段的 S 曲线, 且数值大小表示平滑时间

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速度, 以便防止用户修改加减速速度和加减速曲线后影响换刀时间。

• 加减速控制方式

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)	√ (2 次) 直线 √ 2.5 次曲线 √ (3 次) S 曲线 √ 4 次曲线 √ 三角曲线 √ 带匀加速段的 S 曲线 [相关参数]	√ (2 次) 直线 √ 2.5 次曲线 √ (3 次) S 曲线 √ 4 次曲线 √ 三角曲线 √ 带匀加速段的 S 曲线 [相关参数]	√ (2 次) 直线 √ 2.5 次曲线 √ (3 次) S 曲线 √ 4 次曲线 √ 三角曲线 √ 带匀加速段的 S 曲线 [相关参数]

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
	P6410/P6412/P6430/P6432	P6411/P6413/P6431/P6433	P6416/P6436
直线/圆弧/螺线插补 (每转进给)	√(2次) 直线 [相关参数] P6430/P6432 注: 只有直线有效, 无法选择曲线类型	√(2次) 直线 √2.5次曲线 √(3次) S 曲线 √4次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6411/P6413/P6431/P6433	√(2次) 直线 √2.5次曲线 √(3次) S 曲线 √4次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6416/P6436
直线/圆弧插补(自动手轮控制) 注: 自动手轮控制对螺纹切削部分无效(包括 G93 攻丝)	√(2次) 直线 [相关参数] P5310 注: 只有直线有效, 无法选择曲线类型	√(2次) 直线 [相关参数] P5310 注: 只有直线有效, 无法选择曲线类型	√(2次) 直线 [相关参数] P5310
螺纹切削	√(2次) 直线 √2.5次曲线 √(3次) S 曲线 √4次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6420/P6421/P6480 注: 只有直线有效, 无法选择曲线类型	√(2次) 直线 √2.5次曲线 √(3次) S 曲线 √4次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6420/P6421/P6481 注: 只有直线有效, 无法选择曲线类型	√(2次) 直线 √2.5次曲线 √(3次) S 曲线 √4次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6416/P6436
螺纹让刀	√(2次) 直线 √2.5次曲线 √(3次) S 曲线 √4次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6482	与让刀段指令(G00/G01)有关。	与让刀段指令(G00/G01)有关。
数字主轴刚性攻丝	√(2次) 直线 √2.5次曲线 √(3次) S 曲线 √4次曲线 √三角曲线	√(2次) 直线 √2.5次曲线 √(3次) S 曲线 √4次曲线 √三角曲线	√(2次) 直线 √2.5次曲线 √(3次) S 曲线 √4次曲线 √三角曲线

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
	√带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6414/P6434	√带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6415/P6435	√带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6416/P6436
数字主轴螺纹插补	√(2 次) 直线 √2.5 次曲线 √(3 次) S 曲线 √4 次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6418/P6438	√(2 次) 直线 √2.5 次曲线 √(3 次) S 曲线 √4 次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6419/P6439	√(2 次) 直线 √2.5 次曲线 √(3 次) S 曲线 √4 次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P6416/P6436
手动方式/单步方式/ 回零方式	√(2 次) 直线 √2.5 次曲线 √(3 次) S 曲线 √4 次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P5110/P5210/P5410	√(2 次) 直线 √2.5 次曲线 √(3 次) S 曲线 √4 次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P5111/P5211/P5411	√(2 次) 直线 √2.5 次曲线 √(3 次) S 曲线 √4 次曲线 √三角曲线 √带匀加速段的 S 曲线 [相关参数] P5111/P5211/P5411
手轮模式	√(2 次) 直线 [相关参数] P5414/P5420	√(2 次) 直线 [相关参数] P5414/P5420	√(2 次) 直线 [相关参数] P5414/P5420

5.4 速度平滑控制

在加工中进行速度平滑可提高加工的精度，提高加工效率，避免一些机械冲击从而提高加工水平。系统提供了在不同加工中适用的平滑器供用户加工时进行选择使用。

各平滑器说明如下：

平滑器	参数	说明
切削平滑器	P6502 (默认切削平滑阶数) 或通过 G05R 更改	平滑切削运动，但不包括以下运动： 1 螺纹切削 2 插补型攻丝/G93 攻丝 3 G31/G36/G37（无任何平滑器）
快速平滑器	P6461 (快速平滑时间)	平滑快速运动
螺纹平滑器	P6462 (螺纹切削平滑时间)	平滑螺纹切削 注：除大螺距螺纹加工外，不建议开启；开启螺纹平滑会降低螺纹跟随性。
刚性攻丝平滑器	P6463 (插补型攻丝、G93 攻丝)	平滑插补型攻丝及 G93 攻丝

平滑器	参数	说明
	平滑时间)	
手动模式平滑器	P6465 (手动模式平滑时间)	平滑手动模式相关运动
PLC 轴平滑器	P6466 (PLC 轴平滑时间)	平滑 PLC 轴运动
简易 PLC 轴平滑器	P6467 (简易 PLC 轴平滑时间)	平滑简易 PLC 轴运动
主轴平滑器	P2779/P2829/... (转速控制平滑时间)	平滑主轴转动

5.5 高速高精控制（G05）

格式

G05 L_ NP_ P_ R_ A_ C_ Q_ CT_ AD_;

其相关地址说明如下表：

指定内容	地址	说明
G5 参数组	L	有效数值： 1~10—对应“[设置]→[高精]”的 10 组数据。 说明： 指令 L 后，如果还指令其它地址，那么指令的地址将替换 L 指定参数组中对应地址的数值。
小线段预处理类型	NP	有效数值： 1 —用于宏程序小线段 3 —用于 CAM 小线段 说明： 该功能用于批量准备数据，提高小线段加工性能，并提高显示速度。 该功能使用时，检查轴数与插补次数是否满足要求，否则触发 PS580 报警；4 轴以上要求参数 P10 至少设置为 1。 该功能一次处理多个程序段，光标指在最后一段。余移动量为这些程序段的总余移动量，而不是光标所在段余移动量。 指令 NP3 后(不包括 NP1)，可多译码 3 位小数；否则，系统只解析 3 位小数，忽略剩下的小数位。即：当小数位数设置为 3 位时，指令 NP2~NP8 后，编程超过 3 位小数时，系统最多可以解析 6 位小数。
刀具方向	P	有效数值： 1~3—例如：刀具方向沿 Z 轴时，铣床指令 P3(车床指令 P2)。 说明： 指令 P 后，NP 指令指定 3 或不指定，不指定时系统默认 NP3。 此功能用于平行刀路曲面加工(特别是有渐变棱角的 CAM 小线段程序必须指定，如：人脸) 如果要求轮廓精度较高，那么不能指令 P，并且尽量较小 R 值，甚

指定内容	地址	说明
		至不用 R 值; P 只能通过 G05 指令, 指定 P 时 Q 值自动无效;
切削平滑阶数	R	有效数值: 1~500 说明: 如果指令 P 而未指令 R, 那么默认 R500, 一般只用于调试, 不进行实际加工(轮廓误差加大)。 输入时如果带小数点, 那么小数点及小数部分被忽略。
切削拐角角度	A	有效数值: 1.0~30.0 说明: 曲面精加工: [10,20], 其它: [5,10]。 用于判断相邻两程序段是否相切。如相切, 那么不减速, 否则减速。 开粗时适当降低此角度(如: 1~10 度), 以减小非拐角处振动。 以插补周期 2ms 为例, 进给速度 F(mm/min)时, 角度 A 可产生非拐角处加速度: $F \cdot \sin(A) \cdot 0.5$ 例如: F4000.0mm/min, A10.0, 那么非拐角处最大加速度: $4000 \cdot \sin(10.0) \cdot 0.5 = 347(\text{m/min/s})$ 。因此, 对于进给较快的非曲面精加工, 应适当降低角度 A。
平滑前加速度限制	C	有效数值: 10.0~500.0(此为公制范围, 英制除 25.4)。 说明: 用于提高效率 非拐角处及 P 功能平行刀路非换向处无影响 平滑前拐角加速度可能比限制值大 如果当前程序因变速过于频繁导致实际拐角加速度比限制值大很多, 并且平滑后加速度较大, 那么请不要指定 C 功能。
圆弧及短直线加速度限制	Q	有效数值: 1.000~100.000(此为公制范围, 英制除 25.4)。 说明: P 指令时 Q 自动无效。 该功能生效时, 对以下两种情况进行速度限制: (a) 圆弧(平面或空间的圆弧、阿基米德螺线、对数螺线); (b) NP 功能开启后的小线段小曲率处有效。但仅对 NP1 和 NP3 有效。 G05 指令中允许指令 Q0, 表示取消 L 中 Q 地址数据(即允许 G05 Li Q0 取消 Q)。
切削加减速曲线类型	CT	有效数值: 0~4(曲线类型)或 10~200(S 曲线时间 N) 说明: 指令 CT0, 配合 C 提高非精加工效率 指令 $CT \geq 30$, 改善精加工变速处纹路或降低低增益超调现象

指定内容	地址	说明
切削加减速 度	AD	有效数值： 0.001--10000.0(此为公制范围，英制除 25.4)。 说明： 变速处纹路不佳时，除提高 CT(>=30)外，也可考虑降低 AD 数值

清除 G05 控制

非 MDI 复位(复位键或执行 M02/M30 等引起的复位)或 G5 不带其它地址将清除以上所有控制。

显示

G5 任何一个功能有效时，在右上角会有提示信息。

C、Q、CT、AD 不显示数值，显示/C、/Q、/CT、/AD。

刀具方向控制功能(P 功能)

平行刀路曲面精加工时，必须指定该功能。如果未指定，那么可能在曲面上出现一些或大或小的坑点。当加入刀具方向(P 指令)控制后，坑点消失。

轨迹平滑及加速度抑制(R 功能)

CAM 小线段程序(粗加工或精加工)可能有各种不理想的轨迹或较大加速度，都可用 R 功能抑制。

粗加工时有时还可以用 Q 功能(如：Q36.0)降低大曲率处速度。

系统计算进切削平滑器前各轴最大加速度(N40/41/...)和出切削平滑器后各轴最大加速度(N50/N51/...)。并根据 P6440/P6441 设定的加速度限制值，推算出各轴大致需要的平滑阶数(N60/N61/...)。如果 N60/N61/...的最大值小于 R 指令值，那么可降低 R 以减小轮廓误差；但过低的平滑阶数(例如：<40)，不利于光顺轨迹本身的误差。这些加速度都是以加速度单位显示，因此请将 P5.4(ACDCMS)位参数设置为 0，避免 P6440/P6441 加速度限制用时间显示时产生混乱。

系统记忆进切削平滑器前发现各轴切削最大加减速度的程序段号(N70/N71/...)和出切削平滑器后发现各轴切削最大加减速度的程序段号(N80/N81/...)。可将这些程序段附近的段摘出，用于快速调试 R 的合理值。

提高加工速度时，各种产生最大加速度将相应提高，因此可能需要根据新的加工速度调整 R 值。

G05 默认值

在未指令 G05 的情况下，系统将采用 P6500~6505 参数设定值进行精度控制。P6500~6505 参数的取值范围同 G05 格式中 P/NP/R/Q/A/C 地址，系统默认为无效，因此该部分参数应由配置软件进行配置。

6500	默认刀具方向 P
6501	默认小线段类型 NP
6502	默认切削平滑阶数 R
6503	默认圆弧或螺线最大加速度 Q
6504	默认切削拐角角度 A
6505	默认拐角平滑前加速度限制 C

5.6 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 U__ ;
 或
G04 P__ ;
 X: 暂停时间设置 (可使用小数)。
 U: 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
U	0.001~99999.999	秒
P	1~99999999	0.001 秒

注

- 1 X/U/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、U、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。

5.7 延时运动功能 (NT)

在运动段插入 NT 指令用于延时启动运动。

解释

使用 NT 功能后, 本段检查到上一段运动结束(减速停止)后, 延时 NT 指定时间后开始运动。
 NT0 类似 G04 准停, NTt 类似 G04P。但 G04 需要独立一行, 而 NT 可在运动段插入。

注意

有些情况是无效的, 例如: G32 后的直线运动段。
 循环指令加入 NT 将使循环的每个阶段都延时启动。
 刀补时, 插入的程序段受当前段 NT 指令影响。

举例

```
O6001;
G5 R200 Q18.0;
G0 G17 G40 G80 ;
G0 G54 X5. Y-9. S6000 M3;
Z25. M08 ;
G1 Z-11. F500. ;
Y-10. F1500. ;
G2 X0. Y-15. I-5. J0. ;圆弧旋入
G1 X-58. NT0 ;旋入停止后立即开始运动
Y15.;
X58.;
Y-15.;
X0. ;下一段圆弧旋出
G2 X-5. Y-10. I0. J5. NT0 ;上段运动至终点停止后，立即开始旋出
G1 Y-9. ;
G0 Z25.;
M5;
M30;
```

• 接刀痕问题

当切入和切出在同一点，加工后产生接刀痕问题时，先检查反向间隙是否正确补偿(即使小于 10um 也要补偿)，以及驱动器摩擦补偿是否启用，然后按以下两种办法解决：

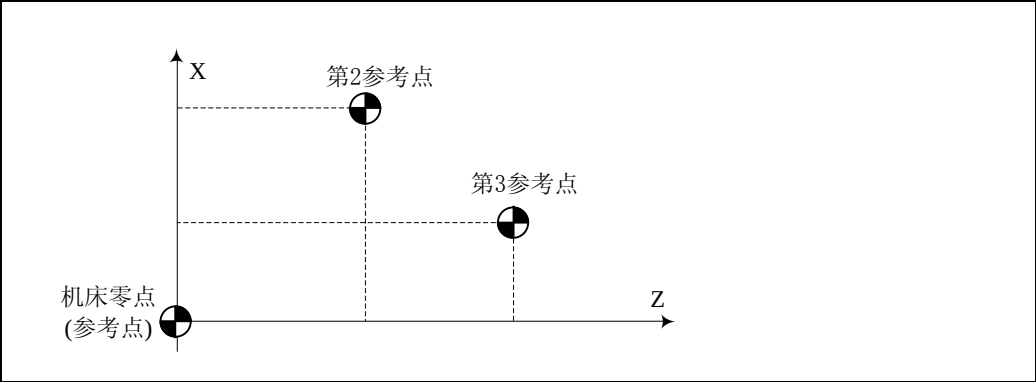
- 1 变更工艺，使切入和切出不在同一个点。
- 2 在切入和切出点的下一个程序段插入 NT 指令。

注：减小 G05Q 值可以减小接刀痕，但会降低加工效率，且效果不如插入 NT 指令。

6 参考点

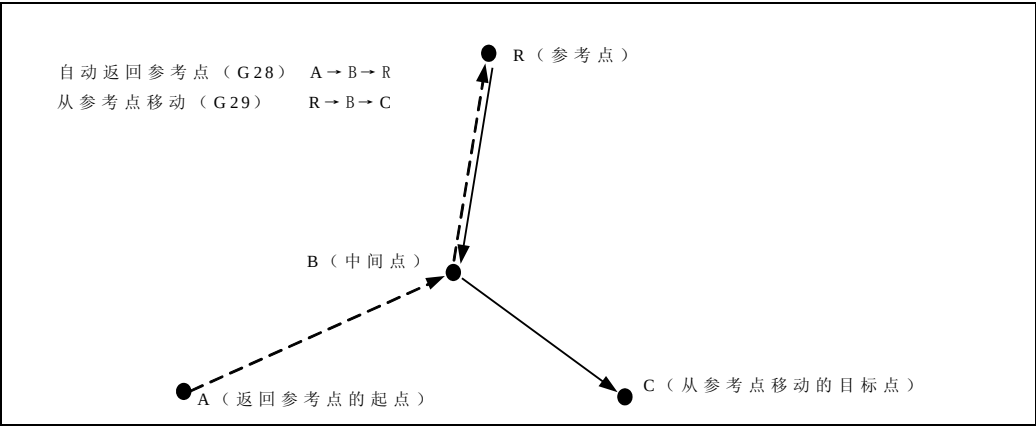
参考点是指机床上某一固定位置。加工时，可把参考点作为自动换刀的位置，通过返回参考点功能将刀具移动到该位置。

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”（P0511）和“第 3 参考点机床坐标”（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（Z60.0）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”（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。

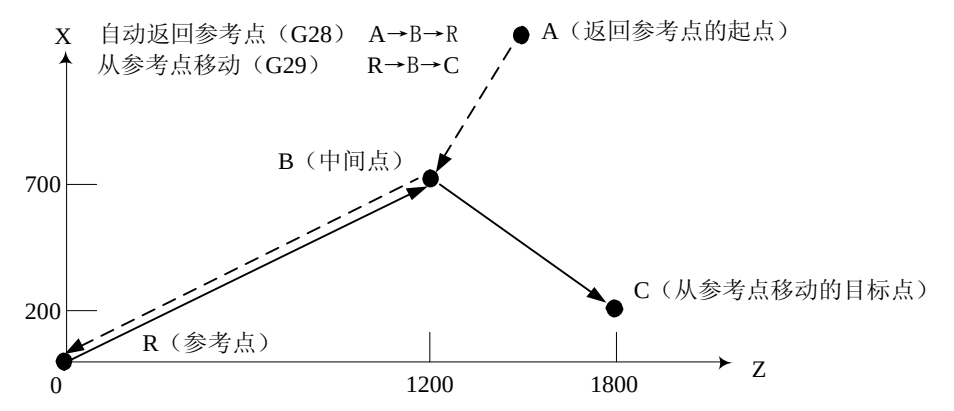
注

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”（P0511）和“第 3 参考点机床坐标”（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

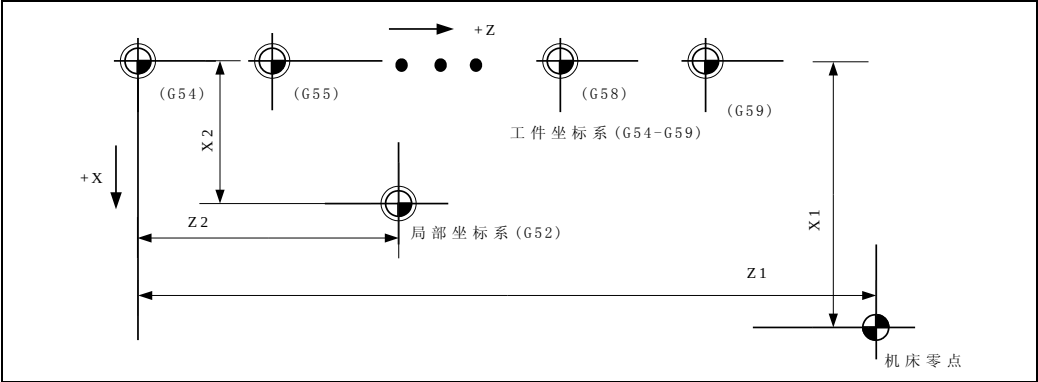
G27 指令使刀具以快速移动速度定位到 IP 指定的位置。如果刀具到达参考点（机床零点），参考点返回灯点亮，否则产生报警（PS0092）。

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）。

- 4 G53 可以根据 GA 组模态决定按 G00/G01 速率运动（如果 GA 组为 G00，那么 G53 按 G00 速率运动；如果 GA 组不是 G00，那么 G53 按 G01 速率运动）。

例

```
%
...
G53 G01 Z50. F1000. ;
G53 Z100. F4000. ;
G53 Z150. F1000. ;
...
M30;
%
```

以上为连续三段按 G01 速率运动的 G53 程序段。由于 G01 有预读功能，因此不会出现 G53 每段减速停止问题。

注

- 1 当指定 G53 指令时，若参数“G53COFS”（P3252.2）=0，将自动清除刀具半径、长度等补偿量；否则需指定相应 G 代码清除长度或半径补偿量。
- 2 G53 抑制 G 代码预读。
- 3 在状态 1 下，执行 G53 指令，会产生报警（PS0049）。
- 4 在极坐标系、坐标系旋转或坐标系缩放状态下，执行 G53 指令，会产生报警 PS628。

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速度。可用 CT/AD/AC/DC 指令修改加减速曲线和加减速速度。

注

在极坐标系、坐标系旋转或坐标系缩放状态下，执行 G153 指令，会产生报警 PS628。

PS628：“指令 G53/G153 前，需要取消极坐标系、坐标系旋转或缩放状态”

7.2 工件坐标系（G50）

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 G50 设定工件坐标系
- 2 自动设定工件坐标系

7.2.1.1 G50 设定工件坐标系

格式

G50 IP__;

IP__: 指定当前点在设定工件坐标系下的坐标。

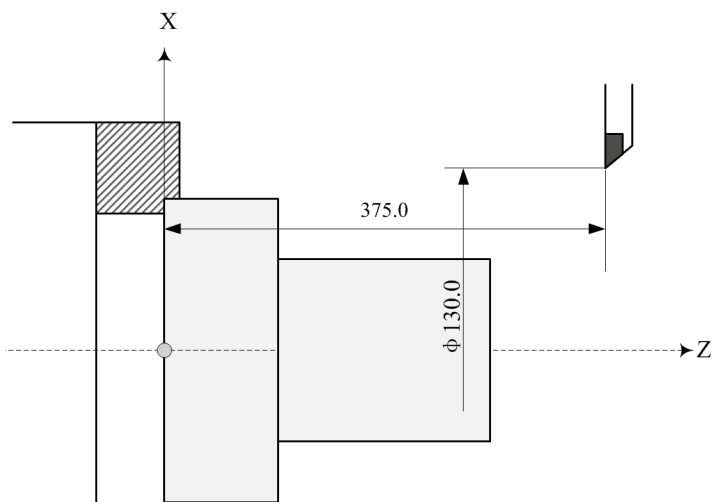
解释

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 IP__为增量值时, 指令前刀具坐标值与增量相加, 作为 G50 指定的绝对坐标。
- 2 如果在刀具补偿期间用 G50 设置坐标系, 那么刀补前的位置与 G50 设置的位置相符。
- 3 通常情况下, 在指定刀具补偿前请先设定工件坐标系。

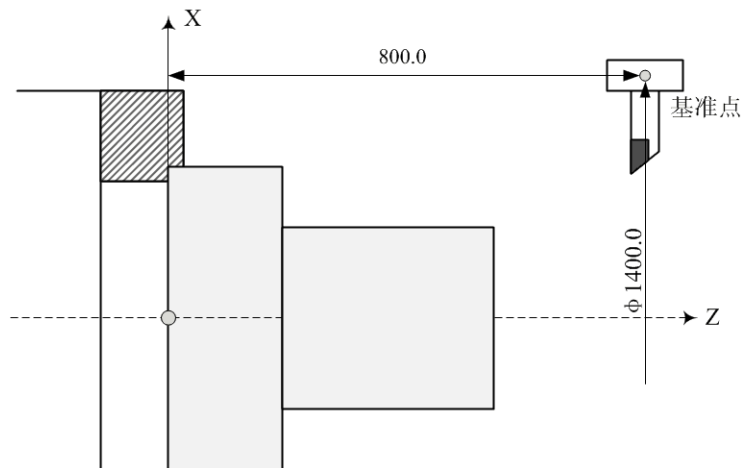
举例

- 以刀尖为指定点设定工件坐标系:



G50 X130.0 Z375.0 ;

- 以刀架基准点为指定点设定工件坐标系：



G50 X1400.0 Z800.0 ;

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”(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 $X=\alpha$ ， $Y=\beta$ ， $Z=\gamma$ 。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。

G50 X α Y β Z γ ;

8 坐标值和尺寸

8.1 变换中特定回零功能

解释

该功能作用于缩放（G51）、旋转（G68/G68.1）、极坐标变换（G16）这三种情况下的回零操作，方便在加工子程序时，在以上三种情况下使用 G28/G29/G30 回零操作进行换刀。

• 功能详述

- 1 通过设置参数 HMCON（P3600.1）为 1 可以打开该功能。
- 2 该功能允许在以下状态中进行特定回零操作：缩放（G51）、旋转（G68/G68.1）、极坐标系（G16）。
- 3 可以使用以下回零相关操作：到中间点运动量为 0 的 G28/G30、G29 指令，此时进行回零的坐标轴与指令的坐标轴一致，不受变换影响。

例：

G28 G91 X0; （铣床或车床 B 体系）

或

G28 U0.; （车床 A 体系）

不符合上述要求的回零操作，会触发 PS122 报警。

• 回零后指令操作

回零后指令可以是以下几类：

- 1 使用 G29 返回，同时需要指令之前所有回零的轴，若未全部指令，则发生 PS400 报警。

例：

G90 X0 Y0;

G51 X100.0 Y100.0 P500;

G28 G91 X0 Y0; （使用 G28 进行 X，Y 轴回零操作）

G29 G90 X100.0; （使用错误，使用 G29 时未指令所有回零轴）

G29 G90 X100.0 Y100.0; （使用正确，使用 G29 时指令了所有回零轴）

G29 G91 X0 Y0;

- 2 若运动指令（运动指令包括含有 G29 情况）涉及变换的轴，则所有变换涉及到的轴必须同时指令，且为绝对指令。若未全部指令则触发 PS400 报警。

例：

G90 X0 Y0;

G68 X200.0 Y100.0 R45.0;

G28 G91 X0 Y0; （使用 G28 进行 X，Y 轴回零操作）

G90 G01 X400.0; （使用错误，涉及到变换的轴未全部指令）

G91G01 X400.0 Y100.0; （使用错误，必须使用绝对指令）

G90G01X400.0;

G90G01Y100.0; （使用错误，涉及到变换的轴必须同时指令）

G90 G01 X400.0 Y100.0; （使用正确，涉及到变换的轴同时指令，且为绝对指令）

注：变换涉及的轴包括以下情况：

对极坐标系：当前坐标平面内的轴；

对缩放：缩放比例不为 1 的轴；

对平面旋转：当前旋转平面内的轴（包含以空间旋转方式指令的平面旋转情况）；

对空间旋转：当前坐标系内的轴；

功能参数

3600						HMCON	
------	--	--	--	--	--	-------	--

[数据类型] 位型

1 HMCON

0: 不允许变换时进行特定回零操作

1: 允许变换时进行特定回零操作

相关报警

PS400	变换中回零后，涉及变换的轴必须全部指定，且为绝对指令
PS122	处于坐标系变换状态，请先取消 G16/G51/G68（G68.1）/G12.1

8.2 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, H, 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	
X1. ; X 位置为 1mm。	
X1 ; X 位置为 0.001mm。	

• 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”（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”（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 主轴功能

9.1 速度控制

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，如果多段连续指令 S 代码，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。

多主轴时的速度控制，请参照 II-9.4.2。

格式

M03 S__	；主轴正转
M04 S__	；主轴反转
M05	；主轴停止

解释

- 1 主轴 M 代码需与 S 代码配合使用，如果只指令 S 代码，主轴并不会旋转。
- 2 主轴正转时，不能指定反转指令；反之，主轴反转时，也不能指令正转指令；需要先指令主轴停止，否则报警。

切削锁

主轴旋转速度未稳定前，为保证工件表面的切削质量，系统会在执行到切削指令（G01/G02/G92 等）时，等待主轴转速稳定后才执行。为了提高效率，定位指令并不会等待；如需要，可增加 G04。

注
切削锁住功能仅判断当前主轴转速是否稳定。如果需要使用切削锁住功能，请注意指令当前主轴，否则可能判错主轴。有关“当前主轴”的描述，请参考 II-9.4.3

• 举例

M03 S2000	；启动主轴
G00 X50 Z5	；定位指令，即使主轴速度未稳定，也会执行
G99 G01 Z-10 F0.5	；等待主轴转速稳定后才开始执行

• 相关参数

2700					G98CUTLI	G99CUTLI		
------	--	--	--	--	----------	----------	--	--

[数据类型] 位型

- 3 G98CUTLI

0: 主轴转速不稳时，分进给切削段锁住有效

1: 主轴转速不稳时，分进给切削段锁住无效
- 2 G99CUTLI

0: 主轴转速不稳时，转进给（非螺纹）切削段锁住有效

1: 主轴转速不稳时，转进给（非螺纹）切削段锁住无效

9.1.1 分级调速（2 位数 S 指令）

用地址 S 和其后面 2 位数控制主轴转速。系统可提供 8 级主轴机械换挡调速（S01~S08）。
当主轴调速类型为分级调速时，即“SP1SANG”（K041.6）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。

注

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。

9.1.2 无级调速（5 位数 S 指令）

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，或 RPM），不同的机床厂家转速的单位也往往不同。

• 手动方式

若没有编入 S 代码，则 S 代码的初值由参数“(主轴 1)手动方式下速度初值及上电时 S 代码的初值”（P2760）设定。

参数“SPnJOGS”（添加参数交叉引用）可选择在手动方式下模拟主轴速度的控制方式：

- SPnJOGS=1 时，主轴速度由编程的 S 代码控制。
- SPnJOGS=0 时，每次按下  或  按键，主轴转速的增减值由参数“(主轴 1)手动方式下速度增量”（P2762）设定，并以参数“(主轴 1)手动方式下速度最大值”（P2761）为上限。

• 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。如采用模拟电压控制，模拟电压的输出值取决于主轴的挡位，由系统内部控制调节。
- 2 当参数“SPnJOGS”（添加参数交叉引用）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包括：手动连续进给、手轮、单步或回零（机械或程序回零）方式。

9.2 恒线速控制（G96，G97）

所谓恒线速控制是指刀具相对旋转主轴夹持工件的线速度是恒定的，随着刀具位置的变化，根据线速度计算出主轴转速，并把其与对应的电压值输出给主轴控制部分，使得刀具与工件接触点的速度保持恒定，不受工件半径的影响。

对于线速度的单位，公制为 m/min（米/分）。线速度单位根据机床厂家不同有时会不同。

格式

• 恒线速指令

G96 S__;	恒线速开始
S__: 指定线速度, 单位 m/min 或 feet/min。	
.....	
G97 S__;	恒线速取消
S__: 指定主轴转速, 单位 rev/min。	

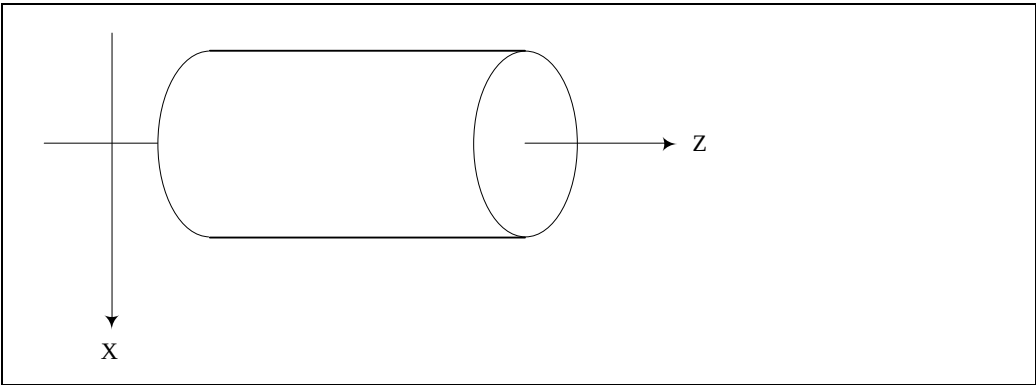
• 主轴最高转速钳制指令

G50 S__;	用于 G 代码体系 A
S__: 主轴最高转速, 单位 rev/min。	

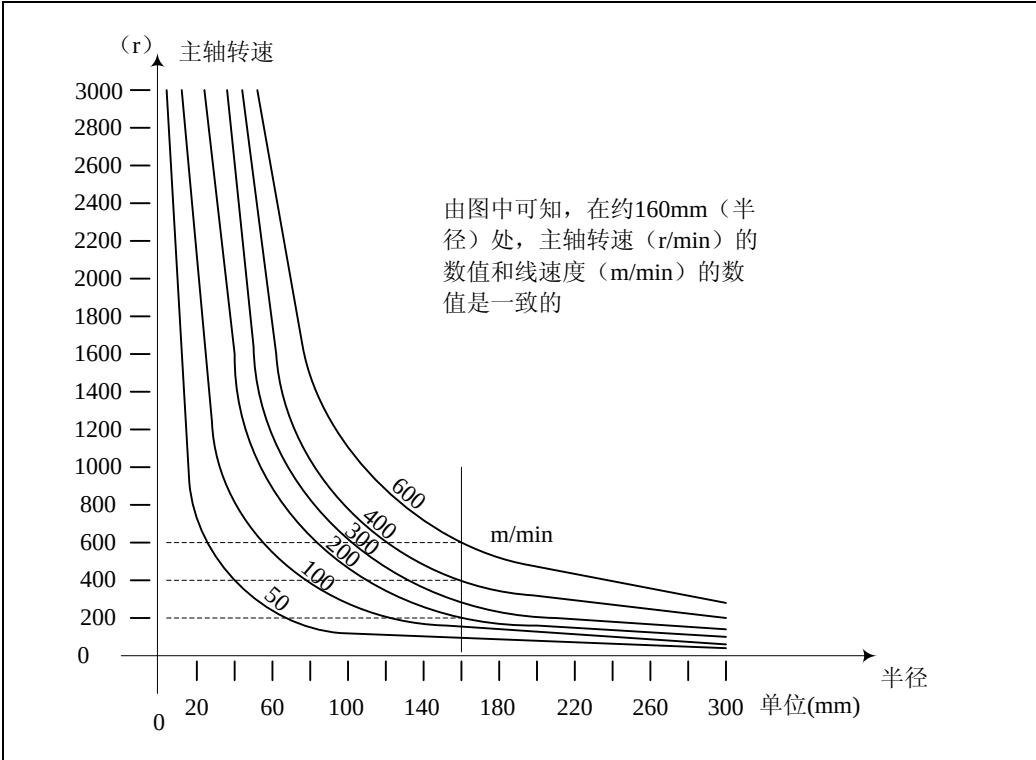
解释

• 恒线速控制

在执行恒线速控制前，必须设置工件坐标系。使 X 轴（恒线速控制的轴）的中心坐标值为 0。如下图所示。



G96 是模态 G 代码。指定后，随着工件程序执行中工件半径的增大或减小，主轴转速同步发生改变，以保持表面线速度恒定，直到指定 G97 前一直有效。在 G96 程序段中主轴转速为 0，直到出现 M03（主轴正转）或 M04（主轴反转），恒线速功能才有效。主轴转速、工件半径和表面速度之间的关系，如下图所示。



- **主轴速度倍率**

对于指定的线速度或转速，根据主轴倍率选择，可以使用 50~120% 的倍率。

- **主轴最高转速钳制**

在恒线速控制时，如果主轴转速超过了 G50 指定的 S__ 值，则主轴以 S__ 指定的值旋转。若不设定主轴最高转速值，则主轴速度不会被箝制。

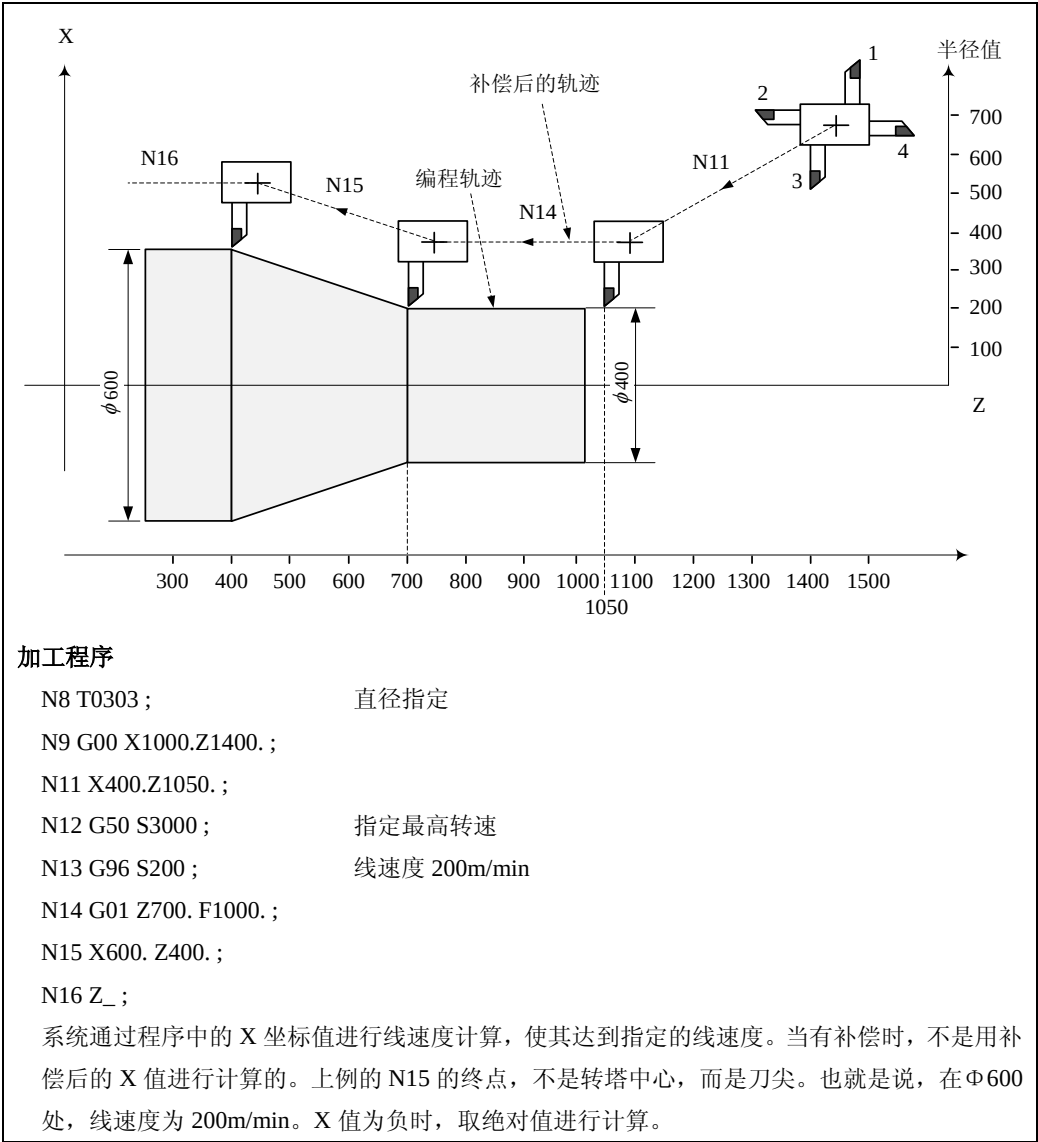
- **快速移动（G00）时的恒线速控制**

对于用 G00 指令的快速进给程序段，当恒线速控制时，不对时刻变化的刀具位置进行线速度控制，而是计算程序段终点位置的线速度。这是因为默认快速移动时不进行切削的缘故。

注

- 1 当电源接通时，如果没设定主轴最高转速的状态，即为不限制状态。
- 2 对于设定主轴最高转速的状态，只适用于 G96 状态，G97 状态时不限制。
- 3 G50 S0 ;表示限制到 0rev/min。
- 4 在 G96 状态中，被指令的 S 值，即使在 G97 状态中也保持着。当返回到 G96 状态时，其值恢复。
G96 S50 ; 50m/min 或 50feet/min
G97 S1000 ; 1000rev/min
G96 X3000 ; 50m/min 或 50feet/min
- 5 机床锁住时，进给轴不动，但对应程序中 X 坐标值的变化，主轴仍进行恒线速控制。
- 6 切螺纹时，恒线速控制也是有效的。因此切螺纹时，应通过 G97 方式使恒线速控制无效，使主轴以同一转速转动。
- 7 每转进给（G99），在恒线速控制方式下（G96），虽然无使用意义，但仍有效。
- 8 从 G96 状态变为 G97 状态时，G97 程序段如果没有指令 S 码（转/分），那么 G96 状态的最后转速作为 G97 状态的 S 值使用。X 是 N3 前一个程序段的转速，即从 G96 状态变为 G97 状态时，主轴速度不变。
N1 G97 S800 ; 800rev/min
N2 G96 S100 ; 100m/min
N3 G97 ; Xrev/min
- 9 恒线速控制中指定的线速度是相对于编程轨迹的，而不是刀补后的位置的线速度。

• 举例



9.3 轮廓控制

可将伺服主轴作为旋转轴，进行位置指令定位，与其他伺服轴之间进行插补的功能，也称作 Cs 轴功能。是极坐标插补、圆柱插补、数字主轴螺纹插补、刚性攻丝等的基础。

关于是否具有此功能、轮廓控制时主轴对应的轴名称等设定、具体的机床结构，请咨询机床制造厂家。

9.3.1 进入及退出轮廓控制

格式

M60	;进入轮廓控制
.....	
M61	;退出轮廓控制

解释

- 1 进入轮廓控制后，即可将主轴作为旋转轴进行轮廓编程。指令正转/反转/停止/定向 M 代码时，会自动进入转速控制，可以省略进入转速控制 M 代码。
- 2 有 Cs 功能时，主轴回零后自动进入轮廓控制，无需再指定轮廓控制 M 代码。
- 3 无 Cs 功能时，指令进入轮廓控制 M 代码时，会触发报警。

注

- 1 可通过 G28 或手动机械回零到达轮廓控制方式时的零点。零点的位置与主轴的设定 (P2730、P2731、P2732)、回零方式 P5130 有关。
- 2 如果主轴处于速度控制状态，那么执行 M60 会先停止主轴，然后进入轮廓控制状态。该代码会等到主轴停止，并处于允许插补状态才结束。如果主轴处于轮廓控制状态，那么执行 M61 会先停止主轴，然后进入转速控制状态。该代码在主轴停止后结束（总线主轴会等待断使能后结束）。
- 3 进行极坐标插补、圆柱插补、数字主轴螺纹插补、刚性攻丝等时，会自动进入轮廓控制，因此不用单独编入 M60 或 M61。

举例

```

M03 S2000          ;速度控制
G00 X20.;
G04 X2;
M60                ;进入轮廓控制
G28 C0             ;C 轴回零
G00 C120.           ;定位到 C120 度位置
G01 X10. C130. F100. ;C 轴与 X 轴直线插补
G00 X20. C240       ;定位到 X20. C240 度位置
G04 X2;
M61                ;退出轮廓控制

```

9.3.2 主轴夹紧、松开控制

主轴在轮廓控制方式下定位到某一角度后，为了使端面或侧面钻孔、攻丝时的主轴角度不发生变化，常常需要配合主轴夹紧机构将主轴固定。完成加工后，又需要将夹紧机构松开，方便主轴定位到下一个位置。

格式

```

M38          ;主轴夹紧
M39          ;主轴松开

```

解释

• 自动夹紧及松开

为简化编程，减少重复的 M38/M39 编写，本系统支持自动松开及夹紧：

- 1 主轴处于夹紧状态时，若执行手动、回零操作，或执行轮廓位置或速度控制指令，将首先松开主轴，等待松开到位后，再继续执行。
- 2 主轴执行 G00 定位到位后，会自动夹紧主轴。

注

目前只支持指令 G00 后的自动夹紧功能。连续的钻孔循环中，第 1 段中仍需指令 M38。

• 举例

端面钻孔

T0404
M03.2 S2=1000 ;启动第 2 主轴，正转 1000 转
G00 X20 Z20
G04 X1
M60 ;主轴 1 进入轮廓控制
G28 C0 ;主轴 1 回零
G81 C60. Z-10 R2 F100 NS2 M38 ;定位到主轴 60° 位置，夹紧主轴 1，然后进行端面钻孔（Z 向），动力头为第 2 主轴
C120. ;自动松开主轴 1，定位到 120° 位置，自动夹紧，继续钻孔
C180.
.....
G00 Z20 ;Z 向退回，结束钻孔循环
M61 ;主轴 1 退出轮廓控制
M30

• 相关参数

2750

		PRWT					
--	--	------	--	--	--	--	--

[数据类型] 位型

PRWT 主轴夹紧时，转动或执行 M60 操作会提示报警/松开主轴并继续执行(不报警)

- 0: 报警
1: 不报警

2751
2801
2851

					SP1G0M38		
					SP2G0M38		
					SP3G0M38		

[数据类型] 位型

SPnG0M38

- 0: 无定位停止时自动夹紧功能
1: 有定位停止时自动夹紧功能

9.3.3 主轴定向

定向是指主轴停止在某一特定位置的功能，常用于刀库换刀或上下工件。定向位置的更改，与主轴驱动器类型有关，请与机床制造厂家联系。

格式

M19;

解释

- 1 有 Cs 功能时，主轴定向后自动进入轮廓控制，无需再指定轮廓控制 M 代码。
- 2 主轴有移动量时（插补运动或手动移动），清除定向完成信号，定向指令自动结束。

9.4 多主轴控制

多主轴控制是指在具有多个主轴的机床中，除了第 1 主轴外，还可控制从第 2 主轴起的其他主轴，各个主轴可以具有与第 1 主轴相同的功能，而只有 M、S 等代码有区别。系统最多支持 3 个主轴。具体的主轴安装位置及其对应的主轴轴号等，请以实际机床为准。

9.4.1 主轴控制 M 代码

各个主轴控制用的 M 代码如下：

主轴动作	主轴 1	主轴 2	主轴 3
主轴正转	M03	M03.2	M03.3
主轴反转	M04	M04.2	M04.3
主轴停止	M05	M05.2	M05.3
主轴定向	M19	M19.2	M19.3
进入轮廓控制	M60	M60.2	M60.3
退出轮廓控制（进入转速控制）	M61	M61.2	M61.3
主轴夹紧	M38	M38.2	M38.3
主轴松开	M39	M39.2	M39.3

9.4.2 速度指令

格式

```
Sn=__ ;
n = 1~3, 表示主轴 1~主轴 3 指令转速
```

解释

- 1 主轴指令 S__（S 后未编入 1），专用于指令主轴 1 的转速。
- 2 上述编程格式“=”左右两侧不能有空格。
- 3 多个主轴的转速指令，可以在同一行编入。

举例

```
M03 S100          ;第一主轴，正转 100 转
M3.2 S2=200 S3=100 ;第二主轴，正转 200 转；第三主轴，转速 100 转
M3.3              ;第三主轴，正转
```

9.4.3 当前主轴

格式

```
NS__ ;
NS 后接主轴编号。当数字超出范围或指令主轴无效时，以第 1 个有效主轴为当前主轴。
```

解释

- 1 当前主轴是指用于钻孔、攻丝、螺纹加工、每转/每分进给、恒限速等的主轴。

注

对不同的主轴进行速度控制，不需要指令 NS，只需要指令相应的 M、S 代码即可。

2 NS 是模态地址。非 MDI 下复位时，清除此模态数据。

举例

刚性攻丝：

```
G00 X50 Z50;
X30;
G84 J1 X-30 R20 F1.5 S2=800 NS2      ;侧面攻丝：第 2 主轴与 X 轴插补来实现攻丝
G00 X100 Z100 ;
G04 X5;
M30 ;
```

每转进给及车螺纹：

```
T0101;
M03 S2000 ;
G00 X40. Z30.0;
G99 G01 Z-10.0 F1.0 NS1      ;以第 1 主轴转速进行每转进给
G00 X60. Z30.;
T0202;
M03.2 S1500;
G00 X50. Z40.;
G92 X34. Z80. NB3.0 NE3.0 F5. NS2      ;第 2 主轴车螺纹
X29. ;
X28. ;
M30;
```

9.5 主轴换挡

对于有多个主轴挡位的机床，根据是否有自动换挡机构，分为自动换挡、手动换挡两种换挡方式。具体的换挡方式，请咨询机床制造厂家。

9.5.1 自动换挡

解释

诊断参数“AGEAR”(K044.0)设为 1 时，为自动换挡方式。

系统支持通过 M 代码换挡、S 代码换挡两种方式，可通过参数“AGEARM”(K044.2)进行选择。

• M 代码对应的挡位转速

- M41：主轴 1 挡，最高转速设定在诊断数据表 D040。
- M42：主轴 2 挡，最高转速设定在诊断数据表 D044。
- M43：主轴 3 挡，最高转速设定在诊断数据表 D048。
- M44：主轴 4 挡，最高转速设定在诊断数据表 D052。

• 相关参数

- 1 “SPSWAY”(K044.7)：1/0：主轴 1 选择/不选择摆动换挡输出。

- 2 “GEARKP” (K044.6): 1/0: 上电时, 恢复/不恢复断电前的挡位。
- 3 “AGIM” (K044.4): 1/0: 主轴挡位反馈信号有效电平为高电平/低电平。
- 4 “AGIN” (K044.3): 1/0: 自动换挡时, 是/否检查挡位反馈信号。
- 5 “AGEARM” (K044.2): 1/0: 主轴通过 M 指令换挡/根据 S 指令自动换挡。
- 6 “AGST” (K044.1): 1/0: 自动换挡时, 需要/不需要手动完成换挡 (即挡位到位信号输入后, 是否需按“循环启动”键才能完成换挡)。
- 7 “AGEAR” (K044.0): 1/0: 选择模拟主轴自动换挡/手动换挡。

• M 指令换挡过程

当程序自动运行 M41~M44 时, 过程如下:

- 1 检查系统是否有模拟主轴功能, 且诊断参数“AGEAR”是否设置为 1。否则产生外部报警 (01: M 代码错)。
- 2 检查指令代码的挡位与当前输出的挡位是否一致。如果一致, M 代码结束, 不进行换挡。如果不一致, 进行以下换挡过程。
- 3 使主轴转速为诊断数据表“主轴换挡低速”(D0056)设置的转速。如果进给轴有运动, 则暂停运动。
- 4 若当前主轴有反馈转速, 依靠反馈转速判断是否关闭原挡位输出信号, 输出新挡位信号; 若当前主轴无反馈转速, 延迟“主轴换挡定时器 1”(T10)设定的时间后, 关闭原挡位输出信号, 同时输出新挡位信号。
- 5 若诊断参数“AGIN”(K044.3)设为 1, 跳至第 6 步, 否则跳至第 7 步。
- 6 检查挡位到位输入信号, 如果到位, 跳至第 7 步。
- 7 延迟“主轴换挡定时器 2”(T11)设定的时间后, 如果诊断参数 AGST 为 0, 则跳至第 9 步, 否则跳至第 8 步。
- 8 按“取消”按键取消报警, 然后等待“循环启动”键, 按下后执行第 9 步。
- 9 按新的挡位输出模拟主轴转速, 换挡 M 指令结束。

• S 指令换挡过程

- 1 轴运动停止, 模拟主轴输出“主轴换挡低速”(D0056)设定的转速。
- 2 若当前主轴有反馈转速, 依靠反馈转速判断是否输出换挡信号 GEAR1~4; 若当前主轴无反馈转速, 延迟“主轴换挡定时器 1”(T10)设定的时间后, 输出换挡信号 GEAR1~4。
- 3 检测挡位信号 GEAR1~4 是否到位。
- 4 到位后, 延迟“主轴换挡定时器 2”(T11)设定的时间。如果诊断参数 AGST 为 0, 则跳至第 6 步, 否则跳至第 5 步。
- 5 按“取消”按键取消报警, 然后等待“循环启动”键, 按下后执行第 6 步。
- 6 按新的挡位输出模拟主轴转速, S 指令结束。

9.5.2 手动换挡

解释

• 主轴输入接口换挡

诊断参数“AGEAR”(K044.0)设为 0 时, 为手动换挡方式, 根据输入接口的情况来确定主轴挡位。输入信号 GEAR4I (X1.2)=1, 系统按“主轴 4 挡最大速度”(D0052)设置的最高主轴转速输出。输入信号 GEAR3I (X1.3)=1, 系统按“主轴 3 挡最大速度”(D0048)设置的最高主轴转速输出。输入信号 GEAR2I (X1.6)=1, 系统按“主轴 2 挡最大速度”(D0044)设置的最高主轴转速输出。输入信号 GEAR2I~GEAR4I 全为 0 时, 系统按“主轴 1 挡最大速度”(D0040)设置的最高主轴转

速输出。

注

- 1 主轴手动换挡时，挡位输入信号级别最低，如果选择该点为其它功能，则挡位输入信号无效。
- 2 如果选择了主轴手动换挡时，不想换挡，可以将 D40/D44/D48/D52 设置为相等。

10 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。

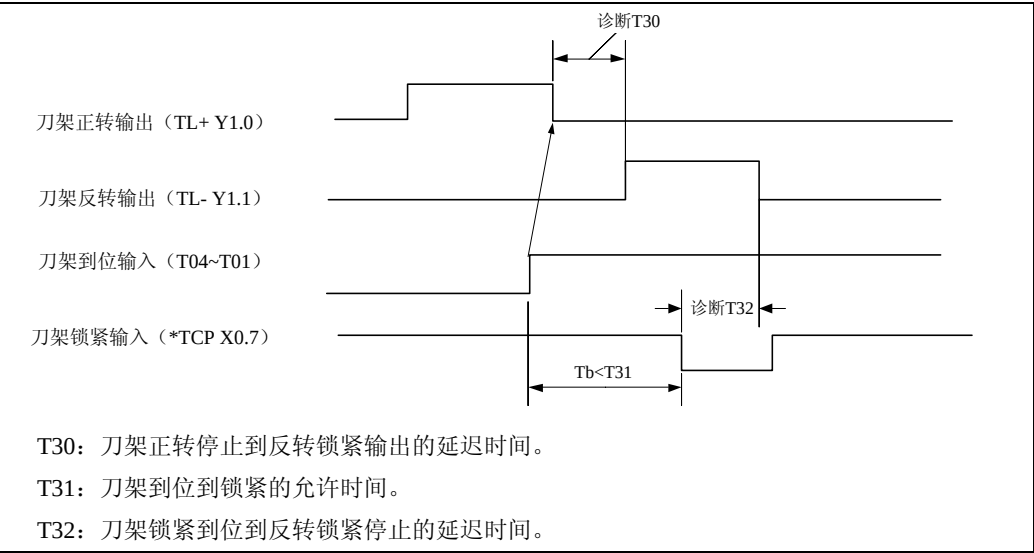
系统可提供的刀具数由诊断数据“总刀具数”（D0007）设定。

格式

TOOXX；
OO: 刀具选择号
XX: 刀补号

解释

- 换刀过程（以宏达刀架为例）



- 换刀过程如下：
- T 代码开始执行时，首先输出刀架正转信号（TL+），使刀架旋转。
 - 当接收到 T 代码指定的刀具到位信号后，关闭刀架正转信号。
 - 延迟 T30 时间后，刀架开始反转而进行锁紧（TL-），并开始检查锁紧信号*TCP。
 - 当接收到该信号后，延迟诊断号 T32 设置的时间，关闭刀架反转信号（TL-）。
 - 换刀结束，程序转入下一程序段继续执行。如指定的刀号与现在的刀号（实际的刀号反馈）一致时，则换刀指令立即结束，并转入下一程序段执行。

注
1 当系统输出刀架反转信号后，在诊断号 T31 设定的时间内，如果系统没有接收到*TCP 信号，系统将产生报警，并关闭刀架反转信号。即当 $Tb \geq T31$ 时，产生外部报警。
2 换刀所需的最长时间设置在诊断参数 T03。换刀时间超过设定值，产生外部报警。
3 当使用排刀时（执行不同的 T 代码，实际并没有以上的换刀动作，而只是更改刀补），可将“NOTFNCT”（P6400.4）设为 1 以节省换刀时间。使用该功能时，一般“MBNCP”（P6400.5）应同时设置为 1。

• 刀架输入信号检查机能

诊断参数“TCKI”（K016.7）设置为 1 时，检查刀架输入信号。完成以下机能：
在换刀完成后，一直检查刀位输入信号。如果刀位输入信号和当前刀位不一致，即应该接通的没接通，则产生外部报警。

注

1 按诊断数据 D7 设置的刀具数量，检查对应的输入信号个数。

2 如果不需检查或使用排刀时，可设置 TCKI=0。

• 换刀完成检查机能

- 1 换刀完成，FIN 信号给入后，若刀号输出(F5)与输入(G25)不一致，报警 PS561。

2 手动换刀完成，系统接收到 G12.7(JTOLF)信号后，立即用 G25 更新 F5 接口。PLC 可利用 F5 实时监测刀架状态。

3 F 接口在上电或 PLC 完整执行完后才刷新，防止 PLC 分片执行带来的时序问题。

4 对结束程序段前做冗余保护，检测辅助机能等是否已执行完。

• 后刀架选择机能

当诊断参数“RVX”（K016.4）设为 1 时，选择后刀架机能。此时，原手动 X 轴+、-运动反向。
同时相应键上的指示灯亮。

• 输入信号有效电平

刀架到位信号（T01 等）有效电平由诊断参数“TSGN”（K016.1）设定；刀架锁紧信号（*TCP）由“TCPS”（K016.0）设定。

注

当无刀架锁紧信号时，可以不接该信号，设置 TCPS 为低电平有效，通过设置时间 T32 来设置反转锁紧时间。

11 辅助功能（M 功能）

M 代码由 M 地址和其后的 2~4 位数字组成，用来控制机床辅助功能，如主轴正反转、冷却开关、换刀等。

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。该部分说明按照功能主要分为“程序控制相关 M 代码”和“机床控制相关 M 代码”两类进行介绍。

11.1 辅助功能代码

本系统提供 4 位 M 代码（M00~M9999）。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。

格式

格式 1: Mxxxx 4 位数 M 代码
格式 2: Mab.c 2 位数带 1 位小数 M 代码，等价于 Mcab。如：M03.2 可写为 M203。

注
1 自定义 M 代码范围为 M0~M9999，但是 M999 以后 M 代码无法用格式 2 表示。
2 M 代码中开头的零可以省略。如：M03 可写为 M3，M03.2 可写为 M3.2，M0100 可写为 M100 等。但 M00 最多略写为 M0。

11.2 程序控制相关 M 代码

该部分代码用于程序控制相关功能，功能由 NC 定义。

名称	功能
M00	程序暂停
M01	程序选停
M02	即 M30(用于兼容部分以 M02 结束的程序)
M06	调用（换刀）子程序
M30	程序结束
M91	用户接口跳转机能
M92	用户接口跳转机能
M93	用户接口跳转机能
M94	用户接口跳转机能
M96	宏中断功能开启
M97	宏中断功能关闭
M98	调用子程序
M99	子程序返回

注

- 1 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。
- 2 M98/M99 子程序调用。详情参见 II-12.1.1.2
- 3 M30 程序结束。详情参见 II-12.2
- 4 M96/M97 中断型宏程序调用。详情参见《编程手册》中断型用户宏程序
- 5 M00、M01、M30 的下一个程序段即使存在，也不进入缓冲存储器中。
- 6 执行 M96/M97/M98 时，代码信号不传送给 PLC；执行 M99 时是否输出到 PLC 由参数“M99O”（P1600.6）决定
- 7 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

用户接口转跳机能

系统自动运行这些 M 代码时，会根据输入接口信号的状态进行程序跳转。

• 格式

M9* Pn ;
*： 1~4
Pn： 指定程序段

• 解释

当条件满足时，转跳到 Pn 指定的以 N 开头的程序段。若 n 未检索到，则产生报警（PS0128）。

- 1 M91：当输入信号 M91I=0，转跳。输入信号 M91I=1，顺序执行下一程序段。
- 2 M92：当输入信号 M91I=1，转跳。输入信号 M91I=0，顺序执行下一程序段。
- 3 M93：当输入信号 M93I=0，转跳。输入信号 M93I=1，顺序执行下一程序段。
- 4 M94：当输入信号 M93I=1，转跳。输入信号 M93I=0，顺序执行下一程序段。

• 举例

N50 M92 P100 ;
N60 G00 X100. Z100. ;
N70 ... ;
N100 G00 X0. Z0. ;
当程序执行到 N50 时，如果输入接口 M91I=1，则转跳执行 N100；如果输入接口 M91I=0，则顺序执行 N60。

11.3 机床控制相关 M 代码

主轴相关 M 代码

主轴 M 代码功能由 NC 定义,使用时不发送给 PLC 处理，但必须是不同主轴的 M 代码。系统可并行执行不同主轴的 M 代码。

功能	主轴 1	主轴 2	主轴 3
主轴正转	M3	M203(M03.2)	M303(M03.3)
主轴反转	M4	M204(M04.2)	M304(M04.3)
主轴停止	M5	M205(M05.2)	M305(M05.3)
主轴定向	M19	M219(M19.2)	M319(M19.3)
进入轮廓控制	M60	M260(M60.2)	M360(M60.3)

进入转速控制	M61	M261(M61.2)	M361(M61.3)
主轴夹紧	M38	M238(M38.2)	M338(M38.3)
主轴松开	M39	M239(M39.2)	M339(M39.3)

机床功能 M 代码

部分 M 代码功能由 PLC 处理。

名称	功能
M07	对刀测量
M08	冷却开
M09	冷却关
M10	卡盘卡紧
M11	卡盘松开
M26	吹气开
M27	吹气关
M32	润滑开
M33	润滑关
M41	模拟主轴挡位第一挡
M42	模拟主轴挡位第二挡
M43	模拟主轴挡位第三挡
M44	模拟主轴挡位第四挡
M48	进给倍率固定 100%
M49	进给倍率恢复
M63	同步轴功能解除
M78	台尾进
M79	台尾退
M88	刀套定位缸前进输出
M89	刀套定位缸后退输出

注

- 1 当在程序中指定了程序控制和机床控制以外的 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。

特殊 M 代码（M21/M22/M71/M72、M23/M24/M73/M74）

对于 M21/M22/M71/M72、M23/M24/M73/M74 这些 M 代码可作为一般 M 代码使用，也可设置执行的时间宽度，还可以等待输入信号的到来而结束程序段

• 相关参数

诊断参数“SM21”（K024.0）决定 M21/M22/M71/M72 代码功能有效/无效。

诊断参数“SM23”（K024.1）决定 M23/M24/M73/M74 代码功能有效/无效。

• 相关接口

输入接口有 M21I（X1.2）和 M23I（X1.3）。

输出接口有 M21O（Y2.6）和 M23O（Y2.7）。

• 使用说明

- 1 M21: 同一般的 M 代码。如果参数 SM21 设置为 1，则输出接口 M21O 有输出。
- 2 M22: 同一般的 M 代码，如果参数 SM21 设置为 1，则关闭接口 M21O 的输出。
- 3 M71: 执行“M21 功能定时器”（T024）指定的时间后，结束该程序段。如果参数 SM21 设置为 1，则输出接口 M21O 有输出，结束时，关闭输出接口 M21O。
- 4 M72: 检测输入信号 M21I，如果 M21I=0，则等待。如果 M21I=1，结束该程序段，这时，如果参数 SM21 设置为 1，则输出接口 M21O 有输出。
- 5 M23: 同一般的 M 代码。如果参数 SM23 设置为 1，则输出接口 M23O 有输出。
- 6 M24: 同一般的 M 代码，如果参数 SM23 设置为 1，则关闭接口 M23O 的输出。
- 7 M73: 执行“M23 功能定时器”（T025）指定的时间后，结束该程序段。如果参数 SM23 设置为 1，则输出接口 M23O 有输出，结束时，关闭输出接口 M23O。
- 8 M74: 检测输入信号 M23I，如果 M23I=0，则等待。如果 M23I=1，结束该程序段，这时，如果参数 SM23 设置为 1，则输出接口 M23O 输出。

注

1 急停时关闭 M21、M23 输出。

2 按复位键关闭 M21、M23 输出。

11.4 用户自定义输入/输出（M983）

自定义输入输出指令 M983 为程序控制相关 M 代码，用于检测外部输入，并对外输出，配合 PLC 使用。

主通道与 PEXC 通道都可以使用该指令。

格式

M983 I_K_NI_NK_P_Q ;

I: 输入点位置。格式为[字节偏移].[位偏移]，基地址为 G4100。

K: 输出点位置。格式为[字节偏移].[位偏移]，基地址为 F4100。

NI: 等待输入状态。当输入且为数据 0 的时候，等待 0，其他等待 1。

NK: 输出状态。当输入且为数据 0 的时候，输出 0，其他输出 1。

P: 等待时间，单位秒。未输入表示一直等待。

Q: 输出时间，单位秒。未输入表示不取消输出。

解释

• 输入逻辑

首先等待 P 地址指定的时间。在等待的过程中，检测 I 地址指定的输入点位置，若其状态与 NI 指定的一致，则终止等待，继续处理之后的指令。

若在指令的等待时间内一直没有检测到期望的输入状态，则会触发 PS409 报警。

• 输出逻辑

将 K 地址指定的输出点状态，设置成与 NK 指定的相同状态。

若输入 Q，则等待指定的时间，然后将输出点状态设置成与 NK 指定的相反状态。否则输出点一直为 NK 指定的状态。

注

- 1 M983 指令必须单独一行，否则多数情况下触发 PS 报警；
- 2 M983 必须写在 P、Q 地址之前，否则 PS 报警；
- 3 M983 指令内，上述地址都可以输入小数，位数与编程位数相同；
- 4 I/K 字节偏移范围 0~7，位偏移范围 0~7，超限会触发 PS408 报警；
- 5 同时存在 I/K 的情况，先检测输入，再进行输出。

举例**M983 I1.2 P3.0 ;**

等待 G4101.2 状态变为 1，时长为 3 秒。超时触发 PS 报警。

M983 I4.7 NI0 ;

等待 G4104.7 状态变为 0。一直等待，不会超时。

M983 K5.3 ;

将 F4105.3 设置为 1。

M983 K7.0 NK0 Q0.5;

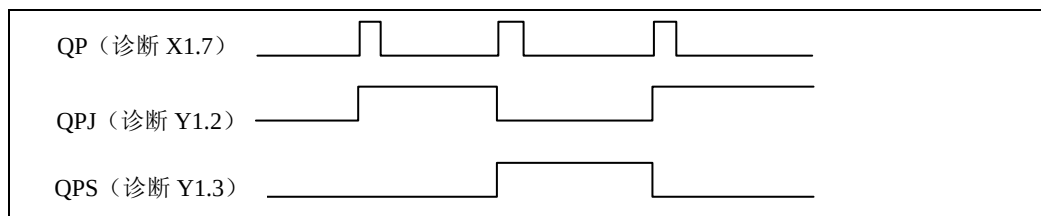
将 F4107.0 设置为 0，0.5 秒之后设置为 1。

11.5 主轴卡盘控制

解释

- 卡盘手动控制（输入信号 QP）

当“QPSL”（K012.0）设为 1 时，卡盘机能有效。当卡盘控制脚踏开关有动作时，卡盘控制时序图如下。



- 卡盘自动控制（M10、M11）

M10：输出卡盘紧信号。

M11：输出卡盘松信号。

- 卡盘反馈信号检查

诊断参数“QPIN”（K012.1）设为 1 时，使能卡盘反馈信号检查功能。

启动主轴时，除检查是否有卡盘紧信号输出外，还要检查卡盘紧反馈信号，如果卡盘紧反馈不到位，则不能启动主轴，产生外部报警；使用卡盘自动控制（M10、M11）时，也要等待反馈信号，才能继续执行；卡盘手动控制不需要反馈信号。

- 卡盘输出方式设置

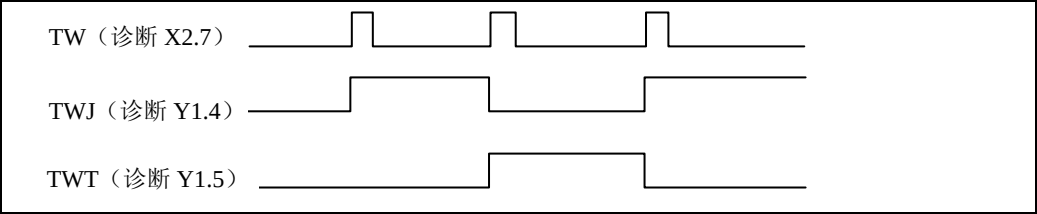
若诊断参数“QPLS”（K012.2）设为 0，则卡盘输出信号 QPS/QPJ 为电平方式；若 QPLS 设为 1，则卡盘输出信号 QPS/QPJ 为脉冲方式，脉冲信号的宽度由诊断“卡盘脉冲宽度”（T012）设置。

11.6 台尾设置

解释

- 台尾手动控制（输入信号 TW）

当台尾控制脚踏开关有动作时，台尾控制时序图如下。



- 台尾自动控制（M78、M79）

M78：输出台尾进信号。

M79：输出台尾退信号。

- 台尾输出方式设置

若诊断参数“TPLS”（K010.2）设为 0，则台尾控制输出信号 TWJ/TWT 为电平方式；若 TPLS 设为 1，则台尾控制输出信号 TWJ/TWT 为脉冲方式，脉冲信号的宽度由诊断参数“台尾脉冲宽度”（T013）设置。

12 程序的构成

12.1 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。

12.1.1 主程序和子程序

12.1.1.1 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。

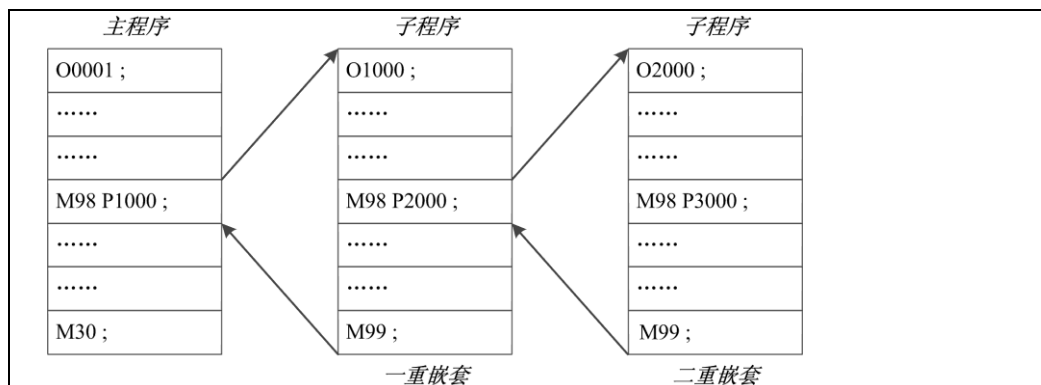


在系统存储器内，主程序和子程序合计可存储 512 个程序（标准机能），选择其中一个主程序后，便可按其指示控制数控机床工作。

关于程序的存储、选择等方法，请参见《操作手册》程序编辑。

12.1.1.2 子程序

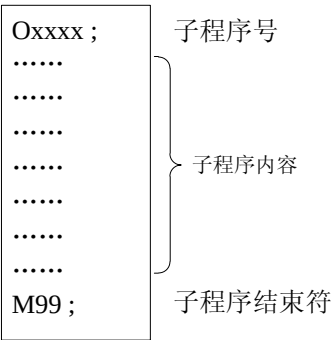
在程序中存在某一些固定顺序且重复出现的指令时，便可把它们作为子程序事先存到存储器中，这样可以使程序变得非常简单。子程序可以在自动方式下调出，并且被调出的子程序还可以调用另外的子程序。子程序嵌套级数最多为 63 级，超出则产生报警（PS0077）。



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：

• 格式

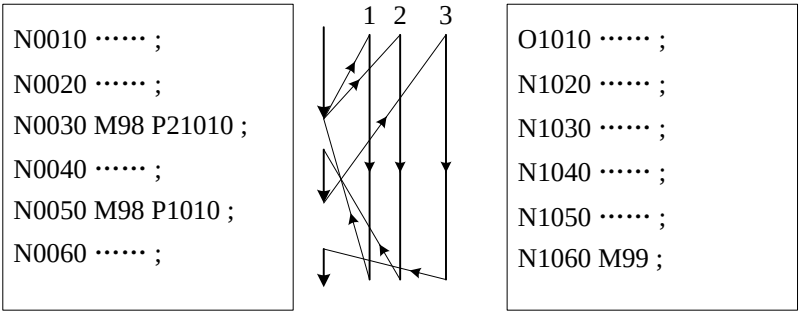
参数“M98L”(P2502.7) =0 时：
M98 P0000XXXX ;
OOOO：重复调用次数，最大可为 99999 次。
XXXX：被调用的子程序号。

参数“M98L”(P2502.7) =1 时：
M98 PXXXX Lnnnn ;
XXXX：被调用的子程序号
nnnn：循环次数

例：
参数 M98L=0 时：
M98 P51002 ;表示 1002 号程调用 5 次

参数 M98L=1 时：
M98 P1L100 ;表示 1 号程序调用 100 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。

• 功能参数

2502	M98L						
------	------	--	--	--	--	--	--

[数据类型] 位型

M98L

0: P 为次数与子程序号, 不使用 L

1: P 为子程序号, L 为次数

注

- 1 当检索不到用地址 P 指定的子程序号时, 产生报警 (PS0078)。
- 2 当参数 “M98L” (P2502.7) 为 0 时, 若同时指令 P、L 地址, 会触发 PS404 报警: “M98 调用子程序, P 与 L 不可同时输入 (参数 2502.7 为 0)”
- 3 当参数 “M98L” (P2502.7) 为 1 时, 此时指令 P 大于 9999, 会触发 PS405 报警: “M98 调用子程序, P 过大 (参数 2502.7 为 1)”
- 4 当 M98 指令中, P、L 都没有指令时, 会触发 PS345 报警: “M98 指令中,P、L 地址同时未指定”
- 5 当参数 “M98L” (P2502.7) 为 1 时, 此时 L 应大于 0, 否则触发 PS407 报警: “M98 调用子程序, L 应该大于 0 (参数 “M98L” (P2502.7) 为 1)”

特殊使用方法

• 程序内循环

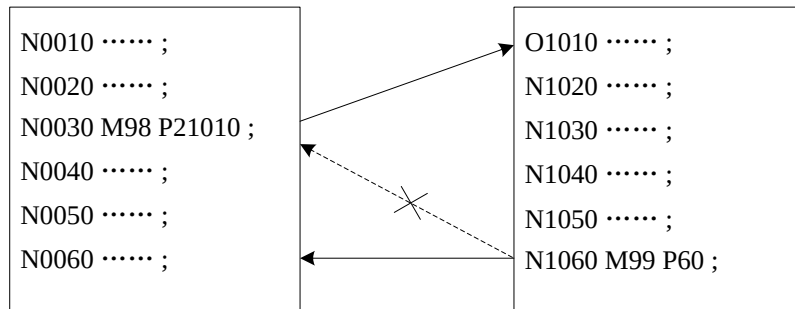
程序内循环指令格式如下:

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。

• 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。

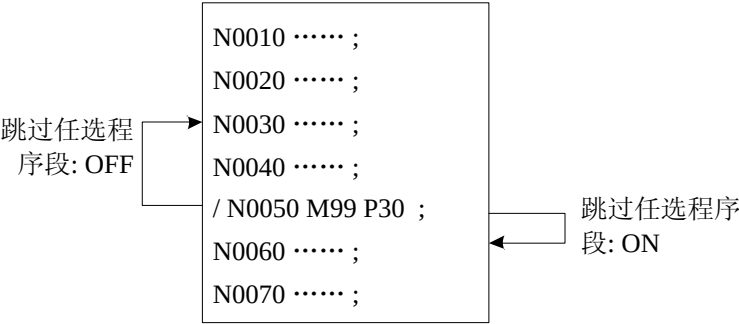


注

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, 在主程序中有一个程序段/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。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。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。



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。

使用 A 类 DNC，若程序中含有 M99，但运行程序无法回到主程序，则发生报警 259。

• **DNC 运行调用子程序**

参数“DFBS”（P0100.4）有效时，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本地。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。

12.1.1.3 屏蔽子程序显示和屏蔽单段功能指令

功能描述

该功能用于调用子程序时，通过使用屏蔽指令，实现对子程序特定段进行显示屏蔽与程序单段运行功能的屏蔽。

格式

• **屏蔽子程序显示 MD 指令**

```
%
Oxxxx
MD1;          屏蔽子程序显示开始指令
...
...
...
MD0;          屏蔽子程序显示取消指令
%
```

注

屏蔽显示指令仅对子程序有效或 M98L 功能在当前程序内调用的子程序块有效。

MD1/MD0 应在同一程序配对使用。

• 举例

例：自定义 M 代码 M999 调用子程序 O9400

O0001

M999;

M30;

O9400

MD1;

N10 G04 X100.0;

N20 G01 X500.0 F100.0;

N30 M99;

MD0;

开始屏蔽显示

结束屏蔽显示

注

1 示例程序使用了屏蔽显示指令，开始屏蔽的 MD1 指令放在第一个 EOB 之前，结束屏蔽指令 MD0 可放在 M99 段前行、与 M99 同行、M99 段后，都可实现对整个子程序的屏蔽显示。N10-N30 段被屏蔽显示，屏幕显示状态为 O0001 界面，无法看到 O9400 内容。

2 屏蔽显示部分从 MD1 指令之后开始。

3 子程序执行结束后，调用子程序的程序顺序执行。

4 MD 状态复位即清除。

• 屏蔽程序单段 MS 指令

%

Oxxxx

MS1;

•

•

•

MS0;

%

屏蔽程序单段功能指令

取消屏蔽程序单段功能

注

1 该指令不仅限于子程序中的使用，程序均可使用

2 MS1/MS0 需要在同一程序段配对使用

• 举例

例：自定义 M 代码 M99 调用子程序 O9400

O0001
M999;
M30;

O9400
MS1; 开始屏蔽程序单段功能
N10 G04 X100.0;
N20 G04 X100.0;
N30 G04 X100.0;
N40 G04 X100.0;
N50 M99;
MS0; 结束屏蔽程序单段功能

注

1 示例程序使用了屏蔽单段功能指令，在单段方式下运行该程序，O9400 中 N10-N50 段单段功能被屏蔽，单段功能无效，程序在 N10-N50 段顺序执行。
2 子程序中使用时，如果希望从设置 MS1 处开始直至子程序返回都屏蔽单段，那么分两种情况：
 (a) MS0 编写在 M99 的前一段；
 (b) MS0 与 M99 编写在同一段（禁止 M99 快速跳转）。
3 对于因其他设置引起禁止 M99 快速跳转的情况（如参数 M99O=1、M99 段编写了 S/T 指令等），应采用情况 b，否则采用情况 a。

12.1.2 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。）

12.1.3 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。

12.1.4 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。

例：

```
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。

12.1.5 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 %。

12.1.6 字和地址

12.1.6.1 基本 NC 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
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

12.1.6.2 扩展 NC 字和地址

- 1 由“N”+“单个大写字母（A~Z）”+“数字”组成的双字母地址。

格式

NX1000（第 1 种）
NX: 扩展地址
1000: 数值
， X1000（第 2 种）
， X: 扩展地址（等同于 NX）
1000: 数值

注

参数“CENCW”(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。

2 由字母开头(非“N”)+“字母”或“数字”组成,这些 NC 字一般被赋予功能用法,作为功能指令使用。

例

CT, AD, AC, DC, MD, MS, S1, S2, S3, RS 以及 AR~ZR 等。

12.1.7 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	±999999.999	±99999.9999
每分进给	F	0.001~20000.0	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
G74/G75 的 X 方向移动量	P	±999999.999	±99999.9999
子程序号重复调用次数指定	P	1~99999999	1~99999999
刀尖号	Q	0~9	0~9
顺序号	P/Q	1~99999	1~99999

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。

12.2 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”(P2500.6)控制。M30, M99 结束时,编程必须单独一行。

12.3 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。

13 简化编程功能

13.1 单一型固定循环

13.1.1 单一型固定循环 G 代码

在有些特殊的粗车加工中，由于切削量大，同一加工路线要反复切削多次。此时可利用固定循环功能，用一个程序段可实现通常由 3~10 多个程序段指令才能完成的加工路线。并且在重复切削时，只需改变数值。这个固定循环对简化程序非常有效。

要取消单一型固定循环方式，需指定 G90、G92、G94 以外的 01 组 G 代码。外圆/内圆车削循环(G90)

13.1.1.1 圆柱切削循环

格式

G90 IP1__ IP2__ NB__ NE__ F__ ;

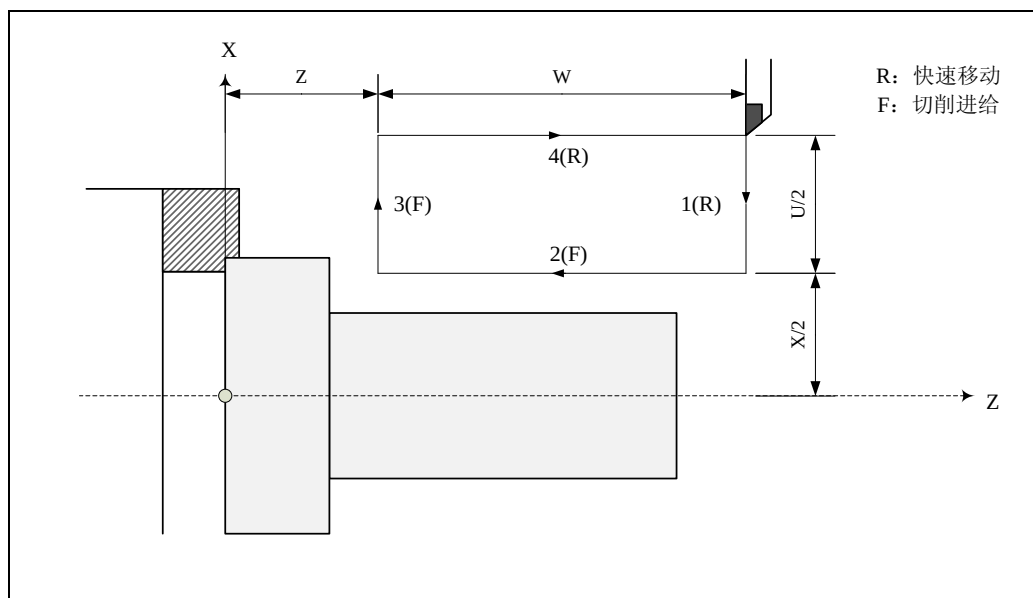
IP1__：工件轴侧向终点坐标或移动量（绝对/相对，X 轴）

IP2__：工件轴纵向终点坐标或移动量（绝对/相对，切入方向，Z 轴）

NB__：旋入阶段宽度

NE__：旋出阶段宽度

F__：进给速度



解释

如上图所示，增量值指令时，地址 U、W 后的数值的符号，由轨迹 1 和 2 的方向来决定。在上述循环中，U 是负，W 也是负。在单程序段条件下，将连续执行 1、2、3、4 动作。

使用要点和注意事项

1 不可在坐标变换（包括极坐标变换、比例缩放和坐标旋转）有效状态下指定该 G 代码，否则报

- 警（PS530/531/532）。
- 2 Z 轴不在平面内时，报警 PS533。非平面内轴输入时，报警 PS534。
 - 3 平面内两轴都输入，但有一个轴移动量为 0 时，报警 PS535。
 - 4 如果平面内轴都没有输入时，系统将只记录模态信息而不运动。

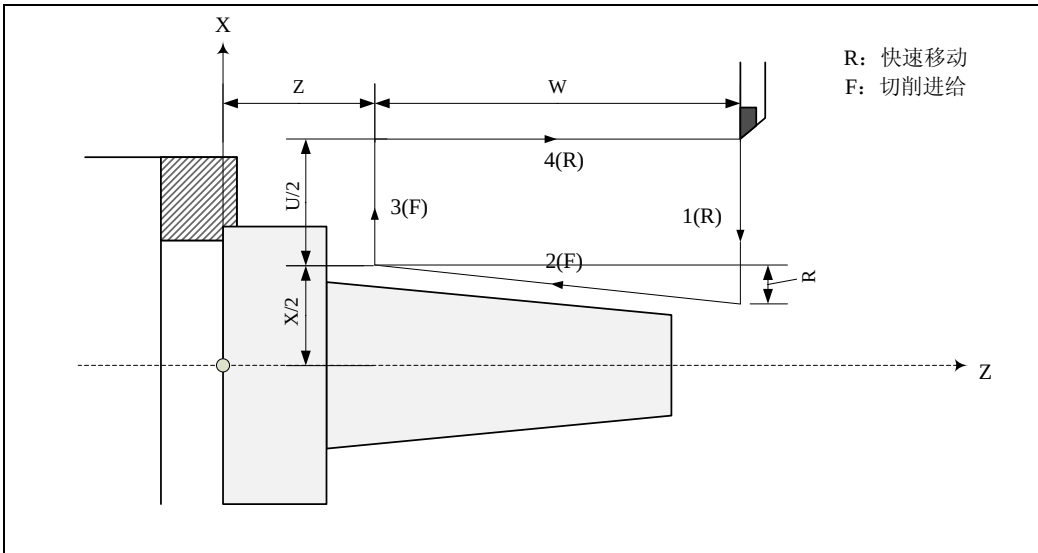
举例

加工程序	
O0001；	程序号
M03 S500；	指定主轴正转
G00 X50. Z2.；	刀具定位
G18 G90 X45. Z-20. F100.；	指定 G90 循环和 F 值
G00 X100. Z50.；	刀具回退
M30；	程序结束

13.1.1.2 圆锥切削循环

格式

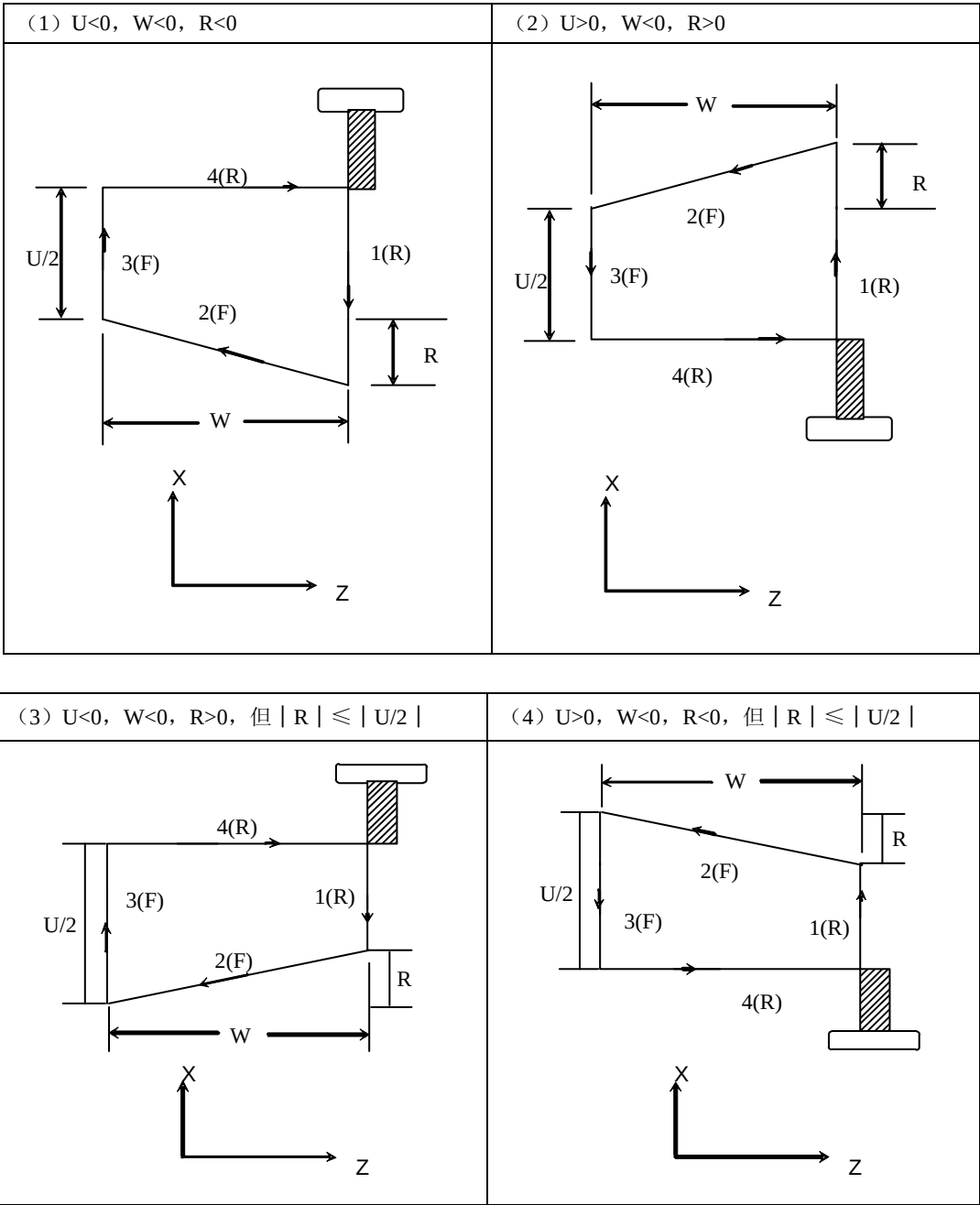
G90 IP1__ IP2__ R__ NB__ NE__ F__；	
IP1__：	工件轴侧向终点坐标或移动量（绝对/相对， X 轴）
IP2__：	工件轴纵向终点坐标或移动量（绝对/相对，切入方向， Z 轴）
NB__：	旋入阶段宽度
NE__：	旋出阶段宽度
F__：	进给速度
R__：	最大端和最小端的半径差



解释

如上图所示，R 值的正负决定工件正锥还是反锥体。
增量值指定时，地址 U、W、R 后数值的符号和刀具轨迹的关系如下所示。

(1) U<0, W<0, R<0	(2) U>0, W<0, R>0
-------------------	-------------------



13.1.2 螺纹切削循环（G92）

格式

```
G92 IP1_ IP2_ R_ F(I)_ NB_ NE_ L(Q)_ P_ J_ K_;
```

解释

- 格式说明

地址	地址意义	取值范围	单位	模态值
IP1_	工件轴侧向终点坐标或移动量	-999999~999999	mm	—
IP2_	工件轴纵向终点坐标或移动量	-999999~999999	mm	—

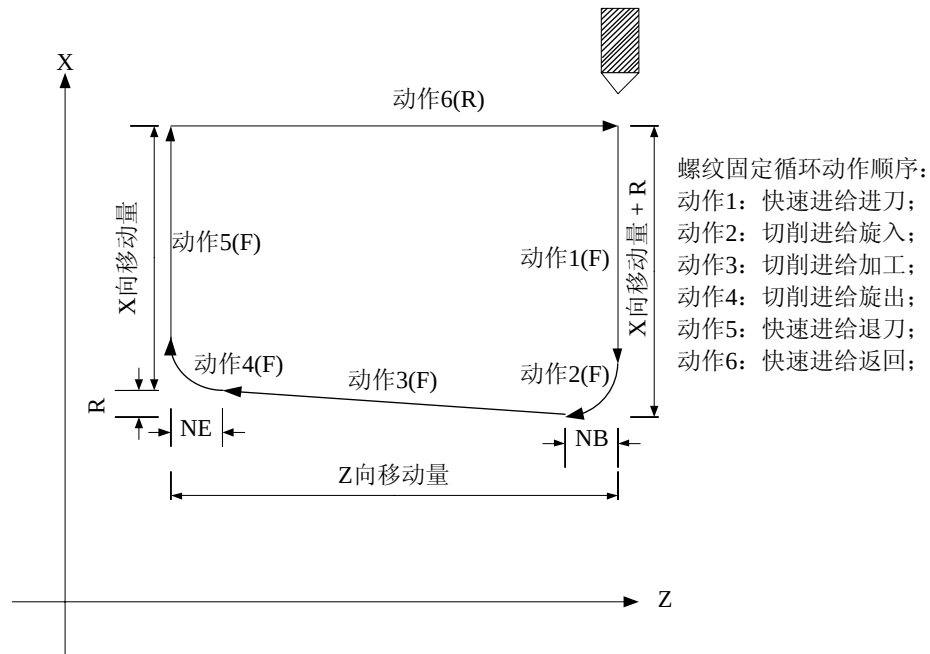
R_	锥度螺纹最大端和最小端的半径差	-999999~999999	mm	是
F_	公制螺纹的导程	0.0001~500.0000	mm	是
I_	英制螺纹的牙数	0.060~254000.000	牙/英寸	是
L_	多头螺纹的头数	1~99	—	是
Q_	螺纹切削起始偏移角度	0~360	度	是
P_	螺纹退尾宽度	00-99	0.1F(F 为导程)	是
J/K	让刀平均加减速速度系数	0.01~4.0	—	—
NB_	螺纹旋入阶段的宽度	非负数	mm	是
NE_	螺纹旋出阶段的宽度	非负数	mm	是

注

- 1 IP1/IP2 均可使用绝对/相对编程。
- 2 IP1 为 X 轴，IP2 为 Z 轴。
- 3 退尾宽度=0.1*螺纹退尾宽度系数 (P) *螺纹的导程 (F)。
- 4 英制螺纹牙数 I，可理解为长轴移动 1 英寸时主轴的圈数，使用 I 指令时，实际速度 F 显示数值为 I 计算之后的数值。公制编程时， $F=25.4/I$ ，英制编程时， $F=1/I$ 。
- 5 多头螺纹头数，超出范围时按照单头螺纹加工。
- 6 螺纹退尾宽度控制机能是否有效由参数“TWWC”(P6300.7) 选择。
- 7 螺纹让刀平均加减速速度实际值等于 $P6483 \times J/K$ ，J 和 K 可以输入任意值，只要其比值在 0.01~4.0 范围内即可。J 和 K 未输入时，都默认为 1.0。
- 8 J 和 K 未输入小数点时，数据处理受 PODI 参数影响：
- 9 $PODI=1$ 时，J1 等价于 J1.0；
- 10 $PODI=0$ 时，J1 等价于 J0.001（与编程位数相关，此处以 3 位小数为例）
- 11 当 R 值不合适，导致进刀段移动量为 0，或移动方向与让刀段相同时，报警 PS536。
- 12 无 F 模态值为 0，且无 I 输入时，触发报警。
- 13 NB 或 NE 过大时，触发报警。
- 14 连续加工螺纹时，若在中间指令了 01 组 G 代码，则螺纹模态取消。

螺纹切削相关

螺纹切削循环利用固定循环功能，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，用于螺纹加工时的编程，提高编程效率。固定循环由 6 个动作完成，如下图所示（以 Z-X 加工为例，其它加工方式相同）。



• 退尾处理

退尾处理参见 II-4.4 与 II-13.2.7 中的说明。

• 螺纹暂停提前让刀功能

参见 II-13.2.7 中的说明。

• NB 和 NE 的意义

参见《编程手册》数字主轴螺纹切削循环中的说明

• 地址方向与轨迹的关系

参见《编程手册》数字主轴螺纹切削循环中的说明

• 螺纹切削限制

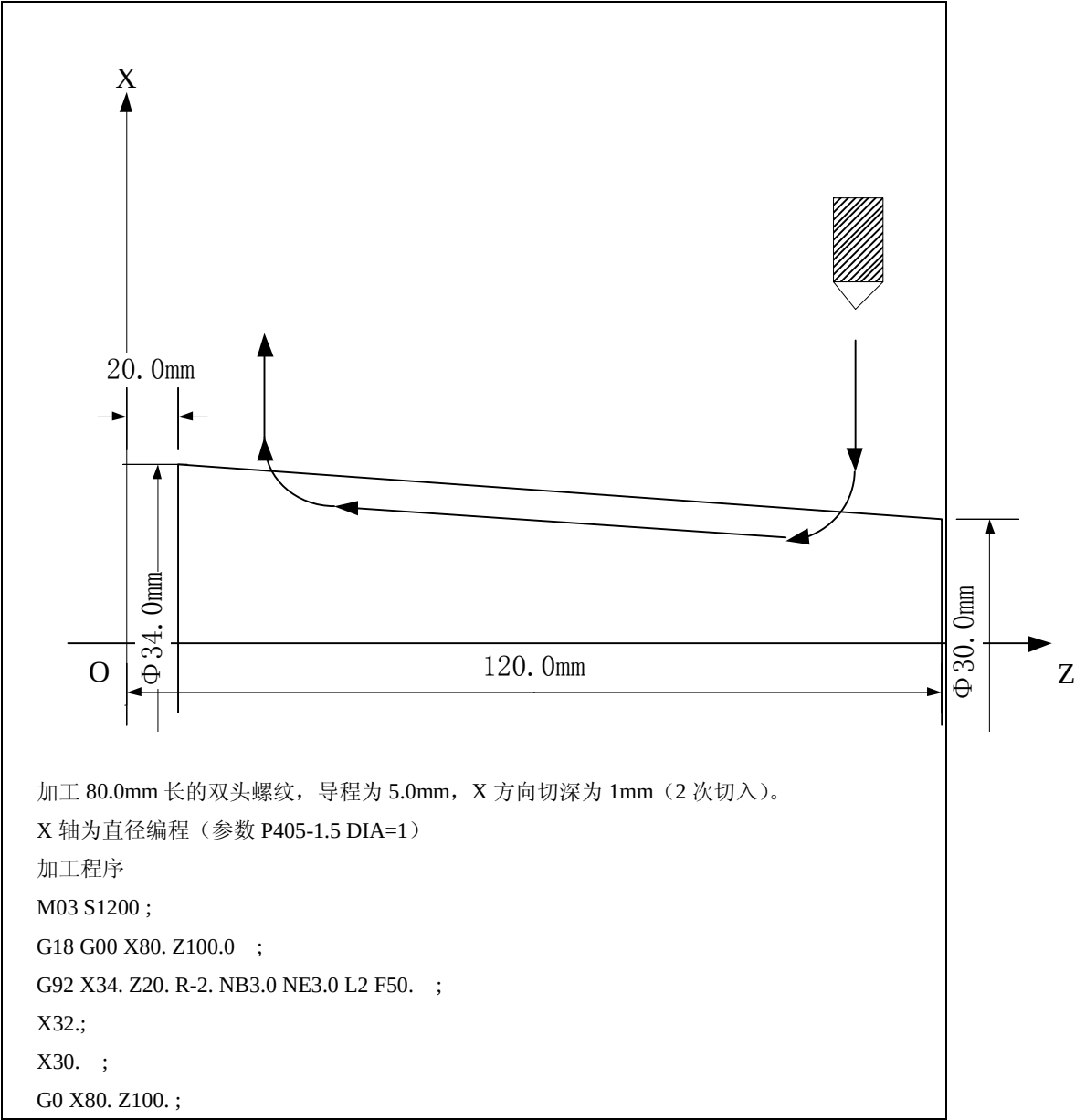
- 1 不可在坐标变换（包括极坐标变换、比例缩放和坐标旋转）有效状态下指定该 G 代码，否则报警（PS530/531/532）。
- 2 进入数字螺纹插补时(G7.2)，不可指令该 G 代码，否则报警 PS283。
- 3 恒限时，不可指令该 G 代码，否则报警 PS316。
- 4 导程方向轴不在平面内时，报警 PS533。非平面内轴输入时，报警 PS534。
- 5 平面内两轴都输入，但有一个轴移动量为 0 时，报警 PS535。
- 6 连续编入该指令时，若平面未变更，那么后面的指令继承前面指令中地址值。
- 7 如果平面内轴都没有输入时，系统将只记录模态信息而不运动。
- 8 固定循环从旋入阶段到旋出阶段禁止单段停止。

螺纹切削注意事项

切削相关注意事项请参考 II-4.4 中“螺纹切削注意事项”内容。

举例

该固定循环中，使用 G18 指定 XZ 平面，可以实现 X/Z 方向的程序加工，如下例所示。

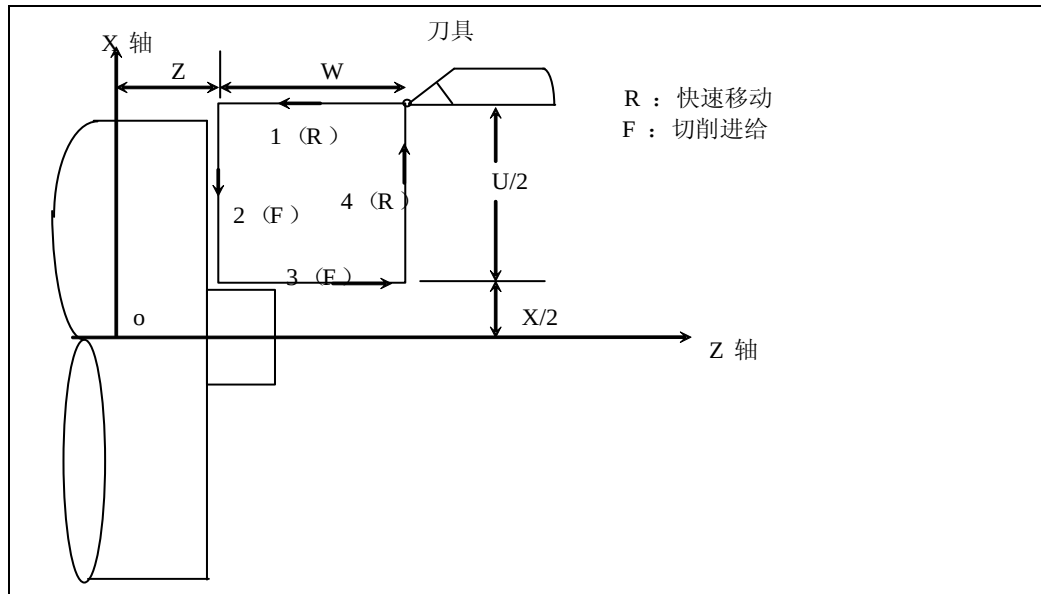


13.1.3 端面车削循环（G94）

13.1.3.1 端面切削循环

格式

G94 IP1__ IP2__ NB__ NE__ F__ ;
IP1__：工件轴侧向终点坐标或移动量（绝对/相对，X 轴）
IP2__：工件轴纵向终点坐标或移动量（绝对/相对，Z 轴）
NB__：旋入阶段宽度
NE__：旋出阶段宽度
F__：进给速度



解释

如上图所示，增量值指令时，地址 U、W 后的数值的符号，由轨迹 1 和 2 的方向来决定。即如果轨迹 1 的方向是 Z 轴的负向，则 W 为负值。在单程序段条件下，将连续执行 1、2、3、4 动作。

使用要点和注意事项

- 1 不可在坐标变换（包括极坐标变换、比例缩放和坐标旋转）有效状态下指定该 G 代码，否则报警（PS530/531/532）。
- 2 Z 轴不在平面内时，报警 PS533。非平面内轴输入时，报警 PS534。
- 3 平面内两轴都输入，但有一个轴移动量为 0 时，报警 PS535。
- 4 如果平面内轴都没有输入时，系统将只记录模态信息而不运动。

13.1.3.2 锥度端面切削循环

格式

IP1__ IP2__ R__ NB__ NE__ F__ ;

IP1__：工件轴侧向终点坐标或移动量（绝对/相对，切入方向，X 轴）

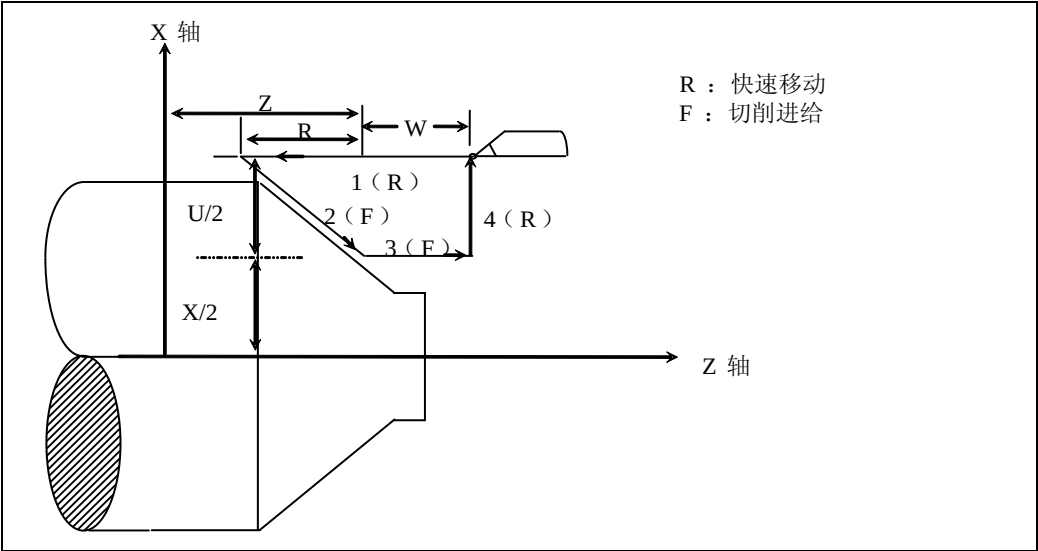
IP2__：工件轴纵向终点坐标或移动量（绝对/相对，Z 轴）

R__：锥度量

NB__：旋入阶段宽度

NE__：旋出阶段宽度

F__：进给速度



解释

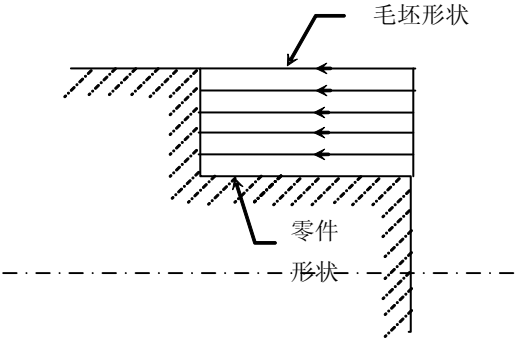
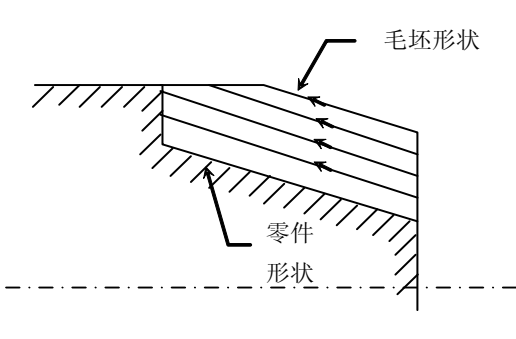
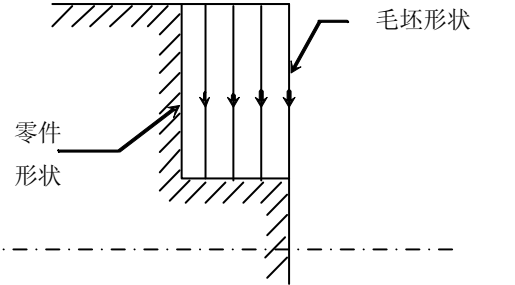
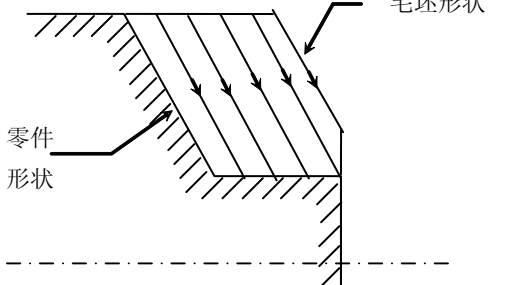
增量值指定时，地址 U、W、R 后数值的符号和刀具轨迹的关系如下所示。

(1) $U < 0, W < 0, R < 0$	(2) $U > 0, W < 0, R < 0$
(3) $U < 0, W < 0, R > 0 (R \leq W)$	(4) $U > 0, W < 0, R > 0 (R \leq W)$

单一型固定循环的使用方法

根据毛坯形状和零件形状，选择适当的固定循环。

(1) 圆柱切削循环 (G90)	(2) 圆锥切削循环 (G90)
------------------	------------------

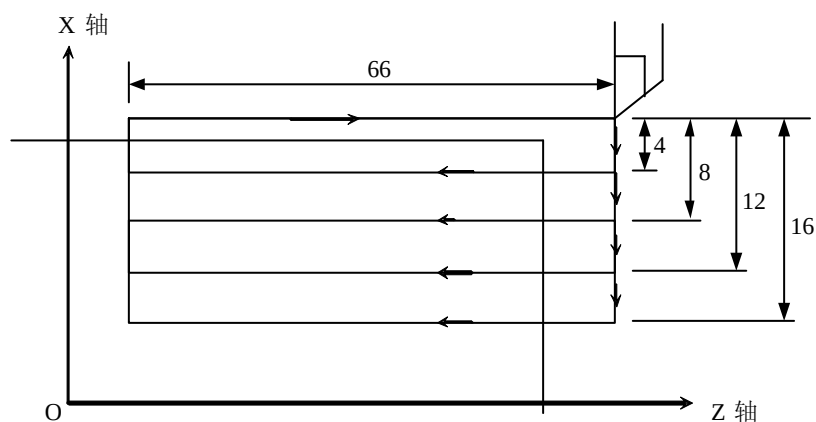
(1) 圆柱切削循环 (G90) 	(2) 圆锥切削循环 (G90) 
(3) 端面切削循环 (G94) 	(4) 锥度端面切削循环 (G94) 

解释

• 模态

固定循环中的数据 X(U)、Z(W)、Y(V)、R 和 G90、G92、G94 一样，都是模态值。所以当没有指定新的 X(U)、Z(W)、Y(V)、R 时，前面指令的数据均有效。在实际使用中，Z 轴移动量相同，根据 X/Y 轴移动指令变化，可以重复固定循环。另外，对于 X(U)、Z(W)、Y(V)、R 的数据，当指令了 G04 以外的非模态 G 代码或 G90、G92、G94 以外的 01 组的代码时，被清除。

例



```

O0001 ;
N020 G00 X100. Z70. ;
N030 G18 G90 U-8.0 W-66.0 F400 ;
N040 U-16.0 ;
N050 U-24.0 ;
N060 U-32.0 ;
N070 G00 X100. Z100. ;
M30 ;

```

特殊使用方法

- 1 用 MDI 方式指令固定循环时，当此程序段运行结束后，只要移动光标到 EOB (；) 处，再次按下“启动”按键，即可以进行和前面同样的固定循环。
- 2 在固定循环状态中，如果指令了 M、S、T，则固定循环可以和 M、S、T 功能同时执行。如果如下述例子所示那样指令 M、S、T 后，取消了固定循环（由于指令 G00、G01），再次指令固定循环即可。

例

```

O0001 ;
N003 T0101 ;
.....
N010 G18 G90 X20.0 Z-10.0 F200. ;
N011 G00 T0202 ;
N012 G90 X20.5 Z-10.0 ;
M30;

```

13.2 复合型车削固定循环（G70~G76）

复合型车削固定循环是为进一步简化编程提供的固定循环。例如，只给出精加工形状的轨迹，即可以自动决定中途进行粗车的刀具轨迹。并且，还有用于螺纹切削的固定循环。

复合型固定循环可以在 G18 平面（XZ 平面）中进行。以下说明中 X 轴用直径值指定，如果用户要使用半径值指定，则用 U/2 替代 U，X/2 替代 X 即可。

注

复合车削加工时，可通过参数“DFC”（P2303.0）设置是否显示固定循环偏移量的实际位置。若显示，绝对坐标为实际加工轨迹（编程轨迹+精加工余量），若不显示，绝对坐标为编程轨迹。

13.2.1 外圆粗车循环（G71）

格式

ZpXp 平面(G18 平面)

```
G71 U(Δd) R(e);
G71 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) M(m) S(s) T(t);
N(ns);
.....
N(nf);
```

解释

Δd : 进刀量。该指定是模态的，一直到下次指定以前均有效。用参数（P3312）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

e : 退刀量。该指定是模态的，一直到下次指定以前均有效。用参数（P3313）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

ns : 精加工程序段群的第一个程序段的顺序号。

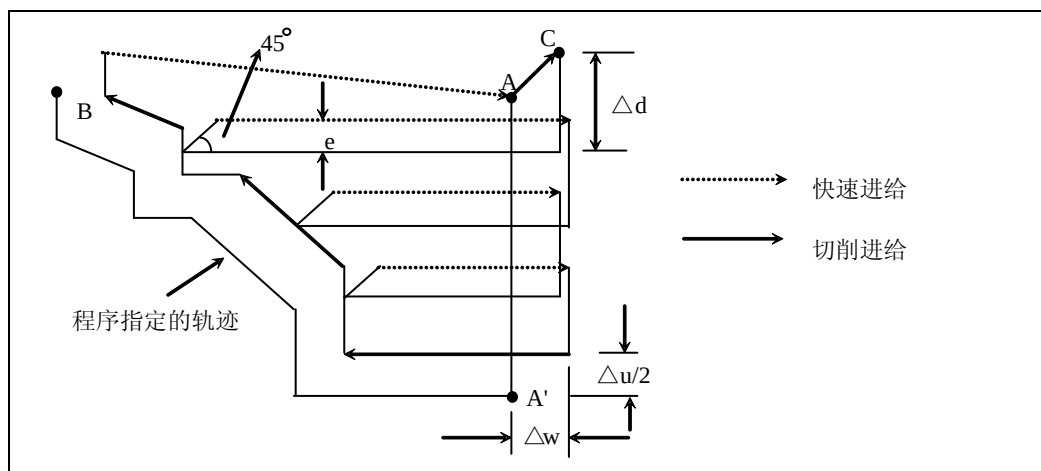
nf : 精加工程序段群的最后一个程序段的顺序号。

Δu : 平面内进刀方向(X 轴)精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

Δw : 平面内切削方向(Z 轴)精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

f 、 m 、 s 、 t : 在 G71 循环中，顺序号 $ns \sim nf$ 之间程序段中的 F、M、S、T 功能均无效，全部被忽略。仅在 G71 指令的程序段中，F、M、S、T 是有效的。

下图中 $A \rightarrow A' \rightarrow B$ 的精加工形状的移动指令，由顺序号 ns 到 nf 的程序来指令。

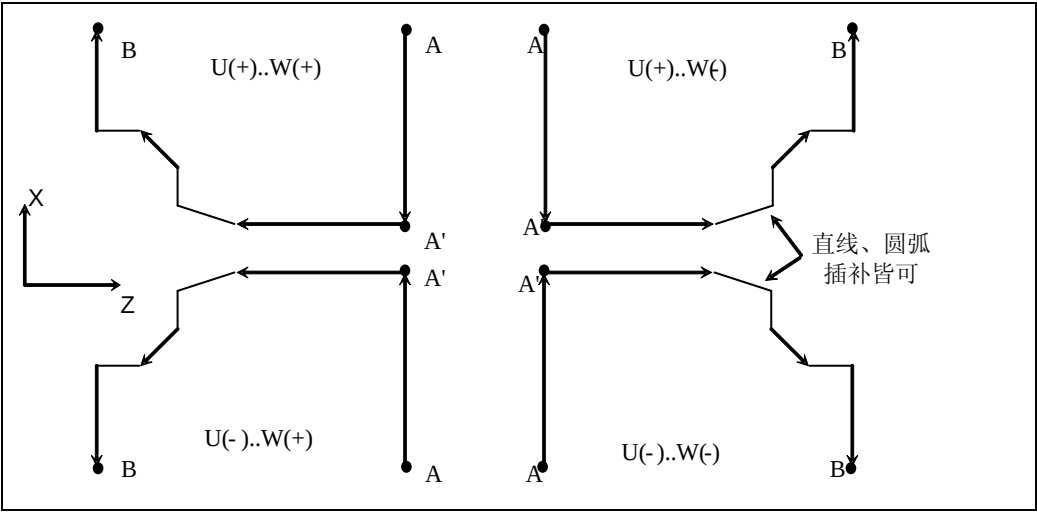


动作

如上图所示，在程序中，给出 $A \rightarrow A' \rightarrow B$ 之间的精加工形状。留出 $\Delta U/2$ 、 ΔW 精加工余量，用 Δd 表示每次的切削的进刀量。执行完沿进刀方向（X 轴）的最后切削后，沿着精削形状进行粗车轮廓切削。等粗车轮廓加工结束后，执行由 Q 指定的程序段的下一个程序段。

• 形状

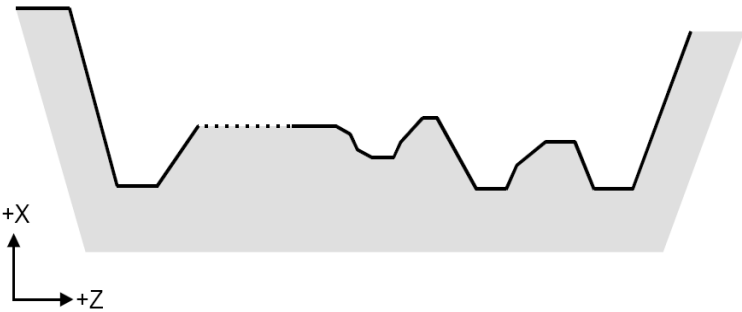
根据 Δu 、 Δw 的符号，G71 切削的形状有四种情况。无论哪种都是将刀具平行移动到平面切削方向轴(Z 轴)后切削工件，此时 Δu 、 Δw 的符号如下图所示。



• 单调性检查

对切削方向轴（Z 轴）的单调性进行检查，如果非单调变化，那么报警 PS0381。
在 $U(+)$ 的情况下，不可加工具有比循环起点更高位置的形状。在 $U(-)$ 的情况下，不可加工具有比循环起点更低位置的形状。

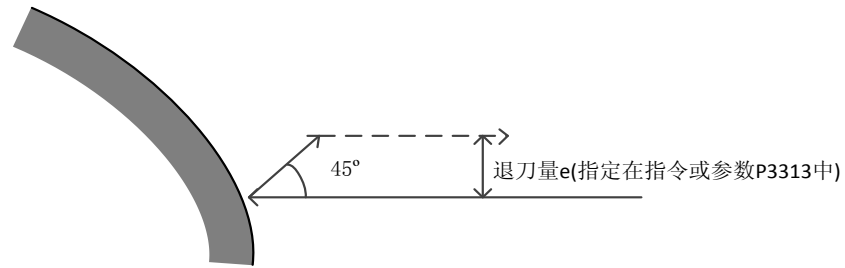
• 多槽孔加工



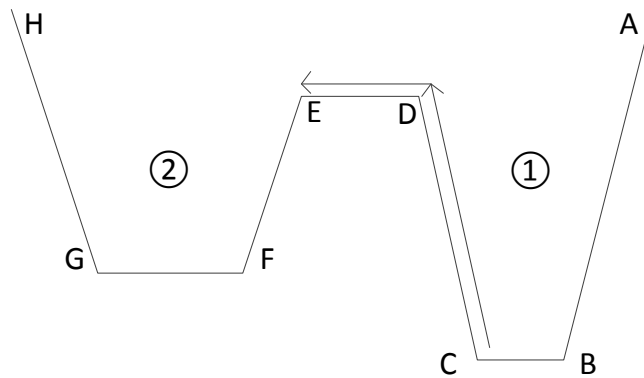
可加工如上图所示槽孔。粗车时，由离起点最近的槽孔加工起，依次加工完所有槽孔。槽孔数量不限。
每个粗车子循环由最多 6 个阶段组成，包括“进刀”、“沿轮廓切入”、“粗车”、“沿轮廓切出”、“退刀”、“返回”。当“G71 和 G72 粗加工方式”（P3327）设为 0 或 2 时，无“沿轮廓切出”阶段，否则有该阶段。

• 无轮廓切出阶段

无轮廓切出阶段时，采用 45 度退刀(如下图)。但是，在当前槽孔粗车完后，以切削方式沿精车轮廓走到下一个槽孔起点，开始粗车下一个槽孔。沿轮廓走到下一个槽孔的过程，可以省去粗车完后所有槽孔后，不需要再进行粗车轮廓。

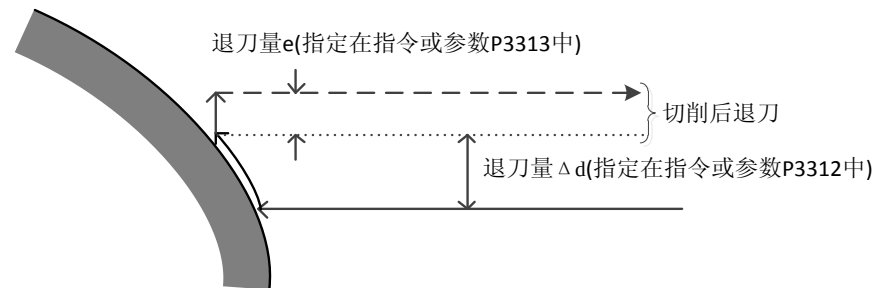


无轮廓切出阶段时，从槽①底部到槽②时沿轮廓切削路径示意图如下：

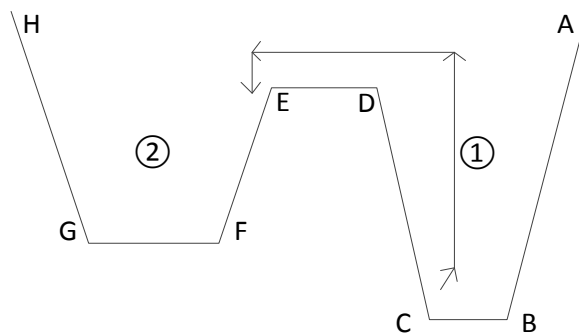


• 有轮廓切出阶段

有轮廓切出阶段时，粗车后沿轮廓切出，然后再退刀。但是，在当前槽孔粗车完后，沿 45 度方向让刀，然后定位到下一个槽孔起点，开始粗车下一个槽孔。有了轮廓切入和轮廓切出阶段，粗车完所有槽孔后，也不需要再进行粗车轮廓。



有轮廓切出阶段时，从槽①底部到槽②时定位路径示意图



限制

- 1

需要在精削形状程序的开头程序段(顺序号 ns 的程序段中 A-A'间的指令)中指定 G00 或 G01 指令，否则报警 PS0065。
- 2

当 $\Delta d/\Delta u/\Delta w$ 所用地址与平面所要求的地址不符时，产生报警(PS0391)。
- 3

在顺序号 ns 到 nf 的程序段中，不能调用子程序
- 4

P、Q 地址此处指定时不允许带小数点，否则产生报警（PS1202）。

注意事项

- 1

循环动作由 P、Q 指定的 G71 指令进行
- 2

Δd 和 Δu 都用同一地址指定，其区分是根据该程序段有无指定 P、Q。
- 3

在 A 至 B 间的移动指令中的 F、M、S、T 无效，G71 程序段或以前指令的 F、M、S、T 有效。
- 4

当具有恒线速控制选择功能时，在 A 至 B 间移动指令中的 G96 或 G97 无效，在 G71 或之前程序段中有效。
- 5

当具有每转进给功能时，在 A 至 B 间移动指令中的 G98 或 G99 无效，在 G71 或之前程序段中有效。
- 6

在程序段 ns~nf 之间，可以指定 G70 精加工循环时所需的 F、M、S、T 值。

特别参数说明

注

以下所述内容为 G71/G72 特殊使用情况，具有一定风险。请确定安全后再进行加工。

名词说明

进刀轴：对 G71 为坐标平面第 2 轴；对 G72 为坐标平面第 1 轴；例如对 ZX 平面分别为 X/Z
切削轴：对 G71 为坐标平面第 1 轴；对 G72 为坐标平面第 2 轴；例如对 ZX 平面分别为 Z/X
最高点：对正向加工，为最小值点；对负向加工，为最大值点；

• 单调性检查

通常情况下，要求加工轨迹在切削轴上保证单调性，否则触发 PS381 报警。

设置参数“NCCDMN”（P3301.5）可以取消单调性检查。

设置参数“G71 和 G72 单调性检查允许误差”（P3326）可增加或减小单调性检查误差的阈值范围。

潜在风险：刀具无法正确进入非单调轨迹区域，造成切削错误或撞刀。

• 终点位置检查

通常情况下，要求加工轨迹终点为除首段外整个轨迹的最高点，否则触发 PS499 报警。

设置参数“NOCKFP”（P3301.4）可以取消终点位置在进刀轴方向检查，切削轴方向依然检查。设置该参数情况下，G71/G72 处理过程中，自动在轨迹最后添加一段进刀轴切削指令，终点为轨迹最高点加退刀量。

潜在风险：G70 精加工结束回到起刀点路径可能与工件相交，导致撞刀。

• 起点位置检查

通常情况下，要求加工轨迹起点为整个轨迹的最高点，否则触发 PS386 报警。

设置参数“STPTNH”（P3301.3）可以取消起点位置检查。设置该参数情况下，G71/G72 处理过程中，自动在轨迹最后添加一段进刀轴切削指令，终点为轨迹最高点加退刀量。同时在加工完成时，回到起刀点动作可能会被拆分为切削轴先进行运动，进刀轴再回到起刀点两个动作，根据起点是否

为轨迹最高点决定。

潜在风险: 起点位于工件内部, 造成启动时撞刀; G70 精加工结束回到起刀点路径可能与工件相交, 导致撞刀。

13.2.2 端面粗车循环（G72）

与 G71 相同, G72 采用类似的平行切削方向的动作进行切削, 但其切削方向与 G71 垂直。

格式

ZpXp 平面(G18 平面)

```
G72 W(Δd) R(e) ;  
G72 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) M(m) S(s) T(t) ;  
N(ns) ;  
.....  
N(nf) ;
```

解释

Δd: 进刀量。该指定是模态的, 一直到下次指定以前均有效。用参数 (P3312) 也可设定, 根据该指定, 参数值也改变。

e: 退刀量。该指定是模态的, 一直到下次指定以前均有效。用参数 (P3313) 也可设定, 根据该指定, 参数值也改变。

ns: 精加工程序段群的第一个程序段的顺序号。

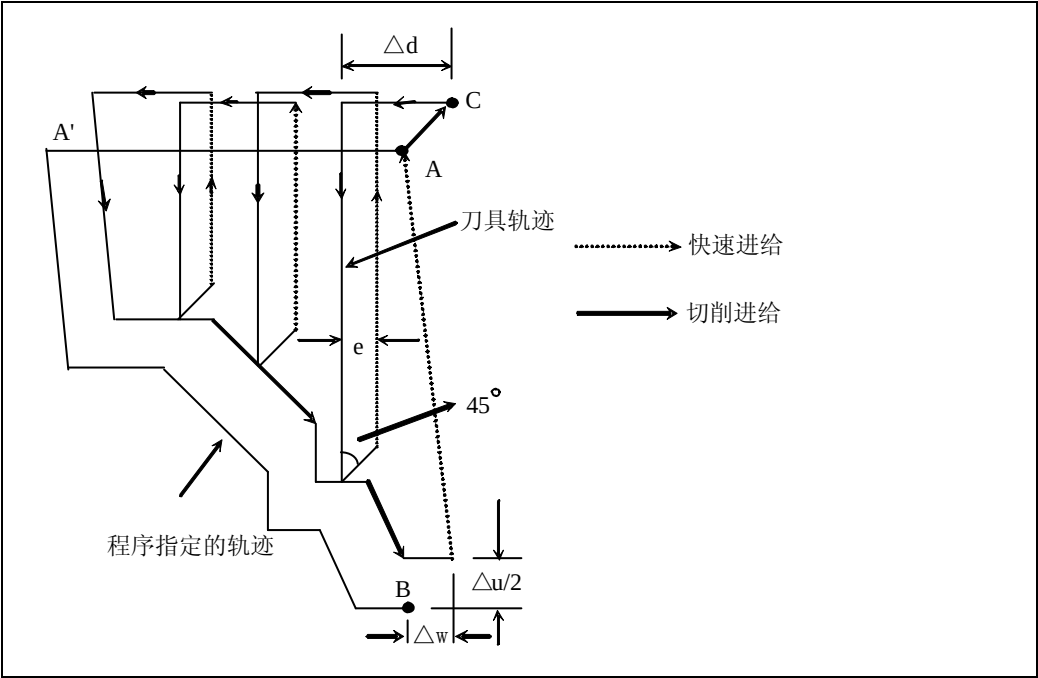
nf: 精加工程序段群的最后一个程序段的顺序号。

Δu: 平面内进刀方向(X 轴)精加工余量的距离及方向, 不设置时默认为 0。

Δw: 平面内切削方向(Z 轴)精加工余量的距离及方向, 不设置时默认为 0。

f、m、s、t: 在 G71 循环中, 顺序号 ns~nf 之间程序段中的 F、M、S、T 功能均无效, 全部被忽略。仅在有 G71 指令的程序段中, F、M、S、T 是有效的。

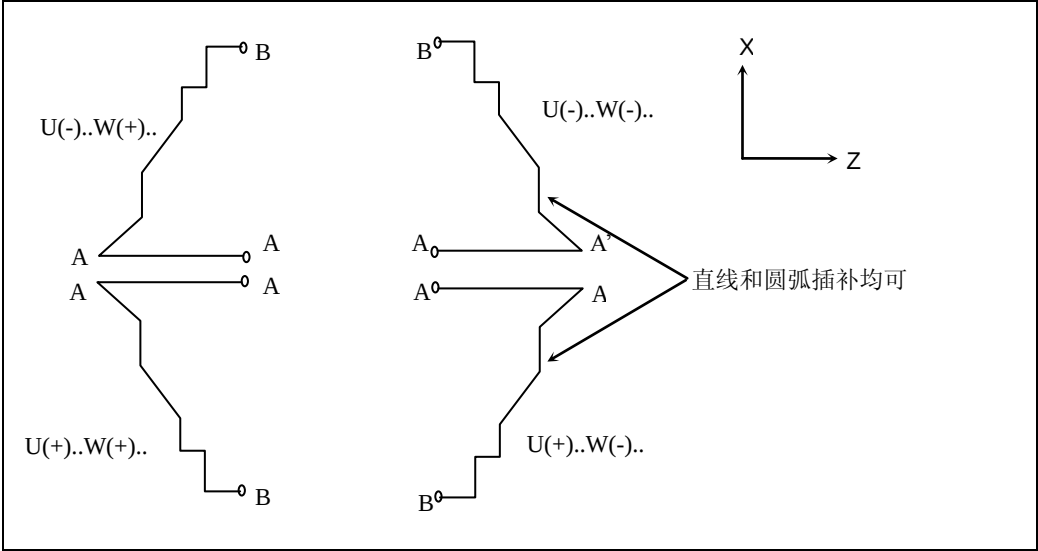
下图中 A→A'→B 的精加工形状的移动指令, 由顺序号 ns 到 nf 的程序来指令。



动作

• 形状

根据 Δu 、 Δw 的符号，用 G72 切削的形状，具有下述四种情况。无论哪种都是根据刀具平行移动到 X 轴后切削工件，此时 Δu 、 Δw 符号如下图所示。



如上图所示，在程序中，给出 $A \rightarrow A' \rightarrow B$ 之间的精加工形状。留出 $\Delta U/2$ 、 ΔW 精加工余量，用 Δd 表示每次的切削的进刀量

• 单调性检查

对平面第 2 轴的单调性进行检查，如果非单调变化，那么报警 PS0381。

在 $W(+)$ 的情况下，不可加工具有比循环起点更高位置的形状。在 $W(-)$ 的情况下，不可加工具有比循环起点更低位置的形状。

• 多槽孔加工

请参考 G71 说明，这里仅描述与 G71 的不同之处。

G72 的切削方向与 G71 垂直。

形状在平面内进刀方向(Z 轴)不必是单调增加或单调减少, 可以设置凹陷部分(槽孔)。但是, 平面内切削方向(X 轴), 必须是单调变化。

限制

- 1 需要在精削形状程序的开头程序段(顺序号 ns 的程序段中 A-A'间的指令)中指定 G00 或 G01 指令, 否则报警 PS0065。
- 2 当 $\Delta d/\Delta u/\Delta w$ 所用地址与平面所要求的地址不符时, 产生报警(PS0391)。
- 3 在顺序号 ns 到 nf 的程序段中, 不能调用子程序
- 4 P、Q 地址此处指定时不允许带小数点, 否则产生报警 (PS1202)。

注意事项

- 1 循环动作由 P、Q 指定的 G72 指令进行。
- 2 Δd 和 Δu 都用同一地址指定, 其区分是根据该程序段有无指定 P、Q。
- 3 在 A 至 B 间的移动指令中的 F、M、S、T 无效, G72 程序段或以前指令的 F、M、S、T 有效。
- 4 当具有恒线速控制选择功能时, 在 A 至 B 间移动指令中的 G96 或 G97 无效, 在 G71 或之前程序段中有效。
- 5 当具有每转进给功能时, 在 A 至 B 间移动指令中的 G98 或 G99 无效, 在 G71 或之前程序段中有效。
- 6 在程序段 ns~nf 之间, 可以指定 G70 精加工循环时所需的 F、M、S、T 值。

13.2.3 封闭切削循环 (G73)

利用该循环, 可以按同一轨迹重复切削, 每次切削刀具向工件移动一次。因此, 对于锻造、铸造等粗加工已初步形成的毛坯, 可以高效率地加工。

格式

ZpXp 平面(G18 平面)

```
G73 W( $\Delta k$ ) U( $\Delta i$ ) R(d);
G73 P(ns) Q(nf) U( $\Delta u$ ) W( $\Delta w$ ) F(f) M(m) S(s) T(t);
N(ns);
.....
N(nf);
```

解释

Δi : 平面第 2 轴(X 轴)方向退刀的距离及方向。这个指定是模态的，一直到下次指定前均有效。并且用参数 (P3314) 也可设定，根据该指定，参数值也改变。

Δk : 平面第 1 轴(Z 轴)方向退刀的距离及方向。这个指定是模态的，一直到下次指定前均有效。并且用参数 (P3315) 也可设定，根据该指定，参数值也改变。

d : 分割次数，等于粗车次数。该指定是模态的，直到下次指定前均有效。也可以用参数 (P3316) 指定，根据该指定，参数值也改变。如编入 R5，会分割 5 次。

ns : 精加工形状程序段群的第一个程序段的顺序号。

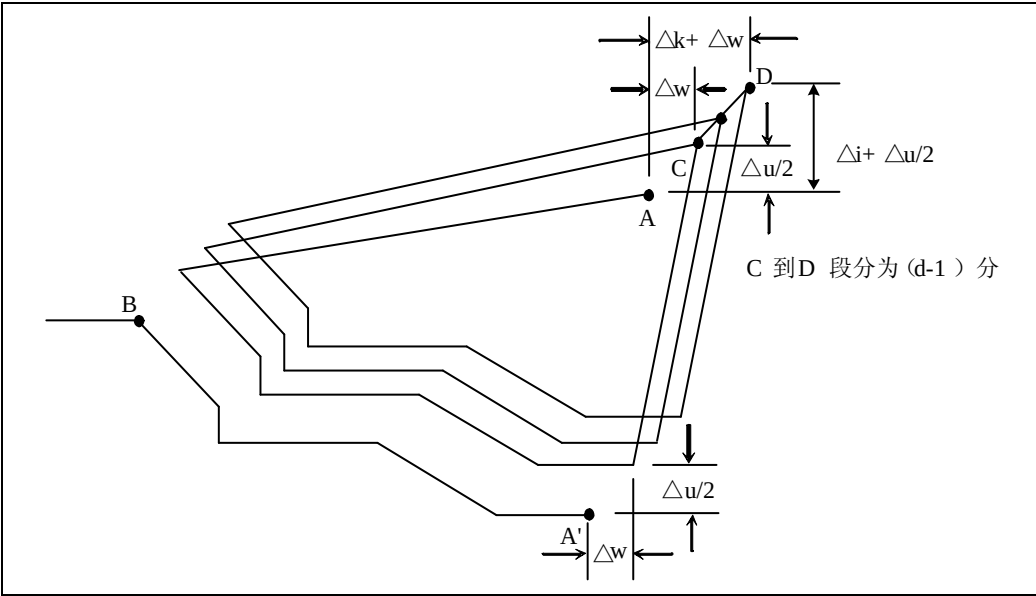
nf : 精加工形状程序段群的最后一个程序段的顺序号。

Δu : 平面第 2 轴(X 轴)方向精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

Δw : 平面第 1 轴(Z 轴)方向精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

f 、 m 、 s 、 t : 在 G73 循环中，顺序号 $ns \sim nf$ 之间程序段中的 F、M、S、T 功能均无效，全部被忽略。仅在有 G73 指令的程序段中，F、M、S、T 是有效的。

下图中 A→A'→B 的精加工形状的移动指令，由顺序号 ns 到 nf 的程序来指令。



限制

- 1 当 $\Delta i / \Delta k / \Delta u / \Delta w$ 所用地址与平面所要求的地址不符时，产生报警(PS0391)。
例如：G18 平面需要使用 W、U 指定 Δk 、 Δi 时，如果输入 V 地址，那么报警。
- 2 P、Q 地址此处指定时不允许带小数点，否则产生报警 (PS1202)。

注意事项

- 1 Δi 、 Δk 、 Δu 、 Δw 都用地址 U、W 指定，其区分是根据改程序段有无指定 P、Q。
- 2 循环动作由 P、Q 指定的 G73 指令进行。
- 3 G73 的切削形状同 G71 一样可分为四种，编程时请注意 Δi 、 Δk 、 Δu 、 Δw 的符号。循环结束后，刀具返回 A 点。
- 4 G73 可以加工内凹的工件，所以在指定退刀量时要格外小心，一旦指定得不合理，则在退刀时有可能会撞上前面凸出的部位。一般选取退刀量时可以设定为最大余量的单边值。
- 5 R 地址此处指定时不应带小数点，如果编入小数点，那么自动取整数部分。

13.2.4 精加工循环（G70）

在用 G71、G72 或 G73 粗车后，可用 G70 精车。

格式

G70 P(ns) Q(nf) ;

ns: 精加工形状程序段群的第一个程序段的顺序号。

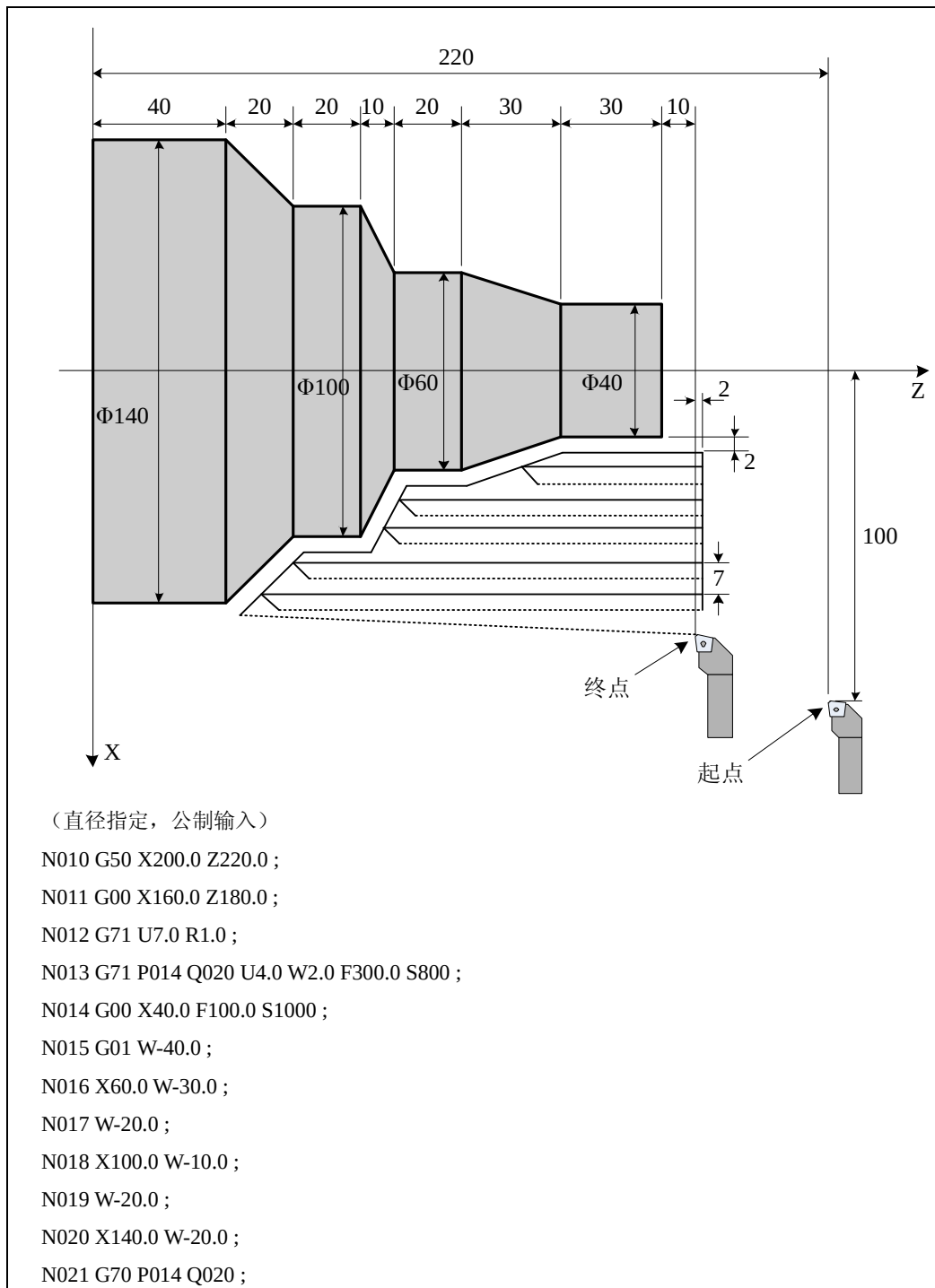
nf: 精加工形状程序段群的最后一个程序段的顺序号。

注

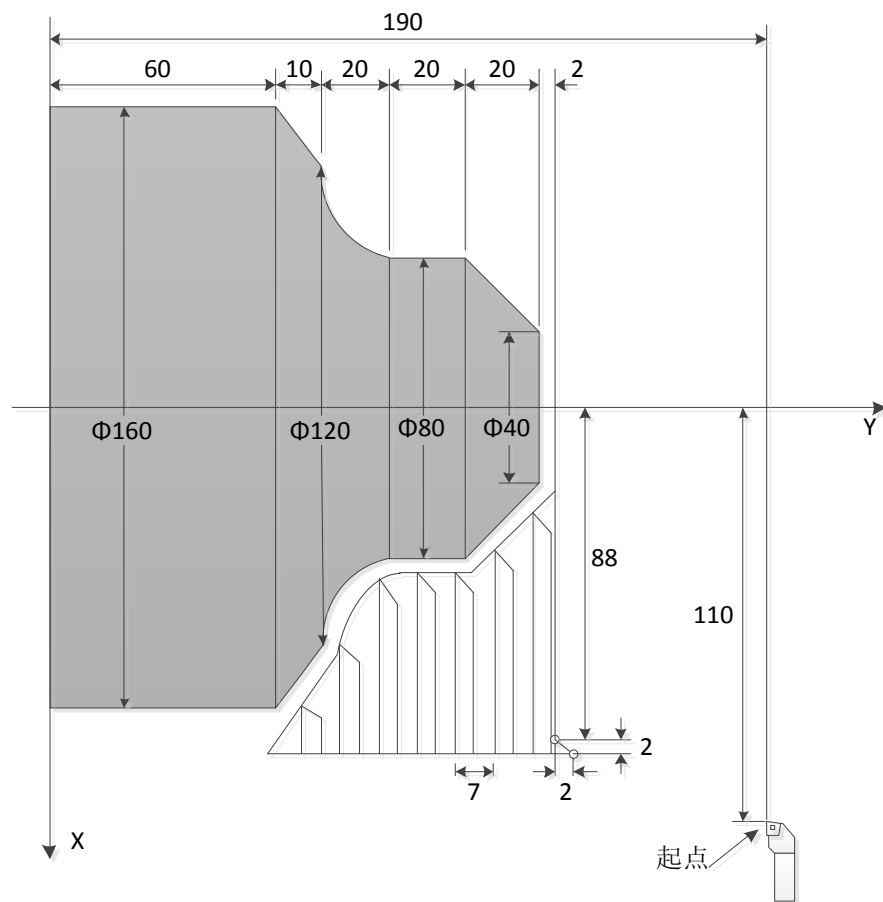
- 1 在 G71、G72、G73 程序段中指令的 F、M、S、T，对 G70 程序段无效。而顺序号 ns~nf 间指令的 F、M、S、T 对 G70 有效。
- 2 G70 的循环一结束，刀具就快速移动返回始点，并开始读入 G70 循环的下个程序段。
- 3 指令 G70~G73 时，在被使用的顺序号 ns~nf 间的程序段中，不能调用子程序。
- 4 P、Q 地址此处指定时不允许带小数点，否则产生报警（PS1202）。

举例

复合型固定循环（G70、G71）的实例



• 复合型固定循环（G70、G72）的实例



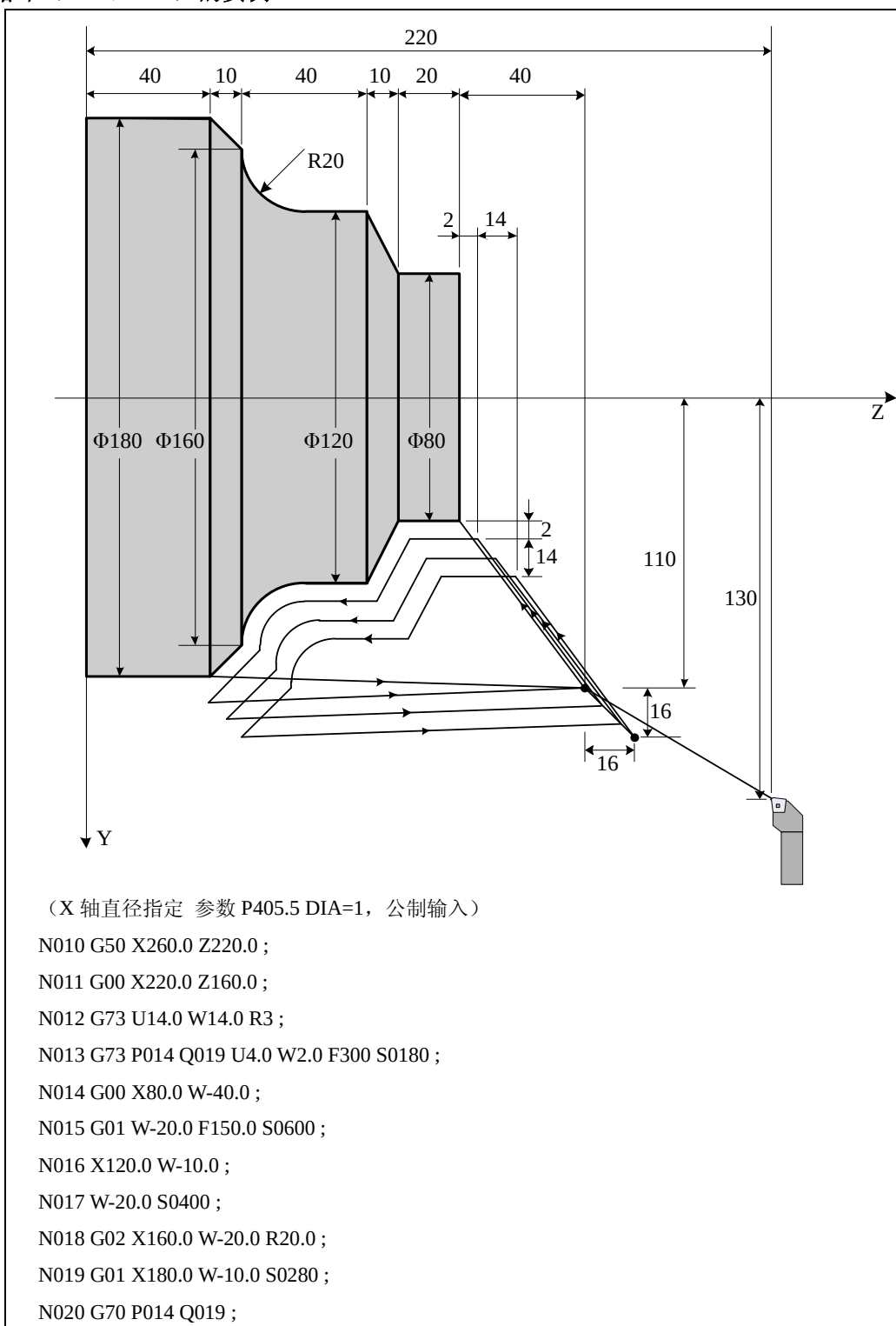
（直径指定，公制输入）

```

N010 G50 X220.0 Z190.0 ;
N011 G00 X176.0 Z132.0 ;
N012 G72 W7.0 R1.0 ;
N013 G72 P014 Q019 U4.0 W2.0 F300 S800 ;
N014 G00 Z56.0 S1000 ;
N015 G01 X120.0 W14.0 F150.0 ;
N016 W10.0 ;
N017 X80.0 W10.0 ;
N018 W20.0 ;
N019 X36.0 W22.0 ;
N020 G70 P014 Q019 ;

```

• 复合型固定循环（G70、G73）的实例



13.2.5 端面深孔加工循环（G74）

G74 指令可以进行外圆切削的断屑处理。另外，如果省略 X(U)、P，只进行 Z 轴动作，则变为深孔钻循环。

格式

```
G74 R(e);  
G74 IP1__ IP2__ P(Δi)Q(Δk) R(Δd) F(f);
```

解释

e: 回退量。该指令是模态的，一直到下次指定以前均有效。用参数（P3317）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

IP1__: 指定平面进刀方向（X 轴）的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

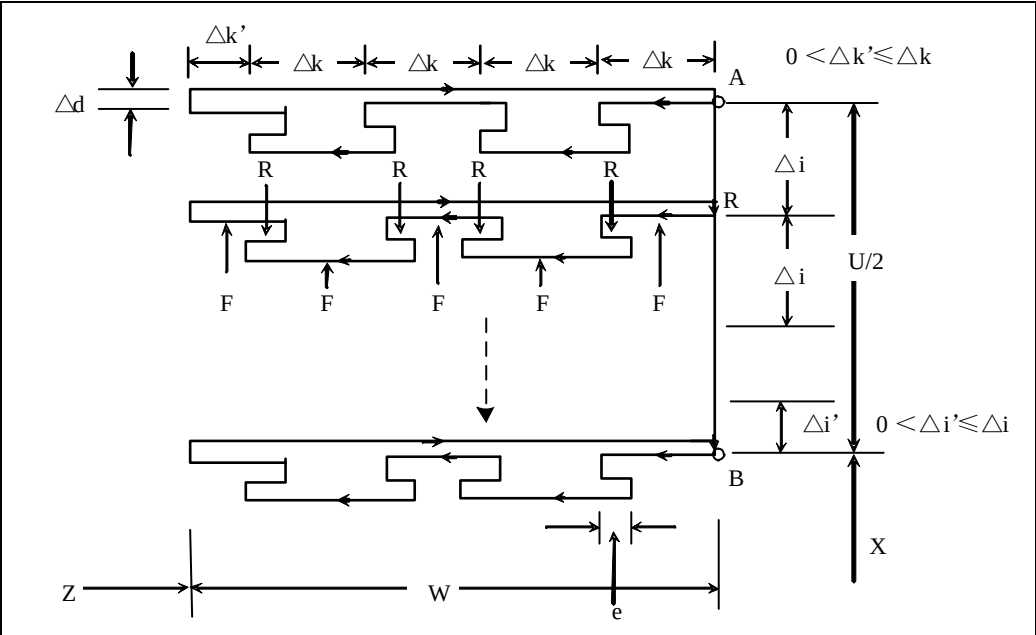
IP2__: 指定平面切削方向（Z 轴）的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

Δi: 进刀方向的移动量（X 轴）

Δk: 切削方向的移动量（Z 轴）

Δd: 刀具在切削底部时，进刀方向（X 轴）的退刀量。打直孔时通常不需要设定。设定时请考虑退刀值是否满足实际情况。

f: 进给速度。



注

- P、Q 地址是否允许编入小数点，与位参数“PQDOT”有关。
 - PQDOT=1: 允许编入小数点。此时，PODI(P2500.3)=1，未编入小数点时，自动加小数点；POD(P2500.4)=1 时，必须编入小数点。
 - PQDOT=0: 不允许编入小数点，否则发出 PS1202 报警(“小数点错误”)。
- Δk 、 Δi 需要小于对应方向上总移动量，否则触发 PS504/PS505 报警。可以通过设置参数“NPQALM”(P3301.2)来禁止该报警。此时 Δk 、 Δi 为对应方向的总移动量。

举例

```
X 轴直径指定，公制输入，以车床为例  
G18;
```

G74 R0.5 ;
G74 U-10W5. P2200 Q1100 F300 ;进刀方向 X 移动量 10.0，每次进刀量 4.4，切削
方向 Y 移动量 5.0，每次进刀量 1.1

注

- 1 e 和 Δd 都用地址 R 指定，它们的区别根据有无指定平面内轴来确定。即如果指定轴指令，则 R 指定的是 Δd。
- 2 循环动作通过指定轴指令的 G74 指令进行。
- 3 当参数“G74S”设为 1 时，系统具有回退到加工起点功能。该机能有效时，加工循环中，每次的回退位置为超过加工起始位置距离 e 处，下一步再快速进给到新的加工点之前距离 e 处。其它循环过程不变。
- 4 Δd 通常以正值指定，但是，当省略平面进刀方向（X 轴）或进刀方向移动量为 0 时，即深孔钻循环，可以指定退刀方向的符号，此时 Δi 指定无意义。

13.2.6 外圆、内圆切槽循环（G75）

G75 指令相当于在 G74 中，将平面第 2 轴(ZX 平面时为 X 轴)和平面第 1 轴(ZX 平面时为 Z 轴)调换。在此循环中，可以进行端面切削的断屑处理。另外，如果省略平面第 1 轴或平面第 1 轴移动量为 0，则可以对外径进行切槽加工和切断加工。

格式

G75 R(e);
G75 IP1__ IP2__ P(Δ i)Q(Δ k) R(Δ d) F(f);

解释

e: 回退量。这个指定是模态的，在下次指定前一直有效。并且用参数（P3317）也可设定，根据该指定，参数值也改变。

IP1__: 指定平面切削方向（X 轴）的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

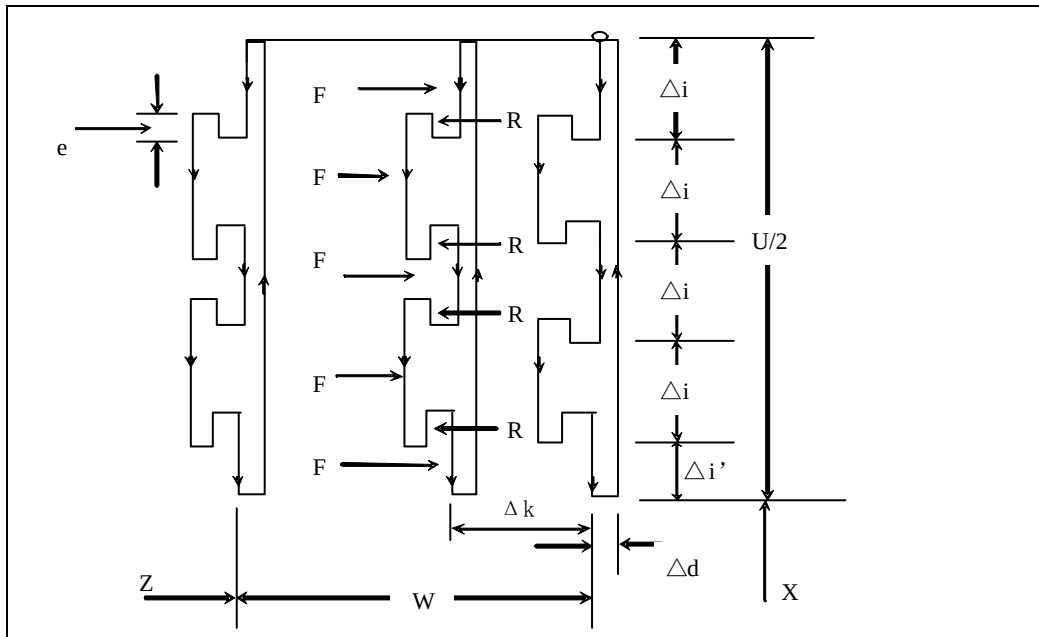
IP2__: 指定平面进刀方向（Z 轴）的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

Δ i: 切削方向的移动量（X 轴）

Δ k: 进刀方向的移动量（Z 轴）

Δ d: 刀具在切削底部时，平面进刀方向（Z 轴）的退刀量。打直孔时通常不需要设定。设定时请考虑退刀值是否满足实际情况。

f: 进给速度。



注

- 1 P、Q 地址是否允许编入小数点，与位参数“PQDOT”有关。
 - (1) PQDOT=1: 允许编入小数点。此时，PODI(P2500.3)=1，未编入小数点时，自动加小数点；POD(P2500.4)=1 时，必须编入小数点。
 - (2) PQDOT=0: 不允许编入小数点，否则发出 PS1202 报警(“小数点错误”)
- 2 Δk 、 Δi 需要小于对应方向上总移动量，否则触发 PS504/PS505 报警。可以通过设置参数“NPQALM”(P3301.2)来禁止该报警。此时 Δk 、 Δi 为对应方向的总移动量。

举例

例：使用 G18 平面编程

X 轴直径指定，公制输入，以车床为例

G18;

G75 R0.5;

G75 U-10W5. P2200 Q1100 F300 ;切削方向 X 移动量 10.0，每次进刀量 4.4，进刀方向 Z 移动量 5.0，每次进刀量 1.1

注意事项

- 1 e 和 Δd 都用地址 R 指定，它们的区别根据有无指定平面内轴来确定。即如果指定轴指令，则 R 指定的是 Δd 。
- 2 循环动作通过指定轴指令的 G75 指令进行。
- 3 当参数“G74S”设为 1 时，系统具有回退到加工起点功能。该机能有效时，加工循环中，每次的回退位置为超过加工起始位置距离 e 处，下一步再快速进给到新的加工点之前距离 e 处。其它循环过程不变。
- 4 Δd 通常以正值指定，但是，当省略平面进刀方向轴（Z 轴或 G54.9 第 3 轴）或进刀方向移动量为 0 时，即深孔钻循环，可以指定退刀方向的符号，此时 Δk 指定无意义。
- 5 G74、G75 都可用于切断、切槽或孔加工，都可以自动退刀，并且可以进行彼此相互对称的四种轨迹运动。

13.2.7 复合型螺纹切削循环（G76）

格式

G76 P(m)(r)(a)___Q(Δdmin)___R(d)___E(s)(n)___NB(kb)___NE(ke)___;
G76 IP1___IP2___R(i)___P(k)___Q(Δd)___F___NB(nb)___NE(ne)___J___K___L___

解释

• 格式说明

地址	地址意义	取值范围	单位	模态值
IP1___/IP2___	纵向切削终点坐标，绝对/相对编程指定	-999999~999999	mm	—
P（m）	精加工重复次数	01-99	次	是
P（r）	螺纹退尾宽度	00-99	0.1F(F 为导程)	是
P（a）	刀尖角度(螺纹牙角度)	00-90	度	是
Q（Δdmin）	最小进刀量，半径编程	0~999999	mm	是
R（d）	精加工余量，半径编程	0~999999	mm	是
E（s）	螺纹段起点类型	0 或 1	—	是
E（n）	螺纹切削方法	0~3	—	是
R（i）	螺纹起点与终点的半径差，半径编程	-999999~999999	mm	否
P（k）	螺纹牙高，半径编程	0.0001~999999	mm	否
Q(Δd)	第一次进刀量，半径编程	0.0001~999999	mm	否
F	螺纹导程	0.0001~500.0000	mm	是
J/K	让刀平均加减速度系数	0.01~4.0	—	否
L	多头螺纹头数	1-99	—	是
NB	圆弧旋入功能控制参数	—	—	是
NE	圆弧旋出功能控制参数	—	—	是

注

G76 运动指令（非 G76 参数设置指令）中螺纹头数 L 为模态值，但仅限于连续 G76 运动指令
例如：连续 G76 指令段之间插入 G04 指令时，后面的 G76 运动指令可继承前面运动指令中的 L 值；
若在指令段之间插入 01 组 G 代码，则清除保存的 L 值。

• 小数点编程

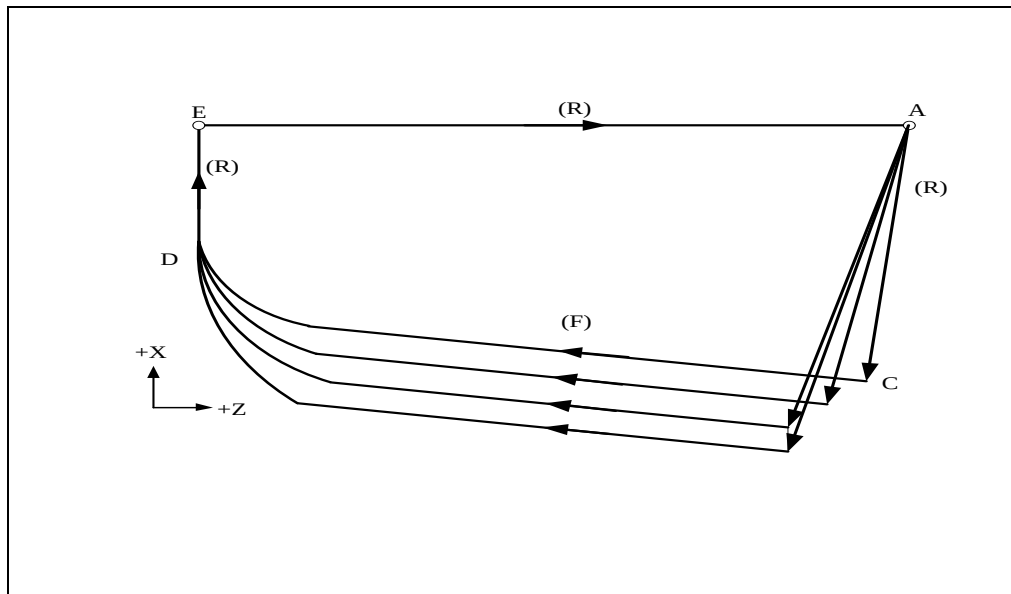
- 1 J 和 K 未输入小数点时，数据处理受 PODI 参数影响：
(1) PODI=1 时，J1 等价于 J1.0；
(2) PODI=0 时，J1 等价于 J0.001（与编程位数相关，此处以 3 位小数为例）
- 2 用 P、Q、R 指定的数据，根据有无地址 X(U)、Y(V)、Z(W)来区别。无地址 X(U)、Y(V)、Z(W) 时，P 地址不能带小数点。
- 3 当 P 地址指定 m/r/n/a 时，不能带小数点。G76 第一段中的 Q 地址、G76 第二段中的 P/Q 地址是否允许编入小数点，与“PQDOT”、“PODI”和“POD”有关。
(1) PQDOT=1：允许编入小数点。PODI=1 时若未编入小数点，则自动加小数点；POD=1 时，必须编入小数点。
(2) PQDOT=0：不允许编入小数点，否则发出 PS1202 报警“小数点错误”

• 地址参数对应关系

当地址指定数值时，数值被写入对应参数中；当未指定地址数值时，地址从对应参数中读取数值

地址	对应参数
第一次进刀量 Q (Δd)	P3318
精加工余量 R (d)	P3319
精加工重复次数 P (m)	P3320
螺纹牙角度 P (a)	P3321
螺纹切削方法 E (n)	P3322
螺纹段起点类型 E (s)	P3323

• 动作



注

- 1 螺纹切削循环中 C、D 间的运动为切削运动，其他过程以快速定位方式移动。
- 2 循环动作由包含 X(U)、Y(V)、Z(W) 的 G76 指令进行。
- 3 当单次切入量比最小进刀量 Q (Δd_{min}) 小时，使用 Q (Δd_{min}) 作为该次进刀量。
- 4 为解决系统控制步进电机时，因加减速时间过长导致的螺纹尾部螺距不均匀的问题，用户可将进给轴设置为直线加减速方式。
- 5 在 G76 的螺纹切削循环中，出现以下情况时系统报警：
 - (1) 进刀移动量与让刀移动量方向相同（正常情况下，让刀方向与进刀方向是相反的）。
 - (2) 偏移后，进刀移动量反向。
 - (3) 偏移后，让刀移动量反向。
- 6 螺纹牙高需要大于精加工余量与第一次切削深度之和，否则产生报警（PS0514）。可以通过参数“G76NQA”（P3301.1）禁止该报警，此时第一次切削深度为螺纹牙高减精加工余量。

• 刀具半径补偿

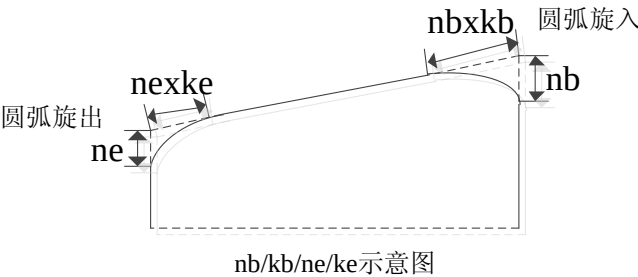
允许进行刀具半径补偿，参考 G90、G94 刀具半径补偿路径说明。

• 圆弧旋入旋出机能

使用该机能可在加工中间螺纹，参数“CCOFRE”（P3301.6）与圆弧旋出机能有关

NB：圆弧旋入功能控制。输入 nb 时，圆弧旋入机能有效；kb 为旋入系数，是模态值，在下次指

前均有效。该值与参数 P3324 的值始终相同。kb 最小值为 1.2。
NE：圆弧旋入功能控制。输入 ne 时，圆弧旋出机能有效；ke 为旋出系数，是模态值，在下次指定前均有效。该值与参数 P3325 的值始终相同。ke 最小值为 1.2。



CCOFRE=0: G76 圆弧旋出时，不禁止快速退尾机能。
CCOFRE=1: G76 圆弧旋出时，禁止快速退尾机能。
系统从让刀段的前一段开始检查是否进入退尾，那么在圆弧旋出功能有效的情况下，系统最早从圆弧旋出阶段开始退尾。

• 退尾处理

- 1 螺纹退尾宽度控制机能是否有效由参数“TWWC”(P6300.7) 选择。
- 2 螺纹退尾宽度 P (r) 用 00~99 两位数值指定 0.0L~9.9F 范围内的值。若未指定 P (r)，系统默认值为 10。
- 3 为防止与 G92 螺纹退尾宽度模态相互影响，建议在每次使用 G76 时，都指定 P (r)，在使用 G92 指令时都指定 P。
- 4 螺纹让刀平均加减速度影响退尾处理，它的实际值等于 $P6483 \times J/K$ ，J 和 K 可以输入任意值，只要其比值在 0.01~4.0 范围内即可。J 和 K 未输入时，都默认为 1.0。
- 5 螺纹等距退尾处理可参考如下设置方法：
 - (1) 设置螺纹让刀加速度和螺纹切削减速度相等
 - (2) 指令 Jctg(A/2)，其中，A 为刀尖角度，ctg 为余切函数。K 不指令(或指令 K1.0)
- 8 退尾处理其他注意事项参见 II-4.4。

• 螺纹暂停提前让刀功能

使用该机能可在加工时按下暂停提前让刀后返回到循环起点。

6300			IMRDAO				
------	--	--	--------	--	--	--	--

5 IMRDAO

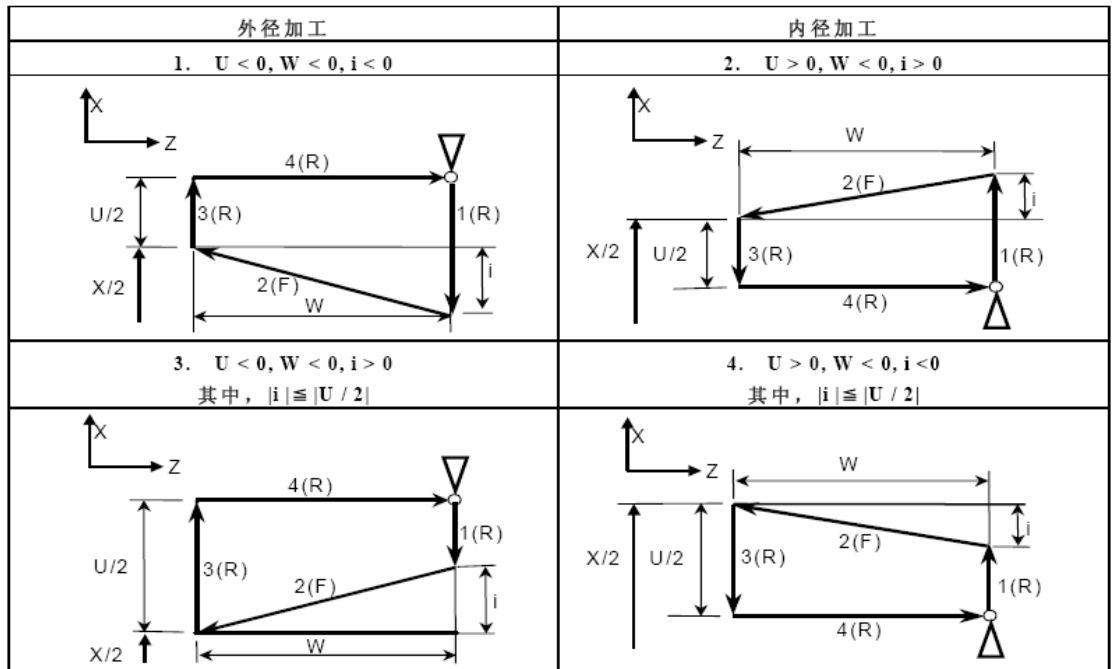
1: 螺纹切削过程中，下一段若为让刀段，那么有暂停信号时立即让刀
G76/G92 螺纹循环指令暂停提前让刀后返回到循环起点，可按启动键继续执行，已执行的循环不再重复执行。

注

- 1 G92/G76 响应暂停信号提前让刀返回到起点过程中，不再响应暂停动作。
- 2 带圆弧旋出时，只在圆弧旋出段(下一段为让刀段)可以响应暂停信号提前让刀。
- 3 不带圆弧旋出时，只在螺纹切削段(非旋入旋出螺纹切削段)可以响应暂停信号提前让刀，但圆弧旋入段
- 4 使用该功能建议按等螺距退尾

• 锥度符号与刀具路径的关系

以 ZX 平面为例，锥度符号与刀具路径的关系如下图所示。



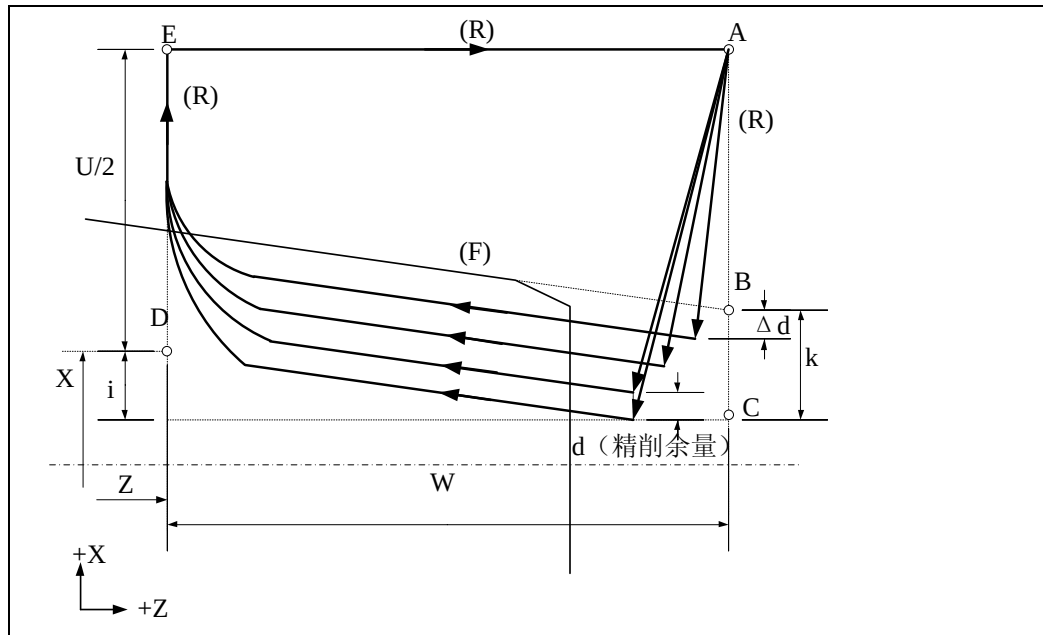
• 螺纹段起点类型

螺纹段起点类型 E (s) 有两种, 可选择 0 或 1。

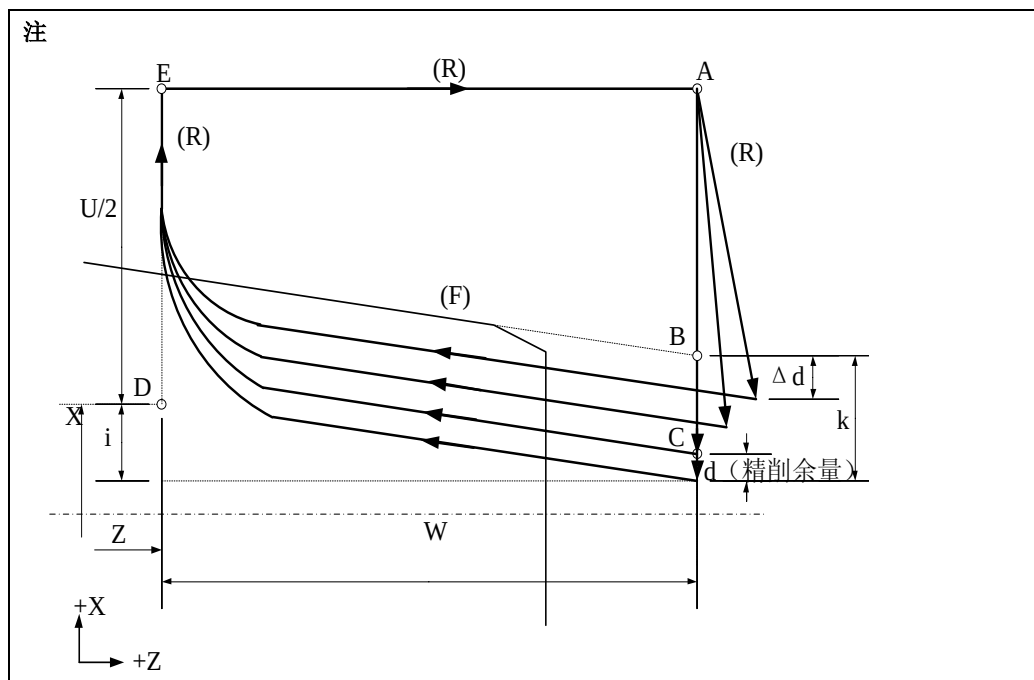
0—精车时, 螺纹段起点偏移 $(k-d) \times \tan(a/2)$ 。

1—精车时, 螺纹段起点偏移量为 0, 方便使用 G92 螺纹循环指令再次修正。

螺纹段起点类型 E (s) 为 0 时, 切削起点都在线段 AC 的左侧, 如下图所示 (以 ZX 平面为例)



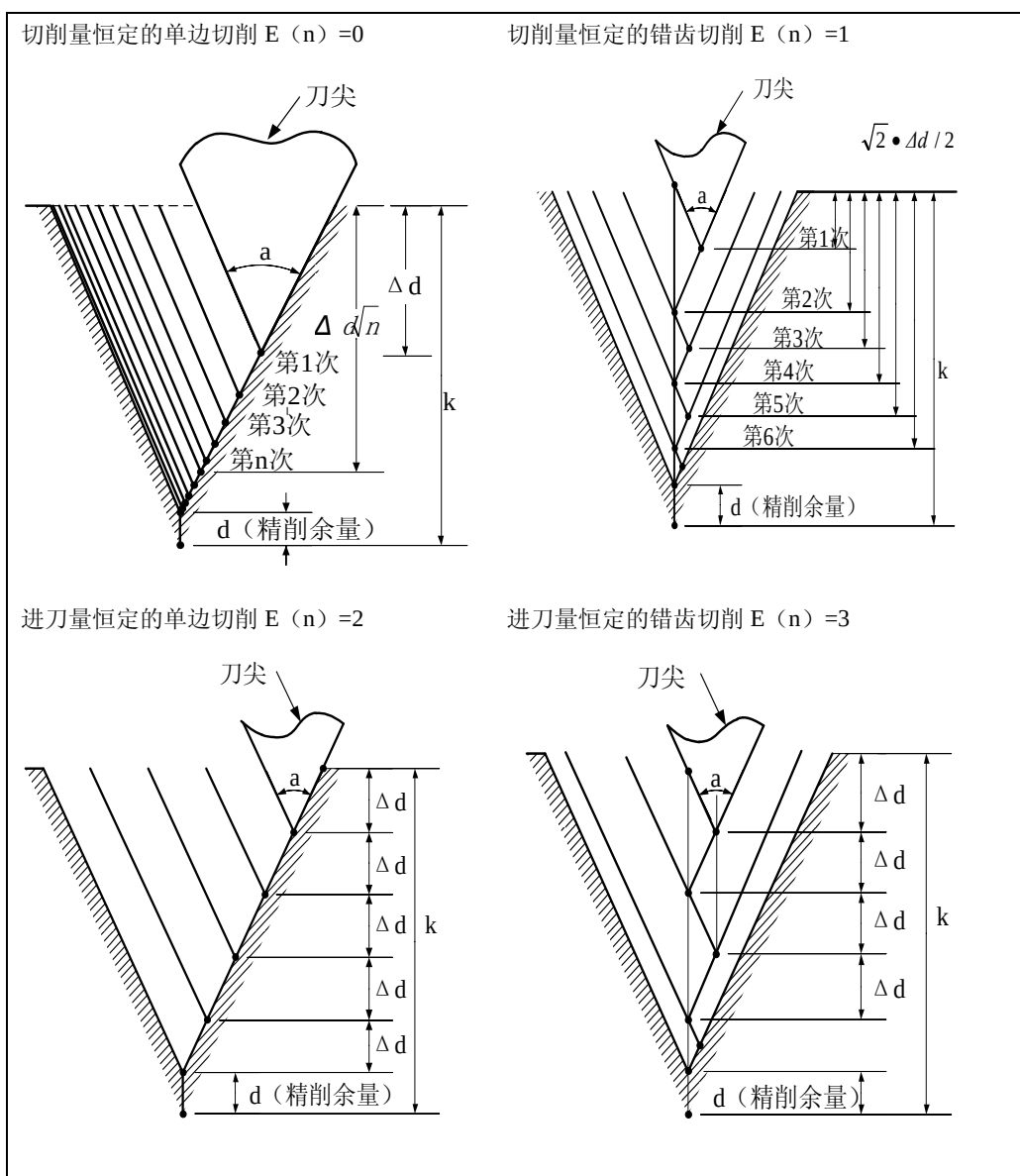
螺纹段起点类型 E (s) 为 1 时, 切削起点都在线段 AC 的右侧, 如下图所示 (以 ZX 平面为例)



• 螺纹切削方法

螺纹切削方法 E (n) 有 4 种，分别为：

- 0—切削量恒定的单边切削
- 1—切削量恒定的错齿切削
- 2—进刀量恒定的单边切削
- 3—进刀量恒定的错齿切削

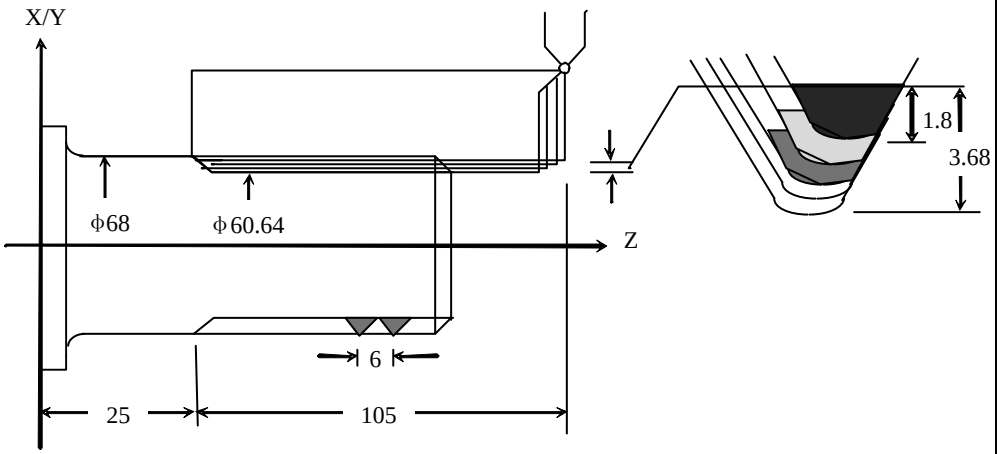


- 螺纹切削注意事项

切削相关注意事项请参考 II-4.4 中“螺纹切削注意事项”内容。

举例

示例一：直螺纹切削



G18;
G76 P010060 Q0.1 R0.2;
G76 X60.64 Z25.0 P3680 Q1800 F6.0 ;

示例二：（多头螺纹加工示例）

O7600 ;
G0 X50. Z0. ;
G76 P011060 Q1. R0.5 ;
G76 X40. Z-20. P4. Q2. F4. L3 ; // 3 头螺纹(保存 L 值)
G04 P500; // G04 不清除保存的 L 值
G76 X39. Z-20. P4. Q2. ; // 3 头螺纹(使用保存的 L 值)
G0 ; // 清除保存的 L 值
G76 X38. Z-20. P4. Q2. ; // 单头螺纹
M30 ;

13.2.8 复合型固定循环（G70~G76）的注意事项

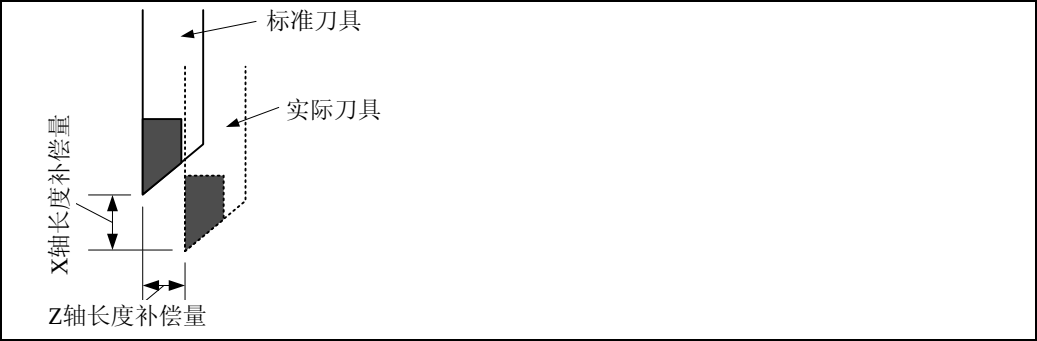
- 1 在指定复合型固定循环的程序段中，P、Q、X、Z、U、W、R 等必要的参数，在每个程序段中必须正确指令。
- 2 在 G71、G72、G73 指令的程序段中，如果用 P 指令了顺序号，那么对应此顺序号的程序段必须指令 01 组 G 代码的 G00 或 G01，否则产生报警（PS0065）。
- 3 在指令 G70、G71、G72、G73 的程序段以及这些程序段中的 P 和 Q 顺序号之间的程序段时，不能指令 M98 和 M99。
- 4 在 G70、G71、G72、G73 程序段中，用 P 和 Q 指令顺序号的程序段范围内，不能有下列指令。
 - (1) 除 G04（暂停）外的一次性代码
 - (2) G00、G01、G02、G03 以外的 01 组代码
 - (3) M98 和 M99
 - (4) 变更坐标系的 G 代码

- (5) 变更公英制状态的 G 代码
 - (6) 变更镜像状态的 G 代码
 - (7) 钻孔固定循环 G 代码
 - (8) 启动坐标系旋转、比例缩放、极坐标变换、或极坐标插补的 G 代码
- 5 在执行复合型固定循环（G70~G76）中，可以使动作停止插入手动运动，但再次开始执行复合型固定循环时，必须返回到插入手动运动前的位置。如果不返回即再次启动，手动的移动量会加在绝对值上，后面的动作将错位，其值等于手动的移动量。
- 6 执行 G70、G71、G72、G73 时，用 P、Q 指定的顺序号，在这个程序内不能重合。
- 7 在 G70、G71、G72、G73 中，用 P、Q 指定的精加工形状程序段组合的最后一个移动指令，不能是倒角或过渡圆，否则会产生报警（PS0051）。

14 补偿功能

14.1 刀具长度补偿

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

```
T00XX;  
OO: 刀具选择号  
XX: 刀具补偿号
```

解释

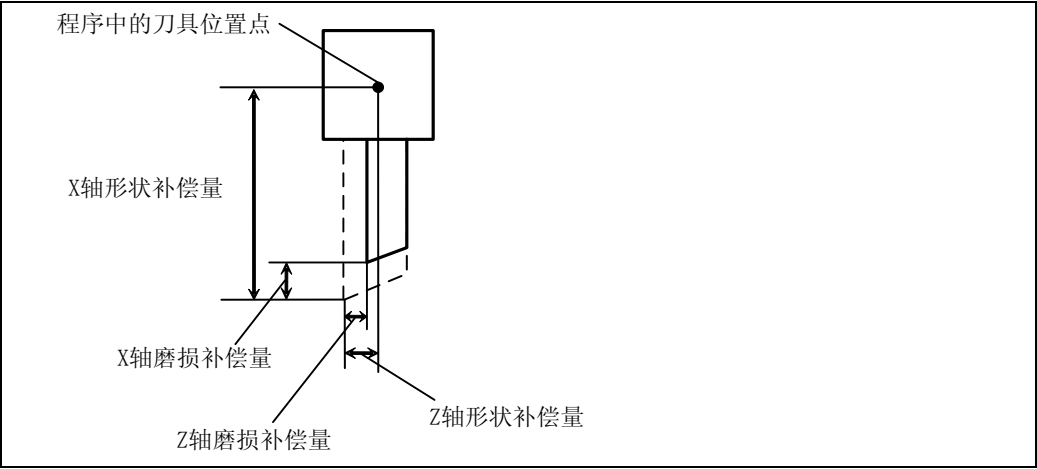
本系统中，刀具长度补偿仅由 T 代码来控制，不受 G 代码的控制。

• 刀具选择

刀具选择是通过指定与刀具号相对应的 T 代码来实现的。关于刀具选择号与刀具的关系请参照机床制造商发行的手册。

• 刀具长度形状和磨损补偿量

如下图所示，刀具长度形状补偿量对刀具形状及刀具安装位置进行补偿，刀具长度磨损补偿量对刀尖磨损进行补偿。可以根据补偿号分别设置这些补偿量。执行时的刀具长度补偿量为形状补偿量与磨损补偿量之和。



• 补偿号

补偿号最大可以指定的范围是 T0000~T008。在 LCD/MDI 面板，可把补偿号 T0001~T008 对应的 X 轴、Z 轴长度补偿量事先设定在刀补存储器中。与补偿号 00 对应的刀具补偿量始终为 0，无法设定。

当指定了 T 代码且它的补偿号不是 00 时，刀具补偿有效。如果补偿号是 00，则刀具补偿被取消。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”(P3270) 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：

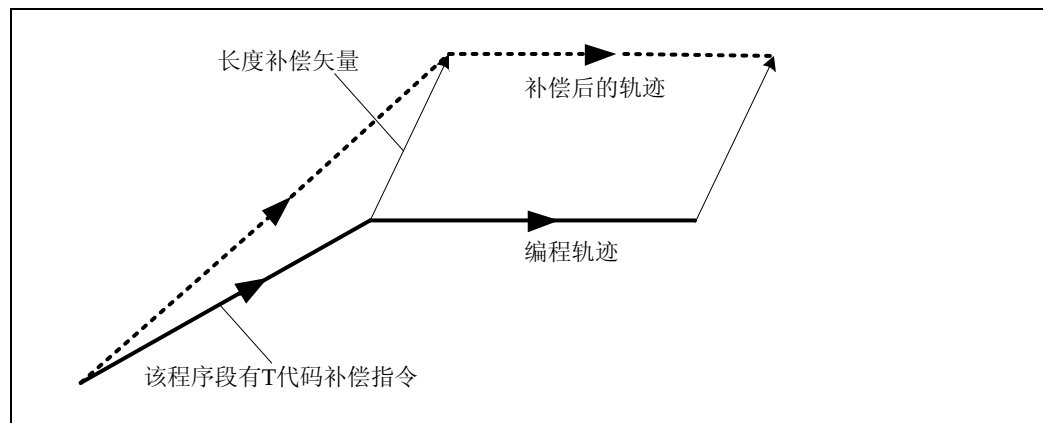
补偿号	1 轴长度补偿形状变量号	2 轴长度补偿形状变量号	半径补偿 (R) 形状变量号
1	#10001	#20001	#90001
2	#10002	#20002	#90002
.....			
8	#1008	#2008	#9008

- 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	半径补偿 (R) 磨损变量号
1	#18001	#28001	#98001
2	#18002	#28002	#98002
.....			
8	#1808	#2808	#9808

• 长度补偿

以 X, Z 轴的刀具长度补偿量为分量的矢量叫做长度补偿矢量，如下图所示。



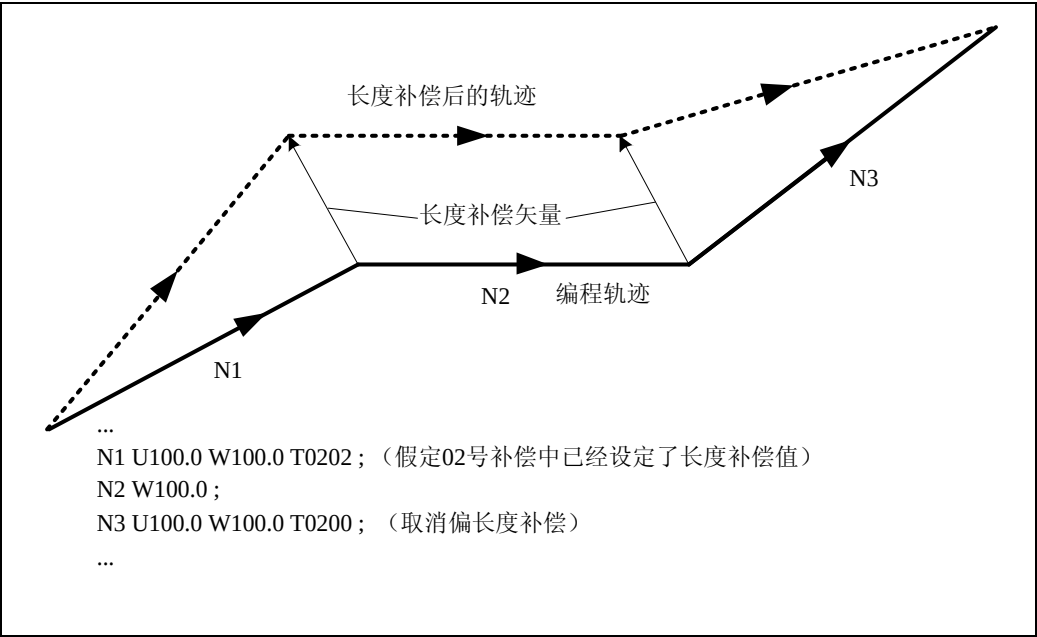
当单独指定 T 代码时，系统执行的是无运动指令的长度补偿移动。这个移动在 G00 方式时是以快速移动进行的，其它方式时则按切削进给速度运动。

注

- 1 参数“DIA”(P0405.5)可对 X 轴的刀具长度补偿量进行直径/半径规格的指定。
- 2 参数 OFL (P3201.0) 设置该轴是否允许长度补偿，默认情况下，第 1、2 轴允许长度补偿。
- 3 G50 Xx Zz TOOXX ;
此指令没有刀具移动，设定坐标系的当前坐标为 (x, z) 与 T 代码指定补偿号相对应长度补偿量之和。
- 4 G04 TOOXX ;
G02 TOOXX ;
G10 TOOXX ;
上述指令仅完成换刀，不执行刀具长度补偿。
- 5 如果自动循环中正在使用长度补偿，在 MDI 操作修改补偿量之后，无需再指定，而是在下一个程序段自动有效。
- 6 在多轴车床系统中 (3~2 轴车床)，可对 X/Z 轴以外的轴 (如 Y/C/U/V/W/A 轴) 进行补偿，这些轴的长度补偿动作与 X/Z 轴相同。

• 长度补偿取消

当指定了 TOO00，选择 00 号补偿时，刀具长度补偿即被取消。在取消的程序段末尾，长度补偿矢量为零。



限制

• 螺旋插补 (G02、G03)

在使用螺旋插补的程序段中，不能指定刀具长度补偿。

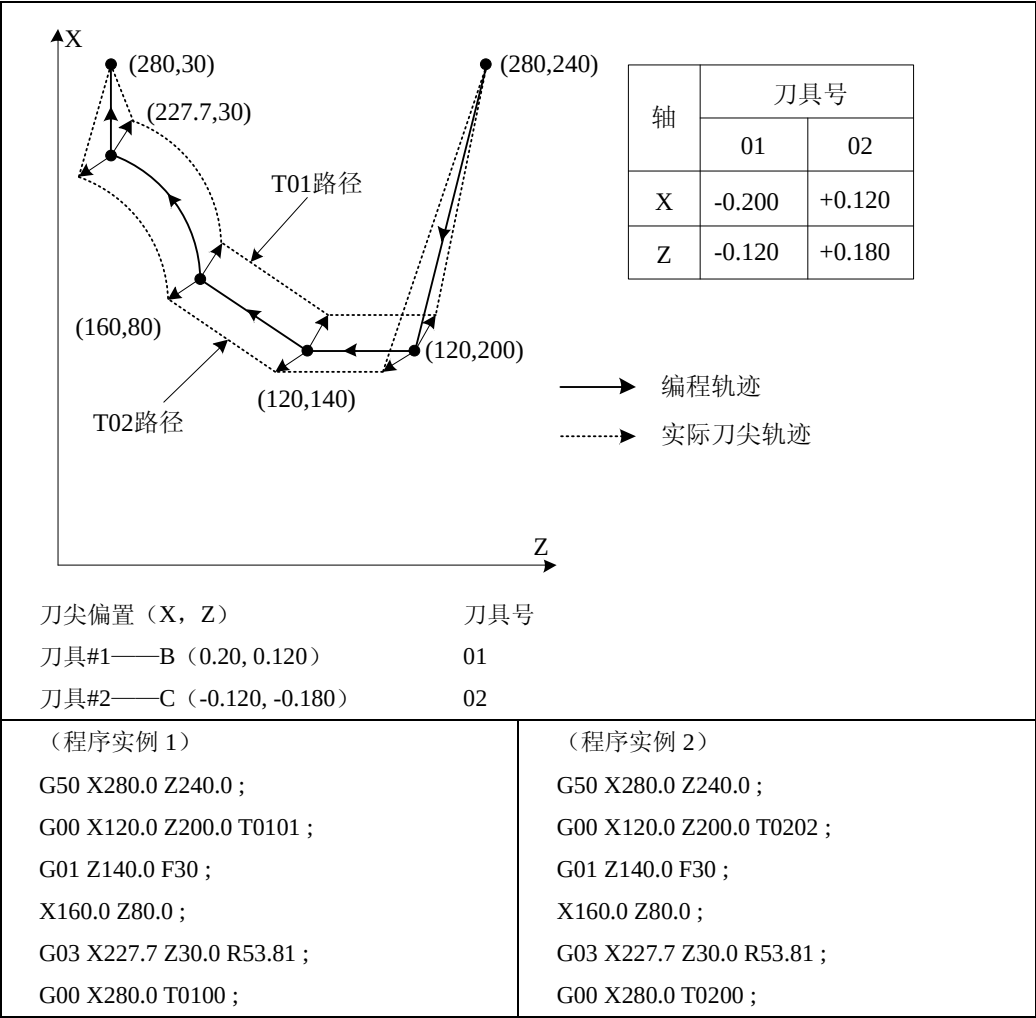
• 机床坐标系定位 (G53)

在指定此指令时，刀具补偿量被取消，后面若要再使用刀具补偿，必须用 T 代码指定。

• 返回参考点 (G28、G30 和手动)

在指定这些指令或操作时，刀具补偿量被暂时取消，在指定下一个轴移动时，刀具补偿量恢复。

举例



14.2 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，请参见参见《编程手册》用 G10 变更工件坐标系。

G10 设置补偿值的指令格式与磨损补偿是否有效有关，由参数“WOFC”（P3250.0）选择。

磨损补偿无效（WOFC=0）

G 代码体系 A:

绝对指令: G10 P_IP_R_Q;
增量指令: G10 P_U_W_NC;
P_: 补偿号
X(U): 刀具补偿数据 (X)
Z(W): 刀具补偿数据 (Z)
R(NC): 刀尖半径偏置量 (R)
Q_: 假想刀尖号 (T)
开启工件偏移机能 (WSFT=1) 时, G10 P0000 X_Z;设置工件偏移。

磨损补偿有效（WOFC=1）

G 代码体系 A:

磨损绝对指令: G10 P_X_Z_R_Q;
磨损增量指令: G10 P_U_W_NC;
形状绝对指令: G10 P1000_X_Z_R_Q;
形状增量指令: G10 P1000_U_W_NC;
P_: 补偿号
X(U): 刀具补偿数据 (X)
Z(W): 刀具补偿数据 (Z)
R(NC): 刀尖半径偏置量 (R)
Q_: 假想刀尖号 (T)
开启工件偏移机能 (WSFT=1) 时, G10 P0000 X_Z;设置工件偏移。

注

- 1 CENCW=1 时, NC_以,C_代替。
- 2 G 代码体系 A 同时编入 R_和 NC_时, 编程刀补值为两者之和。
- 3 刀尖号 Q_允许在增量指令或磨损指令中指定, 且均为绝对指令。

刀具偏移

• 解释

参数“TFSP”（添加参数交叉引用）控制刀具偏移功能是否有效

- 1 刀具偏移功能的操作与工件偏移功能（0 号刀补功能, P0500.7(WSFT)参数控制）完全相同, 对坐标系的影响则与之相反;
- 2 开启刀具偏移功能时, 输刀补数据中包含刀具偏移数据, 格式如下:
 - (1) 未开启刀具磨损机能时:
G10 P9999 X_Z;
 - (2) 开启刀具磨损机能时:
G10 P19999 X_Z;
- 3 开启刀具偏移功能时, 可以通过 G10 编程更改刀具偏移数据, 格式与输出补数据中格式相同。

- 举例

例：

刀具编程位置为 X=120.0，Z=70.0，而刀具绝对坐标为 X=121.0，Z=69.0。可用 G10 指令使绝对坐标重合于编程坐标。

1 未开启刀具磨损机能时：

G10 P9999 X1 Z-1;

2 开启刀具磨损机能时：

G10 P19999 X1 Z-1;

