K1T-Cs车床用数控系统

编程手册

北京凯恩帝数控技术有限责任公司

B032B-0100-T01N-0001
© KND CO., LTD.

K1T-Cs车床用数控系统 编程手册 B032B-0100-T01N-0001

WWW.KND.COM.CN

说明书使用注意事项

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

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

本说明书的内容可能随产品更新而变动，恕不另行通知。

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 2014-05-28，基于以下软硬件版本编制：
主板版本号：0030I-0100-W01Z-0102
软件版本号：K1T-Cs_A01_V3.1.0.00_140522
PLC 版本号：KTC_STD_1.0_20140516
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
与产品连接的浪涌吸收二极管必须按规定方向连接，否则会损坏产品
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 6
1.4 阅读说明书注意事项 6

II 编程篇 9

1 概述 11

1.1 插补功能 11
1.2 进给功能 12
1.3 加工图纸和刀具的运动 13
1.3.1 参考点（特定的机械点） 13
1.3.2 加工图纸上的坐标系和 CNC 指令的坐标系 13
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） 15
1.4 主轴功能 17
1.5 刀具功能 17
1.6 辅助功能 18
1.7 程序的构成 18
1.8 刀具补偿功能 20
1.9 行程 21

2 控制轴 22

2.1 控制轴数 22
2.2 轴名称 22
2.3 轴类型 22
2.4 单位 23
2.5 最大行程 24

3 准备功能（G 功能） 25

4 插补功能 27

4.1 定位（G00） 27
4.2 直线插补（G01） 28

4.2.1 直线插补说明 28
4.2.2 旋转轴速度单位缩小功能 29
4.3 圆弧插补（G02，G03） 30
4.3.1 圆弧插补说明 30
4.3.2 圆弧插补精度控制机能 33
4.4 等螺距螺纹切削（G32） 34
4.5 变螺距螺纹切削（G34） 39

5 进给功能 41

5.1 快速进给 41
5.2 切削进给 41
5.2.1 每分进给（G98） 41
5.2.2 每转进给（G99） 42
5.2.3 输入单位与输出范围 42
5.3 高速高精进给控制 43
5.3.1 加减速控制 43
5.3.2 拐角控制 45
5.3.3 轨迹光顺功能 46
5.3.4 刀具轴向设定功能 47
5.3.5 编程允差设定功能 47
5.3.6 预先预读功能 47
5.3.7 速度平滑控制 48
5.3.8 修改参数（G05） 48
5.4 暂停（G04） 49

6 参考点 50

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

7 坐标系 53

7.1 机床坐标系 53
7.1.1 机床坐标系的设定 53
7.1.2 机床坐标系定位（G53） 53
7.1.3 快速机床坐标系定位（G153） 54
7.1.4 程序控制加减速度和加减速曲线 54
7.2 工件坐标系 54
7.2.1 工件坐标系的设定 54

8 坐标值和尺寸 57

8.1 小数点编程 57
8.2 直径和半径编程 58

8.2.1 直径指定和半径指定 58

9 Y 轴功能 60

10 主轴功能（S 功能） 61

10.1 主轴速度指令 61
10.1.1 S2 位数（主轴档位输出） 61
10.1.2 S5 位数（主轴模拟输出） 61
10.2 模拟主轴换档 62
10.2.1 模拟主轴自动换档机能 62
10.2.2 模拟主轴手动换档机能 63
10.3 恒线速控制（G96，G97） 64
10.4 主轴卡盘控制 67
10.5 台尾设置 68

11 刀具功能（T 功能） 69

12 辅助功能（M 功能） 71

12.1 辅助功能代码 71
12.2 特殊 M 代码 73
12.2.1 用户接口转跳机能（M91/M92、M93/M94） 73
12.2.2 特殊 M 代码（M21/M22/M71/M72、M23/M24/M73/M74） 74
12.3 辅助功能参数 75
12.4 与辅助功能相关的报警 75

13 程序的构成 77

13.1 程序 77
13.1.1 主程序和子程序 77
13.1.2 程序号 79
13.1.3 顺序号和程序段 79
13.1.4 跳过任选程序段 80
13.1.5 注释节 80
13.1.6 字和地址 81
13.1.7 基本地址和指令值范围 81
13.1.8 扩展 NC 字和地址 82
13.2 程序结束 82
13.3 文件结束 82

14 简化编程功能 84

14.1 攻丝固定循环 84
14.1.1 模拟主轴攻丝（G93） 84

14.2 单一型固定循环（G90、G92、G94）.....85
14.2.1 外圆/内圆车削循环（G90）.....85
14.2.2 螺纹切削循环（G92）.....88
14.2.3 端面车削循环（G94）.....90
14.2.4 单一型固定循环的使用方法.....92
14.3 复合型车削固定循环（G70~G76）.....93
14.3.1 外圆粗车循环（G71）.....94
14.3.2 端面粗车循环（G72）.....97
14.3.3 封闭切削循环（G73）.....99
14.3.4 精加工循环（G70）.....101
14.3.5 端面深孔加工循环（G74）.....104
14.3.6 外圆、内圆切槽循环（G75）.....106
14.3.7 复合型螺纹切削循环（G76）.....108
14.3.8 复合型固定循环（G70~G76）的注意事项.....114

15 补偿功能.....116

15.1 刀具长度补偿.....116
15.2 刀尖半径补偿（G40~G42）.....119
15.2.1 概要.....119
15.2.2 假想刀尖.....119
15.2.3 补偿指令.....123
15.2.4 刀尖半径补偿的注意事项.....127
15.2.5 刀尖半径补偿的详细说明.....128
15.3 拐角圆弧插补功能（G39）.....153
15.4 补偿量的程序输入功能（G10）.....156

16 指令值范围一览表.....157

17 二，十进制转换表.....158

Ⅰ　概述篇

1 概要

1.1 概述

本手册详细阐述了车床用数控系统的编程说明，包括全部选择功能说明。“规格一览表”中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。

软硬件特性如下：

- 性能强劲
  - 采用高性能 ARM9 微处理器实现高速高精控制，插补周期 2 毫秒，内部控制精度 1 纳秒。
  - 可实现多程序段预读，速度平滑，圆弧插补精度控制功能。
  - 采用插补前加减速控制，可跨多段自动加减速。
  - 具备 1000 条/秒的程序指令处理能力，可实现高速小线段加工。
- 美观可靠
  - 控制主板采用六层 PCB 板设计，使用表贴元件，集成度更高。
  - 采用 TFT 彩色液晶显示器。
  - 应用全新工艺结构，抗干扰能力更强，可靠性更高。
  - 采用国际流行色的全新模具面板，外形美观大方。
- 功能丰富
  - 支持国际标准 G 指令，与 FANUC 系统指令兼容。
  - 具有单一固定循环、复合固定循环等简化编程功能。
  - 能加工单头/多头公英制螺纹（直螺纹、锥螺纹、端面螺纹、变螺距螺纹）。
- 信息安全
  - 具有限时保护，开机、参数、程序密码等多种操作权限控制功能。
  - 支持电子盘数据备份功能。
  - 支持 U 盘接口，可实现系统与 U 盘间的数据互存，支持 U 盘 DNC 加工功能。
  - 内置 640K 程序存储空间，可编辑和运行 U 盘内的程序。
- 界面友好
  - 支持中文、英文两种操作界面，提供完整的帮助信息，使操作更方便。
  - 系统参数按功能分类排列，使用更方便。

1.2 规格一览表

- **结构规格**

型号	安装方式	液晶屏	面板尺寸
K1T-Cs	横式	7 英寸（分辨率 800×480）	400×245

- **基本功能**

名称	K1T-Cs 规格
NC 轴数	3
模拟主轴	1
G 代码体系	G 代码体系 A

名称	K1T-Cs 规格
轴类型	可设置为直线轴、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
最小指令单位	0.001mm
最大指令值	±99999.999mm
快速进给速度	24000mm/min
快速进给倍率	F0，25，50，100%
最高进给速度	16000mm/min
电子齿轮比	1~65535：1~65535
自动加减速	有
进给速度倍率	0~150%
螺纹功能	单头/多头螺纹（直螺纹、锥螺纹、端面螺纹、变螺距螺纹） 模拟量攻丝
手动连续进给	1 轴或 2 轴
定位	G00（可直线插补定位）
插补	直线（G01） 圆弧（G02/G03）
扩展 NC 字和地址	支持
高速高精功能	多段预读，速度平滑处理，跨段自动加减速，拐角和圆弧控制
PLC 功能	固化标准 PLC
返回参考点	自动返回参考点（G28），从参考点自动返回（G29），第 2、3 参考点（G30）
返回参考点检查	G27
LCD/MDI	7 英寸液晶屏
MDI 软体键	5+2 个
单步进给	×1，×10，×100，×1000
通讯接口	RS232C，RS485，U 盘接口
外置手轮接口	有
I/O 接口	40/24
暂停（秒）	有
机床锁住	全部轴
存储行程检查	有
准停状态	有
准停	有
存储型螺距误差补偿	有（128 点）
MDI 运转	有
复位	有
空运转	有
单程序段	有
程序保护信号	有
自诊断功能	有
紧急停	有

名称	K1T-Cs 规格
状态输出	报警信号 复位信号 分配完毕信号 自动运转中信号 自动运转启动中信号 CNC 准备完毕信号，伺服准备完毕信号 自动运转休止中信号，电源准备完毕信号
电源	单相 AC220V +10%-15%，50Hz ±1Hz
坐标系	机床坐标系（G53）
自动坐标系设定	有
小数点输入	有
补偿数据的程序输入	有
刀具补偿	刀具半径补偿 C，拐角圆弧补偿
固定循环	单一固定循环（G90/G92/G93/G94）， 复合固定循环（G70~G76） 攻丝固定循环（G93）
反向间隙补偿	有

- **辅助功能**

名称	规格
辅助功能	M2 位数，M 代码自定义，手动/MDI/自动方式控制主轴正转、反转、停止；控制冷却液启、停；控制润滑启、停。
辅助功能锁住	有

- **主轴功能**

名称	规格
主轴功能	档位控制（S01~S08）、模拟控制（S4 位数）、主轴定位。
主轴模拟输出	有
模拟主轴换档	有
主轴倍率	50~120%

- **刀具功能**

名称	规格
刀具功能	T01~T8
刀具补偿存储器	16 个
刀具补偿	长度补偿、半径补偿

- **编辑，操作**

名称	规格
编辑功能	参数、诊断按位输入、程序复制/移动/合并、MDI 多程序段执行
存储容量	640KB
存储程序个数	512 个
电子盘	内置，3 个区
U 盘	可编辑，可直接运行：10~30MB，DNC 运行：容量无限制

程序号的显示	有
顺序号检索	有
程序号检索	有
跳过任选程序段	1 个
程序开关	有
程序目录画面增强	支持程序注释或部分内容预览

- **显示**

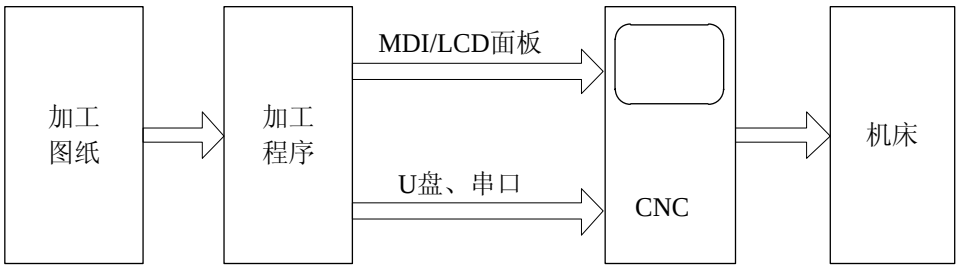
名称	规格
显示	中文，英文
加工时间、零件数显示	有
实际速度显示	有
主轴转速，M/S/T 指令	有
图形显示	刀具轨迹图形

1.3 CNC 机床的一般操作

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

1 根据加工图纸编制零件加工程序。编程手册详细地介绍了编程方法。

2 CNC 读入程序后，把零件和刀具装在机床上，刀具按着程序运动，加工实际零件。操作手册详细介绍了如何操作。



参考“编程篇” 参考“操作篇”内容

3 连接调试手册详细介绍了系统外形尺寸，信号说明及日常维护等信息。

1.4 阅读说明书注意事项

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

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

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

3 本手册以下列软硬件版本为基础阐述：

系统主板版本：0030I-0100-W01Z-0102

系统软件版本：K1T-Cs_A01_V3.1.0.00_140522

PLC 版本：KTC_STD_1.0_20140516

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

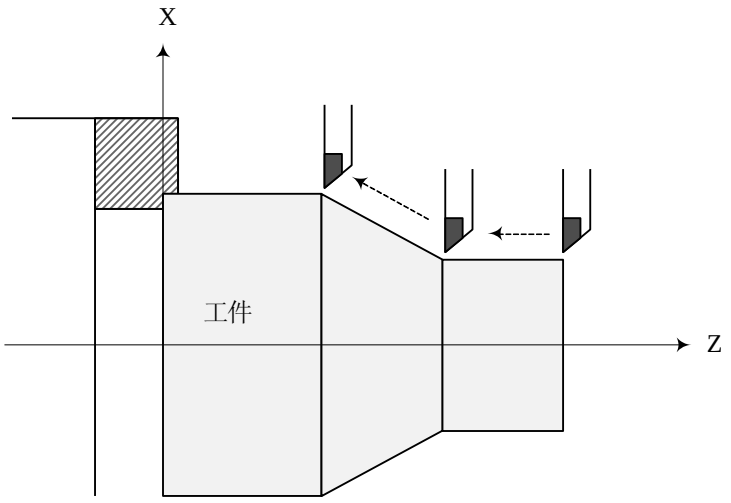
刀具沿着构成工件的直线和圆弧运动。（参见 II-4）

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**

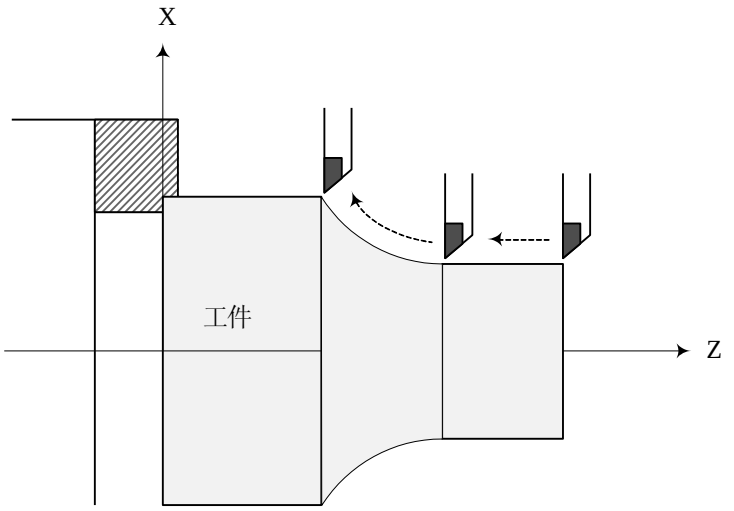


指令程序

G01 Z_ ;

X_ Z_ ;

- **刀具沿着圆弧运动**



指令程序

G02 X_ Z_ R_ ;

或

G03 X_ Z_ R_ ;

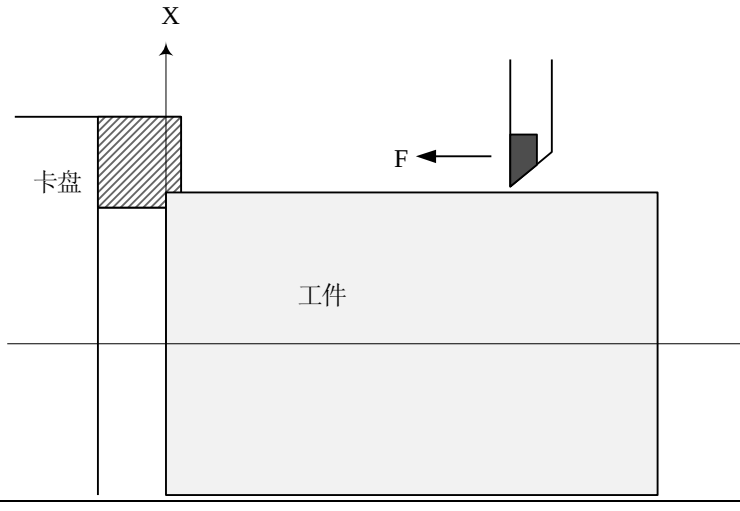
把刀具沿着直线、圆弧运动的功能称为插补功能。

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

1.2 进给功能

为了切削零件，用指定的速度使刀具运动称为进给。（参见 II-5）

解释



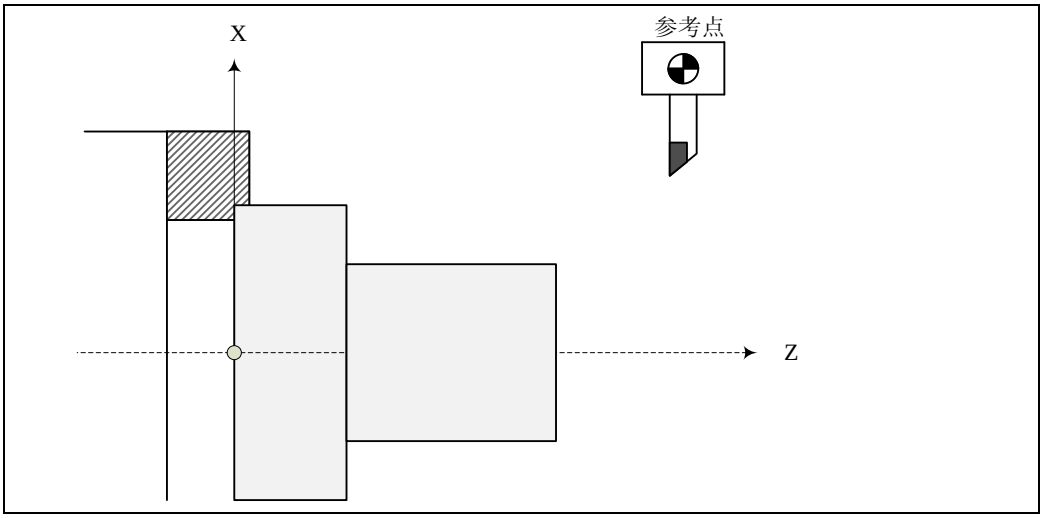
进给速度可用数值指令。例如，让刀具以 150mm/min 进给时，程序指令为：F150.0。

决定进给速度的功能称为进给功能。

1.3 加工图纸和刀具的运动

1.3.1 参考点（特定的机械点）

在 CNC 机床上，设计有特定的机械装置，通常在这个位置换刀和进行后面将要讲述的坐标系设定，这个位置称为参考点。



解释

要使刀具移动到参考点，有下面两种方式：

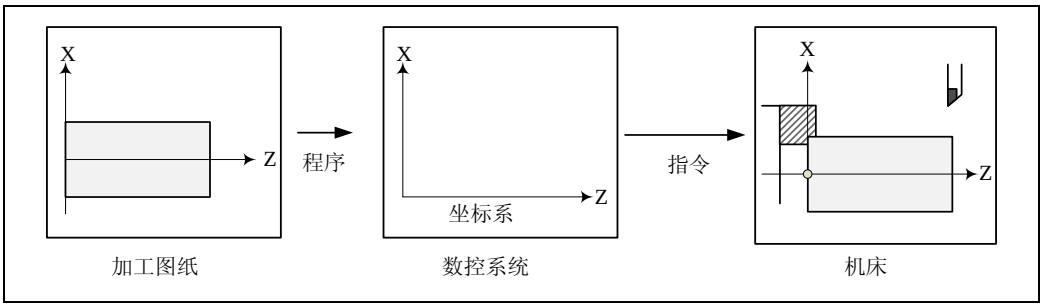
1 手动返回参考点（参见操作手册）

通过手动方式按照操作返回参考点。

2 自动返回参考点（参见 II-6）

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

1.3.2 加工图纸上的坐标系和 CNC 指令的坐标系



解释

- **坐标系**

坐标系根据设定的地方不同，有下面两种（参见 II-7）：

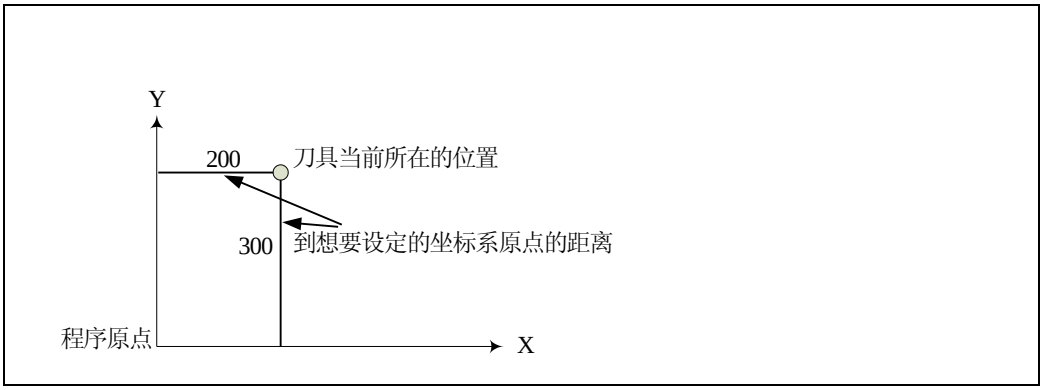
1 加工图纸上的坐标系

这个坐标系画在加工图纸上，程序中的数据使用这个坐标系的坐标值。

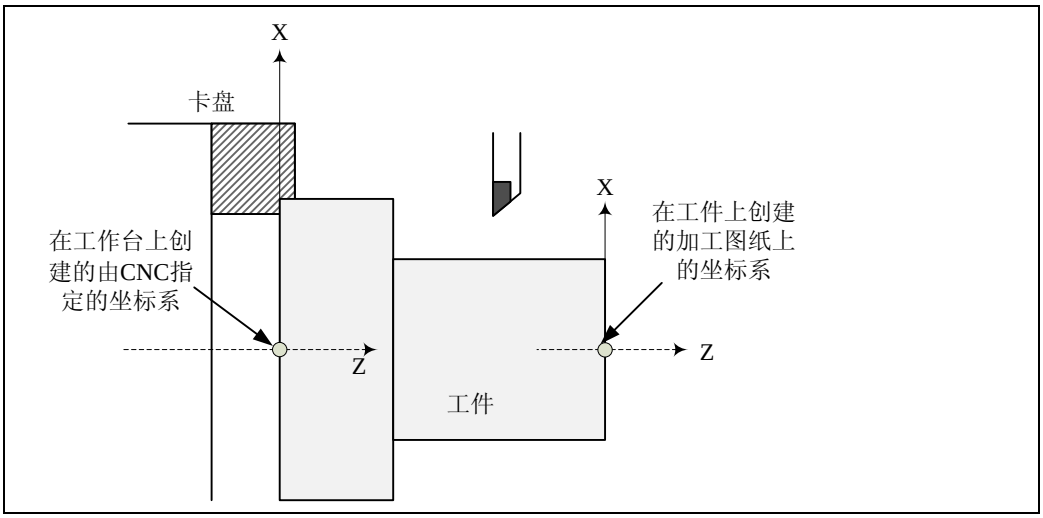
2 CNC 指令的坐标系

这个坐标系实际设定在机床工作台上。根据程序，指令从现在的刀具位置到要设定的坐标系原点的

距离，这样就设定了工作台上的坐标系。



工件一装在工作台上，就产生了这两个坐标系的相对关系。

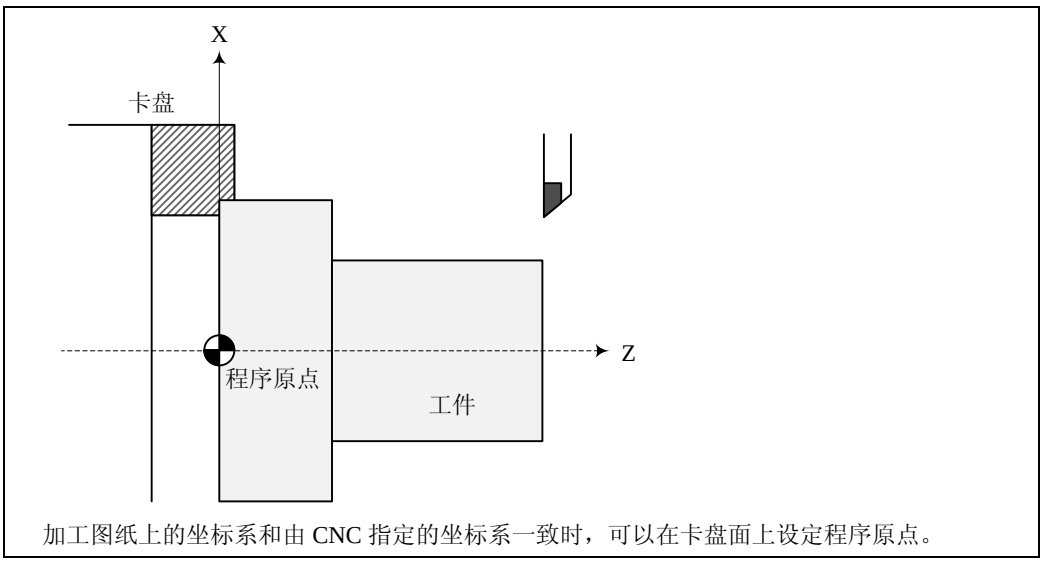


刀具在 CNC 指令的坐标系上，按照加工图纸上坐标系的指令程序把工件切削成图纸上的形状，因此，要把零件正确地加工出图纸所示的形状，必须把这两个坐标系确定在同一位置上。

- **将两个坐标系设定在相同位置的方法**

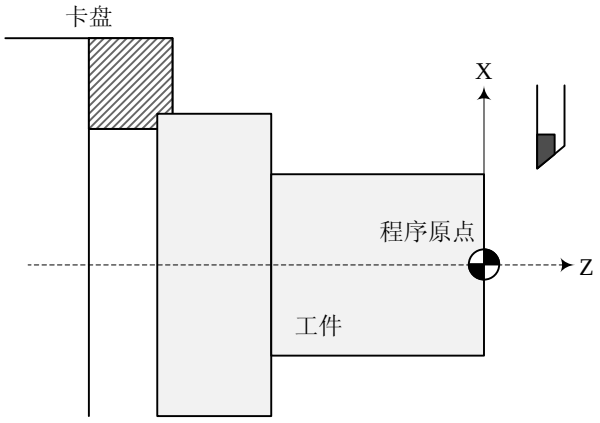
对于如何确定这两个坐标系在同一位置，可根据零件的形状、加工数量等采用不同的方法。

1 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



加工图纸上的坐标系和由 CNC 指定的坐标系一致时，可以在工件端面上设定程序原点。

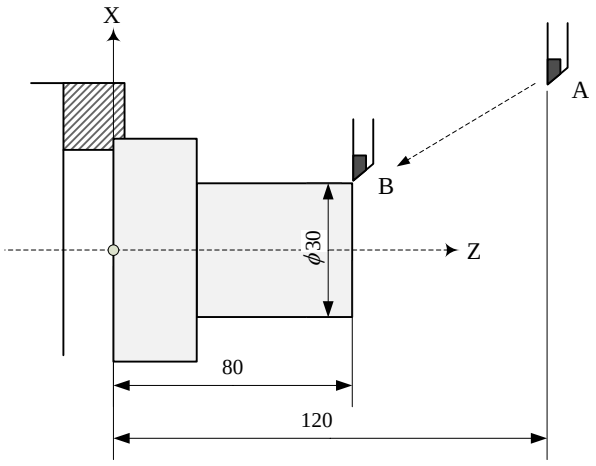
1.3.3 刀具运动指令尺寸的表示方法（绝对值和增量值指令）

刀具运动指令方式有绝对值和增量值两种。

解释

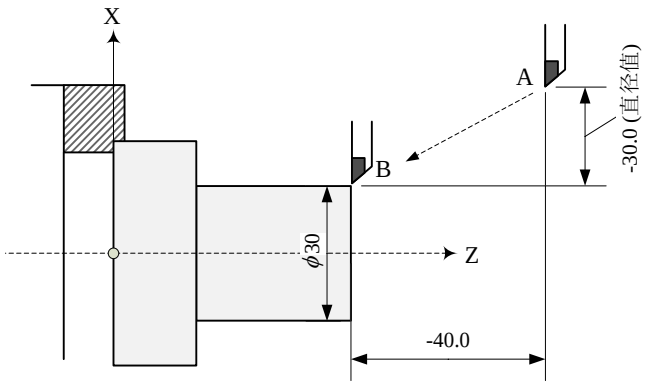
- **绝对指令**

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。

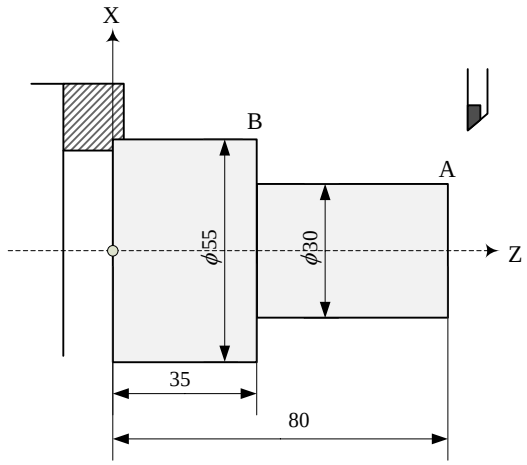


- **直径指定和半径指定**

X 轴方向编程时，可以选择直径值或半径值。默认设置由机床厂家决定。

直径指定

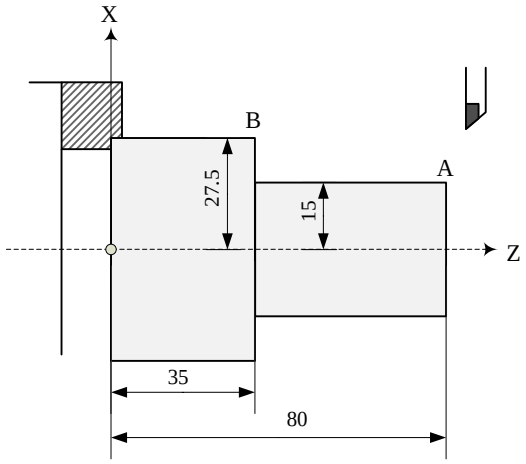
直径指定时，X 轴的值就是图纸上给出的直径值。



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

半径指定

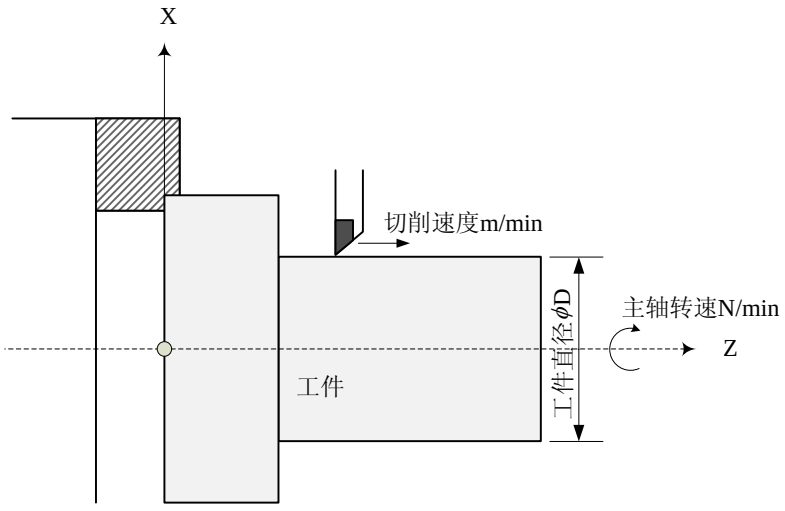
半径指定时，X 轴的坐标值是离开零件中心的距离，即指令半径值。



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/πD 的关系，主轴转速约 250RPM，指令为：S250

把有关主轴转速的指令称为主轴功能。（参见 II-10）

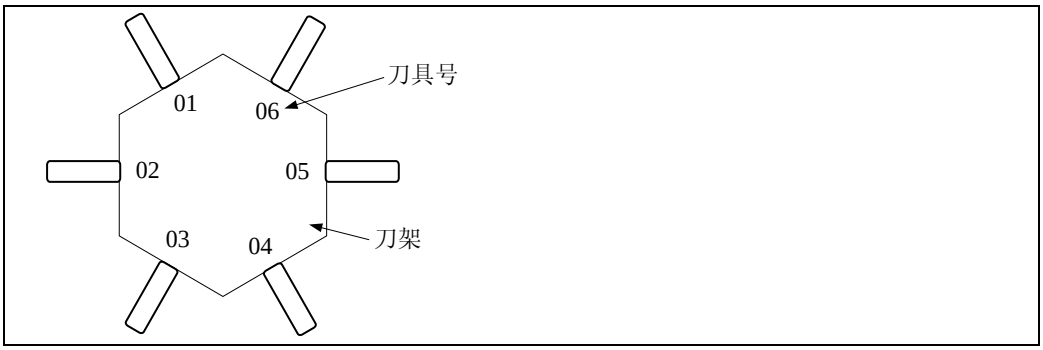
当选择了恒线速度控制功能时，指定切削速度 V（米/分），即使在工件直径不断变化的锥面切削中，主轴速度不断改变，从而保持切削线速度不变。（参见 II-10.3）

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。

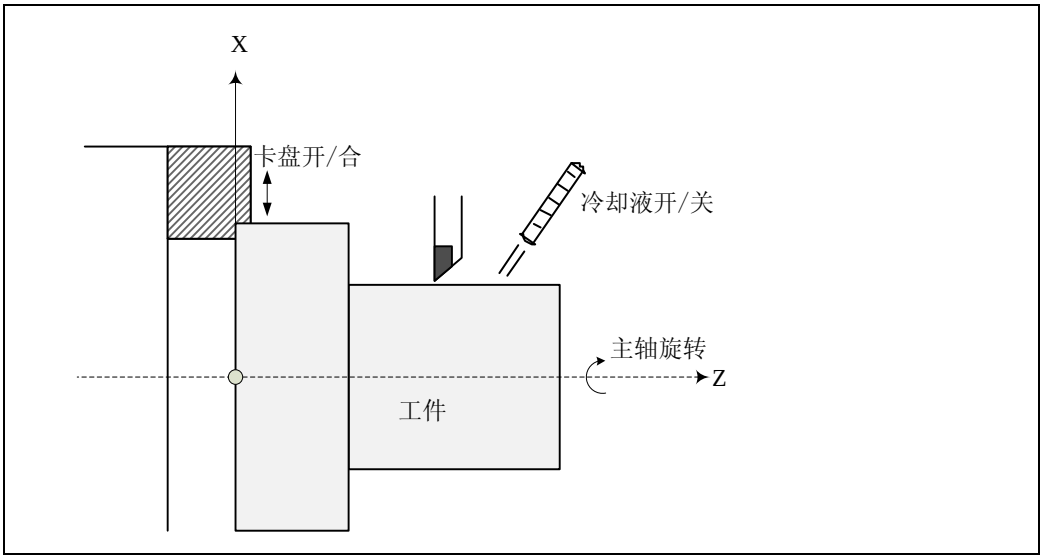
举例



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《编程手册》刀具功能）

1.6 辅助功能

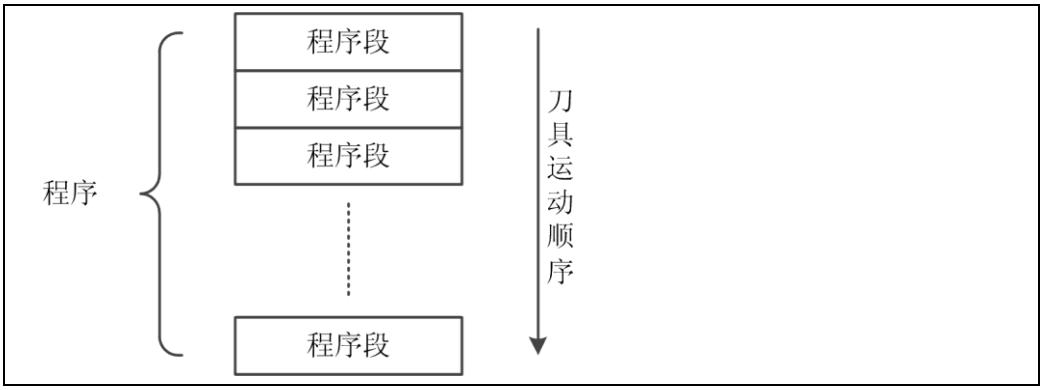
刀具开始加工工件时，要使主轴回转，供给冷却液，关闭卡盘，为此必须控制机床主轴电机和冷却油泵的开/关、卡盘的开合。



指定机床各种设备开/关操作的功能称为辅助功能，通常用 M 代码指定。（参见 II-12）
例如，M03 表示机床主轴正转。

1.7 程序的构成

为操作机床而给 CNC 发出的一组指令，称为程序。
在发出指令后，使刀具沿直线或圆弧移动，或使主轴电机开始或停止旋转。
在程序中，是按刀具的实际移动顺序发出指令的。



每一顺序的指令组，称为程序段。

对一个加工系列，整个程序由多个程序段组成。

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

解释

- **程序段**

一个程序段

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

N：顺序号

G：准备功能

X、Y：运动尺寸

M：辅助功能

S：主轴功能

T：刀具功能

分号（;）：程序段结束

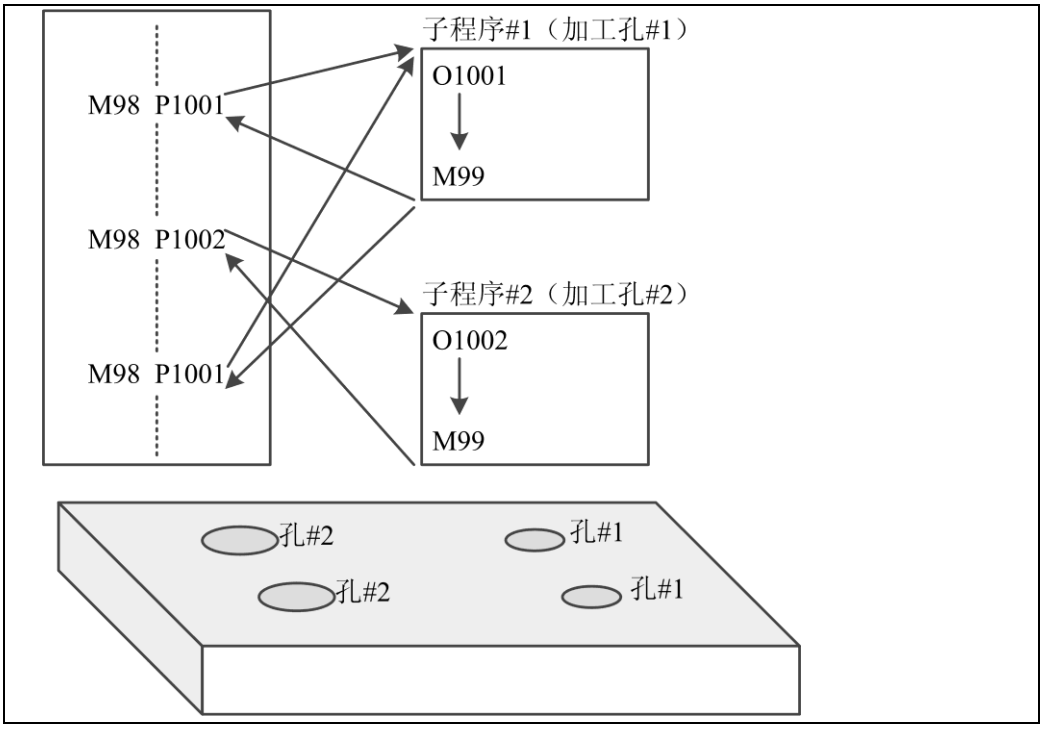
一个程序段的开头是表示 CNC 运动顺序的顺序号，末尾是表示这个程序段结束的分号（;）。

- **程序**

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

- **主程序和子程序**

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

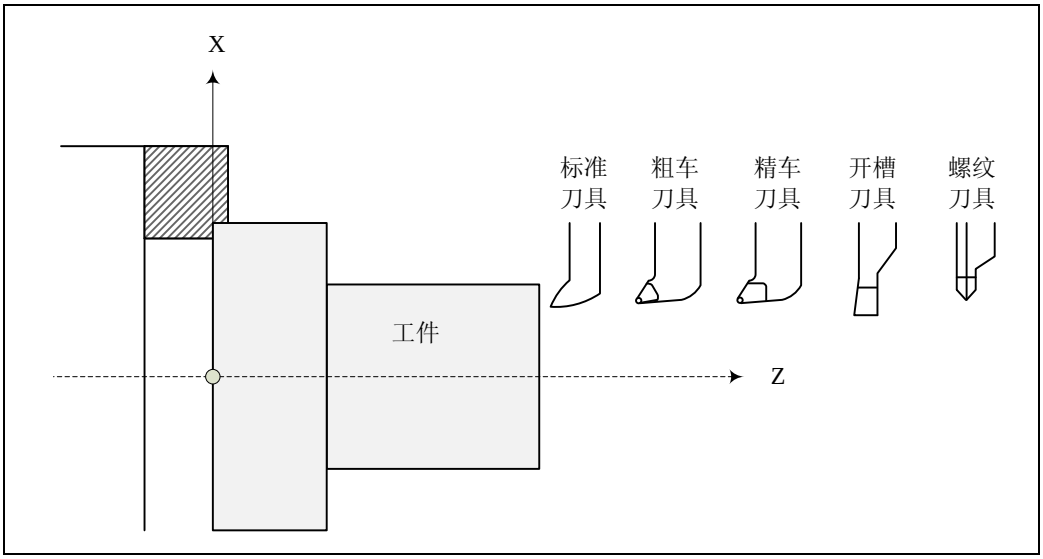


1.8 刀具补偿功能

解释

- **刀具长度补偿功能**

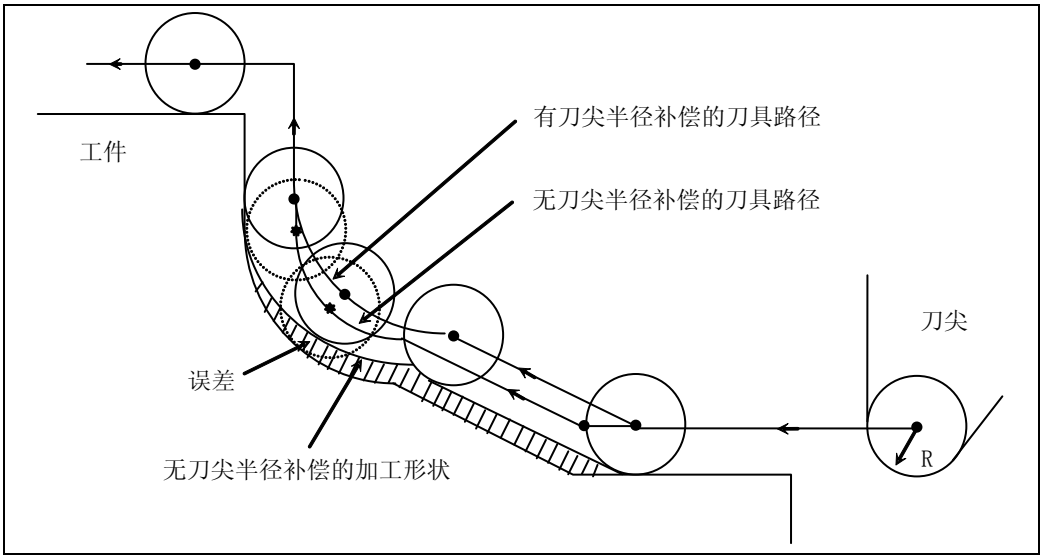
通常加工一个工件时，要使用多把刀具。各刀具有不同的形状，按照这些刀具来改变程序，非常麻烦。为此，事先测量出各刀具的刀尖位置，然后把它们与标准刀具刀尖位置的差设定给系统（参见操作手册），这样，即使换刀，程序也不需要变更就可以加工了。这个功能称为刀具长度补偿。（参见 II-15）



- **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

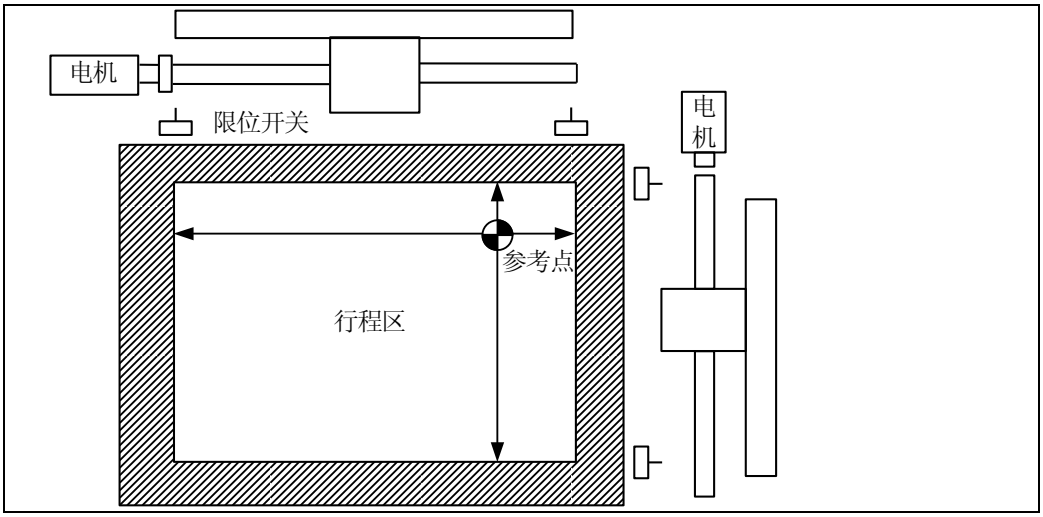
迹运动。这个功能称为刀尖半径补偿功能。（参见 II-15）



1.9 行程

机床上每个轴的端点都装有限制开关，以防止刀具移动超出端点。

刀具可以移动的范围称为行程。



2 控制轴

2.1 控制轴数

型号	K1T-Cs
控制轴数	3

2.2 轴名称

赋给机床移动轴的名称，叫做轴名称。

本系统使用如下轴名称：

X（U）、Y（V）、Z（W）

2.3 轴类型

控制轴的类型包括：直线轴、A 类旋转轴、B 类旋转轴、C 类旋转轴和 D 类旋转轴。可通过参数“轴类型”（《连接调试手册》第 86 页 P0412）进行选择。

解释

- **A 类旋转轴**

绝对坐标不受任何限制，机床坐标被限制在 0~360 度之间。

N1 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。

2.4 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 mm 或 deg（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 mm 或 deg（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 mm 或 deg（度）表示。

4 最小插补单位

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

解释

- **直线轴的最小单位**

直线轴小数位数由参数“直线轴小数位数”（《连接调试手册》第 83 页 P0042）设定。参数设置可参照下表。

P0042 设定数值	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

- **旋转轴的最小单位**

旋转轴的单位没有公英制之分，默认情况下单位是度（deg）。

旋转轴小数位数由参数“旋转轴小数位数”(《连接调试手册》第 83 页 P0045）设定。参数设置可参照下表：

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

- **暂停最小单位**

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

注

1 导程 F 的小数位数=公制直线轴小数位数+1；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。

2.5 最大行程

机床各控制的实际行程范围由“正向行程限位”(《连接调试手册》第 87 页 P0610）和“负向行程限位”(《连接调试手册》第 87 页 P0611）设定，参数值必须在最大行程范围之内。

解释

机床各控制轴的最大行程由“允许数据位数”和最小输出单位决定。如下表所示。

允许数据位数	最大行程
8	最小输出单位×± 99999999

注

1 允许数据位数参数由数控系统厂家设定。

2 不可指定超过最大行程的指令。

3 当正负向行程限位超过最大行程时，以最大行程进行限制。

3 准备功能（G 功能）

准备功能由 G 代码（G 地址及其后数值）表示，规定其所在的程序段的意义。

格式

格式 1：Gxxxx

4 位数 G 代码

格式 2：Gab.c

2 位数带 1 位小数 G 代码，等价于 Gcab。

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

类型

类型 1：非模态 G 代码

只在被指令的程序段有效

类型 2：模态 G 代码

在同组其它 G 代码指令前一直有效

例

G00 和 G01 为同组模态 G 代码。加工程序如下：

G00 X__ ； （G00 有效）

Y__ ； （G00 有效）

G01 Z__ ； （G01 有效）

X__ ； （G01 有效）

G 代码列表

G 代码	组别	功能
G04	00	暂停，准停
G10		可编程数据输入
G27		返回参考点检查
G28		返回参考点
G29		从参考点返回
G30		返回第 2 第 3 参考点
G39		拐角偏移圆弧插补
G50		工件坐标系设定/主轴最高转速钳制
G53		机床坐标系定位（快速移动）
G53.1(G153)		快速机床坐标系定位
G70		精加工循环
G71		外圆粗车循环
G72		端面粗车循环
G73		封闭切削循环

G 代码	组别	功能
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		参数修改指令
*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
*G40	07	刀尖半径补偿取消
G41		刀尖半径补偿（左）
G42		刀尖半径补偿（右）
*G98	10	每分进给
G99		每转进给
G96	14	恒线速 ON
*G97		恒线速 OFF

注

1 带有*记号的 G 代码为系统默认 G 代码，当系统电源接通时，同组模态 G 代码将处于默认状态。

2 01 组 G 代码中的 G00、G01 需要通过参数“G01”（《连接调试手册》第 94 页 P2500.7）来选择哪个作为默认 G 代码。

3 06 组 G 代码中 G20、G21 的开机状态与上次系统关机前保持一致。

4 00 组的 G 代码是非模态 G 代码，只在当前程序段有效。

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

6 在同一个程序段中可以指令几个不同组的 G 代码。如果在同一个程序段中指令了多个同组 G 代码，则最后一个 G 代码有效。

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

分号（;）：表示程序段结束。

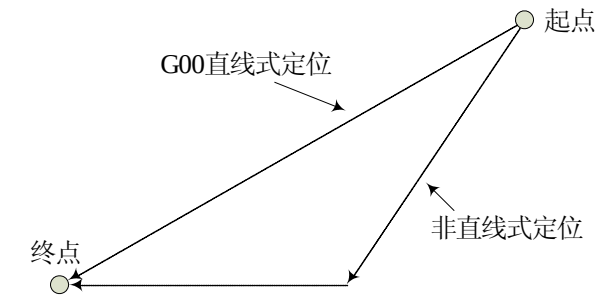
解释

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

G00 定位方式可由参数“LRP”（《连接调试手册》第 81 页 P0004.1 或第 176 页 P061.1）选择：

- LRP=0：G00 使用非直线方式定位。各轴按照快速速度独立运动，直到到达定位点。平均加减速由参数“轴快速独立运动时的加减速度”（《连接调试手册》第 109 页 P6440）设定。
- LRP=1：G00 使用直线插补方式定位。刀具沿着直线移动到指定点，运行轨迹与 G01 相同。刀具在最短的时间定位，各轴定位速度不超过各自的“快速速率”（《连接调试手册》第 88 页 P0711）。但要注意的是，此时仍然是各轴独立控制加减速，由参数“快速加速曲线”（《连接调试手册》第 108 页 P6412）和“快速减速曲线”（《连接调试手册》第 108 页 P6413）控制。G00 定位示意图如下：

非直线定位、直线插补方式定位示意图



限制

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

2 直线插补定位时，加速度由参数“快速运动平均加速度”（《连接调试手册》第 109 页 P6432）给定，减速度由“快速运动平均减速度”（《连接调试手册》第 109 页 P6433）给定。非直线插补定位时，各轴加减速度由参数“轴快速独立运动时的加减速度”（《连接调试手册》第 109 页 P6440）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：

- G70~76 循环中的定位运动
- G178 指令中的定位运动
- G90~G94 中的定位运动
- 当前段为 G00 定位指令，但前一段为螺纹指令
- 刀具半径补偿插入的定位段

5 其余情况的定位与 LRP 设定有关，主要包括：

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

4.2 直线插补（G01）

4.2.1 直线插补说明

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

格式

G01 IP__ F__ ;

IP：对绝对指令为刀具移动的终点坐标值，对增量指令为刀具的移动量。

F：刀具的进给速度。

解释

F 指定的进给速度，在指定新值前总是有效，因此不需对每个程序段一一指定。

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

沿各轴方向的速度如下：

G01 Xα Yβ Zγ Ff ;

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

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

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

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

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

G01 U40.0 V20.0 F300.0 ;（旋转轴特殊控制机能无效）

假定以公制输入时的旋转轴（相对坐标地址为 V）的 20.0deg 为 20mm。

分配所需时间为：

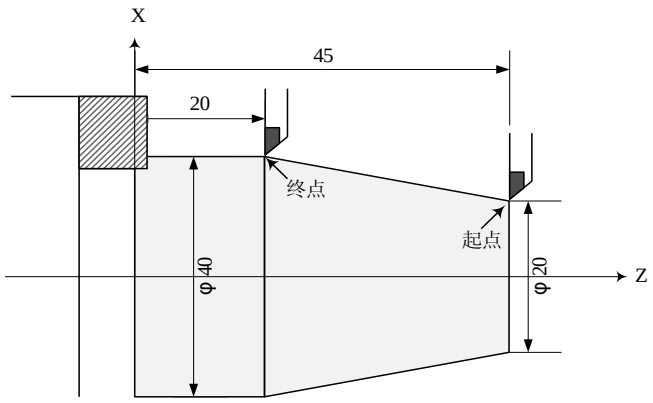
$$\frac{\sqrt{40^2 + 20^2}}{300} = 0.14907\text{min}$$

旋转轴的速度为：

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

举例

- **直线轴插补**



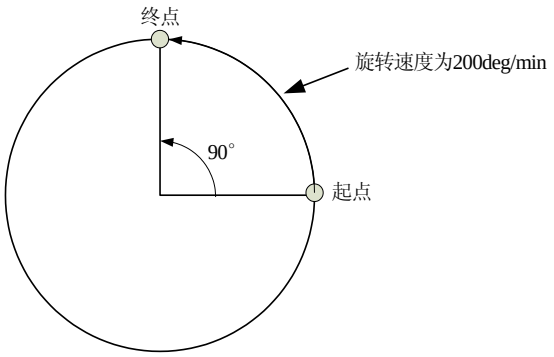
直径编程条件下的直线插补：

G01 X40.0 Z20.0 F200. ; （绝对方式）

或

G01 U20.0 W-25.0 F200. ; （增量方式）

- **旋转轴插补**



G01 V90.0 F200.0 ;（旋转轴特殊控制机能无效）

旋转轴（相对坐标地址为 V）以 200deg/min 的进给速度，逆时针旋转 90 度。

4.2.2 旋转轴速度单位缩小功能

当旋转轴与直线轴一起插补运动时，因单位差异可能导致合成速度中直线轴分速度太小，而旋转轴分速度太大。为了解决这个问题，提供了旋转轴速度单位缩小功能。

解释

- **名义移动量**

直线轴名义移动量=直线轴实际移动量（单位：毫米或英寸）

$$\text{旋转轴名义移动量} = \frac{\text{旋转轴实际移动量}}{36}$$ （单位：0.1 转）

- **名义长度**

$$\text{名义长度} = \sqrt{\sum \text{名义长度}^2} = \sqrt{\sum \text{直线轴实际移动量}^2 + \sum \left(\frac{\text{旋转轴实际移动量}}{36}\right)^2}$$

- **直线插补时的速度和加速度**

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

$$旋转轴分速度 = \frac{旋转轴名义移动量}{名义长度} \times 本段速度\ （单位：0.1\ 转/min）$$

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

$$旋转轴分加/减速度 = \frac{旋转轴名义移动量}{名义长度} \times 本段加/减速度\ （单位：0.1\ 转/min/s）$$

旋转轴的速度和加速度单位分别由[度/min]和[度/min/s]变为[0.1 转/min]和[0.1 转/min/s]。

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 该机能有效时，轴参数中旋转轴的速度和加速度单位分别为[0.1 转/min]和[0.1 转/min/s]。

3 该机能不影响旋转轴小数位数，也不影响插补分辨率。

4 该机能对已经使用“转”（速度[转/分]、加速度[(转/分)/秒]）为单位的机能无影响。刚性攻丝机能（参数 P6434/P6435 单位均为[(转/分)/秒]），以及 PLC 轴控制中的速度指令（平均加速度 DATA6 和平均减速度 DATA7 单位均为[(转/分)/秒]）均不受该机能影响。

举例

加工程序

G01 W50. V9000. F5099.020 ; // W 为直线轴的相对地址，V 为旋转轴的相对地址。

分速度计算

直线轴轴名义移动量=50.0[mm]

旋转轴名义移动量=9000.0/36=250.0[0.1 转]

名义长度= $\sqrt{50.0^2 + 250.0^2} = 254.951$

直线轴分速度=50.0/254.951*5099.020=1000.000[mm/min]

旋转轴分速度=250.0/254.951*5099.020=5000.000[0.1 转/min]=500[转/min]

4.3 圆弧插补（G02，G03）

4.3.1 圆弧插补说明

在指定平面上，使刀具沿着圆弧进行切削运动。本系统仅支持在 XZ（G18）平面上进行圆弧插补。

格式

XZ 平面的圆弧

$$\begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix} X(U)_\ Z(W)_ \begin{Bmatrix} R_ \\ I_\ \mathrm{K}_ \end{Bmatrix} F_;$$

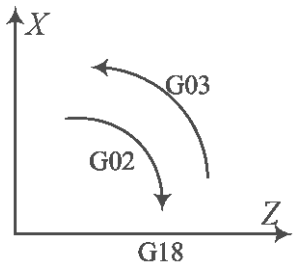
项目	指定内容	命令	描述
1	插补方向	G02	顺时针圆弧插补（CW）

项目	指定内容	命令	描述
		G03	逆时针圆弧插补（CCW）
2	终点位置或距离	X、Z	绝对坐标系中的终点位置
		U、W	从始点坐标到终点坐标的距离
3	圆心位置或半径	I、K	从始点坐标到圆心坐标的距离
		R	圆弧半径
4	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 XZ 平面从 Y 轴的正方向往负方向看而言，如下图所示：

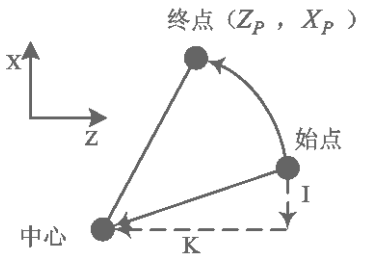


- **圆弧上的移动量**

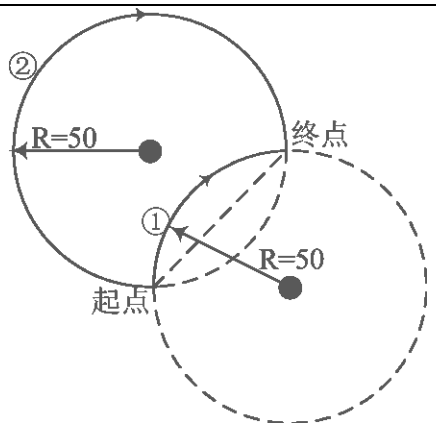
对于 G 代码体系 A，用地址 X、Z 指定圆弧终点的绝对值，用地址 U、W 指定增量值。增量值是从圆弧始点到终点的距离值。

- **圆弧中心**

圆弧中心用地址 I、K 指定，它们分别对应于 X、Z。I、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**



（半径编程）

①的圆弧小于 180°时，执行 G 代码 G02 U60.0 W50.0 R50.0 F300.0 ;

②的圆弧大于 180°时，执行 G 代码 G02 U60.0 W50.0 R-50.0 F300.0 ;

- **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 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、K 指定圆心，则指定的是一个整圆。

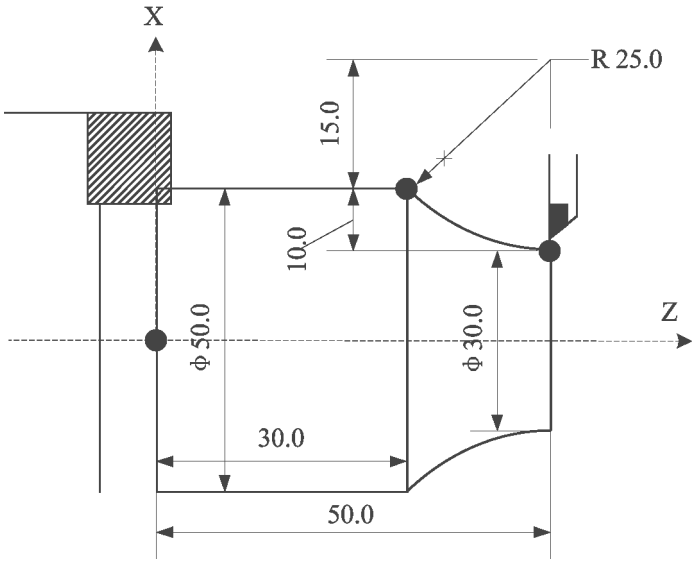
3 终点与起点位置相同时使用 R，则生成 0 度的弧，即不移动。

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

5 I、K 和 R 同时指定时，R 有效，I、K 无效。

6 R 指令圆弧半径时，需满足 $2R + e \geq |\overrightarrow{AB}|$，e 为参数 P6450 的设定值，$|\overrightarrow{AB}|$为圆弧起点到终点的矢量大小，否则系统报警。

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）

4.3.2 圆弧插补精度控制机能

解释

“圆弧或螺线插补精度”（《连接调试手册》第 110 页 P6451 或第 179 页 P072）又称弓高误差，用于控制圆弧插补精度。用户可以利用该机能独立控制圆弧或扩展弧线速度。

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

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

在不同的半径、精度、插补周期下，速度对照表如下：

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

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

注

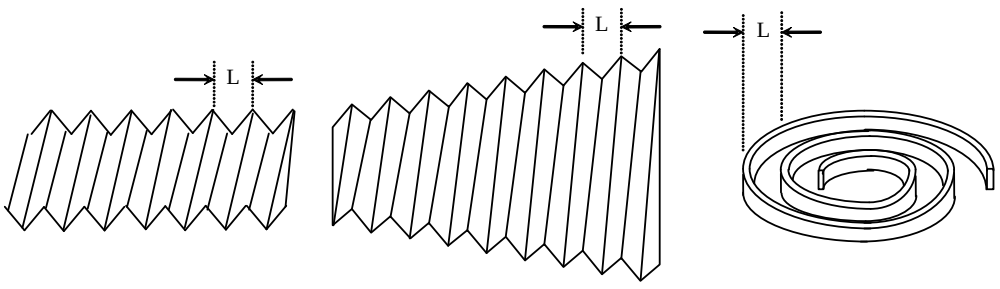
1 “圆弧或螺线插补精度”设为 0 时，该机能无效。

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

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

4.4 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。螺纹导程是指主轴转一圈长轴的位移量（X 轴位移量按半径值）。

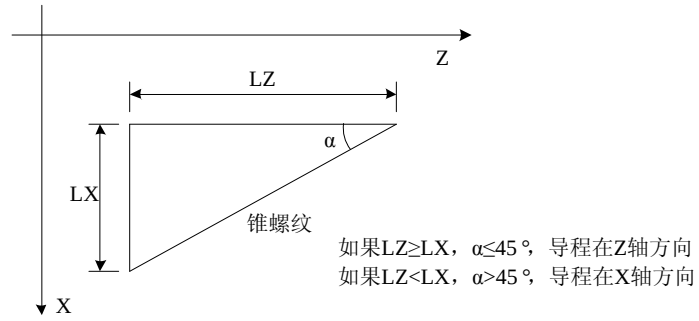
起点和终点的 Xp 坐标相同时，进行直螺纹切削；起点和终点的 Zp 坐标相同时，进行端面螺纹切削；起点和终点 Xp、Zp 坐标都不相同时，进行锥螺纹切削。

- **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。

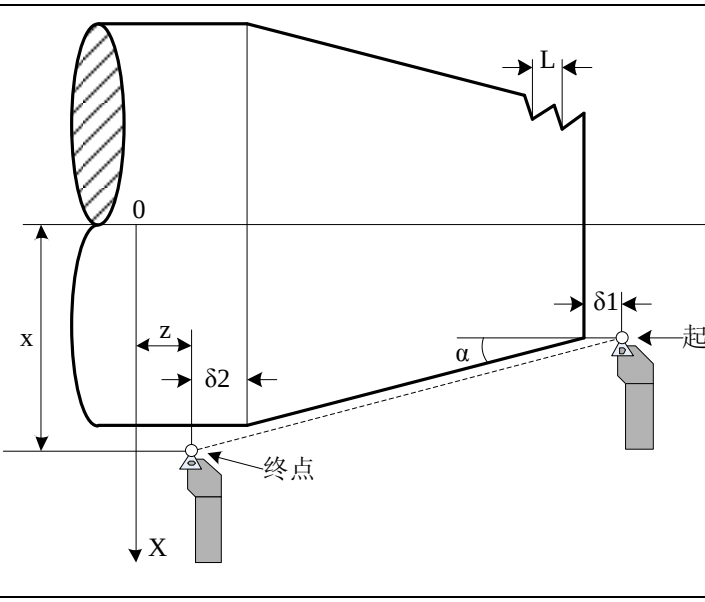
- **螺纹的导程**

螺纹的导程，是指长轴方向的导程。如下图所示。



导程通常用半径指定。

在螺纹切削开始及结束部分，一般由于升降速的原因，会出现导程不正确部分，考虑此因素影响，指令螺纹长度比需要的螺纹长度要长。如下图所示。



可以指令的导程与软件配置有关。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。

注

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，与持续按进给保持按钮（注 3）相同，在非螺纹切削程序段的开始，进给保持停止。但是，从自动方式变为其他方式时，和注 4 同样，在执行完非螺纹切削程序段后，用单程序段状态停止。

6 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。

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

7 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。

8 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。

9 在螺纹切削程序段中，不能指定倒角和圆角 R。

10 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。

- **英制螺纹切削机能**

螺纹切削（G32、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。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。

- **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。

- **连续螺纹切削**

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。

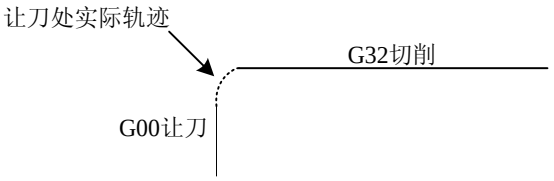
例

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

- **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。

- 让刀段不论是 G00 还是 G01 都自动采用快速退尾，速度受参数“螺纹让刀运动速度上限”（《连接调试手册》第 113 页 P6484 或第 179 页 P070）限制。
- 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”（《连接调试手册》第 112 页 P6481）、“螺纹让刀加减速曲线”（《连接调试手册》第 112 页 P6482）与“螺纹让刀平均加减速度”（《连接调试手册》第 112 页 P6483）、“螺纹让刀运动速度上限”（《连接调试手册》第 113 页 P6484 或第 179 页 P070）共同决定，实际轨迹如下图所示。

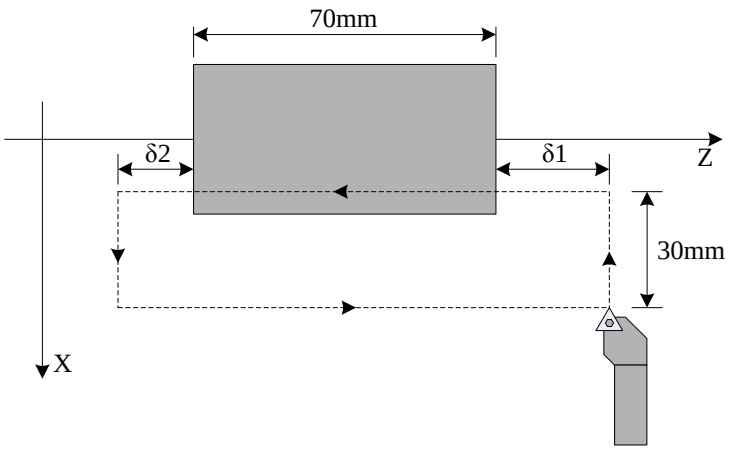


注

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。

举例

- **直螺纹切削**

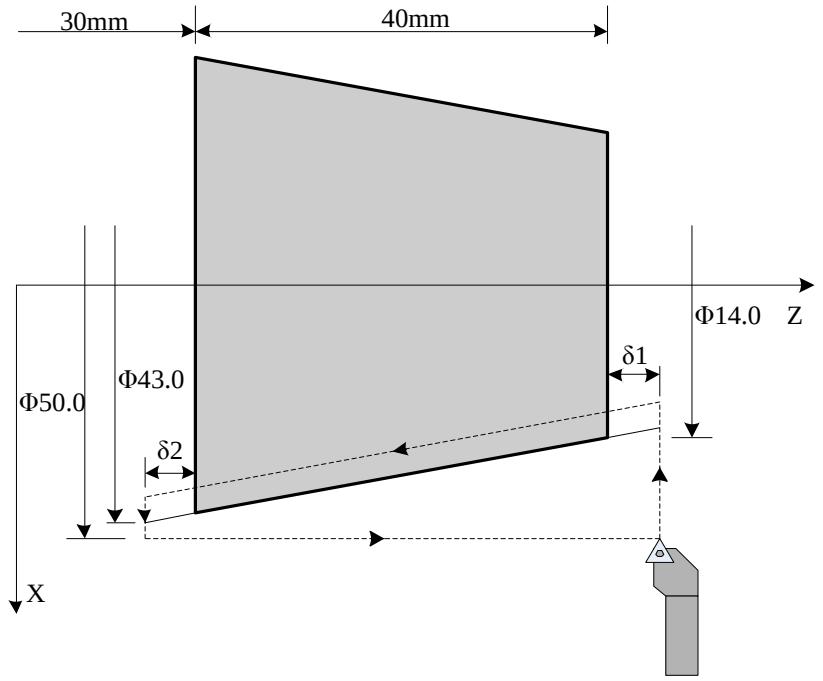


螺纹导程为 4mm，δ1=3mm，δ2=1.5mm，在 X 方向切深为 1mm（两次切入）。

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，δ1=2mm，δ2=1mm，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 K 值超过上述范围，或因 K 的增加或减小使导程超过允许值或者导程出现负值时产生报警（PS0014）。

如果导程过大，应该采用较低的主轴转速。否则，容易产生 22 号驱动报警（Z 轴指令速率过大）。

- **多头变螺距螺纹加工**

和 G32 一样，加工时，主轴先偏移 Q__指定的角度后，再进行螺纹加工。

注

连续 G34 时，Q 仅在第一个 G34 程序段有效，第二个 G34 程序段中指定的 Q 无效。

例

G34 Z-50. F8. K0.5 Q180 ;

G34 Z-100. F20. K-0.5 ;

- **退尾处理**

与 G32 的处理相同。

注

G34 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。

5 进给功能

5.1 快速进给

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

格式

G00 IP__ ;

G00：定位（快速移动）指令。

IP__：指定终点坐标。

解释

定位过程中各轴速度由参数“快速速率”(《连接调试手册》第 88 页 P0711）设定。

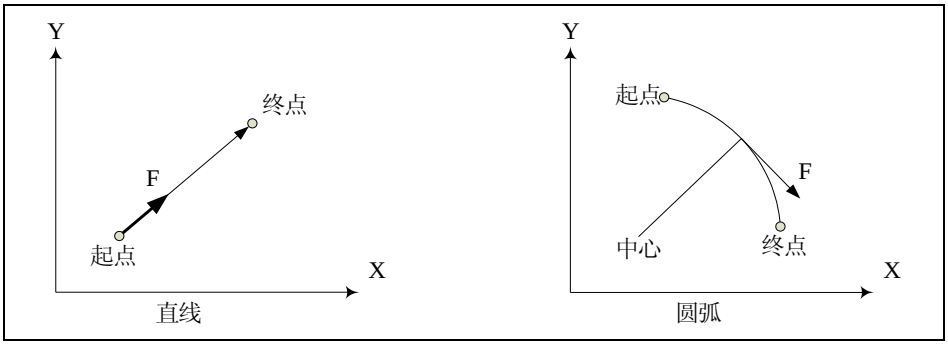
对于快速移动速度的倍率控制，利用机床操作面板上的按键，可得到如下倍率：

F0、25%、50%、100%

F0：由参数“快速倍率最低挡速率 F0”(《连接调试手册》第 88 页 P0712 或第 171 页 P026）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/分或英寸/分）

解释

1 在每分进给方式下，刀具每分钟的进给量直接由 F 的数值决定。每分进给 G 代码是模态的，一旦指定将一直有效，直到同组的每转进给 G 代码被指定。

2 系统接通电源后，即被设定在每分进给方式。

3 实际的切削速度（使用倍率后的进给速度）如果超过了参数“切削进给上限速度”（《连接调试手册》第 88 页 P0713 或第 171 页 P025）设定值，则被限制在上限值上。上限值以毫米/分或英寸/分为单位进行设定。

4 进给倍率通过操作面板上的倍率开关控制，可以使用 0~150%（每档 10%）的倍率。

5.2.2 每转进给（G99）

格式

G99 ;

F__ ;

G99：每转进给指令

F__：进给速度（毫米/转或英寸/转）

解释

1 在每转进给方式下，主轴每转一圈刀具的进给量直接由 F 的数值确定。每转进给 G 代码是模态的，一旦指定将一直有效，直到同组的每分进给 G 代码被指定。

2 进给倍率通过操作面板上的倍率开关控制，可以使用 0~150%（每档 10%）的倍率。

3 使用每转进给时，主轴上必须装有位置编码器。

4 当位置编码器的转速在 1rev/min 以下时，进给速度会出现不均匀。如果不要求速度均匀的加工，可用 1rev/min 以下的转速。这种不均匀会达到什么程度，不能一概而论，不过在 1rev/min 以下，转速越慢，进给速度越不均匀。

5.2.3 输入单位与输出范围

在默认参数设置下（直线轴小数位数 P0042 为 3，允许数据位数 P0015 为 8，最大切削速度 P0020 为 16000，最大切削转速度 P0022 为 2000），每分进给和每转进给方式的最小输入单位和最大输出范围，如下表所示：

输入/输出方式	每分进给		每转进给	
	最小输入单位	最大输出范围	最小输入单位	最大输出范围
公制输入/输出	0.001mm/min	16000.0mm/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 ±2%。当达到稳定状态后，误差是通过测定移动 500mm 以上的距离来求得的。

3 对于如螺纹切削和攻丝等指令，进给倍率无效。

5.3 高速高精进给控制

5.3.1 加减速控制

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

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

解释

- **加减速曲线类型**

本系统提供 5 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、4 次曲线、三角曲线。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）
- 螺纹让刀加速曲线（P6482）

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：

- 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。例如：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度参数的显示进行设置。

加减速曲线类型参数是否显示受参数“FACDCT”（《连接调试手册》第 81 页 P0005.2）控制。

加减速度参数的单位由参数“ACDCMS”（《连接调试手册》第 81 页 P0005.4 或第 176 页 P062.6）控制。

加减速度参数合并功能是否有效由参数“ACDCM”（《连接调试手册》第 81 页 P0005.4 或第 176 页 P062.6）控制。

- **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 [相关参数] P6410/P6412/P6430/P6432	√（2 次）直线 √2.5 次曲线 √（3 次）S 曲线 √4 次曲线 √三角曲线 [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 [相关参数] 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 [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 [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 [相关参数] P6480	√（2 次）直线 [相关参数] P6481	√（2 次）直线 √2.5 次曲线 √（3 次）S 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
	注：只有直线有效，无法选择曲线类型	注：只有直线有效，无法选择曲线类型	√4 次曲线 √三角曲线 [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 [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。
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 [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 [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 [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

5.3.2 拐角控制

解释

- **基于角度的控制**

参数“切削拐角角度”（《连接调试手册》第 110 页 P6453）用于判断两程序段是否相切。

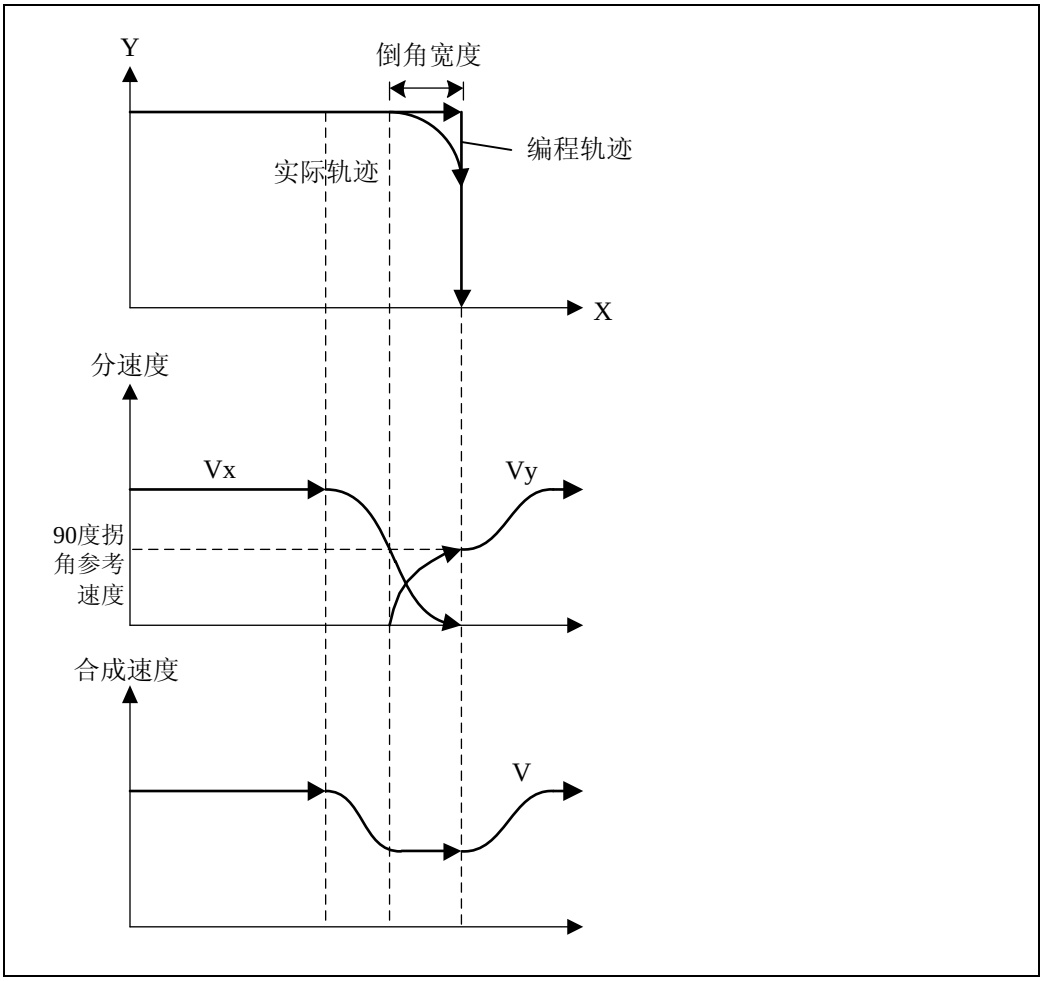
注

1 增大此参数时，如果机床产生冲击，应设置“切削平滑系数”（《连接调试手册》第 110 页 P6457 或第 179 页 P073）。

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

- **倒角宽度控制机能**

该机能允许一定的过切量，用于防止刀具相对工件表面运动速度过低，或者在允许一定过切量的情况下提高加工效率。由参数“90 度拐角参考速度”（《连接调试手册》第 112 页 P6475）控制。如下图所示：在拐角处，当 X 轴减速到“90 度拐角参考速度”时，Y 轴就开始启动加速，两轴的合成速度不会继续下降，所以拐角处的加工效率会提高，但刀具实际轨迹存在误差。



注

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

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

5.3.3 轨迹光顺功能

使用轨迹光顺功能，允许轮廓有一定的误差，减小机床震动。

相关参数为：

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

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

两机能基本相同，可同时使用。

注

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

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

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

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

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

5.3.4 刀具轴向设定功能

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

注

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

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

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

5.3.5 编程允差设定功能

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

注

1 “编程允许误差”（《连接调试手册》第 110 页 P6456）不能设定过大。当 CAM 软件生成小线段时选择的最小编程单位与系统相同时，应设定该参数为 4 个最小编程单位（或略微大些）。当 CAM 软件生成小线段时选择的最小编程单位大于系统最小编程单位时，应设定该参数为 4 个 CAM 软件生成程序时选择的最小编程单位（或略微大些），如：CAM 软件生成时选择 1μm 为单位，而系统最小编程单位是 0.1μm，那么设定该值为 40（=4μm）或略大。当 CAM 软件生成小线段时选择的最小编程单位小于系统最小编程单位时，设定该参数为 4 个系统的最小编程单位（或略微大些），如：CAM 软件生成时选择 0.1μm 为单位，而系统最小编程单位是 1μm，那么设定该值为 4（=4μm）或略大。

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

5.3.6 预先预读功能

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

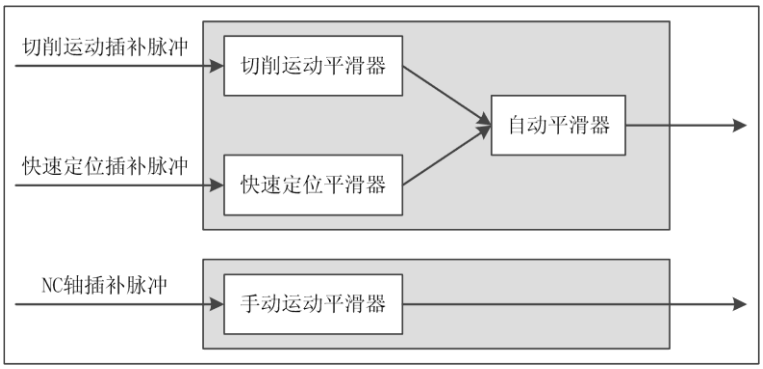
读可能跟不上进给。（尽量不要生成这种程序，CAM 输出时可适当降低分辨率。）本机能启用后，必要时会在速度为 0 处预先填充预读控制器，填充时轴无输出，并在运行状态处显示“预读”。相关参数为预读控制器最小负载百分比（P6470）。

注

使用该机能后，可能会延长加工时间。

5.3.7 速度平滑控制

系统提供 3 个通道的速度平滑控制功能，它们分别用于控制切削运动、快速定位运动、手动运动。如下图所示：



系统为每个平滑器分配两个数据参数。如下表所示：

平滑系数	平滑阶数	说明
P6457	P6458	切削运动平滑器控制参数
P6459	P6460	自动平滑器控制参数（对切削运动和快速定位都有效）
P6461	P6462	手动模式平滑器控制参数
P6467	P6468	快速平滑器控制参数

解释

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

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

5.3.8 修改参数（G05）

G05 指令可用于修改以下参数：

- “切削平滑系数”（《连接调试手册》第 110 页 P6457 或第 179 页 P073），用 R 指定。
- “自动平滑系数”（《连接调试手册》第 111 页 P6459），用 E 指定。
- “切削拐角角度”（《连接调试手册》第 110 页 P6453），用 Q 指定。

格式

G05 Rr Ee Qq ;

r 为切削平滑系数，数值范围：0~4。

e 为自动平滑系数，数值范围：0~4。

q 为切削拐角角度，数值范围为：10.0~179.999999。

注

1 G05 指令必须独占一段指令。

2 可以只修改某一个参数，指令执行后，立即将新的参数存入非易失性存储器。

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

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

5.4 暂停（G04）

利用暂停指令，可以推迟下个程序段的执行，推迟时间为指令的时间。

格式

G04 X__ ;

或

G04 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。

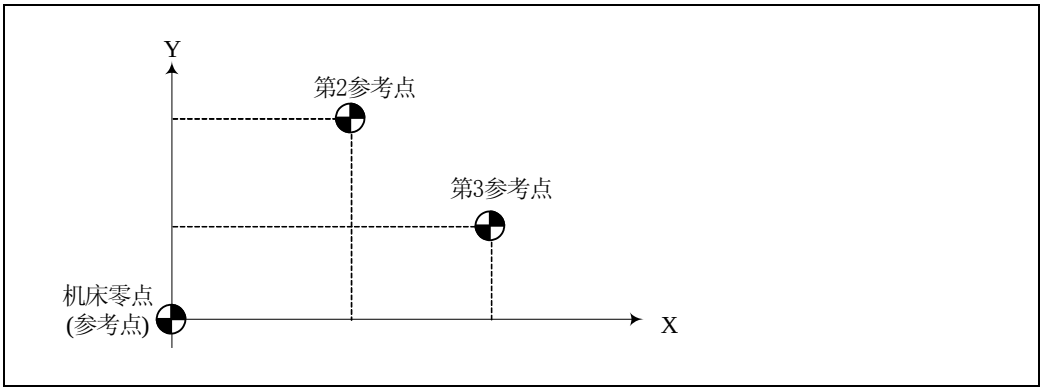
2 如果省略了 P、U、X 指令则可看作是准确停。

3 执行 G04 指令将自动禁止预读与缓冲。

6 参考点

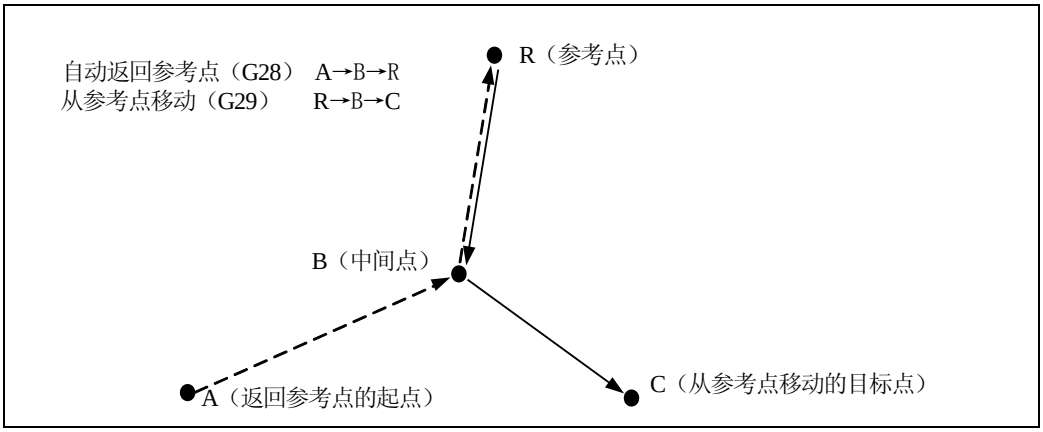
参考点是指机床上某一固定位置。加工时，可把参考点作为自动换刀的位置，通过返回参考点功能将刀具移动到该位置。

本系统最多可以指定三个参考点，第 1 参考点的机床坐标始终为 0，即机床零点，“第 2 参考点机床坐标”（《连接调试手册》第 86 页 P0511）和“第 3 参考点机床坐标”（《连接调试手册》第 86 页 P0512）分别用于设定第 2、3 参考点的机床坐标，如下图所示。



6.1 自动返回参考点（G28）和从参考点移动（G29）

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



格式

G28 IP__ ;

G28：自动返回参考点指令。

IP__：自动返回参考点时途经的中间点坐标，绝对或增量值指定。

G29 IP__ ;

G29：从参考点移动指令。

IP__：最终移动到的目标点坐标，绝对或增量值指定。

解释

1 执行 G28 过程中，以快速移动速度进行中间点和参考点的定位。

2 在机床锁住状态，G28 无法从中间点快速定位到参考点，回零灯也不会亮。

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

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

例

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

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

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

5 参数“回零后自动坐标系设定的坐标值”（《连接调试手册》第 86 页 P0510）可指定刀具在返回参考点后的工件坐标。

6 G29 要在通过 G28 或 G30 返回参考点的状态下指定。

7 对于 G29 的增量指令，指定值指定的是从中间点开始的增量值。

8 在 G29 移动到中间点和指令点中，都是以快速移动速度进行的。

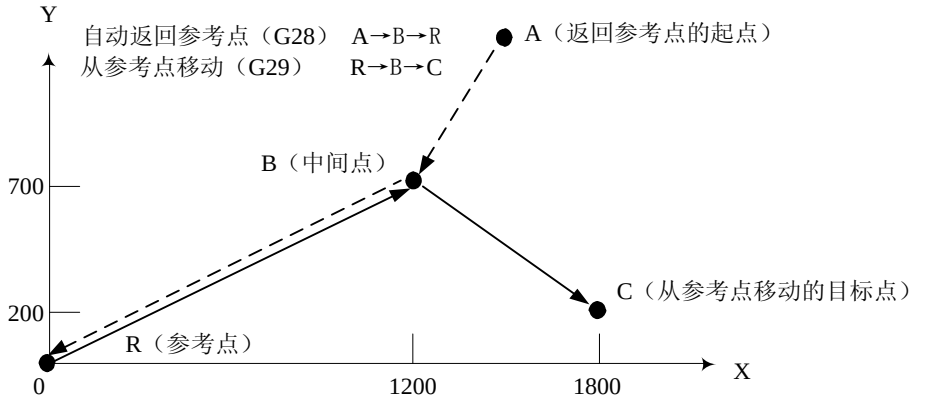
注

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

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

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

举例



加工程序

G28 X1200.0 Y700.0 ; （A→B→R 的程序）

…… ;

G29 X1800.0 Y200.0 ; （R→B→C 的程序）

6.2 自动返回第 2、第 3 参考点（G30）

格式

G30 P2 IP__ ;

返回第 2 参考点（P2 可以省略）

G30 P3 IP__ ;

返回第 3 参考点

IP__：自动返回参考点时途经的中间点坐标，绝对或增量值指定。

解释

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

2 第 2、3 参考点的位置由系统参数“第 2 参考点机床坐标”（《连接调试手册》第 86 页 P0511）和“第 3 参考点机床坐标”（《连接调试手册》第 86 页 P0512）设定，参数的含义是第 2、3 参考点相对于第 1 参考点的距离，单位与机床坐标系的单位一致。

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

4 指令 G30 时，P 值非 2 或 3，则产生报警（PS0094）。

5 在机床锁住状态，G30 无法从中间点快速定位到参考点，回零灯也不会亮。

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

6.3 返回参考点检查（G27）

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

格式

G27 IP__ ;

IP__：指定参考点的坐标（绝对值/相对值指定）。

解释

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

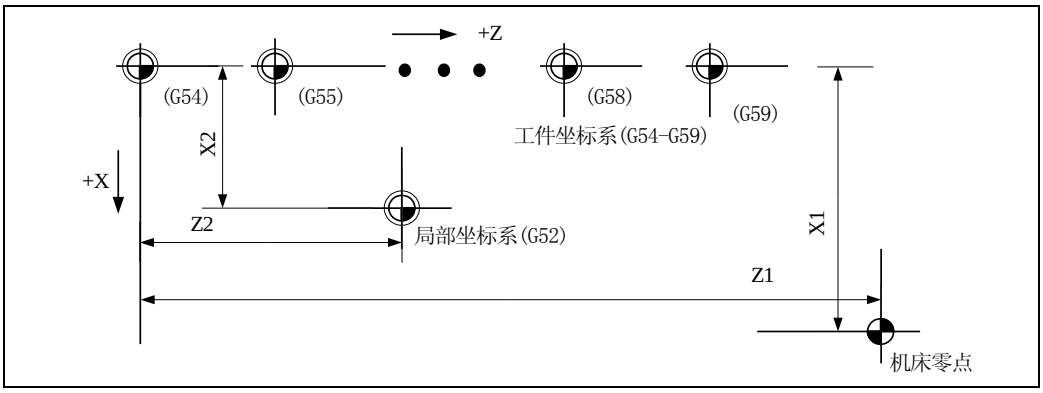
7 坐标系

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

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。

各坐标系关系如下图：



7.1 机床坐标系

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

7.1.1 机床坐标系的设定

通常情况下，系统开机后，用户要对机床坐标系进行重新设定。

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

此坐标系将保存在系统中，直到用户重新设定。

7.1.2 机床坐标系定位（G53）

根据指定的机床坐标，将刀具快速移动到目标位置。

格式

G53 IP__ ;

IP__：目标点在机床坐标系下的绝对坐标

解释

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

2 G53 是非模态 G 代码，仅在当前程序段有效。

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

注

1 当指定 G53 指令时，将自动清除刀具半径、长度等补偿量。

2 G53 抑制 G 代码预读。

7.1.3 快速机床坐标系定位（G153）

格式

G153 IP__ NF__ ;

IP__：目标点在机床坐标系下的绝对坐标

NF__：运动速率

解释

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

G153 可加快换刀速度，使用 NF 可以不影响用户指令的进给速率。

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

7.1.4 程序控制加减速度和加减速曲线

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

CT：曲线类型，十位数为加速曲线类型，个位数为减速曲线类型。

AD：加减速度

AC：加速度

DC：减速度

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

例

G153 Z200. NF12000. CT11 AD80. ;

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

7.2 工件坐标系

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

7.2.1 工件坐标系的设定

工件坐标系有三种设定方法：

1 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。

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。

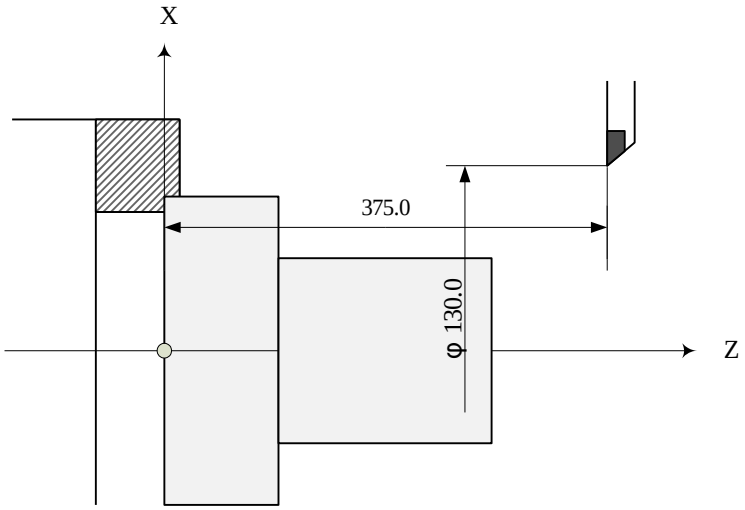
1 IP__为增量值时，指令前刀具坐标值与增量相加，作为 G50 指定的绝对坐标。

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。通常情况下，在指定刀具补偿前请先设定工件坐标系。

3 当用 G50 设置了工件坐标系后，刀尖所处的位置就是 G50 设定的位置。程序中的绝对指令都是以工件坐标系原点为起点来表示的。

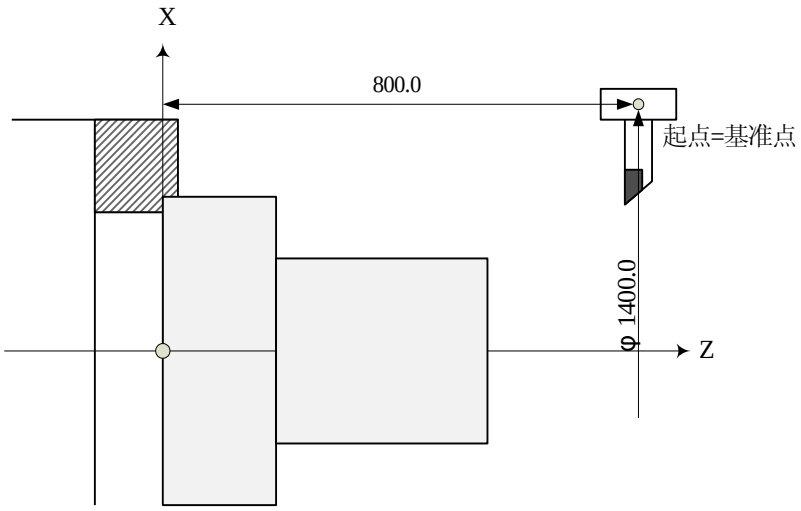
举例

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”（《连接调试手册》第 86 页 P0510）的值，则返回参考点后，刀架基准点或刀尖位置的绝对坐标值为 X=α，Y=β，Z=γ。这样就设定了工件坐标系。此方法与在参考点上执行下面指令设定是等效的。

G50 Xα Zγ ;

8 坐标值和尺寸

8.1 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毫米、度或秒的位置。

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，单位为毫米、度或秒，无小数点时，单位为最小输入单位。

例

G21 ; 公制输入，默认位置地址最小输入单位 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”（《连接调试手册》第 94 页 P2500.3），可以使具有小数点编程功能的地址在编程时，如果没有编入小数点，则自动在数值最后添加小数点。

例

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

- **强制输入小数点（POD）**

使能参数“POD”（《连接调试手册》第 94 页 P2500.3），强制可带小数点的地址必须编入小数点。如果没有编入小数点，则产生报警（PS1202）。

- **暂停指令（G04）**

指定暂停时，地址 X 可以输入小数点，但地址 P 不能用小数点。

使用暂停指令时，在一个程序段内要先指定 G04。

例

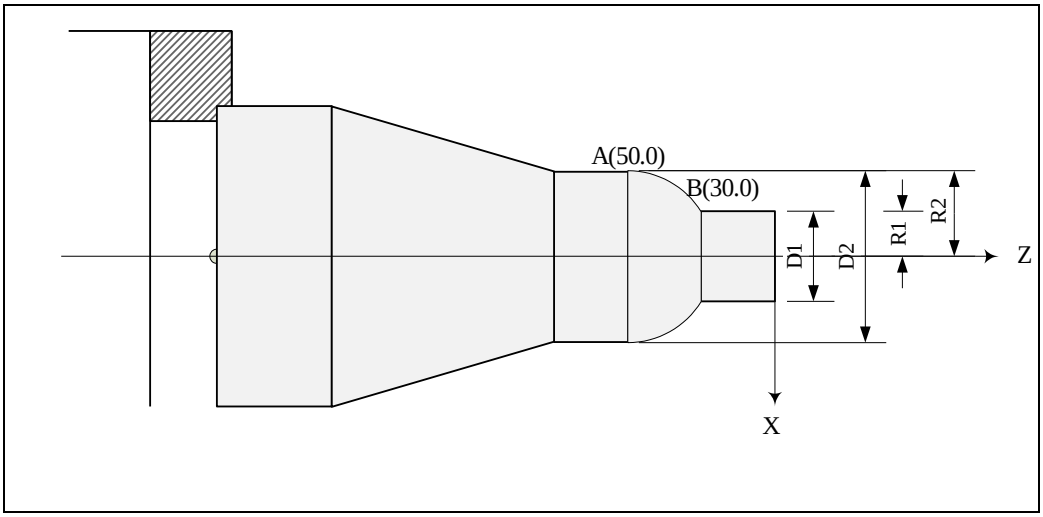
X1.0 G04 ; X 地址作为位置地址处理，X1.0 在公制单位下暂停 1 秒。

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。

8.2 直径和半径编程

8.2.1 直径指定和半径指定

T 系列在编写加工程序时，因为零件截面一般都是圆形，所以有直径指定和半径两种指定方法。如下图所示。



直径编程	半径编程
O0001 ;	O0001 ;
G00 X0. Z2. ;	G00 X0. Z2. ;
G01 Z0. F200. ;	G01 Z0. F200. ;
X30. ;	X15. ;
W-10. ;	W-10. ;
G03 X50. W-10. R10. ;	G03 X25. W-10. R10. ;
G00 X60. ;	G00 X30. ;
Z50. ;	Z50. ;
M30 ;	M30 ;

解释

如上述程序，当选择半径编程时，X 轴的坐标使用半径值指定；选择直径编程时，X 轴的坐标使用直径值指定。两种方式可通过参数“XRC”（《连接调试手册》第 81 页 P0003.0 或第 168 页 P004.5）选择。

- **直径指定时的注意事项**

项目	注意事项
Z 轴指令	与直径、半径无关
X 轴指令	用直径指令
地址 U 的增量指令	用直径指令
坐标系设定（G92/G50）	用直径指令 X 轴坐标值
刀具补偿量的 X 轴的值	用参数“ORC”（《连接调试手册》第 98 页 P3200.4）指定直径编程或半径编程
单一型固定循环中 X 轴的切深量	用半径值指令
圆弧插补的半径指令（R、I、K）	用半径值指令
X 轴方向的进给速度	用半径变化/min 或半径变化/rev 指令
X 轴的位置显示	用直径值显示

注

1 在说明书中，如果没有特别指出直径或半径指定，那么，当直径指定时，X 轴为直径值，当半径指定时，X 轴为半径值。

2 关于刀具补偿使用直径的意义，是指当刀具补偿量改变时，工件外径的直径值变化。如果不换刀具，补偿量改变 10mm，则切削工件外径的直径值改变 10mm。

3 关于刀具补偿使用半径的意义，是指刀具本身的长度。

9 Y 轴功能

将系统参数 P0405-3.2 设置为 0，Y 轴功能有效。此时，Y 轴相关参数才能显示和设置。

注

Y 轴的绝对坐标编程和显示用地址符 Y 表示，相对坐标编程和显示用地址符 V 表示。

Y 轴可实现的运动

快速运动	：G00 Y（V）_ X（U）_ Z（W）_;
进给运动	：G01 Y（V）_ X（U）_ Z（W）_ F_;
螺纹切削	：G32 Y（V）_ F_ Q_;
回参考点	：G28 Y（V）_ X（U）_ Z（W）_;
回第 2、3 参考点	：G30 P2（P3） Y（V）_ X（U）_ Z（W）_;
设坐标系	：G50 Y_ X_ Z_;
跳跃功能	：G31 Y_ X（U）_ Z（W）_ F_;
手动功能	：手动、单步、手轮、手动回零等

10 主轴功能（S 功能）

10.1 主轴速度指令

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

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

当移动指令和 S 代码在同一程序段时，移动指令和 S 代码可同时开始执行。

注

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

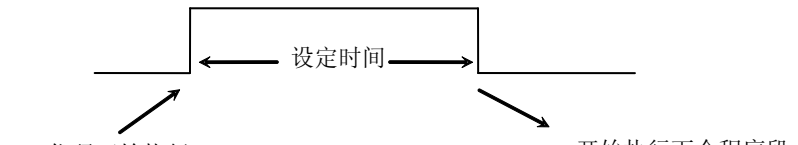
2 S 代码需要和主轴 M 指令配合使用。

10.1.1 S2 位数（主轴档位输出）

用地址 S 和其后面 2 位数控制主轴转速。

系统可提供 8 级主轴机械换档（S01~S08）。当没有选择模拟主轴机能时，即参数“SANG”（《连接调试手册》第 80 页 P0001.4 或第 168 页 P004.7）设为 0 时，S 代码与主轴的转速的对应关系及机床提供几级主轴变速，请参照机床制造厂家的说明书。

S 代码的执行时间可由定时器 T01 设定。



注

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

2 S2 位数有效时，若指令 S4、5 位数，则后 2 位数有效。

3 S 代码设定时间参数请参见 II-12.3。

10.1.2 S5 位数（主轴模拟输出）

解释

- **自动方式**

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

- **手动方式**

当系统使用模拟主轴时，即参数“SANG”（《连接调试手册》第 80 页 P0001.4 或第 168 页 P004.7）设为 1 时，参数“JOGS”（《连接调试手册》第 96 页 P2700.2）可选择在手动方式下模拟主轴速度的控制方式：

- JOGS＝1 时，模拟主轴速度由编程的 S 代码控制。

- JOGS＝0 时，在手动方式下，模拟主轴速度由以下参数决定：
  (1) 参数“手动方式下主轴速度的初值”（《连接调试手册》第 97 页 P2711）设定开机时手动方式下模拟主轴转速的初始值，单位为 rev/min。
  (2) 参数“手动方式下主轴速度的增量”（《连接调试手册》第 97 页 P2713）设定手动方式下的模拟主轴转速每次的增减值。增加时以参数“手动方式下主轴速度最大值”（《连接调试手册》第 97 页 P2712）为上限。

位置页面的 S 值在手动方式下显示手动主轴转速。

- **其他方式**

在其它方式时，主轴以指定的 S 代码旋转。

注

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

2 当参数“JOGS”（《连接调试手册》第 96 页 P2700.2）设为 0 且主轴旋转时，在手动与非手动间切换，主轴速度会发生变化。

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

10.2 模拟主轴换档

10.2.1 模拟主轴自动换档机能

解释

- **M 代码对应的档位转速**

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。

- **相关诊断参数**

1 “GEARKP”（《连接调试手册》第 147 页 K004.6）：1/0，上电时，恢复/不恢复断电前的档位。

2 “SORCH”（《连接调试手册》第 147 页 K004.5）：1/0，换档时，模拟电压输出基准选择第一档/当前档。

3 “AGIM”（《连接调试手册》第 147 页 K004.4）：1/0：主轴档位反馈信号有效电平为高电平/低电平。

4 “AGIN”（《连接调试手册》第 147 页 K004.3）：1/0：自动换档时，总是检查/出现新 S 时检查换档到位信号。

5 “AGEARM”（《连接调试手册》第 147 页 K004.2）：1/0：主轴通过 M 指令换档/根据 S 指令自动换档。

6 “AGST”（《连接调试手册》第 147 页 K004.1）：1/0：自动换档时，需要/不需要手动完成换档（即档位到位信号输入后，是否需按“循环启动”键才能完成换档）。

7 “AGEAR”（《连接调试手册》第 147 页 K004.2）：1/0：选择模拟主轴自动换档/手动换档。

- **M 指令换档过程**

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 检查指令代码的档位与当前输出的档位是否一致。如果一致，M 代码结束，不进行换档。如果不一致，进行以下换档过程。

3 使主轴转速为诊断数据表“主轴换档低速”（《连接调试手册》第 153 页 D0056）设置的转速。如果进给轴有运动，则暂停运动。

4 延迟“主轴换档定时器 1”（《连接调试手册》第 157 页 T010）设定的时间后，关闭原档位输出信号，同时输出新档位信号。

5 若诊断参数“AGIN”（《连接调试手册》第 147 页 K004.3）设为 1，跳至第 6 步，否则跳至第 7 步。

6 检查档位到位输入信号，如果到位，跳至第 7 步。

7 延迟“主轴换档定时器 2”（《连接调试手册》第 157 页 T011）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 按新的档位输出模拟主轴转速，换档 M 指令结束。

- **S 指令换档过程**

1 轴运动停止，模拟主轴输出“主轴换档低速”（《连接调试手册》第 153 页 D0056）设定的转速。

2 延迟“主轴换档定时器 1”（《连接调试手册》第 157 页 T010）设定的时间后，输出换档信号 GEAR1~4。

3 检测档位信号 GEAR1~4 是否到位。

4 到位后，延迟“主轴换档定时器 2”（《连接调试手册》第 157 页 T011）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 按新的档位输出模拟主轴转速，S 指令结束。

10.2.2 模拟主轴手动换档机能

解释

- **主轴输入接口换档**

诊断参数“AGEAR”（《连接调试手册》第 147 页 K004.2）设为 0 时，为模拟主轴手动换档，根据输入接口的情况来确定主轴档位。

输入信号 GEAR4I（X1.2）=1，系统按“主轴 4 档最大速度”（《连接调试手册》第 153 页 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 档最大速度”（《连接调试手册》第 152 页 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 档最大速度”（《连接调试手册》第 152 页 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 档最大速度”（《连接调试手册》第 152 页 D0040）设置的最高主轴转速输出。

注

1 模拟主轴手动换档时，档位输入信号级别最低，如果选择该点为其它功能，则档位输入信号无效。

2 如果选择了模拟主轴手动换档时，不想换档，可以将 D40/D44/D48/D52 设置为相等。

10.3 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，并把与其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），英制为 feet/min（英尺/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**

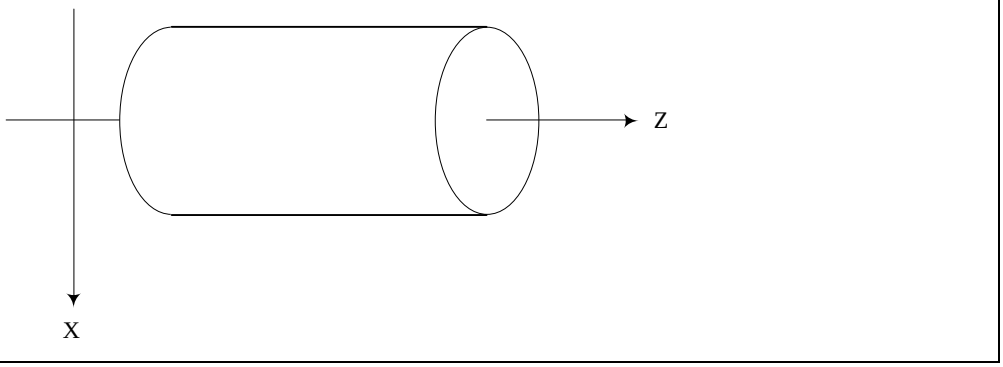
G50 S__ ； 用于 G 代码体系 A

S__：主轴最高转速，单位 rev/min。

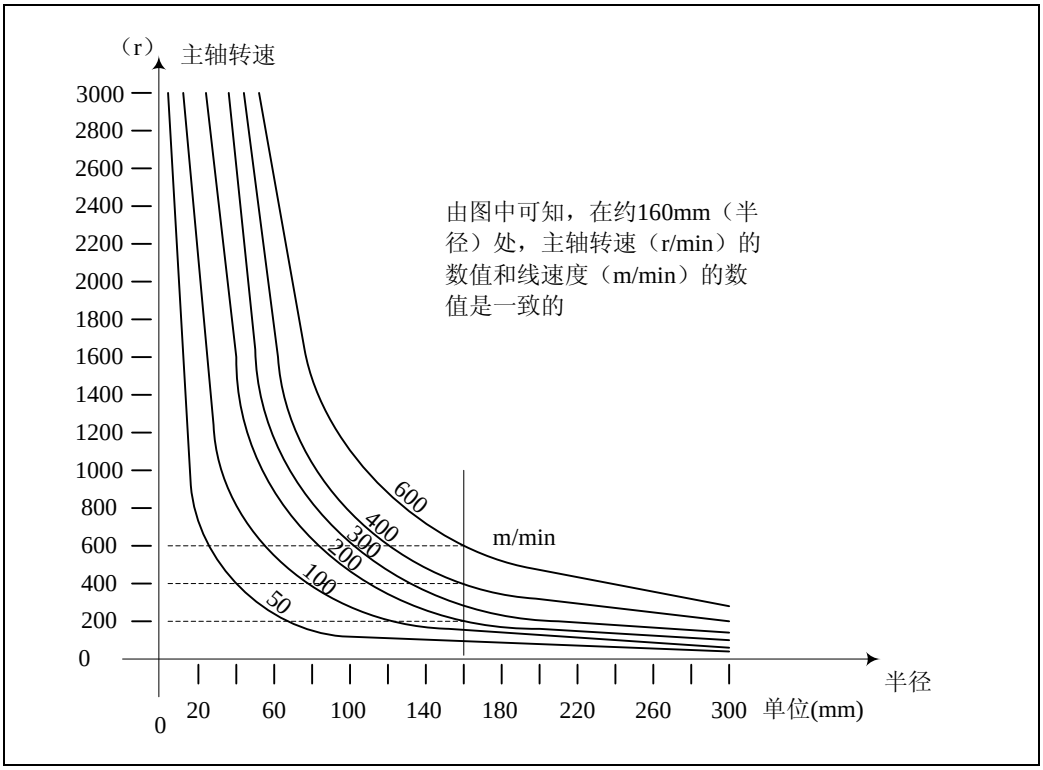
解释

- **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/G92 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/G92 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。

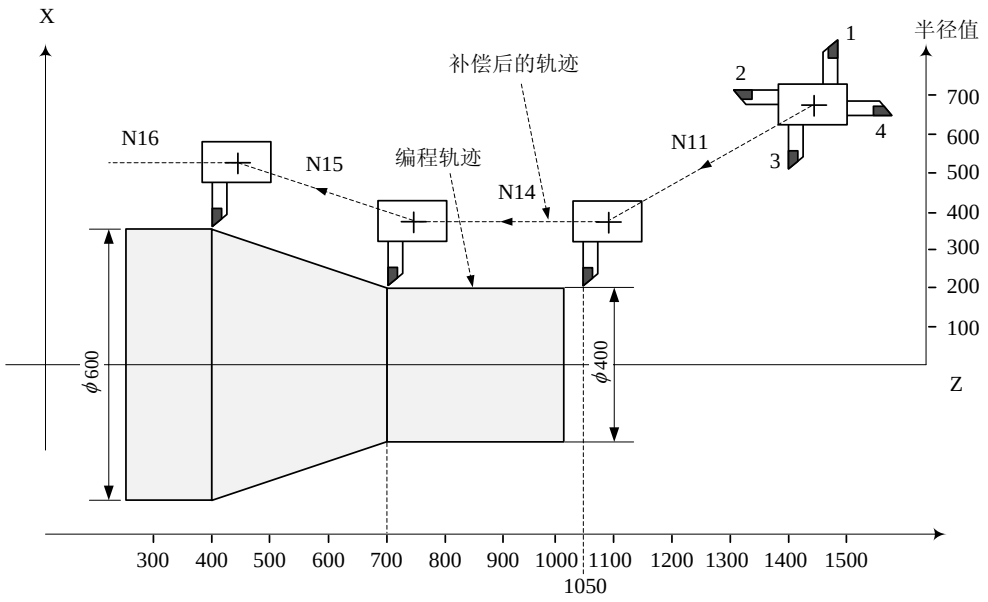
7 每转进给（G99），在恒线速控制方式下（G96），虽然无使用意义，但仍有效。

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



加工程序

N8 T0303 ; （直径指定）

N9 G00 X1000.Z1400. ;

N11 X400.Z1050. ;

N12 G50 S3000 ; （指定最高转速）

N13 G96 S200 ; （线速度 200m/min）

N14 G01 Z700. F1000. ;

N15 X600. Z400. ;

N16 Z_ ;

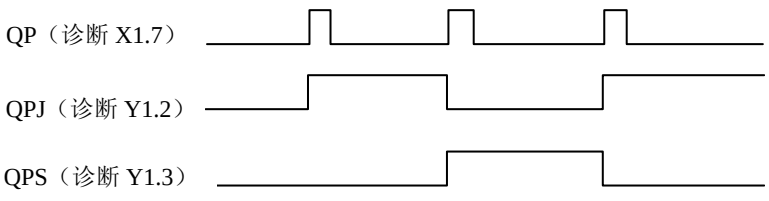
系统通过程序中的 X 坐标值进行线速度计算，使其达到指定的线速度。当有补偿时，不是用补偿后的 X 值进行计算的。上例的 N15 的终点，不是转塔中心，而是刀尖。也就是说，在Φ600 处，线速度为 200m/min。X 值为负时，取绝对值进行计算。

10.4 主轴卡盘控制

解释

- **卡盘手动控制（输入信号 QP）**

当“QPSL”（《连接调试手册》第 148 页 K008.0）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”（《连接调试手册》第 148 页 K008.1）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**

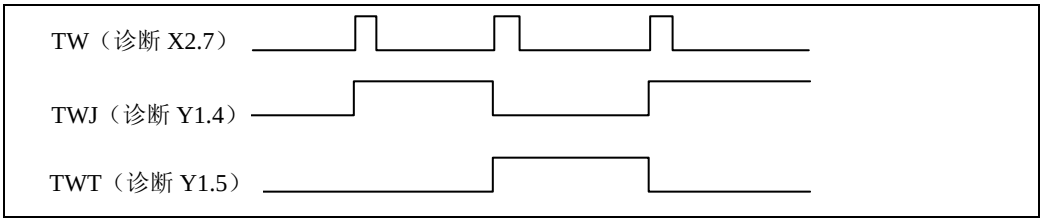
  若诊断参数“QPLS”（《连接调试手册》第 148 页 K008.2）设为 0，则卡盘输出信号 QPS/QPJ 为电平方式；若 QPLS 设为 1，则卡盘输出信号 QPS/QPJ 为脉冲方式，脉冲信号的宽度由诊断“卡盘脉冲宽度”（《连接调试手册》第 157 页 T012）设置。

10.5 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”（《连接调试手册》第 148 页 K008.4）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”（《连接调试手册》第 157 页 T013）设置。

11 刀具功能（T 功能）

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

系统可提供的刀具数由诊断数据“总刀具数”（《连接调试手册》第 152 页 D0007）设定。

格式

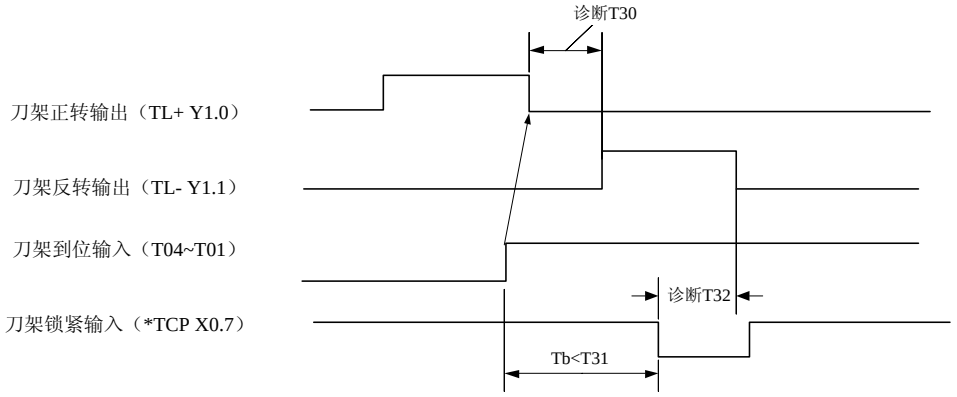
TOOXX ;

OO：刀具选择号

XX：刀补号

解释

- **换刀过程（以宏达刀架为例）**



T30：刀架正转停止到反转锁紧输出的延迟时间。

T31：刀架到位到锁紧的允许时间。

T32：刀架锁紧到位到反转锁紧停止的延迟时间。

换刀过程如下：

1 T 代码开始执行时，首先输出刀架正转信号（TL+），使刀架旋转。

2 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。

3 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。

4 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-）。

5 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（自动记录在 PLC 参数）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≥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。

- **刀架输入信号检查机能**

诊断参数“TCKI”（《连接调试手册》第 151 页 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。

- **后刀架选择机能**

当诊断参数“RVX”（《连接调试手册》第 151 页 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”（《连接调试手册》第 151 页 K016.1）设定；刀架锁紧信号（*TCP）由“TCPS”（《连接调试手册》第 151 页 K016.0）设定。

注

1 一般情况下，接外部信号时，选择高电平作为有效信号。否则，当信号线断开时，会立刻认为有效。

2 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。

12 辅助功能（M 功能）

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

12.1 辅助功能代码

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

解释

- **标准辅助功能 M 代码**

名称	功能
M00	程序暂停
M01	程序选停
M03	主轴正转
M04	主轴反转
M05	主轴停止
M08	冷却开
M09	冷却关
M10	卡盘卡紧
M11	卡盘松开
M19	第 1 主轴主轴定向
M21	特殊 M 代码
M22	特殊 M 代码
M23	特殊 M 代码
M24	特殊 M 代码
M26	吹气开
M27	吹气关
M06	调用子程序
M30	程序结束
M31	加工计数
M98	调用子程序
M99	子程序返回
M32	润滑开
M33	润滑关
M41	模拟主轴档位第一档
M42	模拟主轴档位第二档
M43	模拟主轴档位第三档
M44	模拟主轴档位第四档

名称	功能
M48	进给倍率固定 100%
M49	进给倍率恢复
M71	特殊 M 代码
M72	特殊 M 代码
M73	特殊 M 代码
M74	特殊 M 代码
M78	台尾进
M79	台尾退
M91	特殊 M 代码
M92	特殊 M 代码
M93	特殊 M 代码
M94	特殊 M 代码

注

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

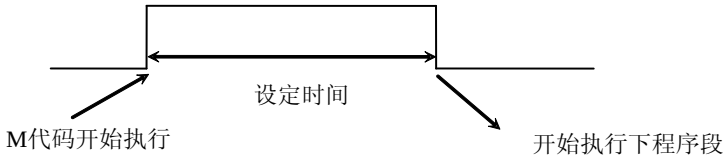
2 M 启动后，即使系统工作方式改变，也仍然保持。用手动方式按键无法关闭，可按“复位”键关闭。

3 PLC 可自定义 M 代码。

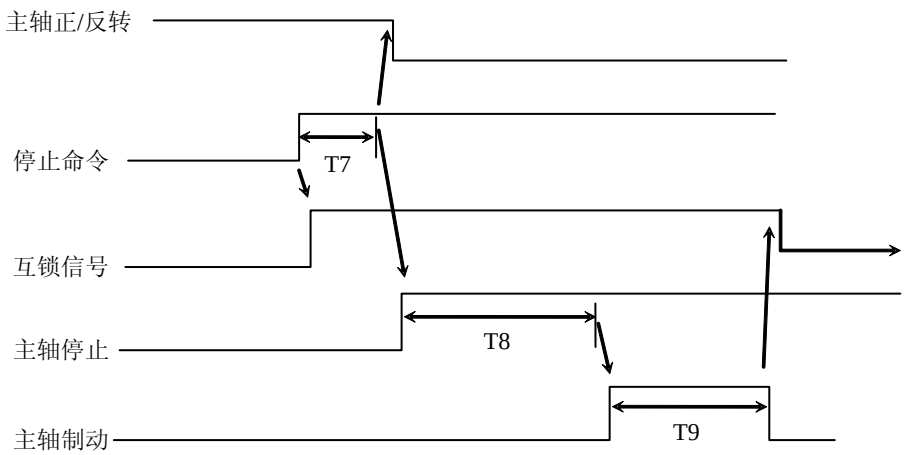
4 M 代码输出为脉冲或电平由 PLC 程序控制。

- **相关定时器**

除 M00、M01 外，其他 M 代码的执行时间可由定时器 T00 设定。示意图如下。



主轴正反转、停止、制动等时序图及设定时间，如下所示。



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

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

T9：主轴制动时间。该值设定在定时器 T 区 T9。

- **特殊意义 M 代码**

下面的 M 代码规定了特殊的使用意义，由系统实现功能：

1 M30：程序结束，编程时必须单独一行。步骤如下：

(1) 停止自动运转，处于复位状态。

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

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

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

3 M01：程序选停。“调试/设置”页面上的“程序选停”为开时有效。

4 M98/M99：子程序调用。详情参见 II-13.1.1.2

注

1 M00、M01、M30 的下一个程序段即使存在，也不进入缓冲存储器中。

2 执行 M98/M99 时，代码信号不传送给 PLC。

12.2 特殊 M 代码

12.2.1 用户接口转跳机能（M91/M92、M93/M94）

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。

12.2.2 特殊 M 代码（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。

解释

- **相关参数**

诊断参数“SM21”（《连接调试手册》第 150 页 K013.6）决定 M21/M22/M71/M72 代码功能有效/无效。

诊断参数“SM23”（《连接调试手册》第 150 页 K013.7）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”（《连接调试手册》第 157 页 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 置为 1，则关闭接口 M23O 的输出。
7 M73：执行“M23 功能定时器”（《连接调试手册》第 157 页 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。

12.3 辅助功能参数

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

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

12.4 与辅助功能相关的报警

与辅助机能相关的报警通过“外部报警”页面显示。常用外部报警号如下：

外部报警号	报警信息
01	M 代码错。（程序中编入了非法的 M 代码）
02	S 代码错。（程序中编入了非法的 S 代码）
03	T 代码错。（程序中编入了非法的 T 代码）
04	刀盘故障或者换刀时间设定错。
05	刀位异常。当“TCKI”（《连接调试手册》第 151 页 K016.7）设为 1 时有效。
06	M03、M04 代码指定错。（主轴正/反转时，没有停止就指定了主轴反/正转）
07	主轴旋转时指定了 S。（当主轴正在旋转时，指定了 S 代码进行主轴换档）
08	总刀位数参数设定错。
09	请进行手动主轴换档，完成后，按循环启动。
10	启动自动循环时，防护门未关闭。
11	主轴单元报警。

外部报警号	报警信息
13	请手动换档，完成后，按循环启动（选择模拟主轴时）。
14	卡盘松时，起动了主轴。
15	卡盘压力不足。

13 程序的构成

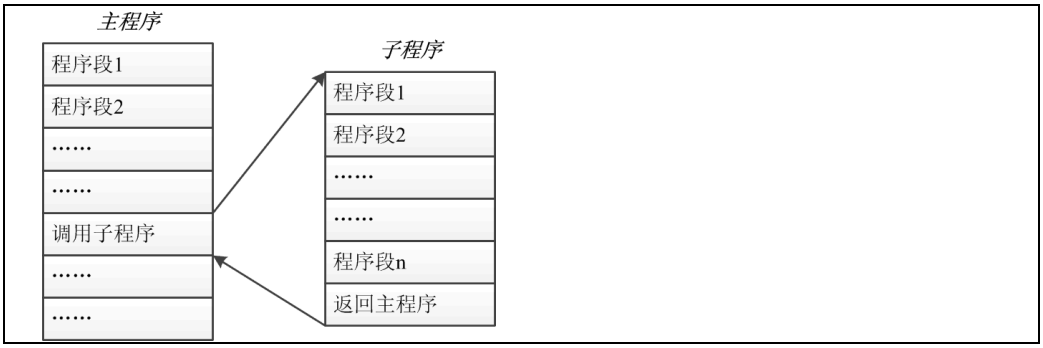
13.1 程序

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

13.1.1 主程序和子程序

13.1.1.1 主程序

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

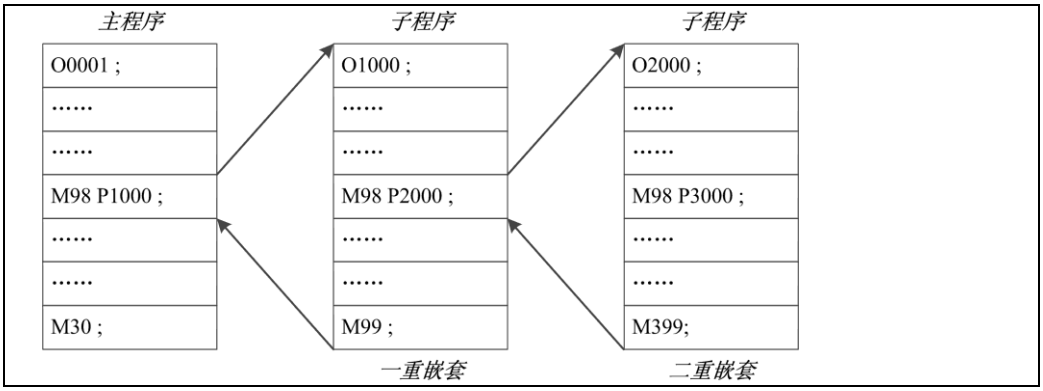


在系统存储器内，主程序和子程序合计可存储 512 个程序（标准机能），选择其中一个主程序后，便可按其指示控制数控机床工作。

关于程序的存储、选择等方法，请参见《操作手册》程序编辑。

13.1.1.2 子程序

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

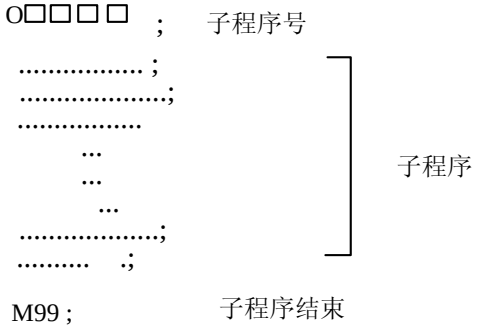


可以用一条调用子程序指令连续重复调用同一子程序，最多可重复调用 9999 次。

解释

- **编写子程序**

按下面格式写一个子程序：



在子程序的开头，地址 O 后写上子程序号，在子程序最后是 M99 指令。

关于子程序的存储方法请参见操作手册。

- **子程序的执行**

子程序由主程序或子程序调用指令调出执行。调用子程序的指令格式如下：

M98 POOOOXXXX ;

OOOO：重复调用次数。

XXXX：被调用的子程序号。

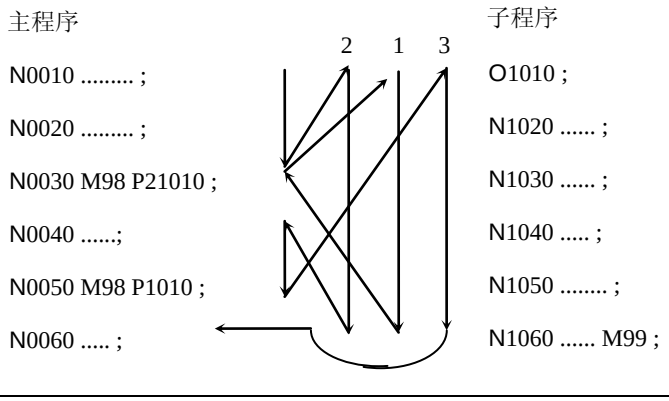
如果省略了重复次数，则认为重复次数为 1 次。

例

M98 P51002 ;

表示号码为 1002 的子程序被连续调用 5 次。

从主程序调用子程序执行的顺序，如下例所示。



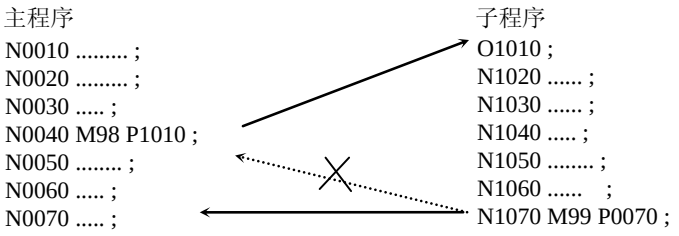
在子程序中调用子程序与在主程序中调用子程序的情况一样。

注

当检索不到用地址 P 指定的子程序号时，产生报警（PS0078）。

- **特殊使用方法**

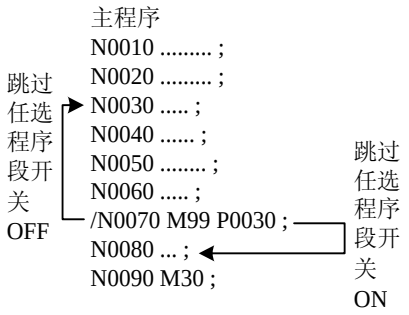
1 如果用 P 指定顺序号，当子程序结束时，不返回到调用此子程序的程序段的下一个程序段，而是返回到用 P 指定的顺序号的程序段，但是主程序在非存储器运转方式工作时，P 不起作用。这种方法返回到主程序与一般方法相比占用时间较多。



注

M99 中 P 指定的顺序号有效位为 4 位，多出的位无效。

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



注

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

3 DNC 运行调用子程序

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

13.1.2 程序号

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

格式

Oxxxx

O：程序号地址。

xxxx：程序号（1~9999，前导零可省略。）

13.1.3 顺序号和程序段

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

在程序段的开头可以用地址 N 和后续五位数构成顺序号。前导零可省略。

格式

Nxxxxx

N：顺序号地址。

xxxxx：顺序号（1~99999，前导零可省略。）

解释

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

13.1.4 跳过任选程序段

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

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。

13.1.5 注释节

用户可以在注释节中，用任意的代码描述标题、注释和提示等。

格式

（……）

（：注释节开始

）：注释节结束

……：用户添加的注释

解释

注释节与加工程序一起传输、存储和显示。

在存储器运行或 DNC 运行加工程序期间，所有注释节被忽略。

注

不可在注释中出现 EOB（;）或%。

13.1.6 字和地址

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

格式

X1000

X：地址

1000：数值

解释

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

功能	地址	意义
程序号	O	程序号
顺序号	N	顺序号
准备功能	G	指定动作状态（直线、圆弧等）
尺寸字	X Y Z C U W H V A B	坐标轴移动指令
	R	圆弧半径
	I J K	圆弧中心坐标
进给速度	F	进给速度指定
主轴功能	S	主轴转速指定
刀具功能	T	刀具号的指定
辅助功能	M	控制机床方面 ON/OFF 的指定
补偿号	H	补偿号的指定
暂停	P X	暂停时间的指定
子程序号和重复调用次数指定	P	指定子程序号和子程序的重复调用次数
参数	P Q R	固定循环参数

13.1.7 基本地址和指令值范围

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

功能	地址	毫米输入
程序号	O	1~9999
顺序号	N	1~99999
准备功能	G	0~999
尺寸字	X Y Z U V W I J K Q R	±99999.999
每分进给	F	0.001~16000.0
主轴功能	S	0~99999
刀具功能	T	0~99

功能	地址	毫米输入
辅助功能	M	0~99
暂停	X/P	0~99999.999s
G74/G75 的 X 方向移动量	P	±99999.999
子程序号重复调用次数指定	P	1~99999999
刀尖号	Q	0~9
顺序号	P/Q	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。

13.1.8 扩展 NC 字和地址

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

扩展 NC 字有两种表示法：

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

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

基本 NC 字和扩展 NC 字可以在同一段中。

例

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

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

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

注

参数“CENCW”（《连接调试手册》第 94 页 P2500.2）控制扩展 NC 字的逗号表示法（第 2 种表示法）是否有效，如果 CENCW 为 0，则逗号表示法无效。

13.2 程序结束

程序的最后有 M30 或 M99 时，表示该程序结束。

格式

M30 ;	**程序结束并返回程序开头**
M99 ;	**子程序结束**

解释

程序执行中，如果检测出上述代码，系统结束程序执行，进入复位状态。执行 M99 后，光标返回到调用该子程序的主程序中；执行 M30 后，光标是否返回程序开头由参数“M30”（《连接调试手册》第 94 页 P2500.6）控制。

13.3 文件结束

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

位状态。

14 简化编程功能

14.1 攻丝固定循环

14.1.1 模拟主轴攻丝（G93）

格式

G93 Zp_ F/I_ Q_ L_ P_ ;

Zp_：指定 Zp 轴终点坐标。

F/I_：攻丝导程。I 为英制导程指定，F 为公制导程指定。

Q_：起始角偏移。

L_：加工头数。

P_：每头螺纹加工完后的暂停时间。

解释

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

例

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

- **执行过程**

G93 执行过程如下：

1 Zp 轴向负方向按每转进给方式（切螺纹）进给。

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

3 停止主轴旋转，恢复程序段前指定的方向旋转主轴。

- **其他说明**

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

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

3 主轴制动时间参数的设置会影响主轴停止后反向启动旋转的时间，请注意设置。

注

1 Zp 必须为负向运动，否则产生报警（PS0012）。
2 不能编入除 Zp 以外的其它轴指令，否则产生报警（PS0012）。
3 G93 模态有效时，如果 Zp 轴未指令，则系统产生报警（PS0012）。（之前版本在 G93 模态有效时，如果 Zp 轴未指令，则按上次保存值运动。）
4 执行 G93 之前，必须启动主轴旋转。
5 要求机床的主轴刹车时间短。系统准备时按运动值+50.000，要求输出主轴停止时，运动长度不能超出 50mm 以上。
6 要求主轴转速不能过高。
7 指定地址 I 时，为英制螺纹指定。可理解为移动 1 英寸时主轴的圈数，单位为牙/英寸。
8 笛卡儿坐标系设定会更改攻丝进给轴。
9 本版本有 F122（FG93S1/FG93S3）输出信号和 G122（NG93W1/NG93W3）等待输入信号控制功能。具体参考 PLC 接口相关说明。

14.2 单一型固定循环（G90、G92、G94）

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。

有三种单一型固定循环：外圆/内圆车削循环（G90）、螺纹切削循环（G92）、端面车削循环（G94）。

单一型固定循环指令只能在 ZX 平面运行。

在下面的说明中，都是以 X 轴用直径指定为例。如果用户要以 X 轴为半径指定，则用 U/2 替代 U，X/2 替代 X。

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。

14.2.1 外圆/内圆车削循环（G90）

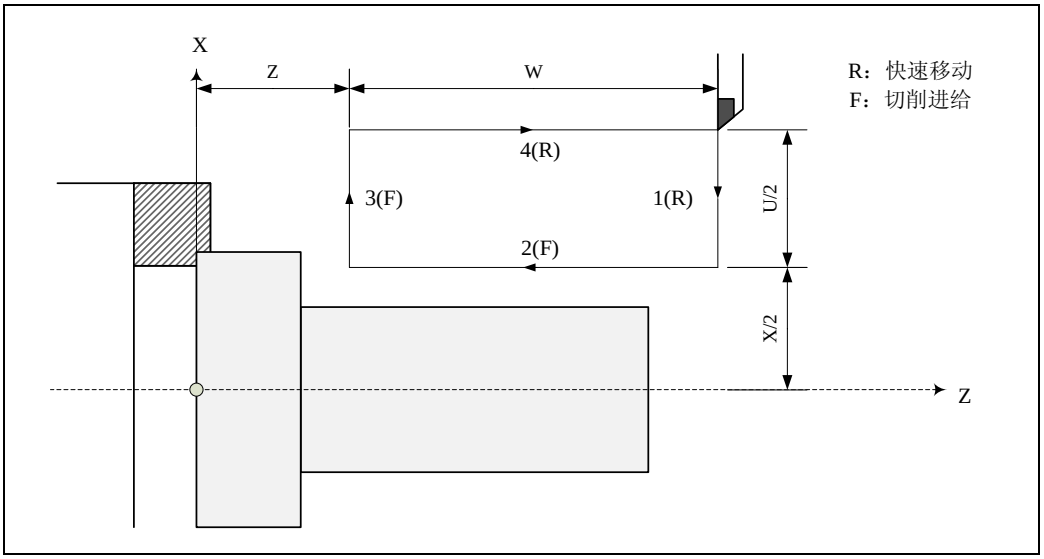
14.2.1.1 圆柱切削循环

格式

G90 X(U)__ Z(W)__ F__ ;

X(U)__ Z(W)__：纵向终点坐标（下图步骤 2 与 3 交点）或到纵向终点的移动量

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。

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
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

14.2.1.2 圆锥切削循环

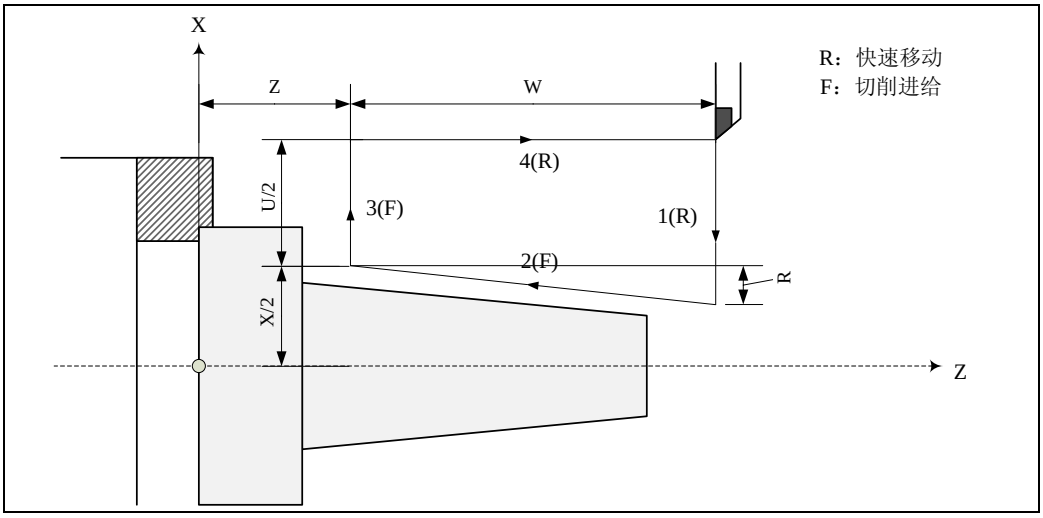
格式

G90 X(U)__ Z(W)__ R__ F__ ;

X(U)__ Z(W)__：纵向终点坐标（下图步骤 2 与 3 交点）或到纵向终点的移动量

F__：进给速度

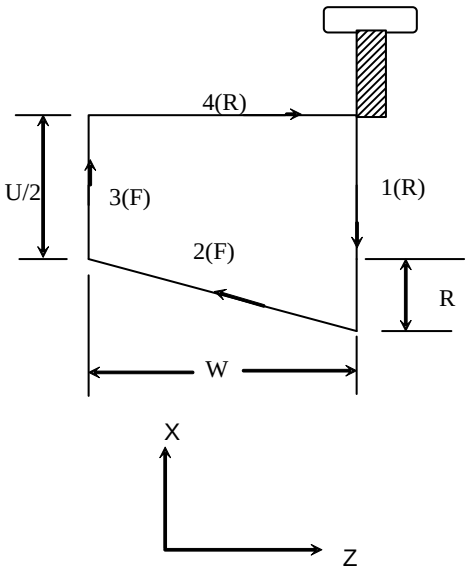
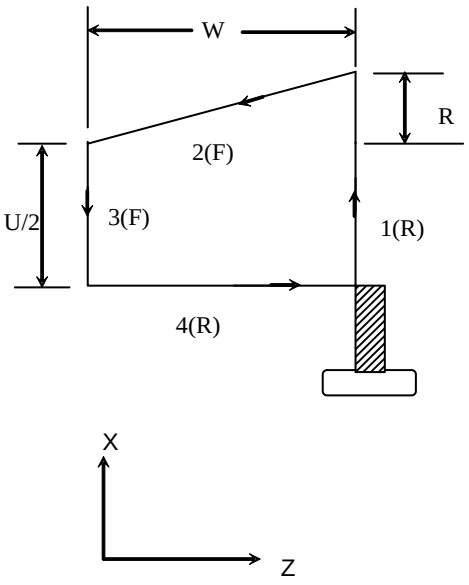
R__：最大端和最小端的半径差

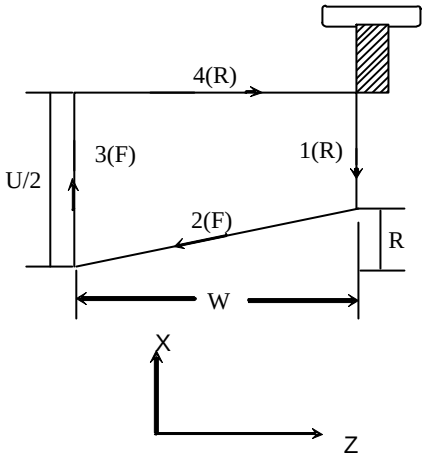
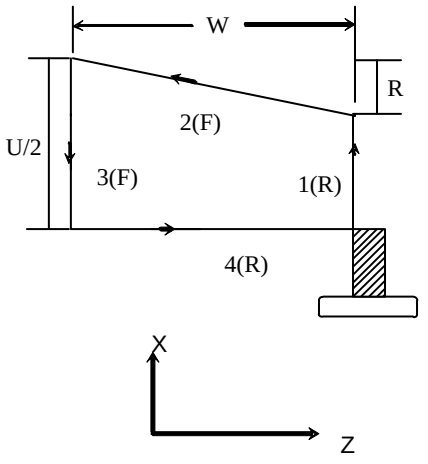


解释

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
	

（3）U<0，W<0，R>0，但｜R｜≤｜U/2｜	（4）U>0，W<0，R<0，但｜R｜≤｜U/2｜
	

14.2.2 螺纹切削循环（G92）

14.2.2.1 直螺纹切削循环

格式

G92 X(U)__ Z(W)__ F(I)__ L(Q)__ P__ J(aj) K(ak);

X(U)__ Z(W)__：纵向终点坐标（下图步骤 2 与 3 交点）或到纵向终点的移动量。

F__：公制螺纹的导程。单位：mm，范围：0.0001~500.0000。

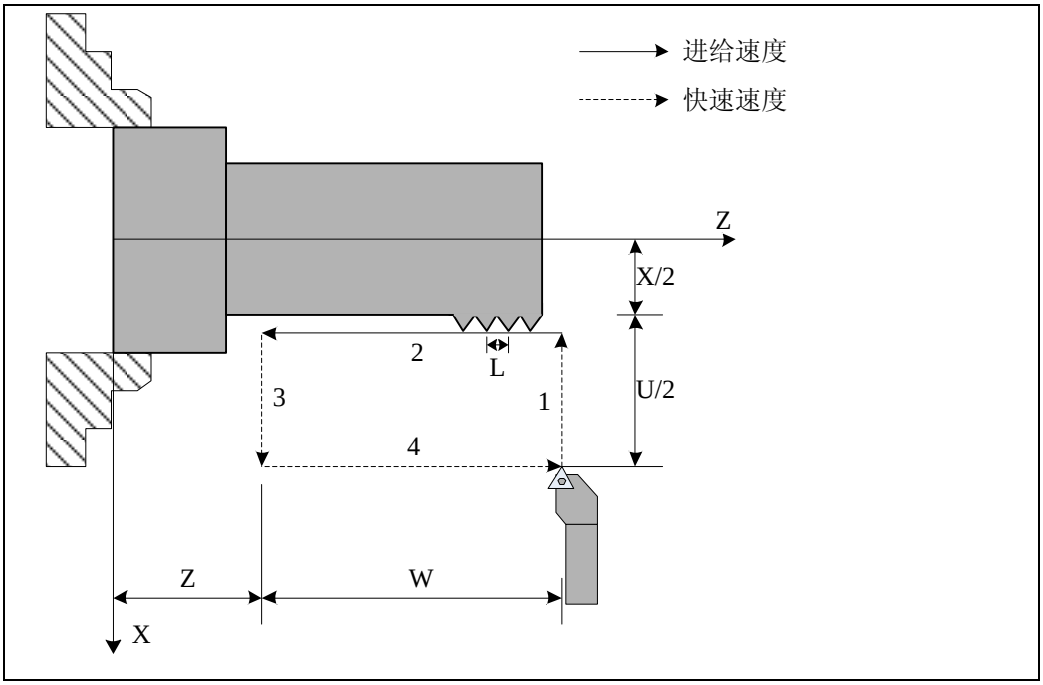
I__：英制螺纹的牙数，可理解为长轴移动 1 英寸时主轴的圈数。单位：牙/英寸，范围：0.060~254000.000。非模态值。

L__：多头螺纹的头数。范围：1~99。模态值。超出范围进行单头螺纹加工。

Q__：螺纹切削起始偏移角度。单位：度，范围：0~360。

P：螺纹倒角量。同 G76 中的 r，参考 G76 指令说明。

aj/ak：让刀平均加减速度系数。同 G76 中的 aj/ak，参考 G76 指令说明。



解释

如上图所示，增量值指令的地址 U、W 后续数值的符号，根据轨迹 1 和 2 的方向决定。即如果轨迹 1 的方向是 X 轴的负向，则 U 的数值为负。螺纹导程范围，主轴速度限制等，与 G32 的螺纹切削相同。

单程序段时，用循环起动进行 1、2、3、4 的动作。

注

1 要使用多头螺纹加工（L__）、起始角偏移螺纹加工（Q__）功能，需将参数“QSEL”（《连接调试手册》第 107 页 P6300.6 或第 172 页 P036.6）设为 1。

2 有关螺纹切削的参数与注意事项与 G32 相同，请参考 II-4.4。

3 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。

14.2.2.2 圆锥螺纹切削循环

格式

G92 X(U)__ Z(W)__ R__ F(I)__ L(Q)__ P__ J(aj) K(ak) ;

X(U)__ Z(W)__：纵向终点坐标（下图步骤 2 与 3 交点）或到纵向终点的移动量。

R__：最大端和最小端的半径差。

F__：公制螺纹的导程。单位：mm，范围：0.0001~500.0000。

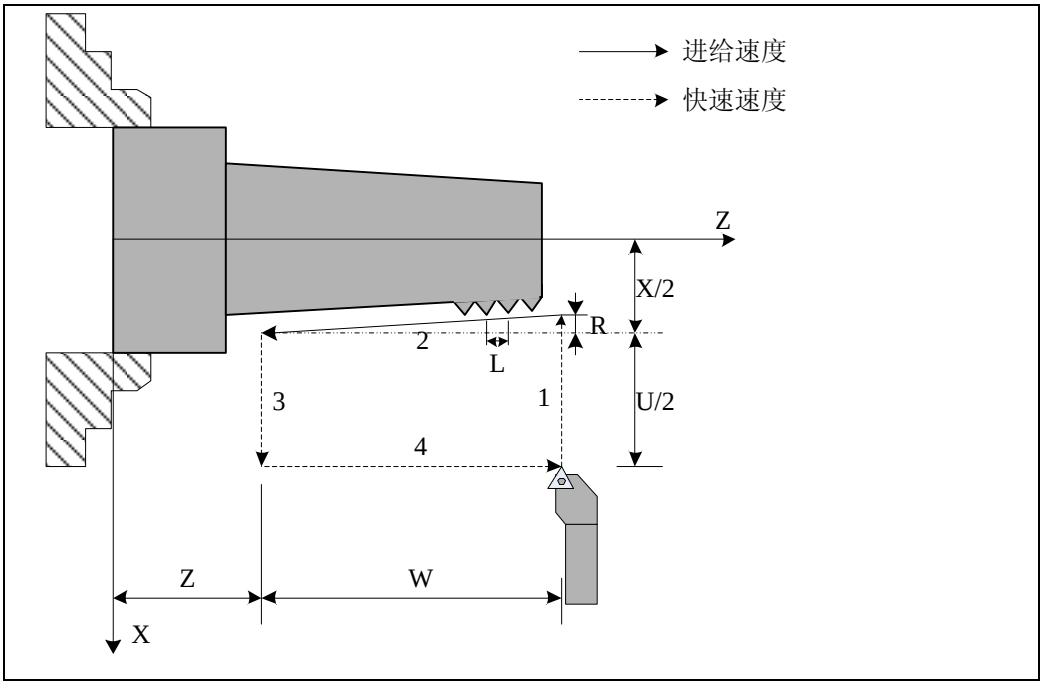
I__：英制螺纹的牙数，可理解为长轴移动 1 英寸时主轴的圈数。单位：牙/英寸，范围：0.060~254000.000。非模态值。

L__：多头螺纹的头数。范围：1~99。模态值。

Q__：螺纹切削起始偏移角度。单位：度，范围：0~360。

P：螺纹倒角量。同 G76 中的 r，参考 G76 指令说明。

aj/ak：让刀平均加减速度系数。同 G76 中的 aj/ak，参考 G76 指令说明。



解释

说明与注意事项请参见上一小节“直螺纹切削循环”。

14.2.3 端面车削循环（G94）

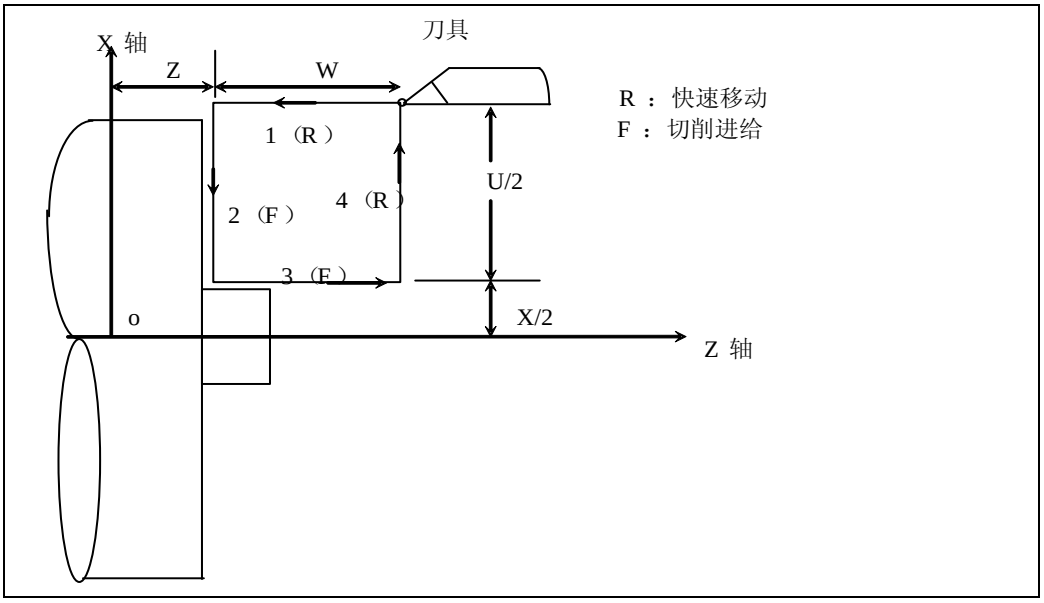
14.2.3.1 端面切削循环

格式

G94 X(U)__ Z(W)__ F__ ;

X(U)__ Z(W)__：侧向终点坐标（下图步骤 2 与 3 交点）或到侧向终点的移动量。

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。

14.2.3.2 锥度端面切削循环

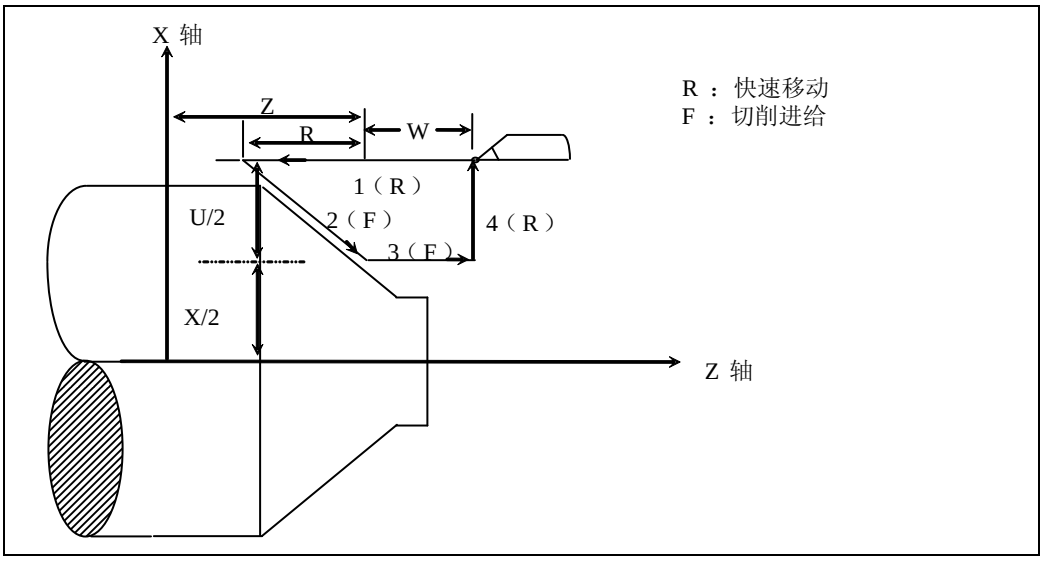
格式

G94 X(U)__ Z(W)__ R__ F__ ;

X(U)__ Z(W)__：侧向终点坐标（下图步骤 2 与 3 交点）或到侧向终点的移动量。

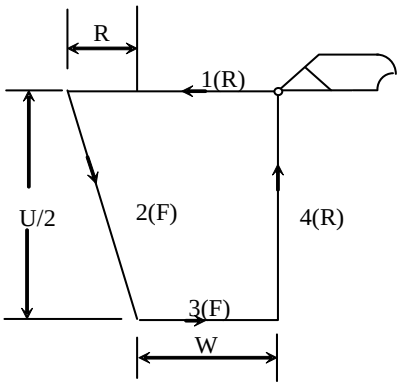
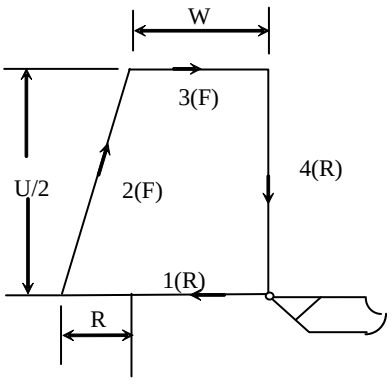
R__：锥度量

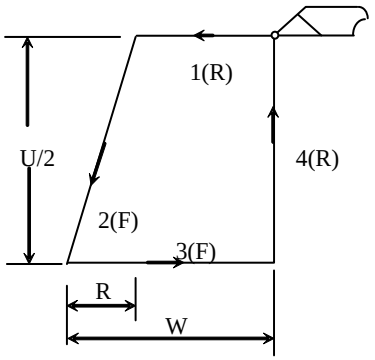
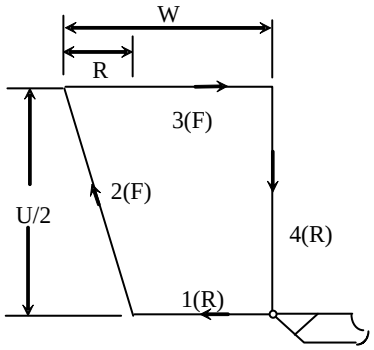
F__：进给速度



解释

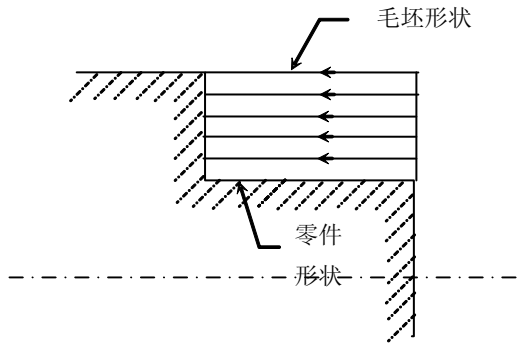
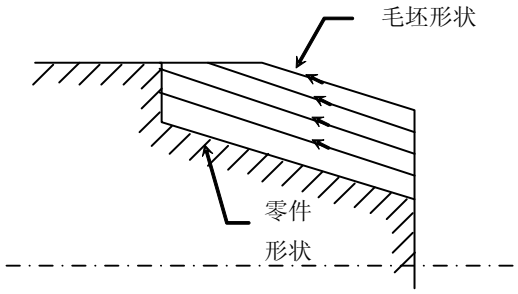
增量值指定时，地址 U、W、R 后数值的符号和刀具轨迹的关系如下所示。

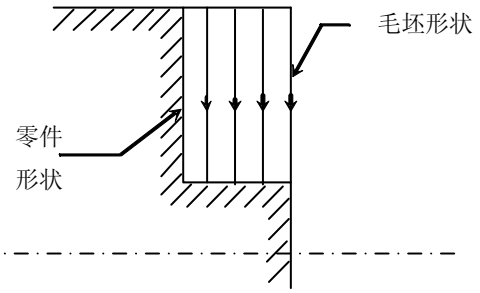
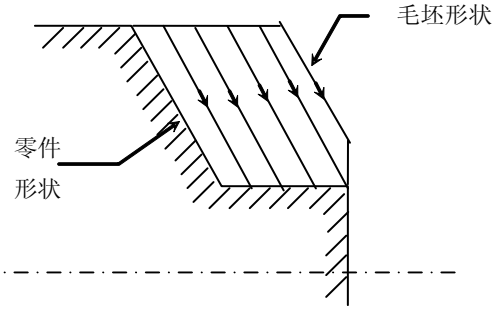
（1）U<0，W<0，R<0	（2）U>0，W<0，R<0
	

（3）U<0，W<0，R>0（｜R｜≤｜W｜）	（4）U>0，W<0，R>0（｜R｜≤｜W｜）
	

14.2.4 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）
	

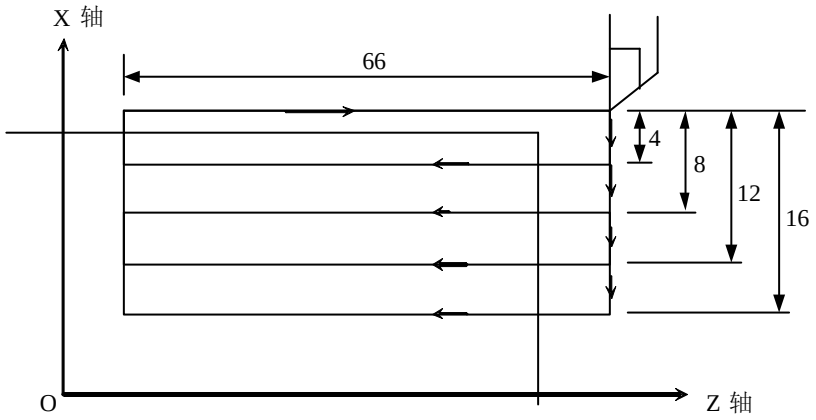
（3）端面切削循环（G94）	（4）锥度端面切削循环（G94）
	

解释

- **模态**

固定循环中的数据 X(U)、Z(W)、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)、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 轴移动指令变化，可以重复固定循环。另外，对于 X(U)、Z(W)、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 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 固定循环程序段后面的程序段中，如果只包含 EOB（;）或者无移动指令，则重复此固定循环。

2 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。

3 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 G90 X20.0 Z-10.0 F200. ;
N011 G00 T0202 ;
N012 G90 X20.5 Z-10.0 ;
M30;
```

14.3 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。

14.3.1 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) W(Δw) U(Δu) F(f) M(m) S(s) T(t) ;

N(ns) ;

……

N(nf) ;

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。

Δd：进刀量。切入方向由 AA'方向决定。该指定是模态的，一直到下次指定以前均有效。并且用参数（P3312）也可以指定，根据该指定，参数值也改变。

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

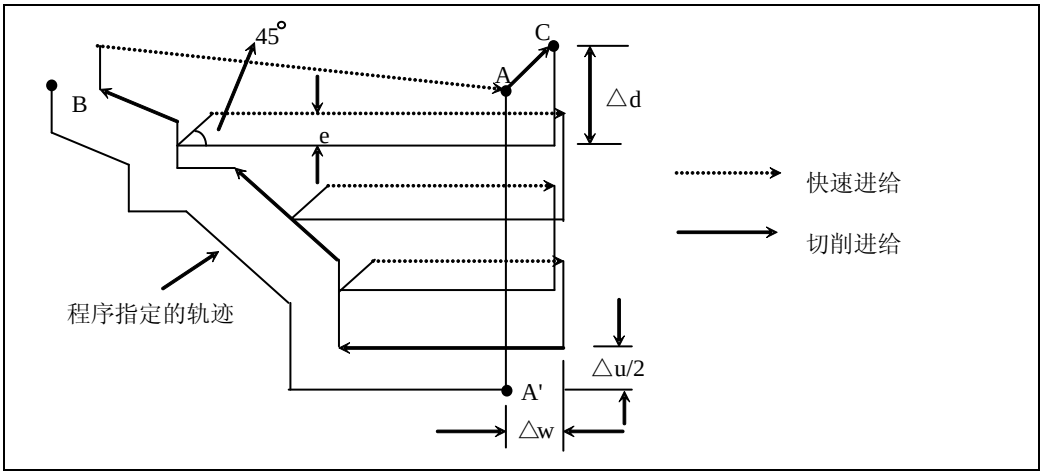
ns：精加工形状程序段群的第一个程序段的顺序号。

nf：精加工形状程序段群的最后一个程序段的顺序号。

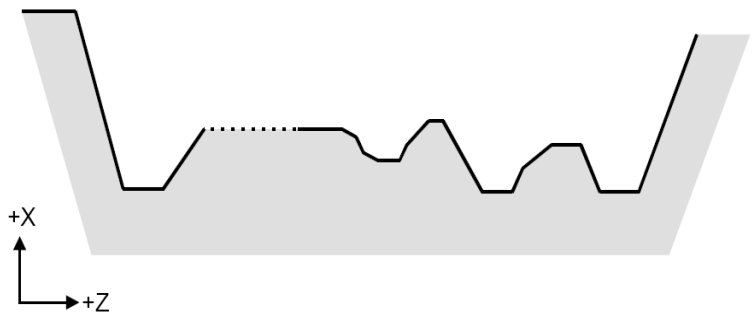
Δu：平面第 2 轴(ZX 平面时为 X 轴)方向的精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

Δw：平面第 1 轴(ZX 平面时为 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 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。



多槽孔加工

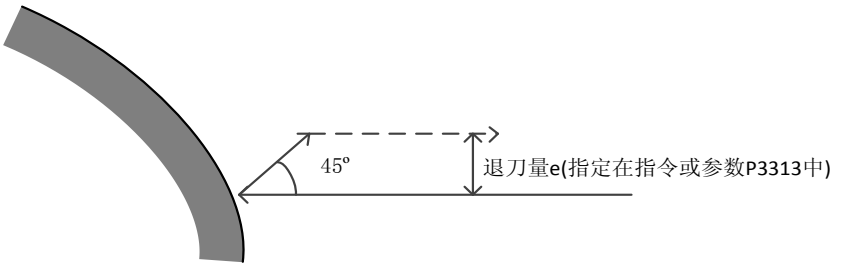


可加工如上图所示槽孔。粗车时，由离起点最近的槽孔加工起，依次加工完所有槽孔。槽孔数量不限。

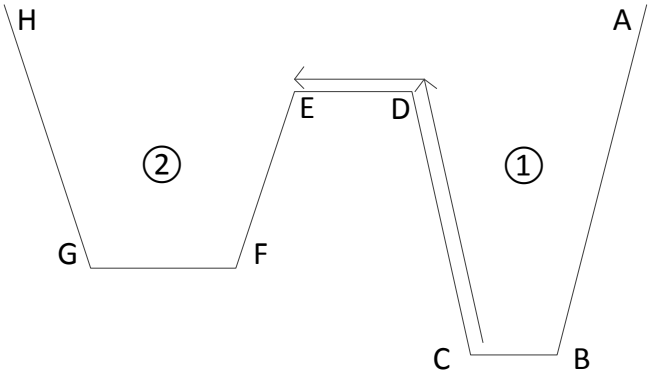
每个粗车子循环由最多 6 个阶段组成，包括“进刀”、“沿轮廓切入”、“粗车”、“沿轮廓切出”、“退刀”、“返回”。当“FCRPN”（《连接调试手册》第 100 页 P3301.7 或第 178 页 P065.7）设为 0 时，无“沿轮廓切出”阶段，否则有该阶段。

- **FCRPN=0**

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。

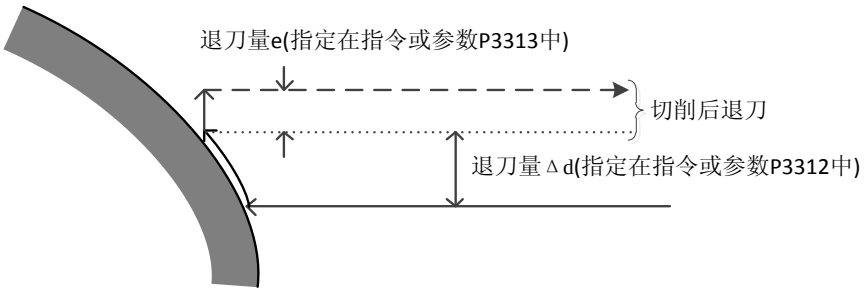


无轮廓切出阶段时，从槽①底部到槽②时沿轮廓切削路径示意图如下：

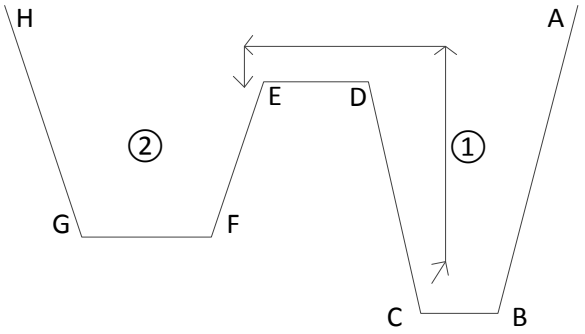


- **FCRPN=1**

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



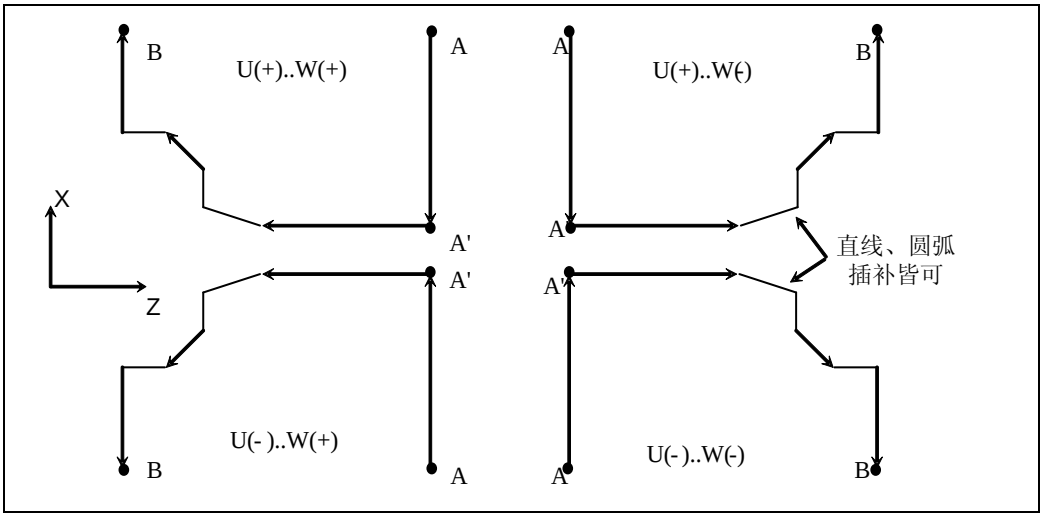
解释

- **动作**

如上图所示，在程序中，给出 A→A'→B 之间的精加工形状。留出Δ U/2、Δ W 精加工余量，用Δ d 表示每次的切削的进刀量。执行完沿平面第 2 轴（ZX 平面时为 X 轴）方向的最后切削后，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Δ u、Δ w 的符号，用 G71 切削的形状，具有下述四种情况。无论哪种都是将刀具平行移动到平面第 1 轴(ZX 平面时为 Z 轴)后切削工件，此时Δ u、Δ w 的符号如下图所示。



- **单调性检查**

对平面第 1 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。

设置参数“NCCDMN”（《连接调试手册》第 100 页 P3301.5 或第 178 页 P065.5）可屏蔽此项检查，但不建议使用。

- **开头程序段**

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。

注

1 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。

2 当 Δd/Δu/Δw 所用地址与平面所要求的地址不符时，产生报警(PS0391)。

3 循环动作由 P、Q 指定的 G71 指令进行。

4 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。

5 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。

6 当具有每转进给功能时，在 A 至 B 间移动指令中的 G94 或 G95 无效，在 G71 或之前程序段中有效。

7 在顺序号 ns 到 nf 的程序段中，不能调用子程序。

8 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。

9 P、Q 地址此处指定时不允许带小数点，否则产生报警（PS1202）。

14.3.2 端面粗车循环（G72）

与 G71 相同，G72 用与 X 轴平行的动作进行切削。

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) ;

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。

Δd：进刀量。切入方向由 AA'方向决定。该指定是模态的，一直到下次指定以前均有效。并且用参数（P3312）也可以指定，根据该指定，参数值也改变。

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

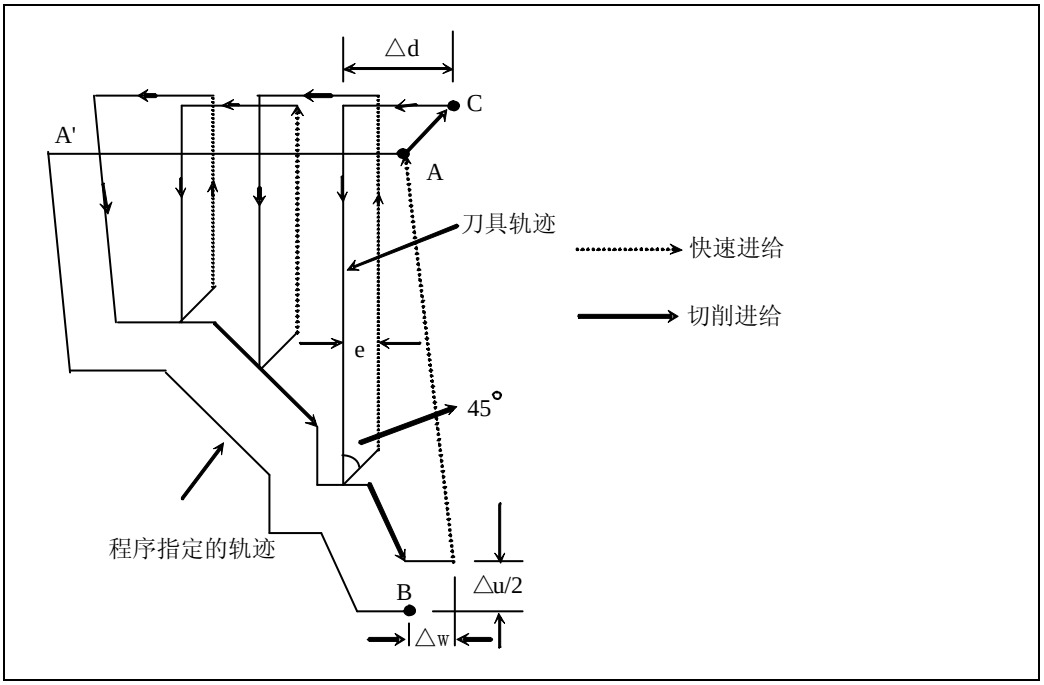
ns：精加工形状程序段群的第一个程序段的顺序号。

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(ZX 平面时为 X 轴)方向的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(ZX 平面时为 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 G72 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 G72 指令的程序段中，F、M、S、T 是有效的。



多槽孔加工

请参考 G71 说明，这里仅描述与 G71 的不同之处。

G72 通过平行于 X 轴移动刀具来切削工件。

形状在 Z 轴方向不必是单调增加或单调减少，可以设置凹陷部分(槽孔)，但是 X 轴方向必须是单调变化的。

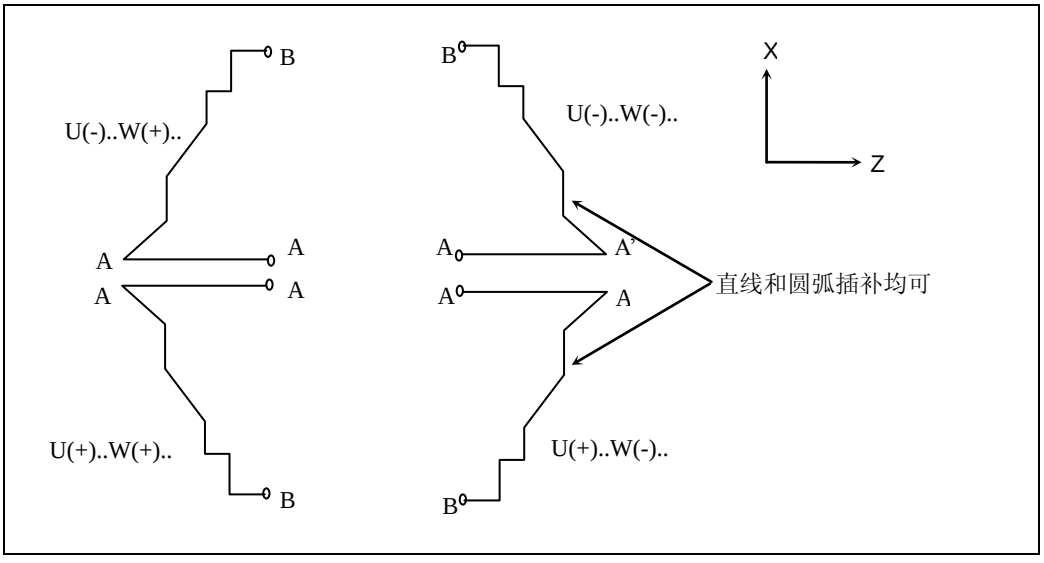
解释

- **动作**

如上图所示，在程序中，给出 A→A'→B 之间的精加工形状。留出 Δ U/2、Δ W 精加工余量，用 Δ d 表示每次的切削的进刀量。

- **形状**

根据 Δ u、Δ w 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 Δ u、Δ w 符号如下图所示。



- **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。

设置参数“NCCDMN”（《连接调试手册》第 100 页 P3301.5 或第 178 页 P065.5）可屏蔽此项检查，但不建议使用。

- **开头程序段**

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。

注

1 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。
2 当 Δd/Δu/Δw 所用地址与平面所要求的地址不符时，产生报警(PS0391)。
3 循环动作由 P、Q 指定的 G72 指令进行。
4 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。
5 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 G72 或之前程序段中有效。
6 当具有每转进给功能时，在 A 至 B 间移动指令中的 G94 或 G95 无效，在 G72 或之前程序段中有效。
7 在顺序号 ns 到 nf 的程序段中，不能调用子程序。
8 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。
9 P、Q 地址此处指定时不允许带小数点，否则产生报警（PS1202）。

14.3.3 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(Δk) U(Δi) R(d) ;

G73 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) M(m) S(s) T(t) ;

N(ns) ;

……

N(nf) ;

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。

Δi：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：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。

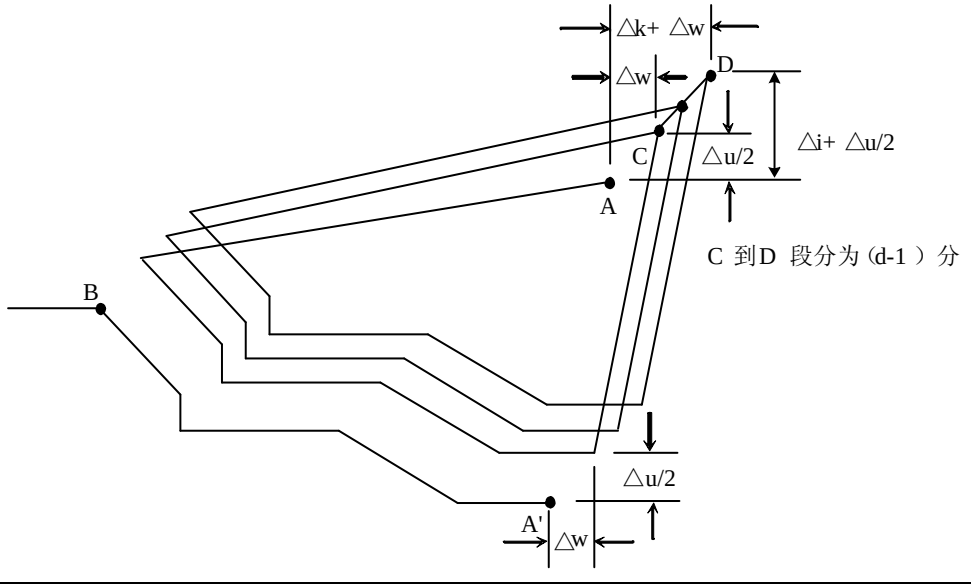
ns：精加工形状程序段群的第一个程序段的顺序号。

nf：精加工形状程序段群的最后一个程序段的顺序号。

Δu：X 轴方向精加工余量的距离及方向，不设置时默认为 0。

Δw：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~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。



注

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 当Δi/Δk/Δu/Δw 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。

3 循环动作由 P、Q 指定的 G73 指令进行。

4 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。

5 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。

6 P、Q 地址此处指定时不允许带小数点，否则产生报警（PS1202）。

7 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。

14.3.4 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。

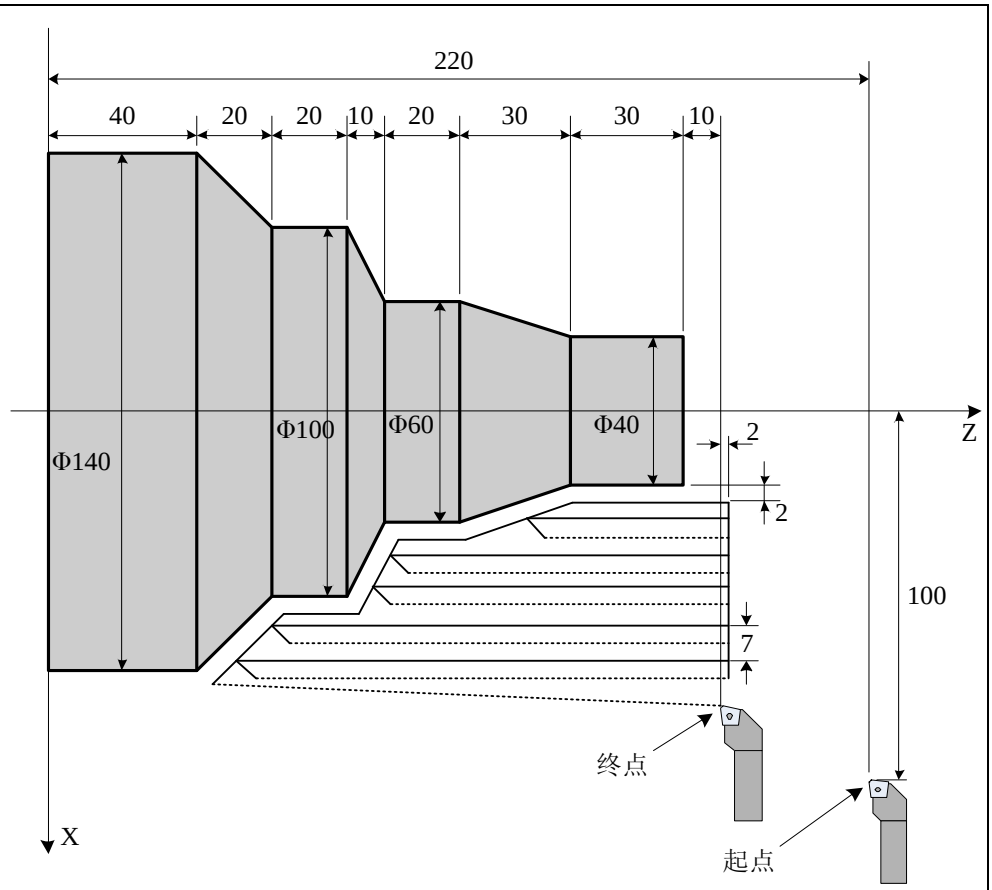
2 G70 的循环一结束，刀具就快速移动返回始点，并开始读入 G70 循环的下个程序段。

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

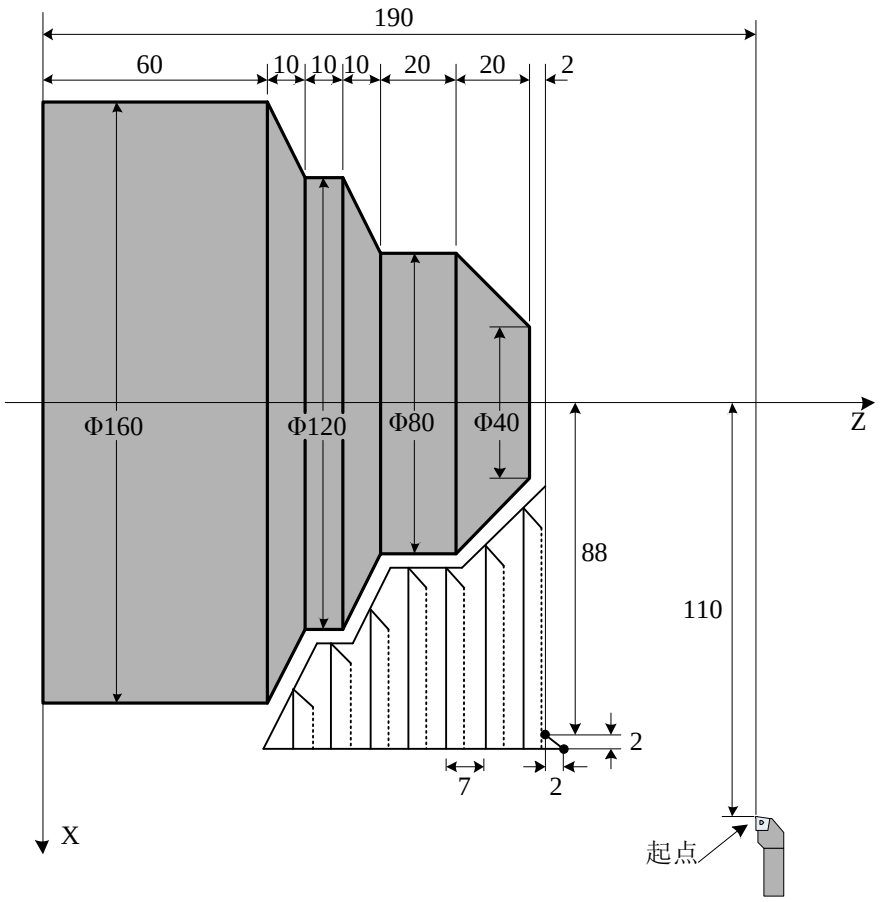
- **复合型固定循环（G70、G71）的实例**



（直径指定，公制输入）

```
N010 G50 X200.0 Z220.0 ;
N011 G00 X160.0 Z180.0 ;
N012 G71 U7.0 R1.0 ;
N013 G71 P014 Q020 U4.0 W2.0 F300.0 S800 ;
N014 G00 X40.0 F100.0 S1000 ;
N015 G01 W-40.0 ;
N016 X60.0 W-30.0 ;
N017 W-20.0 ;
N018 X100.0 W-10.0 ;
N019 W-20.0 ;
N020 X140.0 W-20.0 ;
N021 G70 P014 Q020 ;
```

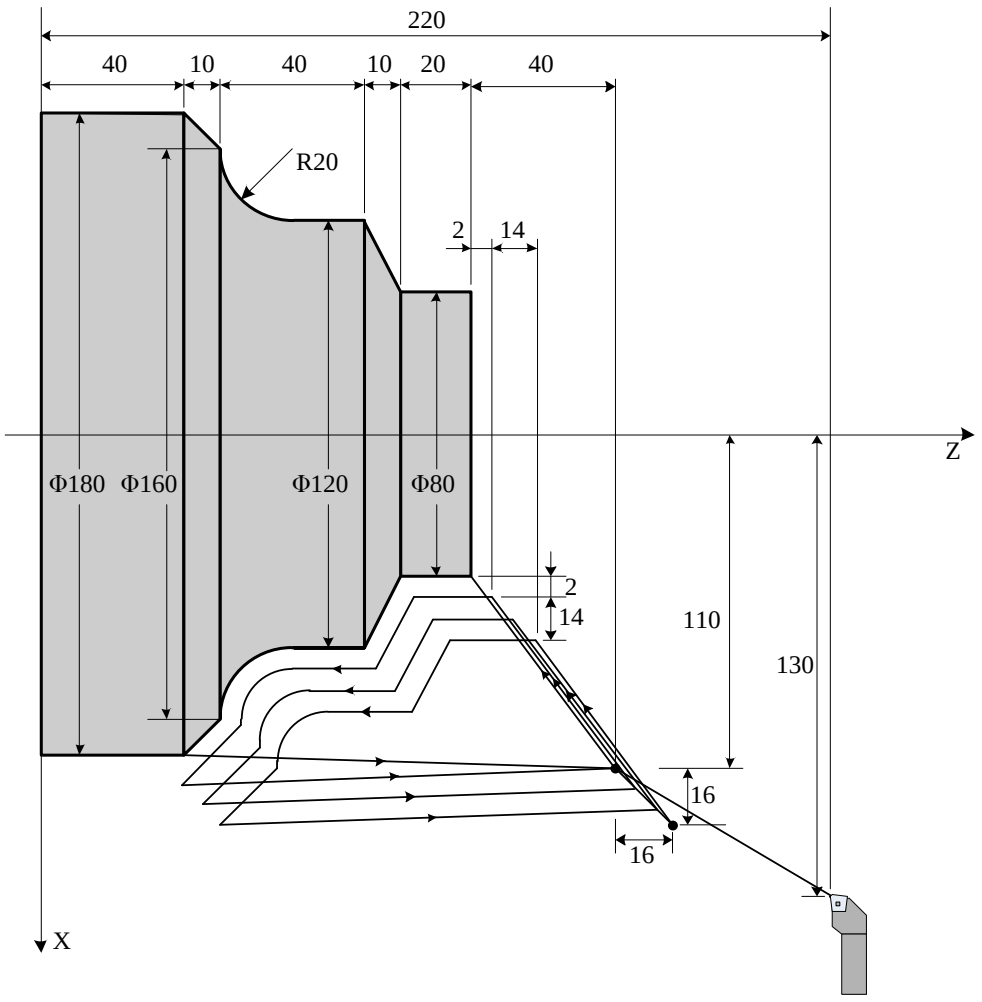
- **复合型固定循环（G70、G72）的实例**



（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**



（直径指定，公制输入）

N010 G50 X260.0 Z220.0 ;

N011 G00 X220.0 Z160.0 ;

N012 G73 U14.0 W14.0 R3 ;

N013 G73 P014 Q019 U4.0 W2.0 F300 S0180 ;

N014 G00 X80.0 W-40.0 ;

N015 G01 W-20.0 F150.0 S0600 ;

N016 X120.0 W-10.0 ;

N017 W-20.0 S0400 ;

N018 G02 X160.0 W-20.0 R20.0 ;

N019 G01 X180.0 W-10.0 S0280 ;

N020 G70 P014 Q019 ;

14.3.5 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

ZpXp 平面(G18 平面)

G74 R(e) ;

G74 Z(W) X(U) Q(Δk) P(Δi) R(Δd) F(f) ;

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。

X(U)：X 轴方向的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

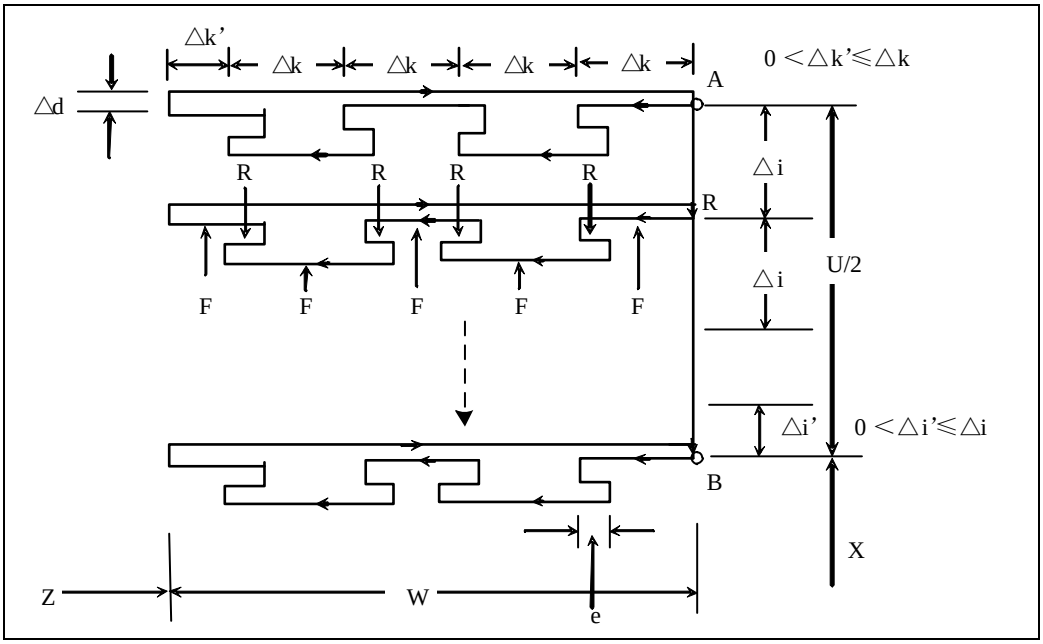
Z(W)：Z 轴方向的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

Δi：X 轴方向的移动量

Δk：Z 轴方向的移动量

Δd：刀具在切削底部时，X 轴方向的退刀量。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 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”（《连接调试手册》第 99 页 P3300.2）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 X 轴或 X 轴移动量为 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。

5 P、Q 地址是否允许编入小数点，与位参数“PQDOT”（《连接调试手册》第 99 页 P3300.1）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”)。

14.3.6 外圆、内圆切槽循环（G75）

G75 指令相当于在 G74 中，将 X 轴和 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 Z 轴或 Z 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

ZpXp 平面(G18 平面)

G75 R(e) ;

G75 Z(W) X(U) Q(Δk) P(Δi) R(Δd) F(f) ;

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。

Z(W)：Z 轴方向的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

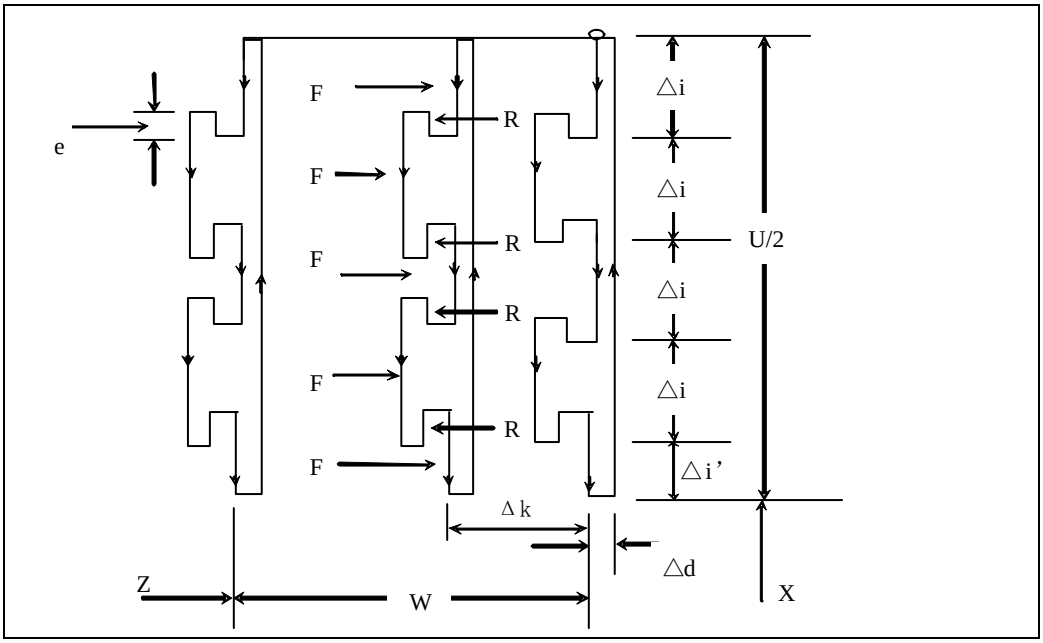
X(U)：X 轴方向的终点坐标值，绝对值或相对值指定。

Δi：X 轴方向的移动量

Δk：Z 轴方向的移动量

Δd：刀具在切削底部时，Z 轴方向的退刀量。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。



解释

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。

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 G75 指令进行。

3 当参数“G74S”（《连接调试手册》第 99 页 P3300.2）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 X 轴或 X 轴移动量为 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。

5 P、Q 地址是否允许编入小数点，与参数“PQDOT”（《连接调试手册》第 99 页 P3300.1）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”)。

14.3.7 复合型螺纹切削循环（G76）

格式

ZpXp 平面(G18 平面)

G76 P(m)(r)(a) Q(Δdmin) R(d) E(s)(n) NB(kb) NE(ke) ;

G76 Z(W) X(U) R(i) P(k) Q(Δd) F(L) NB(nb) NE(ne) J(aj) K(ak) L(l);

m：精加工重复次数。单位：次，范围 01~99。

模态值，在下次指定前均有效。该值与参数 P3320 的值始终相同。

r：螺纹退尾宽度。单位：0.1L（L 指导程），范围 00~99。

螺纹退尾宽度控制机能是否有效由参数“TWWC”（《连接调试手册》第 107 页 P6300.7）选择。

设 L 作为导程，可以用 00~99 两位数值指定 0.0L~9.9L 范围内的值。若未指定 r，系统默认 r 值为 10。

为防止与 G92 螺纹退尾宽度模态相互影响，建议用户在每次使用 G76 时，都指定 r，在使用 G92 指令时都指定 P。

a：刀尖角度（螺纹牙的角度）。单位：度，范围：00~90

模态值，在下次指定前均有效。该值与参数 P3321 的值始终相同。

Δdmin：最小进刀量，半径编程

当单次切入量（$\Delta d \times \sqrt{N} - \Delta d \times \sqrt{N-1}$）比 Δdmin 小时，则使用 Δdmin 作为该次进刀量。

模态值，在下次指定前均有效。该值与参数 P3318 的值始终相同。

d：精加工余量，半径编程

模态值，在下次指定前均有效。该值与参数 P3319 的值始终相同。

s：螺纹段起点类型。范围：0 或 1

模态值，在下次指定前均有效。该值与参数 P3323 的值始终相同。

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

1—精车时，螺纹段起点偏移量为 0，方便用 G92 螺纹循环指令再次修正。

n：螺纹切削方法。范围：0,1,2,3

模态值，在下次指定前均有效。该值与参数 P3322 的值始终相同。

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。

X(U)/Y(V)/Z(W)：纵向切削终点坐标，绝对值或相对值指定。

i：螺纹起点与终点的半径差。i 为 0 表示切削直螺纹。半径编程。

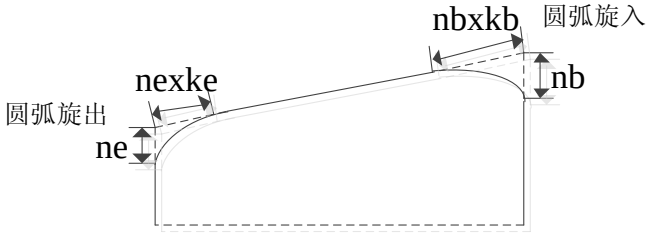
k：螺纹牙高。半径编程

Δd：第一次进刀量。半径编程

L：螺纹导程

nb/kb：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，在下次指定前均有效。该值与参数 P3324 的值始终相同。kb 最小值为 1.2。

ne/ke：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。kb 最小值为 1.2。



nb/kb/ne/ke示意图

aj/ak：让刀平均加减速度系数。其比值影响退尾速度。

螺纹让刀平均加减速度实际值等于 P6483×aj/ak，aj 和 ak 可以输入任意值，只要其比值在 0.01~4.0 范围内即可。aj 和 ak 未输入时，都默认为 1.0。aj 和 ak 未输入小数点时，数据处理受 PODI 参数影响：

- PODI=1 时，J1 等价于 J1.0；
- 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）

l：螺纹头数

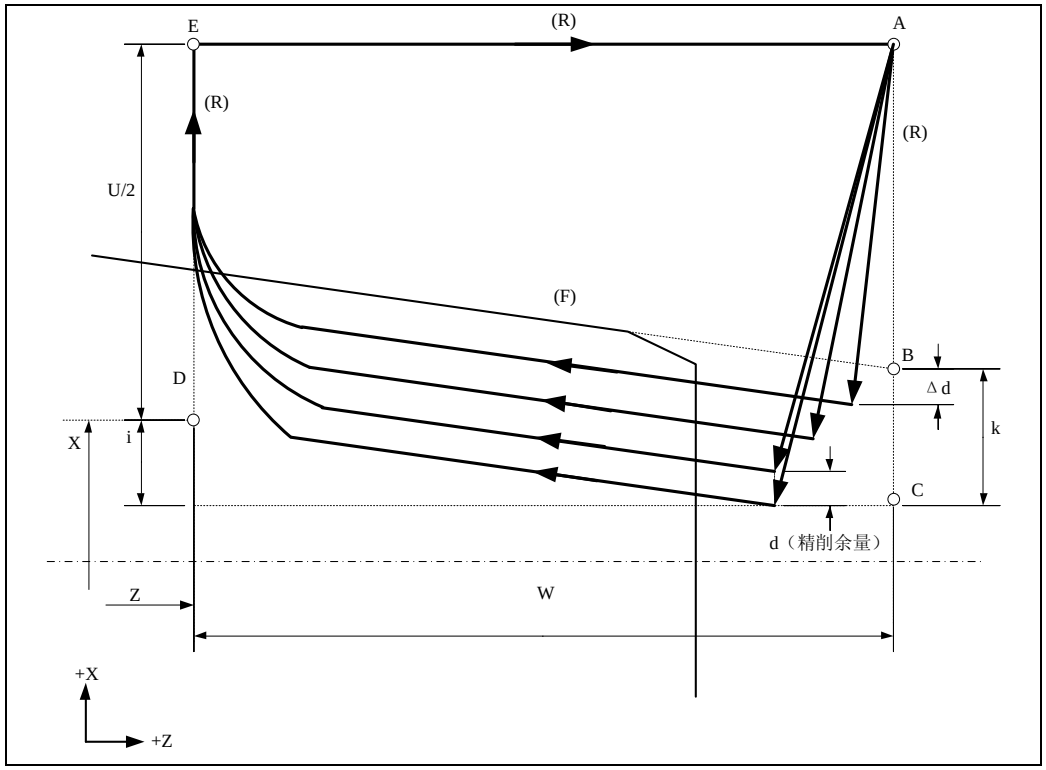
G76 运动指令（非 G76 参数设置指令）中 L 为模态值，但仅限于连续 G76 运动指令

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。

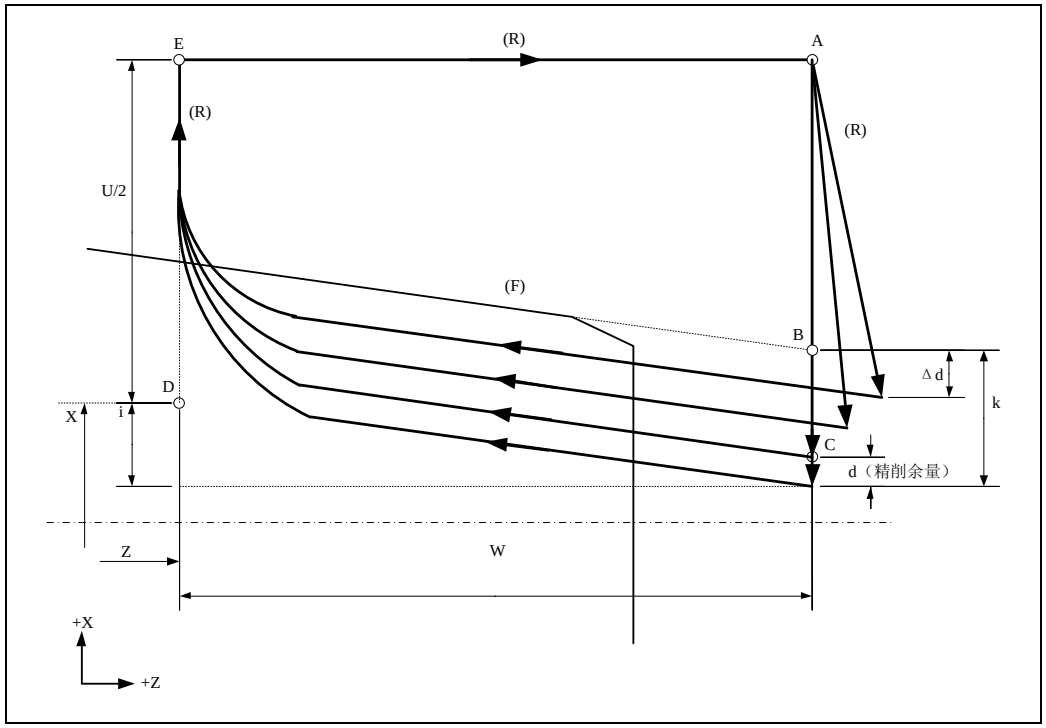
解释

- **螺纹段起点类型**

螺纹段起点类型（r）为 0 时，切削起点都在线段 AC 的左侧，如下图所示：



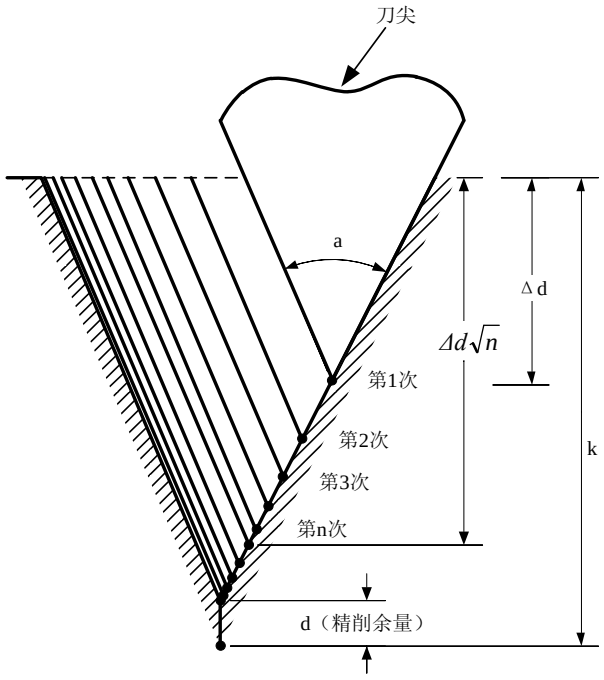
螺纹段起点类型（r）为 1 时，切削起点都在线段 AC 的右侧，如下图所示：



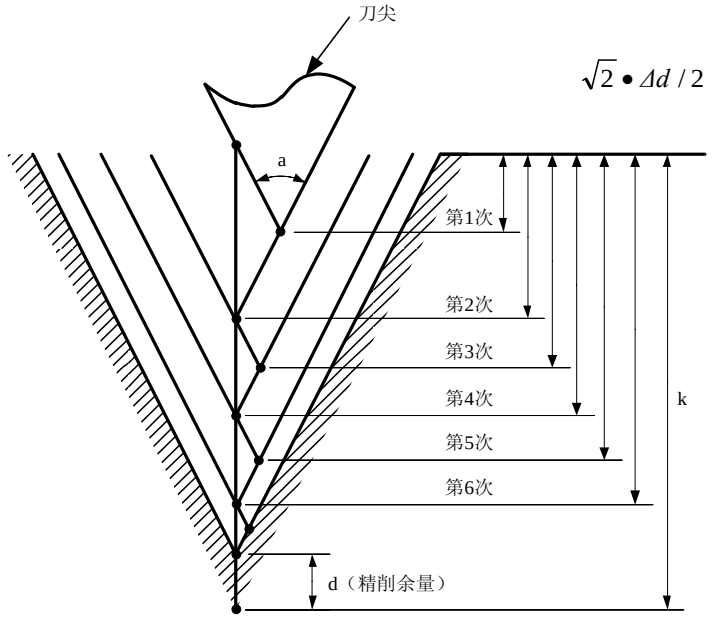
- **切削方法**

切削方法有 4 种。如下图所示：

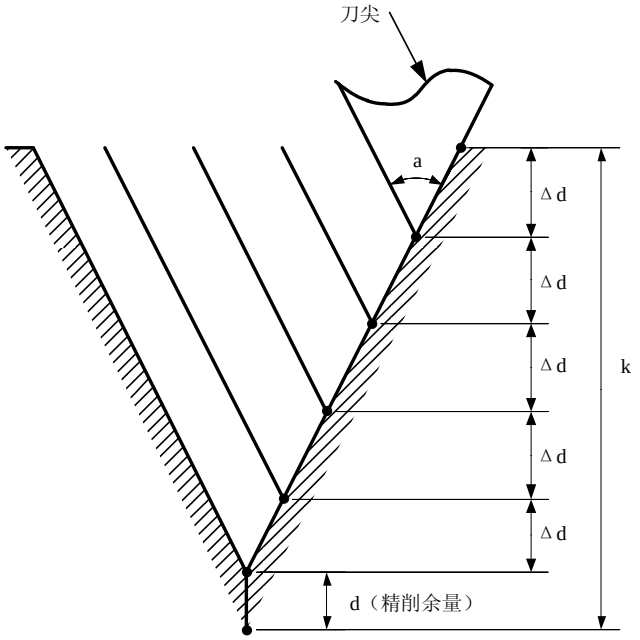
切削量恒定的单边切削(n0)



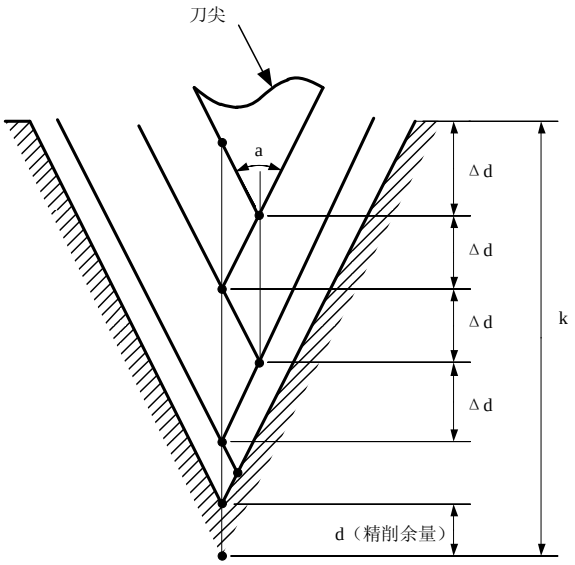
切削量恒定的错齿切削(n1)



进刀量恒定的单边切削(n2)



进刀量恒定的错齿切削(n3)



- **圆弧旋入旋出机能**

使用该机能可加工中间螺纹，参考前面的“nb/kb/ne/ke 示意图”。参数“CCOFRE”（《连接调试手册》第 100 页 P3301.6 或第 176 页 P062.5）与圆弧旋出机能有关。

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。

- **动作**

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。

注

1 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。

2 循环动作由包含 X(U)、Y(V)、Z(W)的 G76 指令进行。

3 关于 G76 切螺纹的注意事项，与 G32 和 G92 指令相同。

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 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”（《连接调试手册》第 99 页 P3300.1）、“PODI”（《连接调试手册》第 94 页 P2500.3）和“POD”（《连接调试手册》第 94 页 P2500.3）有关。

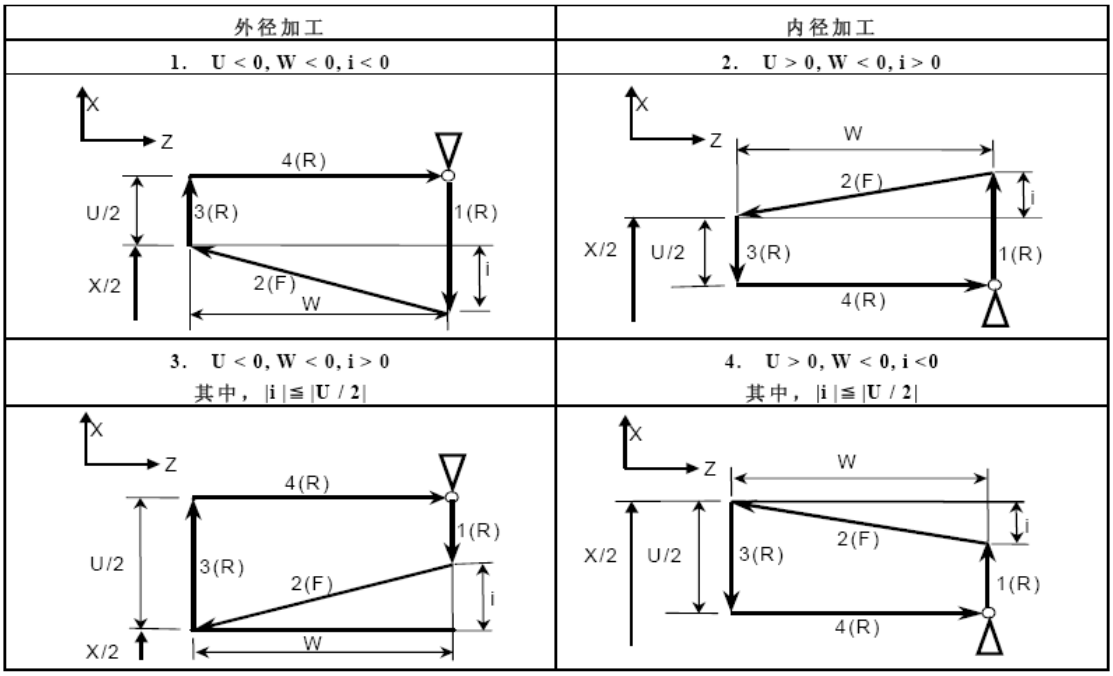
(1) PQDOT=1：允许编入小数点。PODI=1 时若未编入小数点，则自动加小数点；POD=1 时，必须编入小数点。

(2) PQDOT=0：不允许编入小数点，否则发出 PS1202 报警“小数点错误”。

6 螺纹牙高需要大于精加工余量和最小切削深度，否则产生报警（PS0259）。

- **锥度符号与刀具路径的关系**

锥度符号与刀具路径的关系如下图所示：



- **进刀量**

第一次进刀量为 Δd，在不小于最小进刀量 Δdmin 的条件下，第 N 次为$\Delta d\sqrt{N} - \Delta d\sqrt{N-1}$。

- **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。

- **限制**

在 G76 的螺纹切削子循环中，出现以下情况时系统报警：

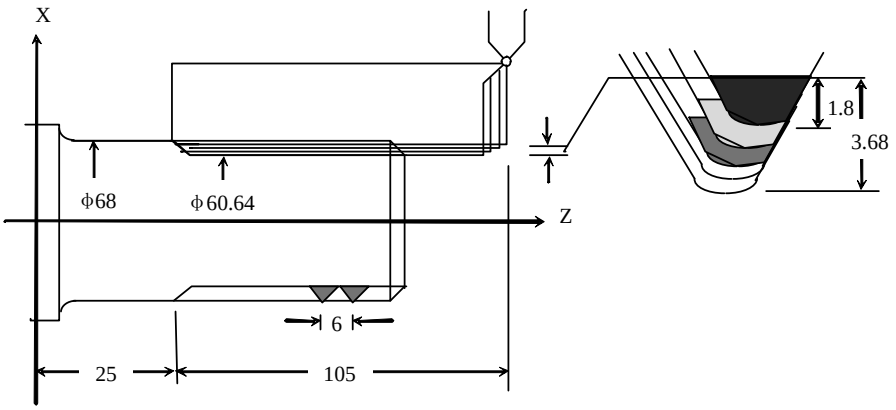
1 进刀移动量与让刀移动量方向相同（正常情况下，让刀方向与进刀方向是相反的）。

2 偏移后，进刀移动量反向。

3 偏移后，让刀移动量反向。

举例

示例一：



加工程序

G76 P010060 Q100 R200 ;

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 ;
```

14.3.8 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。

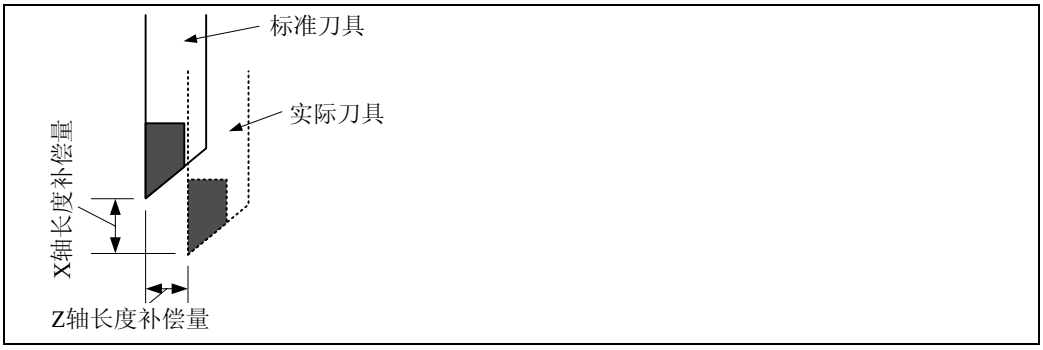
6 执行 G70、G71、G72、G73 时，用 P、Q 指定的顺序号，在这个程序内不能重合。

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）。

15 补偿功能

15.1 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

TOOXX ;

OO：刀具选择号

XX：刀具补偿号

解释

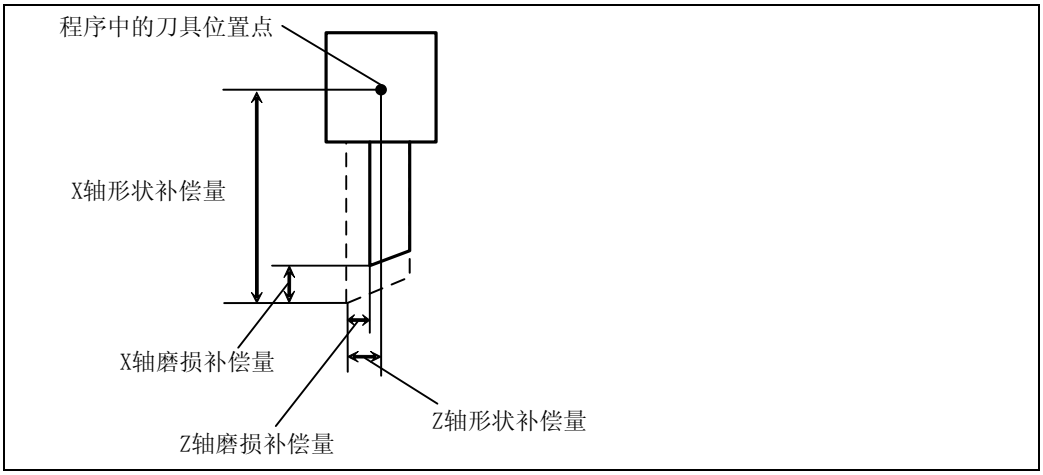
本系统中，刀具长度补偿仅由 T 代码来控制，不受 G 代码的控制。

- **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。



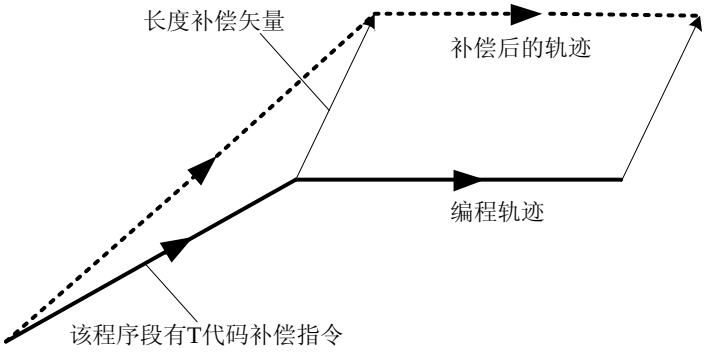
- **补偿号**

补偿号最大可以指定的范围是 TOO00~TOO16。在 LCD/MDI 面板，可把补偿号 TOO01~TOO16 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”（《连接调试手册》第 99 页 P3220 或第 180 页 P079）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。

- **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“ORC”（《连接调试手册》第 98 页 P3200.4）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。

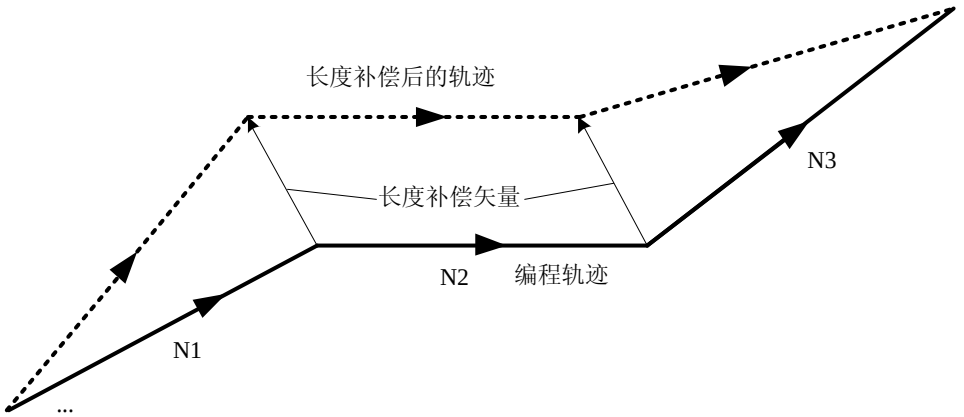
4 G04 TOOXX ;
G02 TOOXX ;
G10 TOOXX ;
上述指令仅完成换刀，不执行刀具长度补偿。

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（3~3 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。



...
N1 U100.0 W100.0 T0202 ;（假定02号补偿中已经设定了长度补偿值）
N2 W100.0 ;
N3 U100.0 W100.0 T0200 ;（取消偏长度补偿）
...

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。

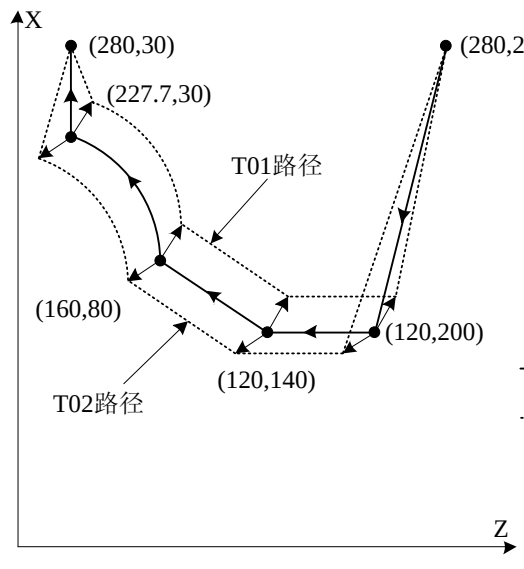
- **机床坐标系定位（G53）**

  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



轴	刀具号	
	01	02
X	-0.200	+0.120
Z	-0.120	+0.180

刀尖偏置（X，Z）	刀具号
刀具#1——B（0.20, 0.120）	01
刀具#2——C（-0.120, -0.180）	02

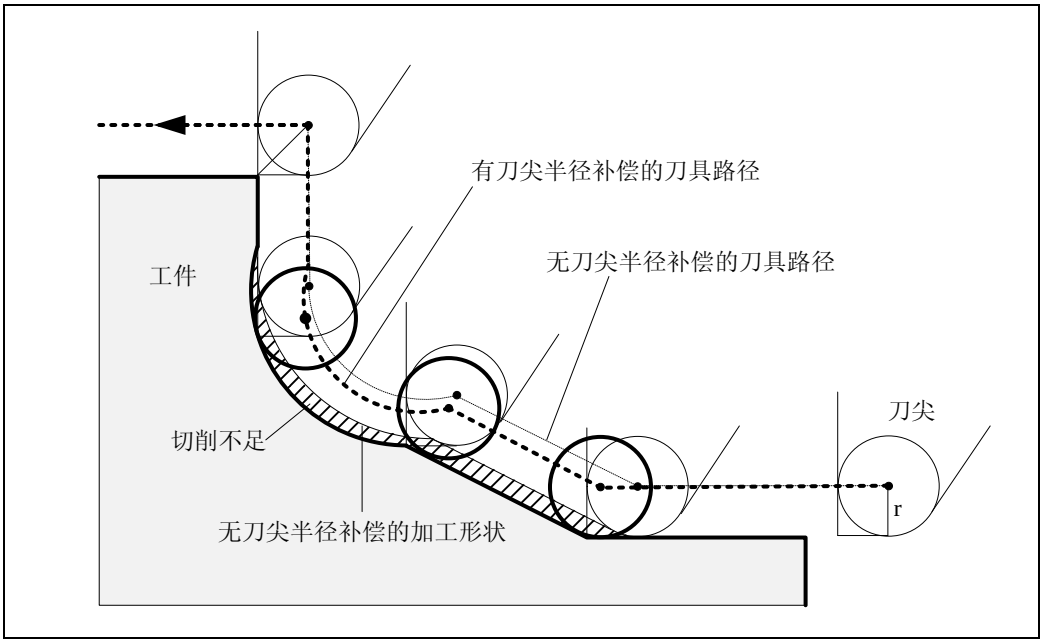
（程序实例 1）	（程序实例 2）
G50 X280.0 Z240.0 ;	G50 X280.0 Z240.0 ;
G00 X120.0 Z200.0 T0101 ;	G00 X120.0 Z200.0 T0202 ;
G01 Z140.0 F30 ;	G01 Z140.0 F30 ;
X160.0 Z80.0 ;	X160.0 Z80.0 ;
G03 X227.7 Z30.0 R53.81 ;	G03 X227.7 Z30.0 R53.81 ;
G00 X280.0 T0100 ;	G00 X280.0 T0200 ;

15.2 刀尖半径补偿（G40~G42）

15.2.1 概要

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。这时，就需要使用刀尖半径补偿功能。

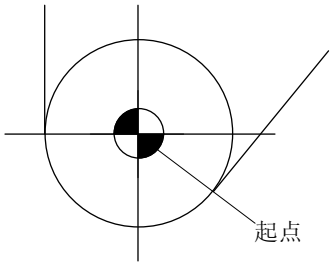
当参数“CRC”（《连接调试手册》第 80 页 P0002.1）设为 1 时，该功能才有效。



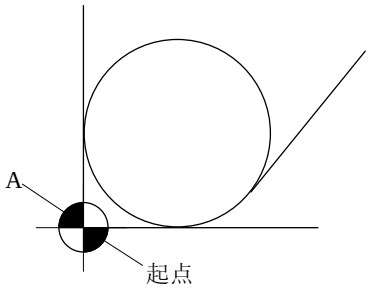
15.2.2 假想刀尖

下图刀尖 A 点实际上不存在。假想刀尖的设定是因为通常设定实际刀尖中心比较困难，而设定假想刀尖容易一些（见注）。与使用刀尖中心编程一样，使用假想刀尖编程时无需考虑刀尖半径。

刀具在起点时的位置关系如下图所示：



用刀尖中心编程时



用假想刀尖编程时

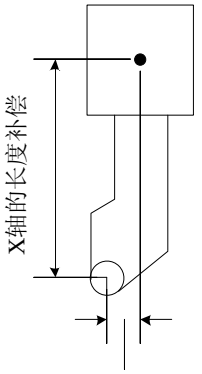
注

1 对有机械零点的机床来说，一个标准点如刀架中心可以作为起点。从这个标准点到刀尖半径中心或假想刀尖的距离设置为刀具长度补偿值。

2 设置从标准点到刀尖半径中心的距离作为长度补偿值，相当于设置刀尖半径中心作为起点；而设置从标准点到假想刀尖的距离作为长度补偿值，相当于设置假想刀尖作为起点。为了设置长度补偿值，通常测量从标准点到假想刀尖的距离比测量从标准点到刀尖半径中心的距离容易。

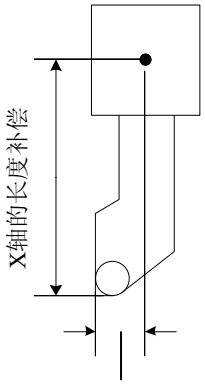
解释

- **当刀架中心在起点时的刀具长度补偿量**



设定从标准点至刀尖中心的距离为补偿量

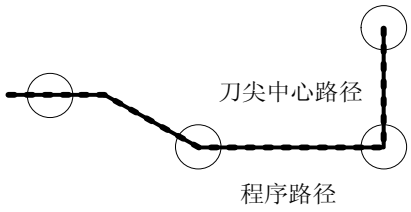
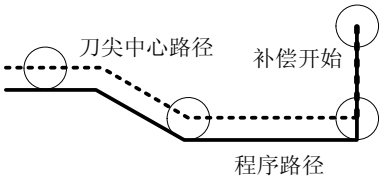
起点放在刀尖中心上



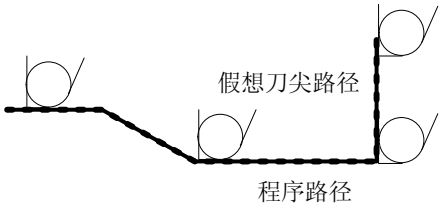
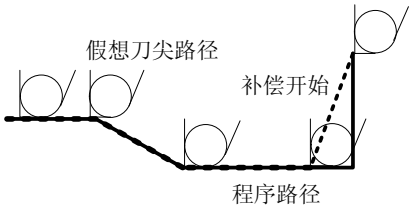
设定从标准点至假想刀尖的距离为补偿量

起点放在假想刀尖上

- **将刀尖中心作为起点进行加工时的刀具路径**

无刀尖半径补偿时，刀尖中心路径与程序路径一样（重合）	如果用刀尖半径补偿，将会执行正确的切削
	

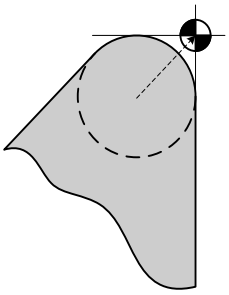
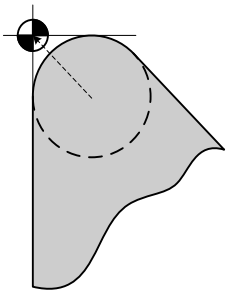
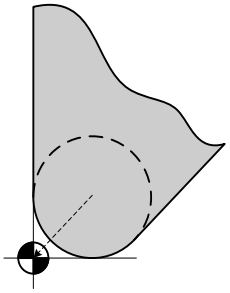
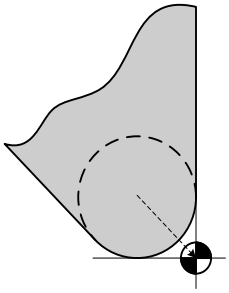
- **将假想刀尖作为起点进行加工时的刀具路径**

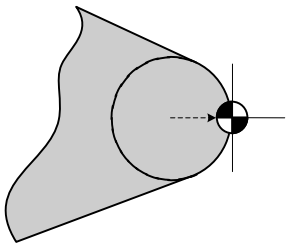
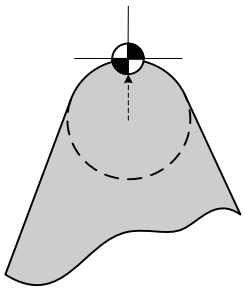
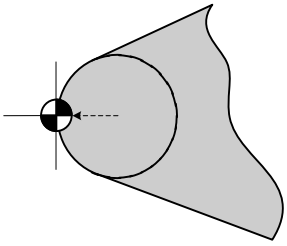
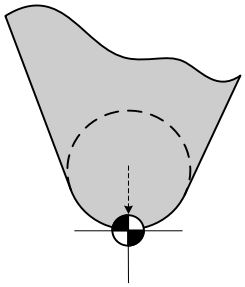
无刀尖半径补偿时，刀尖路径与程序路径一样（重合）	如果用刀尖半径补偿，将会执行正确的切削
	

- **假想刀尖的方向**

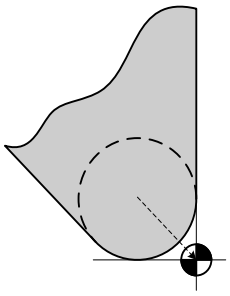
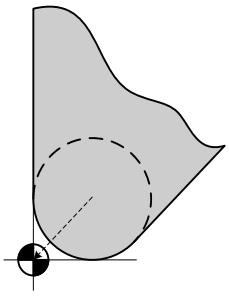
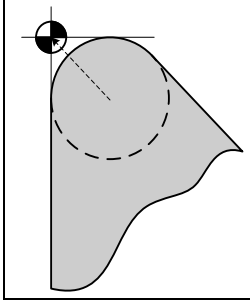
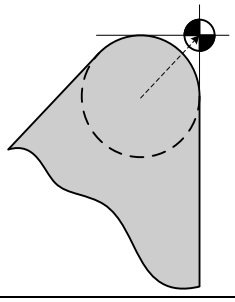
从刀尖中心看到的假想刀尖的方向，由切削过程中刀具的方向决定，所以与补偿量一起必须同时事先设置。假想刀尖的方向可从下图所示的 8 种规格所对应的编码来选择。这些图说明了刀具与起点间的关系。箭头终点是假想刀尖。

1 后刀架假想刀尖方向

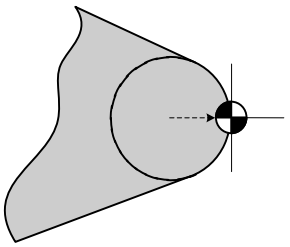
假想刀尖号码 1	假想刀尖号码 2
	
假想刀尖号码 3	**假想刀尖号码 4**
	

假想刀尖号码 5 	假想刀尖号码 6 
假想刀尖号码 7 	假想刀尖号码 8 

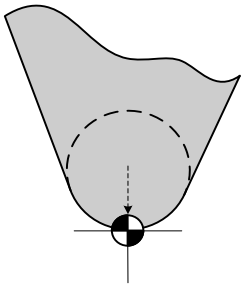
2 前刀架假想刀尖方向

假想刀尖号码 1 	假想刀尖号码 2 
假想刀尖号码 3 	假想刀尖号码 4 

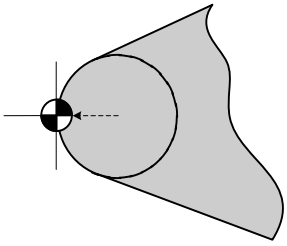
假想刀尖号码 5



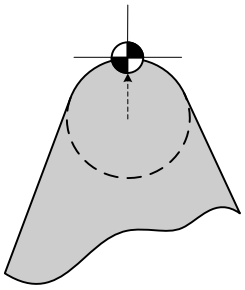
假想刀尖号码 6



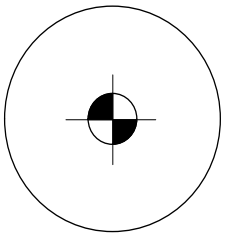
假想刀尖号码 7



假想刀尖号码 8



当刀尖中心与起点一致时，设置刀尖号码 0 或 9。对应各刀具补偿号，设置各刀具的假想刀尖号。



刀尖中心和起点一致

假想刀尖号码 0 或 9

15.2.3 补偿指令

格式

- 刀尖半径补偿开始

G00/G01 G41/G42 IP_ T_;

G41：刀尖半径补偿（左）

G42：刀尖半径补偿（右）

IP_：轴移动的指令值

T_：刀尖半径补偿补偿号

- **刀尖半径补偿取消**

G40 IP_ ;
或
TOO00 ;
G40：刀尖半径补偿取消
IP_：轴移动的指令值
TOO00：指定补偿号 00

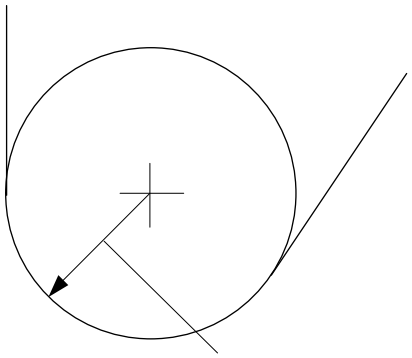
解释

- **补偿号**

使用 T 代码低 2 位指定半径补偿号，补偿号最多可以设定 16 个，编号范围 TOO00~TOO16（TOO00 表示取消刀尖半径补偿）。
补偿量事先通过 MDI&LCD 单元设定，它与程序上指定 T 代码后面 2 位数相对应（参见操作手册）。
半径形状补偿量允许输入范围为[-100.000，100.000]，磨损补偿量允许输入范围由参数“刀具磨损补偿最大值”（《连接调试手册》第 99 页 P3220 或第 180 页 P079）决定。“刀具磨损补偿最大值”的范围为[1.000~10000.000]，假设该参数的值为 α，那么磨损补偿量的允许输入范围为[-α，α]。执行时半径补偿值为形状补偿量与磨损补偿量之和。

- **补偿向量**

补偿向量又称为偏移向量，是长度等于指定的刀尖半径的二维向量。补偿向量的计算在控制单元内完成，存储在数控装置内部，随着刀具前进，它的方向时刻在改变。补偿路径（即刀尖中心轨迹）等于编程路径加上或减去（由补偿方向决定）刀尖半径。
补偿向量是随着刀具前进而改变的，清楚这一点，对编程很重要。



刀具半径补偿值

- **补偿平面**

补偿的计算是在 XZ 平面上进行的，该平面称为补偿平面。在程序中用（X，Z）或（I，K）执行补偿计算和向量计算时，不在补偿平面上轴的移动不受影响。
同时进行三轴控制时，只对投影在补偿平面的刀具路径作补偿。

- **补偿方向**

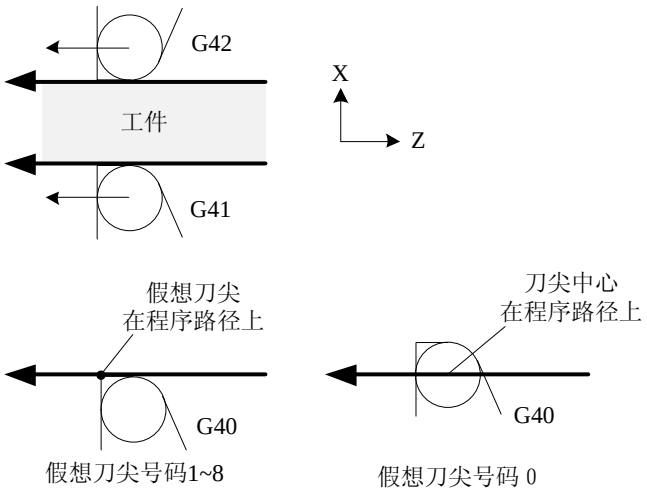
在刀尖半径补偿时，必须指定刀具与工件的位置。

G 代码	工件位置	刀具路径
G40	无限制	在编程路径上移动
G41	前进方向右侧	在编程路径的前进方向的左侧移动
G42	前进方向左侧	在编程路径的前进方向的右侧移动

G40，G41 及 G42 是 07 组的 G 代码，它们与 G00，G01，G02，G03 指令组合，定义刀具运动方式、

半径补偿类型及补偿方向。

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



刀尖半径补偿方向由刀尖半径补偿 G 代码（G41/G42）及补偿量的符号共同决定，如果刀尖半径补偿量为负值，工件位置将改变。具体如下：

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

注

1 这里的左侧和右侧是相对于后刀架车床而言的（如上图中的 XZ 坐标系方向），编程时应总是按后刀架方式进行，无须考虑实际车床到底是前刀架还是后刀架。关于手动方式下，前后刀架设置的差别请参见 PLC 程序说明。

2 如果补偿量的符号改变，刀尖半径补偿的补偿方向就会改变，但是假想刀尖的方向不变。因此，请慎重改变补偿量的正负符号。

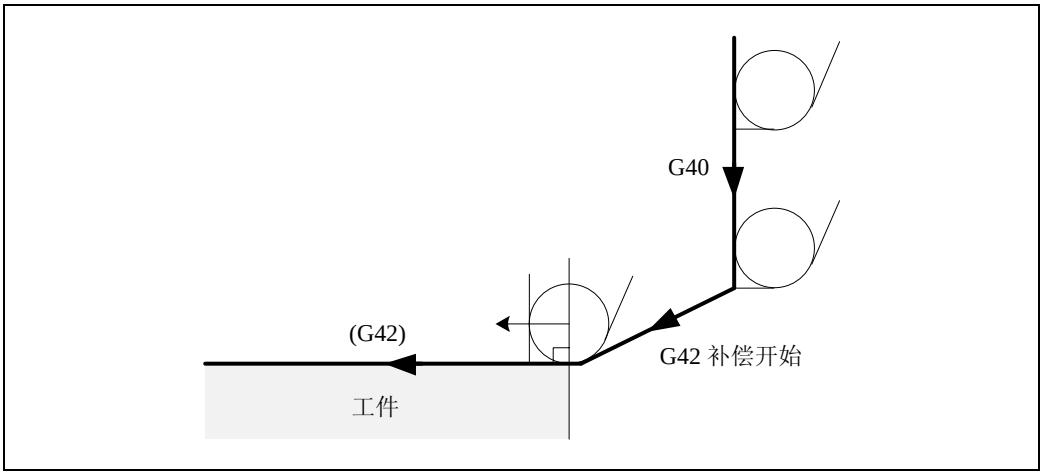
- **补偿开始**

从 G40 变为 G41 或 G42 的程序段称为补偿开始程序段。

G40 __ ；

G41 __ ； 补偿开始程序段。

补偿开始程序段执行过渡的刀尖半径补偿移动。在补偿开始程序段之后的程序段起点，刀尖中心垂直于该程序路径。



- **补偿取消**

从 G41 或 G42 变为 G40 的程序段称为补偿取消程序段。

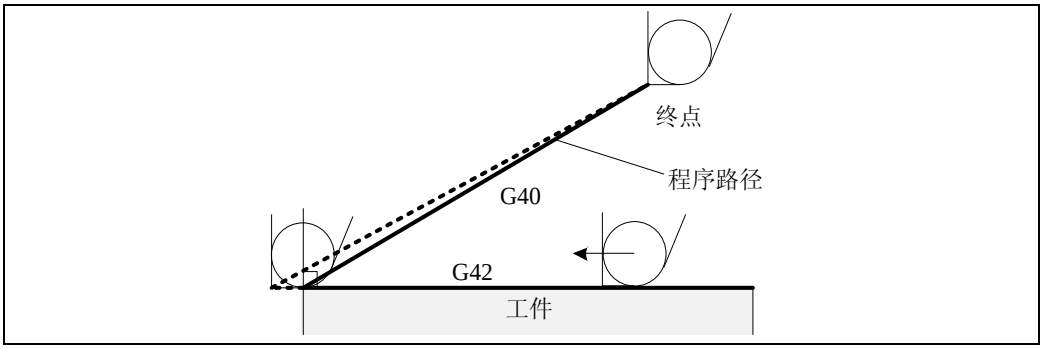
G41 __ ;

__ ;

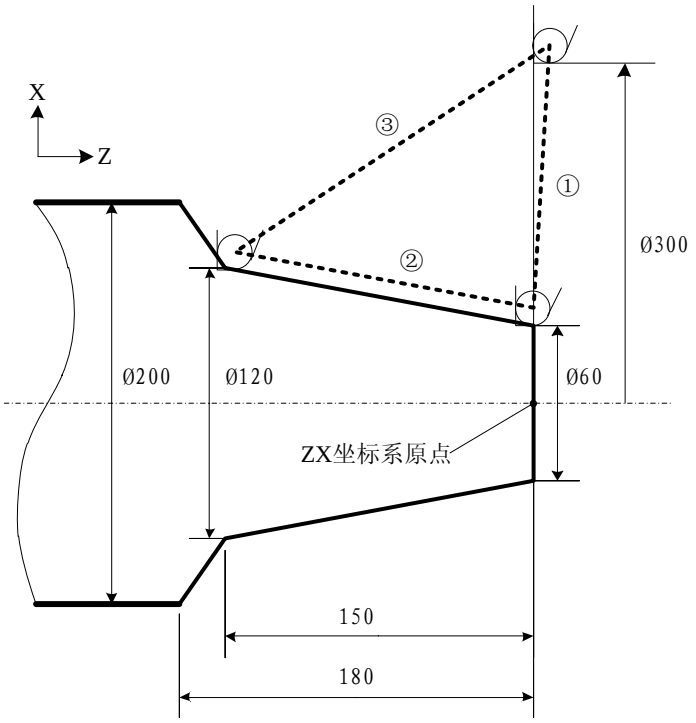
G40 __ ; 补偿取消程序段。

__ ;

在补偿取消程序段的前一个程序段的末端，刀尖中心移动到垂直于该程序路径的位置。



举例



（在G40模式，半径编程）
…
① G42 G00 X30.0 Z0 TOOXX；
② G01 X60.0 W-150.0 F100.0 ；
③ G40 G00 X150.0 W150.0 ；
…

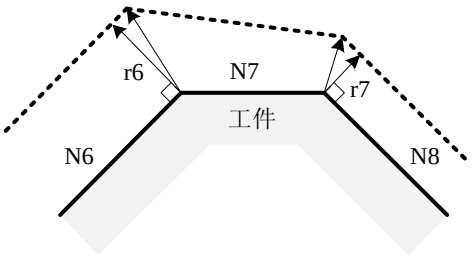
15.2.4 刀尖半径补偿的注意事项

子程序调用与返回

在调用子程序前（即执行 M98 前），系统必须在补偿取消模式，进入子程序后，可以起动补偿，但在返回主程序前（即执行 M99 前）必须为补偿取消模式，否则会报警 PS0036。

补偿模式中变更补偿量

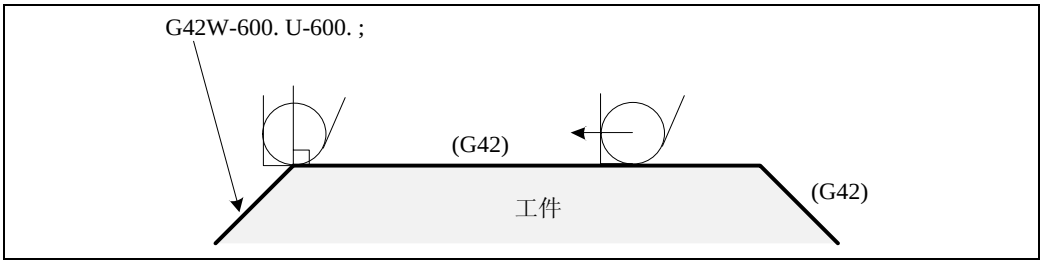
通常，换刀时，补偿量必须在取消模式中变更。如在补偿模式中变更补偿量，在程序段的终点计算新补偿量。



r6：程序段6计算的补偿量
r7：程序段7计算的补偿量

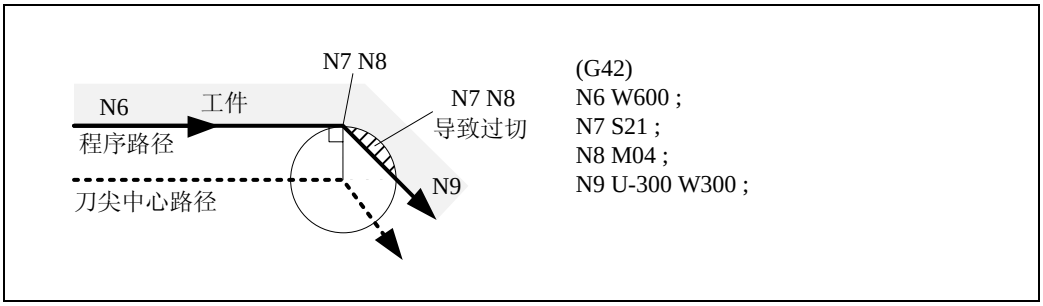
在 G41/G42 方式下又指令 G41/G42

此时，刀尖中心位置在前一程序段的终点垂直于前一程序段的程序路径。参见 II-15.2.5.3“补偿模式下重复指定刀具半径补偿 G 代码”。



不可连续指令两个或两个以上无移动命令的程序段

补偿模式中，连续指定两个或两个以上无移动的程序段时，刀尖中心会移到前一程序段的终点垂直于前一程序段程序路径的位置。如下图所示，这将可能导致过切。如果程序段是类型 7，那么即使只指定一个程序段，也会出现下图中的情况，参见 II-15.2.5.5。



15.2.5 刀尖半径补偿的详细说明

15.2.5.1 概要

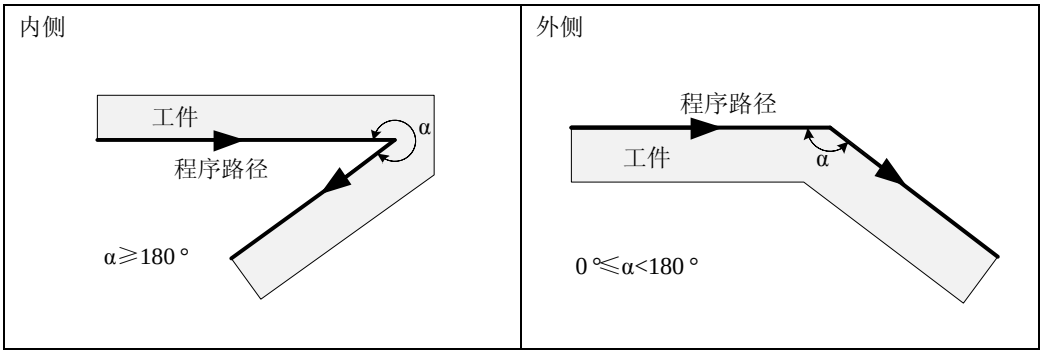
解释

- **拐角**

  两个相邻移动程序段交点处的切线在工件实体一侧的夹角

- **内侧和外侧**

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



- **补偿取消状态**

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

- **补偿开始条件**

在补偿取消状态下，当满足以下条件的程序段开始执行，系统进入补偿模式。

1 含有 G41 或 G42 指令，或控制进入 G41 或 G42 模式。

2 刀尖补偿的补偿号不为 0。

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

注

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

- **补偿结束条件**

在刀尖半径补偿模式下，当指令了 G40 IP_或者 TOO00 或者 D00，刀尖半径补偿即被取消。

注

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

- **系统内程序段数**

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

单程序段方式下，读入二个程序段，执行第一个程序段，然后停止。

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

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

图中符号

下文描述中，图中出现的各符号含义如下：

1 S 表示执行单程序段 1 次的位置

2 SS 表示执行单程序段 2 次的位置

3 SSS 表示执行单程序段 3 次的位置

4 L 表示刀具沿直线移动

5 C 表示刀具沿圆弧运动

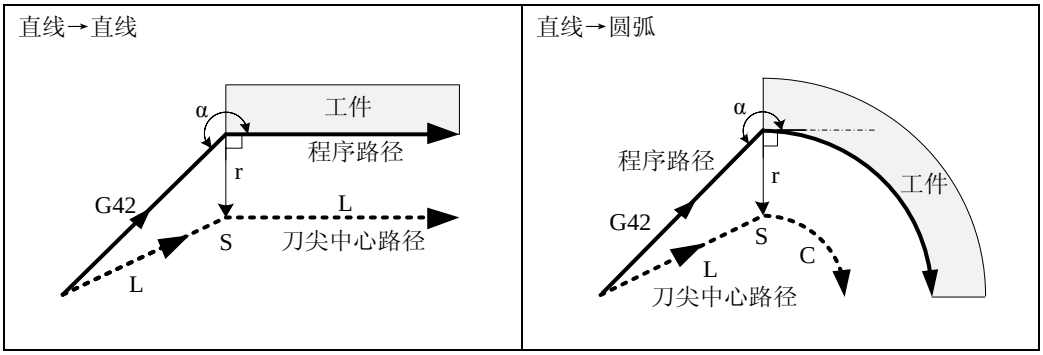
6 r 表示刀具半径补偿量

7 X 表示补偿路径交点

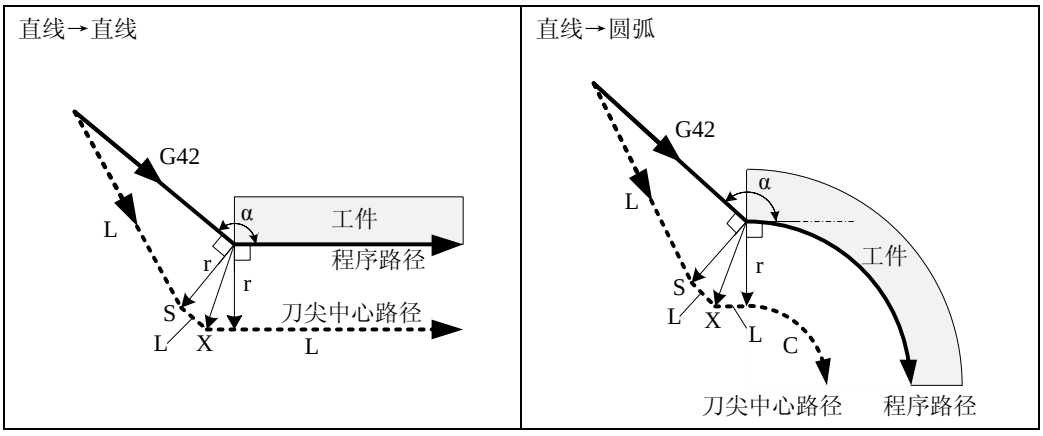
15.2.5.2 补偿开始时的刀具移动

以下说明从补偿取消状态进入补偿状态时的刀具移动方式。

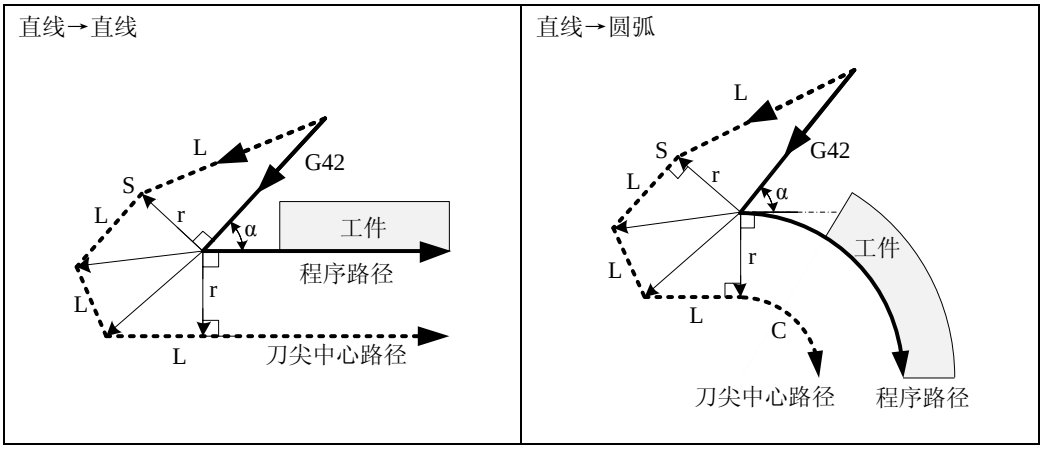
沿拐角的内侧移动（α ≥ 180°）



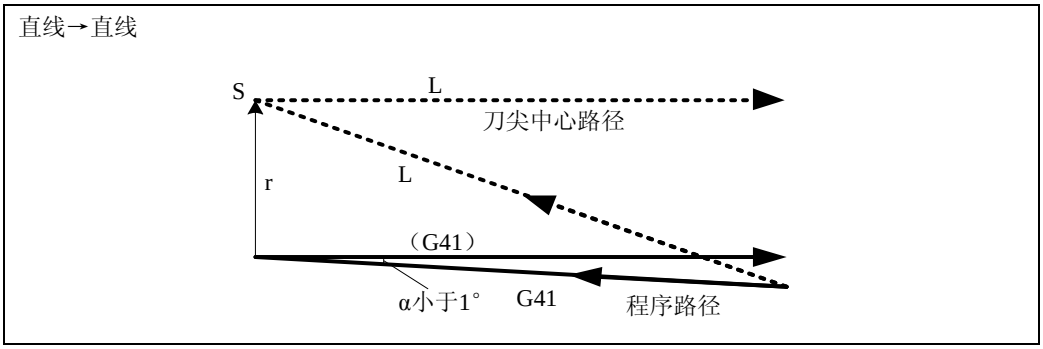
沿着拐角为钝角的外侧移动（90° ≤ α < 180°）



沿着拐角为锐角的外侧移动（α < 90°）



沿着拐角为小于1°的锐角外侧移动（α < 1°）

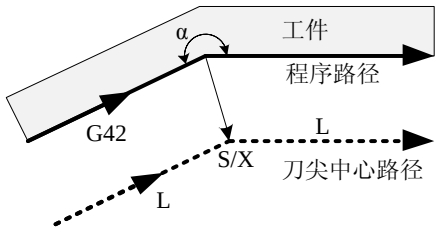


15.2.5.3 补偿模式下的刀具移动

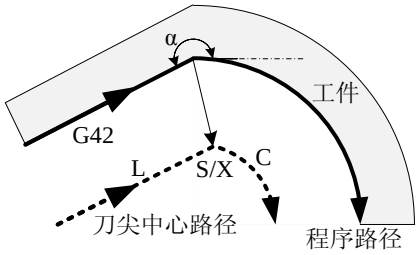
在补偿模式，如果没有连续指定 2 个或 2 个以上的非移动程序段（辅助机能或暂停等），补偿仍会正确执行，否则可能会产生过切或切削不足。

沿拐角的内侧移动（α ≥ 180°）

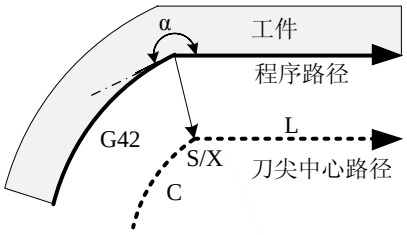
直线→直线



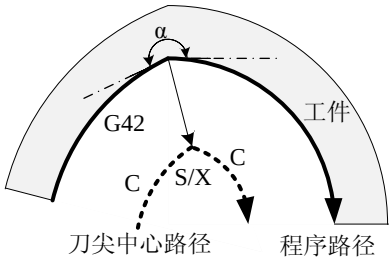
直线→圆弧



圆弧→直线



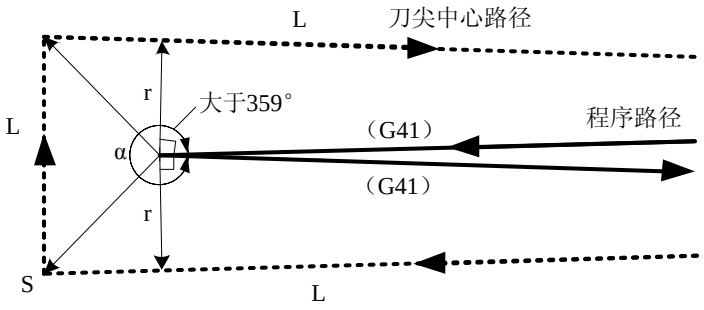
圆弧→圆弧



沿着拐角小于1°的内侧移动（α > 359°）

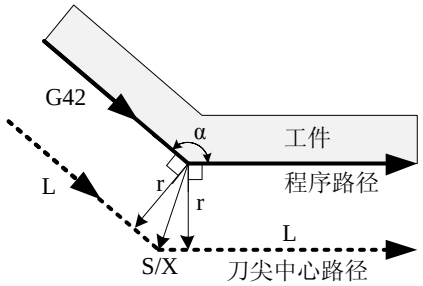
这里只说明直线→直线的情况，其他情况依此类推。

直线→直线

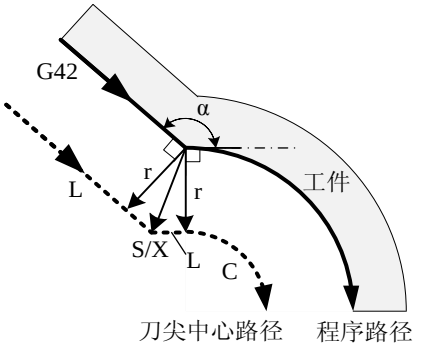


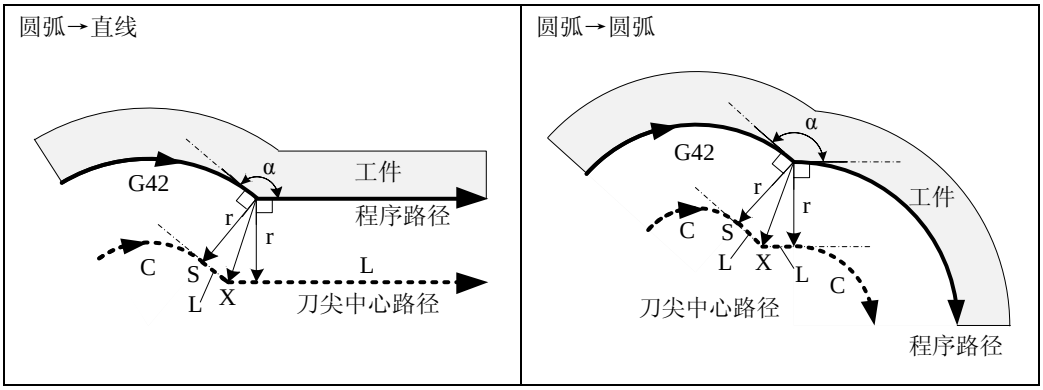
沿着拐角为钝角的外侧移动（90° ≤ α < 180°）

直线→直线

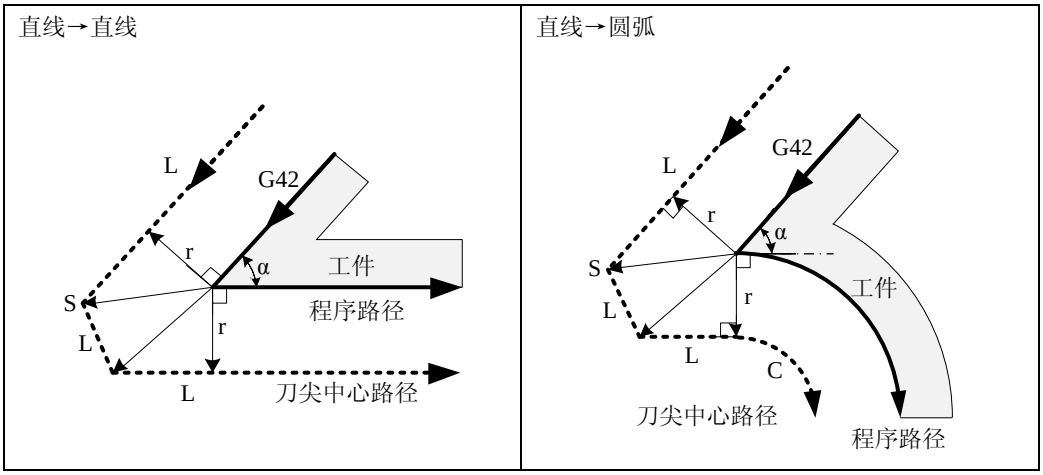


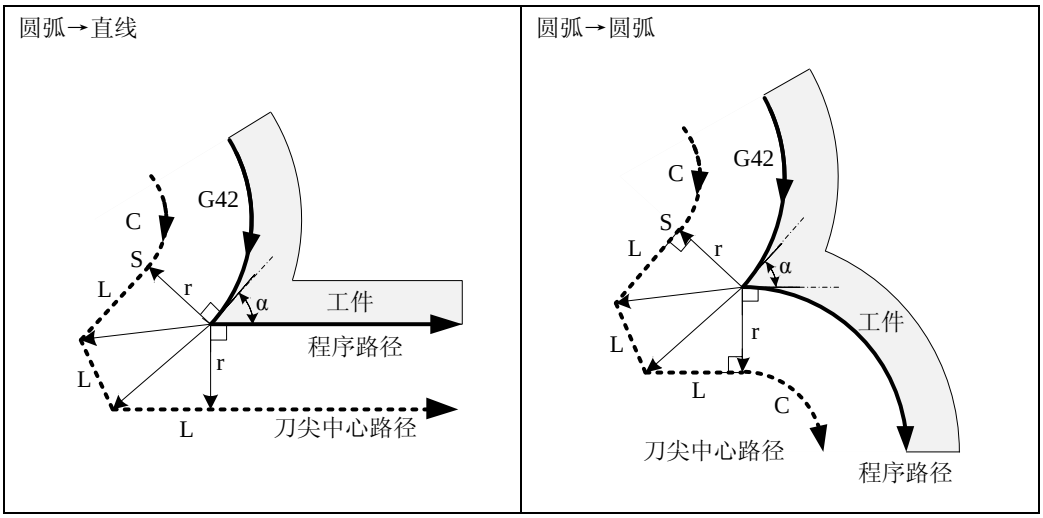
直线→圆弧





沿着拐角为锐角的外侧移动（α < 90°）

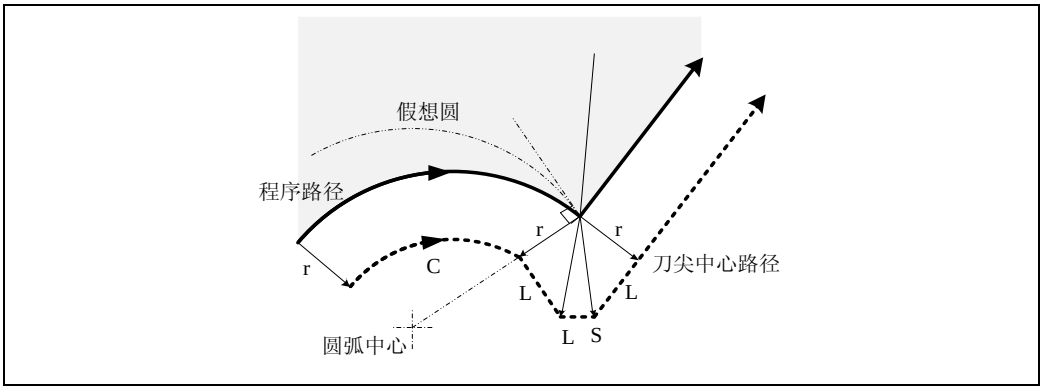




特殊情况

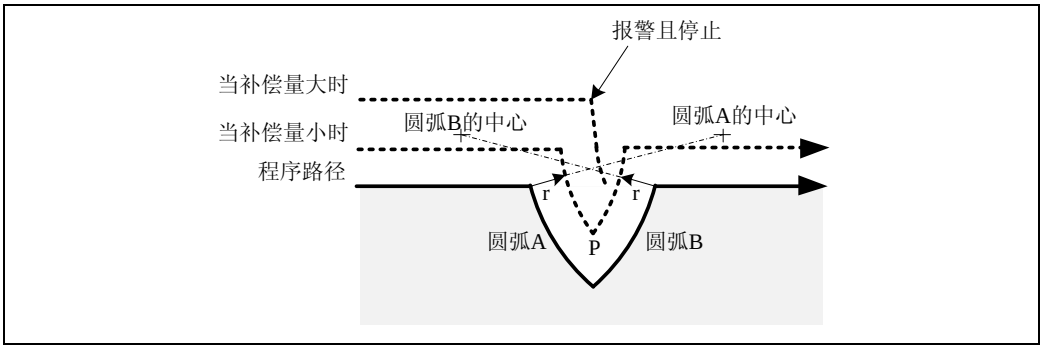
- **编程圆弧终点不在圆弧上**

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



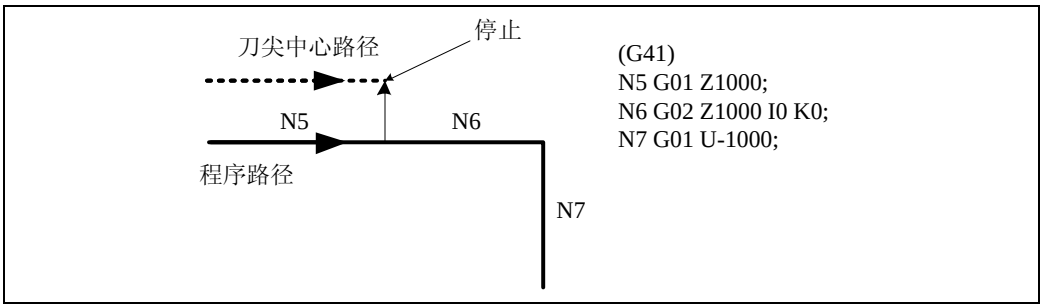
- **没有交叉点**

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



- **圆弧的中心与起点或终点一致**

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

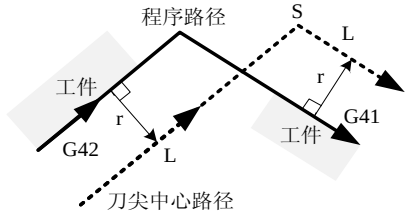


补偿模式下改变补偿方向

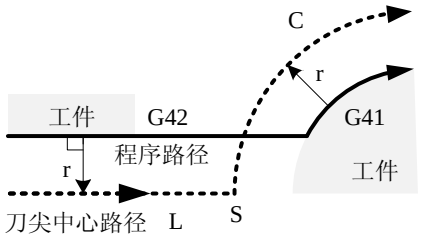
在补偿模式中可变更补偿方向。如果补偿方向在一个程序段中改变，则将该程序段的刀尖中心路径和上一程序段的刀尖中心路径的交点，作为上一程序段的终点和该程序段的起点。但不可在起动开始程序段及其后面的程序段变更。补偿方向变更时，没有内侧和外侧的概念。下文的解释中补偿量假设为正。

- **具有交点的补偿路径**

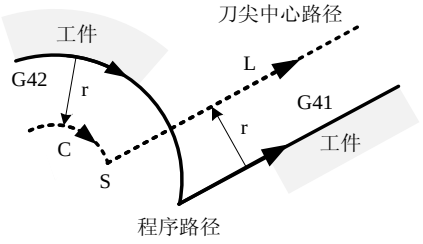
直线→直线



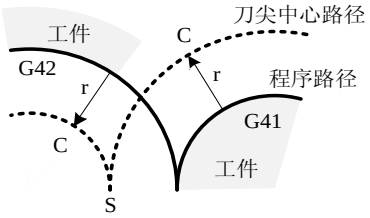
直线→圆弧



圆弧→直线



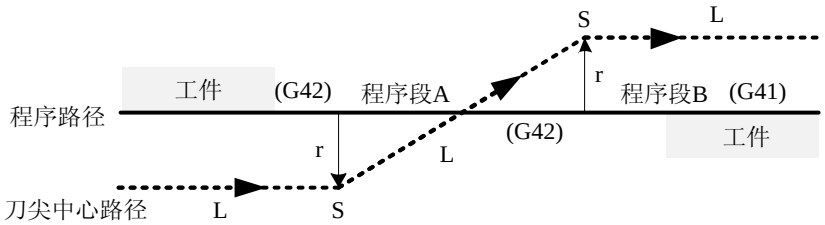
圆弧→圆弧

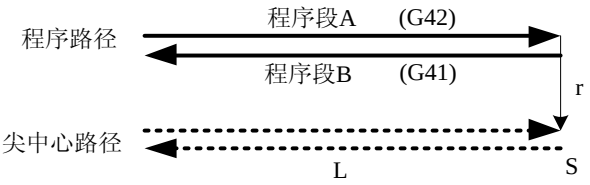


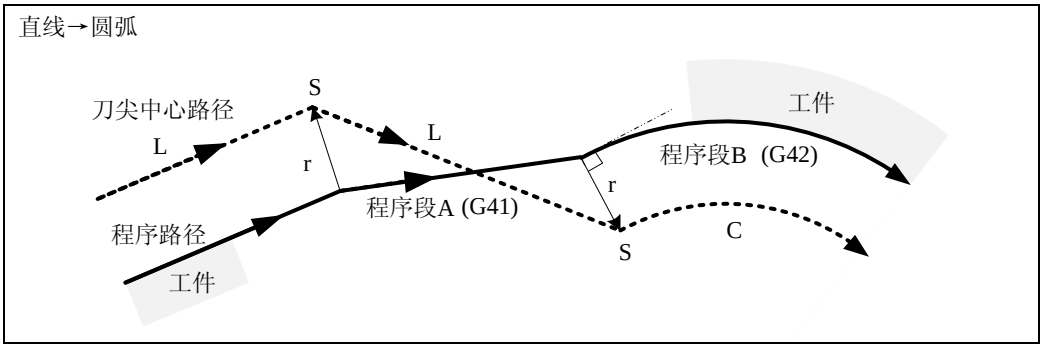
- **没有交点的补偿路径**

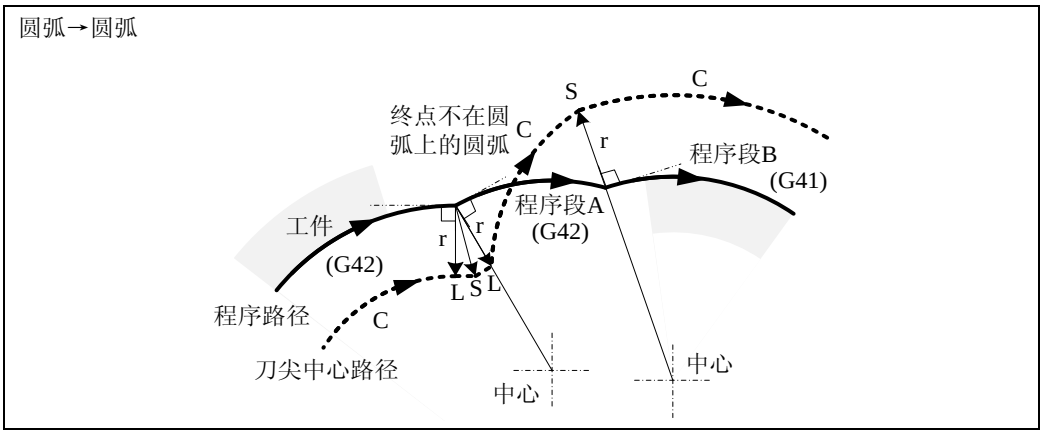
当用 G41，G42 改变程序段 A 至程序段 B 的补偿方向时，如果没有交点，则创建一个与程序段 B 的起点垂直的向量，作为程序段 A 的终点和程序段 B 的起点。

直线→直线





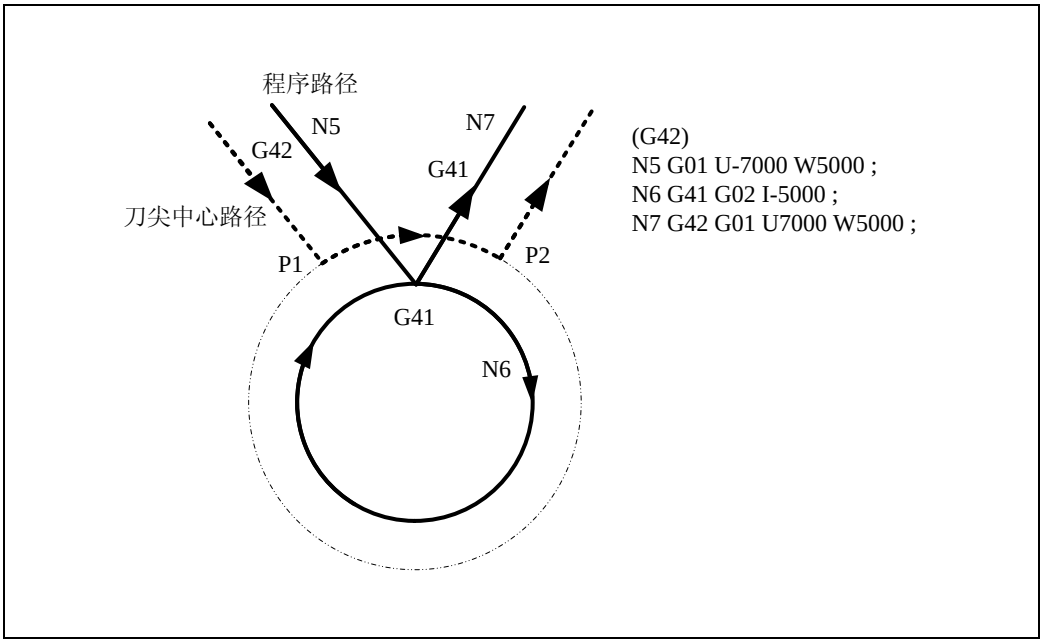




- **大于 1 周的圆弧**

通常不会产生这种情况。但当 G41 及 G42 变更时，或用 I，J，K 指令 G40 时，则可能会出现。如下图，刀尖中心路径不是圆弧，而是 P1 至 P2 的一段弧。并且在某些情况下，可能会因为干涉检查出现报警。

如希望刀具按全圆移动，必须分段指令。

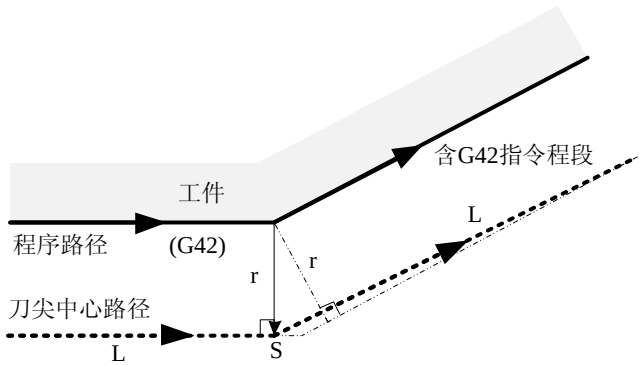


补偿模式下重复指定刀尖半径补偿 G 代码

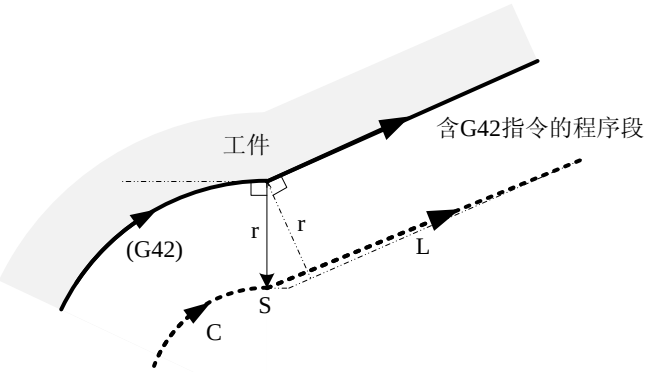
在补偿模式中，重复指定刀尖半径补偿 G 代码时（G41/G42 模式时指定 G41/G42），相对于移动方向会形成一个与前程序段成直角的向量，与加工内侧和外侧无关。如果在圆弧指令中指定此种 G

代码，则不能得到正确的圆弧。

直线→直线



直线→圆弧

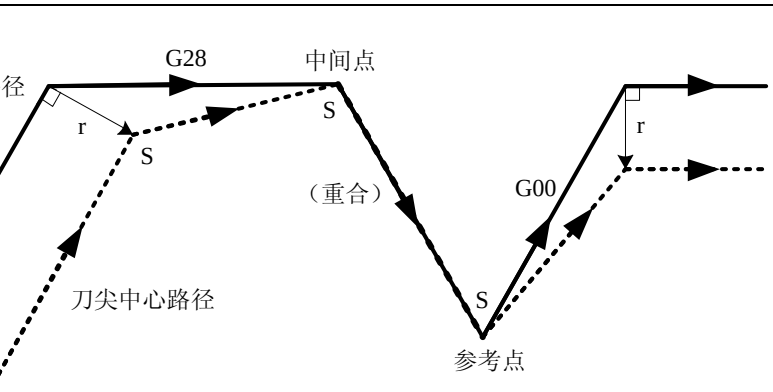


补偿模式下暂时取消补偿的指令

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

- **G28 自动返回参考点**

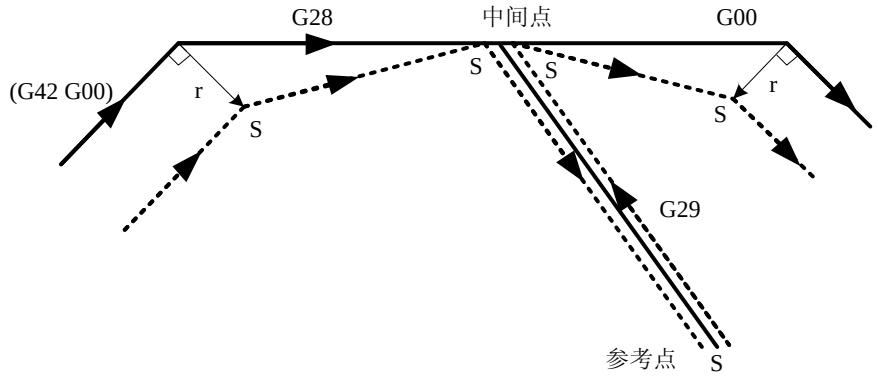
在补偿模式中，如果指令 G28，补偿将在中间点取消，在参考点返回后补偿模式自动恢复



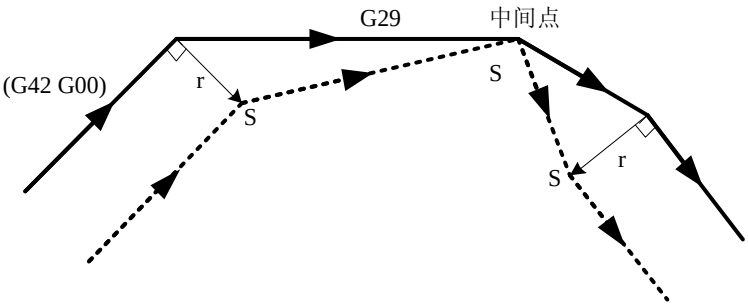
- **G29 从参考原点自动返回**

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

在 G28 后立刻指令 G29 时



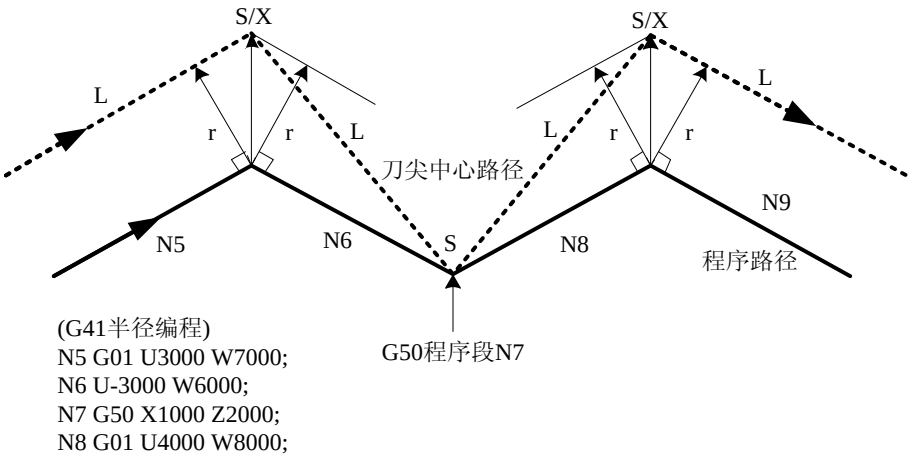
不在 G28 后立刻指令 G29 时



- **G50 工件坐标系设定**

在补偿模式中，如果指定了 G50（工件坐标系设定），补偿向量会暂时取消，之后补偿向量会自动恢复。

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



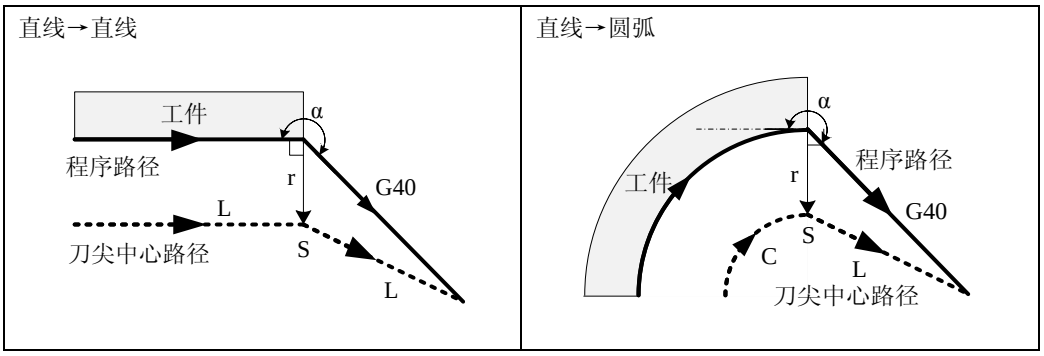
- **车削固定循环**

执行车削固定循环 G90、G92、G94 以及 G70~G76 时，在移动到循环起点的过程中，刀尖半径补偿被暂时取消，在从循环终点移出时恢复刀尖半径补偿。参见 II-15.2.5.8。

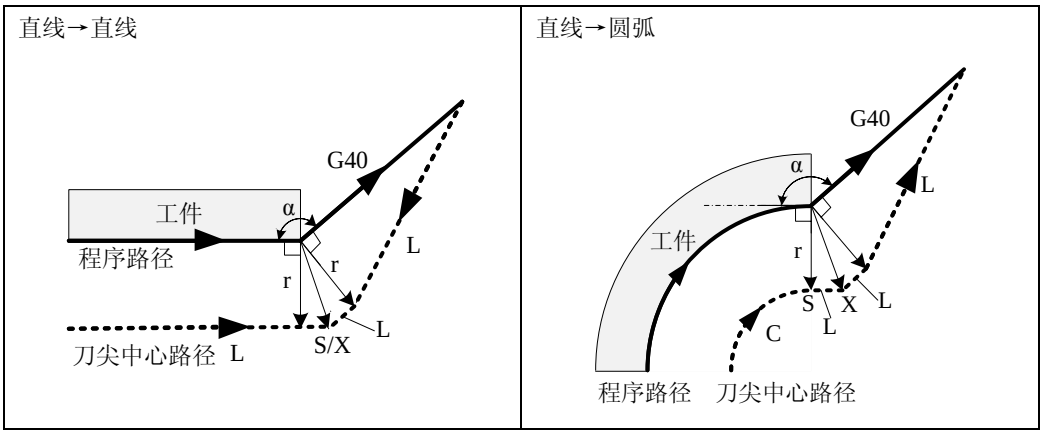
15.2.5.4 补偿取消时的刀具移动

以下说明从补偿状态退出到补偿取消状态时的刀具移动方式。

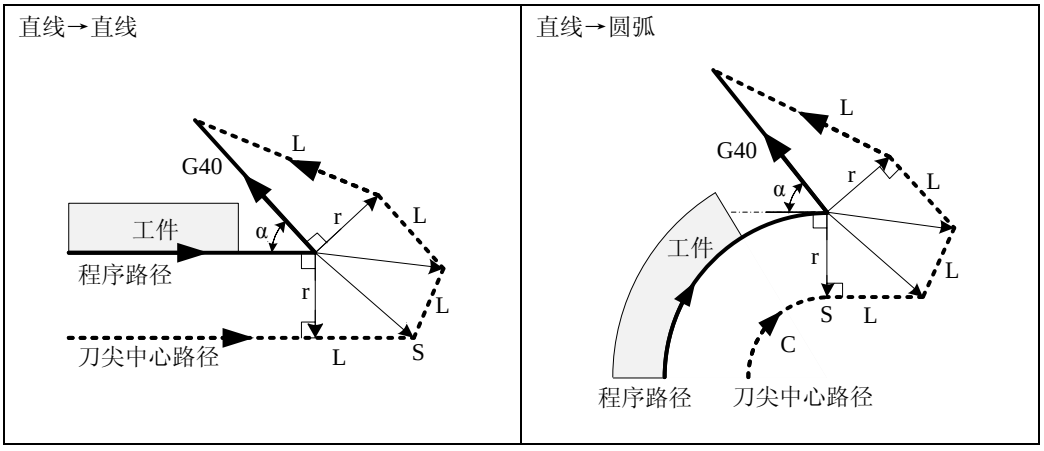
沿拐角的内侧移动（$\alpha \geq 180°$）



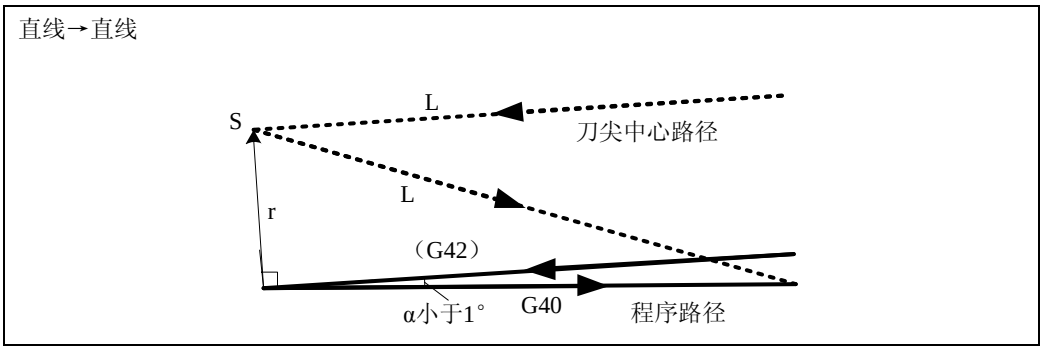
沿着拐角为钝角的外侧移动（$90° \leq \alpha < 180°$）



沿着拐角为锐角的外侧移动（$\alpha < 90°$）



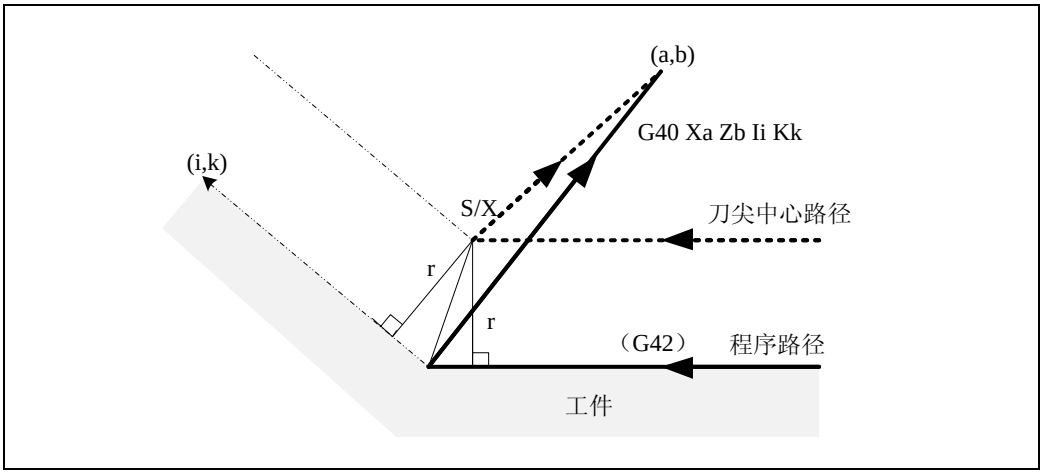
沿着拐角为小于1°的锐角外侧移动（α < 1°）



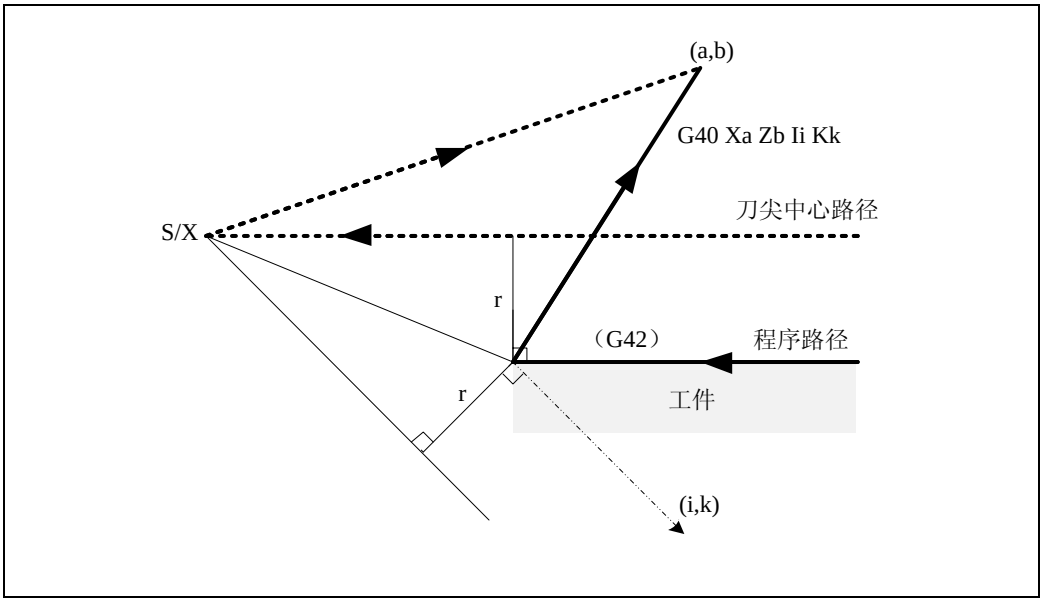
G40 和 I_J_K_同时指定

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

- **指定加工内侧**



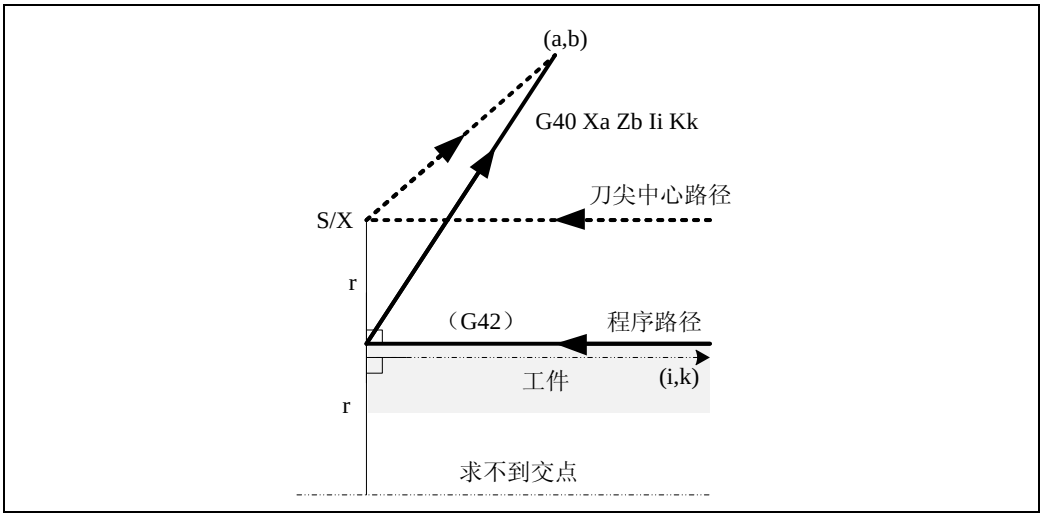
- **指定加工外侧**



- **没有交点**

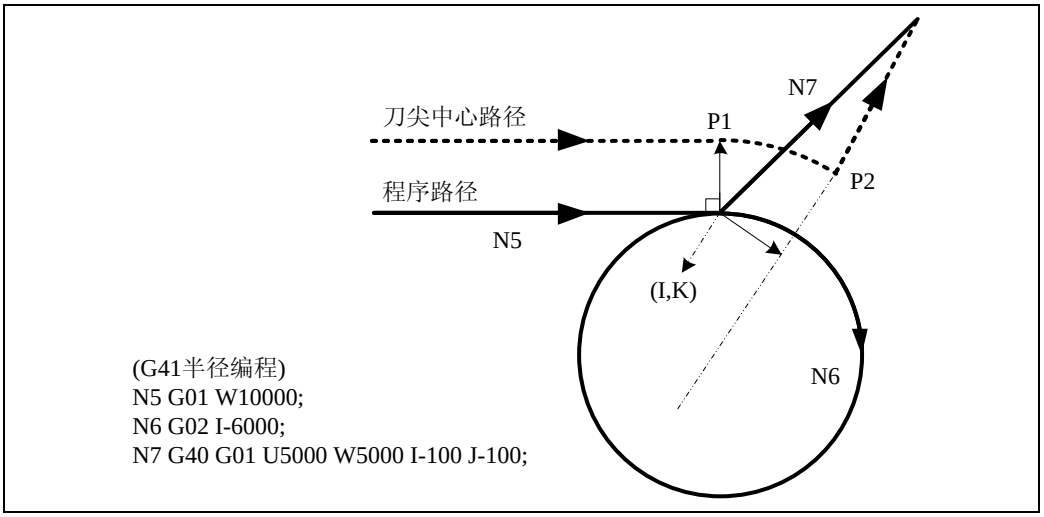
当求不到交点时，系统产生一个起点位于 G40 前面的程序段的终点，大小等于补偿量的一个偏移

向量。刀具移动到该偏移向量处。



- **大于一周的圆弧**

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



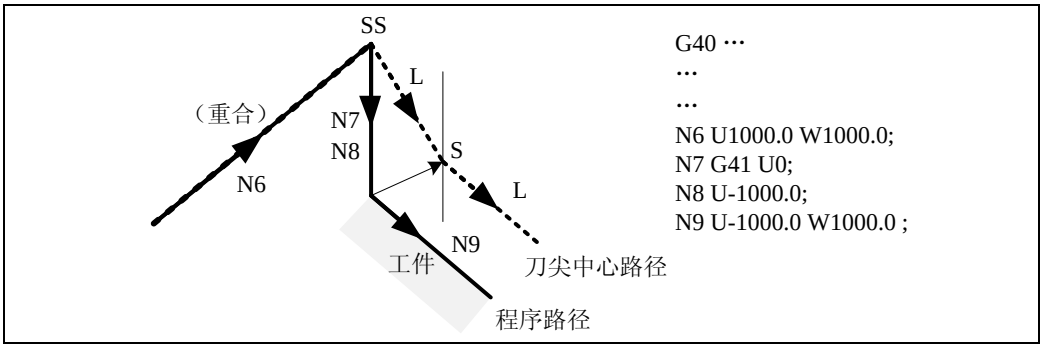
15.2.5.5 不产生刀具移动的程序段

下表中各类型的程序段都是不会产生刀具移动的程序段。

类型	举例	解释
1	M05 ;	M 代码输出
2	S01 ;	S 代码输出
3	G04 X10.000 ;	暂停指令
4	G10 P01 X100 ;	补偿量设定
5	(G17) Z100 ;	补偿平面内无移动的指令
6	G98 ;	只有 G 代码
7	G01 U0 ;	移动量为零

程序段位于补偿开始时

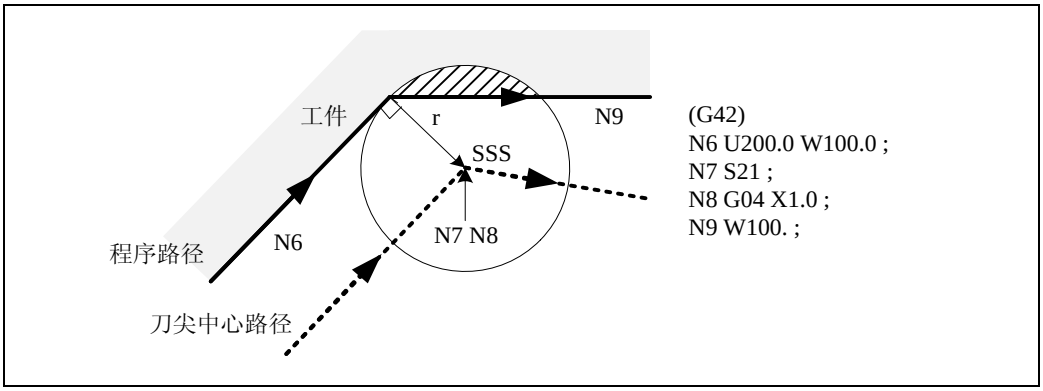
如果在补偿开始的指令没有刀具移动，不会产生补偿向量。



程序段位于补偿模式时

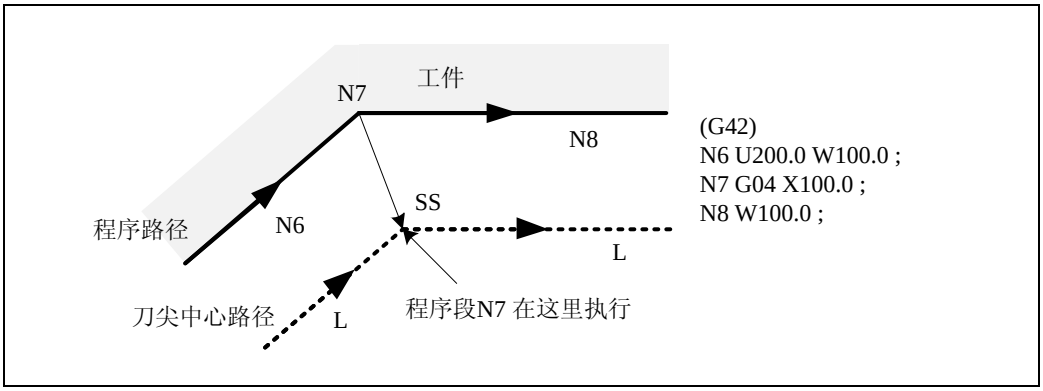
- **连续指令两个及两个以上无刀具移动的程序段时**

两个及以上没有刀具移动的程序段不可连续指令。如果这样指令，会形成长度为补偿量，方向垂直于前程序段移动方向的向量，可能产生过切。

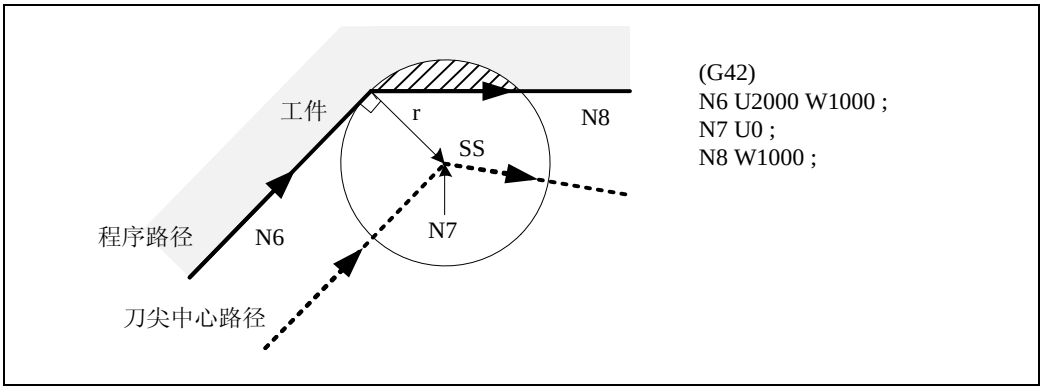


- **仅只指令了一个无刀具移动的程序段时**

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

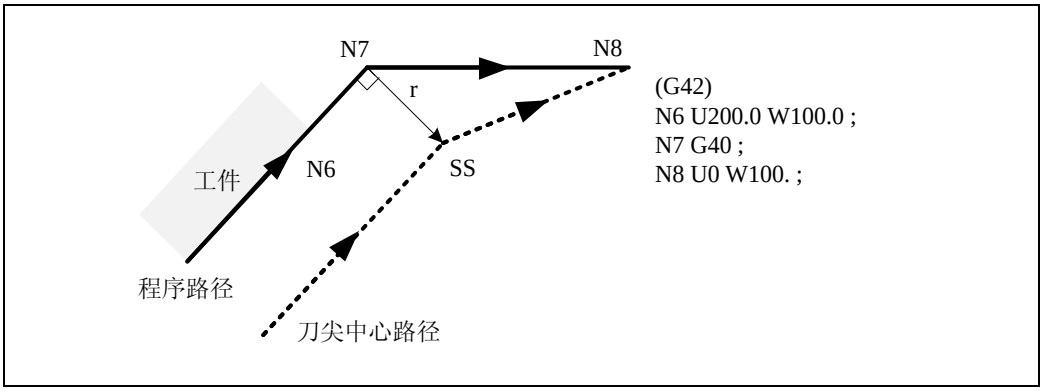


但是，对于移动量为零的程序段（类型 7，参见上表），即使只指定一个程序段，刀具移动与连续指定两个及两个以上没有刀具移动指令的程序段时的情形一样。



程序段位于补偿取消时

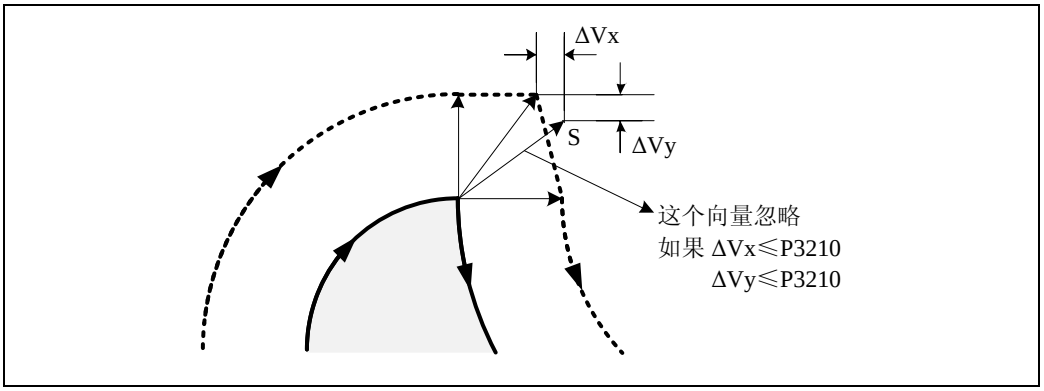
当没有刀具移动的程序段与补偿取消一起指令时，会形成长度为补偿量，方向垂直于前程序段移动方向的向量，这个向量在下一个移动指令取消。



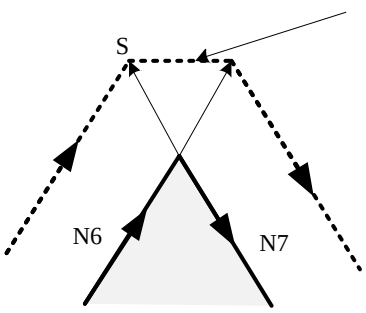
15.2.5.6 转角移动

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

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



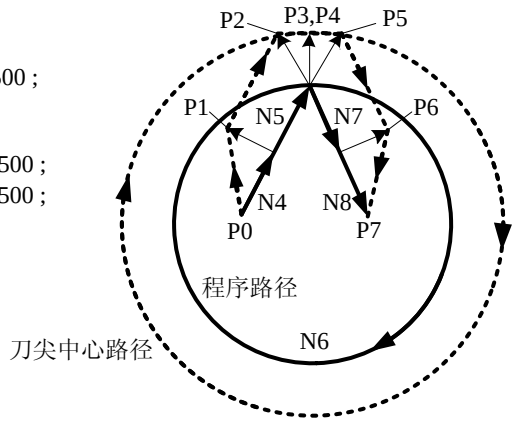
如果这些向量不一致（未被忽略），则产生一个沿转角的移动。这个移动属于后面的程序段。



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

但是，如果下一个程序段的路径超过半圆时，则不执行以上机能，即始终不忽略向量。主要是为了避免如下情况。

(半径编程)
N4 G41 U2000 W1500 ;
N5 U2000 W1500 ;
N6 G02 I-6000 ;
N7 G01 U-2000 W1500 ;
N8 G40 U-2000 W1500 ;



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

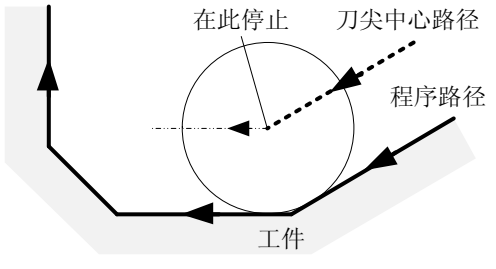
15.2.5.7 倒角及拐角

倒角或拐角处补偿条件

在倒角或拐角圆弧，只有在拐角处有交点时，才可以进行刀尖半径补偿。在补偿取消，补偿开始或改变补偿方向时，不能进行补偿，此时刀具运动停止并显示报警（PS0297）。

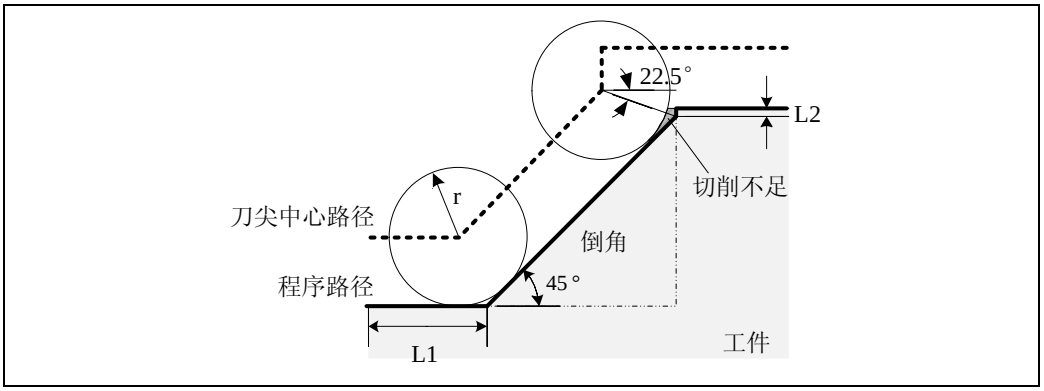
倒角值或拐角圆弧值过小

在内侧倒角或内侧拐角圆弧时，如果倒角值或拐角圆弧值小于刀尖半径值，因为会产生过切，刀具运动停止并显示报警（PS0297）。



切削不足

- **切削不足示例图**

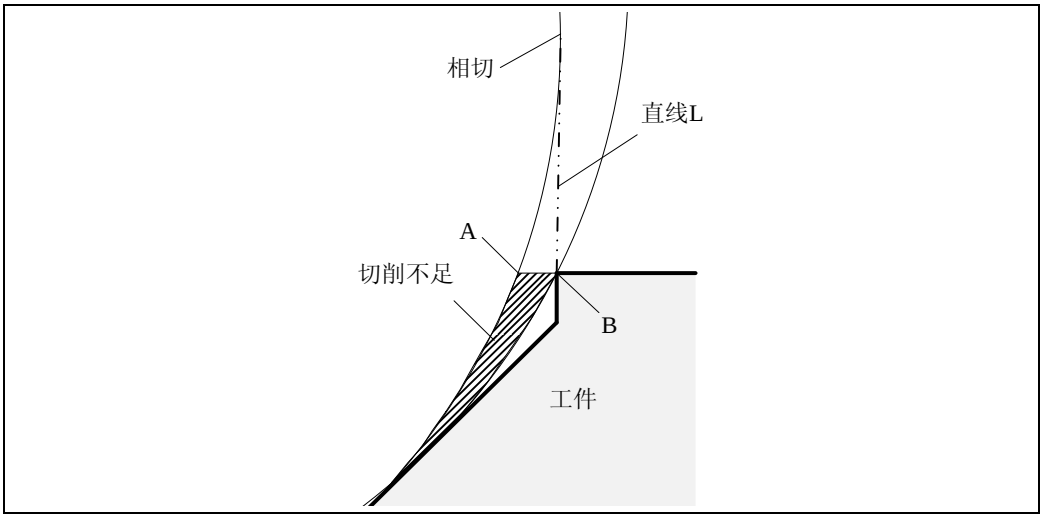


对于内侧倒角，如果非倒角部分的程序路径（上图 L1、L2）的长度在

$$0 \le L1, L2 \le r \times \tan 22.5°, (r \text{ 刀尖半径})$$

范围内时，就会产生切削不足。

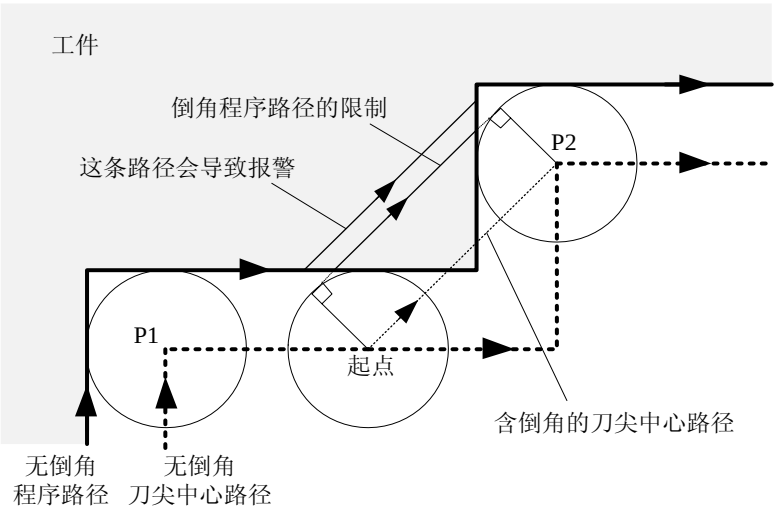
- **切削不足示例放大图**



在上图中，尽管刀尖应该在点 B 定位，但实际在点 A 定位（刀尖与直线 L 相切）。因此，存在切削不足情况。

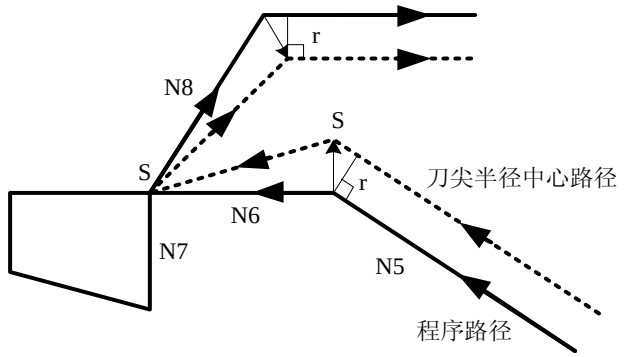
拐角或倒角的路径限制

外侧倒角补偿时，对程序路径有限制，必须保证倒角的完整性，并且不能出现过切现象。如下图所示，如果倒角值大于图中的限制值，会产生报警（PS0052/PS0055）。



15.2.5.8 车削固定循环时的刀尖半径补偿

执行车削固定循环 G90、G92、G94 以及 G70~G76 时，在移动到循环起点的过程中，刀尖半径补偿被暂时取消，在从循环终点移出时恢复刀尖半径补偿，如下图所示。对于循环内的刀尖半径补偿路径，各种循环指令处理不尽相同。

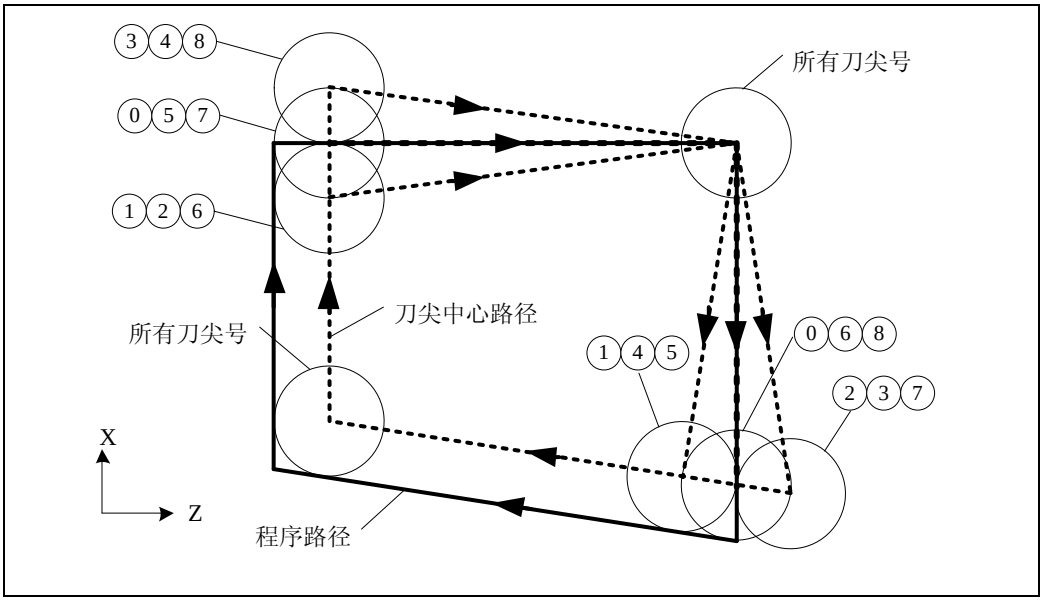


(G42)
N5 G01 U500.0 W600.0;
N6 W-800.0;
N7 G90 U-600.0 Z-800.0 I-300.0;
N8 G01 U1200.0 W500.0;

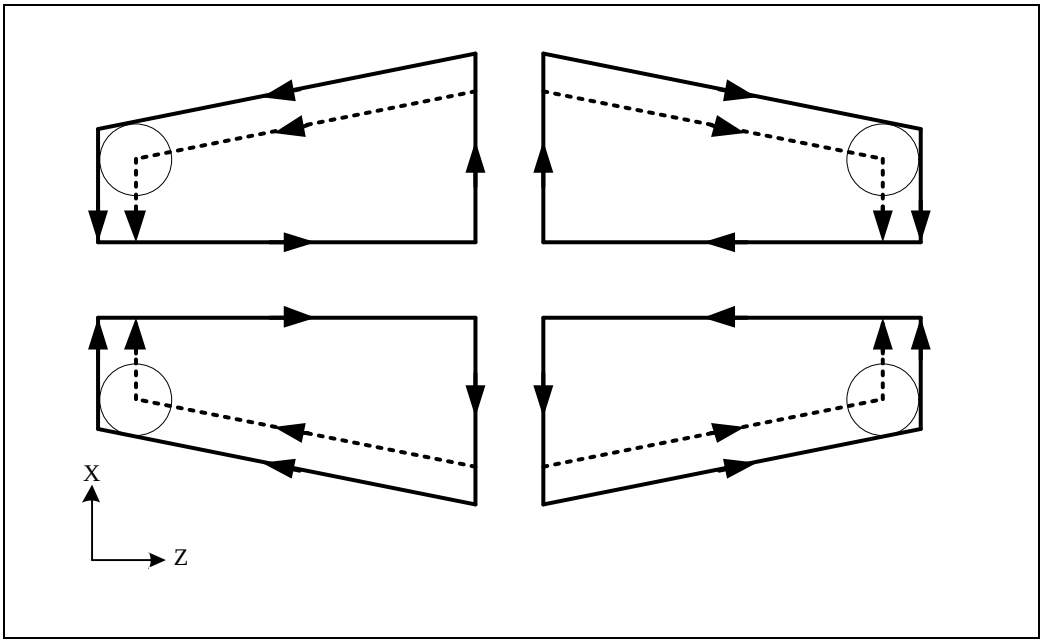
循环内的刀尖半径补偿

- **G90、G92 或 G78.1**

  如下图，图中标号表示假想刀尖号。

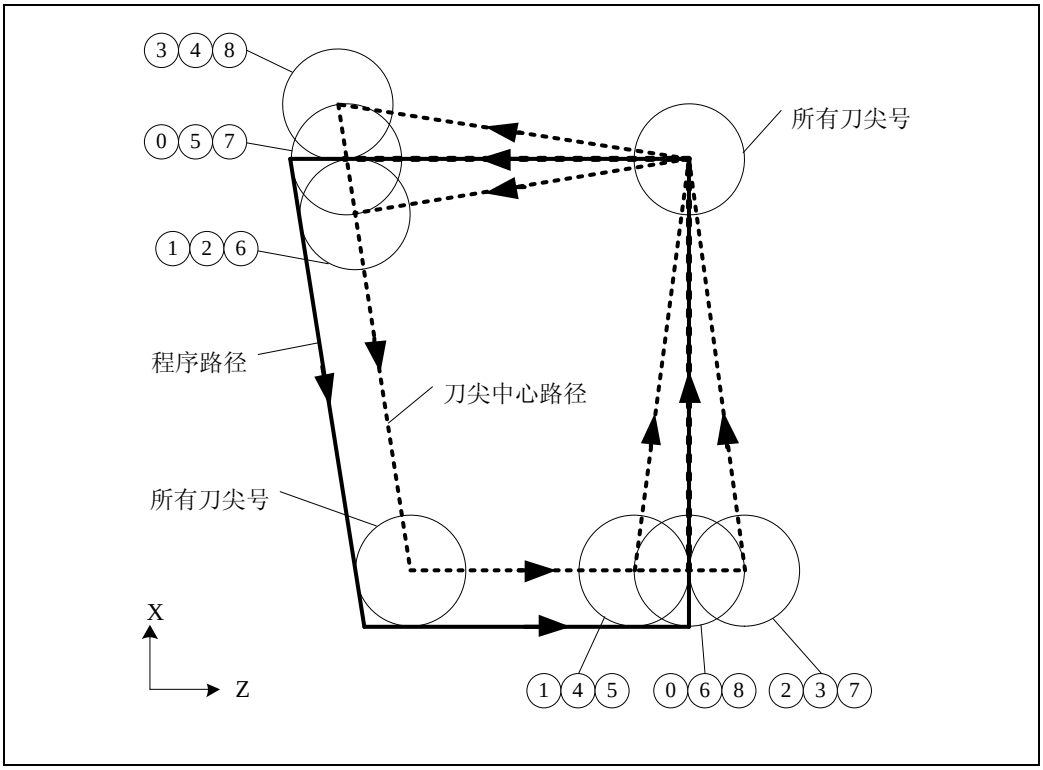


无论是 G41，G42 方式，补偿方向如下图所示。

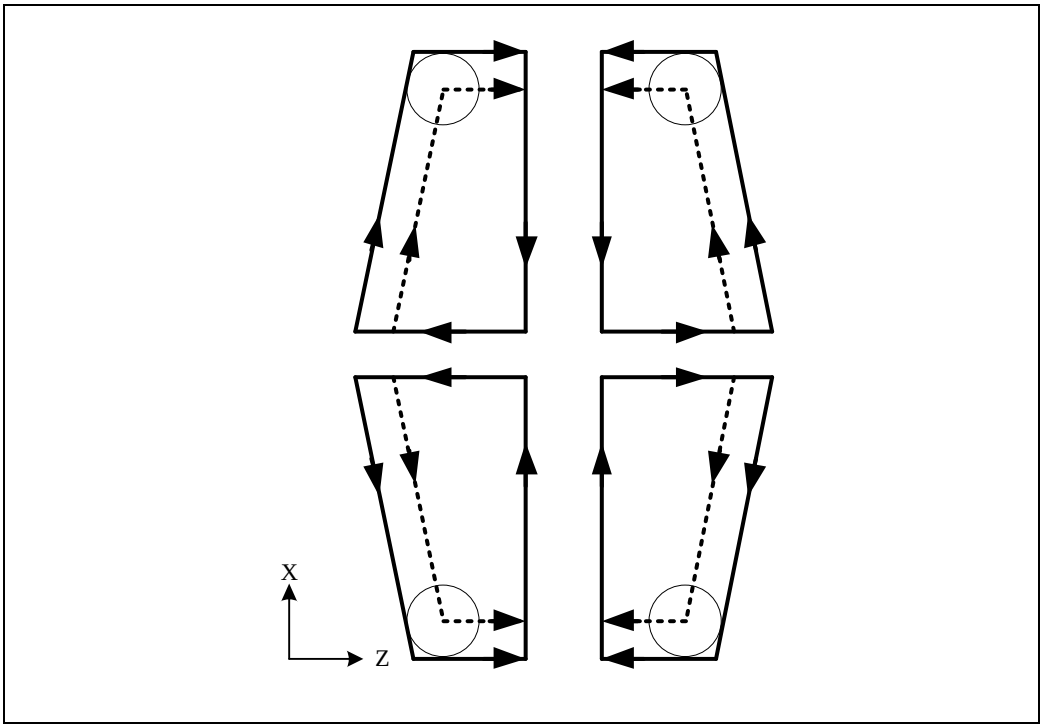


- **G94**

如下图，图中标号表示假想刀尖号。



无论是 G41，G42 方式，补偿方向如下图所示。



- **G71~G73**

在循环过程中，路径偏移刀尖半径向量，不进行任何交点计算。

注

不要在 P、Q 程序段之间执行 G41、G42、G40，虽然不会影响到 G71~G73，但退出循环时将可能会改变补偿向量方向。

- **G70**

在循环内的第一个程序段开始刀尖半径补偿，在移动到循环终点的过程中取消刀尖半径补偿。

注

请在 G70 之前执行 G41、G42，在 G70 之后执行 G40

- **G74~G76**

在循环中，不执行刀尖半径补偿。

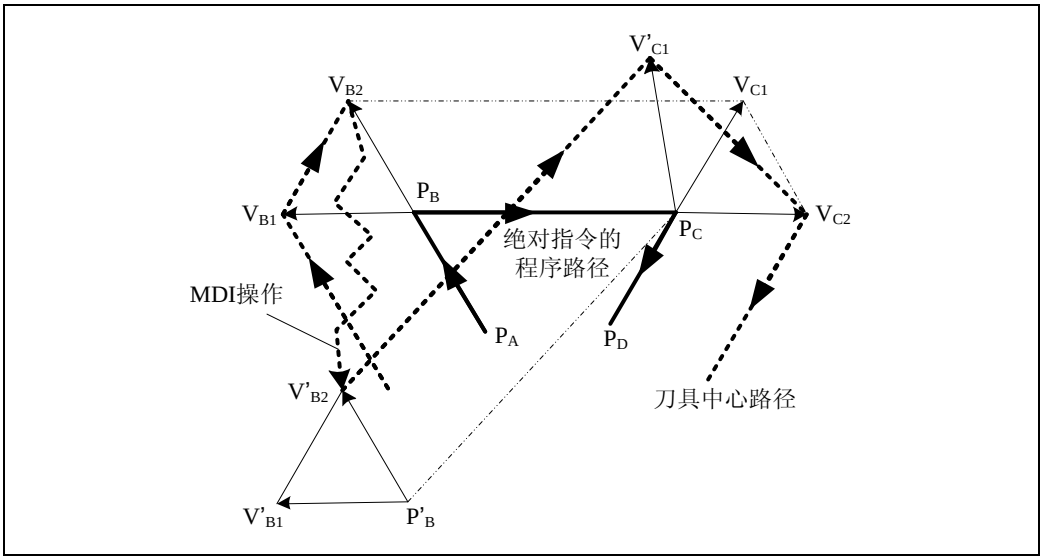
15.2.5.9 MDI 方式下刀尖半径补偿

MDI 运行

复位后，在 MDI 方式下执行程序，和自动运行相同，也进行刀尖半径补偿。

MDI 干预

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

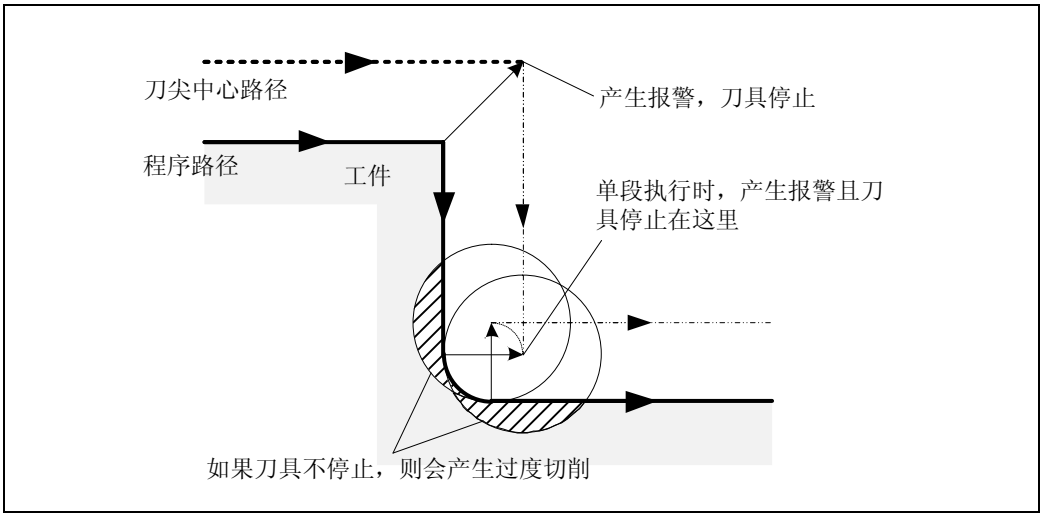


当点P_A，P_B，P_C以绝对指令编程时，程序段从P_A至P_B执行后用单段执行停止，插入 MDI 方式移动刀具。向量V_{B1}及V_{B2}传送至V'_{B1}及V'_{B2}，在程序段$P_B \rightarrow P_C$及$P_C \rightarrow P_D$间的向量V_{C1}及V_{C2}重新计算。但是，因为向量V_{B2}没有再度计算，所以从点P_C后补偿才可正确地执行。

15.2.5.10 利用刀尖半径补偿防止过切

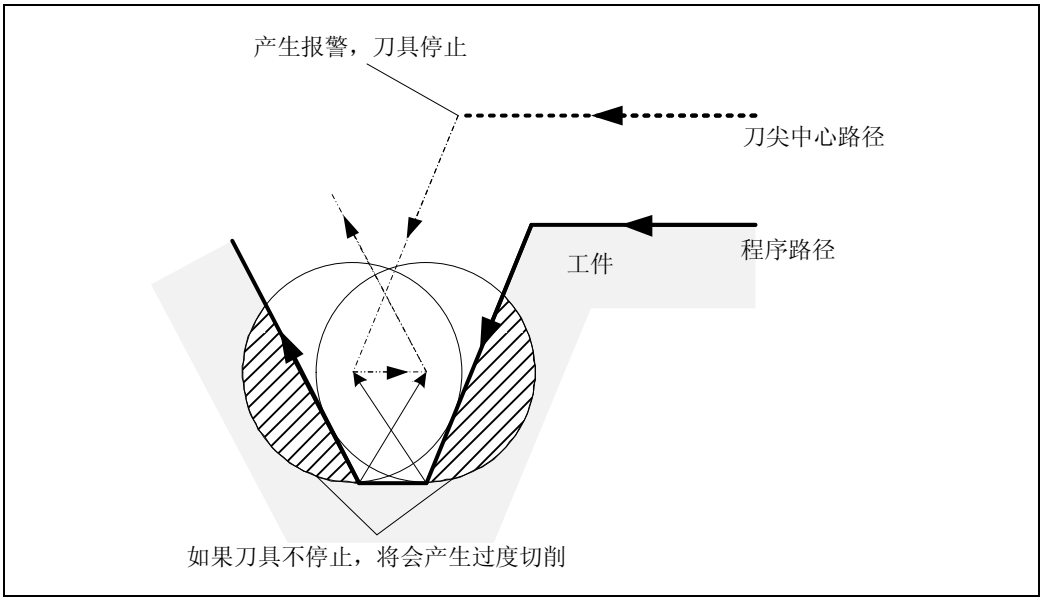
加工比刀尖半径小的圆弧内侧

当转角半径小于刀尖半径时，因为刀尖的内侧补偿将产生过度切削，会产生报警，刀具停在单段程序开始位置，因此在单段执行时，会产生过度切削。



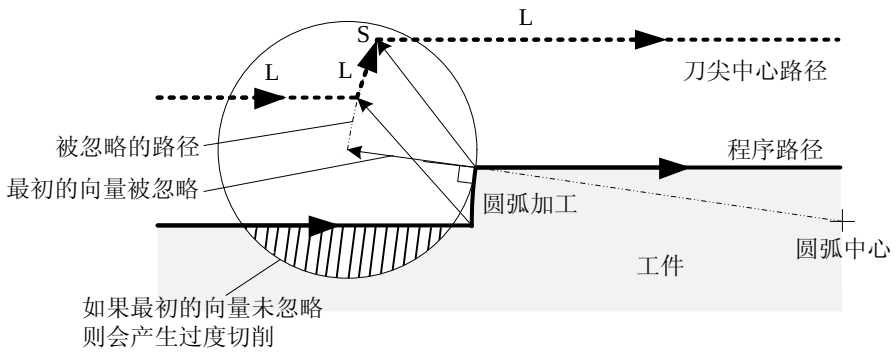
加工刀尖半径小的截沟

因为刀尖半径补偿强制刀尖中心路径向程序路径反向移动，会产生过度切削。



加工刀尖半径小的段差

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



15.2.5.11 干涉检查

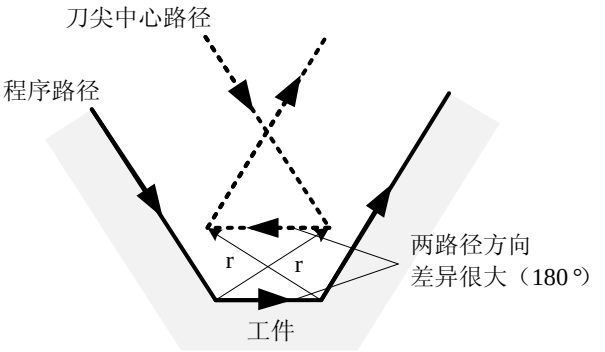
刀具过切现象称为“干涉”。干涉检查功能可以预测出可能的刀具过切情况，但是不能检查出所有的干涉情形，即使过切未发生也可能会进行干涉检查，并报警。

干涉的基本条件

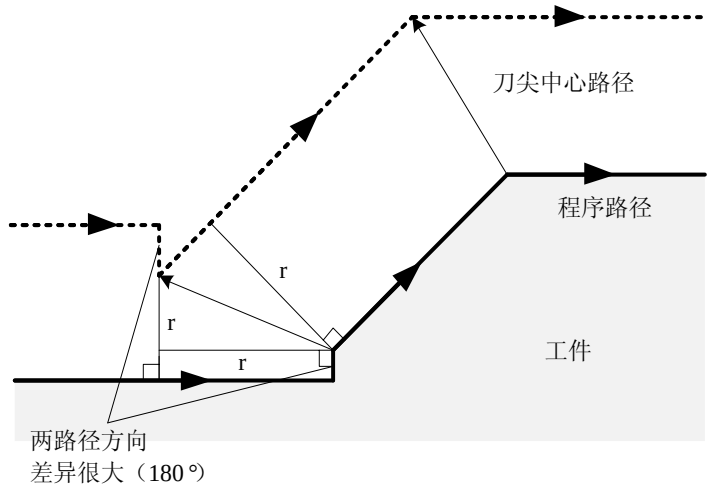
1 刀尖中心路径方向与程序路径方向不同（路径间的夹角在 90 度~270 度之间）。

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

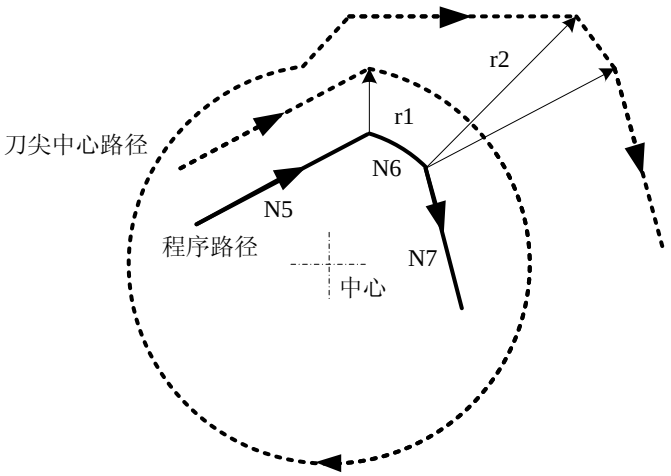
例 1



例 2



例 3




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

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

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

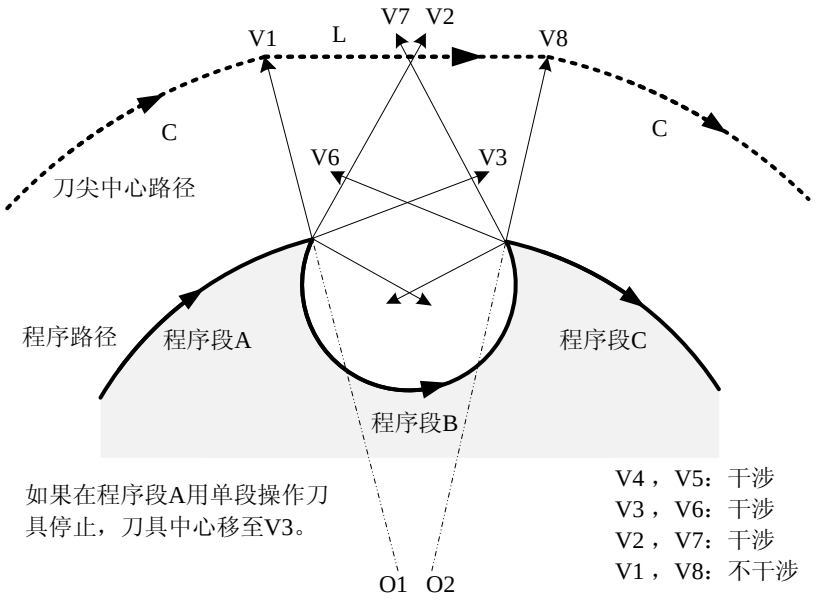
干涉的预先处理

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

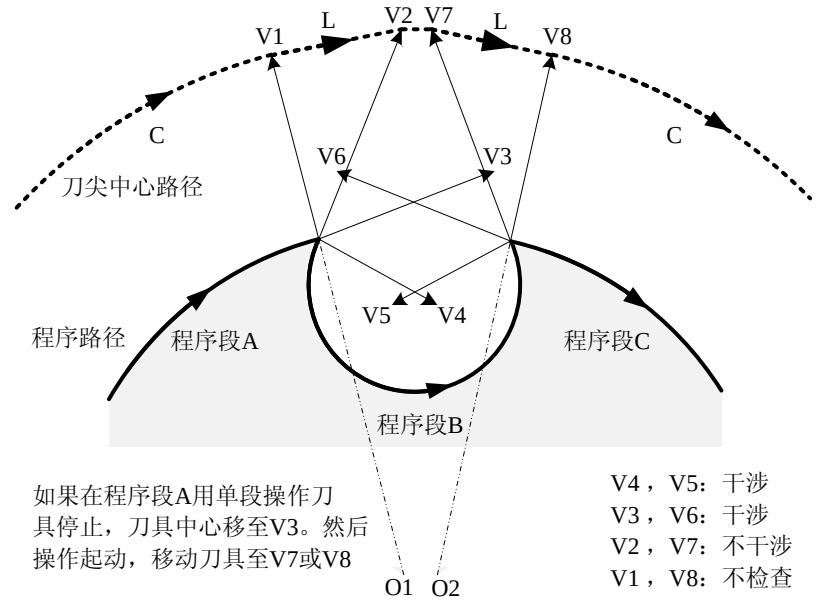
V4 和 V5 间 ----- 干涉 -----V4，V5 消去
V3 和 V6 间 ----- 干涉 -----V3，V6 消去
V2 和 V7 间 ----- 干涉 -----V2，V7 消去
V1 和 V8 间 ----- 干涉 -----V1，V8 不能消去

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

例 1 刀具直线移动（V1→V8）

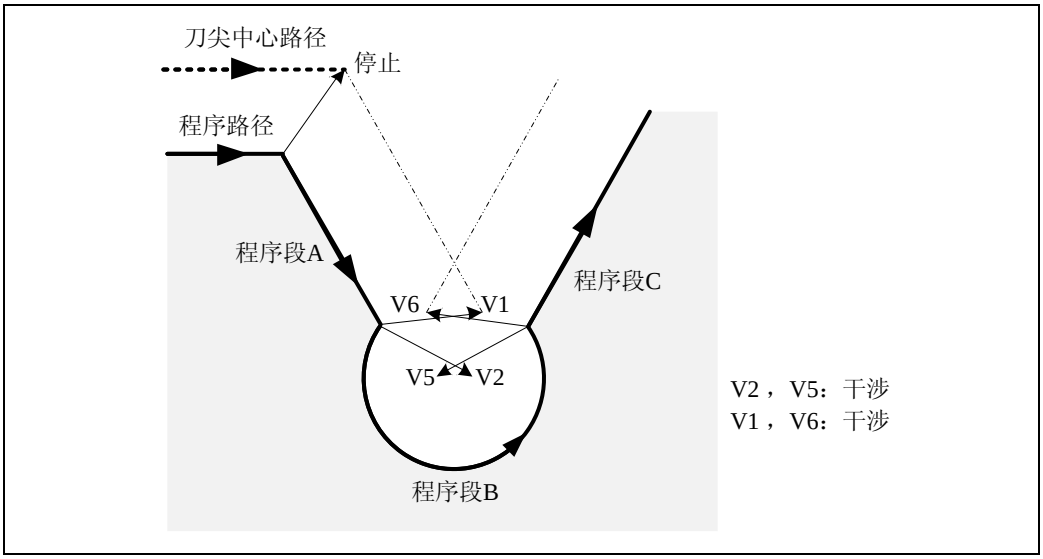


例 2 刀具直线移动（V1→V2→V7→V8）



预处理后仍有干涉发生

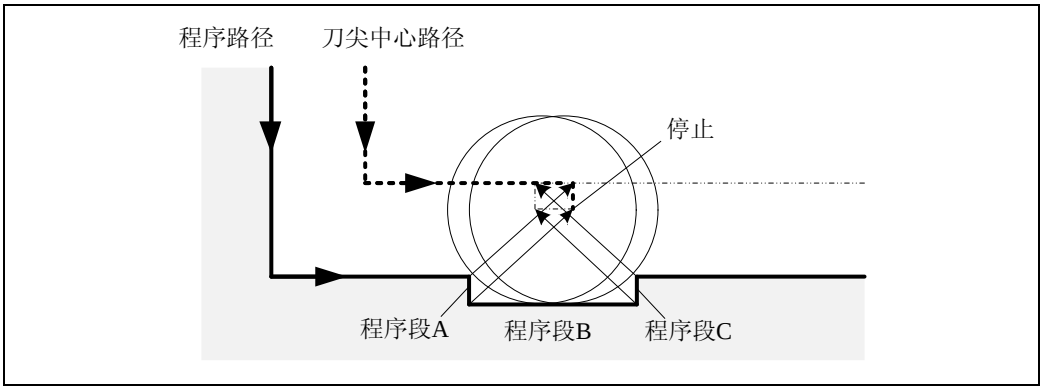
如果干涉在预处理后发生或检查开始只有一组向量而这组向量干涉，刀具在前面程序段执行后立即停止（如果用单程序段操作执行，刀具在程序段结束时停止），显示报警（PS0041）。



实际上没有干涉，但作干涉检查

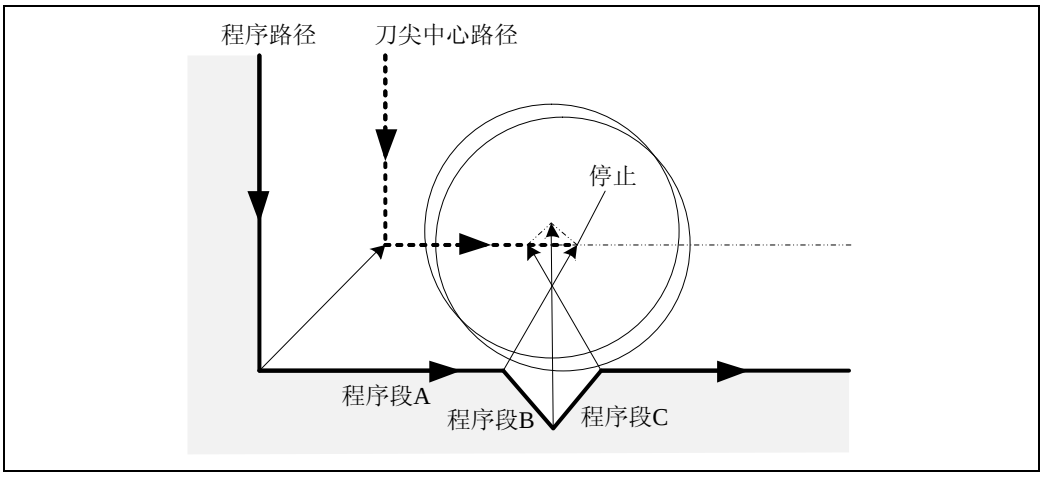
- **凹处深度小于补偿量**

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



- **截沟深度小于补偿量**

刀尖中心路径与程序路径方向相反。



15.3 拐角圆弧插补功能（G39）

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

格式

G39；

或

G39 I_ K_

解释

- **拐角圆弧插补**

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

- **没有 I、K 指令时的 G39**

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

- **含有 I、K 指令时的 G39**

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

限制

- **移动指令**

  不能在一个含有 G39 的程序段中指定移动指令。否则系统将会发出报警。

- **内侧拐角**

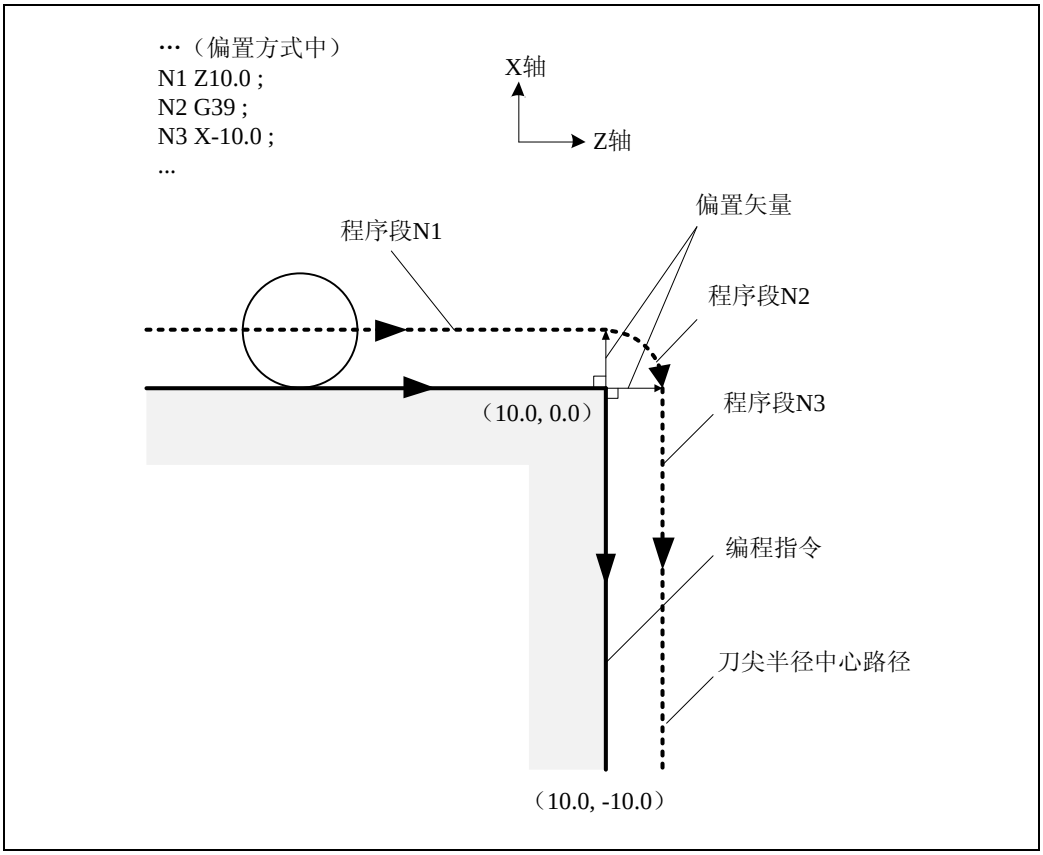
  内侧拐角的程序段间不能指定 G39。进行该指令将导致过切。

- **拐角圆弧的速度**

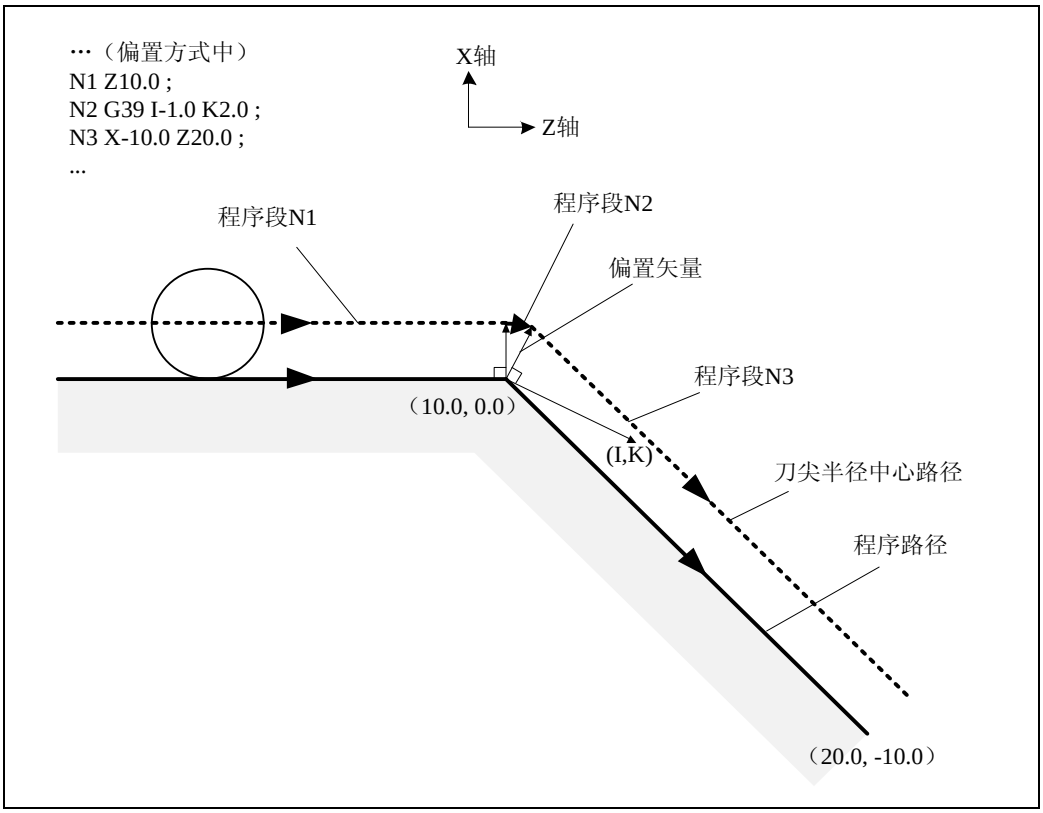
  在 G00 方式下通过 G39 指定拐角圆弧时，拐角圆弧的程序段速度是基于前面指定的 F 指令的速度。

举例

- **没有 I、K 指令时的 G39**



- **含有 I、K 指令时的 G39**



15.4 补偿量的程序输入功能（G10）

刀具补偿值可在程序中使用 G10 指令输入。

本节对 G10 的所有阐述只针对补偿量的程序输入功能。G10 的其他功能，如变更工件坐标系，请参见参见《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”（《连接调试手册》第 98 页 P3200.0 或第 176 页 P061.5）选择。

磨损补偿无效（WOFC=0）

G 代码体系 A：

绝对指令：G10 L10 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 P100_ X_ Z_ R_ Q_ ;

形状增量指令：G10 P100_ 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。

16 指令值范围一览表

输入单位 / 有效范围	公制丝杠/毫米输入		公制丝杠/英寸输入	
	输入毫米/输出毫米		输入英寸/输出毫米	
最小输入增量	0.001mm	0.0001mm	0.0001inch	0.00001inch
最大行程	±99999.999mm	±9999.9999mm	99999999mm	±99999.9999mm
最大编程尺寸	±99999.999mm	±9999.9999mm	±9999.99999inch	±9999.99999inch
切削进给速率每分进给（在 100%倍率）	1~16000mm/min	1~16000mm/min	0.01~2000.00inch/min	0.01~2000.00inch/min
快速移动进给速度（分别对每个坐标）	30~24000mm/min	30~24000mm/min	30~24000mm/min	30~24000mm/min
切削进给速度上限	6~16000mm/min	6~16000mm/min	6~16000mm/min	6~16000mm/min
刀具偏移量	0~±999.999mm	0~±999.9999mm	0~±99.9999inch	0~±99.99999inch
单步最小进给量	0.001mm	0.0001mm	0.0001inch	0.00001inch
间隙补偿量	0~8mm	0~8mm	0~8mm	0~8mm
螺距误差补偿量（倍率为 1 时）	0~±0.1mm	0~±0.1mm	0~±0.1mm	0~±0.1mm
存储行程极限范围从参考点起的距离	±99999.999mm	±9999.9999mm	99999999mm	±99999.9999mm
暂停	0~99999.999s	0~99999.999s	0~99999.999s	0~99999.999s

输入单位 / 有效范围	英制丝杠/毫米输入		公制丝杠/英寸输入	
	输入毫米//输出英寸		输入英寸/输出英寸	
最小输入增量	0.001mm	0.0001mm	0.0001inch	0.00001inch
最大行程	±9999.9999inch	±9999.99999inch	±9999.9999inch	±9999.99999inch
最大编程尺寸	±99999.999mm	±99999.9999mm	±9999.9999inch	±9999.99999inch
切削进给速率每分进给（在 100%倍率）	1~16000mm/min	1~16000mm/min	0.01~2000.00inch/min	0.01~2000.00inch/min
快速移动进给速度（分别对每个坐标）	3.0~9000.0inch/min	3.0~4500.0inch/min	3.0~9000.0inch/min	3.0~4500.0inch/min
切削进给速度上限	0.6~2000.0inch/min	0.6~2000.0inch/min	0.6~2000.0inch/min	0.6~2000.0inch/min
刀具偏移量	0~±999.999mm	0~±999.9999mm	0~±99.9999inch	0~±99.99999inch
单步最小进给量	0.001mm	0.0001mm	0.0001inch	0.00001inch
间隙补偿量	0~0.3inch	0~0.3inch	0~0.3inch	0~0.3inch
螺距误差补偿量（倍率为 1 时）	0~±0.003937inch	0~±0.003937inch	0~±0.003937inch	0~±0.003937inch
存储行程极限范围从参考点起的距离	±99999.9999inch	±9999.99999inch	±99999.9999inch	±9999.99999inch
暂停	0~99999.999s	0~99999.999s	0~99999.999s	0~99999.999s

注：表中每栏两列分别对应不同的小数点位数。

17 二，十进制转换表

十进制	二进制	十进制	二进制	十进制	二进制	十进制	二进制
0	00000000	32	00100000	64	01000000	96	01100000
1	00000001	33	00100001	65	01000001	97	01100001
2	00000010	34	00100010	66	01000010	98	01100010
3	00000011	35	00100011	67	01000011	99	01100011
4	00000100	36	00100100	68	01000100	100	01100100
5	00000101	37	00100101	69	01000101	101	01100101
6	00000110	38	00100110	70	01000110	102	01100110
7	00000111	39	00100111	71	01000111	103	01100111
8	00001000	40	00101000	72	01001000	104	01101000
9	00001001	41	00101001	73	01001001	105	01101001
10	00001010	42	00101010	74	01001010	106	01101010
11	00001011	43	00101011	75	01001011	107	01101011
12	00001100	44	00101100	76	01001100	108	01101100
13	00001101	45	00101101	77	01001101	109	01101101
14	00001110	46	00101110	78	01001110	110	01101110
15	00001111	47	00101111	79	01001111	111	01101111
16	00010000	48	00110000	80	01010000	112	01110000
17	00010001	49	00110001	81	01010001	113	01110001
18	00010010	50	00110010	82	01010010	114	01110010
19	00010011	51	00110011	83	01010011	115	01110011
20	00010100	52	00110100	84	01010100	116	01110100
21	00010101	53	00110101	85	01010101	117	01110101
22	00010110	54	00110110	86	01010110	118	01110110
23	00010111	55	00110111	87	01010111	119	01110111
24	00011000	56	00111000	88	01011000	120	01111000
25	00011001	57	00111001	89	01011001	121	01111001
26	00011010	58	00111010	90	01011010	122	01111010
27	00011011	59	00111011	91	01011011	123	01111011
28	00011100	60	00111100	92	01011100	124	01111100
29	00011101	61	00111101	93	01011101	125	01111101
30	00011110	62	00111110	94	01011110	126	01111110
31	00011111	63	00111111	95	01011111	127	01111111

十进制	二进制	十进制	二进制	十进制	二进制	十进制	二进制
128	10000000	160	10100000	192	11000000	224	11100000
129	10000001	161	10100001	193	11000001	225	11100001
130	10000010	162	10100010	194	11000010	226	11100010
131	10000011	163	10100011	195	11000011	227	11100011
132	10000100	164	10100100	196	11000100	228	11100100
133	10000101	165	10100101	197	11000101	229	11100101
134	10000110	166	10100110	198	11000110	230	11100110
135	10000111	167	10100111	199	11000111	231	11100111
136	10001000	168	10101000	200	11001000	232	11101000
137	10001001	169	10101001	201	11001001	233	11101001
138	10001010	170	10101010	202	11001010	234	11101010
139	10001011	171	10101011	203	11001011	235	11101011
140	10001100	172	10101100	204	11001100	236	11101100
141	10001101	173	10101101	205	11001101	237	11101101
142	10001110	174	10101110	206	11001110	238	11101110
143	10001111	175	10101111	207	11001111	239	11101111
144	10010000	176	10110000	208	11010000	240	11110000
145	10010001	177	10110001	209	11010001	241	11110001
146	10010010	178	10110010	210	11010010	242	11110010
147	10010011	179	10110011	211	11010011	243	11110011
148	10010100	180	10110100	212	11010100	244	11110100
149	10010101	181	10110101	213	11010101	245	11110101
150	10010110	182	10110110	214	11010110	246	11110110
151	10010111	183	10110111	215	11010111	247	11110111
152	10011000	184	10111000	216	11011000	248	11111000
153	10011001	185	10111001	217	11011001	249	11111001
154	10011010	186	10111010	218	11011010	250	11111010
155	10011011	187	10111011	219	11011011	251	11111011
156	10011100	188	10111100	220	11011100	252	11111100
157	10011101	189	10111101	221	11011101	253	11111101
158	10011110	190	10111110	222	11011110	254	11111110
159	10011111	192	10111111	223	11011111	255	11111111