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

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

前言

尊敬的客户：

对您选用的产品，本公司深感荣幸与感谢！

本使用手册详细介绍了车床 CNC 的编程、操作及安装连接事项。为了保证产品安全、正常与有效地运行工作，请您务必在安装、使用产品前仔细阅读本使用手册。

安全警告

⚠操作不当将引起意外事故，必须要具有相应资格的人员才能操作本系统。

特别提示：安装在机箱上（内）的系统电源，是仅为本公司制造的数控系统提供的专用电源。禁止用户将这个电源作其他用途使用。否则，将产生极大的危险！

注意事项

■运输与储存

1.产品包装箱堆叠不可超过六层；

2.不可在产品包装箱上攀爬、站立或放置重物；

3.不可使用与产品相连的电缆拖动或搬运产品；

4.严禁碰撞、划伤面板和显示屏；

5.产品包装箱应避免潮湿、暴晒以及雨淋。

■开箱检查

1.打开包装后请确认是否是您所购买的产品；

2.检查产品在运输途中是否有损坏；

3.对照清单确认各部件是否齐全，有无损伤；

4.如存在产品型号不符、缺少附件或运输损坏等情况，请及时与本公司联系。

■接线

1.参加接线与检查的人员必须是具有相应能力的专业人员；

2.产品必须可靠接地，接地电阻应小于 0.1Ω，不能使用中性线（零线）代替地线；

3.接线必须正确、牢固，以免导致产品故障或意想不到的后果；

4.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；

5.插拔插头或打开产品机箱前，必须切断产品电源。

■检修

1.检修或更换元器件前必须切断电源；

2.生短路或过载时应检查故障，故障排除后方可重新启动；

3.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 1min。

声明

本手册尽可能对各种不同的内容进行了说明，但是，由于涉及到的可能性太多，无法将所有可以或不可以进行的操作一一予以说明，因此，本手册中未作特别说明的内容既可认为是不可使用。

警告

在对本产品进行安装连接、编程和操作之前，必须详细阅读本产品手册以及机床制造厂的使用说明书，严格按手册与说明书等的要求进行相关的操作，否则可能导致产品、机床损坏，工件报废甚至人身伤害。

注意

本手册描述的产品功能、技术指标（如精度、速度等）仅针对本产品，安装了本产品的数控机床，实际的功能配置和技术性能由机床制造厂的设计决定，数控机床功能配置和技术指标以机床制造厂的使用说明书为准；

本系统虽配备有标准机床操作面板，但标准机床面板各按键的功能是由 PLC 程序（梯形图）定义的。本手册机床面板中按键的功能是针对标准 PLC 程序进行描述的，敬请注意！

***本手册的内容如有变动，恕不另行通知**

第一篇编程说明

介绍技术规格、产品型号、指令代码和程序格式。

安全责任

制造者的安全责任

——制造者应对所提供的数控系统及随行供应的附件在设计和结构上已消除和 / 或控制的危险负责。

——制造者应对所提供的数控系统及随行供应的附件的安全负责。

——制造者应对提供给使用者的使用信息和建议负责。

使用者的安全责任

——使用者应通过数控系统安全操作的学习和培训，并熟悉和掌握安全操作的内容。

——使用者应对自己增加、变换或修改原数控系统、附件后的安全及造成的危险负责。

——使用者应对未按使用手册的规定操作、调整、维护、安装和贮运产品造成的危险负责。

***本手册为最终用户收藏。诚挚的感谢您在使用本公司的产品时，对本公司友好的支持！**

目录

第一篇 14
编程说明 14
第一章 编程基础 14
1.1 车床介绍 14
1.1.1 产品简介 14
1.1.2 技术规格 14
1.1.3 气候、环境的适应性 16
1.1.4 电源适应能力 17
1.1.5 防护 17
1.2 机床数控系统和数控机床 17
1.3 编程基本知识 19
1.3.1 坐标轴定义 19
1.3.2 机床坐标系、机床零点和机床参考点 19
1.3.3 工件坐标系和程序零点 20
1.3.4 插补功能 21
1.3.5 绝对坐标编程和相对坐标编程 22
1.3.6 直径编程和半径编程 22
1.4 程序的构成 23
1.4.1 程序的一般结构 24
1.4.2 主程序和子程序 27
1.5 程序的运行 27
1.5.1 程序运行的顺序 27
1.5.2 程序段内代码字的执行顺序 28
第二章 MST 代码 29
2.1 M 代码（辅助功能） 29
2.1.1 程序结束 M02 30

2.1.2 程序运行结束 M30 30
2.1.3 子程序调用 M98 30
2.1.4 从子程序返回 M99 30
2.1.5 标准 PLC 梯形图定义的 M 代码 32
2.1.6 程序停止 M00 33
2.1.7 程序选择停 M01 33
2.1.8 逆时针转、顺时针转和主轴停止控制 M03、M04 和 M05 33
2.1.9 冷却泵控制 M08、M09 33
2.1.10 尾座控制 M10、M11 33
2.1.11 卡盘控制 M12、M13 34
2.1.12 主轴位置/ 速度控制切换 M14、M15 34
2.1.13 主轴夹紧/ 松开控制 M20、M21 34
2.1.14 第 2 主轴位置/ 速度控制切换 M24、M25 34
2.1.15 润滑液控制 M32、M33 34
2.1.16 主轴自动换档 M41、M42、M43、M44 34
2.1.17 第二主轴逆时针转、顺时针转和主轴停止控制 M63、M64 和 M65 . 35
2.2 主轴功能 35
2.2.1 主轴转速开关量控制 35
2.2.2 主轴转速模拟电压控制 36
2.2.3 恒线速控制 G96、恒转速控制 G97 36
2.2.4 主轴倍率 39
2.2.5 多主轴控制 39
2.2.6 CS 轮廓控制功能 40
2.3 刀具功能 40
2.3.1 刀具控制 40
第三章 G 代码 44
3.1 概述 44
3.1.1 模态、非模态及初态 45
3.1.2 代码字的省略输入 46

3.1.3 相关定义 47
3.2 快速定位 G00 47
3.3 直线插补 G01 48
3.4 圆弧插补 G02、G03 50
3.5 平面选择代码 G17 ～ G19 53
3.6 倒角功能 53
3.6.1 直线倒角 53
3.6.2 圆弧倒角 55
3.6.3 特殊情况 58
3.7 暂停代码 G04 59
3.8 机械零点（机床零点）功能 60
3.8.1 机床第一参考点 G28 60
3.8.2 机床第 2、3、4 参考点 G30 61
3.9 跳转插补 G31 63
3.10 浮动工件坐标系设定 G50 65
3.11 工件坐标系 G54 ～ G59 66
3.12 固定循环代码 67
3.12.1 轴向切削循环 G90 68
3.12.2 径向切削循环 G94 70
3.12.3 固定循环代码的注意事项 73
3.13 多重循环代码 73
3.13.1 轴向粗车循环 G71 73
3.13.2 径向粗车循环 G72 78
3.13.3 封闭切削循环 G73 81
3.13.4 精加工循环 G70 86
3.13.5 轴向切槽多重循环 G74 87
3.13.6 径向切槽多重循环 G75 90
3.14 螺纹切削代码 93
3.14.1 等螺距螺纹切削代码 G32 94

3.14.2 变螺距螺纹切削代码 G34 96
3.14.3 Z 轴柔性攻丝循环 G33 98
3.14.3.1 刚性/柔性 攻丝循环 G84 /G88 99
3.14.4 螺纹切削循环 G92 100
3.14.5 多重螺纹切削循环 G76 103
3.15 恒线速控制 G96、恒转速控制 G97 107
3.16 每分钟进给 G98、每转进给 G99 107
3.17 宏代码 108
3.17.1 宏变量 108
3.17.2 运算命令和转移命令 G65 111
3.17.3 宏程序调用代码 116
3.18 公英制转换 117
3.18.1 功能概述 117
3.18.2 功能代码 G20/G21 118
3.18.3 注意事项 118
第四章 刀尖半径补偿(G41、G42) 119
4.1 刀尖半径补偿的应用 119
4.1.1 概述 119
4.1.2 假想刀尖方向 120
4.1.3 补偿值的设置 124
4.1.4 代码格式 125
4.1.5 补偿方向 125
4.1.6 注意事项 126
4.1.7 应用示例 127
4.2 刀尖半径补偿偏移轨迹说明 128
4.2.1 内侧、外侧概念 128
4.2.2 起刀时的刀具移动 128
4.2.3 偏置方式中的刀具移动 130
4.2.4 偏置取消方式中的刀具移动 135
4.2.5 刀具干涉检查 136

4.2.6 暂时取消补偿向量的代码 138
4.2.7 特殊情况 140
附录一 141
1、 CNC 报警 141
2、 PLC 报警 150
附录二 宏程序补充说明(2021 以上版本具有) 155
1、语句式宏代码（宏 B） 155
1.1 算术和逻辑运算 155
1.2 转移和循环 157
1.3 宏报警 159
1.4 特殊说明（用变量置换变量号） 160
附录三、自定义报警内容编写(2021 以上版本具有) 160
附录四、自动断屑功能(软件版本 20201016 以上才具有) 162
附录五、多边型切削功能（具有车方功能版本才有） 164
附录六、G71/G72 Ⅱ型说明(2021 以上版本具有) 165
附录七、正/侧面打孔循环(2021 以上版本具有) 169
1、G83/G87 正/侧面钻孔循环 169
1.1 正面钻孔循环 G83: 169
1.2 侧面钻孔循环 G87: 172
2、G85/G89 正/侧面镗孔循环 176
2.1 正面镗孔循环 G85: 176
2.2 侧面镗孔循环 G89: 178
附录八、正/侧面 G84/G88 攻丝循环(2021 以上版本具有) 179
1、正面攻丝循环 G84: 179
2、侧面攻丝循环 G88: 183
附录九、在线修改刀补特殊指令 G08/G09（2021 以上版本才具有） 187

第一篇

编程说明

第一章 编程基础

1.1 车床介绍

1.1.1 产品简介

本系统采用 32 位高性能 CPU 和超大规模可编程器件 FPGA，实时控制和硬件插补技术保证了系统μm 级精度下的高效率，可编辑的 PLC 使逻辑控制功能更加灵活强大。

系统1ms高速插补，0.1μm控制精度，显著提高了零件加工的效率、精度和表面质量

* 1ms 插补周期，控制精度 1μm、0.1μm 可选
* 最高速度60m/min（0.1μm 时最高速度 24m/min）
* 适配伺服主轴可实现主轴连续定位、刚性攻丝、刚性螺纹加工
* 内置多PLC 程序，当前运行的PLC 程序可选择
* 支持语句式宏代码编程，支持带参数的宏程序调用
* 支持公制/ 英制编程，具有自动对刀、自动倒角、刀具寿命管理功能
* 支持中文、英文显示，由参数选择
* 具备USB 接口，支持U 盘文件操作、系统配置和软件升级
* 1 路手轮输入，支持手持单元

1.1.2 技术规格

进给轴功能

* 最小输入增量：0.001mm（0.0001inch）和 0.0001mm（0.00001inch）可选
* 最小指令增量：0.001mm（0.0001inch）和 0.0001mm（0.00001inch）可选
* 最大行程：±99999999× 最小指令增量
* 快速移动速度：最高 60m/min
* 快速倍率：F0、25%、50%、100% 共四级实时修调
* 进给倍率：0 ～ 150% 共十六级实时修调
* 插补方式：直线插补、圆弧插补(支持三点圆弧插补)、螺纹插补、刚性攻丝
* 自动倒角功能

螺纹功能

* 普通螺纹(跟随主轴)/ 刚性螺纹
* 单头/ 多头公英制直螺纹、锥螺纹和端面螺纹，等螺距螺纹和变螺距螺纹

* 螺纹退尾长度、角度和速度特性可设定
* 螺纹螺距：0.01mm ～ 500mm 或0.06 牙/ 英寸～ 2540 牙/ 英寸

加减速功能

* 切削进给：前加减速直线型、前加减速S 型、后加减速直线型、后加减速指数型
* 快速移动：前加减速直线型、前加减速S 型、后加减速直线型、后加减速指数型
* 螺纹切削：直线式、指数式可选
* 加减速的起始速度、终止速度和加减速时间由参数设定主轴功能
* 1 路主轴编码器反馈，主轴编码器线数可设定（100p/r ～ 5000p/r）
* 编码器与主轴的传动比：（1 ～ 255）:（1 ～ 255）
* 主轴转速：可由S 代码或PLC 信号给定，转速范围 0r/min ～ 9999r/min
* 主轴倍率：50% ～ 120% 共8 级实时修调
* 主轴恒线速控制
* 刚性攻丝

刀具功能

* 刀具长度补偿
* 刀尖半径补偿（C 型）
* 刀具磨损补偿
* 刀具寿命管理
* 对刀方式：定点对刀、试切对刀、回参考点对刀、自动对刀
* 刀偏执行方式：修改坐标方式、刀具移动方式

精度补偿

* 反向间隙补偿
* 记忆型螺距误差补偿

PLC 功能

* 两级PLC 程序，最多4700 步，第1 级程序刷新周期8ms
* PLC 程序通信下载
* 支持PLC 警告和PLC 报警
* 支持多PLC 程序（最多20 个），当前运行的PLC 程序可选择

人机界面

* 8.4 英寸宽屏 LCD，分辨率为 800×480
* 中文、英文等多种语言显示
* 二维刀具轨迹显示
* 实时时钟

操作管理

* 操作方式：编辑、自动、录入、机床回零、手轮/ 单步、手动、程序回零
* 多级操作权限管理
* 报警日志

程序编辑

* 程序容量：56MB、400 个程序（含子程序、宏程序）
* 编辑功能：程序/ 程序段/ 字检索、修改、删除、复制、粘贴
* 程序格式：ISO 代码，支持语句式宏代码编程，支持相对坐标、绝对坐标和混合坐标编程
* 程序调用：支持带参数的宏程序调用，4 级子程序嵌套通信功能

* RS232：零件程序、参数等文件双向传输，支持PLC 程序、系统软件串口升级
* USB：U 盘文件操作、U 盘文件直接加工，支持PLC 程序、系统软件U 盘升级

安全功能

* 紧急停止
* 硬件行程限位
* 软件行程检查
* 数据备份与恢复

G 代码表

代码	功能	代码	功能
G00	快速定位	G50	浮动工件坐标系
G01	直线插补	G54-G59	设置工件坐标系
G02	顺时针圆弧插补	G65	宏代码非模态调用
G03	逆时针圆弧插补	G71	轴向粗车循环
G04	暂停	G72	径向粗车循环
G17	XY 平面选择	G73	封闭切削循环
G18	XZ 平面选择	G70	精加工循环
G19	ZY 平面选择	G74	轴向切槽循环
G10	数据输入方式有效	G75	径向切槽循环
G11	取消数据输入方式	G76	多重螺纹切削循环
G20	英制单位选择	G80	刚性攻丝状态取消
G21	公制单位选择	G84	轴向刚性攻丝循环
G28	回机床零点	G88	径向刚性攻丝循环
G30	回机床第 2、3、4 参考点	G90	轴向切削循环
G31	跳跃机能	G92	螺纹切削循环
G32	等螺距螺纹切削	G94	径向切削循环
G33	Z 轴攻丝循环	G96	恒线速控制
G34	变螺距螺纹切削	G97	取消恒线速控制
G40	取消刀尖半径补偿	G98	每分进给
G41	刀尖半径左补偿	G99	每转进给
G42	刀尖半径右补偿		

1.1.3 气候、环境的适应性

贮存运输、工作的环境条件如下：

项目	工作气候条件	贮存运输气候条件
环境温度	0℃～45℃	-40℃～+70℃
相对湿度	≤90%（不凝露）	≤95%（40℃）
大气压强	86KPa～106 KPa	86KPa～106 KPa
海拔高度	≤1000m	≤1000m

1.1.4 电源适应能力

在下列交流输入电源的条件下，能正常运行。电压变化：在 (0.85 ～ 1.1)× 额定交流输入电压（AC220V）的范围内；频率变化：49Hz ～ 51Hz 连续变化。

1.1.5 防护

防护等级不低于 IP20。

1.2 机床数控系统和数控机床

数控机床是由机床数控系统（Numerical Control Systems of machine tools）、机械、电气控制、液压、 气动、润滑、冷却等子系统（部件）构成的机电一体化产品，机床数控系统是数控机床的控制核心。机床数控系统由控制装置（Computer Numerical Controler 简称CNC）、伺服（或步进）电机驱动单元、伺服（或步进）电机等构成。

数控机床的工作原理：根据加工工艺要求编写加工程序（以下简称程序）并输入CNC，CNC 按加工程序向伺服（或步进）电机驱动单元发出运动控制代码，伺服（或步进）电机通过机械传动机构完成机床的进给运动；程序中的主轴起停、刀具选择、冷却、润滑等逻辑控制代码由CNC 传送给机床电气控制系统，由机床电气控制系统完成按钮、开关、指示灯、继电器、接触器等输入输出器件的控制。目前，机床电气控制通常采用可编程逻辑器（Programable Logic Controler 简称 PLC），PLC 具有体积小、应用方便、可靠性高等优点。由此可见，运动控制和逻辑控制是数控机床的主要控制任务。

车床 CNC 同时具备运动控制和逻辑控制功能，可完成数控车床的二轴运动控制，还具有内置式PLC功能。根据机床的输入、输出控制要求编写PLC程序（梯形图），就能实现所需的机床电气控制要求，方便了机床电气设计，也降低了数控机床成本。

实现车床 CNC 控制功能的软件分为系统软件（以下简称 NC）和 PLC 软件（以下简称 PLC）二个模块，NC 模块完成显示、通信、编辑、译码、插补、加减速等控制，PLC 模块完成梯形图解释、执行和输入输出处理。

车床 CNC 出厂时已装载了标准 PLC 程序（特殊订货除外），在后述功能、操作说明时，涉及到 PLC 控制功能的说明将按标准 PLC 程序的控制逻辑描述，说明书中以“标准 PLC 功能”来标识。机床厂家可能会修改或重新编写 PLC 程序，因此，由 PLC 控制的功能和操作请参照机床厂家的操作说明书。

图 1-1

编程就是把零件的外形尺寸、加工工艺过程、工艺参数、刀具参数等信息，按照CNC专用的编程代码编写加工程序的过程。数控加工就是CNC 按加工程序的要求，控制机床完成零件加工的过程。

数控加工的工艺流程如图1-2。

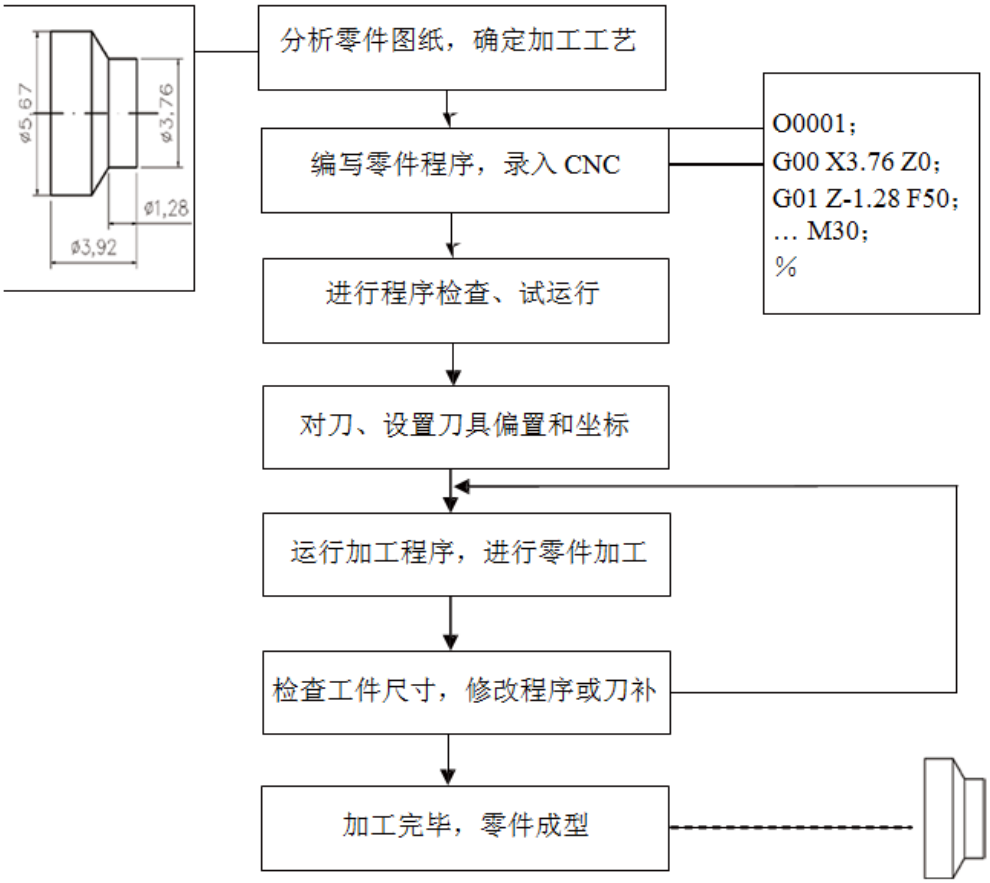


图 1-2

1.3 编程基本知识

1.3.1 坐标轴定义

右图为数控车床示意图。

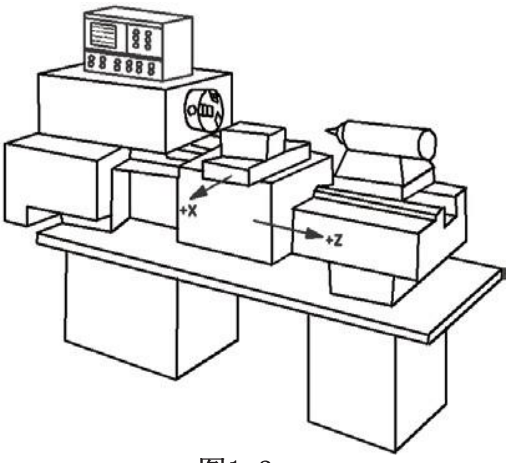


图1-3

车床使用 X 轴、Z 轴组成的直角坐标系，X 轴与主轴轴线垂直，Z 轴与主轴轴线方向平行，接近工件的方向为负方向，离开工件的方向为正方向。

按刀座与机床主轴的相对位置划分，数控车床有前刀座坐标系和后刀座坐标系，图1-4为前刀座的坐标系，图1-5 为后刀座的坐标系。从图中可以看出，前、后刀座坐标系的 X 轴方向正好相反，而Z 轴方向是相同的。在以后的图示和例子中，用前刀座坐标系来说明编程的应用。

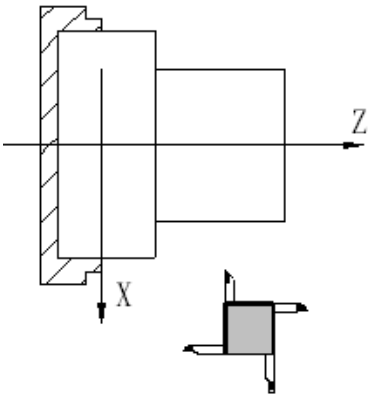


图 1-4 前刀座的坐标系

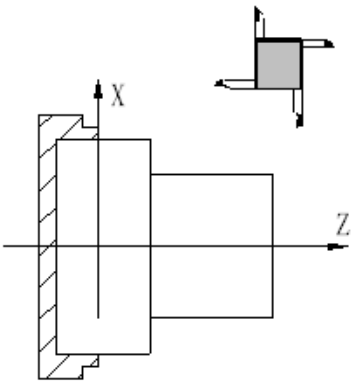


图 1-5 后刀座的坐标系

1.3.2 机床坐标系、机床零点和机床参考点

机床坐标系是 CNC 进行坐标计算的基准坐标系，是机床固有的坐标系。机床零点是机床上的一个固定点，由安装在机床上的零点开关或回零开关决定。通常情况下回零开关安装在 X 轴和 Z 轴正方向的最大行程处。机床参考点是机床零点偏移数据参数№ 114、№ 115 的值后的位置。当数据参数№ 114、№ 115 的设置值均为 0 时，机床参考点与机床零点重合。机床参考点的坐标为数据参数№ 120、№ 121 设置的值。执行机床回零、G28

代码回零操作就是回机床参考点位置。进行机床回零操作、回到机床参考点后，车床建立了就以№ 120、№ 121 设置的值为参考点的机床坐标系。机床第 2，3，4 参考点请详见本篇 3.10 节。

注：如果车床上没有安装零点开关，请不要进行机床回零操作，否则可能导致运动超出行程限制、机械损坏。

1.3.3 工件坐标系和程序零点

工件坐标系是按零件图纸设定的直角坐标系，又称浮动坐标系。当零件装夹到机床上后，根据工件的尺寸用G50 设置刀具当前位置的绝对坐标，在CNC 中建立工件坐标系。通常工件坐标系的Z 轴与主轴轴线重合，X 轴位于零件的首端或尾端。工件坐标系一旦建立便一直有效，直到被新的工件坐标系所取代。

用G50 设定工件坐标系的当前位置称为程序零点，执行程序回零操作后就回到此位置。

注：在上电后如果没有用 G50 设定工件坐标系，请不要执行回程序零的操作，否则会产生报警。

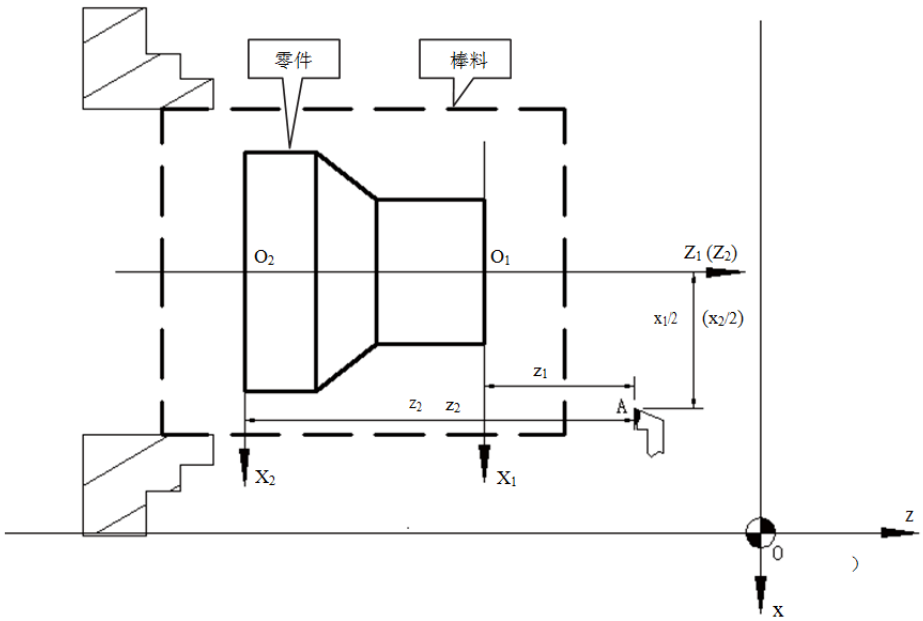


图1-6

图中，XOZ 为机床坐标系，$X_1O_1Z_1$ 为X 坐标轴在工件首端的工件坐标系，$X_2O_2Z_2$ 为X 坐标轴在工件尾端的工件坐标系，O 为机床零点，A 为刀尖，A 在上述三坐标系中的坐标如下：

A 点在机床坐标系中的坐标为(x,z)；

A 点在 $X_1O_1Z_1$ 坐标系中的坐标为(X_1,Z_1)；

A 点在 $X_2O_2Z_2$ 坐标系中的坐标为(X_2,Z_2)；

1.3.4 插补功能

插补是指2 个或多个轴同时运动，运动合成的轨迹符合确定的数学关系，构成二维（平面）或三维（空间）的轮廓，这种运动控制方式也称为轮廓控制。插补时控制的运动轴称为联动轴，联动轴的移动量、移动方向和移动速度在整个运动过程中同时受控，以形成需要的合成运动轨迹。只控制1 轴或多轴的运动终点，不控制运动过程的运动轨迹，这种运动控制方式称为定位控制。

车床的 X 轴和 Z 轴为联动轴，属于 2 轴联动 CNC。车床具有直线、圆弧和螺纹插补功能。

直线插补：X 轴和 Z 轴的合成运动轨迹为从起点到终点的一条直线。

圆弧插补：X轴和Z轴的合成运动轨迹为半径由R指定、或圆心由I、K指定的从起点到终点的圆弧。

螺纹插补：主轴旋转的角度决定 X 轴或 Z 轴或两轴的移动量，使刀具在随主轴旋转的回转体工件表面形成螺旋形切削轨迹，实现螺纹车削。螺纹插补方式时，进给轴跟随主轴的旋转运动，主轴旋转一周螺纹切削的长轴移动一个螺距，短轴与长轴进行直线插补。

示例：

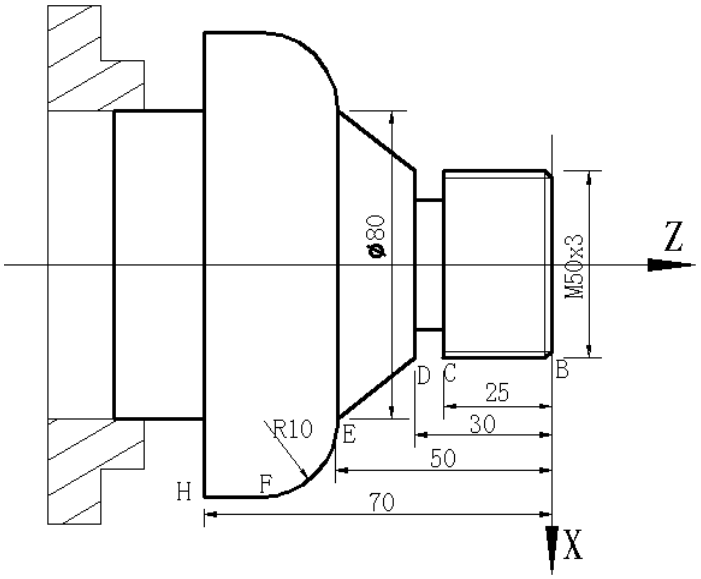


图1-7

…

G32 W-27 F3;　　（B → C；螺纹插补）

G1 X50 Z-30 F100;

G1 X80 Z-50;　　（D → E；直线插补）

G3 X100 W-10 R10;　（E → F；圆弧插补）

…

M30;

1.3.5 绝对坐标编程和相对坐标编程

编写程序时，需要给定轨迹终点或目标位置的坐标值，按编程坐标值类型可分为：绝对坐标编程、相对坐标编程和混合坐标编程三种编程方式。

使用 X、Z 轴的绝对坐标值编程（用 X、Z 表示）称为绝对坐标编程；

使用 X、Z 轴的相对位移量（以 U、W 表示）编程称为相对坐标编程；

车床允许在同一程序段 X、Z 轴分别使用绝对编程坐标值和相对位移量编程，称为混合坐标编程。

示例：A → B 直线插补。

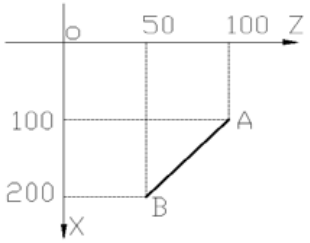


图 1-8

绝对坐标编程：G01 X200. Z50.；

相对坐标编程：G01 U100. W-50.；

混合坐标编程：G01 X200. W-50.；或 G01 U100. Z50.；

注：当一个程序段中同时有指令地址 X、U 或 Z、W 时，绝对坐标编程地址 X、Z 有效。

例如：G50 X10. Z20.；

G01 X20. W30. U20. Z30.；【此程序段的终点坐标为（X20，Z30）】

1.3.6 直径编程和半径编程

按编程时X 轴坐标值以直径值还是半径值输入可分为：直径编程、半径编程。

直径编程：状态参数NO.001 的Bit2 位为0 时，程序中X 轴的编程值按直径值输入，此时，X 轴的坐标以直径值显示。

半径编程：状态参数NO.001 的Bit2 位为1 时，程序中X 轴的编程值按半径值输入，此时，X 轴的坐标以半径值显示。

与直径编程或半径编程的设置有关的地址如下表：

地址	说明	直径编程	半径编程
X	X 轴坐标	直径表示	半径表示
X	G50 设定 X 轴坐标	直径表示	半径表示
U	X 轴移动坐标	直径表示	半径表示
U	G71、G72、G73 代码中 X 轴精加工余量	直径表示	半径表示
R	G74 中切削到终点退刀量	直径表示	直径表示

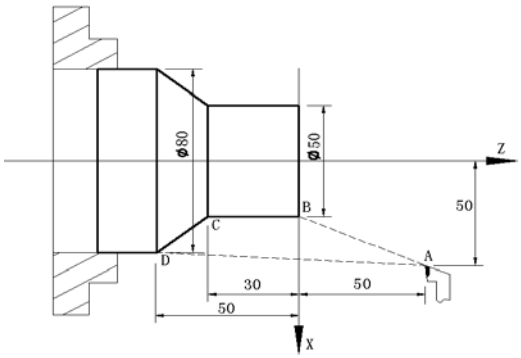
除了上表中所列举的地址之外的其它的地址、数据，如圆弧的半径、G90 的锥度等X轴的编程值均按半径值输入，与直径编程或半径编程的设置无关。

注：在本使用手册后述的说明中，如没有特别指出，均采用直径编程。

1.4 程序的构成

为了完成零件的自动加工，用户需要按照CNC 的编程格式编写零件程序（简称程序）。CNC 执行程序完成机床进给运动、主轴起停、刀具选择、冷却、润滑等控制，从而实现零件的加工。

程序示例：



O0001	;	（程序名）
N0005	G0 X100 Z50;	（快速定位至 A 点）
N0010	M12;	（夹紧工件）
N0015	T0101;	（换 1 号刀执行 1 号刀偏）
N0020	M3 S600;	（启动主轴，置主轴转速 600r/min）
N0025	M8	（开冷却液）
N0030	G1 X50 Z0 F600;	（以 600mm/min 速度靠近 B 点）
N0040	W-30 F200;	（从 B 点切削至 C 点）
N0050	X80 W-20 F150;	（从 C 点切削至 D 点）
N0060	G0 X100 Z50;	（快速退回 A 点）
N0070	T0100;	（取消刀偏）
N0080	M5 S0;	（停止主轴）
N0090	M9;	（关冷却液）
N0100	M13;	（松开工件）
N0110	M30;	（程序结束，关主轴、冷却液）
N0120	%	

执行完上述程序，刀具将走出 A → B → C → D → A 的轨迹。

1.4.1 程序的一般结构

程序是由以“OXXXX”（程序名）开头、以“%”号结束的若干行程序段构成的。程序段是以程序段号开始（可省略），以“；”结束的若干个代码字构成。程序的一般结构如图1-10 所示。

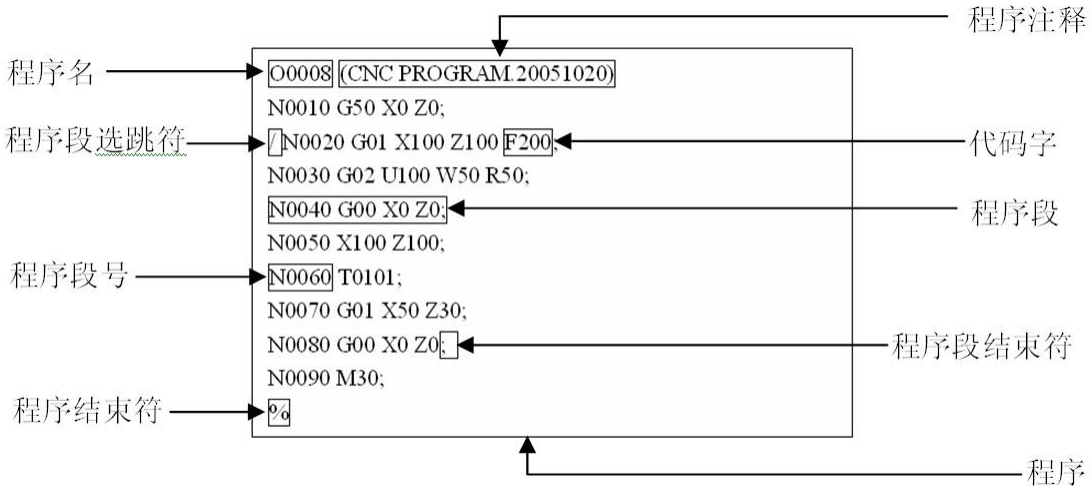
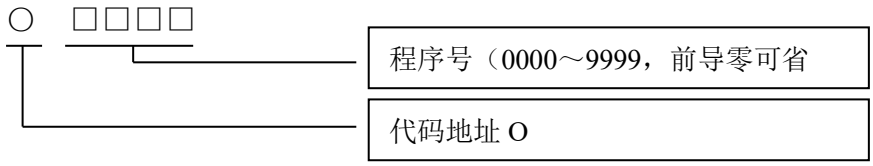


图1-10　程序的一般结构

程序名

车床最多可以存储400个程序，为了识别区分各个程序，每个程序都有唯一的程序名（程序名不允许重复），程序名位于程序的开头由 0 及其后的四位数字构成。



代码字

代码字是用于命令 CNC 完成控制功能的基本代码单元，代码字由一个英文字母（称代码地址）和其后 的数值（称为代码值，为有符号数或无符号数）构成。代码地址规定了其后代码值的意义，在不同的代码 字组合情况下，同一个代码地址可能有不同的意义。表1-2 为 车床所有代码字的一览表。

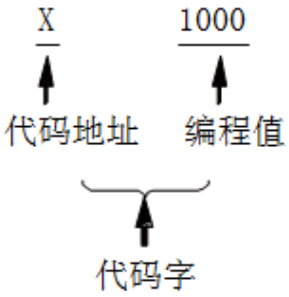


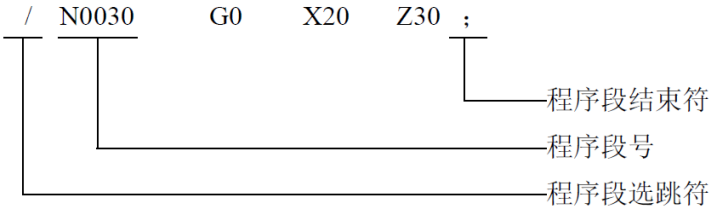
表1-2 代码字一览表

代码地址	编程值取值范围	功能意义	单位
O	0～9999	程序名	
N	0～999999	程序段号	
G	00～99	准备功能	
X	-999999.9999～999999.9999	X轴坐标	与公/英制有关
	0～99999.999（S）	暂停时间	
Z	-999999.9999～999999.9999	Z轴坐标	与公/英制有关
Y	-999999.9999～999999.9999	Y轴坐标	与公/英制有关
U	-999999.9999～999999.9999	X轴增量	与公/英制有关
	0～99999.999（S）	暂停时间	
	-99999.999～99999.999	G71、G72、G73代码中X轴精加工余量	与公/英制有关
	0.001～99.999	G71中切削深度	与公/英制有关
	-999999.9999～999999.9999	G73中X轴退刀距离	与公/英制有关
W	-999999.9999～999999.9999	Z轴增量	与公/英制有关
	0.001～99.999	G72中切削深度	与公/英制有关
	-999999.9999～999999.9999	G71、G72、G73代码中X轴精加工余量	与公/英制有关
W	-999999.9999～999999.9999	G73中Z轴退刀距离	与公/英制有关
V	-999999.9999～999999.9999	Y轴增量	与公/英制有关
R	-999999.9999～999999.9999	圆弧半径	与公/英制有关
R	0～99.999	G71、G72循环退刀量	与公/英制有关
R	1～9999（次）	G73粗车循环次数	
R	0～99.999	G74、G75中切削后退刀量	与公/英制有关
R	0～99999.999	G74、G75中切削到终点时候的退刀量	与公/英制有关
R	0～99.999	G76精加工余量	与公/英制有关
R	-999999.9999～999999.9999	G90、G92、G94、G96中锥度	与公/英制有关
I	-999999.9999～999999.9999	圆弧中心相对起点在X轴矢量	与公/英制有关
I	0.06～25400（牙/英寸）	英制螺纹牙数	
K	-999999.9999～999999.9999	圆弧中心相对起点在Z轴矢量	与公/英制有关
F	0～8000（mm/min）	每分进给速度	
F	0.0001～500（r/min）	每转进给速度	
F	0.001～500（mm）	每转进给速度	
S	00～9999（r/min）	主轴转速制定	
S	00～04	多挡主轴制定	
T	01～32	刀具功能	
M	00～99	辅助功能输出、程序执行流程	
M	0000～9999	子程序调用	
P	0～9999999（0.001S）	暂停时间	
P	0000～9999	调用子程序号	

P	00～99	调用子程序次数	
P	0000～9999999	G74、G75中X轴循环移动量	与公/英制有关
P		G76中螺纹切削参数	
P	0000～9999	复合循环精加工程序段开始程序段号	
Q	0000～9999	复合循环精加工程序段结束程序段号	
Q	0000～9999999	G74、G75中Z轴循环移动量	与公/英制有关
Q	1～9999999	G76中第1次切入量	与公/英制有关
Q	1～9999999	G76中最小切入量	与公/英制有关
Q	0～360000	G32中起始角吗，指主轴一转信号与螺纹切削起点的偏移角度	
H	01～99	G65中运算符	

程序段

程序段由若干个代码字构成，以“；”结束，是CNC 程序运行的基本单位。程序段之间用字符“；”分开，本手册中用“；”表示。示例如下：



一个程序段中可输入若干个代码字，也允许无代码字而只有“；”号（EOB 键）结束符。

在同一程序段中，除N、G、S、T、H、L 等地址外，其它的地址只能出现一次，否则将产生报警（代码字在同一个程序段中被重复指令）。N、S、T、H、L 代码字在同一程序段中重复输入时，相同地址的最后一个代码字有效。同组的G 代码在同一程序段中重复输入时，最后一个G 代码有效。

程序段号

程序段号由地址N 和后面六位数构成：N000000 ～ N999999，前导零可省略。程序段号应位于程序段的开头，否则无效。

程序段号可以不输入，但程序调用、跳转的目标程序段必须有程序段号。程序段号的顺序可以是任意的，其间隔也可以不相等，为了方便查找、分析程序，建议程序段号按编程顺序递增或递减。

如果在开关设置页面将“自动序号”设置为“开”，将在插入程序段时自动生成递增的程序段号，程序段号增量由参数№ 42 设定。

程序段选跳符

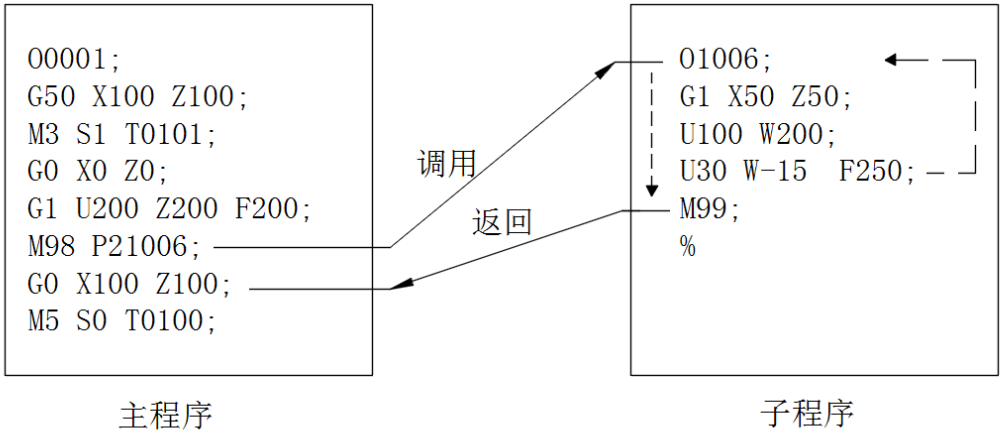
如在程序执行时不执行某一程序段（而又不想删除该程序段），就在该程序段前插入“/”，并打开程序段选跳开关 。程序执行时此程序段将被跳过、不执行。如果程序段选跳开关未打开，即使程序段前有“/”该程序段仍会执行。

程序结束符

“%”为程序文件的结束符，在通信传送程序时，“%”为通信结束标志。新建程序时，CNC 自动在程序尾部插入“%”。

1.4.2 主程序和子程序

为简化编程，当相同或相似的加工轨迹、控制过程需要多次使用时，就可以把该部分的程序指令编辑为独立的程序进行调用。调用该程序的程序称为主程序，被调用的程序（以M99 结束）称为子程序。子程序和主程序一样占用系统的程序容量和存储空间，子程序必须有自己独立的程序名，子程序可以被其它任意主程序调用，也可以独立运行。子程序结束后就返回到主程序中继续执行，见下图所示。



1.5 程序的运行

1.5.1 程序运行的顺序

必须在自动操作方式下才能运行当前打开的程序，车床系统不能同时打开 2 个或更多程序，因此， 在任一时刻只能运行一个程序。打开一个程序时，光标位于第一个程序段的行首，在编辑操作方式下可以移动光标。在自动操作方式的运行停止状态，用循环启动信号（机床面板的 键或外接循环启动信号）从当前光标所在的程序段启动程序的运行，通常按照程序段编写的先后顺序逐个程序段执行，直到执行了M02 或M30 代码，程序运行停止。光标随着程序的运行而移动，始终位于当前程序段的行首。在以下情况下，程序运行的顺序或状态会发生改变：

＊ 程序运行时按了RESET键或急停按钮，程序运行终止；

＊ 程序运行时产生了CNC 报警或PLC 报警，程序运行终止；

＊ 程序运行时操作方式被切换到了录入、编辑操作方式，程序运行单段停（运行完当前的程序段后，程序运行暂停），切换至自动操作方式，再按循环启动键或外接循环启动信号接通时，从当前光标所在的程序段启动程序的运行；

＊ 程序运行时操作方式被切换到其它操作方式，程序运行停止，切换至自动操作方式；

＊ 程序运行时按了进给保持键或外接暂停信号断开，程序运行暂停，再按循环启动键或外接循环启动信号接通时，程序从停止的位置继续运行；

＊ 单段开关打开时，每个程序段运行结束后程序运行暂停，需再按循环启动键或外接循环启动信号接通时，从下一程序段继续运行；

＊ 程序段选跳开关打开，程序段前有“/”的程序段被跳过、不执行；

＊ 执行G65 跳转代码时，转到跳转目标程序段运行；

＊ 执行G70 ～ 73 复合循环代码的程序运行顺序比较特殊，详见本篇第三章《G 代码》；

＊ 执行M98 代码时，调用对应的子程序或宏程序运行；子程序或宏程序运行结束， 执行M99 代码时，返回主程序中调用程序段的下一程序段运行（如果M99 代码规定了返回的目标 程序段号，则转到目标程序段运行）；

＊ 在主程序（该程序的运行不是因其它程序的调用而启动）中执行M99 代码时，返回程序第一段继续运行，当前程序将反复循环运行。

1.5.2 程序段内代码字的执行顺序

一个程序段中可以有G、X、Z、F、R、M、S、T 等多个代码字，大部分M、S、T 代码字由NC 解释后送给PLC 处理，其它代码字直接由NC 处理。M89、M90、M91、M92、M93、M98、M99、M9000～M9999，以及以r/min、m/min 为单位给定主轴转速的S代码字也是直接由NC 处理。

当G 代码与M00、M01、M02、M30 在同一个程序段中时，NC 执行完G 代码后，才执行M代码，并把对应的M 信号送给PLC 处理。

当G 代码字与M98、M99 代码字在同一个程序段中时，NC 执行完G 代码后，才执行这些M 代码字（不送M 信号给PLC）。

当G 代码字与其它由PLC 处理的M、S、T 代码字在同一个程序段中时，由PLC 程序（梯形图）决定M、S、T 代码字与G 代码字同时执行，或者在执行完G 代码后再执行M、S、T 代码字，有关代码字的执行顺序应以机床厂家的说明书为准。

车床系统标准 PLC 程序定义的 G、M、S、T 代码字在同一个程序段的执行顺序为：

M3、M4、M8、M10、M12、M32、M41、M42、M43、M44、S □□、T □□□□与 G 代码字同时执行；

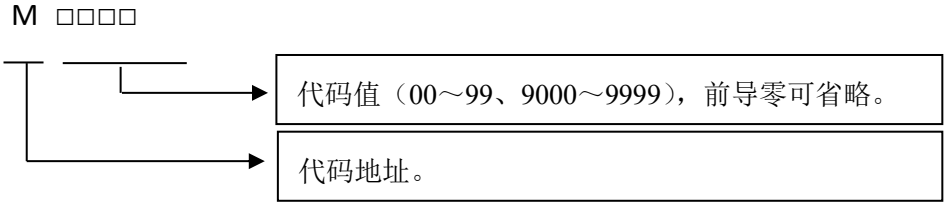
M5、M9、M11、M13、M33 在执行完 G 代码字后再执行；

M00、M01、M02、M30 在当前程序段其它代码执行完成后再执行。

第二章 MST 代码

2.1 M 代码（辅助功能）

M 代码由代码地址M 和其后的1 ～ 2 位数字或4 位数组成，用于控制程序执行的流程或输出M 代码到PLC。



M89、M90、M91、M92、M93、M98、M99 、M9000～M9999由 NC 独立处理，不输出 M 代码给 PLC。

M02、M30 已由NC 定义为程序结束代码，同时也输出M 代码到 PLC，可由PLC 程序用于输入输出控制（关主轴、关冷却等）。

M98、M99 作为程序调用代码，M02、M30 作为程序结束代码，PLC 程序不能改变上述代码意义。其它M 代码都输出到 PLC，由 PLC 程序定义代码功能，请参照机床厂家的说明书。

一个程序段中只能有一个M 代码，当程序段中出现两个或两个以上的 M 代码时，CNC 出现报警。

表2-1 控制程序执行的流程 M 代码一览表

代码	功能
M00	无条件暂停
M01	选择停止
M02	程序结束
M30	程序结束
M31	加工件数加1
M89	自定义输出输入（详情参考《调试文档》）
M90	程序循环段结束（详情参考《调试文档》）
M91	程序循环段开始（详情参考《调试文档》）
M92	程序段无条件跳转（详情参考《调试文档》）
M93	程序段有条件跳转（详情参考《调试文档》）
M98	调用子程序
M99	从子程序返回，若M99用于主程序结束（即当前程序并非由其他程序调用），程序反复执行

2.1.1 程序结束 M02

代码格式： M02 或M2

代码功能： 在自动方式下，执行M02 代码，当前程序段的其它代码执行完成后，自动运行结束，加工件数加1，取消刀尖半径补偿，光标返回程序开头（是否返回程序开头由参数决定）。

2.1.2 程序运行结束 M30

代码格式： M30

代码功能： 在自动方式下，执行M30 代码，当前程序段的其它代码执行完成后，自动运行结束，加工件数加1，取消刀尖半径补偿，光标返回程序开头（是否返回程序开头由参数决定）。

当CNC 状态参数NO.005 的BIT4 设为0 时，光标不回到程序开头；当CNC状态参NO.005 的BIT4 设为1 时，程序执行完毕，光标立即回到程序开头。

2.1.3 子程序调用 M98

代码格式： ① M98 P○○ □□□□

被调用的子程序号（0000～9999）。当调用次数未输入时，子程序前导 0 可省略；当有输入调用次数时，子程序号前导 0 不可

两位数，调用次数（1～99），当调用次数为 1 时，可省略不输入；当调用次数大于 99 次数，使用格式②。

② M98 P○○○○ L□□□□

4 位数，调用次数（1～9999），当调用次数为 1 时，可省略不输入,前导 0 可省略。

被调用的子程序号（0000～9999）。当子程序前导 0 可省略。

代码功能： 在自动方式下，执行 M98 代码时，当前程序段的其它代码执行完成后，CNC 去调用执行 P 指定的子程序，子程序最多可执行 9999 次。 M98 代码在 MDI 下运行无效。

2.1.4 从子程序返回 M99

代码格式： M99 P○○○○

返回主程序将被执行的程序段号（0000～9999），前导零可省略

代码功能：（子程序中）当前程序段的其它代码执行完成后，返回主程序中由 P 指定的程序段继续执行，当未输入P 时，返回主程序中调用当前子程序的M98 代码的后一程序段继续执行。如果M99 用于主程序结束（即当前程序不是由其它程序调用执行），当前程序将反复执行。M99 代码在MDI 下运行无效。

示例：图2-1 表示调用子程序（M99 中有P 代码字）的执行路径。图2-2 表示调用子程序（M99 中无P 代码字）的执行路径。

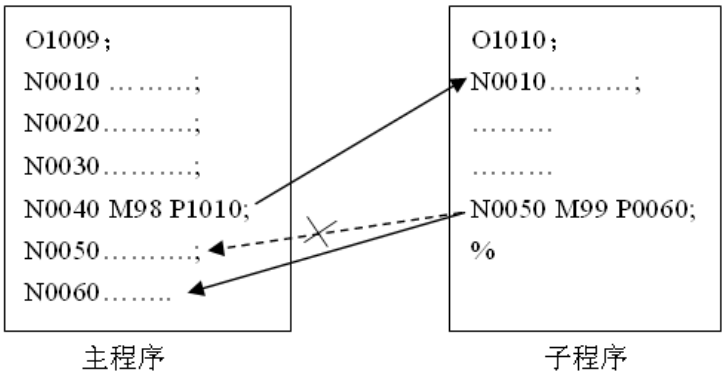


图2-1

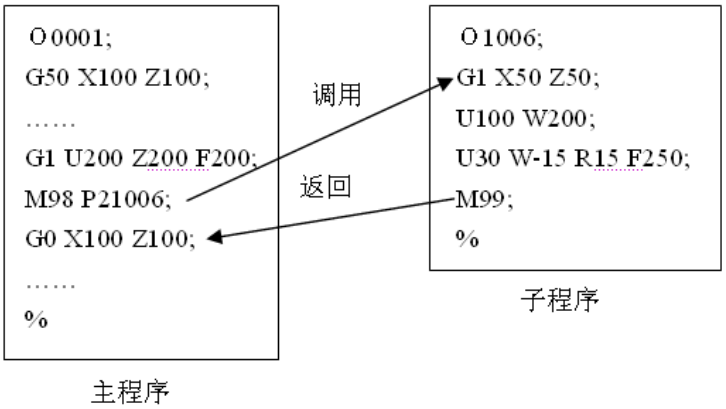


图2-2

车床系统可以调用四重子程序，即可以在子程序中调用其它子程序（如图 2-3）。

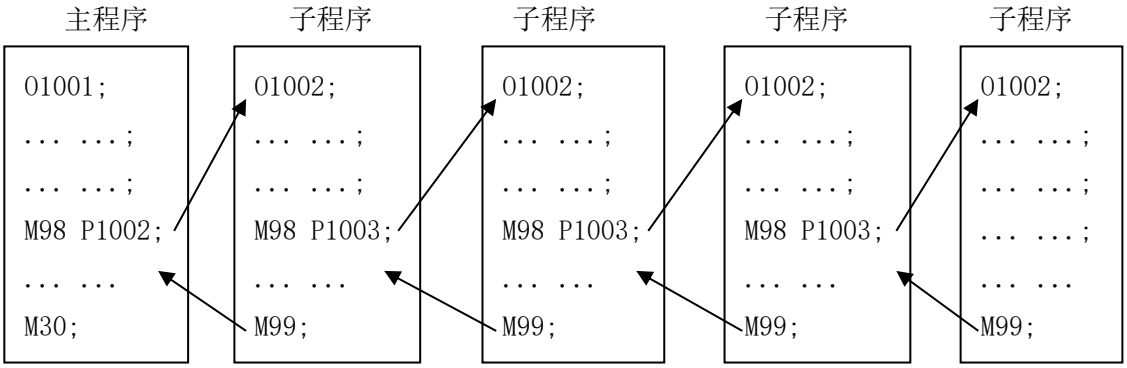


图 2-3 子程序嵌套

2.1.5 标准 PLC 梯形图定义的 M 代码

除上述代码（M02、M30、M89、M90、M91、M92、M93、M98、M99）外，其它M代码由PLC定义。以下所述为标准PLC定义的M代码，车床系统 CNC 用于机床控制，M 代码的功能、意义、控制时序及逻辑等请以机床厂家的说明为准。

标准PLC 梯形图定义的M 代码

代码	功能	备注
M00	程序暂停	
M01	程序选择暂停	
M03	主轴逆时针旋转	功能互锁，状态保持
M04	主轴顺时针旋转	
*M05	主轴停止	
M08	冷却液开	功能互锁，状态保持
*M09	冷却液关	
M10	尾座进	功能互锁，状态保持
*M11	尾座退	
M12	卡盘夹紧	功能互锁，状态保持
*M13	卡盘松开	
M14	主轴切换位置模式	功能互锁，状态保持
*M15	主轴切换速度模式	
M20	主轴夹紧	功能互锁，状态保持
*M21	主轴松开	
M24	第2主轴切换位置模式	（功能暂未启用）功能互锁，状态保持
*M25	第2主轴切换速度模式	
M32	润滑液开	功能互锁，状态保持
*M33	润滑液关	
M34	防护门开	功能互锁，状态保持
*M35	防护门关	
M36	排屑机开	功能互锁，状态保持
*M37	排屑机关	
M38	工作灯开	功能互锁，状态保持
*M39	工作灯关	
*M41、M42、M43、M44	主轴自动换挡	功能互锁，状态保持
M50	Y轴动力头正转	功能互锁，状态保持
M51	Y轴动力头反转	
*M52	Y轴动力头停止	
M53	4轴动力头正转	功能互锁，状态保持
M54	4轴动力头反转	
*M55	4轴动力头停止	
M63	第2主轴正转	功能互锁，状态保持
M64	第2主轴反转	
*M65	第2主轴停止	

注：标准 PLC 定义的标“*”的代码上电时有效；具体代码控制逻辑参考《调试文档》。

2.1.6 程序停止 M00

代码格式：M00 或M0

代码功能：执行M00 代码后，程序运行停止，显示“暂停”字样，按循环启动键后，程序继续运行。

2.1.7 程序选择停 M01

代码格式：M01 或M1

代码功能：在自动、录入方式有效，按选择停键使选择停按键

指示灯亮，则表示进入选择停状态，此时执行M01 代码后，程序运行停止，显示“暂停”字样，按循环启动键后，程序继续运行。如果程序选择停开关未打开，即使运行M01 代码，程序也不会暂停。

2.1.8 逆时针转、顺时针转和主轴停止控制 M03、M04 和 M05

代码格式：M03 或M3；
M04 或M4；
M05 或M5；

代码功能：M03：逆时针转；
M04：顺时针转；
M05：主轴停止。

注：标准 PLC 定义的 M03、M04、M05 的控制时序及逻辑详见《调试文档》或第三篇《安装连接》。

2.1.9 冷却泵控制 M08、M09

代码格式：M08 或M8；
M09 或M9；

代码功能：M08：冷却泵开；
M09：冷却泵关。

注：标准 PLC 定义的 M08、M09 的控制时序及逻辑详见《调试文档》或第三篇《安装连接》。

2.1.10 尾座控制 M10、M11

代码格式：M10；
M11；

代码功能：M10：尾座进；
M11：尾座退。

注：标准 PLC 定义的 M10、M11 的控制时序及逻辑详见《调试文档》或第三篇《安装连接》。

2.1.11 卡盘控制 M12、M13

代码格式： M12；
M13；
代码功能： M12：卡盘夹紧；
M13：卡盘松开。

注：标准 PLC 定义的 M12、M13 的控制时序及逻辑详见《调试文档》或第三篇《安装连接》。

2.1.12 主轴位置/ 速度控制切换 M14、M15

代码格式： M14；
M15；
代码功能： M14：主轴从速度控制方式切换为位置控制方式；
M15：主轴从位置控制方式切换为速度控制方式。

注：标准 PLC 定义的 M14、M15 的控制时序及逻辑详见《调试文档》或第三篇《安装连接》。

2.1.13 主轴夹紧/ 松开控制 M20、M21

代码格式： M20；
M21；
代码功能： M20：主轴夹紧；
M21：主轴松开。

注：标准 PLC 定义的 M20、M21 的控制时序及逻辑详见《调试文档》或第三篇《安装连接》。

2.1.14 第 2 主轴位置/ 速度控制切换 M24、M25

代码格式： M24；
M25；
代码功能： M24：第2 主轴从速度控制方式切换为位置控制方式；
M25：第2 主轴从位置控制方式切换为速度控制方式。

注：标准PLC 定义的M24、M25 的控制时序及逻辑详见《调试文档》或第三篇《安装连接》功能保留未启用。

2.1.15 润滑液控制 M32、M33

代码格式： M32；
M33；
代码功能： M32：润滑泵开；
M33：润滑泵关。

注：标准 PLC 定义的 M32、M33 的控制时序及逻辑详见《调试文档》或第三篇《安装连接》。

2.1.16 主轴自动换档 M41、M42、M43、M44

代码格式： M4n；(n=1、2、3、4)

代码功能：执行M4n 时，主轴换到第n 档

注：标准 PLC 定义的 M41、M42、M43、M44 的控制时序及逻辑详见《调试文档》或第三篇《安装连接》。

2.1.17 第二主轴逆时针转、顺时针转和主轴停止控制 M63、M64 和 M65

代码格式：M63；
M64；
M65；

代码功能：M63：逆时针转；
M64：顺时针转；
M65：主轴停止。

注 1：标准 PLC 定义的 M63、M64、M65 的控制时序同 M03、M04、M05。

注 2：本功能只有当第二主轴功能有效时才生效。

2.2 主轴功能

S代码用于控制主轴的转速，车床系统控制主轴转速的方式有两种：主轴转速开关量控制方式：S□□（2位数代码值）代码由 PLC 处理，PLC 输出开关量信号到机床，实现主轴转速的有级变化。

主轴转速模拟电压控制方式：S □□□□（4 位数代码值）指定主轴实际转速，NC 输出0 ～ 10V 模拟电压信号给主轴伺服装置或变频器，实现主轴转速无级调速。

2.2.1 主轴转速开关量控制

当状态参数NO.001 的BIT4 设为0 时主轴转速为开关量控制。一个程序段只能有一个S代码，当程序段中出现两个或两个以上的S代码时，CNC 出现报警。

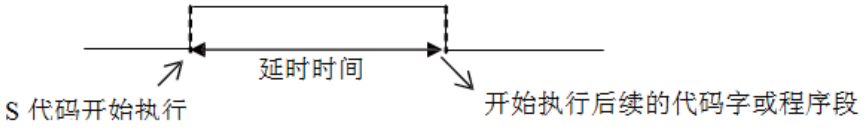
S 代码与执行移动功能的代码字共段时，执行的先后顺序由PLC 程序定义，具体请参阅机床厂家的说明书。

主轴转速开关量控制时， 车床系统 CNC 用于机床控制，S 代码执行的时序和逻辑应以机床生产厂家说明为准。以下所述为车床系统标准 PLC 定义的 S 代码，仅供参考。

代码格式： S □□

00～04（前导零可省略）：1～4 挡主轴转速开关量控制

主轴转速开关量控制方式下，S 代码的代码信号送PLC 后，延迟数据参数NO.081 设置的时间后返回FIN 信号，此时间称为S 代码的执行时间。



CNC 复位时，S01、S02、S03、S04 输出状态不变。

CNC 上电时，S1 ～ S4 输出无效。执行S01、S02、S03、S04 中任意一个代码，对应的S 信号输出有效并保持，同时取消其余3个S 信号的输出。执行S00或S05代码时，取消S1 ～ S4 的输出，S1 ～ S4 同一时刻仅一个有效。

2.2.2 主轴转速模拟电压控制

当状态参数NO.001 的BIT4 设为1 时主轴转速为模拟电压控制。

代码格式： S □□□□

0000～9999（前导零可省略）：主轴模拟电压控

代码功能：设定主轴的转速，CNC 输出0V ～ 10V 模拟电压控制主轴伺服或变频器，实现主轴的无级变速，S 代码值掉电不记忆，上电时置0。

主轴转速模拟电压控制功能有效时，主轴转速输入有2 种方式：S 代码设定主轴的固定转速（r/min），S 代码值不改变时主轴转速恒定不变，称为恒转速控制（G97 模态）；S 代码设定刀具相对工件外圆的切线速度（m/min），称为恒线速控制（G96 模态），恒线速控制方式下，切削进给时的主轴转速随着编程轨迹X 轴 绝对坐标值的绝对值变化而变化。具体见本章2.2.3 节。

CNC 具有四档主轴机械档位功能，执行S 代码时，根据当前的主轴档位的最高主轴转速（输出模拟电压为10V）的设置值（对应数据参数NO.037 ～ NO.040）计算给定转速对应的模拟电压值，然后输出到主轴伺服或变频器，控制主轴实际转速与要求的转速一致。

CNC 上电时，模拟电压输出为0V，执行S 代码后，输出的模拟电压值保持不变（除非处于恒线速控制的切削进给状态且X 轴绝对坐标值的绝对值发生改变）。执行S0 后，模拟电压输出为0V。CNC 复位、急停时，模拟电压输出保持不变。

2.2.3 恒线速控制 G96、恒转速控制 G97

代码格式：G96 S__；（S0000 ～ S9999，前导零可省略）

代码功能：恒线速控制有效、给定切削线速度（m/min），取消恒转速控制。G96 为模态 G 代码，如果当前为 G96 模态，可以不输入 G96。

代码格式：G97 S__；（S0000 ～ S9999，前导零可省略）

代码功能：取消恒线速控制、恒转速控制有效，给定主轴转速（r/min）。G97 为模态 G 代码，如果当前为 G97 模态，可以不输入 G97。

代码格式：G50 S__；（S0000 ～ S9999，前导零可省略）

代码功能：设置恒线速控制时的主轴最高转速限制值（r/min）。

G96、G97 为同组的模态代码字，只能一个有效。G97 为初态代码字，CNC 上电时默认G97 有效。

车床车削工件时，工件通常以主轴轴线为中心线进行旋转，刀具切削工件的切削点可以看成围绕主轴轴线作圆周运动，圆周切线方向的瞬时速率称为切削线速度（通常简称线速度）。不同材料的工件、不同材料的刀具要求的线速度不同。

主轴转速模拟电压控制功能有效时，恒线速控制功能才有效。在恒线速控制时，主轴转速随着编程轨迹（忽略刀具长度补偿）的X 轴绝对坐标值的绝对值的变化，X 轴绝对坐标值的绝对值增大，主轴转速降低，X 轴绝对坐标值的绝对值减小，主轴转速提高，使得切削线速度保持为S 代码值。使用恒线速控制功能切削工件，可以使得直径变化的工件表面光洁度保持一致。

线速度= 主轴转速×|X|×π÷1000 （m/min）

主轴转速：r/min

|X|：X 轴绝对坐标值的绝对值（直径值），mm

π ≈ 3.14

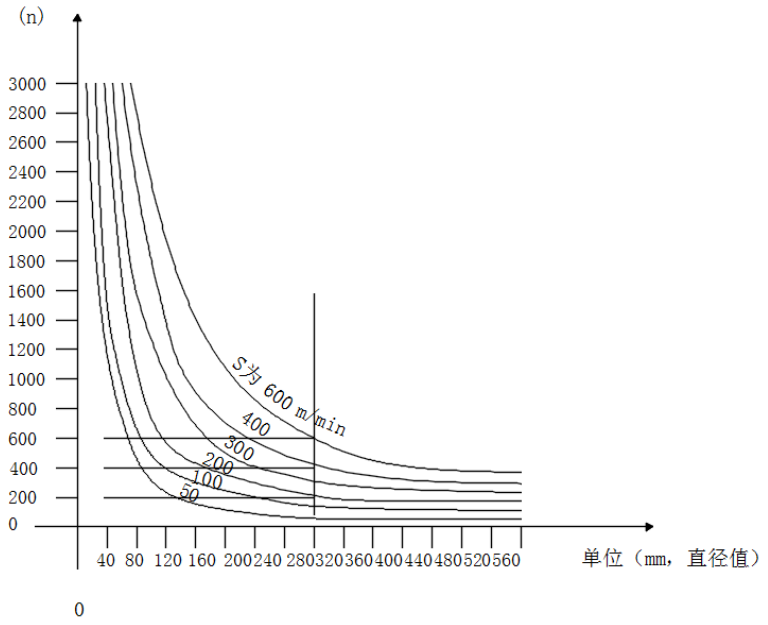


图 2-4

恒线速控制时，只在切削进给（插补）过程中随着编程轨迹X 轴绝对坐标值的绝对值的变化改变主轴转速，对于G00 快速移动，由于不进行实际切削，G00 执行过程中主轴转速保持不变，此时的主轴转速按程序段终点位置的线速度计算。

恒线速控制时，工件坐标系的Z 坐标轴必须与主轴轴线（工件旋转轴）重合，否则，实际线速度将与给定的线速度不一致。

恒线速控制有效时，G50 S__ 可限制主轴最高转速（r/min），当按线速度和X 轴坐标值计算的主轴转速高于G50 S__ 设置的这个限制主轴最高转速限制值时，实际主轴转速为主轴最高转速限制值。CNC上电时，主轴最高转速限制值未设定、主轴最高转速限制功能无效。G50 S__ 定义的最高转速限制值在重新指定前是保持的，最高转速限制功能在G96 状态下有效在G97 状态下G50 S__ 设置的主轴最高转速不起限制作用，但主轴最高转速限制值仍然保持。

需要特别注意：当参数NO.043(恒线速控制时主轴的最低速度) 被设置为0 时，如果执行G50 S0，恒线速控制时主轴转速将被限制在 0r/min（主轴不会旋转）。

CNC 参数NO.043 为恒线速控制时的主轴转速下限，当按线速度和X 轴坐标值计算的主轴转速低于这个值时，实际主轴转速限制为主轴转速下限。

示例：

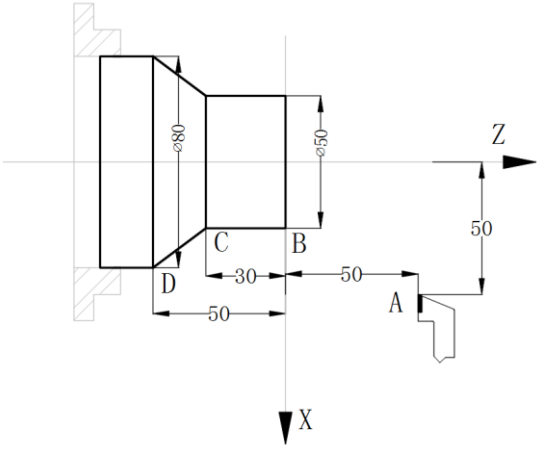


图2-5

```
O0001;                    （程序名）
N0010 M3 G96 S300;        （逆时针旋转、恒线速控制有效、线速度为300m/min）
N0020 G0 X100 Z50;        （快速移至A点，移动过程中主轴转速955r/min）
N0030 G0 X50 Z0;          （快速移至B点，移动过程中主轴转速1910r/min）
N0040 G1 W-30 F200;       （从B点切削至C点，切削中主轴转速1910r/min）
N0050 X80 W-20 F150;      （从C点切削至D点，主轴转速1910r/min线性变化
1194r/min）
N0060 G0 X100 Z50;        （快速退回至A点，移动过程中主轴转速955r/min）
N0110 M30;                （程序结束，关主轴、冷却液）
N0120 %;
```

注1：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；

例如：G96 S50；（切削线速度 50m/min）

G97 S1000；（主轴转速 1000r/min）

G96 X3000；（切削线速度 50m/min）

注2：机床锁住（执行 X、Z 轴运动代码时 X、Z 轴不移动）时，恒线速控制功能仍然有效；

注3：螺纹切削时，恒线速控制功能虽然也能有效，但为了保证螺纹加工精度，螺纹切削时不要采用恒线速控制，应在G97 状态下进行螺纹切削；

注4：从G96 状态变为G97 状态时，G97 程序段如果没有S 代码（r/min），那么G96 状态的最后转速作为G97 状态的S代码使用，即此时主轴转速不变；

注5：恒线速控制时，当由切削线速度计算出的主轴转速高于当前主轴档位的最高转速 （CNC 参数NO.037 ～ NO.040）时，此时的主轴转速限制为当前主轴档位的最高转速。

2.2.4 主轴倍率

在主轴转速模拟电压控制方式有效时，主轴的实际转速可以用主轴倍率进行修调，进行主轴倍率修调后的实际转速受主轴当前档位最高转速的限制，在恒线速控制方式下还受最低主轴转速限制值和最高主轴转速限制值的限制。

NC 提供8 级主轴倍率（50% ～ 120%，每级变化10%），主轴倍率实际的级数、修调方法等由PLC 梯形图定义，使用时应以机床生产厂家说明为准。以下所述为标准PLC梯形图的功能描述，仅供参考。

车床系统标准 PLC 梯形图定义的主轴倍率共有 8 级，主轴的实际转速可以用主轴倍率修调键在 50% ～120%指令转速范围内进行实时修调，主轴倍率掉电记忆。主轴倍率修调操作详见使用手册《操作说明篇》。

2.2.5 多主轴控制

车床系统最多可以控制两个模拟主轴，一个 S 代码用于指令这些主轴中的任意一个，选择哪个主轴由来自 PLC 的信号决定，并分别具有齿轮换挡功能。

由于车床系统只有一个主轴编码器接口，因此第 2 主轴无编码器反馈，主轴转速无显示。

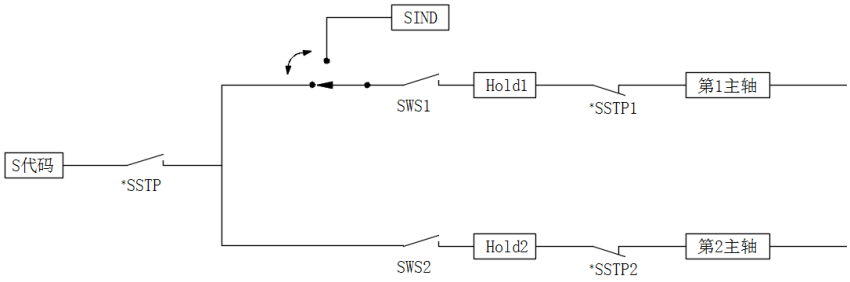
S 代码作为速度指令送至有主轴选择信号（SWS1、SWS2<G25#0、G25#1）选定的主轴，每个主轴以指定速度旋转。如果一个主轴没有收到主轴选择信号，它以之前速度继续旋转。这就允许各主轴在同一时间以不同速度旋转。每个主轴都有各自主轴停止和主轴使能信号。

状态参数 No.001#4 设定为 1 时，可以通过 MSEN（No.196#4）为 1 启动多主轴控制功能。主轴控制有下面几种形式，通过 MSI（No.196#4）来决定。具体方式如下：

***多主轴控制 A 型**

当通过 SWS1 信号选择第 1 主轴时，SIND 信号用于决定主轴模拟电压有 PLC 还是 CNC 控制，R01I 到 R12I 信号用于设定主轴模拟电压。这些信号不影响第 2 主轴。

多主轴控制方法 A 的框图如下：

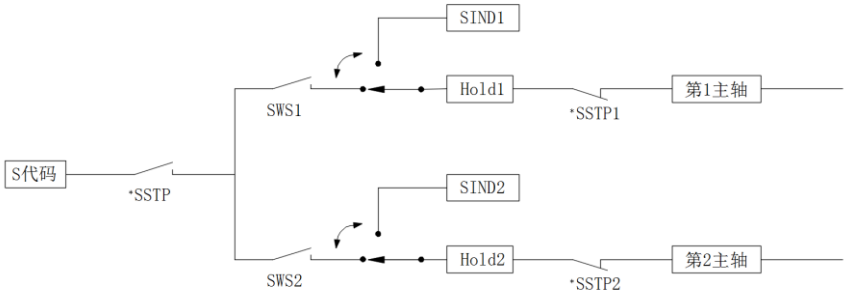


***多主轴控制 B 型**

各主轴有独立的 SIND 信号。

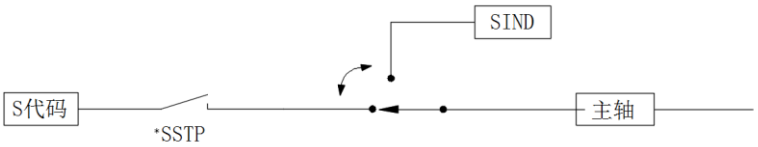
当主轴选择信号及第 1 主轴或第 2 主轴的 SIND 信号设定为 1 时，各主轴分别由 SIND 信号决定由 PLC 还是 CNC 控制。

多主轴控制方法 B 的框图如下：



***多主轴控制功能无效**

当多主轴控制无效时，控制方法如下图



2.2.6 CS 轮廓控制功能

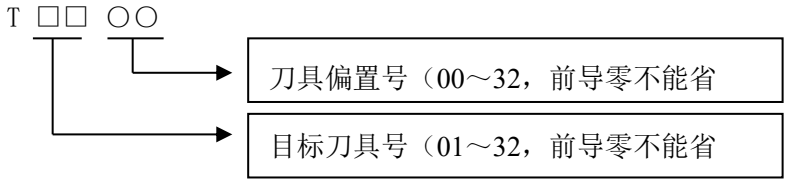
对主轴速度进行控制的情形叫做主轴旋转控制（通过速度指令来使主轴旋转），将对主轴的位置进行控制的情形叫做主轴轮廓控制（通过移动指令来使主轴旋转）。对该主轴进行轮廓控制的功能就是 CS 轮廓控制功能。主轴作为伺服进给轴工作，通过位置移动指令来旋转和定位，并可与进给轴一起插补。加工出轮廓曲线。

2.3 刀具功能

2.3.1 刀具控制

车床系统的刀具功能（T代码）具有两个作用：自动换刀和执行刀具偏置。自动换刀的控制逻辑由PLC梯形图处理，刀具偏置的执行由 NC 处理。

代码格式：



代码功能：自动刀架换刀到目标刀具号刀位，并按代码的刀具偏置号执行刀具偏置。刀具偏置号可以和刀具号相同，也可以不同，即一把刀具可以对应多个偏置号。在执行了刀具偏置后，再执行T □□ 00，CNC 将按当前的刀具偏置反向偏移，CNC 由已执行刀具偏置状态改变为未补偿状态，这个过程称为取消刀具偏置。上电时，T 代码显示的刀具号、刀具偏置号均为掉电前的状态。

在一个程序段中只能有一个T 代码，在程序段中出现两个或两个以上的T 代码时，CNC 产生报警。在加工前通过对刀操作获得每一把刀具的位置偏置数据（称刀具偏置或刀偏），程序运行中执行T 代码后，自动执行刀具偏置。这样在编辑程序时每把刀具按零件图纸尺寸来编写，可不用考虑每把刀具相互间在机床坐标系的位置关系。如因刀具磨损导致加工尺寸出现偏差，可根据尺寸偏差修改刀具偏置。

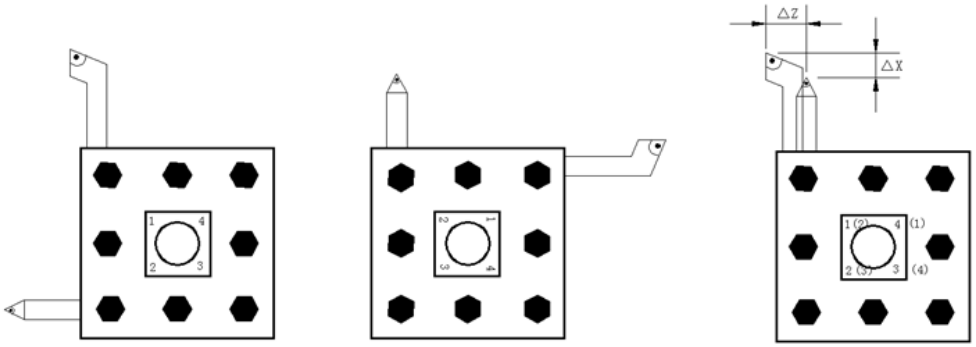


图 2-4 刀具偏置

刀具偏置是对编程轨迹而言的，T 代码中刀具偏置号对应的偏置，在每个程序段的终点被加上或减去补偿量。X 轴刀具偏置使用直径值还是半径值表示由状态参数NO.004 的Bit4 位设定。X 轴的刀具偏置值使用直径值/ 半径值表示的意义是指当刀具长度补偿值改变时，工件外径以直径值/ 半径值变化。

示例：状态参数NO.004 的Bit4 位为0 时，若X 轴的刀具长度补偿值改变10mm，则工件外径的直径值改变10mm；状态参数NO.004 的Bit4 位为1 时，若X 轴的刀具长度补偿值改变10mm，则工件外径的直径值改变20mm。如图2-5 为移动方式执行刀具偏置时建立、执行及取消的过程。

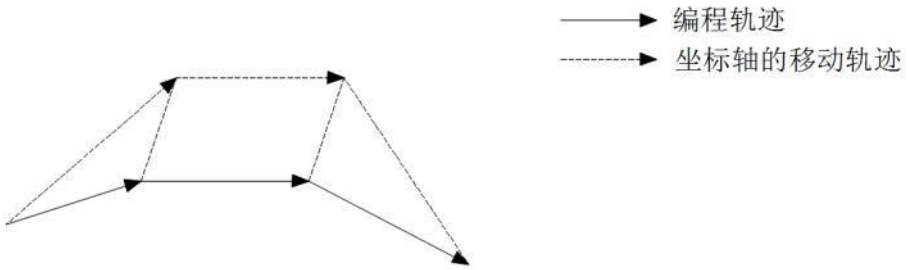


图2-5 刀具长度补偿建立、执行及取消

G01 X100 Z100 T0101;　（程序段1，开始执行刀具偏置）

G01 W150;　　（程序段2，刀具偏置状态）
G01 U150 W100 T0100;　（程序段3，取消刀具偏置，执行刀具）

执行刀具偏置的方式有两种，由状态参数NO.003 的Bit4 位设定：
当Bit4 ＝ 0 时，以刀具移动方式执行刀具偏置；
当Bit4 ＝ 1 时，以修改坐标方式执行刀具偏置；

示例：

表 2-4

刀具偏置	X	Z
00	0.000	0.000
01	0.000	0.000
02	12.000	-23.000
03	24.560	13.452

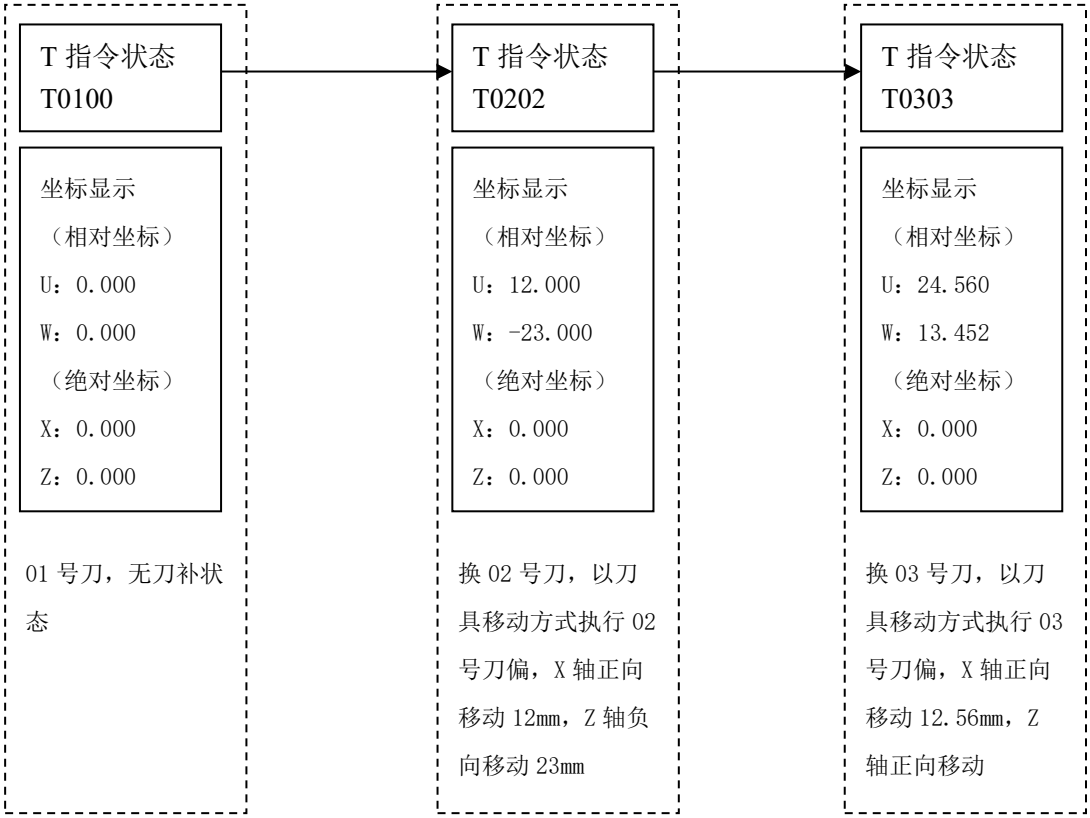


图2-6 刀具移动方式执行刀具偏置

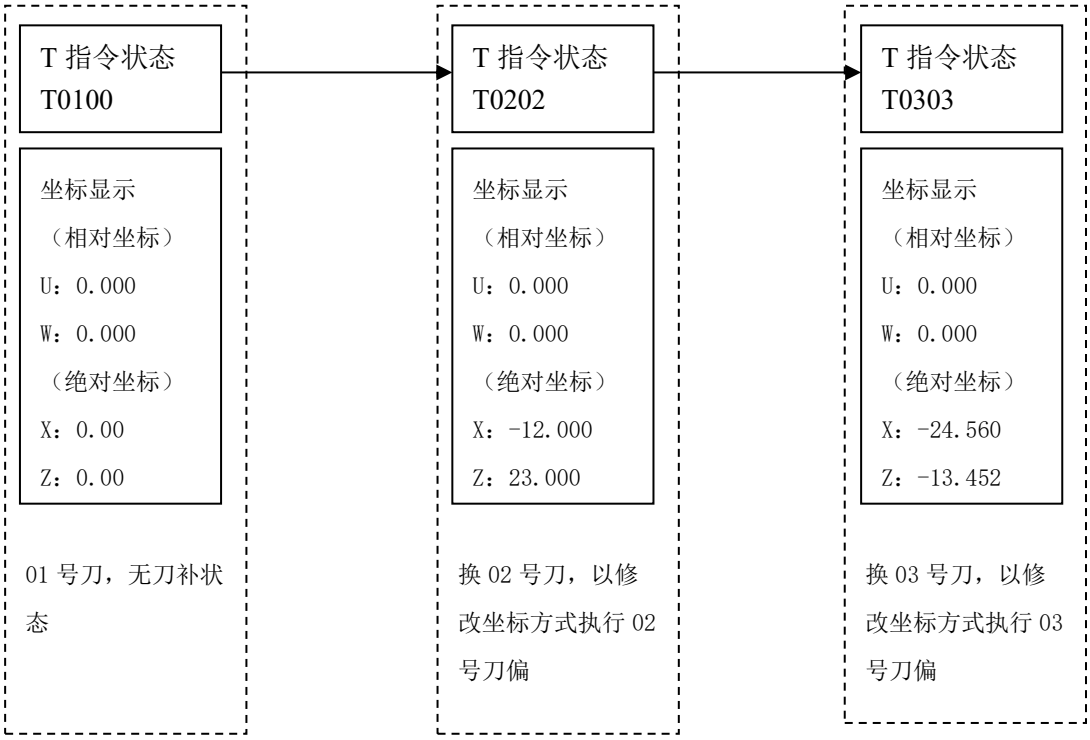


图2-7 修改坐标方式执行刀具偏置

在录入和自动方式下，单独的T 代码字（不与移动代码在同一程序段），执行刀具偏置的过程与状态参数NO.003 的BIT4 设置有关（如图2-6、图2-7 所示）。

T 代码与执行移动功能的代码在同一程序段且以修改坐标方式执行刀具偏置时，移动代码和T 代码同时执行，在刀具换刀的同时，把当前的刀具偏置叠加到移动代码的坐标移动值里一起执行，移动速度由移动代码决定是切削进给还是快速移动速度。

T 代码与执行移动功能的代码在同一程序段且以刀具移动方式执行刀具偏置时，移动代码和T 代码分开执行，先执行换刀及刀具偏置，然后执行移动功能的代码，刀具偏置执行的速度是当前的快速移动速度。

执行了下列任意一种操作后，将取消刀具偏置：

1、执行了T □□ 00 代码；

2、执行了G28 代码或手动回机床零点（只取消已回机床零点的坐标轴的刀具偏置，未回机床零点的另一坐标轴不取消刀偏)。

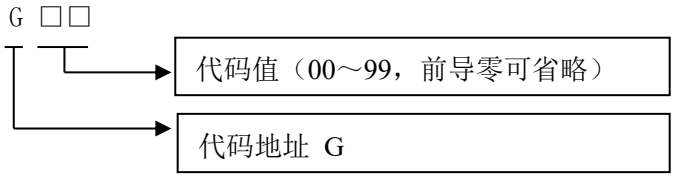
当数据参数NO.084（总刀位数选择）设置不为1（2～32），且目标刀具号与当前显示刀具号不等时，指令T代码后，刀架的控制时序和逻辑由PLC梯形图决定，使用时应以机床生产厂家说明为准。 车床系统标准 PLC 梯形图定义的为正转选刀、反转锁紧，刀位信号直接输入的换刀方式，换刀时序逻辑请参阅《调试文档》或第三篇《安装连接篇》。

使用排刀架（未安装自动刀架）时，数据参数 NO.084（总刀位数选择）应设置为 1，不同的刀具号是通过执行不同的刀具偏置来实现的，如：T0101、T0102、T0103。

第三章 G 代码

3.1 概述

G 代码由代码地址G 和其后的1 ～ 2 位代码值组成，用来规定刀具相对工件的运动方、进行坐标设定等多种操作，G 代码一览表见表3-1。



G 代码分为00、01、02、03、05、06、07、16、21 组。除01 与00 组代码不能共段外，同一个程序段中可以指令几个不同组的G 代码，原则上不能同一个程序段中指令两个或两个以上的同组G 代码，若指令了同组代码在同一段不报警，则以最后一个G 代码有效。没有共同参数(代码字) 的不同组G 代码可以在同一程序段中，功能同时有效并且与先后顺序无关。如果使用了表3-1 以外的G代码或选配功能的G代码，系统出现报警。

表 3-1 G 代码字一览表

指令字	组别	功能	备注
G00	01	快速移动	初代G代码
G01		直线插补	模态G代码
G02		圆弧插补（顺时针）	
G03		圆弧插补（逆时针）	
G32		螺纹切削	
G33		Z轴柔性攻丝循环（暂未启用）	
G34		变螺距螺纹切削	
G90		轴向切削循环	
G92		螺纹切削循环	
G94		径向切削环	
G04	00	暂停	非模态G代码
G10		数据输入方式有效	
G11		取消数据输入方式	
G12		储存行程检测功能接通	
G13		储存行程检测功能断开	
G27		返回参考点检测	
G28		返回机床第1参考点	
G29		从参考点自动返回	
G30		返回机床第2、3、4参考点	
G31		跳转插补	

指令字	组别	功能	备注
G50	00	坐标系设定	非模态G代码
G65		宏代码	
G70		精加工循环	
G71		轴向粗加工循环	
G72		径向粗加工循环	
G73		封闭粗加工循环	
G74		轴向切槽多重循环	
G75		径向切槽多重循环	
G76		多重螺纹切削循环	
G54	05	工件坐标系1	模态G代码
G55		工件坐标系2	
G56		工件坐标系3	
G57		工件坐标系4	
G58		工件坐标系5	
G59		工件坐标系6	
G20	06	英制单位选择	模态G代码
G21		公制单位选择	
G96	02	恒线速打开	模态G代码
G97		恒线速关闭	初态G代码
G98	03	每分进给	初态G代码
G99		每转进给	模态G代码
G40	07	取消刀尖半径补偿	初态G代码
G41		刀尖半径左补偿	模态G代码
G42		刀尖半径右补偿	
G17	16	XY平面	模态G代码
G18		XZ平面	初态G代码
G19		ZY平面	模态G代码

3.1.1 模态、非模态及初态

G 代码分为00、01、02、03、05、06、07、16、21 组。

G 代码执行后，其定义的功能或状态保持有效，直到被同组的其它G代码改变，这种G代码称为模态G代码。模态G代码执行后，其定义的功能或状态被改变以前，后续的程序段执行该G代码字时，可不需要再次输入该G代码。

G 代码执行后，其定义的功能或状态一次性有效，每次执行该G代码时，必须重新输入该G代码字，这种G代码称为非模态G 代码。

系统上电后，未经执行其功能或状态就有效的模态G代码称为初态G代码。上电后不输入G 代码时，按初态G代码执行。

3.1.2 代码字的省略输入

为简化编程，表3-2 所列举的代码字具有执行后值保持的特点，如果在前面的程序段中已经包含了这些代码字，在后续的程序段中需要使用且值相同、意义相同时，可以不必输入。

表 3-2

编程地址	功能意义	上电时初始值
U	G71中切削深度	NO.51参数值
U	G73中X轴退刀距离	NO.53参数值
W	G72中切削深度	NO.51参数值
W	G73中Z轴退刀距离	NO.54参数值
R	G71、G72循环退刀量	NO.52参数值
R	G73中粗车循环次数	NO.55参数值
R	G74、G75中切削后的退刀量	NO.56参数值
R	G76中精加工余量	NO.60参数值
R	G90、G92、G94、G76中锥度	0
（G98）F	每分进给速度（G98）	NO.30参数值
（G99）F	每转进给速度（G99）	0
F	公制螺纹螺距（G32、G92、G76）	0
I	英制螺纹螺距（G32、G92、G76）	0
S	主轴转速制定（G97）	0
S	主轴线速制定（G96）	0
S	主轴转速开关量输出	0
P	G76中螺纹切削精加工次数	NO.57参数值
P	G76中螺纹切削退刀宽度	NO.19参数值
P	G76中螺纹切削刀尖角度	NO.58参数值
Q	G76中最小切入量	NO.59参数值

注1：有多种功能的编程地址（ 如 F，可用于给定每分进给、每转进给、公制螺纹螺距等）只在代码字执行后、再次执行相同的功能定义代码字时才允许省略输入。如：执行了 G98 F ，未执行螺纹插补的 G 代码，进行公制螺纹 加工时必须用 F 代码指定螺距；

注2：在地址 X/U、Z/W 用于给定程序段终点坐标时允许省略输入，程序段中未输入 X/U 或 Z/W 时，系统取当前的X轴或 Z 轴的绝对坐标作为程序段终点的坐标值；

注3：使用表 3-2 中未列入的编程地址时，必须输入相应的代码字，不能省略输入。

示例1：

```
O0001;
G0 X100 Z100;      ( 快速移动至X100 Z100；模态代码字G0 有效)
X20 Z30;           ( 快速移动至X20 Z30；模态代码字G0 可省略输入)
```

```
G1 X50 Z50 F300;  ( 直线插补至X50 Z50，进给速度300mm/min;  模态代码字G1 有效)
X100;             ( 直线插补至X100 Z50，进给速度300mm/min；未输入Z 轴坐标，
                   取当前坐标值Z50；F300 保持、G01 为模态代码字可省略输入)
G0 X0 Z0;         ( 快速移动至X0 Z0，模态代码字G0 有效)
M30;
```

示例2：

```
O0002;
G0 X50 Z5;        ( 快速移动至X50 Z5)
G04 X4;           ( 延时4 秒)
G04 X5;           ( 再次延时5 秒，G04 为非模态G 代码字，必须再次输入)
M30;
```

示例3(上电第一次运行)：

```
O0003;
G98 F500 G01 X100 Z100;  (G98 每分进给，进给速度为500mm/min)
G92 X50 W-20 F2;         (螺纹切削，F 值为螺距必须输入)
G99 G01 U10 F0.01;       (G99 每转进给，F 值重新输入)
G00 X80 Z50 M30;
```

3.1.3 相关定义

本使用手册以下内容的阐述中，未作特殊说明时有关词(字) 的意义如下：

起点：当前程序段运行前的位置；

终点：当前程序段执行结束后的位置；

X：终点位置 X 轴的绝对坐标；

U：终点位置与起点位置 X 轴绝对坐标的差值；

Z：终点位置 Z 轴的绝对坐标；

W：终点位置与起点位置 Z 轴绝对坐标的差值；

F：切削进给速度。

3.2 快速定位 G00

代码格式：G00 X/U_ Z/W_ ；

代码功能：X 轴、Z 轴同时从起点以各自的快速移动速度移动到终点，如图3-1 所示。两轴是以各自独立的速度移动，短轴先到达终点，长轴独立移动剩下的距离，其合成轨迹不一定是直线。

代码说明：G00 为01 组G 代码的初值；X/U、Z/W 可省略一个或全部，当省略一个时，表示该轴的起点和终点坐标值一致；同时省略表示终点和始点是同一位置，X 与U、Z 与W 在同一程序段时X、Z 有效，U、W 无效。

运动轨迹图：

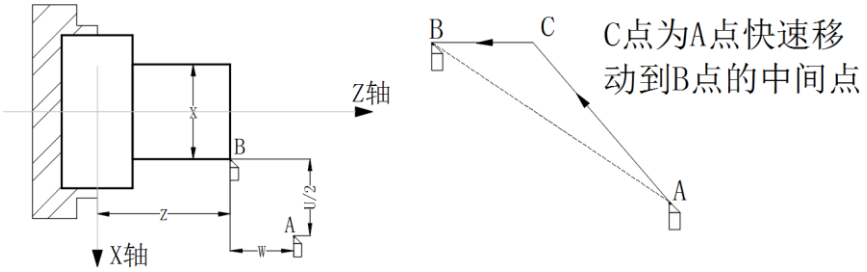


图 3-1

X、Z 轴各自快速移动速度分别由系统数据参数NO.022、NO.023 设定，实际的移动速度可通过机床面板的快速倍率键进行修调。

示例：刀具从A 点快速移动到B 点。图3-2

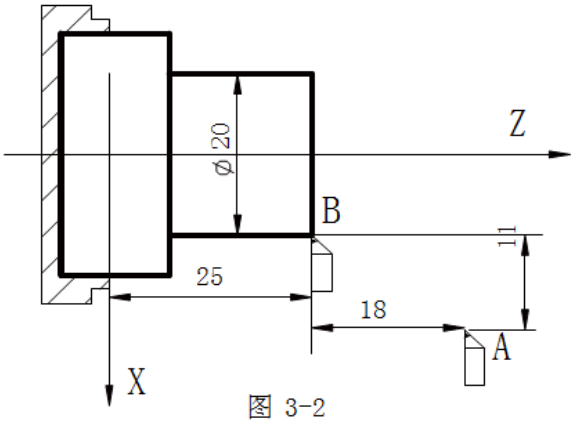


图 3-2

G0 X20 Z25；　（ 绝对坐标编程）或
G0 U-22 W-18；（ 相对坐标编程）或
G0 X20 W-18；（ 混合坐标编程）或
G0 U-22 Z25；（ 混合坐标编程）

3.3 直线插补 G01

代码格式：G01 X/U_ Z/W_ F_；

代码功能：运动轨迹为从起点到终点的一条直线。轨迹如图 3-3 所示。

代码说明：G01 为模态G 代码；

X/U、Z/W 可省略一个或全部，当省略一个时，表示该轴的起点和终点坐标值一致；同时省略表示终点和始点是同一位置。

F 代码值为X 轴方向和Z 轴方向的瞬时速度的向量合成速度，实际的切削进给速度为进给倍率与F代码值的乘积；

F 代码值执行后，此代码值一直保持，直至新的F 代码值被执行。后述其它G 代码使用的F 代码字功能相同时，不再详述。取值范围见表1-10。

注：G98 状态下，F 的最大值不超过数据参数 NO027（ 切削进给上限速度）设置值。

运动轨迹图：

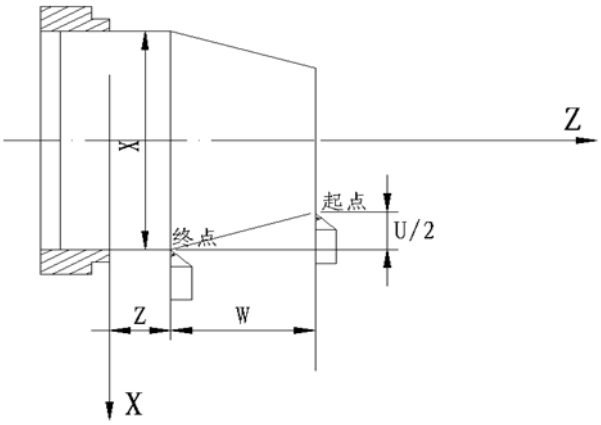


图 3-3

示例：从直径 Φ40 切削到 Φ60 的程序代码，图 3-4

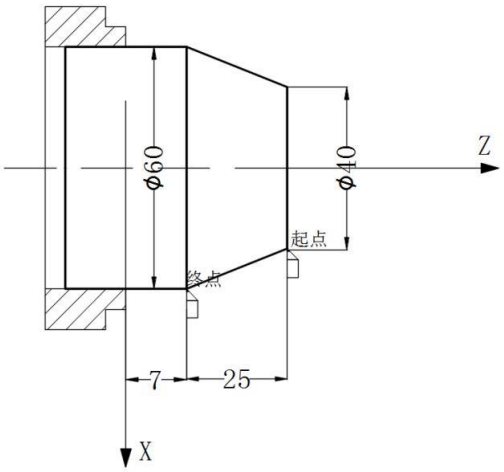


图3-4

程序：

G01 X60 Z7 F500;　（绝对值编程）或

G01 U20 W-25;　（相对值编程）或

G01 X60 W-25;　（混合编程）或

G01 U20 Z7;　（混合编程）

3.4 圆弧插补 G02、G03

代码格式： G02 / G03 } X/U_ Z/W_ { R_ / I_ K_

代码功能： G02 代码运动轨迹为从起点到终点的顺时针(后刀座坐标系)/ 逆时针(前刀座坐标系)圆弧，轨迹如图3-5 所示。G03 代码运动轨迹为从起点到终点的逆时针(后刀座坐标系)/ 顺时针(前刀座坐标系) 圆弧，轨迹如图3-6 所示。

代码轨迹图：

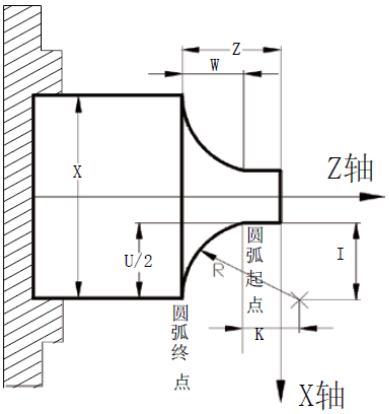


图3-5 G02 轨迹图

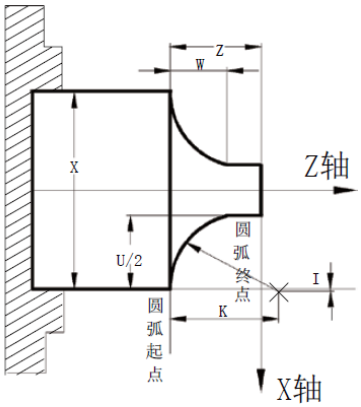


图3-6 G03 轨迹图

代码说明： G02、G03 为模态G 代码；

R 为圆弧半径；

I 为圆心与圆弧起点在X 方向的差值，用半径表示；

K 为圆心与圆弧起点在Z 方向的差值。圆弧中心用地址I、K 指定时，其分别对应于X，Z 轴I、K 表示从圆弧起点到圆心的向量分量，是增量值；如图3-6-1 所示。

I ＝圆心坐标X －圆弧起始点的X 坐标； K ＝圆心坐标Z －圆弧起始点的Z 坐标；

I、K 根据方向带有符号，I、K 方向与X、Z 轴方向相同，则取正值；否则，取负值。

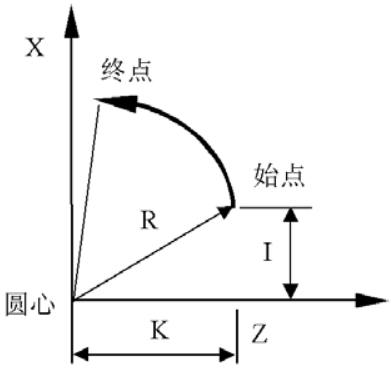


图 3-6-1

圆弧方向：G02/ G03 圆弧的方向定义，在前刀座坐标系和后刀座坐标系是相反的，见图3-7：

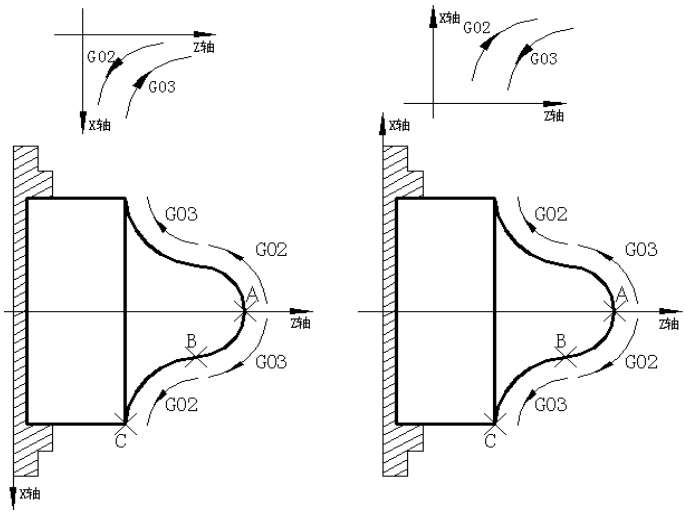


图 3-7

注意事项：

＊ 当I=0 或K=0 时，可以省略；但地址I、K 或R 必须至少输入一个，否则系统产生报警；

＊ I、K 和R 同时输入时，R 有效，I、K 无效；

＊ R 值必须等于或大于起点到终点的一半，如果终点不在用R 定义的圆弧上，系统会产生报警；

＊ 地址X/U、Z/W 可省略一个或全部；当省略一个时，表示省略的该轴的起点和终点一致；同时省略表示终点和始点是同一位置，若用I、K 指定圆心时，执行G02/G03 代码的轨迹为全圆(360°)；用R 指定时，表示0° 的圆；

＊ 若使用I、K 值进行编程，若圆心到的圆弧终点距离不等于R($R = I_2 + K_2$)，系统会自动调整圆心位置保证圆弧运动的始点和终点与指定值一致，如果圆弧的始点与终点间距离大于2R，系统报警。

＊ R 指定时，是小于360° 的圆弧，R 负值时为大于180° 的圆弧，R 正值时为小于或等于180 度的圆弧；

示例：从直径Φ45.25 切削到Φ63.06 的圆弧程序代码，图3-8

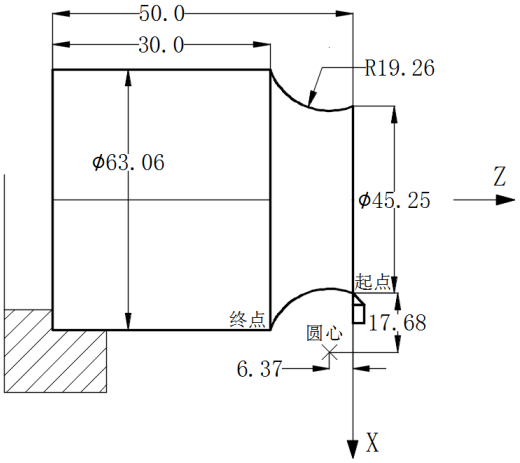


图3-8

程序：

G02 X63.06 Z-20.0 R19.26 F300;　　或

G02 U17.81 W-20.0 R19.26 F300;　　或

G02 X63.06 Z-20.0 I17.68 K-6.37;　或

G02 U17.81 W-20.0 I17.68 K-6.37;

G02/G03 代码综合编程实例：

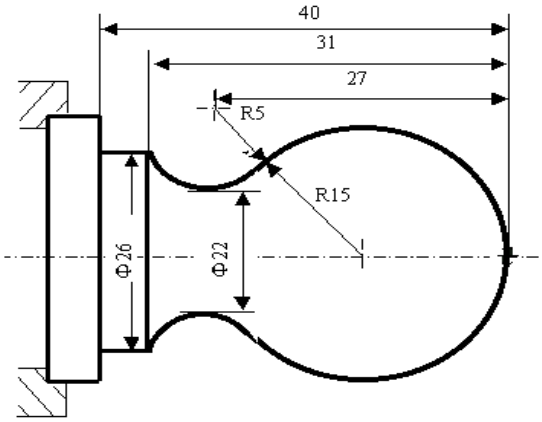


图 3-9 圆弧编程实例

程序：O0001

N001 G0 X40 Z5;　　(快速定位)

N002 M03 S200;　　(主轴开)

N003 G01 X0 Z0 F900;　(靠近工件)

N005 G03 U24 W-24 R15;(切削 R15 圆弧段)

N006 G02 X26 Z-31 R5;　(切削 R5 圆弧段)

```
N007 G01 Z-40;          ( 切削 φ26)
N008 X40 Z5;            ( 返回起点)
N009 M30;               ( 程序结束)
```

3.5 平面选择代码 G17 ～ G19

代码格式：

G17……XY 平面
G18……ZX 平面
G19……YZ 平面

代码功能：用G 代码选择圆弧插补的平面或刀具半径补偿的平面

代码说明：G17，G18，G19 为模态 G 代码，在没指令的程序段里，平面不发生变化。

注意事项：

＊ 选择G17、G19 平面时要先设定基本轴Y;

＊ C 刀补状态下不能进行平面切换;

＊ G71 ～ G76，G90，G92，G94 只能在G18 平面内使用；

＊ 平面选择代码可与其他组G 代码共段；

＊ 移动指令与平面选择无关；

＊ 关于直径或半径编程的处理：由于当前只有一个位参数No1.2 选择是直径还是半径编程且只对X轴有效，因此在使用G2，G3 等指令时Z 轴与Y 轴只能用半径编程，X 轴则由参数进行选择；

＊ G17 和G19 平面下的C 刀补的刀尖方向为0。

3.6 倒角功能

倒角功能是在两轮廓间插入一段直线或圆弧，使刀具能比较平滑地从一轮廓过渡到另一轮廓。具有直线和圆弧两种倒角功能。

3.6.1 直线倒角

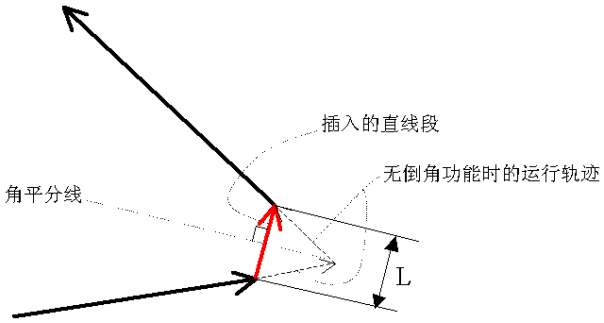
直线倒角：直线轮廓之间、圆弧轮廓之间、直线轮廓与圆弧轮廓之间插入一直线。直线倒角的代码地址为L，倒角直线的长度用L 指定，取值范围0 ～ 1000mm，如果L 指定的值超过范围，则忽略L 代码。直线倒角必须在G01、G02 或G03 代码段中使用。

A. 直线接直线

代码格式：G01 X/U_ Z/W_ L_ ；

G01 X/U_ Z/W_ ；

代码功能：在两直线插补代码段中插入一段直线段。



B. 直线接圆弧

代码格式： G01 X/U_ Z/W_ L_；

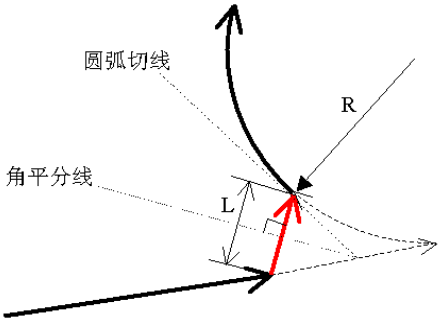
G02/G03 X/U_ Z/W_ R_；

或

G01 X/U_ Z/W_ L_；

G02/G03 X/U_ Z/W_ I_ K_；

代码功能： 在直线和圆弧插补代码间插入一段直线段。



C. 圆弧接圆弧

代码格式： G02/G03 X/U_ Z/W_ R_ L_；

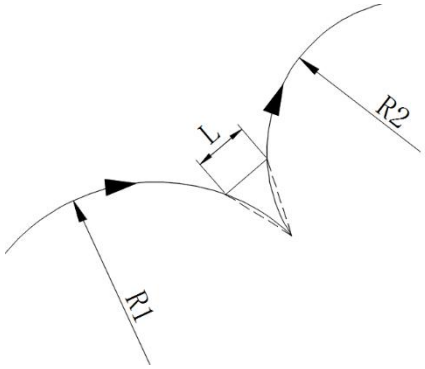
G02/G03 X/U_ Z/W_ R_；

或

G02/G03 X/U_ Z/W_ I_ K_ L_；

G02/G03 X/U_ Z/W_ I_ K_；

代码功能： 在两段圆弧插补代码间插入一段直线段。



D. 圆弧接直线

代码格式：G02/G03 X/U_ Z/W_ R_ L_；

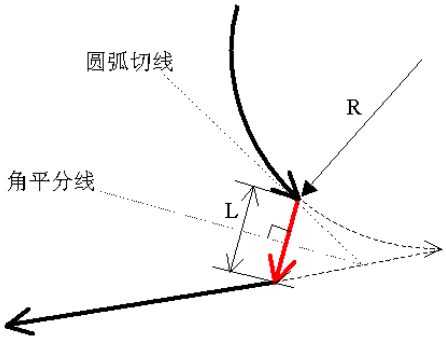
G01 X/U_ Z/W_；

或

G02/G03 X/U_ Z/W_ I_ K_ L_；

G01 X/U_ Z/W_；

代码功能：在圆弧和直线插补代码间插入一段直线段。



3.6.2 圆弧倒角

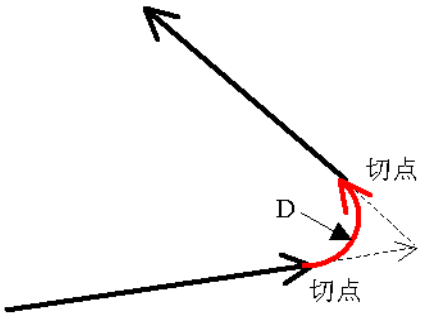
圆弧倒角：直线轮廓之间、圆弧轮廓之间、直线轮廓与圆弧轮廓之间插入一圆弧，圆弧与轮廓线间进行切线过渡。圆弧倒角的代码地址为D，倒角圆弧的半径用D 指定，取值范围0 ～ 1000mm，如果D 指定的值超过范围，则忽略D 代码。圆弧倒角必须在G01、G02 或G03 代码段中使用。

A. 直线接直线

代码格式：G01 X/U_ Z/W_ D_；

G01 X/U_ Z/W_；

代码功能：在两段直线插补段中插入一段圆弧，插入的圆弧段与两直线相切，半径值用 D 指定。



B. 直线接圆弧

代码格式： G01 X/U_ Z/W_ D_；

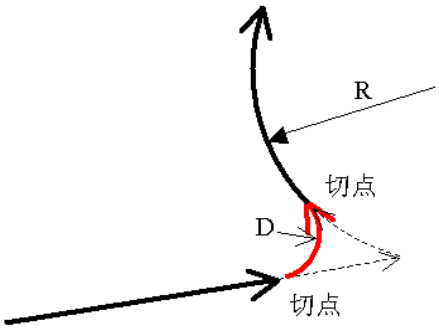
G02/G03 X/U_ Z/W_ R_；

或

G01 X/U_ Z/W_ D_；

G02/G03 X/U_ Z/W_ I_ K_；

代码功能： 在直线与圆弧交接处插入一段圆弧，插入圆弧段与直线、圆弧均相切，半径值用D 指定。



C. 圆弧接圆弧

代码格式： G02/G03 X/U_ Z/W_ R_ D_；

G02/G03 X/U_ Z/W_ R_；

或

G02/G03 X/U_ Z/W_ R_ D_；

G02/G03 X/U_ Z/W_ I_ K_；

或

G02/G03 X/U_ Z/W_ I_ K_ D_；

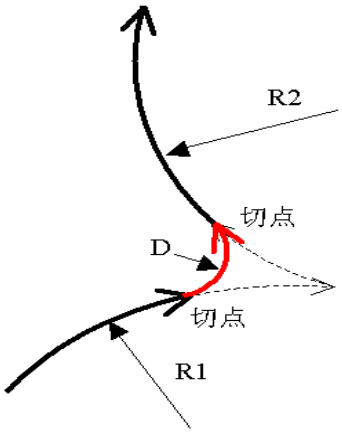
G02/G03 X/U_ Z/W_ I_ K_；

或

G02/G03 X/U_ Z/W_ I_ K_ D_；

G02/G03 X/U_ Z/W_ R_；

代码功能：在两段圆弧间插入一段圆弧，插入的圆弧段与两圆弧均相切，半径值用D指定。



D. 圆弧接直线

代码格式：G02/G03 X/U_ Z/W_ R_ D_；

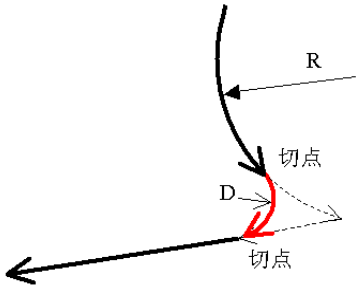
G01 X/U_ Z/W_；

或

G02/G03 X/U_ Z/W_ I_ K_ D_；

G01 X/U_ Z/W_；

代码功能：在圆弧与直线交接处插入一段圆弧，插入圆弧段与圆弧、直线均相切，半径值用D 指定。



3.6.3 特殊情况

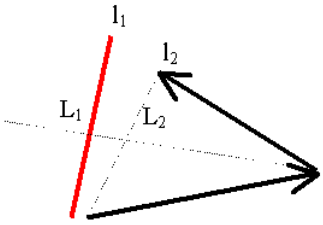
当处于下面的情况时，倒角功能无效或报警。

1) 直线倒角时

A. 两插补直线段在同一条直线上时，倒角功能无效。

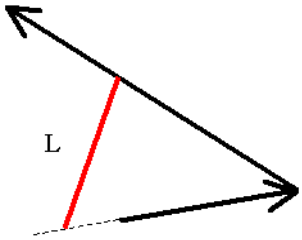
B. 倒角直线长度过长，CNC 产生报警。

如下图所示，l1 为倒角直线，长度为L1；l2 为两插补直线连接形成的三角形的第三边，长度为L2，当 L1 大于 L2 时，CNC 产生号报警。



C. 某段直线(圆弧) 过短，报警

如下图所示，倒角直线长度为 L，经计算后倒角直线的另一端不在插补直线上(在插补直线的延长线上)，CNC 产生报警。

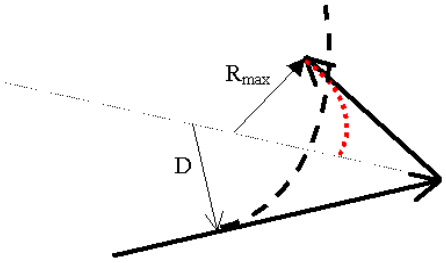


2) 圆弧倒角时

A. 两插补直线段在同一条直线上时，圆弧倒角功能无效。

B. 倒角圆弧半径过大，CNC 产生报警。

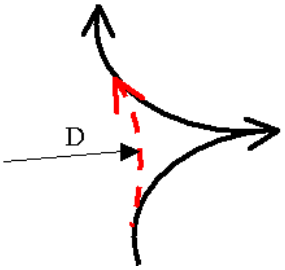
如下图所示，倒角圆弧半径为D，两直线相切的最大圆弧半径为 Rmax，Rmax 小于D，CNC 产生报警。



C. 直线与圆弧相切、圆弧与直线相切时，圆弧倒角功能无效。

D. 圆弧与圆弧相切时，圆弧倒角功能无效；

但如果是象下图类圆弧相切时，圆弧倒角功能有效。



3.7 暂停代码 G04

代码格式：G04 P ；或

G04 X ；或

G04 U ；或

G04；

代码功能：各轴运动停止，不改变当前的G 代码模态和保持的数据、状态，延时给定的时间后，再执行下一个程序段。

代码说明：G04 为非模态G 代码；

G04 延时时间由代码字P_、X_ 或U_ 指定；

P 值取范围为0 ～ 99999（单位：ms）。

X、U 代码范围为0 ～ 9999.999× 最小输入增量（单位：s）。

注意事项：

＊ 当P、X、U 未输入时，表示程序段间准确停。

＊ P、X、U 不能在同一程序段。

3.8 机械零点（机床零点）功能

3.8.1 机床第一参考点 G28

代码格式：G28 X/U Z/W ；

代码功能：从起点开始，以快速移动速度到达X/U、Z/W 指定的中间点位置后再回机床零点。

代码说明：G28 为非模态G 代码；

X、Z：中间点位置的绝对坐标；

U、W：中间点位置与起点位置的X 轴绝对坐标的差值。

代码地址X/U、Z/W 可省略一个或全部，详见下表：

表3-4

指令	功能
G28 X/U_	X 轴回机床零点，Z、Y 保持原位置
G28 Z/W_	Z 轴回机床零点，X、Y 保持原位置
G28	保持原位，继续执行下一行程序段
G28 X/U_ Z/W_	X、Z 轴同时回机床零点

代码动作过程(如图3-12)：

(1) 快速从当前位置定位到中间点位置(A 点→ B 点)；

(2) 快速从中间点定位到参考点(B 点→ R 点)；

(3) 若非机床锁住状态，返回参考点完毕时，回零灯亮。

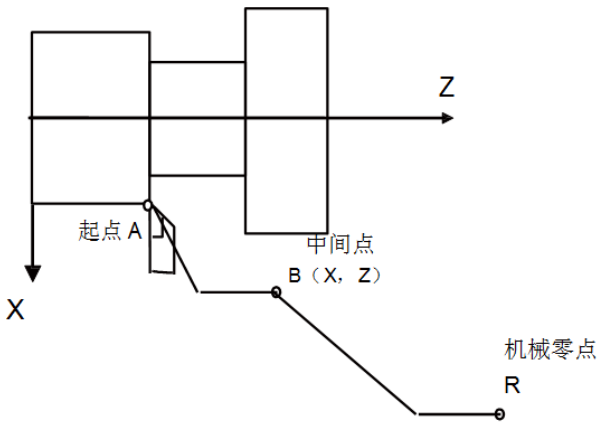


图3-12

注1：手动回机床零点与执行 G28 代码回机床零点的过程一致，每次都必须检测减速信号与一转信号；

注2：从 A 点→ B 点及 B 点→ R 点过程中，两轴是以各自独立的快速速度移动的，因此，其轨迹并不一定是直线；

注3：执行 G28 代码回机床零点操作后，系统取消刀具长度补偿；

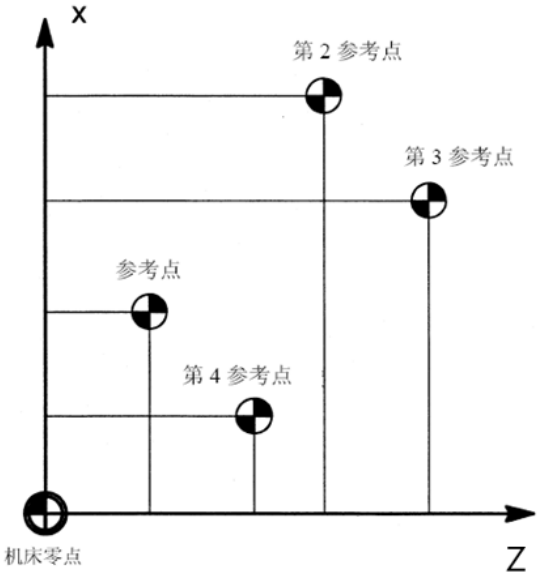
注4：如果机床未安装零点开关，不得执行 G28 代码与返回机床零点的操作。

3.8.2 机床第 2、3、4 参考点 G30

机床零点是机床上的一个固定点，由安装在机床上的零点开关或回零开关决定。机床参考点的坐标为数据参数NO.120、NO.121 设置的值。

车床系统具有机床第2、3、4参考点功能，用数据参数NO.122～NO.127可分别设置机床第2、3、4参考点的 X、Z 轴的机床坐标。

机床零点，机床参考点，机床第 2、3、4 参考点在机床坐标系中的关系如下图所示。



代码格式：

G30 P2 X/U Z/W ；

G30 P3 X/U Z/W ；

G30 P4 X/U Z/W ；

代码功能：从起点开始，以快速移动速度移动到X/U、Z/W 指定的中间点位置后再返回机床第2，3，4 参考点。当返回机床第2 参考点时，代码地址P2 可省略。

代码说明：G30 为非模态G 代码；

X：中间点X 轴的绝对坐标；

U：中间点X 轴的相对坐标；

Z：中间点Z 轴的绝对坐标；

W：中间点Z 轴的相对坐标。

代码地址X/U、Z/W 可省略一个或全部，详见下表：

指令	功能
G30 Pn X/U_	X轴回机床第n参考点，Z轴保持原位
G30 Pn Z/W_	Z轴回机床第n参考点，X轴保持原位
G30	两轴保持原位，继续执行下一程序段
G30 Pn X/U_ Z/W_	X、Z轴同时回到机床第n参考点

注 1：表中 n 取值 2、3 或 4；

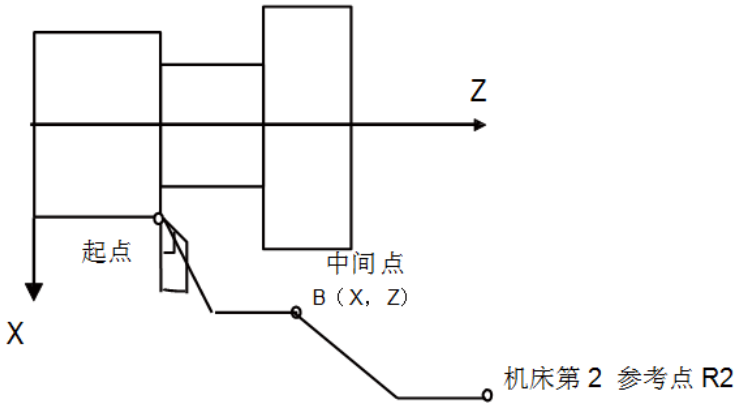
注 2：返回机床第 2，3，4 参考点过程中不需要检测减速、零点信号。

代码执行动作过程（ 如下图，以回机床第2 参考点说明）：

(1) 快速从当前位置定位到指定轴的中间点位置(A 点→ B 点)；

(2) 以数据参数NO.113 设定的速度从中间点定位到由数据参数NO.122和NO.123 设定的第2 参考点(B点→ R2 点)；

(3) 若非机床锁住状态，返回参考点时，参考点位置返回结束信号ZP21 的Bit0 位、Bit1 位为高。



注1：手动回机床参考点或执行 G28 代码回机床参考点之后，才可使用返回机床第 2，3，4 参考点功能；

注2：从A 点→ B 点及B 点→ R2 点过程中，两轴是以各自独立的速度移动的，因此，其轨迹并不一定是直线；

注3：执行G30 代码回机床第2，3，4 参考点后，系统取消刀具长度补偿；

注4：如果机床未安装零点开关，不得执行G30 代码返回机床第2，3，4 参考点操作；

注5：返回机床第2，3，4 参考点，不设置工件坐标系。

3.9 跳转插补 G31

代码格式：G31 X/U_ Z/W_ F_；

代码功能：在该代码执行期间，若输入了外部跳转信号(X_输入信号具体信号参考《调试文档》)，则中断该代码的执行，转而执行下一程序段。该功能可用于工件尺寸的动态测量(如磨床)、对刀测量等。

代码说明：非模态G 代码(00 组)；
与G01 代码地址格式一致，使用也类似；
使用该代码前需撤销刀尖半径补偿；
为保证停止位置精度，进给速度不宜设置过大。

a. 跳转发生时后续段的行：

1. G31 的下一个程序段是增量坐标编程，见图3-13

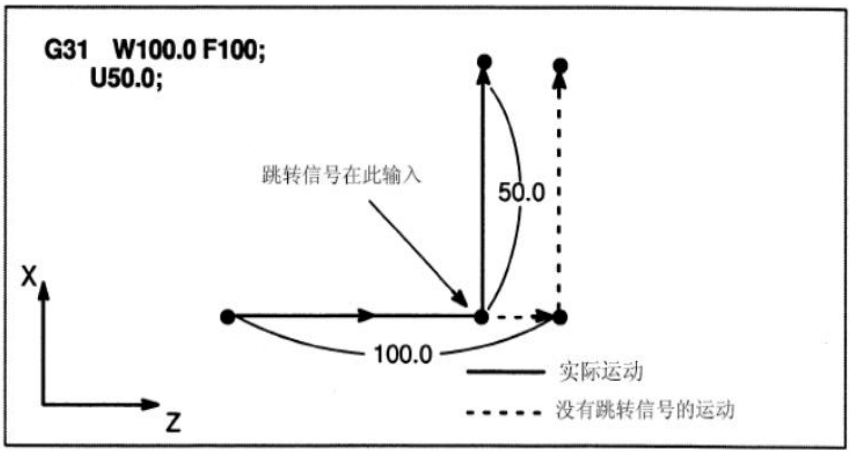


图 3-13

2. G31 的下一个程序段是1 个轴的绝对坐标编程，见图3-14

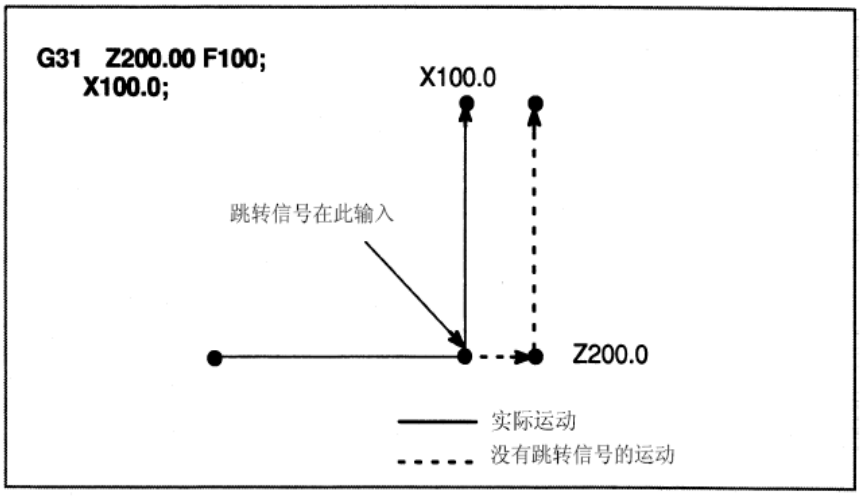


图 3-14

3. G31 的下一个程序段是2 个轴的绝对坐标编程，见图3-15

程序：G31 Z200 F100

G01 X100 Z300

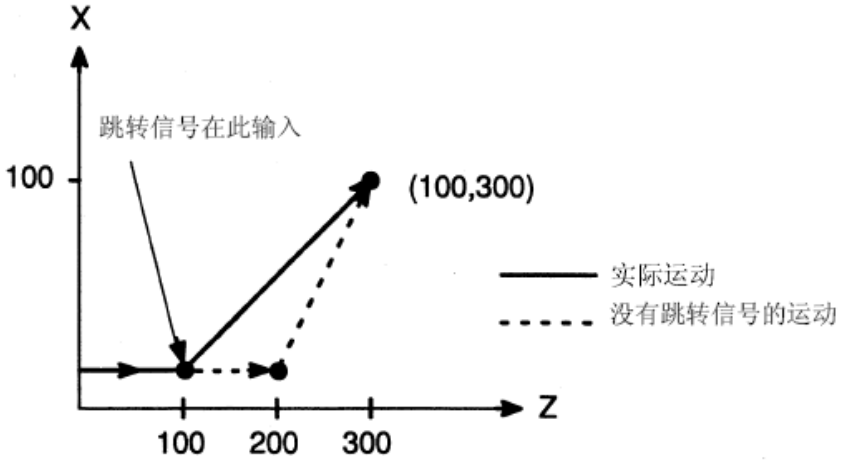


图 3-15

b. 与G31 跳转代码有关的信号：

跳转信号：

SKIP：G6.6

类型：输入信号

功能：G6.6 信号结束跳转切削。即，在一个包含G31 的程序段中，跳转信号变为“1”的绝对坐标位置被存储在用户宏变量中(#5011 ～ #5015 分别对应 X，Z，Y，4th，5th)。并且，同时结束程序段的运动代码。

操作：当跳转信号变为“1”时，CNC 处理如下所述：

当程序段正在执行跳转代码G31 时，CNC 存储各轴的当前绝对坐标位置。CNC 停止G31 代码的移动并开始下一程序段的执行，跳转信号检测的不是其上升沿，而是它的状态。因此如果跳转信号为“1”即认为立刻满足了其跳转条件。

注：为保证停止位置精度，G31 的进给速度应尽可能低。

3.10 浮动工件坐标系设定 G50

代码格式：G50 X/U_ Z/W_ ；

代码功能：设置当前位置的绝对坐标，通过设置当前位置的绝对坐标在系统中建立浮动工件坐标系。

执行本代码后，系统将当前位置作为程序零点，执行回程序零点操作时，返回这一位置。浮动工件坐标系建立后，绝对坐标编程按这个坐标系输入坐标值，直至再次执行 G50 建立新的工件坐标系。

代码说明：G50 为非模态G 代码；

X：当前位置新的X 轴绝对坐标；

U：当前位置新的X 轴绝对坐标与执行代码前的绝对坐标的差值；

Z：当前位置新的Z 轴绝对坐标；

W：当前位置新的Z 轴绝对坐标与执行代码前的绝对坐标的差值；

G50 代码中，X/U、Z/W 未输入的，不改变当前坐标值，把当前点坐标值设定为程序零点(当G50 SXXXX 时不设置程序零点)

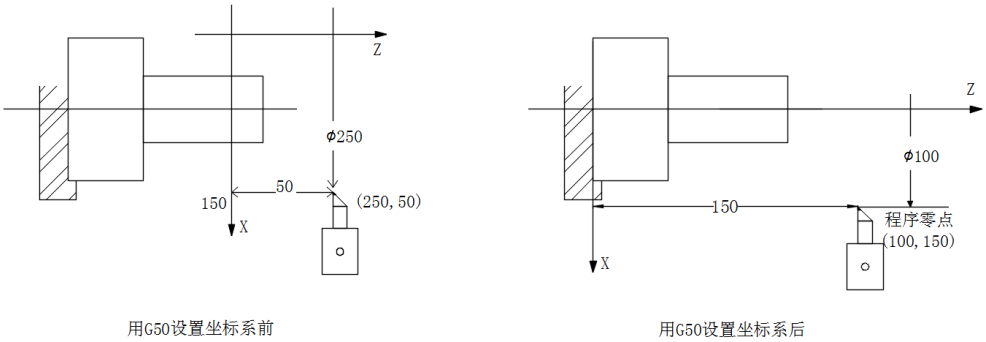


图3-16

如图3-16 所示，当执行代码段“G50 X100 Z150；”后，建立了如图所示的工件坐标系，并将(X100Z150) 点设置为程序零点。

3.11 工件坐标系 G54 ～ G59

代码格式：G54 ～ G59

代码功能：指定当前的工件坐标系，通过在程序中指定工件坐标系G 代码的方式，选择工件坐标系。

代码说明：

1. 无指令参数。

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

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

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

例：G54 的坐标系原点对应的机床坐标为（20，20）

G55 的坐标系原点对应的机床坐标为（30，30）

顺序执行程序时，终点的绝对坐标与机床坐标显示如下：

表3.11.1

程序	绝对坐标	机床坐标
G0 G54 X50 Z50	50,50	70,70
G55 X100	100,40	130,70
X120 Z80	120，80	150,110

4.

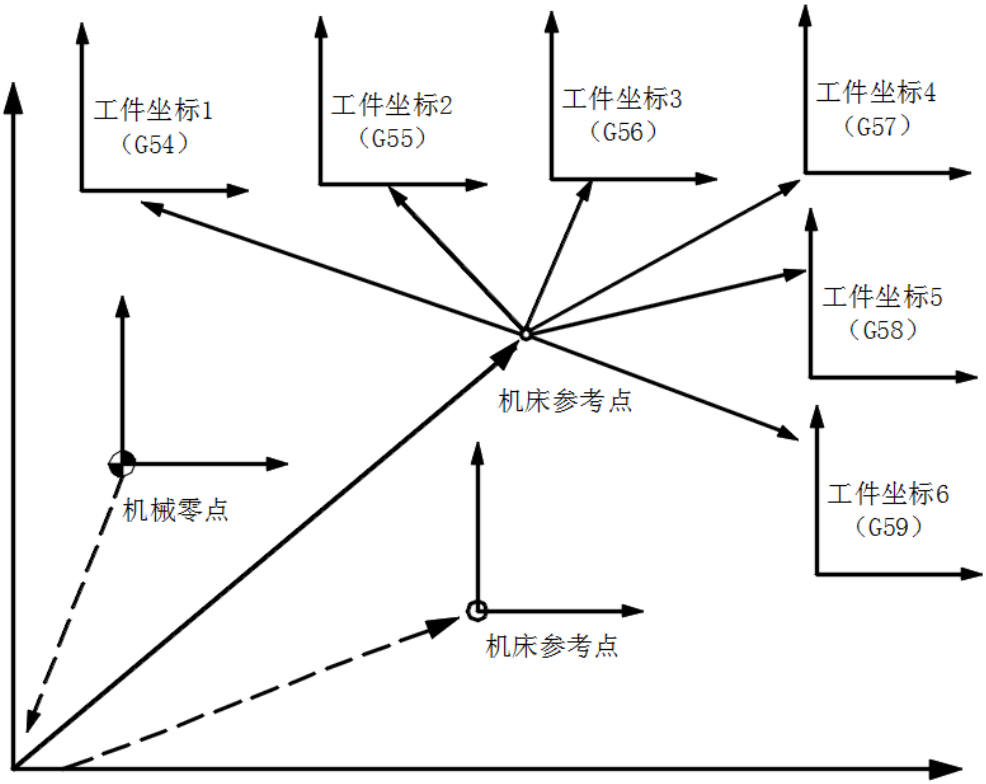


图 3.11.2

由上图所示，机床开机后手动回零回到机械零点，由机械零点建立机床坐标系，由此产生机床参考点和确定工件坐标系。外部工件原点偏移量数据参数P270 ～ 274 对应的值为6 个工件坐标系的整体偏移量。可以通过录入方式下坐标偏置的输入或设置数据参数P128 ～ P139，P275 ～ 292 可以指定6 个工件坐标系的原点，这六个工件坐标系是根据从机械零点到各自坐标系零点的距离而设定的。

例：N10 G55 G90 G00 X100 Z20；
N20 G56 X80.5 Z25.5；

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

3.12 固定循环代码

为了简化编程，车床系统提供了只用一个程序段完成快速移动定位、直线 / 螺纹切削、最后快速移 动返回起点的单次加工循环的 G 代码：

G90：轴向切削循环； G92：螺纹切削循环； G94：径向切削循环

G92 螺纹切削固定循环代码在螺纹功能一节中讲述。

3.12.1 轴向切削循环 G90

代码格式：G90 X/U_ Z/W_ F_ ； (圆柱切削)

G90 X/U_ Z/W_ R_ F_ ； (圆锥切削)

代码功能：从切削点开始，进行径向(X 轴) 进刀、轴向(Z 轴或 X、Z 轴同时) 切削，实现柱面或锥面切削循环。

代码说明：G90 为模态代码；
切削起点：直线插补(切削进给) 的起始位置；
切削终点：直线插补(切削进给) 的结束位置；
X：切削终点 X 轴绝对坐标；
U：切削终点与起点 X 轴绝对坐标的差值；
Z：切削终点 Z 轴绝对坐标；
W：切削终点与起点 Z 轴绝对坐标的差值；
R：切削起点与切削终点X 轴绝对坐标的差值(半径值)，带方向，当R 与U 符号不一致时，要求| R |≤| U/2 |；R ＝ 0 或缺省输入时，进行圆柱切削，如图3-17，否则进行圆锥切削，如图3-18。

循环过程：① X 轴从起点快速移动到切削起点；
②从切削起点直线插补(切削进给) 到切削终点；
③ X 轴以切削进给速度退刀，返回到X 轴绝对坐标与起点相同处；
④ Z 轴快速移动返回到起点，循环结束

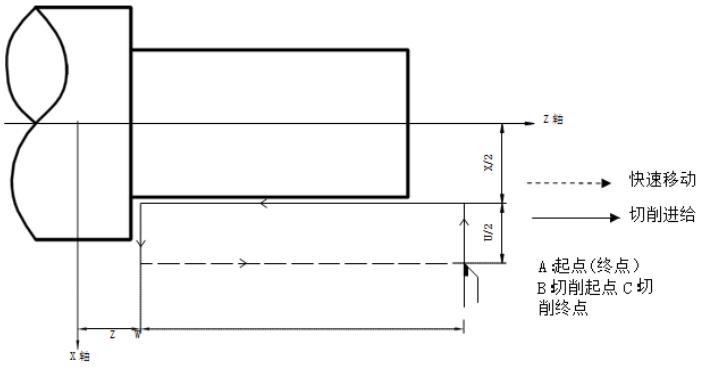


图 3-17

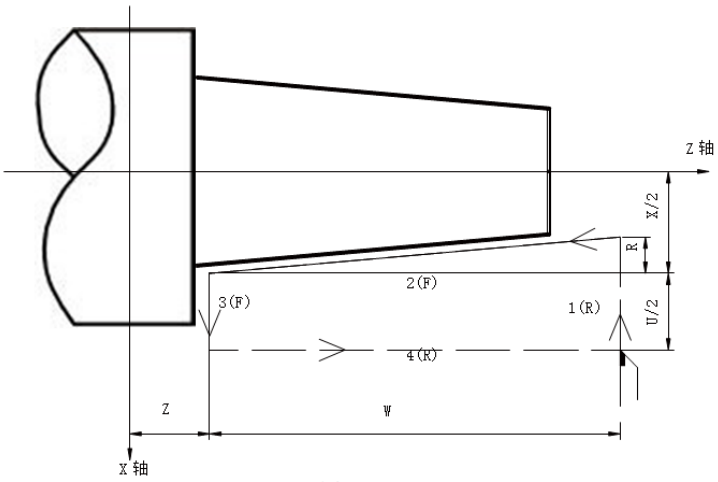


图 3-18

代码轨迹：U、W、R 反应切削终点与起点的相对位置，U、W、R 在符号不同时组合的刀具轨迹，如图

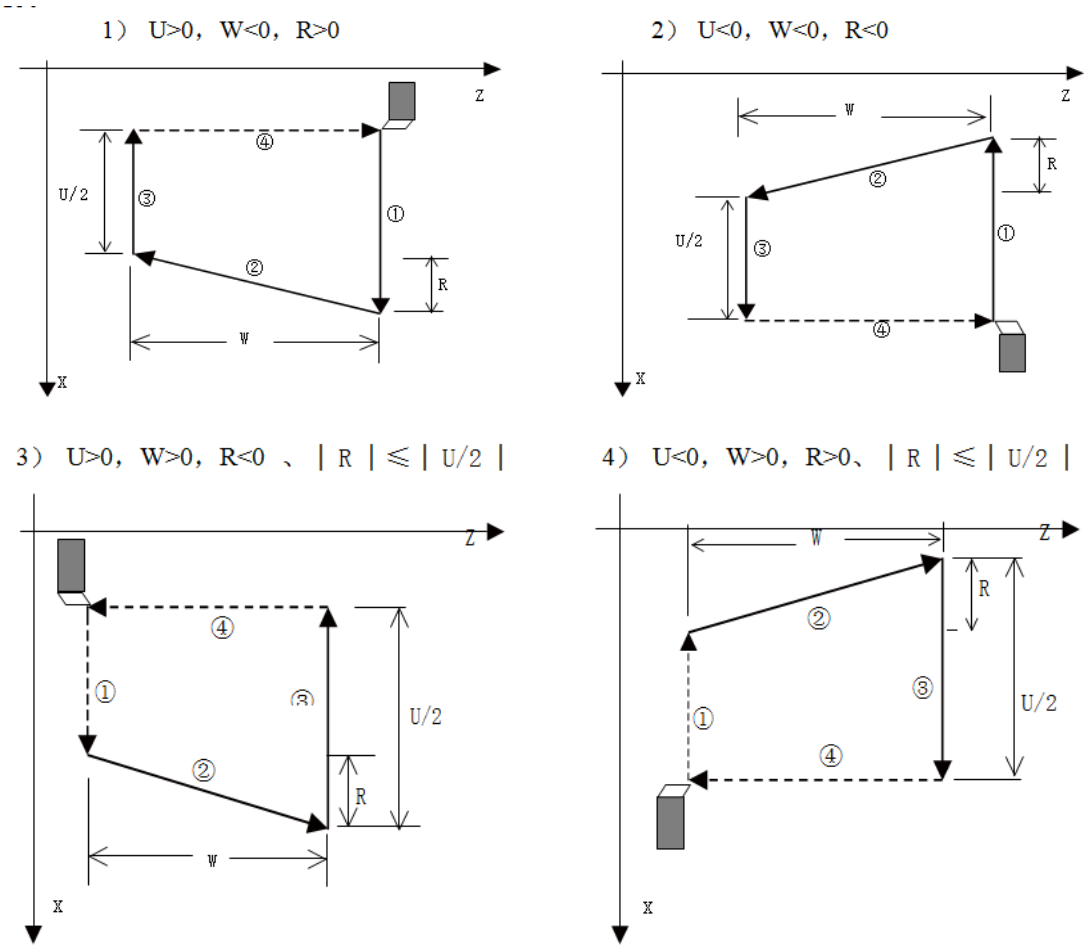


图 3-19

示例：图3-20，毛坯Φ125×110

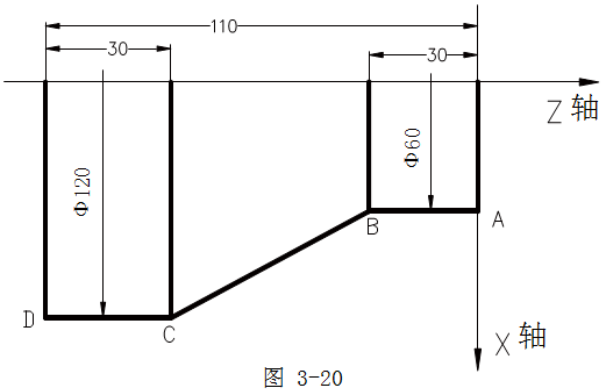


图 3-20

```
程序：O0002;
M3 S300 G0 X130 Z3;
G90 X120 Z-110 F200;     （A→D，Ø120切削）
X110 Z-30;
X100;
X90;
X80;                     （A→B，  Ø60切削，分六次进刀循环，每次进到10mm）
X70;
X60;
G0 X120 Z-30;
G90 X120 Z-44 R7.5 F150;
Z-56 R-15;
Z-68 R-22.5;             （B→C，锥度切削，分四次进刀循环切削）
Z-80 R-30;
M30;
```

3.12.2 径向切削循环 G94

代码格式： G94 X/U_ Z/W_ F_ ；　　(端面切削)
G94 X/U_ Z/W_ R_ F_ ；　(锥度端面切削)

代码功能： 从切削点开始，轴向(Z 轴) 进刀、径向(X 轴或X、Z 轴同时) 切削，实现端面或锥面切削循环，代码的起点和终点相同。

代码说明： G94 为模态代码；
切削起点：直线插补(切削进给) 的起始位置；
切削终点：直线插补(切削进给) 的结束位置；
X：切削终点X 轴绝对坐标，单位：mm/inch；
U：切削终点与起点X 轴绝对坐标的差值；
Z：切削终点Z 轴绝对坐标；

W：切削终点与起点Z 轴绝对坐标的差值；

R：切削起点与切削终点Z 轴绝对坐标的差值，当R 与U 的符号不同时，要求｜R｜≤｜W｜，径向直线切削如图3-21，径向锥度切削如图3-22。

循环过程：① Z 轴从起点快速移动到切削起点；

②从切削起点直线插补（ 切削进给）到切削终点；

③ Z 轴以切削进给速度退刀（ 与①方向相反），返回到Z 轴绝对坐标与起点相同处；

④ X 轴快速移动返回到起点，循环结束。

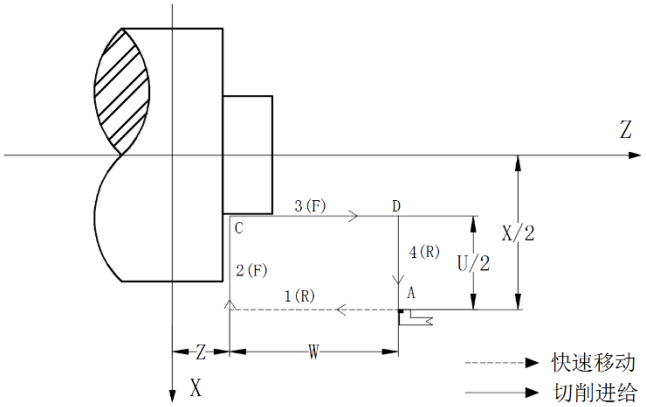


图 3-21

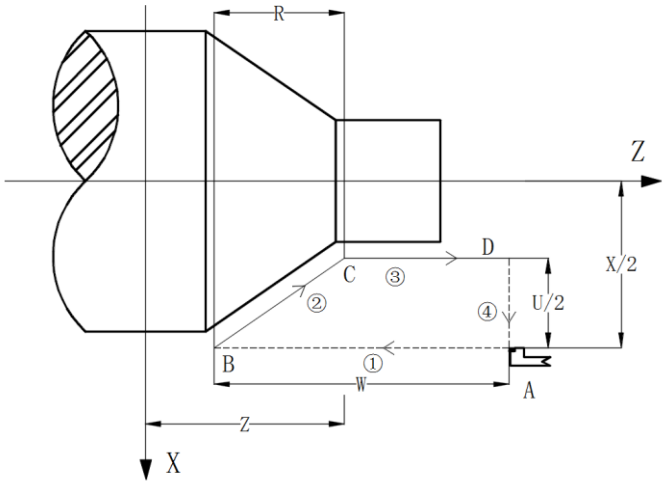


图 3-22

代码轨迹：U、W、R 反应切削终点与起点的相对位置，U、W、R 在符号不同时组合的刀具轨迹，如图3-23：

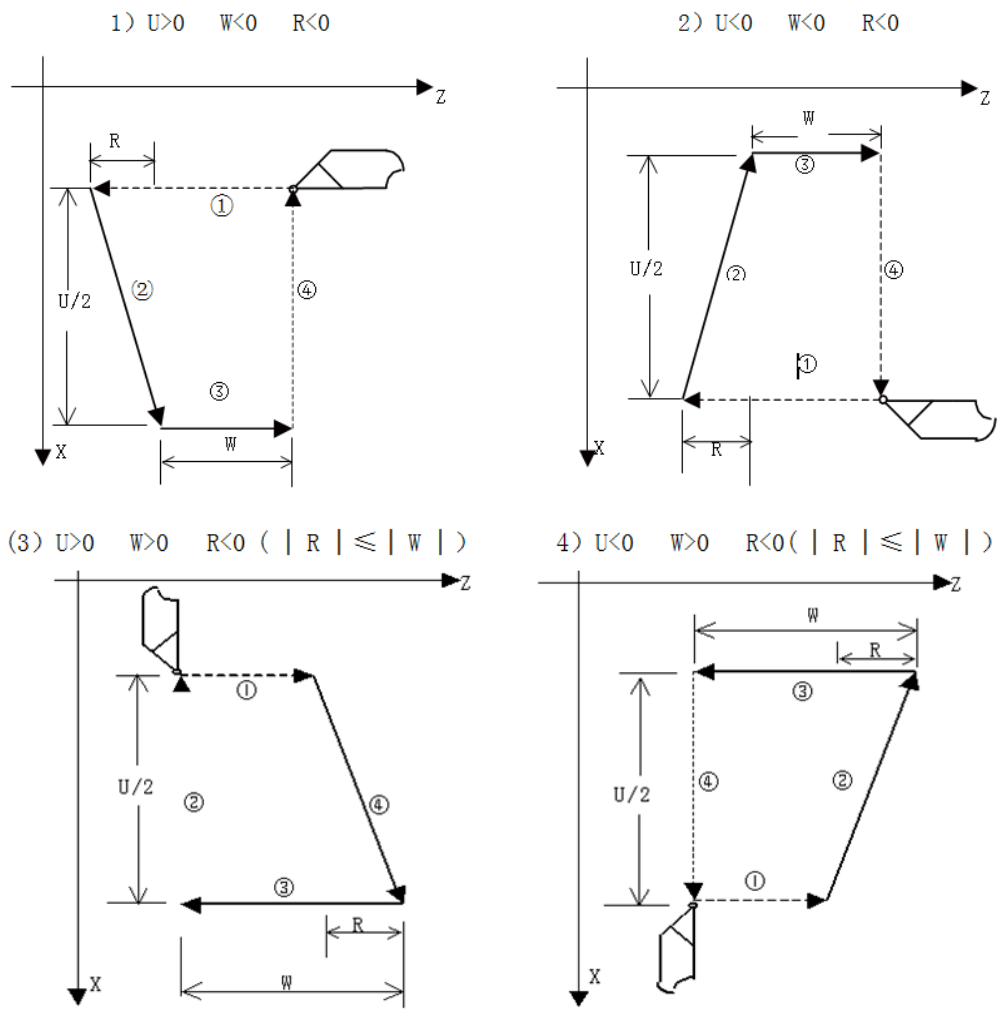


图3-23

示例：图 3-24，毛坯 Φ125×112

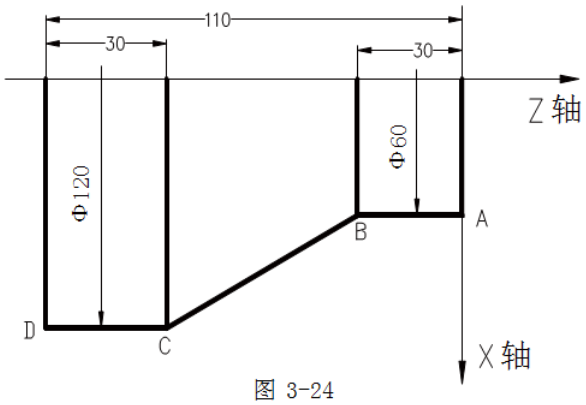


图 3-24

```
程序：O0003;
G00 X130 Z5 M3 S1;
G94 X0 Z0 F200;
X120 Z-110 F300;      端面切削（外圆Ø120切削）
G00 X120 Z0;
G94 X108 Z-30 R-10;
X96 R-20;
X84 R-30;             （C→B→A，Ø60切削）
X72 R-40;
X60 R-50;
M30;
```

3.12.3 固定循环代码的注意事项

1) 在固定循环代码中，X/U、Z/W、R 一经执行，在没有执行新的固定循环代码重新给定X/U，Z/W，R 时，X/U，Z/W，R 的指定值保持有效。如果执行了除G04 以外的非模态(00组)G 代码或G00、G01、G02、G03、G32 时，X/U、Z/W、R 的指定值被清除。

2) 在固定循环G90、G94 代码中，单段运行的话，执行完整个固定循环后单段停止。

3.13 多重循环代码

车床系统的多重循环代码包括：轴向粗车循环 G71、径向粗车循环 G72、封闭切削循环G 73、精加 工循环G70、轴向切槽多重循环G74、径向切槽多重循环G75及多重螺纹切削循环G76。系统执行这些代码时，

根据编程轨迹、进刀量、退刀量等数据自动计算切削次数和切削轨迹，进行多次进刀→切削→ 退刀→再进刀的加工循环，自动完成工件毛坯的粗、精加工，代码的起点和终点相同。

G76 多重螺纹切削循环代码在螺纹功能一节中讲述。

3.13.1 轴向粗车循环 G71

代码格式：

```
G71 U（△d）R（e）F_ S_ T_ ;                (1)
G71 P（ns）Q（nf）U（△u）W（△w）K0/1;(2)
N（ns） G0/G1 X/U..;
... ... ... F_ ;
... ... ... S_ ;                            (3)
... ... ... ;
... ... ... ;
N（nf） ... ... ...;
```

代码功能：G71 代码分为三个部分：

⑴：给定粗车时的切削量、退刀量和切削速度、主轴转速、刀具功能的程序段；

⑵：给定定义精车轨迹的程序段区间、精车余量的程序段；

⑶：定义精车轨迹的若干连续的程序段，执行G71 时，这些程序段仅用于计算粗车的轨迹，实际并未被执行。

系统根据精车轨迹、精车余量、进刀量、退刀量等数据自动计算粗加工路线，沿与Z 轴平行的方向切削，通过多次进刀→切削→退刀的切削循环完成工件的粗加工。G71 的起点和终点相同。本代码适用于非成型毛坯(棒料) 的成型粗车。

相关定义：

精车轨迹：由代码的第⑶部分(ns ～ nf 程序段) 给出的工件精加工轨迹，精加工轨迹的起点(即ns 程序段的起点) 与G71的起点、终点相同，简称A 点；精加工轨迹的第一段(ns 程序段)只能是X 轴的快速移动或切削进给，ns 程序段的终点简称B 点；精加工轨迹的终点(nf 程 序段的终点)简称C 点。精车轨迹为A 点→ B 点→ C 点。

粗车轮廓：精车轨迹按精车余量(Δu、Δw) 偏移后的轨迹，是执行G71形成的轨迹轮廓。精加工轨迹的A、B、C 点经过偏移后对应粗车轮廓的A’、B’、C’点，G71 代码最终的连续切削轨迹为B’点→ C’点。

Δd：粗车时X 轴的切削量，取值范围0.001（IS_B）/0.0001（IS_C）～ 99.999(单位：mm/inch，半径值)，无符号，进刀方向由ns 程序段的移动方向决定。U(Δd) 执行后，指定值Δd 保持，并将该数据转换为相应的值保存在数据参数NO.051 中。未输入U(Δd) 时，以数据参数NO.051 的值作为进刀量。

e：粗车时X 轴的退刀量，取值范围0 ～ 99.999(单位：mm/inch，半径值)，无符号，退刀方向与进刀方向相反，R(e) 执行后，指定值e 保持，并将该数据转换为相应的值保存在数据参数NO.052 中。未输入R(e) 时，以数据参数NO.052 的值作为退刀量。

ns：精车轨迹的第一个程序段的程序段号。

nf：精车轨迹的最后一个程序段的程序段号。

Δu：X 轴的精加工余量，取值范围-99999.999 ～ 99999.999(直径/ 半径指定)，有符号，粗车轮廓相对于精车轨迹的X 轴坐标偏移，即：A’点与A 点X 轴绝对坐标的差值。U(Δu) 未输入时，系统按Δu=0 处理，即：粗车循环X 轴不留精加工余量。

Δw：Z 轴的精加工余量，取值范围-99999.999 ～ 99999.999，有符号，粗车轮廓相对于精车轨迹的Z 轴坐标偏移，即：A’点与A 点Z 轴绝对坐标的差值。W(Δw) 未输入时，系统按Δw=0 处理，即：粗车循环Z 轴不留精加工余量。

K：当K 不输入或者K 不为1 时，系统不检查程序的单调性；当K=1 时，系统检查程序的单调性。

F：切削进给速度；S：主轴转速；T：刀具号、刀具偏置号。

M、S、T、F：可在第一个G71 代码或第二个G71 代码中，也可在ns ～ nf 程序中指定（T 指令除外）。在G71 循环中，ns ～ nf 间程序段号的M、S、F 功能都无效，仅在有G70 精车循环的程序段中才有效。

1）**代码执行过程：**图 3-25。

① 从起点A 点快速移动到A’点，X 轴移动Δu、Z 轴移动Δw；

② 从A’点X 轴移动Δd(进刀)，ns 程序段是G0 时按快速移动速度进刀，ns 程序段是G1 时按G71的切削进给速度F 进刀，进刀方向与A 点→ B 点的方向一致；

③ Z 轴切削进给到粗车轮廓，进给方向与B 点→ C 点Z 轴坐标变化一致；

④ X 轴、Z 轴按切削进给速度退刀e(45° 直线)，退刀方向与各轴进刀方向相反；

⑤ Z 轴以快速移动速度退回到与A’点Z 轴绝对坐标相同的位置；

⑥ 如果X 轴再次进刀(Δd+e) 后，移动的终点仍在A’点→ B’点的联机中间(未达到或超出B’点)，X 轴再次进刀(Δd+e)，然后执行③；如果X 轴再次进刀(Δd+e) 后，移动的终点到达B’点或 超出了 A’点→ B’点的联机，X 轴进刀至B’点，然后执行⑦；

⑦ 沿粗车轮廓从B’点切削进给至C’点；

⑧ 从C’点快速移动到A 点，G71 循环执行结束，程序跳转到nf 程序段的下一个程序段执行。

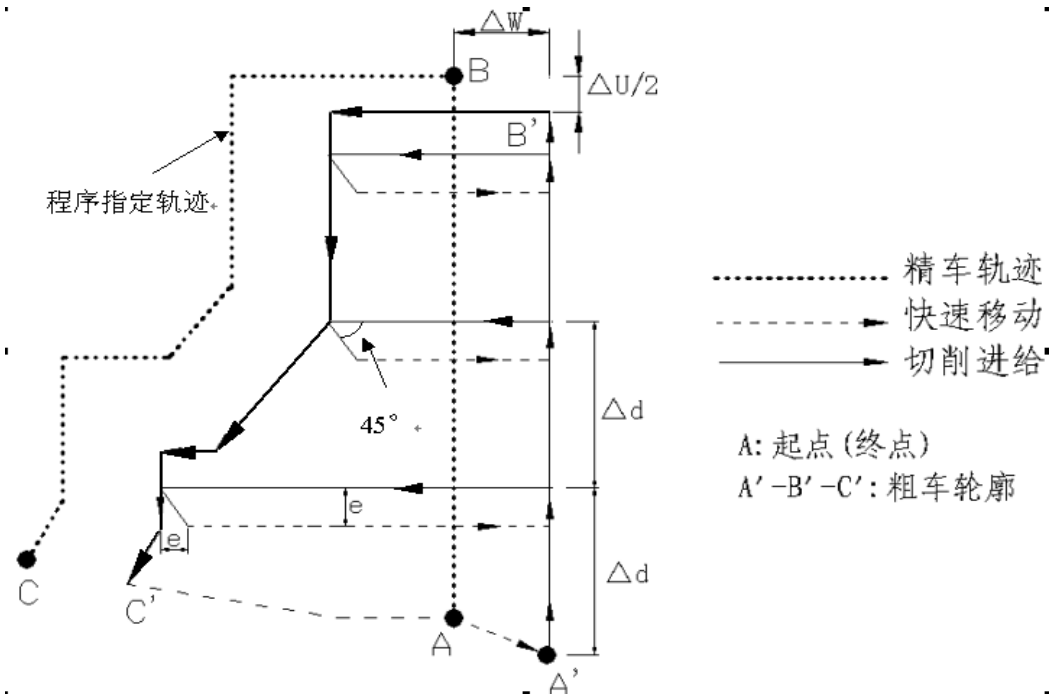


图 3-25 G71 代码循环轨迹

2）留精车余量时坐标偏移方向：

Δu、Δw 反应了精车时坐标偏移和切入方向，按Δu、Δw 的符号有四种不同组合，见图3-26，图中B → C 为精车轨迹，B’→ C’为粗车轮廓，A 为起刀点 。

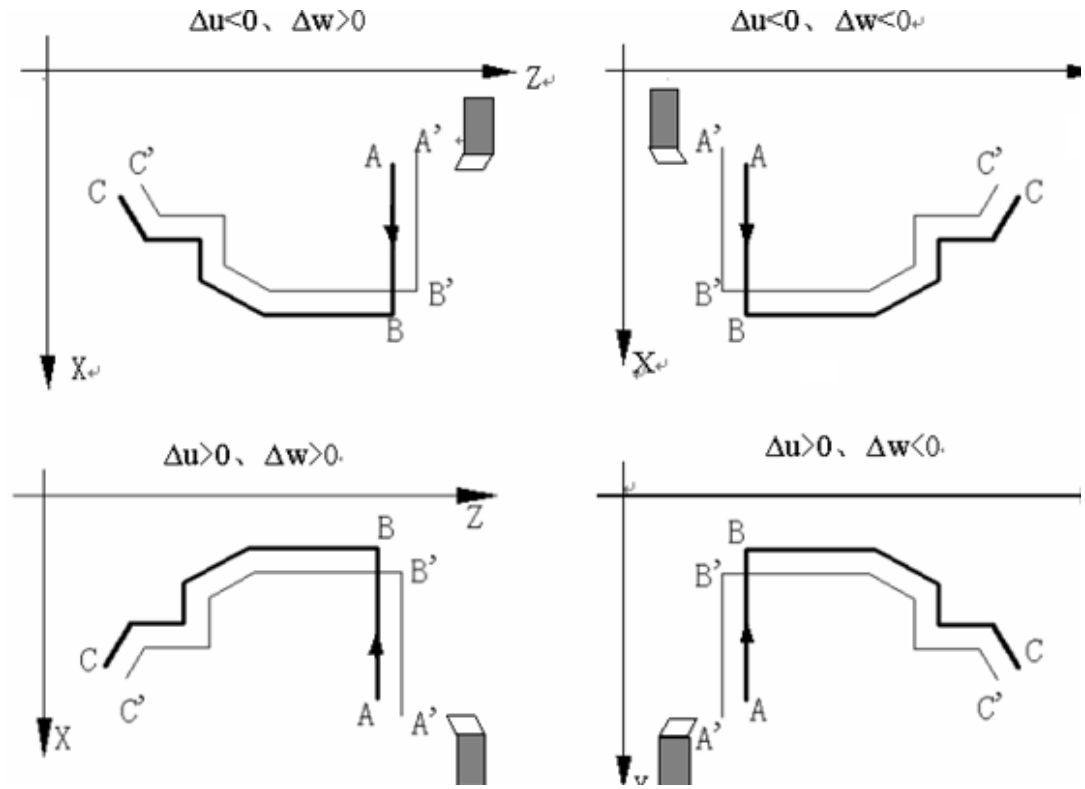


图 3-26

注意事项：

● ns 程序段只能是G00、G01 代码。

● 精车轨迹(ns ～ nf 程序段)，X 轴、Z 轴的尺寸必须是单调变化(一直增大或一直减小)。

● ns ～ nf 程序段必须紧跟在G71 程序段后编写。

● 执行G71 时，ns ～ nf 程序段仅用于计算粗车轮廓，程序段并未被执行。ns ～ nf 程序段中的F、S、T代码在执行G71 循环时无效；执行G70 精加工循环时，ns ～ nf 程序段中的F、S 代码有效。

● ns ～ nf 程序段中，只能有G 功能：G00、G01、G02、G03、G04、

G96、G97、G98、G99、G40、G41、G42 代码；不能有子程序调用代码(如M98/M99)。

● G96、G97、G98、G99、G40、G41、G42 代码在执行G71 循环中无效，执行G70 精加工循环时有效。

● 在G71 代码执行过程中，可以暂停自动运行并手动移动。

● 执行单段的操作，在运行完当前轨迹的终点后程序暂停。

● △d，△u 都用同一地址U 指定，其区分是根据该程序段有无指定P，Q 代码。

● 在录入方式中不能执行G71 代码，否则产生报警。

● 在同一程序中需要多次使用复合循环代码时，ns~ nf 不允许有相同程序段号。

● 退刀点要尽量高或低，避免退刀碰到工件。

示例：图 3-27

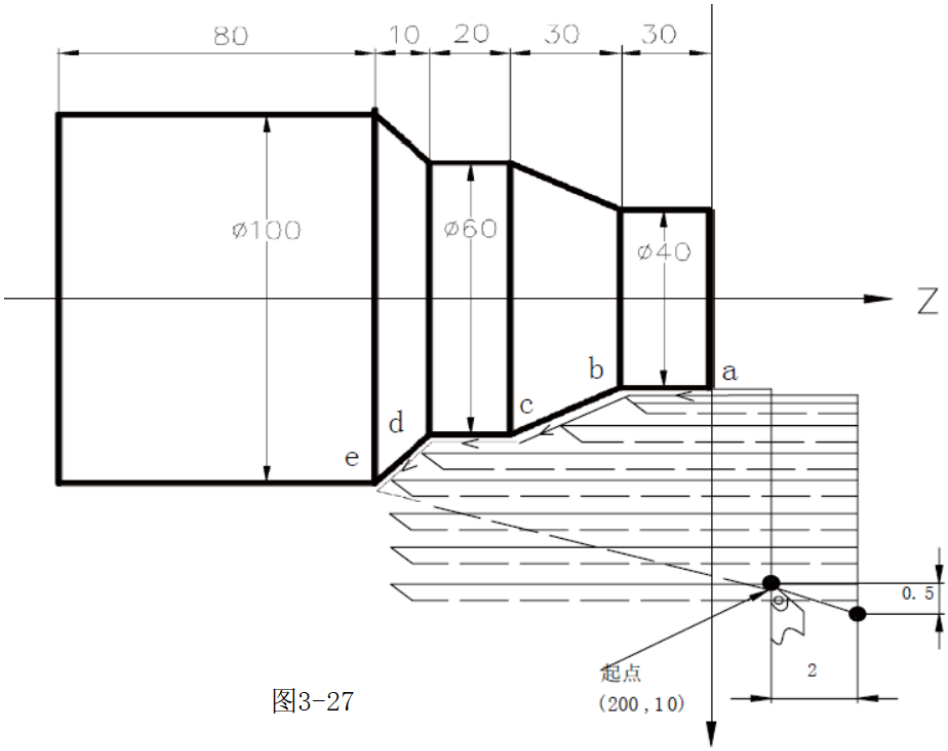


图3-27

程序：O0004；

```
G00 X200 Z10 M3 S800;   ( 逆时针转，转速800r/min)
G71 U2 R1 F200;         ( 每次切深4mm，退刀2mm,[ 直径])
G71 P80 Q120 U1 W2;     ( 对a---e 粗车加工，余量X 方向1mm，Z 方向2mm)
N80 G00 X40 S1200 ;     ( 定位)
G01 Z-30 F100;          (a → b)
X60 W-30;               (b → c)
W-20;                   (c → d)
N120 X100 W-10;         (d → e)
G70 P80 Q120;           ( 对a---e 精车加工)
M30;                    ( 程序结束)
```

精加工路线a → b → c → d → e 程序段

3.13.2 径向粗车循环 G72

代码格式： G72 W（△d）R（e）F_ S_ T_ ;　　（1）

G72 P（ns）Q（nf）U（△u）W（△w）K0/1;（2）

```
N（ns） G0/G1 X/U..;
... ... ... F_ ;
... ... ... S_ ;
... ... ... ;
... ... ... ;
N（nf） ... ... ...;
```

（3）

代码功能： G72 代码分为三个部分：

⑴：给定粗车时的切削量、退刀量和切削速度、主轴转速、刀具功能的程序段；

⑵：给定定义精车轨迹的程序段区间、精车余量的程序段；

⑶：定义精车轨迹的若干连续的程序段，执行G72 时，这些程序段仅用于计算粗车的轨迹，实际并未被执行。

系统根据精车轨迹、精车余量、进刀量、退刀量等数据自动计算粗加工路线，沿与X 轴平行的方向切削，通过多次进刀→切削→退刀的切削循环完成工件的粗加工，G72 的起点和终点相同。本代码适用于非成型毛坯(棒料) 的成型粗车。

相关定义：

精车轨迹：由代码的第⑶部分(ns ～ nf 程序段) 给出的工件精加工轨迹，精加工轨迹的起点(即ns程序段的起点) 与G72 的起点、终点相同，简称A 点；精加工轨迹的第一段(ns 程序段) 只 能是Z 轴的快速移动或切削进给，ns 程序段的终点简称B 点；精加工轨迹的终点(nf 程序段的终点) 简称C 点。精车轨迹为A 点→ B 点→ C 点。

粗车轮廓：精车轨迹按精车余量(Δu、Δw) 偏移后的轨迹，是执行G72 形成的轨迹轮廓。精加工轨迹的A、B、C 点经过偏移后对应粗车轮廓的A’、B’、C’点，G72代码最终的连续切削 轨迹为B’点→ C’点。

Δd：粗车时Z 轴的切削量，取值范围0.001（IS_B）/0.0001（IS_C）～ 99.999(单位：mm/inch)，无符号，进刀方向由ns 程序段的移动方向决定。W(Δd) 执行后，指定值Δd 保持，并将该数 据转换为相应的值保存在数据参数NO.051 中。未输入W(Δd) 时，以数据参数NO.051 的值 作为进刀量。

e：粗车时Z 轴的退刀量，取值范围0 ～ 99.999(单位：mm/inch)，无符号，退刀方向与进刀方向相反，R(e) 执行后，指定值e 保持，并将该数据转换为相应的值保存在数据参数NO.052 中。未输入R(e) 时，以数据参数NO.052 的值作为退刀量。

ns：精车轨迹的第一个程序段的程序段号。

nf：精车轨迹的最后一个程序段的程序段号。

Δu：粗车时X 轴留出的精加工余量，取值范围-99999.999 ～ 99999.999 (粗车轮廓相对于精车轨迹的X 轴坐标偏移，即：A’点与A 点X 轴绝对坐标的差值，直径/ 半径指定，有符号)。

Δw：粗车时Z 轴留出的精加工余量，取值范围-99999.999 ～ 99999.999 (粗车轮廓相对于精车轨迹的Z 轴坐标偏移，即：A’点与A 点Z 轴绝对坐标的差值，有符号)。

K：当K 不输入或者K 不为1 时，系统不检查程序的单调性；当K=1 时，系统检查程序的单调性。

F：切削进给速度；

S：主轴转速；

T：刀具号、刀具偏置号。

M、S、T、F：可在第一个G72 代码或第二个G72 代码中，也可在ns ～ nf 程序中指定（T 指令除外）。在G72 循环中，ns ～ nf 间程序段号的M、S、F 功能都无效，仅在有G70 精车循环的程序段中才有效。

代码执行过程：图 3-28。

1. 从起点A 点快速移动到A’点，X 轴移动Δu、Z 轴移动Δw；

2. 从A’点Z 轴移动Δd(进刀)，ns 程序段是G0 时按快速移动速度进刀，ns 程序段是G1 时按G72的切削进给速度F 进刀，进刀方向与A 点→ B 点的方向一致；

3.X 轴切削进给到粗车轮廓，进给方向与B 点→ C 点X 轴坐标变化一致；

4.X 轴、Z 轴按切削进给速度退刀e(45° 直线)，退刀方向与各轴进刀方向相反；

5.X 轴以快速移动速度退回到与A’点Z 轴绝对坐标相同的位置；

6. 如果Z 轴再次进刀(Δd+e) 后，移动的终点仍在A’点→ B’点的联机中间(未达到或超出B’点)，Z 轴再次进刀(Δd+e)，然后执行③；如果Z 轴再次进刀(Δd+e) 后，移动的终点到达B’点或超出了A’点→ B’点的联机，Z 轴进刀至B’点，然后执行⑦；

7. 沿粗车轮廓从B’点切削进给至C’点；

8. 从C’点快速移动到A 点，G72 循环执行结束，程序跳转到nf 程序段的下一个程序段执行。

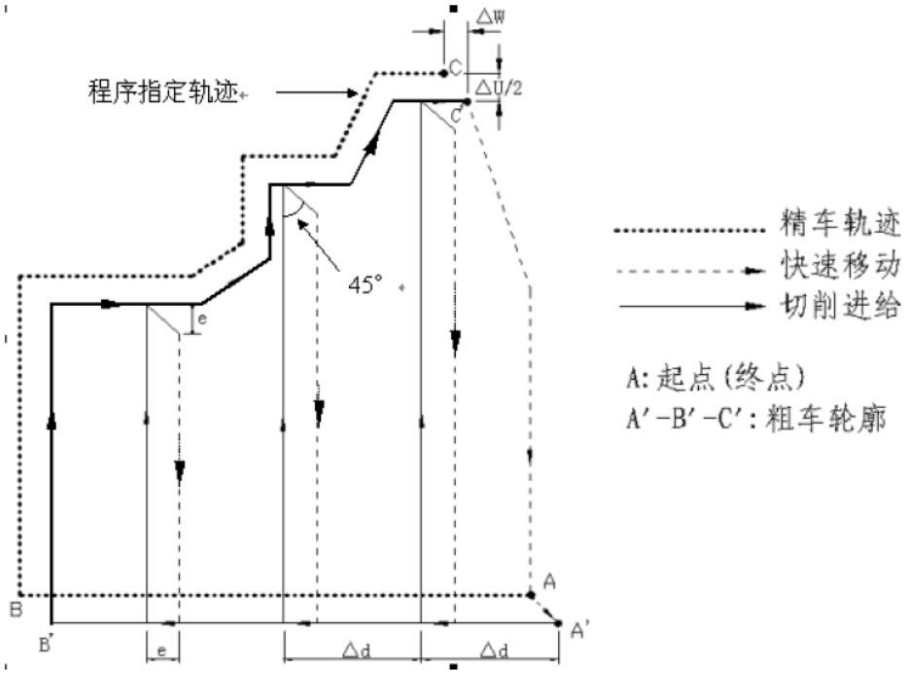


图 3-28

代码说明：

● ns ～ nf 程序段必须紧跟在G72 程序后编写。

●执行G72 时，ns ～ nf 程序段仅用于计算粗车轮廓，程序段并未被执行。ns ～ nf 程序段中的F、S、M 代码在执行G72 循环时无效。执行G70 精加工循环时，ns ～ nf 程序段中的F、S、M 代码有效。

● ns 程序段只能是不含X/U 代码字的G00、G01 代码，否则报警。

●精车轨迹(ns ～ nf 程序段)，X 轴、Z 轴的尺寸都必须是单调变化(一直增大或一直减小)。

● ns ～ nf 程序段中， 只能有G 功能：G00、G01、G02、G03、G04、G96、G97、G98、G99、G40、G41、G42 代码；不能有子程序调用代码(如M98/M99)。

● G96、G97、G98、G99、G40、G41、G42 代码在执行G72 循环中无效，执行G70 精加工循环时有效。

●在G72 代码执行过程中，可以暂停自动运行并手动移动。

●执行单段的操作，在运行完当前轨迹的终点后程序暂停。

●△ d，△ w 都用同一地址W 指定，其区分是根据该程序段有无指定P，Q 代码字。

●在同一程序中需要多次使用复合循环代码时，ns ～ nf 不允许有相同程序段号。

●在录入方式中不能执行G72 代码，否则产生报警。

●退刀点要尽量高或低，避免退刀碰到工件。

留精车余量时坐标偏移方向：

Δu、Δw 反应了精车时坐标偏移和切入方向，按Δu、Δw 的符号有四种不同组合，见图3-29，图中：B → C 为精车轨迹，B’ → C’ 为粗车轮廓，A 为起刀点。

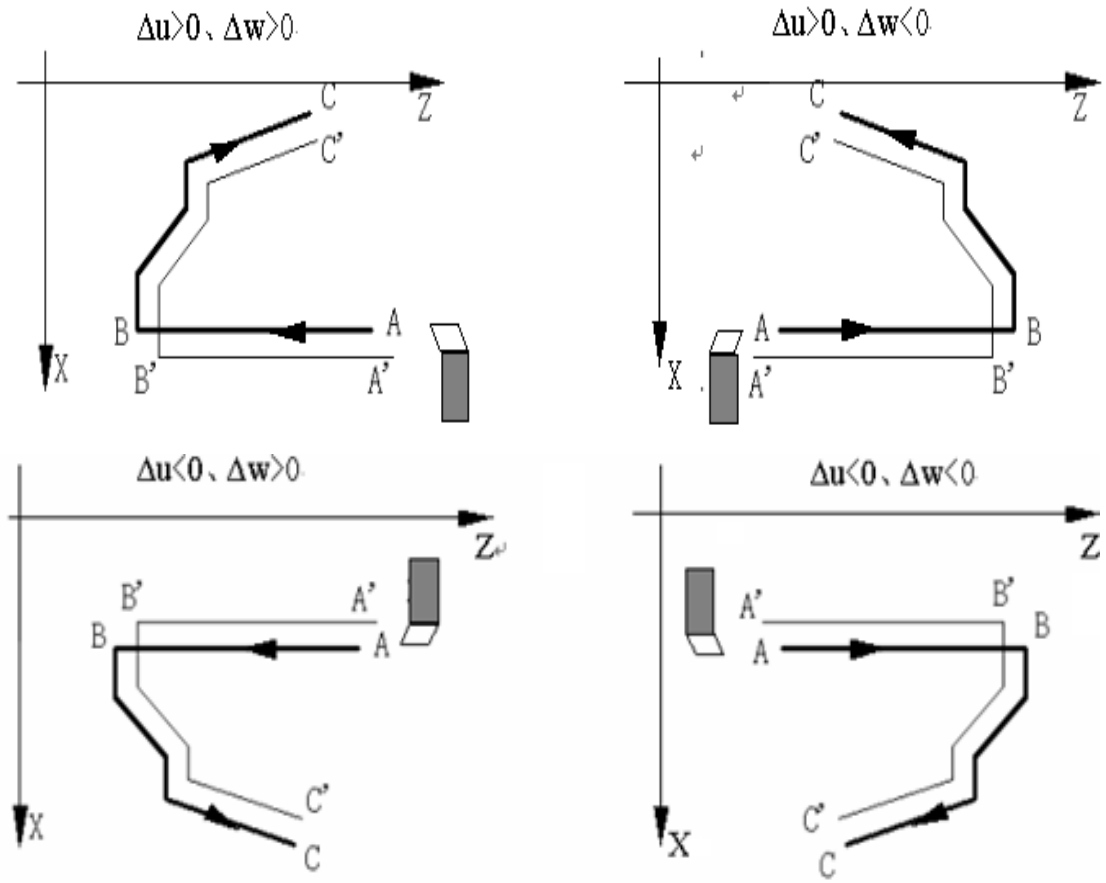


图 3-29

示例：图3-30

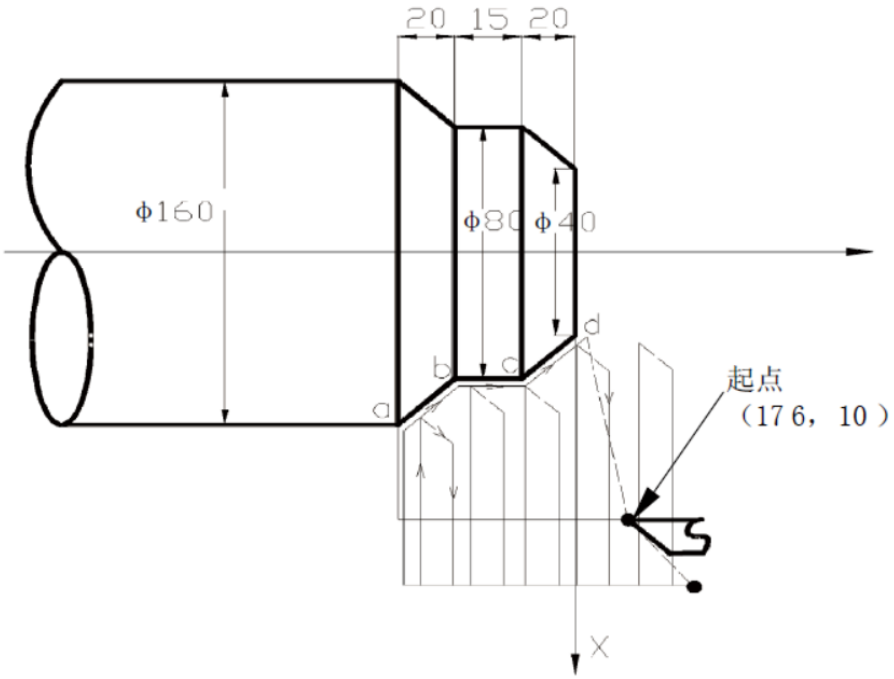


图 3-30

程序：O0005 ；

```
G00 X176 Z10 M03 S500 ( 换2 号刀，执行2 号刀偏，逆时针转，转速500)
G72 W2.0 R0.5 F300;    ( 进刀量2mm，退刀量0.5mm)
G72 P10 Q20 U0.2 W0.1 ；( 对a - - d 粗车， X 留0 . 2 m m ， Z 留
                          0.1mm 余量)
N10 G00 Z-55 S800;     ( 快速移动)
G01 X160 F120;         ( 进刀至a 点)
X80 W20;               ( 加工a—b)          精加工路线程序段
W15;                   ( 加工b—c)
N20 X40 W20;           ( 加工c—d)
G70 P010 Q020;         ( 精加工a—d)
M30;
```

3.13.3 封闭切削循环 G73

代码格式： G73 U（△i） W（△k）R（d）F_ S_ T_ ；（1）

G73 P（ns）Q（nf）U（△u）W（△w）； （2）

```
N（ns） G0/G1 X/U..;
... ... ... F_ ;
... ... ... S_ ;                    （3）
... ... ... ;
... ... ... ;
N（nf） ... ... ...;
```

代码功能：G73 代码分为三个部分：

⑴给定退刀量、切削次数和切削速度、主轴转速、刀具功能的程序段；

⑵给定定义精车轨迹的程序段区间、精车余量的程序段；

⑶定义精车轨迹的若干连续的程序段，执行G73 时，这些程序段仅用于计算粗车的轨迹，

实际并未被执行。

系统根据精车余量、退刀量、切削次数等数据自动计算粗车偏移量、粗车的单次进刀量和粗车轨迹，每次切削的轨迹都是精车轨迹的偏移，切削轨迹逐步靠近精车轨迹，最后一次切削轨迹为按精车余量偏移的精车轨迹。G73 的起点和终点相同，本代码适用于成型毛坯的粗车。G73 代码为非模态代码，代码轨迹如图3-31。

相关定义：

精车轨迹：由代码的第⑶部分(ns ～ nf 程序段) 给出的工件精加工轨迹，精加工轨迹的起点(即ns程 序段的起点) 与G73 的起点、终点相同，简称A 点；精加工轨迹的第一段(ns 程序段) 的 终点简称B点；精加工轨迹的终点(nf 程序段的终点) 简称C 点。精车轨迹为A 点→ B 点→ C 点。

粗车轨迹：为精车轨迹的一组偏移轨迹，粗车轨迹数量与切削次数相同。坐标偏移后精车轨迹的A、B、C 点分别对应粗车轨迹的An、Bn、Cn 点(n 为切削的次数，第一次切削表示为A1、B1、C1 点，最后一次表示为Ad、Bd、Cd 点)。第一次切削相对于精车轨迹的坐标 偏移量为(Δi×2+Δu，Δw+Δk)(按直径编程表示)，最后一次切削相对于精车轨迹的坐标偏移量为(Δu，Δw)，每一次切削相对于上一次切削轨迹的坐标偏移量为：

$$\left(-\frac{\Delta i\times 2}{1000\times \mathrm{d}-1},\ -\frac{\Delta k}{1000\times d-1}\right)$$

Δi：X 轴粗车退刀量，取值范围-99999.999 ～ 99999.999 (单位：mm，半径值)，Δi 等于A1 点相对于Ad 点的X 轴坐标偏移量(半径值)，粗车时X 轴的总切削量(半径值) 等于|Δi|，X 轴的切削方向与Δi 的符号相反：Δi ＞ 0，粗车时向X 轴的负方向切削。Δi 指定值执行后保持，并将该数据转换为相应的值保存在数据参数NO.053 中。未输入U(Δi) 时，以数据参数NO.053 的值作为X 轴粗车退刀量。

Δk：Z 轴粗车退刀量，取值范围围-99999.999 ～ 99999.999(单位：mm)，Δk 等于A1 点相对于Ad点的Z 轴坐标偏移量，粗车时Z 轴的总切削量等于|Δk|，Z 轴的切削方向与Δk 的符号相反：Δk ＞ 0，粗车时向Z 轴的负方向切削。Δk 指定值执行后保持，并将该数据转换为相应的值保存在数据参数NO.054中。未输入W(Δk) 时，以数据参数NO.054的值作为Z 轴粗车退刀量。

d：切削的次数，取值范围1 ～ 9999(单位：次)，R5 表示5 次切削完成封闭切削循环。R(d) 指定值执行后保持，并将数据参数NO.055 的值修改为d(单位：次)。未输入R(d) 时，以数据参数NO.055 的值作为切削次数。如果切削次数为1, 系统将按2 次切削完成封闭切削循环。

ns：精车轨迹的第一个程序段的程序段号。

nf：精车轨迹的最后一个程序段的程序段号。

Δu：X 轴的精加工余量，取值范围-99999.999 ～ 99999.999(单位：mm，直径/ 半径指定)，最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹的X 轴坐标偏移，即：A1 点相对于A 点X 轴

绝对坐标的差值。Δu ＞ 0，最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹向X 轴的正方向偏移。未输入U(Δu) 时，系统按Δu=0 处理，即：粗车循环X 轴不留精加工余量。

Δw：Z 轴的精加工余量，取值范围-99999.999 ～ 99999.999(单位：mm)，最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹的Z 轴坐标偏移，即：A1 点相对于A 点Z 轴绝对坐标的差值。Δw ＞ 0，最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹向Z 轴的正方向偏移。未输入W(Δw) 时，系统按Δw=0 处理，即：粗车循环Z 轴不留精加工余量。

F：切削进给速度；

S：主轴转速；

T：刀具号、刀具偏置号。

M、S、T、F： 代码字可在第一个G73 代码或第二个G73 代码中，也可在ns ～ nf 程序中指定T 指令除外)。在G73 循环中，ns ～ nf 间程序段号的M、S、F 功能都无效，仅在有G70 精车循环的程序段中才有效。

代码执行过程：如图 3-31。

① A → A1：快速移动；

②第一次粗车，A1 → B1 → C1：

A1 → B1：ns 程序段是G0 时按快速移动速度，ns 程序段是G1 时按G73 指定的切削进给速度；

B1 → C1：切削进给。

③ C1 → A2：快速移动；

④第二次粗车，A2 → B2 → C2：

A2 → B2：ns 程序段是G0 时按快速移动速度，ns 程序段是G1 时按G73 指定的切削进给速度；

B2 → C2：切削进给。

⑤ C2 → A3：快速移动；

……

第n 次粗车，An → Bn → Cn：

An → Bn：ns 程序段是G0 时按快速移动速度，ns 程序段是G1 时按G73 指定的切削进给速度；

Bn → Cn：切削进给。

Cn → An+1：快速移动；

……

最后一次粗车，Ad → Bd → Cd：

Ad → Bd：ns 程序段是G0 时按快速移动速度，ns 程序段是G1 时按G73 指定的切削进给速度；

Bd → Cd：切削进给。

Cd → A：快速移动到起点；

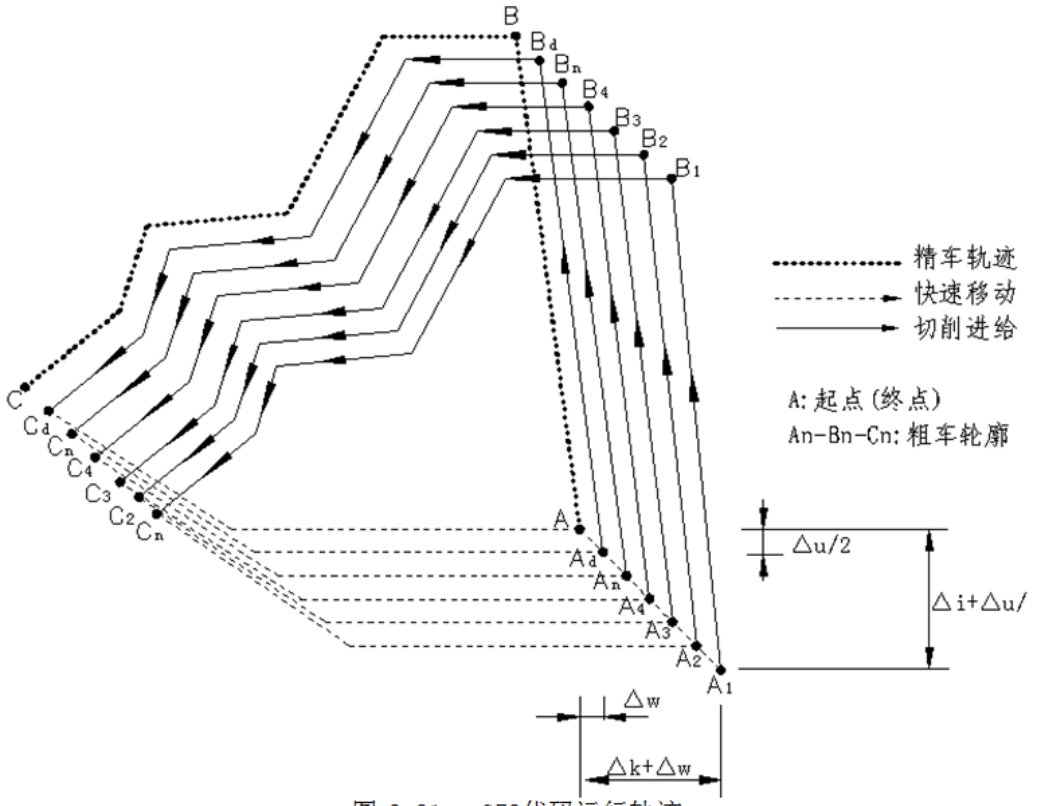


图 3-31　G73代码运行轨迹

代码说明：

● ns ～ nf 程序段必须紧跟在G73 程序段后编写。

● 执行G73 时，ns ～ nf 程序段仅用于计算粗车轮廓，程序段并未被执行。ns ～ nf 程序段中的F、S、M 代码在执行G73 时无效。执行G70 精加工循环时，ns ～ nf 程序段中的F、S、M 代码有效。

● ns 程序段只能是G00、G01 代码。

● ns ～ nf 程序段中， 只能有下列G 功能：G00、G01、G02、G03、G04、G96、G97、G98、G99、G40、G41、G42 代码；不能有下列M 功能：子程序调用代码(如M98/M99)。

● G96、G97、G98、G99、G40、G41、G42 代码在执行G73 循环中无效，执行G70 精加工循环时有效。

● 在G73 代码执行过程中，可以暂停自动运行并手动移动。

● 执行单段的操作，在运行完当前轨迹的终点后程序暂停。

● Δi，△ u 都用同一地址U 指定，Δk，Δw 都用同一地址W 指定，其区分是根据该程序段有无指定P，Q 代码字。

● 在录入方式中不能执行G73 代码，否则产生报警。

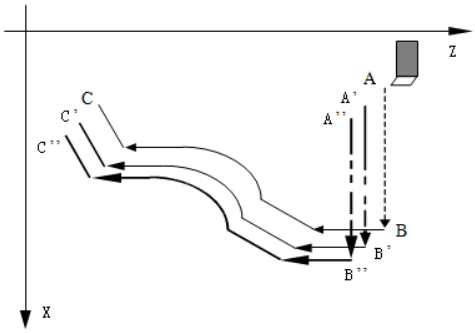
● 在同一程序中需要多次使用复合循环代码时，ns ～ nf 不允许有相同程序段号。

● 退刀点要尽量高或低，避免退刀碰到工件。

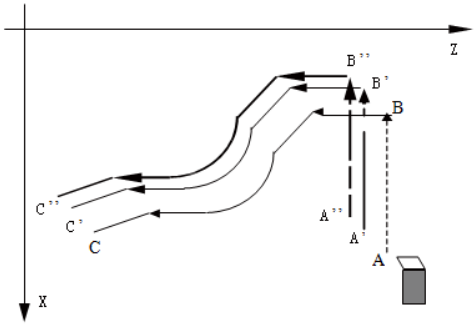
留精车余量时坐标偏移方向：

Δi、Δk 反应了粗车时坐标偏移和切入方向，Δu、Δw 反应了精车时坐标偏移和切入方向；Δi、Δk、Δu、Δw 可以有多种组合，在一般情况下，通常Δi 与Δu 的符号一致，Δk 与Δw 的符号一致，常用有四种组合，见图3-32，图中：A 为起刀点，B → C 为工件轮廓，　　B’ → C’ 为粗车轮廓，B’’ → C’ 为精车轨迹。

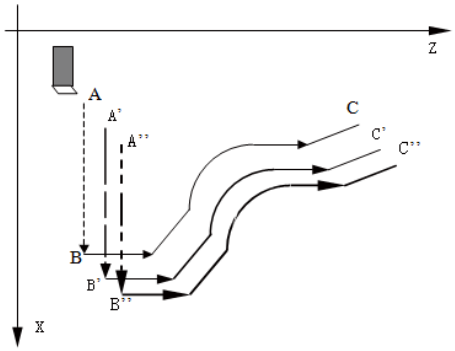
1）Δi<0　Δk>0，△u<0　Δw>0；



2）Δi>0　Δk>0，△u>0　Δw>0；



3）Δi<0　Δk<0，△u<0　Δw<0；



4）Δi>0　Δk<0，△u>0　Δw<0；

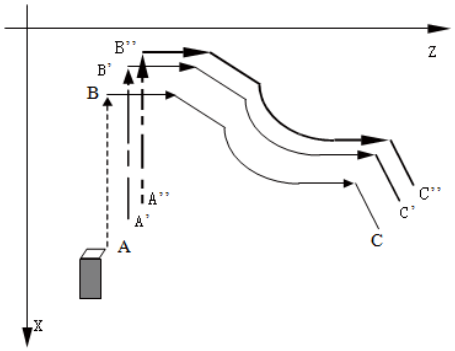


图 3-32

示例：图 3-33

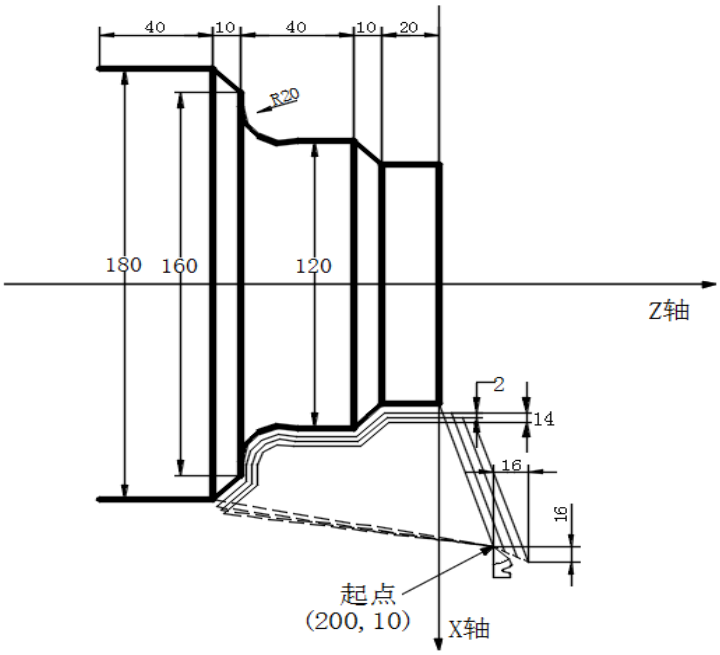


图 3-33

程序：

O0006；

```
G99 G00 X200 Z10 M03 S500;    ( 指定每转进给，定位起点，启动主轴)
G73 U1.0 W1.0 R3;             (X 轴退刀2mm，Z 轴退刀1mm)
G73 P14 Q19 U0.5 W0.3 F0.3;   ( 粗车，X 轴留0.5mm，Z 轴留0.3mm 精车余量)
N14 G00 X80 Z0;
G01 W-20 F0.15 S600;
X120 W-10;                    精加工形状程序段
W-20;
G02 X160 W-20 R20;
N19 G01 X180 W-10;
G70 P14 Q19 M30;              ( 精加工)
```

3.13.4 精加工循环 G70

代码格式：G70 P（ns）Q（nf）；

代码功能：刀具从起点位置沿着ns ～ nf 程序段给出的工件精加工轨迹进行精加工。在G71、G72 或G73 进行粗加工后，用G70 代码进行精车，单次完成精加工余量的切削。G70 循环结束时，刀具返回到起点并执行G70 程序段后的下一个程序段。

其中：ns：精车轨迹的第一个程序段的程序段号；

nf：精车轨迹的最后一个程序段的程序段号；

G70 代码轨迹由ns ～ nf 之间程序段的编程轨迹决定。ns、nf 在G70 ～ G73 程序段中的相对位置关系如下：

```
... ... ...;
G71/G72/G73...;
N（ns）... ...;  ┐
... ... ...;     │
... ... F_;      ├ 精加工路线程序段群
... ... S_;      │
N（nf）... ...;  ┘
... ... ...;
G70 P（ns）Q（nf）;
... ... ...
```

代码说明：

- G70 必须在ns ～ nf 程序段后编写。
- 执行G70 精加工循环时，ns ～ nf 程序段中的F、S、M 代码有效。
- G96、G97、G98、G99、G40、G41、G42 代码在执行G70 精加工循环时有效。
- 在G70 代码执行过程中，可以暂停自动运行并手动移动。
- 执行单段操作，在运行完当前轨迹的终点后程序暂停。
- 在录入方式中不能执行G70 代码，否则产生报警。
- 在同一程序中需要多次使用复合循环代码时，ns ～ nf 不允许有相同程序段号。
- 退刀点要尽量高或低，避免退刀碰到工件。

3.13.5 轴向切槽多重循环 G74

代码格式： G74 R(e)；
G74 X/U_ Z/W_ P(Δi) Q(Δk) R(Δd) F ；

代码功能： 径向(X 轴) 进刀循环复合轴向断续切削循环：从起点轴向(Z 轴) 进给、回退、再进给..... 直至切削到与切削终点Z 轴坐标相同的位置，然后径向退刀、轴向回退至与起点Z 轴坐标相同的位置，完成一次轴向切削循环；径向再次进刀后，进行下一次轴向切削循环；切削到切削终点后，返回起点(G74 的起点和终点相同)，轴向切槽复合循环完成。G74 的径向进刀和轴向进刀方向由切削终点X/U、Z/W 与起点的相对位置决定，此代码用于在工件端面加工环形槽或中心深孔，轴向断续切削起到断屑、及时排屑的作用。

相关定义：

轴向切削循环起点：每次轴向切削循环开始轴向进刀的位置，表示为An(n=1,2,3……)，An 的Z 轴坐标与起点A 相同，An 与 An-1 的 X 轴坐标的差值为 Δi。第一次轴向切削循环起点 A1 与 起点 A为同一点，最后一次轴向切削循环起点(表示为 Af) 的 X 轴坐标与切削终点相同。

轴向进刀终点：每次轴向切削循环轴向进刀的终点位置，表示为Bn(n=1,2,3……)，Bn 的Z 轴坐标与切削终点相同，Bn 的 X 轴坐标与 An 相同，最后一次轴向进刀终点(表示为 Bf) 与切削终点为同一点；

径向退刀终点：每次轴向切削循环到达轴向进刀终点后，径向退刀(退刀量为Δd) 的终点位置，表示为 Cn(n=1,2,3……)，Cn 的 Z 轴坐标与切削终点相同，Cn 与An X 轴坐标的差值为Δd；轴向切削循环终点：从径向退刀终点轴向退刀的终点位置，表示为Dn(n=1,2,3……)，Dn 的Z 轴坐标与起点相同，Dn 的X 轴坐标与 Cn 相同(与 An X 轴坐标的差值为Δd)；

切削终点：X/U Z/W 指定的位置，最后一次轴向进刀终点Bf。

R(e)：每次轴向(Z 轴) 进刀后的轴向退刀量，取值范围0 ～ 99.999(单位：mm)，无符号。R(e) 执行后指定值保持有效，并将该数据转换为相应的值保存在数据参数NO.056 中。未输入R(e) 时，以数据参数NO.056 的值作为轴向退刀量。

X：切削终点 Bf 的 X 轴绝对坐标值(单位：mm)。

U：切削终点 Bf 与起点 A 的 X 轴绝对坐标的差值(单位：mm)。

Z：切削终点 Bf 的 Z 轴的绝对坐标值(单位：mm)。

W：切削终点 Bf 与起点 A 的 Z 轴绝对坐标的差值(单位：mm)。

P(Δi)：单次轴向切削循环的径向(X 轴) 切削量，取值范围0 ＜ Δi ≤ 9999999(单位：0.001mm，直径/ 半径指定)。

Q(Δk)：轴向(Z 轴) 切削时，Z 轴断续进刀的进刀量，取值范围0 ＜ Δk ≤ 9999999(单位：0.001mm)。

R(Δd)：切削至轴向切削终点后，径向(X 轴) 的退刀量，取值范围0 ～ 99999.999(单位：mm，直径/ 半径指定)，省略 R(Δd) 时，系统默认轴向切削终点后，径向(X 轴) 的退刀量为0。省略X/U 和 P(Δi) 代码字时，默认往正方向退刀。

代码执行过程：如图 3-34。

① 从轴向切削循环起点An 轴向(Z 轴) 切削进给△ k，切削终点Z 轴坐标小于起点Z 轴坐标时，向Z 轴负向进给，反之则向Z 轴正向进给；

② 轴向(Z 轴) 快速移动退刀e，退刀方向与①进给方向相反；

③ 如果Z 轴再次切削进给(Δk+e)，进给终点仍在轴向切削循环起点An 与轴向进刀终点Bn 之间，Z轴再次切削进给(Δk+e)，然后执行②；如果Z 轴再次切削进给(Δk+e) 后，进给终点到达Bn 点或不在An 与Bn 之间，Z 轴切削进给至Bn 点，然后执行④；

④ 径向(X 轴) 快速移动退刀△ d(半径值) 至Cn 点，Bf 点(切削终点) 的X 轴坐标小于A 点(起点)X 轴坐标时，向X 轴正向退刀，反之则向X 轴负向退刀；

⑤ 轴向(Z 轴) 快速移动退刀至Dn 点，第n 次轴向切削循环结束。如果当前不是最后一次轴向切削循环，执行⑥；如果当前是最后一次轴向切削循环，执行⑦；

⑥ 径向(X 轴) 快速移动进刀，进刀方向与④退刀方向相反。如果X 轴进刀(△ d+ △ i)(半径值) 后，进刀终点仍在A 点与Af 点(最后一次轴向切削循环起点) 之间，X 轴快速移动进刀(△ d+ △ i) (半径值)，即：Dn → An+1，然后执行① (开始下一次

轴向切削循环)；如果X 轴进刀(△ d+ △ i)(半径值) 后，进刀终点到达Af 点或不在Dn与Af 点之间，X 轴快速移动至Af 点，然后执行①，开始最后一次轴向切削循环；

⑦ X 轴快速移动返回到起点A，G74 代码执行结束。

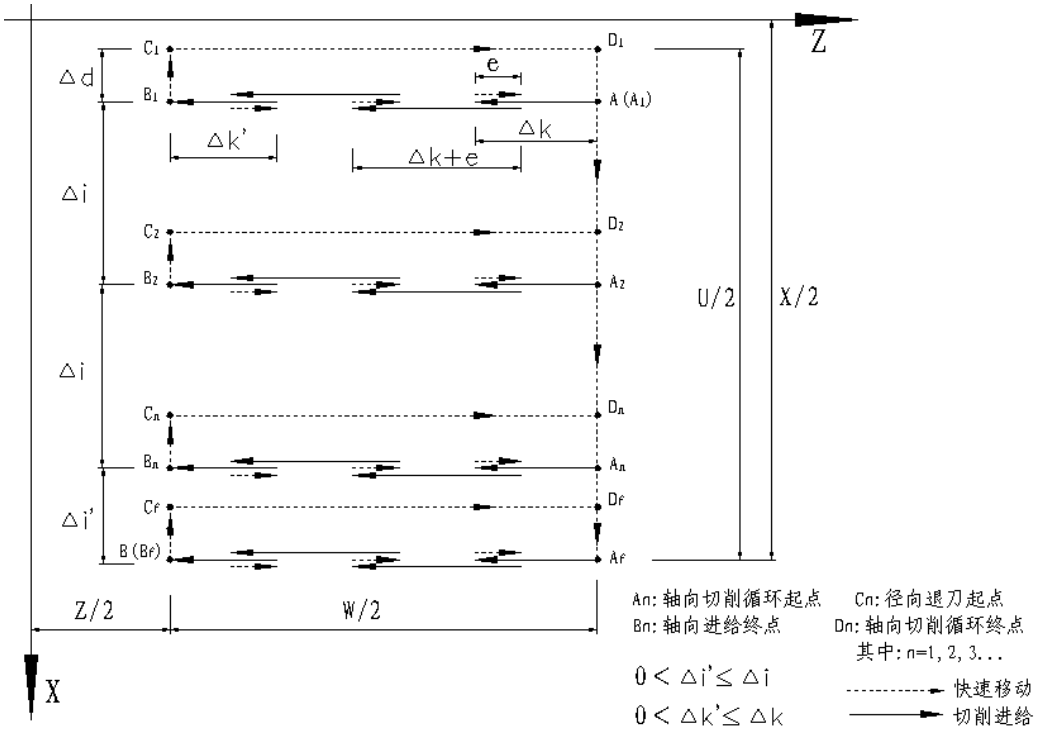


图3-34 G74 轨迹图

代码说明：

● 循环动作是由含Z/W 和P(Δk) 的G74 程序段进行的，如果仅执行“G74 R(e)；”程序段，系统报警；

● Δd 和e 均用同一地址R 指定，其区别是根据程序段中有无Z/W 和P(Δk) 代码字；

● 在G74 代码执行过程中，可以暂停自动运行并手动移动。

● 执行单段的操作，在运行完当前轨迹的终点后程序暂停。

● 进行盲孔切削时，必须省略R(Δd) 代码字，因在切削至轴向切削终点无退刀距离。

示例：图3-35

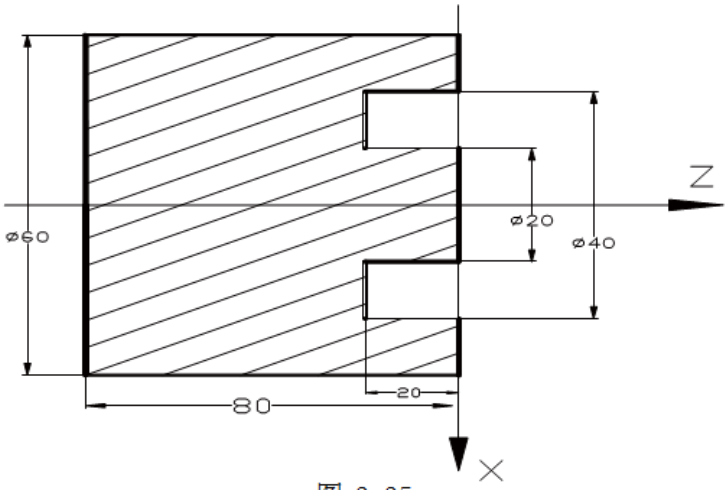


图 3-35

程序(假设切槽刀宽度为4mm，系统的最小增量为0.001mm)：

```
O0007 ;
G0 X36 Z5 M3 S500;          ( 启动主轴，定位到加工起点，X 方向加上刀具宽度)
G74 R0.5;                   ( 加工循环)
G74 X20 Z-20 P3000 Q5000 F50; (Z 轴每次进刀5mm，退刀0.5mm，进给到终点(Z-20)
                              后，快速返回到起点(Z5)，X 轴进刀3mm，循环以上步
                              骤继续运行)
M30;  ( 程序结束)
```

3.13.6 径向切槽多重循环 G75

代码格式：G75 R(e)；
G75 X/U_ Z/W_ P(Δi) Q(Δk) R(Δd) F ；

代码功能：轴向(Z 轴) 进刀循环复合径向断续切削循环：从起点径向(X 轴) 进给、回退、再进给……直至切削到与切削终点X 轴坐标相同的位置，然后轴向退刀、径向回退至与起点X 轴坐标相同的位置，完成一次径向切削循环；轴向再次进刀后，进行下一次径向切削循环；切削到切削终点后，返回起点(G75 的起点和终点相同)，径向切槽复合循环完成。G75 的轴向进刀和径向进刀方向由切削终点X/UZ/W 与起点的相对位置决定，此代码用于加工径向环形槽或圆柱面，径向断续切削起到断屑、及时排屑的作用。

相关定义：

径向切削循环起点：每次径向切削循环开始径向进刀的位置，表示为An(n=1,2,3……)，An 的X 轴坐标与起点A 相同，An 与An-1 的Z 轴坐标的差值为Δk。第一次径向切削循环起点A1 与起点A 为同一点，最后一次径向切削循环起点(表示为 Af) 的Z 轴坐标与切削终点相同。

向进刀终点：每次径向切削循环径向进刀的终点位置，表示为Bn(n=1,2,3……)，Bn 的X 轴坐标与切削终点相同，Bn 的Z 轴坐标与An 相同，最后一次径向进刀终点(表示为Bf) 与切削终点为同一点；

轴向退刀终点：每次径向切削循环到达径向进刀终点后，轴向退刀(退刀量为 Δd) 的终点位置，表示为Cn(n=1,2,3……)，Cn 的X 轴坐标与切削终点相同，Cn 与An Z 轴坐标的差值为Δd；

径向切削循环终点：从轴向退刀终点径向退刀的终点位置，表示为Dn(n=1,2,3……)，Dn 的X 轴坐标与起点相同，Dn 的Z 轴坐标与Cn 相同(与An Z 轴坐标的差值为Δd)；

切削终点：X/U Z/W 指定的位置，最后一次径向进刀终点Bf。

R(e)：每次径向(X 轴) 进刀后的径向退刀量，取值范围0 ～ 99.999(单位：mm，半径值)，无符号。R(e) 执行后指定值保持有效，并将该数据转换为相应的值保存在数据参数NO.056 中。未输入R(e) 时，以系统参数NO.056 的值作为径向退刀量。

X：切削终点Bf 的X 轴绝对坐标值(单位：mm)。

U：切削终点Bf 与起点A 的X 轴绝对坐标的差值(单位：mm)。

Z：切削终点Bf 的Z 轴的绝对坐标值(单位：mm)。

W：切削终点Bf 与起点A 的Z 轴绝对坐标的差值(单位：mm)。

P(Δi)：径向(X 轴) 进刀时，X 轴断续进刀的进刀量，取值范围0 ＜ Δi ≤ 9999999(单位：0.001mm，直径/ 半径指定)。

Q(Δk)：单次径向切削循环的轴向(Z 轴) 进刀量，取值范围0 ＜ Δk ≤ 9999999(单位：0.001mm)。

R(Δd)：切削至径向切削终点后，轴向(Z 轴) 的退刀量，取值范围0 ～ 99999.999(单位：mm)。

省略R(Δd) 时，系统默认径向切削终点后，轴向(Z 轴) 的退刀量为0。

省略Z/W 和 Q(Δk)，默认往正方向退刀。

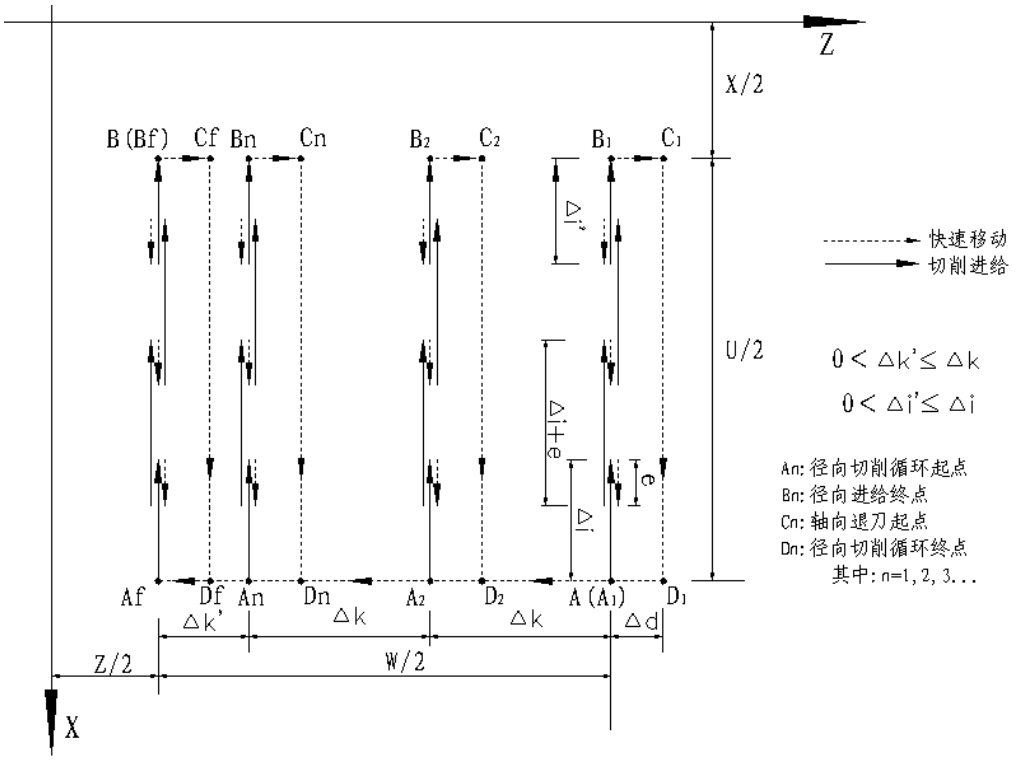


图 3-36 G75 轨迹图

代码执行过程：图 3-36

① 从径向切削循环起点 An 径向(X 轴) 切削进给△ i，切削终点 X 轴坐标小于起点 X 轴坐标时，向 X 轴负向进给，反之则向 X 轴正向进给；

② 径向(X 轴) 快速移动退刀 e，退刀方向与①进给方向相反；

③ 如果X 轴再次切削进给(Δi+e)，进给终点仍在径向切削循环起点An 与径向进刀终点Bn 之间，X轴再次切削进给(Δi+e)，然后执行②；如果X 轴再次切削进给(Δi+e) 后，进给终点到达Bn 点或不在An 与Bn 之间，X 轴切削进给至Bn 点，然后执行④；

④ 轴向(Z 轴) 快速移动退刀△ d 至Cn 点，Bf 点(切削终点) 的Z 轴坐标小于A 点(起点)Z 轴坐标时，向Z 轴正向退刀，反之则向Z 轴负向退刀；

⑤ 径向(X 轴) 快速移动退刀至Dn 点，第n 次径向切削循环结束。如果当前不是最后一次径向切削循环，执行⑥；如果当前是最后一次径向切削循环，执行⑦；

⑥ 轴向(Z 轴) 快速移动进刀，进刀方向与④退刀方向相反。如果 Z 轴进刀(△ d+ △ k) 后，进刀 终点仍在 A 点与 Af 点(最后一次径向切削循环起点) 之间，Z 轴快速移动进刀(△ d+ △ k)，即：Dn → An+1，然后执行① (开始下一次径向切削循环)；如果 Z 轴 进刀(△ d+ △ k) 后，进刀终点到达Af 点或不在 Dn 与Af 点之间，Z 轴快速移动至Af 点，然后执行①，开始最后一次径向切削循环；

⑦ Z 轴快速移动返回到起点A，G75 代码执行结束。

代码说明：

- 循环动作是由含X/U 和P(Δi) 的G75 程序段进行的，如果仅执行“G75 R(e)；”程序段，系统报警；
- Δd 和e 均用同一地址R 指定，其区别是根据程序段中有无X/U 和P(Δi) 代码字；
- 在G75 代码执行过程中，可使自动运行暂停并手动移动；
- 执行单段的操作，在运行完当前轨迹的终点后程序暂停。
- 进行切槽循环时，必须省略R(Δd) 代码字，因在切削至径向切削终点无退刀距离。

示例：图3-37

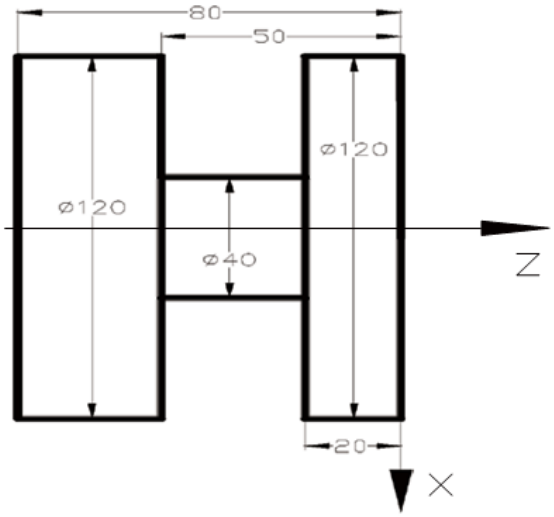


图 3-37 G75代码切削图

程序(假设切槽刀的宽度为4mm，系统的最小增最为0.001mm)：

```
O0008 ;
G00 X150 Z50 M3 S500;      ( 启动主轴，置转速500)
G0 X125 Z-24;              ( 定位到加工起点，Z 方向加上刀具宽度)
G75 R0.5 F150;             ( 加工循环)
G75 X40 Z-50 P6000 Q3000;  (X 轴每次进刀6mm，退刀0.5mm，进给到终点(X40)
                            后，快速返回到起点(X125)，Z 轴进刀3mm，循环以上
                            步骤继续运行)
G0 X150 Z50;               ( 返回到加工起点)
M30;                       ( 程序结束)
```

3.14 螺纹切削代码

车床系统具有多种螺纹切削功能，可加工单头、多头、变导程螺纹与攻牙循环(英制输入时F单位为英寸 / 导程，公制输入时 F 单位为毫米 / 导程，I 指定每英寸螺纹的牙数与公英制无关)，螺纹退尾长度、角度可变，多重循环螺纹切削可单边切削，保护刀具，提高表面光洁度。螺纹功能包括：连续螺纹切削代码 G32、变螺距螺纹切削代码 G34、柔性攻牙循环切削代码 G33（暂未启用）、螺纹循环切削代码G92、螺纹多重循环切削代码G76。

使用螺纹切削功能机床必须安装主轴编码器，由NO.070 号参数设置主轴编码器线数，NO.110、NO.111 号参数设置主轴与编码器的传动比。切削螺纹时，系统收到主轴编码器一转信号才移动X 轴或Z 轴、开始螺纹加工，因此只要不改变主轴转速，可以分粗车、精车多次切削完成同一螺纹的加工。

车床系统具有的多种螺纹切削功能可用于加工没有退刀槽的螺纹，但由于在螺纹切削的开始及结束部分 X 轴、Z 轴有加减速过程，此时的螺距误差较大，因此仍需要在实际的螺纹起点与结束时留出螺纹引入长度与退刀的距离。

在螺纹螺距确定的条件下，螺纹切削时X 轴、Z 轴的移动速度由主轴转速决定，与切削进给速度倍率无关。螺纹切削时主轴倍率控制变化为100%，主轴转速发生变化时，由于X轴、Z 轴加减速的原因会使螺距产生误差，因此，螺纹切削时不要进行主轴转速调整，更不要停止主轴，主轴停止将导致刀具和工件损坏。

3.14.1 等螺距螺纹切削代码 G32

代码格式：G32 X/U_ Z/W_ F(I)_ J_ K_ Q_

代码功能：刀具的运动轨迹是从起点到终点的一条直线；从起点到终点位移量(X 轴按半径值) 较大的坐标轴称为长轴，另一个坐标轴称为短轴，运动过程中主轴每转一圈长轴移动一个导程，短轴与长轴作直线插补，刀具切削工件时，在工件表面形成一条等螺距的螺旋切槽，实现等螺距螺纹的加工。F、I代码字用于给定螺纹的螺距，执行G32 代码可以加工等 螺距的直螺纹、锥螺纹和端面螺纹和连续的多段螺纹加工。

代码说明：G32 为模态G 代码；

螺纹的导程是指主轴转一圈长轴的位移量(X 轴位移量则按半径值)；

起点和终点的X 坐标值相同(不输入X 或U) 时，进行直螺纹切削；

起点和终点的Z 坐标值相同(不输入Z 或W) 时，进行端面螺纹切削；

起点和终点X、Z 坐标值都不相同时，进行锥螺纹切削。

相关定义：

F：指定螺纹导程，为主轴转一圈长轴的移动量，取值范围0 ＜ F ≤ 500mm(英制输入则为0 ～50inch)，F 指定值执行后保持有效，直至再次执行给定螺纹螺距的F代码字。

I：指定每英寸螺纹的牙数，为长轴方向1 英寸(25.4mm) 长度上螺纹的牙数，也可理解为长轴移动1英寸(25.4mm) 时主轴旋转的圈数。取值范围0.06 ～ 25400 牙/ 英寸，I 指定值执行后保持有效，直至再次执行给定螺纹螺距的I 代码字。公制输入、英制输入都表示每英寸螺纹的牙数。

J：螺纹退尾时在短轴方向的移动量(退尾量)，带正负方向；如果短轴是X 轴，该值为半径指定；J值是非模态参数。

K：螺纹退尾时在长轴方向的长度。如果长轴是 X 轴，则该值为半径指定；不带方向；K 值是非模态参数。

Q：起始角，指主轴一转信号与螺纹切削起点的偏移角度。取值范围0 ～ 360000(单位：0.001 度)。

Q 值是非模态参数，每次使用都必须指定，如果不指定就认为是0 度。

Q 使用规则：

1、如果不指定Q，即默认为起始角0 度；

2、对于连续螺纹切削，除第一段的Q 有效外，后面螺纹切削段指定的Q 无效，即使定义了Q 也被忽略；

3、由起始角定义分度形成的多头螺纹总头数不超过65535 头。

4、Q 的单位为0.001 度，若与主轴一转信号偏移180 度，程序中需输入Q180000，如果输入的为Q180 或Q180.0，均认为是0.18 度。

长轴、短轴的判断方法：图3-38。

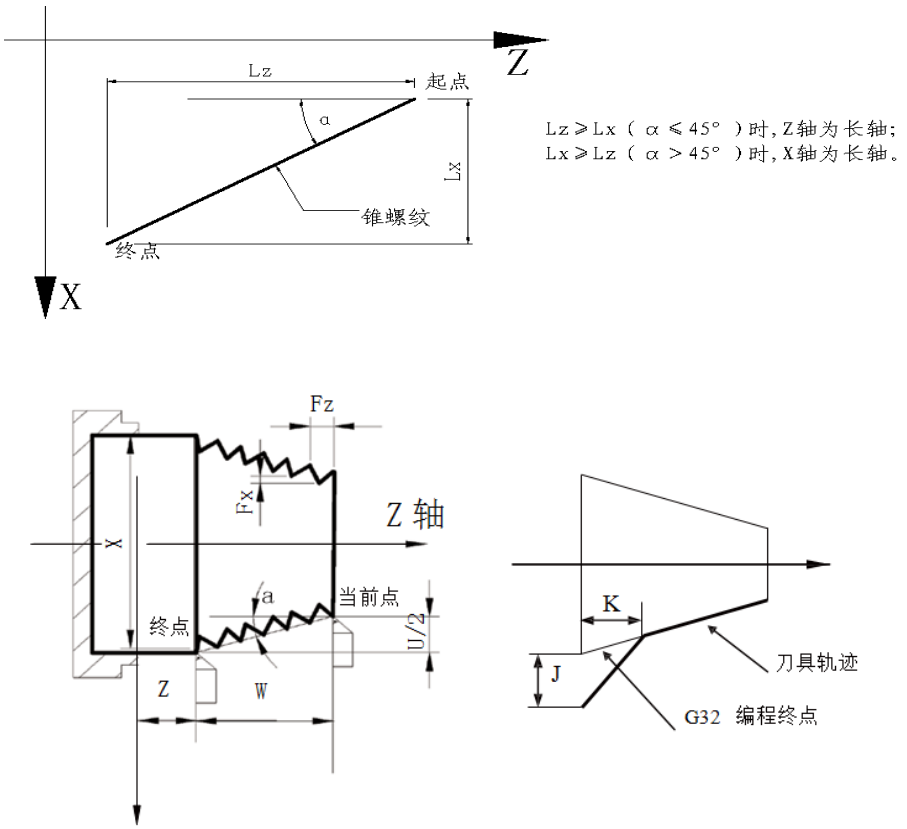


图 3-38　G32轨迹图

注意事项：

● 省略J 或J、K 时，无退尾；省略K 时，按K=J 退尾；

● J=0 或J=0、K=0 时，无退尾；

● J ≠ 0，K=0 时，按J=K 退尾；

● J=0，K ≠ 0 时，无退尾；

● 当前程序段为螺纹切削，下一程序段也为螺纹切削，在下一程序段切削开始时不检测主轴位置编码器的一转信号，直接开始螺纹加工，此功能可实现连续螺纹加工。

● 执行进给保持操作后，系统显示“暂停”、螺纹切削不停止，直到当前程序段执行完才停止运动；

如为连续螺纹加工则执行完螺纹切削程序段才停止运动，程序运行暂停。

● 在单段运行，执行完当前程序段停止运动，如为连续螺纹加工则执行完螺纹切削程序段才停止运动。

● 系统复位、急停或驱动报警时，螺纹切削减速停止。

示例：螺纹螺距：2mm。δ1 = 3mm，δ2 = 2mm，总切深2mm，分两次切入。

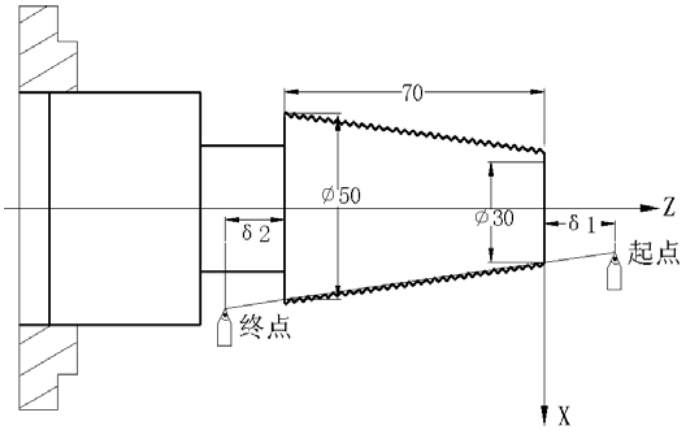


图 3-39

程序：

```
O0009;
G00 X28 Z3;          ( 第一次切入1mm)
G32 X51 W-75 F2.0;   ( 锥螺纹第一次切削)
G00 X55;             ( 刀具退出)
W75;                 (Z 轴回起点)
X27;                 ( 第二次再进刀 0.5mm)
G32 X50 W-75 F2.0;   ( 锥螺纹第二次切削)
G00 X55;             ( 刀具退出)
W75;                 (Z 轴回起点)
M30;
```

3.14.2 变螺距螺纹切削代码 G34

代码格式：G34 X/U_ Z/W_ F(I)_ J_ K_ R_ ；

代码功能：刀具的运动轨迹是从X、Z 轴起点位置到程序段指定的终点位置的一条直线。从起点到终点位移量(X 轴按半径值) 较大的坐标轴称为长轴，另一个坐标轴称为短轴，运动过程中主轴每转一圈长轴移动一个导程，并且主轴每转一圈移动的螺距是不断增加指定的值或减少指定的值，在工件表面形成一条变螺距的螺旋切槽，实现变螺距螺纹的加工。切削时，可以设定退刀量。F、I 代码字分别用于指定螺纹的螺距，执行G34代码可以加工公制或英制变螺距的直螺纹、锥螺纹和端面螺纹。

代码说明：G34 为模态G 代码；

X/U、Z/W、J、K 的意义与G32 一致；

F：指定导程，取值范围0 ～ 500mm；

I：指定每英寸螺纹的牙数，取值范围0.06 ～ 25400 牙/ 英寸；

R：主轴每转螺距的增量值或减量值，R=F1-F2，R 带有方向；

F1>F2 时，R 为负值时螺距递减；

F1<F2 时，R 为正值时螺距递增(如图3-40)；

R 值的范围：±0.001 ～ ±500.000 毫米/ 每螺距(公制螺纹)；±0.060 ～ ±25400 牙/ 每英寸(英制螺纹)。当R 值超过上述范围值和因R 的增加/ 减小使螺距超过允许值或螺距出现负值时产生报警。

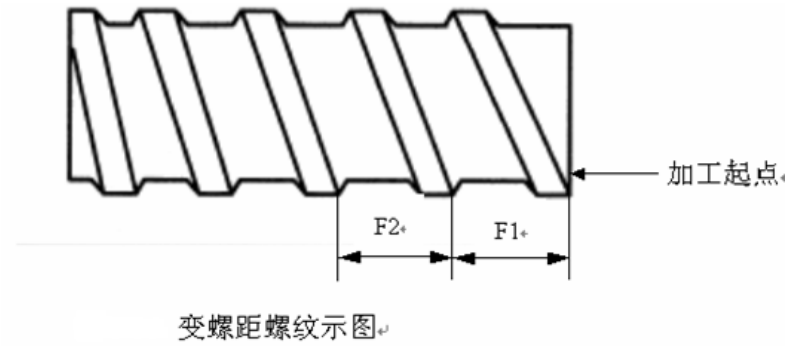


图 3-40

注意事项：

● 注意事项与G32 螺纹切削相同。

示例：起始点的第一个螺距4mm，主轴每转螺距的增量值0.2。

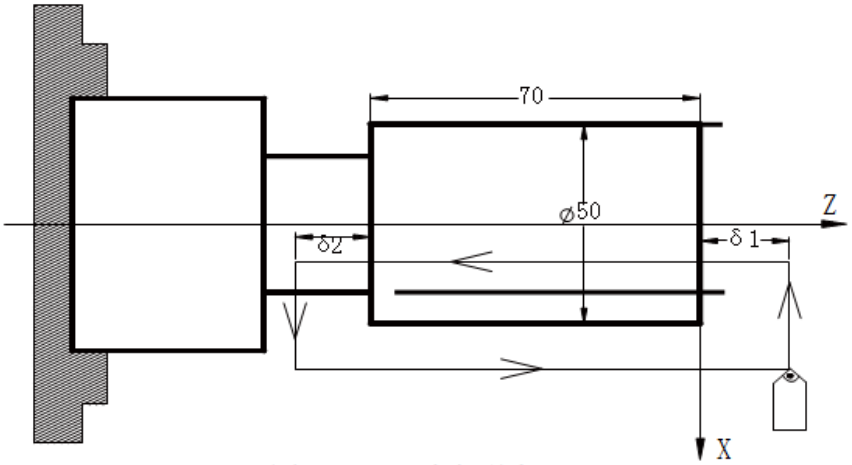


图 3-42　变螺纹加工

程序：

```
O0010;
G00 X60 Z1 M03 S500;
G00 X48;
G34 W-78 F3.8 J5 K2 R0.2;
N30 M30;
```

3.14.3 Z 轴柔性攻丝循环 G33

代码格式：G33 Z/W_ F(I)_ L_；

代码功能：刀具的运动轨迹是从起点到终点，再从终点回到起点。运动过程中主轴每转一圈Z 轴移动一个螺距，与丝锥的螺距始终保持一致，在工件内孔形成一条螺旋切槽，可一次切削完成内孔的螺纹加工。

代码说明：G33 为模态 G 代码；

Z/W：不输入 Z 或 W 时，起点和终点的 Z 坐标值相同，不进行螺纹切削；

F：螺纹导程，取值范围见表 1-2；

I：每英寸螺纹的牙数，取值范围表见 1-2；

右旋为正值，左旋为负值；

L_加工头数，范围 1-99，省略 L 时默认 1 头；

循环过程：

① Z 轴进刀攻牙 (G33 代码前必须指定主轴开)；
② 到达编程指定的Z 轴坐标终点后，M05 信号输出；
③ 检测主轴完全停止后；
④ 顺时针转信号输出(与原来主轴旋转的方向相反)；
⑤ Z 轴退刀到起点；
⑥ M05 信号输出，主轴停转；
⑦ 如为多头螺纹，重复①～⑥步骤。

程序示例：图 3-43，螺纹 M10×1.5

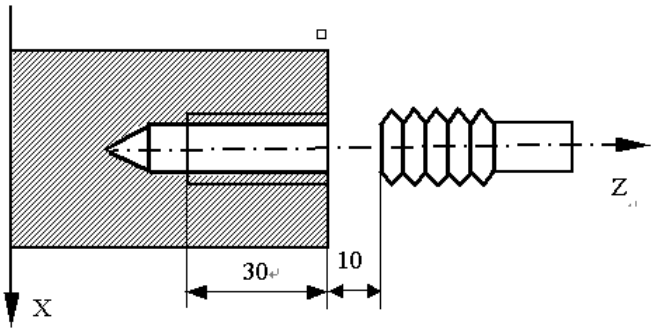


图 3-43

```
程序：O0011;
G00 Z90 X0;      （定位）
M03 S500;        （启动主轴）
G33 Z50 F1.5;    （攻牙循环，如果当前F值为正数为右旋攻牙，F值为负数为左旋攻
                 牙）
M03;             （再启动主轴）
G00 X60 Z100;    （继续加工）
```

M30;　　（程序结束）

注 1：攻丝前应根据丝锥的旋向来确定主轴旋转方向，攻丝结束后主轴将停止转动，如需继续加工则需要重新启动主轴。

注 2：此代码是柔性攻丝，在主轴停止信号有效后，主轴还将有一定的减速时间才停止旋转，此时 Z 轴将仍然跟随主轴的转动而进给，直到主轴完全停止，因此实际加工时螺纹的底孔位置应比实际的需要位置稍深一些，具体超出的长度根据攻牙时主轴转速高低和主轴刹车装置而决定。

注 3：攻丝切削时 Z 轴的移动速度由主轴转速与螺距决定，与切削进给速度倍率无关。

注 4：在单程式段运行或执行进给保持操作，系统显示“暂停”，攻丝循环不停止，直到攻丝完成后回到起始点才停止运动。

注 5：系统复位、急停或驱动报警时，攻丝切削减速停止。

3.14.3.1 刚性/柔性 攻丝循环 G84 /G88

代码格式：G84 Z/W_　F(I) ；（端面攻丝）

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

代码说明：G84为模态 G 代码；

Z/W：不输入 Z 或 W 时，起点和终点的 Z 坐标值相同，不进行螺纹切削；

F：螺纹导程，取值范围见表 1-2

I：每英寸螺纹的牙数，取值范围表见 1-2；

当攻丝正在执行时进给速度倍率和主轴倍率认为是100% 。

刚性方式：

用下列任何一种方法可以指定刚性方式：

(1) 在攻丝指令段之前指定M29 S*****

(2) 在包含攻丝指令的程序段中指定M29 S*****

当G84 指令和M 指令同一程序段指定时，在第一个孔定位动作的同时执行M 代码，然后，系统处理下一个钻孔动作。

轴切换：必须在切换攻丝轴之前取消固定循环。如果在刚性方式中改变攻丝轴的话，则报警。

如果在M29 和G84 之间指定S 和轴移动指令，系统报警。如果 M29 在攻丝循环中指定，系统报警。

在每分进给方式中，螺纹导程用表达式：进给速度/ 主轴转速。

Z 轴进给速度= 主轴转速* 螺纹导程。

程序：

```
G80;
M29 S500;        （打开攻丝模式）
G84 Z50 F1.5 ;  （攻丝循环）
G80;
M30;
```

代码格式：G88 X/U_ F(I)_; （侧面攻丝循环）

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

代码说明：G88为模态 G 代码；

X/U：不输入 X 或 U 时，起点和终点的 X 坐标值相同，不进行螺纹切削；

F：螺纹导程，取值范围见表 1-2；

I：每英寸螺纹的牙数，取值范围表见 1-2；

程序：

```
G80;
M29 S500;        （打开攻丝模式）
G88 X50 F1.5 ;  （攻丝循环）
G80;
M30;
```

限制：

F：如果指定的 F 值超过切削进给速度上限值的话，则发出报警。

S：如果速度比指定档次的最大速度高的话，则报警。

取消：不能在同一个程序段中指定 01 组 G 代码（G00 到 G03）。

刀具偏置：在固定循环定位过程中刀具半径偏置被忽略。

程序再启动：在刚性攻丝期间程序再启动无效。

3.14.4 螺纹切削循环 G92

代码格式：G92 X/U_ Z/W_ F_ J_ K_ L ；　　(公制直螺纹切削循环)
G92 X/U_ Z/W_ I_ J_ K_ L ；　　(英制直螺纹切削循环)
G92 X/U_ Z/W_ R_ F_ J_ K_ L ；　(公制锥螺纹切削循环)
G92 X/U_ Z/W_ R_ I_ J_ K_ L ；　(英制锥螺纹切削循环)

代码功能：从切削起点开始，进行径向(X 轴) 进刀、轴向(Z 轴或X、Z 轴同时) 切削，实现等螺距的直螺纹、锥螺纹切削循环。执行G92 代码，在螺纹加工末端有螺纹退尾过程：在距离螺纹切削终点固定长度(称为螺纹的退尾长度) 处，在Z 轴继续进行螺纹插补的同时，X 轴沿退刀方向指数或线性(由参数设置175#5) 加速退出，Z 轴到达切削终点后，X 轴再以快速移动速度退刀，如图 3-44 所示。

代码说明：G92 为模态G 代码；

切削起点：螺纹插补的起始位置；

切削终点：螺纹插补的结束位置；

X：切削终点X 轴绝对坐标；

U：切削终点与起点X 轴绝对坐标的差值；

Z：切削终点Z 轴绝对坐标；

W：切削终点与起点Z 轴绝对坐标的差值；

R： 切削起点与切削终点X 轴绝对坐标的差值(半径值)， 当R 与U 的符号不一致时， 要求| R |≤| U/2 |；

F：螺纹导程，取值范围0 ＜ F ≤ 500 mm，F 指定值执行后保持，可省略输入；

I：螺纹每英寸牙数，取值范围0.06 ～ 25400 牙/ 英寸，I 指定值执行后保持，可省略输入；

J：螺纹退尾时在短轴方向的移动量，取值范围 0 ～ 99999.999(单位：mm)，不带方向(根据程序起点位置自动确定退尾方向)，模态参数，如果短轴是X轴，则该值为半径指定；

K：螺纹退尾时在长轴方向的长度，取值范围0 ～ 99999.999(单位：mm)。不带方向，模态参数，如长轴是X 轴，该值为半径指定；

L：多头螺纹的头数，该值的范围是：1 ～ 99，模态参数。(省略L 时默认为单头螺纹)

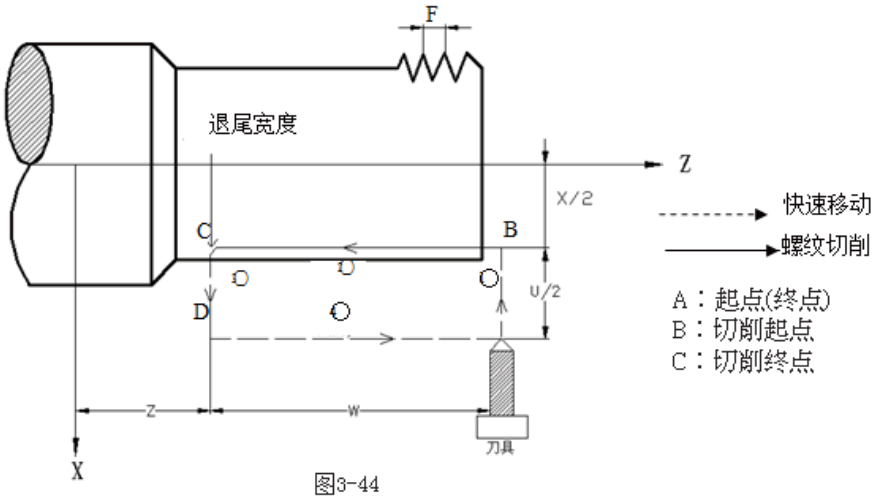


图3-44

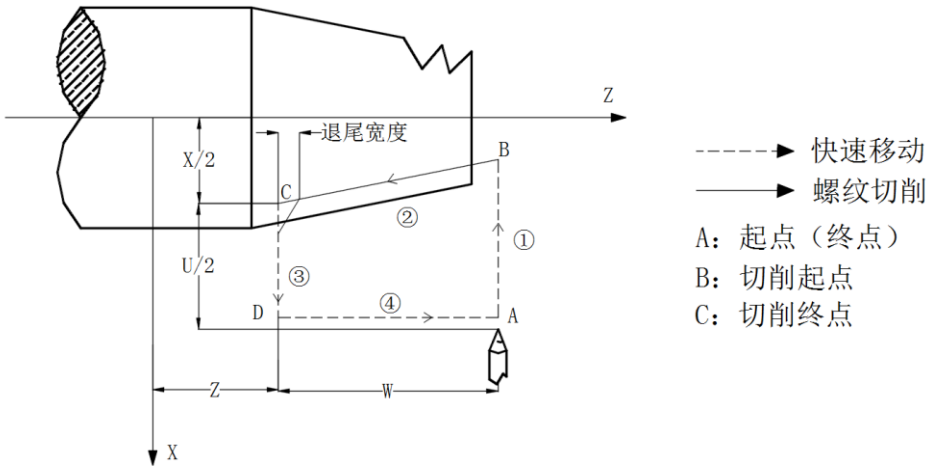


图3-45

G92 代码可以分多次进刀完成一个螺纹的加工，但不能实现2 个连续螺纹的加工，也不能加工端面螺纹。G92 代码螺纹螺距的定义与G32 一致，螺距是指主轴转一圈长轴的位移量(X 轴位移量按半径值)。

锥螺纹的螺距是指主轴转一圈长轴的位移量(X 轴位移量按半径值)，B 点与C 点Z 轴坐标差的绝对值大于X 轴(半径值) 坐标差的绝对值时，Z 轴为长轴；反之，X 轴为长轴。

循环过程：直螺纹如图3-44，锥度螺纹如图3-45。

① X 轴从起点快速移动到切削起点；

②从切削起点螺纹插补到切削终点；

③ X 轴以快速移动速度退刀(与①方向相反)，返回到X 轴绝对坐标与起点相同处；

④ Z 轴快速移动返回到起点，循环结束。

注意事项：

- 省略J、K 时，按NO.19 号参数设定值退尾；
- 省略J 时，长轴方向按K 退尾，短轴方向按NO.19 号参数设定值退尾；
- 省略K 时，按J=K 退尾；
- J=0 或J=0、K=0 时，无退尾；
- J ≠ 0，K=0 时，按K=J 退尾；
- J=0，K ≠ 0 时，无退尾；
- 螺纹切削过程中执行进给保持操作后，系统仍进行螺纹切削，螺纹切削完毕，显示“暂停”，程序运行暂停；
- 螺纹切削过程中执行单程式段操作后，在返回起点后(一次螺纹切削循环动作完成) 运行停止；
- J、K 输入负值时，按正值处理；
- 系统复位、急停或驱动报警时，螺纹切削减速停止。

代码轨迹：U、W、R 反应螺纹切削终点与起点的相对位置，在符号不同时刀具轨迹与退尾方向如图：

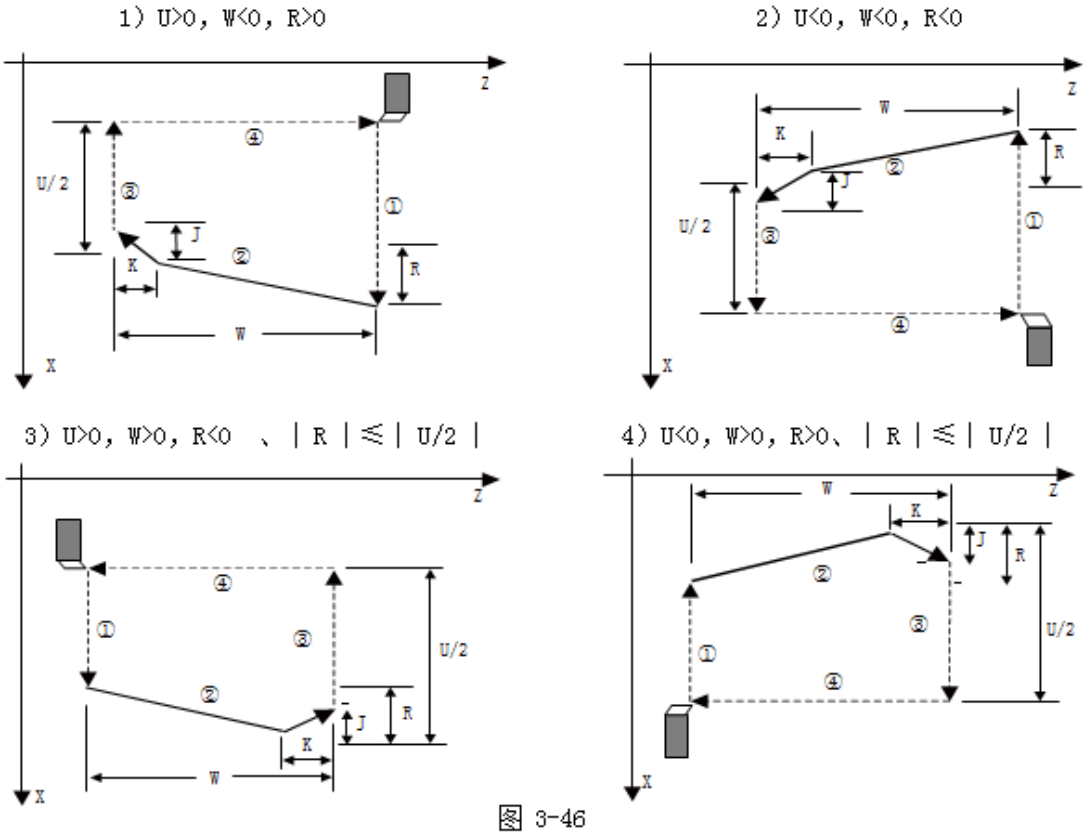


图 3-46

示例：图 3-47

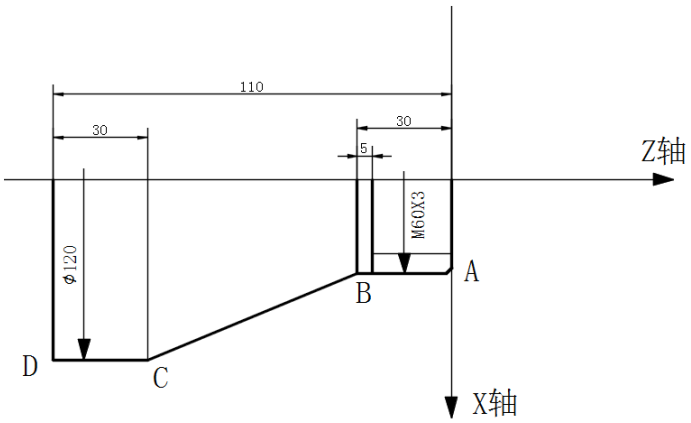


图3-47

程序：

```
O0012 ;
M3 S300 G0 X150 Z50 T0101;    ( 螺纹刀)
G0 X65 Z5;                    ( 快速定位)
G92 X58.7 Z-28 F3 J3 K1;      ( 加工螺纹，分4 刀切削，第一次进刀1.3mm)
X57.7;                        ( 第二次进刀1mm)
X57;                          ( 第三次进刀0.7mm)
X56.9;                        ( 第四次进刀0.1mm)
M30;
```

3.14.5 多重螺纹切削循环 G76

代码格式： G76 P(m)(r)(a) Q(△dmin) R(d)；
G76 X/U_ Z/W_ R(i) P(k) Q(△d) F(I)_ ；

代码功能： 通过多次螺纹粗车、螺纹精车完成规定牙高(总切深) 的螺纹加工，如果定义的螺纹角度不为0°，螺纹粗车的切入点由螺纹牙顶逐步移至螺纹牙底，使得相邻两牙螺纹的夹角为规定的螺纹角度。G76 代码可加工带螺纹退尾的直螺纹和锥螺纹，可实现单侧刀刃螺纹切削，吃刀量逐渐减少，有利于保护刀具、提高螺纹精度。G76 代码不能加工端面螺纹。加工轨迹如图3-48(a) 所示。

相关定义：

起点(终点)：程序段运行前和运行结束时的位置，表示为 A 点；

螺纹终点：由X/U Z/W 定义的螺纹切削终点，表示为D 点。如果有螺纹退尾，切削终点长轴方向为螺纹切削终点，短轴方向退尾后的位置。

螺纹起点：Z 轴绝对坐标与 A 点相同、X 轴绝对坐标与 D 点 X 轴绝对坐标的差值为 i(螺纹锥度、半径值)，表示为 C 点。如果定义的螺纹角度不为 0°，切削时并不能到达 C 点；

螺纹切深参考点：Z 轴绝对坐标与A 点相同、X 轴绝对坐标与C 点X 轴绝对坐标的差值为k(螺纹的总切削深度、半径值)，表示为B 点。B 点的螺纹切深为0，是系统计算每一次螺纹切削深度的参考点；

螺纹切深：每一次螺纹切削循环的切削深度。每一次螺纹切削轨迹的反向延伸线与直线BC 的交点，该点与B 点X 轴绝对坐标的差值(无符号、半径值) 为螺纹切深。每一次粗车的螺纹切深为$\sqrt{n}\times\Delta d$，n为当前的粗车循环次数，△d 为第一次粗车的螺纹切深；

螺纹切削量：本次螺纹切深与上一次螺纹切深的差值：$(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})\times\Delta d$ ；

退刀终点：每一次螺纹粗车循环、精车循环中螺纹切削结束后，径向(X 轴) 退刀的终点位置，表示为E 点；

螺纹切入点：每一次螺纹粗车循环、精车循环中实际开始螺纹切削的点，表示为Bn 点(n 为切削循环次数)，B1 为第一次螺纹粗车切入点，Bf 为最后一次螺纹粗车切入点，Be 为螺纹精车切入点。Bn 点相对于B 点X 轴和Z 轴的位移符合公式：

$$\tan\frac{a}{2}=\frac{|Z\text{轴位移}|}{|\text{X轴位移}|}\quad ;\qquad \text{a：螺纹角度}$$

X：螺纹终点 X 轴绝对坐标；

U：螺纹终点与起点X 轴绝对坐标的差值；

Z：螺纹终点Z 轴的绝对坐标值；

W：螺纹终点与起点Z 轴绝对坐标的差值；

P(m)：螺纹精车次数00 ～ 99(单位：次) ，m 指定值执行后保持有效，并把系统数据参数NO.057的值修改为m。未输入m 时，以系统数据参数NO.057 的值作为精车次数。在螺纹精车时，每次的进给的切削量等于螺纹精车的切削量。

P(r)：螺纹退尾长度00 ～ 99(单位：0.1×L，L 为螺纹螺距)，r 指定值执行后保持有效，并把系统数据参数NO.019 的值修改为r。未输入r 时，以系统数据参数NO.019 的值作为螺纹退尾宽度。螺纹退尾功能可实现无退刀槽的螺纹加工，系统参数NO.019 定义的螺纹退尾宽度对G92、G76 代码有效；

P(a)：相邻两牙螺纹的夹角，取值范围为00～ 99，单位：度(°)，a 指定值执行后保持有效，并把系统数据参数NO.058 的值修改为a。未输入a 时，以系统数据参数NO.058 的值作为螺纹牙的角度。实际螺纹的角度由刀具角度决定，因此a 应与刀具角度相同；

Q(△dmin)：螺纹粗车时的最小切削量，取值范围为00 ～ 99999(单位：0.001mm ，半径值)。当$(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})\times\Delta d$ ＜ △dmin 时， 以△dmin 作为本次粗车的切削量，即： 本次螺纹切深为（$\sqrt{n-1}\times\Delta d+\Delta dmin$ ）。设置△dmin 是为了避免由于螺纹粗车切削量递减造成粗车切削量过小、粗车次数过多。Q(△dmin) 执行后，指定值△dmin 保持有效，并把系统数据参数 NO.059 的值修改为△dmin。未输入 Q(△dmin) 时，以系统数据参数 NO.059 的值作为最小切削量；

R(d)：螺纹精车的切削量，取值范围为00 ～ 99.999，(单位：mm/inch，无符号，半径值)，半径值等于螺纹精车切入点Be 与最后一次螺纹粗车切入点Bf 的X 轴绝对坐标的差

值。R(d) 执行后，指定值d保持有效，并把系统数据参数NO.060 的值修改为d×1000(IS_B)/d×1000(IS_C)。未输入R(d) 时，以系统数据参数NO.060 的值作为螺纹精车切削量；

R(i)：螺纹锥度，螺纹起点与螺纹终点X 轴绝对坐标的差值，取值范围为-99999.999 ～ 99999.999(单位：mm/inch，半径值)。未输入R(i) 时，系统按R(i)=0(直螺纹) 处理；

P(k)：螺纹牙高，螺纹总切削深度，取值范围为1 ～ 99999999× 最小输入增量0.001(半径值、无符号)。未输入P(k) 时，系统报警；

Q(△d)：第一次螺纹切削深度，取值范围为1 ～ 99999999× 最小输入增量0.001(半径值、无符号)。未输入△ d 时，系统报警；

F：螺纹导程，取值范围为0 ＜ F ≤ 500 mm；

I：螺纹每英寸的螺纹牙数，取值范围为0.06 ～ 25400 牙/ 英寸；

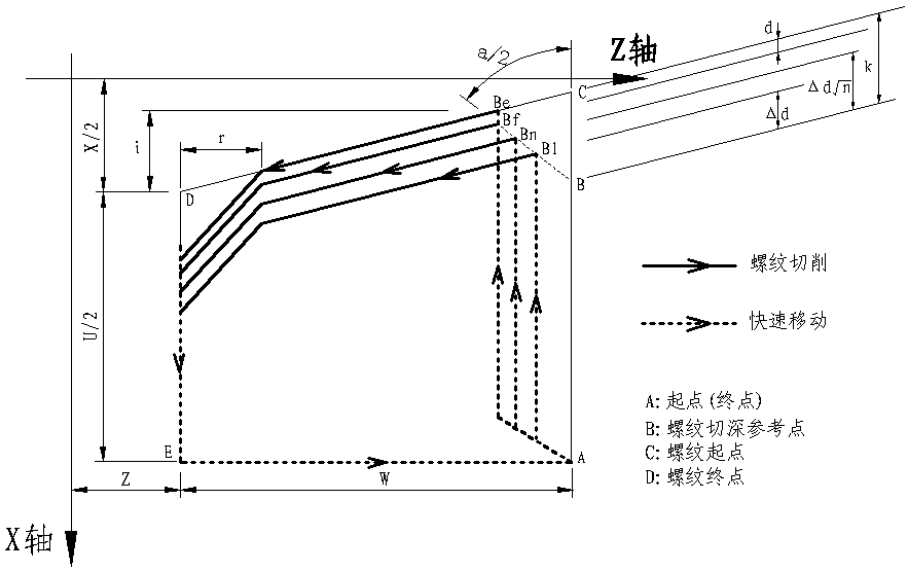


图3-48（a）

切入方法的详细情况见图 3-48 (b)：

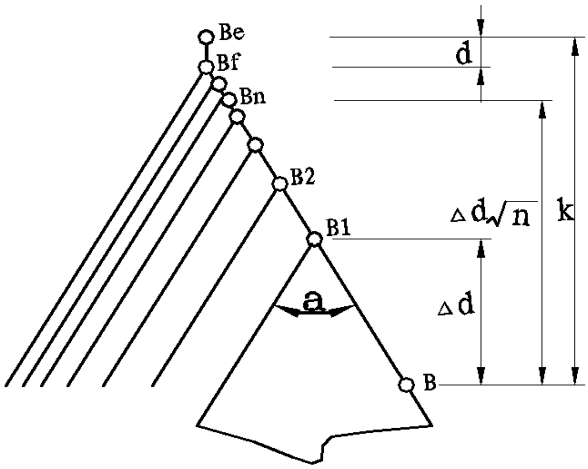


图 3-48 (b)

螺纹螺距指主轴转一圈长轴的位移量(X 轴位移量按半径值)，C 点与D 点Z 轴坐标差的绝对值大于X 轴坐标差的绝对值(半径值，等于i 的绝对值) 时，Z 轴为长轴；反之，X 轴为长轴。

代码执行过程：

① 从起点快速移动到B1，螺纹切深为△d。如果a=0，仅移动X 轴；如果 a ≠ 0，X 轴和Z 轴同时移动，移动方向与A → D 的方向相同；

② 沿平行于C → D 的方向螺纹切削到与D → E 相交处(r ≠ 0 时有退尾过程)；

③ X 轴快速移动到E 点；

④ Z 轴快速移动到A 点，单次粗车循环完成；

⑤ 再次快速移动进刀到Bn(n 为粗车次数)，切深取$(\sqrt{n}\times\Delta d)$、$(\sqrt{n-1}\times\Delta d+\Delta dmin)$ 中的较大中的较大值，如果切深小于(k-d)，转②执行；如果切深大于或等于(k-d)，按切深(k-d) 进刀到Bf 点，转⑥执行最后一次螺纹粗车；

⑥ 沿平行于C → D 的方向螺纹切削到与D → E 相交处(r ≠ 0 时有退尾过程)；

⑦ X 轴快速移动到E 点；

⑧ Z 轴快速移动到A 点，螺纹粗车循环完成，开始螺纹精车；

⑨ 快速移动到Be 点(螺纹切深为 k、切削量为d) 后，进行螺纹精车，最后返回A 点，完成一次螺纹精车循环；

⑩ 如果精车循环次数小于m，转⑨进行下一次精车循环，螺纹切深仍为k，切削量为0；如果精车循环次数等于m，G76 复合螺纹加工循环结束。

注意事项：

●螺纹切削过程中执行进给保持操作后，系统仍进行螺纹切削，螺纹切削完毕，显示“暂停”，程序运行暂停；

● 螺纹切削过程中执行单程式段操作，在返回起点后(一次螺纹切削循环动作完成) 运行停止；

● 系统复位、急停或驱动报警时，螺纹切削减速停止；

● G76 P(m)(r)(a) Q(△dmin) R(d) 可全部省略或省略部分代码地址，省略的地址按参数设定值运行；

● m、r、a 用同一个代码地址P 一次输入，m、r、a 全部省略时，按参数NO.57、19、58 号设定值运行；地址P 输入1 位或2 位数时取值为a；地址P 输入3 位或4 位数时取值为r 与a；

● U、W 的符号决定了A → C → D → E 的方向，R(i) 的符号决定了C → D 的方向。U、W 的符号有四种组合方式，对应四种加工轨迹，见图3-46。

示例：图 3-49，螺纹为M68×6。

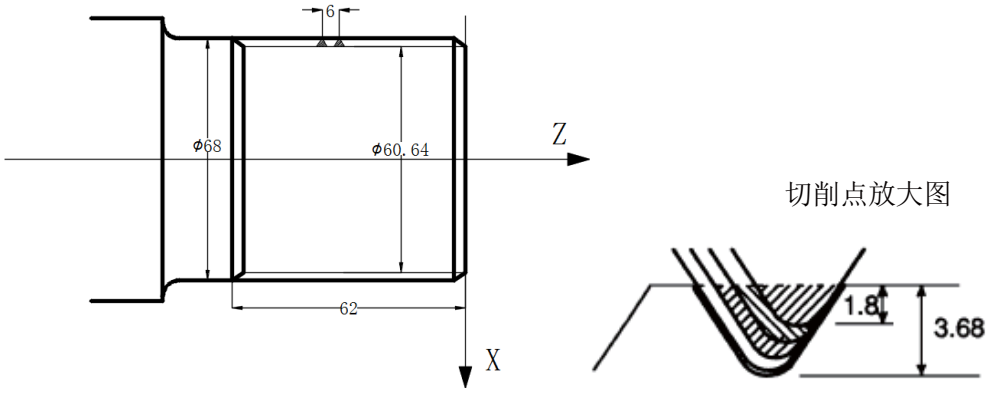


图 3-49

```
程序：O0013;
G50 X100 Z50 M3 S300;            ( 设置工件坐标系启动主轴，指定转速)
G00 X80 Z10;                     ( 快速移动到加工起点)
G76 P020560 Q150 R0.1;           ( 精加工重复次数2，倒角宽度0.5mm，刀具角
                                   60°， 最小切入深度0.15, 精车余量0.1)
G76 X60.64 Z-62 P3680 Q1800 F6;  ( 螺纹牙高 3.68，第一螺纹切削深度1.8)
G00 X100 Z50;                    ( 返回程序起点)
M30;                             ( 程序结束)
```

3.15 恒线速控制 G96、恒转速控制 G97

详细说明见本篇 2.2.3 节。

3.16 每分钟进给 G98、每转进给 G99

代码格式：G98 F__；（前导零可省略，给定每分进给速度）

代码功能：以 mm/min 为单位给定切削进给速度，G98 为模态 G 代码，如果当前为 G98 模态，可以不输入 G98。

代码格式：G99 F__；

代码功能：以毫米/转为单位给定切削进给速度，G99 为模态G 代码。如果当前为G99 模态，可以不输入G99。 CNC 执行G99 F__ 时，把F 代码值（毫米/ 转）与当前主轴转速（r/min）的乘积作为代码进给速度控制实际的切削进给速度，主轴转速变化时，实际的切削进给速度随着改变。使用G99 F__ 给定主轴每转的切削进给量，可以在工件表面形成均匀的切削纹路。在G99 模态进行加工，机床必须安装主轴编码器。

G98、G99 为同组的模态G 代码，只能一个有效。G98 为初态G 代码，CNC 上电时默认 G98 有效。每转进给量与每分钟进给量的换算公式：

Fm = Fr×S

其中：Fm：每分钟的进给量（mm/min）；

Fr：每转进给量（mm/r）；

S：主轴转速（r/min）。

CNC 上电时，进给速度为系统数据参数NO.076 设定的值。执行F0 后，进给速度为0。CNC 复位、急停时，F 值保持不变。

注：在G99 模态，当主轴转速低于1r/min 时，切削进给速度会出现不均匀的现象；主轴转速出现波动时，实际的切削进给速度会存在跟随误差。为了保证加工质量，建议加工时选择的主轴转速不能低于主轴伺服或变频器输出有效力矩的最低转速。

相关参数：

CNC 参数 NO.027：切削进给速率的上限值；

CNC 参数 NO.029：切削进给和手动进给时指数加减速时间常数；

CNC 参数 NO.030：切削进给时的起始（终止）速度。

3.17 宏代码

车床系统提供了类似于高级语言的宏代码，用户宏代码可以实现变量赋值、算术运算、逻辑判断及 条件转移，利于编制特殊零件的加工程序，减少手工编程时进行繁琐的数值计算，精简了用户程序。

3.17.1 宏变量

●变量的表示

变量用符号“#”+ 变量号来指定；

格式：# i(i=100，102，103，……)；

示例：#105，#109，#125。

●变量的类型

变量根据变量号可以分成四种类型。

变数号	变数类型	功能
#0	空变量	该变量总是空，没有值能赋给该变量
#1 ～ #50	局部变量	局部变量只能用在宏程序中储存数据，例如，运算结果。当断电时，局部变量被初始化为空。调用宏程序时，自变量对局部变量赋值。
#100 ～ #199 #500 ～ #9999	公共变量	公共变量在不同宏程序中意义相同。当断电时，变量#100 ～ #199 被初始化为空，变量#500 ～ #999 的数值被保存，即使断电也不丢失。
#1000 ～ #5235	系统变量	系统变量

● 变量的引用

用变量置换地址后数值。

格式：＜地址＞ +“#I”或＜地址＞ +“－ #I”，表示把变量“#I”的值或把变量“#I”的值的负值作为地址值。

示例：F#103…当#103=15 时，与F15 代码功能相同；

Z-#110…当#110=250 时，与Z-250 代码功能相同；

注 1：地址 O和 N 不能引用变量。如O#100，N#120 为非法引用；

注 2：如超过地址规定的最大代码值，则不能使用；例：#150 = 120 时，M#150 超过了最大代码值。

● 空变量

当变量值未定义时，该变量为空变量，变量#0 总是为空变量，它不能写，只能读。

当引用一个未定义的变量（ 空变量）时，地址本身也被忽略。

当#1 =＜ 空 ＞ 时	当#1 = 0 时
G00 X100 Z#1 等价于 G00 X100	G00 X100 Z#1 等价于 G00 X100 Z0

● 变量显示（不同系统型号显示界面有所不同）

（1） 在宏变量页面中，当变量显示空白时，表示该变量为空变量，即没有被定义。

（2） 公共变量（#100 ～ #199， #500 ～ #999）的值在宏变量页面有显示，也可以在改页面下，直接输入数据对公共变量进行赋值。

（3） 局部变量（#1 ～ #50）和系统变量的值不显示，如需查看某一局部变量或系统变量的值，可通过将其赋予公共变量的方式进行显示。

● 系统变量——分别如下所示：

1） 接口输入信号 #1000 —— #1047 （按位读取PMC输入信号）

2） 接口输出信号 #1100 —— #1047 （按位写出到PMC的信号）

3) X 轴长度补偿值 #1500 —— #1531 （半径值，可读写）
4) Z 轴长度补偿值 #1600 —— #1631 （可读写）
5) Y 轴长度补偿值 #1700 —— #1731 （可读写）
6) 刀尖半径补偿值 #1800 —— #1831 （可读写）
7) X 轴磨损补偿值 #1900 —— #1931 （半径值，可读写）
8) Z 轴磨损补偿值 #2000 —— #2031 （可读写）
9) Y 轴磨损补偿值 #2100 —— #2131 （可读写）
10) 刀尖半径磨损补偿值 #2200 —— #2231 （可读写）
11) 报警 #3000
12) 用户数据表 #3500 —— #3755 （只读，不能写）
13) 模态信息 #4000 —— #4030 （只读，不能写）
14) 位置信息 #5001 —— #5030 （只读，不能写）

系统变量详细说明

（1）接口信号：CNC只对G及F信号进行操作，至于是否有相应的I/O号与之对应要看具体的PLC定义。

变量号	功能
#1000 ～#1015	对应系统G54.0 ～ G54.7，G55.0 ～ G55.7的信号状态
#1032	对应系统G54，G55两个字节的信号状态
#1100 ～#1115	对应系统F54.0 ～ F54.7，F55.0 ～ F55.7的信号状态
#1132	对应系统F54，F55两个字节的信号状态
#1133	对应系统F56，F57，F58，F59四个字节的信号状态

（2）刀具补偿系统变量：

补偿号	偏置补偿值					磨损补偿值			
	X 轴	Z 轴	Y 轴	半径		X 轴	Z 轴	Y 轴	半径
1	#1500	#1600	#1700	#1800		#1900	#2000	#2100	#2200
•••	•••	•••	•••	•••		•••	•••	•••	•••
•••	•••	•••	•••	•••		•••	•••	•••	•••
32	#1531	#1631	#1731	#1831		#1931	#2031	#2131	#2231

（3）系统模态信息变量

变量号	功能	
#4001	G00、G01、G02、G03、G32、G33、G34、G80、G84、G88、G90、G92、G94	第 1 组
#4002	G96、G97	第 2 组
#4003	G98、G99	第 3 组
#4005	G54、G55、G56、G57、G58、G59	第 5 组
#4006	G20、G21	第 6 组
#4007	G40、G41、G42	第 7 组
#4016	G17、G18、G19	第 16 组
#4020	F 代码	

#4021	M 代码
#4022	顺序号
#4023	程序号
#4024	S 代码
#4025	T 代码

（4）坐标位置信息的系统变量：

变量号	位置信号	坐标系	刀具补偿值	运动时的读操作
#5000 ～ #5005	程序段终点	工件坐标系	不包含	可以
#5006 ～ #5010	当前位置（机床坐标）	机床坐标系	包含	不可以
#5011 ～ #5015	当前位置（绝对坐标）	工件坐标系	包含	不可以

注：上表中所列出的位置信息按顺序分别对应于X 轴、Z 轴、Y 轴、第4 轴、第5 轴，例如：#5001 表示X 轴的位置信息，#5002 表示Z 轴的位置信息，#5003 表示Y 轴的位置信息，#5004 表示第4 轴的位置信息，#5005 表示第5轴的位置信息；

(5) 工件零点偏移量和工件坐标系：

基偏移量：#5201 ～ #5205

G54：#5206 ～ #5210

G55：#5211 ～ #5215

G56：#5216 ～ #5220

G57：#5221 ～ #5225

G58：#5226 ～ #5230

G59：#5231 ～ #5235

●局部变量

地址与局部变量的对应关系：

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

3.17.2 运算命令和转移命令 G65

一般代码格式：G65 H(m) P(#I) Q(#J) R(#K)；

其中：m：表示运算命令或转移命令功能。

#I：存入运算结果的变量名。

#J：进行运算的变量名1，可以是常数。

#K：进行运算的变量名2，可以是常数。

代码意义：#I = #J □ #K

运算符号，有 H（m）决定

例：P#100 Q#101 R#102…..　　#100 = #101 □ #102；

P#100 Q#101 R15….　　#100 = #101 □ 15；

P#100 Q-100 R#102…..　　#100 = -100 □ #102；

说明：变量是常数时不可以带“#”；

宏运算（跳转）表

代码格式	功能	定义
G65 H01 P#I Q#J	赋值运算	#I =#J ；把变量#j的值赋给变量#i
G65 H02 P#I Q#J R#K	十进制加法运算	#I = #J + #K
G65 H03 P#I Q#J R#K	十进制减法运算	#I = #J - #K
G65 H04 P#I Q#J R#K	十进制乘法运算	#I = #J × #K
G65 H05 P#I Q#J R#K	十进制除法运算	#I = #J ÷ #K
G65 H11 P#I Q#J R#K	二进制加法（或运算）	#I = #J OR #K
G65 H12 P#I Q#J R#K	二进制乘法（与运算）	#I = #J AND #K
G65 H13 P#I Q#J R#K	二进制异或	#I = #J XOR #K
G65 H21 P#I Q#J	十进制开平方	#I = $\sqrt{\#J}$
G65 H22 P#I Q#J	十进制取绝对值	#I = $\lvert\#J\rvert$
G65 H23 P#I Q#J R#K	十进制取余数	#I =（#J ÷ #K）的余数
G65 H24 P#I Q#J	十进制变为二进制	#I = BIN (#J)
G65 H25 P#I Q#J	二进制变为十进制	#I = BCD (#J)
G65 H26 P#I Q#J R#K	十进制乘除运算	#I = #I × #J ÷ #K
G65 H27 P#I Q#J R#K	复合平方根	#I = $\sqrt{\#J^2 + \#K^2}$
G65 H31 P#I Q#J R#K	正弦	#I = #J × SIN(#K)

G65 H32 P#I Q#J R#K	余弦	#I = #J × COS(#K)
G65 H33 P#I Q#J R#K	切弦	#I = #J × TAN(#K)
G65 H34 P#I Q#J R#K	反正切	#I = #J × ATAN(#K)
G65 H80 Pn	无条件转移	跳转至程序段n
G65 H81 Pn Q#J R#K	条件转移1	如果#J = #K ，则跳转至程序段n，否则顺序执行
G65 H82 Pn Q#J R#K	条件转移2	如果#J≠ #K ，则跳转至程序段n，否则顺序执行
G65 H83 Pn Q#J R#K	条件转移3	如果#J ＞ #K ，则跳转至程序段n，否则顺序执行
G65 H84 Pn Q#J R#K	条件转移4	如果#J ＜ #K ，则跳转至程序段n，否则顺序执行
G65 H85 Pn Q#J R#K	条件转移5	如果#J≥ #K ，则跳转至程序段n，否则顺序执行
G65 H86 Pn Q#J R#K	条件转移6	如果#J≤ #K ，则跳转至程序段n，否则顺序执行
G65 H99 Pn	产生用户报警	产生（3000+ n）的用户报警

1. 运算命令

1）变量的赋值：# I = # J

G65 H01 P#I Q#J

(例)G65 H01 P# 101 Q1005； (#101 = 1005)

G65 H01 P#101 Q#110； (#101 = #110)

G65 H01 P#101 Q-#102； (#101 = -#102)

2）十进制加法运算：# I = # J+# K

G65 H02 P#I Q#J R#K

(例)G65 H02 P#101 Q#102 R15； (#101 = #102+15)

3）十进制减法运算：# I = # J — # K

G65 H03 P#I Q#J R# K

(例)G65 H03 P#101 Q#102 R#103； (#101 = #102 — #103)

4）十进制乘法运算：# I = # J×# K

G65 H04 P#I Q#J R#K

(例)G65 H04 P#101 Q#102 R#103； (#101 = #102×#103)

5）十进制除法运算：# I = # J÷# K

G65 H05 P#I Q#J R#K
(例)G65 H05 P#101 Q#102 R#103； (#101 = #102÷#103)

6）二进制逻辑加(或)：# I = # J.OR. # K
G65 H11 P#I Q#J R#K
(例)G65 H11 P#101 Q#102 R#103； (#101 = #102.OR. #103)

7）二进制逻辑乘(与)：# I = # J.AND. # K
G65 H12 P#I Q#J R#K
(例)G65 H12 P# 101 Q#102 R#103； (#101 = #102.AND.#103)

8）二进制异或：# I = # J.XOR. # K
G65 H13 P#I Q#J R#K
(例)G65 H13 P#101 Q#102 R#103； (#101 = #102.XOR. #103)

9）十进制开平方：# I = $\sqrt{\#j}$
G65 H21 P#I Q#J
(例)G65 H21 P#101 Q#102 ； (#101 = $\sqrt{\#102}$)

10）十进制取绝对值：# I = | # J |
G65 H22 P#I Q#J
(例)G65 H22 P#101 Q#102 ； (#101 = | #102 |)

11）十进制取余数：# I = # J — TRUNC(#J/#K)×# K，TRUNC：舍取小数部分
G65 H23 P#I Q#J R#K
(例)G65 H23 P#101 Q#102 R#103； (#101 = #102- TRUNC (#102/#103)×#103)

12）十进制转换为二进制：# I = BIN (# J)
G65 H24 P#I Q#J
(例)G65 H24 P#101 Q#102 ； (#101 = BIN(#102))
13）二进制转换为十进制：# I = BCD (# J)
G65 H25 P#I Q#J
(例)G65 H25 P#101 Q#102 ； (#101 = BCD(#102))

14）十进制取乘除运算：# I =(# I×# J)÷# K
G65 H26 P#I Q#J R# k
(例)G65 H26 P#101 Q#102 R#103； (#101 =(# 101×# 102)÷# 103)

15）复合平方根：# I =$\sqrt{\#j^2 + \#k^2}$
G65 H27 P#I Q#J R#K
(例)G65 H27 P#101 Q#102 R#103； (#101 = $\sqrt{\#102^2 + \#103^2}$)

16）正弦：# I = # J•SIN(# K)(单位：度)

G65 H31 P#I Q#J R#K
(例)G65 H31 P#101 Q#102 R#103； (#101 = #102•SIN(#103))

17) 余弦：# I = # J•COS(# K)(单位：度)
G65 H32 P#I Q#J R# k
(例)G65 H32 P#101 Q#102 R#103； (#101 =#102•COS(#103))

18) 正切：# I = # J•TAN(# K)(单位：度)
G65 H33 P#I Q#J R# K
(例)G65 H33 P#101 Q#102 R#103； (#101 = #102•TAN(#103))

19) 反正切：# I = ATAN(# J /# K)(单位：度)
G65 H34 P#I Q#J R# k
(例)G65 H34 P#101 Q#102 R#103； (#101 =ATAN(#102/#103))

2. 转移命令

1) 无条件转移
G65 H80 Pn； n：顺序号
(例)G65 H80 P120；(转到 N120 程序段)

2) 条件转移 1 #J.EQ.# K (=)
G65 H81 Pn Q#J R# K； n：顺序号
(例) G65 H81 P1000 Q#201 R#202；
当# 101 = #102 时，转到 N1000 程序段，当#101 ≠ #102 时，顺序执行。

3) 条件转移 2 #J.NE.# K (≠)
G65 H82 Pn Q#J R# K； n：顺序号
(例) G65 H82 P1000 Q#101 R#102；
当# 101 ≠ #102 时，转到 N1000 程序段，当#101 = #102 时，程序顺序执行。

4) 条件转移 3 #J.GT.# K (＞)
G65 H83 Pn Q#J R# K； n：顺序号
(例) G65 H83 P1000 Q#101 R#102；
当# 101 ＞ #102 时，转到 N1000 程序段，当#101 ≤ #102 时，程序顺序执行。

5) 条件转移 4 #J.LT.# K (＜)
G65 H84 Pn Q#J R# K； n：顺序号
(例) G65 H84 P1000 Q#101 R#102；
当# 101 ＜ #102 时，转到 N1000 程序段，当#101 ≥ #102 时，程序顺序执行。

6）条件转移 5 #J.GE.# K（ ≥ ）

G65 H85 Pn Q#J R# K； n：顺序号

（ 例）G65 H85 P1000 Q#101 R#102；

当# 101 ≤#102 时，转到 N1000 程序段，当#101 ＜ #102 时，顺序执行。

7）条件转移 6 #J.LE.# K（ ≤ ）

G65 H86 Pn Q#J R# K； n：顺序号

（ 例）G65 H86 P1000 Q#101 R#102；

当# 101 ≤ #102 时，转到 N1000 程序段，当#101 ＞ #102 时，顺序执行。

8）发生 P/S 报警

G65 H99 Pi； i：报警号+3000

（ 例）G65 H99 P15；

发生 P/S 报警 3015.

注：可以用变量指定顺序号。如：G65 H81 P#100 Q#101 R#102；当条件满足时，程序移到#100 指定的顺序号的程序段。

3.17.3 宏程序调用代码

用户宏程序调用(G65) 和子程序调用(M98) 的区别如下：

1、用 G65 可以指定自变量数据并传送到宏程序，而M98 没有该功能。

2、用 G65 可以改变局部变量的级别，用M98 不能。

3、G65 该代码之前只允许出现代码字N 且紧跟其后要出现 P 或H 代码字。

非模态调用(G65)

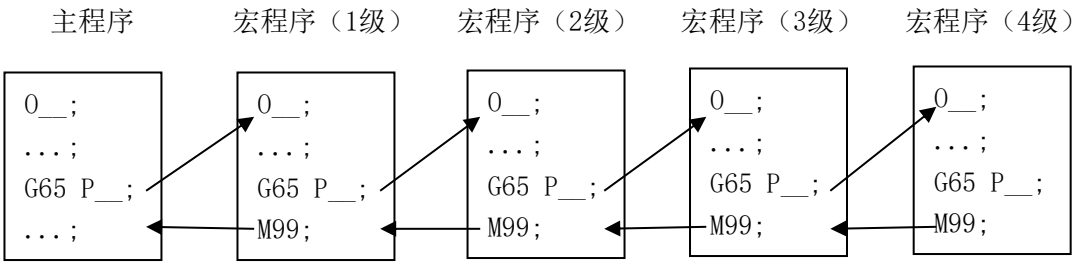
代码格式：G65 P_ L_ < 自变量>_；以地址 P 指定的宏程序被调用，自变量(数据) 传递到用户宏程序体中。

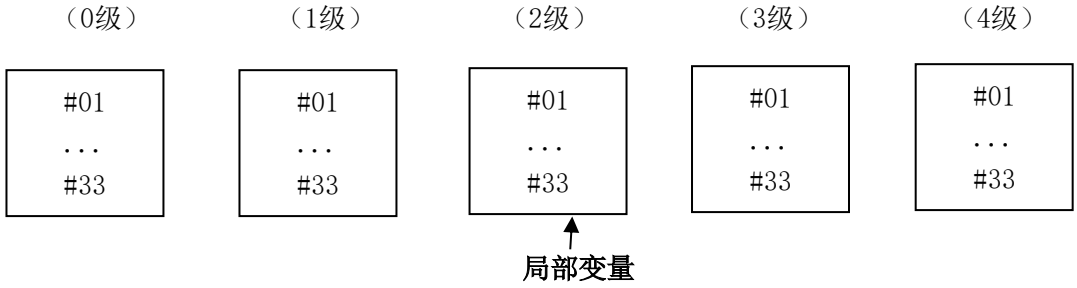
代码说明：P_ 被调用的宏程序号

L_ 被调用的次数(省略则默认为1，可以指定从1 到9999 的重复次数)

< 自变量> 被传送到宏程序中的数据，其值被赋给相应的局部变量。

嵌套调用：G65 调用可以有四级嵌套。





自变量的指定：使用除 G,L,O,N,P 以外的字母，每个字母只能指定一次，重复指定则最后指定的有效。

方式I 的自变量地址及所对应的变量号一览表

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

注：不需要指定的地址可以省略，于被省略的地址相对应的局部变量将被赋为< 空>。

3.18 公英制转换

3.18.1 功能概述

CNC 数控系统的输入和输出单位分别有两种单位：公制单位，毫米 (mm) 和英制单位，英寸 (inch)。

车床系统中与公英制有关的参数有下列状态参数：

NO.001 # 0(INI)：输入增量单位选择

0：公制输入(G21)

1：英制输入(G20)

该参数与功能代码G20/G21 完全对应。即：程序中执行G20/G21 时该参数也随之改变；修改该参数时，G20/G21 模态也相应变化。

NO.003 # 0(OIM)：公英制输入方式转换时，刀具补偿值及磨损值是否进行自动转换：

0：不进行自动转换(只移动一位小数点)

1：进行自动转换

NO.004 # 0(SCW)：公制机床、英制机床选择(最小输出增量选择)

0：公制机床输出(0.001mm)
1：英制机床输出(0.0001inch)

3.18.2 功能代码 G20/G21

代码格式：G20；(英寸输入)
G21；(毫米输入)
该G 代码必须编在程序的开头，以单独程序段指定。

3.18.3 注意事项

（1）. NO.001 # 0(INI) 输入增量单位改变
①. 在输入增量单位改变(英制/ 公制输入) 转换之后，改变下面值的单位制(即：mm<>inch ；mm/min<>inch/min)：
－由 F 代码指定的进给速度(mm/min<>inch/min)，螺纹导程(mm <>inch)
—位置代码(mm<>inch)
—刀具补偿值(mm<>inch)
—手轮的刻度单位(mm<>inch)
—增量进给中的移动距离(mm<>inch)
—部分数据参数，包括 NO.45~NO.48、NO.56、NO.59、NO.60、NO.114~ NO.116、NO.120~ NO.131、NO.139、No.140、No.154；当是公制输入(G21) 时其单位按 0.001mm(IS-B)，当是英制输入(G20) 时其单位按 0.0001inch(IS-B)。例如：同一参数 NO.45 设置值都为 100，当输入方式是公制 G21 时代表的 意义是 100mm；当输入是英制 G20 时代表的的意义是 100inch。
②. 在输入增量单位改变(英制/ 公制输入) 转换之后，机床坐标将自动转换：

（2）. NO.004# 0(SCW) 输出代码单位改变
SCW=0 时表示系统的最小代码增量按公制输出(0.001mm) SCW=1 时系统的最小代码增量按英制输出(0.0001inch) 当改变输出控制位参数 SCW 时部分数据参数的意义会改变：

①. 速度参数：公制
机床：mm/min 英制
机床：0.1 inch/min
如：速度设定值 3800，公制机床表示 3800 mm/min，英制机床表示 380 inch/min。这些速度参数有：No.22、No.23、No.27、No.28~No.31、No.32、No.33、No.41、No.107、No.113、No.134；
②. 位置(长度) 参数：公制
机床：0.001 mm 英制
机床：0.0001 inch

如：设定值 100，公制机床表示 0.1 mm，英制机床表示 0.01 inch。这些参数有：No.34、No.35、No.37~ No.40、No.45~ No.48、No.102~ No.104、No.136~No.138 以及所有的螺距误差补偿参数；

注 1：当最小输入增量和最小指令增量单位不同时，最大误差是最小指令增量的一半。这个误差不累积。

注 2：以上说明中，当前的系统增量为 IS-B。

第四章 刀尖半径补偿(G41、G42)

4.1 刀尖半径补偿的应用

4.1.1 概述

零件加工程序一般是以刀具的某一点（通常情况下以假想刀尖，如图4-1 的A 点所示）按零件图纸进行编制的。但实际加工中的车刀，由于工艺或其他要求，刀尖往往不是一假想点，而是一段圆弧。切削加工时，实际切削点与理想状态下的切削点之间的位置有偏差，会造成过切或少切，影响零件的精度。因此在加工中进行刀尖半径补偿以提高零件精度。

图 4-1 刀具

将零件外形的轨迹偏移一个刀尖半径的方法就是B 型刀具补偿方式，这种方法简单，但在执行一程序段完成后，才处理下一程序段的运动轨迹，因此在两程序的交点处会产生过切等现象。 为解决上述问题、消除误差，因此有必要建立C 型刀具补偿方式。C 型刀具补偿方式在读入一程序段时，并不马上执行，而是再读入下一程序段，根据两个程序段交点连接的情况计算相应的运动轨迹（转接向量）。由于读取两个程序段进行预处理，因此C

型刀具补偿方式在轮廓上能进行更精确的补偿。如图4-2 所示。

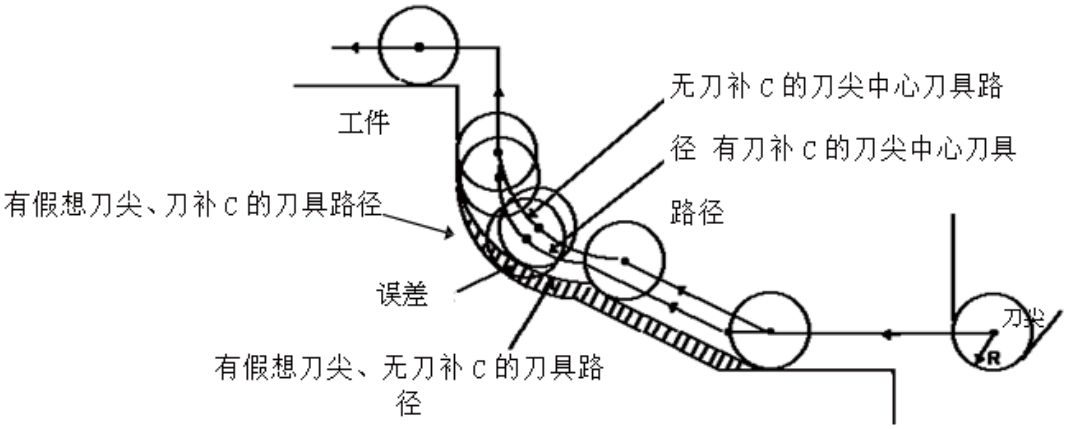


图 4-2

4.1.2 假想刀尖方向

假想刀尖的设定是因为一般情况下将刀尖半径中心设定在起始位置比较困难的，如图4-3；而假想刀尖设在起始位置是比较容易的，如图4-4；编程时可不考虑刀尖半径。图4-5、4-6 分别为以刀尖中心编程和以假想刀尖编程时，使用刀尖半径补偿与不使用刀尖半径补偿时的刀具轨迹图对比。

图4-3

如果不用刀尖半径补偿，刀尖中心轨迹将同于编程轨迹

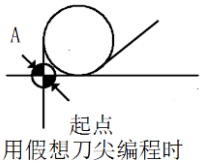


图4-4

如果使用刀尖半径补偿，将实现精密切削

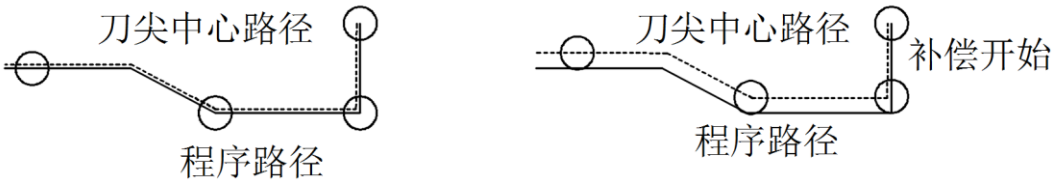


图4-5

没有刀尖半径补偿，假想刀尖轨迹将同于编程轨迹　　使用刀尖半径补偿，将实现精密切削

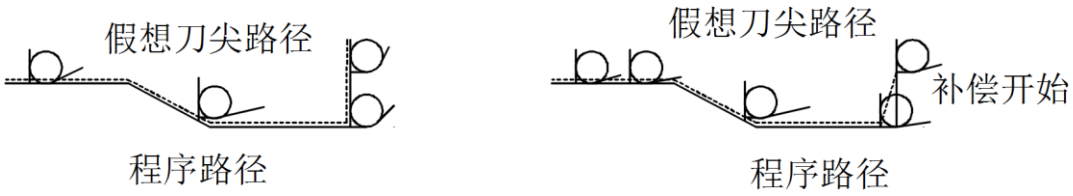


图4-6

以假想刀尖编程时的刀具轨迹在程序的编制过程中刀具是被假想成为一点，而实际的切削刃因工艺要求或其它原因不可能是一个理想的点。这种由于切削刃不是一理想点而是一段圆弧造成的加工误差，可用刀尖圆弧半径补偿功能来消除。在实际加工中，假想刀尖点与刀尖圆弧中心点有不同的位置关系，因此要正确建立假想刀尖的刀尖方向（即对刀点是刀具的哪个位置）。

从刀尖中心往假想刀尖的方向看，由切削中刀具的方向确定假想刀尖号。假想刀尖共有10（T0 ～T9）种设置，共表达了9 个方向的位置关系。需特别注意即使同一刀尖方向号在不同坐标系（后刀座坐标系与前刀座坐标系）表示的刀尖方向也是不一样的，如下图所示。图中说明了刀尖与起点间的关系，箭头终点是假想刀尖；后刀座坐标系T1 ～ T8 的情况，如图4-7；前刀座坐标系T1 ～ T8 的情况，如图4-8。T0 与T9 是刀尖中心与起点一致时的情况，如图4-9。

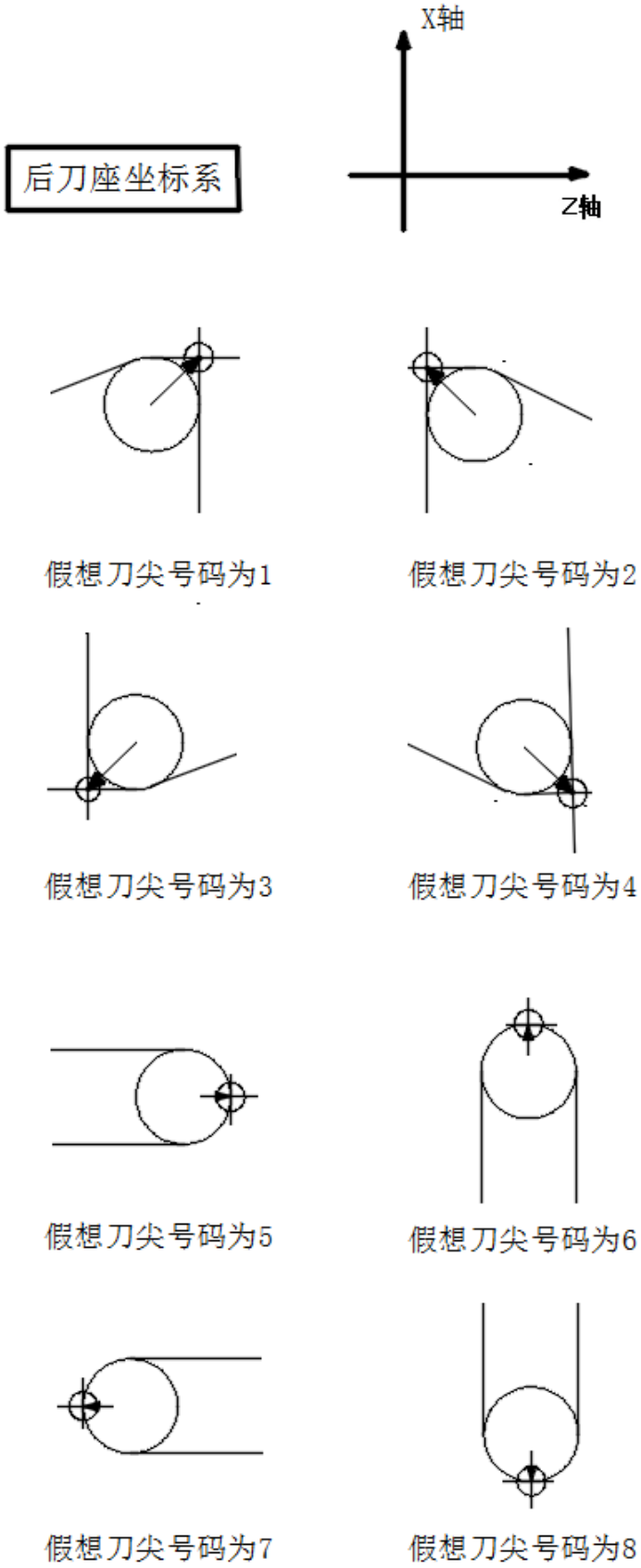


图 4-7　后刀座坐标系中假想刀尖号码

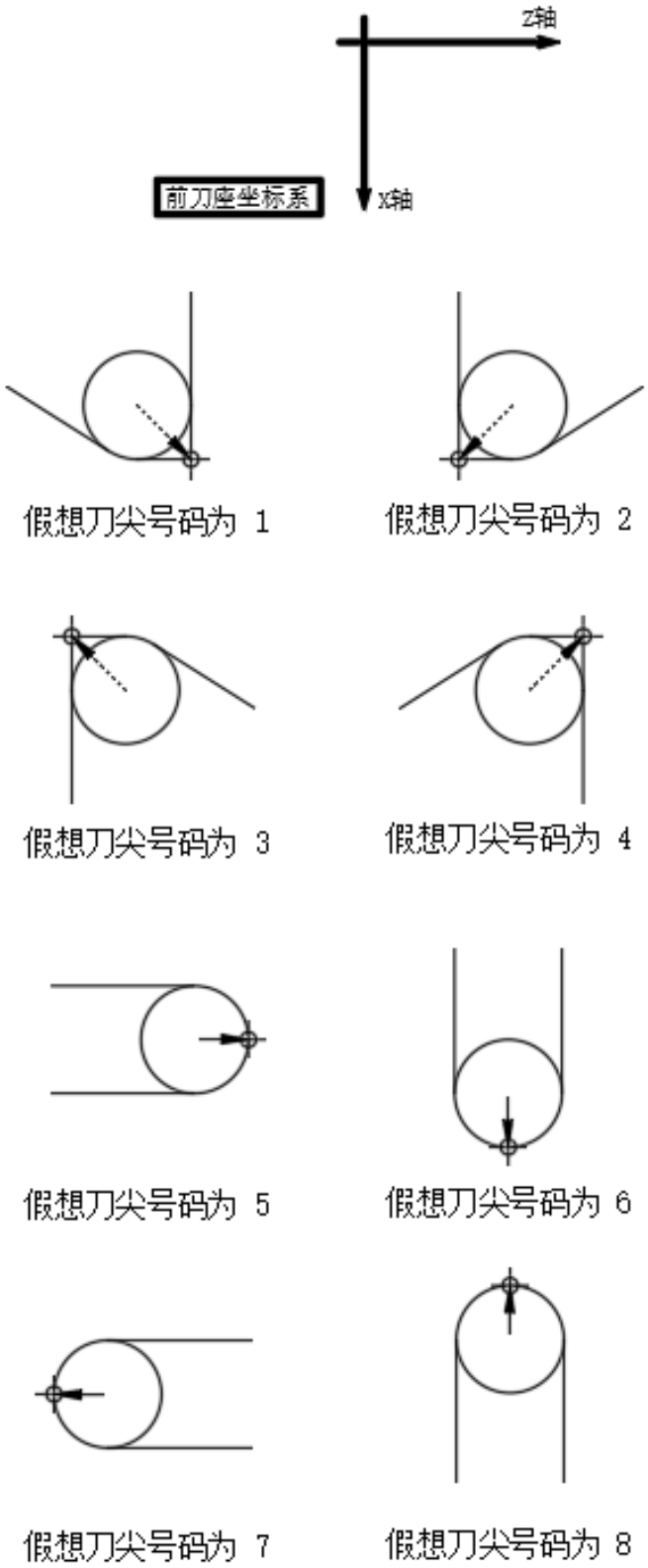


图 4-8 前刀座坐标系中假想刀尖号码

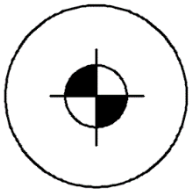


图 4-9 刀尖中心与起点一致

4.1.3 补偿值的设置

每把刀的假想刀尖号与刀尖半径值必须在应用C 刀补前预先设置。刀尖半径补偿值在偏置页面(见表4-1) 下设置，R 为刀尖半径补偿值，T 为假想刀尖号。

表 4-1 CNC 刀尖半径补偿值显示页面

序号	X	Z	R	T
00	0.000	0.000	0.000	0
01	0.020	0.030	0.020	2
02	1.020	20.123	0.180	3
...	...	...	...	...
32	0.050	0.380	0.300	6

注：X 方向刀具偏置值可以用直径或半径值指定，由参数 No.004 的 bit4 位的 ORC 设定，ORC ＝ 1 时偏置值以半径表示，ORC ＝ 0 时偏置值以直径表示。

在进行对刀操作时要特别注意，当选择了Tn(n=0 ～ 9) 号假想刀尖时，对刀点一定也要是Tn(n=0 ～9) 号假想刀尖点。如图4-10 所示为在后刀座坐标系中选择T0 与T3 刀尖点时的不同对刀方法，以刀架中心为标准点，同一刀具，从标准点到刀尖半径中心（假想刀尖为T0 时）的偏置值与从标准点到假想刀尖（假想刀尖为T3 时）的偏置值，两者是不一样的。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很多，因此通常以标准点到假想刀尖的距离来设置刀具偏置值(即通常选择T3 号刀尖方向)。

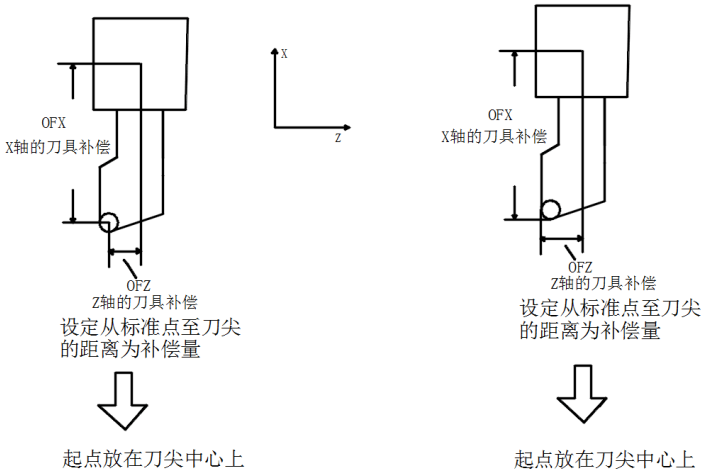


图 4-10 以刀架中心为基准点的刀具偏置值

4.1.4 代码格式

G40
G41
G42

G00
G01

X_ Z_ T_

代码	功能说明	备注
G40	取消刀尖半径补偿	详见图 4-11、图 4-12 的说明
G41	后刀座坐标系中 G41 指定是左刀补，前刀座坐标系 G41 指定是右刀补	
G42	后刀座坐标系中 G42 指定是右刀补，前刀座坐标系 G42 指定是左刀补	

4.1.5 补偿方向

应用刀尖半径补偿，必须根据刀尖与工件的相对的位置来确定补偿的方向，如 4-11、4-12。

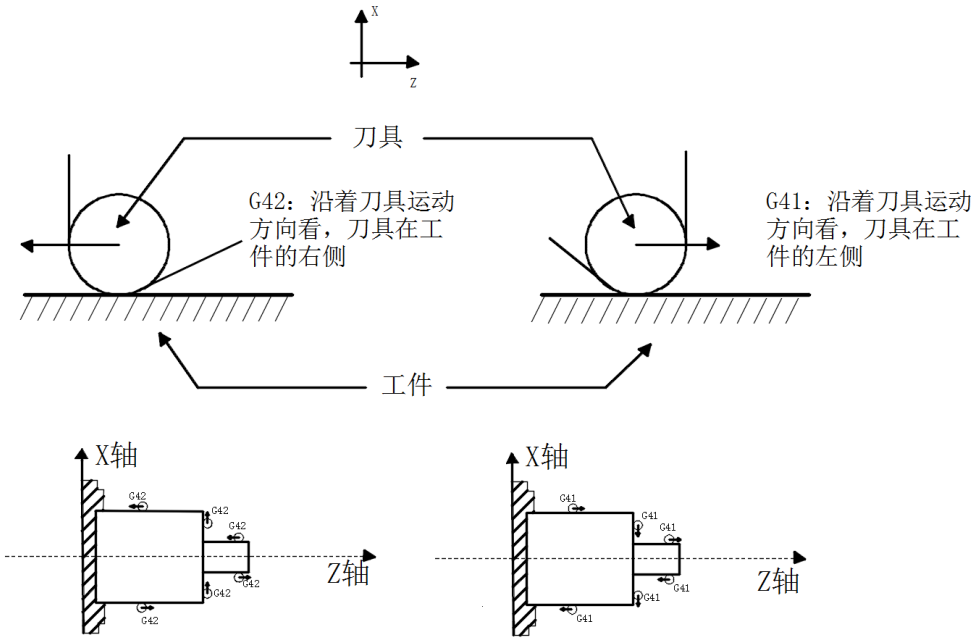


图 4-11 后刀座坐标系补偿方向

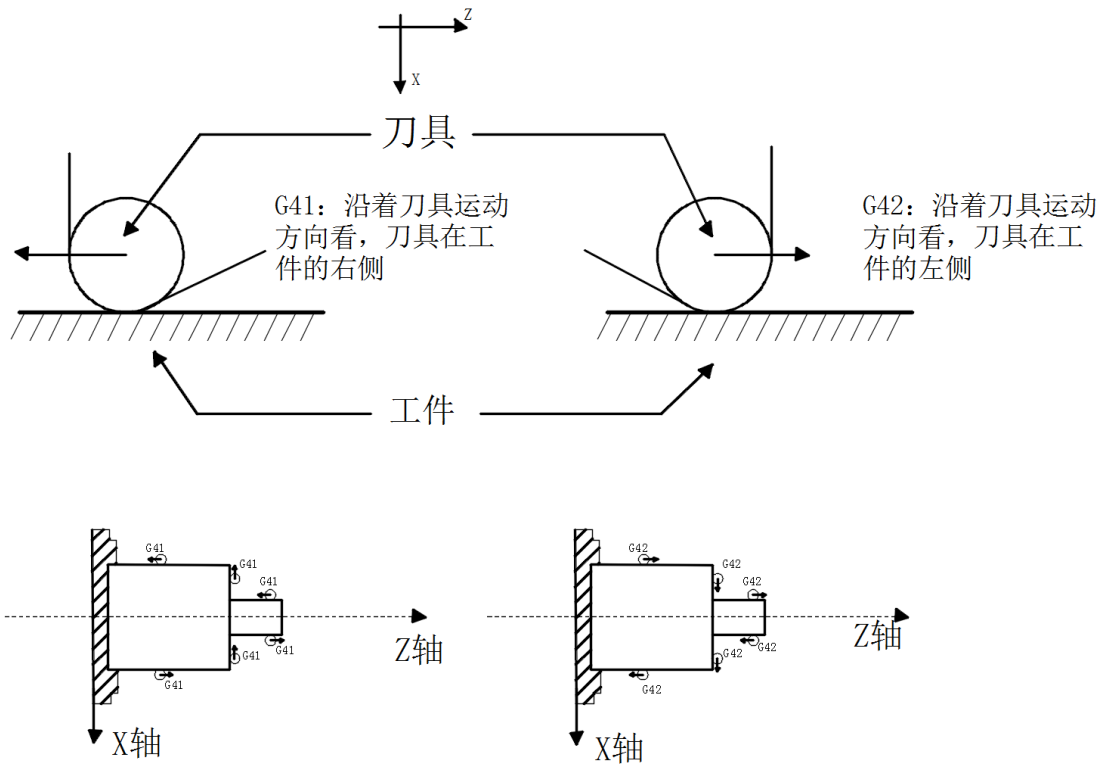


图 4-12 前刀座坐标系补偿方向

4.1.6 注意事项

＊ 初始状态CNC 处于刀尖半径补偿取消方式，在执行G41 或G42 代码，CNC 开始建立刀尖半径补偿偏置方式。在补偿开始时，CNC 预读2 个程序段，执行一程序段时，下一程序段存入刀尖半径补偿缓冲存储器中。在单段运行时，读入两个程序段，执行第一个程序段终点后停止。在连续执行时，预先读入两个程序段，因此在CNC 中正在执行的程序段和其后的两个程序段。

＊ 在刀尖半径补偿中，处理2 个或两个以上无移动代码的程序段时（如辅助功能，暂停等），刀尖中心会移到前一程序段的终点并垂直于前一程序段程序路径的位置。

＊ 在录入方式(MDI) 下不能执行刀补C 建立，也不能执行刀补C 撤消。

＊ 刀尖半径R 值不能输入负值，否则运行轨迹出错。

＊ 刀尖半径补偿的建立与撤消只能用G00 或G01 代码，不能是圆弧代码（G02 或G03）。如果指定，会产生报警。

＊ 按RESET（复位）键或执行M30 后，CNC 将取消刀补C 补偿模式。

＊ 在程序结束前必须指定G40 取消偏置模式。否则，再次执行时刀具轨迹偏离一个刀尖半径值。

＊ 在主程序和子程序中使用刀尖半径补偿，在调用子程序前（即执行M98 前），CNC 必须在补偿取消模式，在子程序中再次建立刀补C。

*G71、G72、G73、G74、G75、G76 代码不执行刀尖半径补偿，暂时撤消补偿模式。

*G90、G94 代码在执行刀尖半径补偿，无论是G41 还是G42 都一样偏移一个刀尖半径（按假想刀尖0 号）进行切削。

4.1.7 应用示例

在前刀座坐标系中加工图4-13 所示零件。使用刀具号为T0101，刀尖半径R ＝ 2，假想刀尖号T=3。

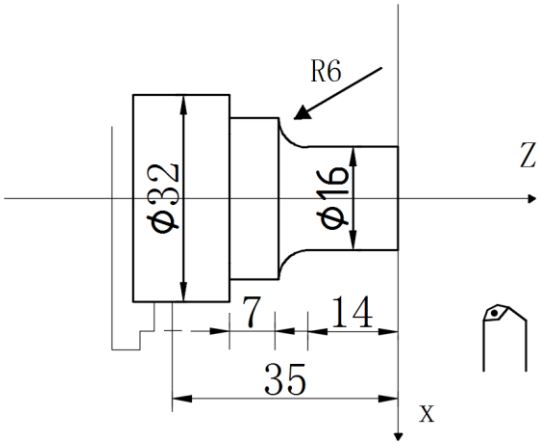


图4-13

在偏置取消模式下进行对刀，对刀完成后，通常Z 轴要偏移一个刀尖半径值，偏移的方向根据假想刀尖方向和对刀点有关，否则在起刀时会过切一个刀尖半径值。

在刀偏设置页面下，刀尖半径R 与假想刀尖方向的设置：

表 4-2

序号	X	Z	R	T
00	0.000	0.000	0.000	0
01	...	...	2	3
...	...	...	...	...
08	...	...	...	...

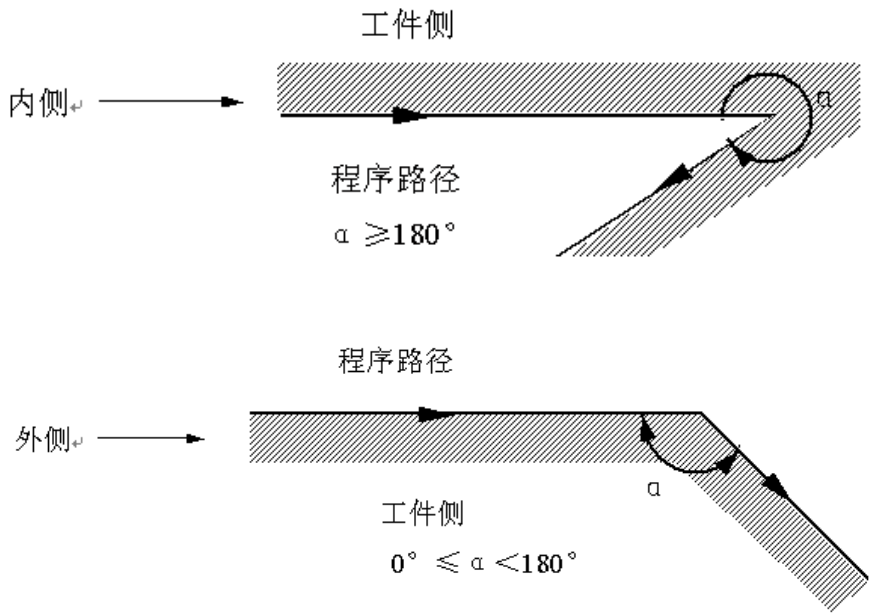
程序：

```
G00 X100 Z50 M3 T0101 S600;   （定位，开主轴、换刀与执行刀补）
G42 G00 X0 Z3;                （建立刀尖半径补偿）
G01 Z0 F300;                  （切削开始）
X16;
Z-14 F200;
G02 X28 W-6 R6;
G01 W-7;
X32;
Z-35;
G40 G00 X90 Z40;              （取消刀尖半径补偿）
G00 X100 Z50 T0100;
M30;
```

4.2 刀尖半径补偿偏移轨迹说明

4.2.1 内侧、外侧概念

在后面的说明中将用到两个术语‘内侧’‘外侧’。两个移动程序段交点的夹角大于或等于180° 时称为‘内侧’；两个移动程序段交点的夹角在0 ～ 180° 之间时称为‘外侧’。



4.2.2 起刀时的刀具移动

实现刀尖半径补偿要经过3 个步骤：刀补建立、刀补进行、刀补撤消。

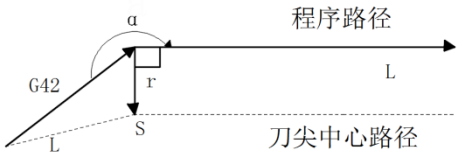
从偏置取消方式到建立G41 或G42 代码的开始执行过程，其刀具的移动称为刀补建立（也称为起刀）。

注：在下面的图中标注的 S、L、C，如无特别注明均为以下意思：

S—— 单段停止点；L—— 直线；C—— 圆弧。

刀具路径在补偿开始或取消时的动作有A 型和B 型2 种，由状态参数172.3 选择。

（a）沿着拐角的内侧移动（α ≥ 180°）



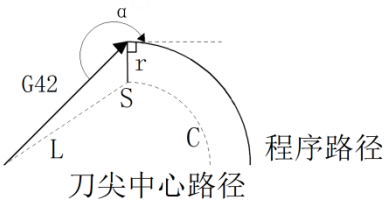
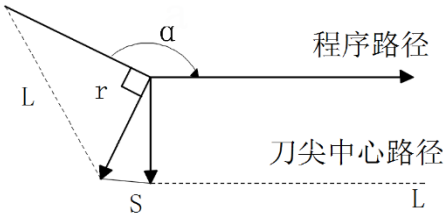


图4-14a 直线——直线（内侧起刀） **图4-14b直线——圆弧（内侧起刀）**

（b）沿着拐角为钝角的外侧移动（180° > α ≥ 90°）



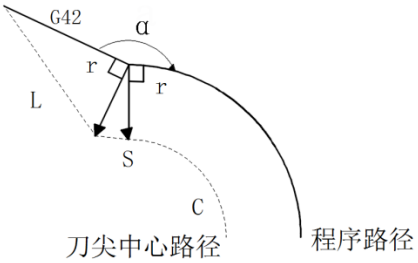
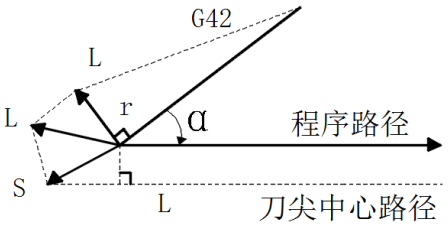


图4-15a 直线——直线（外侧起刀） **图4-15b 直线——圆弧（外侧起刀）**

（c）沿着拐角为锐角的外侧移动（α < 90°）



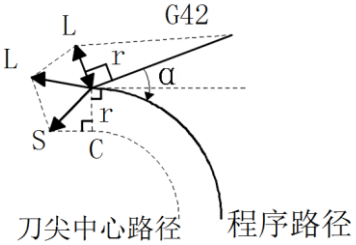


图4-14a 直线——直线（外侧起刀） **图4-16b 直线——圆弧（外侧起刀）**

（d）沿着拐角为小于1 度的锐角的外侧移动，直线→直线。（α ≦ 1°）

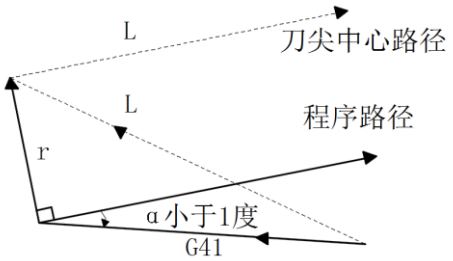


图4-17 直线——直线（拐角小于1度，外侧起刀）

4.2.3 偏置方式中的刀具移动

在建立刀尖半径补偿后、取消刀尖半径补偿前称为偏置方式。

＊ 补偿模式中不变更补偿方向的偏移轨迹

（a）沿着拐角的内侧移动（α ≥ 180°）

1）直线——直线

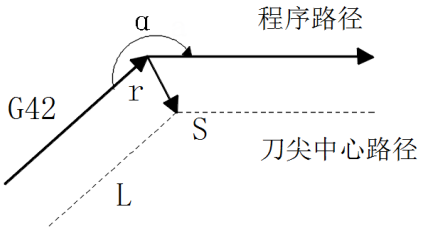


图4-18a 直线——直线（内侧移动）

2）直线——圆弧

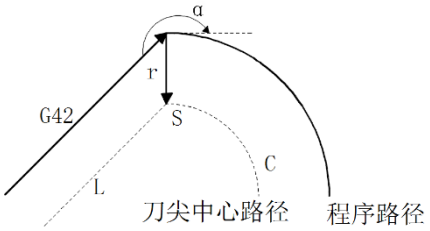


图4-18b 直线——圆弧（内侧移动）

3）圆弧——直线

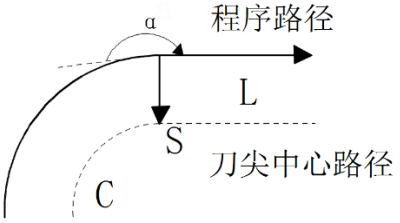


图4-18c 圆弧——直线（内侧移动）

4）圆弧——圆弧

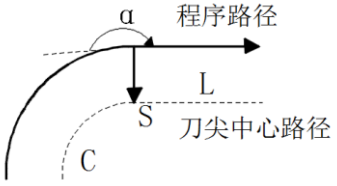


图4-18d 圆弧——圆弧（内侧移动）

（b）沿着拐角为钝角的外侧移动（180° ＞ α ≥ 90°）

1）直线——直线

2）直线——圆弧

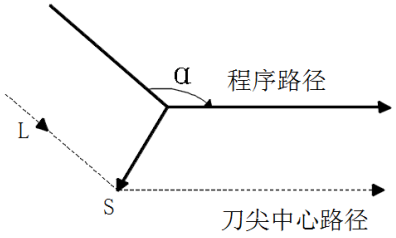


图4-19a 直线——直线（钝角、外侧移动）

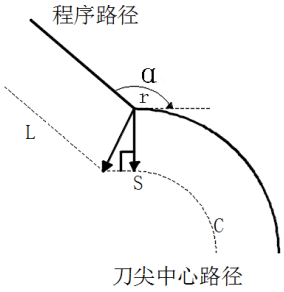


图4-19b 直线——圆弧（钝角、外侧移动）

3）圆弧——直线

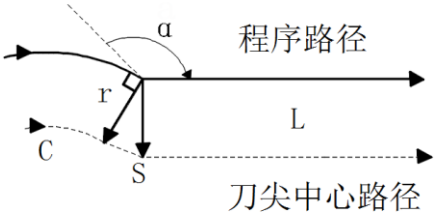


图4-19c 圆弧——直线（钝角、外侧移动）

4）圆弧——圆弧

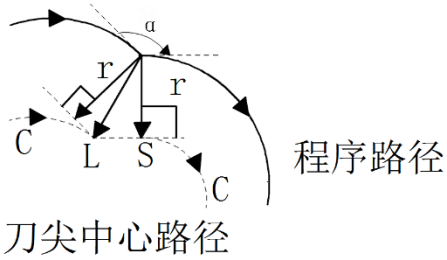


图4-19d 圆弧——圆弧（钝角、外侧移动）

（c）沿着拐角为锐角的外侧移动（α ＜ 90°）

1）直线——直线

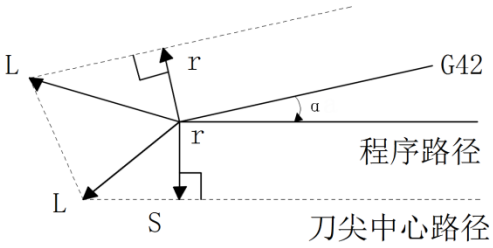


图4-20a 直线——直线（锐角、外侧移动）

2）直线——圆弧

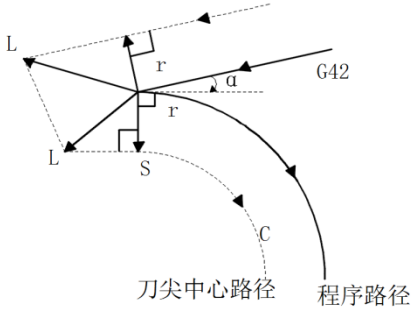
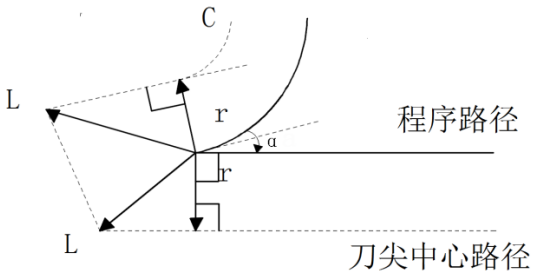


图4-20b 直线——圆弧（锐角、外侧移动）

3）圆弧——直线

4）圆弧——圆弧



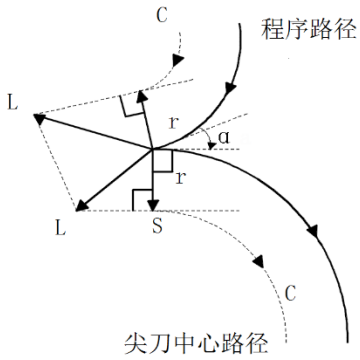


图4-20c 直线——直线（锐角、外侧移动）　　图4-20d 直线——圆弧（锐角、外侧移动）

5）小于1度内侧加工及补偿向量放大

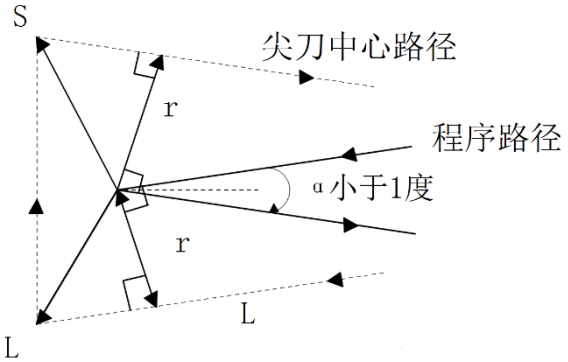


图4-20e 直线——直线（拐角小于1度、内侧移动）

（d）特殊情况

1）没有交叉点时

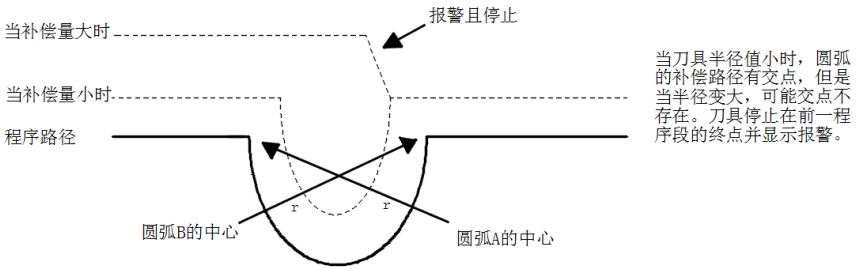


图4-21 特殊情况——偏置后的轨迹无交叉点

2） 圆弧中心与起点或终点一致

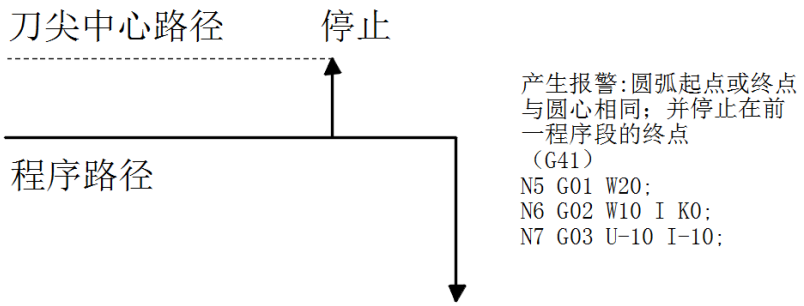


图4-22 圆弧的圆心与起点或终点一致

＊ 补偿模式中变更补偿方向的偏移轨迹

补偿量号 / G代码	+	-
G41	左侧补偿	右侧补偿
G42	右侧补偿	左侧补偿

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

1）直线——直线

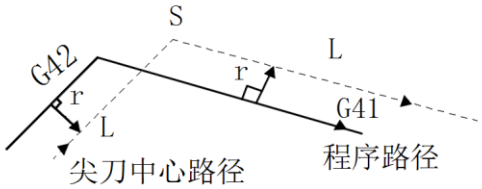


图4-23 直线——直线（变更补偿方向）

2）直线——圆弧

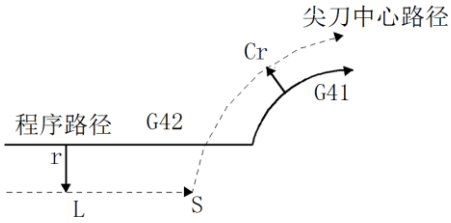
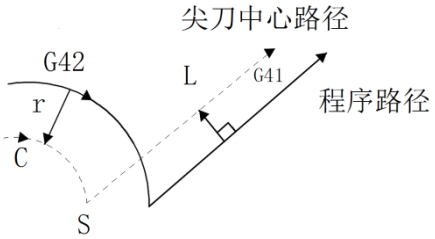


图4-24 直线——圆弧（变更补偿方向）

3）圆弧——直线



4）圆弧——圆弧

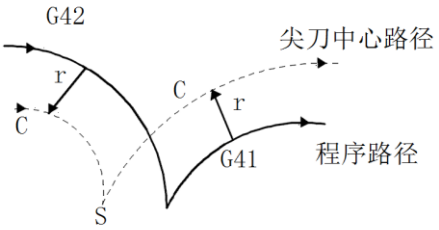


图4-25 圆弧——直线（变更补偿方向）　　图4-26 圆弧——圆弧（变更补偿方向）

5）如果补偿正常执行，但没有交点时

当用 G41 及 G42 改变程序段 A 至程序段 B 的偏置方向时，如果不需要偏置路径的交点，在程序段 B 的起点做成垂直与程序段 B 的向量。

1） 直线——直线

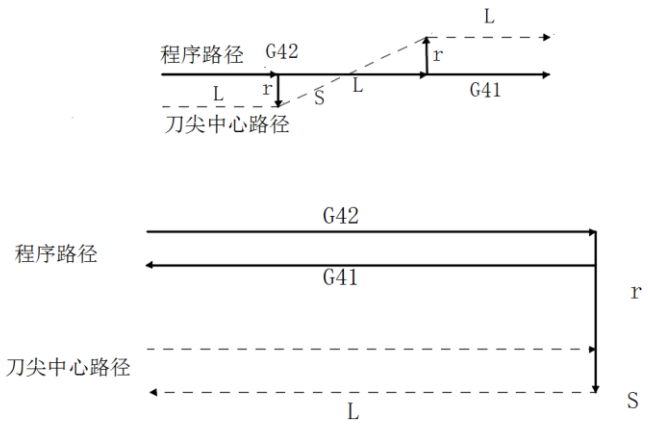


图4-27a 直线——直线、无交点（变更补偿方向）

2） 直线——圆弧

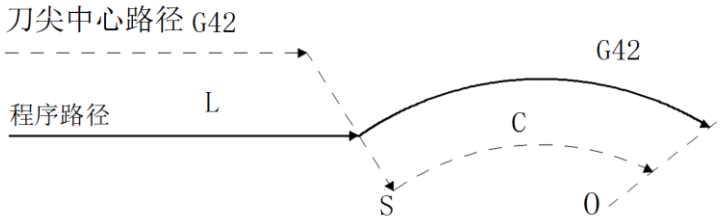


图4-27b 直线——圆弧、无交点（变更补偿方向）

3）圆弧——圆弧

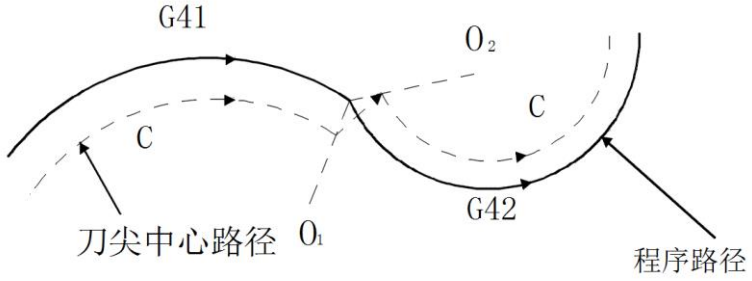


图4-27c 圆弧——圆弧、无交点（变更补偿方向）

4.2.4 偏置取消方式中的刀具移动

在补偿模式，当程序段满足以下任何一项条件执行时，CNC 进入补偿取消模式，这个程序段的动作称为补偿取消。

1、在程序中使用了G40 代码；

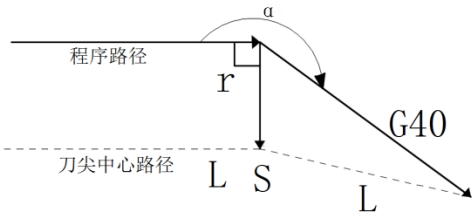
2、执行了M30 代码。

在C 刀补取消时，不可用圆弧代码(G02 及G03)。如果指令圆弧会产生报警(NO.34) 且运行停止。

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

（a） 沿着拐角的内侧移动（α ≥ 180°）

1）直线——直线　　2）直线——圆弧



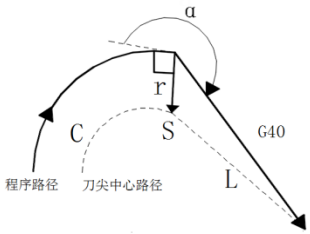
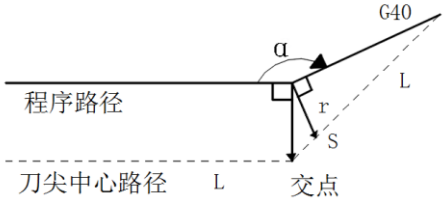


图4-28a 直线——直线（内侧、取消偏置）　　**图4-28b 圆弧——直线（内侧、取消偏置）**

（b） 沿着拐角为钝角的外侧移动（180° ＞ α ≥ 90°）

1）直线——直线　　2）圆弧——直线



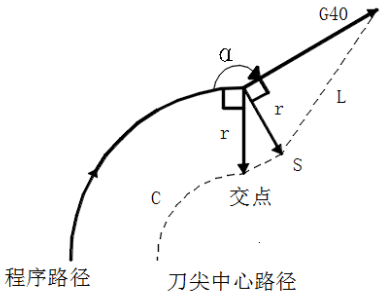


图4-29a 直线——直线（钝角、外侧、取消偏置）　　**图4-29b 圆弧——直线（钝角、外侧、取消偏置）**

（c） 沿着拐角为锐角的外侧移动（α ＜ 90°）

1）直线——直线　　2）圆弧——直线

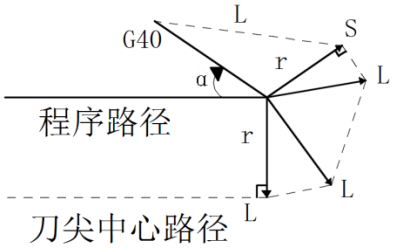


图4-30a 直线——直线（锐角、外侧、取消偏置）

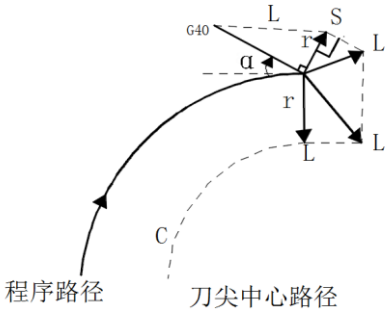


图4-30b 圆弧——直线（锐角、外侧、取消偏置）

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

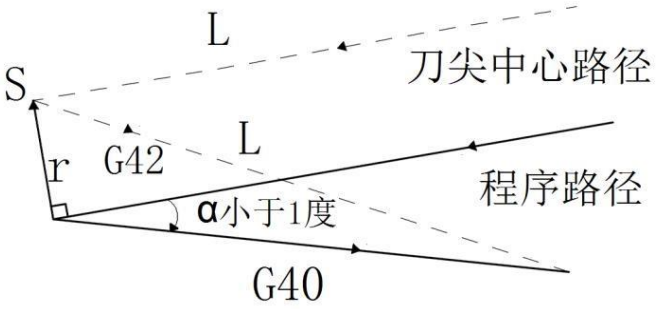


图 4-31 直线——直线（夹角小于 1 度、外侧、取消偏置）

4.2.5 刀具干涉检查

刀具过渡切削称为“干涉 ”，干涉能预先检查刀具过渡切削，即使过渡切削未发生也会进行干涉检查。但并不是所有的刀具干涉都能检查出来。

(1) 干涉的基本条件

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

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

示例 ：直线加工

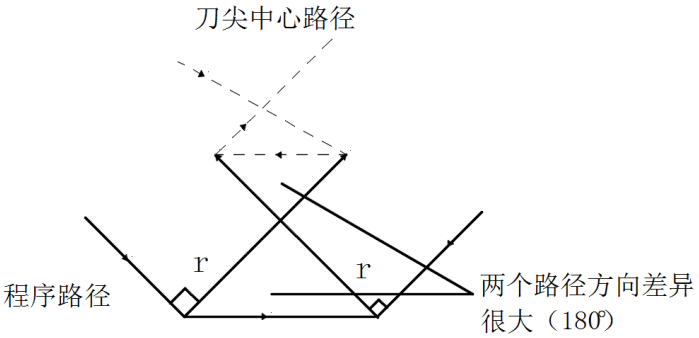


图4-32a 加工干涉（1）

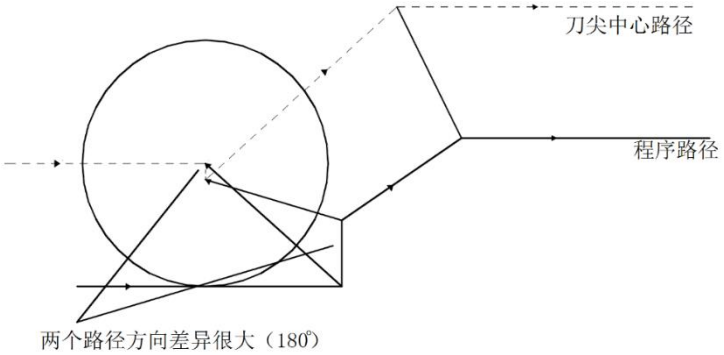


图4-32b 加工干涉（2）

(2) 实际上没有干涉，也作为干涉处理。

1) 凹槽深度小于补偿量

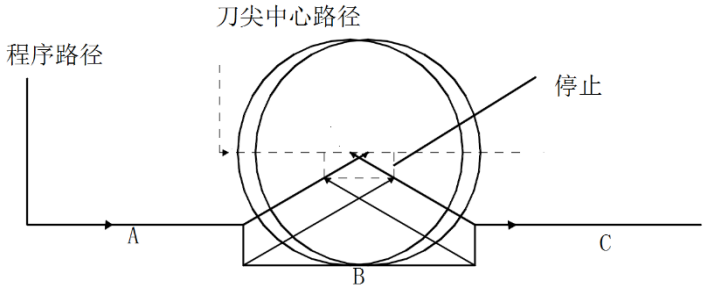


图4-33 作干涉处理特殊情况（1）

实际上没有干涉，但在程序段B 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。

2) 凹沟深度小于补偿量

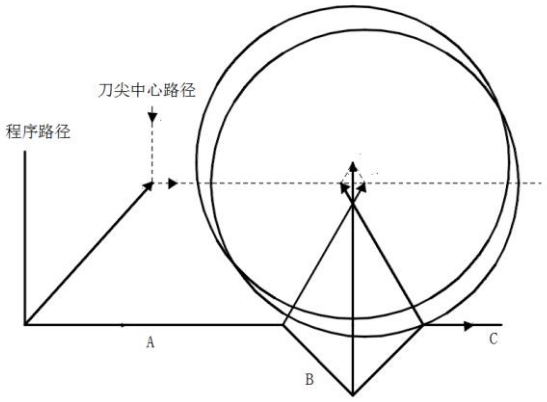


图4-34 作干涉处理特殊情况（2）

实际上没有干涉，但在程序段B 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。

4.2.6 暂时取消补偿向量的代码

在补偿模式中，如果指定了G50、G71 ～ G76 代码时，补偿向量会暂时取消，执行完该代码后，补偿向量会自动恢复。此时的补偿暂时取消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。

***坐标系设定G50代码**

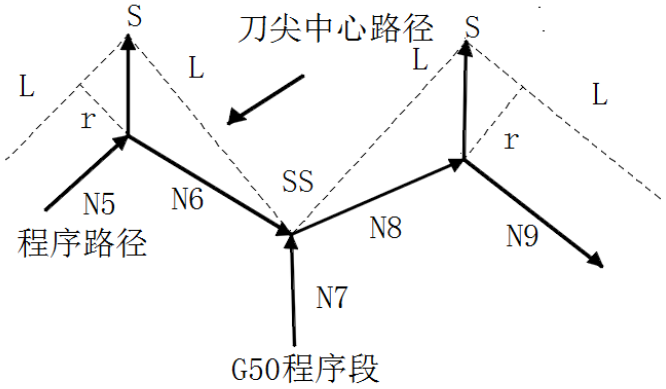


图4-35 G50暂时取消补偿向量

注：SS 表示在单程序段方式下刀具停止两次的点。

***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。

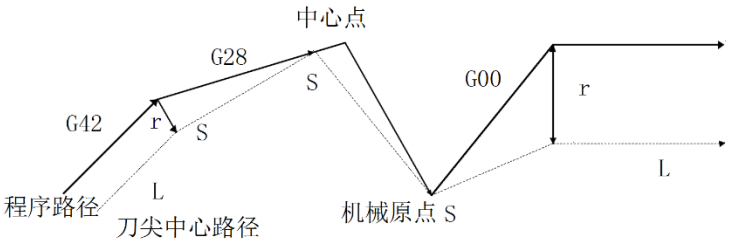


图4-36 G28暂时取消补偿向量

***G71 ～ G75 复合循环；G76、G92 螺纹切削**

当执行G71 ～ G76 固定循环代码；G92 螺纹切削代码时，在循环过程中，不执行刀尖半径补偿，暂时取消刀尖半径补偿，在后面程序段中有G00、G01 代码，CNC 会将补偿模式自动恢复。

***G32、G33、G34 等螺纹切削**

不能在有刀尖半径补偿模式下运行，若运行将报警131 号“……指令不能用于C 刀补中”。

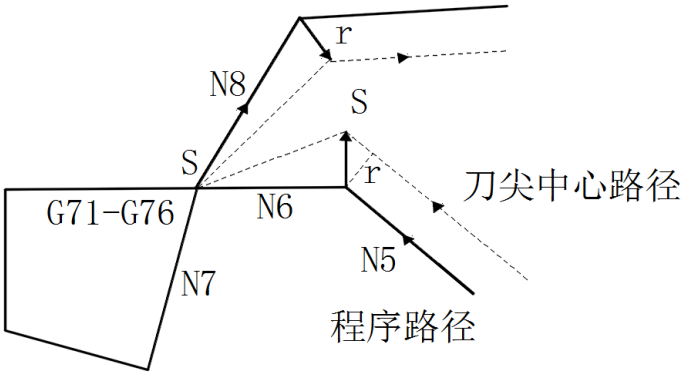


图4-37 G71～G76暂时取消补偿向量

***G90、G94 代码**

G90 或G94 代码执行刀尖半径补偿的补偿方式：

A. 定位到循环起点时将撤消原先的刀尖半径补偿；

B. 切削开始前建立之前的C 补偿，下图轨迹①将建立原先的半径补偿模式；

C. 下图轨迹②、③为带半径补偿切削；

D. 下图轨迹④将撤消半径补偿，回到循环起点；后面程序段中有G00、G01 代码，CNC 又会将补偿模式自动恢复；

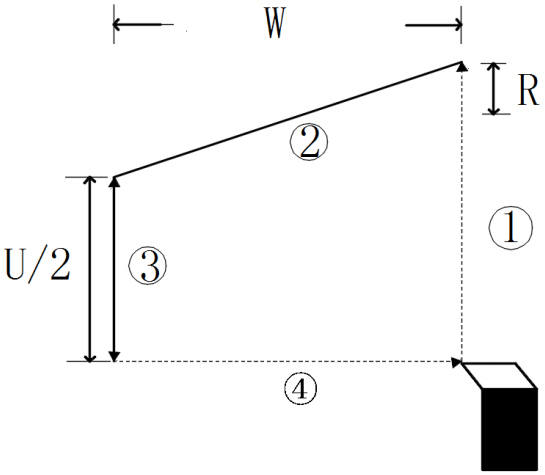


图4-38 G90刀尖半径补偿的偏置方向

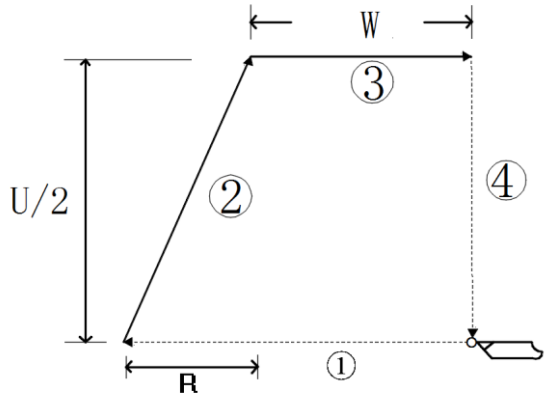


图4-39 G94刀尖半径补偿的偏置方向

4.2.7 特殊情况

＊ 当内侧转角加工小于刀尖半径时此时，刀具的内侧偏置会导致过量切削。在前一程序段的开始或拐角移动后，刀具运动停止并显示报警（P/S41）。但是，如果‘单程序段’开关为ON 时，刀具将停止在前一程序段的终点。

＊ 当加工一个小于刀尖直径的凹型时当刀尖半径补偿使得刀尖中心形成与程序路径相反的方向运动时，将会产生过切。此时，在前一程序段的开始或拐角移动后，刀具运动停止并显示报警。

＊ 当加工一个小于刀尖半径的台阶时当程序包含一个小于刀尖半径的台阶而且这个台阶又是一个圆弧时，刀具中心路径可能会形成一个与程序路径相反的运动方向。此时，将自动忽略第一个向量而直接直线移动到第二个向量的终点。单程序段时，程序会在此点停止，如果不在单程序段方式，循环操作会继续。如果台阶是直线，补偿会正确执行而不产生报警。（但是，未切削部分仍然会保留）

*G 代码中含子程序时在调用子程序前（即执行M98 前），CNC 必须在补偿取消模式。进入子程序后，可以起动偏置，但在返回主程序前（即执行M99 前）必须为补偿取消模式。否则会出现报警。

＊ 变更补偿量时

(a) 通常在取消模式换刀时，改变补偿量的值。如果在补偿模式中变更补偿量，只有在换刀后新的补偿量才有效。

(b) 补偿量的正负及刀尖中心路径，如果补偿量是负(－)，在程序上G41 及G42 彼此交换。

如果刀具中心沿工件外侧移动，它将会沿内侧移动，反之亦然。

以下范例所示。一般，制作程序时补偿量为(＋)。当刀具路径如在(a) 制作程示时，如果补偿量作为负(－)，刀具中心移动如(b)，反之亦然。此外请注意，当偏置量

符号改变时，刀尖偏置方向也改变，但假想刀尖方向不变。所以不要随意改变偏置量的符号。

＊ 编程圆弧的终点不在圆弧上当程序中的圆弧终点不在圆弧上时，刀具运动停止并显示“圆弧终点不在圆弧上”的报警信息。

附录一

1、CNC 报警

报警号	内容
0000	修改了必须切断一次电源的参数 .
0001	打开文件失败
0002	录入数据超出范围
0003	复制或更名的程序号存在 .
0004	地址没找到
0005	地址后面无数据
0006	非法使用负号
0007	非法使用小数点
0008	程序文件过大 , 未完全载入 .
0009	输入非法地址
0010	不正确的 G 代码
0011	无进给速度指令
0012	磁盘空间不足 .
0013	程序文件数已达到上限
0014	不能指令 G95, 主轴不支持
0015	指令了太多的轴
0016	当前螺距误差补偿点超出范围
0017	无权限修改
0018	不允许修改
0019	缩放功能未开通
0020	超出半径公差
0021	指令了非法平面轴
0022	圆弧中 R 和 IJK 全为 0
0023	圆弧插补中 IJK 和 R 同时指定
0024	螺旋插补转动角度为 0
0025	G12 不能与其它 G 指令同段
0026	系统不支持的文件格式 .

0027 长度刀补指令不能跟 G92 同段 .
0028 非法的平面选择
0029 非法偏置值
0030 非法补偿号

0031 G10 中指令了非法 P
0032 G10 中的非法补偿值
0033 刀补 C 或倒角中无交点
0034 圆弧指令时不能建立或取消刀补
0035 M99 指令前没有取消 C 刀补
0036 不能指令 G31
0037 在刀补 C 中不能改变平面
0038 在圆弧程序段中的干涉
0039 刀补 C 中刀尖定位错误
0040 刀补 C 执行中改变工件坐标系

0041 在刀补 C 中存在干涉
0042 在刀补 C 中非移动指令超过十个
0043 权限不足
0044 在固定循环中不允许指令 G27~G30
0045 地址 Q 未发现或 Q 值为 0(G73/G83)
0046 非法的参考点返回指令
0047 执行该指令前需先执行机械回零
0048 Z 平面应高于 R 平面
0049 Z 平面应低于 R 平面
0050 改变固定循环方式时应移动位置

0051 在倒角之后错误移动或倒角值过大
0052 铣槽固定循环不能使用镜像功能
0053 太多的地址指令
0054 DNC 传送错误
0055 倒角或倒 R 中错误的移动值
0056 M99 不能与宏程序指令同段
0057 写入文件失败 , 必须断电重启 .
0058 未发现终点
0059 未发现程序号
0060 未发现顺序号

0061 X 轴不在参考点
0062 Z 轴不在参考点
0063 Y 轴不在参考点
0064 4TH 轴不在参考点
0065 TH5 轴不在参考点

0066 执行 G10 前必须取消固定循环
0067 G10 不支持的设置格式 .
0068 未打开参数开关
0069 加工运行需关闭 U 盘操作界面
0070 存储器容量不足内存不足

0071 未发现数据末
0072 太多的程序数量
0073 程序号已经使用
0074 非法程序号
0075 保护
0076 没有定义地址 P
0077 子程序嵌套错误
0078 未发现程序号
0079 系统使用时间到期 .
0080 录入数据不合理

0082 G37 中指令了 H 代码
0083 G37 中非法轴指令
0084 按键出现超时或短路现象
0085 通讯错误
0087 X 轴参考点返回未完成
0088 Z 轴参考点返回未完成
0089 Y 轴参考点返回未完成
0090 4TH 轴参考点返回未完成

0091 TH5 轴参考点返回未完成
0092 不在参考点的轴
0094 不允许 P 类型 (坐标)
0095 P 类型不允许 (EXT OFS CHG)
0096 P 类型不允许 (WRK OFS CHG)
0097 P 类型不允许 (自动执行)
0098 在顺序返回中发现 G28
0099 检索之后不允许执行 MDI
0100 参数写入有效

0101 断电记忆数据错乱 , 请确保位置正确
0110 位置数据超过了允许范围 . 请回零 .
0111 计算数据溢出
0112 被零除
0113 不正确指令
0114 宏程序格式错误
0115 非法变量

0116 写保护变量
0118 大括号嵌套错误
0119 M00~M02,M06,M98,M99,M30 不能和其它 M 指令同段

0122 四重的宏模态 - 调用
0123 DNC 中不能使用宏指令
0124 程序非法结束
0125 宏程序格式错误
0126 非法循环数
0127 NC 和宏指令在同一程序段
0128 非法宏指令的顺序号
0129 非法自变量地址
0130 非法轴操作

0131 太多的外部报警信息
0132 未发现报警号
0133 系统不支持的轴指令
0134 系统控制轴数大于 3 轴时不能使用刚性攻丝
0135 非法角度指令
0136 非法轴指令
0139 不能改变 PLC 控制轴

0142 非法比例率
0143 缩放运动数据溢出
0144 非法平面选择
0148 非法数据设定
0149 G10L3 中格式错误
0150 非法刀具组号

0151 未发现刀具组号
0152 刀具数据不能存储
0153 换刀前没有取消 C 刀补
0154 未用寿命组中刀具
0155 M06 中非法 T 代码
0156 未发现 P/L 指令
0157 太多的刀具组
0158 非法刀具寿命数据
0159 刀具数据设定未完成
0160 极坐标方式中圆弧只能使用 R 编程

0161 极坐标方式中不能执行该指令
0162 在录入方式使用了 G70~G76 指令
0163 旋转方式中不能执行该指令

0164 缩放方式中不能执行该指令
0165 请在单独的程序段内指定该指令
0166 回参考点时没有指定轴
0167 中间点坐标太大
0168 孔底最小暂停时间应小于孔底最大暂停时间
0170 进入或退出子程序时未取消刀具半径补偿

0172 调用子程序的程序段中 ,P 不是整数或 P 小于 0
0173 子程序调用次数应小于 9999 次
0175 固定循环只能在 G17 平面执行
0176 未指定主轴转速
0177 不支持主轴定向功能
0178 固定循环开始前未指定主轴转速

0181 非法的 M 代码
0182 非法的 S 代码
0183 非法的 T 代码
0184 所选刀具超出范围
0185 L 太小或 L 未定义
0186 L 太大
0187 刀具半径太大
0188 U 太大
0189 U 值小于刀具半径
0190 V 太小或 V 未定义

0191 W 太小或 W 未定义
0192 Q 太小或 Q 未定义
0193 I 未定义或 I 为 0
0194 J 未定义或 J 为 0
0195 D 未定义或 D 为 0
0198 非法轴选择
0199 宏指令未定义
0200 非法 S 方式指令

0201 刚性攻丝中未发现进给速度
0202 位置 LSI 溢出
0203 刚性攻丝中程序不对
0204 非法轴操作
0205 刚性方式 DI 信号关闭
0206 不能改变平面 (刚性攻丝)
0207 攻丝数据不对
0208 G10 模态下不能执行该指令 .

0212 非法平面选择
0224 返回参考点

0231 G10 L50 或 L51 中的非法格式
0232 指令的螺旋插补轴太多
0233 设备忙
0235 记录结束
0236 程序再启动参数错误
0237 无小数点
0238 地址重复错误
0239 参数 0
0240 MDI 方式中不允许 G41/G42

0241 手轮脉冲异常
0243 主轴脉冲异常
0244 螺纹加工速度超过上限值
0245 螺纹加工时主轴转速波动超出限制值
0251 急停报警
0255 螺纹段不能指定主轴转速
0256 螺纹导程超出范围
0257 G71~G73 指令的程序段中使用了 T 指令
0258 地址 P 或 Q 指定的两程序段中指令了 M98,M99 或 M30
0259 在 G71/G72 指令中 ,P 程序段中指令了地址 Z(W)/X(U)
0260 轴名重复 ，请修改参数 NO.225~227

0261 刀具偏置号超出有效范围 (0~32)
0262 刀具号不在数据参数 No.084 设定的范围内
0263 刀具寿命管理中 ，刀具组号超出范围 (1~32)
0264 C 刀补中不能执行 T 指令 ，请撤销 C 刀补
0265 G70~G76,G90,G92,G94 等只能在 G18 平面内使用
0266 不能执行平面转换指令 G17~G19
0267 程序中缺少 G11 或 G13.1
0268 刀具寿命管理中 ，当前刀具组内无刀具
0269 刀具寿命管理中 ，当前刀具组未定义
0270 同组内所有刀具的寿命已到达

0271 刀具寿命管理功能无效 ，不得使用 G10 L3 指令
0272 G11 不能编在 G10 之前
0273 G33 攻牙时在 X 方向移动量不为 0
0274 螺纹分度头数大于 65535 头
0275 在 G90,G92 指令中的 R 绝对值大于 U/2 绝对值
0276 在 G94 指令中的 R 绝对值大于 W 绝对值
0277 G70~G73 指令中精加工程序段超过 31 段

0278 G70~G73 指令中精加工程序段的 Ns 与 Nf 顺序错误
0279 G70~G73 指令中循环段号 Ns 或 Nf 不存在
0280 G70~G73 指令未输入循环起始循环终止段号

0281 G70~G73 循环中调用了子程序
0282 G70~G73 循环起始段中没有指令 G00 或 G01
0283 G70~G73 循环起始段中使用了被禁止使用的 G 指令
0284 G70~G73 循环终止段中使用了被禁止使用的 G 指令
0285 在录入方式使用了 G70~G73 指令
0286 在 G71~G72 循环精加工程序段中坐标变化非单调
0287 G71 或 G72 中的单次进刀量超出允许范围
0288 G71 或 G72 中的单次退刀量超出允许范围
0289 G71 指令的第一段指令了 Z 或 W
0290 G72 指令的第一段指令了 X 或 U

0291 G73 的总切削量超出允许范围
0292 G73 的循环次数小于 1 或大于 9999
0293 G74 或 G75 中的单次退刀量 R(e) 超出允许范围
0294 G74 或 G75 中切削到终点时的退刀量为负值
0295 G74 或 G75 中 X 或 Z 方向的单次切削量超出允许范围
0296 G74 指令中未输入 Z 的值
0297 G74 指令中 Q 的值为 0 或未输入
0298 G75 指令中未输入 X 的值
0299 G75 指令中 P 的值为 0 或未输入
0300 G76 加工锥螺纹时起点在螺纹起点与螺纹终点之间

0301 G76 指令中最小切入量超出允许范围
0302 G76 精加工余量超出允许范围
0303 G76 牙高小于精加工余量或小于 0
0304 G76 循环次数超出允许范围
0305 G76 螺纹倒角宽度超出允许范围
0306 G76 指令中刀尖角度超出允许范围
0307 G76 指令中 X 或 Z 轴移动量为 0
0308 G76 指令中没有指定螺纹牙高 P 值
0309 G76 指令中没有指定第一次切削深度 Q 值或 Q 值为 0
0310 循环起点在精加工轨迹起点与终点形成的封闭区域内

0311 变螺距螺纹切削过程中出现螺距小于 0
0312 G76 指令中牙高小于 X 轴移动量
0320 附加轴指令无倒角功能
0321 在录入方式使用了 WHILE,END 指令
0322 宏语句格式指定错误
0323 宏语句中 DO,END 标号不是 1,2,3

0324 宏语句中 DO,END 格式指定错误
0325 宏语句中括号不匹配或格式指定错误
0326 宏语句中除数不能为 0
0327 宏语句中指定的反正切 ATAN 格式错误
0328 宏语句中 LN 的反对数为 0 或小于 0
0329 宏语句中开平方不能为负数
0330 宏语句中正切 TAN 的结果为无穷

0331 宏语句中 ASIN 或 ACOS 的操作数超出 -1 到 1 范围
0332 宏语句中宏变量号或变量值非法 (错误)

0451 X 轴驱动器报警 .
0452 Z 轴驱动器报警 .
0453 Y 轴驱动器报警 .
0454 4TH 轴驱动器报警 .
0455 TH5 轴驱动器报警 .
0456 主轴驱动器报警 .

0500 软限位超程 :-X
0501 软限位超程 :+X
0502 软限位超程 :-Z
0503 软限位超程 :+Z
0504 软限位超程 :-Y
0505 软限位超程 :+Y
0506 软限位超程 :-4TH
0507 软限位超程 :+4TH
0508 软限位超程 :-Th5
0509 软限位超程 :+Th5

0510 硬限位超程 :-X
0511 硬限位超程 :+X
0512 硬限位超程 :-Z
0513 硬限位超程 :+Z
0514 硬限位超程 :-Y
0515 硬限位超程 :+Y
0516 硬限位超程 :-4TH
0517 硬限位超程 :+4TH
0518 硬限位超程 :-Th5
0519 硬限位超程 :+Th5

0740 刚性攻丝报警 : 超差
0741 刚性攻丝报警 : 超差
0742 刚性攻丝报警 :LSI 溢出

0751 检测到第一主轴报警 (AL-XX)
0754 主轴异常转矩报警

1001 继电器或者线圈的地址未设定
1002 输入代码的功能指令不存在
1003 功能指令 COM/COME 未正确使用 .
1004 用户梯形图超出最大允许行数或者步数 .
1005 功能指令 END1 或 END2 未正确使用 .
1006 网络中存在非法的输出 .
1007 硬件故障或者系统中断错误导致 PLC 无法通信 .
1008 功能指令未正确连接 .
1009 网络水平线未连上 .
1010 在编辑梯形图时断电导致在编辑的网络丢失 .

1011 地址数据未正确输入 .
1012 输入符号未定义或者输入地址超出范围 .
1013 指定了非法字符或数据超出范围 .
1014 CTR 地址重复 .
1015 功能指令 JMP/LBL 未正确处理或者超出容量 .
1016 网络结构不完整 .
1017 出现当前不支持的网络结构 .
1019 TMR 地址重复 .
1020 功能指令中缺少参数 .

1021 PLC 执行超时 , 系统自动停止 PLC.
1022 功能指令名丢失 .
1023 功能指令参数的地址或常数超出范围 .
1024 存在有不必要的继电器或线圈 .
1025 功能指令未正确输出 .
1026 网络连接行数超出支持范围 .
1027 同一输出地址在另一处被使用 .
1028 梯图文件格式错误 .
1029 在使用的梯图文件丢失 .
1030 网络中有不正确的垂直线 .

1031 用户数据区已满 , 请减少 COD 指令数据表容量 .
1032 梯形图的第一级太大 , 不能及时执行完毕 .
1033 SFT 指令超出最大允许使用数 .
1034 功能指令 DIFU/DIFD 未正确使用 .
1035 当前打开的梯图文件转换未成功
1036 PLC 异常停止报警
1037 打开的梯形图与数据参数设置梯形图不一致

1039　指令或网络不在可执行范围内 .
1040　功能指令 CALL/SP/SPE 未正确使用 .

1041　水平导通线与节点网络并联 .
1042　PLC 系统参数文件未载入

2、PLC 报警

A000.0　换刀时间过长
报警原因：执行换刀时，在数参 78 号换刀总时间内未找到刀号；
处理：按【复位键】取消报警，检查刀位信号是否正常。

A000.1　换刀完成时,刀架未到位报警
报警原因：执行换刀完成时，刀架反馈信号与换刀指令刀号不一致；
处理：按【复位键】取消报警，重新换刀。

A000.2　换刀未完成报警
报警原因：执行换刀过程中有报警或复位；
处理：按两次【复位键】取消报警，重新换刀。

A000.3　未收到刀架锁紧信号
报警原因：执行换刀锁紧时，在规定时间内未检测到锁紧信号；（普通刀架时间数参：83 号）
处理：按【复位键】取消报警，重新换刀。

A000.5　系统断电前,换刀出错
报警原因：执行换刀未正常完成时，系统断电；
处理：按【复位键】取消报警，重新换刀。

A000.6　AK31 换刀时预分度未到位
报警原因：选择 AK31 刀架，执行换刀时，在 4 秒内未检测到预分度到位松开；
处理：按【复位键】取消报警，检查预分度感应器，重新换刀。

A000.7　刀塔锁紧未松开
报警原因：选择六鑫液压刀架，执行换刀时，在 4 秒内未检测 Sensor F 信号松开；
处理：按【复位键】取消报警，检查 Sensor F 感应器，重新换刀。

A001.0　尾座功能无效,不能执行 M10 和 M11 代码
报警原因：尾座功能未打开时，执行 M10/M11 代码；
处理：按【复位键】取消报警。

A001.1　主轴旋转中,不可以退尾轴
报警原因：尾座功能与主轴功能互锁，主轴旋转时执行尾轴后退；

处理：按【复位键】取消报警。

A001.3　没有检测到尾座进,不能旋转主轴
报警原因：尾座功能与主轴功能互锁，尾轴未前进执行主轴旋转；
处理：按【复位键】取消报警。

A001.4　A 或 B 最多可有 8 把刀
报警原因：普通刀架最多支持 8 把刀，数参 84 号刀位总数设置大于 8 时报警；
处理：设置正确刀位数。

A001.5　刀具的使用寿命结束
报警原因：刀具组中刀具使用寿命到达；
处理：按【复位键】取消报警。

A001.6　外接循环打开时间过长(接常开点)K20.0
报警原因：外接循环启动一直接通中；
处理：检查接线是否正确，输入信号电平选择是否正确 K20.0。

A001.7　外接暂停打开时间过长(接常闭点)K20.1
报警原因：外接暂停一直接通中；
处理：检查接线是否正确，输入信号电平选择是否正确 K20.1。

A002.0　防护门未关闭,不允许自动运行
报警原因：自动方式下，防护门未关闭启动程序；
处理：关闭防护门，若已关闭防护门，则检查防护门信号输入是否正常。

A002.2　加工件数完成报警
报警原因：加工件数到达设定件数时报警；
处理：按【复位键】取消报警，同时需清楚已加工件数。

A002.3　主轴旋转时,不得松开卡盘
报警原因：卡盘功能与主轴功能互锁，主轴旋转时执行卡盘松开；
处理：按【复位键】取消报警。

A002.4　主轴旋转时,夹紧到位信号无效报警
报警原因：卡盘功能与主轴功能互锁,检测卡盘到位信号；主轴旋转时，未收到卡盘夹紧到位信号
处理：按【复位键】取消报警。

A002.5　卡盘夹紧到位信号无效时,不得启动主轴
报警原因：卡盘功能与主轴功能互锁,检测卡盘到位信号；未收到卡盘夹紧到位信号,旋转主轴；
处理：按【复位键】取消报警。

A002.6　卡盘松开,不得启动主轴
报警原因：卡盘功能与主轴功能互锁；卡盘未夹紧,旋转主轴；
处理：按【复位键】取消报警。
A003.0 卡盘功能无效,无法执行 M12/M13 代码
报警原因：卡盘功能未打开时，执行 M12/M13 代码；
处理：按【复位键】取消报警。

A003.1 未检测到卡盘夹紧/松开到位信号
报警原因：检测卡盘松开夹紧信号时，执行卡盘松开或夹紧时，在 T043 时间内未检测到到位信号
处理：按【复位键】取消报警。

A003.2　六鑫刀塔未找到目标刀号
报警原因：刀塔转动后，在 8 秒内未找到刀号时报警
处理：按【复位键】取消报警。

A003.3　六鑫刀塔未收到刀盘停转与锁紧启动信号 SensorE
报警原因：刀塔转动后，在 8 秒内未信号 SensorE 信号；
处理：按【复位键】取消报警。

A003.7　普通刀架总刀位数大于 4，不能接外接进给倍率(地址复用)
报警原因：普通刀架 T05-T08 信号与外接进给倍率地址复用
处理：注意选择使用

A004.1　当前不是主轴模拟电压控制状态,不能执行主轴点动功能
报警原因：主轴开关量控制时，使用了主轴点动功能
处理：按【复位键】取消报警。

A004.2　M03,M04 代码指定错误
报警原因：第 1 主轴正转或反转中执行了相反指令
处理：按【复位键】取消报警。

A004.3　M63,M64 代码指定错误
报警原因：第 2 主轴正转或反转中执行了相反指令
处理：按【复位键】取消报警。

A004.4　主轴换档时间过长
报警原因：执行 M41-M44 换挡指令时，在 T045 时间内未完成换挡
处理：按【复位键】取消报警。

A004.5　主轴速度/位置切换时间过长

报警原因：主轴切换位置或切换速度模式时，在 8 秒内未收到切换完成信号；
处理：按【复位键】取消报警。

A004.6　主轴自动换挡功能未开启,不能执行 M41-M44
报警原因：主轴自动换挡功能无效时，执行 M41-M44 换挡指令；
处理：按【复位键】取消报警。

A004.7　AK31 换刀开始时预分度未松开
报警原因：选择 AK31 刀架，执行换刀时，在开始时预分度到位仍然感应到；
处理：按【复位键】取消报警，检查预分度感应器，重新换刀。

A005.3　主轴旋转或进给时不允许夹紧主轴
报警原因：主轴松开状态，主轴夹紧选择第一主轴时；第一主轴旋转，或第一主轴位置模式时移动第 5 轴（C 轴） 执行主轴夹紧报警；主轴夹紧选择第二主轴时；第二主轴旋转，或第二主轴位置模式时移动第 4 轴（A 轴）执行主轴夹紧 报警；
处理：按【复位键】取消报警。

A005.4　主轴被夹紧,不允许旋转或进给
报警原因：主轴夹紧状态，主轴夹紧选择第一主轴时；第一主轴旋转，或第一主轴位置模式时移动第 5 轴（C 轴） 报警；主轴夹紧选择第二主轴时；第二主轴旋转，或第二主轴位置模式时移动第 4 轴（A 轴） 报警；
处理：按【复位键】取消报警。

A006.0　三位开关在暂停状态,程序不能启动
报警原因：三位开关功能有效时，三位开关在程序暂停状态启动程序
处理：按【复位键】取消报警。

A006.2　M50,M51 代码指定错误
报警原因：Y 轴动力头正转或反转中执行了相反指令
处理：按【复位键】取消报警。

A006.3　M53,M54 代码指定错误
报警原因：4 轴动力头正转或反转中执行了相反指令
处理：按【复位键】取消报警。

A006.4　三位开关在暂停状态,不得启动主轴
报警原因：三位开关功能有效时，三位开关在主轴停止状态启动主轴旋转
处理：按【复位键】取消报警。

A006.5　三位开关 1\2 同时导通,接线错误
报警原因：三位开关功能有效时，三位开关 1\2 同时导通报警
处理：确认接线无误。

A008.3　动力头不能与主轴同时转动
报警原因：选择主轴与动力头不能同时旋转时，执行了主轴与动力头一起旋转指令
处理：按【复位键】取消报警。

A008.4　Y 4 轴动力头不可同时转动
报警原因：Y、4 轴动力头同时旋转时报警
处理：按【复位键】取消报警。

A020.0　防护门未关闭警告
报警原因：打开防护门功能时未关闭防护门
处理：关闭防护门

A020.1　润滑油不足警告
报警原因：润滑油不足
处理：添加润滑油

A020.2　气压不足警告
报警原因：气压不足（警告气压不足时运行程序会暂停）
处理：等待气压充足，警告取消

A020.3　刀架未锁紧警告
报警原因：不在换刀情况下系统未接受到刀架锁紧信号。（使用排刀时，此警告无效）
处理：手动换刀或录入方式下换刀使换刀完成

附录二 宏程序补充说明(2021 以上版本具有)

1、语句式宏代码（宏 B）

1.1 算术和逻辑运算

算术和逻辑运算

功能	表达式结构	备注
定义或赋值	#i=#j	
加法 减法 乘法 除法	#i=#j+#k #i=#j-#k #i=#j*#k #i=#j/#k	
或 与 异或	#i=#j OR #K #i=#j AND #K #i=#j XOR #K	逻辑运算一位一位的按二进制数执行
平方根 绝对值 舍入 上取整 下取整 自然对数 指数函数	#i=SQRT[#j] #i=ABS[#j] #i=ROUND[#j] #i=FUP[#j] #i=FIX[#j] #i=LN[#j] #i=EXP[#j]	
正弦 反正弦 余弦 反余弦 正切 反正切	#i=SIN[#j] #i=ASIN[#j] #i=COS[#j] #i=ACOS[#j] #i=TAN[#j] #i=ATAN[#j]/[#k]	角度的单位以度指定，如：90° 30’用 90.5 度表示
从 BCD 转为 BIN 从 BIN 转为 BCD	#i=BIN[#j] #i=BCD[#j]	用于与 PMC 信号转换

相关说明

1、角度单位

函数 SIN,COS,ASIN,ACOS,TAN 和 ATAN 的角度单位是度（°）。如 90° 30′ 应表示为 90.5°（度）。

2、反正弦#i=ASIN[#j]

i、结果输出范围如下，

当参数 No180#7 NAT 位设为 1 时，90° ～ 270°；

当参数 No180#7 NAT 位设为 0 时，-90° ～ 90°；

ii、当#j 超出-1 到 1 的范围时，发出 P/S 报警。

iii、常数可替代变数#j。

3、反余弦#i=ACOS[#j]

i、结果输出范围从 180° ~0°；

ii、当#j 超出-1 到 1 的范围时 发出 P/S 报警；

iii、常数可以替代变量#j。

4、反正切#i=ATAN[#j]/[#k]

指定两个边的长度，并用斜杠‘/’分开。

i、取值范围如下，

当参数 No180#7 NAT 位设为 1 时：90° ~270°；

[例如]当指定#1=ATAN[-1]/[-1]时#1=225°；

当参数 No180#7 NAT 位设为 0 时-90° ~90°；

[例如]当指定#1=ATAN[-1]/[-1]时#1=45.0°；

ii、常数可以代替变量#j。

5、自然对数#i=LN[#j]

i、常数可以代替变量#j。

6、指数函数#i=EXP[#j]

i、常数可以代替变量#j。

7、ROUND 舍入函数

当算术运算或逻辑运算代码 IF 或 WHILE 中包含 ROUND 函数时，则 ROUND 函数在第 1 个小数位置四舍五入。

例如：

当执行#1=ROUND[#2]时，此时#2=1.2345，变数 1 的值是 1.0。

8、上取整和下取整

CNC 处理数值运算时，若操作后产生的整数绝对值大于原数的绝对值时，称为上取整；若小于原数的绝对值时，称为下取整。对于负数的处理应小心。

例如：

假设#1=1.2，#2=-1.2

当执行#3=FUP[#1]时，2.0 赋给#3。

当执行#3=FIX[#1]时，1.0 赋给#3。

当执行#3=FUP[#2]时，-2.0 赋给#3。

当执行#3=FIX[#2]时，-1.0 赋给#3。

1.2 转移和循环

在程序中，使用 GOTO 语句和 IF 语句可以改变控制的流向。有三种转移和循环操作可供使用。

1、GOTO 语句（无条件转移）。

2、条件控制 IF 语句。

3、WHILE 循环语句。

1）无条件转移（GOTO 语句）

转移到顺序号位 n 的程序段。当指定 1 到 99999 以外的顺序号时报警，可用表达式指定顺序号。

格式：GOTOn;　n:顺序号（1~99999）

例：　GOTO1;

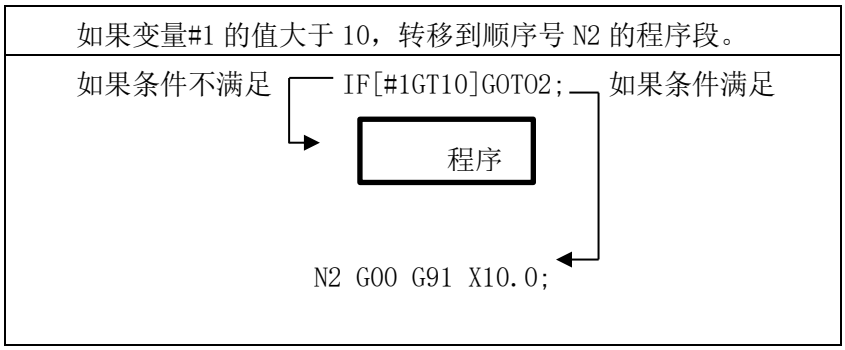
GOTO#101;

2）　条件控制（IF 语句）

GOTO 格式：IF[条件表达式]GOTOn;

如果指定的条件表达式成立时，转移到顺序号位 n 的程序段；如果指定的条件表达式不成立，则顺序执行下个程序段。

例：



THEN 格式：IF[条件表达式]THEN<宏程序语句>;

如果条件表达式成立，执行 THEN 后面的语句，只能执行一条语句。

例：　IF[#1EQ#2]THEN#3=0;

如果#1 的值与#2 的值相等，将 0 赋予变量#3；如不相等，则顺序往下执行 THEN 后的赋值语句。

条件表达式：条件表达式必须包括条件运算符，条件运算符两边可以是变量、常数或表达式，条件表达式要用括号‘[’‘]’封闭。

条件运算符：本系统可使用下表中列出的条件运算符。

条件运算符	含义
EQ 或==	等于（=）
NE 或<>	不等于（ ≠ ）
GT 或>	大于（>）
GE 或>=	大于等于（ ≥）
LT 或<	小于（<）
LE 或<=	小于等于（≤ ）

例如：　IF[3<>2]GOTO2；其含义为：如果 3 不等于 2 的话，则跳转至 N2 程序段；

IF[#101>=7.22]THEN#101=SIN30；其含义为：如果#101 大于等于 7.22 的话，则执行 THEN 后的赋值操作。即将 30 度的正弦值赋予变量#101。

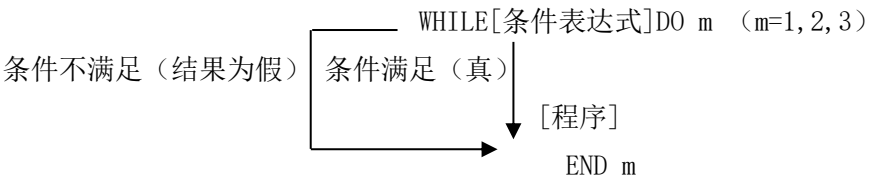
典型程序：下面的程序计算整数 1～10 的和。

```
O9500
#1=0；......和初始化为 0
#2=1；......被加数初值为 1
N1 IF[#2 GT 10]GOTO2；......当被加数大于 10 时转移到
N2
#1=#1+#2；......计算两数的和
#2=#2+1；......被加数加 1
GOTO1；......无条件跳转到程序段 N1
N2 M30；......程序结束
```

3）循环（WHILE 语句）

在 WHILE 后指定一个条件表达式，当指定条件成立时，执行从 DO 到 END 之间的程序段；否则，跳转到 END 后的程序段。

例：



说明：当指定的条件成立时，执行从 DO 到 END 之间的程序段；否则，转而执行 END 之后的程序段。DO 后的标号和 END 后的标号要一致，标号值可以是 1、2 或 3.若用 1、2、3 以外的值将会报警。

嵌套：DO,END 循环中的标号（1~3）可根据需要多次使用。但是，当程序中有交叉重复循环时将会报警。

1. 标号（1 到 3）可以根据要求多次使用

```
WHILE[...]DO1
  [程序]
END1;
⋮
WHILE[...]DO1;
  [程序]
END1;
```

2. DO 的范围不能交叉

```
WHILE[...]DO1;
  [程序]
WHILE[...]DO2;
⋮
END1
  [程序]
END2;
```

3. DO 循环可以嵌套 3 层

```
WHILE[...]DO1;
⋮
WHILE[...]DO2;
⋮
WHILE[...]DO3;
  [    ]
END3;
END2;
END1;
```

4. 控制可以转到循环的外边

```
WHILE[...]DO1;
IF[...]GOTOn;
END1;
Nn;
```

5. 转移不能进入循环区内

```
IF[...]GOTOn;
WHILE[...]DO1;
Nn;
END1;
```

1.3 宏报警

格式：ERR_;

范围 0～200；

报警号 3000+n;

例如：ERR01 或 ERR1;

系统报警号为 3001 号。

1.4 特殊说明（用变量置换变量号）

格式：“#”+“9”+置换变量号

示例：#100=205 时，#205=500 时；

X#9100 和 X500 代码功能相同；

X-#9100 和 X-500 代码功能相同；

可以理解为#9_ _ _，后跟着的 3 位数为公共变量号，范围 100～199，500～999；

#9100 表示#100 内的值表示的宏变量号；

例如#100=510，#510=101；

此时写#9100，#9100=#510=101；

附录三、自定义报警内容编写(2021 以上版本具有)

宏 A 报警

G65H99P_;//[ERR_,系统显示报警内容]（25 个字以内）

范围 0-200；

宏 B 报警

ERR_;//[ERR_,系统显示报警内容] （25 个字以内）

范围 0-200；

例如：

ERR1;//[ERR1,数量到达]；

系统显示宏程序报警 3001 数量到达；

修改系统可以读取程序报警注释，然后显示出报警内容并报出在系统文件 WARN2；

可以读取程序宏变量注释并保存在系统文件中 MacroVar；

规定可写报警范围；

0650-0657；M89K0-K7 检测

3000-3200；宏程序报警 P0-P200

；

编写 M89K0-K7 报警规范格式：

M89 K0-K7 J_ ;//[ERR650-657,M89K0-K7 检测报警]；

M89K0-K7 检测报警；报警显示内容，同时记录在文件 WARN，再有同样报警号时如果没有写报警内容时，直接读取存储的报警内用显示。

例如：

M89K3J5000;//[ERR653,M89K3 顶料未到位]

或者

//[ERR653,M89K3 顶料未到位]

M89K3J5000;

只要程序读取到//[ERR653,M89K3 顶料未到位]时，报警内容就保存在系统文件中 653 号报警；

当下次没有写报警显示时，指令了一样的代码，同样会报警显示之前写的内容；

例如：

M89K3J5000;//

此时报警依然会显示 M89K3 顶料未到位；

编写宏程序报警规范格式

宏 A：

G65H99P_;//[ERR_,报警显示内容]；

宏 B：

ERR_;//[ERR_,报警显示内容]；

报警显示内容，同时记录在文件 WARN2，再有同样报警号时如果没有写报警内容时，直接读取存储的报警内用显示。

例如：

G65H99P0;//[ERR0,加工数量到达]

或者

//[ERR0,加工数量到达]

G65H99P0;

只要程序读取到//[ERR0, 加工数量到达]时，报警内容就保存在系统文件中 3000 号报警；

当下次没有写报警显示时，指令了一样的代码，同样会报警显示之前写的内容；

例如：

G65H99P0;

或

ERR0;

此时报警依然会显示宏报警 3000 加工数量到达；

程序读取宏变量注释保存在系统文件 MacroVar：

可改注释：

#100-#199；

#500-#899；（#900-#999 预留系统内部使用）；

修改注释规范格式；

//[#--,显示内容]（20 个字以内）

//[#--,显示内容]

显示内容将保存在 MacroVar，**在公共变量中可查看；**

在不改变同个宏变量注释的情况下，宏变量注释一直保存。

附录四、自动断屑功能(软件版本 20201016 以上才具有)

注：使用断屑功能时，切削加减速必须是前加减速直线型；

位参 168.2=0/168.3=0；加减速时间改为了加减速数参 313；

数参 313 越大时，加减速越快；越小时，加减速越小；默认 100.

一、功能描述

减少粗加工过程中除屑需求，并提升加工面质量，加入断屑功能。

二、相关参数

新添加参数如下：

213 断屑加工模式(G04.9)的默认断屑长度

［数据类型］ 浮点

［默认值］ 1.0

［数据说明］ 断屑模式中，默认断屑长度。单位毫米

214 断屑加工模式(G04.9)的默认断屑暂停时间

［数据类型］ 字型

［默认值］ 100

［数据说明］ 断屑模式中，默认断屑暂停时间。单位毫秒

三、功能详述

断屑功能开启时，插补加工了一定距离（断屑长度）之后，插补轴会暂停一段时间（断屑暂停时间）。由于此时主轴不停止转动，可以进行断屑。

开启断屑功能的格式为：

G4.9 P[断屑暂停时间] Q[断屑长度] H[断屑速度];

H[断屑速度] 不输入时以默认速度 F5 断屑。

用以下格式开启断屑方式，可以使用参数作为默认值：

G4.9 P[断屑暂停时间] ; // 断屑长度使用参数 213

G4.9 Q[断屑长度] ;　　//　断屑暂停时间使用参数 214

G4.9 P0 ;　　//　同时使用两个参数作为默认值

当断屑暂停时间，或断屑长度小于等于 0 时，会触发 PS 报警。

断屑功能有效情况下，再次通过指令开启断屑功能时，会重置当前累计的插补运动长度，并在之后的运动段使用新的数据进行断屑。

关闭断屑功能的格式为：

G4.9 ;

例子：O0001;

```
T0101;
M3S1200;
M08;
G0X45;
G0Z3;
G4.9 P100 Q1;//粗加工打开断屑功能，断屑长度 1mm,断屑时间 100ms
G71U1R0.5;
G71P10Q20U0.2;
N10G0X0;
G1Z0;
G03X4.09Z-6.55R3.59;
G02X17.45Z-22.72R19.93;
G03X19.07Z-34.46R7.03;
G03X22.78Z-50.31R8.41;
N20G01Z-56;
G4.9;//精加工关闭断屑功能
M3S1500;
G70P10Q20;
G0Z60;
M30;
%
```

附录五、多边型切削功能（具有车方功能版本才有）

车方主轴控制可以选择模拟量变频器控制和脉冲量位置模式控制。

对于主轴使用变频器控制的选择使用模拟量控制；对于主轴使用伺服主轴的，建议使用脉冲位置模式控制（若主轴变频器控制则选择模拟量，主轴不需要切换位置模式），在车方开始时主轴切换位置模式。

增添参数：

位参 178.3　车方主轴控制(0:模拟量 1:脉冲量)

位参 178.7　车方轴选择(0:Y 轴 1:第四轴)　　默认 0　Y 轴跟随车方

车方轴跟随轴选择时必须设为旋转轴；

同时车方主轴脉冲发出齿轮比与动力头发出齿轮比设置参数共用。

代码格式：

G68 J_ L_ S_ R_ ;车方代码打开车方功能 代码延时 240 毫秒完成发出脉冲

J_　(主轴)车方面数（车几方）；J 为正数时，主轴正转，为负数时，主轴反转；

L_ （车方轴）车方刀数；L 为正数时，车方轴正转，为负数时，车方轴反转；

S_　主轴转速；G68 代码结束后，主轴以 S 主轴旋转

R_　车方角度（车方中途可切换角度 G68 R_）

G69 ;车方代码结束 ，S 转速脉冲停止 （代码完成必须等待脉冲发出停止完成）

系统开机时默认 G69 状态；系统急停报警复位时恢复 G69 状态；

可以设置车方跟随轴为 Y 轴或 4 轴；

系统数参 345　Y 轴前加减速常数（启动 Y 轴动力头加减速.M50/M51/M52）

系统数参 346　4TH 轴前加减速常数（启动 4 轴动力头加减速 M53/M54/M55）

如果主轴不需要定位车方，可直接使用 G68 切换位置模式，不需要 M14 定位后切换位置模式。

模拟量车方控制编程格式：

M3S400；//打开主轴转速

G68J2L1R0;//打开车方模式（主轴不切换位置模式）

….

….

G69;//关闭车方模式

脉冲量位置模式车方控制编程格式：

M5；//关闭主轴

(M14);//此处可加入主轴定位切换位置模拟，使主轴提前在同一位置进入位置模式，也可省略

G68J2L1S400R0;//打开车方模式（主轴切换位置模式）

….

….

G69;//关闭车方模式

附录六、G71/G72 Ⅱ型说明(2021 以上版本具有)

G71/G72 Ⅱ型说明的编程格式与 G71/G72 Ⅰ型编程格式一致;

系统添加两个参数控制Ⅱ型状态；

位参 177.5 G71/G72 是否使用Ⅱ型算法(0:是 1:否)；

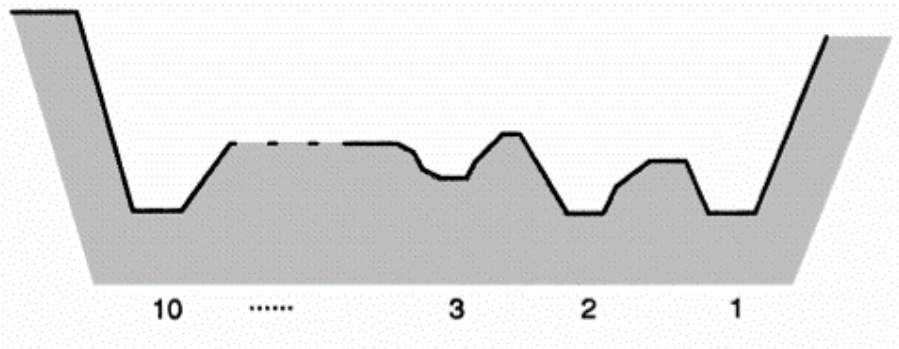
注:选择 G71/G72Ⅱ型算法不使用时，不能编辑Ⅱ型工件程序，否则会发生加工走刀不正确。

位参 177.6 G71/G72 Ⅱ型算法是否运行粗加工轮廓(0:否 1:是)；

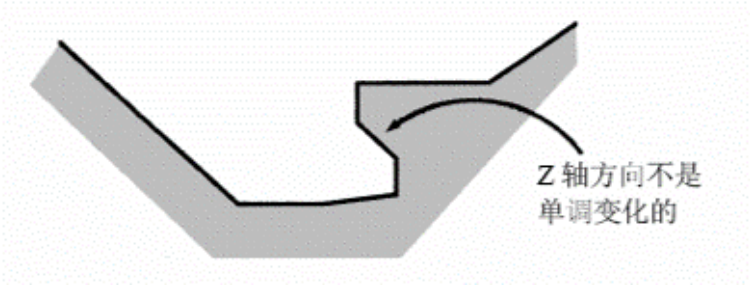
注：G71/G72 Ⅱ型算法是否运行粗加工轮廓(0:否 1:是)；选择否时，粗加工完成后不沿着轮廓再走一次；选择是时，粗加工完成后再沿着轮廓再走一次。

G71 Ⅱ型不同于Ⅰ型：区别如下

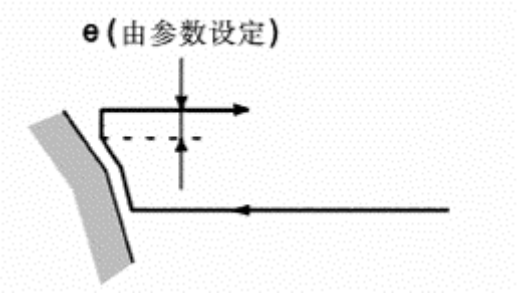
1) X 轴外形轮廓不必单调递增或单调递减，并且最多 10 凹槽，示意如下：



2) 沿 Z 轴轮廓必须单调递增或单调递减，下面轮廓不能加工：

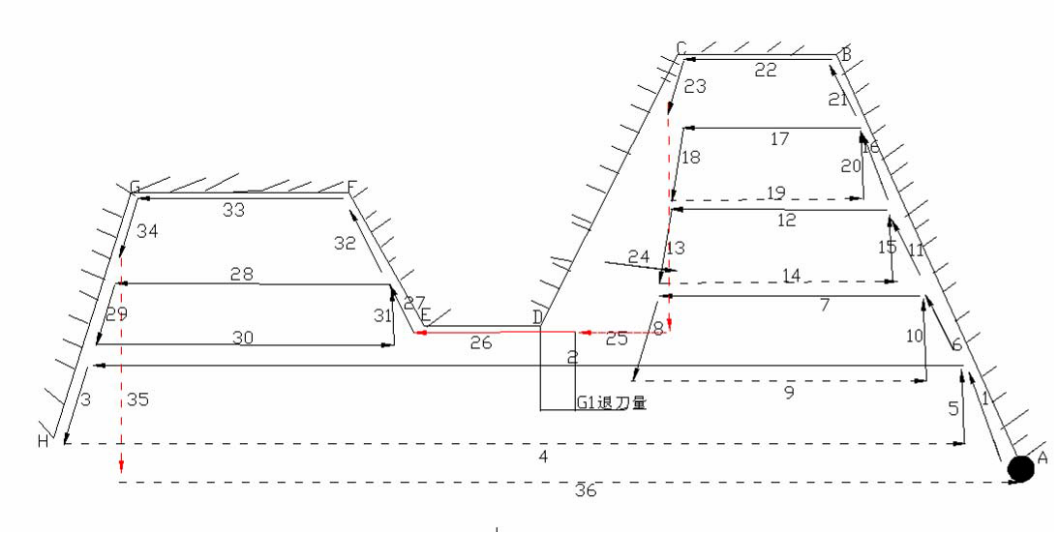


3) 车削后，应该退刀，退刀量由 R(e)参数指定或者参数数参 52 号指定，示意如下：



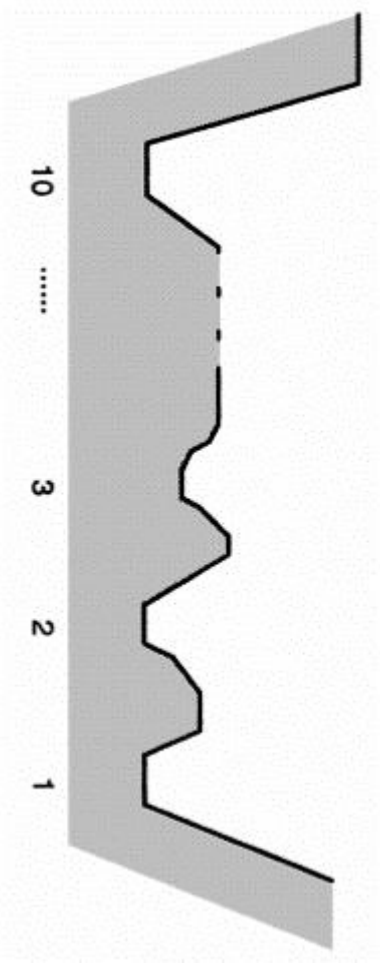
4) 精车余量只能指定 X 方向，如果指定 Z 方向精车余量，则会使整个加工轨迹发生偏移，如果指定最好是 0；

5) 代码执行过程：粗车轨迹 A-H

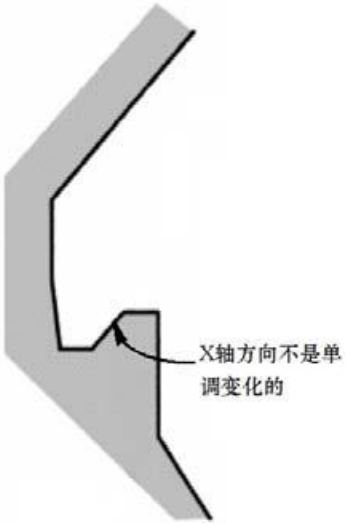


G72 Ⅱ型不同于Ⅰ型：区别如下

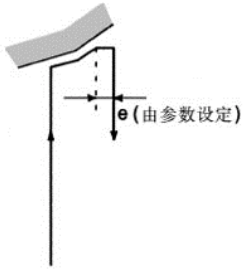
1) Z 轴外形轮廓不必单调递增或单调递减，并且最多 10 凹槽，示意如下：



2) 沿 Z 轴轮廓必须单调递增或单调递减，下面轮廓不能加工：

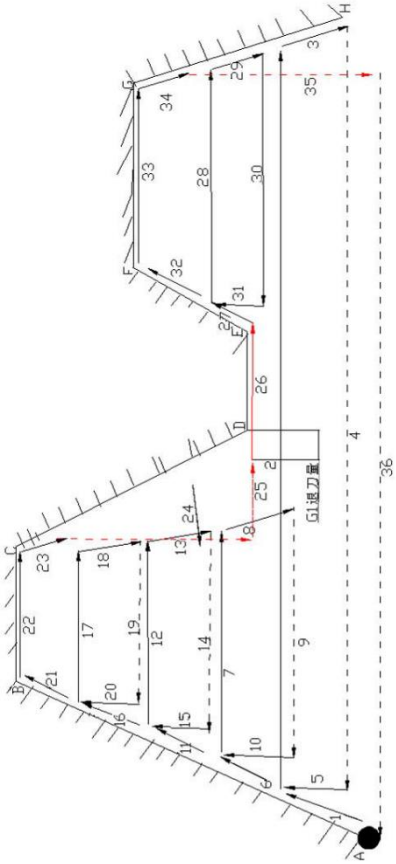


3) 车削后，应该退刀，退刀量由 R(e)参数指定或者参数数参 52 号指定，示意如下：



4) 精车余量只能指定 Z 方向，如果指定 X 方向精车余量，则会使整个加工轨迹发生偏移，如果指定最好是 0；

5) 代码执行过程：粗车轨迹 A-H



附录七、正/侧面打孔循环(2021 以上版本具有)

1、G83/G87 正/侧面钻孔循环

1.1 正面钻孔循环 G83:

指令格式 1：G83 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F_ K_ M_;

X_孔绝对值位置(U_孔对于起始点 X 轴的增量值位置)；

Z_孔底绝对值位置(W_孔底对于 R 点的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

F_进给速度；

K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

说明：此格式将一次性打孔完成，不分层钻孔。

数参 216 【G83/G87 钻孔留空量】默认 2

数参 217 【主轴夹紧 M 代码】默认 20

位参 172.5 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】默认 0

注 1：编辑 R 比孔底位置低时报警:R 点位置比孔底位置低；

注 2：编辑 Z(W)时报警:钻/镗孔循环未指定孔底平面；

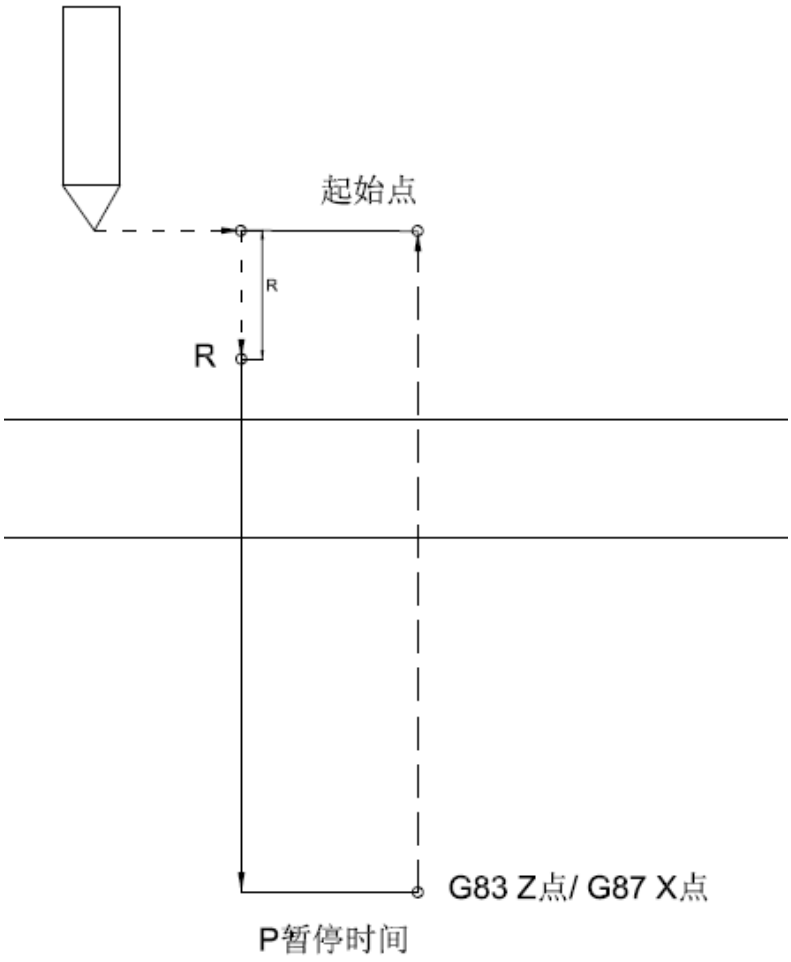
注 3：**G83/G87/G85/G89 钻孔循环 CS 轴自动松开有效时（编辑有 M20 指令)，**在打孔指令 G83/G87 中 CS 轴指令未移动完，主轴夹紧指令需要等待指令完成后才输出；指令 CS 轴移动指令时需要自动松开主轴夹紧，

G83 C100 Z-20 R5 F100 M20;//先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20；

C140 M20; //先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20；

G80;

注 4：打开位参 172.5=1 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】时，在循环代码中 C 轴需要夹紧松开时，可以不编辑 M20 代码控主轴夹紧松开，系统自动加入在执行 C 坐标先系统先执行松开代码 M21 等待完成后在走 C 坐标，坐标完成后执行 M20 夹紧代码；如果打开了参数也编辑了 M20 时，以 M20 为准。



指令格式 2：G83 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F_ K_ M_ Q_;

X_孔绝对值位置(U_孔对于起始点 X 轴的增量值位置)；

Z_孔底绝对值位置(W_孔底对于 R 点的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

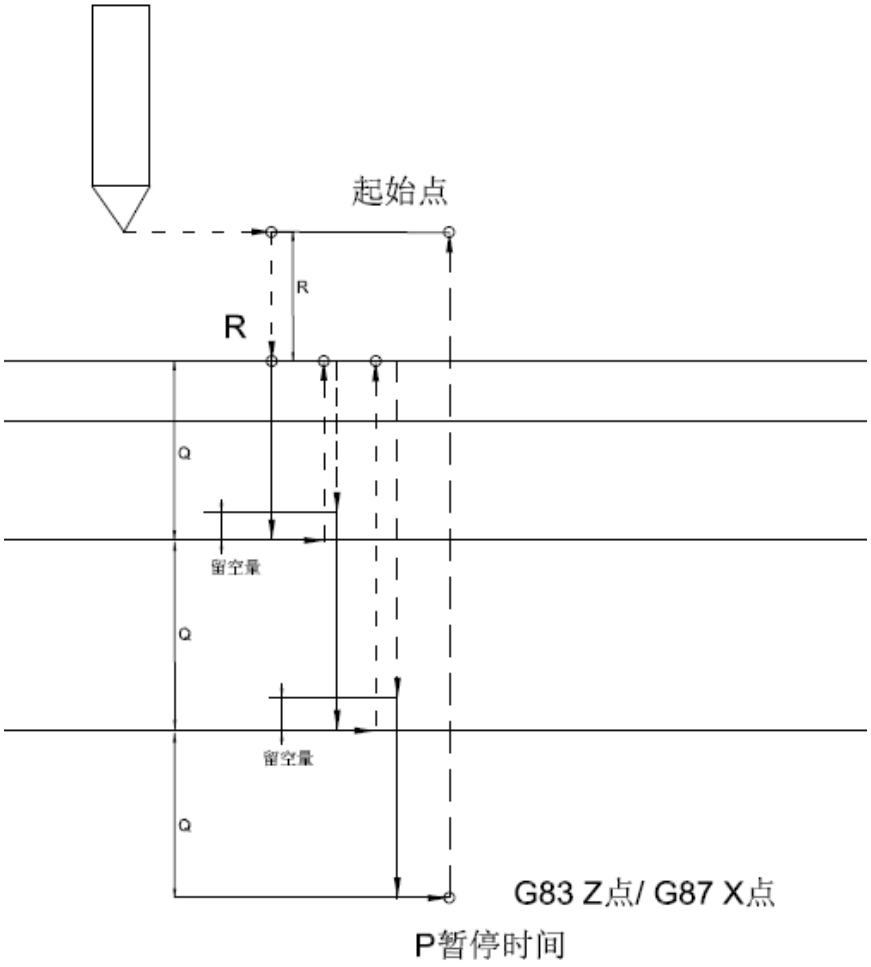
F_进给速度；

K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

Q_每次切削深度(不分正负号)；

说明：此格式将分成钻孔，每次进给 Q_后返回 R 点，再快速进给到留空量位置进行钻孔进给。



指令格式 3：G83 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F_ K_ M_ Q_ D_;

X_孔绝对值位置(U_孔对于起始点 X 轴的增量值位置)；

Z_孔底绝对值位置(W_孔底对于 R 点的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

F_进给速度；

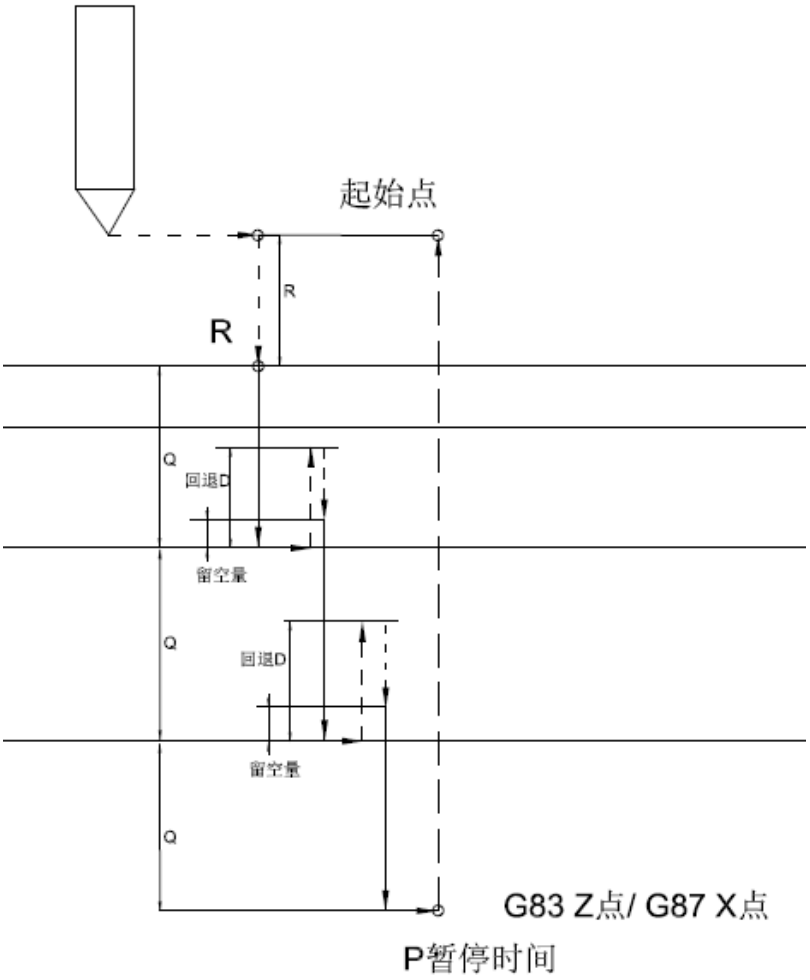
K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

Q_每次切削深度(不分正负号)；

D_每次回退高度(不分正负号)；

说明：此格式将分成钻孔，每次进给 Q_后回退到回退高度，再快速进给到留空量位置进行钻孔进给。



1.2 侧面钻孔循环 G87:

指令格式 1：G87 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F_ K_ M_;

X_孔底绝对值位置(U_孔底对于 R 点的增量值位置)；

Z_孔绝对值位置(W_孔对于起始点 Z 轴的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

F_进给速度；

K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

说明：此格式将一次性打孔完成，不分层钻孔。

数参 216 【G83/G87 钻孔留空量】默认 2

数参 217 【主轴夹紧 M 代码】默认 20

位参 172.5 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】默认 0

注 1：编辑 R 比孔底位置低时报警:R 点位置比孔底位置低；

注 2：编辑 X(U)时报警:钻/镗孔循环未指定孔底平面；

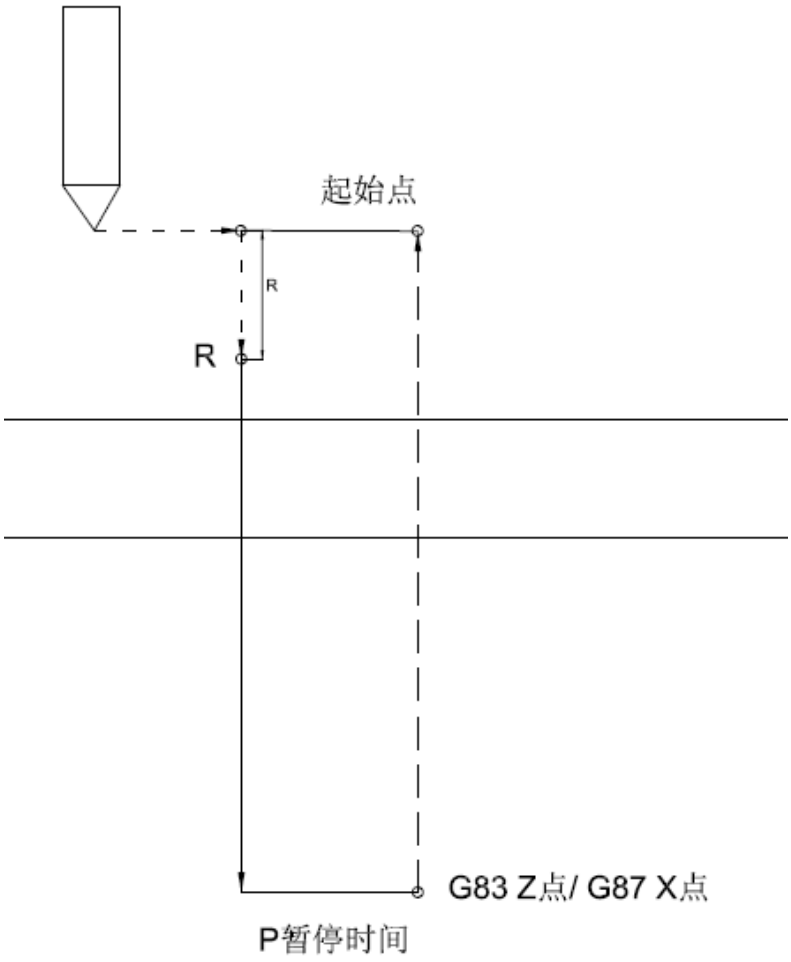
注 3：**G83/G87/G85/G89 钻孔循环 CS 轴自动松开有效时（编辑 M20 指令）**，在打孔指令 G83/G87 中 CS 轴指令未移动完，主轴夹紧指令需要等待指令完成后才输出；指令 CS 轴移动指令时需要自动松开主轴夹紧；

G87 C100 X-20 R5 F100 M20;//先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20；

C140 M20; //先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20；

G80;

注 4：打开位参 172.5=1 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】时，在循环代码中 C 轴需要夹紧松开时，可以不编辑 M20 代码控主轴夹紧松开，系统自动加入在执行 C 坐标先系统先执行松开代码 M21 等待完成后在走 C 坐标，坐标完成后执行 M20 夹紧代码；如果打开了参数也编辑了 M20 时，以 M20 为准。



指令格式 2：G87 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F_ K_ M_ Q_;

X_孔底绝对值位置(U_孔底对于 R 点的增量值位置)；

Z_孔绝对值位置(W_孔对于起始点 Z 轴的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

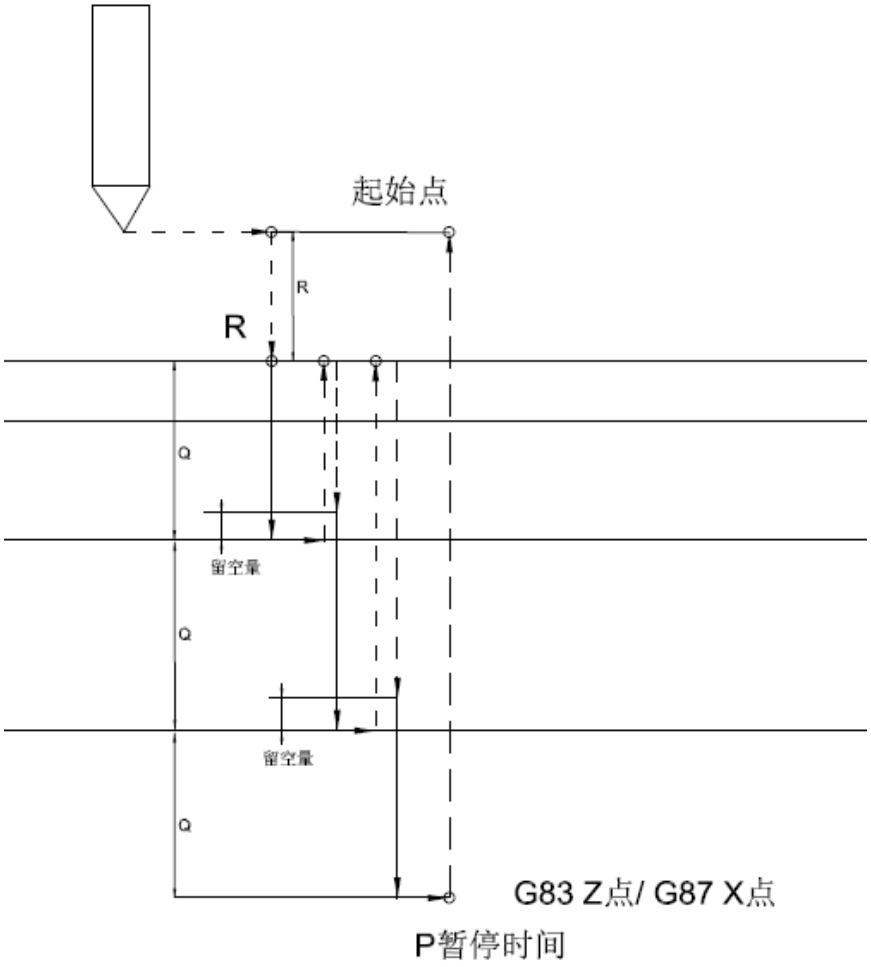
F_进给速度；

K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

Q_每次切削深度(不分正负号)；

说明：此格式将分成钻孔，每次进给 Q_后返回 R 点，再快速进给到留空量位置进行钻孔进给。



指令格式 3：G87 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F_ K_ M_ Q_ D_;

X_孔底绝对值位置(U_孔底对于 R 点的增量值位置)；

Z_孔绝对值位置(W_孔对于起始点 Z 轴的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

F_进给速度；

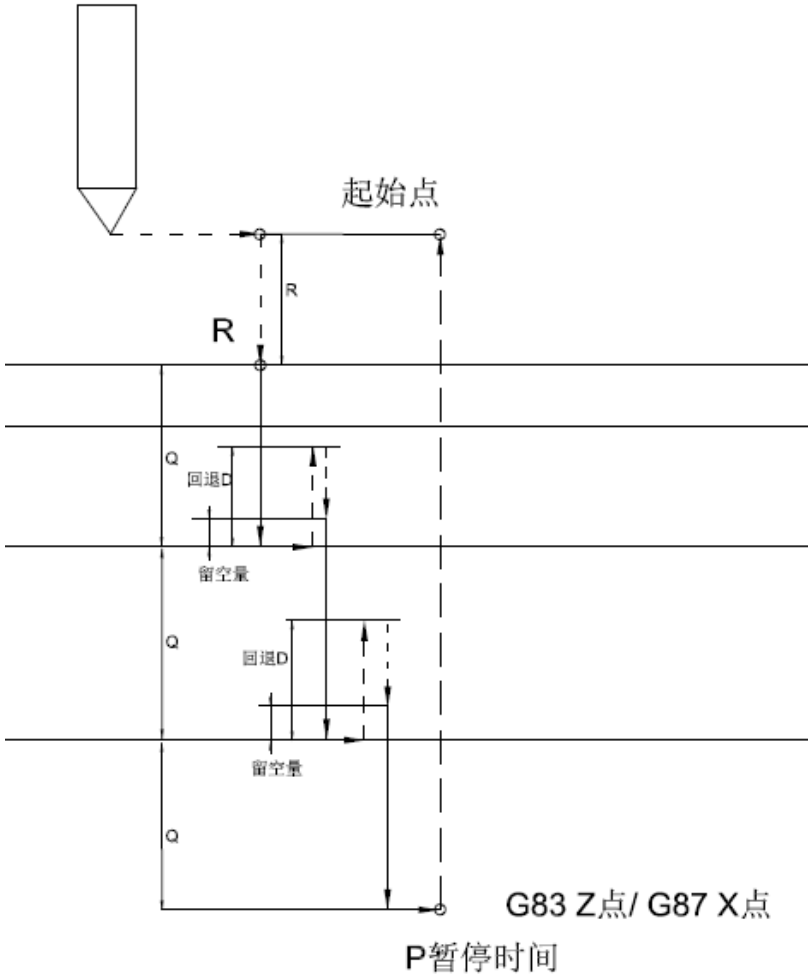
K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

Q_每次切削深度(不分正负号)；

D_每次回退高度(不分正负号)；

说明：此格式将分成钻孔，每次进给 Q_后回退到回退高度，再快速进给到留空量位置进行钻孔进给。



2、G85/G89 正/侧面镗孔循环

2.1 正面镗孔循环 G85:

指令格式 1：G85 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F_ K_ M_;

X_孔绝对值位置(U_孔对于起始点 X 轴的增量值位置)；

Z_孔底绝对值位置(W_孔底对于 R 点的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

F_进给速度；

K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

说明：镗孔循环进刀退刀均以进给 F 速度执行。

数参 216 【G83/G87 钻孔留空量】默认 2

数参 217 【主轴夹紧 M 代码】默认 20

位参 172.5 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】默认 0

注 1：编辑 R 比孔底位置低时报警:R 点位置比孔底位置低；

注 2：编辑 Z(W)时报警:钻/镗孔循环未指定孔底平面；

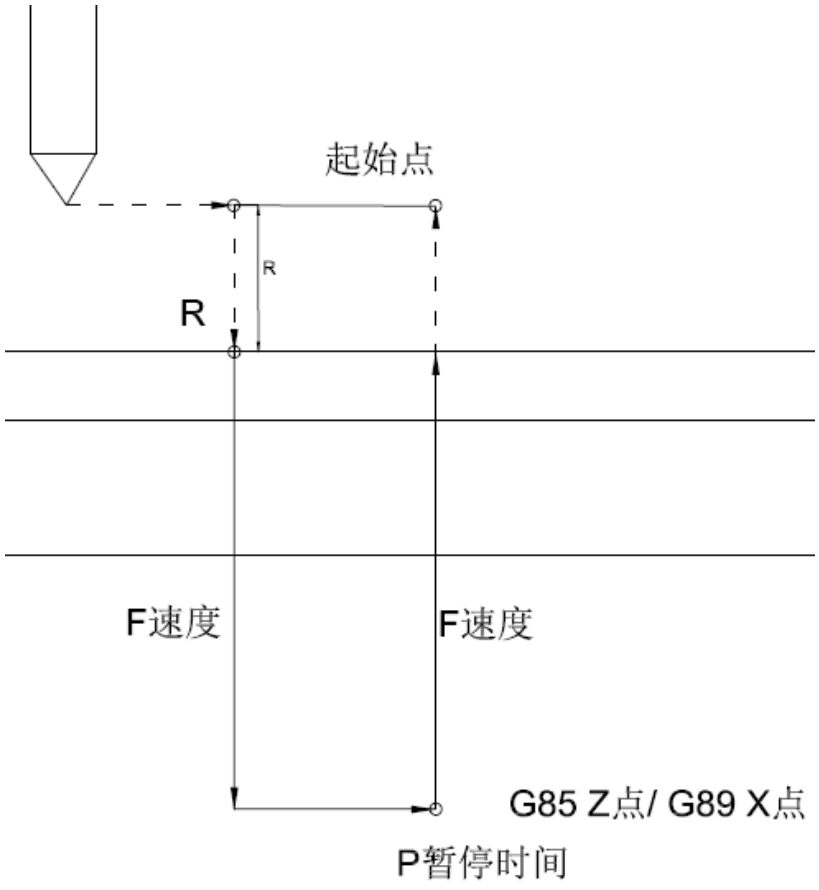
注 3：**G83/G87/G85/G89 钻孔循环 CS 轴自动松开有效时（编辑 M20 指令）**，在打孔指令 G85/G89 中 CS 轴指令未移动完，主轴夹紧指令需要等待指令完成后才输出；指令 CS 轴移动指令时需要自动松开主轴夹紧，

G85 C100 Z-20 R5 F100 M20;//先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20；

C140 M20; //先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20；

G80;

注 4：打开位参 172.5=1 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】时，在循环代码中 C 轴需要夹紧松开时，可以不编辑 M20 代码控主轴夹紧松开，系统自动加入在执行 C 坐标先系统先执行松开代码 M21 等待完成后在走 C 坐标，坐标完成后执行 M20 夹紧代码；如果打开了参数也编辑了 M20 时，以 M20 为准。



2.2 侧面镗孔循环 G89:

指令格式 1：G89 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F_ K_ M_;

X_孔底绝对值位置(U_孔底对于 R 点的增量值位置)；

Z_孔绝对值位置(W_孔对于起始点 Z 轴的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

F_进给速度；

K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

说明：镗孔循环进刀退刀均以进给 F 速度执行。

数参 216 【G83/G87 钻孔留空量】默认 2

数参 217 【主轴夹紧 M 代码】默认 20

位参 172.5 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】默认 0

注 1：编辑 R 比孔底位置低时报警:R 点位置比孔底位置低；

注 2：编辑 X(U)时报警:钻/镗孔循环未指定孔底平面；

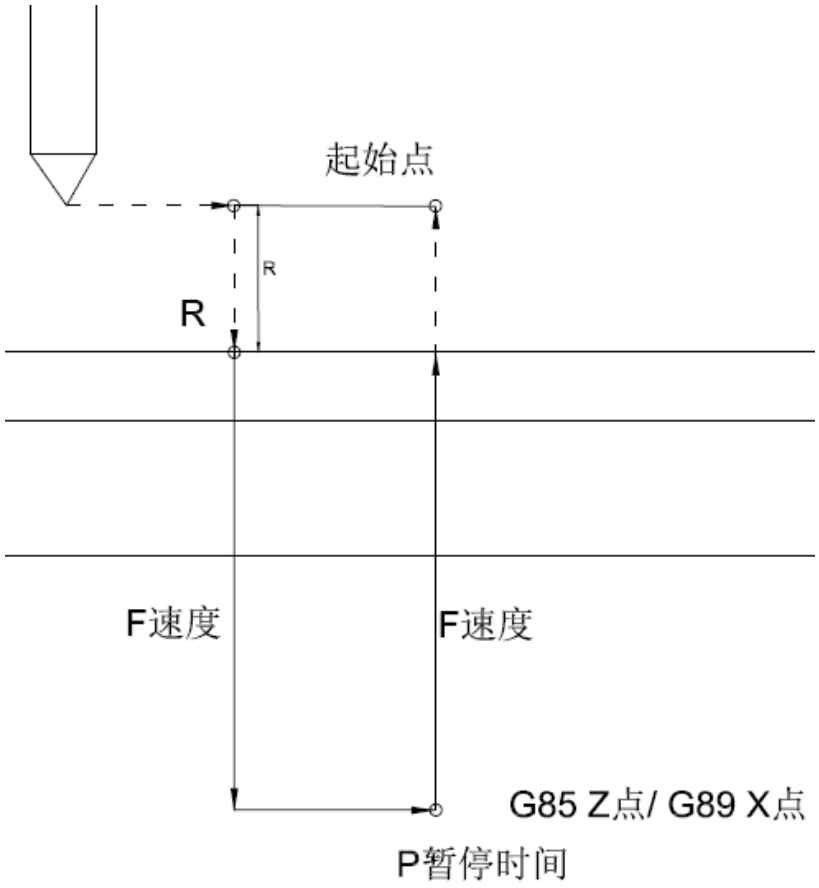
注 3：**G83/G87/G85/G89 钻孔循环 CS 轴自动松开有效时（编辑 M20 指令)，**在镗孔指令 G85/G89 中 CS 轴指令未移动完，主轴夹紧指令需要等待指令完成后才输出；指令 CS 轴移动指令时需要自动松开主轴夹紧；

G89 C100 X-20 R5 F100 M20;//先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20；

C140 M20; //先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20；

G80;

注 4：打开位参 172.5=1 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】时，在循环代码中 C 轴需要夹紧松开时，可以不编辑 M20 代码控主轴夹紧松开，系统自动加入在执行 C 坐标先系统先执行松开代码 M21 等待完成后在走 C 坐标，坐标完成后执行 M20 夹紧代码；如果打开了参数也编辑了 M20 时，以 M20 为准。



附录八、正/侧面 G84/G88 攻丝循环(2021 以上版本具有)

1、正面攻丝循环 G84:

正面攻丝循环指令格式 1：
M29 S____ ; //M29 打开刚性攻丝，S___攻丝转速 // 不写 M29 指令为柔性攻丝
G84 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F/I_ K_ M_;

X_孔绝对值位置(U_孔对于起始点 X 轴的增量值位置)；
Z_孔底绝对值位置(W_孔底对于 R 点的增量值位置)；
R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；
P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；
F_公制丝锥螺距，I_英制牙数，**右旋为正值，左旋为负值；**
K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

说明：此格式将一次性加工完成。

位参 213.0 攻丝时主轴控制方式为(0:跟随 1:伺服)

当 213.0 选择跟随时，有无 M29 指令均为柔性攻丝，通过主轴正反转控制；选择伺服时，有 M29 指令为刚性攻丝，通过参数选择攻丝脉冲口

位参 209.0 G84 刚性攻丝是否选择 Y 轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.1 G84 刚性攻丝是否选择第四轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.2 G84 刚性攻丝是否选择第五轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.3 G84 主轴方向是否取反(0:否 1:是)

位参 209.4 G88 刚性攻丝是否选择 Y 轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.5 G88 刚性攻丝是否选择第四轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.6 G88 刚性攻丝是否选择第五轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.7 G88 主轴方向是否取反(0:否 1:是)

PLC 参数 K014.7 M29 刚性攻丝输出主轴位置模式 Y4.2(0:有效 1:无效)

数参 216 【G83/G87 钻孔留空量】默认 2

数参 217 【主轴夹紧 M 代码】默认 20

位参 172.5 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】默认 0

注 1：编辑 R 比孔底位置低时报警:R 点位置比孔底位置低；

注 2：编辑 Z(W)时报警:攻丝循环未指定孔底平面；

注 3：**G84/G88 攻丝循环 CS 轴自动松开有效时（编辑有 M20 指令）**，在打孔指令 G84/G88 中 CS 轴指令未移动完，主轴夹紧指令需要等待指令完成后才输出；指令 CS 轴移动指令时需要自动松开主轴夹紧，

M29 S100;//有 M29 指令为刚性攻丝

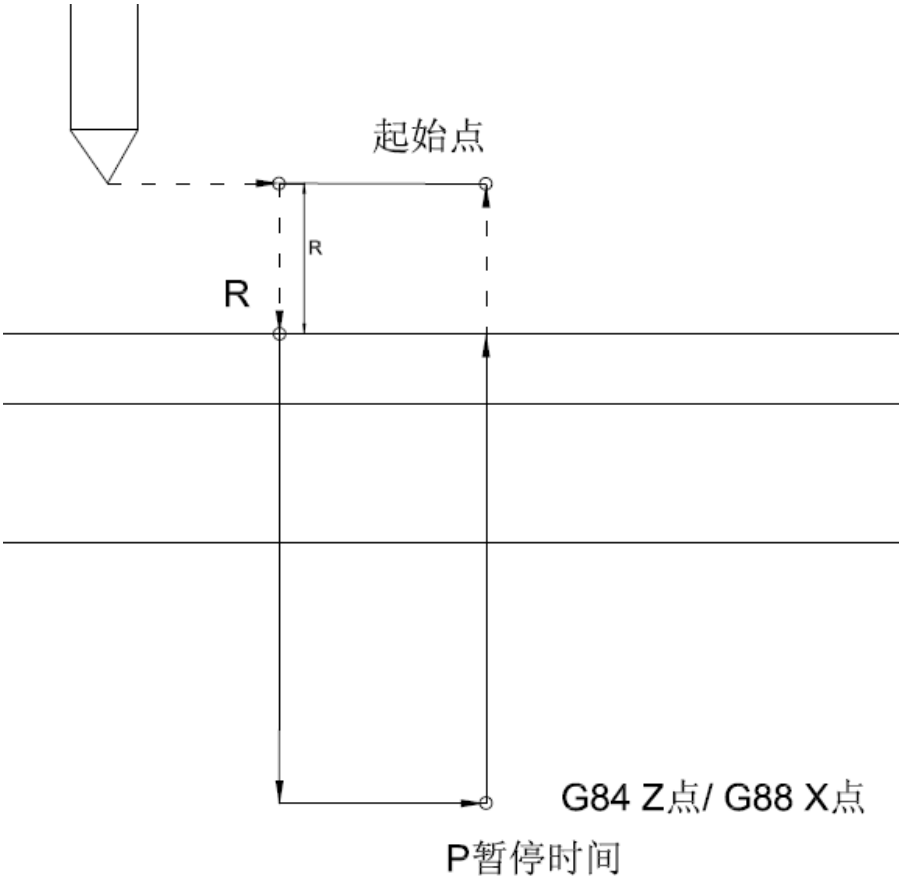
G84 C100 Z-20 R5 F100 M20;//先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20;

C140 M20; //先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20;

G80;

注 4：打开位参 172.5=1 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】时，在循环代码中 C 轴需要夹紧松开时，可以不编辑 M20 代码控主轴夹紧松开，系统自动加入在执行 C 坐标先系统先执行松开代码 M21 等待完成后在走 C 坐标，坐标完成后执行 M20 夹紧代码；如果打开了参数也编辑了 M20 时，以 M20 为准。

注 5：当选择柔性攻丝位参 213.0=0 时，编辑 M29 也是柔性攻丝不会改变攻丝状态，G84 发出主轴正反转控制，Z 轴与主轴联动攻丝；读取主轴反馈转速控制 Z 轴速度，在 G84 指令执行前先执行内部执行 M05 主轴停止，在根据 F/I 的正负判断输出主轴方向，攻丝完成后输出 M05 停止主轴，Z 轴进刀与车螺纹类似等待编码器一转信号后才能进刀。



正面攻丝循环指令格式 2：

M29 S____ ; //M29 打开刚性攻丝，S___攻丝转速// 不写 M29 指令为柔性攻丝

G84 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F/I_ K_ M_ Q_;

X_孔绝对值位置(U_孔对于起始点 X 轴的增量值位置)；

Z_孔底绝对值位置(W_孔底对于 R 点的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

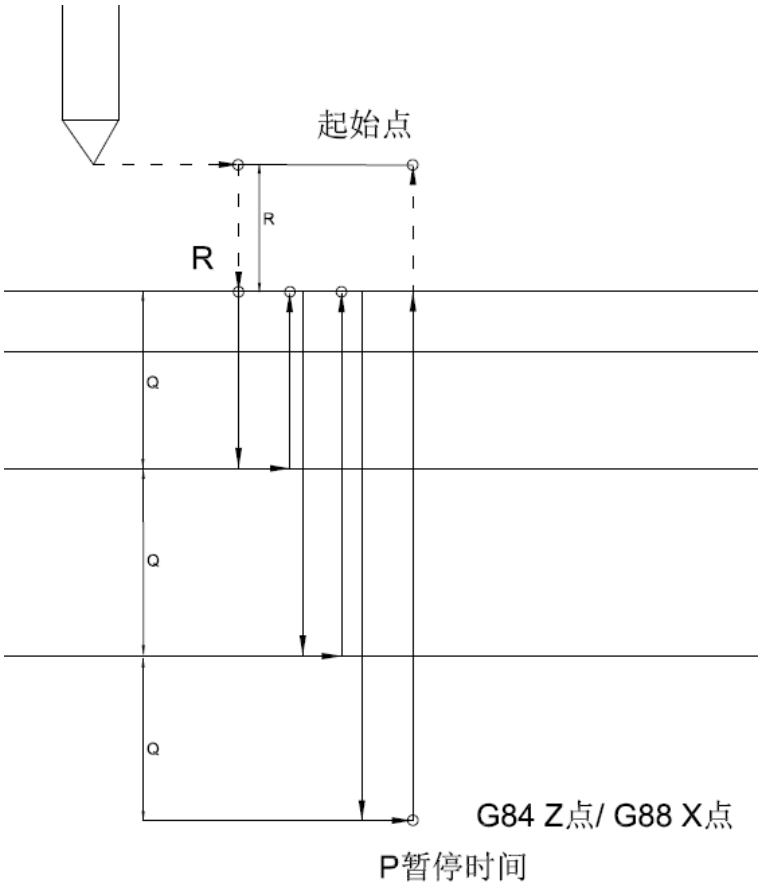
F_公制丝锥螺距，I_英制牙数，**右旋为正值，左旋为负值；**

K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，（只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

Q_每次切削深度(不分正负号)；

说明：此格式将分层加工，每次进给 Q_后回退到 R 点，再进行攻丝进给。



正面攻丝循环指令格式 3：

M29 S____ ; //M29 打开刚性攻丝，S___攻丝转速// 不写 M29 指令为柔性攻丝

G84 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F/I_ K_ M_ Q_ D_;

X_孔绝对值位置(U_孔对于起始点 X 轴的增量值位置)；

Z_孔底绝对值位置(W_孔底对于 R 点的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

F_公制丝锥螺距，I_英制牙数，**右旋为正值，左旋为负值；**

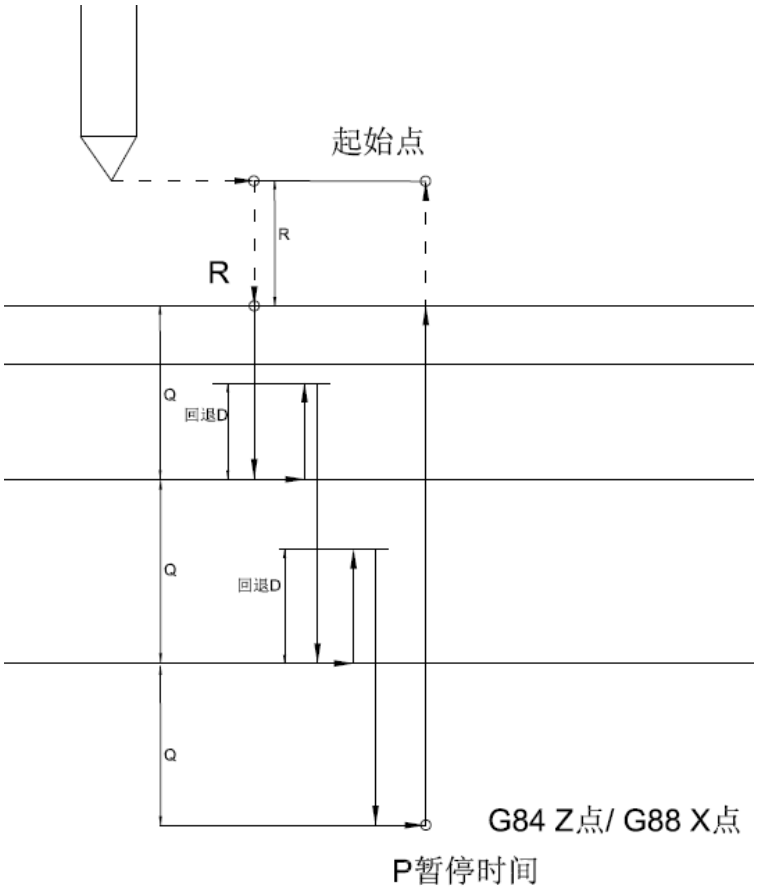
K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

Q_每次切削深度(不分正负号)；

D_每次回退高度(不分正负号)；

说明：此格式将分层加工，每次进给 Q_后回退到回退高度，再进行攻丝进给。



2、侧面攻丝循环 G88:

侧面攻丝循环指令格式 1：

M29 S____ ; //M29 打开刚性攻丝，S___攻丝转速// 不写 M29 指令为柔性攻丝

G88 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F/I_ K_ M_;

Z_孔绝对值位置(W_孔对于起始点 Z 轴的增量值位置)；

X_孔底绝对值位置(U_孔底对于 R 点的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

F_公制丝锥螺距，I_英制牙数，**右旋为正值，左旋为负值；**

K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

说明：此格式将一次性加工完成。

位参 213.0 攻丝时主轴控制方式为(0:跟随 1:伺服)

当 213.0 选择跟随时，有无 M29 指令均为柔性攻丝，通过主轴正反转控制；选择伺服时，有 M29 指令为刚性攻丝，通过参数选择攻丝脉冲口；无 M29 指令为柔性攻牙。

位参 209.0 G84 刚性攻丝是否选择 Y 轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.1 G84 刚性攻丝是否选择第四轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.2 G84 刚性攻丝是否选择第五轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.3 G84 主轴方向是否取反(0:否 1:是)

位参 209.4 G88 刚性攻丝是否选择 Y 轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.5 G88 刚性攻丝是否选择第四轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.6 G88 刚性攻丝是否选择第五轴做主轴 （0:否 1 是）

位参 209.7 G88 主轴方向是否取反(0:否 1:是)

PLC 参数 K014.7 M29 刚性攻丝输出主轴位置模式 Y4.2(0:有效 1:无效)

数参 216 【G83/G87 钻孔留空量】默认 2

数参 217 【主轴夹紧 M 代码】默认 20

位参 172.5 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】默认 0

注 1：编辑 R 比孔底位置低时报警:R 点位置比孔底位置低；

注 2：编辑 X(U)时报警:攻丝循环未指定孔底平面；

注 3：G84/G88 攻丝循环 CS 轴自动松开有效时（编辑有 M20 指令），在打孔指令 G84/G88 中 CS 轴指令未移动完，主轴夹紧指令需要等待指令完成后才输出；指令 CS 轴移动指令时需要自动松开主轴夹紧，

M29 S100;//有 M29 指令为刚性攻丝

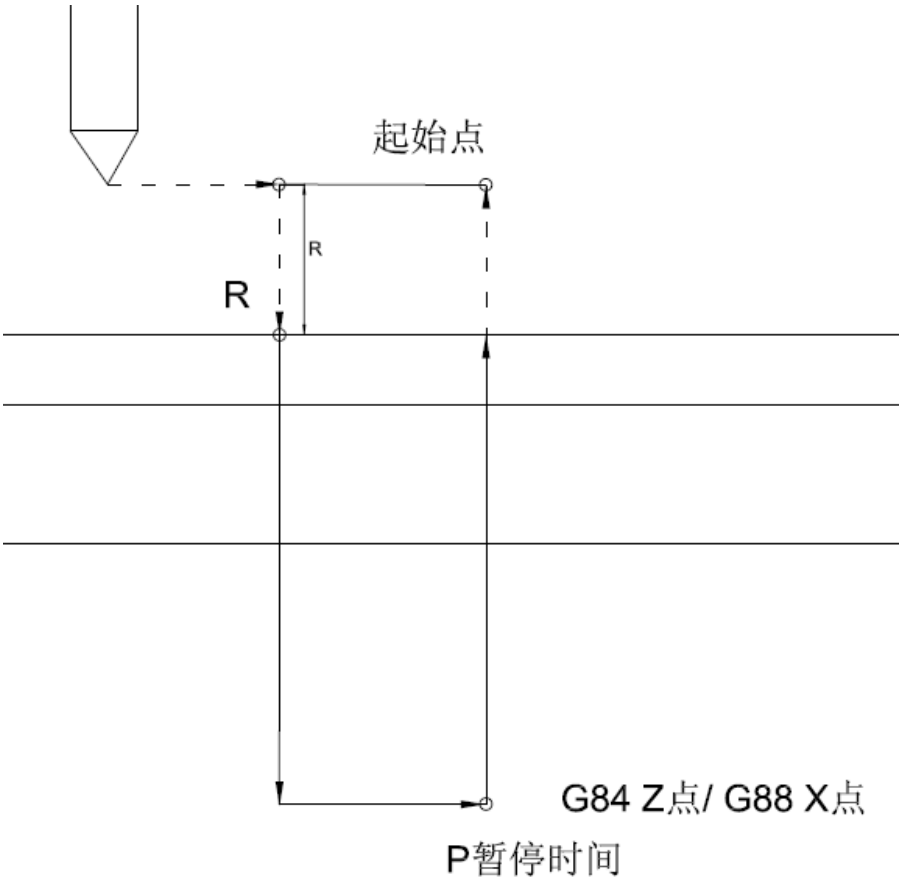
G88 C100 X-20 R5 F1 M20;//先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20；

C140 M20; //先执行 M21 完成后，执行 C100 完成后，执行 M20；

G80;

注 4：打开位参 172.5=1 【钻/镗/刚性攻丝/循环主轴夹紧自动(0:否 1:是)有效】时，在循环代码中 C 轴需要夹紧松开时，可以不编辑 M20 代码控主轴夹紧松开，系统自动加入在执行 C 坐标先系统先执行松开代码 M21 等待完成后在走 C 坐标，坐标完成后执行 M20 夹紧代码；如果打开了参数也编辑了 M20 时，以 M20 为准。

注 5：当选择柔性攻丝位参 213.0=0 时，编辑 M29 也是柔性攻丝不会改变攻丝状态，G88 发出主轴正反转控制，X 轴与主轴联动攻丝；读取主轴反馈转速控制 Z 轴速度，在 G88 指令执行前先执行内部执行 M05 主轴停止，在根据 F/I 的正负判断输出主轴方向，攻丝完成后输出 M05 停止主轴，X 轴进刀与车螺纹类似等待编码器一转信号后才能进刀。



侧面攻丝循环指令格式 2：

M29 S____ ; //M29 打开刚性攻丝，S___攻丝转速// 不写 M29 指令为柔性攻丝

G88 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F_ K_ M_ Q_;

Z_孔绝对值位置(W_孔对于起始点 Z 轴的增量值位置)；

X_孔底绝对值位置(U_孔底对于 R 点的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

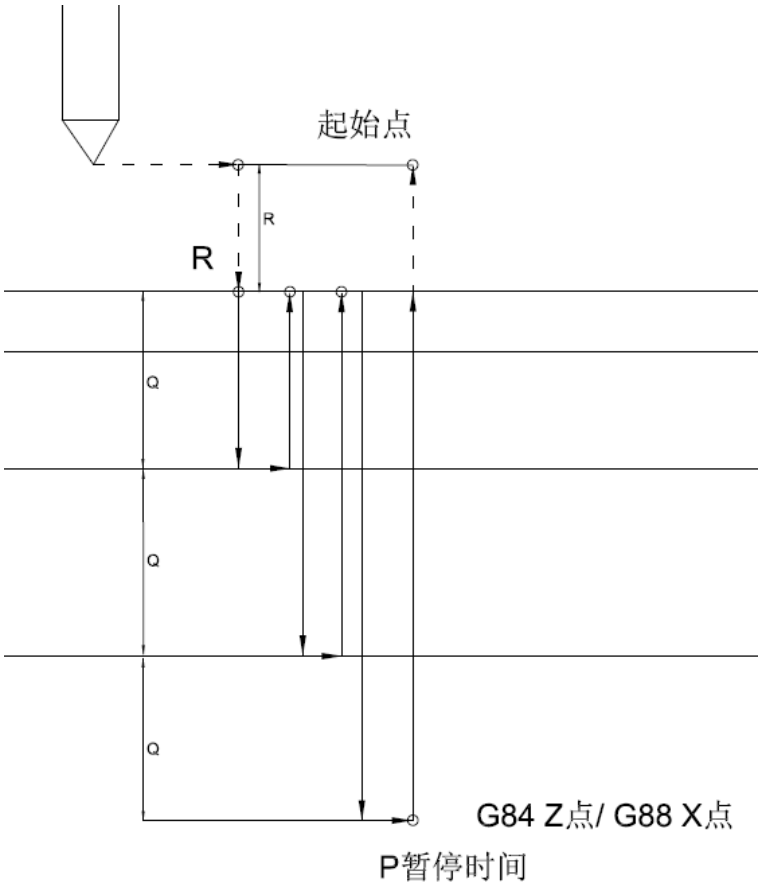
F_公制丝锥螺距，I_英制牙数，**右旋为正值，左旋为负值；**

K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

Q_每次切削深度(不分正负号)；

说明：此格式将分层加工，每次进给 Q_后回退到 R 点，再进行攻丝进给。



侧面攻丝循环指令格式 3：

M29 S____ ; //M29 打开刚性攻丝，S___攻丝转速// 不写 M29 指令为柔性攻丝

G88 X(U)_ Z(W)_ R_ P_ F_ K_ M_ Q_ D_;

Z_孔绝对值位置(W_孔对于起始点 Z 轴的增量值位置)；

X_孔底绝对值位置(U_孔底对于 R 点的增量值位置)；

R_起始点到 R 点的增量值(不分正负号)，不编辑的情况下默认从起始点开始加工；

P_孔底暂停时间,单位 ms,不编辑的情况下默认暂停；

F_公制丝锥螺距，I_英制牙数，**右旋为正值，左旋为负值；**

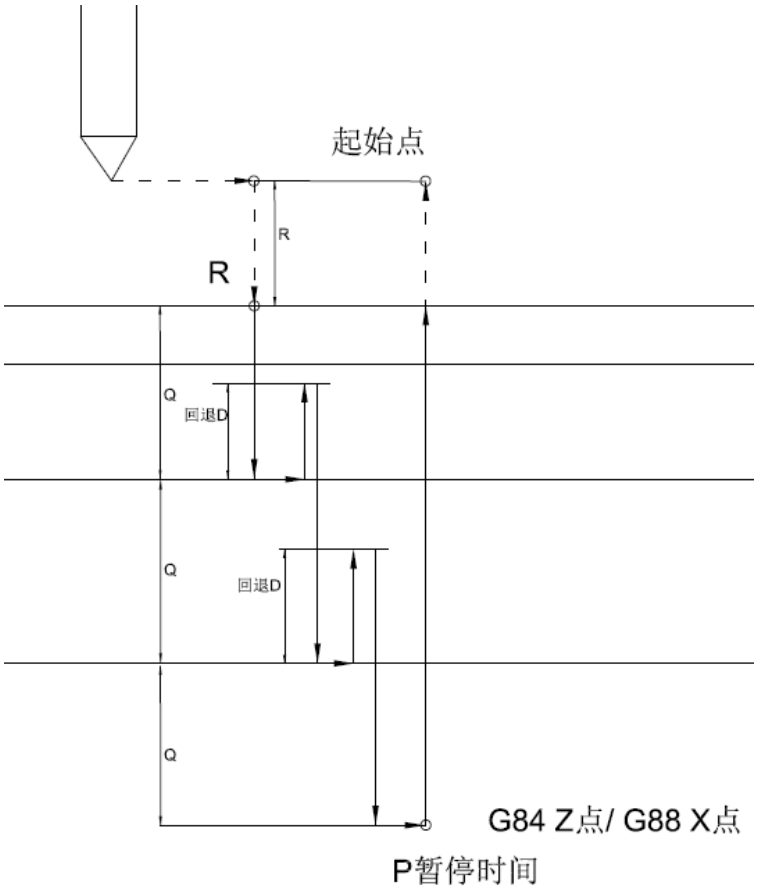
K_重复次数，不编辑情况下默认 1 次，(只当前孔有效，多个孔需要重复加工时每个坐标后均需要添加 K)；

M_主轴夹紧代码，不编辑情况下默认不夹紧主轴；

Q_每次切削深度(不分正负号)；

D_每次回退高度(不分正负号)；

说明：此格式将分层加工，每次进给 Q_后回退到回退高度，再进行攻丝进给。



附录九、在线修改刀补特殊指令 G08/G09（2021 以上版本才具有）

编程格式：

G08/G09 X(U) Z(W) Y(V) A/B(E) C(H) R(D);

说明:

X/Z/Y/A/B/C 绝对值编程，编辑数据为当前位置绝对坐标输入至相应刀补号中；

U/W/V/E/H/D 增量编程，编程数据增量录入到相应刀补号中；

R(D)为刀尖半径补偿：R 绝对编程把编辑数据作为刀尖半径录入至刀补号中，D 为增量编程把编辑数据增量录入至刀补号中；

G08 补偿当前刀补号；

G09 补偿 00 号刀补；

相应参数：

使用 G08/G09 指令需要打开位参 179.3=1 [G10 功能从新译码（0:否 1:是）支持]；
需要修改 00 号刀补时需要打开位参 12.6=1 [NO.0 刀补平移工件坐标系（0:无效 1:有效）]
注 1：补偿 00 号刀补特殊情况，当前刀补号为 00 号时，使用 G08 或 G09 功能一样，使用绝对式或增量式编程功能一样，都是增量录入数据到 00 号刀补中，即 G08/G09 X 功能与 G08/G09 U 功能一致；
注 2：补偿 00 号刀补后所有刀补均会增加 00 号补偿，功能与坐标系基偏移量类似；例如工件使用了 01/02/03/04 号刀补加工且直径均小了 0.2mm 时，可以使用 G09 X/U0.2 补偿 00 号刀补达到补偿其他刀补效果。

G08/G09 使用例子：

1) 补偿 00 号刀补:

```
T0100;
G08 X/U0.2;
```

或

```
T0101;//当前任意刀补号
G09 X/U0.2;
```

效果一样均补偿 00 刀补 0.2mm;

2) 增量补偿当前刀补

```
T0101;//当刀补号为 01，补偿 01 刀补
G08 U0.2;
```

补偿 01 号刀补，在原有刀补数据基础上增加 0.2mm,当 01 号刀补加工工件直径小了 0.2mm 时，可以使用此方法补偿；

3) 绝对补偿当前刀补

```
T0101;//当刀补号为 01，补偿 01 刀补
G08 X20;
```

补偿 01 号刀补，把 01 号刀补数据变为 20；

注：修改刀补后需重新调用刀补才有效；

例如：T0101;//当刀补号为 01，补偿 01 刀补
G08 U0.2;
此时补偿后的刀补未生效，只有执行到下一个 T0101 指令时补偿后的刀补才生效。

2021 年 6 月 4 日，第 2 版定稿