CNC 初级教程

FANUC学校讲义

B-10072/08

FANUC

ＣＮＣ初级教程

FANUC学校

B-10072/07
©FANUC LTD,2001

目录

在阅读讲义之前必读的内容

前言

第1章 NC概要

1. NC概要.....1-1
  1.1 NC的含义.....1-1
  1.2 NC机床的分类和用途.....1-1
  1.3 各种机床外形图.....1-3
  1.4 坐标系和运动符号.....1-5
  1.5 NC机床的构成.....1-7
  1.6 CNC控制单元的构成.....1-8
  1.7 伺服电机.....1-10
  1.8 脉冲发生器的原理.....1-11
  1.9 FA（Factory Automation）.....1-12
  1.10 机器人.....1-17
  1.11 NC的历史.....1-20

第2章 基本编程

1. 概要.....2-1
  1.1 机加工的流程.....2-1
  1.2 CNC的操作概要.....2-2
  1.3 给CNC的指令.....2-2
2. 程序的构成.....2-4
  2.1 存储器内的程序.....2-4
  2.2 一个程序的构成.....2-4
  2.3 一个程序段的构成.....2-4
3. 编程概要.....2-6
  3.1 编程步骤.....2-6
  3.2 手工编程和自动编程的不同点.....2-6
  3.3 程序单实例.....2-7
4. 字和地址.....2-8
  4.1 基本地址和指令值一览表（FS16/18时）.....2-9
5. 辅助功能·主轴功能·刀具功能.....2-10
  5.1 辅助功能（M功能）.....2-10
  5.2 主轴功能（S功能）.....2-11
  5.3 刀具功能（T功能）.....2-11

5.4 第2辅助功能（B功能）.....2-11
5.5 正确使用M代码一览表.....2-12
6. 准备功能（G代码）.....2-13
7. 进给速度.....2-16
7.1 快速进给速度.....2-16
7.2 切削进给速度.....2-16
8. 加工中心用和车床用程序的不同点.....2-18
9. 用于铣床的基本编程.....2-19
9.1 绝对指令和增量指令.....2-19
9.2 坐标系设定（G92）.....2-21
9.3 定位（G00）.....2-22
9.4 直线插补（G01）.....2-24
9.5 圆弧插补（G02/G03）.....2-29
9.6 暂停（G04）.....2-35
9.7 自动返回参考点（G28）.....2-37
10. 用于车床的基本编程.....2-39
10.1 直径指定和半径指定.....2-39
10.2 绝对指令和增量指令.....2-41
10.3 设定坐标系（G90）.....2-43
10.4 定位（G00）.....2-45
10.5 直线插补（G01）.....2-47
10.6 圆弧插补（G02/G03）.....2-49
10.7 暂停（G04）.....2-51
10.8 自动返回参考点（G28）.....2-51
10.9 编程举例和题目.....2-53

第3章 加工中心系的CNC功能和编程
1. 坐标系及其相关功能.....3-1
1.1 设定坐标系（G92）.....3-1
1.2 工件坐标系（G54～G59）.....3-2
1.3 其他坐标.....3-3
2. 补偿功能.....3-5
2.1 刀具补偿功能.....3-5
2.2 机械部分的补偿.....3-14
3. 固定循环.....3-16
3.1 固定循环.....3-16
3.2 固定循环一览表.....3-20
3.3 固定循环功能和编程格式.....3-21

4. 子程序.....3-29
4.1 程序概要.....3-29
4.2 调用程序.....3-30
4.3 编子程序.....3-30
4.4 子程序的例题.....3-31

第4章 车床系CNC的功能和编程

1. 切螺纹功能.....4-1
1.1 螺纹的种类.....4-1
1.2 切直螺纹、锥螺纹（G32）.....4-2
1.3 圆弧螺纹切削（G35,G36）.....4-3
1.4 单一形螺纹切削循环（G92）.....4-4
1.5 复合形螺纹切削循环（G76）.....4-5
1.6 编程举例.....4-8
2. 倒角和拐角R.....4-15
3. 直接输入图纸尺寸.....4-19
4. 辅助功能.....4-21
4.1 刀具位置偏置/刀具功能（T功能）.....4-21
4.2 刀具形状补偿和刀具磨损补偿.....4-22
4.3 刀尖R补偿（G40～G42）.....4-24
5. 固定循环功能.....4-27
5.1 单一形固定循环（G90～G94）.....4-27
5.2 复合形固定循环（G70～G76）.....4-39
5.3 程序举例和问题.....4-41

第5章 用户宏程序

1. 用户宏程序.....5-1
1.1 用户宏程序功能概要.....5-1
2. 调用用户宏程序的方法.....5-3
2.1 用户宏程序和子程序的不同点.....5-3
2.2 调用用户宏程序本体.....5-3
3. 变量.....5-6
4. 编制用户宏程序.....5-8
4.1 运算指令.....5-8
4.2 控制命令.....5-9
5. 程序举例.....5-10
5.1 切削圆的例子.....5-10
5.2 钻削循环的例子.....5-11

5.3 使用变量的程序举例.....5-12
5.4 使用控制命令的程序举例.....5-14
5.5 测量的举例.....5-15

第6章 CNC的操作

1. CNC操作概要.....6-1
1.1 方式（CNC作业内容）的选择.....6-1
1.2 方式（CNC作业内容）的选择.....6-1
1.3 方式（CNC作业内容）的选择.....6-1
2. 机床操作面板（FS16/18用）.....6-2
3. 操作.....6-4
3.1 方式的选择（CNC作业内容）.....6-4
3.2 手动运行操作.....6-5
3.2.1 手动连续进给（JOG）.....6-5
3.2.2 手动手柄进给（MPG）.....6-7
3.2.3 手动返回参考点.....6-8
3.3 操作LCD（CRT）/MDI单元.....6-11
3.3.1 LCD（CRT）/MDI单元.....6-11
3.3.2 MDI单元的说明.....6-13
3.3.3 CNC画面的显示.....6-15
3.4 程序的编辑.....6-21
3.4.1 登录程序.....6-21
3.4.2 修改程序.....6-24
3.5 自动运行操作（运行程序）.....6-29
3.5.1 加工中心系、车床系相同的操作.....6-29
3.5.2 确认加工中心系的程序.....6-30
3.5.3 确认车床系的程序.....6-32
3.5.4 确认仿真的程序.....6-34
3.6 调用程序.....6-36
3.7 删除程序.....6-39
3.8 关于非正确执行程序时的处理.....6-41

第7章 伺服机构

1. 伺服机构概要.....7-1
2. 伺服电动机的控制方式.....7-2
3. 伺服机构.....7-4
4. 设定单位·检测单位.....7-5
5. 伺服电动机.....7-6

6. 检测器.....7-7

附录1 练习编程的题目

1.1 练习编程的题目.....附1-1
1.2 题目答案举例.....附1-8

附录2 词汇集

按日语假名顺序排列.....附2-1
按英文字母顺序排列.....附2-38

附录3 关于CNC各种功能

1. CNC功能一览表.....附3-1
2. 简化程序功能.....附3-6
3. 自动化功能1.....附3-11
4. 自动化功能2.....附3-13
5. 通信功能.....附3-14
6. 高精度化功能.....附3-17
7. 高速化功能.....附3-22
8. 高效率化功能.....附3-24
9. PMC功能.....附3-27
10. 插补功能.....附3-29
11. 提高操作性功能.....附3-35
12. 提高维修性功能.....附3-37
13. 特性化功能.....附3-39

附录4 关于练习编程的题目答案的举例.....附4-1

请在阅读讲义之前阅读下列内容

本讲义是作为在FANUC技术学校研修而编写的。本讲义是以便于理解研修内容为目的，以基本事项为中心而解说的，并非详细解释全部内容。

为此，当您执行所担当的业务时，必须熟读本公司相关的说明书，并应注意安全事项。

前言

本讲义是为了综合理解数字控制“NC”（Numerical Control）的最新技术，以深入浅出的方式进行讲解的。

本讲义对FA相关机器通用的NC和控制电机的系统构成，NC的基本功能，编程和操作方法等基本技术进行广范围的说明。

另外，作为NC机床系统的功能，除了NC，还有机械部分、伺服系统、强电回路、操作面板等综合性能决定的。把这些部分全部组合起来的所有NC机床功能、编程、操作等进行说明是不可能的。

关于各NC机床的情况，请参照机床厂发行的说明书。

第1章

CNC概要

目录

页

1. CNC概要.....1-1
   1.1 NC含义.....1-1
   1.2 NC机床的分类和用途.....1-1
   1.3 各种机床外形图.....1-3
   1.4 坐标系和运动符号.....1-5
   1.5 NC机床的构成.....1-7
   1.6 CNC控制单元的构成.....1-8
   1.7 伺服电动机.....1-10
   1.8 脉冲发生器的原理.....1-11
   1.9 FA (Factory Automation) 1-12
   1.10 机器人.....1-17
   1.11 NC的历史.....1-20

1．CNC概要

1.1 NC的含义

NC是Numerical Control（数值控制装置）的缩写。是自动地控制机床的工作台，刀架等位置和速度的装置。NC以前是由晶体管、IC等电子元件构成的。随着微型计算机的出现，由它组成了NC并进一步商品化，把这种NC称为CNC（Computerized Numerical Control）。CNC的第一个C是内装计算机的意思。

CNC除了控制机床以外，还广泛地应用在控制机器人等方面。

在控制器的构成方面NC和CNC的不同点如下：

1）硬件NC

· 运算和控制的顺序回路是由晶体管、二极管、电阻、电容等电子元件构成的。

· 扩展功能是依赖控制回路（硬件），因此功能的扩展受限制。

2）软件NC（CNC）

· 内部装有小型计算机，微型处理器和存储回路。运算及控制逻辑等大部分NC功能均由软件处理。

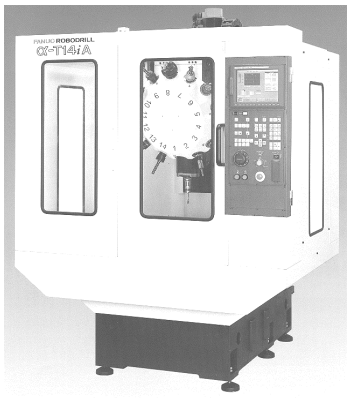
· 扩展功能主要由软件进行，因此扩展性好，这是较大的特点。

1.2 NC机床的分类和用途

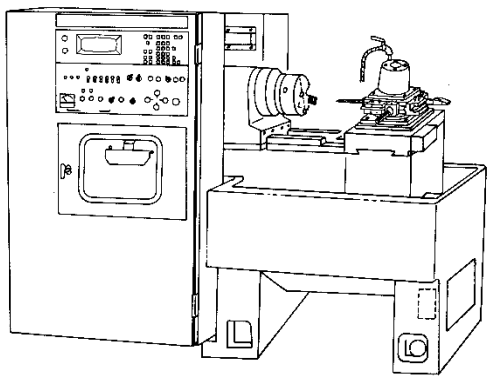
对NC机床进行大分类的话，可以分为以下三种。

①刀具回转进行加工的机床	→（例）NC铣床、加工中心
②工件回转进行加工的机床	→（例）NC车床、外圆磨床
③刀具、工件都不回转进行加工的机械	→（例）线切割机床、激光加工机床

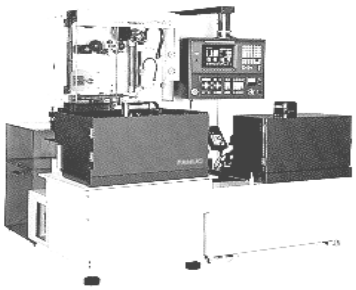
●CNC钻床



●CNC车床



●线切割电加工机床



【CNC的用途】

以前，使用CNC加工高精度复杂形状的零件，而最近为了减轻劳动量，在NC机床、各种专用机床及机器人等方面，CNC得到了广泛的应用。

CNC的主要用途如下：

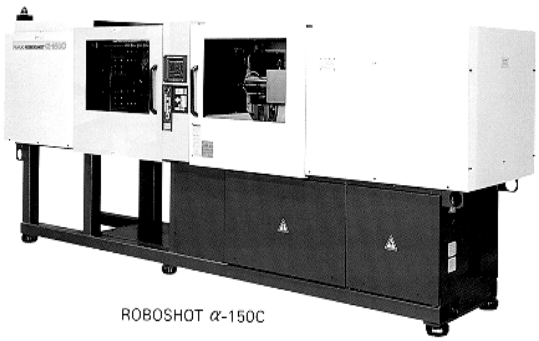
1. 金属切削用
   孔加工、攻丝、镗削、铣削、车削、切螺纹、切平面、轮廓加工、雕模、坐标镗削、平面磨削、轧辊磨削等等。
2. 用于线切割电加工机床
3. 用于冲孔、金属成形、冲压、步冲、弯管等
4. 用于产业机器人
5. 用于塑料成形机
6. 用于测量、检测
   测量曲面，测量平面坐标
7. 用于应用领域
   激光加工机、气体切割机、焊接机、制图机、印刷机等

●产业用机器人



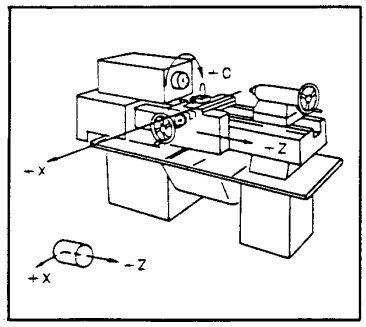
LR Mate 100*i*

●注塑机

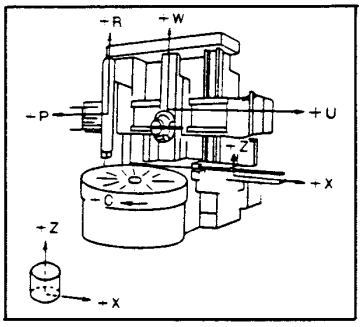


ROBOSHOT α-150C

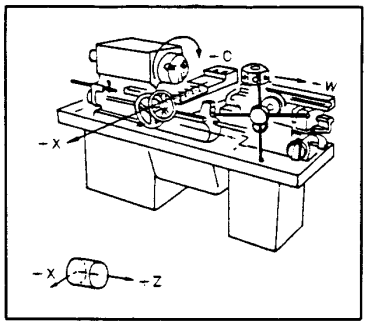
1.3 各种机床外形图



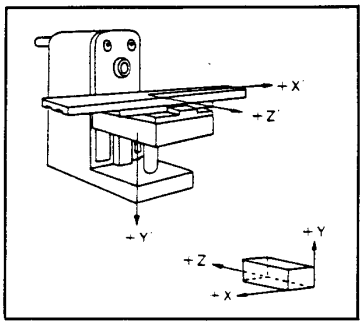
普通车床



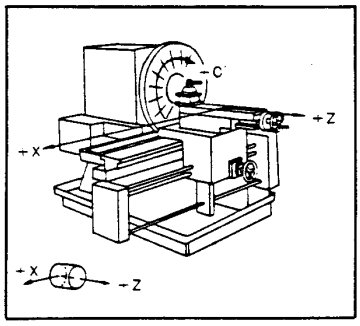
立式转塔车床、立车



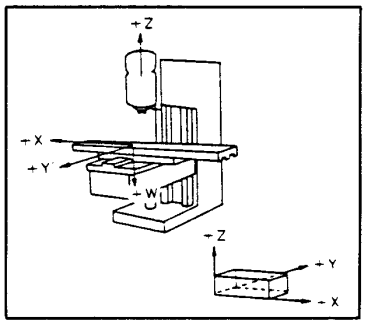
转塔车床



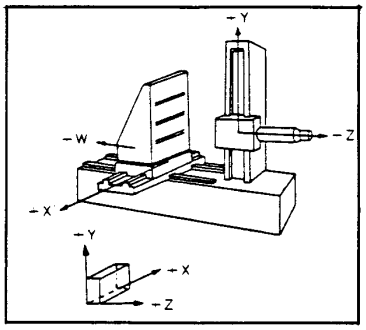
升降台式卧铣



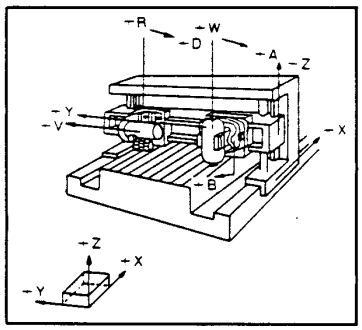
端面车床



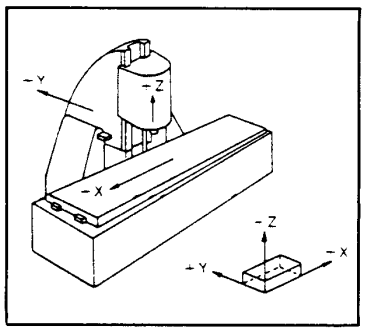
升降台式立铣、钻床坐标镗床



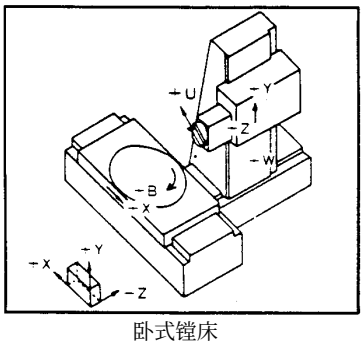
卧式镗、铣床



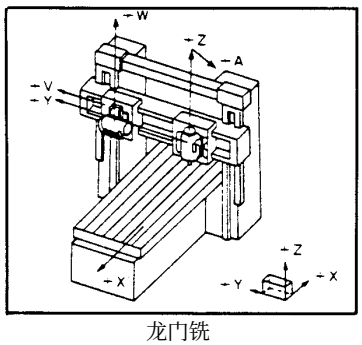
行车式龙门铣床



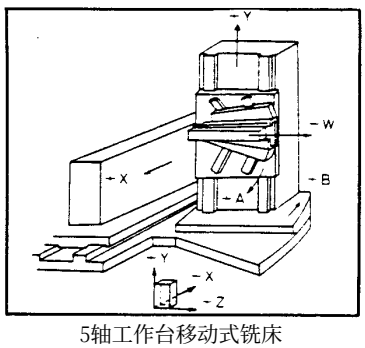
工作台升降式铣床



卧式镗床

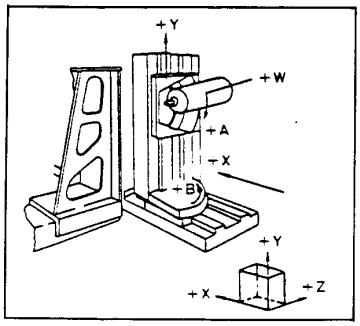


龙门铣

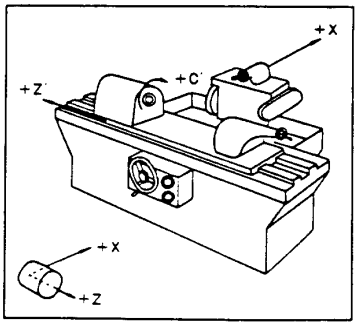


5轴工作台移动式铣床

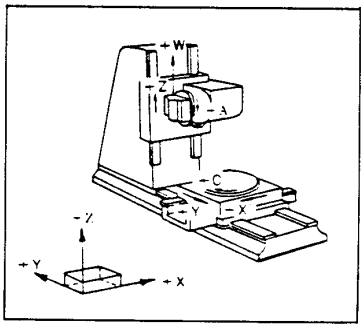
各种机床外形图



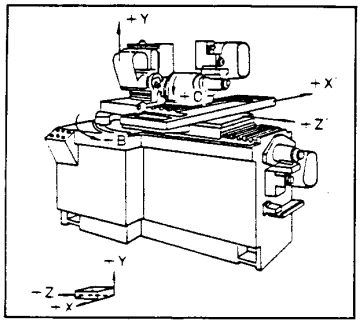
5轴卧式铣床



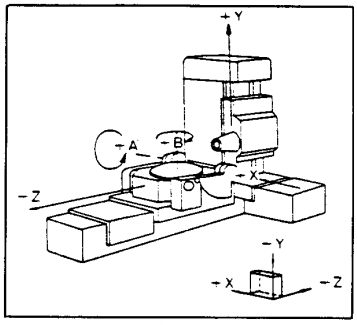
外圆磨床



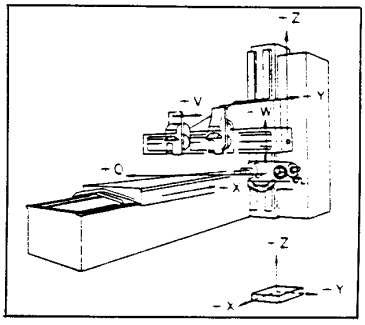
床身回转形铣床



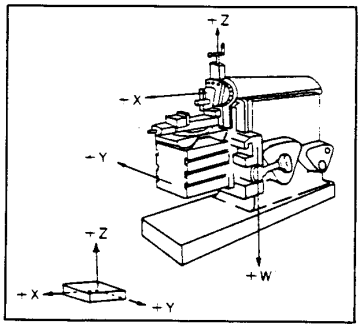
工具磨床



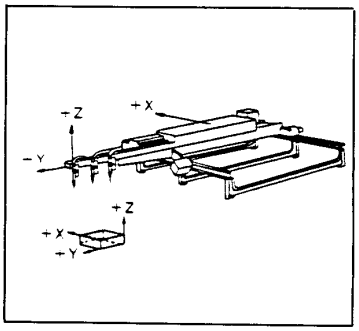
5轴工作台回转形铣床



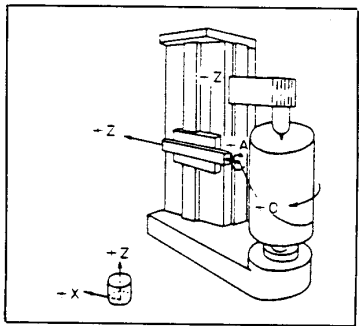
悬臂式刨床（单臂刨床）



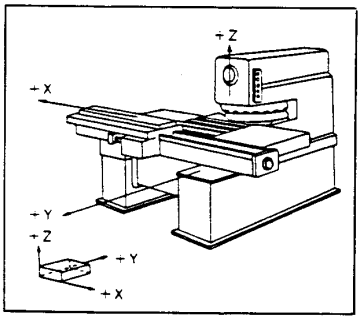
牛头刨床



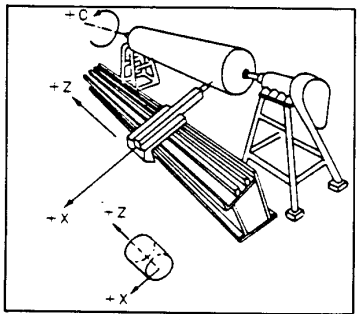
火焰切割机



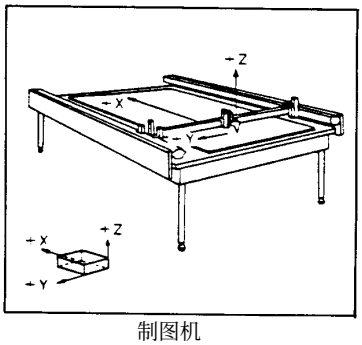
立式绕线机



转塔式冲压机



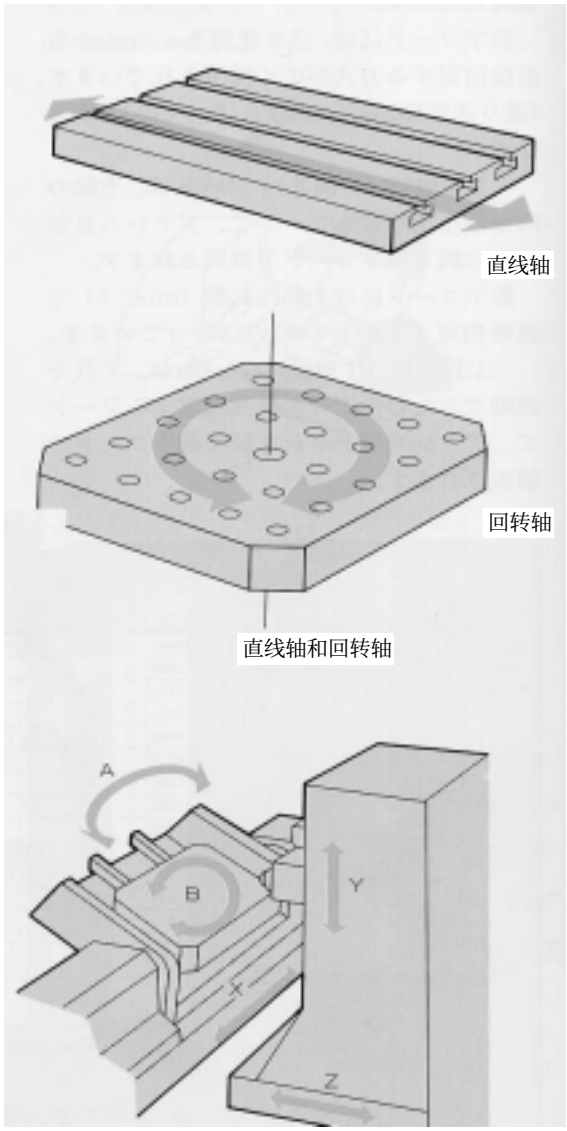
卧式绕线机



制图机

各种机床外形图

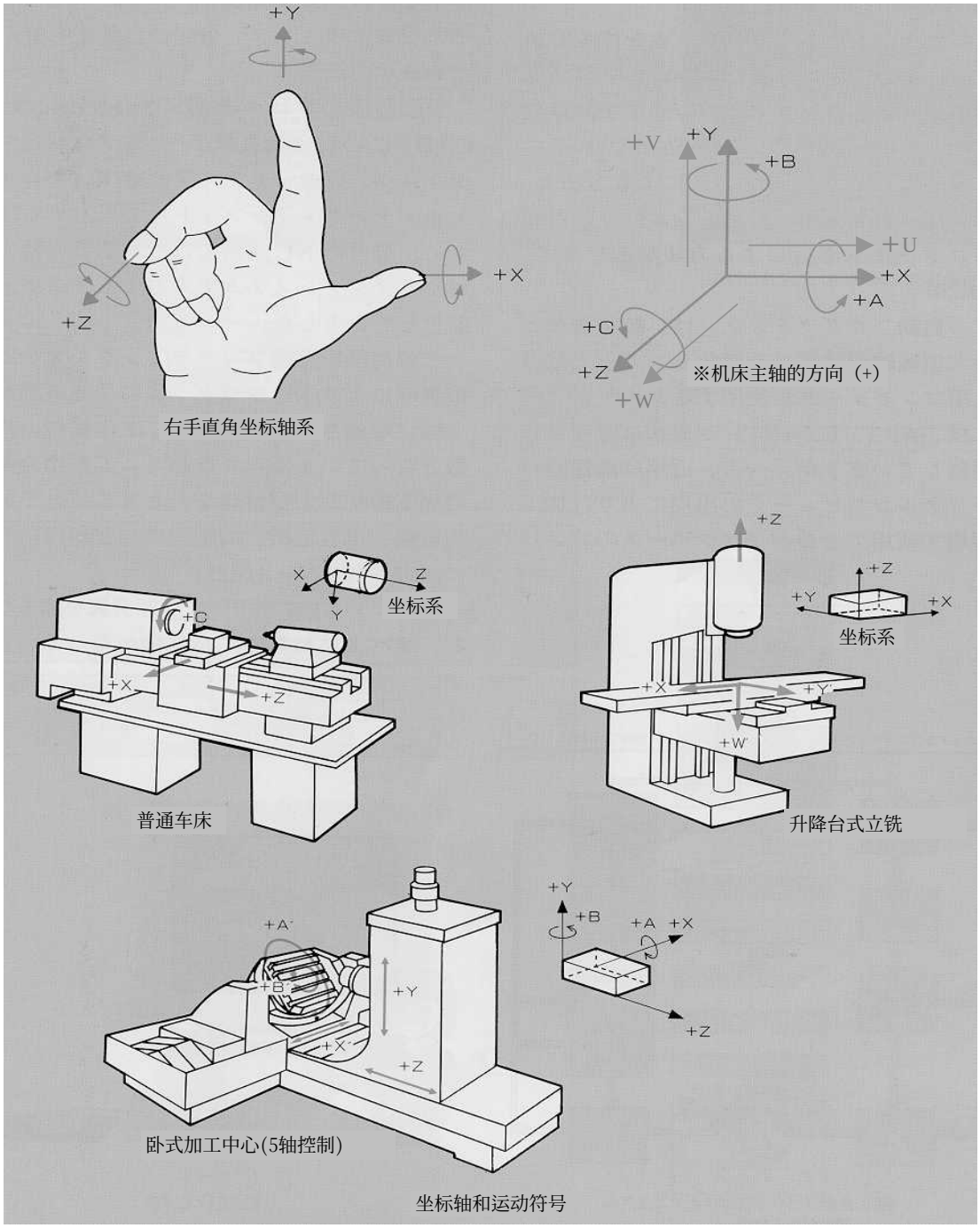
1.4 坐标轴和运动符号



在数控机床上，有沿着轴直线运动的工作台，溜板和围绕轴回转工作台等部件。
把前者的轴称为直线轴，后者的轴称为回转轴。
用NC控制这些运动部分时，事先需要统一指定这些运动部分的轴的名称和运动方向。如果没有统一的规定，编程时就会造成很大的混乱。
在（ISO，JIS）标准中，规定了对于坐标轴和运动符号的基本考虑方法的同时，对每种机床的坐标轴和运动符号都作了规定。

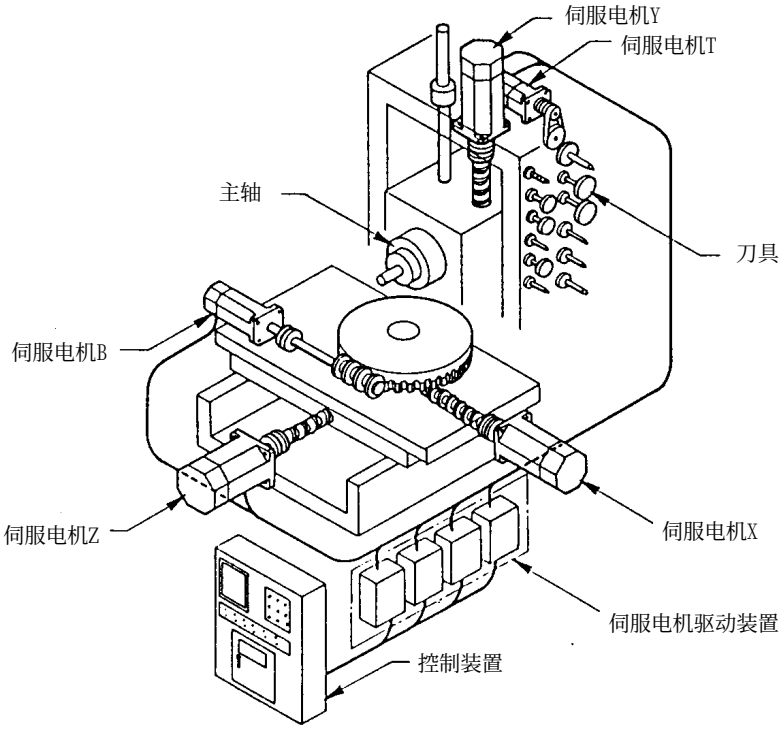
坐标轴的3个X,Y,Z字母，沿着这些轴的运动也使用X,Y,Z字母。另外，沿着坐标轴作回转的运动使用A,B,C，沿着平行与X,Y,Z的轴的运动使用U,V,W字母。
机床的直线轴是这样决定的，即把与机床主轴平行的轴作为Z轴。

若使用该标准，加工作业的编程可以用固定在工件上的右手直角坐标系（标准坐标系）进行。即，在机床上，有工件移动和刀具移动两种情况，但编程时，只考虑工件固定，刀具围绕工件运动，并按规定的机床运动方向进行编程。

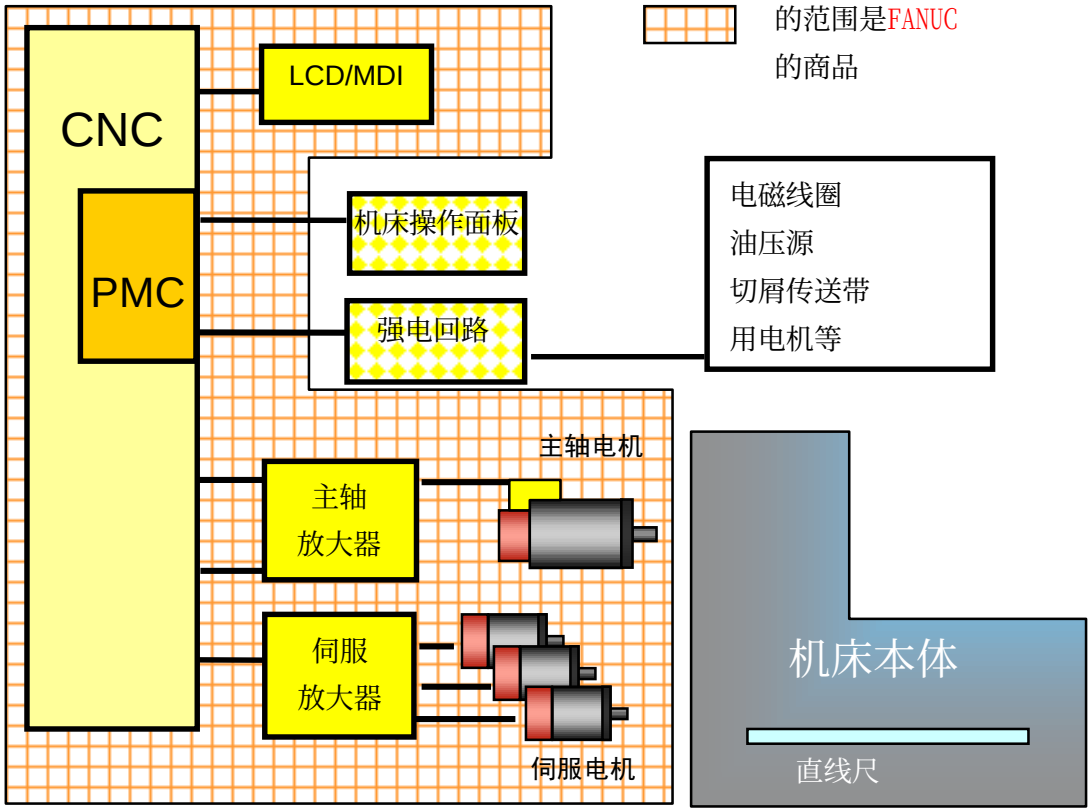

+Y
+X
+Z
右手直角坐标轴系
+V
+Y
+B
+U
+X
+A
+C
+Z
+W
※机床主轴的方向（+）
X
Z
Y
坐标系
+C
+X
+Z
普通车床
+Z
+Z
+Y
+X
坐标系
+X
+Y
+W
升降台式立铣
+A
+B
+Y
+X
+Z
+Y
+B
+A
+X
+Z
卧式加工中心(5轴控制)
坐标轴和运动符号

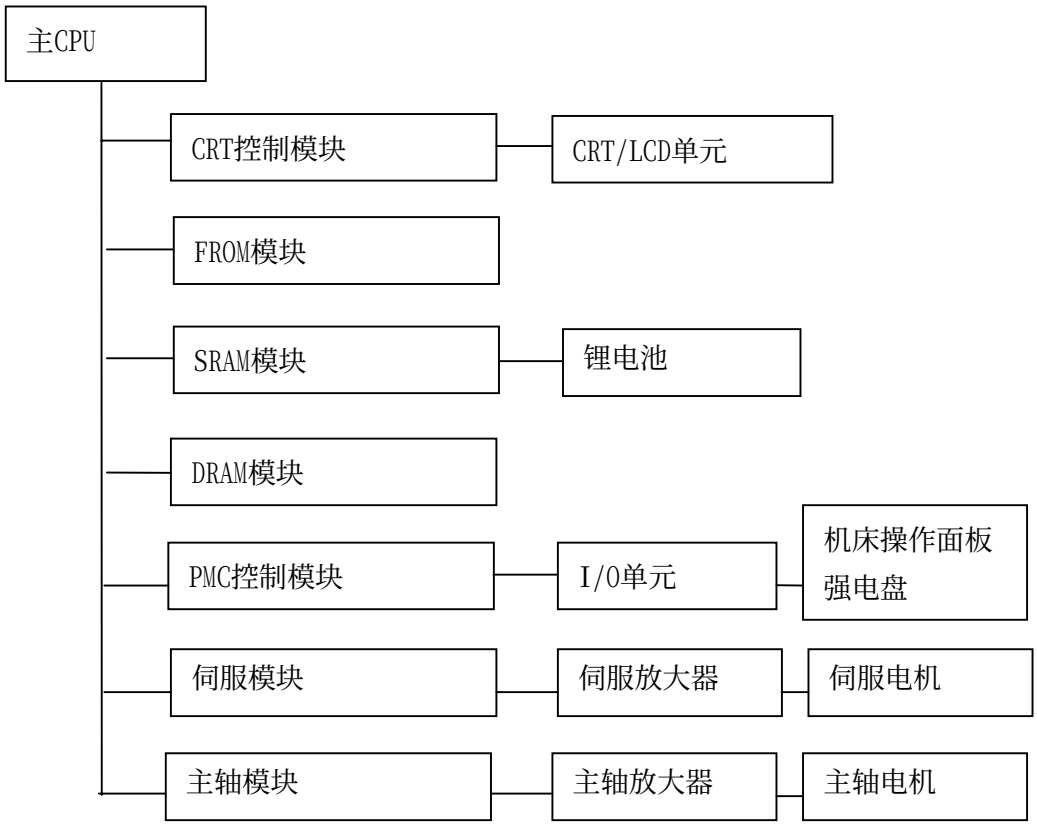
1.5 NC机床的构成

NC机床的构成如下所示。



1.6 CNC控制单元的构成





● 关于构成框图的解释

① CPU（Central processing unit）（中央处理单元）
用写在ROM里的CNC控制软件，通过地址总线/数据总线控制各NC语句。

② CRT控制模块
控制CRT画面和LCD画面的显示内容。

③ FROM（Flash read only memory）模块（快速只读存储器）
存储CNC及伺服的控制软件，PMC的内容等。

④ SRAM（Static random access memory）模块（静态随机存取存储器）
存储加工程序和参数。
为了防止断电时存储的内容消失，用电池保存记忆的数据。

⑤ DRAM（Dynamic random access memory）模块（动态随机存取存储器）
执行加工程序时，使用的存储模块。

⑥ PMC（Programmable machine controller）模块（可编程控制器）
处理NC与机床接口的模块。
顺序回路上，有CNC的专用命令。

⑦ I/O单元（I/O Link）
外部的驱动/接收回路，很容易与NC连接。由于使用I/O Link功能，大大减少布线。

⑧ 操作面板/强电回路
这是与I/O单元连接的机床的控制板和操作面板。

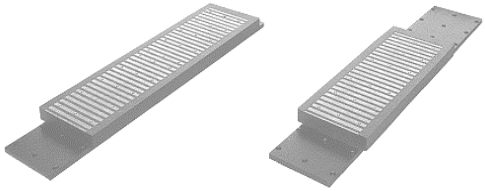
⑨ 伺服模块
控制伺服电机的模块。

⑩ 伺服放大器
驱动伺服电机的放大器，是用晶体管、电容等电子元件构成的。

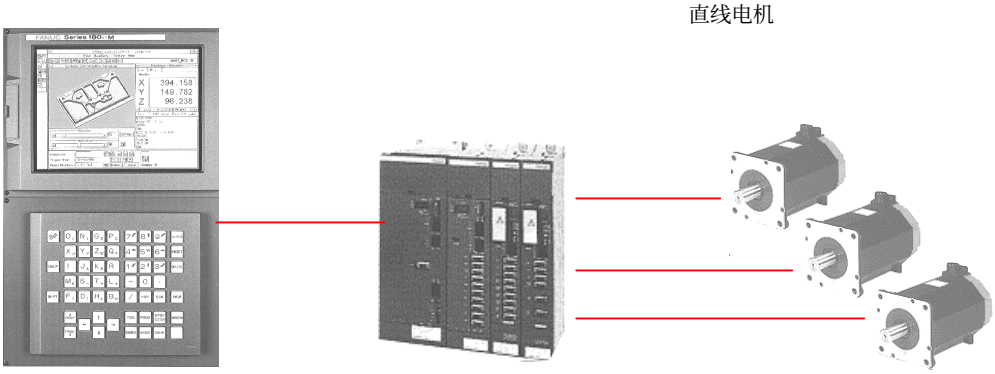
1.7 伺服电机

伺服电机根据CNC的指令，可以使CNC机床的工作台运动，刀具回转。
相当于人的手脚。
伺服电机有以下3种。

① AC伺服电机
② AC主轴电机
③ AC直线电机



直线电机



CNC　　伺服放大器　　AC伺服电机

◆ CNC给伺服电机的指令

CNC给伺服电机确定位置和速度的信息。
给电机的指令通过执行NC程序段和手动操作按钮（手摇脉冲发生器）来实现。

备注

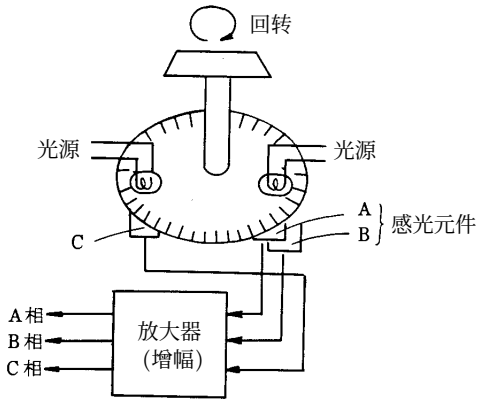
1.8 脉冲发生器的原理

(1)如右图所示，脉冲发生器按回转方式可分为以下3种。

①用于回转的是手摇脉冲发生器。

②主轴直接带动回转的是位置编码器。

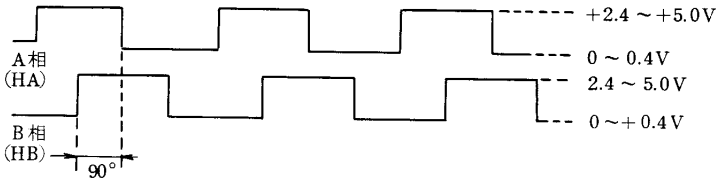
③电动机直接带动回转的是脉冲编码器。

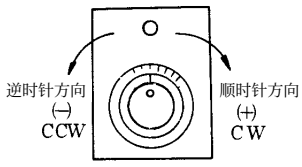


· A相、B相用于回转方向判别和信号分离，C相作1转信号使用。位置编码器用于车螺纹时取得切入同步。
脉冲编码器作为电动机1转信号在回参考点时使用。

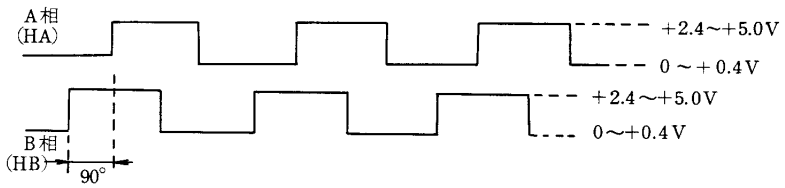
● 手摇脉冲发生器信号

＋方向回转时，在波形上A相超前B相90°。



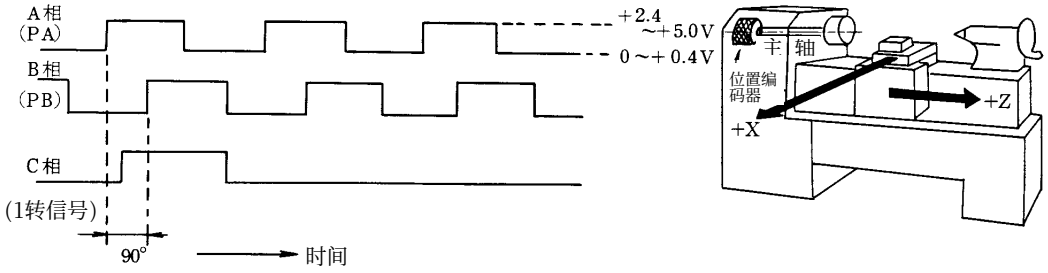


－方向回转时，在波形上B相超前A相90°。



CW：Clock Wise
CCW：Counter Clock Wise

● 位置编码器、脉冲编码器的信号



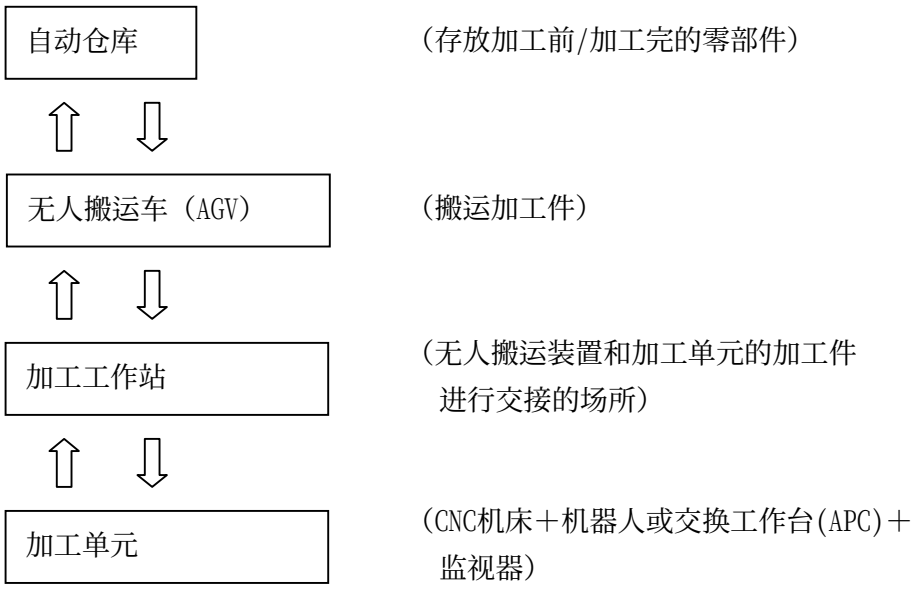
1.9 FA（Factory Automation）

FA是工厂自动化（Factory Automation）的缩写，以一台CNC机床为基础，逐步发展成整个工厂的自动化。
FA系统的例子记述如下：

● FA的发展过程

FA发展过程	说　明	简称(通称)
第1阶段 （点的自动化）	引入FA机器（机器人、NC机床）	FA单元
第2阶段 （线的自动化）	多个FA机器的运用，引入搬运系统，进行自动化设计	FMC
第3阶段 （面的自动化）	车间全部自动化	FMS
第4阶段 （体的自动化）	全部企业的生产系统的集成化	CIM

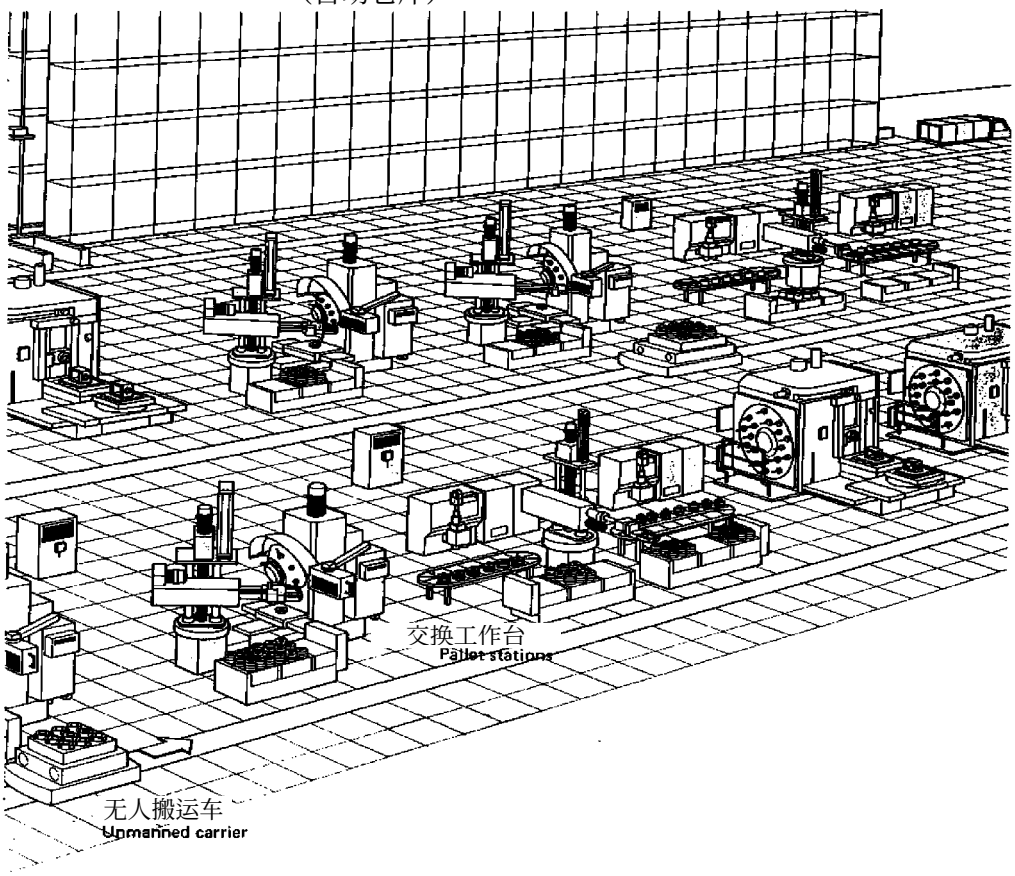
● FA系统实例



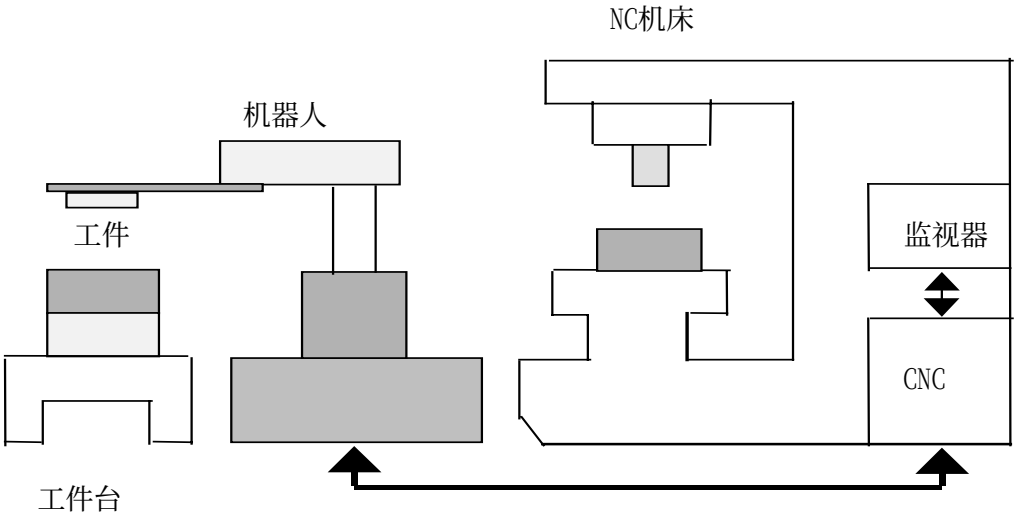
[FA系统工厂的例子]



（自动仓库）



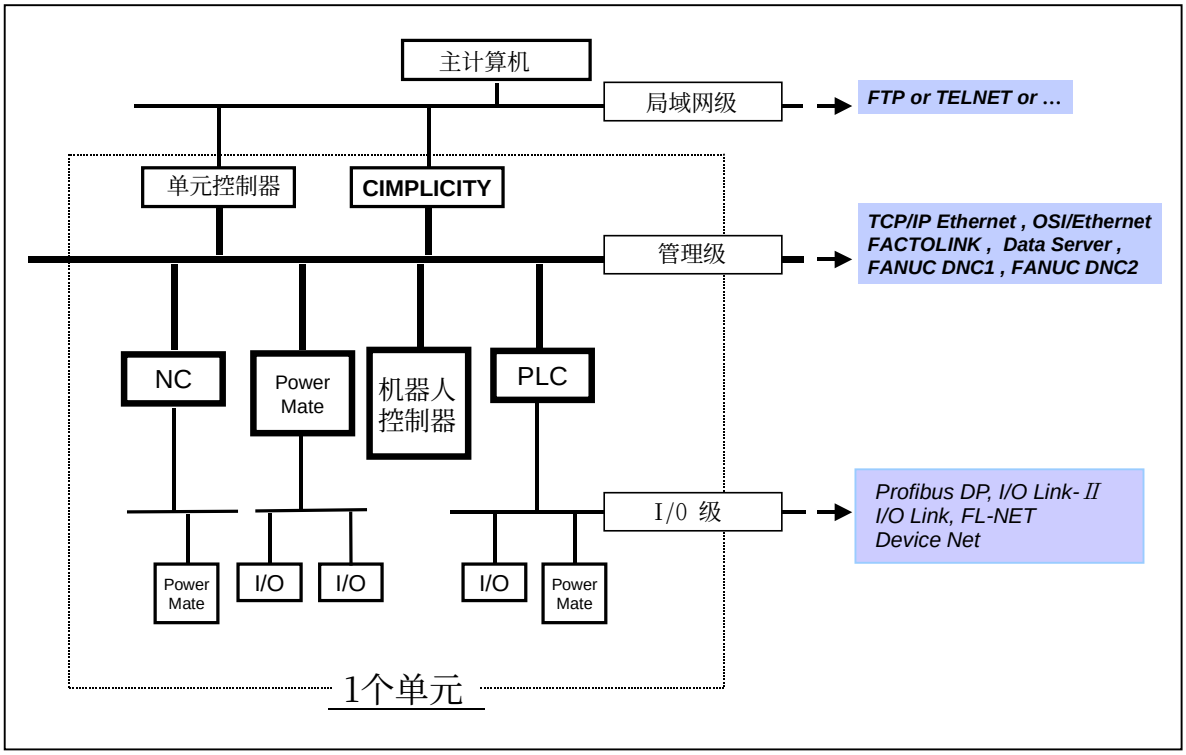
● 加工单元



（加工单元的任务）

- 装卸零件自动化
- 随行夹具交换工作台
- 送料器
- 装料器
- 机器人等
- 刀具寿命管理
- 自动选择备用刀具
- 刀具磨损管理
- 监视刀具异常
- 简单的调度管理
- 完工件累计

● 支持FA系统的通讯方法 · 网络



● 与计算机I/O装置的通信

①在计算机和NC存储器之间，可以传送NC程序。

②在NC一侧操作，使用计算机内的NC程序可以运行DNC加工。

(1) RS-232C

(2) 远程缓冲器

◆ 远程缓冲器功能特点：

· 在高速加工中，有通信用的CPU

· 通过高速计算机和RS-422接口，NC数据的最高传送速度为86.4Kbps。

· 对于3轴联动，移动量为1mm的程序段，最高可以用120m/min的速度进行超高速加工。

(3) 计算机网络备有通讯功能

1. DNC1（最高传送速度921.6Kbps）

DNC1是FANC公司独自开发的网络。是计算机FA。

在计算机FA中，用1台计算机最多可以连接16台NC。

2．DNC2（最高传送速度 86.4Kbps←RS-422）
DNC2可以把NC与计算机用RS-232或RS-422连接起来，传送各种数据。

3．DNC1/Ethenet（传送速度 10Mbps）
把通信专用的以太网卡装在CNC本体上，通过以太网络把构成机械加工单元的多台CNC与主计算机相连，这样可以把主机作为单元控制器来使用。

4．FACTOLINK（传送速度 10Mbps）
把通信专用的以太网卡装在CNC本体上，通过CNC画面的操作，可以显示和传送计算机的数据。
在生产现场所需要的生产指令数据和机床的运行情况可以高速地与主计算机通信。

5．I/O Link-Ⅱ [文件传送及I/O传送]
是以日本电气工业会OPCN-1规格为标准的网络。使用RS-485，传送最高速度为1Mbps，最适于生产线的网络。

6．FL-Net
是以日本电气工业会OPCN-2规格为基准的生产控制的网络。
最适于要求高速传送，并保证循环周期的生产线的控制。

7．Protibus-DP
是欧洲标准（EN50170）的网络。
可以实现 12Mbps，高速的I/O传送。

8．Device Net
是以美国为中心，在世界上已普及的信息网。在世界上生产了很多相应的外部设备。

9．Data Sever（数据服务器）
在CNC本体内，装上数据服务器卡，通过它把CNC存储器内的NC程序作为主程序，用调用子程序的方法调用装在数据服务卡上的硬盘中的NC程序，这样可以进行高速加工，并且硬盘中的NC程序，经以太网与主机进行高速输出输入。

1.10 机器人

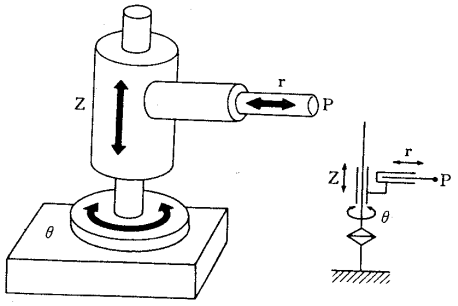
（1）产业用机器人的种类（根据JIS B-0134标准）

号码	名称	意　义	对应的英语	用途
2110	顺序控制机器人	按着事先设定的信息（顺序条件及位置等）依次实现各阶段动作的机器人。	Sequenc Control Robot	插装
2120	示数机器人	根据机器人的动作，对其顺序条件位置及其他信息进行示教，按照这些信息进行作业的机器人。	Playback Robot	当今工业用的机器人
2130	数值控制机器人	不是通过机器人的运动示教，而是用数值、语句等进行顺序条件、位置等信息指令进行作业的机器人。	Numerical Controlled Robot	同上
2140	智能机器人	根据人工智能可以决定行动的机器人。 (备注)所谓人工智能是指能实现人工的认识能力、学习能力、抽象思维能力、环境适应能力等。	Intelligent Robot	装配等
2141	感觉控制机器人	利用感觉信息进行动作控制的机器人。	Sensory Controlled Robot	
2142	适应控制机器人	具有适应控制功能的机器人。 (备注)所谓适应控制是指随着环境等的变化，使控制特性按要求变化的控制功能。	Adaptive Controlled Robot	
2143	学习控制机器人	具有学习控制功能的机器人。 (备注)所谓学习控制功能是指，能反映作业经验进行相应作业的控制功能。	Learning Controlled Robot	
2150	远程操作机器人	通过人的直接操作，使机器人进行部分或全部作业的机器人。	Operating Robot	原子能宇宙飞船

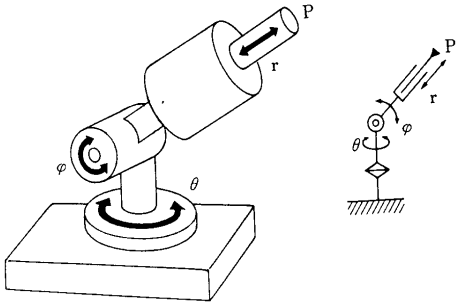
（2）按坐标形式分类

基本形式

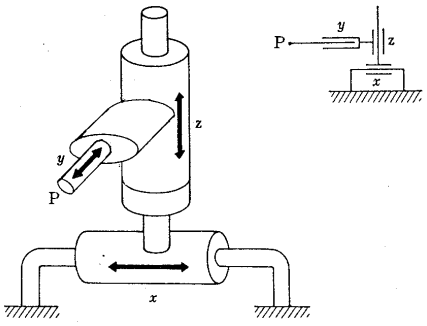
(圆柱坐标形)



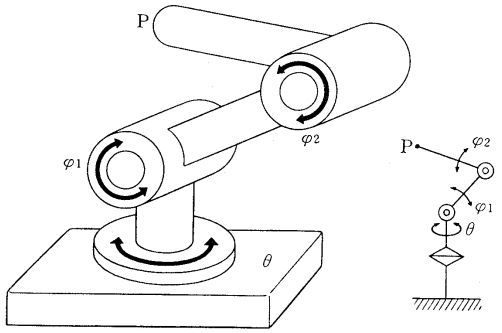
(极坐标形)



(直角坐标形)

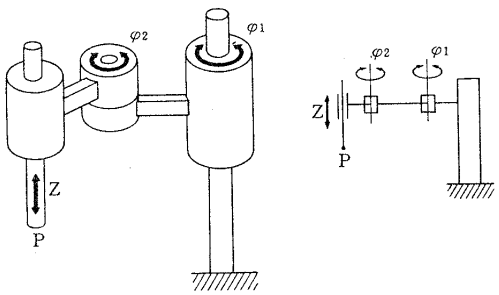


(关节形)

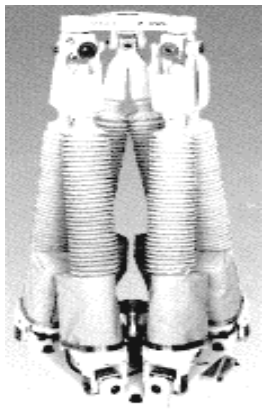


特殊形式

(水平关节形)



(并联式)



(3) FANUC的机器人

详细情况，请参照我公司的样本。

(4) FANUC机器人的应用范围

· 机床加工件的装卸
NC车床、加工中心、外圆磨床、单能机、转塔车床、仿形车床、自动车床、专用车床、钻床、多轴钻床、龙门钻床、打中心孔机床、分度机床、切齿机、剃齿机、倒角机、攻丝机、无心磨床

· 各种机械的工件装卸
高频淬火机、退火机、点焊机、磁化机、测量机、试验机、平衡机、橡胶整形机、弯曲机、专用机、冲压机、模压机、整形压力机、切割机、洗净机、锯床

· 取出成形品
注塑机

· 焊接作业
弧焊、点焊、激光焊接

· 切割作业
激光切割机

1.11 NC的历史

NC经历了下表所示的发展过程。

年代	使用元件	NC的种类	伺服的种类	其他
1956年	真空管	F202,F204		
1959年	锗(Ge) 晶体管	F211,F213	电液伺服电机	
1961年		F220,F230, F240,F250 F260,F330A/B		
1963年	硅(Si) 晶体管	F220, F230 F240L,F280 F132,		DNC
1966年	IC	F260IC		世界上第一个 全部IC化
1969年		F220A,F240A F260A		完全模块化NC
1972年		F10,F20,F30		组件化NC NC钻床
1974年		F1000,F2000 F3000	DC伺服电机	机器人
1975年		F200A/B F2000C,F3000C		线切割电加工 机床
1976年	IC, 占用LSI	FS-5系列 FS-7系列 Mate系列 F200C,F330D		DC主轴电机
1979年		FS-2系列 FS-3系列 FS-6系列 FS-9系列		AC主轴电机 自动编程装置 (P-D)
1984年		FS10系列 FS11系列 FS12系列	AC伺服电机 (模拟控制)	电动式注塑机 (AUTOSHOT)
1985年		FS0 系列		
1987年	LSI(表面安装)	FS15系列	AC伺服电机 (数字控制)	激光发生器 Power Mate MMC

年代	使用元件	NC的种类	伺服种类	其他
1990年	LSI (3维安装)	FS16系列	AC伺服电机 (数字控制)	
1991年		FS18系列		
1992年		FS20系列		
1993年		FS21系列		MMC-IV
1996年		FS16i系列 FS18i系列 FS21i系列		直线电机 超精密复合 微加工机 (ROBOnanoUi)
1998年		FS15i系列 Power Mate i 系列		

备忘录

备注

第2章
基本编程

目录

页

1. 概要.....2-1
   1.1 机械加工作业的流程.....2-1
   1.2 CNC的操作概要.....2-2
   1.3 给CNC的指令.....2-2
2. 程序的构成.....2-4
   2.1 存储器内的程序.....2-4
   2.2 一个程序的构成.....2-4
   2.3 一个程序段的构成.....2-4
3. 编程概要.....2-6
   3.1 编程步骤.....2-6
   3.2 手工编程和自动编程的不同点.....2-6
   3.3 程序单举例.....2-7
4. 字和地址.....2-8
   4.1 基本地址和指令值一览表（FS16/FS18时）.....2-9
5. 辅助功能、主轴功能、刀具功能.....2-10
   5.1 辅助功能（H功能）.....2-10
   5.2 主轴功能（S功能）.....2-11
   5.3 刀具功能（T功能）.....2-11
   5.4 第二辅助功能（B功能）.....2-11
   5.5 正确使用M代码一览表.....2-12
6. 准备功能（G代码）.....2-13
7. 进给速度.....2-16
   7.1 快速进给速度.....2-16
   7.2 切削进给速度.....2-16
8. 加工中心和车床用程序的不同点.....2-18

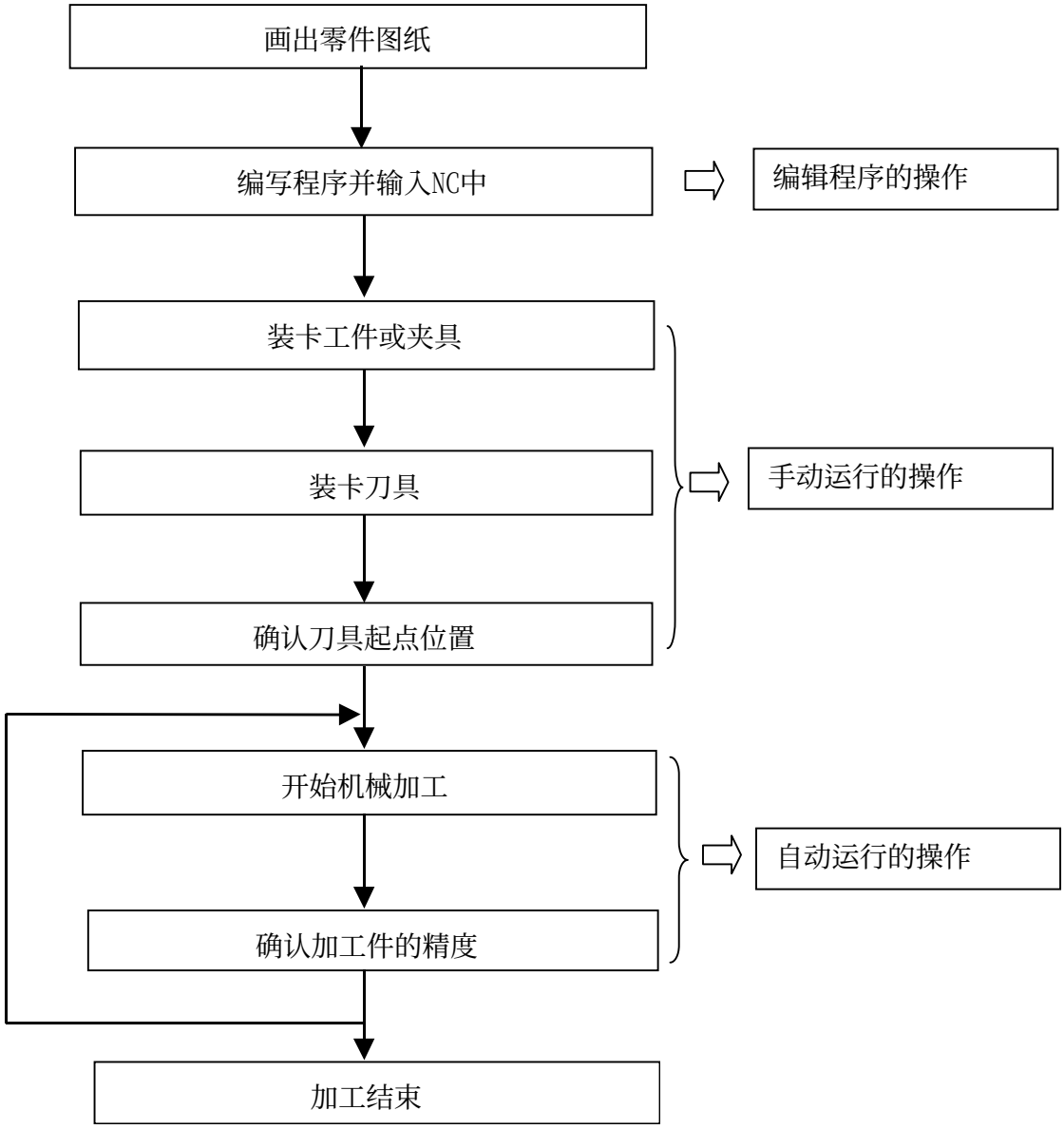
9. 用于铣床的基本编程.....2-19
9.1 绝对指令和增量指令.....2-19
9.2 坐标系设定（G92）.....2-21
9.3 定位（G00）.....2-22
9.4 直线插补（G01）.....2-24
9.5 圆弧插补（G02/G03）.....2-29
9.6 暂停（G04）.....2-35
9.7 自动返回参考点（G28）.....2-37
10. 用于车床的基本编程.....2-39
10.1 直径指定和半径指定.....2-39
10.2 绝对指令和增量指令.....2-41
10.3 设定坐标系（G90）.....2-43
10.4 定位（G00）.....2-45
10.5 直线插补（G01）.....2-47
10.6 圆弧插补（G02/G03）.....2-49
10.7 暂停（G04）.....2-51
10.8 自动返回参考点（G28）.....2-51
10.9 编程举例和题目.....2-53

1. 概要

下面讲述关于CNC的功能和基本的编程方法。
本章中，讲述加工中心系统，车床系统编程的共同事项和基本的编程方法。
关于简化程序的功能和编程方法，将在第3章加工中心的编程和第4章车床编程中讲述。

1.1 机械加工的作业流程

使用CNC机床加工零件的大致步骤如下。
在框图的右侧标出了有关的CNC操作。



1.2 CNC的操作概要

上图中标出的CNC操作如下。
本教程中，将对程序的编制，手动操作到自动运行操作一系列的操作进行说明和实习。

（1）程序的编辑（插入、修改、删除）
- 1）前台编辑
- 2）后台编辑

（2）手动操作
- 1）手动连续进给（JOG进给）
  - ①手动连续进给速度（JOG进给速度×倍率）
  - ②快速进给（倍率×100%，50%，25%，低速）
  - ③返回参考点（快速进给）
- 2）手轮进给（MPG）
  （×1，×10，×100，×1000）
- 3）步进进给
  （×1，×100，×1000，×10000）

（3）自动运行
- 1）MDI运行
- 2）存储器运行（自动运行）
- 3）纸带运行
- 4）远程运行（DNC运行）

1.3 给CNC的指令

下面简述使CNC机床运行时，需要给CNC的指令代码的种类，指令的输入方法。

(1) 给CNC的指令

首先应考虑在实际零件加工时，所需要的CNC指令。

加工零件时，需要指令使用的刀具，刀具的转速和回转方向，是否使用切削油，工件的夹紧等内容。其次应指令刀具的运动方法及运动轨迹，如：定位、直线插补、圆弧插补等，以及进给速度等，以便加工出符合图纸尺寸的工件。

将这些内容归纳在下表中。

1) 辅助功能
- 选择刀具 (T代码)
- 主轴回转指令 (S代码)
- 辅助功能 (M代码)
- 第2辅助功能 (B代码)

2) 准备功能 (G代码)

3) 移动指令 (轴 + 方向 + 移动量)

4) 进给速度

(2) 输入数据

已编好的程序的输入设备，如下所述：

1) MDI (Manual Data Input) 单元

2) PTR (Paper Tape Reader) 单元

3) 阅读/穿孔接口 (RS232C)
- 软盘盒
- Program File Mate (HD)
- 个人计算机，计算机
- 自动编程装置
- CAD/CAM系统

4) 存储卡

5) 经过网络

(3) 数据输入代码

下面列出了数据输入的代码，在CNC设定(SETTING)画面的参数中，设定使用的代码。

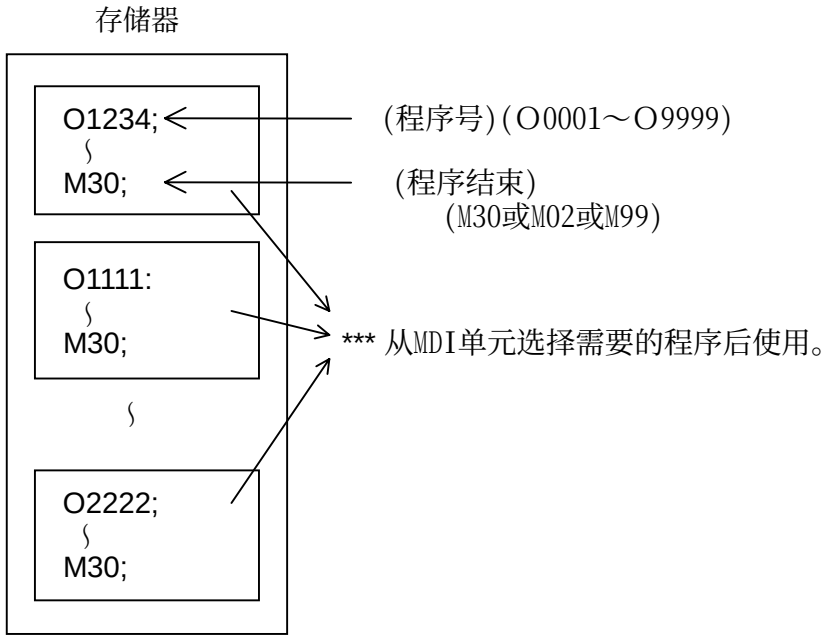
1) ISO/EIA代码（本讲义中通常使用的代码）

2) ASCII代码

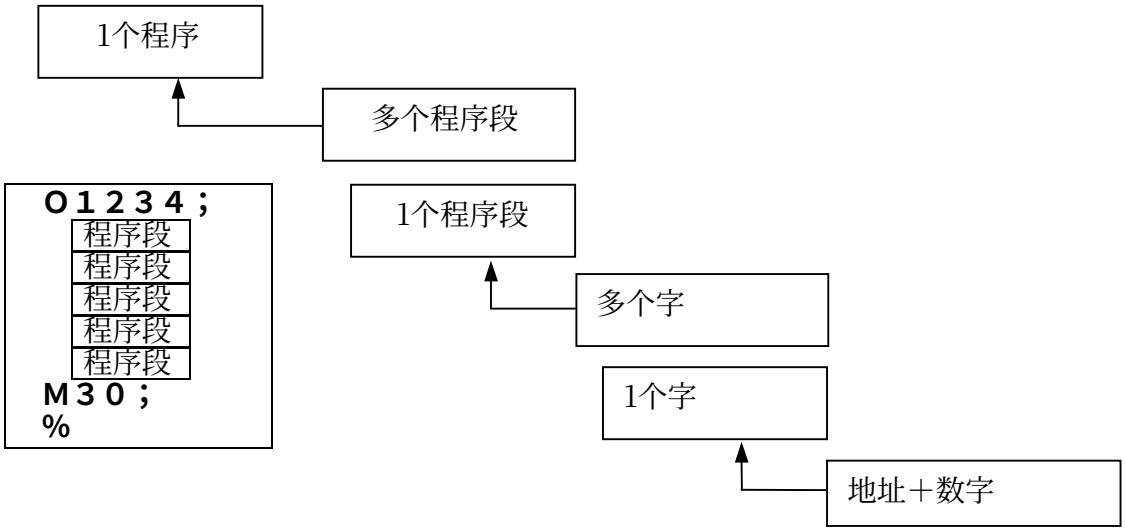
2．程序的构成

为了使CNC机床运动，应通过程序来实现。
此程序是按加工的顺序写的，编好的程序可以全部登录在存储器中。
该存储器事先可以存储多个程序（存储器容量随系统的不同而不同），根据需要随时调用。

2.1 存储器内的程序



2.2 1个程序的构成

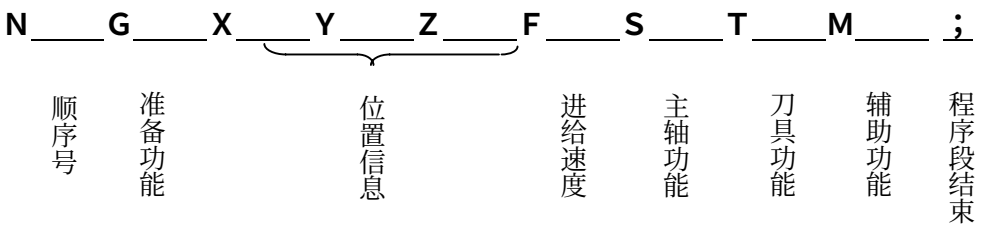


2.3 1个程序段的构成

1个程序段集中了为控制CNC机床的一个动作所需要的信息。程序段的内容是由准备功能、位置信息、进给速度、主轴功能、刀具功能、辅助功能等构成的。

把程序段按机床动作的顺序排列起来就是程序。

★ 一个程序段的构成如下所示：



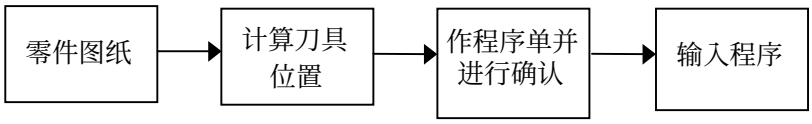
一个程序段的开始是顺序号，最后是程序结束（EOB）。
顺序号可以省略，但带有顺序号时，对于程序的编辑和从中途起动加工检索程序段时，都是很方便的。

3．编制程序

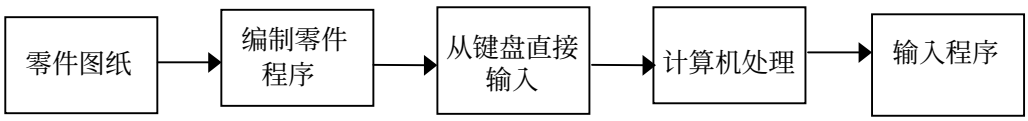
NC编程方法有手动编程，自动编程及图形对话式自动编程3种。

3.1 编程步骤

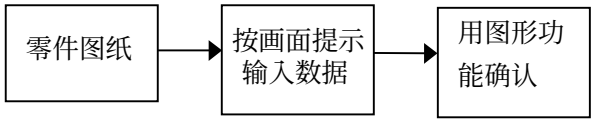
(1) 手工编程的步骤



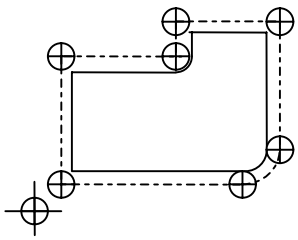
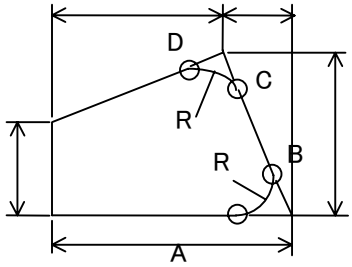
(2) 自动编程的步骤



(3) 图形对话式自动编程的步骤



3.2 手工编程和自动编程的不同点

手工编程	自动编程
 (a) 坐标值计算较简单的零件	 (b) A,B,C,D点的坐标值计算比较难的零件
· 需要计算刀具的坐标值或移动量。	· 自动地进行求交点的计算。 · 对于复杂的零件，也可在短时间内很容易地编制NC程序。

3.3 程序单举例

(1) 加工中心用

名称 试验程序					备注										日期			页	
程序号 O1999															编程员			确认	
／	N	G	X	Y	Z	4	5	R/I	J	K	F	S	T	M	H/D	P	Q	L	;
	N1																		
	N2																		
	N3																		
	N4																		
	N5																		

;代表是CR（EIA)、LF（ISO)

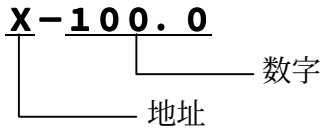
(2) 车床用

名称 试验程序					备注										日期			页	
程序号 O2001															编程员			确认	
／	N	G	X	Y	Z	4	5	R/I	J	K	F	S	T	M	H/D	P	Q	L	;
	N1																		
	N2																		
	N3																		
	N4																		
	N5																		

;代表是CR（EIA)、LF（ISO)

4．字和地址

如下所示，字是由英文字母（地址）和其后面的数字构成的。
（数字的前面还带有＋、－符号）。
字是NC语句中的最小单位。



地址是英文字母(A～Z)。
关于地址的含义如下所示，有时其含义随准备功能的指定而变化。

4.1 基本地址和指令值范围表（FS16/18的情况）

基本地址和指令值范围如下所示。
但是，这只是对CNC的限制，对机床的限制是不同的。
编程时，在参照本说明书的同时，也要参照机床厂家的说明书。

功能	地址	含 义	指令值范围
程序号	O	程序号	1～9999
顺序号	N	顺序号	1～99999
准备功能	G	指定动作的方式等（直线、圆弧）	0～99
尺寸	X,Y,Z, A,B,C, U,V,W	坐标轴的移动指令	±99999.999
	R	圆弧半径	±99999.999
	I,J,K	圆弧的中心坐标值	±99999.999
进给速度	F	指定每分钟切削进给速度	1～240000 mm/min
	F	指定每转切削进给速度	0.01～500.00 mm/rev
主轴功能	S	指定主轴转速	0～20000
刀具功能	T	指定刀具号	0～99999999
辅助功能	M	机床控制指令	0～99999999
	B	工作台分度指令	0～99999999
偏置号	D,H	指定偏置号	0～400
暂停	P,X	指定机床暂时停止的时间	0～99999999
指定子程序号	P	指定子程序号	1～9999
循环次数	L,P,K	指定子程序循环次数	1～9999
参数	P,Q,R	固定循环的参数	

（注）使用ISO代码时，作为程序号的地址，可以使用 ： 符号。

【输入小数点】

· 可使用小数点的地址如下：
  X、Y、Z、A、B、C、U、V、W、I、J、K、R、Q、F
· 不能使用小数点的地址如下：
  P、D/H、S、T、M
  如果指令了带小数点的数值，则出现报警。

数值的单位是 mm、inch、deg(度)、秒等

例 X15.0 → 在X的正方向移动 15.0 mm
G04 X1.0 → 机床暂停时间 1.0秒
B30.0 → B轴的移动量 30度

【设定单位】

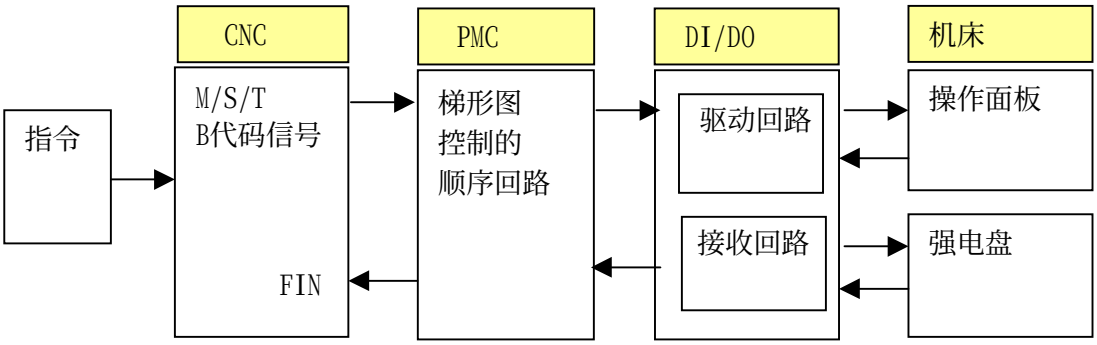
对于NC程序的坐标值的单位，用参数可以选择以下3种之一：

设定单位B : 0.001mm/0.001deg/0.001sec
设定单位A : 0.01mm/0.01deg/0.01sec
设定单位C : 0.0001mm/0.0001deg/0.0001sec


对于一般机床基本上都是用设定单位B，本讲义也是用设定单位B来讲述的。

5．刀具功能、主轴功能、辅助功能

CNC机床的刀具选择，主轴转速的指定及辅助动作开关的通、断地址T、S、M、B及其后面的数值指令。这种控制是通过PMC进行的。
下面的框图，表示控制信号的流程。

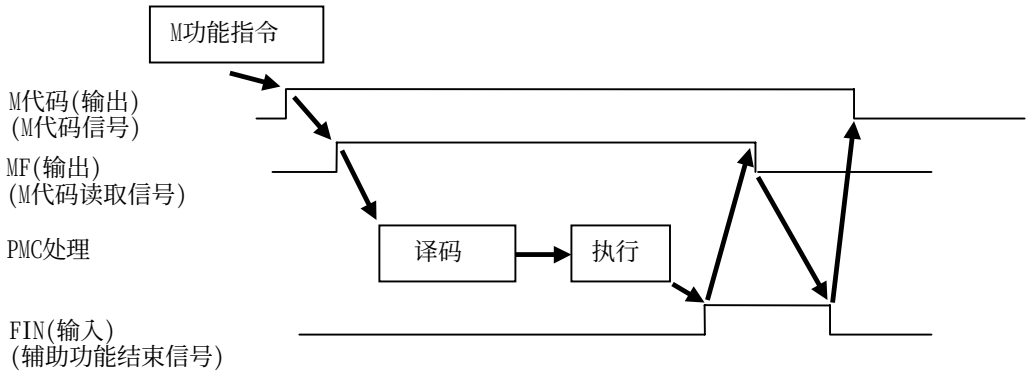


· I/O单元
· I/O卡
· 连接单元

5.1 辅助功能（M功能）

用地址M和后面的数值组成的指令，可以控制机床主轴回转、冷却液的开关等。
下面的M代码在PMC内被解读后，根据要求送给机床。

M00 ： 程序停机
M01 ： 选择停机
M02 ： 程序结束
M30 ： 程序结束并倒带
M98（调用子程序）和M99（子程序结束返回到主程序）在CNC内部处理，不给机床送出。送给机床的M功能按下面顺序处理。



* 一般常用的M功能在5.5节（2-12页）叙述。

5.2 主轴功能（S功能）

用地址S和其后面的数值直接指令主轴转速（min^{-1}）。主轴最高转速随主轴电机不同而不同。请参照机床厂家的说明书。

（例）

代码	主轴转速
S0063	63 min^{-1}
S0080	80
S0200	200
S1000	1000
S2000	2000

指令

```
Sxxxx M03；
Sxxxx M04；
      M05；
```

5.3 刀具功能（T功能）

用地址T和其后面的数值指令刀具号，可以选择刀具。

加工中心系机床，指令如下：

（例）T115 → 指令T115号刀具

（指令）

```
Txx M06；……指令刀具号
M06；……选择下一把刀具
Pxx M06；……指定跳步数
```

车床系机床，指令如下：

（例）T0101

- 刀具偏置号
- 选择刀具号

5.4 第2辅助功能（B功能）

用地址B和后面的数值构成的指令，给分度工作台定位。在可以使用的B代码中，代码与位置值的对应关系由机床厂来设定。

（例子）B235 → 分度235度的指令

5.5 经常使用的M代码表

代码	功能	功能的意义
M00	程序停机	中断程序运行的指令 用该指令，在程序段内被指令的动作结束之后，停止主轴及冷却液。并且在此之前的模态信息全部被保存，用于循环起动，自动运行可以再开始。
M01	选择停机	若操作者事先按下选择停机开关，则会产生与程序停机同样的效果。 不按这个开关时，此指令不起作用。
M02	程序结束	这是表示结束加工程序的指令。当这个程序段的动作结束时，停止主轴及冷却液。该指令用于控制装置和机床的复位。
M03	主轴正转	主轴正转。
M04	主轴反转	主轴反转。
M05	主轴停	使主轴停止的指令。有制动器时，使用此指令，此时冷却液也停止。
M06	交换刀具	无论是自动还是手动方式，用来进行换刀的指令。但该指令不包含刀具选择。使用此指令时，冷却液及主轴自动停止或不停止都可用。
M07 M08	冷却1 冷却2	冷却开始的指令。通常1是液冷，2是油雾冷却。
M09	冷却停止	冷却结束的指令。取消M08，M07的指令。
M10 M11	夹紧 松开	把机床的导轨、工件、夹具、主轴等夹紧、松开的指令。
M19	主轴定向停止	使主轴停止在事先已决定的角位置上。 （也称主轴准停）
M29	刚性攻丝	该指令应在攻丝循环（G84），左旋攻丝循环（G74）之前指令。
M30	程序停	该指令表示数值指令的结束。此程序段的动作结束了之后主轴及冷却停止。在控制装置和机床的复位时使用。并且，纸带倒带到程序开始的字符。存储器运行时，返回到程序的开头。
M98	子程序结束	用M98和后面P（程序号）的指令，调用子程序。
M99	子程序结束	用M99的指令表示子程序结束。执行了M99后，就返回到主程序中。
M198	调用子程序	当调用外部I/O装置上的子程序时，使用此指令。 （见参数：PRM6030，PRM138#7，PRM20）。

6．准备功能（G代码）

用地址G后面2位或3位数字，指示该程序段命令的意义。
G代码有以下2种。

（1）一次性G代码

· 只在被指令的程序段有效的 G 代码。

在G代码表中「00」组的是一次性的G代码。

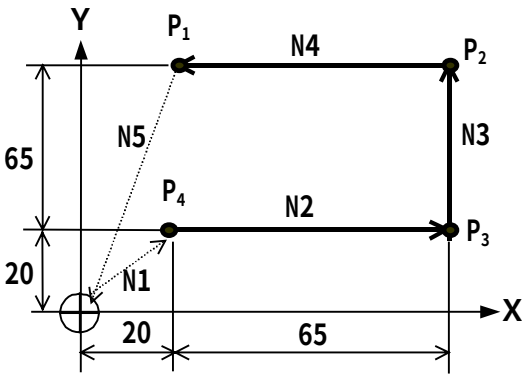
G代码	组	意义
G00	01	定位（快速移动）
G01		直线插补（切削进给）
G02		圆弧插补（顺时针）
G03		圆弧插补（逆时针）
G04	00	暂停（停止）
G09		准确停止（自动停止）

（2）模态G代码

· 在同一组的其他G代码被指令之前此G代码一直有效。

· 在G代码表中，除「00」组以外全部是模态G代码。

〔例〕
在右图中，使刀具从原点⊕开始按P_1-P_2-P_3-P_4的顺序动作的程序如下所示。



※ ····· 快速进给运动。
—— 切削进给。

```
  O1235 ;
N1  G91  G00  X20.0  Y20.0 ;
N2  G01  X65.0  F200 ;        } →此程序段以后，G01有效。
N3       Y65.0 ;              }   这之间可以省略G01。
N4       X-65.0 ;             }
N5  G00  X-20.0  Y-85.0 ;     →G00和G01是同一组的代码，所以在此
                                 程序段中不能省略G00。
   M30 ;
```

（注）F代码也是模态信息，在N3，N4程序段中，可以省略。

经常使用的G代码表（1/2）

G代码	组	分类 M/T	G代码意义
G00★	01	共同	定位（快速进给）
G01★			直线插补（切削进给）
G02			圆弧插补（顺时针）CW
G03			圆弧插补（反时针）CCW
G04	00		暂停（停止）
G09			准确停（自动停止）
G17★	02		X、Y坐标平面
G18★			Z、X坐标平面
G19			Y、Z坐标平面
G20	06		英制输入
G21			公制输入
G22★	04		允许进入机床设定的范围
G23			不允许进入机床设定的范围
G27	00		检查返回参考点
G28			返回参考点
G29			从参考点返回
G30			返回第2参考点
G31			跳转功能
G32	01	T	切螺纹
G33		M	切螺纹
G34		T	可变导程螺纹切削
G35		T	切圆弧螺纹CW
G36		T	切圆弧螺纹CCW
G40★	07	共同	取消补偿量
G41			在前进方向左侧补偿
G42			在前进方向右侧补偿
G43	08	M	刀具长度偏置＋
G44		M	刀具长度偏置－
G49★		M	取消刀具长度偏置
G52	00	共同	设定局部坐标系
G53			选择机械坐标系
G54★	14		选择工件坐标系1
G55			选择工件坐标系2
G56			选择工件坐标系3
G57			选择工件坐标系4
G58			选择工件坐标系5
G59			选择工件坐标系6
G60	00	M	单方向定位
G61	15	M	准确停方式
G62		M	自动拐角倍率
G63		M	攻丝方式
G64★		M	切削方式

[G代码表的注解]

1.带有★标志的代码，当电源投入时，为该G代码状态。
当同一组内有2个带有★记号的G代码时，可以用参数选择。

2.00组的G代码是一次性的。而00组以外的G代码一旦指令就继续有效（模态）。

3.分类中的M是属加工中心系，T是属车床系的。共同表示两系G代码相同。

4.不同组的G代码在同一程序段中可以指令几个。如果在同一程序段中，指令了两个以上属于同一组的G代码时，则后指令的G代码有效。

经常使用的G代码表（2/2）

G代码	组	分类 M/T	G代码的意义
G65	00	共同	调用宏程序
G66	12		模态调用宏程序
G67★			取消模态调用宏程序
G80★	09		取消固定循环
G81			钻削循环
G82			镗削循环
G83			深孔钻循环
G84			攻丝循环
G85			镗孔循环
G86			镗孔循环
G87			反镗循环
G89			镗孔循环

[G代码表注解]
5.在使用固定循环中（09组）若指令了01组G代码，则固定循环自动被取消。

6.如果使用了不能使用的G代码，则出现报警。

〔在加工中心系和车床系具有不同意义的G代码有G70和G90，如下所述。〕

加工中心系G代码

G代码	组	G代码的意义
G73	09	深孔钻削循环
G74		左旋攻丝循环
G76		精镗
G90★	03	绝对指令
G91★		增量指令
G92	00	设定坐标系
G94★	05	每分钟进给
G95		每转进给
G96	17	恒周速控制
G97★		取消恒周速控制
G98★	10	返回到初始点所在平面
G99		返回到R点平面

车床系G代码表

G代码	组	G代码的意义
G50	00	设定坐标系
G70		精加工循环
G71		外径、内径粗车循环
G72		端面粗车循环
G73		车削复合循环
G74		端面断续加工循环
G75		内外圆断续加工循环
G76		螺纹切削复合循环
G90	01	外圆切削单循环
G92		螺纹切削单循环
G94		端面切削单循环
G96	12	恒周速控制ON
G97★		恒周速控制OFF
G98★	05	每分钟进给
G99★		每转进给

7. 进给功能

7.1 快速进给

用G00指令快速进给。
快速进给速度是用参数设定的，在程序中不需要指令。
轴向速度最高可达到240,000mm/min，240,000deg/min，各轴可以独立地设定。

另外，快速进给可以用F0,25%,50%,100%的倍率。
(F0 ：用参数设定的速度)

7.2 切削进给速度

切削进给速度用地址F直接指令。
已指令的速度可以用0～200%的进给倍率。

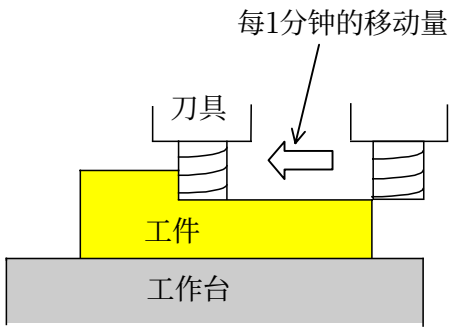
（例） G01 X___ Y___ F○○○ ；
（速度F可以用小数点）

进给速度有以下2种指令方法

一般，加工中心系用每分钟进给，车床系用主轴每转进给

（1）每分钟进给（加工中心系：G94，车床系：G98）

用F后面的数值直接指令每分钟刀具进给量。
例如：把刀具以150 mm/min速度进给时，在程序中指令F150。

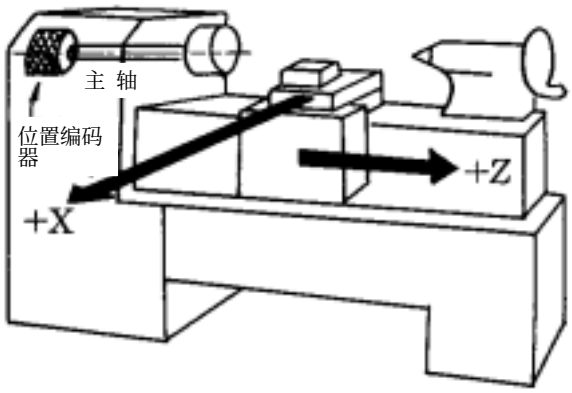


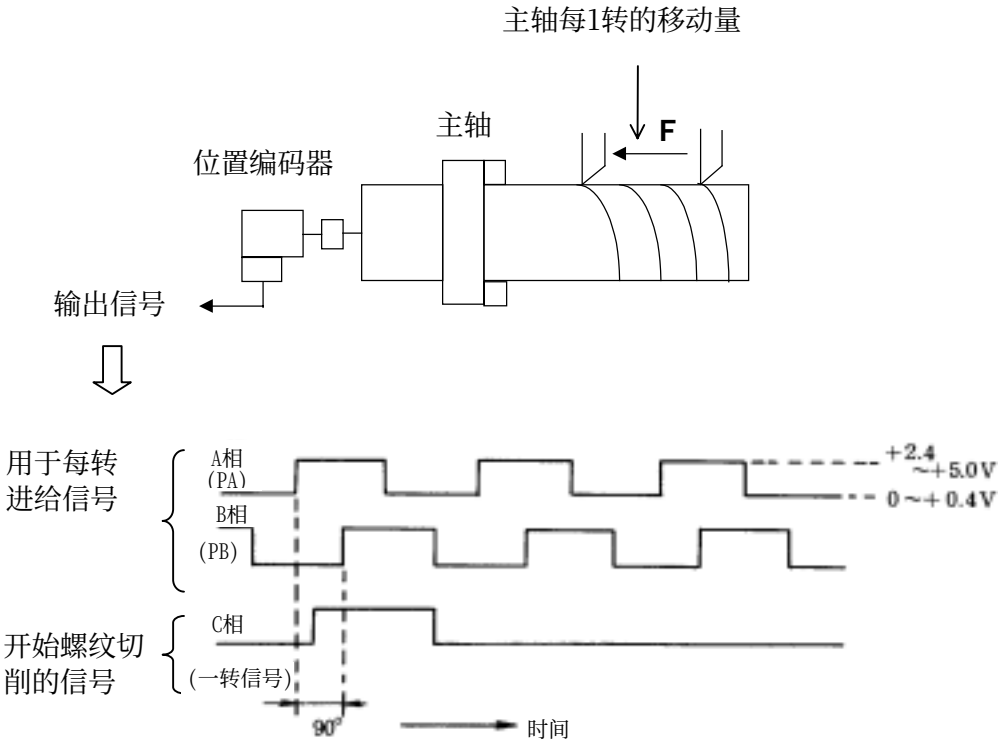
（2）每转进给（加工中心系：G95，车床系：G99）

用F后面的数值直接指令主轴每转刀具的进给量。

例：工件每一转 刀具移动2㎜时，
程序中的指令为：F2.0 。

使用本功能时，主轴上应安装位置编码器。





8．加工中心程序和车床程序的不同点

加工中心程序和车床程序的不同点如下。
各项的详细情况将在以后的各章、节中说明。

项	功能	加工中心用	车床用（G代码体系A）
1	加工方式	工件固定，刀具回转	工件回转，刀具固定
2	基本控制轴数	3轴（X、Y、Z）	2轴(X、Z)
3	坐标语句 圆弧中心指令	X、Y、Z I、J、K	X、Z I、K
4	绝对指令	G90	用地址X、Z指令
5	增量指令	G91	用地址U、W指令。 （不用G代码）
6	坐标系指定	G92 X__Y__Z__；	G50 X__Z__；
7	尺寸指定	半径指定	地址X、U一般是直径指定 （指定移动量的2倍）
8	平面指定	G17、G18、G19	一般固定在G18上
9	指定刀具补偿和偏置号	G40～G49 D代码或H代码	T代码 G40～G42(只用于刀尖R补偿)
10	固定循环	G72～G89（孔加工）	G90～G94（单一形） G70～G76（复合形） G80～G89（孔加工）
11	每分钟进给	G94（mm/min）	G98（mm/min）
12	每转进给	G95（mm/rev）	G99（mm/rev）

9．加工中心的基本编程

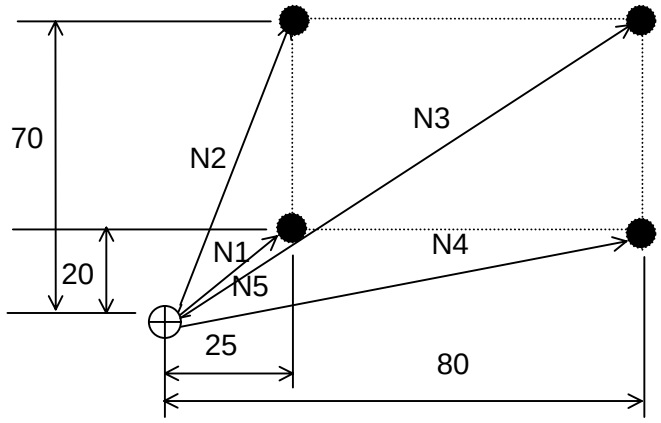
9.1 绝对指令和增量指令

【程序形式】

绝对指令	：	G90 X ____Y ____Z ____ ；	用G90指令。
增量指令	：	G91 X ____Y ____Z ____ ；	用G91指令。

【绝对指令】

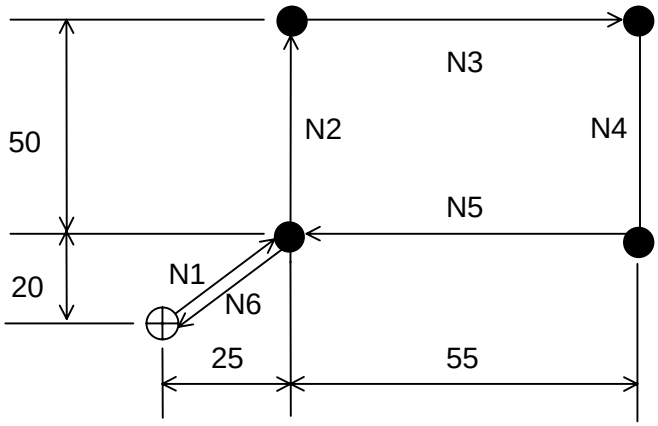
· 指令从程序坐标原点到目标点（绝对坐标系的坐标值）的坐标值。




```
N1 G90 X25.0 Y20.0 ;
N2 Y70.0 ;
N3 X80.0 ;
N4 Y20.0 ;
N5 X25.0 ;
N6 X0 Y0 ;
```

【增量指令】

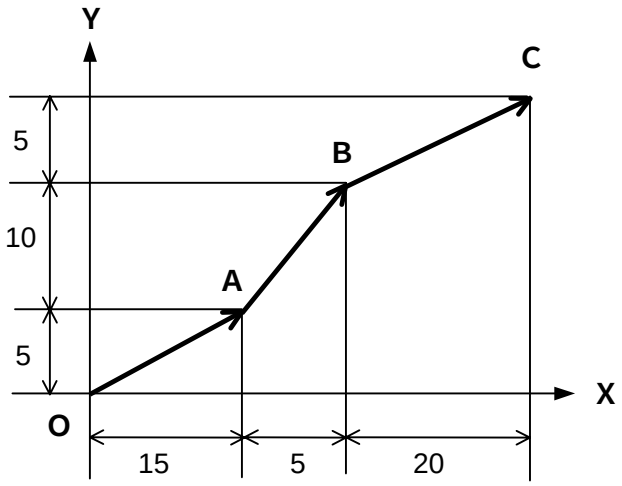
· 指令从刀具的当前点到目标点的距离（位移量）。




```
N1 G91 X25.0 Y20.0 ;
N2 Y50.0 ;
N3 X55.0 ;
N4 Y-50.0 ;
N5 X-55.0 ;
N6 X-25.0 Y-20.0 ;
```

[练习题1]

填写下面空格，编程序。
这是加工中心用的程序。



	增量指令	绝对指令
· 从O点到A点的移动	G____X____Y____;	G____X____Y____;
· 从A点到B点的移动	X____Y____;	X____Y____;
· 从B点到C点的移动	X____Y____;	X____Y____;
· 从C点到O点的移动	X____Y____;	X____Y____;

在一个程序段中，绝对指令、增量指令方式可以混合使用。

★绝对指令、增量指令混用的例子

· 从A点到B点的移动 **G90 X20.0 G91 Y10.0;**

(注)因G90、G91是模态G代码，所以在此后面的程序段是增量指令。
如果要用绝对指令时，应再次指令「G90」。

9.2 设定坐标系（G92）

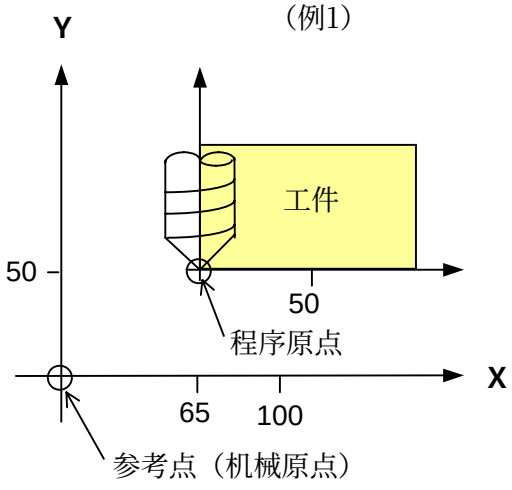
所谓设定坐标系，是指在绝对坐标系中（绝对值）指令刀具移动时，事先，指令从程序原点到刀具当前位置的距离，把其相对位置关系存入NC中。

【程序的格式】

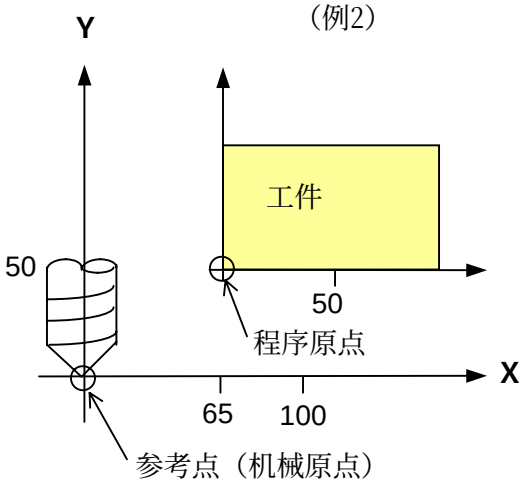
```
G92 X____Y____Z____;
```

（程序举例）

（例1）



（例2）



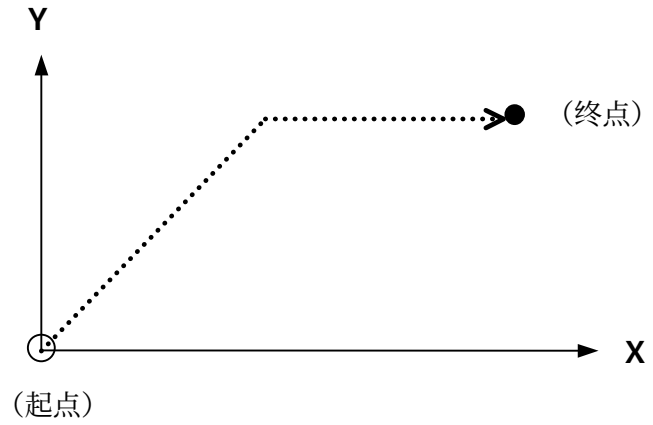
G92 X0 Y0;

G92 X-65.0 Y-50.0;

9.3 定位（G00）

【刀具运动】

把刀具移动到被指令的位置。通常刀具轨迹是非直线性的。



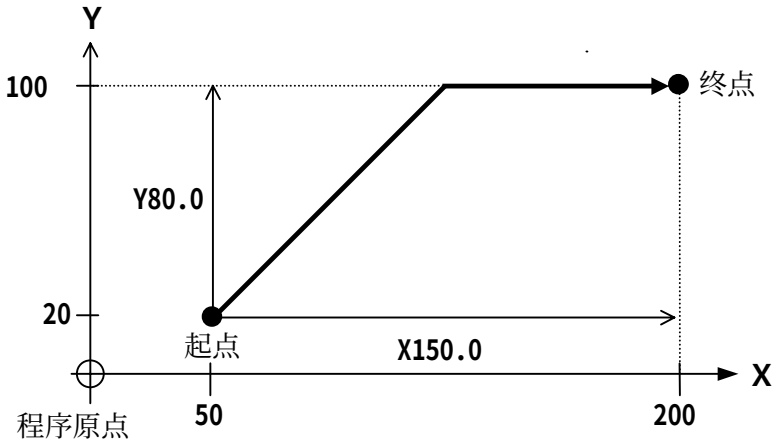
【程序格式】

```
G00 [G90] X___Y___Z___;
    [G91]
```

【进给速度】

快速进给速度是由机床厂用「参数」设定的。
倍率：100%，50%，25%，LOW或0%～100%，变化间隔为1%。

（程序举例）

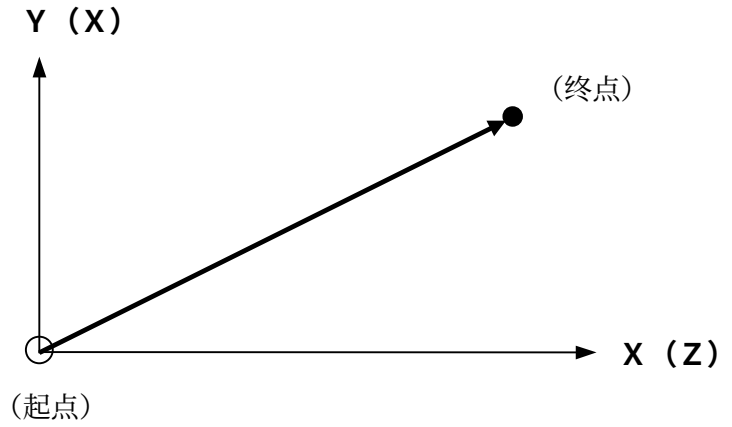



```
G00 [ G90  X200.0  Y100.0 ];
    [ G91  X150.0  Y  80.0 ]
```

9.4 直线插补（G01）

【刀具的移动】

刀具沿着被指令的直线移动。



【程序格式】

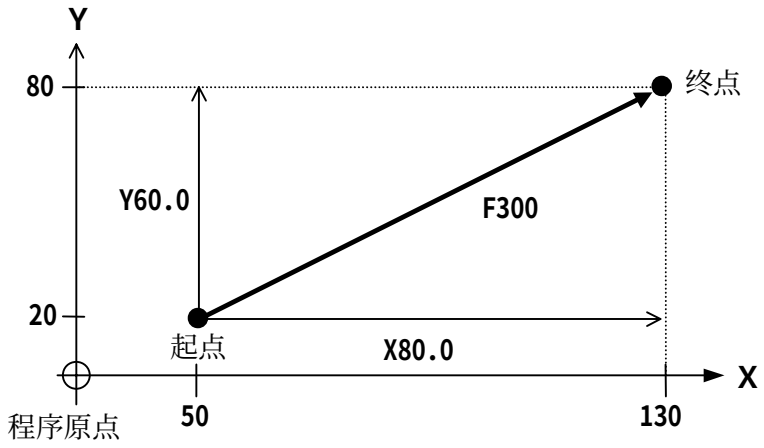
```
G01 [G90] X___Y___Z___ [G94] F___;
    [G91]              [G95]
```

【进给速度】

切削进给速度 ： 每分钟进给（G94） 1mm/min～
每转进给 （G95） 0.01mm/rev.～500.00mm/rev.
倍率 ： 0%～254%以1%为单位变化。（通常、0～200%每档10%）

用F指令的进给速度是模态信息。
在新的指令被指定之前，一直有效。

（程序例）

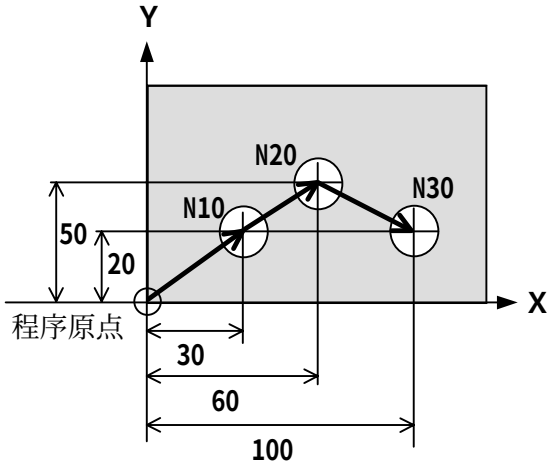


$$G01\begin{cases} G90\ X130.0\ Y80.0 \\ G91\ X\ 80.0\ Y60.0 \end{cases} F300;$$

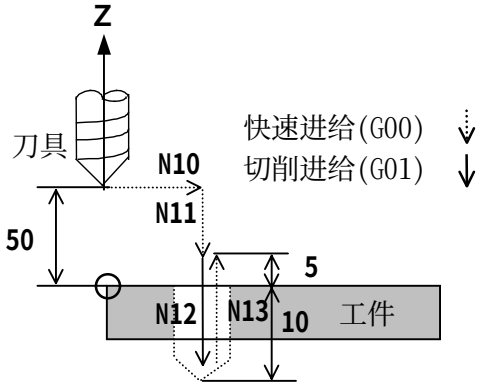
编程举例1

【钻孔】（加工中心用的程序）

从程序原点，刀具按图中N10～N30的顺序加工孔。



在各孔位置上的刀具移动
(N10～N13)



（编程答案例子）

```
O0001;･･･････････････････････     程序号
G92 X0 Y0 Z50.0 M08; ･･･････ 设定坐标系，指令切削油ON
S1000 M03; ･･･････････････････ 主轴转速、主轴回转指令
N10 G90 G00 X30.0 Y20.0; ･･･ 在开始钻孔的位置定位
N11 Z5.0; ･･･････････････････ 在趋近点定位
N12 G01 Z-10.0 F100; ･･･････ 加工孔（切削进给）
N13 G00 Z5.0； ･･･････････････ 在趋近点定位
N20 X60.0 Y50.0; ･･･････････ 在开始钻孔的位置定位
   G01 Z-10.0 F100; ･････････ 加工孔（切削进给）
   G00 Z5.0; ･･･････････････ 在趋近点定位
N30 X100.0 Y20.0; ･･･････････ 在开始钻孔的位置定位
   G01 Z-10.0 F100; ･････････ 加工孔（切削进给）
   G00 Z50.0 M09; ･･･････････ 在钻孔结束的位置定位切削油OFF
   X0 Y0 M05; ･･･････････････ 返回到程序原点，指令主轴停
   M30; ･･･････････････････････ 程序结束指令
```

注意！！

此程序中使用的M代码及S代码是一般的使用方法。

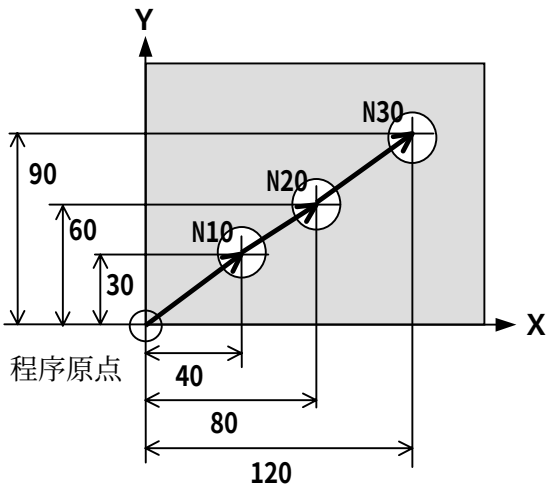
使用CNC机床时，必须参照机床厂家的操作说明书。

题目1

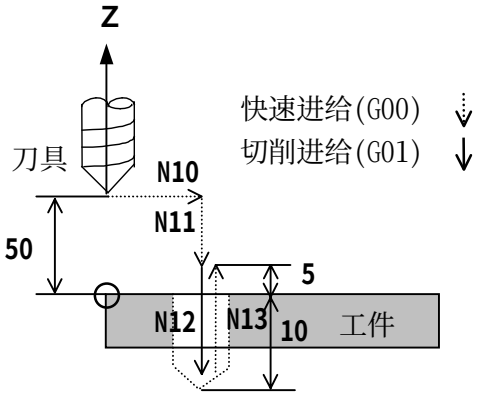
请把上述程序用增量指令（G91）编程。

题目2

编制下述工件的加工程序。
刀具从程序原点，按图中N10～N30顺序移动，进行钻孔。



在各孔位置的刀具移动
(N10～N13)

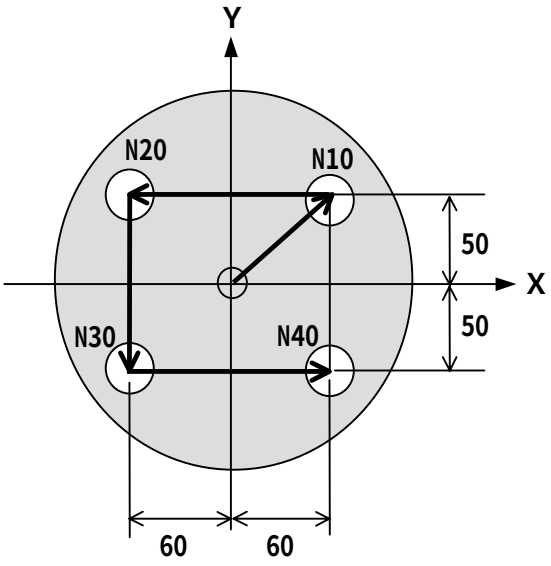


备注

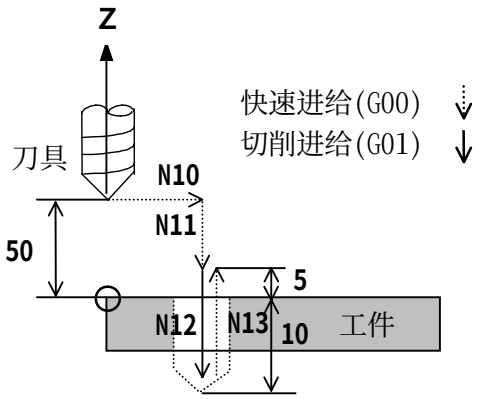
题目3

请编制下图程序。

刀具从程序原点按图中N10～N40的顺序移动，进行孔加工。



在各孔位置刀具的运动
(N10～N13)

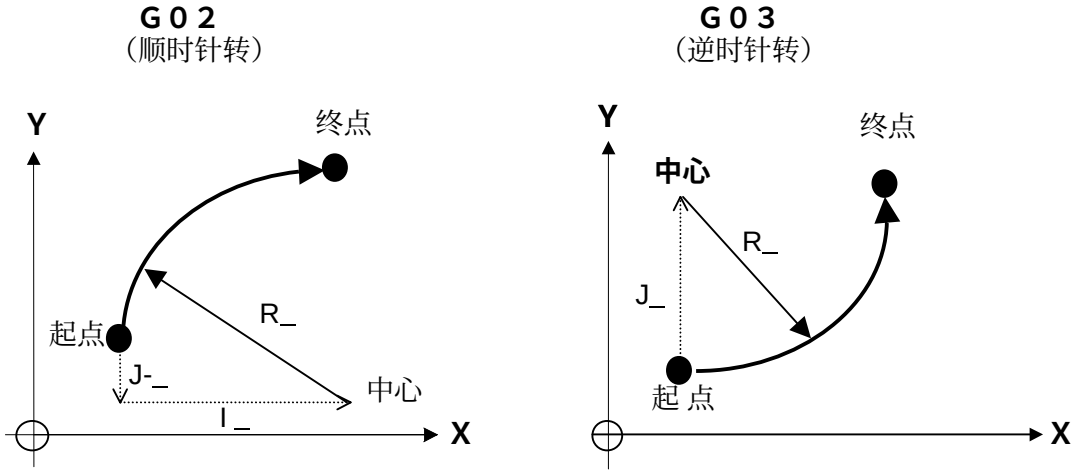


备注

9.5 圆弧插补（G02, G03）

【刀具移动】

刀具沿着程序的圆弧轨迹移动。



【程序格式】

```
[G02][G90][G17 X___ Y___]  [I___ J___]
[G03][G91][G18 Z___ X___]  [K___ I___]  F_____;
          [G19 Y___ Z___]  [J___ K___]
                           [R___     ]
```

· 选择平面 G17 : XY平面
G18 : ZX平面
G19 : YZ平面

· 指令从圆弧的起始点到圆弧的中心的编程方法（圆弧大小和圆心）

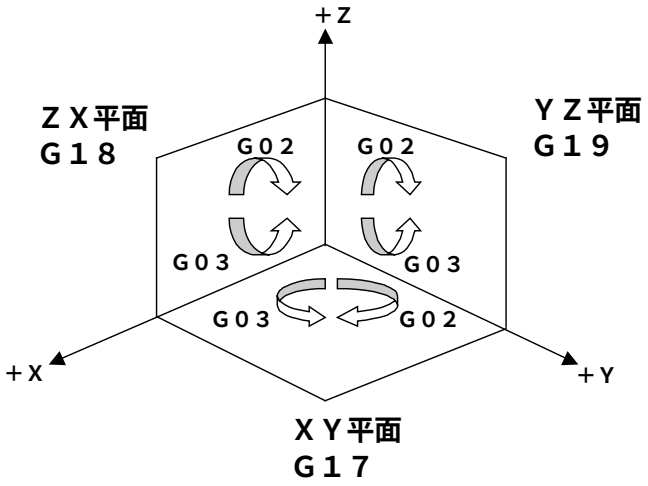
I___J___：	I＝X轴的分量
K___I___：	J＝Y轴的分量
J___K___：	K＝Z轴的分量

· 指令圆弧大小的方法

小于180° 的圆弧时 : R＋ _____
大于180° 的圆弧时 : R－ _____
（小于360° ）

【进给速度】（与直线插补相同）

【关于选择平面】



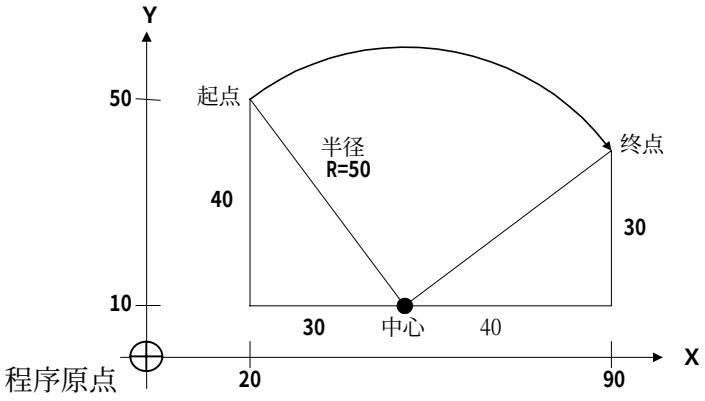
通过从与各平面垂直的轴看平面的方向，来决定回转方向。
例如，在XY平面进行圆弧插补时，从正Z轴看平面，顺时针的回转方向为G02。

【关于圆弧半径的指定方法】

1．用地址R直接指令半径的方法编程。
2．用地址I、J、K指令从圆弧的起点到圆心的距离的方法编程。

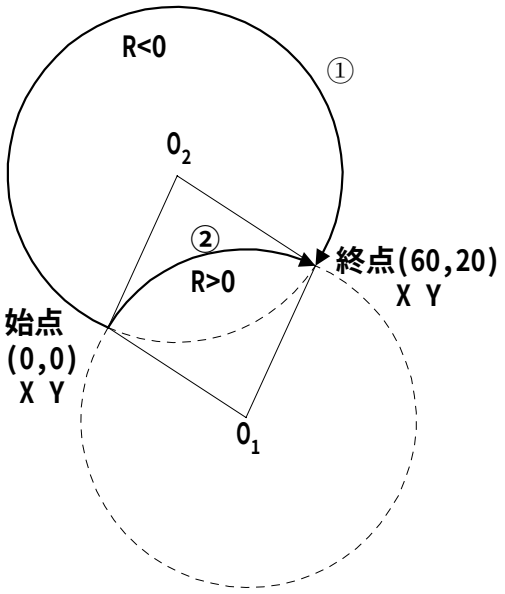
在图纸尺寸中，选择使用方便的方法。

1． 使用地址R的方法



$$G02 \begin{bmatrix} G91\ \ X70.0\ \ Y-10.0 \\ G90\ \ X90.0\ \ Y\ \ 40.0 \end{bmatrix} R50.0\ \ F500.;$$

●关于圆弧半径R的符号



用增量指令半径为50㎜的圆时

通过两点的圆弧有两个，如左图所示。一个是以0_1为圆心的圆弧，另一个是以0_2为圆心的圆弧。

圆心为0_1的圆弧小于180°，而圆心为0_2的圆弧大于180°。为了进行区别，规定小于180°的圆弧R为正值，大于180°的圆弧R为负值。

①大于180°的圆弧（中心0_2）

R＜0

G02 X60.0 Y20.0 **R－50.0** F500；

②小于180°的圆弧（中心01）

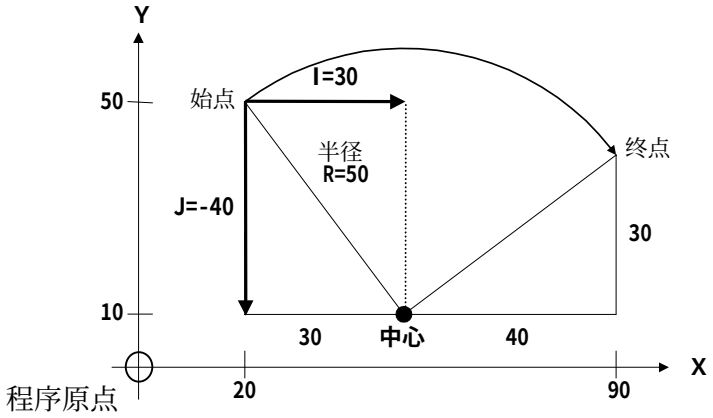
R＞0

G02 X60.0 Y20.0 **R50.0** F500；

注意！！

1．圆弧超过180°时，半径用负值指定。
2．整圆(360°)时，不能用R指令。

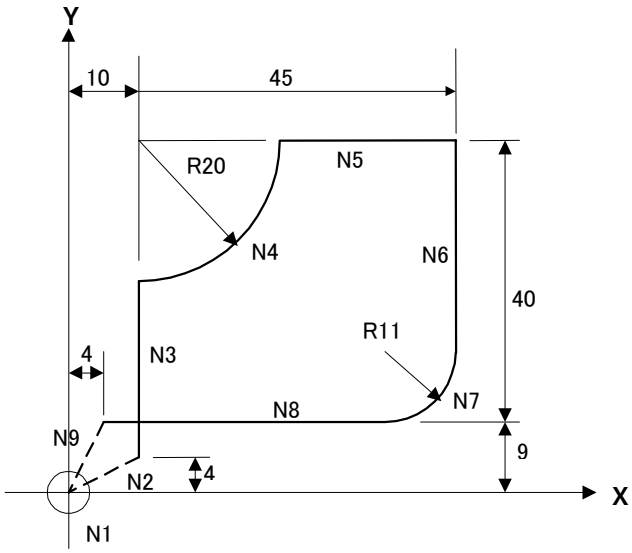
2． 使用地址I、J、K的方法



$$G02\begin{cases}G91\ X70.0\ Y-10.0\\G90\ X90.0\ Y\ \ 40.0\end{cases}I30.0\ J-40.0\ F500;$$

编程举例1

刀具按图中N1～N9的顺序移动。



(编程答案)

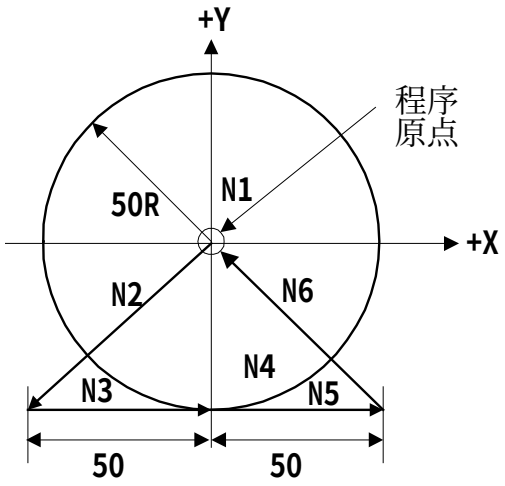
```
O0011 ;
N1 G92 X0 Y0 ;
N2 G91 G17 G00 X10.0 Y4.0 ;
N3 G01 Y25.0 F120 ;
N4 G17 G03 X20.0 Y20.0 R20.0 ;
N5 G01 X25.0 ;
N6       Y-29.0 ;
N7 G02 X-11.0 Y-11.0 R11.0 ;
N8 G01 X-40.0 ;
N9 G00 X-4.0 Y-9.0 ;
M30 ;
```

题目1

用绝对指令(G90)，编制上面图形的程序。

编程举例2

刀具按图中N1～N6的顺序移动。

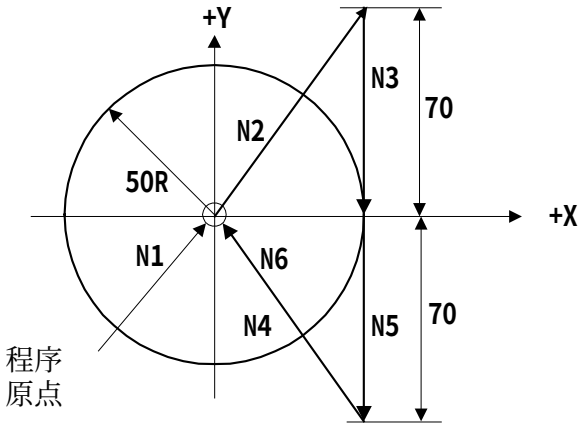


（编程答案）

O0012 ;
N1 G92 X0 Y0 ;
N2 G90 G00 X-50.0 Y-50.0 ;
N3 G01 X0 F120 ;
N4 G17 G03 J50.0 F100 ;
N5 G01 X50.0 ;
N6 G00 X0 Y0 ;
N7 M30 ;

题目2

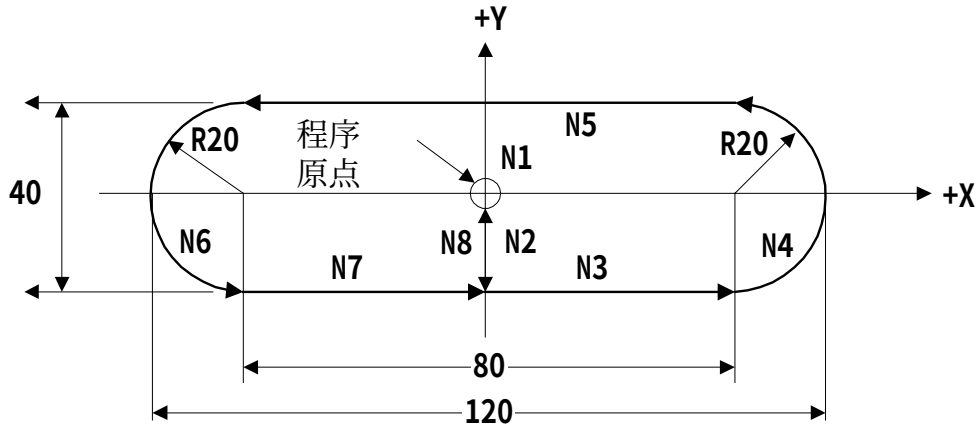
编下图程序。
刀具按图中的N1～N6的顺序移动。
把程序填写在下档中。



O0013;
N1_____**;**
N2_____**;**
N3_____**;**
N4_____**;**
N5_____**;**
N6_____**;**
M30;

题目3

请编写下图程序。
刀具按图中N1～N8的顺序移动。
把程序填写在下栏中。



O0014；
N1＿＿＿

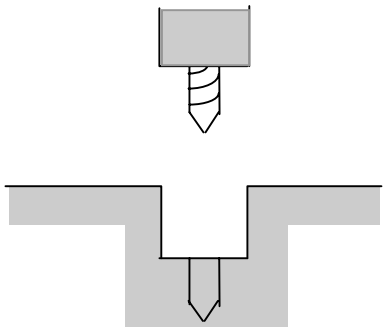
9.6 暂停（G04）

【刀具的移动】

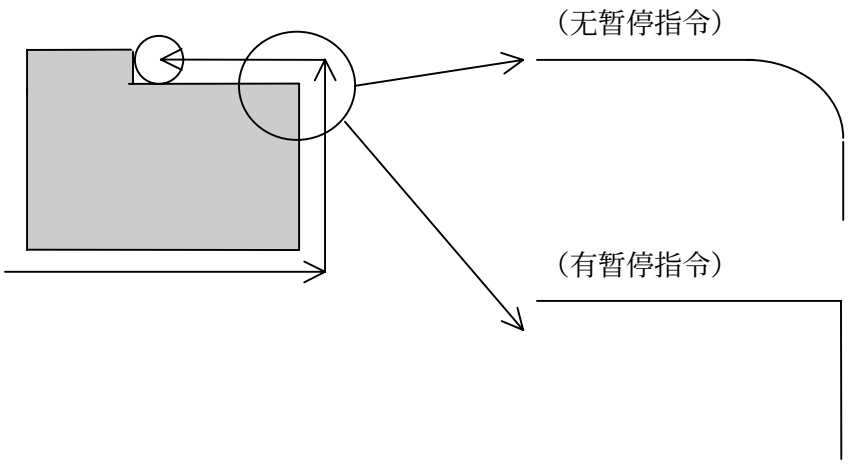
停止刀具移动，停止时间等于被指令的时间。

【用途】

例1）锪孔底端面。



例2）为了在拐角处不出现圆弧。



【程序格式】

G04 { X / P / U } ____ ;

注1）地址P不能用小数点。
注2）地址U只用于车床系。

【单位】

设定单位为A时，指令单位是0.001秒。

【准确停止功能】

不用暂停功能，而能够自动地起到同样作用的功能，称为准确停。在程序段的进给速度到零之前，减速，确定到位的状态后，移到下个程序段。

用以下G代码指令

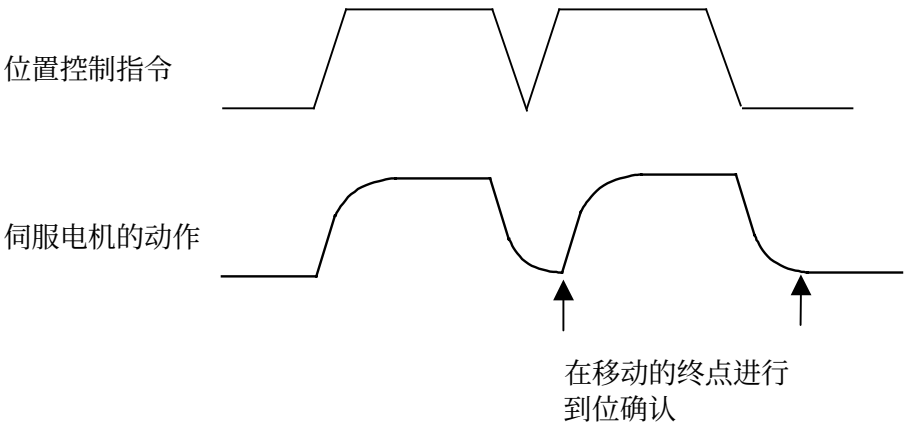
G99（准确停止） →一次性G代码 G61（准确停止） →模态G代码

接通电源时，为G64（切削状态）状态。

*）所谓到位是指进给电机到达指令的终点位置的一定范围内
（此范围是机床厂用参数设定的）。

（程序举例）（直线加减速时）

```
G61 G01 X100.0 F300 ;
        Y100.0 ;
```



注）G04，G09，G61，G64也可以用于车床系的编程。

9.7 自动返回参考点

参考点是机床上某一特定的位置。刀具很容易地移动到该位置。
通常，接通电源后，返回到此位置，然后起动程序。并且，一般在此位置进行换刀和设定坐标系。

(1) 返回到第1参考点（G28）

返回到参考点的指令

```
G28X___Y___Z___;
```

X、Y、Z是中间的坐标值。

用G28指令，首先以快速进给的速度在被指令的控制轴中间点定位。
然后再以快速进给，从中间点移到参考点定位。

一般的程序指令如下：

```
G91G28X0Y0Z0;
```

(2) 返回到第2、3、4参考点（G30）

```
G30 [P2/P3/P4] X___Y___Z___;
```

X、Y、Z是中间的坐标值。

P2 : 返回第2参考点（P2可以省略）
P3 : 返回第3参考点
P4 : 返回第4参考点

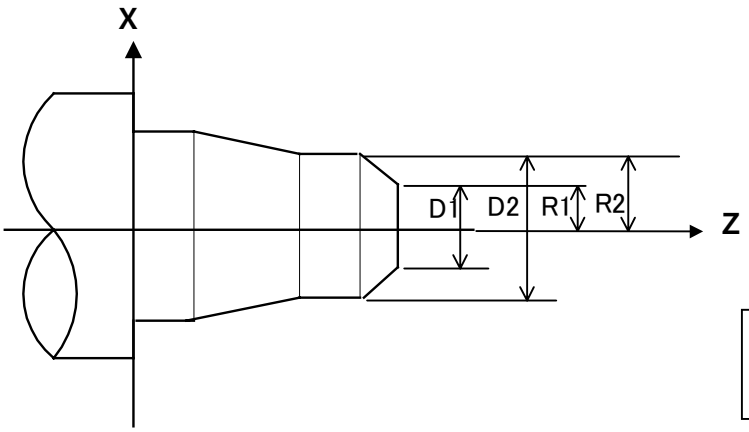
G30指令是经过指令的中间点后，在第2，第3或第4参考点上定位。
第2、第3、第4参考点的位置，应事先用参数设定。通常用做自动换刀（ATC）的位置，自动交换托盘（APC）的位置。

备注

10．车床加工的基本编程

10.1 直径指定和半径指定

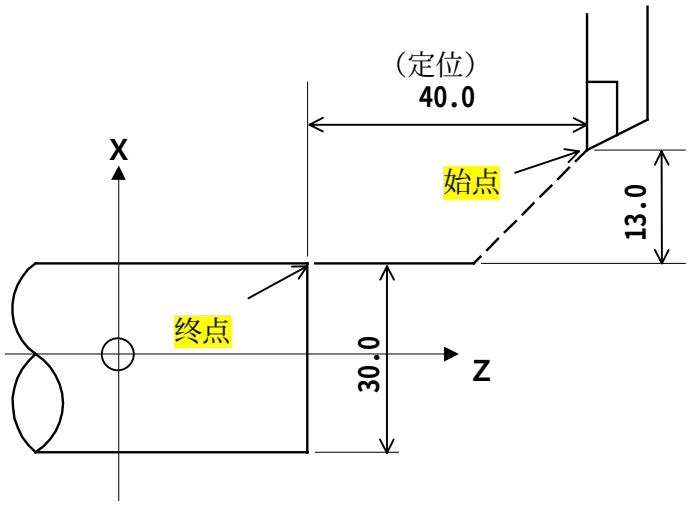
一般用CNC车床加工的工件断面形状是圆形。此时的尺寸指定有直径值和半径值两种。
在CNC中，用参数设定选择直径值或半径值指定。



D1,D2 ： 直径指定
R1,R2 ： 半径指定

项目	注意事项
Z轴指令	与直径、半径无关
X轴指令	根据参数设定选择直径值或半径值
用地址U的增量指令	根据参数设定选择直径值或半径值 上图 B→A，D2→D1
设定坐标系（G50）	根据参数设定选择直径值或半径值
刀具位置偏置量的X值	根据参数设定选择直径值或半径值
在G90～G94，G70～G76中使用的X轴的切入量等参数（D、I、K）	用半径值指令
圆弧插补的半径值指定（R、I、K）	用半径值指令
X方向的进给速度	半径的变化/转或半径的变化/分
X轴的位置显示	用直径值显示

[用直径指定半径指定举例]

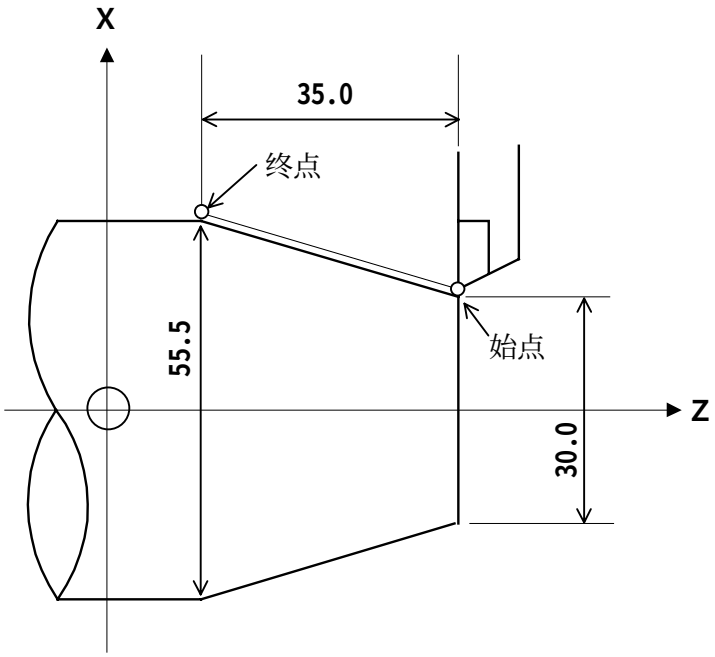


[直径指定]

G00U－26. 0W－40. 0;
或
G00X30. 0W－40. 0;

[半径指定]

G00U－13. 0W－40. 0;
或
G00X15. 0W－40. 0;



[直径指定]

G01U25. 5W－35. 0F0. 3;
或
G01X55. 5W－35. 0F0. 3;

[半径指定]

G01U12. 75W－35. 0F0. 3;
或
G01X27. 75W－35. 0F0. 3;

10.2 绝对指令和增量指令

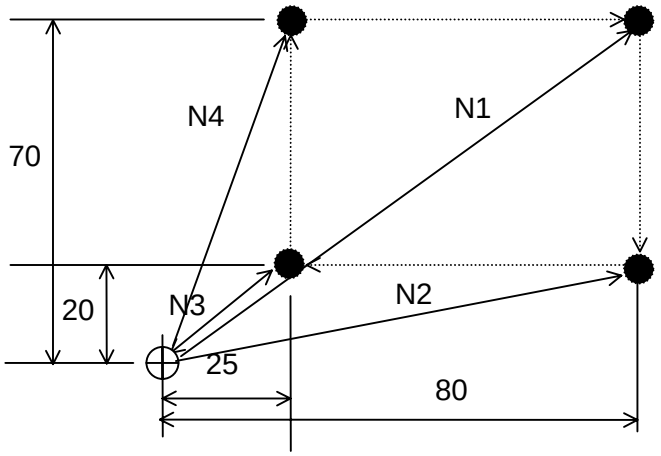
【程序格式】

对于车床系，是用地址切换绝对/增量指令。

绝对指令 ： X ____ Z ____ ；⇨ 用地址X、Z指令。 增量指令 ： U ____ W ____ ；⇨ 用地址U、W指令。

【绝对指令】

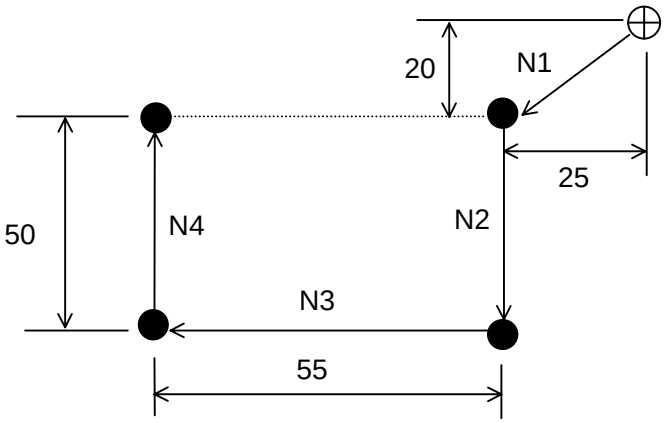
· 指令从程序原点到目标点（绝对坐标系的坐标值）的坐标值。




```
N1 X140.0 Z80.0 ;
N2 X40.0 ;
N3 Z25.0 ;
N4 X140.0 ;
```

【增量指令】

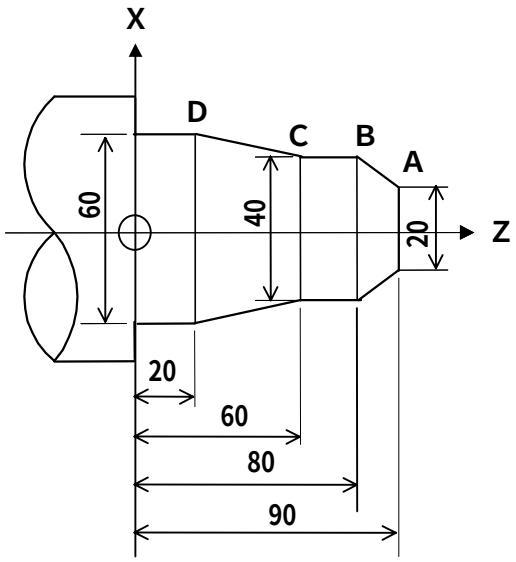
· 指令从刀具的当前点到目标点的移动距离（位移量）。




```
N1 U-40.0 W-25.0 ;
N2 U-100.0 ;
N3 W-55.0 ;
N4 U100.0 ;
```

[程序举例]

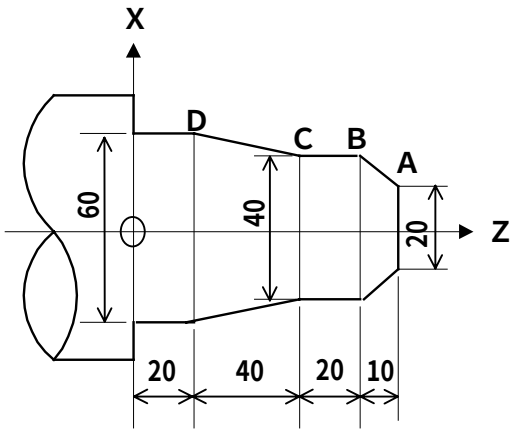
1）绝对指令的程序实例。⊕是原点的标记。



· 从A点到B点的移动　X40.0 Z80.0；
· 从B点到C点的移动　Z60.0；
· 从C点到D点的移动　X60.0 Z20.0；

在绝对指令中，给出相对于程序原点的坐标值。

2）增量指令的程序实例



· 从A点到B点的移动　U20.0 W-10.0;
· 从B点到C点的移动　W-20.0；
· 从C点到D点的移动　U20.0 W-40.0；

增量指令是给出从当前的刀具位置到下个程序段编程点的位移量。

3）绝对指令、增量指令混合的例子

· 从A点到B点的移动　X40.0 W-10.0；
· 从B点到C点的移动　W-20.0；
· 从C点到D点的移动　X60.0 W-40.0；

10.3 设定坐标系（G50）

坐标系设定是指在绝对坐标系中（绝对值）指令刀具移动时，事先应指令从程序原点到当前刀具的距离，把该位置关系存入NC中。

用绝对坐标编程时，要在程序的开头设定坐标系。

【程序格式】

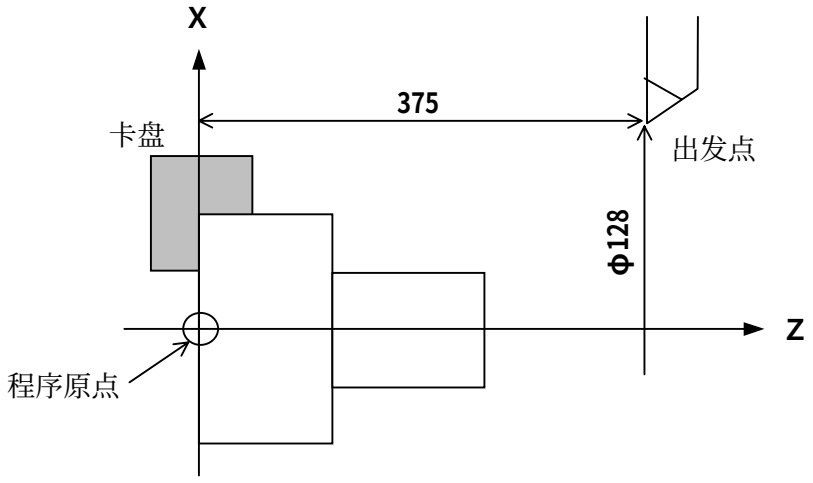
```
G50  X_____Z_____;
```

利用该指令，刀具的某一点（例如刀尖）的坐标值为（X____ Z____），这样就确立了工件坐标系。也就是说，把刀具的当前位置告诉了CNC。

一旦坐标系被确立，以后指定的绝对指令都是在该工件坐标系中的位置。

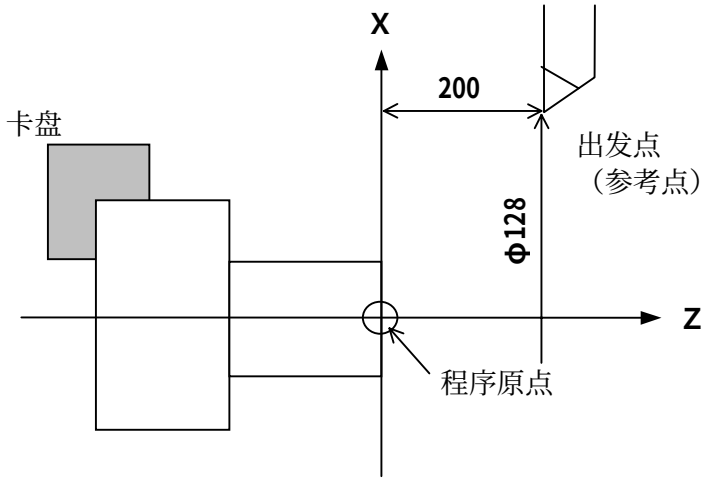
（例1）G50 X128.0 Z375.0（直径指定）

即如下图所示，把刀尖与程序的起点重合。并且应在程序的开头指令G50，设定坐标系。
在此例中，程序的原点设在夹盘的中心。



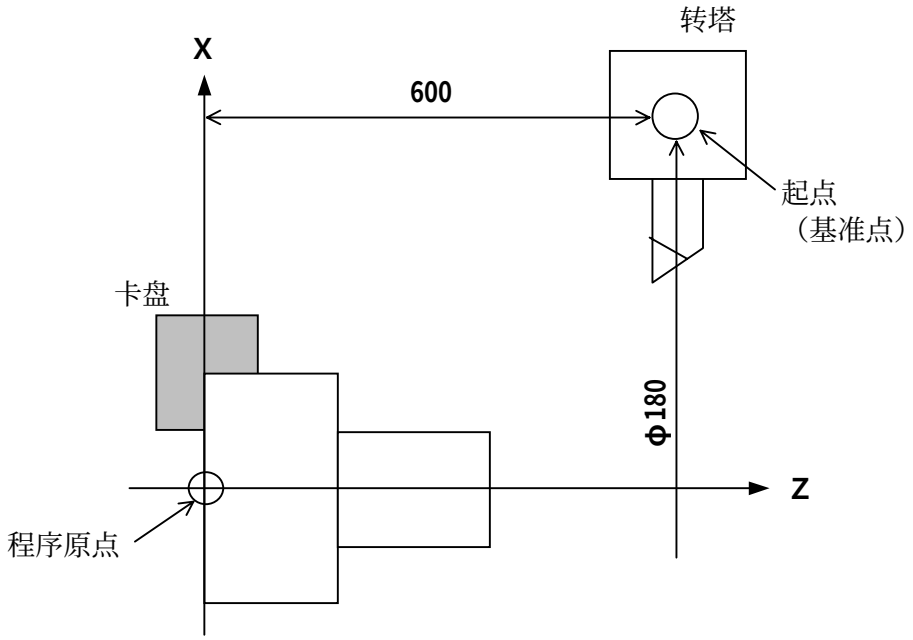
（例2）G50 X128.0 Z200.0；（直径指定）

下图中，把程序原点设定在工件端面上。



（例3）G50 X180.0 Z600.0；（直径指定）

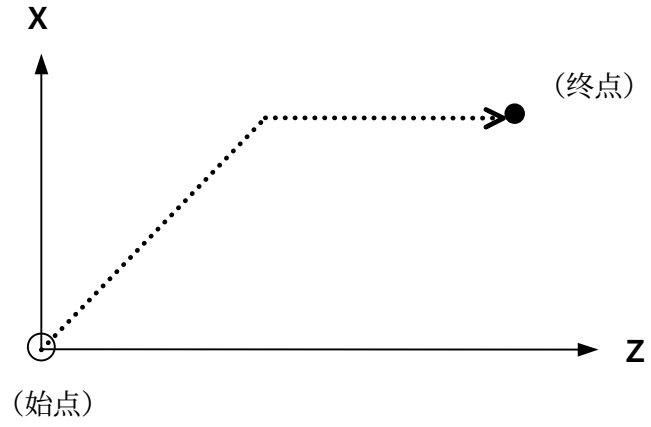
下图是转塔上某一基准点与起点重合的例子。程序的开头仍然用G50设定坐标系。如果这样指令工作台的移动，基准点将移到指令的位置。为使刀尖移动到指令的位置，必须用刀具位置偏置补偿基准点到刀尖的差值。



10.4 定位（G00）

【刀具移动】

把刀具快速移动到指令的位置上。通常刀具轨迹不为直线。



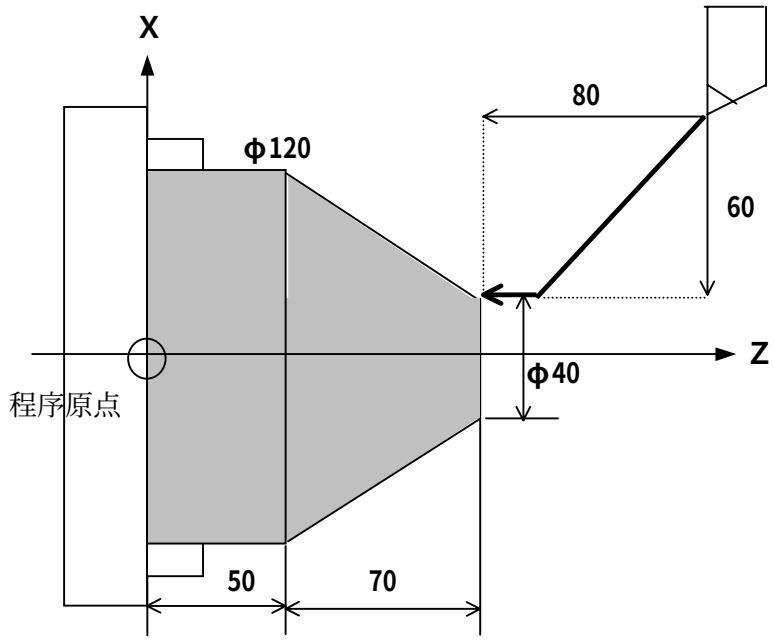
【程序格式】

G00 [X____ / U____] [Z____ / W____];

【进给速度】

快速进给速度由机床厂用CNC参数设定。

倍率 ： 100%, 50%, LOW或者0%～100%以1%为单位变化。

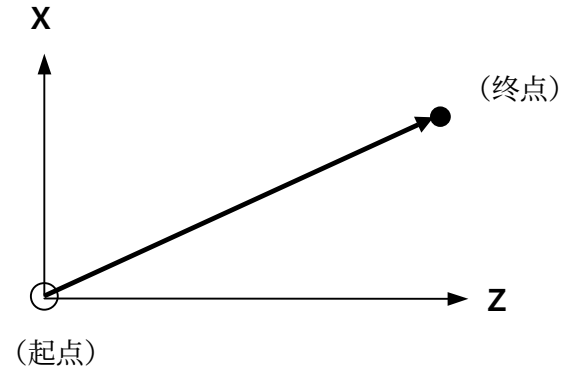



```
G00 X40.0 Z120.0;
或
G00 U-120.0 W-80.0;
或
G00 X40.0 W-80.0;
```

10.5 直线插补（G01）

【刀具的移动】

使刀具沿着指令的直线移动。

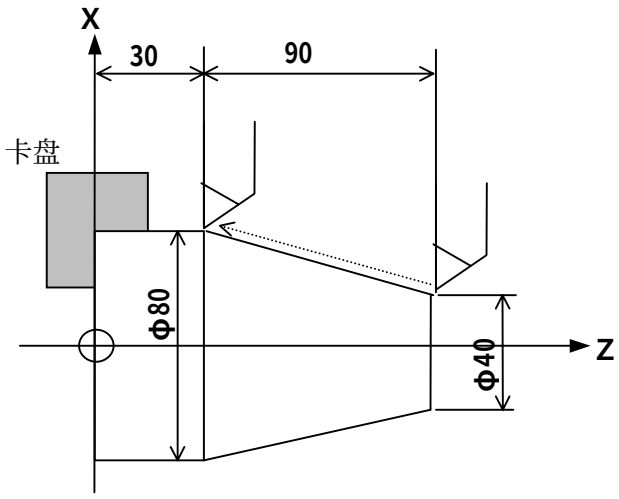


【程序格式】

```
G01 [X___  Z___] [G98] F___;
    [U___  W___] [G99]
```

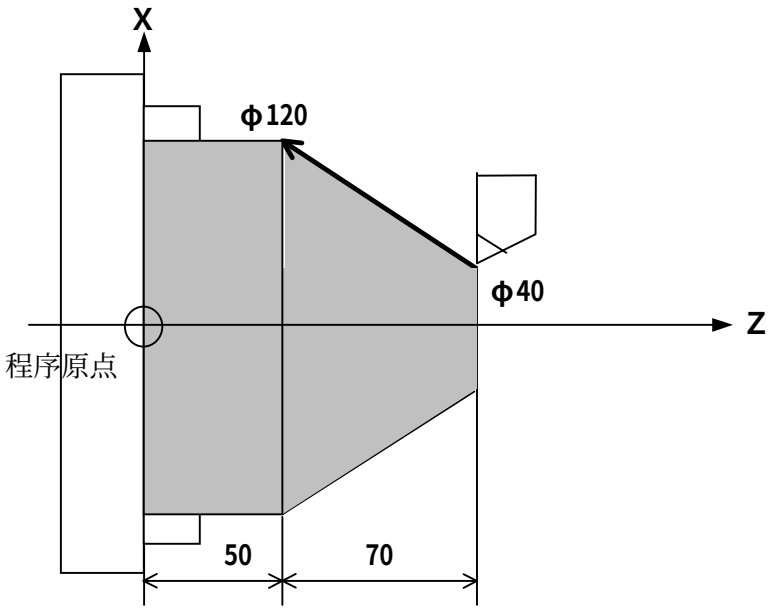
【进给速度】 ：每分钟进给 （G98） 1mm/min～
：每转进给 （G99） 0.01mm/rev. ～500.00mm/rev.
倍率:0%～254%以1%为单位变化（通常0～200%以10%为单位变化）

（例:直径指定）



· 绝对指令
G01 X80.0 Z30.0 F0.3；

· 增量指令
G01 U40.0 W－90.0 F0.3；



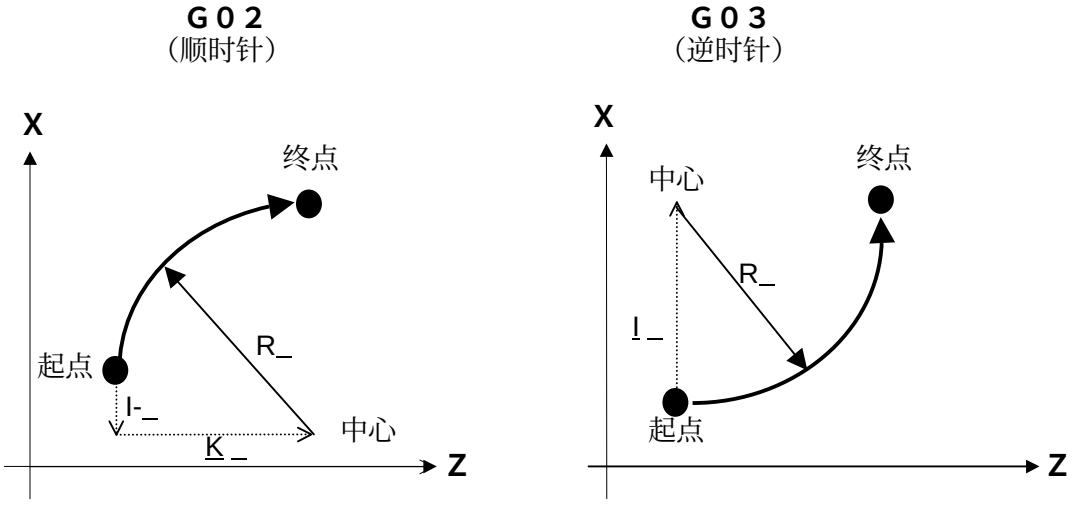

```
G01 X120.0 Z50.0 F0.15;
或
G01 U 80.0 W-70.0 F0.15;
或
G01 X120.0 W-70.0 F0.15;
```

在新数值指定之前均有效，所以不需要每个程序段都指定。

10.6 圆弧插补（G02, G03）

【刀具的移动】

刀具沿着编程的圆弧移动。



【程序格式】

G02 G03	G18	X___Z___ U___W___	I___K___ R___	F_____;

· 指令从圆弧的起点到圆弧中心的方法（圆弧的大小和圆心）

I___K___： **I＝X**轴分量（半径指令）
K＝Z轴分量

· 指令圆弧大小的方法

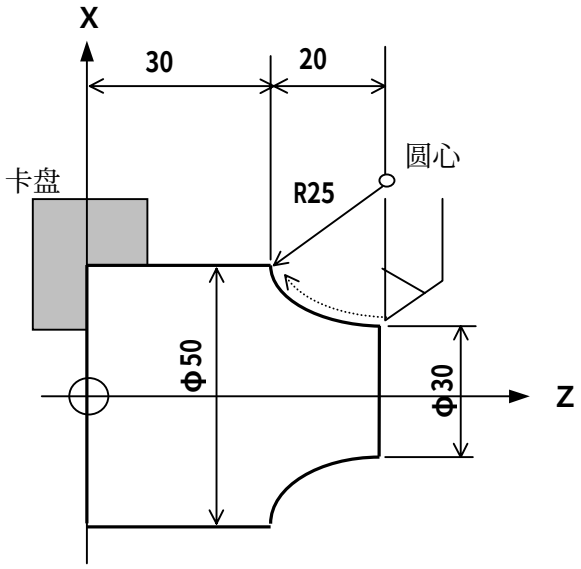
小于180° 的圆弧 ： R＋_____
大于180° 的圆弧 ： R－_____
（小于360° ）

注意！！

1. 圆弧超过180° 时，用负值指令半径。
2. 但是整圆（360° ）时，不能用R指令。
3. I，K，R用半径值指令。

【进给速度】（同直线插补）

（程序举例:直径指定）



· 绝对指令

G02 X50. 0 Z30. 0 I25. 0 F0. 3 ;

或

G02 X50. 0 Z30. 0 R25. 0 F0. 3 ;

· 增量指令

G02 U20. 0 W－20. 0 I25. 0 F0. 3 ;

或

G02 U20. 0 W－20. 0 R25. 0 F0. 3 ;

· 绝对指令＋增量指令

G02 X50. 0 W－20. 0 R25. 0 F0. 3 ;

10.7 暂停（G04）

与加工中心相同，请见9.6项。

10.8 自动返回参考点

参考点是机床上某一特定的位置，刀具很容易移到此点。
刀具返回此位置后再起动程序。另外，通常在此位置进行换刀和
设定坐标系。

（1）返回第1参考点（G28）

返回到参考点的指令。

```
G28 [U___W___] ;
    [X___Z___] ;
```

X、Z、U、W是经过的中间点的坐标值。

按照G28指令，首先以快速进给在被指令的控制轴的中间点定位。
然后，再从中间点用快速进给移动到参考点。

一般的程序指令如下：

```
G28U0W0;
```

（2）返回到第2、第3参考点

```
G30 [P2] [U___W___;]
    [P3] [X___Z___;]
    [P4]
```

X、Z、U、W是经过的中间点的坐标值。

P2 ： 返回第2参考点。（P2可以省略）
P3 ： 返回第3参考点。
P4 ： 返回第4参考点。

G30指令是刀具通过被指令的第2、第3、第4中间点，移动到参考点定位。
第2、第3、第4参考点的位置事先用参数设定。
这些点通常用作自动换刀位置。

【自动返回参考点指令的举例】

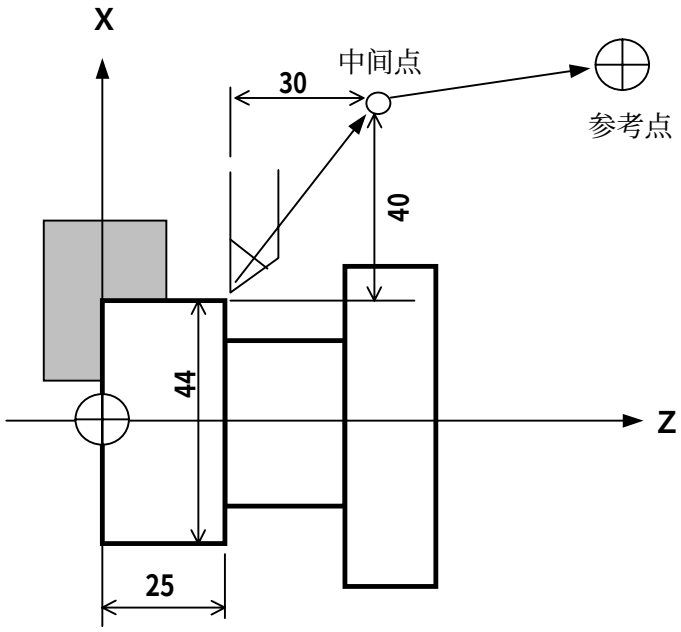
· 增量指令

G28 U80.0 W30.0 ;

（U或X值是直径指令）

· 绝对指令

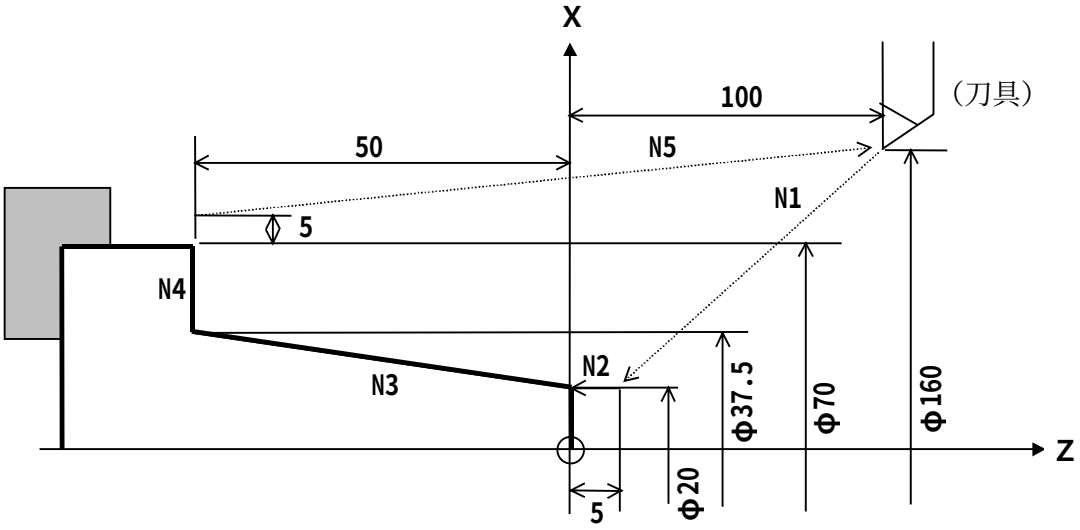
G28 X124.0 Z55.0 ;



10.9 编程举例和题目

【编程举例】

编制下图所示的刀尖动作（N1～N5）的程序。
⊕标记表示程序原点。
（图中的虚线 ····· 是定位动作，实线 ····· 是直线插补。）

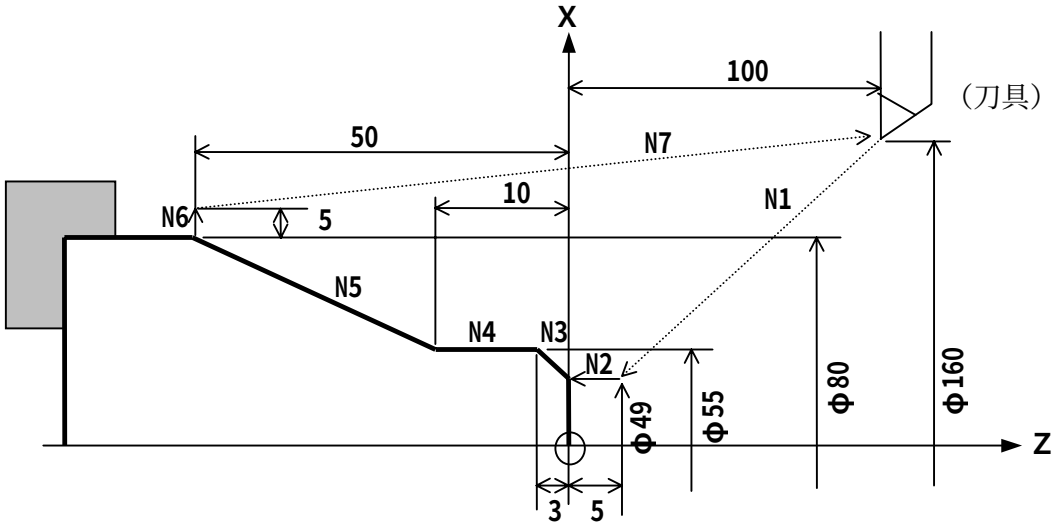


（编程答案）

O0001;	程序号
G50 X160. 0 Z100. 0 M08;	设定坐标系，开冷却
S400 M03;	主轴转速，主轴回转指令
N1 G00 X20. 0 Z5. 0;	定位
N2 G01 Z0 F0. 2;	切削直线，进给速度0.2mm/rev
N3 X37. 5 Z－50. 0;	切削直线
N4 X80. 0;	切削直线
N5 G00 X160. 0 Z100. 0 M09;	刀具返回到加工起点，关冷却
M05;	主轴停止指令
M30;	程序结束

题目1

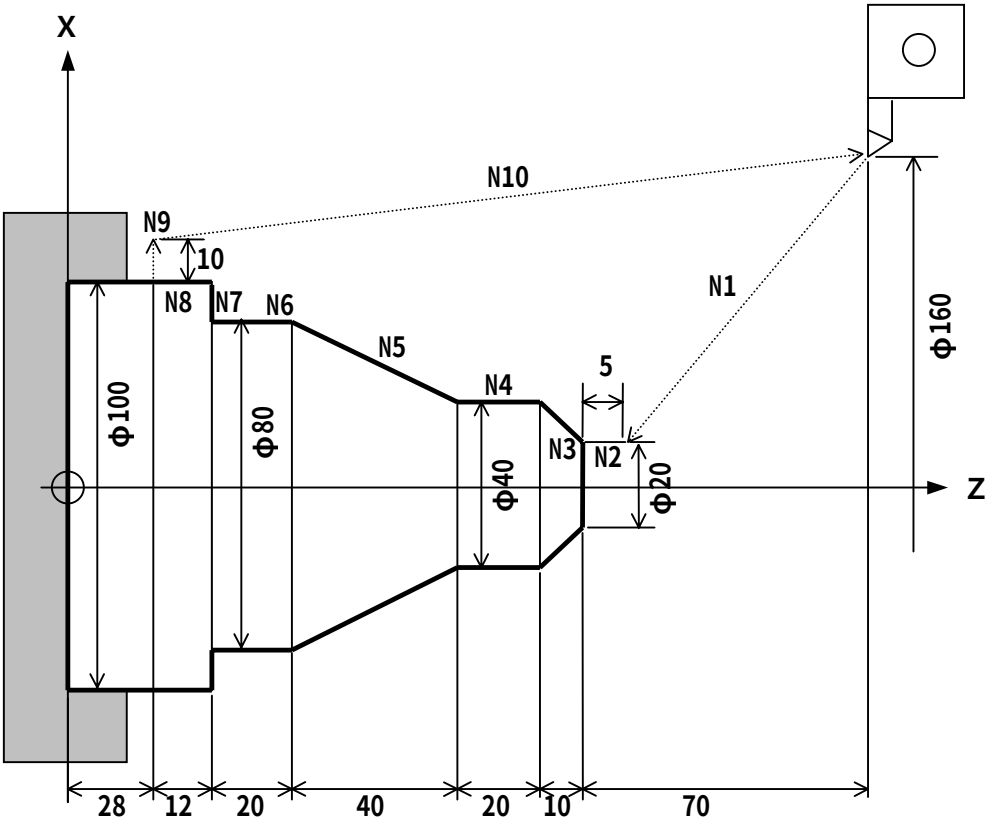
编制下图所示刀尖动作（N1～N7）的程序。
⊕标记表示程序原点。
（图中的虚线 ····· 是定位动作，实线 —— 是直线插补。）



备注

题目2

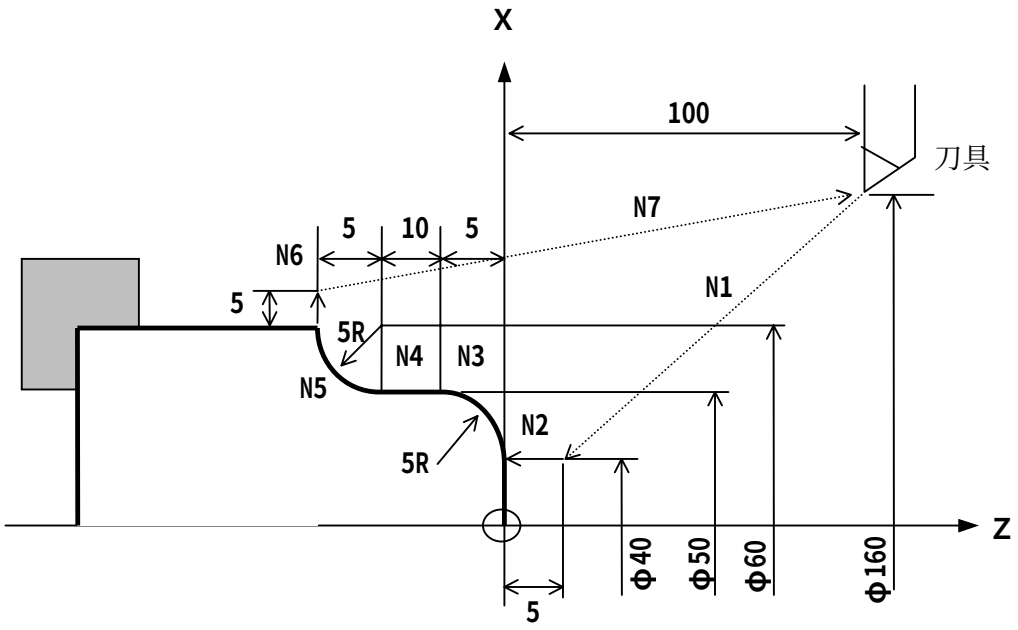
编制下图所示的刀尖动作（N1～N10）的程序。
⊕标记表示程序的原点。
（图中的虚线 ····· 是定位动作，实线 ── 是直线插补。）



备注

题目3

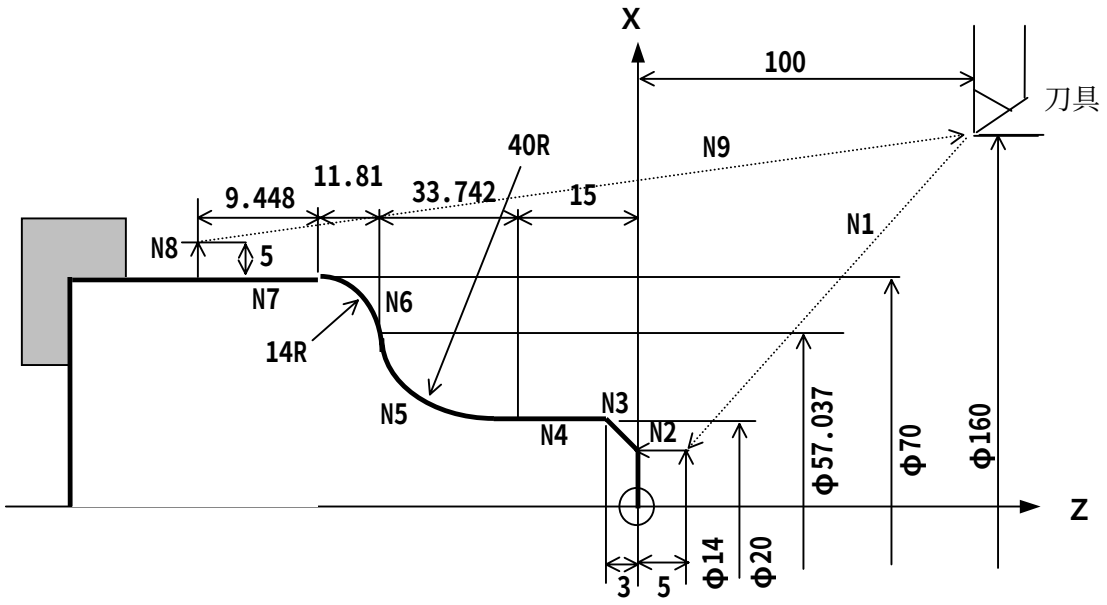
编制下图所示的刀尖动作（N1～N7）程序。
⊕标记表示程序原点。
（图中的虚线┈┈ 是定位动作，实线 ── 是直线插补。）



备注

题目4

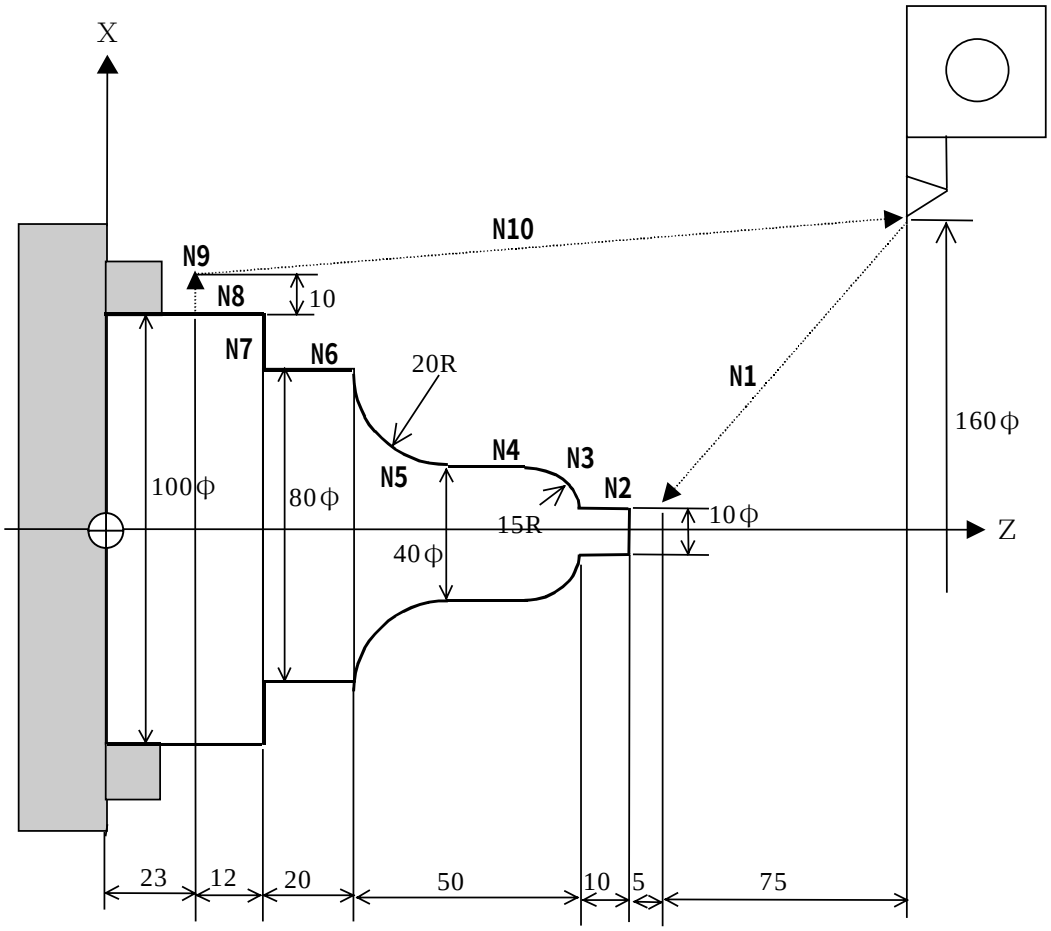
编制下图所示的刀尖动作（N1～N9）程序。
⊕标记表示程序原点。
（图中的虚线┈┈ 是定位动作，实线 ── 是直线插补。）



备注

题目5

编制下图所示刀尖动作（N1～N10）的程序。
⊕标记表示程序原点。
（图中的虚线┈┈ 是定位动作，实线 ── 是直线插补。）



备注

第3章

加工中心系CNC功能和编程

目录

页

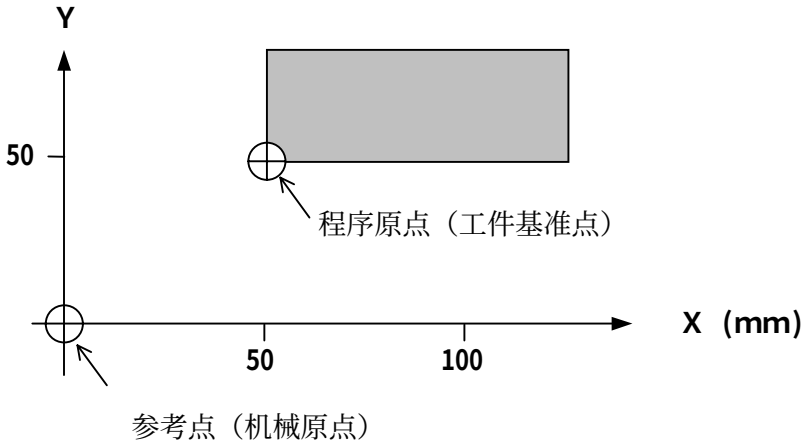
1. 坐标系及其相关功能.....3-1
   1.1 设定坐标系（G92）.....3-1
   1.2 工件坐标系（G54～G59）.....3-2
   1.3 其他坐标.....3-3
2. 补偿功能.....3-5
   2.1 刀具补偿功能.....3-5
   2.2 机械机构误差的补偿.....3-14
3. 固定循环.....3-16
   3.1 固定循环.....3-16
   3.2 固定循环一览表.....3-20
   3.3 固定循环功能和编程格式.....3-21
4. 子程序.....3-29
   4.1 程序概要.....3-29
   4.2 调用程序.....3-30
   4.3 编子程序.....3-30
   4.4 子程序的例题.....3-31

1．坐标系及其相关功能

1.1 设定坐标系（G92）

用绝对指令编程时，在程序的开头设定坐标系。
坐标系的设定是把刀具的当前位置到程序原点（工件基准点）的距离写入CNC。

此功能用于多品种小批量生产情况。



〔例：在上述坐标系中〕

1．刀具的位置在参考点，当把此点作为程序原点时，编程为
Ｇ９２Ｘ０ Ｙ０ ；

2．刀具的位置在参考点，程序原点为0（零）时
Ｇ９２Ｘ－５０．０Ｙ－５０．０；

3．把刀具移动到程序原点，把程序原点设为0时
Ｇ９２Ｘ０ Ｙ０ ；

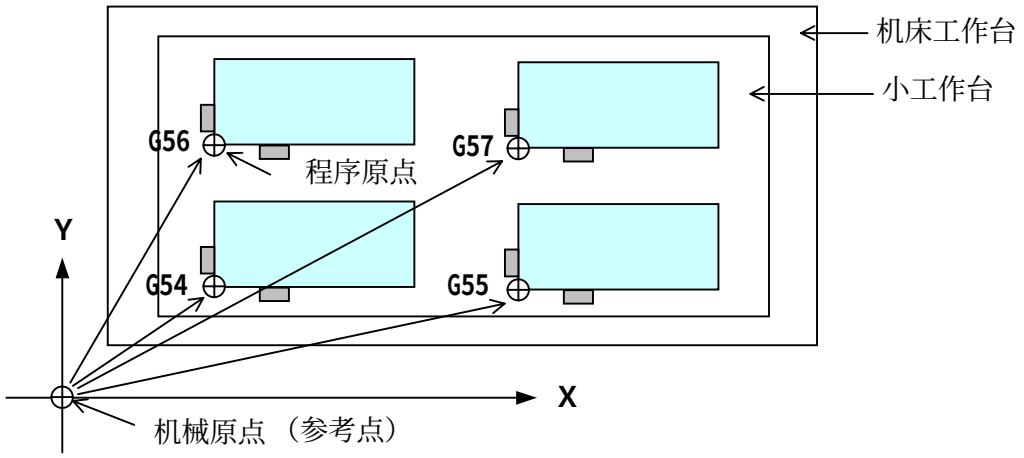
4．刀具在程序原点上，参考点为0（零）时
Ｇ９２Ｘ５０．０Ｙ５０．０；

- 把程序原点（工件基准点）设为0的坐标系比较方便。

备注

1.2 工件坐标系（G54～G59）

工件坐标系（G54～G59）可以事先设定机械原点（参考点）到程序原点的距离（最多6个），然后使用。在使用（工件偏移画面）各坐标系时，选择G54～G59代码。
此功能用于多品种大批量生产的情况。



工件坐标系（G54～G59）与G92坐标系设定不同，事先设定到距程序原点的某一位置上。因此不需要 G92 X___Y___；的程序语句。

使用〔G54～G59代码的程序例子〕

```
 O5963;
N001 G54;                                  接通电源时，选择G54
N002 G90G01X0Y0F1000;(G90G00X0Y0;)         刀具移动到G54程序原点
N003 G91G00X--Y--;                         从此程序段开始是加工程序
  |     （加工程序）                        （G90和G91可以并用）
  ▼
N029 M01;
N030 G55;                                  指令了G55，刀具不移动
N031 G90G01X0Y0F1000;(G90G00X0Y0;)         刀具移动到G55程序原点
N032 G91G00X--Y--;                         从此程序段开始是加工程序
  |     （加工程序）                        （G90和G91可以并用）
  ▼
N049 M01;
N050 G56;                                  指令了G56，刀具不移动
N051 G90G01X0Y0F1000;(G90G00X0Y0;)         刀具移动到G56程序原点
N052 G91G00X--Y--;                         从此程序段开始是加工程序
  |     （加工程序）                        （G90和G91可以并用）
  ▼
N069 M01;
N070 G57;                                  指令了G57，刀具不移动
N071 G90G01X0Y0F1000;(G90G00X0Y0;)         刀具移动到G57程序原点
N072 G91G00X--Y--;                         从此程序段开始是加工程序
  |     （加工程序）                        （G90和G91可以并用）
  ▼
N100 M30;
```

1.2.1 用程序指令变更工件坐标系

在程序中，要变更工件坐标系时，可以用程序指令变更工件坐标的位置。

【程序格式】

G90 / G91　G10L2P＊X＿＿＿Y＿＿＿； （工件坐标系G54～G59的变更）

G10L2＝　变更工作坐标系位置的指令。
P＊　　＝　对应于G54～G59的1～6的数值。
X－Y－　＝　指令工件系原点的偏移量。

1.3 其他坐标

(1) 机械坐标系（G53）

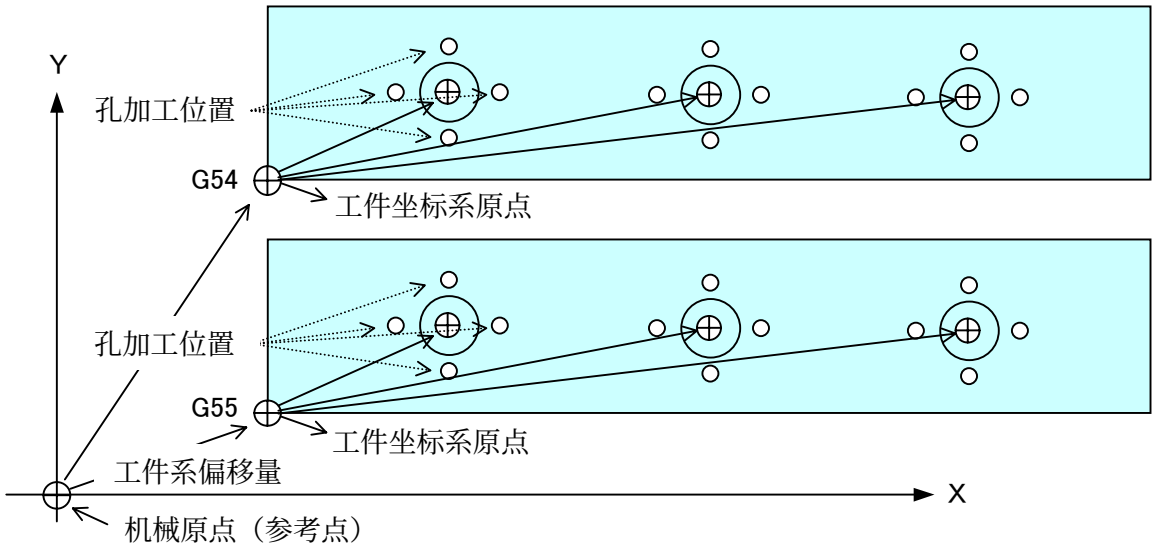
把机械原点作为坐标原点的坐标系称为机械坐标系。接通电源后，利用返回参考点设定机械坐标系。
用G90 G53 X＿＿Y＿＿ 指令选择机械坐标系，刀具用快速移动到X＿＿Y＿＿的位置。

一般换刀时，要把刀具移动到已定的机械固有的位置上时，使用该指令。

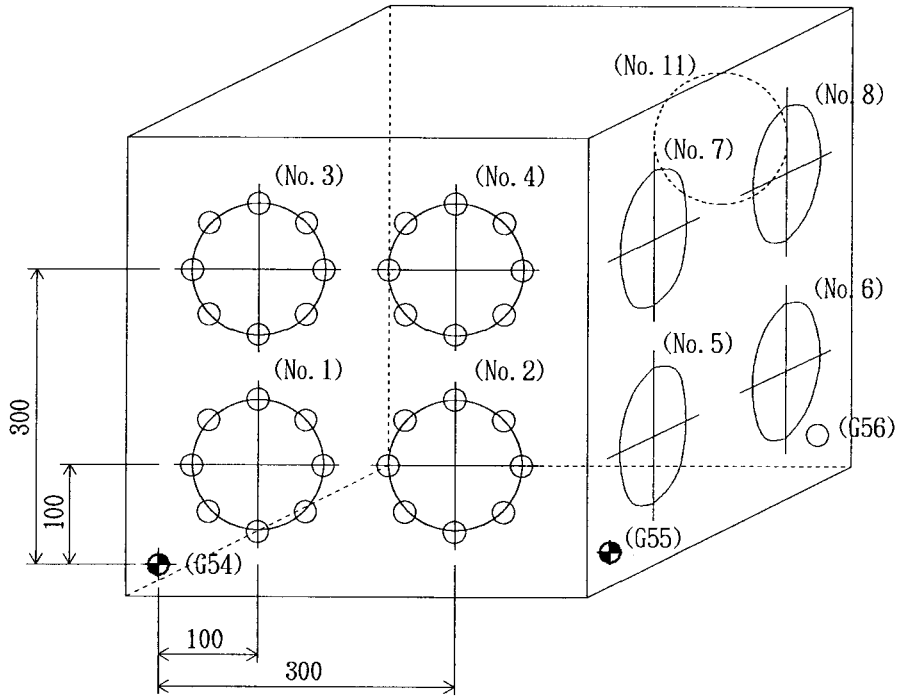
★注意：机械坐标系的原点与参考点应是同一点。

(2) 局部坐标系（G52）

用工件坐标系编程时，在工件坐标系内有时再建一个子坐标系，编程会很方便。
局部坐标系的指令是 G52 X－－Y－－；（X--Y--是偏移量）
即从工件坐标系原点到局部坐标系原点的距离用X，Y指令。



（使用G52的例子）




```
O0001;
G54 G52 G90 X100.0 Y100.0; (No.1的圆心作为程序的原点)
                ）
G54 G52 G90 X300.0 Y100.0;(No.2的圆心作为程序的原点)
                ）
G54 G52 G90 X100.0 Y300.0;(No.3的圆心作为程序的原点)
                ）
```

备注

2．补偿功能

补偿是指对于刀具安装位置和机床系的误差的补偿，不用改变程序就可以进行精加工的功能。一般补偿有2种：

① 对于刀具的补偿
- 刀具半径补偿
- 刀具长度补偿

② 对机械系误差的补偿
- 间隙补偿
- 螺距误差补偿
- 直线度补偿

2.1 刀具补偿功能

(1) 刀具半径补偿（G40～G42）

对于编程轨迹，刀具自动地向「左」或「右」移动一个刀具半径后，进行加工的功能。
通常，在程序上只要追加了3个地址字（G40、G41或G42，D xx ）
就可以进行刀具半径补偿。

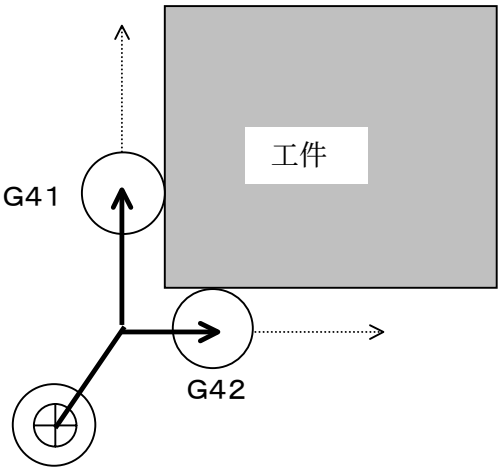
【程序格式】

G00 G01	G90 G91	G17 G18 G19	G40 G41 G42	α___β___D___F___；

（注）α，β＝X，Y，Z　　D＝刀具半径补偿号

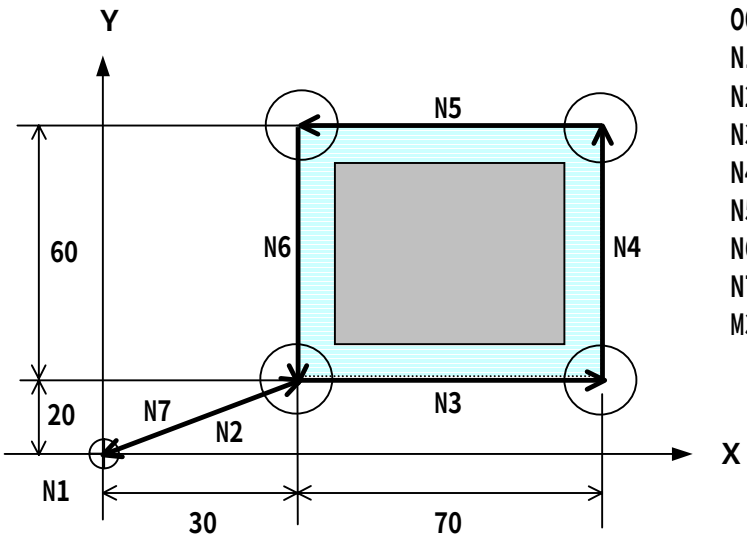
G40 ：取消刀具半径补偿
G41 ：左侧补偿（向左移一个刀具半径量）
G42 ：右侧补偿（向右移一个刀具半径量）

【刀具移动】



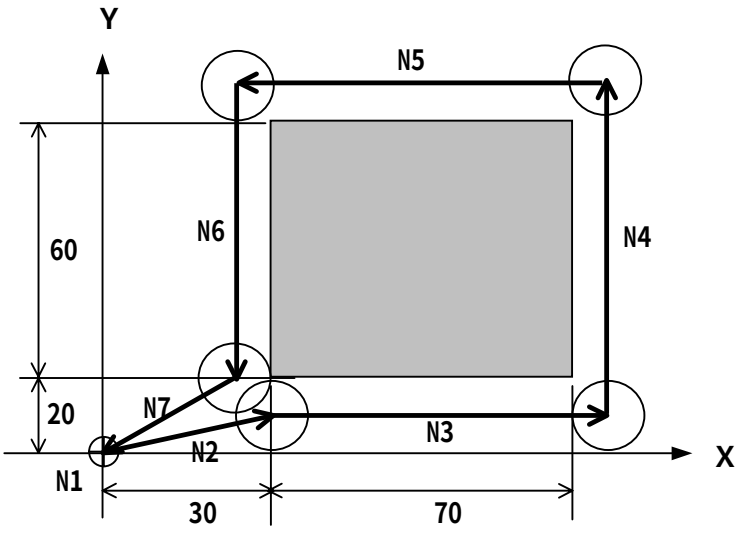
【编程举例】

（没使用刀具半径补偿时）




```
O0001;
N1 G92 X0 Y0;
N2 G01 G90 X30.0 Y20.0 F300;
N3 X100.0;
N4 Y80.0;
N5 X30.0;
N6 Y20.0;
N7 G00 X0 Y0;
M30;
```

（使用了刀具半径补偿时）




```
O0001;
N1 G92 X0 Y0;
N2 G01 G90 G42 D2 X30.0
   Y20.0 F300;
N3 X100.0;
N4 Y80.0;
N5 X30.0;
N6 Y20.0;
N7 G00 G40 X0 Y0;
M30;
```

注意！！

1．先读程序的2个程序段，计算出交点。
2．在使用了刀具半径补偿的平面中，若连续指令了2个以上不移动的程序段时，不能正确地补偿。
（例：Z轴指令，辅助功能M.S.T代码）

【补偿量的设定】

用D代码、H代码指定补偿号。

刀具半径补偿:D代码
刀具长度补偿:H代码

刀具位置补偿用D或H代码（用参数选择），补偿号可以用00～32指定。
但是D、H代码合起来是32个。
（选择功能中，有64个、99个或200个。）
H00、D00的补偿量通常为零。
补偿量用CRT/MDI面板或外设事先设定在补偿存储器中。

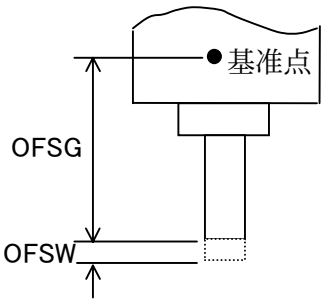
【刀具补偿量】

刀具补偿存储器有存储器A/存储器B/存储器C三种，可以选择任意一种。
可以设定的刀具补偿量范围如下表。

最小设定单位	形状补偿量(OFSG)		磨损补偿量(OFSW)	
	公制输入	英制输入	公制输入	英制输入
0.01mm	±999.99mm	±99.999Inch	±99.99mm	±9.999Inch
0.001mm	±999.999mm	±99.9999Inch	±99.999mm	±9.9999Inch
0.0001mm	±999.9999mm	±99.99999Inch	±99.9999mm	±9.99999Inch

（FSOM的情况）

	公制输入	英制输入
补偿量	0～±999.999mm	0～±99.9999Inch



① 刀具补偿量存储器A

在刀具补偿量存储器A中，形状补偿和磨损补偿没有区分开。
因此在补偿存储中，可以设定形状补偿和磨损补偿合在一起的量。
另外，刀具半径补偿用（D代码）和刀具长度补偿用（H代码）没有区别。

（例）

补偿号	补偿量（形状＋磨损）
001	9.9
002	19.8
003	99.9

可以设定的刀具补偿量的范围与形状补偿量相同。

② 刀具补偿量存储器B（选择功能）

在刀具补偿量存储器B中，分别有形状补偿用存储器和磨损补偿用存储器。
但刀具半径补偿用（D代码）和刀具长度用（H代码）没有区别。

（例）

补偿号	形状补偿量 (OFSG)	磨损补偿量 (OFSW)
001	10.0	0.1
002	20.0	0.2
003	100.0	0.1

③ 刀具补偿量存储器C（选择功能）

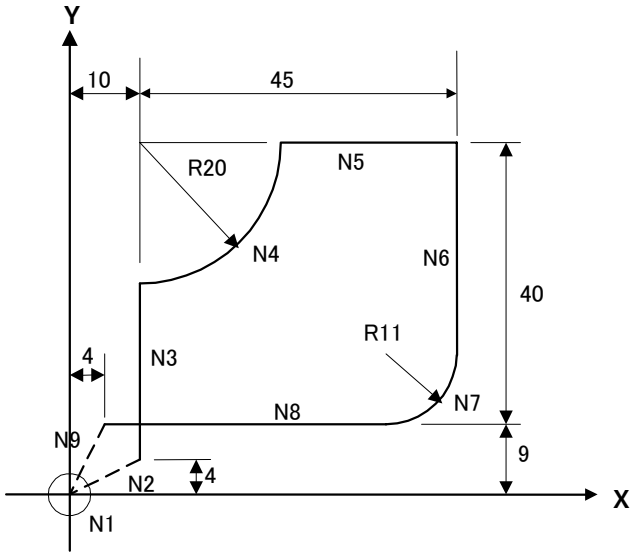
在刀具存储器C中，刀具形状补偿和刀具磨损补偿分开；刀具半径补偿和刀具长度补偿也分开，半径补偿用D代码，长度补偿用H代码。

（例）

补偿号	H代码		D代码	
	形状补偿量	磨损补偿量	形状补偿量	磨损补偿量
001	100.0	0.1	10.0	0.1
002	200.0	0.2	15.0	0.3

【使用刀具半径补偿的程序举例】

[程序1]



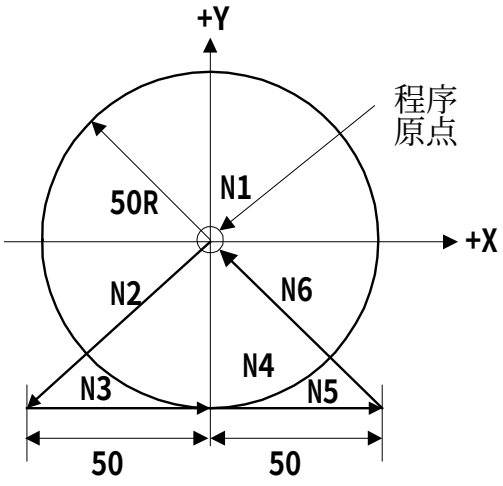
（编程答案）

```
O0011;
N1 G92 X0 Y0 ;
N2 G91 G17 G41 G00 X10.0 Y4.0 D21;
N3 G01 Y25.0 F120 ;
N4 G03 X20.0 Y20.0 R20.0 ;
N5 G01 X25.0 ;
N6       Y-29.0 ;
N7 G02 X-11.0 Y-11.0 R11.0 ;
N8 G01 X-40.0 ;
N9 G40 G00 X-4.0 Y-9.0 ;
M30 ;
```

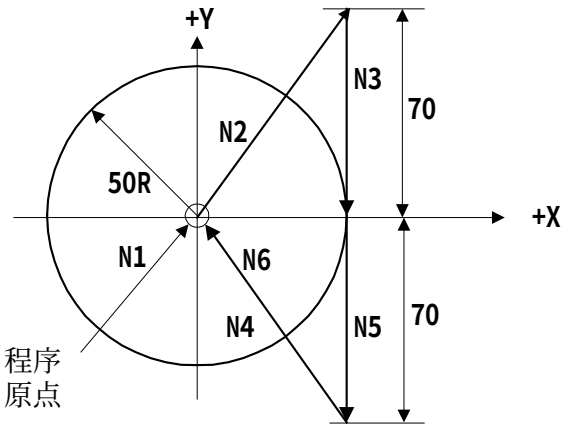
[编程练习题目]

对于2-33,34页的练习题，编制有刀具半径补偿功能的程序。

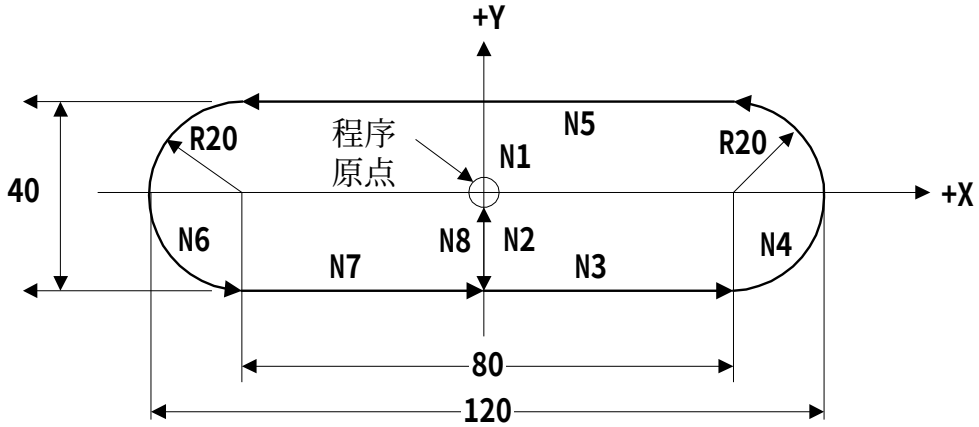
题目1



题目2


+Y
N3
70
N2
50R
+X
N1
N6
N4
N5
70
程序
原点

题目3


+Y
N5
R20
程序
原点
N1
R20
40
+X
N6
N8
N2
N4
N7
N3
80
120

(2) 刀具长度补偿 (G43,G44,G49)

这是加工中心系的功能。使刀尖自动移动到程序的位置上，进行加工的功能。

【程序格式】

G00 G01	G90 G91	G17 G18 G19	G43 G44 G49	α___H___F___；

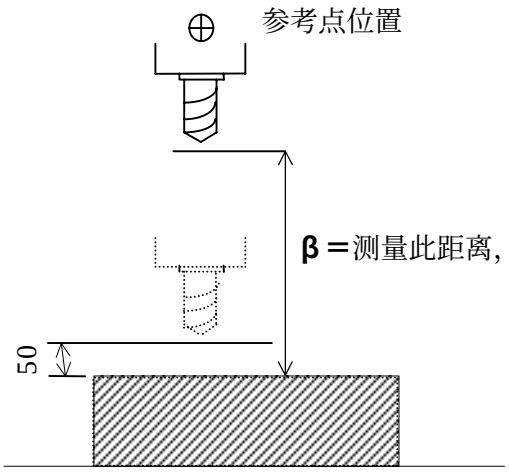
(注) α＝Z，Y，X　　H＝刀具长度补偿号

G43 ＝ 在正向补偿　　(移动量＝α ____ ＋补偿量)
G44 ＝ 在负向补偿　　(移动量＝α ____ －补偿量)
G49 ＝ 取消补偿

一般在X、Y平面 (G17) 的Z轴方向使用刀具长度补偿。
X、Z平面 (G18) ,Y、Z平面 (G19) 用于5面体加工机床和刀具位置补偿等。

【刀具的移动】

(例1)

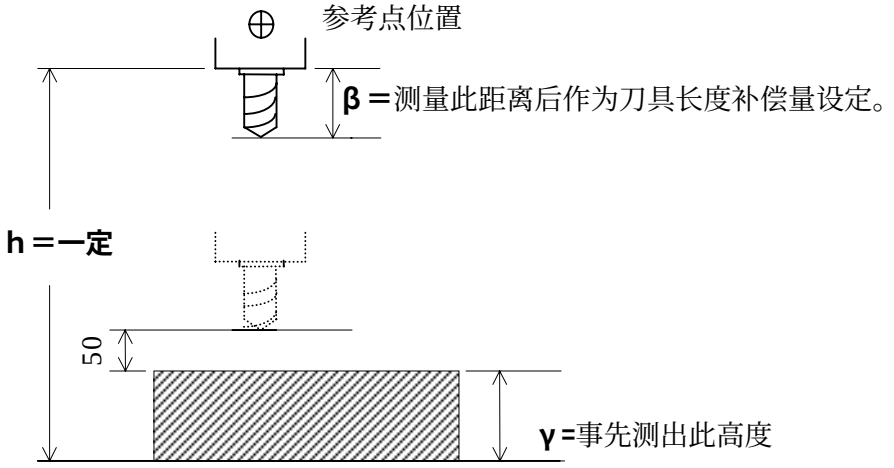


〔程序举例〕

G91G00G43Z50．0H××；

(在刀具长度补偿号Hxx中，事先设定上图的**β**值，如果设定
β＝-160.0时，刀具的移动量为-110.0)

（例2）



· 主轴到工作台面的距离是一定的，把它用「h」表示。
· 工件的高，图纸上有尺寸，或者事先测量实际的工件。
· 刀具长度事先在刀具中心等处进行测量，作为刀具长度补偿量，预先进行设定。

〔程序举例〕

Ｇ９１Ｇ００Ｇ４３Ｚ（－ｈ＋γ＋５０．０）Ｈ××；

（h和y要符合使用的机床和工件）

【取消刀具长度补偿】

取消刀具长度补偿有以下3种方法。

① **Ｇ４９Ｔ××Ｍ０６；**

② **Ｇ９１Ｇ２８Ｚ０；**

Ｇ４９；

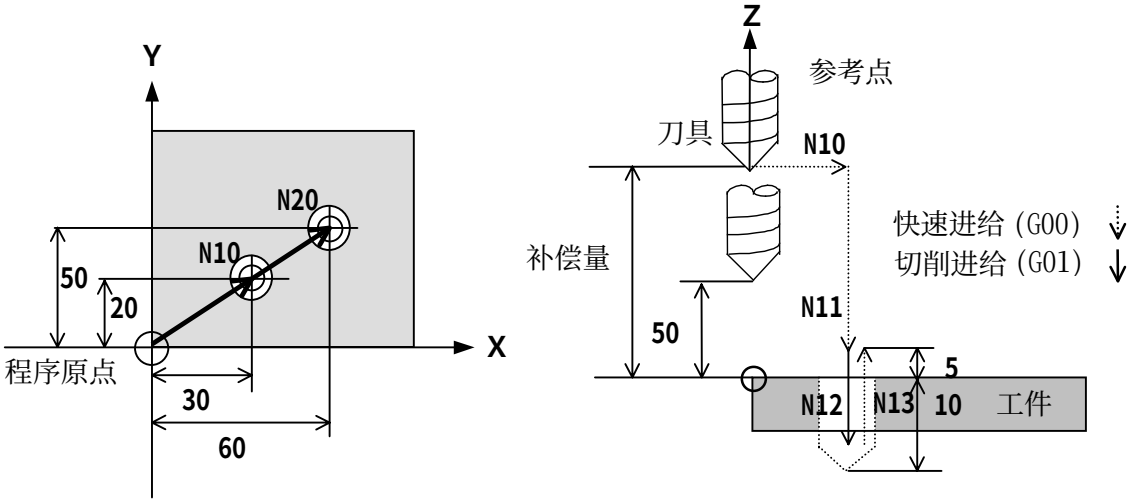
③ **Ｇ４９Ｇ９２Ｘ０Ｙ０Ｚ５０．０；**

[程序举例1]

【钻孔】（加工中心用）

从程序原点，按照图中N10～N20的顺序进行钻孔加工的程序

（程序答案）



O0001; …… 程序号

S1000M03; …… 主轴转速，主轴回转指令

G91G00G43Z50.0H01; …… 刀具长度补偿（补偿No.1）

G92X0Y0Z50.0M08; …… 坐标系设定，开切削油指令

N10 G90G00X30.0Y20.0; …… 钻孔开始位置定位

N11 Z5.0; …… 在趋近点定位

N12 G01Z-10.0F100.; …… 孔加工（切削进给）

N13 G00 Z5.0；…… 在趋近点定位

N20 X60.0Y50.0; …… 在钻孔开始的位置定位

N22 G01Z-10.0F100.; …… 孔加工（切削进给）

G91G28Z0M09; …… 在参考点位置定位，关切削油OFF指令

G49M05; …… 取消刀具补偿指令，主轴停指令

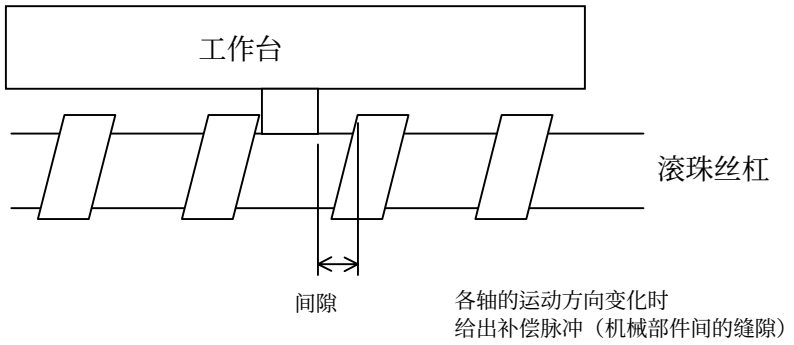
G90 G00 X0 Y0 ; …… 返回到程序原点

M30; …… 程序结束指令

2.2 机械机构误差补偿

(1) 反向间隙补偿

补偿机械系统存在的反向间隙的功能。
补偿量在0～9.999mm/0.9999inch的范围内



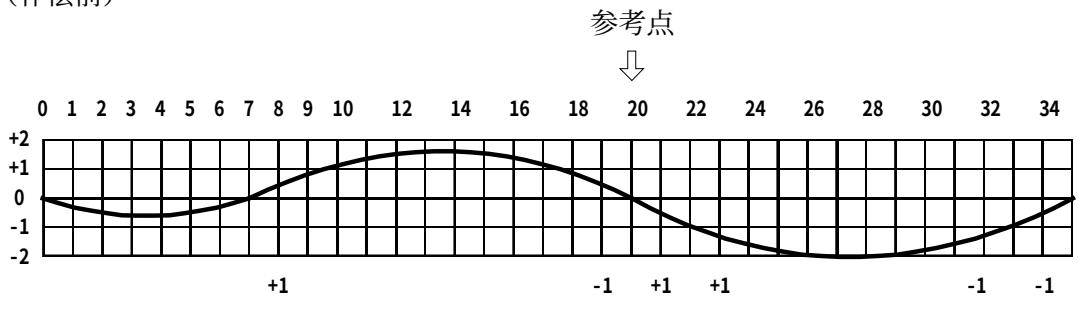
间隙补偿

(2) 存储形螺距误差补偿

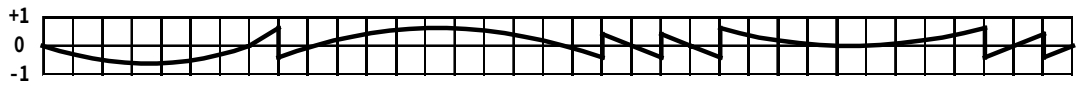
补偿由进给丝杠的机械磨损引起的螺距误差的功能。
使用此功能可以提高加工精度和延长机床寿命。补偿数据作为参数存入存储器中，所以可以省去补偿机构和设定作业。

补偿间隔是固定的用参数设定，补偿点数可以设到128×轴数，在各位置上可以补尝的值为±0～7（单位是0.001mm或0.0001inch）。

（补偿前）



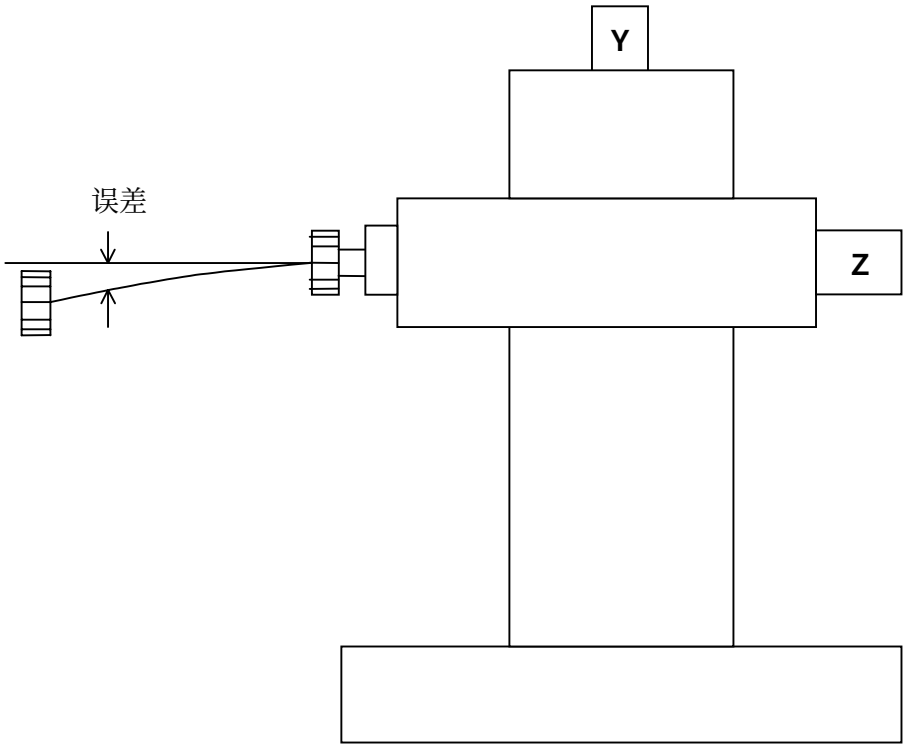
（补偿后）



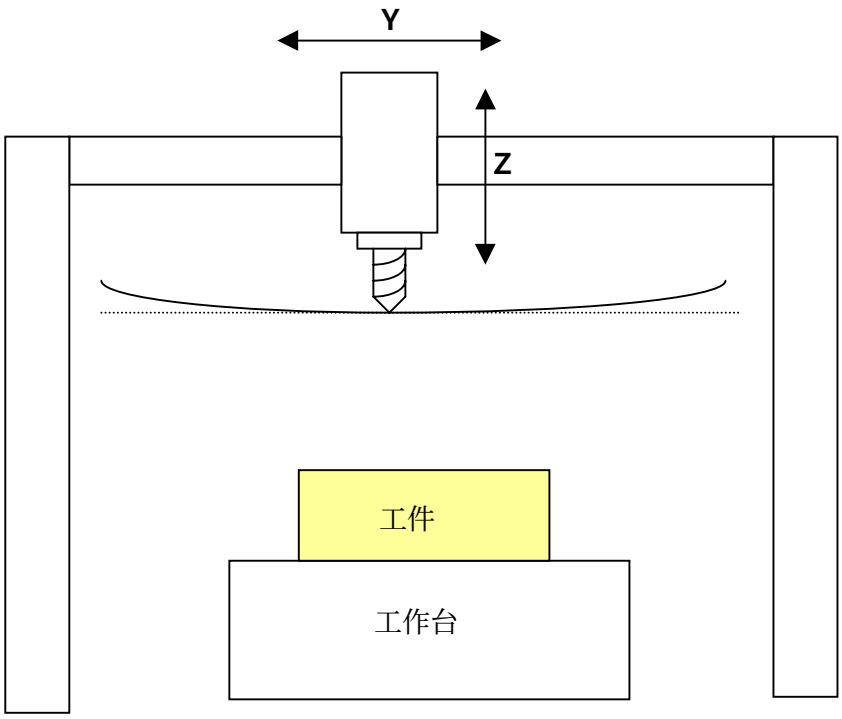
（3）直线度补偿

用其他轴补偿移动轴误差的功能。

在下例中，Z轴移动时，给Y轴方向补偿。使刀具中心在编程轨迹下移动。



下例中，Y轴移动时，在Z轴方向给予补偿。

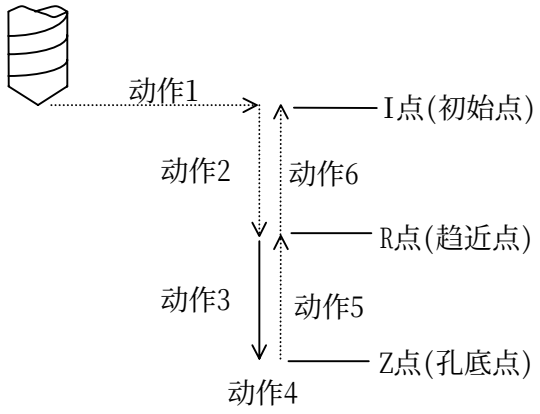


3．固定循环功能

3.1 固定循环

固定循环功能是用1个含有G功能的程序段指令来代替原来由几个程序段组成的加工动作，可以简化程序。
一般，固定循环由以下6个顺序动作构成。

【刀具移动】



动作1 ： X,Y轴的定位
动作2 ： 快速到R点
动作3 ： 孔加工(切削进给)
动作4 ： 孔底的动作
动作5 ： 退刀到R点
动作6 ： 返回到初始点平面

【程序格式】

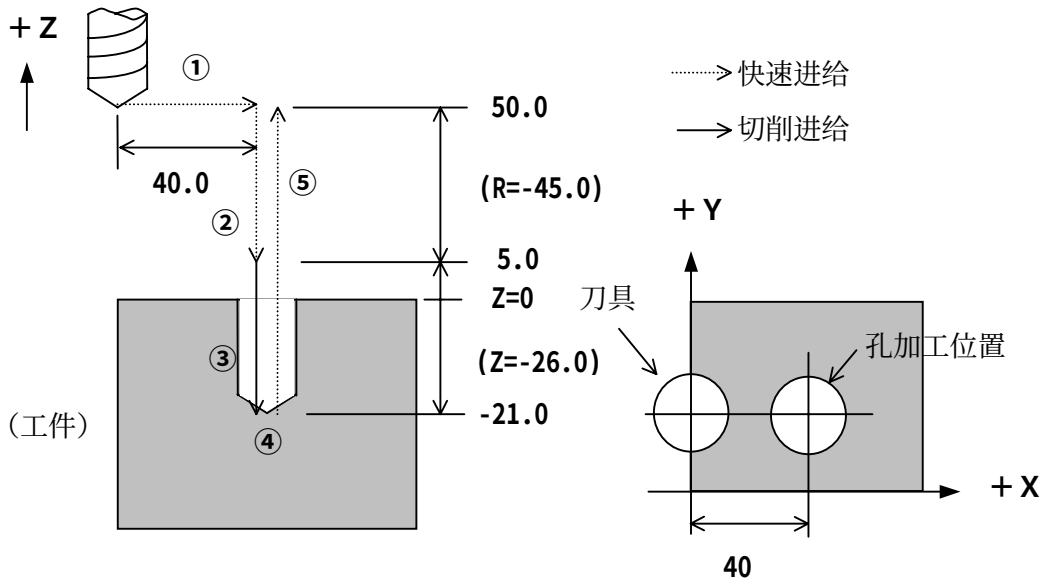
[G90 / G91] [G98 / G99] G□□ X___ Y___ Z___ R___ Q___ P___ F___ [K___ / L___] ;

孔加工方式 ： G□□ 指令G73～G89
孔位置数据 :用X___ Y___ 指令孔位置的数值。（动作1）
孔加工数据 :用R___ 指令从初始平面到R点的距离。（动作2）
:用Z___ 指令从R点到孔底的距离。（动作3）
:用Q___ 指令G73、G83每一次的切入量，G76、G87中的位移量。
（通常用增量指令）
:用P___ 指令孔底的暂停时间。（动作4）
:用F___ 指令切削进给速度。
循环次数 :用K___ 或者L___ 指令1～6一连串动作的循环次数。
此时X__ Y__ 的孔的位置数据用增量值指令。

CNC机种	指令循环次数的地址
FS0, FS16, FS18, FS16*i*, FS18*i*	**K**
FS10, FS11, FS15, FS15*i*	**L**

K0（L0）时，不进行钻孔。

【固定循环的基本动作】



（不使用固定循环时）

（增量指令）

① G00 G91 X40. 0;
② Z－45. 0;
③ G01 Z－26. 0 F200;
④ G04 P500;
⑤ G00 Z71. 0;

（绝对指令）

① G00 G90 X40. 0;
② Z5. 0;
③ G01 Z－21. 0 F200;
④ G04 P500;
⑤ G00 Z50. 0;

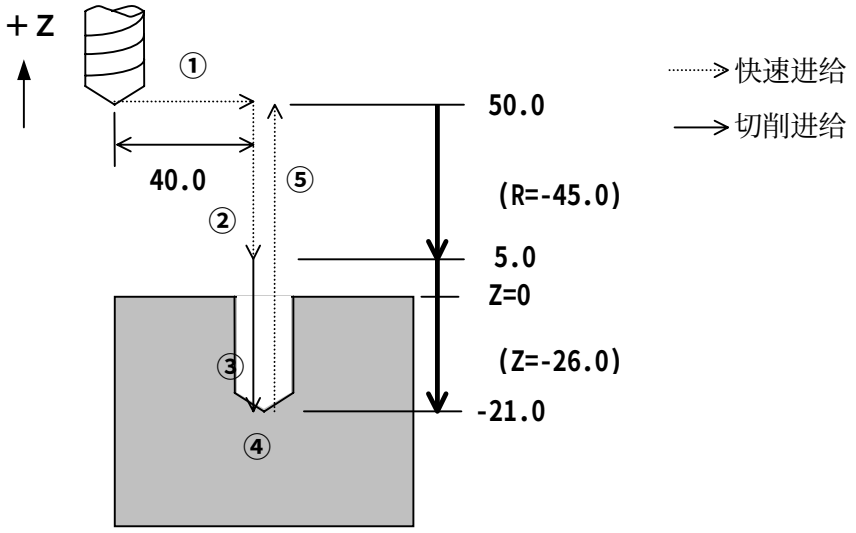
⇩

（使用固定循环时）

G91 G98 G82 X40. 0 Z－26. 0 R－45. 0 P500 F200;
或
G90 G98 G82 X40. 0 Z－21. 0 R5. 0 P500 F200;

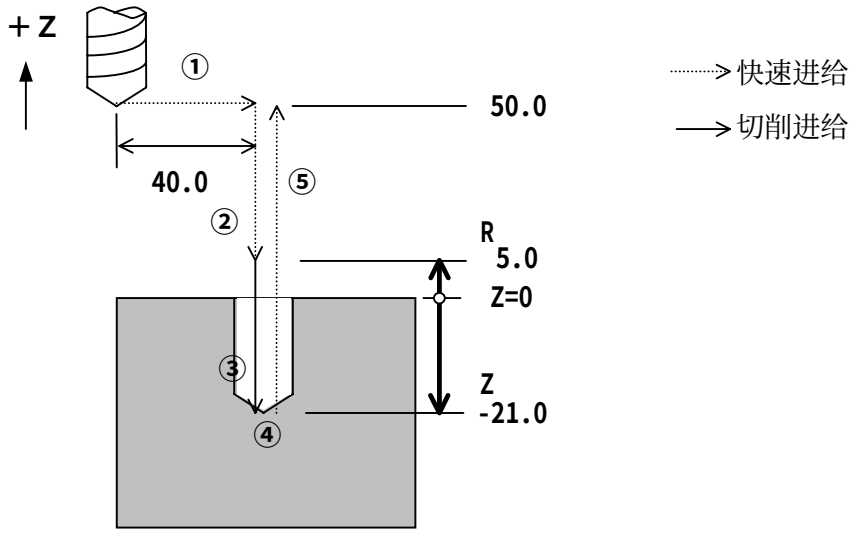
【指定R和Z坐标的方法】

（增量指令）



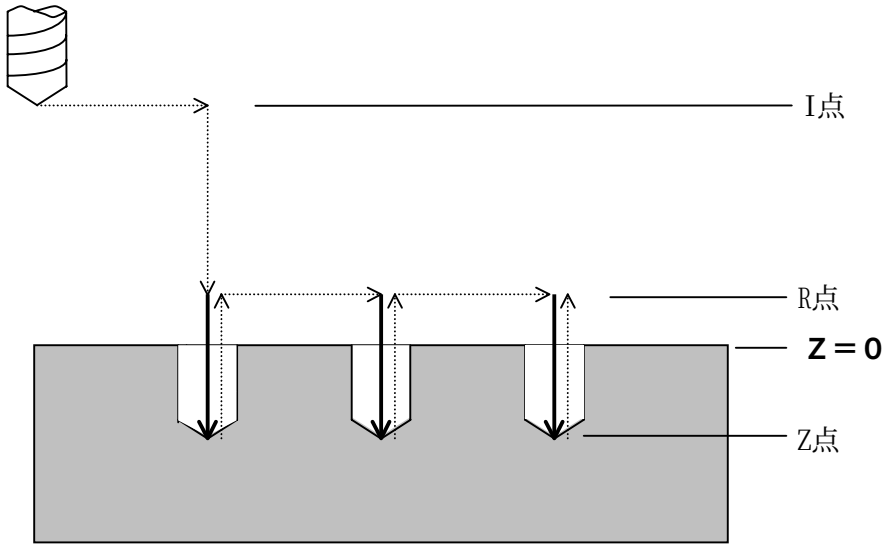
G91 G82 X40. 0 Z－26. 0 R－45. 0 P500 F200;

（绝对指令）



G90 G82 X40. 0 Z－21. 0 R5. 0 P500 F200;

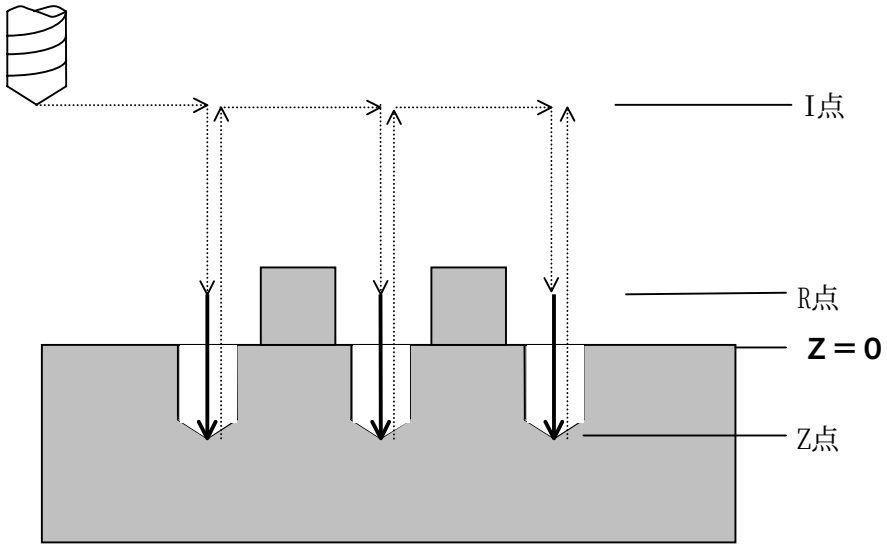
【返回到R点 ： G99】



(FS0, FS16, FS18, FS16i, FS18i 的情况)

```
G91 G99 G82 X40. 0 Z－26. 0 R－45. 0 P500 F200 K3;
```

【返回到I点 ： G98】



(FS0, FS16, FS18, FS16i, FS18i 的情况)

```
G91 G98 G82 X40. 0 Z－26. 0 R－45. 0 P500 F200 K3；
```

3.2 固定循环指令表

G代码	钻孔动作 (－Z方向)	钻孔位置的动作 (动作4)	退刀动作 (＋Z方向)	用　途
G73	间歇进给	—	快速进给	高速深孔循环
G74	切削进给	主轴正转	切削进给	左旋攻丝
G76	切削进给	主轴准停	快速进给	精镗
G80	—	—	—	取消固定循环
G81	切削进给	—	快速进给	钻孔、钻中心孔
G82	切削进给	暂停	快速进给	钻孔、镗孔
G83	间歇进给	—	快速进给	深孔加工循环
G84	切削进给	主轴反转	快速进给	攻丝
G85	切削进给	—	快速进给	镗孔
G86	切削进给	主轴停止	快速进给	镗孔
G87	切削进给	主轴停止	手动/快速	镗孔/背镗
G88	切削进给	暂停→主轴停止	手动/快速	镗孔
G89	切削进给	暂停	切削进给	镗孔

(注)固定循环用G80和01组的G代码(G00、G01、G02、G03)取消。

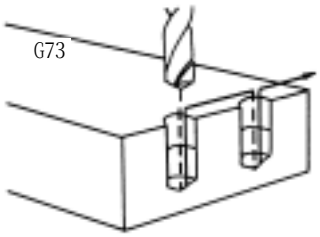
3.3 固定循环功能和编程格式

G73(高速深孔加工循环)

G73 X---Y---Z---R---Q---F---K---；

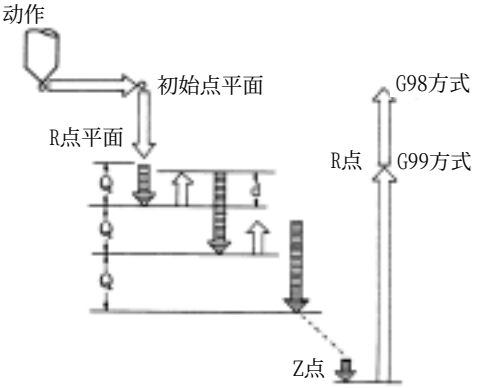
Q ： 一次切入量

适用作业



d=退刀量:用参数或SETTING画面设定

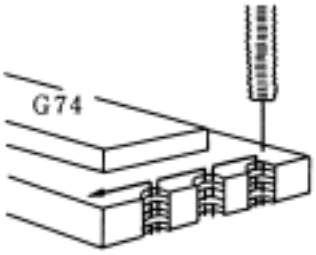
动作



G74(左旋螺纹攻丝)

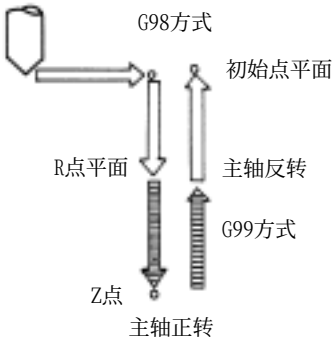
G74 X---Y---Z---R---P---F---K---；

适用作业



在孔底主轴正转，进行左旋螺纹攻丝。

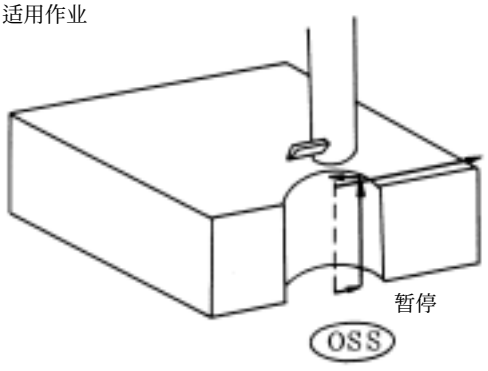
动作



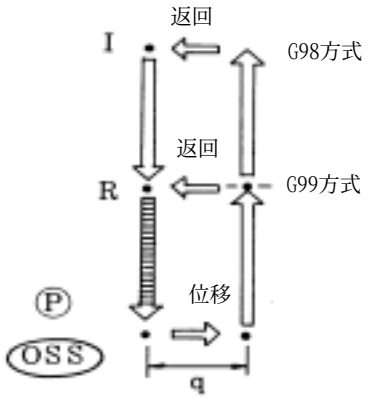
G76(精镗循环)

G76 X---Y---Z---R---Q---F---K---；

适用作业



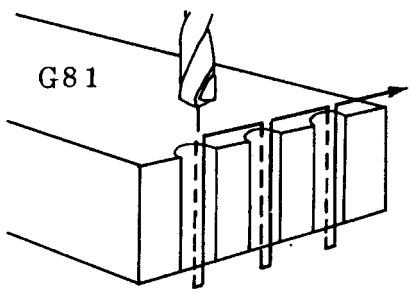
动作



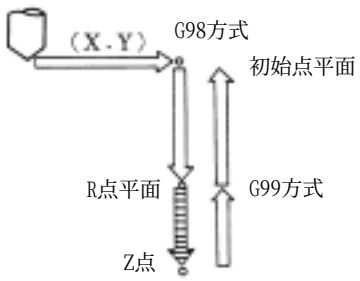
G81(钻孔循环，钻中心孔)

G81 X---Y---Z---R---F---K---；

适用作业



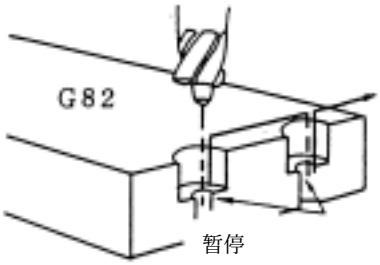
动作



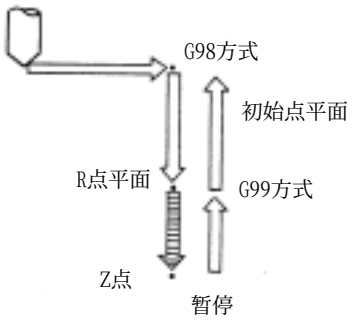
G82(钻孔循环，锪镗孔)

G82 X---Y---Z---R---P---F---K---；

适用作业



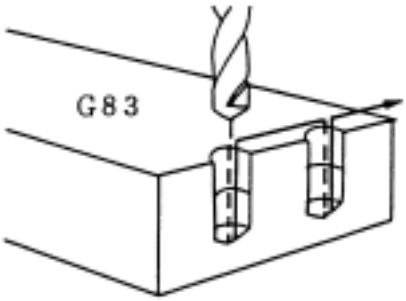
动作



G83(深孔钻循环)

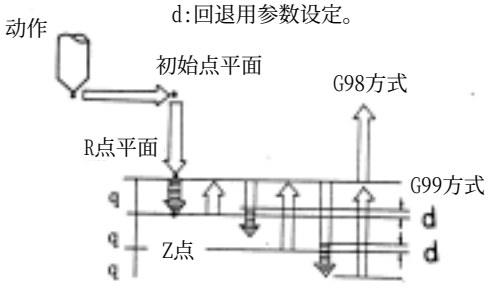
G83 X---Y---Z---R---Q---F---K---；

适用作业



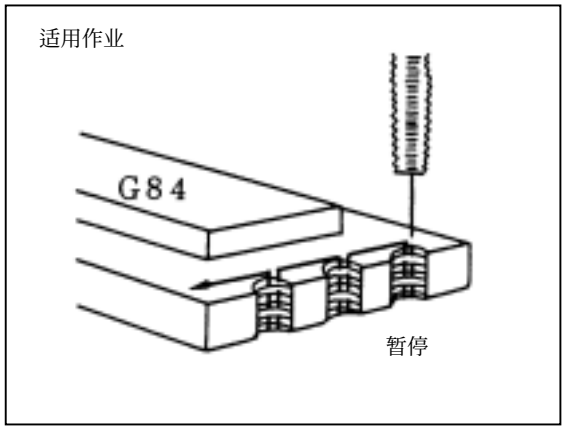
d:回退用参数设定。

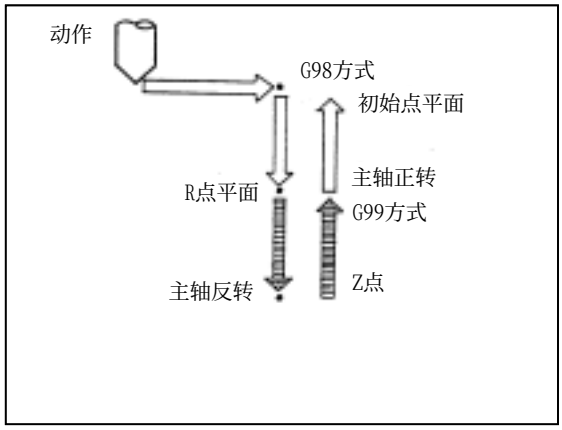
动作



G84(攻丝循环)

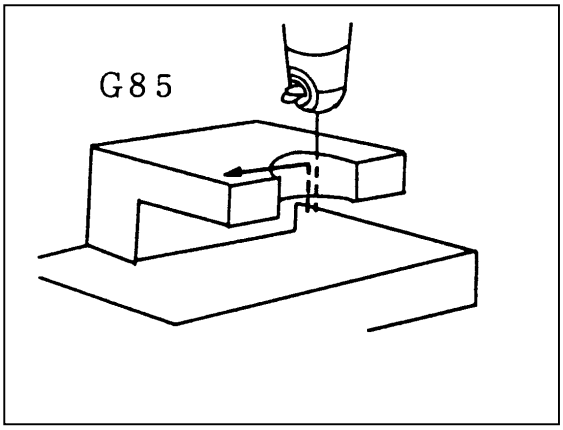
G84 X---Y---Z---R---P---F---K--- ；





G85(镗孔循环)

G85 X---Y---Z---R---F---K--- ；

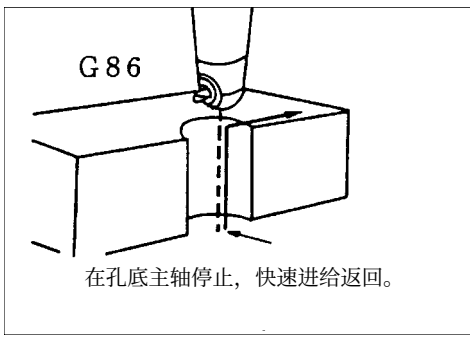


与G84相同，但在孔底主轴不反转。

(与G89相同，但没有暂停指令。)

G86(镗孔循环)

G86 X---Y---Z---R---F---K--- ；

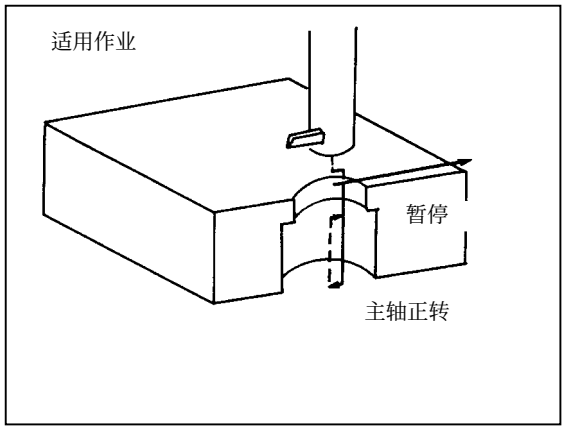


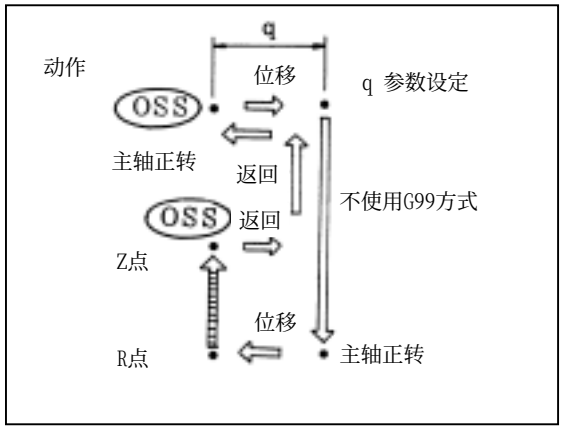
与G81相同，但在孔底主轴停止，快速进给返回。

(与G88相同，但无暂停指令。)

G87(背镗循环)(Type A)

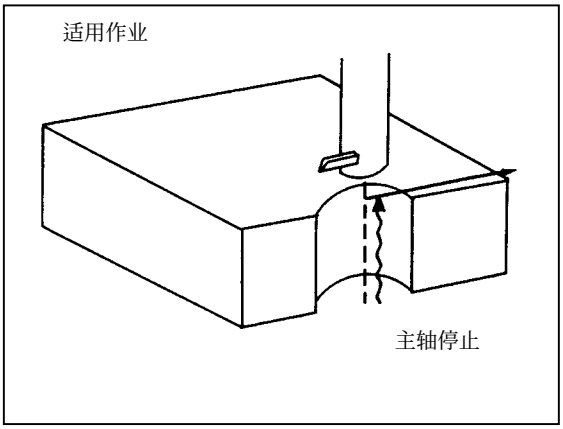
G87 X---Y---Z---R---Q---F---K--- ;

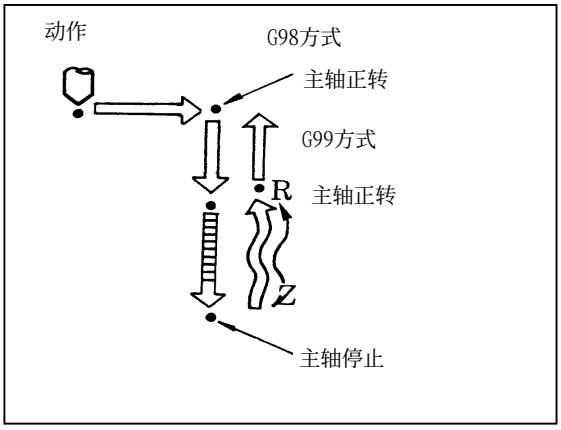




G87(背镗循环)(Type B)

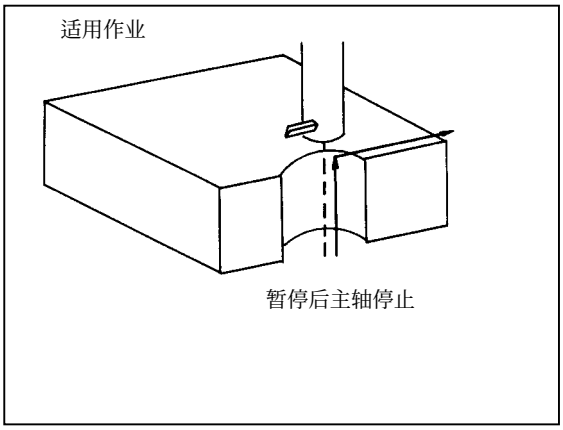
G87 X---Y---Z---R---P---F---K--- ;

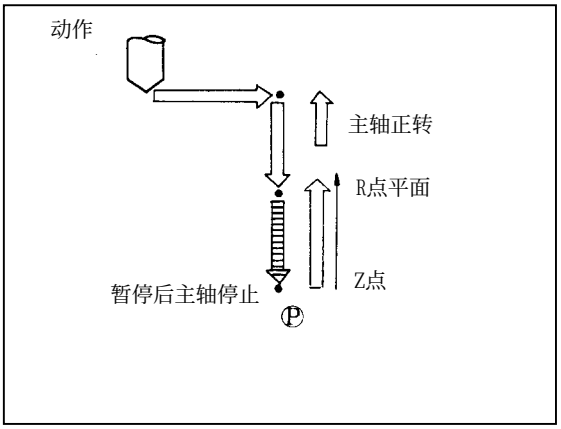




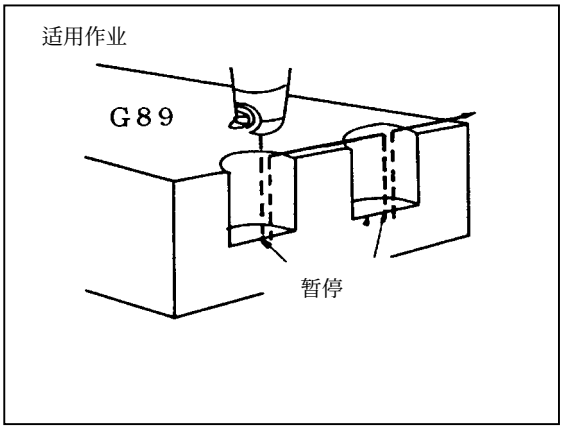
G88(镗孔循环)

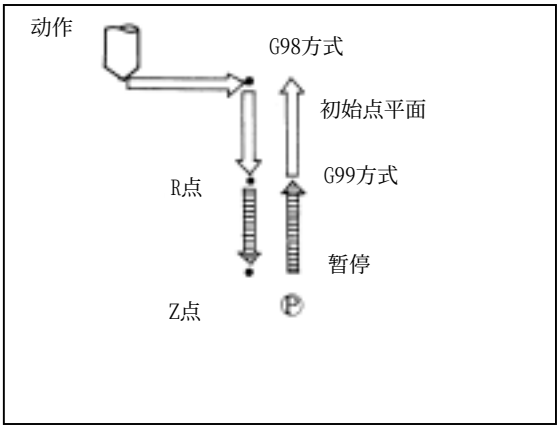
G88 X---Y---Z---R---P---F---K--- ;





G89(镗孔循环)　　G89 X---Y---Z---R---P---F---K--- ；



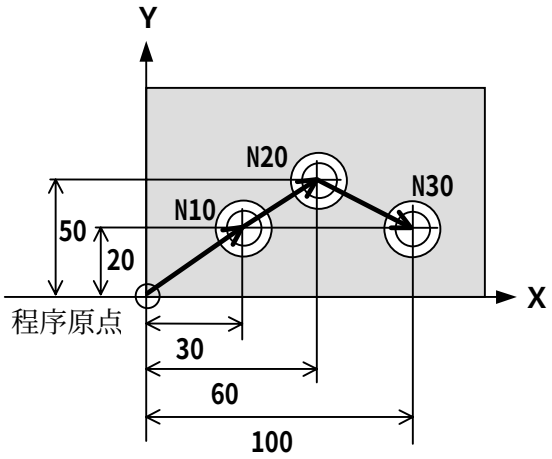


切削进给		Ⓟ	暂停	I	初始点
快速进给		Z	Z点	R	R点
手动进给		OSS	主轴准停		

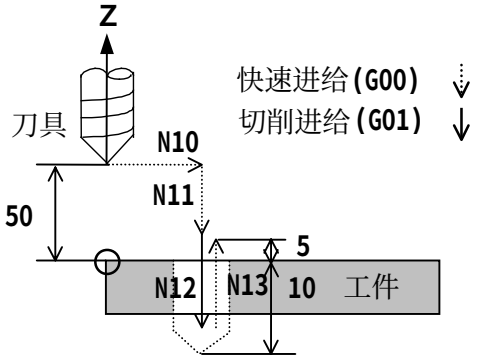
[编程举例]

【加工孔】（铣床系）

从程序原点按图中N10～N30的顺序加工孔。



在各孔的位置上刀具的运动
(N10～N13)



(编程答案)

```
O0001;·····程序号
G40 G80;·····取消指令
G49 Txx M06;·····换刀
G91 G00 G43 Z50.0 Hxx;·····刀具长度补偿
G92X0Y0Z50.0M08; ·····设定坐标系，开切削油指令
S1000M03; ·····主轴转速，主轴回转指令
N10 G90G99G81X30.0Y20.0Z-10.0R5.0F100.;
N20 X60.0Y50.0;                              } 固定循环指令
N30 G98X100.0Y20.0;
G00X0Y0M09; ·····返回程序原点，关切削油
G91 G28 Z0 M05; ·····返回参考点，主轴停止指令
G49; ·····取消刀具长度补偿
M30; ·····程序结束指令
```

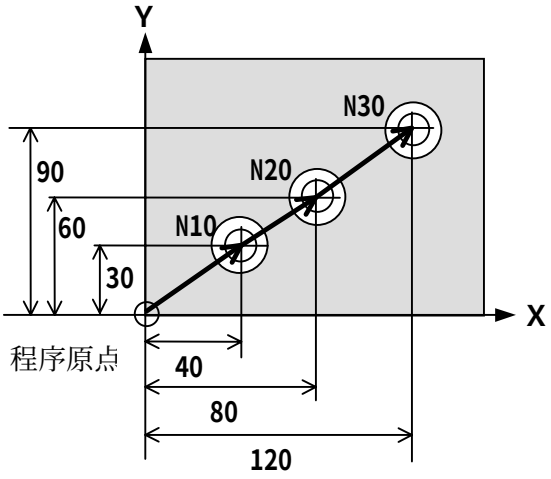
注意！！

本程序中使用的M代码、S代码是一般的使用方法。

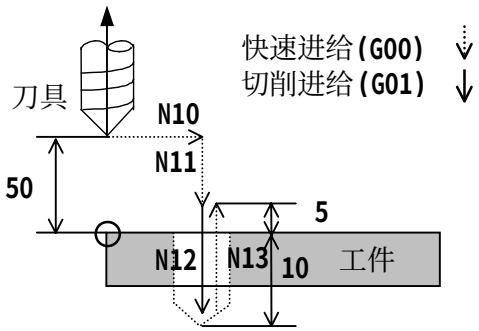
使用CNC机床时，必须参照机床厂家的操作说明书。

题目1

编制下面程序。
刀具从程序原点按图中的N10～N30的顺序移动加工孔。



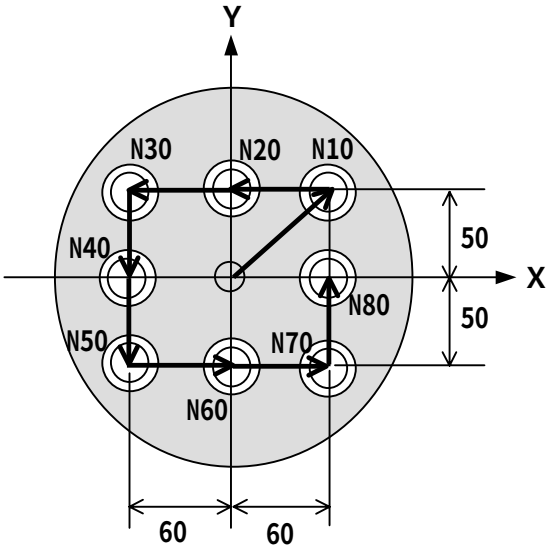
在各孔位置的刀具动作
(N10～N13)



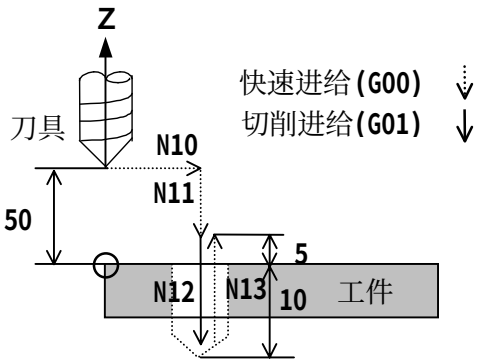
备注

题目2

请编制下面的程序。
刀具从程序原点按图中的N10～N80的顺序移动加工孔。



各孔位置的刀具动作
(N10～N13)



备注

4．子程序

在程序中，当存在某一固定加工顺序和重复出现的图形时，可以把他们编为一个程序，事先登录在存储器中，使整个程序变得简单。把这个程序称作子程序，由主程序调用。

另外，调出的子程序还可以调用其它的子程序，主程序中调用的子程序称为1重，最多可以调用4重。

4.1 子程序概要

子程序多用于下述情况：

①各程序中相同的内容
- 趋近
- 换刀
- 程序结束

②操作重复的动作
- 凹槽加工的切入
- 钻孔位置数据
- 顺进加工
- 粗加工→半精加工→精加工

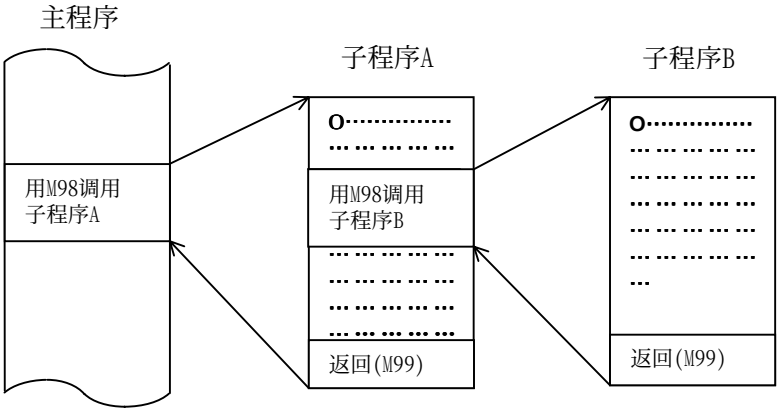
（趋近）

- 取消指令
- 刀具选择，刀具交换
- 刀具长度补偿
- 移动到程序原点
- 开冷却

（程序结束）

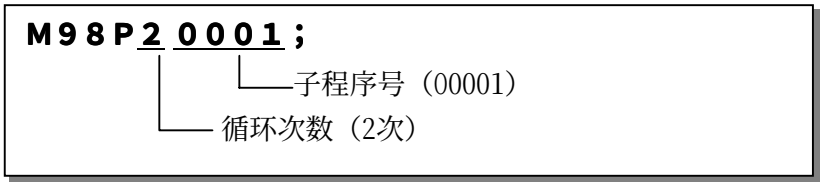
- 移动到Z轴参考点
- 取消刀具长度补偿
- 到XY轴参考点
- 程序结束

③调用的嵌套层数:最多4层



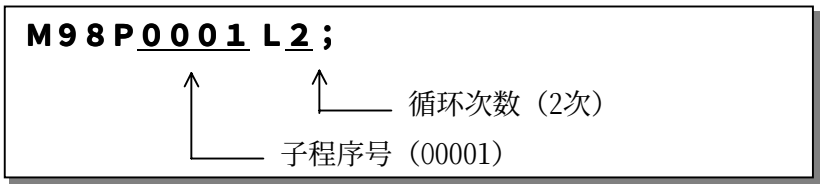
4.2 调用子程序

（FS0, FS16, FS18, FS16i, FS18i 的情况）



在一次调用指令中，子程序最多连续循环999次。
如果省略循环次数则认为是1次。

（FS10, FS11, FS15, FS15i 的情况）



在一次调用指令中，子程序最多连续循环999次。
如果省略循环次数则认为是1次。

4.3 编制子程序

子程序的编写格式如下。

[例]

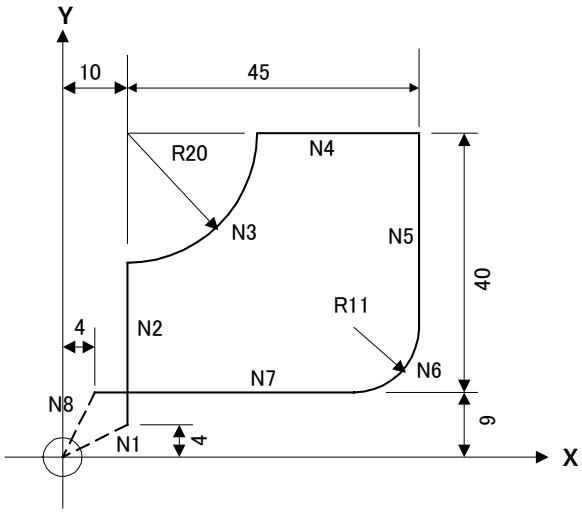
```
O1000;
    ⋮
M99;
```

子程序开头O(ISO是用:)后面跟着子程序号。M99可以与其他指令一起使用。
如下例。

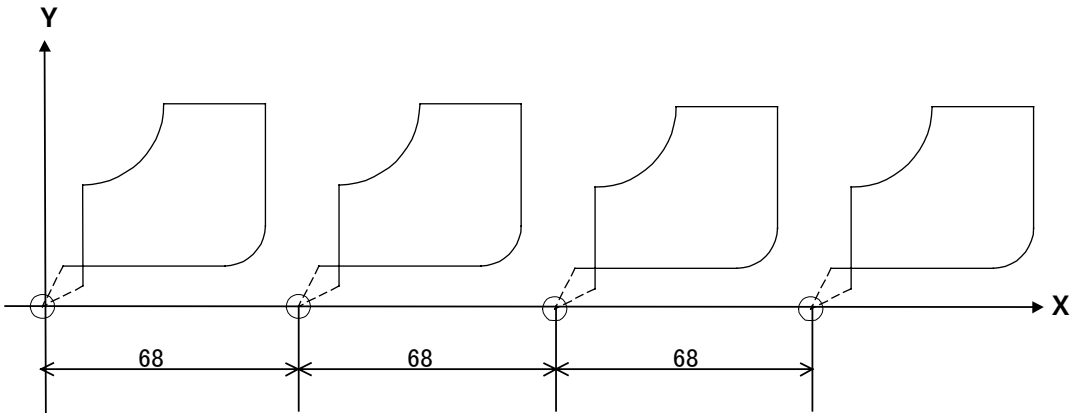
[例]　X_____M99;

4.4 子程序的例题

（图形平移）




```
N1 G91 G17 G41 G00 X10.0 Y4.0
   D01 ;
N2 G01 Y25.0 F120 ;
N3 G03 X20.0 Y20.0 R20.0 ;
N4 G01 X25.0 ;
N5       Y-29.0 ;
N6 G02 X-11.0 Y-11.0 R11.0 ;
N7 G01 X-40.0 ;
N8 G40 G00 X-4.0 Y-9.0 ;
N9 M30 ;
```



（FS0，FS16，FS18，FS16*i*，FS18*i* 的情况）

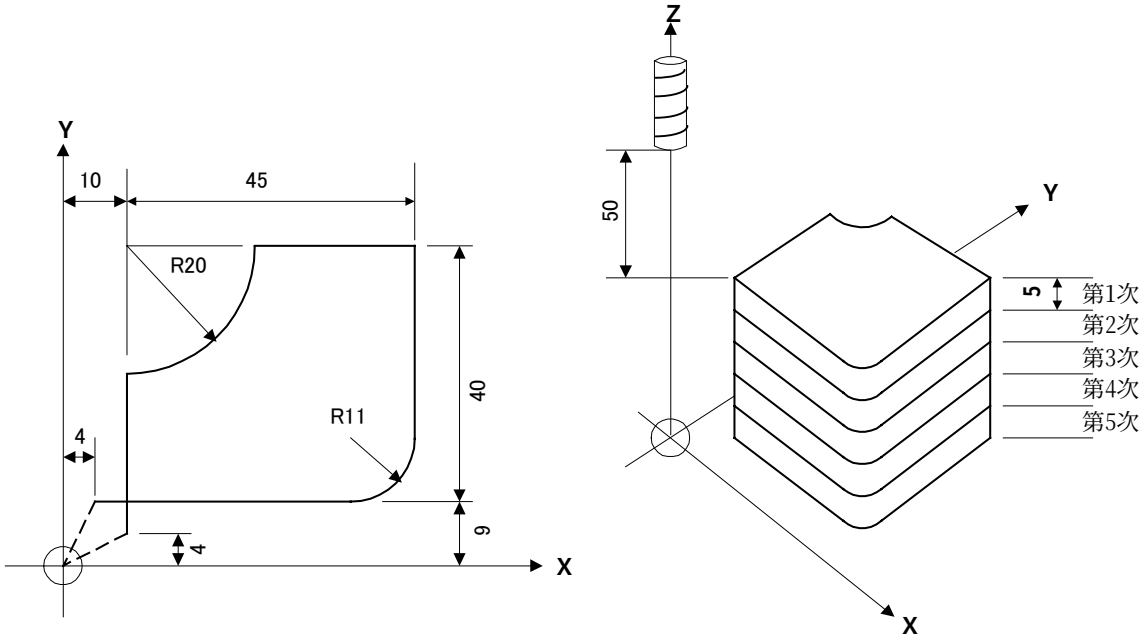
主程序

```
O1500 ;
N1 M98 P42000 ;
N2 G91 G00 X-272.0 ;
N3 M30 ;
```

子程序

```
O2000 ;
N1 G91 G17 G41 G00 X10.0 Y4.0 D01 ;
N2 G01 Y25.0 F120 ;
N3 G03 X20.0 Y20.0 R20.0 ;
N4 G01 X25.0 ;
N5       Y-29.0 ;
N6 G02 X-11.0 Y-11.0 R11.0 ;
N7 G01 X-40.0 ;
N8 G40 G00 X-4.0 Y-9.0 ;
N9 G00 X68.0 ;
M99 ;
```

（凹槽加工）



（FS0，FS16，FS18，FS16ｉ，FS18ｉ的情况）

主程序

```
O4444 ;
N1 G91 G00 Z-50.0 ;
N2 M98 P51111 ;
N3 G91 G00 Z75.0 ;
N4 M30 ;
```

子程序

```
O1111 ;
N1 G91 G00 Z-5.0 ;
N2 G17 G41 X10.0 Y4.0 D01 ;
N3 G01 Y25.0 F120 ;
N4 G03 X20.0 Y20.0 R20.0 ;
N5 G01 X25.0 ;
N6       Y-29.0 ;
N7 G02 X-11.0 Y-11.0 R11.0 ;
N8 G01 X-40.0 ;
N9 G40 G00 X-4.0 Y-9.0 ;
M99 ;
```

（图形平移＋凹槽加工）

（ FS0，FS16，FS18，FS16 *i*，FS18 *i* 的情况）

主程序

```
O1600 ;
N1 M98 P41700 ;
N2 G91 G00 X-272.0 ;
N3 M30 ;
```

子程序1

```
O1700 ;
N1 G91 G00 Z-50.0 ;
N2 M98 P51111 ;
N3 G91 G00 Z75.0 ;
N4 X68.0 ;
N5 M99 ;
```

子程序2

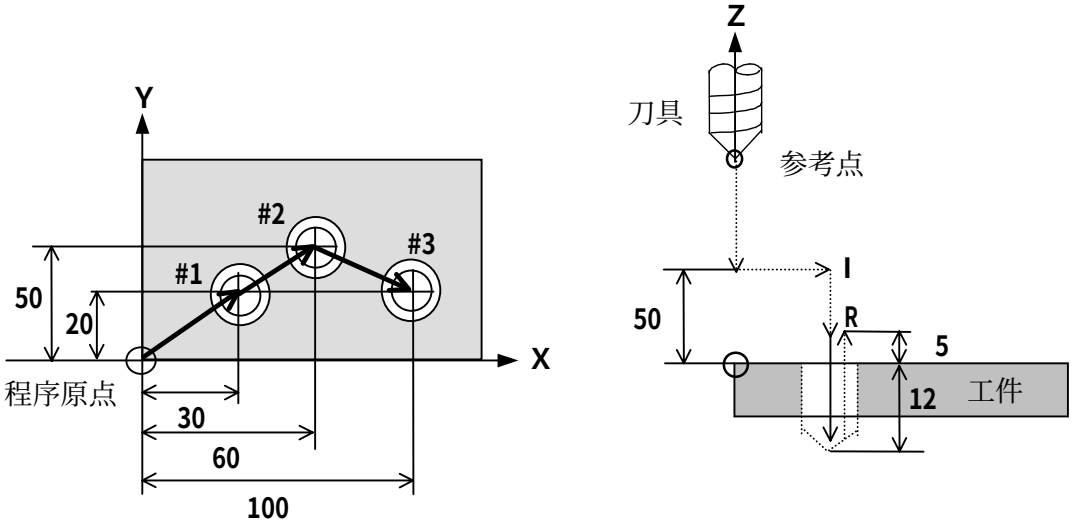
```
O1111 ;
N1 G91 G00 Z-5.0 ;
N2 G17 G41 X10.0 Y4.0 D01 ;
N3 G01 Y25.0 F120 ;
N4 G03 X20.0 Y20.0 R20.0 ;
N5 G01 X25.0 ;
N6       Y-29.0 ;
N7 G02 X-11.0 Y-11.0 R11.0 ;
N8 G01 X-40.0 ;
N9 G40 G00 X-4.0 Y-9.0 ;
M99 ;
```

[参考程序举例]

【孔加工】（铣床系）

从程序原点按图中①～③的顺序，按照下面的加工数据及加工工序清单进行钻孔及攻丝加工。

（各孔位置的刀具动作）



〔加工工序单〕

加工顺序	使用刀具名	代码（刀具号）	刀具长度补偿号
1	中心钻	1	1
2	φ5.1钻头	2	2
3	φ7.8钻头	3	3
4	M6丝锥	4	4

〔加工数据〕

使用刀具名	主轴转数 [rpm]	进给速度 [mm/min]	R点坐标值 [mm]	Z点坐标值 [mm]
中心钻	1400	100	5.0	－2.0
φ5.1钻头	1200	80	5.0	－12.0
φ7.8钻头	800	80	5.0	－2.0
M6丝锥	400	400	5.0	－12.0

注意！！

加工数据及程序解答例子，是一般的使用方法，与实际加工有些不同。
要使用时，应请机床厂确认。

〔程序解答例1〕使用工件坐标系＋换刀

此程序解答例中，在工件坐标系（G54～G59）上设定程序原点的位置。
关于工件坐标系设定的内容，X,Y是程序原点的机械坐标值，Z输入零（0）
另外，设定从Z轴机械原点位置到安全高度的距离为刀具长度补偿量。

```
O0001; ····· 程序号
N1 G80G40; ····· 取消固定循环，刀具半径补偿
N2 G49M06T1; ····· 取消刀具长度补偿，换刀指令（选择No.1刀具）
N3 S1400M03; ····· 主轴转速，主轴回转指令
N4 G90G00G54X0Y0; ····· 工件坐标系指令（移动到程序原点）
N5 G91G43Z50.0H01; ····· 刀具移到安全高度
N6 G49G92Z50.0M08; ····· 取消刀具长度补偿，设定Z轴坐标系，开切削油指令
N7 G90G99G81X30.0Y20.0Z-2.0R5.0F100;   钻孔循环(G81)，在钻孔位置①

N8 X60.0Y50.0; ····· 孔加工位置②
N9 G98X100.0Y20.0; ····· 孔加工位置③
N10 G80G40M09; ····· 取消固定循环和刀具半径补偿，关切削油指令
N11 G91G28Z0M05; ····· 返回参考点，主轴停止
N12 G49M06T2; ····· 取消刀具长度补偿，换刀指令（选择No.2刀具）
N13 S1200M03; ····· 主轴转速，主轴回转指令
N14 G90G00G54X0Y0; ····· 工件坐标系指令（移动到程序原点）
N15 G91G43Z50.0H02; ····· 刀具移到安全高度
N16 G49G92Z50.0M08; ····· 取消刀具长度补偿，设定Z轴坐标系，开切削油指令
N17 G90G99G83X30.0Y20.0Z-12.0R5.0Q3.0F80;   深孔加工循环(G83)，孔加工位置①

N18 X60.0Y50.0; ····· 钻孔位置②
N19 G98X100.0Y20.0; ····· 钻孔位置③
N20 G80G40M09; ····· 取消固定循环和刀具半径补偿，关切削油指令
N21 G91G28Z0M05; ····· 返回参考点，主轴停止
N22 G49M06T3; ····· 取消刀具长度补偿，换刀指令（选择No.3刀具）
N23 S800M03; ····· 主轴转速，主轴回转指令
N24 G90G00G54X0Y0; ····· 工件坐标系指令（移动到程序原点）
N25 G91G43Z50.0H03; ····· 刀具移到安全高度
N26 G49G92Z50.0M08; ····· 取消刀具长度补偿，设定Z轴坐标系，开切削油指令
N27 G90G99G82X30.0Y20.0Z-2.0R5.0P1000F80;   钻孔循环(G82)，钻孔位置①
N28 X60.0Y50.0; ····· 钻孔位置②
N29 G98X100.0Y20.0; ····· 钻孔位置③
N30 G80G40M09; ····· 取消固定循环和刀具半径补偿，关切削油指令
```

N31 G91G28Z0M05; ····· 返回参考点，主轴停止
N32 G49M06T4; ····· 取消刀具长度补偿，换刀指令（选择No.4刀具）
N33 S400M03; ····· 主轴转速，主轴回转指令
N34 G90G00G54X0Y0; ····· 工件坐标系指令（移动到程序原点）
N35 G91G43Z50.0H04; ····· 刀具移到安全高度
N36 G49G92Z50.0M08; ····· 取消刀具长度补偿，设定Z轴坐标系，开切削油指令
N37 G90G99G84X30.0Y20.0Z-12.0R5.0P1000F400; 攻丝循环(G84)，孔加工位置①
N38 X60.0Y50.0; ····· 孔加工位置②
N39 G98X100.0Y20.0; ····· 孔加工位置③
N40 G80G40M09; ····· 取消固定循环和刀具半径补偿，关切削油指令
N41 G91G28Z0M05; ····· 返回参考点（Z轴），主轴停
N42 G28X0Y0; ····· 返回参考点（X、Y轴）
N43 M30; ····· 程序结束（加工结束）

备注

〔程序解答例2〕使用工件坐标系＋子程序

此程序解答例中，在工件坐标系中（G54～G59）设定程序原点位置。
关于工件坐标系设定的内容，X、Y是程序原点的机械坐标值，给Z输入0（零）。
另外，设定从Z轴机械原点位置到安全高度的距离为刀具长度补偿量，并且把孔加工位置设在子程序中。

```
O0001;                                  程序号
N1 G80G40;                              取消固定循环和刀具半径补偿
N2 G49M06T1;                            取消刀具长度补偿，换刀（选择No.1刀具）
N3 S1400M03;                            指令主轴转速，主轴回转
N4 G90G00G54X0Y0;                       指令工件坐标系（移动到程序原点）
N5 G91G43Z50.0H01;                      刀具移动到安全高度
N6 G49G92Z50.0M08;                      取消刀具长度补偿，设定Z轴坐标系，开切削油
N7 G90G99G81Z-2.0R5.0F100 { L0;(FS10,FS11,FS15)
                            K0;(FS0,FS16,FS18)   钻孔循环指令（G81）
N8 M98P1000;                            调用子程序（孔加工位置在子程序中）
N9  G80G40M09;                          取消固定循环和刀具半径补偿，关切削油
N10 G91G28Z0M05;                        返回参考点，主轴停
N11 G49M06T2;                           取消刀具长度补偿，换刀（选择No.2刀具）
N12 S1200M03;                           指令主轴转速，主轴回转
N13 G90G00G54X0Y0;                      指令工件坐标系（移动到程序原点）
N14 G91G43Z50.0H02;                     刀具移到动安全高度
N15 G49G92Z50.0M08;                     取消刀具长度补偿，设定Z轴坐标系，开切削油
N16 G90G99G83Z-12.0R5.0Q3.0F80 { L0;(FS10,FS11,FS15)
                                K0;(FS0,FS16,FS18)   深孔加工循环指令（G83）
N17 M98P1000;                           调用子程序指令（孔加工位置）
N18 G80G40M09;                          取消固定循环和刀具半径补偿，关切削油
N19 G91G28Z0M05;                        返回参考点，主轴停
N20 G49M06T3;                           取消刀具长度补偿，换刀（选择No.3刀具）
N21 S800M03;                            指令主轴转速，主轴回转
N22 G90G00G54X0Y0;                      指令工件坐标系（移动到程序原点）
N23 G91G43Z50.0H03;                     刀具移动到安全高度
N24 G49G92Z50.0M08;                     取消刀具长度补偿，设定Z轴坐标系，开切削油
N25 G90G99G82Z-2.0R5.0P1000F80 { L0;(F10,F11,F15)
                                K0;(F0,F16,F18)   钻孔循环指令（G82）
```

N26 M98P1000; 调用子程序指令（孔加工位置）

N27 G80G40M09; 取消固定循环和刀具半径补偿，关切削油

N28 G91G28Z0M05; 返回参考点，主轴停

N29 G49M06T4; 取消刀具长度补偿，换刀（选择No.4刀具）

N30 S400M03; 指令主轴转速，主轴回转

N31 G90G00G54X0Y0; 指令工件坐标系（移动到程序原点）

N32 G91G43Z50.0H04; 刀具移动到安全高度

N33 G49G92Z50.0M08; 取消刀具长度补偿，设定Z轴坐标系，开切削油

N34 G90G99G84Z-12.0R5.0P1000F400 { L0;(FS10,FS11,FS15) / K0;(FS0,FS16,FS18) } 攻丝循环指令（G84）

N35 M98P1000; 调用子程序（孔加工位置在子程序中）

N36 G80G40M09; 取消固定循环和刀具半径补偿，关切削油

N37 G91G28Z0M05; 返回参考点（Z轴），主轴停

N38 G28X0Y0; 返回参考点（X、Y轴）

N39 M30; 程序结束（加工结束）

```
O1000; (子程序)
N1 G90X30.0Y20.0;
N2 X60.0Y50.0;
N3 G98X100.0Y20.0;
M99;
```

第4章
车床系CNC的功能和编程

目录

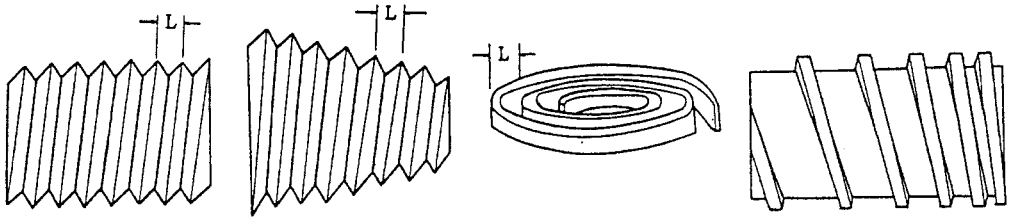
页
1. 切螺纹功能.....4-1
1.1 螺纹的种类.....4-1
1.2 切直螺纹、锥螺纹（G32）.....4-2
1.3 圆弧螺纹切削（G35,G36）.....4-3
1.4 单一形螺纹切削循环（G92）.....4-4
1.5 复合形螺纹切削循环（G76）.....4-5
1.6 编程举例.....4-8
2. 倒角和拐角R.....4-15
3. 直接输入图纸尺寸.....4-19
4. 辅助功能.....4-21
4.1 刀具位置偏置/刀具功能（T功能）.....4-21
4.2 刀具形状补偿和刀具磨损补偿.....4-22
4.3 刀尖R补偿（G40～G42）.....4-24
5. 固定循环功能.....4-27
5.1 单一形固定循环（G90～G94）.....4-27
5.2 复合形固定循环（G70～G76）.....4-29
5.3 程序举例和问题.....4-41

1. 切螺纹功能

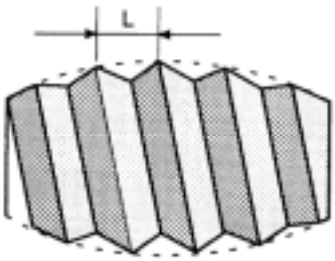
下面说明切螺纹的功能。

1.1 螺纹的种类

- 直螺纹
- 锥螺纹
- 端面螺纹
- 可变导程螺纹（G34）
- 圆弧螺纹　　（G35,G36）



直螺纹　　锥螺纹　　端面螺纹　　可变导程螺纹



圆弧螺纹

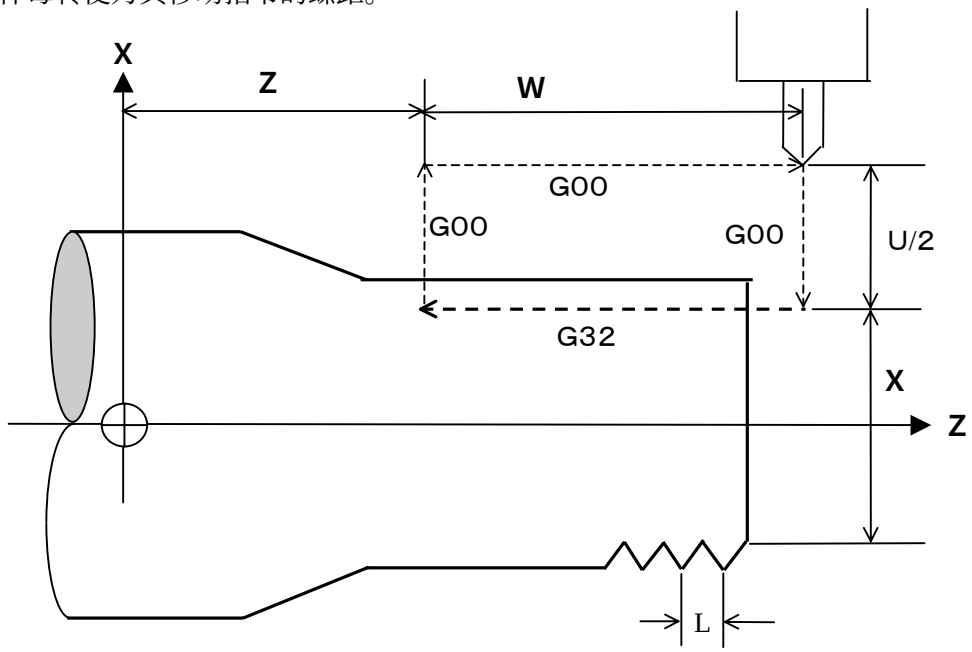
指定螺纹导程的范围如下表所示。

	最小移动单位	允许指令的导程范围
公制输入	0.01　mm 0.001　mm 0.0001　mm	0.0001～5000.0000　mm/rev 0.00001～500.00000　mm/rev 0.000001～50.000000 mm/rev
英制输入	0.001　Inch 0.0001　Inch 0.00001 Inch	0.0001～500.00000　Inch/rev 0.00001～50.000000　Inch/rev 0.000001～5.0000000 Inch/rev

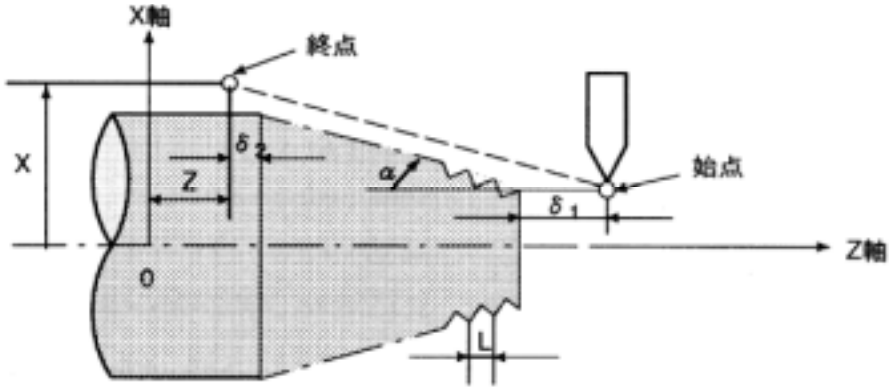
1.2 切削直螺纹、锥螺纹（G32）

【刀具的运动】

工件每转使刀具移动指令的螺距。



（锥螺纹时）



【程序格式】

G32 [X___ / U___] [Z___ / W___] F___ ;

Z 或 W　：螺纹的长度

X 或 U　：锥度

F____　：螺纹螺距＝0.01mm/rev.～500.00mm/rev.
通常进给速度的倍率固定在100%。

1.3 切圆弧螺纹（G35,G36）

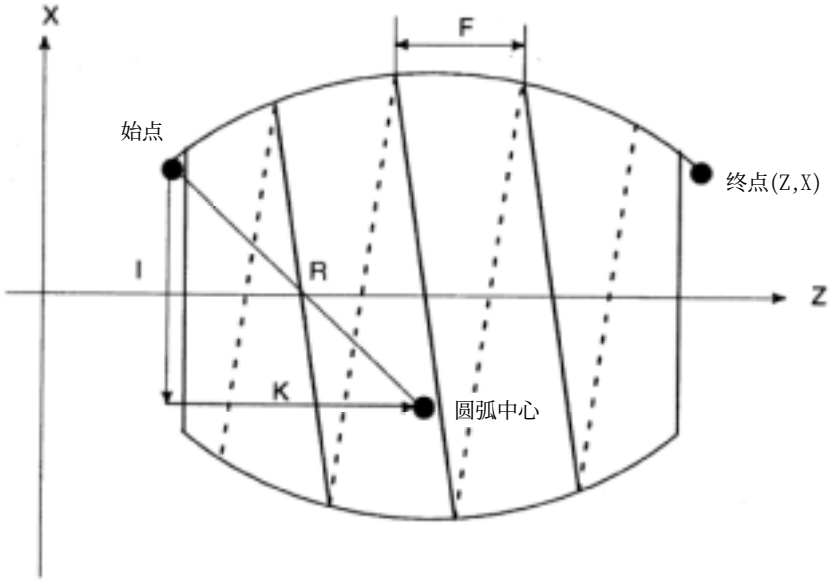
可以切削长轴方向为指定的导程的圆弧螺纹。

另外，用地址Q可以使螺纹切削的起始位置偏移。

【程序格式】

```
[G35]          [I___K___]
[G36] X___Z___ [    R___] F___Q___;
```

G35 ： 顺时针方向圆弧螺纹
G36 ： 逆时针方向圆弧螺纹
F ： 长轴方向的导程
Q ： 螺纹切削起始角的位移角度（多头螺纹时）
其他同圆弧插补



备注

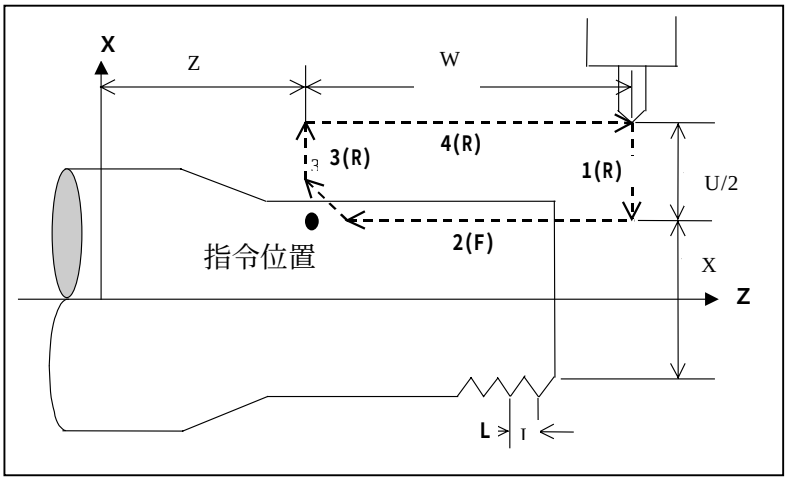
1.4 单一型螺纹切削循环（G92）

上述的螺纹切削编程，加工一条螺纹线须4个程序段。
而在本功能中，只须指令一个程序段。

【程序格式】

```
G92  X(U)___Z(W)___F___;
```

F ：指定螺纹导程
被指令的数据全部是模态信息。



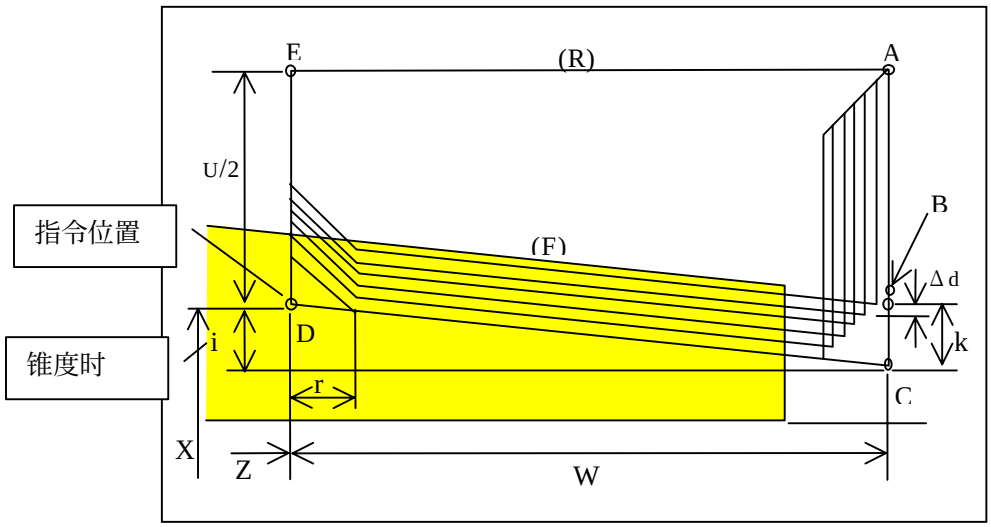
备注

1.5 复合型螺纹切削的循环（G76）

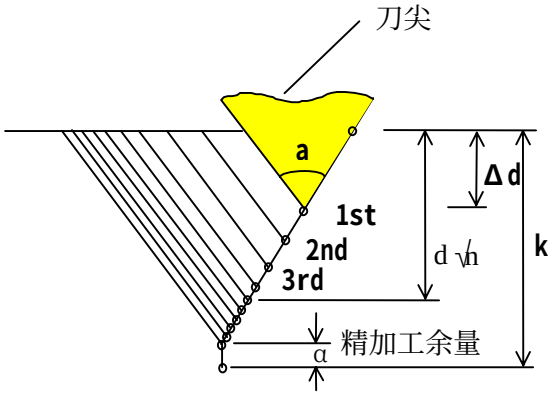
从开始螺纹切削到精加工结束只用1个或2个程序段完成。

【刀具运动】

工件每转使刀具移动被指令的螺距。



复合型螺纹切削循环的切削轨迹



【程序格式】

（FS0T，FS16T，FS18T时）

```
G76P(mm)(rr)(aa)  Q(Δdmin)R(α);
G76X(U)___Z(W)___R(i) P(k) Q(Δd) F(l);
```

mm：精加工循环次数 01～99（2位数字）
当指令精加工余量分几次切削时，使用本指令。

rr：螺纹倒角量 00～99
当用L指令导程时，其值为0.0L～9.9L，以0.1为单位用2位数字00～99指定。

aa：刀尖角度（螺纹牙的角度）80，60，55，30，29，0等6种指定。用于计算螺纹牙的每次切入量。

mm，rr，aa可以用参数设定，也可以用地址P指定。

用参数设定时，在程序中可以省略

（例）精加工循环次数　　：2次
螺纹切削倒角量　　：1.2
刀尖角度（螺纹牙的角度）　　：60°

此时指令格式为：

```
P02 12 60
 mm rr aa
```

△dmin：最小切入量（用半径值指定）。（可以省略）
当每次切入量小于△dmin时，认定为△dmin。

α：精加工余量（可以省略）

i：螺纹部分的半径值，（i=0）时，为直螺纹。

k：螺纹牙的高（用半径值指定）

△d：第1次切入量（用半径值指定）

l：螺纹导程（同G32螺纹切削）

注意！！

1）P、Q、R指定的数据，根据地址X(U)，Z(W)的有无而不同。

2）循环动作在用地址X(U)，Z(W)指定的G76指令中进行。

3）省略了允许省略的数据时，执行由参数设定的值。

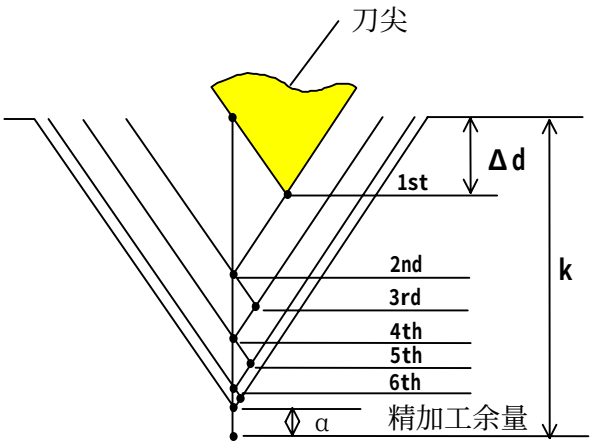
（FS10T，FS11T，FS15T时）

G76X(U)___Z(W)___I___K___D(Δd) F___A___P___;

I ： 螺纹部分的半径值，（i=0）时为直螺纹。
K ： 螺纹牙的高度（用半径值指定）。
D ： 第1次切入量（△d）（用半径值指定）。
F ： 螺纹导程（与G32螺纹切削相同）。
A ： 刀尖角度（螺纹牙的角度），在0度～120度的范围内以1度为单位，
可以选择任意角度。省略时认为是0度。
r ： 螺纹的（倒角）。
螺纹的倒角值事先设定在参数上。
P ： 指定切入法。省略时，认为与P1相同。

切入方法
有以下4种。

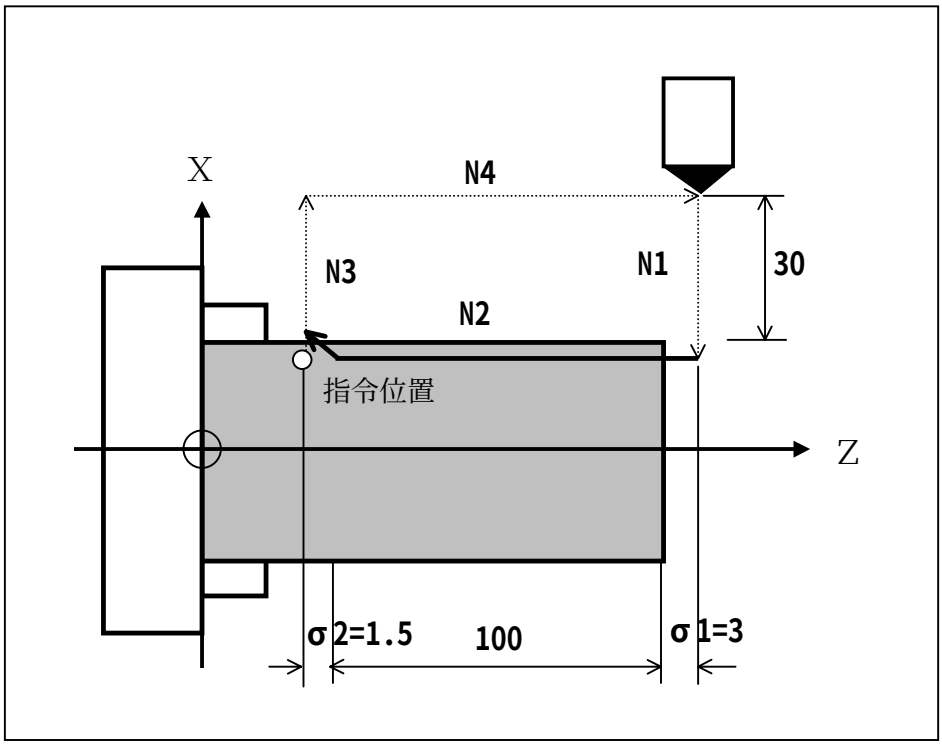
P1:切削量一定，单侧刃切削
P2:切削量一定，交错式切削
P3:切入量一定，单侧刃切削
P4:切入量一定，交错式切削



备注

1.6 编程举例

（螺纹切削:G32）



第1次切入＝1㎜

```
N1 G00 U－62.0;
N2 G32 W－104.5 F6.0;
N3 G00 U62.0;
N4      W104.5;
```

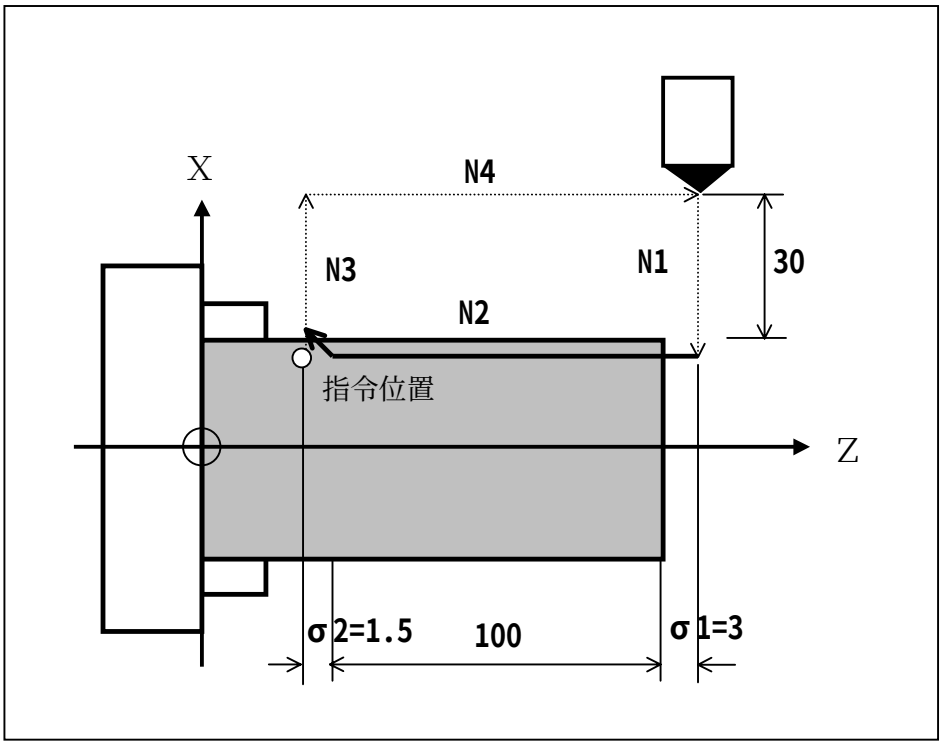
第2次切入＝1㎜

```
N1 G00 U－64.0;
N2 G32 W－104.5 F6.0;
N3 G00 U64.0;
N4      W104.5;
```

第3次切入＝1㎜

```
N1 G00 U－66.0;
N2 G32 W－104.5 F6.0;
N3 G00 U66.0;
N4      W104.5;
```

（螺纹切削循环）



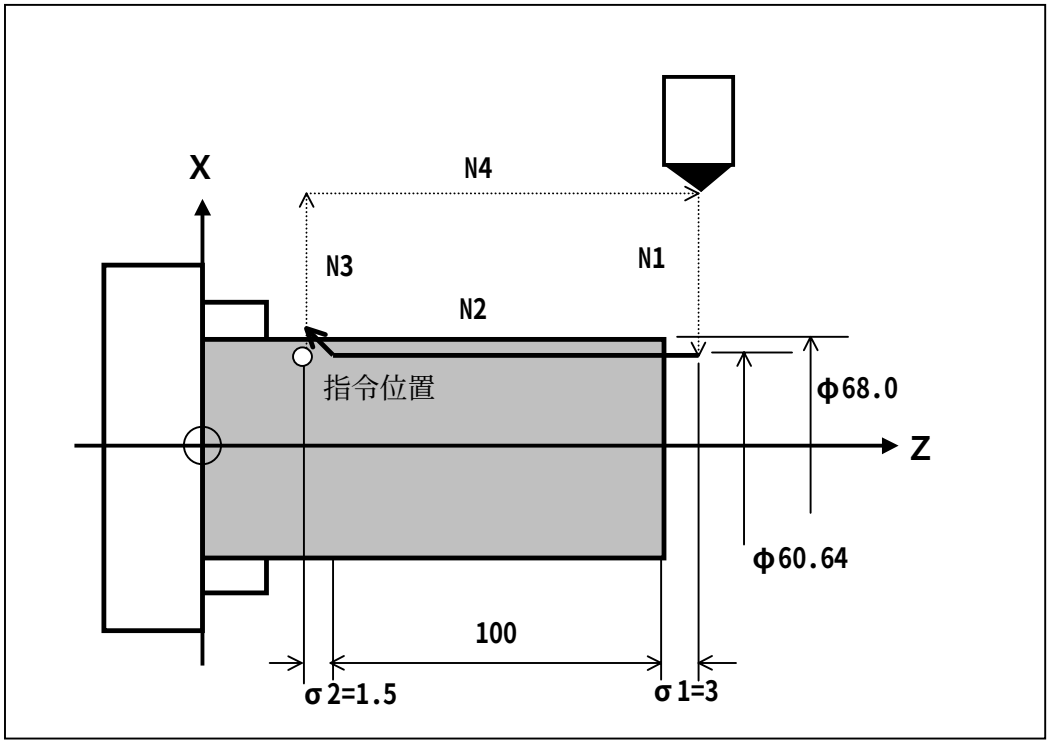
G92 U－62. 0 W－104. 5 F6. 0;

U－64. 0;

U－66. 0;

备注

（复合型螺纹切削循环:G76）



（FS0T, FS16T, FS18T时）

```
G76 P011060 Q100 R200;
G76 X60.64 W－104.5 P3680 Q1800 F6.0;
```

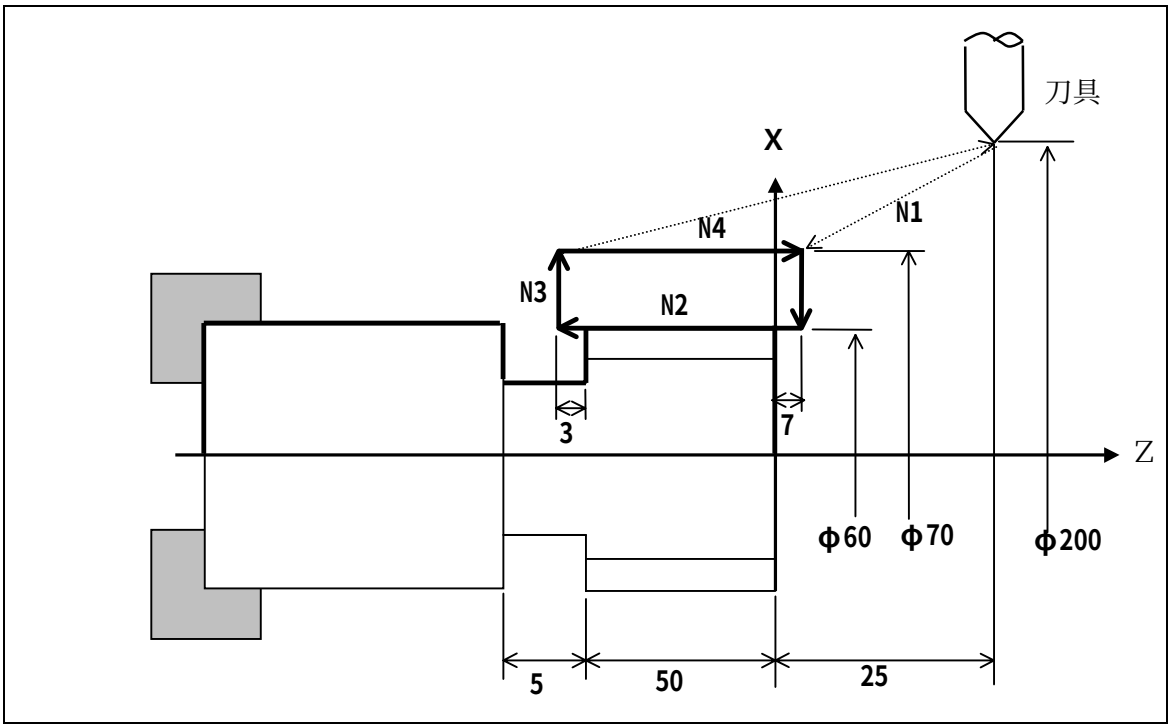
（FS10T, FS11T, FS15T时）

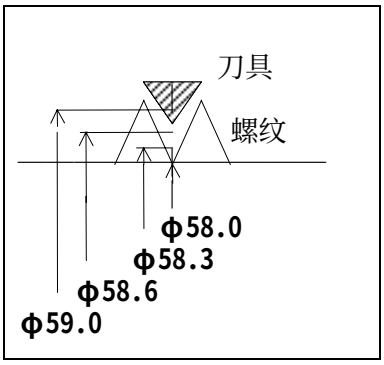
```
G76 X60.64 W－104.5 K3680 D1800 F6.0 A60;
```

备注

【编程练习】

编制下图的程序。
从加工开始的位置，按图中N1～N4的顺序动作加工螺纹。





螺纹螺距 ： 2㎜

〔程序解答例子〕（使用G92时）

```
O0001; ····· 程序号
G50 X200.0 Z25.0; ····· 设定坐标系
N1 G00 X70.0 Z7.0;····· 趋近
N2 G92 X59.0 Z－53.0 F2.0; ····· 螺纹切削单循环
N3 X58.6;
N4 X58.3;
N5 X58.0;
G00 X200.0 Z25.0; ····· 返回到开始位置
M30; ····· 程序结束
```

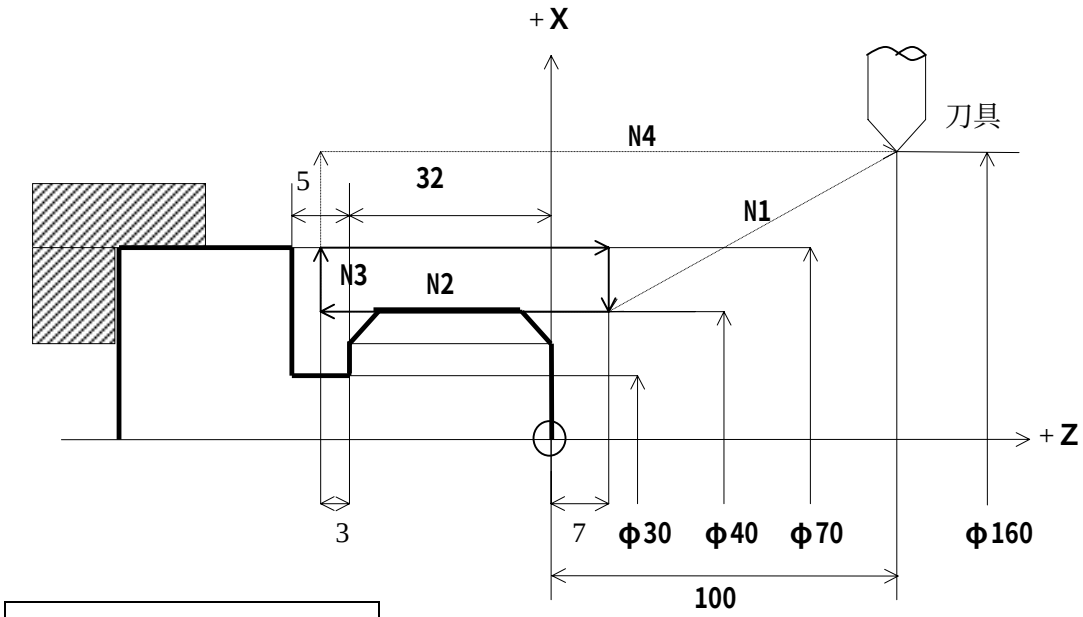
〔程序解答例子〕（使用G76时）

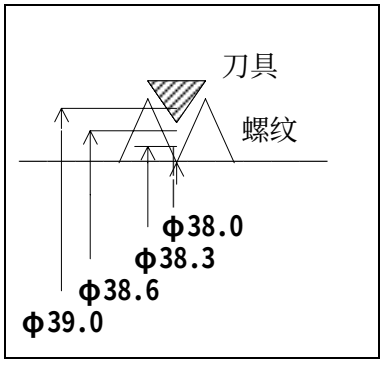
```
O0001；
G50 X200.0 Z25.0；
N1 G00 X70.0 Z7.0；
N2 G76 P011060 Q100 R200；
N3 G76 X58.0 Z－53.0 P1000 Q500 F2.0；
G00 X200.0 Z25.0；
M30；
```

备注

题目1

编制下面程序。
从加工开始的位置，按图中N1～N4的顺序移动加工螺纹。





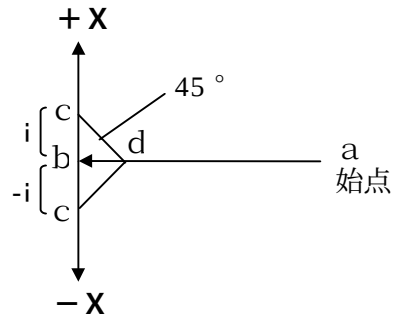
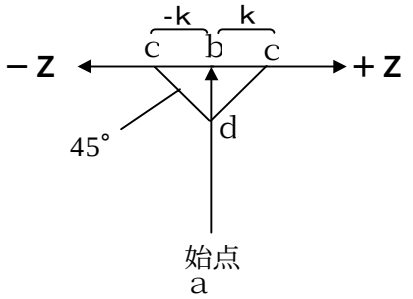
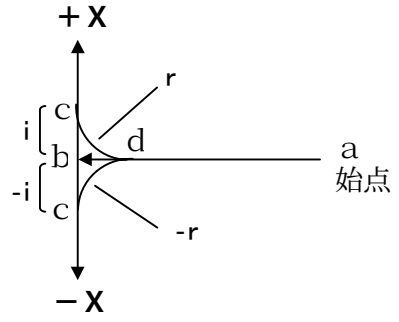
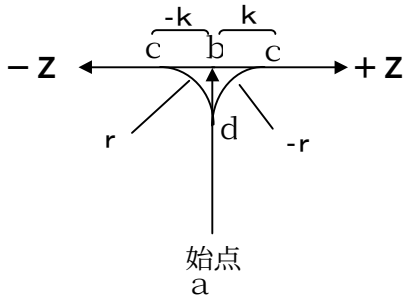
螺纹螺距 ： 2mm

备注

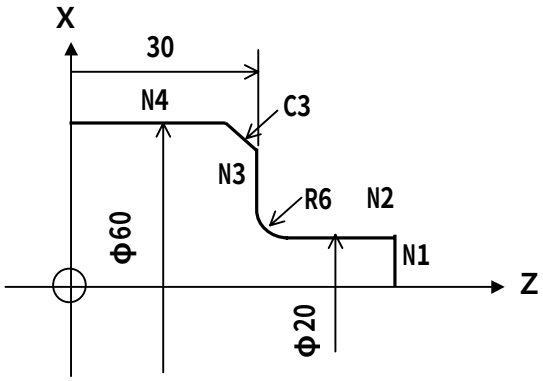
备注

2．倒角C和拐角R功能

利用此功能 在车床加工的拐角或在2个程序段间，使用下述指令可以简化编程。

项目	指令	刀具的运动
倒角 Z→X	**G01Z(W)bI±i；** 在右图中，用绝对或增量指令把刀具移动到b点	 （面向－X时－i）
倒角 X→Z	**G01X(U)bK±k；** 在右图中，用绝对或增量指令使刀具移动到b点	 （面向－Z时－k）
拐角R Z→X	**G01Z(W)bR±r；** 在右图中，用绝对或增量指令使刀具移动到b点	 （面向－X时－r）
拐角R X→Z	**G01X(U)bR±r；** 在右图中，用绝对或增量指令使刀具移动到b点	 （面向－Z时－r）

（例题）




```
N1 G01 X20.0 F0.3;
N2 Z30.0 R6.0;
N3 X60.0 K-3.0;
N4 Z0;
```

在NC程序中指令倒角时，请注意以下几点。

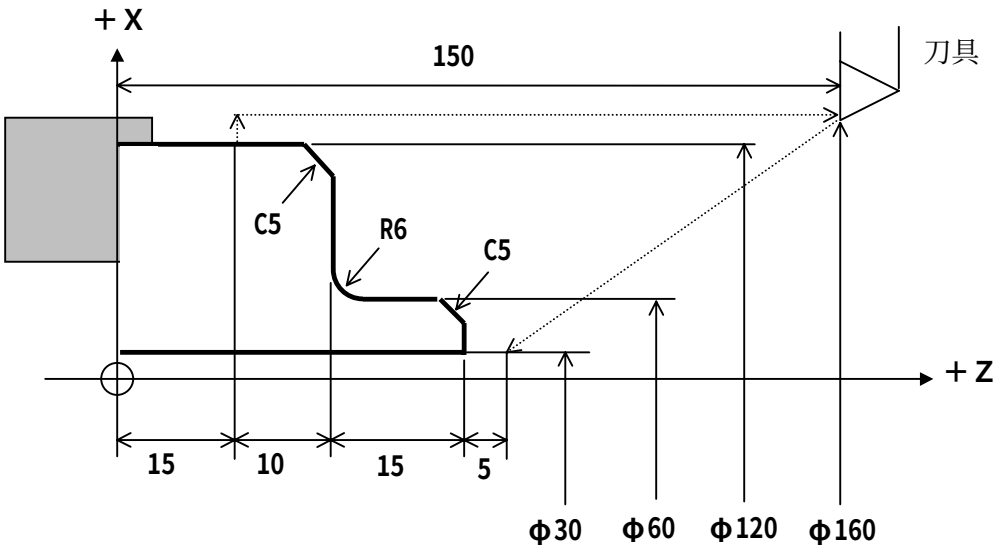
注意！！

1．在无C轴控制，没有图纸尺寸直接输入功能时
　倒角指令为　**Cα**　（**α**：倒角量）
2．在无C轴控制，有图纸尺寸直接输入功能时
　倒角指令为　**，Cα**　（**α**：倒角量）
　　↖逗号
3．有C轴控制时，图纸尺寸功能直接输入有或者无
　倒角指令为　**Iα** 或**Kα**　（**α**：倒角量）

备注

【编程举例】

（倒角和拐角R）



（程序解答例）

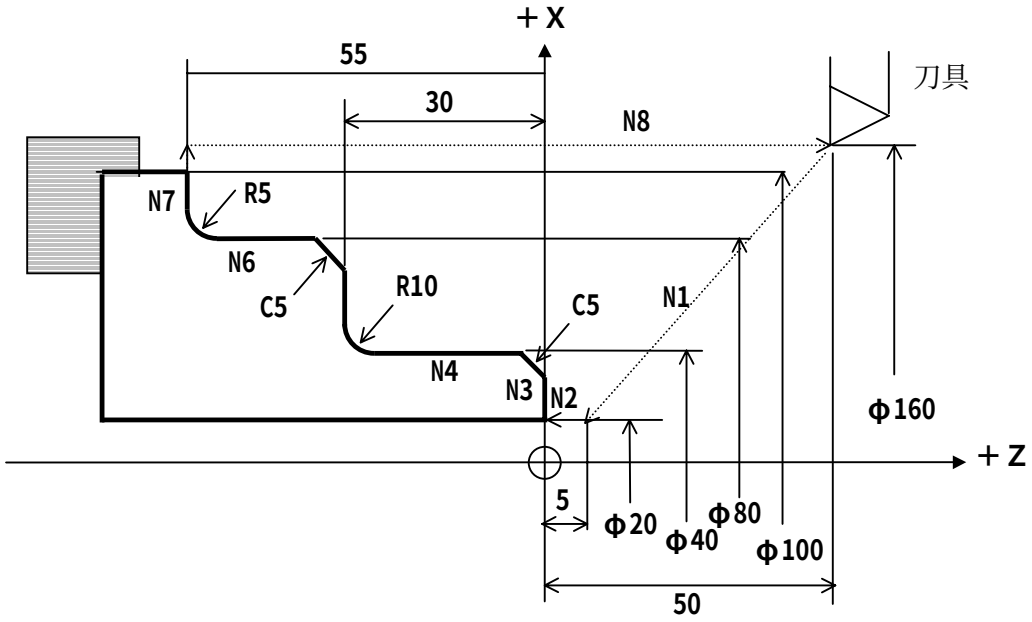
```
O0001;····· 程序号
G50 X160.0 Z150.0 M08;····· 设定坐标系开冷却油
S400 M03; ····· 指令主轴转速，主轴回转指令
G00 X30.0 Z45.0; ····· 定位
G01 Z40.0 F1.0;····· 直线切削，进给1.0mm/rev
X60.0 C5.0 (K-5.0)*；····· 直线切削，倒角
Z25.0 R6.0;····· 直线切削，拐角
X120.0 C5.0 (K-5.0)*； ····· 直线切削，倒角
Z15.0; ····· 直线切削
X130.0 M09;····· 退刀，关冷却油
G00 X160.0 Z150.0 M05;····· 返回到加工起始点，主轴停止
M30;····· 程序结束
```

*:（ ） 内是具有C轴控制功能的场合，代替C5.0使用。

题目1

编制下图程序。

刀具从加工起始位置按照图中的N1～N8顺序移动，进行倒角、拐角加工。

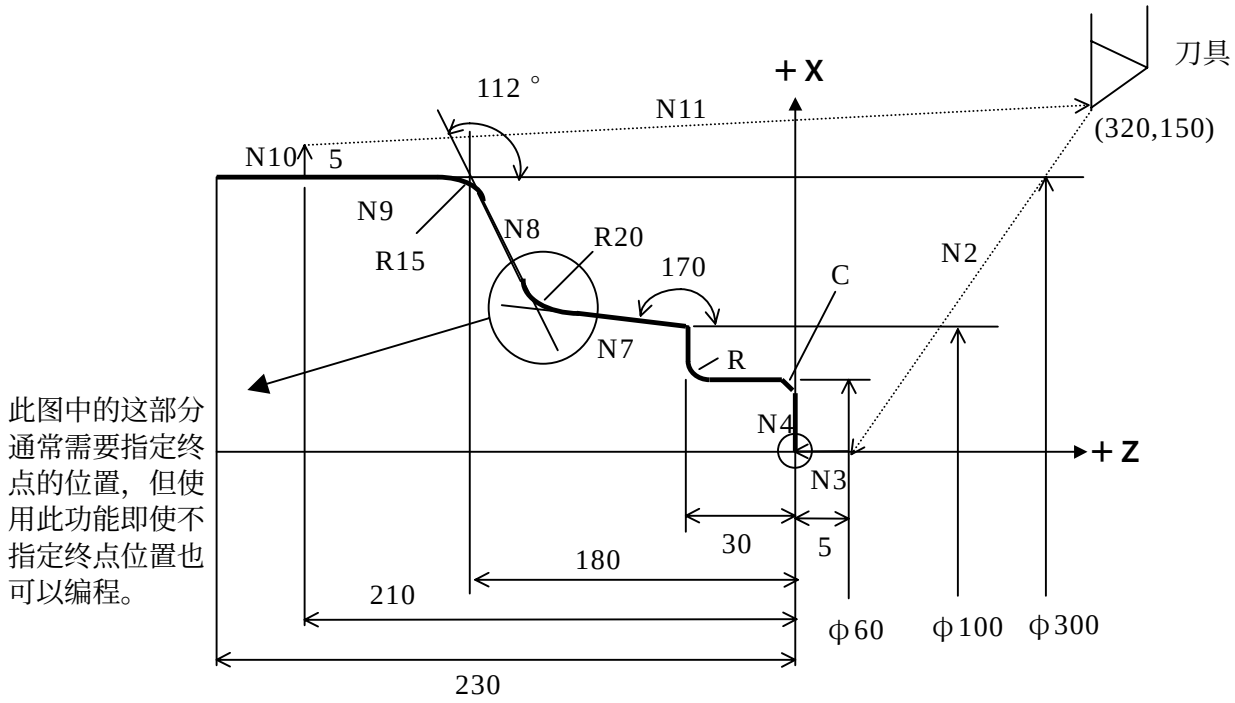


备注

3．图纸尺寸直接输入

本功能可以直接使用图纸上的直线角度，倒角值，拐角R的值，编制程序。
（只在存储器运行时使用。）
另外，可以插入任意角度直线和直线间倒角，拐角。

（程序举例）



〔程序解答例〕

```
O0001;
N001 G50 X320.0 Z150.0; ·····设定坐标系
N002 G00 X0 Z5.0; ·····趋近
N003 G01 Z0 F80;·····向工件中心移动
N004 X60.0 C3.0 F80;·····N4的终点位置和倒角量(C3.0)
N005 Z-30.0 R6.0;·····N5的终点位置和拐角量(R6.0)
N006 X100.0; ·····N6的终点位置
N007 A170.0 R20.0; ·····从N7始点开始的前进方向角度和拐角量
N008 X300.0 Z-180.0 A112.0 R15.0; ·····从N9始点开始与N8的角度和拐角量
N009 Z-210.0;·····N9的终点位置
N010 X310.0; ·····退刀
N011 G00 X320.0 Z150.0; ·····回到起始位置
M30;
```

（FS0T，FS16T，FS18T时）

指令倒角、拐角时，在C,R地址前不要逗点。

（例） C1.0　　R6.0

（FS10T，FS11T，FS15T时）

指令倒角、拐角时，在C,R地址前要指令逗点。

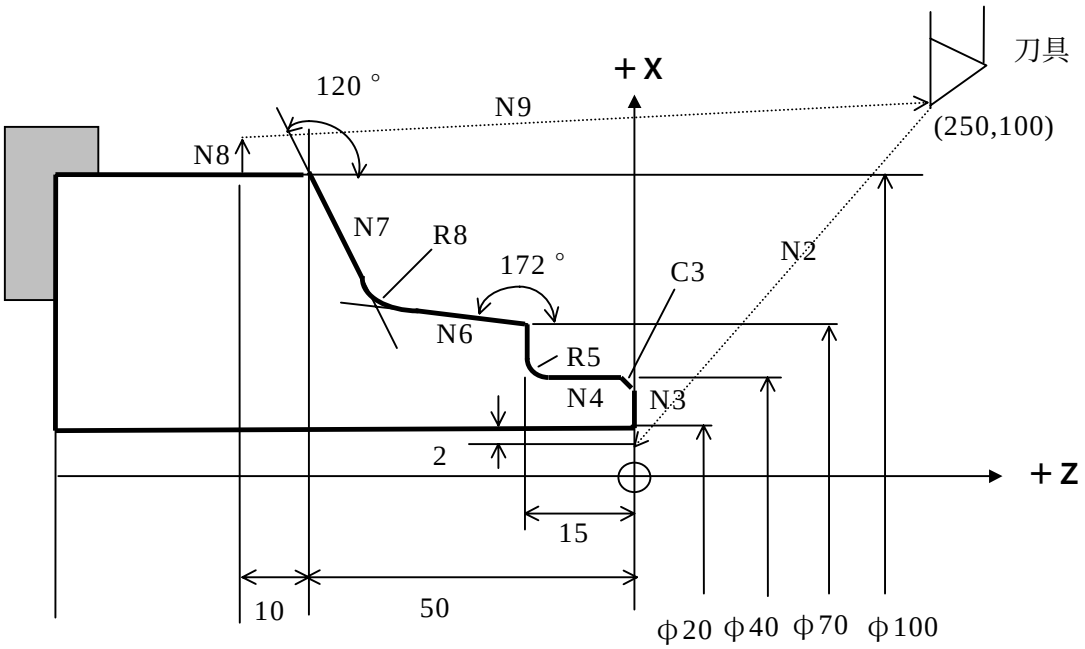
（例） ,C1.0　　,R6.0

题目1

编制下图程序。

刀具从开始加工位置按图中N1～N9的顺序移动，使用图纸尺寸直接输入功能进行加工。

进行加工。



4．补偿功能

当使用的刀具与编程时假想的刀具不同时，或者要补偿刀尖圆弧的误差时，使用补偿功能。补偿功能有刀具位置偏置和刀尖R补偿。
其他，对机械系的补偿功能，请见“第3章 2.2 机械部分的补偿”。

4.1 刀具位置偏置/刀具功能（T功能）

用T代码指令刀具为置偏置。
T4位指令时

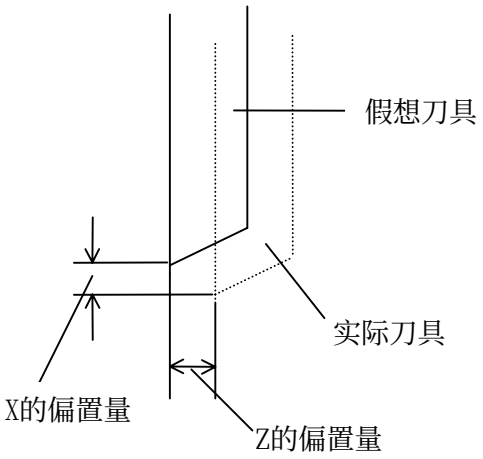
（例） **T○○ ××；**

刀具偏置号

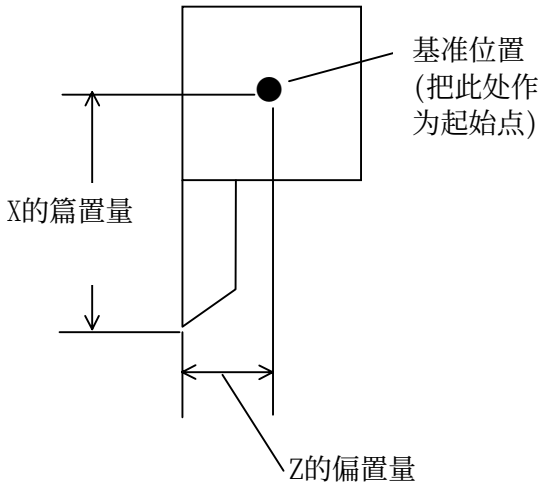
刀具选择

【刀具位置偏置的设定方法】

⑴ 以基准刀具的刀尖为基准补偿时



⑵ 从转塔中心补偿时



【刀具偏置号和补偿量】

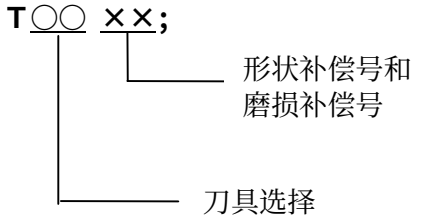
偏置号	OFX (X轴偏置量)	OFZ (Z轴偏置量)	OFR (刀尖R补偿量)	OFT (假想刀尖方向)
01 02	40.0 60.0	20.0 30.0	0.20 0.25	3 2
﹀	﹀	﹀	﹀	﹀
31 32	50.0 30.0	15.0 25.0	0.6 0.8	6 3

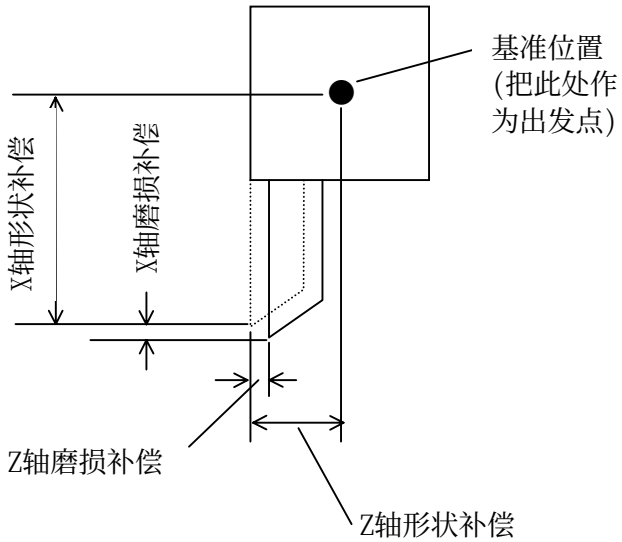
注）刀具偏置号为0或00时，偏置量为0（零），意味着取消偏置。

4.2 刀具形状补偿和刀具磨损补偿

根据功能选择，可以把刀具位置补偿分为刀具形状补偿和刀具磨损补偿两种。
而刀具形状补偿是指刀具安装位置的补偿，刀具磨损补偿是指刀尖磨损补偿，
对它们可以分别进行设定。

指令的T代码含义如下。





【形状补偿】

形状补偿号	OFGX (X轴偏置量)	OFGZ (Z轴偏置量)	OFGR (刀尖R补偿量)	OFT (假想刀尖方向)
G01	10.0	50.0	0.0	3
G02	20.0	30.0	0.2	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
G31	0.0	0.0	0.0	6
G32	0.0	0.0	0.0	3

【磨损补偿】

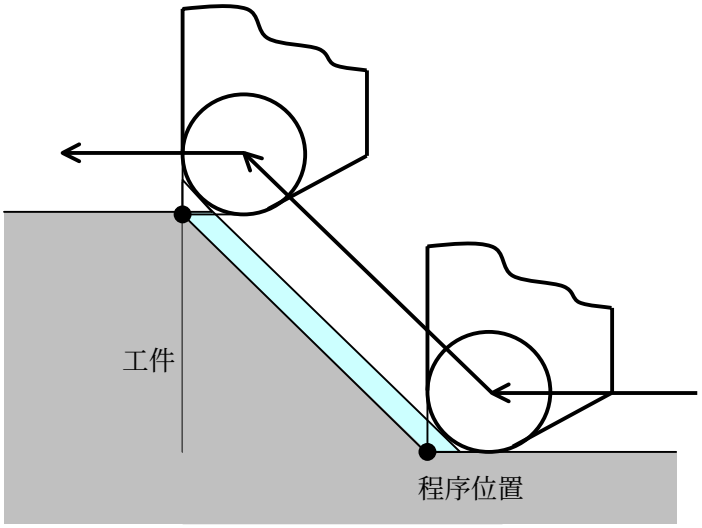
磨损补偿号	OFWX (X轴偏置量)	OFWZ (Z轴偏置量)	OFWR (刀尖R补偿量)	OFT (假想刀尖方向)
W01	－0.04	－0.02	－0.20	0
W02	－0.06	－0.03	－0.25	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
W31	0.0	0.0	0.0	0
W32	0.0	0.0	0.0	0

刀具偏置号为0时，意味着取消磨损补偿。一般不取消形状补偿。
在下面的刀具选择中，坐标系位移就是这个差。

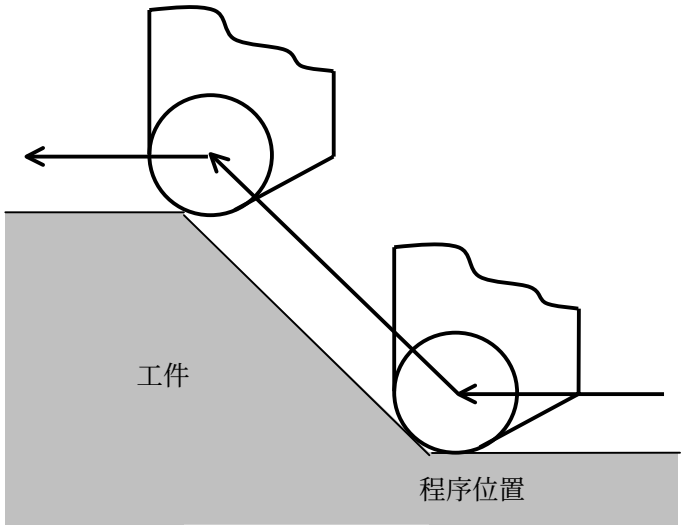
4.3 刀尖R补偿（G40～G42）

因为刀尖有圆弧，所以切削锥度和切削圆弧时，只有刀具位置还不能完全补偿，而刀尖R补偿能自动地补偿此误差部分。

（由于刀尖R产生的切削不足）

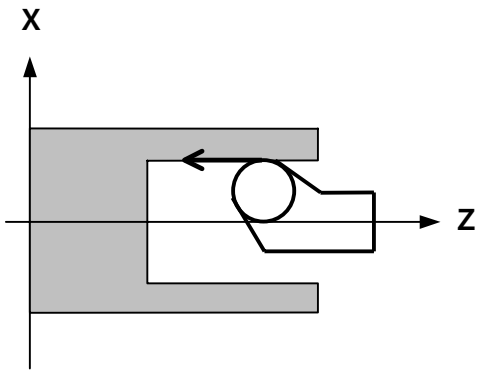


（使用刀尖R补偿的情况）

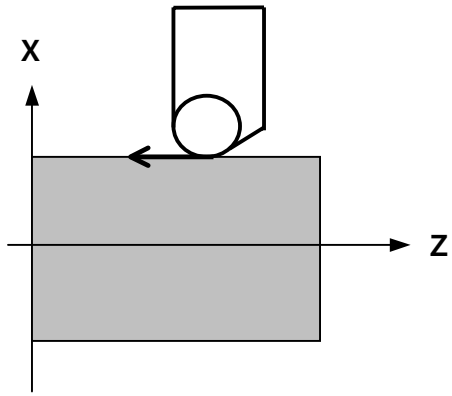


刀具行进方向左侧补偿	: G41
刀具行进方向右侧补偿	: G42
取消刀尖R补偿	: G40

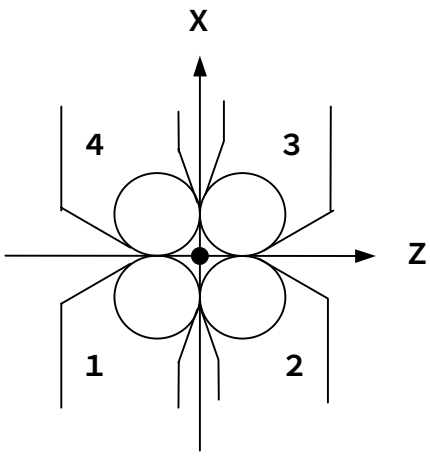
(G41)

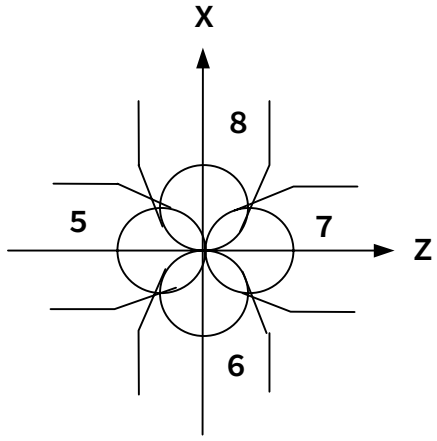


(G42)



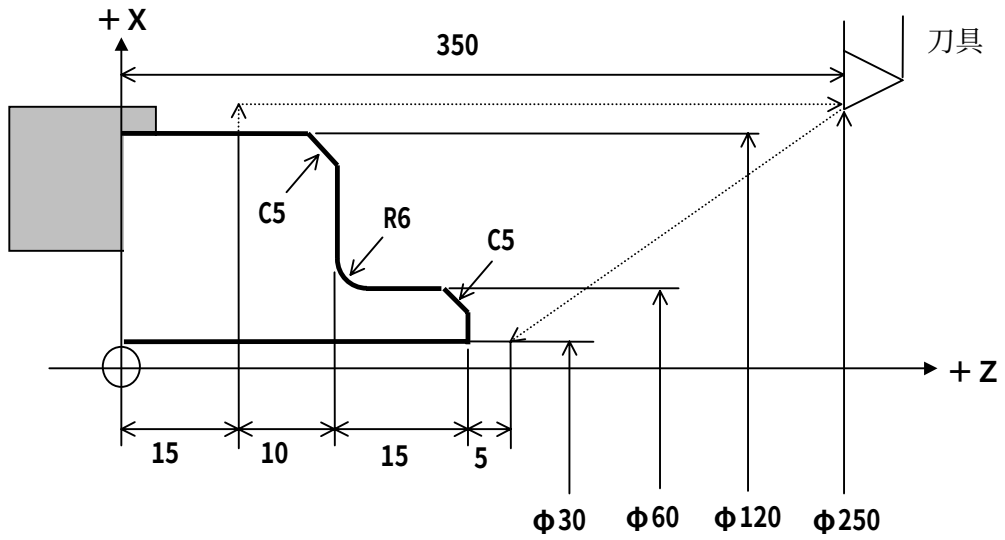
(安装刀具方向:TIP)





注）假想刀尖的方向按上图根据刀尖形状选择。

【编程举例】



（不使用刀尖R补偿时）

O0001;	程序号
T0101;	刀具选择，刀具补偿
G50 X250.0 Z350.0 M08;	设定坐标系，开冷却油
S400 M03;	指令主轴转速，主轴回转
G00 X30.0 Z45.0;	定位
G01 Z40.0 F1.0;	直线切削，进给1.0㎜/rev
X60.0 C5.0;	直线切削，倒角指令
Z25.0 R6.0;	直线切削，拐角指令
X120.0 C5.0;	直线切削，倒角指令
Z15.0;	直线切削
X130.0 M09;	退刀，关冷却油
G00 X250.0 Z350.0 M05;	返回加工始点，主轴停止
T0100;	取消刀具补偿
M30;	程序结束

（使用刀尖R补偿时）

O0001;	程序号
T0101;	刀具选择，刀具补偿
G50 X250.0 Z350.0 M08;	设定坐标系，开冷却油
S400 M03;	指令主轴转速，主轴回转
G42 G00 X30.0 Z45.0;	定位＋刀尖R补偿
G01 Z40.0 F1.0;	直线切削，进给1.0㎜/rev
X60.0 C5.0 (K-5.0)*；	直线切削，倒角指令
Z25.0 R6.0;	直线切削，拐角指令
X120.0 C5.0 (K-5.0)*；	直线切削，倒角指令
Z15.0;	直线切削
X130.0 M09;	退刀，关冷却油
G40 G00 X250.0 Z350.0 M05;	返回加工始点，主轴停止，取消刀尖R补偿
T0100;	取消刀具补偿
M30;	程序结束

5．固定循环

车床粗加工时，通常用3～10个程序段指令的刀具轨迹，可以用一个程序段指令此种编程指令称为固定加循环。并且，再次循环时，只变更进刀指令就行了。这样可大大简化程序。

车削固定循环功能，有以下2种。

（1）单一形固定循环（可以用一个程序段指令4个程序段）
（2）复合形固定循环（用几个程序段指令多个程序段）

5.1 单一形固定循环（G90,G92,G94）

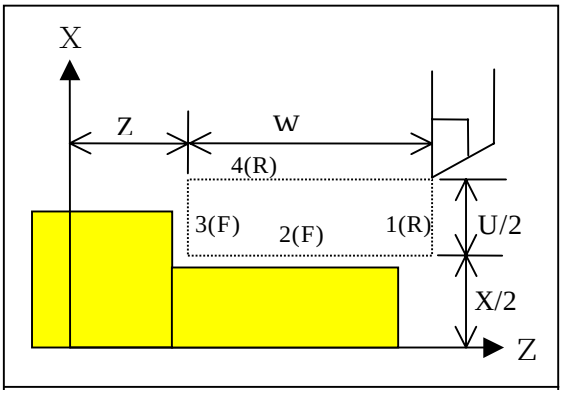
单一固定循环，有以下3种

（1）切削循环A（G90）
（2）螺纹切削循环（G92）
（3）切削循环B（G94）

在后面图中标记着1(R)，2(F)，3(F)，4(R)，其中数字1～4表示刀具轨迹，字母(R)表示快速进给，(F)表示切削进给。

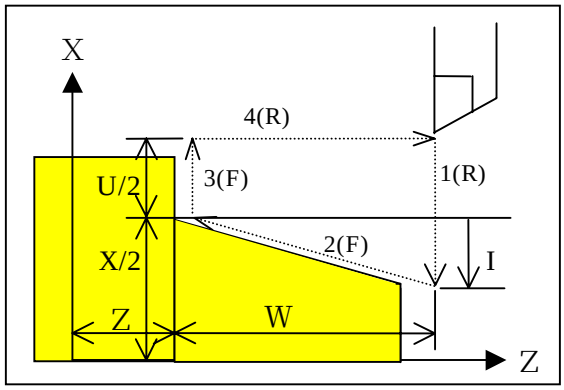
【切削循环A】

直线切削



指令：G90 X(U)___Z(W)___F___ ；

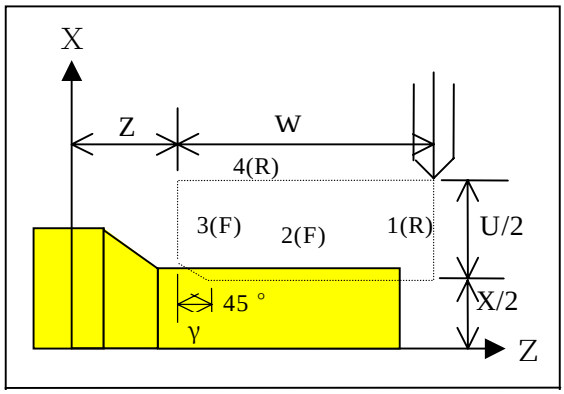
锥度切削



指令：G90 X(U)___Z(W)___I-___F___ ；

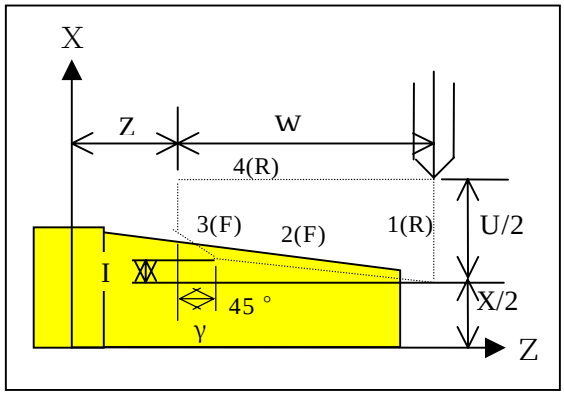
【螺纹切削循环】

直螺纹切削循环



指令：G92 X(U)___Z(W)___F___ ；

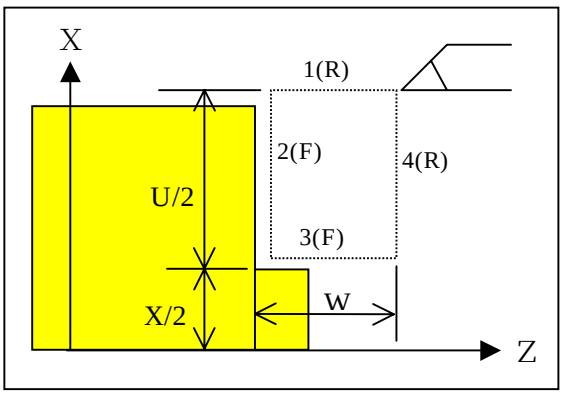
锥螺纹切削循环



指令：G92 X(U)___Z(W)___I-___F___ ；

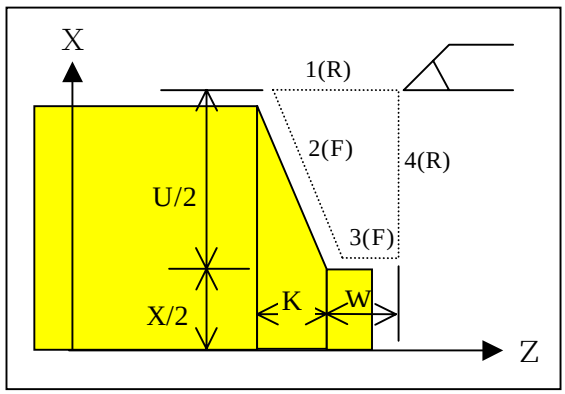
【切削循环B】

端面切削循环



指令：G94 X(U)___Z(W)___F___ ；

锥端面切削循环



指令：G92 X(U)___Z(W)___I-___F___ ；

5.2 复合形固定循环（G70～G76）

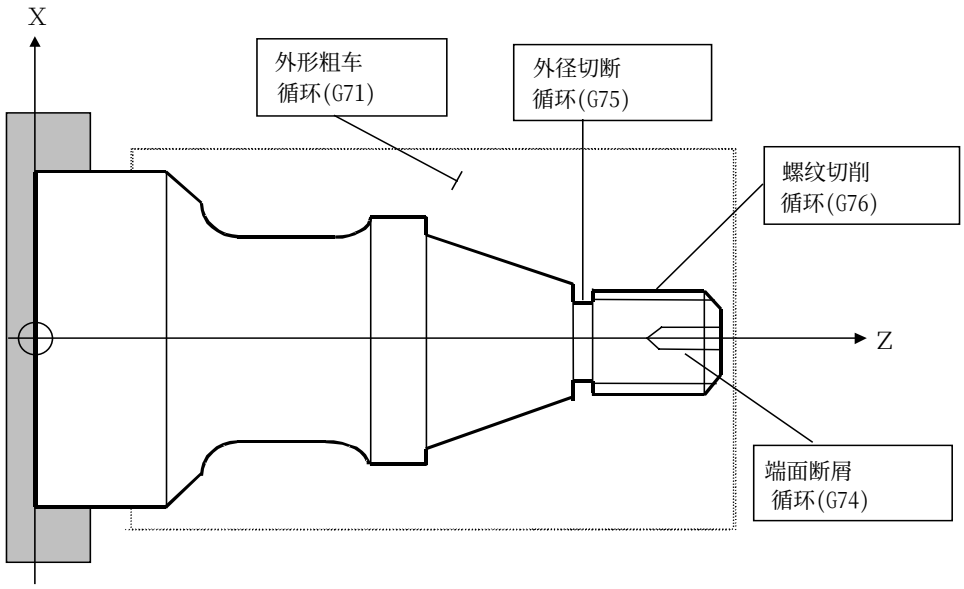
复合形固定循环种类如下，其使用例子如下图所示。

G代码	固定循环名称	内 容
G70	精加工循环	加工用G71,G72,G73进行粗加工时留下的精加工余量部分。
G71	外形粗车循环	此种切削用于粗车量大的场合，用与Z轴平行的切削轨迹进行加工。
G72	端面粗车循环	与G71相同，用平行于X轴的切削轨迹进行加工。
G73	双向同时进刀切削循环	用于粗车量少的场合。即铸造和成型铸造的工件毛坯形状已成形时使用。按照与毛坯形状平行的切削轨迹进行加工。
G74	端面断屑循环	用于外形粗车中的切屑处理和孔加工。
G75	外径/内径 切断循环	用于端面切削时的切屑处理和外形切削的沟槽加工，或切断加工。
G76	复合形螺纹切削循环	按照平行于Z轴的切削轨迹，进行螺纹加工。 在此功能中，CNC自动地计算每一次螺纹牙的高度。

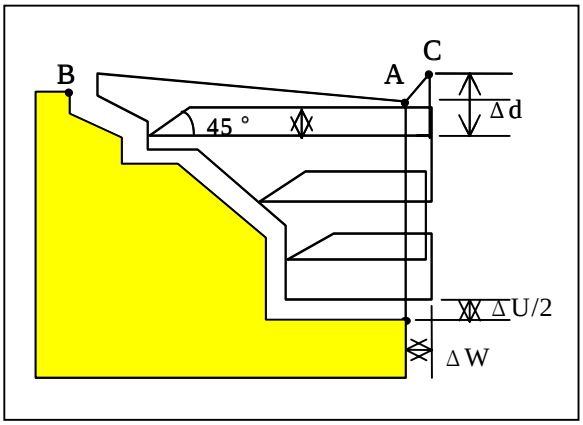
注意！！

G70～G73只有在存储器运行方式时才可使用。

【复合形固定循环的例题】



5.2.1 外形粗车循环（G71）



【程序格式】

[FS0T, FS16T, FS18T 时]

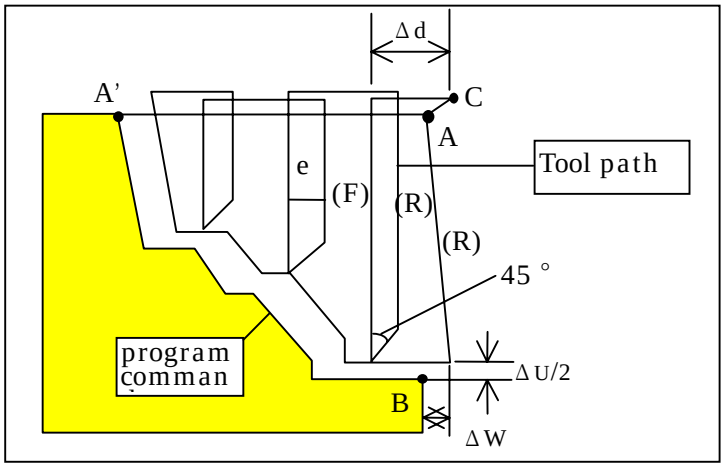
```
G71U(Δd)R(e);
G71P(ns)Q(nf)U(Δu)W(Δw)F(f)S(s)T(t);
```

[FS10T, FS11T, FS12T, FS15T 时]

```
G71P(ns)Q(nf)U(Δu)W(Δw)D(Δd)F(f)S(s)T(t);
```

ns ：精加工形状程序段 A点的顺序号
nf ：精加工形状程序段 B点的顺序号
Δu,Δw ：X轴方向和Z轴方向的精加工余量
Δd ：切入量（不能输入小数点）
e ：退刀量（可以用参数设定，此时省略）

5.2.2 端面粗车循环（G72）



e ： 退刀量用参数设定。
用程序指定时，参数值自动地修改。也可以省略。

【程序格式】

[FS0T, FS16T, FS18T 时]

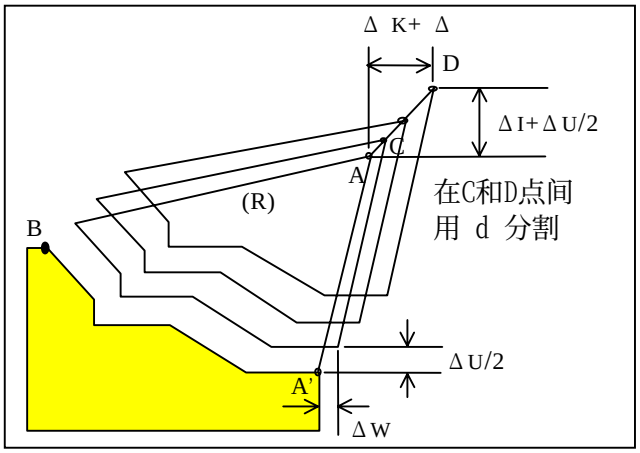
```
G72W(Δd)R(e);
G72P(ns)Q(nf)U(Δu)W(Δw)F(f)S(s)T(t);
```

[FS10T, FS11T, FS12T, FS15T 时]

```
G72P(ns)Q(nf)U(Δu)W(Δw)D(Δd)F(f)S(s)T(t);
```

ns ： 精加工形状程序段 A点的顺序号
nf ： 精加工形状程序段 B点的顺序号
Δu,Δw ： X轴方向和Z轴方向的精加工余量
Δd ： 切入量（不能输入小数点）
e ： 退刀量（可以用参数设定，此时省略）

5.2.3 双方向进刀切削循环（G73）



【程序格式】

[FS0T, FS16T, FS18T 时]

```
G73U(Δi)W(Δk)R(d);
G73P(ns)Q(nf)U(Δu)W(Δw)F(f)S(s)T(t);
```

[FS10T, FS11T, FS12T, FS15T 时]

```
G73P(ns)Q(nf)I(Δi)K(Δk)U(Δu)W(Δw)D(Δd)F(f)S(s)T(t);
```

ns　　：精加工形状程序段 A点的顺序号
nf　　：精加工形状程序段 B点的顺序号
Δu,Δw：X轴方向和Z轴方向的精加工余量
Δi,Δk：X轴和Z轴方向的退刀量
d　　：分割次数

5.2.4 精加工循环（G70）

在G71,G72,G73的指令后指令下面的精加工循环。

```
G70P(ns)Q(nf);
```

ns : 精加工形状程序段 A点的顺序号
nf : 精加工形状程序段 B点的顺序号

注意！！

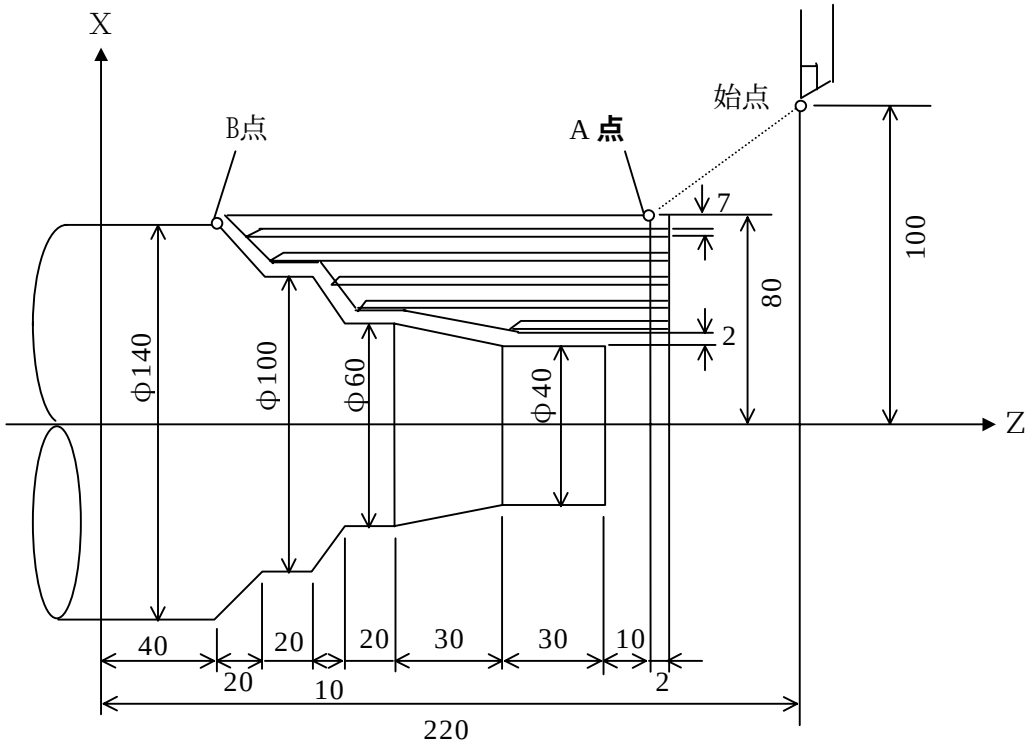
1）用G71,G72,G73指令的F,S,T指令对G70无效。
“ns”和“nf”之间指令的F,S,T指令对G70有效。

2）当G70循环结束时，刀具返回起始点，读取下个程序段。

3）在G70～G73的“ns”和“nf”之间，不能调用子程序。

（程序举例）

① G71和G70的程序举例



（直径指定、公制输入）

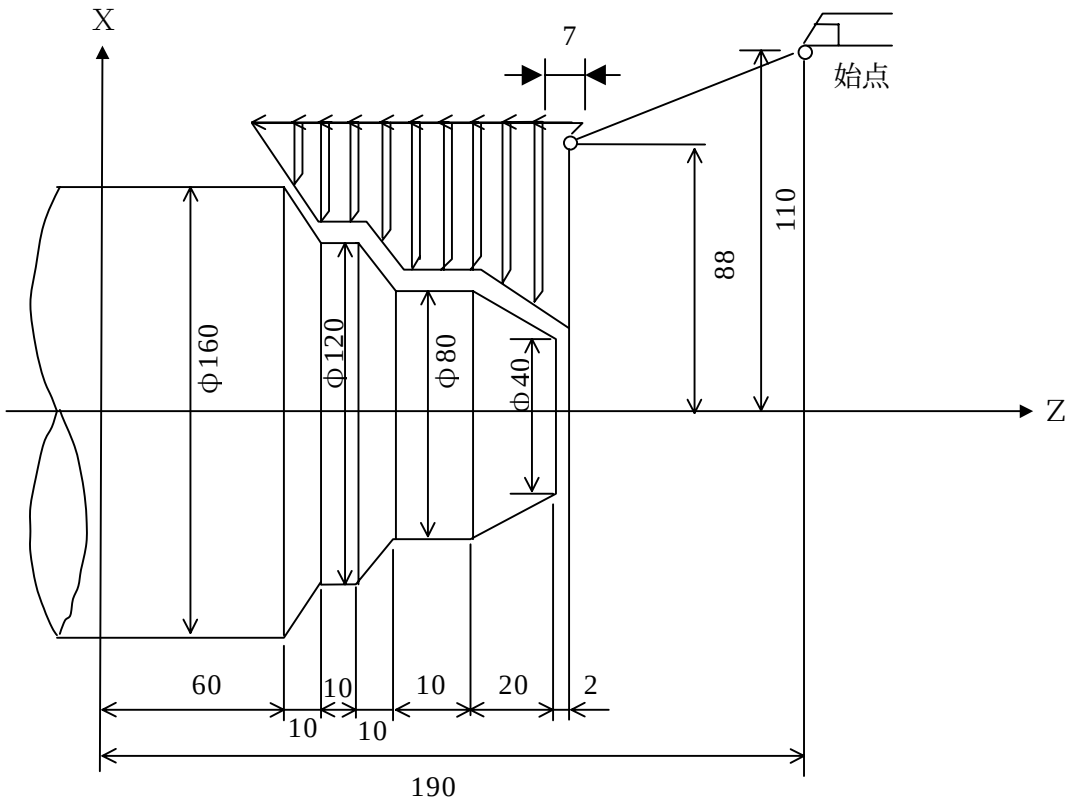
(FS10T, FS11T, FS15T)

```
O0xxxx ;
 N010 G50 X200.0 Z220.0 ;
 N011 G00 X160.0 Z180.0 ;
 N012 G71 P13 Q19 U4.0 W2.0 D7000 F30 S700 ;
 N013 G00 X40.0 F15 S1000 ;
 N014 G01 W-40.0 ;
 N015     X60.0 W-30.0 ;
 N016     W-20.0 ;
 N017     X100.0 W-10.0 ;
 N018     W-20.0 ;
 N019     X140.0 W-20.0 ;
 N020 G70 P13 Q19 ;
 N021 G00 X200.0 Z220.0 ;
 N022 M30 ;
```

(FS0T, FS16T, FS18T)

```
O0xxxx ;
 N010 G50 X200.0 Z220.0 ;
 N011 G00 X160.0 Z180.0 ; (A)
 N012 G71 U7.0 ;
    G71 P13 Q19 U4.0 W2.0 F30 S700 ;
 N013 G00 X40.0 F15 S1000 ;(A')
 N014 G01 W-40.0 ;
 N015     X60.0 W-30.0 ;
 N016     W-20.0 ;
 N017     X100.0 W-10.0 ;
 N018     W-20.0 ;
 N019     X140.0 W-20.0 ; (B)
 N020 G70 P13 Q19 ;
 N021 G00 X200.0 Z220.0 ;
 N022 M30 ;
```

② G72和G70的程序例子



（直径指定、公制输入）

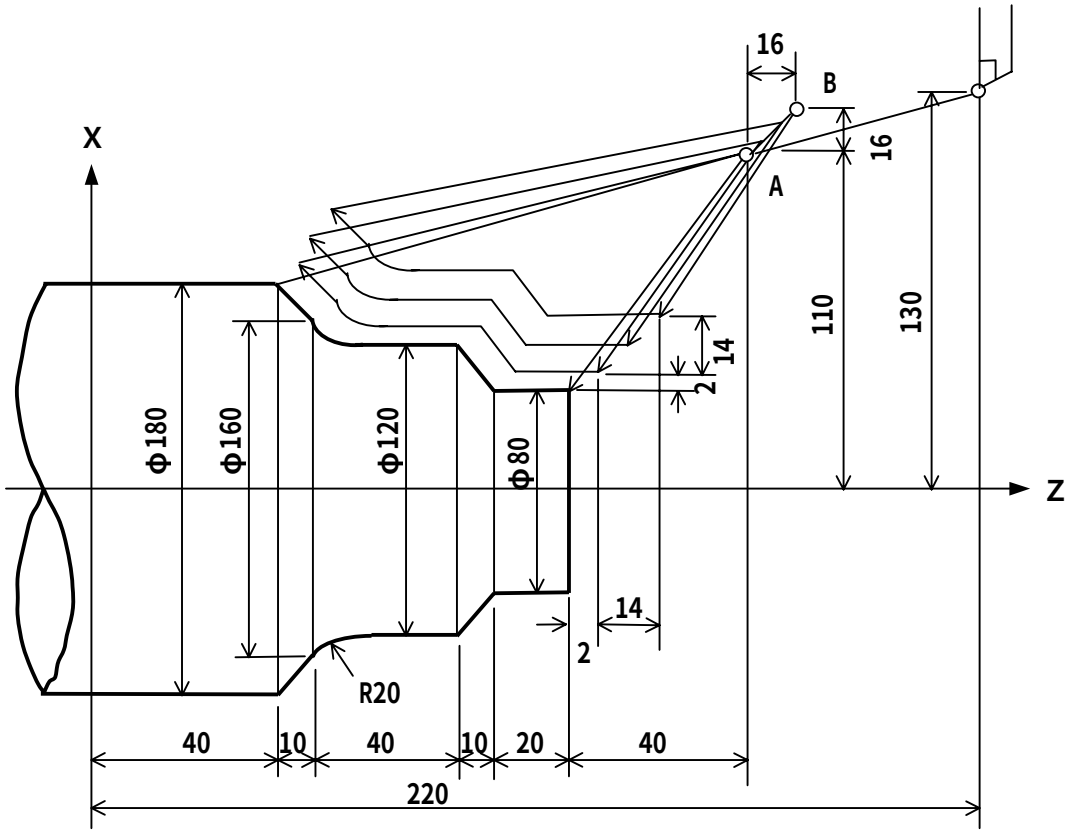
(FS10T, FS11T, FS15T)

```
O0xxx ;
 N010 G50 X220.0 Z190.0 ;
 N011 G00 X176.0 Z132.0 ;
 N012 G72 P13 Q18 U4.0 W2.0 D7000
      F30 S550 ;
 N013 G00 Z58.0 F15 S700 ;
 N014 G01 X120.0 W12.0 ;
 N015     W10.0 ;
 N016     X80.0 W10.0 ;
 N017     W20.0 ;
 N018     X36.0 W22.0 ;
 N019 G70 P13 Q18 ;
 N020 G00 X220.0 Z190.0 ;
 N021 M30 ;
```

(FS0T, FS16T, FS18T)

```
O0xxx ;
 N010 G50 X220.0 Z190.0 ;
 N011 G00 X176.0 Z132.0 ;
 N012 G72 W7.0 ;
      G72 P13 Q18 U4.0 W2.0 F30 S550 ;
 N013 G00 Z58.0 F15 S700 ;
 N014 G01 X120.0 W12.0 ;
 N015     W10.0 ;
 N016     X80.0 W10.0 ;
 N017     W20.0 ;
 N018     X36.0 W22.0 ;
 N019 G70 P13 Q18 ;
 N020 G00 X220.0 Z190.0 ;
 N021 M30 ;
```

③ G73和G70的程序举例



（直径指定、公制输入）

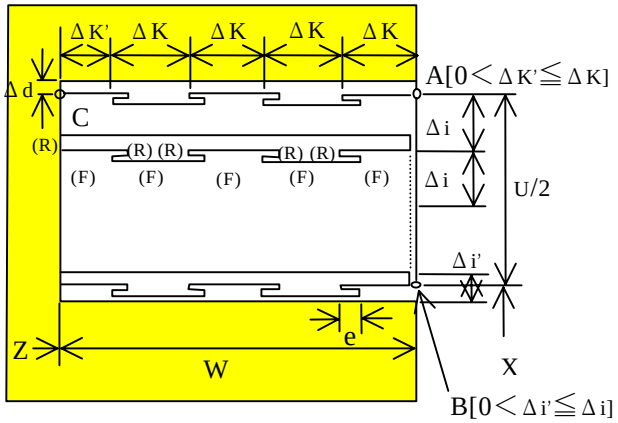
(FS10T, FS11T, FS15T)

```
O××××  ;
 N010 G50 X260.0 Z220.0 ;
 N011 G00 X220.0 Z160.0 ;
 N012 G73 P13 Q18 I14.0 K14.0
            U4.0 W2.0 D3 F30 S180 ;
 N013 G00 X80.0 W-40.0 ;
 N014 G01 W-20.0 F15 S600 ;
 N015     X120.0 W-10.0 ;
 N016     W-20.0 S400 ;
 N017 G02 X160.0 W-20.0 R20.0 ;
 N018 G01 X180.0 W-10.0 S280 ;
 N019 G70 P13 Q18 ;
 N020 G00 X260.0 Z220.0 ;
 N021 M30 ;
```

(FS0T, FS16T, FS18T)

```
O××××  ;
 N010 G50 X260.0 Z220.0 ;
 N011 G00 X220.0 Z160.0 ; (A)
 N012 G73 U14.0 W14.0 R3 ;
      G73 P13 Q18 U4.0 W2.0 F30 S180 ;
 N013 G00 X80.0 W-40.0 ;(A')
 N014 G01 W-20.0 F15 S600 ;
 N015     X120.0 W-10.0 ;
 N016     W-20.0 S400 ;
 N017 G02 X160.0 W-20.0 R20.0 ;
 N018 G01 X180.0 W-10.0 S280 ;(B)
 N019 G70 P13 Q18 ;
 N020 G00 X260.0 Z220.0 ;
 N021 M30 ;
```

5.2.5 端面钻孔断屑循环（G74）



【程序格式】

[FS0T, FS16T, FS18T 时]

```
G74R(e);
G74X(U)__Z(Z)__P(Δi)Q(Δk)R(Δd)F(f);
```

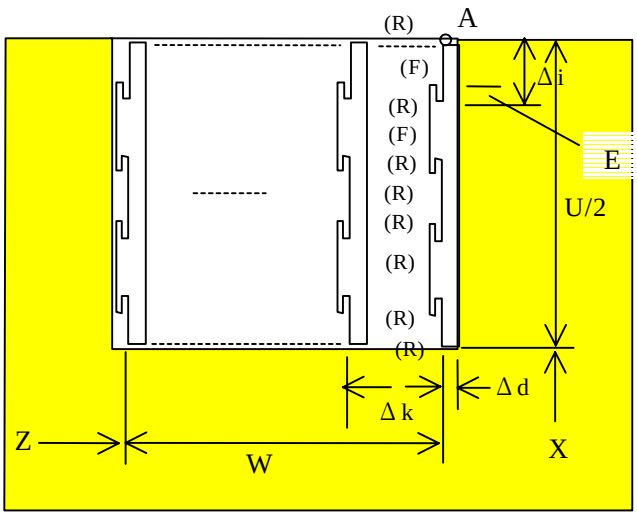
[FS10T, FS11T, FS12T, FS15T 时]

```
G74X(U)__Z(Z)__I(Δi)K(Δk)D(Δd)F(f);
```

X ：B点的X轴分量
U ：从A点到B点的距离
Z ：B点的Z轴分量
W ：从A点到C点的距离
Δi：X轴移动量（无符号）
Δk：Z轴进给切深（无符号）
Δd：在孔底的退刀量
e ：每次的回退量
本指令可以用 参数设定，也可以用程序指令，但此时参数的内容即被变更。

F ；进给速度

5.2.6 外径/内径断屑循环（G75）



【程序格式】

[FS0T, FS16T, FS18T 时]

```
G75R(e);
G75X(U)___Z(Z)___P(Δi)Q(Δk)R(Δd)F(f);
```

[FS10T, FS11T, FS12T, FS15T 时]

```
G75X(U)___Z(Z)___I(Δi)K(Δk)D(Δd)F(f);
```

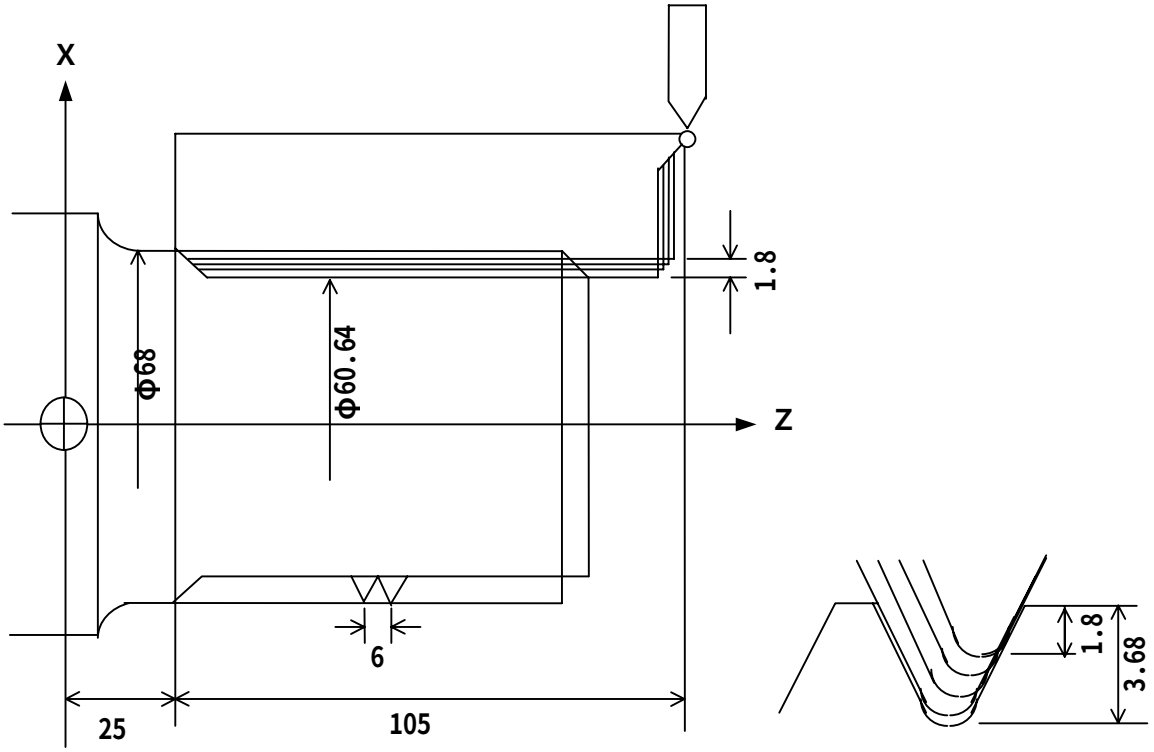
X ：B点的X轴分量
U ：A点到B点的距离
Z ：B点的Z轴分量
W ：A点到C点的距离
Δi：X轴加工深度（无符号）
Δk：Z轴的移动量（无符号）
Δd：孔底的退刀量
e ：每次的回退量
本指令可以用参数设定，也可以用程序指令，但此时参数的内容即被变更。

F ；进给速度

5.2.7 复合形螺纹切削循环（G76）

此内容请参照 第4章 1节 螺纹切削

（G76的程序例子）



（直径指定、㎜输入）

(FS0T, FS16T, FS18T)

```
N010 G00 X80.0 Z130.0 ;
N011 G76 P011060 Q100 R200 ;
N012 G76 X60.64 Z25.0 P3680 Q1800 F6.0 ;
```

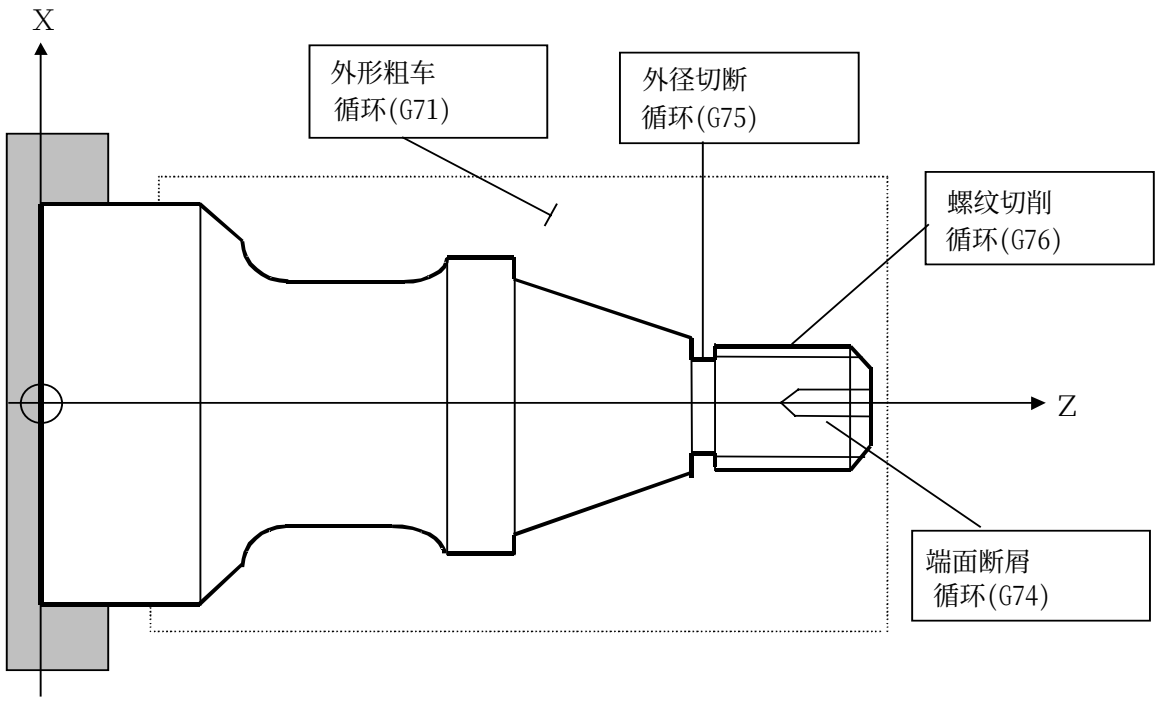
(FS10T, FS11T, FS15T)

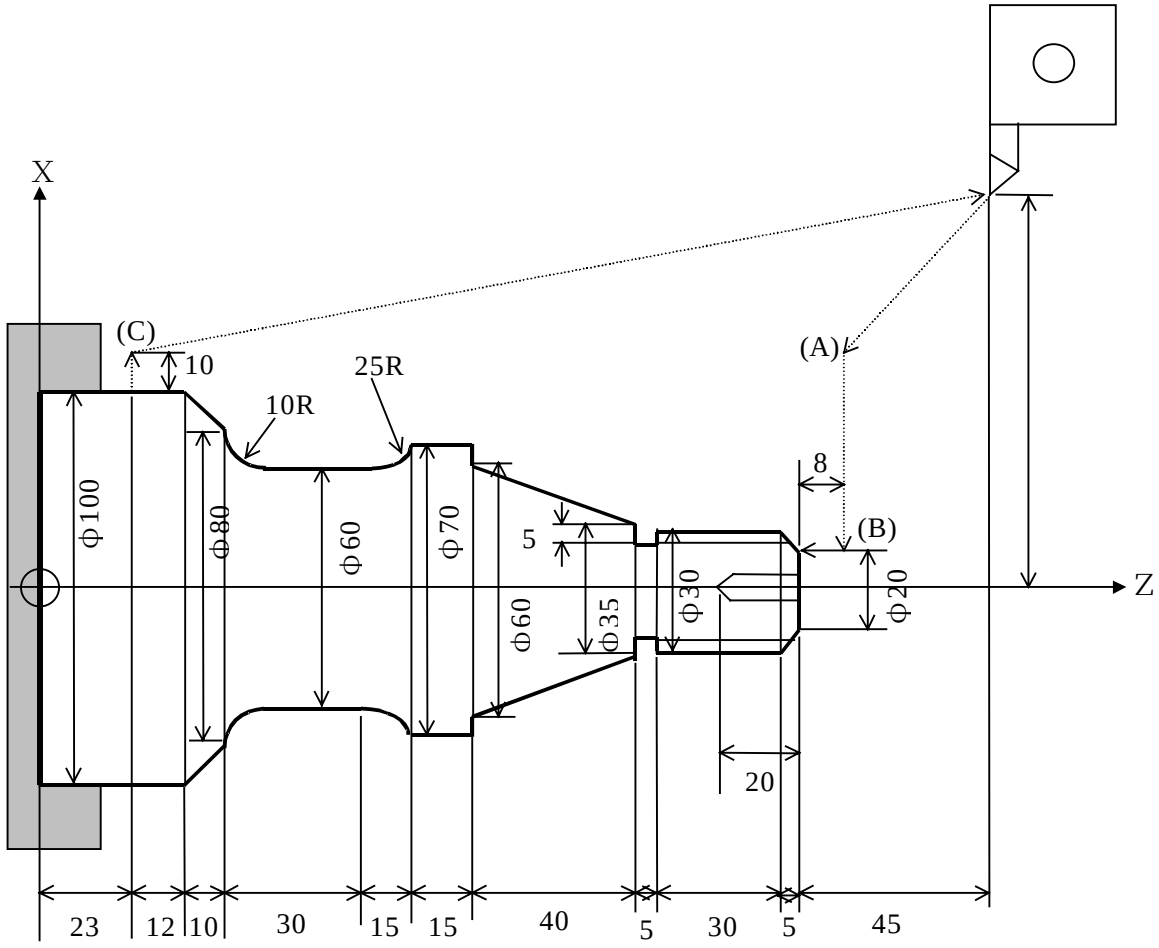
```
N010 G76 X60.64 Z250.0 K3680 D1800 F6.0 A60 P1 ;
```

备注

5.3 程序举例和题目

【复合形固定循环的例题】





[FS0/FS16 FS18时]

1．外形粗车循环（G71）

```
O0001 ;
N1  G50 X180.0 Z230.0 ;
N2  G00 X160.0 W-37.0 ;
N3  G71 U3.0 R1.0 ;
N4  G71 P5 Q18 U2.0 W1.0 F___ S___ ;
N5  G00 X20.0 ;
N6  G01 W-8.0 F0.3 ;
N7      X30.0 W-5.0 ;
N8      W-35.0 ;
N9      X35.0 ;
N10     X60.0 W-40.0 ;
N11     X70.0 ;
N12     W-15.0 ;
N13 G02 X60.0 W-15.0 R25.0 ;
N14 G01 W-20.0 ;
N15 G02 X80.0 W-10.0 R10.0 ;
N16 G01 X100.0 W-10.0 ;
N17     W-12.0 ;
N18     X120.0 ;
N19 G70 P5 Q18 ;
N20 G00 X180.0 Z230.0 ;
N21 M30 ;
```

2．外径切断循环（G75）

```
O0002 ;
N1  G50 X180.0 Z230.0 ;
N2  G00 X38.0 W-85.0 ;
N3  G75 R1.0 ;
N4  G75 X25.0 P2000 F0.1 ;
N5  G00 X180.0 Z230.0 ;
N6  M30 ;
```

3．端面断屑循环（G74）

```
O0003 ;
N1  G50 X180.0 Z230.0 ;
N2  G00 X0 W-40.0 ;
N3  G74 R1.0 ;
N4  G74 W-25.0 Q4000 F1.0 ;
N5  G00 X180.0 Z230.0 ;
N6  M30 ;
```

4．复合形螺纹切削循环（G76）

```
O0004 ;
N1  G50 X180.0 Z230.0 ;
N2  G00 X40.0 W-40.0 ;
N3  G76 P020060 Q0.1 R0.05 ;
N4  G76 X28.0 W-43.0 P1000 Q700 F1.0 ;
N5  G00 X180.0 Z230.0 ;
N6  M30 ;
```

[FS10/11 12/15时]

1．外形粗车循环（G71）

```
O0001 ;
N1  G50 X180.0 Z230.0 ;
N2  G00 X160.0 W-37.0 ;
N3 ;
N4  G71 P5 Q18 U2.0 W1.0 D3000 F__ S__ ;
N5  G00 X20.0 ;
N6  G01 W-8.0 F0.3 ;
N7      X30.0 W-5.0 ;
N8      W-35.0 ;
N9      X35.0 ;
N10     X60.0 W-40.0 ;
N11     X70.0 ;
N12     W-15.0 ;
N13 G02 X60.0 W-15.0 R25.0 ;
N14 G01 W-20.0 ;
N15 G02 X80.0 W-10.0 R10.0 ;
N16 G01 X100.0 W-10.0 ;
N17    W-12.0 ;
N18    X120.0 ;
N19 G70 P5 Q18 ;
N20 G00 X180.0 Z230.0 ;
N21 M30 ;
```

2．外圆切断循环（G75）

```
O0002 ;
N1  G50 X180.0 Z230.0 ;
N2  G00 X38.0 W-85.0 ;
N3 ;
N4  G75 X25.0 I2.0 F0.1 ;
N5  G00 X180.0 Z230.0 ;
N6  M30 ;
```

3．端面断屑循环（G74）

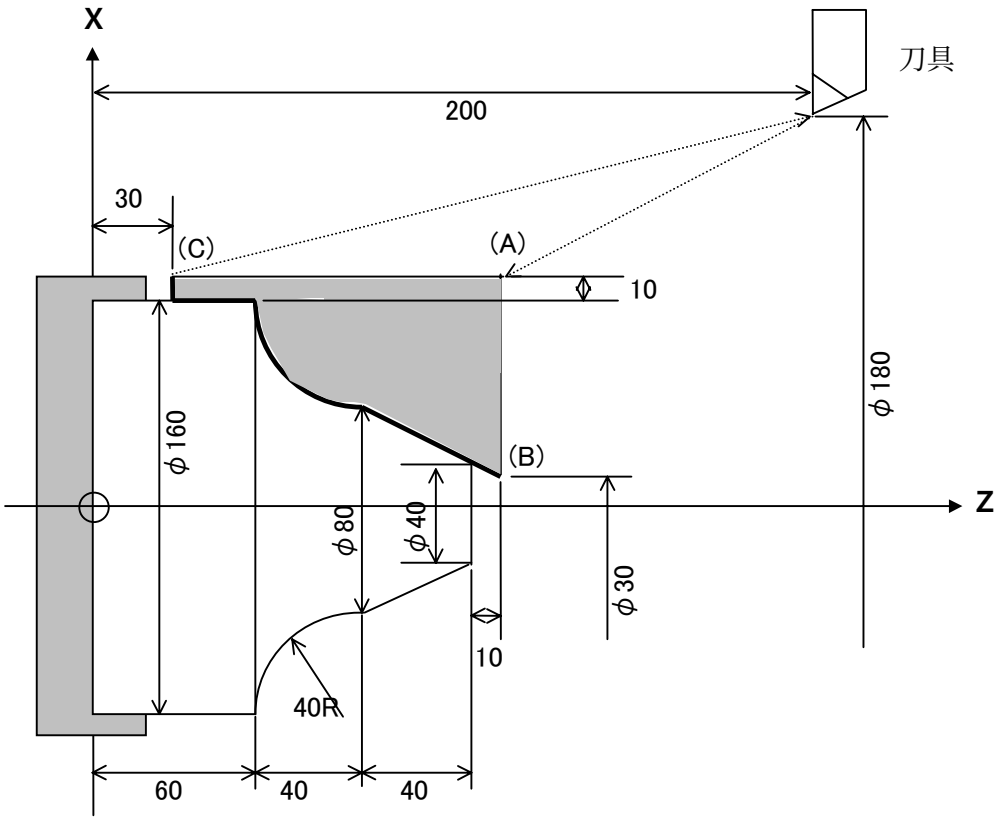
```
O0003 ;
N1  G50 X180.0 Z230.0 ;
N2  G00 X0 W-40.0 ;
N3 ;
N4  G74 W-25.0 K4.0 F1.0 ;
N5  G00 X180.0 Z230.0 ;
N6  M30 ;
```

4．复合形螺纹切削循环（G76）

```
O0004 ;
N1  G50 X180.0 Z230.0 ;
N2  G00 X40.0 W-40.0 ;
N3 ;
N4  G76 X28.0 W-43.0 K1.0 D700 F1.0
      A60 P1 ;
N5  G00 X180.0 Z230.0 ;
N6  M30 ;
```

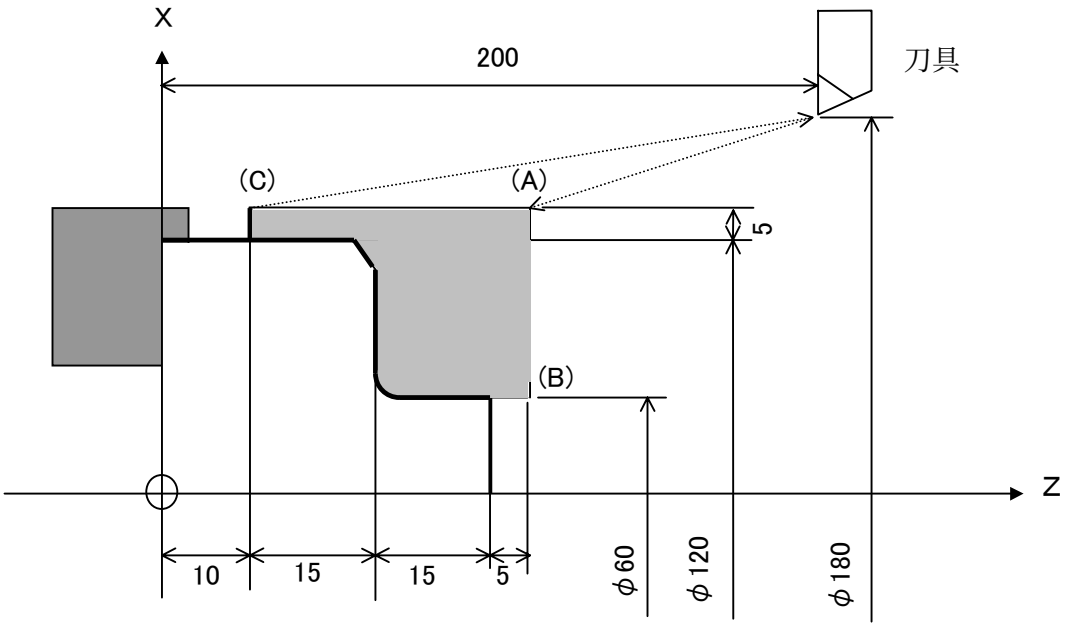
题目1

编制下面程序。
刀具从开始的位置用外形粗车循环及精车循环进行加工。加工轮廓形状是从B点到C点的形状。



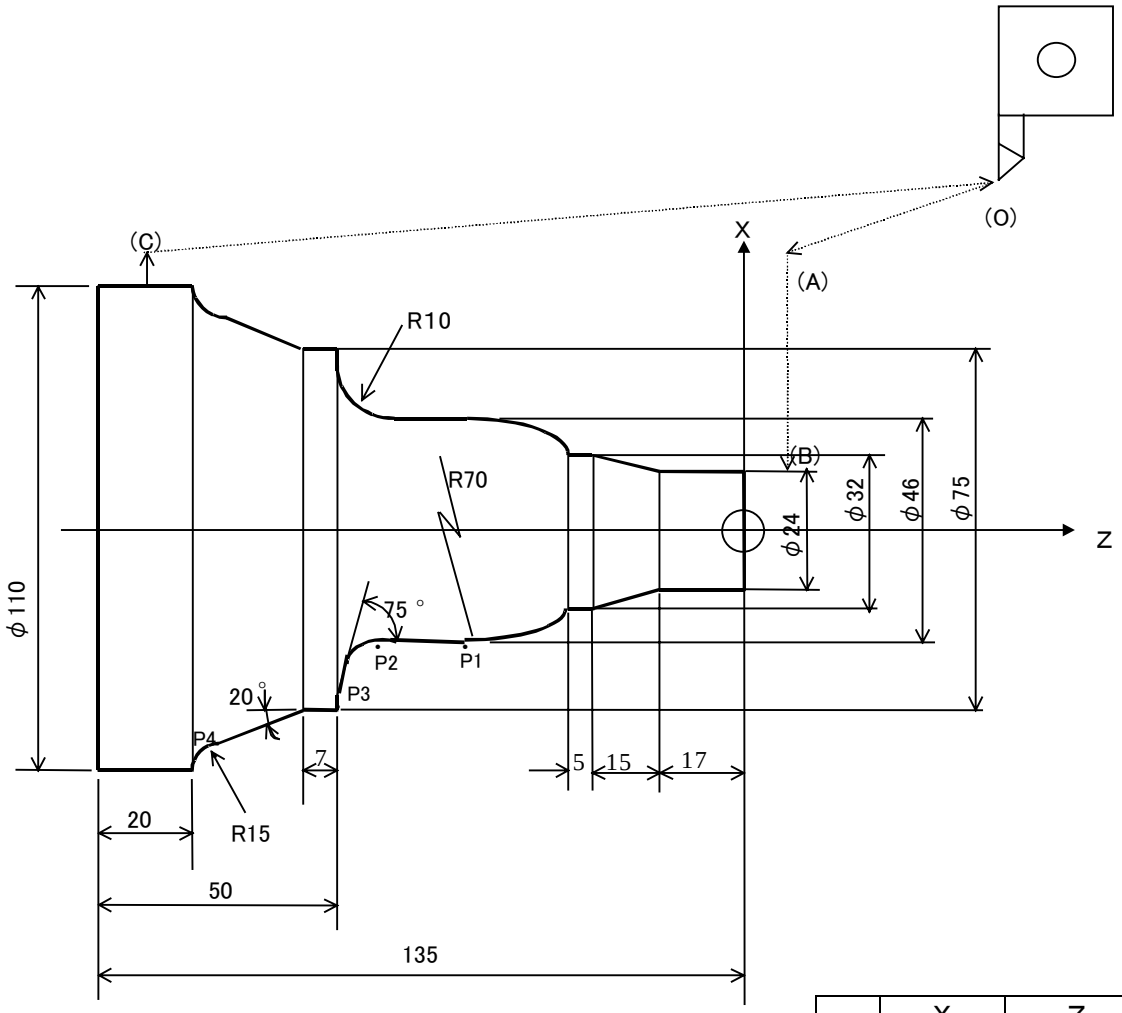
题目2

编制下面程序。
刀具从开始的位置用外形粗车循环和精车循环进行加工。加工轮廓形状从B点到C点的形状。



题目3

编制下面程序。
刀具从开始加工的位置，用外形粗车循环及精车循环进行加工。
加工轮廓形状是从B点到C点的形状。



	X	Z
O	160.0	60.0
A	120.0	8.0
B	24.0	8.0
C	120.0	-125.0
P1	46.0	-67.512
P2	46.0	-73.441
P3	60.824	-83.101
P4	85.823	-106.867

第5章
用户用宏程序

目录

页

1. 用户宏程序.....5-1
   1.1 用户宏程序功能概要.....5-1
2. 调用用户宏程序的方法.....5-3
   2.1 用户宏程序和子程序的不同点.....5-3
   2.2 调用用户宏程序本体.....5-3
3. 变量.....5-6
4. 编制用户宏程序.....5-8
   4.1 运算指令.....5-8
   4.2 控制命令.....5-9
5. 程序举例.....5-10
   5.1 切削圆的例子.....5-10
   5.2 钻削循环的例子.....5-11
   5.3 使用变量的程序举例.....5-12
   5.4 使用控制命令的程序举例.....5-14
   5.5 测量的举例.....5-15

1．用户宏程序

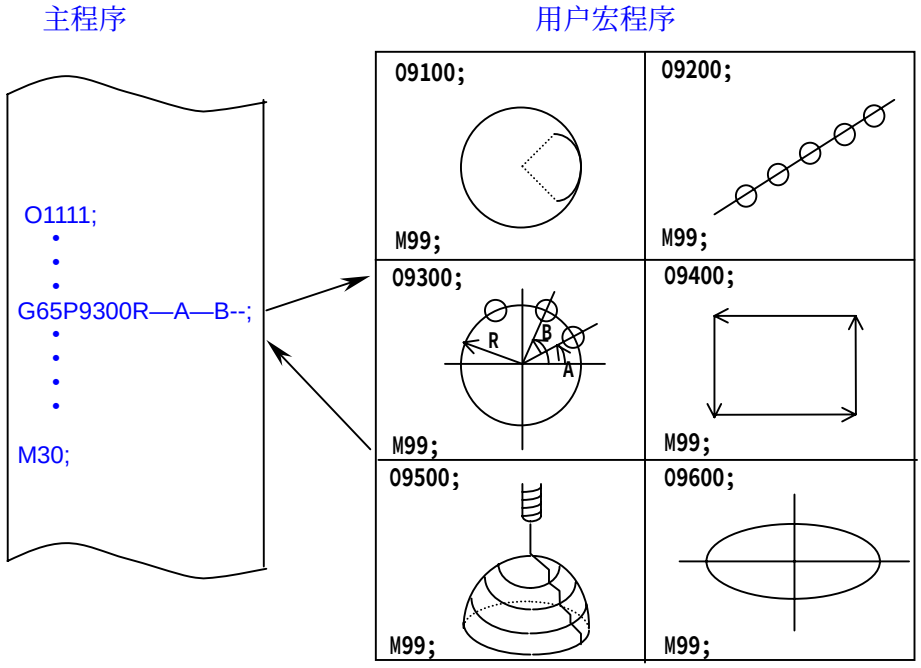
用户宏程序功能是指客户自己编制自动循环，用图案数据输入功能等专用程序事先登录在存储器中。

当需要时，与子程序一样调用。

1.1 用户程序的功能概要

用户宏程序的使用例子和特长如下：

（1）应用例
- 相似形状的程序
- 形状相同尺寸不同的程序
- 特殊形状的程序（椭圆、球、其他）
- 测量功能的程序（定心、确认尺寸、测量刀具长度、其他）
  ＝用户宏程序＋跳转功能（G31）
- 自动化方面的程序（刀具管理、生产管理、其他）
- 其他



(2) 特长
- 可以使用变量（#1～#8999）
- 可以使用运算指令
  - 四则运算(＋，－，×，÷)
  - 逻辑运算（OR, EOR, AND)
  - 函数运算 (SIN, COS, TAN, etc)
- 可以使用控制命令
  - 转移命令 (IF [**条件**] GOTO □)
  - 循环命令 (WHILE [**条件**] DO□)
    ⋮
    (END□)

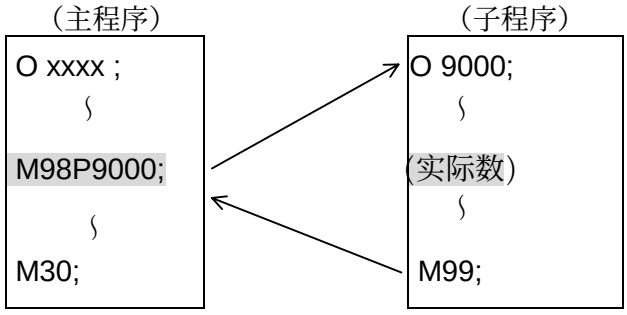
(3) 程序调用的重数 ： 4重

2．调用用户宏程序的方法

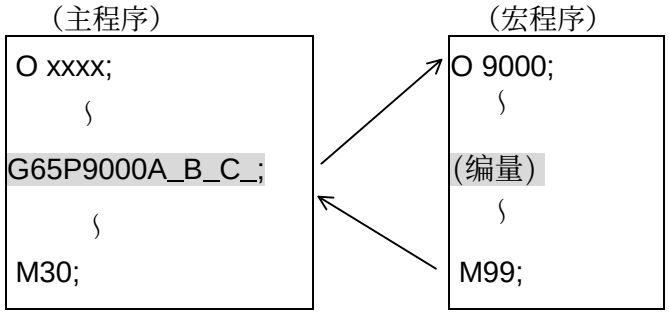
用户宏程序和子程序非常类似。在程序本体和调用方法上多少有点不同。
下面就这方面进行说明。

2.1 用户宏程序和子程序的不同点

（1）子程序时，用实际数编程。



（2）用户宏程序的程序用变量编程



2.2 调用用户宏程序本体



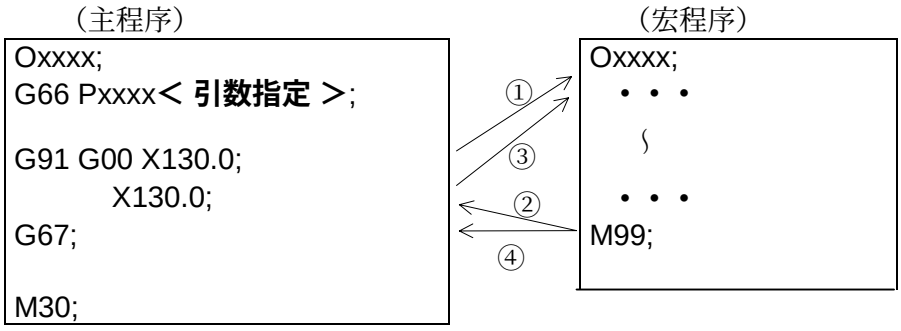
(1) 一次性调用

```
G65 P(程序号)L(循环次数)<指定自变量>；
```

(2) 模态调用

```
G66 P(程序号)L(循环次数)<指定自变量>；
  ｝
G67;
```

【模态调用举例】



(3) 用G代码调用

```
Gxx <指定自变量>；
```

把使用的G代码设在参数上

FS0	FS16/18	参数号
PRM0220	PRM6050	O9010
｝	｝	｝
PRM0229	PRM6059	O9019

(4) 用M代码调用

```
Mxx <指定自变量>；
```

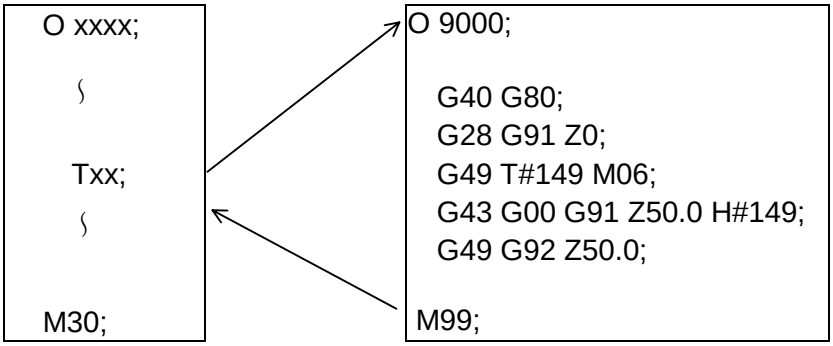
把使用的M代码设定在参数上（O9020 ～ O9029）

FS0	FS16/18	参数号
PRM0230	PRM6080	O9020
｝	｝	｝
PRM0239	PRM6089	O9029

(5) 用T代码的调用

Txx ; (把使用的T代码设定在参数上)

FS0	FS16/18	FS15	程序号
PRM0040#5	PRM6001#5	PRM7000#5	O9000



(6) 用M代码调用子程序

Mxx ; (把使用的M代码设定在参数上)

O9001 ～ O9003 (FS-0)
O9001 ～ O9009 (FS-15/FS-16/FS-18,etc.)

FS0	FS16/18	参数号
PRM0240	PRM6071	O9001
〉	〉	〉
PRM0242	PRM6079	O9009

3．变量

(1) 变量的种类

- 局部变量　#1～#33
- 公共变量　#100～#199
  #500～#999 ： 保持型存储器
- 系统变量　#1000～　： 宏程序用I/O
  #2000～　： 刀具补偿
  #3000～　： NC的状态
  #4000～　： 模态信息
  #5000～　： 位置数据

(2) 变量指定

（Ⅰ型）

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

（Ⅱ型）

地址	变量
A	#1
B	#2
C	#3
I1	#4
J1	#5
K1	#6
I2	#7
J2	#8
K2	#9
I3	#10
J3	#11
K3	#12
I4	#13
J4	#14
K4	#15
I5	#16
J5	#17
K5	#18
I6	#19
J6	#20
K6	#21
I7	#22
J7	#23
K7	#24
I8	#25
J8	#26
K8	#27
I9	#28
J9	#29
K9	#30
I10	#31
J10	#32
K10	#33

(3) 系统变量

变量号	内 容
#1000 ～#1035	DI信号
#1100 ～#1135	DO信号
#2000 ～#2999	刀具补偿量
#3000, #3006	宏程序报警, 程序停止
#3001, #3002	时钟
#3003, #3004	控制自动运行
#3007	镜象
#4001 ～#4120	模态信息(预读程序段)
#4201 ～#4320	模态信息(执行中程序段)
#5001 ～#5015	程序终点位置
#5021 ～#5035	机械坐标系
#5041 ～#5055	工件坐标系
#5061 ～#5075	跳转信号输入位置
#5081 ～#5095	刀具补偿量
#5101 ～#5115	伺服位置偏差量
#5201 ～#5215	工件偏移量(外部)
#5221 ～#5235	工件偏移量(G54)
#5241 ～#5255	工件偏移量(G55)
#5261 ～#5275	工件偏移量(G56)
#5281 ～#5295	工件偏移量(G57
#5301 ～#5315	工件偏移量(G58
#5321 ～#5335	工件偏移量(G59)

注）#5000～#5335的后两位表示轴号。
例, #5301或#5321＝第1轴(X轴)
#5315或#5335＝第15轴

4．编制用户宏程序

4.1 运算指令

(1) 运算种类

① 变量的定义，赋值

#i = #j ,　#i = 123

② 加法形运算

#i = #j + #k ..... (和)
#i = #j - #k ..... (差)
#i = #j OR #k..... (或)
#i = #j XOR #k ..... (异或)

③ 乘法形运算

#i = #j * #k.....(积)
#i = #j / #k .....(商)
#i = #j AND #k.....(与)

④ 函数

#i = SIN [#j].....(正弦)
#i = COS [#j] .....(余弦)
#i = TAN [#j] .....(正切)
#i = ATAN [#j] / [#k] .....(反正切)
#i = SQRT [#j] .....(平方根)
#i = ABS [#j] .....(绝对值)
#i = BIN [#j] .....(BCD → BINARY变换)
#i = BCD [#j] .....(BINARY → BCD 变换)
#i = ROUND [#j].....(四舍五入取整)
#i = FIX [#j].....(下取整)
#i = FUP [#j].....(上取整)

(2) 运算的顺序

(例)

#i = SIN [[[#j + #k] * #l + #m] * #n]
——①—
——②————
———③——————
———④————————
————⑤————————

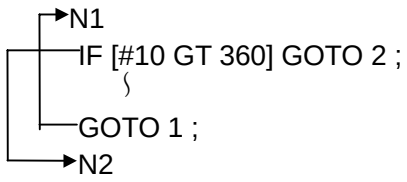
4.2 控制命令

(1) 转移

【程序格式】

```
IF [条件式] GOTO n ;   (n = 顺序号)；
```

(**例**)



条件式不成立时，执行下面的程序。条件式成立时，跳到顺序号n去执行。

(2) 控制循环

【程序格式】

```
WHILE [条件式] DO m ;
        ⟩
      END m ;
```

m=1,2 or 3

条件式成立时执行从DOm的程序段到ENDm的程序循环，条件不成立时，执行ENDm的下一个程序段。

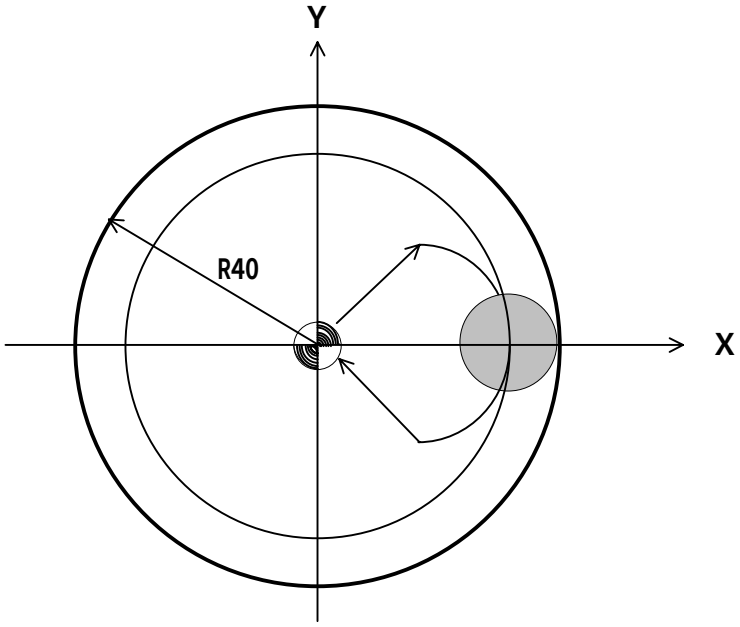
可以控制到3重。

(3) 条件式

#j EQ #k	#j＝#k (Equal)(等于)
#j NE #k	#j≠#k (Not Equal)(不等于)
#j GT #k	#j＞#k (Greater than)(大于)
#j LT #k	#j＜#k (Less than)(小于)
#j GE #k	#j≧#k (Greater or Equal)(大于等于)
#j LE #k	#j≦#k (Less or Equal)(小于等于)

5．程序举例

5.1 切削圆的例子



【通常的程序】

```
O0109;
N001 G91 G42 G01 X20.0 Y20.0 D03 F200;
N002 G02 X20.0 Y-20.0 R20.0;
N003      I-40.0;
N004      X-20.0 Y-20.0 R20.0;
N005 G40 G01 X-20.0 Y20.0;
N008 M99;
```

【用户宏程序的程序】

- 主程序

```
G65 P9010 I40.0 F200 D03;
```

I ＝ 圆的半径
D ＝ 刀具半径补偿号
F ＝ 进给速度

- 宏程序

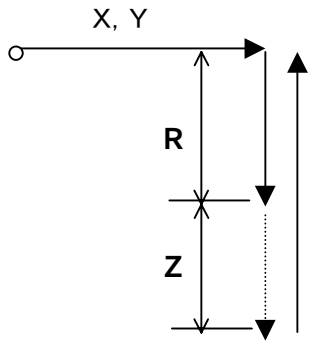
(**例** 1)

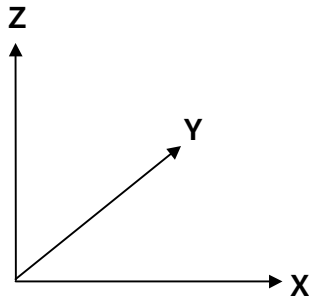
```
O9010;
N001 G40 G80 G49 ;
N002 #100=#4/2;
N003 G91 G42 G01 X#100 Y#100 D#7 F#9;
N004 G02 X#100 Y-#100 R#100;
N005       I-#4;
N006       X-#100 Y-#100 R#100;
N007       G40 G01 X-#100 Y#100;
N008 M99;
```

(**例** 2)

```
O9010;
N001 G40 G80 G49 ;
       #101=#[2000+#7];
N002 #100=[#4-#101]/2;
N003 G91 G01 X#100 Y#100 F#9;
N004 G02 X#100 Y-#100 R#100;
N005       I-[#4-#101];
N006       X-#100 Y-#100 R#100;
N007 G01 X-#100 Y#100;
N008 M99;
```

5.2 钻削循环的例子





【通常程序】

```
O0109;
  N001 G91 G00 X__ Y___ ;
  N002          .Z-__ ;
  N003      G01 Z-___; F___;
  N004      G00 Z ___ ;
M99 ;
```

【用户宏程序的程序】

- 主程序

  G65 P9081 Xx Yy Rr Zz Ll Ff；

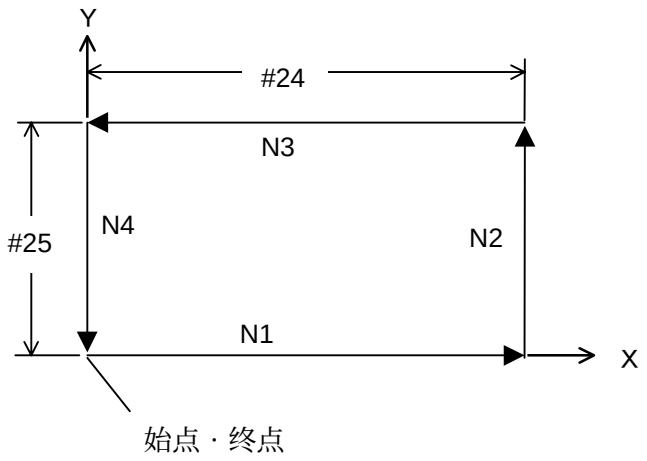
  x,y ＝ X,Y轴的坐标值
  r ＝ R点的坐标值
  z ＝ Z点的坐标值
  l ＝ 循环次数
  f ＝ 进给速度

- 宏程序

```
O9081;
N001 G00 X#24 Y#25 ;  ..... X,Y轴的移动
N002 #3003=1 ;  ..... 单程序段停无效
N003 G00 Z#18 F#9 ;  ..... 移动到R点
N004 G01 Z#26 ;  ..... 移动到Z点
N005 G00 Z-[ROUND[#18] + ROUND[#26] ] ;  ..... 返回到初始平面
N006 #3003=0 ;  ..... 单程序段停功能有效
N008 M99 ;
```

5.3 使用变量的程序举例

（1）编程举例1（使用局部变量的方法）



#24=50mm
#25=30mm

手工编程序时

```
O0001
N1 G01 X50.0 F300;
N2 Y30.0;
N3 X-50.0;
N4 Y-30.0;
M30;
```

【主程序】

```
O0001;
G65 P9400 X50.0 Y30.0 F300;
M30;
```

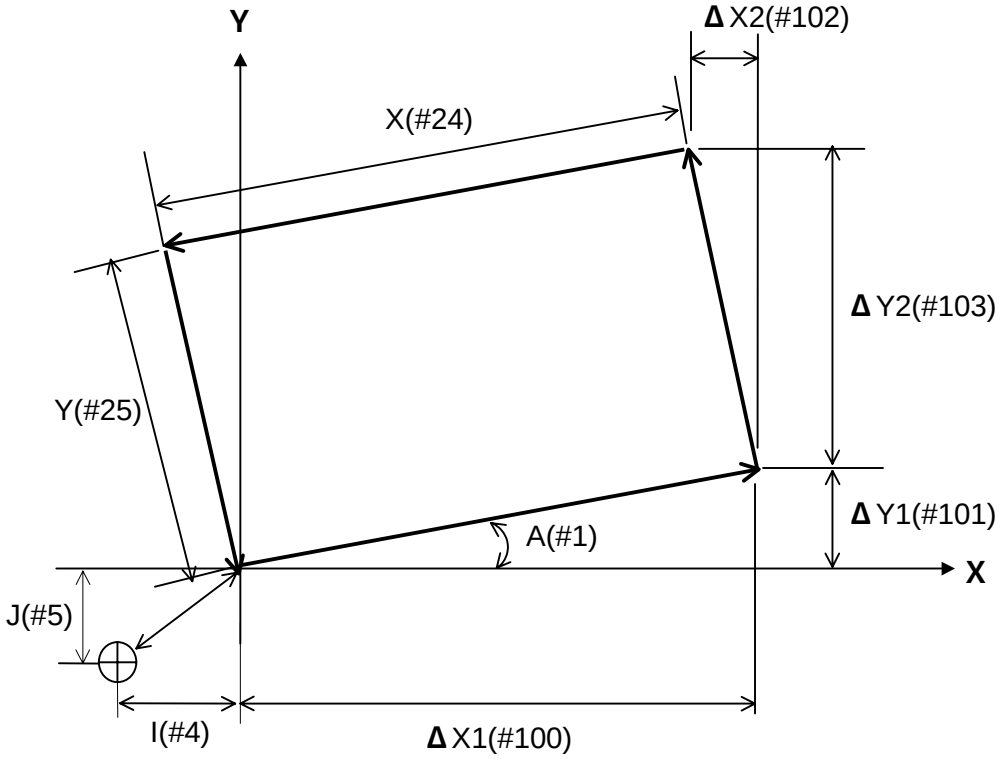
【宏程序】

```
O9400;
N1 G01 G91 X#24 F#9;
N2 Y#25;
N3 X-#24;
N4 Y-#25;
M99;
```

X: X 边的长度 (#24)
Y: Y 边的长度 (#25)
F: 切削进给速度(#9)

#24 地址X的自变量。
#25 地址Y的自变量。
#9 地址F的自变量。

（3）编程举例2（局部变量使用方法）



【主程序】

G65 Pxxxx A____X ____ Y____ **I**____ **J**____ **F**____ **D**____;

P: 程序号
A: 角度
X: X 边的长度
Y: Y 边的长度
F: 切削进给速度

I: X 趋近
J: **Y** 趋近
D: 刀具半径补偿号

【宏程序】

（例１）

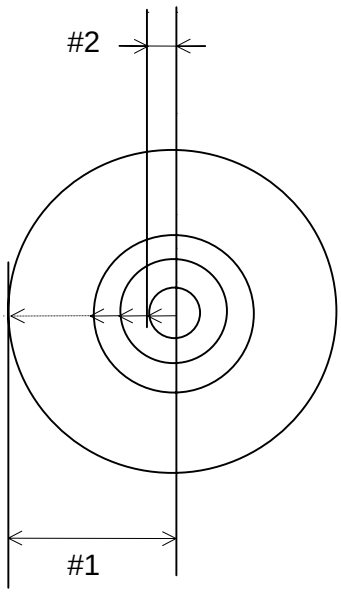
```
O xxxx ;
  #100=#24 * COS[#1] ;
  #101=#24 * SIN[#1] ;
  #102=#25 * SIN[#1] ;
  #103=#25 * COS[#1] ;
G01 G91 G42 X#4 Y#5 F#9 D#7;
            X#100 Y#101;
            X-#102 Y#103;
            X-#100 Y-#101;
            X#102 Y-#103;
       G40 X-#4 Y-#5;
M99;
```

（例２）

```
O xxxx ;
  #100＝#24 * COS[#1];
  #101＝#24 * SIN[#1];
  #102＝#25 * COS[#1 + 90.0];
  #103＝#25 * SIN[#1 + 90.0];
G01 G91 G42  X#4 Y#5 F#9 D#7;
             X#100 Y#101;
             X#102 Y#103;
             X-#100 Y-#101;
             X-#102 Y-#103;
       G40  X-#4 Y-#5;
M99;
```

5.4 使用控制命令的程序举例

- 这是循环程序的例子，此循环一直到圆弧半径值#2大于#1为止。



（使用转移命令）

```
O1234;
   #1 = 100 ;
   #2 = 20 ;
   #3 = #2 ;
N1 IF [#3 GT #1] GOTO 2;
   G01 G91 X－#2 F___;
   G02 I #3;
   #3 = #3 + #2;
   GOTO 1;
N2 M30;
```

（使用循环命令）

```
 O1234;
  #1 = 100 ;
  #2 = 20 ;
  #3 = #2 ;
WHILE [#3 LE #1] DO 1;
  G01 G91 X－#2 F___;
   G02 I #3;
  #3 = #3 + #2;
END 1;
 M30;
```

5.5 测量的例子

使用跳转功能（G31）

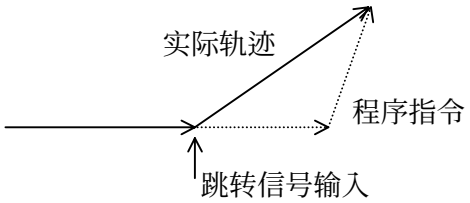
在向被指令的终点位置移动中，从机床输入跳转信号（从测量传感器来的信号）时，取消残余的移动量，执行下个程序段。
不输入跳转信号时，与G01动作相同。

（1）跳转信号用于移动量不定的下述场合
① 磨床的定尺寸进给
② 操作用接触传感器的刀具测量
③ 用传感器接触工件的方法定中心，或尺寸测量

（2）绝对坐标指令和增量指令的不同点

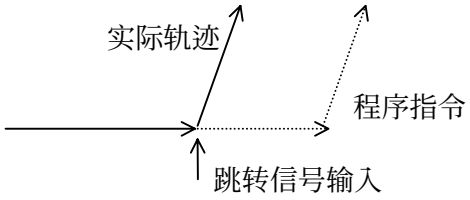
① 绝对指令

N1 G31 G90 X100.0 F300;
N2 X150.0 Y50.0;

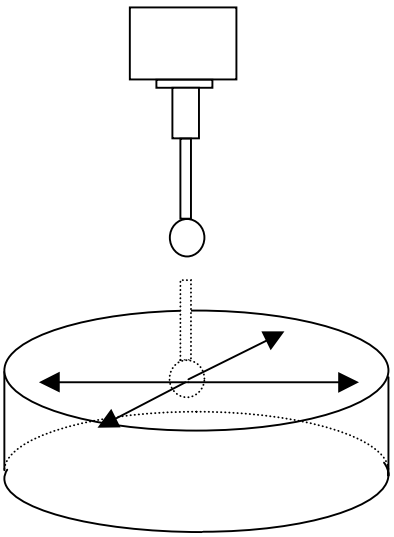


① 增量指令

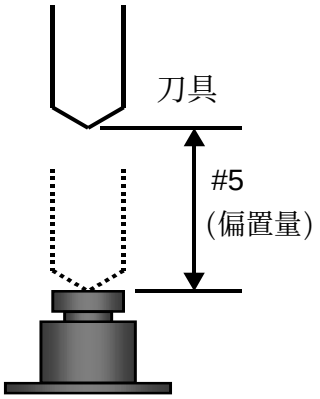
N1 G31 G91 X100.0 F300;
N2 X150.0 Y50.0;



（3）使用程序自动定心的例子



（4）编程举例（系统变量的使用方法）



自动测量刀具长度，把测量的值作为刀具补偿量进行自动设定。

(使用的系统变量)
#5063: 读取跳转信号位置
#4001: 读取01组G代码
#4003: 读取03组G代码
#4109: 读取F代码

【主程序】

```
O2000
G65 P9500 T3 H11;          T:刀具号(#20)
M30;                       H:刀具长度补偿号(#11)
```

【宏程序】

```
O9500;
  #1=#4001;  ..... 读取01组G代码
  #3=#4003;  ..... 读取03组G代码
  #9=#4019;  ..... 读取F代码
  G28 G91 Z0;  ..... 返回到Z轴参考点
  G28 X0 Y0;  ..... 返回到X,Y轴参考点
  T#20 M06;  ..... 给测量刀具的交换指令
  G53 G90 X100.0 Y50.0;  ..... 移动到测量点
  G31 G91 Z-200.0 F200;  ..... 移动到碰到传感器为止
  #5=#5063;  ..... 读取跳转信号位置信息
  #[2000+#11]=#5;  ..... 设定补偿量
  G53 G90 G49 G00 Z0;  ..... Z轴返回到机械原点
IF  [#5 EQ –200.0] GOTO 9;  ..... 没接触到传感器时转到N9
  G28 G91 Z0;  ..... 返回到Z轴参考点
  G28 X0 Y0;  ..... 返回到X,Y轴参考点
  G#1 G#3 F#9;  ..... 模态信息复原
  M99;  ..... 返回到主程序
N9  #3000=1;  ..... 没接触到传感器时，报警
```

注）刀具长度补偿量的系统变量号（#2000～）随NC装置而异。

第6章
CNC的操作

目录

页

1. CNC操作概要.....6-1
  1.1 方式（CNC作业内容）的选择.....6-1
  1.2 方式（CNC作业内容）的选择.....6-1
  1.3 方式（CNC作业内容）的选择.....6-1
2. 机床操作面板（FS16/18用）.....6-2
3. 操作.....6-4
  3.1 方式的选择（CNC作业内容）.....6-4
  3.2 手动运行操作.....6-5
    3.2.1 手动连续进给（JOG）.....6-5
    3.2.2 手动手柄进给（MPG）.....6-7
    3.2.3 手动返回参考点.....6-8
  3.3 操作LCD（CRT）/MDI单元.....6-11
    3.3.1 LCD/MDI单元外形.....6-11
    3.3.2 MDI单元的说明.....6-13
    3.3.3 CNC画面的显示.....6-15
  3.4 程序的编辑.....6-21
    3.4.1 登录程序.....6-21
    3.4.2 修改程序.....6-24
  3.5 自动运行操作（运行程序）.....6-29
    3.5.1 加工中心系车床系相同的操作.....6-29
    3.5.2 确认加工中心系的程序.....6-30
    3.5.3 确认车床系的程序.....6-32
    3.5.4 确认仿真器的程序.....6-34
  3.6 调用程序.....6-36
  3.7 删除程序.....6-39
  3.8 关于未正确地执行程序时的处理.....6-41

1. CNC操作概要

下面对CNC的操作方法进行说明。
CNC的操作有手动运行，自动运行和程序编辑操作。
其概要如下。

1.1 手动运行操作

1）手动连续进给

①JOG进给速度（JOG进给速度倍率）

②快速进给（倍率×100%，50%，25%，LOW）

③返回参考点（快速进给）

2）手轮进给（手摇脉冲发生器＝MPG）

（×1，×10，×100，×1000）

3）增量进给

（×1，×10，×100，×1000，×10000）

1.2 自动运行操作

1）MDI运行
2）存储器运行
3）纸带运行
4）远程运行

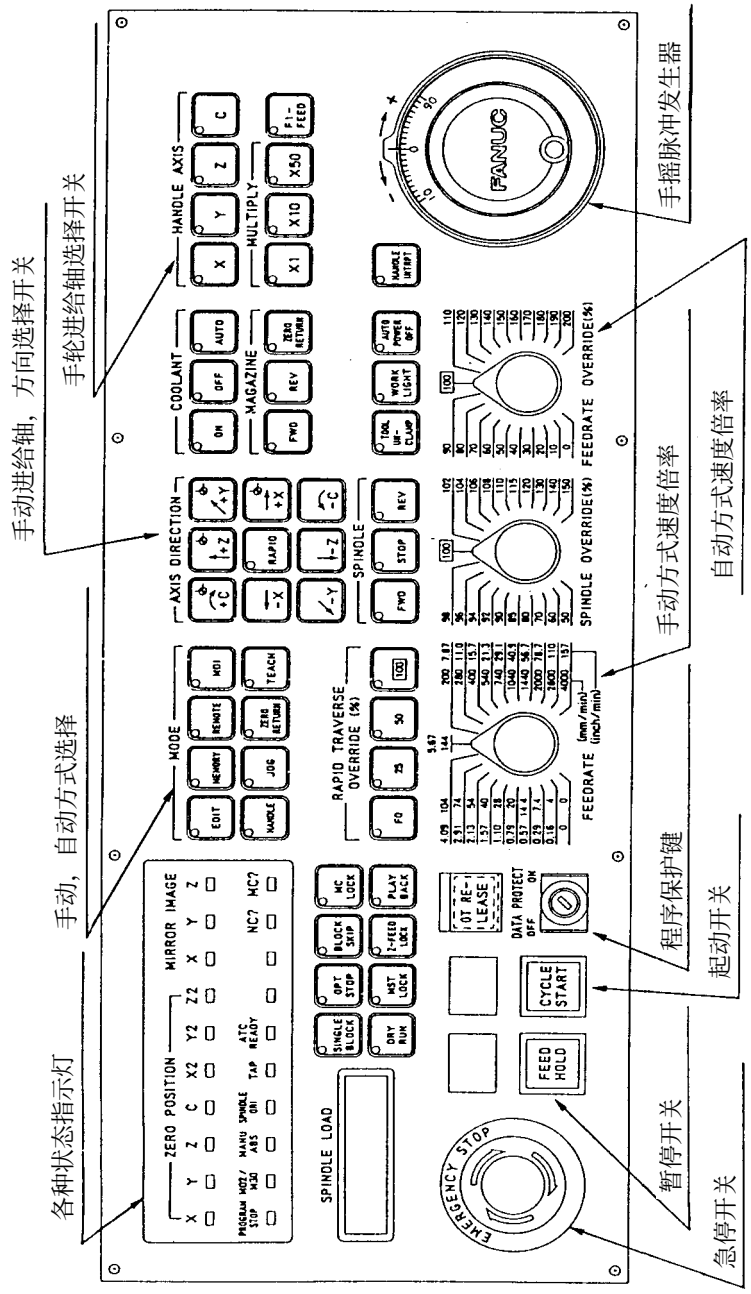
1.3 程序编辑

1）前台编辑
2）后台编辑

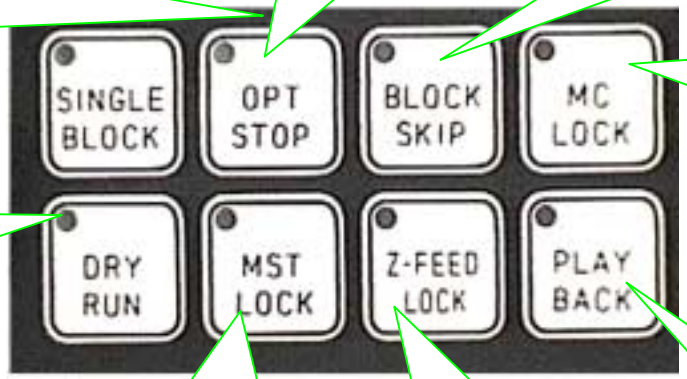
下面将说明在手动运行操作和程序编辑操作中，插入程序的操作及自动运行的操作。
程序的动作用CNC的图形功能确认。

2．机床操作面板（FS16/18用）

CNC机床可以用下图所示的机床操作面板和CRT（LCD）/MDI单元操作。但是机床操作面板因机床厂家而异。因此，在操作之前，要读机床厂家的说明书。下面的操作面板是FANUC标准的机床操作面板的例子。



[机床操作面板的自动运行辅助开关]



单程序段
按下此开关后，按起动开关
则执行一个程序段
再起动时，再按起动按钮。

选择停机
若按此开关，则在含有“M01”的程序段
中停止执行程序。

跳过任选程序段（程序段注销）
若按此开关，则执行程序时，跳过带“/”的
程序段。

机床锁住（全轴锁住）
如果按下此开关，手动、自
动的任何指令，机床也不动
作。用于确认程序。

空运转
若按此开关，程序内的速度指令、
F代码就无效，而手动进给倍率开
关为有效。

辅助功能锁住
当按下此开关时，M、S、T代码
的指令被锁住，不执行。
对于这功能，请参照机床厂的
说明书。

Z轴锁住
若按下此开关，只是Z轴被
锁住，其他轴动作，当确认
程序时使用。

程序再开始
如果按下此开关，可以从中
途再开始执行程序。
当刀具破损和休息后再加工
时使用。

3．操作

3.1 选择开关（CNC的作业内容）

CNC的作业内容，用下图的“方式选择开关”来选择。
对于CNC的方式，有以下3种。

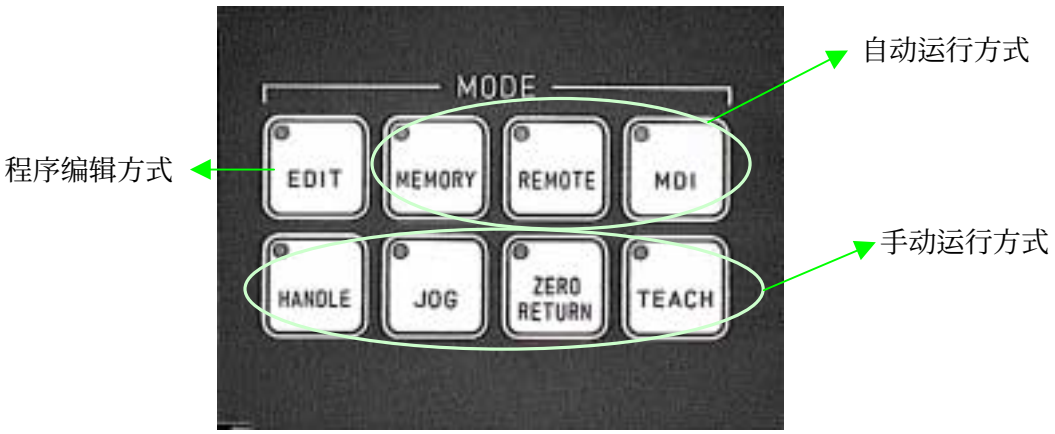
★手动方式:用手动操作机床。（JOG，HANDLE，ZERO RETURN）

★程序编辑方式:进行编辑（EDIT）

★自动运行方式:执行编好的程序。自动运行有以下2种方式。

- 存储器运行方式（MEMORY/AUTO）
  执行CNC存储器中存储的程序。
- MDI运行方式（MDI）
  从LCD（CRT）&MDI单元输入1个或多个程序段并执行。

● FS16/18的标准机床操作面板的方式选择键。



3.2 手动运行操作

手动运行操作有以下3种。

★手动连续进给（JOG）

★手动手轮进给（MPG）或增量进给

★手动返回参考点

3.2.1 手动连续进给（JOG）

用手动可以使机床连续移动。

① 按方式选择开关的 JOG 键。

② 选择JOG进给速度。

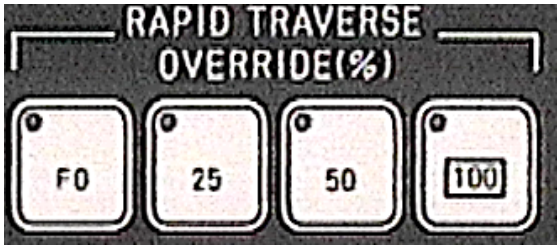


③ 按机床操作面板进给轴方向的选择开关，使机床可以在选择的轴方向上连续移动。



若想用快速进给速度移动时，按 RAPID 键后，再按移动轴的键。

④ 用倍率开关变更快速进给速度。



注意！！

（1）快速进给时的速度，时间常数、加减速的方式与程序指令的快速进给（用G00的定位）相同。

（2）当有存储行程限位选择功能时，对于有返回参考点功能的某一轴，当接通电源以后，未返回参考点时，即使按下快速进给按钮，也不生效，仍是用JOG进给速度。

3.2.2 手轮进给（MPG）

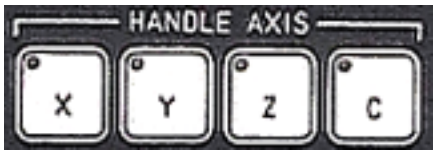
用手摇脉冲发生器（MPG），可以使机床微量进给。

① 按方式选择开关 HANDLE 。

② 选择手动进给倍率。



③ 选择手轮进给移动的轴。



④ 回转手摇脉冲发生器（MPG）。



手摇脉冲发生器（MPG）1个刻度的移动量如下表所示。

移动单位	×1	×10	×100(注1)
公制输入	0.001mm	0.01mm	0.1mm
英制输入	0.0001inch	0.001inch	0.01inch

注意！！

(1) 由于机床的不同，用其他值的情况也有。

(2) 手摇脉冲发生器1个刻度的移动量是最小设定单位。

(3) 当选择了×100等大倍率时，若快速回转手摇脉冲发生器，
机床移动速度很快，应特别注意。
最高速度限制在快速进给速度。

3.2.3 手动返回参考点

用手动操作，把机床移动到参考点。

① 按下方式选择开关 NERO RETURN 。

② 想变更进给速度时，按快速进给倍率开关。

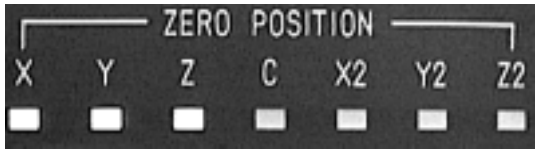


③ 选择返回参考点的轴，在到达参考点之前，一直按着轴选择键。



机床工作台以快速进给移动到减速位置，在减速位置压上了返回参考点用的限位开关时，开始减速，此后用低速（FL速度）移动到参考点位置，停止。另外，在快速进给时，快速进给倍率有效。

④ 参考点位置可以用返回参考点结束指示灯亮确认。



注意！！

(1) 返回参考点结束的指示灯，在下述情况时灭灯。

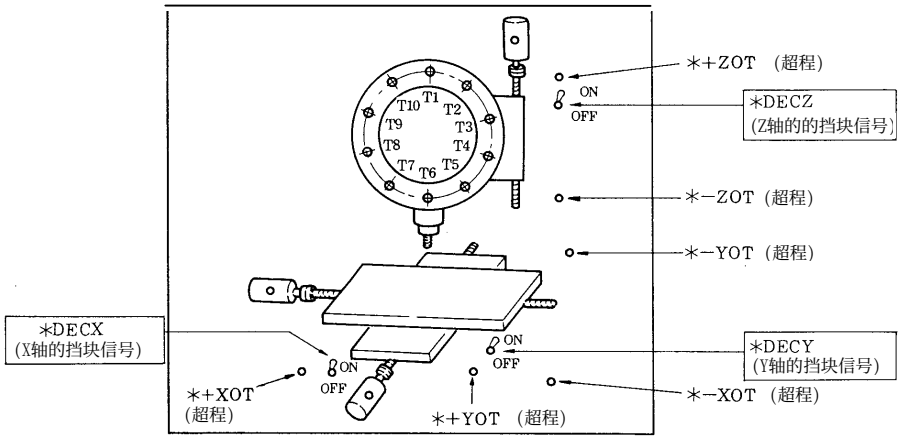
- 从参考点移动时
- 在紧急停状态，机床运动了时

[返回参考点的操作]

返回参考点作业是指在接通电源时，使机床各轴移动到机床上已固定的点（机床原点），并把机床的当前位置存入CNC中。但是使用绝对编码器（绝对位置监测器）的机床，断电时也监视记录机床的位置（有电池支持），所以接通电源时，不需要返回参考点。

●使用仿真器返回参考点的操作如下所示。

① 接通电源后，把机床操作面板上的方式开关置在 ZERO RETURN 上。
② 一边按JOG按钮的 +X ，一边把 *DECX 钮子开关向下转(OFF)，再上转(ON)。
③ 在确认电机停止，返回参考点结束的指示灯亮了以后，松开 +X 按钮。
④ 按上述操作，按 +Y 时，把 *DECY 的开关OFF、ON，按 +Z 时，把 *DECZ 的开关进行OFF、ON操作。

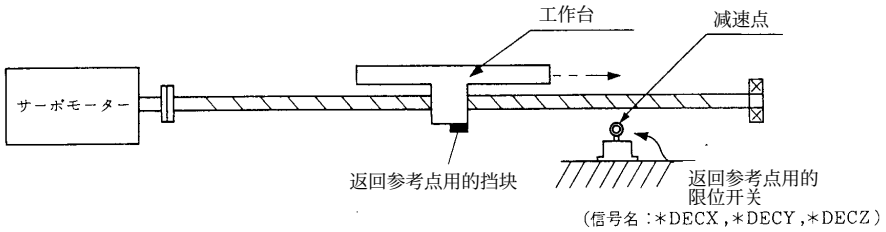


· 在实际的机床中，都有挡块和限位开关，所以返回参考点的操作只是按方式选择开关和JOG按钮。
· 在学校的仿真操作，不用挡块，而用 *DECX 等钮子开关进行OFF/ON操作。

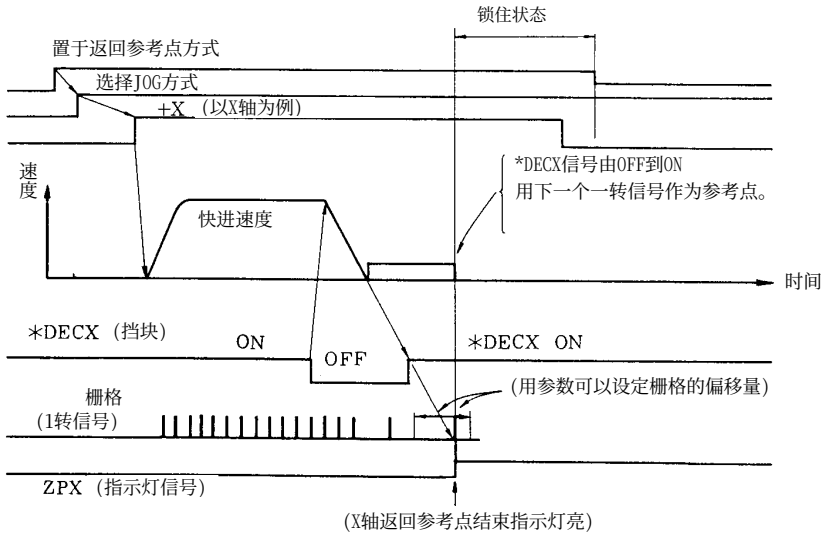
注意！！

· 在信号名前带*标记的表示此信号是B接点，把开关置于上侧。

· 由于误操作把开关置于下侧时报警。此时把开关置于上侧，按MDI单元的 RESET 按钮，复位。



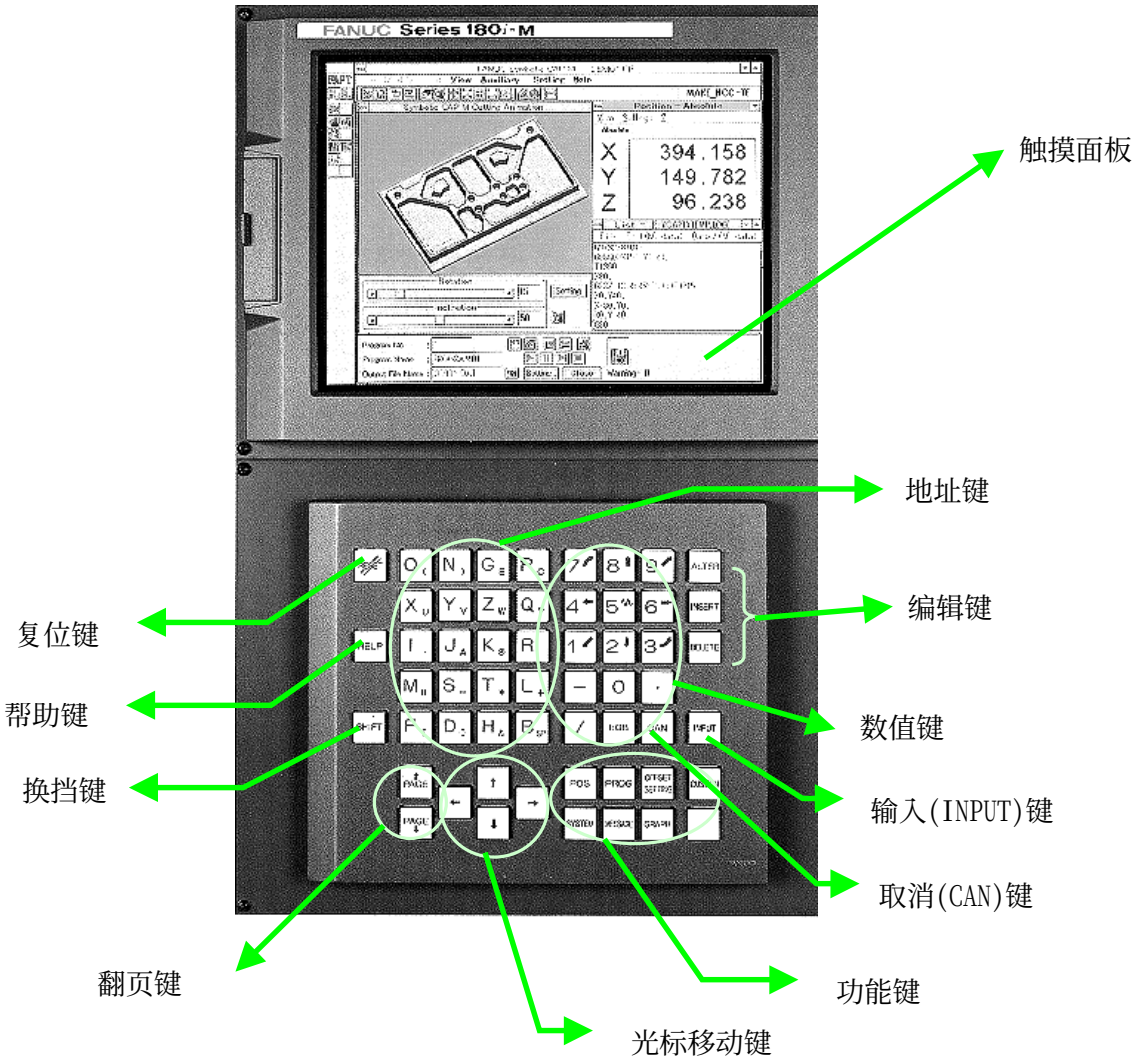
· 返回参考点的时序如下所示。



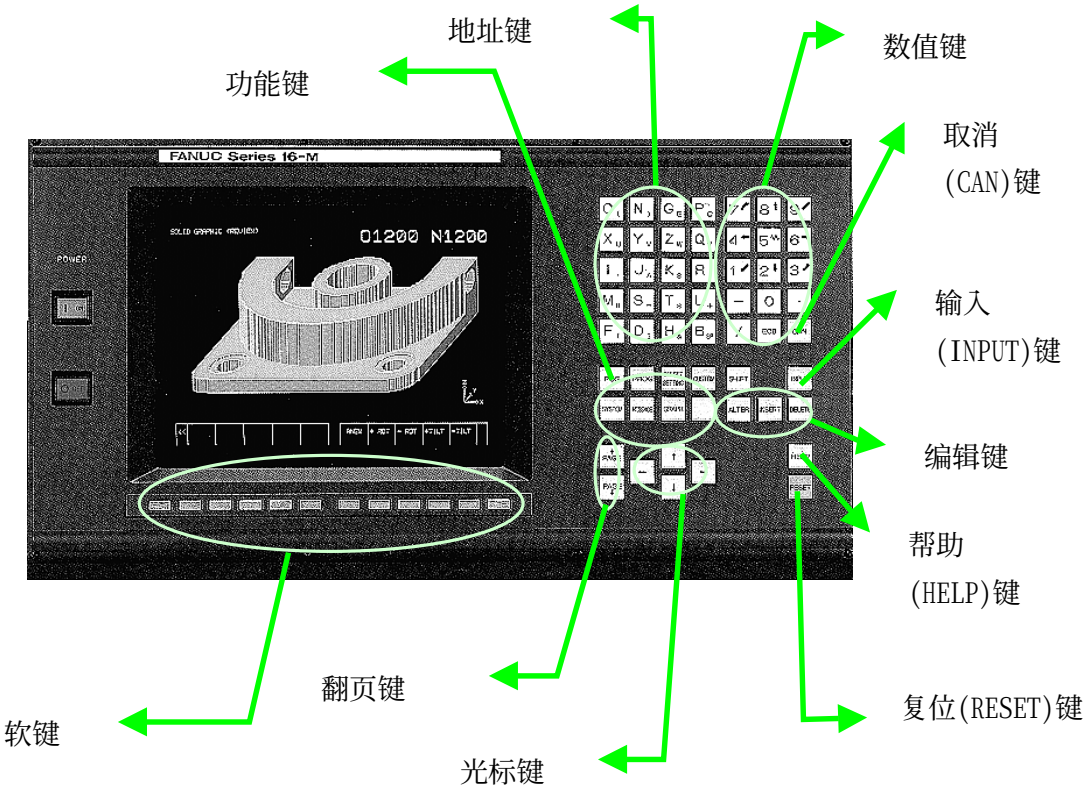
3.3 LCD（CRT）/MDI单元的操作

3.3.1 LCD/MDI单元外形

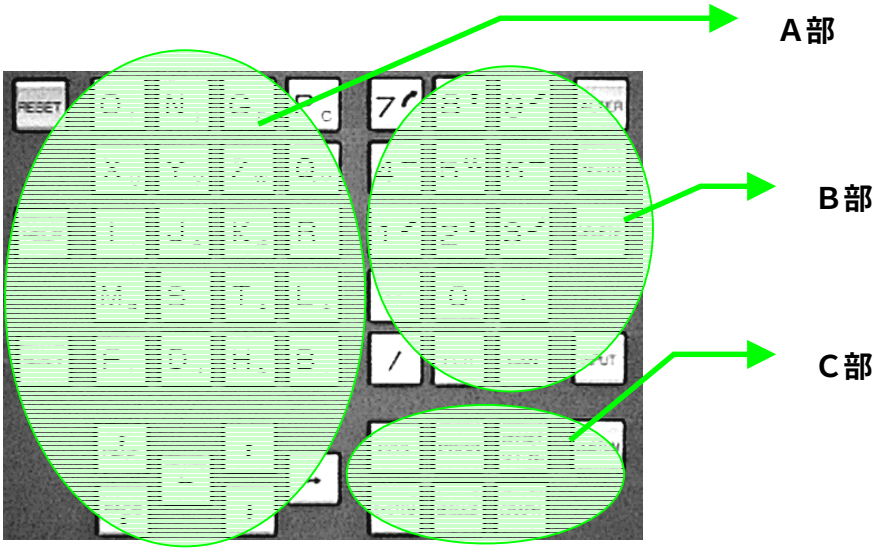
① FS180 i-MA(10.4"LCD)的例子



② FS16-MA(10"LCD)的例子



3.3.2 MDI单元的说明

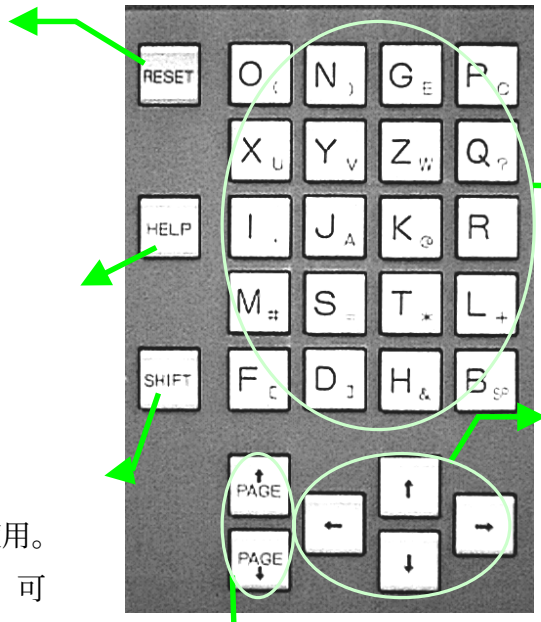


■A部详细情况

复位(RESET)键
解除报警及CNC复位
时使用。

帮助(HELP)键
不清楚CNC操作时
使用。

换挡(SHIFT)键
选择小写的地址字母时使用。
按SHIFT键后，按地址键，可
以选择小写字母。



地址键
输入字母时使用。

光标键
变更CNC画面内容时
使用。

翻页(PAGE)键
切换CNC画面时使用(↓)向后翻页，
(↑)向前翻页。

■B部详细情况

数字键
输入数字等字符时
使用。

/(斜杠)键
跳过任选程序段功
能使用。

程序结束(EOB)键
用于一个程序段结
束时使用。



插入(INSRT)键
插入程序内容时
使用。

删除(DELET)键
删除程序内容
时使用。

取消(CAN)键
取消用键输入的内容
时使用。

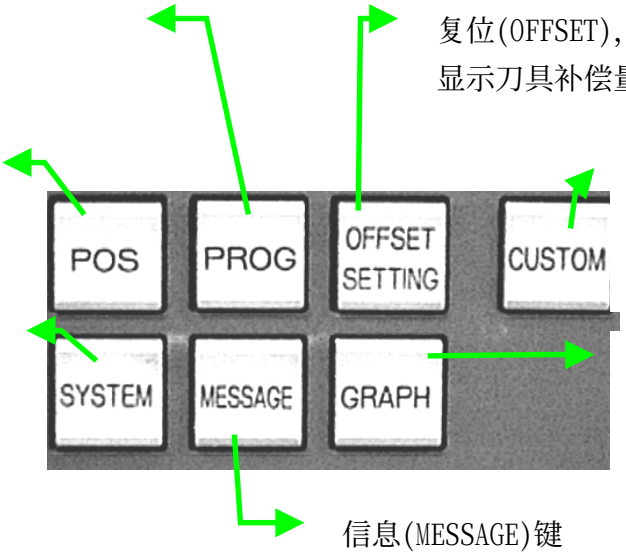
输入(INPUT)键
输入偏置、参数的数据
时使用。

■C部详细情况

程序(PROG)键
显示程序内容。

位置显示(POS)键
显示加工时的位置
等。

系统(SYSTEM)键
显示参数画面和
诊断画面。



复位(OFFSET)，设定(SETTING)键
显示刀具补偿量和SETTING的数据。

专用程序(CUSTOM)键
显示对话形专用程序。

图形(GRAPH)键
显示程序的刀具
轨迹。

信息(MESSAGE)键
显示报警内容。

3.3.3 CNC的画面显示

CNC画面显示内容如下所示。

画　面	内　　容
位置显示画面	显示机床原点的距离和程序执行中的移动量。
程序画面	用于程序的输入、编辑。另外，可以显示程序执行的内容和坐标值。
偏置 SETTING画面	用于刀具补偿量和工件坐标系的设定及宏变量的设定等
系统画面 (参数画面) (诊断画面) (PMC画面)	用于显示、设定参数，显示诊断内容、PMC数据的设定和系统构成画面等。
信息画面 (报警画面)	可以显示报警内容。
帮助画面	可以提示报警的详细内容和CNC的操作方法。
图形画面	用于确认程序的运行轨迹。

下面，关于主要的画面显示进行说明。

① 位置显示画面（综合显示）

A）操作方法

多次按位置键 POS 。

B）显示内容

●相对坐标

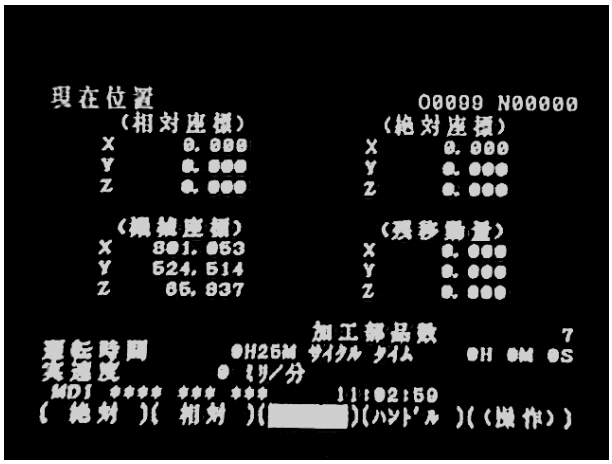
显示从当前位置的移动量（显示增量值）。

用于离开程序原点的位置测量和刀具长度的测量。

●绝对坐标

显示从程序原点的移动量（绝对值）。

用于坐标系设定（G50,G92）和工件坐标系设定（G54～G59）。



●机械坐标系

显示从参考点（机床原点）的移动量。

●剩余移动量

显示在执行程序中，每个程序段剩余的移动量。

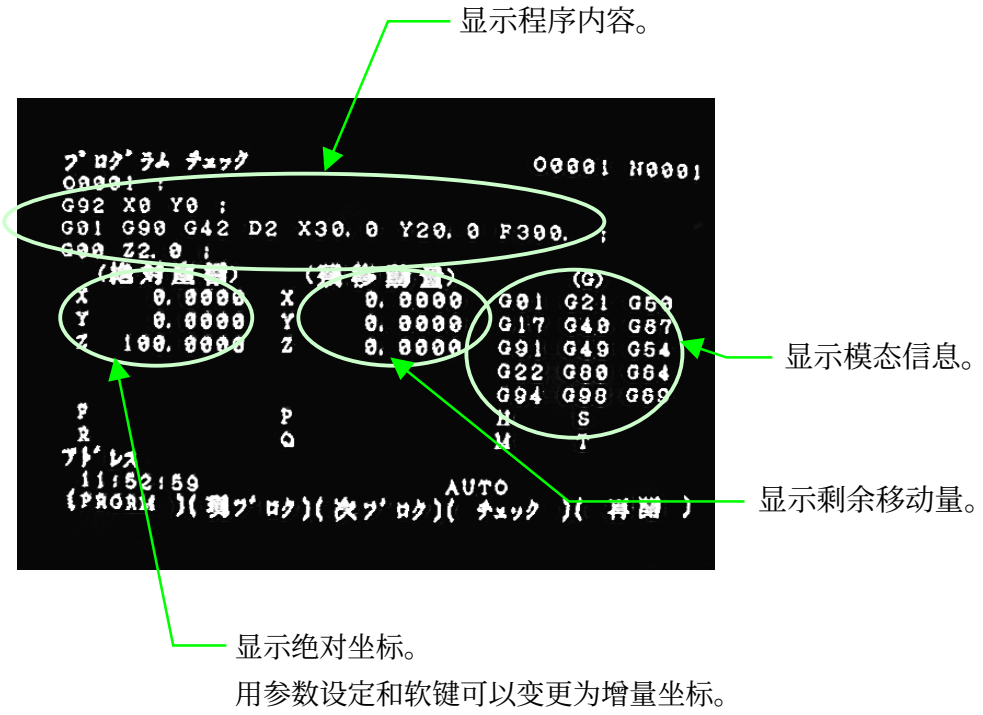
② 程序显示画面（程序检查画面）

在程序执行中，显示程序的检查画面时，可以显示程序的内容和执行中的坐标值。

A）操作方法

选择 MEM 方式，按 PROG 键。

B）显示内容



备注

③ 偏置/SETTING画面

A）操作方法

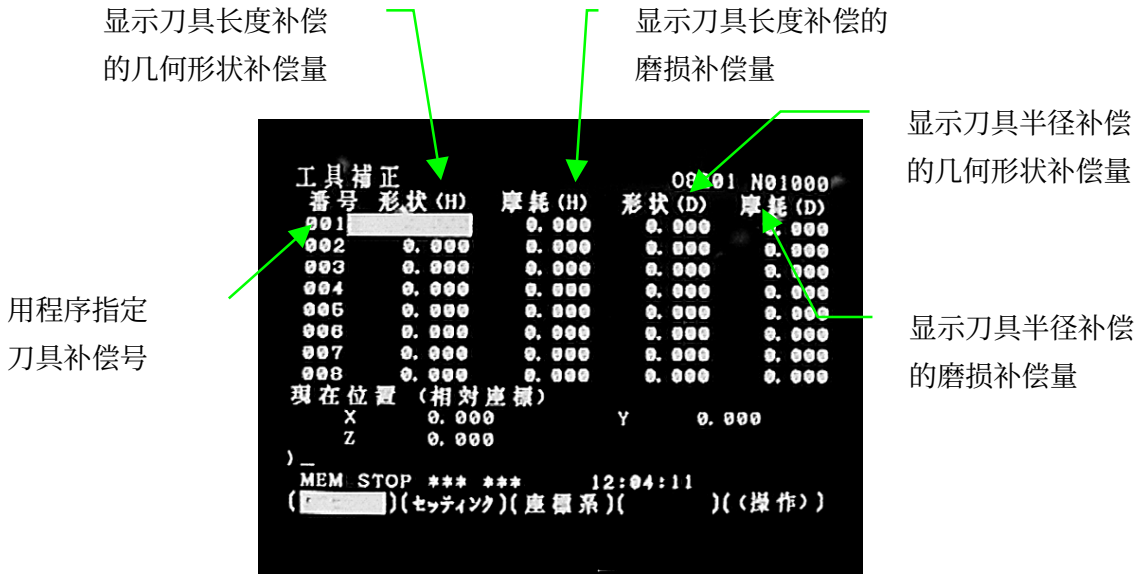
按 **OFFSET SETTING** 键。

B）显示内容

●显示刀具补偿量

设定刀具长度补偿和刀具半径补偿。

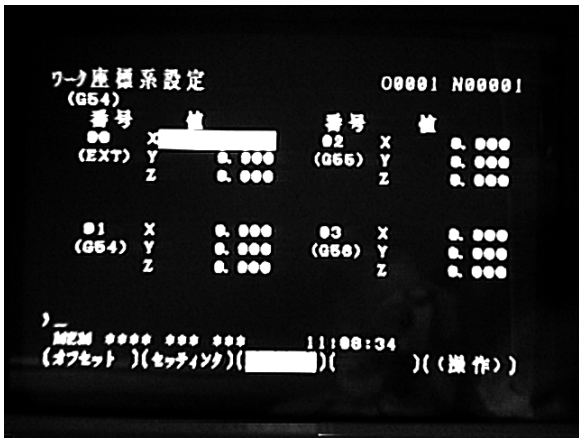
在刀具补偿存储器C的场合（另外还有刀具补偿存储器A,B）。



备注

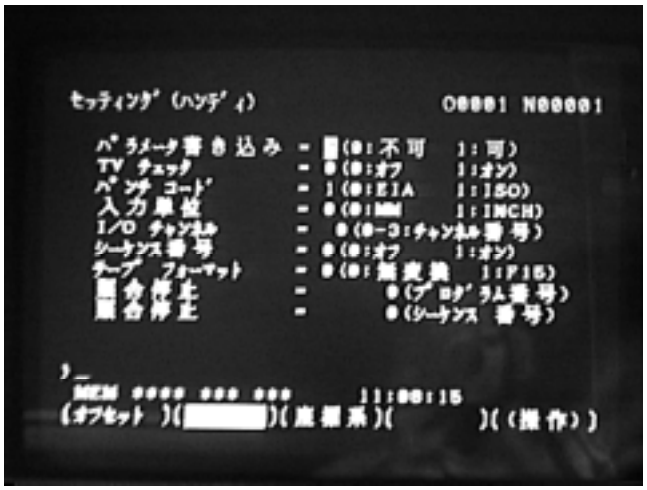
●显示工件坐标系的偏移量

设定工件坐标系（G54～G59）的偏移量。



●显示SETTING

设定参数的写入开关和其它参数。



备注

④ 显示参数画面

设定CNC功能和参数。

⑤ 显示信息画面

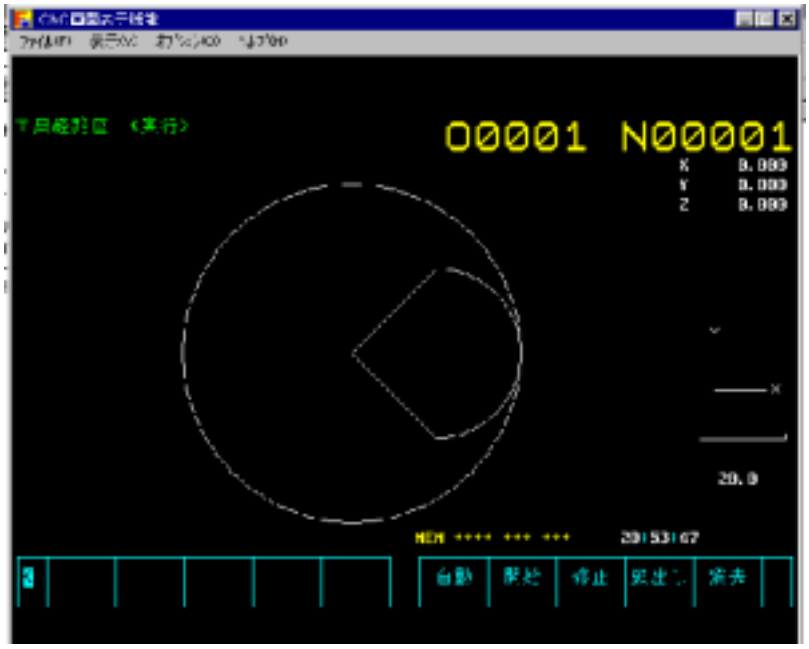
显示报警信息和操作信息。

⑥ 图形显示画面

图形显示功能有图形显示功能、动态图形显示功能和后台描绘功能。

在动态图形显示功能中，可以显示刀具轨迹或加工形状。

详细情况，请参照「3.5节程序运行一节」。



3.4 程序的编辑

3.4.1 程序的登录

从MDI单元输入下面程序。

(1)加工中心系的例题

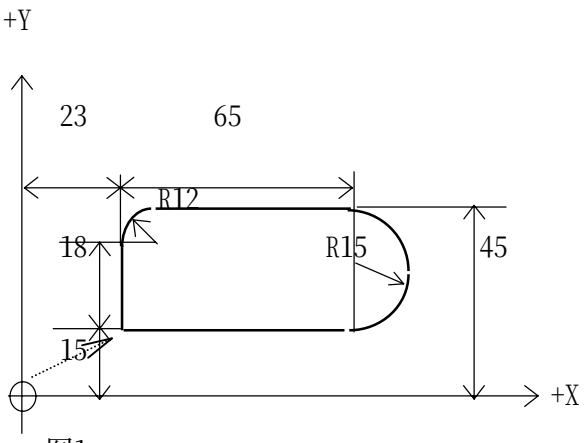


图1

```
O1234;
N10 G92 X0 Y0 Z0;
N20 G90 G00 X23.0 Y15.0;
N30 G01 Y33.0 F500;
N40 G02 X35.0 Y45.0 R12.0;
N50 G01 X88.0;
N60 G02 Y15.0 R15.0;
N70 G01 X23.0;
N80 G00 X0 Y0;
N90 M30;
```

(2)车床系的例题

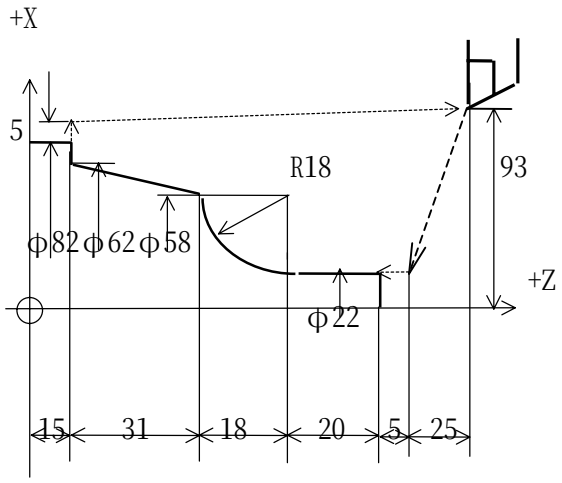


图2

```
O1234;
N10 G50 X186.0 Z114.0;
N20 G00 X22.0 W-25.0;
N30 G01 W-25.0 F500;
N40 G02 X58.0 W-18.0 R18.0;
N50 G01 X62.0 W-31.0;
N60 X92.0;
N70 G00 X186.0 Z114.0;
N80 M30;
```

编制新的程序时，首先要登录程序号。

例如：登录程序号 **O1234** 。

①把方式选择开关置在编辑键 EDIT 。

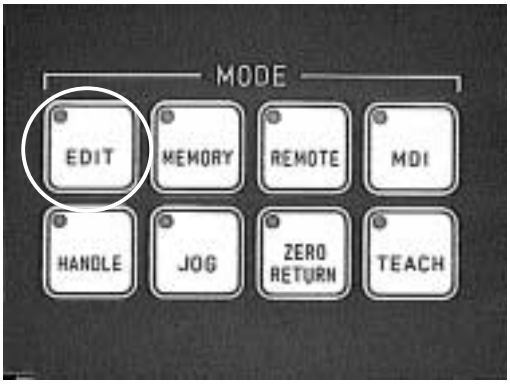


图3

②把操作面板的 PROGRAM PROTECT (程序保护开关)置于OFF。

(注)此开关在ON时，不能登录程序。



图4

③按MDI但愿的 PROG (程序)键。

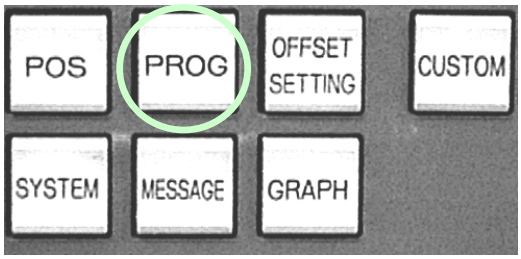


图5

④按MDI单元的地址 0 键。

⑤按数字键 1 2 3 4 。下图是输入数字 1 的情况。

⑥按 INSRT 键。

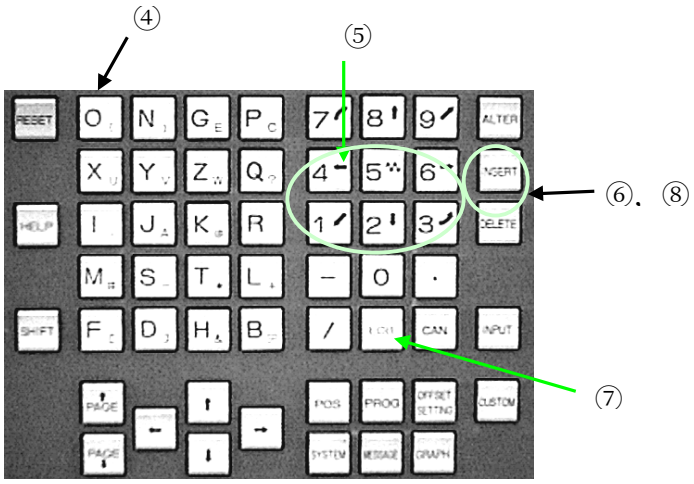


图6

⑦按 EOB （程序段结束）键。

⑧按 INSRT (输入)键。

⑨在CNC画面上显示程序号 **O1234** 。
(注)%(纸带结束)符号自动地被输入。



图7

3.4.2 程序的修改

程序的修改包括字的修改、插入、删除操作。

①修改程序时，首先选择 EDIT (编辑)方式。

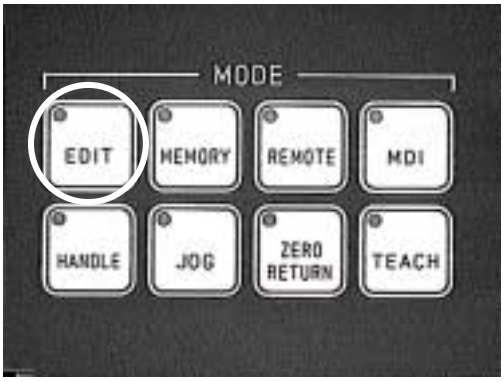


图1

②按 PROG (程序)键显示程序画面。

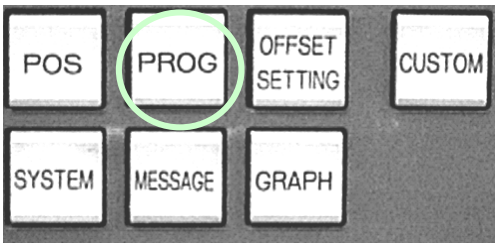


图2

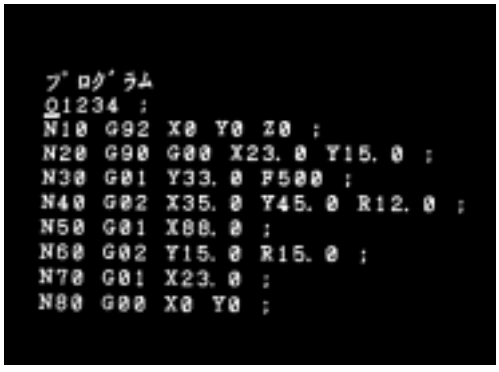


图3

(1) 字的修改

①使光标移动到要修改的字上。

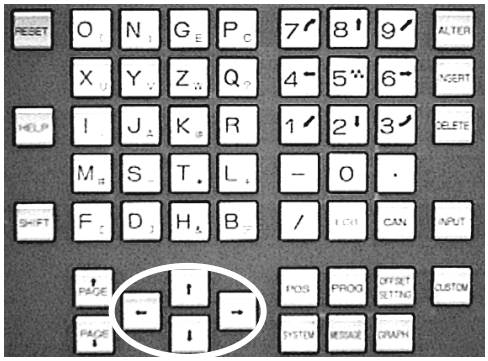


图4

②例如：使光标移到F500的位置上。

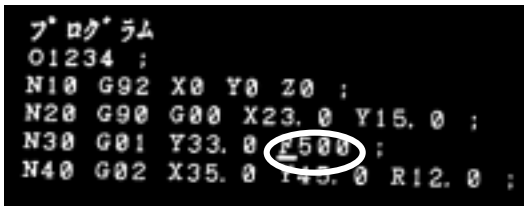


图5

●比较方便的移动光标的方法

移动光标的方法除上述以外还有以下方法。

1.用地址的方法

(例) 地址 光标

按 [F] [↓] 键。

2.用地址字的方法

(例) 地址 数值 光标

按 [F] [5][0][0] [↓] 键。

③输入要修改的字，例如输入 **F1000** 。



图6

④然后按 ALTER 键。



图7

⑤修改后，显示如下图所示。

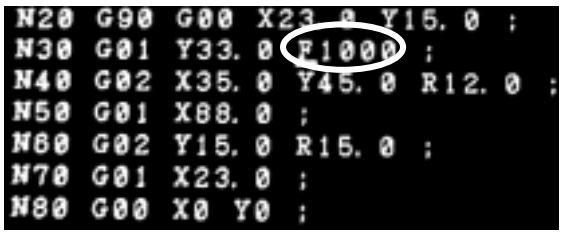


图8

(2) 插入字

①把光标移到插入字的位置。

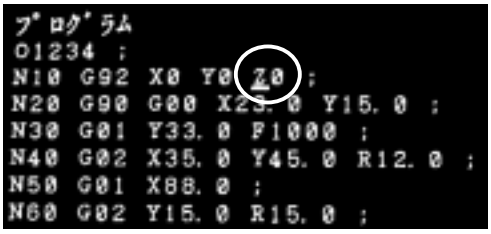


图1

②输入要插入的字。

例：输入M08。

③最后按 INSRT 键。

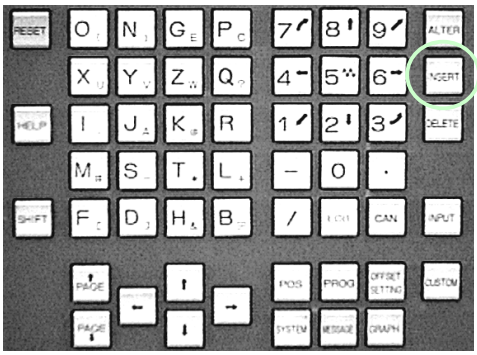


图2

④插入后显示如下图所示。

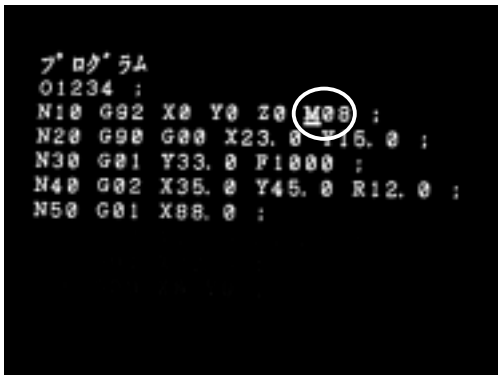


图3

(3) 删除字

①把光标移到要删除的位置。

例如，移到M08上。

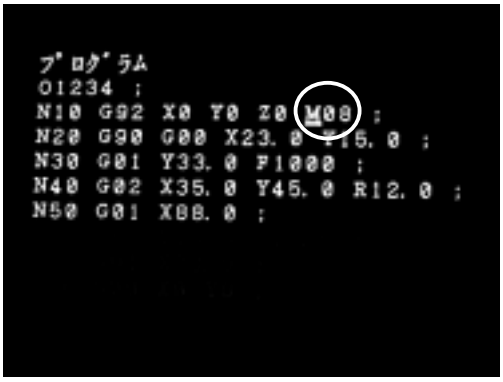


图4

②按 DELET 键(删除键)。



图5

③删除后，显示如下图所示。

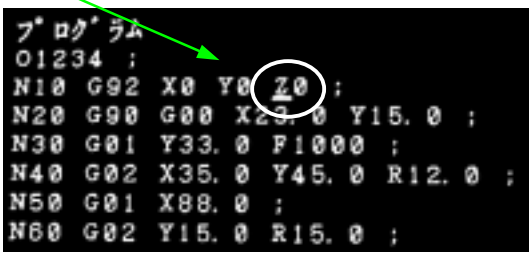


图6

3.5 自动运行操作（程序的运行）

按下面步骤确认自动运行和图形功能的程序动作。

3.5.1 加工中心系统、车床系统相同的操作

①选择 MEMORY (存储器)方式。

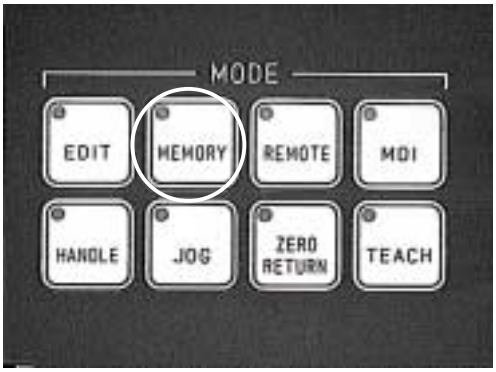


图1

②按 PROG (程序)键显示程序画面。

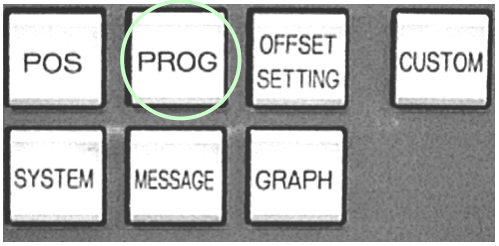


图2

③在程序画面，确认光标是在程序的开头。

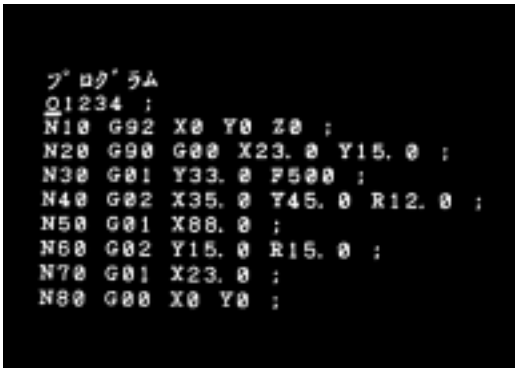
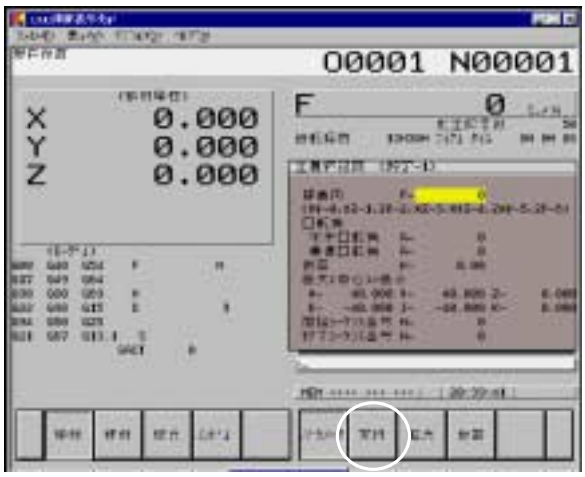


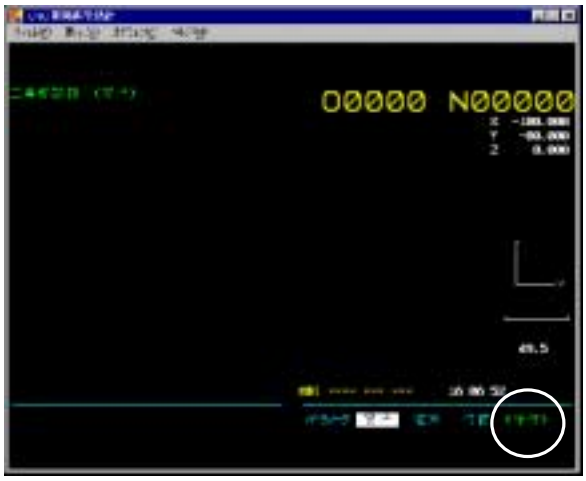
图3

3.5.2 加工中心系统程序的确认

①按 GRAPH (图形)键，显示图形画面，设定绘图参数。



②按软件[执行]。



③按软键[操作]。



④按软键[自动]，进行绘图。

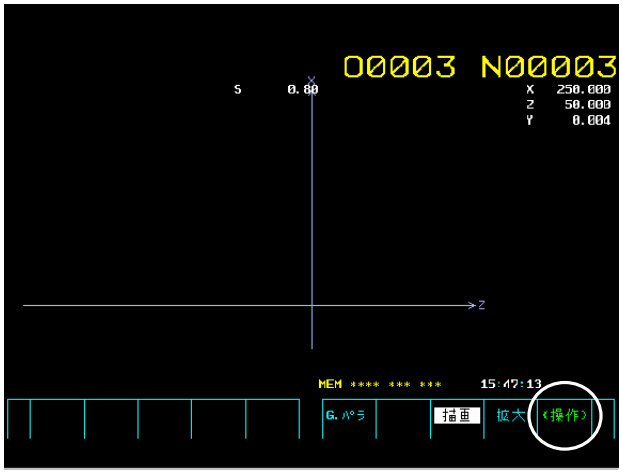


3.5.3 车床系统程序的确认

①按 GRAPH (图形)键，显示图形画面，设定毛坯长度和毛坯半径的参数。



②按软键[绘图]。



③按软键[操作]。



④若按软键[执行]时，进行绘图。



3.5.4 仿真器程序的确认

①按 PAGE 键，先时程序检查画面。



图1

②在下图的程序检查画面中，显示顺序执行的程序，还显示坐标值和模态G代码。



图2

③按 SINGLE BLOCK (单程序段)键。

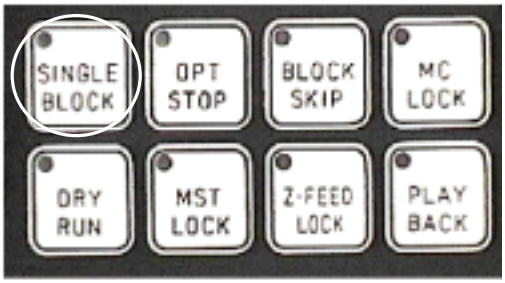


图3

④按 DRY RUN (空运行)键。

(注)使用学校的模拟器确认动作时。

通常，实用程序检查画面确认，进给速度为JOG进给速度。

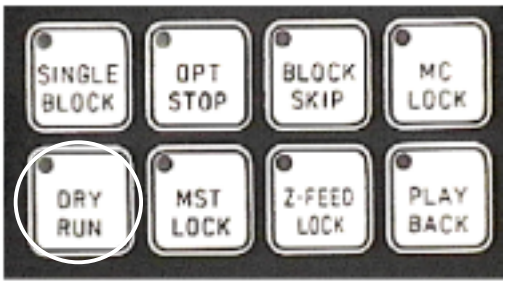


图4

⑤按 CYCLE START (循环开始)键。

执行一个程序段的程序，停止后，再按该键。

(连续运行时)

松开 SINGLE BLOCK (单程序段)键，按 CYCLE START (开始循环)键。



图5

3.6 调用程序

要起动已经登录在存储器中的程序时，须用调用程序的操作调出程序。选择了程序之后，按 CYCLE START 按钮。以调用程序号O0001为例，说明其操作。

①选择 EDIT 或 MEMORY 方式。

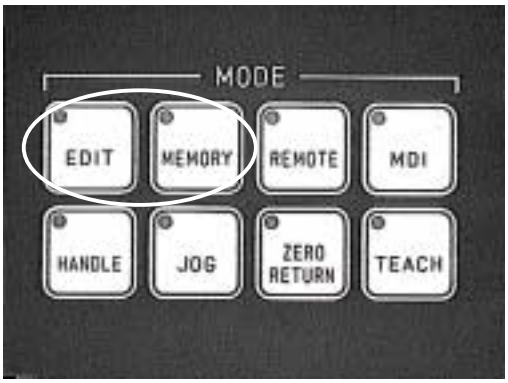


图1

②按 PROG (程序)键，显示程序画面。

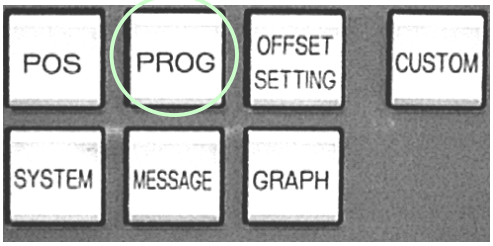


图2

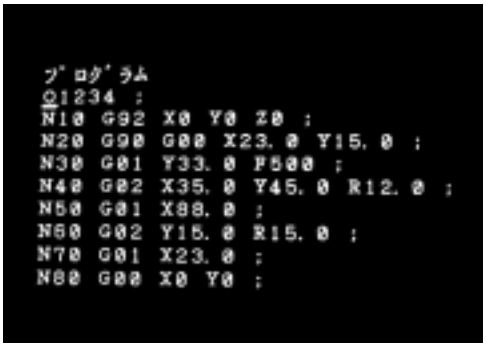


图3

③输入要调用的程序号 **O0001** 。

数字0(零)，输入时可以省略。

④输入程序之后，按 CURSOR (光标)键 ↓ 。

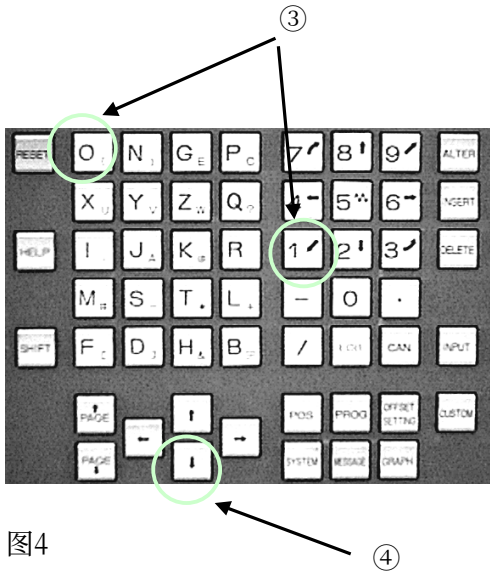


图4

⑤若程序 **O0001** 已登录在存储器中时，则画面显示如下图。

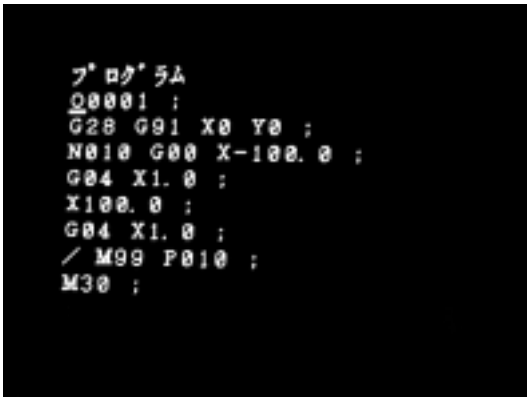


图5

⑥若进行完调用程序的操作后，如同下图一样显示报警时，则表示存储器中没有登录此程序。

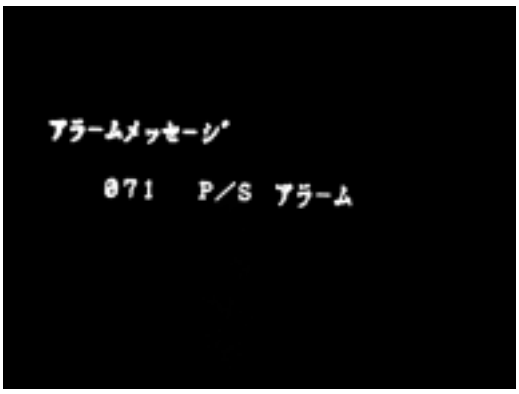


图6

3.7 删除程序

按以下操作删除程序。

①按方式选择键 EDIT 。

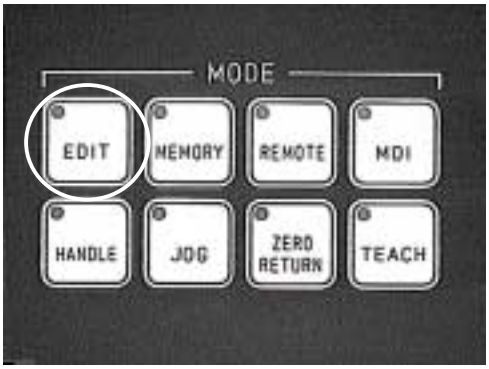


图1

②把操作面板的 DATA PROTECT 或 PROGRAM PROTECT (程序保护)开关置于OFF状态。

(注)此开关在ON状态时，不能删除程序。



图2

③连续按MDI单元的 PROG (程序)键，使之显示程序画面。

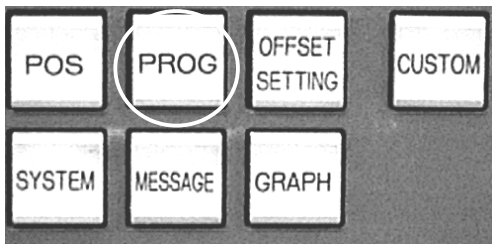


图3

④ 下图是现在已登录完的程序例字。



图4

⑤ 例如，删除程序号 **O1234** 的操作如下。

输入要删除的程序号 **O1234** 。

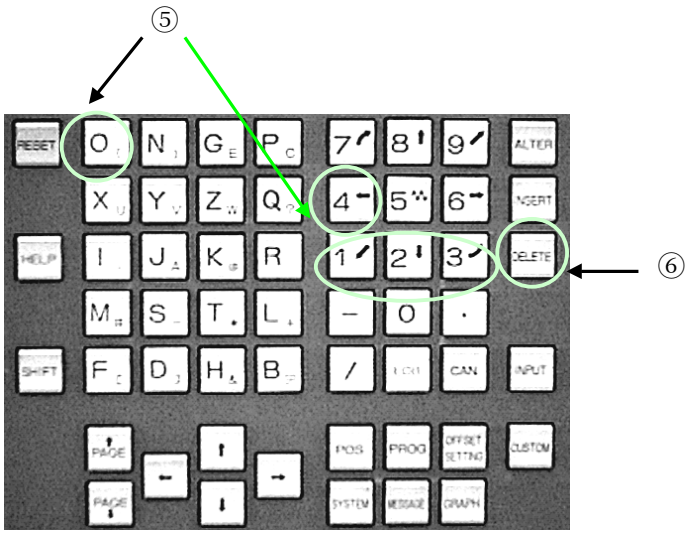


图5

⑤ 要删除的程序号输入结束后，按 DELET 键。

若确认删除时，应再次显示程序画面，如果没有删除的程序号时，则程序即被删除掉了。

3.8 关于未正确执行程序时的处理

(1) 当显示有关程序操作的报警时

当发生了有关程序操作的报警时，按 RESET (复位)键。报警的原因有可能是执行程序段终了时的下一个程序段的错误，因此要再次确认程序的内容及操作步骤。

[车床系统的程序例字]

```
O0001;
N1 G50 X200.0 Z350.0;
N2 G00 W50.0; ◄—— 此程序段执行后出现报警
N3 G91 U100.0; ◄—— G91不是车床用G代码体系A的代码，
M4 M30;                不能使用。
```

（注）通常CNC先读入一个程序段，因此要确认执行程序段的下一个程序段及下下个程序段的内容。

(2) 发现程序输入错误时

①在按 INSRT 键之前，发现错误时，按 CAN 键。

②当按了 INSRT 键之后，发现错误时，把光标移到错误的字上，输入正确的字，按 ALTER 键。

另外，要删除时，按 DELET 键。

备注

第7章

伺服机构

目录

页

1．伺服机构概述.....7-1

2．伺服电机的控制方式.....7-2

3．伺服机构.....7-4

4．设定单位、检测单位.....7-5

5．伺服电机.....7-6

6．检测器.....7-7

1．伺服机构概述

伺服机构相当于人的手、足部分，它的任务就是根据NC控制装置的指令，驱动机床的工作台等部件运动。也就是说，NC控制装置指令机床移动的距离(位置)和速度。

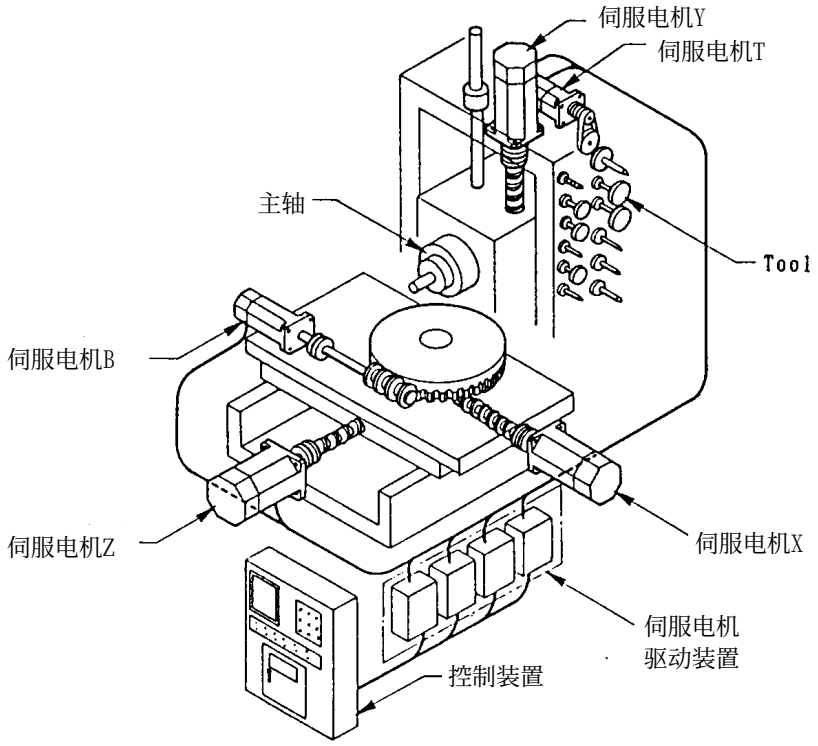
NC伺服机构的功能就是按着NC装置指令的机械位置和速度进行正确地控制。

NC伺服机构发展到现在已经发生了很多变化。对于初期的伺服机构，稳定地动作是最大的课题。忠实地按指令运动。需要伺服机构具有快速的反应性，以使很好地跟随急剧变变化的指令。另外，用NC机床加工时，为了能得到良好的加工表面，要求无振动地稳定运动，即稳定性要好。

最初的伺服机构是采用电液步进电机，后来由于维修不方便，采用了DC伺服电机。又进一步发展为不使用电刷的AC伺服电机。位置和速度的控制回路也从模拟接口变成现代控制理论可以实现的数值控制。

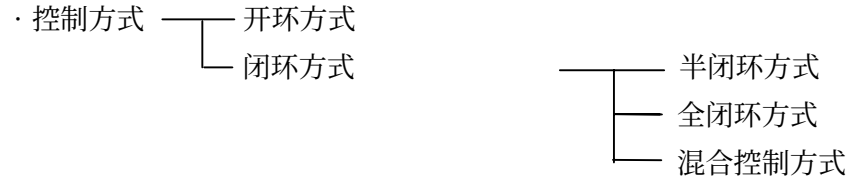
现在，为了用高速加工出高精度零件，应用了前馈功能、高精度轮廓控制功能和HRV控制等功能，进行高速、高精度运行。

[数控机床的构成和伺服电机的安装位置]



2．伺服电机的控制方式

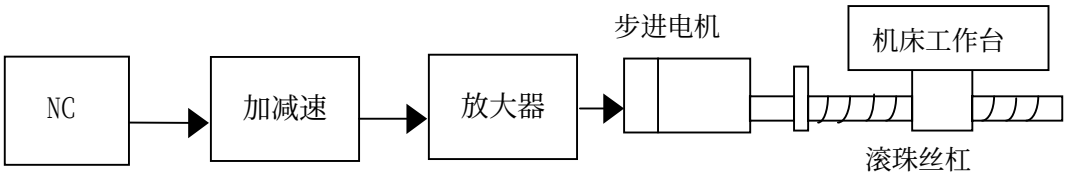
伺服电机用位置检测器、速度检测器及时的检测速度和位置，并将此信息反馈给NC控制装置。CNC使用的伺服机构根据位置检测方法，可以分类如下。



初期使用的是开环方式，现在闭环方式用的最广，全部NC基本上都是使用此种方式。当要求特别高的精度和大型机床要求高精度时，使用全闭环方式。

(1) 开环方式

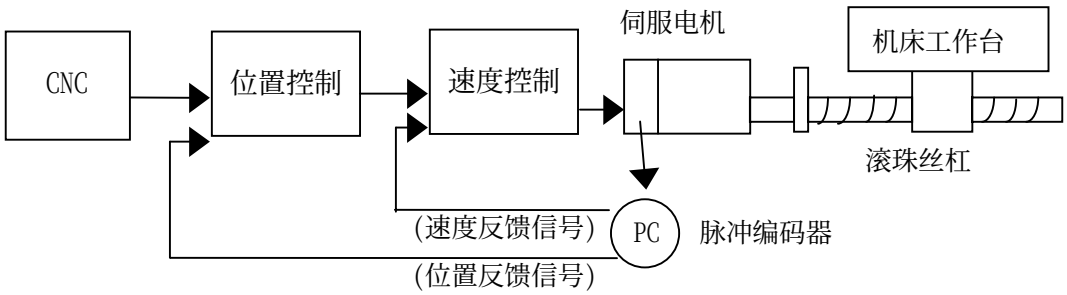
这种方式如下图所示，由NC发出的指令通过驱动部件直接驱动电机。不使用电气的反馈信号。因此，步进电机的回转精度、齿轮、滚珠丝杠的精度都影响机床的精度。



(2) 半闭环方式

如下图所示，这种方式中，电机驱动的滚珠丝杠轴就是最终的控制对象。

在工作台之前，进行位置检测（间接检测）的控制方式。

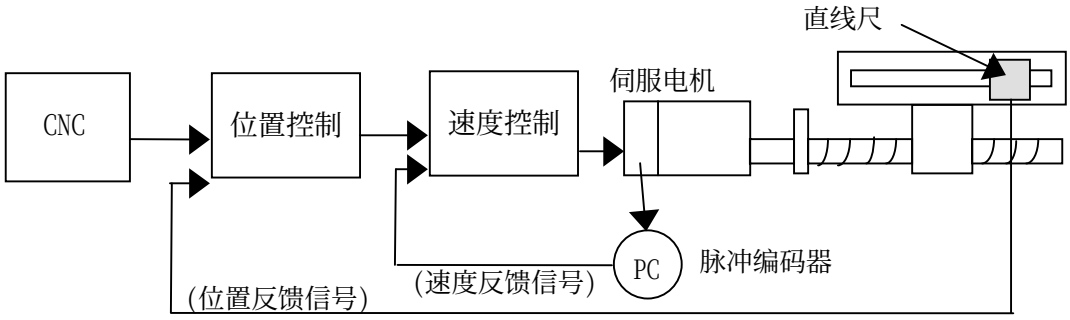


(3) 全闭环方式

如下图所示，此种方式是把检测器直接装在机床的工作台上进行反馈的控制方式。

除了检测方法是直接检测以外，其它的与半闭环方式相同。

特点是精度高，位置检测器是使用直线尺（磁栅尺、光栅尺）。

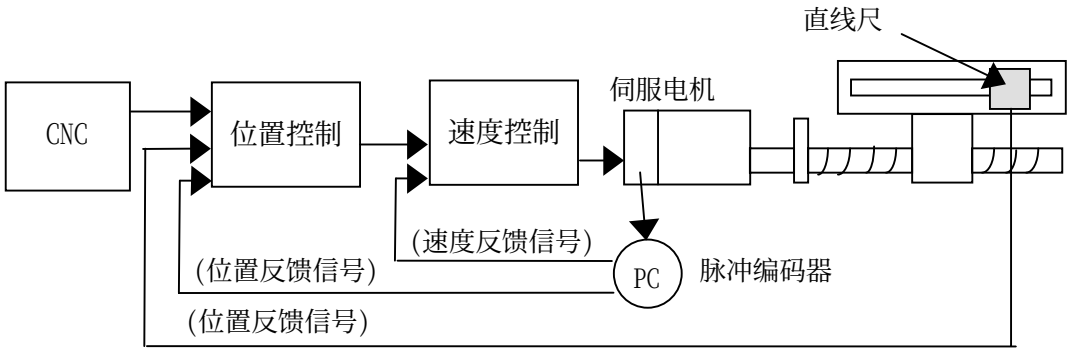


(4) 混合控制方式（双重位置反馈）

此方式取用了半闭环方式的稳定性和全闭环方式的定位准确性双方优点的控制方式。

位置检测器是采用伺服电机内的脉冲编码器和外部的直线尺，从两个方面检测位置。

这种方式用于大型机床。



3．伺服控制部分的构成

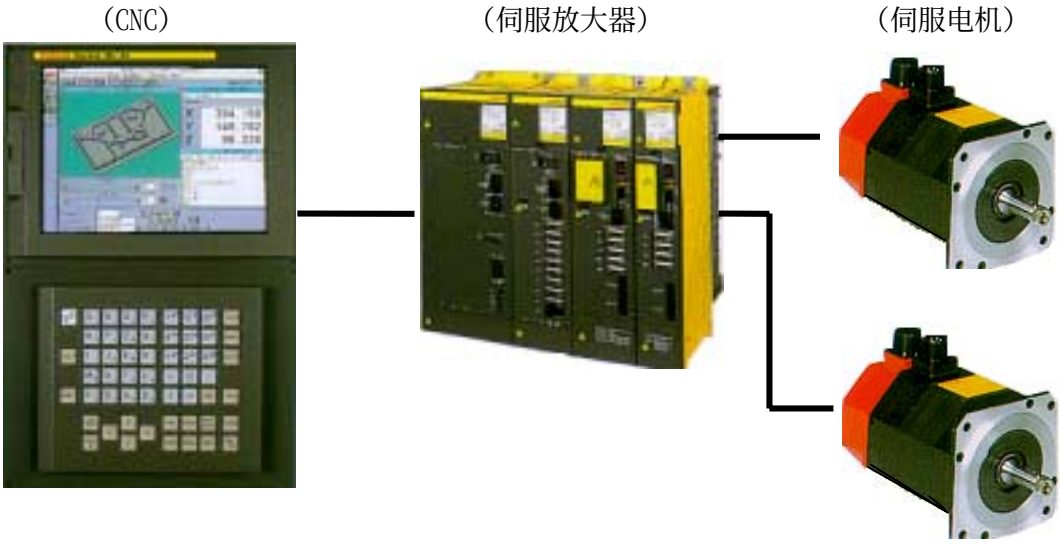
伺服由以下4部分构成。

（1）位置及速度控制部分

（2）伺服放大器

（3）伺服电机

（4）检测器



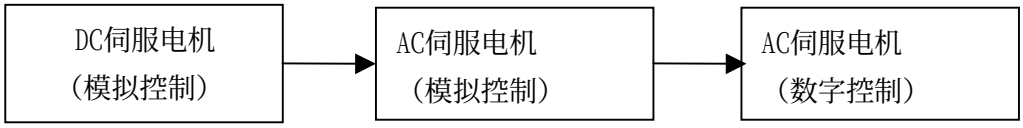
★CNC内的位置、速度控制是把移动指令和反馈信号相比较，进行位置控制。位置控制回路把速度指令送给速度控制回路，与电机来的速度反馈信号相比较，进行平稳的速度控制。

速度控制回路把脉宽调制信号输出给伺服放大器。

★在伺服放大器中，用位置、速度来的信号，使功率晶体管打开、关闭，用电流驱动电机。

★伺服电机内部装有位置和速度反馈检测器（脉冲编码器）。

伺服控制中，最重要的是很稳定地控制位置、速度、扭矩这3个控制回路。以前这3个控制回路是用模拟电路构成的，而现在使用数字信号处理器使速度、位置、扭矩控制电路数字化。



〔模拟控制〕

1．用电气回路处理运算，因此不要运算时间

2．存在元件性能不一致性问题

〔数控控制〕

1．完全不会出现模拟量的偏移。（没有温度偏差，时效变化等）

2．控制回路紧凑，控制方面柔性化。

3．可以进行稳定的复杂计算，所以可以进行高速高精度的运算。

4．设定单位、检测单位

·设定单位

NC程序坐标值的单位。

·检测单位

位置反馈信号的单位。

- **０．０１㎜　(10 μm)**（冲床，火焰切割机）
- **０．００１㎜　(1μm)**（通常机床）
- **０．０００１㎜ (0.1μm)**（高精度机床）
- **０．０１μm　or　0.001μm**（纳米）（超高精度机床）

5．伺服电机

伺服电机有以下几种。

（1）电液步进电机

（2）DC电机

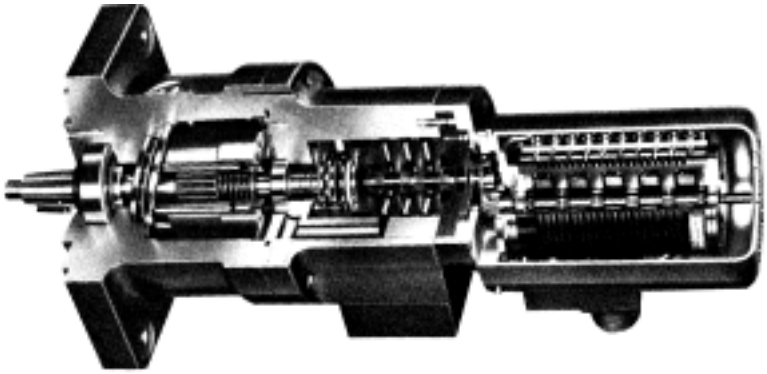
（3）AC电机

1）电液步进电机

· 一个脉冲转动一定的角度。

· 没有反馈机构，控制简便，价格便宜。

· 用于小型，轻型的机床。

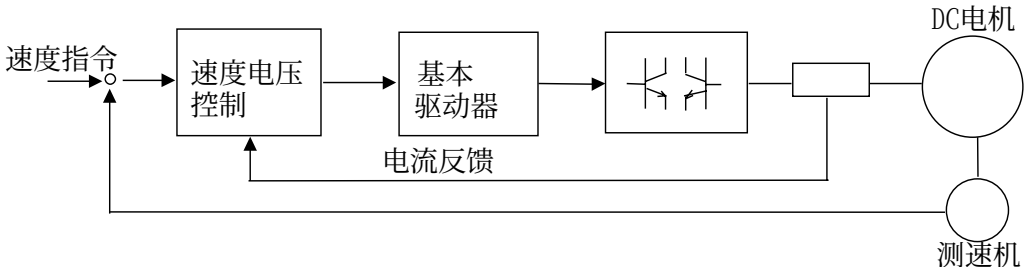


2）DC伺服电机

· 起动扭矩大，速度控制容易。

· 利用控制电流电压和极性来控制转速和方向。

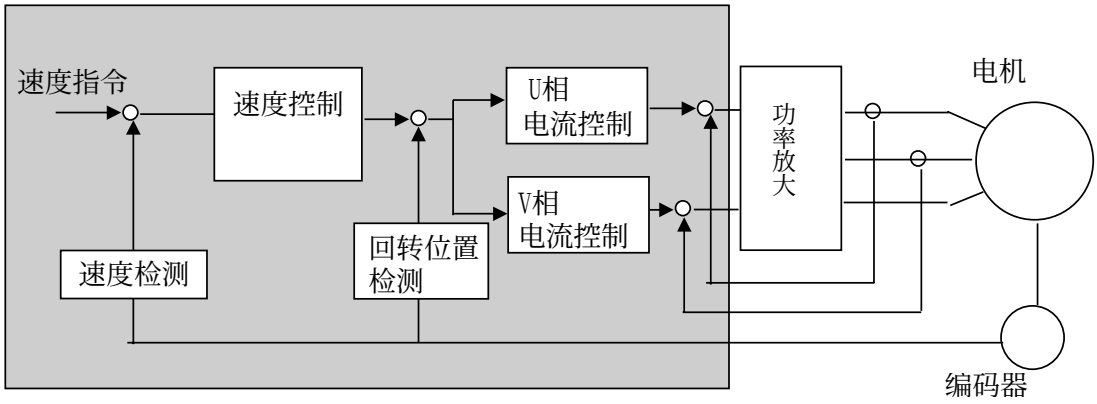
· 碳刷、电枢需定期保养、维修。



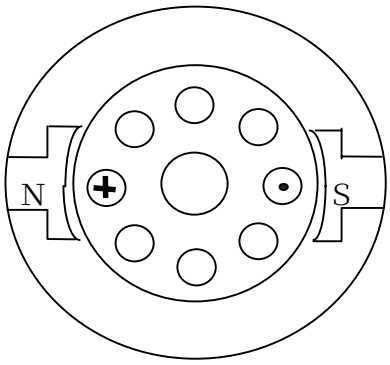
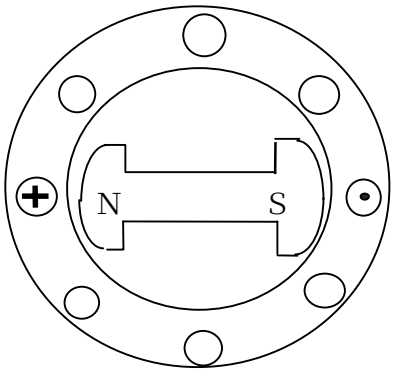
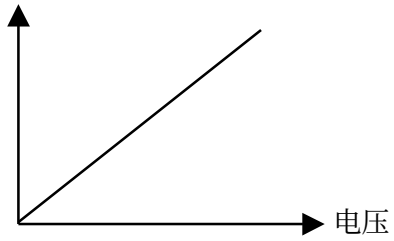
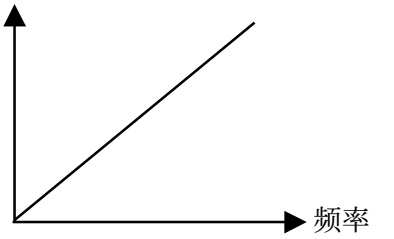
3）AC伺服电机

· 利用控制电机的电压、频率来控制方向和转速。

· 没有碳刷、电机体积小、重量轻、不需要保养。



〔AC伺服电机和DC伺服电机不同点〕

	DC伺服电机	AC伺服电机
构造及切换电流方向的方法	 在 ⊕,⊙ 的地方，电流流过时产生扭矩。	
特性	★转子上有电枢线圈，定子上有永久磁铁。 ★因为整流子和碳刷的切换，产生火花。 ★有碳刷磨损问题。	★转子为永久磁铁，定子是电枢线圈。 ★无火花，即使高速也会产生大扭矩。 ★无碳刷磨损问题，维修方便。
速度特性	电机速度 	电机速度 

6．检测器

换用以下部件作为位置和速度的检测器。

（1）装在电机内部的脉冲编码器

①按位置检测方法分类

· 检测相对位置的增量脉冲编码器

电源切断时，当前位置丢失。

· 检测绝对位置的绝对脉冲编码器

用于电池（1.5V×4）支持，电源切断时，当前位置不丢失。

接通电源时，不用返回参考电（原点），机床可立刻运行。

②按数据传送方式分类

· 脉冲信号传送方式

· 串行数据传送方式

③反馈脉冲数

· 32,768 脉冲/转

· 65,536 脉冲/转

· 100万 脉冲/转

（2）分离形脉冲编码器

（3）直线尺

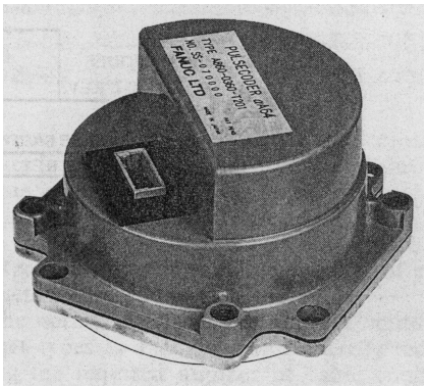
· 光栅尺

· 磁栅尺

· 感应同步器

（4）激光尺（超精密）

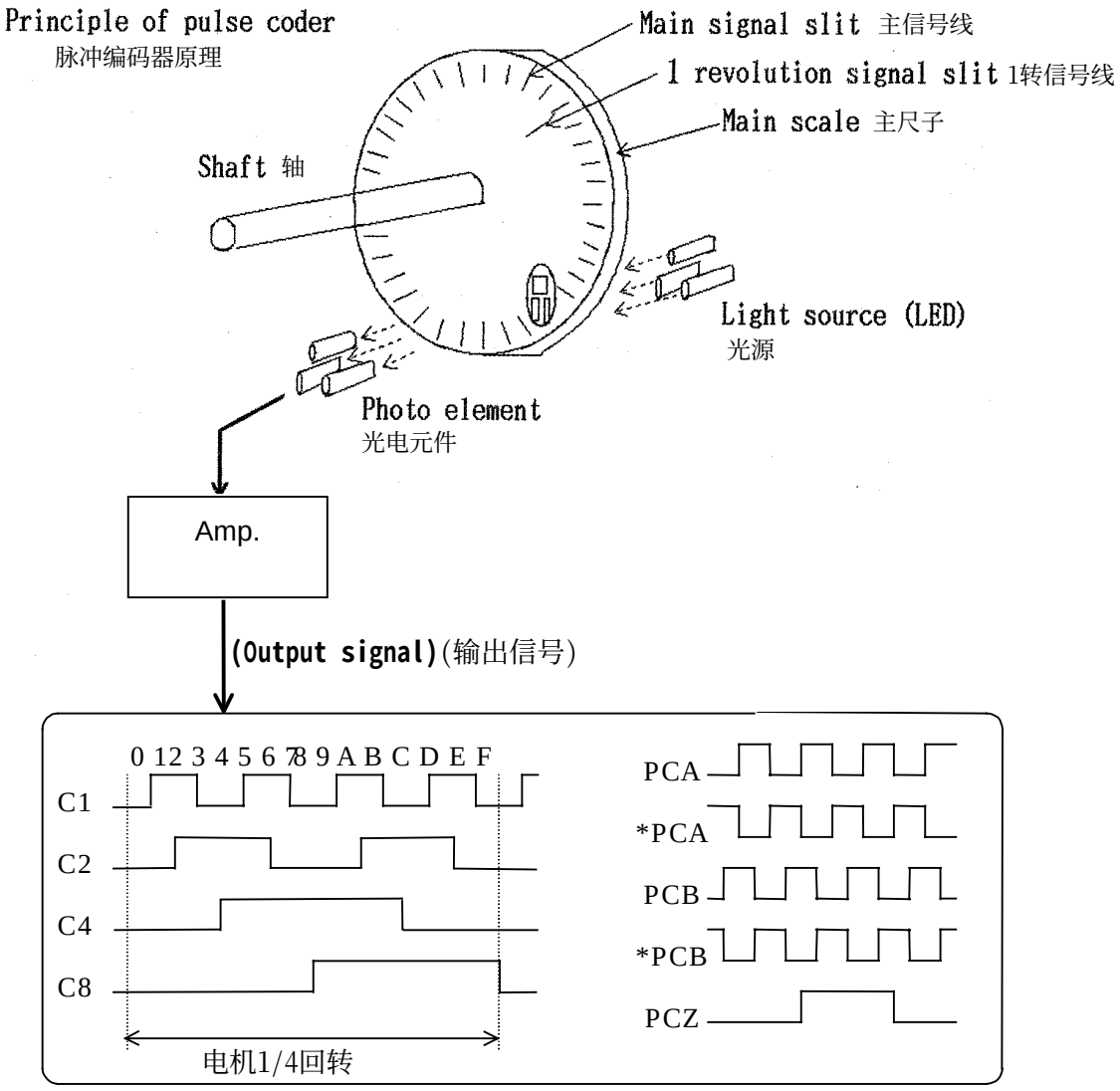
[脉冲编码器的内部构造]



α系列脉冲编码器（外形）



α系列脉冲编码器（内部）



备注

附录1

练习编程的题目

目录

页

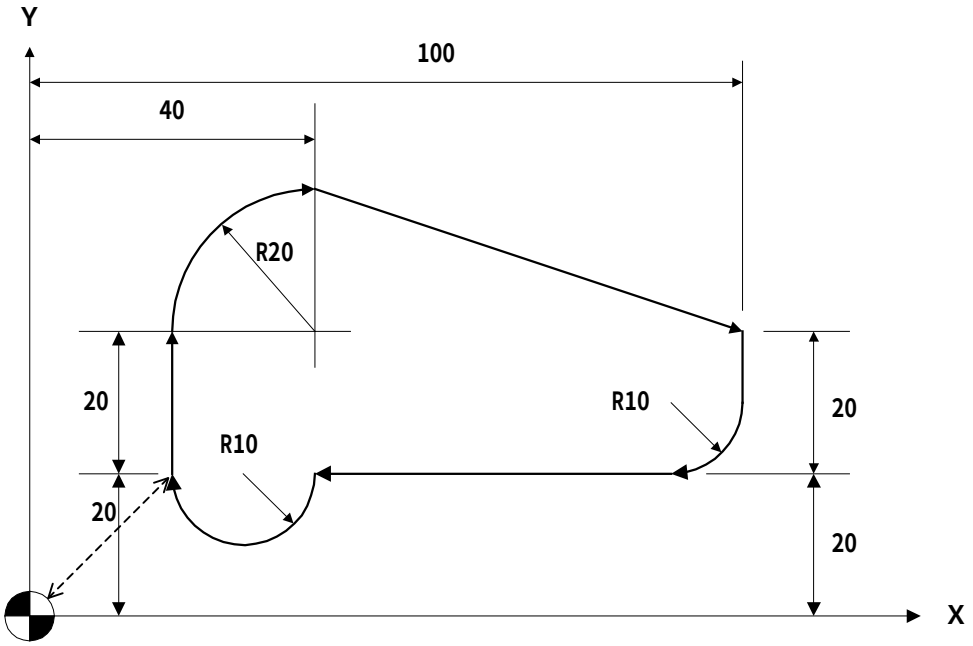
1．加工中心程序的编程.....附1-1

2．车床程序的编程.....附1-8

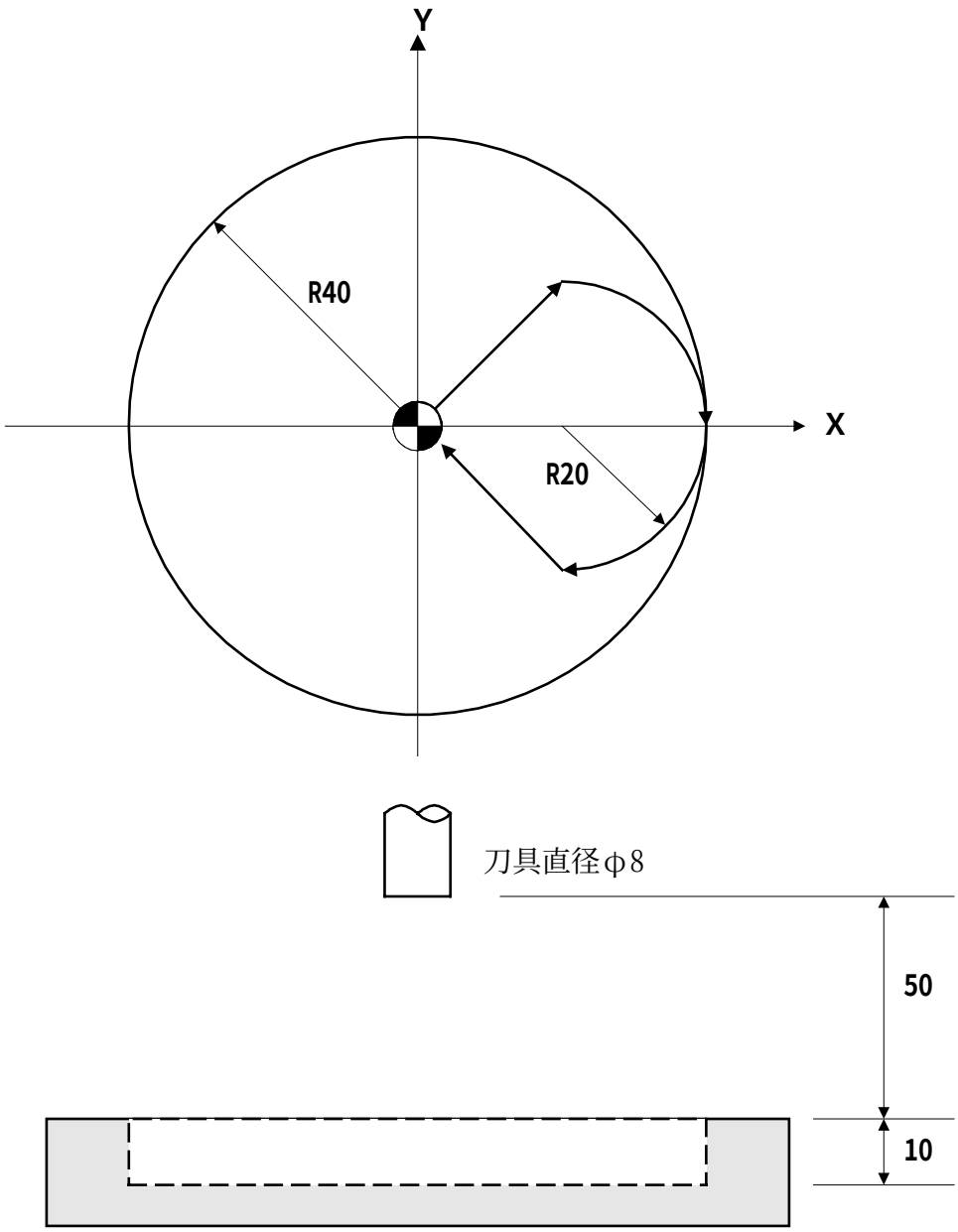
附录1．练习编程的题目

1．加工中心用

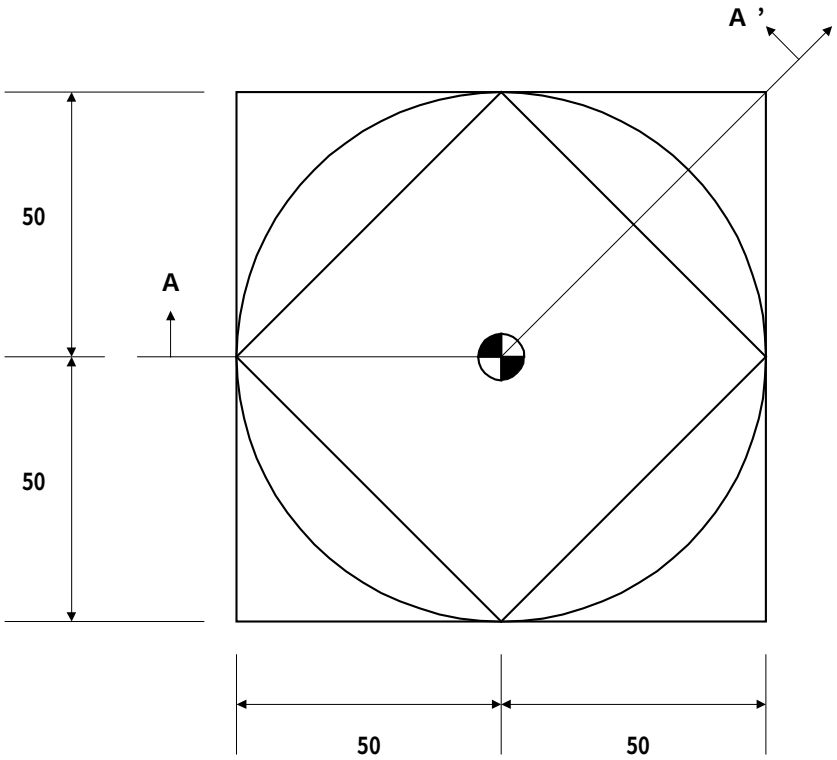
（1）直线及圆弧插补

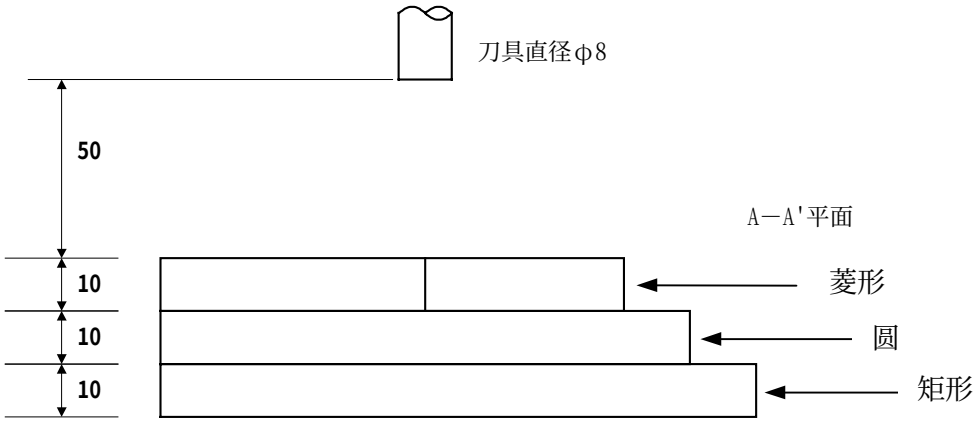


（2）切削圆

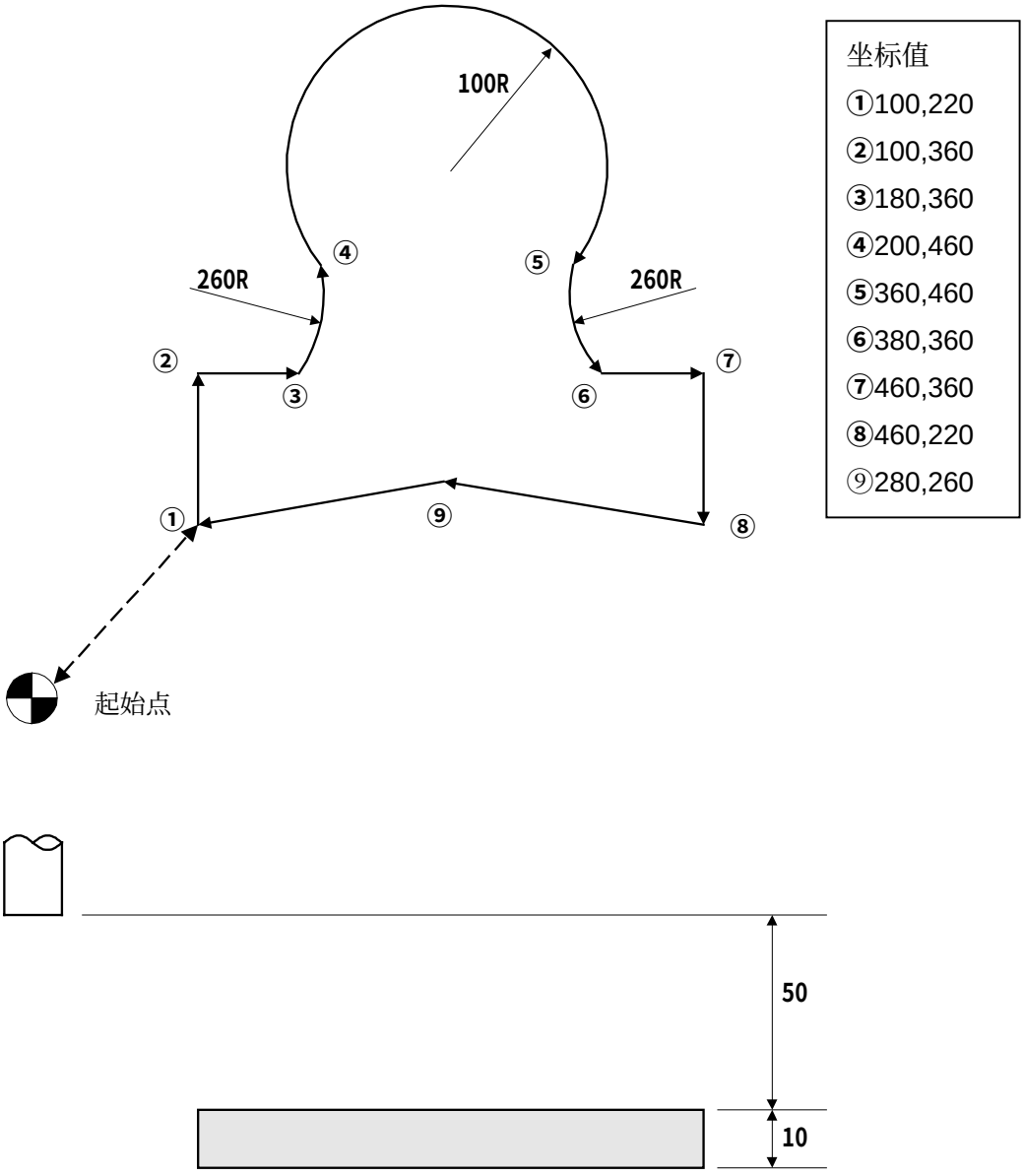


(3) 矩形、圆、菱形的切削

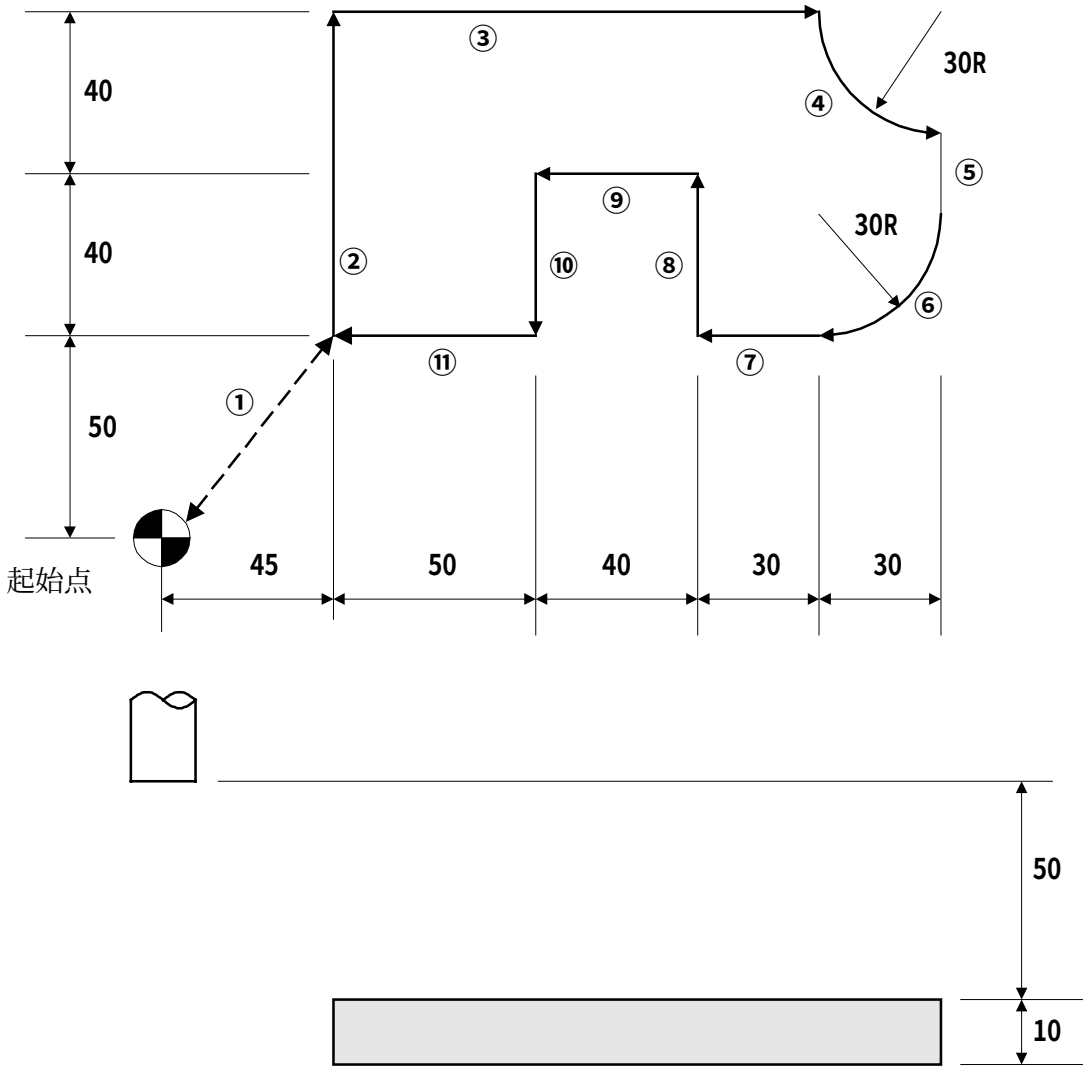




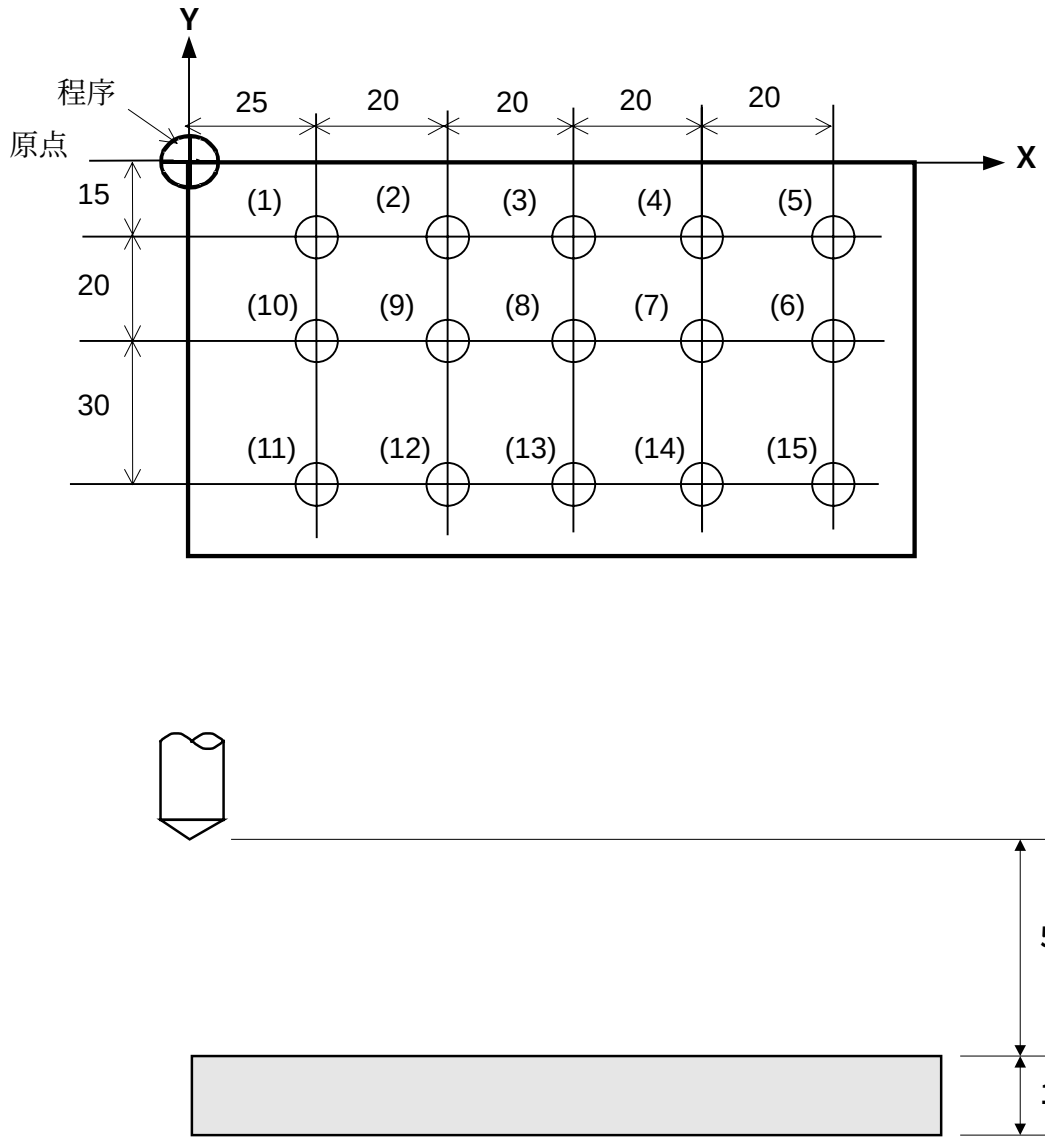
（4）刀具半径补偿


100R
260R
260R
①
②
③
④
⑤
⑥
⑦
⑧
⑨
起始点
50
10
坐标值
①100,220
②100,360
③180,360
④200,460
⑤360,460
⑥380,360
⑦460,360
⑧460,220
⑨280,260

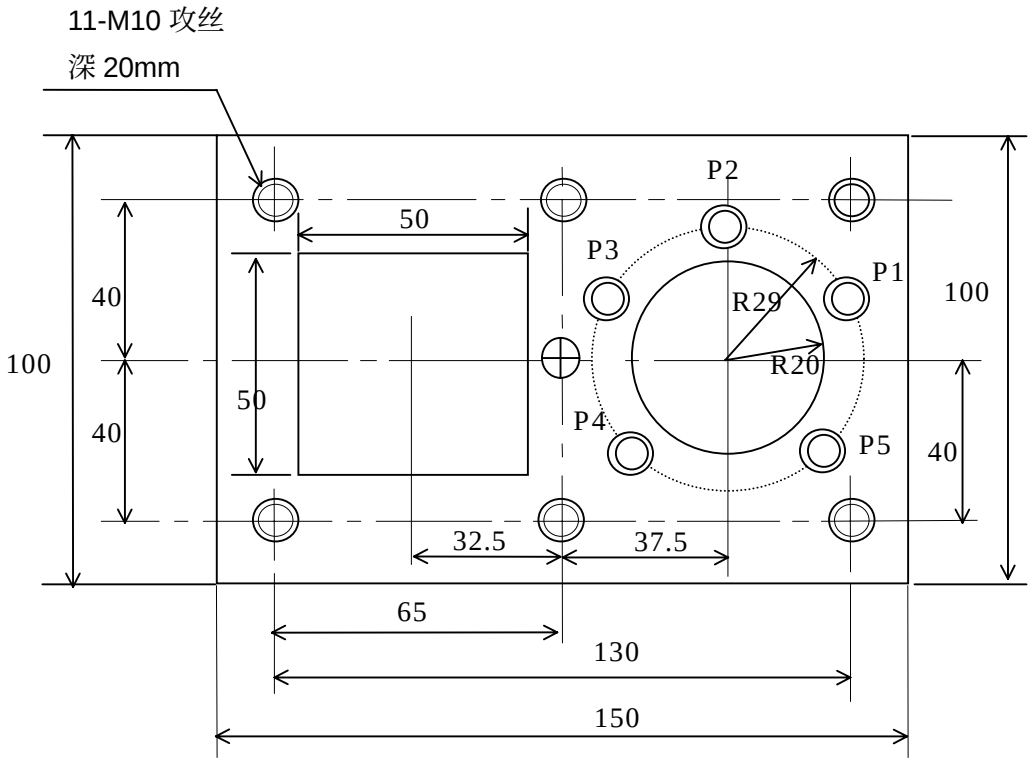
（5）有刀具半径补偿



（6）加工孔



（7）综合练习



注)·矩形和圆凹槽的深度为10㎜。

·适当决定切削进给。

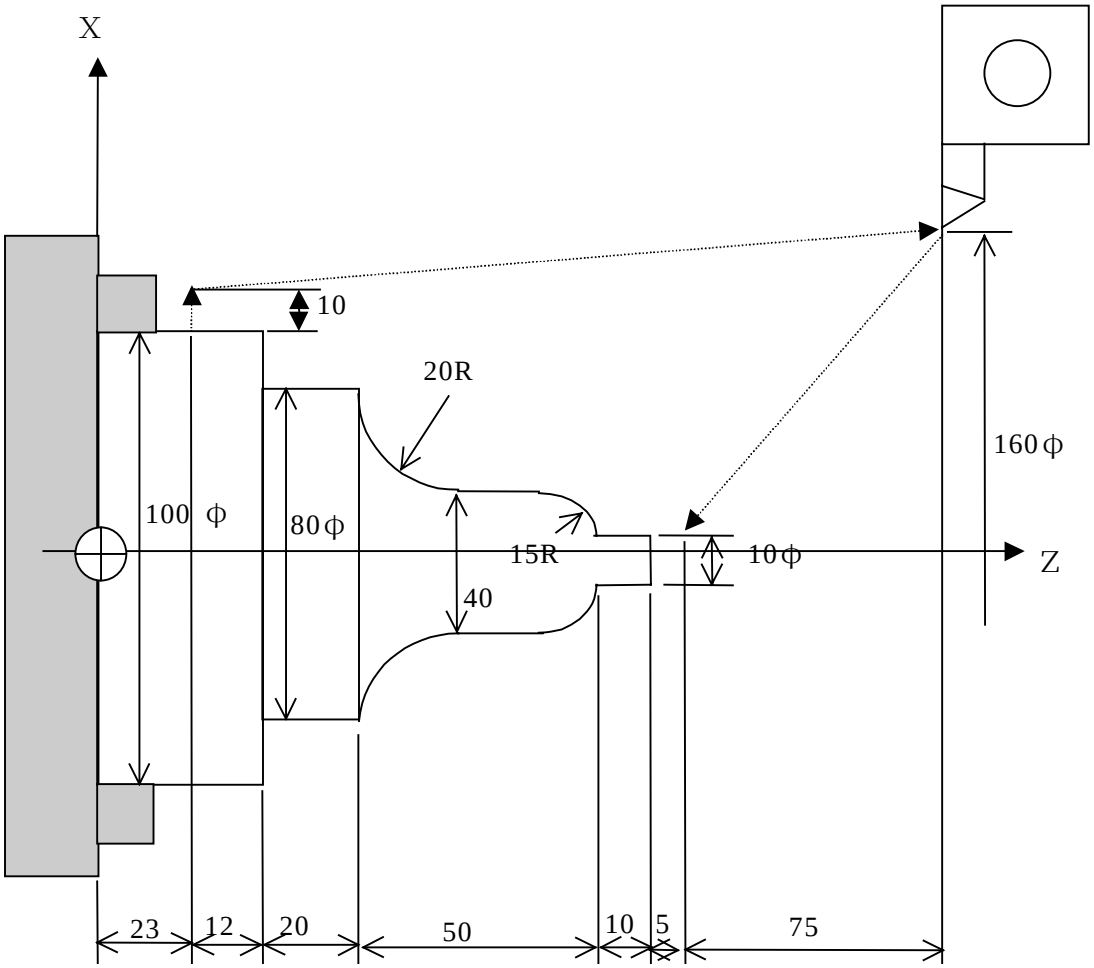
·在工件中心上50㎜处为加工起始点。

坐标

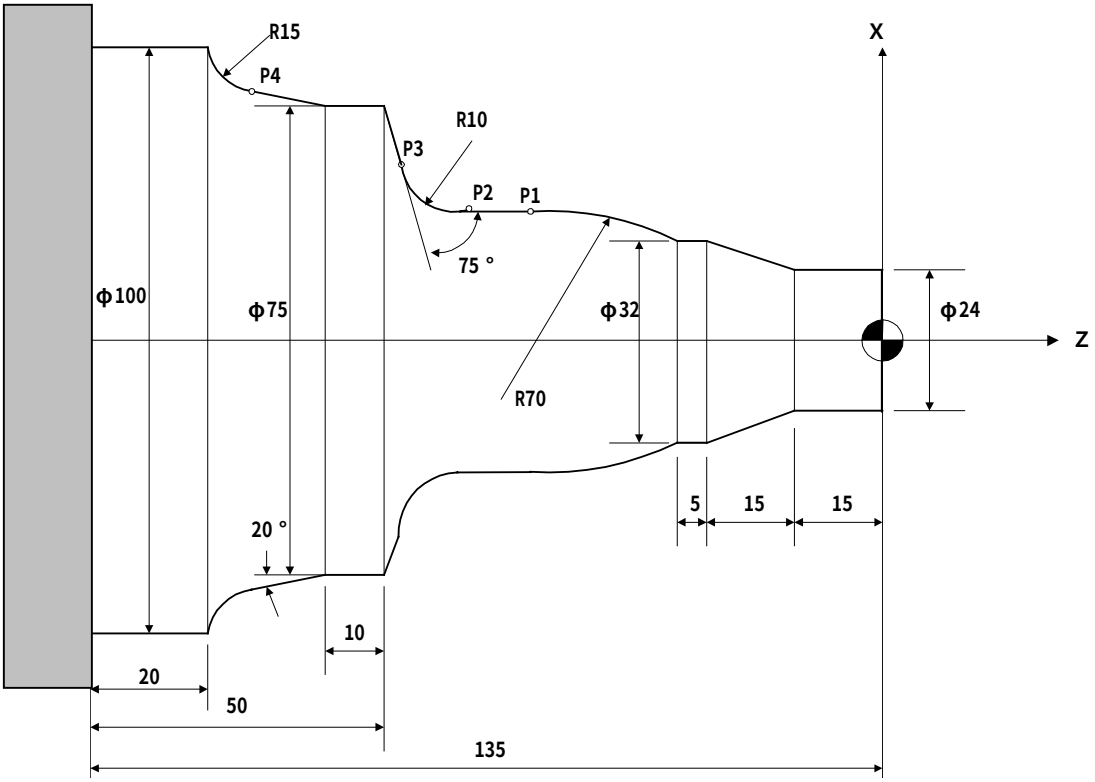
	X	Z
P1	27.581	8.961
P2	0	29.0
P3	-27.581	8.961
P4	-23.461	-17.046
P5	23.461	-17.046

2．车床用

（1）直线、圆弧



（2）切外形



坐标

	X	Z
始点	200.0	100.0
P1	46.0	-67.512
P2	46.0	-73.441
P3	60.824	-83.101
P4	85.823	-106.867

备注

附录2

词录集

目录

页

按日语假名顺序排列.....附2-1

按英文字母顺序排列.....附2-38

（按日语假名顺序排列）

〔ア〕

IC 集成电路
Integrated circuit
为了得到特殊功能，把半导体、电阻等电路元件作成一体的不可分的微小电子回路。
按集成度分类如下：
SSI (Small Scale Integration)
MSI (Medium Scale Integration)
LSI (Large Scale Integration)
VLSI(Very Large Scale Integration)

LSI是用数千个逻辑元件（例如，触发器）作成的大规模集成电路。

RS-232-C/RS-422
是与计算机和各终端装置相连接的接口规格名称。是美国电子工业EIA(Electronic Induustrial Association)规定的。RS-232C是串行通信，RS-422是平衡式串行通信。

结构
Architecture
用程序的观点来看系统概念的构造和功能动作。与数据流和控制结构、逻辑设计、物理实现方法有区别。

执行器
Actuater
使开关开、闭或产生力或力矩的执行元件。

存取
Access
从存储装置中读取数据，或把数据写入到存储器的动作。

ASC II
是American Standard Code for Information Inter-change的缩写。译为[信息交换用的美国标准代码]。是进行数据交换的机器使用的代码(符号)，由美国标准协会ANSI(American National Standards Institute)规定的。

汇编程序
Assembler
为了把汇编语言写的程序自动地翻成计算机可以理解的机器语言程序而使用的程序。

ADAPT
是自动编程语言(比APT水平低)。以二维工件编程的对象，与APT使用共同的词、语。更低水平的钻削、镗孔和直线切削用的有AUTOSPOT等。

地址
Address
表示信息传送时信息的出、入场所。在NC中使用的地址有N，G，X，Y，Z，I，J，K，U，V，W，A，B，C，P，Q，R，F，S，T，M等字符。

地址总线
Address Bus
传送地址信号的集中通道。8位微处理器有16条地址信号线。与数据总线不同，地址信号是单方向的。根据CPU送给外部的地址信号，来选定存储器或外部电路。

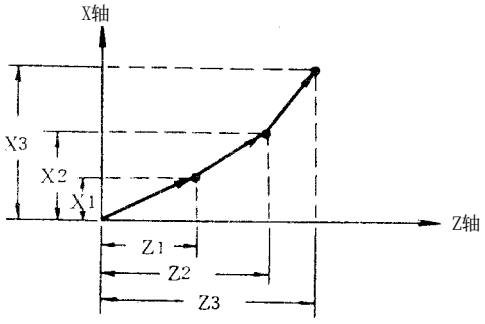
模拟数字变换器
Analog to Digtal (A/D) Converter
　把模拟量的输入信号变成数字量的输出信号的单元。

模拟量
Analog quantity
　连续的物理量(电压、电流、温度等)相对于数学上的数字量来说叫模拟量。

ＡＰＴ
　是一种编程语言。可以定义工件和刀具的几何形状，描述刀具相对于工件运动的语句，是编程的标准用语。用这种语言写的零件程序送入计算机中，可以自动生成NC程序。
　APT是Automatic Programming Tools的缩写，是自动编程语言的代表。

算法
Algorithm
　为解决问题过程的理论流程。一般用框图表示。

绝对尺寸
Absolute dimensioning
　零件图纸上的尺寸用坐标值编程，如下图所示，即用离开原点的距离来表示。



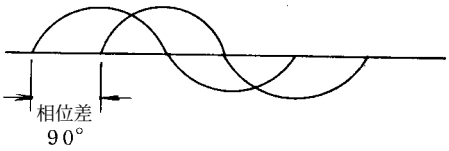
〔イ〕

ISO代码
　是由International Organization for Standarditation(国际标准化机构)决定的穿孔纸带信息的符号体系。

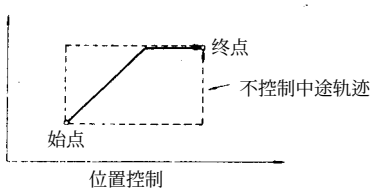
ＥＯＢ
　End of Blok的缩写。作为1个单位使用的一连串字的集合，称为程序段。在程序段之间，为了区分开所用的字符就是EOB。
・参照程序段结束一词。

ＥＩＡ
　EIA代码，是美国电子工业协会规定的穿孔纸带信息的符号体系。比ISO代码使用的广泛。

相位
Phase
　相对于一个电气的或机械波的任一起点的位移。



定位控制
Positioning Control or Point to Point control
只控制运动到达的终点位置。并不控制其运行轨迹。

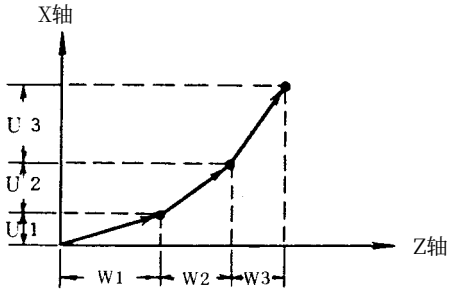


定位精度
Positioning Accuracy
用误差表示的实际位置和指令位置的不一致性，是被控制轴的误差(也包含控制系统的误差)。

惯性
Inertia
惯性:在不受外力作用下，物体保持其运动状态的性质。

初始化
Initialization
初始设定。

增量方式
Incremental dimension
用运动的目标位置与其前一位置的坐标增量值来表示运动点的方法。

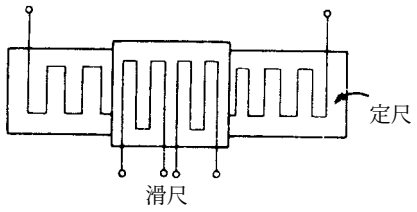


以太网
Enthernet
是FA用的LAN。

接口
Interface
是两个以上构成部件的边界或者边界处的公共部分。若连接的两个装置是硬件，则为连接二者的公共电路。

互锁
Interlock
各动作之间的相互制约。执行某一动作需要完成前一动作作为条件。

感应同步器
Inductosyn
是利用印刷布线技术的无接触形位置检测器。如图所示，在玻璃板或涂上绝缘粘接材料的钢板上，贴上铜箔，像印刷板布线一样刻线，形成间距2㎜的曲折线圈作成定尺和滑尺。
其原理与旋转变压器相同，请参照旋转变压器一节。



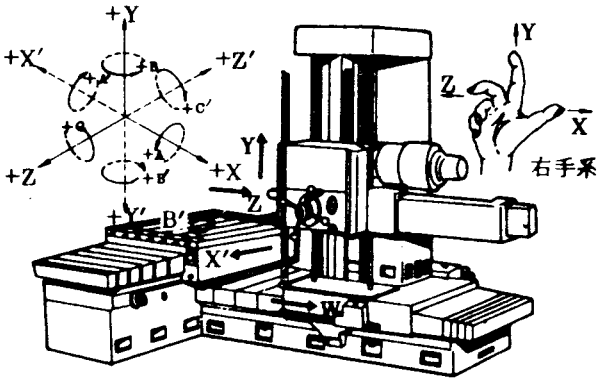
分度头
Index
是分度机构，如转塔刀架的刀具分度及安装工件的分度台。

反向器，逆变器
Inverter
反向器是反向电路，是把输入信号反向的（1←→0或高电平←→低电平）电路。
逆变器是伺服系统中，把商用电源的频率变成任意的频率，供给电源装置。

到位
In-position
NC机床的当前位置已到达指令值事先设定的领域内。

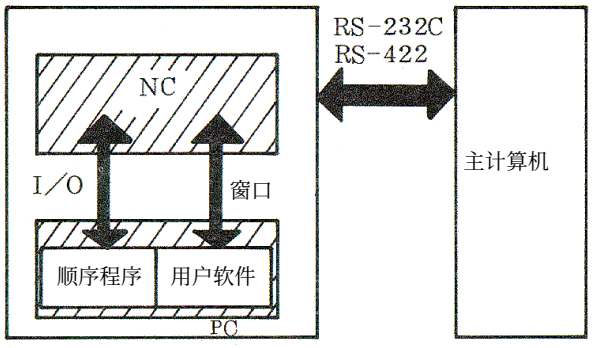
〔ウ〕

运转轴
Axis of motion
　指定NC机床运转轴和它的方向。
基本轴的运动是X、Y、Z，回转轴的运动是A、B、C，平行与基本轴的运动用U、V、W等表示。



窗口
Window
　为使PMC和NC的关系更密切而设计了信息窗。通过这个窗口，PMC可以知道NC的各种状态，也可以进行控制。

　·参见PMC一节。



〔エ〕

ＡＰＣ
Automatic Pallet Changer
　自动托盘交换装置。

ＡＴＣ
Automatic Tool Changer
　·见自动换刀装置。

Ａ／Ｄ转换器
Analog to Digital Converter
　·见模拟/数字转换器。

ＥＸＡＰＴ
　是自动编程语言。与APT基本相同，除描述刀具运动外，还可以自动决定加工工艺、切削条件。但是对于处理的形状比APT要受限制。

Ｆ／Ｖ转换器
Frequency to Voltage Converter
　把某一频率的脉冲信号变成电压信号的单元。

ＦＭＣ柔性制造单元
Flexible Manufacturing Cell
　单元相当于细胞。通常称为小规模或廉价FMS或者称FMS中生产系统的1个单位。例，在1台MC或者NC车床上，备有机器人和装料器等，用一台NC装置控制全部的生产系统。

ＦＡ车间自动化
Factory Automation
　把整个车间自动化系统称为FA。
　·参见FA一节。

FMS
Flexible Manufacturing System
柔性生产系统
使用NC机床、工业机器人、自动搬运系统、自动仓库、计算机中央管理系统进行无人的高效率的多品种小批量的生产制造系统。

FTL
Flexible Transfer Line
柔性加工线。

MTBF
Mean Time Between Failure
平均无故障时间。

编码器
Encoder
把信息变成代码的装置。使用码盘或标尺作成的位置检测器。
· 参见脉冲编码器。

NC连接单元
NC Linkage Unit (NLU)
是连接DNC的计算机和NC的接口。此时，NC中需要有计算机的连接电路。

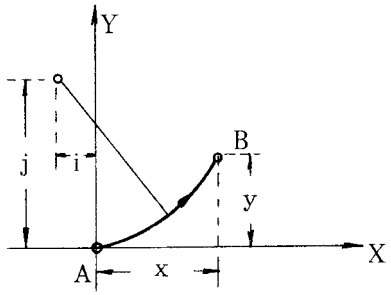
MDI
Manual Data Input
· 参见手动数据输入。

误差检测
Error Detection
机床输入给控制装置的信号。在此信号ON期间，机床到达指令位置以后，开始下个指令的动作。

MPU
Micro Procrssing Unit
· 参见微处理器。

LCD
Liquid Crystal Display
· 参见LCD。

圆弧插补
Circular Interpolation
以给定点为圆心，过平面上2个已知点作圆，沿着此圆运动。



例，图中x、y、i、j是定义A－B圆弧的数据。

倒带结束
End of Tape
程序结束后，纸带倒带到程序开始的字符前停止。即光标返回到程序的开头。

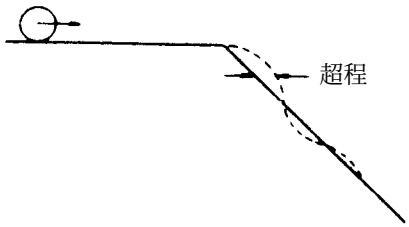
程序结束
End of Program
表示工件加工结束，NC装置读到该地址字，在该程序段的作业执行完了之后，主轴、冷却剂、进给等都停止。

程序段结束
End of Block
是NC程序中表示1个程序段结束的字符。
简写成EOB。在ISO标准中使用NL或LF代码，在EIA标准中，用CR代码。

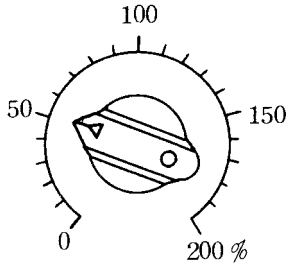
〔オ〕

响应
Response
　表示执行部件响应控制的输入变化，输出量的时间变化情况。

超程
Overshoot
　机床的移动量超过了目标值的最大限定量。



倍率
Override
　为了适应工件或加工条件，操作者手动改变程序值(进给速度、主轴转速等)的功能。如下图所示，倍率用机床操作面板上的波段开关设定。



进给速度倍率刻度的实例

进给功能
Feed function
　指定刀具相对于工件的进给(进给速度或进给量)的功能。用地址F和其后面的数字表示。有每分钟进给(mm/min)和每转进给(mm/rev)。用F4位(直接指令)指令。

偏移
Offset
　在线性放大器中，输出电压为0时所需要的输入电压或电流。

偏离电压
Offset Voltage
　输入电路的信号为零，可是输出不为零，此时为了使输出为0，必须给输入端子加电压，该电压即为偏移电压。

脱线
Off-line
　系统的周边终端装置或者其动作本体不与计算机直接相连，也不在其控制下，独立的工作状态。

选择停机
Optional Stop
　是1个辅助功能。把机床操作面板上表示此功能的开关置于ON时，其动作与程序停机相同。当开关置于OFF时，此功能无效。

跳过任选程序段
Optional Block Skip
　在某一程序段开头有“/”(斜杠)代码，且机床操作面板上的对应开关为ON时，可以使该程序的指令无效，为OFF时，该段即有效。

选择
Option
　在NC功能中，标准功能以外，备有的功能，但需用户选择订购。

定向、定方位
Orientation
就是方位定位的意思。主轴准停就是使主轴在事先确定的位置上停止的功能。

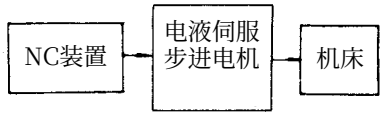
ＯＮ／ＯＦＦ控制
ON/OFF control
使开关ON或OFF，进行简易形的闭环控制。

在线
ON-line
根据使用方式不同，其定义也不同『ON-Line/OFF-Line』这样使用时的『ON-Line』作为计算机系统的构成要素的动作，是在计算机直接控制下的状态，因此没有人的介入。

而另一面，作为『ON-Line系统』使用时又有『输入数据从其发生点直接输入给计算机，并且它的输出数据直接送给使用场所的系统』的J.Martin定义。虽然系统规模大小不同，但是无论是与计算机直接相连的，还是在计算机控制下的都不需要人的介入。

〔力〕

开环系统
Open-loop System
根据控制的目的，不需要把输出和输入进行比较的控制。下面，步进电机驱动机床的系统就是开环控制的例子。



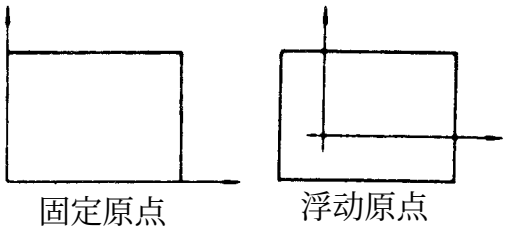
用户宏程序
Custom Macro
用户自己编写的为了使NC机床进行某种动作的指令群。
在用户程序中，以变量为中心，也可以使用函数计算循环和转移等控制命令。

刀位指令带
Cutter Location Tape
记录刀具位置、进给速度、辅助功能等指令的磁带。记录主处理器中处理的结果。

光标
Cursor
为了表示显示中某一位置而使用的可动的可视标识。

浮动原点
Floating Zero
可以任意设置坐标系原点位置的NC机床的功能。此时，以前设定的原点的信息被丢失。

具有此功能的NC机床上，可用同一程序在不同位置加工同样形状的工件。



可变程序段的纸带格式
Variable Block Tape Format
　各程序段内字的长度和数量可以变化的NC纸带（程序）格式。

干扰
Disturbance
　使控制系统状态不正常的外部作用。

角度位置检测器
Angle Position Transdusor
　检测角度位置变化的装置。有回转式感应同步器、旋转变压器、脉冲发生器等。

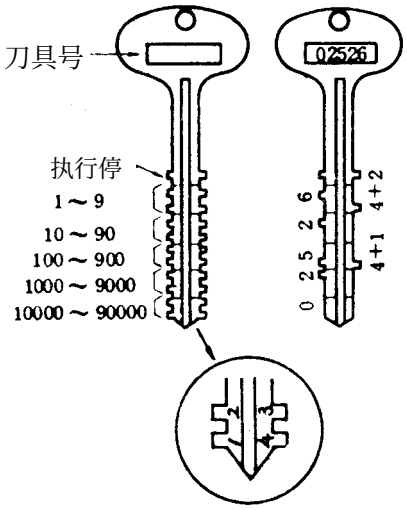
〔キ〕

ＣＡＤ
Computor Aided Design(Drawing)
　计算机辅助设计（制图）。

ＣＡＭ：Computor Aided Manufacturing
　计算机辅助制造。

键代码
Key Code
　自动换刀中识别刀具的一种方式。把表示刀具的固有代码号的键附在刀具上，当把刀具存放在刀具库中时，根据刀具上附带的键，使刀具与代码相对应。

〔キ〕



奇偶校验
Parity Check
　在由0和1组合起来信息中，附加1位，用来检查该组信息。即用1的数量是奇数或是偶数检查该组信息是否出错。
　当NC纸带用EIA代码时是奇校验，ISO代码时是偶校验。另外使用NC纸带时，在水平方向，垂直方向都进行奇、偶校验。

キ キ

功能字符
Function Charactor
表示控制功能的开始、变更停止等特定功能的字符，有以下几种。

ＢＳ:退格（Back Space）
在同一行中，使字符位置后退一个字的功能字符。

ＣＲ:回车（Carriage Return）
把字符位置返回到同一行的最前面的位置。（在EIA代码中，作为程序段结束的功能字符使用。）

ＤＥＬ:删除（Delete）
删除纸带上的错误符号和不要的符号时使用的功能符号。

ＨＴ:水平分隔符（Horizontal Tabulation）
在指定的连续打印字符位置中，沿打印字行，立刻移到下一个打印位置的字符功能。用于分离语句。

ＬＦ:换行（Line Feed）
使打印的位置换到下一行的功能字符。在CR后面写上LF 2个字母，具有程序段结束(EOB)功能。

ＮＬ:换行返回（New Line）
使打印位置移动到下一行打印的最前位置的功能字符。具有EOB功能。
在有“CR”和“LF”动作的装置中，若使用“NL”，则与“LF”用同一符号表示。

ＮＵＬ:空白（Null）
具有媒体的空白，时间的空白意义的功能字符。对信息内容无影响，可以增加和删除。

ＳＰ:空格（Space）
使词之间留有一个字的空格的功能字符。也可以把打字的位置向前进行方向移动一个字。

% :百分比号
是程序开始的功能字符。不在括号内使用。

(:左小括号
控制出的功能字符。括号内的字符被NC装置忽略。

) :右小括号
控制入的功能字符。表示控制出的范围已结束，此字符以后的字符通常是指定运动的。

: :冒号
对准功能的字符。
不能在括号内使用。

／ :斜线（Slash）
跳过任选程序段的功能字符。（在自动编程语言中，作为语句的分隔符或除法的运算符。）

字符
Charactor
在传送信息的NC纸带上，横向穿一排孔(有8个孔位置，有孔、或无孔)，用它来表示数字，英文字母，正负号和其他符号。

允许误差
Tolerance
标准值与允许的极限值之差。

机间连接
Interface
把两个不同的系统相互连接起来，使它们相互作用。

强电顺序控制
Sequence Control
是NC和机床的接口部分，是控制主轴电机、自动换刀、其他辅助功能等顺序的电路。对于顺序控制有用继电器、半导体元件等硬连接方式和用PC(Programmble Logic Controller)的软连接方式，一般称为PLC(Programmble Logic Controller)与FANUC内装的PC有不同的意义，FANUC称为PMC(Programmable Machine Controller)。

〔ク〕

留空量距离
Clearance Distance
为了防止刀具的碰撞，从快速进给变成切削进给时，刀具和工件的距离。

重复定位精度
Repeatability
重复定位精度是指机床的可动部件在同一条件下在同一地点重复定位得到的精度。其误差是随机产生的。

葛莱码
Gray Code
表示数值的二进制表示法的一种，连续的两个数只有一个二进制位发生变化。

Gray Code					
0	00000	0000	16	11000
1	00001	0001	17	11001
2	00011	0011	18	11011
3	00010	0010	19	11010
4	00110	0110	20	11110
5	00111	0111	21	11111
6	00101	0101	22	11101
7	00100	0100	23	11100
8	01100	1100	24	10100
9	01101	1101	25	10101
10	01111	1111	26	10111
11	01110	1110	27	10110
12	01010	1010	28	10010
13	01011	1011	29	10011
14	01001	1001	30	10001
15	01000	1000	31	10000

栅格方式
Grid Method
用位置检测器的1转信号，生成电气格子位置，是确定原点的一种方式。

时钟脉冲
Clock Pulse
用于同步控制的冈步信号。

〔ケ〕

K Byte

是1024个字节。一般2^{10}字节称为1K字节，正确的是$2^{10}=1024$，不是1000，严格地说，不称为1千字节，而称为K Byte。

K Bit

是二进制信息量的单位。应该是$2^{10}=1024$二进制位。通常称为1K。

增益

Gain

机床的速度V被指令值与检测值的差E来除所得的值。

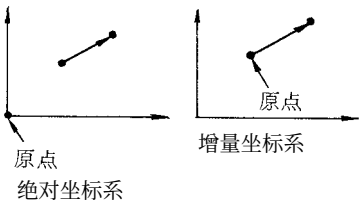
即：G＝V/E。把G值称为定位伺服环的增益。

(单位 sec^{-1})

原点

Zero Point

绝对坐标系的原点或增量坐标系的始点。



原点偏移

Zero Offset

NC机床上相对某一固定的原点把坐标系的原点偏移的功能。此时需要存储永久的原点。

设定原点

Zero Offset

是指设定绝对坐标系的原点。只对可以使用绝对坐标系的装置有效。

检测器

Transducer

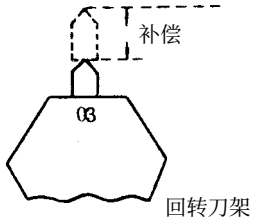
对位置、速度等进行检测变成电气信号的装置。作为位置检测器，有脉冲编码器、光栅、磁栅、旋转变压器、感应同步器等。

〔コ〕

刀具位置补偿

Tool Offset

在与控制轴平行的方向上进行刀具位置补偿。例如，在车削中，首先装03号刀具，进行试加工，测量加工尺寸，把它与程序中的刀具位置偏移量用手动进行设定。以后选择T03时，自动地进行这个补偿。

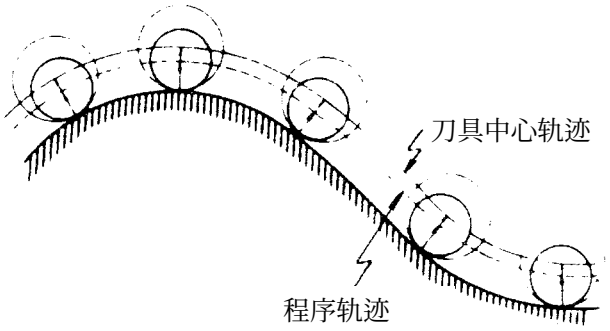


刀具功能（T功能）

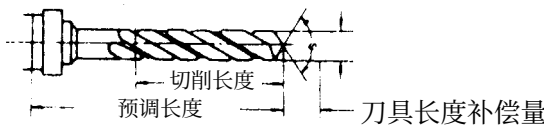
Tool Function

自动或手动换刀时，指定刀具的功能。用地址及其后面的数字来指定。

刀举半径补偿
Cutter Radius Compensation
是指编程中的刀具轨迹与实际的刀具半径之差的补偿。在刀具轨迹的垂直方向上进行补偿。



刀具长度补偿
Tool Length Compensation
对由于切削力和刀具磨损及安装时的误差所产生的刀具长度变化进行补偿。用开关设定补偿量或在存储器中设定补偿量，用手动或自动调整编程中的刀具长度尺寸的功能。



斜度补偿
Inclination Compensation
· 请见螺距误差补偿。

固定循环
Canned Cycle
在镗削、孔加工、攻丝等加工和切螺纹、车削加工、钻孔、沟槽加工等车床系加工中，把连续的预先确定的作业顺序汇总在一起的加工程序。

编码
Coding
用计算机代码或加工代码编制程序。

代码
Code
表示信息的记号体系。NC纸带的字符用8个孔的有、无表示。有ISO代码和EIA代码。

性能价格比
Cost Effectiveness
相对于费用取得的效果。
狭义的可称为产品的性能价格比。

命令
Command
系统、装置、回路等发给另一方系统、装置或回路的指示，用来执行特定功能的信息和信号。

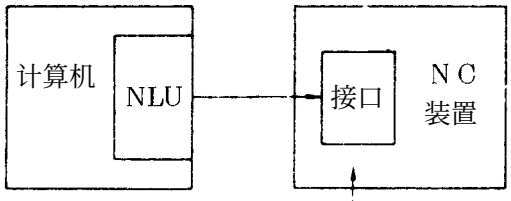
控制 入/出
Cotrol In/Out
即ISO代码的“(”(控制出)和“)”(控制入)。两者括起来的信息被NC装置忽略。因此，括号中可以插入任意信息。

变换器
Converter
· 请见变换器。

兼容
Compatible
是指有互换性。

计算机的连接电路
Computer Link Module

计算机与NC装置用在线方式连接起来，进行无纸带控制。计算机送出与阅读机同样的信号给NC装置的输入回路。计算机连接回路装在NC一侧的是单纯的信号传送、接收器，放大器及驱动器。

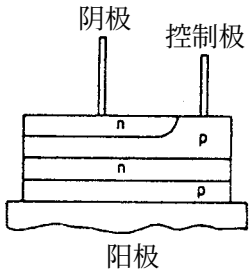


计算机
连接电路

〔サ〕

可控硅 整流器
thyristor Silicon Controlled Rectifier (SCR)

可控半导体整流器的一种，一般作为整流回路工作。若给控制极端子加上适当的信号，则变成急剧导通状态的PnPn四层半导体器件。



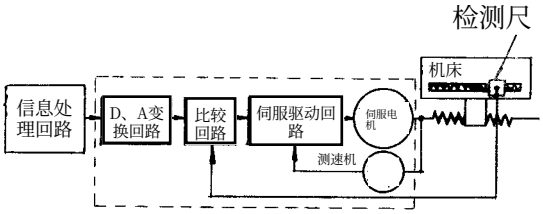
硅整流器

浪涌吸收器
Surge Absorber

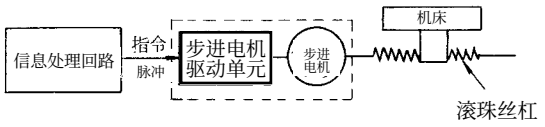
在电气回路中，使外部因素引起的电流、电压及功率的变动变缓的元件或装置。

伺服装置
Servo Mechanism

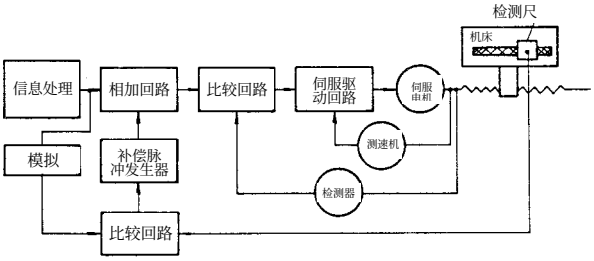
把机械位置和速度作为控制对象的自动控制系统。包括把输入信号变换速度机械位置的装置。



闭环方式伺服机构

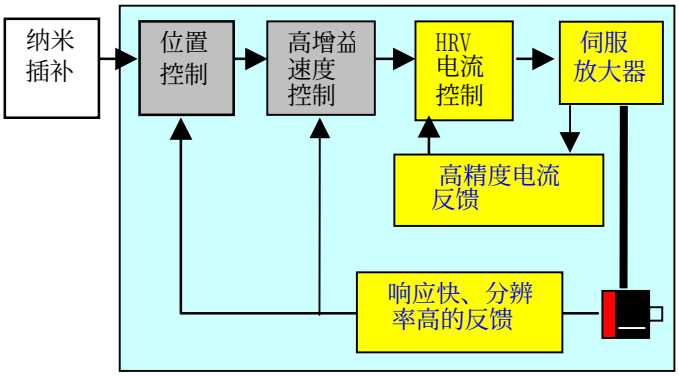


开环方式的伺服机构



混合伺服机构

伺服HRV控制
Servo HRV Control
利用纳米插补指令的平滑性和最新的HRV控制的高增益伺服系统的组合，可以实现纳米级的高速、高精度加工。



最小移动单位
Least Command Increment
数控装置给予机床操作部分指令的最小移动量。

最小设定单位
Least Input Increment
用数字控制数据或手动数据输入装置可以设定的最小单位。
1个脉冲1μm的较多。

〔シ〕

ＣＬ文件
Cutter Location File
表示刀具坐标位值、切削条件、辅助功能等数据文件。

ＣＲ:回车
Carriage Return
把打印位置返回到同一行的第一个位置的功能字符。

ＣＲＴ:阴极射线管
Cathode Ray Tube
可以改变电子束的横向与竖向位置和强度的电子管，通常称显像管。

ＣＮＣ
Computer Numerical Control
是指微处理器或计算机内装NC，用计算机存储器中存储的控制程序，决定控制方式，称为存储程序方式的NC。
改变控制程序，控制功能也变更，因此具有很高的通用性，适用范围广。
除了用于机床业以外，还用于制图机，气体切割机及产业机器人的控制上。

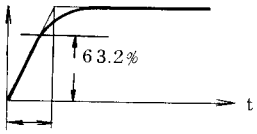
ＣＰＵ：中央处理器
Central Processing Unit
电子计算机的主要构成部分，解读控制程序的命令，并予以执行的装置。中央处理器控制内部存储装置和运算装置间的信息传送和电子计算机内的操作顺序。

ＣＰ控制
Continuous Path Control
· 参见轮廓控制。

顺序号
Sequence Number
指示NC程序上的程序段或程序段集合的相对位置的号码。
通常用地址N后面4位数字表示。控制装置具有显示/检索此号码的功能。用检索顺序号的功能可以找到程序的开头，从而可以从程序的中途进行加工。

四则运算
Arithmetic Operation
加、减、乘、除运算总称为四则运算。
BASIC程序中的运算符号＋和－用作加、减，而×用*(星号)，÷用/表示。

时间常数
Time Constant
信号从初始状态到最终稳定状态的过渡过程中，从初始值到稳定值的约63.2%的时间。



时间常数

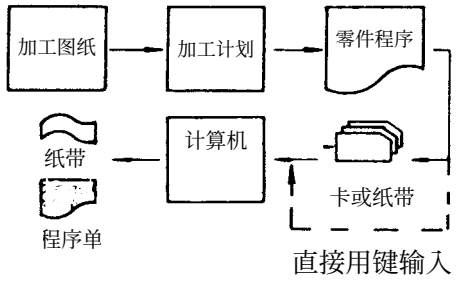
自动加减速
Automatic Acceleration and Deceleration
为了防止机床变速时(及起动、停止)的冲击，自动进行平滑地加减速的功能。

加减速的种类如下：
- 指数函数形加减速
- 插补后直线形加减速
- 钟形加减速
- 插补前直线形加减速

自动交换托盘
Automatic Pallet Changer (APC)
按照NC指令自动变换工件与毛坯的托盘。

自动换刀装置
Automatic Tool Changer(ATC)
根据磁盘、磁鼓存储的刀具库信息，利用程序的指令选择指定的刀具，自动地与主轴上的刀具进行交换的装置。刀库中容纳的刀具用刀具代码或刀具位置代码(刀具存放时的位置代码)来识别。

自动编程
Automatic Programming
代替人工编程，用电子计算机实现的计算机直接编程的方法。用计算机把人们容易理解的零件程序形式直接变成NC机床可以执行的程序的编程方法。



恒周速控制
Constant Surface Speed Control
车削端面时，随工件直径的变化，自动地控制主轴转速使切削速度总保持定值。

$$N = \frac{V\ (m/min)}{2\pi r\ (X轴坐标值)}\ [rpm]$$

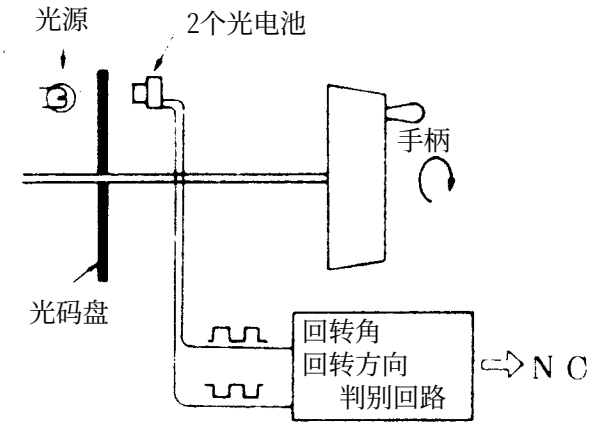
主轴功能
Spindle Speed Function
指定主轴转速的功能。转速的单位是rpm，用地址S和后面的数字来指令。

手动数据输入
Manual Data Input(MDI)
用手动方式给NC装置输入数据的方法。
此数据与用NC纸带输入的信息起同样的作用。
用开关、刻度盘、键、按钮等进行手动输入。

手摇脉冲发生器

Manual Pulse Generator

转动一圈有100个刻度的手动脉冲发生器。转1个刻度产生1个脉冲。这是NC机床进行微动进给的装置。用操作面板上开关改变每1个脉冲的倍率，可以乘以1～1000倍。



准备功能

Preparatory Function

指定控制动作方式的功能。

用地址G和后面的2位数字指令。代码与功能的对应关系符合EIA标准的RS273-B或ISO的R1056标准，其中的一部分如下：

G00	定位
G01	直线插补
G02，G03	圆弧插补
G04	暂停
G17～G19	平面指定
G32，G33	切螺纹
G73～G89	孔加工固定循环

自由曲面

Sculptured Surface

用简单的图形或公式不能表示的非解析的有限曲面。

16进制数

Hexadecimal Digit

是指16进制数字中的一个数。把10进制数中的10～15用特别字符(通常用英文字母A～F)表示。如下表：

10进制数	16进制数	2进制数			
		2^3	2^2	2^1	2^0
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1
2	2	0	0	1	0
3	3	0	0	1	1
4	4	0	1	0	0
5	5	0	1	0	1
6	6	0	1	1	0
7	7	0	1	1	1
8	8	1	0	0	0
9	9	1	0	0	1
10	A	1	0	1	0
11	B	1	0	1	1
12	C	1	1	0	0
13	D	1	1	0	1
14	E	1	1	1	0
15	F	1	1	1	1

模拟器

Simulator

在实际的机械中，当检查其状态很困难或者是不可能时，往往使用与实际机械相当的模型来模拟实际状态。这样的装置或者程序就是模拟器。

手动连续进给

Jogging

用切削进给或快速进给使机床进行运动的手动方式。主要用于设定加工原点。通常是按住操作面板上的按钮使机床连续运动。

指令脉冲

Command Pulse

是给NC机床运动指令的脉冲。脉冲当量与机床的单位移动量相对应。

单程序段
Single Block
　把机床操作面板上的此开关置于ON时，每执行程序的1个程序段就停止。按起动按钮，程序可以继续执行。用来确认加工程序。

平直度补偿
Straightness Compensation
　通常是用于大型机床的机械系补偿功能。沿着基准轴移动而在其他轴上进行补偿的方式。

符号FAPT
Symbolic FAPT
　使用简化编程的符号，编制NC程序。
　是自动编程系统语言。有以下几种：

- Symbolic FAPT TURN （用于机床）
- Symbolic FAPT MILL （用于铣床）
- Symbolic FAPT DRILL （用于孔加工）
- Symbolic FAPT CUT （用于线切割）

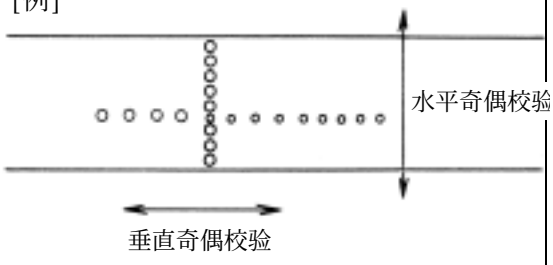
符号；symbol（→←↑↓↻↺↘↖↗↙）

〔ス〕

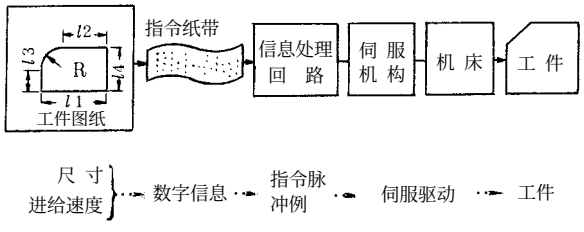
垂直奇偶校验
Vertical Parity Check
　是检查介质上记录的2进制代码正误的方法。在介质运动方向上对数据进行奇偶校验。

水平奇偶校验
Horizontal Parity Check
　是检查介质上记录的2进制代码正误的方法。在介质运动方向垂直的方向上进行数据奇偶性检查。

[例]



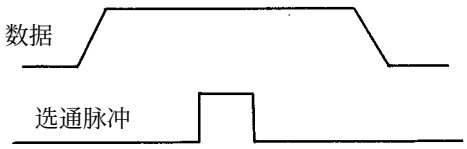
数制控制
Numerical Control
　用数值控制刀具相对于工件移动的方法。一般称为NC或CNC。



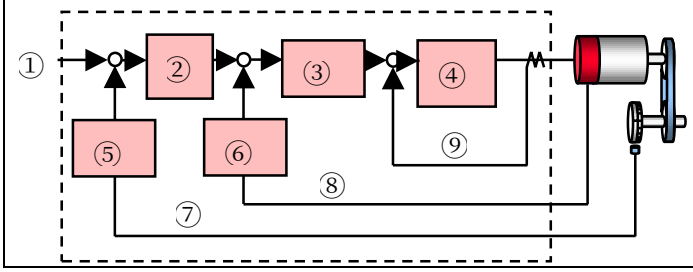
步进进给
Step Feed
　按操作面板上的按钮，使机床进行相当于1个脉冲的微动进给的功能。利用操作面板上开关×1倍～×100倍对脉冲的倍率。

存储程序
Stored Program
　使用CNC和DNC(Direct NC)计算机，事先把控制信息存在NC的存储器上。这种控制程序变更比较容易。

选通脉冲
Strobe Pulse
　为了检查或选取1个字节和1个字的信息(数据)所使用的信号。比数据周期更短的持续时间的脉冲较好。选通脉冲的频率和数据信号的关系如下图所示。相对关系可以调整。



主轴HRV控制
SPINDLE HRV Control
　由于高速DSP和控制软件算法的改善，提高了电流控制的响应性和稳定性。利用速度环运算周期的缩短和高分辨率的检测回路，实现了高响应、高精度的主轴控制。并且C轴轮廓控制性能也提高了。

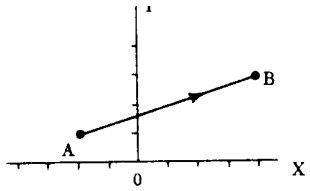


①位置指令
②位置控制
③高速运算速度控制
④主轴HRV控制
⑤高分辨率内插电路
⑥高分辨率内插电路
⑦位置返回信号
⑧速度返回信号
⑨电流返回信号

〔セ〕

精度
Accuracy
　NC机床的精度有定位精度、重复定位精度、失动量等。

绝对坐标方式
Absolute Dimension System
　与以前一个位置无关，用坐标系表示位置的方法。
　按图中A点、B点的顺序移动时，各点的坐标值如下所示。



点	X	Y
A	－2.000	1.000
B	4.000	3.000

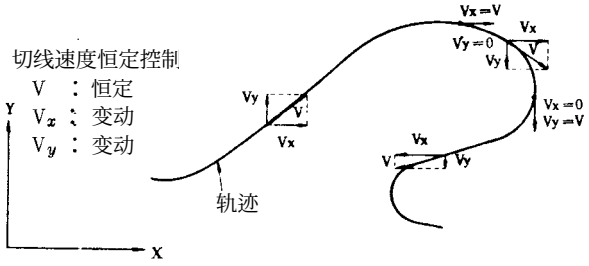
Cell
　单元。

加工单元
Machining Cells
　由NC机床和机器人或随行夹具的工件自动装卸装置及监视加工中异常现象的监视器构成的加工系统。

穿孔带
Punched Tape
根据纸带和磁带上孔的状态来表示信息的介质。

传感器
Sensor
计量或传送物理量位置坐标值、温度、电磁量的装置。

轮廓控制时切线速度恒定控制
Constant rate of travel in contouring
刀具沿工件轮廓轨迹运动时，通常控制切线速度，该速度保持恒定。



〔ソ〕

操作方式
Mode of Operation
是指NC机床的操作状态。从大的方面划分的话，有NC方式和手动方式。而NC方式分为纸带运行方式、单程序段方式、首动数据输入(MDI)方式、存储器运行方式等。

软件
Software
计算机系统是由高速解释命令语句，然后予以执行的物理回路(硬件)和完成应该执行的任务的程序构成的。程序是针对要解决的问题，用语言写成的语句的集合，并把它翻译成硬件命令语句。程序的总体称为软件。

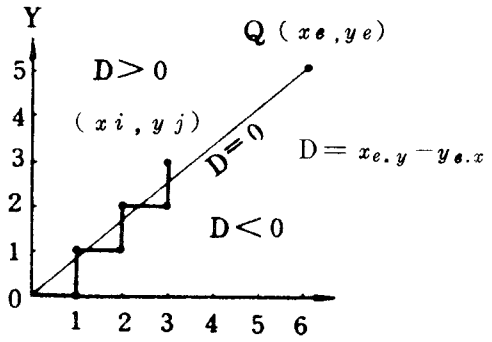
固态元件
Solid State Component
是电子电路元件。硅、锗材料的半导体，如晶体管、IC是典型的固态元件。

〔タ〕

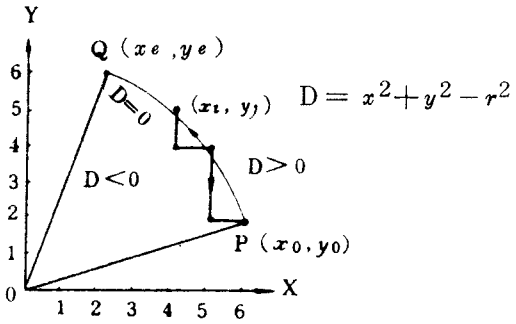
对话形自动编程
Conversational Automatic Programming
根据CRT上显示的提示，操作者进行应答，用键给出最低限度的指令(对话)自动编制加工程序。编程结果的刀具轨迹在CRT上用图形显示出来，以此对程序进行检查。
用彩色CRT时，每把刀具可用不同颜色显示，使用很方便，可以用来检查程序。不只是显示刀具轨迹，工件的两个平面也能显示。

车削中心
Turning Center
在车床刀架上安装钻头、立铣刀，使该机床除了车削以外，还可以进行铣削、钻孔加工的的NC车床。

代数运算
Algebraic Arithmetic Operation
在轮廓控制中，利用代数运算进行脉冲分配。



直线插补时



圆弧插补时

动态制动器
Dynamic Brake
非接触形制动器的总称。一般是用电机的反电势、涡流使电气回转停止的制动器。

数据输入板
Tablet
输入坐标数据的专用平板。

流程图
Time chart
用图表示程序和数据的时间流程。

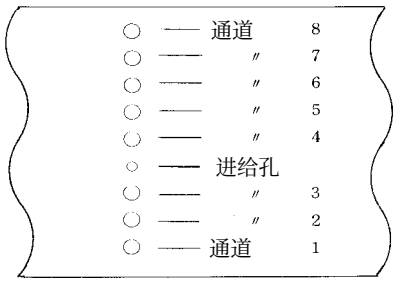
〔チ〕

夹具
Chuck
安装在主轴端部，夹住工件的装置。在NC车床中，为了自动化，安装动力夹盘。

震荡
Chattering
一般是指接点的重复开闭。
计算机的键盘由于接点构造不良或操作不当，反复使键ON、OFF(即震荡)时，会产生输入错误。

倒角
Chamfering
机床给控制装置的输入信号。
此信号输入期间只切螺纹，不倒角。不输入时，螺纹切完后倒角退刀。

通道
Channel
是指信息穿孔纸带行进方向的各个信息行或者与控制装置相接的输出输入终端号的总称。



中央处理器
Central Processing Unit (CPU)
是计算机的主要构成单元，是指令的翻译及执行装置。中央处理器控制内部存储装置和运算装置间的信息传送及计算机内的操作顺序。

直线切削控制
Straight Cut Control
　控制刀具、工作台作平行与直线轴的运动或绕着控制轴的旋转运动。即不能同时控制2轴以上的运动。可控制运动速度及刀具轨迹。

直线插补
Linear Interpolation
　沿着给定的任意2点间连线的运动是直线插补。任意曲线和圆弧的插补换用直线插补方式时，是用分割成短的小直线近似。小直线的长度由近似的允许误差和曲率来决定。

〔ツ〕

刀具
Tooling
　从狭义来讲，是选定加工工件时需要的工具。从广义来讲，包括选定工具、加工工艺、加工方法等从材料到完成品的一连串作业。

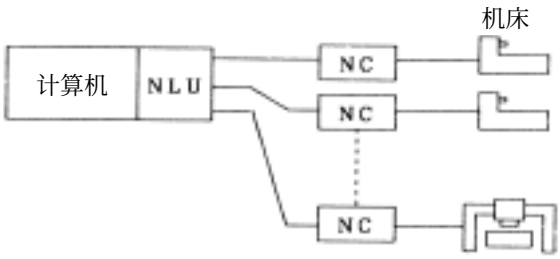
〔テ〕

纸带格式
Tape Format
　输入信息时，纸带规定的格式。

ＤＳＣＧ方式
Digital Sine Cosine Generator
　按照正弦函数或余弦函数把一定频率的交流信号振幅变为数字信号的发生器。FANUC NC位置控制回路(LSI)使用了此方式。

数字量
Digital Quantity
　相对于模拟量的术语，是指被量子化的信号。
　量化信号用二进制表示。(开关的ON,OFF用二进制位的1,0表示)。

ＤＮＣ
Direct Numerical Control
　利用中央处理计算机，通时控制多台CNC机床的系统。中央处理计算机还进行其他零件编程的实时处理和车间的生产管理，效率管理的记录。如果从大的方面分类的话，是把以前的CNC机床与计算机结合起来进行控制。



高频振动
Dither
　装置按一定的小振幅，连续地在0位置附近的抖动。

显示单元
Display Unit(DPL)
　显示数据的装置。对于NC机床来说，显示机床的当前值(坐标值)、顺序号或者刀具号等。

尺寸字
Dimension Word
　在数字控制指令中，表示尺寸、角度的字。这个字的地址使用的字符有A、B、C…X、Y、Z等字符。

尾架
Tail Stock
　也称为尾座、顶尖座。

ＤＤＡ插补
Digital Differential Analyzer
使用数字数值积分器的插补器。
现在基本上都是用DDA插补。

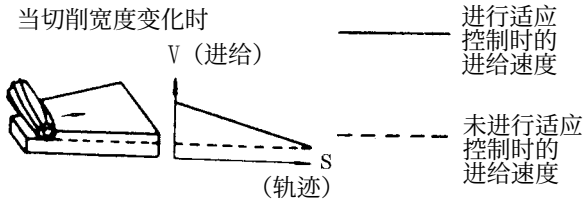
坐标值读取装置
Digitizer
把物理量的模拟信息变换成数字数值形式的信息装置。
例如：使用FANUC SYSTEM P-G和数据输入板，检测出平面图形的各点坐标值。输出给NC的装置(打印输出或穿孔输出)。

纸带检索
Tape Search
使纸带在正、反方向空进给，在指定地方停止的功能。利用顺序号和返回参考点停止符号判断指定的场所。

纸带穿孔机
Tape Puncher
根据程序单到NC纸带所使用的装置。
装置上有打印键和穿孔键，可以同时打印和穿孔，还具有复制和阅读功能。

纸带阅读机
Tape Reader
读取纸带上穿孔的信息传送给控制系统的装置。NC上使用的阅读机有光电形、机械形的检测方法，读取速度为30～60cps(Character per Second)。

适应控制
Adaptive Control
根据被制对象的环境条件变化，控制参数也相应的变化，使控制自动地保持最优状态的控制系统。
例如：自动地求出适应于材质的经济的切削条件，控制进给速度和主轴转速。



译码器
Decoder
具有多个输入端子和输出端子的回路，当给任一组合的输入端子输入信号时，与此组合相对应的那个端子将得到信号。它也称为解读器，用于把2进制数编程10进制数的电路。

译码
Decode
把代码化的数据变成模拟的或其他简单可识别的数据形式。并且是信息不丢失的变换。

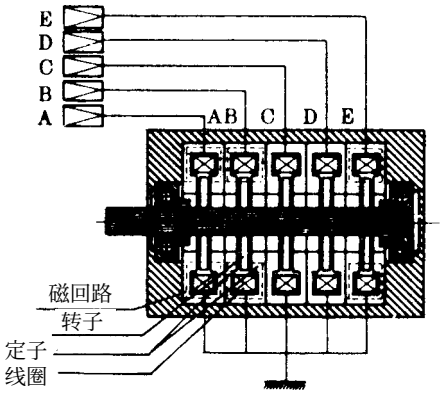
数据总线
Data Bus
当有多个数据和命令时，把它们并在一起传送时所用的共同的信号通道。是双向的。

排除错误
Debug
发现程序中错误时，进行纠正。

可拆功能
Detach Function
在可以拆装的控制轴系中，把电机和电缆拆下来，伺服也不报警的功能。
例如，在回转工作台中使用。

电气步进电机
Electric Pulse Motor

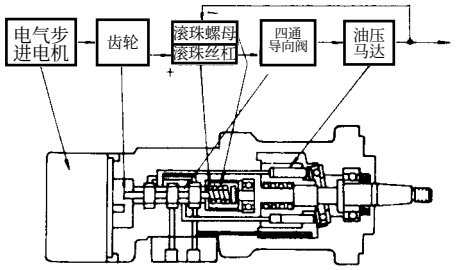
从NC装置接受指令脉冲，每1个脉冲回转一定角度的电机。控制指令脉冲列的脉冲数和脉冲频率(脉冲的速度)，就控制了输出轴的回转角位置和回转速度。使用步进电机的NC系统不用位置反馈元件。



步进电机的构造(EPM110)

电液步进电机
Electric-hydraulic Pulse Motor

为了实现大扭矩的输出，在电气步进电机上装有控制油压的四通导向阀、滚珠丝杠、滚珠螺母等部件有机结合起来，构成的伺服机构。



ＴＦＴ
Thin Film Transistor

· 参照TFT。

〔ト〕

晶体管
Transistor

半导体电子电路元件。该元件上设计了至少三个外部的电气触点，其中两个是相互接触的整流性的触点，另外一个是没有整流作用的电阻触点。利用这两个整流性的触点间相互作用，可以作为放大器、检测器、或者开关来使用。另外，晶体管有PNP形和NPN形两种。

暂停
Dwell

加工中的一条指令。当此指令到来时，进给暂停。停止时间在指令中指定。

同时处理
Concurrent Processing

用一个装置实现2个以上的控制目的时，时间进行分割，使得动作可以同时进行。
在DNC中，机床在控制中可进行自动编程(例如，会话形编程，FAPT等)和生产管理业务(例如，日程计划等)。

漂移
Drift

被控量缓慢变化偏离指令的控制值。

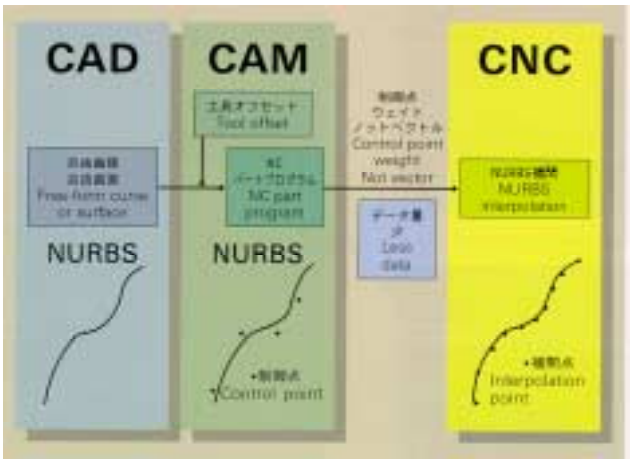
驱动
Drive
　驱动的意思。一般在NC机床中是用电机或电液伺服马达驱动丝杠(例如，滚珠丝杠或齿轮齿条)。

空运行
Dry Run
　通常，在机床操作面板上有此开关。当把此开关置于ON时，操作面板上的JOG倍率开关有效，可以控制任意速度。此功能用于检查NC纸带和NC程序。

驱动器
Driver
　送出信号的回路或装置。

〔ナ〕

NURBS插补
Nurbs Interpolation
　用CAD设计模具时，用NURBS表示自由曲线作为CNC程序指令。
　CNC对NURBS曲线进行高精度插补，可以得到近似设计的圆滑加工面。
　与连续的微小曲线段相比，程序量变小了。
　程序的传送也不需要高速化。



〔ニ〕

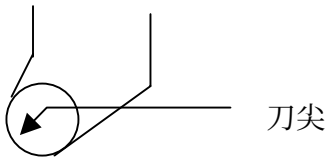
日程计划
Scheduling
　DNC系统中的日程计划是以高效地开动机床为目的。在编定日程计划是要考虑大的日程计划，小的日程计划，DNC系统机床的NC程序，自动装卸装置，甚至从ATC中选刀具等各单元的控制及各单元的故障等内容。

〔ネ〕

切螺纹
Thread Cutting
　与主轴回转同步移动刀具，进行螺纹切削。为了使进给与主轴回转同步，在主轴上安装了检测回转角的位置编码器。用以发出指令脉冲。可以切削直螺纹、锥螺纹、端面螺纹、圆弧螺纹。另外，把起始点移位，用程序可以切多头螺纹。

〔ノ〕

刀尖R
Nose Radius
　车刀刀尖有圆弧，它的曲率半径称为刀尖半径。



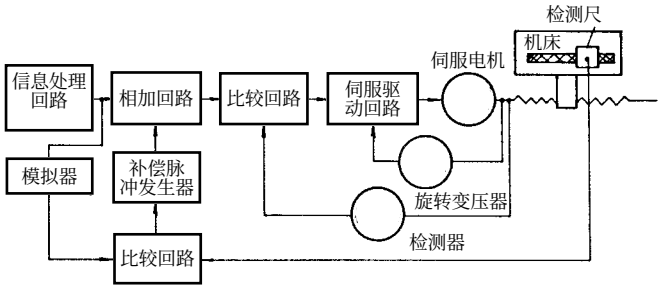
〔ハ〕

混合积成电路
Hybrid Integrated Circuit
　用一个或一个以上的分离元件和积成电路组合成的电路。

混合控制
Hybrid Control

在机床上安装直接检测器(感应同步器、光栅、磁栅等直线尺)，检测机床移动量，另一方面通过指令脉冲偏差设定回路(模拟器)取出输出轴的回转角度。两者进行比较，检测出机械系的全部误差。此误差(反向间隙、螺距误差、挠度、温度等误差也含在内)被检测出后，进行正确地脉冲补偿，对电机回转角补偿该误差量。消除机械系误差，可以精确地定位。

· 请参照感应同步器、光栅、磁栅的说明。



混合伺服机构

硬件
Hardware

对于控制系统和计算机来说是指机械、器具、装置等。

零件程序
Part Program

是指为了实现NC机床的作业，用专门的语言书写的数据和命令群。把它们穿成纸带或写入信息卡，或直接输入到计算机和自动编程装置中，作为NC的控制程序。

介质
Media

在计算机中，是指两个装置之间传递信息时的媒介。例如，编程员把编制的程序记录到磁盘、磁带或软盘上。然后输入到计算机中时，磁盘、纸带就称为介质。

异或
Exclusive OR

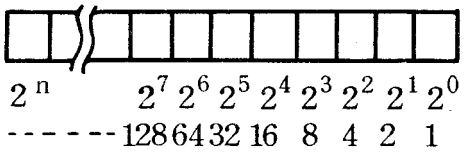
对于两个输入条件A、B，只有在两者不一致时才有输出X，两者一致时没有输出X的回路，其动作状态表示如下：

$$X = A \cdot B + A \cdot B$$

二进制
Binary

用ON和OFF，或0和1的二进制表示数据的数制。

(例)



字节
Byte

由8位二进制数构成的基本信息单位之一。

总线
Bus

计算技术中，传送数据的共同通道。

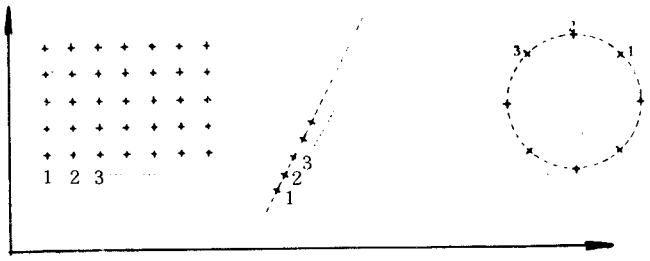
Pascal

1974年瑞士联邦工科大学的N.Wirth先生发表的ALGOL系的编程语言。其特点是结构化编程，有丰富的数据模型，并且可以递归性处理。PASCAL的处理系基本上都输出，称为P.CODE的假想的计算机的命令。如果其他类别的计算机解释P.CODE的手段的话，在不同的计算机间的软件移植就很容易，这是其突出的优点。

格式图形循环

Pattern Repeat Cycle

给重复的点群图形一个附加命令，使得可以沿着点群进行重复动作的功能。



后台编辑

Back Ground Edit

在NC加工进行的同时，登陆其他程序或进行编辑的功能。

发光二极管

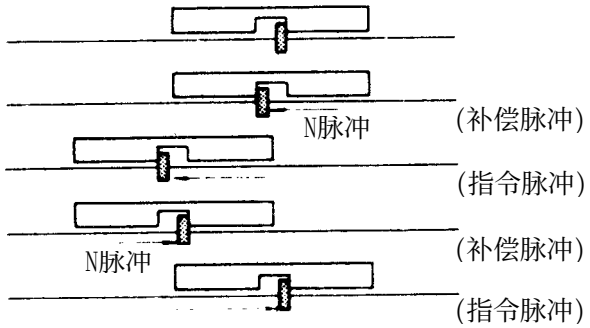
Light Emitting Diode(LED)

由红外线发出的可视光二极管。

反向间隙补偿

Backlash Compensation

机床进给轴的运动方向发生变化时，由于机械部件间的间隙产生进给位置误差。为消除因间隙而产生的位置偏差，CNC发出相当于间隙值的指令脉冲进行进给量的补偿。



间隙补偿的方法

批处理

Batch Processing

把适当时间内发生的信息集中在一起，同一种类的信息一批处理的方法。

缓冲存储装置

Buffer Storage

在两个相互动作步调不一致的装置中(例，输入装置和内部存储装置)，调整速度或时间，使两个装置能独立动作所需要的存储装置。

在NC中，先读程序的1个程序段，避免了因读取程序的时间而产生的NC指令动作的停歇。

奇偶校验

Parity Check

对于2进制代码在8位或16位数据中附加1位校验位，根据总数为1的个数是奇数还是偶数，对数据进行校验。

参数

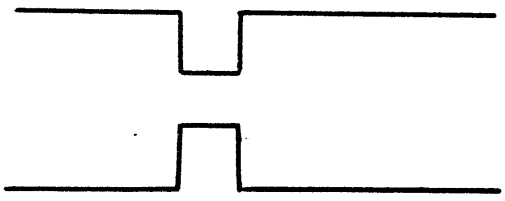
Parameter

在电气术语中，表示电路元件(晶体管等)特性的值称为参数。在NC中使用的参数，不只是由NC装置决定的，还要考虑到与NC相连的机床功能、特性。

脉冲

Pulse

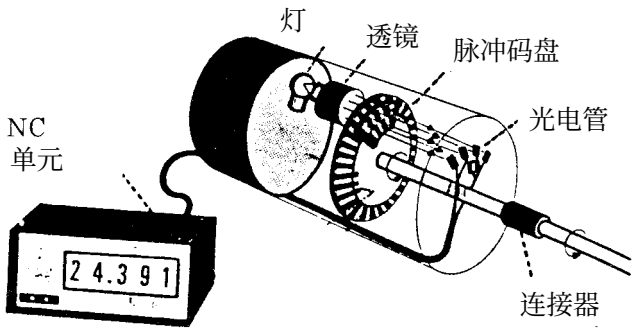
通常是保持一定值的，只在某一固定时间变化的物理量。一般考虑的对象其时间间隔都比较短。



脉冲编码器

Pulse Encoder

是把数据变成符号的装置。在NC机床中，安装在伺服电机上，用于检测机械位置，有增量式和绝对式两种。

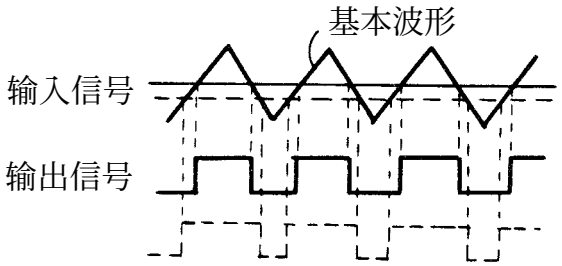


脉宽调制

Pulse Width Modulation(PWM)

接受输入信号，并根据其幅度变换脉冲宽度的功能。

(例)



步进电机

Pulse Motor

根据输入的脉冲数回转的开环伺服机构。有电气步进电机、电液步进电机和直线步进电机。位置和速度根据输入脉冲的数和频率来决定不需要速度及位置的反馈。

磁泡存储器

Bubble Memory

是利用磁泡作存储元件的存储装置。

〔ヒ〕

自变量
Argument Assignment

1．数学中的变量
2．定义程序的内容或接受赋值的参变量。

散热器
Heat Sink

为了散掉部件发生的热量，而使用的部件。

二－十进制代码
B C D Code

也称为二进制化的十进制。把10进制数用4位2进制表示。4个二进制可以表示16个数。但只选择其中的0～9的表方法就是BCD代码。

10进制数	BCD	10进制数	BCD
0	0 0 0 0	5	0 1 0 1
1	0 0 0 1	6	0 1 1 0
2	0 0 1 0	7	0 1 1 1
3	0 0 1 1	8	1 0 0 0
4	0 1 0 0	9	1 0 0 1

光缆
Optical Fiber Cable

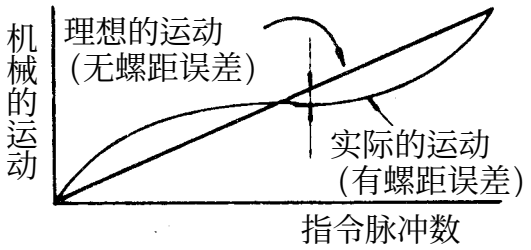
是在光通信中使用的导线。通常是直径为200μm左右的玻璃纤维，在外部有折射率低的玻璃作为包装。

螺距误差补偿
Pitch Error Compensation

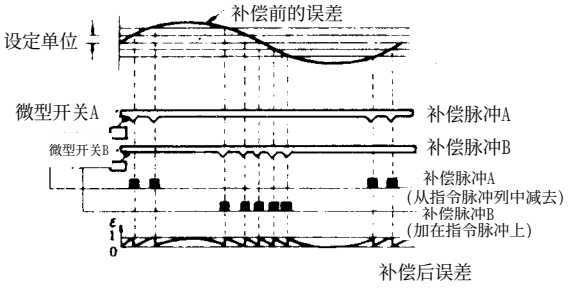
补偿机床进给丝杠的螺距误差L。事先测出螺距误差，在补偿点处装上挡块，用限位开关检测给出补偿脉冲。

现在已不用挡块，而是利用存储器。事先在存储器内设定螺距误差补偿量及补偿点，这样可以自动地进行补偿。

类似的功能还有斜度补偿、直线度补偿功能。



螺距误差补偿方法



螺距误差补偿方法

二进制位
Bit
是Binary Digit的缩写，与2进制数字有同样的意义。另外，还作为信息量的单位使用。即，用2进制最大信息量来表示存储容量。

ＰＬＣ
Programmable Logic Controller
·参见顺序控制电路。

ＰＣ
Programmable Controller
也有的把PLC简称为PC。

ＰＭＣ
Programmable Machine Controller
可编程机床控制器。实际上与PLC相同，只是PMC中有多条适合于机床控制的专用指令。
PC(Programmable Controller)中没有继电器等元件构成的继电器回路，而由半导体存储器中的顺序控制程序来完成它的任务。
按照NEMA标准的定义，PMC是通过数字或模拟输入输出模块，内部继电器、存储器、定时器、计数器等，按照基本指令，算术逻辑及功能指令编辑顺序逻辑控制程序控制机床强电动作的电子装置。

〔フ〕

布尔代数
Boolean Algebra
数学家George Boole创造的以逻辑变量为对象的运算方法。使用逻辑变量的定理推论过程的运算体系。
有AND、OR、NOT、NOR等运算符。布尔代数的逻辑在设计控制、计算电路时是必须使用的。

文件
File
是信息或数据的记录单位，使用的相关记录的集合。

反馈
Feedback
在闭环控制中，把控制对象的实际状态信息回送到控制的输入端，并与输入量(目标值)进行比较。

触发电路
Flip-Flop
具有2个相异运行状态的电子回路，是最基本的存储元件。DT、RS、JK是触发电路的四种基本形式。

前馈控制
Feed-forward Control
基于现代控制理论的算法，为了改善伺服系统跟踪滞后的一种控制功能。

进给速度倍率
Feedrate Override
· 参照倍率一项。

再现进给速度倍率
Feedrate Override Playback
记录加工中的进给速度倍率，从下一次加工开始，自动地使用这个进给速度倍率。

光耦合器
Photocoupler
由电变成光的元件(发光二极管等)和光变成电的元件(光晶体管等)组合起来的元件。

格式分类的详细缩写
Format Classification Detailed Shorthand
用地址和后面的数字表示NC纸带的一个程序段内编程字的数据位数。按规定的顺序排列的尺寸字，表示出小数点前的数据位数和小数点后的数据位数。

(例)

Ｎ４、Ｇ２、Ｘ＋５３、Ｙ＋５３、
Ｚ＋５３、Ｆ４、Ｓ４、Ｔ２，Ｍ２；
“ ”是Tab字符，；是EOB字符。
带“＋”的数据取正负值，没带的只取正值。

格式的分类缩写
Format Classification Shorthand
表示格式的互换性、控制的形式、长度单位、控制轴数时的缩写。

负反馈
Negative Feedback
把输出信号按输入信号的相反相位返回至输入端。为了减少失真而使用。有电压负反馈和电流负反馈等。

非挥发性
Nonvolatile
在存储装置中，即使切断电源，存储的数据也不丢失的性能。

印刷板单元
Printed Circuit Board Unit
在印刷布线板上，安装着电路元件、结构元件的部件。

柔性进给变比
Flexible Feed Gear
伺服电机和机床连结时，任意的滚珠丝杠螺距都能与伺服电机内部的检测器相对应的功能。

编程
Programming
为了使计算机工作和在NC机床上加工零件而编写命令群的作业。

编程装置
Programming Aids
能容易地进行计算机和NC机床编程的系统和装置。
例如：编程软件，NC机床的仿真器或者自动制图机等。

编程语言

Programming Language

计算机编程时，书写刀具移动指令、进给速度、机械动作等的语言。编程语言一般可分为机器语言和简略化的语言(ALGOL、FORTRAN、C语言等)两种。两者都需要变成计算机可以理解的机器码。机器语言的变换处理是简单的，需要的装置由计算机的语言来决定。但兼容性差，编程较困难。而简略化的语言与装置无关，是独立的。不同类型的计算机都可以处理。用这种语言书写的命令称为语句。一条语句相当于多条机器指令。从而大大简化了编程。

程序原点

Origin

是按绝对坐标方式指定坐标轴移动指令的基准位置(点)。

程序号

Program Number

NC存储器上可以登录多个程序。为了把这些程序区分开，使用程序号。地址采用O，程序的最后，用M02、M30、M99代码结束。

程序格式

Program Format

规定的编制加工信息的样式。

过程控制

Process Control

在使用计算机的化学、石油、制铁、煤气等工业，或者以自然为对象的如水利灌溉等的自动控制。控制对象为温度、压力、流量、液面高度等工业量。

程序单

Process Sheet

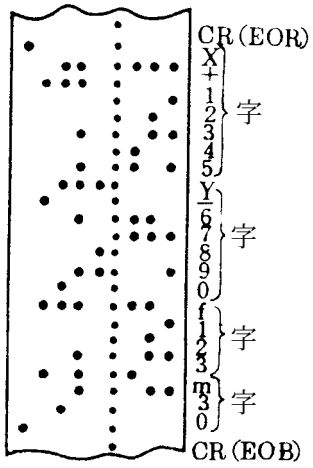
记述刀具移动指令、进给速度、机床的动作等，并且，符合NC装置程序格式的程序清单。

N	G	X	Y	Z	F	S	T	M	CR
									CR
N001						S400		M03	CR
N002		X40000	Y-35000						CR
N003	G01	X1300		Z3500	F5				CR

程序段

Block

程序的单位。一组连续的指令字的集合。在NC纸带(程序)上，程序段用EOB(程序段结束)字符分隔。程序段含有机床控制所需要的指令信息。



绘图机

Plotter

接收计算机输出的数字信号，进行绘图的装置。在自动编程中用于检查编制的程序。

程序开始
Porgram Start
表示程序开始的字符。是为NC纸带倒带时停止位置而使用的字符。在ISO标准中用%字符，EIA标准中用EOR字符。

程序停止
Program Stop
是NC的辅助功能之一，在被指定的程序段中，其作业结束之后，使机床进给、主轴回转、冷却等停止的功能。
若想继续执行，须按循环起动键。

〔へ〕

矢量
Vector
具有大小和方向的量。其表示方法是用箭头表示表示方向，线段长度表示大小。

闭环系统
Closed Loop System
在NC机床中，检测出工作台或其上面部件的位置，将其与NC输出的指令信号相比较，控制机床运动使两者的偏差为零的控制系统。

变换器
Converter
把某种形式的信号变换成另一种形式的电路元件或装置。

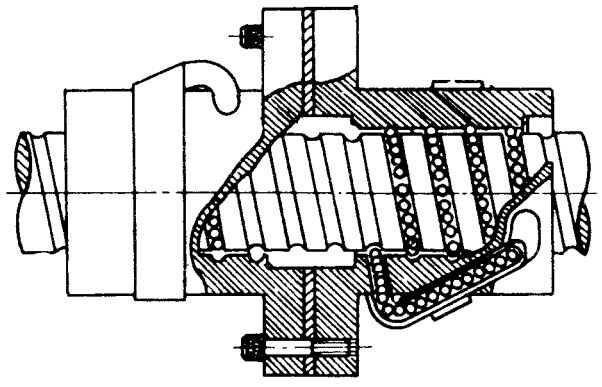
编辑方式
Edit Mode
对存储器中登录的数据进行更新、添加、删除作业的工作方式。

变量
Variable
数据给定之前，其值不定的物理量。

〔ホ〕

抛物线插补
Parabolic Interpolation
在给出的任意2点之间，用包含始点、终点的3个点作抛物线，沿着此线插补。用抛物线插补可以使空间任意曲线的差补变得简单。

滚珠丝杠
Ball Screw
滚珠丝杠是低摩擦的进给丝杠，为无间隙的驱动NC机床而使用的。其构造是由螺纹槽内循环的滚珠和2个相互予以加载的螺母构成的。使用滚珠可以降低摩擦，利用预加载荷可以防止间隙。



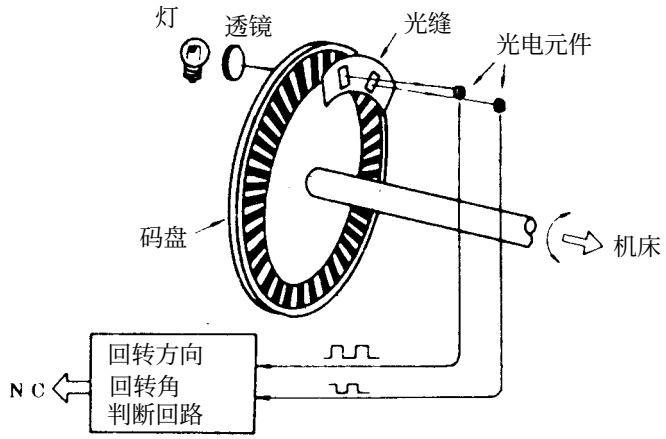
波特率
Baudrate

在通信系统中，表示数据传送速度的单位。

(例)60波特率是指1步的传送时间为1/60秒。如果1步传送相当于1位时(二进制位)，则传送速度为60位/秒(Bit/秒)。

位置编码器
Position Coder

与回转角成比例地产生脉冲，用来检测轴的回转角的部件。在NC机床中，把它与主轴直接相连，与主轴同步回转，在切削螺纹时使用。

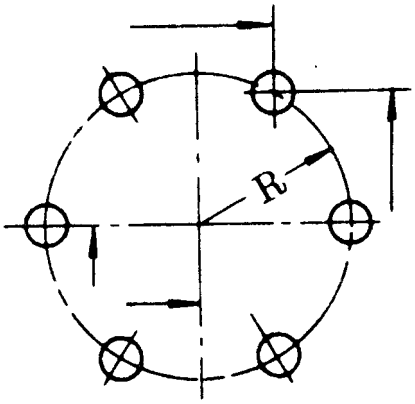


辅助功能
Miscellaneous Functions

是指NC机床上强电控制的开关功能。例如，主轴回转的启动、停止；冷却的ON、OFF；夹紧的ON、OFF；选择停等用地址M和其后面的数字来指定。

轮圆孔加工循环
Bolt Hole Cycle

用编程语言简单地描述孔图形的加工指令。此循环可以用圆心、半径、孔数。第一个孔的坐标值来描述。



主计算机
Host Computer

是指在线系统中的主控计算机。它备有其他计算机可以使用的程序。

后置处理
Post Processor

在自动编程中，根据处理零件程序所得到的刀具轨迹，进给速度及主轴回转的数据和辅助功能命令等信息(存储在CL带子上)作成针对特定NC装置和机床的NC纸带的计算机命令群。

· 请参照主处理。

〔マ〕

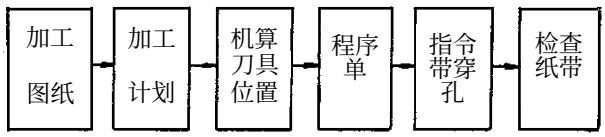
微处理器
Micro Processor
除存储器以外，用1个或几个LSI作成的CPU。

磁栅
Magnescale
索尼公司开发的位置检测装置。在磁性体上用0.2mm的固定波长记录正弦波。是格子状的磁化的尺子。用磁束应答形多隙磁头检测磁尺的刻度信号，并变成电信号。对于检测无接头的长条形物体比较方便。

加工中心
Machining Center
可以自动的进行铣削、钻孔、镗削、螺纹加工等各种作业的NC机床。并且还具有自动换刀，和在工件2个面以上的位置进行分度的功能。

机床锁住
Machine Lock
通常，在机床操作面板上有此开关。当把它置于ON时，无论是手动还是自动运行时，机床都不运动。只有位置显示变化的功能。

手动编程
Manual Programming
计算刀具位置，编写程序单，指令带的穿孔等全部作业都是人工操作的。



ＭＡＰ（制造业自动化通讯协议）
Manufacturing Automation Protocol
车间内信息通信网的通信控制标准及协议。

〔ミ〕

镜象
Mirror Image
用开关把程序中的坐标值正负反向。利用此功能，可用同一个程序进行对称加工。

〔メ〕

主处理器
Main Processor
与后置处理结合起来构成一个系统。翻译及解释零件程序，算出刀具位置，生成CL(Cutter Location)纸带的装置。
·参照变换器。

〔モ〕

方式
Mode
数据的传送，处理或显示所选择的工作条件。根据选定的方式，确定控制的状态。

模态
Modal
对于指定过的指令，在没有把它取消之前一直保持其有效的功能。

监视器
Monitor
　其含义就是监视事物的状态。就是监视输入、输出状态。也有把显示器称为监视器的。

〔ラ〕

程序库
Library
　将所有程序集中在一起存储起来的存储器。

ＲＡＭ随机存储装置
Random Access Memory
　可以随机地存取(输入输出)的存储器，通常是由可以自由改写的存储元件构成的。

ＬＡＮ(局域网)
Local Area Network
・参照LAN。

〔リ〕

无效的零
Leading Zero
　是指数字左侧无意义的零。编程时一般被省略。

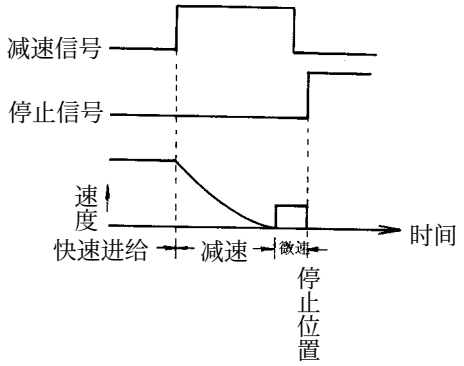
读/写
Read／Write
　指读出和写入数据的意思。

ＲＩＳＣ
Reduced Instruction Set Computor
・参照RISC。

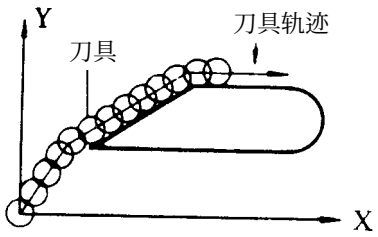
再起动
Restart
　在切削中途由于刀具破损等原因，想从中途重新开始作业时，用手动返回参考点后，移动到想开始的加工位置(根据程序段指令)，重新起动自动运行进行切削。

重复
Repeat
　就是重复、反复的意思。

返回参考点
Reference Point Return
　检测出机床上的限位开关或尺子的零信号后，进行减速运动，同时在各轴的预定机械位置上能高精度停止的功能。



轮廓控制
Contouring Control
同时控制NC机床的2个轴或2个以上轴的运动，连续控制刀具相对于工件的运动轨迹。



刚性攻丝
Rigit tapping
把攻丝刀具直接装在主轴上的刀夹上，使主轴和Z轴同步移动，可以进行高速攻丝的功能。

直线尺
Linear Scale
· 请参照混合控制。

〔レ〕

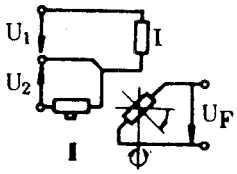
存储
Recode
在计算机中，把程序、数据存入磁盘和纸带上时，把程序的1行或数据1项汇总起来，作为一个单位，用一次操作把内容输入进去。

激光
Laser
与自然光不同，是单一波长的人工制造的光。利用它作为信息记录的介质时，与磁性体相比记录密度可达到磁体10～100倍。

接收器
Receiver
接收信号的电路或装置。

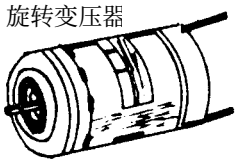
寄存器
Register
存储1个或几个字，或几位信息的存储装置为特定的目的使用时，可随时利用其内容。

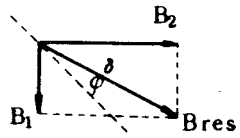
旋转变压器
Resolver
把转子的回转角变为模拟信号送出的装置。定子是由2组相位差90° 线圈构成的。分别通过Sin和COS的电流来激磁，利用转子输出电流的电位差来检测回转角。在NC控制中，作为半闭环检测器使用。

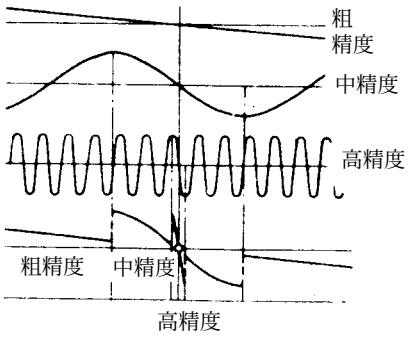


$U_1 = U\max \sin\delta - B_1$
$U_2 = U\max \cos\delta - B_2$
$U_3 = kU\max \sin(\delta - \varphi)$

旋转变压器





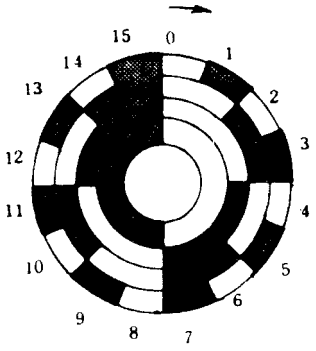


改造
Retrofit, Retrofitting
为了进行数字控制，对现有的机械进行简单地改造。

连续切削控制
Continuous Cutting Control
与轮廓控制意义相同。

〔ロ〕

圆编码器
Rotary Encoder
使用圆形编码盘检测回转角位置的A/D转换器。以绝对值输出各点的回转角，与位置编码器不同。



圆码盘的例子

失动
Lost Motion
由于影响机械精度和性能的进给机构内不准确或磨损而产生的进给量的丢失。例如间隙、扭曲、位置偏离。

装入
Load
把程序和数据从存储的场所取出，送到需要的场所使用。

ＲＯＭ只读存储器
Read Only Memory
是不能自动写入指可以读出的存储器。通常用于存储控制程序、常数等。

PROM (Programmable ROM)
EROM (Erasable ROM)
EEROM (Electrical Erasable ROM)
FROM (Flash ROM)

〔ワ〕

字
Word
是按某一顺序排列的字符组。以它为单位处理信息。

地址字格式
Word Address Format
程序段中程序字的意义及表示方法。

一次有效代码
One Shot
只在所在的程序段有效的G代码(准备功能码)和M代码(辅助功能码)。此程序段执行后，这些G代码，M代码不被存储。

〔按英文字母顺序〕
(注)各项目（）内的读法是略称/通称。没有（）的是按英文发音。

［例］　ＳＭＤ → エスエムディ

A　　B

〔A〕

ＡＢＳ

・参照“绝对”一词。

Ａ／Ｄ Converter

・参照模拟/字变换器。

ＡＩ
Artificial Intelligence

人工智能、让机械代替人进行作业。

ＡＧＶ
Automatic guided vehicle

无人搬运车。装载着工件、工具或夹具等按计算机的指令，搬送到车间内的指定场所。

ＡＰＣ
Absolute Pulse Coder

绝对脉冲检测器。

是可以检测机床全行程绝对坐标值的编码器。装在伺服电机内部。装有这个检测器的装置，电源接通后，不必返回原点机械可以自动运行。

ＡＰＣ
Automatic pallet changer

自动交换托盘装置。

ＡＰＴ

・参照APT。

ＡＳＣＩＩ

・参照ASCII。

ＡＴＣ
Automatic tool changer

自动换刀装置。

〔B〕

Ｂｉｔ(二进制位)

二进制数的位。此词可作为信息量的单位使用。即用二进制的总位数来表示存储容量。

BCD

Binary Coded Decimal

也称为2进制化的10进制。把1位10进制数用4位2进制表示。4位可以表示16个数，但只选其中0～9的表示方法，这就是BCD。

10進数	BCD
0	0 0 0 0 : 0 0 0 0
1	0 0 0 0 : 0 0 0 1
2	0 0 0 0 : 0 0 1 0
3	0 0 0 0 : 0 0 1 1
4	0 0 0 0 : 0 1 0 0
5	0 0 0 0 : 0 1 0 1
6	0 0 0 0 : 0 1 1 0
7	0 0 0 0 : 0 1 1 1
8	0 0 0 0 : 1 0 0 0
9	0 0 0 0 : 1 0 0 1
10	0 0 0 1 : 0 0 0 0
11	0 0 0 1 : 0 0 0 1
⟆	⟆ : ⟆
20	0 0 1 0 : 0 0 0 0
⟆	⟆ : ⟆
98	1 0 0 1 : 1 0 0 0
99	1 0 0 1 : 1 0 0 1

Bus（总线）

是计算机的硬件，传送数据的公共通道。

Byte（字节）

由8个二进制位构成的信息的基本单位。

〔C〕

CAD

Computer Aided Design

计算机辅助设计。

CAM

Computer aided Manufacturing

计算机辅助制造。

CIM

Computer Integrated Manufacturing

计算机集成制造系统。以计算机生产系统为中心。包括材料的采购、生产管理、工艺管理、物流管理、销售等与生产有关的各领域综合起来的制造工程系统。

CISC

Complex Instruction Set Computer

复合指令集的计算机。减少CPU的基本指令数，提高处理速度的计算机。

· 参照RISC。

CSSC

Constant Surface Speed Control

请参照恒周速控制一项。

ＣＮＣ(计算机数控)
Computerized Numerically Control

是内部装有计算机或微处理器的NC。由计算机存储器中存储的控制程序决定控制功能并实施控制。称为存储程序方式的NC。

更换控制程序可以变更功能，具有很高的通融性。用途广泛。即不只是用于数控机床还作为制图机、数字化仪、气体切割机等的NC控制。

ＣＰＵ
Central Processing Unit

中央处理器。电子计算机的主要构成部件。是解读命令、执行命令的装置。中央处理器控制内部存储装置和运算装置间的信息传送及计算机的操作顺序等。

ＣＰ控制
Continuous Path Control

· 参照轮廓控制。

ＣＲ
Carriage Return

回车。把打印位置返回到同一行的第一个位置的功能字符。

ＣＲＴ(阴极射线管)
Cathode Ray Tube

使电子束在很小范围内可以改变管子表面电子束的位置和强度的电子管，通常称为显像管。

〔D〕

ＤＤＡ(数字微分分析器)
Digital Differential Analyzer

使用数字微分器的插补方式。

ＤＮＣ(直接数控)
Direct Numerically Control

用中央过程控制计算机，同时控制多台机床的控制系统。

中央过程计算机同时进行加工程序的实时处理，车间生产管理，能源管理的记录。如果进行大分类的话，以前的NC装置是与个机床相连的，而该计算机是控制这些NC装置的。

· 参照附2-21页

ＤＲＡＭ

· 请参照RAM。

ＤＰＬ

· 请参照显示单元项。

ＤＳＣＧ(正弦、余弦波形数字发生器)
Digital Sine Cosine Generator

把一定频率的交流信号的振幅按着正弦函数或余弦函数变成数字信号的信号发生器。

〔E〕

EIA

·参照EIA。

ENTHERNET

·参照ENTHERNET。

EOB

·参照EOB。

〔F〕

FA

Factory Automation

车间自动化，用计算机管理车间的生产设备，搬运设备，产品和材料等及作为这些控制信息所使用的生产计划、生产管理、生产信息等的信息系统。

一般不包含市场、销售、经营管理业务，这是与CIM不同的。

FMC

Flexible Manufacturing Cell

柔性制造单元。

通常是指小规模的廉价的FMS或者FMS中的一个生产单位。

例如，一台MC或NC车床上，配有机器人，装料器等，把这些设备全部用一台NC装置控制的生产系统。

FMS

Flexible Manufacturing System

柔性制造系统。

由NC机床、工业机器人、自动搬送系统、自动仓库系统以及管理这些设备的计算机中央管理系统构成的进行多品种，小批量生产，无人管理的高效率制造系统。

F／V转换器

Frequency to Voltage converter

把频率信号变成电压信号的单元。

〔H〕

HRV(高速响应矢量)

High Response Vector

用高速DSP和高性能的控制软件，来提高电流控制的响应性和稳定性。

〔I〕

IC（集成电路）

Integrated Circuit

按照实现的功能把半导体、电阻等电路元件作成一体不可分的微型电路元件。根据集成度，有以下几种。

SSI (Small Scale Integration)

MSI (Medium Scale Integration)

LSI (Large Scale Integration)

VLSI(Very Large Scale Integration)

LSI是由极多的逻辑之件作成的大规模集成电路。

〔I〕

ＩＮＣ

·参照“增量”项。

ＩＳＯ

·参照“ISO代码”项。

〔L〕

ＬＡＮ（局域网）

Local Area Network

专用的通信信息网，即区域通信信息网，在有限的区域内，连接多个计算机系统。高速进行数据交换的系统LCN(local Computer Network)。

ＬＣＤ

Liquid Crystal Display

液晶显示器。利用液晶因电压的变化可以变黑的性质制成的显示器。

ＬＥＤ

Light Emitting Diode

发光二极管。通电后可以发出可视光的半导体元件。

ＬＳＩ(大规模集成)

Large Scale Integration

有1000～数万个晶体管的大规模集成电路。

〔M〕

ＭＡＰ(制造业自动化通讯协议)

Manufacturing Automation Protocol

为了使生产工程自动化。把计算机与机器人、NC机床连接起来作成网络。MAP是关于此网络的规则与通讯协议。

是FA用的LAN(Local Arer Network)的通信规则之一。是美国GM公司(General Motors)为本公司车间使用而开发的，它已成为国际性标准。

ＭＤＩ

Manual Data Input

·参照“手动数据输入”项。

ＭＴＢＦ

Mean Time Between Failure

平均故障时间。

〔N〕

ＮＣ连接单元

NC Linkage Unit (NLU)

DNC中连接计算机和NC的接口。此时NC上需要有计算机连接电路。

〔O〕

ＯＳ(操作系统)
Operating System
为有效地使用计算机系统而制成的软件，译为基本软件。
有名的有MS-DOS、OS/2、UNIX、Mach等。

ＯＳＩ(开放系统结构)
Open Systems Interconnection
开放型系统间的相互连接，及不同机种计算机交换数据的通信规则。

〔P〕

ＰＭＣ(可编程机床控制器)
Programmable Machine Controller
按照设计的动作顺序，控制机床工作的装置。PC中没有继电器电路的工作部分，用半导体存储器中存储的顺序程序完成它的任务。
按照NEMA标准中的定义，PMC是通过数字或模拟的输入、输出模块，内部继电器、存储器、定时器和计数器等，按照基本指令、算术、逻辑及功能指令编制的顺序逻辑程序控制机床强电部分动作的电子装置。

ＰＬＣ
Programmable Logic Controller
可编程逻辑控制器。

ＰＷＭ
Pulse Width Modulation
·参照脉宽调制项。

〔R〕

ＲＡＭ(随机存储器)
Random access memory
可以随机地存取，并经常可以自由地改写其内容的存储装置。大致分类如下：
ＤＲＡＭ（Dynamic RAM）
ＳＲＡＭ（Static RAM）

DRAM是利用在电容上蓄积电荷时的状态为1，不蓄积的状态为0，进行信息存信者的。但是由于有漏电流，存储的信息会丢失，所以要不断改写(再生)。
而SRAM是双稳态电路，利用一方的电压状态为1，另一方为0，来存储信息。其内容不需再生。

ＲＩＳＣ（简化指令集的计算机）
Reduced Instruction Set Computer
是指减少指令集的计算机。是加利福尼亚大学开发的处理器(运算处理装置)的设计方法。用减少CPU基本指令集的方法，提高计算机的处理速度。运算能力是以前CISC型的数十倍。

[R]

ＲＯＭ（只读存储器）
Read only memory
是不能自动写入的存储装置。只能读出使用。通常存储控制程序常数等。

·参照“ROM”项。

ＲＳ２３２Ｃ
计算机与终端装置连接的接口标准。是美国电子工业会EIA(Electronic Industrial Association)规定的标准。

〔S〕

ＳＭＤ
Surface-mounted Device
表面安装元件。

ＳＲＡＭ
·参照“RAM”项。

〔T〕

ＴＦＴ(薄膜型晶体管)
Thin Film Transistor
薄模型晶体管和液晶显示器等。

[X]

Ｘ－Ｙ绘图仪
Ｘ－Ｙ Plotter
画笔沿着纵向和横向移动画图的装置。也称为平台型绘图仪。
·参照“绘图仪”项。

附录3
CNC的各种功能

下面对CNC的各种功能进行说明。详细情况请参照CNC的规格说明书。

●阅读时注意

M ： 铣床系的功能

T ： 车床系的功能

目录

页

1．CNC功能表.....附3-1

2．简化程序功能.....附3-6

3．自动化功能1.....附3-11

4．自动化功能2.....附3-13

5．通信功能.....附3-14

6．高精度化功能.....附3-17

7．高速化功能.....附3-22

8．高效率化功能.....附3-24

9．PMC功能.....附3-27

10．插补功能.....附3-29

11．提高操作性功能.....附3-35

12．提高维修性功能.....附3-37

13．特性化功能.....附3-39

1．CNC功能表

【简化程序功能】

- 刀具补偿
  - 刀具补偿
  - 刀具半径补偿，刀尖R补偿
  - 刀具位置偏置
- 子程序
- 工件坐标系
- 固定循环
  - 孔加工固定循环 (T/M)
  - 小孔径深孔加工循环 (M)
  - 单一型固定循环 (T)
  - 复合型固定循环 (T)
- 用户宏程序
- 图形复制 (M)
- 坐标系回转
- 缩放 (M)
- 三维坐标变换 (M)
- 倒角、拐角R (T)
- 直接输入图纸尺寸 (T)

【自动化的功能1】

- 刀具半径补偿
- 刀具长度补偿，刀具长度自动测量 (M)
- 刀具位置偏置
- 用户宏程序，中断型用户宏程序
- 宏程序执行器功能
- 用程序输入数据
- 跳转、高速跳转、多级跳转
- 外部数据输入
  - 程序检索
  - 外部刀具补偿
  - 外部机械坐标系位移
  - 报警、操作信息
- 刀具寿命管理
- 开动时间和加工零件数显示
- 刀具ID系统

【自动化的功能2】

- 调用软磁盘中的子程序功能
- 用软磁盘中的程序运行
- 同时输入、输出运行（M）
- 写入加工时间

【通信功能】

- 阅读机穿孔机接口控制
- 远程缓冲
- 数据服务器功能
- MAP
- OSI-Ethernet
- DNC1功能、DNC2功能
- 单元60，监控24
- IO LINK2功能

【高精度化的功能】

- 全闭环系统（使用直线R）
- 双位置反馈控制
- 存储型螺距误差补偿
- 插补型螺距误差补偿
- 斜度补偿
- 平直度补偿
- 快速进给，切削速度分别进行反向间隙补偿
- 按圆弧半径进行速度限制（M）
- 高精度轮廓控制（RISC）
- 自动加减速
  - 拐角的自动倍率功能
  - 拐角的自动减速功能（M）
  - 插补后直线加减速
  - 切削进给钟形加减速
  - 插补前直线加减速
  - 按加速度进行拐角减速
- 防止爬行的功能（VCMD偏移）
- 反向间隙加速功能
- 摩擦力矩补偿
- 前馈
- 先行控制
- 伺服HRV控制
- 主轴HRV控制

（以上为数字伺服的功能）

【高速化的功能】

- 多段缓冲
- 高速加工功能
- 高速循环加工，学习控制
- 远程缓冲，高速远程缓冲A、B
- 高速高精度加工 ┬ 快速进给钟形加减速
  └ 可变的到位功能
- 高速MST功能
- 1个程序段多个M指令
- 快速进给程序段的覆盖(迭加)功能

【高能率化的功能】

- 灵活的主轴控制
- 恒周速控制
- 刚性攻丝功能
- 主轴定位（T）
- C轴轮廓控制
- 2个主轴间的完全同步运行
- 1个程序的多个M指令
- 快速进给程序段的覆盖(迭加)功能

【PMC功能】

- PMC功能 ┬ 逻辑顺序控制的功能
  ├ 信息显示
  ├ 监视功能
  ├ C语言
  ├ PMC的键输入
  ├ IO装置的外部控制
  ├ 同时输入、输出的运转
  ├ 位置开关功能
  ├ 轴控制
  ├ 窗口功能
  └ 流程图顺序逻辑
- IO/LINK

【插补功能】

- 定位
  - 单方向定位（M）
- 直线插补
  - 高速直线插补
- 圆弧插补
- 螺旋插补
- 渐开线插补（M）
- 样条函数插补（M）
- 指数函数插补
- 圆弧螺纹切削B（M）
- 极坐标插补
- 圆柱插补
- 假想轴插补
- 圆锥插补
- 平面螺线插补（M）
- 多边形加工
- NURBS插补
- 平滑插补

【提高操作性的功能】

- 手动任意角度进给
- 沿原路径回退功能
- 三维手动进给
- 手动同步进给/手动每转进给
- 手摇轮中断
- 返回浮动参考点
- 螺纹切削回退
- F1位进给
- 图形显示 ——┬— 显示刀具轨迹图
  - └— 显示加工件形状（模拟）
- 程序编辑扩展功能（拷贝、置换、合并、其他）
- 后台编辑

【提高维修性的功能】

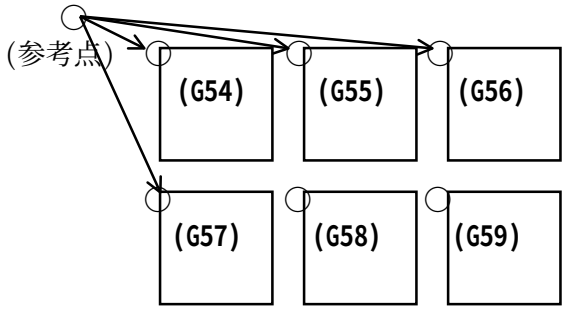
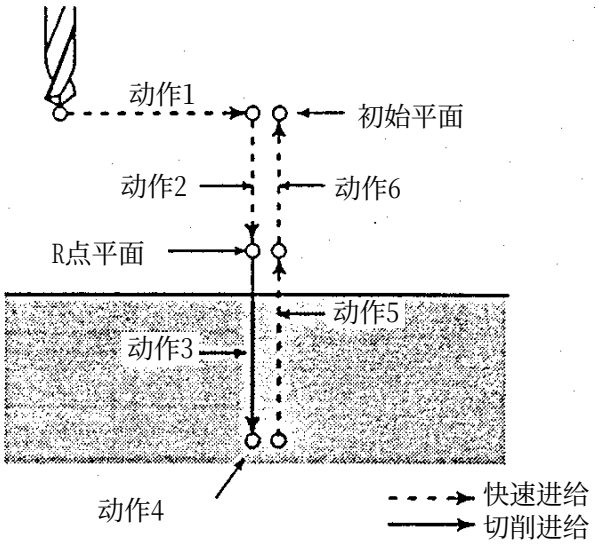
- 系统构成画面
- 自诊断功能
- 帮助功能
- 显示报警履历
- 显示操作履历
- 显示操作信息履历
- 显示波形功能
  - 波形诊断功能（CNC）
  - 跟踪功能（PMC）
  - 分析功能（PMC）
- 伺服参数设定画面
- 主轴参数设定画面
- CNC数据用存储卡储存
- 远程诊断功能
- 故障诊断引导
- 异常负载检测

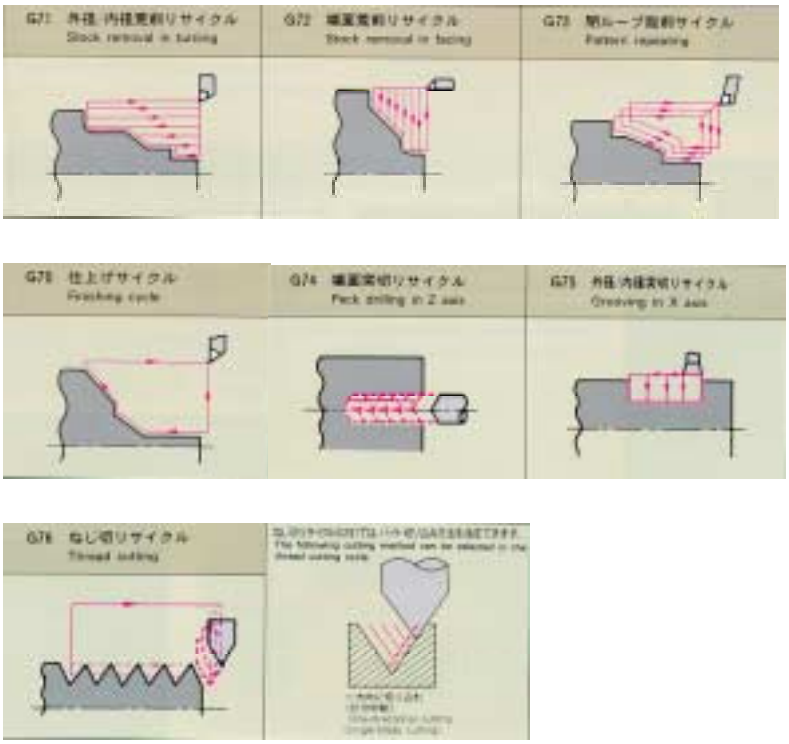
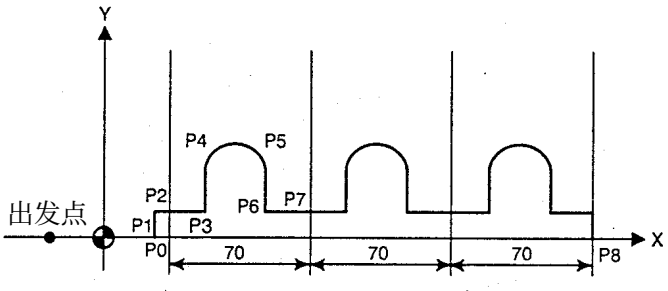
【特性化功能】

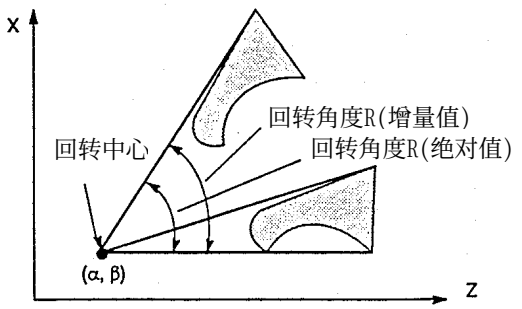
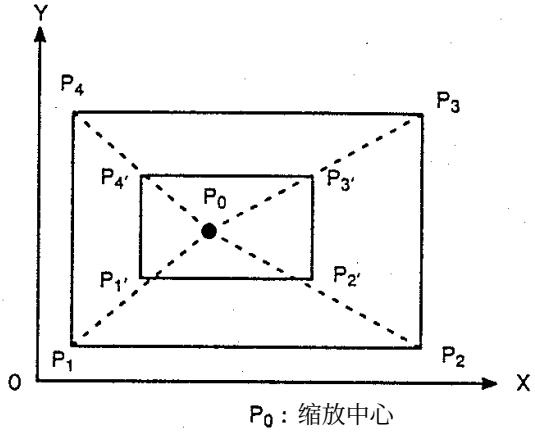
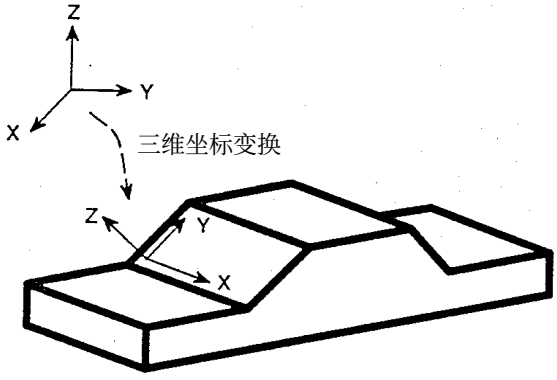
- 用户宏程序
- C语言执行器
- 宏程序执行器
- MMC功能
- 开放式CNC

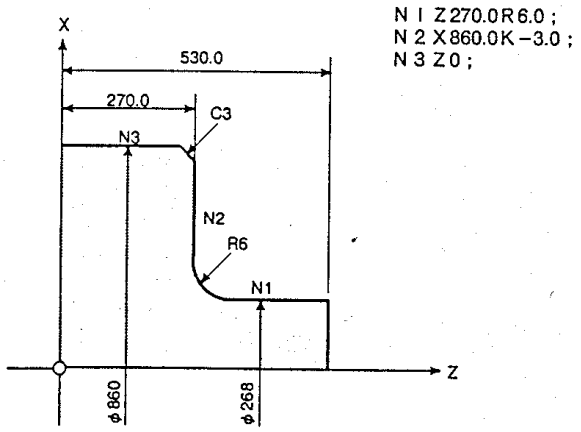
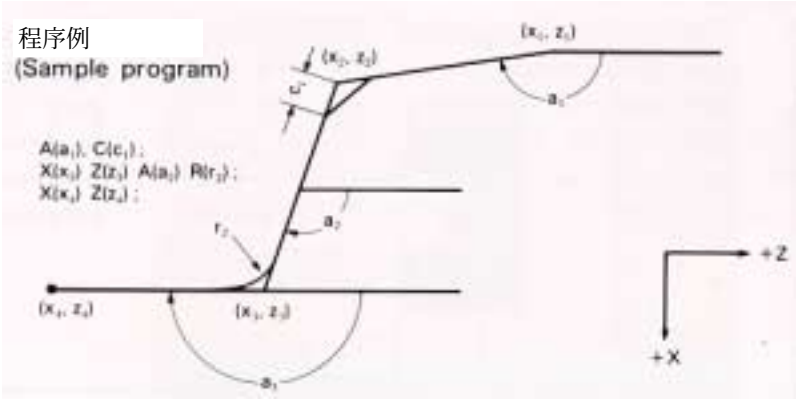
2．简化程序的功能

功能名	内　容
刀具长度补偿（M）	事先把使用刀具的长度设定在刀具补偿存储器上，用G43/G44 Hxx；指令，使刀具在＋／－方向位移。 即使刀具的安装位置变了，也不需变更程序。
刀具半径补偿（M）	事先把使用刀具的半径设定在刀具补偿存储器中，用G41/G42 Dxx；指令，使刀具在程序轨迹的左/右侧位移一个刀具半径的量。即使使用的刀具半径变了也不需要变更程序。
刀尖R补偿（T）	事先把使用刀具的刀尖半径R设定在刀具补偿存储器中，用G41/G42指令，自动的使刀具在程序轨迹的右/左侧位移一个刀尖半径R的量。即使使用的刀具刀尖变了，也不用改变程序。
刀具位置偏置（T）	事先测量使用的刀具的安装基准位置到刀尖的距离，并设定在刀具补偿存储器中，使得在平行控制轴的方向能够进行刀具位置偏置，即使刀具安装位置变了，也不需要变更程序。
子程序	当多次重复同样的动作时，或者，其他的程序也要使用已定的图案动作时，在主程序中，用M98Pxxxx；指令可以调用已编好的程序。 主程序　　子程序 O****; ～ M98Pxxxx; ～ M30; Oxxxx; ～ M99;

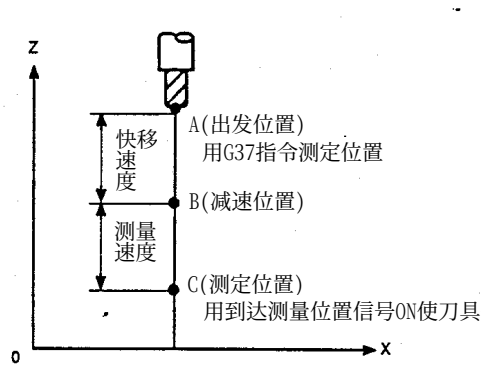
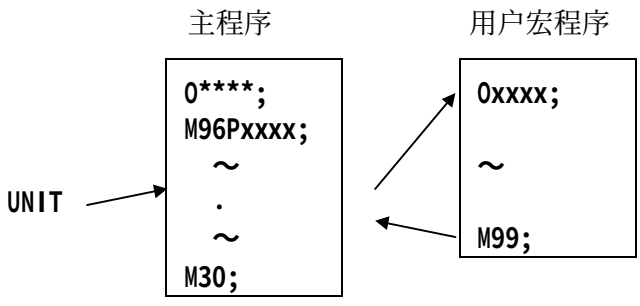
功能名	内　容
工件坐标系	事先设定好从参考点到程序原点的距离，用G54～G59 G90 G00 X__ Y__ · · ；指令，可以使刀具从被指令的程序原点移动到被指令的位置。即使刀具安装位置变了，也不需要变更程序。 
固定循环	在铣床系中，为了进行镗削/钻削/攻丝等加工，用简单的指令安装事先已定的连续的刀具移动顺序，可以进行13种孔的加工循环。 

功能名	内　容
（T）	车床系有、车削、切螺纹、端面加工的单一型固定循环（3种）和只指令精加工形状，从粗加工到精加工自动进行的复合型固定循环（6种）车削循环加工指令。 
用户宏程序	是指使用变量、代数运算、函数运算、条件转移、循环等指令书写的零件加工和测量等的程序。 用户宏程序由主程序调用。
图形复制	用G72.1指令，调用子程序编制的加工程序，对指令的形状进行回转/平移循环加工。 

功能名	内　容
坐标回转	用G68指令回转中心坐标和角度，用加工程序使被指令的形状在平面内回转。 
缩放	用G51指令缩放中心和倍率。用加工程序放大/缩小被指令的形状。  P0：缩放中心
3维坐标变换	在雕刻机等3维加工中，用G68指令回转中心和回转方向及回转角度，可以对任意轴的回转进行坐标变换。 

功能名	内　容
倒角和拐角R	在相互成直角的二条直线(分别与X轴和Z轴平行)间，可以指令倒角R和拐角R。 
图形尺寸直接输入	可以直接指令加工图纸上直线的角度、倒角值、拐角R值等，不需要机算交点。 

3．自动化功能1

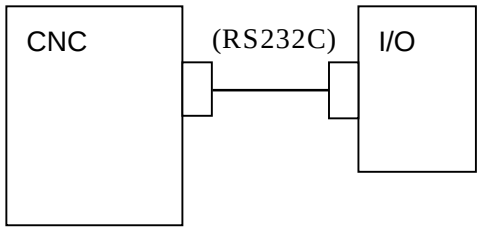
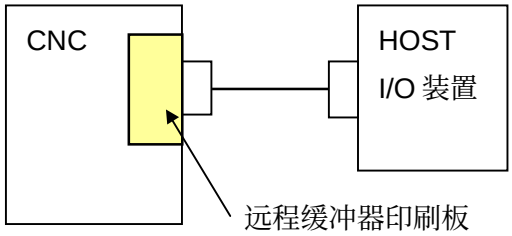
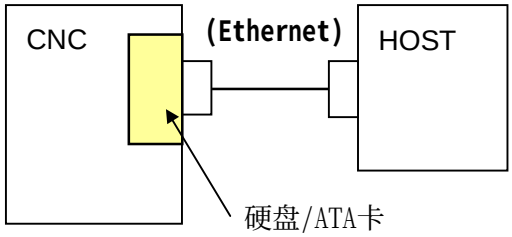
功能名	内　容
刀具长度补偿	请参照“简化程序的功能”的项目。
刀具半径补偿	请参照“简化程序的功能”的项目。
自动测量刀具长度	用G37指令的测量位置(目标)和实际上刀具到达位置的坐标值之差，与使用的刀具补偿量相加。  补偿量=(当前的补偿量)+[(刀具停止时的坐标值)-(指令的测量位置坐标值)]
用户宏程序	请参照“简化程序的功能”项。
中断型用户宏程序	当由PMC输入了宏程序中断信号(UNIT)时，执行用M96Pp；指令的中断程序中，满足中断条件后程序即中断。可以用于刀具破损时自动换刀等情况。 
宏程序执行器功能 (C语言执行器)	把宏程序固化在ROM中，是为了高速和有效地利用程序存储器。另外，机床厂家可以作成独自的画面，使CNC更富有特性。 用C语言书写的程序固化在ROM中。与宏程序执行器相比，速度更高，并可以代替标准的NC画面。

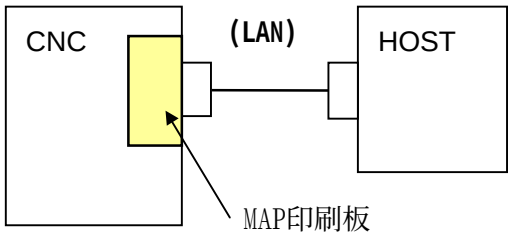
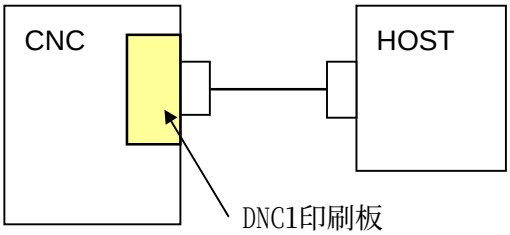
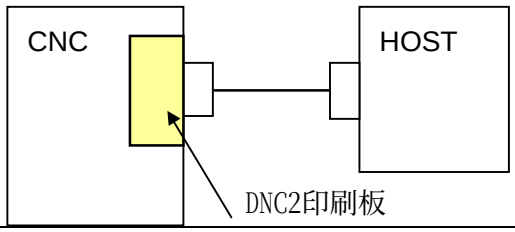
功能名	内　容
用程序输入数据	使用G10，可以把刀具补偿量，工件原点偏移量和参数写入存储器中。
跳转	用G31指令在轴移动时，若输入了跳转信号(SKIP)，则取消残余移动量，结束这个程序段。 与用户宏程序并用，在自动测量时使用。
高速跳转	可以使跳转信号输入的滞后和分散性降到0.1msec以下，从而可以进行更高精度的测量。
多级跳转	将4种跳转信号组合起来，可以根据不同的跳转条件跳转，用于更高效率的测量和磨削。
外部数据输入 （程序检索） （外部刀具补偿） （外部机械坐标位移） （报警、操作信息）	用PMC来的指令，实现程序的检索，刀具补偿值的变更，机械坐标的位移，显示报警/操作信息。 用PMC指令，选择任意程序。 用PMC指令，变更刀具补偿量。 用PMC指令，使机械坐标位移。 用PMC指令，显示信息。
刀具寿命管理	用使用次数/使用时间，对刀具寿命进行管理。当刀具到了寿命时，可以和同一组的刀具进行交换。
刀具ID系统	通过装在刀具上的记忆元件，可以读取刀具补偿量和刀具寿命值。以便减少操作员的作业，提高自动化程度。
显示开动时间和加工零件数	在CRT画面的下方，显示开动时间和加工的零件数，并且当到达要求的零件数时，PMC输出(PRTSF)信号。

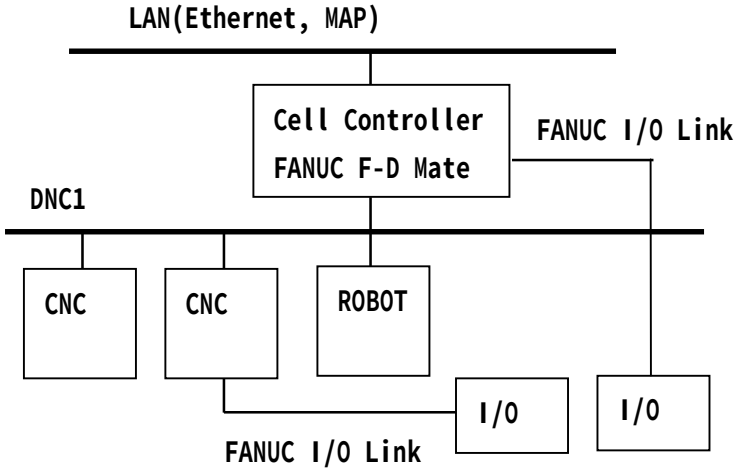
4．自动化功能2

功能名	内　容
调用软磁盘的子程序功能	在存储器运转中，用M198Pp；指令，调用并执行外部输入输出装置内(FLOPPY)的子程序。
磁盘的调度管理运转	事先设定软磁盘形式的输入、输出装置上登录的文件(加工程序)的执行顺序，重复次数。然后按照指令的顺序自动运行。
同时输入、输出运行	从阅读穿孔接口读取加工程序进行运转的同时，存入到存储器中(输入同时)。并且可以输出自动运转中的程序。(输出同时)
写入加工时间	自动运转结束后，用MDI操作，可以把加工时间写入到程序中。显示的内容如下： **Oxxxx; (FANUC FA SCHOOL) (00H00M00S)** 程序名　　(加工时间)

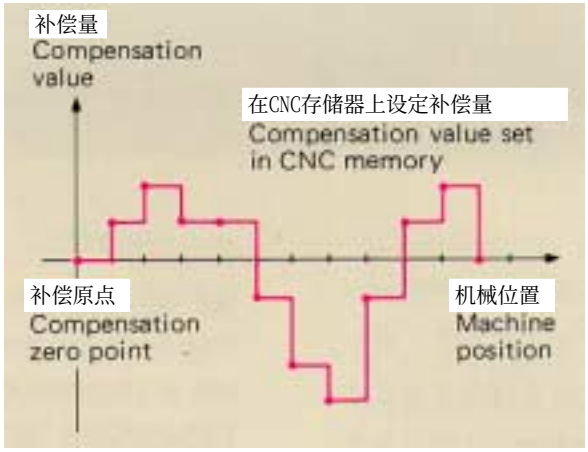
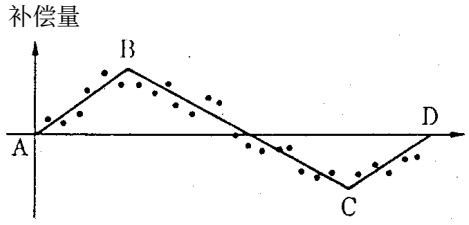
5．通信功能

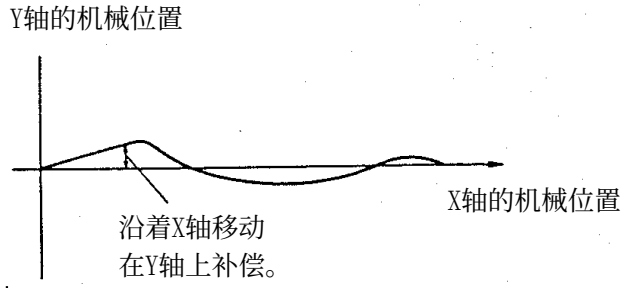
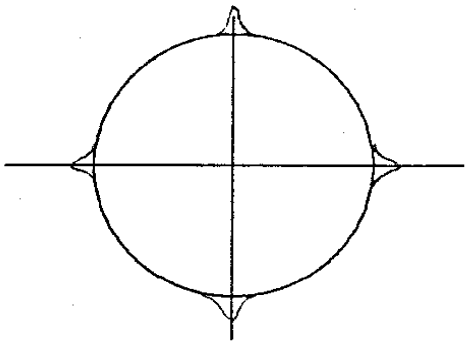
功能名	内　容
用读机/穿孔机接口控制	用RS-232接口，与外部输入输出装置间可以进行数据的输入、输出。 
远程缓冲 （高速远程缓冲A） （高速远程缓冲B）	可以从主计算机或外部输出输入装置。高速输入大量的连续的数据。 可以高速执行二进制格式输入的数据。 可以高速执行NC语句输入的数据。 
数据服务器功能	主计算机和NC用Ethernet连接，用最高10Mbps的速度把NC程序传送给NC内的硬盘。在NC中，可以调用磁盘内的程序进行高速加工。用于模具加工。 最近不使用硬盘，使用ATA卡。 

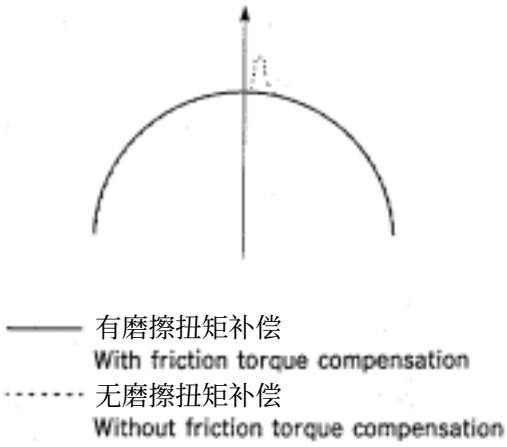
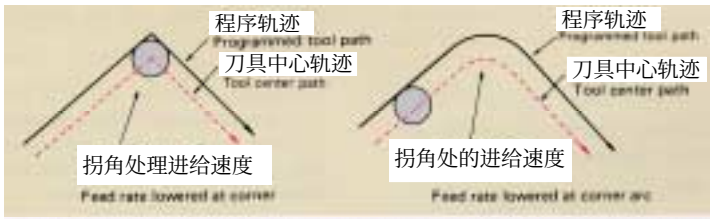
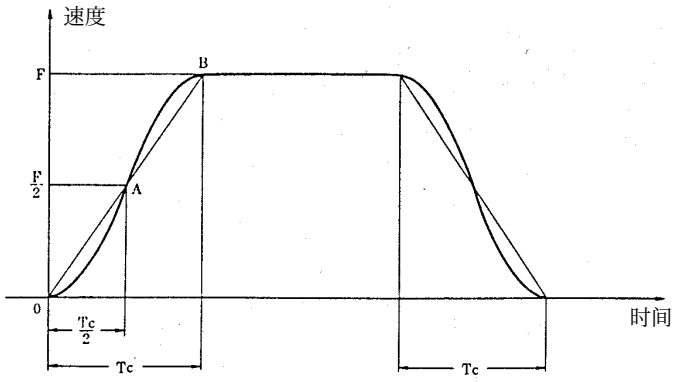
機 能 名	内 容
MAP	**MAP(Manufacturing Automation Protocol)**是美国GM公司提倡的车间自动化用的LAN(Local Area Network)标准通讯规则。它推进了国际标准化的发展。
OSI－Ethernet	是ISO标准中关于FA用的LAN，因为使用以外网电缆，所以可以把CNC简单地与车间干线网络连接起来。
DNC1	与OSI-Ethernet一样，是按ISO的OSI模型标准的FANUC的标准LAN。可以简单地连续FANUC单元控制器F-D Mate，进行高速度通信。
DNC2	用RS-232-C或RS-422接口连接计算机和CNC，是以简单地构建LAN为目的通信协议。与CNC之间交换的数据种类基本上与DNC1相同，很丰富。
监控24	FANUC开发的综合性的车间集中管理系统。以ROBOSHOT系列和F-D Mate为中心，进行车间的质量管理、生产管理、成型工艺管理等集成数据管理系统。
I／O LINK2	1台主连接单元和最多31台从属连接单元相连的低价格接口规范。除了输入、输出信号以外，还有传送NC程序，参数等功能。按JEMA的标准，还可与其他装置连接。

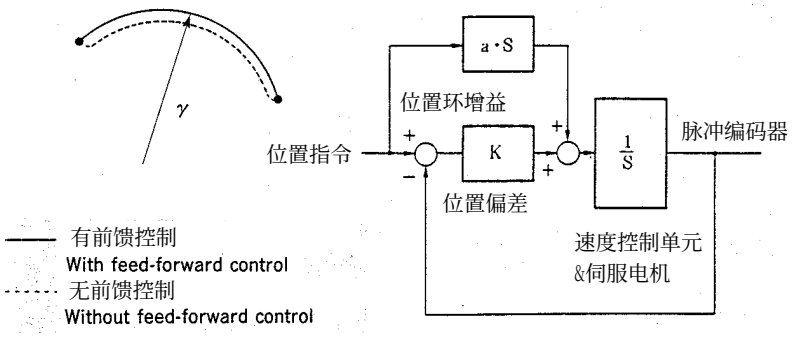
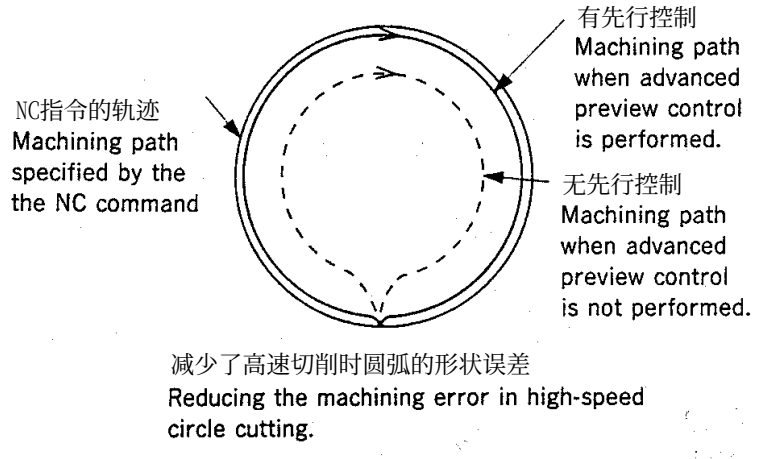
单元60	FANUC的单元控制器及用软件控制的连续72小时以上，长时间无人运转的加工单元。 采用通用的OS，用I/O Link的顺序控制，并使用了DNG的通信功能的制造系统单元。 

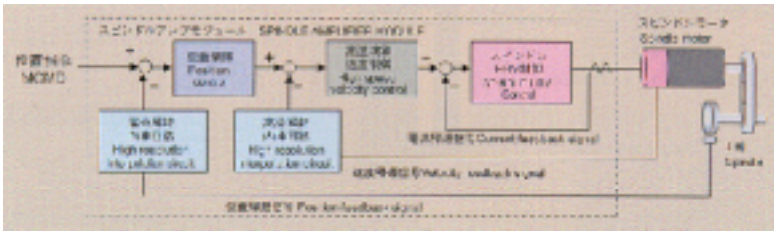
6．高精度化功能

功能名	内　容
全闭环系统 (使用直线尺)	使用伺服电机的速度检测信号和直接反馈机械位置的直线尺的伺服系统。可以进行高精度定位。
双位置反馈控制	用电机内的编码器和直线尺进行双位置检测。在移动中，可以与半闭环一样具有较高的控制性，停止时与全闭环一样能进行高精度定位。对于刚性低及间隙比较大的机床，可以进行稳定的全闭环控制。
存储型螺距误差补偿	是对进行丝杠螺距误差等机械位置的误差进行补偿的功能。事先测量进给丝杠的螺距误差，登录在存储器中，自动地进行机械位置补偿。 
斜度补偿	进给丝杠螺距等机械位置误差，可以用直线近似地进行补偿。补偿点数用4点/轴，较少的点为合适。这样可使螺距误差补偿量的设定变得简单。另外，也可以与存储型螺距误差重叠补偿。
	 补偿数据用直线AB,BC,CD近似。 只在A,B,C,D设定补偿数据就可以了。

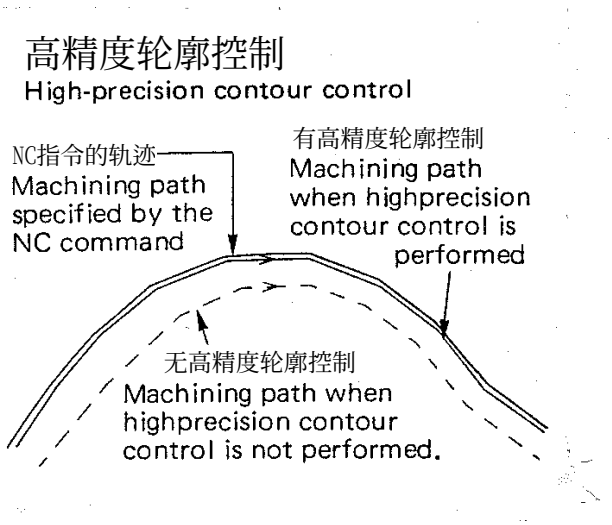
功能名	内　容
平直度补偿	为了补偿机械的平直度，当沿着某一轴移动时在其他的轴上进行补偿。 
快速进给、切削进给分别进行反向间隙补偿	当各轴的伺服方向反向时，给伺服电机多指令一段距离，其值等于在参数上设定的反向间隙补偿量。切削进给和快速进给的补偿量可以分别设定。
防止爬行的功能(VCMD偏移)	此功能是为改善用1个脉冲进给所发生的爬行的功能。
反向间隙，加速功能	在机械系中，当反向间隙、摩擦等影响大时，电机反转时会产生滞后，圆弧切削时，会出现象限突起。 为了改善这种现象，而使用本功能。 

功能名	内　容
磨擦扭矩补偿	在切换象限等情况时，可以改善因机械磨擦扭矩引起的加工误差。
拐角自动减速功能	在G62方式切削中的两个程序段交角比参数设定值小时，在程序段终点减速到参数设定的速度，从而减小了拐角处的误差。
插补后直线加减速	与切削进给的指数函数型加减速相比，因加减速引起的形状误差减少了。
切削进给钟形加减速	对于切削进给可以使用2维曲线的加减速，在速度0附近及指令速度附近可以得到平缓圆滑的移动。另外，与前馈功能组合，可以降低伺服偏差量。

功能名	内　容
插补前加减速	在切削进给速度上进行加减速时，因加减速引起的形状误差就没有了。只有每分钟进给速度可以使用此功能。
根据加速度进行拐角减速	切削中的两个程序段之间各轴的加速度比参数设定值大时，自动减速以缓和冲击。
前馈	改善由于伺服系统跟随的滞后引起的加工误差。 
根据圆弧半径限制速度	高速加工小圆时，为了控制圆半径方向的尺寸缩小的功能。用圆弧半径求出切削进给速度的上限值，作为限制速度的值。
先行控制	利用插补前加减速，自动拐角速度，先行前馈功能，可以控制随着进给速度加快造成的加减速滞后及伺服系统的滞后，实现高速高精度加工。 (G08P0;＝先行控制方式ON，G08P1;＝先行控制方式OFF) 

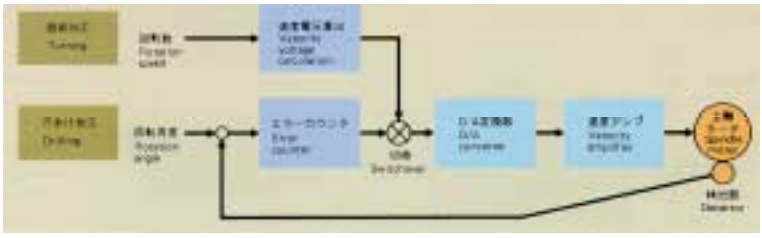
功能名	内　容
伺服HRV控制	利用最新的伺服HRV控制的高增益伺服系统，可以进行纳米级的高速、高精度加工。 
主轴HRV控制	通过高速DSP和控制软件算法的改善（主轴HRV控制）提高了电流控制的响应性和稳定性。利用速度回路运算周期的缩短和高分辨检测回路，实现了高响应性高精度的主轴控制。 

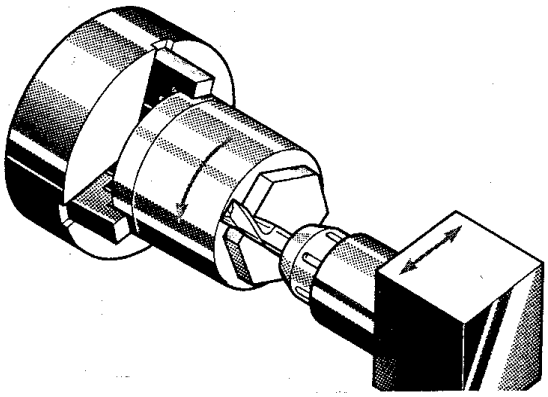
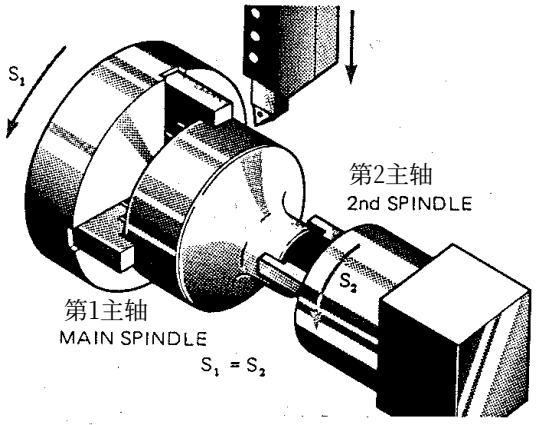
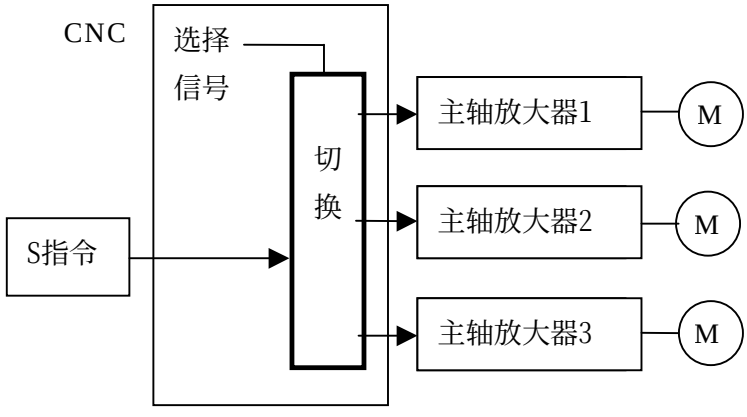
7．高速化功能

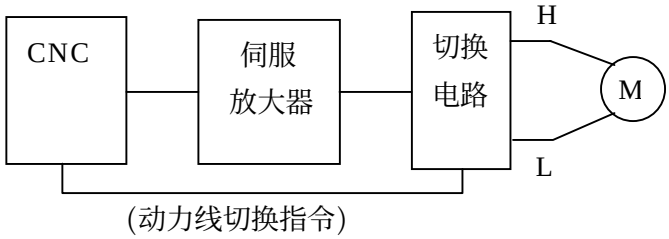
功能名	内　容
多段缓冲	最多可以先读60个程序段数(缓冲)，防止连续微小程序段间动作停止。 （G05.1;=多个缓冲方式ON，G05.1P1;=OFF）
高速加工功能	在加工之前进行加工程序的提前处理，存在存储器中，加工中调用它，可以进行高速加工。对微小程序段3维连续加工特别有效。 （G10.3L1PpQq;=登录开始，G11.3;=结束，G65.3PpQq;=调用）
高速循环加工	事先用宏编译程序/宏执行器把加工形状变成可以高速分配的数据群，用G05调用数据群，进行高速加工。
学习控制	在活塞车床中，重复进行同样动作时，若使用学习控制，会减少跟随误差，可以进行高精度加工。
远程缓冲 (高速远程缓冲A,B)	请参照“通信功能”一项。
高速高精度加工	使用高速64位RISC处理器，可以大幅度减少连续微小线段的高速轮廓切削时的加工形状差。从而可以用高速、高精度加工模具等复杂形状的工件。 

功能名	内　容
快速进给钟形加减速	用直线加速度的值。可以使加减速的冲击减少，并且与前馈功能组合使用，可以缩短定位时间。
可变的到位功能	可以分别设定快速进给和切削进给到位宽度(认为到达目标值的宽度范围)，从而可以起到孔加工中缩短非切削时间的效果。
高速MST功能	利用PMC的顺序程序，频繁使用辅助功能时，可以缩短非切削时间。
1个程序段多个M指令代码	利用PMC顺序程序，在1个程序段中，最多可以指令3个M代码。
快速进给程序段的覆盖功能	在连续的快速进给程序段中，用参数设定的速度减速进入下个程序段。可以缩短非切削时间。

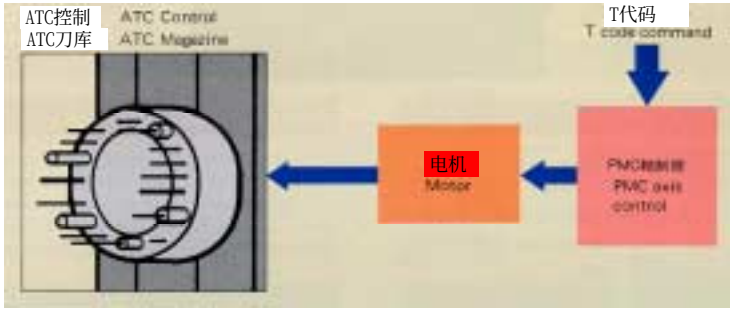
8．高效率功能

功能名	内　容
灵活的主轴控制	通过主轴放大器与CNC高速串行接口的连接，可以进行各种数据的高速传送，从而实现了灵活的主轴控制。
恒周速控制	用基准轴坐标值计算主轴转速，使刀尖削减速度保持定值。控制主轴转速，使切削面光洁读提高。 $$主轴转速N=\frac{V（周速）}{2\pi r}$$
刚性攻丝功能	不使用浮动攻丝卡头，可以实现高速高精度的攻丝。
主轴定位	利用装在主轴上的位置编码器，主轴进行分度，可以用第2主轴加工孔。 

功能名	内　容
C轴轮廓控制	使用高分辨率的磁性编码器，可以用0.001deg的分辨率检测主轴的位置，从而可以使主轴实现高精度的C轴定位及轮廓控制。 
两个主轴间的完全同步运转	在2个主轴之间，可以实现速度和位置的完全同步。因此，主轴不停止可以调换工件的装卡主轴，从而缩短了加工时间。 
多主轴控制	根据PMC来的信号，用程序中的S代码，最多可以切换3台主轴放大器。 

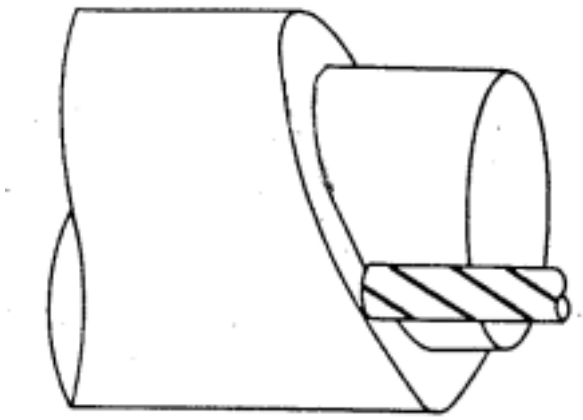
功能名	内　容
主轴输出切换	可以用1个放大器切换使用电机的低速/高速2个线圈。 

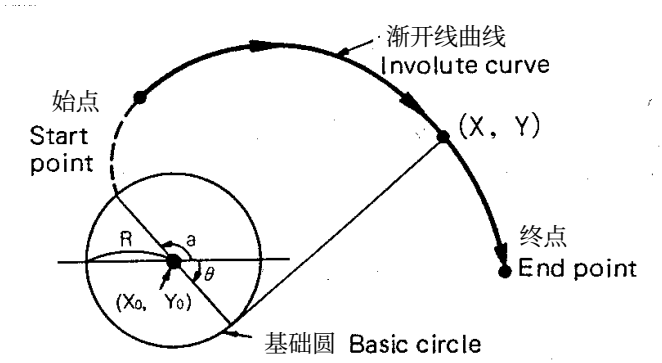
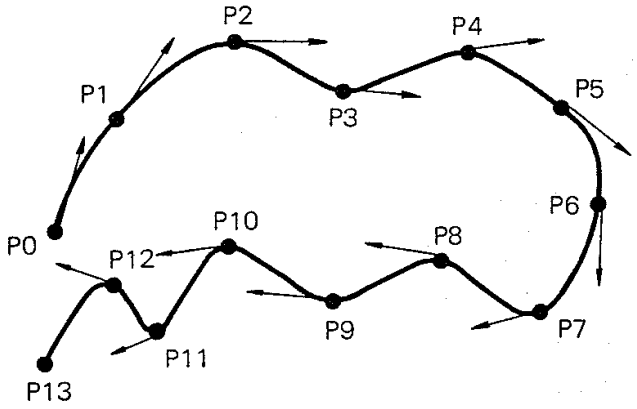
9．PMC功能

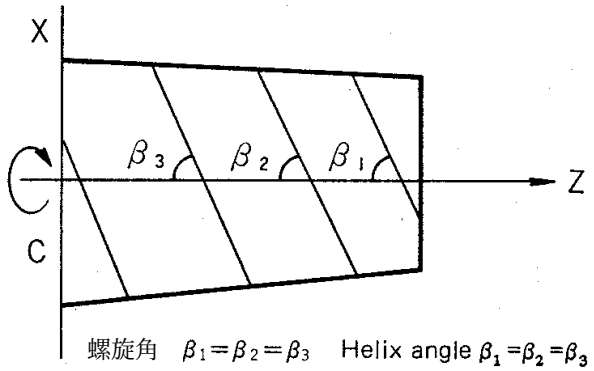
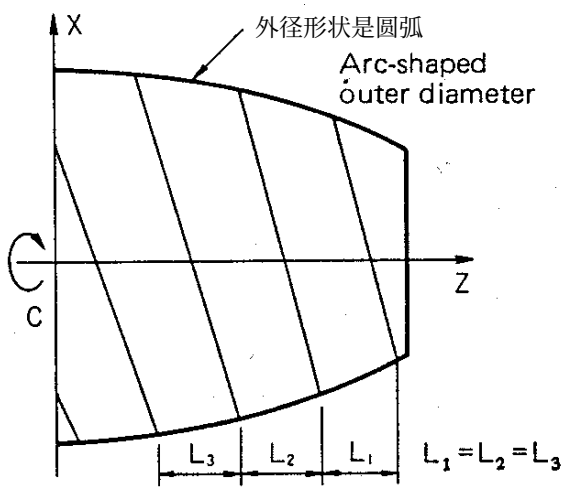
功能名	内　容
PMC功能	FANUC的NC内部有PLC功能，但只是以控制机床为目的，与一般PLC在意义上有区别，称为PMC(Programmable Machine Control)。
顺序控制功能	用梯形图语言，或者c语言可以编制顺序控制程序。
显示信息	是PMC的功能。可以显示操作/报警信息。
监视功能	具有动态显示梯形图，用于确认信号和信号的检查功能，及运行的监视功能。
C语言	在计算机中，可以开发用C语言写的顺序程序。并且C语言编译程序，同样可用计算机运行。
PMC的键输入	用与MDI键同样的输入信息，由PMC输入相当于MDI的信号。
I/O装置外部控制	利用从PMC来的信号EXRD/EXWT，从I/O装置进行程序的输入、输出。
与输入、输出同时运转	请参照“自动化功能2”。
位置开关功能	工作台移动到参数上设定的机械坐标值的范围时，输出位置开关信号(PSW1,2.....10)。 这样可以减少机械上的限位开关，可靠性也提高了。
PMC控制轴	用PMC控制ATC和APC等轴的运动。 

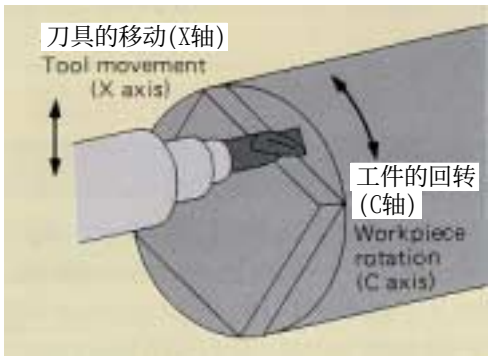
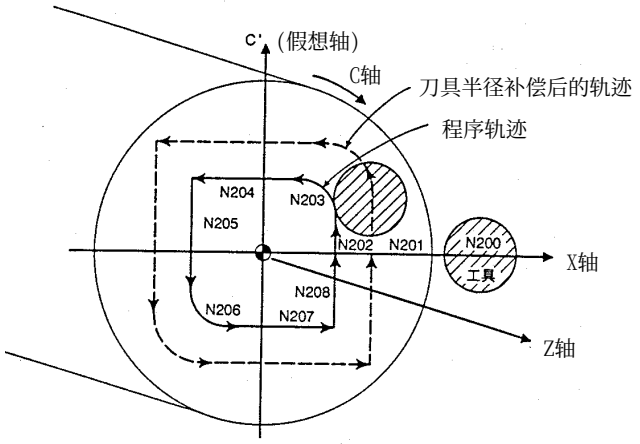
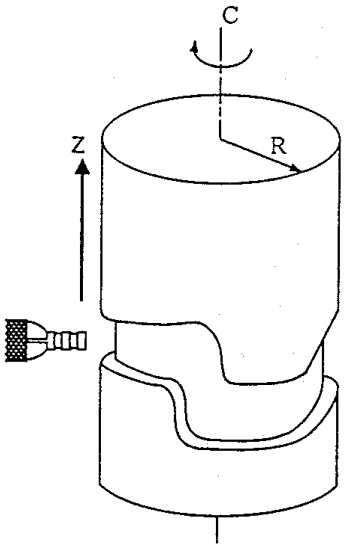
窗口功能	通过CNC和PMC间的高速窗口，可以传送下列信息。 ·当前位置、进给速度、参数、电机负载电流等。
流程图顺序程序	把顺序控制视为流程序列，理解起来就容易。此功能就是把顺序程序用流程图表示的功能。
I/O LINK	FANUC I/O Link是把各种I/O用串行方式连接在PMC上的I/O网络。可以连接的装置有，机床操作面板连接单元，FANUC I/O单元，FANUC Powe Mate等。

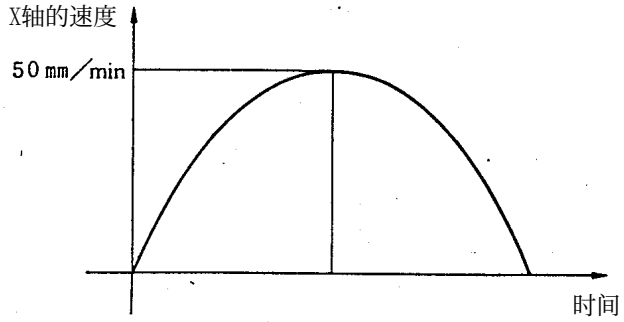
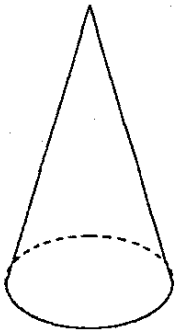
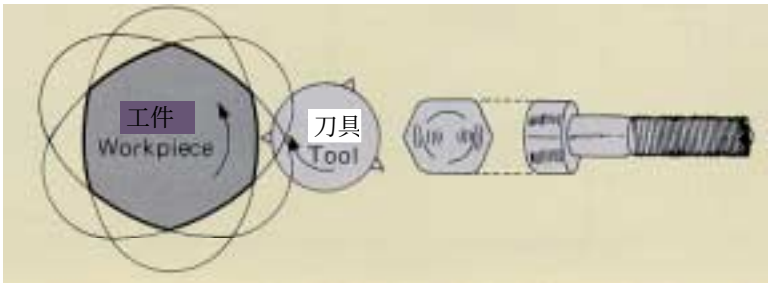
10．插补功能

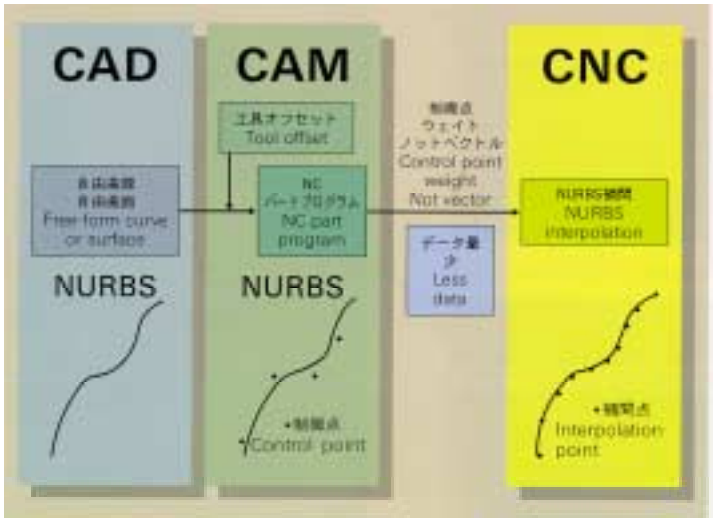
功能名	内　容
定位	各轴按参数设定的快速进给速度移动。移动后进行到位检查，表示定位结束。 定位移动的加减速，有直线型、指数函数型和钟型加减速。
单方向定位（M）	按参数设定的固定方向定位，可以提高定位精度。
直线插补	沿直线向着指令的终点进给轴移动。切削进给速度用F指令。
圆弧插补	沿圆弧向着指令的终点各进给轴移动。圆心用轴I,J,K指令，半径用R指令。多象限圆弧也可以插补。
螺旋线插补	任意两个轴同步进行圆弧插补，其他轴(最多2个轴)可以直线插补。 可以用于立体凸轮，螺旋状沟槽加攻。 立体凸轮 

功能名	内　容
渐开线插补	可以进行渐开线插补。最适合渐开线齿轮的加工和涡轮压缩机等涡旋形状零件的加工。  $X = R\,[\cos\theta + (\theta - \theta_0)\sin\theta] + X_0$ $Y = R\,[\sin\theta - (\theta - \theta_0)\cos\theta] + Y_0$
样条插补	通过指定点群可以进行样条曲线插补。 用该插补方法，可以加工通过点群的圆滑曲线。 

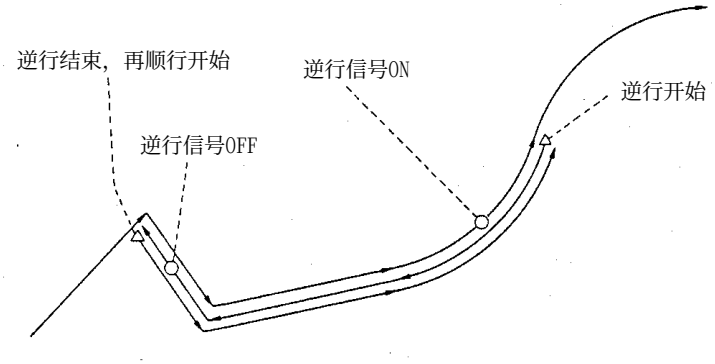
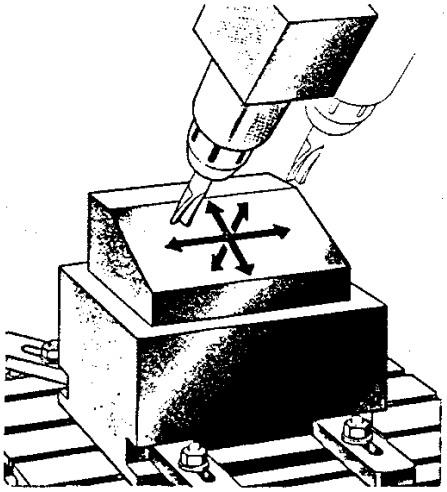
功能名	内　容
指数函数插补	与回转轴(C轴)的移动同步，直线轴(X轴)进行指数函数插补，并且在Z轴与X轴之间进行直线插补。从而可以加工螺纹角恒定的锥度沟槽(等螺旋锥度加工)。适用于刀具磨床磨削刀具(如立铣刀)的沟槽。 
圆弧螺纹切削B	在2个轴进行圆弧插补的同时，圆弧插补的长轴和其他任意2个轴间进行直线插补的加工方式。 对于鼓形表面上等螺距螺纹切削、沟道加工、刀具磨削等是最有效的功能。 

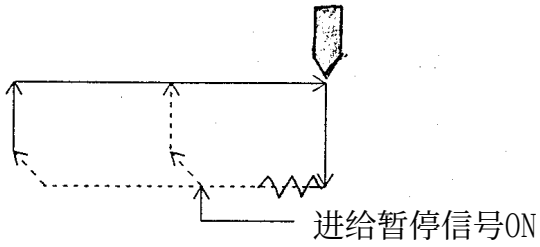
功能名	内　容
极坐标插补	在坐标轴垂直的坐标系中，把程序指令变换成直线轴的移动(刀具)和回转轴的移动(工件)进行轮廓控制的功能。  
圆柱插补	按圆柱侧面展开的形状(圆柱坐标系的形状)进行编程，在NC内部变换成直线轴和回转轴移动，进行轮廓控制的功能。 对于圆柱上的沟槽加工，圆柱凸轮加工等是很有效的功能。
	

功能名	内　容
假想轴插补	把螺旋线插补的1个轴作为假想轴，不分配脉冲。剩下的2个轴按正弦函数形状移动。用于正弦插补，移动速度按正弦函数变化和分数导程螺纹切削等。 
圆锥插补	用同步进行任意两轴的圆弧插补，其他最多2轴进行直线插补的方法，可以进行圆锥状插补。 
平面螺线插补	用任意2个轴进行螺旋状圆弧插补。可以进行涡旋线加工。
多边形加工	使刀具和工件按一定比率回转，加工多边形的工件。 在下例中，工件和刀具的回转比为1:2。 

功能名	内　容
NURBS插补	用CAD设计模具时，作为表达自由曲线的手段，用CNC的程序指令NURBS定义曲线。 CNC高精度进行NURBUS曲线插补，以得到接近于设计形状的光滑曲线。 与用连续的微小曲线段指令相比，NURBS插补的程序量小，因此不需程序高速传运。 

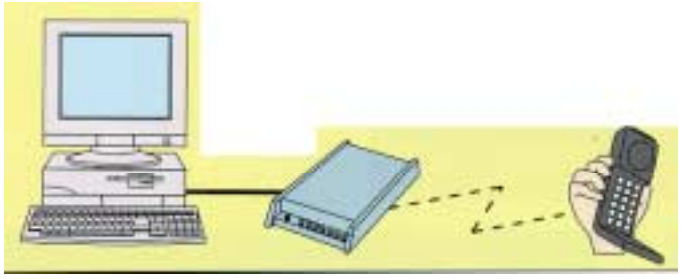
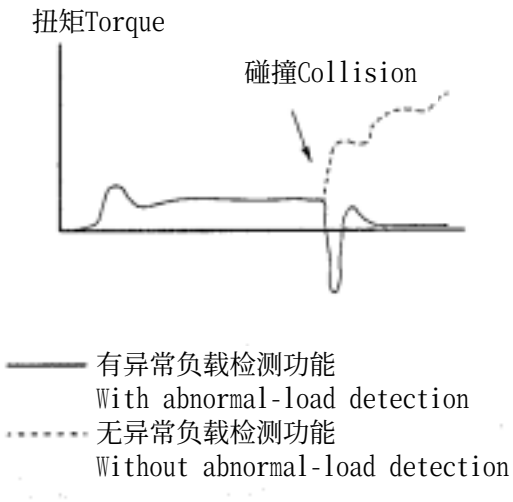
11．提高操作性的功能

功能名	内　容
手动任意角度进给	在任意平面内、任意方向上，可以用手操作移动。进给速度、平面可以任意变更。所以用手动可以进行简单地平面切削。
逆行功能(Retrace)	自动运行中，用逆行信号，按照程序指令，沿已切削轨迹反方向返回。 
三维手轮进给	刀具沿斜面移动时，用手摇脉冲发生器很容易使倾斜的刀具沿轴向动作。从而使加工斜面时的准备作业变得简单。 
手动同步进给	与主轴转速同步地进行手动连续进给(JOG)。

功能名	内　容
手轮中断	在自动运行中，PMC信号选择手轮中断轴，如果手摇脉冲发生器转动，则自动运转的移动量上重叠了手脉的移动量。
返回浮动参考点	用G30.1指令，经过被指令的中间点，定位在浮动参考点。 浮动参考点是在手动操作中可以设在任意位置。这样可以改变换刀位置。循环时间也缩短了。
螺纹切削回退	在螺纹切削循环中，若使用进给暂停，则在螺纹切削中途返回到加工起点。 
F1位数进给	利用F1～F9的指令，可以选择预先用参数设定的切削进给速度。 把F1位进给速度变更信号(F1D)置于“ON”，若回转手摇脉冲发生器时，可以增减已选择的F1位进给速度。 此功能用于模具加工中。
图形显示－显示刀具轨迹	描绘程序运行的刀具轨迹，对程序进行检查。
图形显示－形状显示（动画显示）	描绘加工工件的立体图用以检查程序。还可以画出投影图和任意位置的截面图。
程序编辑扩展功能（复制、替换、合并）	除了普通的程序编辑以外，还可以进行地址字的替换，程序的复制、移动及合并。使程序的编辑作业变得容易。
后台编辑	在CNC加工运行的同时，可以进行程序的存储和编辑。

12．提高维修性的功能

功能名	内　容
系统构成显示画面	在CRT上显示硬件/软件的构成。
显示定期维修画面	显示机床的消耗品的剩余寿命。
显示维修信息画面	可以存储机床维修方面需要的信息。
自诊断功能	显示发生报警偏差量，自动运行停止的原因等NC的内部状态。
帮助功能	显示发生报警时的处理方法，编程时的引导和参数表。
显示报警履历	记录发生报警的履历，比较容易地分析发生问题的原因。 从最新的一个记录算起，可以记忆过去25个报警的纪录。
显示操作履历	存储MDI的操作履历、指令信号的变化、报警信息等，使得发生问题时分析原因变得容易。
波形功能显示 (波形诊断功能)(CNC) (追迹功能)(PMC) (分析功能)(PMC)	在CRT画面上用图形显示各轴移动指令、位置偏差量、电机的扭矩指令。可以显示输入、输出信号的ON/OFF状态。 最多为256个地址的2个输入、输出信号的变化状态。 可同步显示16个输入、输出信号的ON/OFF状态。
伺服参数设定画面	显示参数设定，调整和位值偏差量等的监视画面。
主轴参数设定画面	显示主轴参数设定、调整、主轴转速等监视画面。
把数据输出到存储卡 和从存储卡输入	可以把参数、加工程序、PMC梯图等各种数据，输出到存储卡(PC卡)上及从存储卡上恢复。 这样使更换印刷板后系统的恢复作业变得容易。

功能名	内　容
远程诊断功能 (经调制解调器传送维修信息)	由CNC上装着的调制解调器，通过电话线可以给维修中心发送维修信息。 (通过调制解调器，可以读、写硬件系统的构成、NC内部状态、加工程序、报警信息等数据。) 
故障诊断引导	在CNC存储器中，储存着查明机床故障原因及处理方法的技术资料。利用这些资料很容易找到故障原因，并进行处理。 操作者通过CNC的CRT/MDI单元，根据故障内容，找到解决问题答案，用简单的操作，不用专家也可以诊断机械故障。
异常负载检测	运行中CNC系统对加/减速力矩以外的扰动力矩进行估算。这对于判断刀具磨损、断裂、减轻碰撞时机械冲击是有用的。 

13．特性化功能

功能名	内　容
用户宏程序	请参照“ 简化程序功能 ”项。
C语言执行器	谋求画面显示和操作的特性化。 请参照“ 自动化功能1 ”项。
宏程序执行器	谋求CNC功能的特性化。 请参照“ 自动化功能1 ”项。
MMC功能	开放式CNC系统。 备有专用的CPU及能完成多种任务的操作系统，在NC控制上可以高速执行计算机上开发的应用软件，并且备有大容量存储器，CNC和PMC用32位的高速总线相接，所以可以高速传送数据。
宏程序板	谋求实时功能的特性化。 用高速64位RISC处理器，机床厂家开发了独自的高速实时性的功能软件存在这块板上。
在线用户画面	谋求使用网络的特性化。 把CNC作为在线系统的终端使用，可以提高MTB及最终用户的生产率。 在CNC上可以显示主计算机的指示、制造图纸等各种数据，使作业者很容进行加工、装配、试验作业。 主计算机自动通知机床工作情况，车间管理者可以适时地正确地把握详细情况。
PMC C语言	谋求机械控制的特性化。 请参照“ PMC功能 ”项。

附录4

编程练习题答案例

Ｐ２－２６ (題目1)

```
O0001;
G92 X0 Y0 Z50.0 M08;
S1000 M03;
N11 G91 G00 X30.0 Y20.0;
N12     Z-45.0;
N13 G01 Z-15.0 F100.;
N14 G00 Z15.0;
        X30.0 Y30.0;
    G01 Z-15.0;
    G00 Z15.0;
        X40.0 Y-30.0;
    G01 Z-15.0;
    G00 Z60.0 M09;
        X-100.0 Y-20.0 M05;
    M30;
```

Ｐ２－２６（題目2）

```
OXXXX(ABS);
N10 G92 X0 Y0 Z50.0;
N11 G90 G00 X40.0 Y30.0;
N12     Z5.0;
N13 G01 Z-10.0 F100;
N14 G00 Z5.0;
N21     X80.0 Y60.0;
N23 G01 Z-10.0;
N24 G00 Z5.0;
N31     X120.0 Y90.0;
N33 G01 Z-10.0;
N34 G00 Z100.0;
N40     X0 Y0;
    M30;
```

```
OXXXX(INC);
N10 G92 X0 Y0 Z50.0;
N11 G91 G00 X40.0 Y30.0;
N12         Z-45.0;
N13   G01 Z-15.0 F100;
N14   G00 Z15.0;
N21         X40.0 Y30.0;
N23   G01 Z-15.0;
N24   G00 Z15.0;
N31         X40.0 Y30.0;
N33   G01 Z-15.0;
N34   G00 Z60.0;
N40         X-120.0 Y-90.0;
    M30;
```

Ｐ２－２８（題目3）

```
ＯＸＸＸＸ（ＡＢＳ）；
Ｎ１０　Ｇ９２　Ｘ０　Ｙ０　Ｚ５０．０；
Ｎ１１　Ｇ９０　Ｇ００　Ｘ６０．０　Ｙ５０．０；
Ｎ１２　　　　Ｚ５．０；
Ｎ１３　　Ｇ０１　Ｚ－１０．０　Ｆ１００；
Ｎ１４　　Ｇ００　Ｚ５．０；
Ｎ２１　　　　Ｘ－６０．０；
Ｎ２３　　Ｇ０１　Ｚ－１０．０；
Ｎ２４　　Ｇ００　Ｚ５．０；
Ｎ３１　　　　Ｙ－５０．０；
Ｎ３３　　Ｇ０１　Ｚ－１０．０；
Ｎ３４　　Ｇ００　Ｚ５．０；
Ｎ４１　　　　Ｘ６０．０；
Ｎ４３　　Ｇ０１　Ｚ－１０．０；
Ｎ４４　　Ｇ００　Ｚ５０．０；
Ｎ５０　　　　Ｘ０　Ｙ０；
　　Ｍ３０；
```

Ｐ２－２８（題目3）

```
OXXXX（INC）;
N10 G92 X0 Y0 Z50.0;
N11 G91 G00 X60.0 Y50.0;
N12     Z－45.0;
N13     G01 Z－15.0 F100;
N14 G00 Z15.0;
N21     X－120.0;
N23 G01 Z－15.0;
N24 G00 Z15.0;
N31     Y－100.0;
N33     G01 Z－15.0;
N34 G00 Z15.0;
N41     X120.0;
N43     G01 Z－15.0;
N44 G00 Z60.0;
N50     X－60.0 Y50.0;
    M30;
```

Ｐ２－３２（題目1）

```
O0011;
N1 G92 X0 Y0;
N2 G90 G00 X10.0 Y4.0;
N3      G01 Y29.0 F120.;
N4      G03 X30.0 Y49.0 R20.0;
N5      G01 X55.0;
N6          Y20.0;
N7      G02 X44.0 Y9.0 R11.0;
N8      G01 X4.0;
N9      G00 X0 Y0;
    M30;
```

Ｐ２－３３（題目2）

```
O0013（ABS）;
N1 G92 X0 Y0;
N2 G90 G00 X50.0 Y100.0;
N3      G01 Y0 F100;;
N4      G02 I－50.0;
N5      G01 Y－100.0;
N6      G00 XO Y0;
   M30;
```

```
O0013（INC）;
N1 G92 X0 Y0;
N2 G91 G00 X50.0 Y100.0;
N3      G01 Y－100.0 F100;;
N4      G02 I－50.0;
N5      G01 Y－100.0;
N6      G00 X－50.O Y100.0;
   M30;
```

Ｐ２－３４（題目3）

```
Ｏ００１４（ＡＢＳ）；
Ｎ１　Ｇ９２　Ｘ０　Ｙ０；
Ｎ２　Ｇ９０　Ｇ０１　Ｙ－２０．０　Ｆ１００；
Ｎ３　　　　Ｘ４０．０；
Ｎ４　　Ｇ０３　Ｙ２０．０　Ｒ２０．０；
Ｎ５　　Ｇ０１　Ｘ－４０．０；
Ｎ６　　Ｇ０３　Ｙ－２０．０　Ｒ２０．０；
Ｎ７　　Ｇ０１　Ｘ０；
Ｎ８　　　　Ｙ０；
　　Ｍ３０；
```

```
Ｏ００１４（ＩＮＣ）；
Ｎ１　Ｇ９２　Ｘ０　Ｙ０；
Ｎ２　Ｇ９１　Ｇ０１　Ｙ－２０．０　Ｆ１００；
Ｎ３　　　　Ｘ４０．０；
Ｎ４　　Ｇ０３　Ｙ４０．０　Ｒ２０．０；
Ｎ５　　Ｇ０１　Ｘ－８０．０；
Ｎ６　　Ｇ０３　Ｙ－４０．０　Ｒ２０．０；
Ｎ７　　Ｇ０１　Ｘ４０．０；
Ｎ８　　　　Ｙ２０．０；
　　Ｍ３０；
```

Ｐ２－５４（題目1）

```
OXXXX;
    G50 X160.0 Z100.0;
N1  G00 X49.0 Z5.0;
N2  G01 Z0 F0.2;
N3      X55.0 Z-3.0;
N4      Z-10.0;
N5      X80.0 Z-50.0;
N6      X90.0;
N7  G00 X160.0 Z100.0;
N8  M30;
```

Ｐ２－５５（題目2）

```
OXXXX;
    G50 X160.0 Z200.0;
N1  G00 X20.0 W-65.0;
N2  G01 W-5.0 F0.2;
N3      X40.0 W-10.0;
N4      W-20.0;
N5      X80.0 W-40.0;
N6      W-20.0;
N7      X100.0;
N8      W-12.0;
N9      X120.0;
N10 G00 X160.0 Z200.0;
N11 M30;
```

Ｐ２－５６（題目3）

```
OXXXX;
    G50 X160.0 Z100.0;
N1  G00 X40.0 Z5.0;
N2  G01 Z0 F0.2;
N3  G03 X50.0 Z-5.0 R5.0;
N4  G01 Z-15.0;
N5  G02 X60.0 Z-20.0 R5.0;
N6  G01 X70.0;
N7  G00 X160.0 Z100.0;
N8  M30;
```

Ｐ２－５７（題目4）

```
OXXXX;
    G50 X160.0 Z100.0;
N1  G00 X14.0 Z5.0;
N2  G01 Z0 F0.2;
N3      X20.0 Z-3.0;
N4      Z-15.0;
N5  G02 X57.037 Z-48.742 R40.0;
N6  G03 X70.0 W-11.81 R14.0;
N7  G01 W-9.448;
N8      X80.0;
N9  G00 X160.0 Z100.0;
N10 M30;
```

Ｐ２－５８（題目5）

```
OXXXX;
    G50 X160.0 Z195.0;
N1  G00 X10.0 W-75.0;
N2  G01 W-15.0 Z0 F0.2;
N3  G03 X40.0 W-15.0 R15.0;
N4  G01 W-15.0;
N5  G02 X80.0 W-20.0 R20.0;
N6  G01 W-20.0;
N7      X100.0;
N8      W-12.0;
N9      X120.0;
N10 G00 X160.0 Z195.0;
N11 M30;
```

Ｐ３－２７（題目1）

```
ＯＸＸＸＸ；
Ｎ１　Ｇ４０　Ｇ８０；
Ｎ２　Ｇ４９　Ｔｘｘ　Ｍ０６；
Ｎ３　Ｇ９１　Ｇ００　Ｇ４３　Ｚ５０．０Ｈｘｘ；
Ｎ４　Ｓｘｘｘｘ Ｍ０３；
Ｎ５　Ｇ９２　Ｘ０　Ｙ０　Ｚ５０．０；
Ｎ６　Ｇ９１　Ｇ９９　Ｇ８１ Ｘ４０．０ Ｙ３０．０ Ｒ－４５．０
                    Ｚ－１５．０　Ｆｘｘｘ　Ｋ３；
Ｎ７　Ｇ８０　Ｇ２８　Ｇ９１　Ｚ０　Ｍ０５；
Ｎ８　Ｇ４９；
Ｎ９　Ｇ９０　Ｇ００　Ｘ０　Ｙ０；
Ｎ10　Ｍ３０；
```

```
ＯＸＸＸＸ；
Ｎ１　Ｇ４０　Ｇ８０；
Ｎ２　Ｇ４９　Ｔｘｘ　Ｍ０６；
Ｎ３　Ｇ９１　Ｇ００　Ｇ４３　Ｚ５０．０　Ｈｘｘ；
Ｎ４　Ｓｘｘｘｘ Ｍ０３；
Ｎ５　Ｇ９２　Ｘ０　Ｙ０　Ｚ５０．０；
Ｎ６　Ｇ９１　Ｇ９９　Ｇ８１ Ｘ４０．０ Ｙ３０．０ Ｒ－４５．０
                    Ｚ－１５．０　Ｆｘｘｘ　Ｋ３；
Ｎ７　Ｇ８０　Ｇ２８　Ｇ９１　Ｚ０　Ｍ０５；
Ｎ８　Ｇ４９；
Ｎ９　Ｇ９０　Ｇ００　Ｘ０　Ｙ０；
Ｎ10　Ｍ３０；
```

Ｐ３－２８（題目2）

```
OXXXX;
N1 G92 X0 Y0 Z50.0;
N2 G□□ G90 G99 X60.0 Y50.0 R5.0
                       Z－10.0 F100;
N3 G91 X－60.0 K2;
N4      Y－50.0 K2;
N5       X60.0 K2;
N6 G98 Y50.0;
N7 G90 G00 X0 Y0;
N8 M30;
```

Ｐ４－１３（題目1）

```
O0001;
G50 Z100.0 X160.0;
N1 G00 Z7.0 X70.0;
N2 G92 Z－35.0 X39.0 F2.0;
N3             X38.6;
N4             X38.3;
N5             X38.0;
N6 G00 Z100.0 X160.0;
N7 M30;
```

Ｐ４－１８（题目）

```
O0001;
G50 Z50.0 X160.0;
S400 M03;
N1 G00 Z5.0 X20.0;
N2 G01 Z0.0 F1.0;
N3             X40.0 C5.0(K-5.0);
N4             Z-30.0 R10.0;
N5             X80.0 C5.0(K-5.0);
N6             Z-55.0 R5.0;
N7             X110.0;
N8 G00 Z50.0 X160.0;
N9 M30;
```

Ｐ４－２０（题目1）

```
O0001;
G50 Z100.0 X250.0;
S400 M03;
N1 G00 Z0.0 X16.0;
N2 G01 X40.0 ,C3.0 F1.0;
N3             Z-15.0 ,R5.0;
N4             X70.0;
N5             A172.0 ,R8.0;
N6             Z-50.0 X100.0 A120.0;
N7             Z-60.0;
N8             X110.0;
N9 G00 Z100.0 X250.0;
N10 M30;
```

Ｐ４－４４（題目1）

```
O0001;
G50 Z200.0 X180.0;
G00 Z150.0;
G71 U7.0 R1.0;
G71 P1 Q2 U4.0 W2.0 F0.3 S550;
N1 G00 X30.0 F0.15 S700;
   G01 W-50.0 X80.0;
   G02 W-40.0 X160.0 R40.0;
   G01 Z30.0;
N2     X180.0;
G70 P1 Q2;
G00 Z200.0 X180.0;
M30;
```

Ｐ４－４５（題目2）

```
O0001;
G50 Z200.0 X180.0;
G00 Z42.0 X124.0;
G71 U7.0 R1.0;
G71 P1 Q2 U4.0 W2.0 F0.3 S550;
N1 G00 X60.0 F0.15 S700;
   G01 W-17.0 R6.0;
       X120.0 K-5.0;
       W-10.0;
N2     X124.0;
G70 P1 Q2;
G00 Z200.0 X180.0;
M30;
```

Ｐ４－４６（題目3）

```
O0001;
G50 Z60.0 X160.0;
G00 Z8.0 X120.0;
G71 U7.0 R1.0;
G71 P1 Q2 U4.0 W2.0 F0.5 S550;
N1 G00 X24.0 F0.15 S700;
   G01 Z-17.0 F0.3;
              X32.0 W-15.0;
                  W-5.0;
   G03 X46.0 Z-67.512 R70.0;
   G01 Z-77.441;
   G02 X60.824 Z-83.101 R10.0;
   G01 X75.0 Z-85.0;
                W-5.0;
       X110.0 Z-115.0 A160.0 R15.0;
                W-10.0;
N2     X120.0;
G70 P1 Q2;
G00 Z60.0 X160.0;
M30;
```

P附1－1（直线、圆弧插补）

```
O1001(ABS);
N1  G92  X0  Y0;
N2  G90  G00  X20.0  Y20.0;
N3        G01  Y40.0  F100;;
N4        G02  X40.0  Y60.0  R20.0;
N5        G01  X100.0  Y40.0;
N6             Y30.0;
N7                  G02 X90.0 Y20.0 R10.0;
N8                   G01  X40.0;
N9                   G02  X20.0  R10.0;
N10       G00  XO  Y0;
    M30;
```

```
O1001(INC);
N1  G92  X0  Y0;
N2  G91  G00  X20.0  Y20.0;
N3        G01  Y20.0  F100;;
N4        G02  X20.0  Y20.0  R20.0;
N5        G01  X60.0  Y－20.0;
N6             Y－10.0;
N7        G02  X－10.0  Y－10.0  R10.0;
N8        G01  X－50.0;
N9        G02  X－20.0  R10.0;
N10       G00  X－20.O  Y－20.0;
    M30;
```

P附１－２（切削圆）

```
O1002(ABS);
N1  G92  X0  Y0  Z50.0;
N2  G90  G00  Z0;
N3        G01  Z-10.0  F100;
N4             X20.0  Y20.0  F200;
N5        G02  X40.0  Y0  R20.0;
N6             I-40.0;
N7             X20.0  Y-20.0  R20.0;
N8        G01  X0  Y0;
N9             Z0;
N10       G00  Z50.0;
    M30;
```

```
O1002(INC);
N1  G92  X0  Y0  Z50.0;
N2  G91  G00  Z-50.0;
N3        G01  Z-10.0  F100;
N4             X20.0  Y20.0  F200;
N5        G02  X20.0  Y-20.0  R20.0;
N6             I-40.0;
N7             X-20.0  Y-20.0  R20.0;
N8        G01  X-20.0  Y20.0;
N9             Z10.0;
N10       G00  Z50.0;
     M30;
```

P附1－3（矩形、圆、菱形切削）

```
O1003（INC）;
N1  G92  X0  Y0  Z50.0;
N2  G91  G00  X70.0  Y20.0;
N3        G00  Z－80.0;
N4        G03  X－20.0  Y－20.0  R20.0  F100;
N5        G01  Y－50.0;
N6             X－100.0;
N7             Y100.0;
N8             X100.0;
N9             Y－50.0;
N10       G03  X20.0  Y－20.0  R20.0
N11       G01  Z10.0
N12            Y40.0
N13       G03  X－20.0  Y－20.0  R20.0
N14       G02  I－50.0
N15       G03  X20.0  Y－20.0  R20.0
N16       G01  Z10.0
N17            Y40.0
N18            X－70.0  Y－70.0
N19            X－50.0  Y50.0
N20            X50.0  Y50.0
N21            X70.0  Y－70.0
N22       G00  Z60.0
N23            X－70.0  Y20.0
    M30;
```

P附1－4（直线、圆弧插补）

```
O1004(ABS);
N1  G92  X0  Y0  Z50.0;
N2  G90  G00  Z-10.0;
N3                  X100.0  Y220.0;;
N4        G01  Y360.0  F100;
N5             X180.0;
N6        G03  X200.0  Y460.0  R260.0;
N7         G02  X360.0  R100.0;
N8         G03  X380.0  Y360.0  R260.0;
N9         G01  X460.0;
N10            Y220.0;
N11            X280.0  Y260.0;
N12            X100.0  Y220.0;
N13       G00  Z50.0;
N14             X0  Y0;
    M30;
```

```
O1004(INC);
N1  G92  X0  Y0  Z50.0;
N2  G91  G00  Z-60.0;
N3                  X100.0  Y220.0;;
N4        G01  Y140.0  F100;
N5             X80.0;
N6        G03  X20.0  Y100.0  R260.0;
N7        G02  X160.0  R100.0;
N8        G03  X20.0  Y-100.0  R260.0;
N9        G01  X80.0;
N10            Y-140.0;
N11            X-180.0  Y40.0;
N12            X-180.0  Y-40.0;
N13       G00  Z60.0;
N14            X-100.0  Y-220.0;
    M30;
```

P附1－5（直线、圆弧插补＋刀具半径补偿）

```
O1005(ABS);
N1  G92  X0  Y0  Z50.0;
N2  G90  G00  Z-10.0;
N3                  X45.0  Y50.0;;
N4        G01  Y130.0  F100;
N5             X165.0;
N6        G03  X195.0  Y100.0  R30.0;
N7        G01  Y80.0;
N8        G02  X165.0  Y50.0  R30.0;
N9        G01  X135.0;
N10            Y90.0;
N11            X95.0;
N12            Y50.0;
N13            X45.0;
N14       G00  Z50.0;
N15            X0  Y0;
    M30;
```

```
O1005(INC);
N1  G92  X0  Y0  Z50.0;
N2  G91  G00  Z-60.0;
N3            X45.0  Y50.0;;
N4       G01  Y80.0  F100;
N5            X120.0;
N6       G03  X30.0  Y-30.0  R30.0;
N7       G01  Y-20.0;
N8       G02  X-30.0  Y-30.0  R30.0;
N9       G01  X-30.0;
N10           Y40.0;
N11           X-40.0;
N12           Y-30.0;
N13           X-50.0;
N14      G00  Z60.0;
N15           X-45.0  Y-50.0;
    M30;
```

P附1－6（孔加工固定循环）

```
O1006;
N1 G92 X0 Y0 Z50.0;
N2 G□□ G90 G99 X25.0 Y－15.0 R5.0
                Z－12.0 F100;
N3 G91 X20.0 K4;
N4             Y－20.0;
N5             X－20.0 K4;
N6             Y－30.0;
N7             X20.0 K4;
N8 G90 G00 Z50.0;
N9             X0 Y0;
N10 M30;
```

P附１－７（综合练习）

```
O１００７（メインプログラム）；
N１　Ｇ９２　Ｘ０　Ｙ０　Ｚ５０．０；
N２　Ｍ２９　Ｓ５００
N３　Ｇ８４　Ｇ９０　Ｇ９９　Ｒ５．０　Ｚ－２２．０　Ｆ７５０　Ｋ０；
N４　Ｍ９８　Ｐ１０７０；
N５　Ｇ９０　Ｇ００　Ｘ３７．５　Ｙ０；
N６　Ｇ９２　Ｘ０　Ｙ０；
N７　Ｍ２９　Ｓ５００；
N８　Ｇ８４　Ｇ９０　Ｇ９９　Ｒ５．０　Ｚ－２２．０　Ｆ７５０　Ｋ０；
N９　Ｍ９８　Ｐ１０７１；
N10　Ｍ９８　Ｐ１０７２；
N11　Ｇ９０　Ｇ００　Ｘ－７０．０　Ｙ０；
N12　Ｇ９２　Ｘ０　Ｙ０；
N13　Ｍ９８　Ｐ１０７３；
N14　Ｇ９０　Ｇ００　Ｘ３２．５；
N15　Ｇ９２　Ｘ０　Ｙ０；
　　Ｍ３０；
```

```
O1070（孔加工的子程序）；
 N1  G90  X65.0  Y40.0
 N2  G91  X-65.0  K2
 N3       Y-80.0；
 N4       X65.0  K2；
 N5  G90  G00  Z50.0；
 N6  M99；


O1071（孔加工的子程序）；
 N1  G90  X27.581  Y8.961
 N2       X0  Y29.0
 N3       X-27.581  Y8.961；
 N4       X-23.461  Y-17.046；
 N5       X23.461；
 N6  G90  G00  X0  Y0；
 N7       Z50.0；
 N8  M99；


 O1072（切削圆的子程序）；
 N1  G92  X0  Y0  Z50.0；
 N2  G91  G00  Z-50.0；
 N3       G01  Z-10.0  F100；
 N4            X10.0  Y10.0  F200；
 N5       G02  X10.0  Y-10.0  R10.0；
 N6            I-20.0；
 N7            X-10.0  Y-10.0  R10.0；
 N8       G01  X-10.0  Y10.0；
 N9            Z10.0；
 N10      G00  Z50.0；
      M30；
```

```
O1073（加工矩形子程序）；
N1  G92  X0  Y0  Z50.0；
N2  G91  G00  Z-50.0；
N3        G01  Z-10.0  F100；
N4
            X5.0  Y20.0  F200；
N5        G02  X20.0  Y-20.0  R20.0；
N6        G01  Y-25.0；
N7             X-50.0；
N8                    Y50.0；
N9                    X50.0；
N10                    Y-25.0
N11 G02  X-20.0  Y-20.0  R20.0；
N12                 G01  X-5.0  Y20.0；
N13                      Z10.0；
N14                  G00  Z50.0；
    M99；
```

P附1－8（车床题目1）

```
     O1008;
         G50 X160.0 Z195.0;
     N1 G00 X10.0 W-75.0;
     N2 G01 W-15.0 Z0 F0.2;
     N3 G03 X40.0 W-15.0 R15.0;
     N4 G01 Z-15.0;
     N5 G02 X80.0 W-15.0 R20.0;
     N6 G01 W-20.0;
     N7
X100.0;
     N8
 W-12.0;
     N9
X120.0;
     N10 G00 X160.0 Z195.0;
     N11 M30;
```

P附1－9（车床题目2）

```
     O1009；
    G50  Z100.0  X200.0；
         G00  Z5.0  X0；
         G01  Z0  F0.15；
                      X24.0；
                      W－15.0；
                      X32.0  W－15.0；
                      W－5.0；
         G03  X46.0  Z－67.512  R70.0；
         G01  Z－73.441；
         G02  X60.824  Z－83.101  R10.0；
         G01  X75.0  Z－85.0；
                      W－10.0；
                      X110.0  Z－115.0  A160.0  R
15.0；
                      W－10.0；
     N2       X120.0；
     G00  Z100.0  X200.0；
    M30；
```

备注