



普通高等教育“十二五”规划教材

SHUKONG JISHU SHIYAN

ZHIDAO YU BAOGAO

数控技术实验 指导与报告

● 孙小捞 段 雷 编著

河南科学技术出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

数控技术实验 指导与报告

孙小捞 段 雷 编著

河南科学技术出版社

·郑州·

内 容 提 要

本教材是《数控技术》课程的实验实践教学教材,需要与《数控技术》课程主教材配合使用。

本教材分为上、下两篇。上篇为数控技术实验指导,包括数控机床操作规程,CJK6032-4 型数控车床、ZJ7532A-4 型数控铣床、XH716 型加工中心、DMU-100 型五轴联动加工中心编程与操作简介,斯沃数控仿真软件使用简介,西门子数控系统编程简介。下篇为数控技术实验报告,具体内容包括数控机床组成及原理认识实验报告,西门子数控模拟系统实验报告,CIMCO Edit 模拟软件车床、铣床模拟实验报告,数控车床、数控铣床、加工中心、数控电火花线切割机床、数控电火花成型机床、斯沃数控仿真软件操作实验报告。

本教材可作为普通高等院校机电类、近机电类专业数控技术实验用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控技术实验指导与报告/孙小捞,段雷编著. —郑州:河南科学技术出版社,2012.9
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5349-5630-0

I. ①数… II. ①孙… ②段… III. ①数控技术-高等学校-教学参考资料 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 086599 号

出版发行:河南科学技术出版社

地址:郑州市经五路 66 号 邮编:450002

电话:(0371) 65737028 65788613

网址:www.hnstp.cn

策划编辑:王向阳

责任编辑:张 恒

责任校对:丁秀荣

封面设计:张 伟

责任印制:朱 飞

印 刷:河南省中景印务有限公司

经 销:全国新华书店

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:9 字数:198 千字

版 次:2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

定 价:18.00 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系并调换。

前 言

《数控技术》是机械和机电类各专业的一门专业课程。它的基本要求是：通过该课程的学习，学生能够比较系统地掌握数控机床的组成、工作原理以及程序的基本结构，能够掌握各种编程方法，能使用模拟软件对加工轨迹进行模拟，找出程序错误并纠正程序错误。该课程的教学目的是：通过本课程的学习，学生具有一定的数控机床实际操作技能，能够正确操作常用的数控机床，能够用理论知识对数控机床加工零件的方法和过程进行指导，熟悉在数控机床上加工零件的步骤和方法。为了实现上述教学目的，特编写了《数控技术实验指导与报告》。

本教材由洛阳理工学院孙小捞、段雷编著。孙小捞编写了上篇的第一、二、三、五、六、七章和下篇的第一至七章，段雷编写了上篇的第四章和下篇的第八、九、十章。

由于编者水平有限，敬请广大读者对本教材的疏漏给予批评指正。

编 者

2012 年 3 月

目 录

上篇 数控技术实验指导

第一章 数控机床操作规程	(1)
第二章 CJK6032 -4 型数控车床编程与操作简介	(4)
第三章 ZJ7532A -4 型数控铣床编程与操作简介	(29)
第四章 斯沃数控仿真软件使用简介	(47)
第五章 西门子数控系统编程简介	(69)
第六章 XH716 型加工中心编程与操作简介	(76)
第七章 DMU -100 型五轴联动加工中心编程与操作简介	(80)

下篇 数控技术实验报告

第一章 数控机床组成及原理认识实验报告	(86)
第二章 西门子数控模拟系统实验报告	(88)
第三章 CIMCO Edit 模拟软件车床模拟实验报告	(90)
第四章 CIMCO Edit 模拟软件铣床模拟实验报告	(92)
第五章 数控车床操作实验报告	(94)
实验报告一	(94)
实验报告二	(97)
实验报告三	(99)
实验报告四	(101)
第六章 数控铣床操作实验报告	(104)
实验报告一	(104)
实验报告二	(106)
实验报告三	(107)
实验报告四	(109)
第七章 加工中心操作实验报告	(111)
实验报告一	(111)
实验报告二	(114)
实验报告三	(116)

第八章 数控电火花线切割机床操作实验报告	(117)
第九章 数控电火花成型机床操作实验报告	(119)
第十章 斯沃数控仿真软件操作实验报告	(121)
参考文献	(122)

上 篇

数控技术实验指导

第一章 数控机床操作规程

一、实验操作安全十不准

- (1) 不准违反操作规程操作设备。
- (2) 不准开动情况不明的电源或动力源开关闸（阀）。
- (3) 不准学生在无指导教师在场时擅自操作设备。
- (4) 不准使用非安全电压灯具作为机床照明灯。
- (5) 不准在设备防护装置缺损或不在规定位置操作设备。
- (6) 不准戴手套操作机床。
- (7) 不准在物件堆放过高或不稳妥时结束工作。
- (8) 不准在生产现场嬉戏打闹。
- (9) 不准穿裙子、拖鞋、高跟皮鞋进入生产现场。
- (10) 不准任意拆除设备上安全、照明、信号、防火防爆装置和警示标志、显示仪表。

二、数控车床操作规程

- (1) 穿好工作服（要做到衣服三紧：领口紧、袖口紧、下摆紧），穿好平底鞋，戴好工作帽，长发束在帽内；不准戴手套操作车床。
- (2) 检查车床控制面板上的急停旋钮是否被按下，如果未被按下，先按下，然后合上车床左侧面的电气总开关启动车床，等自检完毕后松开急停旋钮。
- (3) 检查尾座是否在车床最右侧，如果不在，移到最右侧。
- (4) 检查主轴调速挡是否在要求位置，车床工作中不停车不允许换挡。

- (5) 选择“回参考点”工作方式, 首先返回 +X 方向, 然后返回 +Z 方向。
- (6) 牢固装夹工件, 注意调节扳手一定要从车床上移开。
- (7) 根据零件确定加工工艺, 选择合适刀具并装夹好。
- (8) 编写程序, 输入加工程序, 仔细检查, 修改程序错误。
- (9) 启动主轴, 手动对刀。注意, 刀具快接近工件时, 采用增量方式慢慢对刀。
- (10) 设置加工坐标系, 注意一定要设置正确。
- (11) 按下“机床锁住”按键进行模拟检查, 修改程序错误, 直到无程序错误为止。
- (12) 车床按“单段”或“自动”方式进行加工, 注意观察刀具运动。加工过程中操作者不准离开车床, 手不准接触运动部分。
- (13) 加工完成后, 手动将刀具移开工件, 首先返回 +X 方向, 然后返回 +Z 方向。按下急停旋钮, 然后断开侧面电气总开关。
- (14) 清理车床, 打扫卫生, 导轨上油保养, 量具放回盒中。

三、数控铣床操作规程

- (1) 穿好工作服, 穿好平底鞋, 戴好工作帽, 长发束在帽内; 不准戴手套操作铣床。
- (2) 开机前, 检查加工铣床侧面的润滑系统油箱中的润滑油是否充足, 每班加油 2 次。
- (3) 检查铣床控制面板上的急停旋钮是否按下, 如果未被按下, 先按下, 然后合上铣床电气柜后面的电气总开关启动铣床, 等自检完毕后, 松开急停旋钮。
- (4) 选择“回参考点”工作方式, 首先返回 +Z 方向, 然后返回 +X、+Y 方向。
- (5) 牢固装夹工件, 按零件确定加工工艺, 选择合适刀具并装夹好, 再取下卸刀器。
- (6) 编写程序, 输入加工程序, 仔细检查, 修改程序错误。
- (7) 启动主轴, 手动对刀。注意, 刀具快接近工件时, 用增量方式慢慢对刀。
- (8) 设置加工坐标系, 注意一定要设置正确。
- (9) 按下“Z 轴锁住”按键进行模拟检查, 修改程序错误, 直到没有程序错误为止。
- (10) 铣床按“单段”或“自动”方式进行加工, 加工过程中操作者不准离开铣床, 注意观察刀具运动。
- (11) 加工完成后, 手动将主轴升起, 工作台调到中间位置, 按下急停旋钮, 然后断开后面电气总开关。
- (12) 清理铣床, 打扫卫生, 工作台上油保养, 量具放回盒中。

四、数控加工中心操作规程

- (1) 穿好工作服、平底鞋, 戴好工作帽, 长发束在帽内; 不准戴手套操作加工中心。
- (2) 开机前, 要检查加工中心的润滑系统油箱中的润滑油是否充足, 如不充足, 请加合适规格的油到指定刻度。
- (3) 检查刀库中刀具安装情况, 刀具是否安装牢固。不能在刀库中安装超长和超重的刀具。在高速加工中心刀库中安装的刀具必须经过动平衡实验校正。
- (4) 检查加工中心控制面板上的急停旋钮是否被按下, 如果未被按下, 先按下, 然后合上总开关和空气压缩机开关, 等待加工中心启动, 等自检完毕后, 松开急停旋钮。
- (5) 选择“回参考点”工作方式, 首先返回 +Z 方向, 然后返回 +X、+Y 方向。DMU-100 型五轴联动加工中心由于采用绝对编码器, 不用回参考点。
- (6) 牢固装夹工件, 根据零件确定加工工艺, 选择合适刀具并装夹好。

- (7) 编写程序，输入加工程序，仔细检查，修改程序错误。
- (8) 启动主轴，手动对刀。注意，刀具快接近工件时，用增量方式慢慢对刀。
- (9) 设置加工坐标系，注意一定要设置正确。
- (10) 进行模拟加工，检查加工轨迹，修改程序错误，直到没有程序错误为止。
- (11) 加工中心按“单段”或“自动”方式进行加工，加工过程中操作者不准离开加工中心，注意观察刀具运动。
- (12) 加工完成后，手动将主轴升起，工作台调到中间位置，按下急停旋钮，然后断开后面电气总开关和空气压缩机开关。
- (13) 清理加工中心，打扫卫生，工作台上油保养，量具放回盒中。

第二章 CJK6032 - 4 型数控车床编程与操作简介

CJK6032 - 4 型数控车床配备了华中世纪星 HNC - 21T 数控系统。

一、指令字符集

华中世纪星 HNC - 21T 数控系统的主要指令字符如表 2 - 1 所示。

表 2 - 1 HNC - 21T 数控系统主要指令字符

功能	地址	意义
零件程序号	%	程序编号, %0001 ~ %9999
程序段号	N	程序段编号, N0 ~ N4294967295
准备功能	G	指令动作方式 (直线、圆弧等), G00 ~ G99
尺寸字	X, Z, A, B, C, U, V, W	坐标轴的移动命令, ± 99999.999
	R	圆弧半径, 固定循环的参数
	I, J, K	圆心相对于起始点的坐标, 固定循环的参数
进给速度	F	进给速度, F0 ~ F36000
主轴功能	S	主轴旋转速度, S0 ~ S9999
刀具功能	T	指定刀具号、刀具补偿号, T0000 ~ T9999
辅助功能	M	指定机床侧开/关控制, M0 ~ M99
补偿号	D	指定刀具半径补偿号, 00 ~ 99
暂停	P	指定暂停时间 (s)
程序号的指定	P	指定子程序号, P0001 ~ P9999
重复次数	L	子程序或固定循环的重复次数
参数	P, Q, R, U, W, I, K, C, A	车削复合循环参数
倒直角控制	C	直线后倒角参数
倒圆角控制	R	圆弧后倒角参数

二、程序的一般结构

一个零件程序必须包括起始符和结束符，可以没有注释符。程序起始符有%或O，符号%或O后面跟程序号。程序结束符有M02或M30指令。注释符包括括号或分号，括号内或分号后的内容为注释文字。一个零件程序是按程序段的输入顺序执行的，而不是按程序段号的顺序执行的，但在书写程序时建议按程序段号升序书写。

三、程序的文件名

数控机床可以载入许多程序文件，以磁盘文件的方式读写，文件名（有别于DOS系统的其他文件名）格式为O××××（地址符字母O后面必须有四位数字或字母），不带扩展名，如O1234、OABCD等。注意，升级后的HNC-21T数控系统可以支持扩展名。HNC-21T数控系统通过调用文件名来调用程序，进行加工或编辑程序。

四、M功能代码

华中世纪星数控系统HNC-21T常用的M指令及其功能如表2-2所示。

表 2-2 华中世纪星数控系统 HNC-21T 常用的 M 指令及其功能

M 指令	功能	M 指令	功能
M00	程序暂停	M07	切削液打开
M02	主程序结束	M08	切削液打开
M03	主轴正转启动	M09	切削液关闭
M04	主轴反转启动	M30	程序结束并返回程序起始点
M05	主轴停转	M98	子程序调用
M06	换刀	M99	子程序结束

五、子程序调用指令 M98 及从子程序返回指令 M99

指令 M98 用来调用子程序。在子程序结束后，执行指令 M99 使控制返回到主程序。

(1) 子程序的格式：

% × × × ×

...

M99

在子程序开头，必须规定子程序号，以作为调用入口地址。在子程序的结尾用指令 M99，以控制执行完该子程序后返回主程序。

(2) 调用子程序的格式：

M98 P_ L _

说明：P 表示被调用的子程序号，L 表示重复调用次数。指令 G65 的功能和参数与指令 M98 相同。

例 2-1 半径编程加工图 2-1 所示工件。编写程序如下：

%3110；主程序程序号

N1 G92 X16 Z1；设定坐标系，定义对刀点的位置

N2 G37 G00 Z0 M03 S460；移到子程序起始点处、主轴正转

N3 M98 P0003 L6；调用子程序并循环 6 次

```
N4 G00 X16 Z1; 返回对刀点
N5 G36; 取消半径编程
N6 M05; 主轴停
N7 M30; 主程序结束并复位
%0003; 子程序号
N10 G37 G01 U-12 F100; 进刀到切削起始点处, 注意留下后面切削的余量
N20 G03 U7.385 W-4.923 R8; 加工 R8mm 圆弧段
N30 U3.215 W-39.877 R60; 加工 R60mm 圆弧段
N40 G02 U1.4 W-28.636 R40; 加工 R40mm 圆弧段
N50 G00 U4; 离开已加工表面
N60 W73.436; 回到循环起始点 Z 轴处
N70 G01 U-4.8 F100; 调整每次循环的切削量
N80 M99; 子程序结束并回到主程序
```

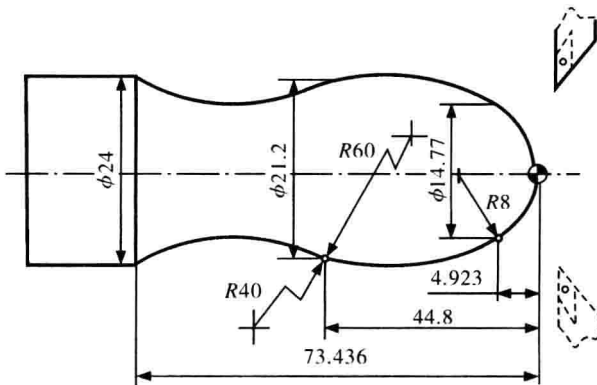


图 2-1 半径编程示例 (单位: mm)

六、常用的 G 功能代码

HNC-21T 数控系统常用的 G 功能代码如表 2-3 所示。

表 2-3 HNC-21T 数控系统常用的 G 功能代码

G 指令	含义	编程格式
G00	快速定位	G00 X_ Z_
G01	直线插补	G01 X (U) _ Z (W) _ F_
G02	顺时针方向圆弧插补	G02 X (U) _ Z (W) _ R_ F_
		G02 X (U) _ Z (W) _ I_ K_ F_
G03	逆时针方向圆弧插补	同 G02
G04	暂停	G04 P_
G20	英制单位设定	G20
G21	公制单位设定	G21
G28	返回到参考点	G28 X_ Z_

续表

G 指令	含义	编程格式
G29	由参考点返回	G29 X_ Z_
G32	单一螺纹切削	G32 X_ Z_ R_ E_ P_ F_ I_
G36	直径编程	G36
G37	半径编程	G37
G40	刀具半径补偿取消	G40 G00 (G01) X_ Z_
G41	刀具半径左补偿	G41 G00 (G01) X_ Z_ D_
G42	刀具半径右补偿	G42 G00 (G01) X_ Z_ D_
G53	机床坐标系设定	G53 X_ Z_
G54 ~ G59	坐标系设定	G54/G55/G56/G57/G58/G59
G90	绝对值编程	G90
G91	增量值编程	G91
G92	工件坐标系设定	G92 X_ Z_
G94	每分钟进给	G94 F_
G95	每转进给	G95 F_
G96	恒线速度控制	G96 S_
G97	取消恒线速度控制	G97

绝对编程时，用指令 G90 后面的 X、Z 表示 X 轴、Z 轴的坐标值；增量编程时，用 U、W 或指令 G91 后面的 X、Z 表示 X 轴、Z 轴上的增量值。其中，表示增量的字符 U、W 不能用于循环指令 G80、G81、G82、G71、G72、G73、G76 的程序段中，但可用于定义精加工轮廓的程序中。指令 G90、G91 是模态指令，可相互注销，G90 为缺省值。

指令 G54 ~ G59 指定的坐标系是系统预定的 6 个坐标系，可根据需要任意选用。加工时，其坐标系的原点必须设为工件坐标系的原点在机床坐标系中的坐标值，否则，加工出的产品就会产生误差或报废，甚至出现危险。这 6 个预定工件坐标系的原点在机床坐标系中的值（工件零点偏置值）可用手动数据输入（Manual Data Input, MDI）方式输入，系统自动记忆。工件坐标系一旦设定，在绝对值编程时后续程序段中的指令值均为相对此工件坐标系原点的值。指令 G54 ~ G59 为模态指令，可相互注销，G54 为缺省值。

七、编程实例

1. 快速定位指令 G00 (G0) 执行指令 G00 使刀具快速定位到指定的目标位置，运动过程中无运动轨迹要求。指令 G00 的编程格式为

```
G00 X (U) _ Z (W) _
```

说明：X、Z 在绝对值编程时表示快速定位终点在工件坐标系中的坐标；U、W 在增量值编程时表示快速定位终点相对于起始点的位移量。

执行指令 G00，刀具相对于工件以各轴预定的速度，从当前位置快速移动到程序段指

定的定位目标点。指令 G00 中的快速移动速度由机床参数“快移进给速度”对各轴分别设定，不能用参数 F 规定。指令 G00 一般用于加工前快速定位或加工后快速退刀。快速移动速度可由面板上的快速修调按钮修正。指令 G00 是模态指令，可由指令 G01、G02、G03 或 G32 注销。

例 2-2 如图 2-2 所示，从起始点 A 快速定位到目标点 B，要求用三种方式编程实现。

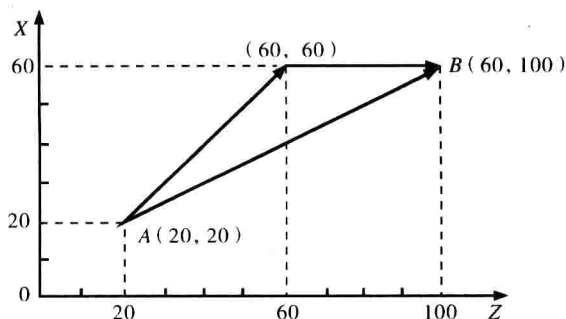


图 2-2 快速定位指令编程示例

(1) 绝对值方式下编程格式为

G00 X120.0 Z100.0

(2) 增量值方式下编程格式为

G00 U80.0 W80.0

(3) 绝对值、增量值混合方式下编程格式为

G00 U80.0 Z100.0 或 G00 X120.0 W80.0

在执行指令 G00 时，由于各轴以各自速度移动，不能保证各轴同时到达终点，因而联动直线轴的合成轨迹不一定是直线，操作者必须格外小心，以免刀具与工件发生碰撞。常见的做法是先将 X 轴移动到安全位置，再执行指令 G00。

2. 直线插补指令 G01 (G1) 该指令用于按参数 F 指定的进给速度切削任意斜率的直线，编程格式为

G01 X (U) _ Z (W) _ F _

说明：X、Z 在绝对值编程时表示终点在工件坐标系中的坐标；U、W 在增量值编程时表示终点相对于起始点的位移量；F 表示合成进给速度。

执行指令 G01，刀具以联动的方式按参数 F 规定的合成进给速度从当前位置按线性路线（联动直线轴的合成轨迹为直线）移动到程序段指定的终点。指令 G01 是模态指令，可由指令 G00、G02、G03 或 G32 注销。

例 2-3 按同样的轨迹分别用直径、半径编程加工图 2-3 所示工件。编写程序如下：

(1) 直径编程：

%0456

N1 G92 X180 Z254

N2 M03 S460

N3 G36 G01 X20 W-44

N4 U30 Z50

N5 G00 X180 Z254

N6 M30

(2) 半径编程:

N1 G37 M03 S460

N2 G92 X90 Z254

N3 G01 X10 W-44

N4 U15 Z50

N5 G00 X90 Z254

N6 M30

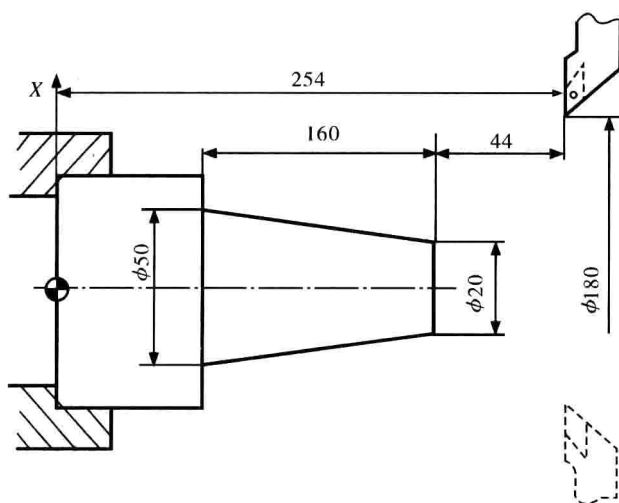


图 2-3 直径、半径编程示例 (单位: mm)

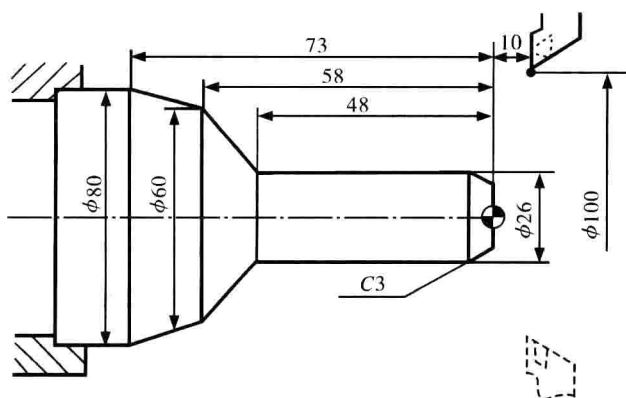


图 2-4 直线插补指令编程示例 (单位: mm)

例 2-4 用直线插补指令编程加工图 2-4 所示工件。编写程序如下:
%3305

N1 G92 X100 Z10; 设定坐标系, 定义对刀点的位置

N2 G00 X16 Z2 M03 S460; 移到倒角延长线, Z 轴 2mm 处

N3 G01 U10 W-5 F300; 加工倒角 3mm × 45°

N4 Z-48; 加工 $\phi 26\text{mm}$ 外圆
 N5 U34 W-10; 切第 1 段锥
 N6 U20 Z-73; 切第 2 段锥
 N7 X90; 退刀
 N8 G00 X100 Z10; 回对刀点
 N9 M05; 主轴停
 N10 M30; 主程序结束并复位

3. 圆弧插补指令 G02/G03 指令 G02/G03 的编程格式为

$$\left. \begin{array}{l} \text{G02} \\ \text{G03} \end{array} \right\} X(U) - Z(W) - \left\{ \begin{array}{l} I_- \\ R_- \end{array} \right\} F_-$$

说明：执行 G02/G03 指令时，刀具按顺时针/逆时针方向进行圆弧加工。X、Z 在绝对值编程时表示圆弧终点在工件坐标系中的坐标；U、W 在增量值编程时表示圆弧终点相对于圆弧起始点的位移量；I、K 表示圆心相对于圆弧起始点的增加量（等于圆心的坐标减去圆弧起始点的坐标，如图 2-5 所示），在绝对值、增量值编程时均以增量方式指定，在直径、半径编程时 I 均表示半径值；R 表示圆弧半径；F 表示被编程的两个轴的合成进给速度。

指令 G02/G03 是在加工平面内，根据插补时的旋转方向是顺时针/逆时针方向来区分的。加工平面是观察者迎着 Y 轴的指向所面对的平面。

注意：对于前置刀架和后置刀架，指令 G02/G03 是有区别的；所谓顺时针/逆时针方向，是指从垂直于圆弧所在平面的坐标轴的正方向看到的回转方向；同时编入参数 R 与 I、K 时，R 有效。

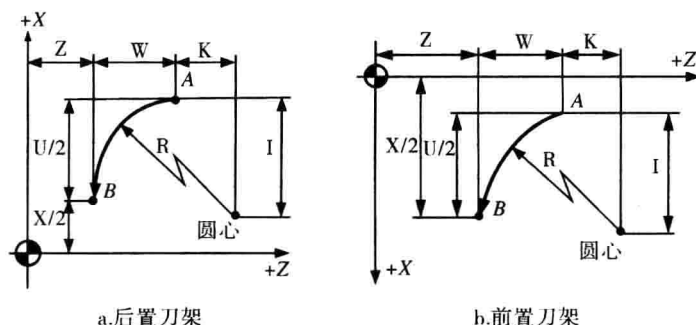


图 2-5 圆弧插补指令 G02/G03 参数说明

例 2-5 用圆弧插补指令编程加工图 2-6 所示工件。编写程序如下：

%3310

N1 G92 X40 Z5; 设定坐标系，定义对刀点的位置
 N2 M03 S400; 主轴以 400r/min 旋转
 N3 G00 X0; 到达工件中心
 N4 G01 Z0 F60; 工作进给接触工件毛坯
 N5 G03 U24 W-24 R15; 加工 R15mm 圆弧段
 N6 G02 X26 Z-31 R5; 加工 R5mm 圆弧段

N7 G01 Z-40; 加工 $\phi 26\text{mm}$ 外圆
N8 X40 Z5; 回对刀点
N9 M30; 主轴停、主程序结束并复位
4. 螺纹切削指令 G32 指令 G32 的编程格式为

G32 X (U) _ Z (W) _ R_ E_ P_ F_

说明: X、Z 在绝对值编程时表示有效螺纹终点在工件坐标系中的坐标; U、W 表示增量值编程时有效螺纹终点相对于螺纹切削起始点的位移量; F 表示螺纹导程, 即主轴每转一圈, 刀具相对于工件的进给值; R、E 表示螺纹切削的退尾量, R 表示 Z 轴

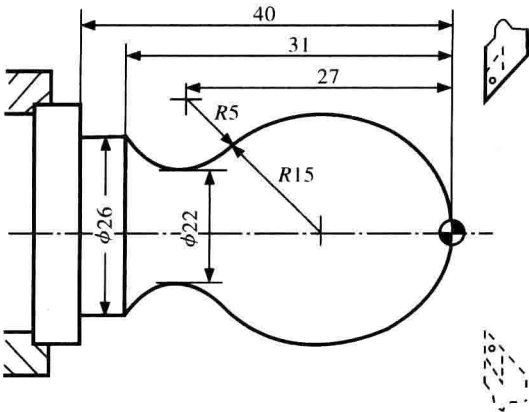


图 2-6 圆弧插补指令编程示例 (单位: mm)

方向退尾量, E 表示 X 轴方向退尾量。R、E 在绝对值或增量值编程时均以增量方式指定, 其后面的数值为正表示沿 Z、X 轴正方向回退, 为负表示沿 Z、X 轴负方向回退。使用 R、E 可免去退刀槽; R、E 可以省略, 表示不用回退功能。根据螺纹相应标准, R 一般取 2 倍的螺距, E 取螺纹的牙型高。P 表示主轴基准脉冲处距离螺纹切削起始点的主轴转角。

使用指令 G32 能加工圆柱螺纹、锥螺纹和端面螺纹。图 2-7 所示为锥螺纹切削时螺纹切削指令各参数的意义。

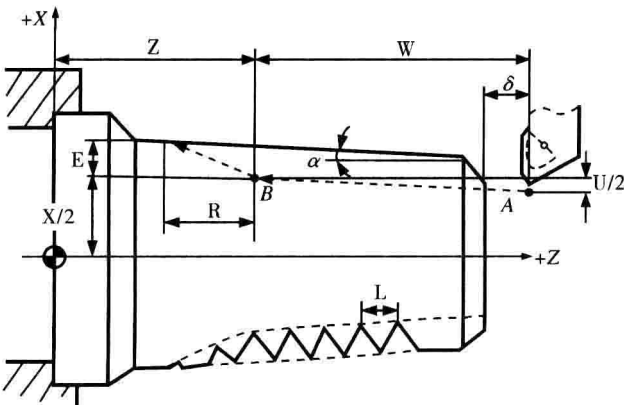


图 2-7 螺纹切削指令参数说明

螺纹车削加工为成型车削, 且切削进给量较大, 刀具强度较差, 一般要求分数次进给加工。表 2-4 所示为常用螺纹切削的进给次数与吃刀量。

表 2-4 常用螺纹切削的进给次数与吃刀量

公制螺纹							
螺距/mm	1.0	1.5	2	2.5	3	3.5	4
牙深 (半径量) /mm	0.649	0.974	1.299	1.624	1.949	2.273	2.598
切削次数及吃刀量 (直径量) /mm	1 次	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5
	2 次	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8
	3 次	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6