



全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

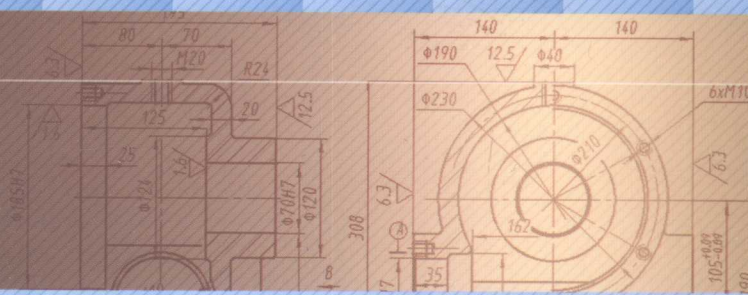
# 数控车床编程 与操作

◎ 韦富基 李振尤 主编

◎ 张映故 副主编      ◎ 林若森 主审



- 数控车床的基本操作
- 典型产品的工艺分析、加工程序编制与车削
  - ◆ 心轴                      ◆ 齿轮轴
  - ◆ 齿轮坯                  ◆ 皮带轮
  - ◆ 法兰盘                  ◆ 组合零件
  - ◆ 工艺小酒杯              ◆ 椭圆轮廓表面零件
- 数控车床的维护保养与故障诊断



- ◆ 采用项目式教学法      ◆ 以8种典型产品的车削加工为主体
- ◆ 提供24个辅助编程案例和20个项目训练      ◆ 提供免费的教学课件和项目训练指导



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

# 数控车床编程与操作

韦富基 李振尤 主 编

张映故 副主编

林若森 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是按照以工作过程为导向的“数控车床编程与操作”课程改革要求进行编写的,按照企业实际工作过程和工作环境组织实训教学,形成针对工作需求的新型教学与训练项目;主要以广州数控设备有限公司的 GSK 928TA、GSK 980TD 系统数控车床为平台展开项目训练,通过典型任务分析,达到理论和技能与生产实际结合的效果。

全书共收集 11 个实训项目,内容由浅入深,循序渐进,切合机械生产加工顺序,涵盖外圆、端面、台阶、内孔、圆锥、圆弧、沟槽、螺纹、特形面和非圆曲线轮廓零件等的加工工艺知识、编程知识及操作技能。

本书可作为高职高专院校数控、模具、机械制造、机电一体化等机电类专业的教材,也可作为成人高校、继续教育学院和中等职业学校相关专业的教材,以及机械行业企业员工的岗位培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与操作/韦富基,李振尤主编. —北京:电子工业出版社,2008.10

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

ISBN 978-7-121-07417-2

I. 数… II. ①韦… ②李… III. ①数控机床:车床—程序设计—高等学校:技术学校—教材  
②数控机床:车床—操作—高等学校:技术学校—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 146116 号

策划编辑:陈健德

责任编辑:徐萍

印刷:涿州市京南印刷厂

装订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:332.8 千字

印次:2008 年 10 月第 1 次印刷

印数:4 000 册 定价:21.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

# 前 言



本教材根据高职高专机械类专业的数控车床编程与操作实训及技能等级考核要求,以工作过程为导向,制订教学内容。主要内容以广州数控设备有限公司的 GSK 928TA、GSK 980TD 系统数控车床为平台,介绍数控车床的基本知识和基本操作(包括工艺知识准备、车床控制面板操作、数控车床各功能指令应用及加工程序编写与编辑方法、坐标设置与对刀的方法、车削加工的基本操作方法);典型零件的加工实例分析及加工方法(包含轴、套、盘类零件、曲面类零件、工艺品等);组合型零件的加工训练等。知识结构由简单到复杂,操作训练项目按由易到难、循序渐进的教学规律合理安排。

本教材重点在操作方法的介绍,并以工作过程为导向,以机械零件或与其类似的工件、工艺品等为载体,展开训练项目,更贴近实际生产,更能符合企业需求。

本教材的编写特点是:采用以编程与实际操作技能训练为主、基础知识为辅的一体化的教学模式,训练项目结构合理,操作方法实用,具有较强的适用性。

学习本课程的基本要求是:要具有一定的机械制图知识、公差与测量知识、金属材料切削刀具知识,还必须具备普通车床的基本操作技能。

本课程的目标是培养学生具备较强的数控车床加工编程能力和较高的操作技能,培养学生适应实际生产的能力和对数控设备的文明操作及维护保养习惯;技能要求达到中、高级数控车床操作工技术水平。

本教材适合作为高职高专院校数控技术应用专业、模具专业、机械制造专业、机电一体化专业等学生实训或技能培训用指导教材。讲学学时参考约 60 学时,操作训练全过程约 180 学时。

本教材由广西柳州职业技术学院韦富基副教授、李振尤副教授任主编,张映故高级技师任副主编,参加编写的老师还有龙爱保高级技师、毛丹丹高级技师。其中项目 1、2、4 由韦富基编写,项目 7、9、10 由李振尤编写,项目 5、6、11 由张映故编写,项目 3 由龙爱保编写,项目 8 由毛丹丹编写。在编写过程中得到了陈华教师的大力支持,很荣幸得到林若森副教授对全书的审阅,在此表示由衷的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有欠妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 7 月



# 目 录



项目 1 数控车床基本操作及安全文明生产 .....	1
项目描述 .....	2
任务 1-1 GSK 928TA 系统数控车床的基本操作 .....	2
1.1.1 M、S、T、F 功能及单一 G 功能指令 .....	2
1.1.2 GSK 928TA 系统控制面板的操作 .....	8
任务 1-2 GSK 980TD 系统数控车床的基本操作 .....	21
1.2.1 M、S、T、F 功能及单一 G 功能指令 .....	21
1.2.2 GSK 980TD 系统控制面板的操作 .....	22
任务 1-3 安全操作和文明生产知识 .....	51
1.3.1 数控车床安全操作规程 .....	51
1.3.2 数控车床的维护与保养 .....	52
项目小结 .....	53
项目训练 .....	53
项目 2 车削心轴 .....	55
项目描述 .....	56
任务 2-1 工艺准备 .....	56
2.1.1 工艺知识准备 .....	56
2.1.2 确定工件的加工方案 .....	63
2.1.3 编程指令 .....	65
任务 2-2 心轴加工程序的编制 .....	71
任务 2-3 刀具准备 .....	74
任务 2-4 心轴的切削 .....	75
项目小结 .....	76
项目训练 .....	76
项目 3 车削齿轮轴 .....	78
项目描述 .....	79
任务 3-1 工艺准备 .....	79
3.1.1 工艺知识准备 .....	79
3.1.2 复合循环指令 G71、G70 .....	82
3.1.3 切槽编程指令 .....	86
3.1.4 螺纹编程指令 .....	91

任务 3-2 齿轮轴程序编制 .....	100
任务 3-3 齿轮轴的加工 .....	105
项目小结 .....	106
项目训练 .....	106
<b>项目 4 车削齿轮坯 .....</b>	<b>107</b>
项目描述 .....	108
任务 4-1 工艺准备 .....	108
4.1.1 工艺知识准备 .....	108
4.1.2 编程指令 .....	112
任务 4-2 齿轮坯加工程序编制 .....	116
任务 4-3 刀具、量具准备 .....	119
4.3.1 刀具选择 .....	119
4.3.2 量具准备 .....	120
任务 4-4 齿轮坯的切削 .....	122
项目小结 .....	123
项目训练 .....	123
<b>项目 5 车削皮带轮 .....</b>	<b>125</b>
项目描述 .....	126
任务 5-1 工艺准备 .....	126
5.1.1 工艺知识准备 .....	126
5.1.2 程序指令准备 .....	128
5.1.3 皮带轮程序编制 .....	129
任务 5-2 皮带轮零件的加工 .....	131
项目小结 .....	131
项目训练 .....	131
<b>项目 6 车削法兰盘 .....</b>	<b>133</b>
项目描述 .....	134
任务 6-1 工艺准备 .....	134
6.1.1 工艺知识准备 .....	134
6.1.2 程序编制 .....	136
任务 6-2 法兰盘的加工 .....	138
项目小结 .....	139
项目训练 .....	139
<b>项目 7 车削机床手柄 .....</b>	<b>140</b>
项目描述 .....	141
任务 7-1 工艺准备 .....	141

7.1.1	工艺知识准备 .....	141
7.1.2	编程指令 .....	143
任务 7-2	摇手柄零件加工程序编制 .....	145
任务 7-3	刀具准备 .....	148
任务 7-4	摇手柄零件的加工 .....	148
项目小结	.....	149
项目训练	.....	149
知识拓展——刀尖半径补偿	.....	150
<b>项目 8</b>	<b>车削组合件 .....</b>	<b>155</b>
项目描述	.....	156
任务 8-1	工艺准备 .....	156
任务 8-2	组合件加工程序编制 .....	159
任务 8-3	刀具准备 .....	162
任务 8-4	组合件的加工 .....	163
项目小结	.....	164
项目训练	.....	164
<b>项目 9</b>	<b>车削工艺品 .....</b>	<b>166</b>
项目描述	.....	167
任务 9-1	工艺准备 .....	167
任务 9-2	小酒杯加工程序编制 .....	169
任务 9-3	刀具准备 .....	171
任务 9-4	小酒杯的加工 .....	171
项目小结	.....	172
项目训练	.....	172
<b>项目 10</b>	<b>车削非圆曲线特形面零件 .....</b>	<b>174</b>
项目描述	.....	175
任务 10-1	工艺准备 .....	175
10.1.1	工艺知识准备 .....	176
10.1.2	宏指令编程 .....	178
任务 10-2	椭圆加工程序编制 .....	184
任务 10-3	刀具准备 .....	185
任务 10-4	椭圆的车削 .....	186
项目小结	.....	187
项目训练	.....	187
<b>项目 11</b>	<b>数控车床的维护保养与常见故障诊断 .....</b>	<b>189</b>
项目描述	.....	190
任务 11-1	数控车床的日常维护与保养 .....	190

任务 11-2 数控车床常见故障诊断及处理方法 .....	190
11.2.1 数控车床的硬件故障 .....	191
11.2.2 数控车床的软件故障 .....	193
项目小结 .....	197
项目训练 .....	198
参考文献 .....	199



# 项目 1

## 数控车床基本操作及 安全文明生产

### 项目要点

- 辅助功能指令及单一 G 功能指令介绍。
- GSK 928TA、GSK 980TD 系统数控车床控制面板的操作。
- 工件坐标设置与对刀操作。
- 数控车床的安全操作和文明生产。

### 技能目标

- (1) 熟悉数控车床控制面板的操作。
- (2) 能用单一指令编写简单的零件加工程序。
- (3) 掌握工件坐标设置与对刀的方法。
- (4) 懂得数控车床的安全操作和文明生产知识。



## 项目描述

数控车床是数字程序控制车床的简称，是一种通过数字信息，控制机床按给定的运动轨迹对被加工工件进行自动加工的机电一体化加工装备。要在数控车床上完成对某一零件的切削加工工作，其工作步骤大体如下：

- (1) 根据零件的形状和尺寸要求，合理安排加工顺序和选择装夹方式并装夹工件。
- (2) 合理选择加工所需刀具并正确安装。
- (3) 合理选择加工参数，编制零件的加工程序。
- (4) 通过数控车床控制面板操作，把加工程序输入车床控制系统。
- (5) 进行程序检索、试运行，检查程序和加工运行轨迹是否正确。
- (6) 设定工件在车床中的坐标原点和完成对刀操作。
- (7) 进行自动切削，完成粗加工。
- (8) 检查零件各部分尺寸，根据图样尺寸要求修改程序。
- (9) 精加工至图样尺寸。

本项目训练内容有：GSK 928TA、GSK 980TD 系统数控车床控制面板的操作；简单程序的录入与编辑；程序检索与试运行；工件坐标设置与对刀操作；车床的安全操作和文明生产知识。

## 任务 1-1 GSK 928TA 系统数控车床的基本操作

数控车床的基本操作主要围绕数控车床控制面板的操作开展训练。要掌握数控车床的操作要领，必须了解数控系统各功能键的作用、各功能指令的用途及输入格式。

### 1.1.1 M、S、T、F 功能及单一 G 功能指令

不同系统的数控车床，其功能指令也不尽相同。下面介绍 GSK 928TA 数控车床系统的编程指令。

#### 1. 辅助功能指令（M 功能）

辅助功能指令又称 M 功能指令或 M 代码。这类指令的作用是控制机床或系统的辅助功能动作，如冷却的开、关，主轴的正、反转，程序结束等。M 指令由字母 M 和其后两位数字组成。表 1-1 为 GSK 928TA 数控车床系统常用的辅助功能指令。

表 1-1 GSK 928TA 数控车床系统常用辅助功能指令

代 码	功 能	代 码	功 能
M00	程序停止	M08	开冷却泵
M02	程序结束	M09	关冷却泵
M03	主轴正转	M12	程序暂停
M04	主轴反转	M30	程序结束
M05	主轴停止	M92	程序无条件跳转



## 2. 主轴转速功能指令 (S 功能)

主轴转速功能指令也称 S 功能指令, 其作用是指定车床主轴的转速。

指令格式: S

主轴转速 (r/min)

例如: M03 S400, 指主轴正转, 转速为 400r/min。

(1) 恒线速度控制指令 (G96): 所谓恒线速度控制是指数控加工零件的过程中, 车床主轴的转速会随着车削直径的变化而自动变化, 使工件相对刀具切削点的瞬时线速度保持恒定值。如车削锥面、端面或曲面等直径不断发生变化的表面, 各点的瞬时线速度保持在恒定值, 使同一表面获得一致的粗糙度。此时 S 的数值单位为 m/min。

例如: G96 S20, 表示切削线速度为 20m/min。

在执行恒线速度控制指令时, 为确保主轴安全平稳运行, GSK 928TA 系统用 53 号和 54 号参数, 分别设定恒线速度控制状态下的主轴最低转速和主轴最高转速限制。

(2) 恒转速控制指令 (G97): G97 主要是取消恒线速度控制, 使主轴保持恒定转速运行的状态。在 G97 状态下, S 所指定的数值表示主轴每分钟的转数 (r/min)。

例如: G97 S1000, 表示主轴转速为 1 000r/min。

## 3. 刀具功能指令 (T 功能)

刀具功能指令也称 T 功能指令, 其作用是使控制刀架换刀并对刀具偏置进行补偿。

指令格式: T

刀具补偿号 (取值 0~9 之间)

刀具编号 (取值 1~4 之间)

例如: T21, 表示换为 2 号刀, 并执行第 1 号刀具补偿。

注意: 为了对刀方便, 建议选择相同的刀号和刀具补偿号。

## 4. 进给功能指令 (F 功能)

进给功能指令也称 F 功能指令, 其作用是指定刀架的进给速度。

指令格式: F

刀具进给速度

进给单位可以是 mm/min, 也可以是 mm/r。开机时执行的初态为 G98, 即 mm/min。编程时, 程序中若输入 G98 指令或省略, 则进给单位为 mm/min, 如输入 G98 F100, 表示刀架进给速度为 100mm/min; 若输入 G99 指令, 则进给单位为 mm/r, 如输入 G99 F0.1, 表示刀架进给速度为 0.1mm/r。

## 5. G 功能指令

准备功能指令又称 G 功能指令, 是建立机床或控制数控系统工作方式的一种指令。

### 1) 常用 G 功能指令

表 1-2 为广州 GSK 928TA 数控车床系统常用的 G 功能指令, 后面将详细介绍。



表 1-2 GSK 928TA 数控车床系统常用 G 功能指令

代码	功 能	备 注	代码	功 能	备 注
G00	快速定位	模态、初态	G81	X 轴方向柱面锥面粗车循环	—
G01	直线插补	模态	G82	英制螺纹加工循环	—
G02	顺时针圆弧插补	模态	G83	公制螺纹加工循环	—
G03	逆时针圆弧插补	模态	G84	Z 轴方向切削的球面粗车循环	—
G04	延时等待	—	G85	X 轴方向切削的球面粗车循环	—
G10	半径编程	模态	G86	精加工子程序循环	—
G11	直径编程	模态、初态	G87	局部循环	—
G27	回参考点检验	—	G88	Z 轴方向的切槽循环	—
G28	自动返回参考点	—	G89	X 轴方向的切槽循环	—
G32	英制螺纹切削	—	G92	浮动坐标系设定	—
G33	公制螺纹切削	—	G93	设置坐标偏置	—
G60	系统参数设置	—	G96	设置恒线速控制状态	模态
G61	判数值跳转	模态	G97	取消恒线速控制状态	模态、初态
G62	任意二次曲线切削	—	G98	设置每分钟进给速度状态	模态、初态
G80	Z 轴方向柱面锥面粗车循环	—	G99	设置每转进给速度状态	模态

注：模态 G 代码指当该 G 代码被编程后，它一直保持有效，直至被同一模态组的其他 G 代码所取代。非模态 G 代码只在该程序段中有效，程序段结束时被注销。

## 2) 常用单一 G 功能指令

(1) 快速定位指令——G00：快速定位指令的功能是使刀具以点定位控制方式从当前位置快速移动定位到另一指定目标点。它适用于刀具进行快速定位，无运动轨迹要求（在数控车床上由于工件是回转体，为方便编程，常使 X 的输入值为直径量）。

**指令格式：**G00 X(U) \_\_ Z(W) \_\_

其中：X(U) \_\_ Z(W) \_\_ 为刀具定位的目标点坐标，坐标值可以用绝对值，也可以用相对值，甚至可以混用。若起点与目标点有一个坐标值没有变化时，此坐标值可省略。当采用绝对坐标编程时，刀具分别以各轴为参考、移动到工件坐标系中坐标值为 X、Z 的点上（X 的值按直径输入）；若采用相对（增量）坐标编程，则刀具将移动到距刀具当前位置为 U、W 值的点上。执行 G00 指令时，若两个坐标方向需同时定位，则刀具总是先按照较短轴长度同时向两个方向快速移动，然后再快速移动较长轴的余下长度部分。

**【例 1-1】** 将刀具由 A 点快速移动到 B 点。

则输入程序：G00 X40 Z2（绝对坐标编程）

或：G00 U-60 W-88（相对坐标编程）

走刀轨迹见图 1-1。

(2) 直线插补指令——G01：直线插补指令的功能是使刀具从当前位置按指定的进给速度以直线形式移动到坐标点。它适用于加工内外圆柱面、内外圆锥面、切槽、切断工件及倒角等。

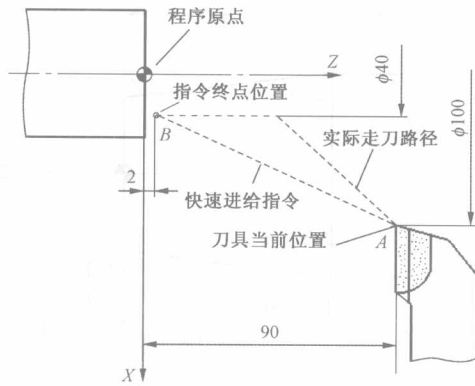


图 1-1 快速定位

**指令格式:** G01 X(U) \_\_ Z(W) \_\_ F\_\_

其中: X(U) \_\_ Z(W) \_\_ 为刀具移动的目标点坐标;

F\_\_为进给速度。

F 为模态指令, 在没有指定新的 F 指令以前, 原有的进给速度一直有效, 因此编程时不必在每个程序段中都写入 F 指令。

**【例 1-2】** 外圆柱的切削, 如图 1-2 所示。

绝对坐标编程: G01 Z-80 F100

相对坐标编程: G01 W-80 F100

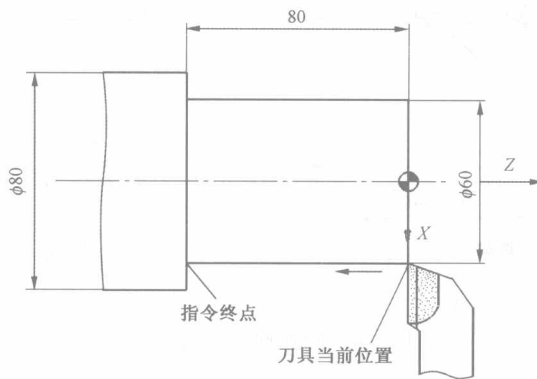


图 1-2 G01 指令切外圆柱

**【例 1-3】** 外圆锥的切削, 如图 1-3 所示。

绝对坐标编程: G01 X80 Z-80 F100

相对坐标编程: G01 U20 W-80 F100

混合坐标编程: G01 X80 W-80 F100

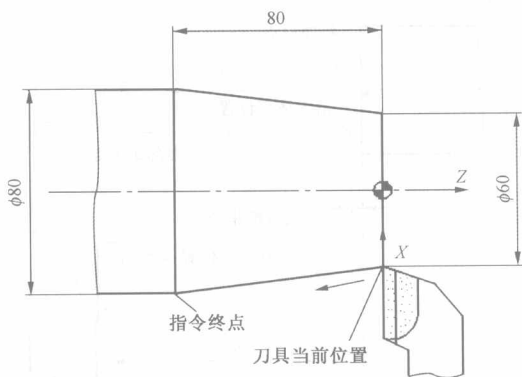


图 1-3 G01 指令切外圆锥

(3) 圆弧插补指令——G02、G03：圆弧插补指令使刀具沿着圆弧运动，切出圆弧轮廓。圆弧插补运动有顺、逆之分，G02 为顺时针圆弧插补指令，G03 为逆时针圆弧插补指令。顺、逆圆弧插补运动的判断为按右手直角笛卡儿坐标系及右手定则判定：拇指指向 X 轴正方向，中指指向 Z 轴正方向，食指指向 Y 轴正方向，观察者逆着 Y 轴正向看，走刀方向绕 Y 轴顺时针转动的为顺圆，反之为逆圆，如图 1-4 所示。

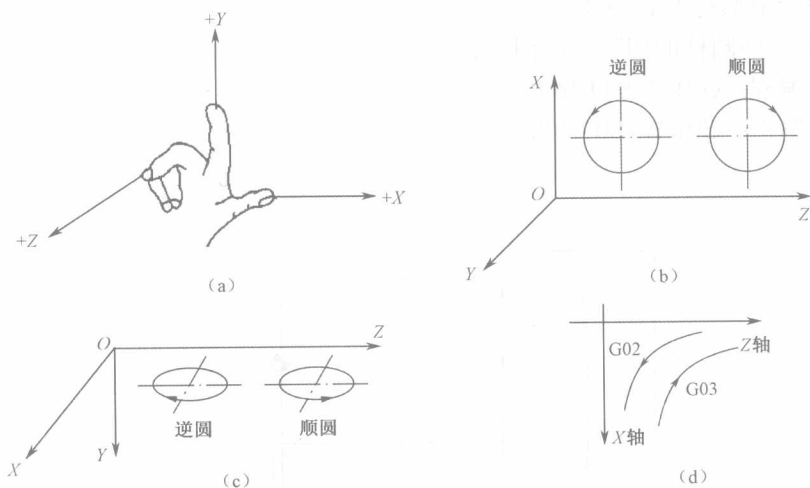


图 1-4 圆弧顺、逆的判断

指令格式：
$$\begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} X(U)\_Z(W)\_ \begin{cases} I\_K\_F\_ (\text{圆心坐标}) \\ R\_F\_ (\text{圆弧半径}) \end{cases}$$

其中：

- ① 在绝对坐标编程状态下，X<sub>—</sub>、Z<sub>—</sub>为圆弧终点坐标；在相对坐标编程状态下，U<sub>—</sub>、W<sub>—</sub>为圆弧终点相对圆弧起点的增量值。
- ② R<sub>—</sub>是圆弧半径。
- ③ I<sub>—</sub> K<sub>—</sub>为圆心相对于圆弧起点的坐标增量，即  $I=X_{\text{圆心}}-X_{\text{圆弧起点}}$ ， $K=Z_{\text{圆心}}-Z_{\text{圆弧起点}}$ ，当 I、K 值为零时可以省略。



④  $I$ 、 $K$  和  $R$  同时给予指令的程序段，以  $R$  为优先， $I$ 、 $K$  无效。

【例 1-4】 编写如图 1-5 所示的  $BAC$  圆弧轮廓的精加工程序（取工件坐标系原点为  $B$  点）。

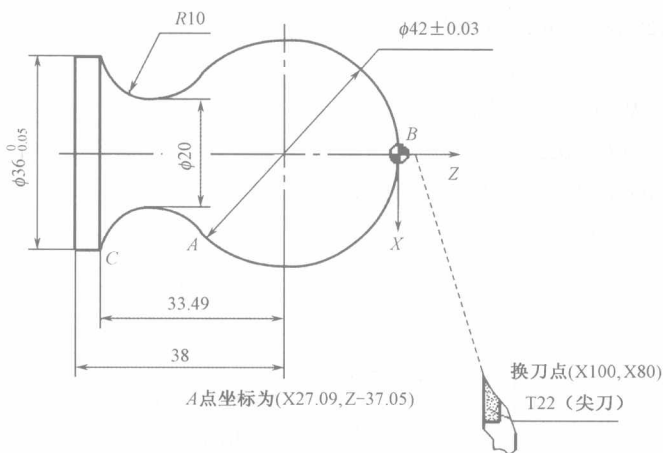


图 1-5 圆弧轮廓的精加工

程序如下：

```

...
N100 G00 X0 Z1
N110 G01 Z0 F50
N100 G03 X27.09 Z-37.05 R21
N110 G02 X36 W-17.44 R10
...

```

(4) 延时等待—— $G04$ ：延时等待又称暂停指令，该指令可以使刀具作短时间（几秒钟）的无进给运动，主要用于光整加工、车削环槽、不通孔等加工场合。

指令格式： $G04 R\_$

其中： $R\_$ 为延时等待时间，单位为秒（s）。

(5) 半径编程—— $G10$ ：用  $G10$  定义编程的状态为半径编程。所有  $X$  轴方向的字段值都是半径编程的，这些字段有  $X$ （ $U$ ）、 $I$ 、 $A$ 、 $P$ 、 $C$  等。

该指令可与其他  $G$  功能同时出现在一程序段之中。

(6) 直径编程—— $G11$ ：用  $G11$  定义编程的状态为直径编程。所有  $X$  轴方向的字段值都是直径编程的，这些字段有  $X$ （ $U$ ）、 $I$ 、 $A$ 、 $P$ 、 $C$  等。

该指令可与其他  $G$  功能同时出现在一程序段之中。车床系统的初态指令为直径编程状态。

其他将在后面介绍。

【例 1-5】 用单一  $G$  功能指令编写图 1-6 所示零件的精车程序。

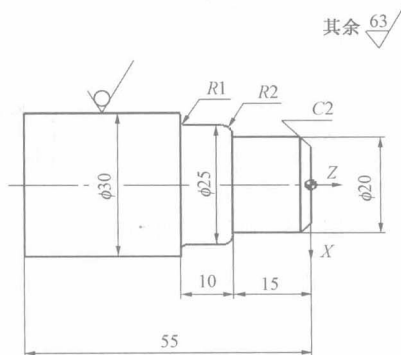
```

N10 G00 X100 Z80 （刀架快速移动到安全点）
N160 T22 （换 2 号精车刀）
N170 X14 Z1 （定位准备倒角）

```



N180 G01 X20 Z-2 F60 (倒角)  
 N190 Z-15 (精车 $\phi 20$ 外圆)  
 N195 X21 (退刀至 $\phi 21$ )  
 N200 G03 X25 W-2 R2 (车圆弧 R2)  
 N210 Z-24 (精车 $\phi 25$ 外圆)  
 N220 G02 U2 W-1 R1 (车圆弧 R1)  
 N230 X32 (退刀至 $\phi 32$ )  
 N240 G00 X100 Z80 (刀架快速移动到安全点)  
 N250 M02 (结束)



其余  $\sqrt{63}$

图 1-6 精车零件

### 1.1.2 GSK 928TA 系统控制面板的操作

#### 1. GSK 928TA 系统控制面板说明

GSK 928TA 系统的控制面板如图 1-7 所示。



图 1-7 GSK 928TA 系统控制面板示意图





控制面板的相关功能键如图 1-8 所示。



图 1-8 GSK 928TA 系统控制面板相关功能键

### 1) GSK 928TA 控制面板功能键说明

(1) 液晶显示器的功能分区如图 1-9 所示。

显示器对比度的调整：本系统采用 160×128 点阵的液晶显示器，在不处于编辑程序的任何状态下都可按 **X** 键（更暗）和 **U** 键（更亮）来调整对比度。

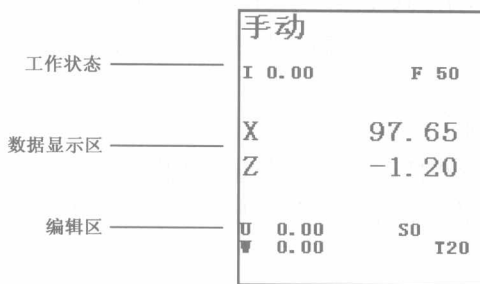


图 1-9 液晶显示器的功能分区

(2) 指示灯及功能键的说明如下。

GSK 928TA 机床面板上带指示灯的按键，一般都是按一次指示灯就亮（该功能键即打开），再按一次指示灯灭（该功能键关闭）。功放键除外，功放键需连接两次才能关停。