



典型数控机床案例学习模块化丛书

经济型系列

数控机床操作案例

主编 胡家富

JINGJIXING XILIE SHUJIKUANG CHUANGXIAO CAOZUO ANLI

融基本知识和技能于一书，
解决生产实际问题。

上海科学技术出版社

典型数控机床案例学习模块化丛书

经济型系列数控机床操作案例

胡家富 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

经济型系列数控机床操作案例 / 胡家富主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2014. 4

(典型数控机床案例学习模块化丛书)

ISBN 978 - 7 - 5478 - 2060 - 5

I. ①经… II. ①胡… III. ①数控机床—操作 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 258527 号

经济型系列数控机床操作案例

胡家富 主编

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社^{出版}

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.cc

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 889 × 1194 1/32 印张 12

字数: 350 千字

2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5478 - 2060 - 5/TH · 43

印数: 1 - 2 500

定价: 38.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书以数控机床操作工的技能鉴定标准相关项目和内容为依据进行编写,并按照经济型系列数控机床操作工岗位的实际需要进行编排。内容包括数控车床典型零件加工、数控铣床和加工中心典型零件加工、数控车床生产和特殊零件加工、数控铣床和加工中心生产和特殊零件加工等。

本书可供数控车床、数控铣床和加工中心操作工上岗培训和自学使用,适用于初、中级数控机床操作工的技术培训和考核鉴定。对于初学数控机床加工的技术工人,本书也是一本可供自学和参考的实用书籍。

本书有大量的生产和鉴定考核实例,可有效帮助读者掌握机械加工生产中的常见生产零件的数控加工,帮助读者达到数控机床操作工岗位各项技能要求。

前 言

数控机床操作工是机械制造业紧缺的技术人才,数控加工机床是柔性自动化加工的主要机床设备,经济型数控车床、数控铣床和加工中心是数控金属切削加工机床中最常用、最普及的数控机床设备。本书以经济型系列数控车床、数控铣床和加工中心操作的岗位能力要求为主线,以数控机床操作工职业鉴定标准为依据,将数控机床操作的知识和技能通过通俗易懂、循序渐进、深入浅出的实例叙述,引导读者克服数控机床操作“难”的障碍,抓住数控机床操作中常见的问题,把数控机床操作工岗位必须掌握的技术基础、操作技能等融入各种典型和特殊的加工实例,使初学者通过实例介绍,了解和熟悉经济系列数控机床、数控加工工艺、数控加工程序的释读和编制修改方法。在岗人员能通过实例分析,熟悉手工编程的基本方法、学会生产中典型零件的数控加工方法、解决生产中的难题和特殊零件的数控加工方法。读者在实际工作中,遇到问题可得到书中实例对照的现场帮助;面临难题可通过书中相关知识介绍和实例借鉴而茅塞顿开。

本书以 GSK980 数控系统、华中世纪星 HNC 数控系统为主,综合实例特点进行相关知识简要介绍;实例通过图样分析、加工准备、数控加工工艺和操作检验要点四个基本模块,融入经济型数控机床加工的基本技能,解决生产实际问题的方法,职业鉴定知识和技能考核范围的主要内容。编写中,力求做到精辟通俗、图文并茂、程序齐全、注释易懂,使本书适合操作经济型系列数控机床的初、中级工实际操作参考选用。

本书具有重点突出、内容精练、表达通俗、起点较低、循序渐进、可读性强等特点。读者结合数控仿真系统,按本书实例进行自学训练,便能从容应对数控机床工计算机模拟培训和考核方式,快速达到数控机床操作工岗位要求,在岗位实践中逐步提高独立解决问题的能力。

本套丛书的编写人员有胡家富、尤道强、王庆胜、李立均、韩世先、周其荣、程学萍、李国樑、纪长坤、何津、王林茂、朱雨舟、储伯兴;其中胡家富担任主编,尤道强、王庆胜、李立均、周其荣、程学萍等同志主要负责本书编写,限于编者的水平,书中难免有疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

目 录

模块一 数控车床典型零件加工	1
项目一 轴类零件加工	1
任务一 车削加工轴类零件的外圆柱面和端面	1
任务二 车削加工轴类零件的外圆锥面	15
任务三 车削加工轴类零件的外圆环形槽	22
任务四 车削加工轴类零件的圆弧轮廓面	33
项目二 套类零件加工	43
任务一 车削加工套类零件的内圆柱面	43
任务二 车削加工套类零件的内圆锥面、圆弧轮廓面和球面	52
项目三 盘类零件加工	59
任务一 车削加工盖板盘类零件	59
任务二 车削加工法兰、齿轮盘类零件	69
项目四 螺纹类零件加工	76
任务一 车削加工零件的外螺纹	78
任务二 车削加工零件的内螺纹	83
项目五 综合零件加工	87
任务一 车削加工轴类综合零件	87
任务二 车削加工套类综合零件	92
模块二 数控铣床和加工中心典型零件加工	98
项目一 平面和连接面零件加工	98
任务一 铣削加工零件上的平面	98
任务二 铣削加工零件上的台阶	107
项目二 沟槽零件加工	111
任务一 铣削加工零件平面上的直角沟槽	111
任务二 铣削加工零件圆柱面上的直角沟槽	118
项目三 孔系基础零件加工	121
任务一 在数控铣床上加工等间距平行多孔零件	121

任务二 在加工中心上加工轴线平行的孔系零件	130
项目四 直线成形面零件加工	139
任务一 用数控铣床和加工中心铣削加工零件轮廓	139
任务二 用数控铣床和加工中心铣削加工样板轮廓	145
任务三 铣削加工量具的直线成型面轮廓	148
项目五 模具型腔型面加工	153
任务一 用数控铣床和加工中心铣削凹模的型腔型面	153
任务二 用数控铣床和加工中心铣削凸模的型腔型面	158
模块三 数控车床批量生产零件和特殊零件加工	167
项目一 批量生产零件加工	167
任务一 批量轴类零件的数控车削加工	167
任务二 批量螺类零件的数控车削加工	179
任务三 批量套盖类零件的数控车削加工	193
任务四 批量小型零件的多件数控车削加工	209
项目二 单件和小批量零件加工	223
任务一 手柄类零件的数控车削加工	224
任务二 接头类零件的数控车削加工	233
任务三 轮毂类零件的数控车削加工	245
项目三 配合零件加工	258
任务一 用数控车床加工圆锥面配合零件	258
任务二 用数控车床加工圆柱面和螺纹配合零件	263
项目四 特殊螺纹零件加工	268
任务一 用数控车床加工圆锥螺纹零件	268
任务二 用数控车床加工多线螺纹零件	272
任务三 用数控车床加工变螺距螺纹零件	277
项目五 特殊生产零件加工	281
任务一 用花盘、角铁装夹零件进行数控车削加工	281
任务二 用单动卡盘装夹零件进行数控车削加工	287
任务三 用拨动顶尖装夹零件进行数控车削加工	291
项目六 特殊轮廓曲线零件加工	296
任务一 椭圆曲线轮廓零件数控车削加工	296
任务二 抛物线轮廓零件数控车削加工	301
模块四 数控铣床、加工中心特殊零件加工	305

项目一 特殊沟槽零件加工	305
任务一 数控铣削加工圆弧沟槽零件	305
任务二 数控铣削加工按圆周角度位置分布的沟槽零件	308
任务三 数控铣削加工按平移坐标位置分布的沟槽零件	315
项目二 特殊孔系零件加工	319
任务一 用数控铣床多件加工圆周均布孔零件	319
任务二 用数控铣床多件加工直角坐标孔零件	323
任务三 用加工中心加工箱体平行轴孔系零件	325
项目三 特殊轮廓零件加工	331
任务一 数控铣削加工特殊轮廓的叶轮零件	331
任务二 数控铣削加工特殊轮廓的薄板零件	334
任务三 数控铣削加工特殊轮廓的盘形凸轮	338
任务四 数控铣削加工特殊位置的模具型面	342
项目四 配合类零件加工	349
任务一 数控铣削加工凸键凹槽的配合类零件	349
任务二 数控铣削加工轴向连接的配合类零件	354
任务三 数控铣削加工模具型面的配合类零件	359
项目五 齿轮类零件加工	366
任务一 用数控铣床加工齿条	366
任务二 用数控铣床加工链轮	369

模块一 数控车床典型零件加工

内 容 导 读

数控车床的典型零件包括轴类、套类、盘类和螺纹类零件,各种零件通常是由单一的或数个基本结构要素组合而成的。因此,学习数控车床的典型零件加工可从单一的结构要素加工方法起步,逐步进行各种结构要素的组合加工,为完成各种综合零件和配合零件的加工奠定基础,以适应数控车床岗位生产实际的零件加工的各种需要,达到初中级数控车床技能鉴定考核中手工编程和技能考核的基本要求。本模块以 GSK980T 系列(广州数控系统)为主进行数控车床典型零件手工编程加工实例介绍。

项目一 轴类零件加工

轴类零件是机械零件中的基本结构零件,通常用于安装各种传动和支承零件,如齿轮、链轮、凸轮、带轮和轴承等。

任务一 车削加工轴类零件的外圆柱面和端面

以外圆柱面为主的轴类零件,主要结构要素为端面(包括环形端面)和外圆柱面,通常还有倒角或凹凸连接圆角等。应用数控车床进行编程加工时常应用直线插补指令 G01(G1)、单一固定循环指令 G90 等,在经济系列的数控系统中,为了简化编程,常可应用不含小数点的地址数值进行编程(具体按系统编程说明书规定)。如程序段 G01 X100.0;可采用 G1X100;形式进行编程。数控加工具体方法参见[例 1-1]~[例 1-3]。

【例 1-1】 如图 1-1 所示工件,是常见的单侧台阶轴类零件,在实际生产中,类似的轴类零件加工可参照以下步骤。

(1) 图样分析

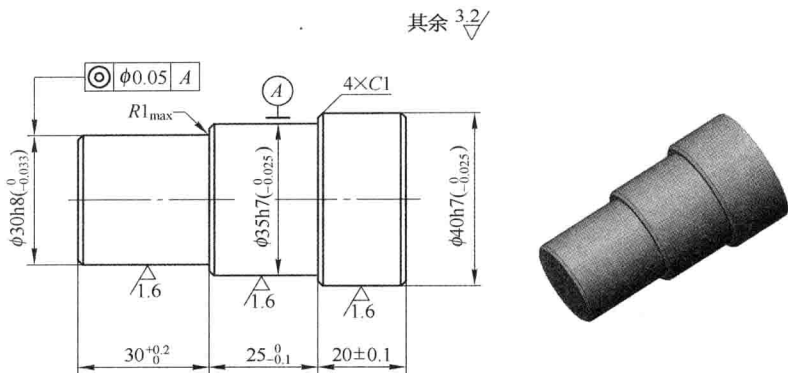


图 1-1 小台阶轴

① 本例为轴头部位加工零件,结构要素包括 3 个圆柱面($\phi 30_{-0.033}^0 \text{ mm} \times 30_{+0.2}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 35_{-0.025}^0 \text{ mm} \times 25_{-0.1}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 40_{-0.025}^0 \text{ mm} \times (20 \pm 0.1) \text{ mm}$ 、2 个环形端面和两侧平面端面。

② 中部圆柱面轴线为基准 A,左端圆柱面与基准 A 同轴度 $\phi 0.05 \text{ mm}$ 。

③ 倒角 $4 \times C1 \text{ mm}$,左肩面连接圆弧 $R \leq 1 \text{ mm}$ 。

④ 圆柱面表面粗糙度为 $Ra 1.6 \mu\text{m}$,端面粗糙度为 $Ra 3.2 \mu\text{m}$;工件材料为 45 钢,切削性能较好。

(2) 加工准备

① 工件加工部位长度为 75 mm,可采用三爪自定心卡盘一次装夹工件进行加工。

② 坯件选用 45 圆钢 $\phi 45 \text{ mm}$ 棒料,坯件长度应考虑夹持部分长度或两件调头的切断槽宽度、端面余量等,坯件总长 L 为 155 mm。

③ 选用外圆车刀。常用的外圆车刀有 75° 、 45° 和 90° 车刀,如图 1-2a、b、c 所示,其中 75° 车刀强度较高,常用于粗车外圆; 45° 弯头车刀适用于不带台阶的光轴; 90° 车刀适用于车削台阶轴和细长工件的外圆。本例选用图 1-2d 所示主偏角为 95° ,副偏角为 5° 的可转位外圆车刀;刀片材料粗车 YT5、精车 YT15。选用宽度为 3 mm 的外圆切断刀,切削部分的 X 向长度应大于切断部位 X 向径向长度,本例为 25 mm。

④ 选择主轴转速粗车为 500 mm/min,精车为 1 000 r/min,进给速度粗车为 100 mm/min,精车为 80 mm/min。粗车背吃刀量 4.5 mm,精车背

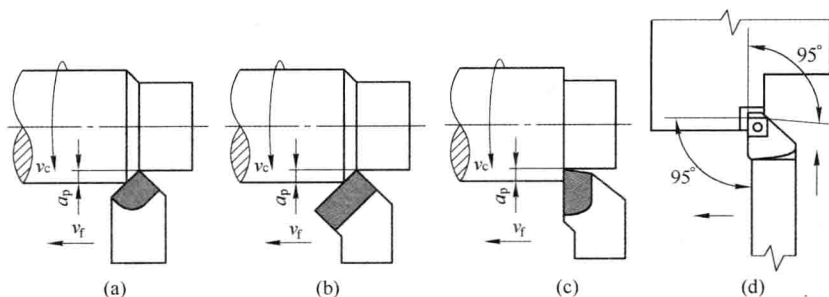


图 1-2 外圆车刀选用形式

(a) 75°车刀；(b) 45°车刀；(c) 90°车刀；(d) 可转位外圆车刀

吃刀量 0.5 mm。

(3) 数控加工工艺 本模块大多应用广州数控 GSK980T 系统编程加工。GSK980TDb 系统常用 G 代码及其功能见表 1-1, M 指令及其功能见表 1-2。本例应用 KND(北京凯恩帝)1000T 系统编程。

表 1-1 GSK980TDb 系统常用 G 代码及其功能

指令字	组别	功 能	备 注
G00	01	快速移动	初态 G 代码
G01		直线插补	模态 G 代码
G02		圆弧插补(顺时针)	模态 G 代码
G03		圆弧插补(逆时针)	
G05		三点圆弧插补	
G6.2		椭圆插补(顺时针)	
G6.3		椭圆插补(逆时针)	
G7.2		抛物线插补(顺时针)	
G7.3		抛物线插补(逆时针)	
G32		螺纹切削	
G32.1		刚性螺纹切削	
G33		Z 轴攻螺纹循环	
G34		变螺距螺纹切削	
G90		轴向切削循环	

(续表)

指令字	组别	功 能	备 注
G92	01	螺纹切削循环	模态 G 代码
G84		端面刚性攻螺纹	
G88		侧面刚性攻螺纹	
G94		径向切削循环	
G04	00	暂停、准停	非模态 G 代码
G7.1		圆柱插补	
G10		数据输入方式有效	
G11		取消数据输入方式	
G28		返回机床第 1 参考点	
G30		返回机床第 2、3、4 参考点	
G31		跳转插补	
G36		自动刀具补偿测量 X	
G37		自动刀具补偿测量 Z	
G50		坐标系设定	
G65		宏代码	
G70		精加工循环	
G71		轴向粗车循环	
G72		径向粗车循环	
G73		封闭切削循环	
G74		轴向切槽多重循环	
G75		径向切槽多重循环	
G76		多重螺纹切削循环	
G20	06	英制单位选择	模态 G 代码
G21		公制单位选择	
G96	02	恒线速开	模态 G 代码
G97		恒线速关	初态 G 代码
G98	03	每分钟进给	初态 G 代码
G99		每转进给	模态 G 代码

(续表)

指令字	组别	功 能	备 注
G40	07	取消刀尖圆弧半径补偿	初态 G 代码
G41		刀尖圆弧半径左补偿	模态 G 代码
G42		刀尖圆弧半径右补偿	模态 G 代码
G17	16	XY 平面	
G18		ZX 平面	
G19		YZ 平面	
G12.1	21	极坐标插补	非模态 G 代码
G13.1		极坐标插补取消	

表 1-2 GSK980TDb 系统常用 M 代码及其功能

代码	功 能	备 注
M00	程序暂停	执行 M00 指令后,程序运行停止,显示“暂停”字样,按循环启动键后,程序继续运行
M01	程序选择停	功能和 M00 相似。不同的是 M01 只有在机床操作面板上的“选择停止”开关处于“ON”状态时才有效。M01 常用于关键尺寸的检验和临时暂停
M02	程序结束	该指令表示加工程序全部结束。M02 使主轴运动、进给运动、切削液供给等停止,机床复位
M03	主轴逆时针转	功能互锁,状态保持
M04	主轴顺时针转	
* M05	主轴停止	
M08	切削液开	功能互锁,状态保持
* M09	切削液关	
M10	尾座进	功能互锁,状态保持
M11	尾座退	
M12	卡盘夹紧	功能互锁,状态保持
M13	卡盘松开	
M14	主轴位置控制	功能互锁,状态保持
* M15	主轴速度控制	

(续表)

代码	功 能	备 注
M20	主轴夹紧	功能互锁,状态保持
* M21	主轴松开	
M30	程序结束	程序结束并返回程序的第一条语句,准备下一个零件的加工
M32	润滑开	功能互锁,状态保持
* M33	润滑关	
* M41	主轴自动换挡	功能互锁,状态保持
M42		
M43		
M44		
M98	子程序调用	该指令用于子程序调用
M99	子程序结束	该指令表示子程序运行结束,返回主程序

① 拟定加工路线:粗精车的加工路线相同。车左端面→车外圆 $\phi 40$ mm 及环形端面→车 $\phi 35$ mm 及环形端面→ $\phi 30$ mm 及环形端面;调头装夹后采用相同加工路线,然后采用切断刀将工件切断;粗精车右侧端面。

② 确定工件坐标系:选定左端面中心为工件坐标系零点。

③ 选用数控指令:由于轴颈的尺寸变化不大,因此可采用 G01 直线插补指令加工外圆柱面和端面。按材料使用切削液,故采用 M08、M09 控制切削液的启停。常规指令包括程序初始化 G98(每分钟进给量)、G40(取消刀具补偿)、G21(毫米输入);M03(主轴正转)、M05(主轴停转);M30(程序结束并返回程序起始点)、M00(程序暂停);S×××(主轴每分钟转速)、F×××(进给量)、T×××(调用刀具及刀具补偿)等。

④ 编制加工程序:

O1001;	程序号
G98G90G21;	程序初始化
M3S500;	主轴正转,500 r/min
T0101;	调用 1 号刀具,选择 1 号刀补
G0X100Z100;	快速移动至换刀点
X50Z0;	快速移动至端面加工起点
G1X-1F100M8;	直线插补加工端面,进给量 100 mm/min,切削液开启
G0Z5;	Z 向快速移动至圆柱面加工起点

X40.5;	X 向快速移动至圆柱面加工起点
G1Z-76;	直线插补加工 $\phi 40.5$ mm 圆柱面
X46;	X 向退刀
G0Z5;	Z 向快速返回圆柱面加工起点
X35.5	X 向快速移动至圆柱面加工起点
G1Z-54.9;	直线插补加工 $\phi 35.5$ mm 圆柱面
X41;	X 向退刀
G0Z5;	Z 向快速返回圆柱面加工起点
X30.5;	X 向快速移动至圆柱面加工起点
G1Z-30;	直线插补加工 $\phi 30.5$ mm 圆柱面
X36;	X 向退刀
G0Z5;	Z 向快速返回圆柱面加工起点
X100Z100;	快速移动至换刀点
M5M9;	主轴停止,切削液关闭
M00;	程序暂停
M3 S1000;	主轴正转,1 000 r/min
T0202;	调用 2 号刀具,选择 2 号刀补
G0X45Z5;	快速移动至精车外圆加工起点
X29.98;	
G1Z-30.1F80M8;	精车外圆 $\phi 30$ mm 圆柱面,进给量 80 mm/min,切削液 开启
X34.99;	精车端面
W-24.95;	精车 $\phi 34.99$ mm 圆柱面
X39.99;	精车端面
W-21;	精车 $\phi 39.99$ 圆柱面
X46;	X 向退刀
G0X100Z100;	快速移动至换刀点
M9;	切削液关闭
M5;	主轴停止
M30;	程序结束返回起始点

倒角、切断和车右端面数控程序略。

(4) 加工操作要点与注意事项

① 装夹工件坯件,伸出长度大于 80 mm,保证切断刀的加工位置,避免刀具刀架与卡盘干涉。工件调头装夹应注意保护精加工的表面。

② 安装刀具和对刀,T01 安装粗车外圆刀,T02 安装精车外圆刀,T03 安装切断刀。采用刀具几何形状补偿确定刀具零点偏置数值。

③ 本例采用外径千分尺测量外圆直径,使用深度游标卡尺检测各档

圆柱面长度,使用偏摆仪(或在机床上)和百分表检测同轴度。

(5) 加工质量分析

① 圆柱面尺寸超差的原因可能是:刀具 X 向对刀误差大;X 向零点偏置数值输入错误;切削用量选择不当引起刀尖损坏;精车数控加工程序中的直径控制坐标尺寸计算与输入差错等。

② 台阶圆柱长度尺寸超差的原因可能是:刀具 Z 向对刀误差大;Z 向零点偏置数值输入错误;切削用量选择不当引起刀尖损坏;精车数控加工程序中的长度控制坐标尺寸计算与输入差错等。

③ 表面粗糙度差的原因可能是:刀尖损坏;机床主轴间隙大;切削用量选择不当;工件伸出距离较大,引起切削振动;切削液变质或加注不当;工件调头装夹时,没有采取措施保护精加工外圆表面等。

【例 1-2】 如图 1-3 所示的中间带凸缘的轴类零件是生产实际中常见的轴类零件形式,如悬臂支承传动轴,一侧台阶轴装配传动齿轮,另一侧台阶轴装配支承轴承。类似的中间带凸缘的轴类零件,实际加工中可参照以下步骤。

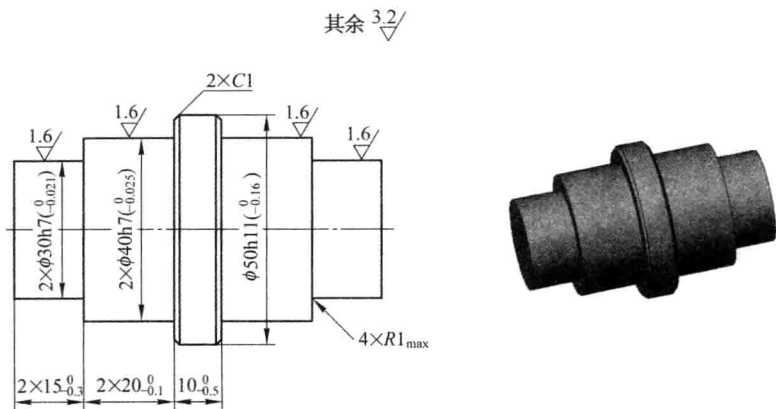


图 1-3 中间带凸缘的两端对称台阶轴

(1) 图样分析

① 本例为中间带凸缘的两端对称的台阶轴,结构要素包括 5 个圆柱面(其中 2 个 $\phi 30_{-0.021}^{0} \text{ mm} \times 15_{-0.30}^{0} \text{ mm}$ 、2 个 $\phi 40_{-0.025}^{0} \text{ mm} \times 20_{-0.10}^{0} \text{ mm}$ 、1 个 $\phi 50_{-0.16}^{0} \text{ mm} \times 10_{-0.50}^{0} \text{ mm}$)、4 个环形端面和两侧平面端面。

② 凸缘倒角 C1 mm;肩面连接圆角 $R \leq 1 \text{ mm}$ 。

③ 圆柱面表面粗糙度为 $Ra1.6\ \mu\text{m}$, 中间凸缘及端面粗糙度为 $Ra3.2\ \mu\text{m}$; 工件材料为 HT200, 切削性能较好。

(2) 加工准备

① 工件加工部位长度为 80 mm, 因两端同轴度要求不高, 可采用三爪自定心卡盘分别装夹工件进行两端加工。

② 坯件选用 HT200 铸造 $\phi 55\ \text{mm}$ 圆棒料, 坯件长度应考虑两端端面加工余量, 坯件总长 L 为 90 mm。

③ 选用外圆车刀, 如图 1-2 所示, 主偏角为 95° , 副偏角为 5° ; 刀片材料 YG8, 刀尖圆弧为 $R0.4\ \text{mm}$ 。

④ 选择主轴转速粗车为 $800\ \text{r/min}$, 进给速度为 $100\ \text{mm/min}$; 精车为主轴转速为 $1000\ \text{r/min}$, 进给速度为 $80\ \text{mm/min}$ 。粗车背吃刀量 $2.0\ \text{mm}$, 精车背吃刀量 $0.25\ \text{mm}$ 。

(3) 数控加工工艺 本例应用凯恩帝 KND1000T 数控系统编程加工。

① 拟定加工路线。夹持坯件: 粗精车一端圆柱台阶面的加工路线相同; 车右端面 $\rightarrow$ 车外圆 $\phi 50\ \text{mm}$ 及环形端面 $\rightarrow$ 车 $\phi 40\ \text{mm}$ 及环形端面 $\rightarrow$ 车 $\phi 30\ \text{mm}$ 及环形端面; 调头装夹后采用相同加工路线。

② 确定工件坐标系: 分别选定两端面中心为工件坐标系零点。

③ 选用数控指令: 由于轴颈的尺寸变化较大, 因此可采用 G90 固定循环指令粗加工外圆柱面和端面, 然后采用 [例 1-1] 的方式进行精车加工。常规指令与 [例 1-1] 类似。车削圆柱面的 G90 单一固定循环指令的格式 G90 X(U)___ Z(W)___ F___; 如图 1-4 所示, 刀具从循环起点开始按矩形循环, 最后又回到循环起点。图中虚线表示按 R 快速移动, 实线表示按 F 指定的进给速度移动, X 、 Z 为圆柱面切削终点坐标值; U 、 W 为圆柱面切削终点相对循环起点的坐标增量值。

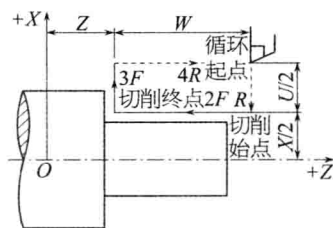


图 1-4 外圆切削循环

④ 编制加工程序:

O1002;

程序号

G98 G90 G21;

程序初始化

T0101;

调用 1 号刀具, 选择 1 号刀补