



典型数控机床案例学习模块化丛书

FANUC系列

数控机床操作案例

主编 胡家富

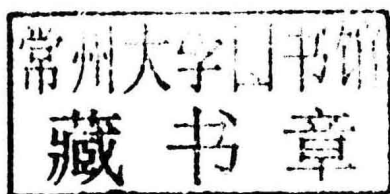
FANUC XILIE SHUKONG JICHUANG CAOZUO ANLI

上海科学技术出版社

典型数控机床案例学习模块化丛书

FANUC 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

FANUC 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, 2012. 11

(典型数控机床案例学习模块化丛书)

ISBN 978-7-5478-1435-2

I. ①F… 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(2012)第 196622 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/32 印张 13.625

字数 310 千字

印数 1—3020

2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-1435-2/TH·30

定价: 38.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
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内容为依据进行编写,并按照 FANUC 系列数控机床操作工岗位的实际需要进行内容编排。内容包括数控车床典型零件加工实例、数控铣床和加工中心典型零件加工实例、数控车床生产和特殊零件加工实例、数控铣床和加工中心生产和特殊零件加工实例等。

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,是一本可供自学和参考的实用书籍。本书也可供数控机床工岗位职业培训和技能鉴定部门参考使用。

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

数控加工机床是柔性自动化加工的主要机床设备,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,最典型的数控机床设备;数控机床操作工是机械制造业紧缺的技术人才。本书以 FAUNC 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,按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、操作技能融入各种典型和特殊的加工实例,使初学者通过实例,了解和熟悉 FANUC 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,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的现场帮助;面临难题可通过书中实例茅塞顿开。

本书中各项任务综合实例特点进行简要介绍,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。本书的内容除了基本知识和技能的介绍外,还介绍了数控机床操作经验的总结、技巧的启示和分析,以便读者在本书指导下,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操作工计算机模拟培训和考核方式。

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	11
任务三 车削加工轴类零件的外圆环形槽	17
任务四 车削加工轴类零件的圆弧轮廓面	27
项目二 套类零件加工	35
任务一 车削加工套类零件的内圆柱面	35
任务二 车削加工套类零件的内圆锥面、圆弧轮廓面和球面	44
项目三 盘类零件加工	57
任务一 车削加工盖板类的盘状零件	57
任务二 车削加工法兰、齿轮类的盘状零件	72
项目四 螺纹类零件加工	84
任务一 车削加工轴类零件的外螺纹	84
任务二 车削加工套类零件的内螺纹	97
项目五 综合零件加工	105
任务一 加工复杂外轮廓的轴类零件	105
任务二 加工套类和螺纹类综合零件	114
模块二 数控铣床和加工中心典型零件加工	126
项目一 平面和连接面零件加工	126
任务一 铣削加工零件上的平面	126
任务二 铣削加工零件上的台阶	136
项目二 沟槽零件加工	147
任务一 铣削加工零件平面上的直角沟槽	147
任务二 铣削加工零件圆柱面上的直角沟槽	157
任务三 铣削加工零件圆柱面上的圆弧沟槽	160
任务四 铣削加工零件上按圆周角度分布的沟槽	163

任务五 铣削加工零件上按平行移动坐标位置分布的沟槽	170
项目三 孔系基础零件加工	177
任务一 在数控铣床上加工等间距平行多孔零件	177
任务二 用数控铣床和加工中心进行平行轴线的孔系零件加工	189
项目四 直线成形面零件加工	204
任务一 用数控铣床和加工中心铣削直线成型面	204
任务二 用数控铣床和加工中心铣削加工各种样板轮廓	209
任务三 铣削加工各种工量具的直线成型面轮廓	218
项目五 模具型腔型面加工	222
任务一 用数控铣床和加工中心铣削模具凹模型腔零件	222
任务二 用数控铣床和加工中心加工凸凹模型面型腔	227
任务三 用数控铣床和加工中心加工有连接孔系的模具型腔	230
任务四 用数控铣床和加工中心加工精度较高的模具型面型腔	238
模块三 数控车床生产和特殊零件加工	247
项目一 批量生产零件加工	247
任务一 批量零件的多件数控车削加工	247
任务二 批量手柄类零件的数控车削加工	258
任务三 批量接头类零件的数控车削加工	267
项目二 预制零件加工	285
任务一 数控车削加工各种盘套类轮坯零件	285
任务二 数控车削加工各种轴类预制零件	304
项目三 特殊螺纹零件加工	314
任务一 用数控车床加工圆锥螺纹零件	314
任务二 用数控车床加工多线螺纹零件	318
项目四 配合零件加工	323
任务一 用数控车床加工圆锥面配合零件	323
任务二 用数控车床加工圆柱面和螺纹配合零件	328
项目五 特殊生产零件加工	334
任务一 用单动卡盘装夹零件进行数控车削加工	334

任务二	用角铁和连接盘专用夹具装夹零件进行数控车削加工	339
任务三	用拨动顶尖装夹零件进行数控车削加工	346
模块四	数控铣床、加工中心生产和特殊零件加工	349
项目一	特殊轮廓零件加工	349
任务一	加工圆周分布的特殊位置、特殊轮廓形状的零件	349
任务二	用数控加工中心加工特殊轮廓的薄板零件	356
任务三	加工圆弧直线构成的特殊轮廓或槽的盘形、板状 凸轮	364
任务四	用数控铣床和加工中心铣削模具轮廓型面	373
项目二	配合类零件加工	380
任务一	加工凸台凹腔配合类零件	380
任务二	加工凸键凹槽配合类零件	387
任务三	加工离合器、联轴节等轴向连接的配合类零件	392
项目三	齿轮类零件加工	402
任务一	用数控铣床和加工中心加工齿轮类零件	402
任务二	用数控铣床加工齿条类零件	405
任务三	用数控铣床和加工中心铣削链轮	410
项目四	孔系特殊零件加工	415
任务一	用数控铣床多件加工孔系零件	415
任务二	用数控极坐标指令加工均布径向槽零件	419
任务三	用数控铣床和加工中心加工箱体零件孔系	423

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,各种零件的基本结构要素通常是单一的或是组合而成的,因此,学习数控车床的典型零件加工可从单一的结构要素开始,逐步进行各种结构要素的组合,为完成各种综合零件和配合零件的加工奠定基础,以适应鉴定考核和岗位实际加工的各种需要。

项目一 轴类零件加工

任务一 车削加工轴类零件的外圆柱面和端面

以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,通常还有倒角等。应用数控车床进行编程加工时常应用直线插补指令 G01、单一固定循环指令 G90 等,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,是一般的台阶轴类零件,实际加工中可参照以下步骤。

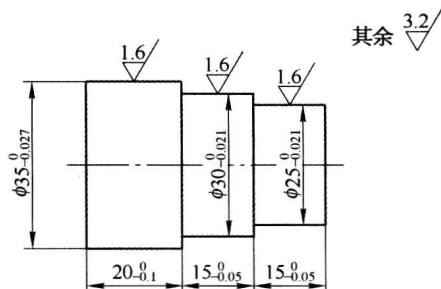


图 1-1 小台阶轴

(1) 图样分析 本例为轴头部位加工, 结构要素包括 3 个圆柱面 ($\phi 25_{-0.021}^0 \text{ mm} \times 15_{-0.05}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 30_{-0.021}^0 \text{ mm} \times 15_{-0.05}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 35_{0.027}^0 \text{ mm} \times 20_{-0.10}^0 \text{ mm}$)、2 个环形端面和 2 个平面端面; 圆柱面表面粗糙度为 $Ra1.6 \mu\text{m}$, 端面粗糙度为 $Ra3.2 \mu\text{m}$; 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 50 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 $\phi 40 \text{ mm}$ 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 110 mm。

③ 选用外圆车刀, 如图 1-2 所示, 主偏角为 95° , 副偏角为 5° ; 刀片材料粗车 YT5、精车 YT15。选用宽度为 4 mm 的外圆切断刀, 切削部分的长度应大于 20 mm。

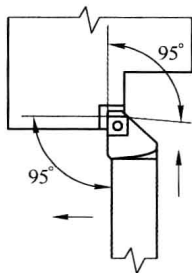


图 1-2 外圆车刀
选用形式

④ 选择主轴转速粗车为 500 r/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, 精车背吃刀量 0.5 mm。

(3) 数控加工工艺

① 拟定加工路线: 粗精车的加工路线相同。车右端面 → 车外圆 $\phi 35 \text{ mm}$ 及环形端面 → 车 $\phi 30 \text{ mm}$ 及环形端面 → $\phi 25 \text{ mm}$ 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; 粗精车左侧端面。

② 确定工件坐标系: 选定右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(程序结束并返回起始点)、M00(程序暂停); $S \times \times \times$ (主轴每分钟转速)、 $F \times \times \times$ (进给量)、 $T \times \times \times \times$ (调用刀具及刀具补偿)等。

④ 编制加工程序如下。

O1001;	程序号
G98 G40 G21;	程序初始化
M03 S500;	主轴正转, 500 r/min

T0101;	调用 1 号刀具,选择 1 号刀补
G00 X100.0 Z100.0;	快速移动至换刀点
X40.0 Z0.0;	快速移动至端面加工起点
G01 X-1.0 F100 M08;	直线插补加工端面,进给量 100 mm/min,切削液开启
G00 Z5.0;	Z 向快速移动至圆柱面加工起点
X35.5;	X 向快速移动至圆柱面加工起点
G01 Z-51.0;	直线插补加工 $\phi 35.5$ mm 圆柱面
X45.0;	X 向退刀
G00 Z5.0;	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
G01 Z-29.975;	直线插补加工 $\phi 30.5$ mm 圆柱面
X36.0;	X 向退刀
G00 Z5.0;	Z 向快速返回圆柱面加工起点
X25.5;	X 向快速移动至圆柱面加工起点
G01 Z-14.975;	直线插补加工圆柱面
X31.0;	X 向退刀
G00 Z5.0;	Z 向快速返回圆柱面加工起点
X100.0 Z100.0;	快速移动至换刀点
M05 M09;	主轴停止,切削液关闭
M00;	程序暂停
M03 S1000;	主轴正转,1 000 r/min
T0202;	调用 2 号刀具,选择 2 号刀补
G00 X40.0 Z5.0;	快速移动至精车外圆加工起点
X24.99;	
G01 Z-14.975 F80 M08;	精车外圆 $\phi 25$ mm 圆柱面,进给量 80 mm/min,切削液开启
X29.99;	精车端面
Z-29.975;	精车 $\phi 29.99$ mm 圆柱面
X34.99;	精车端面
Z-51.0;	精车 $\phi 34.99$ mm 圆柱面
X41.0;	X 向退刀
G00 X100.0 Z100.0;	快速移动至换刀点
M09;	切削液关闭
M30;	程序结束返回起始点

切断和车左端面数控程序略。

(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 65 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。

(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对称轴类零件,实际加工中可参照以下步骤。

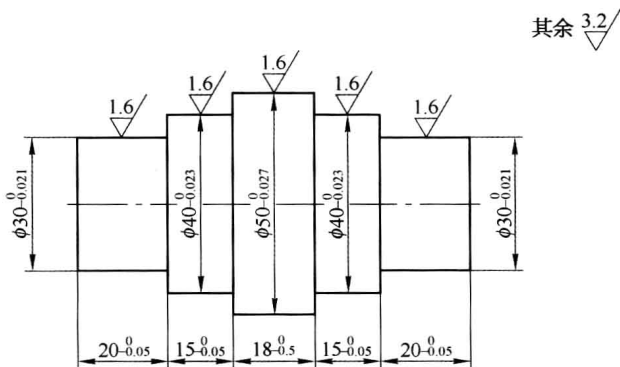


图 1-3 带凸缘对称台阶轴

(1) 图样分析 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 $\phi 30_{-0.021}^0 \text{ mm} \times 20_{-0.05}^0 \text{ mm}$ 、2 个 $\phi 40_{-0.023}^0 \text{ mm} \times$

$15_{-0.05}^0$ mm、1 个 $\phi 50_{-0.027}^0$ mm $\times 18_{-0.50}^0$ mm)、4 个环形端面 and 两侧平面端面;圆柱面表面粗糙度为 $Ra1.6\ \mu\text{m}$,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 88 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 $\phi 55$ 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 100 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 0.4 mm。

④ 选择主轴转速粗车为 800 r/min,进给速度为 100 mm/min;精车为主轴转速为 1 000 r/min,进给速度为 80 mm/min。粗车背吃刀量 2.0 mm,精车背吃刀量 0.25 mm。

(3) 数控加工工艺

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 $\phi 50$ mm 及环形端面 $\rightarrow$ 车 $\phi 40$ mm 及环形端面 $\rightarrow \phi 30$ 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。

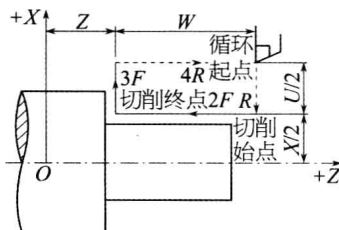


图 1-4 外圆切削循环

④ 编制加工程序如下。

O1002;	程序号
G98 G40 G21;	程序初始化
T0101;	调用 1 号刀具,选择 1 号刀补
M03 S800;	主轴正转,800 r/min
G00 X100.0 Z100.0;	快速移动至换刀点
X56.0 Z0.5;	快速移动至端面粗车起点
G01 X-1.0 F100;	粗车端面,进给量 100 mm/min
G00 Z2.0;	Z 向快速退刀
X53.0;	快速移动至固定循环起点
G90 X52.5 Z-55.0 F100;	调用固定循环粗车圆柱面
X50.5;	G90 模态调用
X45.5 Z-35.0;	G90 模态调用
X40.5;	G90 模态调用
X38.5 Z-20.0;	G90 模态调用
X34.0;	G90 模态调用
X30.5;	G90 模态调用
G00 X100.0 Z100.0;	快速移动至换刀点
M05;	主轴停止
M00;	程序暂停
T0202;	调用 2 号刀具,选择 2 号刀补
M03 S1000;	主轴正转,1 000 r/min
G00 X32.0 Z0.0;	快速移动至端面精车起点
G01 X-1.0 F80;	精车端面,进给量 80 mm/min
G00 Z2.0;	Z 向快速退刀
X31.0;	X 向快速退刀
G01 X29.99;	直线插补移动至精车外圆柱面起点
Z-20.0;	精车 $\phi 29.99$ mm 外圆柱面
X39.99;	精车台阶端面
Z-35.0;	精车 $\phi 39.99$ mm 外圆柱面
X49.99;	精车台阶端面
Z-55.0;	精车 $\phi 49.99$ mm 外圆柱面
G00 X100.0 Z100.0;	快速移动至换刀点
M05;	主轴停止
M30;	程序结束,返回程序起始点

(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 55 mm,保证加工位置,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 工件装夹时采用轴端面定位,调头加工另一端的圆柱面台阶时,注意粗车后进行工件总长和 $\phi 50_{-0.021}^0 \text{ mm} \times 18_{-0.50}^0 \text{ mm}$ 的测量,通过精车刀具的 Z 轴补偿控制总长和 $\phi 50_{-0.021}^0 \text{ mm} \times 18_{-0.50}^0 \text{ mm}$ 的尺寸精度。

③ 本例采用外径千分尺测量外圆直径,使用游标卡尺和深度千分尺检测各档圆柱面长度。

(5) 加工质量分析

① 圆柱面尺寸超差的原因可能是:除了与[例 1-1]相同的原因外,如对刀时尺寸检测误差;量具精度差;刀具材料不对等。

② 台阶圆柱长度尺寸超差的原因可能是:除了与[例 1-1]相同的原因外,如工件坯件和调头定位装夹操作失误;刀具 Z 向补偿数值计算和输入错误等。

③ 表面粗糙度差的原因可能是:除了与[例 1-1]相同的原因外,如刀尖圆弧选择不当;刀具的几何角度选择不当等。

【例 1-3】 如图 1-5 所示的两端带轴颈的零件,实际加工中可参照以下步骤。

(1) 图样分析 本例为两端轴颈对称的台阶轴,结构要素包括 3 个圆柱面(其中 2 个 $\phi 20 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ 、1 个 $\phi 30_{-0.033}^0 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$)、2 个环形端面 and 2 个平面端面;圆柱面 $\phi 30_{-0.033}^0 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 表面粗糙度为 $Ra1.6 \mu\text{m}$,其他表面粗糙度为 $Ra3.2 \mu\text{m}$;工件材料为 40Cr,切削性能较好。

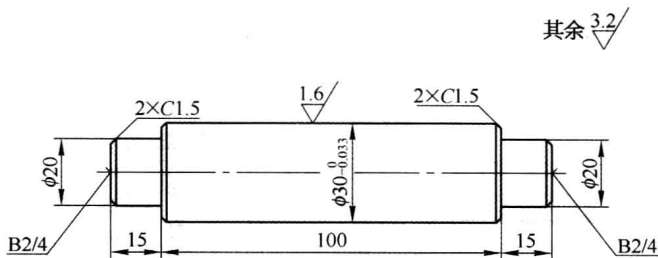


图 1-5 带对称轴颈的台阶轴

(2) 加工准备

① 工件长度为 130 mm, 因中间部位圆柱面较长, 需采用两顶尖装夹工件进行加工。

② 坯件选用 40Cr 钢 $\phi 40$ 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 140 mm。

③ 选用外圆车刀, 分别选用左偏刀和右偏刀(图 1-6)加工两端的轴颈和端面; 粗车刀片材料 YT6, 精车刀片材料 YT15; 刀尖圆弧为 0.4 mm。

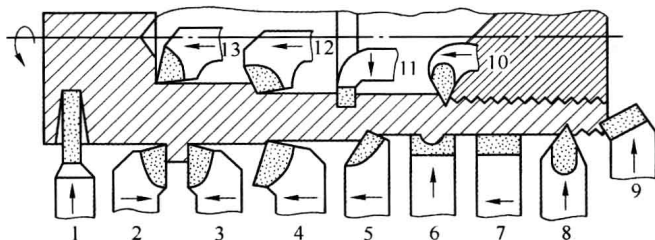


图 1-6 常用车刀的种类、形状和用途

1—切断刀；2—90°左偏刀；3—90°右偏刀；4—弯头车刀；5—直头车刀；
6—成形车刀；7—宽刃精车刀；8—外螺纹车刀；9—端面车刀；10—内螺
纹车刀；11—内槽车刀；12—通孔车刀；13—不通孔车刀

④ 选择主轴转速粗车为 700 r/min, 进给速度为 100 mm/min; 精车主轴转速为 900 r/min, 进给速度为 700 mm/min。粗车背吃刀量 1.5 mm, 精车背吃刀量 0.25 mm。

(3) 数控加工工艺

① 加工工艺: 夹持坯件, 一端打中心孔; 采用一夹一顶的方法加工外圆柱面至 $\phi 35$ mm; 夹持 $\phi 35$ mm 外圆柱面修整加工两端中心孔; 采用两顶尖装夹工件, 机床主轴一端采用三尖杆拨动顶尖(图 1-7), 尾座一端采用活顶尖。工件的总长也可在加工两端中心孔时达到图样要求, 两顶尖装夹工件后仅加工倒角、圆柱面和环形端面。

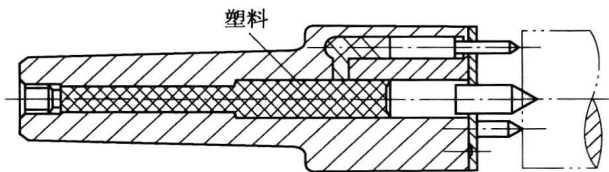


图 1-7 三尖杆拨动顶尖

② 拟定加工路线:一端面精车后,采用三尖杆拨动顶尖定位装夹:车右端面→车倒角 C1.5→车右端外圆 $\phi 20$ mm 及环形端面→车倒角 C1.5→车 $\phi 30$ mm 外圆柱面→车倒角 C1.5→车左端外圆 $\phi 20$ mm 及环形端面→车倒角 C1.5。

③ 确定工件坐标系:分别选定两端面中心为工件坐标系零点。

④ 选用数控指令:由于轴颈的尺寸变化较大,因此采用 G90 固定循环指令粗加工右端 $\phi 20$ mm、 $\phi 30$ mm 外圆柱面,然后采用[例 1-1]的方式进行精车加工。左端轴颈采用 G90 固定循环粗车, G01 直线插补指令精车加工。

⑤ 编制加工程序如下。

O1003;	程序号
G98 G40 G21;	程序初始化
T0101;	调用 1 号刀具,选择 1 号刀补
M03 S900;	主轴正转,900 r/min
G00 X100.0 Z100.0;	快速移动至换刀点
X41.0 Z0.0;	快速移动至车端面起点
G01 X6.0 F100;	车端面
Z0.5;	Z 向退刀
G00 X40.0 Z2.0;	快速移动至外圆柱面固定循环起点
G90 X33.5 Z-116.0 F100;.	调用固定循环粗车右端台阶圆柱面
X32.5;	G90 模态调用
X30.5;	G90 模态调用
X28.5 Z-15.0;	G90 模态调用
X25.5;	G90 模态调用
X23.5;	G90 模态调用
X20.5;	G90 模态调用
G00 X100.0 Z100.0;	快速移动至换刀点
M05;	主轴停止
M00;	程序暂停
T0202;	调用 2 号刀具,选择 2 号刀补
M03 S1000;	主轴正转,1 000 r/min
G00 X16.5 Z0.5;	快速移动至车倒角起点
G01 X20.0 Z-1.5 F80;	车端面倒角 C1.5
Z-15.0;	精车 $\phi 20$ mm 外圆柱面