

项目二

车削简单台阶轴

本项目包含三个任务：正确装夹工件、车削外圆和端面、车槽和切断。

通过本项目的学习，能够正确装夹工件，掌握数控车削加工的基本操作，学会车削简单的轴类零件，学会轴上外圆、端面、槽等典型特征的编程和加工，并会检测轴类零件的尺寸精度。

任务一 正确装夹工件

车削加工前，必须将工件放在机床夹具中定位和夹紧，让工件在切削过程中始终保持正确的位置。工件装夹的速度和质量直接影响生产效率和工件的加工质量。

任务目标

- 能明确工件装夹和找正的意义；
- 了解工件常用的装夹方法和夹紧力的要求；
- 会在数控车床上正确、快速地安装工件；
- 能正确、迅速地找正工件。

任务描述

装夹毛坯棒料，并找正。已知棒料 $\phi 40 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ ，能用自定心卡盘夹紧毛坯，要求伸出长度为 80 mm，分别用车刀和划针法找正零件外圆。

知识链接

在数控车床上加工零件，一般采用通用夹具进行装夹。常用的通用夹具有自定心卡盘、单动卡盘、自制薄壁套或弹簧夹套、顶尖等。这些夹具中，最常用的是自定心卡盘。

工件的常用装夹方法

1. 自定心卡盘装夹工件

(1) 自定心卡盘的规格

常用的自定心卡盘规格有 150mm、200mm 和 250mm 等。

(2) 自定心卡盘的结构

自定心卡盘是车床上的常用工具，用它夹持工件时一般不需要找正，装夹速度较快。它的外形和结构如图 1-2-1 所示。

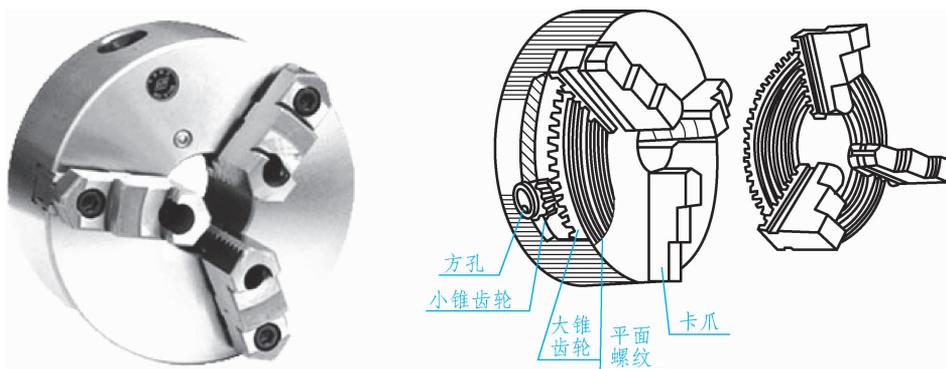


图 1-2-1 自定心卡盘的外形和结构

自定心卡盘由连接盘装夹在车床主轴上。当扳手方榫插入小锥齿轮的方孔中转动时，小锥齿轮就带动大锥齿轮转动。大锥齿轮的背面是一个平面螺纹，三个卡爪背面的螺纹与平面螺纹啮合，因此当平面螺纹转动时就带动三个卡爪同时做向心或离心移动，夹紧或松开工件。

自定心卡盘能自动定心，不需花费时间去找正，装夹效率比单动卡盘高，但夹紧力没有反爪大。正爪装夹工件时，工件直径不能太大，一般卡爪伸出卡盘圆周不超过卡爪长度的 $1/3$ ，否则卡爪跟平面螺纹只有 2~3 牙啮合，受力时容易使卡爪上的螺纹碎裂，所以装夹大直径工件时尽量采用反爪装夹。较大的带孔工件需车外圆时，可使三个卡爪做离心移动，撑住工件内孔来车削。

(3) 卡爪的安装

卡爪有正、反两副。正卡爪用于装夹外圆直径较小和内孔直径较大的工件；反卡爪用于装夹外圆直径较大的工件。安装时，要按卡爪上的号码 1、2、3 的顺序装配，如图 1-2-2 所示。

若号码看不清，可以把三个卡爪放在一起，比较卡爪端面螺纹的牙数，多的为 1 号爪，最少的为 3 号爪。将卡盘扳手的

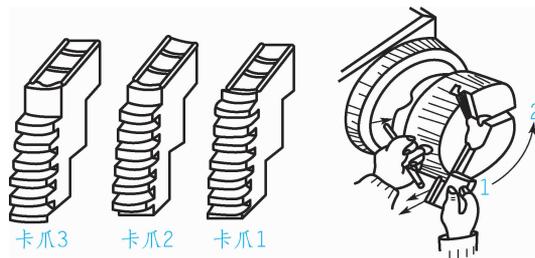


图 1-2-2 卡爪的安装

方榫插入小锥齿轮的方孔中顺时针旋转，带动大锥齿轮平面的螺纹转动。当平面螺纹的螺扣转到将要接近壳体槽时，将标记为 1 号的卡爪装入壳体槽内。其余两个卡爪按 2 号及 3 号顺序装入，方法与 1 号卡爪的安装方法相同。拆卸的方法与之相反。

2. 单动卡盘装夹工件

单动卡盘如图 1-2-3 所示，用连接盘装夹在车床主轴上。单动卡盘有四个各不相同的卡爪 1、2、3、4，每个卡爪的后面都有一部分内螺纹与丝杠啮合。丝杠的一端有一个方孔，用来安插扳手方榫，用扳手转动某一丝杠时，与它啮合的卡爪就能单独移动，以夹紧或松开工件。

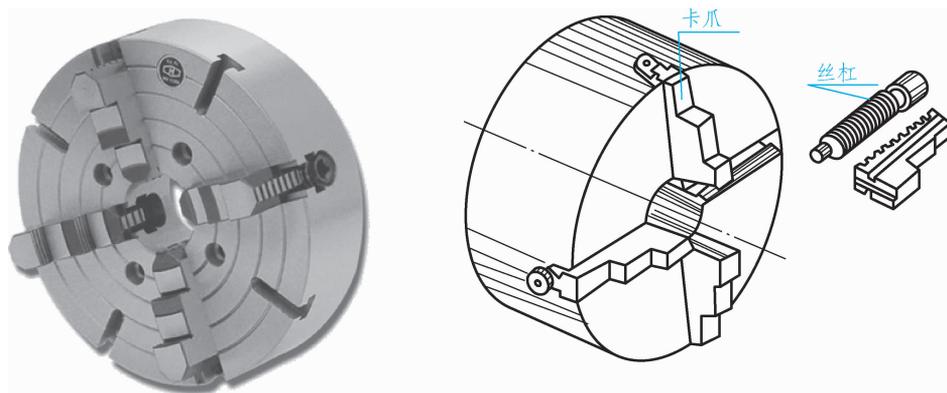


图 1-2-3 单动卡盘

装夹工件时，根据工件装夹处的尺寸调整卡爪，使相对两个卡爪的距离稍大于工件直径。卡爪的位置是否与中心等距，可参考卡盘平面上的多圈同心圆线。

由于单动卡盘的四个卡爪各自单独移动，因此工件装夹后必须将工件加工部分旋转轴线找正到与车床旋转主轴线重合后才能车削，找正比较麻烦。单动卡盘的夹紧力大，因此适用于装夹大型或形状不规则的工件。单动卡盘可装成正爪和反爪两种，反爪用来装夹直径较大的工件。

3. 两顶尖装夹工件

对于较长或必须经过多次装夹才能完成的工件，如长轴、长丝杠的车削，为了每次装夹都能保证其装夹的精确度(保证同轴度)，可以采用两顶尖装夹的方法，如图 1-2-4 所示。

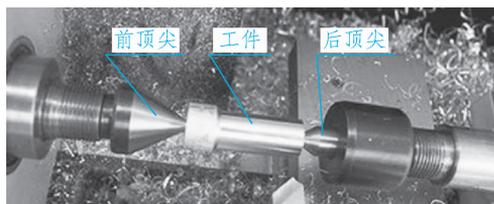


图 1-2-4 两顶尖装夹工件

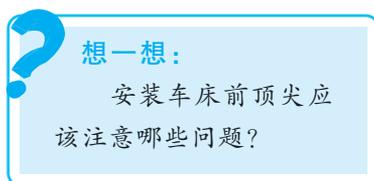
装夹时，工件由前顶尖和后顶尖定位，前、后顶尖要对齐，其连线因与车床主轴轴线同轴，若不对准可调整尾座。如图 1-2-4 所示，前顶尖可直接安装在车床主轴锥孔中，或直接在卡盘上装夹工件车削而成，但此前顶尖每次装夹时必须将锥面再车一下，以保证锥面与旋转中心同轴。后顶尖有固定顶尖和活顶尖两种，固定顶尖如图 1-2-5(a)所示，活顶尖如图 1-2-5(b)所示，使用时装入尾座套筒锥孔。用对分夹头或鸡心夹头夹紧并带动工

件同步运动，夹头的拨杆应伸出工件端面并插入拨盘的凹槽或贴近卡盘的卡爪侧面。



图 1-2-5 后顶尖
(a)固定顶尖；(b)活顶尖

用两顶尖装夹工件方便，无须找正，重复定位精度高，但装夹刚性较差，限制了切削用量的提高。装夹工件时，装夹前需保证工件总长，并在工件两端面钻出中心孔。中心孔的质量直接影响工件的加工精度。加工时要保证其圆整光滑，两端都有中心孔时要同轴，对精度要求较高的还需进行研磨以提高精度。一般直径 6.3mm 以下的中心孔通常用高速钢制造的中心钻直接钻出。



4. 一夹一顶装夹工件

用两顶尖装夹的工件刚性较差，因此车削一般轴类零件，尤其是较重的工件，不能采用两顶尖装夹的方法，而采用一夹一顶装夹工件，即一端用自定心卡盘或单动卡盘夹住，另一端用后顶尖支撑。为了防止工件由于切削力的作用而产生轴向位移，必须在卡盘内装一限位支承，或利用工件的台阶面限位。这种方法比较安全，能承受较大的轴向切削力，安装刚性好，轴向定位准确，所以应用比较广泛。

图 1-2-6(a)所示为限位支承，图 1-2-6(b)所示为利用工件的台阶面限位，可防止工件轴向窜动。

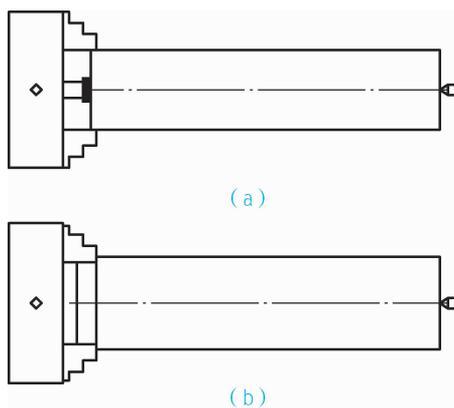


图 1-2-6 一夹一顶装夹工件的限位
(a)限位支承；(b)用工件的台阶面限位

工件的夹紧和找正

1. 工件的夹紧

工件的夹紧要注意夹紧力与装夹的部位，夹紧毛坯时，夹紧力可大些；夹紧已加工的表面时，夹紧力不可过大，为防止夹伤工件表面，可用铜皮包住装夹；夹紧有台阶的工件时，尽量让台阶靠着卡爪端面；带孔的薄壁件需用专用夹具来装夹，防止变形。

工件在装夹的过程中产生较大的偏差时，必须进行找正后才能切削，否则会造成：①车削时工件单面切削，导致车刀容易磨损，且车床产生振动；②加工余量相同的工件，会增加车削次数，浪费时间；③加工余量少的工件，很可能会造成工件车不圆而报废；④掉头要车削的工件必然会产生同轴度误差而影响工件质量。

2. 工件的找正

找正工件是把被加工的工件安装在卡盘上使工件的中心与车床主轴的旋转中心取得一致的过程。

自定心卡盘上装夹工件的找正，除了采用目测法之外，还可采用划针盘、车刀和端面找正法。

(1) 划针盘找正

在自定心卡盘上装夹已加工表面，有时用划针盘找正。将划针靠近被找正工件表面，把自定心卡盘挂到空挡并用手旋转，同时观察划针与工件表面之间的间隙，间隙小的就是偏心点，即锤击点，重复操作至间隙相同为止。

1) 轴类零件在自定心卡盘上的找正。轴类零件的找正方法如图 1-2-7(a)所示，通常找正外圆位置 1 和位置 2 两点。先找正位置 1 处外圆，后找正位置 2 处外圆，直到工件旋转一周，两处划针尖到工件表面距离均等时为止。

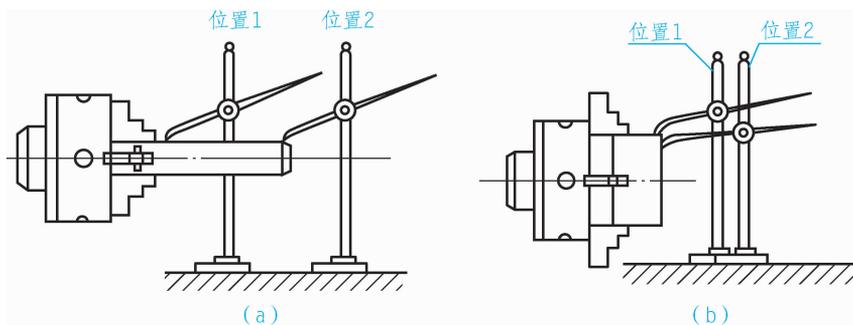


图 1-2-7 自定心卡盘上工件的找正

2) 盘类零件在自定心卡盘上的找正。盘类零件的找正方法如图 1-2-7(b)所示，通常需要找正外圆和端面两端。找正位置 1 的方法与轴类零件的找正位置 1 相同；找正位置 2 时，应用铜棒敲击靠近划针尖的端面处，直到工件旋转一周，两处划针尖到工件表面距离均等时为止。

(2) 车刀找正

用自定心卡盘装夹工件，当加工余量小或修复工件时，常用车刀代替划针盘找正，将工件旋转，用车刀轻轻车削无关部位，会发现工件上出现不连续车削表面，被车削表面即锤击点。

(3) 端面找正

用自定心卡盘装夹直径较大工件或盘类工件时，会出现端面不平现象，常使用的找正方法是划针找正，其找正原理与圆周找正相同。

操作注意事项

装夹工件时应注意：

- 1) 工件装夹要牢固, 卡盘扳手要随时取下。
- 2) 装夹已加工表面时, 应垫铜皮。
- 3) 钻中心孔时, 由于中心钻切削部分直径较小、刚性差, 钻削时要注意转速和进给速度。
- 4) 钻中心孔时要使中心钻轴线与工件轴线同轴, 钻中心孔的端面时, 中心不得留有凸台。
- 5) 防止对分夹头的拨杆与卡盘平面碰撞而破坏顶尖的定心作用, 防止对分夹头勾衣伤人。
- 6) 鸡心夹头或对分夹头必须牢固地夹住工件以防止切削时工件移动、打滑、损坏车刀。
- 7) 顶尖支顶松紧要适当。
- 8) 找正工件时, 灯光、划针尖与视角要配合好, 否则会增大目测误差。
- 9) 找正工件时, 主轴应放在空挡或停止转动位置, 否则给卡盘转动带来困难。



想一想:

装夹已加工表面,
为什么要垫铜皮?



想一想:

为什么顶尖支顶松
紧要适当, 过紧或过松
会产生什么后果?



提示:

- 1) 在单动卡盘上找正工件时, 不能同时松开两只卡爪, 以防工件掉下; 工件找正后, 四爪的紧固力要基本一致, 否则车削时工件容易发生位移。
- 2) 在找正近卡爪的外圆, 发现有极小的径向圆跳动时, 不要盲目地去松开卡爪, 可以将离旋转中心较远的那个卡爪再夹紧一些来做微小调整。



任务实施

已知棒料 $\phi 40 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$, 能用自定心卡盘夹紧毛坯, 要求伸出长度为 80 mm 。



识读工艺卡

工件找正工艺卡如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1 工件找正工艺卡

工件装夹与找正 训练工序卡片	零件图号	零件尺寸	材料	使用设备
			$\phi 40 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$	45 钢
工序号	工序内容			
1	在自定心卡盘上装夹并找正工件外圆			
2	在自定心卡盘上装夹并找正工件端面			
备注	工时	120 min		

在自定心卡盘上装夹并找正

- 1) 张开卡盘卡爪，使张开量大于工件直径。
- 2) 把工件放入卡盘内，右手把住工件，使工件与卡爪平行，左手拧紧卡爪。
- 3) 用手转动卡盘，带动工件旋转几周，按照图 1-2-7(a)所示方法，观察工件旋转中心是否与主轴中心线重合，若不重合，可用木槌或软金属轻敲工件找正。用划针盘找正工件时，用眼睛观察划针与工件之间的间隙，若间隙大，表示工件低点儿；若间隙小，表示工件高点儿。
- 4) 找正工件后，牢牢夹紧卡爪。
- 5) 装夹工件时，在满足加工的情况下，工件应尽量减少伸出量。装夹已加工表面时，应垫铜皮。

用自定心卡盘安装工件的实施过程如表 1-2-2 所示。

表 1-2-2 用自定心卡盘安装工件的实施过程

序号	实施步骤	要求
1	检查车床状况	① 机床处于停电状态； ② 主轴停止转动
2	将卡盘扳手插入卡盘方孔中，将工件放入卡盘中(注意观察工件是否在卡盘中心和夹牢)	一只手转动扳手，根据工件大小将卡爪调整到适当位置；另一手将工件放入卡爪中一段距离 
3	轻轻夹紧工件	双手握在卡盘扳手的外侧，转动扳手轻轻用力夹紧工件
4	找正工件：当工件较长时需要找正工件，一般用目测法	慢速旋转卡盘，然后慢慢停机，在将停未停的状态下双眼平视工件并目测工件的跳动情况，距离眼睛近的跳动点为偏心点，用软于工件的棒、锤等物锤击偏心侧，重复以上操作直至找正
5	找正后再次夹紧工件	① 将套管插入扳手中拧紧卡盘； ② 将扳手放入卡盘另一个方孔中夹紧工件； ③ 将扳手放到第三个方孔中用力夹紧工件
6	取下扳手，检查机床，做好加工准备	将套管和扳手放到工件车上，检查其他工件是否还放在机床上

任务评价

完成上述任务后，认真填写表 1-2-3 所示的“工件找正操作评价表”。

表 1-2-3 工件找正操作评价表

组别				小组负责人	
成员姓名				班级	
课题名称				实施时间	
评价指标	配分	自评	互评	教师评	
熟悉自定心卡盘的结构	10				
工件装夹牢固，控制外圆跳动	30				
了解单动卡盘的结构	15				
知道常用的车床装夹方式	10				
安全文明生产	10				
课堂学习纪律	10				
着装是否符合安全规程要求	10				
能实现前后知识的迁移，与同伴团结协作	5				
总 计	100				
教师总评 (成绩、不足及注意事项)					
综合评定等级(个人 30%，小组 30%，教师 40%)					

练习与实践

一、简答题

- 1) 车削轴类工件经常采用哪些装夹方法？各有什么优点？分别适用于什么场合？
- 2) 工件夹紧有哪些要求？
- 3) 工件装夹时偏差过大会造成什么后果？
- 4) 简述自定心卡盘的结构。
- 5) 试述自定心卡盘装夹工件时的找正方法。

二、实训题

在自定心卡盘上安装 $\phi 50 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 的已加工零件，要求伸出长度 80 mm，用车刀找正外圆。

任务拓展

阅读材料一——车床顶尖安装注意事项

车床顶尖的安装注意事项如下：

- 1) 车床前后顶尖的连线应与车床主轴轴线同轴，否则车出的工件会有锥度。
- 2) 车床中心孔应形状正确，表面粗糙度好。
- 3) 车床两顶尖与中心孔的配合应松紧合适。如果顶得松，CNC 车床工件无法正确确定中心，车削时就容易振动；如果顶得过紧，细长工件会变形；对于固定顶尖来说，会增加摩擦，容易“烧坏”顶尖和中心孔；对于回转顶尖来说，容易损坏顶尖内部的滚动轴承。所以在车削过程中，必须随时注意顶尖以及靠近顶尖的工件部分摩擦发热的情况。当发现温度过高时，必须加黄油或润滑油进行润滑，并适当调整松紧。
- 4) 开车前，尾座螺钉和顶尖套筒手柄要紧固，以保证加工中的安全。

阅读材料二——单动卡盘上装夹工件的找正

单动卡盘能装夹形状比较复杂的非回转体零件，如长方形、方形等，而且夹紧力大，装夹时必须用划线盘或百分表找正，如图 1-2-8 所示。

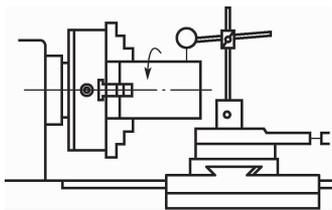


图 1-2-8 单动卡盘找正工件

任务二 车削外圆和端面

外圆和端面是轴类零件的基本几何特征。本任务中主要学习外圆和端面的车削。

任务目标

- 能够对简单轴类零件进行车削工艺分析；
- 掌握 G00 和 G01 指令并能熟练应用，掌握外圆与端面的车削；
- 能正确选择和使用轴类零件常用的刀具及切削用量。

任务描述

如图 1-2-9 所示, 该零件外形比较简单, 需要加工端面、台阶外圆并切断。棒料毛坯, 毛坯是 $\phi 45$ mm 的 45 圆钢材料, 有足够的夹持长度。要求加工 $\phi 38$ mm 和 $\phi 40$ mm 的外圆台阶, 对两段外圆的直径尺寸有一定的精度要求。零件的工艺处理与普通车床加工工艺相似。

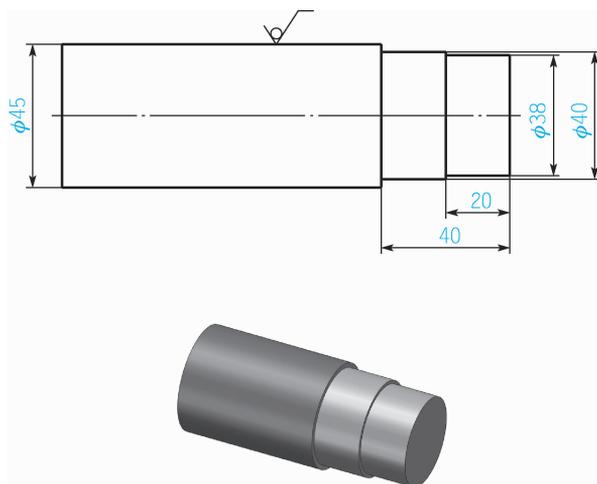


图 1-2-9 台阶轴

知识链接

台阶轴的车削

1. 台阶轴的分类

台阶轴包括低台阶轴与高台阶轴两种类型。

相邻两个圆柱体的直径差距较小, 车刀能一次车出的轴为低台阶轴。如图 1-2-10(a) 所示的低台阶轴, 其相邻圆柱体的直径差较小, 可按 $A-B-C-D-E$ 的顺序, 在数控车床上一次车削出台阶。

相邻两圆柱体直径差距较大, 车刀需要分层多次出车的轴称为高台阶轴。如图 1-2-10(b) 所示的高台阶轴, 其相邻圆柱体直径较大, 需按 A_1-B_1 、 A_2-B_2 、 A_3-B_3 、 $A-B-C-D-E$ 的顺序分多次切削, 才能车削出台阶。

2. 台阶轴的编程步骤

台阶轴的编程包括以下六个步骤。

- 1) 阅读零件图。
- 2) 确定加工工艺。
- 3) 建立工件坐标系。

- 4) 标注精加工路径的节点。
- 5) 计算各节点的坐标值。
- 6) 编程。

如图 1-2-11 所示，先建立 XOZ 工件坐标系，再找到节点，如 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 。注意，零件外圆轮廓各台阶的每个转折点为一个节点。最后，写出各节点的坐标值。

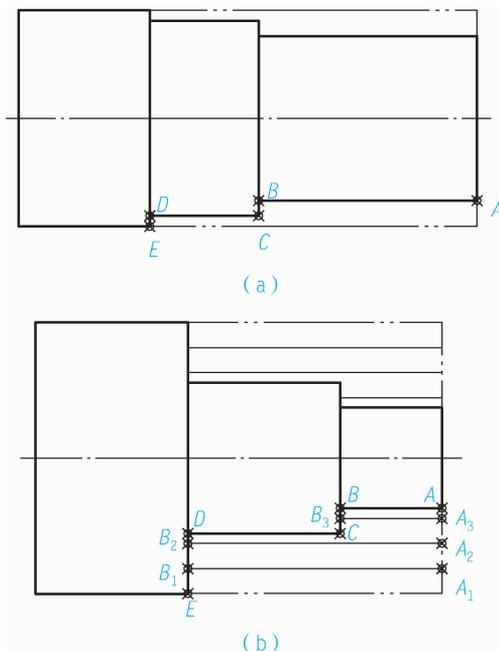


图 1-2-10 台阶轴的分类
(a)低台阶轴；(b)高台阶轴

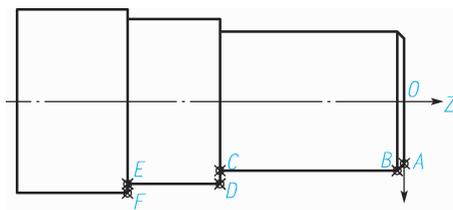


图 1-2-11 工件坐标系

编程指令

1. 进给功能指令 (G98、G99)

1) 每分钟进给量(mm/min)的指令代码为 G98，格式如下：

G98；

2) 每转进给量(mm/r)的指令代码为 G99，格式如下：

G99；

说明：G99 为数控车床的初始状态。

2. 快速点定位指令 (G00)

(1) 格式

格式如下：

G00 X(U)_ Z(W)_ ；

说明：

1) X、Z：绝对编程时，快速定位目标终点在工件坐标系中的坐标。

2)U、W：增量编程时，快速定位终点相对于起点的位移量。

3)X(U)：坐标按直径值输入。

快速点定位时，刀具的路径通常不是直线。

(2)功能

G00 指令刀具相对于工件以各轴预先设定的速度，从当前位置快速移动到程序段指令的定位目标点。

G00 指令中的快移速度由机床参数“快移进给速度”对各轴分别设定，不能用 F 规定。

G00 一般用于加工前快速定位或加工后快速退刀。快移速度可由面板上的快速修调按钮修正。G00 为模态功能。

提示：

在执行 G00 指令时，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，将 X 轴移到安全位置，再放心地执行 G00 指令。

做一做：如图 1-2-12 所示，以 G00 指令刀具从 A 点移动到 B 点，填写指令。

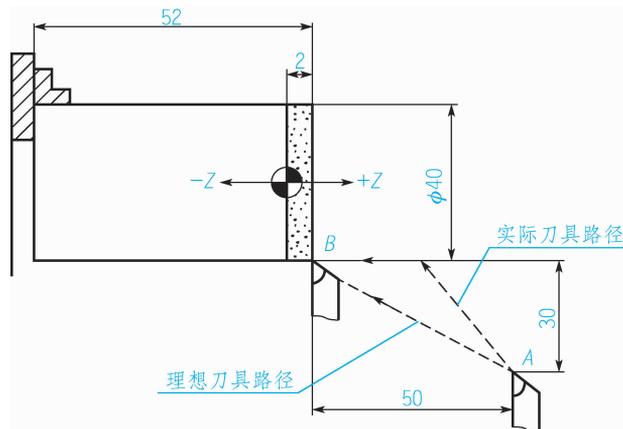


图 1-2-12 G00 快速点定位

绝对指令：_____；

增量指令：_____；

说明：

1)符号“”代表编程原点。

2)在某一轴上相对位置不变时，可以省略该轴的移动指令。

3)在同一程序段中，绝对坐标指令和增量坐标指令可以混用。

4)从图 1-2-12 中可见，实际刀具移动路径与理想刀具移动路径可能会不一致，因此，要注意刀具是否与工件和夹具发生干涉。对于不确定是否会干涉的场合，可以考虑每轴单动。

5)刀具快速移动速度由机床生产厂家设定。

3. 直线插补指令(G01)

(1)格式

格式如下:

G01 X(U)_ Z(W)_ F_ ;

说明:

- 1)X、Z: 绝对编程时, 终点在工件坐标系中的坐标。
- 2)U、W: 增量编程时, 直线终点相对于起点的坐标差值。
- 3)F: 合成进给速度。

(2)功能

G01 指令刀具以联动的方式, 按 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)移动到程序段指令的终点。

G01 是模态代码。



想一想:

G01、G00 是模态代码, 如何注销?



提示:

1)数控编程有绝对坐标值编程与增量坐标值编程两类, 通常采用绝对坐标值编程。

绝对编程: X_ Z_ 表示终点位置相对工件原点的坐标值, 轴向移动方向由 Z 坐标值确定, 径向进退刀时不过轴线的情况下都为正值。

2)X、Z 在某一轴上的坐标值不变时, 可以省略该轴的移动指令。

3)G00 移动速度由数控车床系统默认, 用于加工前快速定位或加工后快速退刀, 切削时须慎用, 防止刀具与工件、夹具相撞, 确保安全。

4)执行回零操作时, FANUC 系统先使刀架沿 X, Z 方向呈 45° 到达, 再沿 Z 向运行。

5)模态指令在程序段中指定后便一直有效, 直到后面出现同组指令或被其他指令取消时才失效。

6)F 指令用于给定进给速度, 由地址 F 和后面的数字组成。F 指令属于模态指令, F 中指令的进给速度一直有效, 直到指定新的数值, 因此不必对每个程序段都指定进给速度。如果在 G01 程序段之前的程序段都没有 F 指令, 而现在的 G01 程序段中也没有 F 指令, 则机床不动。

做一做: 用 G00、G01 写出图 1-2-13 所示精加工程序。

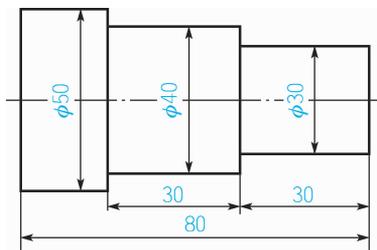


图 1-2-13 台阶轴编程



想一想：

G01 和 G00 两个指令有什么异同点？

单一形状固定循环指令 G90 的使用

图 1-2-14 所示为轴零件，毛坯直径为 $\phi 55$ mm，从毛坯加工到直径为 $\phi 40$ mm，差 15 mm，采用 G01 直线插补指令编程将会编写许多相同或相似的程序段，从而刀具反复执行相同的动作，并使程序变得冗长。因此，在实际编程中，常用循环指令来简化编程，提高编程效率。对于单一台阶，常用单一形状固定循环指令 G90 编程。

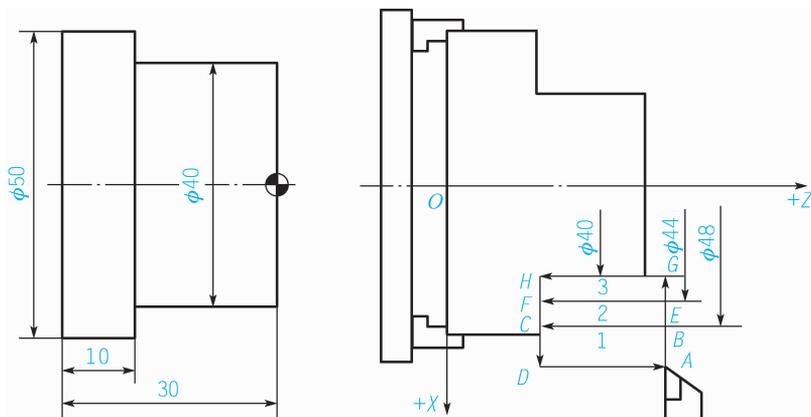


图 1-2-14 G90 编程举例

1. 指令格式

格式如下：

G90 X(U)_ Z(W)_ F_ ;

说明：

- 1) X、Z：表示刀具终点坐标值(绝对坐标值)。
- 2) U、W：表示增量坐标值，切削终点相对于循环起点的坐标差。
- 3) F：表示进给量。
- 4) G90 指令用于直线车削循环。
- 5) G90 为模态指令。

2. 切削轨迹

切削轨迹如图 1-2-15 所示，由四个步骤组成。刀具从定位点 A 开始沿 A—B—C—D—A 的轨迹运动，其中 X(U)、Z(W) 给出 C 点的位置。图中 1R 表示第一步快速运动，2F 表示第二步按进给速度切削，3F 表示按进给速度退出，4R 表示刀具快速退回。

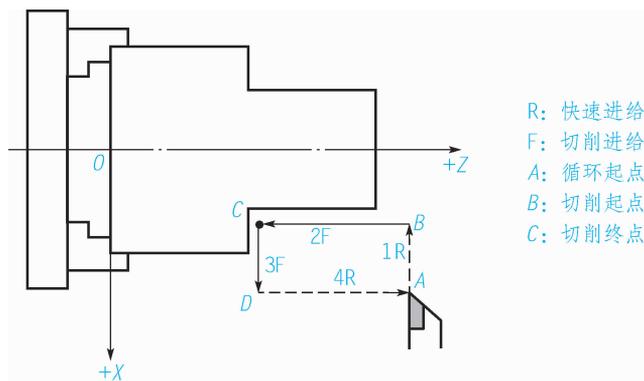


图 1-2-15 G90 切削轨迹

用 G90 指令车 $\phi 40$ mm 外圆，编制程序如下。

.....

N30 G00 X50 Z2;	快速点定位
N40 G90 X48 Z-20 F0.2;	车 $\phi 48$ mm 外圆，走刀路线为 A—B—C—D—A
N50 X44;	车 $\phi 44$ mm 外圆
N60 X40;	车 $\phi 40$ mm 外圆
.....	

任务实施

图 1-2-9 所示工件为简单轴类零件，该零件由两个台阶组成，外圆为圆柱面。

图样分析

该零件外形比较简单，需要加工端面、台阶外圆并切断。毛坯是 $\phi 45$ mm 的 45 圆钢材料，有足够的夹持长度。对 $\phi 38$ mm 和 $\phi 40$ mm 外圆的直径尺寸和长度尺寸有一定的精度要求。零件的工艺处理与普通车床加工工艺相似。

确定工件的装夹方案

该零件是一个实心轴，且有足够的夹持长度和加工余量，便于装夹。采用自定心卡盘夹紧，能自动定心。以毛坯表面为定位基准面，装夹时注意跳动不能太大。工件伸出卡盘 50~65 mm，能保证 45 mm 车削长度，同时便于切断刀进行切断加工。

确定加工路线

该零件是单件生产，右端面为工件坐标系原点。选用 45° 硬质合金外圆车刀车端面，刀号为 T0101；选用 90° 硬质合金外圆刀进行外圆粗、精加工，刀号为 T0202。加工前刀架从任意位置回参考点，进行换刀动作，确保 1 号刀在当前刀位。

填写工艺文件

按照图 1-2-16 所示工、量具填写工、量具清单和工艺卡。



图 1-2-16 工、量具

1. 工、量具清单

工、量具清单如表 1-2-4 所示。

表 1-2-4 工、量具清单

零件名称		台阶轴	图号	1-2-9		
种类	序号	名称	规格	精度	单位	数量
工具		自定心卡盘	随机床		个	1
		卡盘扳手	随机床		副	1
		刀架扳手	随机床		副	1
		加力杆	随机床		根	1
		刀具垫片			片	若干
量具		游标卡尺	0~150 mm	0.02 mm	把	1
		外径千分尺	25~50 mm	0.01 mm	把	1

2. 工件刀具工艺卡

工件刀具工艺卡如表 1-2-5 所示。

表 1-2-5 工件刀具工艺卡

零件图号	1-2-9	数控车床加工工艺卡	机床型号	CAK6150
零件名称	轴			
刀具表				
刀具号	刀补号	刀具名称	加工表面	数量
T01	01	45°车刀	端面	1
T02	02	90°车刀	外圆	1
工序	工艺内容	切削用量		
		S/(r/min)	F/(mm/r)	a_p /mm
1	平端面	500	0.2	1
2	粗车外圆	800	0.2	2
3	精车外圆	1 200	0.05~0.1	0.5~1

编写加工程序

图 1-2-9 所示工件的加工参考程序如表 1-2-6 所示。

表 1-2-6 轴加工程序

程序	说明
O1201;	程序名
N10 M03 T0101 S500;	以 500 r/min 启动主轴正转, 选择 1 号刀及 1 号补刀
N20 G00 X50.0 Z2.0;	快速移到起刀点
N30 G01 Z0 F0.2;	进刀
N40 G01 X0 F0.1;	加工端面
N50 Z2.0;	退刀
N60 G00 X100.0 Z100.0;	快速移动到换刀点
N70 T0202 S800;	换 2 号刀加工外圆
N80 G00 X50.0 Z2.0;	快速移到起刀点
N90 G00 X43.5;	进刀
N100 G01 X43.5 Z-40.0 F0.1;	粗加工直径 $\phi 40$ mm 的外圆
N120 X45;	退刀
N130 G00 Z2.0;	退刀
N140 X40.5;	进刀
N150 G01 X40.5 Z-40.0;	第二次粗加工直径 $\phi 40$ mm 的外圆
N160 X45;	退刀
N170 G00 Z2.0;	退刀
N180 X38.5;	进刀
N190 G01 Z-20.0;	粗车直径 $\phi 38$ mm 的外圆
N200 X50.0;	退刀
N210 G00 Z2.0;	快速退刀
N220 S1200;	主轴转速 1 200 r/min
N230 G01 X38;	进刀
N240 Z-20.0;	精车 $\phi 38$ mm 的外圆
N250 X40;	车端面
N260 Z-40.0;	精车 $\phi 40$ mm 的外圆
N270 G00 X100.0 Z100.0;	退刀
N280 M05;	主轴停
N290 M30;	程序结束并返回程序头

加工过程

加工过程如下：

- 1) 安装车刀。
- 2) 在自定心卡盘上安装工件，伸出长度 52 mm。
- 3) 确定编程原点，制定加工路线，编制程序。
- 4) 对刀。
- 5) 程序仿真模拟，检验程序的准确性。
- 6) 调用程序，机床加工。
- 7) 测量工件，清理机床。

任务评价

完成上述任务后，认真填写表 1-2-7 所示的“轴零件加工质量评价表”。

表 1-2-7 轴零件加工质量评价表

组别				小组负责人	
成员姓名				班级	
课题名称				实施时间	
评价指标	配分	自评	互评	教师评	
工艺编制	10				
程序编制	15				
切削用量	5				
刀具选用	5				
工件装夹	5				
机床操作	15				
正确对刀	10				
长度	10				
直径	15				
安全操作规程	10				
总 计	100				
教师总评 (成绩、不足及注意事项)					
综合评定等级(个人 30%，小组 30%，教师 40%)					

练习与实践

- 1) 台阶轴有哪些类型？各有何特点？
- 2) 快速点定位指令 G00 与直线插补指令 G01 有何异同点？
- 3) 对于单件生产与成批生产台阶轴零件，数控车削加工有何特点？
- 4) 如图 1-2-17 所示，毛坯尺寸 $\phi 45$ mm，有足够的夹持长度。编写其加工工艺及参考程序。

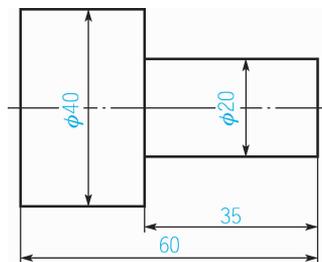


图 1-2-17 台阶轴编程举例

①填写图 1-2-17 的工、量具清单，如表 1-2-8 所示。

表 1-2-8 工、量具清单

零件名称		台阶轴	图号			
种类	序号	名称	规格	精度	单位	数量
工具						
量具						

②填写加工刀具工艺卡，如表 1-2-9 所示。

表 1-2-9 工艺卡

零件图号		数控车床加工工艺卡	机床型号	CAK6150
零件名称				
刀具表				
刀具号	刀补号	刀具名称	加工表面	数量
工序	工艺内容	切削用量		
		S/(r/min)	F/(mm/r)	a_p /mm

③手工编制加工程序。图 1-2-17 的加工参考程序如表 1-2-10 所示。

表 1-2-10 简单台阶轴的加工参考程序

程序	说明
O0001;	程序名
G99 M03 S800 T0101;	选择 1 号刀, 主轴正转, 800 r/min, 进给量单位为 mm/r
G00 X100 Z100;	快速定位到换刀点
G00 X46 Z2;	快速定位到切削起点
G90 X40 Z-60	外圆循环车至 $\phi 45 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$
X35 Z-35;	外圆循环车至 $\phi 35 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$
X30;	外圆循环车至 $\phi 30 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$
X25;	外圆循环车至 $\phi 25 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$
X20;	外圆循环车至 $\phi 20 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$
G00 X100 Z100;	快速定位到换刀点
M05;	主轴停
M30;	程序结束返回程序头

5)如图 1-2-18 所示,编写零件的加工程序。毛坯尺寸为 $\phi 50 \text{ mm} \times 152 \text{ mm}$ 。

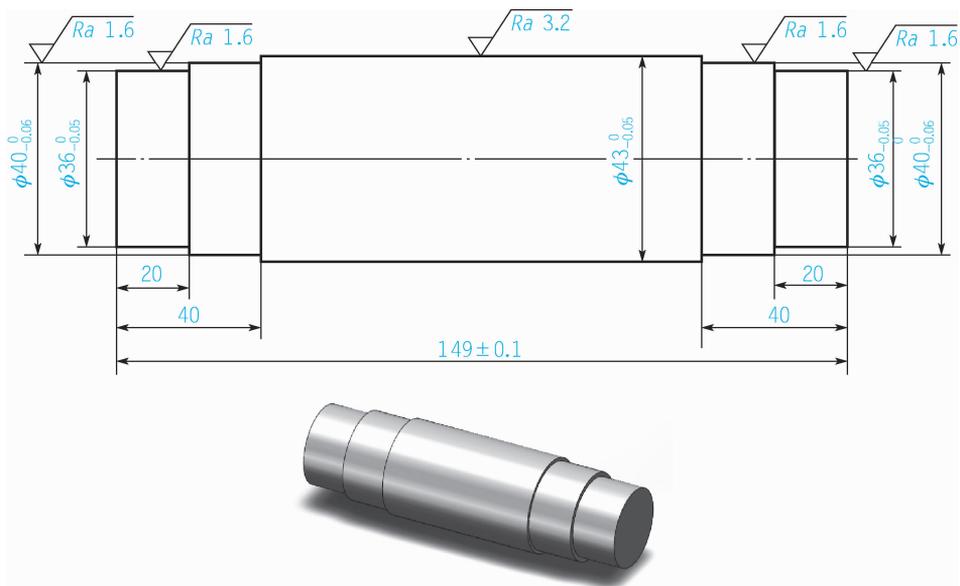


图 1-2-18 加工零件

任务拓展

阅读材料——端面切削循环 G94

1. 指令格式

格式如下:

G00 X_ Z_ ;

G94 X(U)_ Z(W)_ F_ ;

说明:

- 1) X、Z: 切削终点的坐标值。
- 2) U、W: 切削终点相对于循环起点的坐标差。
- 3) F: 进给速度。

2. 切削循环路线

G94 切削循环路线如图 1-2-19 所示。

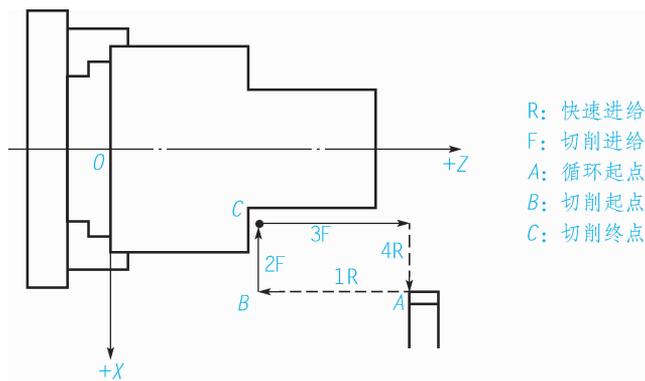


图 1-2-19 G94 切削循环路线

任务三 车槽和切断

在数控车削中，经常会遇到各种带有槽的零件。本任务主要学习车槽和切断。

任务目标

- 掌握车槽和切断的方法和测量方法；
- 能根据槽的宽度选择合适的刀宽和切削方法；
- 熟练掌握切槽刀的对刀方法；
- 熟练使用 G01 和 G04 指令来切槽。

任务描述

根据图 1-2-20 所示的轴零件图，使用切槽指令编制零件的加工程序，并运用数控车床加工出实际零件。零件材料为 45 钢，毛坯为 $\phi 26$ mm 圆棒料。

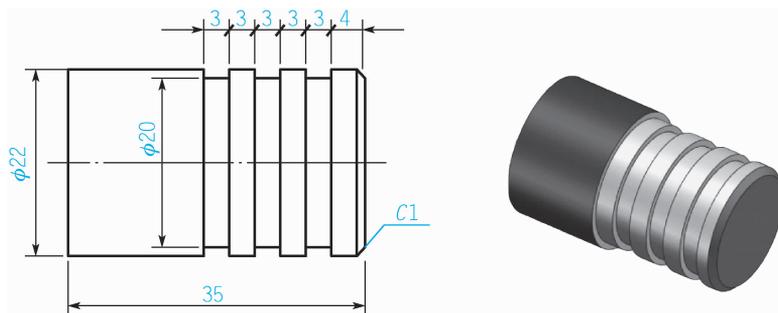


图 1-2-20 槽轴

知识链接

切槽切断

在工件上车出各种形状的槽叫切槽。外圆和平面上的槽叫沟槽，内孔的沟槽叫内沟槽。常见车槽的方法如图 1-2-21 所示。

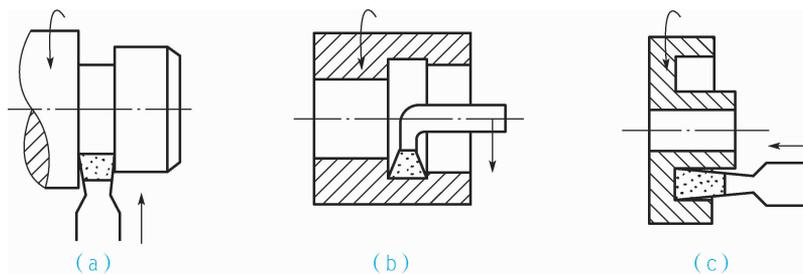


图 1-2-21 常见车槽的方法

(a)车外沟槽；(b)车内沟槽；(c)车端面槽

1. 沟槽的种类和作用

在工件上车出的形状较多，常见的外沟槽有矩形槽、圆弧形槽等。沟槽的作用通常是使所装配的零件有正确的轴向位置，在磨削、车螺纹、插齿加工过程中便于退刀。

2. 刀具的选择与切槽的方法

(1)切槽刀的选择

常选用高速钢切槽刀和机夹可转位切槽刀(图 1-2-22)。切槽刀的选择主要注意两个方面：一是切槽刀的宽度要适宜，二是切削刃长度要大于槽深。

(2)切槽的方法

用切槽刀切槽的方法有如下几种：

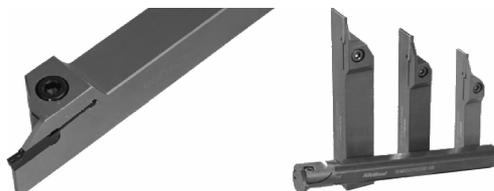


图 1-2-22 可转位切槽刀

1)对于宽度和深度值不大且精度要求不高的槽,可采用与槽等宽的刀具直接切入一次成形的加工方法,如图 1-2-23 所示。刀具切入槽底后利用延时指令使刀具短暂停留,以修整槽底圆度,退出过程中可采用工进速度。

2)对于宽度值不大但比较深的深槽零件,为了避免切槽中排屑不顺畅,出现扎刀和折断刀具的现象,应该采用分次进刀的方式,刀具在切入工件一定深度后,停止进刀并后退一段距离,达到排屑和断屑的目的,如图 1-2-24 所示,同时应该注意尽量选择强度较高的刀具。

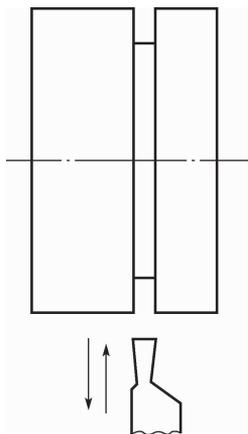


图 1-2-23 简单槽类零件加工方式

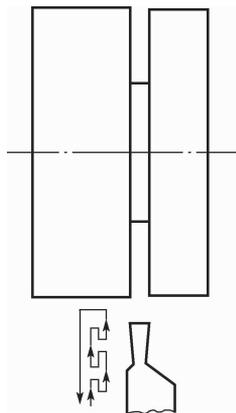


图 1-2-24 深槽零件加工方式

3)宽槽的切削:通常把大于一个切刀宽度的槽称为宽槽,宽槽的深度和宽度等精度要求及表面质量要求较高。在切宽槽时常采用排刀的方式进行粗切,然后用精切槽刀沿槽的一侧切至槽底,精加工槽底后,再沿槽的另一侧面退出,如图 1-2-25 所示。

4)异形槽的加工:大多先采用切直槽然后修整轮廓的方法进行,如图 1-2-26 所示。

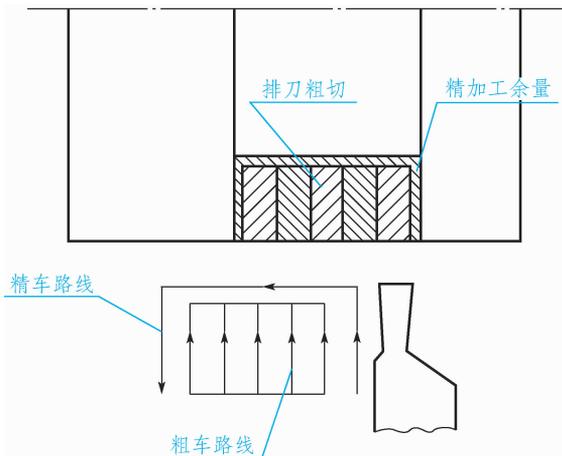


图 1-2-25 宽槽加工方式

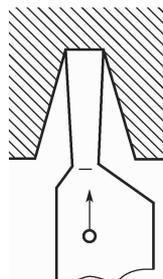


图 1-2-26 异形槽加工方式

3. 车槽刀的装夹

装夹矩形车槽,要求主切削刃对称中心垂直于工件轴心线,否则车出的槽壁不平直。

编程指令

1. 切槽或切断指令(G01)

对于一般的单一切直槽或切断,采用 G01 指令;对于宽槽或多槽加工,可采用子程序及复合循环指令进行编程加工。

2. 暂停指令(G04)

(1)指令格式

格式如下:

G04 X(U)_ ;

或

G04 P_ ;

说明:

- 1)X、U: 指定时间,允许小数点(单位为 s)。
- 2)P: 指定时间,不允许小数点(单位为 1/1 000 s)。

(2)功能

G04 指令可使刀具做短暂时间的停顿。

提示:

- 1)切槽刀的刀位点在左刀尖上,要用左刀尖的轨迹坐标编程。
- 2)暂停指令 G04 和刀具补偿指令 G41/G42 不能在同一程序段中指定。
- 3)暂停指令 G04 可以暂停所给定的时间,但只对自身程序段有效。在此之前,程序段中的主轴速度和进给量保持储存状态。
- 4)在切槽时,一般先轴向进刀,再径向进刀;退刀时,一般先径向退刀,再轴向退刀。

任务实施

多槽轴零件右侧的三条槽是本任务的学习重点。多槽轴零件既可以单独加工,也可以调用子程序加工。

图样分析

由图 1-2-20 可知,该零件是简单轴零件,直径 $\phi 22$ mm;直径表面上有三个间隔和槽宽相等的矩形槽,尺寸公差为自由公差 IT14,零件总长为 35 mm。

确定加工方案

根据零件图形、尺寸及毛坯材料，该零件加工前应先采用自定心卡盘夹紧工件，车右端面，以轴心线与右端面的交点为原点建立工件坐标系，运用直线插补指令加工该零件的外圆直径 $\phi 22$ mm；再使用直线插补指令和 G04 指令切槽工件加工。

注意：需要分层加工，粗加工每刀的切削深度为单边 1 mm，精加工单边留 0.25 mm 的加工余量。精加工结束后，切三个槽，然后切断工件。

确定加工路线

零件加工路线如下：

- 1) 以右端面作为工件坐标系原点。
- 2) 用自定心卡盘卡夹零件毛坯，毛坯为 $\phi 26$ mm，伸出卡盘 50mm。车右端面，粗、精车零件右端 $\phi 22$ mm 外圆。
- 3) 切三个矩形槽。
- 4) 切断。

填写工艺文件

本任务所用工量具如图 1-2-16 所示。

槽轴零件的工艺文件如表 1-2-11~表 1-2-13。

表 1-2-11 工件加工的工、量具清单

零件名称		台阶轴	图号	1-2-20		
种类	序号	名称	规格	精度	单位	数量
工具	1	自定心卡盘	随机床		个	1
	2	卡盘扳手	随机床		副	1
	3	刀架扳手	随机床		副	1
	4	加力杆	随机床		根	1
	5	刀具垫片			片	若干
	6	铜皮		0.1~0.3 mm	张	1
量具	1	游标卡尺	0~150 mm	0.02 mm	把	1
	2	外径千分尺	0~25 mm	0.01 mm	把	1

表 1-2-12 工件刀具明细表

序号	刀具号	刀具名称	刀尖半径/mm	刀位	数量	加工表面	备注
1	T0101	55°车刀 粗加工刀	0.4	1	1	端面外轮廓	
2	T0202	35°车刀 精加工刀	0.2	2	1	外轮廓	

续表

序号	刀具号	刀具名称	刀尖半径/mm	刀位	数量	加工表面	备注
3	T0303	切槽刀	刀头宽 3	3	1	外轮廓	

表 1-2-13 工件数控加工工序卡

零件名称	槽轴	图号	1-2-19	材料	45 钢	数量	4
		机床设备	CKA6140	夹具名称	自定心卡盘		
序号	工步内容	G 功能	T 刀具	切削用量			
				主轴转速 S/(r/min)	进给速度 F/(mm/r)	背吃刀量 a_p /mm	
1	平右端面(手摇脉冲器)	—	T0101	800			
2	粗车零件右侧外圆	G01	T0101	800	0.2	1.0	
3	精车零件右侧外圆	G01	T0202	1 000	0.1	0.5	
4	切槽	G01/G04	T0303	500	0.6		
5	切断	—	T0303	500	0.08		
6	调头平左端面, 保证总长	—	T0202	800	0.5	0.5	

编写加工程序

图 1-2-20 所示槽轴的加工参考程序如表 1-2-14 所示。

表 1-2-14 粗/精加工零件右侧外轮廓的参考程序

程序(FANUC 系统)	说明
O1202	程序名
准备工作	手动控制车削右端面, 工件伸出长度为 50 mm
N10 G99 G97;	设置进给单位为 mm/r
N20 T0101;	选择 1 号刀, 调用 1 号刀补
N30 M03 S800;	主轴正转, 800 r/min
N40 G00 X100.0 Z100;	快速运动到换刀点
N50 G00 X24.0 Z0.5;	刀具点定位, 快速走刀第一刀切削起点
N60 G01 Z-38.0 F0.2;	粗加工第一刀至 $\phi 24 \text{ mm} \times 38 \text{ mm}$
N70 G00 X26.0;	退刀
N80 Z0.5;	快速回到起刀点
N90 X22.5;	刀具点定位, 快速走刀至第二刀切削点
N100 G01 Z-38.0 F0.2;	粗加工第二刀至 $\phi 22.5 \text{ mm} \times 38 \text{ mm}$
N110 G00 X26.0 Z0.5;	快速回到起刀点

续表

程序(FANUC系统)	说明
N120 G00 X100.0 Z100;	快速运动到换刀点
N130 T0202 S1000;	选择2号精车刀,调用2号刀补,主轴转速1 000 r/min
N140 G00 X26.0 Z0.5;	快速回到起刀点
N150 X19;	快速定位到精车切削起点
N160 G01 X22.0 Z-1.0 F0.1;	精车倒角,进给速度0.1 mm/r
N170 Z-38;	精车圆柱面 $\phi 22\text{ mm} \times 38\text{ mm}$
N180 G00 X100.0 Z100;	快速运动到换刀点
N190 T0303 S500;	选择3号切槽刀,调用3号刀补,主轴转速500 r/min
N200 G00 X26.0 Z0.5;	快速回到起刀点
N210 Z-7;	快速到第一个槽处
N220 G01 X20.0 F0.06;	车槽,进给速度0.06 mm/r
N230 G04 X1;	槽底停留1 s
N240 G01 X26;	退刀
N250 Z-13;	到第二个槽
N260 G01 X20.0 F0.06;	车槽,进给速度0.06 mm/r
N270 G04 X1;	槽底停留1 s
N280 G01 X26;	退刀
N290 Z-19;	到第三个槽
N300 G01 X20.0 F0.06;	车槽,进给速度0.06 mm/r
N310 G04 X1;	槽底停留1 s
N320 G01 X26;	退刀
N330 G00 X100 Z100;	快速定位到换刀点
N340 M05;	主轴停
N350 M30;	程序结束返回程序头

加工过程

槽轴的加工过程如下:

- 1) 安装车刀,在1号、2号、3号刀位分别安装粗车、精车刀和切槽刀。
- 2) 在自定心卡盘上安装工件,伸出长度50 mm。
- 3) 确定编程原点,制定加工路线,编制程序。
- 4) 对刀,建立工件坐标系。
- 5) 程序仿真模拟,检验程序的准确性。
- 6) 调用程序,机床加工。
- 7) 测量工件,清理机床。

任务评价

完成上述任务后，认真填写表 1-2-15 所示的“槽轴零件加工质量评价表”。

表 1-2-15 槽轴零件加工质量评价表

组别				小组负责人	
成员姓名				班级	
课题名称				实施时间	
评价指标	配分	自评	互评	教师评	
工艺编制	5				
程序编制	5				
切削用量	5				
刀具选用	5				
工件装夹	5				
机床操作	10				
正确对刀	10				
长度	10				
槽宽	15				
槽底	10				
直径	10				
安全操作规程	10				
总计	100				
教师总评 (成绩、不足及注意事项)					
综合评定等级(个人 30%，小组 30%，教师 40%)					

练习与实践

- 1) 试述 G04 指令的含义与功能。
- 2) 子程序应用的主要功能是什么？
- 3) 常见槽加工的问题有哪些？
- 4) 试编制图 1-2-27 所示零件的其宽槽的加工程序，切槽刀刀头宽 4 mm。
- 5) 编制 1-2-28 所示零件的加工工艺及参考程序。

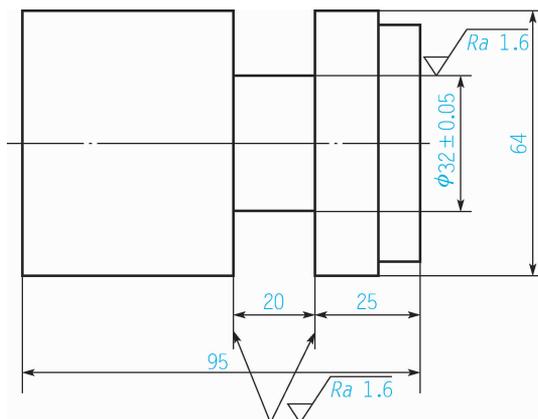


图 1-2-27 零件轮廓(一)

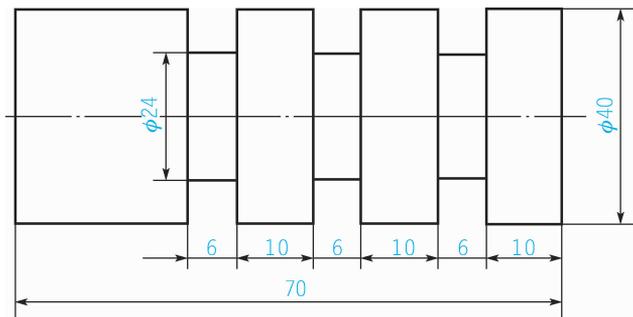


图 1-2-28 零件轮廓(二)

①填写工、量具清单，如表 1-2-16 所示。

表 1-2-16 工、量具清单

零件名称		图号				
种类	序号	名称	规格	精度	单位	数量
工具						
量具						

②编制加工刀具工艺卡，如表 1-2-17 所示。

表 1-2-17 工艺卡

零件图号		数控车床加工工艺卡	机床型号	
零件名称				
刀具表				
刀具号	刀补号	刀具名称	加工表面	数量
工序	工艺内容	切削用量		
		S/(r/min)	F/(mm/r)	a_p /mm

③手工编制加工程序(子程序调用)。

任务拓展

阅读材料一——G75 切槽复合循环指令

对于适合切削较宽和较深的槽，只要给出槽的起始点坐标和终点坐标、每次的切入量、退出量、Z 向的移动量等参数就可以把槽加工出来。

G75 指令的格式如下：

G75 R(e);

G75 X(U)_ Z(W)_ P(Δi)Q(Δk)R(Δd)F(f);

说明：

- 1)e：回退量，该值为模态值，可由程序指令修改。
- 2)X₋：最大切深点的 X 轴坐标。
- 3)U₋：最大切深点的 X 轴增量坐标。
- 4)Z₋：最大切深点的 Z 轴坐标。
- 5)W₋：最大切深点的 Z 轴增量坐标。
- 6) Δi ：X 轴方向的进给量(不带符号，单位为 μm)。
- 7) Δk ：Z 轴方向的位移量(不带符号，单位为 μm)。
- 8) Δd ：刀具在车至槽底时的退刀量， Δd 的符号总是正的。
- 9)F₋：进给速度。

做一做：如图 1-2-29 所示，用 G75 指令编写切槽程序。

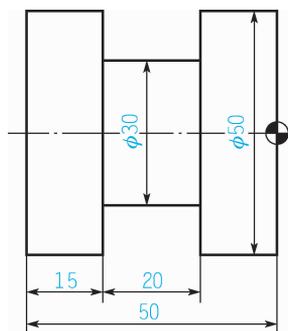


图 1-2-29 宽槽加工

工件切槽的参考程序如表 1-2-18 所示。

表 1-2-18 切槽参考程序

程序	说明
O1203(开头为字母)	程序名
N10 T0202 M03 S400;	换 2 号切槽车刀，主轴正转，转速为 400 r/min
N20 G00 X52.0 Z-19.0;	快速接近工件
N30 G75 R0.3;	回退量为 0.3 mm
N40 G75 X30.0 Z-35.0 P5000 Q3900 F0.1;	循环车槽

续表

程序	说明
N50 G00 X100.0 Z100.0 ;	退刀
N60 M05;	主轴停
N70 M30;	程序结束返回程序头

阅读材料二 ——子程序调用指令(M98, M99)

机床的加工程序可以分为主程序和子程序两种。主程序是一个完整的零件加工程序，或是零件加工程序的主体部分。它与被加工零件或加工要求一一对应，不同的零件或不同的加工要求都有唯一的主程序。

子程序一般不能作为独立的加工程序使用，只能通过主程序进行调用，实现加工中的局部动作。子程序执行结束后，能自动返回调用它的主程序中。

格式如下：

M98 P××××× ×××××；

循环次数 子程序号

例如：

M98 P5 1002；

表示程序号为 1002 的子程序被连续调用五次。