

项目3

圆锥类零件加工



教学目标

- (1) 知道圆锥类零件切削参数的确定方法。
- (2) 学会圆锥类零件的数据处理及工艺安排。
- (3) 学会 G71 粗车复合指令的应用,以及精加工循环指令 G70 的应用。
- (4) 学会前置顶尖零件的程序编制及车削方法。
- (5) 能对前置顶尖零件进行检测与质量分析。



典型任务

对某企业前置顶尖样件进行数控车削加工。

任务1 前置顶尖的加工工艺分析



学习目标

- (1) 认识圆锥类零件的作用、分类及特点。
- (2) 学会车削外圆和锥面时车刀的选取。
- (3) 学会制定前置顶尖的加工工艺。
- (4) 能计算圆锥各节点的尺寸坐标。
- (5) 能区分并合理选择粗、精加工的切削用量。



任务描述

对前置顶尖零件进行加工工艺方案设计,零件图样如图 3-1 所示。

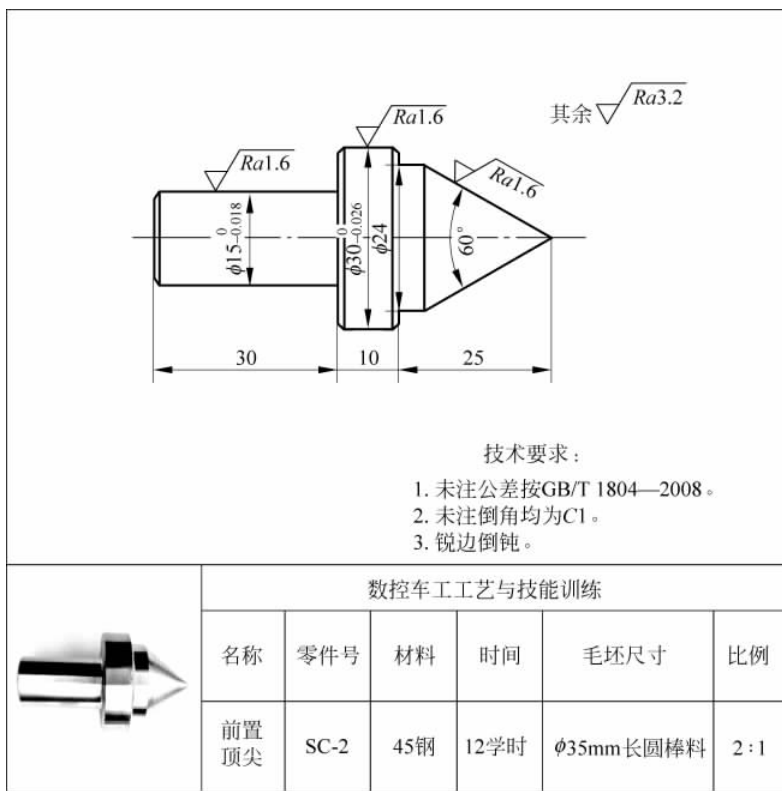


图 3-1 前置顶尖

【学】圆锥类零件的基础知识

一、圆锥概述

1. 圆锥面的配合

圆锥面的配合不仅在车床上应用广泛,在整个机械加工行业都被广泛采用,如图 3-2 所示,其优点如下。

- (1) 当圆锥角较小(在 3° 以下)时,可以传递很大的扭矩。
- (2) 装卸方便,虽经多次装卸,仍能做到无间隙配合。
- (3) 圆锥配合,同轴度较高。

2. 标准圆锥

1) 莫氏圆锥

莫氏圆锥在机器制造业中应用广泛。如钻头、绞刀、顶尖的柄部、主轴锥孔和尾座锥

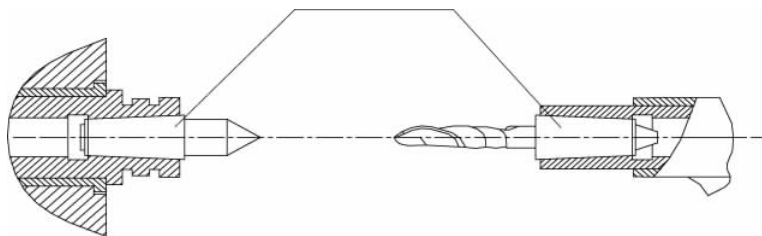


图 3-2 圆锥面配合

孔都采用莫氏圆锥。莫氏圆锥按尺寸由大到小有 0、1、2、3、4、5、6 七个号码。例如，CA6140 车床主轴锥孔是莫氏 6 号，尾座锥孔是莫氏 5 号。莫氏圆锥锥度见表 3-1。

表 3-1 莫氏圆锥锥度

圆锥符号		大端直径/mm	小端直径/mm
莫氏圆锥	0	9.045	6.115
	1	12.065	8.972
	2	17.780	14.059
	3	23.825	19.131
	4	31.267	25.154
	5	44.399	36.547
	6	63.348	52.419

2) 米制圆锥

米制圆锥有 4、6、80、100、120、160、200 七个号码。它的号码是指大端直径，锥度固定不变，为 1:20，这也是米制圆锥跟莫氏圆锥的一个区别。

3. 锥面各部分的名称

1) 圆锥面的形成

如图 3-3 所示，当直角三角形 ABC 绕直角边 AC 旋转一周，斜边 AB 形成的空间轨迹所包围的几何体就是一个圆锥体， AB 形成的表面叫圆锥面， AB 为圆锥的素线（或母线）。若圆锥体的顶端被截去一部分，就成为圆锥台（或圆锥体）。圆锥面有外圆锥面和内圆锥面两种，具有外圆锥面的称为圆锥体，具有内圆锥面的称为圆锥孔。

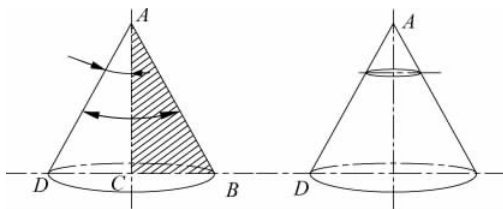


图 3-3 圆锥面

2) 圆锥各部分的名称

圆锥各部分的名称见表 3-2。

表 3-2 圆锥名称

术 语	代号	定 义
圆锥半角	$\alpha/2$	圆锥半角的一半
大端直径	D	圆锥中最长的直径
小端直径	d	圆锥中最短的直径
圆锥长度	L	圆锥大端直径和小端直径之间的垂直距离
锥度	C	圆锥大端直径与小端直径之差和圆锥长度之比

二、数控车削加工工艺的制定

零件的工艺分析是数控车削加工工艺制定的首要工作，主要包括以下几项内容。

1. 零件结构工艺性分析

零件的结构工艺性是指零件对加工方法的适应性，即所设计的零件结构应便于加工成形，也就是根据数控车削加工的特点来审视零件结构的合理性。图 3-4 所示为零件结构工艺性示例。

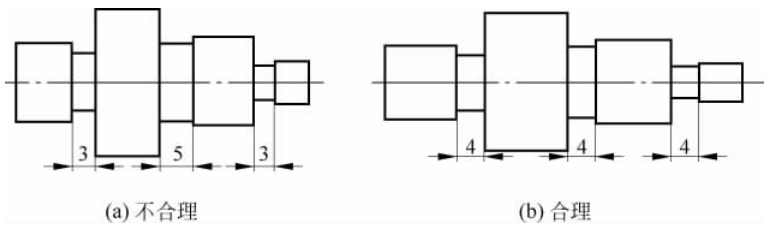


图 3-4 零件结构工艺性示例

2. 确定刀具的进给路线

1) 进给路线的确定原则

在数控加工中刀具的刀位点(如图 3-5 所示)相对零件运动的轨迹称为进给路线。

编程时加工进给路线的确定原则如下。

(1) 进给路线应该保证被加工零件的精度和表面粗糙度，且效率较高。

(2) 数字便于计算，以减少编程工作量。

(3) 应使加工路线最短，这样既可减少程序段，又可减少空刀时间。

2) 最短空行程的切削进给路线

在安排粗加工或半精加工的切削加工路线时，应同时考虑被加工零件的刚性与加工工艺性要求，另外，在确定加工路线时，还要考虑工件的加工余量和车床、刀具的刚度等情况，以确定是一次进给还是分多次进给来完成零件的加工。

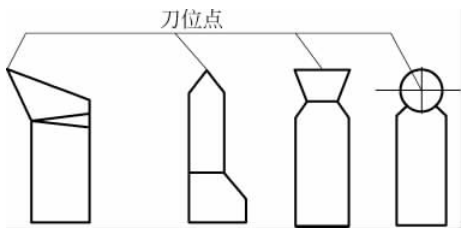


图 3-5 车刀的刀位点

3. 加工阶段的划分

划分加工阶段的目的是为了保证加工质量、合理使用设备、便于及时发现毛坯缺陷及便于安排热处理工序。

当零件的加工质量要求较高时,往往不可能用一道工序来满足其加工要求,而要用几道工序逐步达到所要求的加工质量。为保证加工质量,且合理地使用设备、人力,零件的加工过程按照工序性质不同,可分为粗加工、半精加工、精加工和光整加工四个阶段。

- (1) 粗加工阶段。大量切除多余的金属,提高生产效率。
- (2) 半精加工阶段。使表面达到一定的精度,留有一定的精加工余量。
- (3) 精加工阶段。保证零件的尺寸精度和表面粗糙度。
- (4) 光整阶段。对零件上要求很高的表面,需要进行光整加工,以提高尺寸精度和减小表面粗糙度。此法不宜用来提高位置精度。

4. 工序划分原则

在数控车床上加工零件,应按照工序集中原则划分工序,在一次安装下尽可能完成大部分甚至全部表面加工。根据零件结构不同,通常选择外圆+端面或内孔+端面完成装夹,并力求设计基准、工艺基准和编程原点的统一,具体包括以下几点。

- (1) 先粗后精。
- (2) 先近后远。
- (3) 先内后外。
- (4) 程序段最少。
- (5) 进给路线最短。

5. 加工顺序的安排

制定零件车削加工工序一般遵循下列原则。

- (1) 先粗后精。
- (2) 先近后远。
- (3) 内外交叉。
- (4) 基准先行。

6. 进给路线的确定

在数控车床上车削外圆锥时常用的有三种进给路线,如图 3-6 所示。

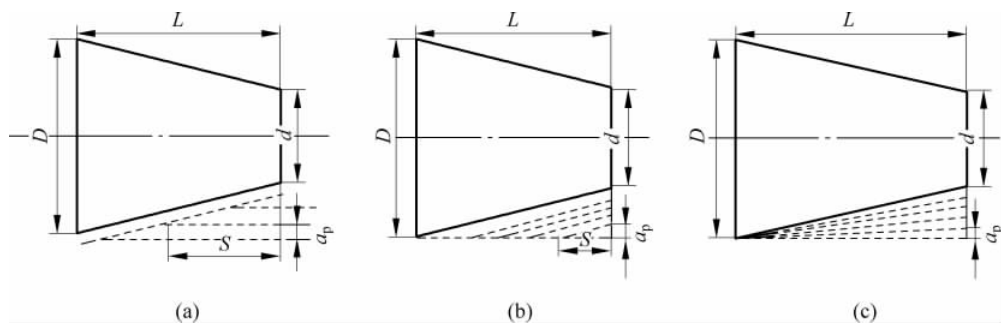


图 3-6 圆锥的加工路线

1) 阶梯切削路线

图 3-7 所示的阶梯切削路线,二刀粗车,最后一刀精车,粗车的终刀距 S 要精确地计算,可由相似三角形计算得出。

$$\frac{\frac{D-d}{2}}{L} = \frac{\frac{D-d}{2} - a_p}{S}$$

$$S = \frac{L \left(\frac{D-d}{2} - a_p \right)}{\frac{D-d}{2}}$$

此种加工路线,粗车时,刀具背吃刀量相同,精车时,背吃刀量不同,刀具切削运动的路线最短。

2) 相似三角形切削路线

图 3-8 所示的相似斜线切削路线,也需计算粗车时终刀距 S ,可由相似三角形求得:

$$\frac{D-d}{2L} = \frac{a_p}{S}$$

$$S = \frac{2L \times a_p}{D-d}$$

按此种加工路线,刀具切削运动的距离较短,精车余量均匀,但计算耗时较多。

3) 三角形切削路线

图 3-9 所示的斜线加工路线,只需确定每次背吃刀量 a_p ,而不需要计算终刀距,编程较方便。缺点是每次切削背吃刀量都是变化的,且刀具切削运动的路线较长。

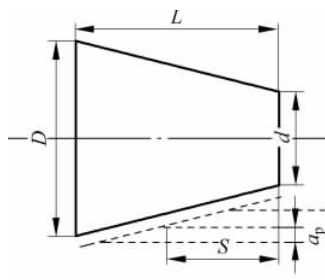


图 3-7 阶梯加工路线图

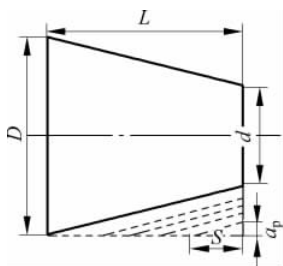


图 3-8 相似三角形加工路线图

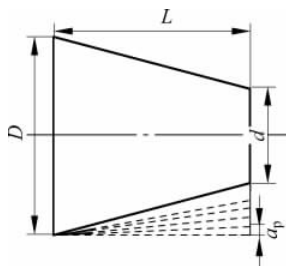


图 3-9 三角形加工路线图

【教】前置顶尖加工工艺方案设计

一、任务分析

设计图 3-1 所示前置顶尖零件的数控车加工工艺方案。

1. 图样分析

前置顶尖零件需要加工左端面 and 车削 $\phi 15\text{mm}$ 、 $\phi 24\text{mm}$ 和 $\phi 30\text{mm}$ 的外圆柱面及 3 处 C1 倒角和一个 60° 的圆锥面,其外圆柱表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu\text{m}$,同时还需要保证长度尺寸 30mm、10mm、25mm。总之,前置顶尖零件结构简单,但尺寸精度和表面粗糙度要求较高,综合考虑,该零件采用三爪自定心卡盘装夹。

2. 确定刀具

所需刀具见表 3-3。

表 3-3 刀具及用途

刀具名称	数量	用 途
90°外圆车刀	2	粗、精车 $\phi 30\text{mm}$ 外圆、 $\phi 24\text{mm}$ 外圆、圆锥面、一处 C1
切断刀(4mm)	1	切断保证总长 65mm、切槽
35°左偏刀	2	粗精车 $\phi 15\text{mm}$ 外圆、两处 C1

3. 确定切削用量

切削用量选取见表 3-4。

表 3-4 切削用量

工 序 过 程	主轴转速/(r/min)	背吃刀量/mm	进给量/(mm/r)
粗加工	600	1	0.25
精加工	1200	0.25	0.1
切断和切槽	300	4	0.05

4. 确定工件毛坯

工件各台阶之间直径相差较小,毛坯可采用长圆棒料下料后加工,毛坯材质为 45 钢,规格为 $\phi 35\text{mm} \times 120\text{mm}$ 长圆棒料。

二、工艺方案

根据前置顶尖零件图样要求,确定工艺方案如下。

- (1) 三爪自定心卡盘夹持 $\phi 35\text{mm}$ 右端毛坯外圆,使工件伸出卡盘 80mm。
- (2) 车削端面,粗车 60° 圆锥面、 $\phi 30\text{mm} \times 10\text{mm}$,直径方向留 0.5mm 精车余量。
- (3) 精车 60° 圆锥面、 $\phi 30\text{mm} \times 10\text{mm}$ 至尺寸,最后车一处 C1 倒角。
- (4) 切槽 $\phi 13\text{mm} \times 8\text{mm}$ 。
- (5) 粗车 $\phi 15\text{mm} \times 30\text{mm}$ 外圆,直径方向留 0.5mm 余量。
- (6) 精车 $\phi 15\text{mm} \times 30\text{mm}$ 外圆至尺寸,倒角两处 C1。
- (7) 切断,保证总长 65mm,切断工件。

【练】综合训练

一、填空题

1. 常用标准工具圆锥有_____和_____两种。
2. 莫氏圆锥有 0~6 号七种型号,其中最小的是_____,最大的是_____。
3. 圆锥可分为_____和_____。

二、判断题

1. 前置顶尖用来装夹细长轴类零件。()
2. 45° 端面刀用来车端面时,一般由中心向外缘进给。()

3. 锥度与锥角的标准化,对保证圆锥配合的互换性具有重要意义。 ()
4. 车床主轴锥孔与前顶尖锥柄的配合以及车床尾座锥孔与麻花钻锥柄的配合都属于圆锥配合。 ()

三、选择题

1. 圆锥类零件一般由()倒角和圆柱面等部分组成。
A. 圆锥面 B. 台阶 C. 退刀槽 D. 端面
2. 圆锥零件有()的作用。
A. 可自动定心 B. 可传递较大转矩 C. 可无间隙配合 D. 可支持零件

四、简答题

1. 简述圆锥面配合的优点。
2. 数控车削加工工艺的制定有哪些内容?
3. 简述圆锥各部分的名称及表示。

任务2 前置顶尖加工程序的编制



学习目标

- (1) 学会 G71 复合循环指令在零件加工中的应用。
- (2) 掌握使用 G71 编程时的技巧和注意事项。
- (3) 能制定前置顶尖零件的加工工艺。
- (4) 学会编写前置顶尖零件的加工程序。



任务描述

对前置顶尖零件进行加工工艺卡片的制定及程序的编写,零件图样如图 3-1 所示。

【学】圆锥类零件程序编写的相关知识

一、G71 内外圆粗车复合循环指令

G71 内外圆粗车复合循环指令又称矩形复合循环指令,适用于车削棒料毛坯的外径和内径。在 G71 指令后描述零件的精加工轮廓,CNC 系统根据加工程序所描述的轮廓形状,以及 G71 指令内的各个参数自动生成加工路线,将粗加工待切除余料切削完成。

1. 指令格式

```
G71 U(Δd) R(e)  
G71 P(ns) Q(nf) U(ΔU) W(ΔW) F(Δf) S(Δs) T(t)  
N(ns) .....
```


..... F(f) S(s)

.....

N(nf)

2. 指令说明

Δd : X 方向进刀量(半径值指定);

e: 退刀量;

ns: 精加工路线的第一个程序段段号;

nf: 精加工路线的最后一个程序段段号;

ΔU : X 方向的精加工余量(直径值指定);

ΔW : Z 方向的精加工余量;

Δf : 粗车时的进给量;

Δs : 粗车时的主轴转速(可省);

t: 粗车时所用的刀具(可省);

f: 精车时的进给量;

s: 精车时的主轴转速。

3. 加工轨迹

G71 指令的加工轨迹如图 3-10 所示。

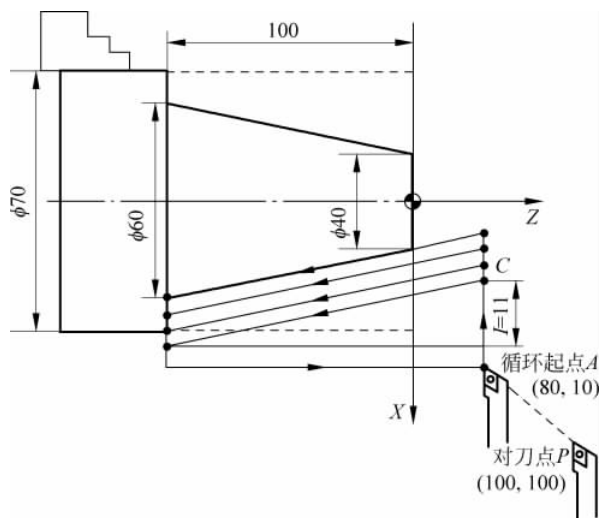


图 3-10 G71 粗加工轨迹图

- (1) 刀具从起点 A 点快速移动到 C 点, X 轴移动 ΔU 、Z 轴移动 ΔW ;
- (2) 从 C 点开始向 X 轴移动 Δd (进刀);
- (3) 向 Z 轴切削进给到粗车轮廓;
- (4) X 轴、Z 轴按切削进给速度退刀 e(45°直线);
- (5) Z 轴以快速退回到与 C 点 Z 轴绝对坐标相同的位置;
- (6) X 轴再次进刀($\Delta d + e$);

- (7) 重复执行(3)~(6);
- (8) 直到 X 轴进刀至 C' 点; 然后执行(9);
- (9) 沿粗车轮廓从 C' 点切削进给至 D 点;
- (10) 从 D 点快速移动到 A 点, $G71$ 循环指令执行结束, 程序跳转到 nf 程序段的下一个程序段执行。

4. 注意事项

- (1) $ns \sim nf$ 程序段必须紧跟在 $G71$ 程序段后编写。
- (2) 执行 $G71$ 粗加工指令时, $G71$ 程序段中的 F 、 S 、 T 有效, $ns \sim nf$ 程序段中的 F 、 S 、 T 无效, $ns \sim nf$ 程序段中的 F 、 S 、 T 只在执行 $G70$ 精加工指令时有效。
- (3) ns 程序段中的 $G00$ 、 $G01$ 指令只能含 X 地址符。
- (4) 精车轨迹($ns \sim nf$ 程序段), X 轴、 Z 轴的尺寸大小都必须呈单调递增或单调递减。
- (5) $ns \sim nf$ 程序段中, 不能包含子程序。

二、G70 精加工循环指令

1. 指令格式

$G70 P(ns)Q(nf);$

2. 指令说明

ns : 指定精加工路线第一个程序段的顺序号。

nf : 指定精加工路线最后一个程序段的顺序号。

3. 编程实例

如图 3-11 所示, 该零件属于典型的阶梯轴类零件, 适合用数控车床进行加工。假设粗车时, 背吃刀量(单边)取值 1.5mm , 退刀量取值 1mm , 主轴转速取值 800r/min , F 取值 120mm/min ; 精车时, X 方向精加工余量 0.5mm (双边), Z 方向不留加工余量, 主轴转速取值 1200r/min , F 取值 80mm/min 。粗车刀具为 1 号外圆刀, 精车刀具为 2 号外圆刀。

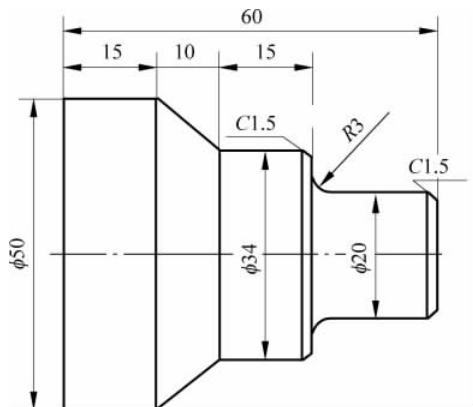


图 3-11 锥面阶梯轴