



# 机械制造工艺学

知识拓展

# 机械加工精度控制

## 知识拓展

## 缸套零件机械加工精度的控制

如图6-1所示要加工一批薄壁缸套，材料为QT600-3，精度等级为6级，试分析该种薄壁零件宜采用何种方法保证其加工精度和表面质量，并制定其机械加工工艺过程卡。

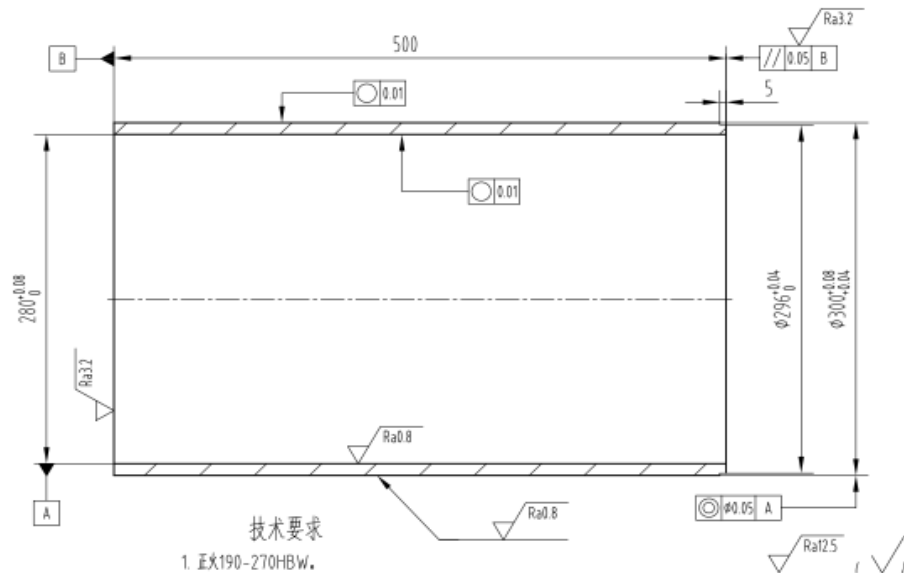


图 6-1 薄壁缸套

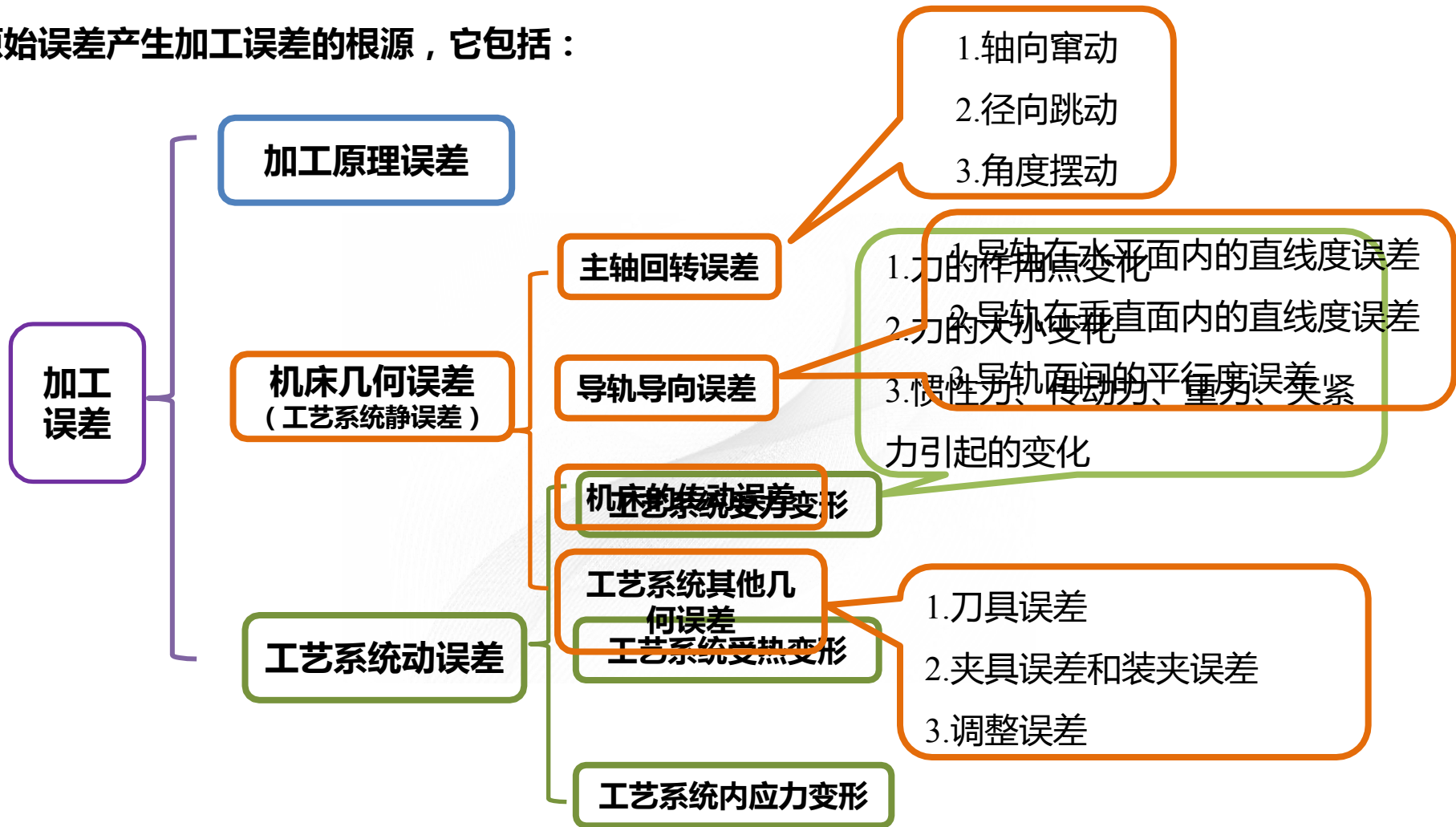
任务



## •任务分析

本任务为一薄壁缸套零件，其结构简单但尺寸大、壁厚薄，尺寸精度和表面粗糙度要求均较高，同时外圆与内孔有同轴度要求，两端面有平行度要求，如何在机械加工中解决装夹定位，确保不因夹紧力、切削力、磨削力的作用影响零件加工精度是解决该任务的关键。

原始误差产生加工误差的根源，它包括：





## 一、基本概念

由机床、夹具、刀具、工件组成的工艺系统，在**切削力、传动力、惯性力、夹紧力以及重力**等的作用下，会产生相应的变形(弹性变形及塑性变形)。这种变形将破坏刀刃和工件之间已调整好的正确位置关系，从而产生**加工误差**。

**例如** 车削细长轴时，工件在切削力作用下的弯曲变形，加工后会形成鼓形的圆柱度误差，如图6-14a所示。

在内圆磨床上用横向切入磨孔时，由于磨头主轴弯曲变形，使磨出的孔会形成圆柱度误差，如图6-14b所示。

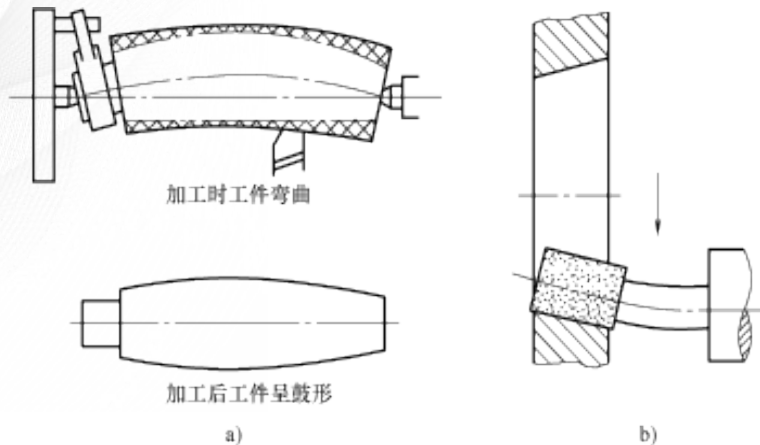


图6-14 工艺系统受力变形引起的加工误差



## ①工艺系统的刚度

概念

工艺系统的刚度 $k_{xt}$ 定义为加工表面法向分力 $F_y$ ，与刀具在切削力作用下，相对工件在该方向的位移 $y_{xt}$ 的比值

$$k_{xt} = F_y / y_{xt}$$

**注意：**这里变形 $y_{xt}$ 是总切削力的三个分力 $F_c$ 、 $F_p$ 、 $F_f$ （旧标准中为 $F_z$ 、 $F_y$ 、 $F_x$ ）综合作用的结果。




## ①工艺系统的刚度

工艺系统的刚度是由组成工艺系统各部件的刚度决定的。工艺系统的总变形量为：

$$y_{xt} = y_{jc} + y_d + y_{jj} + y_g$$

$$k = F_p / y_{xt}, \quad k_{jc} = F_p / y_{jc}, \quad k_d = F_p / y_d, \quad k_{jj} = F_p / y_{jj}, \quad k_g = F_p / y_g$$

工艺系统刚度的一般式为：
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{jc}} + \frac{1}{k_{jj}} + \frac{1}{k_d} + \frac{1}{k_g}$$



若已知工艺系统各组成部分的刚度（即环节刚度），就可以求出工艺系统的刚度。





### ·知识链接3

用刚度一般式求解某一系统刚度时，应根据具体情况进行分析。

**例如** 外圆车削时，车刀本身在切削力的作用下沿切向(不敏感方向)的变形对加工误差的影响很小，可以忽略不计，这时计算式中可以省去刀具刚度一项。

**又如** 镗孔时，镗杆的受力变形将严重地影响加工精度，而工件(如箱体零件)的刚度一般较大，其受力变形很小，故可略去工件刚度一项。



## 二、工艺系统受力变形引起的加工误差

### (一) 由于切削力着力点位置变化引起的工件形状误差

#### 1. 在车床两顶尖间车削短而粗的光轴

即此时工艺系统刚度主要取决于**机床刚度**

图6-15a所示为在车床上加工短而粗的光轴，工件刚度较大，在切削力作用下相对于机床、夹具的变形要小得多，而车刀在敏感方向的变形也很小，故可忽略不计。此时，**工艺系统的变形完全取决于头架、尾座(包括顶尖)和刀架的变形。**



### 知识链接3

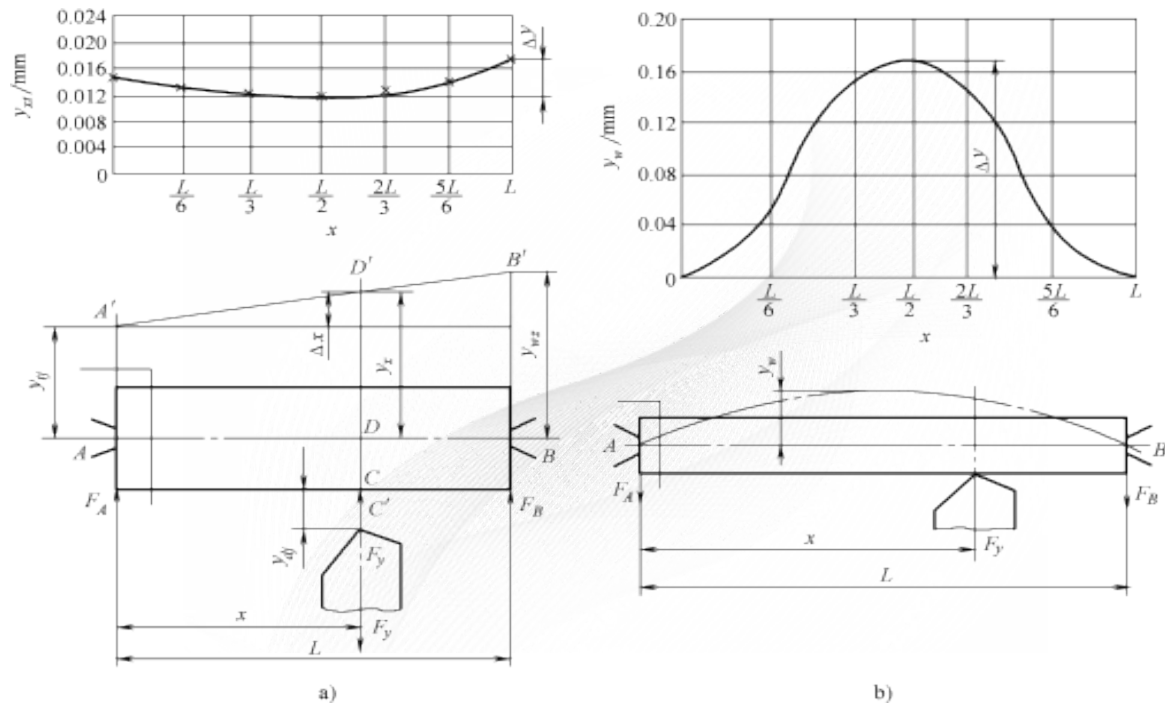


图6-15工艺系统变形随着力点位置的变化而变化





### ·知识链接3

## 1.在车床两顶尖间车削短而粗的光轴

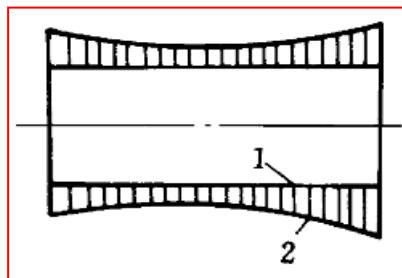
当刀具切削到工件的任意位置 C 时图6-15a，工艺系统的总变形  $y_{\text{系统}}$  为：

$$y_{\text{xt}} = y_x + y_{\text{刀架}}$$

通过推证可知工艺系统在工件切削点处的变形量为：

$$y_{\text{系统}} = F_p \left[ 1/k_{\text{刀}} + 1/k_{\text{头}}(L-x/x)^2 + 1/k_{\text{尾}}(x/L)^2 \right]$$

可以看出： $y_{\text{系统}} = f(x)$ ，是一个二次抛物线方程，变形大小随刀具在  $x$  方向位置变化，使车出的**工件呈抛物线形状**。



从上式可以看出，工艺系统的变形是随着力点位置变化而变化的， $x$  值的变化引起  $y_{\text{xt}}$  的变化，进而引起切削深度的变化，结果使工件产生圆柱度误差。当按上述条件车削时，工艺系统的刚度实为机床的刚度。



### ·知识链接3

工艺系统的变形完全取决于工件的变形

## 2.在两顶尖间车削细长轴

图6-15b所示为在车床上加工**细长轴**。由于工件细而长，刚度小，在切削力的作用下，其变形大大超过机床、夹具和刀具的变形量。因此，机床、夹具和刀具的受力变形可以忽略不计，**工艺系统的变形完全取决于工件的变形**。

根据材料力学的计算公式，其切削点的变形量为

$$y_w = \frac{F_y (L-x)^2 x^2}{3EIL}$$

从上式的计算结果和车削的实际情况都可证实，切削后的**工件呈鼓形**，其最大直径在通过轴线中点的横截面内。





### ·知识链接3

不同类型的机床，由于着力点的变化而引起刚度的变化形式也不同，其造成的加工误差也有差别。图6-16a、b所示为内圆磨床和单臂龙门刨床加工时，由于系统刚度随着着力点位置的变化造成加工误差的形式。

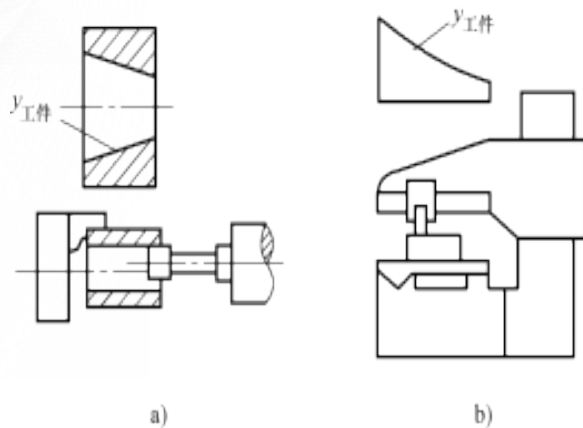


图6-16系统刚度变化产生的加工误差



## (二)由于切削力变化而引起的加工误差

在切削加工中，往往由于被加工表面的几何形状误差引起切削力的变化，从而造成工件的加工误差。

如图6-17所示，由于工件毛坯的圆度误差，使车削时刀具的切削深度在 $a_{p1}$ 与 $a_{p2}$ 之间变化，因此，切削分力 $F_y$ 也随切削深度 $a_p$ 的变化由 $F_{y\max}$ 变到 $F_{y\min}$ 。根据前面的分析，工艺系统将产生相应的变形，即由 $y_1$ 变到 $y_2$ (刀尖相对于工件产生 $y_1$ 到 $y_2$ 的位移)，这样就形成了被加工表面的圆度误差，这种现象称为“**误差复映**”。

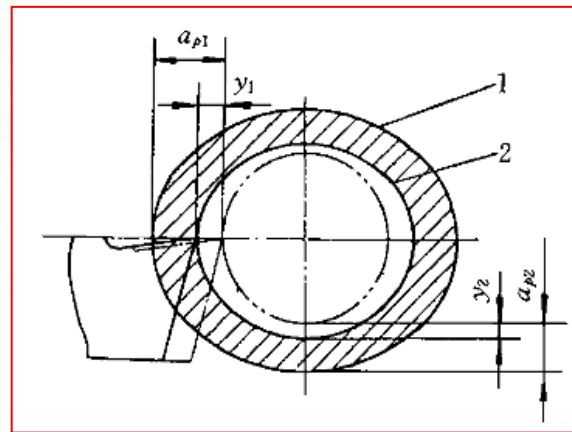


图 6-17 形状误差的复映

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/168126063075007006>