

# 第七章 铆接、焊接、胶接和过盈连接

## 第二讲

### 过盈连接的设计计算



接焊接发电机  
 $d_2$

+ 接焊接发电机





## 第二讲 过盈连接的设计计算

过盈连接主要用以承受轴向力或传递转矩，或者同时承受以上两种载荷。

为了保证过盈连接的工作能力，强度计算须包含两方面：一方面是在已知载荷的条件下，计算配合面间所需产生的压力和产生这个压力所需的最小过盈量；另一方面是在选定的标准过盈配合下，校核连接诸零件在最大过盈量时的强度。

对于压入法，需算出装拆时所需的压入力及压出力。

如采用胀缩法装配时，应算出加热及冷却的温度。

必要时还应算出包容件外径的胀大量及被包容件内径的缩小量。





## 第二讲 过盈连接的设计计算

过盈连接设计计算的主要步骤：

- 传递载荷所需的最小径向压力
- 过盈连接所需的最小有效过盈量
- 过盈连接的强度计算
- 过盈连接的装配





## 第二讲 过盈连接的设计计算

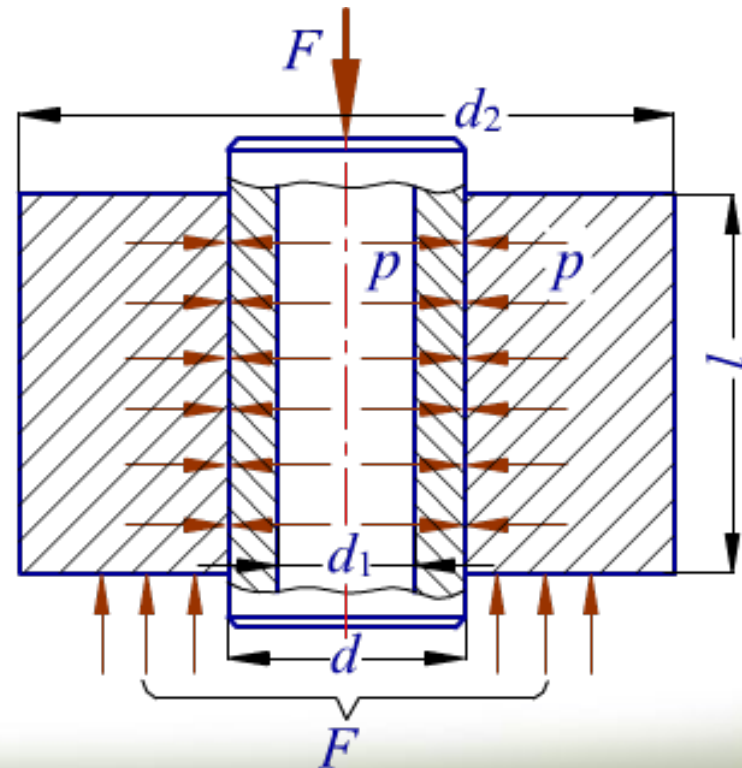
### ◆ 传递轴向载荷 $F$ 时

当连接传递轴向载荷 $F$ 时，应保证连接在此载荷下不产生轴向滑移。

即应保证：轴向摩擦阻力 $F_f \geq$ 外载荷 $F$ 。

$$F_{f \min} = \pi d l p_{\min} f \quad p_{\min} \geq \frac{F}{\pi d l f}$$

式中： $p_{\min}$  - 最小径向压力；  
 $d$  - 配合的公称直径；  
 $l$  - 配合长度；  
 $f$  - 配合面间的摩擦系数。





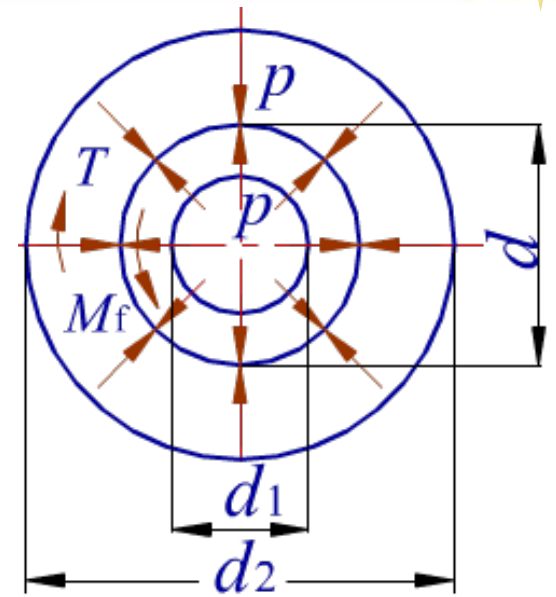
## 第二讲 过盈连接的设计计算

### ◆ 传递转矩 $T$ 时

当连接传递转矩 $T$ 时，应保证连接在此转矩下不产生周向滑移。

应保证：周向摩擦阻力矩 $M_f \geq$ 转矩 $T$ 。

$$M_{f \min} = \pi d l p_{\min} f \frac{d}{2} \quad p_{\min} \geq \frac{2T}{\pi d^2 l f}$$



### ◆ 同时承受轴向载荷 $F$ 和转矩 $T$ 时，径向压力 $p$ 为：

$$p_{\min} \geq \frac{\sqrt{F^2 + \left(\frac{2T}{d}\right)^2}}{\pi d l f}$$





## 第二讲 过盈连接的设计计算

根据材料力学有关知识，在径向压力为 $p$ 时的过盈量为：

$$\Delta = pd\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right) \times 10^3$$

过盈连接传递载荷所需的最小过盈量应为：

$$\Delta_{\min} = p_{\min}d\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right) \times 10^3$$

式中： $\Delta_{\min}$ 、 $\Delta$ —过盈连接的最小过盈量和过盈量， $\mu\text{m}$ 。

$E_1$ 、 $E_2$ —被包容件与包容件材料的弹性模量， $\text{MPa}$ 。

$C_1$ —被包容件刚性系数， $C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1$ 。

$C_2$ —包容件刚性系数， $C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \mu_2$ 。

$d_1$ 、 $d_2$ —被包容件的内径和包容件的外径， $\text{mm}$ 。

$\mu_1$ 、 $\mu_2$ —被包容件和包容件材料的泊松比。





## 第二讲 过盈连接的设计计算

当采用胀缩法装配时，最小有效过盈量  $\delta_{\min} = \Delta_{\min}$

当采用压入法装配时，考虑配合表面的微观峰尖将被擦去或压平一部分，这时最小有效过盈量计算公式为：

$$\left. \begin{aligned} \delta_{\min} &= \Delta_{\min} + 2(S_1 + S_2) \\ S_i &= 1.6Ra_i \quad (i = 1, 2) \end{aligned} \right\}$$

式中： $S_1$ 、 $S_2$ —分别为被包容件及包容件配合表面上微观峰尖被擦去部分的高度或压平深度，单位为 $\mu\text{m}$ 。

$Ra_1$ 、 $Ra_2$ —分别为被包容件及包容件配合表面粗糙度轮廓算数平均偏差，单位为 $\mu\text{m}$ 。

实践证明，不平度较小的两表面相配合时贴合的情况较好，从而可提高连接的紧固性。





## 第二讲 过盈连接的设计计算

过盈连接的强度包括两个方面，即连接的强度及连接零件的强度。按上述方法选出的标准过盈配合已能够保证连接的强度，在此只讨论连接零件的强度问题。

过盈连接零件本身的强度，可按材料力学中阐明的厚壁圆筒强度计算方法进行校核。

首先按所选的标准过盈配合种类查算出最大过盈量  $\delta_{\max}$ ，求出最大径向压力  $p_{\max}$ ，然后根据  $p_{\max}$  来校核连接零件本身的强度。

$$p_{\max} = \frac{\delta_{\max}}{d\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right) \times 10^3}$$





## 第二讲 过盈连接的设计计算

当包容件（被包容件）为脆性材料时，其主要破坏形式是包容件内表层断裂，可按最大轴向拉（压）应力用第一强度理论进行校核。强度校核公式为：

$$\text{对被包容件 } p_{\max} \leq \frac{d^2 - d_1^2}{2d^2} \frac{\sigma_{B1}}{2 \sim 3} \quad \text{对包容件 } p_{\max} \leq \frac{d_2^2 - d^2}{d_2^2 + d^2} \frac{\sigma_{B2}}{2 \sim 3}$$

当零件材料为塑性材料时，则应按第四强度理论检验其承受最大应力的表层是否处于弹性变形范围内。不出现塑性变形的检验公式为：

$$\text{对被包容件内表层 } p_{\max} \leq \frac{d^2 - d_1^2}{2d^2} \sigma_{S1}$$

$$\text{对包容件内表层 } p_{\max} \leq \frac{d_2^2 - d^2}{\sqrt{3d_2^4 + d^4}} \sigma_{S2}$$





## 第二讲 过盈连接的设计计算

采用压入法装配时，为了选择所需压力机的容量，应将其最大压入力、压出力按下列公式算出：

最大压入力  $F_i = f\pi dlp_{\max}$

最大压出力  $F_0 = (1.3 \sim 1.5)F_i = (1.3 \sim 1.5)f\pi dlp_{\max}$





## 第二讲 过盈连接的设计计算

采用胀缩法装配时，包容件的加热温度  $t_2$  或被包容件的冷却温度  $t_1$ （单位均为 $^{\circ}\text{C}$ ）可按下列式计算：

$$t_2 = \frac{\delta_{\max} + \Delta_0}{\alpha_2 d \times 10^3} + t_0 \qquad t_1 = -\frac{\delta_{\max} + \Delta_0}{\alpha_1 d \times 10^3} + t_0$$

式中： $\delta_{\max}$ —所选得的标准配合在装配前的最大过盈量， $\mu\text{m}$ 。

$\Delta_0$ —装配时为了避免配合面互相擦伤所需的最小间隙。

$d$ —配合的公称直径， $\text{mm}$ 。

$\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ —被包容件及包容件材料的线膨胀系数。

$t_0$ —装配环境的温度， $^{\circ}\text{C}$ 。





## 第二讲 过盈连接的设计计算

当有必要计算过盈连接装配后包容件外径胀大量及被包容件内径缩小量时，可按下列公式计算：

包容件外径最大胀大量  $\Delta d_{2\max} = \frac{2p_{\max}d_2d^2}{E_2(d_2^2 - d^2)}$

被包容件内径最大缩小量  $\Delta d_{1\max} = \frac{2p_{\max}d_1d^2}{E_1(d^2 - d_1^2)}$

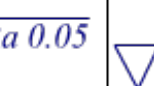
式中， $\Delta d_{2\max}$ 和  $\Delta d_{1\max}$  的单位为mm。





## 第二讲 过盈连接的设计计算

加工方法、表面粗糙度及轮廓算术平均偏差  $Ra$

| 加工方法             | 精车或精镗，中等磨光，刮（每平方厘米内有1.5~3个点）  |   | 铰，精磨，刮（每平方厘米内有3~5个点）  |   | 钻石刀头镗，镗磨   |   | 研磨，抛光，超精加工等   |   |   |
|------------------|---|---|---|---|--|---|---|---|---|
| 表面粗糙度代号          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $Ra/\mu\text{m}$ | 3.2   | 1.6   | 0.8   | 0.4   | 0.2  | 0.1   | 0.05  | 0.025   | 0.012   |

