

# T6-12：试设计单击闭合式减速用外啮合直齿圆柱齿轮传动。

已知条件：

- 传动比  $i = 4.6$
- 传递功率  $P = 30 \text{ kW}$
- 转速  $n_1 = 730 \text{ r/min}$
- 长期双向传动，载荷有中等冲击
- 要求结构紧凑
- $z_1 = 27$
- 大小齿轮都用 40Cr 表面淬火

## (1) 齿轮材料的选择

长期双向传动，要求结构紧凑且齿轮进行表面淬火，因此选用的齿轮为硬齿面齿轮。

大小齿轮均用 **40Cr 调质钢**，表面淬火，查表 6-5 可得：**48~55HRC**。

## (2) 校核齿根弯曲强度

一对钢制外啮合齿轮的轮齿弯曲强度设计公式用式：

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\psi_d z_1^2} \left( \frac{Y_{FS}}{[\sigma_F]} \right)} \quad (\text{mm})$$

① 计算小齿轮传递的扭矩  $T_1$

$$T_1 = 9.55 \times 10^6 \frac{P_1}{n_1} = 9.55 \times 10^6 \times \frac{30}{730} = 392466 \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

② 确定齿数

小齿轮齿数  $z_1 = 27$ ，大齿轮齿数  $z_2 = z_1 \times i = 124.2$ ，取  $z_2 = 124$ 。

③ 确定精度等级

转速不高，功率不大，选择齿轮精度为 **8级**。

#### ④ 确定齿宽系数

取  $\psi_d = 0.6$  (查表 6-9 得: 0.4~0.9)。

#### ⑤ 确定载荷综合系数

载荷有中等冲击, 对称布置, 轴的刚度较大, 取载荷综合系数  $K = 2.1$  (2.1~2.3)。

#### ⑥ 确定复合齿形系数

根据  $z_1$ 、 $z_2$  由图 6-30 查的  $Y_{Fs1} = 4.19$ ,  $Y_{Fs2} = 3.92$ 。

#### ⑦ 确定许用弯曲应力 $[\sigma_F]$

由图 6-31 查得  $\sigma_{Flim1} = \sigma_{Flim2} = \sigma_{Flim} = 480 \sim 880$  MPa, 取  $\sigma_{Flim} = 800$  MPa。

由表 6-8 查得, 表值  $S_{Hmin} = 1.5$ 。对于长期双向传动的齿轮因其齿根受对称循环弯曲应力, 应将表值  $\sigma_{Flim}$  乘以 0.7 故有:

$$[\sigma_{F1}] = [\sigma_{F2}] = \frac{\sigma_{Flim} \times 0.7}{S_{Fmin}} = \frac{800 \times 0.7}{1.5} = 373 \text{ MPa}$$

#### ⑧ 计算模数

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\psi_d z_1^2} \left( \frac{Y_{FS}}{[\sigma_F]} \right)} = \sqrt[3]{\frac{2 \times 2.1 \times 392466}{0.6 \times 27^2} \left( \frac{4.19}{373} \right)} = 3.485 \text{ mm}$$

由表 6-1 取标准值  $m = 4$  mm。

#### ⑨ 计算齿轮主要尺寸及圆周速度

##### • 分度圆直径:

$$d_1 = mz_1 = 27 \times 4 = 108 \text{ mm}; \quad d_2 = mz_2 = 124 \times 4 = 496 \text{ mm}$$

##### • 中心距:

$$a = \frac{m}{2}(z_1 + z_2) = \frac{4}{2}(27 + 124) = 302 \text{ mm}$$

##### • 齿轮齿宽:

$$b = \psi_d \cdot d_1 = 0.6 \times 108 = 64.8 \text{ mm}$$

取大齿轮实际齿宽  $b_2 = 65$  mm (满足  $b_2 > b$ )。

为了便于安装和补偿轴向尺寸误差, 齿轮减速器中一般将小齿轮实际齿宽  $b_1$  比大齿轮实际齿宽大 5 ~ 10 mm, 故取小齿轮实际齿宽  $b_1 = 70$  mm。

##### • 圆周速度:

$$v = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \times 1000} = \frac{\pi \times 108 \times 730}{60 \times 1000} = 4.13 \text{ m/s}$$

由表 6-4 可知取用 **8级精度**。

### (3) 校核齿面接触强度

一对钢制外啮合齿轮齿面接触强度的校核公式用式：

$$\sigma_H = Z_E Z_H \sqrt{\frac{(\mu \pm 1) 2KT_1}{\mu b d_1^2}} \leq [\sigma_H] \quad (\text{mm})$$

#### ① 确定许用接触应力

由图 6-28 查得  $\sigma_{Hlim1} = \sigma_{Hlim2} = \sigma_{Hlim} = 980 \sim 1370 \text{ MPa}$ ，取  $\sigma_{Hlim} = 1300 \text{ MPa}$ 。

由表 6-8 查得  $S_{Hmin} = 1.25$ ，故有：

$$[\sigma_H] = [\sigma_{H1}] = [\sigma_{H2}] = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_{Hlim}} = \frac{1300}{1.25} = 1040 \text{ MPa}$$

#### ② 式中已知参数

$K = 2.1$ ， $T_1 = 392466 (\text{N} \cdot \text{mm})$ ， $m = 4 \text{ mm}$ ， $b = 65 \text{ mm}$  (计算接触强度时取较小齿宽)。

#### ③ 确定系数

查表 6-7 可得弹性系数  $Z_E = 189.8 \sqrt{\text{MPa}}$ 。

对于标准圆柱齿轮  $Z_H = 2.5$ 。

#### ④ 校核计算

对于小齿轮 (实际上由于材料相同，只需校核一次，但公式中分母用的是  $b_1$  和  $b_2$  区别)：

$$\sigma_{H1} = Z_E Z_H \sqrt{\frac{(\mu + 1) 2KT_1}{\mu b_1 d_1^2}} = 189.8 \times 2.5 \sqrt{\frac{4.6 + 1}{4.6} \times \frac{2 \times 2.1 \times 392466}{65 \times 108^2}} = 771.96 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{H1} = 771.96 \text{ MPa} < 1040 \text{ MPa} = [\sigma_{H1}]$$

$$\sigma_{H2} = Z_E Z_H \sqrt{\frac{(\mu + 1) 2KT_1}{\mu b_2 d_1^2}} = 189.8 \times 2.5 \sqrt{\frac{4.6 + 1}{4.6} \times \frac{2 \times 2.1 \times 392466}{70 \times 108^2}} = 743.88 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{H2} = 743.88 \text{ MPa} < 1040 \text{ MPa} = [\sigma_{H2}]$$

**结论：齿面接触强度校核计算安全。**