

题 6-12

解:

40Cr 表面淬火后为硬齿面齿轮, 对于闭式硬齿面齿轮传动, 先按齿根弯曲疲劳强度进行设计计算, 然后校核齿面接触强度。

(1) 按弯曲疲劳强度进行设计

由《机械设计》图 6-31 知: 40Cr 表面淬火弯曲疲劳极限取 $\sigma_{\text{Flim}} = 720\text{MPa}$, 对于长期双向传动的齿轮, 因齿根受对称循环弯曲应力, $\sigma_{\text{Flim}} = 0.7 * 720\text{MPa} = 504\text{MPa}$ 。

由《机械设计》图 6-30 知: 对于 $z_1 = 27$, 复合齿形系数 $Y_{\text{Fs1}} = 4.3$; 大齿轮 $z_2 = z_1 * i = 27 * 4.7 \approx 124$, 复合齿形系数 $Y_{\text{Fs2}} = 3.9$ 。

由《机械设计》表 6-8 知: 齿根弯曲强度最小安全系数 $S_{\text{Fmin}} = 1.5$, 取 $S_{\text{F}} = 1.6$ 。

$$\begin{aligned} \text{则 } [\sigma_{\text{F1}}] &= [\sigma_{\text{F2}}] = \frac{\sigma_{\text{Flim}}}{S_{\text{F}}} = \frac{504}{1.6} = 315\text{MPa}; \\ \frac{Y_{\text{Fs1}}}{[\sigma_{\text{F1}}]} &= \frac{4.3}{315} \approx 0.01365, \quad \frac{Y_{\text{Fs2}}}{[\sigma_{\text{F2}}]} = \frac{3.9}{315} \approx 0.01238; \\ \frac{Y_{\text{Fs}}}{[\sigma_{\text{F}}]} &= \max\left(\frac{Y_{\text{Fs1}}}{[\sigma_{\text{F1}}]}, \frac{Y_{\text{Fs2}}}{[\sigma_{\text{F2}}]}\right) = \frac{Y_{\text{Fs1}}}{[\sigma_{\text{F1}}]} = 0.01365; \end{aligned}$$

由《机械设计》表 6-6 知: 硬齿面齿轮双向传动、载荷有中等冲击时, 取载荷系数 $K=1.6$;

$$\text{扭矩 } T_1 = \frac{P}{\omega_1} = \frac{30000}{\frac{730 * 2\pi}{60}} = 392.4\text{N} * \text{m};$$

由《机械设计》表 6-9 知: 硬齿面齿轮对称布置时齿宽系数 $\psi_{\text{d}} = 0.4 \sim 0.9$, 取 $\psi_{\text{d}} = 0.9$;

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\psi_{\text{d}}z_1^2} \left(\frac{Y_{\text{Fs}}}{[\sigma_{\text{F}}]}\right)} = \sqrt[3]{\frac{2 * 1.6 * 392.4 * 10^3}{0.9 * 27^2} * 0.01365} \approx 2.967\text{mm};$$

取 $m = 3$, 则 $d_1 = mz_1 = 3 * 27 = 81\text{mm}$,

$$d_2 = mz_2 = 3 * 124 = 372\text{mm}。$$

(2) 校核齿面接触疲劳强度

由《机械设计》表 6-7 知：钢与钢的弹性系数 $Z_E = 189.8\sqrt{\text{MPa}}$ ；

$$\text{标准齿轮节点区域系数 } Z_H = \sqrt{\frac{2}{\sin\alpha\cos\alpha}} = 2.5；$$

$$\text{齿宽 } b = \varphi_d * d_1 = 0.9 * 81 = 72.9\text{mm}, \text{ 取 } b = 72\text{mm}；$$

$$\text{齿数比 } u = \frac{z_2}{z_1} = 4.6；$$

$$\text{则 齿 面 接 触 应 力 } \sigma_H = Z_E Z_H \sqrt{\frac{2KT_1}{bd_1^2} \frac{u+1}{u}} = 189.8 * 2.5 *$$

$$\sqrt{\frac{2*1.6*392.4*10^3}{72*81^2} * \frac{4.6+1}{4.6}} \approx 854.2\text{MPa}；$$

由《机械设计》表 6-28 知：40Cr 表面淬火接触疲劳极限取 $\sigma_{Hlim} = 1180\text{MPa}$ ；

由《机械设计》表 6-8 知：齿根弯曲强度最小安全系数 $S_{Hmin} = 1.25$ ，取 $S_H = 1.25$ ；

$$\text{则许用接触应力 } [\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_H} = \frac{1180}{1.25} \approx 944\text{MPa}；$$

$\sigma_H = 854.2\text{MPa} < [\sigma_H] = 944\text{MPa}$ ，满足接触疲劳强度要求。