

第七讲 齿轮传动

例题

【例题】试设计闭式圆柱齿轮传动，已知 $P_1 = 7.5\text{kW}$ ， $n_1 = 1450\text{r/min}$ ， $n_2 = 700\text{r/min}$ ，二班制，工作 8 年，齿轮对轴承不对称布置，传动平稳，齿轮精度为 7 级。

【解】(1) 选择齿轮材料、热处理方式和精度等级。一般传动，大小齿轮均选用 45 号钢，采用软齿面，小齿调质，齿面硬度 (217-255) HBW，平均硬度为 236HBW；大齿正火，齿面硬度为(162-217)HBW，平均硬度 190HBW，7 级精度。

(2) 初步确定主要传动尺寸。采用直齿轮软齿面闭式传动，按照齿面接触疲劳强度进行设计：

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\phi_d} \frac{u+1}{u} \left(\frac{Z_E Z_H Z_\varepsilon}{[\sigma]_H}\right)^2}$$

式中参数为：

$$T_1 / \text{N}\cdot\text{mm} = 9.55 \times 10^6 P_1 / n_1 = 9.55 \times 10^6 \times \frac{7.5}{1450} = 49396.5 ;$$

$$P_C \geq f_1 f_2 P$$

初选载荷系数 $K=1.3$ ；

由参考文献[1]表 6.6 查得齿宽系数 $\phi_d = 1.0$ ；

由参考文献[1]表 6.5 查得弹性系数 $Z_E = 189.8\sqrt{\text{MPa}}$ ；

由参考文献[1]图 6.15 查节点区域系数 $Z_H = 2.5$ ；

齿数比 $u=1450/700=2.07$ ；

初选齿数 $Z_1 = 23$ ，则 $Z_2 = 23 \times 2.07 = 47.6$ ，取 $z_2=47$ ；

由参考文献[1]式 6.1，得出：

$$\varepsilon_a = [1.88 - 3.2(1/z_1 + 1/z_2)] \cos \beta = [1.88 - 3.2(1/23 + 1/47)] \cos 0^\circ = 1.809$$

由参考文献[1]图 6.16 查得 $Z_\varepsilon = 0.860$;

许用接触应力可由参考文献[1]式 6.26 求得

$$[\sigma]_H = \frac{\sigma_{H\lim} Z_N}{S_H}$$

其中 $\sigma_{H\lim 1} / \text{MPa} = 570, \sigma_{H\lim 2} / \text{MPa} = 390$ ，由参考文献[1]表 6.7 取安全系数 $S_H = 1.0$ ， $N_1 = 60naL_h = 60 \times 1450 \times 1 \times 2 \times 8 \times 8 \times 250 = 2.784 \times 10^9$ ， $N_2 = 1.34 \times 10^9$ ，由参考文献[1]图 6.30 查得 $Z_{N1} = Z_{N2} = 1$ ；

故：

$$[\sigma]_{H1} / \text{MPa} = \frac{\sigma_{H\lim 1} Z_{N1}}{S_H} = \frac{570 \times 1}{1} = 570$$

$$[\sigma]_{H2} / \text{MPa} = \frac{\sigma_{H\lim 2} Z_{N2}}{S_H} = \frac{390 \times 1}{1} = 390$$

比较两个许用应力的大小，得出：

$$[\sigma]_H = [\sigma]_{H2} = 390 \text{MPa}。$$

小齿轮分度圆的直径：

$$d_{1r} / \text{mm} \geq \sqrt[3]{\frac{2 \times 1.3 \times 47173.7 \times (2.07 + 1)}{1 \times 2.07} \left(\frac{189.8 \times 2.5 \times 0.860}{390} \right)^2} = 58.4$$

(3) 确定传动尺寸。

1) 计算载荷系数 K 。由参考文献[1]表 6.3 查得使用系数 $K_A = 1.0$ ，齿轮线速度如下式：

$$v / (\text{m/s}) = \frac{\pi d_{1r} n_1}{60 \times 1000} = \frac{3.14 \times 1450 \times 58.4}{60 \times 1000} = 4.43$$

由参考文献[1]图 6.7 查得动载系数 $K_v = 1.14$ ；由参考文献[1]图 6.12 查得齿向载荷分布系数 $K_\beta = 1.18$ （参照轴刚性大）；由参考文献[1]表 6.4 查得齿间载荷系数 $K_\alpha = 1.1$ ，所以

$$K = K_A K_v K_\beta K_\alpha = 1 \times 1.14 \times 1.18 \times 1.1 = 1.48。$$

2) 由于 K 值初选与计算值有较大差异, 要对 d_{1r} 进行修正

$$d_1 / \text{mm} = d_{1r} \sqrt[3]{\frac{K}{K_t}} = 58.4 \times \sqrt[3]{\frac{1.48}{1.3}} = 60.98$$

3) 确定模数 $m / \text{mm} = d_1 / z_1 = 60.98 / 23 = 2.65$, 由参考文献[1]表 6.1, 选择模数为 $m=3\text{mm}$ 。

4) 计算传动尺寸

中心距

$$a / \text{mm} = \frac{1}{2} m(z_1 + z_2) = \frac{1}{2} \times 3 \times (23 + 47) = 105。$$

$$d_1 / \text{mm} = mz_1 = 3 \times 23 = 69$$

$$d_2 / \text{mm} = mz_2 = 3 \times 47 = 141$$

$$b / \text{mm} = \phi_d d_1 = 1 \times 69 = 69$$

取 $b_1 / \text{mm} = 75$
 $b_2 / \text{mm} = 70$

(4) 校核齿根弯曲强度 (略)

(5) 计算齿轮其它几何尺寸 (略)

(6) 结构设计并绘制齿轮零件工作图 (略)

习题

1. 齿轮有哪些失效形式? 对每种失效形式分别可以采用哪些防止失效的措施?
2. 闭式和开式齿轮传动在设计上有何不同特点?
3. 计算轮齿应力时为什么不用名义载荷而用计算载荷?
4. 使用系数 和动载荷系数 都是考虑动载荷影响的系数, 两者有何区别?
5. 引起内部动载荷的原因是什么? 有哪些措施可以使其减小?
6. 齿向载荷分布不均是怎么产生的? 哪些因素影响其不均的程度?

-
- 7.提高轮齿的抗点蚀能力和抗弯曲能力有哪些可能的措施?
 - 8.齿根弯曲应力计算公式中的 Y_F 、 Y_S 、 Y_ϵ 、 Y_β 的意义是什么?
 - 9.齿轮传动中,相啮合两齿轮的齿面接触应力和齿根弯曲应力是否相等?为什么?
 - 10.锥齿轮与圆柱齿轮在强度计算方面有何异同?
 - 11.是否可以改变齿轮参数,减轻齿轮传动质量?

参考文献

- [1] 宋宝玉,王黎钦主编,《机械设计》,高等教育出版社,2010.5
- [2] 王黎钦,陈铁鸣主编,《机械设计》(第五版),哈工大出版社,2014.1
- [3] 宋宝玉主编,《机械设计课程设计指导书》,高等教育出版社,2010.5
- [4] 张锋,古乐主编,《机械设计课程设计》(第五版),哈工大出版社,2012.12
- [5] 张锋,宋宝玉主编,《机械设计大作业指导书》,高等教育出版社,2009.10

百度网-图片-视频

优酷土豆网-图片-视频

搜狗网-图片-视频