

齿轮传动



防齿面点蚀，按齿面接触疲劳强度计算
防轮齿折断，按齿根弯曲疲劳强度计算



小齿轮齿根强度较弱
小齿轮的应力循环次数较多
当大小齿轮有较大硬度差时，较硬的小齿轮会对较软的大齿轮齿面产生冷硬化作用，可提高大齿轮的接触疲劳强度

齿轮传动精度等级的选择及其应用

精度等级	圆周速度 v(m/s)			应用
	直齿圆柱齿轮	斜齿圆柱齿轮	直齿圆锥齿轮	
6级	≤15	≤25	≤9	高速重载齿轮传动，如飞机、汽车和机床中的重要齿轮；分度机构的齿轮传动。
7级	≤10	≤17	≤6	高速中载或低速重载齿轮传动，如飞机、汽车和机床中的重要齿轮；分度机构的齿轮传动。
8级	≤5	≤10	≤3	机械制造中对精度无特殊要求的齿轮。
9级	≤3	≤3.5	≤2.5	低速及对精度要求低的齿轮

传动精度

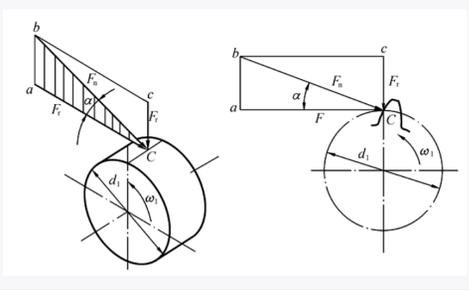
$$F_t = \frac{2T_1}{d_1}$$

$$F_r = F_t \cdot \tan \alpha$$

$$F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha}$$

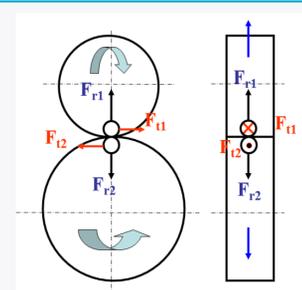
力的计算：

$$T_1 = 10^6 \cdot \frac{P}{\omega_1} = 9.55 \times 10^6 \cdot \frac{P}{n_1}$$
 其中， T_1 —小齿轮转矩 N·mm，
 d_1 —小齿轮分度圆直径 mm，
 P —功率 kw， n —转速 r/min



作用力分析与计算载荷

F_t — F_{t1} (主动) : 与 v_1 反向, 受阻力
 F_{t2} (从动) : 与 v_2 反向, 受推力
 F_r — 由啮合点指向各自轮心
 方向判断：
 $F_{t1} = -F_{t2}$
 $F_{r1} = -F_{r2}$ } 作用力与反作用力关系



强度计算

计算位置：点蚀往往先在节线附近的齿根表面产生，因此，接触强度计算通常以节点为计算依据。

校核公式：
$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_E \cdot \sqrt{\frac{KF_t}{bd_1} \cdot \frac{u \pm 1}{u}} = Z_H \cdot Z_E \cdot \sqrt{\frac{2KT_1}{\phi_d d_1^3} \cdot \frac{u \pm 1}{u}} \leq [\sigma_H]$$

其中， $u = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$

设计公式：
$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\phi_d} \cdot \frac{u \pm 1}{u} \cdot \left(\frac{Z_H Z_E}{[\sigma_H]}\right)^2}$$

$Z_E = \sqrt{\frac{1}{\pi \left[\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right]}}$
 $Z_H = \sqrt{\frac{2}{\cos^2 \alpha \tan \alpha}}$
 $\phi_d = \frac{b}{d_1}$

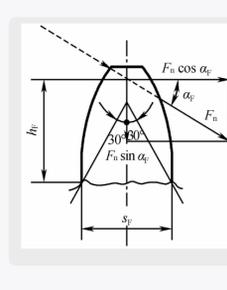
计算位置：用30°切线法确定。作与轮齿对称线成30°角并与齿根过渡曲线相切的两条直线，通过两切点与齿轮轴线平行的截面即为齿根危险截面。

校核公式：
$$\sigma_F = \frac{2KT_1 Y_F Y_S}{bd_1 m} = \frac{2KT_1 Y_F Y_S}{bz_1 m^2} \leq [\sigma_F]$$

其中， $Y_F = \frac{6 \left(\frac{h_F}{m} \right) \cos \alpha_F}{\left(\frac{S_F}{m} \right)^2 \cos \alpha}$

设计公式：
$$m \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_1 Y_F Y_S}{\phi_d z_1^2 [\sigma_F]}}$$

α_F 为危险截面上的压力角
 h_F 为危险截面的高度
 S_F 为危险截面高度起始点处的齿厚



设计

- 主要参数选择
 - 传动比：一般 $i < 7$
 - 模数与齿数：P193
 - 齿宽系数与齿宽：P194
- 齿轮精度选择P194
- 设计过程

齿轮的构造

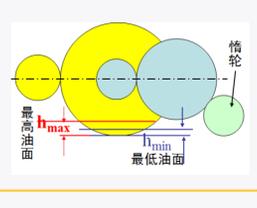
- d 很小 齿轮轴
- $d \leq 500$ mm
 - 实心齿轮
 - 腹板式齿轮(或带加强筋)
- 锻造或铸造
- $d \geq 400$ mm
 - 轮辐式齿轮
 - 组装式齿轮
- 铸铁或铸钢

润滑

- 开式齿轮传动 人工定期，油或脂润滑
- 闭式齿轮传动
 - 油池润滑 最低油面=1全齿高≥10mm，最高油面≤(1/3~1/6) 齿轮半径
 - 惰轮蘸油润滑
 - 多级齿轮
 - 喷油润滑

$v \leq 12$ m/s
 $v \geq 12$ m/s

齿轮传动润滑油粘度选取可通过查询《机械设计手册》



效率

损耗 啮合中的摩擦损耗、搅动润滑油的油阻损耗、轴承中的摩擦损耗

齿轮传动的平均效率

传动装置	6级或7级精度的闭式传动	8级精度的闭式传动	开式传动
圆柱齿轮	0.98	0.97	0.95
圆锥齿轮	0.97	0.96	0.93

平均效率