



石家莊鐵道大學  
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

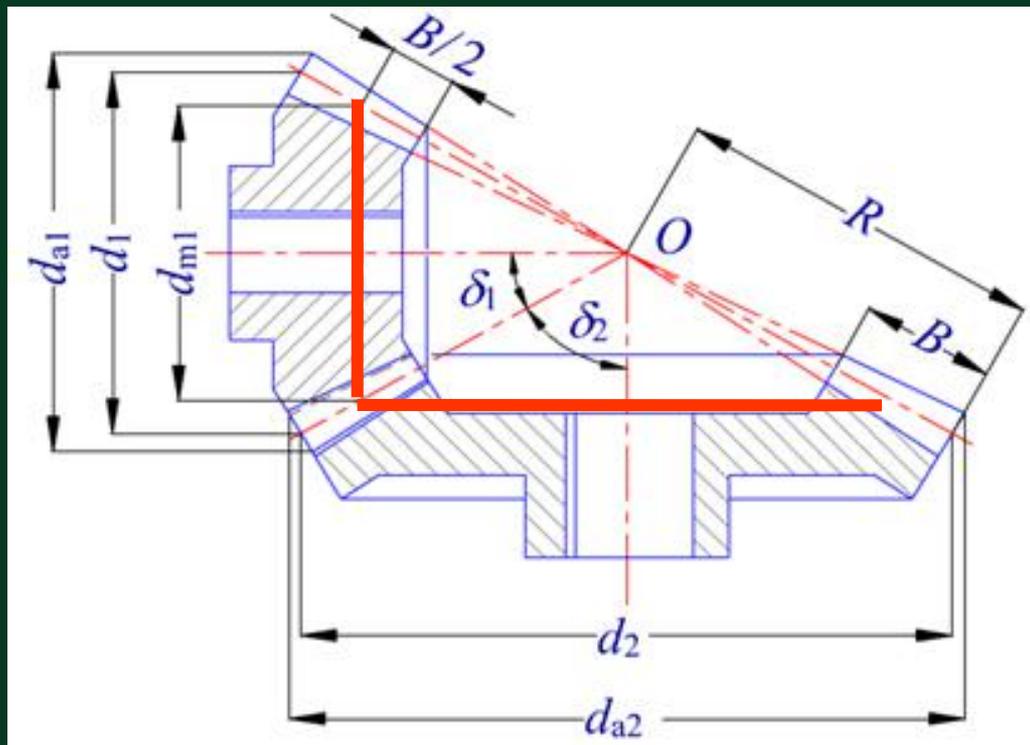
齿轮传动

锥齿轮传动的强度计算

主讲：李杰

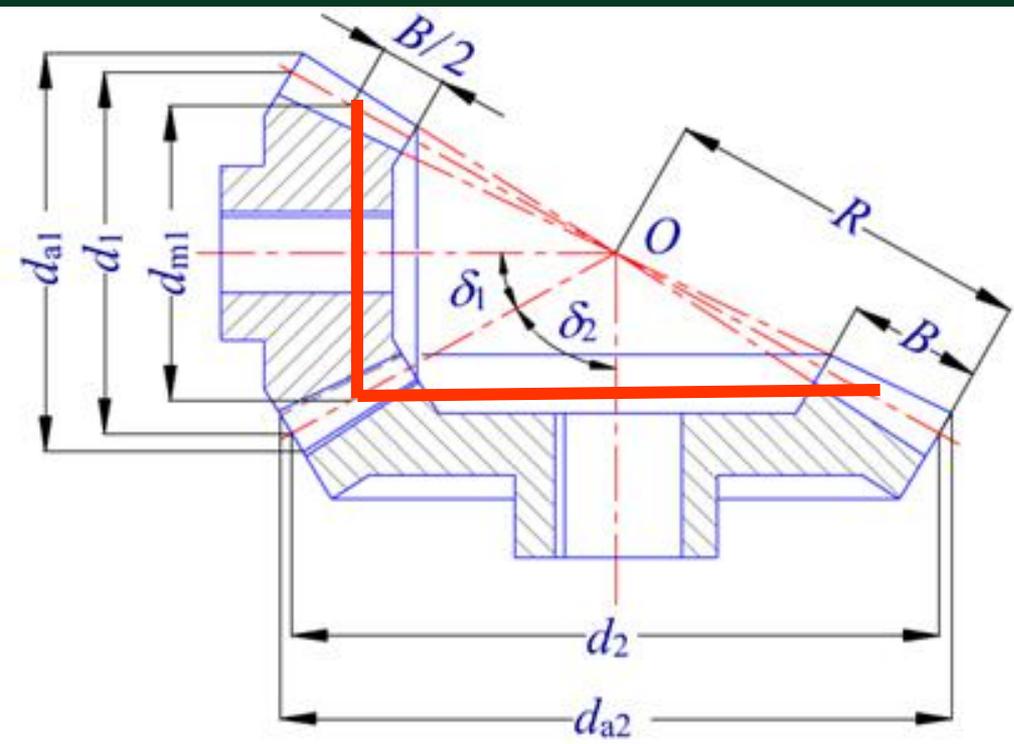
- 一、设计参数 ( $\Sigma=90^\circ$ )
- 二、轮齿受力分析
- 三、齿根弯曲疲劳强度计算
- 四、齿面接触疲劳强度计算
- 五、小结

# 一、设计参数 ( $\Sigma=90^\circ$ )



- 大端参数为标准值；
- 强度计算以锥齿轮齿宽中点处的当量齿轮作为计算时的依据。

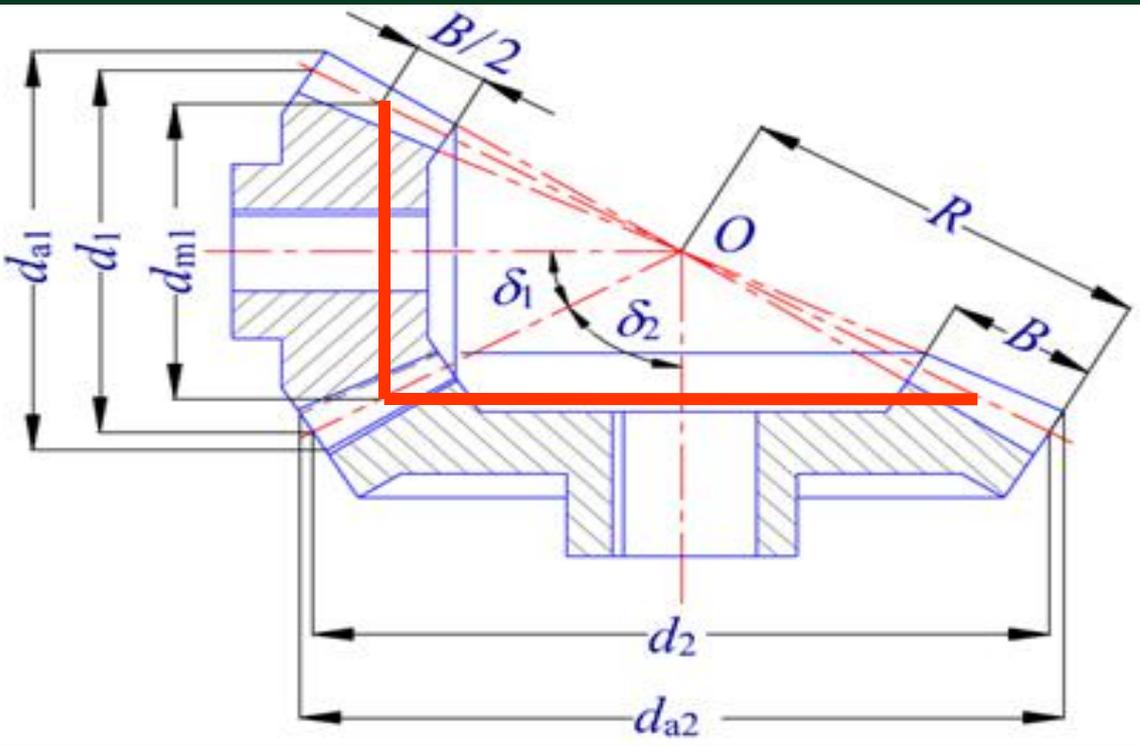
# 一、设计参数 ( $\Sigma=90^\circ$ )



$$R_m = R - 0.5b$$

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \operatorname{ctg} \delta_1 = \operatorname{tg} \delta_2 \quad R = \sqrt{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{d_2}{2}\right)^2} = d_1 \frac{\sqrt{u^2 + 1}}{2}$$

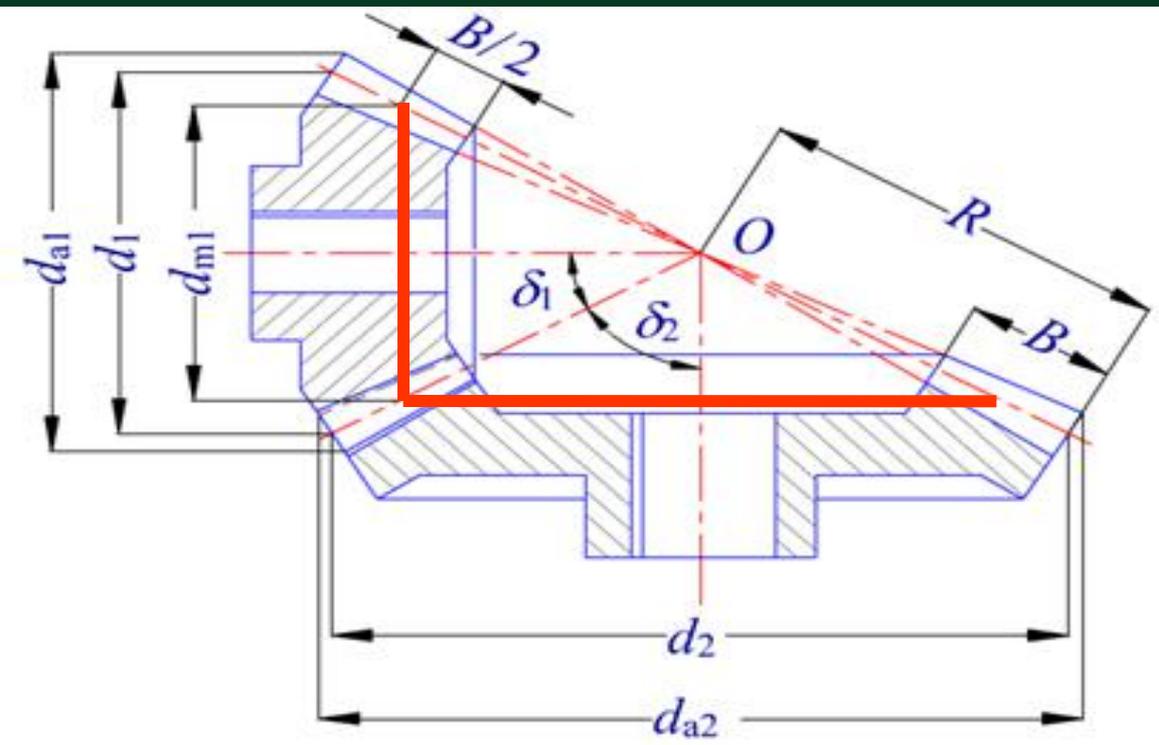
# 一、设计参数 ( $\Sigma=90^\circ$ )



$$\phi_R = \frac{b}{R} = 0.25 \sim 0.35 \text{ 常取 } \phi_R = \frac{1}{3}$$

$$d_m = d(1 - 0.5\phi_R)$$

# 一、设计参数 ( $\Sigma=90^\circ$ )

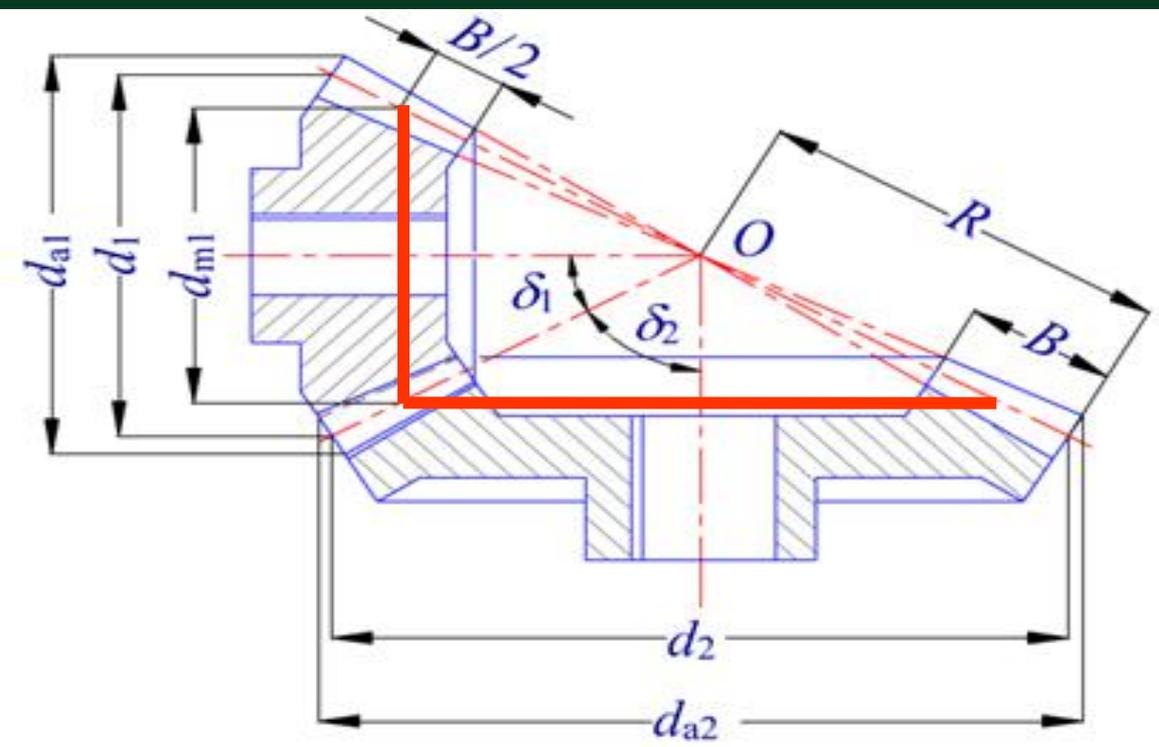


$$z_v = \frac{d_v}{m_m} = \frac{2r_v}{m_m} = \frac{z}{\cos \delta}$$

为了保证不根切，应有  $z_v \geq 17$



# 一、设计参数 ( $\Sigma=90^\circ$ )

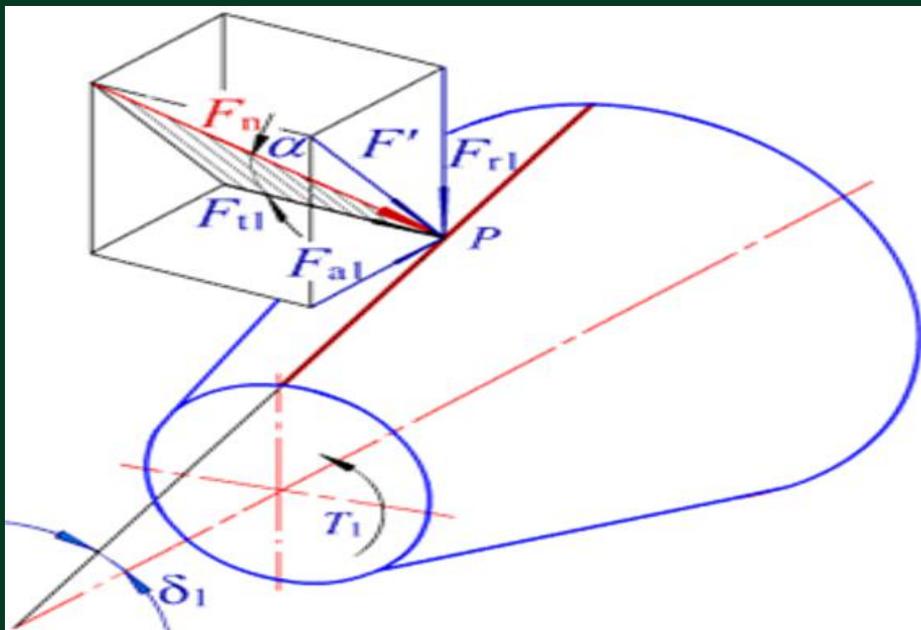


齿宽中点当量齿轮模数  $m_m = m(1 - 0.5\phi_R)$

## 二、轮齿受力分析

一直齿锥齿轮齿面上所受的法向载荷 $F_n$ 通常视为集中作用在平均分度圆上

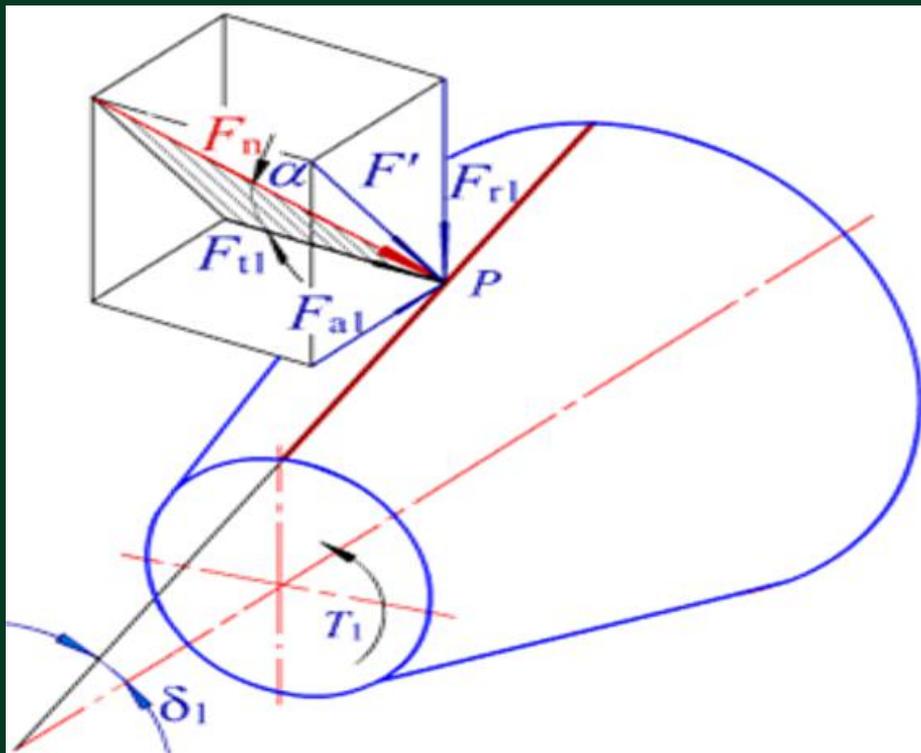
- 在齿宽中点的法向截面内。



## 二、轮齿受力分析

圆周力  $F_t = \frac{2T_1}{d_{m1}}$

主动轮上为阻力，  
从动轮上为动力。



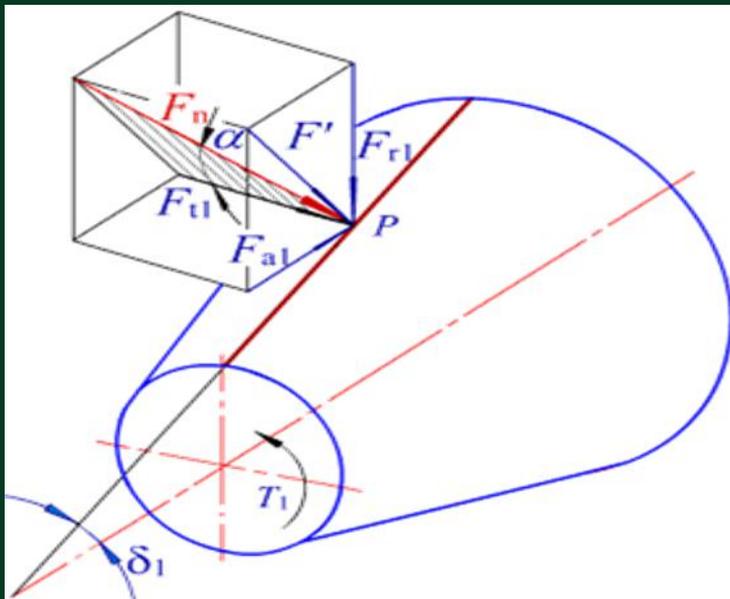
## 二、轮齿受力分析

$$F' = F_t \operatorname{tg} \alpha$$

轴向力

$$F_a = F_t \operatorname{tg} \alpha \sin \delta$$

由小端指向大端；



## 二、轮齿受力分析

径向力

$$\begin{aligned}F_{r1} &= F' \cos \delta_1 \\ &= F_{t1} \operatorname{tg} \alpha_1 \cos \delta_1\end{aligned}$$

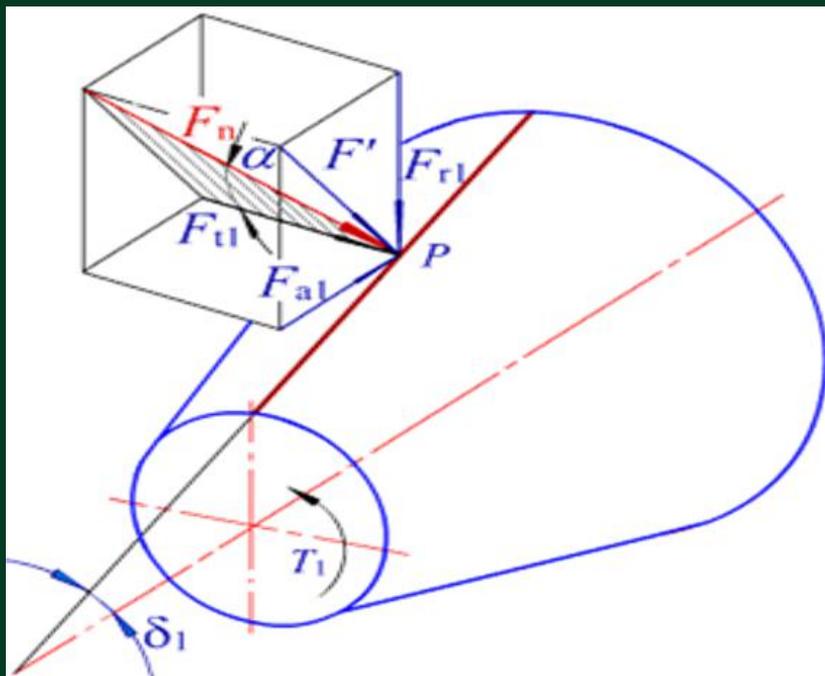
指向各自的轴心；

$\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$  时：

$$\sin \delta_1 = \cos \delta_2$$

$$\cos \delta_1 = \sin \delta_2$$

$$\therefore F_{t1} = -F_{a2} \text{ 或 } F_{a1} = -F_{t2}$$



# 三、齿根弯曲疲劳强度计算

- 直接沿用直齿轮强度计算公式
- 近似按平均分度圆处的当量圆柱齿轮计算

$$\begin{aligned} \text{校核式 } \sigma_F &= \frac{KF_t}{bm_m} Y_{Fa} Y_{Sa} \\ &= \frac{KF_t}{bm(1-0.5\phi_R)} Y_{Fa} Y_{Sa} \\ &= \frac{4KT_1}{\phi_R m^3 (1-0.5\phi_R)^2 z_1^2 \sqrt{u^2+1}} Y_{Fa} Y_{Sa} \leq [\sigma_F] \end{aligned}$$

# 三、齿根弯曲疲劳强度计算

- 直接沿用直齿轮强度计算公式
- 近似按平均分度圆处的当量圆柱齿轮计算

设计式

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{4KT_1}{\phi_R(1-0.5\phi_R)^2 z_1^2 \sqrt{u^2+1}} \frac{Y_{Fa} Y_{Sa}}{[\sigma_F]}}$$

# 三、齿根弯曲疲劳强度计算

- 直接沿用直齿轮强度计算公式
- 近似按平均分度圆处的当量圆柱齿轮计算

- 说明

- 载荷系数  $K = K_A K_V K_\alpha K_\beta$ 
  - »  $K_\alpha = 1$
  - »  $K_V$  按比直齿轮低一级精度选取
  - »  $K_{F\beta} = K_{H\beta} = 1.5 K_{H\beta be}$  ( $K_{H\beta be}$  为轴承系数)
- $Y_{Fa}$ 、 $Y_{Sa}$  按照当量齿数  $z_v$  查表。

## 四、齿面接触疲劳强度计算

— 齿面接触疲劳强度，按齿宽中点处的当量圆柱齿轮计算，利用赫兹公式并代入齿宽中点处的当量齿轮相应参数。

— 综合曲率半径

$$\begin{aligned}\frac{1}{\rho_{\Sigma}} &= \frac{1}{\rho_{v1}} + \frac{1}{\rho_{v2}} = \frac{2}{d_{v1} \sin \alpha} + \frac{2}{u_v d_{v1} \sin \alpha} \\ &= \frac{2 \cos \delta_1}{d_{m1} \sin \alpha} \left( 1 + \frac{1}{u_v} \right)\end{aligned}$$

## 四、齿面接触疲劳强度计算

— 齿面接触疲劳强度，按齿宽中点处的当量圆柱齿轮计算，利用赫兹公式并代入齿宽中点处的当量齿轮相应参数。

校核式 
$$\sigma_H = 5 Z_E \sqrt{\frac{KT_1}{\phi_R (1 - 0.5\phi_R)^2 d_1^3 u}} \leq [\sigma_H]$$

设计式 
$$d_1 \geq 2.92 \sqrt[3]{\left(\frac{Z_E}{[\sigma_H]}\right)^2 \frac{KT_1}{\phi_R (1 - 0.5\phi_R)^2 u}}$$

- 一、设计参数 ( $\Sigma=90^\circ$ )
- 二、轮齿受力分析
- 三、齿根弯曲疲劳强度计算
- 四、齿面接触疲劳强度计算