



# 6 齿轮机构及其设计

---

**6-1 齿轮机构的应用及分类**

**6-2 齿廓啮合基本定律**

**6-3 渐开线及渐开线齿廓**

**6-4 渐开线齿轮的主要参数**

**6-5 渐开线直齿圆柱齿轮传动**



# 6 齿轮机构及其设计

---

**6-6 渐开线齿轮的加工与根切**

**6-7 变位齿轮及其传动**

**6-8 平行轴斜齿圆柱齿轮传动**

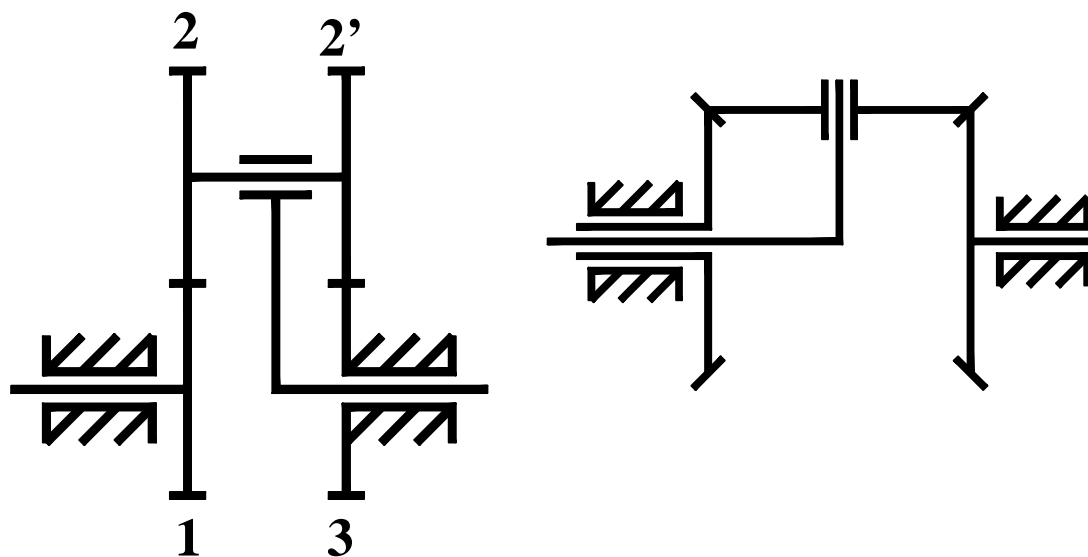
**6-9 圆锥齿轮传动**

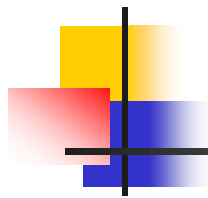
**6-10 蜗杆传动**

## 6 齿轮机构及其设计

## ■ 思考题

### ■ 计算以下轮系的自由度





## 6-1 齿轮机构的应用及分类

---

- 两轮相对运动：平面与空间齿轮机构两类。
- 平面齿轮机构按轮齿走向分为：  
直齿、斜齿、人字齿等。
- 空间齿轮机构分为：  
圆锥、交错轴斜齿、蜗杆、准双曲等。
- 按齿面形状可分为：  
渐开线(1765) 与 圆弧(1950)等。

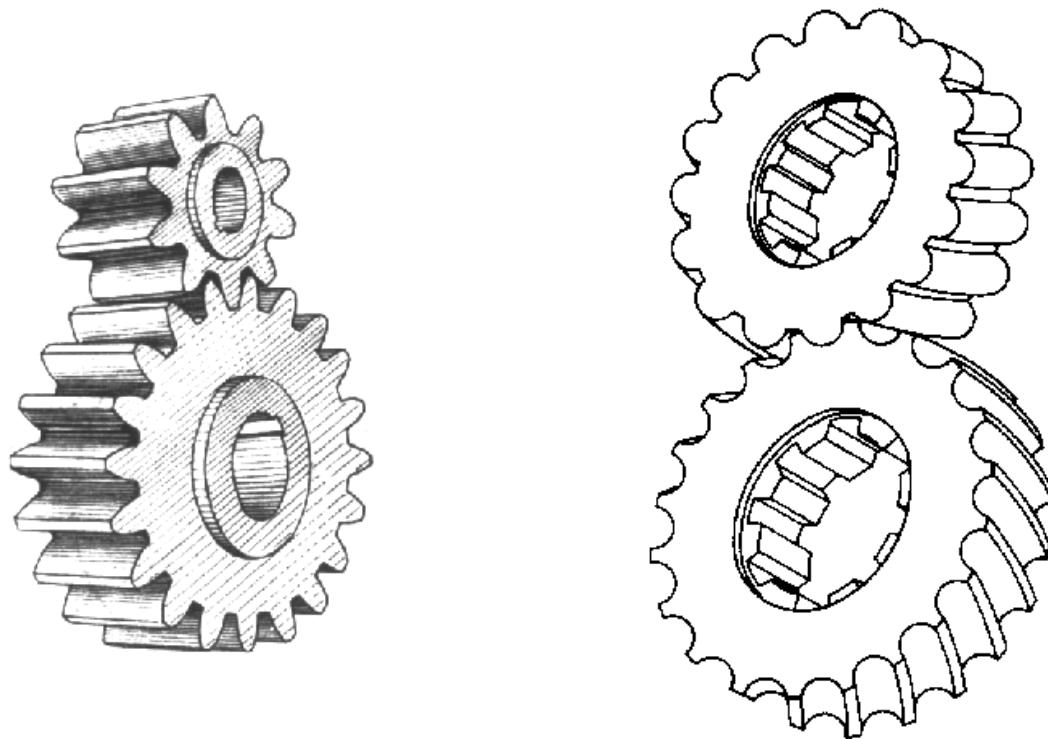
## 6-1 齿轮机构的应用及分类

- 准双曲面齿轮机构：

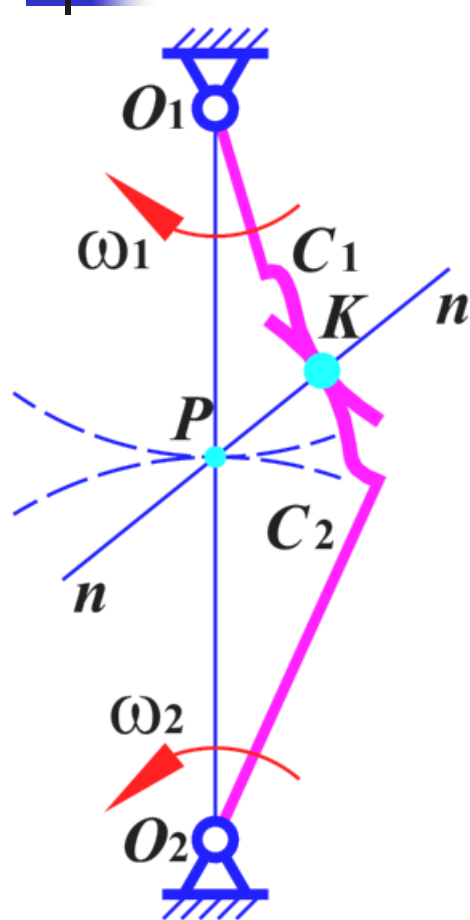


## 6-1 齿轮机构的应用及分类

- 渐开线齿轮与圆弧齿轮机构：



## 6-2 齿廓啮合基本定律



$K$  啮合点  
 $P$ : 节点

$$\omega_1 |O_1 P| = \omega_2 |O_2 P|$$

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{|O_2 P|}{|O_1 P|}$$

齿廓啮合基本定律:

相互啮合的一对齿廓，在任一位置的传动比，都等于其连心线被过啮合点的公法线所分两线段的反比。

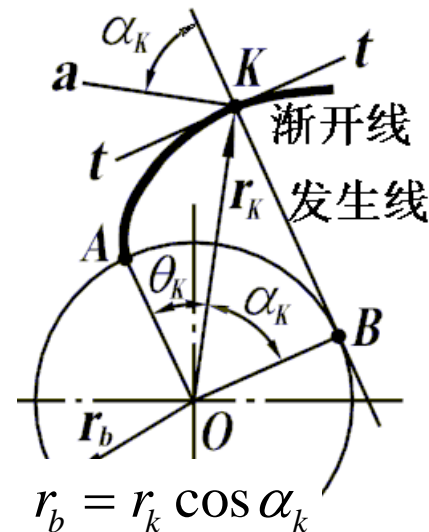
节线与节圆 定传动比条件:

过啮合点的公法线与两齿轮的连心线交于定点。

## 6-3 渐开线及渐开线齿廓

### ■ 渐开线及其性质

- 圆的渐开线的形成
- 渐开线的压力角
- 渐开线的性质
  - $|KB| = \widehat{AB} \therefore$  公法线定长
  - $KB$  与基圆相切
  - $B$  点是  $K$  点处曲率中心
  - 形状完全由基圆决定
  - 基圆内无渐开线
- 渐开线的方程



$$r_b = r_k \cos \alpha_k$$
$$\theta_k + \alpha_k = \angle AOB = \widehat{AB} / |OB|$$
$$= |KB| / |OB| = \tan \alpha_k$$
$$\begin{cases} r_k = r_b / \cos \alpha_k \\ \theta_k = \tan \alpha_k - \alpha_k = \text{inv } \alpha_k \end{cases}$$

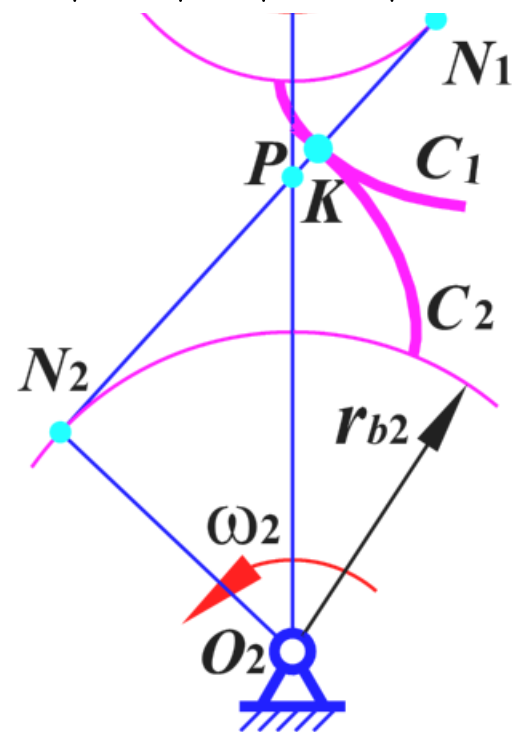


## 6-3 渐开线及渐开线齿廓

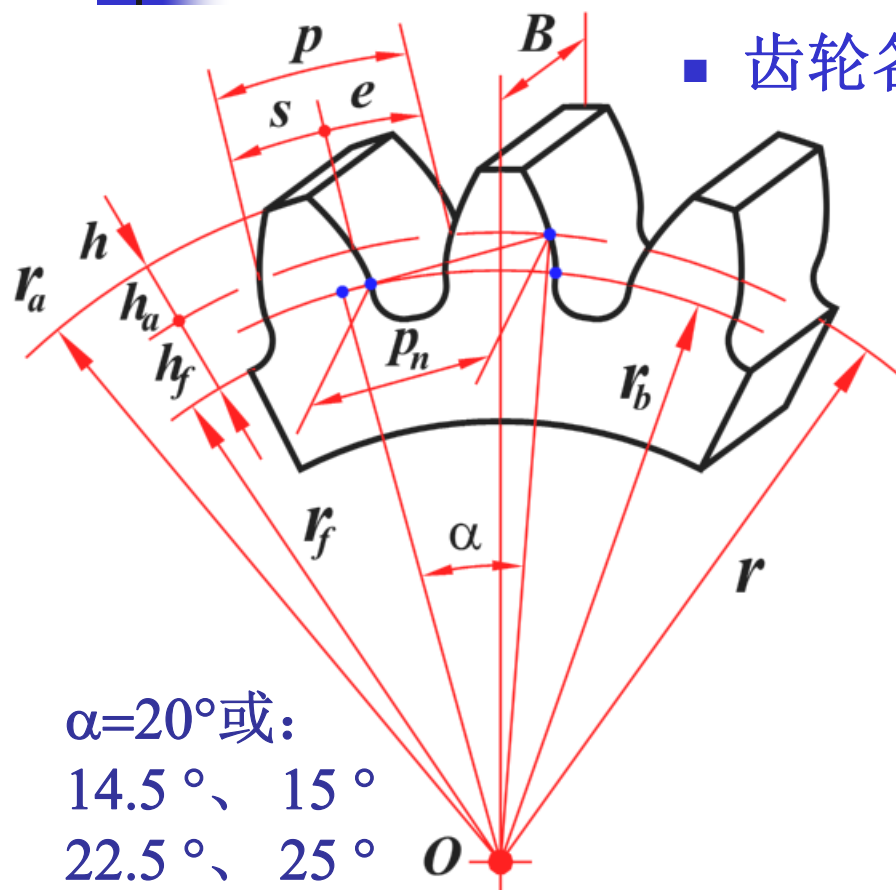
### ■ 渐开线齿廓啮合特性

- 能够实现定比传动
- 齿廓间的正压力方向不变
  - 在定力矩时，正压力为定值
- 具有可分性
  - 给制造与装配带来方便
- 可分性的唯一性
  - 法国Michel Fayet教授证明。
  - Journal of Mechanical Design, 2002(6) :330-333。

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{|O_2P|}{|O_1P|} = \frac{|O_2N_2|}{|O_1N_1|} = \frac{r_{b2}}{r_{b1}}$$



## 6-4 渐开线齿轮的主要参数



### ■ 齿轮各部分名称与基本参数

- 齿数 $z$
- 齿宽 $B$
- 基圆半径 $r_b$
- 分度圆半径 $r$
- 压力角 $\alpha$ :  $r_b = r \cos \alpha$
- 齿顶圆半径 $r_a$
- 齿根圆半径 $r_f$
- 全齿高 $h$ 齿顶高 $h_a$ 齿根高 $h_f$
- 齿距 $p$ 齿厚 $s$ 齿槽宽 $e$
- 法向齿距 $p_n = p_b = p \cos \alpha$



## 6-4 渐开线齿轮的主要参数

- 齿轮各部分名称与基本参数

- 分度圆周长 $=\pi d=zp$

- 分度直径 $d=zp/\pi=z(p/\pi)$

- 定义：模数 $m=p/\pi$ ，则

- $d=zm$ 及 $p=m\pi$

- $m$ 、 $z$ 与 $\alpha$ 并称齿轮的三个基本参数

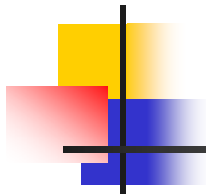
- 任意圆上的参数要用下标 $k$ 表示，比如：

- $p_k=s_k+e_k=m_k\pi$ ,  $r_k=r_b/\cos\alpha_k$

- 节圆上的参数要用上标'表示，比如：

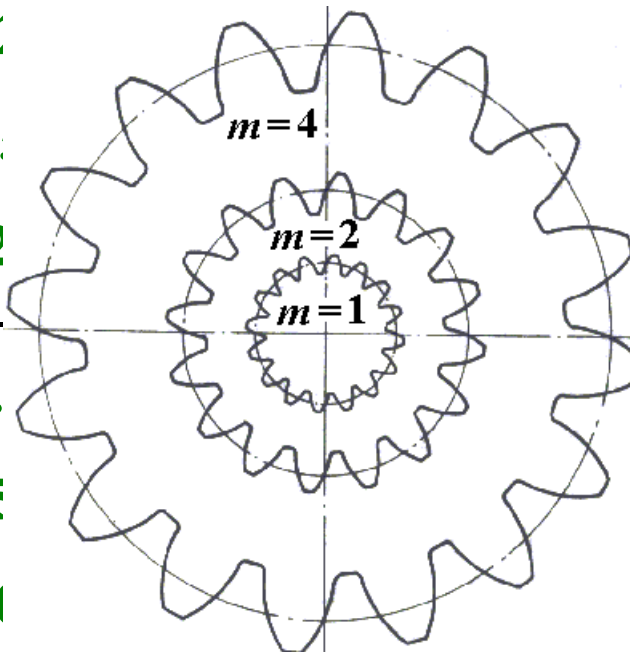
- $p'=s'+e'=m'\pi$ ,  $r'=r_b/\cos\alpha'$

- $\alpha'$ 又称啮合角



## 6-4 渐开线齿轮的主要参数

标准模数系列表 (GB1357—87)

第一系列	<div>0.1 0.125 1 1.25 10 12</div>		<div>1 0.5 0.6 0.8 5 6 8 10 50</div>
第二系列	<div>0.35 0.5 4.5 5.5 28 (30)</div>		<div>.25) 3.5 (3.75) 14 18 22</div>



## 6-4 渐开线齿轮的主要参数

- 标准直齿轮几何参数

$$s = e = p/2 = m\pi/2$$

$$h_a = h_a^* m \quad d_a = d + 2h_a = (z + 2h_a^*)m$$

$$h_f = (h_a^* + c^*)m \quad d_f = d - 2h_f = (z - 2h_a^* - 2c^*)m$$

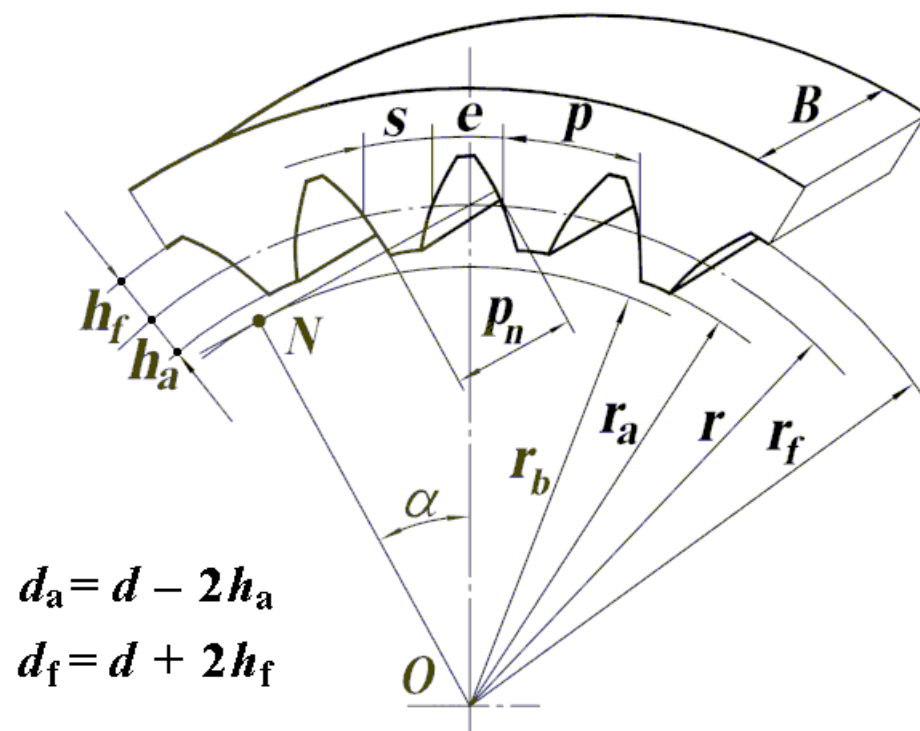
$$h = (2h_a^* + c^*)m$$

$$h_a^* = 1 \quad c^* = 0.25 \quad (\text{正常齿制})$$

$$h_a^* = 0.8 \quad c^* = 0.2 \quad (\text{短齿制})$$

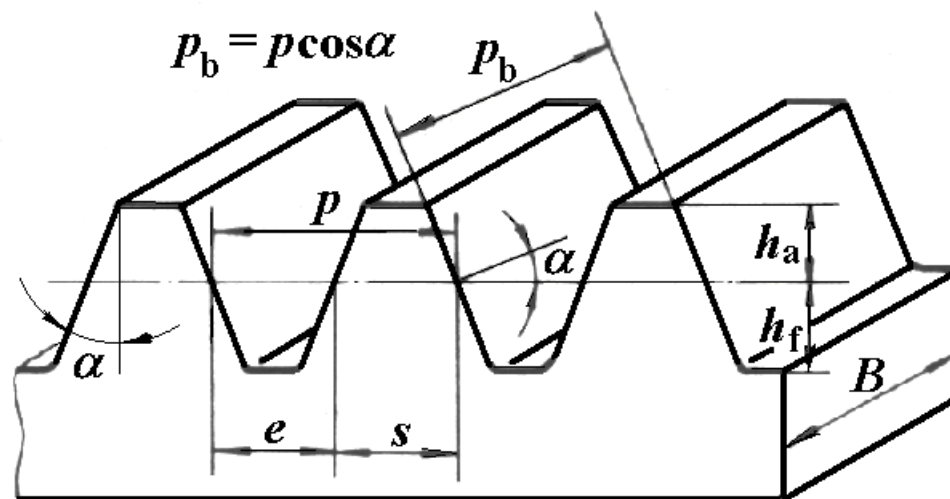
## 6-4 渐开线齿轮的主要参数

### ■ 内齿轮尺寸



## 6-4 渐开线齿轮的主要参数

### ■ 标准齿条特点



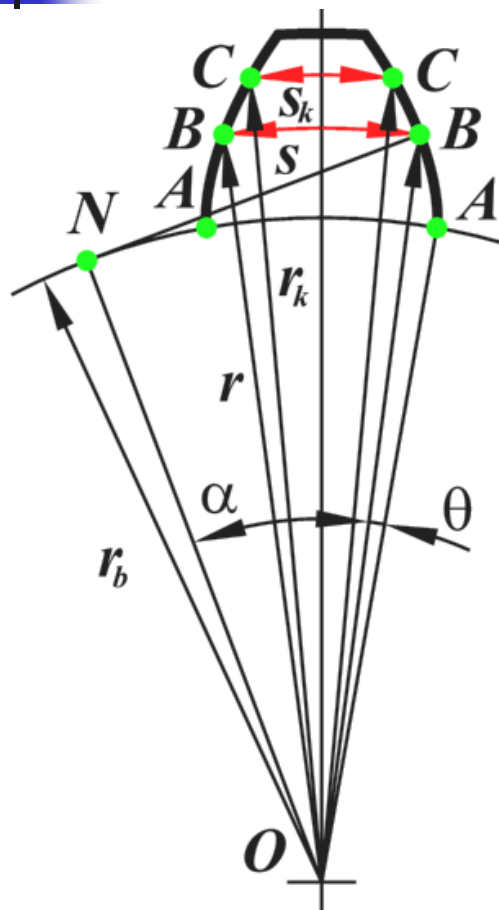
$$h_a = h_a^* m$$

$$h_f = (h_a^* + c^*) m$$

$$s = \pi m / 2$$

$$e = \pi m / 2$$

## 6-4 渐开线齿轮的主要参数



■ 任意圆上的齿厚

$$\angle BOB = s / r$$

$$\angle AOB = \theta = \text{inv } \alpha$$

$$\angle COC = s_k / r_k$$

$$\angle AOC = \theta_k = \text{inv } \alpha_k$$

$$\angle BOC = \theta_k - \theta = \text{inv } \alpha_k - \text{inv } \alpha$$

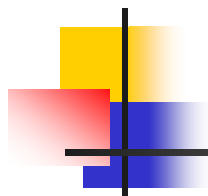
$$s_k = r_k (\angle COC)$$

$$= r_k (\angle BOB - 2\angle BOC)$$

$$= r_k [s / r - 2(\text{inv } \alpha_k - \text{inv } \alpha)]$$

$$= sr_k / r - 2r_k (\text{inv } \alpha_k - \text{inv } \alpha)$$

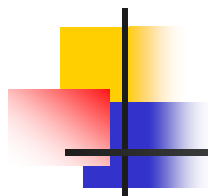




## 6-5 渐开线直齿圆柱齿轮传动

---

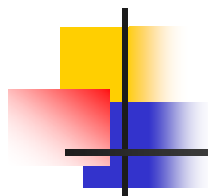
- 一、啮合过程(放大)正确啮合条件
- 二、无隙啮合、标准安装与非标准安装
- 三、重合度与连续传动条件



## 6-6 渐开线齿轮的加工与根切

---

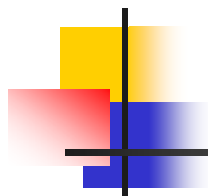
- 一、成形加工
- 二、范成加工原理与方法
- 三、根切现象及成因
- 四、标准齿轮不发生根切的最少齿数



## 6-7 变位齿轮及其传动

---

- 一、变位原理 (零与正)
- 二、避免根切的最小变位系数
- 三、变位齿轮的几何尺寸
- 四、变位传动

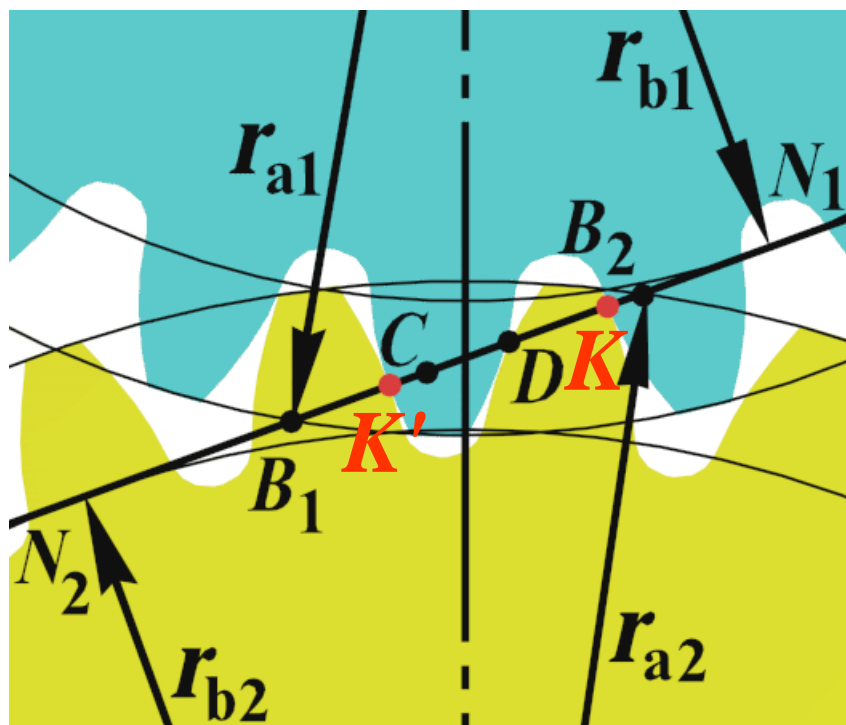


## 6-8 平行轴斜齿圆柱齿轮传动

---

- 一、斜齿轮齿廓曲面的形成及啮合特点
- 二、斜齿轮的基本参数与几何尺寸计算
- 三、斜齿轮传动的正确啮合条件与重合度
- 四、斜齿轮的当量齿数
- 五、斜齿轮传动的优缺点

## 6-5 渐开线直齿圆柱齿轮传动



$$p_{n1} = p_{n2} = |KK'|$$

$$p_{b1} = p_{b2} = |KK'|$$

$$p_1 \cos \alpha_1 = p_2 \cos \alpha_2$$

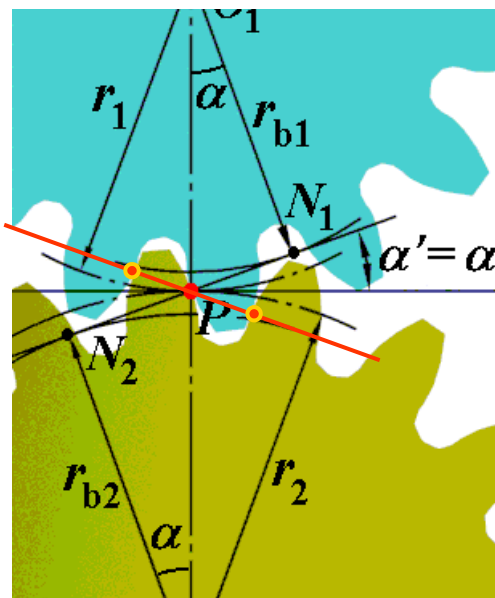
$$m_1 \pi \cos \alpha_1 = m_2 \pi \cos \alpha_2$$

$$\therefore \begin{cases} m_1 = m_2 = m \\ \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha \end{cases}$$

一对齿轮的正确啮合条件是：模数与压力角分别相等。

## 6-5 渐开线直齿圆柱齿轮传动

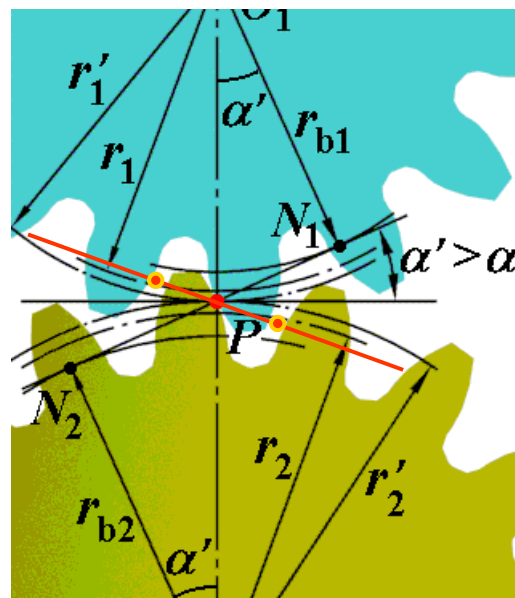
$$a' \cos \alpha' = r_1' \cos \alpha' + r_2' \cos \alpha' = r_{b1} + r_{b2} = r_1 \cos \alpha + r_2 \cos \alpha = a \cos \alpha$$



无隙啮合 标准安装

$$r_1' = r_1; \quad r_2' = r_2; \quad \alpha' = \alpha$$

$$a' = r_1' + r_2' = r_1 + r_2 = a$$

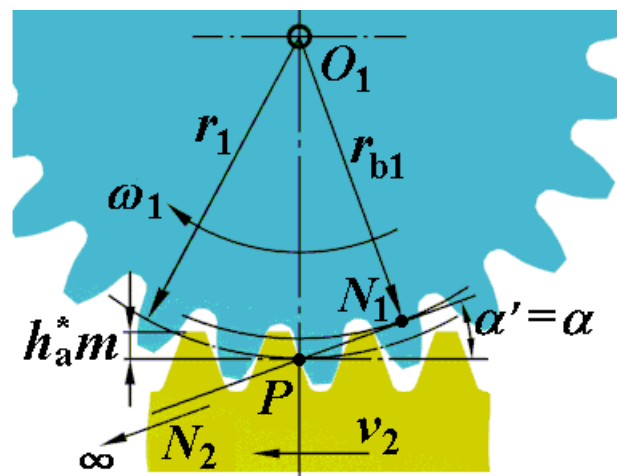


有隙啮合 非标准安装

$$r_1' > r_1; \quad r_2' > r_2; \quad \alpha' > \alpha$$

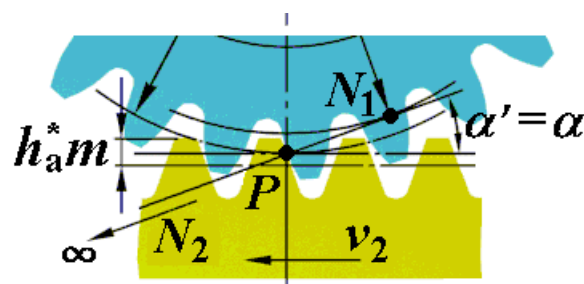
$$a' = r_1' + r_2' > r_1 + r_2 = a$$

## 6-5 渐开线直齿圆柱齿轮传动



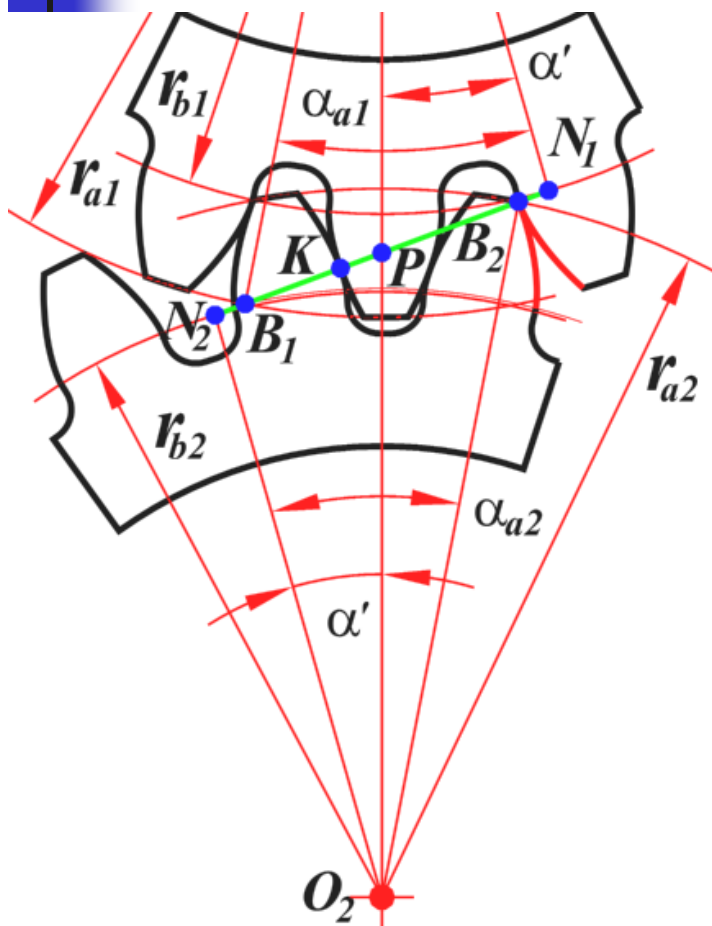
齿轮与齿条啮合时：  
 $\alpha' \equiv \alpha$ ，齿轮节圆恒与  
其分度圆重合。

标准安装时：  
齿条与其分度线重合。



非标准安装时：  
齿条与其分度线分离。

## 6-5 渐开线直齿圆柱齿轮传动



$N_1$ 、 $N_2$ : 啮合极限点

$N_1N_2$ : 理论啮合线

$B_1B_2$ : 实际啮合线

齿廓实际工作段

$|B_2K|=p_n=p_b$

$\varepsilon_\alpha=|B_1B_2|/p_b$  称为重合度

渐开线齿轮的连续传动条件:

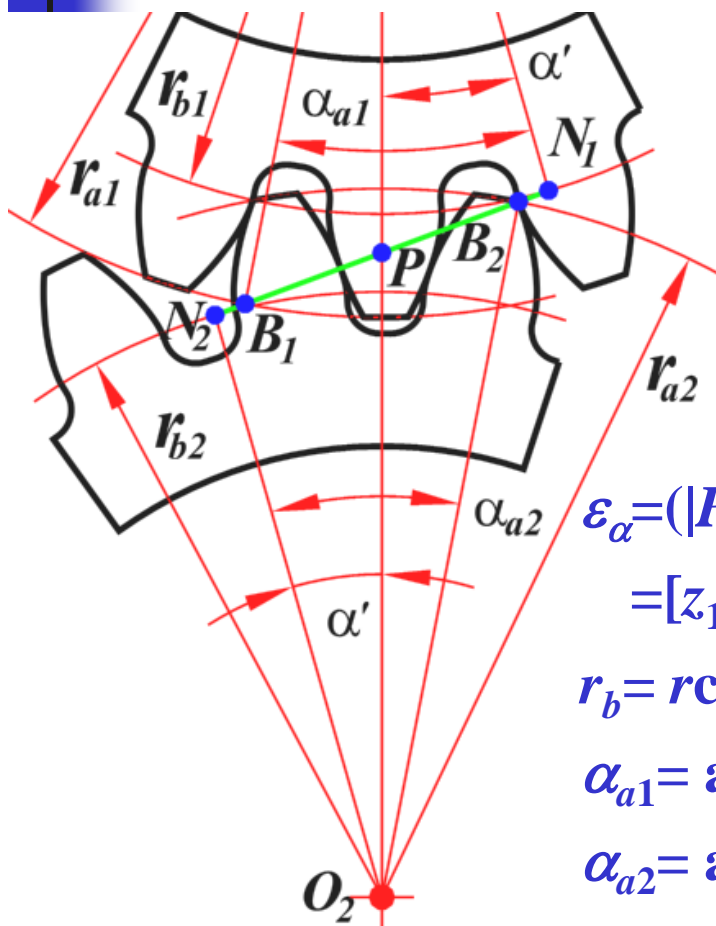
$\varepsilon_\alpha > 1$

实际使用中:  $\varepsilon_\alpha > [\varepsilon_\alpha]$

$[\varepsilon_\alpha]$  为许用重合度。



## 6-5 渐开线直齿圆柱齿轮传动



$$|B_1B_2| = |PB_1| + |PB_2|$$

$$|PB_2| = |N_2B_2| - |N_2P|$$

$$= r_{b2}(\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha')$$

$$|PB_1| = r_{b1}(\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha')$$

$$p_b = 2\pi r_{b1}/z_1 = 2\pi r_{b2}/z_2$$

$$\varepsilon_\alpha = (|PB_1| + |PB_2|)/p_b$$

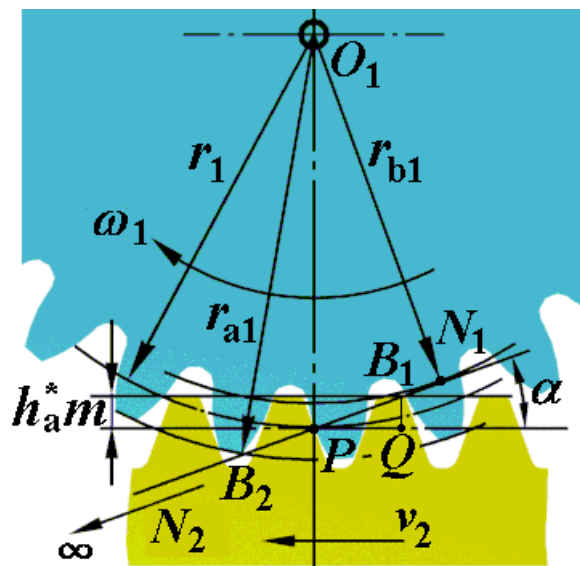
$$= [z_1(\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha') + z_2(\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha')]/2\pi$$

$$r_b = r \cos \alpha = r_a \cos \alpha_a$$

$$\alpha_{a1} = \arccos[(r_1/r_{a1}) \cos \alpha]$$

$$\alpha_{a2} = \arccos[(r_2/r_{a2}) \cos \alpha]$$

## 6-5 渐开线直齿圆柱齿轮传动



对标准直齿圆柱齿轮传动，有：

当两轮齿数趋于无穷大时， $\varepsilon_\alpha$ 必达极限，此时：

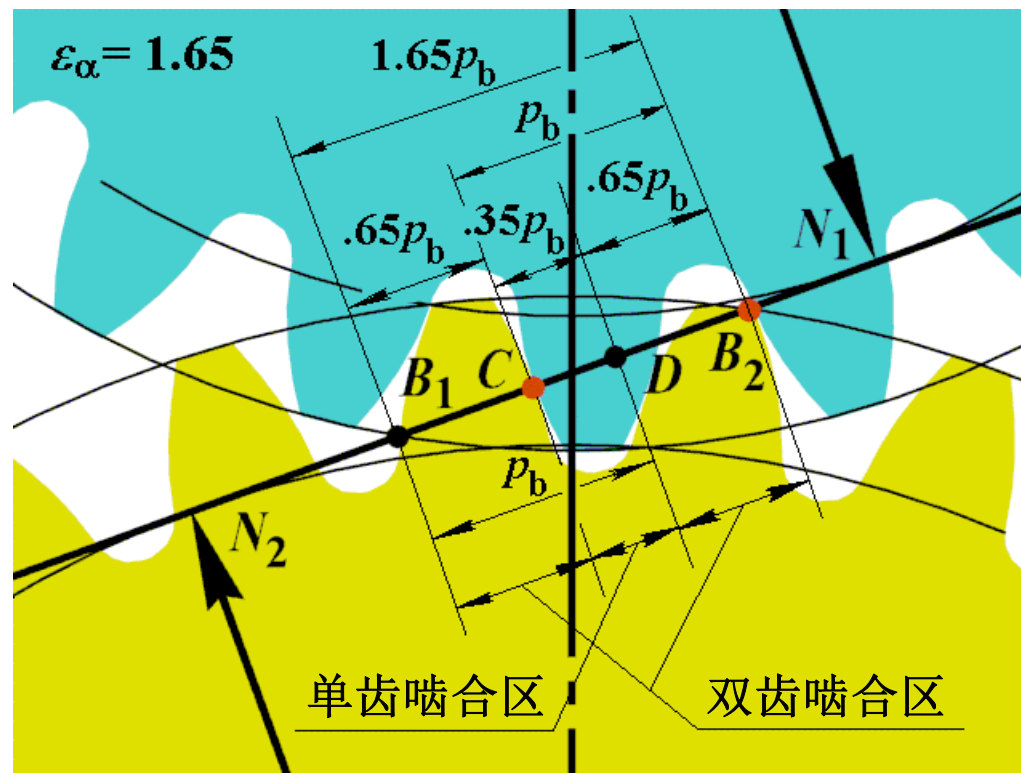
$$|PB_1| = |PB_2| = h_a^* m / \sin \alpha$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\alpha max} &= 2h_a^* m / p_b \sin \alpha \\ &= 2h_a^* m / \pi m \cos \alpha \sin \alpha \\ &= 4h_a^* / \pi \sin 2\alpha \end{aligned}$$

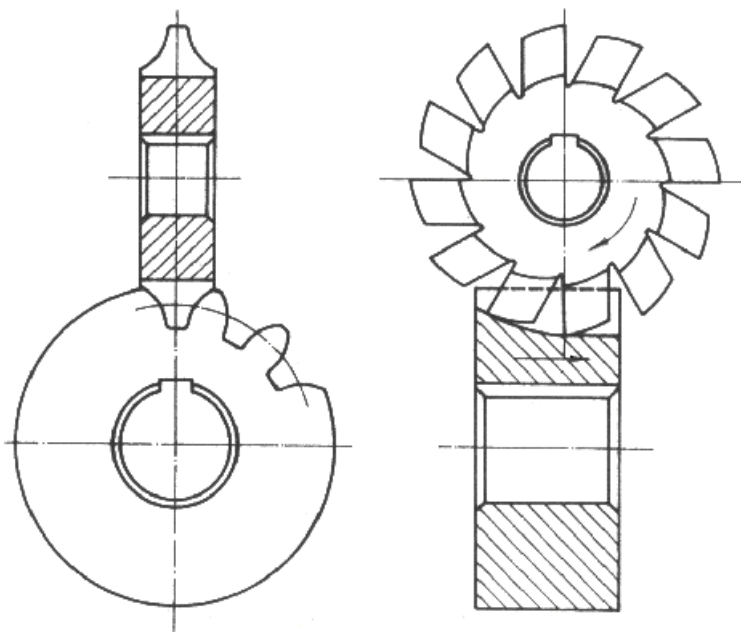
$$h_a^* = 1, \quad \alpha = 20^\circ$$

$$\varepsilon_{\alpha max} = 1.981$$

## 6-5 渐开线直齿圆柱齿轮传动

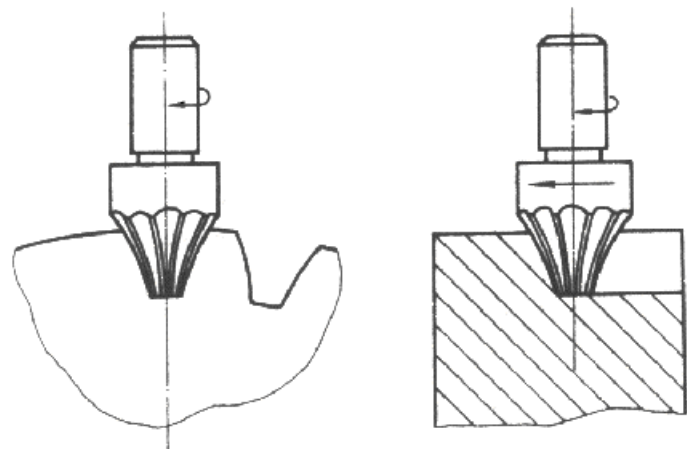


## 6-6 渐开线齿轮的加工与根切



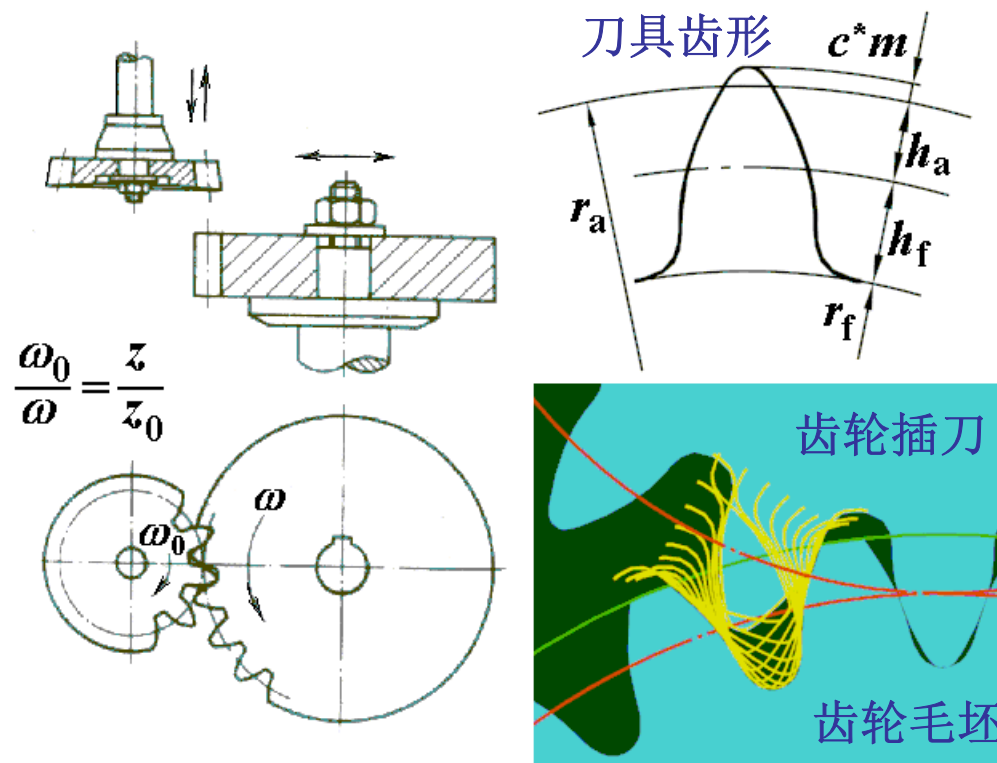
盘形铣刀加工齿轮

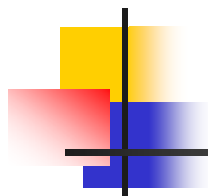
## 6-6 渐开线齿轮的加工与根切



指状铣刀加工齿轮（多用于人字齿轮）

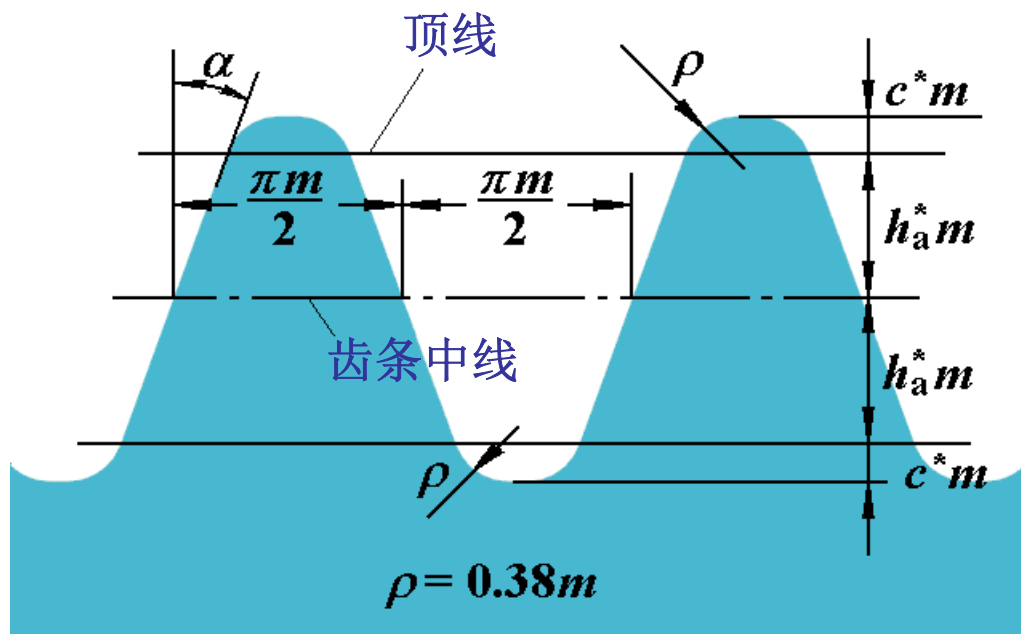
## 6-6 渐开线齿轮的加工与根切



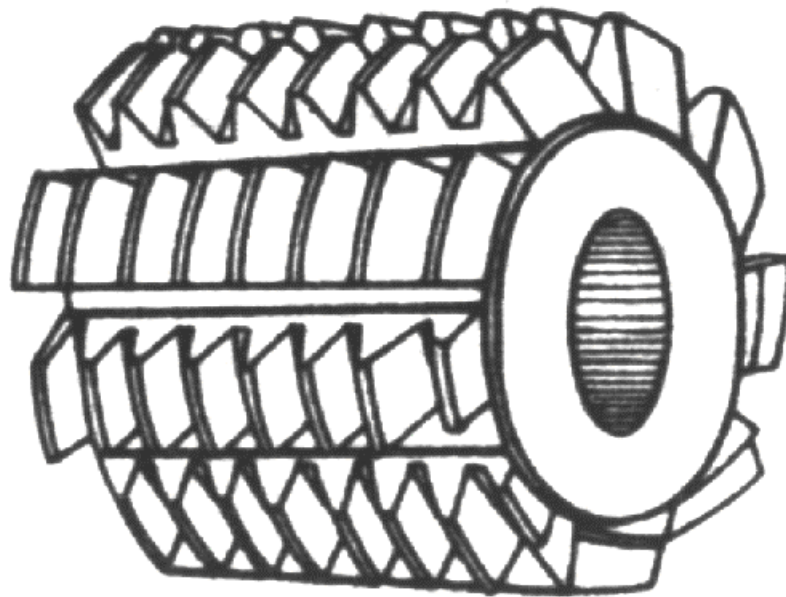


## 6-6 渐开线齿轮的加工与根切

标准齿条刀具齿形



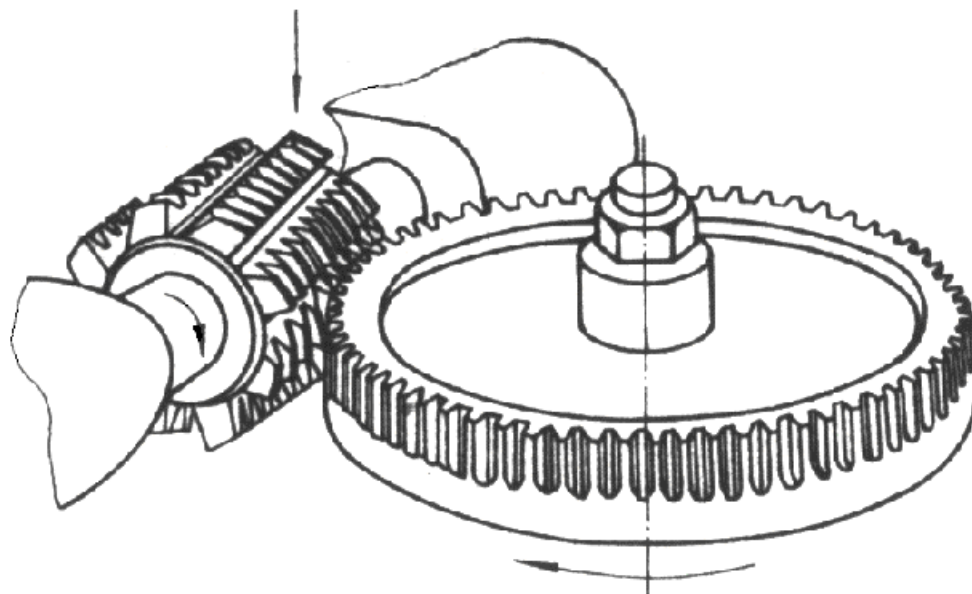
## 6-6 渐开线齿轮的加工与根切



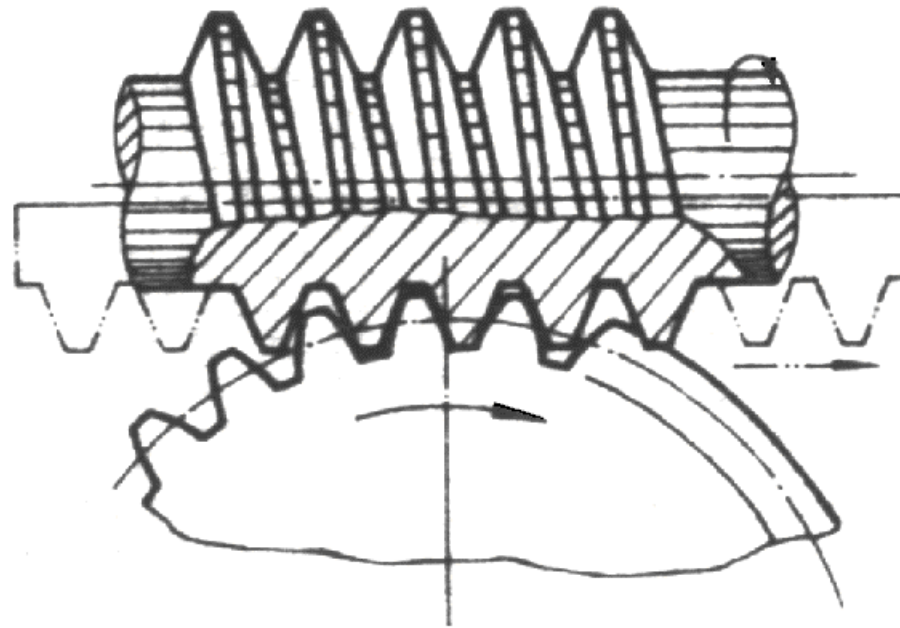
齿轮滚刀

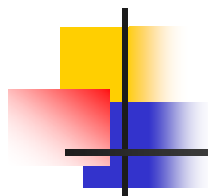


## 6-6 渐开线齿轮的加工与根切

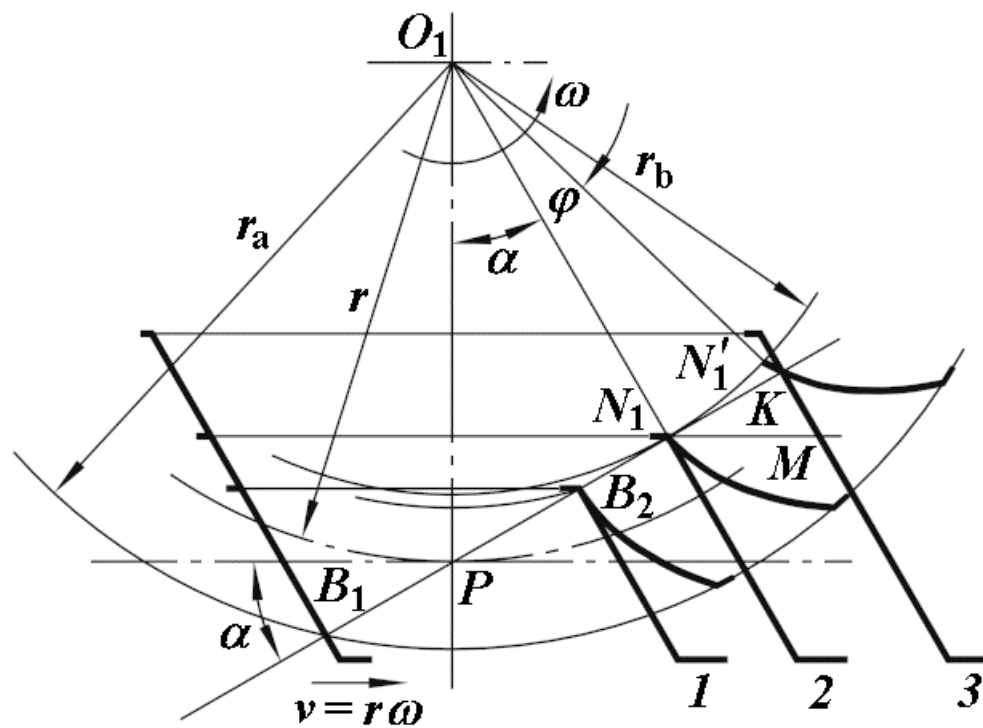


## 6-6 渐开线齿轮的加工与根切

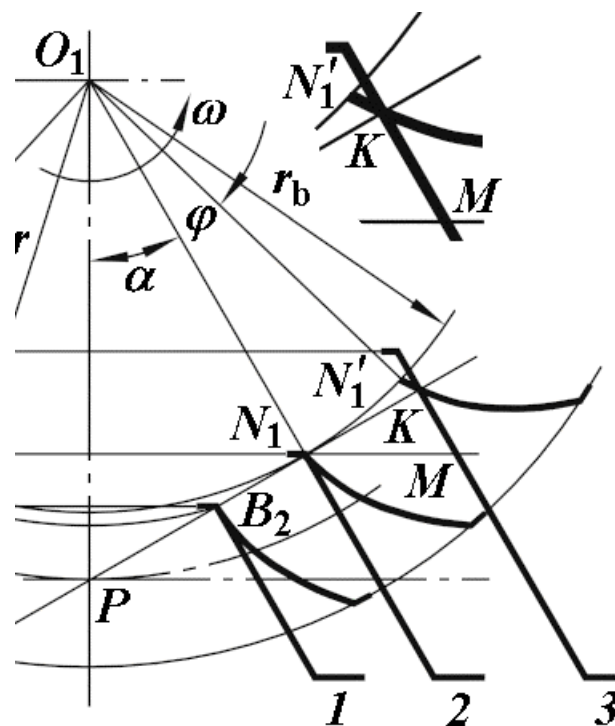




## 6-6 渐开线齿轮的加工与根切



## 6-6 渐开线齿轮的加工与根切



$$\widehat{N_1N_1'} = r_b\varphi = r\varphi\cos\alpha$$

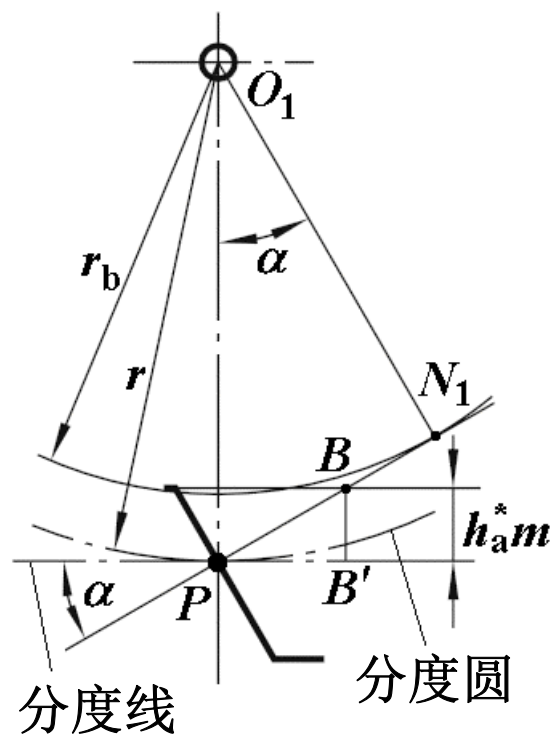
$$N_1M = r\varphi$$

$$\begin{aligned} N_1K &= N_1M\cos\alpha \\ &= r\varphi\cos\alpha \end{aligned}$$

$$\widehat{N_1N_1'} = N_1K > N_1N_1'$$

所以点 $N_1'$ 必定落在刀刃的左下方而被切掉，形成根切。

## 6-6 渐开线齿轮的加工与根切



要使刀具齿顶线落在啮合极限点之下，应有：

$$PN_1 \geq PB$$

由  $\triangle PN_1O_1$

$$PN_1 = r \sin \alpha = (mz \sin \alpha) / 2$$

由  $\triangle PBB'$

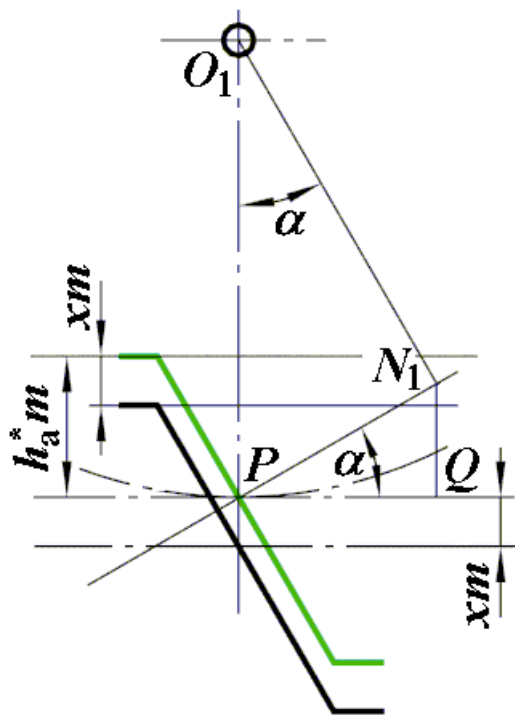
$$PB = h_a^* m / \sin \alpha$$

$$\therefore z \geq 2h_a^* / \sin^2 \alpha$$

$$z_{\min} = 2h_a^* / \sin^2 \alpha$$

对标准直齿圆柱齿轮传动，有：  $z_{\min} = 17.097 \approx 17$

## 6-7 变位齿轮及其传动



齿条刀具中线从与齿轮毛坯分度圆相切的位置远离距离 $xm$ ，将切出**变位齿轮**。

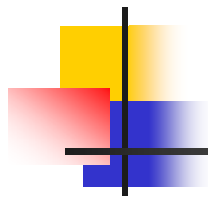
$xm$ 称为**变位量**。

$x$ 称为**变位系数**。

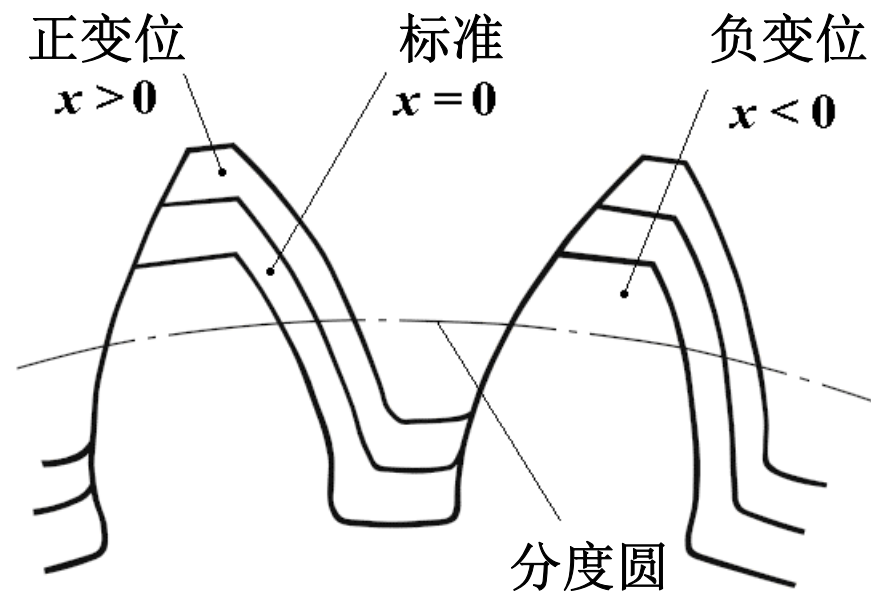
$x > 0$ 称为**正变位**。

$x < 0$ 称为**负变位**。

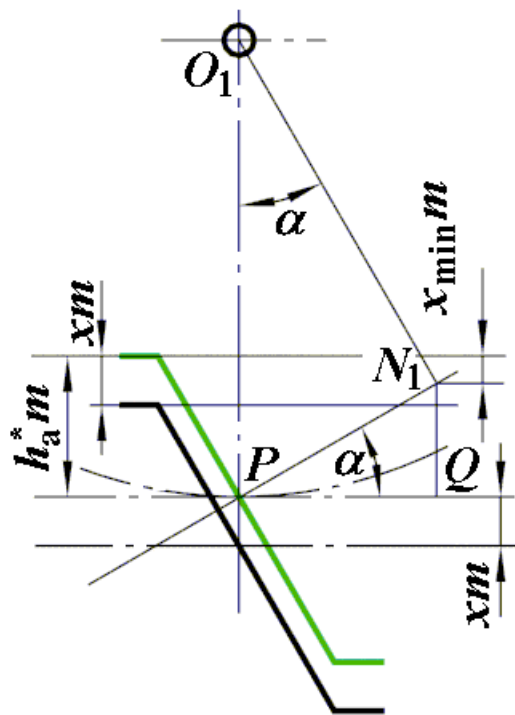
$x = 0$ 即得标准齿轮。



## 6-7 变位齿轮及其传动



## 6-7 变位齿轮及其传动



为防止根切，应使：

$$x_m \geq h_a^* m - N_1 Q$$

因  $N_1 Q = PN_1 \sin \alpha$

$$PN_1 = r \sin \alpha = mz \sin \alpha / 2$$

而  $N_1 Q = mz \sin^2 \alpha / 2$

$$\therefore x \geq h_a^* - z \sin^2 \alpha / 2$$

由  $z_{\min} = 2h_a^* / \sin^2 \alpha$

得  $\sin^2 \alpha / 2 = h_a^* / z_{\min}$

$$\therefore x \geq h_a^* (z_{\min} - z) / z_{\min}$$

$$x_{\min} = h_a^* (z_{\min} - z) / z_{\min}$$



$$d_b = m_z \cos \alpha$$

$$s = \pi m / 2 \pm 2JP$$

$$h_f = h_a^* m + c^* m - xm$$

$$h_a = h_a^* m + xm$$

$$\mathbf{r}_a = \mathbf{r} + \mathbf{h}_a$$



## 节线与分度线

## 6-7 变位齿轮及其传动

无隙啮合方程（计算中心距以实现无隙啮合）：

$$\text{inv}\alpha' = 2\text{tg}\alpha(x_1 + x_2)/(z_1 + z_2) + \text{inv}\alpha$$

无隙啮合方程（计算变位系数和以凑中心距）：

$$x_1 + x_2 = (\text{inv}\alpha' - \text{inv}\alpha)(z_1 + z_2)/2\text{tg}\alpha$$

$$\begin{aligned} ym = a' - a &= (r_1 + r_2)\cos\alpha/\cos\alpha' - (r_1 + r_2) \\ &= m(z_1 + z_2)(\cos\alpha/\cos\alpha' - 1)/2 \end{aligned}$$

$$y = (z_1 + z_2)(\cos\alpha/\cos\alpha' - 1)/2$$

称为中心距变动系数

$$a' = a + ym = m(z_1 + z_2)/2 + ym$$

可以证明：只要  $x_1 + x_2 \neq 0$ ，必有  $x_1 + x_2 > y$ 。

## 6-7 变位齿轮及其传动

为保证标准顶隙，需将两轮的齿顶均减短一些，  
减短量为

$$\sigma m = (x_1 + x_2)m - ym$$

$$\sigma = (x_1 + x_2) - y$$

称为齿顶高变动系数

$$h_{ai} = h_a^* m + x_i m - \sigma m = (h_a^* + x_i - \sigma)m \quad (i = 1, 2)$$

标准齿轮传动：  $z_1 \geq z_{\min}$        $z_2 \geq z_{\min}$

$$a' = a \quad \alpha' = \alpha \quad y = 0 \quad \sigma = 0$$

高度变位传动：  $\because x_1 + x_2 = 0 \quad \therefore z_1 + z_2 \geq 2z_{\min}$

$$x_1 = -x_2 \quad a' = a \quad \alpha' = \alpha \quad y = 0 \quad \sigma = 0$$

等移距变位传动的主要优点：  $z_1$  可小于  $z_{\min}$  而不根切。



## 6-7 变位齿轮及其传动

不等移距变位传动（角度变位传动）：

正传动： $x_1 + x_2 > 0$

$$a' > a \quad \alpha' > \alpha \quad y > 0 \quad \sigma > 0$$

负传动： $x_1 + x_2 < 0$

$$a' < a \quad \alpha' < \alpha \quad y < 0 \quad \sigma > 0$$

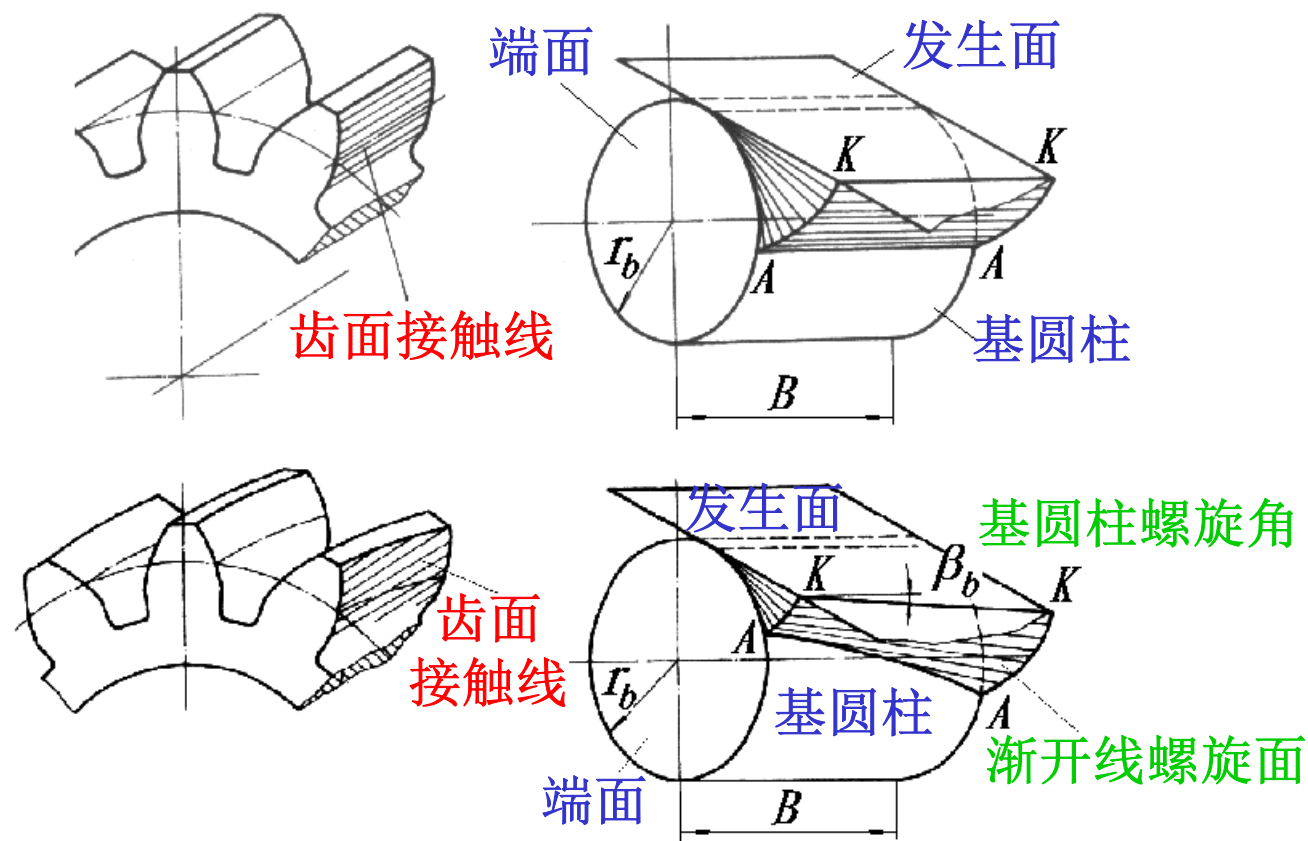
正传动的主要优点：

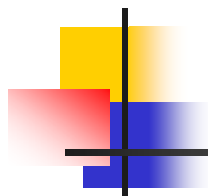
1. 齿数和可小于 $2z_{\min}$ ，减小机构尺寸。
2. 可配凑给定的中心距。
3. 齿轮强度提高。

正传动的主要缺点：

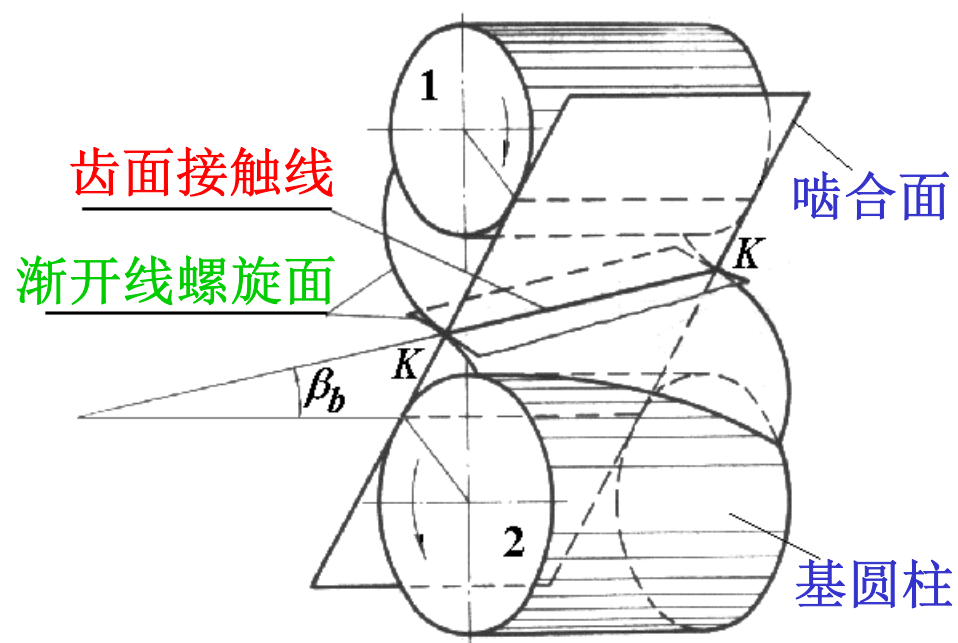
1. 重合度减小。
2. 需配对制造，互换性差。

## 6-8 平行轴斜齿圆柱齿轮传动

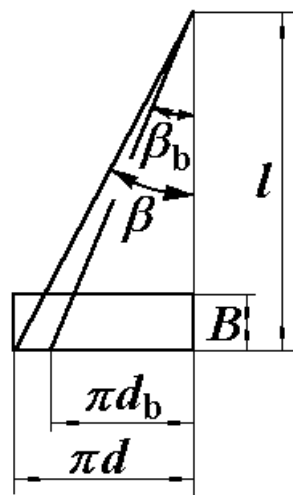




## 6-8 平行轴斜齿圆柱齿轮传动



## 6-8 平行轴斜齿圆柱齿轮传动



$\beta$  —— 分度圆柱螺旋角

$\beta_b$  —— 基圆柱螺旋角

$l$  —— 导程

$d$  —— 分度圆直径

$d_b$  —— 基圆直径

$$\therefore \operatorname{tg} \beta_b = \pi d_b / l$$

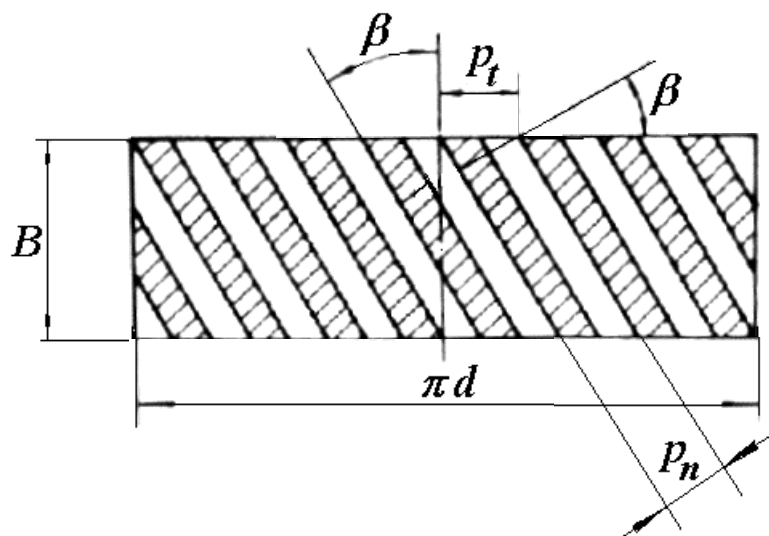
$$\operatorname{tg} \beta = \pi d / l$$

$$d_b = d \cos \alpha_t$$

$$\therefore \operatorname{tg} \beta_b = \operatorname{tg} \beta \cos \alpha_t$$

## 6-8 平行轴斜齿圆柱齿轮传动

- 法面参数（加工、受力）
- 端面参数（与渐开线相关的几何计算）



$$p_n = p_t \cos \beta$$

$$\because p_n = \pi m_n \quad p_t = \pi m_t$$

$$\therefore m_n = m_t \cos \beta$$

$$\operatorname{tg} \beta_b = \operatorname{tg} \beta \cos \alpha_t$$

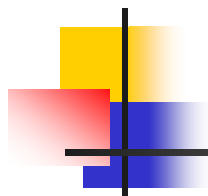
$$\operatorname{tg} \alpha_n = \operatorname{tg} \alpha_t \cos \beta$$

$$h_a = h_{an}^* m_n, \quad h_f = (h_{an}^* + c_n^*) m_n$$

$$d = z m_t = z m_n / \cos \beta$$

$$a = (d_1 + d_2) / 2 = m_n (z_1 + z_2) / 2 \cos \beta$$





## 6-8 平行轴斜齿圆柱齿轮传动

### 一对斜齿圆柱齿轮的正确啮合条件

1) 外啮合时, 两轮的螺旋角  $\beta$  应大小相等, 方向相反, 即

内啮合时, 两轮的螺旋角  $\beta$  应大小相等, 方向相同, 即  $\beta_1 = \beta_2$

2) 两齿轮的法面模数  $m_n$  和法面压力角  $\alpha_n$  应分别相等, 即

$$\text{因 } m_{t1} = m_{t2} \quad \alpha_{t1} = \alpha_{t2}$$

## 6-8 平行轴斜齿圆柱齿轮传动

正确啮合条件  $\beta_1 = -\beta_2$

$$m_{n1} = m_{n2} \quad \alpha_{n1} = \alpha_{n2}$$

总重合度  $\varepsilon_\gamma = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta$

$\varepsilon_\alpha$  — 端面重合度

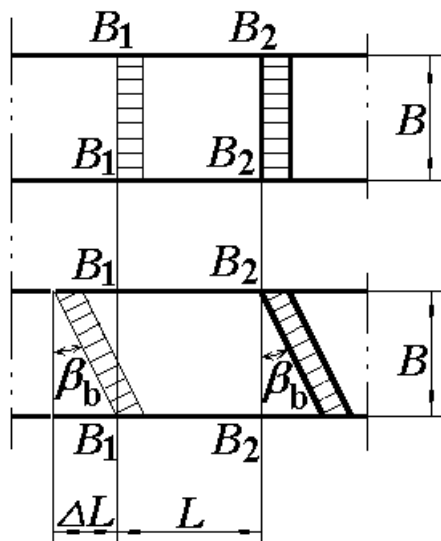
$\varepsilon_\beta$  — 轴面重合度

$$\varepsilon_\alpha = L / p_{bt}$$

$$\varepsilon_\beta = \Delta L / p_{bt} = B \tan \beta_b / p_{bt}$$

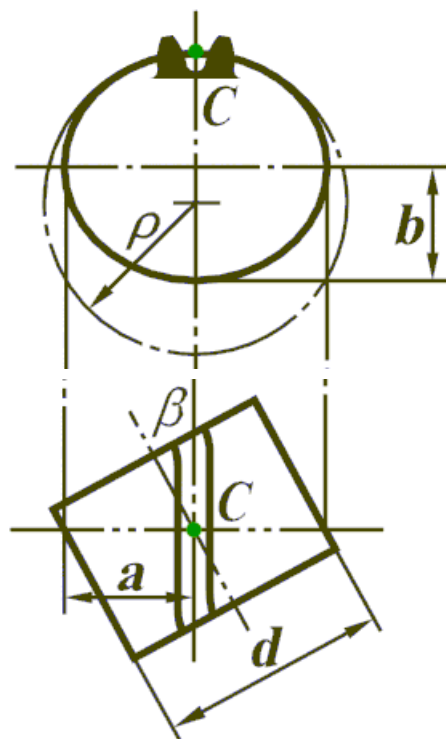
$$\begin{aligned} \because \tan \beta_b &= \pi d_b / l = \pi d \cos \alpha_t / l \\ &= \tan \beta \cos \alpha_t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \varepsilon_\beta &= B \tan \beta \cos \alpha_t / p_t \cos \alpha_t \\ &= (B \sin \beta / \cos \beta) / (p_n / \cos \beta) \\ &= B \sin \beta / \pi m_n \end{aligned}$$



$$\varepsilon_\alpha = [z_1(\tan \alpha_{at1} - \tan \alpha'_t) + z_2(\tan \alpha_{at2} - \tan \alpha'_t)] / 2\pi$$

## 6-8 平行轴斜齿圆柱齿轮传动



分度圆柱与法截面交成一椭圆：

$$a = d/2 \cos \beta$$

$$b = d/2$$

$$\rho = a^2/b = d/2 \cos^2 \beta$$

$$z_v = 2\rho/m_n = d/m_n \cos^2 \beta$$

$$= z m_t / m_n \cos^2 \beta$$

$$= z / \cos^3 \beta$$

$$z_v = z / \cos^3 \beta$$

当量齿数的用途：

成形铣选刀号、强度计算。

$$z_{\min} = z_{v\min} \cos^3 \beta$$

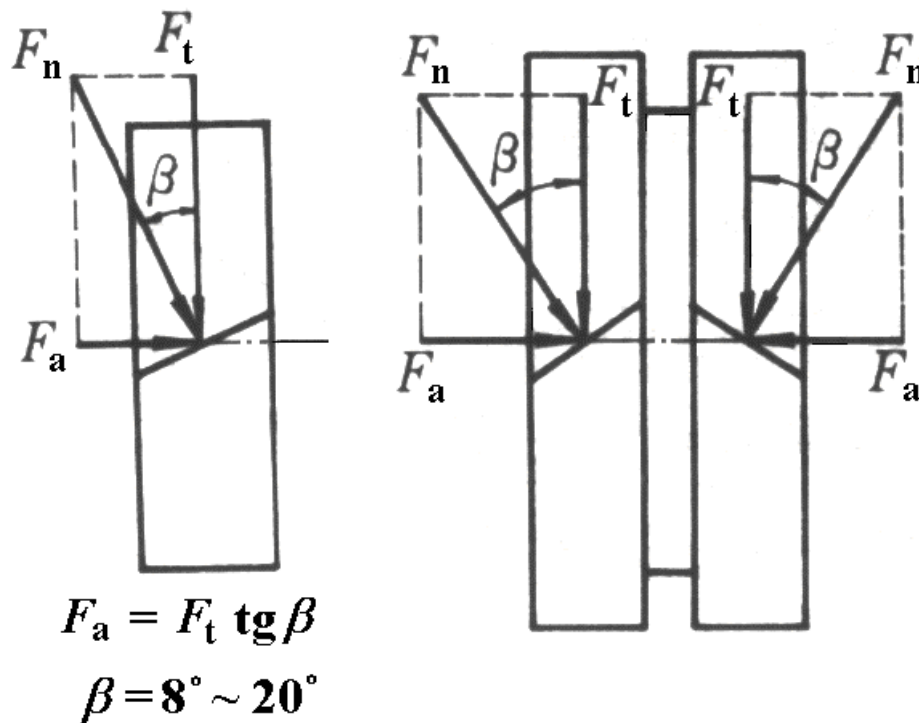
## 6-8 平行轴斜齿圆柱齿轮传动

斜齿轮的优点：

1. 啮合性能好。
2. 重合度大。
3. 结构紧凑。

斜齿轮的缺点：

1. 有轴向力。
2. 加工要求高。





## 6-9 圆锥齿轮传动

---

- 一、直齿圆锥齿轮的几何尺寸(弧齿圆锥齿轮)
- 二、圆锥齿轮的背锥与当量齿轮
- 三、圆锥齿轮的正确啮合条件、重合度与根切

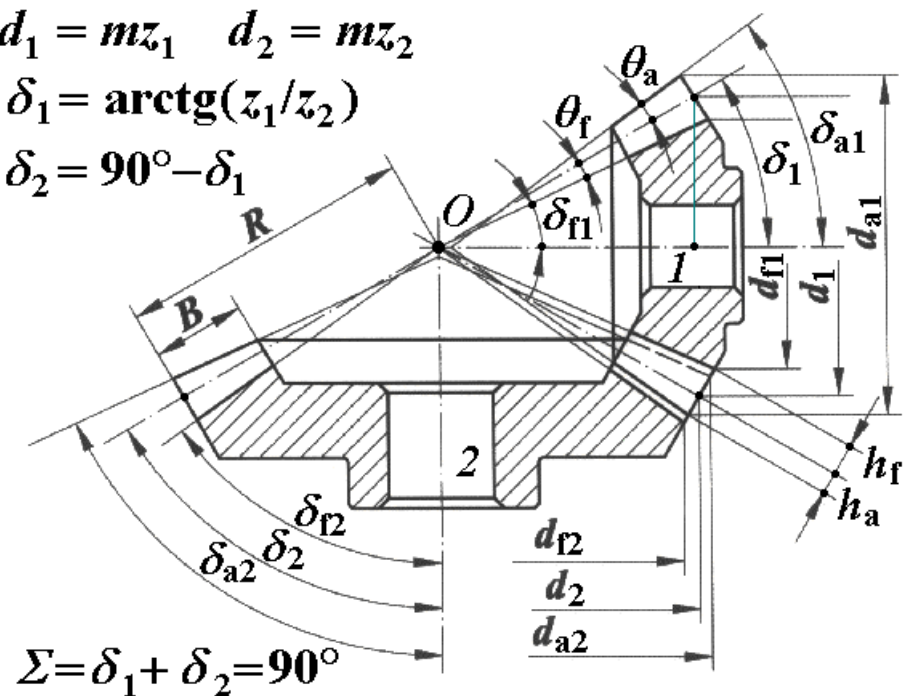
## 6-9 圆锥齿轮传动

圆锥齿轮的模数及分度圆定义大端:

$$d_1 = mz_1 \quad d_2 = mz_2$$

$$\delta_1 = \arctg(z_1/z_2)$$

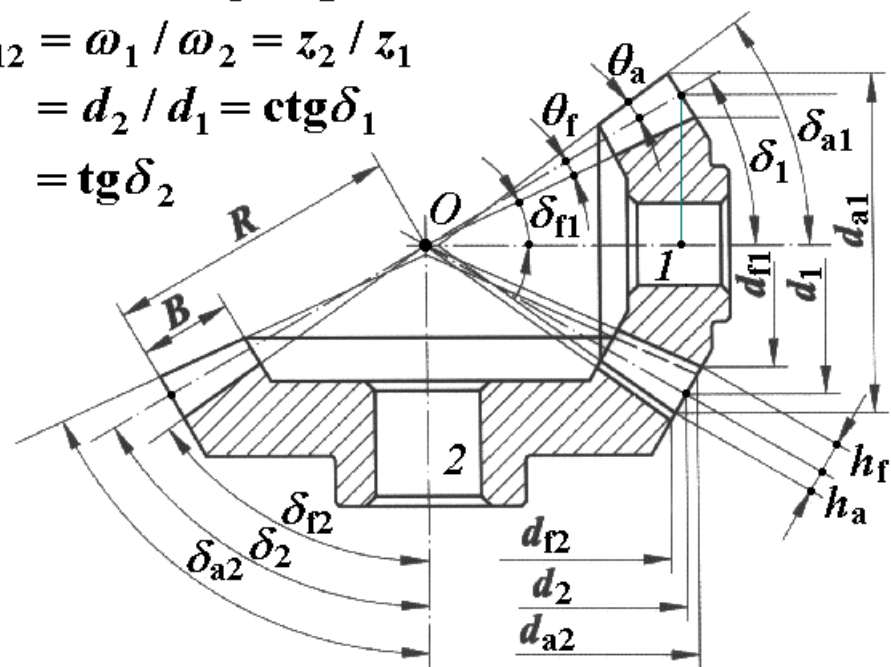
$$\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$$



## 6-9 圆锥齿轮传动

前提:  $\Sigma = \delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$

$$\begin{aligned} i_{12} &= \omega_1 / \omega_2 = z_2 / z_1 \\ &= d_2 / d_1 = \operatorname{ctg} \delta_1 \\ &= \operatorname{tg} \delta_2 \end{aligned}$$



## 6-9 圆锥齿轮传动

$$h_a = h_a^* m = m$$

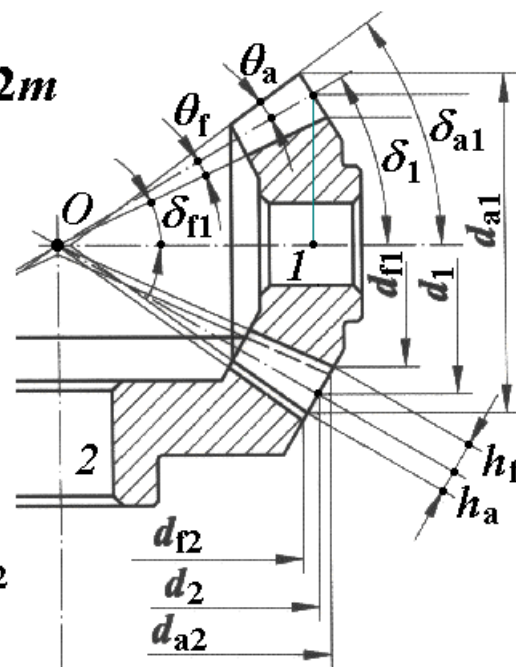
$$h_f = (h_a^* + c^*) m = 1.2m$$

$$d_{a1} = d_1 + 2h_a \cos \delta_1$$

$$d_{a2} = d_2 + 2h_a \cos \delta_2$$

$$d_{f1} = d_1 - 2h_f \cos \delta_1$$

$$d_{f2} = d_2 - 2h_f \cos \delta_2$$

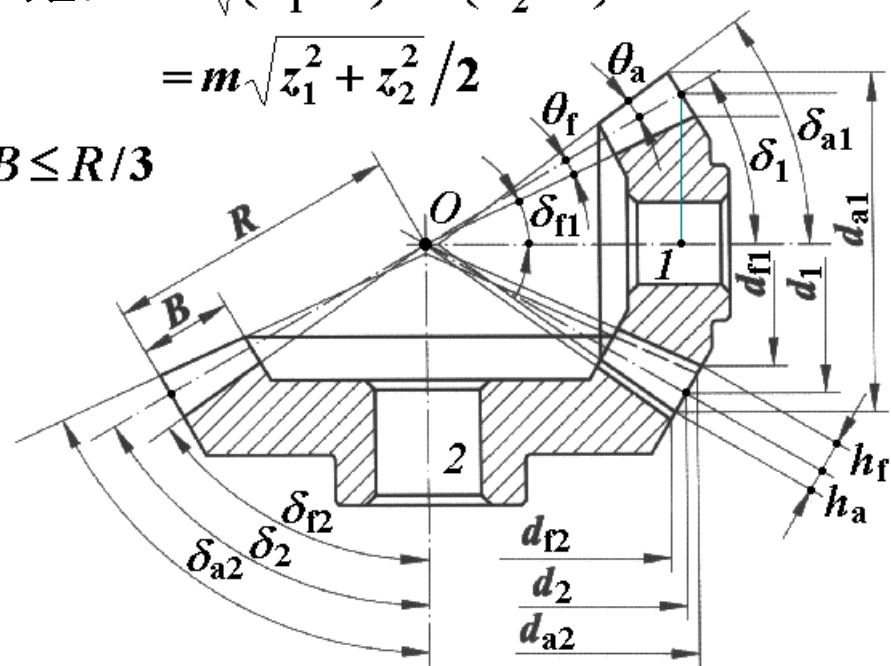




## 6-9 圆锥齿轮传动

锥距:  $R = \sqrt{(d_1/2)^2 + (d_2/2)^2}$   
 $= m\sqrt{z_1^2 + z_2^2}/2$

$B \leq R/3$



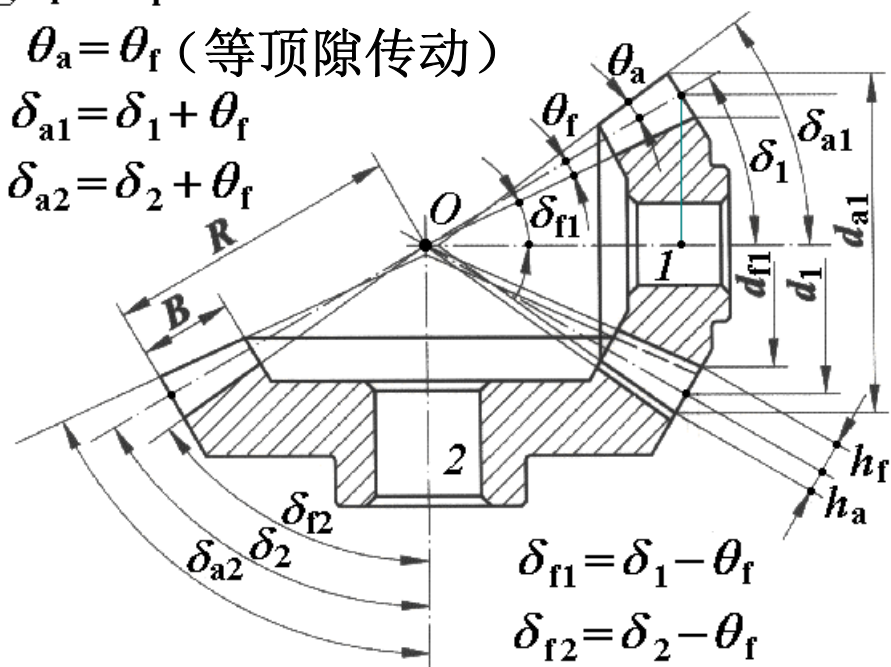
## 6-9 圆锥齿轮传动

$$\tan \theta_f = h_f / R$$

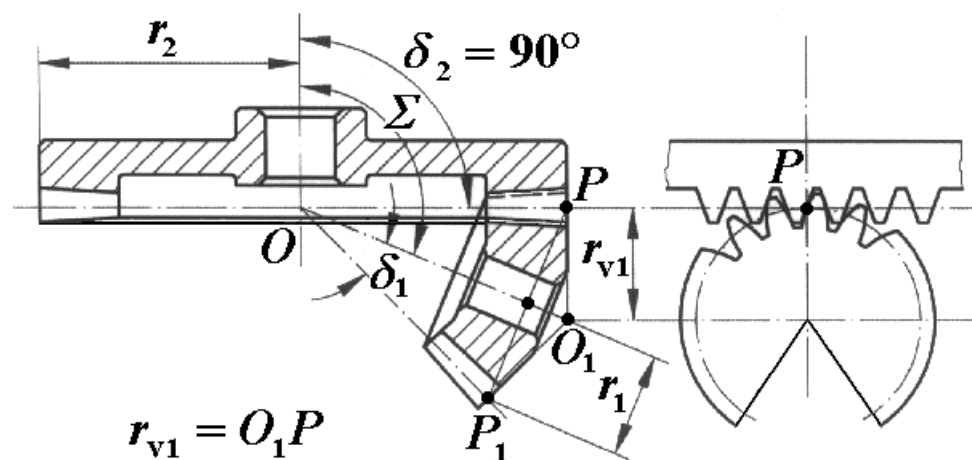
$$\theta_a = \theta_f \text{ (等顶隙传动)}$$

$$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_f$$

$$\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_f$$



## 6-9 圆锥齿轮传动



$$r_{v1} = O_1P$$

$$= r_1 / \cos \delta_1 = z_1 m / 2 \cos \delta_1$$

$$\therefore r_{v1} = z_{v1} m / 2$$

$$\therefore z_{v1} = z_1 / \cos \delta_1 \qquad z_{v2} = z_2 / \cos \delta_2$$



## 6-9 圆锥齿轮传动

---

正确啮合条件:  $m_1=m_2$   $\alpha_1=\alpha_2$

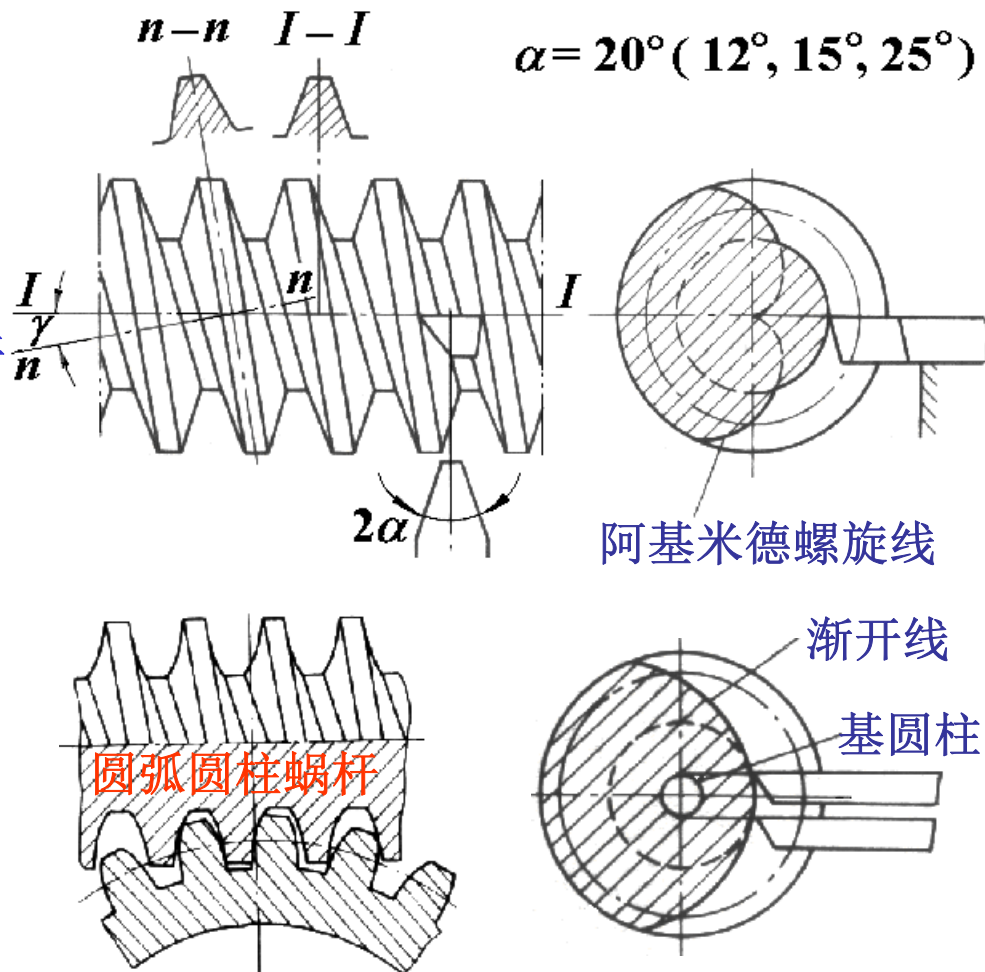
重合度: 按当量齿轮计算。

不根切的最小齿数:  $z_v \geq z_{vmin} = 2h_a^* / \sin^2 \alpha$

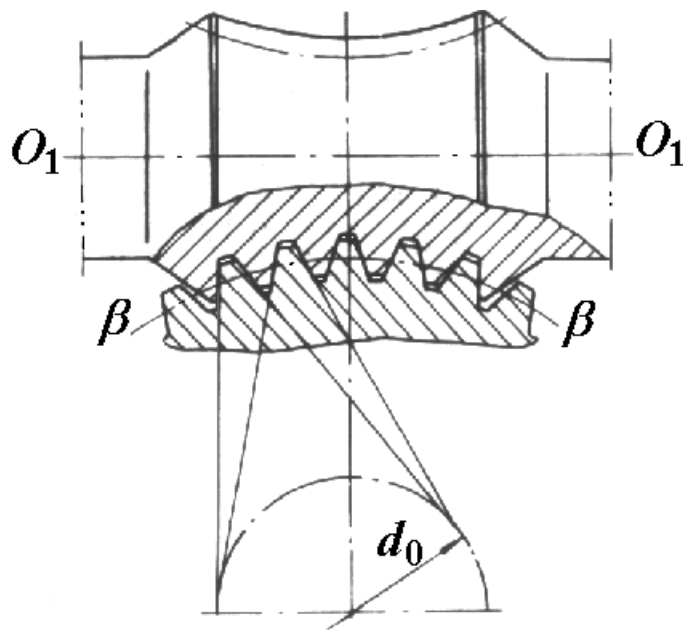
## 6-10 蜗杆传动

### 蜗杆传动分类:

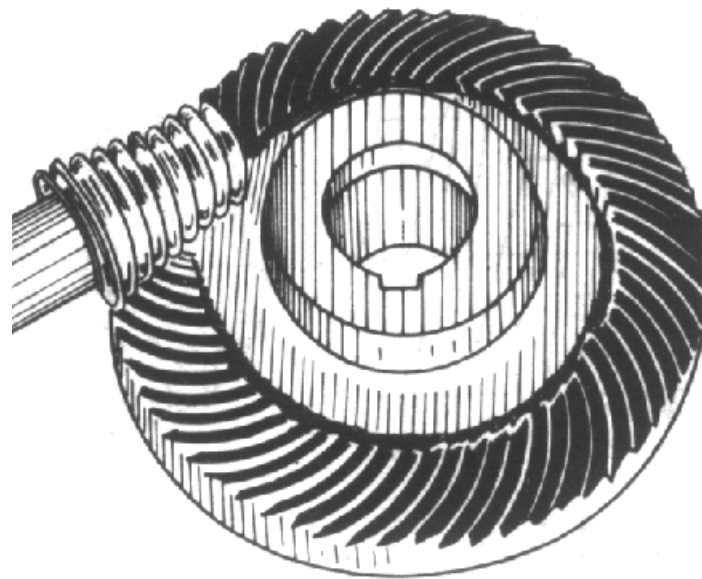
- 圆柱蜗杆
  - 普通圆柱蜗杆
    - 阿基米德蜗杆
    - 渐开线蜗杆
  - 圆弧形圆柱蜗杆
- 环面蜗杆
- 锥蜗杆



## 6-10 蜗杆传动



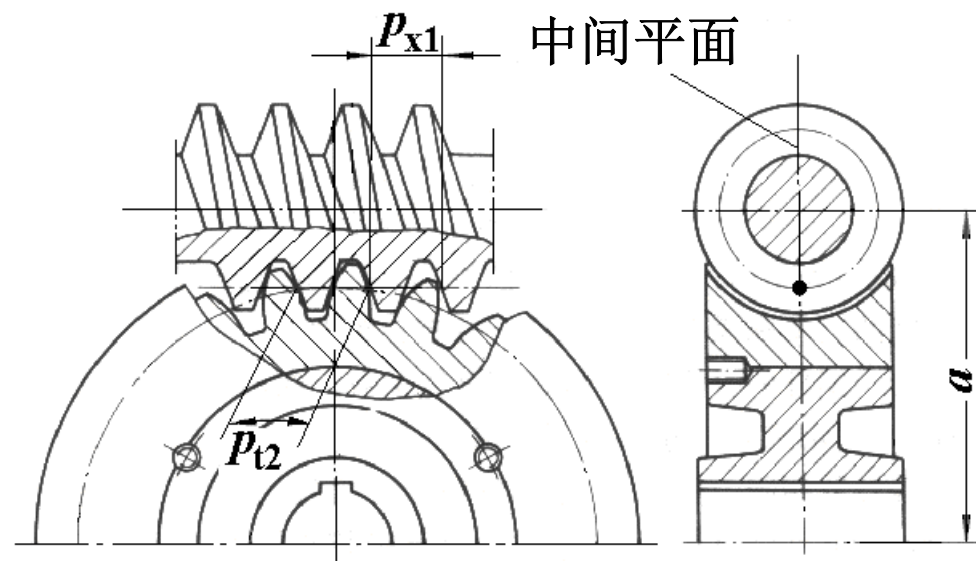
环面蜗杆



锥蜗杆

## 6-10 蜗杆传动

### ■ 普通圆柱蜗杆主要参数



$$P_{x1} = P_{t2} = \pi m \quad d_1 = mq \quad d_1/m = q \quad q \text{—直径系数}$$

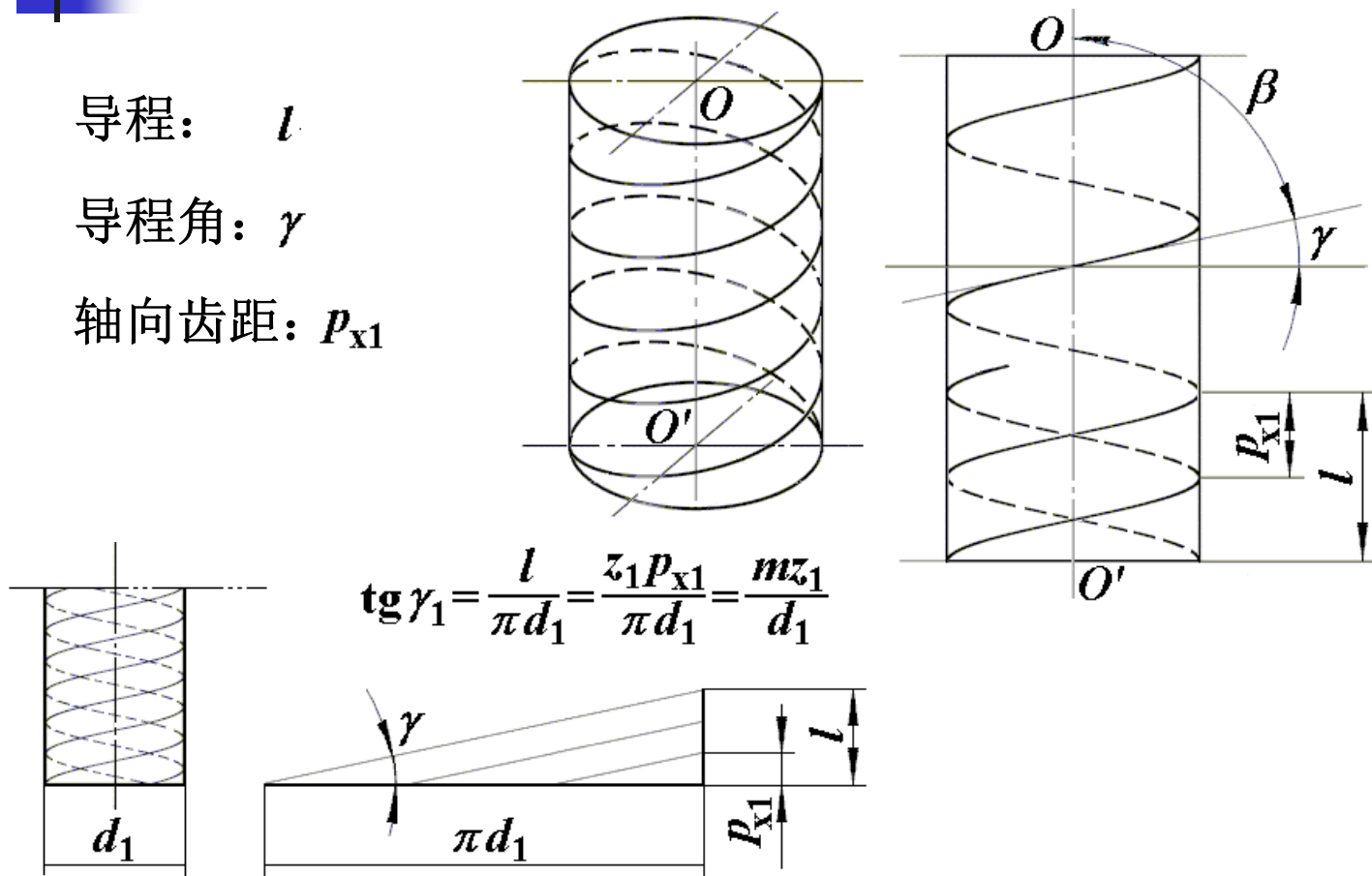
$$d_2 = mz_2 \quad a = r_1 + r_2 = m(q + z_2)/2$$

## 6-10 蜗杆传动

导程:  $l$

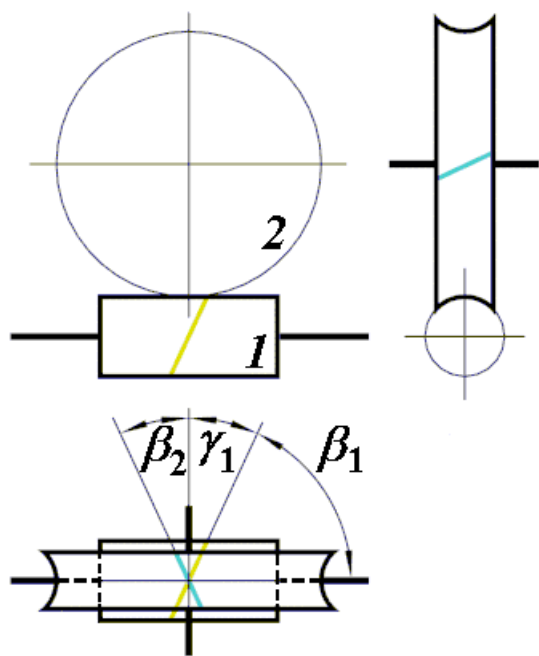
导程角:  $\gamma$

轴向齿距:  $p_{x1}$





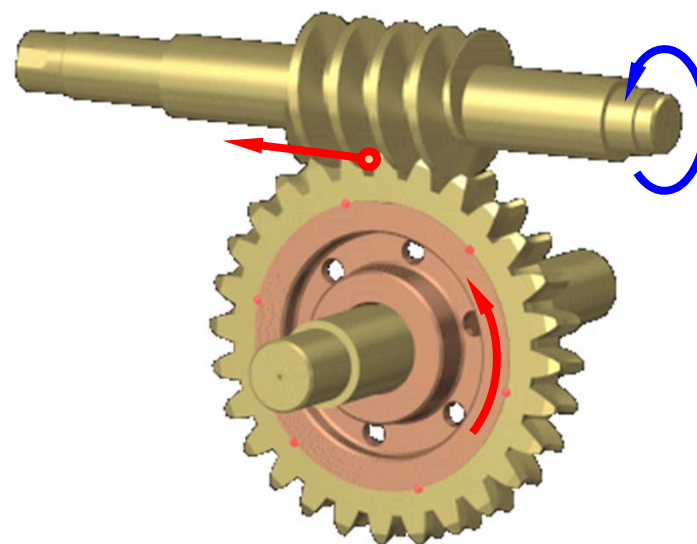
## 6-10 蜗杆传动



正确啮合条件:

$$\gamma_1 = \beta_2 \quad m_{t2} = m_{x1} = m \quad \alpha_{t2} = \alpha_{x1} = \alpha$$

蜗杆蜗轮传动转向判断



右旋蜗杆