

# § 5-7 变位齿轮传动

## 一、变位齿轮传动的类型和特点

### 1、零传动： $x_1 + x_2 = 0$

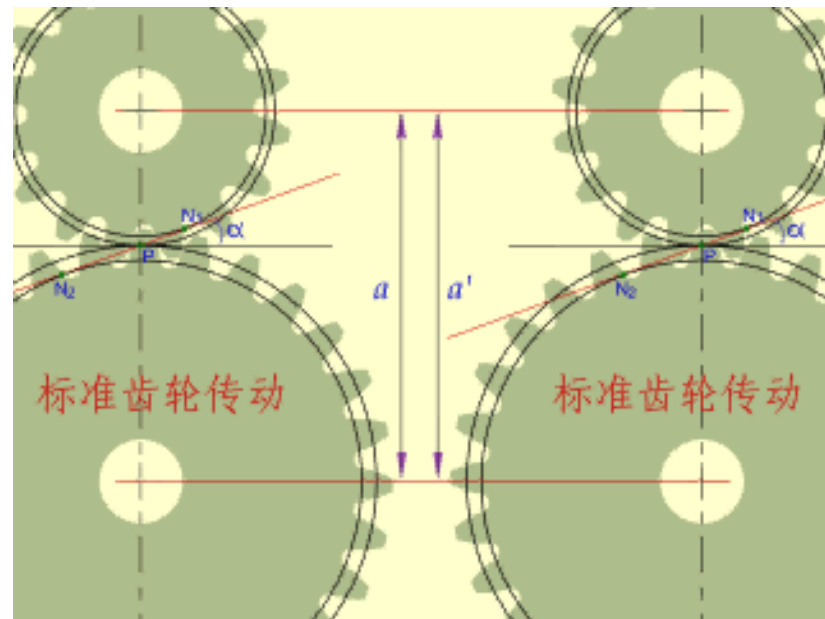
#### 1) 标准齿轮传动

$$x_1 + x_2 = 0, \text{ 且 } x_1 = 0, x_2 = 0,$$

$$a' = a (r' = r), \alpha' = \alpha$$

齿数条件：

$$Z_1 \geq Z_{\min}, Z_2 \geq Z_{\min} \cdot$$



## 2) 等移距齿轮传动(高度变位传动)

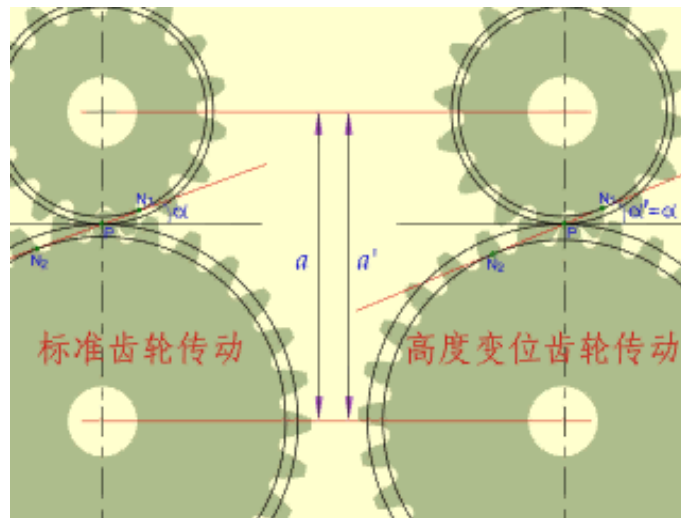
$$x_1 + x_2 = 0, \text{ 且 } x_1 = -x_2 \neq 0$$

$$a' = a (r' = r), \alpha' = \alpha, \Delta y = 0$$

不同之处:

$$h_{a1} = (h_a^* + x_1)m$$

$$h_{f1} = (h_a^* + c^* - x_1)m$$



为避免发生根切，则  $Z_1 + Z_2 \geq 2Z_{\min}$

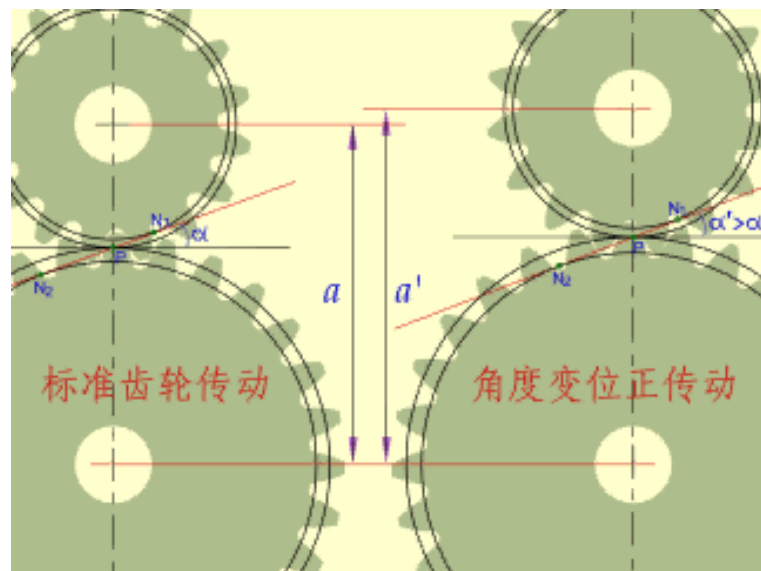
**优点:** 减小机构的尺寸，改善磨损情况；  
提高小齿轮强度，提高承载能力。

**缺点:**  $\varepsilon$  略有下降，互换性差。

## 2、角度变位传动: $x_1 + x_2 \neq 0$

1) 正传动:  $x_1 + x_2 > 0$

$$a' > a, \alpha' > \alpha, y > 0, \Delta y > 0$$



齿数条件: 不受任何限制。

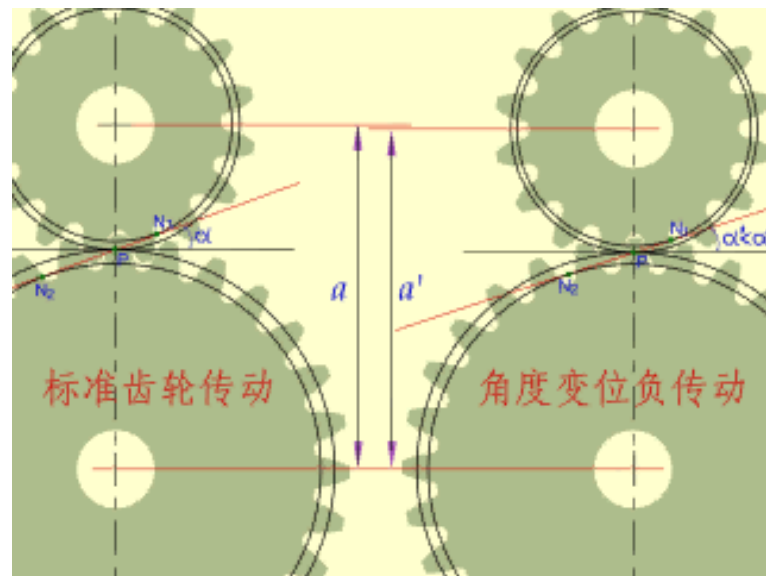
**优点**: 可配凑中心距; 结构尺寸小, 改善磨损情况; 强度提高, 承载能力大。

**缺点**:  $\varepsilon$  下降, 互换性差。

2) 负传动:  $x_1 + x_2 < 0$

$a' < a, \alpha' < \alpha, y < 0, \Delta y > 0$

齿数条件:  $z_1 + z_2 > 2z_{\min}$



**优点:** 可配凑中心距;  $\varepsilon_{\alpha}$  略有增大。

**缺点:** 强度下降, 承载能力下降, 互换性差。

## 四、变位齿轮的应用

1. 应用等移距传动，避免根切，缩小结构尺寸，改善传动质量；修复旧齿轮。
2. 应用角度变位传动可配凑中心距。

## 四、变位系数的选择

选择变位系数应满足的基本条件:

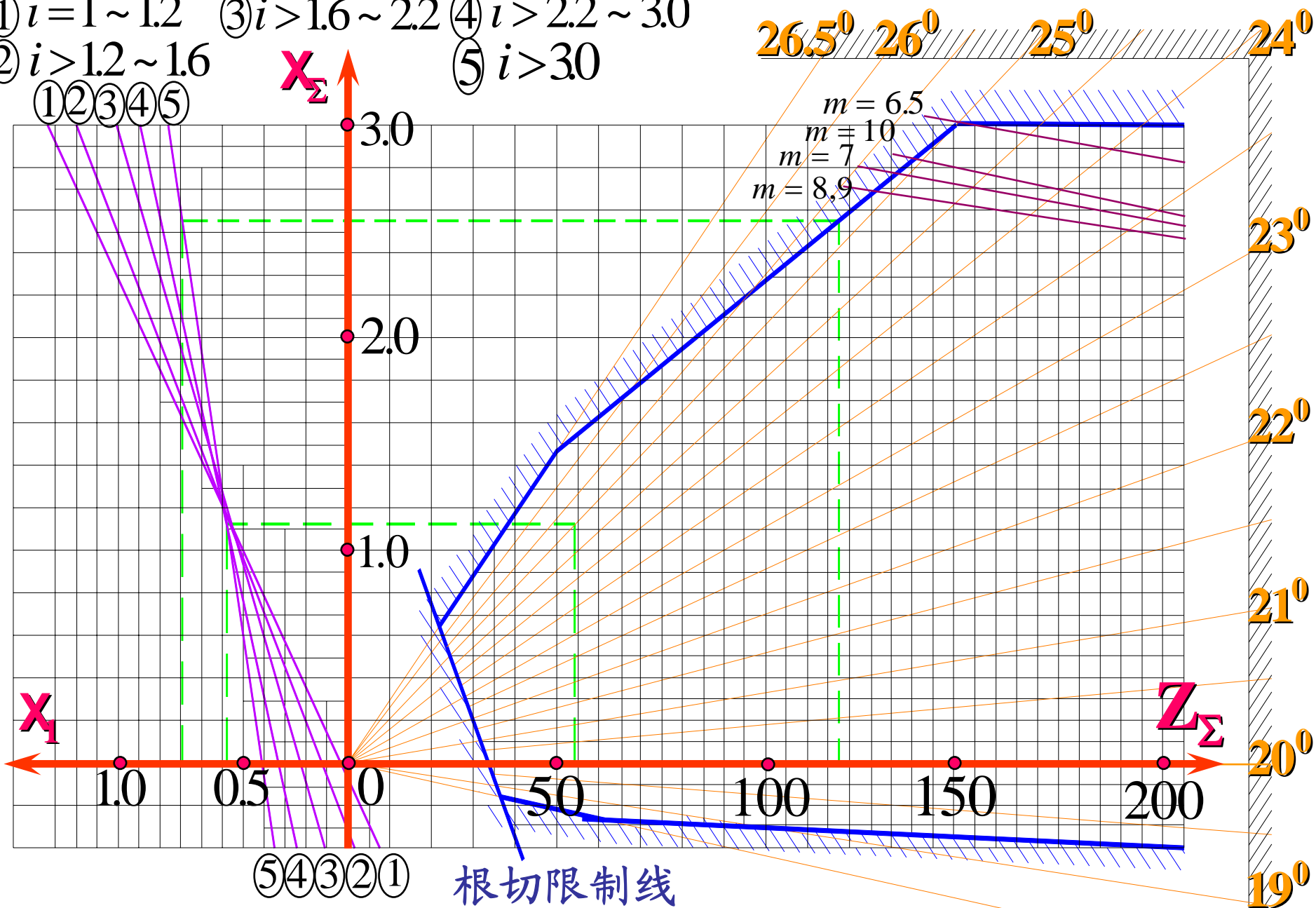
- 1) 不根切  $x \geq x_{\min}$
- 2) 齿顶不变尖  $s_a \geq (0.25 \sim 0.4)m$
- 3) 满足重合度的要求  $\varepsilon_\alpha \geq [\varepsilon_\alpha]$
- 4) 不干涉

选择变位系数应满足的质量方面的要求:

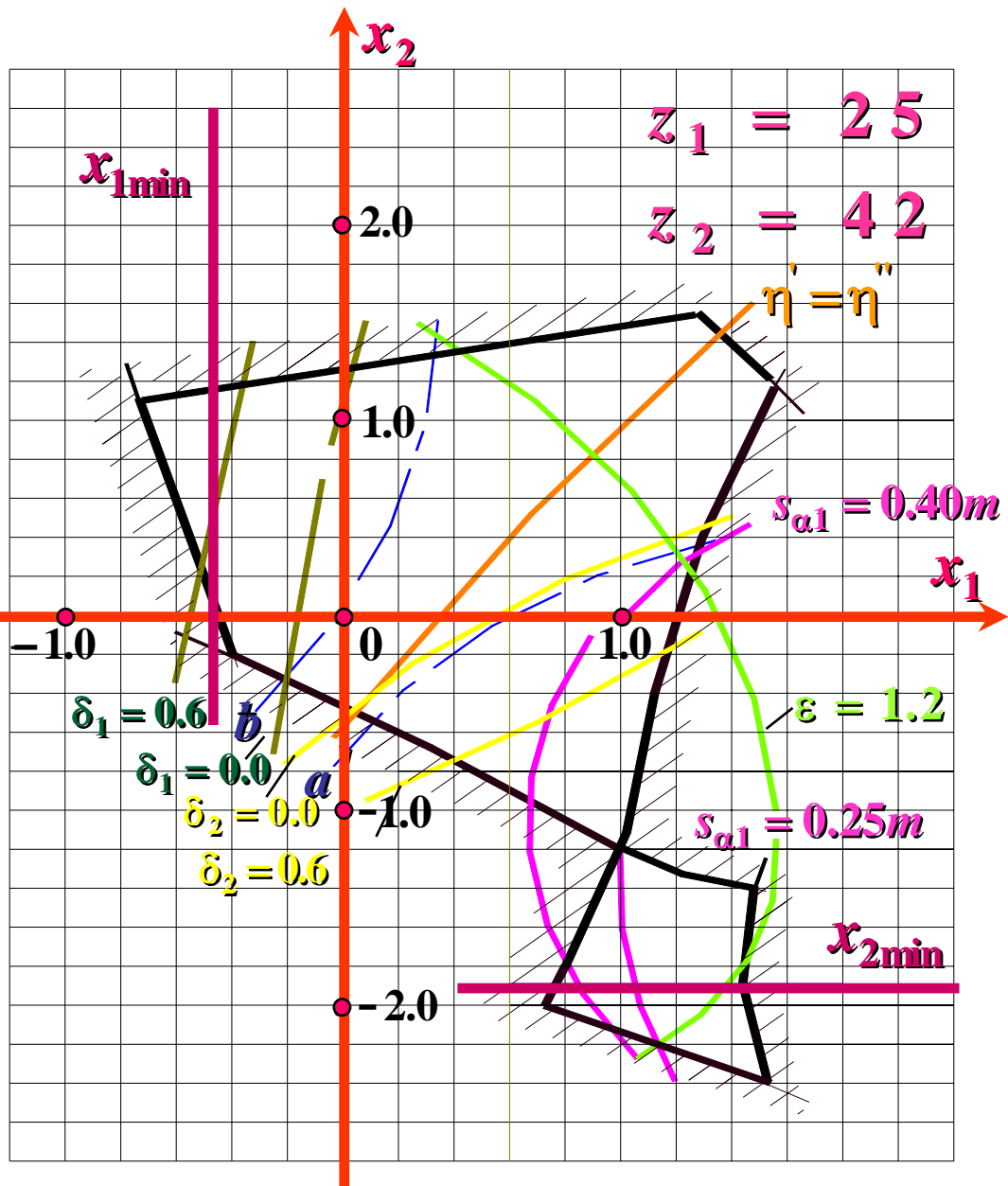
- 1) 等弯曲强度; 2) 等磨损强度。

选择变位系数的方法: 封闭图法; 图表法。

- ①  $i = 1 \sim 1.2$     ③  $i > 1.6 \sim 2.2$     ④  $i > 2.2 \sim 3.0$
- ②  $i > 1.2 \sim 1.6$     ⑤  $i > 3.0$



选择变位系数界限图



a--小齿轮为主动时，达到轮齿相等弯曲强度的曲线；

b--大齿轮为主动时，达到轮齿相等弯曲强度的曲线；

$\eta' = \eta''$  -- 实际啮合线两端点处，达到齿根滑动系数均衡的曲线。



例1: 已知变速箱中一对齿轮 $Z_1=13$ ,  $Z_2=44$ ,  
 $m=4.25$ ,  $h_a^*=1$ ,  $c^*=0.25$ ,  $a'=121.125$ ,  $\alpha=20^\circ$ 。  
试设计该对齿轮。

解: 1) 确定传动类型

$$a = \frac{m}{2}(Z_1 + Z_2) = \frac{4.25}{2}(13 + 44) = 121.125$$

$\because a' = a, \therefore$  可采用等移距变位齿轮传动。

2) 选择变位系数, 计算参数

$$\text{小齿轮正变位: } x_1 = x_{1\min} = \frac{17 - 13}{17} = 0.235$$

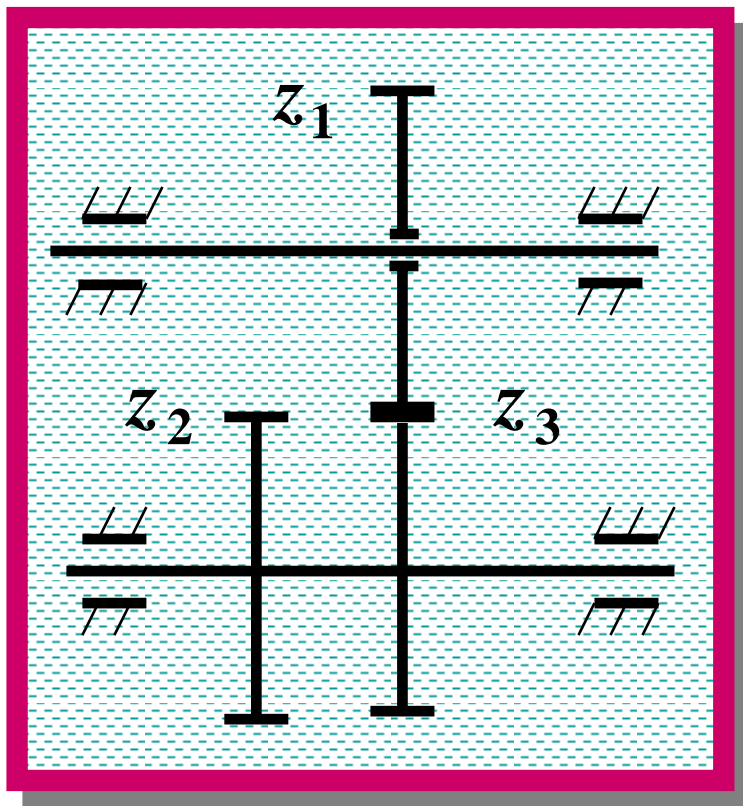
$$\text{大齿轮正变位: } x_2 = -x_1 = -0.235$$

$$\sigma = 0, y = 0, \alpha' = \alpha。$$

3) 计算齿轮各部分尺寸:  $d, d_b, d_a, d_f, h_a, h_f, P, s, e$ 。

4) 校验:  $s_{a1}, \varepsilon_\alpha$  (略)。

例2. 如图示齿轮机构  $m = 3$ 、 $\alpha = 20^\circ$ 、 $h_a^* = 1$ 、 $c^* = 0.25$ 、 $z_1 = 18$ 、 $z_2 = 30$ 、 $z_3 = 27$ 、 $a' = 71$ 。设计该两对齿轮。



解：1). 确定传动类型

$$a_{12} = \frac{m}{2} (z_1 + z_2)$$

$$= \frac{3}{2} (18 + 30) = 72 > a'$$

$$a_{13} = \frac{m}{2} (z_1 + z_3)$$

$$= \frac{3}{2} (18 + 27) = 67.5 < a'$$

$\therefore$  1和2应采用负传动, 1和3应采用正传动

2) 求参数

$$a' \cos \alpha' = a \cos \alpha \quad \therefore \alpha' = \arccos\left(\frac{a}{a'} \cos \alpha\right)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{第一对: } \alpha'_{12} = \arccos\left(\frac{72}{71} \cos 20^\circ\right) = 17^\circ 39' \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{第二对: } \alpha'_{13} = \arccos\left(\frac{67.5}{71} \cos 20^\circ\right) = 26^\circ 42' \end{array} \right.$$

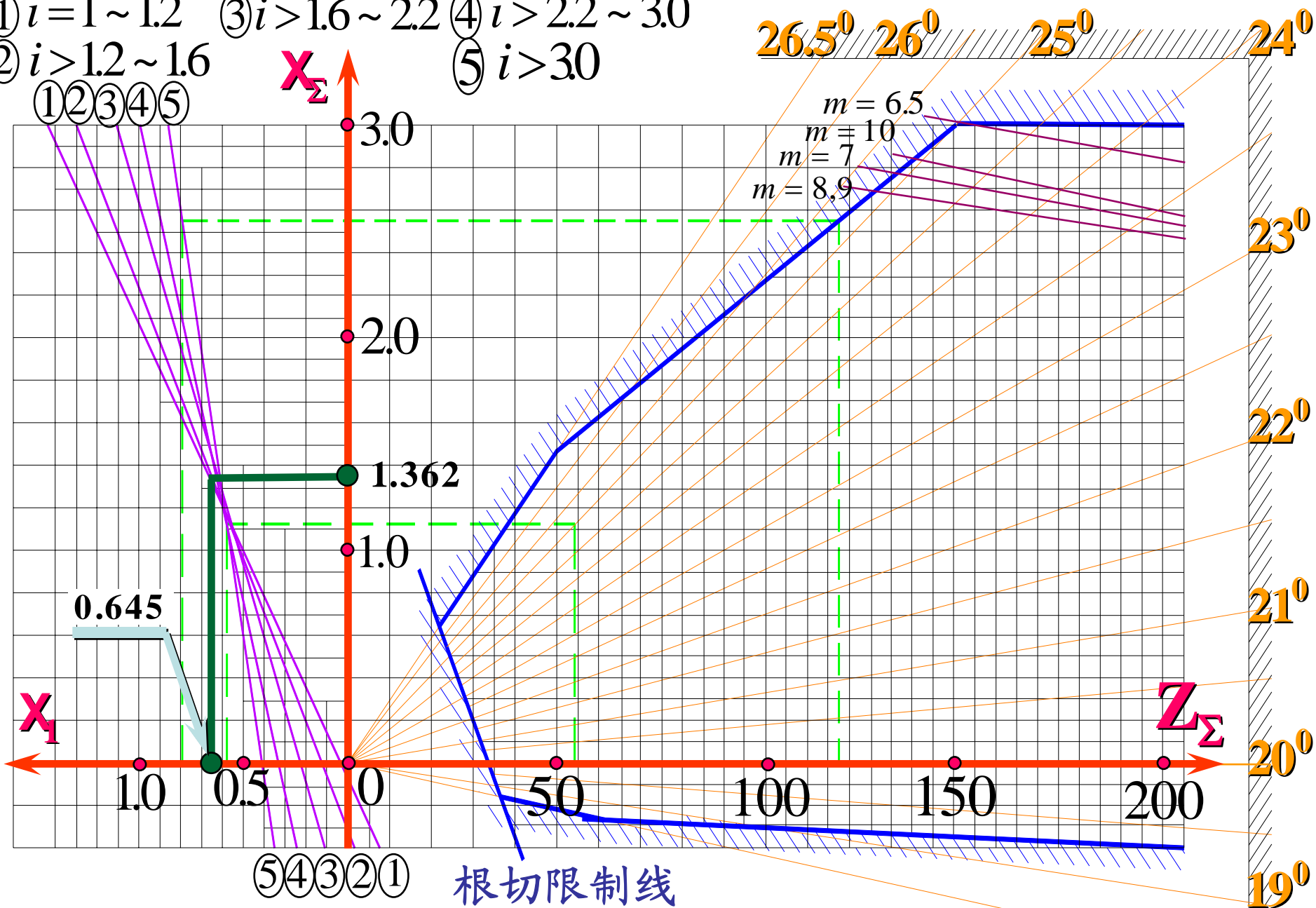
$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 + x_2 = \frac{z_1 + z_2}{2 \operatorname{tg} \alpha} (\operatorname{inv} \alpha'_{12} - \operatorname{inv} \alpha) = -0.314 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 + x_3 = \frac{z_1 + z_3}{2 \operatorname{tg} \alpha} (\operatorname{inv} \alpha'_{13} - \operatorname{inv} \alpha) = 1.362 \end{array} \right.$$

分配变位系数:  $\because a'$  与  $a_{13}$  差得大

先确定  $x_1$  与  $x_3$ , 根据简易封闭图

- ①  $i = 1 \sim 1.2$     ③  $i > 1.6 \sim 2.2$     ④  $i > 2.2 \sim 3.0$   
 ②  $i > 1.2 \sim 1.6$     ⑤  $i > 3.0$



选择变位系数界限图

$$\text{取 } x_1 = 0.645, x_3 = 0.717$$

$$\text{则 } x_2 = -0.314 - 0.645 = -0.959$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{第一对: } y_1 = \frac{a' - a_{12}}{m} = \frac{71 - 72}{3} = -\frac{1}{3} \\ \text{第二对: } y_2 = \frac{a' - a_{13}}{m} = \frac{71 - 67.5}{3} = 1.17 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{第一对: } \sigma_1 = (x_1 + x_2) - y_1 = 0.019 \\ \text{第二对: } \sigma_2 = (x_1 + x_3) - y_2 = 0.1953 \end{array} \right.$$

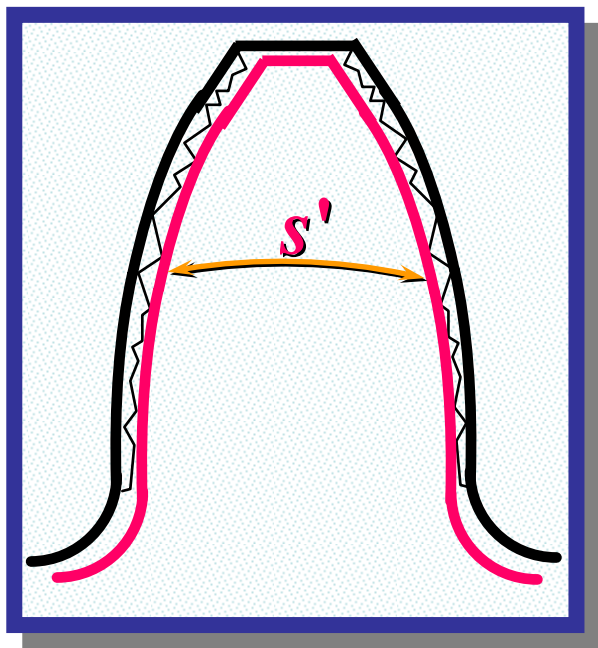
$\sigma_1 \neq \sigma_2$ , 应选一个偏大的值

$$\therefore \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma = 0.1953$$

这样三个齿轮齿顶缩减量相同。

3). 具体尺寸计算: .....

例3. 已知: 如图示  $m = 16$ 、 $z_1 = 17$ 、 $z_2 = 245$ 、  
 一齿轮对中的大齿轮磨损严重, 现齿廓磨损  
 要求修复。问怎样设计大小齿轮。磨损最  
 严重轮齿的分度圆齿厚为  $s' = 19.52\text{mm}$ 。



解:  $\because s' = \frac{\pi m}{2} + 2x_2 m \operatorname{tg} \alpha$

$$19.52 = \frac{16 \times \pi}{2} + 2x_2 \cdot 16 \times \operatorname{tg} 20^\circ$$

$$\therefore x_2 = -0.482$$

$$x_1 = -x_2 = 0.482$$

计算尺寸, 校核  $s_{a1} = ?$

