

# 压缩机原理

## 第10章 双螺杆压缩机

---

---

# 本章内容

## 1. 螺杆压缩机工作原理

1. 工作原理
2. 螺杆压缩机发展历程
3. 螺杆压缩机分类

## 2. 螺杆压缩机工况、性能参数

## 3. 转子型线

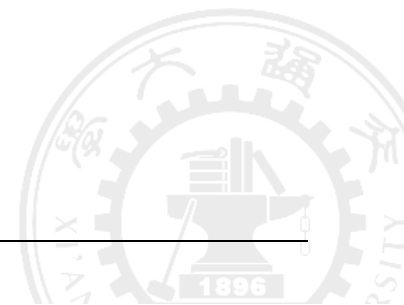
1. 转子型线
2. 型线参数

## 4. 容积流量

## 5. 吸排气孔口

## 6. 转子受力及轴承负荷

## 7. SCCAD软件简介



# 本节内容

1. 转子型线
2. 型线参数
3. 容积流量

# 转子型线概述

螺杆压缩机中，最关键的是一对**相互啮合的转子**，转子的齿面与转子轴线垂直面的截交线称为**转子型线**，由于转子型线作螺旋运动就形成了转子的齿面，故又把转子型线称为**端面型线**或**转子齿形**。

螺杆压缩机的阴阳转子可以看作是一对**相互啮合的斜齿轮**。普通斜齿轮的主要任务是在两根平行轴之间的任意传动方向上，强制传递转速、转矩及功率。在螺杆压缩机中，转子之间的动力传递和由此而引起的齿面接触应力都是次要的——**密封是最重要的**。

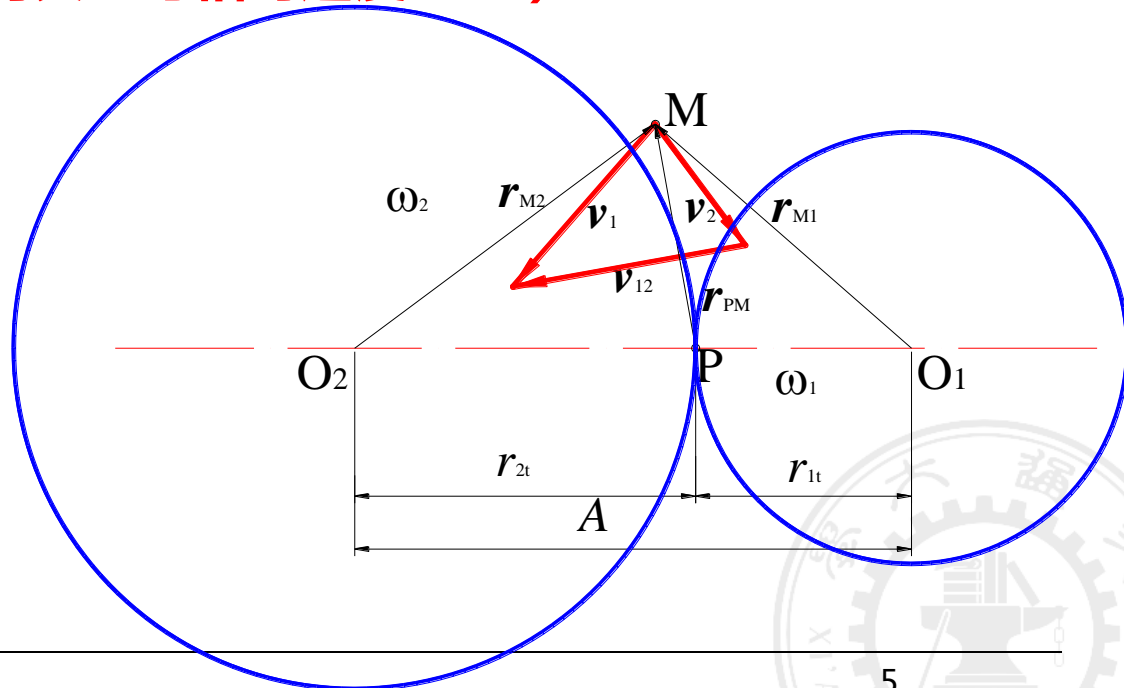
螺杆压缩机的阴、阳转子型线，要满足**啮合定律**，即不论在任何位置，经过型线接触点的公法线必须通过**节点**。



# 速度瞬心法——啮合定律

- **速度瞬心P**：即两转子相对速度为零处——**节点**
- **相对速度**： $v_{12} = \omega_{12} \times r_{PM}$ ,  $\omega_{12} = \omega_1 + \omega_2$
- 既然平面任意点的相对速度为：**角速度与该点到节点的半径的乘积，即相对速度垂直与该半径**
- **又啮合点满足（法向矢量与相对速度垂直）**： $n \cdot v = 0$

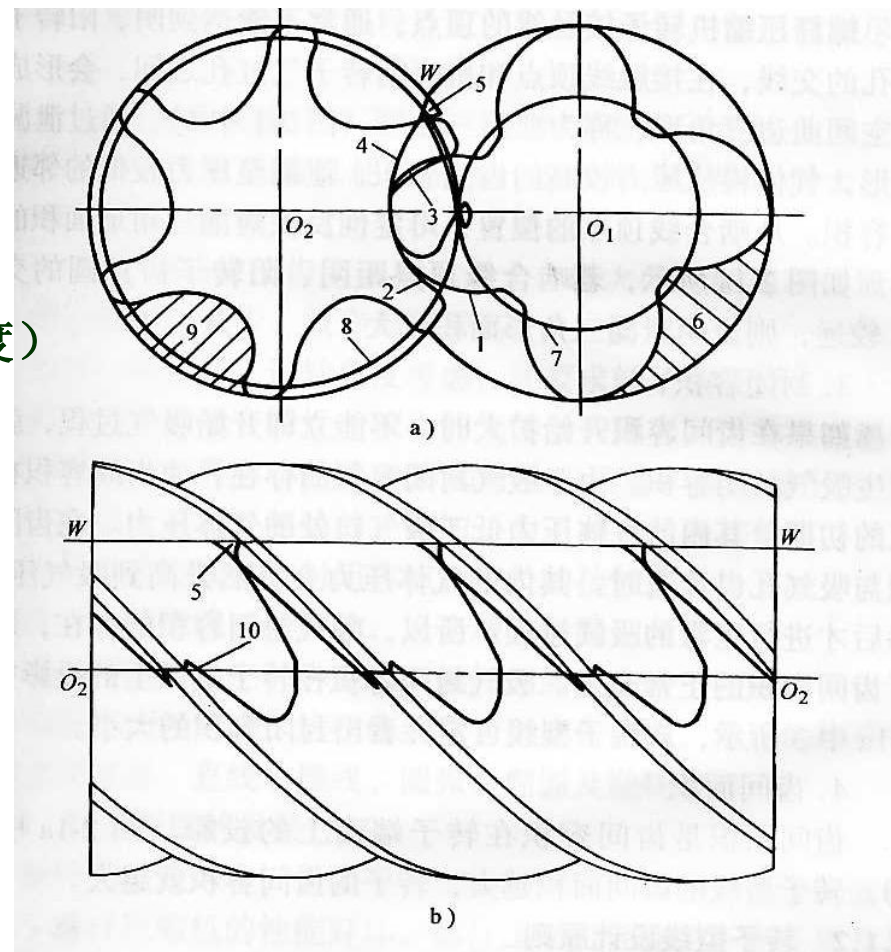
**啮合定律**：不论在任何位置，经过型线接触点的公法线必须通过**节点**



# 转子型线概述

## ■ 型线的设计要求——型线影响到螺杆压缩机哪些方面？

- 转子能否正确啮合
- 压缩机经济性
  - 泄漏
    - 轴向气密性（**泄漏三角形**）
    - 横向气密性（**接触线**连续、长度）
  - **封闭容积**
    - 吸气封闭容积
    - 排气封闭容积
  - 面积利用系数
  - 气体流动阻力（**流线型**）



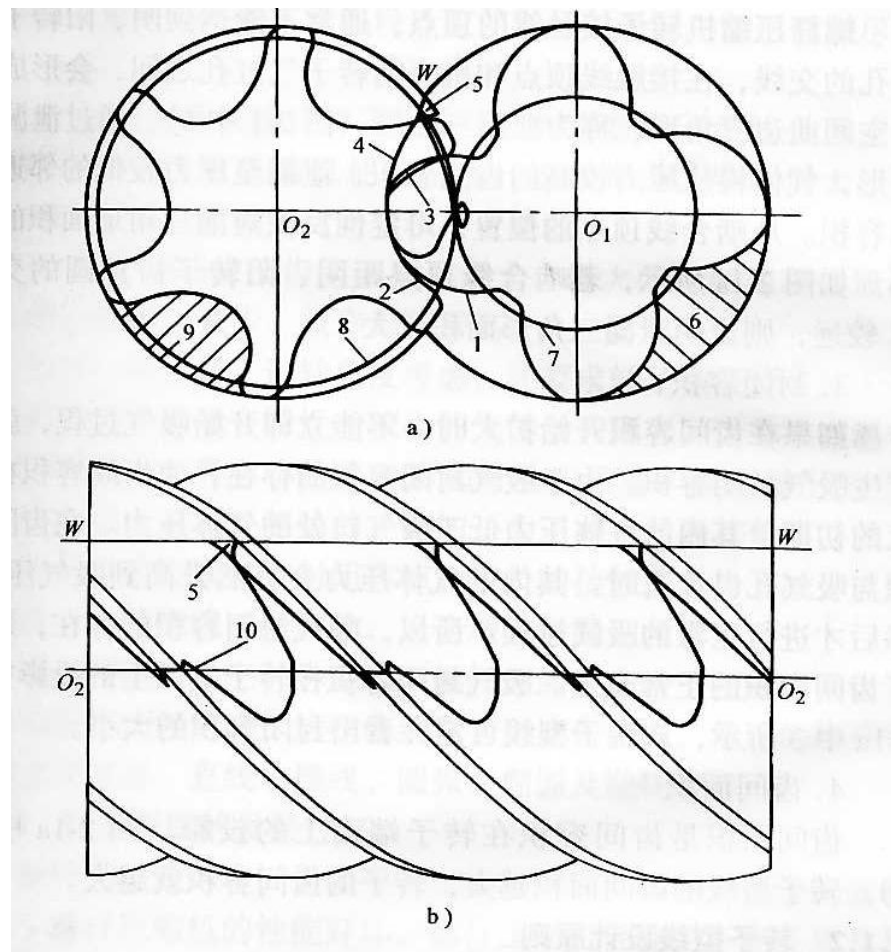
# 转子型线概述

## ● 压缩机可靠性

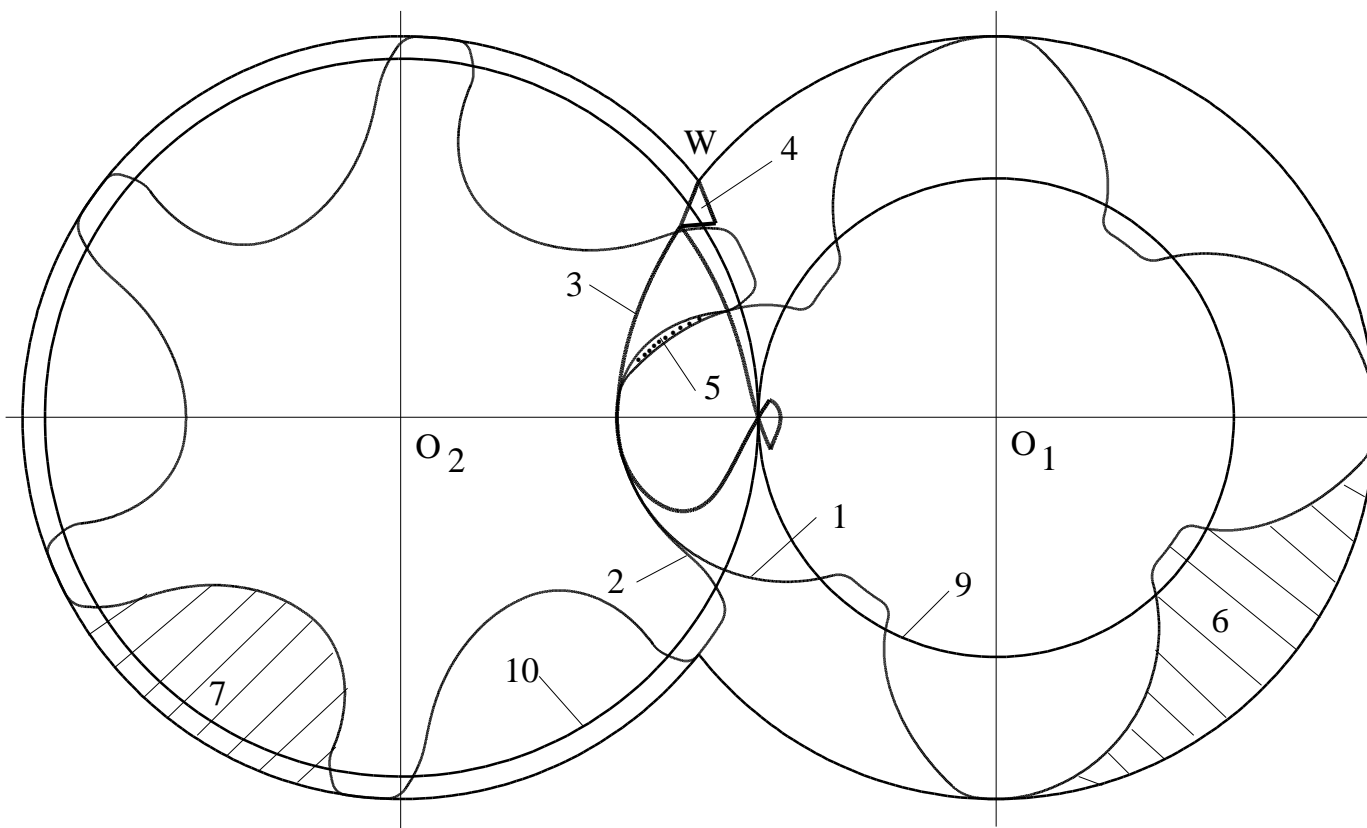
- 足够强度和刚度
- 转子的齿数、齿高

## ● 便于加工制造

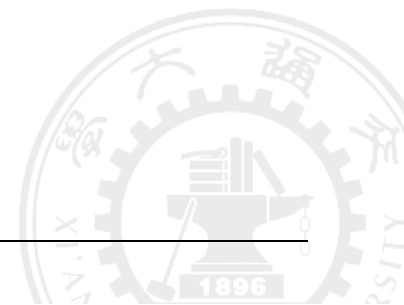
- 刀具容易设计，便于磨刀
- 无切削工艺？



# 螺杆压缩机转子型线

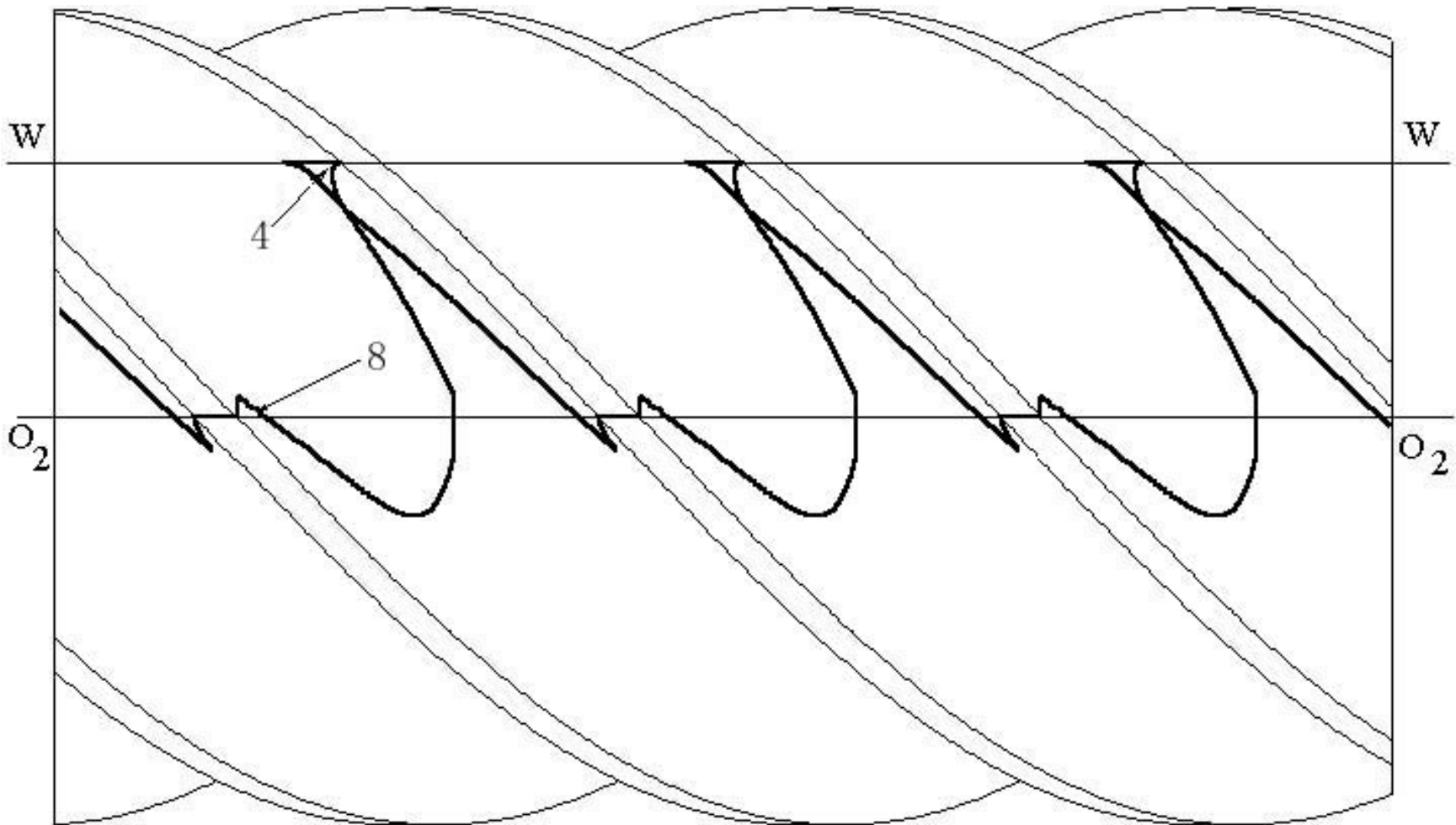


- 1-阳转子型线
- 2-阴转子型线
- 3-啮合线
- 4-泄漏三角形
- 5-封闭容积
- 6-阳转子齿间面积
- 7-阴转子齿间面积
- 8-接触线
- 9-阳转子节圆
- 10-阴转子节圆



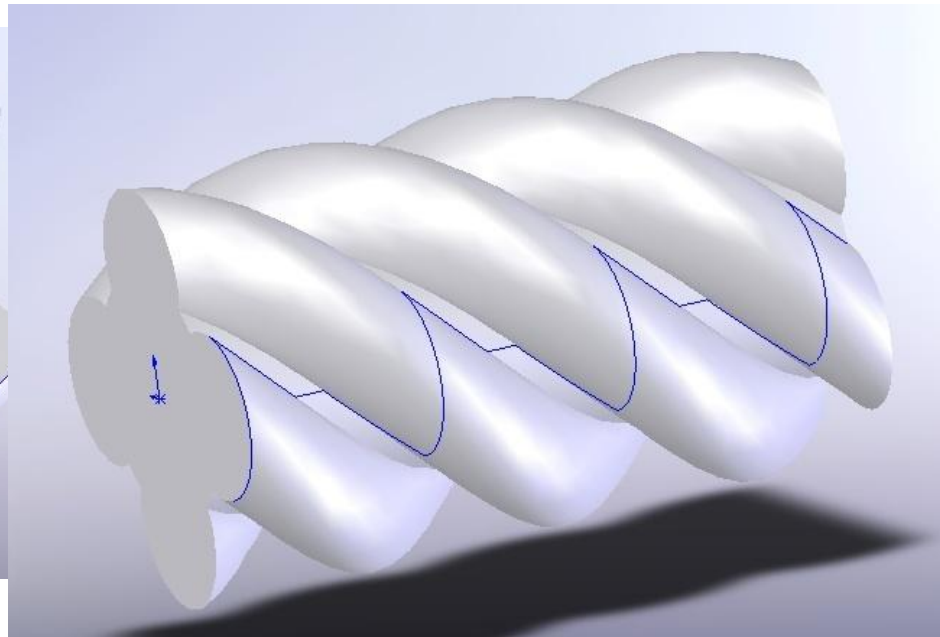
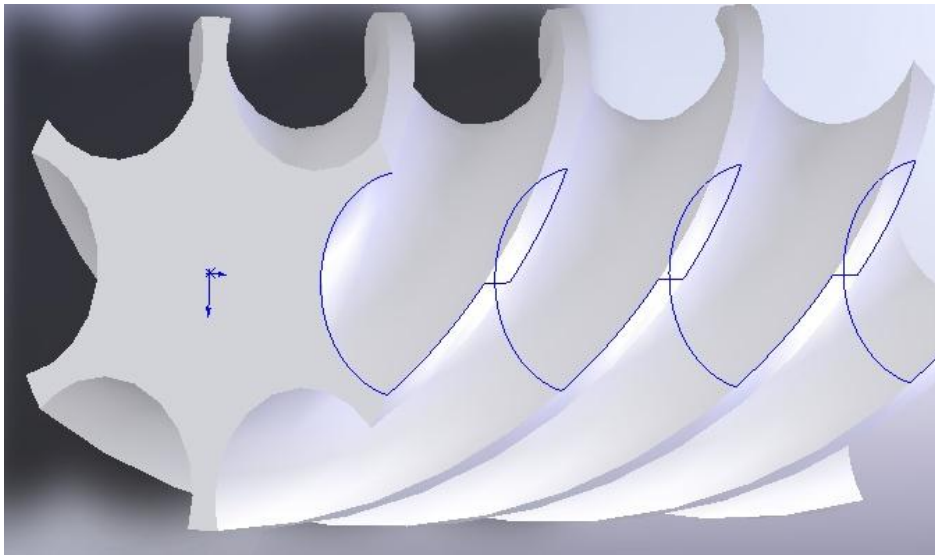


# 转子接触线及泄漏三角形



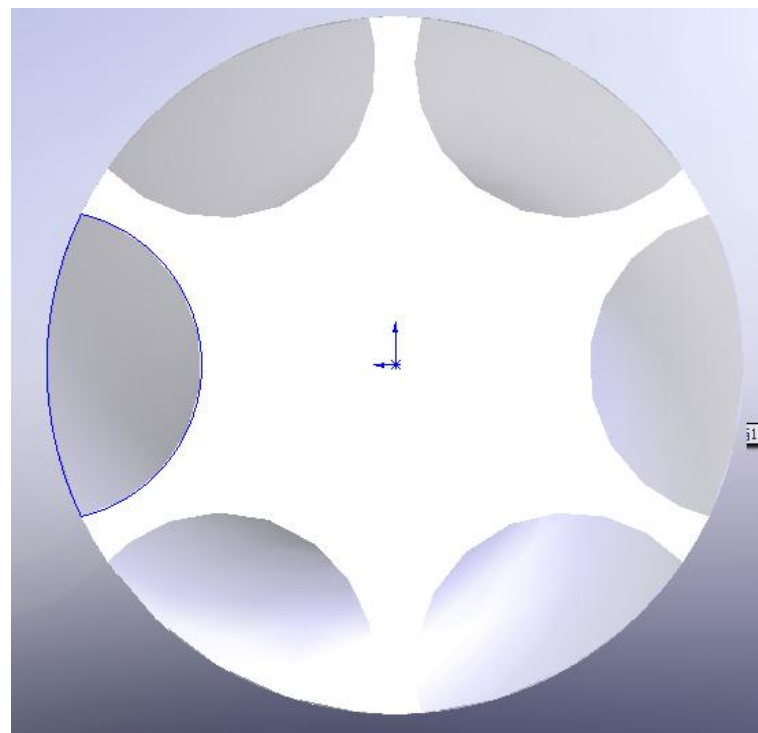
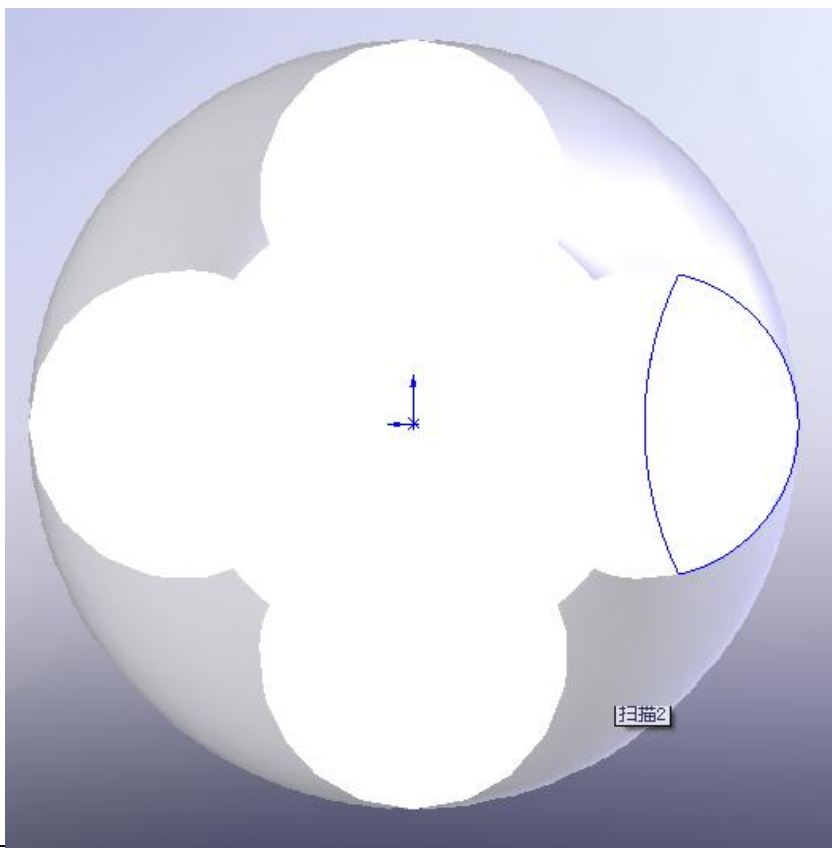
# 接触线

- **接触线**——螺杆压缩机的阴、阳转子啮合时，两转子齿面相互接触而形成的空间曲线称为接触线。接触线将转子的齿间容积分割成两部分，一部分气体处于吸气压力，一侧气体处于压缩或排气。



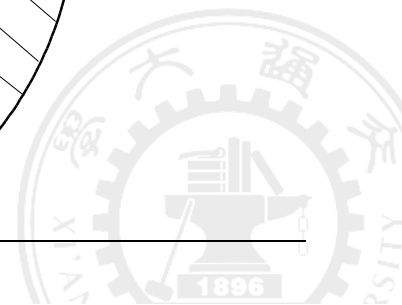
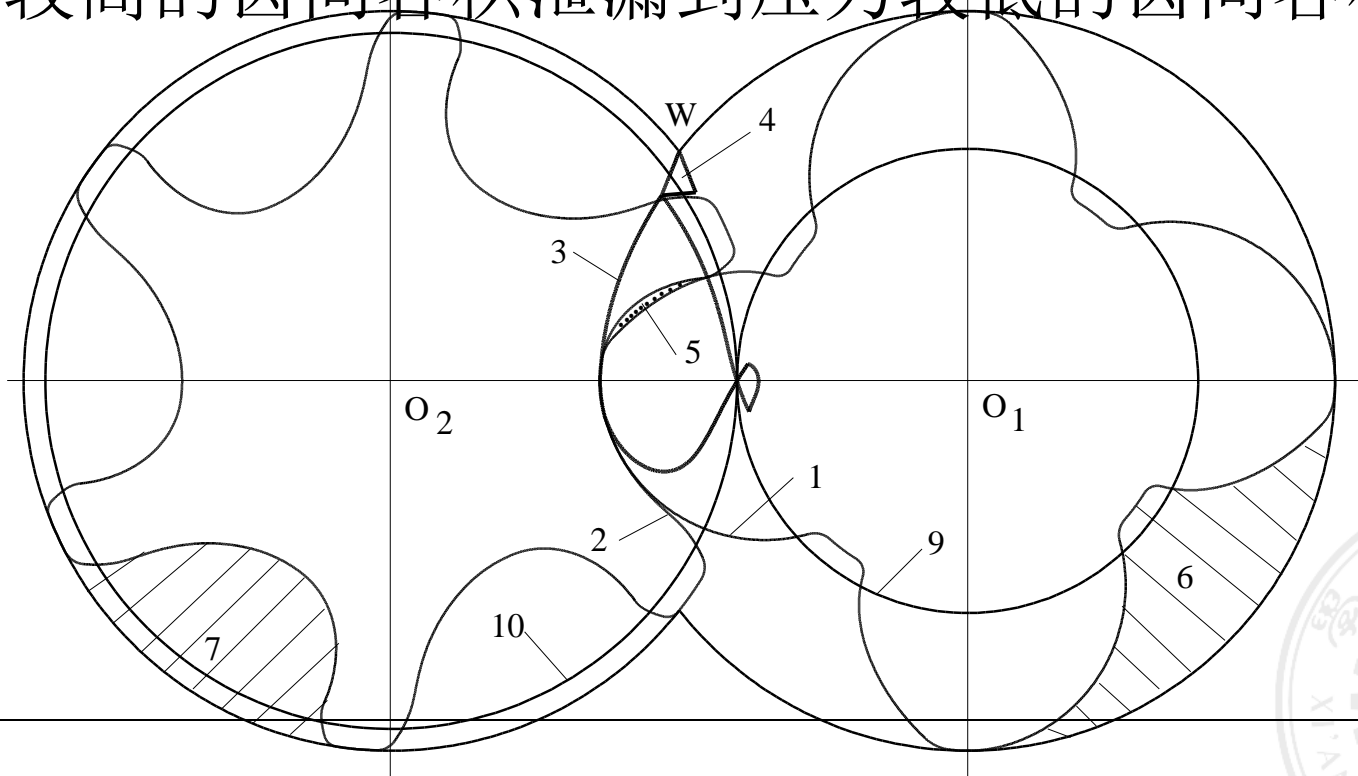
# 啮合线

- **啮合线**——阴、阳转子啮合时啮合点的轨迹，啮合线的实质是接触线在转子端面的投影，如果接触线连续，啮合线应该是一条连续的封闭曲线。



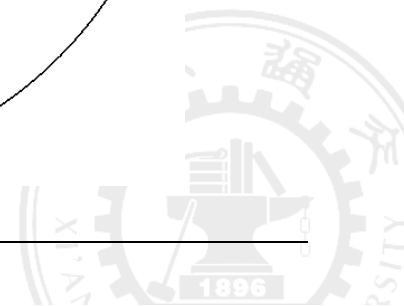
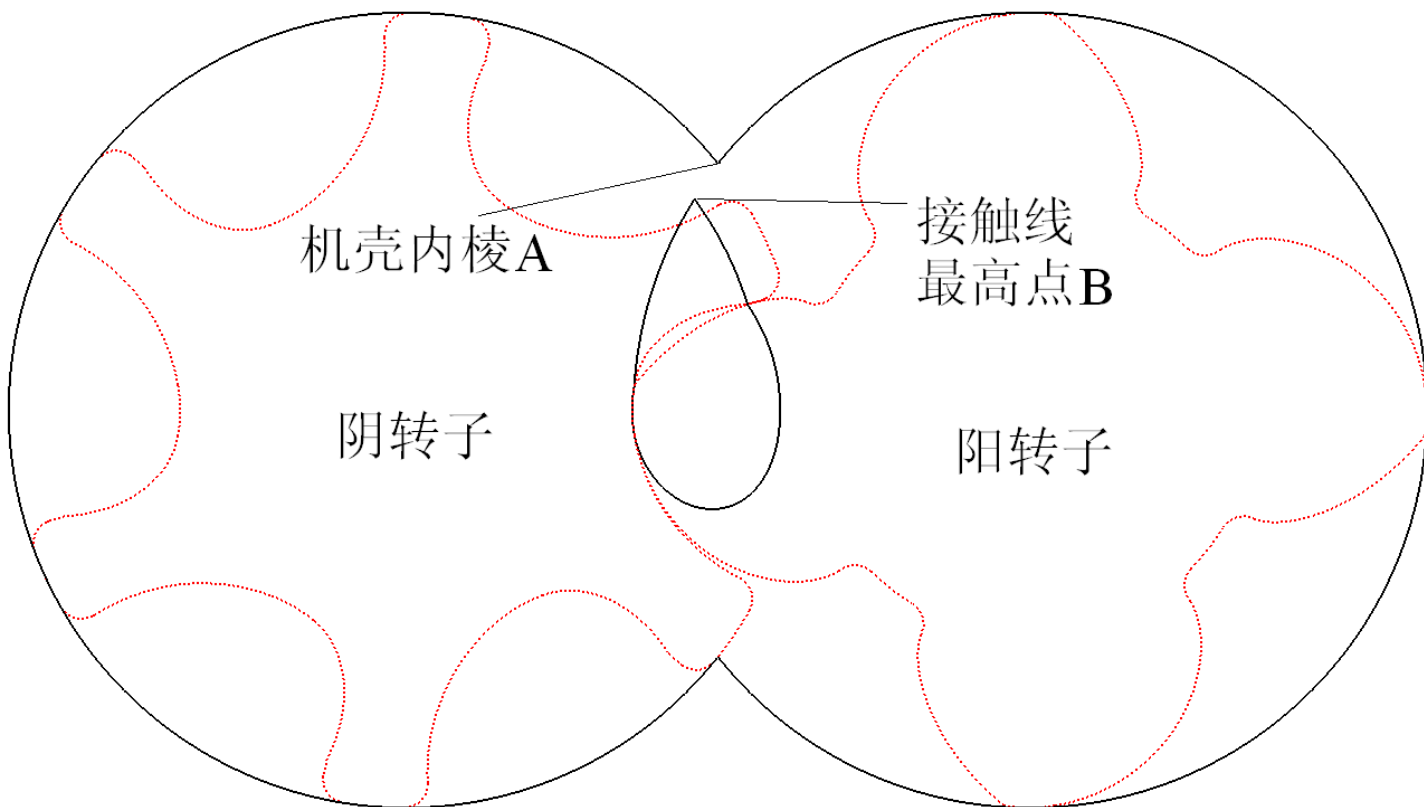
# 泄漏三角形

- **泄漏三角形**——螺杆压缩机转子接触线的顶点，通常不能到达气缸孔的交线，在啮合线的顶点和机壳的转子气缸孔之间，会形成空间曲边三角形，称为泄漏三角形。通过泄漏三角形，气体将从压力较高的齿间容积泄漏到压力较低的齿间容积。



# 泄漏三角形

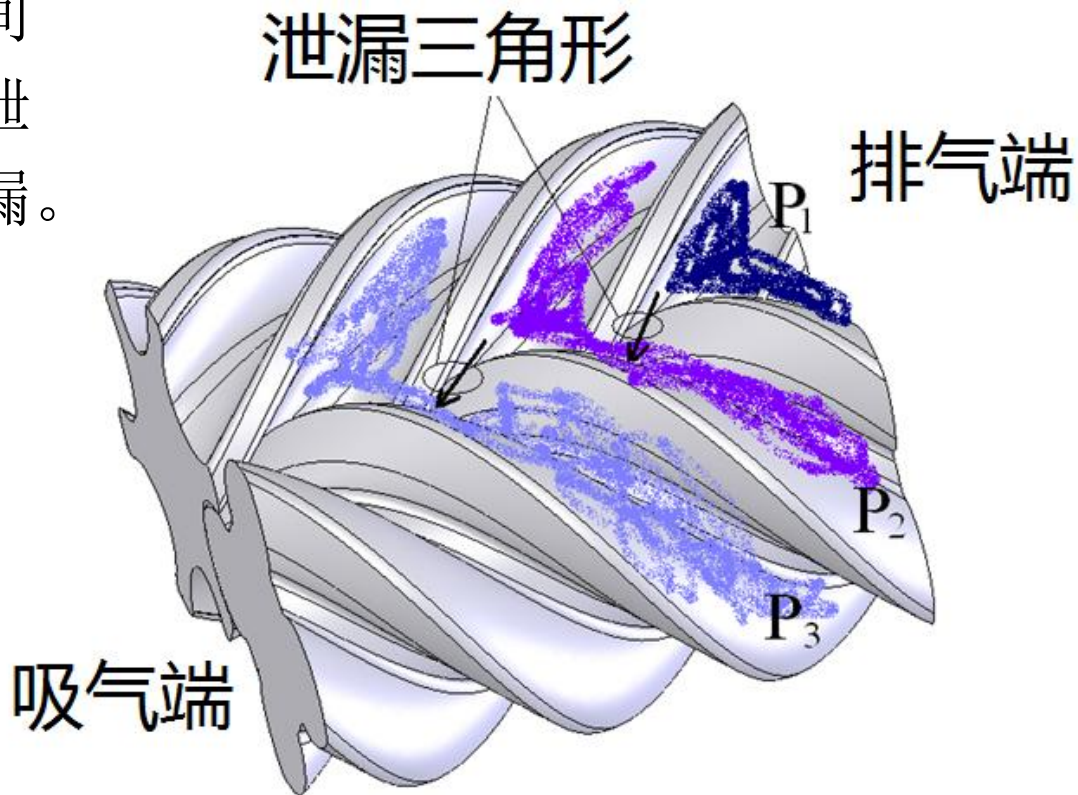
- 产生原因**：螺杆压缩机阴阳转子的接触线延伸不到机体上两个气缸孔的交线，则在图示A、B之间存在无接触线的区域，前后齿槽容积对之间没有接触线密封，产生了泄漏通道。



# 泄漏三角形的泄漏通道示意

相邻的人字形齿间容积对存在压差，由排端到吸端方向有： $P_1 > P_2 > P_3$ 。在压差的作用下，工质被驱赶通过前述的机壳内棱和接触线最高点之间的无接触线进行密封的区域，

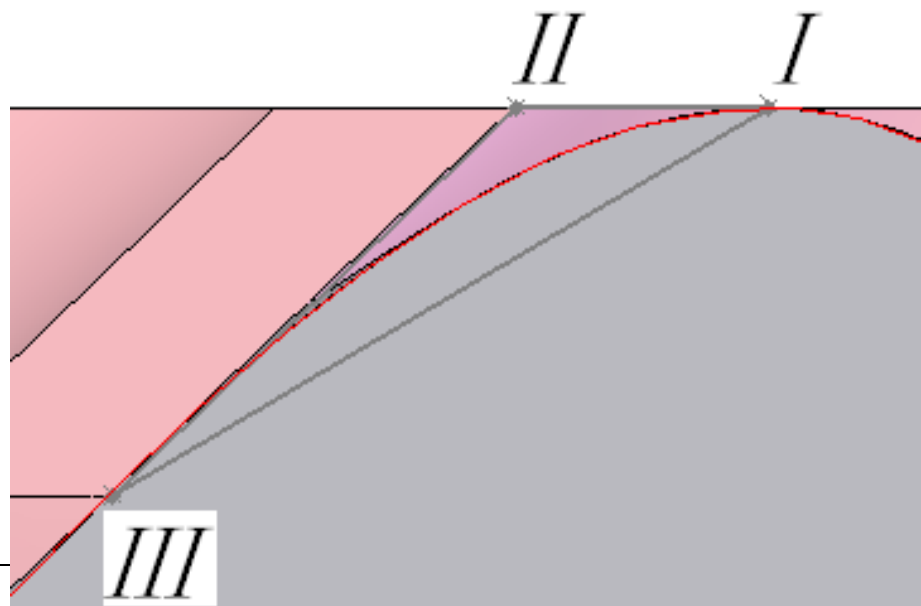
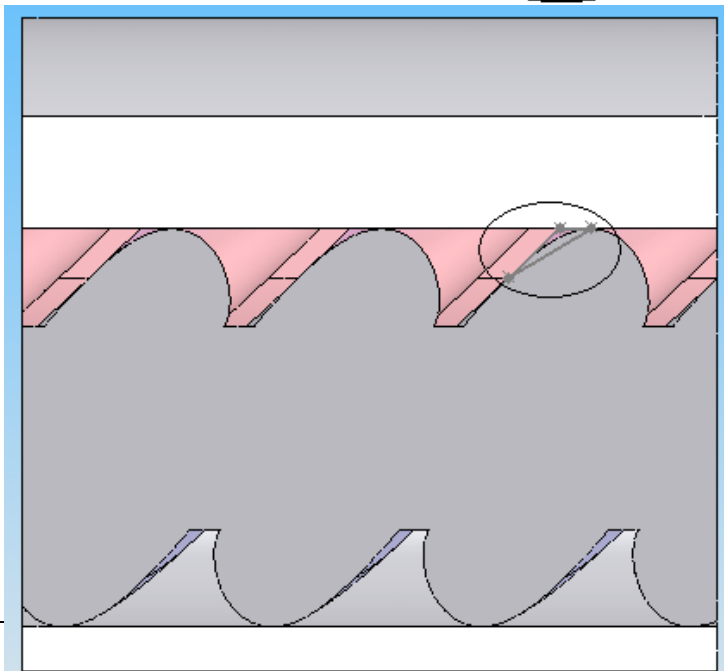
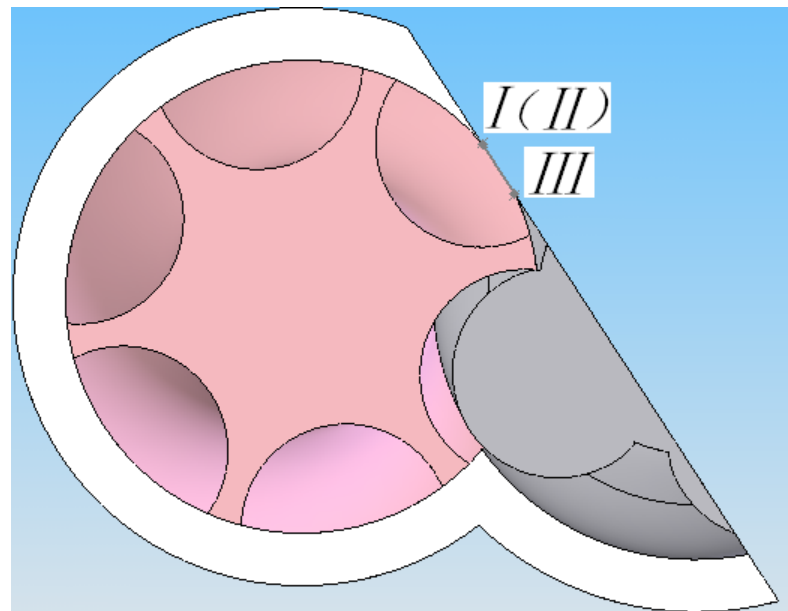
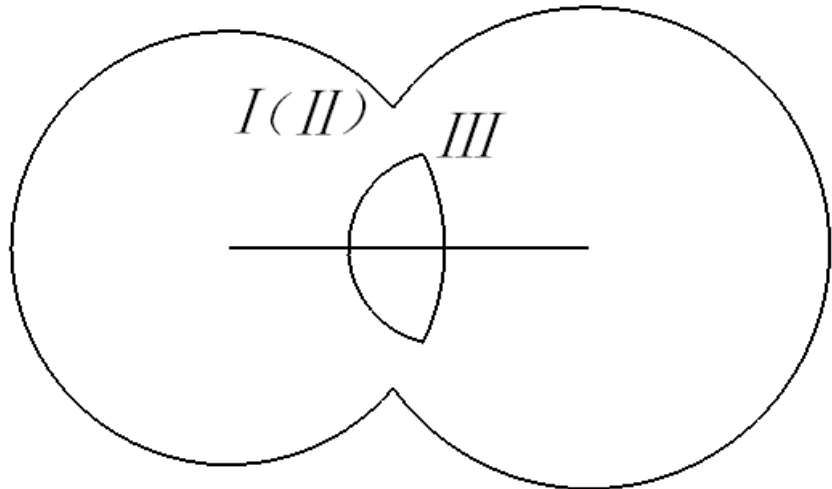
在相邻的人字形齿间容积对之间产生了泄漏三角形带来的泄漏。



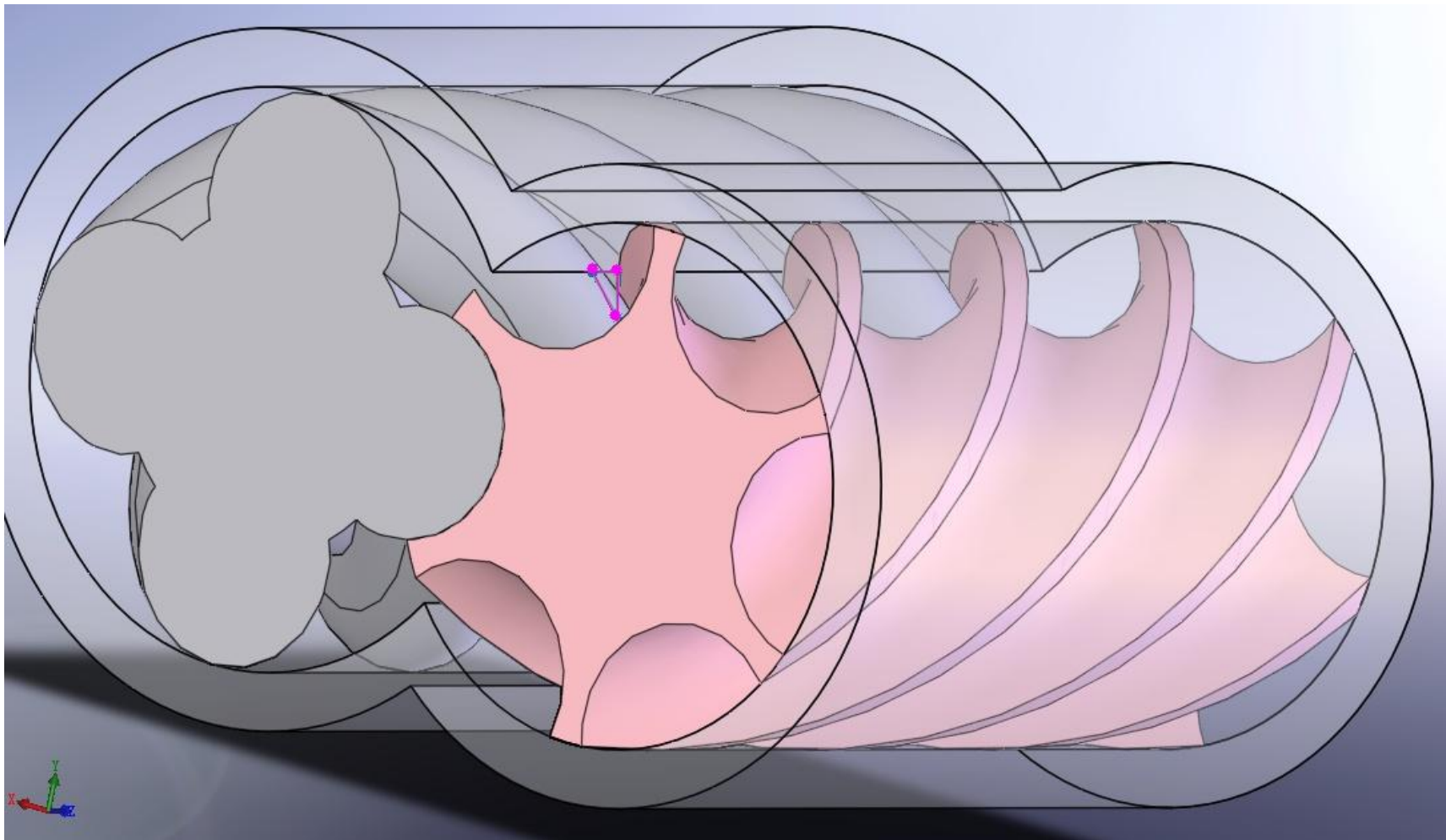


# 泄漏三角形

泄漏三角形位置



# 泄漏三角形

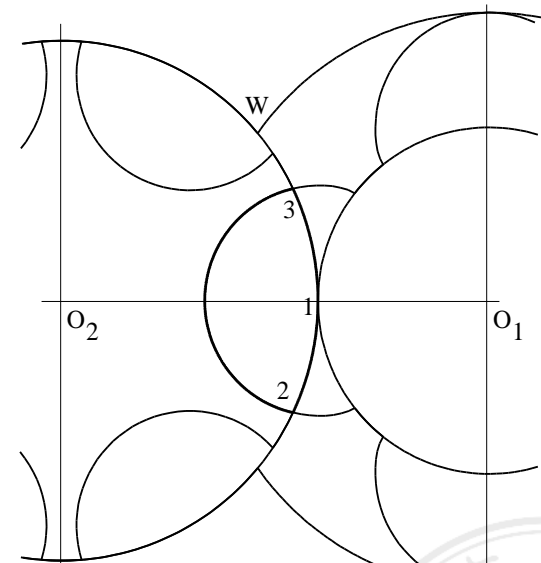
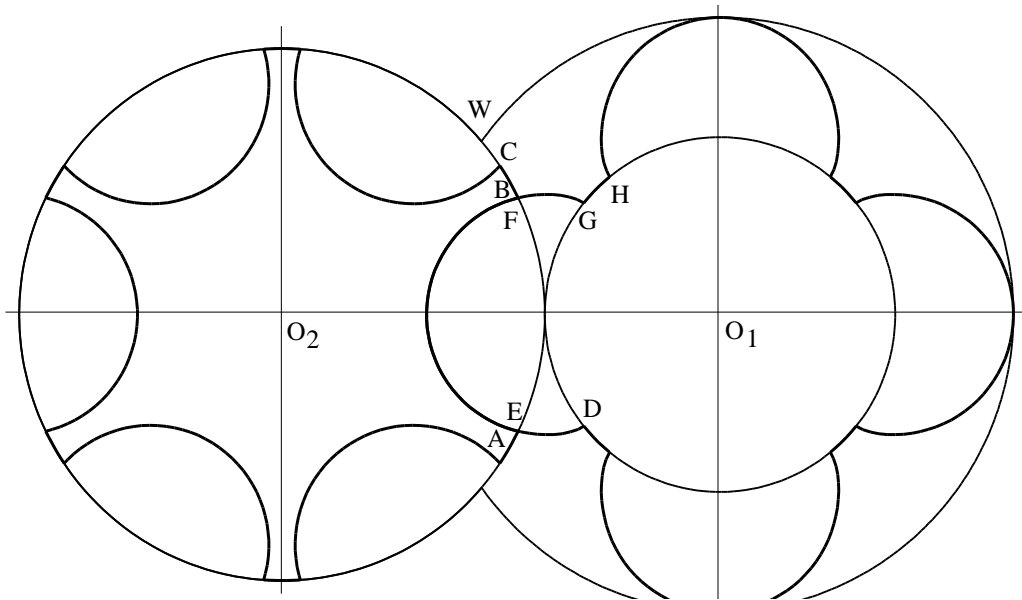




# 第一代型线

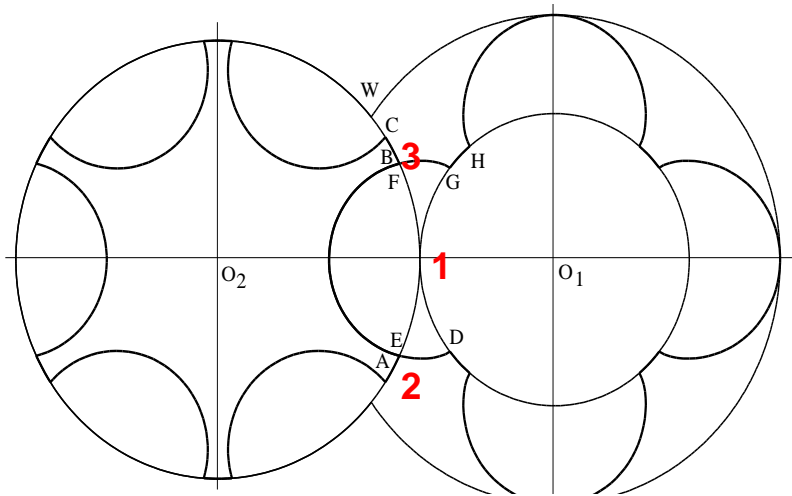
- 第一代型线——对称圆弧齿形（20世纪30年代—  
—>50年代末）

## □ 原始对称圆弧齿形



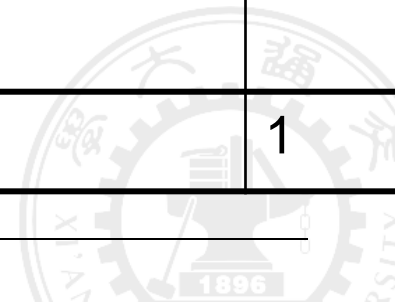
# 第一代型线

## 单边对称圆弧齿形

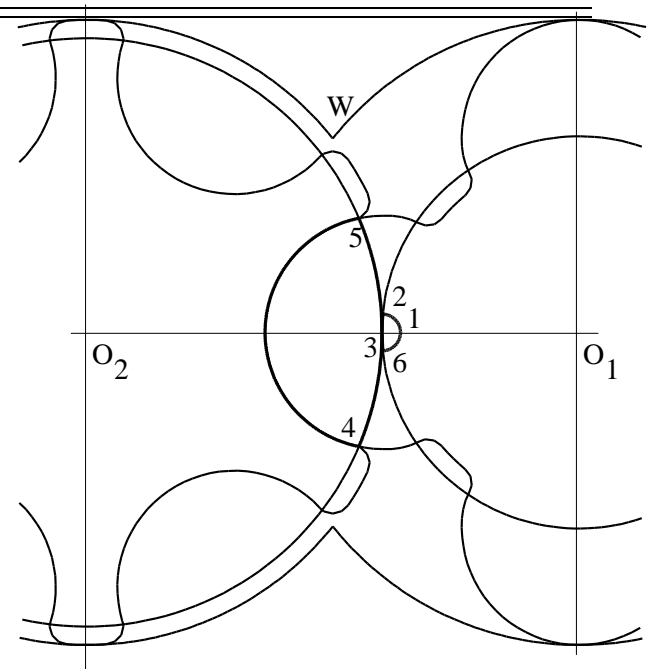
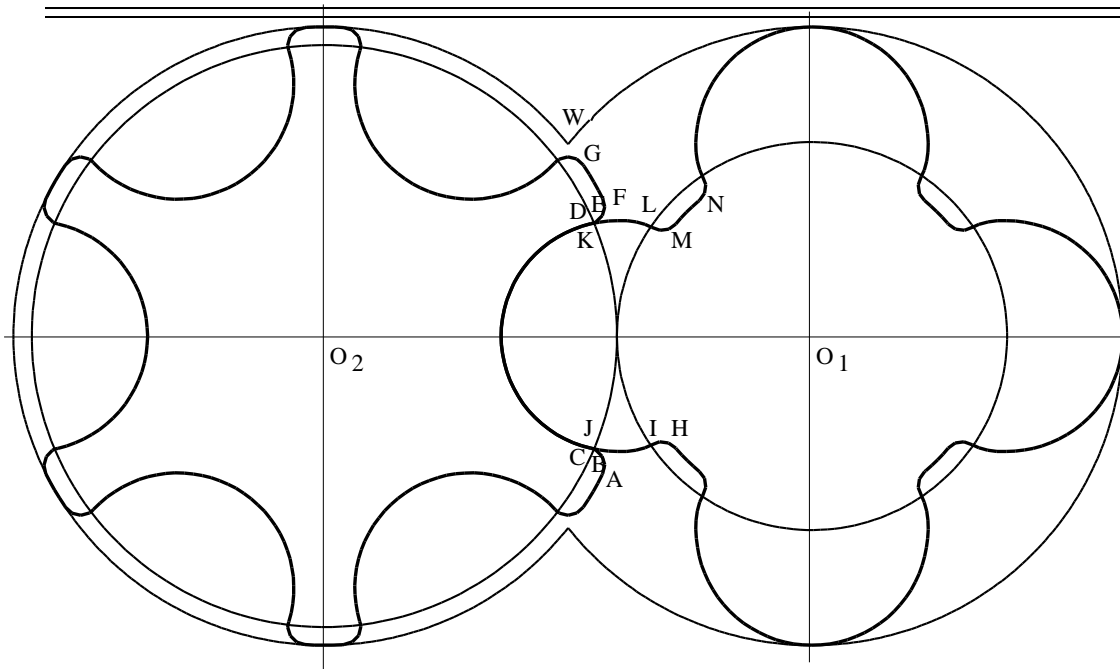


优缺点  
?

阳螺杆	阴螺杆	齿曲线的形成	啮合线
DE	A	以阴转子的节圆为滚圆，在阳转子的外部做纯滚动，A点形成的点啮合摆线	1-2
EF	AB	销齿圆弧，以节点1为圆心	2-3
FG	B	以阴转子的节圆为滚圆，在阳转子的外部做纯滚动，B点形成的点啮合摆线	3-1
GH	BC	对滚圆弧	1



# 第一代型线



阴转子		阳转子		啮合线
齿曲线	曲线性质	齿曲线	曲线性质	
AB	圆弧	HI	圆弧	12
BC	摆线	I	点	23
C	点	IJ	摆线	34
CD	圆弧	JK	圆弧	45
D	点	KL	摆线	53
DE	摆线	L	点	36
EF	圆弧	LM	圆弧	61
FG	圆弧	MN	圆弧	1

双边对称圆弧  
型线的组成齿曲  
线和啮合线



# 第一代型线

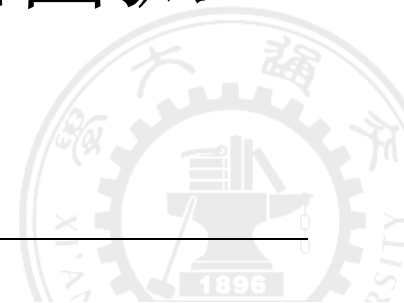
- 对称圆弧型线

- 原始对称圆弧型线和双边对称圆弧型线

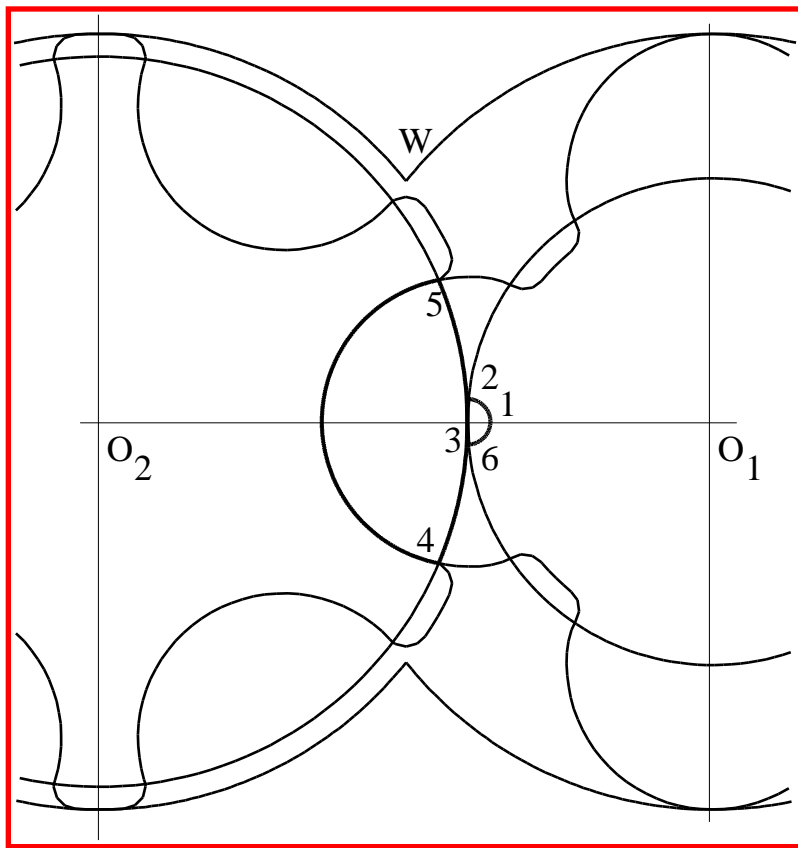
- 由于对称型线易于设计、制造和测量，这类型线直到现在还被很多干式螺杆压缩机制造商广泛采用

- **特点：**齿顶中心线两边的型线完全对称，易于设计、制造和测量，接触线较短

- 所谓对称**圆弧**型线，并非全部由圆弧组成，否则接触线不连续。

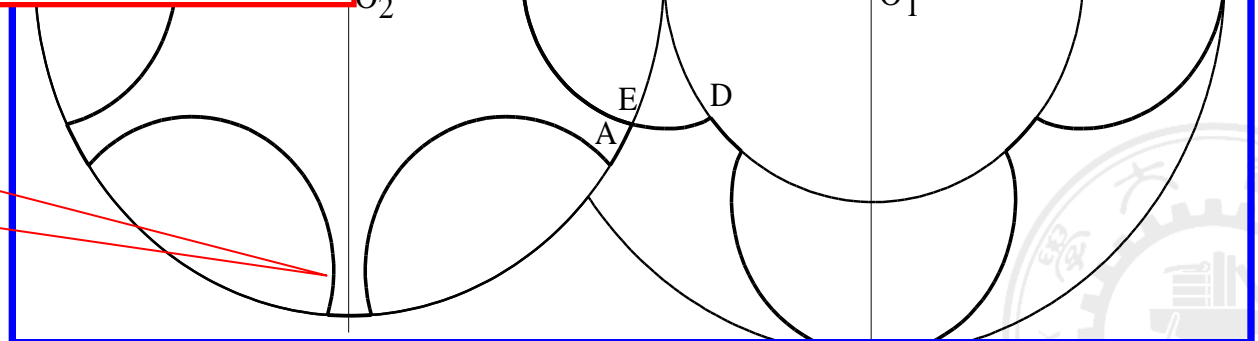


# 典型型线——第一代



双边对称圆弧

保护了点接触齿形（点），  
但加大了泄漏三角形面积



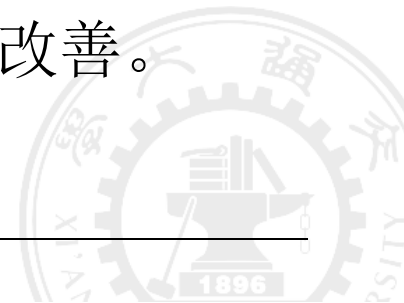
原始对  
称圆弧

# 第二代型线

## • 不对称型线

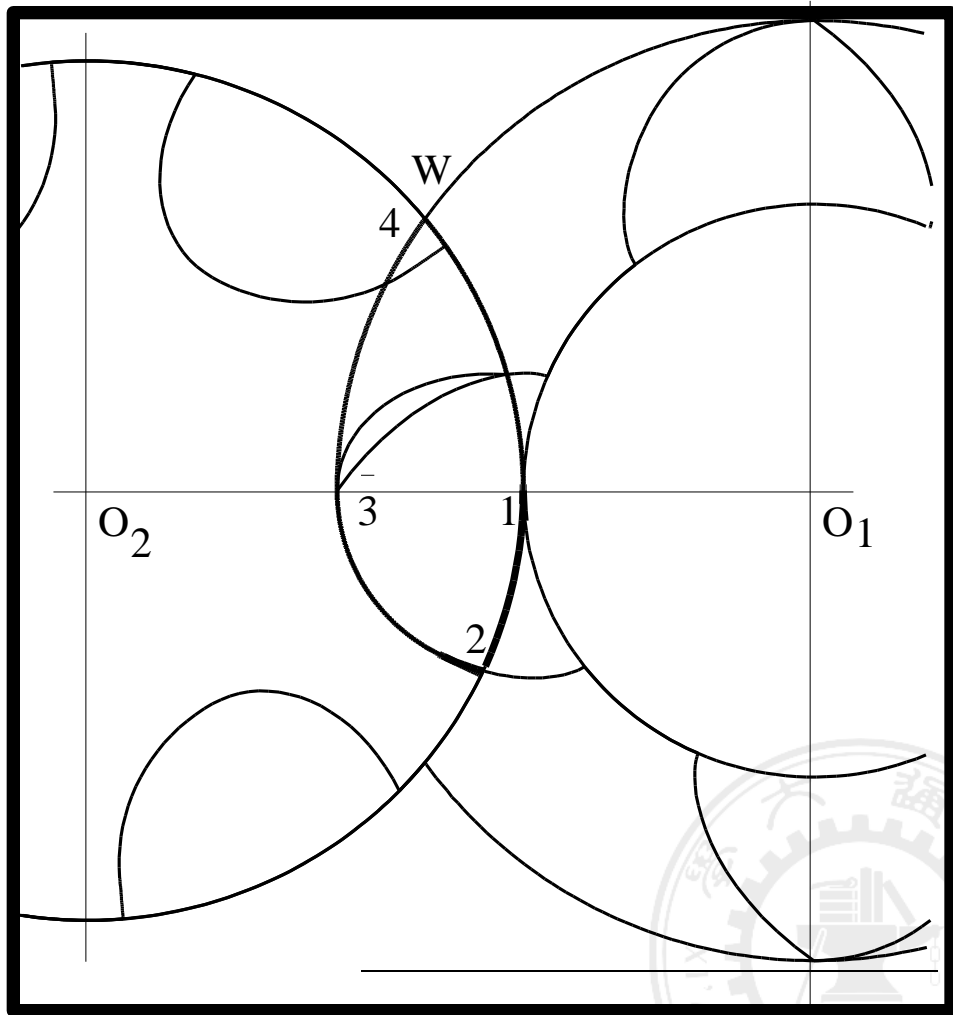
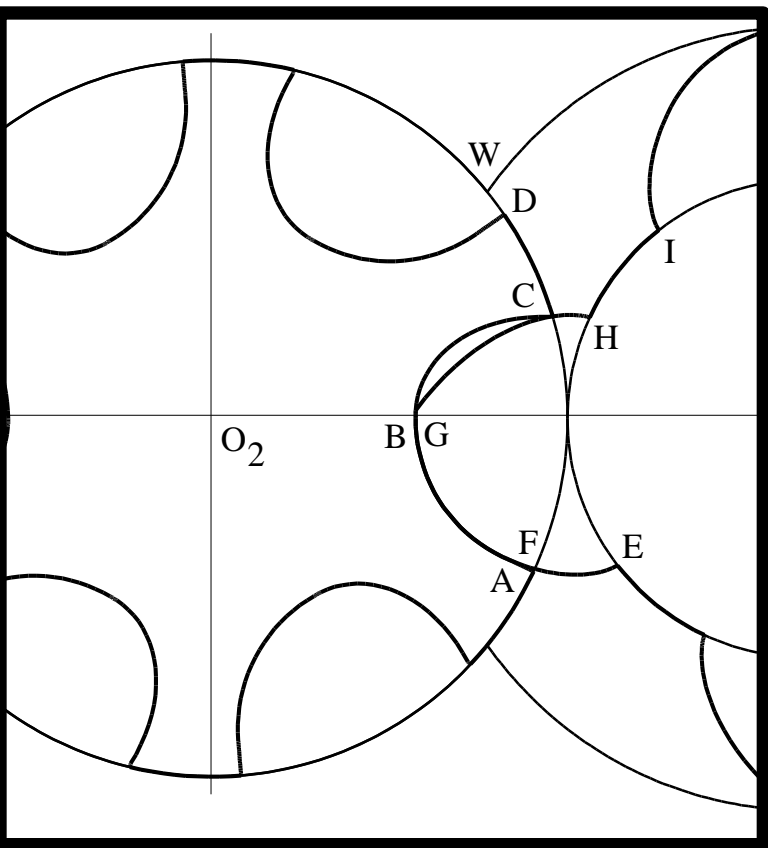
第二代转子型线是以**点、直线和摆线**等组成齿曲线为代表的**不对称型线**。60年代后，随着喷油技术的发展，发展了以 SRM-A 型线为代表的第二代转子型线。这种型线为螺杆压缩机市场份额的扩大，起了巨大的推动作用，目前仍被多家公司所采用。

**对称型线与不对称型线的主要区别**，在于采用不对称型线时，泄漏三角形的面积大为减少。一般不对称型线的泄漏三角形面积仅是对称型线的十分之一左右。因此，采用不对称型线，可以使喷油螺杆压缩机的性能得到明显改善。



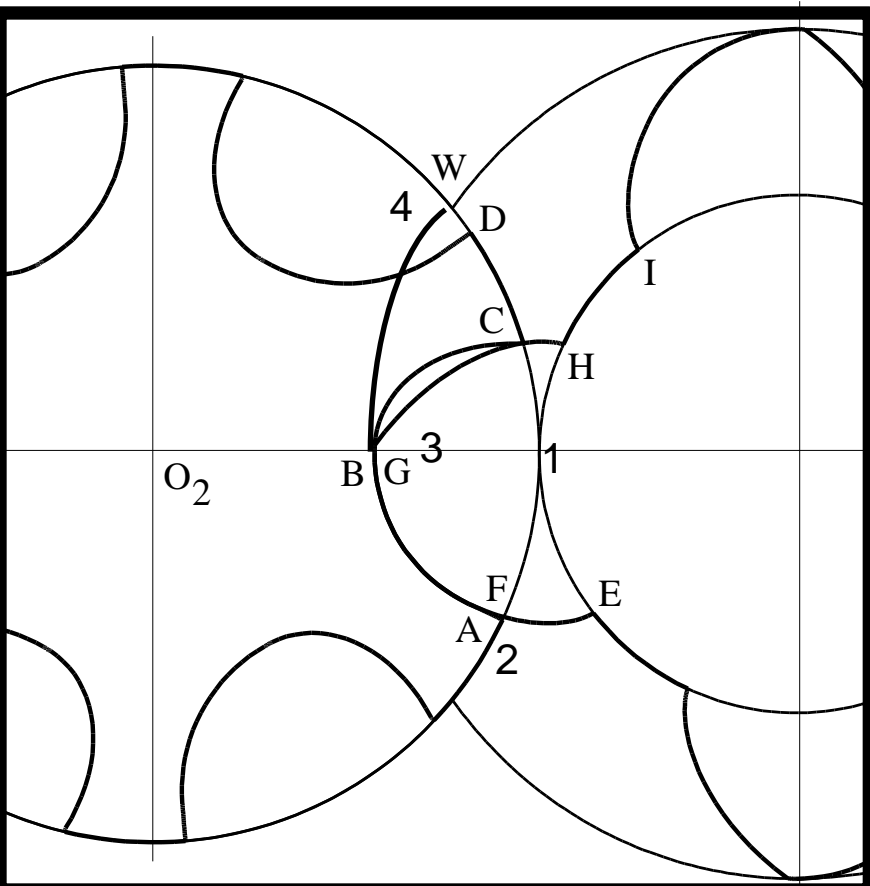
# 第二代型线——不对称齿形

## ■ 原始不对称齿形



# 第二代型线——不对称齿形

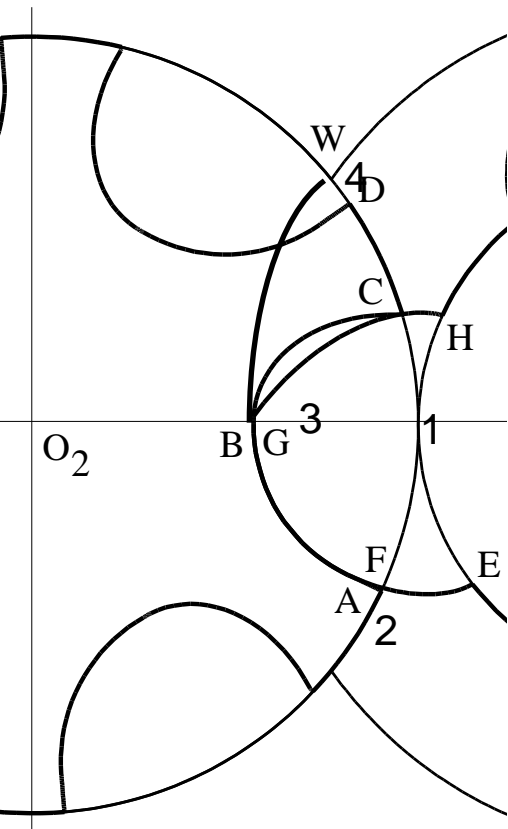
## ● 原始不对称齿形



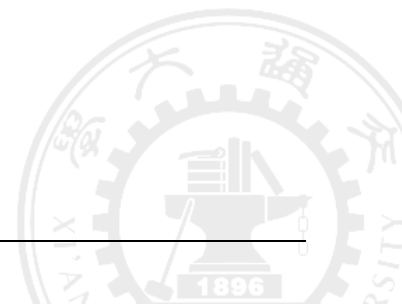
阳螺杆	阴螺杆	齿曲线的形成	啮合线
EF	A	以阴转子的节圆为滚圆，在阳转子的外部做纯滚动，A点形成的点啮合摆线	1—2
FG	AB	销齿圆弧，以节点1为圆心	2—3
G	BC	以阳转子的节圆为滚圆，在阴转子的外部做纯滚动，G点形成的点啮合摆线	3—4
GH	C	以阴转子的节圆为滚圆，在阳转子的外部做纯滚动，C点形成的点啮合摆线	4—1
HI	CD	对滚圆弧	1



# 第二代型线——不对称齿形



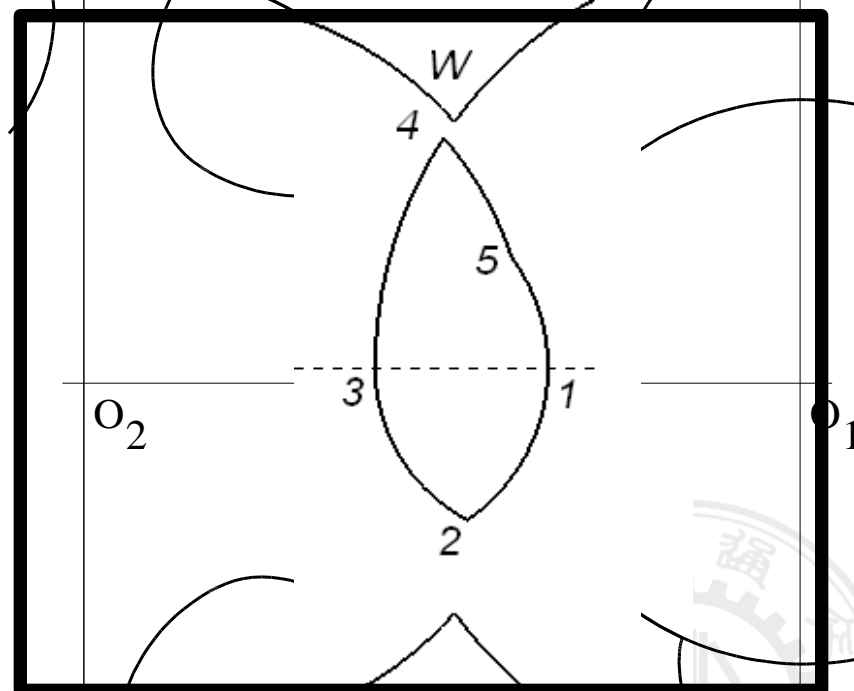
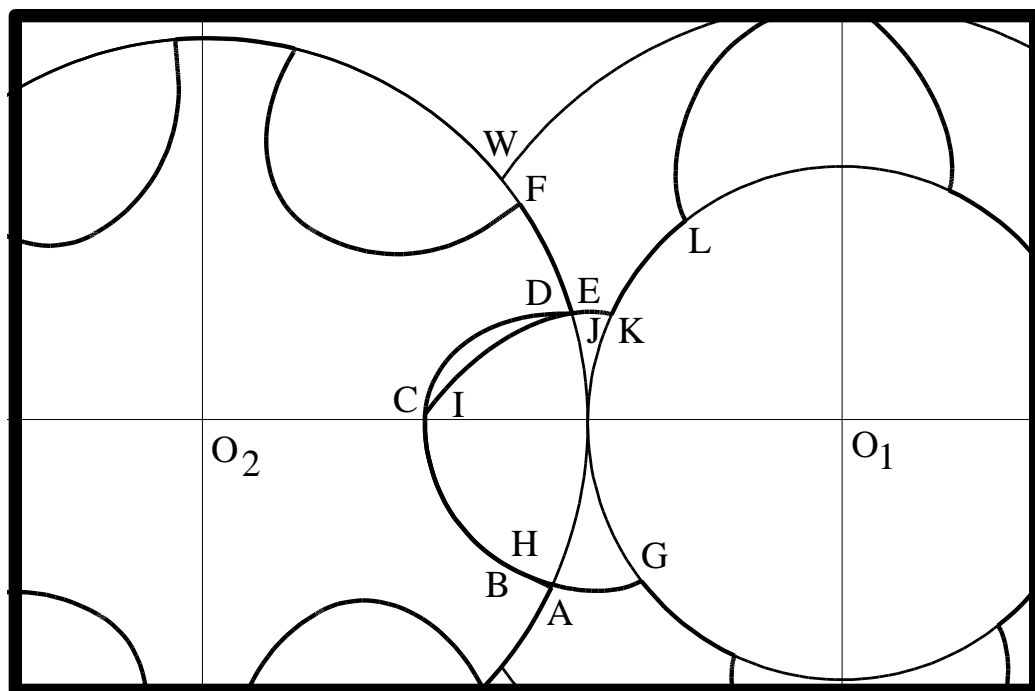
- 原始不对称齿形的优缺点？
- 不对称齿形的主要目的是解决高压侧轴向气密性问题（减小泄漏三角形面积）
- 泄漏三角形面积仅是对称型线10%，使喷油螺杆性能显著提高，压缩机功耗降低10%。
- 但接触线长，且有封闭容积
- **点C和点G对密封气体起重要作用**



# 单边不对称摆线—销齿圆弧齿形 (Atlas齿型)

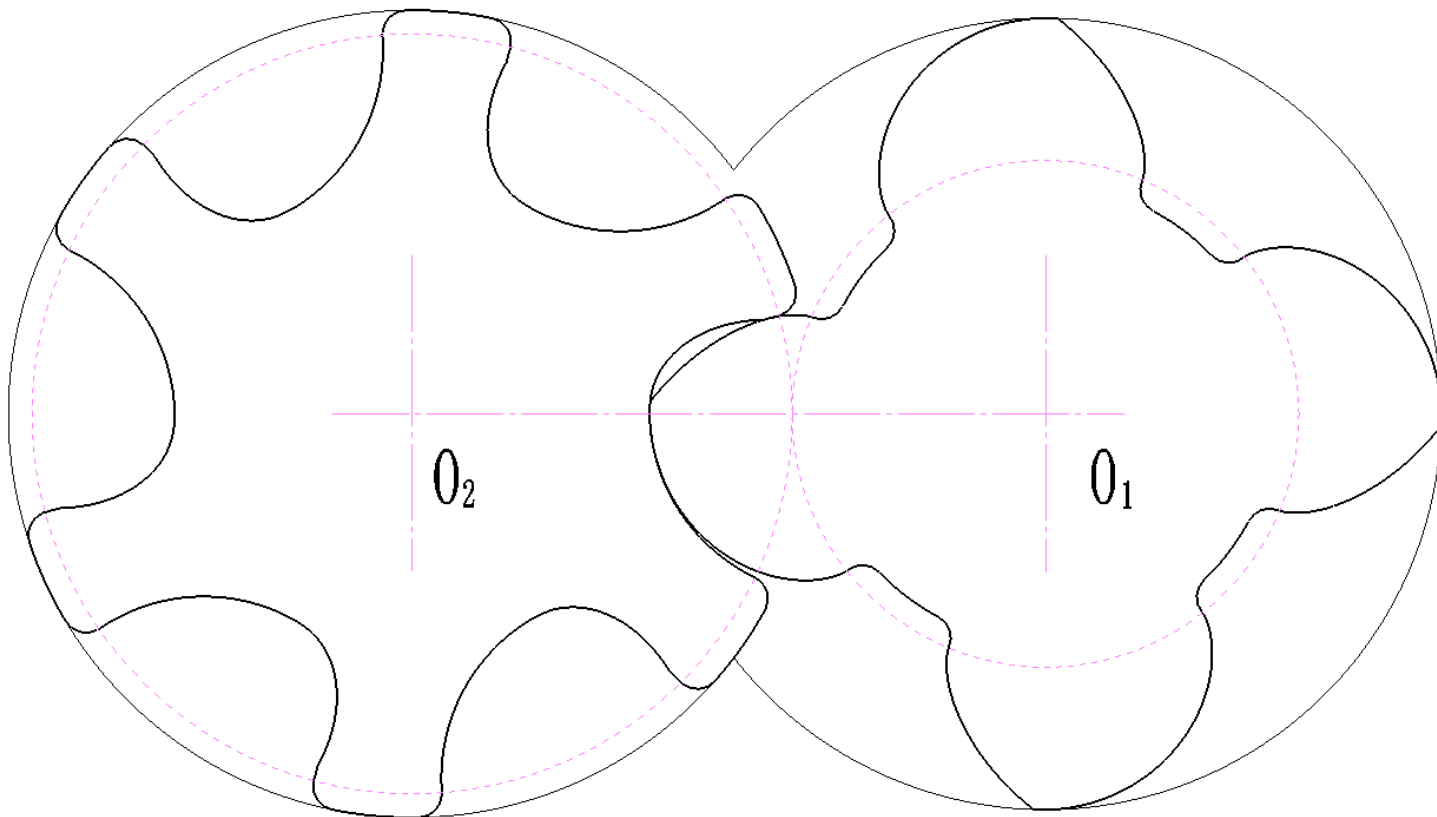
阳螺杆	阴螺杆	啮合线
直线AB	摆线GH	1—2
圆弧BC	HI	2—3
摆线CD	I	3—4

阳螺杆	阴螺杆	啮合线
点D	摆线IJ	4 - 5
直线DE	摆线JK	5—1
圆弧EF	KL	1



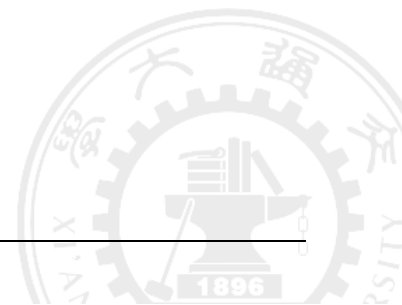
# 典型型线——第二代

**SRM-A齿形：点-摆线、直线摆线、销齿圆弧对、对滚圆弧对、圆弧-圆弧包络线5类组合**

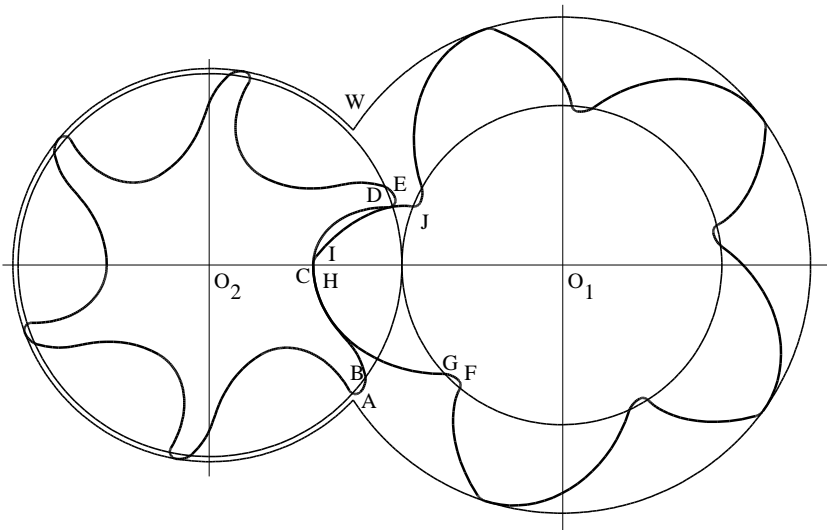


# 第三代型线

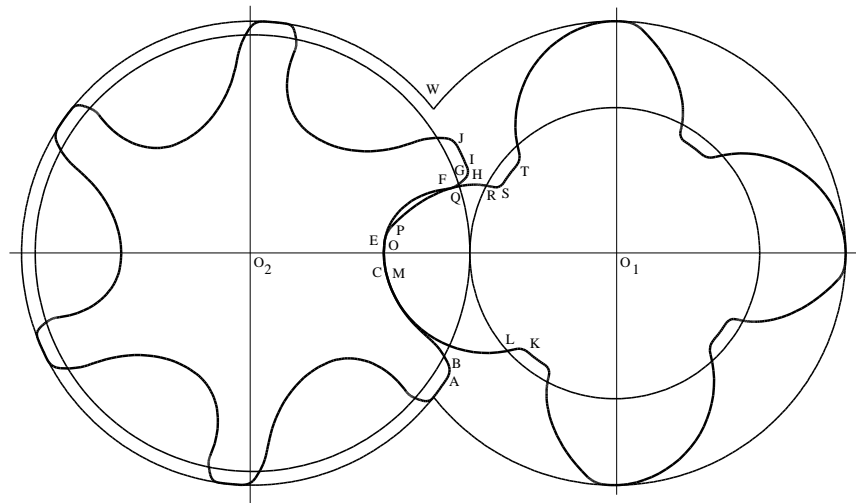
- **新的不对称型线**
- 第二代和第三代转子型线都是不对称型线，两者之间的主要区别：
  - 第三代转子型线的组成齿曲线中不再有点、直线和摆线，均采用圆弧、椭圆、抛物线等曲线。
  - 这种改变可使转子齿面由“线”密封改进为“带”密封，能明显提高密封效果，还有利于形成润滑油膜和减少齿面磨损；便于滚削加工
- 复盛、日立、GHH，



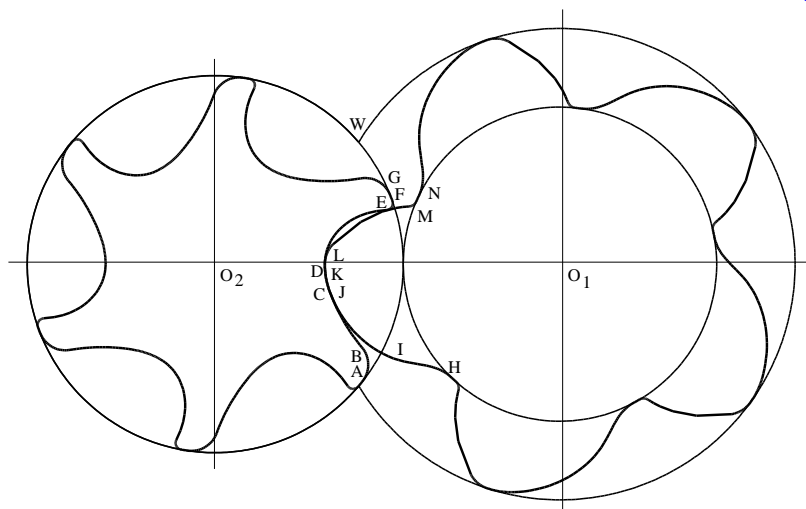
# 典型型线——第三代



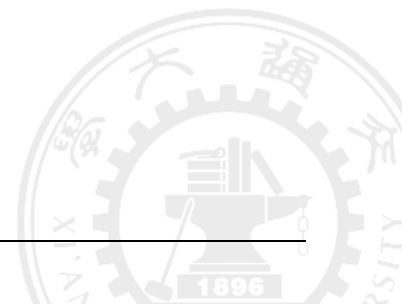
复盛型线



SRM-D 型线



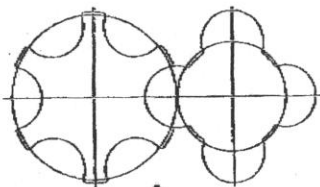
日立型线



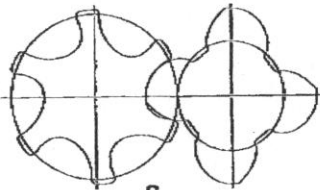
# 典型型线——第三代

## GENERAL PROFILE PLAN

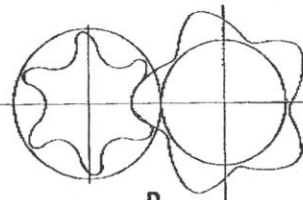
## GHRAND



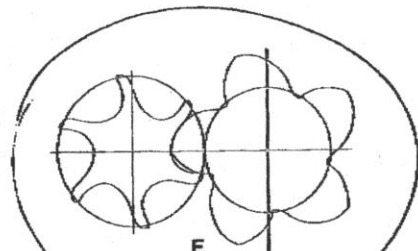
**A**  
(1<sup>st</sup> Profile Generation)



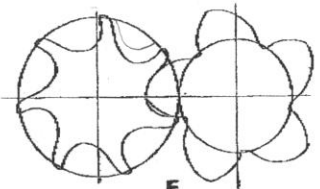
**C**  
CDB, SKK Series and CG80, CS80



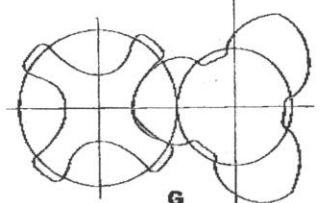
**D**  
SF10ZD1 (Air, oil-injected)



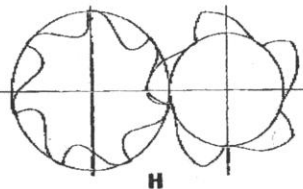
**E**  
CF Series (Air, oil-injected)



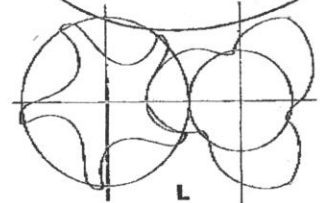
**F**  
CR, CU Series (Refrigerant/Gas, oil-injected)



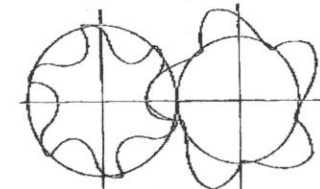
**G**  
CDA Series (Air, oil-free, low pressure)



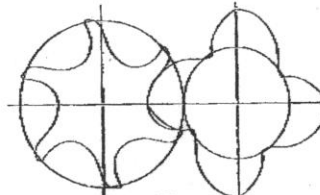
**H**  
CI Series (Air, oil-injected)



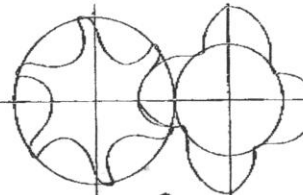
**L**  
CLS (Air, Charger)



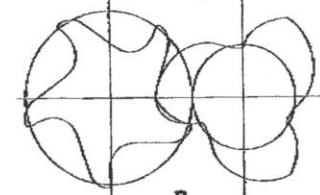
**M**  
CF246 (Air, oil-injected)



**N**  
CE55, CE74 (Air, oil-injected)



**O**  
CDA80, CDB54 (Air, oil-free)



**P**  
C685, CS105 (SILU, Air, oil-free)

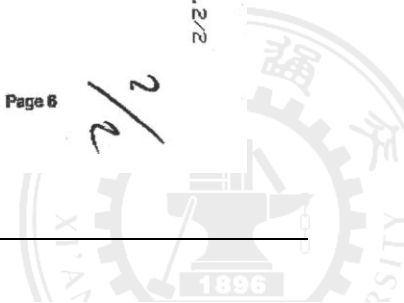
13. SEP. 2000 12:26

GHRAND VERTRIEB 49206924050

NR. 266

S. 2/2

2/2

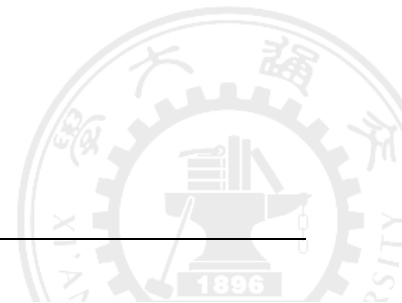


# 型线的发展过程

螺杆压缩机中的型线分为**对称型线**和**不对称型线**，以及**单边型线**和**双边型线**。

齿顶中心线两边的型线完全相同时，称为**对称型线**。反之，齿顶中心线两边的型线不同时，称为**不对称型线**。

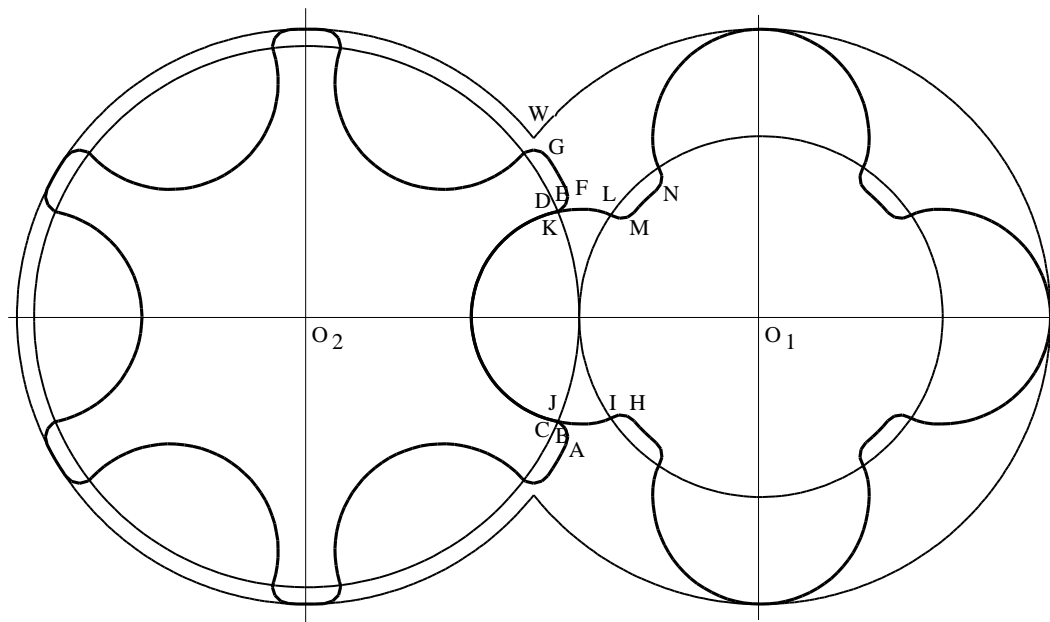
只在转子节圆的内部或外部一边具有型线，称**单边型线**。节圆的内、外均具有型线，称**双边型线**。



# 螺杆型线比较

## • 第一代型线——对称圆弧型线

- 易于设计、制造、测量
- 无油螺杆广泛采用
- 泄漏三角形面积大

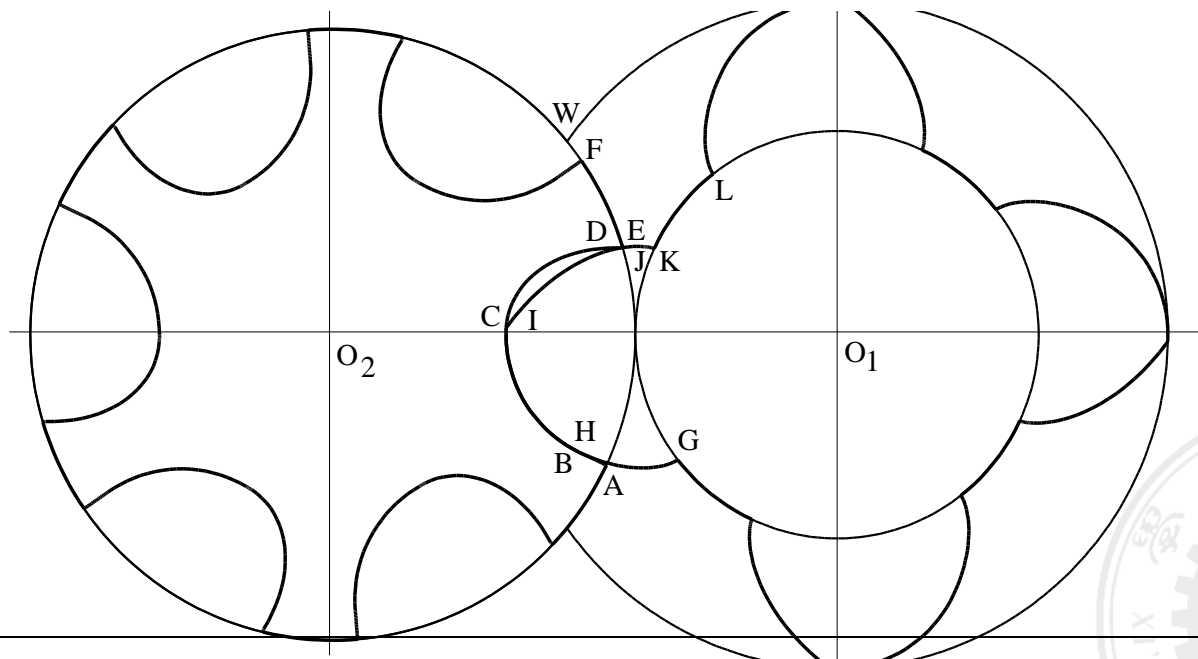




# 螺杆型线比较

## • 第二代型线——不对称齿形（效率提高10%）

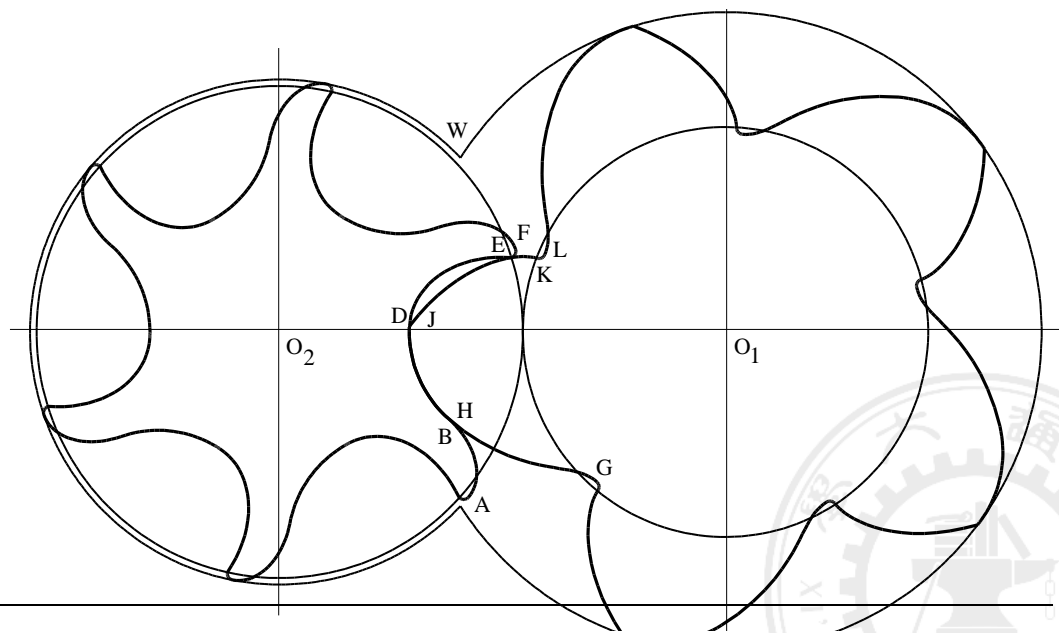
- 大大减小泄漏三角形面积
- 主要针对喷油螺杆
- 以点、直线、摆线组成齿曲线



# 螺杆型线比较

## • 第三代型线——新的不对称型线（效率提高14%）

- 以圆弧、椭圆、抛物线组成齿曲线（线密封改进为带密封）
- 齿曲线流线型
- 齿间容积利用率高（齿高、薄）
- 增强齿的刚度和强度



# 转子型线设计原则

经过多年的理论分析和试验研究，总结出螺杆压缩机转子的型线设计原则如下：

## 1 转子型线应满足啮合要求

螺杆压缩机的阴、阳转子型线，必须是满足啮合定律的共轭型线，即不论在任何位置，经过型线接触点的公法线必须通过节点。

## 2 转子型线应形成长度较短的连续接触线

转子型线的设计应保证能形成连续的接触线。另外，在实际机器中，为保证转子间的相对运动，齿面间总保持有一定间隙。因此，理论上的接触线就转化成实际中的间隙带。为了尽可能减少气体通过间隙带的泄漏，要求设法缩短转子间的接触线长度。

## 3 转子型线应形成较小面积的泄漏三角形

为减少气体通过泄漏三角形的泄漏，型线设计应使转子的泄漏三角形面积尽量小。



# 转子型线设计原则

## 4 转子型线应使封闭容积较小

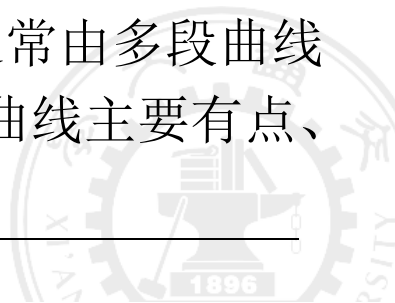
大多数转子型线会形成吸气封闭容积，导致压缩机耗功增加，效率降低，噪声增大。所以转子型线应使吸气封闭容积尽可能地小。

## 5 转子型线应使齿间面积尽量大

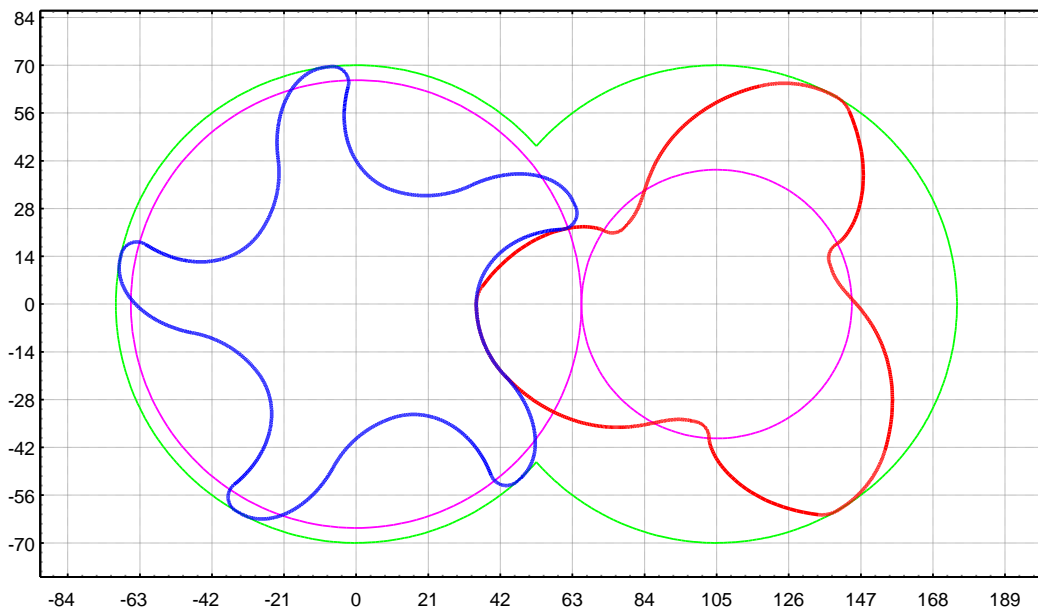
较大的齿间面积使泄漏量占的份额相对减少，效率得到提高。

另外，从制造、运转角度考虑，还要求转子型线便于加工制造，具有良好的啮合特性，较小的气体动力损失，以及在高温和受力的情况下具有小的热变形和弯曲变形等。值得指出的是，以上有些因素是相互制约的。例如，为了减小泄漏三角形，就不可避免地会使型线具有封闭容积和较长的接触线。为了减少流体动力损失，而使型线流线型化，又会增大泄漏三角形等等。

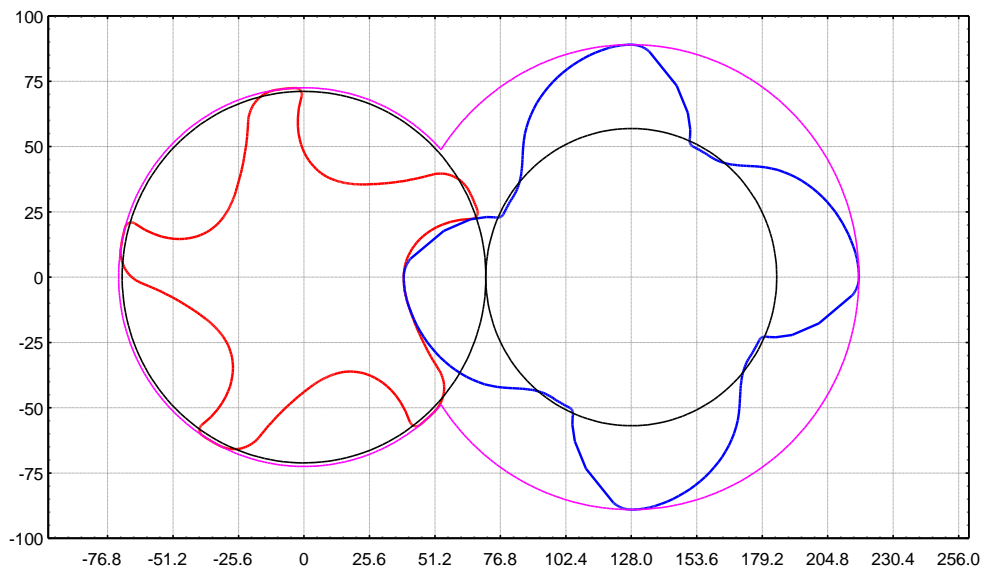
鉴于要满足如上种种要求，螺杆压缩机的转子型线通常由多段曲线首尾相接组成，这些曲线被称为组成齿曲线，常用的组成齿曲线主要有点、直线、摆线、圆弧、椭圆及抛物线等。



# 无油螺杆压缩机转子型线

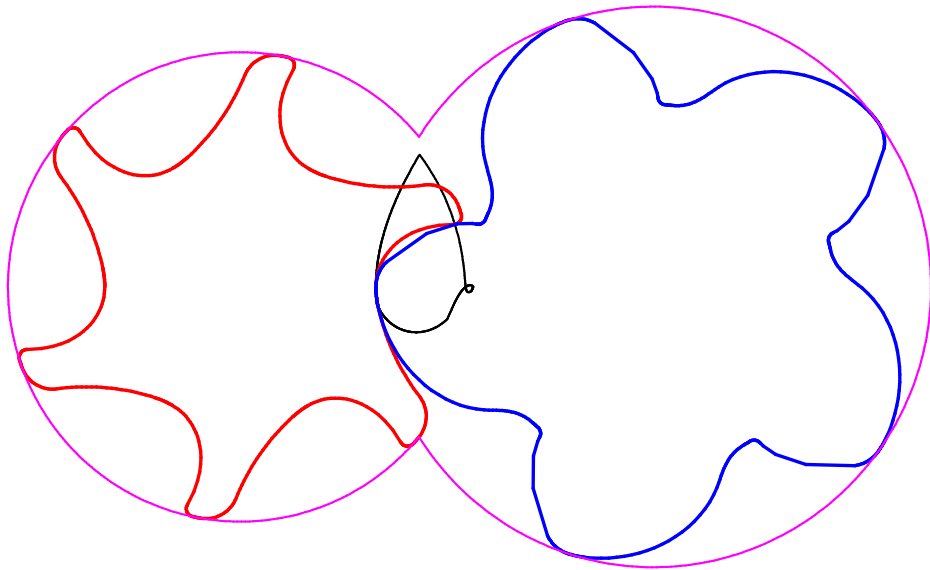


# 喷油螺杆压缩机转子型线

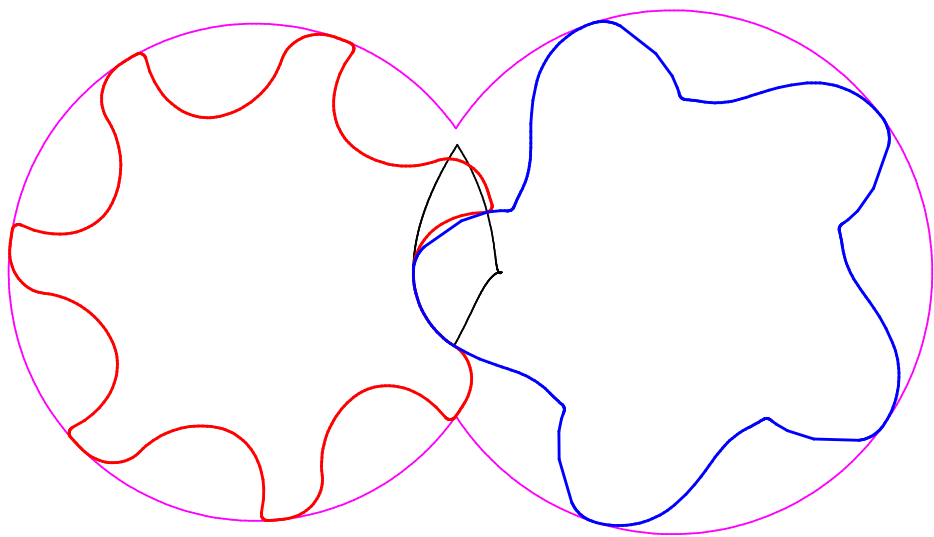




# 开启式螺杆制冷压缩机转子型线



# 封闭式螺杆制冷压缩机转子型线





# 螺杆压缩机型线设计总结

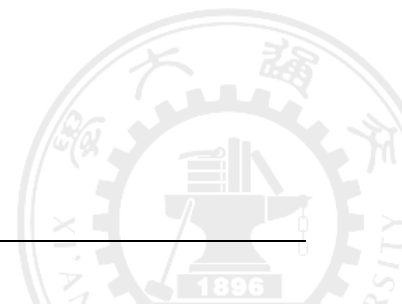
- **发展过程**：第一、二、三代
- **组成齿曲线**：点、直线、二次曲线
- **齿数组合**：3+5、4+5、4+6、5+6、5+7、6+8
- **研究方向**：
  - 从热力性能优化型线（容积效率、绝热效率）
  - 从动力性能优化型线（力矩分配、轴承负荷）
  - 组成齿曲线改进、从接触线、啮合线设计型线

螺杆空压机

螺杆制冷机

# 本节内容

1. 转子型线
2. 型线参数
3. 容积流量



# 型线参数

## 1、齿数比

容积流量相同的条件下比较：

选择**低齿数比**时，（**3/4齿**）转子直径较小，接触线长度较短，刚度较差，当压差太大时，它将会产生较大的弯曲变形，甚至于与机体相接触。制造成本低，多用于压差较小的场合。

选择**高齿数比**时，（**6/8齿**）其转子直径较大，因此泄漏线长度也较长，导致压缩机的效率较低。但由于其阴转子直径较大，故抗弯能力较强，适用于压差大的场合，如高压差工艺压缩机，微小型制冷压缩机。

**4/6齿**组合方案转子刚度适中，并且**阴阳转子的刚度相近**，压缩机的效率也较高。因此获得了较为广泛的应用。

目前新的螺杆空气压缩机型线趋于选择**5/6齿**，制冷压缩机采用**5/7齿**。实测性能表明，这两种方案在刚度上也是足够的，并且**可比4/6齿**组合方案具有更高的效率。

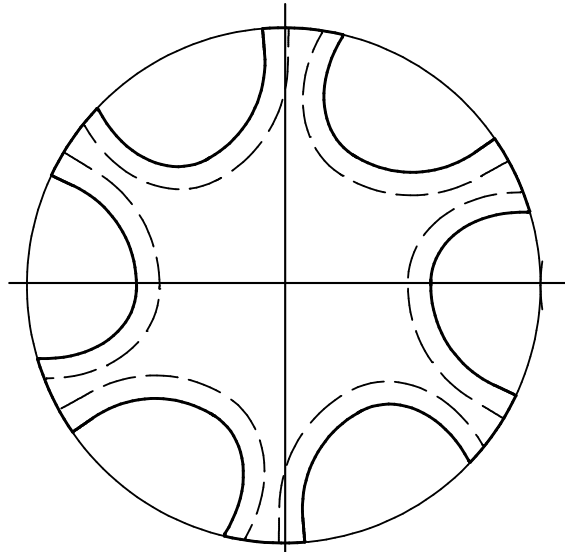


# 型线参数

## 2、齿高半径(阴转子节圆半径减根部半径；阳转子外半径减节圆半径)

影响 面积利用系数和阴转子刚度（随着转子齿高半径的增大，面积利用系数也增加。过分大的齿高半径，往往会使阴转子齿根部宽度不足，以致加工齿面时，因齿的刚度不足而达不到预期的加工精度）。

一般齿高半径/转子中心距= $R/A=0.15-0.35$ 之间。



# 型线参数

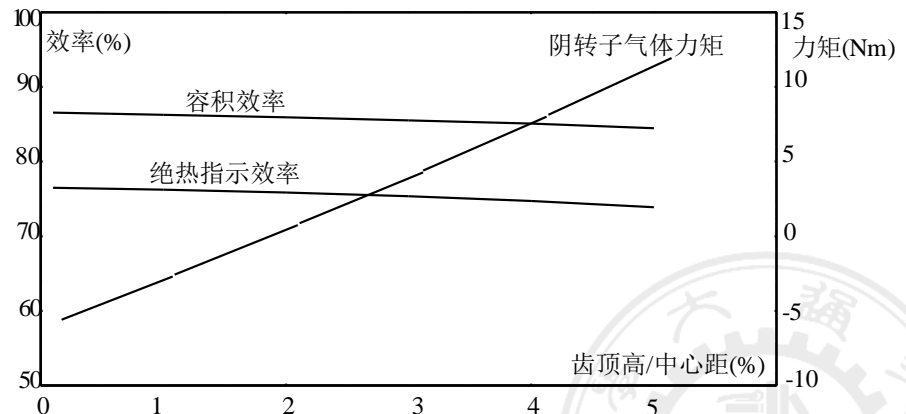
## 3、齿顶高

在双边型线中，通过采用恰当的齿顶高，可使阴阳转子的外径相同，十分有利于零件的加工和检验，还能使面积利用系数增大。

转子齿顶高太大时，过大的泄漏三角形面积会使压缩机的效率降低。

**齿顶高还会对阴阳转子之间的力矩分配产生较大的影响。当齿顶高取值不当时，会使作用在阴转子上的合力矩太小。并在工况变动时，有可能使合力矩的方向发生改变，从而产生异常的噪声和振动。**

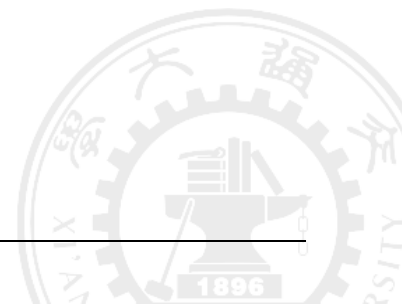
在一般的双边型线中，齿顶高与转子中心距的比值 $H/A$ 应在0.005~0.05的范围内。



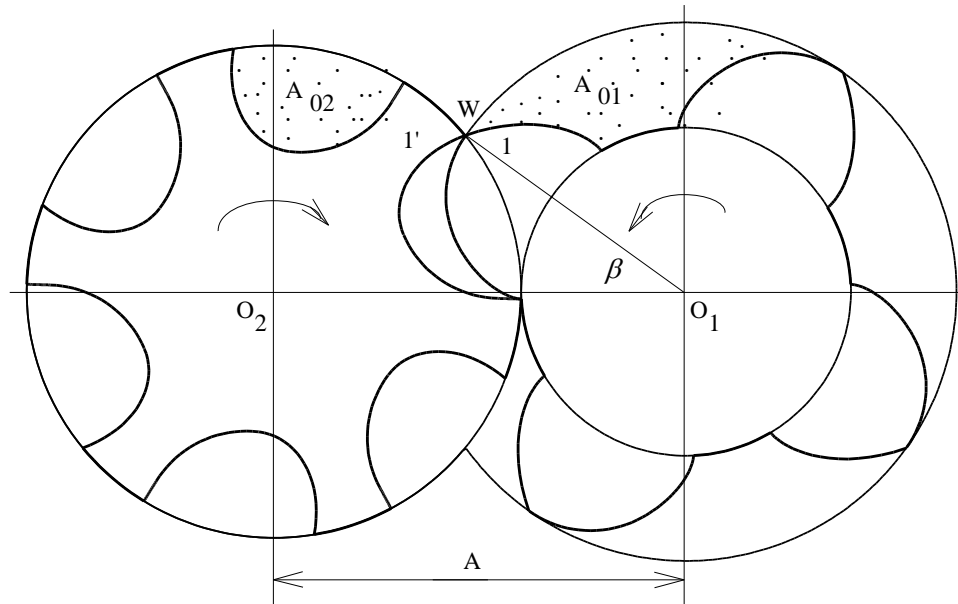
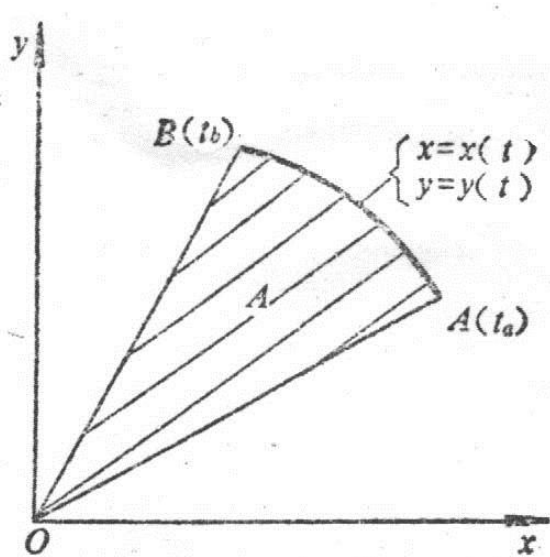


# 本节内容

1. 转子型线
2. 型线参数
3. 容积流量



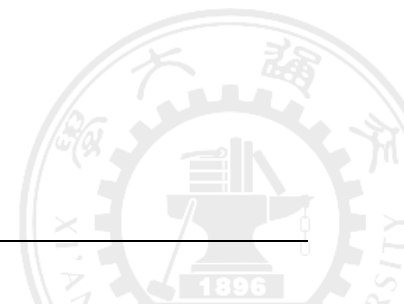
# 齿间面积及容积计算



$$A_{01} = \sum_1^i \frac{1}{2} \int_{t_i}^{t_{i+1}} [\dot{y}_{1i} x_{1i} - \dot{x}_{1i} y_{1i}] dt \quad A_{02} = \sum_1^i \frac{1}{2} \int_{t_i}^{t_{i+1}} [\dot{y}_{2i} x_{2i} - \dot{x}_{2i} y_{2i}] dt$$

一般说来，若转子的齿间面积为  $A$ 、有效工作段长度为  $L$  时，则齿间容积  $V$  为：

$$V = \int_0^L dV = \int_0^L A dz = AL \quad \begin{aligned} V_{01} &= A_{01}L \\ V_{02} &= A_{02}L \end{aligned}$$



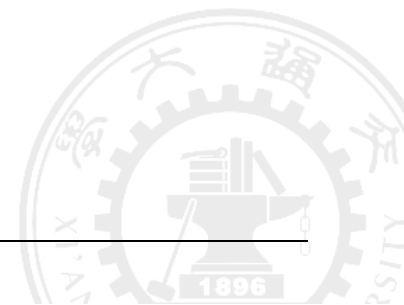


# 面积利用系数

$$C_{n1} = \frac{z_1 (A_{01} + A_{02})}{D_1^2}$$

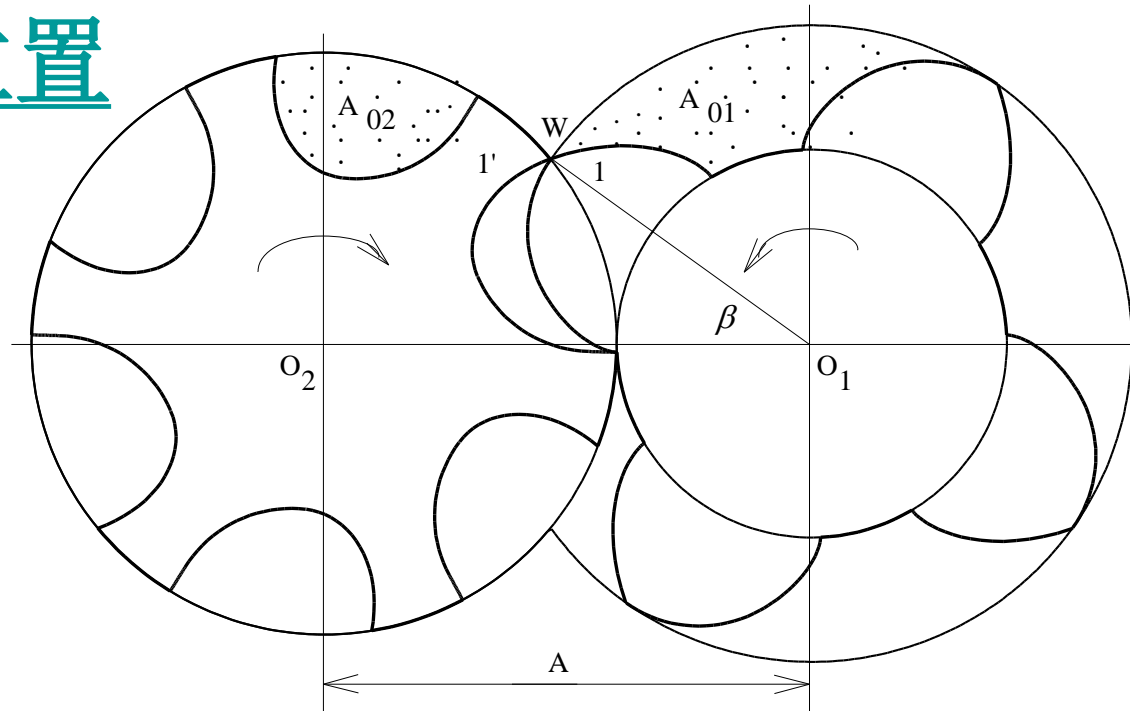
转子型线	双边对称圆弧型线	单边不对称摆线—销齿圆弧型线	Atlas-X型线	SRM-A型线	GHH型线	复盛型线	SRM-D型线	日立型线
面积利用系数	0.4889	0.4696	0.4856	0.5009	0.4495	0.4474	0.4979	0.4013

面积利用系数  $C_{n1}$  取决于转子型线种类和齿高半径、齿数、齿顶高等型线参数



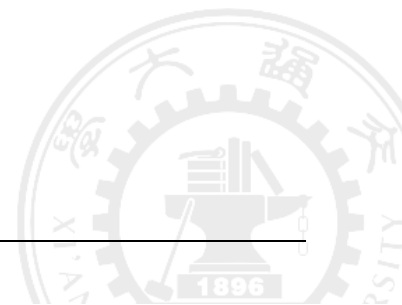
# 齿间容积的变化过程

## ■ 转角基准位置

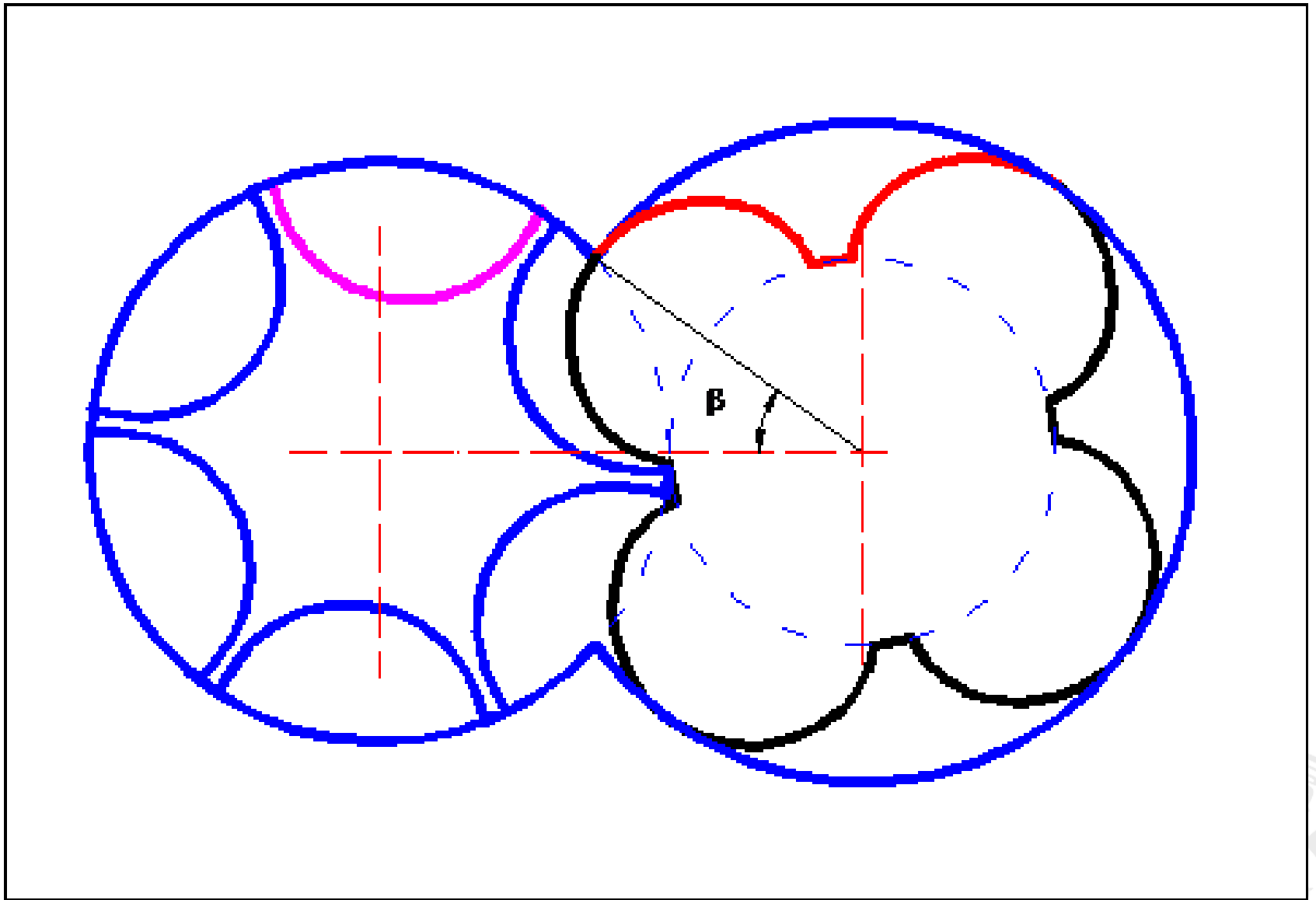


■ 规定阴转子即将侵入阳转子齿间容积时（压缩开始点），阳转子的转角为零， $\varphi_1=0$

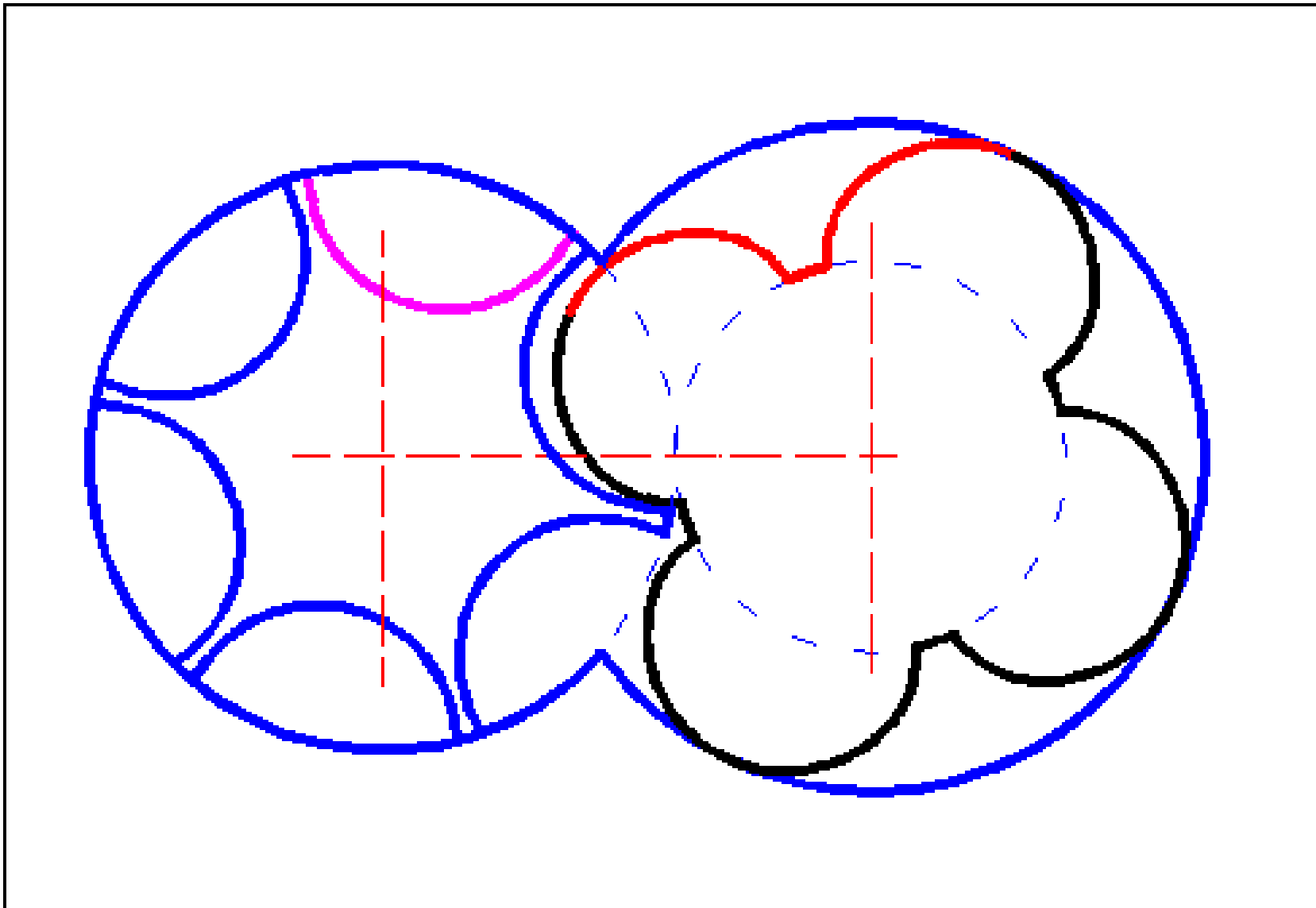
■ 与齿形、齿数比有关



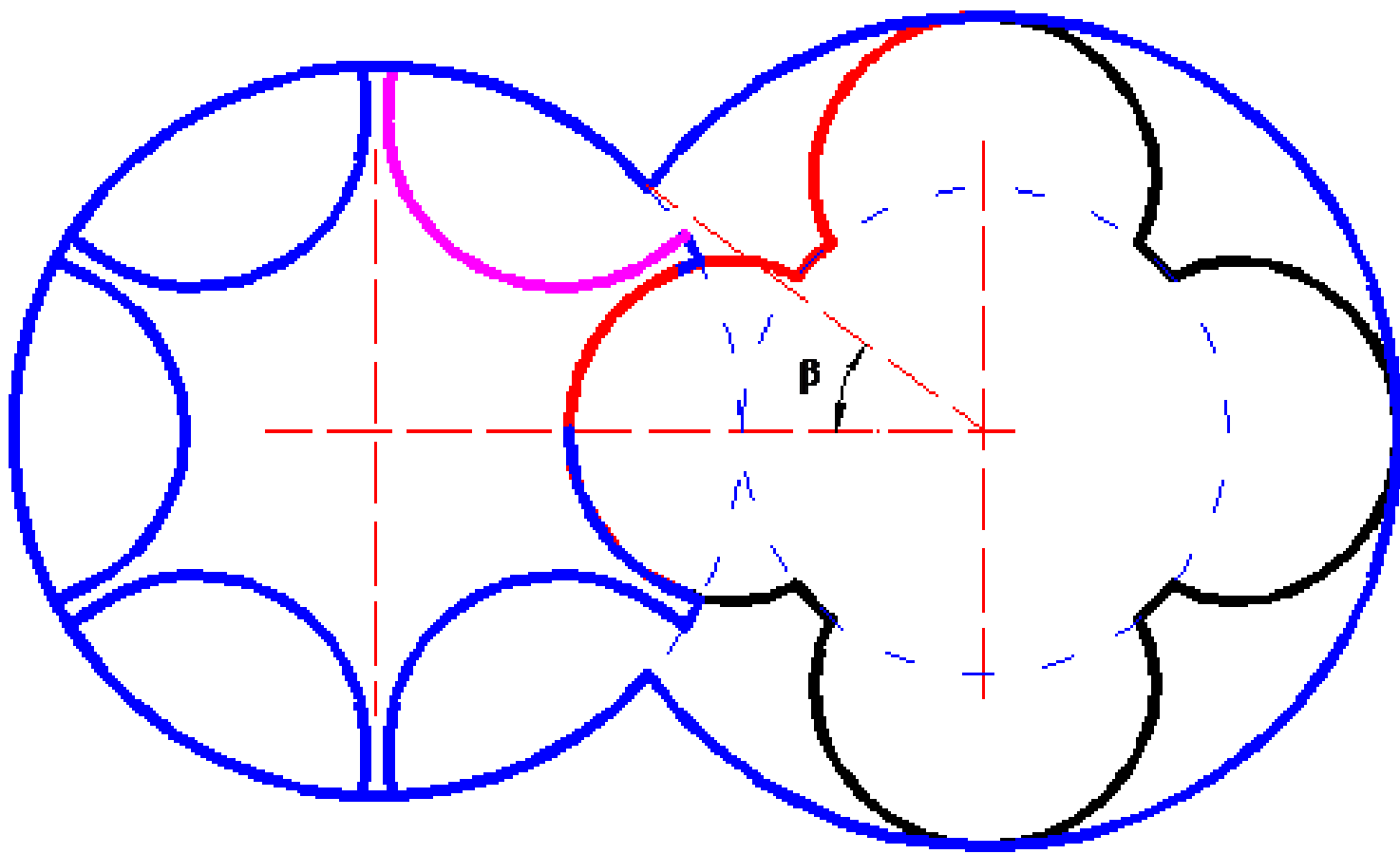
# 齿间面积的侵占过程



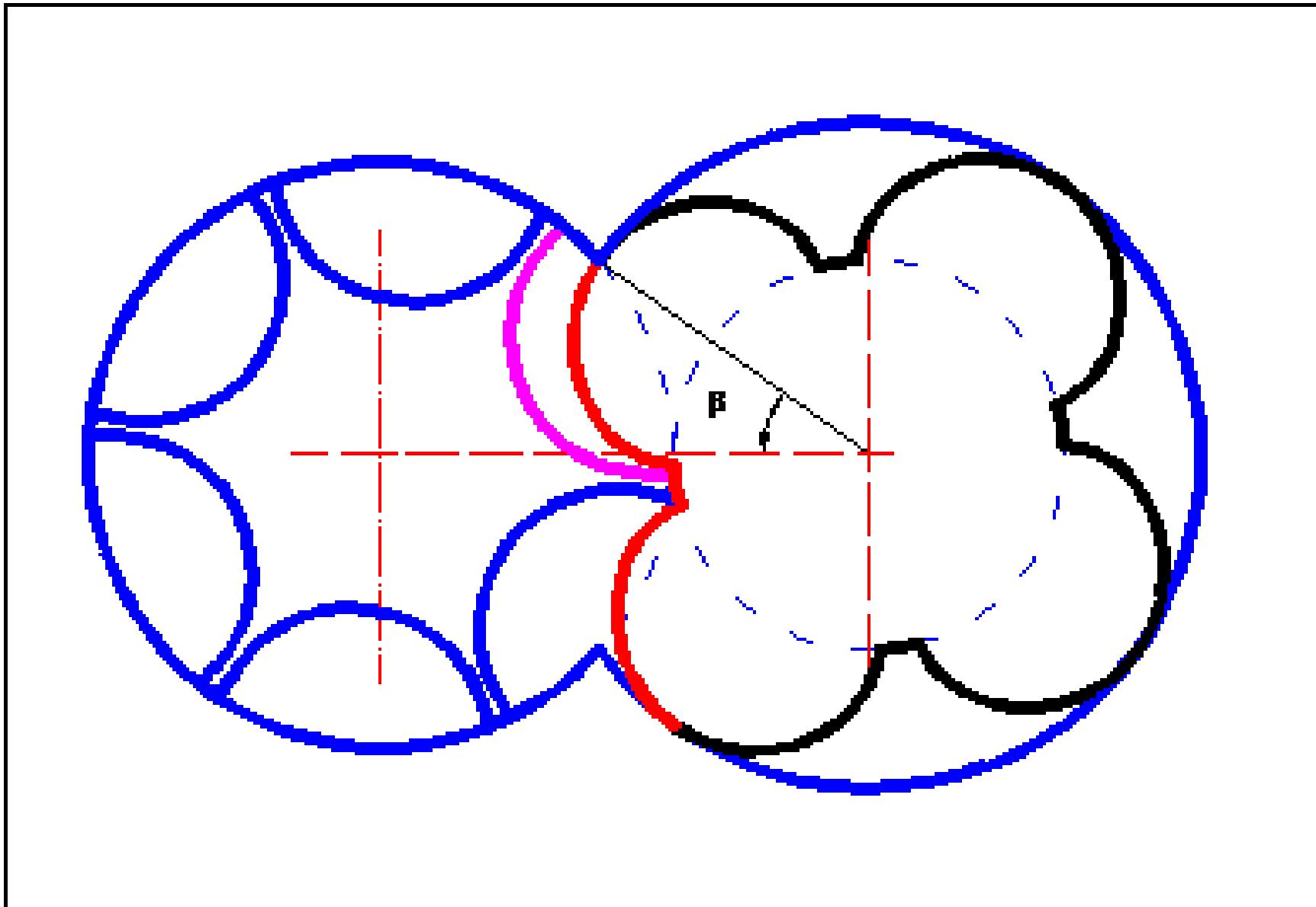
# 齿间面积的侵占过程



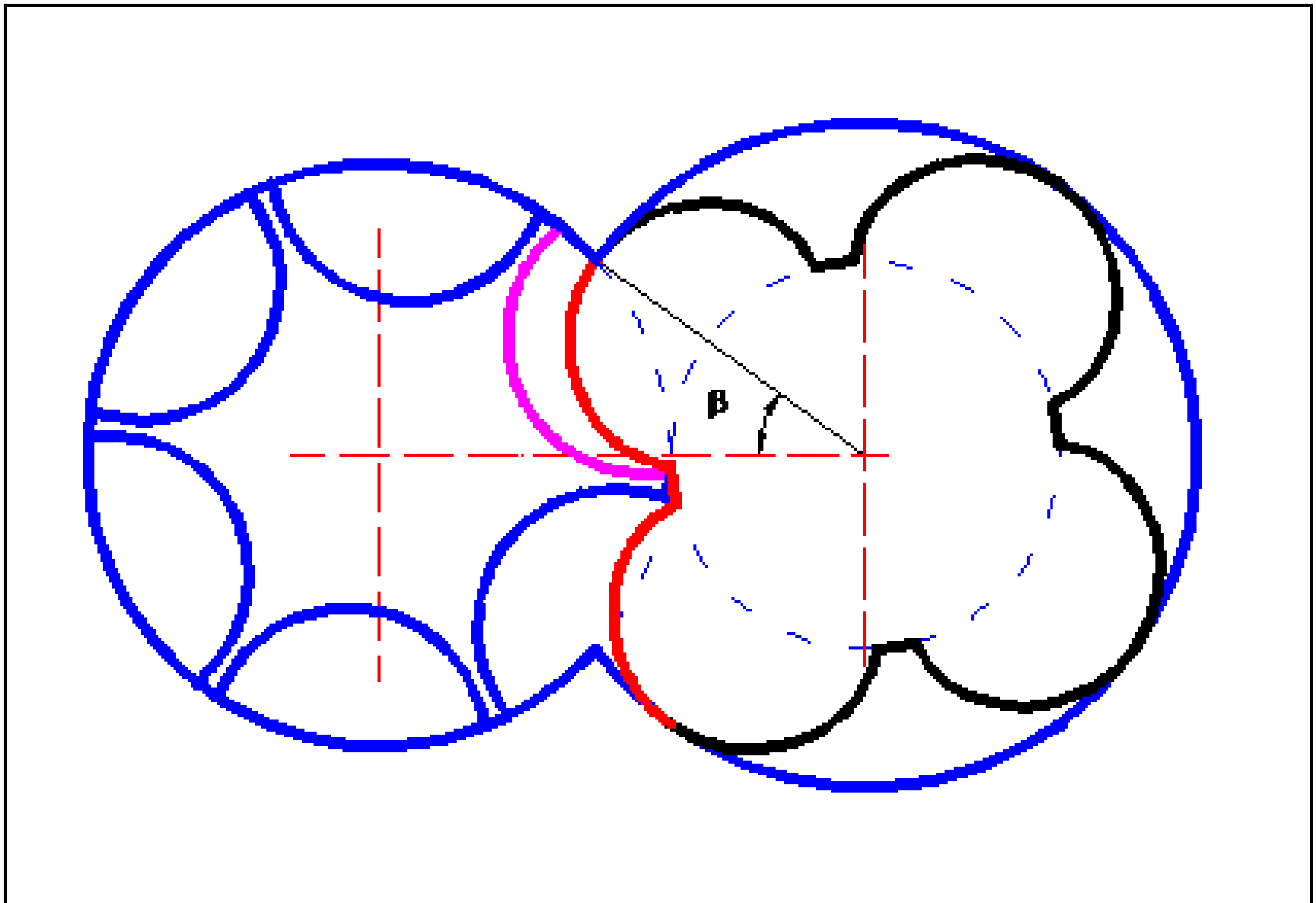
# 齿间面积的侵占过程



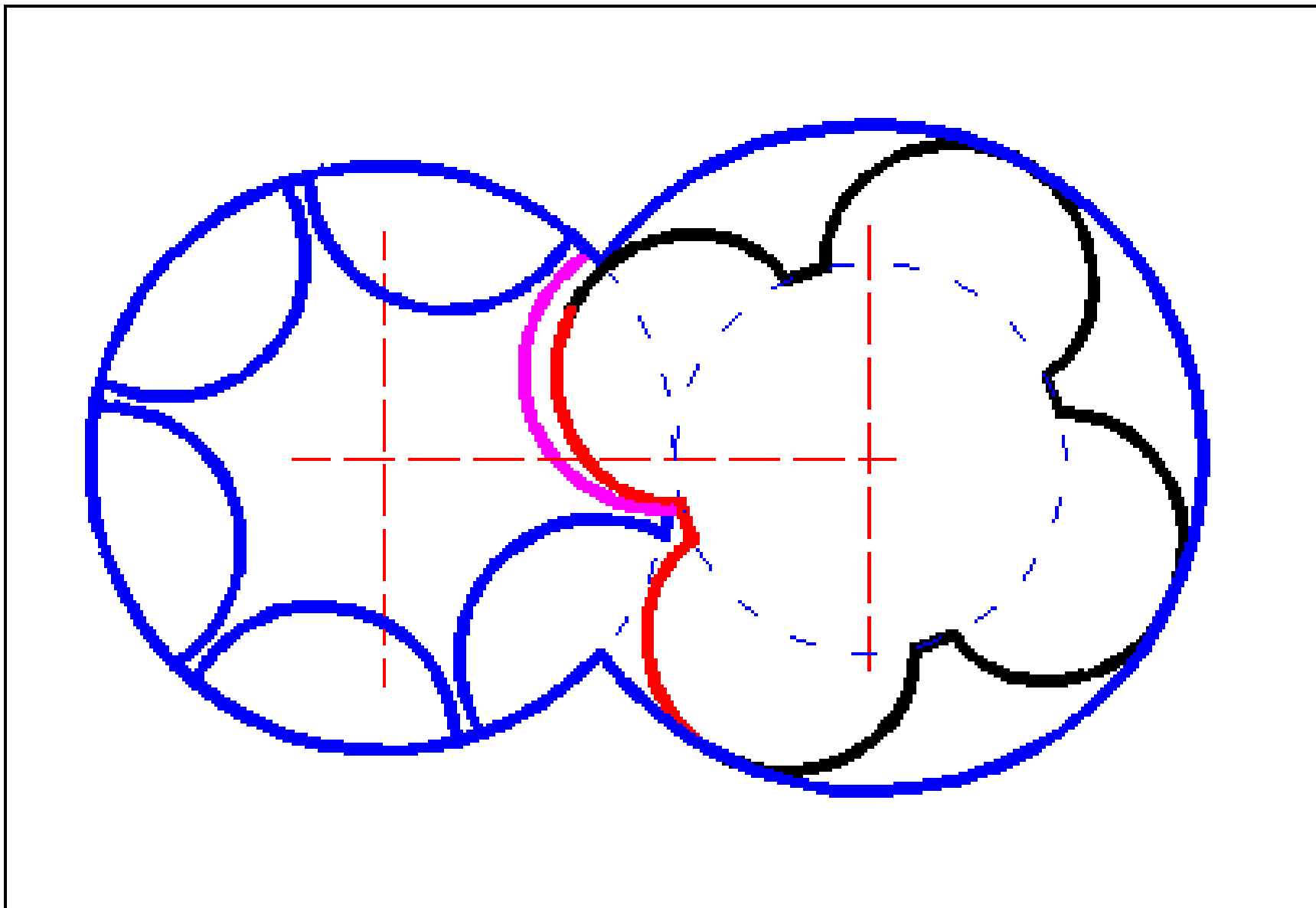
# 齿间面积的侵占过程



# 齿间面积的侵占过程

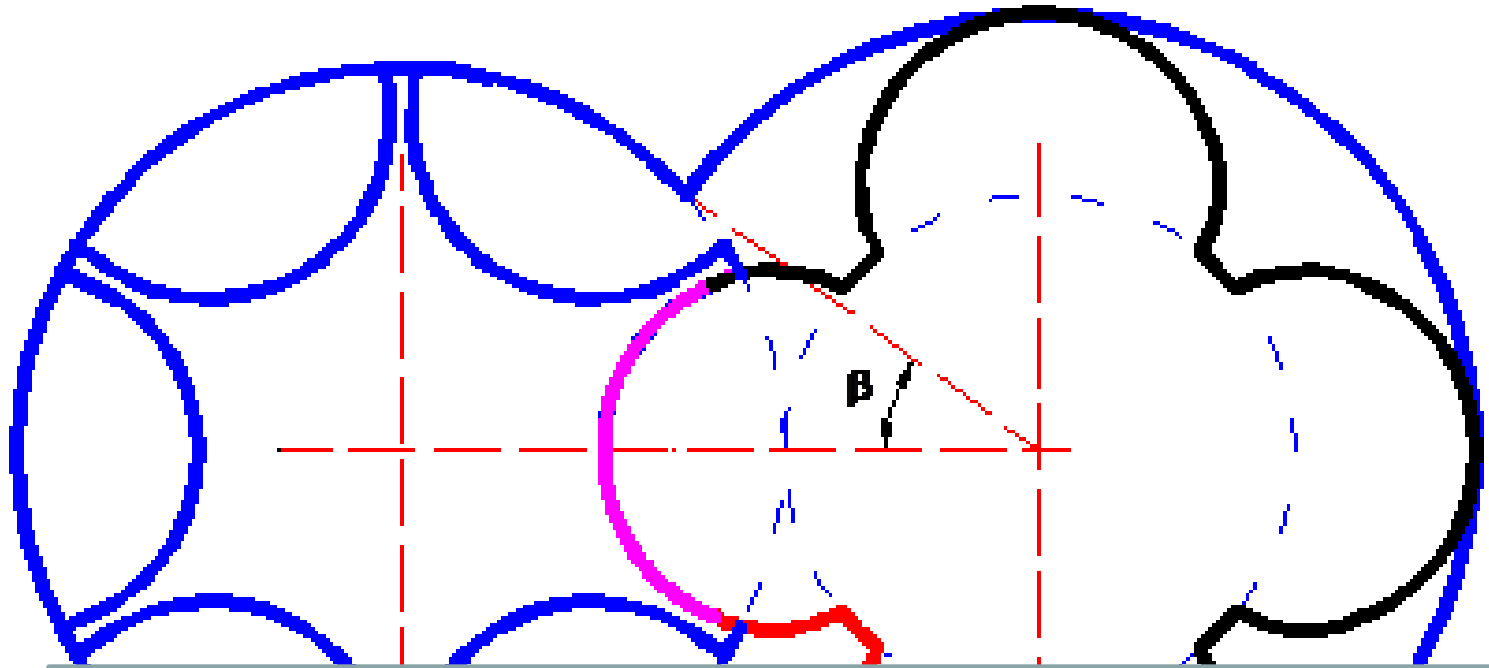


# 齿间面积的侵占过程



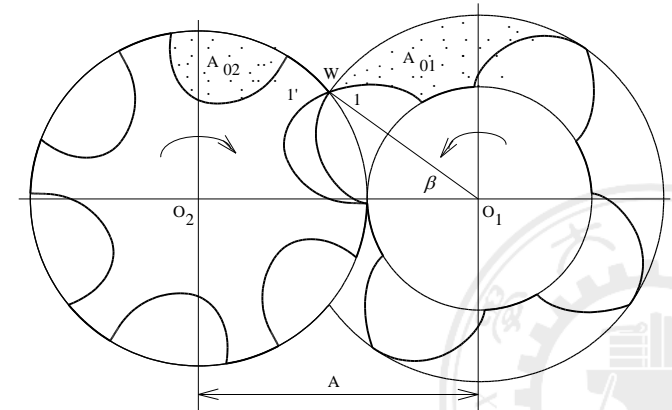
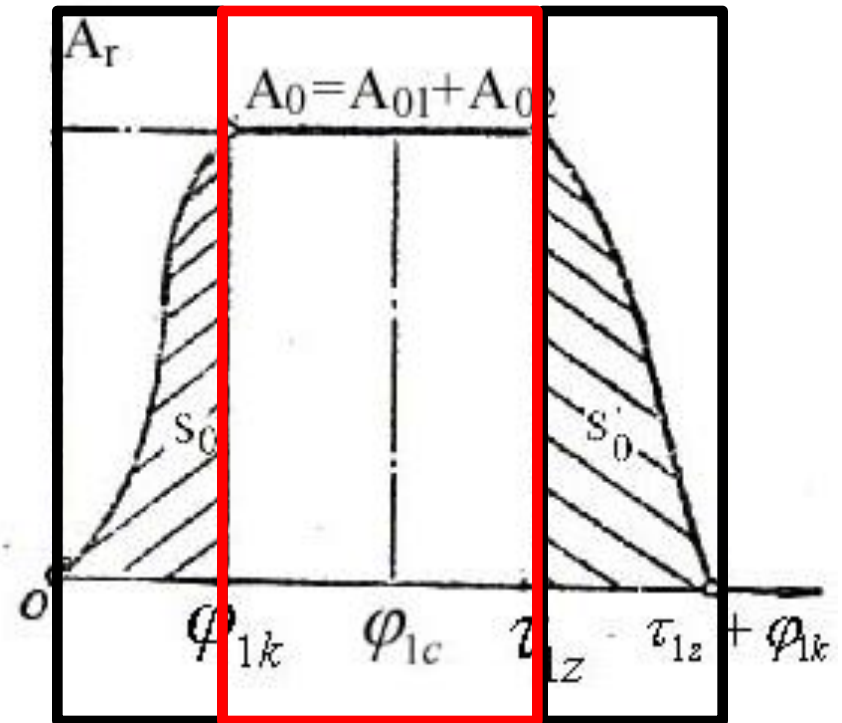
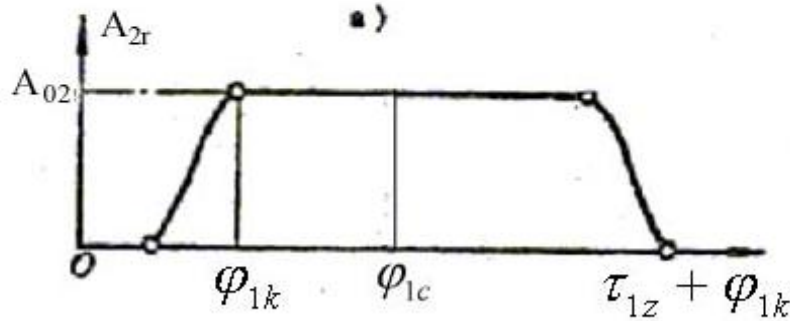
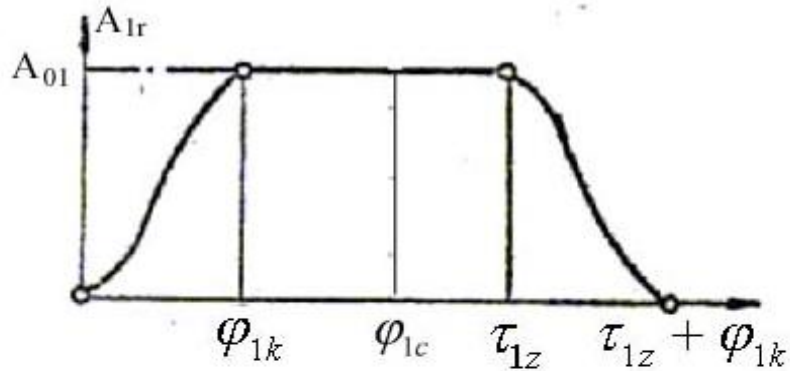


## 齿间面积的侵占过程



当阳转子转动 $\varphi_{1k} = \beta + 2\pi/z_1$ 时，**端面上**的一对齿间面积经历开始被侵占到完全被侵占的过程

# 齿间面积的变化过程



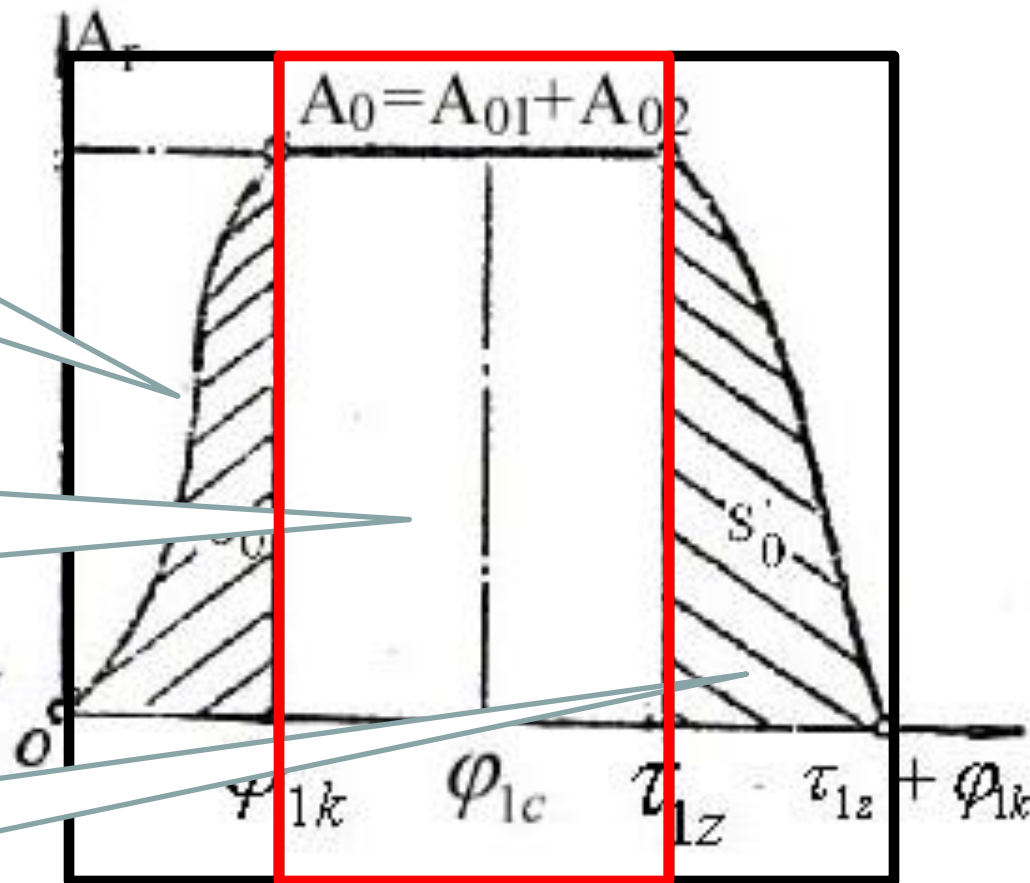
$$\varphi_{1k} = \beta + \frac{2\pi}{z_1}$$

# 齿间面积的变化过程

进气端 齿  
间面积侵占

接触线向排  
气端推移

排气端 齿  
间面积侵占

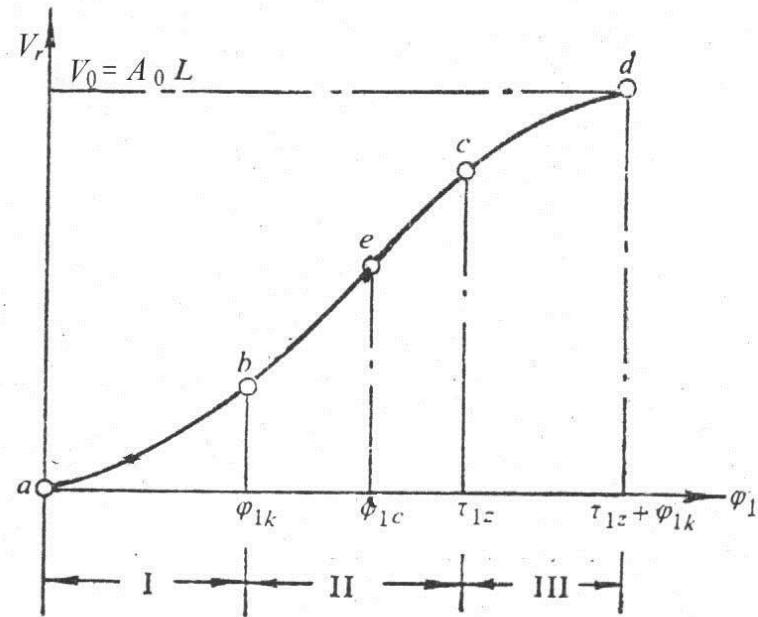


$$\varphi_{1k} = \beta + \frac{2\pi}{z_1}$$

# 齿间容积的变化过程

## 第I阶段 $(0 \leq \varphi_{1c} \leq \varphi_{1k})$

表示从转子齿间容积开始减少到阴转子的齿完全扫过阳转子在吸入端面上的齿间面积，亦即在阴阳转子的一对齿间容积间形成形状和长度不变的接触线时为止。

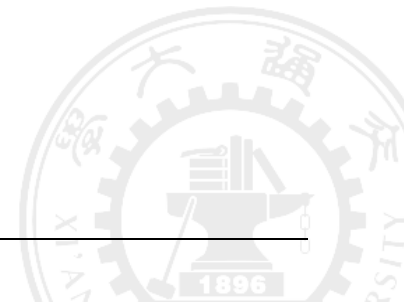


## 第II阶段 $(\varphi_{1k} \leq \varphi_{1c} \leq \tau_{1z})$

表示从第 I 阶段结束到阳转子转过一个阳转子扭转角  $\tau_{1z}$  时为止。

## 第III阶段 $(\tau_{1z} \leq \varphi_{1c} \leq \tau_{1z} + \varphi_{1k})$

表示从 II 阶段结束至该齿间容积对的相应齿解脱 啮合时为止。



# 齿间容积的变化过程

## ■ 第一阶段 $[0, \varphi_{1k}]$ ，接触线的形成阶段

$$V_{1r} = \frac{T_1}{2\pi} \int_0^{\varphi_1} A_r(\varphi) d\varphi \quad T_1 \text{—阳转子的螺距}$$

## ■ 第二阶段 $[\varphi_{1k}, \tau_{1z}]$ ，接触线向排气端推移阶段

$$V_r = V_{1r} + V_{2r} = \frac{T_1}{2\pi} [S_0 + A_0(\varphi_1 - \varphi_{1k})]$$

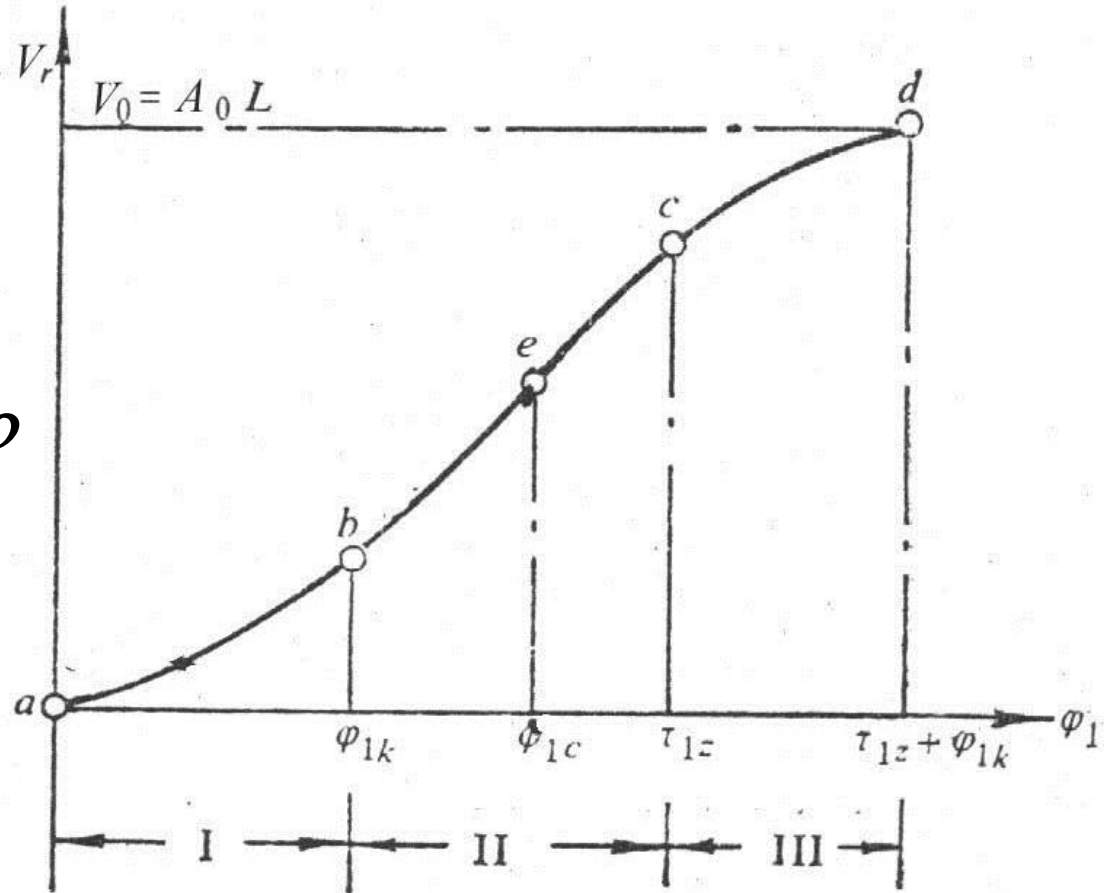
## ■ 第三阶段 $[\tau_{1z}, \tau_{1z} + \varphi_{1k}]$ 排气端面齿间面积侵占 (接触线解脱)

$$V_r = V_{1r} + V_{2r} + V_{3r} = \frac{T_1}{2\pi} \left[ S_0 + A_0(\tau_{1z} - \varphi_{1k}) + \int_0^{\varphi_1} A_r(\varphi) d\varphi \right]$$

# 齿间容积的变化过程

- 因转子互相侵入，齿间容积的减小值

$$\begin{aligned}
 V_r &= V_r(\varphi_1) \\
 &= \frac{T_1}{2\pi} \int_0^{\varphi_1} A_r(\varphi) d\varphi
 \end{aligned}$$

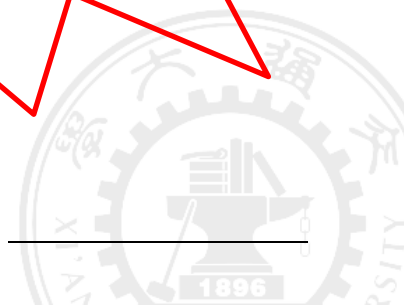
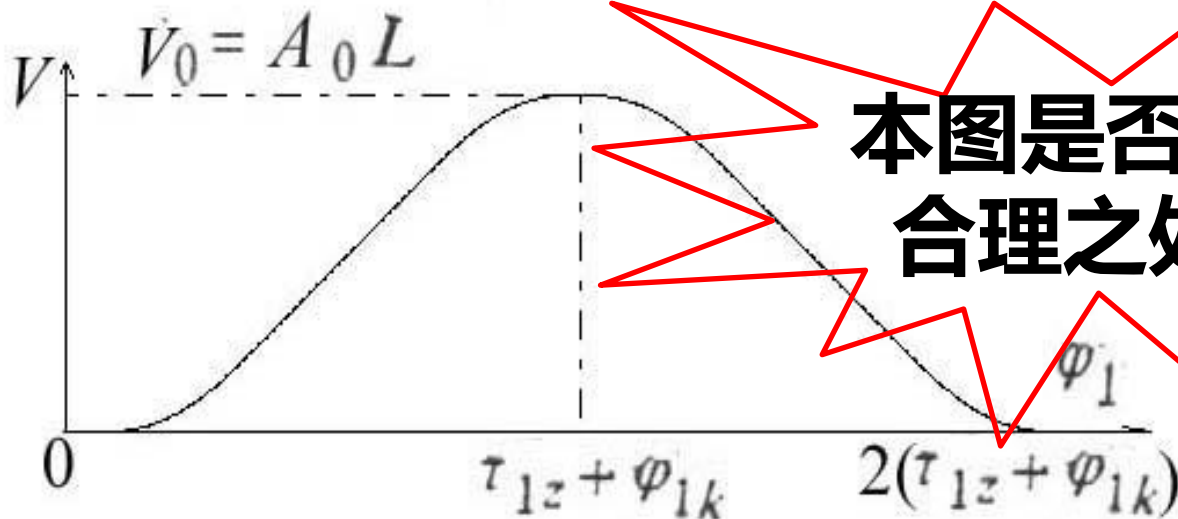


# 齿间容积的变化过程

螺杆压缩机的阴、阳转子齿从开始啮合到解脱啮合期间，阳转子所转过的角度为  $\tau_{1z} + \varphi_{1k}$

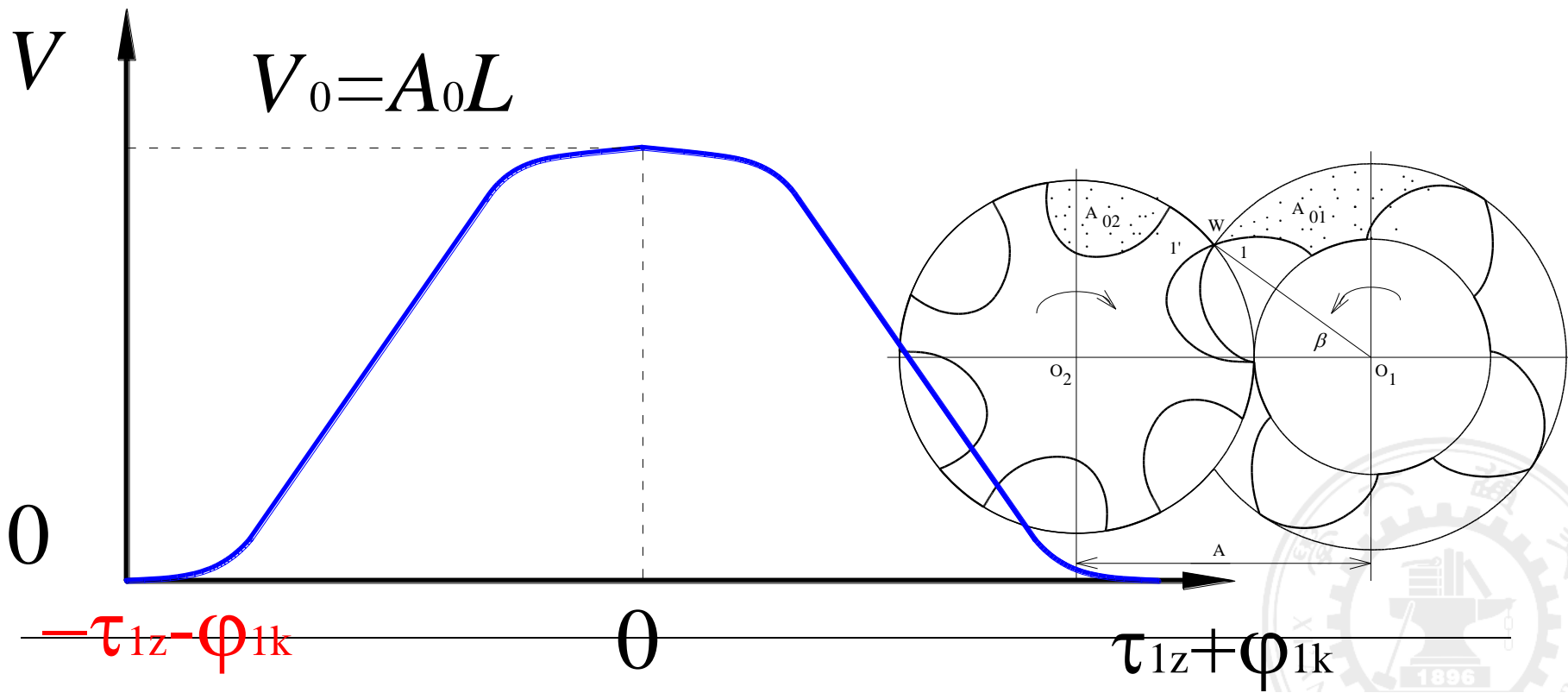
在此期间，位于接触线一侧的齿间容积从最大值减少到零，完成压缩和排气过程。与此同时，位于接触线另一侧的齿间容积却从零扩大到最大值，完成了吸气过程。

若假定齿间容积扩大到最大值后，立即开始减少，则可得到螺杆压缩机的齿间容积从零扩大到最大值，再由最大值减少到零的整个变化过程。



# 齿间容积的变化过程

- 位于接触线一侧的齿间容积从最大值减少到零；另一侧则从零扩大到最大值。

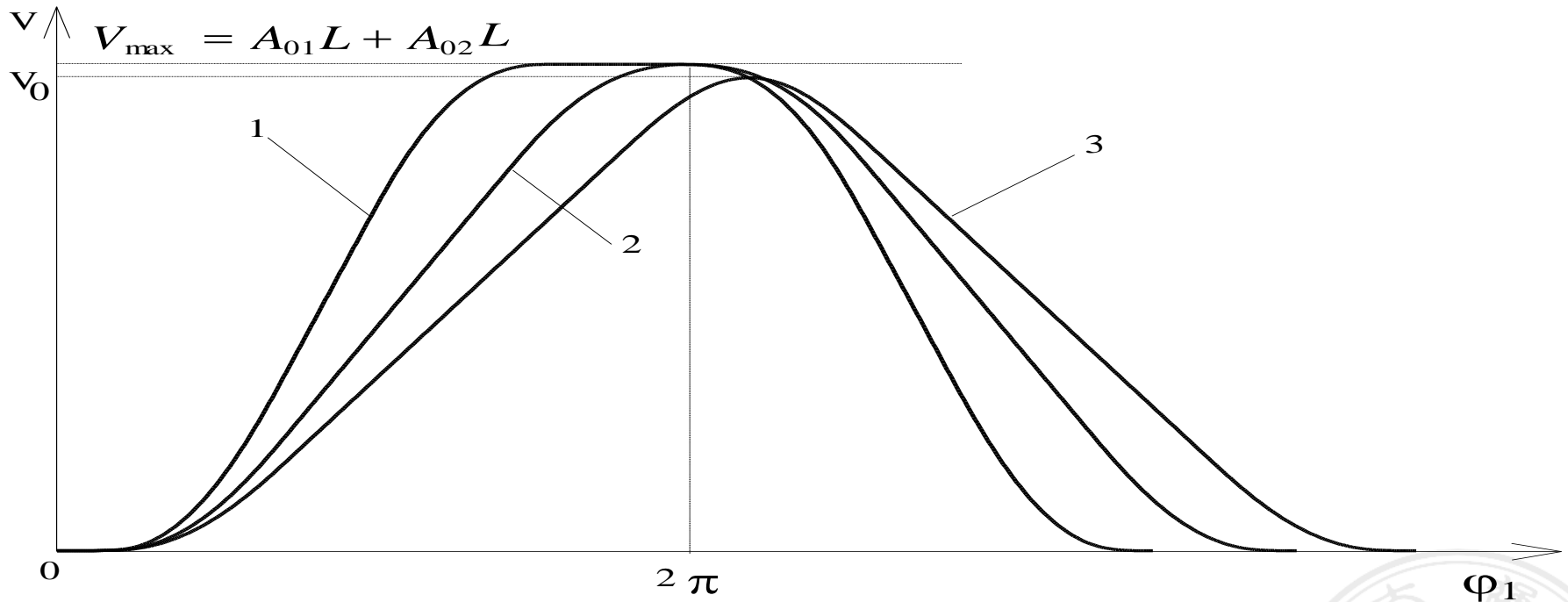




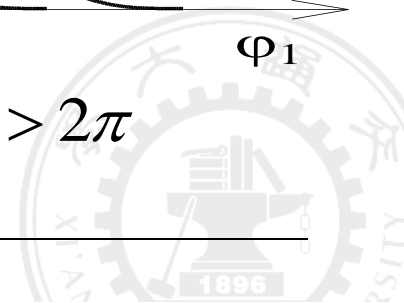
# 扭角系数

$$C_{\varphi} = \frac{V_0}{V_{\max}}$$

$$V_{\max} = A_{01}L + A_{02}L$$



$$1 \quad \tau_{1z} + \phi_{1k} < 2\pi; \quad 2 \quad \tau_{1z} + \phi_{1k} = 2\pi; \quad 3 \quad \tau_{1z} + \phi_{1k} > 2\pi$$



# 扭角系数

$$\tau_{1z} + \varphi_{1k} < 2\pi$$

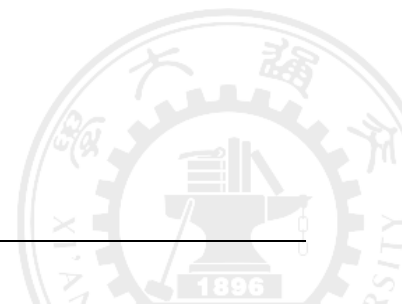
则齿间容积在扩大到最大值后，并不会立即开始减少，如上图中的曲线1所示。

$$\tau_{1z} + \varphi_{1k} = 2\pi$$

则齿间容积正好在扩大到最大值后，立即开始减少，如上图中的曲线2所示。

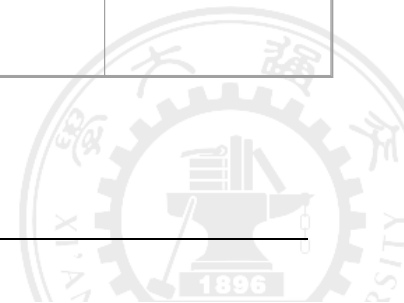
$$\tau_{1z} + \varphi_{1k} > 2\pi$$

则相互啮合的齿在排气端尚未完全解脱啮合的情况下，在吸气端就已重新开始投入啮合，即转子齿间容积的解脱与侵占在同一齿间容积内同时进行，如上图中的曲线3所示。

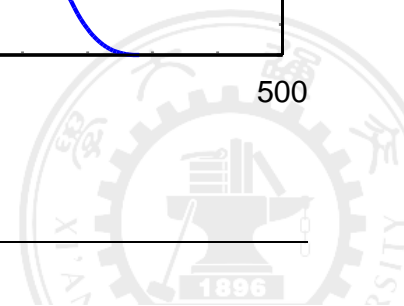
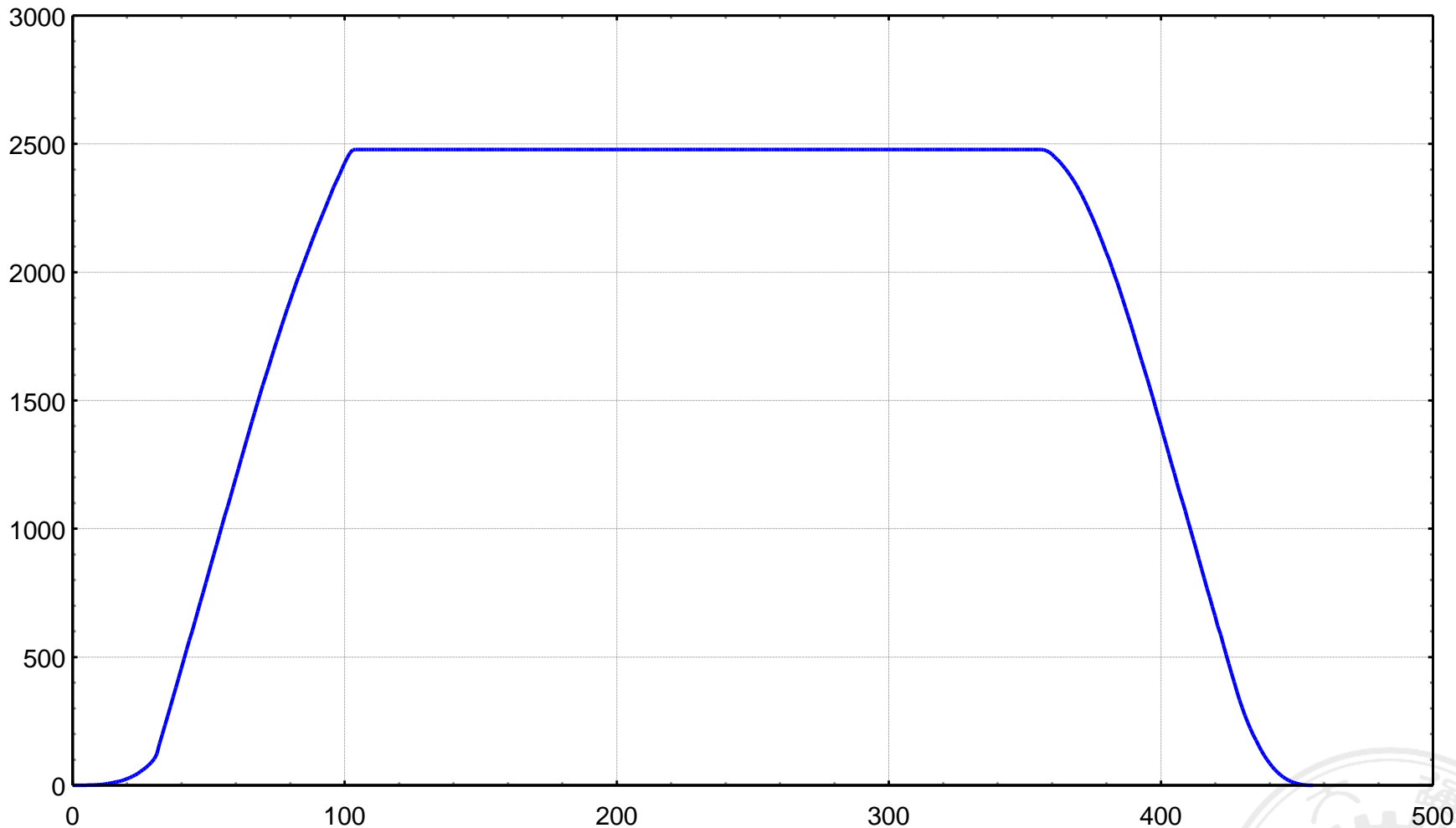


# 不同扭转角下典型型线的扭角系数

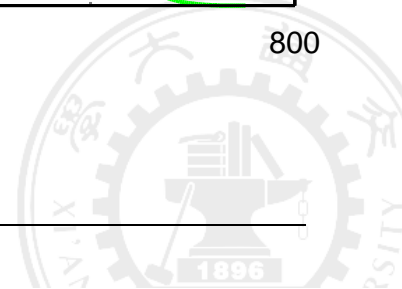
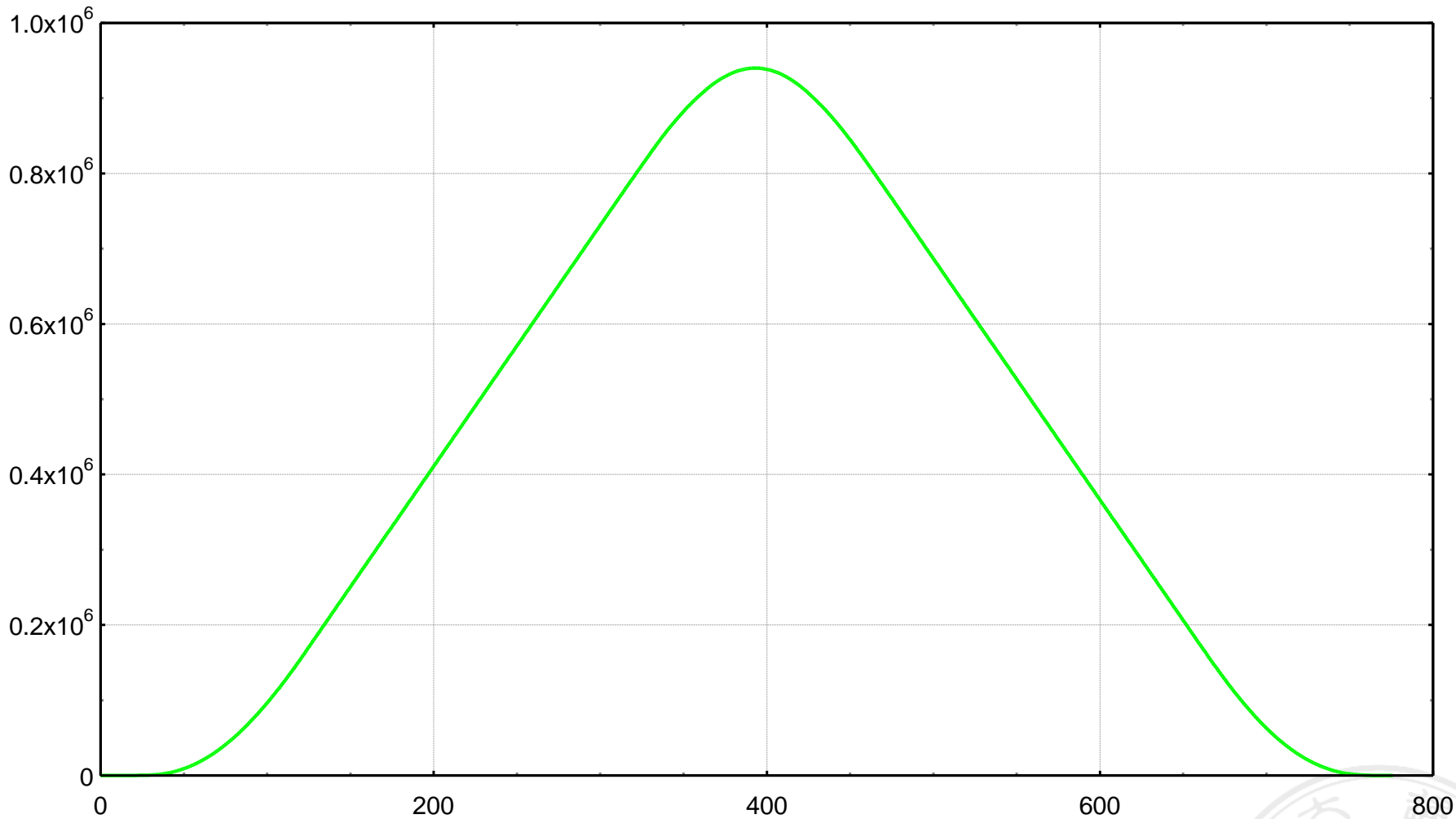
阳转子 扭转角	双边 对称 圆弧 型线	单边不对称 摆线—销齿 圆弧型线	SRM- A型 线	GHH 型线	SRM- D型 线	日立 型线
<b>240°</b>	<b>1.0</b>	<b>0.9989</b>	<b>0.999 2</b>	<b>1.0</b>	<b>0.999 5</b>	<b>1.0</b>
<b>270°</b>	<b>0.996</b>	<b>0.9905</b>	<b>0.990 7</b>	<b>0.99 76</b>	<b>0.991 6</b>	<b>0.998 7</b>
<b>300°</b>	<b>0.976 9</b>	<b>0.971</b>	<b>0.971 1</b>	<b>0.98 41</b>	<b>0.972 6</b>	<b>0.987</b>



# 螺杆转子齿间面积侵占曲线示例

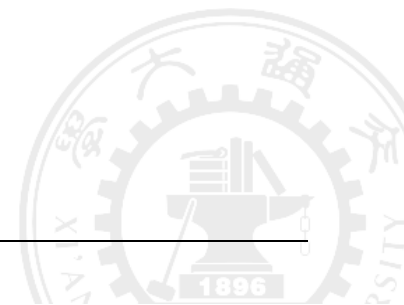


# 螺杆转子齿间容积变化曲线示例



# 螺杆压缩机理论排气量计算总结

- **理论气量：**  $V_t = C_\varphi V_0 z_1 n = C_\varphi C_{n1} n \lambda D_1^3$
- **面积利用系数：**  $C_{n1} = z_1 (A_{01} + A_{02}) / D_1^2$
- **扭角系数：**  $C_\varphi = V_0 / V_{\max}$
- **长径比：**  $\lambda = L / D_1$
- **影响面积利用系数因素：**
  - **齿数组合** ( $z_1 + z_2$ )
  - **齿高系数** ( $R/A$ )
  - **峰高系数** ( $H/A$ )



# 小结

## 1. 型线

- 型线的定义
- 型线的要素：接触线、泄漏三角形等
- 型线的发展历程：1-2-3

## 2. 型线主要参数

## 3. 容积流量计算

