

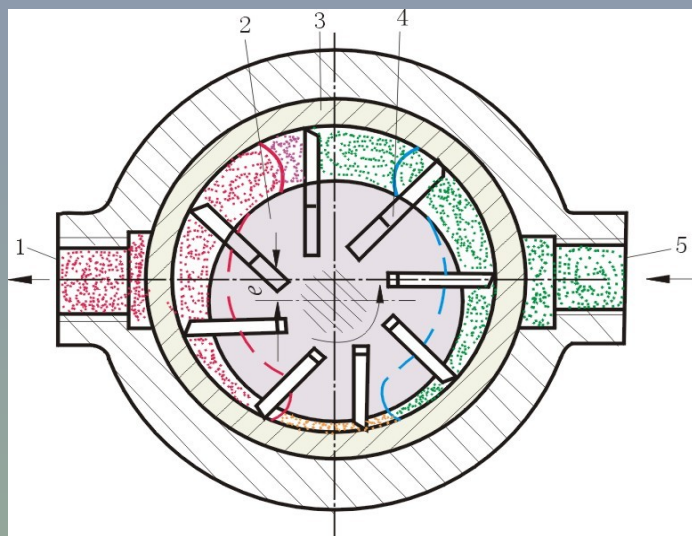
## §2-3 叶片泵

叶片泵包括两大类：双作用叶片泵和单作用叶片泵。

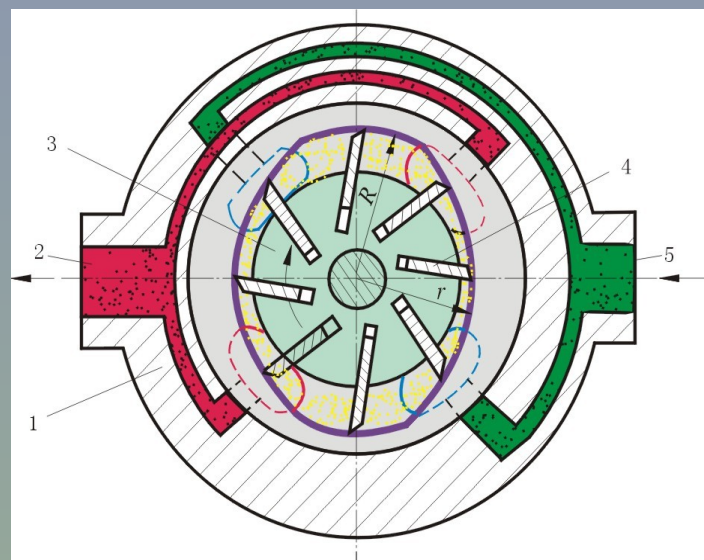
双作用叶片泵只能做成定量泵，

单作用叶片泵一般是变量泵。

其主要区别是定子内曲线的形状不同。曲线形状不同泵轴转一转时吸压油的次数也不同，每转吸压油一次的称单作用叶片泵，吸压油两次的称双作用叶片泵。



单作用叶片泵



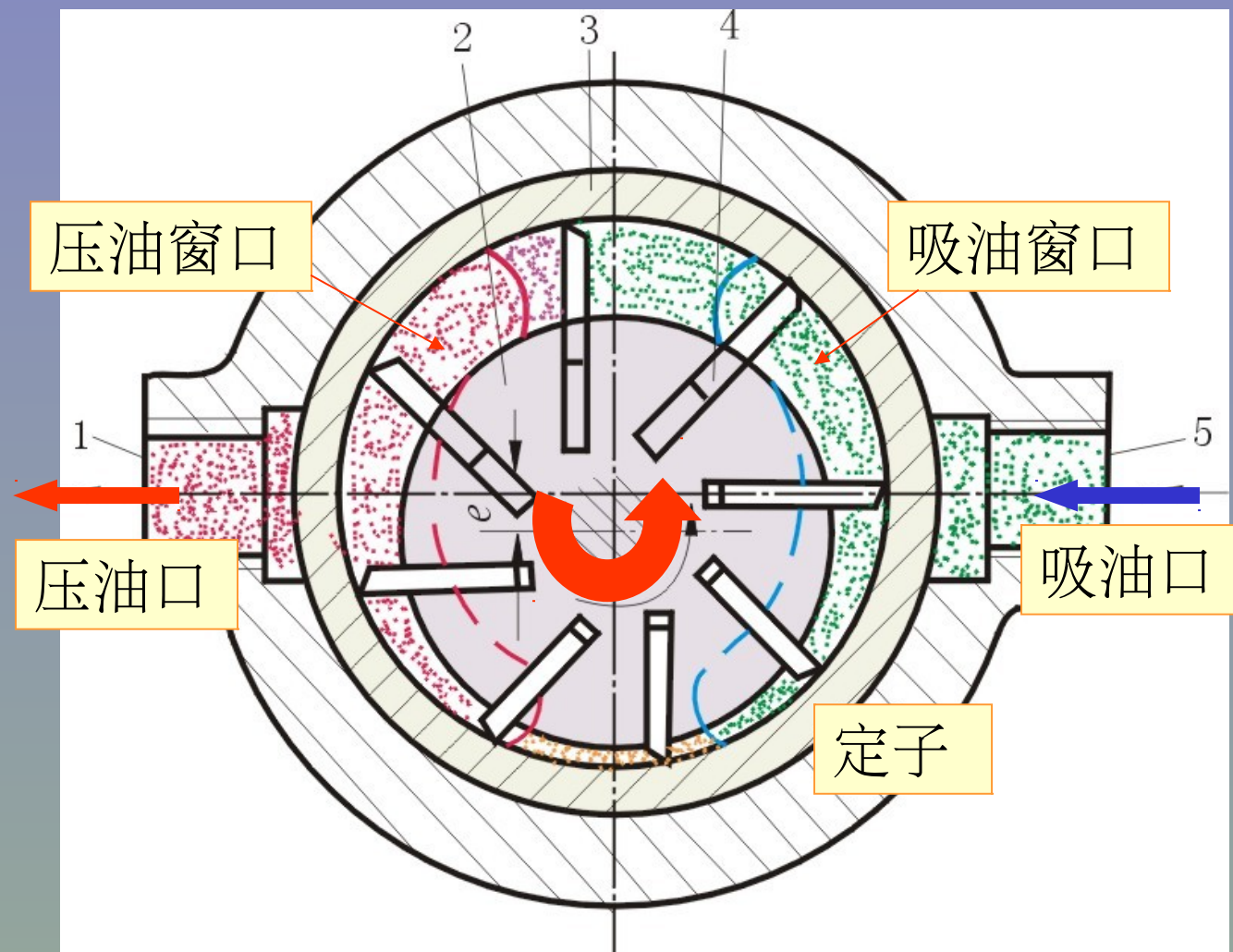
双作用叶片泵

# 一、单作用定量叶片泵

## 1、工作原理

图为单作用叶片泵的工作原理。

泵由转 2、定子 3、叶片 4 和配流盘等件组成。

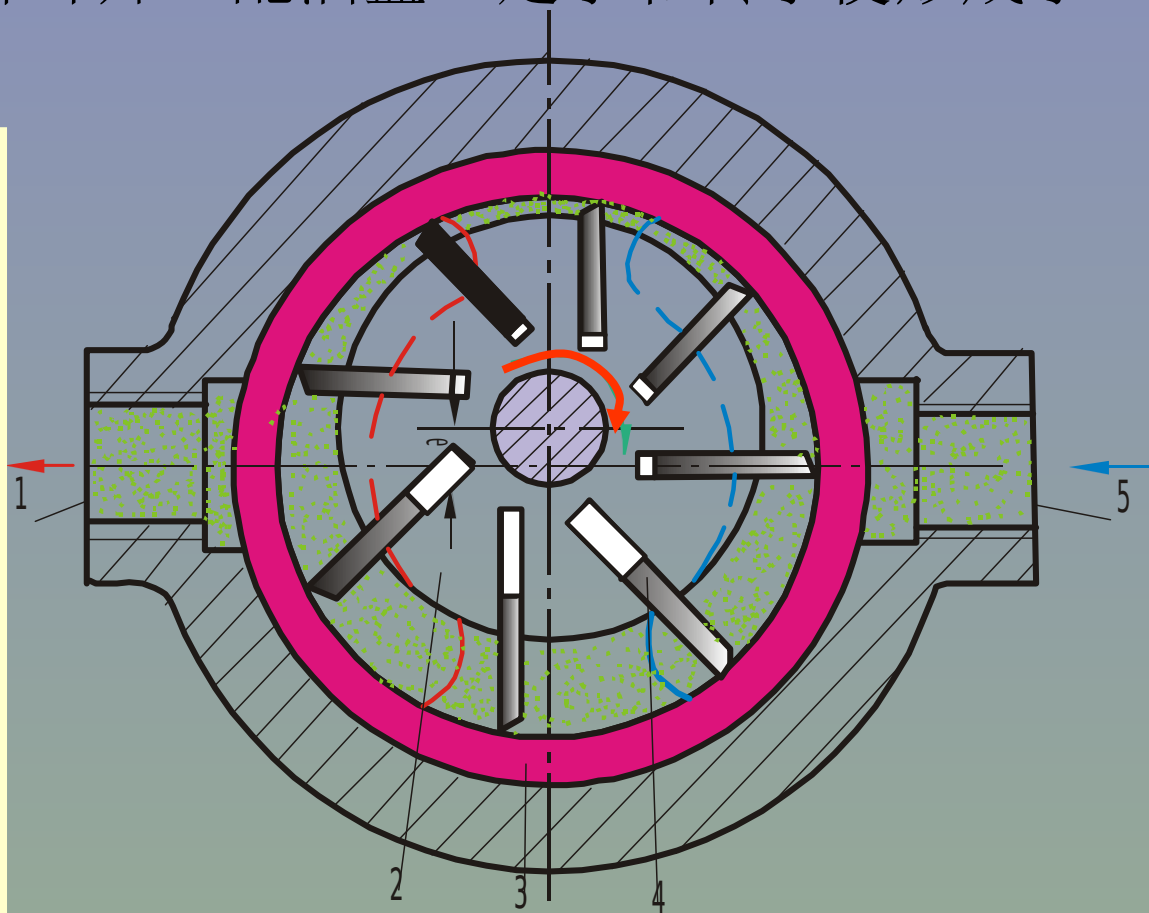


单作用叶片泵工作原理

1—压油口；2—转子；3—定子；4—叶片；5—吸油口

定子的内表面是圆柱面，转子和定子中心之间存在着偏心，叶片在转子的槽内可灵活滑动，在转子转动时的离心力以及叶片根部油压力作用下，叶片顶部贴紧在定子内表面上，于是两相邻叶片、配油盘、定子和转子便形成了一个密封的工作腔。

- 泵在转子转一转的过程中，吸油、压油各一次，故称单作用叶片泵。
- 转子单方向受力，轴承负载大。
- 改变偏心距，可改变泵排量，形成变量叶片泵。



## 2、单作用定量叶片泵的平均流量计算

容积 $\Pi$ 为

$$\frac{\pi}{Z}(R - e)^2 B$$

容积 $I$ 为

$$\frac{\pi}{Z}(R + e)^2 B$$

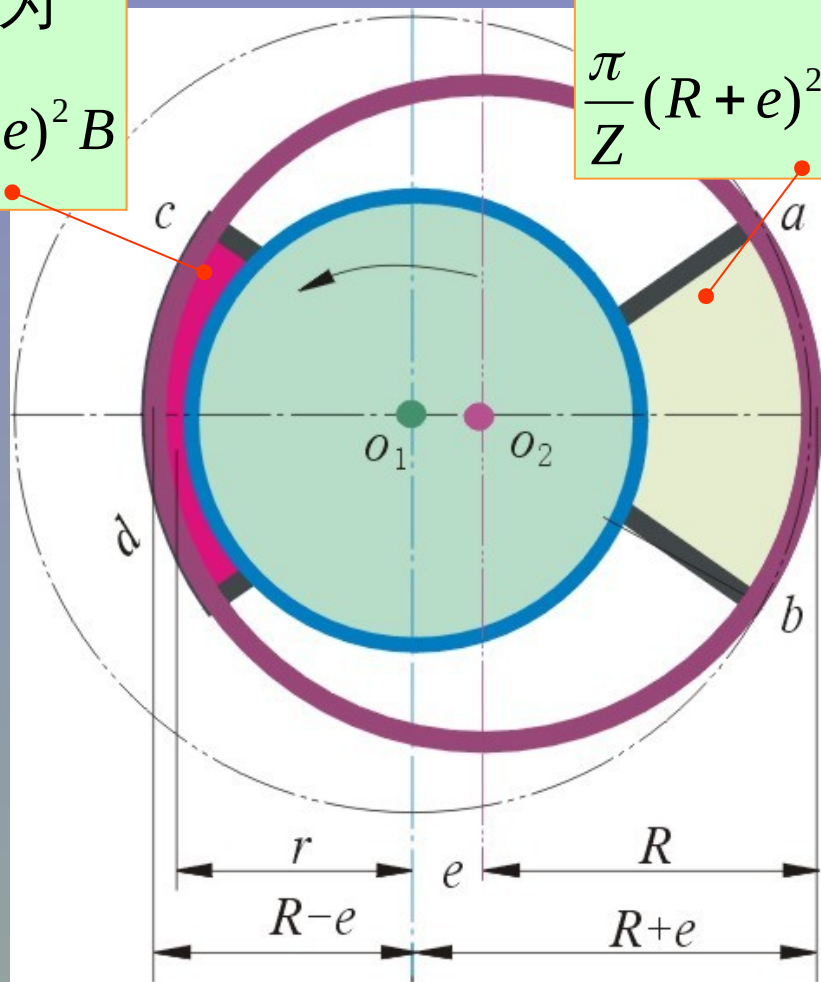
一个叶片密封容积排出的油液

$$\Delta V = \left(\frac{\pi}{Z}\right)(R + e)^2 B - \left(\frac{\pi}{Z}\right)(R - e)^2 B$$

当泵有 $Z$ 个叶片时

$$q = Z \times \Delta q$$

$$= \pi \left[ (R + e)^2 - (R - e)^2 \right] B$$



单作用叶片泵排量为

$$V = \pi \left[ (R + e)^2 - (R - e)^2 \right] B = 4\pi e R B$$

流量为

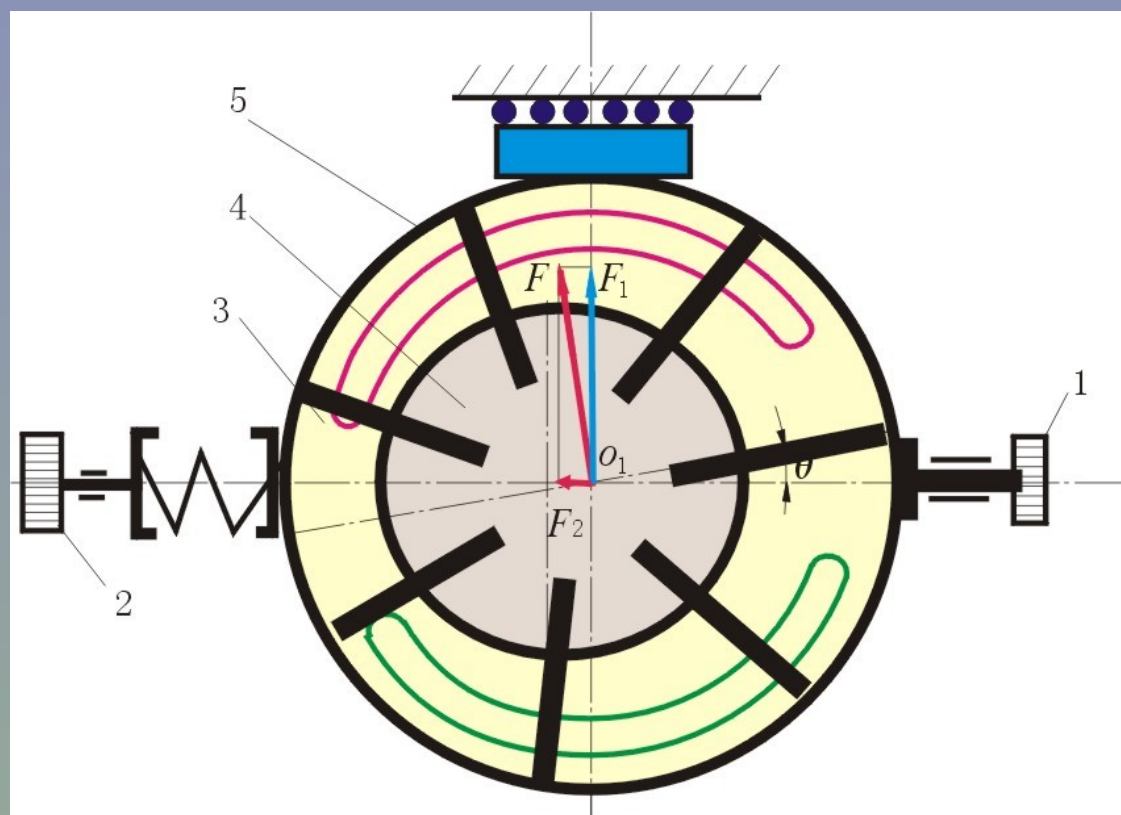
$$q = n \times V \times \eta_v = 4\pi e R B n \eta_v$$

## 二、 单作用变量叶片泵

变量叶片泵有内反馈式和外反馈式两种。

### 1、 限压式内反馈变量叶片泵

内反馈式变量泵操纵力来自泵本身的排油压力，内反馈式变量叶片泵配流盘的吸、排油窗口的布置如图。

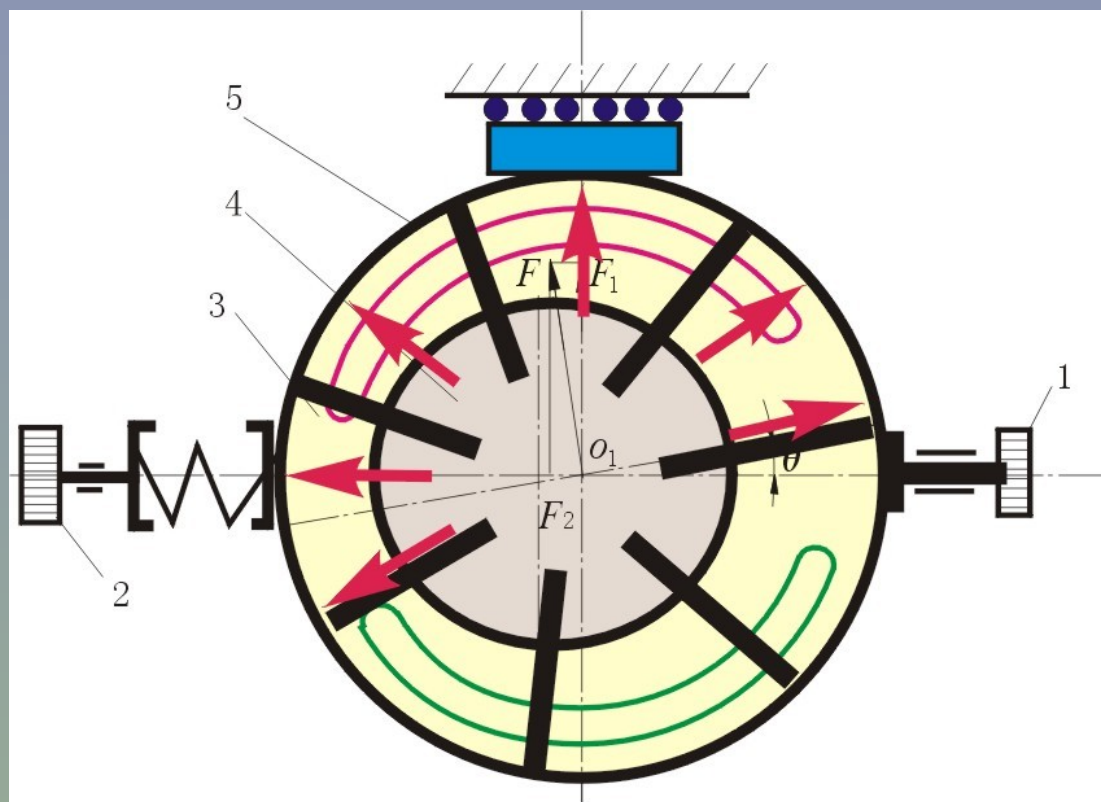


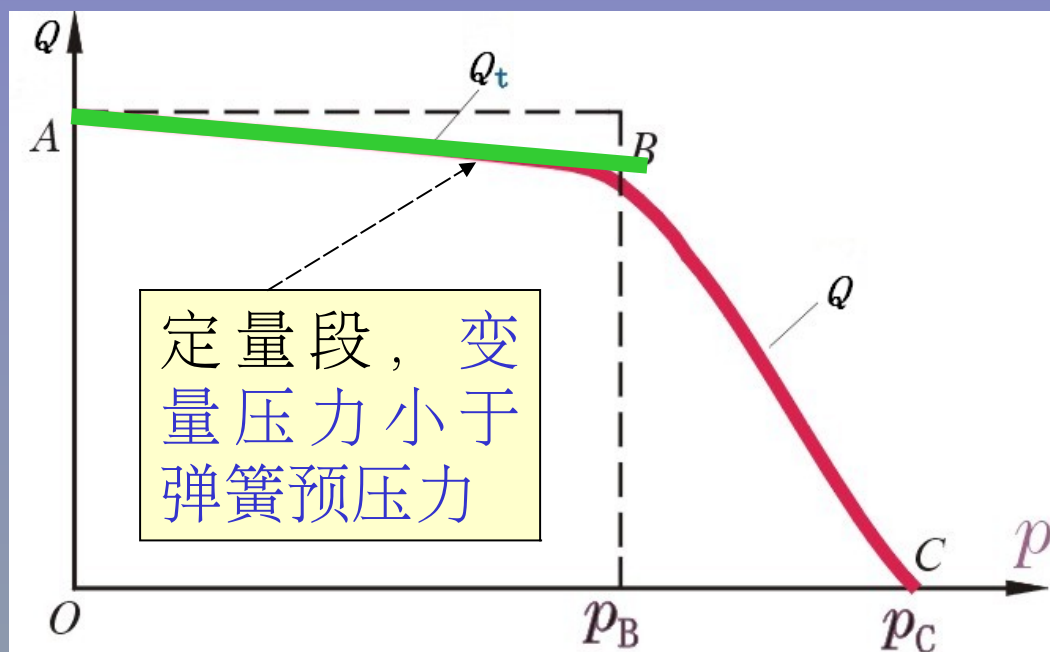
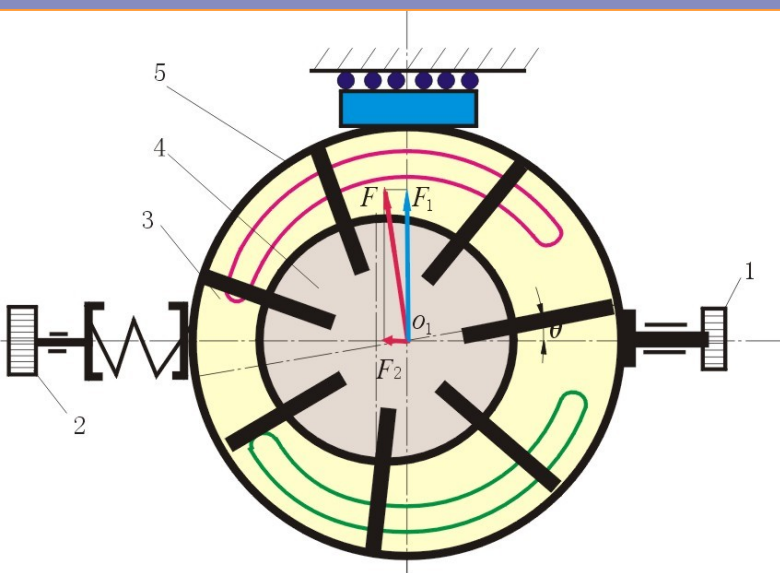
变量原理

1— 最大流量调节螺钉； 2— 弹簧预压缩量调节螺钉； 3— 叶片； 4— 转子； 5— 定子



由于存在偏角，排油压力对定子环的作用力可以分解为垂直于轴线的分力  $F_1$  及与之平行的调节分力  $F_2$ ，调节分力  $F_2$  与调节弹簧的压缩恢复力、定子运动的摩擦力及定子运动的惯性力相平衡。定子相对于转子的偏心距、泵的排量大小可由力的相对平衡来决定，变量特性曲线如图所示。

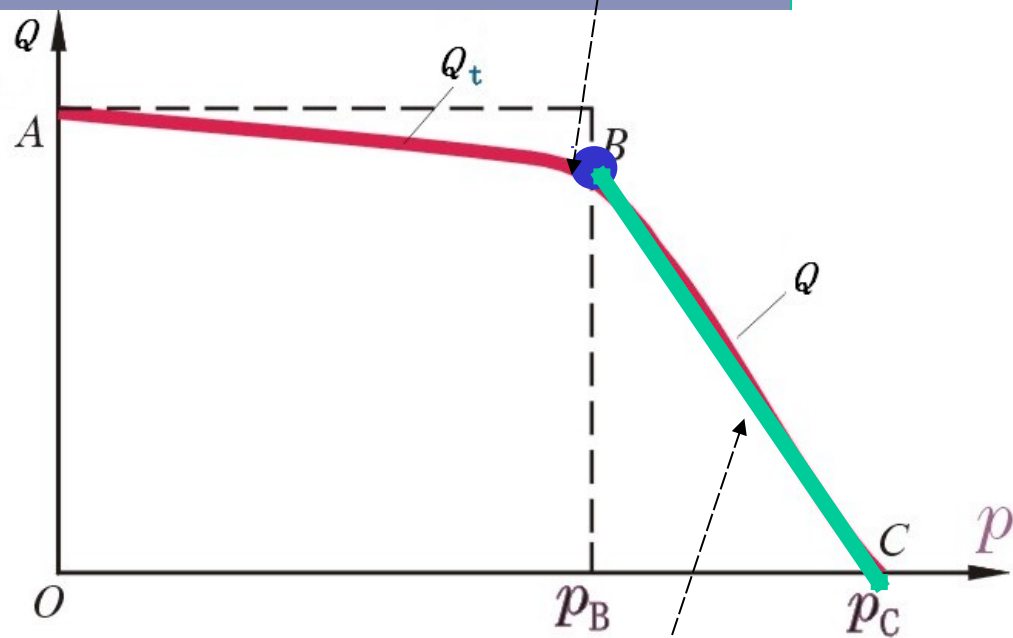




当泵的工作压力所形成的调节分力  $F_2$  小于弹簧预紧力时，泵的定子环对转子的偏心距保持在最大值，不随工作压力的变化而变，由于泄漏，泵的实际输出流量随其压力增加而稍有下降，如上图中  $AB$  段。

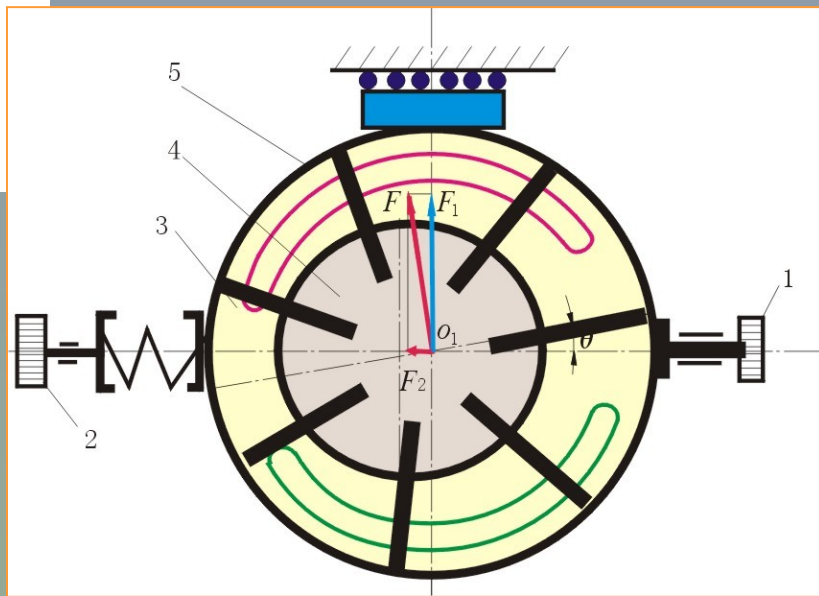
当泵的工作压力  $P$  超过  $P_B$  后，调节分力  $F_2$  大于弹簧预紧力，使定子环向减小偏心距的方向移动，泵的排量开始下降（变量）。

开始变量点



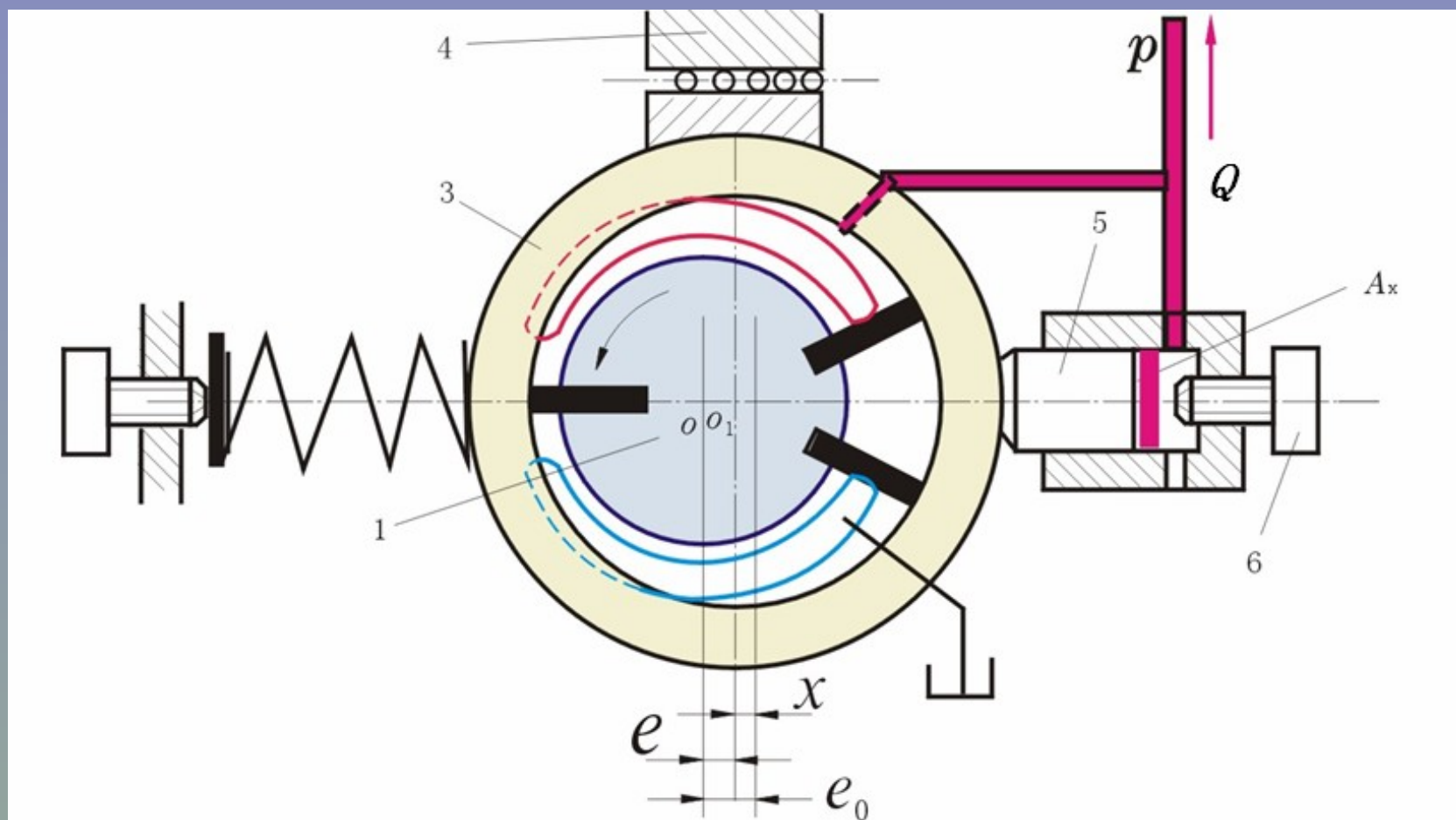
变量段，变量压力大于弹簧预压力

改变弹簧预紧力可以改变曲线的  $B$  点；调节最大流量调节螺钉，可以调节曲线的  $A$  点。



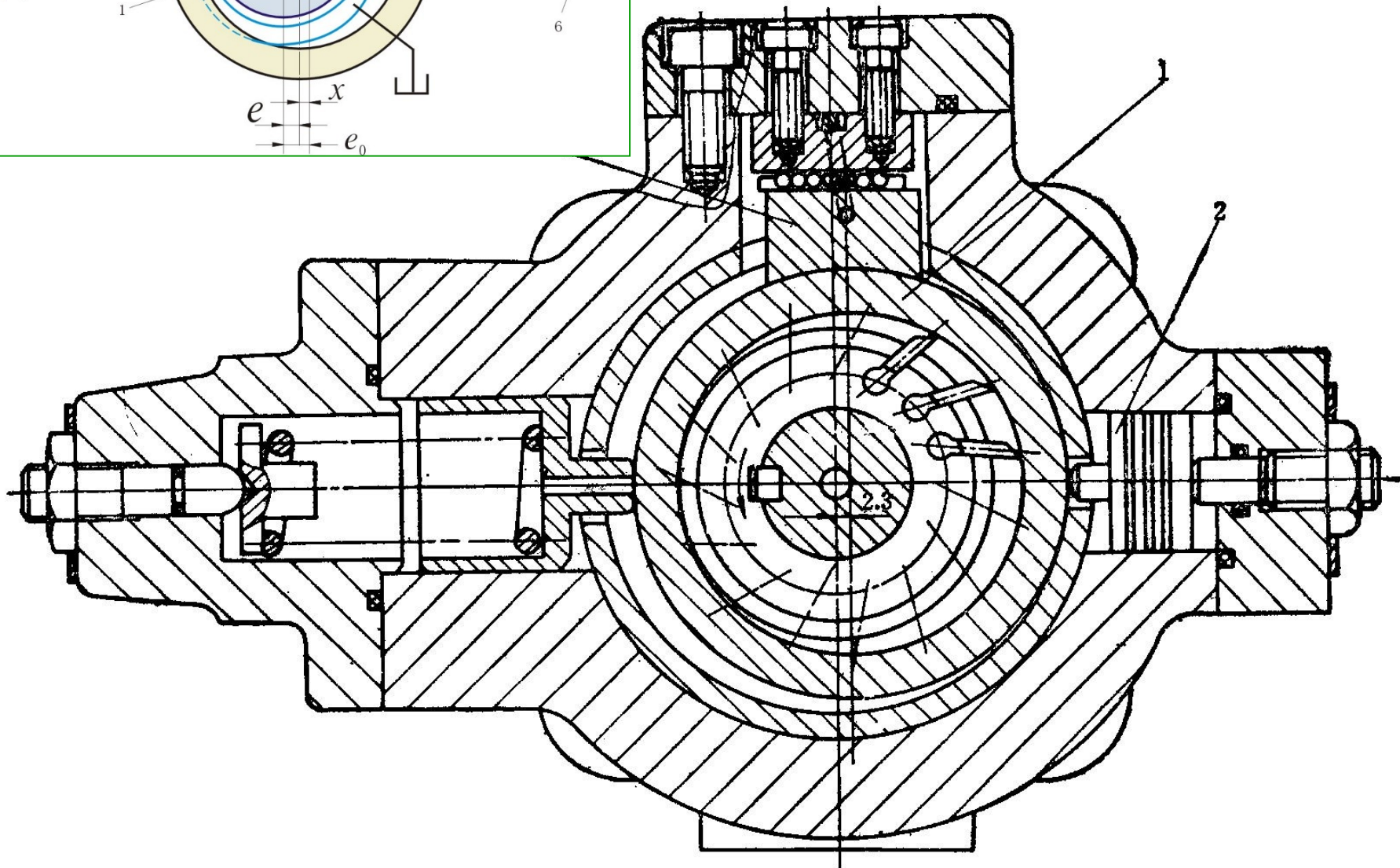


## 2、限压式外反馈变量叶片泵

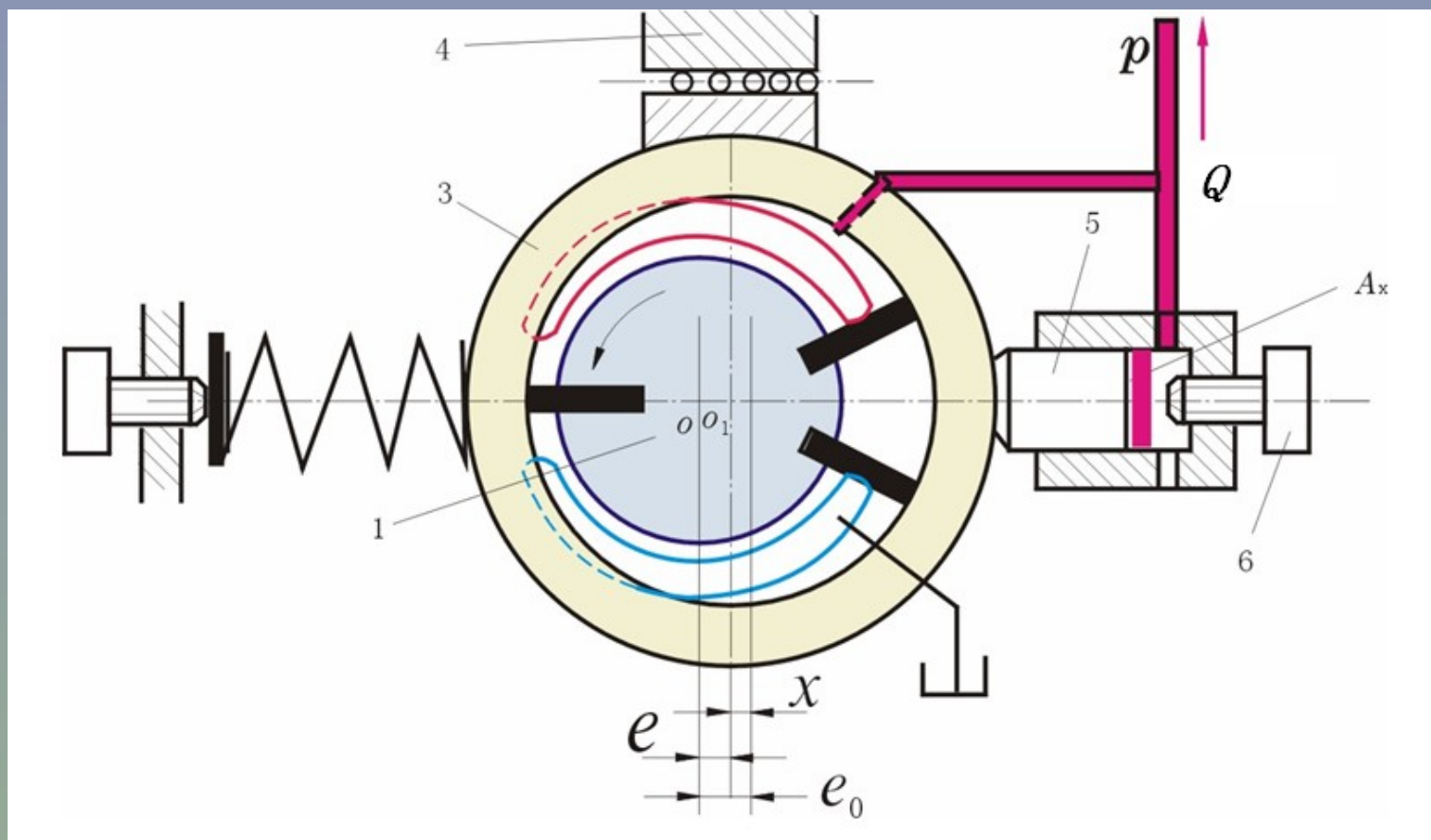


外反馈限压式变量叶片泵

1—转子；2—弹簧；3—定子；4—滑块滚针支承；5—反馈柱塞；6—流量调节螺钉



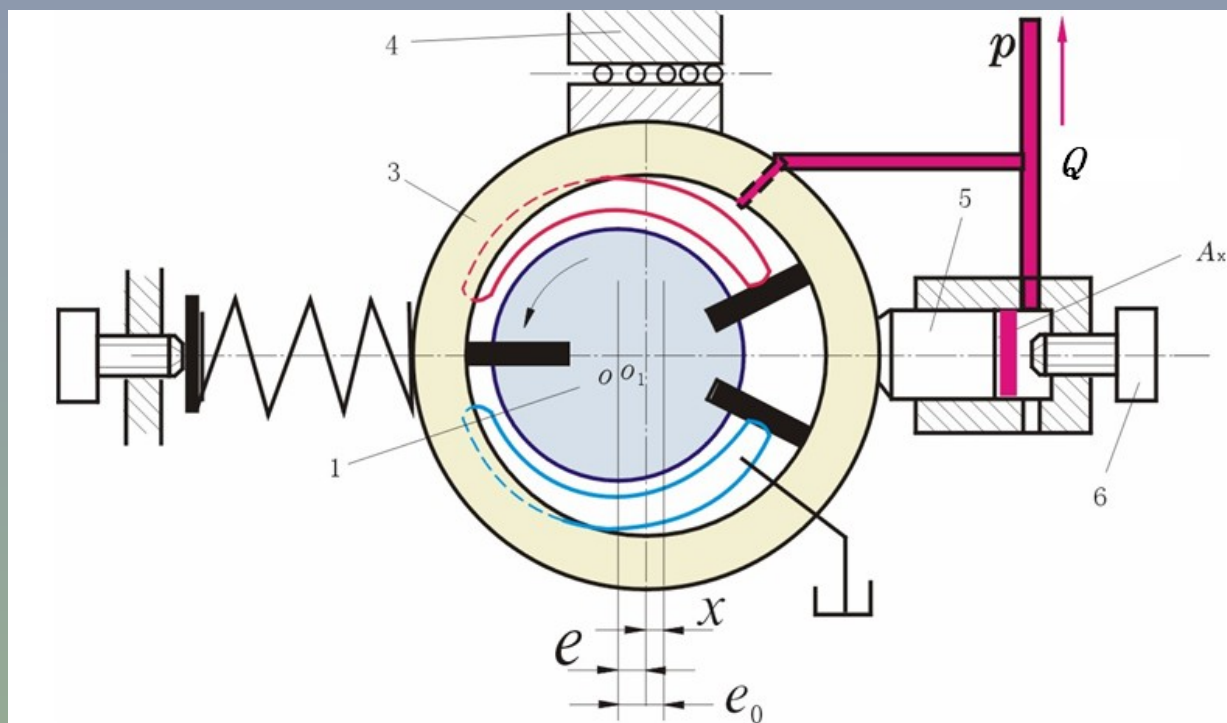
设泵转子和定子间的最大偏心距为  $e_{\max}$ ，此时弹簧的预压缩量为  $x_0$ ，弹簧刚度为  $k_x$ ，泵的偏心调值为  $e_0$ ，当压力逐渐增大，使定子开始移动时压力为  $p_B$ ，则有  $p_B A_x = k_x x_0$



当泵压力为  $p$  时，定子移动了 距离，也即弹簧压缩量增加 ，这时的偏心量为：

$$pA_x = k_x(x_0 + x)$$

$$e = e_0 - x$$

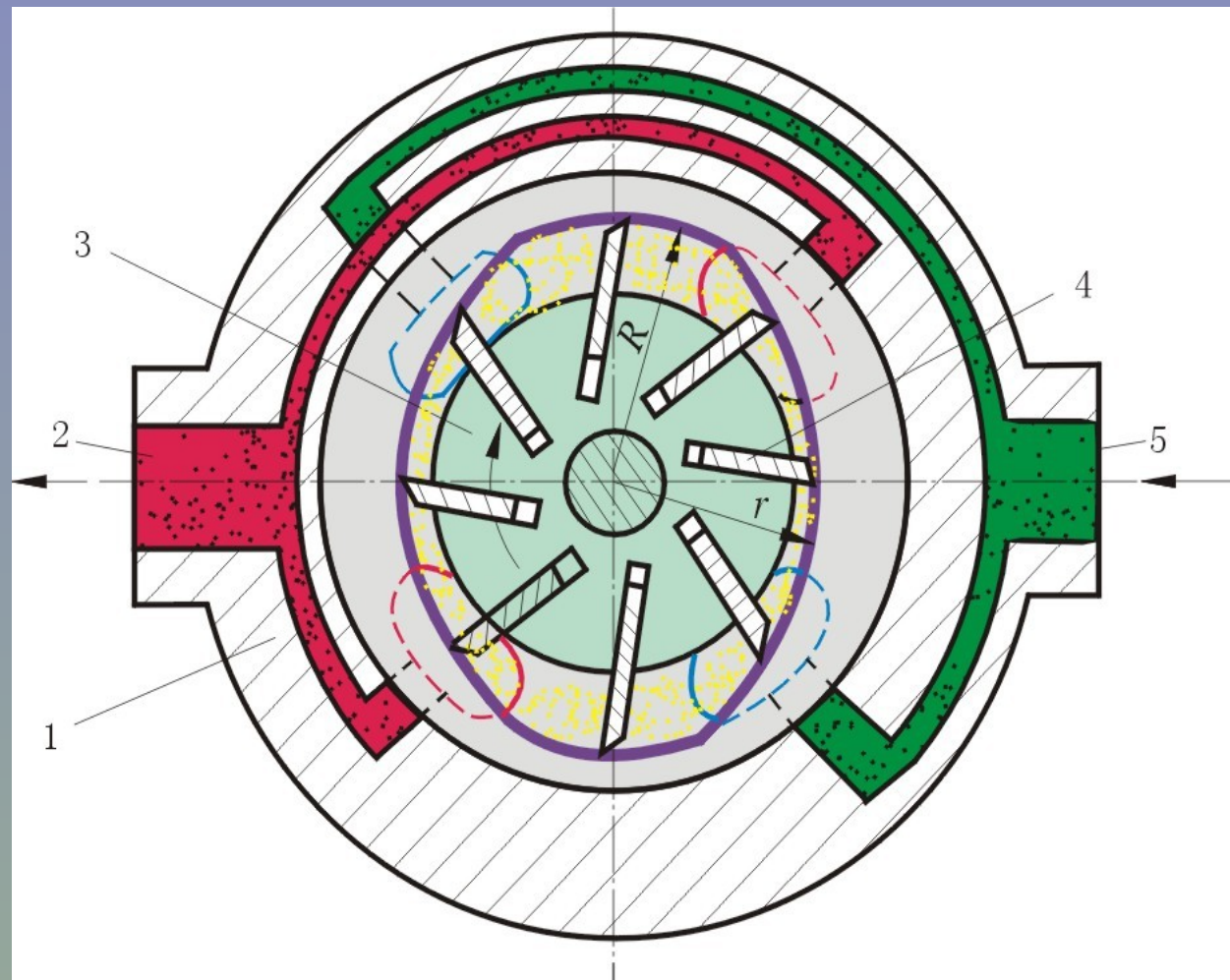




# 三、双作用叶片泵

## 1、工作原理

双作用叶片泵的原理和单作用叶片泵相似，不同之处在于定子内表面是由两段长半径圆弧、两段短半径圆弧和四段过渡曲线组成，且定子和转子是同心的。

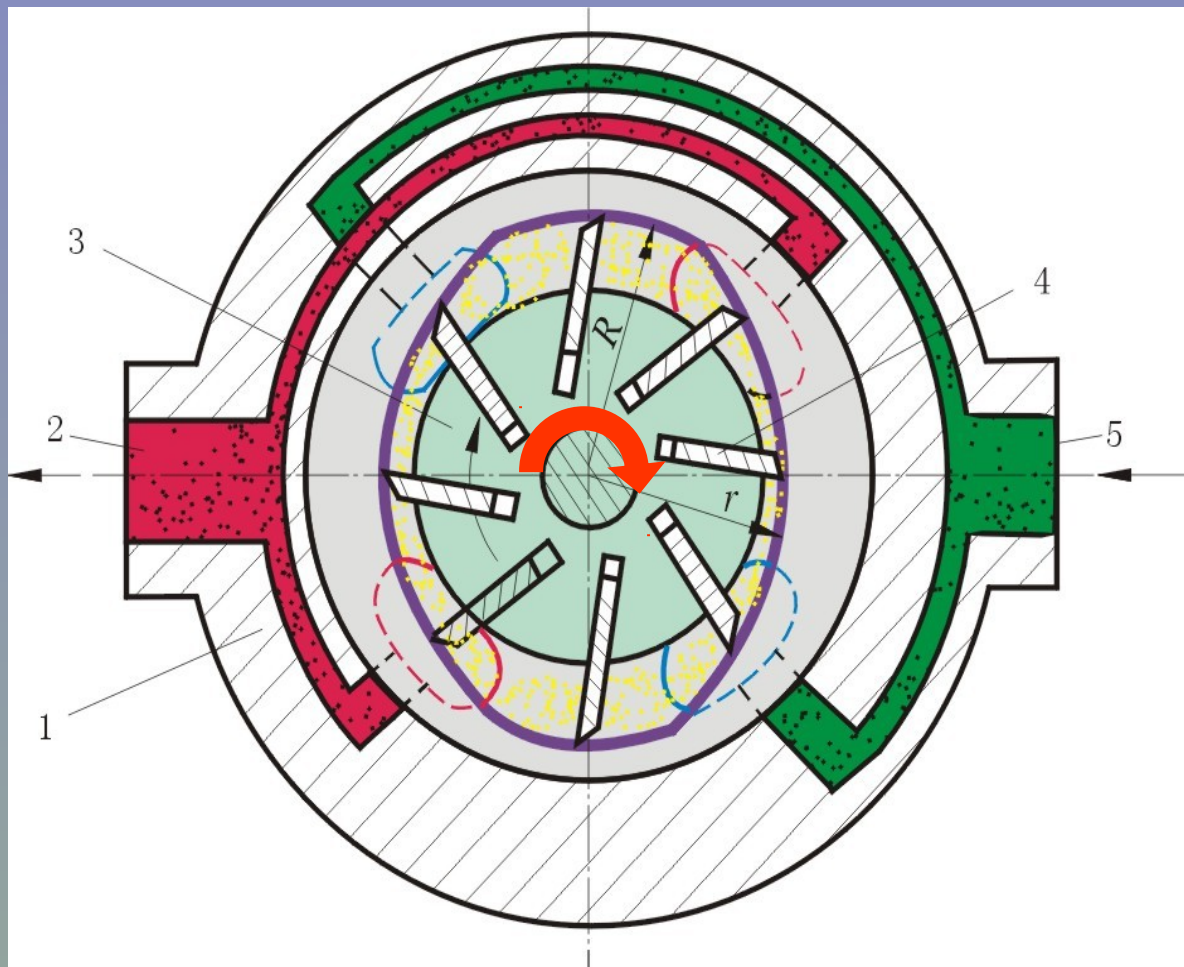


双作用叶片泵



## 1、工作原理

图中，当转子顺时针方向旋转时，密封工作腔的容积在左上角和右下角处逐渐增大，为吸油区，在左下角和右上角处逐渐减小，为压油区；吸油区和压油区之间有一段封油区将吸、压油区隔开。

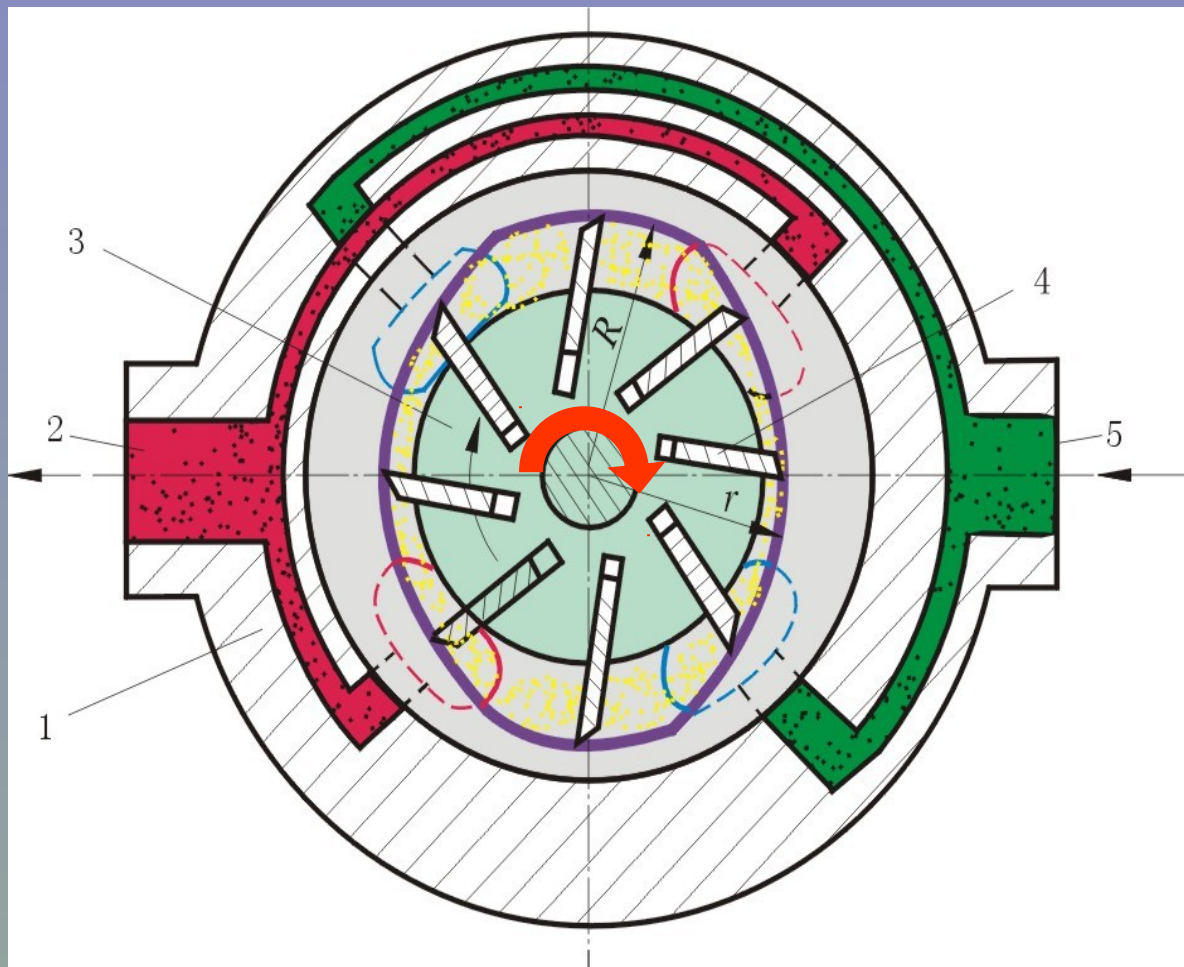


双作用叶片泵工作原理

1—定子； 2—压油口； 3—转子； 4—叶片； 5—吸油口

# 1、工作原理

这种泵的转子每转一转，每个密封工作腔完成吸油和压油动作各两次，所以称为**双作用叶片泵**。

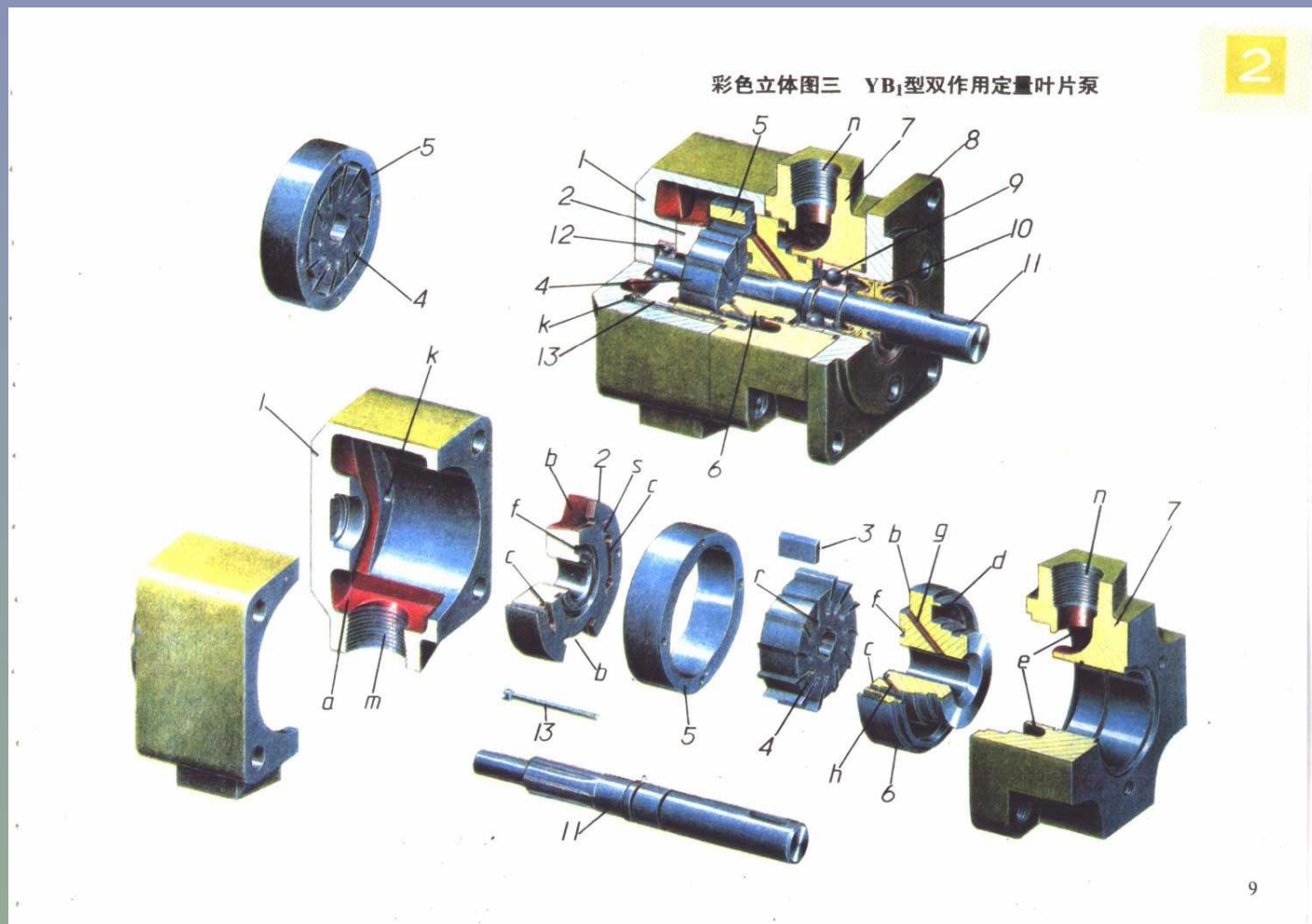


双作用叶片泵工作原理

1—定子； 2—压油口； 3—转子； 4—叶片； 5—吸油口

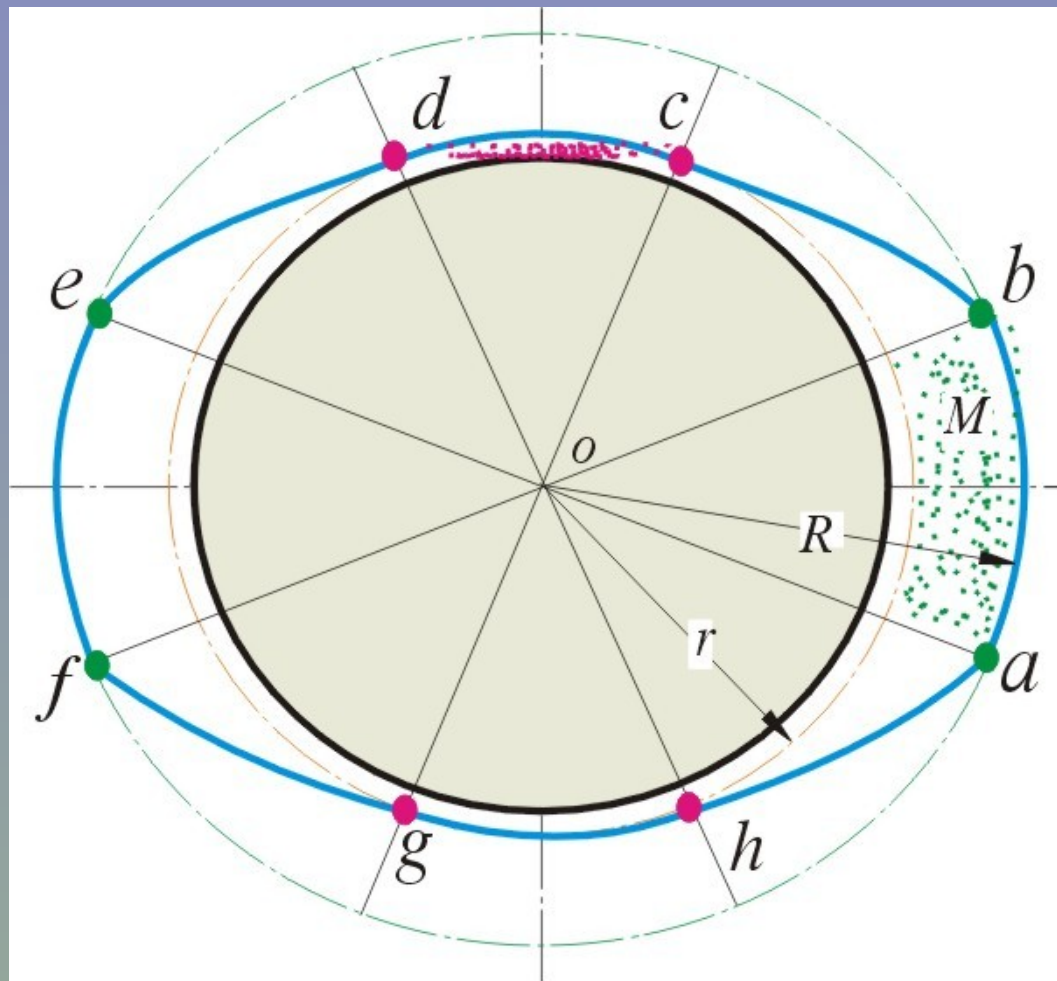
## 2、双作用叶片泵的结构特点

- ① 同心安装      ② 定子曲线形式      ③ 中心对称
- ④ 叶片前倾



### 3、双作用叶片泵的流量计算

当两叶片从  $a$ ， $b$  位置转  $c$ ， $d$  位置时，排出容积为  $M$  的油液；从  $c$ ， $d$  转到  $e$ ， $f$  时，吸进了容积为  $M$  的油液。从  $e$ ， $f$  转到  $g$ ， $h$  时又排出了容积为  $M$  的油液；再从  $g$ ， $h$  转回到  $a$ ， $b$  时又吸进了容积为  $M$  的油液。



双作用叶片泵流量计算原理

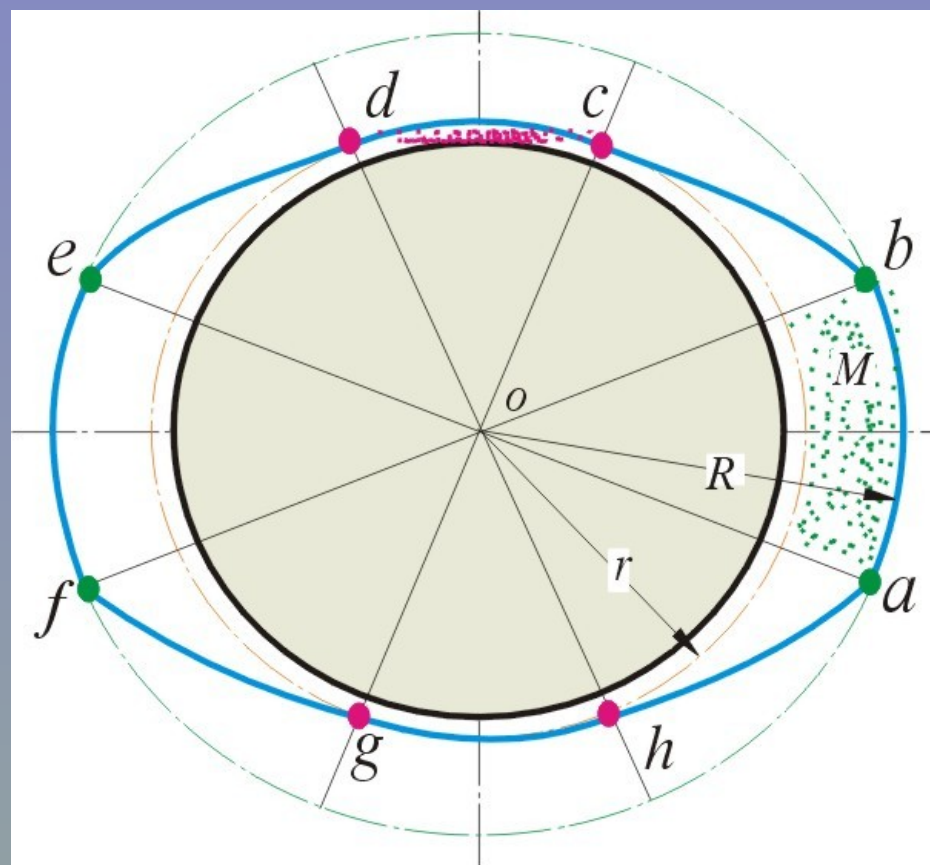


转子转一周，两叶片间吸油两次，排油两次，每次容积为  $M$ ；当叶片数为  $Z$  时，转动一周所有叶片的排量为  $2Z$  个  $M$  容积，若不计叶片几何尺度，此值正好为环行体积的两倍。故泵的排量为：

$$V = 2\pi(R^2 - r^2)B$$

平均流量为：

$$q = 2\pi(R^2 - r^2)Bn\eta_v$$



式中  
：

$R$  — 定子长半径；

$r$  — 定子短半径；

$B$  — 转子厚度。



考虑叶片厚度影响后，双作用叶片泵精确流量计算公式为：

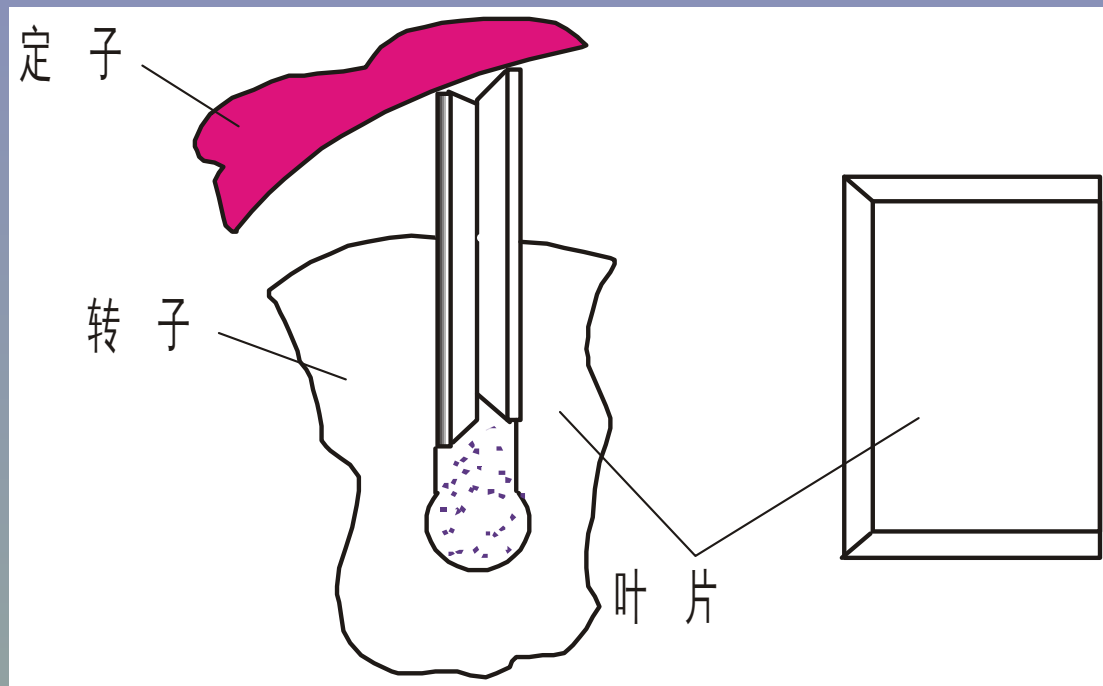
$$q = [2\pi(R^2 - r^2) - \frac{2(R - r)}{\cos\phi}bz]Bn\eta_v$$

#### 4、叶片泵的高压化趋势

- 随着技术的发展，双作用叶片的最高工作压力已达成  $20\sim 30MPa$ ，这是因为双作用叶片泵转子上的径向力基本上是平衡的，不像齿轮泵和单作用叶片泵那样，工作压力的提高会受到径向承载能力的限制；
- 叶片泵工作压力提高的主要限制条件是叶片和定子内表面的磨损。

为了解决定子和叶片的磨损，要采取措施减小在吸油区叶片对定子内表面的压紧力，目前采取的主要结构措施有以下几种：

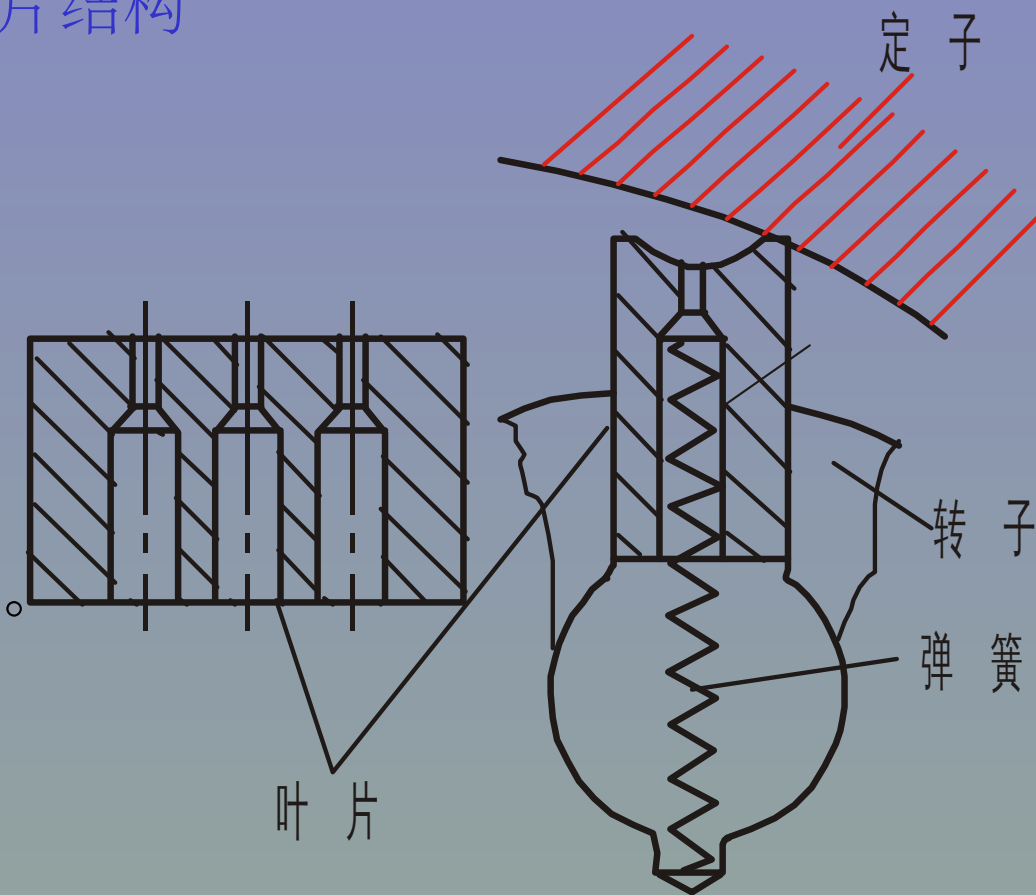
### (1) 双叶片结构



各转子槽内装有两个经过倒角的叶片。两叶片的倒角部分构成从叶片底部通向头部的 V 型油道，因而作用在叶片底、头部的油压力相等，合理设计叶片头部的形状，使叶片头部承压面积略小于叶片底部承压面积。这个承压面积的差值就形成叶片对定子内表面的接触力。

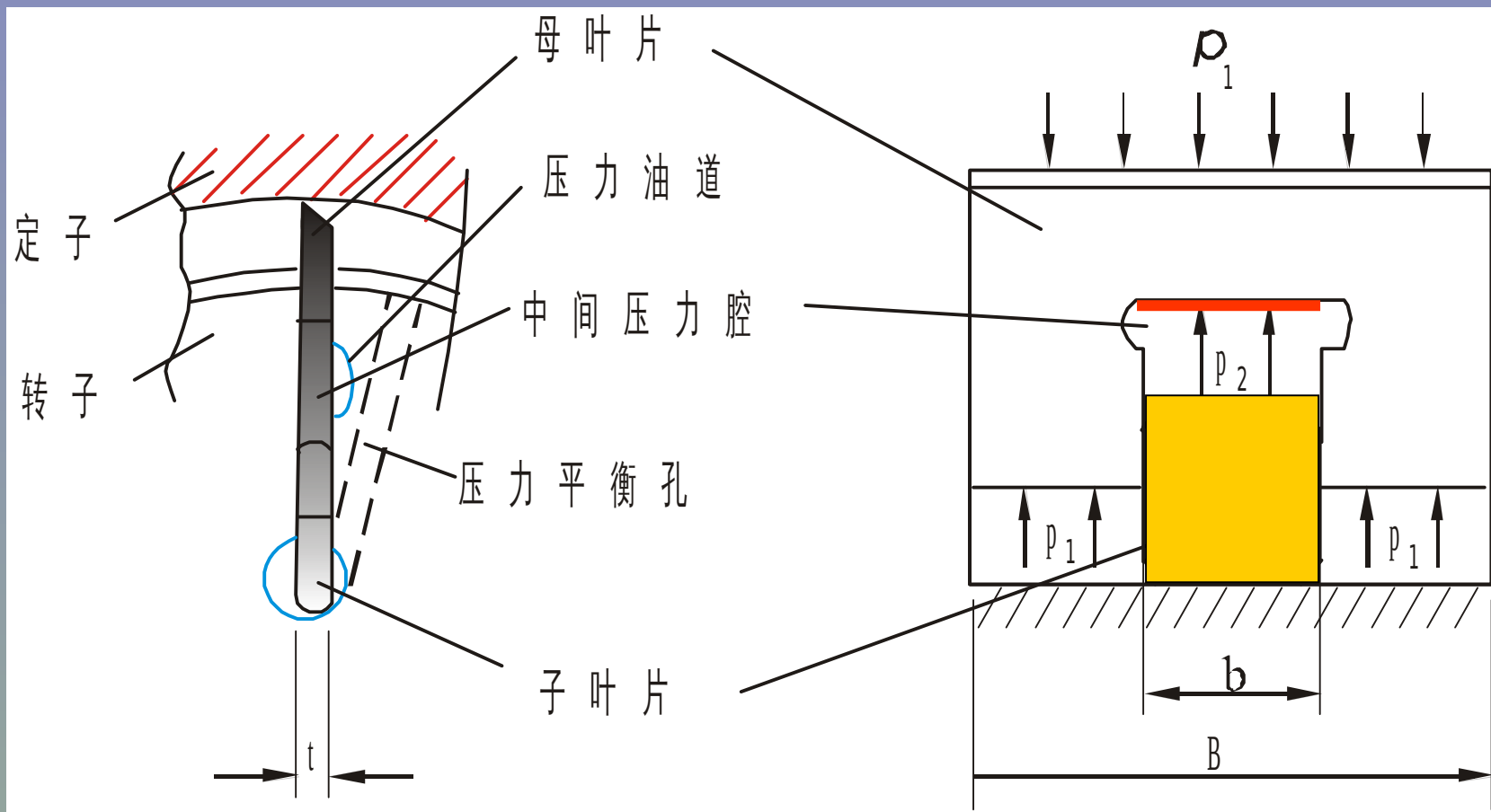
## (2) 弹簧负载叶片结构

叶片的底面上开有三个弹簧孔，通过叶片头部和底部相连的小孔及侧面的半圆槽使叶片底面与头部沟通。不过，弹簧在工作过程中频繁受交变压缩，易引起疲劳损坏。

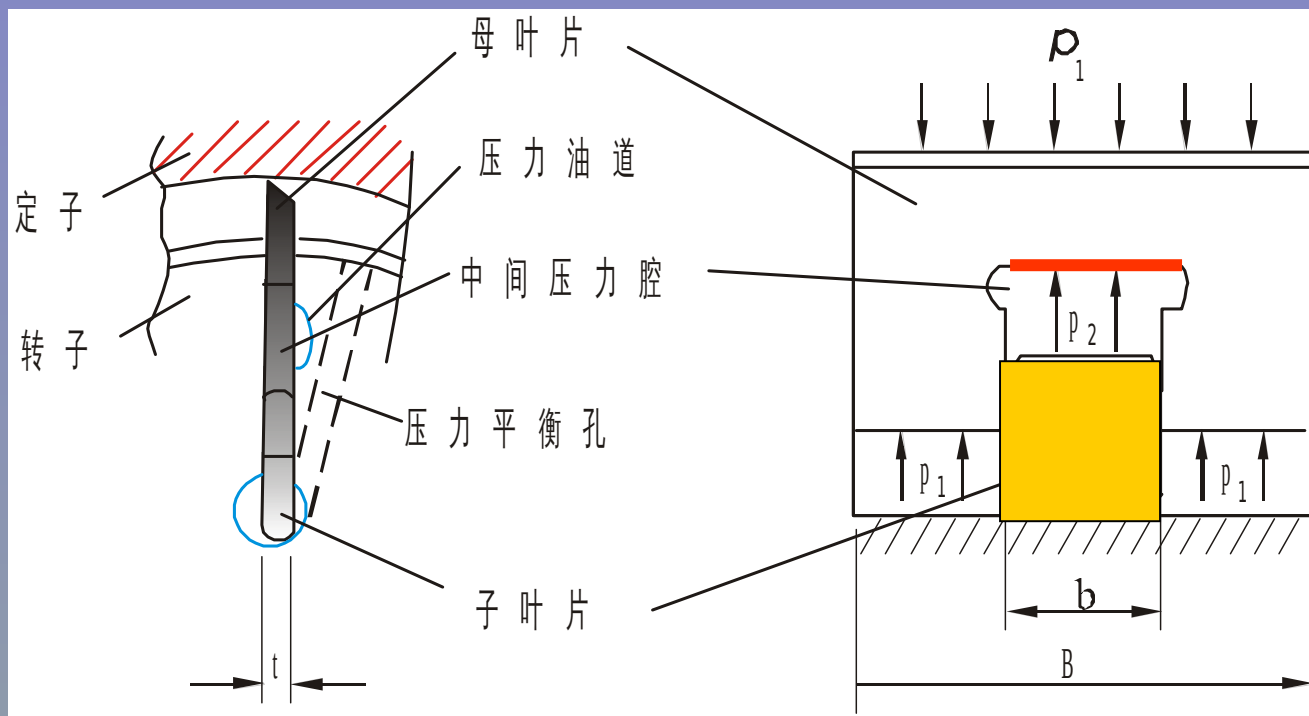


弹簧负载叶片结构

### (3) 母子叶片结构



母子叶片结构



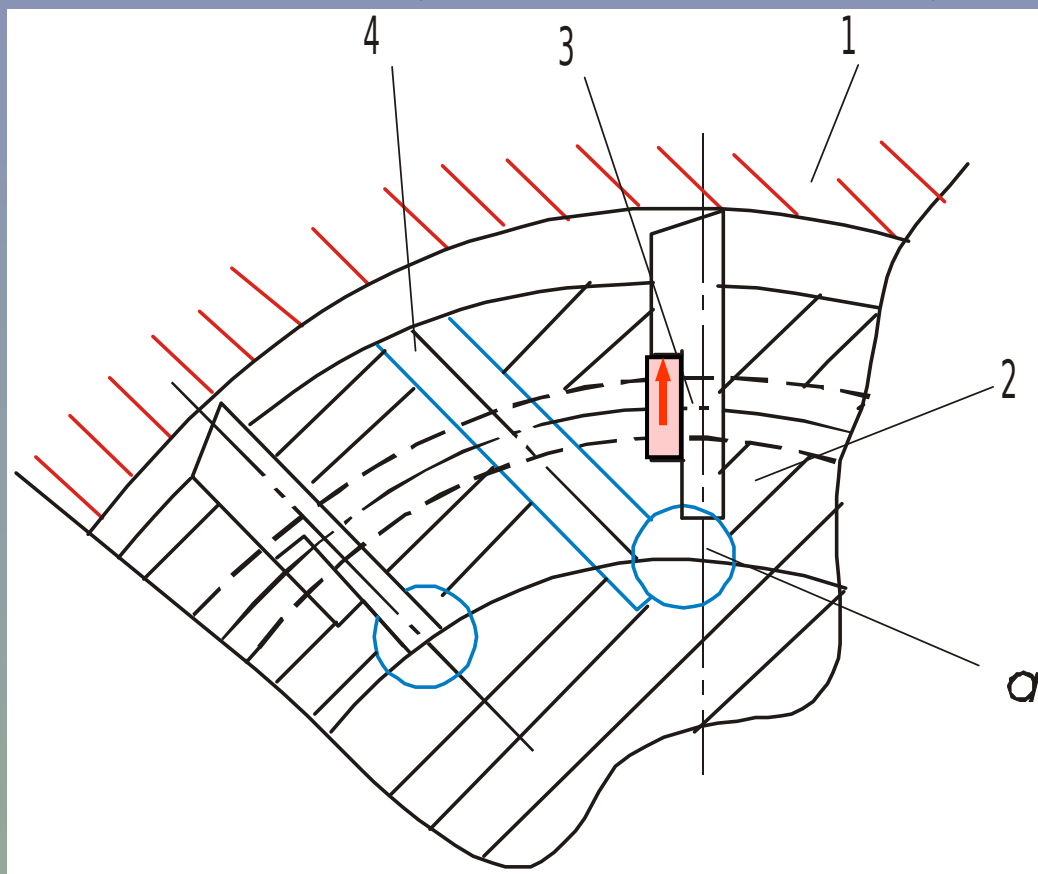
- 叶片槽中装有母叶片和子叶片，母、子叶片能自由地相对滑动，正确选择子叶片和母叶片的宽度尺寸之比可使母叶片和定子的接触压力适当；
- 转子上的压力平衡孔使母叶片的头部和底部液压力相等，泵的排油压力通到母、子叶片之间的中间压力腔；
- 叶片作用在定子上的力为：

$$F = bt(p_2 - p_1) \quad ( 2.24 )$$



#### (4) 阶梯叶片结构

叶片做阶梯形式，转子上的叶片槽亦具有相应的形状。它们之间的中间油腔经配流盘上的槽与压力油相通，转子上的压力平衡油道把叶片头部的压力油引入叶片底部。这种结构由于叶片及槽的形状较为复杂，加工工艺性较差，应用较少。



1—定子；2—转子；3—中间油腔；4—压力平衡油道

## 四、单双叶片泵的特点比较

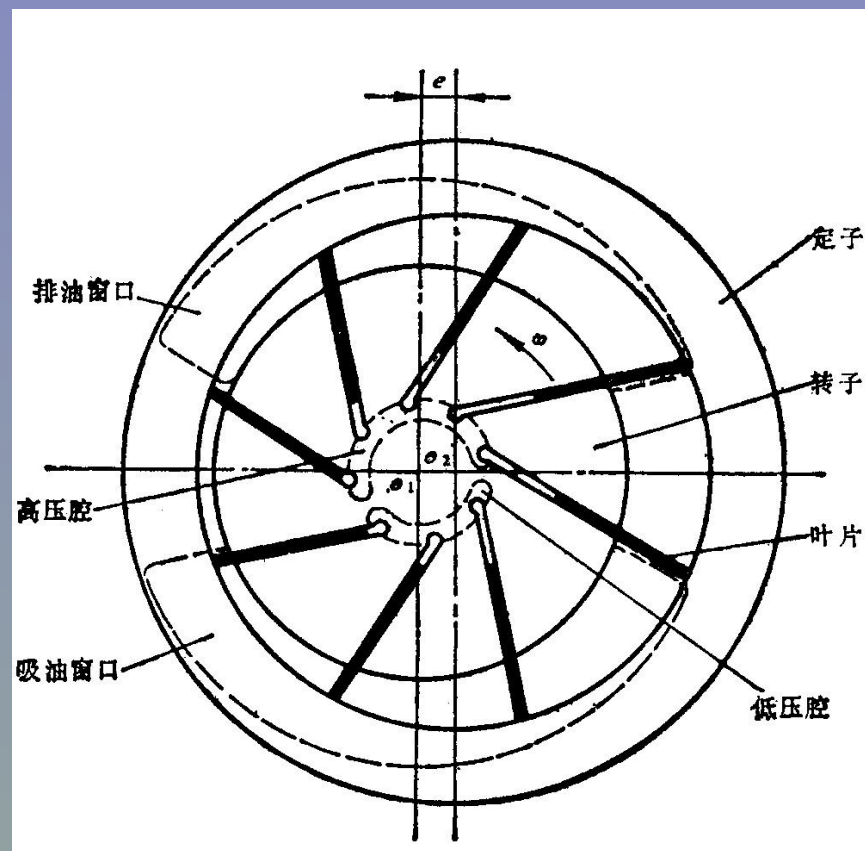
### 1、单作用叶片泵的特点

- 存在困油现象

配流盘的吸、排油窗口间的密封角略大于两相邻叶片间的夹角，而单作用叶片泵的定子不存在与转子同心的圆弧段，因此，当上述被封闭的容腔发生变化时，会产生与齿轮泵相类似的困油现象。通常，通过配流盘排油窗口边缘开三角卸荷槽的方法来消除困油现象。

- 叶片沿旋转方向向后倾斜
- 转子承受径向液压力

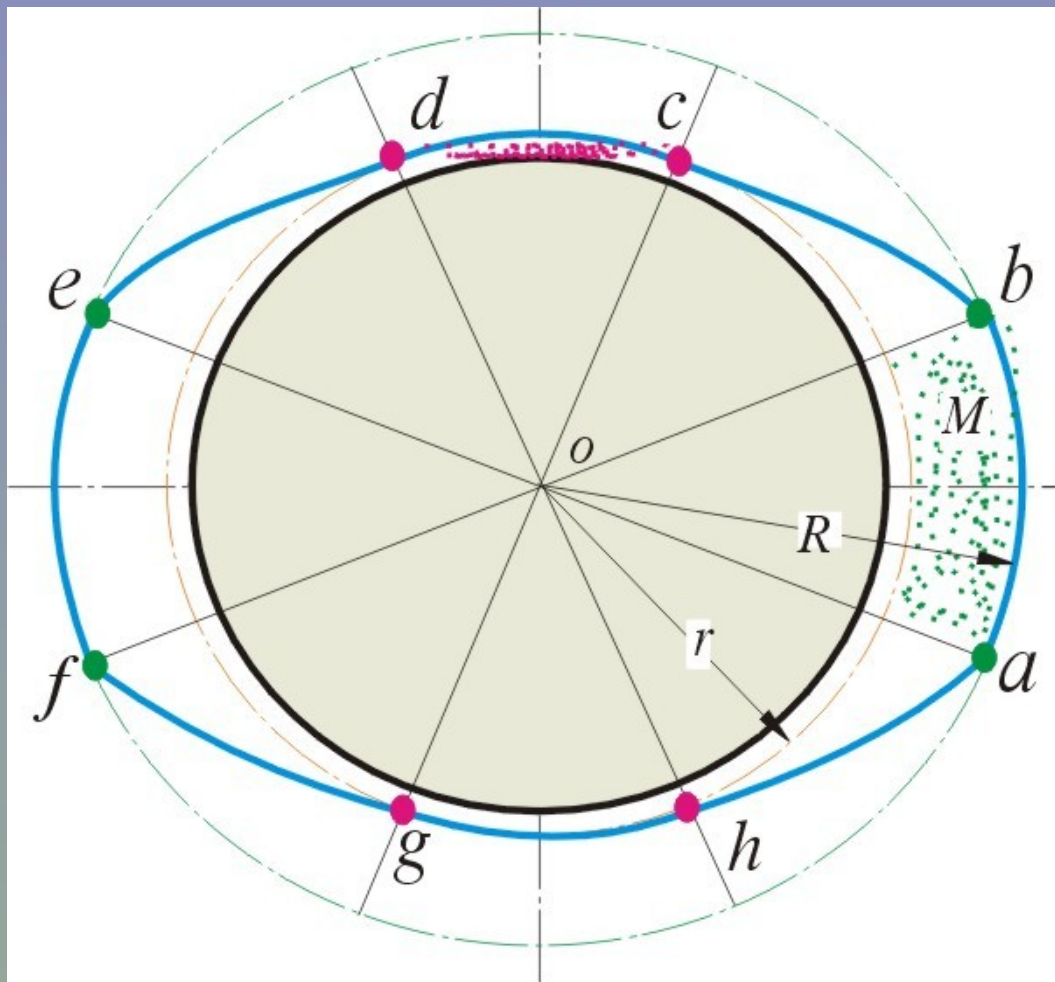
单作用叶片泵转子上的径向液压力不平衡，轴承负荷较大。这使泵的工作压力和排量的提高均受到限制。



## 2、双作用叶片泵的结构特点

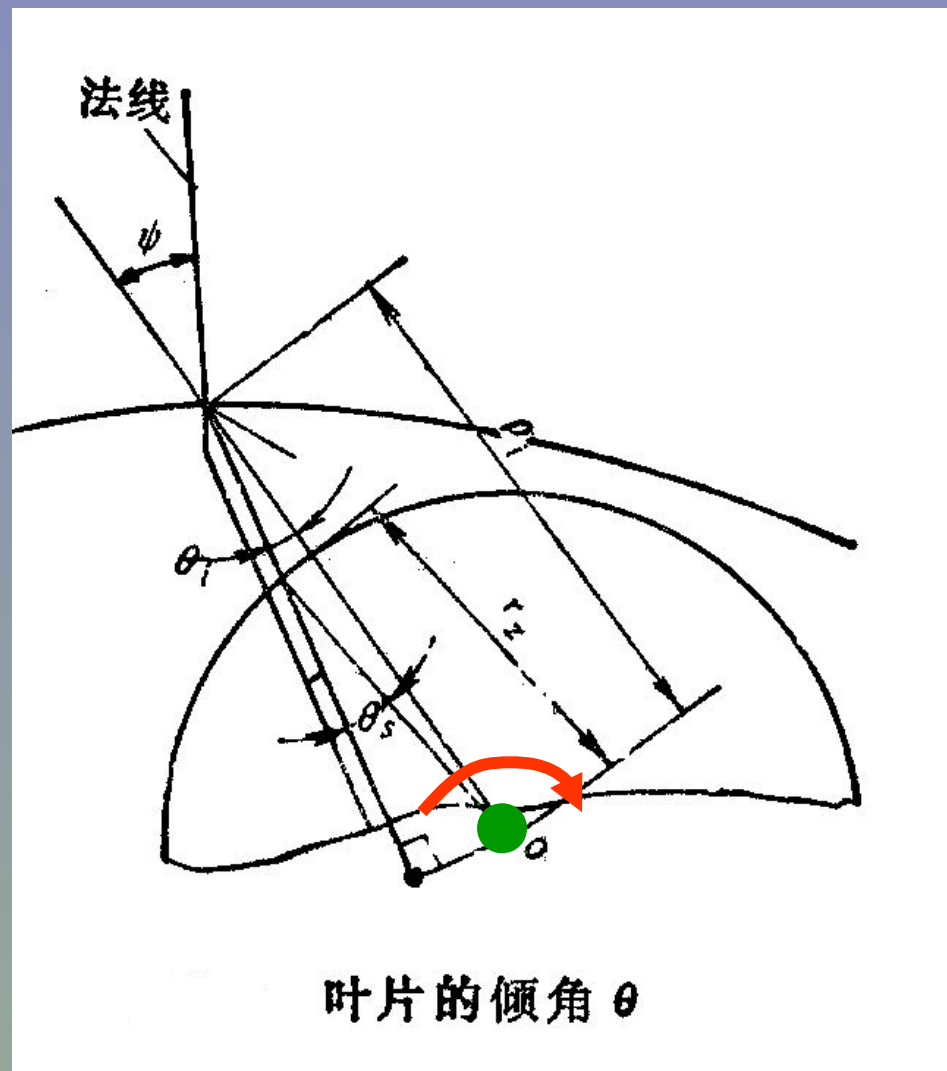
- 定子过度曲线

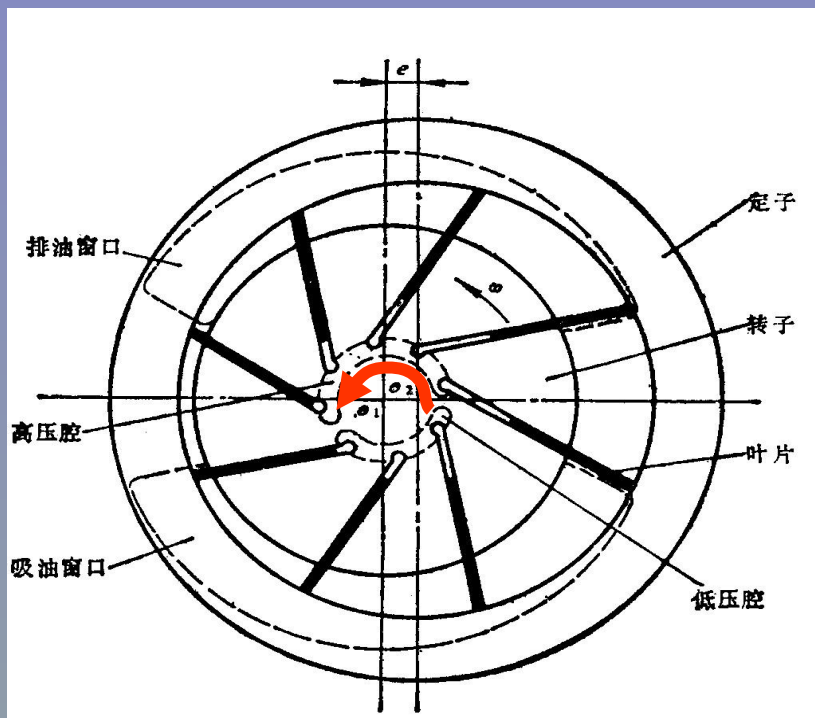
定子内表面的曲线由四段圆弧和四段过渡曲线组成，应使叶片转到过渡曲线和圆弧段交接点处的加速度突变不大，以减小冲击和噪声，同时，还应使泵的瞬时流量的脉动最小。



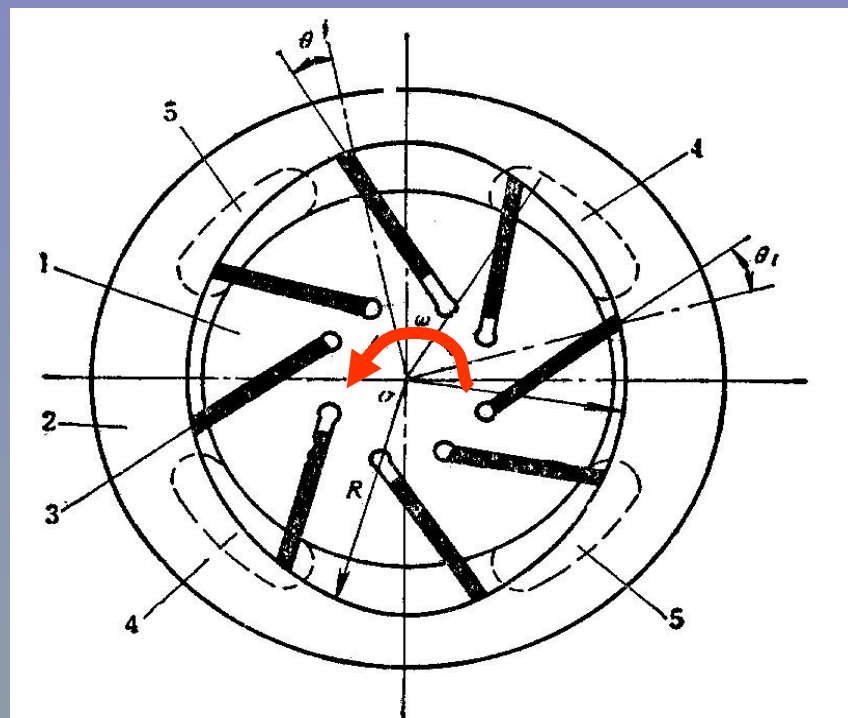
- 叶片安放角

设置叶片安放角有利于叶片在槽内滑动。为了保证叶片顺利地从叶片槽滑出，减小叶片的压力角，根据过渡曲线的动力学特性，双作用叶片泵转子的叶片槽常做成沿旋转方向向前倾斜一个安放角。当叶片有安放角时，叶片泵就不允许反转。





单作用叶片泵的  
叶片“后倾”



双作用叶片泵的  
叶片“前倾”

- 端面间隙的自动补偿

为了提高压力，减少端面泄漏，将配流盘的外侧与压油腔连通，使配流盘在液压推力作用下压向转子。