

第三章 液压泵和液压马达



第一节 概述

第二节 齿轮泵

第三节 叶片泵

第四节 柱塞泵

第五节 液压马达

第六节 摆动液压马达

第三章 液压泵和液压马达

第七节 液压泵的气穴现象

第八节 液压泵的噪声

第九节 液压泵的选用



3.1 概述

液压泵和液压马达的作用

液压泵:

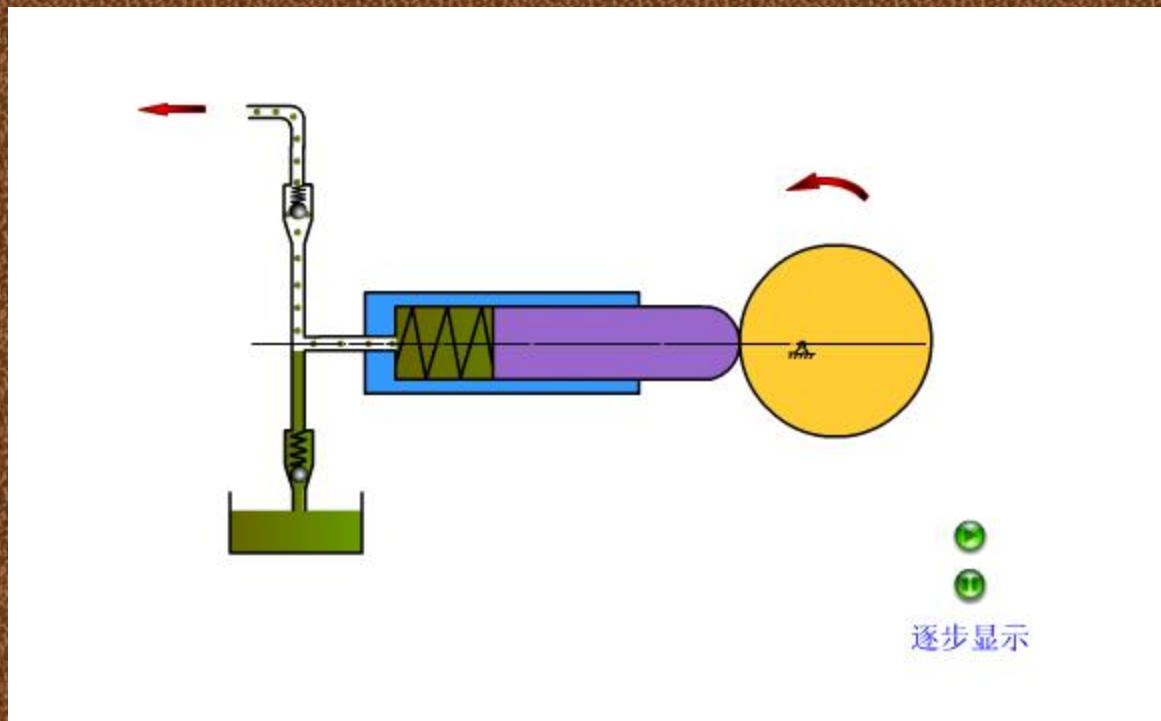
将驱动电机的机械能转换成液体的压力能,向系统供油。

液压马达:

将液体的压力能转换成机械能,使主机工作部件产生运动

3.1 概述

- 容积式液压泵工作原理：



泵是靠密封工作腔的容积变化来实现吸油和压油的；其排油量的大小取决于密封工作腔的容积变化值。

3.1 概述

按流量是否可调节

液压泵（马达）

按结构形式

定量

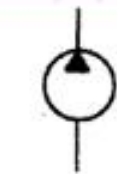
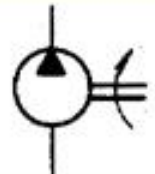



变量



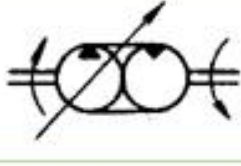
齿轮式
螺杆式
叶片式
柱塞式




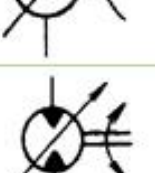
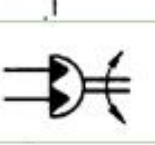
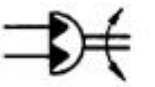
液压泵： 低压、中压、高压

液压马达： 高速、低速

液压泵图形符号

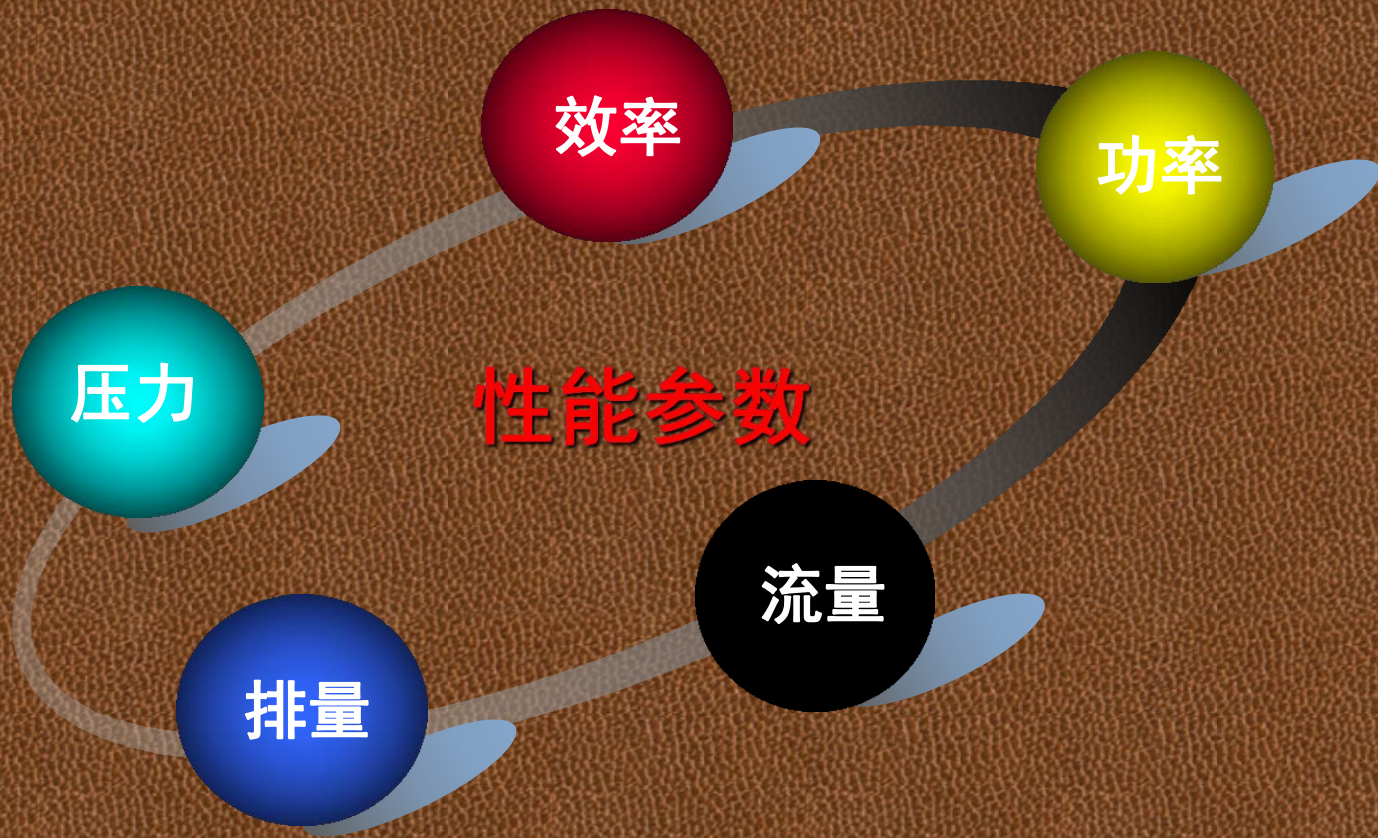
液压泵	
单向定量液压泵	
双向定量液压泵	
单向变量液压泵	
双向变量液压泵	

液压马达	
单向定量液压马达	
双向定量液压马达	
单向变量液压马达	
双向变量液压马达	
摆动马达	

3.1 概述

液压泵和马达主要性能参数



3.1 概述—压力、排量和流量

压力

1

指泵(马达)实际工作时的压力,其值取决于外界负载

工作压力 (p)

2

指泵(马达)在正常工作条件下按试验标准规定的连续运转的最高压力

额定压力(p_n)

3

泵在短时间内允许超载使用(p_{max})的极限压力

最高允许压力

排量

1

指在不考虑泄露的情况下，液压泵轴每转一周所能排除液体的体积。
用 V 表示

单位是 ml/r (毫升/转)

流量

2

指在不考虑泄露的情况下，液压泵在单位时间内所输出液体的体积。
用 q_{vt} 表示

单位是 l/min (升/分钟)

实际流量

3

泵在实际工作时间内所输出的液体体积。
用 q_v 表示

单位是 l/min (升/分钟)

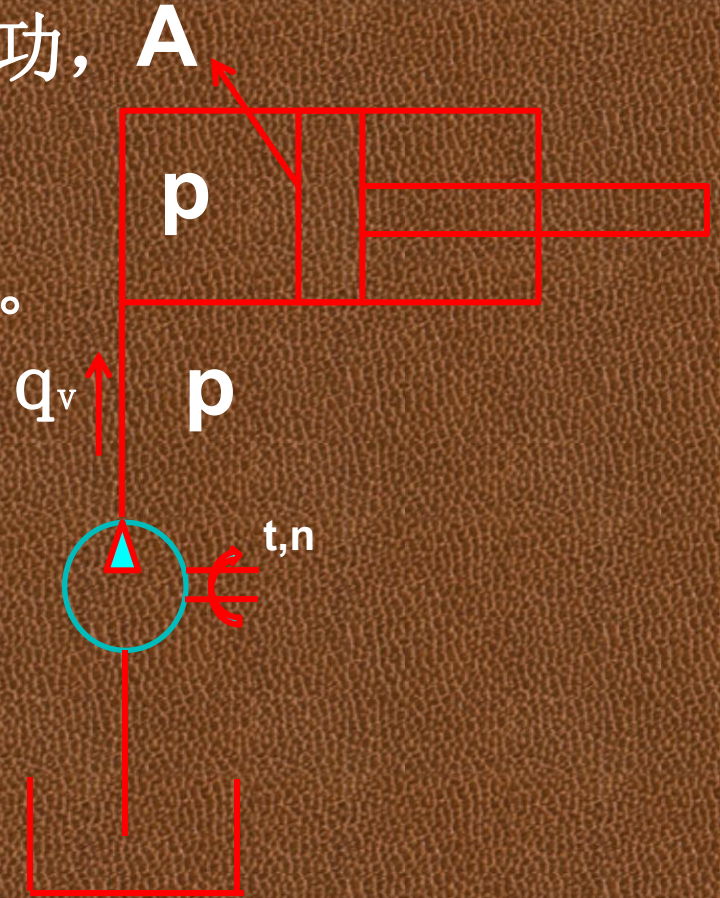
液压泵的功率

1.功率：是指单位时间内所做的功，用**P**表示，单位是**W**或**KW**。

P=力F与**速度V**的乘积，即**P=FV**。

如图所示，进油腔的压力**p**，流量为**q_v**，活塞面积为**A**，则液体作用在活塞上的推力**F=pA**，活塞的运动速度**v=q_v/A**，故液压功率为

$$P=Fv=pAq_v/A=pq_v$$

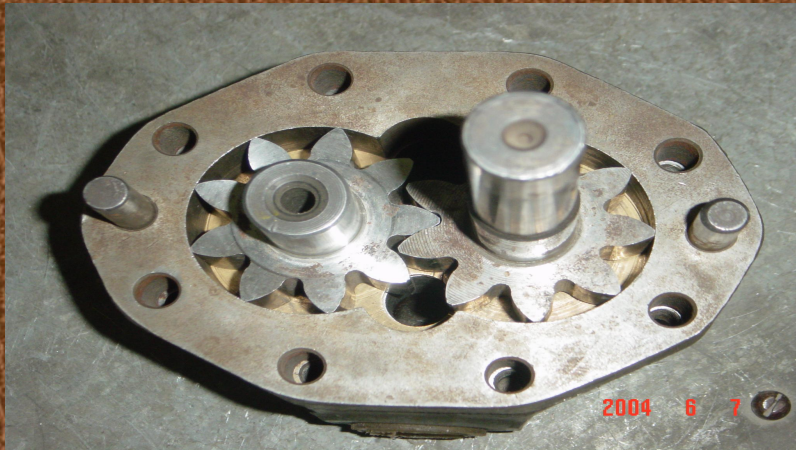


3.2 齿轮泵

- 优点：齿轮泵是液压泵中结构最简单的一种泵，抗污染能力强，价格最便宜。
- 缺点：一般齿轮泵容积效率较低，轴承上不平衡力大，工作压力不高；齿轮泵的另一个重要缺点是流量脉动大，运行时噪声较高，在高压下运行时尤为突出。
- 应用场合：齿轮泵主要用于低压或噪声水平限制不严的场合。一般机械的润滑泵以及非自吸式泵的辅助泵都采用齿轮泵。

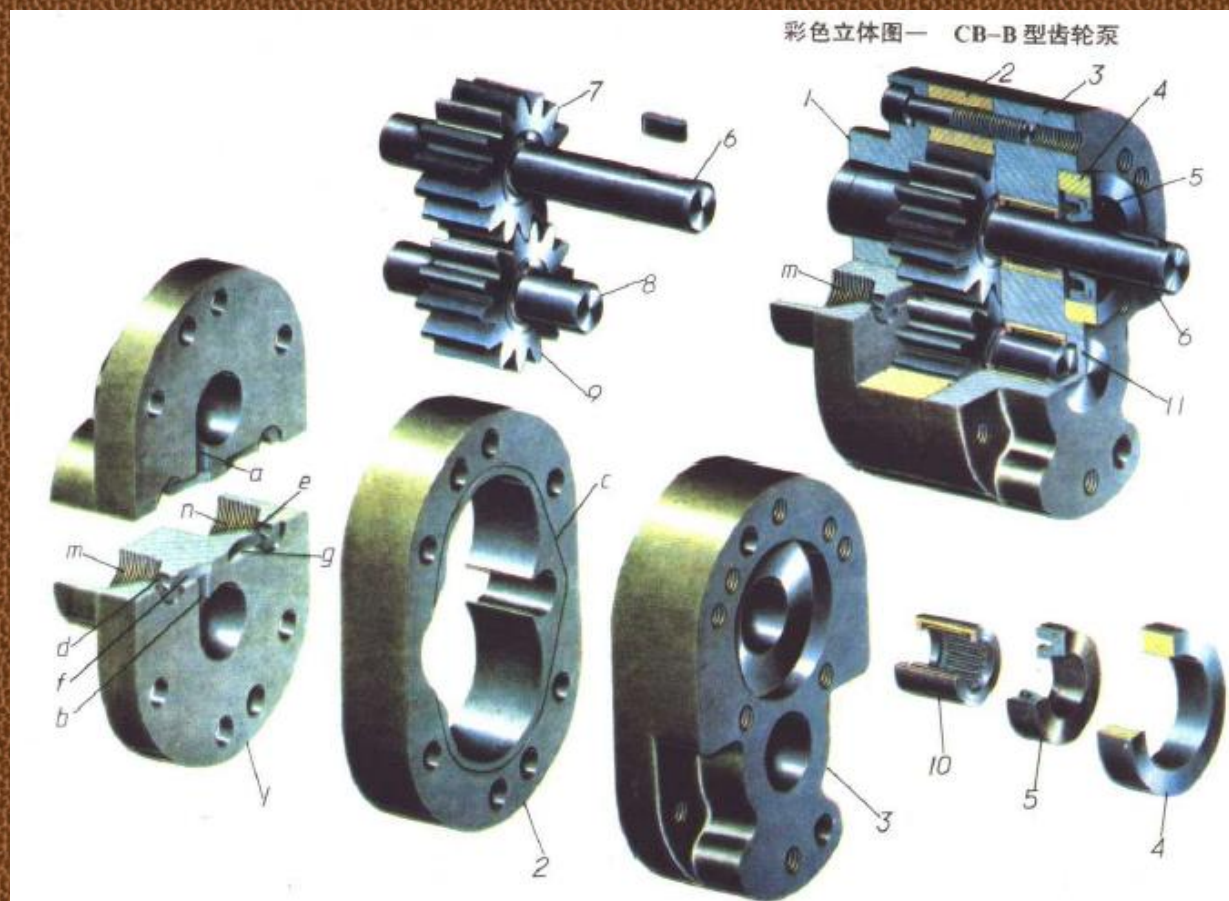
3.2 齿轮泵

从结构上看齿轮泵可分为**外啮合**和**内啮合**两类，其中以外啮合齿轮泵应用更广泛。



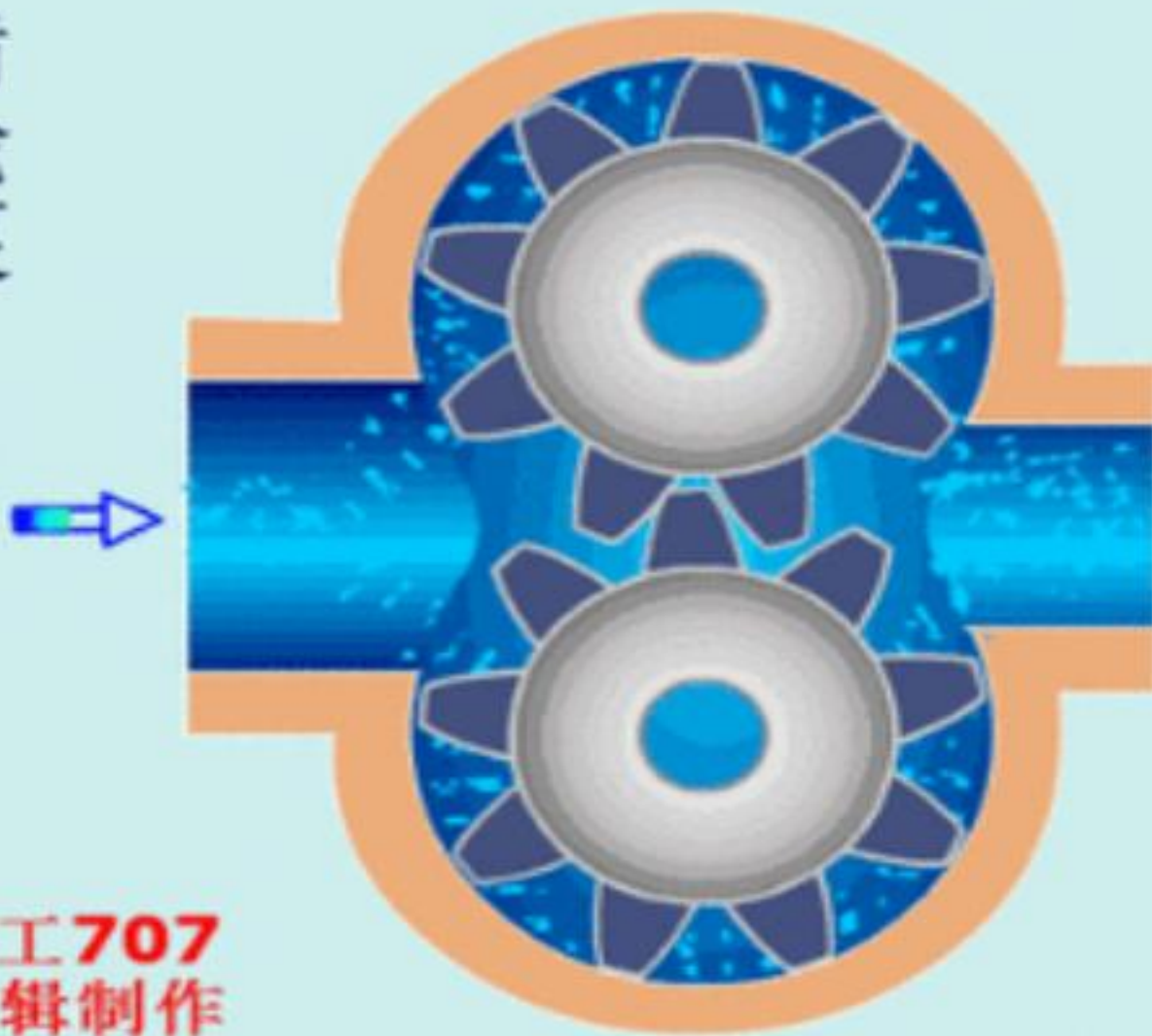
3.2 齿轮泵

外啮合齿轮泵的结构组成：**前、后端盖**，**壳体**，**一对齿数、模数、齿形完全相同的渐开线外啮合齿轮**。



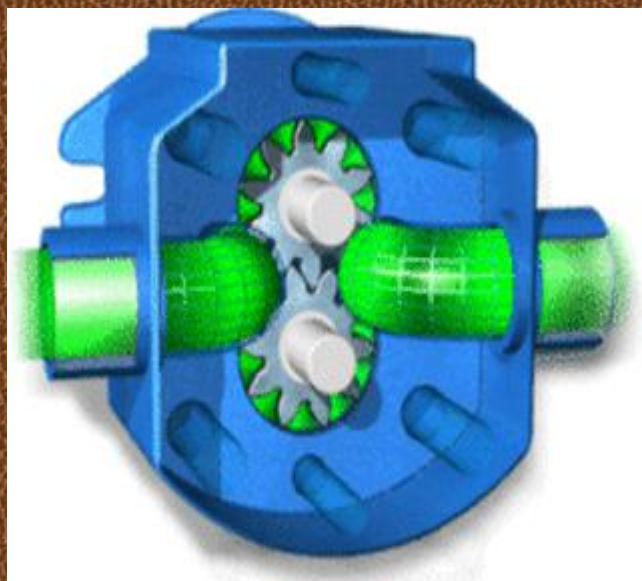
外啮合齿轮泵工作原理

齿轮泵



两齿轮的齿相互分开，形成低压，液体吸入，并由壳壁推送到另一侧。另一侧两齿轮互相合拢，形成高压，将液体排出。

化工707
剪辑制作



3.2 齿轮泵

外啮合齿轮泵工作原理

密封容
积形成

齿轮、壳
体内表面、
前后端盖
围成

密封容
积变化

齿轮退出
啮合,容
积 \uparrow 吸油

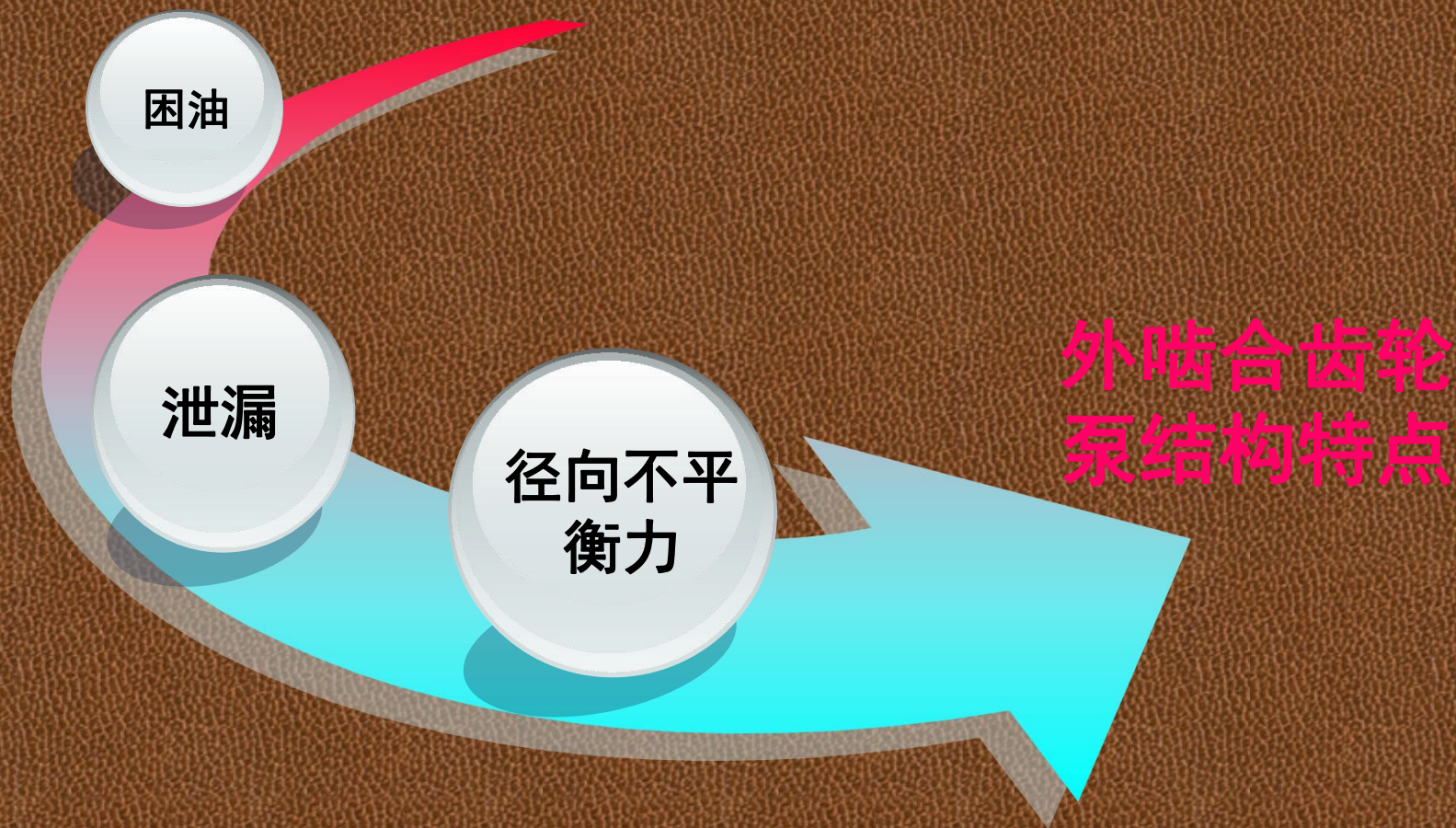
齿轮进入啮
合,容积 \downarrow 压
油

吸压油
口隔开

两啮合的齿
轮及端盖

3.2 齿轮泵

外啮合齿轮泵结构特点和优缺点



解析困油现象过程

1. 后一对轮齿开始啮合
2. 闭死容积由大变小
3. 闭死容积由小变大



3.2 齿轮泵

4、外啮合齿轮泵的优缺点

(1) 外啮合齿轮泵的优点：

- 结构简单，制造方便，价格低廉
- 结构紧凑，体积小，重量轻
- 自吸性能好，对油污不敏感
- 工作可靠，便于维护

(2) 外啮合齿轮泵的缺点：

- 流量脉动大
- 压力脉动和噪声大
- 排量不可调

3.2 齿轮泵

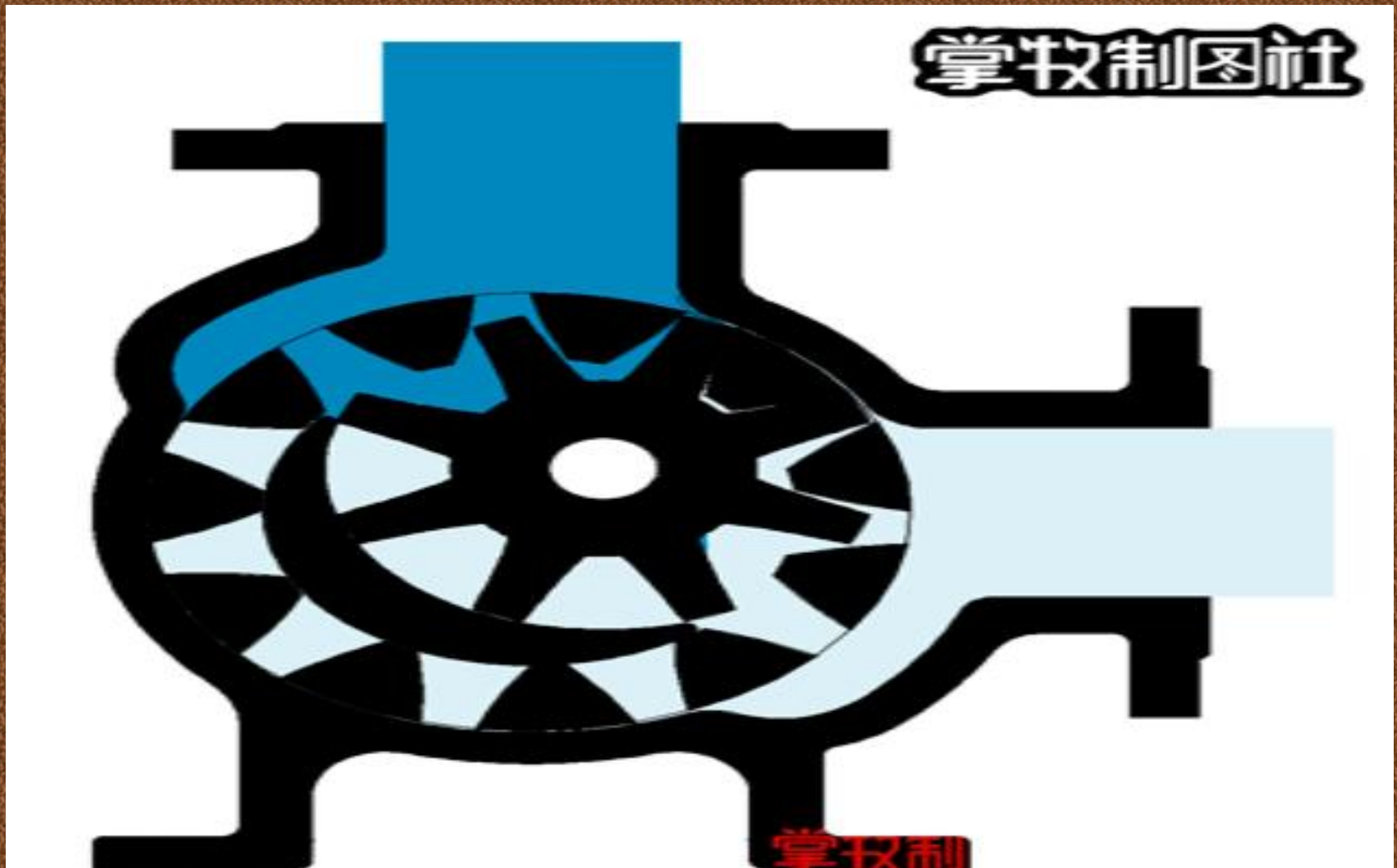
提高外啮合齿轮泵压力措施

齿轮泵由于**泄漏大**和存在**径向不平衡力**，因而限制了压力的提高。为使齿轮泵能在高压下工作，常采取的措施为：

- 对泄漏量最大的端面轴向间隙采用自动补偿的办法，如浮动轴套、浮动侧板或弹性侧板；
- 减小径向不平衡力；
- 提高轴与轴承的刚度。

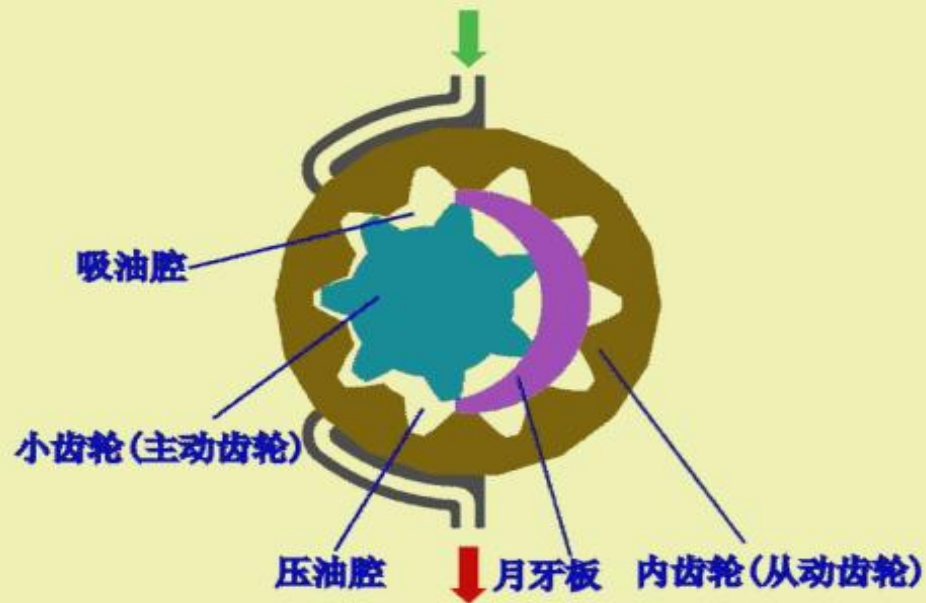
3.2 齿轮泵

渐开线内啮合齿轮泵



3.2 齿轮泵

渐开线内啮合齿轮泵

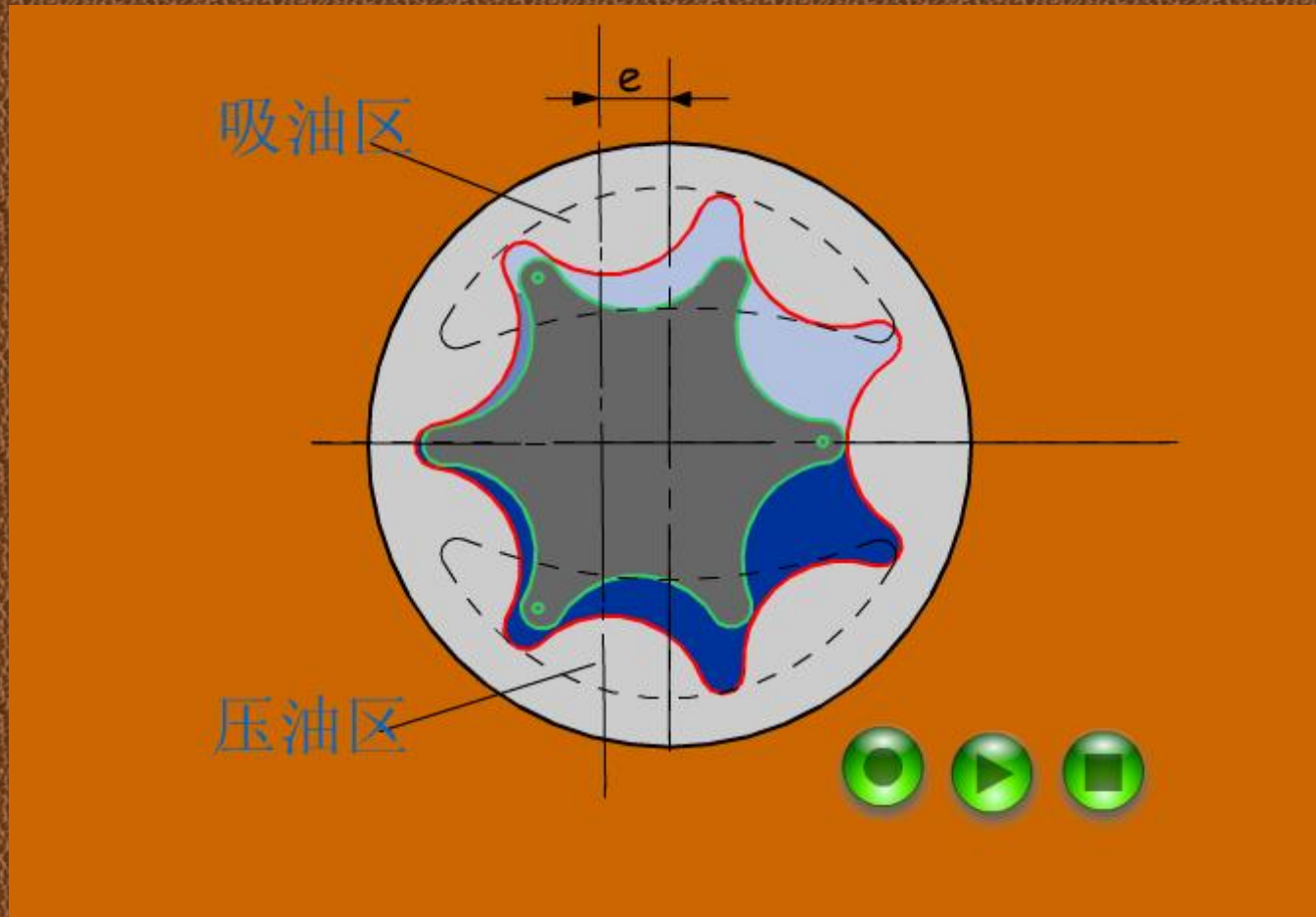


内啮合齿轮泵工作原理



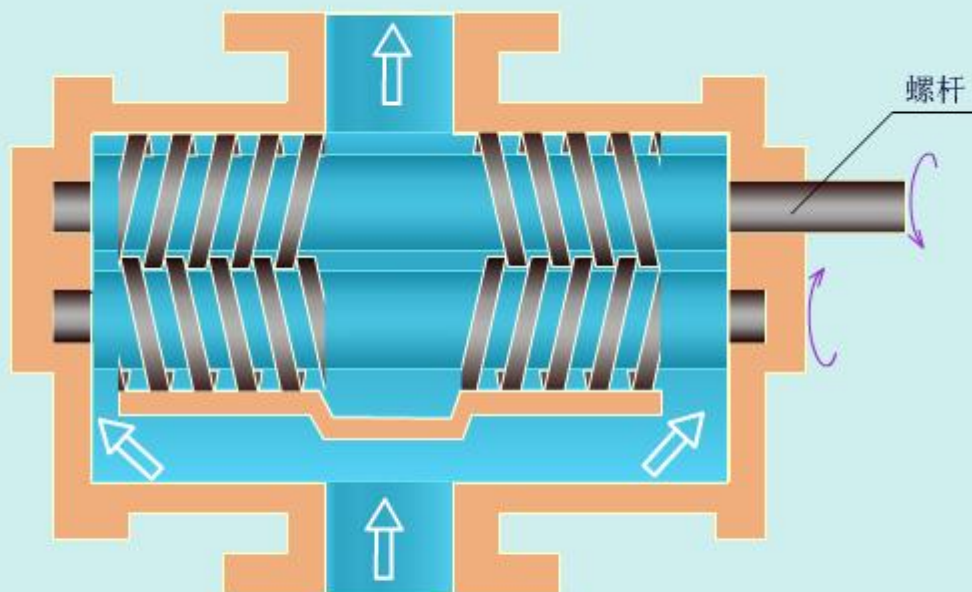
3.2 齿轮泵

摆线内啮合齿轮泵



3.3 螺杆泵

螺杆泵

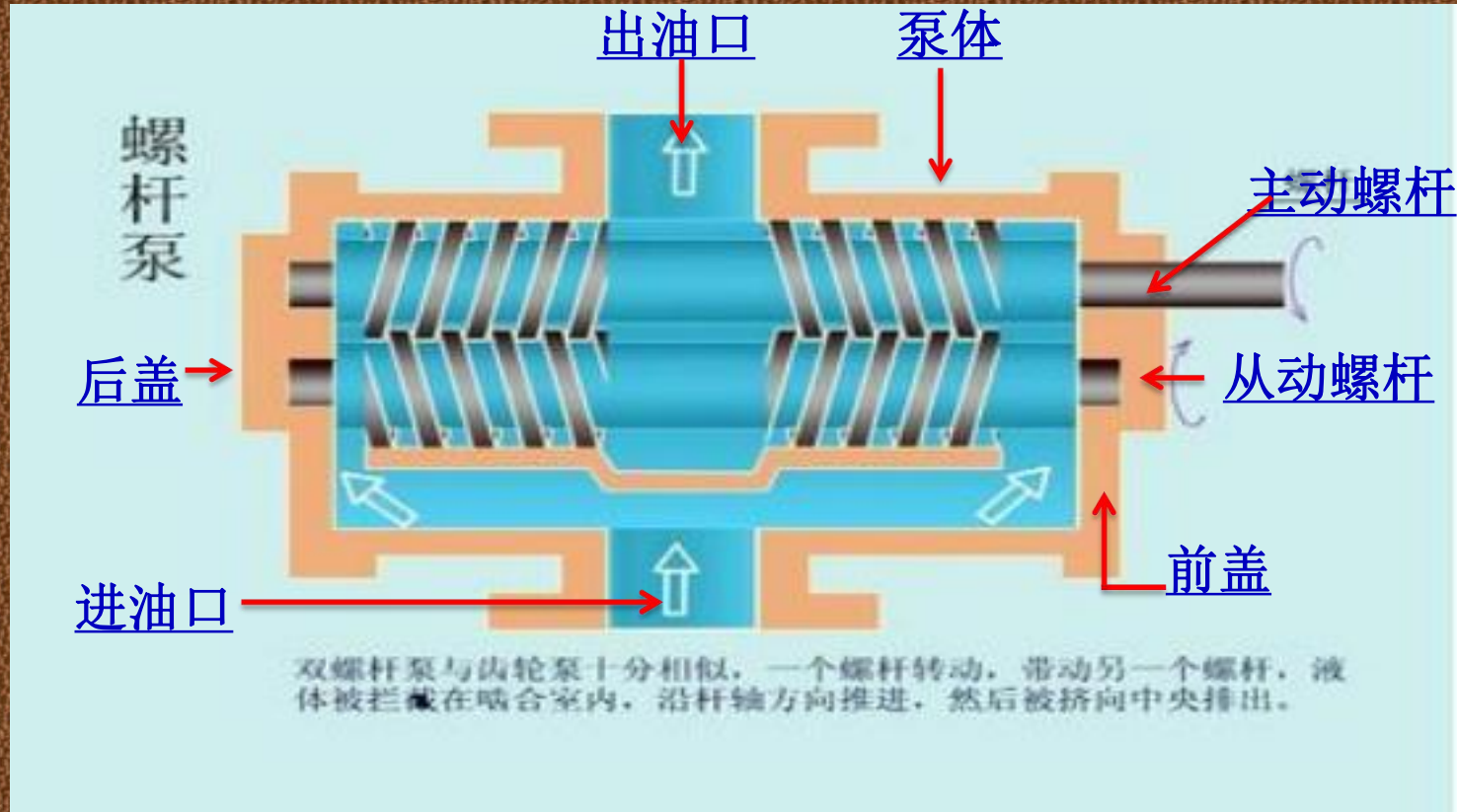


双螺杆泵与齿轮泵十分相似，一个螺杆转动，带动另一个螺杆，液体被拦截在啮合室内，沿杆轴方向推进，然后被挤向中央排出。



中山大学 动画制作

螺杆泵



3.4 叶片泵

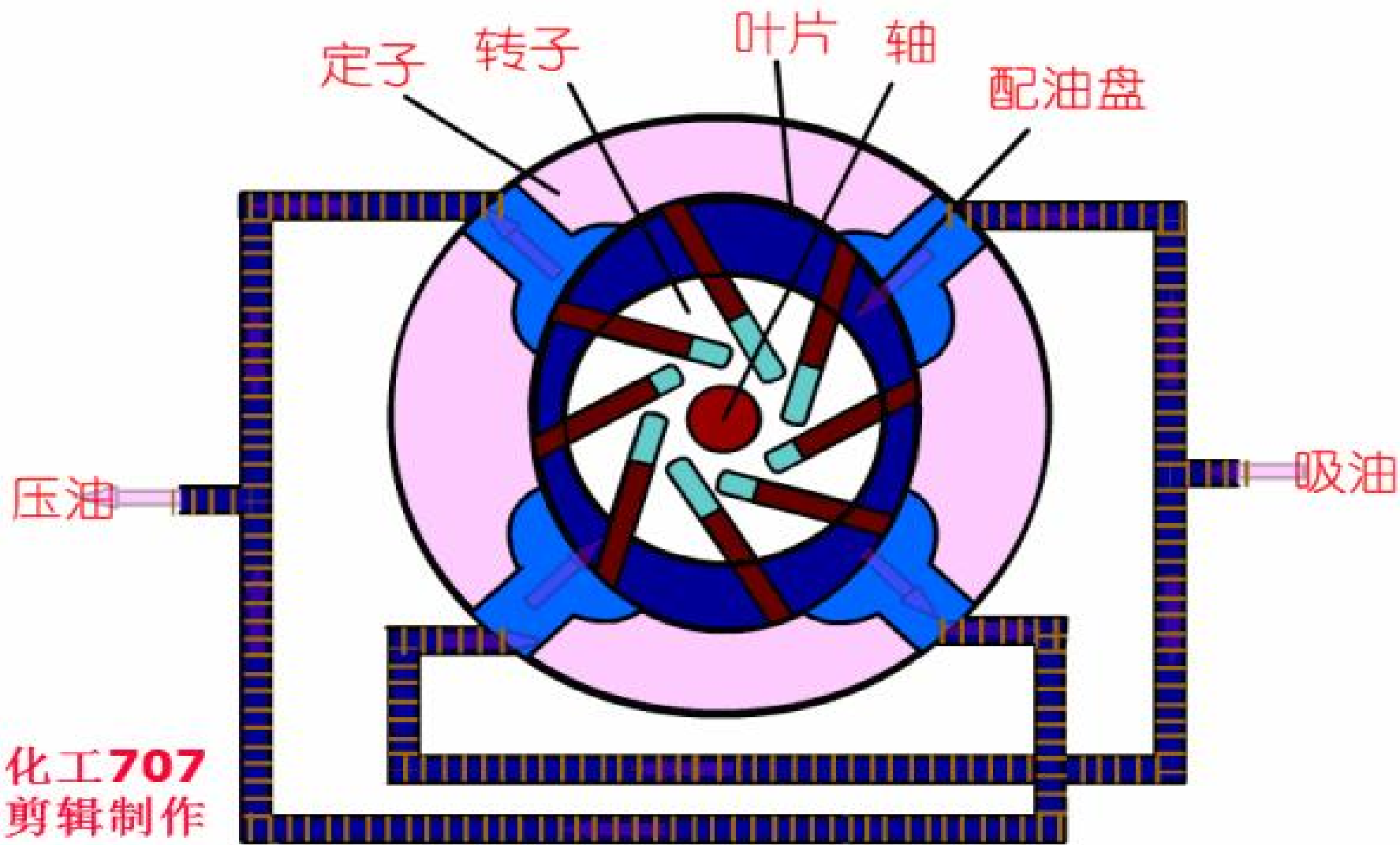
结构较齿轮泵复杂，但工作压力较高，流量脉动小，工作平稳，噪声较小，寿命较长。被广泛应用于机械制造中的专用机床、自动线等中低压液压系统中，但其结构复杂，吸油特性不太好，对油液的污染也比较敏感。

分类

单作用叶片泵
(非平衡式,
变量泵)

双作用叶片泵
(平衡式, 定
量泵)

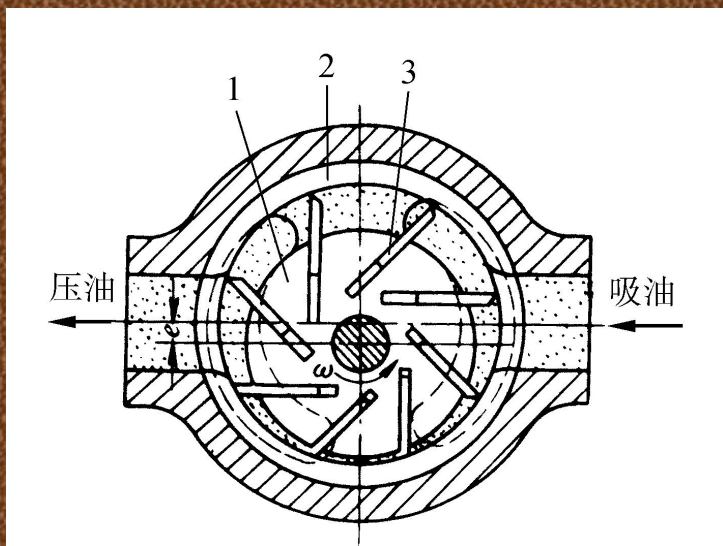
叶片泵的工作原理



3.4 叶片泵

3.4.1 单作用叶片泵的结构组成

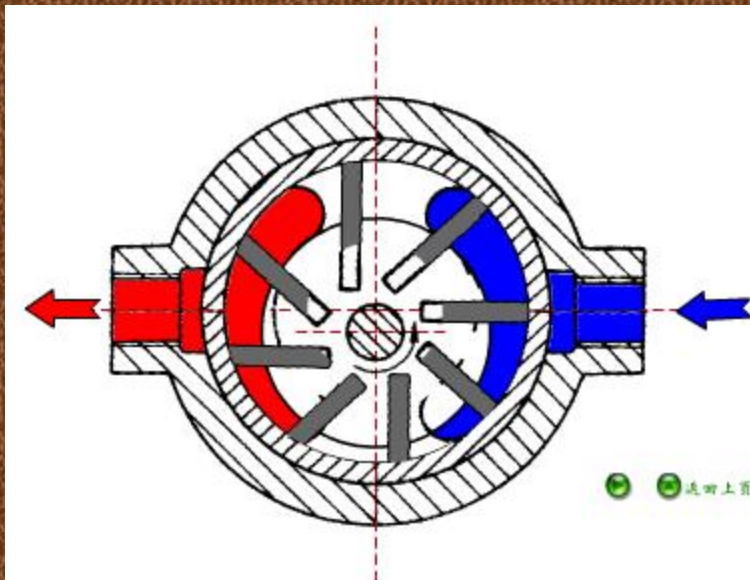
组成：定子、转子、叶片、配油盘、传动轴、壳体等。



定子2具有圆柱形内表面，定子和转子1间有**偏心距**。叶片3装在转子槽中，并可在槽内滑动，当转子回转时，由于离心力或压力油的作用，使叶片紧靠在定子内壁，这样在定子、转子、叶片和两侧配油盘间就形成若干个**密封的工作腔**。

3.4叶片泵

3.4.1单作用叶片泵的工作原理



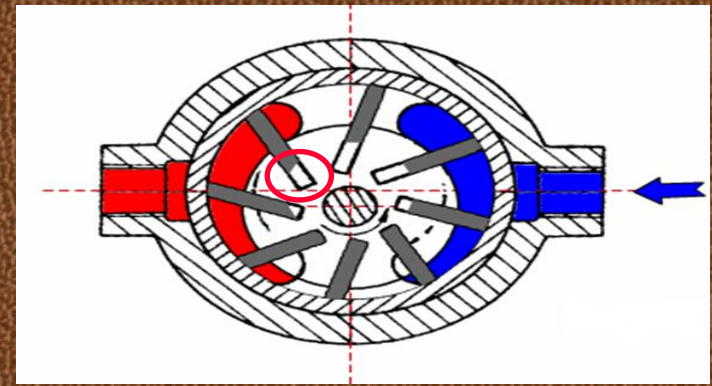
- 密封容积的变化，转子逆时针转动时：

- ❖ 叶片伸出， $v_{密} \uparrow$ ，吸油

- ❖ 叶片缩回， $v_{密} \downarrow$ ，压油

- 吸压油腔隔开：配油盘上封油区和叶片
- 转子每转一转，每个工作空间完成一次吸油和压油，因此称为单作用叶片泵。

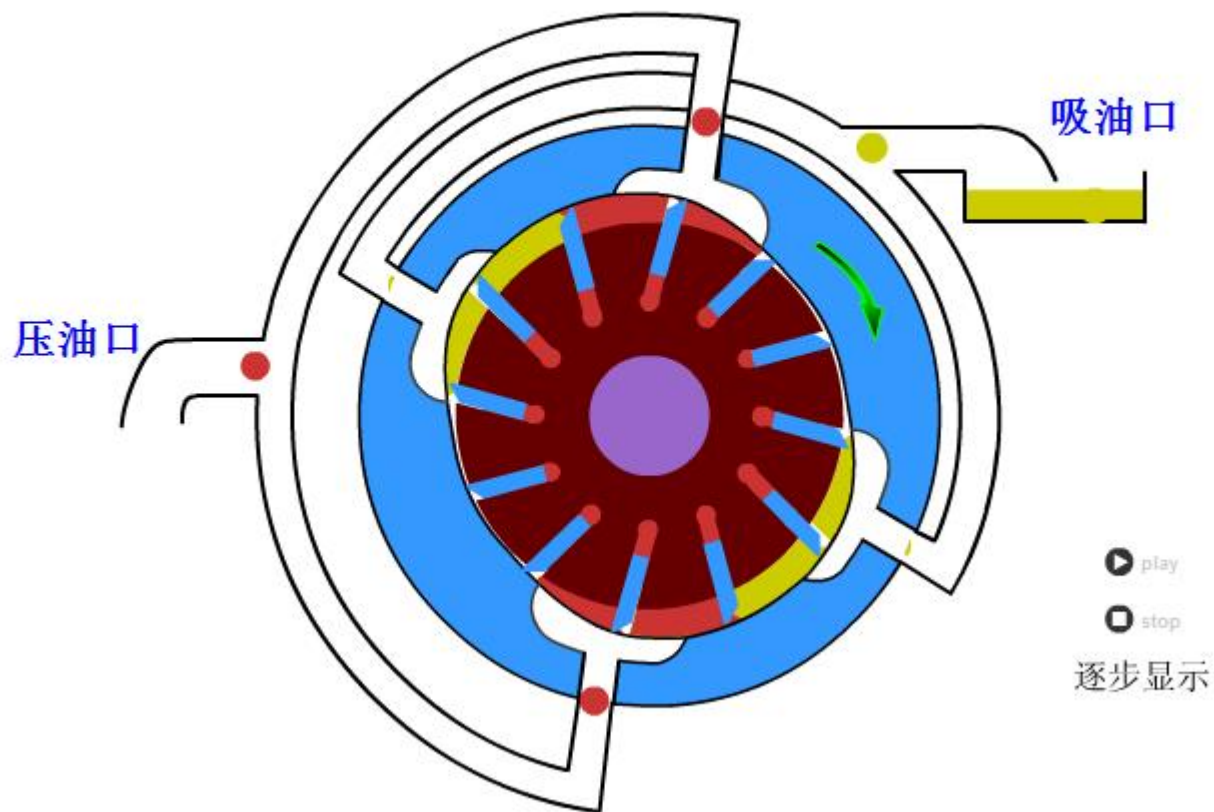
3.4叶片泵



3.4.1单作用叶片泵的特点

- 改变定子和转子之间的偏心便可改变流量。偏心反向时，吸油压油方向也相反。
- 处在压油腔的叶片顶部受到压力油的作用,该作用要把叶片推入转子槽内。为了使叶片顶部可靠地和定子内表面相接触，压油腔一侧的叶片底部要通过特殊的沟槽和压油腔相通。吸油腔一侧的叶片底部要和吸油腔相通，这里的叶片仅靠离心力的作用顶在定子内表面上。
- 由于转子受到不平衡的径向液压作用力，所以这种泵一般不宜用于高压。

3.4.2 双作用叶片泵的工作原理

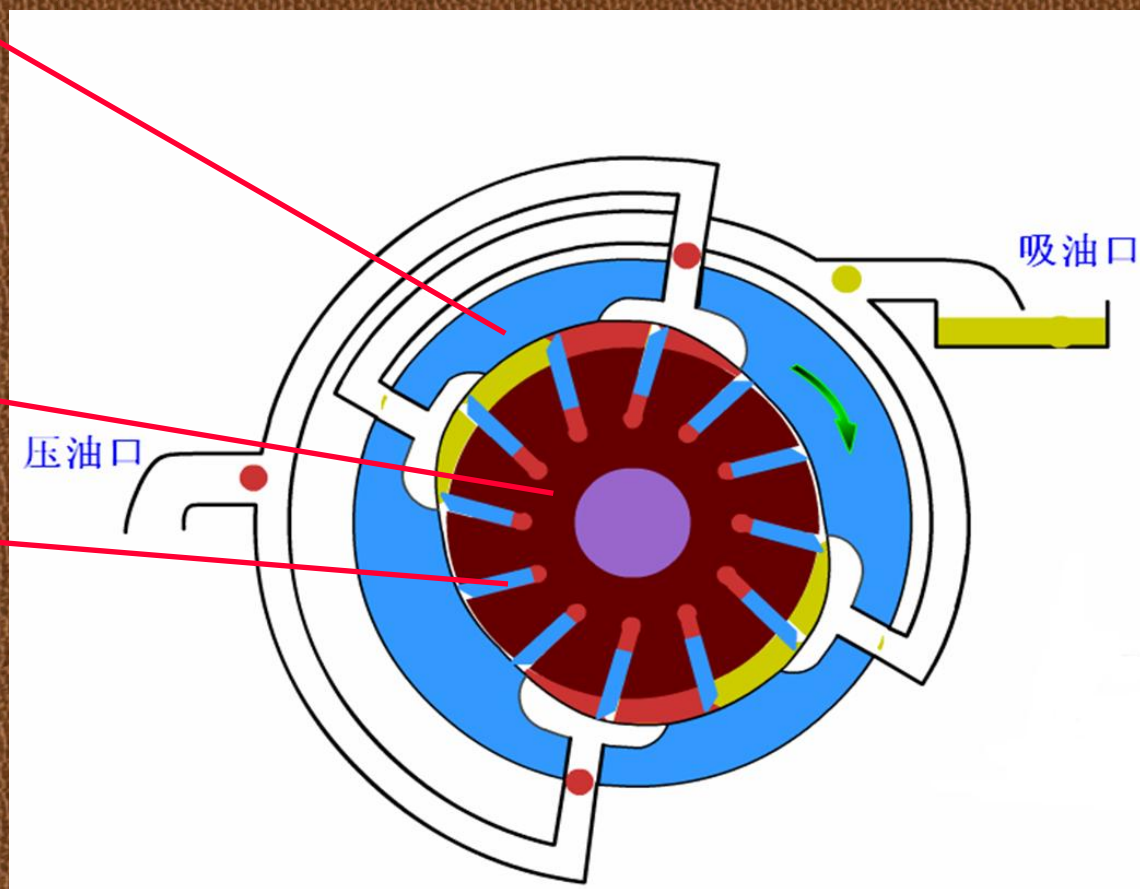


3.4 叶片泵

3.4.2 双作用叶片泵的结构组成

组成：定子、转子、叶片、配油盘、传动轴、壳体等

- **定子**：其内表面包括
 - 两段大半径圆弧 R
 - 两段小半径圆弧 r
 - 四段过渡曲线
- **转子**
 - 与定子同心，开槽，
- **叶片**
 - 在转子槽内滑动，紧定子内表面
- **配流盘**
 - 两个吸油窗口 a
 - 两个压油窗口 b





叶片泵配油盘

单作用叶片泵配油盘

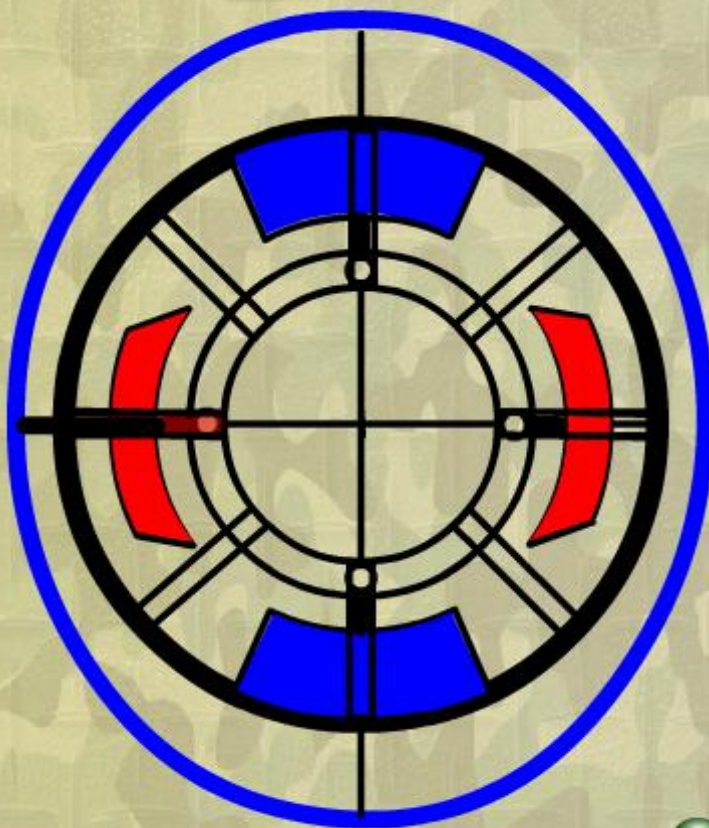


双作用叶片泵配油盘



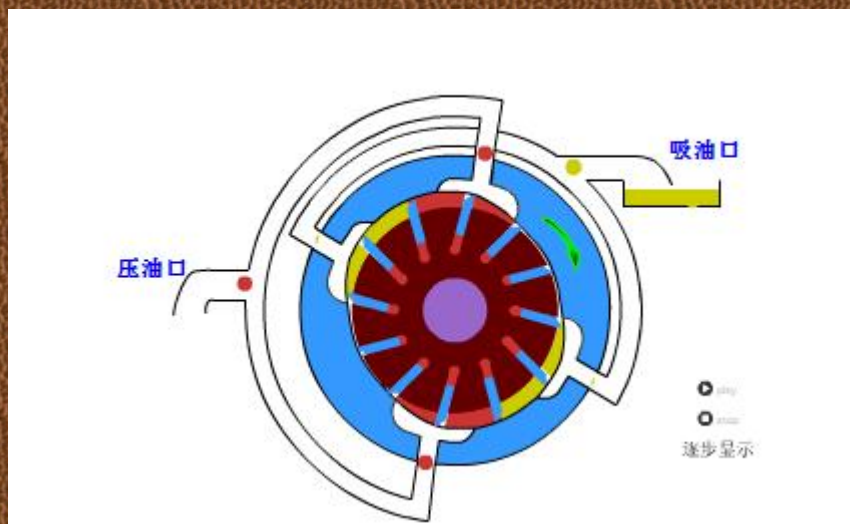
叶片泵配油盘

双作用叶片泵



3.4 叶片泵

3.4.2 双作用叶片泵的工作原理



为什么称为双作用叶片泵？

又称平衡式叶片泵

- **密封容积的形成**：定子、转子和相邻两叶片、配流盘围成
- **密封容积的变化**，转子顺时针转动时：
 - ❖ 左上、右下，叶片伸出， $V_{\text{密}} \uparrow$ 吸油
 - ❖ 右上、左下，叶片缩回， $V_{\text{密}} \downarrow$ 压油
- **吸压油腔隔开**：配油盘上封油区和叶片

3.4 叶片泵

3.4.3 限压式变量叶片泵作用与分类

- 限压式变量叶片泵（属于单作用叶片泵）

作用：当压力升高到预调的限定压力后，流量自动减小。

限压式变量叶片泵对既要实现快速行程，又要实现保压和工作进给的执行元件来说是一种合适的油源；快速行程需要大的流量，负载压力较低；保压和工作进给时负载压力升高，需要流量减小。**即按负载压力自动调节流量**

- 限压式变量叶片泵的分类

限压式变量泵利用压力反馈作用实现变量

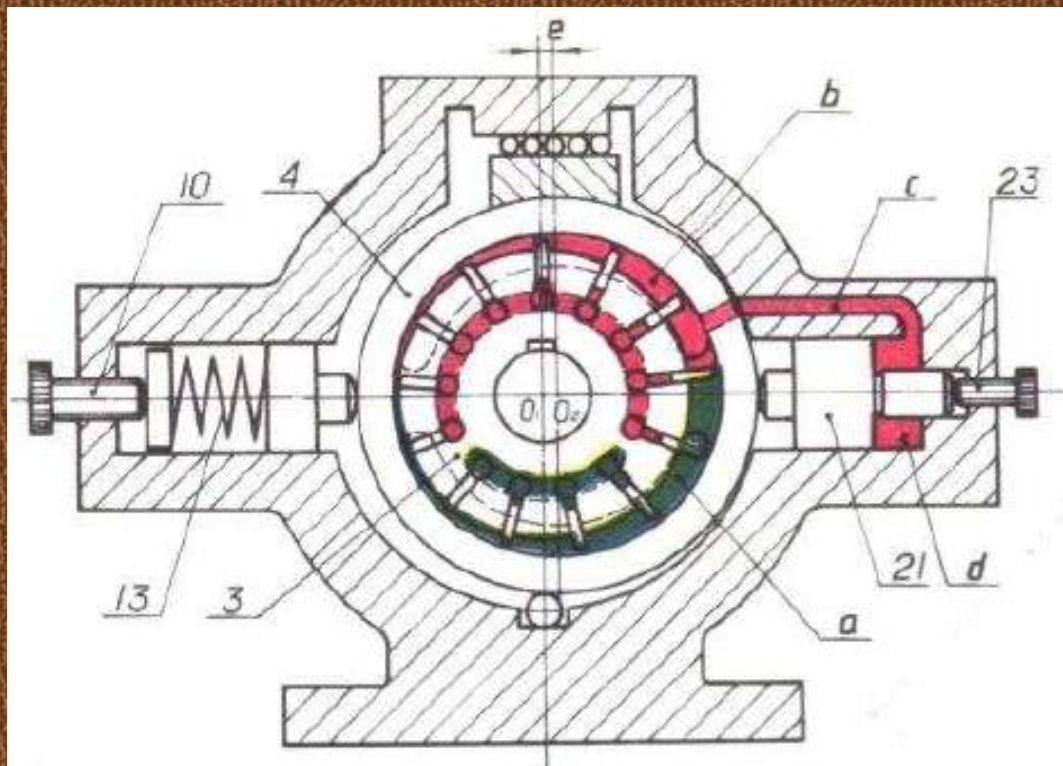
- 外反馈限压式变量叶片泵

- 内反馈限压式变量叶片泵

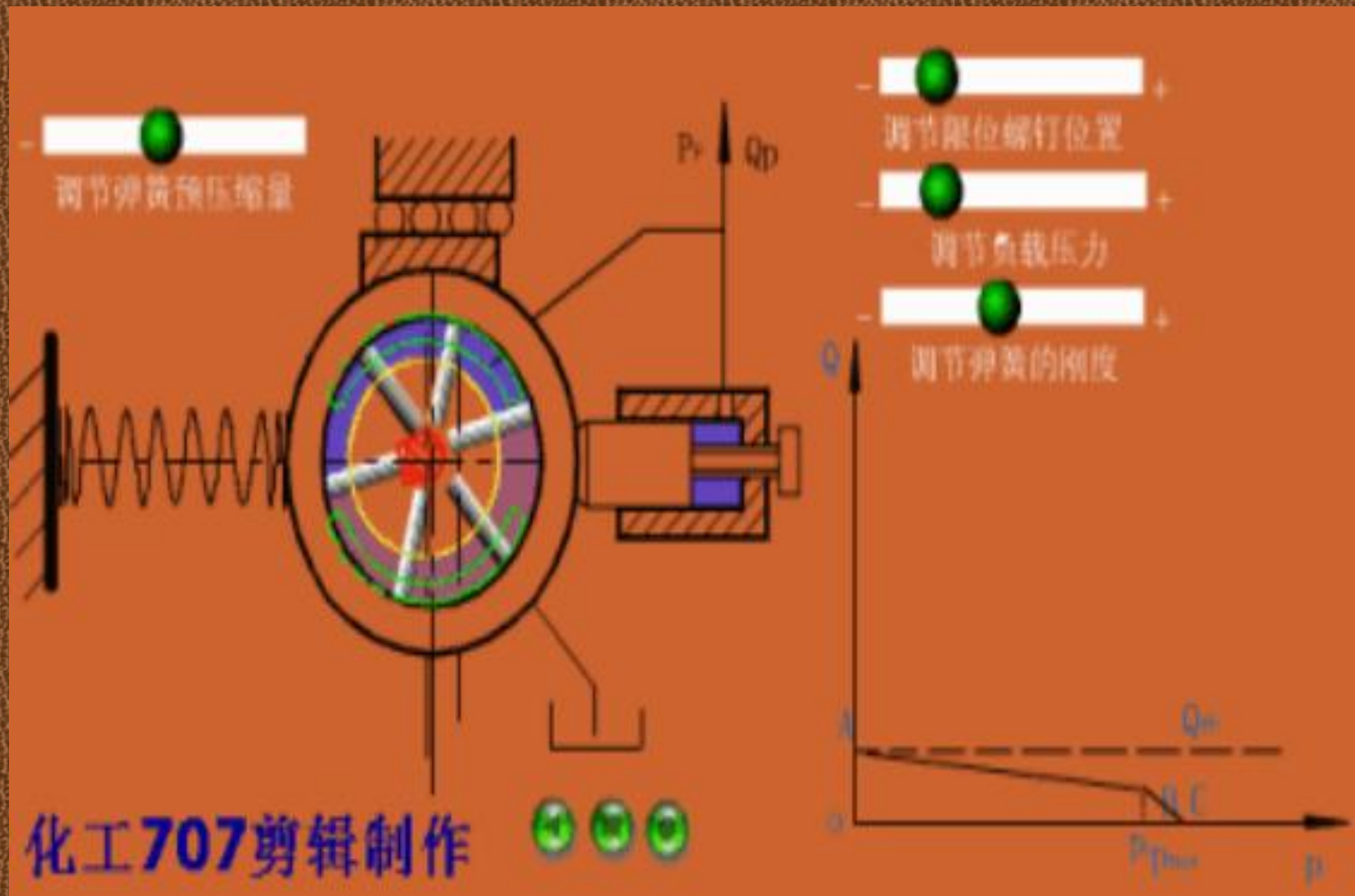
3.4 叶片泵

3.4.4 外反馈限压式变量叶片泵的组成

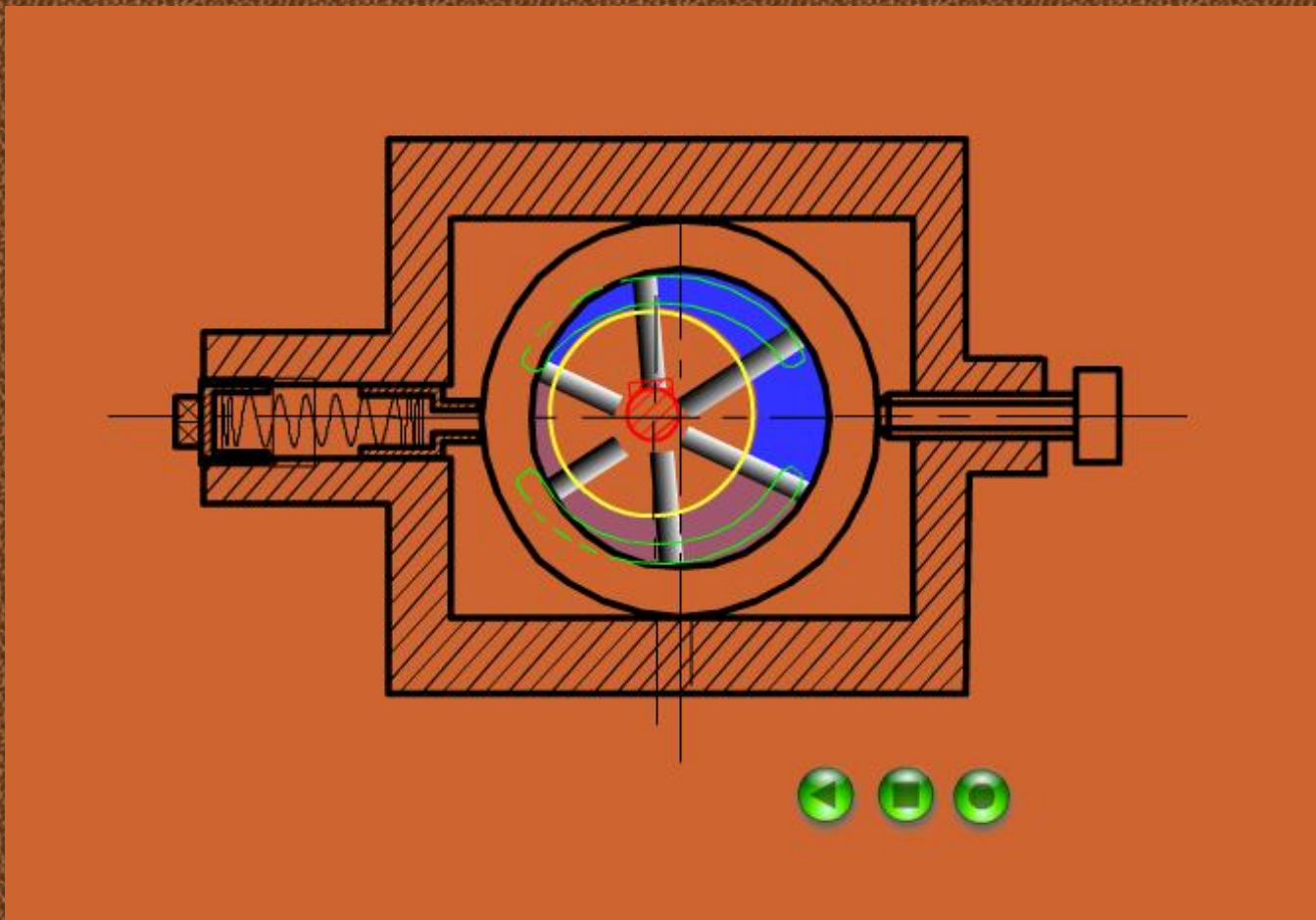
主要组成部件：变量泵主体、限压弹簧、调节机构（螺钉）、反馈液压缸



3.4.5 外反馈限压式变量叶片泵的工作原理

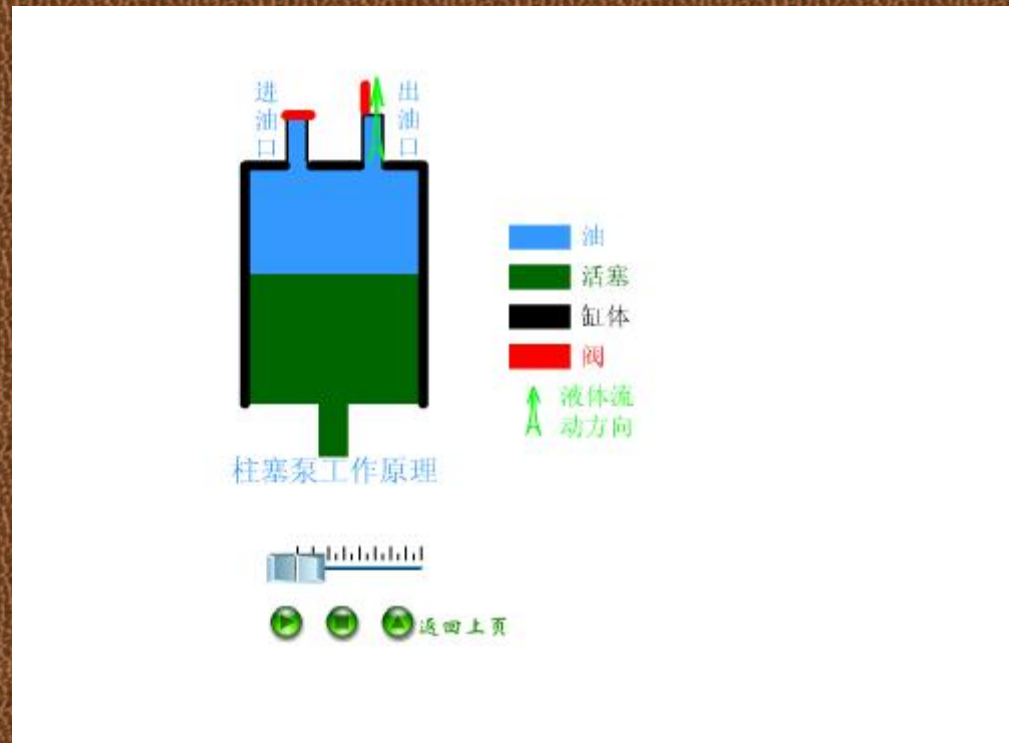


3.4.5 外反馈限压式变量叶片泵的工作原理



3.5 柱塞泵

3.5.1 柱塞泵工作原理：



柱塞泵是通过柱塞在柱塞孔内往复运动时密封工作容积的变化来实现吸油和排油的。

3.5 柱塞泵

3.5.2 柱塞泵分类

- 轴向柱塞泵：柱塞轴向布置
 - ∞ 直轴式（又称斜盘式）
 - ∞ 斜轴式
- 径向柱塞泵：柱塞沿径向放置

3.5 柱塞泵

3.5.3 柱塞泵特点

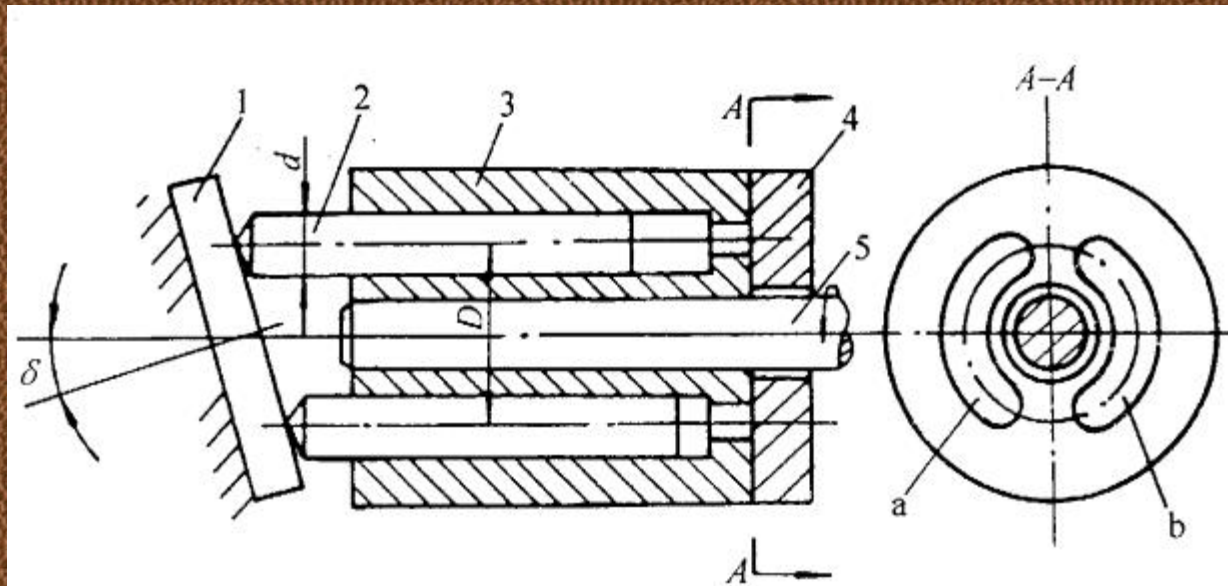
与齿轮泵和叶片泵相比，这种泵有以下特点：

- **工作压力高**。构成密封容积的零件为圆柱形的柱塞和缸孔，加工方便，可得到较高的配合精度，密封性能好，在高压工作仍有较高的容积效率，工作压力一般是 $20\sim 40\text{MPa}$ ；
- **流量范围较大**。因为只要适当地加大柱塞直径或增加柱塞数目，流量便增大。
- **易于实现变量**：只需改变柱塞的工作行程就能改变流量。
- 柱塞泵中的主要零件均受压应力作用，材料强度性能可得到充分利用，**寿命长**。

3.5 柱塞泵

3.5.4 斜盘式（直轴式）轴向柱塞泵

结构组成：泵由斜盘1、柱塞2、缸体3、配油盘4、传动轴5等主要零件组成。传动轴中心线与缸体中心线重合。



轴向柱塞泵结构图

传动轴

手轮

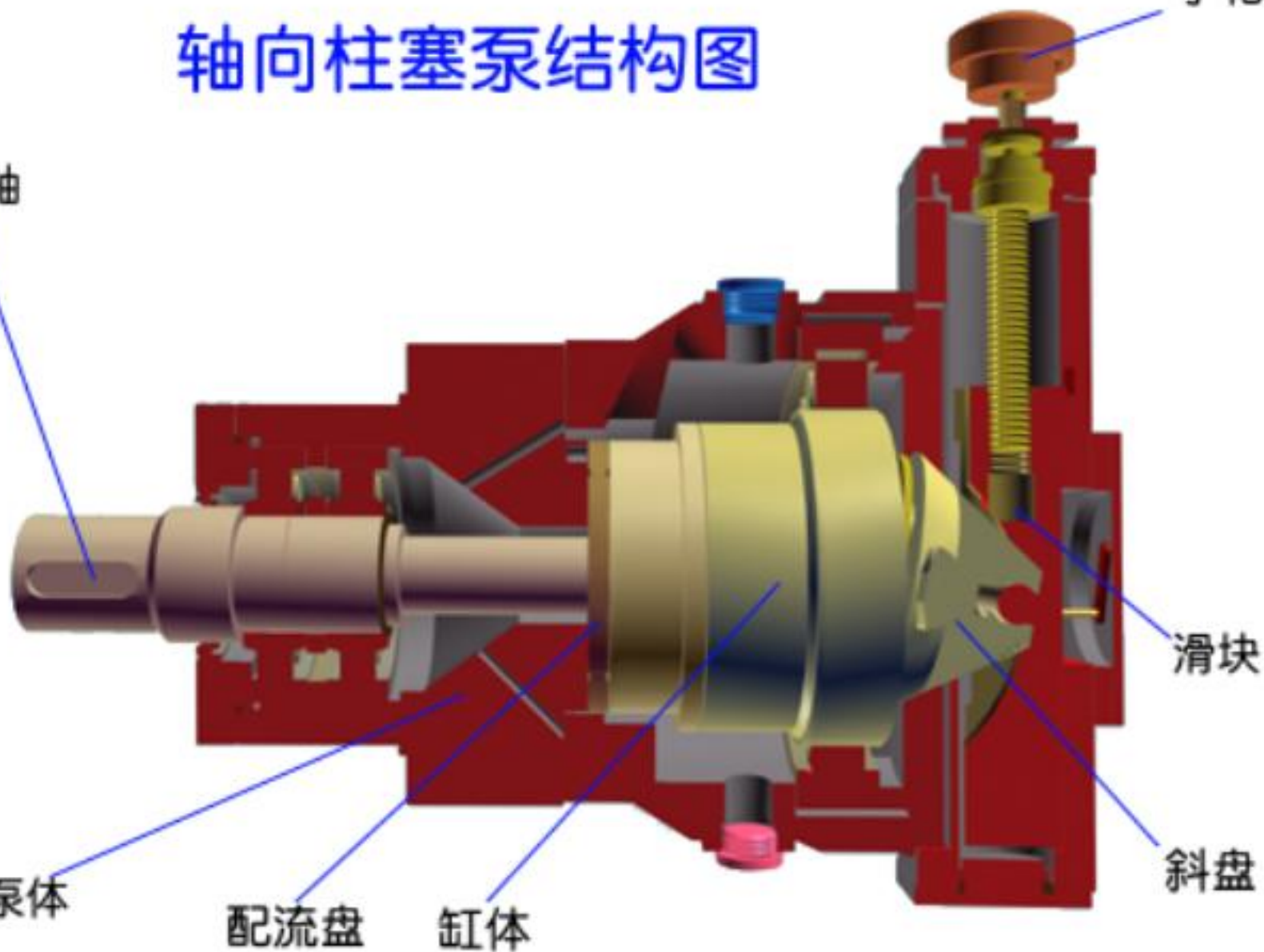
滑块

斜盘

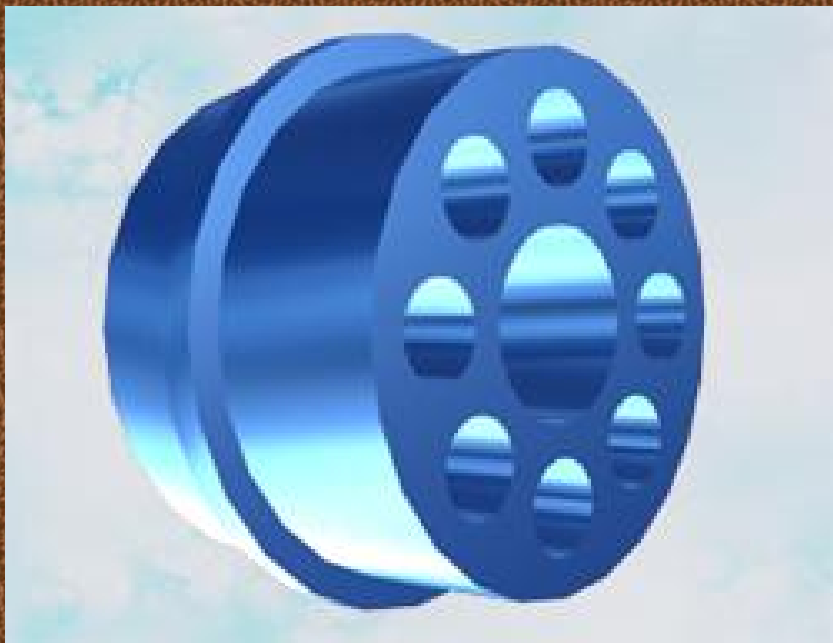
泵体

配流盘

缸体



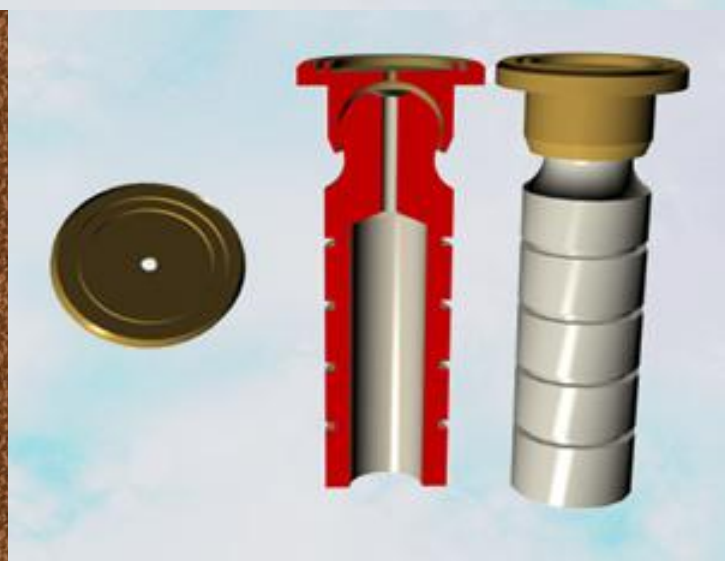
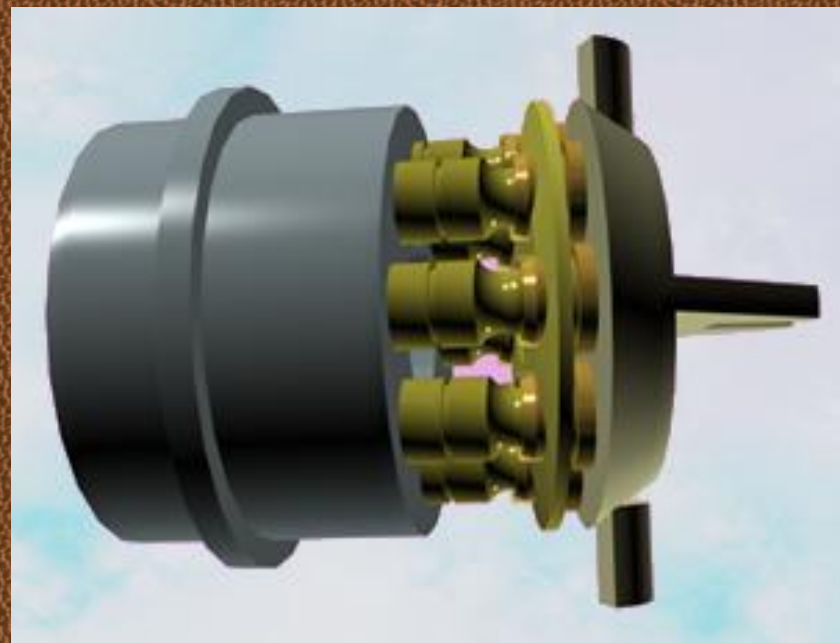
缸体



配流盘



柱塞滑履组



3.5 柱塞泵

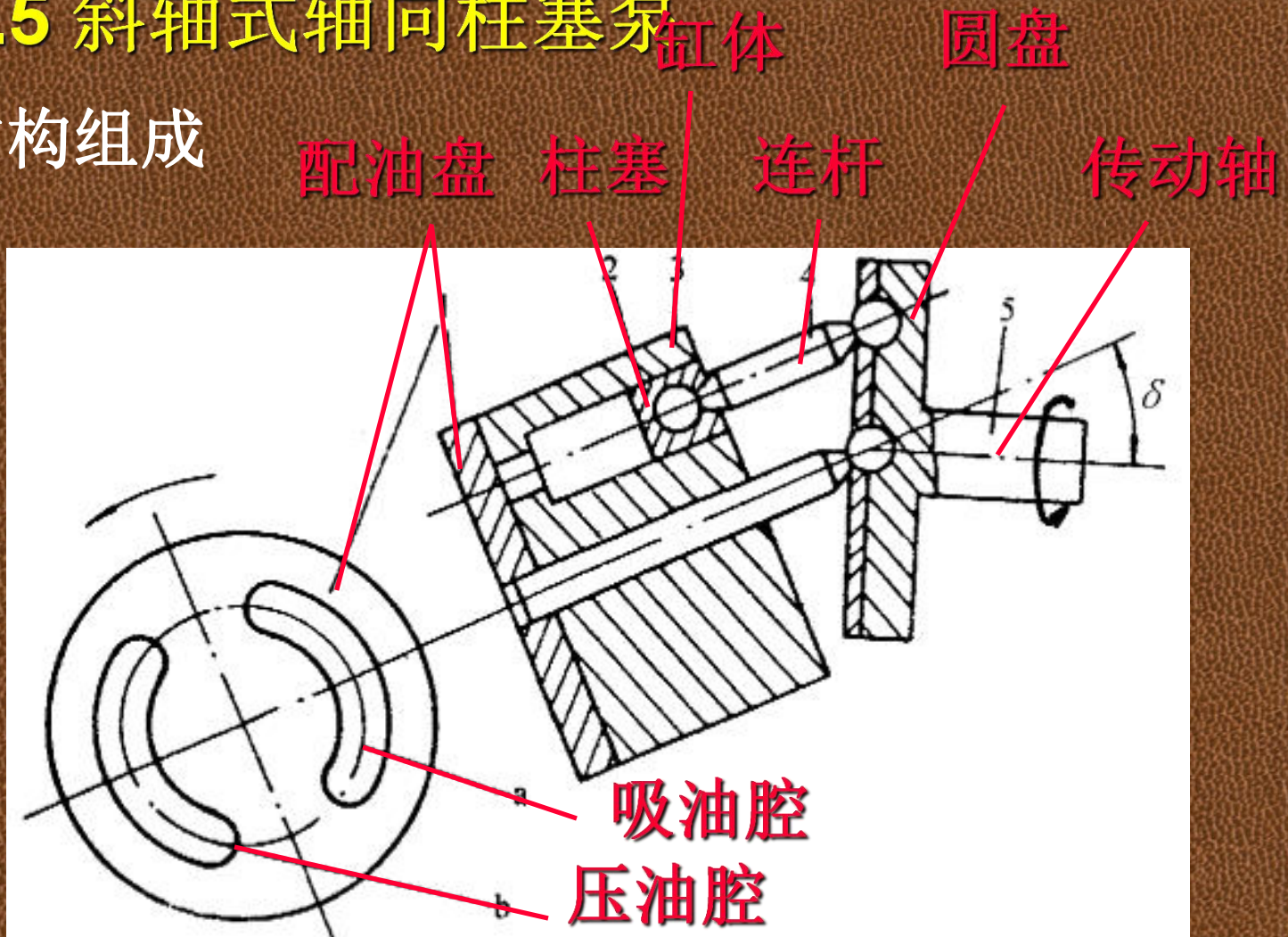
3.5.4 斜盘式轴向柱塞泵

- 工作原理：缸体旋转，斜盘迫使柱塞做往复运动，使密封容积增大或减小，实现吸油或压油。

3.5 柱塞泵

3.5.5 斜轴式轴向柱塞泵

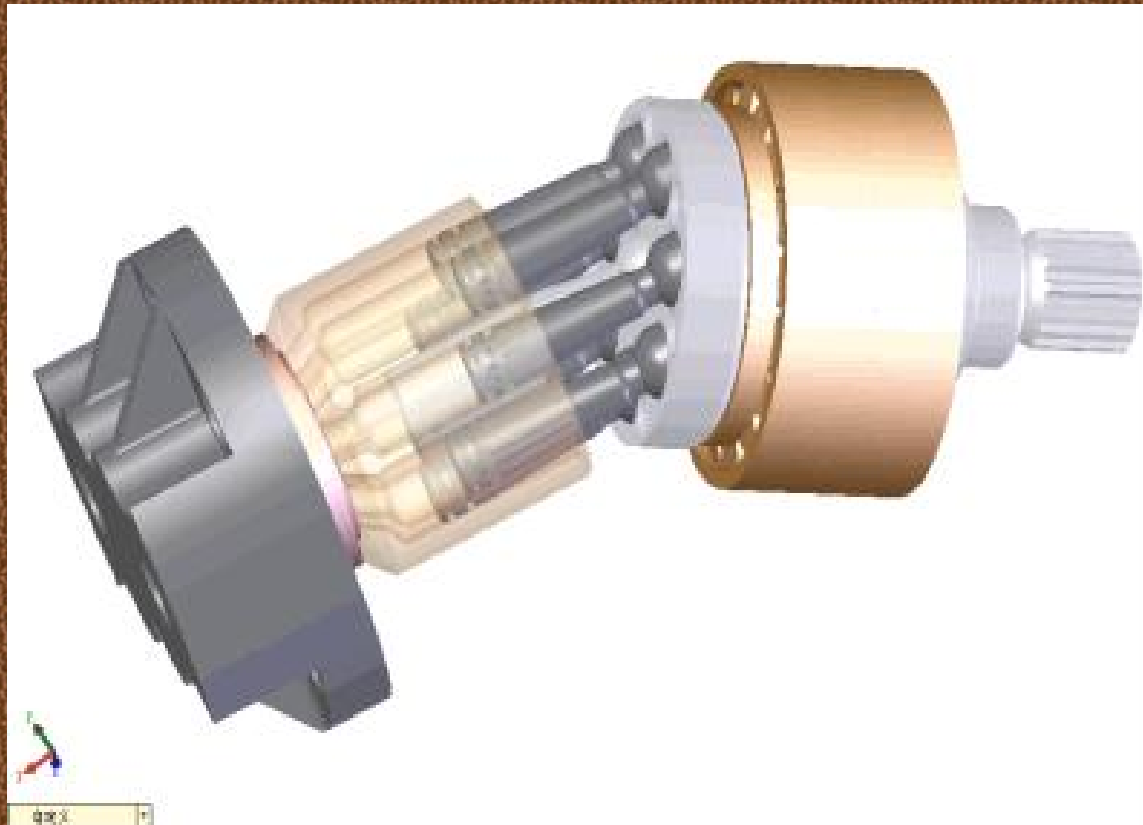
- 结构组成



3.4 柱塞泵

3.5.6 斜轴式轴向柱塞泵

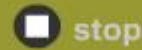
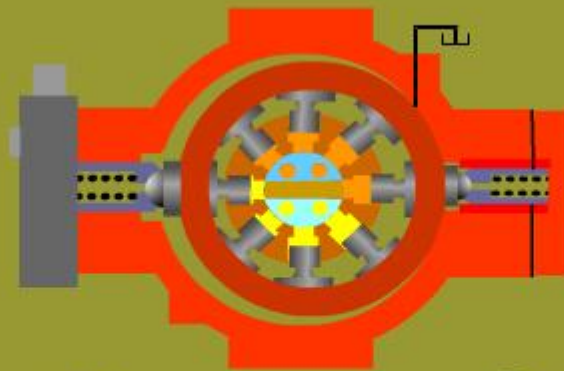
- 工作原理



3.5 柱塞泵

3.5.7 径向柱塞泵

阀配油式径向柱塞泵



配流轴式径向柱塞泵

3.5 柱塞泵

3.5.8 轴配油式径向柱塞泵

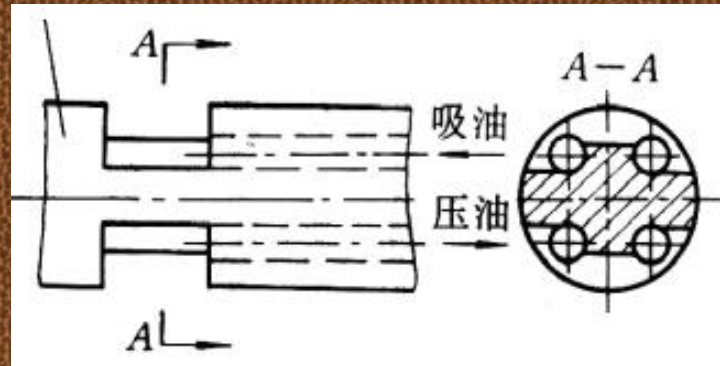
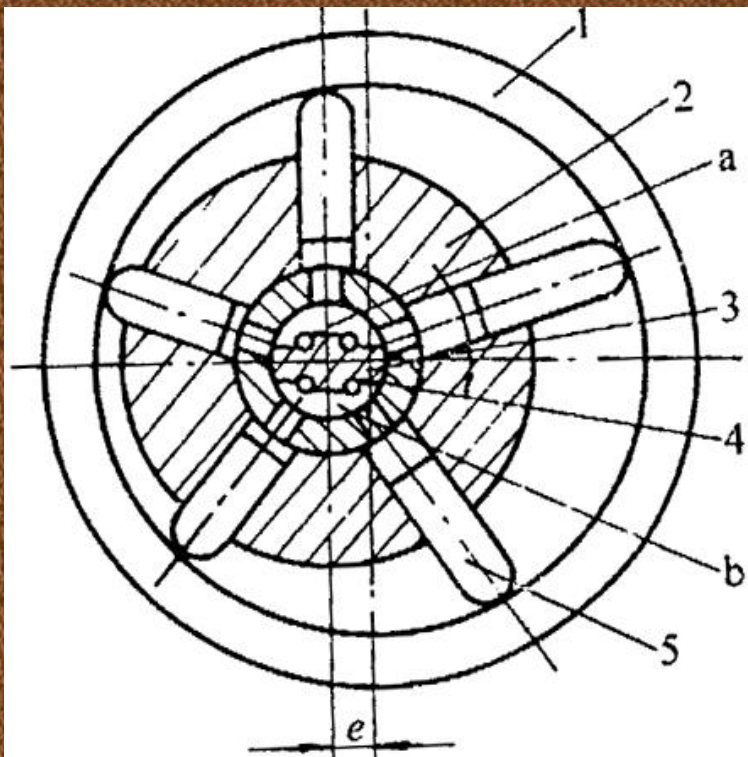
- 结构组成

—转子/缸体2（转动）

—柱塞5（相对缸体往复运动）

—定子1（不动）

—配流轴3（不动）



3.5 柱塞泵

3.5.9 轴配油式径向柱塞泵

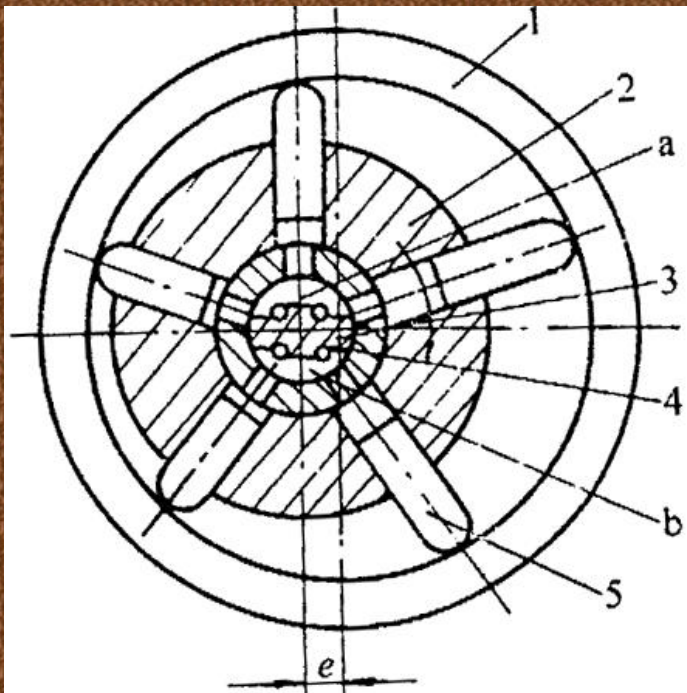
- 工作原理

当转子2旋转时，柱塞5在离心力及机械回程力作用下，它的头部与定子1的内表面紧紧接触，由于转子2与定子1存在偏心，所以柱塞5在随转子转动时，又在柱塞孔内作径向往复滑动，当转子2按图示箭头方向旋转时，上半周的柱塞皆往外滑动，柱塞孔的密封容积增大，通过轴向孔吸油；下半周的柱塞皆往里滑动，柱塞孔内的密封工作容积缩小，通过配流盘向外排油。

3.5 柱塞泵

3.5.10 轴配油式径向柱塞泵

● 特点



- 转子每转一转，柱塞在缸孔内吸油、压油各一次；
- 通过变量机构改变定子和转子间的偏心距，可改变泵的排量和工作方向，因此径向柱塞泵可以是单向或**双向变量泵**；
- 为了流量脉动率尽可能小，通常采用奇数柱塞数。

3.6 液压马达

3.6.1 液压马达的作用和分类

液压马达是将液体压力能转换为机械能的装置，输出转矩和转速，是液压系统的执行元件。

- 高速小转矩： $>500\text{r/min}$

齿轮式 叶片式 轴向柱塞式

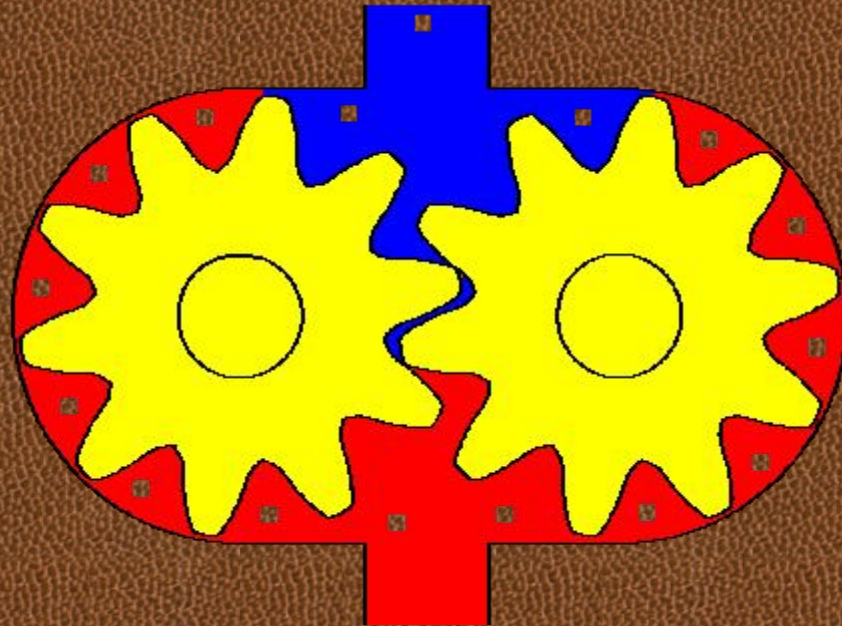
- 低速大转矩： $<500\text{r/min}$

径向柱塞式

对称结构

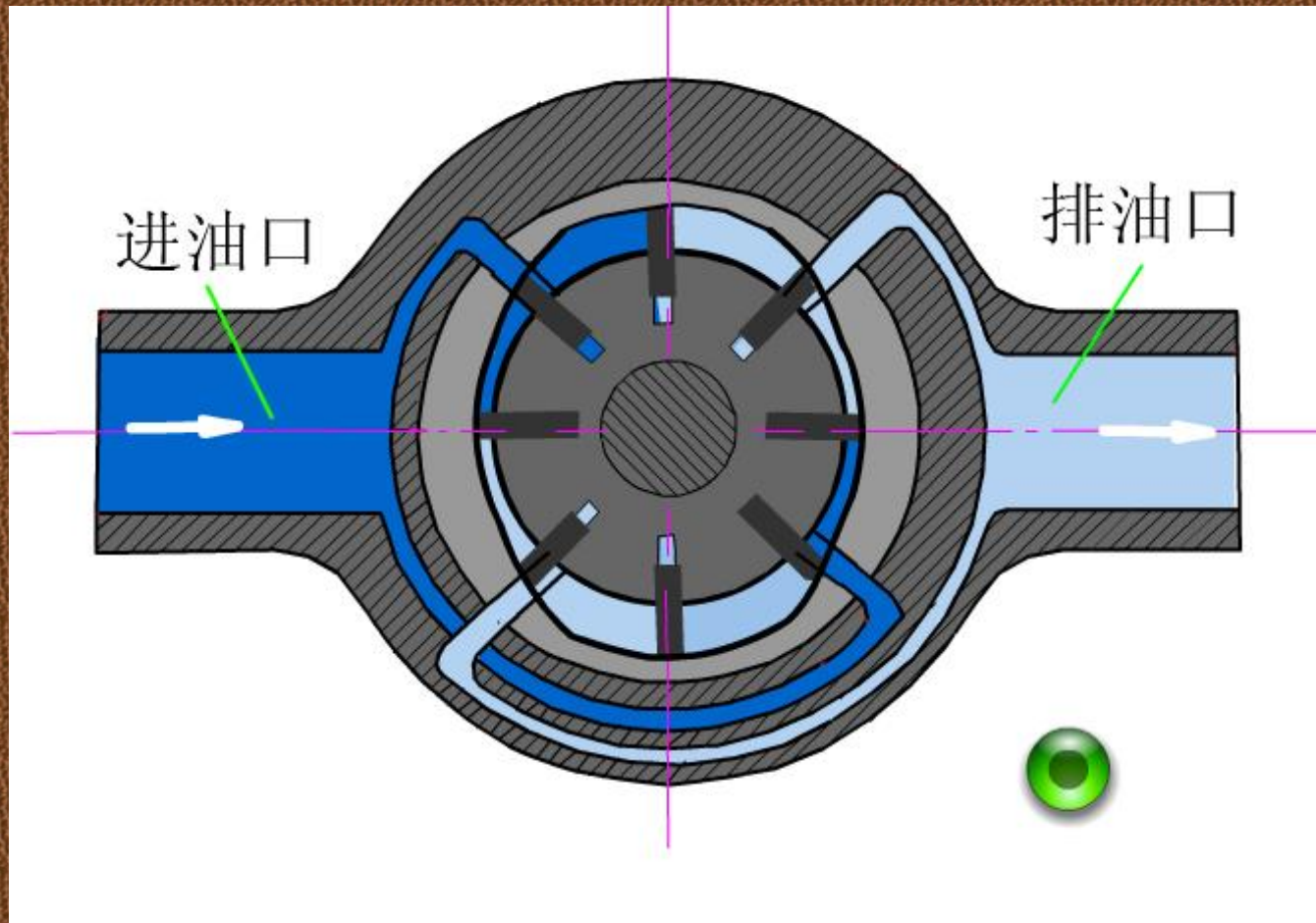
3.6 液压马达

3.6.1 齿轮式液压马达



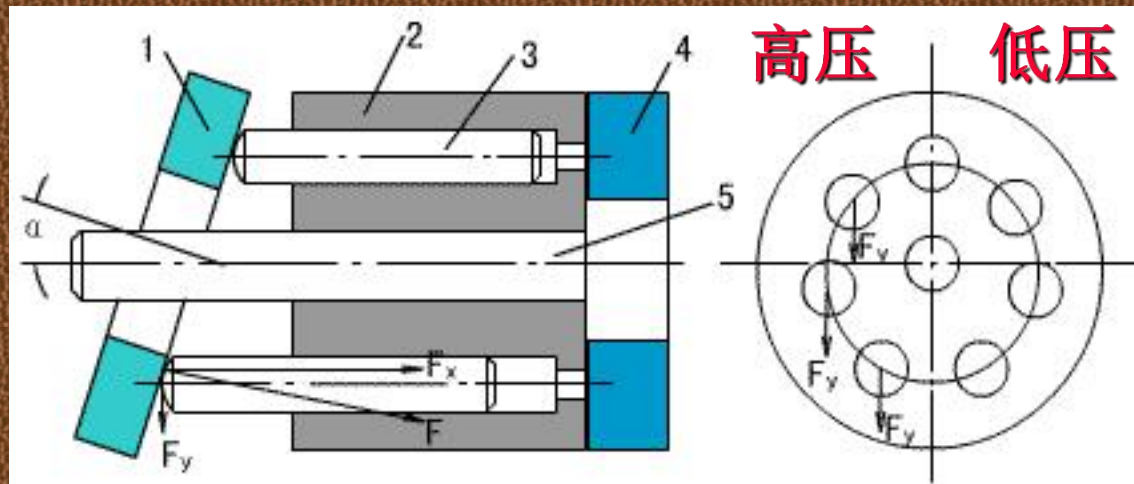
3.6 液压马达

3.6.2 叶片式液压马达



3.6 液压马达

3.6.3 轴向柱塞式液压马达

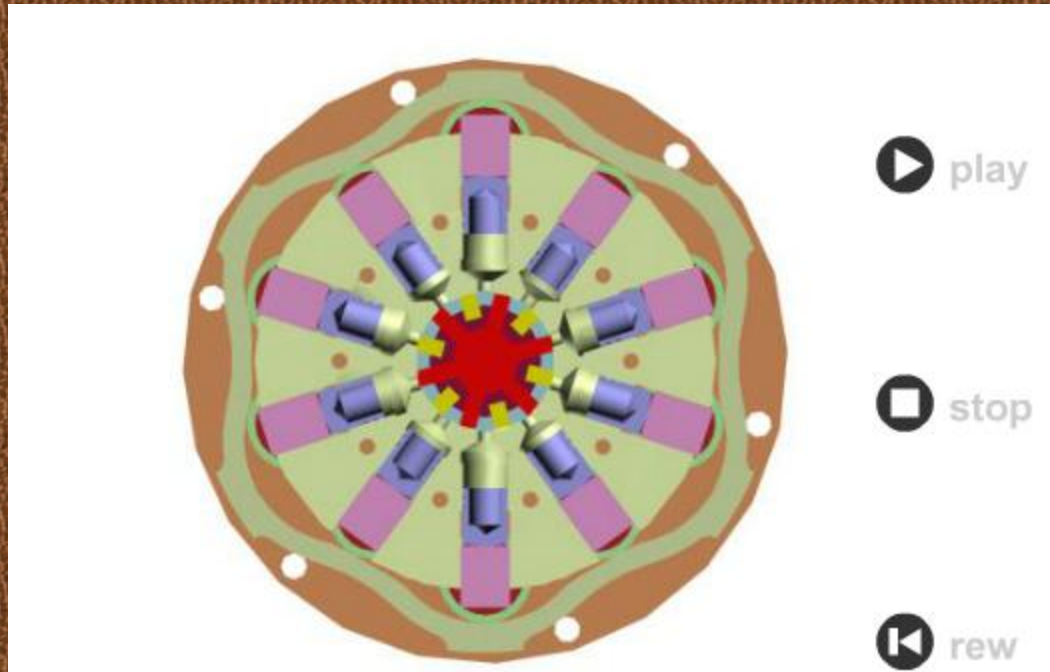


轴向柱塞泵和轴向柱塞马达是互逆的。

特点：功率质量小、工作压力高、效率高、容易实现变量，但是结构较复杂，对油液污染敏感，过滤精度要求高。

3.6 液压马达

3.6.4 径向柱塞式液压马达（多作用内曲线）



定子内壁由多段曲面构成，每经过一段曲面，柱塞往复运动一次。

特点：输出转矩大，转速低，平稳性好。

3.7 液压泵中的气穴现象

吸油腔的绝对压力会小于大气压，如果小于油液的空气分离压，液压油内的空气就会分离出来形成气泡，即为气穴现象。

3.7 液压泵中的气穴现象

避免在泵内产生气穴现象的措施：

- 1) 降低吸入高度
- 2) 增大管径
- 3) 减小吸油阻力
- 4) 浸入油中以便吸油或油箱高置

3.8 液压泵的噪声

产生的原因:

- 1) 流量脉动引起压力脉动;
- 2) 流量和压力的突变;
- 3) 气穴现象;
- 4) 泵内流道突变;
- 5) 转动部分不平衡、轴承振动;
- 6) 机械部分谐振。

3.8 液压泵的噪声

降低噪声的措施：

- 1) 泵出口处安装蓄能器或消声器；
- 2) 配油盘吸、压油窗口开三角形阻尼槽；
- 3) 使用橡胶垫减振，以及保证同轴度；
- 4) 采用橡胶软管；
- 5) 防止气穴现象和油中掺混空气现象。

3.9 液压泵的选用

液压系统中常用液压泵的性能比较

性能	外啮合齿轮泵	双作用叶片泵	限压式变量叶片泵	径向柱塞泵	轴向柱塞泵	螺杆泵
输出压力	低压、中高压	中压、中高压	中压、中高压	高压、超高压	高压、超高压	低、中、高、超高压
流量调节	不能	不能	能	能	能	不能
效率	低	较高	较高	高	高	较高
输出流量脉动	很大	很小	一般	一般	一般	最小
自吸特性	好	较差	较差	差	差	好
对油的污染敏感性	不敏感	较敏感	较敏感	很敏感	很敏感	不敏感
噪声	大	小	较大	大	大	最小

3.10 液压泵的选用

负载小、功率小的机械设备：

齿轮泵和双作用叶片泵

精度较高的机械设备（如磨床）：

螺杆泵和双作用叶片泵

负载较大并有快速和慢速行程的机械设备（如组合机床）：

限压式叶片泵

负载大、功率大的机械设备：

柱塞泵

机械设备的辅助装置, 如送料、夹紧等：

价廉的齿轮泵