

§2-2 齿轮泵

齿轮泵是一种常用的液压泵，它的主要优点是结构简单，制造方便，价格低廉，体积小，重量轻，自吸性好，对油液污染不敏感，工作可靠；其主要缺点是流量和压力脉动大，噪声大，排量不可调。

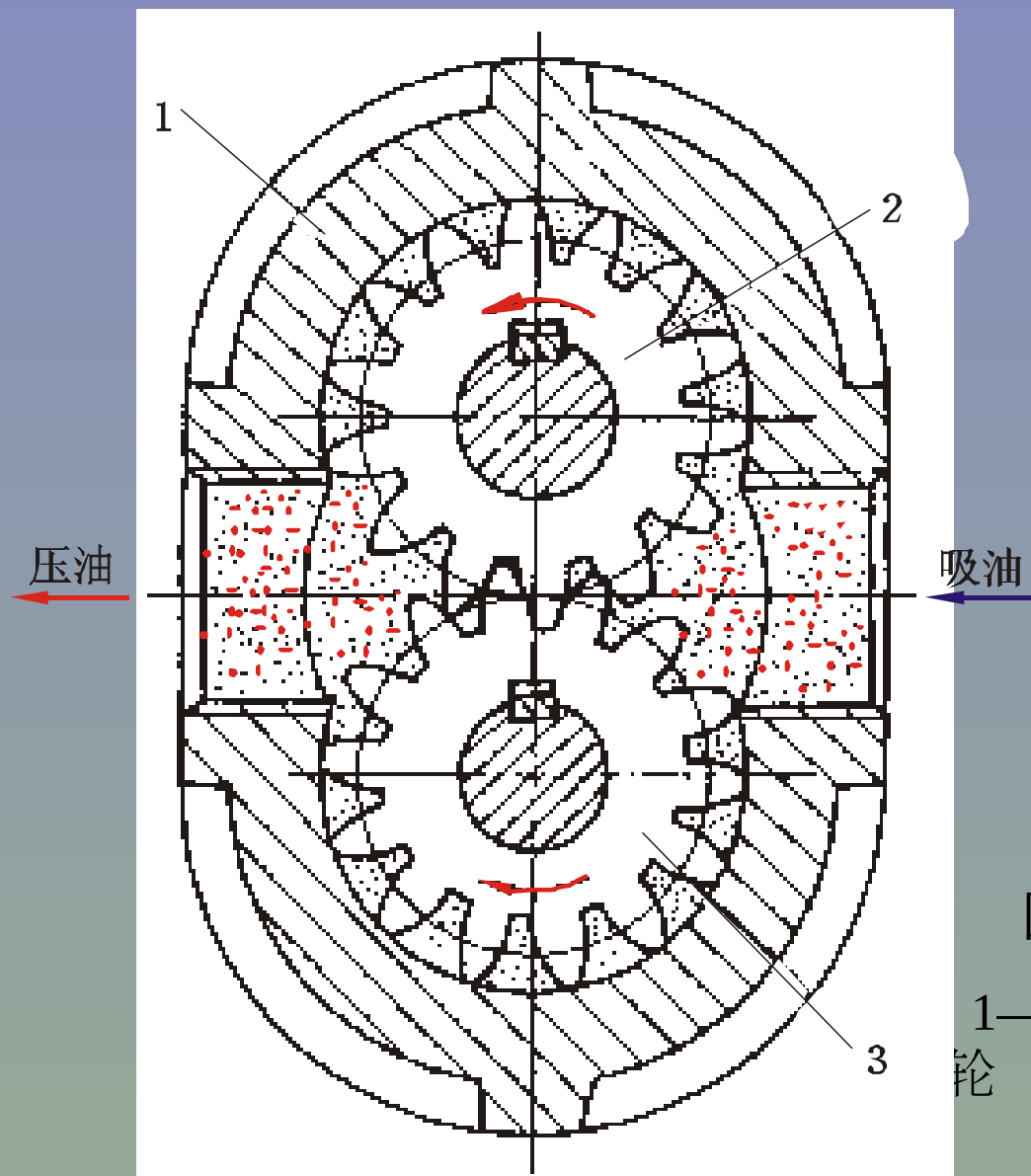
齿轮泵被广泛地应用于采矿设备、冶金设备、建筑机械、工程机械和农林机械等各个行业。

齿轮泵按照其啮合形式的不同，有外啮合和内啮合两种，外啮合齿轮泵应用较广，内啮合齿轮泵则多为辅助泵。

一、外啮合齿轮泵的工作原理



一、外啮合齿轮泵的工作原理



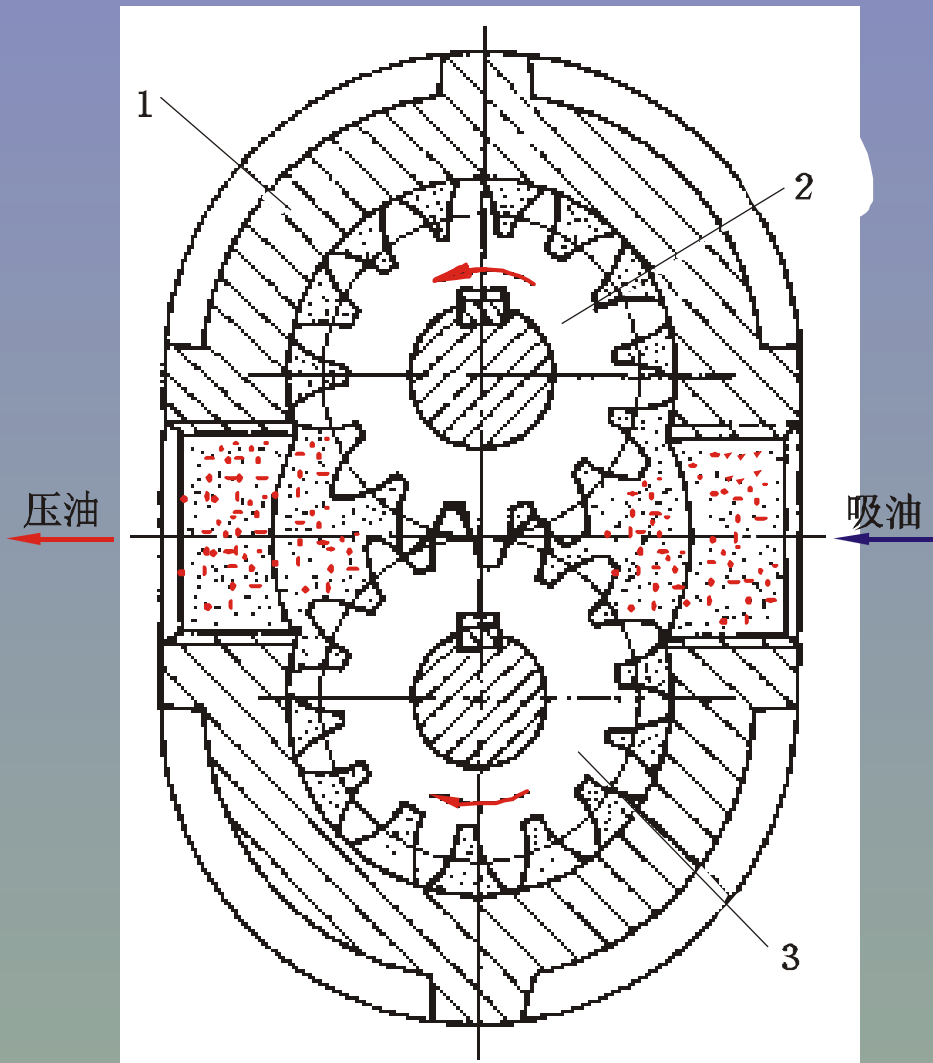
泵主要由主、从动齿轮，驱动轴，泵体及端盖等主要零件构成。

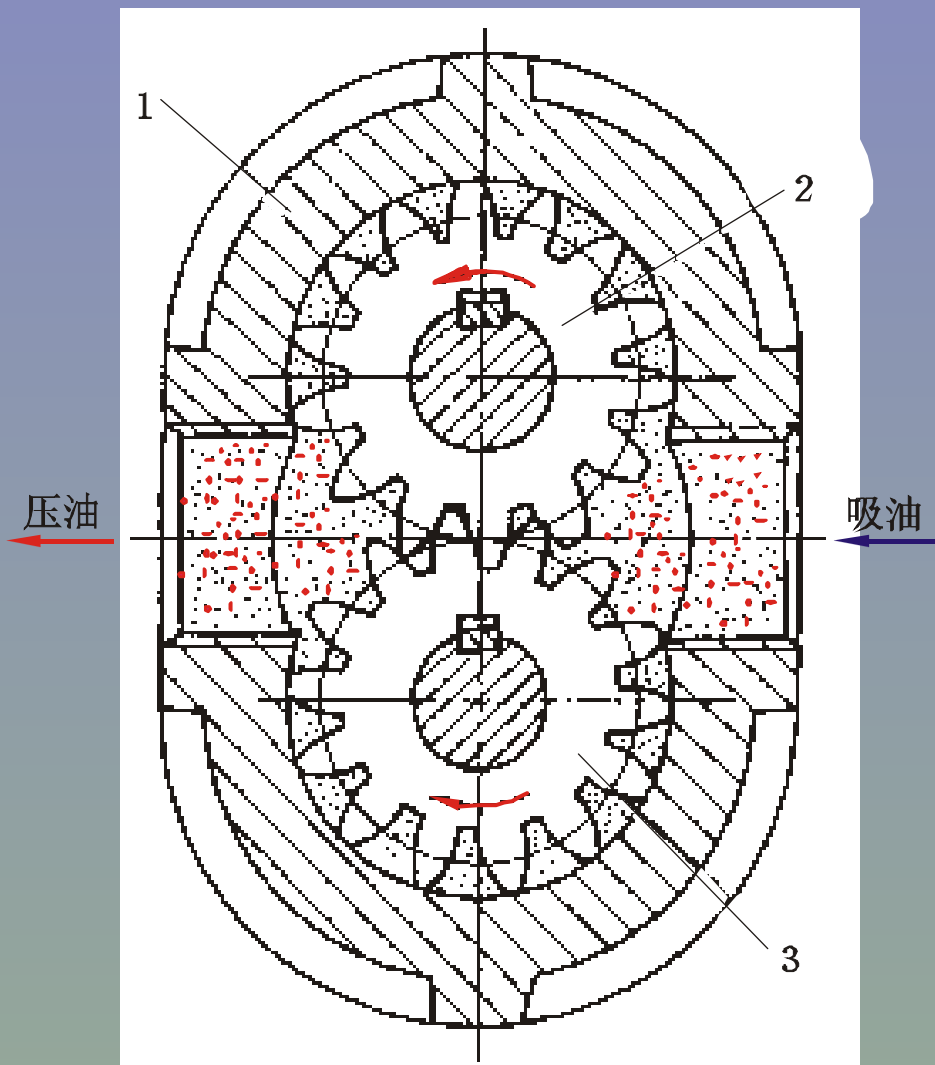
泵体内相互啮合的主、从动齿轮与两端盖及泵体一起构成密封工作容积，齿轮的啮合点将左、右两腔隔开，形成了吸、压油腔。

图 2.3 外啮合齿轮泵的工作原理

1— 泵体 ;2 — 主动齿轮 ;3 — 从动齿轮

当齿轮按图示方向旋转时，右侧吸油腔内的轮齿脱离啮合，密封腔容积不断增大，构成吸油并被旋转的轮齿带入左侧的压油腔。





左侧压油腔内的轮齿不断进入啮合，使密封腔容积减小，油液受到挤压被排往系统，这就是齿轮泵的吸油和压油过程。



二、 齿轮泵的排量和流量

外啮合齿轮泵的排量可近似看作是两个啮合齿轮的齿谷容积之和。若假设齿谷容积等于轮齿体积，则当齿轮齿数为 z ，模数为 m ，节圆直径为 d ，有效齿高为 h ，齿宽为 b 时，根据齿轮参数计算公式有 $h = 2m$ ，齿轮泵的排量近似为

$$V = \pi d h b = 2\pi z m^2 b$$

实际上，齿谷容积比轮齿体积稍大一些，并且齿数越少误差越大，因此，在实际计算中用 $3.33 \sim 3.50$ 来代替上式中 π 值，齿数少时取大值。

$$V = (6.66 \sim 7) z m^2 b$$

由此得齿轮泵的输出流量为

$$q = (6.66 \sim 7) z m^2 b n \eta_v$$

齿轮泵的流量脉动

$$q = (6.66 \sim 7) z m^2 b n \eta_v$$

上式是齿轮泵的平均流量。实际上，在齿轮啮合过程中，排量是转角的周期函数，因此瞬时流量是脉动的。脉动的大小用脉动率表示。

若用 q_{\max} q_{\min} 来表示最大、最小瞬时流量， q_o 表示平均流量，则流量脉动率为

$$\sigma = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_o}$$

流量脉动率是衡量容积式泵流量品质的一个重要指标。

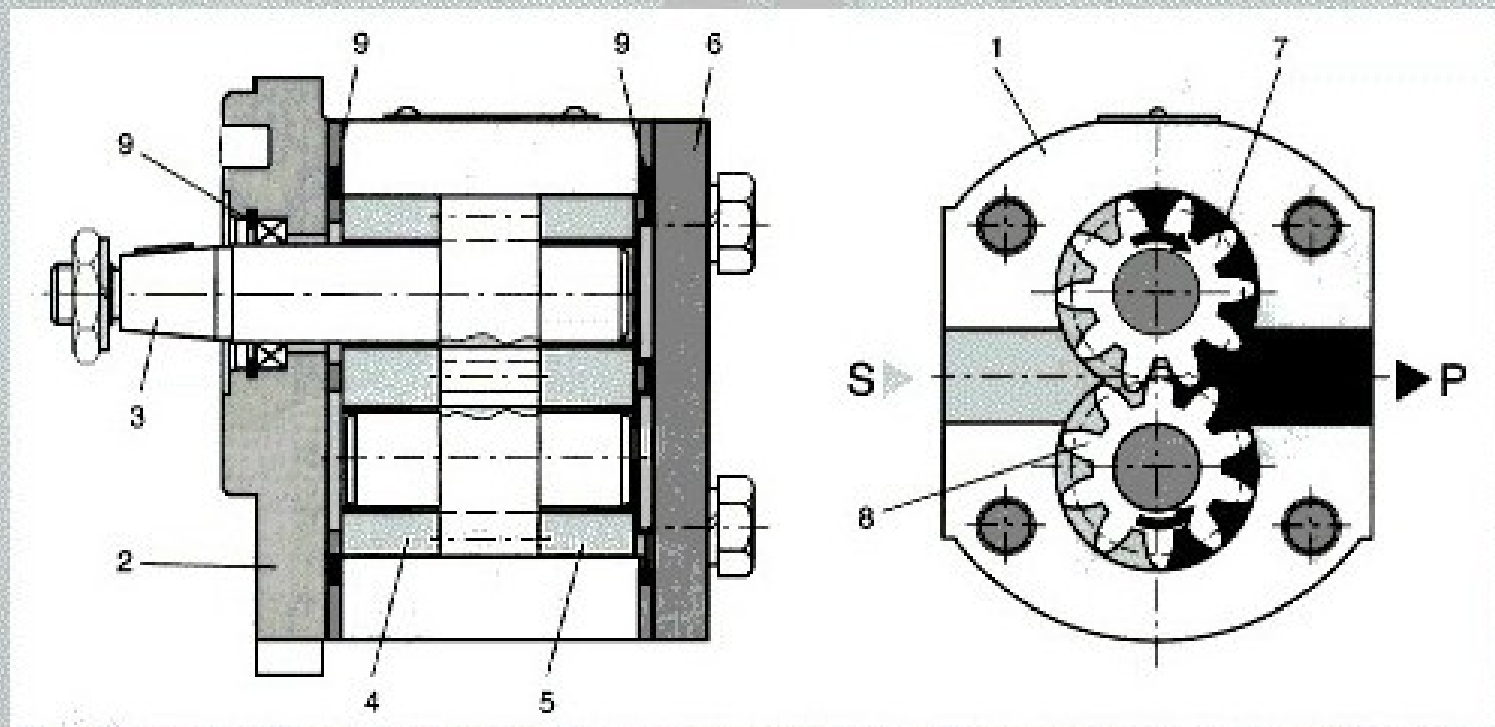
齿轮泵的流量脉动

流量脉动会直接影响到系统工作的平稳性，引起压力脉动，使管路系统产生振动和噪声。

在容积式泵中，齿轮泵的流量脉动最大，并且齿数愈少，脉动率愈大，这是外啮合齿轮泵的一个弱点。

三、 齿轮泵的结构特点

外啮合齿轮泵的结构

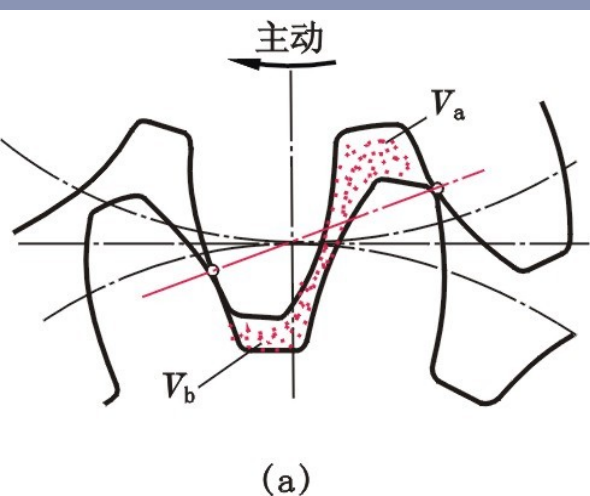


1-泵体 2-前端盖 3-主传动轴 4、5-轴套 6-后端盖
7、8-齿轮 9-密封件

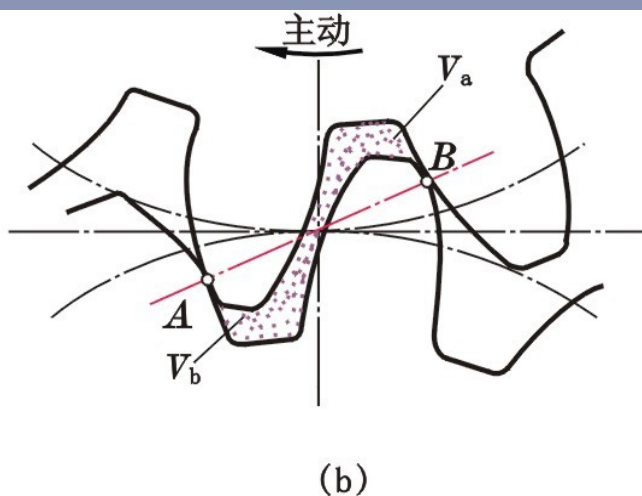
✦ 这是外啮合齿轮泵的典型结构。它的主要组成零件有泵体 1，前后端盖 2、6，轴套 4、5，一对互相啮合的齿轮 7、8，主传动轴 3 和密封件 9 等。主传动轴 3 通过键和联轴器与原动机联接。

1、困油现象及消除办法

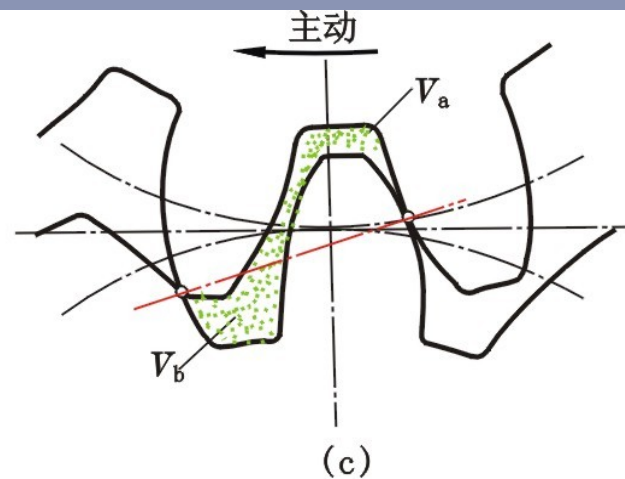
齿轮啮合时的重叠系数必大于 1，故有一部分油液困在两对轮齿啮合时所形成的封闭油腔之内，这个密封容积的大小随齿轮转动而变化，形成困油。



AB 间的死容积
逐步减小



AB 间的死容积
达到最小

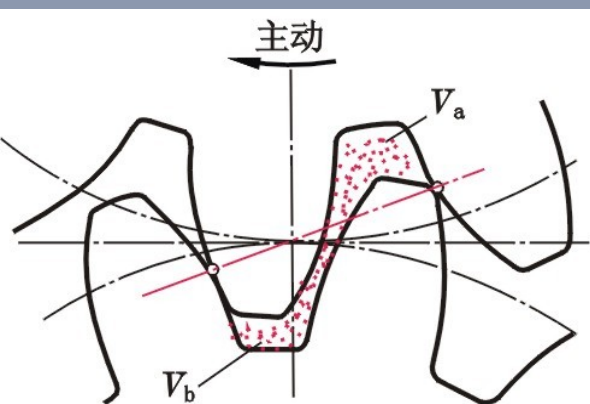


AB 间的死容积
逐步增大

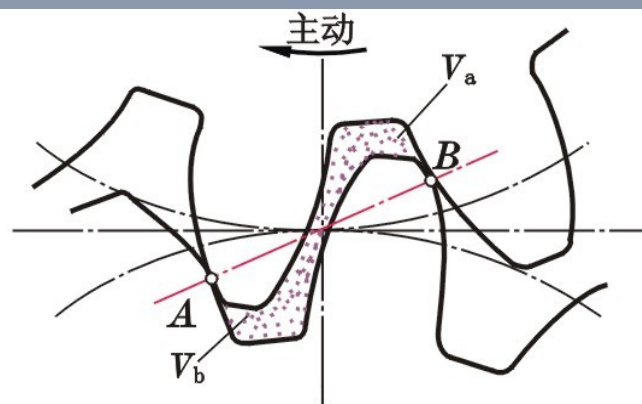
齿轮泵的困油现象及消除措施

困油现象 轮齿间密封容积周期性的增大减小。

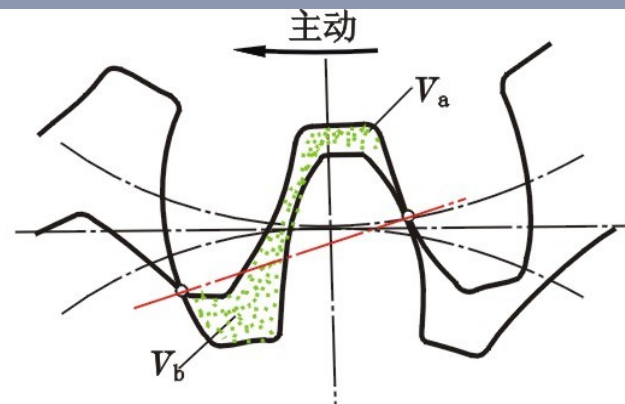
- 受困油液受到挤压而产生瞬间高压，密封容腔的受困油液若无油道与排油口相通，油液将从缝隙中被挤出，导致油液发热，轴承等零件也受到附加冲击载荷的作用；
- 若密封容积增大时，无油液的补充，又会造成局部真空，使溶于油液中的气体分离出来，产生气穴。



(a)



(b)



(c)

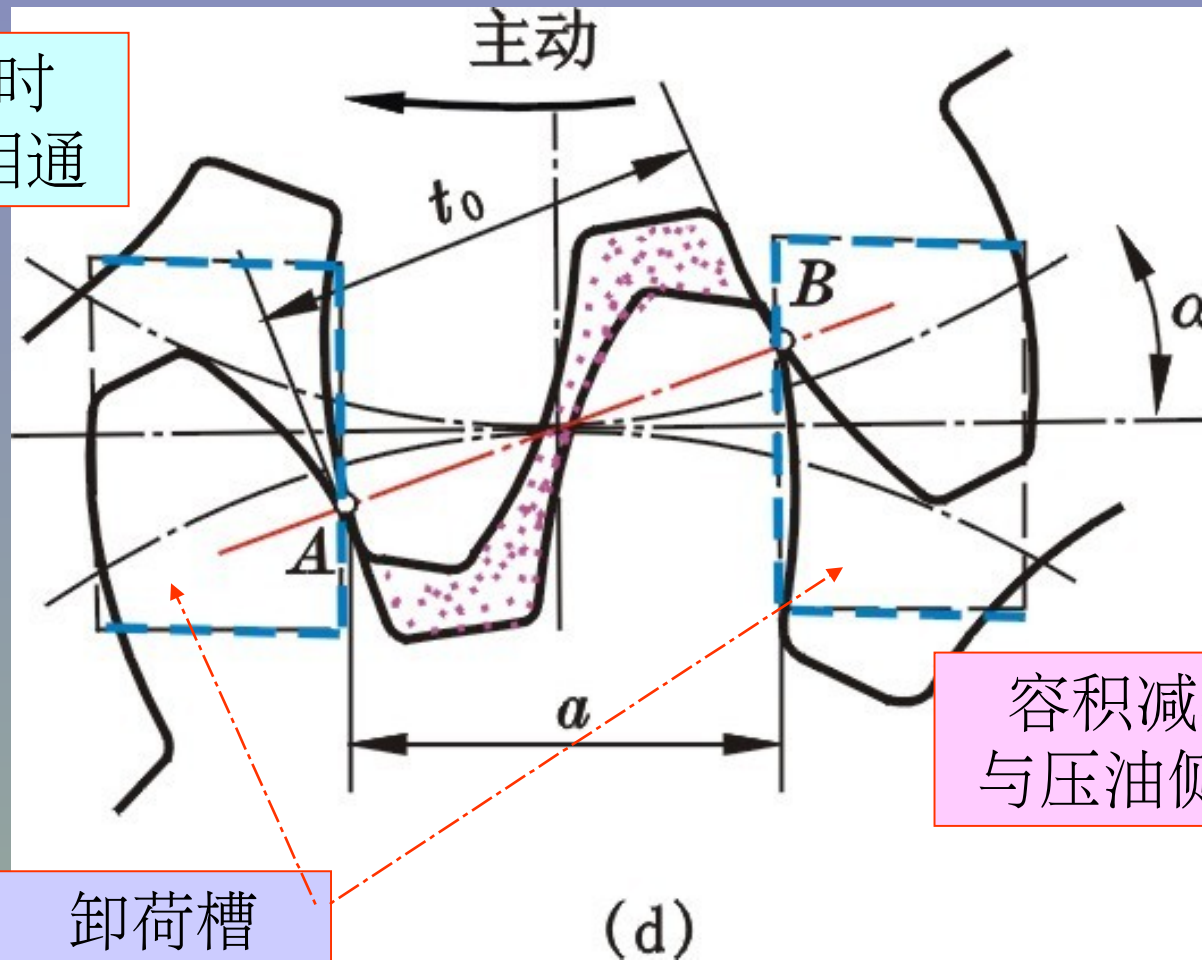
AB 间的死容积
逐步减小

AB 间的死容积
达到最小

AB 间的死容积
逐步增大

困油现象的消除办法

容积增大时
与吸油侧相通



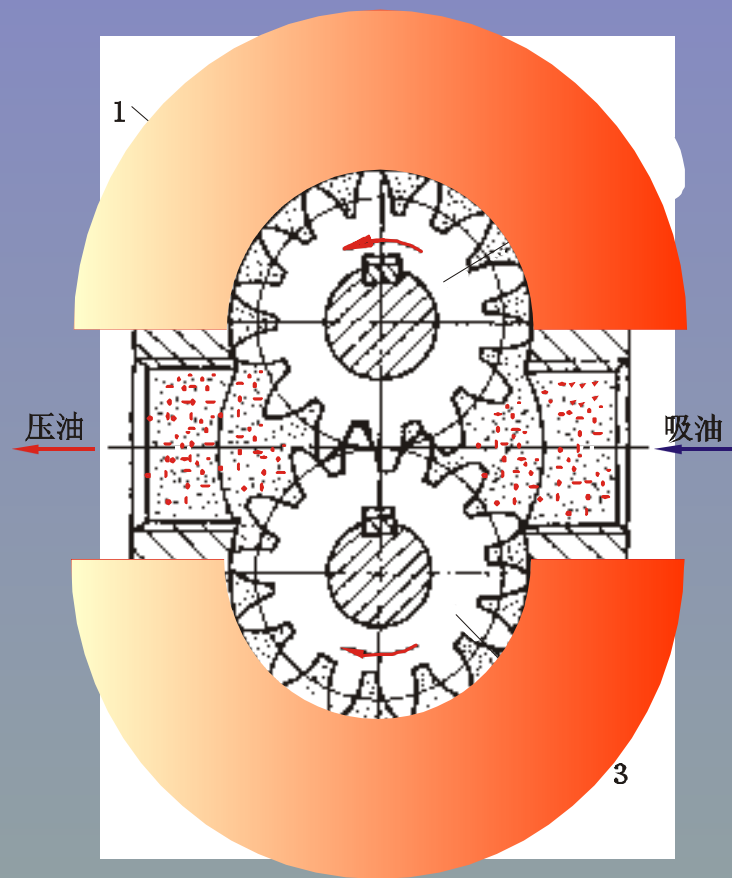
齿轮泵的困油现象及消除措施

2、 径向不平衡力

在齿轮泵中，油液作用在轮外缘的压力是不均匀的，从低压腔到高压腔，压力沿齿轮旋转的方向逐齿递增，因此，齿轮和轴受到径向不平衡力的作用。

常采取缩小压油口的办法减小径向不平衡力。

压力越高，径向不平衡力越大，它能使泵轴弯曲，使定子偏磨，加速轴承的磨损，降低轴承使用寿命。



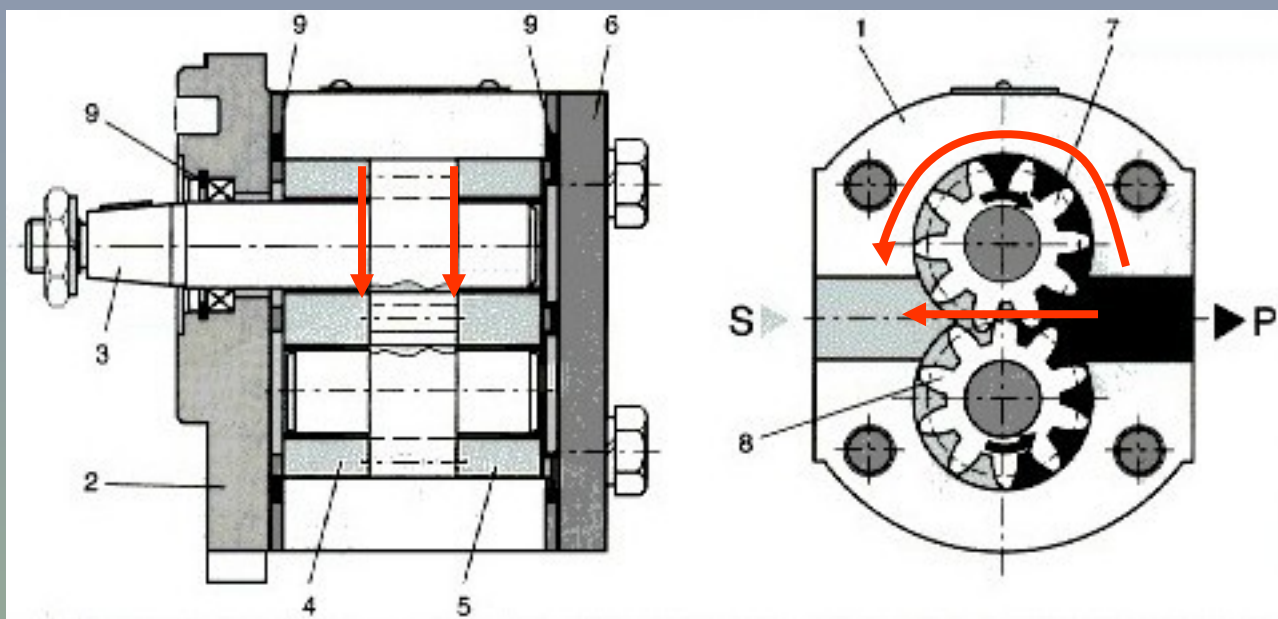
3、齿轮泵的泄漏

齿轮泵压油腔的压力油可通过三条途经泄漏到吸油腔去：

一是通过齿轮啮合线处的间隙——**齿侧间隙**

二是通过泵体定子环内孔和齿顶间的径向间隙——**齿顶间隙**

三是通过齿轮两端面和侧板间的间隙——**端面间隙**

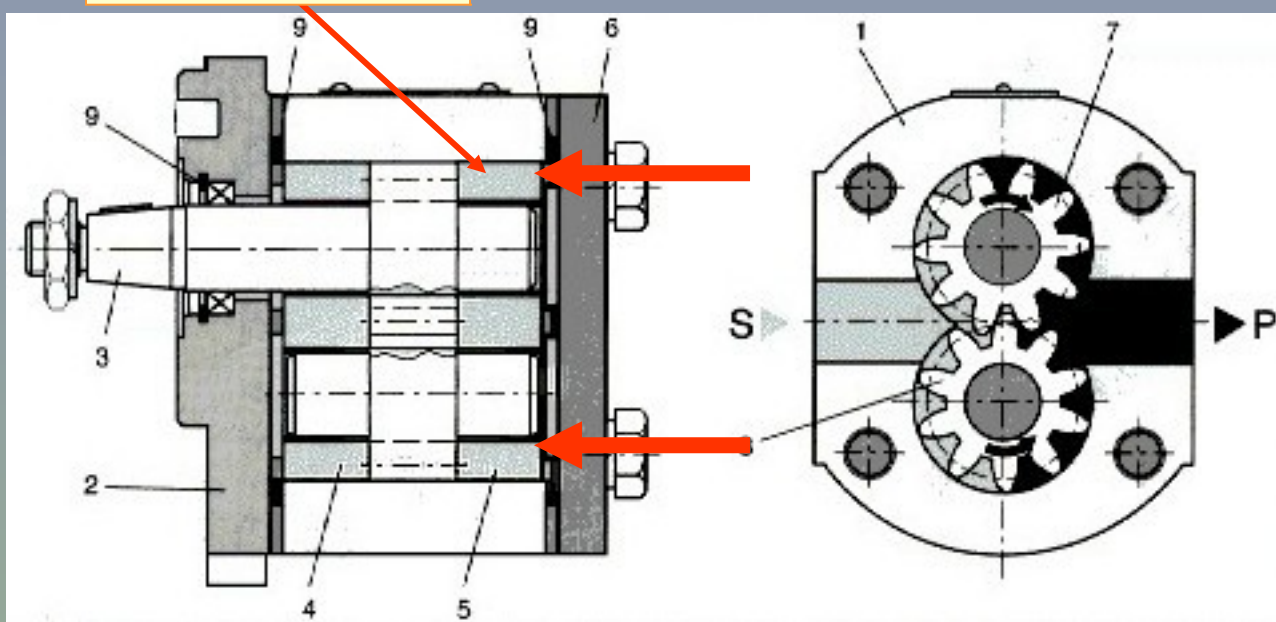


在这三类间隙中，端面间隙的泄漏量最大，压力越高，由间隙泄漏的液压油就愈多。

通常采用的自动补偿端面间隙装置有：浮动轴套式和弹性侧板式两种。

原理： 引入压力油使轴套或侧板紧贴在齿轮端面上，压力愈高，间隙愈小，可自动补偿端面磨损和减小间隙。

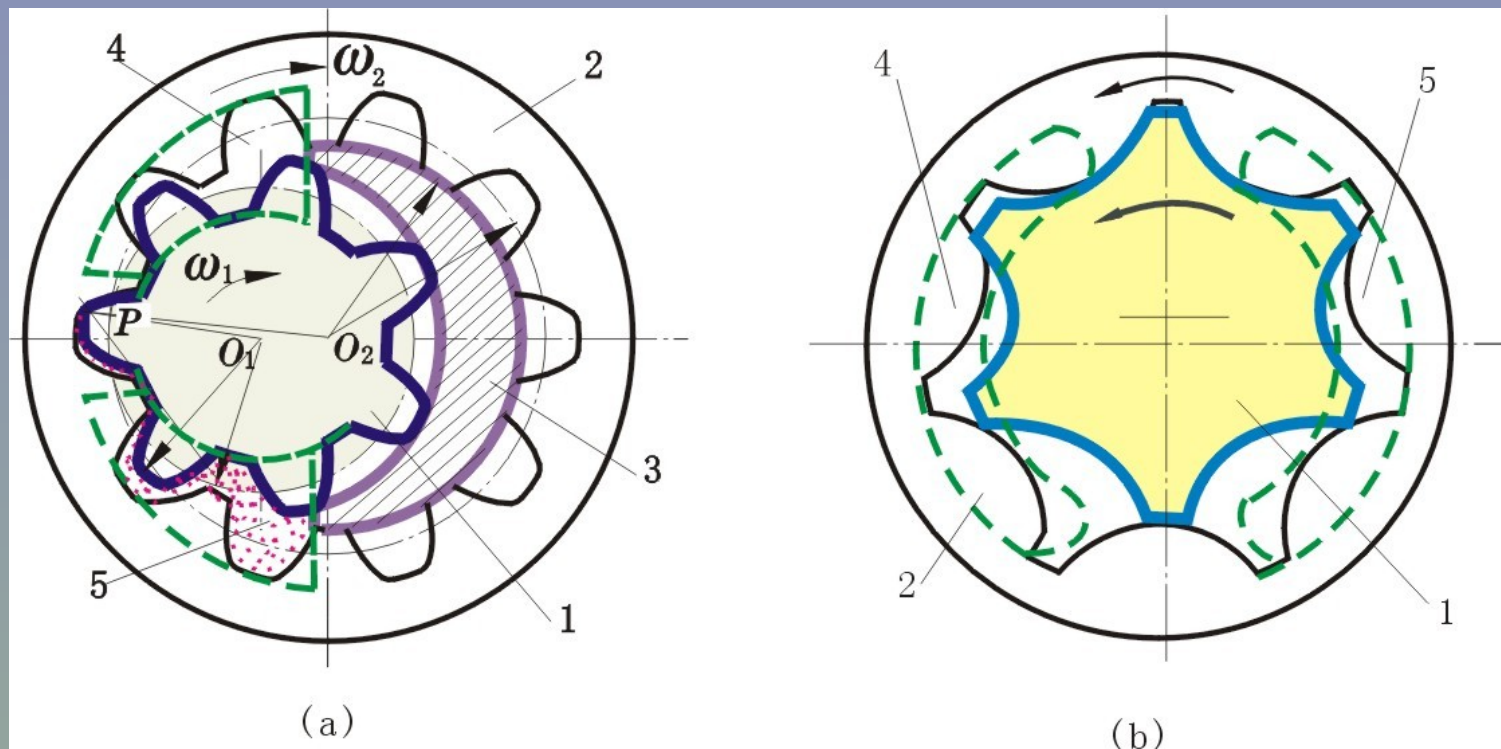
浮动轴套式



为了提高齿轮泵的压力和容积效率，实现齿轮泵的高压化，需要从结构上来采取措施，对端面间隙进行自动补偿。

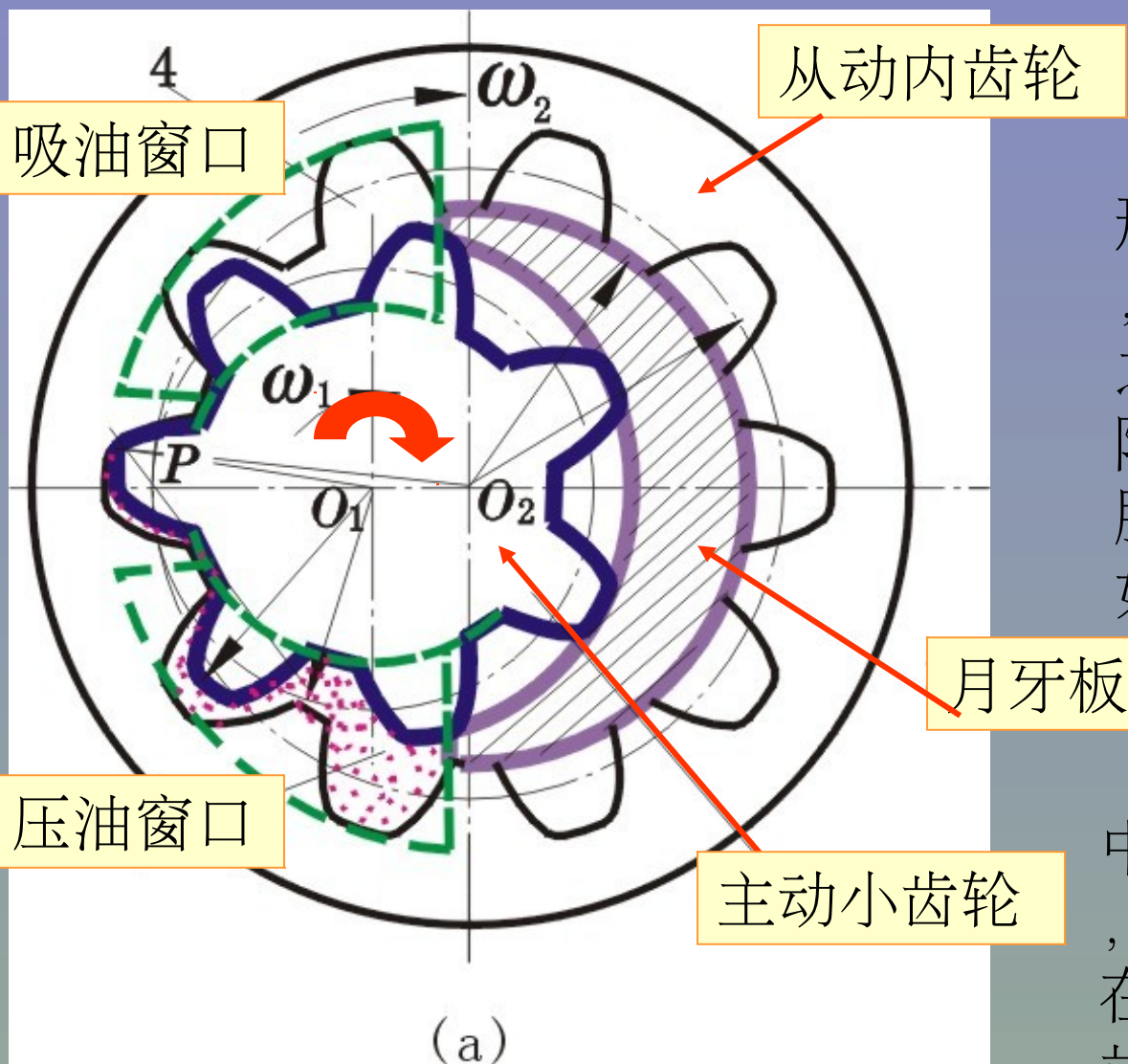
四、内啮合齿轮泵

内啮合齿轮泵有渐开线齿形和摆线齿形两种，其结构示意图见图。



内啮合齿轮泵

1— 吸油腔， 2— 压油腔， 3— 隔板



吸油窗口

从动内齿轮

在渐开线齿形内啮合齿轮泵中，小齿轮和内齿轮之间要装一块月牙隔板，以便把吸油腔和压油腔隔开，如图（a）。

月牙板

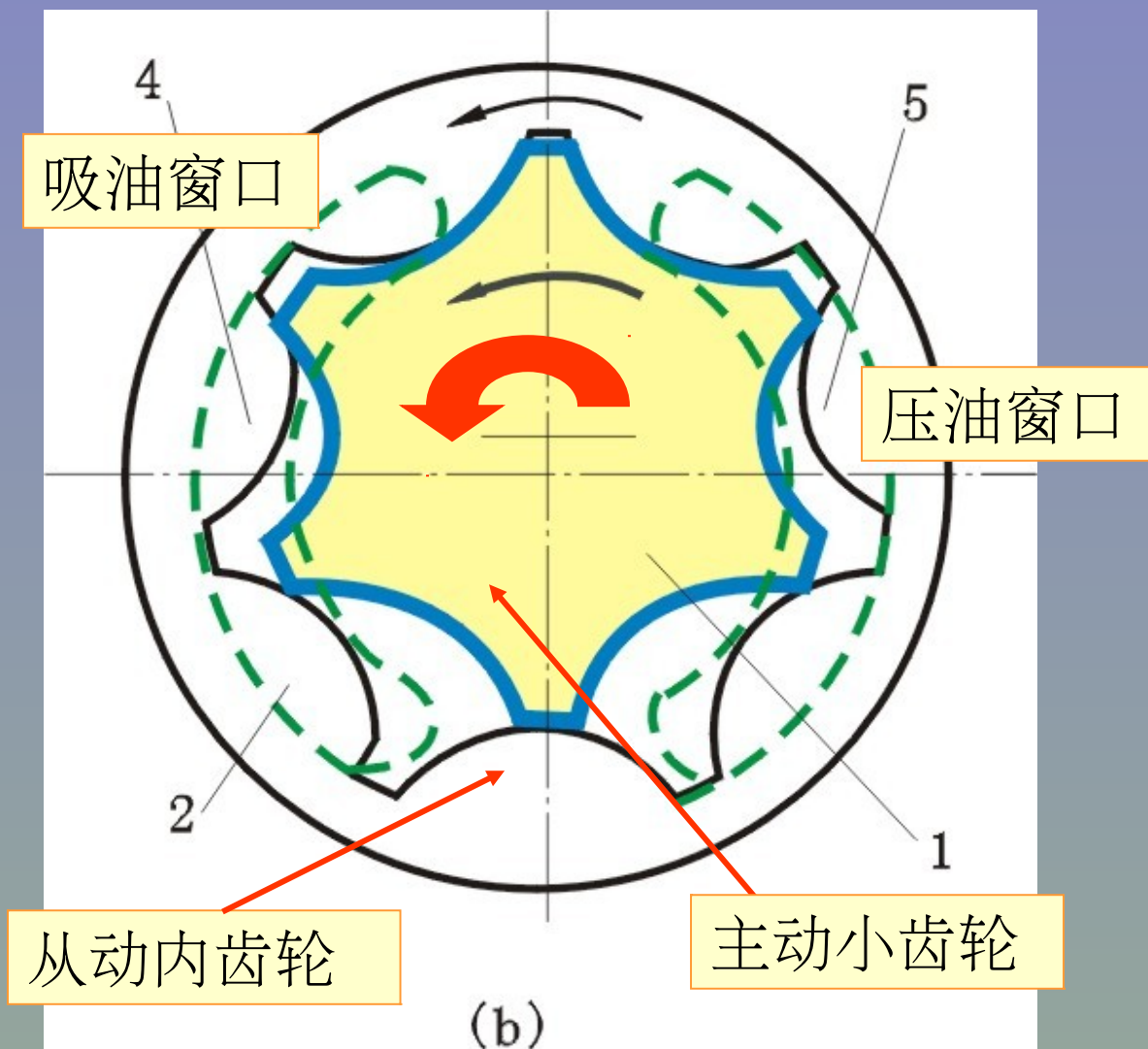
主动小齿轮

压油窗口

内啮合齿轮泵中的小齿轮是主动轮，大齿轮为从动轮，在工作时大齿轮随小齿轮同向旋转。

内啮合齿轮泵

1— 吸油腔， 2— 压油腔， 3— 隔板

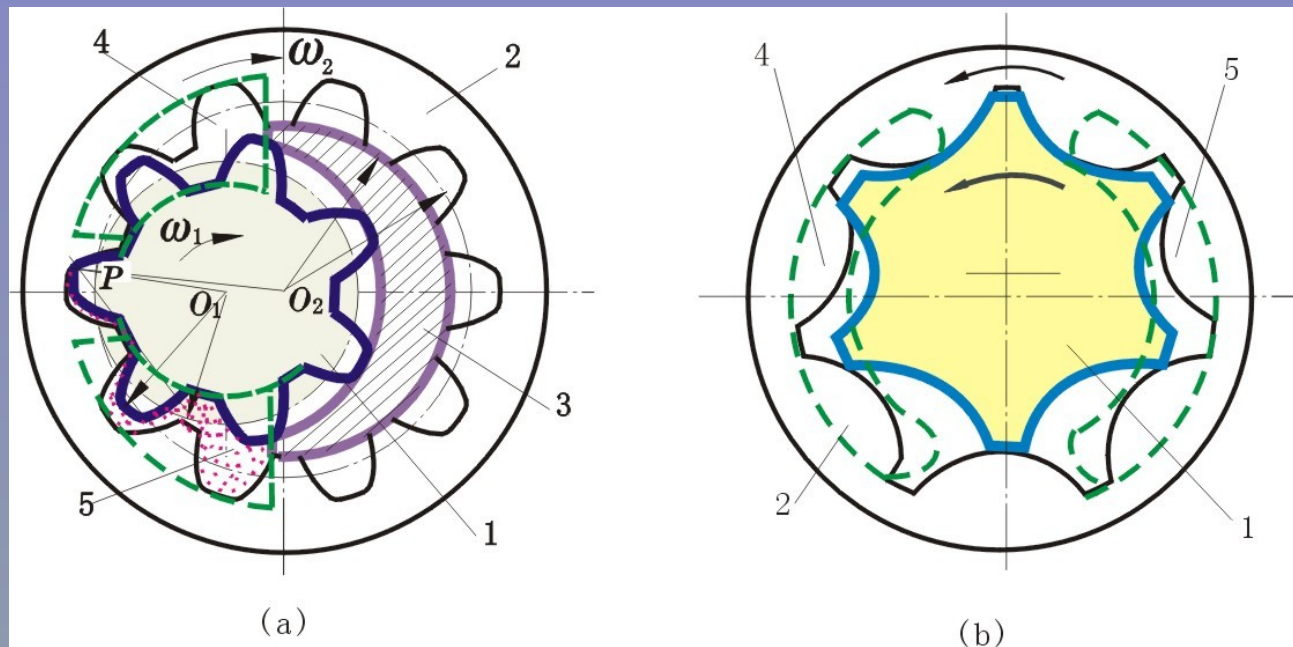


摆线齿形啮合齿轮泵又称摆线转子泵。

在这种泵中，小齿轮和内齿轮只相差一齿，因而不需设置隔板。如图(b)。

内啮合齿轮泵

1— 吸油腔， 2— 压油腔， 3— 隔板



- 内啮合齿轮泵的结构紧凑，尺寸小，重量轻，运转平稳，噪声低、磨损小、使用寿命长；
- 高速运转可获得较高的容积效率；但在低速、高压下工作时，压力脉动大，容积效率低；
- 一般用于中、低压系统，或作为补油泵。
- 内啮合齿轮泵的缺点是齿形复杂，加工困难，价格较贵，且不适合高压工况。