

◆第一节

◆齿 轮 泵

2-1-1 齿轮泵的工作原理

- ◆ 简单构造
 - 一对互相啮合的齿轮 (The teeth meshed)
 - 主动轮由原动机带动回转，齿顶和端面被泵体和前后端盖包围
 - 由于相啮合齿的分隔，吸入腔和排出腔隔开
- ◆ 吸入和排出
 - 图示方向回转时，齿C退出啮合，其齿间V增大，P降低，液体在吸入液面P作用下，经吸入口流入
 - 随齿轮回转，吸满液体的齿间转过吸入腔，沿壳壁转到排出腔
 - 当重新进入啮合时，齿间的液体即被轮齿挤出
- ◆ 结构特点
 - 泵如果反转，吸排方向相反
 - 啮合紧密，齿顶和端面间隙都小，液体不会大量漏回吸入腔
 - 摩擦面较多，只用来排送有润滑性的油液

图2—1外啮合齿轮泵的结构

2-1-2 齿轮泵的困油现象

- ◆ 外齿轮泵一般采用渐开线 (involute) 齿形
- ◆ 为转运平稳，要求齿轮的重迭系数 ε 大于1
- ◆ 前一对啮合齿尚未脱离啮合时，后一对齿便已进入啮合。
- ◆ 在部分时间内相邻两对齿会同时处于啮合状态，形成一个封闭空间，使一部分油液困在其中，

- ◆ 而这封闭空间的容积又将随着齿轮的转动而变化（先缩小，然后增大），从而产生困油现象。

图2—2 齿轮泵的困油现象

2-2-2 困油现象的危害和排除

- ◆ 危害（当封闭 V 减小时，液体受挤压而 P 急剧升高，油液将从缝隙中强行挤出）
 - 产生噪音和振动
 - 使轴承受受到很大的径向力
 - 功率损失增加。
 - 容积效率降低（当封闭 V 增大时， P 下降，析出气泡）
 - 对泵的工作性能和使用寿命都有害
- ◆ 排除（设法在封闭 V 变小时使之和排出腔沟通，而在增大时和吸入腔沟通）
 - 开卸荷槽(图2—2(b)的虚线)。
 - 结构简单，容易加工，且对称布置，泵正、反转时都适用，因此被广泛采用。
 - 对称卸荷槽还不十分完善（还有噪音和振动）

2-2-2 困油现象的危害和排除(1)

- ◆ 不对称卸荷槽
 - 两个卸荷槽同时向吸入侧移过适当距离
 - 延长了 V_a 和排出腔相通的时间
 - 推迟了 V_b 和吸入腔相通的时间
 - V_b 中可能出现局部真空，但不十分严重
 - 这种卸荷槽能更好地解决困油问题
 - 能多回收一部分高压液体
 - 泵不允许反转使用
- ◆ 采用卸荷槽后困油现象影响大大减轻。

2-1-3 齿轮泵的径向力-图2-3

- ◆ 径向力增加轴承的负荷，影响泵的寿命
- ◆ 工作P越高，径向力就越大
- ◆ 对高压齿轮泵，要设法限制径向力，提高轴承寿命

2-1-4 齿轮泵的流量-图2—4

- ◆ 理论上带到排出腔的油液体积应等于齿间工作容积
- ◆ 每转的 Q_t 应为两个齿轮全部齿间工作容积之和。
- ◆ 可假设齿间工作容积与齿的有效体积相等。
- ◆ 每转 Q_t
 - 是一个齿轮的齿间工作容积与轮齿有效体积的总和
 - 近似等于齿的有效部分所扫过的一个径向宽度为 $2m$ 的环形体积

2-1-4 齿轮泵的流量公式

- ◆ 用上述计算泵的 Q_t 时，数值偏小
- ◆ 应乘上修正系数K。平均 Q_t 为：

- ◆ 式中：D——分度圆直径，mm；
- ◆ m——模数($m=D/z$ ，z为齿数)，mm；
- ◆ B——齿宽，mm；
- ◆ n——转速，r/min；
- ◆ K——修正系数，一般为1.05~1.15。

2-1-4 齿轮泵的流量公式

- ◆ 中、低压齿轮泵为使流量公式

$$Q_t = 6.66zm^2Bn \cdot 10^{-6} \quad \text{L / min} \quad (2-4)$$

- ◆ 高压齿轮泵的流量公式：

$$Q_t = 7zm^2Bn \cdot 10^{-6} \quad \text{L / min} \quad (2-5)$$

2-1-4 提高齿轮泵理论流量途径

- ◆ 增加齿轮的直径、齿宽、转速和减少齿数。
 - n 过高会使轮齿转过吸入腔的时间过短
 - n 和直径增加使齿轮的圆周速度增加，离心力加大
 - 增加吸入困难，齿根处 P 降低，可能析出气体，导致 Q 减小，造成振动和产生噪声，甚至使泵无法工作。
 - 故最大圆周速度应根据所输油的粘度而予以限制，
 - ◆ 最大圆周速度不超过 $5\sim 6\text{m/s}$,
 - ◆ 最高转速一般在 3000r/min 左右。
 - 加大齿宽会使径向力增大，齿面接触线加长，不易保持良好的密封。
 - 减少齿数虽可使齿间 V 加大而 Q 增加，但会使 Q 的不均匀度加重。

2-1-4 影响齿轮泵 η_v 的主要因素

- 密封间隙 (内漏)
 - 齿轮端面和盖板间的轴向间隙
 - 齿顶和泵体内侧的径向间隙
 - 轮齿的啮合线
 - 这些漏泄量约占总漏泄量的 $70\%\sim 80\%$,
 - 漏泄量的大小是与间隙值的立方成正比，故密封间隙特别是轴向间隙对泵的 η_v 影响甚大。
- 排出压力
 - 漏泄量与间隙两端的压差成正比。
 - 内漏较多，在排 P 升高时， Q 的下降要比往复泵大
- 吸入压力
 - 吸入真空度增加时，气体析出量增加， η_v 亦将降低。

2-1-4 影响齿轮泵 η_v 的因素

- 油液的温度和粘度 (viscosity)
 - 油液的 T 越高， μ 越低，漏泄量就越大
 - 但油 T 过低则 μ 太大，又会使吸入条件变差，吸入真空度变大，析出气体增多，也会使 η_v 下降。
- 转速
 - 漏泄量与 n 关系不大

- n 低 Q_t 就小, 会使 η_v 降低
 - 当 $n < 200 \sim 300 \text{ r/min}$, η_v 将降到不能容许的地步
 - n 过高又会造成吸入困难, 也使 η_v 降低。
- 外齿轮泵的 $\eta_v = 0.7 \sim 0.9$, 用间隙自动补偿装置时, η_v 可达 $0.8 \sim 0.96$ 。

2-1-4 齿轮泵的特点

1. 有一定的自吸能力
 - 能形成一定程度的真空, 泵可装得比滑油液面高。
 - 排送气体时密封性差, 故自吸能力不如往复泵
 - 应注意:
 - 齿轮泵摩擦部位较多
 - 间隙较小
 - 线速度较高
 - 起动前齿轮表面必须有油, 不允许干转。
2. Q_t 是由工作部件的尺寸和 n 决定的, 与 P_d 无关。
3. 额定 P_d 与工作部件尺寸、 n 无关
 - P_d 取决于泵的密封性能和轴承承载能力
 - 为防泵过载, 一般应设安全阀。

2-1-4高压齿轮泵采取的措施

- ◆ 液压间隙自动补偿装置
 - 轴向间隙补偿
 - 在齿轮端面与泵体之间设浮动元件
 - 将排出压力引至该元件的外侧 (靠排出侧, 橡皮圈限定区域内)
 - 使其液压力稍大于内侧向外的液压力 (使浮动元件贴靠齿轮)
 - 自动补偿齿轮端面磨损而增加的间隙 (轴向间隙始终很小)
 - 径向间隙自动补偿-- 有些高压泵采用

2-1-4高压[齿轮泵](#)采取的措施

- ◆ 径向力平衡措施
 - 用平衡或减小径向力的措施
 - 用承载能力高的轴承，并改善轴承的润滑和冷却条件。
- ◆ 按额定排出压力 p_H 高低可分为：
 - 低压齿轮泵($p_H \leq 2.5\text{MPa}$)；
 - 中压齿轮泵($p_H = 2.5 \sim 8\text{MPa}$)
 - 高压齿轮泵($p_H \geq 8\text{MPa}$)。

2-1-4 齿轮泵的特点

- ◆ 4.流量连续，有脉动
 - 外啮合齿轮泵 σ_Q 在11%~27%范围内，噪声较大
 - Z越少， σ_Q 越大
 - 内齿轮泵 σ_Q 较小，约为1%—3%，噪声也较小。
- ◆ 5. 结构简单，价格低廉。
 - 工作部件作回转运动
 - 无泵阀
 - 允许采用较高 n ，通常可与电动机直联
 - 与同样 Q 的往复泵相比，尺寸、重量小
 - 易损件少，耐撞击。工作可靠
- ◆ 6. 磨擦面较多
 - 用于排送不含固体颗粒并具有润滑性的油类。

2-1-4 齿轮泵的特点

- ◆ 使用场合
- ◆ 一般被用作排出 P 不高、 Q 不大，以及对 Q 和 P_d 的均匀性要求不很严的油泵,如：
 - 滑油泵
 - 驳油泵
 - 液压传动中的供油泵

- ◆ 由于**齿轮泵**结构简单，价格低廉，又不易损坏，因而已开发了**高压齿轮泵**。如：
 - 液压泵。

2-1-6 典型结构-外啮合齿轮泵

- ◆ 有直齿、斜齿、人字齿等几种齿轮，一般采用渐开线齿形。见下图
 - 主动和从动齿轮是由右和左螺旋齿轮拼成的入字齿轮
 - 既能承受较大负荷，又可避免产生轴向推力。
 - 齿轮4空套在从动轴上
 - 以补偿制造、安装时出现的误差
 - 具有一定的自整位能力
 - 齿轮两端面有配合良好的盖板
 - 泵轴装在单列向心球轴承上。
 - 在泵体和端盖之间垫有纸垫16
 - 纸垫厚度可改变齿轮端面与盖板之间的轴向间隙。

图2—5 外啮合齿轮泵

2-1-6 典型结构-外啮合齿轮泵

- ◆ 防超过额定Pd，装设有安全阀 (safety valve)
 - 安全阀阀体是一空心的圆柱体
 - 左端带有锥形密封面
 - 当作用在环形凸肩上的压力超过弹簧值时，阀开启，沟通排、吸两端
 - 泵的转向必须符合规定
- ◆ 为防止油液外漏，设有机轴封
 - 是广泛使用的一种密封方式
 - 主要密封面是轴静环11和动环12构成
 - 动、静环的材料分别为硬质材料和软质材料做成

2-1-6 典型结构-外啮合齿轮泵

- ◆ 静环与盖之间靠密封圈密封

- ◆ 动环靠弹簧压紧在静环上，（摩擦力使转）
- ◆ 密封圈防动环与轴之间漏泄
 - 安装时手推动环压缩弹簧
 - 松手后动环应能缓缓滑出
 - 太松则漏泄量过大
 - 太紧则不能自动滑出补偿
 - 动、静环密封圈是机械密封的辅助密封元件
- ◆ 机械轴封的基本特点：
 - 将由填料与轴之间的径向曲面密封转变为动环与静环间的轴向端面密封。

2-1-6 典型结构-外啮合齿轮泵

- ◆ 与填料密封相比，机械轴封的主要优点是：
 - (1)密封性能好
 - (2)使用寿命长。
 - (3)摩擦功耗少。
 - (4)轴或轴套基本不被磨损
 - (5)适用范围广，（用于高温、高压、有毒或有腐蚀性）

Mechanical seals(1)

- ◆ The provision of rotary shaft seals instead of the usual stuffing box and gland, where conditions are suitable, possesses many advantages.
- ◆ The power absorbed is lower and is constant, whereas a gland excessively tightened causes a considerable increase in power absorbed.
- ◆ In small pumps this may result in overloading the motor.

Mechanical seals(1)

- ◆ In addition maintenance costs are reduced, the rotary seal operating for long periods without wear or attention.
- ◆ A standard seal consists of a stationary carbon ring insert in the casing, or seal cover where such is provided, and against this a metal ring of easy clearance on the shaft sleeve rotates, contact between the faces being ensured by a lightly loaded coil spring.

Mechanical seals(2)

- ◆ The rubbing faces of both carbon and metal rings are independently lapped to give a dead flat surface.
- ◆ A synthetic rubber ring, of circular cross-section, contained between shaft sleeve and metal ring, in a groove in the latter, effectively prevents leakage between them.
- ◆ The diameter of the groove is such that a squeeze is exerted on the rubber ring, thus a sufficient frictional force is provided to rotate the metal ring, with certain exceptions.

- ◆ The width of the groove is, however, made considerably greater so that the metal ring is capable of free axial float with accompanying rolling action of the rubber ring.

Mechanical seals(3)

- ◆ Materials used for the various seal parts are as follows:
 - Carbon stationary ring.
 - Synthetic rubber ring.
 - Bronze rotating ring with bronze spring for standard and all gunmetal pumps.
 - Stainless steel rotating ring for all iron pumps.
- ◆ For non-lubricating liquids, such as ammonia, glycol, petrol, paraffin, transformer and quenching oil, etc., the rotating ring is made of stainless steel to give a harder surface.
- ◆ These seals are specially designed to suit the dimensions of the standard shaft sleeves and stuffing boxes.

2-1-6 典型结构-外啮合齿轮泵

- ◆ 缺点:
 - 制造工艺性要求高,价格较贵
 - 密封元件的拆装更换比较麻烦
 - 对使用条件的要求也比较严格。如液体带有磨料性悬浮固体颗粒,则机械轴封必须采用特殊的设计。
- ◆ 回转泵在低压条件下也常采用皮碗密封

思考题

1. 与填料密封相比,采用机械密封有哪些优点?
2. 机械密封在使用上要注意什么问题?
3. 齿轮泵有自吸能力,为什么新泵和大修后的泵起动前要向泵内灌油?
4. 齿轮泵有何特点?高压齿轮泵在结构上有何特点?

选择题

- ◆ 判断齿轮泵转向的依据是_____。
 - A 原动机转向
 - B 安全阀的位置
 - C 吸排口方向
 - D 齿轮啮合状况

- ◆ 吸入管漏气是**齿轮泵**产生噪音的主要原因，一般可用_____方法来检测漏气点。
A 浇油 B 烛火 C 煤油白粉法 D 卤素灯检漏
- ◆ **齿轮泵**困油现象不会导致_____。
A 轴承负荷增大 B 工作噪声增大
C 容积效率降低 D 排出压力增大

选择题

- ◆ 消除**齿轮泵**困油的常用方法是_____。
A 降低油温 B 减少流量
C 在端盖上开卸荷槽 D 调整齿轮啮合间隙
- ◆ 在拆检和装配**齿轮泵**时应注意检查_____间隙。
A 齿顶与泵壳 B 齿轮端面部位
C 齿啮合处 D 泵轴伸出泵壳处

选择题

- ◆ **齿轮泵**开卸荷槽其流量_____：
A.稍有下降 B.稍有增加 C.不受影响 D.明显增加
- ◆ **齿轮泵**会产生困油现象的原因_____。
A 排出口太小 B 转速较高
C. 齿轮端面间隙调整不当
D 部分时间两对相邻齿同时啮合
- ◆ 限制**齿轮泵**转速提高的主要原因是_____。
A 原动机转速难以提高 B 会使轴承负荷过大
C 会增加吸入困难 D 会使齿轮磨损过大

2-1-6 内啮合**齿轮泵**

- ◆ 有两种形式

- 带月牙形隔板的内齿轮泵
- 摆线转子泵。
- ◆ 图2—6所示为一种带月牙形隔板的可逆转内啮合齿轮泵。

2-1-6 内啮合齿轮泵

- ◆ 齿环3与圆盘泵轴一体。
- ◆ 底盘6上有月牙形隔板2和与泵轴偏心的短轴，短轴上空套着齿轮1。
- ◆ 当泵轴带齿环转动时，与其内啮合的齿轮也转动，产生吸排作用。
- ◆ 底盘6的背面圆心处有带弹簧的钢球，
 - 当轴逆时针旋转时，啮合力使底盘转至其销钉4卡到半圆形环槽的最右端位置为止，泵是下吸上排。
 - 当轴顺时针转动时，啮合力使底盘转过180°，泵的吸排方向不变

2-1-6 内啮合齿轮泵

- ◆ 优点（与外啮合齿轮泵相比）
 - 泵的吸油区大、流速低、吸入性能好，
 - 流量脉动小，流量脉动率 $\sigma_Q=1\% \sim 3\%$
 - 啮合长度较长，工作平稳，
 - 特殊齿形将困油现象减轻，或在齿环各齿谷中开径向孔导油，从而完全消除困油现象，
 - 噪声很低。
- ◆ 缺点
 - 是制造工艺较复杂
 - 且漏泄途径多，
 - η_v 低，65%~75%。

2-1-6 转子泵-图2—7

- ◆ 外转子比内转子多一个齿，二者轴线偏心，异速转动。采用摆线齿形。采用皮碗轴封。
- ◆ 皮碗的制造、安装和维护较简单，成本低，但唇边的磨损较重，功率消耗较大。

2-1-6 转子泵特点

- ◆ 转子泵优点
 - 转子泵配流口的中心角较大；且为侧向吸入，不受离心力影响，故吸入性能好
 - 能用于高速运转
 - 齿数较少，工作空间容积较大
 - 结构简单紧凑
 - 两个转子同向回转且只差一个齿，故相对滑动速度很小，运转平稳，噪声低，寿命长。
- ◆ 缺点
 - 齿数少时流量和压力脉动较大
 - 而且密封性较差， η_v 较低
 - 制造工艺不如渐开线齿轮简单。

2-1-7 齿轮泵管理要点

1. 注意泵的转向和连接
 - 反转会使吸排方向相反
 - 泵和电机保持良好对中，最好用挠性连接（flexibility）
2. 齿轮泵虽有自吸能力
 - 起动前泵内要存有油液（否则严重磨损）
 - 吸油高度一般不大于0.5m。
3. 机械轴封属于较精密的部件
 - 拆装时要防止损伤密封元件
 - 安装时应在轴上涂润滑油，按正确次序装入，用手推动环时应有浮动性。
 - 上紧轴封盖时要均匀，机械轴封一定要防止干摩擦。

2-1-7 齿轮泵管理要点

4. 不宜超额定P工作
 - 会使原动机过载，加大轴承负荷，使工作部件变形，磨损和漏泄增加，严重时造成卡阻。
5. 要防止吸口真空度大于允许吸上真空度
 - 否则不能正常吸入
 - 当吸入P 过低时，会产生“气穴现象”

- 油在低压区析出许多气泡，Q 降低
- 当气泡到高压区时，空气重新溶入油中，形成局部真空，四周的高压油液就会以高速流过来填补
- 产生液压冲击，并伴随剧烈的噪声

2-1-7 齿轮泵管理要点

6. 保持合适的油温和粘度
 - 运动粘度以 $25\sim 33\text{ mm}^2/\text{s}$ 为宜
 - 粘度太小则漏泄增加，还容易产生气穴现象
 - 粘度过大同样也会使 η_v 降低和吸入不正常。
7. 要防止吸入空气
 - 会使流量减少，而且产生噪声。

2-1-7 齿轮泵管理要点

8. 端面间隙对齿轮泵的自吸能力和 η_v 影响甚大
 - 可用压软铅丝的方法测出
9. 高压齿轮泵敏感度大
 - 吸油口可用150目网式滤器
 - 液压系统泵要求滤油精度 $\leq 30\text{—}40\text{ }\mu\text{m}$
 - 回油管路滤油器精度最好 $\leq 20\text{ }\mu\text{m}$

2-1-7 齿轮泵常见故障分析

- (1)不能排油或流量不足
 - 不能建立足够大的吸入真空度的原因：
 - 泵内间隙过大，新泵及拆修过的齿轮表面未浇油，难自吸；
 - 泵n过低、反转或卡阻
 - 吸入管漏气或吸口露出液面。
 - 吸入真空度较大而不能正常吸入的原因：
 - 吸高太大(一般应不超过500mm)；
 - 油温太低，粘度太大；

- 吸入管路阻塞，如吸入过滤器脏堵或容量太小，吸入阀未开等
- 油温过高。
- 排出方面的问题：
 - 排出管漏泄或旁通，安全阀或弹簧太松；
 - 排出阀未开或排出管过滤器堵塞，安全阀顶开

2-1-7 齿轮泵常见故障分析

(2)工作噪声太大

- 噪声根据产生的原因不同，可分两类：
 - 液体噪声，是由于漏入空气或产生气穴现象而引起
 - 机械噪声，对中不良、轴承损坏或松动、安全阀跳动、齿轮啮合不良、泵轴弯曲或其它机械摩擦等。

(3)磨损太快

- 油液含磨料性杂质；
- 长期空转；
- Pd过高，泵轴变形严重；
- 中心线不正。

泊头市天一泵业有限公司 <http://www.bt-beng.cn/> 专业生产销售：[齿轮泵](#)、[螺杆泵](#)、[三螺杆泵](#)、[热油泵](#)等设备