

模块 3

液压传动技术

模块内容构成

内 容	建议学时
项目 1：液压传动技术的认知	4
项目 2：液压泵的认知与实践	8
项目 3：卷扬机液压系统的认知与实践	6
学时小计	18



项目 1 液压传动技术的认知

教学导航

知识重点	液压系统的概念、液压系统的组成；两个重要概念和两个重要参数
知识难点	对“压力取决于负载、速度取决于流量”概念的理解
技能重点	通过学习液压千斤顶的结构和工作原理，能识别简单液压系统动力元件、控制元件、执行元件、辅助元件等；能正确使用液压千斤顶；认识液压油的清洁度对液压系统的重要影响
技能难点	液压千斤顶简单故障诊断
推荐教学方式	从工作任务入手，通过对液压系统应用的介绍，了解基本液压系统的组成，了解液压系统在各行业的广泛应用，建立对液压系统学习的兴趣；通过简化的数学模型，使学生能分析简单液压系统的输出力、运动速度及传递功率的大小
推荐学习方法	通过结构示意图，从理论上认识液压元件；通过观察实物剖面模型，从感性上了解液压元件；通过动手进行安装、调试，真正掌握所学知识 with 技能
建议学时	4 学时

任务 1.1 了解液压传动技术

任务介绍

如图 3-1-1 所示为手动行走式电瓶液叉车。以该叉车为例说明液压传动系统的组成，并简要说明其工作原理。

1 为液压泵，作用是将机械能转换成液压能，为叉车液压系统提供动力，是液压系统动力元件。2 为溢流阀，调定叉车液压系统最高工作压力，防止叉车超载。3 是节流阀，调节叉车举升液压缸活塞杆下降速度。4 是二位二通电磁换向阀，电磁铁不带电时，液压泵工作时举升液压缸 5 的活塞杆伸出；电磁铁带电时，举升液压缸 5 的活塞杆下降。2、3、4 为叉车液压系统控制元件。5 是液压缸，将液压能转换成举升重物的机械能，是执行元件。其他像油箱、管路、接头等为辅助元件。液压系统工作时，传递介质为液压油。

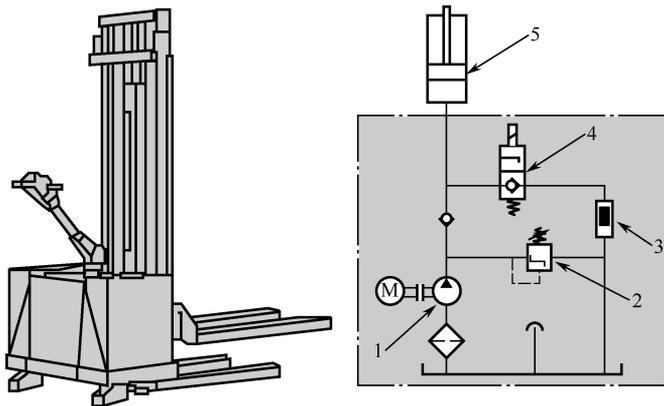


图 3-1-1 手动行走式电瓶液叉车示意图和液压回路图



相关知识

1. 液压传动的发展概况及应用

液压传动是以液体（油液）为介质进行力和位移的传递。

1) 液压传动技术发展概况

1795年，英国人约瑟夫·布拉马在伦敦制造出了世界上第一台用于牧草打包，以水为工作介质的压力机（见图3-1-2）。约瑟夫·布拉马断定，如果一个小面积上的小力能在一个较大面积上产生一个成比例的较大的力，则机器所能产生的力的唯一限制就在于压力对其施加的那个面积。这是液压千斤顶及水压机的工作原理。17世纪中叶，人们发明了压把式灭火器，该灭火器可以视为现代液压泵的原型，如图3-1-3所示。但是，液压传动在工业上广泛应用还是近几十年的事情。随着生产力的不断发展，从20世纪30年代开始，一些国家的部分公司开始生产液压元件并将其应用于机床上。

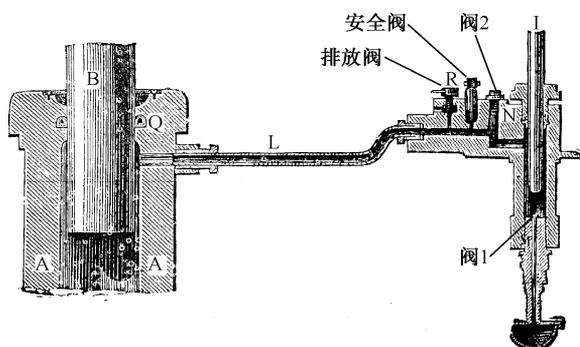


图3-1-2 Bramah 压力机（1795年）

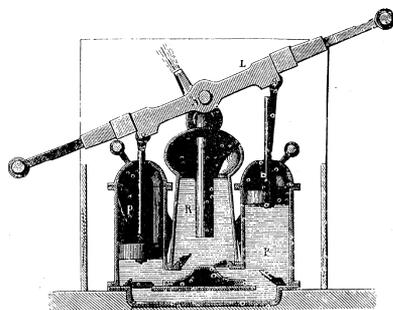


图3-1-3 压把式灭火器（17世纪中叶）

帕斯卡定律可简单表述为：外力施加在封闭液体上的压力毫无损失地沿所有方向传递，并以相等的力作用在相等的面积上，而且方向与作用面垂直。

如今液压传动正朝着高压、集成、大功率、高效率、长寿命和低噪声方向发展。近年来，电液比例技术有了突飞猛进的发展。这种性能介于普通的开关阀和高性能的伺服阀之间的电液比例阀既能进行远程控制，又能进行闭环控制。特别是它与电控系统的高度融合使其能达到很高的控制精度，而且价格便宜，同时其对油液清洁度的要求也降低了。

2) 液压传动技术的应用

液压传动技术被广泛应用在各个领域之中，如图3-1-4~图3-1-7所示。



图3-1-4 盾构机



图3-1-5 轧钢机



图 3-1-6 翻车机



图 3-1-7 装载机

2. 液压传动系统的工作原理

如图 3-1-8 所示，齿轮泵作为该液压系统的动力元件，将机械能转换为液压能，为液压系统提供动力；经过控制元件的控制，如流量阀控制液压缸伸出速度，溢流阀控制系统最高压力，二位二通手动换向阀及单向阀控制油液流动方向；最后将可控的液压能传递给执行元件液压缸，液压缸将液压能转换为直线运动机械能，对外做功。

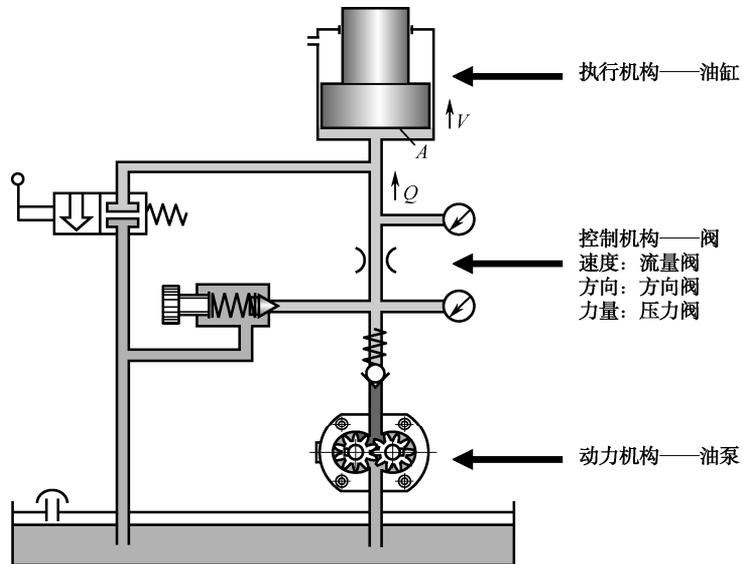


图 3-1-8 液压传动系统工作原理图

3. 液压系统的组成

通过上述例子可以看出，两个系统都比较简单，但它已反映出液压系统的基本组成部分。一般的液压系统主要由以下几个部分组成。

(1) 动力元件：液压泵是液压系统的动力元件，是输送油液的装置。它将机械能转换成液压能，是整个液压系统的动力源。

(2) 控制元件：压力阀、方向阀、流量阀构成了液压系统的控制元件。它们控制液压系统的压力、油液的流量和流动方向。这些元件在液压系统起着重要的作用，液压系统的各种功能都是通过控制元件实现的。

(3) 执行元件：做直线往复运动的液压缸和做回转运动的液压电动机是液压系统的执行元件。它们是将液压能重新转换成机械能的装置。



(4) 辅助元件：液压系统中的油箱、管路、接头、蓄能器、滤油器、压力表等均属于辅助元件。它们在液压系统中同样起着非常重要的作用。

(5) 传动介质：液压油是液压系统的传动介质，液压油品质的好坏对液压系统的特性有着非常重要的影响。

4. 基础知识

1) 流量连续性定律

相同体积的液体，流经不同直径的管道，所经历的时间相等。

如图 3-1-9 所示，流量 Q 等于液体体积与时间 t 之比： $Q=V/t$ 。

液体体积 V 等于液体面积 A 乘以长度 s ： $V=A \cdot s$ 。

长度 s 除以时间 t 即为速度 v ： $v=s/t$ 。

因此，流量 Q 等于液体面积 A 乘以液体流速 v ： $Q=A \cdot v$ 。

实际上由于液体具有黏性，液体流动时，通流面积上各点的流速是不同的，管路中心处流速最大，越靠近管壁流速越小，管壁处的流速几乎为 0。因此，为分析方便，今后所说的流速均为平均流速。

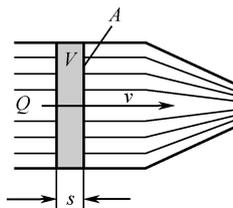


图 3-1-9 体积流量

如图 3-1-10 所示，流量在管道任何截面均相同，管道有两个截面 A_1 和 A_2 ，则在相应截面有相应速度。

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 \\ Q_1 &= A_1 \cdot v_1 \\ Q_2 &= A_2 \cdot v_2 \end{aligned}$$

由此得到流量连续性方程：

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = Q$$

也就是说直径小的管道流速快。在定常流动中，流过各截面的不可压缩液体的流量是相等的，而且液体的平均流速与管道的过流截面积成反比。

2) 摩擦力与压力损失

如图 3-1-11 所示，实际的液体具有黏性，在管路中流动时为了克服黏性造成的阻力就需要消耗一定的能量，由此会产生能量损失。能量损失主要表现为压力损失。压力损失的大小用图 3-1-11 中的 ΔP 来表示，液体黏度越大，流体内部液层间摩擦力就越大，压力损失也就越大。

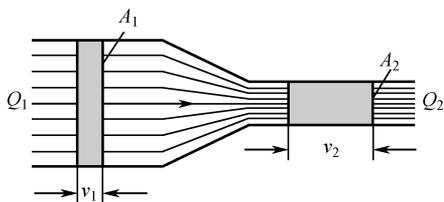


图 3-1-10 流速

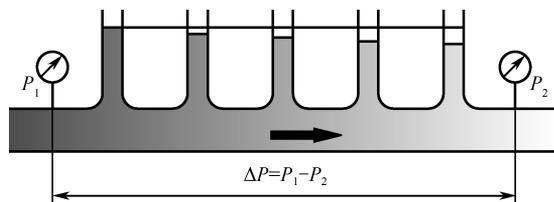


图 3-1-11 压力损失

压力损失的大小与以下因素相关：管道长度、管道截面积、管道内壁的粗糙度、管道的弯头数目、流体流动速度、流体黏性。



气动与液压技术

在液压系统中，压力损失分为两部分，一部分是油液流经等截面直管道时产生的压力损失，被称为沿程压力损失。这部分压力损失是由于液体流动时的内摩擦力引起的。另一部分是由于油液流经局部障碍，如管路转弯处、扩径或缩径处或阀口等处引起的流动方向或速度的突变造成的。它会在局部区域形成涡流，引起液体质点间相互碰撞和剧烈摩擦，从而产生压力损失。这部分压力损失被称为局部压力损失。

3) 液体的两种流态

流动的类型也是影响液压系统压力损失的重要因素。

雷诺通过大量的实验证明了液体在管路中流动有两种状态，即层流和紊流。不同的流态对损失的影响也不同。雷诺还找出了判断流态的方法，即雷诺数。

如图 3-1-12 所示，液体流速在到达某一流速之前，液体在管道内分层流动。液体质点互不干扰，平行于管路的轴线做互不混杂的层状流动，即层流。流动呈线性或层状，平行于管道轴线，没有横向运动。

随着流速的继续增大，在某一临界速度下，流动形态会发生根本改变。如图 3-1-13 所示，液体质点的运动杂乱无章，除了沿管路轴线运动外，还有剧烈的横向运动，这种流态叫紊流。

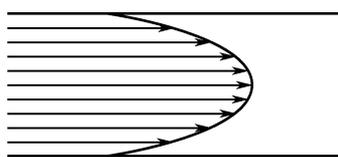


图 3-1-12 层流

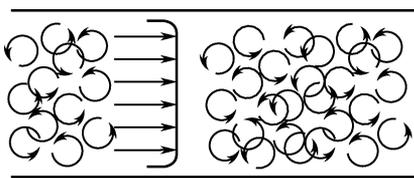


图 3-1-13 紊流

紊流会使流动阻力增大，因而压力损失会增加。设计液压系统尤其是设计管路时，必须考虑压力损失，应该避免紊流。因为它关系到系统所需的供油压力、管路的设计和布置等问题。压力损失过大，不仅会降低效率，而且会使系统温度升高。

临界速度并非固定值，取决于液体的黏度和管道的截面积。临界速度可通过计算得到，液压系统当前流速不能超过临界值，以保证液体流态为层流，尽量降低压力损失。

4) 液压介质的污染与控制

液压系统的故障 80% 以上都是因为油液污染造成的。如图 3-1-14 所示，污染物的来源主要有：1—外部的污染物；2—系统装配时造成的系统污染；3—启动造成的污染；4—内部污染；5—磨损造成的污染；6—新油带来的污染；7—维修时可能造成的污染等。

油液被污染后，会堵塞阻尼孔、使元件动作失灵、

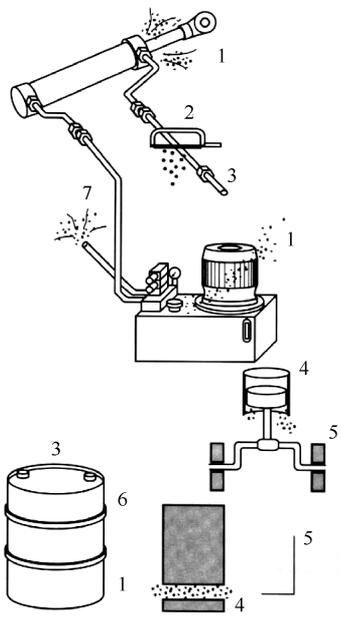


图 3-1-14 油液的污染源



加速零件磨损等，水的进入会加速油液的氧化并与添加剂作用产生黏性胶质物，堵塞滤油器。空气的进入会导致气蚀及执行元件的爬行等现象，破坏液压系统的稳定性。

油液控制污染的措施有预防与治理两个方面。

从预防的角度讲，设计、制造、清洗、装配、试验、使用各环节都应严格按操作规程执行；从液压元件的制造到系统的安装调试全过程控制污染源。液压系统油箱内壁应酸洗并磷化处理，硬管内壁酸洗，软管切长短时避免用无齿锯，应该使用专用设备，压接头后应及时清洗内壁并安装工艺堵；保持作业环境的清洁；油箱必须封闭，开式油箱应安装与系统精度对应的空气滤清器；油液循环系统应安装必要的滤油器，尤其是过滤精度符合系统要求的回油滤油器。因为新的油液清洁度也不符合液压系统要求，所以加油时必须通过过滤系统或滤油小车。

新系统调试前，对系统进行冲洗。系统中的油液应该经过 150~300 次过滤。

液压系统在使用过程中，定期检查各滤油器的报警器、空气滤清器，保证及时清洗更换滤芯；并按使用说明书的要求，定期清洗油箱、更换液压油。维护保养时，应先清洁设备主要工作表面，严格按操作规程，避免将污染物混入系统中。

任务 1.2 液压千斤顶液压系统的认知与实践

任务介绍

如图 3-1-15 所示为液压千斤顶的工作原理图，理解图中各部件在液压系统中属于哪个类型的元件，以及所起的作用。进一步掌握液压千斤顶的工作原理，并分析当千斤顶不能正常举升时的维修方法。

相关知识

1. 力的传递

如图 3-1-16 所示为力传递示意图简化数学模型，两个直径不同的充满油液的液压缸底部连通。缸内各有一个活塞 1 和 2，如果活塞能在缸内无摩擦地滑动，则活塞的自重忽略不计。要想阻止重物 W 下降，必须在活塞 1 上施加一个力 F 。当活塞 1 在力 F 的力作用下向下匀速运动时，重物 W 将随之上升。这说明密封容器中的液体不但可以传递力，还可以传递运动。

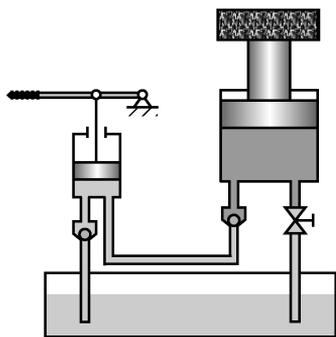
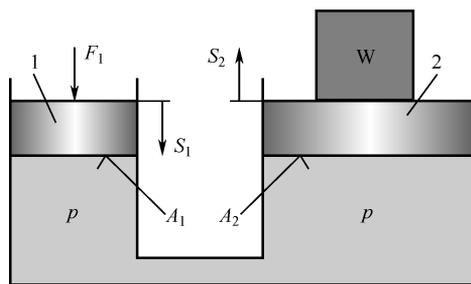


图 3-1-15 液压千斤顶的工作原理图



1—小活塞；2—大活塞； A_1 —小活塞面积； A_2 —大活塞面积；

S_1 —小活塞位移； S_2 —大活塞位移

图 3-1-16 力传递示意图简化数学模型



当活塞 1 施加作用力 F 时，其对液体产生的压力为 $p_1 = \frac{F}{A_1}$ 。

活塞 2 由于重物 W 的作用，其对液体产生的压力为 $p_2 = \frac{W}{A_2}$ 。

根据帕斯卡定律，理想液体内某一点的压力等值地传递到液体的各个点上，因此可以得出 $p = \frac{F}{A_1} = \frac{W}{A_2}$ 。

$\frac{W}{F} = \frac{A_2}{A_1}$ ，即作用力之比等于活塞面积之比。工作压力取决于负载，而与流入的液体多少无关。

在这个系统中，压力 p 取决于作用力 F 和有效面积 A 。意味着压力会逐渐升高，直到能克服运动阻力为止。

当作用力 F_1 在有效面积 A_1 上产生的压力能克服负载 W 所需压力（通过面积 A_2 ）时，就可将负载 W 抬升。

当匀速地向下按动活塞 1 使其移动 S_1 时，根据质量守恒定律，则 1 缸内被挤出的液体的体积为 $A_1 S_1$ 。在不考虑泄漏和液体的可压缩性的情况下，这部分被挤出的液体等值地进入 2 缸，使活塞 2 上升 S_2 。由此可以得出： $A_1 \cdot S_1 = A_2 \cdot S_2$ ，即 $\frac{S_1}{S_2} = \frac{A_2}{A_1}$ ，活塞位移与活塞面积成反比。

假设这些动作在 t 秒内完成，则 $A_1 \cdot \frac{S_1}{t} = A_2 \cdot \frac{S_2}{t}$ ，即 $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$ ， $\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$ 。这在流体力学中被称为流量的连续性方程，即 $Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$ 。活塞的运动速度取决于进入液压缸的流量，而与液体压力大小无关。

根据能量守恒定律，有 $F \cdot v_1 = W \cdot v_2$ ，即输入功率等于输出功率，即 $N = p_1 \cdot A_1 \cdot v_1 = p_2 \cdot A_2 \cdot v_2 = p_1 \cdot Q_1 = p_2 \cdot Q_2 = p \cdot Q$ 。液压系统的功率等于压力乘以流量，所以说压力 p 和流量 Q 是液压传动中的两个重要参数。 p 相当于机械传动中的力， Q 相当于机械传动中的速度。

2. 液压千斤顶的工作原理

如图 3-1-15 所示为液压千斤顶的工作原理图，主要由手动泵、吸油单向阀、排油单向阀、举升液压缸、手动回油阀、油箱和手动杠杆等组成。

手动泵属于动力元件，将手动杠杆输入的机械能转换为液压能。两个单向阀和手动回油阀属于控制元件，两个单向阀的作用是防止吸油腔、排油腔沟通；手动回油阀的作用是当需要将重物放下时，使举升缸中的油液流回油箱。油箱的作用除存储油液外，还可以净化和冷却油液等。

液压千斤顶的工作原理：首先关闭手动回油阀；当手动杠杆向上抬起时，带动手动泵活塞向上运动，手动泵的吸油腔容积增大，压力下降，即小于一个大气压。这时大气压将油箱中的油液通过吸油单向阀压入手动泵吸油腔，因为排油单向阀的存在，举升缸中的油液不会回流。当手动杠杆向下运动时，手动泵吸油腔的容积减小，其内部压力上升，高于一个大气压，这时油液在吸油单向阀作用下，不能回流油箱，只能通过排油单向阀排入举升缸无杆腔。如此循环往复，负载会因为举升缸无杆腔油液不断增加而升高。当完成任务后，开启手动阀，



举升缸无杆腔的油液在负载的作用下，回流至油箱，完成一个完整的工作循环。

液压千斤顶的省力环节一个是杠杆，另一个就是小油缸（手动泵）驱动大油缸（举升缸）。因为系统没有过载阀，所以在使用过程中应该注意不能超载。显然，要想保证液压千斤顶正常工作，首先油液要满足要求（清洁度和油量），其次一定要关闭手动阀，再次就是吸油单向阀和排油单向阀的密封要可靠，小油缸和大油缸的活塞密封要可靠。当系统不能正常工作时，按照上述思路，由简到繁，基本可以达到修复液压千斤顶的目的。

通过学习液压千斤顶的工作原理，可以了解液压系统吸油管路的工作压力小于一个大气压，所以要保证液压泵正常工作，满足泵的吸油要求，布置液压系统吸油管路应该注意：油液流速一般小于 1 m/s。流速过快，会造成压力损失过大，影响泵正常吸油，吸油噪声会很大。同时，吸油管路尽量短，弯头数量尽量少，有条件时，最好将泵装置布置在油箱下面，利于泵的吸油。

拓展练习 2

如图 3-1-15 所示，已知手动泵（小活塞）直径为 10 mm，行程为 20 mm，举升缸（大活塞）直径为 50 mm，重物为 5 吨，杠杆增力比为 200，问：

- (1) 杠杆端施加多大的力，才能举起重物？
- (2) 此时密封容积中的液体压力是多少？
- (3) 杠杆上下动一次，重物上升多少距离？

项目 2 液压泵的认知与实践

教学导航

知识重点	了解液压泵的概念、液压泵的分类、液压泵的主要参数；掌握齿轮泵、限压式单作用叶片泵、斜盘式轴向柱塞泵的结构、工作原理
知识难点	液压泵的结构和工作原理
技能重点	通过学习液压泵的结构和工作原理，能判断每种液压泵的旋向和吸排油口；能了解液压泵的使用注意事项、故障现象和判断方法
技能难点	液压泵的故障判断
推荐教学方式	从工作任务入手，通过对液压泵的介绍，使学生了解液压泵的结构和工作原理；通过对各种液压泵的拆装，了解液压泵的特点、使用注意事项及故障现象
推荐学习方法	通过结构图，从理论上认识液压泵；通过观察实物剖面模型，从感性上了解液压泵；通过对液压泵的拆装，真正掌握所学知识 with 技能
建议学时	8 学时

任务 2.1 齿轮泵的认知与实践

任务介绍

了解常见液压泵的基本结构及工作原理；了解常见齿轮泵的结构特点；熟练使用拆装工具，了解齿轮泵拆装方法，能正确拆装常见齿轮泵；了解齿轮泵常见故障及排除方法。



相关知识

液压泵是动力元件，是将机械能转换成液压能的装置，它向系统提供一定压力和流量的液体，是液压系统的能源。

液压泵的分类：按液压泵中运动构件的形状和运动方式来分，有齿轮泵、叶片泵、柱塞泵和螺杆泵等。按其排量能否调节来分，有定量泵和变量泵。液压泵的职能符号如表 3-2-1 所示。

表 3-2-1 液压泵的职能符号量泵和变量泵。

定 量 泵		变 量 泵	
单向定量泵	双向定量泵	单向变量泵	双向变量泵

1. 容积式液压泵的特征与工作原理

液压传动中的所有泵都是靠密封容积的变化进行工作的，所以都属于容积式液压泵。

1) 容积式液压泵具有以下两个特征

- 一是具有周期性变化的密封容腔，密封容腔由小变大时吸油，由大变小时压油。
- 二是密封容腔由小变大时只与吸油管接通；密封容腔由大变小时只与压油管相通。

2) 容积式液压泵的工作原理

如图 3-2-1 所示，当柱塞向左运动时，密封容腔增大，密封容腔出现局部真空，油箱中的油液在液面大气压的作用下从吸油管进入密封容腔，即完成泵的吸油。当柱塞向右运动时，密封容腔减小，密封容腔中的油液受压，通过排油管将油液排到液压泵的出口进入液压系统，而此时液压泵的输出压力取决于外界负载。

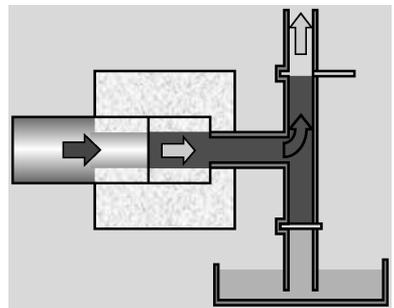


图 3-2-1 容积式泵的工作原理图

2. 外啮合齿轮泵的结构和工作原理

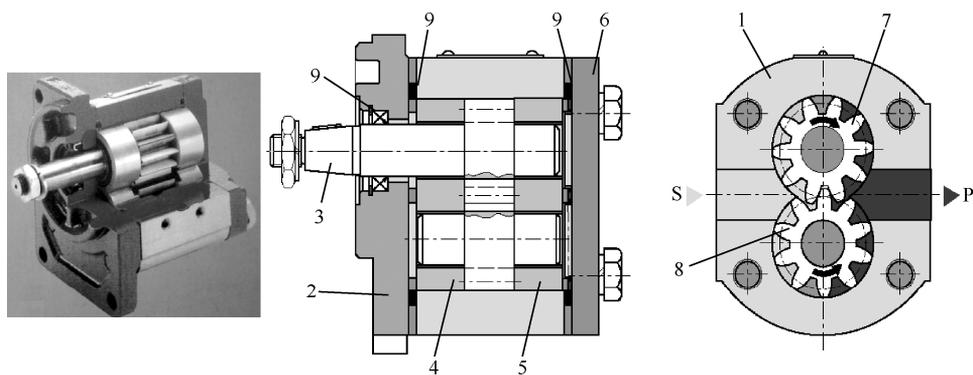
1) 外啮合齿轮泵的结构

结构：主要有主动齿轮、被动齿轮、泵体、传动轴、前后端盖、轴承套、密封圈等，如图 3-2-2 所示。

2) 外啮合齿轮泵的工作原理

密封容腔：由泵体、轴承套（侧板）和两对齿轮的啮合部位组成。

工作原理：当一对齿轮脱离啮合时，密封容腔由小变大，吸油；当一对齿轮进入啮合时，密封容腔由大变小，压油；当齿轮不断旋转时，齿轮泵就不间断地吸油和压油。齿轮啮合线、齿轮齿顶与泵体内孔、齿轮端面与轴套端面将吸油区和压油区隔开。



1—泵体；2—前端盖；3—传动轴；4，5—轴承套；6—后端盖；7—主动齿轮；8—被动齿轮；9—密封圈

图 3-2-2 外啮合齿轮泵结构示意图

3) 外啮合齿轮泵存在的几个问题

(1) 内泄漏：泄漏直接影响齿轮泵的容积效率，其泄漏途径有以下三种。

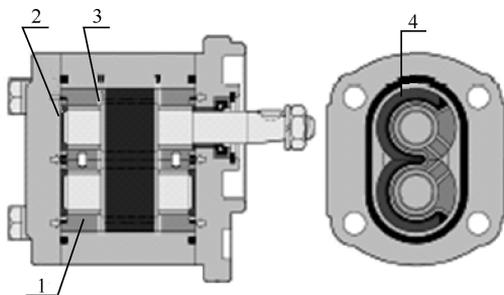
① 轴向泄漏：由齿轮的端面和轴承套（轴承）端面之间的间隙造成的，占总泄漏量的 80% 以上。

② 径向泄漏：由齿顶与壳体内表面之间的间隙造成的，占总泄漏量的 15%。

③ 啮合线泄漏：由两个齿轮互相啮合部位的间隙造成的，占总泄漏量的 5%。

由上述分析可知，轴向泄漏所占比例最大，因此，要想提高齿轮泵的容积效率，必须设法减小端面间隙的泄漏。

改善轴向泄漏的方法：采用端面间隙自动补偿，如图 3-2-3 所示，两个齿轮互相啮合的齿轮支承在前后轴承套 1 的轴承里，轴承套 1 可在壳体内做轴向浮动。从压油腔引至轴承套外端面 2 的油液，作用在有一定形状和大小的面积 4 上，此力把轴承套压向齿轮端面 3，从而减小了端面间隙。



1—轴承套；2—轴承套外端面；3—齿轮端面；4—压力油作用面积

图 3-2-3 轴向间隙补偿原理图

齿轮泵工作压力越高，轴向间隙补偿的力就越大，从而改善了齿轮泵轴向间隙泄漏。

(2) 径向不平衡力。

泵内压力腔的油液经过径向间隙逐渐渗漏到吸油腔，其压力逐渐减小，如图 3-2-4 所示，液压力作用在齿轮上的合力由轴承来承受，因而影响了轴承的寿命，往往成为提高泵工作压



力的限制因素。

为了改善齿轮泵径向不平衡力，一般在轴承套上进行加工，沿圆周方向引压力油至距离吸油口两个齿顶处。将压力油引到排油腔对面，使径向力自己平衡掉一部分，如图 3-2-5 所示。

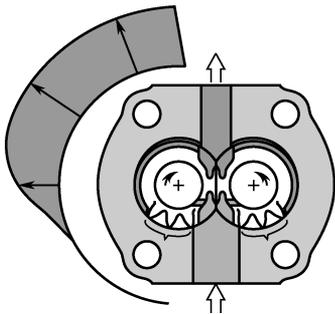


图 3-2-4 径向力的分布示意图

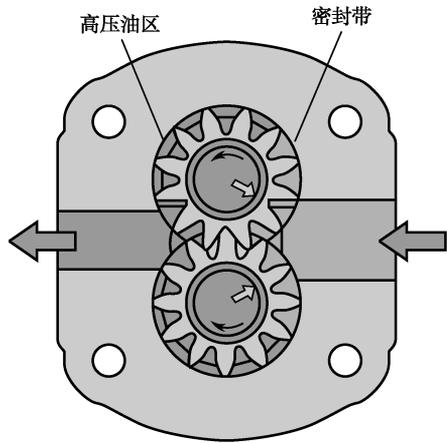


图 3-2-5 径向力的改善措施示意图

尽管采取了齿轮泵径向不平衡力改善措施，但因为工压压力较高，轴径较小，所以在齿轮泵工作时，径向不平衡力仍然会使齿轮轴变形。因为变形，齿轮齿顶会在壳体内表面切出痕迹，这种现象在齿轮泵生产中称为“扫膛”。

因为齿轮泵存在径向不平衡力，所以当齿轮泵超载工作时，齿轮轴变形量加大，往往会造成断轴等损坏现象。

(3) 流量脉动。

随着啮合点位置的不断变化，齿轮泵吸、压油腔在每一瞬间的容积变化率是不均匀的，因此齿轮泵的瞬时流量是脉动的。齿数越多，脉动越小。流量脉动的危害：流量脉动越大，噪声就越大。

(4) 困油现象及消除措施。

困油现象：为了使齿轮泵的齿轮平稳啮合运转，吸、压油腔严格密封且均匀而连续地供油，必须使齿轮的啮合重叠系数 $\xi > 1$ ，即在一对齿轮完全脱离啮合之前后面的一对齿轮已经进入啮合。这样两对齿轮之间形成了封闭容腔，称之为闭死容积。如图 3-2-6 所示，在齿轮旋转的过程中，该闭死容积的大小是不断变化的。由图 (a) 旋转到图 (b) 所示位置时，闭死容积由大变小；由图 (b) 旋转到图 (c) 所示位置时，闭死容积从小变

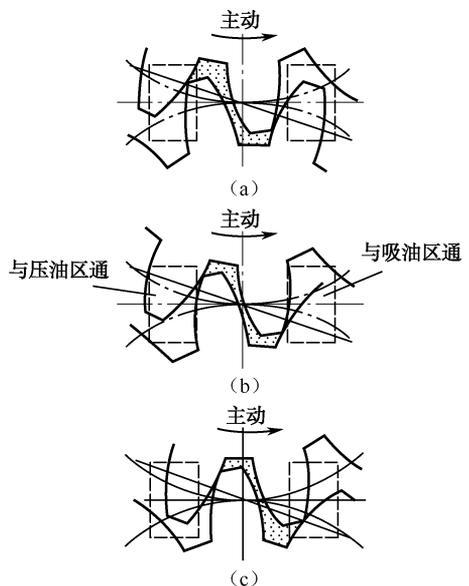


图 3-2-6 齿轮泵中的困油现象示意图



大。这种现象称为困油现象。

如图 3-2-7 所示,当两个啮合齿轮同时出现两个啮合点时,两啮合点之间的区域油液存在困油现象。

消除措施:如图 3-2-7 所示,在轴承套两侧上开卸荷槽。当闭死容积由大变小时,使其借助卸荷槽与压油腔相通。当闭死容积由小变大时,使其借助卸荷槽与吸油腔相通。

3. 齿轮泵的拆装实践练习

通过拆装进一步掌握齿轮泵的结构及其工作原理,了解齿轮泵故障现象及排除方法。

根据齿轮泵实际结构,能够判断吸、排油口。根据吸、排油口可判断齿轮泵的旋向。如图 3-2-8 所示,一般单向泵吸油口大,排油口小,因为吸油工作压力低,允许流速慢;排油口工作压力高,允许流速快。

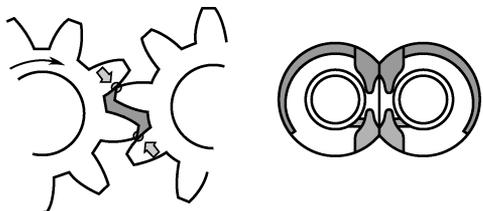


图 3-2-7 齿轮泵困油现象及消除措施示意图

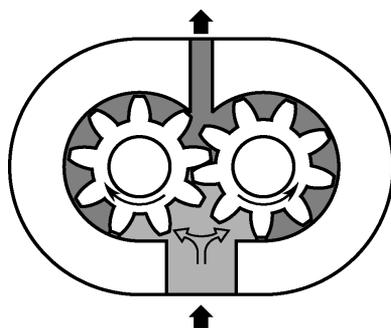


图 3-2-8 齿轮泵吸、排油口大小及旋转方向示意图

根据工作原理判断齿轮泵的旋向。从泵的传动轴方向看,顺时针旋转的为右旋泵,反之为左旋泵。

单向泵不允许反向旋转,反向旋转会损坏液压泵。

根据齿轮泵存在的 4 个问题,依次找出其在相关零部件上的改善或解决措施。

齿轮泵安装使用时应该注意以下几点:

因为齿轮泵轴承为滑动轴承,而且精度配合要求很高,所以齿轮泵不能承受径向力,不然会很快损坏。齿轮泵应通过挠性联轴器直接与电动机连接,一般不可刚性连接或通过齿轮副及皮带轮机构与动力源连接,由主动齿轮承受径向力,容易造成齿轮泵泵轴弯曲、单边磨损和泵轴油封失效。

限制齿轮泵的极限转速。转速不能过高或过低。转速过高,产生吸空现象,产生振动和噪声;转速过低,不能使泵形成必要的真空度,造成吸油不畅。目前国产齿轮泵的驱动转速一般在 800~2 500 rpm 的范围内,详见齿轮泵使用说明书。

教学拆装用齿轮泵,在拆装过程中应该避免任何敲击等不规范做法,不能正常装配时,应该找出具体原因,一般是有毛刺了,去刺后再装配。这条原则适合各种液压泵的拆装(当液压泵有滚动轴承时,需要用紫铜棒敲击)。

齿轮泵常见故障、产生原因及排除方法见表 3-2-2。需要指出的是,因为齿轮泵零部件加工精度很高,所以非专业人员不应该随意拆装正常工作的齿轮泵。因为齿轮泵价格相对较便宜,所以齿轮泵出现故障时,一般采用更换新泵的方法。



表 3-2-2 齿轮泵常见故障、产生原因及排除方法

故 障	产生原因	排除方法
不吸油、 输油不足、 压力提不高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电动机转向错误。 2. 吸入管道或滤油器堵塞。 3. 轴向间隙或径向间隙过大。 4. 各连接处泄漏，有空气混入。 5. 油液黏度太大或油液温升太高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 纠正电动机旋转方向。 2. 疏通管道，清洗滤油器，换新油。 3. 更换新泵。 4. 紧固各连接管路，避免泄漏，防止空气混入。 5. 油液应根据温升变化选用
噪声严重、 压力波动大	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油管及滤油器部分堵塞或吸油管入口处滤油器容量小。 2. 从吸入管或轴密封处吸入空气或者油中有气泡。 3. 泵轴与联轴器同轴度超差或擦伤。 4. 油液黏度太大或温升太高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 除去脏物，使吸油管畅通，或改用容量合适的滤油器。 2. 紧固各连接管路，避免泄漏，防止空气混入。 3. 调整同轴度。 4. 应根据温升变化选用油液
液压泵旋转 不灵活或咬死	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油泵装配不良，泵和电动机的联轴器同轴度不好。 2. 油液中杂质被吸入泵体内 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根据油泵技术要求重新装配。 2. 保持油液洁净

液压泵装配不当会影响其工作性能和降低寿命，因此在安装时应做到以下几点：

- (1) 确保装配关系正确。
- (2) 因为液压泵一些精度高的零件是分组装配的，所以每个液压泵零件不能互换。
- (3) 一般不允许任何敲击等，有毛刺时应去刺后再装配。
- (4) 要拧紧连接螺钉，并注意拧紧顺序；密封装置要可靠，以免引起吸空、漏油，影响泵的工作性能。

拆装前的准备工作：

- (1) 分析原理，弄清待拆装齿轮泵的结构与工作原理。
- (2) 准备拆装所需工具、量具、刀具等。
- (3) 确定正确的拆卸顺序（按照由外及里、由上到下的原则）及安装步骤（与拆卸顺序相反）。

拆卸：用各种拆卸工具按照一定的顺序进行拆卸，注意事项如下。

- (1) 对于因别劲而拆不下来的零件，严禁用力敲打，尽量用静力拆卸。
- (2) 对于各配合件应记清序号，尽量保持原件相配合，以免安装后精度降低。
- (3) 对于各零件，应妥善保存。

观察：结合工作原理仔细观察，弄清其内部结构。

上述装配要求适合齿轮泵、叶片泵、柱塞泵。

任务 2.2 叶片泵的认知与实践

任务介绍

了解叶片泵的分类，常见叶片泵的结构特点；熟练使用拆装工具，了解叶片泵拆装方法，能正确拆装限压式单作用叶片泵；了解叶片泵常见故障及排除方法。

相关知识

1. 叶片泵的分类

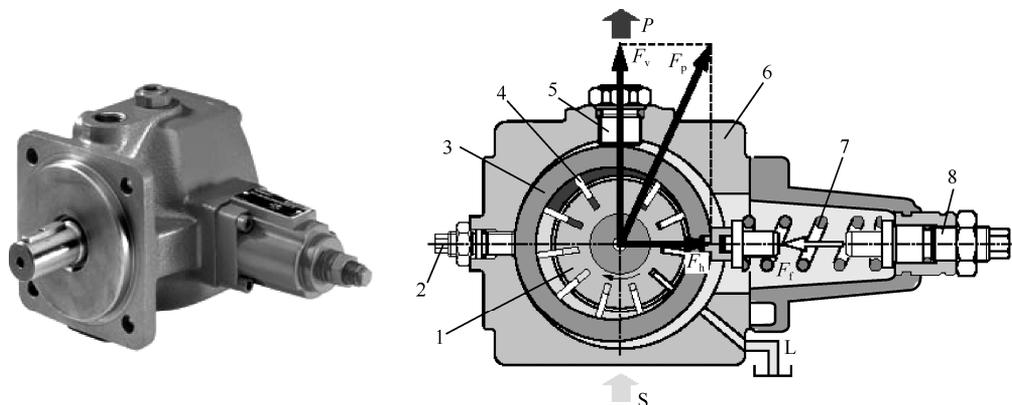
叶片泵根据每转作用次数的不同，可分为双作用式和单作用式两大类。



2. 限压式单作用叶片泵的结构和工作原理

1) 限压式单作用叶片泵的结构及特点

结构：主要由叶片、转子、定子、配流盘、泵体和流量、噪声、压力调节螺钉等组成，如图 3-2-9 所示。



1—转子；2—流量调节螺钉；3—定子环；4—叶片；5—噪声调节螺钉；6—泵体；
7—弹簧；8—压力调节螺钉；S—吸油口；P—压油口；L—漏油口

图 3-2-9 限压式单作用叶片泵的结构图

密封容腔：两叶片之间、转子的外表面及定子的内表面所形成的容腔。

配流装置：具有两个月牙形的配流窗口。

结构特点：定子和转子是偏心布置的，转子的中心是固定的，定子的中心是可变的；定子的内表面形状是圆环；配油盘上开有两个月牙形窗口。

2) 限压式单作用叶片泵的工作原理

限压式单作用叶片泵的工作原理如图 3-2-9 所示，当传动轴带动转子旋转时，叶片在离心力的作用下甩出，同时叶片根部也受来自相应工作口油液的作用，将叶片紧贴在定子的内表面上。当转子顺时针转动时，下部区域的密封容腔不断扩大，形成局部真空，油液在大气压力的作用下，自泵的进口进入配流盘的吸油窗口来填充扩大了密封容腔，这就是泵的吸油过程。与此同时，处在上部区域的密封容腔不断减小，受压的油液经压油窗口流向泵的出口，这就是泵的排油过程。由于压力 P 同时作用在定子环的内表面上，产生的液压力合力为 F_p ，此力可以分解为水平分力 F_h 和一个垂直分力 F_v ，垂直分力的作用是将定子环顶在螺钉 5 上，水平分力的方向正好和定子环外侧的弹簧力 F_t 的方向相反。当系统压力较低，即水平分力 F_h 小于弹簧力 F_t 时，定子环在弹簧力的作用下将定子顶在螺钉 2 上，此时转子和定子的偏心距最大，泵的流量也是最大的。随着系统压力的增加，水平分力也在增加，当水平分力大于弹簧力时，定子环在压力差的作用下水平向右移动，偏心距减小，泵的输出流量减小。

当泵的压力达到某一数值时，偏心距减小到某一数值时，泵的输出流量和补偿泵的内泄漏所需流量相等，此时泵的实际输出流量为零，此后不管外界负载再怎样加大，泵的输出压力不再升高。限压式单作用叶片泵的特性曲线如图 3-2-10 所示。



由于转子转一周，每个密封容腔都完成一次吸油和一次排油，因此称为单作用式。

限压式单作用叶片泵转子及轴承受到径向不平衡力，它随着泵的工作压力提高而提高，所以此类泵的工作压力不能太高。

流量调节螺钉 2：调节流量调节螺钉 2，可以调节定子的位置，即调节偏心距的大小，从而调节最大输出排量。

噪声调节螺钉 5：调节噪声调节螺钉 5，即调节定子环和转子是否在同一水平线上，通过听泵的噪声来判断。

压力调节螺钉 8：调节压力调节螺钉 8，可以调节系统的最高工作压力。

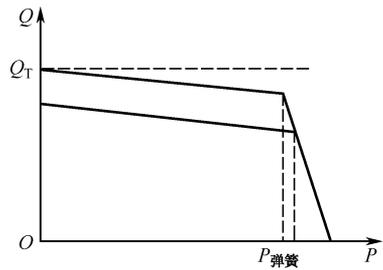


图 3-2-10 限压式单作用叶片泵的特性曲线

3. 限压式单作用叶片泵的拆装实践练习

通过拆装进一步掌握限压式单作用叶片泵的结构及工作原理。根据叶片泵的实际结构，能够判断吸、排油口。根据吸、排油口会判断单作用叶片泵的旋向。

根据齿轮泵存在的 4 个问题的分析思路，结合限压式单作用叶片泵的实际结构，分析限压式单作用叶片泵内泄漏的途径、径向不平衡力的产生原因、困油现象及解决措施。分析为什么其流量比齿轮泵均匀。

限压式单作用叶片泵安装使用时应该注意以下几点：

因为限压式单作用叶片泵轴承为滑动轴承，而且精度配合要求很高，所以限压式单作用叶片泵不能承受径向力，不然会很快损坏。

限压式单作用叶片泵也不能超过其转速范围使用。

限压式单作用叶片泵常见故障及排除方法见表 3-2-3。限压式单作用叶片泵零部件加工精度很高，非专业人员不应该随意拆装正常工作的限压式单作用叶片泵。限压式单作用叶片泵长时间使用出现故障时，一般建议更换新泵。

表 3-2-3 限压式单作用叶片泵常见故障、产生原因及排除方法

故 障	产生原因	排除方法
液压泵吸不上油或无压力	<ol style="list-style-type: none"> 1. 泵的旋转方向不对，泵吸不上油。 2. 液压泵传动键脱落。 3. 进、出油口接反。 4. 油箱内油面过低，吸入管口露出液面。 5. 转速太低，吸力不足。 6. 油液黏度过高使叶片运动不灵活。 7. 油温过低，使油液黏度过高。 8. 系统油液过滤精度低，导致叶片在槽内卡住。 9. 吸入管道或过滤装置堵塞或过滤器过滤精度过高造成吸油不畅。 10. 吸油管道漏气 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一般泵上有箭头标记泵的旋转方向，如果旋转方向错了，可改变电动机旋向。 2. 重新安装传动键。 3. 按说明书选用正确接法。 4. 补充油液至最低油标线以上。 5. 转速低，不能形成真空状态。一般叶片泵转速低于 500 rpm 时，吸不上油。 6. 选用推荐黏度的工作油液。 7. 加温至推荐的正常工作温度。 8. 拆洗液压泵并更换油液。 9. 清洗管道或过滤装置，除去堵塞物，更换或过滤油箱内油液，按说明书正确选用滤油器。 10. 检查管道各连接处，排除泄漏环节



续表

故障	产生原因	排除方法
流量不足, 达不到额定值	<ol style="list-style-type: none"> 1. 转速未达到额定转速。 2. 系统中有泄漏。 3. 吸油不充分: <ol style="list-style-type: none"> (1) 油箱内油面过低。 (2) 吸入管道堵塞或口径小。 (3) 油液黏度过高或过低。 4. 变量泵流量调节不当 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按说明书指定额定转速选用电动机转速。 2. 检查系统, 排除泄漏环节。 3. 充分吸油 <ol style="list-style-type: none"> (1) 补充油液至最低油标线以上 (2) 清洗管道, 选用不小于泵入口口径的吸入管 (3) 选用推荐黏度的工作油 4. 重新调节至所需流量
压力升不上去	<ol style="list-style-type: none"> 1. 溢流阀调整压力太低或出现故障。 2. 系统中有泄漏。 3. 变量泵压力调节不当 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重新调试溢流阀压力或修复溢流阀。 2. 检查系统, 排除泄漏环节。 3. 重新调节压力调节螺钉至所需压力
噪声过大	<ol style="list-style-type: none"> 1. 吸入管道漏气。 2. 吸油不充分。 3. 泵轴和电动机机轴不同心。 4. 油中有气泡。 5. 泵转速过高。 6. 泵压力过高。 7. 轴密封处漏气 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查各连接处, 并予以密封紧固。 2. 同前述排除方法。 3. 重新安装达到说明书要求的精度。 4. 补充油液或采取结构措施, 把回油浸入油面以下。 5. 选用推荐转速。 6. 降压至额定压力以下。 7. 更换油封
过度发热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油温过高。 2. 油液黏度太低, 内泄过大。 3. 工作压力过高。 4. 回油口直接接到泵入口。 5. 泵的容积效率低下 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改善油箱散热条件或增设冷却器, 使油温控制在推荐正常工作的油温范围内。 2. 选用推荐黏度的工作油液。 3. 降压至额定压力以下。 4. 回油口接至油箱液面以下。 5. 更换新泵
振动过大	<ol style="list-style-type: none"> 1. 泵轴与电动机机轴不同心。 2. 安装螺钉松动。 3. 转速或压力过高。 4. 吸入管道漏气。 5. 吸油不充分。 6. 油中有气泡 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重新安装达到说明书要求的精度。 2. 拧紧螺钉。 3. 调整至需要的范围以内。 4. 检查各连接处, 并予以密封紧固。 5. 同前述排除方法。 6. 补充油液或采取结构措施, 把回油浸入油面以下
外渗漏	<ol style="list-style-type: none"> 1. 密封老化或损伤。 2. 进、出油口连接部位松动。 3. 密封面磕碰 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换密封。 2. 紧固螺钉或管接头。 3. 修磨密封面

4. 双作用叶片泵的结构和工作原理

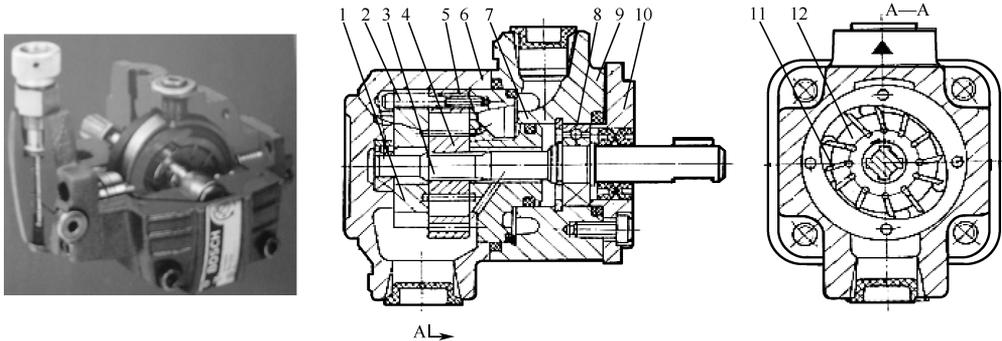
1) 双作用叶片泵的结构及特点

结构: 主要由叶片、转子、定子、配流盘、泵体、端盖等组成, 如图 3-2-11 所示。

密封容腔组成: 两叶片之间、转子的外表面及定子的内表面所形成的容腔。

配流装置: 具有 4 个月牙形孔的配流窗口。

结构特点: 定子和转子是同心放置的; 定子的中心是固定的; 定子内表面曲线由两段大半径圆弧、两段小半径圆弧和 4 段过渡曲线组成; 配油盘上开有 4 个月牙形窗口。



1—左配流盘；2—圆柱销；3—传动轴；4—转子；5—定子；6—左泵体；
7—右配流盘；8—滚珠轴承；9—右泵体；10—端盖；11—叶片；12—转子

图 3-2-11 YB 型双作用叶片泵的结构图

2) 双作用叶片泵的工作原理

双作用叶片泵的工作原理如图 3-2-12 所示，当传动轴带动转子旋转时，叶片在离心力的作用下甩出；同时叶片根部也受来自出口的压力油作用，将叶片紧贴在定子的内表面上。当转子逆时针转动时，密封容腔 a 和 c 不断扩大，形成局部真空，油液在大气压力的作用下，自泵的吸油口通过配流盘的两个吸油窗口来填充扩大了密封容腔 a 和 c，这就是泵的吸油过程。与此同时，密封容腔 b 和 d 不断减小，受压的油液分别经两个压油窗口流向泵的出口，这就是泵的排油过程。

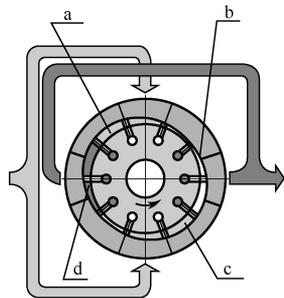


图 3-2-12 双作用叶片泵工作原理图

转子转一周，每个密封容腔都完成两次吸油和两次排油，因此称为双作用式。由于两个吸油窗口和两个压油窗口都是对称布置的，所以作用在转子上的径向液压力是相互平衡的，因此也称为平衡式叶片泵。

双作用叶片泵一般是定量泵。

根据以上叶片泵的介绍，其具有结构紧凑、体积小、重量轻、流量均匀、噪声小、寿命长等优点；但吸入特性不太好，对油液的污染比较敏感，制造工艺要求也比较高。广泛应用在机床、工程机械、船舶、压铸机和冶金设备中。

任务 2.3 柱塞泵的认知与实践

任务介绍

了解柱塞泵的基本结构及工作原理；熟练使用拆装工具，了解柱塞泵拆装方法，能正确拆装常见柱塞泵；了解柱塞泵常见故障及排除方法。

相关知识

1. 柱塞泵的特点

柱塞泵具有结构紧凑，单位功率体积小，重量轻，工作压力高，容易实现变量等优点。