

项目3

液压动力元件的应用

项目目标

通过本项目的学习，学生应能识别常用液压泵，如齿轮泵、叶片泵等，理解各种液压泵的工作原理与性能，并能正确地选用和拆装液压泵。具体目标如下。

- (1) 掌握液压泵的工作原理。
- (2) 掌握液压泵的分类和结构。
- (3) 能进行液压泵的主要性能和参数计算。
- (4) 能进行液压泵与电机参数的选用。
- (5) 能进行液压泵简单故障的分析与排除。



扫一扫看教学课件：汽车修理升降台动力元件的应用

任务 3.1 汽车修理升降台动力元件的应用

任务引入

图 3.1 所示为汽车修理液压升降台的外形图。汽车的升降是由液压缸带动升降台上下运动实现的。那么如何使液压缸实现这一运动？通过什么元件来实现这一运动？如何选择这些元件？这些元件的结构如何？这些问题都可以通过本任务来解决。



扫一扫看课程思政：水利枢纽工程——都江堰



图 3.1 汽车修理液压升降台的外形图



任务分析

分析上述任务，要使液压缸向上运动必须在液压缸的压力油进油口输入压力油，而要使升降台克服汽车的重力，又要求输入的压力油的压力足够大。在液压系统中动力元件起着向系统提供动力源的作用，是系统不可缺少的核心元件，液压系统中的动力元件指的就是液压泵。

液压泵有很多种，其中齿轮泵结构简单、维护方便、造价低，对工作环境的适应性较好，而升降台液压泵维护和保养简单、成本低，所以齿轮泵能很好地满足其使用要求，为此本节选取齿轮泵作为动力元件。

相关知识

液压泵作为液压系统的动力元件，能将原动机（如电动机、柴油机等）输入的机械能（转矩和角速度）转换为压力能（压力和流量）输出，为执行元件提供压力油。液压泵的性能好坏直接影响液压系统的工作性能和可靠性，在液压传动中占有极其重要的地位。液压传动中使用的液压泵都是容积式液压泵，它是依靠周期变化的密封容积和配流装置来工作的，主要有齿轮泵、叶片泵和柱塞泵等。

3.1.1 液压泵的工作原理及分类

1. 液压泵的工作原理

图 3.2 所示为液压泵的工作原理。柱塞装在缸体内，并可左右移动，在弹簧的作用下，柱塞紧压在偏心轮的外表面上。当电动机带动偏心轮旋转时，偏心轮推动柱塞左右运动，使密封容积 α 的大小发生周期性变化。当 α 由小变大时就形成了部分真空，使油箱中的油液在大气压的作用下，经吸油管道顶开单向阀 6 进入油腔以实现吸油；反之，当 α 由大变小时，腔中吸满的油液会顶开单向阀 5 流入系统而实现压油。电动机带动偏心轮不断旋转，液压泵就不断地吸油和压油。

由于这种泵是依靠泵的密封工作腔的容积变化来实现吸油和压油的，因此称之为容积式泵。

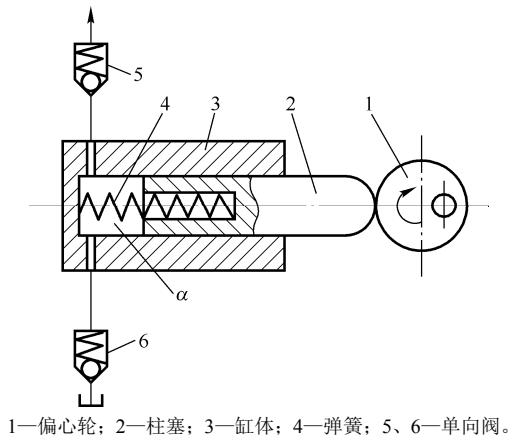
容积式泵的流量大小取决于密封工作腔容积变化的大小和次数。若不计泄漏，则流量与压力无关。

2. 液压泵的分类

液压泵的分类方式很多，它可按压力大小分为低压泵、中压泵和高压泵；也可按流量



扫一扫看动画：
液压泵的工作原理



1—偏心轮；2—柱塞；3—缸体；4—弹簧；5、6—单向阀。

图 3.2 液压泵的工作原理



是否可调节分为定量泵和变量泵；还可按泵的结构分为齿轮泵、叶片泵和柱塞泵，其中齿轮泵和叶片泵多用于中、低压系统，柱塞泵多用于高压系统。

液压泵的图形符号如图 3.3 所示。

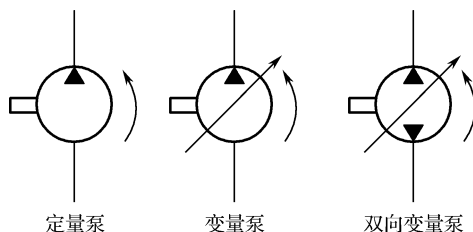


图 3.3 液压泵的图形符号

3.1.2 液压泵的主要性能参数

1. 工作压力

液压泵在实际工作时的输出压力称为液压泵的工作压力，用符号 p 表示。工作压力取决于外负载的大小和排油管路上的压力损失，而与液压泵的流量无关。

2. 额定压力

液压泵在正常工作条件下，按试验标准规定，连续运转的最高压力称为液压泵的额定压力。

3. 最大压力

最大压力指液压泵在短时间内过载运行的极限压力。最大压力值的大小由液压泵零部件的结构强度和密封性来决定。超过这个压力值，液压泵就有可能发生机械或密封方面的损坏。

由于液压传动的用途不同，系统所需的压力也不相同，为了便于液压元件的设计、生产和使用，将压力分为几个等级，如表 3.1 所示。

表 3.1 压力等级

压力等级	低压	中压	中高压	高压	超高压
压力/MPa	≤ 2.5	2.5~8	8~16	16~32	≥ 32

4. 排量

排量是泵主轴每转一周所排出液体体积的理论值，用符号 V 表示。如果泵排量固定，则为定量泵；如果泵排量可变，则为变量泵。一般定量泵因为密封性较好，泄漏小，所以在高压时效率较高。

5. 流量

流量为泵单位时间内排出的液体体积 (L/min)，用符号 q 表示，有理论流量 q_t 和实际流量 q 两种。

$$q_t = Vn \quad (3.1)$$

式中， V 表示泵的排量 (L/r)； n 表示泵的转速 (r/min)。

$$q = q_t - \Delta q \quad (3.2)$$

式中， Δq 表示泵运转时，油从高压区泄漏到低压区的泄漏量。

6. 液压泵的功率和效率

1) 液压泵的功率

(1) 输出功率 P_o

泵输出的是液压能，表现为输出油液的压力 p 和流量 q 。

$$P_o = pq \quad (3.3)$$


 (2) 输入功率 P_i

液压泵的输入功率为泵轴的驱动功率, 其值为

$$P_i = 2\pi n T_i \quad (3.4)$$

2) 液压泵的效率

 (1) 容积效率 η_v

容积效率是指液压泵的实际流量 q 与理论流量 q_t 的比值, 即

$$\eta_v = q/q_t \quad (3.5)$$

 (2) 机械效率 η_m

机械效率是指液压泵的理论转矩 T_t 与实际输入转矩 T_i 的比值, 即

$$\eta_m = T_t/T_i \quad (3.6)$$

 (3) 总效率 η

总效率是指液压泵的输出功率与输入功率的比值, 即

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{pq}{2\pi n T_i} = \frac{q}{Vn} \frac{pV}{2\pi T_i} = \eta_v \eta_m \quad (3.7)$$

【实例 3-1】某液压系统, 泵的排量 $V=10 \text{ mL/r}$, 电机转速 $n=1\,200 \text{ r/min}$, 泵的输出压力 $p=5 \text{ MPa}$, 泵的容积效率 $\eta_v=0.92$, 总效率 $\eta=0.84$, 求:

(1) 泵的理论流量。

(2) 泵的实际流量。

(3) 泵的输出功率。

(4) 驱动电机功率。

解 (1) 泵的理论流量为

$$q_t = Vn = 10 \times 1\,200 \times 10^{-3} = 12 \text{ (L/min)}$$

(2) 泵的实际流量为

$$q = q_t \eta_v = 12 \times 0.92 = 11.04 \text{ (L/min)}$$

(3) 泵的输出功率为

$$P_o = pq = 5 \times 11.04 / 60 = 0.92 \text{ (kW)}$$

(4) 驱动电机功率为

$$P_M = P_i = P_o / \eta = 0.92 / 0.84 = 1.1 \text{ (kW)}$$

3.1.3 齿轮泵的工作原理与结构



扫一扫看微课视频:
齿轮泵的工作原理与结构

齿轮泵按结构形式可分为外啮合齿轮泵和内啮合齿轮泵两种, 内啮合齿轮泵的应用较少, 故重点介绍外啮合齿轮泵。外啮合齿轮泵具有结构简单、紧凑、容易制造、成本低、对油液污染不敏感、工作可靠、维护方便、寿命长等优点, 被广泛应用于各种低压系统中。随着齿轮泵在结构上的不断完善, 中、高压齿轮泵的应用逐渐增多。目前高压齿轮泵的工作压力可达 $14 \sim 21 \text{ MPa}$ 。

1. 外啮合齿轮泵的工作原理

外啮合齿轮泵的工作原理如图 3.4 所示。它由装在壳体内的一对齿轮组成, 齿轮两侧用端盖罩住, 壳体、端盖和齿轮的各个齿间槽组成了许多密封工作腔。当齿轮按图 3.4 所示的



方向旋转时, 右侧吸油腔由于相互啮合的齿轮逐渐脱离, 密封工作容积逐渐增大, 形成部分真空, 因此油箱中的油液在外界大气压的作用下, 经吸油管进入吸油腔, 将齿间槽充满, 并随着齿轮旋转, 把油液带到左侧的压油腔内。在压油区一侧, 由于齿轮在这里逐渐进入啮合, 密封工作腔容积不断减小, 油液便被挤出去, 从压油腔输送到压油管路中去。这里的啮合点处的齿面接触线一直起着隔离高、低压油腔的作用。

2. 齿轮泵存在的问题

1) 齿轮泵的泄漏问题

外啮合齿轮泵在工作过程中有三个泄漏途径: 一为两个齿轮的齿面啮合处, 二为齿轮齿顶面与泵体内表面的径向间隙, 三为齿轮端面与端盖间的轴向间隙。其中齿轮端面和端盖间的轴向间隙的泄漏量占总泄漏量的 75%~80%。当压力增加时, 齿轮端面不会改变, 但端盖的挠度增大, 此为外啮合齿轮泵泄漏最主要的原因, 故外啮合齿轮泵不适合用作高压泵。

为解决外啮合齿轮泵的内泄漏问题, 增大其压力, 逐步开发出固定侧板式齿轮泵, 其最高允许压力平均为 7~10 MPa; 开发出的可动侧板式齿轮泵在高压时侧板会被往内推, 以减少高压时的内漏, 其最高压力可达 14~17 MPa。

2) 齿轮泵的困油问题

为了使齿轮泵能连续、平稳地供油, 必须使齿轮啮合的重叠系数 $\epsilon > 1$, 以保证工作的任一瞬间至少有一对轮齿在啮合。由于 $\epsilon > 1$, 会出现两对轮齿同时啮合的情况, 即原先一对啮合的轮齿尚未脱离, 后面的一对轮齿已进入啮合。这样就会在两对啮合的轮齿之间产生一个闭死的容积, 称为困油区, 使留在这两对轮齿之间的油液困在这个封闭的容积内。齿轮泵的困油现象如图 3.5 所示。随着齿轮的转动, 困油区的容积大小会发生变化。当容积缩小时, 由于无法排油, 因此困油区的油液受到挤压, 压力急剧升高; 随着齿轮的继续转动, 闭死容积逐渐变大(当前面一对啮合的轮齿处于即将脱离的位置时, 闭死容积为最大), 由于无法补油, 困油区会形成局部真空。当油液处在困油区中, 需要排油时无处可排, 而需要被充油时, 又无法补充, 这种现象就叫作困油现象。困油现象极为严重地影响着泵的工作平稳性和使用寿命。

为了消除困油现象, 在齿轮泵的泵盖上铣出了两个困油卸荷槽, 其几何关系如图 3.5 所示。卸荷槽的位置应该使困油腔由大变小时, 能通过卸荷槽与压油腔相通, 而当困油腔由小变大时, 能通过另一个卸荷槽与吸油腔相通。两个卸荷槽之间的距离为 a , 必须保证在任何时候都不能使压油腔和吸油腔互通。

3) 齿轮泵的径向不平衡力

当齿轮泵工作时, 在齿轮和轴承上会承受径向液压力的作用。齿轮泵的径向不平衡力如图 3.6 所示。泵的左侧为吸油腔, 右侧为压油腔。在压油腔内有液压力作用于齿轮上, 沿着齿顶泄漏油, 具有大小不等的压力, 就是齿轮和轴承受到的径向不平衡力。液压力越高, 这个不平衡力就越大, 其结果不仅加速了轴承的磨损, 降低了轴承的寿命, 甚至使轴变形, 造成齿顶和泵体内壁的摩擦等。为了解决径向力不平衡的问题, 在有些齿轮泵上, 采用开压力平衡槽的办法来消除径向不平衡力, 但这将使泄漏增大、容积效率降低等。CB-B 型齿轮泵

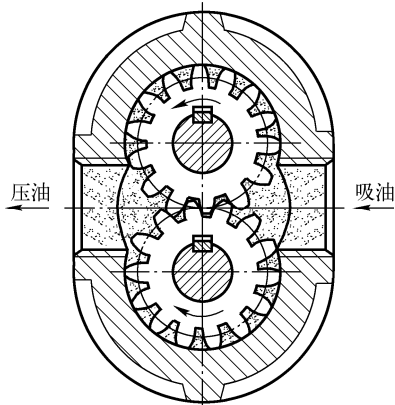


图 3.4 外啮合齿轮泵的工作原理



扫一扫看动画:
外啮合齿轮泵
工作原理



扫一扫看微
课视频: 困
油



扫一扫看动
画: 困油现
象



则采用缩小的压油腔，通过减少液压力对齿顶部分的作用面积来减小径向不平衡力，所以泵的压油口孔径比吸油口孔径要小。

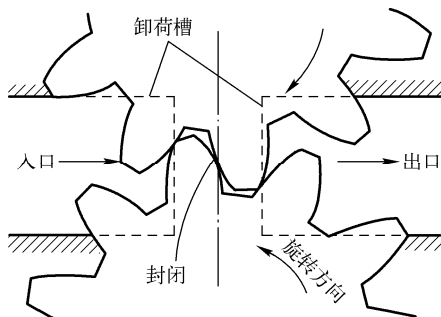


图 3.5 齿轮泵的困油现象

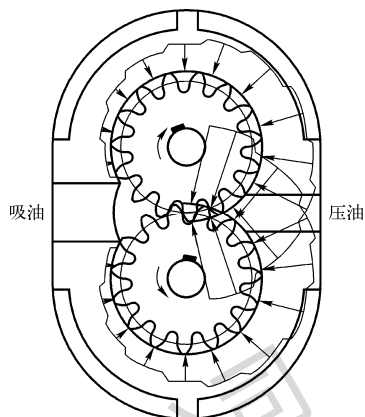


图 3.6 齿轮泵的径向不平衡力

3. 齿轮泵的结构

齿轮泵的外形大致相同，而内部结构却不同，可分为无侧板型齿轮泵、浮动侧板型齿轮泵和浮动轴套型齿轮泵。

CB-B 型外啮合齿轮泵为无侧板型齿轮泵，其结构如图 3.7 所示。它是分离三片式结构，三片是指泵体和前、后泵盖，结构简单，不能承受较高的压力。泵体内装有一对齿数相等又相互啮合的齿轮，长轴和短轴通过键与齿轮相连接，两根轴借助滚针轴承支撑在前、后泵盖中。前、后泵盖与泵体用两个定位销定位，用 6 个螺钉连接并压紧。为了使齿轮能灵活地转动，同时使泄漏最小，在齿轮端面 and 泵盖之间应有适宜的间隙。为了防止泵内油液外泄，减轻螺钉的拉力，在泵体的两个齿轮端面开有封油卸荷槽 d，此槽与吸油口相通，泄漏油由此槽流回吸油口。另外，在前、后泵盖中的轴承处也钻有泄漏油孔，使轴承处的泄漏油液经短轴的中心通孔 b 及通道 c 流回吸油腔。



扫一扫看微
课视频：径
向不平衡力

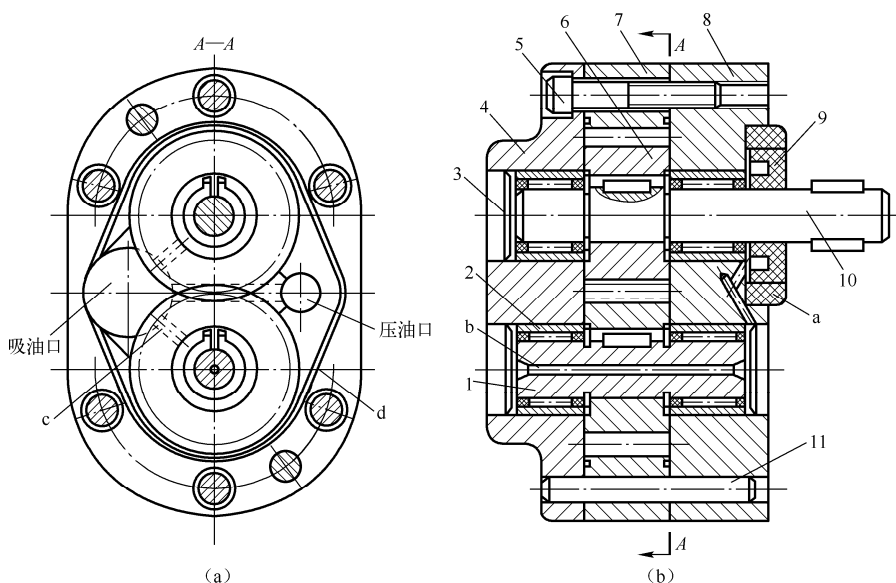


图 3.7 CB-B 型外啮合齿轮泵的结构



项目3 液动力元件的应用

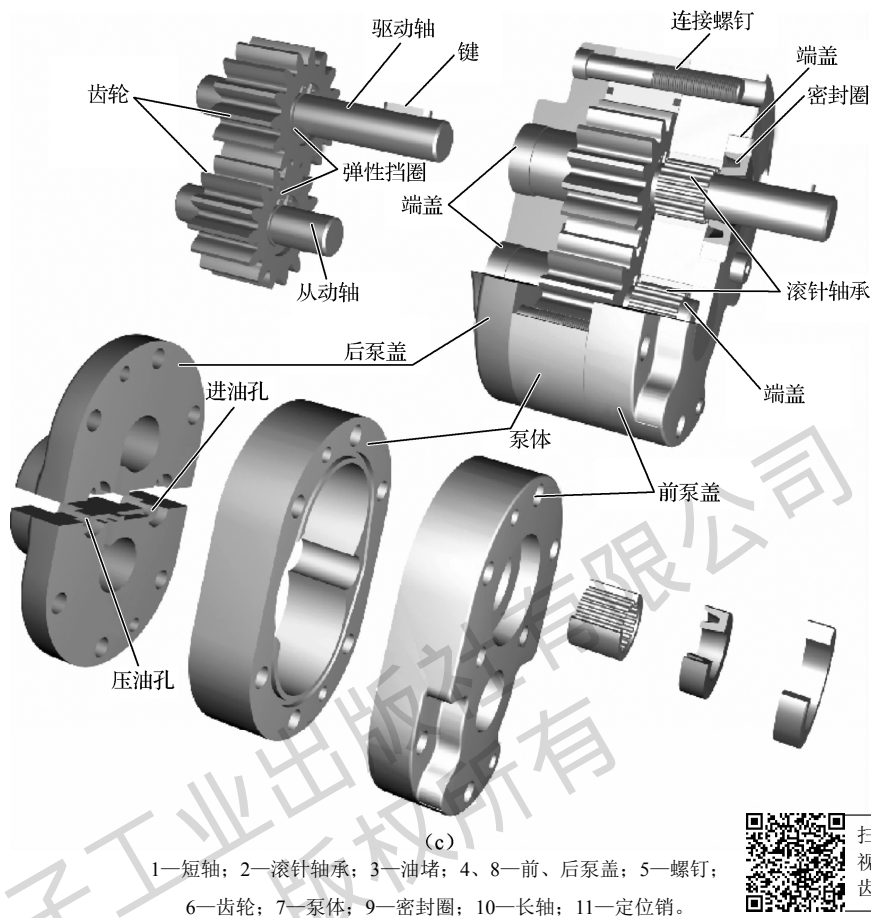


图 3.7 CB-B 型外啮合齿轮泵的结构 (续)

4. 内啮合齿轮泵

内啮合齿轮泵也是利用齿间密封容积的变化来实现吸油、压油的。图 3.8 所示为内啮合齿轮泵的工作原理图。它是由配油盘（前、后盖）、外转子（从动轮）和偏心安置在泵体内的内转子（主动轮）等组成的，其实物图如图 3.9 所示。

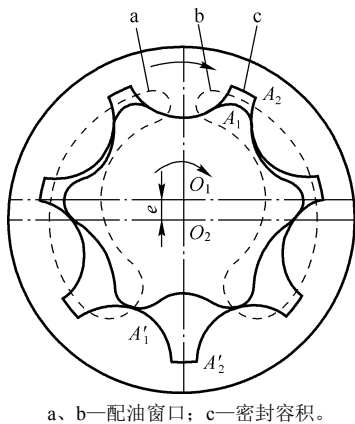


图 3.8 内啮合齿轮泵的工作原理图



图 3.9 内啮合齿轮泵的实物图



扫一扫看 VR
视频：外啮合
齿轮泵



扫一扫看微课
视频：内啮合
齿轮泵



扫一扫看动画：
内啮合齿轮泵
工作原理



扫一扫看 VR
视频：内啮合
齿轮泵



内、外转子相差一齿，图 3.9 中的内转子为六齿，外转子为七齿，由于内、外转子是多齿啮合，这就形成了若干密封容积。当内转子围绕中心 O_1 旋转时，会带动外转子绕外转子中心 O_2 做同向旋转。这时，在内转子齿顶 A_1 和外转子齿谷 A_2 间形成的密封容积 c （图中的虚线部分），随着转子的转动，密封容积会逐渐扩大，于是就形成了局部真空，油液从配油窗口 b 被吸入密封腔，至 A'_1 、 A'_2 位置时封闭容积最大，这时吸油完毕。当转子继续旋转时，充满油液的密封容积会逐渐减小，油液受到挤压，于是通过另一个配油窗口 a 将油排出，至内转子的另一齿全部与外转子齿谷 A_2 啮合时，压油完毕，内转子每转一周，由内转子齿顶和外转子齿谷所构成的每个密封容积，就会完成吸、压油各一次，当内转子连续转动时，即完成了液压泵的吸排油工作。

内啮合齿轮泵的外转子齿形为圆弧，内转子齿形为短幅外摆线的等距线，故其又被称为内啮合摆线齿轮泵，也叫作转子泵。

内啮合齿轮泵有许多优点，如结构紧凑、体积小、零件少，转速可高达 10 000 r/min，运动平稳、噪声低、容积效率较高等。缺点是流量脉动大、转子的制造工艺复杂等，目前已采用粉末冶金压制成型。随着工业技术的发展，内啮合齿轮泵的应用会越来越广泛。内啮合齿轮泵可正反转，也可作为液压马达使用。

任务实施

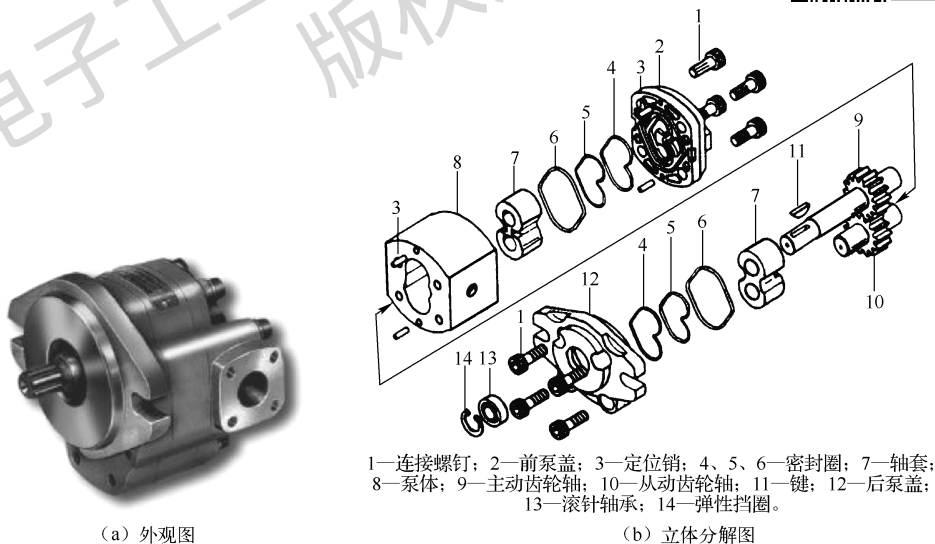
3.1.4 齿轮泵的选用和拆装

1. 齿轮泵的拆装

图 3.10 所示为外啮合齿轮泵的外观图和立体分解图。



扫一扫看操作视频：齿轮泵拆装



(a) 外观图

(b) 立体分解图

图 3.10 外啮合齿轮泵的外观图和立体分解图

其拆装步骤和方法如下：

- (1) 准备好内六角扳手一套、耐油橡胶板一块、油盘一个及钳工工具一套等。
- (2) 松开泵体与泵盖的连接螺钉。
- (3) 取出定位销。
- (4) 将前、后泵盖和泵体分离开。



(5) 取出密封圈 4、5、6。

(6) 从泵体中依次取出轴套、主动齿轮轴、从动齿轮轴等。如果配合面发卡，可用铜棒轻轻敲击出来，禁止猛力敲打，损坏零件。拆卸后，观察轴套的构造，并记住安装方向。

(7) 观察主要零件的作用和结构。

① 观察泵体两个端面上泄油槽的形状、位置，并分析其作用。

② 观察前、后泵盖上的两矩形卸荷槽的形状、位置，并分析其作用。

③ 观察进、出油口的形状、位置。

(8) 按拆卸的反向顺序装配齿轮泵。装配前清洗各零部件，将轴与泵盖之间、齿轮与泵体之间的配合表面涂上润滑液，并注意各处密封的装配，安装浮动轴套时应将有卸荷槽的端面对准齿轮端面，径向压力平衡槽与压油口在对角线方向，检查泵轴的旋向与泵的吸压油口是否吻合。

(9) 装配完毕后，将现场清理干净。

2. 工作任务单

工作任务单

姓名		班级		组别		日期	
工作任务		齿轮泵的选用和拆装					
任务描述		在液压实训室完成齿轮泵的拆卸与组装；完成对齿轮泵的工作压力与负载关系的分析					
任务要求		(1) 正确进行齿轮泵的拆装并记录。 (2) 正确使用相关工具。 (3) 正确检测齿轮泵的工作压力，分析齿轮泵工作时出油口压力与负载之间的关系。 (4) 实训结束后对齿轮泵、使用过的工具进行整理并放回原处					
提交成果		拆装实训报告					
考核评价		序号	考核内容	配分	评分标准		得分
		1	安全意识	20	遵守安全规章、制度		
		2	工具的正确使用	10	选择合适的工具，正确使用工具		
		3	齿轮泵的拆卸与组装	50	齿轮泵拆装前后的状态一致		
		4	工作压力分析	10	出油口压力与负载关系的分析正确		
		5	团队协作	10	与他人合作有效		
指导教师			总分				

任务3.2 数控加工中心液压系统动力元件的应用

任务引入

数控加工中心的主轴进给运动采用的是微电子伺服控制，而其他辅助运动则采用液压驱动，如图 3.11 所示。液压泵作为动力元件向各分支提供稳定的液压能源。由于数控加工工作的特殊性，正确选择动力元件是保证整个液压系统可靠工作的关键。试根据具体要求，选择液压系统的动力元件。



扫一扫看教学课件：
数控加工中心液压系
统动力元件的应用



扫一扫看课程思政：
中国最大直径泥水
盾构机“春风号”



图 3.11 数控加工中心

任务分析

在数控加工中心的液压系统中，经常采用液压泵作为动力元件，自动地向各分支提供稳定的液压能源，如夹紧回路、滑楔移动回路、机械手回转缸、刀库移动换刀等。由于加工工作的特殊性，数控加工中心的液压系统工作时，不同于液压机，它不需要液压泵输出较大的流量，也不需要液压泵输出很高的压力，但是要求液压泵在工作中噪声小、工作平稳，而齿轮泵工作时噪声大、小流量供油不稳定，因此，齿轮泵用在数控加工中心不能很好地满足工作需要，在实际应用时，常选择限压式变量叶片泵或双作用叶片泵配蓄能器作为动力元件，大型数控加工中心则采用柱塞泵作为动力元件。

相关知识

叶片泵的优点是运转平稳、压力脉动小、噪声小、结构紧凑尺寸小、流量大。其缺点是对油液要求高，若油液中有杂质，则叶片容易卡死；其与齿轮泵相比结构较复杂。它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。该泵有两种形式：一种是单作用叶片泵，另一种是双作用叶片泵。单作用叶片泵往往做成变量的，而双作用叶片泵是定量的。

3.2.1 单作用叶片泵

1. 单作用叶片泵的工作原理与结构

单作用叶片泵的工作原理如图 3.12 所示。单作用叶片泵由转子、定子和叶片等组成。定子具有圆柱形内表面，定子和转子间有偏心距 p ，叶片装在转子槽中，并可在槽内滑动，当转子压油回转时，由于离心力的作用，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了若干个密封的工作空间，当转子按逆时针方向回转时，在图 3.12 所示的右部，叶片逐渐伸出，叶片间的空间逐渐增大，从吸油口吸油，这就是吸油腔。在图 3.12 所示的左部，叶片被定子内壁逐渐压进槽内，工作空间缩小，将油液从压油口压出，这就是压油腔。在吸油腔和压油腔之间有一段封油区，能把吸油腔和压油腔隔开，这种叶片泵每转一周，每个工作腔就完成一次吸油和压油，因此称之为单作用叶片泵。转子不停地旋转，泵就不断地吸油和排油。单作用叶片泵的实物图和结构分解图如图 3.13 所示。



扫一扫看微
课视频：叶
片泵



改变转子与定子的偏心量,即可改变泵的流量,偏心量越大,流量越大,若将转子与定子调成接近同心,则流量接近于零。因此单作用叶片泵大多为变量泵。

单作用叶片泵的流量也是有脉动的,理论分析表明,泵内的叶片数越多,流量脉动率越小。此外,奇数叶片泵的流量脉动率比偶数叶片泵的流量脉动率小,所以单作用叶片泵的叶片均为奇数,一般为13片或15片。

另外还有一种限压式变量泵,当负荷较小时,泵输出的流量较大,负载可快速移动;当负荷增加时,泵输出的流量变小,输出压力增加,负载速度降低。如此可减少能量消耗,避免油温上升。

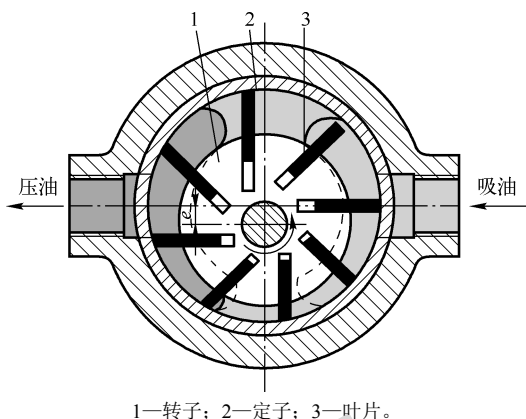


图 3.12 单作用叶片泵的工作原理



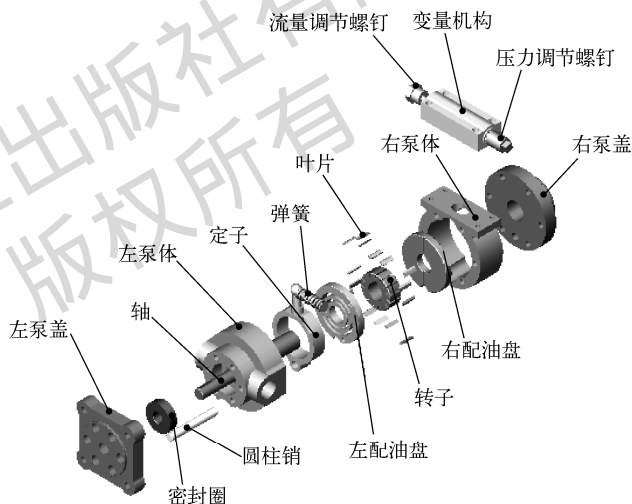
扫一扫看动画:
单作用叶片泵
工作原理



扫一扫看动画:
限压式变量叶
片泵工作原理



(a) 实物图



(b) 结构分解图

图 3.13 单作用叶片泵的实物图和结构分解图



扫一扫看 VR
视频: 单作用
叶片泵

2. 单作用叶片泵的特点

(1) 改变定子和转子之间的偏心便可以改变流量。当偏心反向时,吸油、压油的方向也相反。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 为了更有利于叶片在惯性力作用下向外伸出,而使叶片有一个与旋转方向相反的倾斜角,称其为后倾角,一般为 24° 。



3.2.2 双作用叶片泵

1. 双作用叶片泵的工作原理

双作用叶片泵的工作原理如图 3.14 所示。定子内表面近似为椭圆，转子和定子同心安装，有两个吸油区和两个压油区对称布置。转子每转一周，即可完成两次吸油和压油。双作用叶片泵大多是定量泵。

2. YB1 型叶片泵的结构

YB1 型叶片泵的结构如图 3.15 所示。它由前泵体和后泵体，左、右配油盘、定子、转子等组成。为了便于装配和使用，两个配油盘与定子、转子和叶片可组装成一个部件，用两个长螺钉紧固。转子上开有 12 个径向槽，槽内装有叶片。为了使叶片顶部与定子内表面紧密接触，叶片根部通过配油盘的环槽 c 与压油腔相通。转子安装在传动轴上，传动轴由两个滚珠轴承 2 和 8 支撑。配油盘是浮动的，它可以自动补偿与转子之间的轴向间隙，从而保证可靠密封，以减少泄漏。

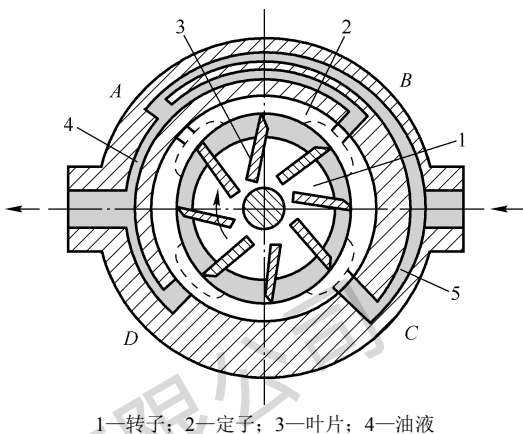


图 3.14 双作用叶片泵的工作原理

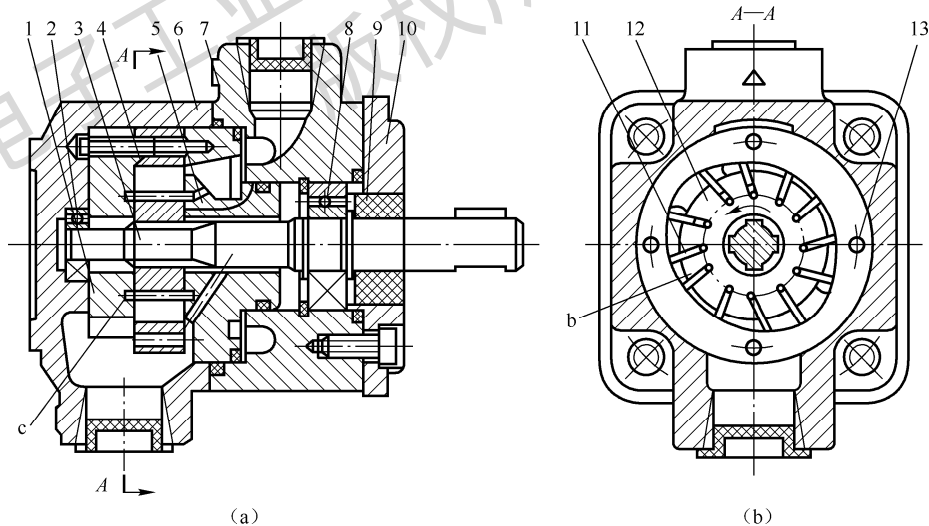


图 3.15 YB1 型叶片泵的结构

1—左配油盘；2、8—滚珠轴承；3—传动轴；4—定子；5—右配油盘；6—后泵体；

7—前泵体；9—油封；10—压盖；11—叶片；12—转子；13—螺钉。

图 3.15 YB1 型叶片泵的结构



扫一扫看 VR
视频：双作用
叶片泵

若双作用叶片泵不考虑叶片厚度，则泵的输出流量是均匀的，但实际上叶片是有厚度的，长半径圆弧和短半径圆弧也不可能完全同心，尤其叶片底部槽是与压油腔相通的，因此泵的输出流量将出现微小的脉动，但其脉动率比其他形式的泵（螺杆泵除外）的脉动率小得多，且在叶片数为 4 的整数倍时最小，因此双作用叶片泵的叶片一般为 12 片或 16 片。



3. 双作用叶片泵的应用

双作用叶片泵的突出优点在于径向作用力平衡,其卸除了转子轴和轴承的径向负荷,结构紧凑、流量均匀、运转平稳、噪声小、寿命较长,因此被广泛应用。但由于其结构,很难实现排量变化,当转速一定时,泵的输出流量一定,不能调节变化,因此双作用叶片泵多为定量泵。同时转速需要大于 500 r/min 才能可靠吸油,定子表面易磨损,叶片易咬死折断,可靠性差。因此,双作用叶片泵常用在机床、注塑机、液压机、起重运输机械、工程机械、飞机等中。

任务实施

3.2.3 双作用叶片泵的选用和拆装

1. 叶片泵的拆装

图 3.16 所示为 YB1 型叶片泵的外观和立体分解图。



扫一扫看操作视频:叶片泵的拆装



1、16、19—螺栓;2—前盖;3、11—密封圈;4—键;5—传动轴;6、8、9—卡环;7—轴承;
10—泵体;12—定子;13—转子;14—叶片;15—右配油盘;17—泵盖;18—左配油盘。

图 3.16 YB1 型叶片泵的外观和立体分解图

其拆装步骤和方法如下:

- (1) 准备好内六角扳手一套、耐油橡胶板一块、油盘一个及钳工工具一套等。
- (2) 拧下四个螺栓 19, 卸下泵盖。
- (3) 卸下传动轴。
- (4) 卸下由左配油盘、右配油盘、定子、转子等组成的组件, 使它们从泵体上脱离。
- (5) 卸下密封圈 3、11 和卡环 6、9 等。
- (6) 将左、右配油盘, 定子, 转子等组件拆开。
 - ① 拧下螺栓 19。
 - ② 卸下左、右配油盘, 定位销。
 - ③ 卸下定子、转子的叶片。
- (7) 观察 YB1 型叶片泵主要零件的作用和结构。
 - ① 观察定子内表面四段圆弧和四段过渡曲线的组成情况。
 - ② 观察转子叶片上叶片槽的倾斜角度和斜倾方向。
 - ③ 观察配油盘的结构。



- ④ 观察吸油口、压油口、三角槽、环形槽及槽底孔，并分析其作用。
- ⑤ 观察泵中所用密封圈的位置和形式。
- (8) 按拆卸时的反向顺序进行装配。装配前要先清洗各零部件，将各配合表面涂润滑液，并注意对各处密封的装配，再检查泵轴的旋向与泵的吸压油口是否吻合。
- (9) 装配完毕后，将现场清理干净。

2. 工作任务单

工作任务单

姓名		班级		组别		日期	
工作任务	双作用叶片泵的选用和拆装						
任务描述	在液压实训室完成双作用叶片泵的拆卸与组装；观察双作用叶片泵的结构，正确检测双作用叶片泵的工作压力；正确分析双作用叶片泵工作时的出油口压力与负载之间的关系						
任务要求	<p>(1) 正确进行双作用叶片泵的拆装并记录。</p> <p>(2) 正确使用相关工具。</p> <p>(3) 正确检测双作用叶片泵的工作压力，分析双作用叶片泵工作时出油口压力与负载之间的关系。</p> <p>(4) 实训结束后对双作用叶片泵、使用过的工具进行整理并放回原处</p>						
提交成果	拆装实训报告						
考核评价	序号	考核内容	配分	评分标准	得分		
	1	安全意识	20	遵守安全规章、制度			
	2	工具的正确使用	10	选择合适的工具，正确使用工具			
	3	双作用叶片泵的拆卸与组装	50	双作用叶片泵拆装前后的状态一致			
	4	工作压力分析	10	出油口压力与负载关系的分析正确			
	5	团队协作	10	与他人合作有效			
指导教师			总分				

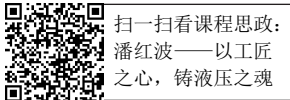
任务 3.3 液压拉床动力元件的应用

任务引入

液压拉床是用拉刀加工工件各种内外成形表面的机床，如图 3.17 所示。液压拉床主要用于对通孔、平面及成形表面的加工。虽然拉刀的机构复杂、成本高，但是其加工效率高、加工精度高且有较细的表面粗糙度，因此在机械加工中占有相当重要的地位。因为拉削时拉床受到的切削力非常大，所以它通常是由液压系统驱动的。那么如何选择拉床液压系统的动力元件才能保证较大的切削力呢？



图 3.17 液压拉床





任务分析

拉削时机床只进行拉刀的直线运动，它是加工过程的主运动。由于需要较大的输出力来完成拉削任务，所以该设备以柱塞泵为液压系统提供压力油。与齿轮泵和叶片泵相比，柱塞泵能以最小的尺寸和最小的质量供给最大的动力，为一种高效率泵。该泵输出压力高，输出流量大。由于一般要求润滑装置的动力元件体积小、效率高，因此选择轴向柱塞泵作为动力元件，而径向柱塞泵使用较少。在使用轴向柱塞泵时，同样要求油液要清洁。

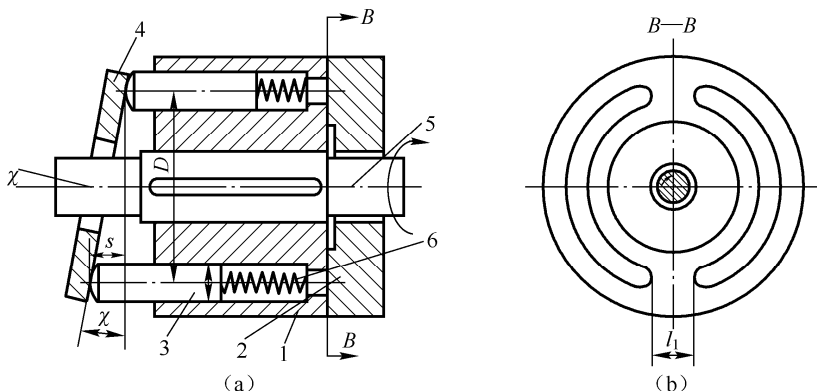
相关知识

3.3.1 柱塞泵的工作原理与结构

柱塞泵是通过柱塞在液压缸内做往复运动来实现吸油和压油的。与齿轮泵和叶片泵相比，柱塞泵是一种高效率的泵，但其制造成本相对较高，该泵用于高压、大流量、大功率的场合。柱塞泵可分为轴向柱塞泵和径向柱塞泵两大类。轴向柱塞泵又可分为直轴（斜盘）柱塞泵和斜轴柱塞泵两种，其中直轴柱塞泵应用较广。

1. 轴向柱塞泵的工作原理

轴向柱塞泵的工作原理如图 3.18 所示。轴向柱塞泵是将多个柱塞配置在一个共同缸体的圆周上，并使柱塞中心线和缸体中心线平行的一种泵。柱塞沿圆周均匀分布在缸体内，斜盘的轴线与缸体的轴线会组成一个倾斜角度，柱塞靠机械装置或在低压油作用下压紧在斜盘上（图 3.18 中为弹簧 6），配油盘和斜盘固定不转，当原动机通过传动轴使缸体转动时，由于斜盘的作用，迫使柱塞在缸体内做往复运动，并通过配油盘的配油窗口进行吸油和压油（见图 3.18 所示的回转方向），当缸体转角在 $-\pi/2 \sim \pi/2$ 范围内，柱塞向外伸出，柱塞底部缸孔的密封容积增大时，通过配油盘的吸油窗口吸油；在 $-\pi/2 \sim \pi/2$ 范围内，柱塞被斜盘推入缸体，使缸孔的密封容积减小，通过配油盘的压油窗口压油。缸体每转一周，每个柱塞各完成吸、压油过程一次，若改变斜盘倾角 γ ，则能改变柱塞行程的长度，即改变液压泵的排量；若改变斜盘倾角方向，则能改变吸油和压油的方向，即成为双向变量泵。



1—缸体；2—配油盘；3—柱塞；4—斜盘；5—传动轴；6—弹簧。

图 3.18 轴向柱塞泵的工作原理



扫一扫看微课
视频：柱塞泵
的工作原理



扫一扫看动画：
轴向柱塞泵工
作原理

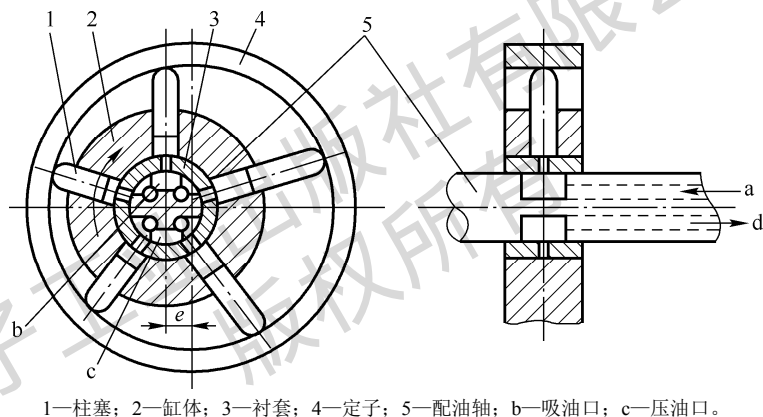


扫一扫看 VR
视频：直轴（斜
盘）柱塞泵



2. 径向柱塞泵的工作原理

径向柱塞泵的工作原理如图 3.19 所示。因为柱塞径向排列装在缸体中，原动机带动缸体连同柱塞一起旋转，所以缸体一般称为转子，柱塞在离心力（或在低压油）的作用下抵紧定子的内壁，当转子按图示方向回转时，由于定子和转子之间有偏心距 e ，柱塞绕经上半周时向外伸出，柱塞底部的容积逐渐增大，形成部分真空，因此便经过衬套（衬套是压紧在转子内，并和转子一起回转）上的油孔从配油孔和吸油口吸油；当柱塞转到下半周时，定子内壁将柱塞向里推，柱塞底部的容积逐渐减小，向配油轴的压油口压油，当转子回转一周时，每个柱塞底部的密封容积都会完成一次吸压油，转子连续运转，即完成吸压油工作。配油轴固定不动，油液从配油轴上半部的两个孔 a 流入，从下半部的两个油孔 d 压出，为了配油，配油轴在和衬套接触的一段加工处的上下两个缺口，形成吸油口和压油口，留下部分形成封油区。封油区的宽度应能封住衬套上的吸油口和压油口，以防这两个口连通，但尺寸也不能大得太多，以免产生困油现象。



1—柱塞；2—缸体；3—衬套；4—定子；5—配油轴；b—吸油口；c—压油口。

图 3.19 径向柱塞泵的工作原理



扫一扫看微
课视频：液
压泵的选用

3.3.2 液压泵与电动机参数的选用

液压泵是向液压系统提供一定流量和压力的油液的动力元件，它是每个液压系统不可缺少的核心元件，合理地选择液压泵对于降低液压系统的能耗、提高系统的效率、降低噪声、改善工作性能和保证系统的可靠工作都十分重要。

1. 液压泵类型的选择

选择液压泵的原则是：根据主机工况、功率大小和系统对工作性能的要求，首先确定液压泵的类型，然后按系统所要求的压力、流量大小确定其规格型号。表 3.2 所示为液压系统中常用液压泵的主要性能。

一般来说，由于各类液压泵具有各自的特点，其结构、功能和运转方式各不相同，因此应根据不同的使用场合选择合适的液压泵。一般在机床液压系统中，往往选用双作用叶片泵和限压式变量叶片泵；而在筑路机械、港口机械及小型工程机械中，往往选择抗污染能力较强的齿轮泵；在负载大、功率大的场合往往选择柱塞泵。



表 3.2 液压系统中常用液压泵的主要性能

性能	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
输出压力/MPa	<20	6.3~20	≤7	10~20	20~35
排量/(mL/r)	2.5~210	2.5~237	10~125	0.25~188	2.5~915
流量调节	不能	不能	能	能	能
效率	0.60~0.85	0.75~0.85	0.70~0.85	0.75~0.92	0.85~0.95
输出流量脉动	很大	很小	一般	一般	一般
自吸特性	好	较差	较差	差	差
对油的污染敏感性	不敏感	较敏感	较敏感	很敏感	很敏感
噪声	大	小	较大	大	大
造价	最低	中等	较高	高	高
应用范围	机床、工程机械、农业机械、航空、船舶和一般机械	机床、注塑机、液压机、起重机械、工程机械	机床、注塑机	机床、冶金机械、锻压机械、工程机械、航空、船舶	机床、液压机、船舶

2. 液压泵大小的选用

通常先根据液压泵的性能要求来选定液压泵的类型，再根据液压泵所应保证的压力和流量来确定它的具体规格。

液压泵的工作压力是根据执行元件的最大工作压力来决定的，考虑到各种压力损失，泵的最大工作压力 $p_{\text{泵}}$ 可按式 (3.8) 确定：

$$p_{\text{泵}} \geq k_{\text{压}} \times p_{\text{缸}} \quad (3.8)$$

式中， $p_{\text{泵}}$ 表示液压泵所需要提供的最大工作压力 (Pa)； $k_{\text{压}}$ 表示系统中的压力损失系数，一般取 1.3~1.5； $p_{\text{缸}}$ 表示液压缸中所需的最大工作压力 (Pa)。

液压泵的输出流量取决于系统所需的最大流量及泄漏量，即

$$q_{\text{泵}} \geq k_{\text{流}} \times q_{\text{缸}}$$

式中， $q_{\text{泵}}$ 表示液压泵所需输出的流量 (m^3/min)； $k_{\text{流}}$ 表示系统的泄漏系数，一般取 1.1~1.3； $q_{\text{缸}}$ 表示液压缸所需提供的最大流量 (m^3/min)。若多个液压缸同时动作，则 $q_{\text{缸}}$ 应为同时动作的几个液压缸所需的最大流量之和。

求出 $p_{\text{泵}}$ 、 $q_{\text{泵}}$ 后，就可以选择液压泵的规格。选择时应使实际选用泵的额定压力大于所求出的 $p_{\text{泵}}$ 值，通常可放大 25%。泵的额定流量一般略大于或等于所求出的 $q_{\text{缸}}$ 值即可。

3. 电动机参数的选择

液压泵是由电动机驱动的，可先根据液压泵的功率计算电动机所需要的功率，然后考虑液压泵的转速，再从样本中合理地选定标准的电动机。

驱动液压泵所需的电动机的功率可按式 (3.9) 确定：

$$P_{\text{M}} = \frac{p_{\text{泵}} \times q_{\text{泵}}}{60\eta} \quad (\text{kW}) \quad (3.9)$$



式中, P_M 表示电动机所需的功率 (kW); $p_{\text{泵}}$ 表示泵所需的最大工作压力 (MPa); $q_{\text{泵}}$ 表示泵所需输出的最大流量 (L/min); η 表示泵的总效率。

任务实施

3.3.3 柱塞泵的选用和拆装

1. 柱塞泵的拆装步骤

图 3.20 所示为 10SCY14-1B 型柱塞泵的外观和立体分解图。



扫一扫看操作
视频: 柱塞泵
的结构及拆装

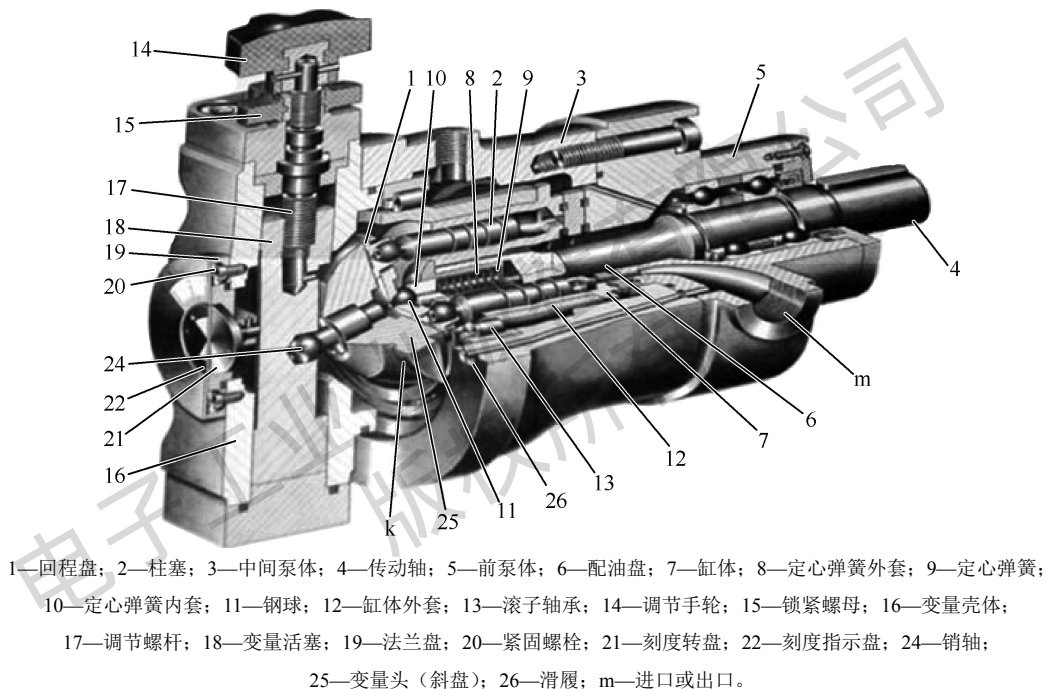


图 3.20 10SCY14-1B 型柱塞泵的外观和立体分解图

其拆装步骤和方法如下:

- (1) 准备好内六角扳手一套、耐油橡胶板一块、油盘一个及钳工工具一套等。
- (2) 先把泵安装在拆装台上, 加以固定, 再用抹布将泵壳体擦干净, 旋转调节手轮, 将斜盘角调至零度, 并用锁紧螺母锁紧。
- (3) 用内六角扳手将壳体与变量机构之间的紧固螺栓对称拧松, 首先用手将紧固螺栓旋出体外, 然后用螺丝刀伸入缸体与变量机构之间的缝隙中 (不要伸入过多, 以免碰坏密封圈) 撬松, 最后两手均匀用力, 将变量机构从壳体上卸下来, 朝天放在工作台上, 以防止碰坏斜盘。
- (4) 将柱塞从缸体中拔出, 应特别注意柱塞是精密偶件, 卸下时一定要做好记号, 以便装配时对号入座。将柱塞朝天放在橡皮垫上, 使柱塞、液压缸、滑履的表面不受损伤。
- (5) 两人将泵体慢慢抬起, 水平放在工作台上, 将输出轴端往上抬起 (约 60°)。使缸体慢慢从泵壳中滑出, 并安放在工作台上, 此时可清楚地看到配油盘上吸油口、阻尼孔的分布情况, 若要拆下配油盘, 应注意配油盘背面的定位销。



项目3 液动力元件的应用

(6) 首先拆下调节手轮及锁紧螺母和斜盘的角度指示器,然后两个人配合用内六角扳手将变量活塞端盖上的螺栓拧下,卸下两个端盖,将调节螺杆旋出。

(7) 观察主要零件的作用和结构。

① 观察缸体结构,并分析其作用。

② 观察柱塞与滑履的结构,并分析其作用。

③ 观察中心弹簧机构和变量的结构、位置,并分析其作用。

(8) 将零部件用煤油清洗后进行装配,装配过程与拆装过程相反。

(9) 装配完毕后,将现场清理干净。

2. 工作任务单

工作任务单

姓名		班级		组别		日期	
工作任务	柱塞泵的选用和拆装						
任务描述	在液压实训室完成柱塞泵的拆卸与组装;观察柱塞泵的结构,正确检测柱塞泵的工作压力;正确分析柱塞泵工作时的出油口压力与负载之间的关系						
任务要求	(1) 正确进行柱塞泵的拆装并记录。 (2) 正确使用相关工具。 (3) 正确检测柱塞泵的工作压力,分析柱塞泵工作时的出油口压力与负载之间的关系。 (4) 实训结束后对柱塞泵、使用工具进行整理并放回原处						
提交成果	拆装实训报告						
考核评价	序号	考核内容	配分	评分标准	得分		
	1	安全意识	20	遵守安全规章、制度			
	2	工具的正确使用	10	选择合适的工具,正确使用工具			
	3	柱塞泵的拆卸与组装	50	柱塞泵拆装前后的状态一致			
	4	工作压力分析	10	出油口压力与负载关系的分析正确			
	5	团队协作	10	与他人合作有效			
指导教师			总分				

习题3



扫一扫看习题3的参考答案

1. 已知轴向柱塞泵的压力 $p=15\text{ MPa}$, 理论流量 $q=330\text{ L/min}$, 设轴向柱塞泵的总效率 $\eta=0.9$, 机械效率 $\eta_m=0.93$, 求泵的实际流量和驱动电动机的功率。

2. 某液压系统, 泵的排量 $V=10\text{ mL/r}$, 电动机转速 $n=1\ 200\text{ r/min}$, 泵的输出压力 $p=3\text{ MPa}$, 泵的容积效率 $\eta_v=0.92$, 总效率 $\eta=0.84$, 求下面几个参数。

(1) 泵的理论流量。

(2) 泵的实际流量。

(3) 泵的输出功率。



（4）驱动电动机的功率。

3. 某液压泵的转速 $n=950 \text{ r/min}$ ，排量 $V=168 \text{ mL/r}$ ，在额定压力 $p=30 \text{ MPa}$ 和同样转速下，测得的实际流量为 150 L/min ，额定工况下的总效率为 0.87 ，求下面几个参数。

（1）泵的理论流量。

（2）泵的容积效率和机械效率。

（3）泵在额定工况下，所需的驱动电动机功率。

电子工业出版社有限公司
版权所有