

国家级高技能人才培训基地建设项目成果教材

液压与气动 传动控制

YEYA YU QIDONG

CHUANDONG KONGZHI

国家级高技能人才培训基地建设项目成果教材

液压与气动传动控制

编委会

名誉主任：仇贻泓

主任：周金葵

副主任：陈爱华

委员：项薇 鲍国荣 巫惠林 王丁路 杨旭明

余晓春 张向峰 鲍慧英 范秀芳 朱勇

编审人员

主编：朱开源

编写人员：于雷 刘云斌 朱勇 潘曙明 方肃

主审：叶福林



中国劳动社会保障出版社



北航 C1735907

TH137-43
88

518820210

林峰果 刘目 邱俊 甄世基 陈静 李人 翁姓 高 廖 寒 西

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动传动控制/朱开源主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2014
国家级高技能人才培训基地建设项目成果教材
ISBN 978-7-5167-1014-2

I. ①液… II. ①朱… III. ①液压传动-教材②气压传动-教材 IV. ①TH137
②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 047214 号

廖金凤 : 主 主
曹登科 : 主 主 编
廖 奕 : 员 委
廖 奕 : 员 委
廖 奕 : 员 委

员人审编

朱开源 : 主 主
廖 奕 : 员 委
廖 奕 : 员 委

中国劳动社会保障出版社出版发行
(北京市惠新东街1号 邮政编码: 100029)

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787毫米×1092毫米 16开本 6.75印张 142千字
2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷

定价: 19.00 元

读者服务部电话: (010) 64929211/64921644/84643933
发行部电话: (010) 64961894
出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

如有印装差错, 请与本社联系调换: (010) 80497374

我社将与版权执法机关配合, 大力打击盗印、销售和使用盗版
图书活动, 敬请广大读者协助举报, 经查实将给予举报者奖励。

举报电话: (010) 64954652

前 言

液压与气动传动控制是一门研究以液体和气体为传动介质实现各种机械传动与控制的学科技术，近几十年该技术已广泛渗透到各个工业部门。随着我国高新技术的迅猛发展，它以其独特的优越性在现代企业的各个领域得以迅速推广。

高技能人才培养以满足生产第一线的技术人才需求为目标，培养的高级技术应用型人才既要具有一定理论知识，又要具有较强实践操作能力，因此，在教学上要符合它典型的应用性、突出的技能性、较强的实践性等特点，教学过程中既要抓理论教学，又要抓实践教学。在这种教学需求下，我们凭借多年的教学经验组织编写了这本教材。

本教材采用任务驱动法组织内容。主要介绍了液压与气动传动控制中常用的液压、气动元器件的工作原理，典型的操作系统案例，各案例相关知识与任务实施等。本书在编写过程中着重突出理论与实践相结合的特点，集知识性、应用性和可操作性于一体，图文并茂，易学易懂，能够满足高技能人才培养的需要。

本书按模块进行编写，第一至第三模块由朱开源编写，第四、五模块由于雷编写，第六模块由刘云斌、朱勇编写，第七、八模块由潘曙明编写，第九、十模块由方肃编写。在整个编写过程中，得到浙江省金华市技师学院领导及相关同志的鼎力相助，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏忽与欠缺，恳切希望读者批评指正！

编委会
2014年3月

模块一 液压千斤顶

目 录

模块一 液压千斤顶	1
模块二 磨床液压系统	9
模块三 注塑机液压系统	23
模块四 数控加工中心气动换刀系统	35
模块五 压装装置气动系统	45
模块六 环形输送分拣单元	54
模块七 机械手气动系统	70
模块八 汽车车门气动安全操纵系统	78
模块九 工件夹紧气压传动系统	84
模块十 气液动力滑台气压传动系统	93
参考文献	102

一、液压系统工作过程

图 1-2 所示为液压千斤顶工作原理图。在千斤顶 1、2 处施加力 F_1 、 F_2 ，则油缸 1、2 中的油液受到力 F_1 、 F_2 的作用，产生压强 p_1 、 p_2 。根据帕斯卡原理，液体压强能大小不变地向各个方向传递，因此油缸 2 中的油液受到油缸 1 中的油液传递来的压强 p_1 的作用，产生力 F_2 。由于油缸 2 的面积 A_2 大于油缸 1 的面积 A_1 ，所以 $F_2 > F_1$ ，即千斤顶能省力。当千斤顶 1 中的油液受到力 F_1 的作用，产生压强 p_1 的作用，油缸 2 中的油液受到油缸 1 中的油液传递来的压强 p_1 的作用，产生力 F_2 。由于油缸 2 的面积 A_2 大于油缸 1 的面积 A_1 ，所以 $F_2 > F_1$ ，即千斤顶能省力。当千斤顶 1 中的油液受到力 F_1 的作用，产生压强 p_1 的作用，油缸 2 中的油液受到油缸 1 中的油液传递来的压强 p_1 的作用，产生力 F_2 。由于油缸 2 的面积 A_2 大于油缸 1 的面积 A_1 ，所以 $F_2 > F_1$ ，即千斤顶能省力。

模块一 液压千斤顶

● 学习目标:

1. 掌握液压传动的基本原理。
2. 掌握压力与流量的计算。
3. 掌握液压油的选用。
4. 熟悉液压千斤顶的拆装方法。

任务引入

液压千斤顶是常用的起重工具之一,它结构紧凑,工作平稳,只用较小的力,就能顶起超过自身重量几十倍至几百倍的重物。图1—1所示为液压千斤顶。那么它是如何工作的呢?



图1—1 液压千斤顶

相关知识

一、液压系统工作过程

图1—2所示为液压千斤顶的工作原理。杠杆手柄1、小液压缸2、小活塞3、单向阀4和7组成手动液压泵。如提起手柄使小活塞向上移动,小活塞下端油腔容积增大,形成局部真空,这时单向阀4打开,通过吸油管5从油箱12中吸油。用力压下手柄,小活塞下移,小活塞下腔压力升高,单向阀4关闭,单向阀7打开,下腔的油液经管道6输入大液压缸9的下腔,迫使大活塞8向上移动,顶起重物。再次提起手柄吸油时,单向阀7自动关闭,使油液不能倒流,从而保证了重物不会自行下落。不断地往复扳动手柄,就能不断地把油液压入大液压缸下腔,使重物逐渐地升起。如果打开截止阀11,大液压缸下腔的油液通过管道10、截止阀11流回油箱,重物就向下移动。通过对液压千斤顶工作过程的分析,可以初步了解液压传动的 basic 工作原理。液压传动是利用有压力的油液作为传递动力的工作介质,压下杠杆时,小液压缸2输出压力油,将机械能转换成油液的压力能,压力油经过管道6及单向阀7,推动大活塞8举起重物,将油液的压力能又转换成机械能。大活塞8举升的速度取决于单位时间内流入大液压缸9中油液体积的多少。由此可见,液压传动是一个不同能量的转换过程。

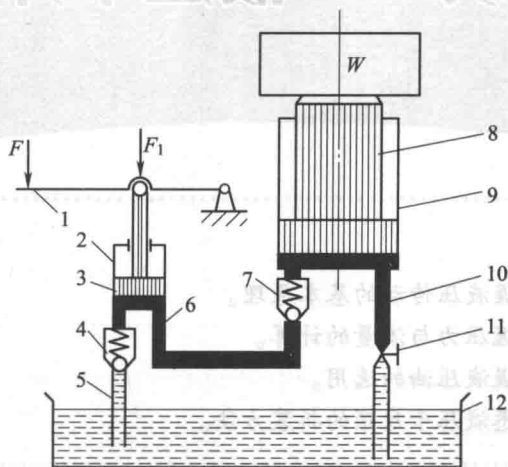


图 1—2 液压千斤顶工作原理

- 1—杠杆手柄 2—小液压缸 3—小活塞 4、7—单向阀 5—吸油管
6、10—管道 8—大活塞 9—大液压缸 11—截止阀 12—油箱

二、液压系统的组成

从上述液压千斤顶的工作过程可以看出，一个完整的液压系统由以下四部分组成。

1. 动力装置

将电动机输出的机械能转换成油液液压能的能量转换装置，如液压泵、液压千斤顶中的小液压缸等。

2. 执行装置

将液压能转换成机械能的能量转换装置，如液压缸、液压千斤顶中的大液压缸、液压马达等。

3. 控制装置

对系统中油液的流量、压力和油液的流动方向进行控制或调节的装置，如液压千斤顶的单向阀等。

4. 辅助装置

保证液压系统正常工作所必须的装置，如液压千斤顶中的油箱、管路等。

液压系统除了上述四部分以外，还有一种物质是不可缺少的，那就是液压油，它是传递能量的工作介质，也起到润滑和冷却的作用。



三、压力和流量

1. 压力的概念

液压传动中液体在单位面积上所受的垂直于法线方向的法向力称为压力，用字母 p 表示。

$$p = \frac{F}{A} \quad (1-1)$$

式中 F ——法向力，N；

A ——面积， m^2 ；

p ——压力， N/m^2 。

压力的单位为帕斯卡（简称帕），用字母 Pa 表示，是国际标准单位。在工程上采用的单位为 at，称为工程大气压。 $1 \text{ at} = 1 \text{ kgf/cm}^2 = 9.8 \times 10^4 \text{ N/m}^2 \approx 10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa}$ 。

压力有绝对压力和相对压力（也称表压力）。绝对压力以绝对真空为基准进行度量，相对压力以大气压力为基准进行度量。当液体绝对压力低于大气压时，习惯上称为真空，绝对压力小于大气压力的数值称为真空度。

绝对压力、相对压力、真空度的关系如下：

$$\text{绝对压力} = \text{相对压力} + \text{大气压力}$$

$$\text{真空度} = \text{大气压力} - \text{绝对压力}$$

2. 静压传递原理

在密封容器内，施加于静止液体上的压力能等值地传递到液体中的各点。这就是静压传递原理，又称为帕斯卡原理。根据静压传递原理可知，如不考虑液体自重所产生的压力，则密封容器内任意一点的压力相等。液压传动就是根据这一原理进行工作的。例如液压千斤顶，在小活塞上施加一个力 F_1 ，小活塞下面的液体就可以把 F_1 所产生的压力等值地传递到大活塞上面，通过大活塞把重物顶起。

3. 流量、流速与液流连续性原理

流量与流速是描述液体流动的两个主要参数。液体在管道中流动时，将垂直于液体流动方向的截面称为通流截面。单位时间内流过通流截面的液体体积称为流量，用 q 表示。其标准计量单位为 m^3/s 。

由于管道截面上各点的流速不相等，为了计算方便，通常使用平均流速，其计算公式为

$$v = \frac{q}{A} \quad (1-2)$$

式中 q ——流量， m^3/s ；

A ——面积， m^2 ；

v ——流速, m/s。

从式(1—2)可以知道,当流量恒定的情况下,速度大小由截面积决定,截面积越小,速度越快;反之,截面积越大,速度越慢。

根据质量守恒定律可以推出,液体在密封管道内作稳定流动时,设液体不可压缩,则单位时间流过任意截面的质量相等,即液体流过任意截面的流量不变。则有:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = q = \text{常量}$$

(1—)上式为液流连续性方程,也叫连续性原理,说明液体流过管道内不同通流截面的流量不变,平均速度与其截面积成反比。

四、液压油的选用

液压油是液压传动系统中的工作介质,它工作时的稳定性直接影响到液压系统的工作性能。因此,在液压元件选择好的前提下,液压油的性能已成为首要问题。液压油的主要特性是黏性。

1. 液压油的黏性

液体在外力作用下流动时,分子间的内聚力会阻碍分子间产生相对运动,即在液体内部的分子间产生摩擦力。这一特性称为液体的黏性。黏性的大小用黏度来表示,黏性是液体的重要物理性质,是选择液压油的重要依据。

常用的黏度有动力黏度、运动黏度和相对黏度。

(1) 动力黏度

动力黏度是指液体在单位速度梯度下流动时,液层间单位面积上产生的内摩擦力。用符号 μ 表示。

(2) 运动黏度

运动黏度是动力黏度 μ 与液体密度 ρ 之比值。用符号 ν 表示。

工程中常用运动黏度作为液体黏度的标志。机械油的牌号就是用机械油在 40°C 时的运动黏度的平均值来表示的。如30号机械油就是指其在 40°C 时的运动黏度的平均值为30。

(3) 相对黏度

相对黏度又称条件黏度,我国采用恩氏黏度 $^\circ\text{E}$ 为单位,恩氏黏度可用恩氏黏度计来测定。相对黏度测定好之后,再根据关系式换算出动力黏度或运动黏度。

(4) 黏温特性

液压油黏度对温度的变化十分敏感,液压油的黏度随温度的变化而发生变化,其大小受温度的影响非常大。当温度升高时,其分子之间的内聚力减小,黏度就会急剧下降。油液黏度随温度变化的性质称为粘温特性。油液黏度的变化直接影响液压系统的性能和泄漏量,因此,黏度随温度的变化越小越好。



2. 对液压油的要求

- (1) 合适的黏度和良好的黏温特性。
- (2) 润滑性能好。
- (3) 有良好的化学稳定性。
- (4) 抗泡沫性和抗乳化性好。
- (5) 材料相容性好。
- (6) 闪点要高，凝固点要低。

3. 液压油的选用

各种液压油都有其特性，选用液压油主要是依据液压系统的工作环境、工况条件及液压油的特性，选择合适的液压油品种和黏度。

(1) 根据液压系统的环境和工况条件选择液压油

当液压系统工作环境温度较高时，应选用黏度较高的液压油；反之，则选用黏度较低的液压油。当液压系统工作压力较高时，应选用黏度较高的液压油；反之，则应用黏度较低的液压油。当液压系统工作部件的运动速度较快时，为减少压力损失，应选用黏度较低的液压油；反之，则选用黏度较高的液压油。

(2) 根据油泵的类型选择液压油

一般而言，齿轮泵对液压油的抗磨要求比叶片泵、柱塞泵低，因此齿轮泵可选用 HL 或 HM 油，而叶片泵、柱塞泵一般选用 HM 油。

(3) 根据液压油的特性及液压元件的材质选择液压油

含锌油在钢—钢摩擦体上性能很好，但由于含有硫 (Zn - P - S) 元素，对铜、银敏感，因此在含有铜、银材质部件的系统中不能用，在水易侵入的系统也尽量少用。

无灰抗磨油 (S - P - N) 具有优良的水解安定性、抗乳化性或可滤性，使用范围较广，因含有硫，对铜、银材质部件系统不适应。

仅含磷的液压油是具有中负荷水平的抗磨液压油，其水解安定性、抗乳化性、可滤性也较好，由于不含硫，所以对铜、银系统无伤害。

液压系统中如果有铝元件，则不能选用碱性液压油。

表 1—1 为几种国产液压油的主要指标。

表 1—1 几种国产液压油的主要指标

主要指标 牌号		运动黏度	闪点	凝点	酸值	机械杂质
		50℃ ($10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$)	℃ (不低于)	℃ (不高于)	mg · KOH/g (不大于)	%
精密机床 液压油	20 号	17 ~ 23	170	-10	—	无
	30 号	27 ~ 33	170	-10	—	无
	40 号	37 ~ 43	170	-10	—	无



续表

主要指标 牌号		运动黏度	闪点	凝点	酸值	机械杂质
		50℃ ($10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$)	℃ (不低于)	℃ (不高于)	Mg · KOH/g (不大于)	%
稠化 液压油	20 - 1	12.51	163.5	-33	0.237	无
	30 - 1	18.67	185.5	-49	0.131	无
	50 - 1	4.056	174	-48.5	0.123	无
	90 - 1	60.81	217	-27.5	0.063	无
航空 液压油	10 号	10	92	-70	0.05	无

在选择完品种后，需要确定其使用黏度级别。黏度太高，液压传动能量损失大，系统效率低，油泵吸油困难。黏度太低，油泵内渗漏量大，容积损失增加，同样会使系统效率降低。因此必须针对系统、环境选择一个适宜的黏度，使系统在容积效率和机械效率间求得最佳的平衡。

液压油的黏度选择主要取决于启动、系统工作温度和所用泵的类型。一般中、低压室内固定液压系统的工作温度比环境温度高 30 ~ 40℃，在此温度下，液压油应具有较合适的黏度，黏度过低会加大磨损，一般要求黏度指数在 90 以上。而在户外高压机械的液压系统中（大于 20 MPa），工作温度要比环境温度高 50 ~ 60℃，为减少渗漏，工作黏度最好在 $25 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 。同时，户外温差变化大，因此要求液压油有较好的黏温性能，黏度指数一般应在 130 以上。为防止泵的磨损，还需要限制最低黏度。

五、管路中液体的压力损失

由于油液具有黏性，在管路中流动时就有摩擦力存在，因此油液在流动时就会产生部分能量损失，这部分能量损失主要表现为压力损失。压力损失分为沿程压力损失和局部压力损失两种。

沿程压力损失是指液体在直径不变的直管中流过一段距离时，因摩擦而产生的压力损失。局部压力损失是指油液流过管子截面突变、弯管、阀口等地方而产生的流速和流向的急剧变化，局部地区形成漩涡，使液体质点互相碰撞和摩擦而产生的压力损失。

减少管路压力损失的主要措施有增大管子直径、减少截面的突变和弯曲、缩短管路长度及提高管子内壁质量等。

任务实施

一、液压千斤顶省力的实现

如图 1—2 所示，液压千斤顶大活塞直径 $D = 100 \text{ mm}$ ，小活塞直径 $d = 20 \text{ mm}$ ，现需顶起 1 000 kg 的重物，那么小活塞上需要加多大的力？



顶起 1 000 kg 重物需要液压油的压力，小活塞所需的作用力 $F_1 = pA_1$ ，因此，

$$p = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_1 = A_1 \times \frac{F_2}{A_2} = \frac{\pi}{4} \times 20^2 \times \frac{4 \times 1\,000}{\pi \times 100^2} = 400 \text{ kg}$$

所以小活塞上只需作用 40 kg 的力就可以顶起 1 000 kg 的重物，再加上杠杆的作用，就更省力了。

二、液压千斤顶的使用方法

起重前先把手柄的开槽端套入回油阀，将回油阀按顺时针方向旋紧。将手柄插入手柄套管中上下掀动手柄，活塞即平稳上升顶起重物。因千斤顶内有限位装置，故顶到额定高度则不再上升。多级千斤顶内无限位装置，但活塞上红色标记出现后，不能继续升顶。要使活塞下降，只需用手柄开槽端将回油阀按逆时针方向微微旋松，活塞即渐渐下降，若有载荷，回油阀旋松不能太快，否则活塞下降太快将产生危险。在使用千斤顶起重前必须了解物体重量，切忌超载使用。同时要确定物体重心，正确选择千斤顶的着力点，放置平稳，如地面硬度不够，需垫上坚实的木板，防止起重时产生歪料和倾倒。若数台千斤顶并用，每台起升速度应保持同步，负荷也应均衡，否则将产生倾料的危险。使用千斤顶时，要避免剧烈振动。通常千斤顶只能作起升用，不能作长时间的支撑用，起升后最好用其他物品支撑物体，才比较安全可靠。

三、液压千斤顶的常见故障及排除

液压千斤顶的常见故障及排除方法见表 1—2。

表 1—2 液压千斤顶的常见故障及排除方法

故障现象	产生原因	排除方法
振动和爬行	1. 有脏物卡住，钢筒或活塞划伤	1. 清除脏物，修复
	2. 密封圈损伤或老化，使阻力过大	2. 更换
	3. 混入空气	3. 排除液压缸内空气，防止油泵吸入空气进入液压缸
	4. 活塞支撑环老化或变形	4. 更换或修复，或涂二硫化钼
	5. 安装歪斜	5. 作用力应沿液压缸轴线
	6. 活塞杆发生弯曲	6. 修复合塞杆
吨位不足或速度减慢	1. 密封件损坏，使内漏增大	1. 更换
	2. 油的黏度过小或油温过高，使内漏增大	2. 控制黏度和油温
	3. 外漏	3. 查明原因，修复
	4. 阀缓冲失灵，内漏增大	4. 修复



四、液压千斤顶的拆装

液压千斤顶的拆解方法如下:

1. 取下液压千斤顶加油口皮塞, 加油口朝下放在四方铁盒上。
2. 将液压千斤顶放油阀松开取出, 油开始放出。
3. 取下连杆, 使用梅花扳手和加长管子逆时针方向旋开小泵, 用尖嘴钳撬开垫片, 取出钢球。
4. 将液压千斤顶夹在台虎钳上, 使用管子钳将顶帽逆时针方向松开, 取下。
5. 用皮锤敲打外套, 取下。
6. 拔出活塞杆, 如拔不出, 用尖嘴钳取出底座放油阀孔内的矩形橡胶圈, 倒出钢球, 用长嘴气枪伸到底座放油阀孔最里面吹气, 需控制气量, 活塞杆会弹出。要对准墙体, 避免活塞杆弹出造成人员受伤。
7. 取下液压千斤顶活塞尼龙密封件后, 再把活塞杆重新放入液压缸的部位。使用管子钳夹住液压缸逆时针方向旋出, 这样管子钳加力时可避免液压缸变形夹扁。
8. 用自攻螺钉拧入钢球挡片, 用钳子拔出挡片, 取出钢球。
9. 液压千斤顶所有部件用柴油清洗, 用气枪吹干, 底座各孔道用气枪吹通, 用手电筒观察液压缸内部、泵体内部是否光滑, 如不光滑或破损则需更换。观察三个钢球凹孔是否圆形光滑。

液压千斤顶的装配顺序基本和拆解相反, 其中最主要的部件液压缸装配时要注意如下几点:

1. 正确安装各处密封件, 对有方向性的密封注意不要搞错密封件装配方向, 对难以装配的密封件要使用导向装配工具装配, 严禁用起子硬顶塞入, 以免弄破油封。装配时不要硬扭。
2. 活塞与活塞杆装配后, 宜放置在两 V 形块上, 用百分表测量其同轴度误差和全长上的直线度误差。
3. 在液压缸孔内加入液压油, 可帮助活塞进入液压缸内孔。活塞组件装入液压缸孔内后, 至少应能轻轻敲入, 敲入时无阻滞和轻重不均匀现象。
4. 将缸盖装上缸体时, 应均匀对角拧紧螺栓或螺钉, 推荐用扭力计扳手。装上缸盖后, 稍用力应能移动活塞杆。如果卡死, 说明缸盖未装正。
5. 装配后的液压缸内孔轴线对两端支座的安装面, 其平行度允差 0.05 mm , 测量时可液动, 也可手动, 在活塞杆未连负载下进行。
6. 液压缸装于主机上时, 以导轨或安装面为基准, 调正液压缸, 使液压缸轴线 (可通过活塞伸出检查) 与导轨安装面平行 (允差在 $0.05 \sim 0.10 \text{ mm}$), 推荐铲刮修正, 不推荐垫铜片。

模块二 磨床液压系统

● 学习目标:

1. 掌握液压泵的工作原理,了解齿轮泵存在的问题。
2. 掌握换向阀、节流阀和调速阀的工作原理及作用。
3. 掌握液压缸的推力与速度的计算和各种液压缸的应用。
4. 掌握磨床液压系统工作原理,熟悉齿轮泵的拆装方法及常见故障和排除方法。

任务引入

如图2—1所示平面磨床,其工作台要做往复直线运动,一般都由液压传动来实现,其工作原理如图2—2所示。液压泵、液压缸等各液压元件是怎样工作的,如何利用这些液压元件来实现工作台的往复直线运动?

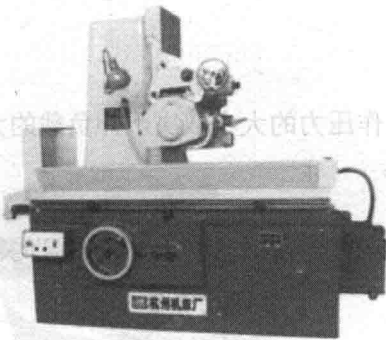


图2—1 平面磨床

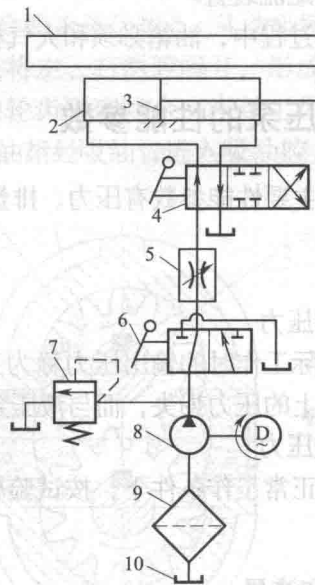


图2—2 磨床工作台液压系统工作原理

- 1—工作平台 2—液压缸 3—活塞
4、6—换向阀 5—调速阀 7—溢流阀
8—液压泵 9—过滤器 10—油箱



相关知识

一、液压泵的工作原理

液压泵是一种能量转换装置，它把电动机输出的机械能转换为液压能。液压泵是依靠密封容积变化的原理来进行工作的，故一般称为容积式液压泵。图2—3所示为单柱塞液压泵的工作原理，柱塞2装在缸体3中形成一个密封容积 a ，柱塞2在弹簧4的作用下始终压紧在偏心轮1上。原动机驱动偏心轮1旋转，柱塞2做往复运动，使密封容积 a 的大小发生周期性的交替变化。当 a 由小变大时就形成部分真空，使油箱中的油液在大气压作用下，经吸油管顶开单向阀6进入油腔 a 而实现吸油。反之，当 a 由大变小时， a 腔中吸满的油液将顶开单向阀5流入系统而实现压油。这样液压泵就将原动机输入的机械能转换成液体的压力能，原动机驱动偏心轮不断旋转，液压泵就不断地吸油和压油。

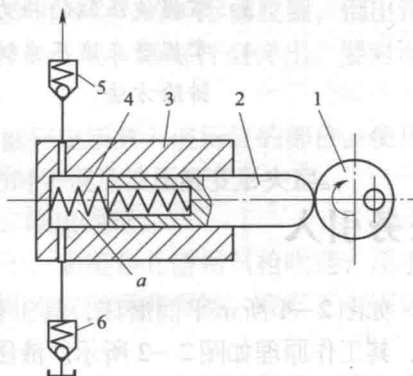


图2—3 液压泵工作原理

1—偏心轮 2—柱塞 3—缸体
4—弹簧 5、6—单向阀

从上述液压泵的工作过程可以看出，液压泵要完成吸压油过程，必须具备下列4个条件：

- (1) 要具有密封容积。
- (2) 密封容积的大小能交替变换。
- (3) 要有配流装置。
- (4) 吸油过程中，油箱必须和大气相通。

二、液压泵的性能参数

液压泵的主要性能参数有压力、排量和流量。

1. 压力

(1) 工作压力

液压泵实际工作时的输出压力称为工作压力。工作压力的大小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。

2. 排量和流量

(1) 排量 V

液压泵每转一周，由其密封容积几何尺寸变化计算而得的排出液体的体积称为液压泵的排量。排量可调节的液压泵称为变量泵，排量为常数的液压泵称为定量泵。



(2) 理论流量 q_t 理论流量是指在不考虑液压泵的泄漏流量的情况下, 单位时间内所排出的液体体积的平均值。

(3) 实际流量 q

液压泵在某一具体工况下, 单位时间内所排出的液体体积称为实际流量, 它等于理论流量 q_t 减去泄漏流量 Δq 。

(4) 额定流量 q_n

液压泵在正常工作条件下, 按试验标准规定 (如在额定压力和额定转速下) 必须保证的流量。

三、液压泵的分类

液压泵按其流量是否可调分为定量泵和变量泵; 按结构形式可分为齿轮泵、叶片泵和柱塞泵等; 按工作压力大小可分为低压泵、中压泵、高压泵等。这里主要介绍应用最广泛的齿轮泵。

四、齿轮泵

齿轮泵是液压系统应用广泛的一种液压泵, 可分为外啮合齿轮泵与内啮合齿轮泵, 其中外啮合齿轮泵应用最广泛。如图 2—4 所示为外啮合齿轮泵。

外啮合齿轮泵的工作原理如图 2—5 所示。泵主要由主动齿轮、从动齿轮、驱动轴、泵体及侧板等主要零件构成。泵体内相互啮合的主动齿轮 2、从动齿轮 3 与两端盖及泵体 1 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、压腔, 当齿轮按图示方向旋转时, 右侧吸油腔内的轮齿脱离啮合, 密封工作腔容积不断增大, 形成部分真空, 油液在大气压力作用下从油箱经吸油管进入吸油腔, 形成吸油,

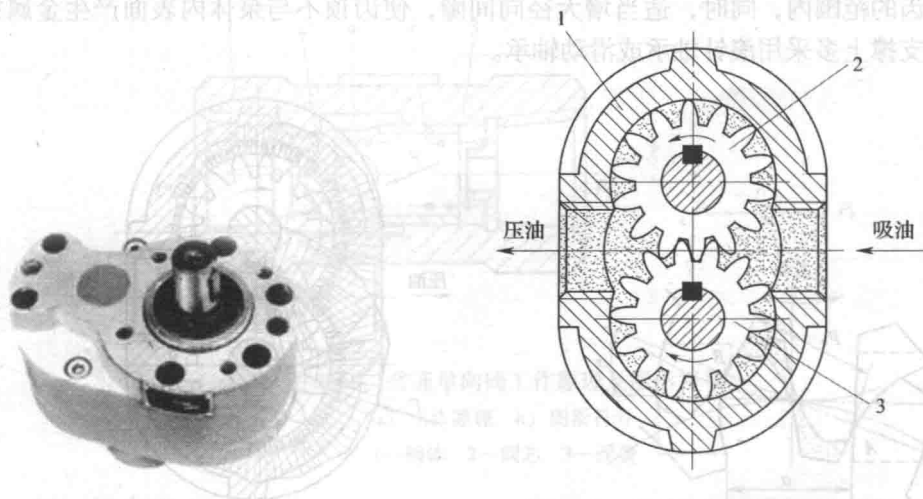


图 2—4 外啮合齿轮泵

图 2—5 外啮合齿轮泵的工作原理

1—泵体 2—主动齿轮 3—从动齿轮

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，使密封工作腔容积减小，油液受到挤压被排往系统，形成压油，这就是齿轮泵的吸油和压油过程。在齿轮的啮合过程中，相啮合的轮齿、端盖及泵体（壳体），把吸油区和压油区分开。

齿轮泵在结构上存在着以下三大问题：

1. 困油现象

齿轮泵要平稳地工作，齿轮啮合时的重叠系数必须大于1，即至少有一对以上的轮齿同时进入啮合，因此，在工作过程中，就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，如图2—6所示。这个密封容积的大小随齿轮转动而周期性地增大或减小。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，这就是齿轮泵的困油现象。

困油现象使齿轮泵产生强烈的噪声，并引起振动和气蚀，同时降低泵的容积效率，影响工作的平稳性和使用寿命。消除困油的方法通常是在两端盖板上开卸荷槽，如图2—6中的虚线方框所示。当封闭容积减小时，通过右边的卸荷槽与压油腔相通，而封闭容积增大时，通过左边的卸荷槽与吸油腔相通，两卸荷槽的间距必须确保在任何时候都不使吸、压油腔相通。

2. 径向力不平衡

在齿轮泵中，油液作用在齿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，如图2—7所示。因此，齿轮和轴受到径向不平衡力的作用，工作压力越高，径向不平衡力越大，径向不平衡力很大时，能使泵轴弯曲，导致齿顶压向泵体的低压端，使泵体偏磨，同时也加速轴承的磨损，缩短轴承的使用寿命。为了减小径向不平衡力的影响，常采取缩小压油口的办法，使压油腔的压力仅作用在一到两个齿的范围内，同时，适当增大径向间隙，使齿顶不与泵体内表面产生金属接触，并在支撑上多采用滚针轴承或滑动轴承。

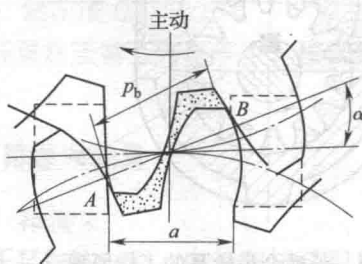


图2—6 困油现象

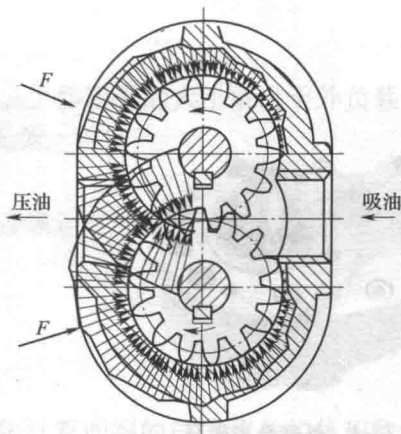


图2—7 齿轮泵的径向力不平衡