

# 看图学

KANTUXUE

YEYA

WEIXIU JINENG

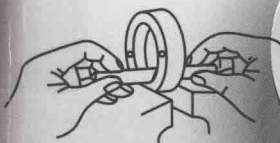
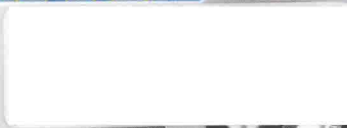
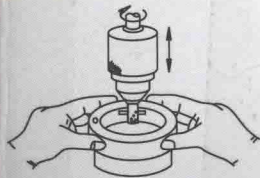
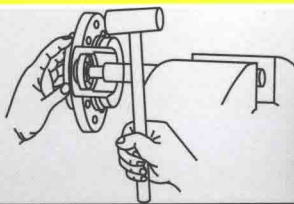
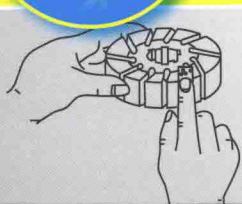


# 液压维修技能

陆望龙 编著

The Second Edition

第二版



化学工业出版社

KANTUXUE  
YEYA  
WEIXIU JINENG

# 看图学



# 液压维修技能

陆望龙 编著

第二版



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以“用图说话”的方式，结合大量图表及生动形象的语言、比喻来阐述液压维修技能，内容主要介绍各种液压元件的外观、工作原理和内部结构等基本知识，各种液压元件、液压回路的故障分析与排除、拆装和修理方法等基本技能。

希望广大从事液压维修工作的读者从中受益，能够逐步成为一个既有知识又有技能的“高级液压维修人才”。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

看图学液压维修技能/陆望龙编著. —2版. 北京:  
化学工业出版社, 2014.1  
ISBN 978-7-122-17081-1

I. ①看… II. ①陆… III. ①液压系统—维修—图解  
IV. ①TH137-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 081140 号

---

责任编辑: 黄 滢  
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 云 雷  
装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 三河市延风印装厂  
850mm×1168mm 1/32 印张 12 字数 334 千字  
2014 年 1 月北京第 2 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

## FOREWORD

《看图学液压维修技能》第一版（以下简称原版）自2010年1月出版以来，深受液压维修朋友欢迎，已经4次印刷。考虑到近几年来液压维修知识的更新很快，因此拟对原版进行修订，推出第二版。

与原版一样，这次修订仍以“用图说话”的方式，用大量的图、表和生动形象的语言、比喻来阐述液压维修技能。主要介绍各种液压元件的外观、工作原理和内部结构等基本知识，各种液压元件、液压回路的故障分析与排除、拆装和修理方法等基本技能。希望广大从事液压维修工作的读者从中受益，能够逐步成为一个既有知识又有技能的“高级液压维修人才”，这就是编写本书的主旨。

本次修订，除了对各类液压元件有关内容进行总体细化之外，还特别增加了第5章中“伺服阀”的内容，重新改写了“叠加阀”的相关内容。语言上做到通俗易懂、形象生动，是一本液压维修技能入门的普及读物。此外，本次修订还增加了更多的三维立体图，相信即使没有学过机械制图的人员也能看懂，并从中学到一些实用的液压维修基本知识和基本技能。本书中也有难点，希望读者仍能下苦功夫学习，因为液压维修技能需要不断地实践和积累。

感谢刘玉锋、陈黎明、陆桦、江祖专、郜海根、罗文果、马文科、李刚、朱皖英等专家及同行对本书的指导和参与工作。

知识改变命运，技能创造财富！笔者真诚希望能给广大从事液压维修的同行们提供一本真正实用的读物，以提高液压维修技能。但由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，希望广大读者批评指正。

编著者

# 第一版前言

FOREWORD

知识改变命运，技能创造财富。

本书以“用图说话”的方式，用大量的图、表和生动形象的语言、比喻来阐述液压维修技能，介绍了各种液压元件的外观、工作原理和内部结构等基本知识；各种液压元件、液压回路以及液压系统的故障分析与排除、拆装和修理方法等基本技能。希望广大从事液压维修工作的读者能够逐步成为一个既有知识又有技能的“高级液压技术人才”，这是编写本书的主旨。

本书语言通俗易懂、形象生动，是一本液压维修技能入门的普及读物，相信即使没有学过机械制图的人员也能看懂，并从中学到一些实用的液压维修基本知识和技能。但书中也有难点，希望读者能下苦功夫学习，因为液压维修技能需要不断实践和积累。

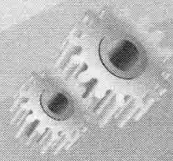
感谢刘玉峰、陈黎明、陆桦、罗文果、马文科、李刚、朱皖英、李泽深等专家及同行对本书的指导和帮助。笔者真诚希望能给广大从事液压维修的同行们提供一本真正实用的读物，以提高液压维修技能。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，希望广大读者批评指正。

编著者

# 目录

# Contents



■ 第1章 概述	1
1.1 液压传动的用途与实例	1
1.2 液压传动的工作原理	2
1.3 人体血液循环系统与液压系统	6
1.4 压力与流量	8
1.5 如何看液压图	13
■ 第2章 液压系统的“血液”——液压油（工作介质）	29
2.1 液压工作介质的分类	29
2.2 液压工作介质的性质和要求	29
2.3 油品的分类	31
2.4 液压油的名称	32
2.5 各种液压油的黏度等级	32
2.6 各种液压油液的特性	33
2.7 液压油的选用	33
2.8 液压油污染物的类型和危害	34
2.9 什么时候要换油	36
2.10 工作液和密封件的相容性	38
■ 第3章 液压系统的“心脏”——液压泵	39
3.1 概述	39
3.1.1 液压泵的工作原理	39
3.1.2 液压泵的主要性能参数	41
3.1.3 各种液压泵性能的比较	43

3.2	齿轮泵 .....	44
3.2.1	工作原理 .....	44
3.2.2	外观、图形符号、结构与立体分解图例 .....	46
3.2.3	维修齿轮泵的基本技能 .....	50
3.2.4	齿轮泵的拆卸与装配 .....	56
3.2.5	齿轮泵的修理 .....	59
3.3	叶片泵 .....	60
3.3.1	工作原理 .....	60
3.3.2	外观、图形符号、结构与立体分解图例 .....	64
3.3.3	维修叶片泵的基本技能 .....	67
3.4	柱塞泵 .....	73
3.4.1	工作原理 .....	73
3.4.2	外观、图形符号、结构与立体分解图例 .....	77
3.4.3	维修柱塞泵的基本技能 .....	81
3.5	螺杆泵 .....	88
3.5.1	工作原理 .....	88
3.5.2	外观、图形符号、结构与立体分解图例 .....	89
3.5.3	螺杆泵的拆装 .....	90
3.5.4	故障分析与排除 .....	96
3.5.5	使用注意事项 .....	97

## ■ 第4章 液压系统向外做功的“手”——液压缸和液压马达 ... 99

4.1	液压缸 .....	99
4.1.1	工作原理 .....	99
4.1.2	分类 .....	100
4.1.3	外观、图形符号、结构与立体分解图例 .....	102
4.1.4	维修液压缸的基本技能 .....	103
4.2	液压马达 .....	108
4.2.1	简介 .....	108
4.2.2	齿轮马达 .....	110
4.2.3	叶片马达 .....	122
4.2.4	轴向柱塞马达 .....	132

4.2.5	径向柱塞马达 .....	137
<b>■ 第5章</b>	<b>液压系统的“交通警察”——液压阀 .....</b>	<b>141</b>
5.1	方向阀 .....	141
5.1.1	单向阀 .....	141
5.1.2	液控单向阀 .....	148
5.1.3	换向阀 .....	158
5.1.4	电磁阀 .....	163
5.1.5	液动换向阀与电液换向阀 .....	178
5.2	压力阀 .....	196
5.2.1	溢流阀 .....	197
5.2.2	减压阀 .....	217
5.2.3	顺序阀 .....	225
5.2.4	压力继电器 .....	236
5.3	流量阀 .....	239
5.3.1	节流阀 .....	240
5.3.2	调速阀 .....	246
5.4	叠加阀 .....	256
5.4.1	组成 .....	257
5.4.2	外观、工作原理、结构及图形符号 .....	259
5.4.3	故障分析与排除 .....	267
5.4.4	安装面尺寸 .....	269
5.5	插装阀 .....	270
5.5.1	组成及插装单元的工作原理 .....	271
5.5.2	方向、流量和压力控制 .....	276
5.5.3	故障分析与排除 .....	282
5.5.4	插装阀的修理 .....	286
5.6	伺服阀 .....	287
5.6.1	液压伺服系统的工作原理简介及其特点 .....	287
5.6.2	机液伺服控制的工作原理与机液伺服阀 .....	288
5.6.3	电液伺服阀 .....	290
5.7	比例阀 .....	300



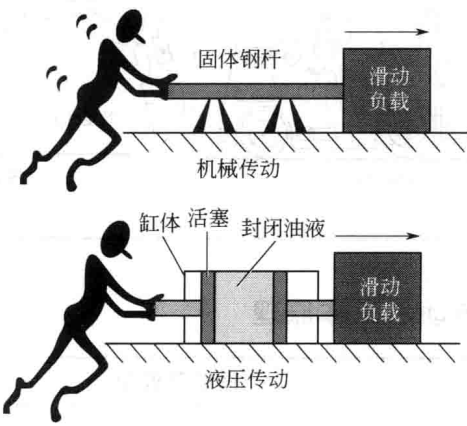
5.7.1	简介 .....	300
5.7.2	比例压力阀 .....	302
5.7.3	比例流量阀 .....	310
5.7.4	比例方向阀 .....	313
5.7.5	比例阀的故障分析与排除 .....	317
<b>■ 第6章</b>	<b>液压系统中不可缺的“配角”——辅助元件 .....</b>	<b>322</b>
6.1	管道与管接头 .....	322
6.1.1	管接头的类型与结构 .....	322
6.1.2	管接头漏油原因与排除方法 .....	327
6.2	过滤器 .....	328
6.2.1	过滤器的分类与作用 .....	328
6.2.2	过滤器的种类与结构 .....	329
6.2.3	过滤器的故障分析与排除 .....	331
6.2.4	过滤器的拆装例 .....	333
6.3	蓄能器 .....	334
6.3.1	简介 .....	334
6.3.2	蓄能器的结构与特点 .....	334
6.3.3	蓄能器的故障分析与排除 .....	336
6.4	冷却器 .....	338
6.4.1	冷却器例 .....	338
6.4.2	油冷却器的故障分析与排除 .....	339
6.5	油箱 .....	341
6.5.1	液压油箱的功用与分类 .....	341
6.5.2	油箱例 .....	341
6.5.3	油箱的故障 .....	342
6.6	密封件 .....	346
6.6.1	密封件的种类 .....	346
6.6.2	密封圈漏油原因和排除方法 .....	351
<b>■ 第7章</b>	<b>液压系统的维修 .....</b>	<b>357</b>
7.1	液压维修工常用维修工具 .....	357

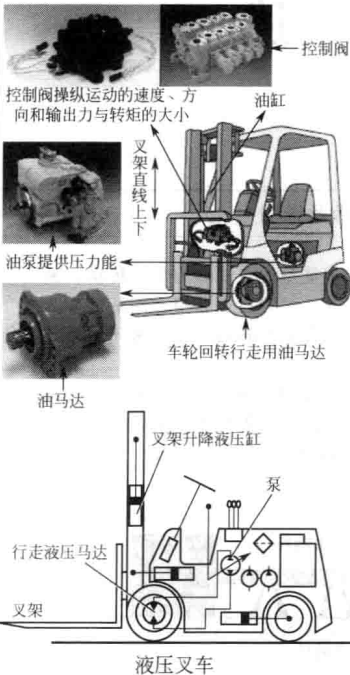
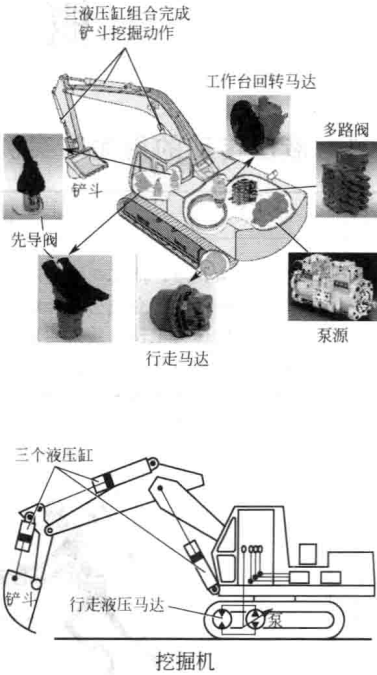
7.2	液压元件零件磨损后的几种修复方法·····	361
7.3	液压元件与液压系统安装调试·····	366
7.3.1	液压系统的清洗·····	366
7.3.2	液压系统的安装·····	367
7.3.3	液压系统的调试·····	369
7.3.4	液压系统的保养·····	371

# 第1章

## 概 述

### 1.1 液压传动的用途与实例

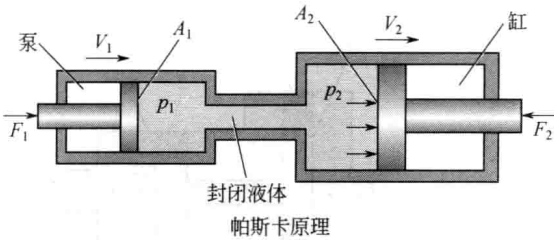
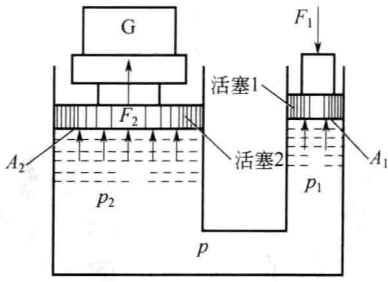
项目	图示及说明
定义	<p>以液体为介质，用其产生的压力传递能量的方式称为液压传动。液压系统将动力从一种形式转变成另一种形式。这一过程通过利用密闭液体作为媒介而完成，以液体作为工作介质来实现能量的传递和转换。通过密闭液体处理传递力或传递运动的科学叫做“液压学”</p> <p>液体几乎是不可压缩的，所以压力可以很快地建立，并能几乎无损失瞬间迅速地传输到相当远的地方，到达每个角落。因而封闭油液像刚性机械零件一样“刚性”地传递运动，是一种又柔又刚的传动方式</p> 
用途	<p>液体用来传递动力，向外做功和输出运动：</p> <ol style="list-style-type: none"><li>① 凡是需要做往复直线运动并输出力的地方可用到液压（液压缸）；</li><li>② 凡是需要做回转运动并输出转矩的地方可用到液压（液压马达）；</li><li>③ 凡是需要做摆动并输出扭力的地方可用到液压（摆动液压马达）；</li><li>④ 用以上三种简单运动复合，可使液压系统完成液压设备的各种复杂运动（多自由度），并对其进行运动方向、速度快慢和输出力的控制</li></ol>

项目	图示及说明
实例	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;">  <p>控制阀操纵运动的速度、方向和输出力与转矩的大小</p> <p>油缸</p> <p>叉架直线上下</p> <p>油泵提供压力能</p> <p>油马达</p> <p>车轮回转行走油马达</p> <p>叉架升降液压缸</p> <p>泵</p> <p>行走液压马达</p> <p>叉架</p> <p>液压叉车</p> </div> <div style="width: 48%;">  <p>三液压缸组合完成铲斗挖掘动作</p> <p>工作台回转马达</p> <p>多路阀</p> <p>铲斗</p> <p>先导阀</p> <p>行走马达</p> <p>泵源</p> <p>三个液压缸</p> <p>行走液压马达</p> <p>铲斗</p> <p>泵</p> <p>挖掘机</p> </div> </div>

## 1.2 液压传动的工作原理

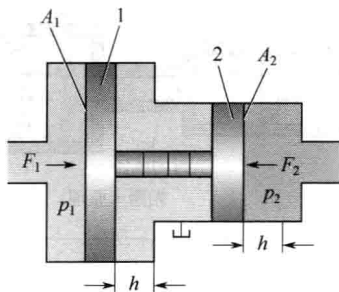
项目	图示及说明
帕斯卡原理	<p>液压传动的工作原理就是帕斯卡原理：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 加于密闭容腔内液体任一部分的压强（液压传动中称“压力”），将按其原来的大小由液体向各个方向传递；</li> <li>② 压力总垂直作用于容器内的任意表面上；</li> <li>③ 如果忽略不计因液面高度产生重力的影响，液体中各点的压力在所有的方向上均相等，图中有 <math>p_1 = p_2</math></li> </ol>

续表

项目	图示及说明
帕斯卡原理	 <p style="text-align: center;">帕斯卡原理</p>
为何帕斯卡原理能被液压传动方式所采用	<p>(1) 能进行力的传递与放大</p> <p>根据帕斯卡定律有 <math>p_1 = p_2 = p</math>, 得: <math>F_1/A_1 = p_1 = p_2 = F_2/A_2</math>, 有 <math>F_2 = F_1 \times A_2/A_1 = p_1 \times A_2</math></p> <p>通过封闭腔内的液体, 在活塞1上施加力 <math>F_1</math>, 产生的压力 <math>p</math> 作用在活塞2的 <math>A_2</math> 面上产生力 <math>F_2 = p \times A_2</math>, 于是力进行了传递, 并放大了 <math>A_2/A_1</math> 倍。大活塞与小活塞的面积比, 决定了小活塞的受力被放大的倍数。例如, 如果小活塞的面积 <math>A_1</math> 是 <math>1\text{cm}^2</math>, 受到的作用力为 <math>10\text{N}</math>, 而大活塞 <math>A_2</math> 的面积是 <math>100\text{cm}^2</math>, 那么后者受到的作用力就是 <math>1000\text{N}</math></p>  <p style="text-align: center;">力的传递与放大</p> <p>(2) 能进行压力的传递与放大</p> <p>在活塞1面积 <math>A_1</math> 上作用压力为 <math>p_1</math> 的压力油, 产生向右的推力 <math>F_1 = p_1 \times A_1</math>, 如果忽略活塞的加速度, 则活塞2上产生的反作用力为 <math>F_2</math>, 有 <math>F_1 = F_2</math>, 而 <math>F_2 = p_2 \times A_2</math>, 于是有:</p> $p_1 \times A_1 = p_2 \times A_2, \text{ 即 } p_2 = p_1 \times A_1/A_2$ <p>压力进行了传递并放大了 <math>A_1/A_2</math> 倍</p>

项目

图示及说明



压力的传递与放大

(3) 能进行位移、运动与功的传递

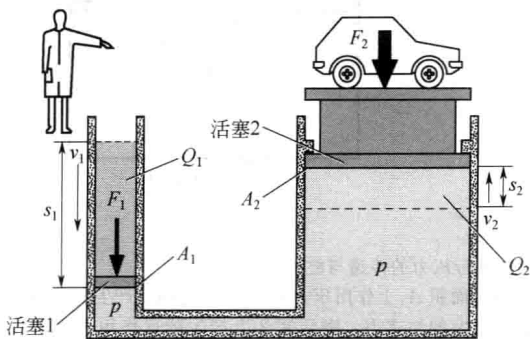
活塞 1 以速度  $v_1$  下移距离  $s_1$ , 活塞 2 以速度  $v_2$  上移,  $Q_1 = A_1 \times s_1$ ,  $Q_1 = Q_2 = A_2 \times s_2$ , 于是便进行了位移、运动的传递,

同样也进行了做功的传递: 设活塞 1 与活塞 2 做的功分别为  $W_1$  与  $W_2$ , 则有:

$$W_1 = F_1 s_1 = p A_1 s_1$$

$$W_2 = F_2 s_2 = p A_2 s_2$$

因此,  $W_1 = W_2$



位移、运动与功的传递

上述特点便满足了作为传动方式的所有功能而被液压传动方式所采用

为何帕斯卡原理能被液压传动方式所采用

续表

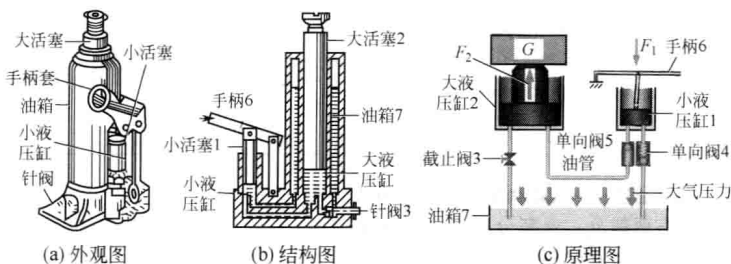
项目

图示及说明

帕斯卡原理的应用

液压千斤顶由大小液压缸 2 与 1、钢球单向阀 4 与 5、油箱 7、针阀 3 及操纵手柄 6 等组成。当用手操纵手柄 6 上提小活塞 1 时,小活塞下端空出一段容积的体积逐渐增大而形成真空,钢球单向阀 5 在大气压的作用下打开,而钢球单向阀 4 在负载压力的作用下处于关闭状态,油箱 7 的油经阀 5 进入小液压缸;当压下手柄 6 时,小液压缸活塞下移,挤压其下腔的油液,阀 5 关闭,小液压缸下腔的油液在手柄 6 下压时压力增高,顶开单向阀 4 进入大液压缸,推动大活塞上移而顶起重物,此时由于油液压差使阀 5 关闭不会倒流回油箱;再次提起手柄 6 时,大液压缸内的压力油也不会倒流入小液压缸,因为此时单向阀 4 因压差作用而自动关闭,所以大液压缸下腔还维持在压顶起重物的状态

当重复抬起和压下手柄 6 时,小液压缸不断交替地进行从油箱吸油和将油压入大液压缸的动作,将重物  $G$  (如汽车) 一点一点地顶起,当需放下重物时,打开针阀 3,大液压缸下腔压力油与油箱相通而卸压,大液压缸活塞 2 在重力的作用下下移,将大液压缸中的油液挤回油箱 7



液压千斤顶

结论

通过上述液压千斤顶的工作原理和我们平时操纵液压千斤顶的工作实践可知:

① 如果大活塞 2 上没有重物 (外负载), 则摇动手柄 6 的力就很小; 当活塞 2 上的重物越重摇动手柄的力就要越大, 缸内的油液被挤压的程度就越大, 即缸内封闭腔内的压力就越高。也就是说, 缸内的压力的大小取决于外负载

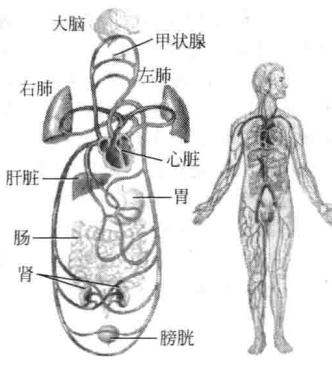
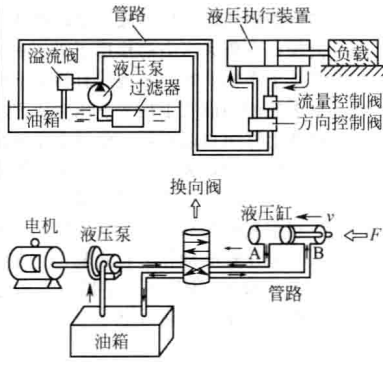
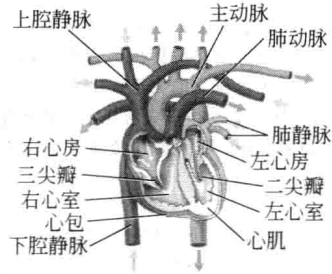
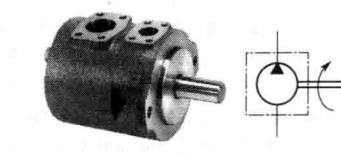
② 如果手柄 6 摇动的速度快, 小活塞 1 往复运动挤进大液压缸的液体量 (流量) 就多, 大活塞 2 上升的速度就快, 也就是说, 速度是由流量大小决定的所以液压传动的基本工作原理可归纳为以下三点:

① 采用液体为传动介质 (工作介质)

② 必须在封闭腔内进行, 整个工作原理就是帕斯卡原理的应用

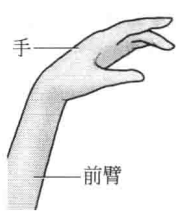
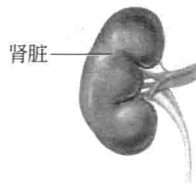
③ 代表液压传动性能的主要参数是压力和流量。根据帕斯卡原理产生的压力大小取决于外负载; 速度是由流量大小决定的

## 1.3 人体血液循环系统与液压系统

项目	人体的血液循环系统	液压系统
组成	 <p>大脑 甲状腺 右肺 左肺 心脏 肝脏 胃 肠 肾 膀胱</p>	 <p>管路 液压执行装置 溢流阀 液压泵 过滤器 油箱 流量控制阀 方向控制阀</p> <p>电机 液压泵 换向阀 液压缸 管路 油箱</p>
能量来源	食物 → 消化系统 → 供应全身营养	电能 → 电机 → 泵 → 供应液压系统压力能
动力元件	<p>心脏——人体内的泵：心脏分左右两部分，每部分又分心房和心室，上方的叫心房，下方的叫心室，中间由瓣膜分开。静脉是引导血液流向心脏的血管，动脉是引导血液流出心脏的血管</p> <p>心脏将人体所需要的氧气和其他营养成分带到身体的各个部位</p>  <p>上腔静脉 主动脉 肺动脉 右心房 三尖瓣 右心室 右心包 下腔静脉 左心房 二尖瓣 左心室 肺静脉 心肌</p>	<p>泵——液压系统的核心：分压、吸油腔两部分，中间由密封过渡区隔开。吸油管是引导工作液流向泵的油管，压油管是引导工作液流出泵的油管</p> <p>泵将液压系统所需要的压力能和流量输送到液压系统的各个部位</p> 



续表

项目	人体的血液循环系统	液压系统
控制元件	<p>心肌收缩时, 血液从心房流向心室, 然后由心室流入动脉; 心肌舒张时, 心室和心房扩张, 静脉的血液进入心房, 这时<b>动脉瓣</b>关闭, 进入动脉的血液不会流回心脏</p> <p>心肌、<b>动脉瓣</b>等是控制血液流动的控制元件</p>	<p><b>各种控制阀</b></p> <p>① 方向控制阀: 控制液流方向</p> <p>② 压力控制阀: 控制液体压力大小</p> <p>③ 流量控制阀: 控制液体流量大小</p>
执行元件	<p>手、脚、肩膀: 人体向外进行各种操作的部分。例如肩挑手提重物, 用手操纵电脑鼠标按钮、开动机器等</p> 	<p>液压缸、液压马达——液压系统的“手”, 将液压能变为机械能, 向外做功的元件</p> <p>① 液压马达 (油马达): 输出旋转运动</p> <p>② 液压缸 (油缸): 输出直线运动</p> <p>③ 摆动油缸: 输出回转运动</p>
辅助元件	<p>(1) <b>血管</b></p> <p>① 与心脏相连的是<b>动脉血管</b>和<b>静脉血管</b>。人体内的血液不停地在血管里流动, 它们经静脉血管流入心脏, 然后又被心脏挤压到动脉血管里, 流经全身</p> <p>② 静脉把来自肺部的含有新鲜氧气的血液和来自<b>全身各部位</b>的含有二氧化碳的血液送入心脏。动脉流出的血液中含有氧气, 被送往全身各个部位。</p> <p>(2) <b>肾脏</b>: 肾脏过滤血液</p> 	<p>(1) <b>油管</b></p> <p>① 与泵相连的是<b>压油管</b>和<b>吸油管</b>。液压系统内的工作<b>油液</b>不停地在管道里流动, 它们经吸油管流入泵, 然后又被泵挤压到压油管里, 流经全液压系统</p> <p>② 吸油管把来自<b>油箱</b>的干净油液吸入泵内。泵出口的压力油管流出的油液中含有压力能, 被送往液压系统各个部位</p> <p>(2) <b>过滤器</b>: 过滤器过滤油液</p> 