

# 液压

# 维修

# 入门

杨务滋 主编



**YEYA  
WEIXIU  
RUMEN**



化学工业出版社

# 液压

# 维修

# 入门

杨务滋 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

液压维修入门/杨务滋主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 6

ISBN 978-7-122-05411-1

I. 液… II. 杨… III. 液压系统-维修 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 060285 号

---

责任编辑: 黄 滢

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 战河红

---

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 9½ 字数 217 千字

2009 年 8 月北京第 1 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: 28.00 元

版权所有 违者必究



# 前言

随着国民经济的快速发展，液压技术以其独特的优点在经济建设的各个领域都得到了广泛的应用，而液压设备的可靠运行就显得更为突出和重要了。

实践经验表明，液压系统发生故障，除了设计、制造等原因外，主要是使用、维护、管理等方面因素的影响。而液压系统的故障又具有隐蔽性、多样性、不确定性和复杂性等特点，不易诊断及处理。液压系统一旦发生故障，不仅会影响生产，带来环境污染，甚至会危及到人身安全。所以，对于液压系统使用维护人员乃至液压系统的设计人员，液压系统的故障诊断与维修知识是不可缺少的。

有感于现在液压方面的图书大都以介绍液压传动的原理为主，适应层次较高，为了便于初学者加强液压系统的维修管理经验，编者以自身多年液压科研的实践经验，参考了较多资料编写成这本《液压维修入门》。本书重点系统地论述了液压系统的安装、调试、使用、维修及故障诊断和排除等方面的基本知识和相关经验，内容包括了液压传动的基本原理和特点，液压工作介质的特性和选用，液压元件的结构和维修，液压控制回路的原理和故障诊断，液压系统的安装调试，液压系统的检测以及液压系统的常见故障处理方法等。

本书立足于编写一本具有实际指导意义、浅显易懂的基础读物，面向于刚接触液压系统或对液压系统具有一定基础知识的读者。可供

从事液压设备安装使用、维护管理的工程技术人员、维修工人参考，也可作为大专院校、中等专业学校、职业技工学校机械类师生的教学参考书。

本书由中南大学机电工程学院杨务滋主编，滕韬、曾强参编。其中滕韬编写了第1章和第3章，曾强编写了第2章，杨务滋编写了第4~6章。胡江平、刘明涛、谭明敏等参与了本书的文稿录入整理以及部分插图的绘制等工作。全书由杨务滋统稿。

感谢本书编写过程中曾给予大力支持的周立强、母福生、曾石麟、张高雄等专家教授。限于编者水平，书中疏漏之处在所难免，恳请同行专家以及广大读者给予指正。

**编者**



# 目 录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第 1 章 液压传动的基础知识 .....    | 1  |
| 1.1 液压传动的基本原理 .....      | 2  |
| 1.1.1 液压传动的工作原理 .....    | 2  |
| 1.1.2 液压系统的组成部分 .....    | 3  |
| 1.1.3 液压传动的优缺点 .....     | 5  |
| 1.2 液压工作介质的特性与分类 .....   | 7  |
| 1.2.1 对液压工作介质的主要要求 ..... | 7  |
| 1.2.2 液压工作介质的选择 .....    | 8  |
| 1.2.3 液压工作介质使用要点 .....   | 13 |
| 第 2 章 液压元件的结构与维修 .....   | 15 |
| 2.1 液压泵的结构与维修 .....      | 16 |
| 2.1.1 齿轮泵的结构与维修 .....    | 16 |
| 2.1.2 叶片泵的结构与维修 .....    | 25 |
| 2.1.3 柱塞泵的结构与维修 .....    | 37 |
| 2.1.4 液压泵的选型 .....       | 55 |
| 2.2 液压控制阀的结构与维修 .....    | 56 |
| 2.2.1 常用液压控制阀的基本知识 ..... | 57 |

|       |                    |     |
|-------|--------------------|-----|
| 2.2.2 | 方向控制阀 .....        | 58  |
| 2.2.3 | 压力控制阀 .....        | 72  |
| 2.2.4 | 流量控制阀的结构与维修 .....  | 92  |
| 2.3   | 液压执行元件的结构与维修 ..... | 102 |
| 2.3.1 | 液压缸的结构与维修 .....    | 102 |
| 2.3.2 | 液压马达的结构与维修 .....   | 121 |
| 2.4   | 液压辅助元件的结构与维修 ..... | 129 |
| 2.4.1 | 过滤器的结构与维修 .....    | 129 |
| 2.4.2 | 液压系统空气滤清器 .....    | 138 |
| 2.4.3 | 液位液温计 .....        | 138 |
| 2.4.4 | 油冷却器 .....         | 140 |
| 2.4.5 | 蓄能器 .....          | 143 |
| 2.4.6 | 管件与密封 .....        | 143 |

## 第 3 章 液压控制回路的故障诊断 ..... 147

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 3.1   | 压力控制回路的故障诊断 ..... | 148 |
| 3.1.1 | 压力控制回路的原理 .....   | 148 |
| 3.1.2 | 压力控制回路的故障原因 ..... | 153 |
| 3.1.3 | 压力控制回路故障举例 .....  | 156 |
| 3.2   | 流量控制回路的故障诊断 ..... | 159 |
| 3.2.1 | 流量控制回路的原理 .....   | 159 |
| 3.2.2 | 流量控制回路的故障原因 ..... | 167 |
| 3.2.3 | 流量调节回路故障举例 .....  | 168 |
| 3.3   | 方向控制回路的故障诊断 ..... | 170 |
| 3.3.1 | 方向控制回路的原理 .....   | 170 |
| 3.3.2 | 方向控制回路的故障原因 ..... | 174 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 3.3.3 方向控制回路故障举例 ..... | 175 |
|------------------------|-----|

## 第 4 章 液压系统的安装调试 .....

|     |
|-----|
| 179 |
|-----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 4.1 液压系统的清洗 ..... | 180 |
|-------------------|-----|

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 4.1.1 液压系统清洁度的特殊要求 ..... | 180 |
|--------------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 4.1.2 液压系统的管道清洗 ..... | 182 |
|-----------------------|-----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 4.2 液压系统的安装 ..... | 183 |
|-------------------|-----|

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 4.2.1 液压动力站的安装 ..... | 183 |
|----------------------|-----|

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 4.2.2 轴向柱塞泵的安装 ..... | 184 |
|----------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 4.2.3 齿轮泵的安装 ..... | 195 |
|--------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 4.2.4 叶片泵的安装 ..... | 195 |
|--------------------|-----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 4.3 液压系统的调试 ..... | 197 |
|-------------------|-----|

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 4.3.1 液压系统调试时的注意事项 ..... | 197 |
|--------------------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 4.3.2 液压系统的调试 ..... | 198 |
|---------------------|-----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 4.4 液压系统的保养 ..... | 199 |
|-------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 4.4.1 液压系统的保养原则 ..... | 200 |
|-----------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 4.4.2 液压泵的保养 ..... | 200 |
|--------------------|-----|

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 4.4.3 液压动力站的保养（柱塞泵系统） ..... | 201 |
|-----------------------------|-----|

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 4.4.4 动力站的保养（齿轮泵系统） ..... | 203 |
|---------------------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 4.4.5 液压油液的保养 ..... | 203 |
|---------------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 4.4.6 液压管道的保养 ..... | 204 |
|---------------------|-----|

## 第 5 章 液压系统的检测 .....

|     |
|-----|
| 211 |
|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 5.1 液压系统压力的检测 ..... | 213 |
|---------------------|-----|

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 5.1.1 液压系统压力检测的方法 ..... | 213 |
|-------------------------|-----|

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 5.1.2 液压系统压力检测的设备 ..... | 216 |
|-------------------------|-----|



|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 5.1.3 液压系统压力的标定装置 ..... | 227 |
| 5.2 液压系统流量的检测 .....     | 228 |
| 5.2.1 液压系统流量检测的方法 ..... | 228 |
| 5.2.2 液压系统流量检测的设备 ..... | 228 |
| 5.3 液压系统温度的检测 .....     | 232 |
| 5.3.1 液压系统温度检测的方法 ..... | 232 |
| 5.3.2 液压系统温度检测的设备 ..... | 234 |
| 5.4 液压系统噪声的检测 .....     | 241 |
| 5.4.1 液压系统噪声的检测方法 ..... | 241 |
| 5.4.2 液压系统噪声的检测设备 ..... | 242 |
| 5.5 液压系统污染的检测 .....     | 244 |
| 5.5.1 液压系统污染的检测方法 ..... | 244 |
| 5.5.2 液压系统污染的检测设备 ..... | 245 |

## 第 **6** 章 液压系统常见故障处理方法 ..... 249

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 6.1 系统失压的处理方法 .....           | 250 |
| 6.1.1 液压阀故障引起的失压及其处理方法 .....  | 250 |
| 6.1.2 液压泵故障引起的失压及其处理方法 .....  | 254 |
| 6.1.3 执行元件故障引起的失压及其处理方法 ..... | 256 |
| 6.2 系统欠速的处理方法 .....           | 257 |
| 6.2.1 液压站供油不足引起的欠速及其处理 .....  | 257 |
| 6.2.2 液压控制部分引起的欠速及其处理 .....   | 258 |
| 6.2.3 执行元件磨损引起的欠速及其处理 .....   | 259 |
| 6.3 系统高温的处理方法 .....           | 261 |
| 6.3.1 系统高温产生的原因 .....         | 261 |
| 6.3.2 系统高温处理的方法 .....         | 262 |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 6.4 系统噪声的处理方法 .....                     | 263 |
| 6.4.1 产生噪声的原因 .....                     | 263 |
| 6.4.2 降低噪声的措施 .....                     | 263 |
| 6.5 系统污染的处理方法 .....                     | 264 |
| 6.5.1 系统污染的原因 .....                     | 264 |
| 6.5.2 系统污染的控制及处理办法 .....                | 265 |
| <b>附录</b> .....                         | 267 |
| 附录 1 液压系统常见故障及排除方法 .....                | 268 |
| 附录 2 常用液压图形符号（摘自 GB/T 786.1—1993） ..... | 273 |
| <b>参考文献</b> .....                       | 284 |



# 第1章

## 液压传动的基础知识



# 1.1

## 液压传动的基本原理

### 1.1.1 液压传动的工作原理

我们以液压千斤顶为例，说明液压传动的工作原理。如图 1-1 所示，当使手柄 5 向上运动时，它将带动小活塞缸 4 内的活塞向上运动。因小活塞缸 4 内的空间是密封容积，当此容积增大时，产生真空，存于油箱 1 中的油液在大气压力作用下，顶开单向阀 2，进入小活塞缸 4。当手柄 5 向下运动时，使小活塞向下移动，挤压油液使其顶开单向阀 3，排入大活塞缸 7 中，油液被挤压，压力升高。当升高的压力能够克服大活塞上的负载  $G$  时，负载随手柄向下运动而上升，不断重复上述过程就可以将负载（重物 6）举起来。打开放油阀 8，可以使大活塞缸 7 与油箱 1 相通，使大活塞复位。此例是最简单的

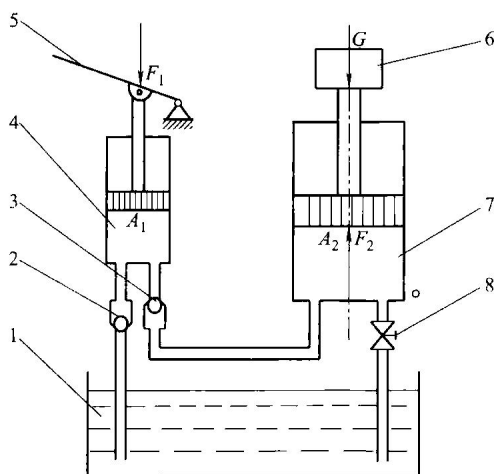


图 1-1 液压千斤顶示意图

液压系统，通过此例我们可以得到液压传动的一些重要的基本概念。

设大、小活塞的面积为  $A_2$ 、 $A_1$ ，作用于大活塞的负载为  $G$ ，小活塞上的作用力为  $F_1$ ，根据帕斯卡定律，大小活塞上的压力（压强）是相等的，设为  $p$ ，不计活塞运动过程中的摩擦力，则有

$$p = \frac{G}{A_2} = \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1} \quad \text{或} \quad F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$$

此式说明，液压系统中的压力  $p$  取决于负载  $G$  的大小，即压力取决于外载，这是液压传动的一个重要的概念。当  $A_2 \gg A_1$  时，即使  $F_1$  很小，仍然可以产生很大的  $F_2$ ，这就是力的放大作用。

如设小、大活塞的运动速度分别为  $v_1$ 、 $v_2$ ，在稳定运动时（不计泄漏）有

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 = Q$$

式中， $Q$  为流量。

可得 
$$v_2 = v_1 \frac{A_1}{A_2} = \frac{Q}{A_2}$$

大活塞的运动速度取决于输入流量（当  $A_2$  不变时），这也是液压传动中的重要概念。

大活塞运动时，其输出功率为

$$P = F_2 v_2 = p A_2 g \frac{Q}{A_2} = p g Q$$

由此可见，液压系统中的功率就是压力与流量的乘积。

### 1.1.2 液压系统的组成部分

工程实际中的液压传动系统，在液压泵—液压缸的基础上还设置有控制液压缸的运动方向、运动速度和最大推力的装置，下面以图 1-2 所示典型液压系统为例，说明其组成。

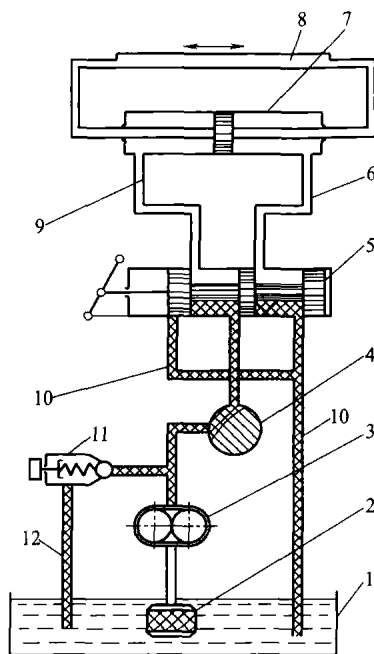


图 1-2 典型液压系统原理图

液压泵 3 由电动机驱动旋转，从油箱 1 经过过滤器 2 吸油。当换向阀 5 阀芯处于图示位置时，压力油经阀 4、阀 5 和管道 9 进入液压缸 7 的左腔，推动活塞向右运动。液压缸 8 右腔的油液经管道 6、阀 5 和管道 10 流回油箱。改变阀 5 阀芯工作位置，使之处于左端位置时，液压缸活塞反向运动。

改变流量控制阀 4 的开口，可以改变进入液压缸的流量，从而控制液压缸活塞的运动速度。液压泵排出的多余油液经溢流阀 11 和管道 12 流回油箱。液压缸的工作压力取决于负载。液压泵的最大工作压力由溢流阀 11 调定，其调定值应为液压缸的最大工作压力及系统中油液流经阀和管道的压力损失之和。因此，系统的工作压力不会超过溢流阀的调定值，溢流阀对系统还起着过载保护的作

用。从上面例子可以看出, 液压系统主要由以下五部分组成。

① 动力元件 动力元件是一种能量转换装置, 将机械能转换成液压能。这种元件就是液压泵。

② 执行元件 执行元件也是一种能量转换装置, 将流体的液压能转换成机械能输出。这种元件可以是做直线运动的液压缸, 也可以是做旋转运动的液压马达或液压摆动缸。

③ 控制元件 控制元件是对液压系统中流体的压力、流量及流动方向等参数进行控制和调节, 或实现信号转换、逻辑运算和放大等功能的元件。这些元件对流体相关参数进行调节、控制、放大, 不进行能量转换。

④ 辅助元件 辅助元件是指除保证系统正常工作所需的上述三种元件以外的其他元件, 如管道、管接头、油箱、过滤器等。辅助元件对液压系统的正常工作是必不可少的。

⑤ 工作介质 工作介质的作用是在系统中用来进行能量和信号的传递, 是液压能的载体。液压系统以液压油液或高水基液体作为工作介质。

### 1.1.3 液压传动的优缺点

#### (1) 液压传动的优点

① 在同等的体积下, 液压装置能比电气装置产生出更多的动力, 因为液压系统中的压力可以比电枢磁场中的磁力大出 30~40 倍。在同等的功率下, 液压装置的体积小, 重量轻, 结构紧凑。液压马达的体积和重量只有同等功率电机的 10%~12% 左右。

② 液压装置工作比较平稳。由于重量轻、惯性小、反应快, 液压装置易于实现快速启动、制动和频繁的换向。液压装置的换向频率, 在实现往复回转运动时可达 500 次/分, 实现往复直线运动



时可达 1000 次/分。

③ 液压装置能在大范围内实现无级调速，它还可以在运行的过程中进行调速。

④ 液压传动易于自动化，这是因为它对液体压力、流量或流动方向易于进行调节或控制的缘故。当将液压控制和电气控制、电子控制或气动控制结合起来使用时，整个传动装置能实现很复杂的顺序动作，接受远程控制。

⑤ 液压装置易于实现过载保护。液压缸和液压马达都能长期在失速状态下工作而不会过热，这是电气传动装置和机械传动装置无法办到的。液压件能自行润滑，使用寿命较长。

⑥ 由于液压元件已实现了标准化、系列化和通用化，液压系统的设计、制造和使用都比较方便。液压元件的排列布置也具有较大的机动性。

⑦ 用液压传动来实现直线运动远比用机械传动简单。

## (2) 液压传动的缺点

① 液压传动不能保证严格的传动比，这是由液压油液的可压缩性和系统泄漏等原因造成的。

② 液压传动在工作过程中常有较多的能量损失（摩擦损失、泄漏损失等），长距离传动时更是如此。

③ 液压传动对油温变化比较敏感，它的工作稳定性很易受到温度的影响，因此它不宜在很高或很低的温度条件下工作。

④ 为了减少泄漏，液压元件在制造精度上的要求较高，因此它的造价较贵，而且对油液的污染比较敏感。

⑤ 液压传动出现故障时不易找出原因。

总的来说，液压传动的优点是突出的，它的一些缺点有的现已大为改善，有的将随科学技术的发展而进一步得到克服。



## 1.2 液压工作介质的特性与分类

在液压系统中，液压油液是传递动力和信号的工作介质。同时，它还起到润滑、冷却和防锈的作用，液压系统能否有效、可靠地运行，在很大程度上取决于系统中所用的液压油液的性能。所以，在掌握液压系统之前，必须对液压油液有个清晰的了解。

### 1.2.1 对液压工作介质的主要要求

① 黏度合适，随温度的变化小 工作介质的黏度太大，系统的压力损失大，效率降低，而且泵的吸油状况恶化，容易产生空穴和汽蚀作用，使泵运转困难。黏度太小，则系统泄漏太多，容积损失增加，系统效率亦低，并使系统的刚性变差。此外，季节改变，以及机器在启动前后和正常运转的过程中，工作介质的温度会发生变化，因此，为了使液压系统能够正常和稳定地工作，要求工作介质的黏度随温度的变化要小。

② 润滑性良好 工作介质对液压系统中的各运动部件起润滑作用，以降低摩擦和减少摩擦，保证系统能够长时间正常工作。近年来，液压系统和元件正朝高性能化方向发展，许多摩擦部件处于边界润滑状态，所以，要求液压工作介质具有良好的润滑性。

③ 抗氧化 工作介质与空气接触会产生氧化变质，高温、高压和某些物质，如铜、锌、铝等会加速氧化过程。氧化后介质的酸值增加，腐蚀性增强，而且氧化生成的黏稠物会堵塞元件的孔、隙，影响系统的正常工作，因此，要求工作介质具有良好的抗氧化性。

④ 剪切安定性好 工作介质在经过泵、阀和微孔元器件时，