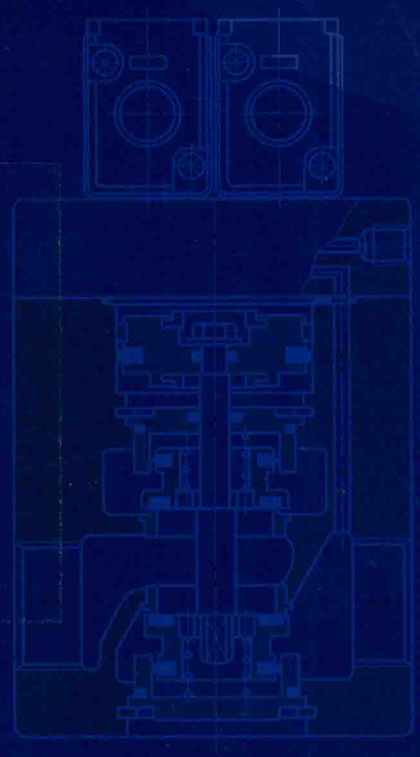
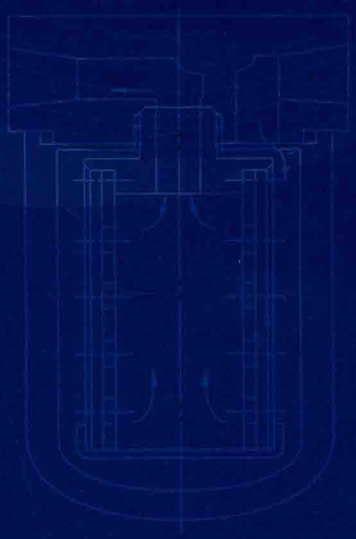
普通高等教育应用型人才培养“十三五”规划教材

液压与气压传动

YEYA YU QIYA CHUANDONG

时彦林　石永亮　孟延军　主编
袁建路　主审





化学工业出版社

普通高等教育应用型人才培养“十三五”规划教材

液压与气压传动

YEYA YU QIYA CHUANDONG

时彦林　石永亮　孟延军　主编
袁建路　主审

化学工业出版社
·北京·

本书共16章，内容包括：液压传动概论、液压传动基础、液压油、液压动力元件、液压缸、液压马达、液压控制阀、液压辅助装置、液压基本回路、典型液压系统、液压系统设计、气源装置及辅助元件、气动执行元件、气动控制元件、气动基本回路和典型气压系统。

本书可作为普通高等院校、高等职业技术院校、高等专科学校、职工大学、函授学院、成人教育学院机械类、冶金类、机电类、汽车类专业教学用书，也可供从事液压与气压传动的工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

液压与气压传动/时彦林，石永亮，孟延军主编.
北京：化学工业出版社，2018.3
普通高等教育应用型人才培养“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-31538-0

Ⅰ.①液… Ⅱ.①时…②石…③孟… Ⅲ.①液压传动-高等学校-教材②气压传动-高等学校-教材 Ⅳ.①TH137②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第031791号

责任编辑：张双进　　文字编辑：孙凤英
责任校对：边　涛　　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　　刷：三河市延风印装有限公司
装　　订：三河市宇新装订厂
787mm×1092mm　1/16　印张16½　字数406千字　　2018年5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：46.00元

版权所有　违者必究

前　言

本书是以培养应用型人才为目标，以能力为本位，突出学习者在学习中的主体地位的原则而编写的。全书共16章，内容包括：液压传动概论、液压传动基础、液压油、液压动力元件、液压缸、液压马达、液压控制阀、液压辅助装置、液压基本回路、典型液压系统、液压系统设计、气源装置及辅助元件、气动执行元件、气动控制元件、气动基本回路和典型气压系统。

本书在编写过程中突出“学其所用、用其所学”的指导思想，重点突出以具体元件、具体回路、具体液压系统为载体，将专业基础理论课程较为抽象的内容具体化，并尽量做到按照学习者的学习思维逻辑，设计课程内容的组织结构。本书特别注重拓展学习者关于液压元件、液压回路、液压传动系统的分析、维护与故障判断知识，每个章节后，均配有典型故障现象及排除方法列表。全书最后附有液压常用图形符号国家标准，使得本书既吸取了传统液压传动教材的体系结构，又较传统的液压传动教材应用性、实用性更强。

本书每章后有思考题。全书最后还设计了综合练习题，并配有参考答案供学习者自主学习时参考。需要者与 sylyyyy@163.com 联系。

本书可作为普通高等院校、高等职业技术学院、高等专科学校、职工大学、函授学院、成人教育学院教学用书，也可供从事液压与气压传动的工程技术工作人员参考。

全书由时彦林、石永亮、孟延军任主编，张士宪、赵晓萍任副主编，袁建路任主审，刘杰、李秀娜、何红华、郝宏伟、王丽芬、李鹏飞参编。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不足之处，敬请同仁和广大读者批评指正。

编者

2017 年 10 月

目 录

CONTENTS

第一篇 液 压 传 动

1 液压传动概论／001

1.1 液压传动的工作原理及系统组成 …… 001
1.2 液压系统的分类 …… 005
1.3 液压传动的特点 …… 005
1.4 中国液压技术的发展 …… 005
思考题 …… 006

2 液压传动基础／007

2.1 液体静力学基础 …… 007
2.2 液体动力学方程 …… 011
2.3 流体流经小孔或间隙的流量 …… 015
2.4 液压系统中的压力损失 …… 018
2.5 液压冲击和气穴现象 …… 019
思考题 …… 020

3 液压油／021

3.1 液体的物理性质 …… 021
3.2 液压油的类型和选择 …… 023
3.3 液压油的污染及控制 …… 025
3.4 液压油的使用及管理 …… 028
思考题 …… 029

4 液压动力元件／030

4.1 液压泵概述 …… 030
4.2 齿轮泵 …… 032
4.3 叶片泵 …… 038
4.4 柱塞泵 …… 046

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

4.5 各类液压泵的性能比较及应用 …… 055
思考题 …… 055

5 液压缸／057

5.1 液压缸的分类及特点 …… 057
5.2 典型液压缸及其工作原理 …… 058
5.3 液压缸的结构 …… 062
5.4 液压缸的拆装修理 …… 064
5.5 液压缸常见故障及排除方法 …… 066
思考题 …… 067

6 液压马达／068

6.1 液压马达类型及应用范围 …… 068
6.2 齿轮液压马达 …… 069
6.3 叶片液压马达 …… 070
6.4 轴向柱塞式液压马达 …… 071
6.5 径向柱塞式液压马达 …… 072
6.6 摆动液压马达 …… 074
思考题 …… 074

7 液压控制阀／075

7.1 概述 …… 075
7.2 方向控制阀 …… 076
7.3 压力控制阀 …… 087
7.4 流量控制阀 …… 100
7.5 电液伺服阀 …… 104
7.6 比例阀、 插装阀和叠加阀 …… 106
思考题 …… 110

8 液压辅助装置／111

8.1 蓄能器 …… 111
8.2 油箱 …… 115
8.3 过滤器 …… 116
8.4 热交换器 …… 120
8.5 压力计和压力计开关 …… 121
8.6 油管和管接头 …… 122
思考题 …… 123

9 液压基本回路／124

9.1 压力控制回路 …… 124
9.2 速度控制回路 …… 129
9.3 方向控制回路 …… 136
9.4 多缸控制回路 …… 138
思考题 …… 142

10 典型液压系统／143

10.1 Q2-8 型液压起重机液压系统 …… 143
10.2 组合机床动力滑台液压系统 …… 145
10.3 连铸机中间包滑动水口液压系统 …… 147
10.4 高炉泥炮液压系统 …… 151
10.5 液压机液压系统 …… 155
思考题 …… 160

11 液压系统设计／161

11.1 液压系统设计 …… 161
11.2 液压系统计算机辅助设计概述 …… 164
思考题 …… 169

第二篇 气 压 传 动

12 气源装置及辅助元件／170

12.1 气压传动系统的组成及特点 …… 170
12.2 气源装置 …… 171
12.3 辅助元件 …… 176
思考题 …… 179

13 气动执行元件／180

13.1 气缸 …… 180
13.2 气动马达 …… 186
思考题 …… 187

14 气动控制元件／188

14.1 方向控制阀 …… 188
14.2 压力控制阀 …… 191

14.3 流量控制阀 …… 193
思考题 …… 195

15 气动基本回路／196

15.1 换向控制回路 …… 196
15.2 压力控制回路 …… 198
15.3 速度控制回路 …… 200
15.4 位置控制回路 …… 201
思考题 …… 203

16 典型气压系统／204

16.1 射芯机气动系统 …… 204
16.2 气液动力滑台气动系统 …… 205

综合练习题／207

项目设计／229

附录 常用液压与气动图形符号／250

参考文献／254

第一篇
液 压 传 动

Chapter 01

1 液压传动概论

一部完整的机器由原动机、传动部分、控制部分和工作机构等组成。传动部分是一个中间环节，它的作用是把原动机（电动机、内燃机等）的输出功率传送给工作机构。传动有多种类型，如机械传动、电力传动、液体传动、气压传动以及它们的组合——复合传动等。

用液体作为工作介质进行能量传递的传动方式称为液体传动。按照其工作原理的不同，液体传动又可分为液压传动和液力传动两种形式。液压传动主要是利用液体的压力能来传递能量；而液力传动则主要是利用液体的动能来传递能量。

1.1 液压传动的工作原理及系统组成

液压传动装置本质上是一种能量转换装置，它以液体作为工作介质，通过动力元件液压泵将原动机（如电动机）的机械能转换为液体的压力能，然后通过管道、控制元件（液压阀）把有压液体输往执行元件（液压缸或液压马达），将液体的压力能又转换为机械能，以驱动负载实现直线或回转运动，完成动力传递。

1.1.1 液压千斤顶工作原理

图 1-1 是手动液压千斤顶的工作原理图。液压千斤顶由手动液压泵和液压举升装置两部分组成。杠杆 1、小活塞 2、小缸体 3、单向阀 4 和 5 等组成手动液压泵。大缸体 6、大活塞

7 和卸油阀 9 构成液压举升装置。另外还有连接各元件的油管、储存油液的油箱等辅助元件。

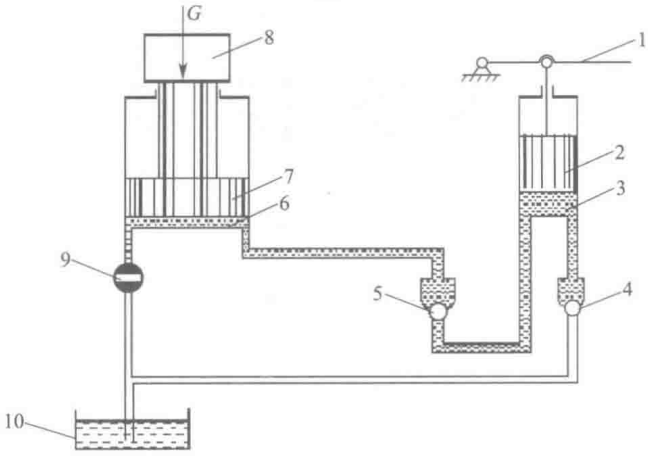


图 1-1　手动液压千斤顶的工作原理

1—杠杆；2—小活塞；3—小缸体；4，5—单向阀；
6—大缸体；7—大活塞；8—重物；9—卸油阀；10—油箱

液压千斤顶的工作过程可以描述如下。

(1) 提升杠杆，完成吸油动作　提起杠杆 1 使小活塞 2 向上移动，小活塞下面的油腔容积增大，形成局部的真空。此时，单向阀 5 的上方压力大于下方压力，其钢球在上、下压力差的作用下，将该处的油路关闭。油箱 10 中的油液在大气压力作用下，顶开单向阀 4 的钢球，沿吸油孔路进入小缸体的下腔，完成一次吸油动作。

(2) 下压杠杆，完成压油动作，顶起重物　下压杠杆 1 使小活塞 2 向下移动，小缸体 3 下腔的密封容积减小，腔内油压升高。此时，单向阀 4 的上方压力大于下方压力，其钢球在上、下压力差的作用下，将吸油孔路关闭。随着活塞的继续下压，小缸体 3 的下腔压力不断升高，直到单向阀 5 的下方压力高于上方压力时，其钢球被顶开，油液通过压油孔路进入大缸体 6 的下腔，推动大活塞向上移动，从而将重物 8 顶起一定距离，完成一次压油动作。

如此反复提升、下压杠杆 1，即可将重物不断升起到预定高度。

(3) 旋转卸油阀，使重物回落　将卸油阀 9 旋转 90°，在重物 8 的自重作用下，大缸内的油液可通过卸油阀小孔慢慢流回油箱，从而重物缓慢回落到原来高度。

由液压千斤顶的工作过程可知：小液压缸（由缸体 3 和活塞 2 组成）与单向阀 4 和 5 一起完成吸油与压油，将杠杆的机械能转换成油液的压力能输出，称为（手动）液压泵。大液压缸（由缸体 6 和大活塞 7 组成）将油液的压力能转换为机械能输出，完成顶起重物的工作，称为执行元件。

液压千斤顶是一个简单的液压装置，其工作原理说明液压传动是依靠在密闭容积中的油液的压力实现运动与动力的传递的。

1.1.2　机床工作台液压系统的组成

图 1-2 为一台简化了的机床工作台液压传动系统。其工作情况及工作过程中的方向、速度和压力的控制分析如下。

在图 1-2(a) 中，液压泵 3 由电动机（图中未示出）带动旋转，从油箱 1 中吸油。油液经过滤器 2 过滤后流往液压泵，经液压泵向系统输送。来自液压泵的压力油流经节流阀 5 和换向阀 6 进入液压缸 7 的左腔，推动活塞连同工作台 8 向右移动。这时，液压缸 7 右腔的油通过换向阀经 6 回油管排回油箱 1。

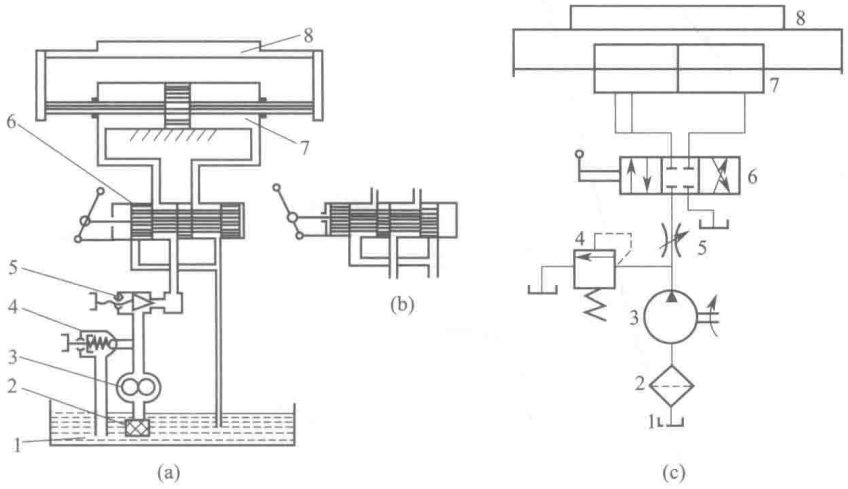


图 1-2 机床工作台液压传动系统

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；5—节流阀；6—换向阀；7—液压缸；8—工作台

如果将换向阀手柄扳到左边位置，使换向阀处于如图 1-2(b) 所示的状态，则压力油经换向阀 6 进入液压缸 7 的右腔，推动活塞连同工作台向左移动。这时，液压缸 7 左腔的油也经换向阀 6 和回油管排回油箱 1。

工作台的移动速度是通过节流阀 5 来调节的。当节流阀 5 开口较大时，进入液压缸 7 的流量较大，工作台的移动速度也较快；反之，当节流阀 5 开口较小时，工作台移动速度则较慢。

工作台移动时必须克服阻力，例如克服切削力和相对运动表面的摩擦力等。为适应克服不同大小阻力的需要，泵输出油液的压力应当能够调整；另外，当工作台低速移动时节流阀 5 开口较小，泵出口多余的压力油也需排回油箱 1。这些功能是由溢流阀 4 来实现的，调节溢流阀 4 弹簧的预压力就能调整泵出口的油液压力，并让多余的油在相应压力下打开溢流阀 4，经回油管流回油箱 1。

从上述例子可以看出，构成液压系统的各个部分及其作用如表 1-1 所示。液压传动系统在工作过程中的能量转换和传递情况如图 1-3 所示。

表 1-1 液压系统的组成

组成部分		功能作用
原动机	电动机 发动机	向液压系统提供机械能
动力元件	齿轮泵 叶片泵 柱塞泵	把原动机所提供的机械能转变成油液的压力能，输出高压油液
执行元件	液压缸 液压马达 摆动马达	把油液的压力能转变成机械能去驱动负载做功，实现往复直线运动、连续转动或摆动

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

续表

组成部分		功能作用
控制元件	压力控制阀 流量控制阀 方向控制阀	控制从液压泵到执行元件的油液的压力、流量和流动方向，从而控制执行元件的力、速度和方向
液压辅件	油箱	盛放液压油，向液压泵供应液压油，回收来自执行元件的完成了能量传递任务之后的低压油液
	管路	输送油液
	过滤器	滤除油液中的杂质，保持系统正常工作所需的油液清洁度
	密封	在固定连接或运动连接处防止油液泄漏，以保证工作压力的建立
	蓄能器	储存高压油液，并在需要时释放
	热交换器	控制油液温度
液压油		是传递能量的工作介质，也起润滑和冷却作用

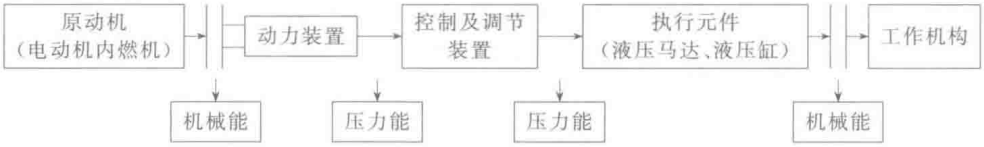


图 1-3　液压传动系统能量传递与转换图

1.1.3　液压传动系统的图形符号

如图 1-2(a) 所示的液压传动系统图中，各个元件都是以半结构图的形式表达的。这种半结构式的工作原理图直观性强，容易理解，当液压系统出现故障时，分析起来也比较方便。但它不能全面反映元件的职能作用，且图形复杂难以绘制，当系统元件数量多时更是如此。在工程实际中，除某些特殊情况外，一般均采用《流体传动系统及元件图形符号和回路图　第 1 部分：用于常规用途和数据处理的图形符号》(GB/T 786.1—2009) 所规定的液压图形符号（见附录）绘制液压传动系统原理图。

在用图形符号绘制液压系统原理图时，应注意以下问题。

① GB/T 786.1—2009 所规定的液压图形符号为职能符号。

② 图形符号只表示元件的功能、操作（控制）方法及外部连接口，不表示元件的具体结构和参数，也不表示连接口的实际位置和元件的安装位置。

③ 用液压图形符号绘制液压系统图时，所有元件均以元件的静止位置表示。并且除特别注明的符号或有方向性的元件符号外，其在图中可根据具体情况水平或垂直绘制。

④ 当有些元件无法用图形符号表达或在国家标准中未列入时，可根据标准中规定的符号绘制规则和所给出的符号进行派生。当无法用标准直接引用或派生时，或有必要特别说明系统中某一元件的结构和工作原理时，可采用局部结构简图也可采用其结构或半结构示意图表示。

⑤ 液压元件的名称、型号和参数（如压力、流量、功率、管径等），一般在系统图的元件表中标明，必要时也可标注在元件符号旁边。

⑥ 图形符号的大小应以清晰美观为原则，绘制时可根据图纸幅面大小酌情处理，但应保持图形本身的适当比例。

对于如图 1-2(a) 所示的液压系统，若用国家标准 GB/T 786.1—2009 绘制，则其系统原理图如图 1-2(c) 所示。

1.2 液压系统的分类

按照液压回路的基本构成可以把液压系统划分为开式系统和闭式系统；按照液压系统的主要功用可分为传动系统和控制系统；按实现速度控制的方式可分为阀控制和泵控制；按换向阀中位状态可分为开中位和闭中位；按系统的用途可分为固定设备用和车辆用等。现将开式系统、闭式系统、阀控制、泵控制说明如表 1-2 所示。

表 1-2 液压系统的分类

类别	说 明
开式系统	泵从油箱抽油，经系统回路返回油箱，应用普遍，油箱要足够大
闭式系统	马达排出的油液返回泵的进油口，多用于车辆的行走驱动，用升压泵补油，并且用冲洗阀局部换油
阀控制	通过改变节流口的开度来控制流量，从而控制速度。按节流口与执行元件的相对位置可分为进口节流、出口节流和旁通节流
泵控制	通过改变泵的排量来控制流量，从而控制速度，效率较高

1.3 液压传动的特点

1.3.1 液压传动的主要优点

液压传动在工程机械、矿山机械、冶金机械、机床工业、轻工机械、农业机械等工业部门都有着广泛的应用。之所以如此，是因为它与其他传动形式相比有着许多优点。

① 液压传动能方便地实现无级调速，调速范围大。

② 在相同功率情况下，液压传动能量转换元件的体积较小，重量较轻。

③ 工作平稳，换向冲击小，便于实现频繁换向。

④ 便于实现过载保护，而且工作油液能使传动零件实现自润滑，故使用寿命较长。

⑤ 操纵简单，便于实现自动化。特别是和电气控制联合使用时，易于实现复杂的自动工作循环。

⑥ 液压元件易于实现系列化、标准化和通用化。

1.3.2 液压传动的主要缺点

① 液压传动中的泄漏和液体的可压缩性使传动无法保证严格的传动比。

② 液压传动有较多的能量损失（泄漏损失、摩擦损失等），故传动效率不高，不宜作远距离传动。

③ 液压传动对油温的变化比较敏感，不宜在很高和很低的温度下工作。

④ 液压传动出现故障时不易找出原因。

综合上述，液压传动的优点远多于其缺点，所以在各工业领域中获得越来越广泛的应用。

1.4 中国液压技术的发展

中国液压工业经过几十年的发展，已形成了门类齐全、有一定技术水平并初具规模的生

产科研体系。中国现有主要生产企业近 300 家，液压产品的年产量约为 450 万件，为机床、工程机械、冶金机械、矿山机械、农业机械、汽车、铁路、船舶、电子、石油化工、国防、纺织、轻工等行业机械设备提供种类比较齐全的产品。目前液压元件约有 1000 个品种，近万个规格。

改革开放以来，中国液压工业先后引进技术几十项，为提高产品质量和扩大生产能力起到了重要作用。目前已和美国、日本、德国、意大利等国家以及我国台湾地区的液压公司建立了一些合资企业，这些企业也为推动中国液压工业的发展做出了应有的贡献。中国通过科研攻关和对引进技术的消化吸收，产品技术水平不断提高，如生产的高压齿轮泵、中高压变量叶片泵、高压斜轴式及斜盘式柱塞泵/马达、高压液压控制阀、叠加阀、电液伺服阀、比例阀、精密过滤器、精密气源处理装置、微型和小型气动电磁阀、无油润滑气缸及阀门、高压往复密封及回转密封等。另外在 CAD 和 CAT 技术、污染控制、故障诊断、机电一体化、现代控制工程技术的应用等方面均取得很好的成果，并已应用于实际生产中。

中国液压、气动工业虽然取得了很大的发展，但与世界先进水平相比还有差距，主要表现如下。

① 产品品种少，产品结构不合理，高新技术产品构成比例低。

② 产品品种单一，系列化程度不高，缺少适应主机的变型、派生和专用产品。因此，可供用户选择的范围小，不适应主机多样化发展的要求。

③ 产品性能指标不高，且国外的液压、气动产品寿命比中国高，中高压叶片泵噪声比中国低。又如产品的清洁度，以电磁阀为例，国外电磁阀（6mm 通径）为 1～5mg，而中国为 10～20mg。国内外液压气动产品性能比较如表 1-3 所示。

表 1-3　国内外液压气动产品性能比较

产品名称	国内	国外
液压电磁阀的寿命/万次	100～300	1000
气动电磁阀的寿命/万次	500～1000	3000～5000
中高压叶片泵噪声/dB	75～80	60～70
电磁阀(6mm 通径)的清洁度/mg	10～20	1～5

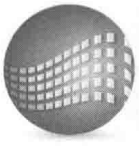
④ 设计技术水平不高，缺少必要的试验条件，自我开发能力薄弱。还有 CAD、CAT 技术应用还不普遍，产品设计还处于经验设计、静力学设计阶段。

根据中国液压工业的技术差距，有关部门已拟定出对液压、气动产品的性能和质量的新要求，实际上就是解决差距的措施。

思　考　题

1. 液体传动有哪两种形式？它们的主要区别是什么？
2. 液压传动系统由哪几部分组成？各部分的作用是什么？
3. 液压传动的主要优、缺点是什么？
4. 液压系统中液压元件的表示方法是什么？

Chapter 02



2 液压传动基础

2.1 液体静力学基础

液体静力学研究的是液体在静止状态下的平衡规律。静止状态指液体内部质点之间没有相对运动。

2.1.1 压力的概念

液压传动中所说的压力概念是指当液体相对静止时，液体单位面积上所受的法向力，常用符号 p 表示。

静止液体某点处微小面积 ΔA 所受的法向力为 ΔF，则该点的压力为

$$p=\lim_{\Delta A\to 0}\frac{\Delta F}{\Delta A} \tag{2-1}$$

式中 p——液体所受压力，Pa（N/m^2）；

ΔF——液体所受法向外力，N；

ΔA——法向力的作用面积，m^2。

若法向力 F 均匀地作用在面积 A 上，则压力可表示为：

$$p=\frac{F}{A} \tag{2-2}$$

2.1.2 压力的表示方法

压力有两种表示方法，即绝对压力和相对压力。以绝对真空为基准的压力为绝对压力；以大气压（Pa）为基准的压力为相对压力。大多数测量压力的仪表都受大气压的作用，所以，仪表指示的压力都是相对压力，也称表压力。在液压传动中，如不特别说明，压力均指相对压力。

如果液体中某点处的绝对压力小于大气压力（Pa），那么，比大气压小的那部分数值叫做该点的真空度。由图 2-1 可知，以大气压为基准计算压力值时，基准以上的正值是表压

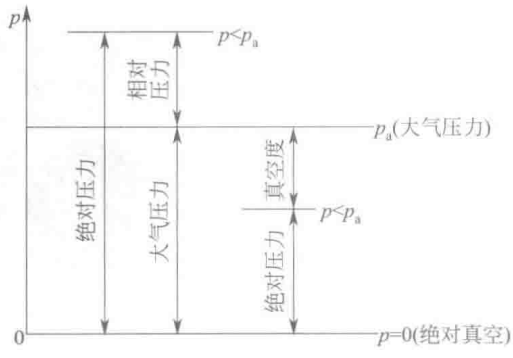


图 2-1 绝对压力、相对压力、真空度

力，基准以下的负值就是真空度。绝对压力、相对压力、真空度的关系为：

绝对压力＝大气压力＋相对压力

真空度＝大气压力－绝对压力

压力的法定计量单位是 Pa（帕），1Pa＝1N/m^2，工程上常使用 kPa、MPa，1MPa＝10^6 Pa（兆帕）。工程单位制使用的单位有 bar（巴）、at（工程大气压，即 kgf/cm^2）、atm（标准大气压）、液体高度等。各种压力单位之间的换算关系见表 2-1。

表 2-1 各种压力单位换算关系

Pa(帕)	bar(巴)	at(kgf/cm^2)(工程大气压)	atm(标准大气压)	mmH_2O(毫米水柱)	mmHg(毫米汞柱)
1×10^5	1	1.01972	0.986923	1.0972×10^4	7.50062×10^2

2.1.3 液体静力学基本方程

如图 2-2 所示，密度为 ρ 的液体在容器内处于静止状态。为求任意深度 h 处的压力，可从液体内部取出如图 2-2(b) 所示垂直小液柱作为研究体，顶面与液面重合，截面积为 ΔA，高为 h。液柱顶面受外加压力 p_0 作用，液柱所受重力 $G=\rho gh\Delta A$，并作用于液柱的重心上，设底面上所受压力为 p，液柱侧面受力相互抵消。由于液柱处于静止状态，相应液柱也处于平衡状态，于是有

$$p=p_0+\rho gh \tag{2-3}$$

式(2-3) 即为液体静力学基本方程。由基本方程可知，重力作用下的静止液体，其压力分布有如下特征。

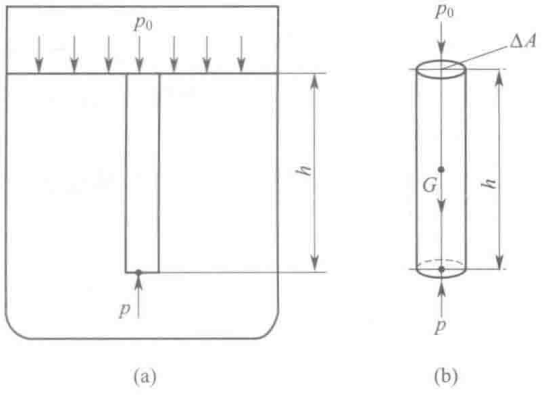


图 2-2 静止液体压力分布规律

① 静止液体内任一点处的压力由两部分组成：一部分是液面上的压力 p_0；另一部分是该点以上液体自身形成的压力 ρgh。

② 静止液体内的压力随液体深度 h 的增加而增大。

③ 离液面深度相同处各点的压力相等。压力相等的所有组成的面称为等压面（等压面为一水平面）。

2.1.4 压力的传递

液体受外力作用的情况下，外力作用产生的压力 p_0 和液体自重所产生的压力 ρgh 相比大很多，可将压力 ρgh 忽略不计，近似地认为在整个液体内部的压力是相等的。

【例 2-1】 如图 2-3 所示，一垂直安装的密封容器内充满液压油液，密度 $\rho=900\text{kg/m}^3$。有效作用面积 $A=10\times10^{-4}\text{m}^2$ 的活塞上放一重物，重物重力 $G=3\text{kN}$（活塞及活塞杆自重

忽略不计)。试用静压力基本方程式计算容器内 A、B、C 三点的静压力并进行比较。

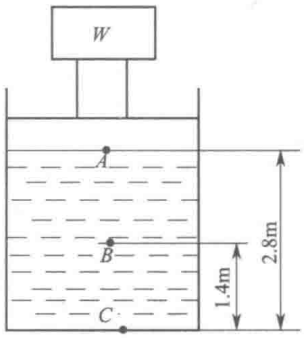


图 2-3 静压力计算

解：静力学基本方程：$p=p_0+\rho gh$

式中 $p_0=\dfrac{G}{A}=\dfrac{3\times10^3}{10\times10^{-4}}\text{N/m}^2=30\times10^5\text{N/m}^2(\text{Pa})$

对于 A 点 $h_A=0$，$p_A=p_0=30\times10^5\text{Pa}$

对于 B 点 $h_B=(2.8-1.4)\text{m}=1.4\text{m}$

$p_B=p_0+\rho gh_B=(30\times10^5+900\times9.81\times1.4)\text{Pa}=30.12\text{Pa}$

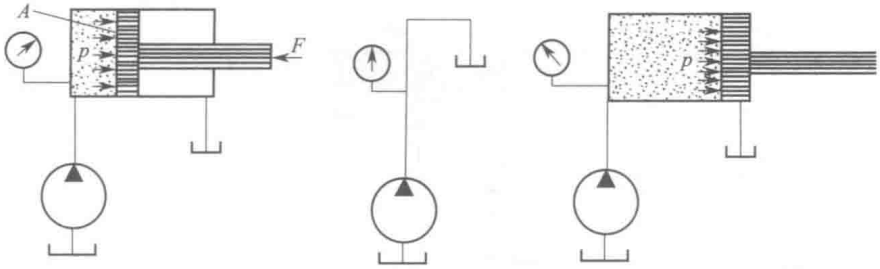
对于 C 点 $h_C=2.8\text{m}$，$p_C=p_0+\rho gh_C=(30\times10^5+900\times9.81\times2.8)\text{Pa}=30.24\text{Pa}$

由此可见，$p_A\approx p_B\approx p_C$，可不计液面高度对静压力影响，认为容器内静止液体的压力处处相等。

压力的传递遵循帕斯卡原理或静压传递原理。即在密闭容器内，施加于静止液体上的压力可以等值传递到液体内各点。液压传动就是在这一原理的基础上建立起来的。

2.1.5 工作压力形成

在图 2-4 中，液压泵连续地向液压缸供油，当油液充满后，由于活塞受到外界负载 F 的阻碍作用，使活塞不能向右移动，若液压泵继续强行向液压缸中供油，其挤压作用不断加剧，压力也不断升高，当作用在活塞有效作用面积 A 上的压力升高到足以克服外界负载时，活塞便向右运动，这时系统的压力为 $p=\dfrac{F}{A}$。



(a) 外负载为F　(b) 外负载为零　(c) 活塞移至缸体端部

图 2-4 液压系统压力的形成

如果 F 不再改变，则由于活塞的移动，使液压缸左腔的容积不断增加，这正好容纳了液压泵的连续供油量，此时油液不再受到更大的挤压，因而压力也就不会再继续升高，始终保持相应的 p 值。

如果用压力表实测如图 2-4(b) 和图 2-4(c) 所示的两种情况，则测得如图 2-4(b) 所示状态时的压力等于零。这是因为此时外界的负载为零（不计管道的阻力），油液的流动没有受到阻碍，因此建立不起来压力。在图 2-4(c) 的情况下，当活塞移至缸体的端部时，由于液压泵连续供油，而液压缸左腔的容积却无法增加，所以系统的压力急剧升高，假如系统没有保护措施，系统的薄弱环节将被破坏。

由上述分析得知，液压系统中的压力是由于液体受到各种形式的外界载荷的阻碍，使油

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com