

应用型本科院校“十三五”精品规划教材

液压传动与气动

主 编◎陈金增 常宗滨

副主编◎魏绍炎 李 伟



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

应用型本科院校“十三五”精品规划教材

液压传动与气动

主 编 陈金增 常宗滨

副主编 魏绍炎 李 伟



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

• 北京 •

内 容 提 要

本书共分 14 章, 内容包括: 概述液压与气压传动的工作原理、组成、图形符号、优缺点、应用和发展; 流体力学基础知识; 液压动力设备、执行元件、控制元件和辅助元件; 液压传动基本回路; 典型液压传动系统分析; 液压传动系统的设计与计算; 气源装置与辅助元件、执行元件、控制元件、基本回路和控制系统分析。

本书可作为高等学校机械制造及其自动化、机械设计与制造、化工与化工机械、机电一体化、模具设计与制造、动力与车辆工程等专业的教材, 并适合作为各类成人高校、在职继续教育、自学考试等有关机械类专业的教材, 也可供从事流体传动与控制技术的工程技术人员参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

液压传动与气动 / 陈金增, 常宗滨主编. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2017. 5
应用型本科院校“十三五”精品规划教材
ISBN 978-7-5170-5008-7

I. ①液… II. ①陈… ②常… 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(2016)第322801号

书 名	应用型本科院校“十三五”精品规划教材 液压传动与气动 YEYA CHUANDONG YU QIDONG
作 者	主 编 陈金增 常宗滨 副主编 魏绍炎 李 伟
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京智博尚书文化传媒有限公司
印 刷	北京建宏印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 13 印张 307 千字
版 次	2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	32.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本书是根据高等学校机械设计制造及自动化、机械电子工程、材料成型及控制工程等专业教学要求,总结近年应用型本科院校的教学特点而编写的,教材突出侧重应用的特点,在保证内容反映国内外机械工程学科发展的基础上,通过合理安排内容结构,把握机械相关学科、课程之间的关系,保证教材自身体系的完整性。教材内容安排上按照流体力学理论、元件、回路、系统逐步深入的编写思路,既注重基本理论和性能,又注重设计方法的理论依据和工程背景,面向就业,培养学生的专业能力和职业素质。

本书共分14章。第1章概述液压与气压传动的工作原理、组成、图形符号、优缺点、应用和发展;第2章讲述流体力学基础知识;第3~6章分别讲述液压动力设备、执行元件、控制元件和辅助元件;第7章讲述液压传动基本回路;第8章讲述典型液压传动系统分析;第9章讲述液压传动系统的设计与计算;第10~14章分别讲述气源装置与辅助元件、执行元件、控制元件、基本回路和控制系统分析。

本书可作为高等学校机械制造及其自动化、机械设计与制造、化工与化工机械、机电一体化、模具设计与制造、动力与车辆工程等专业的教材,并适合作为各类成人高校、在职继续教育、自学考试等有关机械类专业的教材,也可供从事流体传动与控制技术的工程技术人员参考。

本书由武昌理工学院陈金增、黑龙江水利水电勘测设计研究院常宗滨任主编,武昌理工学院魏绍炎、湖北工业大学李伟任副主编。武汉大学王国顺教授主审并提出了许多建议,在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限,再加时间仓促,错误之处在所难免,请读者提出宝贵意见。

编 者
2017年2月

目 录

前言

绪论	1
第 1 章 概述	3
1.1 液压传动的工作原理及特点	3
1.1.1 液压传动的概念	3
1.1.2 液压传动系统的组成	4
1.1.3 液压系统的图形符号	5
1.1.4 液压传动系统的分类	7
1.1.5 液压传动的特点	7
1.2 气压传动原理及性能特点	8
1.2.1 气压传动的特点	8
1.2.2 气压传动的组成	9
1.3 液压与气压传动的发展概况	10
习题	11
第 2 章 流体力学基础	12
2.1 流体的基本性质	12
2.1.1 液体的主要物理性质	12
2.1.2 空气的物理性质及气体状态方程	14
2.2 流体静力学基础	17
2.2.1 压力及其表示方法	17
2.2.2 重力场中静止液体的压力分布	17
2.2.3 帕斯卡原理	17
2.2.4 压力的表示方法及单位	18
2.3 液体动力学方程	18
2.3.1 液体流动的基本概念	18
2.3.2 连续性方程	19
2.3.3 伯努利方程	20
2.3.4 动量方程和动量矩方程	22
2.4 液体在管道中的流动状态和压力损失	24
2.4.1 液体的流动状态	24
2.4.2 沿程压力损失	25
2.4.3 局部压力损失	28

2.4.4	管路系统总压力损失.....	28
2.5	孔口流动的流量计算.....	28
2.5.1	薄壁小孔的流量计算.....	29
2.5.2	液体流经细长小孔的流量计算.....	30
2.6	空穴现象	30
2.6.1	空穴现象的产生原因.....	30
2.6.2	防止产生空穴现象和气蚀的措施.....	31
2.7	液压冲击	31
2.8	液压油	31
	习题	32
第 3 章	液压动力设备	34
3.1	齿轮泵	34
3.1.1	齿轮泵的基本结构和工作原理.....	34
3.1.2	齿轮泵的特性.....	35
3.1.3	齿轮泵的类型.....	38
3.1.4	高压齿轮泵.....	40
3.2	螺杆泵	43
3.2.1	螺杆泵的基本结构和工作原理.....	43
3.2.2	螺杆泵的特性.....	45
3.3	叶片泵	47
3.3.1	单作用叶片泵.....	48
3.3.2	双作用叶片泵.....	49
3.3.3	限压式叶片泵.....	50
3.4	轴向柱塞泵.....	51
3.4.1	轴向柱塞泵的工作原理.....	51
3.4.2	轴向柱塞泵的结构.....	54
	习题	58
第 4 章	液压执行元件	59
4.1	液压缸	59
4.2	液压马达	63
	习题	71
第 5 章	液压控制元件	73
5.1	方向控制阀.....	73
5.2	压力控制阀.....	81
5.3	流量控制阀.....	88
5.4	逻辑阀	93

5.5	比例控制阀.....	96
5.6	液压伺服控制系统和电液伺服阀.....	100
	习题	105
第 6 章	辅助元件.....	106
6.1	滤油器	106
6.2	油箱与热交换器.....	111
6.3	油管与管接头.....	113
6.4	蓄能器	114
第 7 章	液压基本回路	116
7.1	方向控制回路.....	116
7.1.1	换向回路.....	116
7.1.2	锁紧回路.....	119
7.2	压力控制回路.....	120
7.2.1	调压回路.....	120
7.2.2	减压回路.....	121
7.2.3	增压回路.....	121
7.2.4	卸荷回路.....	123
7.2.5	保压回路.....	124
7.2.6	平衡回路.....	125
7.3	速度控制回路.....	125
7.3.1	节流调速回路.....	126
7.3.2	容积调速回路.....	129
7.3.3	容积节流调速回路.....	133
7.3.4	快速运动回路.....	133
7.3.5	速度转换回路.....	134
第 8 章	典型液压系统	137
8.1	压力机液压系统.....	137
8.1.1	普通液压元件组成的系统.....	137
8.1.2	逻辑阀组成的压力机液压系统.....	139
8.2	组合机床动力滑台液压系统.....	142
8.2.1	液压系统工作原理.....	143
8.2.2	系统的特点.....	144
	习题	144
第 9 章	液压系统的设计.....	146
9.1	液压系统设计概述.....	146
9.1.1	明确对液压系统的工作要求.....	146

9.1.2	拟定液压系统的工作原理图.....	146
9.1.3	选择执行元件及确定主要参数.....	148
9.1.4	液压泵组的计算和选择.....	150
9.1.5	液压控制阀件的选择.....	150
9.1.6	选择液压辅件.....	151
9.1.7	液压系统性能校核计算.....	151
9.1.8	绘制系统工作图、编制技术文件.....	152
9.2	8t 液压起货机起升回路液压系统设计.....	152
9.2.1	起货机对液压起升回路的要求.....	152
9.2.2	液压系统设计.....	154
9.2.3	系统校核计算.....	156
9.2.4	技术文件编制.....	157
	习题	157
第 10 章	气源系统.....	158
10.1	对压缩空气的品质要求.....	158
10.2	气源系统组成.....	158
10.2.1	空气压缩机.....	159
10.2.2	空气处理元件.....	160
	习题	162
第 11 章	气动执行元件.....	167
11.1	气缸.....	167
11.1.1	气缸的分类.....	167
11.1.2	普通气缸.....	167
11.1.3	几种特殊气缸.....	169
11.2	气动马达.....	173
	习题	174
第 12 章	气动控制元件	175
12.1	压力控制阀.....	175
12.2	流量控制阀.....	178
12.3	方向控制阀.....	179
	习题	186
第 13 章	气动基本回路	187
13.1	压力控制回路.....	187
13.2	速度控制回路.....	188
13.3	位置控制回路.....	189
13.4	同步动作回路.....	190

13.5 往复运动回路.....	190
习题	191
第 14 章 气动系统在自动化装置中的应用	192
14.1 气动技术在平带纠偏中的应用.....	192
14.2 举升转向装置.....	194
14.3 气动力控制及位置控制在自动化装置中的应用	196
习题	198
参考文献	199

绪 论

现代工农业生产离不开机械,各种机械设备都是通过传动装置将原动机的能量传递给工作机构,实现要求的功能。传动装置通常分为机械传动、电气传动及流体传动。传动的分类如图 0-1 所示。

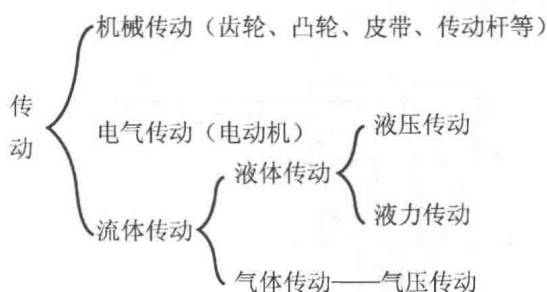


图 0-1 传动的分类

机械传动是通过齿轮、齿条、皮带、链条、蜗轮蜗杆、杠杆等机械进行动力传递和控制的传动形式,图 0-2 所示为典型机械传动装置简图。图中电动机经皮带轮驱动二级齿轮减速器将能量传输给执行元件,其特点是有固定的传动比,传动效率高。

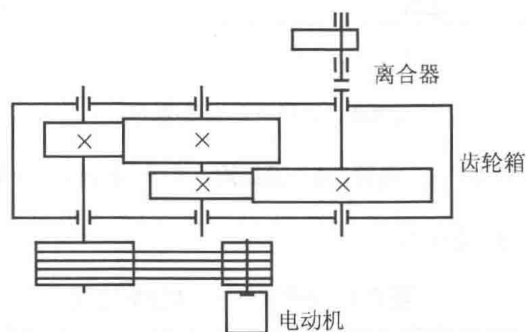


图 0-2 典型机械传动装置简图

电气传动是利用电气设备进行动力传递和控制的传动形式,图 0-3 所示为电气传动简图。其特点是适于远距离传动,无级调速,传动效率高。

流体传动是以流体为工作介质,进行能量转换、传递和控制的一种传递形式。通常分为液体传动和气体传动。对于液体传动而言,按工作原理又可分为液压传动和液力传动,液压传动是以液体的压力能进行能量传递的,液力传动是以液体的动能进行动力传递的;气体传动通常也称为气压传动,与液压传动相似,其通过动力元件,与控制元件、执行元件等一起构成传动

系统，图 0-4 所示为典型液压传动系统。

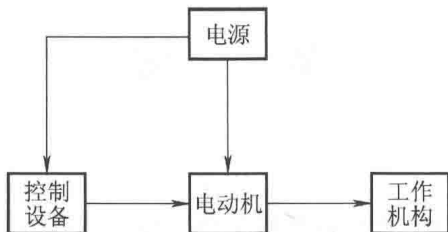


图 0-3 电气传动简图

本教材主要讲述液压传动与气压传动。

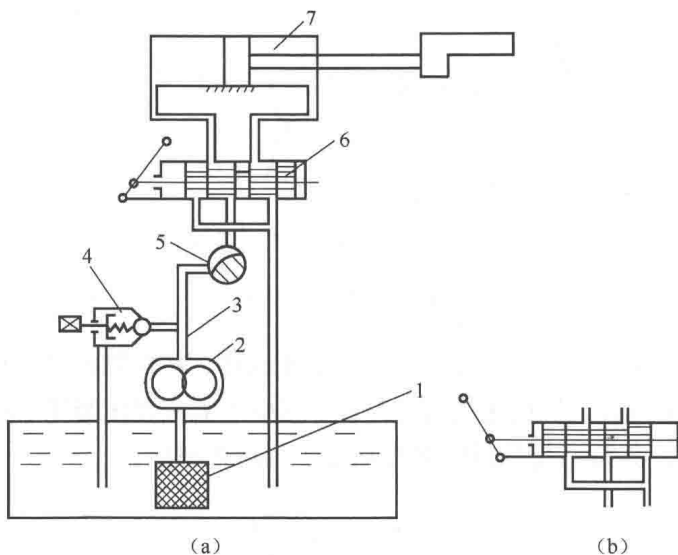


图 0-4 典型液压传动系统

1—过滤器；2—齿轮泵；3—油管；4—溢流阀；5—节流阀；6—换向阀；7—油缸

不同传动方式性能比较见表 0-1。

表 0-1 不同传动方式性能比较

传动方式		操作力	动作快慢	环境要求	构造	负载变化影响	操纵距离	无级调速	维护
流体	气动	中等	较快	适应性好	简单	较大	中距离	较好	一般
	液压	最大	较快	不怕振动	复杂	有一些	短距离	良好	要求高
电	电气	中等	快	要求高	稍复杂	几乎没有	远距离	良好	要求较高
	电子	最小	最快	要求特高	最复杂	没有	远距离	良好	要求更高
机械		较大	一般	一般	一般	没有	短距离	较困难	简单

第 1 章 概 述

1.1 液压传动的工作原理及特点

1.1.1 液压传动的概念

液压传动是根据流体静压传递原理发展起来的一门技术，它以液体作为工作介质，依靠液体的压力来传递动力，依靠液体的体积来传递运动。液压传动的工作原理可以用一个简化的模型来描述，如图 1-1 所示。图 1-1 中有两个液压缸 2 和 4，缸内分别有活塞 1 和 5，活塞与缸内壁紧密配合，两缸之间用管道 3 相连，内部充满液体。假设活塞能在缸内无摩擦地自由滑动，而液体又不会通过活塞与缸内壁之间的间隙泄漏，那么液体与外界隔离，形成密封工作容积。

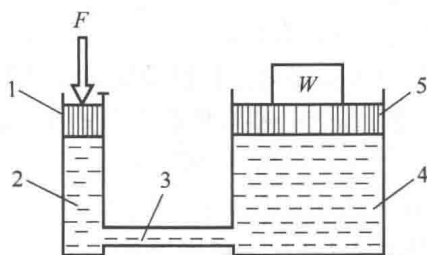


图 1-1 液压传动模型

1, 5—活塞；2, 4—液压缸；3—管道

若活塞 5 上有重物负载 W ，则当活塞 1 上施加的驱动力 F 达到足够大时，就能阻止重物 W 下降。若活塞 1 在 F 作用下向下运动时，液压缸 2 排出液压油，通过连接管道 3 输送给液压缸 4，使重物 W 向上运动。在此过程中，活塞 1 上的驱动力 F 转化为活塞 1 底部的液体压力 p_1 ；活塞 5 底部的液体压力 p_2 克服重物负载 W 向上运动。

根据静力平衡原理有

$$\begin{aligned} F &= p_1 A_1 \\ W &= p_2 A_2 \end{aligned} \quad (1-1)$$

式中： A_1 为活塞 1 的作用面积； A_2 为活塞 5 的作用面积。

若不计管道的阻力损失，根据帕斯卡定理：在密封容积内，施加于静止液压油上的压力将以相等的数值传到液体的各点。则

$$\frac{W}{A_2} = p = \frac{F}{A_1} (= p_1 = p_2) \quad (1-2)$$

式 (1-2) 即为液压传动的力传递方程式，由该式可得出以下两个结论：

(1) 液体压力 p 取决于作用在液压缸 4 上的重物负载 W ，从而得出液压传动中的一个重要概念，即压力取决于负载。

(2) 当负载 W 已知时, 液体压力与液压缸的作用面积成反比。因此, 可用小的驱动力 F 去驱动大的负载 W , 只要活塞 5 的作用面积 A_2 大于活塞 1 的作用面积 A_1 。

当不考虑泄漏和液体的可压缩性时, 活塞 1 向下排出的容积等于活塞 5 向上运动所让出的容积, 即两个液压缸的工作容积变化相等。

$$A_1 s_1 = A_2 s_2 \quad (1-3)$$

式中: s_1 、 s_2 分别为活塞 1 和 5 的行程。

将式 (1-3) 两端同时除以时间 t , 整理后得

$$A_1 v_1 = Q = A_2 v_2 \quad (1-4)$$

式中: v_1 、 v_2 分别为活塞 1 和 5 的运动速度; Q 为通过连接管道 3 的液体流量。

式 (1-4) 即为液压传动的运动速度传递方程式, 它表达了流体力学中的液流连续性和质量守恒定律, 由该式可得出以下三个结论:

(1) 活塞 5 的运动速度 v_2 取决于供给液压缸 4 的流量 Q , 从而得出液压传动中的另一个重要概念, 即速度取决于流量。

(2) 只要能连续改变供给液压缸 4 的流量 Q , 就可获得连续变化的负载运动速度 v_2 。液压传动之所以能实现无级调速, 正是基于这个原理。另外, 采用节流方法也可实现无级调速。

(3) 若停止供油, 只要液压元件具有良好的密封性, 则液压缸 4 中的活塞就停在原来的位置上。利用液压传动的这一特点可实现对工作机构的液压锁紧和液压制动。

由上面的力传递方程式 (1-2) 与运动速度传递方程式 (1-4) 相乘, 可得到

$$F v_1 = p Q = W v_2 \quad (1-5)$$

式 (1-5) 是液压传动的能量守恒与能量传递方程式, 即液压缸 2 将机械能 $F v_1$ 转化为液压功率 $p Q$, 液压缸 4 又将液压功率 $p Q$ 转化为机械功 $W v_2$ 输出。在不计各种损失的情况下, 能量在转化和传递过程中是守恒的, 并且压力 p 和流量 Q 是液压传动的两个重要参数, 两者的乘积 $p Q$ 称为液压功率, 代表了流动的压力液体所具有的做功的能力。

综上所述, 若忽略各种损失, 液压传动中工作机构的运动速度取决于流量的大小, 而与负载无关。因此, 液压传动既可实现不受负载影响的任意运动规律, 也可借助于各种控制机构来实现与负载有关的各种运动规律。此外, 液压传动借助于各种液压控制元件, 易于实现对液体压力、流量和流动方向的控制, 从而易于实现工作机构对力、位置、速度和运动方向的控制要求。所以, 液压传动不仅能作为“传动”之用, 而且还能作为“控制”之用。

1.1.2 液压传动系统的组成

图 1-2 所示为某液压系统结构原理图。液压泵 3 经滤油器 2 从油箱 1 中吸油, 排出的压力油经压力油管 4 送入换向阀 5, 最终经油管 6 或 7 送入液压缸 8, 液压缸 8 中的活塞运动, 导致驱动机构 9 随之运动。油管 6、7 互为液压缸 8 的进油管、回油管。回油经换向阀 5, 从油管 10 流回油箱 1 中。为了防止系统中油压过高, 液压泵 3 的出口支路上安装有溢流阀 11, 当系统中的压力大过溢流阀 11 设定的压力时, 多余油液经回油管 12 流回油箱 1。

由此可见, 任何一种液压设备一般都由四部分组成, 即动力元件 (如液压泵)、执行元件 (如液压缸)、控制元件 (如换向阀) 和辅助元件 (如滤油器、油箱、油管)。

(1) 动力元件, 如液压泵。其功用是将原动机供给的机械能转化为液体的压力能, 供给

液压传动系统一定流量的压力油液。一般情况下，液压泵采用容积式泵，如齿轮泵、螺杆泵和柱塞泵等。

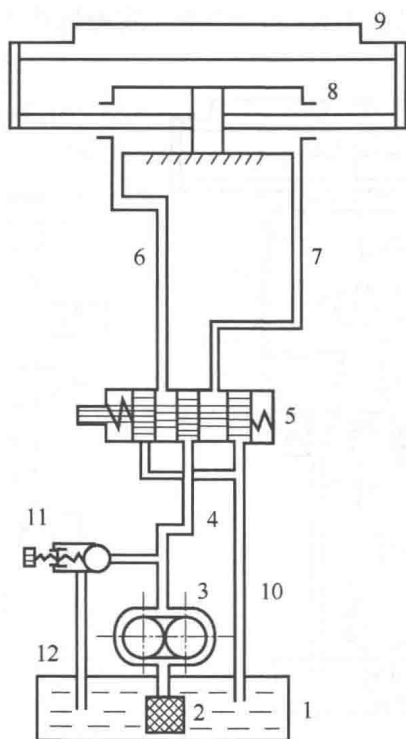


图 1-2 某液压系统结构原理图

1—油箱；2—滤油器；3—液压泵；4—压力油管；5—换向阀；6、7、10—油管；8—液压缸；
9—驱动机构；11—溢流阀；12—回油管

（2）执行元件，包括液压缸和液压马达。其功用是将工作介质的压力能转化为机械功，克服负载，驱动工作机构运动。其中，液压缸是一种实现直线运动，输出力和速度的执行元件；液压马达是一种实现旋转运动，输出力矩和转速的执行元件。

（3）控制元件，包括各种压力控制阀、流量控制阀和方向控制阀。其功用是调节和控制液压系统中液体的压力、流量和流动方向，以满足工作机构所需要的力（力矩）、速度（转速）和运动方向的要求。

（4）辅助元件，是除了上述三种主要液压元件以外的其他液压元件，包括油箱、油管、管接头、滤油器、蓄能器、压力表和热交换器等，对于保证液压传动系统工作的可靠性和稳定性具有重要意义。

此外，还有液压传动的工作介质，常用石油型液压油。

1.1.3 液压系统的图形符号

图 1-3 所示为某液压系统的原理图。其中，图 1-3（a）所示为结构式原理图，这种原理图直观性强，对初学者来说比较容易理解，但绘制起来很复杂，特别是当液压系统中的元件较多时，绘制更不方便。为了简化液压系统原理图的绘制，另有一种职能符号式液压系统原理图，

如图 1-3 (b) 所示。在此图中, 各液压元件都用职能符号表示, 职能符号则取自国家制定的流体传动系统及元件图形符号和回路图 (GB/T 786.1—2009)。职能符号图绘制方便, 图面清晰、简洁, 部分液压传动符号见表 1-1。对于具有一定液压技术知识的人来说, 更便于分析和理解液压系统。

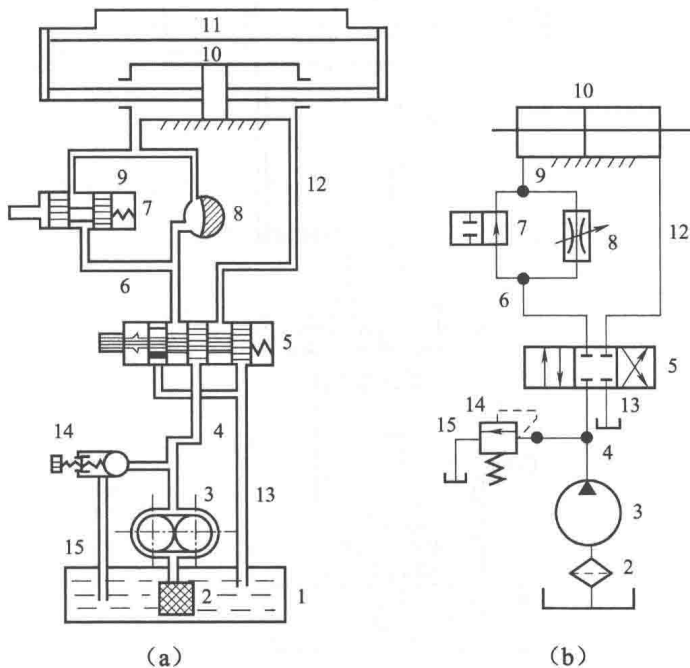


图 1-3 某液压系统的原理图

1—油箱；2—滤油器；3—液压泵；4—压力油管；5—三位四通换向阀；6、9、12、13—油管；
7—二位二通换向阀；8—节流阀；10—液压缸；11—驱动机构；14—溢流阀；15—回油管

表 1-1 部分液压传动符号

序 号	名 称	符 号	序 号	名 称	符 号
1	液压泵、双向变量 液压泵 一般符号		6	直动型溢流阀	
2	液压马达、双向变 量液压马达 一般符号		7	先导型溢流阀	
3	单向变量液压泵		8	三位四通换向阀	
4	液压缸		9	节流阀	
5	减压阀		10	先导型顺序阀	

1.1.4 液压传动系统的分类

液压传动系统按油液在系统中循环的方式分为开式和闭式两种。

图 1-4 (a) 所示的液压系统中, 液压泵 1 从油箱吸油, 排出的压力油经过换向阀 2 送入液压缸 3, 液压缸 3 的低压腔油液又经换向阀 2 回到油箱, 这种系统称为开式液压系统。其优点是结构较简单, 油液能在油箱中得到冷却散热和沉淀杂质; 其缺点是需要较大容积的油箱, 空气易混入油液中降低油液的当量弹性模量, 从而影响系统的动态特性; 而且由于执行元件的运动方向的改变是靠换向阀来实现的, 容易产生液压冲击。

图 1-4 (b) 所示的液压系统中, 液压泵 3 的吸、排口与液压马达 5 的进出口经管道相通形成闭合回路, 这种系统称为闭式液压系统。其优点是系统结构紧凑, 空气不易混入闭式系统中, 并且采用双向变量泵时很容易实现执行元件的调速和换向, 从而避免了换向阀换向时的液压冲击。其缺点是油液的散热条件差, 而且需要设置补油系统, 从而增加了系统的复杂性。

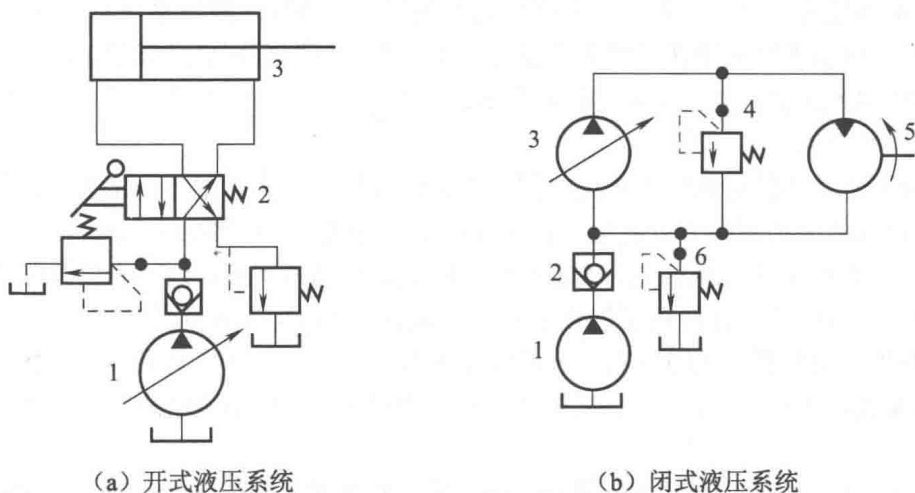


图 1-4 液压系统图例

(a) 1—液压泵; 2—换向阀; 3—液压缸 (b) 1—补油泵; 2—单向阀; 3—液压泵; 4—安全溢流阀;
5—液压马达; 6—定压溢流阀

1.1.5 液压传动的特点

液压传动与其他传动(如机械传动和电气传动等)相比较, 有以下优点:

(1) 液压传动装置的体积小、重量轻、结构紧凑。例如, 相同功率下, 液压传动装置的外形尺寸仅为电气传动装置的 12%~13%, 重量仅为电气传动装置的 10%~12%。

(2) 液压传动装置能在较大范围内实现无级调速, 其调速比可高达 1 000 以上。并且具有各种形式的执行元件, 可方便地实现各种运动形式(直线、旋转和摆动), 能直接与工作机构相连接, 从而省去了中间减速装置, 使传动机构简化。此外, 液压传动装置还能直接驱动低速大扭矩(或大力)的负载, 最低稳定角速度可达 0.1 rad/s 。

(3) 液压传动装置运动惯性小, 反应速度快, 因为油液可视为不可压缩, 故系统动作灵敏、响应快、换向迅速、换向频率高和启动时间短, 可以满足舰船机械设备工况变化范围大的

要求。这对电液伺服系统（如自动舵和减摇装置）更具有重要意义。

（4）液压传动装置易于实现过载保护。只需要在液压系统中设置适当的安全溢流阀，即可防止液压系统超压过载。此外，蓄能器还可用作应急能源，在液压系统的动力元件发生故障时，起安全保护作用。

（5）液压油作为传动介质，使液压元件有自我润滑作用，使其工作安全可靠，而且有较长的使用寿命。

（6）液压元件和液压回路，液压元件甚至部分液压传动装置都已实现系列化、标准化和通用化，使液压传动装置的设计、制造、使用和维修大为简化。并且液压元件大多是机—电—液一体化元件，便于实现自动化。

液压传动也存在一些缺点：

（1）液压传动系统的总效率较低。因为在液压传动中进行的两次能量转换都有能量损失，而且流体在管路中和液压元件中都存在压力损失，在运动副之间以及油液分子之间有机摩擦损失和黏性摩擦损失。此外，还有泄漏产生的容积损失。所以，液压系统总效率较低。

（2）液压传动不应用用在低温和高温环境下工作。特别是在高温环境下，液压传动的能量损失大多转化为热量，使工作介质温度升高，工作介质的黏度发生急剧变化，会影响液压传动装置的工作稳定性。

（3）液压传动不能得到定比传动。因为在传动过程中工作介质有一定的可压缩性，而且在液压元件内部的运动副中不可避免地有泄漏存在，这些都直接影响传动精度。

（4）为了减少泄漏，要求提高加工精度，降低运动副的间隙，这一方面导致液压元件成本较高，另一方面使液压元件对工作介质的质量和清洁度提出了较高的要求。

（5）液压传动装置的故障具有一定的隐蔽性和可变性，因此，其故障原因的分析与判断较其他传动方式要困难得多，所以，对液压传动装置的安装、使用和维修的技术水平有较高的要求。

综上所述，液压传动的优点是主要的，而其缺点将随着科学技术的发展，会逐渐地得到克服。特别是液压传动与其他传动方式相结合后，取长补短，使之具有了更广阔的应用前景。

1.2 气压传动原理及性能特点

气压传动简称气动，是指以压缩空气为工作介质来传递动力和控制信号，控制和驱动各种机械和设备以实现生产过程机械化、自动化的一门技术。其工作原理与液压传动类似，因为以压缩空气为工作介质具有防火、防爆、防电磁干扰、抗振动、冲击、辐射、无污染、结构简单、工作可靠等特点，所以气动技术与液压、机械、电气和电子技术一起，互相补充，已发展成为实现生产过程自动化的一个重要手段，在机械、冶金、轻纺、食品、化工、交通运输、航空航天、国防等领域得到广泛的应用。

1.2.1 气压传动的特点

空气随处可取，取之不尽、节省了购买、储存、运输介质的费用和麻烦，用后的空气直接