



应用型本科机电类专业“十三五”规划精品教材

液压传动

YEYA CHUANDONG



主编 张玉平 谭娟



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



应用型本科机电类专业“十三五”规划精品教材

液压传动

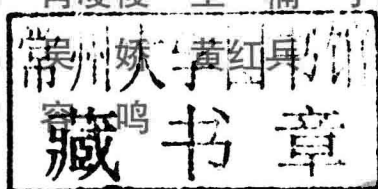


主 编 张玉平 谭 娟

副主编 肖凌俊 王 楠 丁时锋 刘金刚 叶金虎

参 编 常州大学黄红兵等

主 审 章 书 鸣



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书共分为 11 章;第 1 章介绍了液压传动的基本知识;第 2 章介绍了液压流体力学基础的基本理论部分;第 3、4、5、6 章按动力元件、执行元件、操纵控制元件和辅助元件的顺序,介绍了基本液压元件的结构、工作原理、性能和应用;第 7 章主要介绍了常用液压基本回路的组成、原理、性能和应用场合,其核心是调速回路;第 8 章通过机械工程中典型的液压传动系统,介绍了液压传动系统的分析方法、步骤和内容;第 9 章介绍了液压传动系统的设计步骤和设计计算方法;第 10 章扼要地介绍了液压伺服控制系统的工作原理与应用实例;第 11 章较为详细地介绍了电液比例控制系统的工作原理与应用实例。

本书将理论与实践相结合,注重液压技术在机械工程中的应用和技术应用能力的培养,例题翔实,每章均有思考与练习题。

本书可作为普通高等学校机械类专业的教材,也可作为高职高专、成人教育、自学考试等机械类专业的教材,同时可供从事液压传动与控制技术的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动/张玉平,谭娟主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.6

应用型本科机电类专业“十三五”规划精品教材

ISBN 978-7-5680-2901-8

I. ①液… II. ①张… ②谭… III. ①液压传动-高等学校-教材 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 104763 号

液压传动

Yeya Chuandong

张玉平 谭娟 主编

策划编辑:袁 冲

责任编辑:舒 慧

封面设计:抱 子

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)
武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913

邮编:430223

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:21.75

字 数:538 千字

版 次:2017 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:45.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

“液压传动”是一门基础课程。本课程的主要任务是使学生掌握液压传动的基础知识,掌握各种液压元件的结构、原理、性能及其在工程中的应用,熟悉主要液压基本回路的组成、原理、特点及应用,掌握分析液压系统的基本方法,了解液压系统设计的基本方法,为学习后续专业课程打下基础。

全书共分为 11 章,第 1 章介绍了液压传动的基本知识,第 2 章主要介绍了液压油和液压流体力学基础,第 3 章至第 6 章主要介绍了液压元件的结构、原理、性能及应用,第 7 章介绍了液压基本回路,第 8 章介绍了典型液压系统的分析方法和内容,第 9 章介绍了液压传动系统的设计计算方法,第 10 章简单介绍了液压伺服控制系统的工作原理及其在工程中的应用实例,第 11 章介绍了电液比例控制系统的工作原理与应用实例。

在本书的编写过程中,编者力求贯彻少而精、理论与实践相结合的原则,吸收了同类教材的编写经验和最新的教学、科研成果,并融入了编者的教学心得和体会,紧密联系液压技术在机械工程中的应用,适当淡化了纯理论分析,侧重对液压技术应用能力的培养,加强了学生分析问题、解决问题的能力和创新意识的培养,增加了目前工程实践中应用越来越广泛的电液比例控制系统。可以预言,随着机电一体化技术的发展,电液比例控制技术与系统将主导液压传动与控制领域。本书涉及的元件、回路及系统原理图全部按照国家最新图形符号绘制,主要职能符号摘录于附录中。

本书适用于应用型工科院校机械类专业的学生,也适用于高职高专、各类成人高校、自学考试等机械类专业的学生,还可供从事液压传动与控制技术的工程技术人员参考。

本书是集体智慧的结晶,由张玉平(武汉华夏理工学院)、谭娟(武汉华夏理工学院)担任主编,肖凌俊(武汉华夏理工学院)、王楠(沈阳科技学院)、丁时锋(九江学院)、刘金刚(湘潭大学)、叶金虎(罗定职业技术学院)担任副主编,参加编写的人员还有:吴娇(武汉华夏理工学院)、黄红兵(中山火炬职业技术学院)。全书由张玉平负责统稿。

本书由武汉理工大学容一鸣教授担任主审,并提出了修改意见,特此致谢。

在本书的编写过程中,华中科技大学出版社给予了极大的支持和帮助,同时得到了武汉华夏理工学院的关心与帮助,在此一并致谢。

鉴于编者的水平和经验,书中难免存在错误和疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2016 年 10 月

第 1 章 绪论	1
1.1 液压传动的工作原理及系统组成	2
1.2 液压传动技术的特点	8
1.3 液压传动技术的应用与发展	9
第 2 章 液压流体力学基础	13
2.1 液体的物理性质	14
2.2 液体静力学基础	22
2.3 流动液体力学基础	26
2.4 管道内压力损失的计算	36
2.5 孔口和间隙的流量-压力特性	43
2.6 液压冲击和气穴现象	50
第 3 章 液压泵和液压马达	58
3.1 液压泵和液压马达概述	59
3.2 齿轮泵和齿轮马达	67
3.3 叶片泵和叶片马达	71
3.4 轴向柱塞泵和轴向柱塞马达	81
3.5 液压泵和液压马达的选用	86
第 4 章 液压缸	90
4.1 液压缸的类型、特点和基本参数计算	91
4.2 液压缸的典型结构	98
4.3 液压缸的设计计算	106
第 5 章 液压控制阀	110
5.1 液压控制阀概述	111

5.2	方向控制阀	112
5.3	压力控制阀	129
5.4	流量控制阀	145
5.5	多路换向阀	156
5.6	逻辑阀和数字阀	160
第 6 章	液压辅助元件	172
6.1	蓄能器	173
6.2	过滤器	176
6.3	油箱及热交换器	182
6.4	油管 and 管接头	185
6.5	密封装置	188
第 7 章	液压基本回路	192
7.1	压力控制回路	193
7.2	调速回路	200
7.3	速度换接回路和快速运动回路	213
7.4	方向控制回路	215
7.5	多执行元件控制回路	220
第 8 章	典型液压系统	232
8.1	组合机床动力滑台液压系统	233
8.2	液压机液压系统	236
8.3	汽车起重机液压系统	240
8.4	SZ-250A 型塑料注射成型机液压系统	244
8.5	数控加工中心液压系统	249
8.6	M1432B 型万能外圆磨床液压系统	252
第 9 章	液压系统的设计	260
9.1	液压系统的设计依据和工况分析	261
9.2	液压系统主要参数的确定	264
9.3	液压系统原理图的拟订和方案论证	266
9.4	液压元件的计算和选择	267
9.5	液压系统的性能验算	270

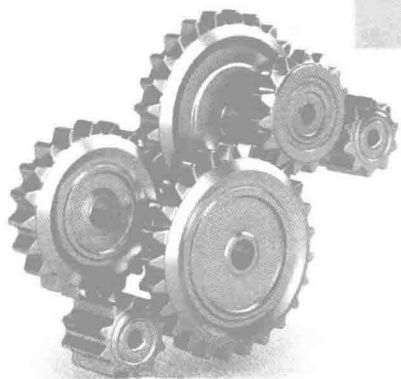


9.6 绘制正式工作图、编制技术文件	272
9.7 液压系统设计计算举例	273
第 10 章 液压伺服控制系统	282
10.1 液压伺服控制系统的基本概念	283
10.2 液压伺服控制系统的控制元件	286
10.3 电液伺服阀	290
10.4 液压伺服控制系统应用实例	294
第 11 章 电液比例控制系统	297
11.1 电液比例控制系统的基本概念	298
11.2 比例控制阀	300
11.3 电液比例变量泵和电液比例变量马达	315
11.4 电液比例控制系统应用实例	322
附录	329
附录 A 常用液压传动图形符号	329
附录 B 伯努利方程的微分推导方法	336
参考文献	339

第1章 绪论

学习要点

掌握压力和流量的基本概念、压力能(液压能)的概念,理解液压传动的工作原理,掌握液压传动系统的基本组成。



“液压传动”是一门研究以液体为传动介质来实现各种机械传动和控制的学科。一般地,一部机器由动力装置、传动装置、执行装置、操纵控制元件这四个部分构成,动力装置的性能参数一般不可能都满足执行装置各种工作状态的要求,这种矛盾就由传动装置来解决。动力传动系统的一般结构如图 1-1 所示。

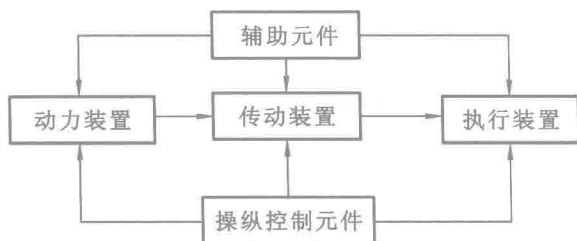


图 1-1 动力传动系统的一般结构

所谓传动,就是指能量(动力)由动力装置向执行装置传递,通过各种不同的传动方式,将动力装置的转动转变为执行装置的各种不同形式的运动,并提供克服负载做功所需要的力或转矩。工程中使用的动力传递方式有机械传动、电气传动、气压传动、液体传动、磁力传动,以及由它们组合而成的复合传动。机械传动、电气传动、气压传动和液体传动是自动化的支柱。

用液体作为工作介质进行能量(动力)转换、传递的传动方式称为液体传动。液体传动分为液力传动和液压传动两种。液力传动是利用液体的动能来传递能量的,而液压传动则是利用液体的压力能来传递能量的。本书主要介绍液压传动技术。

液压传动利用液压泵将原动机(发动机、电动机)的机械能转变为液体的压力能,然后利用液压缸或液压马达将液体的压力能转变为机械能,以驱动负载,并使执行机构获得所需的运动速度。液压传动的理论基础是液压流体力学。

在机械工程中,液压传动被广泛采用。本章介绍液压传动的工作原理、组成、优缺点及其应用领域与发展。

◀ 1.1 液压传动的工作原理及系统组成 ▶

在充满液体的密封容器内,施加在静止液体边界上的压力,在液体内部可以向所有方向等值地传递到液体各点,这就是帕斯卡原理。帕斯卡原理是液压传动的基础。

1.1.1 压力和流量的概念

液体在单位面积上所受的内法向力称为压力,通常用 p 表示。这里定义的压力在物理学中称为压强,但在液压工程中习惯称为压力。

在液体中,任一点处的 ΔA 面积上作用有内法向力 ΔF 时,液体内部该点的压力为

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (1-1)$$

数学上一个微小的面积趋近于零,在物理上指趋近于空间中的一个点。因此,压力是空

间点坐标的函数,即 $p=f(x,y,z)$ 。

液体的压力有如下特性:

- (1) 液体的压力沿内法线方向作用于承压面;
- (2) 静止液体内任一点的压力在各个方向上都相等。

由此可知,静止液体总是处于受压状态,且液体内部的任何质点都受平衡压力的作用。压力的常用单位为 Pa、MPa。

液体体积 V 对时间 t 的变化率称为(几何)流量,通常用 q 表示,即

$$q = \frac{dV}{dt} \quad (1-2)$$

式(1-2)只给出了流量概念的定义,并不能直接计算流量。因此,工程上常将流量定义为单位时间内通过某通流截面 A 的液体体积,即

$$q = Av \quad (1-3)$$

式中: A 为通流截面面积,单位为 m^2 ; v 为通过截面 A 上各点的液体的平均流速,单位为 m/s 。

流量的单位为 m^3/s ,常用单位为 L/min 。

实际上,液压传动技术就是围绕压力和流量这两个参数的控制和调节而展开的。

1.1.2 压力能和液压功率

如图 1-2 所示,液压缸中的活塞上的物体的重力为 F ,活塞的截面积为 A ,物体相对于基准位置的高度为 h ,则物体具有的机械位能为 Fh 。若物体处于平衡状态,则密封在液压缸中的液体产生的压力为

$$p = \frac{F}{A} \quad \text{或} \quad F = pA \quad (1-4)$$

因此有

$$Fh = pAh = pV \quad (1-5)$$

式中: V 为液压缸中液体的体积,且 $V = Ah$ 。

在式(1-5)中, pV 称为压力能(液压能)。也就是说,具有压力的液体就具有能做功的能量。式(1-5)表明了机械能与压力能之间的相互转换关系。

如果开启截止阀阀门,当具有压力 p 的液体能克服负载阻力而流动时,活塞上的物体下移,则有

$$F \frac{h}{t} = Fv = pAv = pq$$

式中: Fv 为机械功率。因此, pq 称为液压功率。一般地,液压功率(单位为 kW)常用下式计算,即

$$P = \frac{pq}{60} \quad (1-6)$$

式中: p 为液体压力,单位为 MPa; q 为液体流量,单位为 L/min 。

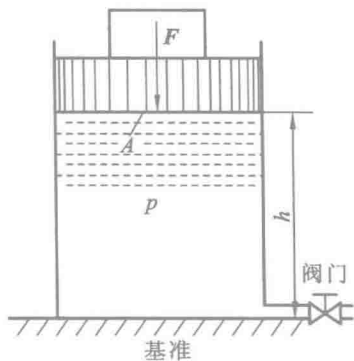


图 1-2 能量转换

1.1.3 液压传动的工作原理

液压千斤顶是常见的液压传动装置,图 1-3 所示为其工作原理示意图。图中,大、小两个液压缸Ⅱ和Ⅰ内分别装有活塞,活塞可以在缸内滑动,且密封可靠。要举升重物 12 时,截止阀 8 应关闭。当向上提起杠杆 1 时,液压缸Ⅰ的活塞向上移动,液压缸Ⅰ下腔的密封容积增大,腔内压力减小,此时排油单向阀 3 关闭,形成一定的真空度,油箱 5 中的油液在大气压力的作用下推开吸油单向阀 4 进入液压缸Ⅰ的下腔,从而完成了一次吸油过程;接着,压下杠杆 1,液压缸Ⅰ的活塞下移,下腔密封油腔的容积减小,油液受到挤压,压力上升,关闭吸油单向阀 4,油液推开排油单向阀 3 进入液压缸Ⅱ的下腔,从而推动大活塞克服重物 12 的重力 G 上升而做功。如此反复地提、压杠杆 1,就可以将重物 12 逐渐升起,从而达到起重的目的。

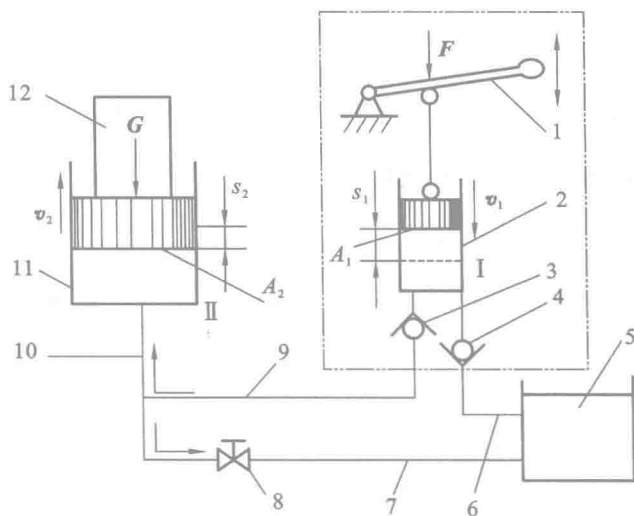


图 1-3 液压千斤顶的工作原理示意图

1—杠杆;2—液压缸Ⅰ;3—排油单向阀;4—吸油单向阀;
5—油箱;6,7,9,10—油管;8—截止阀;11—液压缸Ⅱ;12—重物

当需要液压缸Ⅱ的活塞停止运动时,可使杠杆 1 停止运动,液压缸Ⅱ中的液压力使排油单向阀 3 关闭,液压缸Ⅱ的活塞就被锁住不动;当需要液压缸Ⅱ的活塞放下时,可打开截止阀 8,液压缸Ⅱ内的油液经截止阀 8 排回油箱 5 中,液压缸Ⅱ的活塞下降到原位。只要控制截止阀 8 的开度(通流面积),就可以控制重物 12 的下降速度。

由液压千斤顶的工作原理可以看出,驱动杠杆 1 向下移动的机械能,通过液压缸Ⅰ以及吸油单向阀 4、排油单向阀 3 转换成油液的压力能,此压力能再通过液压缸Ⅱ转换成克服负载(举升重物)的机械能来对外做功,从而实现了能量的转换和传递。

在液压传动中,将机械能转换为压力能的装置称为动力元件(液压泵),而将压力能转换为机械能对外做功的装置称为执行元件(液压缸、液压马达)。

综上所述,可以得出如下结论:液压传动是依靠液体在密封油腔容积变化中的压力能来实现运动和动力传递的。液压传动装置从本质上讲是一种能量转换装置,它先将机械能转换为便于输送的压力能,然后将压力能转换为机械能对外做功。

从液压千斤顶的工作原理、动力传递过程,可以了解液压传动的基本特性。

1. 力的传递

小活塞下移时,打开排油单向阀 3,使两个液压缸油腔变成一个密封连通器。在大活塞上有负载 G ,在小活塞上作用一个主动力 F ,使密封连通器保持力的平衡。此时,油液受压后在内部形成了压力,则有

$$\text{大活塞上的压力} \quad p_2 = \frac{G}{A_2}$$

$$\text{小活塞上的压力} \quad p_1 = \frac{F}{A_1}$$

式中, A_1, A_2 分别为小活塞和大活塞的有效作用面积。

因密封连通器中的压力处处相等,即 $p_2 = p_1 = p$, 所以有

$$\frac{G}{A_2} = \frac{F}{A_1} = p \quad (1-7)$$

这样,用较小的力就可以平衡大活塞上很大的负载力,即

$$G = \frac{A_2}{A_1} F \quad (1-8)$$

当系统的结构参数 A_1, A_2 不变时,由式(1-7)可知,负载 G 越大,举升它所需要的压力 p 就越大,即需要提供的压力 p 就越大。由此可以得出一个重要的结论:液压系统中的工作压力取决于负载,即液体流动时需要克服的阻力。

由式(1-8)可以看出,大、小活塞的面积比 A_2/A_1 越大,作用力放大的效果就越明显,此时只要在小活塞上施加一个很小的力 F ,就可以使大活塞产生一个很大的举升力来举起重物。值得注意的是,这里只是作用力被放大了,并不是能量被放大,能量是守恒的。

2. 运动的传递

根据质量守恒定律可知,从液压缸 I 中压出的油液的体积必然等于液压缸 II 中的大活塞上升所让出的体积,即

$$V = A_1 s_1 = A_2 s_2 \quad (1-9)$$

式中, s_1, s_2 为小活塞和大活塞的位移量。

设小活塞、大活塞分别移动 s_1, s_2 位移所用的时间为 t , 则有

$$\frac{V}{t} = A_1 \frac{s_1}{t} = A_2 \frac{s_2}{t}$$

即

$$q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (1-10)$$

因此有

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{q}{A_2} \quad (1-11)$$

由式(1-11)可知,如果调节进入液压缸 II 的流量 q , 就可以调节大活塞的运动速度 v_2 。由此又可以得出一个重要结论,即液压系统中的执行元件的运动速度取决于流量。

3. 功率的转换与传递

由图 1-3 可知,液压缸 I 的输入机械功率为 Fv_1 , 转换为液压功率 pq , 液压缸 II 将液压功率 pq 转换为机械功率,对外做功 Gv_2 。因为 Fs_1 为机械能,故有

$$F_{s1} = pA_1s_1 = pV \quad (1-12)$$

由此可知, 体积为 V 的具有压力 p 的液体具有的压力能(液压能)为 pV 。

1.1.4 液压传动系统的工作原理及组成

以图 1-4 所示的磨床工作台液压传动系统的工作原理图为例。这个系统可使工作台克服各种阻力作直线往复运动, 并且工作台的运动行程和运动速度可以调节。图中, 液压泵 3 由电动机驱动旋转, 从油箱 1 中吸油, 油液流经过滤器 2 进入液压泵。当油液从液压泵输出进入油管后, 通过开停阀 5、节流阀 6 流至手动换向阀 7。换向阀 7 有左、中、右 3 个工作位置。

理解一个液压传动系统的工作原理, 需要抓住执行元件的运动方向如何控制、流量如何调节、系统的压力如何控制三个关键问题。

若将换向阀 7 的阀芯推到右边, 如图 1-4(a) 所示, 液压泵 3 输出的油液将流经开停阀 5、节流阀 6、换向阀 7 的 P 口→A 口进入液压缸 8 左腔, 推动活塞和工作台向右移动。与此同时, 液压缸右腔的油液经换向阀 7 的 B 口→T 口经回油管排回油箱。

当换向阀 7 的阀芯处于左边位置时, 如图 1-4(b) 所示, 油液经 P 口→B 口进入液压缸 8 右腔, 液压缸左腔的油液经 A 口→T 口排回油箱, 工作台向左移动。

由此可见, 由于设置了手动换向阀 7, 因此可改变油液的流向, 使液压缸 8 不断换向而实现工作台的往复运动。

工作台运动时要克服阻力。阻力主要是磨削力和工作台与导轨之间的摩擦力等, 这些阻力由液压泵提供给液压缸的油液的压力来克服。要克服的阻力越大, 则液压缸中的油压越高; 反之, 油压就越低。根据工作情况的不同, 液压泵输出油液的压力可以通过溢流阀 4 进行调整。

工作台的运动速度可通过节流阀 6 来调节。节流阀的作用是: 通过改变节流阀开口量的大小来调节通过节流阀的油液的流量, 从而控制工作台的运动速度。此时, 液压泵输出的多余的油液只能在一定压力下通过溢流阀 4 溢流回油箱 1 中。当节流阀阀口开大时, 进入液压缸的油液增多, 活塞(和工作台)的移动速度增大; 当节流阀阀口关小时, 进入液压缸的油液减少, 活塞(和工作台)的移动速度减小。

当手动换向阀 7 的阀芯处于中间位置时, 如图 1-4(c) 所示, 由于所有油口 P、T、A、B 均封闭, 油路不通, 油液不能进入液压缸 8 中, 活塞停留在某个位置上, 因此工作台 9 不动。此时, 开停阀 5 的阀芯应处于左边位置, 如图 1-4(d) 所示, 液压泵 3 输出的油液经开停阀 5 的 P 口→A 口流回油箱 1 中, 液压泵 3 输出的油液没有压力。液压泵 3 的这种工作状态称为压力卸荷。

过滤器 2 用于滤去油液中的污染物。

由此可知, 液压传动系统主要由以下五个部分组成。

(1) 动力元件: 主要指各种液压泵, 其作用是把原动机(电动机)输出的机械能转换成油液的压力能, 给液压系统提供压力油, 是液压系统的动力源。

(2) 执行元件: 指各种类型的液压缸、液压马达, 其作用是将油液的压力能转换成机械能, 输出一定的力(或力矩)和速度(或角速度), 以驱动负载对外做功。

(3) 控制调节元件: 主要指各种类型的液压控制阀, 如图 1-4 中的溢流阀、节流阀、换向阀等, 其作用是控制液压系统中油液的压力、流量和流动方向, 从而保证执行元件能驱动负

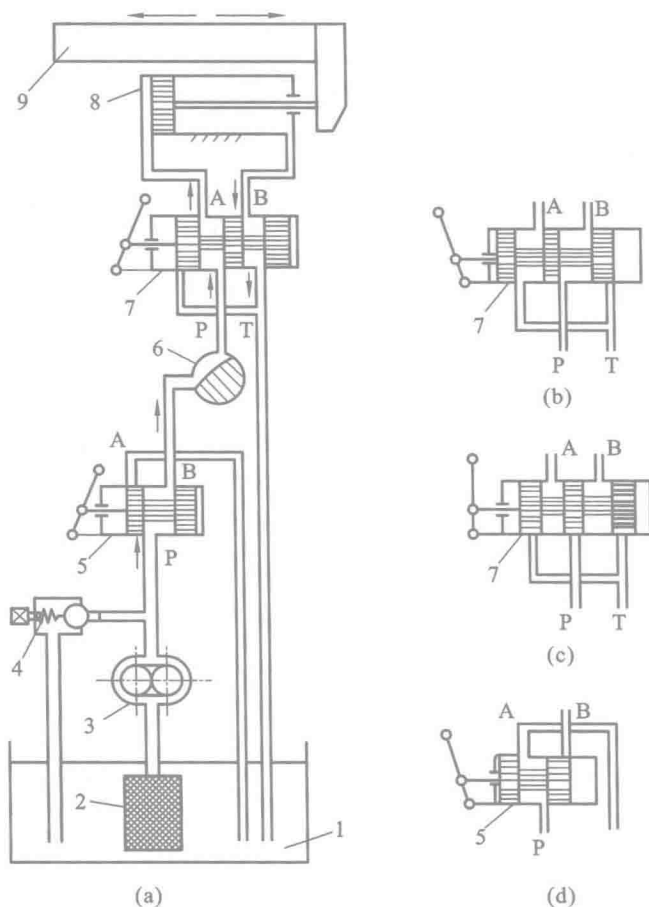


图 1-4 磨床工作台液压传动系统的工作原理图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；5—开停阀；6—节流阀；7—换向阀；8—液压缸；9—工作台

载,并按规定的方向运动,获得规定的运动速度。

(4) 辅助元件:指油箱、过滤器、油管、管接头、压力表等,对保证液压系统可靠、稳定、持久地工作具有重要作用。

(5) 工作介质:指各种类型的液压油。

1.1.5 液压传动系统的职能符号

图 1-4 所示为采用半结构式图形表示的液压传动系统原理图,这种原理图直观性强,容易理解,但图形较复杂,绘制不方便。为了简化原理图的绘制,在工程实际中,除了某些特殊情况外,系统中各元件一般采用国家标准规定的图形符号来表示。图形符号只表示元件的职能,不表示元件的结构和参数。通常将图形符号称为职能符号。国家标准 GB/T 786.1—2009 规定了液压元件图形符号。利用液压元件图形符号绘制液压传动系统原理图简单方便。图 1-5 所示为用液压元件图形符号绘制的磨床工作台液压传动系统的工作原理图。

必须指出的是,液压元件图形符号表示的是液压元件的常态(静止状态)或零位,未必是其工作状态。液压元件图形符号只表示液压元件的职能和连接系统的通路,不表示液压元

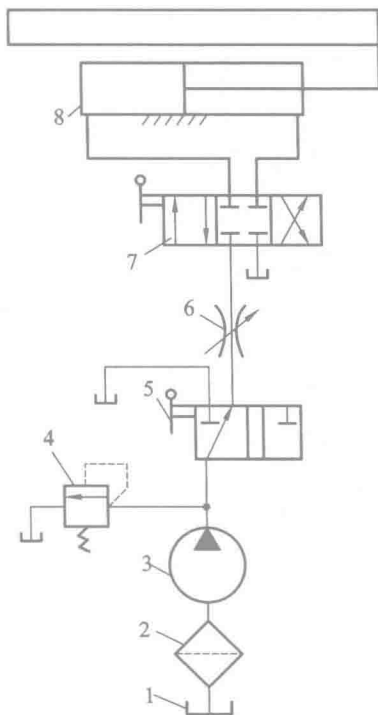


图 1-5 用液压元件图形符号绘制的磨床工作台液压传动系统的工作原理图

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

件的具体结构和参数，也不表示系统管路的具体位置和液压元件的安装位置。

◀ 1.2 液压传动技术的特点 ▶

液压传动与机械传动、电气传动、气压传动相比，主要具有下列优点。

- (1) 易于实现无级调速，调速范围大，可达 $100:1 \sim 2\,000:1$ 。
- (2) 在功率相同的情况下，液压传动装置的体积小、重量轻（如液压马达的重量只有相同功率的电机重量的 $10\% \sim 20\%$ ）、惯性小、结构紧凑，而且能传递较大的力或扭矩。
- (3) 工作平稳，反应快，冲击小，能频繁起动和换向。液压传动装置的换向频率——回转运动每分钟可达 500 次，往复直线运动每分钟可达 $400 \sim 1\,000$ 次。
- (4) 控制、调节比较简单，操纵比较方便、省力，易于实现自动化，与电气控制配合使用能实现复杂的顺序动作和远程控制。
- (5) 易于实现过载保护，系统超负载时油液经溢流阀流回油箱。由于采用油液作为工作介质，能自行润滑，因此寿命长。
- (6) 易于实现系列化、标准化、通用化，液压传动系统易于设计、制造和推广使用。
- (7) 易于实现回转运动、直线运动，且元件排列布置灵活。
- (8) 在液压传动系统中，功率损失所产生的热量可由流动的油液带走，故可避免机械本体产生过度温升。

液压传动的主要缺点如下。

(1) 液体作为工作介质易泄漏,且具有可压缩性,故难以保证严格的传动比。

(2) 液压传动中有较多的能量损失(压力损失、泄漏损失),传动效率低,所以不宜作远距离传动。

(3) 液压传动对油温和负载变化敏感,不宜在很低或很高的温度下工作,对污染很敏感。

(4) 液压传动需要有单独的能源(液压泵站),压力能不能像电能那样从远处传来。

(5) 液压元件制造精度高,造价高,须组织专业化生产。

(6) 液压传动装置出现故障时不易查找原因,不易迅速排除。

总之,液压传动的优点较多,其缺点正随着科学技术的发展逐步得以克服。因此,液压传动在现代工业中有着广阔的发展前景。

1.3 液压传动技术的应用与发展

液压传动相对于机械传动来说,是一门新的传动技术。但是,如果从1795年世界上第一台水压机问世算起,液压传动至今已有200多年的历史。然而直到20世纪30年代,液压传动才真正开始推广应用。

在第二次世界大战期间,军事工业需要反应快、精度高、功率大的液压传动装置,这推动了液压技术的发展。战后,液压技术迅速转向民用,在机床、工程机械、农业机械、汽车等行业中逐步得到推广。20世纪60年代后,随着原子能技术、空间技术、计算机技术的发展,液压技术也得到了很大的发展,并已在各个工业领域中发挥着重要的作用。

1.3.1 液压传动技术的应用

液压传动技术在国民经济各个领域中都得到了广泛的应用,但各个领域应用液压传动技术的出发点不同:工程机械、压力机械采用液压传动技术的原因是其结构简单、输出力大;航空工业采用液压传动技术的原因是其重量轻、体积小;机床中采用液压传动技术的原因主要是其可实现无级调速,易于实现自动化,能实现换向频繁的往复运动。液压传动技术在机械行业中的应用如表1-1所示。

表 1-1 液压传动技术在机械行业中的应用

行业名称	应用场合举例
机床工业	磨床、铣床、刨床、拉床、压力机、自动机床、组合机床、数控机床、加工中心等
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机等
汽车工业	环卫车、自卸式汽车、平板车、高空作业车等
农业机械	联合收割机的控制系统、拖拉机的悬架装置等
轻工、化工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、胶片冷却机、造纸机等
冶金机械	电炉控制系统、轧钢机控制系统等
起重运输机械	起重機、叉車、裝卸機械、液壓千斤頂等

行业名称	应用场合举例
矿山机械	开采机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、平地机等
船舶港口机械	起货机、锚机、舵机等
铸造机械	砂型压实机、加料机、压铸机等

液压传动技术在车辆工程中也有广泛的应用。例如,在专用车方面有汽车起重机、压缩式垃圾车、路面清扫车、自卸式汽车、混凝土搅拌运输车、平板车、高空作业车等。液压传动技术已经融入车辆工程技术中。例如液压减震器、液压制动系统、动力转向系统、燃油系统、汽车悬架主动半主动控制系统等均采用了液压传动技术。

1.3.2 液压传动技术的发展

我国的液压传动技术始于 20 世纪 50 年代,液压元件最初应用于机床和锻压设备,后来又用于拖拉机和工程机械。自 1964 年从国外引进一些液压元件的生产技术,同时自行设计液压产品后,经过 20 多年的艰苦探索和发展,特别是在 20 世纪 80 年代初期引进美国、日本、德国的先进技术和设备后,我国的液压技术水平有了很大的提高。目前,我国的液压元件已从低压到高压形成系列,并生产出许多新型的元件,如插装式锥阀、电液比例阀、电液数字控制阀等。我国机械工业在认真消化、推广国外引进的先进液压技术的同时,大力研制、开发国产液压元件新产品,加强产品质量可靠性和新技术应用的研究,积极采用国际标准,合理调整产品结构,对一些性能差而且不符合国家标准的液压元件产品采用逐步淘汰的措施。由此可见,随着科学技术的迅猛发展,液压技术将获得进一步发展,在各种机械设备上的应用将更加广泛。

当前液压技术正向着高压、高速、大功率、高效率、低噪声、长寿命、高度集成化、复合化、小型化及轻量化等方向发展。同时,新型液压元件和液压系统的计算机辅助测试、计算机直接控制、机电一体化技术、计算机仿真和优化设计技术、可靠性技术及污染控制方面,也是当前液压技术发展和研究的方向。

本章小结

压力和流量是液压传动技术中两个最重要的概念。单位面积上的内法向力称为压力,而体积对时间的变化率称为流量。各种物理本质不同的能量可以相互转换。根据机械能与压力能(液压能)的相互转换关系,引出了压力能的概念:具有压力的液体就具有能做功的能量。体积为 V 的液体如果具有一定的压力 p ,就具有了压力能 $E = pV$ 。当具有压力的液体能够克服负载阻力流动时,就会做功,因此液压功率的表达式为 $P = pq$ 。

所谓液压传动,就是以液压油为工作介质,借助密封油腔容积的变化实现能量的转换和传递的一种动力传动方式。力传递特性和运动传递特性是液压传动的两个基本特性。