



面向21世纪机电及电气类专业高职高专规划教材



液压传动技术

■ 主编 简引霞 主审 唐建生



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

内 容 简 介

本书是根据高等职业技术教育和高等专科教育的教学要求而编写的。在编写理念上力求基础理论以应用为目的,以必需、够用为度,贯彻理论联系实际的原则,着重基本概念和原理的阐述,突出理论知识的应用,加强针对性和实用性,注重引入新技术。

全书共6章,包括概论、液压泵、液压马达、液压缸、液压控制阀和辅助装置等内容。书中介绍了各类液压元件的功用、结构、工作原理、特性、应用、常见故障及其排除方法;每章后附有习题与思考题,便于学生巩固提高。全书配有大量的工业应用图例,有利于提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书既可作为高职高专院校液压技术应用专业、液压与气动技术专业、流体传动与控制专业的专业教材,又可供高职高专院校、成人教育(如职大、夜大、函大等)院校机械类、机电类专业的师生学习和参考,还可供从事液压技术的工程技术与维护人员参考使用。

★ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动技术/简引震主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2006.7

ISBN 7-5606-1678-X

I. 液… II. 简… III. 液压传动 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 046128 号

策 划 毛红兵

责任编辑 邵汉平 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2006年7月第1版 2006年7月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 18.875

字 数 447千字

印 数 1~4 000册

定 价 23.00元

ISBN 7-5606-1678-X/TH·0056

XDUP 1970001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

面向 21 世纪

机电及电气类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

主 任：李迈强

副 主 任：唐建生 李贵山

机 电 组

组 长：唐建生（兼）

成 员：（按姓氏笔画排列）

王春林	王周让	王明哲	田 坤	宋文学
陈淑惠	张 勤	肖 珑	吴振亭	李 鲤
徐创文	殷 铖	傅维亚	魏公际	

电 气 组

组 长：李贵山（兼）

成 员：（按姓氏笔画排列）

马应魁	卢庆林	冉 文	申凤琴	全卫强
张同怀	李益民	李 伟	杨柳春	汪宏武
柯志敏	赵虎利	戚新波	韩全立	解建军

项目策划：马乐惠

策 划：马武装 毛红兵 马晓娟

电子教案：马武装

前 言

液压技术是实现现代传动和控制的关键技术之一,近年来与微电子技术、计算机技术相结合,使液压技术进入了一个崭新的历史阶段。液压技术与传动、控制、检测等技术一起成为对现代机械装备技术进步有重要影响的基础技术,其应用遍布各个工业领域,如机床、工程机械、冶金机械、农业机械、塑料机械、锻压机械、航空、航天、航海、石油与煤炭等领域都广泛采用了液压技术。液压技术的采用对机电产品的质量和生产水平的提高起到了极大的促进和保证作用,因此,采用液压技术的程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志。

本书是根据高职高专教育的教学要求而编写的。全书共6章,内容包括概论、液压泵、液压马达、液压缸、液压控制阀和辅助装置等;每章后附有习题与思考题,便于学生巩固提高。

本书既可作为高职高专院校液压技术应用专业、液压与气动技术专业、流体传动与控制专业的专业教材,又可供高职高专院校、成人教育(如职大、夜大、函大等)院校机械类、机电类专业的师生学习和参考,还可供从事液压技术工作的工程技术人员与维护人员参考使用。

本书在编写过程中,主要考虑了以下几点:

(1) 特色鲜明。本书的编写力求基础理论以应用为目的,以必需、够用为度,以掌握概念、强化应用为教学重点,增加了生产现场使用的应用性知识,具有明显的职业教育特色,有利于高等技术应用型人才的培养。

(2) 内容适当。在编写过程中,贯彻理论联系实际的原则,着重基本概念和原理的阐述,突出理论知识的应用,加强针对性和实用性,既兼顾了现有元件,又反映了液压技术的新发展,具有内容适当、浅显易懂、实践性强的特点。

(3) 应用性强。为加强学生实际应用能力的培养,本书主要介绍了各种液压元件的结构、原理、特性、应用和液压元件的常见故障及其排除方法。全书配有大量的工业应用图例,具有很强的实用性,有利于提高学生分析问题和解决问题的能力。

(4) 填补空白。液压技术专业的专用教材相应较少,特别是侧重于液压元件应用和分析类的教材比较缺乏,因此,根据高职高专教育改革的需求和多年的教学研究实践,我们特地编写了本书,填补了高职高专教材的空白。

本书采用国际单位制,专业名词术语和图形符号均符合我国制定的相应标准。

本书由西安航空技术高等专科学校简引霞主编，西安航空技术高等专科学校孙兆元、周小勇及兰州石油化工职业技术学院赵忠宪等参编。全书编写分工如下：简引霞编写第1章、第5章；简引霞、孙兆元合作编写第2章；孙兆元编写第3章；周小勇编写第4章；赵忠宪编写第6章。

河南工业职业技术学院唐建生担任本书主审。主审对本书原稿进行了细致的审阅，提出了许多宝贵的意见，在此深表谢意。

由于编者水平所限，疏误和缺点在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编 者

2006年3月于西安

目 录

第1章 概论	1
1.1 液压技术发展概况	1
1.2 液压传动的工作原理和特性	2
1.3 液压传动系统的组成和图形符号	5
1.4 液压传动的优缺点及其应用	7
习题与思考题	8
第2章 液压泵	9
2.1 液压泵概述	9
2.2 齿轮泵	16
2.3 摆线转子泵	38
2.4 螺杆泵	42
2.5 叶片泵	44
2.6 柱塞泵	71
2.7 液压泵的选用	98
2.8 液压泵常见故障及其排除方法	100
习题与思考题	101
第3章 液压马达	104
3.1 液压马达概述	104
3.2 高速小转矩液压马达	106
3.3 低速大转矩液压马达	111
3.4 液压马达常见故障及其排除方法	119
习题与思考题	120
第4章 液压缸	122
4.1 液压缸的分类及特点	122
4.2 液压缸主要组成部分的结构	134
4.3 液压缸的设计计算	138
4.4 液压缸常见故障及其排除方法	145
习题与思考题	146
第5章 液压控制阀	148
5.1 液压控制阀的功用与分类	148
5.2 液压控制阀的特性分析	150

5.3 方向控制阀	160
5.4 压力控制阀	188
5.5 流量控制阀	210
5.6 电液比例控制阀	232
5.7 二通插装阀	242
5.8 电液数字控制阀	248
习题与思考题	250
第6章 辅助装置	253
6.1 蓄能器	253
6.2 过滤器	259
6.3 密封装置	267
6.4 管路和管接头	274
6.5 油箱和热交换器	278
* 6.6 其他辅助元件	284
习题与思考题	287
附录 常用液压与气动元件图形符号	288
参考文献	294

第 1 章 概 论

1.1 液压技术发展概况

液压技术是在水力学、工程力学和机械制造基础上发展起来的一门应用科学技术。1650 年, Pascal 提出的水静压力原理(也称为帕斯卡原理)是液压技术的基础。1795 年, 英国伦敦的 Joseph Bramah 首次用水作为介质, 将帕斯卡原理应用于水压机。但帕斯卡原理真正的实际应用则是在 19 世纪 50 年代的英国工业革命时代, W. G. Armstrong 采用蒸汽机驱动水泵作为动力源, 将水压机实用化并应用了重锤式蓄能器。1870 年左右, 液压技术曾扩展应用于压榨机、铰盘、千斤顶等装置。

19 世纪末, 由于电力驱动技术的发展, 使液压技术停滞不前。直至 1906 年, 美国战舰 Virginia 号以液压传动取代电力驱动, 用于起吊和操纵火炮, 首次用油作介质, 较好地解决了润滑和密封问题, 使液压技术开始迅速发展。

液压元件是液压技术发展的基础。1593 年出现的 Serviere 齿轮泵是一种较早的液压泵, 与目前的外啮合齿轮泵结构很相近。叶片泵的雏形产生于 16 世纪末, 但直到 1925 年 Vickers 发明了双作用叶片泵, 才使它成为完善的形式并沿用至今。1910 年出现的 Hele Shaw 径向柱塞泵为提供结构紧凑、压力较高的液压动力源开创了新的一页。1920 年左右发明的 Hans Thoma 型轴向柱塞泵, 是高压系统应用最为广泛的轴向柱塞泵形式。1930 年开始采用平面配流面, 并用万向节实现同步; 1946 年后改用球面配流面, 用连杆实现同步; 1950 年斜盘式轴向柱塞泵开始广泛应用于工业生产。20 世纪 40 年代, 前苏联和瑞士发展并奠定了具有流量平稳、低噪声特点的螺杆泵的设计理论和结构。

最早应用的低速大转矩液压马达是英国 Chamberlain 公司生产的径向曲轴连杆式马达。20 世纪 50 年代后, 许多国家发展出多种形式的径向柱塞式低速大转矩液压马达, 为直接应用液压驱动而不需要减速装置创造了有利条件。

除了液压泵和液压马达作为动力元件和执行元件外, 液压控制阀的发展对推进液压技术也起到了十分重要的作用。19 世纪中叶由 Fleeming Jenkin 发明的压差补偿型流量阀和 1935 年由 Hargreaves 发明的先导式溢流阀, 为发展液压控制阀的压力补偿、先导控制和匹配耦合起到了开创性的作用。

20 世纪 40 年代初, 首先应用在飞机上的电液伺服阀开辟了液压技术向高响应、高精度发展的新领域。美国麻省理工学院的 Blackburn 和 Lee 等在 20 世纪 50 年代发表的电液伺服器件设计理论和实践, 为电液伺服控制奠定了基础。

20 世纪 60 年代末至 70 年代初,先后在瑞士和日本出现了电液比例控制阀,介于定值控制和伺服控制之间的一个新兴领域——电液比例控制技术诞生并迅速发展,元器件性能大幅提高,应用领域不断扩展。

20 世纪 80 年代后期,又出现了电液数字控制阀,使液压技术向着更广泛的领域发展。

电液比例控制、电液伺服控制和电液数字控制赋予液压技术以更强的活力,使液压技术作为一种基本的传动形式占有着相当重要的地位,并且以优良的静、动态特性而成为一种重要的控制手段。

当前,液压技术在实现高压、高速、大功率、高效率、低噪声、高可靠性、高度集成化等方面都取得了重大进展,在完善发展比例控制、伺服控制以及开发数字控制技术等方面也有许多新成就。液压与电气、液压与微电子技术、液压与计算机控制相结合的机电液一体化已成为世界液压技术的发展潮流。

我国从 20 世纪 50 年代末期开始发展液压工业,特别是 20 世纪 80 年代到 90 年代,国家对液压行业进行了重点改造,并先后引进近 50 项国外先进技术,使我国液压行业的产品水平、科研开发能力和工艺装备水平都有了大幅度提高,液压技术在各工业部门得到广泛的应用。但是,与国外先进水平相比,我国的液压技术还有很大差距,主要表现在:产品水平低,品种规格少,自我开发能力薄弱,成套性差,特别是对重大技术装备、重点工程的配套率严重不足;产品质量不稳定,可靠性差,寿命短;一些新的应用领域(如航空航天,海洋工程,生物医学工程,机器人,微型机械)以及高温、明火环境下所急需的一些特殊元件,几乎处于空白。液压工业已成为影响我国机械工业和扩大机电产品国际交往的瓶颈产业,迅速改变这种落后面貌,是我国液压技术界和工业界所面临的迫切任务。

液压技术包括液压传动技术和液压控制技术两大部分。本教材主要介绍液压传动技术中常用的液压元件,较详细地阐述了液压元件的结构、工作原理、性能特点和应用,还简单介绍了一些新出现的液压元件,如插装阀、电液比例阀和电液数字阀等。

本章的任务是使初学者对液压传动的工作原理及图形符号、液压传动系统的组成、液压传动的特点等内容有一个初步的认识。

1.2 液压传动的工作原理和特性

1. 液压传动的基本概念

任何一部机器都有传动机构,借助它以达到对动力进行传递和控制的目的。按照传动所采用的机构或工作介质的不同可分为机械传动、电气传动和流体传动。

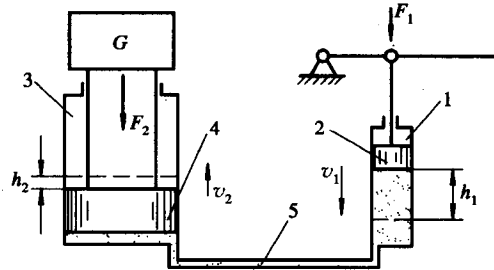
流体传动是以流体(液体、气体)为工作介质进行能量转换、传递和控制的传动形式。以液体为工作介质时为液体传动;以压缩空气为工作介质时为气体传动。

液体传动又分为性质截然不同的两种传动形式:液压传动和液力传动。液压传动主要利用液体静压能来传递运动和动力,其工作原理基于物理学中的帕斯卡原理,也称静液传动或容积式传动。液力传动主要利用液体动能来传递运动和动力,其工作原理基于流体力学中的动量矩定理。

2. 液压传动的工作原理

液压传动应用了液体的两个最重要的特征：① 假定液体不可压缩；② 静止液体压力各向相等。

图 1-1 所示为液压传动的工作原理图。右边是液压泵 1，左边是液压缸 3，均配以密封的活塞，中间用管道 5 连接起来。当小活塞 2 上作用有较小的主动力时，液压泵就产生相应的压力，根据帕斯卡原理，这个压力等值传递到液压缸 3，平衡作用于大活塞 4 上的很大的作用力。当小活塞向下移动时，液压泵排出的液体进入液压缸下腔，使大活塞提升，推动负载作功。这就是液压传动的工作原理。



1—液压泵；2—小活塞；3—液压缸；4—大活塞；5—管道

图 1-1 液压传动工作原理图

3. 液压传动常用的基本公式

1) 负载作用力 F 与液压介质压力 p 之间的关系

在图 1-1 所示的简单液压传动装置中，设液压泵活塞 2 的面积为 $A_1(\text{m}^2)$ ，液压缸活塞 4 的面积为 $A_2(\text{m}^2)$ ，工作腔与管道 5 中都充满油液并与大气隔绝。在液压缸活塞上放有重物 G ，设它所产生的重力为 $F_2(\text{N})$ ，作用在液压泵活塞上的作用力为 $F_1(\text{N})$ ，根据液体静力学原理，存在以下关系：

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= p_1 A_1 \\ F_2 &= p_2 A_2 \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

由于 $p_1 = p_2 = p$ ，因而

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = p \quad (\text{Pa}) \quad (1-2)$$

或

$$F = pA$$

从式(1-2)及图 1-1 可以看出，因为 A_2 比 A_1 大得多，所以只需给泵一个较小的力 F_1 ，就可以使缸得到一个较大的力 F_2 来举起重物 G ，可见此液压传动装置是一个力的放大机构。又因为当结构尺寸一定时，液压缸中的压力 p 取决于举升负载重物所需要的作用力 F_2 ，而液压泵上的作用力 F_1 则取决于压力 p ，所以，被举升的负载越重，则液体介质的压力越高，所需的作用力 F_1 也就越大；反之，如果空载工作且不计摩擦力等因素，则压力 p 及使液压泵工作所需的作用力 F_1 都为零。

液压传动中负载 F 与压力 p 之间的关系可表述为：液压系统的压力取决于负载，并且随着负载的变化而变化。

2) 运动速度 v 与液体介质流量 q 之间的关系

假定不考虑液体的渗漏,也不考虑油液的可压缩性以及泵体、缸体和管道的弹性变形,在传动过程中,各工作腔容积变化是相等的,也即符合液流的连续性方程,所以有

$$\begin{aligned} q_1 &= v_1 A_1 \\ q_2 &= v_2 A_2 \end{aligned} \quad (1-3)$$

由于 $q_1 = q_2 = q$, 因而

$$\begin{aligned} A_1 v_1 &= A_2 v_2 = q \\ \text{或} \quad v_2 &= v_1 \frac{A_1}{A_2} \quad (\text{m/s}) \end{aligned} \quad (1-4)$$

从式(1-4)可以看出,因为 A_1 比 A_2 小得多,所以液压缸活塞的运动速度比液压泵活塞的运动速度小得多,可见此液压传动装置是一个减速传动机构。又因为 A_1 和 A_2 已定,所以液压缸带动工作机构的移动速度 v_2 只取决于输入流量的大小,输入液压缸的流量 q_2 越多,则运动速度 v_2 越快。

液压传动中运动速度 v 与流量 q 的关系可表述为:液压缸的运动速度取决于进入液压缸的流量,并且随着流量的变化而变化。

3) 液压传动的功率计算

功率是力和速度的乘积。如果忽略各种摩擦损失和漏损,则液压泵输入的功率和液压缸输出的功率符合能量守恒原理,即

$$\begin{aligned} P_1 &= F_1 v_1 \quad (\text{W}) \\ P_2 &= F_2 v_2 \quad (\text{W}) \end{aligned} \quad (1-5)$$

由于 $P_1 = P_2 = P$, 因而

$$P = F_1 v_1 = F_2 v_2 \quad (\text{W}) \quad (1-6)$$

为了区别这两种功率,我们把 $P_1 = F_1 v_1$ 称为泵的输入功率,把 $P_2 = F_2 v_2$ 称为缸的输出功率。

我们将 $F_1 = pA_1$ 、 $F_2 = pA_2$ 代入式(1-6),就得到液压传动中常用的功率公式:

$$P = pA_1 v_1 = pA_2 v_2 = pq \quad (\text{W}) \quad (1-7)$$

式中: p ——压力(N/m^2);

q ——流量(m^3/s)。

因此,在液压传动中,功率就是压力与流量的乘积。

4. 液压传动的特点

液压传动与其它传动方式相比主要有以下特点:

(1) 液压传动必须用具有一定压力的液体作为工作介质。

(2) 传动过程中必须经过两次能量转换。首先,液压泵把机械能转换为液体的压力能;然后,油液输入液压缸,又通过液压缸把油液的压力能转换成驱动外界负载运动的机械能。

(3) 液压传动必须在密封容积内进行,而且容积要发生变化。如果容积不密封,则不能形成压力;如果容积不变化,则不能实现传递速度的要求。因此,有人把“液压传动”叫做“容积式液力传动”。

1.3 液压传动系统的组成和图形符号

1. 液压传动系统举例

图 1-1 所示的液压传动装置虽然能达到起重的目的,但是液压缸活塞 4 的行程太小,而且不能实现不断上升的要求,为此还必须进一步完善。图 1-2 所示为一种常用的液压千斤顶的工作原理图。它主要由杠杆 1、小活塞 2、泵体 3 和单向阀 4、5 等组成的手动液压泵和由大活塞 7、缸体 6 等组成的液压缸构成,8 为重物,9 为截止阀,10 为油箱。

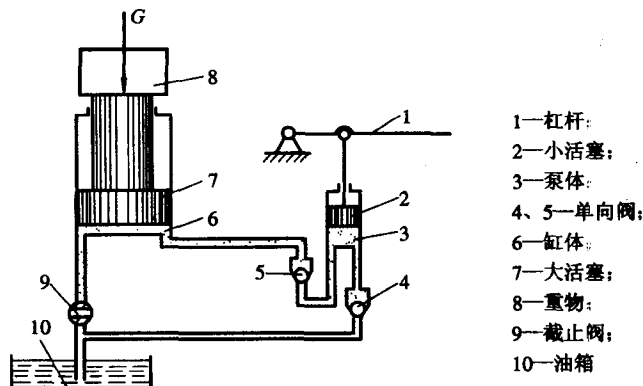


图 1-2 液压千斤顶的工作原理

当提起杠杆 1 时,活塞 2 上升,泵体 3 下腔的工作容积增大(此时单向阀 5 关闭),腔内形成真空,油箱 10 中的油液在大气压的作用下推开单向阀 4 的钢球,进入并充满泵体 3 的下腔。当压下杠杆 1 时,活塞 2 下降,单向阀 4 关闭,泵体 3 中的油液推开单向阀 5 进入缸体 6 的下腔,推动活塞 7 将重物 8 举起。反复提压杠杆,就可以使重物不断上升,达到起重的目的。

当活塞 7 停止运动时,只要停止杠杆 1 的运动,缸体 6 中的油压使单向阀 5 关闭,活塞 7 就自锁不动。如果需要重物下降,则可打开截止阀 9,使缸体 6 的下腔直接与油箱 10 相通,在重物 G 的作用下,活塞 7 向下移动,油液即排回油箱。

在实际应用中要完成液压传动的任务,往往需要由许多不同的液压元件组成液压传动系统来实现。如图 1-3 所示的机床工作台往复运动的传动系统,工作台 8 由活塞杆带动作直线往复运动,液压系统中的工作油液由齿轮泵 3 供给。为了改变工作台的运动方向,设置了手动换向阀 6,以改变进入液压缸的油液流向。节流阀 5 用来改变进入液压缸的油液流量,以控制工作台的运动速度。溢流阀 4 在控制液压泵输出油液压力的同时,也起着把泵输

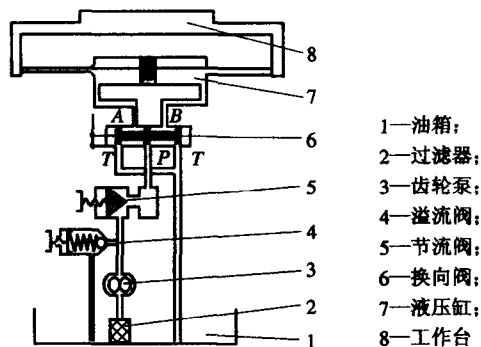


图 1-3 机床工作台往复运动的液压传动系统图

出的多余油液排回油箱的作用。管道和管接头用于将这些元件连接起来。

当电动机带动齿轮泵 3 旋转时, 油箱中的油液经过滤器 2 被吸入。图示位置换向阀 6 的阀芯处于中间位置, 接通换向阀的油路被堵塞, 液压缸活塞处于停止状态。此时, 液压泵输出的油液全部经过溢流阀流回油箱。当换向阀 6 的阀芯处于左端位置时, 泵输出的压力油经节流阀 5、换向阀的 P 、 B 阀口进入液压缸 7 的右腔, 推动活塞带动工作台 8 向左运动。与此同时, 缸 7 左腔的油液经换向阀的 A 、 T 阀口流回油箱。当换向阀 6 的阀芯处于右端位置时, 泵输出的压力油便经节流阀 5、换向阀的 P 、 A 阀口进入液压缸 7 的左腔, 使工作台右移。与此同时, 缸 7 右腔的油液经 B 、 T 阀口流回油箱。

过滤器 2 的作用是滤去油液中的污染物质, 保证油液的清洁, 使系统正常工作。

2. 液压传动系统的组成和作用

从以上的例子可以看出, 液压传动系统主要由以下 4 个部分组成。

(1) 动力元件(液压泵): 是把机械能转换成液体压力能的元件, 作为系统的供油能源, 如图 1-2 中的手动液压泵和图 1-3 中的齿轮式液压泵。

(2) 执行元件(液压缸或液压马达): 是把液体的压力能转换成机械能的元件, 对负载做功, 如图 1-2 和图 1-3 中作直线运动的液压缸。

(3) 控制元件(各种液压控制阀): 是控制液压系统中油液的压力、流量和流动方向的元件, 用来实现执行元件的作用力、运动速度和运动方向的控制与调节, 如图 1-3 中的溢流阀、节流阀和换向阀等元件。

(4) 辅助元件: 是除上述三项以外的其它元件, 如图 1-3 中的油箱、过滤器、油管、压力表等, 它们对保证液压系统可靠、稳定、持久地工作有着重要的作用。

3. 液压传动系统的图形符号

综上所述, 液压传动系统是由各种液压元件组成的。如果用结构图来表达液压系统, 则往往是各元件纵横排列, 管路来回交错, 既看不清楚, 而且绘制也比较复杂。为了清晰地表达液压系统中各个元件及它们之间的相互关系, 我们可以采用相应的图形符号来表示。

目前, 液压元件及系统有两种表示法, 即结构式表示法和图形符号式表示法。

在结构式表示法中, 各种液压元件用结构原理简图表示, 如图 1-2、图 1-3 所示。这种图形直观性强, 容易理解, 当系统发生故障时检查、分析也比较方便, 但图形比较复杂, 特别是在系统中元件较多的情况下, 绘制则更加不便。

在图形符号式表示法中, 各种液压元件用只说明元件的职能而不反映元件结构的符号来表达, 如图 1-4 所示。这种图形绘制方便、简洁, 表达较复杂的系统时尤为清晰。我国已制定了一整套液压及气动图形符号国家标准。大多数国家的液压系统都采用了图形符号式表示法, 各国的图形符号大同小异。

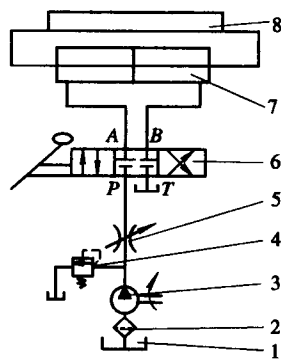


图 1-4 用图形符号表示的液压系统图

为了着重说明某些元件的结构和动作原理,有些液压系统仍采用结构原理图,而其余元件则用图形符号来表示。

各种液压元件的图形符号将在讲述各元件时分别介绍。

1.4 液压传动的优缺点及其应用

1. 液压传动的优点

液压传动与机械传动、电气传动、气压传动相比有下列一些优点:

(1) 与机械、电气传动相比,在输出同等功率的条件下,液压传动装置的体积小,重量轻,惯性小,结构紧凑。例如,液压马达的体积仅为同功率电动机的12%~13%,重量仅为同功率电动机的10%~20%。

(2) 液压传动装置能在运转过程中进行无级调速,方法简便且调速范围较大,如某些情况下可达1000:1。

(3) 液压传动装置的工作比较平稳,反应快,冲击小,能高速启动、制动和换向。例如,往复直线运动的换向频率每分钟可达400~1000次。

(4) 液压传动装置的控制、调节比较简单,操纵比较方便、省力,易于实现自动化,特别是与电气控制配合使用时,能实现复杂的顺序动作和远程控制。

(5) 液压传动装置易于实现过载保护。例如,系统中设置安全阀后,就可以防止超载而发生故障。同时,油液能使各相对运动表面自行润滑,所以液压传动装置的使用寿命较长。

(6) 液压元件已经实现了系列化、标准化、通用化,故易于设计、制造和推广使用。

2. 液压传动的缺点

(1) 液压传动装置以液体作为工作介质,往往容易形成泄漏。同时,油液也具有一定的可压缩性。由于这些原因,因而液压传动的效率较低,一般为75%~80%。

(2) 液压传动装置由于在能量转换及传递过程中存在着机械摩擦损失、压力损失和泄漏损失等问题,因而无法保证严格的传动比。

(3) 因为油液的温度变化会引起油液的粘度变化,从而影响系统的工作性能,所以液压传动装置一般不宜在低温及高温下工作。另外,液压传动对油液的污染亦比较敏感,要求有良好的过滤设施。

(4) 液压元件制造精度要求较高,因此价格较贵。此外,液压装置的使用与维修要求有较高的技术水平和一定的专业知识。

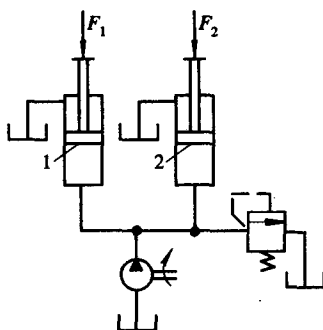
3. 液压技术的应用

由于液压技术的诸多优点,使其发展很快,特别是经过最近半个世纪的飞速发展,液压技术已成为包括传动、控制、检测在内的对现代机械装备技术进步有重要影响的基础技术,其应用遍布各个工业领域。从蓝天到水下,从军用到民用,从重工业到轻工业,到处都有液压传动及控制技术的应用。国外生产的95%的工程机械、90%的数控加工中心、95%的自动生产线都采用了液压传动与控制技术。由于液压技术的采用对机电产品的质量和生产水平的提高起到了极大的促进和保证作用,因而采用液压技术的程度已成为衡量一个国

家工业水平的重要标志。可以预见，随着科学技术的不断发展，液压技术将会在许多工业部门中发挥越来越大的作用。

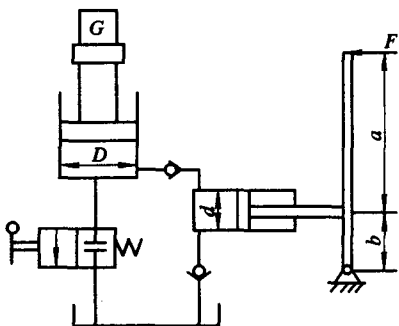
习题与思考题

1. 什么叫液压传动？液压传动的特点是什么？
2. 液压传动系统通常由哪几部分组成？各部分的作用是什么？
3. 如图所示，已知 $F_1 = 10 \times 10^3 \text{ N}$ ， $F_2 = 15 \times 10^3 \text{ N}$ ，液压缸活塞直径均为 25 cm。当液压泵压油时，两缸活塞能否同时动作？为什么？液压泵的出口压力是多少？



题 3 图

4. 如图所示，设杠杆尺寸 $a = 30 \text{ cm}$ ， $b = 2.5 \text{ cm}$ ，小活塞直径 $d = 1.6 \text{ cm}$ ，液压缸活塞直径 $D = 12 \text{ cm}$ 。若手的作用力 $F = 200 \text{ N}$ ，求液压缸活塞向上顶起的作用力是多少？力放大了多少倍？



题 4 图

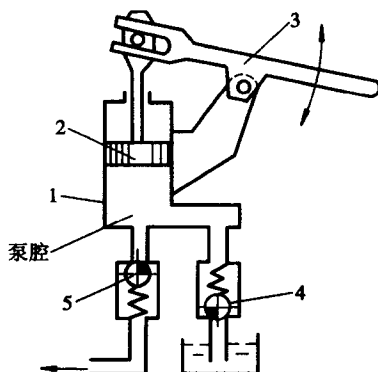
第2章 液 压 泵

2.1 液 压 泵 概 述

液压传动以具有压力的油液作为传递动力的工作介质，因此在液压系统中要有能量转换装置。液压泵就是在电动机或其它原动机的带动下，将机械能转换为流动液体压力能的能量转换装置，它不断向系统输送一定流量和压力的油液，达到驱动执行机构的目的。

1. 液压泵的工作原理和分类

图2-1所示为一活塞式手摇液压泵的工作原理图。它由泵体1、活塞2、压杆3和两只单向阀4、5组成。当压杆3向下运动时，活塞2向上运动，使泵腔中的体积扩大，形成真空，此时单向阀5关闭，在油箱液面大气压力作用下，单向阀4打开，液体经吸油管由油箱中吸入泵腔内；当压杆3向上运动时，活塞2向下运动，泵腔中的体积缩小，油液的压力上升，将单向阀4关死，而将单向阀5推开，液体则经压油管排出。如此不停地往复工作，使液压泵不断地吸油和压油。



1—泵体；2—活塞；3—压杆；4、5—单向阀

图2-1 活塞式手摇液压泵的工作原理图

从上述液压泵的工作过程可以看出，液压泵工作时应满足如下必要条件：

(1) 在泵中必须形成一定体积的密封容积。例如，当活塞2不动时，两只单向阀均处于关闭状态，此时泵即为一密封容积。

(2) 密封容积必须变化。由工作原理可知，活塞上移时，容积扩大，吸油；活塞下移时，容积缩小，压油。密封容积的变化是泵吸、压油的根本原因。由于这种泵是依靠容积变化而进行工作的，因而称为容积式液压泵。

(3) 吸油腔和压油腔要互相隔开。当活塞上移时,单向阀 5 的上腔连同吸油管为吸油腔(或称低压腔),其下腔为压油腔(或称高压腔),吸油腔和压油腔由单向阀 5 隔开;当活塞下移时,单向阀 4 的上腔连同压油管为压油腔,其下腔为吸油腔,两腔由单向阀 4 隔开。显然,吸油管路与压油管路既不允许互相连通,也不允许同时与密封容积沟通。

液压传动中常用的液压泵按其结构来分,可以分为齿轮泵、叶片泵、柱塞泵和螺杆泵等类型。按照额定工作压力来分,可以分为:低压泵,其工作压力在 $0 \sim 2.5$ MPa 范围以内;中压泵,其工作压力在 $2.5 \sim 8$ MPa 范围以内;中高压泵,其工作压力在 $8 \sim 16$ MPa 范围以内;高压泵,其工作压力在 $16 \sim 32$ MPa 范围以内;超高压泵,其工作压力大于 32 MPa。按照供油流量能否调节,可以分为定量泵和变量泵。在转速不变的条件下,输出流量不能改变的液压泵称为定量泵,输出流量可以改变的液压泵称为变量泵。按其输油方向能否改变,可分为单向泵和双向泵。液压泵的图形符号见附录。

2. 液压泵的主要性能参数

1) 排量与流量

液压泵的排量是指泵在工作过程中每一循环或每转所能排出液体的体积。显然,排量取决于泵的结构参数。例如在图 2-1 所示的活塞式液压泵中,手柄每往复一次,打出的油量取决于活塞的直径 d 和行程 s ,于是液压泵的排量 V 为

$$V = \frac{\pi d^2}{4} s \quad (\text{mL/每循环}) \quad (2-1)$$

液压泵的流量表示单位时间内输出油液的体积。它除了取决于泵的结构参数外,还和单位时间内体积变化的次数有关,其常用单位为 L/min。设图 2-1 所示液压泵手柄每分钟往复的次数为 n ,则液压泵的流量为

$$q = \frac{\pi d^2}{4} s n \times 10^{-3} \quad (\text{L/min}) \quad (2-2)$$

或

$$q = Vn \quad (2-3)$$

由于活塞在往复运动过程中向上运动时吸油,只有向下运动时才压油,因而单缸活塞泵的输油量是不连续的;此外,在活塞向下运动的过程中,其运动速度也不相同,因此在压油过程中,液压泵压出的油量是不均匀的。这种现象称为输油量的脉动。

液压泵常用的流量参数有以下三种。

瞬时流量:泵每一瞬时输出的流量称为泵的瞬时流量 q_s 。

平均流量:泵在某一时间间隔内按时间计算的平均输出流量称为泵的平均流量 q 。

理论流量:根据泵的几何尺寸计算而得到的流量称为泵的理论流量 q_t ,一般指平均理论流量。

2) 压力

液压泵出口压力的形成原理可以由图 2-2 来解释。图 2-2(a)所示为液压泵向液压缸连续供油的情况,液压缸下端带有重物 G 。当液压泵工作时,将油箱中的油液吸入,并且不断地将吸入的油液输往液压缸的下腔。随着液压泵不断供油,液体受阻,其压力不断上升。当液体的压力升高到一定值后,即可克服外负载,使活塞上移。此时液压系统的压力为

$$p = \frac{G}{A} \quad (\text{Pa}) \quad (2-4)$$