

高职高专教材

液压与气压传动

YEYA YU QIYA CHUANDONG

韩永辉 主编



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

高职高专教材

液压与气压传动

主 编 韩永辉
副 主 编 董然平
参编人员 申 健 宋亚丽
 孙连玺

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/韩永辉主编. —北京: 中国计量出版社, 2006. 8

高职高专教材

ISBN 7-5026-2296-9

I. 液… II. 韩… III. ①液压传动—高等学校: 技术学校—教材②气压传动—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 014723 号

内 容 提 要

本书为高职高专机电类专业教材, 全书包括液压传动与气压传动两部分。主要内容包括: 液压与气压传动的基本知识, 液压与气动元件的结构及工作原理, 液压辅助元件, 液压与气压基本回路, 液压伺服系统的工作原理及液压伺服系统实例, 液压与气压传动系统实例, 液压系统安装、调试、故障分析及使用、维护等内容。本书着重基本概念和原理的阐述, 注重理论知识的应用, 突出应用能力和创新能力的培养。

本书可作为高职高专机械类专业教材, 还可作为成人高校相关专业的教材, 也可供工程技术人员和工人参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

<http://www.zqjl.com.cn>

北京切实印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 14.75 字数 360 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 2 月第 2 次印刷

*

印数 1501—2500 定价: 25.00 元

前 言

近年来,我国高等职业教育发展迅速,为了适应高职高专教育的发展和在教学工作中反映工程技术进步情况,我们在广泛收集各院校的教学经验和意见、参阅相关专业的教学方案与计划的基础上,结合多年的教学经历和经验编写了本教材。主要内容包括液压传动基础知识、流体力学基础、液压元件和气动元件结构及工作原理、液压传动与气压传动回路等。

本教材在编写过程中,主要体现了以下几方面的特点:

1. 突出实用。对于知识点的处理本着“注重理论,突出实践”的原则,在介绍必要的理论知识的基础上,突出实践内容,使学生通过学习熟悉相关的实践环节,有利于理论知识与实践的结合。

2. 以液压传动为主、气压传动为辅。液压与气压传动的主线均是流体,二者有许多相同之处,在重点讲解有关液压传动知识的基础上,简单介绍气压传动知识,这样既突出了重点,又扩大了知识面。

3. 理论分析重定性、轻定量。在保证知识体系完整的前提下,尽量减少理论内容所占篇幅,更多地采用定性分析方式,删除繁琐的理论推导过程,以简捷方式给出最终的结果和结论。

4. 注意体现学生认知发展规律。对教材内容的处理从整体到局部,再由局部到整体,力求深入浅出,由易到难,辅以大量的图表,充分显现教材的直观性。

5. 体现高职特色。为提高高职专业学生的现场工作能力,本教材以较大的篇幅介绍液压系统的安装和调试内容,以表格方式列出常见故障、产生原因和排除方法,注重培养学生的实践动手能力。

6. 较好地贯彻国家标准。全书所涉及专业名词和图形符号均按国家有关标准执行。

为便于学生更好地掌握本课程知识,每一章后均附有一定数量的习题,供学生练习。

教材理论授课时数为60~70学时,并视具体情况开设8~12学时的实验。本教材为高职高专机械类专业教材,同时还适用于各类成人高校有关专业,并可供工程技术人员参考。

本教材由韩永辉主编,董然平任副主编。参加编写工作的有申健(第一章、第八章)、韩永辉(第二章、第五章和第七章)、宋亚丽(第三章)、孙连玺(第四章、第六章)和董然平(第九章、第十章)。

由于编者水平有限,难免有疏漏和错误之处,敬请同行和广大读者批评指正。

编 者
2006年8月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 液压传动系统的工作原理	(2)
第二节 液压传动系统的特点	(5)
第三节 液压传动技术的发展概况	(7)
习 题	(9)
第二章 液压传动基础	(10)
第一节 液压油的性质	(10)
第二节 液压油的选用和污染控制	(13)
第三节 液体静力学	(18)
第四节 液体动力学基础	(22)
第五节 液体流动时的压力损失计算	(29)
第六节 液体流经小孔和间隙的流量	(31)
第七节 液压冲击和空穴现象	(35)
习 题	(36)
第三章 液压泵和液压马达	(39)
第一节 液压泵概述	(39)
第二节 齿轮泵	(42)
第三节 叶片泵	(48)
第四节 柱塞泵	(54)
第五节 液压泵及组件的选用和故障排除	(59)
第六节 液压马达	(63)
习 题	(68)
第四章 液压缸	(69)
第一节 液压缸结构分类和计算	(69)
第二节 液压缸的结构设计	(74)
第三节 液压缸主要尺寸的确定	(81)
习 题	(84)
第五章 液压控制阀	(85)
第一节 概 述	(85)

第二节	方向控制阀	(87)
第三节	压力控制阀	(95)
第四节	流量控制阀	(104)
第五节	液压控制阀的选用和故障排除	(107)
第六节	比例阀、插装阀和数字阀介绍	(111)
习 题		(115)
第六章	液压辅助元件	(118)
第一节	油 箱	(118)
第二节	油管及管接头	(120)
第三节	过滤器	(123)
第四节	流量计、压力计和压力计开关	(127)
第五节	蓄能器	(129)
习 题		(131)
第七章	液压基本回路	(132)
第一节	方向控制回路	(132)
第二节	压力控制回路	(134)
第三节	速度控制回路	(142)
第四节	多缸工作控制回路	(152)
习 题		(158)
第八章	液压传动系统典型应用与维护	(161)
第一节	组合机床动力滑台液压系统	(162)
第二节	数控车床液压系统	(165)
第三节	工程机械液压系统	(168)
第四节	液压传动系统安装与调试	(171)
第五节	液压系统的维护与保养	(176)
第六节	液压系统故障分析和排除方法	(180)
习 题		(189)
第九章	液压伺服系统	(192)
第一节	液压伺服系统概述	(192)
第二节	液压伺服阀的基本类型	(192)
第三节	液压伺服控制系统	(196)
习 题		(197)
第十章	气压传动	(198)
第一节	气压传动系统的工作原理及组成	(198)
第二节	气动元件	(200)

第三节	气动系统基本回路	(214)
习 题		(217)
附录 I	常用液压与气压图形符号(摘自 GB786.1—93)	(218)
附录 II	公称压力及压力分级(GB2346—80)	(224)
附录 III	液压泵及马达公称排量系列(J824—66)	(224)
参考文献		(225)

第一章

绪 论

一部机器不论简单与复杂，都有其传动机构，借助于它实现对动力和能量的传输及控制。在机床行业、工程机械行业中采用的传动形式有多种，按照传动过程中所采用的机件或介质不同可以分为机械传动、电气传动、液体传动和气压传动。实际生产中更多地是将上述传动方式进行组合，构成复合传动。

机械传动是指通过轴、齿轮、齿条、蜗轮、蜗杆、带轮、皮带和杠杆等机件直接对动力进行传递和控制的一种传动方式。

电气传动是指利用电力设备并通过调节电力参数进行动力传输和控制的一种传动方式。

气压传动是指以压缩空气为工作介质进行能量传输和控制的一种传动方式。

液体传动是指以液体为工作介质进行能量传输和控制的一种传动方式。

在液体传动中，因工作介质存储能量的方式不同，又分为液力传动和液压传动。液力传动是以液体为工作介质，主要是利用液体的动能进行能量传输和控制的一种传动方式；而液压传动则是以液体为工作介质，主要是利用液体的压力势能（简称压力能）进行能量传输和控制的一种传动方式，也称为静压传动或容积式传动。

本书重点讨论液压传动的工作原理及相关内容，并在此基础上对气压传动内容进行简单的介绍。

液压传动与传统的机械传动相比具有多方面的优势，被广泛地应用在机械制造、工程机械、建筑机械、汽车工业、石油化工、航空航天、军事、农业机械、海洋开发等领域，尤其是近年来，随着微电子技术和计算机技术的不断发展，机、电、液技术紧密结合，使液压传动技术的发展进入了一个崭新的阶段。

第一节 液压传动系统的工作原理

一、液压传动系统的工作原理

因为构成液压传动系统的基本元素——液压元件还未介绍，所以在此只是分析两个较简单的液压传动系统的主要工作过程，从而对液压传动系统建立感性认识。

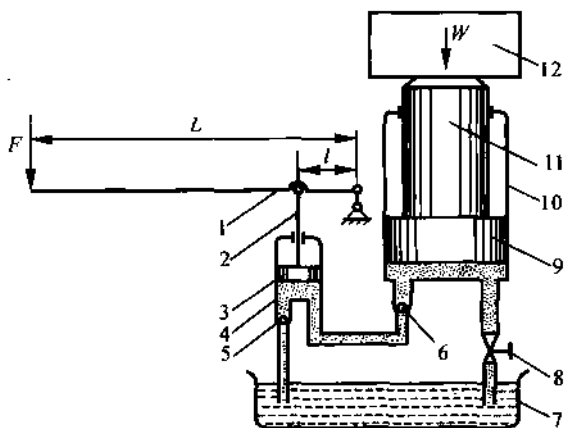


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

1—杠杆；2、11—活塞杆；3、9—活塞；4—泵体；
5、6—单向阀；7—油箱；8—截止阀；
10—缸体；12—重物

1. 液压千斤顶系统

图 1-1 所示为液压千斤顶工作原理图，它主要由杠杆 1、活塞杆 2、小活塞 3、泵体 4 和单向阀 5、6 组成的手动液压泵及大活塞 9、缸体 10 和活塞杆 11 组成的提升液压缸构成。当向上提起杠杆 1 时，通过活塞杆 2 带动小活塞 3 上升，泵体 4 下腔（小活塞 3 下部）的工作容积加大，进而形成局部真空，油箱中的油液在大气压的作用下被吸入泵体 4 内（进油顶开单向阀 5，而单向阀 6 关闭）；当向下压下杠杆 1 时，通过活塞杆 2 推动小活塞 3 下降，泵体 4 的下腔容积减小，油液内部压力升高，使单向阀 5 关闭而打开单向阀 6，泵体 4 下腔的油液进入缸体 10 的下腔（截止阀 8 在关闭位置），推动大活塞 9 向上

运动，通过活塞杆 11 将重物 12 顶起。可见，只要不断地提、压杠杆 1，泵体 4 就会交替地进行吸油和压油，重物 12 就会断续上升。若需将重物 12 落下时，只需打开截止阀 8，大活塞 9 主要在重物重力作用下下落，缸体 10 下腔的油液经截止阀 8 流回油箱。

由上述液压千斤顶工作过程可见：

(1) 液压传动系统以液体为介质，实现了两次能量转换。先是借手动液压泵部分将输入的机械能转换为液体的压力势能（压力能），之后再利用提升液压缸将液体压力能转换为机械能，实现对外做功过程。

(2) 因为液压传动是利用液体压力能形式进行传递和控制的，所以液压传动过程必须是在封闭的空间和管道内进行。

(3) 在液压传动系统中，传动与控制是同时存在的。如重物上升的速度，可以通过控制杠杆 1 提升、下压的频率而得到控制，只是在本例中控制环节不是十分明显。

图示液压千斤顶的左右两部分结构形式类似，但所起作用不同，左侧部分称为液压泵，实现输入机械能到液压压力能的转换；而右侧部分称为液压缸，实现液体压力能到机械能的转换。可见液压泵和液压缸（还有以后涉及到的液压马达，液压缸与液压马达的区别主要是运动方式不同）是按其功能而不是按其结构划分的，二者均属能量转换装置，只是能量转换方向不同。

2. 简单机床液压传动系统

实际生产中的机床液压传动系统较复杂,图1-2所示为简化了的机床液压传动系统工作原理图。液压缸8固定在床身上,活塞9运动并通过活塞杆10带动工作台11往复移动。液压泵3由电动机(图中未示出)驱动并从油箱中吸油,输出具有一定压力势能的油液,油液经过节流阀6到达电磁换向阀7的进口处,由换向阀7控制液体是否进入液压缸8及进入的方向。当电磁换向阀7两端电磁铁均不通电时,阀芯处于中位(如图1-2a所示),油口P、A、B、T互不相通,液压缸左右两腔均不通压力油,工作台停止不动;当电磁换向阀7

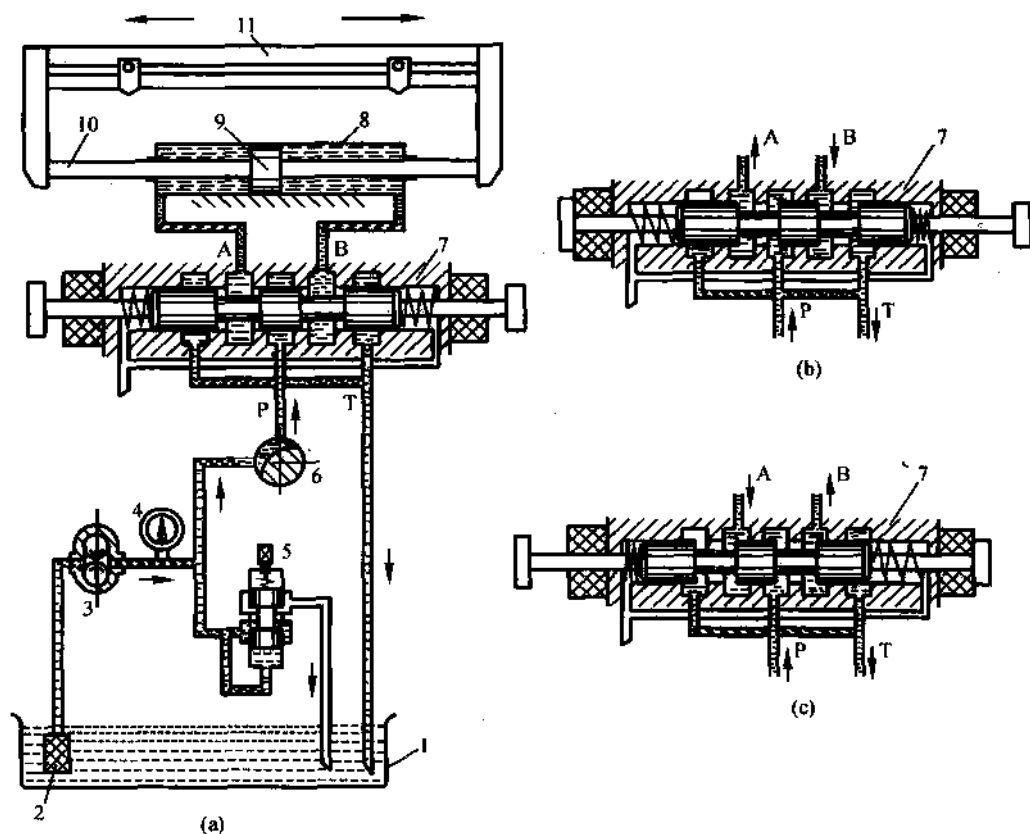


图1-2 简单机床液压传动系统图

1—油箱; 2—滤油器; 3—液压泵; 4—压力表; 5—溢流阀; 6—节流阀; 7—电磁换向阀;
8—液压缸; 9—活塞; 10—活塞杆; 11—工作台

左端电磁铁通电时,换向阀阀芯被推向右端(如图1-2b所示),油口P与A通,B与T通,此时液压缸进、回油路为:

进油路:滤油器2→液压泵3→节流阀6→电磁换向阀7(P口流入、A口流出)→液压缸8左腔;

回油路:液压缸8右腔→电磁换向阀7(B口流入、T口流出)→油箱1。

活塞9在左侧压力油作用下向右运动,通过活塞杆10带动工作台11向右运动。

当电磁换向阀7右端电磁铁通电时,换向阀阀芯被推向左端(如图1-2c所示),油口P

与B通，A与T通。此时液压缸进、回油路为：

进油路：滤油器2→液压泵3→节流阀6→电磁换向阀7（P口流入→B口流出）→液压缸8右腔；

回油路：液压缸8左腔→电磁换向阀7（A口流入、T口流出）→油箱1。

活塞9在右侧压力油的用下向左运动，通过活塞杆10带动工作台11向左运动。

由此可见，只要控制电磁换向阀7左右两端电磁铁的通、断电状态，即可控制工作台11的启动、停止及运动方向。

为满足生产需求，图示液压系统中设置了相应的控制装置、过滤装置和测量装置。如节流阀6即为调速而设置，工作中通过改变节流阀开口面积的大小，调节通过节流阀液体流量，进而控制工作台的运动速度；电磁换向阀7用于控制工作台的启动、停止及运动方向的变化；工作台在运动过程中还要驱动各种负载，负载的大小不同决定了系统正常工作时需要提供的压力能（压力）不同，液压泵输出液体压力能（压力）大小可以利用溢流阀5来调整；滤油器2起过滤作用，可有效地防止杂质进入系统；压力表4用于测量和显示液压泵出口处液体的压力。

机床液压系统与千斤顶液压系统相比，最大的区别在于增设了单独的控制装置（如控制运动速度、运动方向、调节克服负载能力的装置等），控制精度明显高于液压千斤顶的手动控制方式，目前机床液压系统中基本上采用这种单独控制装置的控制方式。上述两个实例尽管控制方式不同，但足以说明同一个问题，即液压传动系统中传动与控制是同时进行的，二者不可分割。

二、液压传动系统的组成

从上述两个液压系统实例可以看出，液压系统主要由以下五个部分组成：

1. 动力部分

动力部分由原动机和液压泵组成。液压泵是将原动机输入机械能转换为液体压力能的能量转换装置，向液压系统提供压力油，是液压系统的动力来源。

2. 执行部分

即液压缸和液压马达，是将液体压力能转换为机械能的能量转换装置，输出力和速度或扭矩和转速，以驱动工作部件。

3. 调节控制部分

包括各种控制阀，如方向控制阀、压力控制阀和流量控制阀，用于控制液压系统中的压力、流量和液体的流动状态及流动方向，从而满足运动部件对作用力（扭矩）、速度（转速）和运动方向的要求。

4. 辅助部分

辅助部分包括油箱、油管、管接头、压力表、蓄能器、滤油器及加热、冷却装置等，分别起到贮油、输送、连接、测量、贮能、过滤、控温等功能。辅助部分是液压系统中不可缺少的组成部分，其性能直接关系着液压系统的工作性能。

三、液压传动系统的图形符号

图 1-1 和图 1-2 所示的液压传动系统图，其中的液压元件是用半结构图式的图形表示的，故称为结构原理图，这种形式的图形比较直观，易于接受，特别适合于初学者，但图形绘制起来复杂比较繁琐，不便于绘制。为了简化绘图过程，国内外广泛采用特定的符号替代元件的方式绘制原理图。这些符号只表示元件的职能、控制方式和连接情况，并不能反映元件的具体结构、参数、连接油口的实际位置和安装位置，故这种符号称为职能符号。我国 1993 年修订的液压气动图形符号 (GB/T786.1—1993) 就属于这种职能符号。

图 1-3 所示为用图形符号表示的简单机床液压传动系统工作原理图 (与图 1-2a 相对应)，需要注意的是与图 1-2(b) 和图 1-2(c) 相对应的图形符号在国家标准中是没有的，标准中规定所有元件的图形符号均以元件的静止位置或零位来表示，即使这个元件正工作在其它的位置。需要说明的是，若液压元件无法用现有的图形符号表示，仍允许采用结构原理图的形式表示。

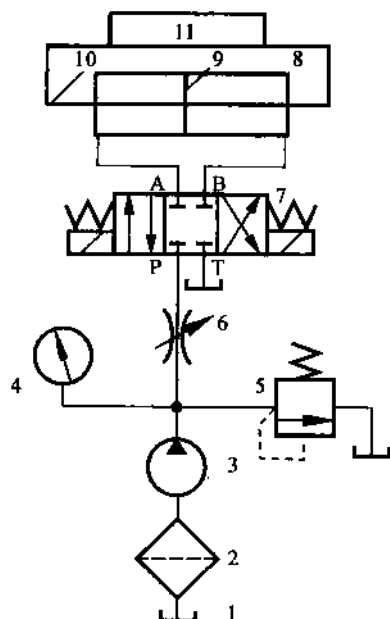


图 1-3 用图形符号表示的机床
液压传动系统图

- 1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—压力表；
5—溢流阀；6—节流阀；7—换向阀；
8—液压缸；9—活塞；10—活塞杆；11—工作台

第二节 液压传动系统的特点

传统的机加工机械和工程机械等主要是采用机械传动方式，随着液压传动技术的日益成熟和普及，液压传动的特点越来越突出，在各行业中得到广泛应用。

机械传动的优点是传动准确可靠、操作简单、负载对传动性能影响小、传动效率高、制造容易和维护简单等。缺点是一般不能进行无级调速，借助机械无级变速装置虽然能实现无级调速，但传动功率较小，另外机械传动远距离操纵比较困难，结构较复杂。

电气传动的优点是能量传递方便（导线柔软、连接方便）、信号传递迅速、标准化程度高、易于实现自动化等，缺点是运动平稳性差，容易受到外界干扰，惯性大、换向慢，电气设备和元件要耗用大量的有色金属，成本高，温度、湿度、振动、腐蚀等因素对其工作性能影响较大。

气压传动的优点是结构简单、成本低，易于实现无级变速；气体粘性小，阻力损失小，流速比较高，如气动内圆磨头的转速每分钟可达 10 万多转、气动凿岩机的冲击次数每分钟可达 3500 次；防火、防爆性能好，可在高温下工作。缺点是空气容易被压缩，传动性能受负载影响较大，不宜在低温下工作（凝结成水，甚至结冰）；空气密封困难，工作压力较低（一般不超过 0.8 MPa），传递功率较小。

液压传动与其它传动方式相比,具有如下特点。

一、液压传动系统的优点

(1) 传输功率大。液压系统的工作压力较高(可高达 35 MPa 或更高),故可以传递较大的功率。

(2) 单位功率的重量低。即在传输同等功率的情况下,液压传动装置具有体积小、重量轻、惯性小、结构紧凑和动态性能好等特点。如轴向柱塞泵的重量只有同功率直流发电机的 10%~20%,外形尺寸只有后者的 12%~13%。

(3) 调速性能优。液压传动能实现无级调速,且调速范围大,低速稳定性好。液压缸和液压马达可以在极低的速度或转速下工作,如液压缸的运动速度可低至 1×10^{-5} m/s,液压马达的转速可低至 1~2 rpm,良好的低速性能使液压传动的调速范围可达 400 或更高。

(4) 运动性能好。运动平稳、反应快、冲击小,能快速启动、制动和频繁换向。由于液压传动以液体为工作介质,油液本身具有吸振能力,传动较平稳,这对于运动稳定性要求很高的系统尤为重要。

(5) 系统结构简单。液压传动易于获得较大的力和转矩,能够简化机器结构,易于完成各种复杂的动作。

(6) 安全、可靠、寿命长。液压系统易于实现过载保护,当动力源发生故障时,可借助于蓄能器实现应急动作,这是机械传动和电气传动不能实现的,同时由于采用油液作为工作介质,运动表面能够自行润滑,设备工作寿命长。

(7) 使用灵活。借助管路的连接可以方便地布置传动机构,且不受方位的限制;操作简单,与电气或气压传动相配合便于实现远距离控制和自动控制,采用液压助力机构操作更为灵便。

另外,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、使用与制造都比较方便。

二、液压传动系统的缺点

(1) 传动比准确程度较低。液压传动系统采用液体为工作介质,在相对运动表面间不可避免地要产生泄漏。同时因为液体具有可压缩性,管路也会产生弹性变形,因此不适合在传动比要求严格的场合使用。

(2) 传动效率较低。液压传动系统在工作过程中不可避免地存在着泄漏损失,同时液体流经元件、管路等处均产生压力损失,传动效率受到影响,故液压传动系统不适合于远距离传输。

(3) 稳定性较差。油液温度的变化对其流动性能影响较大,往往不易保持运动部件运动速度的稳定,所以在低温或高温及湿度变化范围较大时采用液压传动有一定的困难,尤其是在高温情况下,还要注意防爆问题。油液中渗入空气还会产生噪声、振动和爬行现象,影响系统的工作性能。

(4) 液压元件加工精度高。为了减少泄漏及满足某些性能上的要求,液压元件的加工精度要求高,其制造成本较高,并导致对油液的污染比较敏感。

(5) 维护较困难。液压传动系统的封闭性导致液压系统故障的诊断比较困难,系统的安

装、使用与维护的技术水平要求较高。这就对使用和维修人员提出了较高的要求,既要系统地掌握液压传动系统的理论知识,又要有一定的工程实践经验。

液压传动系统的优缺点相比,优点占主导地位,液压技术的日益普及足以证明这一点。随着科技水平的提高和加工手段的改进,其缺点正在不断地被克服,各种传动方式和控制方式的结合,更能充分发挥其优势,相信液压传动系统会越来越广泛地应用在国民经济的各个领域之中。

第三节 液压传动技术的发展概况

液压传动技术应用开始于十八世纪末,从英国一七九五年制成第一台水压机算起已有一百八十多年的历史,然而在工业上被广泛采用和有较大幅度的发展却是近五、六十年的事情,因此液压传动与机械传动相比历史要短得多。

随着生产力的提高,二十世纪三十年代前后一些国家生产液压元件,并开始在机床上应用。在第二次世界大战期间,由于军事领域需要反应快、精度高的自动控制系统,如各种飞机、坦克、大炮、军舰和雷达等,促使液压传动技术在自动控制方面取得了进展,出现了液压伺服系统、电液伺服系统。此外在与军事工业紧密相关的行业里,液压传动技术也得到了迅速的应用和发展。战后到五十年代,液压传动技术很快转入民用工业,在机床、工程机械、农业机械、矿山机械、汽车、船舶、航空等行业有了较大幅度的进展。在液压控制系统中,电液伺服系统得到了进一步的完善,如出现了电液伺服阀,由反应灵敏的永磁力矩马达代替由惯性较大的伺服电机拖动的滑阀,而伺服阀的第一级采用了喷嘴挡板阀,从而提高了电液伺服阀的快速性,并使电液伺服系统应用到其它各种领域中去。

六十年代以后,原子能、空间技术、电子技术不断发展,机电技术的发展和结合促进了液压技术向更广泛的领域中拓展。

在工程机械中,如挖掘机、装载机、推土机、压路机等广泛采用了液压传动。

起重运输机械也广泛应用了液压传动,如液压汽车吊等。

在冶金工业中,如高炉的炉顶、泥炮、平炉的加料机、转炉的炉体倾动、电炉的炉体旋转、电极升降的控制等都越来越广泛地采用了液压传动和控制。在轧钢设备中,凡是对轧件进行拉、推、升、降、摆动、旋转等动作都采用液压传动代替复杂的机械传动。

在农业机械中,液压传动广泛地用于拖拉机的农具悬挂和联合收割机的控制系统。

在轮船上,较普遍地采用液压舵机、液压传动消摆装置。现代货轮上的甲板机械采用液压传动也越来越多。

在动力机械中,如水轮机和汽轮机的调节上也普遍采用液压传动和控制技术。

在机床行业中液压传动应用的更为普遍,如数字控制机床、仿形机床、车床、拉床、磨床、刨床、镗床、冲床、锻压机床、组合机床、机械手和自动生产线等。此外由液压缸和液压马达驱动的各种机械手能灵活地完成较复杂的动作,它能够代替人们一部分频繁而笨重的劳动,并能在条件恶劣的、人们无法工作的环境(如高温、放射性、污染、有害气体等情况)中工作。

在汽车、拖拉机工业中,有液压无级变速汽车、液压自卸式汽车、液压高空作业车、液压驱动的拖拉机等。

在轻工业中,有采用液压传动的塑料注射机、橡胶硫化机和造纸机等。

在国防工业中,飞机、坦克、火炮等都普遍地采用了液压传动和控制装置。

从液压传动技术的发展趋势来看,液压系统正向着高压化、高速化、集成化、大流量、大功率、高效率、长寿命、低噪声方向发展。

提高液压系统的工作压力,既能减小整个装置的尺寸和重量,又能提高系统的快速反应能力。统计资料表明,系统压力由 28 MPa 提高到 35 MPa,整个系统可减轻重量 10% 左右。为提高系统工作压力,液压泵的压力可提高到齿轮泵、叶片泵为 21~30 MPa,柱塞泵为 35 MPa 或更高。

提高液压泵转速是提高其流量的有效途径。增大液压泵的流量,一是提高液压泵的转速,二是增大排量。前者不增加液压泵的尺寸,但噪声加大,后者对噪声影响不大,但加大了液压泵的尺寸。当前,主要趋向是采用提高转速的办法来达到提高流量的目的,同时在结构上采取一些降低噪声的措施。

现代大型机械的发展,要求液压系统的功率与之相适应,促使液压系统向大功率方向发展。国外在这方面已取得可喜的进展,我国也取得了一定的成效。

液压控制阀和液压辅助元件相应地向着高压、大流量、低噪声、长寿命方向发展的同时,新式元、辅件接连不断出现。如近些年出现的电液比例阀,其性能介于开关阀和伺服阀之间,由于它既能进行远距离控制,又能应用于闭环控制系统,而且价格又便宜,故发展很快。对于电液伺服阀,除发展和提高已经广为使用的双喷嘴滑阀式和已经投入使用的射流管式以及偏转射流式外,正在研制电—液直接转换的无运动零件的电液伺服阀。有关液压辅件的研制国外也很重视,如近年出现了隔膜式蓄能器和直通皮囊式蓄能器。前者是在活塞式蓄能器的活塞上开一个小孔,并在小孔上蒙一隔膜,它兼有隔膜式响应快和活塞式容量大、工艺性好的优点;后者外形象一段管子,油液从皮囊内流过,在皮囊外部与管形外壳之间充气,用它来消除液压冲击和脉动,响应快。

目前,液压系统集成化的形式有油路板式、集成块式、叠加阀式、插装阀式、逻辑阀式等几种。前两种已普遍应用,叠加式应用渐广,后两种国内已开始应用。

由于液压传动装置向高压、高速、大容量方向发展,液压系统的噪声和振动也随之加剧,影响液压技术的应用和发展,因此,研制低噪声的液压元件及系统已被人们越来越重视。

关于液压传动工作介质的研究和计算机辅助液压系统计算与设计,在国内外已普遍应用,必将推进液压技术的进一步发展。

综上所述,由于液压传动与其它传动相比有其独特的优点,因而在各个领域获得了越来越普遍的应用,特别是近一、二十年来发展很快,扩大了应用领域,充分显示了液压传动的优越性,显示出良好的发展前景。

我国在解放前是一个半封建半殖民地国家,经济极为落后,液压技术是一个空白点。解放后在党的领导下,我国的液压传动技术得到了迅速的发展,尤其是改革开放以来,引进了大批先进液压设备,促进了我国液压技术的发展。目前,液压技术已经在我国很多工业部门被广泛应用。

我国的液压工业开始于二十世纪五十年代,其产品最初只用于机床和锻压设备,后来又用于拖拉机和工程机械。自 1964 年开始从国外引进液压元件生产技术,同时自行设计液压产品以

来,我国生产的液压元件已形成系列,并在各种机械设备上得到了广泛的应用,在消化、推广从国外引进的先进液压技术的基础上,大力开展国产液压新产品的研制工作,并已取得巨大成效。例如,已开发研制了中、高压系列齿轮泵、插装式锥阀、电液比例阀、叠加阀以及新系列中、高压阀等。五十多年来,我国的液压工业从无到有,从小到大,发展很快,取得了很大的成就。但也要看到,我国的液压元件与国外同类产品相比,在性能上,在种类、规格上仍存在着一定的差距。为了迅速赶超世界先进水平,我国八十年代起瞄准世界发展主流的液压元件系列型谱,有计划地引进、消化、吸收国外先进的液压技术和产品,对我国现行生产的液压产品进行清理整顿,合理调整产品结构,大力开展升级换代工作,已取得初步成果。可以预见,我国液压技术将获得进一步的发展,它在各个行业的应用将越来越广泛。

习 题

- 1-1 简述各种传动形式的特点。
- 1-2 何谓液压传动?与液力传动有什么区别?
- 1-3 液压传动的基本工作原理是什么?叙述其能量转换过程。
- 1-4 液压传动系统由哪几部分组成?各起什么作用?
- 1-5 简述采用图形符号的意义和注意事项,试画出液压泵、节流阀、溢流阀和换向阀的图形符号。
- 1-6 叙述液压传动的优缺点和发展历史。

第二章

液压传动基础

液压传动系统是以液体为工作介质来完成能量传输和控制的，所以液压系统工作的可靠性在一定程度上取决于系统中的工作介质，而在实际生产中工作介质多为油液，称为液压油，故了解和掌握液压油的基本性质和相关力学规律，对于合理地设计、使用和维护液压系统是必不可少的知识环节。

第一节 液压油的性质

液压油的有关性质可由相应的手册查阅，此处主要介绍与液压油的选用、使用直接相关的粘性、可压缩性等内容。

一、粘性

液体在外力作用下流动时，分子间的内聚力会阻碍分子间的相对运动，而在液体内部产生摩擦力的性质称为粘性。

粘性是液体重要的物理性质，也是油液选用的主要依据之一。

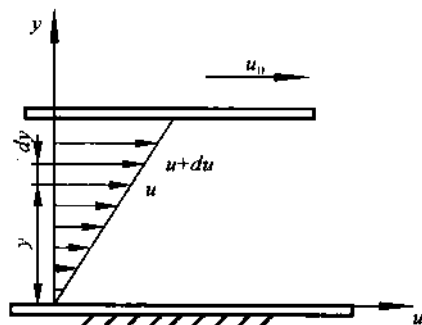


图 2-1 液体粘性示意图

1. 牛顿液体内摩擦定律

图 2-1 所示，两平行平板间充满液体，上平板相对下平板以速度 u_0 向右运动。现将坐标系建在下平板上，由于液体的吸附作用，紧贴上下平板的液体层的速度分别为 u_0 和 0，对于其间任意一层液体均处于上下相邻两层液体的共同作用下流动，相对运动速度的大小直接决定了内摩擦力的大小，由于平板间的相对运动速度不变，液体的流动状况是稳定的，所以上、下两平板间液体的速度分布为图 2-1 所示的线性