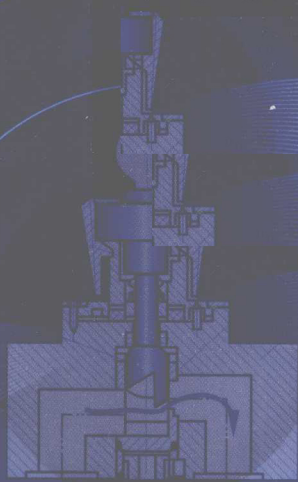




普通高等院校**机械类**应用型规划教材

液 压 传 动

主编 邓 乐
主审 王裕清



YEYA
CHUANDONG



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

普通高等院校机械类应用型规划教材

液 压 传 动

主 编	邓 乐		
参 编	王发辉	张洪良	杨 波
	牛振华	赵伟利	万剑峰
主 审	王裕清		

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书共分10章, 主要介绍液压传动的基本原理和基本知识, 包括: 绪论、液压传动基础、液压泵、液压马达和液压缸、液压控制阀、液压辅助元件、液压基本回路、典型液压传动系统分析、液压传动系统的设计和计算、液压系统的安装调试及维护。每章都有习题, 书末附有习题参考答案。

本书在编写过程中, 按照“基本理论——元件——回路——系统”的顺序, 力求理论联系实际和学以致用, 基础理论以必需、够用为度; 以流体力学为基础, 以液压传动系统为主线, 以能初步分析、设计液压传动系统为目的, 着重讲解基本知识、基本理论和基本方法。

本书可作为高等学校机械设计制造及其自动化、机电一体化、车辆工程等专业本科生和应用型本科院校的机械工程类、机电类专业的教材, 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(CIP)数据

液压传动/邓乐主编. --北京: 北京邮电大学出版社, 2010.4
ISBN 978-7-5635-2231-6

I. ①液… II. ①邓… III. ①液压传动 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 017582 号

书 名: 液压传动

主 编: 邓 乐

责任编辑: 彭 楠

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路10号(邮编: 100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 17.5

字 数: 425 千字

印 数: 1—3000 册

版 次: 2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2231-6

定 价: 29.00 元

• 如有印装质量问题, 请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

本书是为高等学校机械设计制造及其自动化专业编写的教材,也可供有关本科学校机电类与机械类学生使用,同时可供有关工程技术人员参考。

本书是作者结合多年教学和科研实际,吸取国内同类教材的特点,精心组织编写而成。立足于培养宽口径、厚基础的高素质应用型人才,贯彻理论联系实际和学以致用原则,基于理论联系实际的指导思想,按照“基本理论-元件-回路-系统”的顺序编写,重点讲授液压传动的基础知识,同时注意反映学科的最新成果和发展趋势。基础理论以必需、够用为度,注重应用性、综合性。以流体力学为基础,以液压传动系统为主线,以能初步分析、设计液压传动系统为目的,着重讲解基本理论和基本方法,不拘泥于繁琐的理论推导和具体繁杂的结构,力求通俗易懂,内容兼顾机械各行业的需要,而不局限于某一领域应用,编写了较多的典型回路和典型系统。

本书是按照液压传动系统的构成部分编写的,共分10章。主要包括:液压流体力学基础、液压元件(液压泵、液压马达、液压缸、液压控制阀和辅助元件)的结构原理及性能特点、液压基本回路、典型液压系统分析、液压系统的设计计算、液压系统的安装调试、使用与维护。为便于学生学习,巩固所学的知识,提高实际应用能力,在每章开始有本章主要内容、重点说明,每章结束附有小结、思考题与习题。

本书由河南理工大学万方科技学院邓乐教授主编,河南理工大学副校长、万方科技学院院长、博士生导师王裕清教授主审。参加编写的有:河南理工大学万方科技学院邓乐(第1、3章)、杨波(第5、9章)、牛振华(第6章,第7章第一、二、四节,思考题与习题及参考答案)、赵伟利(第8章第一、二、三节,第10章),河南理工大学王发辉(第2章,第4章第一节)、张洪良(第4章第二节,第7章第三、五节)、万剑峰(第8章第四、五、六节)。全书由邓乐统稿、修改定稿。

感谢王裕清教授在审稿过程中提出的宝贵意见,感谢吉林大学赵丁选教授、华中科技大学杨曙东教授、中国矿业大学赵继云教授、太原理工大学刘混举教授、湖南科技大学胡燕平教授、河南理工大学王得胜教授和朱建安教授、长春工程学院张祝新教授、湖南工业大学高佑方副教授等对本书的编写提出了许多宝贵的建议。



本书在编写过程中,参考并吸收了有关著作、教材的部分内容,得到了有关院校的支持。北京邮电大学出版社为本书的出版给予了大力支持,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,诚望广大读者和专家不吝指正。

编 者



目 录

第 1 章 绪论	1
第一节 液压传动的工作原理	1
第二节 液压传动系统的组成及职能符号	3
第三节 液压传动的优缺点	5
第四节 液压传动的应用和发展	6
本章小结	9
思考题	10
第 2 章 液压传动基础(工作介质、液压流体力学基础)	11
第一节 液压传动的工作介质	11
第二节 液体静力学基础知识	19
第三节 流动液体动力学基础知识	22
第四节 液体流动时的压力损失	29
第五节 液体流经小孔和缝隙的流量	35
第六节 液压冲击和空穴现象	39
本章小结	41
思考题	41
习题	42
第 3 章 液压泵	44
第一节 液压泵概述	44
第二节 齿轮泵	48
第三节 叶片泵	52
第四节 柱塞泵	60
第五节 液压泵的主要性能及应用	64
本章小结	65
思考题	65
习题	66
第 4 章 液压马达和液压缸	67
第一节 液压马达概述	67



第二节 液压缸	77
本章小结	100
思考题	101
习题	101
第 5 章 液压控制阀	105
第一节 液压控制阀概述	105
第二节 方向控制阀	106
第三节 压力控制阀	117
第四节 流量控制阀	127
第五节 插装阀和叠加阀	133
第六节 电液比例控制阀	138
第七节 电液数字控制阀	142
本章小结	144
思考题	145
习题	145
第 6 章 液压辅助元件	147
第一节 蓄能器	147
第二节 滤油器	152
第三节 油箱、密封件、油管 and 管接头	155
第四节 热交换器	161
第五节 流量计、压力表及表开关	163
本章小结	164
思考题	165
习题	165
第 7 章 液压基本回路	166
第一节 方向控制回路	166
第二节 压力控制回路	171
第三节 调速回路	179
第四节 多缸工作控制回路	196
第五节 多缸互不干扰回路	200
本章小结	202
思考题	202
习题	202
第 8 章 典型液压传动系统分析	206
第一节 液压系统的类型和分析方法	206



第二节 组合机床动力滑台液压系统	212
第三节 M1432A 型万能外圆磨床液压传动系统	214
第四节 液压机液压系统	218
第五节 XS-ZY-250A 型塑料注射成型机液压系统	222
第六节 汽车起重机液压系统	226
本章小结	230
思考题	230
第 9 章 液压传动系统的设计计算	231
第一节 概述	231
第二节 液压系统的设计步骤和方法	231
第三节 液压系统的设计计算实例	237
本章小结	245
习题	245
第 10 章 液压系统的安装、调试、使用与维护	246
第一节 液压系统的安装	246
第二节 液压系统的清洗	252
第三节 液压系统的检查维护	256
第四节 液压系统的故障诊断和排除方法实例	260
本章小结	266
思考题	266
部分习题参考答案	267
参考文献	271



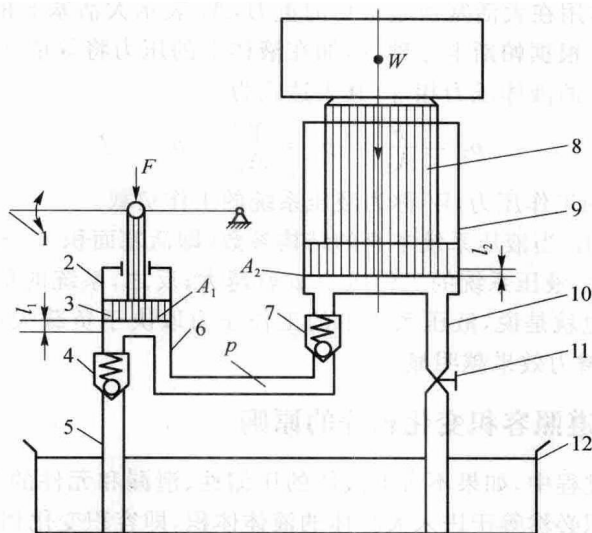
本章主要内容:主要讲述液压系统的工作原理、组成、图形符号以及液压系统的优缺点和应用发展。

本章重点:液压传动的特点、原理及其组成,掌握“系统压力取决于外负载”、“执行元件速度取决于流量”这两个重要特性。

本章教学目的和要求:通过本章内容的学习,让学生掌握液压传动的概念、基本工作原理、系统组成及图形符号表示方法,了解液压传动技术的特点、应用及发展情况。

第一节 液压传动的工作原理

液压传动是在密闭管路中以液体为工作介质进行能量转换、传递和控制的一种传动形式。它利用各种液压元件组成不同功能的基本液压回路,这些基本回路有机地组合在一起,能完成一定控制功能,以满足机电设备对各种运动和动力的要求。下面以液压千斤顶为例来说明液压传动的基本工作原理。



1-杠杆手柄；2-小缸体；3-小活塞；4、7-单向阀；5、6、10-油管；8-大活塞；9-大缸体；11-截止阀；12-油箱

图 1-1 液压千斤顶工作原理图

如图 1-1 所示,小液压缸 2 与单向阀 4、7 一起构成手动液压泵机构,此机构用来完成



吸油和排油功能。当向上抬起杠杆手柄时,手动液压泵的小活塞 3 向上移动,这时小活塞 3 下部的油腔容积增大,形成局部真空,使单向阀 7 关闭,油箱 12 中的液体在大气压的作用下经吸油管 5 顶开单向阀 4,进入小缸体的下部容腔中。当向下压手柄 1 时,使小活塞 3 向下移动,此时小缸体下部的容积减小,油液因受挤压而压力升高。于是,被挤压的液体将使单向阀 4 关闭,同时顶开单向阀 7,油液经压油管路 6 进入大缸体 9 的下部容腔,从而推动大活塞 8 向上移动,顶起重物 W 。如果杠杆手柄上下反复扳动,则小活塞 3 不断上下作往复运动,重物就逐渐被抬高。重物上升到所需高度后,手柄停止动作,则大缸体 9 的下部油液压力将使单向阀 7 关闭,大活塞 8 连同重物一起自锁不动。当需要大活塞 8 向下返回时,打开截止阀 11,则大缸体 9 中下部的液体便经油管 10 流回油箱 12,于是大活塞 8 将在重力作用下返回到原始位置。

由上述液压千斤顶的工作原理可知,驱动杠杆手柄通过小缸体 2、小活塞 3 和单向阀 4、7 实现了机械能到油液压力能的转换,也就是将杠杆手柄的机械能转换为液压油的压力能输出。在此过程中,活塞 8 将油液的压力能转换为机械能输出,以举起重物。手动液压泵和举升重物的液压缸(简称举升液压缸)组成了最简单的液压传动系统,实现了动力(力和运动)的传递与转换。其工作特征如下:

一、力的传递遵循帕斯卡原理

帕斯卡原理即“在密闭容器内,施加在静止液体中某点的压力将等值地传递到液体内部的各个点上”。在液压千斤顶的工作过程中,小活塞和大活塞通过密闭管路连成了密闭容积,力的传递靠液体压力实现。

现以 F 表示施加在小活塞 3 上的力, A_1 表示小活塞 3 的面积, p_1 表示小活塞下腔液体的压力;以 W 表示作用在大活塞顶起重物的重力, A_2 表示大活塞 8 的面积, p_2 表示大活塞下腔液体的压力。根据帕斯卡原理,施加在液体上的压力将等值地传递到液体内各点,所以大、小液压缸内的液体压力相等,其表达式为

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

这里 p 称为液压系统的工作压力, W 称为液压系统的工作负载。

由式(1-1)可以看出,当液压系统本身的结构参数(即活塞面积 A_1 和 A_2)一定的情况下,系统的负载 W 越大,液压系统的工作压力 p 就越大;反之,系统的负载 W 越小,系统工作压力 p 就越小。也就是说,液压系统中的工作压力取决于负载大小。大、小活塞的面积比(A_2/A_1)越大,增力效果越明显。

二、运动的传递遵照容积变化相等的原则

在液压系统工作过程中,如果不考虑液体的压缩性、泄漏和元件的变形等因素,则从小缸体排出的液体体积必然等于进入大缸体的液体体积,即容积变化相等,可表示为

$$A_1 l_1 = A_2 l_2 \quad (1-2)$$

式中, l_1 、 l_2 ——分别为大、小活塞的移动距离。

式(1-2)两边同除以活塞的运动时间 t ,整理后得

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = q \quad (1-3)$$



式中, v_1 、 v_2 ——分别为小活塞和大活塞的平均运动速度;

q ——液压泵输出的平均流量,它是单位时间内通过过流断面的液体的体积(m^3/s)。

式(1-3)即为大、小活塞运动速度传递的基本方程式。由此式可以看出:在液压系统结构参数一定的情况下,活塞的运动速度取决于液压泵供给流量的大小,而与外负载无关。调节进入液压缸的流量 q ,即可调节活塞的运动速度 v_2 ,这也是液压系统可以实现无级调速的原理。

综上所述,液压系统的工作过程有两个重要特征:①液压系统的工作压力取决于外负载;②外负载的运动速度取决于系统的流量。如果忽略各种损失,液压传动传递的力与速度彼此无关,与力相对应的液体参数是液体压力,与运动速度相对应的液体参数是液体流量。因此,压力和流量是液压传动中两个最重要的基本参数。

三、功率关系

由液压千斤顶的工作原理可知,系统的输入功率为 Fv_1 ,系统的输出功率为 pA_2v_2 ,如果忽略系统工作过程中的各种能量损失,则液压千斤顶的输入功率和输出功率相等,即

$$Fv_1 = pA_1v_1 = pA_2v_2 = pq \quad (1-4)$$

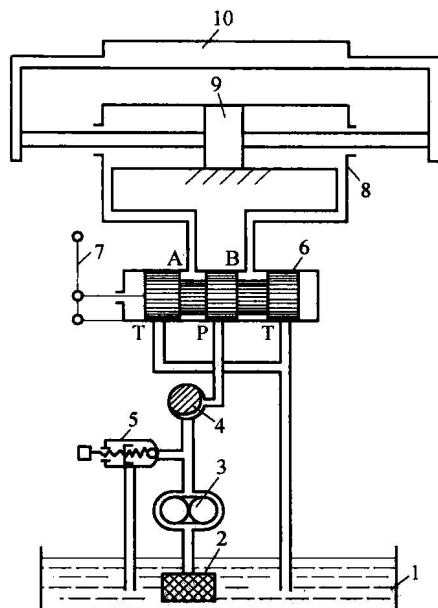
由式(1-4)可以看出,在液压系统中,系统的功率等于工作压力与流量的乘积。因此,流量和压力是液压系统工作过程中两个非常重要的参数。

第二节 液压传动系统的组成及职能符号

由若干个液压元件和管路组成、能完成一定功能的系统称液压系统。工程实际中的液压传动系统主要由液压泵、液压缸和一些控制液压缸运动方向、速度等的元件组成。下面以如图 1-2 所示的机床工作台液压系统为例,介绍液压传动的各个组成部分。

一、工作原理

在如图 1-2 所示的液压系统中,当液压泵 3 由电动机驱动旋转时,经过滤器 2 从油箱 1 吸油,油液经节流阀 4 流至换向阀 6,当换向阀 6 的阀芯处于图 1-2 所示位置时,P 与 A、B、T 三个油口均不相通,液压缸 8 中没有液体进入,机床工作台静止不动。若从图示位置向右扳动手柄 7,使换向阀 6 的阀芯处于右端工作位置,这时 P 与 A 相通,B 与 T 相通,压力油经节流阀



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

图 1-2 机床工作台液压传动系统结构原理图



4、换向阀 6 进入液压缸 8 的左腔,从而推动活塞及工作台 10 向右运动,同时,液压缸 8 右腔的油液经换向阀 6 流回到油箱;如果扳动换向手柄 7 将阀 6 的阀芯处于左端工作位置,这时压力油从 P 到 B 进入液压缸的右腔,回油从 A 到 T 流回油箱,这样就改变了液压缸进、出液压缸的方向,则液压缸活塞反向向左运动;交替扳动换向手柄,工作台就在活塞的带动下实现往复直线运动。

在图 1-2 所示的液压系统中,调节和改变节流阀 4 的开度大小,可以调节进入液压缸 8 的流量,从而控制液压缸活塞及工作台的运动速度,液压泵排出的多余油液经溢流阀 5 和管路流回油箱。液压泵的最大工作压力由溢流阀 5 调定,其调定值应为液压缸的最大工作压力及系统中油液流经各类阀和管路的压力损失之和。因此,系统的工作压力不会超过溢流阀的调定值,另外,溢流阀对系统还有超载保护作用。

从上例可看出,液压系统能量的传递依靠液体压力来实现,油液在传递能量的过程中,其压力由溢流阀来控制;流量通过节流阀来调节,通过调节流量来改变工作台的运动速度;油液的流动方向通过换向阀来控制,通过流动方向的改变实现工作台运动方向的变化;即油液是在受控制和受调节的状态下进行工作的。因此,液压传动不仅有“传动”之意,而且还有“控制”之用,二者很难完全分开。

二、系统组成

液压系统的功能不同,其形式也不完全统一,无论是简单的还是复杂的系统,都包括如下几个部分:

1. 动力元件

作用是将原动机输入的机械能转化为油液的压力能。在液压系统中一般指液压泵,它是系统的动力源。

2. 执行元件

作用是将油液的压力能转变为机械能,驱动外负载对外做功。主要有液压缸和液压马达。

3. 控制元件

作用是用来控制液压系统中油液的压力、流量和流动方向,又称液压控制阀,简称液压阀。

4. 辅助元件

在液压系统中,辅助元件也是必不可少的,主要包括油箱、过滤器、压力表、蓄能器、油管和管接头等,它们对保证液压系统可靠、稳定、持久地工作有重要的意义。

5. 工作介质

在液压系统中,工作介质是指液压油,有各种矿物油、乳化液和合成型液压油等几大类,它是系统中传递能量的载体,同时还起散热和润滑作用。

三、液压系统的图形符号

如图 1-2 所示的液压系统是一种半结构式的工作原理图,一般称为结构原理图,直观性强,容易理解,但图形绘制起来比较麻烦,当系统中元件数量比较多时,绘制系统图就



更加繁琐。为了简化液压系统的表示方法,目前各国均采用元件的职能符号来绘制液压系统图,采用职能符号绘制的系统图能简单地反映液压系统的组成、油路连接关系和工作原理。我国国家标准 GB 1786.1—1993对液压元件的职能符号作出了规定。图 1-3 即为图 1-2 按此标准绘制的由职能符号表示的液压系统工作原理图。必须指出,液压传动系统中的职能符号只表示元件的职能,不表示各元件的结构和参数,也不表示各元件的相对位置;同时,在绘制液压系统图时应注意,根据规定要求,各元件的职能符号应以元件的静止状态或零位表示。

第三节 液压传动的优缺点

液压传动系统在工程实际中应用十分广泛,它与机械传动和电力拖动相比较,具有以下特点:

一、液压系统的主要优点

1. 工作平稳,响应速度快。

在液压传动装置中,油液通常可看作不可压缩流体,能依靠油液的连续流动进行传动,由于油液具有弹性,可吸收冲击,故液压传动传递运动均匀平稳,易于实现快速启动、制动和频繁换向。往复回转运动的换向频率可达 500 次/分,往复直线运动的换向频率可达 400~1 000 次/分。

2. 容易实现大范围的无级调速。

在运行过程中,通过连续调节油液的流量,能方便地实现无级调速,且调速范围很大,可达 2 000 : 1。

3. 体积小、重量轻。

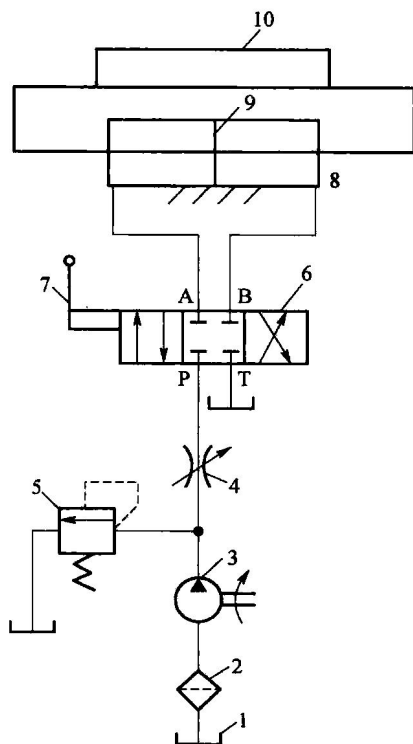
在输出同样功率的情况下,液压传动装置与机械传动和电力拖动相比能很大程度上减小体积和重量,因此惯性小,动作灵敏,有利于机械设备及其控制系统的微型化、小型化。

4. 易于实现过载保护,工作安全可靠。

液压系统若超载时,油液可以经溢流阀流回油箱,自动防止过载,避免事故发生。由于液压系统以液压油为工作介质,对系统装置润滑性好,因此,元件使用寿命较长。

5. 易于实现自动化。

液压系统中,由于油液的压力、流量和方向都比较容易控制,加上与电气控制或计算



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

图 1-3 机床工作台液压传动系统职能符号图



机控制配合使用,能方便地实现复杂的自动化循环控制和远程控制。

6. 结构简化、布局灵活。

采用液压传动系统能简化机械结构,减少机械零部件的数量。另外,由于液压元件之间用油路连接,元件的布置不受严格的空間位置限制,可根据设备和环境要求灵活布置,适应性较强。

7. 易于实现系列化、标准化和通用化。

液压元件属于机械工业基础元件,已实现了标准化、系列化和通用化,因此,在液压系统的设计、制造过程中便于组织批量生产,提高生产效率,降低生产成本。

二、液压传动的主要缺点

1. 液压元件的制造精度要求较高。

液压元件的制造精度高,加工和装配比较困难,造价高,需要组织专业生产。

2. 检修困难。

液压传动系统出现故障时,判断故障原因和发生部位比较困难,因此,要求使用和维护人员应具有一定的专业知识。

3. 效率较低、不宜远距离输送。

液压传动系统在进行动力传递的过程中要经过两次能量转换,同时在能量传递的过程中存在压力损失、容积损失和机械损失,因此传动效率较低,不宜远距离传动。

4. 难以保证定传动比。

液压传动的工作介质是油液,在工作过程中容易泄漏,同时由于油液的可压缩性、管路系统一定程度的变形,因此不宜在传动比要求较高的场合使用。

5. 油液对温度变化敏感且容易受污染。

液压系统中油液的粘性受温度影响较大,直接影响系统的性能和效率,因此系统不宜在温度很高或很低的条件下工作。同时,油液也极易被污染,污染物对系统中的液压元件有很大的危害,直接影响系统的可靠性和使用寿命,因此保持工作介质的清洁也是一项极为重要的工作。

总之,液压传动存在着一些缺点,但其优点也是显而易见的。随着科学技术的进步,液压传动的某些缺点已在不同程度上得到了克服,因此,液压传动在现代化生产中有着广阔的应用前景。

第四节 液压传动的应用和发展

一、液压传动的应用

液压传动系统能够传递较大的动力,且具有结构简单、体积小、重量轻、操纵控制方便、能较容易地实现较复杂的工作循环等优点,因此,液压传动在现代机械工程领域得到了广泛应用。有的设备是利用其能够传递较大的动力,且具有结构简单、体积小、重量轻的优点,如工程机械、矿山机械、冶金机械等;有的设备是利用它操纵控制方便、能较容易



地实现较复杂工作循环的优点,液压传动在各类机械工业部门的应用情况如表 1-1 所示。

表 1-1 液压传动在各类机械行业中的应用实例

行业名称	应用场所举例
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	电炉炉顶及电极升降器、轧钢机、压力机等
轻工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车、平板车、高空作业车、汽车中的转向器、减振器等
智能机械	折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等

二、液压技术的发展

(一) 液压技术的发展概况

液压传动又称为流体传动,相对于机械传动来说,是一门发展较晚的技术。自 18 世纪末英国制成世界上第一台水压机算起,液压传动技术只有二三百年的历史。它是根据 17 世纪帕斯卡提出的液体静压力传递原理而发展起来的一门新兴技术,1795 年英国约瑟夫·布拉曼(Joseph Braman, 1749—1814),在伦敦用水作为工作介质,以水压机的形式将其应用于工业上,诞生了世界上第一台水压机。1905 年将工作介质水改为油,进一步改善了性能。

液压元件大约在 19 世纪末 20 世纪初才开始进入正规的工业生产阶段。第一次世界大战(1914—1918)后液压传动技术得到了广泛应用,特别是 1920 年以后,发展更为迅速。1925 年维克斯(F. Vickers)发明了压力平衡式叶片泵,为近代液压工业或液压传动的逐步建立奠定了基础。

第二次世界大战(1941—1945)期间,因为军工的需要,要求反应快、精度高、功率大等特点,在这期间液压技术得到长足的发展。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 年代至 80 年代,随着电子技术、计算机技术、信息技术、自动控制技术及新工艺、新材料的发展和应用,液压传动技术也在不断创新,在更深、更广阔的领域得到了应用。液压传动技术已成为工业机械、工程建筑机械及国防尖端产品不可缺少的重要技术。

近 20 年来,随着科学技术的进步和人类对环保、能源危机意识的提高,以普通水或天然海水作为工作介质的液压技术在理论上和应用研究上都得到了持续稳定发展,且正在逐步成为现代液压传动技术中的热点和新的发展方向之一。此项技术的难点是发展液压元件,液压元件的发展越来越依赖于材料科学和制造技术的进步。在现代技术条件下,制造能在密封、自润滑、抗腐蚀等性能方面适应纯水甚至海水介质的液压元件是可



能的。

我国的液压工业开始于 20 世纪 50 年代,是随着新中国的建立而发展起来的。20 世纪 50 年代初期,我国没有专门的液压元件制造厂,许多机床厂的液压车间都是自产、自用、仿造前苏联的液压元件,其结构及性能仅相当于国际上 20 世纪 40 年代的水平。1959 年,国内建立了首家专业化液压元件厂——天津液压元件厂。最初液压系统只应用于机床和锻压设备上,后来又用于拖拉机和工程机械。随着从国外引进一些液压元件、生产技术以及进行自行设计,我国的液压元件现已形成了系列,并在各种机械设备上得到了广泛的使用。尽管如此,与国外先进的同类产品相比,在性能、种类、规格等方面仍存在着较大的差距。

近年来,我国液压行业坚持技术进步,加快新产品开发,取得良好成效,涌现出一批各具特色的高新技术产品。北京机床所的直动式电液伺服阀、杭州精工液压机电公司的低噪声比例溢流阀、宁波华液公司的电液比例压力流量阀,均为机电一体化的高新技术产品,并已投入批量生产,取得了较好的经济效益。北京华德液压集团公司的恒功率变量柱塞泵,填补了国内大排量柱塞泵的空白,适用于冶金、锻压、矿山等大型成套设备的配套。天津特精液压股份有限公司的三种齿轮泵,具有结构新颖、体积小、耐高压、噪声低、性能指标先进等特点。榆次液压件有限公司的高性能组合齿轮泵,可广泛用于工程、冶金、矿山机械等领域。另外,还有广东广液公司的高压高性能叶片泵、宁波永华公司的超高压软管总成、无锡气动技术研究所有限公司为各种自控设备配套的 WPI 新型气缸系列都是很有特色的新产品。但目前国内液压行业现有产品体系的结构性过剩与结构性短缺两个矛盾仍然存在,产品的多样性、层次分布性和市场适应性等方面亟待调整和改善。需要在高技术产品及专用生产检测装备的系统开发上加大投入,缩短与国际先进水平的差距。

(二) 液压技术的发展趋势

液压技术是实现现代化传动与控制的关键技术之一,世界各国对液压工业的发展都非常重视。液压传动产品在国民经济和国防建设中的地位和作用十分重要,它的发展决定了机电产品和国防产品性能的提高,是最大限度满足机电产品实现功能多样化的必要条件,也是完成重大工程项目、重大技术装备的基本保证,更是机电产品和重大工程项目和装备可靠性的保证。由此可见,液压技术在国民经济中的地位举足轻重。近年来,国内外液压技术应用了高新技术成果,不断创新,不断提高和改进元件和系统的性能,以满足日益变化的市场需求。液压技术的发展趋势将主要集中在以下几个方面。

1. 减少能耗,充分利用能量。

减少元件和系统的内部压力损失,以减少功率损失,采用集成化回路,减少管道损失、漏油损失和节流损失,尽量不采用节流系统来调节流量和压力。同时采用静压技术、新型密封材料,减少摩擦损失。

2. 泄漏控制。

泄漏控制是提高液压传动竞争能力的一个重要课题,主要包括两个方面:一是防止液体泄漏到外部造成环境污染,防止外部环境对系统的侵害;二是发展无泄漏、集成化、复合化的元件和系统,实现无管连接,研制新型密封和无泄漏管接头、电机和泵的组合装



置(电机转子中间装有泵,减少泵轴封的漏油)等。无泄漏将是世界液压界今后努力的重要方向之一。

3. 污染控制。

发展封闭式密封系统,防止灰尘、污染物、空气、化学物品侵入系统。建立有关保证元件清洁度的技术规范和研究经济有效的清洗方法;改进元件设计,使之具有更大的耐污染能力,允许元件和系统承受各种污染物的侵蚀;发展耐污染能力强的高效过滤材料和过滤器,开发油水分分离净化装置、排湿装置以及清除油液中气泡的滤油器,以清除油中所含的气体和水分;发展新的污染检测方法,对污染进行在线检测。

4. 机电一体化。

机电一体化可实现液压系统柔性化、智能化,充分发挥液压传动出力大、惯性小、响应快等优点,其主要发展方向如下:液压系统将由过去的电液开环系统和开环比例控制系统转向闭环比例伺服系统,同时对压力、流量、位置、温度、速度等传感器实现标准化;提高液压元件性能,在性能、可靠性、智能化等方面更适应机电一体化需求,发展与计算机直接接口的高频、低功耗的电磁电控元件;液压系统的流量、压力、温度、污染度等数值将实现自动测量和诊断;电子直接控制元件将得到广泛采用,如电控液压泵,可实现液压泵的各种调节方式,实现软启动、合理分配功率、自动保护等;借助现场总线,实现高水平信息系统,简化液压系统的调节、维护。

5. 可靠性和性能稳定性继续提高。

新材料、新工艺、新结构的不断引入,诸如工程塑料、复合材料、精细陶瓷、低阻耐磨材料、高强度轻合金以及记忆合金等新一代材料将逐步进入实用阶段。普遍减少由于粘附擦伤、气蚀而引起的损伤。合理地进行元器件选择匹配,尽可能对可以预见的诸因素进行全面分析,最大限度地消除诱发故障的潜在因素,成为系统设计中必不可少的可靠性设计内容。

6. 高度集成化,提高元器件的功能密度。

单功能元件的组合向多功能元件发展已成为发展趋势,使结构高度紧凑,如用于工程机械闭式泵——马达系统的一种多功能阀,能够完成单向补油、溢流、旁路和压力释放四种功能。

综合上述,为适应机械产品向高性能、高精度和自动化方向发展的需要,液压产品主要发展方向是:节省能耗,提高效率;提高控制性能,以适应机电一体化的发展;提高可靠性、寿命、安全性和维修性;适应环境保护(降低噪声和振动、无泄漏)要求。

本章小结

详细介绍了液压传动系统的工作原理,叙述了液压系统工作的重要特征,即系统的压力取决于外负载,负载运动的速度取决于流量;介绍了液压传动系统的组成及其职能符号;一个完整的液压系统主要包括动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件和工作介质五部分;当绘制比较复杂的液压系统时常采用国家标准规定的职能符号;介绍了液压系统相比于其他传动系统的优缺点及其应用发展情况。

