



高职高专机电类规划教材
机械工业出版社精品教材

液压传动

第2版

李 芝 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配电子课件

● ISBN 978-7-111-09371-8

封面设计/电脑制作：王伟光

定价：28.00元

编辑热线：010-88379756

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)88326294
销售二部：(010)88379649
读者服务部：(010)68993821

邮政编码：100037
网络服务
门户网站：<http://www.cmpbook.com>
教材网：<http://www.cmpedu.com>
封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-09371-8



9 787111 093718

高职高专机电类规划教材
机械工业出版社精品教材

液 压 传 动

第2版

主编 李 芝
参编 沈向东 赵东泉
主审 徐永生



机 械 工 业 出 版 社

本书共分十一章。第一章、第二章主要介绍液压传动的基本知识及流体力学的基本理论。第三章、第四章介绍各类液压泵、液压马达及液压缸的结构、工作原理、性能及选用知识。第五章介绍各类液压辅助元件的结构、类型、性能及选用知识。第六章介绍各类液压控制阀(包括各类新型阀)的类型、工作原理、性能及选用知识,还介绍了各类液压控制回路的功能、组成方法及不同方案的比较。第七章分别介绍了几种典型液压传动系统的工作原理及特点(含低压、中压、中高压、高压系统)。第八章主要介绍液压传动系统设计及计算的方法、步骤,还对液压系统计算机辅助设计(液压CAD)的内容(图形库、数据库、程序库及软件包)及方法作了简要的介绍并附实例。本章中还介绍了对现有液压系统进行现代化改装的方法步骤并举例。第九章介绍了常用液压伺服系统的工作原理(包括数字阀控制的电液伺服系统、仿形刀架、机械手、数控机床等液压伺服系统)。第十章主要介绍了液压系统的安装和调试方法。第十一章主要介绍液压设备的维护、保养常识,液压系统常见故障的分析和排除方法。

本书在每章后都选编了适应高职教育特点的思考题和习题,在书后附有部分题解和提示。

本书可作为高职、高专院校机电类、机械类及近机类专业教材,也可作为各类成人高校相关专业教学用书或供机械工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动/李芝主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2009.2
(2011.1重印)

高职高专机电类规划教材

ISBN 978-7-111-09371-8

I. 液… II. 李… III. 液压传动—高等学校:技术学校—教材
IV. TH137

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第011571号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王海峰 刘良超 责任校对:申春香

封面设计:王伟光 责任印制:杨 曦

北京市朝阳区展望印刷厂

2011年1月第2版第4次印刷

184mm×260mm·17印张·417千字

13001-18000册

标准书号:ISBN 978-7-111-09371-8

定价:28.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

第2版前言

本教材自2002年出版以来历经12次印刷,在高职高专机电类专业教学中发挥了较好的作用,曾被评为2004—2007年度畅销教材。

由于近年来液压技术发展迅速,引进和更新的液压元件及液压设备种类多、变化大,教材内容需要不断更新,以适应这些变化。另外,当前高职高专院校毕业生也面临较大的就业竞争压力。他们需要具备更多的应用技术知识和能力,使学用结合得更紧密,才能更快地适应就业岗位的需要。因此,本修订版教材在内容上主要进行了以下变动:

第一章中,增加了近期我国液压技术的发展状况。第三章中,强调了中高压泵、高压泵的结构特点及应用。第四章中,增加了近年来我国引进生产且使用较广泛的UB型旋转液压缸的结构特点及其适用场合。第五章中,对油管、管接头、过滤器、密封装置、压力表开关等内容进行部分更改和增删。第六章中,增加了我国液压阀生产的现状;介绍了几种引进液压阀的结构及其性能特点。第七章中,增加了使用非常广泛的单斗挖掘机的液压系统内容,可供选学之用。本修订版将第1版中的第十章改为十、十一两章。在第十章中较详细地介绍了液压设备安装与调试的步骤、方法和要求。在第十一章中着重讲述了合理使用液压设备的注意事项;液压设备维护、保养制度;液压介质污染造成的故障及其排除方法;典型液压系统及液压元件污染度等级标准;液压系统的泄漏及其控制措施;液压系统的噪声控制措施等。第二、八、九章的内容基本未变动。

总之,编者力图使新版教材能尽量反映近年来液压技术的发展变化;用尽量少的篇幅介绍部分近期引进液压元件的结构特点和性能,适当加大中高压元件及系统所占的比重;较为具体地讲述液压系统的安装、调试、使用和维护等方面的知识;较为确切地讲述液压系统故障产生的原因、表现形式、造成的危害、鉴别方法和排除方法。此外,编者对各章节文字的编排也作了部分调整。本文加※内容为选修内容。

本修订版教材第一~六章由山东建筑大学李芝修订;第八、九章由沈阳大学高职学院沈向东修订;第七章第五节单斗挖掘机液压系统由济南二机床集团公司赵东泉编写;第十、十一章由赵东泉重新编写。全书由李芝统稿。

由于编者所掌握的资料有限,且时间较紧,书中必定会存在某些错误和不妥之处,敬请参阅或使用本书的师生及工程技术人员批评和指正。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话:010-88379375。

编者
2008年5月

第1版前言

本书是为适应我国高等职业教育的需要而编写的。职业教育是以培养能力为主的教育,同时也强调要掌握和运用职业技术技能所必备的知识。因此,编者在本教材的编写过程中,在教材内容的选择,教材章节的编排,语言文字的表达,思考题及习题的编选等方面都考虑了职业教育的特点、高职教育技术水平的要求及高职毕业生从事工作的需要,以期能为培养在液压技术方面确有一定基础和水平的高职人才做一点有益的工作。

本书的特点为:

1) 简明、全面地讲述了液压传动的主要内容。包括液压传动基本理论,主要液压元件的类型、结构、性能及选用知识;典型液压传动系统(低压、中压、中高压、高压)的工作原理、特性分析及复杂系统液压原理图的读图方法;液压系统的设计与计算方法(含液压CAD简介及举例);液压系统现代化改装的方法、步骤及举例;液压系统的安装、调试、日常维护和故障排除知识;常用液压伺服系统的工作原理等。这些内容是工科高职人才实际工作中必然遇到的,因而也是高职学生应该掌握或比较熟悉的。

本书各章内容都可根据行业(专业)需要和学时的安排选学,并可留一少部分供有能力的学生自学。

2) 本书在编写中注意了职业教育的特点,文字简炼,内容讲解深入浅出,主要问题以讲清楚为主,不过多地进行理论推导,这样可易教易学。

3) 本书编写中较多地考虑了液压技术近期的发展。①近年来,液压技术在中高压和高压领域中发展迅速;液压传动能传递大的力矩,因而能使大功率设备结构简单、体积小,这是任何其他传动所不能替代的最突出的优点。本书在内容的编排上体现了这一特点。②新型液压元件(如比例阀、插装阀、叠加阀、数字阀、步进液压马达、步进液压缸等)的结构、性能及应用举例占了适当篇幅。③对液压传动系统计算机辅助设计的内容(图形库、数据库、程序库、软件包等)及方法进行了简要的介绍及举例。④介绍了对液压系统进行现代化改装的方法、步骤及应用举例。⑤全书采用了最新国家标准,这样可使学生在学习液压技术基本内容的基础上,对其新的发展有所认识,因而能在上岗后较快地适应技术迅速发展的需要。

4) 在例题、思考题和习题的编选上,考虑了高职教育的特点,尽量结合实际应用,举一反三,在加深对理论理解的同时,提高对知识运用的灵活性。为方便教学,在书的后面附了部分题解和常用液压元件图形符号。

本书由山东建筑工程学院李芝主编,由无锡职业技术学院徐永生主审。第一、二、三、四、五、六、七、十章由李芝编写,第八、九章由沈阳大学高职学院机械电子分院沈向东编写。

本书在编写过程中曾得到大连理工大学机械系液压教研室、济南铸锻研究所、济南液压泵厂及兄弟院校的大力支持和帮助,济南二机床集团自动化设备厂赵东泉同志为本书的出版做了大量的工作。编者在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中必然存在错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2001年5月

目 录

第2版前言

第1版前言

第一章 概论	1
第一节 液压传动的工作原理及组成	1
第二节 液压传动的优缺点	4
第三节 液压传动的应用和发展	5
思考题和习题	7
第二章 液压传动基础	8
第一节 工作介质	8
第二节 液体静力学基础	14
第三节 流动液体动力学基础	17
第四节 液体在管道中流动时压力损失的计算	22
第五节 液体流经小孔和间隙的流量	24
第六节 液压冲击和空穴现象	28
思考题和习题	30
第三章 液压泵和液压马达	33
第一节 液压泵概述	33
第二节 叶片泵	36
第三节 齿轮泵	44
第四节 柱塞泵	52
第五节 螺杆泵	56
第六节 液压泵的选用	57
第七节 液压马达	58
思考题和习题	64
第四章 液压缸	66
第一节 液压缸的分类和特点	66
第二节 液压缸主要尺寸的确定	72
第三节 液压缸的结构设计	74
思考题和习题	78
第五章 液压辅助装置	79
第一节 油管及管接头	79

第二节 过滤器	82
第三节 流量计、压力表及压力表开关	87
第四节 密封装置	89
第五节 蓄能器	93
第六节 油箱	94
思考题和习题	96
第六章 液压控制阀及液压回路	98
第一节 概述	98
第二节 方向控制阀及方向控制回路	100
第三节 压力控制阀及压力控制回路	112
第四节 流量控制阀及节流调速回路	127
第五节 其他速度控制回路	134
第六节 多缸工作控制回路	143
第七节 比例阀、插装阀和叠加阀	148
思考题和习题	161
第七章 典型液压传动系统	164
第一节 组合机床动力滑台的液压系统	164
第二节 万能外圆磨床的液压系统	168
第三节 液压压力机的液压系统	175
第四节 注射机液压系统	180
* 第五节 单斗挖掘机液压系统	185
思考题和习题	189
第八章 液压传动系统的设计与现代化改装	192
第一节 液压系统的设计步骤和设计要求	192
第二节 工况分析和确定执行元件主要参数	193
第三节 拟定液压系统原理图	196
第四节 选择液压元件并确定安装连接形式	196
第五节 液压系统主要性能的验算	200
第六节 绘制工作图和编制技术文件	202
第七节 液压系统计算机辅助设计概述	202
第八节 液压系统的现代化改装	208
思考题和习题	213
第九章 液压伺服系统	215
第一节 液压伺服系统的工作原理及特性	215
第二节 液压伺服阀及伺服机构	218
第三节 液压伺服系统实例	224
思考题和习题	227

第十章 液压系统的安装与调试	228
第一节 液压系统的安装与清洗	228
第二节 液压系统的调试	232
第十一章 液压系统的使用、维护和故障排除	236
第一节 液压系统的使用与维护	236
第二节 液压系统的故障分析和排除方法	238
部分题解	251
附录 常用液压元件图形符号及常用液压阀型号规格说明	256
参考文献	262

第一章 概 论

液压传动是利用密闭系统中的受压液体来传递运动和动力的一种传动方式。液压传动与机械传动相比具有许多优点，所以在机械设备中，液压传动是被广泛采用的传动方式之一。特别是近年来，液压与微电子、计算机技术相结合，使液压技术的发展进入了一个新的阶段，成为发展速度最快的技术之一。

下面介绍液压传动的工作原理、组成、优缺点及液压传动的应用和发展等内容。

第一节 液压传动的工作原理及组成

一、液压传动的工作原理及组成

(一) 液压千斤顶

千斤顶的液压系统是最简单的液压系统，图 1-1 所示为其液压系统的工作原理。它由手动柱塞泵和举升缸两部分构成。手动柱塞泵由杠杆 1、活塞 2、泵体 3、单向阀 4 和 5 等组成；举升缸由活塞 7、液压缸 6、放油阀 8 组成，另外还有油箱 9。其工作过程如下所述。

提起杠杆 1，活塞 2 上升，泵体 3 下腔的密闭容积由小变大，其内压力降低，单向阀 5 关闭，而油箱 9 中的油液则在大气压力的作用下，推开单向阀 4 的钢球，进入并充满泵体 3 的下腔。压下杠杆 1，活塞 2 下降，泵体 3 下腔的密闭容积由大变小，其内压力升高，使单向阀 4 关闭，并使单向阀 5 的钢球受到一个向上的作用力。当这个作用力大于液压缸 6 下腔对它的作用力时，钢球被推开，油液便进入液压缸 6 的下腔（放油阀 8 关闭），推动活塞 7 向上移动。反复提压杠杆 1，就可以使油箱中的油液不断被泵吸入并送到举升缸中，使活塞 7 推举重物不断上升，达到起重的目的。

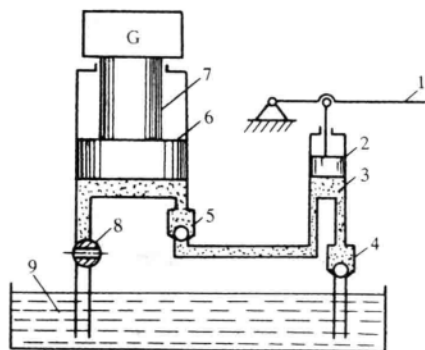


图 1-1 液压千斤顶工作原理

1—杠杆 2、7—活塞 3—泵体 4、5—单向阀
6—液压缸 8—放油阀 9—油箱

将放油阀 8 转动 90°，液压缸 6 下腔与油箱连通，重物 G 在重力的作用下向下移动，活塞 7 推动下腔的油液通过阀 8 排回油箱。

从液压千斤顶的工作过程可以看出，液压传动有以下特点。

1) 液压传动以液体（一般为矿物油）作为传递运动和动力的工作介质，而且传动中必须经过两次能量转换。其转换过程：首先，通过动力装置（泵等）把机械能转换为液体的压力能，然后再通过液动机（液压缸或液压马达）把液体的压力能转换为机械能。

2) 油液必须在密闭容器（或密闭系统）内传送，而且必须有密闭容积的变化。如果容器不密封，就不能形成必要的压力；如果密闭容积不变化，就不能实现吸油和压油，也就不可能利用受压液体传递运动和动力。

液压传动利用液体的压力能工作，它与在非密闭状态下利用液体的动能或位能工作的液力传动有根本的区别。

(二) 简单机床的液压传动系统

机床的液压传动系统要比千斤顶的液压传动系统复杂得多。图 1-2a 所示为一台简化了的机床往复运动工作台的液压传动系统。

液压缸 8 固定在床身上，活塞 9 连同活塞杆带动工作台 10 作往复运动。液压泵 3 由电动机驱动，从油箱 1 中将通过过滤器 2 过滤的油吸出，并送入密闭的管路内，经节流阀 4 到换向阀 6。当换向阀阀芯处于图 1-2a 所示的中间位置时，阀孔 P 、 A 、 B 、 T 均互不相通，液压缸两腔被封闭，活塞和工作台停止不动。

若将换向阀手柄 7 向右推，使阀芯处于图 1-2b 所示位置，则阀孔 P 通 A 、 B 通 T 。此时，压力油经 $P \rightarrow A$ 进入液压缸的左腔，缸右腔的油经 $B \rightarrow T$ 流回油箱，在左腔液压力的推动下，活塞 9 连同工作台 10 向右移动。

若将换向阀手柄 7 向左推，使阀芯处于图 1-2c 所示位置，则阀孔 P 通 B 、 A 通 T 。此时，压力油经 $P \rightarrow B$ 进入液压缸的右腔，缸左腔的油经 $A \rightarrow T$ 流回油箱，在右腔液压力的推动下，活塞 9 连同工作台 10 向左移动。

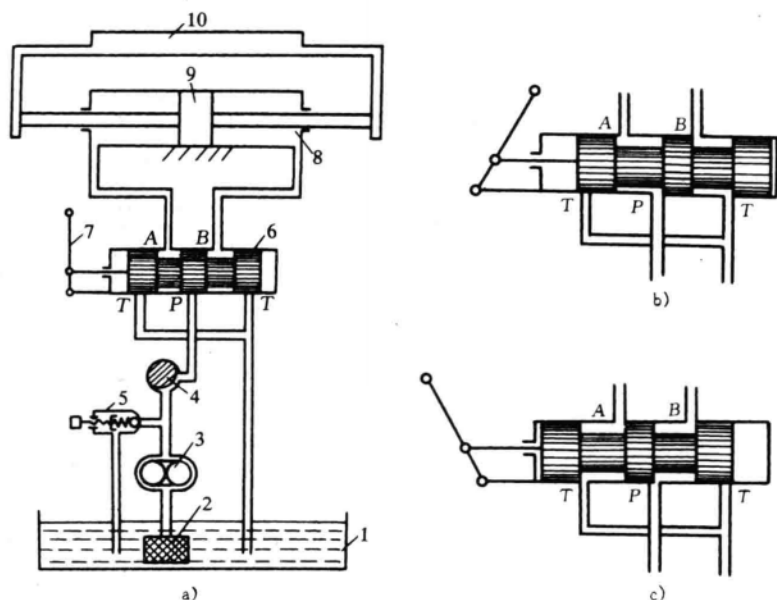


图 1-2 简单机床的液压传动系统

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

工作台移动的速度通过节流阀 4 调节。当转动节流阀的捏手使阀开口增大时，进入液压缸的压力油流量增大，工作台的移动速度提高；关小节流阀，工作台的移动速度即减慢。

转动溢流阀 5 的调节螺钉，可调节弹簧的预紧力。弹簧的预紧力越大，密闭系统中的油压就越高，工作台移动时能克服的最大负载就越大；预紧力越小，其能得到的最大工作压力就越小，能克服的最大负载也越小。另外，在一般情况下，液压泵输给系统的油量多于液压

缸所需要的油量，多余的油须通过溢流阀及时地排回油箱。所以，溢流阀5在该液压系统中起调压、溢流的作用（一般为常开状态）。

从上述两个例子可以看出，液压系统若能正常工作，必须由以下五部分组成。

（1）动力装置 一般由电动机和液压泵组成，其作用是为液压系统提供压力油。它是把原动机输入的机械能转换为液体压力能的能量转换装置。

（2）执行元件 这类元件包括各类液压缸和液压马达，其作用是在压力油的推动下输出力和速度（直线运动），或力矩和转速（回转运动）。它是将液体的压力能转换为运动部件机械能的能量转换装置。

（3）控制调节元件 这类元件主要包括各种液压阀，如溢流阀、节流阀、换向阀及各类组合阀等。其作用是控制或调节液压系统中油的压力、流量或方向，以保证执行装置完成预期的工作。

（4）辅助元件 辅助元件是指油箱、蓄能器、油管、管接头、过滤器、压力表以及流量计等。这些元件分别起散热贮油、蓄能、输油、连接、过滤、测量压力和测量流量等作用，以保证系统正常工作，是液压系统不可缺少的组成部分。

（5）工作介质 工作介质为液压油或其他合成液体。它在液压传动及控制中起传递运动、动力及信号的作用。

二、液压传动系统的图形符号

图1-1、图1-2所示的液压传动系统图是一种半结构式的工作原理图，直观性强，容易理解，但绘制起来比较麻烦，当系统复杂、元件数量多时更是如此。为此，国内外都广泛采用液压元件的图形符号来绘制液压传动系统图。图1-3即为用图形符号绘制的图1-2所示液

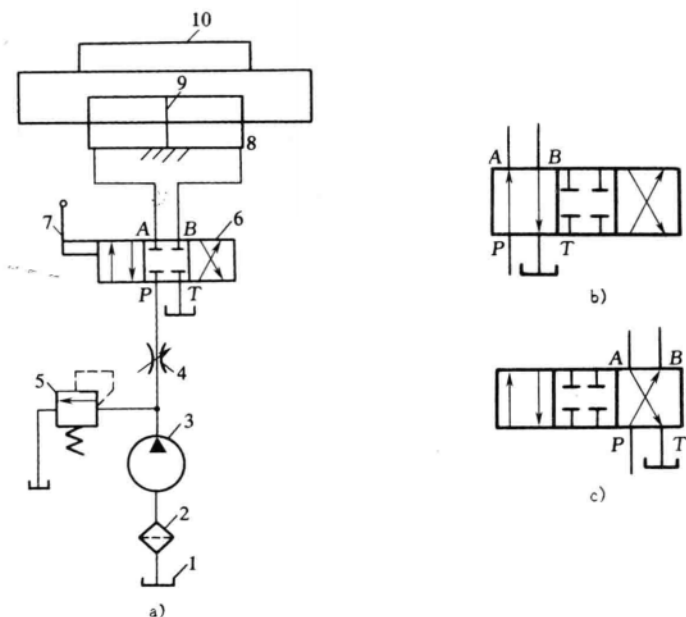


图1-3 简单机床的液压传动系统（用图形符号绘制）

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

压传动系统。

图形符号脱离元件的具体结构,只表示元件的职能。使用这些符号可使液压系统简单明了,便于阅读、分析、设计和绘制。按照规定,液压元件的图形符号应以元件的静止位置或零位来表示。若液压元件无法用图形符号表述时,仍允许采用半结构原理图表示。我国制定的液压元(辅)件图形符号(GB/T 786.1—1993),可参见附录。

第二节 液压传动的优缺点

液压传动与其他传动方式相比,有以下优缺点。

一、液压传动的优点

1) 液压传动能输出大的推力或大的转矩,可实现低速大吨位传动,这是其他传动方式所不能比拟的突出优点。

2) 液压传动能在很大范围内很方便地实现无级调速(调速比范围可达2000),且可在系统运行过程中调速。

3) 在相同功率条件下,液压传动装置体积小、重量轻、结构紧凑。液压元件之间可采用管道连接,或采用集成式连接,其布局、安装有很大的灵活性,可以构成用其他传动方式难以组成的复杂系统。

4) 液压传动能使执行元件的运动十分均匀稳定,可使运动部件换向时无换向冲击。而且,由于其反应速度快,故可实现快速起动、制动和频繁换向。

5) 液压传动系统操作简单,调整控制方便,易于实现自动化。特别是与机、电、气联合使用,能方便地实现复杂的自动工作循环。

6) 液压传动系统便于实现过载保护,使用安全、可靠,不会因过载而造成元件损坏。而且,由于各液压元件中的运动件均在油液中工作,能自行润滑,故元件的使用寿命长。

7) 由于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、制造、维修都比较方便,且能缩短周期。近年来,叠装、插装技术的应用使液压系统的组装更为容易,从而使其造价进一步降低,液压传动已成为一种比机械传动更经济的选择。

二、液压传动的缺点

1) 工作介质的泄漏和液体的可压缩性会影响执行元件运动的准确性,故液压传动系统无法保证严格的传动比,不能用于有严格传动比要求的内传动链中。

2) 工作介质对温度的变化比较敏感,工作温度或环境温度的变化对系统工作的影响比较大,故它不宜在很高或很低的温度下工作。

3) 液压传动系统工作过程中的能量损失(泄漏损失、溢流损失、节流损失、摩擦损失等)较大,传动效率较低,因而不适宜作远距离传动。

4) 为减少泄漏,液压元件的制造和装配精度要求较高,因此液压元件及液压设备的造价较高。而且,液压设备对工作介质的污染比较敏感,要求有较好的工作环境。

5) 若液压设备的使用者和维修者工作经验不足,系统出现故障时,不易查找原因。因此,要求使用和维护人员有较高的技术水平。

综上所述,液压传动的优点是主要的、突出的,它的缺点会随着生产技术的提高被逐步克服。因此,液压技术的发展十分迅速,它将在现代化生产中发挥更大的作用。

第三节 液压传动的应用和发展

一、液压传动在各类机械中的应用

液压传动在机械设备中的应用非常广泛。有的设备是利用其能传递大的动力，且结构简单、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，如各类金属切削机床、轻工机械、运输机械、军工机械、各类装载机等。

液压传动在各类机械行业中的应用情况见表 1-1。

表 1-1 液压传动在各类机械行业中的应用

行业名称	应用场所举例
机床工业	磨床、铣床、刨床、拉床，自动和半自动车床、组合机床、数控机床等
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机、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、液压传动技术的发展概况

液压传动相对于机械传动来说，是一门发展较晚的技术。从 17 世纪中叶帕斯卡提出静压传递原理、18 世纪末英国制成第一台水压机算起，液压传动只有二三百年的历史。19 世纪末德国制成了液压龙门刨床，美国制成了液压转塔车床和磨床。由于缺乏成熟的液压元件，一些通用机床到 20 世纪 30 年代才采用了液压传动。

第二次世界大战期间，由于军事工业需要反应快、动作准确的自动控制系统，促进了液压技术的发展。战后液压技术迅速转向民用。随着工业水平的不断提高，各种液压元件的研制不断完善并实现了各类元件产品的标准化、系列化和通用化，从而使它在机械制造、工程机械、农业机械、汽车制造等行业得到推广应用。

20 世纪 60 年代以来，随着原子能、空间技术、计算机技术的发展，液压技术得到了很大的发展，并渗透到各个工业领域中，开始向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、低能耗、经久耐用、高度集成化等方向发展。

从 20 世纪 70 年代开始，电子技术和计算机技术迅速发展并进入了液压技术领域，在产品的设计、制造和测试方面采用了这些先进技术，取得了显著的效益。利用计算机辅助进行液压元件和液压系统的设计计算、性能仿真、自动绘图以及数据的采集和处理，可提高液压产品的质量，优化性能，降低成本，并大大缩短其生产和交货周期。在设备控制方面，电液控制系统具有高响应、高精度、高功率-重量比、大功率的特点，因而除了应用于导弹、飞机、

舰船、坦克、火炮、雷达跟踪系统、近代实验科学之外，还广泛应用到各个工业领域中。

目前，减小液压元件的体积和重量，改进元件的性能、提高元件的寿命，研制新介质、新密封材料、新密封方式，深入研究介质的净化，污染、泄漏和噪声的控制等，均为当前液压技术发展和研究的重要课题。

我国的液压工业开始于 20 世纪 50 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。当时，以广州机床研究所为主，在引进、消化国外（主要是前苏联）中、低压液压元件制造技术的基础上，自行设计了公称压力为 25kgf/cm^2 [⊙]（2450kPa）和 63kgf/cm^2 （6174kPa）中低压液压元件系列（简称广州型），并迅速投入大批量生产。20 世纪 60 年代初以山西榆次液压件厂为主，引进了日本油研公司公称压力为 210kgf/cm^2 （20.58MPa）的中高压液压元件系列以及全部加工技术和制造、试验设备，并据此发展、设计出我国的中高压液压元件系列（简称榆次型）。以后，为了使产品实现标准化、通用化、系列化，我国又组成液压阀联合设计组，并于 1982 年完成了公称压力为 320kgf/cm^2 （31.36MPa）的高压液压阀系列的设计（称为联合设计高压液压阀系列）。我国还在引进、消化、吸收的基础上研制了二通插装阀和五个通径系列的叠加式液压阀。

近年来，我国一方面大力引进国外结构和性能先进的液压元件及先进的制造技术，积极研制结构创新、性能好、节能、符合世界发展主流的液压元件，另一方面，对国产各类液压元件，进行产品结构调整。

根据技术水平是否先进，是否符合国际标准和国家标准，是否便于组织专业化生产，耗能耗材情况和应用覆盖面等特征，将现有液压元件产品划分为三类：

第一类是重点发展产品，它主要指已引进、消化、开发的各类液压元件。例如德国力士乐公司压力为 21MPa、35MPa、63MPa，通径为 6～80mm 及美国威格士公司的压力为 21MPa、25MPa，通径为 6～32mm 的三大类液压阀和我国自行开发的叠加阀、插装阀及 GE 系列阀等。第二类是允许保留和过渡产品，它主要指国内 20 世纪 70、80 年代开发的，现已成为主导产品，但技术上达不到国际 20 世纪 80 年代水平，需保留一段时间的产品。第三类是限制发展，逐步淘汰产品，我国中低压液压元件系列（广州型）和高压液压阀系列（联合设计）大多属于该类产品。

因而，在最新出版的工具书及教材中，除介绍各类液压元件的工作原理及结构特点之外，均用适当的篇幅介绍部分引进液压元件的结构特点、性能及技术参数。但目前各行业仍有许多配备第三类液压元件的设备在使用中。考虑到大多数工科专业毕业生还会使用或遇到第三类元件和装备该类元件的设备，本教材除附有目前使用最多的各类液压阀（包括引进产品）的技术规格（见附表 8）外，还列出了中低压系列液压阀（广州型）的型号及主要参数（见附表 6）和中高压系列液压阀（榆次型）的型号说明（见附表 7），以供参考。

目前我国有关科研机构、液压行业的主要企业及有关高校正合力调查冶金、重矿、机床、工程、农机、塑料、锻压机械等主机发展的需求和国内外液压技术的主要差距，制订满足主机需求、适合我国国情、紧随世界发展潮流的液压元件系列型谱，并按系列型谱有针对性、有步骤地开发品种，补齐系列或再引进部分先进产品和生产技术。

我国的液压技术在 21 世纪必将获得更快的发展，并将创出具有我国特色的新的液压元

⊙ kgf 为非法定计量单位，此处保留，1kgf=9.80665N。

件系列品牌产品；设计、生产、开发出采用我国新系列液压元件的各类主机，使我国的液压技术进入世界先进行列。

思考题和习题

- 1-1 何谓液压传动？液压传动的基本原理是什么？
- 1-2 液压传动系统若能正常工作，必须由哪几部分组成？各组成部分的作用是什么？
- 1-3 液压传动与其他传动方式相比，有哪些优缺点？其最突出的优点是什么？其难以克服的缺点是什么？
- 1-4 根据图 1-3 画出液压泵、液压缸、节流阀、过滤器的图形符号。
- 1-5 目前液压技术正向着什么方向发展？

第二章 液压传动基础

在液压传动系统中，液体是传递运动和动力的工作介质。液压系统是否能可靠有效地工作，在很大程度上取决于系统中所用的工作介质。因此，了解工作介质的种类、基本性质和主要力学特性，对于正确理解液压传动原理及其规律，从而正确使用液压系统都是非常必要的。这些内容也是液压系统设计和计算的理论基础。

第一节 工作介质

一、工作介质的种类

液压传动及液压控制系统所用工作介质的种类很多，主要可分为石油型、合成型和乳化型三大类，其品种及其主要性质见表 2-1。

表 2-1 工作介质的主要类型及其性质

种类 性能	可燃性液压油			抗燃性液压油			
	石 油 型			合成型		乳化型	
	通用液压油	抗磨液压油	低温液压油	磷酸酯液	水-乙二醇液	油包水乳化液	水包油乳化液
	L-HL	L-HM	L-HV	L-HFDR	L-HFC	L-HFB	L-HFA
密度/（kg·m ⁻³ ）	850~900			1120~1200	1040~1100	920~940	1000
粘度	小至大					小	小
粘度指数 VI 不小于	90	95	130	130~180	140~170	130~150	极高
润滑性	优				良		可
防腐蚀性	优			良			可
闪点/℃（不低于）	170~200	170	150~170	难 燃			不燃
凝点/℃（不高于）	-10	-25	-35~-50	-20~-50	-50	-25	-5

目前，90% 以上的液压设备采用石油型液压油。这类工作介质是以石油馏分出的机械油为原料，进一步精炼，去除杂质，并根据需要加入适当的添加剂制成，是多种碳氢化合物的混合物。它所用的添加剂有两类，一类是用以改善其物理性质的，如抗磨剂、增粘剂、降凝剂、防爬剂等；另一类是用以改善其化学性能的，如抗氧化剂、防腐剂、缓蚀剂等。

不同种类的液压油精制的程度不同，添加剂也不同，故适用的场合也不同。石油型液压油主要有通用液压油 (L-HL)、液压导轨油 (L-HG)、抗磨液压油 (L-HM)、低温液压油 (L-HV)、高粘度指数液压油 (L-HR) 和机械油 (L-HH)。上述各种油的适用范围见表 2-2。