



教育部高职高专规划教材

刘忠伟 主编
邓英剑 易春阳 副主编

液压与气压传动

化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

液压与气压传动

刘忠伟 主编

邓英剑 易春阳 副主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气压传动/刘忠伟主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 5

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-7134-5

I. 液… II. 刘… III. ①液压传动②气压传动-高等学校: 技术学院-教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 051537 号

教育部高职高专规划教材

液压与气压传动

刘忠伟 主编

邓英剑 易春阳 副主编

责任编辑: 高 燕

文字编辑: 吴开亮

责任校对: 陈 静 宋 玮

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷
三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 17 1/4 字数 427 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7134-5

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本书是为高职高专机电类专业编写的液压与气压传动教学用书。

全书分液压传动和气压传动两部分内容，共十五章。章前有导读，章后有小结，并有自我检查题及其解答，同时附有复习思考题。本书主要介绍了液压与气压传动的流体力学基础；液压与气压传动元件的结构、工作原理及应用；液压与气动基本回路和典型系统的组成与分析；液压系统的使用与维护等。

本书力求语言简练，条理清晰，深入浅出，难点分散。在编写过程中以实用性和指导性为原则，在强化基础知识、基础理论教育，突出职业能力和职业技能训练的前提下，重组课程结构，更新教学内容，突出高职高专的办学特色，并力求切实起到帮助学生灵活运用知识，培养学生解决实际问题的能力。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、职工大学、函授学院、成人教育学院等机电类专业的教学用书，也可供有关工程技术人员参考。

本书由刘忠伟主编，邓英剑、易春阳为副主编，陈金霞主审。第一、五、九章由刘忠伟编写；第七、八章由邓英剑编写；第十一章至第十五章由易春阳编写；第二、十章由罗绍君编写；第三、六章由肖正祥编写；第四章由高桂云编写；各章的导读、小结和自我检查题及其解答由刘忠伟编写。全书由刘忠伟统稿。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在缺点和不妥之处，恳请同仁和广大读者不吝指正。

编者

2005年4月

内 容 提 要

本书是以液压传动为主、气压传动为辅的机械类、机电类专业的教学用书。全书共分两篇，第一篇为液压传动，第二篇为气压传动。

第一篇共十章，第一、二章为液压传动的基础知识，即液压传动的基本概念和液压流体力学基础；第三章至第六章分别讲述了液压动力元件、执行元件、控制元件及辅助元件；第七章为液压基本回路；第八章为典型液压系统及系统的设计简介；第九章为液压伺服系统简介；第十章为液压系统的使用与维护。第二篇共五章，主要内容包括气压传动基础知识、气动元件及其基本回路、气压传动系统实例等。每章前有导读，章后有小结，并有自我检查题及其解答，同时附有复习思考题。

本书可作为高等职业技术院校、高等专科学校、职工大学、函授学院、成人教育学院等大专层次的机械类及机电类专业的教学用书，也可供有关工程技术人员参考。

目 录

第一篇 液 压 传 动

第一章 绪论	1
导读.....	1
第一节 液压传动的工作原理及工作特性.....	1
第二节 液压系统的组成和图形符号.....	2
第三节 液压传动的优缺点.....	4
第四节 液压技术的应用和发展.....	4
小结.....	5
自我检查题及其解答.....	6
复习思考题.....	6
第二章 液压油及液压流体力学基础	7
导读.....	7
第一节 液压油的性质及选用.....	7
第二节 液体静力学	11
第三节 液体动力学	14
第四节 管路压力损失计算	19
第五节 液体流经小孔及间隙的流量	20
第六节 液压冲击与空穴现象	23
小结	25
自我检查题及其解答	25
复习思考题	26
第三章 液压动力元件	27
导读	27
第一节 概述	27
第二节 齿轮泵	30
第三节 叶片泵	34
第四节 柱塞泵	40
第五节 液压泵的选用	44
小结	46
自我检查题及其解答	46
复习思考题	47
第四章 液压执行元件	48
导读	48
第一节 液压马达	48

第二节 液压缸	52
小结	66
自我检查题及其解答	67
复习思考题	68
第五章 液压控制元件	69
导读	69
第一节 液压阀的分类及基本要求	69
第二节 方向控制阀	70
第三节 压力控制阀	83
第四节 流量控制阀	98
第五节 比例阀及插装阀	104
第六节 液压阀的选择与使用	110
小结	114
自我检查题及其解答	115
复习思考题	116
第六章 液压辅助元件	117
导读	117
第一节 滤油器	117
第二节 蓄能器	121
第三节 油箱	124
第四节 其他辅件	125
小结	130
自我检查题及其解答	130
复习思考题	131
第七章 液压基本回路	132
导读	132
第一节 方向控制回路	132
第二节 压力控制回路	135
第三节 调速回路	144
第四节 其他基本回路	157
小结	165
自我检查题及其解答	166
复习思考题	166
第八章 典型液压系统及系统的设计简介	169
导读	169
第一节 组合机床动力滑台液压系统	169
第二节 汽车起重机液压系统	172
第三节 YB32-200 型四柱万能液压机液压系统	175
第四节 XS-ZY-250A 型注塑机液压系统	179
第五节 液压系统的设计简介	182

小结	186
自我检查题及其解答	186
复习思考题	187
第九章 液压伺服系统简介	188
导读	188
第一节 概述	188
第二节 液压伺服系统的控制元件	190
第三节 电液伺服阀	192
第四节 液压伺服系统的应用	193
小结	195
自我检查题及其解答	196
复习思考题	196
第十章 液压系统的使用与维护	197
导读	197
第一节 液压油的污染与控制	197
第二节 液压系统的安装与调试	198
第三节 液压系统的使用和维护保养	201
小结	204
复习思考题	204

第二篇 气压传动

第十一章 气压传动基础	205
导读	205
第一节 气压传动的工作原理	205
第二节 气压传动系统的组成和图形符号	205
第三节 气体流动规律	206
小结	211
自我检查题及其解答	211
复习思考题	212
第十二章 气源装置及辅助元件	213
导读	213
第一节 气源装置	213
第二节 辅助元件	217
小结	221
自我检查题及其解答	221
复习思考题	222
第十三章 气动执行元件	223
导读	223
第一节 气缸	223
第二节 气动马达	229

小结	230
自我检查题及其解答	230
复习思考题	231
第十四章 气动控制元件及基本回路	232
导读	232
第一节 方向控制阀及方向控制回路	232
第二节 压力控制阀及压力控制回路	235
第三节 流量控制阀及速度控制回路	240
第四节 气动逻辑元件及逻辑回路	243
第五节 其他常用基本回路	247
小结	248
自我检查题及其解答	249
复习思考题	249
第十五章 气压传动系统	250
导读	250
第一节 气动系统实例	250
第二节 气动系统的安装、调试、使用及维护	253
小结	260
自我检查题及其解答	260
复习思考题	260
附录 常用液压与气动图形符号	262
参考文献	267

第一篇 液压传动

第一章 绪 论

【导读】 液压传动就是以液体作为工作介质，依靠运动液体的压力能来传递动力的（液压传动与液力传动不同，后者是依靠液体的动能来传递动力的，如水轮机、液力变矩器等，液力传动不是本课程所讨论的内容）。本章介绍了液压传动的工作原理、系统组成、图形符号、特点及其应用与发展情况。

第一节 液压传动的工作原理及工作特性

一、液压传动的工作原理

对于不同的液压装置和设备，它们的液压传动系统虽然不同，但液压传动的基本工作原理是相同的。下面以图 1-1 所示的液压千斤顶为例，介绍其工作原理。图中大、小两个缸体 5 和 3 的内部分别装有大活塞 6 和小活塞 2。当向上提起手动杠杆 4 时，小活塞就被带动上升，于是小缸体 3 的下腔密封容积增大，腔内压力下降，形成部分真空，油箱中的油液在大气压力的作用下推开进油单向阀 1 进入小缸的下腔，完成一次吸油动作。当压下手动杠杆 4，小活塞下移，小缸体 3 下腔的密封容积减小，腔内压力升高，这时进油单向阀 1 关闭，小缸下腔的压力油顶开排油单向阀 7 进入大缸体 5 的下腔，推动大活塞带动重物一起上升一段距离。如此反复地提压手动杠杆 4，就能使重物不断上升，达到起重的目的。

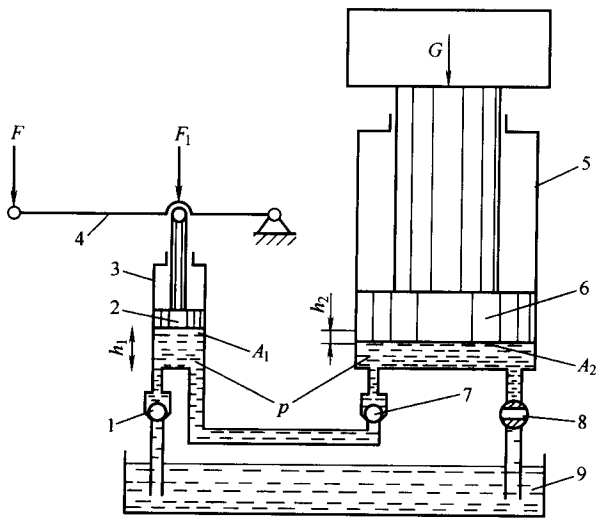


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

1—进油单向阀；2—小活塞；3—小缸体；4—手动杠杆；5—大缸体；6—大活塞；7—排油单向阀；8—截止阀；9—油箱

若将截止阀 8 打开，则在重物自重的作用下，大缸体 5 中的油液流回油箱，大活塞 6 落回到原位。

分析液压千斤顶的工作过程可知，液压传动是依靠液体在密封容积变化中的压力能来实现运动和动力传递的。液压传动装置本质上是一种能量转换装置，它先将机械能转换为便于输送的液压能，然后将液压能转换为机械能做有用功。

二、液压传动的工作特性

当大活塞 6 上有重物负载时, 其下腔的油液将产生一定的压力 p , 即

$$p = G/A_2 \quad (1-1)$$

根据流体力学中的帕斯卡定律“在密闭容器内, 施加于静止液体上的压力将以等值同时传动液体各点”, 若要顶起重物, 则在小活塞下腔就必须产生一个等值的压力 p , 即小活塞上施加的力 F_1 为

$$F_1 = pA_1 = GA_1/A_2 \quad (1-2)$$

式中, A_1 、 A_2 分别为大活塞 6、小活塞 2 的面积。

可见在活塞面积 A_1 、 A_2 一定的情况下, 液体压力 p 取决于重物负载 G , 而小活塞上施加的力 F_1 则取决于压力 p 。所以, 负载越大, 液体压力 p 越高, 小活塞上所需要施加的力 F_1 也就越大; 反之, 如果空载工作, 且不计摩擦力, 则液体压力 p 和小活塞上施加的力 F_1 都为零。即有了负载, 液体才会有压力, 并且压力大小取决于负载。简单地说, 液压传动中液体压力取决于负载。实际上, 液压传动中液体的压力相当于机械传动中机械构件的应力。机械构件应力是取决于负载的, 同样, 液体的压力也取决于负载。但是机械构件在传动时可以承受拉、压、弯、剪等各种应力, 而液压传动中液体只能承受压力, 这是两者的重要区别。

另外, 由于小活塞 2 到大活塞 6 之间为密封工作容积, 所以小活塞 2 向下压出油液的体积必然等于大活塞 6 向上升起缸体内扩大的体积, 即 $A_1 h_1 = A_2 h_2$ 。

上式两端同时除以活塞移动的时间 t 得

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

令 $q = v_1 A_1$, 其中 q 表示小活塞 2 以速度 v_1 运动时, 单位时间内从小缸体 3 中排出液体的体积, 称为流量。流量 q 进入大缸体时, 大活塞 6 的运动速度为

$$v_2 = q/A_2 \quad (1-4)$$

即大活塞 6 的运动速度取决于进入活塞缸的流量。流量越大, 速度越快, 反之亦然。流量为零, 速度也为零。简单地说, 速度取决于流量。

液压系统的压力和外界负载、速度和流量的这两个关系称做液压传动的两个工作特性。这两个特性很重要, 随着深入学习, 要进一步加深对它的理解。

第二节 液压系统的组成和图形符号

一、液压系统的组成

如图 1-2 所示为一机床工作台的液压传动系统, 它由液压泵、换向阀、溢流阀、节流阀、液压缸、油箱以及连接管道等组成。

如图 1-2 (a) 所示, 液压泵 3 由电动机 (图中未示出) 带动旋转, 从油箱 1 经过滤器 2 过滤后吸油, 油液流往液压泵 3。液压泵 3 排出的压力油经节流阀 5 和换向阀 6 进入液压缸 7 的左腔, 推动活塞连同工作台 8 向右移动。这时, 液压缸右腔的油通过换向阀 6 和回油管道返回油箱 1。

若将换向阀 6 手柄扳到左边位置 [如图 1-2 (b) 所示], 则压力油经换向阀 6 进入液压

缸 7 的右腔，推动活塞连同工作台 8 向左移动。这时，液压缸 7 左腔的油亦经换向阀 6 和回油管返回油箱 1。

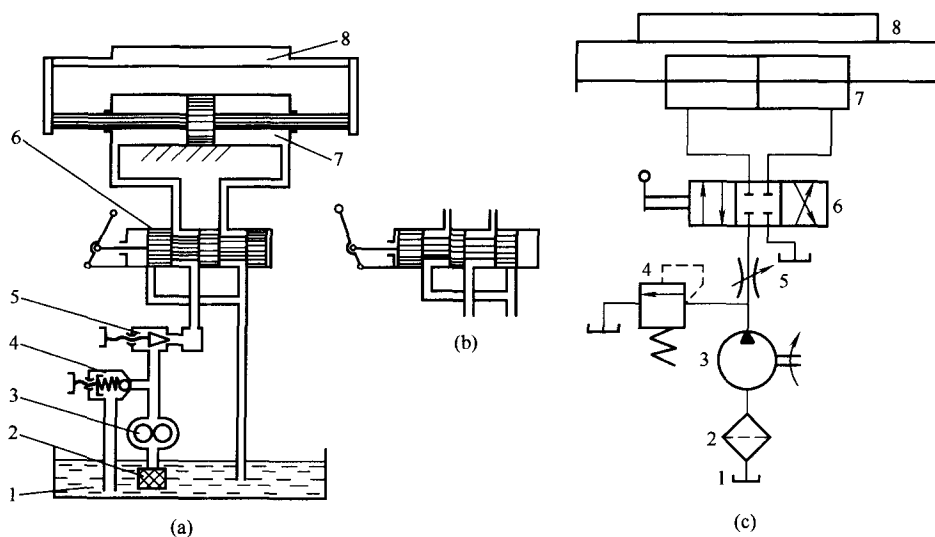


图 1-2 机床工作台液压传动系统

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

工作台 8 的移动速度是通过节流阀 5 来调节的。改变节流阀 5 的开口大小，可以改变进入液压缸的液压油流量，从而控制工作台的移动速度，多余的液压油经溢流阀 4 和溢流管道排回油箱 1。当节流阀 5 开口较大时，进入液压缸 7 的流量较大，工作台 8 的移动速度较快；反之，当节流阀 5 开口较小时，工作台 8 移动速度则较慢。

调节溢流阀弹簧的预压力就能调整液压泵出口的油液压力（其值略高于液压缸的工作压力），并让多余的油液在相应压力下打开溢流阀，经回油管流回油箱。由于系统的最高工作压力不会超过溢流阀的调定值，所以溢流阀对系统起到过载保护的作用。

从以上例子可以看出，液压传动系统由以下四个部分组成。

(1) 动力元件 它将原动机输入的机械能转换为油液的压力能，其作用是为液压系统提供压力油，也称为能源装置，一般最常见的形式是液压泵。

(2) 执行元件 它是将油液的压力能转换成直线式或回转式机械能输出的能量转换装置，用以驱动工作部件。在上例中，执行元件是做直线运动的液压缸，在别的情况下，也可能是做回转运动的液压马达。

(3) 控制元件 它是控制液压系统中油液的流量、压力和流动方向的装置。在上例中，就是控制液体流量的节流阀（流量阀）、控制液体压力的溢流阀（压力阀）及控制液流方向的换向阀（方向阀）等液压元件的总称。这些元件是保证系统正常工作不可缺少的组成部分。

(4) 辅助元件 保证系统正常工作所需要的辅助装置，包括油箱、管道、过滤器以及各种指示仪表等。

二、液压系统的图形符号

如图 1-2 (a) 所示，组成液压系统的各个元件是用半结构式图形画出来的，这种图直观性强，容易理解，当液压系统发生故障时，根据此图检查也较方便。但是这种图难于绘制，

特别当系统中元件较多时, 绘制更不方便。为简化液压原理图的绘制, 我国制订了一套液压图形符号标准 (GB T786.1—93), 将各液压元件都用相应的符号表示。该标准规定, 这些符号只表示相应元件的职能和连接系统的通路, 不表示元件的具体结构和参数, 并规定各符号所表示的都是相应元件的静止位置或零位置。称这种符号为职能符号 (也称为图形符号)。如图 1-2 (c) 所示即为用职能符号绘制的机床工作台的液压系统工作原理图 (职能符号图)。由于这种图图面简洁, 油路走向清楚, 对系统的分析、设计都很方便, 因此现在世界各国采用的较多 (具体表示方法大同小异)。如果有些液压元件 (如某些自行设计的非标准件) 的职能无法用这些符号表示时, 仍可采用结构示意图。常用液压元件的职能符号在后面讲述到具体元件时还要提到。GB T786.1—93 液压图形符号见本书附录。

第三节 液压传动的优缺点

液压传动与机械、电气等传动方式相比, 有如下主要优点。

- ① 可在大范围内实现无级调速, 且调节方便。
- ② 体积小、质量轻、功率大, 即功率质量比大。如在相同功率情况下, 液压马达的外形尺寸和重量为电动机的 12% 左右。在中、大功率以及实现直线往复运动时, 这一优点尤为突出。
- ③ 工作平稳, 由于重量轻, 惯性小, 反应快, 液压装置易于实现快速启动、制动和频繁地换向。
- ④ 操纵控制方便, 与电子技术结合更易于实现各种自动控制和远距离操纵。
- ⑤ 便于实现过载保护, 而且传动介质为油液, 故液压元件有自我润滑作用, 使用寿命长。
- ⑥ 液压传动的各种元件, 可根据需要方便、灵活地来布置。
- ⑦ 液压元件实现了标准化、系列化、通用化, 便于设计、制造和使用。

液压传动的主要缺点如下。

- ① 液压传动不能保证严格的传动比, 这是由于液压油的可压缩性和泄漏造成的。
- ② 液压传动性能对温度变化比较敏感, 因此不宜在很高或很低的温度条件下工作。同时, 液压传动装置对油液的污染也比较敏感, 故要求有良好的过滤设施。
- ③ 液压传动有较多的能量损失 (泄漏损失、摩擦损失等), 故传动效率不高, 不宜作远距离传动。

④ 为了减少泄漏, 液压元件在制造精度上要求较高, 一般情况下要求有独立的能源 (如液压泵站), 这些可能使产品成本提高。

- ⑤ 液压系统出现故障时不易找出原因。

总的说来, 液压传动由于其优点比较突出, 它的某些缺点随着生产技术的不断发展、提高, 正在逐步得到克服, 故在工农业各个部门获得广泛应用。

第四节 液压技术的应用和发展

液压传动技术相对机械传动技术而言, 是一门比较新的技术。液压技术从 1795 年英国制成世界上第一台水压机算起, 已有 200 多年的历史了, 然而在工业上的真正推广使用却是

20 世纪中叶的事。17 世纪的伟大科学家帕斯卡通过研究发现：施加于密闭液体上的压力（压强）能够按其原来的大小向各个方向传递。这就是人们熟悉的帕斯卡定律。利用这一原理，物理学家们开创和发展了流体力学，又具体将其划分为流体静力学和流体动力学。液压传动技术就是在此基础上研究和发展起来的。第二次世界大战期间，在一些武器装备上用上了功率大、反应快、动作准的液压传动和控制装置，大大提高了武器装备的性能，也大大促进了液压技术本身的发展。战后，液压技术迅速由军事转入民用，在机械制造、工程机械、锻压机械、冶金机械、汽车、船舶等行业中得到了广泛的应用和发展。特别是在 20 世纪 60 年代以后，随着原子能技术、空间技术、计算机技术等迅速发展，液压技术也得到了很大发展，渗透到国民经济的各个领域之中。在军工、冶金、工程机械、农业机械、汽车、轻纺、船舶、石油、航空和机床工业中，液压技术得到了普遍应用。

在国防工业中，陆、海、空三军的很多武器都采用了液压传动与控制，如飞机、坦克、雷达、火炮、导弹等。

在冶金工业中，电炉控制系统、轧钢机的控制系统、转炉控制、高炉控制、带材跑偏控制和恒张力装置等均采用了液压技术。

在工程机械中，普遍采用了液压技术，如挖掘机、汽车起重机、履带推土机等。

在农业机械中，采用液压技术也很广泛，如联合收割机、拖拉机等。

在汽车工业中，液压越野车、液压自卸式汽车、液压高空作业车和消防车等均采用了液压技术。

在轻纺工业中，采用液压技术的有塑料注塑机、橡胶硫化机、造纸机、纺织机等。

在船舶工业中，应用液压技术很普遍，如全液压挖泥船、打捞船、打桩船、采油平台等。

在机床工业中，目前机床传动系统有 85% 采用液压传动与控制，如磨床、铣床、刨床、拉床、压力机、组合机床等。

当前，液压技术正向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、低能耗、经久耐用、数字化、高度集成化、机电一体化等方向发展。同时，新型液压元件的应用，液压系统的计算机辅助设计、计算机仿真和优化、微机控制等工作，也日益取得显著的成果。

中国的液压工业是在建国初期从仿制前苏联产品起步，附属于机床制造等主机行业而逐步发展起来的。其产品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，中国的液压元件生产已形成系列，并在各种机械设备上得到了广泛的使用。目前，我国机械工业在认真消化、推广从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，并积极采用国际标准来执行新的国家标准。可以预见，随着中国社会主义现代化建设的发展，液压技术必将会有新的飞跃，它在各个工业部门的应用也将会越来越广泛。

小 结

① 液压传动是以液体作为工作介质，依靠运动着的液体的压力能来传递动力的，这有别于液力传动。

② 液压传动的两个工作特性（液压系统的压力和外界负载、速度和流量的两个关系）。

③ 液压传动的工作原理。

④ 液压系统的四大组成部分及其作用。

⑤ 液压传动的优缺点。

⑥ 液压系统的图形符号。液压传动元件和系统原理图按 GB T786.1—93 绘制，系统中元件符号均连接于静态（或零工位）位置。

自我检查题及其解答

【题目】 液压系统的压力取决于外界负载，而压力控制阀（如溢流阀）也控制系统的压力，请问二者有什么区别？

【解答】 液压系统的压力取决于外界负载，是液压传动一大工作特性，它是指压力的形成及形成的大小而言的：外界负载为零，压力为零；外界负载越大，所产生的压力也越大。反之亦然。

而压力控制阀（如溢流阀）控制系统的压力，是指压力控制阀对由负载所产生的压力进行调整、控制——将压力调成由负载所决定的数值或较之小的数值或 0。但不能调出高于负载所决定的数值。例如，由负载所决定的压力为 5MPa，压力控制阀可使压力 p 在 $5\text{MPa} \geq p \geq 0$ 范围内调整，但调不出 $p > 5\text{MPa}$ 的压力值。

复习思考题

- 1-1 什么叫液压传动？液压传动有哪两个工作特性？
- 1-2 液压传动系统有哪些组成部分？试说明各组成部分的作用。
- 1-3 液压传动与其他传动方式相比有哪些主要优缺点？

第二章 液压油及液压流体力学基础

【导读】 液压传动是利用液体（通常都是矿物油）作为工作介质来传递动力和信号的。因此，液压油质量（物理、化学性质）的优劣，尤其是其力学性质对液压系统工作性能影响很大。所以在研究液压系统之前，必须对系统中所用的液压油及其力学性质进行深入地了解，以便进一步理解液压传动的基本原理，为更好地进行液压系统的分析与设计打下基础。

第一节 液压油的性质及选用

一、液体密度

单位体积液体的质量称为液体的密度，通常用 $\rho(\text{kg}/\text{m}^3)$ 表示

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

式中 V ——液体的体积， m^3 ；

m ——液体的质量， kg 。

密度是液体的一个重要的物理参数。密度的大小随着液体的温度或压力的变化会产生一定的变化，但其变化量较小，一般可忽略不计。

二、液体的黏性

（一）液体黏性的意义

当液体在外力作用下流动时，由于液体本身分子之间内聚力以及与固体壁面的附着力的存在，使液体内部各处的速度产生差异。如图 2-1 所示，液体在管路中流动时速度并不相等，紧贴管壁的液体速度为零，管路中心处的速度最大。可将管中液体的流动看成是许多无限薄的同心圆筒形的液体层的运动。运动较慢的液体层阻滞运动较快的液体层，而运动较快的液体层又带动运动较慢的液体层。这种液体层之间相互的作用类似于固体之间的摩擦过程，因而在液体之间产生摩擦力。由于这种摩擦力是发生在液体内部，所以称为内摩擦力。液体的这种性质，称之为液体的黏性。液体只有流动时，才会呈现黏性，而静止的液体不呈现黏性。黏性是液体一个非常重要的特征，是选择液压油的主要依据。其大小可用黏度来衡量。

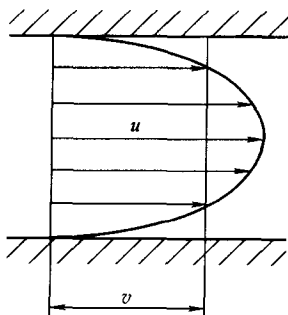


图 2-1 液体在管路内的速度分布

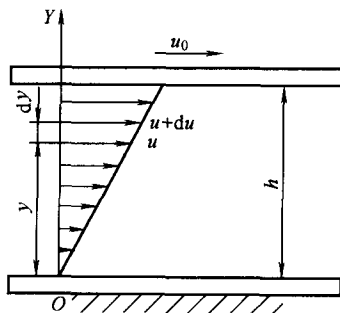


图 2-2 液体黏性示意图