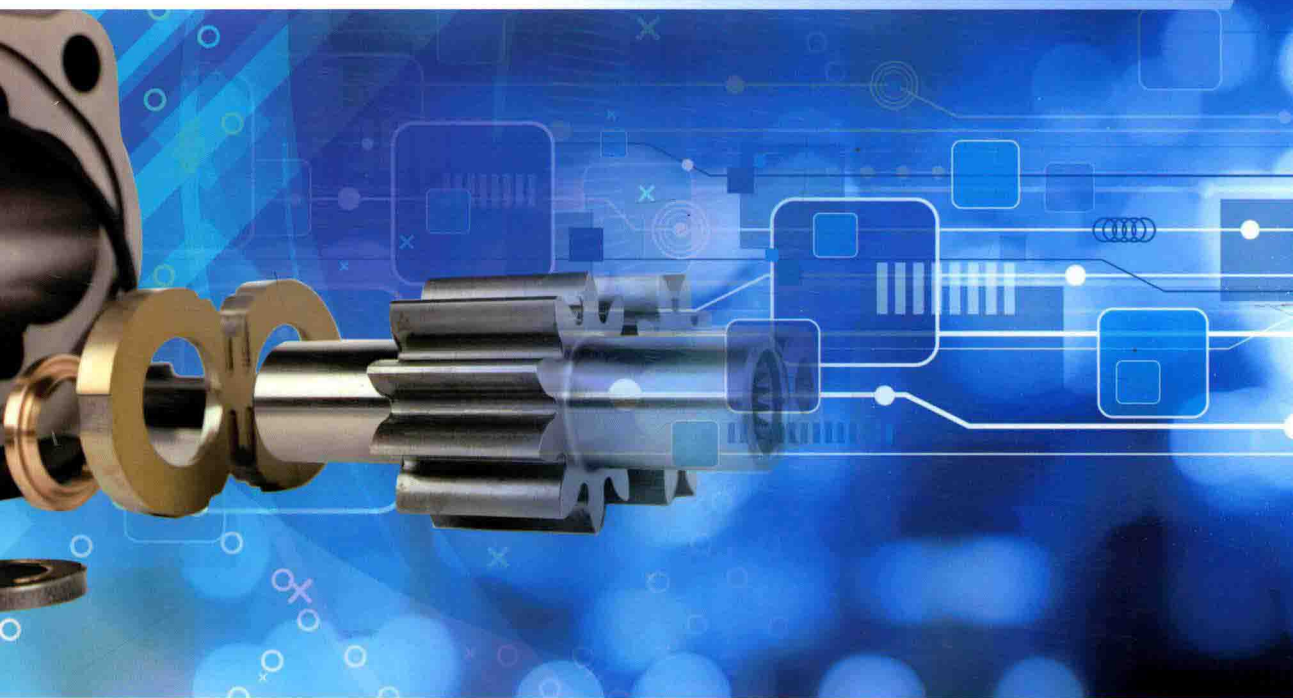


胡伟 主编

液压与气动 应用技术



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



北京电子科技职业学院
BEIJING POLYTECHNIC

“百名教师到企业挂职（岗）实践、开发百门工学结合项目课程、编写百部工学结合校本教材活动”系列教材

液压与气动应用技术

主 编 胡 伟

副主编 黄桂芸

参 编 邱立军 夏广辉



机械工业出版社

本书是配合职业教育分级制改革而编写的,可作为汽车制造与装配技术专业和机电一体化技术专业教材。编者参考了大量的相关优质教材、行业手册和企业的设备使用说明书,力求做到知识的系统性和实用性。本书前八章讲解液压传动及其在汽车生产线上的典型应用,后九章讲解气压传动及其在汽车生产线上的典型应用。两部分内容均以传动理论为基础,进而对系统的工作介质、动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件进行讲解;甄选有代表性的典型回路,并以汽车生产线上使用的液压和气动设备为综合案例,用以提高读者综合运用知识的能力。

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育服务网(<http://www.cmpedu.com>)下载,咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动应用技术/胡伟主编. —北京:机械工业出版社, 2018.7

“百名教师到企业挂职(岗)实践、开发百门工学结合项目课程、编写百部工学结合校本教材活动”系列教材

ISBN 978-7-111-59961-6

I. ①液… II. ①胡… III. ①液压传动-高等职业教育-教材②气压传动-高等职业教育-教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第099426号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:刘良超 责任编辑:李超 刘良超

责任校对:陈越 封面设计:鞠杨

责任印制:孙炜

北京玥实印刷有限公司印刷

2018年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·12.5印张·303千字

0001—1900册

标准书号:ISBN 978-7-111-59961-6

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本书由北京市级专项“2011/2012年教育教学改革”专项项目

(PXM2011_014306_113573)资助完成

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

北京电子科技职业学院 “三百活动”系列教材编写指导委员会

主 任：安江英

副主任：王利明

委 员：（以姓氏笔画为序）

于 京

马盛明（出版社） 王 萍

王 霆

王正飞（出版社） 牛晋芳（出版社）

叶 波（出版社） 兰 蓉

朱运利

刘京华

李友友

李文波（企业）

李亚杰

何 红

陈洪华

高 忻（企业）

黄天石（企业）

黄 燕（出版社）

蒋从根

翟家骥（企业）

《液压与气动应用技术》编写组

主 编：胡 伟

副 主 编：黄桂芸

参 编：邱立军 夏广辉

企业专家：杨 成 蔡书奎

序 言

职业教育作为与经济社会联系最为紧密的教育类型，它的发展直接影响生产力水平的提高和经济社会的可持续发展。职业教育是从职业出发，为受教育者获得某种职业技能和职业知识，形成良好的职业道德和职业素质，从而满足从事一定社会生产劳动的需要而开展的一种教育活动。高等职业教育以培养高端技能型专门人才为教育目标，由于职业教育与普通教育的逻辑起点不同，其人才培养方式也是不同的。教育部《关于推进高等职业教育改革创新引领职业教育科学发展的若干意见》（教职成〔2011〕12号）等文件要求“高等职业学校要与行业（企业）共同制订专业人才培养方案，实现专业与行业（企业）岗位对接；推行‘双证书’制度，实现专业课程内容与职业标准对接；引入企业新技术、新工艺，校企合作共同开发专业课程和教学资源；将学校的教学过程和企业的生产过程紧密结合，突出人才培养的针对性、灵活性和开放性；将国际化生产的工艺流程、产品标准、服务规范等引入教学内容，增强学生参与国际竞争的能力”，目的就是要深化校企合作、工学结合人才培养模式改革、高等职业教育课程模式创新，在中国制造向中国创造转变的过程中，培养适应经济发展方式转变与产业结构升级需要的“一流技工”，不断创造具有国家价值的“一流产品”。我校致力于研究与实践高等职业教育创新发展的中心课题，变使命为己任，从区域经济结构特征出发，确立了“立足开发区，面向首都经济，融入京津冀，走出环渤海，与区域经济联动互动、融合发展，培养适应国际化大型企业和现代高端产业集群需要的高技能人才”的办学定位，形成了“人才培养高端化、校企合作品牌化、教育标准国际化”的人才培养特色。

为了改革创新高端技能型人才培养的课程模式，增强服务区域经济发展的能力，寻求人才培养与经济社会发展需求紧密衔接的有效教学载体，学校于2011年启动了“百名教师到企业挂职（岗）实践、开发百门工学结合项目课程、编写百部工学结合校本教材活动”（简称“三百活动”），资助100名优秀专职教师作为项目课程开发负责人，脱产到世界500强企业挂职（岗）实践锻炼，去选择“好的企业标准”，并转化为“好的教学项目”。教师通过深入生产一线，参与企业技术革新，掌握企业的技术标准、工作规范、生产设备、生产过程与工艺、生产环境、企业组织结构、规章制度、工作流程、操作技能等，遵循教育教学规律，收集、整理企业生产案例，并开发转化为教学项目，进行“教、学、训、做、评”一体化课程教学设计，将企业的“新观念、新技术、新工艺、新标准”等引入课程与教学过程中。通过“三百活动”，有效促进了教师的实践教学能力，职业教育的项目课程开发能力，“教、学、训、做、评”一体化课程教学设计能力与职业综合素质。

学校通过“教师自主申报”“学校论证立项”等形式，对项目的选题、实施条件等进行充分评估，严格审核项目立项。在项目实施过程中，做好项目跟踪检查、项目中期检查、项目结题验收等工作，确保项目的高质量完成。《液压与气动应用技术》是我校“三百活动”

系列教材之一。课程建设团队将企业系列真实项目转化为教学载体，经过两轮的“教、学、训、做、评”一体化教学实践，逐步形成校本教学资源，并最终完成本书的建设工作。“三百活动”系列教材的编写，得到了各级领导、行业企业专家和教育专家的大力支持和热心的指导与帮助，在此深表谢意。相信这套“三百活动”系列教材能为我国高等职业教育的课程模式改革与创新做出积极的贡献。

北京电子科技职业学院

副校长 安江英

前 言

高等职业教育的目的是培养现代制造业、现代服务业紧缺的高素质、高技能的专门人才。课程内容应满足企业相关岗位的需求,强调理论和实践相结合。学生除了学到专业知识外,还要掌握相当的专业技能。合格的毕业生应能够在较短的时间内上岗工作,实现学校教学和企业需求的融合,缩短毕业生的岗位适应期,真正成为来之即用的职业人才。

2011年,北京市教委决定进行职业教育分级制改革。同年,编者有幸参加了北京电子科技职业学院组织的“三百活动”,挂职到北京奔驰汽车有限公司进行企业实践。在实践中,编者接触到很多新的职业规范、先进的机电一体化设备和先进的管理方式,如“绿零图”安全管理模式、现场故障的紧急处理制度、设备保养和维护规定、先进的半自动化和自动化设备。通过对生产现场设备的分析,从中筛选、提炼了一些和液压、气动技术相关的案例,这些案例除了自身具有典型性和综合性外,对于学生来说也具有一定的挑战性,有助于学生适应毕业后的工作岗位。

本书的核心内容是液压与气动技术及其应用。为了保证知识的系统性,使初学者能够完整地认识液压与气动技术,编者结合教学经验和企业需求,将知识体系进行了功能归类。液压与气压传动尽管同属流体传动,但它们又有自己的传动特点,如在元器件的结构和应用以及系统控制方式上有很多不同之处。液压部分以液压传动原理、工作介质、动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件、典型应用和液压技术在汽车生产线上的应用为主线;气动部分以工作介质、动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件、真空元件、典型应用、纯气动系统设计和气动技术在汽车生产线上的应用为主线。

本书具有如下特点:将液压和气动技术的五大组成部分进行了严格的划分;为避免控制上的重复,在液压部分突出电液系统,在气动部分突出纯气动系统;为了使学生清楚地知道液压与气动技术的具体应用场合,分别选取了来自汽车生产线的几个独立的典型案例来锻炼学生的综合应用能力;为适应气动技术应用比例日益提高的趋势,增加了气动技术的篇幅。全书内容层次清晰、循序渐进。

在编写过程中,编者参考了大量的相关优质教材、行业手册和企业的设备说明书,力求做到知识的系统性和实用性。本书可作为汽车制造与装配技术专业和机电一体化技术专业的教材。

由于编者经验和学识有限,书中难免存在疏漏和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

序言	
前言	
第一章 液压传动概述	1
第一节 液压传动系统的工作原理	1
第二节 液压传动系统的原理图和组成	2
第三节 液压传动的优缺点	3
自测题	3
第二章 液压工作介质和流体传动基础	5
第一节 液压工作介质	5
第二节 液压传动的力学基础	8
第三节 液体流动时的能量损失	9
第四节 液压冲击和气穴现象	10
自测题	11
第三章 液压动力元件	13
第一节 液压泵概述	13
第二节 齿轮泵	14
第三节 叶片泵	15
第四节 柱塞泵	17
自测题	18
第四章 液压执行元件	20
第一节 液压缸的工作原理	20
第二节 常用液压缸的结构和参数计算	21
第三节 液压马达	25
自测题	27
第五章 液压控制元件	29
第一节 方向控制阀	29
第二节 压力控制阀	35
第三节 流量控制阀	42
第四节 插装阀	44
自测题	47
第六章 液压辅助元件	49
第一节 油箱	49

第二节	油管 and 管接头	50
第三节	过滤器	51
第四节	蓄能器	53
第五节	压力表	54
自测题		54
第七章	液压回路	56
第一节	方向控制回路	56
第二节	压力控制回路	58
第三节	速度控制回路	64
第四节	多执行元件动作回路	69
自测题		72
第八章	液压技术在汽车生产线上的应用	76
第一节	无内胎铝合金车轮气密性检测机液压系统	76
第二节	汽车水箱散热管爆破压力试验台液压系统	77
第三节	汽车变速器总成检测试验台液压系统	78
第四节	汽车冲压线拉伸垫液压系统	80
第九章	气压传动概述	82
第一节	气动技术的应用与发展	82
第二节	气压传动的优缺点	83
第三节	气动系统的构成	84
第四节	空气的性质	85
自测题		88
第十章	气源装置	90
第一节	概述	90
第二节	气源装置简介	91
自测题		98
第十一章	气动辅助元件	100
第一节	油雾器	100
第二节	消声器	102
第三节	气液转换器	104
第四节	气动传感器	105
第五节	气动放大器	106
自测题		107
第十二章	气动执行元件	109
第一节	气动执行元件的分类和特点	109
第二节	常用气缸的结构特点和工作原理	111
第三节	气马达	117
自测题		118

第十三章 气动控制元件	120
第一节 方向控制元件.....	120
第二节 压力控制元件.....	126
第三节 流量控制元件.....	128
自测题.....	129
第十四章 气动真空元件	132
第一节 真空发生装置.....	132
第二节 真空吸盘.....	134
第三节 真空用气阀.....	136
自测题.....	139
第十五章 气动回路	141
第一节 方向控制回路.....	141
第二节 压力控制回路.....	143
第三节 速度控制回路.....	146
第四节 位置控制回路.....	149
第五节 同步控制回路.....	150
第六节 往复动作回路.....	151
第七节 安全保护回路.....	155
自测题.....	156
第十六章 纯气动系统顺序控制设计	159
第一节 顺序控制概述.....	159
第二节 多执行元件单往复顺序控制设计.....	161
第三节 多执行元件多往复顺序控制设计.....	164
第四节 气动原理图的绘制.....	166
自测题.....	168
第十七章 气动技术在汽车生产线上的应用	170
第一节 搬运板料的安全防掉保护气路.....	170
第二节 气动平衡吊吊装汽车前座椅.....	171
第三节 气动平衡吊吊装蓄电池.....	177
自测题.....	180
附录	182
参考文献	190

第一章

液压传动概述

学习目标：

了解液压传动的应用现状、优点、缺点以及液压图形符号的作用；理解液压传动系统的传动原理，牢记液压传动系统的五大组成部分和各部分的作用。

第一节 液压传动系统的工作原理

一、液压传动系统的传动原理

在液压传动系统中，液压油工作在密封的管路系统中，是液压系统动力传递的媒介。液压传动系统是利用静压传递原理工作的，其模型如图 1-1 所示。在大活塞缸 3、小活塞缸 6 和连接管路 5 构成的密封容器中装满液压油 4，当小活塞 1 在主动动力 F 的作用下向下移动时，小活塞缸 6 内的油液经过连接管路 5，流进大活塞缸 3。主动力 F 的能量通过密封的液压油 4 传递给大活塞 2 和重物 W ，驱动大活塞 2 和重物 W 上升。此模型中的液压油是传递力和运动的工作介质。

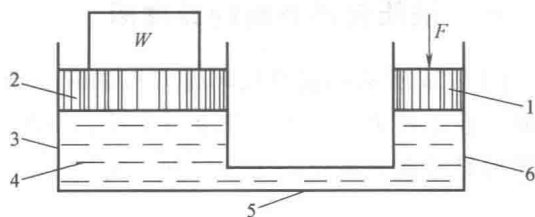


图 1-1 静压传动系统模型

1—小活塞 2—大活塞 3—大活塞缸
4—液压油 5—连接管路 6—小活塞缸

二、液压传动系统应用举例

液压千斤顶是一个典型的液压传动装置。其结构示意图如图 1-2 所示。举升重物前，关闭泄油阀 3。操作手柄 7 向上运动时，小活塞 8 向上运动，吸油压油缸 9 的下腔产生真空度，压油阀 10 在弹簧的作用下关闭，吸油阀 11 开启，液压油被吸到吸油压油缸 9 的腔内，此为吸油过程；操作手柄 7 向下运动时，小活塞 8 下移并挤压腔内的液压油，吸油阀 11 关闭，压油阀 10 被顶开，液压油进入举升缸 6 的下腔，推动大活塞 5 向上运动，实现对重物 W 的举升，此过程为压油过程。操作手柄 7 完成一个循环的上、下运动，吸油压油缸 9 完成一次吸油和一次压油。通过压油阀 10 输出的液压油进入举升缸 6 的下腔，推动大活塞 5 上升一小段位移。重复操作手柄 7 的动作，液压油就会断续地进入举升缸 6 的下腔内，重物 W 被断续举升。需要放下重物 W 时，只需开启泄油阀 3，举升缸 6 下腔的液压油便流回储油室

2, 重物 W 在重力作用下下降。

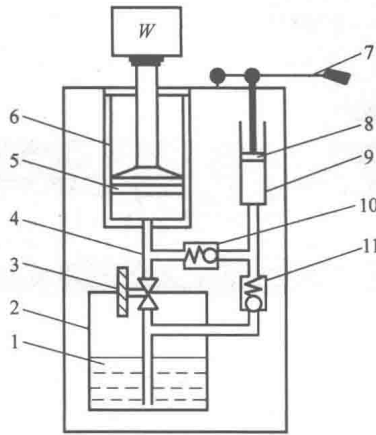


图 1-2 液压千斤顶结构示意图

1—液压油 2—储油室 3—泄油阀 4—液压管路 5—大活塞 6—举升缸
7—操作手柄 8—小活塞 9—吸油压油缸 10—压油阀 11—吸油阀

第二节 液压传动系统的原理图和组成

一、液压传动系统的原理图

图 1-3a 所示的报废汽车压力机的液压系统原理图直观、容易理解，但图形复杂、难以绘制。在工程上，为了简化表示方法，突出控制关系，便于阅读、分析、设计和绘制，常使用图形符号表示系统的工作原理。用图形符号表示的液压系统原理图如图 1-3b 所示。

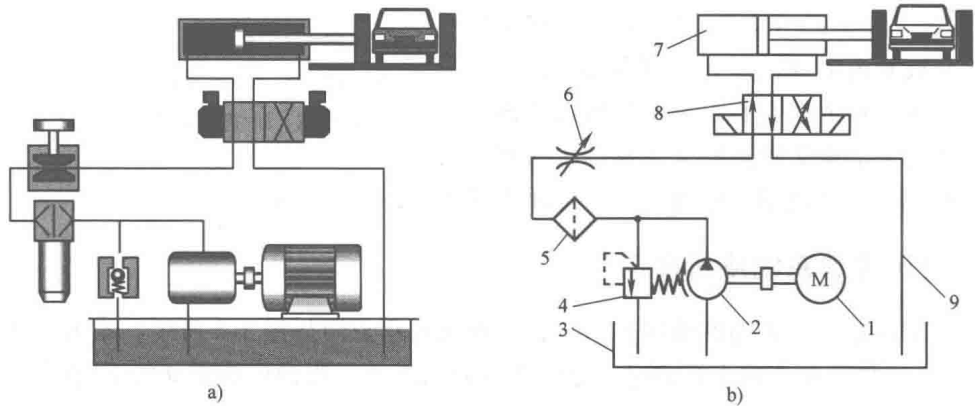


图 1-3 报废汽车压力机的液压系统原理图

1—电动机 2—液压泵 3—油箱 4—溢流阀 5—过滤器
6—节流阀 7—液压缸 8—换向阀 9—油管

二、液压传动系统的组成

一个完整的液压传动系统由五个部分组成，见表 1-1。

表 1-1 液压系统的组成

组成部分	作用	元件举例
动力元件	将机械能转换成液体的压力能	液压泵
执行元件	将液压系统的压力能转换成机械能	液压缸、液压马达
控制元件	控制液流的压力、流量和方向	减压阀、节流阀、换向阀
辅助元件	连接液压元件、储油、过滤、测量等	油管、油箱、过滤器、压力表
工作介质	传递动力和信号	液压油

第三节 液压传动的优缺点

一、液压传动的优点

液压传动与机械传动、电力传动等系统相比具有如下优点：

- 1) 在同等功率的情况下，液压装置的体积小、重量轻、惯性小。
- 2) 液压传动系统容易实现无级调速，调速范围比较大。
- 3) 液压传动系统工作平稳、反应快、冲击小，能频繁起动和换向。
- 4) 液压传动系统与电气控制系统结合易于实现自动化。
- 5) 液压传动系统易于实现过载保护，使用寿命长。
- 6) 液压元件易于实现系列化、标准化、通用化。
- 7) 液压传动系统易于实现回转运动和直线运动。
- 8) 省略降温 and 润滑环节。

二、液压传动的缺点

液压传动的缺点如下：

- 1) 因为液压传动存在泄漏、管路变形等因素，难以保证严格的传动比。
- 2) 油液对油温变化比较敏感，不适于在很高或很低的温度下工作。
- 3) 液压系统对油液质量要求较高。
- 4) 液压传动中需要进行两次能量转换，传动效率低。
- 5) 在能量传递过程中，有机械损失、压力损失、泄漏损失等，不能远距离传动。
- 6) 液压元件制造精度高，造价较贵。
- 7) 液压传动装置出现故障时不易查找原因，不易迅速排除故障。

自 测 题

一、填空题（每空 2 分，共 24 分。得分_____）

- 1. 液压传动系统是基于_____原理工作的。
- 2. 在液压传动系统中，传递动力和运动的工作介质是_____。
- 3. 液压传动系统依靠_____来传递运动，依靠_____来传递动力。

4. 液压传动系统由_____、_____、_____、_____、_____五部分组成。
5. 液压传动具有传递功率_____, 传动平稳性_____, 能实现过载_____等优点。

二、判断题 (每题 2 分, 共 10 分。得分_____)

1. 液压千斤顶能举起重物是液压系统压力被提升的结果。 ()
2. 液压系统的压力越高, 执行元件的运动速度就越快。 ()
3. 液压传动只能用于重工业而不能用于轻工业生产中。 ()
4. 液压系统原理图中的图形符号只表示元件功能, 不能说明元件的具体参数。 ()
5. 液压系统受环境温度影响大, 故障不易排除。 ()

三、选择题 (每题 3 分, 共 15 分。得分_____)

1. 液压系统的动力元件是_____。
A. 电动机 B. 液压泵 C. 液压缸或液压马达 D. 油箱
2. 不属于液压系统控制元件的是_____。
A. 减压阀 B. 压力表 C. 节流阀 D. 换向阀
3. 将液压系统的压力能转化为机械能的元件是_____。
A. 电动机 B. 液压泵 C. 液压缸或液压马达 D. 液压阀
4. 对液压传动的缺点描述不正确的是_____。
A. 液压油对油温变化比较敏感, 不适于在很高或很低的温度下工作
B. 液压传动过程中能量损失大, 不能远距离传动
C. 系统过载时, 不能实现过载保护
D. 液压传动装置出现故障时, 不易查找原因, 不易迅速排除故障
5. 对液压传动优点描述不正确的是_____。
A. 液压传动系统工作比较平稳、执行元件运动速度快
B. 液压传动系统容易实现回转运动和直线运动
C. 液压传动系统容易实现无级调速, 调速范围比较大
D. 液压元件易于实现系列化、标准化、通用化

四、问答题 (共 51 分。得分_____)

1. 液压传动系统由哪些部分构成? 各部分的作用是什么? (15 分)
2. 写出液压传动的四个优缺点。(8 分)
3. 举出生活或工业生产中应用液压传动的例子, 并描述其工作过程。(10 分)
4. 有一个液压千斤顶, 其结构如图 1-2 所示。大活塞的有效作用面积是 31400mm^2 , 小活塞的有效作用面积是 628mm^2 , 需要被举升的重物 W 的质量是 300kg , 忽略该液压系统所有的能量损失, 求通过操作手柄作用在小活塞上的主动力。如果小活塞在一个动作循环中的最大有效行程是 200mm , 则重物被举升了多高? (18 分)

第二章

液压工作介质和流体传动基础

学习目标：

了解液压工作介质的作用、种类、特点、选用、污染及其控制；了解液压冲击和气穴现象，了解能量损失的原因和种类；理解液压工作介质的黏性、可压缩性；理解流量连续性方程的含义；熟练掌握执行元件的受力和运动速度的分析和相关计算。

第一节 液压工作介质

液体是液压传动的工作介质，常用的是液压油，此外，还有乳化型传动液和合成型传动液。

一、物理性质

液压系统能否可靠、有效地工作，取决于系统中所用的工作介质的物理性质。

1. 液体的可压缩性

液体的可压缩性是指液体受压力作用时体积减小的性质。在中、低压液压系统中，液体的可压缩性很小，可以认为液体不可压缩；在压力变化很大的高压系统中，特别是液体中混入空气时，液体的可压缩性显著增加，系统稳定性变差。为降低液体可压缩性对液压系统的影响，应尽量减少工作介质中空气的含量。

2. 液体的黏性

液体在外力作用下流动（或有流动趋势）时，分子间的内聚力使流动受到牵制，在液体内部产生了内摩擦力，这种性质称为黏性。液体黏性的作用是阻滞、延缓液体内部液层的相互滑动，反映了液体抵抗剪切流动的能力。黏性的大小可以用黏度来度量。黏度分为动力黏度、运动黏度和相对黏度。工作介质的黏度指数越高，黏度随温度变化越小。常用工作介质的黏度指数见表 2-1 中的部分内容。

二、性质和种类

1. 性能要求

为了很好地传递运动和动力，液压系统使用的工作介质应具备如下性能：

- 1) 黏度合适，即工作介质在使用中无泄漏并利于设备顺畅动作。
- 2) 黏温性好，即在工作温度变化的范围内，工作介质的黏度随温度的变化小。

- 3) 具有良好的润滑性能和足够的油膜强度，使系统中的各摩擦表面获得足够的润滑。
- 4) 对金属和密封件有良好的相容性，不腐蚀机件和管道。
- 5) 抗泡沫性好，抗乳化性好，腐蚀性小，缓蚀性好。
- 6) 热膨胀系数低，比热容高，导热系数高。
- 7) 凝固点低，闪点（蒸气燃烧温度）和燃点高。普通液压油的闪点为 130~150℃。
- 8) 耐高温、热稳定性强、不挥发、对人体无害。

2. 工作介质的性质

- 1) 石油型的液压油以矿物油为基料，精炼后加入添加剂。其润滑性好，抗燃性差。
- 2) 合成型的液压液包括磷酸酯液和水-乙二醇液。磷酸酯液的燃点高，氧化稳定性好，润滑性好，使用温度范围宽，不腐蚀金属但有毒；水-乙二醇液适用于要求防火的液压系统，其高温易蒸发，低温黏度小，润滑性较差，会使油漆脱落。
- 3) 乳化液分两大类：一类是少量油（5%~10%，质量分数）分散在大量的水中，称为水包油乳化液，也称为高水基液；另一类是水分散在大量的油中（油约占 60%），称为油包水乳化液。后者的润滑性比前者好。

3. 工作介质的种类

液压系统工作介质有三种，分别是石油型、合成型和乳化型，其对应的性质见表 2-1。

表 2-1 工作介质的种类和性质

种类 性质	可燃性液液压			抗燃性液液压			
	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	油包水液	水包油液
密度/kg·m ⁻³	850~900			1100~1500	1040~1100	920~940	1000
黏度	小~大	小~大	小~大	小~大	小~大	小	小
黏度指数 ≥	90	95	130	130~180	140~170	130~150	极高
润滑性	优	优	优	优	良	良	差
缓蚀性	优	优	优	优	良	良	差
闪点/℃ ≥	170~200	170	150~170	难燃	难燃	难燃	不燃
凝点/℃ ≤	-10	-25	-35~-45	-20~-50	-50	-25	-5

三、工作介质的选用

1. 选用思路

- 1) 根据液压系统的环境与工作条件选用合适的工作介质类型，即先确定选择石油型、合成型还是乳化型。
- 2) 根据确定的类型选择工作介质的牌号。选择液压液牌号时，主要考量的是黏度等级，因为黏度对液压系统的稳定性、可靠性、效率、温升以及磨损都有显著的影响。

2. 选择黏度时的注意事项

- 1) 工作压力较高的液压系统应选用黏度较大且耐磨的工作介质。
- 2) 环境温度较高时，宜选用黏度指数较大的工作介质。
- 3) 工件的运动速度较高时，宜选用黏度较小的工作介质。

4) 在液压系统的所有元件中，液压泵内零件的运动速度最高，承受的压力最大，承压时间长，温升高，可以根据液压泵的工况选择工作介质黏度。根据液压泵的工况，推荐的工作介质黏度及牌号见表 2-2。

表 2-2 推荐的工作介质黏度及牌号

液 压 泵		黏度/mm ² ·s ⁻¹		工作压力 /MPa	工作温度 /℃	推 荐 用 牌 号
		允许	最佳			
叶 片 泵		16~220	26~54	<7	5~40	L-HM32、L-HM46、L-HM68
					40~80	
				≥7	5~40	L-HM46、L-HM68、L-HM100
					40~80	
齿 轮 泵		4~220	25~54	<12	5~40	L-HM32、L-HM46、L-HM68
					40~80	
				≥12	5~40	L-HM46、L-HM68、L-HM100、L-HM150
					40~80	
柱 塞 泵	径向	10~65	16~48	5~40	5~40	L-HM32、L-HM46、L-HM68、L-HM100、L-HM150
					40~80	
	轴向	4~76	16~47	5~40	5~40	L-HM32、L-HM46、L-HM68、L-HM100、L-HM150
					40~80	
螺 杆 泵		19~49		≥10.5	5~40	L-HM32、L-HM46、L-HM68
					40~80	

注：在推荐的工作介质的牌号中，L 表示润滑剂，H 表示液压系统用，M 表示抗磨型，数字（如 32）为黏度等级的数值。

四、工作介质的污染及控制

工作介质被污染是指工作介质中含有水分、空气、微小固体颗粒及胶状生成物等杂质。液压系统 70% 的故障是由于工作介质被污染造成的。

1. 污染的原因

- 1) 液压元件在制造、储存、运输、安装、维修过程中带人的砂粒、铁屑、磨料、焊渣、锈片、油垢、棉纱和灰尘等。这些残留物未清洗干净会造成工作介质的污染。
- 2) 周围环境中的污染物、空气、灰尘、水滴等通过一切可能的侵入点，如外露的往复运动活塞杆、油箱的进气孔和注油孔等，侵入系统，造成工作介质污染。
- 3) 液压系统在工作过程中产生的金属微粒、密封材料磨损颗粒、涂料剥离片、水分、气泡及油液变质后的胶状生成物等造成工作介质污染。

2. 污染的控制

- 1) 消除残留物污染。液压装置组装前后，必须对其零部件进行严格清洗。
- 2) 力求减少外来污染。油箱通大气处要加空气过滤器，向油箱灌油应通过过滤器，维修拆卸元件应在无尘区进行。
- 3) 在系统的有关部位设置适当精度的过滤器，并要定期检查、清洗或更换滤芯。