

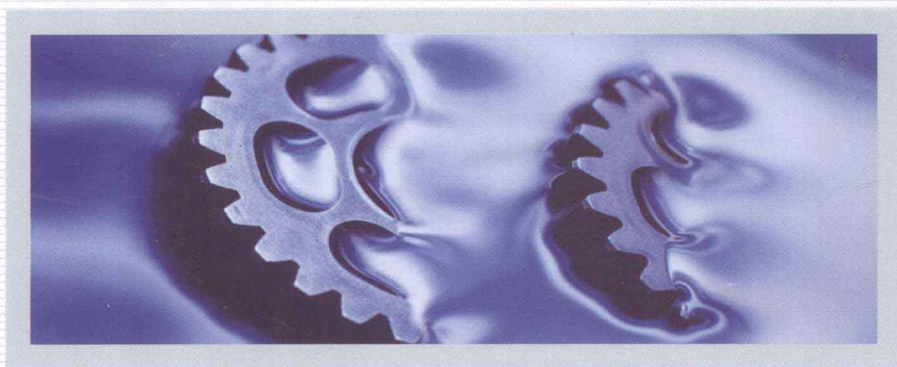
高等职业教育机械类专业“十二五”规划教材

中国高等职业技术教育研究会推荐

高等职业教育精品课程

液压传动与气动技术

徐建国 包君 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等职业教育机械类专业“十二五”规划教材
中国高等职业技术教育研究会推荐
高等职业教育精品课程

液压传动与气动技术

徐建国 包君 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书共分 10 个项目,主要包括液压与气压传动系统感性认识、液压油的使用与维护、动力元件的拆装与结构分析、执行元件的选择和拆装、液压辅助元件作用分析、液压控制阀作用分析,液压系统基本回路组建与调试,典型液压传动系统分析及故障排除、液压系统设计、气压元件的作用分析等。每个项目均附有小结及思考与练习,便于读者学习。

本书的编写自始至终贯彻职业教育的定向性、实用性和先进性原则,努力减少理论知识与计算公式的推导,以培养高技能人才为目标,深入浅出,图文并茂,选编了较多的应用实例。

本书可作为高等职业院校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院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。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动与气动技术/徐建国,包君主编. --北京:
国防工业出版社,2013. 1
高等职业教育机械类专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-118-08198-5

I. ①液… II. ①徐… ②包… 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(2012)第 231293 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16¼ 字数 370 千字
2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

高等职业教育制造类专业“十二五”规划教材 编审专家委员会名单

- 主任委员** 方 新(北京联合大学教授)
刘跃南(深圳职业技术学院教授)
- 委 员** (按姓氏笔画排列)
- 王 炜(青岛港湾职业技术学院副教授)
白冰如(西安航空职业技术学院副教授)
刘克旺(青岛职业技术学院教授)
刘建超(成都航空职业技术学院教授)
米国际(西安航空技术高等专科学校副教授)
孙 红(辽宁省交通高等专科学校教授)
李景仲(江苏财经职业技术学院教授)
段文洁(陕西工业职业技术学院副教授)
徐时彬(四川工商职业技术学院副教授)
郭紫贵(张家界航空工业职业技术学院副教授)
黄 海(深圳职业技术学院副教授)
蒋敦斌(天津职业大学教授)
韩玉勇(枣庄科技职业学院副教授)
颜培钦(广东交通职业技术学院教授)
- 总 策 划** 江洪湖

《液压传动与气动技术》 编写委员会

主 编 徐建国 包 君
副主编 李克志 秦 超 李云梅
编 委 李 博 王 勇 侯玉叶 巩 芳 李自国
蔡 强 闵文军 张 瑾 魏春莉
主 审 韩玉勇

总 序

在我国高等教育从精英教育走向大众化教育的过程中,作为高等教育重要组成部分的高等职业教育快速发展,已进入提高质量的时期。在高等职业教育的发展过程中,各院校在专业设置、实训基地建设、双师型师资的培养、专业培养方案的制定等方面不断进行教学改革。高等职业教育的人才培养还有一个重点就是课程建设,包括课程体系的科学合理设置、理论课程与实践课程的开发、课件的编制、教材的编写等。这些工作需要每一位高职教师付出大量的心血,高职教材就是这些心血的结晶。

高等职业教育制造类专业赶上了我国现代制造业崛起的时代,中国的制造业要从制造大国走向制造强国,需要一大批高素质的、工作在生产一线的技能型人才,这就要求我们高等职业教育制造类专业的教师们担负起这个重任。

高等职业教育制造类专业的教材一要反映制造业的最新技术,因为高职学生毕业后马上要去现代制造业企业的生产一线顶岗,我国现代制造业企业使用的技术更新很快;二要反映某项技术的方方面面,使高职学生能对该项技术有全面的了解;三要深入某项需要高职学生具体掌握的技术,便于教师组织教学时切实使学生掌握该项技术或技能;四要适合高职学生的学习特点,便于教师组织教学时因材施教。要编写出高质量的高职教材,还需要我们高职教师的艰苦工作。

国防工业出版社组织一批具有丰富教学经验的高职教师所编写的机械设计制造类专业、自动化类专业、机电设备类专业、汽车类专业的教材反映了这些专业的教学成果,相信这些专业的成功经验又必将随着本系列教材这个载体进一步推动其他院校的教学改革。

方新

前 言

当前,基于以工作过程为导向的项目化课程建设在我国高职院校深入进行。本书以液压传动技术为主线,阐明了液压与气动技术的基本原理,着重培养学生分析、设计液压与气动基本回路的能力,安装、调试、使用、维护液压与气动系统的能力,以及诊断和排除液压与气动系统故障的能力。

高等职业教育培养的是生产、服务和管理第一线需要的高技能人才。高等职业教育特别注重学生职业技能的训练及职业岗位能力的培养,因而本书在编写过程中,始终贯彻以学生为中心,以培养学生实际应用液压与气压传动知识的能力为主线,以培养学生实践动手能力为目标,以及教、学、练有机结合的指导思想。编者在多年教学工作的基础上,汲取同类教材的经验,精选内容,在整合和编排上不拘一格,有所创新,富有特色。理论内容以“必需、够用”为度,尽量做到少而精,体现“学为了用”的教学理念,用到什么知识就讲什么知识,用到多少就讲多少,力求反映液压与气动技术的最新成果,突出液压、气动系统在不同类型设备中的使用特点。在文字的表述上,力求准确、通俗、简洁,便于学生自学。

本书由徐建国和包君主编,具体编写分工为:项目1由李博编写;项目2由包君编写;项目3、项目4由李克志编写;项目5、项目6由秦超、侯玉叶共同编写;项目7由李云梅编写;项目8、项目9由徐建国编写;项目10由巩芳编写。参加本书编写工作的还有王勇、李自国、蔡强、闵文军、张瑾、魏春莉。韩玉勇主审了本书,提出了许多宝贵的修改意见,在此深表感谢!同时,本书在编写过程中得到所有参编人员所在单位的大力支持和帮助,在此,对枣庄科技职业学院、山东交通职业学院、山东理工职业学院、长春公共交通集团有限责任公司及山东威达重工股份有限公司提供的支持和帮助表示衷心的感谢!另外,在编写过程中还参阅了有关文献和大量的网络资源,谨向有关的编著者表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请广大读者批评指正,以便重印或修订时进一步修改完善。

编 者

目 录

项目 1 液压与气压传动系统感性认识	1
任务描述	1
知识链接	1
知识点 1 液压与气压传动工作原理及系统组成	1
知识点 2 液压与气压传动的优缺点	3
任务实施	4
知识拓展	4
知识点 液压与气动技术的应用与发展	4
小 结	5
思考与练习	5
项目 2 液压油的使用与维护	6
任务描述	6
知识链接	6
知识点 1 液压油的物理性质	6
知识点 2 液压油的选用	9
知识点 3 液体静力学基础	10
知识点 4 液体动力学方程	14
知识点 5 液体流动时的压力损失	20
知识点 6 液体流经小孔和缝隙的流量计算	24
任务实施	27
知识拓展	28
知识点 1 液压冲击与空穴现象	28
知识点 2 液压油的污染和防治措施	30
小 结	30
思考与练习	31
项目 3 动力元件的拆装与结构分析	33
任务描述	33
知识链接	33
知识点 1 初识液压泵	33
知识点 2 齿轮泵	36
知识点 3 叶片泵	39
知识点 4 柱塞泵	46
知识点 5 螺杆泵	49

知识点 6 液压泵的选用	49
任务实施	50
知识拓展	54
知识点 1 液压泵的噪声	54
知识点 2 液压泵站	54
知识点 3 液压泵的常见故障及其排除方法	55
小 结	56
思考与练习	57
项目 4 执行元件的选择和拆装	58
任务描述	58
知识链接	58
知识点 1 液压缸	58
知识点 2 液压缸主要尺寸的确定	62
知识点 3 液压缸的结构设计	64
知识点 4 液压马达	68
任务实施	69
知识拓展	71
知识点 其他液压缸	71
小 结	73
思考与练习	74
项目 5 液压辅助元件作用分析	75
任务描述	75
知识链接	75
知识点 1 蓄能器	75
知识点 2 滤油器	77
知识点 3 油箱	80
任务实施	81
知识拓展	82
知识点 其他辅件简介	82
小 结	85
思考与练习	85
项目 6 液压控制阀作用分析	86
任务描述	86
知识链接	87
知识点 1 方向控制阀	88
知识点 2 压力控制阀	97
知识点 3 流量控制阀	104
任务实施	106
知识拓展	111

知识点 比例阀、插装阀和叠加阀	111
小 结	116
思考与练习	117
项目 7 液压系统基本回路组建与调试	119
任务描述	119
知识链接	120
知识点 1 压力控制回路及分析	120
知识点 2 速度控制回路及分析	126
知识点 3 方向控制回路及分析	133
知识点 4 多缸工作控制回路	134
任务实施	138
知识拓展	144
知识点 1 节流控制调速回路分析	144
知识点 2 容积调速回路分析	148
知识点 3 液压基本回路故障分析	150
小 结	152
思考与练习	153
项目 8 典型液压传动系统分析及故障排除	156
任务描述	156
知识链接	157
知识点 1 阅读液压系统图的步骤	157
知识点 2 YT4543 型液压动力滑台液压系统	157
知识点 3 数控机床中的机械手液压系统	161
知识点 4 MJ-50 型数控车床液压系统	164
任务实施	166
知识拓展	171
知识点 1 液压系统的安装、调试及维护	171
知识点 2 YB32-200 型四柱万能液压压力机的液压系统	173
知识点 3 汽车起重机液压系统	178
小 结	182
思考与练习	182
项目 9 液压系统设计	184
任务描述	184
知识链接	184
知识点 1 液压系统的设计步骤	184
知识点 2 液压系统设计与计算的具体原则	185
任务实施	188
知识拓展	194
知识点 液压 CAD 技术简介	194

(1) 小 结·····	196
(2) 思考与练习·····	196
项目 10 气压元件的作用分析 ·····	197
(1) 任务描述·····	197
(2) 知识链接·····	197
(1) 知识点 1 气压传动概述 ·····	197
(2) 知识点 2 认识空气 ·····	200
(3) 知识点 3 气源装置和辅助元件·····	202
(4) 知识点 4 气动执行元件 ·····	208
(5) 知识点 5 气动控制元件和气动基本回路 ·····	212
(3) 任务实施·····	230
(4) 知识拓展·····	235
(1) 知识点 1 气压传动技术的发展趋势 ·····	235
(2) 知识点 2 气动元件常见故障分析·····	236
(3) 知识点 3 阅读气压传动系统图的一般步骤 ·····	240
(5) 小 结·····	241
(6) 思考与练习·····	241
附录 常用液压与气压元件图形符号 ·····	243
参考文献 ·····	250

项目 1 液压与气压传动系统感性认识

一部完整的机器是由原动机、传动机构及控制部分、工作机（含辅助装置）组成的。原动机包括电动机、内燃机等。工作机即为完成该机器工作任务的直接工作部分，如剪床的剪刀，车床的刀架、车刀、卡盘等。由于原动机的功率和转速变化范围有限，为了适应工作机的负载力和工作速度变化范围较宽，以及其他操纵性能的要求，在原动机和工作机之间设置了传动机构，其作用是把原动机输出功率经过变换后传递给工作机。

传动机构通常分为机械传动、电气传动和流体传动。流体传动是以流体为工作介质进行能量转换、传递和控制的传动。它包括液压传动和气压传动。

【知识目标】

1. 液压传动系统的基本原理和组成。
2. 液压传动的优缺点。
3. 液压传动的应用与发展。

【能力目标】

1. 能掌握液压与气压传动的基本原理和优缺点。
2. 能掌握液压与气压系统各组成部分的作用。
3. 能掌握液压系统的图形符号。



任务描述

任务：液压实验台观摩

本项目以液压实验台为载体，通过教师的操作、学生的参与、师生共同对实验现象的分析，增加学生对液压传动的感性认识，激发学生学习液压传动的兴趣，初步认识常用的液压元件。



知识链接

液压与气压传动，又称液压气动技术，是机械设备中发展速度最快的技术之一，特别是近年来，随着机电一体化技术的发展，与微电子、计算机技术相结合，液压与气压传动进入了一个新的发展阶段。

知识点 1 液压与气压传动工作原理及系统组成

（一）液压与气压传动工作原理

液压与气压传动知识广泛应用在我们的日常生活和生产工作中。看看以下几个实例。

实例 1：图 1-1 所示为人们常见的液压千斤顶原理图。它由手动液压泵和液压缸

两部分组成。其中杠杆 1、活塞 2、液压缸 3 和单向阀 4、5 组成手动液压泵，液压缸 6 和活塞 7 组成升降液压缸。需要千斤顶工作时，向上提起杠杆 1，则活塞 2 被提起，液压缸 3 下腔中压力减小，单向阀 5 关闭，单向阀 4 导通，油箱里的油液被吸入到液压缸 3 中，这是吸油过程；随后，压下杠杆 1，活塞 2 下移，液压缸 3 下腔中压力增大，迫使单向阀 4 关闭，单向阀 5 导通，高压油液经油管 11 流入液压缸 6 的下腔中，推动活塞 7 向上移动，这是压油过程。如此反复操作便可将重物 8 提升到需要的高度。在此过程中，控制阀 9 处于截止状态。打开控制阀 9，活塞 7 可以在自重和外力的作用下实现回程。这就是液压千斤顶的工作过程。

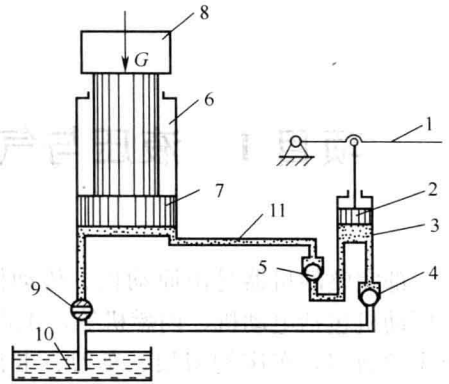


图 1-1 液压传动的工作原理

1—杠杆；2、7—活塞；3、6—液压缸；4、5—单向阀；
8—重物；9—控制阀；10—油箱；11—油管。

实例 2: 图 10-1 所示为气动剪切机的工作原理图。当工料 11 由上料装置（图中未画出）送入剪切机并到达规定位置，将行程阀 8 的按钮压下后，气动换向阀 9 的下腔 A 通过行程阀 8 与大气相通，使换向阀芯在弹簧力的作用下向下移动。由空气压缩机 1 产生的压缩空气，经过初次净化处理后储藏在储气罐 4 中，经过分水滤气器 5、减压阀 6 和油雾器 7 以及气动换向阀 9，进入气缸 10 的下腔。气缸 10 上腔的压缩空气通过气动换向阀 9 排入大气。这时，气缸活塞在气压力的作用下向上运动，带动剪刀将工料 11 切断。工料剪下后，随即与行程阀 8 脱开，行程阀复位，阀芯将排气通道封死，气动换向阀 9 的下腔 A 中的气压升高，迫使换向阀的阀芯上移，气路换向。压缩空气进入气缸 10 的上腔，气缸 10 的下腔排气，气缸活塞向下运动，带动剪刀复位，准备第二次下料。

结合上面两个实例，可以看出：液压与气压传动是以流体（液压油液或压缩空气）为工作介质进行能量传递和控制的一种传动形式。它们通过各种元件组成不同功能的基本回路，再由若干基本回路有机地组合成具有一定控制功能的传动系统。液压与气压传动系统实质上是一种能量转换装置，它由液压泵（或空气压缩机）将原动机的机械能转换为液体的压力能，再通过液压缸或液压马达（气缸或气压马达）将流体压力能转换为机械能，以驱动工作机构完成所要求的各种动作。

（二）液压与气压传动系统的构成

由上述例子可见，液压与气压传动系统由以下五个基本部分组成。

（1）动力装置。液压泵或空气压缩机。它是将原动机（电动机）供给的机械能转变为液体或者气体的压力能的装置，为各类液（气）压设备提供动力。

（2）执行元件。包括各种缸和马达。它的功用是将液体或气体的压力能转变为机械能，实现工作机构所需要的动力和运动。

（3）控制调节元件。如压力阀、流量阀、方向阀等。它们的作用是控制执行元件的压力、流量和方向，以保证执行元件完成预期的工作运动。

(4) 辅助元件。是使工作介质（油或气）储存、输送、净化、润滑、测量以及用于元件间连接的装置，如过滤器、油管、压力计、流量计、油箱、油雾器、消声器等。

(5) 工作介质。用它进行能量和信号的传递。液压系统以液压油液作为工作介质，气动系统以压缩空气作为工作介质。

(三) 图形符号

为了简化液压、气动系统的表示方法，通常采用图形符号来绘制系统的原理图。各类元件的图形符号脱离了具体结构，只表示其职能，由它们组成的系统原理图表达了系统的工作原理及各元件在系统中的作用。目前，我国液压与气压传动系统图采用 GB/T 786.1—1993 所规定的图形符号绘制。

知识点 2 液压与气压传动的优缺点

(一) 液压与气压传动系统的优点

(1) 质量小、体积小、反应快。无论是液压传动元件还是气压传动元件，在输出相同的功率条件下，体积和质量相对较小，因此惯性力小，动作灵敏。这对制造自动控制系统很重要。

(2) 实现无级调速，调速范围大，可在系统运行中调速，还可获得很低的速度。

(3) 操作简单，调整控制方便，易于实现自动化。特别是和机、电联合使用，能方便地实现复杂的自动工作循环。

(4) 便于实现“三化”，即系列化、标准化和通用化。

(5) 便于实现过载保护，使用安全、可靠。

由于液压传动与气压传动工作介质不同，因此它们还具有不同的优点。例如，液压传动可输出较大的推力和转矩，传动平稳；液压系统能够自润滑，因此液压元件使用寿命长，而气动元件在气压传动中需设置给油润滑装置。气压传动的优点是：工作介质是空气，取之不尽，用之不竭，用后直接排入大气，干净而不污染环境，特别是在食品加工、纺织、印刷、精密检测等高净化、无污染场合，有很好的发展前途。因空气的黏度很小，约为油黏度的万分之一，其损失也很小，因此气压传动的效率也高于液压传动，适宜于远距离输送和集中供气。

(二) 液压与气压传动系统的缺点

(1) 元件制作精度要求高，系统要求封闭、不泄气、不泄油，因而加工和装配的难度较大，使用和维护的要求较高。

(2) 实现定比传动困难，因此不适用于传动比要求严格的场合，例如螺纹和齿轮加工机床的传动系统。

(3) 系统出现故障不易查出原因。平时维护要求高，洁净度好。

总的来说，液压与气压传动的优点是主要的，其缺点将随着科学技术的发展会不断得到克服。例如，将液压传动与气压传动、电力传动、机械传动合理地联合使用，构成气液、电液（气）、机液（气）等联合传动，以进一步发挥各自的优点，相互补充，弥

补某些不足之处。

任务实施

1. 观察液压实验台

(1) 认识液压实验台上的元件名称,认识各个元件的外形和符号,观察液压实验台的外形、结构、组成。

(2) 液压元件的识别。

2. 分析液压传动的工作原理

(1) 压力的建立与调整。

(2) 液压缸运动方向的控制与换向。

(3) 液压缸运动速度的控制与调整。

3. 抄写液压实验使用的元件名称和图形符号

4. 安全注意事项

(1) 液压气动实训要与电和高压油、压缩空气打交道,要保证实训设备和元器件的完好性。

(2) 要正确地安装和固定好元件。

(3) 管路要连接牢固,软管脱出可能会引起事故。

(4) 限位元件不应放在动作杆的对面,而应使其侧面与杆接触。

(5) 不得使用超过限制的工作压力。

(6) 要按要求接好回路,检查无误后才能启动电机。

(7) 实训现象不能按要求实现时,要仔细检查错误点,认真分析产生错误的原因。

(8) 做液压实训时,在有压力的情况下不准拆卸管子;做气动实训时,在有压力的情况下拆卸某软管,应握紧软管的端头。

(9) 要严格遵守各种安全操作规程。

知识拓展

知识点 液压与气动技术的应用与发展

液压与气压传动相对于机械传动来说是一门新兴技术。虽然从17世纪中叶帕斯卡提出静压传递原理、18世纪末英国制造出世界上第一台水压机算起,已有几百年的历史,但液压与气压传动在工业上被广泛采用和有较大幅度的发展却是20世纪中期以后的事情。

近代液压传动是由19世纪崛起并蓬勃发展的石油工业推动起来的,最早实践成功的液压传动装置是舰艇上的炮塔转位器,其后才在机床上应用。第二次世界大战期间,由于军事工业和装备迫切需要反应迅速、动作准确、输出功率大的液压传动及控制装置,促使液压技术迅速发展。第二次世界大战后,液压技术很快转入民用工业,在机床、工程机械、冶金机械、塑料机械、农林机械、汽车、船舶等行业得到了大幅度的应用和发展。20世纪60年代以后,随着原子能、空间技术、电子技术等方面的发展,液压技术向更广阔的领域渗透,发展成为包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化

技术。现今，采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。如发达国家生产的 95% 的工程机械、90% 的数控加工中心、95% 以上的自动线都采用了液压传动。

随着液压机械自动化程度的不断提高，液压元件应用数量急剧增加，元件小型化、系统集成化是必然的发展趋势。特别是近十年来，液压技术与传感技术、微电子技术密切结合，出现了许多诸如电液比例控制阀、数字阀、电液伺服液压缸等机（液）电一体化元器件，使液压技术在高压、高速、大功率、节能高效、低噪声、使用寿命长、高度集成化等方面取得了重大进展。无疑，液压元件和液压系统的计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助试验（CAT）和计算机实时控制也是当前液压技术的发展方向。

人们很早就懂得用空气作工作介质传递动力做功，如利用自然风力推动风车、带动水车提水灌田，近代用于汽车的自动开关门、火车的自动抱闸、采矿用风钻等。因为空气作工作介质具有防火、防爆、防电磁干扰，抗振动、冲击、辐射等优点，近年来气动技术的应用领域已从汽车、采矿、钢铁、机械工业等重工业迅速扩展到化工、轻工、食品、军事工业等各行各业。和液压技术一样，当今气动技术也发展成包含传动、控制与检测在内的自动化技术，作为柔性制造系统（FMS）在包装设备、自动生产线和机器人等方面成为不可缺少的重要手段。由于工业自动化以及 FMS 的发展，要求气动技术以提高系统可靠性、降低总成本与电子工业相适应为目标，进行系统控制技术和机电液气综合技术的研究和开发。显然，气动元件的微型化、节能化、无油化是当前的发展特点，与电子技术相结合产生的自适应元件，如各类比例阀和电气伺服阀，使气动系统从开关控制进入到反馈控制。计算机的广泛普及与应用为气动技术的发展提供了更加广阔的前景。

小 结

液压与气压传动是机械设备中被广泛采用的传动方式之一。本章主要介绍了液压传动及气压传动的工作原理、液压传动及气压传动系统的组成及特点。流体传动是以流体为工作介质进行能量转换、传递和控制的传动，由动力元件、执行元件、控制调节元件及辅助元件等组成。

思考与练习

- 1-1 何谓液压传动？液压传动的基本工作原理是什么？
- 1-2 液压传动系统有哪些基本组成部分？试说明各组成部分的作用。
- 1-3 液压传动与机械传动、电气传动比较，有哪些主要的优缺点？
- 1-4 深入企业，写一份 3000 字左右的调查报告，了解液压与气动技术的应用。

项目 2 液压油的使用与维护

液压油是液压系统中的传动介质，而且还对液压装置的机构、零件起着润滑、冷却和防锈作用。液压传动系统的压力、温度和流速在很大的范围内变化，因此液压油的质量优劣直接影响液压系统的工作性能。

【知识目标】

1. 液压油的主要物理性质。
2. 液压油的使用要求与选择方法。
3. 液压传动的基本理论。

【能力目标】

1. 能正确选择和使用液压油。
2. 能掌握伯努利方程的分析应用。



任务描述

任务：液压传动系统压力的形成

操作如图 2-19 所示简单液压传动系统，分析其工作压力形成过程，以掌握压力的概念、工作压力的形成及工作压力取决于负载的功能等。



知识链接

液体是液压传动的工作介质，因此，了解液体的基本性质，掌握液体平衡和运动的主要力学规律，对于正确理解液压传动原理以及合理使用液压系统都是十分重要的。

知识点 1 液压油的物理性质

(一) 密度

单位体积液体的质量称为该液体的密度，用 ρ 表示，即

$$\rho = m/V \quad (\text{kg/m}^3) \quad (2-1)$$

式中 m ——体积为 V 的液体的质量；

V ——液体的体积；

ρ ——液体的密度。

液体的密度随温度的升高而下降，随压力的增加而增大。对于液压传动中常用的液压油（矿物油）来说，在常用的温度和压力范围内，密度变化很小，可视为常数。在计算时，常取 15℃ 时的液压油密度 $\rho = 900 \text{kg/m}^3$ 。

(二) 可压缩性

液体受压力作用而发生体积减小的性质称为液体的可压缩性。可压缩性的大小用体