



中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 液压与气压传动

## 第 2 版

马振福 主编

 机械工业出版社



中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 液压与气压传动

第 2 版

主 编 马振福  
副主编 马晓燕  
参 编 朱青松 李 勇 薛 梅



机械工业出版社

本书是中等职业教育国家规划教材。本书分液压传动、气压传动和阅读材料3大部分。

项目一~项目四为液压传动部分,主要讲解液压与气压传动认识实训,液压传动系统的工作原理及组成,液压传动系统实例,液压系统的安装调试和故障分析等内容。

项目五~项目七为气压传动部分,主要讲解气压传动系统的工作原理及组成,气压传动系统实例和气压传动系统安装调试和故障分析等内容。

项目八为阅读及选学内容部分,主要介绍液压与气动技术相关的知识,可供学生阅读学习;另外还介绍了液压与气压传动一些其他控制元件及液压伺服系统,可供不同学校、不同专业、不同学时的教师选用。

本书可作为中等职业学校机电类、机械类专业教材,也可供有关专业师生、工程技术人员和工人参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/马振福主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2008.6

中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

ISBN 978-7-111-10088-1

I. 液… II. 马… III. ①液压传动—专业学校—教材 ②气压传动—专业学校—教材 IV. TH137 TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第041789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:高倩 责任编辑:张值胜 版式设计:冉晓华

责任校对:张晓蓉 封面设计:鞠杨 责任印制:李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷

2008年6月第2版第1次印刷

184mm×260mm·14.75印张·359千字

0001—5000册

标准书号:ISBN 978-7-111-10088-1

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379195

封面无防伪标均为盗版

## 出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教成〔2001〕1号）的精神，教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中、初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均做了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

## 第2版前言

《液压与气压传动》是中等职业教育“机电技术应用”专业国家规划教材。本书是根据中等职业教育机电技术应用主干专业课程教学大纲编写的，本书第1版于2002年6月正式出版，在使用过程中受到了广泛好评。作为国家规划教材，为推动中职教学方法的改革起到了良好的作用。近几年来，液压与气动技术得到了进一步的发展，特别是机、电、液、气复合控制技术在各个领域应用日趋广泛。为了适应科技进步及中职教育的改革，为了更充分地反映我国液压与气动技术的发展，为了更好地为工程实际服务，根据教育部关于《2004-2007年职业教育开发编写计划》的通知文件精神，特对教材第1版进行修订。

本书在修订过程中，注意到当前中职学校正处于迅速发展和转型时期，正视当前中职生源的特点，从中等职业教育对人才的培养目标出发，以工程技术应用能力培养为主线，适应当前生源层次和就业岗位要求，改革教材的编写方式。本书采用以任务为导向的编写模式，加强了实践教学内容。为激发学生学习兴趣，启发学生的科学思维，增加了较多的课堂活动练习及实训课题。从而增强课堂教学互动性，有助于学生对基本概念的理解与基本方法的运用。

教学内容向“理论浅、内容新、应用多和学得活”的方向转变，并力求保持原书的风格，贯彻少而精和理论联系实际的原则。为此，本书打破了传统的教材体系，摒弃繁琐的理论公式推导，根据当前气动技术的广泛应用和发展，适当增加了气动技术的内容。为适应不同学制、不同专业、不同学时的需要，本书编写了阅读及选学内容，以便于学校和教师选用，同时也可满足学生对知识的需求。

全书共分八个项目，项目一为液压与气压传动认识实训，主要让学生对液压与气动技术有一概括的了解；项目二、三、四为液压传动的基本知识、回路系统及故障分析；项目五、六、七为气压传动的基本知识、回路系统及故障分析。项目八为阅读及选学内容。

本书第2版由马振福、马晓燕、朱青松、李勇、薛梅编写，其中，马晓燕编写了项目二（单元一、二、三）；朱青松编写了项目五（单元一、二、三、四）及项目八（单元四）；李勇编写了项目五（单元四）、项目六、七；薛梅编写了项目八（单元一、二、三）；其余由马振福编写。全书由马振福任主编，马晓燕任副主编。

本书在编写前进行了广泛的调研，广泛听取了有关教师和学生对修订的要求和建议，在编写过程中得到了相关学校和有关同志的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

### 编者

由于作者水平有限，书中难免有错误或不妥之处，恳请广大读者批评指正。

### 编者

本书在编写前进行了广泛的调研，广泛听取了有关教师和学生对修订的要求和建议，在编写过程中得到了相关学校和有关同志的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免有错误或不妥之处，恳请广大读者批评指正。

本书在编写前进行了广泛的调研，广泛听取了有关教师和学生对修订的要求和建议，在编写过程中得到了相关学校和有关同志的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免有错误或不妥之处，恳请广大读者批评指正。

本书在编写前进行了广泛的调研，广泛听取了有关教师和学生对修订的要求和建议，在编写过程中得到了相关学校和有关同志的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免有错误或不妥之处，恳请广大读者批评指正。



## 第1版前言

随着电子技术和计算机技术的蓬勃发展, 液压与气动技术已向更广阔的领域渗透。特别是与微电子、计算机技术相结合后, 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。因此, 液压与气压传动是实现工业自动化的一种重要手段, 具有广阔的发展前景。

《液压与气压传动》是中等职业教育“机电技术应用”专业国家规划教材。本书是根据中职机电技术应用主干专业课程教学大纲编写的。本教材内容包括机电专业学生必须具备的专业知识和技能。

本书主要讲述液压与气压传动的基本知识、液压与气动元件、液压与气动基本回路、气源装置以及典型液压与气压传动系统等内容。

本书在编写过程中, 以中职人才职业岗位技能要求为出发点, 强调以应用能力为主线, 基础理论以“够用”为度, 同时力求反映我国液压与气动技术发展的新成就。在内容的选取上, 遵循“少而精”的原则, 并尽力做到通俗易懂、便于自学; 力求实现知识与技能的综合, 理论与实践的综合, 编写了液压与气压传动系统的安装调试和故障分析及使用维护等方面的内容, 以适应机电专业及相关专业的需求。

本书由马振福、马晓燕、张克良共同编写, 马晓燕编写了第一、二、三、五章, 张克良编写了第九~十三章, 其余由马振福编写。本书由马振福主编。

本书在编写过程中, 得到了相关学校和有关同志的热情支持和帮助, 在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限, 且编写时间紧迫, 书中难免存在错误和不当之处, 敬请读者批评指正。

编者

## 本书常用量及其符号、单位和换算关系

量的名称	符 号	单位名称	单位符号	换算关系
质量	$m$	千克 (公斤)	kg	$1t = 1000kg$
		吨	t	
长度	$L$	米	m	
面积	$A$	平方米	$m^2$	
体积 容积	$V$	立方米	$m^3$	$1m^3 = 1000L$
		升	L	$1L = 1000cm^3$
时间、时间间隔	$t$	秒	s	$1h = 60min$ $1min = 60s$
		分	min	
		时	h	
力 重力	$F$ $W (G)$	牛 (顿)	N	$1kgf \approx 10N$
力矩 转矩	$M$ $T$	牛 (顿) 米	N · m	
功、能 (量)	$W$	焦 (耳)	J	$1J = 1N \cdot m$
功率	$P$	瓦 (特)	W	$1W = 1N \cdot m/s$
压力	$p$	帕 (斯卡)	Pa	$1bar = 10^5 Pa$
排量	$V$	升每转	L/r	$1L/r = 1000mL/r$
		毫升每转	mL/r	
体积流量	$q_v$	立方米每秒	$m^3/s$	$1L/min = 1.67 \times 10^{-5} m^3/s$
		升每分	L / min	

注：书中所用体积流量  $q_v$  均简化为流量  $q$ 。



# 目 录

系关景进味计单 号书其双景用常计本

出版说明		任务五 流量控制阀工作原理及选用	74
第2版前言		思考题和习题	79
第1版前言		单元五 速度控制回路	82
本书常用量及其符号、单位和换算关系		任务一 调速回路组成原理及油路连接	82
项目一 液压与气压传动认识实训	1	任务二 三种节流调速性能实验	92
任务一 概括了解液压传动	1	任务三 快速运动回路组成原理及油路连接	96
任务二 概括了解气压传动	3	任务四 速度换接回路组成原理及油路连接	98
任务三 液压与气压传动认识实训总结	4	思考题和习题	100
任务四 了解液压与气动技术的应用和发展	5	单元六 多执行元件控制回路	101
思考题和习题	5	任务一 顺序动作回路组成原理及油路连接	101
项目二 液压传动系统的工作原理及组成	6	任务二 同步回路组成原理及油路连接	103
单元一 液压传动的工作介质	6	思考题和习题	104
任务一 选用液压油	6	项目三 液压传动系统实例	105
任务二 了解液压系统中的压力和流量	9	任务一 组合机床动力滑台液压系统	105
任务三 了解液压冲击和空穴现象	14	任务二 数控机床液压系统	108
思考题和习题	15	任务三 KT1300V立式加工中心液压系统	110
单元二 液压动力装置	16	思考题和习题	112
任务一 液压泵工作原理及选用	16	项目四 液压传动系统的安装调试和故障分析	115
任务二 液压泵性能实验	27	任务一 液压传动系统安装与调试	115
思考题和习题	30	任务二 液压系统故障分析与排除	119
单元三 液压执行元件	31	思考题和习题	123
任务一 液压缸工作原理及选用	31	项目五 气压传动系统的工作原理及组成	124
任务二 液压马达工作原理及选用	40	单元一 气压传动的工作介质	124
思考题和习题	44	单元二 气源装置	125
单元四 液压控制元件及基本回路	46	任务一 气源装置的作用和工作原理	125
任务一 方向控制阀工作原理及选用	47	任务二 其他辅助元件的工作原理及选用	131
任务二 方向控制回路组成原理及油路连接	56	思考题和习题	135
任务三 压力控制阀工作原理及选用	58		
任务四 压力控制回路组成原理及油路连接	69		

单元三 气压传动执行元件·····	136	任务五 油箱、热交换器及压力表附件·····	195
任务一 气缸组成原理及选用·····	136	单元三 液压伺服系统及液压 CAD	
任务二 气马达组成原理及选用·····	140	技术简介·····	198
思考题和习题·····	142	任务一 液压仿形刀架工作原理·····	199
单元四 气压传动控制元件及基本回路·····	142	任务二 液压伺服系统基本类型·····	201
任务一 气压传动控制元件工作原理		任务三 液压 CAD 技术简介·····	204
及选用·····	142	思考题和习题·····	205
任务二 气压传动基本回路组成原理及		单元四 气压传动逻辑元件简介·····	206
气路连接·····	152	任务一 高压截止式逻辑元件·····	206
任务三 其他常用基本回路及		任务二 逻辑元件选用·····	208
气路连接·····	159	思考题和习题·····	208
思考题和习题·····	163	<b>附录</b> ·····	209
<b>项目六 气压传动系统实例</b> ·····	164	附表 1 常用液压与气动元件	
任务一 气动机械手气压传动系统·····	164	图形符号·····	209
任务二 门户自动开闭系统·····	166	附表 2 常用工作介质的密度·····	213
任务三 数控加工中心气动换刀系统·····	167	附表 3 常用石油型液压油的种类及	
任务四 气动生产线气压传动系统·····	169	使用范围·····	213
思考题和习题·····	174	附表 4 各类液压泵的性能比较	
<b>项目七 气压传动系统安装调试和</b>		及应用·····	213
<b>故障分析</b> ·····	175	附表 5 常用换向阀的结构原理	
任务一 气压传动系统安装与调试·····	175	及图形符号·····	213
任务二 气压传动系统故障分析		附表 6 三位换向阀的中位机能·····	214
与排除·····	179	附表 7 液压系统常见故障及排除方法·····	216
思考题和习题·····	183	附表 8 常用气马达的特点及应用·····	219
<b>项目八 阅读及选学内容</b> ·····	184	附表 9-1 气压系统常见故障及	
单元一 其他液压控制阀及其应用·····	184	排除方法·····	219
任务一 电液比例控制阀·····	184	附表 9-2 减压阀常见故障及排除方法·····	220
任务二 电液数字阀·····	185	附表 9-3 溢流阀常见故障及排除方法·····	221
单元二 液压辅助装置·····	186	附表 9-4 方向阀常见故障及排除方法·····	221
任务一 管件·····	186	附表 9-5 空气过滤器常见故障及	
任务二 密封装置·····	188	排除方法·····	222
任务三 过滤器·····	191	附表 9-6 油雾器常见故障及排除方法·····	222
任务四 蓄能器·····	193	<b>参考文献</b> ·····	223

# 项目一

## 液压与气压传动认识实训

液压与气压传动技术是机电设备中发展速度最快的技术之一，特别是近些年来，随着机电一体化技术的发展，液压与气压传动技术正向着更广阔的领域渗透发展。该技术是实现工业自动化的一种重要手段，具有广阔的发展前景。

液压与气压传动是以流体（液压油或压缩空气）为工作介质进行能量传递和控制的一种传动形式。利用各种液压与气压传动元件组成不同功能的基本回路，再由若干个基本回路有机地组合成能完成一定控制功能的传动系统，以满足机电设备对各种运动和动力的要求。

### 一、认识实训目的

对液压与气压传动有一定的了解和认识。

### 二、认识实训内容和要求

可到工程现场或在实训室参观。观看和了解液压传动和气压传动系统的组成原理及动作。

在参观实训室时，要求每个学生注意观察液压与气压传动设备或装置的总体结构和运动部件的动作，并作好参观记录。

### 任务一 概括了解液压传动

#### 学习目标

1. 了解液压传动系统的基本结构组成。
2. 了解液压传动的基本工作原理。

图 1-1a 所示为机床工作台液压传动系统结构原理图。它由油箱、过滤器、液压泵、溢流阀、换向阀、节流阀、液压缸、工作台以及连接这些元件的油管、接头等构成。

该系统的工作原理是：电动机驱动液压泵旋转，从油箱经过滤器 2 吸油，泵输出的压力油→换向阀 5→节流阀 6→换向阀 7→液压缸 8 左腔，推动活塞而使工作台 9 向右运动。这时液压缸 8 右腔的油液→换向阀 7→回油管①→油箱。如果将换向阀手柄转换成如图 1-1b 所示状态，则压力油→换向阀 7→液压缸 8 右腔，推动活塞而使工作台 9 向左运动。并使液压缸 8 左腔油液→换向阀 7→回油管①→油箱。

工作台的运动速度是由节流阀来调节的。改变节流阀的开口大小，可以改变进入液压缸的流量，从而控制液压缸活塞的运动速度。

为了克服推动工作台时受到的各种阻力，液压缸必须产生一个足够大的推力，而这个推力是由液压缸中的油液压力所产生的。要克服的阻力越大，缸中的油液压力就越高；阻力小，压力就低。这就说明了液压传动的一个基本原理，即压力取决于负载。

溢流阀的作用是调节和稳定系统的最大工作压力，并溢出定量泵多余的油液。当工作台工作进给时，液压缸活塞需要克服大的负载并作慢速运动。因此，进入液压缸的压力油必须有足够的稳定压力才能推动活塞带动工作台运动。调节溢流阀的弹簧力，使之与液压缸最大负载力相平衡，当系统压力升高到稍大于溢流阀的弹簧力时，溢流阀便打开，将定量泵输出的部分油液经油管②溢回油箱。这时系统压力不再升高，工作台保持稳定的低速运动。当工作台快速退回时，因负载小所需压力低，溢流阀关闭，泵的流量全部进入液压缸，工作台则实现快速运动。

如果将换向阀手柄转换成如图 1-1c 所示状态，则液压泵输出的压力油→换向阀 5→回油管③→油箱。这时工作台停止运动，系统处于卸荷状态。

图 1-2 所示为该液压传动系统的图形符号图。结构原理图直观性好，容易理解，但图形复杂，绘制困难。为了简化系统图，目前各国均用元件的图形符号来绘制液压和气压传动系统图。这些符号只表示元件的职能及连接通路，而不表示其结构和性能参数。目前我国的液压与气压传动系统图采用 GB/T786.1—1993 所规定的图形符号绘制。

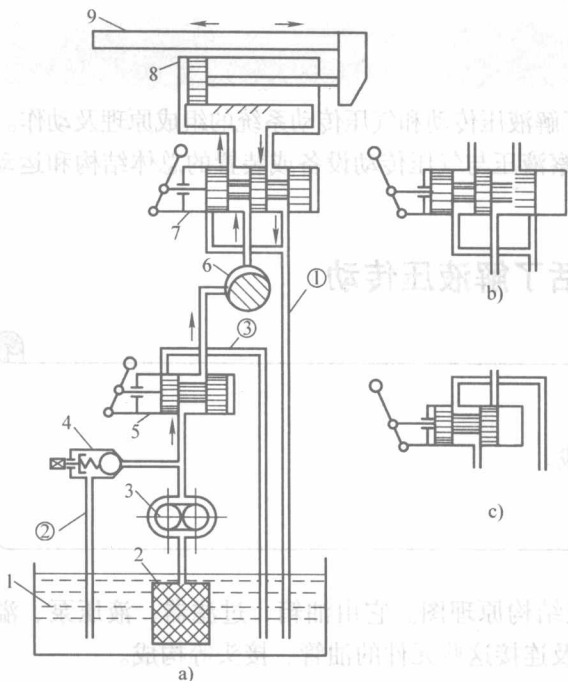


图 1-1 机床工作台液压传动系统结构原理图

- 1—油箱 2—过滤器 3—液压泵 4—溢流阀
- 5、7—换向阀 6—节流阀 8—液压缸 9—工作台
- ①、②、③回油管

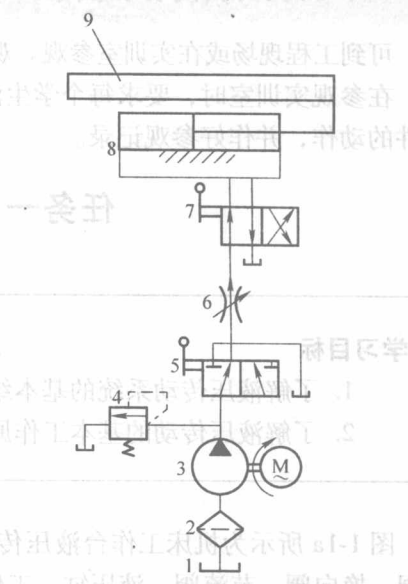


图 1-2 机床工作台液压传动系统图形符号图

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

## 任务二 概括了解气压传动

### 学习目标

1. 了解气压传动系统的基本结构组成。
2. 了解气压传动的基本工作原理。

想一想

图 1-3 所示为气动剪切机的工作原理图。图示位置为剪切前的预备状态，空气压缩机 1 输出的压缩空气→冷却器 2→油水分离器 3（降温及初步净化）→气罐 4（备用）→分水排水器 5（再次净化）→减压阀 6→油雾器 7→行程阀 8→气控换向阀 9→气缸 10。此时气控换向阀 9A 腔的压缩空气将阀心推到上位，使气缸上腔充压，活塞处于下位，剪切机的剪口张开，处于预备工作状态。

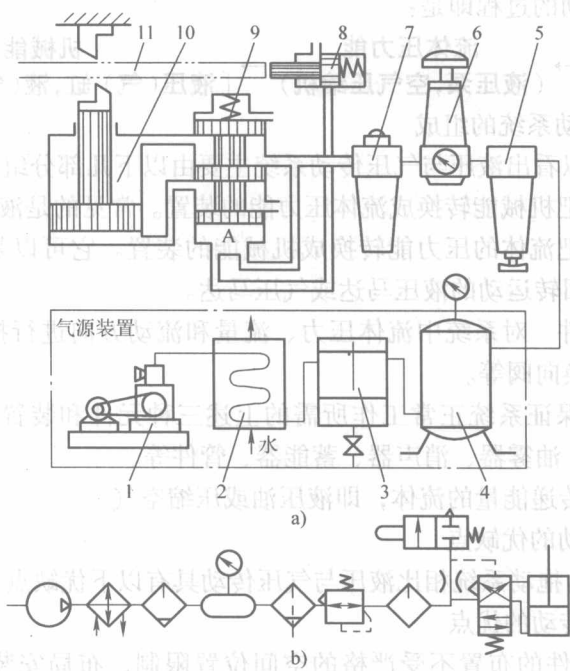


图 1-3 气动剪切机工作原理

a) 结构原理图 b) 图形符号图

- 1—空气压缩机 2—冷却器 3—油水分离器 4—气罐 5—分水排水器  
6—减压阀 7—油雾器 8—行程阀 9—气控换向阀 10—气缸 11—工料

当送料机构将工料 11 送入剪切机并到达规定位置时，工料将行程阀 8 的阀心向右推动，气控换向阀 A 腔经行程阀 8 与大气相通，气控换向阀阀心在弹簧的作用下移到下位，将气缸上腔与大气连通，下腔与压缩空气连通。此时活塞带动剪刀快速向上运动将工料切下。工

料被切下后，即与行程阀脱开，行程阀阀心在弹簧作用下复位，将排气口封死，气控换向阀A腔压力上升，阀心上移，使气路换向。气缸上腔进压缩空气，下腔排气，活塞带动剪刀向下运动，系统又恢复到图示预备状态，等待第二次进料剪切。



想一想你在日常生活中见到过哪些机械设备应用了液压或气压传动技术？试举出几个实例并加以说明。

### 任务三 液压与气压传动认识实训总结

从上面例子可以看到，液压泵（空气压缩机）将电动机的机械能转换为流体的压力能，然后通过液压缸或液压马达（气缸或气马达）将流体的压力能再转换为机械能以推动负载运动。液压与气压传动的过程即是：



#### 1. 液压与气压传动系统的组成

由上面的例子可以看出液压与气压传动系统主要由以下几部分组成：

- (1) 能源装置 把机械能转换成流体压力能的装置。常见的是液压泵或空气压缩机。
- (2) 执行元件 把流体的压力能转换成机械能的装置。它可以是作直线运动的液压缸或气缸，也可以是作回转运动的液压马达或气压马达。
- (3) 控制调节元件 对系统中流体压力、流量和流动方向进行控制和调节的装置，例如溢流阀、流量阀、换向阀等。
- (4) 辅助元件 保证系统正常工作所需的上述三种元件和装置以外的装置，如油箱、过滤器、分水排水器、油雾器、消声器、蓄能器、管件等。
- (5) 传动介质 传递能量的流体，即液压油或压缩空气。

#### 2. 液压与气压传动的优缺点

与机械传动和电力拖动系统相比液压与气压传动具有以下优缺点。

- (1) 液压与气压传动的优点
  - 1) 液压与气动元件的布置不受严格的空位置限制，布局安装灵活，可构成复杂系统。
  - 2) 在运行过程中可实现无级调速，调速范围大。
  - 3) 操作控制方便、省力、易于实现自动控制，与电气、电子控制结合易于实现自动工作循环和自动过载保护。
  - 4) 液压与气动元件已标准化、系列化和通用化，便于系统的设计、制造和推广使用。
  - 5) 在同等输出功率的情况下，液压传动装置体积小，重量轻，惯性小，动态性能好。
  - 6) 气压工作介质是空气，取之不尽，用之不竭，成本低，用后排入大气不污染环境。



## (2) 液压与气压传动的缺点

- 1) 在传动过程中, 能量需经两次转换, 故传动效率低。
- 2) 由于传动介质的可压缩性和泄漏等因素的影响, 其传动不能保证严格的传动比。
- 3) 液压传动对油温的变化较敏感, 不宜在低温、高温和温度变化很大的环境中工作。
- 4) 液压传动不宜作远距离输送。
- 5) 由于空气可压缩性大, 使得气压传动稳定性差。
- 6) 液压与气动元件制造精度高, 系统出现故障不易查找。

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不断得到克服。例如, 将液压传动、气压传动、电力传动、机械传动合理地搭配使用, 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, 弥补某些不足, 因此, 在工程实际中得到了更加广泛应用。

## 任务四 了解液压与气动技术的应用和发展

液压传动因具有结构简单、体积小、重量轻、反应速度快、输出力大、可方便地实现无级调速、易实现频繁换向、易实现自动化等优点, 所以在机床、工程机械、矿山机械、压力机械和航空工业等领域应用广泛。

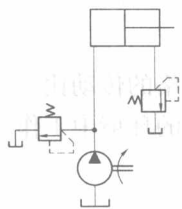
气压传动因具有操作方便、无油、无污染、防火、防电磁干扰、抗振动、抗冲击等优点, 所以在电子工业、包装机械、印染机械、食品机械等领域应用广泛。

随着液压机械自动化程度的不断提高, 液压元件数量急剧增加, 元件小型化、系统集成化是必然的发展趋势。特别是近年来, 机电技术的迅速发展, 液压技术与传感技术、微电子技术密切结合, 出现了许多新型元件, 如电液比例阀、数字阀、电液伺服液压缸等, 机(液)电一体化元器件, 使液压技术正向高压、高速、大功率、节能高效、低噪声、长寿命、高集成化等方面发展。同时, 液压元件和液压系统的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助测试(CAT)、计算机实时控制也是当前液压技术的发展方向。

当今气动技术已发展成包括传动、控制与检测在内的自动化技术。它作为柔性制造系统(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。由于工业自动化技术的发展, 气动控制技术以提高系统的可靠性、降低总成本为目标, 研究和开发系统控制技术和机、电、液、气综合技术。显然, 气动元件的微小型化、节能化、无油化、位置控制高精度化以及与电子相结合的应用元件是当前的发展特点和研究方向。

## 思考题和习题

1. 什么是液压传动? 什么是气压传动?
2. 液压与气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。
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?
4. 液压传动与气压传动有何异同?
5. 一个工厂能否采用一个液压泵站集中供给压力油? 说明理由。



## 项目二

# 液压传动系统的工作原理及组成



### 单元一 液压传动的工作介质

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

本单元主要学习液压油的物理性质，液压系统对液压油的要求和选用，液体静力学的基本特性，液体流动时的运动特性等液压传动的基础知识。

#### 任务一 选用液压油

##### 学习目标

1. 了解液压油的主要物理性质。
2. 掌握液压油的选用方法。

#### 一、了解液压油的主要物理性质

##### 1. 液体的密度

液体的密度  $\rho$  是单位体积液体的质量，即

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

式中  $m$ ——液体的质量，单位为 kg；

$V$ ——液体的体积，单位为  $\text{m}^3$ 。

矿物油型液压油的密度随温度的上升而有所减小，随压力的提高而稍有增加，但变动值很小，可认为是常数。我国采用  $20^\circ\text{C}$  时的密度作为油液的标准密度，以  $\rho_{20}$  表示。常用液压油和传动液的密度见附表 2。

##### 2. 液体的粘性

(1) 粘性的意义 液体在外力作用下流动（或有流动趋势）时，分子间的内聚力要阻止

分子相对运动而产生一种内摩擦力，这种现象叫液体的粘性。液体只有在流动（或有流动趋势）时才会呈现出粘性，粘性使流动液体内部各处的速度不相等，静止液体不呈现粘性。

(2) 液体的粘度 液体粘性的大小用粘度来表示，常用的粘度有三种：动力粘度、运动粘度和相对粘度。

1) 动力粘度  $\mu$  又称绝对粘度，它是表征液体粘性的内摩擦系数，单位为  $\text{Pa} \cdot \text{s}$ （帕·秒）。

2) 运动粘度  $\nu$  是动力粘度与其密度的比值，即  $\nu = \mu/\rho$ ，单位为  $\text{m}^2/\text{s}$ 。运动粘度  $\nu$  无明确的物理意义，但 ISO 规定统一采用运动粘度来标志液体粘度，液压油的牌号就是采用它在  $40^\circ\text{C}$  时运动粘度（以  $\text{mm}^2/\text{s}$  计）的中心值来标号的。例如 L—HL32 普通液压油在  $40^\circ\text{C}$  时的运动粘度的中心值为  $32\text{mm}^2/\text{s}$ 。

3) 相对粘度又称条件粘度，由于测量仪器和条件不同，各国相对粘度的含义也不同，如美国采用赛氏粘度（SSU）；英国采用雷氏粘度（R）；而我国和一些欧洲国家采用恩氏粘度  $^\circ E$ 。恩氏粘度  $^\circ E$  用恩氏粘度计测定。

恩氏粘度与运动粘度（ $\text{m}^2/\text{s}$ ）的换算关系为

当  $1.35 \leqslant ^\circ E \leqslant 3.2$  时

$$\nu = \left( 8^\circ E - \frac{8.64}{^\circ E} \right) \times 10^{-6} \quad (2-2)$$

当  $^\circ E > 3.2$  时

$$\nu = \left( 7.6^\circ E - \frac{4}{^\circ E} \right) \times 10^{-6} \quad (2-3)$$

4) 当油液产品的粘度不符合要求时，可将同一型号两种粘度不同的油按适当的比例混合起来使用，称为调合油。调合油的粘度可用下面经验公式计算

$$^\circ E = \frac{a_1 ^\circ E_1 + a_2 ^\circ E_2 - c(^{\circ}E_1 - ^{\circ}E_2)}{100} \quad (2-4)$$

式中  $^\circ E_1$ 、 $^\circ E_2$ ——混合前两种油液的恩氏粘度，取  $^\circ E_1 > ^\circ E_2$ ；

$^\circ E$ ——混合后的调合油的恩氏粘度；

$a_1$ 、 $a_2$ ——两种油液各占的百分数（ $a_1 + a_2 = 100\%$ ）；

$c$ ——实验系数，见表 2-1。

表 2-1 实验系数  $c$  的值

$a_1$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$a_2$	90	80	70	60	50	40	30	20	10
$c$	6.7	13.1	17.9	22.1	25.5	27.9	28.2	25	17

### 3. 粘度与温度的关系

液压油粘度对温度的变化十分敏感，如图 2-1 所示，温度升高，粘度下降。这种油液粘度随温度变化的性质称为粘温特性。由图可见，温度对液压油粘度影响较大，必须引起重视。

### 4. 液体的可压缩性

液体受压力作用而使其体积发生变化的性质，称为液体的可压缩性。对于一般液压系