

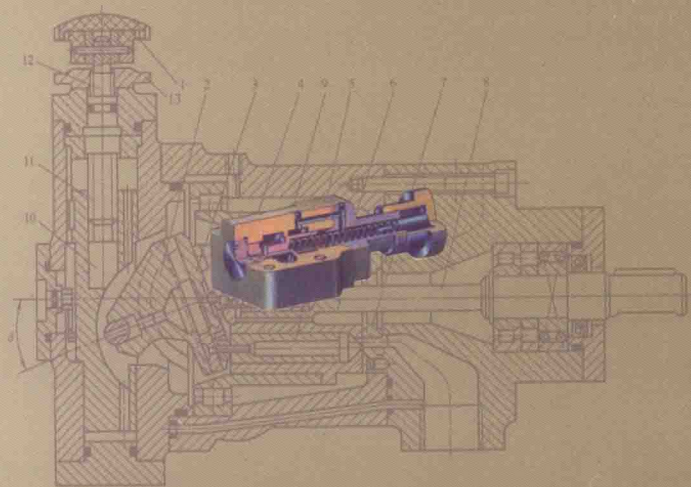
高职高专“十二五”机电类规划教材

液压与气压传动技术

主 编 杜 娟
副主编 刘 娟 白娟娟

YEYA

YU QIYA CHUANDONG JISHU



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高职高专“十二五”机电类规划教材

液 压 与 气 压 传 动 技 术

主 编 杜 娟

副主编 刘 娟 白娟娟

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书包括液压传动控制技术和气压传动控制技术两部分内容,阐明了液压与气动技术的基本原理,突出培养学生分析、设计液压与气动基本回路的能力;通过教学和训练交替、系统综合模拟实训等模式,培养学生对液压、气动系统的安装、调试、使用、维护能力以及故障分析诊断和排除液压与气动系统故障的能力。

本书在编写过程中,突出与实际应用相结合,注重引入最新的液压、气动技术内容,章节层次清晰,内容简洁易懂,实例以工业应用为主,有利于广大读者学习和掌握。

本书可作为初中毕业生与中等职业教育学校三年学制院校机电类专业学生的教材,中等专业学校机械类的学生也可以选用。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动技术/杜娟主编.--北京:北京邮电大学出版社,2012.8

ISBN 978-7-5635-3217-9

I. ①液… II. ①杜… III. ①液压传动 ②气压传动 IV. ①TH137 ②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 205259 号

书 名: 液压与气压传动技术

作 者: 杜 娟 刘 娟 白娟娟

责任编辑: 满志文

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

发 行 部: 电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京联兴华印刷厂

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 11.5

字 数: 277 千字

版 次: 2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-3217-9

定价: 26.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

在职业教育教学改革的大环境下,《液压与气压传动技术》这门课程实行了理论实践一体化教学教改模式,目前正逐步采用项目教学这种模式。随着教育改革的不断推进,学生的学习兴趣也在逐步提高。采用一体化教学可以让学生对知识点的理解 and 应用更清晰、更直观,最大的优势在于扩展学生的思维空间,提高了学生的实践操作能力。

本教材主要教学方向是以学生的实践操作能力的训练为主,理论知识为铺垫。因此教学内容主要偏重于实际操作部分,教材中对液压与气压传动的基本理论的阐述简明扼要,强调两种传动技术的实际应用,将理论与实践相结合,提高学生的学生兴趣和学习能力。

全书分为7个项目,项目一~项目四为液压与气动系统的理论部分,主要介绍液压与气压传动系统的基础知识;常用元件、装置及其图形符号和工作特点。项目五、项目六为实践操作部分,主要介绍液压系统和气压系统的基本回路,要求学生动手操作,提高实践能力。项目七是一些典型液压系统和气压系统,这一部分是对前面理论知识及实际操作部分的进一步提高,培养学生对液压系统及气压系统图的分析能力,提高学生总结知识、深化内容、举一反三的学习能力。

本教材可作为中等职业院校机电类专业学生的教材,中等专业学校机械类的学生也可以选用。本教材的授课时数为72~96学时,其中理论部分内容为32~42学时,实践操作部分为40~54学时。本书由陕西省电子工业学校杜娟老师任主编,刘娟老师和白娟娟老师任副主编。具体编写分工如下:杜娟老师编写项目五、项目六和附录;刘娟老师编写项目一、项目二、项目三、项目四;白娟娟老师编写项目七。

由于编者水平有限,教材中难免有一些不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 认知篇

项目一 液压与气压传动的概论	3
任务 1 概述	3
任务 2 液压与气压传动的工作原理	3
任务 3 液压与气压传动系统的组成及应用	4
任务 4 液压与气压传动的优缺点	5
练习与思考题	9
项目二 液压与气压传动工作介质基础理论知识	10
任务 1 液压传动工作介质的性质	10
任务 2 流体的静力学基础	15
任务 3 流体动力学基础	17
任务 4 管道中液流的特性	23
练习与思考题	30
项目三 液压元件	32
任务 1 液压动力元件	32
练习与思考题	52
任务 2 液压执行元件	52
练习与思考题	63
任务 3 液压系统的控制元件	63
任务 4 液压辅助元件	77
练习与思考题	91
项目四 气压传动系统	95
任务 1 气源装置及辅助元件	95
任务 2 气动执行元件	102
任务 3 气动控制元件	108
练习与思考题	119

第二篇 实操篇

项目五 液压基本回路	123
任务 1 汽车起重机液压传动系统——支腿收放支路	123
任务 2 工件的定位与夹紧控制	126
任务 3 速度控制回路	130
任务 4 速度换接控制	133



任务 5 压力控制回路的应用	137
练习与思考题	145
项目六 气压基本回路	147
任务 1 速度控制回路	147
任务 2 逻辑功能控制回路	148
任务 3 延时控制回路	151
任务 4 连续往复控制回路	154
练习与思考题	155
项目七 典型液压与气压传动系统	157
任务 1 组合机床动力滑台液压传动系统	157
任务 2 塑料注射成形机液压传动系统	160
任务 3 公交车门的控制——气压传动系统控制	162
练习与思考题	163
任务 4 气动机械手气压传动系统	163
附录 A 常用液压与气压传动图形符号	166
参考文献	176

第一篇

认知篇

项目一

液压与气压传动的概论

任务1 概述

液压与气压传动是以有压液体为能源介质,来实现各种机械的传动和控制。液压与气压传动实现传动和控制的方法是基本相同的,它们都是利用各种元件组成所需要的各种控制回路,再由若干回路有机组合成能完成一定控制功能的传动系统,以此来进行能量的传递、转换及控制。

任务2 液压与气压传动的工作原理

液压传动是依靠密封容积的变化来传递运动,依靠油液内部的压力来传递动力的。气压系统与液压系统的工作原理基本相同,现以图 1-1 液压千斤顶为例来说明液压传动系统的工作原理,具体过程如下:

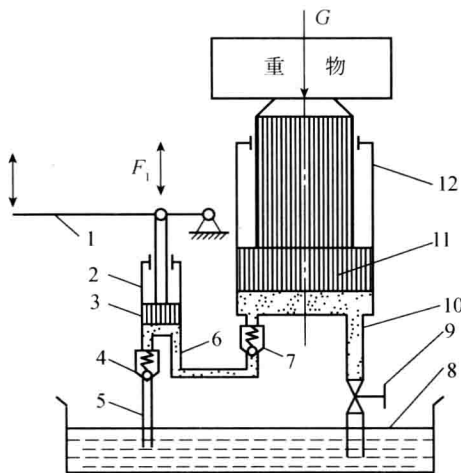


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

1—杠杆;2—小油缸;3—小活塞;4、7—单向阀;5—吸油管;6、10—管道;
8—油箱;9—截止阀;11—大活塞;12—大油缸



液压千斤顶主要由手动液压泵(杠杆 1、小油缸 2、小活塞 3)和液压缸(大活塞 11 和大油缸 12)两大部分构成。提起杠杆 1,小活塞 3 上升,小油缸 2 下腔的工作容积增大,形成局部真空,于是油箱 8 中的油液在大气压力的作用下,推开单向阀 4 进入小油缸 2 的下腔(此时单向阀 7 关闭);当压下杠杆 1 时,小活塞 3 下降,小油缸 2 下腔的容积缩小,油液的压力升高,打开单向阀 7(此时单向阀 4 关闭),小油缸 2 下腔的油液进入大油缸 12 的下腔(此时截止阀 9 关闭),使大活塞 11 向上运动,将重物顶起一段距离。如此反复提压杠杆 1,就可以使重物不断上升,达到顶起重物的目的。工作完毕,打开截止阀 9,使大油缸 12 下腔的油液通过管路直接流回油箱,大活塞 11 在外力和自重的作用下实现回程。这就是液压千斤顶的工作原理。

图 1-1 中,小油缸 2 的活塞面积为 A_1 ,驱动力为 F_1 ,液体压力为 p_1 ,大油缸 12 的活塞面积为 A_2 ,负载力为 G ,液体压力为 p_2 。

稳态时,小油缸 2 的活塞和大油缸 12 的活塞静压力平衡方程式分别为

$$\begin{cases} F_1 = p_1 A_1 \\ G = p_2 A_2 \end{cases} \quad (1.1)$$

式中: F_1 ——驱动力(N);

p_1 、 p_2 ——液体压力(Pa);

A_1 ——小油缸 2 的活塞面积(mm^2);

A_2 ——大油缸 12 的活塞面积(mm^2);

G ——负载力(N)。

如不考虑管道的压力损失,则 $p_1 = p_2$ 。

于是输出力即所能克服的外负载为

$$G = p_2 A_2 = p_1 A_2 \quad (1.2)$$

由此可知

$$p_1 = G/A_2 = p_2 \quad (1.3)$$

从以上分析可知,液压传动的基本工作原理如下:

- ① 液压传动的液体为传递能量的工作介质。
- ② 液压传动必须在密闭的系统中进行,且密封的容积必须发生变化。
- ③ 液压传动系统使一种能量转换装置,而且有两次能量转换过程。
- ④ 工作液体只能承受压力,不能承受其他应力,所以这种传动是通过静压力进行能量传递的。

任务 3 液压与气压传动系统的组成及应用

液压与气压传动系统主要由以下几个部分组成:

① 动力装置是把机械能转换成流体压力能的装置,一般最常见的是装置是液压泵和气源装置。

② 执行装置是把流体压力能转换成机械能的装置,一般指作直线运动的液(气)压缸、作



回转运动的液(气)压马达等。

③控制调节装置是对液(气)压系统中流体的压力、流量和流动方向进行控制和调节的装置。如溢流阀、节流阀、换向阀等。这些元件的不同组合组成了能完成不同功能的液(气)压系统。

④辅助装置是指除以上三种以外的其他装置,如油箱、过滤器、分水滤气器、油雾器、蓄能器等。它们对保证液(气)压系统可靠和稳定地工作有重大作用。

⑤传动介质是传递能量的流体。液压系统的传动介质是液压油,气压系统的传动介质是压缩空气。

任务4 液压与气压传动的优缺点

液压及气压传动在组成系统时,与机械装置相比,其主要优点是操作方便、省力,系统结构空间的自由度大,易于实现自动化。如与电气控制相结合,可较方便地实现复杂的程序动作和远程控制。此外流体传动还具有传递运动均匀平衡,反应速度快,冲击小,能高速启动、制动和换向,易于实现过载保护,流体控制元件标准化、系列化和通用化程度高,有利于缩短机器的设计、制造周期和降低制造成本。

当然,液压和气压传动也有一定的缺点。例如传动介质易泄漏和可压缩性会使传动比不能严格保证;由于能量传递过程中压力损失和泄漏的存在使传动效率低;反应速度慢,不能微型化,不适于遥控,系统安装麻烦;流体传动装置不能在高温或低温下工作;流体控制元件制造精度高,成本较高以及系统工作过程中发生故障不易诊断等。具体内容见表 1-1。

表 1-1 液压与气压传动的优缺点

	液压传动	气压传动
工作介质	液压油或其他合成液体	压缩空气
优点	(1)可在运行过程中进行无极调速,调速方便且调速范围大 (2)相同功率时,该装置体积小、质量小、结构紧凑 (3)工作比较平稳、反应快、换向冲击小,能快速启动、制动和频繁换向 (4)控制调节简单,操作方便、省力,易实现自动化,与电气控制结合,更易实现各种复杂的自动控制 (5)易实现过载保护,液压元件能够自行润滑,故使用寿命较长 (6)液压元件已实现了系列化、标准化和通用化,故安装、调试和使用都比较方便	(1)空气可以从大气中取之不竭,无介质费用和供应上的困难,将用过的气体排入大气,处理方便。泄漏不会严重影响工作,不会污染环境 (2)空气的黏性很小,在管路中的阻力损失远小于液压传动系统,宜于远程传输及控制 (3)工作压力低,元件的材料和制造精度低 (4)维护简单,使用安全。特别适用于无线电元器件的生产过程,也适用于食品及医药的生产过程 (5)气动元件可根据不同场合,采用相应材料,使元件能够在恶劣的环境下正常工作



续表

	液压传动	气压传动
缺点	(1)液体的泄漏和可压缩性使液压传动难以保证严格的传动比 (2)在工作中能量损失较大,传动效率较低 (3)液压传动对油温变化比较敏感,不宜在很高和很低的温度下工作 (4)液压传动出现故障时不易诊断	(1)气压传动装置的信号传递速度限制在声速(约 340m/s)范围内,所以它的工作频率和响应速度远不如电子装置,并且信号要产生较大的失真和延滞,不便构成较复杂的回路 (2)空气的压缩性远大于液压油的压缩性,因此在动作的响应能力、工作速度的平稳性方面不如液压传动 (3)气压传动系统工作压力低出力较小,且传动效率低 (4)气压传动系统噪声大

【知识扩展】

液压与气压传动的应用及发展

液压传动主要应用于工程机械、矿山机械、压力机械和航空工业中,原因是取其结构简单、体积小、质量小、输出力大;机床上采用液压传动是取其能在工作过程中方便地实现无极调速,易于实现频繁地换向,易于实现自动化。

气压传动主要应用于电子工业、包装机械、印染机械、食品机械等方面,原因是取其操作方便,无油、无污染的特点。

1.4.1 液压技术的发展趋势

由于液压技术广泛应用了高技术成果,如自动控制技术、计算机技术、微电子技术、摩擦磨损技术、可靠性技术及新工艺和新材料,使传统技术有了新的发展,也使液压系统和元件的质量、水平有一定的提高。尽管如此,走向 21 世纪的液压技术不可能有惊人的技术突破,应当主要靠现有技术的改进和扩展,不断扩大其应用领域以满足未来的要求。综合国内外专家的意见,其主要的发展趋势将集中在以下几个方面。

1. 减少能耗,充分利用能量

液压技术在将机械能转换成压力能及反转换方面已取得很大进展,但一直存在能量损耗,主要反映在系统的容积损失和机械损失上。如果全部压力能都能得到充分利用,则将使能量转换过程的效率得到显著提高。为减少压力能的损失,必须解决下面几个问题:

①减少元件和系统的内部压力损失,以减少功率损失。主要表现在改进元件内部流道的压力损失,采用集成化回路和铸造流道,可减少管道损失,同时还可减少漏油损失。

②减少或消除系统的节流损失,尽量减少非安全需要的溢流量,避免采用节流系统来调节流量和压力。

③采用静压技术,新型密封材料,减少摩擦损失。

④发展小型化、轻量化、复合化、广泛发展 3 通径、4 通径电磁阀以及低功率电磁阀。



⑤改善液压系统性能,采用负荷传感系统,二次调节系统和采用蓄能器回路。

⑥为及时维护液压系统,防止污染对系统寿命和可靠性造成影响,必须发展新的污染检测方法,对污染进行在线测量,要及时调整,不允许滞后,以免由于处理不及时而造成损失。

2. 主动维护

液压系统维护已从过去简单的故障拆修发展到故障预测,即发现故障苗头时,预先进行维修,清除故障隐患,避免设备恶性事故的发展。

要实现主动维护技术必须要加强液压系统故障诊断方法的研究,当前,凭有经验的维修技术人员的感官和经验,通过看、听、触、测等判断找故障已不适于现代工业向大型化、连续化和现代化方向发展,必须使液压系统故障诊断现代化,加强专家系统的研究,要总结专家的知识,建立完整的、具有学习功能的专家知识库,并利用计算机根据输入的现象和知识库中知识,用推理机中存在的推理方法推算出引出故障的原因,提高维修方案和预防措施。要进一步引发液压系统故障诊断专家系统通用工具软件,对于不同的液压系统只需修改和增减少量的规则。

另外,还应开发液压系统自补偿系统,包括自调整、自润滑、自校正,在故障发生之前,进自补偿,这是液压行业努力的方向。

3. 机电一体化

电子技术和液压传动技术相结合,使传统的液压传协与控制技术增加了活力,扩大了应用领域。实现机电一体化可以提高工作可靠性,实现液压系统柔性化、智能化,改变液压系统效率低、漏油、维修性差等缺点,充分发挥液压传动出力大、惯性小、响应快等优点,其主要发展动向如下:

①电液伺服比例技术的应用将不断扩大。液压系统将由过去的电气液压 on-oE 系统和开环比例控制系统转向闭环比例伺服系统,为适应上述发展,压力、流量、位置、温度、速度、加速度等传感器应实现标准化。计算机接口也应实现统一和兼容。

②发展和计算机直接接口的功耗为 5mA 以下电磁阀,以及用于脉宽调制系统的高频电磁阀(小于 3ms)等。

③液压系统的流量、压力、温度、油的污染等数值将实现自动测量和诊断,由于计算机的价格降低,监控系统,包括集中监控和自动调节系统将得到发展。

④计算机仿真标准化,特别对高精度、“高级”系统更有此要求。

⑤由电子直接控制元件将得到广泛采用,如电子直接控制液压泵,采用通用化控制机构也是今后需要探讨的问题,液压产品机电一体化现状及发展。

1.4.2 气动技术的发展趋势

气动技术越来越多地应用于各行业的自动装配和自动加工小件、特殊物品的设备上,原有传统的气动元件性能正在不断提高,同时陆续开发出适应市场要求的新产品,使气动元件的品种日益增加,其发展趋势主要有以下几个方面:

1. 机电一体化、智能化

与电子技术结合,大量使用传感器。气动元件智能化带开关的气缸国内已普遍使用,开



关体积将更小,性能更高,可嵌入气缸缸体。有些还带双色显示,可显示出位置误差,使系统更可靠。用传感器代替流量计、压力表、能自动控制压缩空气的流量、压力,可以节能并保证使用装置正常运行。随着工业的发展,特别是机床、汽车、冶金、石化等工业装备自动化水平的大幅提高,以及食品、包装、微电子、生物工程、医药、轻纺等行业的大力发展。所需的各种高效、多功能、自动化设备和自动生产线,都迫切需要配套这样的气电一体化产品。因此,气动机电一体化与智能化技术的开发和应用,不仅是国际气动技术发展的一个大趋势,也是我国气动工业必须加快跟踪发展的一个大方向,应列为重点发展的关键技术,不断加大对其研究开发的力度。

2. 精密化、高速化、小型化

为了使气缸的定位更精确,使用了传感器、比例阀等实现反馈控制,定位精度达 0.01mm 。执行元件的定位精度提高,刚度增加,活塞杆不回转,使用更方便。为了提高气缸的定位精度,附带制动机构和伺服系统的气缸应用越来越普遍。

为了提高生产率,自动化的节拍正在加快,高速化是必然趋势。目前气缸的活塞速度范围为 $50\sim 750\text{mm/s}$ 。要求气缸的活塞速度提高到 5m/s ,最高达 10m/s 。与此相应,阀的响应速度将加快,要求由现在的 $1/100$ 秒级提高到 $1/1\,000$ 秒级。向高响应、高速度方向发展。为了提高生产设备的生产效率,提高执行元件的工作速度势在必行。

有限的空间要求气动元件的外形尺寸尽量小,小型化是主要发展趋势。现在最小气缸内径仅为 $\phi 2.5$,并配制开关。电磁阀宽度仅 10mm ,有效截面积达 5mm^2 。接口 $\phi 4$ 的减压阀也已开发。在电子元件、药品等制造行业中,由于被加工件体积很小,势必限制了气动元件的尺寸。国外已开发了仅有拇指般大小、有效截面积为 0.2mm^2 的超小型电磁阀。能开发出外形尺寸小而流量较大的元件更为理想。为此,相同外形尺寸的阀,流量已提高 $2\sim 3.3$ 倍。有一种系列的小型电磁阀,其阀体宽仅 10mm ,有效面积可达 5mm^2 ;宽 15mm ,有效面积可达 10mm^2 等。

3. 高寿命、高可靠性和自诊断功能

$5\,000$ 万次寿命的气阀和 $3\,000\text{ km}$ 的气缸已商品化,但在纺织机械上有一种高频阀寿命要求 1 亿次以上,最好达 2 亿次。这个要求现有的弹性密封阀很难达到,这使间隙密封元件重新获得重视。气动元件大多用于自动生产线上,元件的故障往往会影响到全线的运行,生产线的突然停止会造成严重的损失,为此,对气动元件的工作可靠性提出了高要求。有时为了保证工作可靠,不得不牺牲寿命指标,因此,气动系统的自诊断功能提到了议事日程上,附加预测寿命等自诊断功能的元件和系统正在开发之中。随着机械装置的多功能化,接线数量越来越多,不仅增加了安装、维修的工作量,也容易出现故障,影响工作可靠性,因此配线系统的改进也为气动元件和系统设计人员所重视,便于保养、维修和使用。国外正在研究使用传感器实现气动元件及系统具有故障预报和自诊断功能。

4. 节能、环保、低功耗

节能是企业永久的课题,并将规定在建立 ISO14000 环保体系标准中。进入 21 世纪以来,节能环保事业越来越得到重视,一系列的节能政策和节能措施不断颁布实施。在这样一个背景下,可以预见今后几年,越来越多的产业领域、企业都将改变现在不计能耗只顾发展



的态势,开始着手采取措施,有计划、有步骤地削减能耗。以此为背景,在工业生产中占据工厂总耗电量 10%~20%,有些工厂甚至高达 35%的气动系统在我国将不可避免地会成为节能工作的对象。在原油日益高涨、能源问题突出的今天,气动系统使用中浪费严重等问题也引起了人们的关注,气动系统的节能在我国正成为一个重要而迫切的课题。目前,我国大部分企业对气动系统能耗问题认识不足,节能意识淡薄。因此,明确气动系统的能耗,分析当前企业中压缩空气使用状况的合理性,参照发达国家实施节能改造所取得的经验及数据,探讨我国企业实施节能的空间及社会经济效益,把握气动节能的策略,制定行之有效的气动节能措施,对今后深入地开展气动节能活动具有重要意义。

5. 无油、无味、无菌化

人类对环境的要求越来越高,因此无油润滑的气动元件将普及化。还有些特殊行业,如食品、饮料、制药、电子等,对空气的要求更为严格,除无油外还要求无味、无菌等,这类特殊要求的过滤器将被不断开发。普遍使用无油润滑技术,满足某些特殊要求。由于环境污染以及电子、医疗、食品等行业的要求,环境中不允许有油,因此无油润滑是气动元件的发展趋向,同时无油润滑可使系统简化。欧洲市场上油雾器已属淘汰的产品,普遍做到了无油润滑。

6. 不断应用新技术、新工艺、新材料

型材挤压、铸件浸渗和模块拼装等技术十多年前在国内已广泛应用;压铸新技术(液压抽芯、真空压铸等)、去毛刺新工艺(爆炸法、电解法等)已在国内逐步推广;压电技术、总线技术,新型软磁材料、透析滤膜等正在被应用;超精加工、纳米技术也将被移植。使用新材料,与新技术相结合。国外开发了模式干燥器,该干燥器利用高科技的反渗析薄膜滤去压缩空气中的水分,有节能、寿命长、可靠性高、体积小、重量轻等特点,适用于流量不大的场合。气动行业的科技人员特别关注密封件发展的新动向,一旦新结构和新材料的密封件出现,就会被采用。

7. 满足某些行业的特殊要求

在激烈的市场竞争中,为某些行业的特定要求开发专用的气动元件是开拓市场的一个重要方面,各厂都十分关注。国内气动行业近期开发的如铝业专用气缸(耐高温、自锁)、铁路专用气缸(抗震、高可靠性)、铁轨润滑专用气阀(抗低温、自过滤能力)、环保型汽车燃气系统(多介质、性能优良)等。



练习与思考题

1. 液压与气压传动系统是由几部分组成的? 分别为哪几部分?
2. 试总结出液压传动与气压传动的相同与不同之处。
3. 试述液压千斤顶的工作过程。

项目二

液压与气压传动工作介质基础理论知识

任务1 液压传动工作介质的性质

液压与气压传动以流体为工作介质进行能量传递的,液压系统的传动介质是液压油,气压系统的传动介质是压缩空气,这两种传动介质统称为流体。流体的基本性质、静态和运动的主要力学规律对理解和掌握液压与气压传动原理起着重要的作用,下面首先了解一下流体的基本性质。

2.1.1 密度

体积为 V 、质量为 m 的液体的密度 ρ 为

$$\rho = m/V \quad (2.1)$$

式中: ρ ——液体的密度, kg/m^3 ;

m ——液体的质量, kg ;

V ——液体的体积, m^3 。

液压与气压传动的工作介质的密度都随温度上升而减小,随压力增加而增加。但液压油的密度随温度和压力变化的变化值很小时,可以近似认为是常数,而空气的密度受温度和压力变化的影响较大,不能忽略。

2.1.2 黏性

流体在流动时,其分子间产生内摩擦力的性质,称为流体的黏性,黏性的大小用黏度来表示。黏度又分为动力黏度和运动黏度。

①动力黏度。表征液体黏性的内摩擦大数(又称绝对黏度),用 μ 表示。在国际单位制 SI 中的单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒)。

②运动黏度。动力黏度 μ 与其密度 ρ 的比值,称为运动黏度,用 ν 表示。在 SI 中的单位是 m^2/s ($\text{米}^2/\text{秒}$)。习惯上常用运动黏度来标志液体黏度。

液压油黏度对温度的变化很敏感,温度升高,黏度下降。一般在中低压时,液压油黏度可视为常数,但当压力大于 10 MPa 时,则需考虑压力对黏度的影响。

空气黏度随温度变化而变化,压力变化对黏度的影响可忽略不计。



③黏度与温度、压力的关系。流体所受的压力增加时,其分子间的距离将减小,其内聚力增加,黏度也随之增大。液体的黏度与压力的关系可表示为

$$\nu_p = \nu(1 + 0.003p) \quad (2.2)$$

式中: ν_p ——压力为 p 时液体的运动黏度;

ν ——压力为 101.33kPa(1 个大气压)时流体的运动黏度;

p ——流体所受的压力。

由式(2.2)可知,对于液压油,在中低压液压系统内,压力变化很小,因而对黏度影响较小,可以忽略不计;当压力较高(大于 10MPa)或压力变化较大时,则需要考虑压力对黏度的影响。

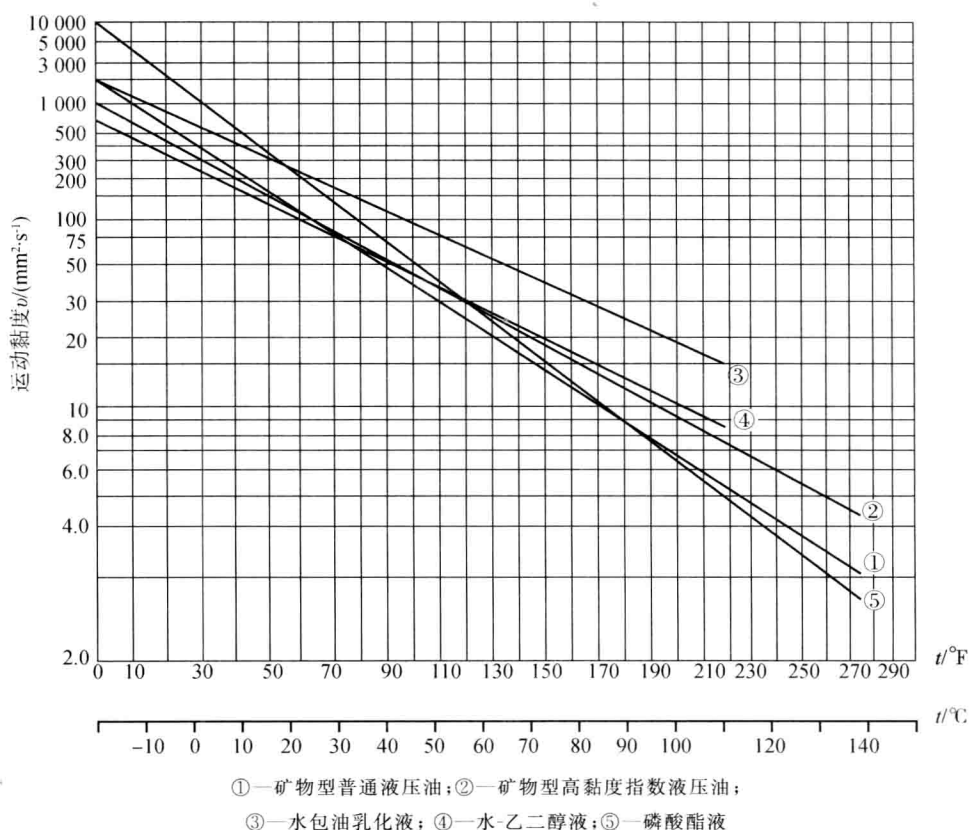


图 2-1 几种典型液压油的黏温特性曲线图

2.1.3 黏度与温度的关系

黏度对温度的变化是十分敏感的,当温度升高时,流体分子间的内聚力减小,黏度就随之降低,这一特性称为黏温特性。不同种类的液压油有不同的黏温特性,图 2-1 所示为几种典型液压油的黏温特性曲线图。

对于一般常用的液压油,当运动黏度不超过 $76\text{mm}^2/\text{s}$,温度在 $30\sim 150^\circ\text{C}$ 范围内时,可用下述近似公式计算其温度为 $t^\circ\text{C}$ 的运动黏度,即