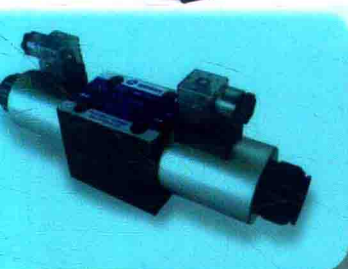
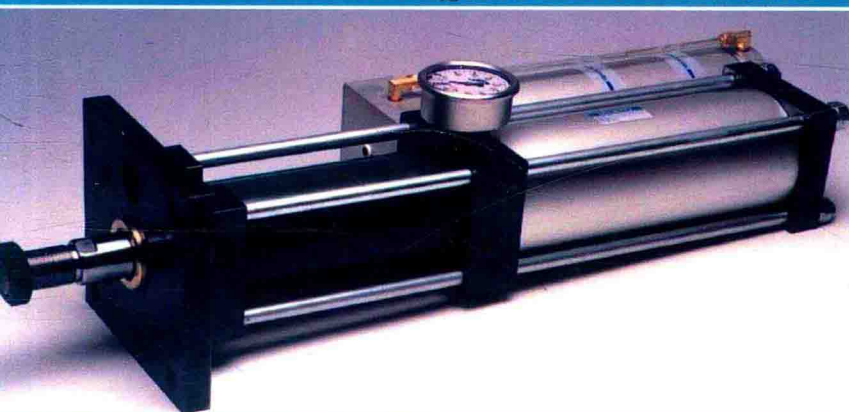




“十三五”职业教育改革创新示范教材

液压与气压传动技术

YEYA YU QIYA CHUANDONG JISHU



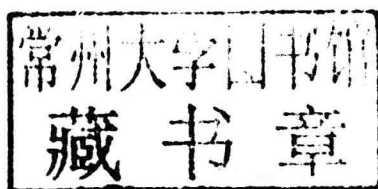
主编◎贾承谧 李小燕



东北师范大学出版社
NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

液压与气压传动技术

主 编 贾承谥 李小燕



东北师范大学出版社
长 春

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动技术 / 贾承谧, 李小燕主编. — 长春 : 东北师范大学出版社, 2016. 6
ISBN 978 - 7 - 5681 - 2032 - 6

I. ①液… II. ①贾… ②李… III. ①液压传动②气压传动 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 152938 号

☐责任编辑: 韩 烁 ☐封面设计: 宣是设计
☐责任校对: 陆天禹 ☐责任印制: 张允豪

东北师范大学出版社出版发行
长春净月经济开发区金宝街 118 号(邮政编码: 130117)

电话: 0431-85687213 010-82893125

传真: 0431-85691969 010-82896571

网址: <http://www.nenup.com>

东北师范大学出版社激光照排中心制版

北京京华虎彩印刷有限公司印装

北京市朝阳区南皋村 129 号(邮政编码: 100015)

2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 15.75 字数: 360 千

定价: 38.00 元

前言

本书主要讲述液压与气压传动的基础知识、液压元件、液压基本回路和系统、气源装置、气动元件、气动基本回路，着重基本概念与原理的阐述的同时，突出其应用，旨在培养学生的工程应用能力。

本书按照由简单到复杂的顺序，一目了然地介绍了常用液压气动回路的特点、功能、应用范围及回路选用原则和注意事项等内容。在编写过程中，强调以应用能力培养为主线，基础理论以“够用”为度，同时，力求反映我国液压与气压传动发展的最新情况。本书在内容选取上尽量贴近工程实践，编写了液压系统的故障诊断、使用维护和排除故障方面的内容，切实做到用理论指导实践，用理论知识分析问题和解决问题，另外将挖掘机相关知识作为拓展内容，方便读者作为课外辅助，加强对液压知识的掌握。本书可供高职院校农业机械专业、机械工程专业、各汽车专业等机械工程类专业的学生使用，也适用于各类有关机械工程类专业成人高校、自学考试的学生，可供工程技术人员参考。

本书由甘肃畜牧工程职业技术学院车辆工程系工程技术教研室组织编写，本书项目一、项目二和项目七由贾承谥老师编写，项目三至项目六由李小燕老师编写，在编写过程中我们参阅了国内许多有关液压及工程机械方面的书籍，在此谨向本书所参考、借鉴资料的作者及各合作企业致以深深的谢意！

由于编者水平所限，书中难免存在缺点与不足，希望读者在使用的过程中，注意总结优秀经验，并且我们诚恳接受各位读者提出的宝贵意见和建议。

编 者

目 录

项目一 液压与气压传动基础	1
任务一 液压与气压传动的工作原理	2
任务二 液压与气压传动的组成	4
任务三 液压与气压传动的优缺点及应用	6
任务四 液压技术的基本理论	8
任务五 气动技术的基本理论	24
项目二 液压动力装置和气源装置	29
任务一 液压泵的选用	31
任务二 气源装置	51
项目三 液压与气压执行元件	59
任务一 液压缸	60
任务二 液压马达	70
任务三 气 缸	78
任务四 气动马达	83
项目四 液压与气动系统控制元件	87
任务一 常用的液压控制阀	88
任务二 压力控制阀	97
任务三 流量控制阀	107
任务四 其他液压控制元件	112
任务五 常用气动控制阀	119
任务六 其他气动控制元件	128

项目五 液压与气动控制回路	135
任务一 方向控制回路	136
任务二 压力控制回路	137
任务三 速度控制回路	143
任务四 多缸动作控制回路	150
任务五 气动基本回路	155
任务六 液压基本回路相关实训	165
项目六 液压与气动辅件	192
任务一 液压辅助装置	193
任务二 气动辅助装置	204
项目七 典型液压与气动系统分析	209
任务一 典型液压系统应用	210
任务二 典型气压传动系统	223
附 录 常用液压与气动图形符号摘录	239
参考文献	245

项目一

液压与气压传动基础

项目导读：

液压与气压传动技术是以流体-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。虽然液压与气压传动已有较长的历史,但相对机械传动而言仍是一门较新的技术。在近代工业领域中,液压与气压传动技术得到了广泛应用。微电子技术的迅速发展及其与液压和气压技术的结合,使液压与气压传动技术的应用领域更加广阔,几乎遍及各个工业部门,是提高生产率、实现自动化的重要技术手段。本项目主要介绍了液压与气压传动的工作原理、组成、特点、应用及发展趋势。

项目要点：

1. 液压传动的工作原理及其优缺点。
2. 液压传动的组成及图形符号。
3. 液体静力学和动力学的基础。
4. 液压油的性质与选用。
5. 气压传动的工作原理及其优缺点。
6. 气压传动的组成及图形符号。

能力目标：

1. 掌握液压传动的工作原理。
2. 掌握气压传动的工作原理。
3. 掌握液压传动系统的组成。
4. 了解气压传动系统的组成。
5. 了解液压与气压传动的优点。
6. 了解并对比液压与气压传动的缺点。
7. 了解液压与气压传动的应用与发展状况。
8. 掌握液压油的有关物理性质和选用方法。
9. 了解液体静力学基础内容。
10. 了解液体动力学基础内容。
11. 了解实际管路中的液体流动。
12. 掌握气源装置的组成和工作原理。
13. 了解后冷却器的工作原理。
14. 掌握空气净化处理装置的组成和作用。



任务一 液压与气压传动的工作原理

结合液压千斤顶的工作过程，分析液压传动的工作原理。液压传动是通过液体的压力能来传递运动和动力，气压传动是以压缩空气作为动力的一种传动方式。了解液压和气压传动的工作原理是本书学习的基础。

一、概述

液压与气压传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，广泛地应用于机械制造业、起重设备、矿山机械、工程机械、农业机械、化工机械及军事行业中。特别是在机床行业中应用液压与气压传动技术实现机床往复、机床回转、机床进给、机床仿行及各种辅助运动。

液压与气压传动技术是以流体-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，它们的工作原理基本相同。

二、液压传动工作原理

如图 1-1(a)所示是液压千斤顶的工作原理，图 1-1(b)是其简化模型。液压千斤顶由液压泵和液压缸两部分构成。液压泵(手动柱塞泵)由杠杆 1、泵体 2、小活塞 3 及单向阀 5 和 7 组成，液压缸由缸体 10 和大活塞 9 组成。为确保液压千斤顶正常工作，活塞与缸体、活塞与泵体接触面之间的配合既要使活塞在缸体和泵体中移动，又要形成可靠的密封。

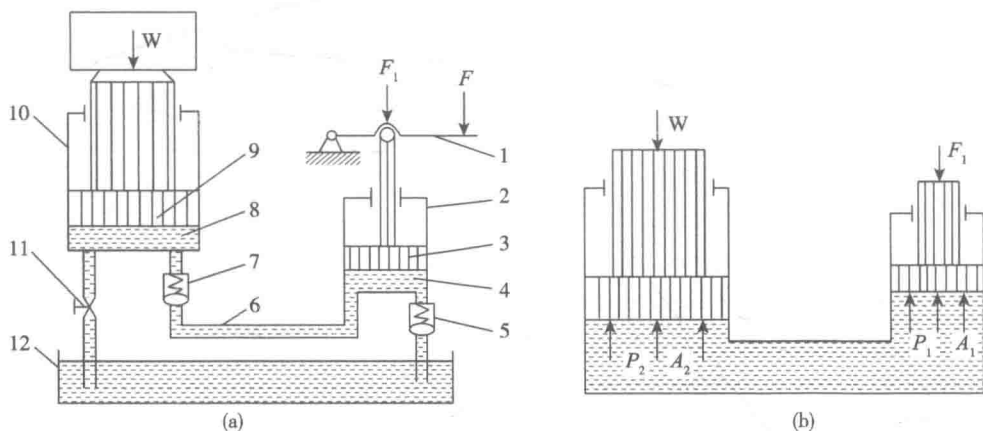


图 1-1 液压千斤顶

(a) 千斤顶的工作原理图；(b) 简化模型图

1—杠杆；2—泵体；3—小活塞；4、8—油腔；5、7—单向阀；

6—油管；9—大活塞；10—缸体；11—放油阀；12—油箱

液压千斤顶工作时,先关闭放油阀 11,上提杠杆 1,小活塞 3 被带动上升使油腔 4 的密封容积增大,此时单向阀 7 因受油腔 8 中的油液压力作用而关闭,使油腔 4 形成局部真空,油箱 12 中的油液在大气压力作用下,推开单向阀 5,沿着吸油管道进入油腔 4。接着下压杠杆 1,小活塞 3 下移,油腔 4 的密封容积减少,油液受到外力挤压作用而产生压力,迫使单向阀 5 关闭;当压力大于油腔 8 中的油液对单向阀 7 的作用力时,单向阀 7 打开,油腔 4 中的油液经油管 6 被压入油腔 8,迫使它的密封容积变大,从而推动大活塞 9 连同重物 W 一起上升。反复上提、下压杠杆 1,油液就不断地被压入油腔 8,使大活塞 9 和重物不断上升。

若将放油阀 11 打开,油腔 8 与油箱 12 接通,油液在重物 W 的作用下,使油腔 8 中的油液流回油箱,大活塞 9 下降并回到原位。

结论: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。液压传动装置实质上就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,然后再将液压能转换为机械能,以驱动工作机构完成各种要求动作。

三、气压传动工作原理

气压传动工作原理和液压传动工作原理基本相同,也是能量转换的过程,只是工作介质是空气,不是液压油。下面以气动剪切机为例说明。如图 1-2 是气动剪切机的工作原理图。工料 11 被送到剪切机预定位置时,将推动行程阀 8 的阀芯右移,使换向阀 9 的控制腔 A 通过阀 8 与大气相通,阀 9 的阀芯在弹簧作用下能够向下移动。空气压缩机 1 产生压缩空气,经初步降温除水等净化后储存于储气罐 4 中。再经过空气过滤器 5、减压阀 6、油雾器 7、换向阀 9 进入气缸 10 下腔。而上腔的压缩空气经过换向阀 9 排入大气。气缸活塞在气压力作用下带动剪切刃向上快速运动剪断工料 11。随后松开行程阀 8 的阀芯,在弹簧作用下复位。排气通道被封住,阀 9 的控制腔 A 中的气压升高,使阀芯上移,气路换向。气缸 10 上腔进入压缩空气,下腔排气,活塞向下运动,带动剪切刃复位,完成一个剪切循环,并进入下一次剪料的开始阶段。

从上例证明,其工作原理就是能量转换。即气动剪切机是利用空气压缩机将原动机提供的机械能转换为空气的压力能,再经过管道及控制元件进入气缸,然后再将压力能转换为机械能做功而切断工料。图 1-2(b)是用职能符号表示的气动剪切机的工作原理图,是一种常用的表达形式。

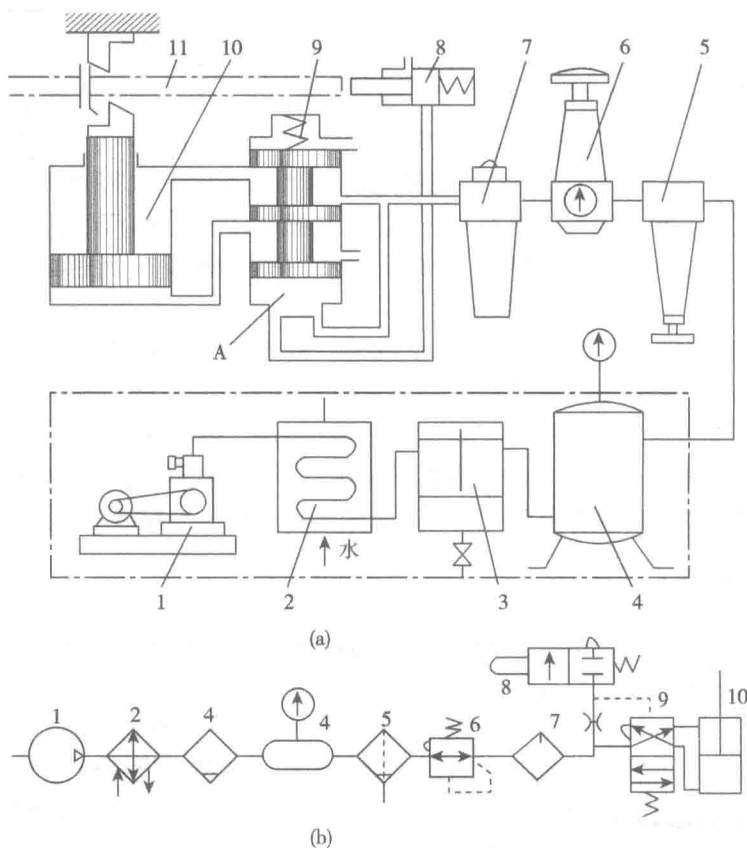


图 1-2 气动剪切机的工作原理

(a)工作原理图；(b)职能符号

1—空气压缩机；2—水冷却器；3—分水排水器；4—储气罐；5—空气过滤器；6—减压阀；
7—油雾器；8—行程阀；9—换向阀；10—气缸；11—工件

任务二 液压与气压传动的组成

通过对组合机床液压系统工作原理的了解，掌握液压传动系统的组成部分。结合气动剪切机的工作系统流程图了解气压传动系统的组成。了解液压与气压传动零件的基本符号。

一、液压传动的组成

如图 1-3 所示为一简化的组合机床液压传动系统，其工作原理如下。

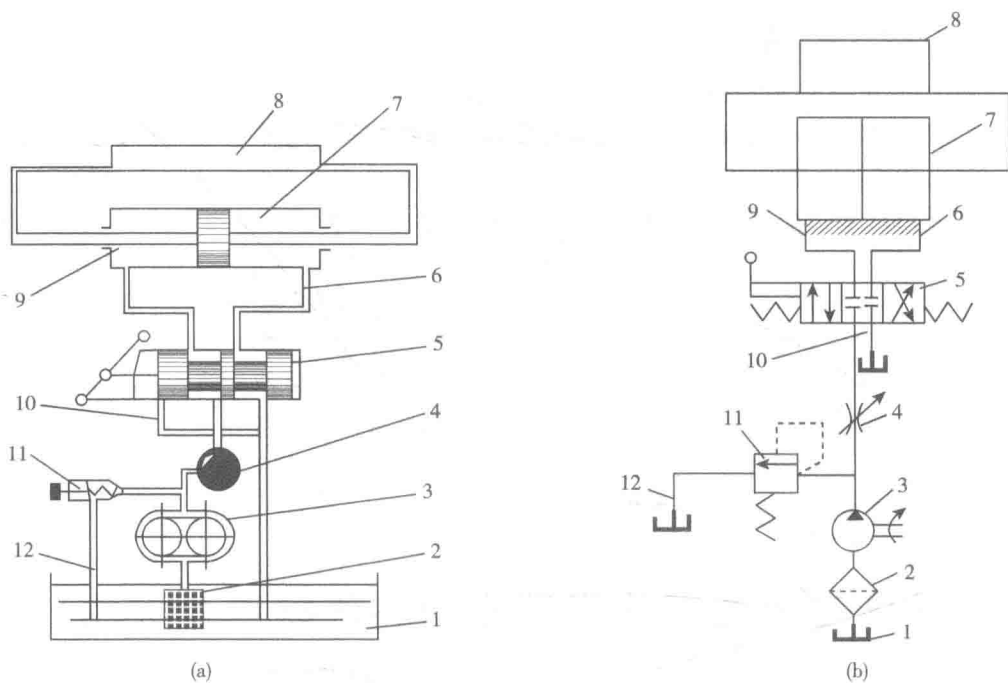


图 1-3 简化的组合机床液压传动系统

(a)半结构式的工作原理；(b)液压传动系统

1—油箱；2—滤油器；3—定量液压泵；4—流量控制阀；5—换向阀；
7—液压缸；8—工作台；6、9、10、12—管道；11—溢流阀

从上述例子可以看出，液压传动系统除工作介质外，主要由动力元件、执行元件、控制调节元件和辅助元件四部分组成。各部分的名称和所包含的主要液压元件及作用如表 1-1 所示。

表 1-1 液压传动系统的组成及各部分作用

序 号	组 成		作 用
1	动力元件	液压泵	将原动机输入的机械能转换为液压能，为液压系统提供压力油，是液压系统的动力源
2	执行元件	液压缸、液压马达	将液体的压力能转换为机械能，在压力油的推动下输出力和速度，以驱动工作部件
3	控制调节元件	各种阀类元件，如溢流阀、节流阀、换向阀等	控制液压系统中液压油的压力、流量和流动方向，以保证执行元件完成预期的工作运动
4	辅助元件	油箱、油管、管接头、滤油器、压力计、流量计等	散热、储油、输油、连接、过滤、测量压力和流量，以保证系统正常工作



二、气压传动的组成

由图 1-2 可以看出气压传动系统主要由四部分组成。

(1)气源装置是获得压缩空气的设备与装置。包括空气压缩机、储气罐、空气净化装置等。其主体部分是空气压缩机,它将原动机提供的机械能转变为气体的压力能。应用气动设备较多的厂矿,集中建立压缩空气站,再由压缩站统一向各用气点分配输送压缩空气。

(2)执行元件是将气体的压力能转换为机械能的能量装置,包括气缸(直线运动)和气压马达(回转运动)。

(3)控制元件是用来控制压缩空气的压力、流量、方向,以便使执行元件完成预定运动的元件,主要包括压力阀、流量阀、方向阀、逻辑元件和行程阀等。

(4)辅助元件是将压缩空气净化、润滑、消声及元件间连接等不可缺少的元件装置,包括过滤器、油雾器、消声器及管件等。

任务三 液压与气压传动的优缺点及应用

液压与气压传动在机械设备中的应用非常广泛。对比其他传动方式,了解液压传动与气压传动的优缺点及应用现状有着现实意义。

一、液压传动的优缺点

1. 液压传动的优点(与机械传动、电气传动相比)

(1)在传递同等功率的情况下,液压传动装置的体积小、重量轻、结构紧凑。据统计,液压马达的重量只有同功率电动机重量的 10%~20%,而且液压元件可在很高的压力下工作,因此液压传动能够传递较大的力或力矩。

(2)液压装置由于重量轻、惯性小、工作平稳、换向冲击小,易实现快速启动,制动和换向频率高。对于回转运动每分钟可达 500 次,直线往复运动每分钟可达 400~1 000 次,这是其他传动控制方式无法比拟的。

(3)液压传动装置易实现过载保护,安全性好,不会有过载的危险。

(4)液压传动装置能在运动过程中实现无级调速,调速范围大(可达 1:2 000),速度调整容易,而且调速性能好。

(5)液压传动装置调节简单、操纵方便,易于自动化,如与电气控制相配合,可方便地实现复杂的程序动作和远程控制。

(6)工作介质采用油液,元件能自行润滑,故使用寿命较长。

(7)元件已标准化、系列化和通用化,便于设计、制造、维修和推广使用。

(8)液压装置比机械装置更容易实现直线运动。

2. 液压传动的缺点

(1)由于接管不良等原因造成液压油外泄,它除了会污染工作场所外,还有引起火灾

的危险。

(2) 液压系统大量使用各式控制阀、接头及管子, 为了防止泄漏损耗, 元件的加工精度要求较高。

(3) 液压传动不能保证严格的传动比, 这是由液压油的可压缩性和泄漏造成的。

(4) 油温上升时, 黏度降低; 油温下降时, 黏度升高。油的黏度发生变化时, 流量也会跟着改变, 造成速度不稳定。

(5) 系统将机械能转换成液体压力能, 再把液体压力能转换成机械能做功, 能量经两次转换损失较大, 能源使用效率比传统机械低。

(6) 液压传动由于在两次能量转换过程中存在机械摩擦损失、液体压力损失和泄漏损失等, 故不宜远距离传输。

(7) 液压传动装置出现故障时不易追查原因, 不易迅速排除。

二、气压传动的优缺点

1. 气压传动的优点

(1) 采用空气作为传动介质, 来源方便, 取之不尽, 用后直接排入大气而不污染环境, 且不需回气管路。

(2) 气动系统结构较简单, 安装自由度大, 使用、维护方便, 使用成本低。

(3) 空气对环境的适应性强, 特别是在高温、易燃、易爆、高尘埃、强磁、辐射及振动等恶劣环境中, 比液压、电气及电子控制优越。

(4) 空气的黏度很小, 在管路中流动时的压力损失小, 管道不易堵塞, 空气也没有变质问题, 所以节能、高效, 适用于集中供气 and 远距离输送。

(5) 与液压传动相比, 气压传动反应快, 动作迅速, 一般只需 $0.02 \sim 0.03$ s 就可建立起需要的压力和速度。因此, 它特别适用于实现系统的自动控制。

(6) 调节控制方便, 既可组成全气动控制回路, 也可与电气、液压结合实现混合控制。

2. 气压传动的缺点

(1) 由于空气的可压缩性大, 所以气动系统的稳定性差, 负载变化时对工作速度的影响较大, 速度调节较难。

(2) 由于工作压力低, 且结构尺寸不宜过大, 所以气动系统不易获得较大的输出力和力矩。因此, 气压传动不适用于重载系统。

(3) 空气无润滑性能, 故在系统中需要润滑处应设润滑给油装置。

总体来说, 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。

三、液压与气动技术的应用与发展概况

液压与气压传动技术在工程机械、冶金、军工、农机、汽车、轻纺、船舶、石油、航



空和机床行业中,得到了普遍的应用。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。如今,采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业化发展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%以上的自动生产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、系统集成化是发展的必然趋势。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。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。

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,成为柔性制造系统(FMS)在包装设备、自动生产线和机器人等方面不可缺少的重要手段。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。

任务四 液压技术的基本理论

液压油是液压传动的工作介质,了解液压油的工作性质,掌握其正确的选用方法,才能保证系统可靠有效地工作。在液压传动中液体是不断地流动的,研究流体流动的规律为本任务的主要内容。

一、液压油的有关物理性质

1. 密度

单位体积液体的质量称为该液体的密度,用 ρ 表示。即

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

式中, m —液体的质量,千克(kg);

V —液体的体积,米³(m³)。

2. 可压缩性

液体受压力作用后其体积减小的性质称为液体的可压缩性。



液体的可压缩性很小,一般情况下可以忽略不计。但在高压下或受压体积较大以及对液压系统进行动态分析时,要考虑液体的可压缩性。

3. 黏性和黏度

液体在外力作用下流动时,液体分子间的内聚力阻碍其分子间的相对运动而产生一种内摩擦力,这种特性称作液体的黏性。

液体流动时,由于液体和固体壁面间的附着力以及液体本身的黏性,会使液体内部各液层间的速度大小不等。如图 1-4 所示,两个平行板之间充满液体,下平板固定不动,上平板以速度 u_0 向右平移。在附着力的作用下,紧贴于上平板的极薄一层液体随着上平板一起以 u_0 的速度向右移动,紧贴着下平板的极薄一层液体和下平板一起保持不动,而中间各层液体则从上到下按递减的速度向右移动。这是相邻两薄层液体间的分子内聚力对上层液体起阻滞作用,而对下层液体起拖曳作用的缘故。当两平行板间的距离较小时,各液层的速度按线性规律分布。

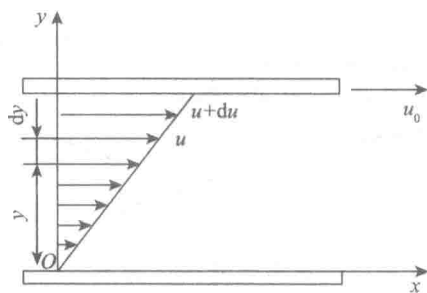


图 1-4 黏性示意图

由实验测定,液体流动时,相邻液层间的内摩擦力 F 与液层的接触面积 A 、液层相对速度 du 成正比,而与液层间的距离 dy 成反比,即

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \quad (\text{N}) \quad (1-2)$$

式中, μ —比例系数,称为黏性系数或黏度;

du/dy —速度梯度,即液层相对速度对液层距离的变化率。

在静止液体中,由于速度梯度 $du/dy=0$,内摩擦力 F 为零,因此静止液体不呈现黏性,只有流动(或有流动趋势)的液体才呈现黏性。上式称为牛顿的液体内摩擦定律。

若用单位面积上的内摩擦力 τ (即应力)来表示,则上式为

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy} \quad (\text{N/m}^2) \quad (1-3)$$

液体黏性的大小用黏度来表示。常用的液体黏度有动力黏度、运动黏度和相对黏度。

(1) 动力黏度。动力黏度 μ 又称绝对黏度,由式(1-3)得

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} \quad (\text{N} \cdot \text{s/m}^2) \quad (1-4)$$

由此可知动力黏度 μ 的物理意义是:液体在单位速度梯度下流动时,单位面积上产生的内摩擦力。



动力黏度的单位为帕·秒($\text{Pa} \cdot \text{s}$, $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$), 以前沿用的单位为泊(P , $\text{dyne} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$), 它们之间的换算关系为 $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ P} = 10^3 \text{ cP}$ (厘泊)。

(2)运动黏度。动力黏度 μ 和液体密度 ρ 之比值称为运动黏度。即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (1-5)$$

运动黏度 ν 没有明确的物理意义, 只是在液压系统分析和计算时常用到这个量。

运动黏度的单位为米²/秒(m^2/s), 以前沿用的单位为斯($\text{St} = \text{cm}^2/\text{s}$)和厘斯($\text{cSt} = \text{mm}^2/\text{s}$), 它们之间的换算关系为 $1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St} = 10^6 \text{ cSt}$ 。

一般来说, 某一牌号的液压油是指这种油液在 40°C 时运动黏度 $\nu(\text{mm}^2/\text{s})$ 的平均值。(如牌号为 L-HL22 的普通液压油, 是指该油液在 40°C 时的运动黏度 ν 的平均值为 $22 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。)

(3)恩氏黏度。恩氏黏度由恩氏黏度计测定, 即将 200 cm^3 的被测液体装入底部有直径 2.8 mm 小孔的恩氏黏度计的容器中, 在某一特定温度 $t^\circ\text{C}$ 时, 测定其液体在自重下流过小孔所需的时间 t_1 和同体积蒸馏水在 20°C 时流过同一小孔所需的时间 t_2 的比值, 便是该液体在 $t^\circ\text{C}$ 时的恩氏黏度。恩氏黏度($^\circ\text{E}_t$)表示为

$$^\circ\text{E}_t = \frac{t_1}{t_2} \quad (1-6)$$

4. 黏度与温度、压力的关系

温度对油液的黏度影响较大, 随着温度升高, 油液的黏度将下降。

当液体所受的压力增加时, 其分子间的距离减小, 内聚力增大, 黏度也随之增大。对一般液压系统, 当压力在 20 MPa 以下时, 压力对黏度的影响不大, 通常忽略不计。

液压油的黏度对温度的变化极为敏感, 温度升高, 油的黏度降低。油的黏度随温度变化的性质称为液压油的黏温特性。不同种类的液压油有不同的黏温特性。图 1-5 为几种典型液压油的黏温特性曲线图。

黏温特性较好的液压油, 黏度随温度的变化较小, 因而油温变化对液压系统性能的影响较小。液体的黏温特性采用黏度指数值来衡量, 黏度指数值较大, 表示油液黏度随温度的变化率较小, 即黏温特性较好。一般液压油的黏度指数值要求在 90 以上, 优异的在 100 以上。

几种常见工作介质的黏度指数见表 1-2。

表 1-2 几种常见工作介质的黏度指数

工作介质种类	矿物型液压油	水包油乳化液	油包油乳化液	水-乙二醇液压力
黏度指数	70~100	130~170	180	140~170

黏度和压力的关系是液体所受的压力增大时, 其分子间的距离减小, 内聚力增大, 黏度也随之增大。但对于一般的液压系统, 当压力在 32 MPa 以下时, 压力对黏度的影响不大, 可以忽略不计。

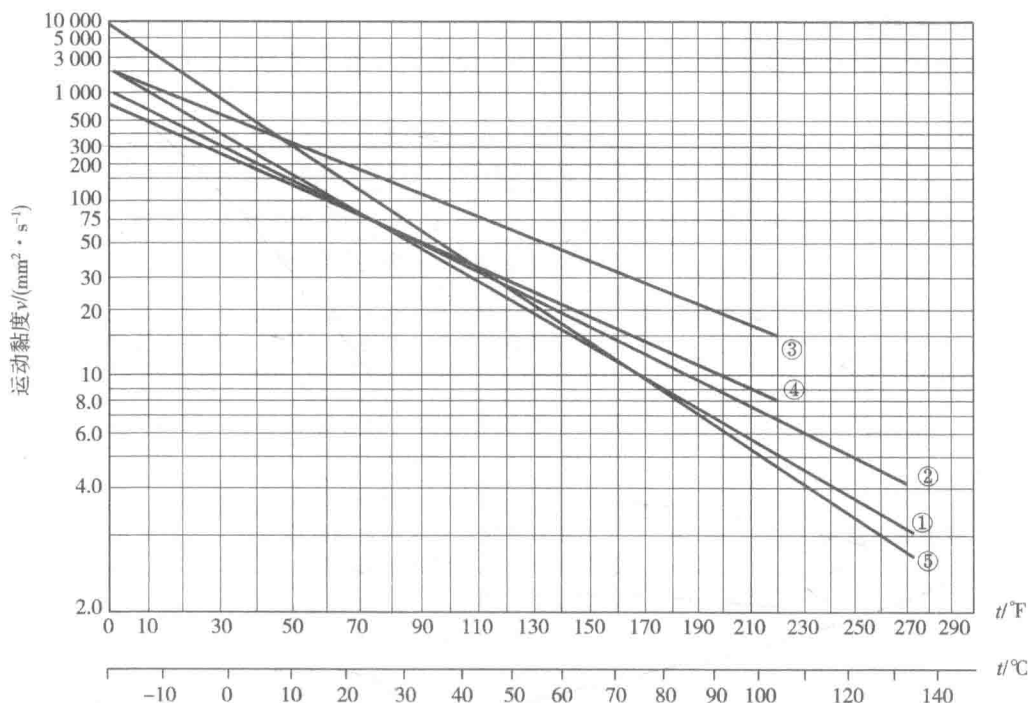


图 1-5 几种典型液压油的黏温特性曲线

①矿油型普通液压油；②矿油型高黏度指数液压油；③水包油乳化液；④水-乙二醇液；⑤磷酸酯液

5. 液体的可压缩性

液体受压力增大而发生体积缩小的性质称为液体的可压缩性。假设压力为 P 时，液体的体积为 V ，当压力增大时，液体的体积减小，液体在单位压力变化下的体积相对变化量为

$$\kappa = -\frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V} \quad (1-7)$$

式中， κ —液体压缩系数。

由于压力增大时液体的体积减小 ($\Delta V < 0$)，因此式(1-7)的右边需加一负号，使 κ 为正值。

液体压缩系数 κ 的倒数 K ，称为液体的体积模量，可表示为

$$K = \frac{1}{\kappa} = -\Delta p \frac{V}{\Delta V} \quad (1-8)$$

K 表示产生单位体积相对变化量所需要的压力增量。在实际应用中，常用 K 值说明液体抵抗压缩能力的大小。在常温下，纯净油液的体积模量数值很大，故一般认为油液是不可压缩的。值得注意的是，当液压油中混有空气时，其抗压缩能力将显著降低，会严重影响液压系统的工作性能。因此，应力求减少油液中混入的气体及其他易挥发物质(如汽油、煤油、乙醇和苯等)的含量。由于油液中的气体难以完全排除，实际计算中常取液压油的体积模量。