



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

液压与气动

主编/赵学清 主审/刘 坚

哈尔滨工程大学出版社



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

液压与气动

主编/赵学清 副主编/王雪红 主审/刘坚

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了液压传动基础知识、液压泵和液压马达、液压缸、液压辅助元件、液压控制阀与液压基础回路、典型液压传动系统、气压传动基础知识、气动回路等内容,各章后均附有思考题与习题。本书在深入的调查研究基础上,反映了近几年来课程改革的经验,适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求,突出了职业教育特色,紧密联系生产实际,具有广泛的实用性。

本书可作为高等职业技术学院、职工大学等相关专业的教材,也可供有关工程技术人员阅读参考,或作为工厂液压与气动技术工人的自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动/赵学清主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2008.1

ISBN 978-7-81133-008-3

I. 液… II. 赵 III. ①液压传动②气压传动
IV. TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 130705 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 11.75
字 数 260 千字
版 次 2008 年 1 月第 1 版
印 次 2008 年 1 月第 1 次印刷
定 价 22.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

21 世纪高职系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主任委员	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	李长禄	张亦丁	张学库	杨永明
委 员	季永青	罗东明	施祝斌	唐汝元
	曹志平	蒋耀伟	熊仕涛	
	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	刘义菊	刘国范	闫世杰	李长禄
	杨永明	张亦丁	张学库	陈良政
	肖锦清	林文华	季永青	罗东明
	胡启祥	施祝斌	钟继雷	唐永刚
	唐汝元	郭江平	晏初宏	曹志平
	蒋耀伟	熊仕涛	潘汝良	

前言

本书旨在突破传统的、繁杂的教学内容体系,根据科学事业的迅速发展对人才素质的需要思考该课程的整体改革,因而保留了工程实践中高素质劳动者和高级专门人才所必须具备的液压与气压传动的基本知识和基本技能,体现了创新意识和实践能力为重点的教育教学思想。在书中渗透当代科学思维,反映了当代科学事业发展对人才素质的要求。

本书在较深入的调查研究基础上,反映了近几年来课程改革的经验,适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求,突出了职业教育特色,紧密联系实际,具有广泛的实用性。在课时、教学内容和学习要求等方面安排适当,并编写了紧密联系实际、形式多样的习题和思考题以方便教学。

全书共分八章,分别介绍了液压传动基础知识、液压泵和液压马达、液压缸、液压辅助元件、液压控制阀与液压基本回路、典型液压传动系统、气压传动基础知识、气动回路等内容。

本书的概论、第三章、第四章由赵学清老师编写,第一章、第二章由郝春玲老师编写,第五章由王雪红老师编写,第六章由刘让贤老师编写,第七章、第八章由欧阳海菲老师编写,赵学清老师为主编并负责全书的统稿和定稿工作。

本书由张家界航空工业职业技术学院刘坚副教授主审。参加审稿会者除编审人员外,还有晏初宏、郭紫贵、陈益林、胡细东、夏罗生、樊进军、李秀兰等老师,他们在审稿会前和会中对书稿提出了许多宝贵的意见,在此,谨向他们表示衷心的感谢!

本书可供高职高专院校的相关专业教学选用,也可供有关工程技术人员阅读参考,或作为液压技术工人的自学教材。

由于编者水平有限,经验不足,时间仓促,书中的缺点和错误在所难免,恳请读者给予批评指正。

编 者

2007年5月

目 录

绪论	1
第一节 液压传动的发展概况	1
第二节 液压传动系统的工作原理及组成	1
第三节 液压传动系统的优缺点	4
思考与练习题	4
第一章 液压传动基础	5
第一节 液压油的性质	5
第二节 液体静力学基础	12
第三节 液体动力学基础	15
第四节 管路内的压力损失	19
第五节 液体流经小孔和间隙的流量	21
思考与练习题	24
第二章 液压泵和液压马达	27
第一节 液压泵概述	27
第二节 齿轮泵	29
第三节 叶片泵	34
第四节 柱塞泵	41
第五节 液压泵的选用	44
第六节 液压马达	45
思考与练习题	47
第三章 液压缸	49
第一节 液压缸的类型及其特点	49
第二节 液压缸的结构	55
思考与练习题	60
第四章 液压辅助元件	62
第一节 油管及管接头	62
第二节 过滤器	63
第三节 蓄能器	66
第四节 压力计与压力计开关	67
第五节 油箱	68
思考与练习题	69
第五章 液压控制阀与液压基本回路	70
第一节 方向控制阀与方向控制回路	70
第二节 压力控制阀与压力控制回路	79
第三节 流量控制阀和节流调速回路	89
第四节 容积调速及容积节流调速	98

第五节 其他控制回路·····	103
第六节 新型液压控制阀及其应用·····	112
思考与练习题·····	120
第六章 典型液压传动系统·····	123
第一节 YT4543 型动力滑台液压系统 ·····	123
第二节 M1432B 型万能外圆磨床液压系统 ·····	127
第三节 SZ-250/160 塑料注射成型机液压系统 ·····	134
第四节 数控车床液压系统·····	138
第五节 数控加工中心液压系统·····	140
思考与练习题·····	143
第七章 气压传动基础·····	145
第一节 气压传动基本知识·····	145
第二节 气源装置及其辅助元件·····	147
第三节 气动执行元件·····	152
第四节 气动控制元件·····	155
思考与练习题·····	161
第八章 气动回路·····	162
第一节 气动基本回路·····	162
第二节 气压传动系统实例·····	168
思考与练习题·····	171
附录 常用液压与气动元件图形符号·····	172
参考文献·····	180

绪 论

第一节 液压传动的发展概况

液压传动是一门相对较新的传动技术,虽然早在17世纪中叶帕斯卡就提出了静压传动原理和液压系统的初步方案,18世纪末英国制成了世界上的第一台水压机,但由于受到工艺制造技术的制约,直到20世纪30年代,液压传动技术才真正得到推广应用,特别是第二次世界大战之后的60多年时间,液压技术得到迅猛发展。

第二次世界大战期间,由于军事工业需要反应快、精度高、功率大的液压传动装置,从而推动了液压技术的发展。战后液压技术迅速转向民用工业,在机床工业、工程机械、农业机械、汽车、航空、船舶等行业中逐步得到推广应用。20世纪60年代以后,随着原子能、空间技术、计算机技术的发展,液压技术的发展更快,并渗透到了各个工业领域之中。当前液压技术正向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、长寿命、复合化、小型化、轻量化以及高度集成化等方向发展,同时,新型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)、计算机直接控制(CDC)、机电一体化技术、计算机仿真和优化设计技术、可靠性技术及污染控制等方面,也是液压技术研究和发展的方向。

液压传动技术在我国的应用始于20世纪50年代,最初将液压元件应用于金属切削机床和锻压设备,后来逐步用于拖拉机和工程机械。20世纪60年代中期,开始从国外引进液压元件的生产技术,并着手建立液压元件厂。从20世纪80年代起,液压行业瞄准世界发展主流的元件系列型谱,有计划地引进、消化和吸收,调整产品结构,大力开展产品国产化工作。特别是近几年,我国的液压传动行业快速组建了一些液压技术机构,加上生产厂家和高等院校,已成为一个初具规模并有一定研发能力的新兴行业。无论是产品的质量,还是产品的创新,都有了长足的进步,发展成为包括传动、控制与检测在内的自动化技术,并广泛用于机械、电子、轻工、纺织、食品、医药、包装、航空、交通运输等各个部门。随着机械手、组合机床、加工中心、自动检测装置等的大量使用,在提高生产效率、自动化程度、产品质量、工作可靠性和复杂工艺、机床配置等方面,越来越显示出液压传动技术的优越性。

第二节 液压传动系统的工作原理及组成

液压传动是一种以液体为传动介质,利用液体的压力能实现运动和力的传递的一种传动方式。

一、液压传动系统的工作原理

图0-1所示为液压千斤顶的工作原理图,以此为例来分析液压传动系统的工作原理。图中的杠杆1、泵体2、活塞3、单向阀4和7组成了手动液压泵,活塞8、缸体9等组成了举升液压缸。工作时,提升杠杆1,活塞3上移,泵体2下腔的密封容积增大,腔内压力下降,形成局部真空。此时单向阀7关闭,油箱12中的油液在外界大气压力的作用下,流过吸油管5,

经单向阀4进入并充满泵体2的下腔,完成一次吸油动作。压下杠杆1,活塞3下移,泵体2下腔的密封容积减小,腔内油液压力升高,关闭单向阀4,打开单向阀7,泵2下腔的油液进入缸体9的下腔(此时截止阀11关闭),推动活塞8上移,将重物顶起,这是一次压油动作。反复提、压杠杆1,活塞8作间断上升运动,将重物不断提升,达到起重的目的。工作完毕时,打开截止阀11,缸体9下腔油液经管路10流回油箱12,活塞8在自重和外力(重物)作用下实现回程。

从以上分析中不难看到,液压传动是利用液体的压力来传递能量的。首先通过手动液压泵将杠杆输入的机械能转换成液体的压力能,经管道输送至举升液压缸,再由举升液压缸将液体的压力能转换成机械能以提升重物,因此液压传动装置本质上是一种能量的转换装置。同时还应注意到,液压传动的过程必须要在密闭的容器内进行,否则不能形成必要的压力。

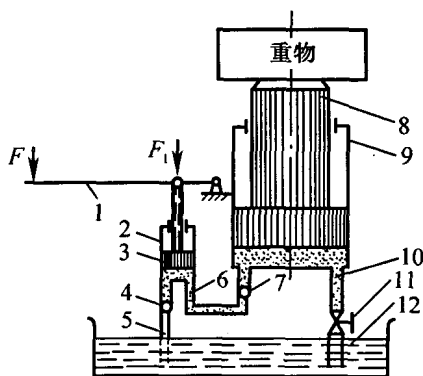


图 0-1 液压千斤顶工作原理图

1—杠杆;2—泵体;3、8—活塞;4、7—单向阀;
5—吸油管;6、10—管路;9—缸体;11—截止
阀;12—油箱

二、液压传动系统的组成

图 0-2 所示为一简单机床的液压传动系统图。图中的液压泵3由电动机带动旋转,从油箱中吸入经过滤器2过滤的低压油,再从其出口将高压油经节流阀6送至换向阀7。图 0-2(a)所示位置换向阀7两侧的电磁铁都不通电,阀芯处于中位,此时,阀7的压力油口P、回油口T、工作油口A和B互不相通,液压缸8的左右两腔没有油液进入,工作台停止运

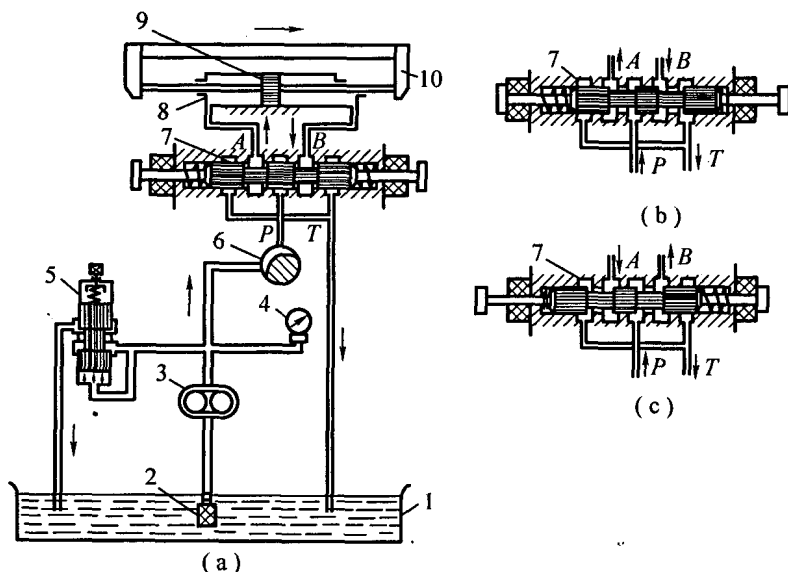


图 0-2 简单机床液压传动系统图

1—油箱;2—过滤器;3—液压泵;4—压力计;5—溢流阀;6—节流阀;7—换向阀;8—液压缸;
9—活塞;10—工作台

动。当换向阀 7 左侧电磁铁通电时(如图 0-2(b)所示),电磁力将阀芯推向右端,使油口 P 与 A 相通, B 与 T 相通,压力油液经油口 P 、 A 进入液压缸 8 的左腔,由于缸体固定不动,活塞 9 带动工作台向右运动;缸 8 右腔的油液经油口 B 、 T 流回油箱。当换向阀 7 右侧电磁铁通电时(如图 0-2(c)所示),电磁力将阀芯推向左端,使油口 P 与 B 相通, A 与 T 相通,压力油经油口 P 、 B 进入液压缸 8 的右腔,推动活塞 9 带动工作台向左运动;缸 8 左腔的油液经油口 A 、 T 流回油箱。可见,换向阀 7 的作用是改变油液的流动方向,从而控制了工作台的运动方向。

工作台的运动速度由节流阀 6 和溢流阀 5 配合实现调节。当节流阀的开口开大时,通过节流阀进入液压缸的油液的量增多,工作台运动速度加快,由于液压泵 3 输出的压力油量一定,则经溢流阀 5 流回油箱的油液就应相应减少;当节流阀的开口关小时,通过节流阀进入液压缸的油液的量减少,工作台运动速度减慢,则经溢流阀流回油箱的油液就相应增多,从而控制了工作台的运动速度。

溢流阀 5 的另一个重要作用是控制液压泵的出口压力。液压缸推动工作台移动时必须克服液压缸所受到的各种阻力,因而液压缸要能输出一个足够大的推力,这个推力由液压缸中的油液压力产生。要克服的阻力越大,所需油液的压力就应越高,而且油液压力应能随阻力的大小进行相应调节,这个功能由溢流阀 5 来完成。当压力管路中的油液压力对溢流阀阀芯的作用力等于或略大于溢流阀中弹簧对阀芯的作用力时,阀芯向上移动,阀口打开,油液经溢流阀溢流回油箱,使压力不再升高。

由以上例子可以看出,液压传动系统由以下几个部分组成。

(1)动力元件 指液压泵,是系统的能量输入装置,其作用是将原动机提供的机械能转变为油液的压力能,为液压系统提供压力油。

(2)执行元件 指液压缸和液压马达,是系统的能量输出装置,其作用是将液体的压力能转变为驱动运动部件的机械能。

(3)控制元件 指各类液压控制阀,如方向阀、流量阀、压力阀等,其作用是控制液流的方向、流量和压力,以满足不同的工作要求。

(4)辅助元件 指除了上述三种元件之外的各种管接头、油管、油箱、过滤器、蓄能器、压力计等辅助性元件,起连接、输送油液、储油、过滤、储存压力能、测量压力等作用,是保证液压系统正常工作所必不可少的重要组成部分。

(5)工作介质 指液压油,是传递能量的介质,它直接影响着液压系统的性能和工作可靠性。

三、液压传动系统的图形符号

液压传动系统图有半结构式原理图和图形符号图两种,图 0-2 所示的液压传动系统图便是一种半结构式的工作原理图。这种原理图直观性强,比较容易理解,但绘制较困难,系统中元件数量较多时更显不方便。图 0-3 所示为用图形符号绘制的传动系统图,这些符号只表示元件的职能、控制方式及外部接口,不表示

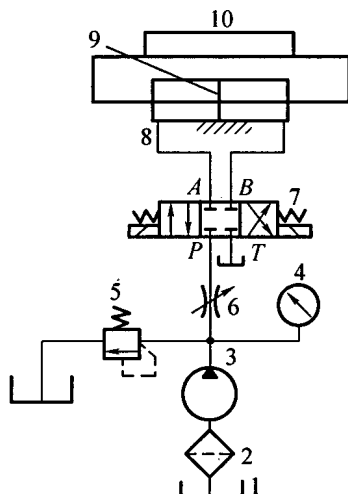


图 0-3 简单机床液压传动系统图
(用图形符号绘制,1~10 符号含义
与图 0-2 相同)



元件具体的结构、参数、连接口的实际位置和安装位置,使用这些符号可使液压系统简单、明了,便于绘制。我国 1993 年制定了液压气动图形符号 GB/T786.1-1993 标准(部分内容见附录),相关元件的图形符号在后面学习元件时再作详细介绍。按照规定,液压元件图形符号均以元件的静止位置或零位表示,无法采用职能符号表示的液压元件,仍允许采用结构原理图表示。

第三节 液压传动系统的优缺点

液压传动与其他传动相比较,主要优点如下:

- (1)在输出同等功率的条件下,液压传动具有体积小、质量轻、惯性小、结构紧凑等优点。如轴向柱塞泵和同功率直流发电机相比,质量是后者的(10~20)%,外形尺寸是后者的(12~13)%;
- (2)液压传动工作比较平稳、反应快、冲击小,能快速启动和频繁换向;
- (3)液压传动能方便地实现无级变速,且调速范围大;
- (4)液压传动装置操纵简单,特别是当机-电-液进行联合控制时,能实现复杂的自动工作循环;
- (5)液压系统借助安全阀等易于实现过载保护,且工作油液能使相对运动表面自行润滑,故元件的使用寿命长;
- (6)液压元件易于实现系列化、标准化,便于设计、制造和使用。

液压传动的主要缺点如下:

- (1)液压传动采用油液作为工作介质,在相对运动表面间不可避免地存在泄漏,同时液体也不是绝对不可压缩的,因此不宜用在传动比要求严格的场合,如加工螺纹和齿轮的内联系传动链中。
- (2)由于摩擦和泄漏损失等的影响,液压系统在工作过程中能量传递效率不高,不宜用于远距离传动;
- (3)油液黏度随温度的变化会影响运动的稳定性,因此,在低温和高温条件下,采用液压传动有一定的困难;
- (4)为减少泄漏,液压元件的制造精度要求较高,因而制造成本较高,对油液的污染也比较敏感;
- (5)液压系统发生故障不易诊断;
- (6)高压、高速、高效率、大流量下的液压系统噪声大。

总之,液压传动的优点是十分突出的,其缺点也将会随着科学技术的发展而逐步得到克服。因此,液压传动在现代化生产中有着更加广阔的发展前景。

思考与练习题

0-1 什么是液压传动? 液压传动由哪几部分组成? 说明各组成部分的作用。

0-2 绘制液压系统图时为什么要采用图形符号? 试画出液压泵、溢流阀、节流阀、电磁换向阀的图形符号。

0-3 液压传动和其他传动相比有哪些优、缺点?

第一章 液压传动基础

在液压传动系统中,液压油是传递动力和运动的工作介质,液压系统能否可靠而有效地工作,在很大程度上取决于系统中所用的液压油。因此,了解油液的基本性质和主要力学规律,对于正确理解液压传动原理与合理使用液压系统都是非常必要的。

第一节 液压油的性质

一、液压油的性质

(一)油液的黏性

1. 牛顿液体内摩擦定律

液体在外力作用下流动时,分子之间的内聚力要阻止分子间的相对运动而产生一种内摩擦力,这一特性称为液体的黏性。黏性是液体的重要物理性质之一,液体只有在流动时才会呈现黏性。如图 1-1 所示,两平行平板间充满液体,下平板固定,上平板以 u_0 的速度向右平动。由于液体的黏性作用,紧靠下平板的液层速度为零,紧靠上平板的液层速度为 u_0 ,中间各层液体的速度则从上到下按规律递减,呈线性分布。

实验测定表明,液体流动时相邻液层间的内摩擦力 F 与液层接触面积 A 、液层间相对运动的速度梯度 $\frac{du}{dy}$ 成正比,即

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

式中, μ 为比例常数,又称为黏性系数或动力黏度。

若以 τ 表示内摩擦切应力,则液层间在单位面积上的内摩擦力 τ 为

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

式(1-2)所示即为牛顿液体内摩擦定律。

2. 黏度

液体黏性的大小用黏度来表示。常用的黏度有三种,即动力黏度、运动黏度和相对黏度。

(1) 动力黏度 动力黏度即是公式(1-2)中表征液体黏性的内摩擦系数 μ , 又称绝对黏度,即

$$\mu = \frac{F}{A \frac{du}{dy}} = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}} \quad (1-3)$$

由式(1-3)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,接触液层间的内摩擦切应力(单位面积上的内摩擦力)。

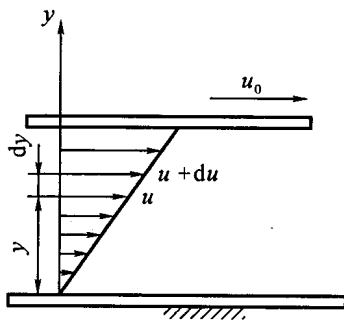


图 1-1 液体的黏性示意图

在 SI 制中,动力黏度的单位为 $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ 或 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。

(2)运动黏度 液体的动力黏度 μ 与其密度 ρ 的比值,称为运动黏度,用 ν 表示,即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-4)$$

运动黏度 ν 无明确的物理意义,因为在其单位中只有长度与时间的量纲,类似于运动学的量,所以称为运动黏度。运动黏度是液体压力分析和计算中常用到的一个物理量。

在 SI 制中,运动黏度的单位是 m^2/s ,与常用单位 St (施, cm^2/s)之间的关系是

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ cm}^2/\text{s}(\text{St}) = 10^6 \text{ mm}^2/\text{s}(\text{cSt})$$

一般液压油的牌号采用 40°C 运动黏度的平均 cSt (厘施)值来表示,例如 L-HM46 抗磨液压油,就是指这种油在 40°C 时的运动黏度平均值为 46 cSt 。我国的液压油旧牌号是按 50°C 时运动黏度的平均值表示的。

(3)相对黏度 相对黏度又称条件黏度,由于测量仪器和条件不同,各国相对黏度的含义也不同,如美国采用赛氏黏度(SSU),英国采用雷氏黏度(RS),而我国、德国和前苏联则采用恩氏黏度($^\circ\text{E}$)。

恩氏黏度 $^\circ\text{E}$ 用恩氏黏度计测定。将 200 cm^3 被测液体装入黏度计的容器内,容器周围充满水,电热器通过水使液体均匀升温到温度 t ,液体由容器底部 $\phi 2.8 \text{ mm}$ 的小孔流尽所需要的时间 t_1 和同体积蒸馏水在 20°C 时流过同一小孔所需时间 t_2 (通常平均值 $t_2 = 51 \text{ s}$)的比值,称为被测液体在这一温度 t 时的恩氏黏度值,即

$$^\circ\text{E}_t = \frac{t_1}{t_2} \quad (1-5)$$

恩氏黏度与运动黏度(m^2/s)的换算关系为

当 $1.35 \leqslant ^\circ\text{E} \leqslant 3.2$ 时

$$\nu = \left(8^\circ\text{E} - \frac{8.64}{^\circ\text{E}} \right) \times 10^{-6} \quad (1-6)$$

当 $^\circ\text{E} > 3.2$ 时

$$\nu = \left(7.6^\circ\text{E} - \frac{4}{^\circ\text{E}} \right) \times 10^{-6} \quad (1-7)$$

3. 黏度与压力的关系

液体所受的压力增加时,其分子间的距离将缩小,于是内聚力增加,黏度也随之增大。液体黏度与压力的关系公式为

$$\nu_p = \nu(1 + 0.003p) \quad (1-8)$$

式中 ν_p ——压力为 p 时液体的运动黏度;

ν ——压力为 101.33 kPa 时液体的运动黏度;

p ——液体所受的压力。

由式(1-8)可知,在中低压系统中,压力变化很小,因而压力对黏度的影响较小,可以忽略不计。当压力较高(大于 10 MPa)或压力变化较大时,则需考虑压力对黏度的影响。

4. 黏度与温度的关系

液压油的黏度对温度的变化十分敏感,温度升高,黏度下降。这种油的黏度随温度而变化的性质称为黏温特性。温度对黏度的影响较大,必须引起重视。

油液黏度的变化直接影响液压系统的性能和泄漏量,因此希望黏度随温度的变化越小越好。黏度指数 VI 表示被测试油液和标准油液的黏度随温度变化程度比较的相对值。VI



数值大表示黏温特性平缓,即油的黏度受温度影响小,因而性能较好;反之则差。一般的液压油要求 VI 值在 90 以上,精制的掺有添加剂的液压油 VI 值可达 100 以上。

(二)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,可用体积压缩系数 k 表示。液体的体积压缩系统是指液体在单位压力变化时的体积相对变化量,即

$$k = -\frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V} \quad (1-9)$$

式中 V ——增压前的液体体积;

Δp ——压力的增量;

ΔV ——体积的减小量。

由于 ΔV 为负值,为使压缩系数 k 为正值,故在公式(1-9)的右边加一负号。液体体积压缩系数的倒数,称为液体的体积弹性模量,用 K 表示,即

$$K = \frac{1}{k} \quad (1-10)$$

一般矿物油的体积弹性模量为 $(1.4 \sim 2) \times 10^9 \text{ N/m}^2$,它的可压缩性大约比钢大(100 ~ 150)倍。对一般压力的液压系统,液体的可压缩性很小,因此可以认为液体是不可压缩的。在压力变化很大的高压系统中,则需要考虑液体可压缩性的影响。液体中混入空气时,其可压缩性将显著增加,并将严重影响液压系统的工作性能,故在液压系统中应使油液中的空气含量减少到最低限度。

(三)其他性质

液压油还有许多其他的性质。物理性质有抗燃性、抗凝性、抗泡沫性、抗乳化性、防锈性和滑润性等;化学性质有热稳定、氧化稳定性、水解稳定性和相容性(主要对密封材料不侵蚀、不容胀的性质)等。

二、对液压传动用油的要求

- (1)合适的黏度,一般取 $\nu = (10 \sim 46) \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$,并且有较好的粘温特性。
- (2)质地纯正,杂质少。
- (3)润滑性能较好,在工作压力和温度发生变化时,应具有较高的油膜强度。
- (4)具有良好的防腐蚀性、防锈性和相容性。
- (5)对热、氧化、水解和剪切都有良好的稳定性。
- (6)抗泡沫性好,抗乳化性好。

三、液压油的类型

液压油的品种很多,主要可分为三大类:石油型、合成型和乳化型。

石油型液压油是以机械油为原料,精炼后按需要加入适量添加剂而成,这类液压油滑性能好,但抗燃性较差。在一些高温、易燃、易爆的工作场合,为了安全起见,应该在系统中使用合成型和乳化型液压油,如磷酸酯、水-乙二醇等合成液或油包水、水包油等乳化液。

GB/T498-1987 中将“润滑剂和有关产品”规定为 L 类产品,在 GB/T7631.1-1987 中,又将 L 类产品按应用场合分为 19 个组, H 组用于液压系统,见表 1-1 所示。GB/T3134-1994 将工业液体润滑剂按 40℃ 时的运动黏度的中心值分为 20 个黏度等级,见表 1-2 所示。

表 1-1 GB/7631.1-1987 润滑剂和有关产品(L)的分类-第2部分:H组(液压系统)

组别 符号	总 应用	特殊 应用	更具体 的应用	组成和特性	产品符 号 L-	典型应用	备注
H	液压系统	液体静压系统	液压导轨系统	无抗氧化剂的精制矿油	HH		比全损耗系统用油质量高
				精制矿油,并改善其防锈和抗氧化性	HL		通用机床工业润滑油
				HL油,并改善其抗磨性	HM	高负荷部件的一般液压系统	抗磨液压油
				HL油,并改善其黏温性	HR		
				HM油,并改善其黏温性	HV	机械和船用设备	低温液压油
				无特定难燃性的合成液	HS		合成低温液压油
				HM油,并具有黏-滑性好的特点	HG	液压和滑动轴承、导轨润滑系统合用的机床,在低速下使振动或间断滑动(黏-滑)减为最小	液压-导轨油
			需要难燃液的情况	水包油乳化液	HFAE		含水大于80%
				水的化学溶液	HFAS		含水大于80%
				油包水乳化液	HFB		含水小于80%
				含聚合物水溶液	HFC		
				磷酸酯无水合成液	HFDR		选择本产品时应小心,因为可能对环境有害
				氯化烃无水合成液	HFDS		
				HFDR和HFDS液混合的无水合成液	HFDT		
				其他成分的无水合成液	HFDU		

注:本分类标准中各产品名称采用统一的方法命名,例如 L-HM 32,式中的 L 表示润滑剂的类别;HM 表示润滑剂的品种为抗磨液压油;数字 32 表示 40℃ 时该液体的运动黏度的厘斯(cSt)值。

表 1-2 工业液体润滑剂的黏度等级与旧牌号的对照

黏度等级 (GB/T3141-1994)	中间点运动黏度 (40℃)	运动黏度范围 (40℃)	按 50℃ 运动黏度 划分的旧牌号	按 100℃ 运动黏度 划分的旧牌号
	(mm ² /s)	(mm ² /s)		
2	2.2	1.98~2.42	2*	
3	3.2	2.88~3.52		
5	4.6	4.14~5.06	4*、5*	
7	6.8	6.12~7.48	5*、6*	
10	10	9.00~11.0	7*、10*	

表 1-2(续)

黏度等级 (GB/T3141 - 1994)	中间点运动黏度 (40 ℃)	运动黏度范围 (40 ℃)	按 50 ℃运动黏度 划分的旧牌号	按 100 ℃运动黏度 划分的旧牌号
	(mm ² /s)	(mm ² /s)		
15	15	13.5 ~ 16.5	10 *	
22	22	19.8 ~ 24.2		
32	32	28.8 ~ 35.2	20 *	5 *、6 *
46	46	41.4 ~ 50.6	30 *	
68	68	61.2 ~ 74.8	40 *、50 *	9 *
100	100	90.0 ~ 110	60 *、70 *	13 *
150	150	135 ~ 165	80 *、90 *	19 *
220	220	198 ~ 242	100 *、150 *	19 *
320	320	288 ~ 352	200 *	24 *
460	460	414 ~ 506	250 *、300 *	24 *
680	680	612 ~ 748	400 *	38 *
1000	1 000	900 ~ 1100	500 *	52 *
1500	1 500	1350 ~ 1650	600 *、700 *	65 *
2200	2 200	1980 ~ 2420		
3200	3 200	2880 ~ 3520		

四、液压油的选择

液压系统所用液压油的类型应根据设备工作性质和工作环境的要求来选择。目前各类常用机械设备的液压系统大多采用石油型液压油。这种油是以石油的精炼物为基础,进一步去除杂质,并加入了各种改进性能的添加剂,如抗氧化剂、抗腐蚀剂、抗磨剂、抗泡剂、防锈剂、防爬剂、防凝剂、增黏剂等。不同品种的液压油,其精制程度不同,添加剂不同,其用途也不同,实用中可参考表 1-3 所示进行选用。

表 1-3 液压油品种选择参考表

液压设备、液压系统举例	对液压油的要求	可选择的液压油品种
低压或简单机具的液压系统	抗氧化安定性和抗泡沫性一般,无抗燃要求	HH 无本产品时可选 HL
中、低压精密机械等液压系统	要求有较好的抗氧化安定性,无抗燃要求	HL 无本产品时可选用 HM
中、低压和高压液压系统	要求抗氧化安定性、抗泡沫性、防锈性、抗磨性好	HM 无本产品时可选用 HV、HS



表 1-3(续)

液压设备、液压系统举例	对液压油的要求	可选择的液压油品种
环境变化较大和工作条件恶劣的(指野外工程和远洋船舶等)低、中、高压系统	除上述要求外,要求凝点低,黏度指数高,黏温性好	HV、HS
环境温度变化较大和工作条件恶劣的(野外工程和远洋船舶等)低压系统	要求凝点低,黏度指数高	HR 对于有银部件的液压系统,北方选用 L-HR,南方用 HM 或 HL
液压和导轨润滑使用的系统	在 HM 油基础上改善黏-滑性(防爬行性能好)	HC
煤矿液压支架、静压系统和其他不要求回收废液和不要求有良好润滑的情况,但要求有良好的难燃性,使用温度为(5~50)℃	要求抗燃性好,并具有一定的防锈、润滑性和良好的冷却性,价格便宜	L-HFAE
冶金、煤矿等行业的中压和高压、高温和易燃的液压系统,使用温度为(5~50)℃	抗燃性、润滑性和防锈性好	L-HFB
需要难燃液的液压系统和金属加工等机械,使用温度为(5~50)℃	不要求低温性、黏温性和润滑性,但抗燃性要好,价格便宜	L-HFAS
冶金和煤矿等行业的低压和中压液压系统,使用温度为(-20~50)℃	低温性、黏温性和对橡胶的适用性好,抗燃性好	HFC
冶金、火力发电、燃气轮机等高温高压下操作的液压系统,使用温度为(-20~100)℃	要求抗燃性好,抗氧化安定性和润滑性好	HFDR

液压油牌号的选择主要是根据工作条件选用适宜的黏度。

(1) 液压系统的工作压力 工作压力高的液压系统宜选用黏度较高的液压油以减少泄漏。

(2) 环境温度 环境温度高时应选用较高黏度的液压油,以适应温度对黏度的影响。

(3) 运动速度 工作部件运动速度较高时,为减少液流的摩擦损失,宜选用黏度较低的液压油。

(4) 此外,也可根据液压泵的类型及工作情况选择液压油的黏度。表 1-4 为按液压泵类型推荐用油的黏度表,可供选取液压油时参考。