

高等学校“十二五”规划教材

SCIENCE

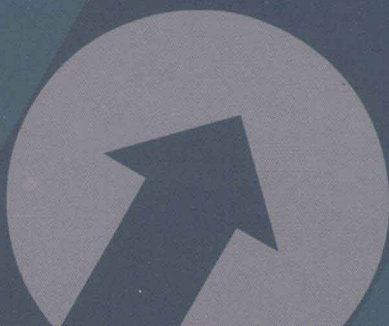
TECHNOLOGY



TEXTBOOK
FOR
HIGHER EDUCATION

液压与气压传动

主编 朱育权



西北工业大学出版社

高等学校“十二五”规划教材

液压与气压传动

主 编 朱育权

副主编 尚雅层 丁 峰

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书由两部分组成,其中第一章到第九章主要讲授液压传动基础知识、液压元件、液压基本回路、典型液压系统及液压传动系统的设计与计算,第十章到第十五章主要讲授气压传动基础知识、气源装置、气动控制元件、气动基本回路和气压传动系统设计。本书在注重基本概念与基本原理阐述的同时,突出其应用,旨在培养学生的工程应用和设计能力。

本书适用于普通工科院校机械类各专业学生的“液压与气压传动”课程教材,也可供从事液压与气压技术应用的各类工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/朱育权主编. —西安:西北工业大学出版社,2011.10

ISBN 978-7-5612-3195-1

I. ①液… II. ①朱… III. ①液压传动—高等学校—教材②气压传动—高等学校—教材

IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第199838号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电话:(029)88493844 88491757

网址:www.nwpu.com

印刷者:陕西宝石兰印务有限责任公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:16.75

字数:404千字

版次:2011年10月第1版 2011年10月第1次印刷

定价:34.00元

前 言

随着科学技术的迅速发展,工业生产已进入到以信息技术、数控技术、液压与气压传动控制技术为主体的发展阶段。液压与气压传动技术已经在国民经济的各个领域得到了广泛的应用,成为衡量一个国家工业发展水平的重要标志之一。

本书在编写过程中,力求贯彻少而精、理论联系实际的原则。通过本课程的学习,学生应掌握液压与气压传动的基础知识,掌握各种液压、气动元件的工作原理、特点、应用和选用方法,熟悉各类液压与气压基本回路的功用、组成和应用场合,能读懂一般的液压与气压系统原理图,能设计一般的液压与气压传动系统。

本书由两部分组成,其中第一章到第九章主要讲授液压传动基础知识、液压元件、液压基本回路、典型液压系统及液压传动系统的设计与计算,第十章到第十五章主要讲授气压传动基础知识、气源装置、气动元件、气动基本回路和气压传动系统设计。

本书可作为普通工科院校机械类各专业学生的“液压与气压传动”课程教材,也可供从事液压与气压技术应用的各类工程技术人员参考。

本书由朱育权教授担任主编,尚雅层教授、丁锋教授担任副主编。其中,第一章、第二章、第三章、第五章、第九章由朱育权编写,第十至十五章由尚雅层编写,第七章、第八章由丁锋编写,第四章、第六章第一至三节由王玉荣编写,第六章第五节由王丽君编写,第六章第四节由田太明编写。

书中元件图形符号、回路及系统原理图采用 GB/T 786.1—1993 绘制。

由于水平有限,书中难免存在疏漏和错误,敬请广大读者指正。

编 者
2011 年 4 月

目 录

第一章 液压传动的概述	1
第一节 液压传动的概念及发展情况.....	1
第二节 液压传动系统的工作原理、图形符号和组成	2
第三节 液压传动的优缺点.....	4
第四节 液压技术的应用.....	4
第五节 液压传动的工作介质.....	5
思考与习题	10
第二章 液压流体力学基础	11
第一节 液体静力学	11
第二节 液体动力学	15
第三节 液体流动时的压力损失	22
第四节 小孔及缝隙流动	24
第五节 液压冲击与气穴现象	27
思考与习题	28
第三章 液压泵	31
第一节 液压泵概述	31
第二节 齿轮泵	34
第三节 叶片泵	38
第四节 柱塞泵	43
第五节 螺杆泵简介	45
第六节 液压泵的选用	46
思考与习题	47
第四章 液压执行元件	48
第一节 液压缸	48
第二节 液压马达	62
思考与习题	68
第五章 液压阀	70
第一节 液压阀概述	70

第二节 方向控制阀	71
第三节 压力控制阀	80
第四节 流量控制阀	88
第五节 叠加式液压阀和二通插装阀	94
思考与习题	97
第六章 液压辅助元件	101
第一节 油箱	101
第二节 滤油器	103
第三节 蓄能器	106
第四节 热交换器	109
第五节 管道与管接头	110
第七章 液压基本回路	113
第一节 压力控制回路	113
第二节 速度控制回路	120
第三节 方向控制回路	134
第四节 多执行元件工作回路	136
第五节 其他回路	139
思考与习题	141
第八章 典型液压系统	145
第一节 组合机床液压滑台液压系统	145
第二节 汽车起重机液压系统	148
第三节 数控机床液压系统	152
第九章 液压传动系统的设计与计算	155
第一节 液压系统的设计步骤	155
第二节 液压系统的设计计算举例	162
思考与习题	171
第十章 气压传动基础	172
第一节 气压传动的工作原理及系统组成	172
第二节 空气的物理性质	173
第三节 气体状态方程	177
思考与习题	179

第十一章 气源装置及气动辅助元件	180
第一节 气源装置	180
第二节 气动辅助元件	189
思考与习题	196
第十二章 气动执行元件	197
第一节 气缸	197
第二节 气动马达	210
思考与习题	211
第十三章 气动控制元件	212
第一节 方向控制阀	212
第二节 压力控制阀	222
第三节 流量控制阀	224
思考与习题	226
第十四章 气动基本回路	227
第一节 换向回路	227
第二节 压力控制回路	229
第三节 速度控制回路	230
第四节 气液联动回路	234
第五节 位置控制回路	236
第六节 其他常用基本回路	239
思考与习题	244
第十五章 气压传动系统设计与实例	245
第一节 气压传动系统设计	245
第二节 气压传动系统实例	246
附录 常用液压与气动元件图形符号(GB/T 786.1—1993)	251
参考文献	259

第一章 液压传动的概述

第一节 液压传动的概念及发展情况

一部完整的机器主要由动力系统、传动系统和执行系统三部分组成。其中传动系统是把动力系统的运动和动力传递给执行系统的中间装置,它包含机械传动、电气传动、流体传动三大传动形式。流体传动以流体(液体或气体)为工作介质,实现能量的传递与控制。按工作介质不同,流体传动可分为液体传动和气压传动;按工作原理不同,液体传动分为液力传动和液压传动。液力传动利用的是液体的动能;液压传动利用的是液体的静压力能。所谓液压传动,就是以液体为工作介质,利用液体的压力来传递动力,依靠液体的体积来传递运动的传动形式。

液压传动相对于机械传动来说是一门较新的技术。1653年,法国人帕斯卡(B. Pascal)提出了静止液体中压力传递的基本定律——帕斯卡原理,奠定了液体静力学基础。17世纪,力学奠基人牛顿(I. Newton)研究了在流体中运动的物体所受到的阻力,针对黏性流体运动时的内摩擦力提出了牛顿黏性定律——牛顿内摩擦定律。1738年,瑞士人欧拉(L. P. Euler)采用了连续介质概念,把静力学中的压力概念推广到运动流体中,建立了欧拉方程,正确地用微分方程组描述了无黏性流体的运动。伯努利(D. Bernoulli)从经典力学的能量守恒出发,研究供水管道中水的流动,得到了流体在恒定流动下的流速、压力、管道高度之间的关系——伯努利方程。1827年,法国人纳维(C. L. M. Navier)建立了黏性流体的基本运动方程;1845年,英国人斯托克斯(G. G. Stokes)又以更合理的方法导出了这组方程——N-S方程,它是流体动力学的理论基础。1883年,英国人雷诺(O. Reynolds)经过大量研究发现,液体有两种不同的流动状态——层流和紊流,找到了判断流动状态的判别准数——雷诺数。

1795年,英国人布拉默(J. Bramsh)发明了世界上第一台水压机,它的问世是液压传动应用于工业的成功典范。由此算起,液压传动已有200多年的发展历史了。第二次世界大战期间,迫切需要一种反应快、精度高、功率大的传动与控制装置用于武器控制,在此间液压伺服控制技术得到了快速的发展。近几十年来,控制技术、微电子技术、计算机技术、传感检测技术及材料科学的发展,更是极大地推动了液压传动与控制技术的发展,使其成为机、电、液一体化的全新的自动控制技术,在工程机械、冶金、军工、农机、汽车、船舶、石油、航空和机床工业等领域中,均得到了普遍的应用。

1952年,上海虬江机器厂(现上海机床厂)试制出我国第一台自制的液压元件——齿轮油泵。之后,北京机床研究所、济南铸锻机械研究所、大连组合机床研究所、广州机床研究所等单位相继开发出了我国自己的液压元件系列产品,并在各种机械设备上得到了广泛的应用。改革开放几十年来,我国的液压工业在引进吸收国外先进技术、自行开发等方面均得到了飞速的发展。

随着液压机械自动化程度的不断提高,元件小型化、系统集成化是必然的发展趋势。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。

第二节 液压传动系统的工作原理、图形符号和组成

一、液压传动系统的工作原理

图 1-1 所示的液压传动系统可以实现机床工作台的前进、后退、任意位置停止、调速等功能。

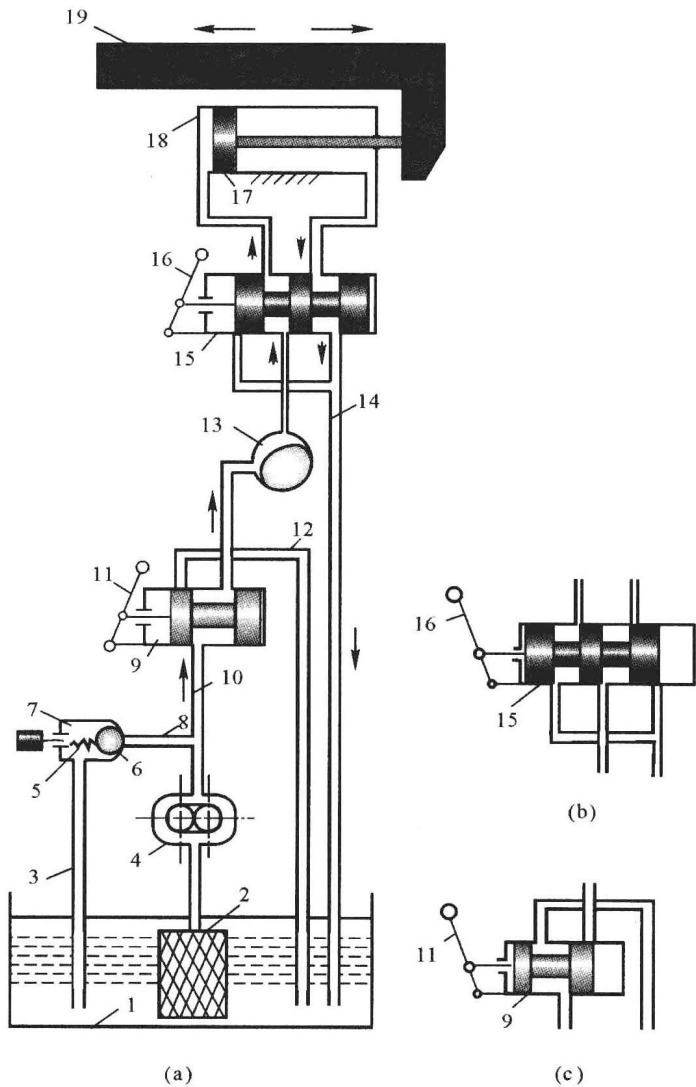


图 1-1 机床工作台液压系统原理结构示意图

如图 1-1(a)所示,液压泵 4 由电机(图中未画)驱动旋转,经滤油器 2 从油箱 1 中吸油,来自液压泵的压力油经压力油管 10、手动换向阀 9、节流阀 13、换向阀 15 进入液压缸 18 的左腔,推动活塞 17 和工作台 19 向右移动,液压缸 18 右腔的油液经换向阀 15、回油管 14 排回油箱。如图 1-1(b)所示,向左扳动换向手柄 16 使手动换向阀 15 换向后,压力油进入液压缸 18 的右腔,推动活塞 17 和工作台 19 向左移动,液压缸 18 左腔的油液经换向阀 15、回油管 14 排回油箱。当换向手柄 16 处于中间位置时(图中未画),来自液压泵的压力油只能通过溢流阀 7、回油管 3 排回油箱,同时液压缸 18 的进、回油路均被切断,液压缸处于停止状态。调节节流阀 13 的开口度,就可以调节液压缸的运动速度。向左扳动换向手柄 11 将手动换向阀 9 转换成如图 1-1(c)所示的状态,液压泵输出的油液经手动换向阀 9 流回油箱,这时工作台停止运动,液压系统处在卸荷状态。调节调压弹簧 5 的压缩量,就可以调节溢流阀 7 的开启压力,从而调节液压泵 4 的最高出口压力和液压缸 18 的最大输出力的大小。

二、液压传动系统的图形符号

图 1-1(a)所示的液压系统图是一种半结构式的工作原理图。它直观性强,容易理解,但难于绘制。由于液压元件品种多、形式多、控制方式多,为了便于区分、绘图和交流,就必须对各种液压元件规定出特定的表示方法——即图形符号。在工程实际中,除某些特殊情况外,一般都用国家标准(GB/T 786.1—93)中规定的图形符号来绘制液压系统原理图。图 1-1 所示的液压系统,若用 GB/T 786.1—93 中规定的图形符号来绘制,则其原理图如图 1-2 所示。图中,1 为油箱,2 为滤油器,3 为液压泵,4 为溢流阀,5 为二位三通手动换向阀,6 为节流阀,7 为三位四通手动换向阀,8 为活塞,9 为缸体,10 为工作台。图形符号只表示元件的功能、操纵方法等,不表示其具体的结构与参数;只反映各元件在油路连接上的相互关系,不反映其空间安装位置;只反映静止位置或初始位置的工作状态,不反映其过渡过程。

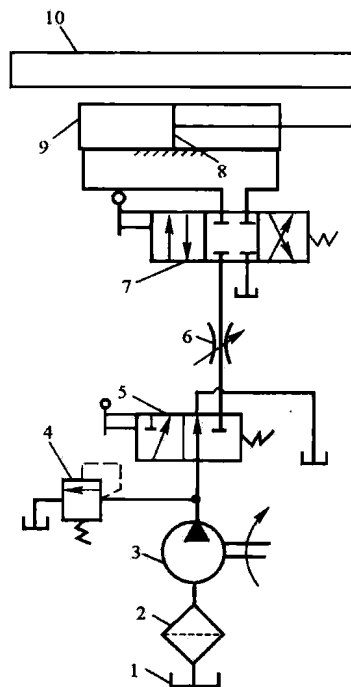


图 1-2 机床工作台液压系统
原理图图形符号图

三、液压传动系统的组成

由上面的例子可以看出,一个完整的液压传动系统主要由以下五个部分组成。

- (1)动力元件:主要指液压泵。它将原动机输入的机械能转换为液体的压力能。
- (2)执行元件:主要指液压缸和液压马达。它将液体的压力能转换成机械能。
- (3)控制元件:指各种控制阀。它通过对液体的压力、流量及流向的控制,以满足执行元件对输出力(转矩)、速度(转速)及运动方向的要求。
- (4)辅助元件:除上述三项以外的其他元件,包含油箱、油管、管接头、蓄能器、滤油器以及各种指示器和控制仪表等。它主要起连接、储油、保证和改善系统工作性能的作用。
- (5)工作介质:即液压油。它是传递运动和动力的载体。

第三节 液压传动的优缺点

一、液压传动的主要优点

(1) 传动功率大,且在同等功率下,液压传动装置的体积小、质量轻(如液压马达的质量只有同功率电机的10%~20%)、惯性小。

(2) 易实现无级调速,且调速范围大,可达到100:1~2 000:1。

(3) 易于实现过载保护。可以很方便地利用压力控制阀控制系统的压力,从而防止系统过载。

(4) 寿命长。由于采用油液为工作介质,润滑充分,所以寿命长。

(5) 便于推广使用。由于液压元件已经实现了系列化、通用化、标准化,因而便于选择使用,从而缩短了设计、制造周期。

二、液压传动的主要缺点

液压传动由于具有上述突出优点,使得它在国民经济的各个领域得到了广泛的应用,但同时也因为它的一些缺点,使得它在某些方面的应用受到了一定的限制。其主要缺点表现为:

(1) 传动的总效率较低。由于传动过程中存在泄漏、压力损失及能量的二次转换,因此液压传动的总效率较低。

(2) 不能实现严格的定比传动。由于传动介质的可压缩性和泄露等因素的影响,使得液压传动不能实现严格的定比传动。

(3) 在高温、低温条件下使用有一定困难。由于液压油的黏度对温度很敏感,因此它不宜于在高、低温环境下使用。

(4) 不适于远距离传动。由于液压油具有较大的黏性,在远距离传动过程中必然要产生较大的能量(压力)损失,从而进一步降低传动效率。同时,由于液压油具有一定的可压缩性,远距离传动也会降低其响应速度,故不适于远距离传动。

(5) 维护要求高。液压传动系统的故障往往很少从外观上直接表现出来,需要维修人员有较高的液压传动专业知识。

第四节 液压技术的应用

液压技术由于具有许多突出的优点,使得它在国民经济的各个领域都得到了广泛的应用。

在国防工业中,陆、海、空三军的很多武器装备都采用了液压传动与控制。例如,高炮瞄准液压系统;炮车驱动液压系统;飞机起落架收放、前轮转弯、主轮刹车以及发动机喷口操纵与控制液压系统;坦克火炮稳定器液压系统;船舶舵机液压系统;雷达天线液压系统;战略飞行器姿态控制液压系统等。

在机床工业中,液压传动在金属切削机床行业中得到了极广泛的应用。如磨床、铣床、车床、钻床以及组合机床等的进给装置多采用液压传动,它可以在较大范围内进行无级调速;在龙门刨、牛头刨和拉床等机床上采用液压传动易实现高速往复运动,且换向平稳、冲击小;在机

床的辅助装置如夹紧装置、变速操纵装置、工件输送装置中采用液压传动,可简化机床结构,提高自动化程度。

在冶金工业中,如炼钢炉炉前操作机械手液压系统、板带轧钢机弯辊及平衡装置液压系统。

在工程机械中,如挖掘机、装载机、推土机、汽车起重机等普遍采用了液压传动。

在农业机械中,如联合收割机、拖拉机的液压操纵系统等。

在石油机械中,如钻井平台桩腿升降液压系统、钻机液压系统等。

在煤炭机械中,如液压支架液压系统。

在汽车工业中,液压越野车、液压自卸式汽车、液压高空作业车和消防车等均采用了液压技术。

在轻纺工业中,如塑料注射成型机液压系统、纸张张力控制液压系统、整经机液压系统等。

近几年,又在太阳跟踪系统、海浪模拟装置、船舶驾驶模拟器、地震再现、火箭助飞发射装置、宇航环境模拟和高层建筑防震系统及紧急刹车装置等设备中,也采用了液压技术。

总之,一切工程领域,凡是有机设备的场合,均可找到液压技术的身影。

据统计,如今发达国家生产的 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。采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业发展水平的重要标志之一。

第五节 液压传动的工作介质

一、液压油的编号

液压油的种类繁多,分类方法各异。长期以来,习惯以用途进行分类,也有根据油品类型、化学组分或可燃性分类的。

1982 年,国际标准化组织(ISO)提出了《润滑剂、工业润滑油和有关产品(L 类)》第四部分 H 组(液压系统)分类,即 ISO 6743/4—1982。我国 GB 7631.2—87 等效采用了 ISO 6743/4 的规定,统一了液压油的命名方式,其一般形式如下:

类-品种-数字

例如,L-HV 32,其中:

L 表示类别(润滑剂及有关产品,GB 7631.1);

HV 表示品种(低温液压油);

32 表示牌号(GB 3141 规定,等效采用 ISO 的黏度分类法,以液压油 40℃ 时运动黏度的中心值来划分牌号)。

二、液压油的种类

液压油主要有石油基液压油和难燃液压液两大类。

(一)石油基液压油

主要品种:

(1)L-HL 液压油(普通液压油)。以精制矿物油为基础,加入部分添加剂调和而成。它

是目前供应量最大的液压油品种,主要用于 0℃ 以上的中低压液压系统。

(2)L-HM 液压油(抗磨液压油)。在普通液压油的基础上,加入适量抗磨剂,以减少液压元件的磨损。它特别适用于高压叶片泵液压系统。

(3)L-HV 液压油(低温液压油)。以深度脱蜡的精制矿物油为基础,加入适量添加剂调和而成。其黏度随温度变化小,适用于野外低温高压液压系统和精密数控机床液压系统。

(4)L-HG 液压油(液压-导轨油)。在普通液压油的基础上,加入适量油性剂,以具有很好的防爬性能。它适用于液压与导轨润滑合用的精密机床液压系统。

(二)难燃液压油

难燃液压油可分为合成液、乳化液和高水基液压油三大类。

主要品种:

(1)L-HFC 液压油(水-乙二醇液压油)。它由 35%~55% 的水、乙二醇和各种添加剂组成,抗燃性好。

(2)L-HFDR 液压油(磷酸酯液压油)。其抗燃性好,使用温度范围宽($-54^{\circ}\text{C} \sim 135^{\circ}\text{C}$),但价格昂贵(为液压油的 5~8 倍)。

(3)L-HFAE 液压油(水包油型乳化液)。它由 80% 以上的水、矿物油和添加剂组成。其价格低廉,但润滑性差,多用于煤矿液压支架及用油量特别大的液压系统。

(4)L-HFB 液压油(油包水型乳化液)。它由 60% 的矿物油、水和添加剂组成。其性能和价格也介于矿物油和水包油型乳化液之间。

(5)L-HFAS 液压油(高水基液压油)。这是一种含化学添加剂的高水基液压油,含水量在 95% 以上。其抗燃性好、价格便宜,但润滑性差。

三、液压油的性质

(一)密度

单位体积液体所具有的质量定义为液体的密度。体积为 $V(\text{m}^3)$ 、质量为 $m(\text{kg})$ 的液体的密度 $\rho(\text{kg}/\text{m}^3)$ 为

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

液压油的密度随温度升高而稍有减小,随压力的升高而稍有增大,但变化很小,可认为是常值。一般矿物油的密度可取 $900 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

(二)可压缩性

在系统压力很高或研究液压系统的动态特性时,必须考虑液压油的可压缩性。

液压油在受压之后,体积缩小、密度增大的现象称为液压油的可压缩性。其大小用体积压缩系数 β 来表示。

体积压缩系数 β 定义:液体在单位压力变化下体积的相对变化量,即

$$\beta = -\frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V} \quad (1-2)$$

式中, Δp 为压力的变化值, Pa; ΔV 为体积的变化量, m^3 ; V 为被压缩前的体积, m^3 。

因 Δp 与 ΔV 的方向相反, 为使 β 为正值, 故在公式中人为加了一个负号。 β 值越大, 说明该液体越容易被压缩。

液体体积压缩系数 β 的倒数定义为液体的体积弹性模量, 用 K 来表示, 即

$$K = \frac{1}{\beta} = -\frac{V\Delta p}{\Delta V} \quad (1-3)$$

K 值越大, 说明该液体越不容易被压缩。

工程上一般取液压油的体积弹性模量 $K = (1.4 \sim 2.0) \times 10^3 \text{ MPa}$ 。当油中含有空气时, 其体积弹性模量会大大降低。

(三) 黏性和黏度

1. 黏性

液体在外力作用下流动时, 分子间的内聚力会阻碍其相对运动, 即产生内摩擦力, 这种性质称为液体的黏性。黏性是液体的固有特性, 但只有在液体流动时才能显现出来。黏性只能延缓液层间的相对滑动, 而不能消除这种滑动。

2. 黏度

表示黏性大小的物理量就是液体的黏度。常用的黏度表示方法有三种, 即动力黏度、运动黏度和相对黏度。

(1) 动力黏度 μ 。动力黏度又称绝对黏度, 它是由牛顿内摩擦定律推导出来的。

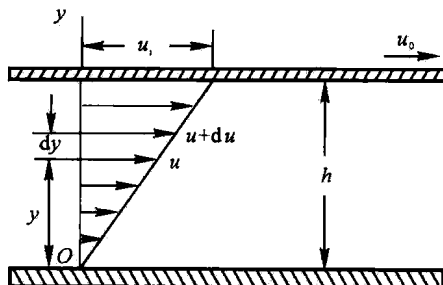


图 1-3 液体的黏性

如图 1-3 所示, 两个平行平板之间充满了密度为 ρ 的液体, 其中下平板固定不动, 上平板以速度 u_0 向右运动。由于液体的吸附作用, 紧贴上平板的一层液体速度为 u_0 , 紧贴下平板的一层液体速度为零, 中间液体的速度呈线性分布。如果把液体分成许多无限薄的液层, 则根据实测数据可知: 相邻两个液层间的内摩擦力 F 与液层之间的接触面积 A 和液层之间相对流速 du 的乘积成正比, 而与液层之间的距离 dy 成反比, 其比例系数 μ 即为动力黏度, 即

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \quad (1-4)$$

式(1-4)也可以写成

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy} \quad (1-5)$$

这就是牛顿内摩擦定律。其中, τ 为液层间的切应力, du/dy 定义为速度梯度。

动力黏度 μ 的物理意义是:液体在单位速度梯度下流动时,液层间的切应力,即

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}} \quad (1-6)$$

μ 的 SI 单位为 $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 或 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒)。

当速度梯度变化时, μ 为常数的液体称为牛顿液体, μ 为变数的液体称为非牛顿液体。除高黏度或含有特种添加剂的液压油外,一般工程用液压油均可看做牛顿液体。

(2) 运动黏度 ν 。同一温度下液体的动力黏度 μ 与密度 ρ 的比值称为液体在该温度下的运动黏度,即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-7)$$

运动黏度 ν 的 SI 单位为 m^2/s 。在 CGS 制单位中用斯(St)表示,斯的 1/100 为厘斯(cSt),关系为

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

运动黏度 ν 没有明确的物理意义,它之所以被称为运动黏度,是由于在它的量纲中只有运动学的要素——长度和时间——的缘故。液压油的牌号就是以 40°C 时运动黏度(cSt)的中心值来划分的,如 32 号液压油就是指这种液压油在 40°C 时运动黏度的中心值为 $32 \text{ mm}^2/\text{s}(\text{cSt})$ 。

(3) 相对黏度。相对黏度是以相对于蒸馏水的黏性的大小来表示液体的黏性。各国所采用的相对黏度单位不尽相同,有赛氏黏度、雷氏黏度、恩氏黏度等,我国采用恩氏黏度,用符号 E 表示。

恩氏黏度的测量方法:将 200 mL 被测液体装入恩氏黏度计中,在某一温度下,测出液体经容器底部直径为 $\phi 2.8 \text{ mm}$ 小孔流尽所需的时间 t_1 与同体积的蒸馏水在 20°C 时流过同一小孔所需的时间 t_2 (通常为 $50 \sim 52 \text{ s}$) 的比值,就是被测液体在这一温度时的恩氏黏度,即

$$E = \frac{t_1}{t_2} \quad (1-8)$$

恩氏黏度是一个无量纲量。知道了恩氏黏度后,可用经验公式

$$\nu = 7.31 E - \frac{6.31}{E} \quad (\text{mm}^2/\text{s}) \quad (1-9)$$

将其换算成运动黏度。

3. 黏温关系

黏温关系又称黏温特性。液压油的黏度一般随温度的升高而降低,黏度随温度的变化越小,它的黏温特性越好。

(1) 黏温图。黏度随温度变化的程度可用黏温图来表示。我国常用液压油的黏温曲线如图 1-4 所示。

黏度随温度变化的程度也可用相关公式近似计算(请查阅相关手册)。

(2) 黏度指数(VI)。液压油的黏度指数表示被测液压油的黏度随温度变化的程度与标准液压油黏度随温度变化程度比较的相对值(查阅 GB/T195—85 石油产品黏度指数计算方法)。一般液压油的 VI 值要求大于 90。VI 值越大,说明其黏度随温度变化越小,黏温特性越好。

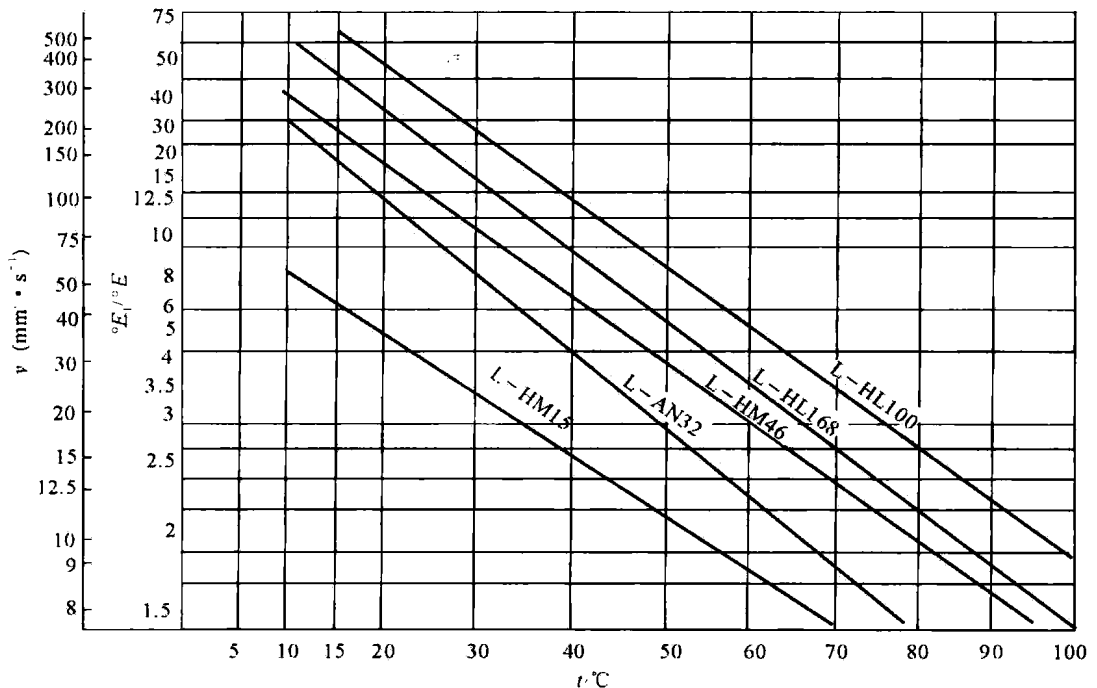


图 1-4 液压油的黏温曲线

4. 黏压关系

当液体所受压力增大时,分子之间的距离就缩小,内聚力就会增大,其黏度也会随之增大,但压力对黏度的影响相对较小。在工程上当压力小于 5 MPa 时,其对黏度的影响可忽略不计,但在压力大于 20 MPa 或压力变化很大的情况下,其对黏度的影响就不能忽略。

四、液压油的选用

液压油在液压传动系统中,既要起到传递运动和动力的作用,又要起到润滑剂的作用,所以液压油选用的合理与否对系统能否正常工作起着至关重要的作用。从液压油的编号可知,液压油的选用主要是品种和牌号的选用。应根据所设计液压系统的工作环境与条件要求选择液压油的品种(如普通液压油等)。在品种确定之后,主要就是确定其牌号(黏度)。黏度的选择既要满足所选液压元件的使用黏度范围,又要考虑以下因素。

1. 液压系统的工作压力

工作压力较高时宜选用黏度较大的液压油以减少泄漏;反之,宜选用黏度较小的液压油以减少压力损失。

2. 液压系统工作的环境温度

环境温度高时宜选用黏度较大的液压油;反之,宜选用黏度较小的液压油以满足在工作温度下的黏度要求。

3. 液压系统工作部件的运动速度

工作部件的运动速度较高时宜选用黏度较小的液压油以减少压力损失;反之,宜选用黏度较大的液压油以减少泄漏。

思考与习题

1-1 什么是液压传动?

1-2 液压传动系统由哪几部分组成? 各起什么作用?

1-3 简述液压传动的优、缺点。

1-4 某液压油体积为 200 cm^3 , 密度为 900 kg/m^3 , 在 50°C 时流过恩氏黏度计所需时间 $t_1 = 153\text{ s}$, 20°C 时 200 cm^3 的蒸馏水流出恩氏黏度计所需时间 $t_2 = 51\text{ s}$ 。问: 该液压油在 50°C 时的恩氏黏度 E 、运动黏度 ν 、动力黏度 μ 各为多少?

1-5 某液压油在大气压下的体积为 $50 \times 10^{-3}\text{ m}^3$, 在压力升高后, 其体积减少到 $49.9 \times 10^{-3}\text{ m}^3$, 该液压油的体积弹性模量 $K = 700\text{ MPa}$, 求压力的升高值。