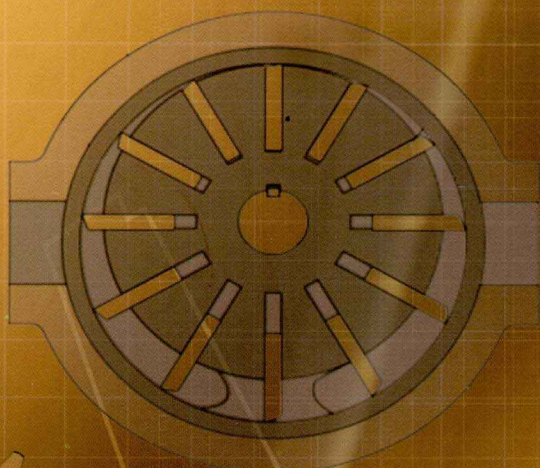




现代远程教育系列教材

液压传动与控制

主 编 姜秀萍
副主编 于 海



$$q = Vn\eta_v = 2\pi Dbenn\eta_v$$



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

液压传动与控制

主 编 姜秀萍

副主编 于 海

大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

液压传动与控制 / 姜秀萍主编. — 大连 :
大连理工大学出版社, 2011.12
ISBN 978-7-5611-6657-4

I. ①液… II. ①姜… III. ①液压传动②液
压控制 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 262696 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 传真:0411-84701466 邮购:0411-84703636

E-mail:dutp@dutp.cn URL:<http://www.dutp.cn>

大连业发印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm	印张:9.5	字数:217 千字
2011 年 12 月第 1 版	2011 年 12 月第 1 次印刷	

责任编辑:王影琢

责任校对:李 萍

封面设计:戴筱冬

ISBN 978-7-5611-6657-4

定 价:21.00 元

前 言

本书依据大连理工大学网络教育学院“关于加强现代远程教育纸介教材的建设意见”和在已录制的电子版课件的基础上编撰而成。基于计算机网络条件下的远程教育,即称网络教育,亦称现代远程教育,是当今推进高等教育大众化的最新途径,本书专门为从事网络学习的学生撰写。内容主要涵盖了液压传动的工作原理、液压流体力学基础、液压动力元件、液压执行元件、液压控制元件以及由这些元件组成的基本回路等经典内容;对液压行业近几十年发展起来的最新的比例控制、数字控制、二通插装技术有简单的原理叙述,以及几个典型的液压传动系统实例,供对液压技术感兴趣的读者扩大阅读;书中各章都有精选的思考题和习题,方便学生深入学习;书中使用的图形符号完全符合国家最新标准 GB/T 786.1—2001。

本书第一、二、六、七、八章由姜秀萍编写,第三、四、五章由于海编写并进行校对,最后由姜秀萍定稿。

本书由大连理工大学机械工程学院屈福政教授精心审阅,提出许多宝贵意见和建议,对于屈福政教授为本书付出的辛勤劳动表示衷心的感谢!

本书得到大连理工大学网络教育学院和大连理工大学出版社有关领导和同志们的指导与帮助,在此表示衷心感谢!

由于水平和时间有限,本书难免有缺点和错误,希望广大读者批评指正。

编 者
2011 年 12 月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 液压传动的工作原理和系统的组成	1
第二节 液压传动的优缺点	3
第三节 液压传动的发展与应用	4
思考题和习题	6
第二章 液压流体力学基础	7
第一节 液压油的特性和选用	7
第二节 液体静力学	11
第三节 液体动力学	13
第四节 管道中的液体流动	20
第五节 孔口和缝隙中的液体流动	24
第六节 液压冲击和气穴现象	28
思考题和习题	30
第三章 液压动力元件	33
第一节 概 述	33
第二节 齿轮式液压动力元件	36
第三节 叶片式液压动力元件	39
第四节 柱塞式液压动力元件	43
第五节 液压动力元件选用	47
思考题和习题	49
第四章 液压执行元件	51
第一节 液压缸的类型和特点	51
第二节 液压缸的典型结构和组成	56
第三节 液压缸的设计和计算	60
第四节 液压马达	62
思考题和习题	67
第五章 液压控制元件	70
第一节 概 述	70
第二节 方向控制元件	71
第三节 压力控制元件	78

第四节 流量控制元件	86
第五节 比例阀、二通插装阀和数字阀	89
思考题和习题	94
第六章 液压辅助元件	96
第一节 过滤器	96
第二节 蓄能器	99
第三节 管 件	101
思考题和习题	104
第七章 液压控制回路	105
第一节 概 述	105
第二节 速度控制回路	105
第三节 压力控制回路	118
第四节 方向控制回路和锁紧回路	122
第五节 多个执行元件的控制回路	124
思考题和习题	127
第八章 典型液压传动系统举例	132
第一节 组合机床动力滑台液压传动系统	132
第二节 M1432A 外圆磨床液压传动系统	135
第三节 液压机液压传动系统	137
思考题和习题	141
参考文献	144

第一章 绪 论

第一节 液压传动的工作原理和系统的组成

液压传动是液体传动的一种方式,即用液体作为工作介质实现能量的传递,称为液体传动。按工作原理不同分为两类:利用运动着的液体的动能来传递能量的方式称为液力传动;主要以液体压力能进行工作的称为液压传动。本书要讨论的是液压传动。早在17世纪,帕斯卡就提出了用液体的静压力传递动力的原理,这一原理逐渐地得到广泛的应用,演变成今天工程领域不可缺少的重要技术。

对于不同的行业有不同的要求,其相应的液压传动系统是各式各样的,但基本的工作原理是相同的。为了说明液压传动的工作原理,首先分析简化的磨床液压传动系统工作原理和系统的组成。

一、液压传动的工作原理

图1-1为驱动磨床工作台的液压传动系统,它是由油箱1、过滤器2、液压泵4、溢流阀5、节流阀7、换向阀8、杠杆9、活塞10、液压缸11、工作台12及连接这些元件的油管3、6、13等组成。系统的工作原理:图1-1(a)图示位置液压泵4经过滤器2过滤,从油箱1吸入液压油。液压油经油管6、节流阀7后进入换向阀8,再进入液压缸11的左腔,液压缸11右腔的液压油经管路进入换向阀8和回油管路13流回油箱1,活塞10带动工作台12向右运动。

将换向阀8的杠杆9换成图1-1(b)位置,压力油经油管6、节流阀7后进入换向阀8,再进入液压缸11的右腔,液压缸11左腔的液压油经管路进入换向阀8和回油管路13流回油箱1,活塞10带动工作台12向左运动,工作台完成一次往复运动。可见通过不断地改变换向阀8阀芯的位置,工作台12可以实现左右往复不断地运动。

工作台12往复运动时,要受到大小不等的各种阻力,液压缸11工作腔要有足够大的推力,这个推力由进入工作腔的液压油产生。运动阻力越大,缸中的油压力越高;液压缸11的运动速度是随进入缸中液压油的多少而变化的,是通过节流阀7调节的;工作台12往复运动由换向阀8来控制;液压泵4输出多余的油液经溢流阀5和回油管路3流回油箱1。

由上面简单磨床工作原理的例子,说明液压传动是靠受压液体的流动和压力能来传递运动和动力的。电动机带动液压泵输出压力油,是将电动机供给的机械能转换成油液的液压能;压力油经过管路及一些控制调节元件进入液压缸,推动工作台往复运动,是将油液的压力能又转换成机械能。工作台运动时所能克服的阻力大小与油液的压力和活塞

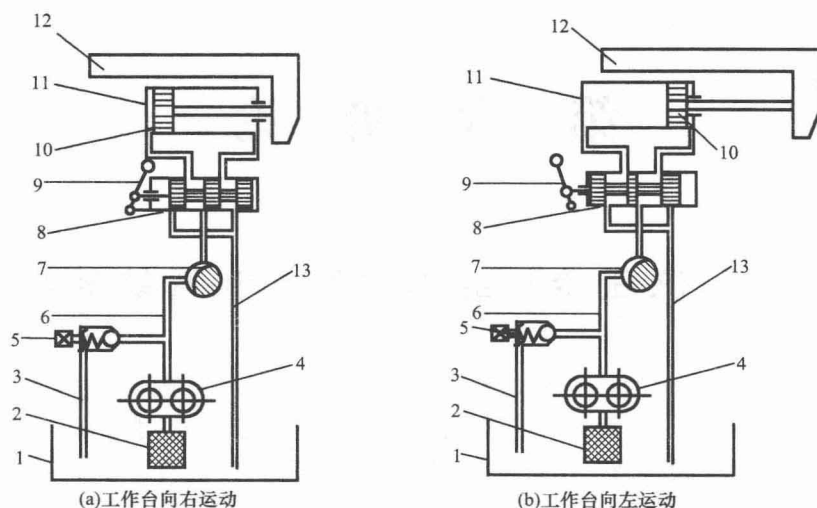


图 1-1 磨床工作台的液压传动系统工作原理

1—油箱;2—过滤器;3、6、13—油管;4—液压泵;5—溢流阀;7—节流阀;8—换向阀;
9—杠杆;10—活塞;11—液压缸;12—工作台

的有效工作面积有关,工作台运动速度取决于单位时间内通过节流阀流入液压缸中油液体积的多少。由此可见,液压传动系统需要有变换运动方向、调节工作压力、改变运动速度的控制措施。这种借助于运动着的压力油的容积变化来传递动力的液压传动称为容积式液压传动。本教材涉及的都是容积式液压传动。

二、液压传动系统的组成

由上面例子可以看出,液压传动系统由以下五部分组成:

1. 液压动力元件

即液压泵,是一种能量转换装置。它将原动机的机械能转换成油液的液压力能,是为液压传动系统提供能源的,也叫能源装置。

2. 液压执行元件

即液压缸和液压马达,它是在压力油的推动下输出力和位移(或力矩和转角),将油液的压力能转换成机械能驱动工作部件运动。是对外做功的能量转换元件。

3. 液压控制元件

即各种液压控制阀,对系统进行压力、流量或运动方向的调节。如上例的溢流阀、节流阀、换向阀等。保证液压执行元件完成预期的工作。

4. 液压辅助元件

液压传动系统中必备的有油箱、油管、管接头、压力表、压力表开关、过滤器、蓄能器等元件。这些元件是保证液压传动系统正常工作不可缺少的重要元件,使系统能正常工作和便于检测控制。

5. 传动介质

传动介质是实现运动和动力传递的工作介质,通常称为液压油。

三、液压传动系统的工程表示

图 1-1 中系统中的各个元件以半结构的形式绘出,直观性强,易于理解,但难绘制,系统中元件数目多时更是如此。图 1-2 是用液压传动系统图形符号绘制的图 1-1 系统图。这些图形符号绘制方便,简单明了,是液压技术交流的工程语言,相应的国家标准为 GB/T 786.1—2001。

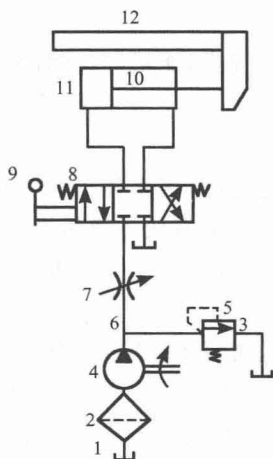


图 1-2 图形符号绘制的系统工作原理

1—油箱;2—过滤器;3、6—油管;4—液压泵;5—溢流阀;7—节流阀;
8—换向阀;9—杠杆;10—活塞;11—油缸;12—工作台

第二节 液压传动的优缺点

一、液压传动优点

液压传动与机械、电力等传动方式比较有下列优点:

1. 可方便地实现大范围内的无级调速。调速范围可达 1 000;调速功能不受功率大小的限制。这是机械传动和电传动都难以做到的。
2. 在相同功率情况下,液压传动与机械、电力传动相比具有质量轻、体积小、惯性小、动作灵敏、响应快,便于实现自动控制等突出优点。
3. 液压传动均匀平稳,负载变化时速度较稳定,并且具有良好的低速稳定性。液压马达最低稳定转速可小于 1 r/min。这是任何电动机都难以做到的。
4. 借助于各种控制阀,可实现过载自动保护,也易于实现其他自动控制和进行远程控制或机器运行自动化。特别是与电液控制技术联用时,易于实现复杂的自动工作循环。

5. 由于液压元件是用管道连接的,故可允许执行元件与液压泵相距较远;液压元件可根据设备要求与环境灵活布置,适应性强。

6. 液压传动系统通常以液压油作为工作介质,具有良好的润滑条件,可延长元件使用寿命。

7. 液压元件易于标准化、系列化和通用化,便于设计、制造和推广应用。

二、液压传动缺点

1. 效率较低

在液压传动系统的动力传递过程中,能量经过两次变换,变换时存在着机械能和液压能损失,故效率较低。

2. 泄漏问题

液压传动系统的泄漏是不可避免的,这是使人烦恼的问题。泄漏不仅使系统效率降低,影响传动的平稳性及准确性,而且易造成环境污染,特别是石油基液压油,当附近有火种或高温热源存在时,泄漏有可能导致失火而引发事故。

3. 对污染敏感

污染的工作介质对液压元件危害极大,如磨损加剧、性能变坏、寿命缩短,甚至损坏。反过来磨损又使污染加剧,造成恶性循环。据相关资料统计,系统有 70% 以上的故障都是由液压油的污染引起的,采取必要的措施保持工作介质的清洁是至关重要的。

4. 检修困难

液压传动系统一旦发生故障,判断故障原因和部位都比较困难,因此要求操作和维修人员,应有较高的技术水平、专业维修知识和判断故障原因的经验和能力。

5. 对温度敏感

液压传动系统采用的工作介质是液压油,液压油性能受温度变化影响较大,因此直接影响液压传动系统的性能和效率,必要时采取适当的措施控制温度。

6. 液压元件加工精度要求较高

一般情况下,液压传动系统要有独立的能源,通常因为液压产品成本较高而导致价格昂贵。

随着科学技术的进步和生产的发展,上述缺点正在逐步地得到克服。元件的质量逐步改善,行业技术水平得到极大提高,特别是比例技术、计算机控制技术的应用,使液压传动有广泛的应用领域和发展空间。

第三节 液压传动的发展与应用

液压传动相对于机械传动来说是一门新技术。自从 1650 年帕斯卡提出静压传递原理,为液压传动奠定了理论基础,一百多年后的 1795 年世界上诞生第一台水压机,1850 年出现了液压起重机、压力机等等。此后液压传动经历了 200 多年的徘徊,直到 20 世纪 40 年代进入了高速发展时期。由于控制论的出现,特别是自动控制理论与技术的发展,

使液压传动与控制技术取得了飞速进步,首先在飞机上应用了电液伺服阀,研究出高响应的永磁式力矩马达,大大提高了电液伺服阀的工作性能。20世纪60年代以后,随着原子能科学、空间技术、计算机技术的发展,促进了液压技术的更新换代。20世纪80年代出现了比例控制技术和用现代控制论建立数学模型的新方法——功率键合图和状态空间分析法,现代控制论中的状态空间分析法给液压传动系统动态特性的理论研究开辟了新的途径,而功率键合图又是把所研究的系统写成状态方程进行数字仿真的有力工具。因此,研究液压传动系统和元件的动态特性风起云涌地开展起来,预测液压传动系统的动态性能和各参量的时域解已成为现实,突破了只能分析一阶线性系统的稳定性和频率特性的传递函数时代。液压传动广泛应用于航空、航天、军工、石油、船舶、机床、冶金、矿山、农机、工程机械、轻纺、化工机械、汽车各个行业中,液压技术的发展与应用程度已成为衡量一个国家工业发展水平的重要标志。

液压技术在国民经济各领域中占有重要地位,是机械加工自动化的重要基础件,与计算机辅助设计 CAD(Computer Aided Design)、计算机辅助制造 CAM(Computer Aided Manufacturing)、柔性制造单元 FMC(Flexible Manufacturing Cell)、柔性制造系统 FMS(Flexible Manufacturing System)、计算机集成制造系统 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System)等的关系极为密切;除机械领域外是各种机械、设备的核心配件;是机电一体化的重要接口器件;是机器人化的关键环节。

近年来,液压技术与微电子技术、计算机技术、传感技术等结合,使其又产生了飞速发展,当前液压技术研究主要集中在:

1. 发展高性能、高可靠性的元件和系统。提高可靠性是一项系统工程,除科学的设计,选用先进的材料外,还应注意应用和维护,系统状态的检测、故障诊断、加强污染控制等,对提高元件和系统的可靠性有重要意义。

2. 发展集成化、小型化和轻量化的液压元件。随着液压传动系统复杂程度的提高,要求节省安装空间、减少配管、易维修,必须研究生产上述元件。继集成块式、叠加阀式、插装阀式之后又出现了将控制元件附加在动力元件上的一体化复合液压装置。

3. 以保护环境、安全和满足可持续发展为目标的绿色液压。如无污染的纯水液压技术及相关新材料、新工艺的开发和研究,降低元件和系统的噪声、减小泄漏和提高密封可靠性的研究。

4. 以提高效率、降低能耗为目标的系统匹配设计理论、方法和计算机对液压传动系统进行自适应控制手段的研究。

5. 介质清洁。介质的清洁是液压传动及控制系统安全、正常使用的保证,过滤设备及材料性能的优劣是关键。无心轴滤芯、渐变孔径结构的滤材研究成功,按 ISO 或 NAS 标准实现在线、离线检测油液清洁度的便携式油液清洁度监测仪等新技术、新设备的出现,为流体工作介质的清洁提供了保证。

液压传动与控制技术的进步,是以时代的科学技术进步为基础,并以国民经济发展的需要为动力,经历长期的发展过程。它的继续发展已成为历史的必然,但面临巨大的压力和挑战,从业者仍需加倍努力,为科学与技术进步贡献聪明才智。

思考题和习题

- 1-1 什么叫液压传动？基本工作原理是什么？
- 1-2 液压传动系统由哪些部分组成的？各起什么作用？
- 1-3 液压传动系统图形符号采用什么国家标准？
- 1-4 液压传动有哪些优缺点？
- 1-5 你从事哪个行业？液压传动技术用在什么机械上？说明其工作原理。

第二章 液压流体力学基础

液压传动以液压油作为工作介质来传递能量,液压油有许多特性。研究这些特性有助于了解液体平衡与运动规律,有助于正确理解液压传动的基本原理,合理设计和使用液压传动系统。

流体力学是研究液体平衡和运动规律的一门学科,是分析、设计液压传动系统的理论基础。

第一节 液压油的特性和选用

一、液压油的物理性质(可压缩性、粘性)

液压油的基本性质有许多,本书主要介绍可压缩性和粘性。

(一)可压缩性

1. 液体的压缩系数

液体受压力作用而体积减小的性质称为可压缩性。设体积为 V_0 的液体,压力增大 Δp 时,体积减小 ΔV ,液体在单位压力变化下的体积相对变化量为

$$\kappa = -\frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V_0} \quad (2-1)$$

κ 称为液体的压缩系数。因为压力增大时体积减小,为了保证 κ 为正值,上式右边加一负号。

2. 液体的体积模量

κ 的倒数称为液体的体积模量,以 K 表示

$$K = \frac{1}{\kappa} = -\frac{\Delta p V_0}{\Delta V} \quad (2-2)$$

体积(弹性)模量 K 表示单位体积相对变化量 $\Delta V/V_0$ 所需要的压力增量 Δp 。体积(弹性)模量 K 表明液体抵抗压缩能力的大小。在温度 20°C 下,纯净油液的体积模量 $K = (1.4 \sim 2) \times 10^3 \text{ MPa}$,因为数值很大,通常认为液压油是不可压缩的。但当液压油中混入空气时,因为空气的可压缩性很大,液压油抗压缩能力显著降低会严重影响液压传动系统的工作性能。在有较高要求或压力变化较大的系统中,应尽量减少油液中混入气体及其他易挥发物质(如汽油、煤油、乙醇、苯等)的含量。由于液压油中的气体难以完全排除,在实际计算中常取 $K = 700 \text{ MPa}$ ($0.7 \times 10^3 \text{ MPa}$)。

(二)粘性

1. 粘性的物理本质

液体在外力作用下流动时,分子间内聚力的存在使其流动受到牵制,从而沿其界面产

生内摩擦力,这一特性称为液体的粘性。

以图 2-1 为例说明液体的粘性。距离为 h 的两平行板间充满液体,下平板固定,上平板以速度 u_0 向右平移。由于液体和固体壁面间的附着力和液体的粘性,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 ,中间各液层液体的速度当 h 较小时,从下向上呈线性规律分布。

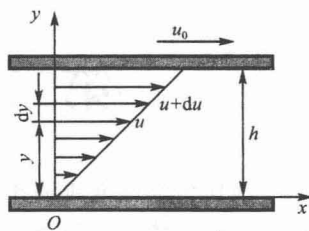


图 2-1 液体的粘性

实验测试表明,液体流动时相邻液层间的内摩擦力 F 与层接触面积 A 及液层间的速度梯度 du/dy 成正比,比例系数为 μ 。

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \quad (2-3)$$

μ 称为动力粘度。若以 τ 表示液层间的切向应力,即单位面积上的内摩擦力为

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy} \quad (2-4)$$

这就是牛顿内摩擦定律。

由式(2-4)可知,当 $du/dy=0$ 时,内摩擦力为零,所以液体在静止时不呈现粘性。

2. 粘度的度量

液体粘性大小用粘度来表示。常用的粘度有三种,即绝对粘度(动力粘度)、运动粘度、相对粘度(条件粘度)。

(1) 绝对粘度(动力粘度) μ

由式(2-4)可知,绝对粘度是表征流动液体内摩擦力大小的粘性系数。其值等于液体以单位速度梯度流动时,单位面积上的内摩擦力,即

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}} \quad (2-5)$$

$$\frac{du}{dy} = 1, \quad \mu = \tau$$

绝对粘度法定计量单位在 SI 制中为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒, $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$)。以前工程单位 CGS 制中用 P (泊, dyn/cm^2) 表示,两者间换算关系 $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ P}$ 。如果绝对粘度只与液体种类有关而与速度梯度无关叫牛顿液体,石油基液压油一般为牛顿液体。

(2) 运动粘度 ν

绝对粘度与液体密度的比值称为运动粘度。

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2-6)$$

运动粘度本身无物理意义,但在工程实际中是常用的物理量。法定计量单位(国际单位制的单位)为 m^2/s , 以前工程单位 CGS 制中用 cm^2/s 。两者间换算关系 $1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$ 。

国际标准化组织 ISO 规定采用运动粘度表示液压油的粘度等级。我国生产的液压油采用 40°C 时运动粘度的平均值以 mm^2/s 为其粘度等级标号,即液压油的牌号。常用液压油粘度等级见表 2-1。

表 2-1 常用液压油粘度等级 (×10⁻⁶ m²/s)

粘度等级	40℃粘度平均值	40℃粘度范围	粘度等级	40℃粘度平均值	40℃粘度范围
VG10	10	9.0~11.0	VG32	32	28.8~35.2
VG15	15	13.5~16.5	VG46	46	41.4~50.6
VG22	22	19.8~24.2	VG68	68	61.2~74.8

(3)相对粘度(条件粘度)°E

它是采用特定的粘度计在规定的条件下测量出来的粘度,也叫条件粘度。以条件单位来表示,测定的方法和表示粘度的单位很多,因此,条件粘度的种类也很多。例如恩氏(中国、欧洲、前苏联)、赛氏(美国、英国)、雷氏(美国、英国)、巴氏(法国)等。

恩氏粘度是用恩氏粘度计测定,即将 200 ml 的被测液体装入底部有 φ2.8 mm 小孔的恩氏粘度计中,在某一特定的温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时,测出液体自由流过小孔所需时间 t_1 和同体积蒸馏水在 20℃ 时从同一小孔流出所需时间 t_2 的比值,称为液体在该温度时的相对粘度(条件粘度),用°E_t表示,即

°E_t = t₁ / t₂ (2-7)

3. 温度对粘度的影响

温度变化使液体内聚力发生变化,因而油对温度变化极为敏感,温度升高粘度降低。油液的粘度随温度变化的性质叫粘温特性,如图 2-2 所示。不同种类的液压油有不同的粘温特性,粘温特性好的液压油,粘度随温度变化较小,因而温度变化对液压传动系统影响较小。

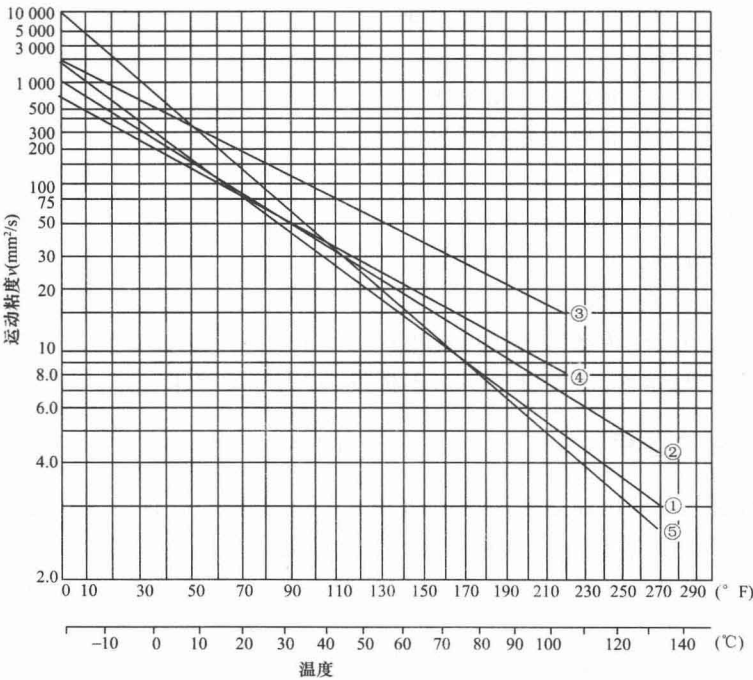


图 2-2 几种液压油的粘温特性曲线

- ①—石油基普通液压油;②—石油基高粘度指数液压油;③—水包油乳液;
- ④—水乙二醇液;⑤—磷酸酯液

国内外常用粘度指数 VI 来衡量粘温特性的好坏,粘度指数 VI 较大时,表示油液随温度变化较小,即粘温特性好。一般要求液压油的粘度指数应在 90 以上,优异的在 100 以上。例如石油基液压油 L-HM 的 VI 指数 ≥ 95 。

4. 压力对粘度的影响

液体所受的压力增大时,液体分子间距离缩小,内聚力增加,粘度会变大。但对于一般液压传动系统,当压力在 32 MPa 以下时,压力对粘度的影响可以忽略不计。当压力大于 50 MPa 时,其影响趋于显著。可由下式计算

$$\nu_p = \nu_a e^{cp} \approx \nu_a (1 + cp) \quad (2-8)$$

ν_p ——压力为 p 时液体的运动粘度,单位 m^2/s ;

ν_a ——大气压下液体的运动粘度,单位 m^2/s ;

e ——自然对数底数;

c ——系数,石油基液压油, $c = (0.015 \sim 0.035) \text{MPa}^{-1}$ 。

压力升高到 70 MPa 以上时,液体的粘度将比常压下增加 4~10 倍。

二、对液压油的要求

不同的液压传动系统使用不同的液压油,为了使液压油更好地传递运动和动力,应有如下性能:

1. 合适的粘度 $\nu = (11.5 \sim 41.32) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$, 较好的粘温特性。
2. 润滑性能好,腐蚀性小,防腐能力强。
3. 质地纯净,杂质少。
4. 对金属和密封件有良好的相容性。
5. 对热、氧化、水解和剪切有良好的稳定性。
6. 抗泡沫性好,抗乳化性好。
7. 体积膨胀系数小,比热容大。
8. 流动点和凝固点低,闪点和燃点高。
9. 对人体无害,成本低。

对有些行业的液压传动系统还可提出针对性的要求。例如对轧钢机、压铸机、挤压机要突出耐高温、热稳定性、不腐蚀、无毒、不挥发、防火等项要求。

三、液压油的选用

正确合理地选用液压油是使液压传动系统达到设计要求,保障工作能力,满足环境条件,延长使用寿命,提高可靠性,防止事故发生的重要条件。

选择液压油主要是品种和粘度,在确定品种之后,接着选择液压油的粘度。粘度等级选择十分重要。粘度太大,液流的损失和发热大,系统效率低;粘度小,泄漏增大也会降低系统效率。在选择液压油的粘度时注意以下几方面:

1. 系统工作压力

工作压力高时,泄漏是主要问题,宜选用粘度较大的液压油以减小泄漏。系统工作压力低时,可选用粘度较小的液压油。

2. 执行元件运动速度

当运动速度高时,摩擦损耗是主要问题,宜选用粘度较小的液压油以减小液流的摩擦损失。运动速度低时,选用粘度较大的液压油。

3. 工作环境温度

环境温度较高时,选用粘度较大的液压油。在液压传动系统所有元件中,液压泵对液压油性能最为敏感。工作压力高、转速高、温度高,液压油在吸入和排出液压泵时都要受到剪切作用,通常根据液压泵要求确定液压油的粘度。表 2-2 给出液压泵用油的推荐粘度范围。

表 2-2 各种液压泵选用的液压油粘度范围

液压泵类型		粘度 $\text{mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$	
		$5^\circ\text{C}\sim 40^\circ\text{C}$	$40^\circ\text{C}\sim 80^\circ\text{C}$
叶片泵	7 MPa 以下	30~50	40~75
	7 MPa 以上	50~70	50~90
螺杆泵		30~50	40~80
齿轮泵		30~70	95~165
径向柱塞泵		30~50	65~240
轴向柱塞泵		30~70	70~150

注: $5^\circ\text{C}\sim 40^\circ\text{C}$ 、 $40^\circ\text{C}\sim 80^\circ\text{C}$ 为液压传动系统的工作温度

第二节 液体静力学

液体静止是指液体内部质点之间没有相对运动。液体静力学是研究静止液体的力学性质。

一、压力及其性质

作用在液体上的力有质量力和表面力两种。单位质量液体所受的质量力称为单位质量力,数值上等于重力加速度。单位面积上作用的表面力称为应力,它有法向应力和切向应力之分。液体静止时质点间没有相对运动,不存在摩擦力,也就没有切向应力。静止液体的表面力只有法向力。液体单位面积上所受的法向力称为压力。例如,面积 ΔA 上作用有法向力 ΔF 时,液体内某点上的压力就定义为

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (2-9)$$

液体压力有下述性质:静止液体内任意点处的压力在各个方向上是相等的。

二、重力作用下静止液体的压力分布

如图 2-3(a)所示,密度为 ρ 的液体在容器内处于静止状态。为求任意深度 h 处的压力,可以从液体内取出一个底面为通过该点的垂直小液柱作为控制体,设小液柱底面积为 ΔA ,高为 h ,如图 2-3(b)所示。小液柱在重力及周围液体压力作用下处于平衡状态,在垂