

液压与气压传动

● 主 编 李寿昌 钱 红 翟红云



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书由液压传动技术和气压传动技术两部分组成,主要论述了液压与气压传动的基础知识;液压与气压传动元件的工作原理、结构组成和性能特点;液压、气动基本回路的组成和功用;典型液压与气动系统在工业中的应用。针对高职高专教育培养高素质技能型专门人才的特点,本教材还重点介绍了液压元件的拆装、液压控制回路的组成与调试和液压系统的设计计算,通过教学、实训和设计的交替,加强学生对所学知识的理解和掌握。

本书可供机械类、机电类专业的高等院校及成人教育的在校生,以及参加自学考试的学生使用,也可作为有关工程技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/李寿昌,钱红,翟红云主编. —北京:北京理工大学出版社, 2019.7

ISBN 978-7-5682-7159-2

I. ①液… II. ①李… ②钱… ③翟… 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(2019)第124875号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/唐山富达印务有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/17.25

字 数/405千字

版 次/2019年7月第1版 2019年7月第1次印刷

定 价/69.00元

责任编辑/多海鹏

文案编辑/多海鹏

责任校对/周瑞红

责任印制/李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

Preface

我国经济高速发展,推动了高等教育的快速发展。培养高素质技能型专门人才已经成为目前我国高等教育发展的首要任务。

“液压与气压传动”是高等院校机械类专业、机电类专业、自动化专业及其他近机类专业的核心教学课程。在广泛调研和征求意见的基础上,我们组织有关教师编写了本教材。本教材在编写过程中注重高等教育的特点,以项目为引领、任务为驱动、技能训练为中心,配备相关的理论知识,构成项目化教学模块来优化教材内容,便于采用理论、实训一体化训练法,通过“做中学、做中教、边学边做”来实施教学内容,实现理论知识与技能训练的统一。全书内容包括液压传动技术和气压传动技术两部分,主要论述了液压与气压传动基础知识、液压元件与气动元件的结构原理及性能特点;液压基本回路与气动基本回路的功能和设计、典型液压系统和气动系统的原理、液压系统设计等。全书共分17个项目,每个项目由多个任务组成,每个任务内容的呈现符合学生的认知规律。

本教材由李寿昌、钱红和翟红云担任主编。具体编写分工如下:李寿昌编写绪论、项目1、项目7、项目12~项目16及附录;钱红编写项目3;翟红云编写项目9;李明相编写项目11;王锐编写项目17;张书征编写项目2;莫毅编写项目10;涂祖蕾编写项目4;张敏编写项目5;杨春红编写项目6;管明编写项目8。全书由李寿昌、钱红统稿,由李寿昌定稿。

在本教材的编写过程中,所有液压与气动元件的图形符号均依据GB/T 786.1—2009绘制,同时吸收与借鉴了同类教材和书籍的精华,在此谨对各位原作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中可能存在错误和不妥之处,恳请有关专家和广大读者提出宝贵意见,以便再版时修改。

编者

绪论	001
项目 1 认识流体的物理性质及力学特性	003
任务 1 认识流体的物理性质	003
任务 2 认识流体的静力学规律	011
任务 3 认识流体的动力学规律	017
任务 4 认识能量损失	021
任务 5 认识液压冲击和气穴现象	026
任务 6 液压油的选用及维护	029
思考与练习	030
项目 2 认识液压传动	032
任务 1 认识液压传动的工作原理、系统组成及图形符号	032
任务 2 认识液压传动的优缺点	037
任务 3 液压千斤顶的使用	038
思考与练习	039
项目 3 认识液压泵	041
任务 1 认识液压泵的工作原理及性能参数	041
任务 2 认识齿轮泵	044
任务 3 认识叶片泵	048
任务 4 认识柱塞泵	050
思考与练习	052
项目 4 液压泵的拆装	054
任务 1 CB-B 型低压齿轮泵的拆装	054

目 录

Contents

任务 2 YB 型叶片泵的拆装	056
任务 3 10SCY14-1B 型轴向柱塞泵的拆装	058
项目 5 认识液压马达与液压缸	061
任务 1 认识液压马达	061
任务 2 认识液压缸	065
思考与练习	071
项目 6 液压马达与液压缸的拆装	073
任务 1 齿轮式液压马达的拆装	073
任务 2 双作用单活塞杆式液压缸的拆装	074
项目 7 认识液压控制阀	078
任务 1 认识液压控制阀的分类、性能要求及特点	078
任务 2 认识方向控制阀	080
任务 3 认识压力控制阀	090
任务 4 认识流量控制阀	100
任务 5 认识其他液压控制阀	104
思考与练习	111
项目 8 液压控制阀的拆装	113
任务 1 管式普通单向阀的拆装	113
任务 2 Y 型先导式溢流阀的拆装	114
任务 3 L-10B 型节流阀的拆装	115
项目 9 认识液压辅助元件	118
任务 1 认识蓄能器	119
任务 2 认识滤油器	120
任务 3 认识油箱与热交换器	124

任务4 认识油管和管接头	126
任务5 认识密封装置	128
思考与练习	130
项目10 认识液压系统基本回路	132
任务1 认识压力控制回路	132
任务2 认识速度控制回路	138
任务3 认识方向控制回路	147
任务4 认识多缸工作控制回路	149
思考与练习	153
项目11 液压控制回路的组建与调试	156
任务1 换向回路的组建与调试	156
任务2 二级压力控制回路的组建与调试	158
任务3 容积节流调速回路的组建与调试	159
项目12 典型液压传动系统的分析及故障排除	162
任务1 组合机床动力滑台液压系统的分析及故障排除	162
任务2 数控车床液压系统的分析及故障排除	167
任务3 机械手液压系统的分析与故障排除	171
思考与练习	175
项目13 液压传动系统的设计计算及实例分析	177
任务1 液压传动系统的设计计算	177
任务2 液压传动系统的设计计算实例	191
思考与练习	202
项目14 认识气源装置及气动元件	203
任务1 认识气源装置	203

目 录

Contents

任务 2 认识气源净化装置	206
任务 3 认识气动辅助元件	209
任务 4 认识气动执行元件	212
任务 5 认识压力控制阀	216
任务 6 认识方向控制阀	219
任务 7 认识流量控制阀	222
任务 8 认识气动逻辑元件	225
思考与练习	228
项目 15 认识气动基本回路	230
任务 1 认识压力控制、速度控制和方向控制回路	230
任务 2 认识其他常用气动回路	237
思考与练习	243
项目 16 典型气动系统的分析及故障排除	245
任务 1 气动夹紧系统分析及故障排除	245
任务 2 公共汽车车门气压控制系统分析及故障排除	247
任务 3 气动机械手气压传动系统分析及故障排除	249
思考与练习	252
项目 17 知识拓展	254
知识拓展 1——纯水液压传动的应用研究	254
知识拓展 2——液压系统的使用与维护	258
知识拓展 3——气动系统的维护和保养	259
附录 常用液压与气动元件图形符号 (摘自 GB/T 786.1—2009)	262
参考文献	267

绪 论

一、液压与气动技术的研究对象

一部机器通常由三部分组成,即:原动机、传动装置和工作机构。原动机的作用是把不同种类的能量转变为机械能,是机器的动力源;工作机构是利用机械能对外做功,来改变材料或工件的性质、状态或位置,以进行生产或达到其他预定目的的工作装置;传动装置设于原动机和工作机构之间,起传递动力和进行控制的作用。

传动装置的传动方式类型有单一传动方式和复合传动方式两种。

单一传动方式中依传动所采用的机件或工作介质的不同可分为机械传动、电力传动和流体传动三种。其中,流体传动可分为液体传动和气体传动。液体传动又可分为液压传动和液力传动,而气体传动也可分为气压传动和气力传动。

机械传动是通过齿轮、传动带、链条等传递动力和进行控制的一种传动方式。

电力传动是利用电力设备并调节电参数来传递动力和进行控制的一种传动方式。

液压传动是指以液体为工作介质,借助液体的压力能进行能量传递、转换和控制的一种传动方式。

气压传动是指以压缩空气为工作介质进行能量传递、转换和控制的一种传动方式。

复合传动方式有机电复合传动、机液复合传动、电液复合传动、气液复合传动和机电液复合传动等。

综上所述,液压与气压传动技术是研究以流体为工作介质,来实现能量传递、转换和控制的一门学科技术。

二、液压与气动技术的应用与发展概况

液压技术自帕斯卡提出静压传递原理,并于18世纪末英国制成世界上第一台水压机算起,已有200多年的历史了,但其真正的发展只是在第二次世界大战后的50余年。最早实践成功的液压传动装置是舰艇上的炮塔转位器,其后才出现了液压转塔车床和磨床。第二次世界大战后液压技术迅速转向民用工业,各种标准的不断制定和完善,各类元件的标准化、系列化,使其在工程机械、冶金、军工、农机、汽车、轻纺、船舶、石油、航空、机床等行业中得到了推广,从而发展成为包括传动、控制、检测在内的一项完整的自动化技术,并在国民经济的各方面都得到了应用,甚至在某些领域内已占有压倒性的优势。现今,采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业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%以上的自动线都采用了液压传动。



当前液压技术正向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、经久耐用、高度集成化的方向发展。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,以及污染控制技术等也是当前液压传动及控制技术发展和研究的方向。

我国的液压工业开始于20世纪50年代,其产品最初只用于机床和锻压设备,后来才用到拖拉机和工程机械上。自1964年从国外引进一系列液压元件生产技术,同时进行自行设计液压产品以来,我国的液压元件生产已从低压到高压形成系列,并在各种机械设备上得到了广泛的应用。自20世纪50年代起,我国更加速了对西方先进液压产品和技术有计划引进、消化、吸收和国产化工作,使液压技术在产品质量、经济效益、人才培养和研究开发等方面获得全方位的发展。

气压传动技术自20世纪60年代以来发展很快,其主要原因是气动技术作为一种实现工业自动化的有效手段,引起了各国技术人员的普遍重视和应用。许多国家已大量生产标准化的气动元件,在生产中广泛采用气动技术。随着工业的发展,它的应用范围也将日益扩大,同时其性能也就必须满足气动机械多样化以及机械电子工业快速发展相适应的要求,处在这样的变革时期,就要以更新的观点去开发气动技术、气动机械和气动系统。一方面要加强气动元件本身的研究,而使之满足多样化的要求,同时要不断提高系统的可靠性,不断降低成本。要进行节能化、小型化和轻量化、位置控制的高精度化研究,以及气、电、液相结合的综合控制技术的研究。同时,计算机辅助设计、优化设计及计算机控制也是气动技术开发的发展方向。

三、液压与气动技术的学习目的及要求

“液压与气动技术”是工科机械类或近机械类专业的一门重要的专业技术基础课,它为专业设备及机器的结构原理、运行维护及故障分析等提供了必要的理论基础。所以,学好液压与气动技术知识,可为解决工程实际问题打下专业技术基础。

学习液压与气动技术,应着重掌握并理解液压与气动技术的基本概念和理论、液压元件与气动元件的结构原理及图形符号,会分析液压与气动基本回路及典型液压与气动系统的工作原理,具备液压与气动系统的安装、使用与维护及常见故障的处理能力,并初步掌握对液压系统进行设计计算的一般方法和理论。

项目1 认识流体的物理性质及力学特性

项目导读

液压与气压传动是以流体作为工作介质来进行能量传递的,因此流体的基本性质和合理选用对液压系统和气动系统的工作状态有很大的影响。本项目主要通过对流体的物理性质、流体静力学规律、流体动力学规律、能量损失、液压冲击和气穴现象、液压油的选用及维护等内容的介绍达到以下目标。

项目目标

- (1) 认识流体的主要物理性质并掌握流体静力学规律和动力学规律。
- (2) 认识能量损失、液压冲击和空穴现象。
- (3) 认识液压油的类型、选用原则和使用维护方法。

能力目标

- (1) 能够合理选择液压油的类型。
- (2) 能够根据工作要求合理选择液压油的牌号。
- (3) 学会液压油的污染防护与维护。

任务1 认识流体的物理性质

【提示】 流体具有流动性,其形状始终同容器保持一致。流体的物理性质是决定其平衡规律和运动规律的内在原因。

一、密度与重度

1. 密度

流体的密度是指单位体积流体的质量,用 ρ 表示,法定单位是 kg/m^3 。

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

式中 m ——流体的质量, kg;

V ——流体的体积, m^3 。

密度是流体的一个重要的物理参数, 一般液压油的密度值为 $900\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2. 重度

流体的重度是指单位体积的流体的重力, 用 γ 表示, 法定单位是 N/m^3 。

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-2)$$

式中 G ——流体的重力, N;

V ——流体的体积, m^3 。

因 $G = mg$, 由式 (1-1) 和式 (1-2) 得流体的重度与密度的关系式为

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (1-3)$$

式中 g ——当地的重力加速度, 单位为 m/s^2 , 一般取 $g = 9.81\text{m}/\text{s}^2$ 。

需要说明的是: 流体的密度与它在地球上的位置无关, 而流体的重度与它所处的位置有关, 因为地球上不同地点的重力加速度不同, 所以重度也就不一样。另外, 流体的密度与重度受外界压力和温度的影响, 当指出某种流体的密度或重度时, 必须指明其所处的外界压力和温度条件。

表 1-1 给出了几种常见流体在标准大气压与不同温度下的密度和重度, 以便选用。

表 1-1 几种常见流体在标准大气压 ($101\,325\text{N}/\text{m}^2$) 与不同温度下的密度和重度

流体名称	密度/ $(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	重度/ $(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	测量温度/ $^{\circ}\text{C}$
水	999.87	9.809	0
水	999.72	9.807	10
水	998.2	9.792	20
空气	1.205	11.82×10^{-3}	20
水银	13 550	132.926	20
酒精	790	7.742	20

二、压缩性和膨胀性

流体的压缩性是指流体的体积随压力的增加而缩小的性质。流体的膨胀性是指流体的体积随温度的升高而增大的性质。

液体的压缩性与膨胀性很小, 当压力和温度变化不大时, 可以认为液体的体积不发生变化, 既不可压缩又不膨胀。但是在一些特殊情况 (如液压冲击) 下, 就必须考虑其影响, 否则液体的压缩性与膨胀性引起的影响, 将会造成很大的误差。

气体与液体不同, 温度和压力的变化都将引起气体体积的很大变化。但是具体问题也要具体分析, 气体在流动过程中压力和温度的变化较小时, 可以忽略气体的压缩性和膨胀性。若压力或温度变化较大 (如空气压缩机), 则气体的压缩性和膨胀性不能忽略。

三、黏性

1. 黏性的概念

流体在外力作用下流动时, 流体分子间内聚力阻碍分子间的相对运动而产生一种内摩擦力的特性, 叫作流体的黏性。

图 1-1 所示为液体的黏性示意图, 设上平板以速度 u_0 向右运动, 下平板固定不动, 紧贴于上平板上的液体黏附于上平板上, 其速度与上平板相同。紧贴于下平板上的液体黏附于下平板上, 其速度为零。中间液体的速度按线性分布。这种流动可看成是许多无限薄的液体层在运动, 当运动较快的液体层在运动较慢的液体层上滑过时, 两层间由于黏性就产生内摩擦力。

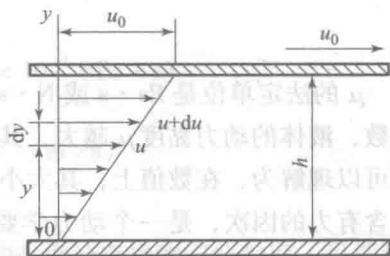


图 1-1 液体的黏性示意图

2. 牛顿内摩擦力定律

液体的内摩擦力大小受哪些因素的影响呢? 对此, 牛顿做了大量的实验。通过实验, 牛顿确定了层状液体(层流)内摩擦力的影响因素, 并于 1686 年提出了层流液体的内摩擦力数学表达式, 即牛顿内摩擦力定律。

层流液体的内摩擦力大小与下列因素有关:

- (1) 与两流层之间的速度差 du 成正比, 与两流层之间的距离 dy 成反比。
- (2) 与两流层之间的接触面积 A 成正比。
- (3) 与液体的种类有关, 即在上述条件相同时, 液体不同, 则内摩擦力不同。
- (4) 与液体所受的压力无关。

牛顿内摩擦力定律数学表达式为

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

式中 F ——流层间的内摩擦力, N;

μ ——表征液体黏性大小的比例因数, 称为动力黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

A ——流层间的接触面积, m^2 ;

du/dy ——液体流动速度沿垂直于流动方向 y 的变化率, 即速度梯度, $1/\text{s}$ 。

单位面积上的内摩擦力(切应力) τ 为

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

式中 τ ——单位面积上的内摩擦力(切应力), N/m^2 。

3. 液体黏性的度量

不同的液体, 其黏性一般也不同。黏性的大小用黏度表示, 黏度通常有动力黏度、运动黏度和相对黏度三种度量方法。

1) 动力黏度

动力黏度是表征液体动力特性的黏度,用以表征液体抵抗变形的能力,用 μ 表示。由公式(1-5)可得

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

μ 的法定单位是 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 或 $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 。 μ 是表征液体本身物理性质(即黏性大小)的一个因数,液体的动力黏度 μ 越大,其黏性越大,抵抗变形的能力就越强。动力黏度 μ 的物理意义可以理解为,在数值上,其大小等于速度梯度 $du/dy=1$ 时的切应力,即 $\mu=\tau$ 。因 μ 的单位含有力的因次,是一个动力学要素,反映了液体黏性的动力特征。因此,称 μ 为动力黏度,也叫动力黏滞因数或绝对黏度。

2) 运动黏度

运动黏度是指在一个标准大气压和同一温度下,液体的动力黏度与其密度的比值,也叫运动黏滞因数,用 ν 表示。

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

运动黏度 ν 的法定单位是 m^2/s 。以前沿用的单位为 St (斯), $1\text{m}^2/\text{s}=10^4\text{St}=10^6\text{cSt}$ (厘斯) $=10^6\text{mm}^2/\text{s}$ 。运动黏度 ν 没有特殊的物理意义,因在计算和分析液体运动问题时,经常要考虑 μ 和 ρ 及比值,所以才引用运动黏度 ν 这个物理量。但是,从运动黏度的单位中可以看出,它的单位只含有时间和长度两个运动要素,它能够反映液体的运动特性,即运动黏度越小,流体的流动性越好。

润滑油的牌号就是用运动黏度 ν (mm^2/s)大小来表示的。我国用 40°C 时运动黏度 ν (mm^2/s)值表示润滑油的牌号。例如,32号L-HH液压油,就是指这种油在 40°C 时运动黏度为 $32\text{mm}^2/\text{s}$ 。

例1-1 如图1-2所示的两个同心圆筒,内筒外径 $D=100\text{mm}$,内筒外径与外筒内径之间的半径间隙 $h=0.05\text{mm}$,筒长 $L=200\text{mm}$,间隙内充满某种液体。在外筒静止不转、内筒以 $n=2\text{r/s}$ 的速度旋转时,测得所需转矩 $T=1.44\text{N} \cdot \text{m}$ (不计轴承上的摩擦转矩)。已知液体的密度 $\rho=900\text{kg}/\text{m}^3$,求液体的动力黏度 μ 与运动黏度 ν 。

解: 圆筒内外壁之间的液层因相对运动存在内摩擦力,流动时相邻液层间的内摩擦力为

$$F = \mu A \frac{du}{dy}$$

由于间隙 h 很小,故上式又可写成

$$F = \mu A \frac{u}{h}$$

由于

$$A = \pi DL = 3.14 \times 0.1 \times 0.2 = 6.28 \times 10^{-2} (\text{m}^2)$$

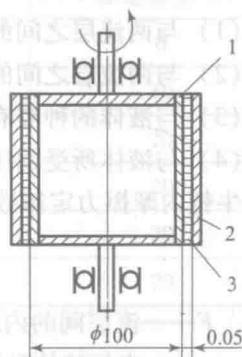


图1-2 例1-1图

1—内筒;2—外筒;3—液体



$$u = \pi D n = 3.14 \times 0.1 \times 2 = 0.628 \text{ (m/s)}$$

$$F = \frac{2T}{D} = \frac{2 \times 1.44}{0.1} = 28.8 \text{ (N)}$$

由此可得油液的动力黏度和运动黏度, 即

$$\mu = \frac{Fh}{Au} = \frac{28.8 \times 0.05 \times 10^{-3}}{6.28 \times 10^{-2} \times 0.628} = 3.65 \times 10^{-2} \text{ (Pa} \cdot \text{s)}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{3.65 \times 10^{-2}}{900} = 40.6 \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{/s)}$$

3) 相对黏度

相对黏度又称为条件黏度, 是在规定的条件下用特定的黏度计直接测定的黏度。根据测定条件不同, 有恩氏黏度、赛氏黏度和雷氏黏度几种。各国采用的相对黏度不同, 我国采用恩氏黏度。

恩氏黏度是指把加热并保持恒定温度的 200cm^3 被测液体, 靠自重从恩氏黏度计底部 $\phi 2.8\text{mm}$ 的小孔中流出需要的时间 t_1 , 与同体积 20°C 蒸馏水从该恩氏黏度计中流出的时间 t_2 (为 $51 \sim 52\text{s}$) 的比值, 用 $^\circ\text{E}$ 表示。

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

恩氏黏度与运动黏度的换算关系:

$$\nu_t = \left(7.31^\circ\text{E}_t - \frac{6.31}{^\circ\text{E}_t} \right) \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad (1-9)$$

式 (1-9) 中的 ν_t 和 $^\circ\text{E}_t$, 分别为试验温度为 t 时的运动黏度和恩氏黏度。

4. 温度对油液黏性的影响

温度对油液黏度的影响很大, 当油温升高时, 其黏度显著下降, 这一特性称为油液的黏温特性, 它直接影响液压系统的性能和泄漏量。因此希望油液的黏度随温度的变化越小越好。图 1-3 所示为几种常见国产油液的黏温特性曲线。

液压油的其他物理及化学性质包括: 抗燃性、抗凝性、抗氧化性、防锈性、抗乳化性、润滑性、相容性等, 具体可参考相关产品手册。

四、对工作液体的要求及工作液体的选择

1. 对工作液体的要求

工作液体是液压传动系统的重要组成部分, 是用来传递能量的工作介质。除了传递能量外, 它还起着润滑运动部件和保护金属不被锈蚀的作用。工作液体的质量及其各种性能将直接影响液压系统的工作。从液压系统使用工作液体的要求来看, 有以下几点:

(1) 适宜的黏度和良好的黏温性能。

一般液压系统所用的液压油, 其黏度范围为: $\nu = 11.5 \times 10^{-6} \sim 35.3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ($2 \sim 5^\circ\text{E}_{50}$)

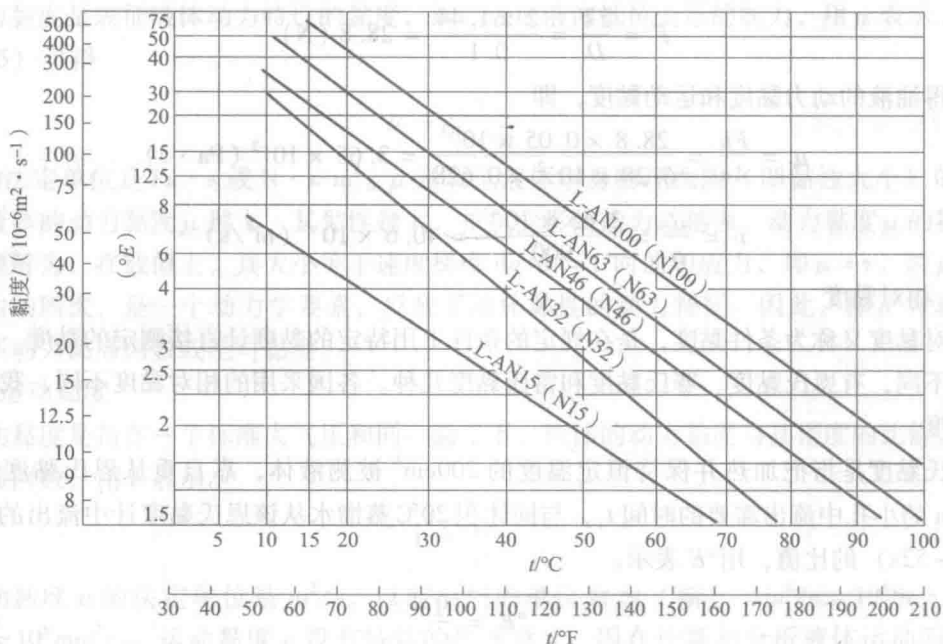


图 1-3 几种国产油液黏温特性曲线

(2) 润滑性能好。

在液压传动机械设备中，除液压元件外，其他一些有相对滑动的零件也要用液压油来润滑，因此，液压油应具有良好的润滑性能。为了改善液压油的润滑性能，可加入一些添加剂。

(3) 良好的化学稳定性。

良好的化学稳定性主要体现在其对热、氧化、水解和相容都具有良好的稳定性。

(4) 对金属材料具有防锈性和防腐性。

(5) 比热和热传导率大，热膨胀系数小。

(6) 抗泡沫性好，抗乳化性好。

(7) 油液纯净，含杂质量少。

(8) 流动点和凝固点低，闪点（明火能使油面上油蒸气内燃，但油本身不燃烧的温度）和燃点高。

此外，对油液的无毒性及价格等，也应根据不同的情况有所要求。

2. 工作液体的选择

1) 液压油品种的选择

液压油可以分为矿物型液压油和难燃型液压油两大类，其中，难燃型液压油包括合成型和乳化型两种。液压油的主要品种、ISO 代号及其特性和用途见表 1-2。

表 1-2 液压油的主要品种、ISO 代号及其特性和用途

类型	名称	ISO 代号	特性和用途
矿物型	基础油	L-HH	无添加剂的石油基液压油，抗氧化性、抗泡沫性较差，主要用于机械润滑
	普通液压油	L-HL	精制矿物油加添加剂，提高抗氧化和防锈性能，适于一般设备的中低压系统
	抗磨液压油	L-HM	L-HL 油加添加剂，改善抗磨性能，适用于工程机械、车辆液压系统
	液压导轨油	L-HG	L-HM 油加添加剂，改善黏温特性，适用于机床中液压和导轨润滑合用的系统
	低温液压油	L-HV	可用于环境温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ 的高压系统
-	高黏度指数液压油	L-HR	L-HL 油加添加剂，改善黏温特性，适用于对黏温特性有特殊要求的低压系统
合成型	水-乙二醇液	L-HFC	难燃，黏温特性和抗蚀性好，能在 $-30^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 温度范围内使用，适用于有抗燃要求的中低压系统
	磷酸酯液	L-HFDR	难燃，润滑抗磨性和抗氧化性能良好，能在 $-54^{\circ}\text{C} \sim 135^{\circ}\text{C}$ 温度范围内使用，但有毒，适用于有抗燃要求的高压精密系统中
乳化型	水包油乳化液	L-HFA	其含油量为 $5\% \sim 10\%$ ，含水量 $90\% \sim 95\%$ ，另加各种添加剂。其特点是难燃，黏温特性好，有一定的防锈能力，但润滑性差，易泄漏
	油包水乳化液	L-HFB	其含油量为 60% ，含水量 40% ，另加各种添加剂。其特点是有较好的润滑性、防锈性、抗燃性，但使用温度不能高于 65°C

矿物型液压油的润滑性和防锈性好，黏度等级范围也较宽，因而在液压系统中应用很广。矿物型液压油具有可燃性，为了安全起见，在一些高温、易燃和易爆的工作场合，常用水包油、油包水等乳化液，或水-乙二醇、磷酸酯等合成液。

2) 液压油黏度等级的确定

黏度对液压系统工作的稳定性、可靠性、效率及磨损都有显著的影响。在一定条件下，选用的油液黏度太高或太低都会影响系统的正常工作。黏度高的油液流动时产生的阻力较大，克服阻力所消耗的功率较大，而此功率损耗又将转换成热量使油温上升。黏度太低，会使泄漏量加大，使系统的容积效率下降。

在确定液压油的黏度时可根据设备厂家推荐的品种号数来选用，或者根据系统的工作环境、工作压力及经济性等因素综合考虑。

(1) 工作压力。为减少泄漏，对于工作压力较高的液压系统，宜选用黏度较大的液压油。在一般环境温度 $t < 38^{\circ}\text{C}$ 的情况下，可根据不同压力级别来选择黏度，即：

低压 ($0 < p < 2.5\text{MPa}$)： $\nu = 10 \sim 30\text{cSt}$ 。

中压 ($2.5\text{MPa} < p < 8\text{MPa}$)： $\nu = 20 \sim 40\text{cSt}$ 。



中高压 ($8\text{MPa} < p < 16\text{MPa}$): $\nu = 30 \sim 50\text{cSt}$ 。

高压 ($16\text{MPa} < p < 32\text{MPa}$): $\nu = 40 \sim 60\text{cSt}$ 。

(2) 运动速度。为了减小液流的摩擦阻力，当液压系统的工作部件运动速度较高时，宜选用黏度较低的液压油。

(3) 环境温度。周围环境温度超过 40°C 以上时，应适当提高油液的黏度。夏季选黏度较高的油液，冬季选黏度较低的油液。

(4) 液压泵的类型。在液压系统的所有元件中，以液压泵对液压油的性能最为敏感，因为泵内零件的运动速度很高，承受的压力较大，润滑要求苛刻，温升高。因此，常根据液压泵的类型及要求来选择液压油的黏度。

各类液压泵适用的黏度范围见表 1-3。

表 1-3 液压泵适用的黏度范围

液压泵名称		黏度范围/(mm ² ·s ⁻¹)		工作压力 /MPa	工作环境温度 /℃	推荐用油				
		允许	最佳							
齿轮泵		4 ~ 220	25 ~ 54	12.5 以下	5 ~ 40	L - HH32, L - HH46				
					40 ~ 80	L - HH46, L - HH68				
				10 ~ 20	5 ~ 40	L - HH46, L - HH68				
					40 ~ 80	L - HH46, L - HH68				
				16 ~ 32	5 ~ 40	L - HH32, L - HH68				
					40 ~ 80	L - HH46, L - HH68				
叶片泵	1 200r/min 1 800r/min	16 ~ 220 20 ~ 220	26 ~ 54 26 ~ 54	7	5 ~ 40	L - HH32, L - HH46				
					40 ~ 80	L - HH46, L - HH68				
				14 以上	5 ~ 40	L - HH32, L - HH46				
					40 ~ 80	L - HH46, L - HH68				
				柱塞泵	径向式 轴向式	10 ~ 65 4 ~ 76	16 ~ 48 20 ~ 47	14 ~ 35	5 ~ 40	L - HH32, L - HH46
									40 ~ 80	L - HH46, L - HH68
35 以上	5 ~ 40	L - HH32, L - HH68								
	40 ~ 80	L - HH68, L - HH100								
螺杆泵		19 ~ 49		10.5 以上	5 ~ 40	L - HH32, L - HH46				
					40 ~ 80	L - HH46, L - HH68				

液压油代号中，L 是石油产品的总分类号“润滑剂和有关产品”，H 表示液压系统用的工作液体，数字表示为该工作液体 40°C 时的运动黏度。