



PUTONG GAODENG ZHIYE JIAOYU GUIHUA JIAOCAI

• 普通高等职业教育规划教材 •

[高职教材]

液压与气动技术

王恩海 解先敏 主编
朱怀忠 主审



中国轻工业出版社



中国石化出版社
CHINA PETROLEUM PUBLISHING HOUSE

中国石化出版社

液压与气动技术

主编：王 强
副主编：李 强



中国石化出版社

普通高等职业教育规划教材

液压与气动技术

王恩海 解先敏 主编

朱怀忠 审

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气动技术/王恩海, 解先敏主编. —北京:

中国轻工业出版社, 2009.8

普通高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-5019-7021-6

I. 液… II. ①王…②解… III. ①液压传动-高等

学校: 技术学校-教材②气压传动-高等学校: 技术学校-教材 IV. TH137 TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 096224 号

内 容 提 要

本书为全国高职高专规划教材。从工程应用的角度出发, 选定的主要内容为: 液压传动与气压传动的基本原理、特点、应用, 液压元件、液压辅助元件、气动元件、气动辅助元件的工作原理、基本结构、特点、使用和维护方法, 常见故障及排除方法, 液压及气动系统的基本回路及其在典型设备中的应用, 常见故障及排除方法, 以及液压气动系统的基本设计方法。

本书内容以“必须与够用为度”, 并且注意反映国内外比较成熟的液压气动新技术和新成果, 在进行理论分析时, 重定性、轻定量, 简化数学推导, 重视结论的应用, 突出学生应用能力和综合素质的培养。

本书主要适用于高职高专机械类专业或普通工科院校非机械类专业, 也可供有关的工程技术人员和管理人员参考。

责任编辑: 王 淳 张晓媛

策划编辑: 李 颖 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王培燕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 13.75

字 数: 312 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7021-6 定价: 28.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

90093J2X101ZBW

前 言

本书是全国高职高专规划教材,是根据《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》以及教育部等六部委《关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》等文件对高职高专人才培养目标的要求而编写的。

液压气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,液压技术与微电子、计算机技术相结合,使液压气动技术进入了一个新的发展阶段,已广泛应用在工业各领域。由于近年来微电子、计算机技术的发展,液压气动元件制造技术的进一步提高,使液压气动技术不仅在作为一种传动方式方面占有日益重要的地位,而且以优良的静态、动态性能作为一种重要的控制手段。

基于本门课程在机电类专业知识、能力构筑中的位置及液压技术的特点,按照高等技术应用性人才的培养目标,本书内容突出了适应性、实用性和针对性,并注意与相关课程内容方面的配合与衔接,努力突出学生知识应用能力和综合素质的培养。

本书由王恩海、解先敏任主编,巩桂洽、赵明文、马晓霞任副主编;参加编写的人员有巩桂洽(第一章、第二章),解先敏(第三章、第四章),马晓霞(第五章),王秀梅(第六章),王恩海(第七章、第八章),赵明文(第九章、第十章),刘畅(第十一章第二、三、四节),韩道刚(第十二章),田晓霞(第十一章第一节、第十三章)。山东工业职业学院朱怀忠教授审阅了全书,许多老师也提出了宝贵的意见和建议,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,望读者提出宝贵意见,以便修正。

编者

2008-12-13

目 录

第一章 液压传动	1
第一节 液压传动的工作原理	1
第二节 液压传动系统的组成及图形符号	2
第三节 液压传动的特点	3
第四节 液压技术的应用和发展	4
思考题与习题	4
第二章 液压流体力学基础	5
第一节 液压油	5
第二节 流体静力学	10
第三节 流体动力学	13
第四节 液体在管路中流动时的压力损失	18
第五节 液体流经孔口及缝隙时的压力-流量特性	20
第六节 液压冲击及气穴现象	23
思考题与习题	24
第三章 液压泵和液压马达	27
第一节 液压泵概述	27
第二节 齿轮泵	30
第三节 叶片泵	34
第四节 柱塞泵	37
第五节 液压泵常见故障及排除方法	41
第六节 液压泵的选用	42
第七节 液压马达	44
思考题与习题	46
第四章 液压缸	47
第一节 液压缸的类型及特点	47
第二节 液压缸的结构	51
第三节 液压缸的设计与计算	58
第四节 液压缸常见故障及排除方法	60
思考题与习题	61
第五章 液压控制阀	63
第一节 概述	63
第二节 方向控制阀	64
第三节 压力控制阀	70
第四节 流量控制阀	74

第五节 插装阀与叠加阀	78
第六节 电液比例控制阀	80
思考题与习题	82
第六章 液压辅助装置	85
第一节 蓄能器	85
第二节 过滤器	88
第三节 压力计和压力计开关	91
第四节 油箱	92
第五节 管件	93
第六节 热交换器	96
思考题与习题	97
第七章 液压基本回路	98
第一节 压力控制回路	98
第二节 速度控制回路	103
第三节 多缸动作回路	113
思考题与习题	117
第八章 典型液压传动系统	119
第一节 组合机床动力滑台液压系统	119
第二节 汽车起重机液压系统	121
第三节 机械手液压系统	124
第四节 液压机液压系统	126
思考题与习题	128
第九章 液压传动系统的设计与计算	130
第一节 液压传动系统的设计步骤和内容	130
第二节 液压系统设计计算实例	140
思考题与习题	145
第十章 液压系统的安装、使用和维护	146
第一节 液压系统的安装	146
第二节 液压系统的使用与维护	147
第三节 液压系统的调试	148
第四节 液压传动装置故障分析与排除方法	149
思考题与习题	151
第十一章 气动基本知识及气动元件	153
第一节 气压基本知识、特点	153
第二节 气动执行元件	155
第三节 气动控制元件	160
第四节 气源装置和辅助元件	179
思考题与习题	192
第十二章 气动基本回路	193

第一节 换向回路 193

第二节 速度控制回路 194

第三节 压力控制回路 196

第四节 气液联动回路 197

第五节 气动系统实例 198

思考题与习题 201

第十三章 气动系统的安装调试及故障分析 202

第一节 气动系统的安装、调试、使用及维护 202

第二节 气动系统的常见故障及其排除方法 204

附录 常用液压元件图形与符号..... 209

第一章 液 压 传 动

用液体作为工作介质来实现能量传递的传动方式称为液体传动。液体传动按其工作原理的不同分为两类：主要以液体动能进行工作的称为液力传动（例如离心泵、液力变矩器等）；主要以液体压力能进行工作的称为液压传动。液压传动是本书要讨论的内容。它与单纯的机械传动、电气传动和气压传动相比，具有许多优点，所以在机械设备中，液压传动是被广泛采用的传动之一。特别是近年来，液压与微电子、计算机技术相结合，使液压技术的发展进入了一个新的阶段，成为发展速度最快的技术之一。

下面介绍液压传动的工作原理、组成、优缺点及液压传动的应用及发展。

第一节 液压传动的工作原理

液压传动的工作原理，可以用一个液压千斤顶的工作原理来说明。

图 1-1 是液压千斤顶的工作原理图。大油缸 9 和大活塞 8 组成举升液压缸，杠杆手柄 1、小油缸 2、小活塞 3、单向阀 4 和 7 组成手动液压泵。如提起手柄使小活塞向上移动，小活塞下端油腔容积增大，形成局部真空，这时单向阀 4 打开，通过吸油管 5 从油箱 12 中吸油；用力压下手柄，小活塞下移，小活塞下腔压力升高，单向阀 4 关闭，单向阀 7 打开，下腔的油液经管道 6 输入举升油缸 9 的下腔，迫使大活塞 8 向上移动，顶起重物。再次提起手柄吸油时，单向阀 7 自动关闭，使油液不能倒流，从而保证了重物不会自行下落。不断地往复扳动手柄，就能不断地把油液压入举升缸下腔，使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11，举升缸下腔的油液通过管道 10、截止阀 11 流回油箱，重物就向下移动。这就是液压千斤顶的工作原理。

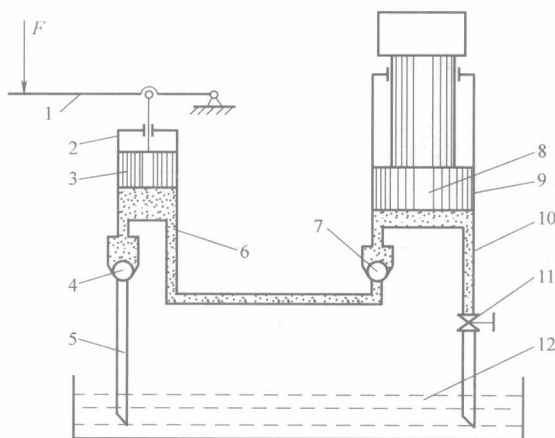


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—杠杆手柄 2—小油缸 3—小活塞 4、7—单向阀 5—吸油管 6、10—管道 8—大活塞
9—大油缸 11—截止阀 12—油箱

从图 1-1 可以看出，液压千斤顶是一个简单的液压传动装置。分析液压千斤顶的工作过程可知，液压传动是依靠液体在密封容积中的压力能实现运动和动力传递的。液压传动装置本质上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，后又将液压能转换为机械能做功。液压传动利用液体的压力能进行工作，它与利用液体的动能工作的液力传动有根本的区别。

第二节 液压传动系统的组成及图形符号

图 1-2 为一磨床工作台的液压传动系统工作原理图。液压泵 4 在电动机（图中未画出）的带动下旋转，油液由油箱 1 经过滤器 2

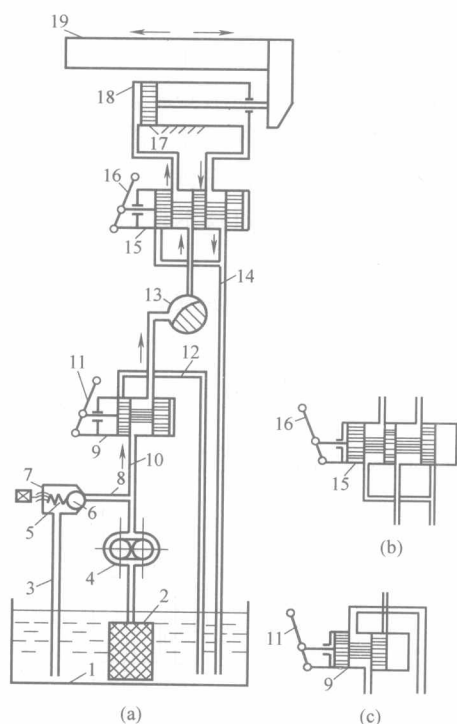


图 1-2 磨床工作台液压系统工作原理图

1—油箱 2—过滤器 3、8、10、12、14—油管
4—液压泵 5—弹簧 6—溢流阀 7—阀体
9、15—手动换向阀 11、16—手柄
13—节流阀 17—活塞 18—液压缸 19—工作台

被吸入液压泵，由液压泵输入的压力油通过手动换向阀 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 排回油箱。如果将换向阀 15 转换成如图 1-2 (b) 所示的状态，则压力油进入液压缸 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 排回油箱。工作台 19 的移动速度由节流阀 13 来调节。当节流阀开大时，进入液压缸 18 的油液增多，工作台的移动速度增大；当节流阀关小时，工作台的移动速度减小。液压泵 4 输出的压力油除了进入节流阀 13 以外，其余的打开溢流阀 6 流回油箱。如果将手动换向阀 9 转换成如图 1-2 (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，液压系统处于卸荷状态。

一、液压传动系统的组成

从上述例子看出，一个完整的液压系统，由以下五部分组成：

(1) 动力装置 是将原动机输出的机械能转换成液体压力能的元件，其作用是向液压系统提供压力油。最常见的形式是液压泵，它是液压系统的核心。

(2) 执行装置 是把液体压力能转换成机械能的装置，包括液压缸和液压马达。

(3) 控制装置 包括压力、方向、流量控制阀，是对系统中油液压力、流量、方向进行控制和调节的装置。如图 1-2 中，换向阀 9、15 即属控制装置。

(4) 辅助装置 上述三个组成部分以外的其他装置，如管道、管接头、油箱、滤油器等为辅助元件。

(5) 工作介质 即传动液体，通常称为液压油。绝大多数液压油采用矿物油，系统用它来传递能量或信息。

二、液压传动系统图及图形符号

图 1-2 为液压系统工作原理图，各元件是用半结构式图形画出来的。这种图形直观性强，较易理解，但难以绘制，系统中元件数量多时更是如此。

在工程实际中，一般都用简单的图形符号绘制液压系统原理图，如图 1-3 所示。国家标准 GB 786.1—1993 规定了各元件的图形符号，这些符号只表示元件的功能，不能表示元件的结构和参数。详细的液压元件图形符号在后面的章节及附录中有详细介绍。

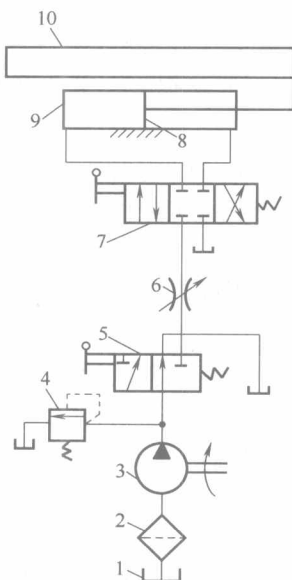


图 1-3 用图形符号表示的磨床工作台液压系统图

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

第三节 液压传动的特点

液压传动之所以得到如此迅速的发展和广泛的应用，是由于它们具有许多的优点：

(1) 单位功率的重量轻、结构尺寸小。据统计，轴向柱塞泵每千瓦功率的重量只有 1.5~2N，而直流电机的重量则高达 15~20N，这说明在同等功率情况下，前者的重量只有后者的 10%~20%；至于尺寸，前者约为后者的 10%~20%。这就是飞机上的操舵装置、起落架、发动机的自动调节系统、自动驾驶仪、导弹的发射与控制均采用液压的原因。

(2) 工作比较平稳、换向冲击小、反应快。由于重量轻、惯性小、反应快，易于实现快速启动、制动和频繁的换向。

(3) 能在大范围内实现无级调速（调速范围可达 2000 : 1），而且调速性能好。

(4) 操纵、控制调节比较方便、省力，便于实现自动化。尤其和电气控制结合起来，能实现复杂的顺序动作和远程控制。

(5) 液压装置易于实现过载保护，而且工作油液能使零件实现自润滑，故使用寿命长。

(6) 液压元件已实现标准化、系列化和通用化，有利于缩短机器的设计、制造周期和降低制造成本，便于选用，液压元件的布置也更为方便。

液压传动的主要缺点：

(1) 油的泄漏和液体的可压缩性会影响执行元件运动的准确性，故无法保证严格的传动比。

(2) 液压传动对油温变化比较敏感，它的工作稳定性很容易受到温度的影响。因此它不宜在很高或很低的温度条件下工作，工作温度在 $-15\sim 65^{\circ}\text{C}$ 范围内较合适。

(3) 能量损失较大（摩擦损失、泄漏损失、节流和溢流损失等），故传动效率不高，不宜作远距离传动。

(4) 液压元件制造精度要求较高，因此它的造价较高，使用维护比较严格。

(5) 液压系统出现故障时不易查找故障原因。

第四节 液压技术的应用和发展

液压技术相对于机械传动来说，是一门新的学科，它的发展历史虽然较短，但发展的速度却非常快。自从 1795 年世界上诞生了第一台压力机起，液压技术就进入了工程领域；1906 年开始应用于国防战备武器。目前，在工业生产的各个部门都应用液压与气压传动技术。例如，工程机械（挖掘机）、矿山机械、压力机械（压力机）和航空工业中采用液压传动技术。我国的液压工业开始于 20 世纪 50 年代，其产品最初应用于机床和锻压设备，后来又用于拖拉机和工程机械。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，液压技术也得到了很大发展。当前，液压技术正向高压、高速、大功率、高效、低噪声、高性能、高度集成化、模块化、智能化的方向发展。同时，新型液压元件的应用和液压系统的计算机辅助设计（CAD）、机电一体化技术，以及污染控制技术等方面也是当前液压传动及控制技术发展和研究的方向。如今，采用液压技术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，如发达国家生产的 95% 以上的工程机械、90% 以上的数控加工中心、95% 以上的自动线都采用了液压技术。

思考题与习题

1. 举例说明液压传动的工作原理。
2. 液压系统要正常工作，必须有哪几部分组成？各部分的作用是什么？
3. 与其他传动方式相比较，液压传动系统有哪些优缺点？

第二章 液压流体力学基础

在液压传动系统中,通常采用矿物油作为工作介质,一般都将液压传动的工作介质称为液压油。除矿物油外,近年来又出现了以水为主要成分的高水基液压油。由于液压油的性质及其质量将直接影响液压系统的工作,因此了解工作介质的种类、基本性质和主要力学特性,对于正确理解液压传动原理以及合理设计和使用液压系统都是非常必要的。本章主要介绍液压油的主要性质及其选用;阐明液压传动中的两个主要参数(压力与流量)的基本概念、单位及有关物理定律;阐明液体流动中的能量转换。

第一节 液 压 油

一、液压油的主要性质

(一) 密度 ρ

对均质的液体来说,单位体积所具有的质量称为液体的密度,通常用“ ρ ”表示。体积为 V (m^3)、质量为 m (kg) 的液体,其密度为

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg}/\text{m}^3) \quad (2-1)$$

矿物油型液压油的密度随温度的上升而有所减小,随压力的提高而稍有增加。但是在一般的工作条件下,温度和压力引起的密度变化很小,可以认为是常值。常温下,一般液压油的密度为 $900 \text{kg}/\text{m}^3$ 。

(二) 可压缩性

液体受压力的作用而体积减小的性质称为液体的可压缩性。由于液体的压缩性极小,所以在很多场合下可以忽略不计。但是,在压力较高或进行动态分析时就需考虑液体的压缩性。如压力为 p_0 、体积为 V_0 的液体,如压力增大 Δp 时,体积减小 ΔV ,则此液体的可压缩性可用体积压缩系数 K ,即单位压力变化下的体积相对变化量来表示,如式 (2-2)。

$$K = -\frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (\text{m}^2/\text{N}) \quad (2-2)$$

由于压力增大时液体的体积减小,因此上式右边须加一负号,以使 K 成为正值。常用液压油的压缩系数 $K = (5 \sim 7) \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{N}$ 。液体体积压缩系数的倒数,称为体积弹性模量 k ,简称体积模量,即 $k = 1/K$ 。

(三) 黏性

1. 黏性的定义

液体在外力作用下流动(或有流动趋势)时,分子间的内聚力要阻止分子之间的相对运动而产生一种内摩擦力,这种性质叫做液体的黏性。液体只有在流动(或有流动趋势)时才会呈现出黏性,静止液体是不呈现黏性的。黏性使流动液体内部各处的速度不相等,如图 2-1 所示,若两平行平板间充满液体,下平板不动,而上平板以速度 u_0 向右平动,由于液体的黏性作用,紧靠下平板和上平板的液体层速度分别为零和 u_0 。通过实验测定得

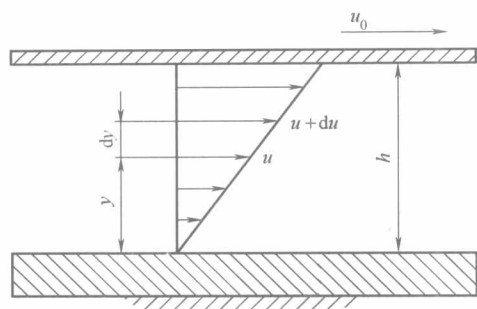


图 2-1 液体黏性示意图

出，液体流动时相邻液层间的内摩擦力 F ，与液层接触面积 A 、液层间的速度梯度 du/dy 成正比，即

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

式中 μ ——比例常数，称为黏性系数或动力黏度

du/dy ——速度梯度

如以 τ 表示切应力，即单位面积上的内摩擦力，则

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

这就是牛顿液体内摩擦定律。

由公式 (2-4) 可知，液体在静止状态下， $du/dy=0$ ，内摩擦力 $\tau=0$ ，所以，流体在静止状态下不呈现黏性。

2. 黏度

液体黏性的大小用黏度来度量。常用的黏度指标有动力黏度、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，由公式 (2-4) 可得

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy}$$

由上式可知，动力黏度的物理意义是：液体在单位速度梯度下流动时，液层间单位面积上的内摩擦力。

在 SI 制中，动力黏度的单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ （帕·秒）；在 CGS 制中为 $\text{dyn} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ （达因·秒/平方厘米），有称 m^2/s （泊）。 $1\text{Pa} \cdot \text{s} = 10\text{P} = 10^3\text{cP}$ （厘泊）。

(2) 运动黏度 ν 液体的动力黏度与其密度的比值，称为液体的运动黏度 ν 即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2-5)$$

在国际单位制 (SI) 中，单位为 m^2/s ；在 CGS 单位制中，单位为 St （斯）(cm^2/s)

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

运动黏度本身没有什么特殊的物理意义，它之所以称为运动黏度，是因为在它的单位中只有长度与时间的量。国际标准化组织 ISO 规定统一采用运动黏度来表示油的黏度等级。我国液压油一般都采用运动黏度来表示。例如国际标准下黏度等级为 ISOVG22，相当于我国国标下牌号为 22 号液压油，即表示该液压油在 40°C 时的运动黏度平均值为 $22\text{mm}^2/\text{s}$ 。

表 2-1 为常用液压油新、旧黏度等级牌号的对照表。

(3) 相对黏度 又称条件黏度。由于动力黏度的测量很困难，所以工程上用测定方法比较简单的相对黏度来表示，它是采用特定的黏度计在规定的条件下测得的液体黏度。根据测量条件不同，各国采用的相对黏度的单位也不相同，我国、德国等采用恩氏黏度 ($^\circ\text{Et}$)，美国采用赛氏黏度 (SSU)，而英国采用雷氏黏度 (R)。

表 2-1 常用液压油的牌号和黏度

ISO 3448—1992 黏度等级	GB/T 3141—1994 黏度等级	40℃的运动黏度 /cSt (厘斯)	1983~1990 年的 过渡牌号	1982 年以前相近 的旧牌号
ISO VG15	15	13.5~16.5	N15	10
ISO VG22	22	19.8~24.2	N22	15
ISO VG32	32	28.8~35.2	N32	20
ISO VG46	46	41.4~50.6	N46	30
ISO VG68	68	61.2~74.8	N68	40
ISO VG100	100	90~110	N100	60

恩氏黏度的测量方法如下：将 200cm³ 温度为 T℃ 的被测液体装入底部有直径为 2.8mm 的小孔的恩氏黏度计中，测定在自重作用下流出所需的时间 t₁，然后测出同体积的蒸馏水在 20℃ 时在同一黏度计中流出所需的时间 t₂，t₁ 和 t₂ 的比值称为被测液体在温度为 T℃ 时的恩氏黏度值，表示为

$$^{\circ}E_t = \frac{t_1}{t_2} \tag{2-6}$$

工业上一般以 20℃、50℃ 和 100℃ 作为测定恩氏黏度的标准温度，并相应的以符号 [°]E₂₀、[°]E₅₀、[°]E₁₀₀ 来表示之。

工程中，通常先测出液体的恩氏黏度，再查表或用换算公式，换算出运动黏度或动力黏度。恩氏黏度与运动黏度的换算公式为

$$\nu = \left(7.31^{\circ}E_t - \frac{6.31}{^{\circ}E_t} \right) \times 10^{-6} \text{ (m}^2/\text{s)} \tag{2-7}$$

(4) 调和油黏度 选择黏度适当的液压油，对液压系统的工作性能起着十分重要的作用。有时为了使油具有所需的黏度，可把两种不同黏度的油混合起来，称为调和油，其黏度的计算可用下面的经验公式

$$^{\circ}E = \frac{a^{\circ}E_1 + b^{\circ}E_2 - c(^{\circ}E_1 - ^{\circ}E_2)}{100} \tag{2-8}$$

式中 [°]E₁、[°]E₂——混合前两种油的黏度，[°]E₁ > [°]E₂

[°]E——混合后调和油的黏度

a、b——参与调和的两种油液各占的百分数

c——实验系数，见表 2-2

表 2-2 实验系数 c 的值

a	10	20	30	40	50	60	70	80	90
b	90	80	70	60	50	40	30	20	10
c	6.7	13.1	17.9	22.1	25.5	27.9	28.2	25	17

3. 影响黏度的因素—温度和压力

液体的黏度随液体的温度和压力的改变而改变。工作介质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变化的性质称为黏温特性。这个变化率的大小直接影响液压传动工作介质的使用，其重要性不亚于黏度本身。

对液压传动工作介质来说，压力增大时，黏度增大。但在一般液压系统使用的压力范围内，增大的数值很小，可以忽略不计。

(四) 其他性质

液压传动工作介质还有其他一些物理化学性质，如稳定性（热稳定性、氧化稳定性、水解稳定性、剪切稳定性等）、抗泡沫性、抗乳化性、防锈性、润滑性以及相容性（对所接触的金属、密封材料、涂料等作用程度）等，它们对工作介质的选择和使用有重要影响。对于不同的液压油，这些性质的指标也有所不同，具体应用时可查阅油类产品手册。

二、对液压传动工作介质的要求

不同的工作机械、不同的使用情况，对液压传动工作介质的要求有很大的不同。为了更好地传递运动和动力，液压传动工作介质应具备如下性能：

- (1) 适宜的黏度，良好的黏温特性。在使用的温度范围内，油液黏度随温度的改变变化越小越好。
- (2) 润滑性能好。即油液在金属表面产生的油膜强度高，以免产生干摩擦。
- (3) 质地纯净，杂质少。
- (4) 对金属和密封件有良好的相容性。
- (5) 良好的稳定性。即对热、氧化、水解和剪切都有良好的稳定性，使用寿命较长。
- (6) 抗泡沫好，抗乳化性好，腐蚀性小，防锈性好。
- (7) 凝固点低，流动性好，闪点，燃点高。
- (8) 对人体无害，成本低。

三、液压油的种类

液压油的品质取决于基础油及所用的添加剂。液压油可分为石油基液压油和难燃液压油，如表 2-3 所示。为了改善液压油的特性，石油基液压油的添加剂有抗氧化剂、防锈剂、增黏剂、降凝剂、消泡剂、抗磨剂等。

表 2-3 国际标准化组织液压油分类

类 别		代号	特 性
石油基液压油		L-HH	无添加剂的纯矿物油
		L-HL	HH+抗氧化剂、防锈剂
		L-HM	HL+抗磨剂，适用于 7~21MPa 液压系统
		L-HR	HL+增黏剂，适用于环境温度变化大的中低压液压系统
		L-HV	HM+增黏剂，低温液压油，使用温度在-30℃以上
		L-HS	HM+防爬剂，低温液压油，使用温度在-30℃以下
		L-HG	HM+ 抗粘-滑剂，适用于液压导轨系统
		L-HA	液力传动油，用于自动变速器
		L-HN	液力传动油，用于液力变矩器和液力耦合器
难燃液压油	含水液压油	L-HFAE	水包油乳化液，含水大于 80%
		L-HFB	油包水乳化液，含水小于 80%
		L-HFAS	水-乙二醇
		L-HFC	含聚合物水溶剂
	合成液压油	L-HFDR	磷酸无水合成液
		L-HFDS	氯化烃无水合成液
		L-HFDT	HFDR+HFDS 混合液
		L-HDU	其他无水合成液

四、工作介质的选择

在一般情况下,在选用液压设备所使用的液压油时,应从工作压力、工作温度、工作环境、液压系统及元件结构和材质、经济性等几方面综合考虑和判断。

1. 工作压力

主要对液压油的润滑性即抗磨性提出要求。高压系统的液压元件特别是液压泵中处于边界润滑状态的摩擦副,由于正压力加大,速度高而使摩擦磨损条件较为苛刻,必须选择润滑性、极压性优良的 HM 油。

2. 工作温度

工作温度指液压系统液压油在工作时的温度,应主要对液压油的黏温性和热稳定性提出要求。

3. 工作环境

液压设备工作的工作环境需要考虑:是否在室内、露天、地下、水上,气候处于冬夏温差大的寒区、内陆沙漠区等。若液压系靠近 300℃ 以上高温的表面热源或有明火场所,就要选用难燃液压油。

4. 泵阀类型及液压系统特点

液压油的润滑性对三大泵类减磨效果的顺序是:叶片泵、柱塞泵、齿轮泵。因此,凡是叶片泵为主油泵的液压系统,不管其压力大小选用 HM 油为好。

液压系统阀的精度越高,要求所用的液压油清洁度也越高。如对有电液伺服阀的闭环液压系统要用清洁度高的清净液压油,对有电液脉冲马达的开环系统要用数控机床液压油,此两种油可分别用高级 HM 和 HV 液压油代替。试验表明,三类泵对液压油清洁度要求的顺序是:柱塞泵高于齿轮泵与叶片泵。而对极压性能要求的顺序是:柱塞泵高于齿轮泵与叶片泵。

5. 摩擦副的形式及其材料

叶片泵的叶片与定子面的接触和运动形式极易磨损,其钢对钢的摩擦副材料,适用于以 ZDDP(二烷基二硫代磷酸锌,即 T202)为抗磨添加剂的 L-HM 抗磨液压油;柱塞泵的缸体、配油盘、滑靴的摩擦形式与运动形式也适于使用 HM 抗磨液压油。但柱塞泵中有青铜部件,由于此材质部件与 ZDDP 作用产生腐蚀磨损,故有青铜件的柱塞泵不能使用以 ZDDP 为添加剂的 HM 抗磨液压油。同样,含镀银滑靴件的柱塞泵也不能使用有 ZDDP 的 HM 油。同时,选用液压油还要考虑其与液压系统中密封材料的适应性。

6. 选择适合液压系统要求的黏度

在液压油品种选择好后,还必须确定其使用黏度等级。这个黏度等级一般由液压系统设计制造厂家依据设计和试验做出规定。

选用液压油除以上六点为依据外,还要考虑选择适宜价格的油品。要从所选液压油是否可提高系统的工作效益、可靠性与延长元件的使用寿命,以及油本身使用寿命长短等诸方面的综合效益来考虑。

五、液压系统的污染及控制措施

1. 污染的危害