

• 中等专业学校教学用书 •

液 压 传 动

(修 订 版)

冶金工业出版社

ZHONGDENG ZHUANYE
XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU

中等专业学校教学用书

液 压 传 动

(修 订 版)

本溪冶金专科学校 赫贵成 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

液 压 传 动

(修订版)

本溪冶金专科学校 赫贵成 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张15字数359千字

1989年5月第二版 1989年5月第四次印刷

印数30,601~39,600册

ISBN 7-5024-0472-4

TH·28 (课) 定价2.70元

修订版前言

本书是根据冶金中等专业学校冶金机械专业的《液压传动》课程的教学大纲要求，在《液压传动与气动》教学用书基础上修订而成的。

全书共分十二章：从第一章到第三章，内容包括水力学基本知识及其必要的计算；从第四章到第十二章，内容包括液压元件的工作原理、结构、应用、性能以及液压系统分析与设计计算等。

为适应专业需要，本修订书中删去了原气动部分的内容，增加逻辑阀和比例阀新技术，使液压传动部分内容有所加强并更加系统化和专业化。同时还贯彻了法定计量单位，增加了大量的习题与思考题。

本书一至三章由鞍山钢铁学校林家晨编写，四至十二章由本溪冶金专科学校赫贵成编写，全书由赫贵成主编。

本书由沈阳黄金学院忻尚正和本溪冶金专科学校韩玉平进行了认真审阅，并提出了许多宝贵意见。鞍山钢铁学校和太原冶金工业学校等也对本书内容提出了建议。在此，仅向上述单位及有关同志一并表示感谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免存在缺点和不足之处，希望读者批评指正。

编者

1987年12月

前 言

本书是根据冶金中等专业学校矿山机械专业和冶金机械专业共用的《液压传动与气动》课程的教学大纲编写的。

全书共分三篇十八章：第一篇从第一章到第三章，内容包括水力学基本知识及其必要的计算；第二篇从第四章到第十二章，内容包括液压元件的工作原理、结构、应用、性能以及液压系统分析与设计计算；第三篇从第十三章到第十八章，内容包括气动元件的工作原理、功用以及气动回路简介。

本书一至四章由鞍山钢铁学校马更生、林家晨编写，五、十一、十二章由北京冶金机电学院涂念雅编写，六至八章由天津大学冶金分校邓瑞国编写，九、十章以及十三至十八章由本溪钢铁学校赫贵成编写，全书由赫贵成担任主编。由于编者水平有限，编写时间仓促，书中肯定存在缺点和错误，希望读者批评指正。

编 者

1980年8月

目 录

第一章 液压传动概述	1
第一节 液压技术的应用和发展.....	1
第二节 液压系统的概念.....	2
第三节 单位制简介.....	3
第四节 液压油.....	4
第二章 液压流体力学基本方程	10
第一节 静止液体的力学规律.....	10
第二节 流动液体的力学方程.....	16
第三章 压力损失和液压冲击	29
第一节 流动状态.....	29
第二节 压力损失.....	31
第三节 孔口的流量及其特性.....	37
第四节 液压冲击和空蚀.....	38
第四章 油泵	45
第一节 齿轮泵.....	47
第二节 叶片泵.....	52
第三节 柱塞泵.....	65
第五章 油缸和油马达	77
第一节 油缸的分类和结构.....	78
第二节 油缸的密封装置.....	84
第三节 油缸的设计计算.....	86
第四节 油马达的性能和主要参数.....	90
第五节 高速小扭矩油马达.....	92
第六节 低速大扭矩油马达.....	95
第六章 控制阀	98
第一节 方向控制阀.....	99
第二节 压力控制阀.....	107
第三节 流量控制阀.....	115
第四节 逻辑阀简介.....	119
第七章 辅助装置	127
第一节 油管及管接头.....	127
第二节 油泵的安装及油箱设计.....	129
第三节 滤油器.....	130

第四节 蓄能器.....	134
第八章 液压基本回路	139
第一节 压力控制回路.....	139
第二节 流量控制回路.....	145
第三节 方向控制回路.....	151
第九章 液压系统	154
第一节 电弧炼钢炉液压传动系统.....	154
第二节 100吨推钢机液压传动系统	157
第三节 238吨矮式泥炮液压传动系统	158
第四节 1610毫米冷锯机液压传动系统.....	160
第五节 轧机的液压系统.....	162
第十章 液压系统的设计计算	173
第一节 液压系统设计的基本内容和步骤.....	173
第二节 高炉炉顶液压系统.....	179
第三节 高炉炉顶液压传动设计计算.....	182
第四节 钢板拉伸矫直机液压系统设计计算.....	196
第十一章 液压随动系统及比例阀	202
第一节 液压随动系统的概念及分类.....	202
第二节 电液随动阀.....	205
第三节 液压随动系统实例.....	208
第四节 电液比例阀.....	210
第十二章 液压系统的安装、试车与故障分析	215
第一节 液压系统的安装、试车与维护.....	215
第二节 液压系统常见的故障及分析.....	217
附录	220
附录一 广研所液压件系列规格型号说明.....	220
附录二 榆次液压件厂液压件系列规格型号说明.....	221
附录三 局部阻力系数 ξ 值.....	222
附录四 液压阀件在额定流量下的压力损失($\times 10^5 \text{Pa}$).....	227
附录五 常用液压系统图图形符号(摘自GB786—76)	228
主要参考文献	234

第一章 液压传动概述

第一节 液压技术的应用和发展

一、液压传动概念

机器的传动形式,根据工作介质的区别,大体可分为:固体传动、柔体传动、液体传动和气体传动等。以液体为工作介质,进行能量的转换、传递和控制的传动称为液体传动,它包括液力传动和液压传动。

液力传动(动力式传动)主要是依靠液体的动能与机械能之间的转换来实现能量的传递。如:离心泵,蜗轮机系统等。

液压传动(容积式传动)是利用密封工作容积的变化来实现液体的压力能与机械能的能量传递。液压传动是本书的基本内容。

二、液压传动的特点

液压传动与机械传动相比较有以下特点。

1. 优点

- (1) 便于无级调速、自动控制和过载保护。
- (2) 体积小、重量轻、结构紧凑。
- (3) 传动平稳、容易控制、操纵方便。
- (4) 易于实现标准化、系列化、通用化。
- (5) 自行润滑,元件的使用寿命较高。

2. 缺点

- (1) 有泄漏,传动比不准确。
- (2) 油液的粘度,受温度变化的影响显著,油液受污染易变质。
- (3) 元件加工精度要求高。
- (4) 远距离传动时,功率损失大、效率低。
- (5) 故障不易检查和排除。

液压传动的优点是突出的,其缺点随着科学技术的不断发展,将会逐步得到克服和改进,所以液压传动,是很有发展前途的一门技术。

三、液压传动的应用和发展

液压传动技术在各个工业领域中,应用广泛,发展迅速。它已成为先进工业、尖端技术,自动控制系统中的一个重要的组成部分。

随着世界现代科学技术的高速发展,对液压传动结构和性能的更新和改进,提出了更高的要求。液压元件需要高压化、大流量、微型化、多功能、集成化,低噪音和延长使用寿命等。液压系统需要动力大、反应快、小型化,重量轻和高效率等。

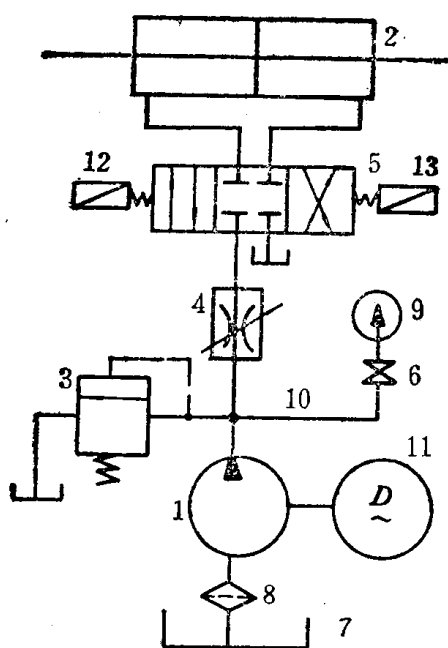
为了提高液压元件的性能,改善液压系统的结构,世界许多国家和企业都在加紧科学技术研究工作。

第二节 液压系统的概念

独立完整的液压传动的组合体，称为液压系统。采用职能符号绘制的工作原理图，是液压系统最常用的表示方法。

一、液压系统的简例

图1-1是一种教学实验台的液压系统职能符号原理图。这是一个比较简单的典型液压系统。它是由油泵1、油缸2、溢流阀3、节流阀4、换向阀5等组成的。



电动机11接电后，带动油泵1向系统输送一定流量的压力油。下面分析系统的三种工况。

1. 当换向阀5的两端电磁铁12和13都断电时
油泵1向系统输送的油液，不能进入油缸2，而全都经过溢流阀3回油箱7，因此油缸停止不动。但油泵出口的压力，是由溢流阀的调定压力所控制，这时由压力表9可以观察到溢流阀的调定压力值。手动截止阀6经常是开通的，需更换压力表时阀6关闭，而不用停泵。

2. 当换向阀5的电磁铁12接电，13断电时
油泵1的供油经节流阀4和换向阀5，进入油缸2左腔使油缸右行推动载荷做功。油缸右腔的油液，经过换向阀回油箱。

通过调节节流阀4孔口的大小，可使油缸的速度由零到某一定值的范围内实现无级变速，而多余的油液经溢流阀回油箱。

3. 当换向阀5的电磁铁13接电，12断电时
可使油缸运动换向，其它作用与第二种工况相同。

二、液压系统的组成

从上述的简例可以归纳出，液压系统主要是由四大部分组成的：

1. 动力元件（油泵） 可将机械能转换为油液的压力能，是供给液压系统压力油的元件。
2. 执行元件（油缸或油马达） 可将油液的压力能转换为机械能，而对负载做功的元件。
3. 控制元件（控制阀） 控制油液的压力、流量、流向等功能的元件。
4. 辅助元件（辅助装置） 除上述元件以外，液压系统中其它的装置。如：油箱、滤油器、压力表、油管及管接头等。

因为工作介质（液压油）它不属于元件，以及电动机是液压系统之外的设备，所以通常不列入组成部分当中。

第三节 单位制简介

本书采用法定计量单位，也就是国际单位制（SI制），并对常用非国际单位给予必要的介绍。

表 1-1 三种单位制的有关基本单位与导出单位

单位制	物理量	单位	基 本 单 位			导出单位
			长 度	质 量	时 间	力
C.G.S制			cm	g	s	dyn ($\text{g}\cdot\text{cm}/\text{s}^2$)
SI 制			m	kg	s	N (kgm/s^2)
重 力 制 (工程制)		长度		力	时间	质 量
		m		kgf	s	$\text{kgf}\cdot\text{s}^2/\text{m}$
		cm		tf	min	
		mm				

值得注意的是“公斤”表示质量单位，“公斤力”表示力的单位，二者分别属于两种不同的单位制。但是在习惯上常常把“公斤力”简称为“公斤”，所以容易造成概念上的混乱和计算上的错误。

二者通用的原因是重力制的“公斤力”与SI制的“公斤”在标准重力加速度的场合或一般应用时，其数值是相等的。也就是重量为一公斤力的物体，它具有一公斤的质量。

一些常用的单位换算关系有：

$$1\text{公斤力 (kgf)} = 9.8\text{牛顿 (N)} \approx 10\text{牛顿 (N)}$$

表 1-2 常用的计量单位及其换算

物 理 量	符号	SI制单位		习用单位		换 算 关 系
		名 称	代 号	名 称	代 号	
力	P	牛 顿	N ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$)	公 斤 力 达 因	kgf dyn (gcm/s^2)	$1\text{kgf} = 9.8\text{N} \approx 10\text{N}$ $1\text{N} = 10^5\text{dyn}$
压力	p	帕 斯 卡	Pa (N/m^2)	公 斤 力 每 平 方 厘 米	kgf/cm^2	$1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 10^5\text{Pa}$ $= 0.1\text{MPa}$
动力粘度	μ	帕 斯 卡 秒	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	泊	P ($\text{dyn}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$)	$1\text{Pa}\cdot\text{s} = 10\text{P} = 10^3\text{cP}$
运动粘度	ν	米 平 方 每 秒	m^2/s	斯 (泡)	St (cm^2/s)	$1\text{m}^2/\text{s} = 10^4\text{St} = 10^6\text{cSt}$
流 量	Q	立 方 米 每 秒	m^3/s	升 每 分	L/min	$1\text{L}/\text{min} = 1.66 \times 10^{-5}\text{m}^3/\text{s}$ $1\text{m}^3/\text{s} = 6 \times 10^4\text{L}/\text{min}$
功、能	$\frac{W}{A}$	焦 耳	J ($\text{N}\cdot\text{m}$)	公 斤 力 米	kgf·m	$1\text{J} = 0.102\text{kgf}\cdot\text{m}$

注：本书在一般计算中，重力加速度取近似值 $g = 10\text{m}/\text{s}^2$ 。

1工程质量 ($\text{kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}$) = 9.8公斤 (kg) $\approx$ 10公斤 (kg)

1 m^3 = 1000 dm^3 升(L)

1升(L) = 1000 cm^3 毫升(mL)(c·c)

第四节 液 压 油

一、有关的物理性质

1. 密度和重度

单位体积的质量称为密度。用 ρ 表示:

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

单位体积的重量称为重度。用 γ 表示:

$$\gamma = G/V \quad (\text{N}/\text{m}^3) \quad (1-2)$$

在标准重力加速度 ($g = 9.8\text{m}/\text{s}^2 \approx 10\text{m}/\text{s}^2$) 的地方或一般应用时, 密度和重度有下列关系: $\because G = mg$

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

液体的密度和重度的数值都要随着温度和压力的变化而变化的, 但是在一般液压系统的工作温度和压力范围内, 对于水和水银的 ρ 与 γ , 可视为常量, 而液压油则近似为常量。

表 1-3 密度和重度常用的数据

物 理 量	单 位	水	汞	液 压 油
ρ	kg/m^3	1×10^3	13.6×10^3	0.9×10^3
γ	N/m^3	1×10^4	13.6×10^4	0.9×10^4

注: 当矿物油型的液压油尚未给出其具体数据时, 一般可以取表中近似数据代用。

2. 压缩性

油液的压缩性, 是指在温度不变的条件下, 受压力作用而体积缩小的性质。压缩性的大小, 用体积压缩系数 β 表示, 其定义为: 每增加一个单位压力时, 体积所发生的相对变化量。即:

$$\beta = \frac{dV/V}{dp} \quad (\text{Pa}^{-1}) \quad (1-4)$$

体积压缩系数 β 的倒数, 是体积弹性模量, 以 K 表示。即:

$$K = 1/\beta \quad (\text{Pa})$$

一般矿物油型液压油的体积压缩系数, 大约为 $\beta = 0.6 \times 10^{-9} \text{ (Pa}^{-1})$, 也就是 $0.6 \times 10^{-4} \text{ (cm}^2/\text{kgf})$, 可见每增加 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ (at) 的压力, 油液的体积只缩小了 0.6‰, 所以油液的压缩性是很小的, 一般可视为不可压缩来对待。但是在压力变化很大的高压系统或精度要求很高的液压随动系统以及液压冲击中, 就需要考虑液体的压缩性了。

3. 粘度

粘度是表示流体内部摩擦力大小的物理量。它只有在流体的流动中才能表现出来。液压油的粘度，是重要的参数之一，在选用液压油和系统设计时，都能用到这个参数。常用的粘度其表示方法有三种：动力粘度、运动粘度和恩氏粘度。

(1) 动力粘度 以液体由于有压力差 ($\Delta p = p_1 - p_2$)，在一段圆管中做层流状态流动时为例。图1-2为横截面上各点液体运动的速度分布曲线(抛物线)。

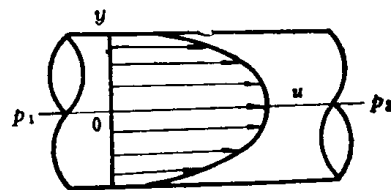


图 1-2 速度分布曲线

可见在紧靠管壁的液体速度趋于零，愈近轴心，速度越大，轴心处为最大速度 u_{max} 。这说明流动液体层与层之间有相对运动，所以层之间必然会产生摩擦力，这种摩擦力是发生在液体内部，故称为内摩擦力。

牛顿内摩擦定律指出：当液体层流时，单位面积上的内摩擦力与速度梯度成正比。即：

$$\tau \propto \left| \frac{du}{dy} \right|$$

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

写成等式

$$\text{或} \quad T = \mu F \frac{du}{dy} \quad (\text{N})$$

式中 τ ——单位面积上的内摩擦力(剪切应力) (Pa)；

T ——内摩擦力(N)；

F ——流体层间的接触面积(m^2)；

du/dy ——速度梯度(s^{-1})；

μ ——动力粘度($\text{Pa} \cdot \text{s}$)。

速度梯度中的 du 为相邻两层间的速度差， dy 为相邻两层液体的厚度，故速度梯度表示垂直液流方向上，单位长度内，速度的变化量，速度梯度也是速度分布曲线上某点切线的斜率。

从式 (1-5) 并取绝对值得：

$$\mu = \left| \frac{\tau}{du/dy} \right| \quad (\text{Pa} \cdot \text{s}) \quad (1-6)$$

动力粘度的物理意义是，当速度梯度等于 1 时，接触液层间单位面积上的内摩擦力。 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ($\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 或 $\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$) 这是动力粘度 SI 制的单位及其量纲。

在 C.G.S 制中， μ 的单位为泊 (P)，其量纲为 $\text{dyn} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ 或 $\text{g}/\text{cm} \cdot \text{s}$ ，泊的百分之一称为厘泊 (cP)，换算关系为：

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ P} = 1000 \text{ cP}$$

从 μ 的单位量纲中可以看出，它具有动力学的量，故称为动力粘度。

(2) 运动粘度 液体的动力粘度 μ 与其密度 ρ 之比，称为运动粘度，用 ν 表示。

$$\text{即：} \quad \nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (1-7)$$

在C.G.S制中, 运动粘度 ν 的单位为 cm^2/s , 称为斯 (St)。斯的百分之一称为厘斯 (cSt)。

SI制中 ν 的单位为 m^2/s , 换算关系为:

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

运动粘度 ν 没有什么物理意义, 只是因为液压系统的计算中 μ 与 ρ 之比, 经常出现, 因而才采用运动粘度 ν 来代替 μ/ρ , 它之所以被称为运动粘度, 是因为其单位量纲中, 有运动学物理量的缘故。

运动粘度应用广泛, 某些常用油液的牌号, 还是以运动粘度数值命名的。例如: 20#机械油, 在50℃的运动粘度平均值为20cSt, ($\nu_{50} \approx 20\text{cSt}$)。故机械油的牌号是以50℃时运动粘度的厘斯 (cSt) 值命名的。

(3) 恩氏粘度

应用各种粘度计, 所测定出来的粘度, 称为相对 (条件) 粘度。它受到粘度计品种差别和测试条件的影响, 而只能相对地表示出液体粘性的大小。

我国工程界常用恩氏粘度计来测定液体的粘度。恩氏粘度是在常压某一温度条件下, 200ml的被测液体, 流过恩氏粘度计所需用的时间 t' (s), 与20℃同体积蒸馏水流出同一粘度计所需用的时间 t (s) 之比值, 用 $^\circ E$ 表示。即:

$$^\circ E = \frac{t'}{t} \quad (1-8)$$

在工程中常用20℃、50℃、100℃作为被测液体恩氏粘度的标准温度, 分别写为: $^\circ E_{20}$ 、 $^\circ E_{50}$ 、 $^\circ E_{100}$ 。

利用经验公式或查阅手册、图表, 可得粘度的换算关系。

$$\nu(\text{cSt}) = 7.31^\circ E - \frac{6.31}{^\circ E} \quad (1-9)$$

(4) 温度对粘度的影响

液压油的粘度, 对温度的变化是很敏感的, 当温度升高时, 粘度会显著降低, 当温度降低时, 粘度又会显著增大。但油液品种的不同, 其粘度随温度变化的程度也不相同。如图1-3所示

工作油液粘度发生变化, 会直接影响液压系统的压力损失和泄漏量的问题, 因此希望粘度随温度的变化越小越好, 粘度随温度的变化越小, 油液的粘温性能就越好。通常采用, 粘度指数 VI 值表示粘温性能指标。

VI 值是以被测油液的粘度随温度变化的程度, 同标准油液粘度随温度变化程度比较的相对值。粘度指数 VI 值大, 则表示粘温曲线平缓, 粘温性能好, 而使用的温度范围就广泛。

一般要求液压传动用油的 VI 值 >90 , 精密液压传动用油的 VI 值 >100 。

对于运动粘度不超过 $76 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ (76cSt) 的液压油, 温度在30~150℃范围内, 可用经验公式, 计算 t ℃时的运动粘度。

$$\nu_t = \nu_{50} \left(\frac{50}{t} \right)^n \quad (\text{cSt}) \quad (1-10)$$

式中 ν_t ——温度为 t ℃时的运动粘度 (cSt);

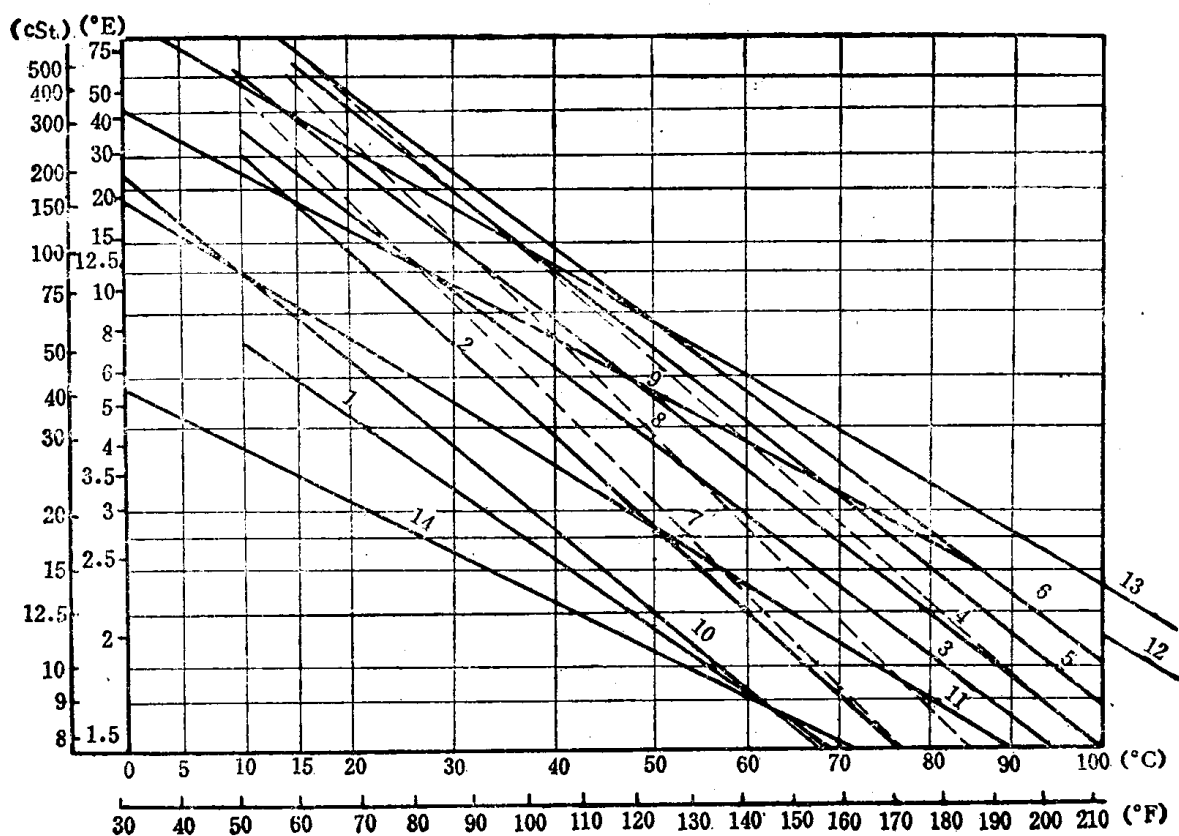


图 1-3 国产油粘温图

ν_{50} ——温度为50℃时的运动粘度(cSt);
 t ——摄氏度(℃);
 n ——50℃时油液不同粘度的指数(无单位)。

表 1-4 n 随粘度变化的数值

ν_{50} 的cSt值	2.5	6.5	9.5	12	21	30	38	45	52	60	68	76
n	1.39	1.59	1.72	1.79	1.99	2.13	2.24	2.32	2.42	2.49	2.52	2.56

(5) 压力对粘度的影响

油液的粘度随压力的升高而增大, 但不象温度的影响那样显著。液压传动所用的矿物油, 其压力 p 在0~50MPa(0~500kgf/cm²) 的范围内, 可用下列经验公式计算油液的粘度。

$$\nu_p = \nu_0(1 + 0.003p) \quad (\text{cSt}) \quad (1-11)$$

式中 ν_0 ——常压(相对压力为零)下, 油液的运动粘度(cSt);
 ν_p ——相对压力为 p 时, 油液的运动粘度(cSt);
 p ——相对压力(kgf/cm²)。

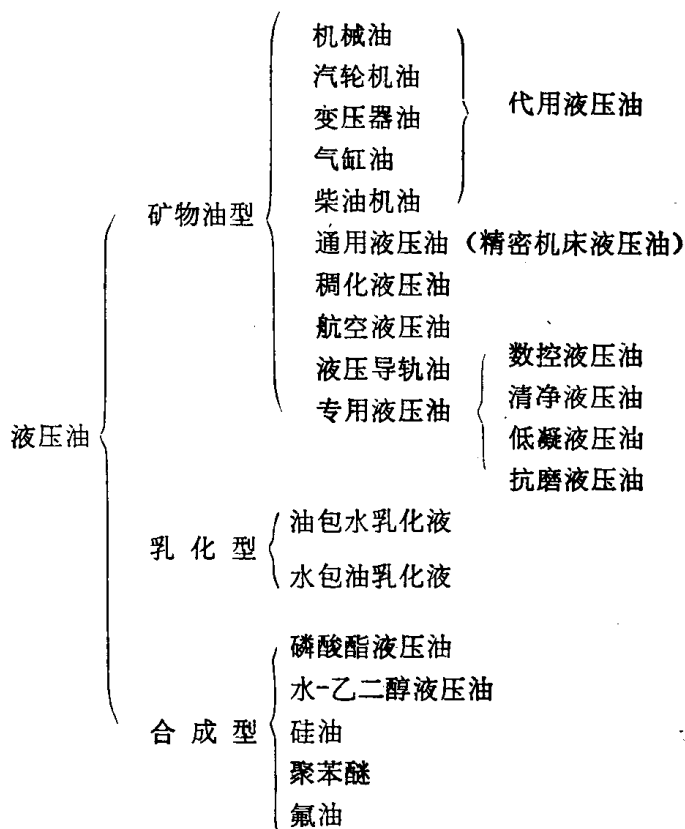
当相对压力 p 在5MPa(50kgf/cm²) 以下时, 因压力所引起的粘度变化, 可以忽略不计, 也有资料介绍当20MPa(200kgf/cm²) 以下时。粘度变化可以忽略, 这主要是因为精度要求的不同, 所造成的条件数据上的差别。

二、液压油的选择使用原则

1. 液压油的分类

液压传动的工作介质很多，而直接采用自然水为介质的则不多，这主要是在润滑性和防锈性方面，不如油液性能好的缘故。

液压用油主要分为三大类，属于可燃型的是石油基矿物油型，这一种是目前普遍采用的油型。属于抗燃型的有乳化型与合成型两类，乳化型成本较低应用逐渐增多，合成型成本高多应用于特殊要求的场合。



2. 液压油的选择原则

液压油的性能指标很多，如：粘温性、润滑性、抗氧化性、抗泡沫性、热稳定性、纯净性、抗燃性、水解性、无毒性等等。实际上很难有那一种矿物油能同时满足所有性能的要求，因此可采用在油液中加入各种添加剂，来改善油液的某些性能。

粘度是选择液压油的主要依据，首先要根据油泵的类型、工作温度、系统压力、执行元件的运动形式和速度等诸方面因素，决定适用的粘度范围，再选择合适的油液品种。

对于各种油泵的用油，推荐粘度范围，见表1-5。

3. 液压油使用的注意事项

(1) 控制油温，对于矿物油的工作油温，要控制在15~65℃之间为宜，油温过高时，要改善散热条件，必要时在油箱中设冷却器，油温过低时，应在油箱中设置加热器。

(2) 防止污染，要有防尘装置，滤油器的规格要合适，并且要定期清洗维护。要尽可能避免使用对油液的氧化能起催化作用的铅、锌、铜等材料的元件，油箱内要涂耐油的防锈漆。

(3) 防止空气进入系统，避免油液加速氧化变质，影响传动性能，因此油泵吸油口与吸油管的连接处的密封要可靠，吸油管口在油面下要有足够的深度，系统的高处应设置

表 1-5 推荐粘度范围 ν_{50} (cSt)

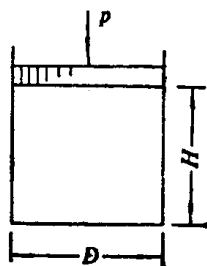
油泵类型 \ 工作温度		5~40 (°C)	40~80(°C)
叶片泵	$p \leq 7\text{MPa}$	17~29	25~44
	$p > 7\text{MPa}$	31~40	37~54
齿 轮 泵		17~40	63~88
轴 向 柱 塞 泵		25~44	40~98
径 向 柱 塞 泵		17~62	37~154

注：压力高、温度高、油缸速度低或油马达（旋转运动）时，在范围内取偏大的粘度值。

放气装置。

作 业 题

- 1-1 何谓液压传动？它与液力传动有何区别？
- 1-2 何谓液压系统？它是由哪几大部分元件组成的？
- 1-3 概述液压传动的特点。
- 1-4 “公斤”与“公斤力”这两个单位是否相同？
- 1-5 何谓牛顿内摩擦定律。
- 1-6 恩氏粘度为5的油液，用符号应怎样表示？
- 1-7 机械油的牌号是按什么命名的？
- 1-8 为什么液压传动很少用普通水做为工作介质？
- 1-9 试求一升水的质量和重量（凡未声明时，均采用SI制单位表示答案）。
- 1-10 已知液压油的重度 $\gamma = 0.9 \times 10^{-3} \text{kgf/cm}^3$ ，试求该油液的密度 ρ 。
- 1-11 有一百升的油液，其重量为89kgf，试求该油液的密度和重度。
- 1-12 20#机械油，在50°C时的动力粘度是多少？
- 1-13 已知油液的重度 $\gamma = 870 \text{kgf/m}^3$ ，运动粘度 $\nu = 30 \text{cSt}$ ，试求SI制的 ν 和 μ 。
- 1-14 油液的运动粘度是38cSt，问其恩氏粘度是多少？
- 1-15 试求水在20°C时的厘斯和厘泊值。
- 1-16 30#机械油，在50°C时，其运动粘度 $\nu_{50} = 31 \text{cSt}$ ，试求该油液在40°C时的运动粘度 $\nu_{40} = ?$ (cSt)
- 1-17 如图所示，已知 $D = \phi 100 \text{mm}$ ，当外力 $P = 0$ 时，测得 $H = 300 \text{mm}$ ，当外力逐渐加大到 $P' = 10^5 \text{N}$ (10tf) 时，试求活塞下降的距离 dH (mm)（缸体变形、漏泄、活塞自重及摩擦均忽略不计）。



题 1-17 图

第二章 液压流体力学基本方程

第一节 静止液体的力学规律

静止液体,是指液体内部质点间无相对运动的液体。因此液体内部不存在切应力,也不显示粘性。

一、液体的压力

压力(压强) p ,是液体在单位面积上所受的作用力。其定义表达式为:

$$p = \frac{P}{F} \quad (\text{Pa}) \quad (2-1)$$

式中 p ——压力(Pa);

P ——作用力(总压力)(N);

F ——受压面积(m^2)。

由于液体具有流动性,所以压力的方向,只能是受压面的内法线方向。

二、压力单位

表示压力的单位,一般有三类:

1. 采用单位面积上所受的力来表示

SI制 帕Pa (N/m^2)

工程制 kgf/cm^2

换算关系为: $1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 9.8 \times 10^4 \text{Pa} \approx 10^5 \text{Pa} = 0.1\text{MPa}$

2. 采用大气压来表示

大气压,系指地球表面,所受大气层的压力。由于精度要求不同,在取值上又分为标准大气压(atm)和工程大气压(at)两种,精度要求较高的场合取atm,一般场合取at,在液压传动中,凡是不注明是哪一种的大气压,均可按工程大气压看待。

换算关系为: $1\text{at} = 1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 10^5 \text{Pa} = 0.97\text{atm}$

$$1\text{atm} = 1.033\text{kgf}/\text{cm}^2 = 1.033\text{at} = 1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$$

3. 采用液柱高来表示

用某种液体的液柱高度,来表示压力,常用于测量低于大气压的场合。由于压力与高度这两个单位的量纲不相同,严格说来其换算关系,只能是相当,而不是相等。

$$1\text{atm} = 0.76\text{mHg} = 10.3\text{mH}_2\text{O}$$

$$1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 1\text{at} = 0.736\text{mHg} = 10\text{mH}_2\text{O}$$

$$1\text{mmH}_2\text{O} = 10\text{Pa}$$

$$1\text{mmHg} = 133.3\text{Pa}$$

三、绝对压力、相对压力

绝对压力:是以绝对真空为计数起点的压力。

它只有正值没有负值,多在理论研究中应用。若是采用绝对压力时,必须加以注明,以便区别于相对压力。

相对压力:是以大气压为计数起点的压力。