

液压传动 学习指导

YeYaChuanDong
XueXiZhiDao

左健民 主编

河海大学出版社

液压传动学习指导

左健民 主编

河海大学出版社

责任编辑 魏 连 史 虹
封面设计 赵 清

液压传动学习指导

左健民 主编

河海大学出版社出版

(江苏省南京市西康路1号)

江苏省新华书店发行

江苏句容和平印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 6.9 字数: 156千字

1990年5月第一版 1990年5月第一次印刷:

印数: 1-10000册

*

ISBN7-5630-0221-9/TH·3

定价: 2.50元

前 言

随着科学技术的飞速发展,液压传动技术已在国民经济各个领域得到了广泛的应用,液压传动课程已成为机械专业的一门必修课。目前适用于大、中专层次的液压教材已有很多,但其主要内容和体系基本相同。为了帮助大、中专学生深入学习和掌握液压传动的基本原理,真正理解本课程的基本内容,达到教学大纲规定的要求,我们编写了这本学习指导书,供在学习中借鉴和参考。

在编写中,我们以俞启荣副教授编写的两本大专和中专《机床液压传动》教材的体系为主要依据,并统筹考虑了其它大、中专教材的体系和内容,按章进行叙述,每章均指出了其重点和难点,具体分析了重点和难点内容,尤其对重点内容进行了深入浅出的叙述,并指出了应掌握的程度,力图使学生在学习中加深理解,同时,针对各章的主要内容,还选择了一定数量的例题和习题,其旨在提高学生的分析问题和解决问题的能力。

本书是大、中专机械类《液压传动》课程的辅助教材,它适用于各类大、中专机械类各专业的学生,对于参加机械类函授和自学考试的考生学习和复习也有一定的参考价值,同时,也可供一般工程技术人员参考。

本书由左健民同志主编,俞启荣副教授主审,严伟元同志协助编写了本书第七、八、九三章,丁树模副教授帮助审阅了本书的部分内容,提出了许多宝贵的意见,并由扬建华

同志协助描图。以上诸位对于本书的出版给予了大力支持与帮助，在此一并致谢。

由于编者水平有限，教学经验不足，书中定有许多不妥之处，敬请读者提出宝贵意见。

编 者

1989年6月

目 录

第一章 概论	1
第二章 液压传动基础	2
§ 2-1 液压油的物理性质	2
§ 2-2 液体静力学基础	7
§ 2-3 液体动力学方程	10
§ 2-4 管路内压力损失的计算	16
§ 2-5 液体流经小孔及间隙的流量	17
§ 2-6 液压冲击及空穴现象	21
例题	23
习题	38
第三章 液压泵和液压马达	44
§ 3-1 概述	44
§ 3-2 齿轮泵	48
§ 3-3 叶片泵	51
§ 3-4 柱塞泵	55
§ 3-5 液压马达	56
例题	57
习题	66
第四章 液压缸	69

§ 4-1 液压缸的结构形式	69
§ 4-2 液压缸主要尺寸的确定	80
§ 4-3 液压缸的结构设计	81
例题	82
习题	92

第五章 控制阀	96
§ 5-1 方向控制阀	96
§ 5-2 压力控制阀	101
§ 5-3 流量控制阀	106
§ 5-4 电液比例控制阀	109
例题	110
习题	121

第六章 辅助装置	125
§ 6-1 油管及管接头	125
§ 6-2 滤油器	127
§ 6-3 蓄能器	128
§ 6-4 油箱	129

第七章 液压基本回路	130
§ 7-1 压力控制回路	130
§ 7-2 速度控制回路	137
§ 7-3 方向控制回路	149
§ 7-4 多缸配合工作回路	151
例题	157
习题	164

第八章 典型液压传动系统	172
§ 8-1 组合机床的液压系统	173
§ 8-2 CB3463-1 型半自动转塔车床 液压系统	175
§ 8-3 外圆磨床液压系统	178
§ 8-4 平面磨床液压系统	182
第九章 液压系统设计计算	185
例题	186
习题	204
第十章 液压伺服系统	205
§ 10-1 液压仿形刀架的工作原理	205
§ 10-2 液压伺服系统的基本类型	207
§ 10-3 液压伺服系统工作特性	208
§ 10-4 液压伺服系统实例	208
§ 10-5 电液伺服阀	209
例题	209
习题	212
主要参考文献	214

第一章 概 论

在学习本章时,主要应理解液压传动的工作原理以及液压传动系统的组成,应着重注意以下几点:

一、压力和运动传递原理

液压传动中采用液体作为传动介质来传递力和运动,在传递力时,运用了流体力学中的帕斯卡(Pascal)原理;而在传递运动时,则运用了在密闭容积中液压泵输出的液体容积与液动机输入的液体容积相等的原理(质量守恒定律)。

二、液压传动的两个重要概念

液压传动中压力和流量是两个重要参数。特别要注意当负载等于零时,系统中压力不能建立,亦即压力取决于负载;流量则决定了执行元件的运动速度。

三、液压系统的组成

液压传动系统中必须含有液压泵、执行元件、各种控制阀及辅助元件等四部份(有的教材中将液压油单独作为介质部份,那样液压系统就有五部份)组成。液压系统作为能量转换和传递的装置[从机械能(原动机) $M \cdot \omega \rightarrow$ 液压能(液压泵输出) $p \cdot Q \rightarrow$ 机械能(执行机构输出) $M \cdot \omega$ 或 $F \cdot v$,它本身并不能产生能量,而只能消耗能量,由于每个转换和调节环节都要消耗一定的能量,所以一般的液压传动系统效率不会很高。

第二章 液压传动基础

液压传动是利用液体作为工作介质来传递动力和信号的,所用的工作介质一般为普通机械油和专用液压油。液压油的物理、化学性质,尤其是它的力学性质对液压系统的工作影响很大。本章主要讲述液压油的物理性质;液体的静力学和运动学特性;油液在管道流动过程中的阻力损失以及油液通过节流小孔和缝隙时的流动特性。

本章重点:

1. 液压油的物理性质,液体粘度的三种表示方法及相互间的换算关系;
2. 液体静压力的特性和静力学基本方程;
3. 流动液体的连续性方程和伯努利方程;
4. 液体流动时的沿程压力损失和局部压力损失;
5. 液体流经小孔时的压力损失以及压力损失与流量的关系。

本章难点:

1. 各种度量衡制的相互换算关系;
2. 压力的度量以及绝对压力、相对压力和真空度之间的关系;
3. 流动液体三个基本方程、所表示的物理意义及其应用;
4. 液压冲击的概念及压力波的传递。

§ 2-1 液压油的物理性质

一、液压油的密度

液压油的密度 ρ 是指单位体积内油液的质量,即:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (2-1)$$

式中 M ——油液的质量, $[M]$ 为 Kg

V ——油液的体积, $[V]$ 为 m^3

ρ ——油液的密度, $[\rho]$ 为 Kg/m^3

密度随压力的上升而增大, 随温度的升高而减小。由于在常温常压下变化较小, 在液压传动的静动态分析中都把它们作为常数处理。

二、液压油的可压缩性

液体具有可压缩性, 即当液体所受压力变化时, 它的容积也具有相应的变化。压缩系数 β 的倒数即为液体的体积弹性模量 E_0 。液体的体积弹性模量约为钢的 $1/100 \sim 1/150$ 。液压油的体积弹性模量 E_0 与压缩过程、温度、压力等因素有关: 温度升高时, E_0 值减小, 在液压油正常工作的温度范围内, E_0 值会有 $(5 \sim 25)\%$ 的变化; 压力加大时, E_0 值增大, 但其变化不呈线性关系; 且当 $p > 3.0 \times 10^6 \text{Pa}$ 时, E_0 值基本上不再增大。

三、粘性

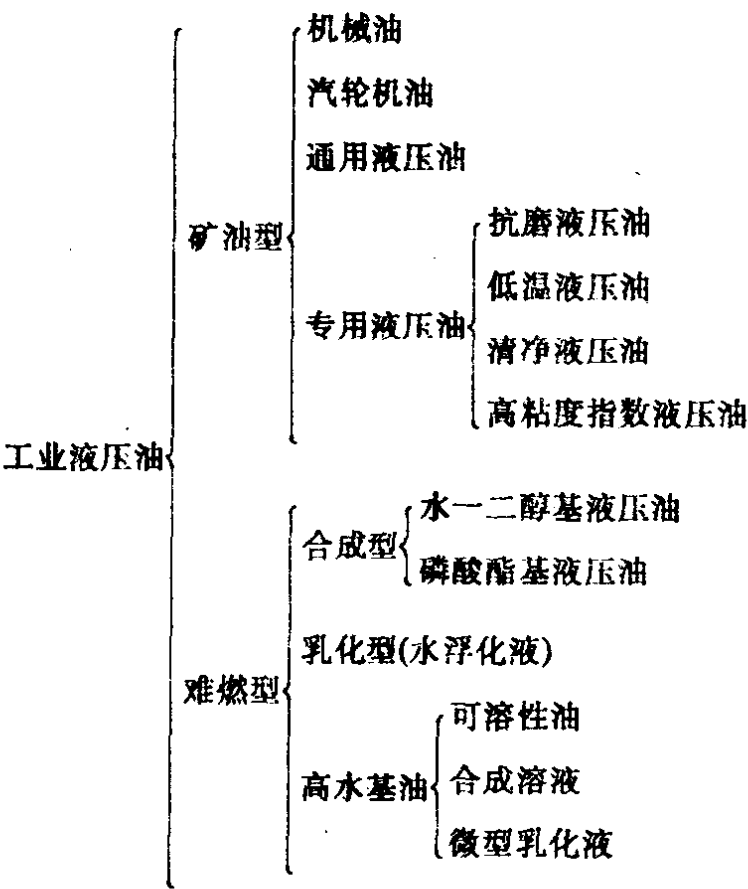
液体在外力作用下流动(或有流动趋势)时, 液体分子间的内聚力为了阻碍其分子间的相对运动而产生的一种内摩擦力, 这种现象叫做液体的粘性。粘性的大小用粘度来度量, 它是液体本身的属性。液体只有在流动(或有流动趋势)时才会出现粘性, 静止液体不呈现粘性。粘性只能阻碍、延缓液体内部的相对滑动, 但不能消除这种滑动。粘性的大小影响

液体流动时的阻力、运动副间摩擦力的大小以及通过缝隙的泄漏量。合适的粘度对保证系统正常工作有重要的意义。因此要搞清楚动力粘度 $[\mu]$ ，运动粘度 $[\nu]$ 和相对粘度 $[^{\circ}E]$ 之间的关系、目前国产油牌号的意义以及油液的粘度随温度升高而下降(变化较大)；随压力上升而上升(变化很小)等概念。

四、液压油的种类及选用

液压系统中使用的液压油的种类如表 2-1 所示。

表 2-1 液压油分类



在液压系统中,目前使用最多的是矿油型液压油。选用液压油时最先考虑的是它的粘度(粘度既影响泄漏,亦影响

功率损失), 同时再兼顾其它方面。选择时应注意的事项如下:

1. 液压系统的工作压力 工作压力较高的系统宜选用粘度较高的液压油, 以减少泄漏; 反之便选用粘度较低的液压油。例如: $p = (7.0 \sim 20.0) \times 10^6 \text{Pa}$ 时宜选用 40°C 时运动粘度为 $(46 \sim 100) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 的液压油; $p < 7.0 \times 10^6 \text{Pa}$ 时选用 40°C 时运动粘度为 $(32 \sim 68) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 的液压油。旧标准中以 50°C 时平均运动粘度表示油的牌号, 而现行牌号中的数字是表示液压油在 40°C 下运动粘度的平均值[单位为厘斯(cst)]。在牌号的数字前加“N”以示和旧牌号的区别。新旧标准的对照见表 2-2。

2. 环境温度 环境温度较高时宜选用粘度高些的液压油。

3. 运动速度 执行元件运动速度较高时, 为减小液流的功率损失, 宜选用粘度较低的液压油。

4. 液压泵的类型 在液压系统中, 液压泵的润滑要求最苛刻, 选择液压油粘度时应考虑液压泵的类型及其工作环境, 如表 2-3 所示。

表 2-2 液 压 油

种 类	牌 号		原 名	特 性 和 用 途
	油 名	代号		
普通 液 压 油	N32 号液压油	YA-N32	20 号精密机床液压油	有良好抗氧, 防锈和一般抗磨性的精制矿物油。用于环境温度 0℃ 至 40℃ 工作的各类液压泵的中、低压系统。
	N46 号液压油	YA-N46	30 号精密机床液压油	
	N68 号液压油	YA-N68	40 号精密机床液压油	
	N32G 号液压油	YA-N32G	20 号液压—导轨油	
	N46G 号液压油	YA-N46C	30 号液压—导轨油	
	N68G 号液压油	YA-N68G	40 号液压—导轨油	
抗 磨 液 压 油	N32 号抗磨液压油	YB-N32	20 号抗磨液压油	有良好的抗氧、防锈和抗磨性能的精制矿物油。 用于环境温度-10℃ 至 40℃ 工作的高压柱塞泵或其它泵的中、高压液压系统。
	N46 号抗磨液压油	YB-N46	30 号抗磨液压油	
	N68 号抗磨液压油	YB-N68	40 号抗磨液压油	
	N100 号抗磨液压油	YB-N100	60 号抗磨液压油	
	N150 号抗磨液压油	YB-N150	80 号抗磨液压油	
	N68K 号抗磨液压油	YB-N68K	40 号抗磨液压油	
低 温 液 压 油	N15 号低温液压油	YC-N15	低凝液压油	有良好抗氧、防锈、抗磨、低温性能和良好的粘温性能的精制矿物油。 用于环境温度-20℃ 至高于 40℃ 工作的各类高压液压泵系统。
	N32 号低温液压油	YC-N32	工程液压油	
	N46 号低温液压油	YC-N46	如上稠—40 等	
	N68 号低温液压油	YC-N68		
	N46D 号低温液压油	YC-N46D		
高 粘 度 指 数 液 压 油	N32H 号高 粘度指数液压油	YD-N32D		粘温性能比 YC 类更好, 用于温度变化不大且对粘温性能要求更高的液压系统。

表 2-3 各类液压泵的粘度适用范围

$\times 10^{-6} / \text{m}^2 / \text{s} (40^\circ\text{C})$ 环境温度 $t / ^\circ\text{C}$		(14~38)	(38~80)
液压泵类型			
齿 轮 泵		32~68	68~150
叶 片 泵	$p < 7.0 \times 10^6 \text{Pa}$	32~46	46~68
	$p > 7.0 \times 10^6 \text{Pa}$	46~68	68~80
柱 塞 泵		32~68	68~200

§ 2-2 液体静力学基础

一、液体的静压力及其特性

在静止液体中压力的概念是讨论的主要问题, 这里所说的压力是指在单位面积上所受到的液体的作用力。要掌握静压力的两个基本特性以及表示压力的各种单位之间的换算关系:

$$1\text{bar} = 10\text{N} / \text{cm}^2 = 10^5 \text{N} / \text{m}^2.$$

$$1\text{bar} \approx 1.02\text{kgf} / \text{cm}^2.$$

液体的静压力有两个基本特性:

1. 液体静压力垂直于其作用面, 其方向和该面的内法线方向一致。

2. 静止液体内任意点处的静压力在各个方向上都相等。

二、液体静力学基本方程

液体静力学基本方程 $p = p_0 + \rho gh$ 它表示: 静止液体内任一点处的压力由两部份组成, 一部份是液面上的压力 p_0 , 另一部份是液体的密度 ρ 、重力加速度 g 与该点离液面深度 h 的乘积; 静止液体内的压力随液体深度呈直线规律分布; 离液面深度相同处各点的压力都相等。压力相等的所有点组成的面叫等压面, 在重力作用下静止液体中的等压面是一个水平面, 读者一定要搞清楚等压面的概念。

三、绝对压力、相对压力、真空度

绝对压力、相对压力和真空度是表示压力的三个概念, 它们三者之间的关系如图 2-1 所示

当压力 p 大于大气压力 p_{at} 时:

绝对压力等于大气压力与相对压力(表压力)之和。

当压力 p 小于大气压力 p_{at} 时:

真空度等于大气压力与绝对压力之差。

真空度即为相对压力的负值, 请读者不要混淆, 要认真分析, 加以理解。在液压技术中, 常以相对压力为基准进行研究和计算。

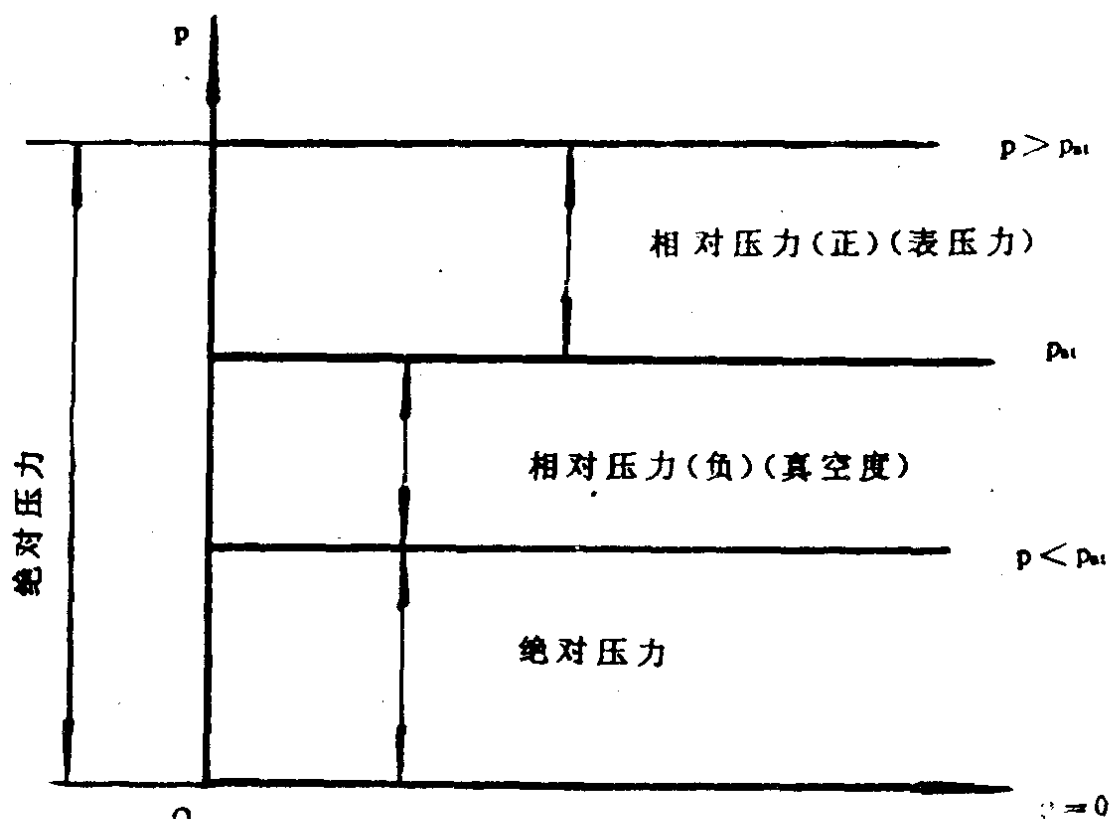


图 2-1 绝对压力与相对压力的关系

四、固体壁面上的液体静压力的作用力

静止液体和固体壁面相接触时, 固体壁面上各点在某一方向上所受静压力的总和, 便是液体在该方向上作用于固体壁面上的力。

固体壁面为一平面时, 如不计重力作用, 即忽略 ρgh 项, 平面上各点处的静压力大小相等, 则作用在固体壁面上的力 F 等于液体中任一点处的静压力 p 与承压面积 A 的乘积, 即 $F = p \cdot A$, 其作用力方向垂直于壁面。

当固体壁面为一曲面时, 液体静压力在某一方向上的分力等于压力和曲面在该方向的垂直面内投影面积的乘积。