

机械设计制造及其自动化专业应用型本科系列规划教材

液压传动与控制

YEYA CHUANDONG YU KONGZHI

主 编 周小鹏 丁又青

副主编 周 忆

主 审 朱新才



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

液压传动与控制

主 编 周小鹏 丁又青
副主编 周 忆
主 审 朱新才

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书内容包括:绪论,液压流体力学基础知识,液压元件(含比例阀、伺服阀)的结构、工作原理、选用及应用,常用液压基本回路及分析,典型工程液压传动实例及分析,液压系统的设计与计算,伺服系统的分析及其应用,常用液压元件的典型故障现象分析和排除,以及常用液压元件图形符号等。本书特点是:坚持理论联系实际,通俗易懂,在应用型人才培养的院校中极具使用价值。

本书可作为应用型本科院校机械类与机电类专业教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动与控制 / 周小鹏, 丁又青主编. —重庆:重庆大学出版社, 2014.8

机械设计制造及其自动化专业应用型本科系列教材

ISBN 978-7-5624-8425-7

I. 液… II. ①周…②丁… III. ①液压传动-高等学校-教材②液压控制-高等学校-教材 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 151776 号



主 编 周小鹏 丁又青
副主编 李 忆
主 审 朱新才

责任编辑:曾显跃 版式设计:曾显跃
责任校对:邬小梅 责任印制:赵 晟

*
重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:14.75 字数:368 千

2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5624-8425-7 定价:29.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

本书是高等学校应用型系列教材之一,是一本较好的教材和工程技术参考书。编者在征求有关院校及企业意见的基础上,结合了近年来教育改革成果和应用型本科教育的特点,以及多年教学与实践应用的体会,将理论与实际应用紧密联系,突出实践能力和综合素质的培养。读者可以通过本书了解到目前国内外液压技术的发展趋势。

本书主要介绍流体力学在液压技术中的应用,液压技术的基本知识,液压元件(含比例阀、伺服阀)的工作原理、性能特点及选用,液压基本回路的组成及液压系统的设计与计算等内容。重点阐述了液压系统在工程实际中的分析,常用液压元件的典型故障现象分析和排除方法。每章附有思考题与习题,在附录中列出了常用液压元件图形符号。

本书由周小鹏、丁又青任主编,周忆任副主编。参加本书编写的有重庆科技学院周小鹏(第1章、第5章、第7章),重庆科技学院丁又青(绪论、第2章、第9章),重庆大学周忆(第3章、第6章、第8章),重庆科技学院李良、谭逢友(第4章)。

本书由重庆理工大学朱新才教授主审,并提出了很多好的意见和建议,编者在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点及错误,诚望广大读者批评指正。

编者

2014年5月

目 录

绪论	1
0.1 液压传动的工作原理及特性	1
0.2 液压传动系统的组成及工程表示	3
0.3 液压传动的优缺点	4
复习思考题	4
第 1 章 液压流体力学基础	5
1.1 液压油	5
1.2 静止液体的力学基本规律	10
1.3 流动液体的力学基本规律	13
1.4 液体流动中的压力损失	19
1.5 液体在小孔和缝隙中的流动	25
1.6 液压冲击和气穴现象	27
复习思考题	28
第 2 章 液压泵	30
2.1 概述	30
2.2 齿轮泵	33
2.3 叶片泵	37
2.4 柱塞泵	42
2.5 液压泵的选用	49
复习思考题	51
第 3 章 执行元件	52
3.1 液压马达	52
3.2 液压缸	62
复习思考题	82

第4章 控制阀及其应用	84
4.1 方向控制阀及其应用	84
4.2 压力控制阀及其应用	97
4.3 流量控制阀及其应用	112
4.4 电液比例控制阀及其应用	121
4.5 二通插装阀及其应用	126
4.6 阀的集成	134
复习思考题	136
第5章 液压辅助元件	138
5.1 滤油器	138
5.2 蓄能器	142
5.3 油箱	145
5.4 其他辅件	147
复习思考题	149
第6章 液压基本回路及分析	150
6.1 概述	150
6.2 速度控制回路及分析	151
6.3 压力控制回路及分析	162
6.4 液压马达控制回路	168
复习思考题	170
第7章 液压系统实例分析	172
7.1 怎样阅读液压系统图	172
7.2 液压系统实例	173
复习思考题	185
第8章 液压系统的设计与计算	186
8.1 液压系统设计步骤	186
8.2 液压系统设计与计算举例	198
复习思考题	207
第9章 液压伺服系统	208
9.1 液压伺服系统的工作原理、组成、特点及分类	208
9.2 液压伺服阀	210
9.3 电液伺服阀	212
9.4 液压伺服系统应用举例	214
复习思考题	218

附录 常用液压与气动元件图形符号 (GB/T 786.1—93)	219
附录 1 基本符号、管路及连接	219
附录 2 控制机构和控制方法	219
附录 3 泵、马达和缸	220
附录 4 控制元件	221
附录 5 辅助元件	223
参考文献	225

绪 论

液压传动是一门比较新兴的技术,它被各国普遍重视并得到广泛应用也只是近几十年的事。液压技术的发展历史虽然较短,但发展速度却非常之快。

自 1795 年英国制成了第一台水压机起,液压技术开始进入了工程领域。第二次世界大战期间,由于军事工业迫切需要反应快、精度高的自动控制系统,因而出现了液压控制系统。随着液压元件的迅速发展,性能也更趋完善,液压技术的应用就更为大家所重视。液压传动具有许多独特的优越性,目前已被广泛应用于机械制造、工程建筑、交通运输、矿山、冶金、石油化工、航空、航海、军事、农机等工业部门,也被应用到宇宙航行、海洋开发、预测地震等新的技术领域。它已经和机械、电气等传动技术一起被综合地应用于各种机械设备中,成为机器中不可缺少的一部分。

液压传动从发展趋势来看,正向着高压化、高速化、集成化、大功率、节能效、长寿命、低噪声方向发展。液压元件、液压传动系统的计算机辅助设计和制造,以及计算机在电液自动控制系统中的应用等也有广阔的发展前景。

0.1 液压传动的工作原理及特性

传动即动力的传递,是把动力源的能量通过某种方式送到执行机构,去带动工作机构实现一定的动作。传动的类型有许多种,凡是以液体为工作介质,依靠运动着的液体的压力能来传递动力的叫液压传动。

下面以液压千斤顶来说明液压传动的工作原理。图 0.1 所示为液压千斤顶的工作原理图,将手柄 1 向上扳动时,小活塞 2 向上移动,使小液压缸 3 的下腔(无杆腔)密闭容积增大形成局部真空,油箱中的液体便在大气压力的作用下经管道和单向阀 4 吸入小液压缸下腔。当手柄被压下时,将使小活塞向下移动,下腔中的液体受到挤压,由于液体几乎是不可压缩的,于是液体便只能经单向阀 5 进入大液压缸 7 的下腔(此时单向阀 4 关闭),迫使大活塞 6 向上运动,顶起负载。反复提压杠杆,就可以使重物不断上升,达到起重的目的。当需要大活塞向

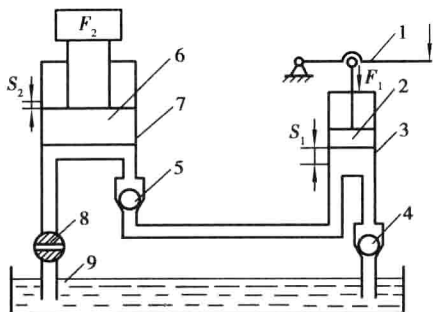


图 0.1 液压千斤顶工作原理图

1—手柄；2—小活塞；3—液缸；

4、5—单向阀；6—大活塞；

7—大液缸；8—开关阀；9—油箱

下运动时,这时单向阀 5 关闭,只要将开关阀 8 打开,大液缸下腔的液体便经管道和开关阀 8 流回油箱,大活塞便在负载及自重作用下向下运动,恢复到原始位置。

从液压千斤顶的工作原理可以看出液压传动有以下特点:

①液压传动以液体作为工作介质,动力的传递必须经过两次能量转换。首先通过动力装置把机械能转换为液体的压力能,然后再通过执行元件把液体的压力能转换为机械能。

②液体必须在密封容器内传送,而且容积要发生变化。

③液压传动的液体压力由外负载决定。如图 0.1 所示,在两个活塞的作用下,两缸工作腔和管道中的液体具有压力 p 。

$$F_1 = pA_1 \quad p = \frac{F_1}{A_1} \quad (0.1)$$

$$F_2 = pA_2 \quad p = \frac{F_2}{A_2} \quad (0.2)$$

式中 A_1 ——小活塞的有效面积;

A_2 ——大活塞的有效面积。

由静压传递原理可知,封闭容器中液体的压力处处相等,即

$$\begin{aligned} \frac{F_1}{A_1} &= \frac{F_2}{A_2} \\ F_2 &= pA_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1 \end{aligned} \quad (0.3)$$

由此可得出结论:液体压力 p 是由输出端的外负载 F_2 引起,其大小随外负载的大小而变化。同时,力的传递效果随承压面积的增大而增大。

④运动速度或转速的传递与液体容积变化有关。设小活塞的位移为 S_1 ,大活塞的位移为 S_2 ,在不计液体压缩性及泄漏,不考虑液缸及管道变形时,则小活塞向下运动所扫过的容积等于大活塞向上所扫过的容积,即

$$\begin{aligned} A_1 S_1 &= A_2 S_2 \\ S_2 &= \frac{A_1}{A_2} S_1 \end{aligned} \quad (0.4)$$

设在时间间隔 t 内同时完成位移 S_1 和 S_2 ,则

$$v_1 = \frac{S_1}{t} \quad v_2 = \frac{S_2}{t}$$

式中 v_1 ——小活塞的运动速度;

v_2 ——大活塞的运动速度。

同理:

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 \quad (0.5)$$

由此可得出结论:在输入速度 v_1 和面积 A_1 一定时,输出速度 v_2 与面积 A_2 成反比变化。只要连续减少 v_1 (或流量 q) 就可以获得逐渐减小的 v_2 , 这就是液压传动能实现无级调速的原因。

将式(0.3)代入式(0.5), 可以得:

$$F_1 v_1 = F_2 v_2 \quad (0.6)$$

该式说明,在输入功率 $F_1 v_1$ 一定时,无论输出力 F_2 和输出速度 v_2 怎样变化,它们的乘积是不变的,且等于输出功率(忽略损失),这正是能量守恒定律在液压传动中的体现。

式(0.6)若用液压参数表示,则液压功率为:

$$P = F \frac{S}{t} = p \frac{AS}{t} = p \frac{V}{t} = pq \quad (0.7)$$

式中 q ——体积流量,简称流量。

在液压传动中,液体的压力和流量是两个很重要的参数,它是设计和选用液压泵、控制阀、液压缸、液压马达和管道等液压元件的重要依据。

0.2 液压传动系统的组成及工程表示

图 0.2 所示为一个简单的液压系统原理图,其工作过程为:电动机带动液压泵 3 运转,油箱中的液体经滤油器 2 被吸入泵内。液压泵输出的压力油经节流阀 5 流到电磁换向阀 7。当电磁换向阀的左右端电磁铁均不通电时,阀芯在两端的弹簧力作用下处于中间位置。这时,液压缸的左腔、右腔、进油路及回油路之间均不相通,液压缸活塞锁紧不动。当阀 7 右边电磁铁通电时,换向阀在右位工作,压力油经阀 7 右位进入液压缸 8 的右腔,推动活塞向左移动,缸 8 左腔的液体经阀 7 流回油箱。当阀 7 左边电磁铁通电时,换向阀在左位工作,液压泵输出的压力油经阀 7 左位进入缸 8 左腔,使活塞右移,缸右腔排出的液体经阀 7 流回油箱,由此可见,电磁换向阀是控制液体流动方向的。

调节节流阀 5 的开口大小,可控制进入液压缸的液体流量,以改变液压缸中活塞的移动速度。在液压泵的出口并联了溢流阀 6,液压泵输出液压力的大小可从压力表 4 中读出。当液体的压力升高到稍超过溢流阀的调定压力时,溢流阀开启,液体经管道排回油箱,使液体的压力稳定在调定的压力值范围内。溢流阀在稳定系统压力和防止系统过载的同时,还起着把液压泵输出的多余液体排回油箱的作用。

在液压泵的入口安了一个滤油器 2,液压泵从油箱吸进的液体先经过滤油器,以起到滤清油液的作用。

从以上分析看出,一个完整的液压系统除了工作介质外,均由以下 4 个部分组成:

①动力装置 如液压泵。由它将电动机输出的机械能转换成液体的压力能。

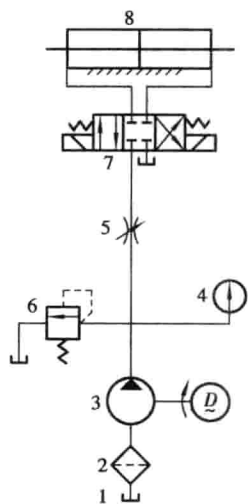


图 0.2 液压传动系统原理图

- 1—油箱; 2—滤油器;
- 3—液压泵; 4—压力表;
- 5—节流阀; 6—溢流阀;
- 7—电磁换向阀; 8—液压缸

②执行装置 如液压缸和液压马达。它是将液体的液压能转换为机械能的能量转换元件。

③控制与调节装置 包括各种控制阀类(如方向阀、压力阀、流量阀)。它们的作用是分别控制液压系统液体的流动方向、压力和流量大小,以满足执行元件对运动方向、力和速度的要求。

④辅助元件 如油箱、油管、滤油器、蓄能器、压力表等,分别起贮油、输油、过滤、贮存压力能、测压等作用,是液压系统中不可缺少的重要组成部分。但从液压系统的工作原理来看,它们是起辅助作用的。

0.3 液压传动的优缺点

液压传动的主要优点有:

①液压传动可以在很大的调速范围内较方便地实现无级调速。

②运动平稳、可靠,反应快,能高速启动、制动和频繁换向。

③与机械传动相比,在输出功率相同的情况下,液压传动装置的体积小、重量轻、惯性小,而且能传递大的力和转矩。

④控制和调节比较简单,操作方便,易于实现自动化。当和电气控制配合使用时,易于实现各种复杂的程序动作和远程控制。

⑤易于实现过载保护。因采用液体作为工作介质,故能够自行润滑,减少了零件的磨损,提高了元件的使用寿命。

⑥液压元件实现了系列化、标准化和通用化,故易于设计、制造和推广使用。

液压传动的主要缺点有:

①液压传动存在不可避免的液体泄漏,同时液体不是绝对不可压缩的,故不能保证严格的传动比。

②由于在能量转换和传递过程中存在着压力损失和泄漏,因而效率低。

③温度的变化可使液体的黏度受到影响,故不宜在高温和低温条件下工作;同时液体要求有较好的过滤设施。

④当液体受污染后会使得液压系统发生故障,且出现故障时不易直观地查找原因。

总的说来,液压传动优点是主要的,而其缺点将会随着科学技术的发展、设计制造水平的提高而逐步得到解决,液压传动将会得到更广泛的应用。

复习思考题

0.1 何谓“液压传动”?

0.2 液压系统由哪几部分组成?各部分的主要作用是什么?

0.3 液压传动有哪些优缺点?

第 1 章

液压流体力学基础

液压传动是一种用液压油作为传递能量的工作介质。液压油作为一种液体具有许多特性。因此,了解液体的基本性质,掌握液体平衡和运动的主要力学规律,对于正确理解、分析液压传动的基本原理,正确使用、维护液压系统及装置,以及设计优良的液压系统都是非常重要的。

1.1 液 压 油

1.1.1 液压油的主要物理性质

(1) 密度

液体的密度是指单位体积液体的质量,常用 ρ 表示。

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

式中 m ——液体的质量;

V ——液体的体积。

液压油的密度随温度和压力的变化而变化,但这种变化量通常不大,可忽略不计。一般液压油的密度为 900 kg/m^3 。

(2) 压缩性

液体受压力作用体积减小的性质称为液体的可压缩性。液体压缩性的大小用压缩系数 β 表示。其意义为单位压力变化时液体体积的相对变化值,即

$$\beta = - \frac{1}{\Delta p} \cdot \frac{\Delta V}{V} \quad (1.2)$$

式中 Δp ——液体压力的变化值;

ΔV ——液体压力 p 变化时其体积变化量；

V ——液体被压缩前的体积。

由于压力增加时液体体积减小,为使 β 为正值,故在式中加一负号“-”。

液体体积压缩性系数的倒数称为体积弹性模量,用 K 表示。

$$K = \frac{1}{\beta} = - \frac{\Delta p}{\Delta V} \cdot V \quad (1.3)$$

常用液压油的体积弹性模量为 $(1.4 \sim 2.0) \times 10^3$ MPa,而钢的弹性模量为 $(2.0 \sim 2.1) \times 10^5$ MPa,可见液压油的压缩性比钢大 100~150 倍。但对于一般液压系统,由于压力变化而引起的液压油体积变化不大,故可认为液压油是不可压缩的。在液压油中若混入空气,其可压缩性将显著增加,并严重影响液压系统的工作性能。在有动态性能要求或压力变化很大的高压系统中,应考虑液压油的压缩性影响,并在液压系统的实际计算中,取液压油的弹性模量 $K=0.7 \times 10^3$ MPa。

(3) 黏性

1) 黏性的意义

液体在外力作用下流动时,由于液体分子间的内聚力而产生阻止液体内部相对滑动的内摩擦力,液体的这种特性称为黏性。黏性是液体的重要物理特性之一,是选择液压油的主要依据。

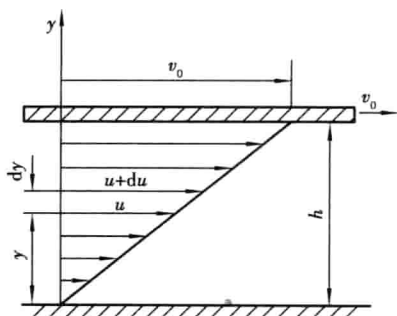


图 1.1 液体的黏性

液体流动时,由于液体和固体壁间的附着力,以及流体的黏性会使液体内部的流动速度大小不等。如图 1.1 所示,设有两平行平板间充满液体,上板以速度 v_0 相对于静止的下板向右运动,紧贴下平板的极薄一层液体黏附在下板上,其速度为零。而中间各层液体则从上到下按递减速率向右移动,各层液体的速度近似按线性规律分布。

由实验得出液层间的内摩擦力 F 与液层的接触面积 A 及液层间的相对速度 du 成正比,而与液层间距 dy 成反比,即

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \quad (1.4)$$

式中 μ ——比例系数,称为动力黏度;

$\frac{du}{dy}$ ——速度梯度。

若以 τ 表示切应力,即单位面积上的内摩擦力,则

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy} \quad (1.5)$$

上式称为牛顿内摩擦定律。

由上式可知,在静止液体中,因速度梯度 $\frac{du}{dy}=0$,内摩擦力为零,所以液体在静止状态下是不呈黏性的。

2) 黏度

液体黏性的大小用黏度来表示。液压传动中常用的黏度有动力黏度、运动黏度和条件黏度。

①动力黏度:动力黏度又称为绝对黏度,由式(1.4)可得:

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

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,相接触的液层单位面积上的内摩擦力。

动力黏度的单位为帕·秒(Pa·s),工程制中用泊(P)表示,即达因·秒/厘米²(dyn·s/cm²),或用厘泊(cP)表示。换算关系为:

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ P} = 10^3 \text{ cP}$$

②运动黏度:动力黏度 μ 与液体密度 ρ 的比值称为运动黏度。以 ν 表示,即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.6)$$

运动黏度没有特殊的意义,只是因为理论分析和计算中常遇到 μ 与 ρ 的比值,为方便起见采用 ν 表示。其单位为m²/s,工程制中用cm²/s,称为斯(St),或用厘斯(cSt)表示。换算关系为:

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

③条件黏度:条件黏度又称相对黏度,它是采用特定的黏度计在规定的条件下测量出来的黏度。由于测定方法不同,各国采用的条件黏度的单位有所不同,我国采用恩氏黏度。

恩氏黏度是用恩氏黏度计测定,即将200 mL的被测液体装入底部有 $\phi 2.8 \text{ mm}$ 小孔的恩氏黏度计的容器中,在某一特定温度 t 时,测定液体自由流过小孔所需的时间 t_1 和同体积的蒸馏水在20℃时从同一小孔流完所需时间 t_2 的比值,称为液体在该温度时的条件黏度,用 $^{\circ}E_t$ 表示。

$$^{\circ}E_t = \frac{t_1}{t_2} \quad (1.7)$$

工业上常用20℃、50℃、100℃作为测量恩氏黏度的标准温度,并分别用符号 $^{\circ}E_{20}$ 、 $^{\circ}E_{50}$ 和 $^{\circ}E_{100}$ 表示,恩氏黏度与运动黏度的换算关系式为:

$$\text{当 } 1.35 \leq ^{\circ}E \leq 3.2 \text{ 时} \quad \nu = 8^{\circ}E - \frac{8.64}{^{\circ}E} \quad (1.8)$$

$$\text{当 } ^{\circ}E > 3.2 \text{ 时} \quad \nu = 7.6^{\circ}E - \frac{4}{^{\circ}E} \quad (1.9)$$

3) 黏度和温度的关系

液压油的黏度对温度的变化很敏感,温度升高,油的黏度显著降低。

液压油的黏度随温度变化的性质称为黏温特性。不同种类的液压油有不同的黏温特性。我国常用黏温图表示液压油的黏度随温度变化的关系。部分国产液压油的黏温图如图1.2所示。

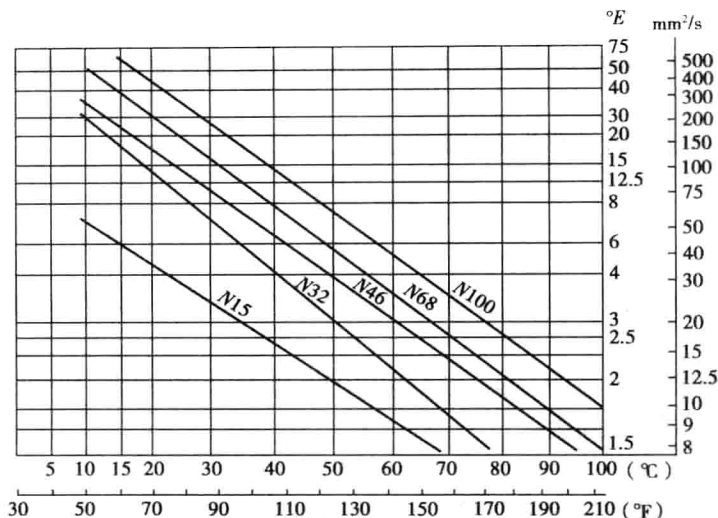


图 1.2 几种国产油液黏温图

4) 黏度与压力的关系

一般情况下,液体随压力增加,其分子距离缩小,内聚力增大,黏度也随之增大。而压力不高且变化不大时,这种影响可忽略不计。在压力较高($p \geq 20 \text{ MPa}$)或变化较大时,需考虑压力对黏度的影响。

5) 调合油的黏度

为获得所需要的油液黏度,可用几种相互溶解的液压油调合。调合油的黏度可用下面的经验公式计算:

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

式中 $^{\circ}E_1$ 、 $^{\circ}E_2$ ——混合前两种油液的黏度,取 $^{\circ}E_1 > ^{\circ}E_2$;

$^{\circ}E$ ——混合后的调合油黏度;

a 、 b ——参与调合的两种油液各占的百分数($a+b=100\%$);

c ——实验系数,见表 1.1。

表 1.1 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

1.1.2 液压油的选用

(1) 液压系统对液压油的基本要求

在液压传动系统中,液压油除了用作传递能量的介质外,还有润滑和冷却的作用,其性能

会直接影响到液压系统的工作。因此,液压系统所用的工作油液应满足下列要求:

1) 适当的黏度和良好的黏温性能

黏度过大,流动损失大,能量消耗增加,系统灵敏度降低,严重时可能造成液压泵吸空或发生气穴现象。黏度过低则会增大泄漏,降低系统的容积效率,影响系统动作的准确性。此外,液压系统在工作过程中,液压油的温度常常发生变化,这就需要液压油的黏度在工作温度变化范围内的变化要小,即黏温性能要好。

2) 具有良好的润滑性能

油液应当能在相对滑动的零件表面上形成强度较高的油膜,以便产生润滑作用,避免零件间干摩擦。

3) 质地应纯净,不含有各种杂质

含有机杂质的油液,容易使油路堵塞,含有腐蚀性的物质,会使机件和密封装置腐蚀。

4) 不易氧化

油液氧化后会产生胶状物和沥青等杂质,这些杂质容易使油路堵塞进而使系统发生故障。

5) 闪点高,凝点低

油液用于高温场合时,为了防火安全,闪点要高。在低温条件下工作时,凝固点要低。

6) 油液的抗乳化性和泡沫性要好

油液乳化会降低油液的润滑性,而使酸值增加,油液的寿命缩短。油液中产生的泡沫会引起气穴现象,从而产生噪声和振动。影响液压系统的正常工作。

(2) 液压油的选择和使用

1) 液压油的种类

液压油的品种很多,主要可分为3大类型:石油型、合成型和乳化型。

石油型液压油是以机械油为原料,精炼后按需要加入适当添加剂而成。这类液压油润滑性好,腐蚀性小,化学稳定性较好,是目前液压传动系统中使用最为广泛的一种油型。但石油型液压油的主要缺点是具有可燃性。所以,在一些高温易燃、易爆的工作场合的液压系统应采用抗燃性合成型液压油或难燃性的乳化型液压油。

各种液压油的主要性能及技术指标参见有关液压手册和产品说明书。

2) 液压油的选择

①正确选择液压油的类型:一般根据液压装置本身的使用性能和工作环境等因素确定。

②正确选择液压油的黏度:在确定液压油的黏度时应考虑以下因素,即工作压力的高低,工作环境温度的高低,工作部件运动速度的高低。例如当系统工作压力较高,环境温度较高,工作部件运动速度较低时,为了减少漏损,宜采用黏度较高的液压油。

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,因为泵的零件运动速度最高,承受压力最大,且承压时间最长,工作温度也比较高。因此,常根据液压泵的类型及要求来选择液压油的黏度。表1.2为各类液压泵推荐用油黏度范围。

表 1.2 各类液压泵推荐用油黏度表

液压泵类型		环境温度 5~40 ℃ 40 ℃ 黏度/(10 ⁻⁶ m ² · s ⁻¹)	环境温度 40~80 ℃ 40 ℃ 黏度/(10 ⁻⁶ m ² · s ⁻¹)
叶片泵	7 MPa 以下	30~50	40~75
	7 MPa 以上	50~70	55~90
齿轮泵		30~70	95~165
轴向柱塞泵		40~75	70~150
径向柱塞泵		30~80	65~240

3) 液压油的合理使用

根据实践经验,液压油的使用应特别注意以下方面:

①工作温度要合适。对于一般的液压系统,工作温度应控制在 15~65 ℃。

②防止空气混入。混入油中的空气主要以细小气泡形式进入液压系统内,它会加速油液的氧化,容易引起振动和噪声,影响液压系统的传动性能。

4) 防止污染

液压系统中应有防尘装置,力求减少外来污染。

1.2 静止液体的力学基本规律

静止液体,是指液体内部质点间无相对运动的液体,液体不呈现黏性,也不存在切应力。

1.2.1 液体静压力及其特性

作用在液体上的力有两种类型,即质量力和表面力。质量力作用在液体内部所有质点上,它的大小与质量成正比,如重力、惯性力等。表面力作用在所研究的液体的表面上,如法向力、切向力。表面力是与液体接触的其他物体(如活塞、大气层)作用于液体上的力,这是外力;也可以是一部分液体作用于另一部分液体上的力,这是内力。由于静止液体质点间没有相对运动,不存在摩擦力,所以静止液体的表面力只有法向力。

所谓静压力,就是指液体内部某点处单位面积 ΔA 上所受到的法向力 ΔF ,用 p 表示。

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (1.10)$$

若法向力均匀地作用在面积 A 上,则

$$p = \frac{F}{A} \quad (1.11)$$

静压力具有以下两个重要特性:

①静止液体内部任意点所受到的各个方向的静压力都相等;