



交通职业教育教学指导委员会推荐教材

高职  
高专

院校工程机械运用与维护专业教学用书

高等职业教育规划教材

# 工程机械液压与液力传动技术

GONGCHENG JIXIE YEYA YU YELI CHUANDONG JISHU

张春阳 主编

沈松云 主审



人民交通出版社

China Communications Press

交通职业教育教学指导委员会推荐教材  
高职高专院校工程机械运用与维护专业教学用书

高等职业教育规划教材

Gongcheng Jixie Yeya yu Yeli Chuandong Jishu  
**工程机械液压与液力传动技术**

主 编 张春阳

主 审 沈松云

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书是高等职业教育规划教材,由交通职业教育教学指导委员会交通工程机械专业指导委员会组织编写。内容包括:液压传动基础知识,液压泵与液压马达,液压缸,液压阀,液压辅助装置,液力机械传动装置,液压伺服系统,液压传动系统。

本书是高职高专院校工程机械运用与维护专业教学用书,可供公路机械化施工等相关专业教学使用,或作为继续教育及职业培训教材,也可供从事液压技术工作的工程技术人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程机械液压与液力传动技术/张春阳主编. —北京:  
人民交通出版社, 2009.8  
ISBN 978-7-114-07721-0

I.工... II.张... III.①工程机械-液压传动-高等学校:  
技术学校-教材②工程机械-液力传动-高等学校:  
技术学校-教材 IV.TU6 TH137.33

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第063527号

书 名: 工程机械液压与液力传动技术

著 者: 张春阳

责任编辑: 蔡培荣

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 10

字 数: 234千

版 次: 2009年8月 第1版

印 次: 2009年8月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07721-0

印 数: 0001-3000册

定 价: 27.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



交通职业教育教学指导委员会  
交通工程机械专业指导委员会

---

主任：汪诚强

副主任：张海英 邹嘉勇

委员：（按姓氏笔画排序）

仇桂玲 王经文 任威 吕宏 孙珍娣

张心宇 张爱山 杨永先 苏曙 周惠棠

欧志峰 郑见粹 柴野 常红 黄俊平

秘书：马乔林



## QIANYAN

交通职业教育教学指导委员会交通工程机械专业指导委员会自 1992 年成立以来,对本专业指导委员会两个专业(港口机械、筑路机械)的教材编写工作一直十分重视,把教材建设工作作为专业指导委员会工作的重中之重,在“八五”、“九五”和“十五”期间,先后组织人员编写了 20 多本专业急需教材,供港口机械和筑路机械两个专业使用,解决了各学校专业教材短缺的困难。

随着港口和公路事业的不断发展,港口机械和公路施工机械的更新换代速度加快,各种新工艺、新技术、新设备不断出现,对本专业的人才培养提出了更高的要求。另外,根据目前职业教育的发展形势,多数重点中专学校已改制为高等职业技术学院,中专学校一般同时招收中专和高职学生,本专业教材使用对象的主体已经发生了变化。为适应这一形势,交通工程机械专业指导委员会于 2006 年 8 月在烟台召开了四届二次会议,制定了“十一五”教材编写出版规划,并确定了教材的编写原则。

1. 拓宽教材的使用范围。本套教材主要面向高职,兼顾中专,也可用于相关专业的职业资格培训和各类在职培训,亦可供有关技术人员参考。

2. 坚持教材内容以培养学生职业能力和岗位需求为主的编写理念。教材内容难易适度,理论知识以“够用”为度,注重理论联系实际,着重培养学生的实际操作能力。

3. 在教材内容的取舍和主次的选择方面,照顾广度,控制深度,力求针对专业,服务行业,对与本专业密切相关的内容予以足够的重视。

4. 教材编写立足于国内港口机械和筑路机械使用的实际情况,结合典型机型,系统介绍工程机械设备的基本结构和工作原理。同时,有选择地介绍一些国外的新技术、新设备,以便拓宽学生的视野,为学生进一步深造打下基础。

《工程机械液压与液力传动技术》是高职高专院校工程机械运用与维护专业规划教材之一,内容包括:液压传动基础知识,液压泵与液压马达,液压缸,液压阀,液压辅助装置,液力机械传动装置,液压伺服系统,液压传动系统。

本书由南京交通职业技术学院张春阳担任主编,云南交通职业技术学院沈松云担任主审。

本套教材在编写过程中,得到交通系统各校领导和教师的大力支持,在此表示感谢!  
编写高职教材,我们尚缺少经验,书中不妥和疏漏之处,敬请读者指正。

交通职业教育教学指导委员会  
交通工程机械专业指导委员会

2009.1



# 目 录

MULU

<b>第一章 液压传动基础知识</b> .....	1
第一节 液压传动的基本原理.....	1
第二节 液压油.....	5
第三节 液压传动的的基本参数.....	9
第四节 静止液体的力学性质 .....	11
第五节 液体流动的力学性质 .....	13
第六节 压力损失 .....	17
第七节 液体在缝隙和小孔中的流动 .....	18
第八节 液压冲击和气穴现象 .....	23
<b>第二章 液压泵与液压马达</b> .....	26
第一节 概述 .....	26
第二节 齿轮泵与齿轮马达 .....	30
第三节 叶片泵和叶片马达 .....	35
第四节 柱塞泵和柱塞马达 .....	41
<b>第三章 液压缸</b> .....	62
第一节 液压缸的类型及其特点 .....	62
第二节 液压缸的结构与组成 .....	64
第三节 液压缸的材料及技术要求 .....	68
第四节 液压缸故障诊断 .....	69
第五节 液压缸型号说明 .....	71
<b>第四章 液压阀</b> .....	72
第一节 方向控制阀 .....	72
第二节 压力控制阀 .....	80
第三节 流量控制阀 .....	88
<b>第五章 辅助装置</b> .....	94
第一节 油管 and 管接头 .....	94
第二节 密封装置 .....	97
第三节 滤油器 .....	99

第四节	蓄能器	102
第五节	油箱	105
<b>第六章</b>	<b>液力机械传动装置</b>	<b>109</b>
第一节	概述	109
第二节	液力耦合器	110
第三节	液力变矩器的工作原理与形式	116
<b>第七章</b>	<b>液压伺服系统</b>	<b>123</b>
第一节	概述	123
第二节	典型的液压伺服控制元件	126
第三节	电液伺服阀	128
第四节	典型液压伺服系统的应用	129
<b>第八章</b>	<b>液压传动系统</b>	<b>137</b>
第一节	概述	137
第二节	汽车起重机液压系统	138
第三节	装载机液压系统	141
第四节	挖掘机液压系统	142
第五节	摊铺机液压系统	146
第六节	液压系统故障诊断	147
<b>参考文献</b>		<b>151</b>



# 第一章

## 液压传动基础知识

在工程机械上,传动是指能量(或动力)由发动机向工作装置的传递,把发动机曲轴的旋转运动变为工作装置的各种不同形式的运动,例如,车轮的转动、转向轮的转向、车厢的举升与下降等。

工程机械常用的传动形式,根据工作介质的不同可分为机械传动、液体传动、气体传动、电力传动等。以液体为工作介质传递能量的叫液体传动,液体传动包括液压传动与液力传动。

本章介绍液压传动的的基本工作原理、液压油及液压流体力学方面的一些基础知识。

### 第一节 液压传动的基本原理

#### 一、液压传动的基本原理

液压传动是用液压油作为工作介质,通过动力元件(油泵),将发动机的机械能转换为油液的压力能,通过管道、控制元件,借助执行元件,将油液的压力能转换成机械能,驱动负载,实现直线或回转运动。

油压千斤顶就是一个简单的液压传动装置,图 1-1 是油压千斤顶的结构图,图 1-2 为油压千斤顶原理图。

油压千斤顶主要由小油缸 2,大油缸 9,单向阀 4、7,开关 11 及油箱 12 组成。在开关 11 关闭的情况下,当提起手柄时,小油缸中小柱塞 3 上移使其工作容积增大而形成真空,油箱里的油便在大气压力作用下通过单向阀 4 进入小油缸;压下手柄时,小柱塞下移,挤压小油缸下腔的油液,这部分油便顶开单向阀 7 进入大油缸,推动大柱塞上移从而顶起重物 13。

再提起手柄时,大油缸内的压力油将试图倒流入小油缸,此时单向阀 7 自动关闭,使油

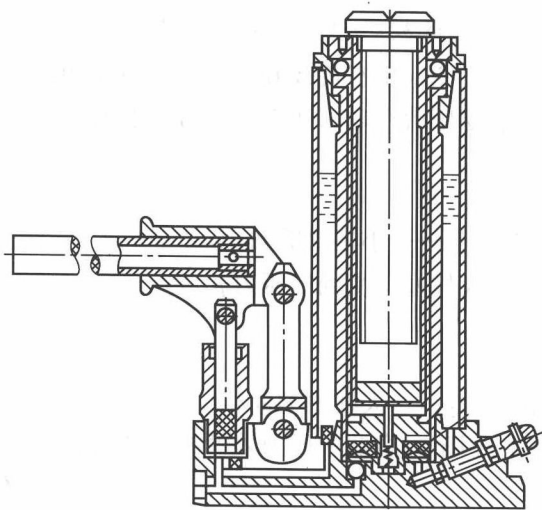


图 1-1 油压千斤顶结构图



不能倒流,这就保证了重物不致自动落下。压下手柄时,单向阀4自动关闭,使油液不能倒流入油箱,而只能进入大油缸以将重物顶起。这样,当手柄反复提起和压下时,小油缸不断交替进行吸油与排油过程,压力油不断进入大油缸,将重物一点点顶起。

当放下重物时,打开开关11,大油缸的大柱塞便在重物作用下下移,将大油缸中的油挤回到油箱12。

由上可知,小油缸的作用是将手动的机械能转换为油液的压力能;大油缸则将油液的压力能转换为顶起重物的机械能。

综上所述,油压千斤顶这个例子所代表的液压传动系统,具有以下两个特性:

(1)手柄上只需施加几十牛顿的力,千斤顶的大柱塞却能顶起质量为好几吨的重物。

这是什么道理呢?现将图1-2简化为图1-3的密封连通器,可更清楚地分析其动力传递过程。

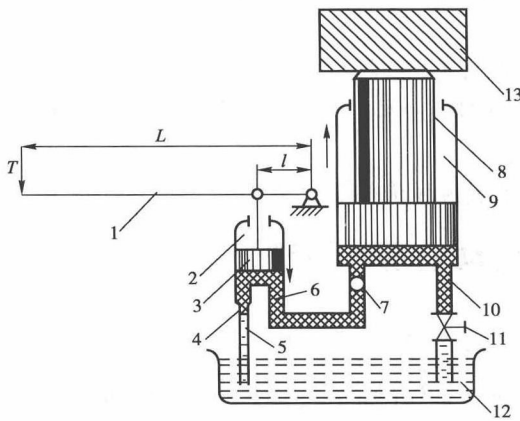


图1-2 油压千斤顶原理图

1-手柄;2-小油缸;3-小柱塞;4、7-单向阀;5、6、10-管道;8-大柱塞;9-大油缸;11-开关;12-油箱;13-重物

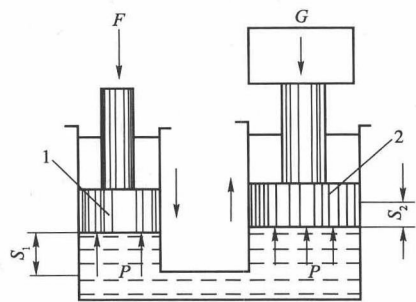


图1-3 密封连通器

1-小柱塞;2-大柱塞

大柱塞上有负载  $G$ ,当小柱塞上作用一个主动力  $F$ ,使密封连通器保持力的平衡。此时,油液受压后在内部建立了压力。根据静力平衡原理,小柱塞上受到的压力  $p_1$  为

$$p_1 = \frac{F}{A_1}$$

式中: $A_1$ ——小柱塞的面积。

大柱塞上受到的压力  $p_2$  为

$$p_2 = \frac{G}{A_2}$$

式中: $A_2$ ——大柱塞的面积。

因密封容器中压力处处相等,即  $p_1 = p_2 = p$ ,所以

$$\frac{F}{A_1} = \frac{G}{A_2}$$

或者

$$G = F \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

上式表明,只要小柱塞面积  $A_1$  做得很小,大柱塞面积  $A_2$  做得很大,就可用很小的力  $F$  去推动大的负载  $G$ 。所以说油压千斤顶具有力的放大作用。

(2) 每压动一次手柄,小柱塞向下移动的距离为  $S_1$ ,不管大柱塞上的负载有多大,大柱塞每次都只能上升很小一段距离  $S_2$ 。

小柱塞向下移动的距离为  $S_1$ ,由于没有泄漏和油的不可压缩性,小柱塞排出的油的体积  $A_1 S_1$  全部进入了大柱塞的下腔,使大柱塞向上移动了距离  $S_2$ ,它得出的体积  $A_2 S_2$  即等于  $A_1 S_1$ ,故有

$$A_1 S_1 = A_2 S_2$$

所以

$$S_2 = S_1 \frac{A_1}{A_2}$$

上式说明,大柱塞上升的距离与其负载的大小无关。当小柱塞向下移动的距离  $S_1$  为一定值时,大柱塞上升的距离  $S_2$  取决于小、大柱塞面积  $A_1$ 、 $A_2$  之比。由于  $A_2$  比  $A_1$  大得多,所以  $S_2$  比  $S_1$  小得多。

## 二、液压传动系统组成及图形符号

下面以东风 EQ340 型自卸汽车车厢举倾机构为例,说明液压传动系统的组成,如图 1-4 所示。

当油泵 2 运转,车厢举倾机构不工作时,分配阀 4 中的阀芯处于图中所示位置。此时,油泵所输出的压力油经单向阀 3,分配阀 4 及回油管返回油箱。由于液压缸 8 活塞上、下腔均与油箱连通,此时液压缸处于不工作状态。

当压缩空气通过操纵阀进入气动缸 6 时,压缩空气推动气动缸活塞右移,分配阀阀芯也随之右移,将通路 A 关闭。从油泵输出的压力油经分配阀进入液压缸活塞下腔,推动液压缸活塞上移,通过活塞杆将车厢举升。

为了防止液压系统过载,在液压缸的进油路上装有限压阀 7。当系统油压超过一定值时,限压阀开启,一部分压力油通过限压阀返回油箱,系统油压则不再升高。

当压缩空气经操纵阀从气动缸 6 排出时,气动缸 6 活塞在弹簧作用下回位,分配阀阀芯也返回到原来位置(图中所示位置)。此时,液压缸活塞下腔通过分配阀与回油管连通。液压缸活塞下腔压力油返回油箱,车厢在自重作用下下降。

综上所述,通常一个液压系统由以下四个部分组成:

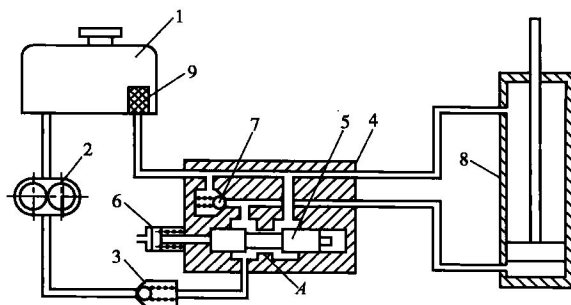


图 1-4 东风 EQ340 型自卸汽车车厢举倾机构结构简图

1-油箱;2-油泵;3-单向阀;4-分配阀;5-阀芯;6-气动缸;7-限压阀;  
8-液压缸;9-滤油器



- (1) 动力元件——油泵,是将机械能转换为液体的压力能的能量转换元件。
- (2) 执行元件——液压缸,是将液体的压力能转化为机械能的能量转化元件。
- (3) 控制元件——各种阀,如分配阀、单向阀和限压阀等,用于控制系统所需要的力、速度和方向,以满足机械的工作要求。
- (4) 辅助元件——包括油箱、滤油器、油管、管接头及密封件等。

液压系统就是按机械的工作要求,用管路将上述液压元件组合在一起,形成一个整体,使之完成一定的工作循环。

液压系统由许多元件组成,如果用各元件的结构图来表达整个液压系统,则绘制起来非常复杂,而且往往难于将其原理表达清楚,所以用各种符号表示元件的职能,并将各元件的符号用通路连接起来组成液压系统图,以表示液压传动的原理。

图 1-5 所示为用我国国标的图形符号表示的东风 EQ340 型汽车车厢举倾机构液压系统图。液压系统图图形符号只表示元件的职能,连接系统的通路,不表示元件的具体结构和参数。

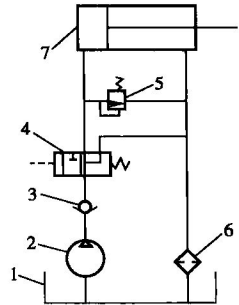


图 1-5 东风 EQ340 型自卸汽车车厢举倾机构液压系统图

1-油箱;2-油泵;3-单向阀;4-分配阀;5-限压阀;6-滤油器;7-液压缸

### 三、液压传动的特点

液压传动与机械传动、电力传动、气动传动等相比较,具有以下特点。

#### 1. 液压传动的优点

- (1) 液压传动装置运动较平稳,能在低速下稳定运动。能方便地在运转中实现无级调速,且调速范围大。
- (2) 体积小,质量小,功率大。因而其惯性小,换向频率高。液压传动采用高压时,容易获得很大的力或力矩。
- (3) 液压传动装置的控制调节比较简单,操作比较方便。它与电、气配合可组成性能好,自动化程度高的传动及控制系统。
- (4) 传动介质为油液,故液压元件自我润滑作用,有利于延长元件的使用寿命。
- (5) 液压元件易于实现标准化,通用化,便于组织专业性大批生产,从而可以提高生产率,提高产品质量,降低成本。

#### 2. 液压传动的缺点

- (1) 液压元件相对运动零件表面不可避免有泄漏,因而引起容积损失;油压在管路中流动以及经过液压元件时都要产生压力损失。这些都会引起系统总效率的降低。
- (2) 油温的变化要引起油液黏度的变化,会影响液压系统的工作稳定性。因此,在高温及低温条件下,均不宜采用液压传动。
- (3) 为了减少泄漏,液压元件的制造精度要求较高。由于液压元件相对运动件间的配合

间隙很小,所以对油的污染比较敏感,要求有防止油液污染和良好的过滤设施。

## 第二节 液 压 油

液压油一般都采用矿物油,它在液压传动中既作为传递能量的介质,同时又有润滑零件的作用。因此,液压油质量的优劣,直接影响液压系统的工作。为了能够合理地选用和正确使用液压油,首先应了解它的性质。

### 一、液压油的性质

#### 1. 密度和重度

对于匀质液体,其单位体积的质量就是液体的密度 $\rho$ ,即

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

式中: $V$ ——液体的体积, $\text{m}^3$ ;

$m$ ——体积中液体的质量, $\text{kg}$ 。

对于匀质液体,其单位体积的重量称为重度 $\gamma$ ,即

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

由于 $G = mg$ ,所以,密度 $\rho$ 和重度 $\gamma$ 的关系是: $\gamma = \rho g$ 。 $g$ 为重力加速度, $g = 9.81 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。在国际单位制(SI)中,液体的密度单位为 $\text{kg/m}^3$ ;重度单位为 $\text{N/m}^3$ 。

液体的密度和重度随压力和温度而变化。但一般情况下这种变化很小,可以忽略不计。在计算时可取 $\rho = 890 \sim 920 \text{kg/m}^3$ ;  $\gamma = (8.7 \sim 9) 10^3 \text{N/m}^3$ 。

#### 2. 液体的压缩性

液体的压缩性是指液体受压后其体积变小的性能。压缩性的大小用体积压缩系数表示,其定义为:受压液体单位压力变化时,液体体积的相对变化值称压缩性。参考图 1-6,假定压力 $p$ 为时,液体体积为 $V$ ;压力增加为 $p + \Delta p$ ,液体体积为 $V - \Delta V$ 。根据定义,液体的压缩性系数为

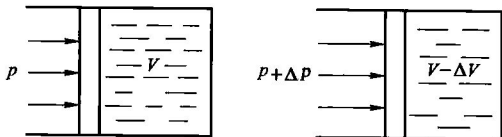


图 1-6 压力升高时液体体积的变化

$$\beta = -\frac{1}{\Delta p} \cdot \frac{\Delta V}{V}$$

式中: $\beta$ ——液体的压缩性系数;

$\Delta V$ ——液体压力变化所引起的液体体积变化值;

$\Delta p$ ——液体的压力变化值。

压力增大时液体体积减小;反之则增大,所以 $\Delta V/V$ 为负值。为了使 $\beta$ 为正值,故在式中的右边加了一个负号。

液体在受压的体积 $V_1$ 为

$$V_1 = V - \Delta V = V(1 - \beta \Delta p)$$



液压油的压缩性系数  $\beta$  值一般为  $(5 \sim 7) \times 10^{-10} (\text{m}^2/\text{N})$ 。液压油的压缩率很小,故在通常情况下,可认为油是不可压缩的,这是研讨区别于气体的最主要的标志。当液压油混有空气时,其压缩性便显著增加,将使液压系统的工作恶化。所以,在设计和使用中应尽量防止空气进入油中。但压力很高时,对某些特殊品种的液压油,例如硅油,却具有很高的可压缩性(可被压缩 35% 左右)。故在汽车上可用作液体弹簧。

## 二、液体的黏度

液体在外力作用下流动时,分子间的内聚力阻碍分子间的相对运动而产生一种内摩擦力。液体的这种性质,叫做液体黏度。液体黏性的大小用黏度来表示,黏度大,液层间内摩擦力就大,油液就“稠”,反之,油液就“稀”。黏度是液体最重要的物理特征之一,是选择液压油的主要依据。

常用的黏度表示方法有 3 种:绝对黏度(流动黏度)、运动黏度和相对黏度。

### 1. 绝对黏度

如图 1-7 所示,在两个平行板(下平板不动,上平板动)之间充满某种液体。当上平板以速度  $v$  相对于下平行板移动时,由于液体分子与固体壁间的附着力,紧挨着上平板的一层极薄的液体跟着上平板一起以速度  $v$  运动,而紧挨着下平板的极薄的一层液体则黏附在平板上不动,中间各层液体则由于液体的黏性从上到下按递减的速度向右移动(这是由于相邻两薄层液体间分子的内聚力,对上层液体起阻滞作用,对下层起拖曳作用的缘故)。

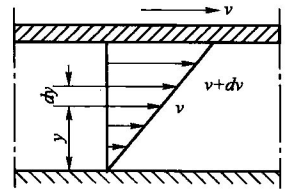


图 1-7 液体流动时的速度分布

实验证明,相邻液层间单位面积上的内摩擦力  $F_f$  与两液层间的速度差  $\Delta v$  成正比,与两液层间的距离  $\Delta y$  成反比,即

$$F_f = \mu \frac{\Delta v}{\Delta y}$$

式中:  $\mu$ ——比例系数,称为黏性系数或绝对黏度;

$\frac{\Delta v}{\Delta y}$ ——速度梯度,即液层速度沿着平板间隔方向(图示方向)的变化率。

绝对黏度的物理意义是,液体在单位速度梯度下流动时,其单位面积上所产生的内摩擦力。

在 SI 单位制中,绝对黏度用帕秒 ( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ) 表示,  $1 \text{Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 。绝对黏度也称为动力黏度,之所以称为动力黏度,是因为在它的量纲中有动力学的要素——力的缘故。

### 2. 运动黏度

液体的绝对黏度与其密度的比值称为液体的运动黏度,并以符号  $\nu$  表示。即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

运动黏度的单位过去用斯(St)或厘斯(cSt)表示。现在则以  $\text{m}^2/\text{s}$  为单位,  $1 \text{m}^2/\text{s} = 10^4 \text{St} =$

$10^6 \text{cSt}$ 。目前在生产实际中仍习惯用厘斯这个单位。

运动黏度没有什么特殊的物理意义,只是因为分析和计算中常遇到 $\mu$ 与 $\rho$ 之比值,为方便起见采用 $\nu$ 来表示。习惯上它用来表示液体的黏度,例如,我国液压油的牌号就是以这种油液在 $50^\circ\text{C}$ 时运动黏度 $\nu$ 的平均值来命名的,如20号液压油,意即 $\nu_{50} = 20 \text{cSt}$ 。

### 3. 相对黏度

由于绝对黏度很难测量,所以常用液体的黏性越大,通过量孔越慢的特性来测量液体的相对黏度。

相对黏度是采用恩格勒黏度计来测量液体的黏度。这种仪器的测量方法是,使 $200 \text{cm}^3$ 的被试油液在某一恒定温度下,借自重流过孔径为 $2.8 \text{mm}$ 的小孔时,测出所需的时间 $t_1$ 与同一体积的蒸馏水在 $20^\circ\text{C}$ 时,流过该小孔所需时间 $t_2$ 的比值,该比值叫做该恒定温度下的恩氏黏度 $^\circ E_t$ ,即

$$^\circ E_t = \frac{t_1}{t_2}$$

工业上常以 $20^\circ\text{C}$ 、 $50^\circ\text{C}$ 、 $100^\circ\text{C}$ 作为测量恩氏黏度的标准温度,相对黏度以符号 $^\circ E_{20}$ 、 $^\circ E_{50}$ 、 $^\circ E_{100}$ 来表示。在液压传动中,一般以 $50^\circ\text{C}$ 作为测量的标准温度,相应表示符号为 $^\circ E_{50}$ 。

已知恩氏温度后,可用下面的经验公式将恩氏黏度换算成运动黏度。

$$\nu = 7.31^\circ E_t - \frac{6.31}{^\circ E_t} (\text{cSt})$$

### 4. 黏度与温度和压力的关系

油液的黏性主要取决于分子间的相互作用力。温度升高时分子间的距离增加,内聚力减少,故油液的黏度随温度的升高而降低。

油液黏度随温度变化的性质叫黏温特性。油液黏度的变化要直接影响液压系统的工作特性,因而,油液的黏温特性是液压油的一个重要指标。液压油的黏度随温度变化的关系可由黏温图1-8查得。

## 三、对液压油的基本要求及其液压油的选用

液压油在液压传动系统中除传递能量外,还具有润滑、冷却的作用。工程机械的露天使用环境和复杂多变的负荷条件,要求液压油应具有以下性能:

(1) 低凝点。也就是好的流动性,工程机械要在露天的寒冷气温下工作,要求低温启动液压装置时,液压油容易被油泵吸入并在系统内循环,所以油的低温流动性要好。

(2) 黏度适宜。黏度过高,油泵吸油困难,流动阻力增大,压力损失也增大,机械效率也下降;黏度过小,泄漏损失增大,磨损增加,泵的容积损失增大,压力难以维持,甚至控制系统失调。所以液压油的黏度必须适宜。

(3) 黏温特性好。液压油启动前温度低,冬季在寒冷的北方可达 $-55^\circ\text{C}$ ,而转动后油温却很高,有的可高达 $120^\circ\text{C}$ 以上。如黏温性能不好,则低温时黏度过高,难以启动;高温时黏度过低,密封性差。所以,在使用温度范围内,油液黏度随温度的变化越小越好,即应具有良好的黏



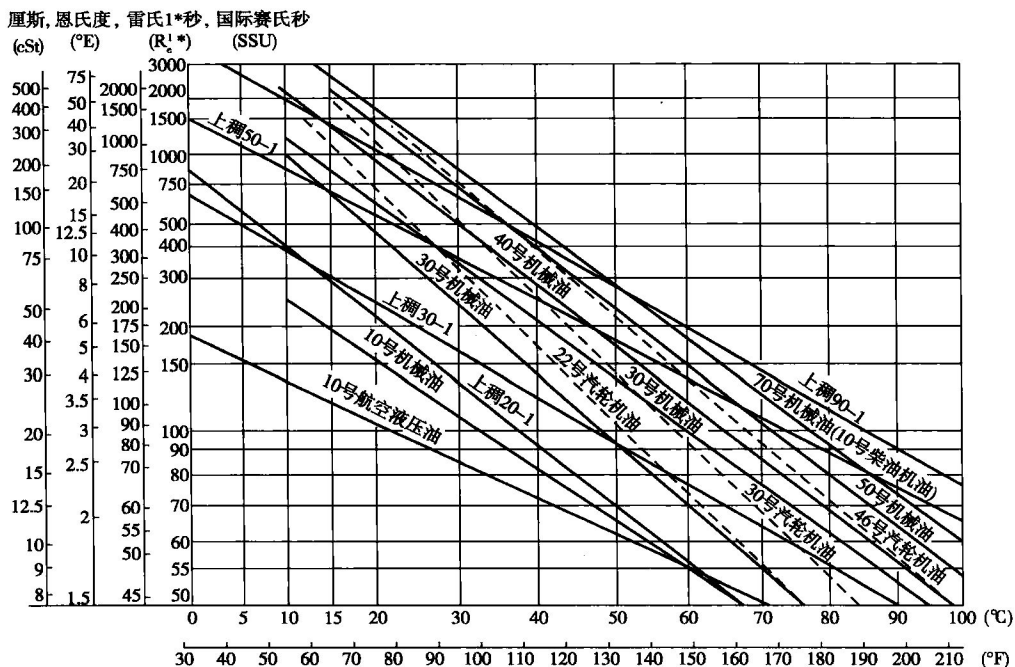


图 1-8 部分国产油黏温图

温性能。

(4) 良好的润滑性。液压元件中有许多相对运动的摩擦副。这些摩擦副, 往往承受很大的负荷, 同时又有相当高的相对运动速度。这些部位要靠液压油来润滑, 以免发生磨损和烧伤, 因此液压油应该具有良好的润滑性。润滑性的好坏通常是以零件表面生成的油膜强度来衡量的。若油膜越不易破裂, 则润滑性能越好。

(5) 抗氧化稳定性好。液压油在工作过程中和空气接触, 又存在金属和杂物催化的影响, 油容易被氧化。氧化生成胶质等污染物, 堵塞滤油器和管道, 使液压系统工作不稳定, 降低效率, 甚至停止工作, 所以要求液压油抗氧化稳定性好。

(6) 防锈性和抗腐蚀性好。液压油在使用过程中, 由于水和空气的共同作用, 液压元件会发生腐蚀, 腐蚀粒子随油循环, 造成磨料损失, 致使液压元件损坏, 所以液压油防锈性和抗腐蚀性的好坏关系到液压元件寿命的长短, 是重要的性质之一。

(7) 抗泡沫性好。液压油中侵入空气, 会使系统工作显著恶化。因为低压空气的可压缩性为油液的 1000 倍, 所以混有空气泡的液压油, 使能量传递不稳, 产生振动和噪声。气泡的存在, 使油与空气接触面增大, 加速油氧化变质。所以要求液压油释放空气的性能好。通常加入抗泡剂以提高油的抗泡性。

(8) 对密封材料适应性好。液压系统的密封是保证系统安全可靠工作的重要条件。通常密封材料是橡胶, 如果不适应就会使橡胶溶胀、软化或变硬, 均丧失密封性, 故要求液压油的适应性好。

液压系统通常采用矿物油, 常用的有机械油、汽轮机油、变压器油及合成锭子油等。随着液压技术的发展, 对液压油提出了更高的和不同的要求, 油液经过精炼或在其中加入各种改善

其性能的添加剂——抗氧化、抗泡沫、抗磨损、防锈等添加剂,以提高其使用性能。

液压油品种的选择,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。当品种选定后,主要考虑油液的黏度。在确定油液黏度时应考虑下列因素:工作压力的高低、环境温度的高低、工作部件运动速度的高低。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;当系统工作压力较低、环境温度较低、工作部件运动速度较高时,这时泄漏对系统的影响相对减少,而液体的内摩擦力影响较大,应选用黏度较低的液压油。此外,各类油泵对液压油的黏度有一个许用范围。其最大黏度主要取决于该类泵的自吸能力,而其最小黏度则主要考虑摩擦时的润滑和泄漏。

表 1-1 为按液压泵类型推荐用油黏度,可供选用时参考。

按液压泵类型推荐用油黏度 [cSt(50℃)]

表 1-1

泵 类 型		工作温度 5 ~ 40℃	工作温度 40 ~ 80℃
齿轮泵		19 ~ 42	58 ~ 98
叶片泵	工作压力 ≤ 7MPa	19 ~ 29	25 ~ 44
	工作压力 > 7MPa	31 ~ 42	35 ~ 55
轴向柱塞泵		26 ~ 42	42 ~ 93
径向柱塞泵		19 ~ 29	38 ~ 135

### 第三节 液压传动的的基本参数

液压传动的的基本参数是压力、流量和功率。

#### 一、液体的压力

液体在单位面积上所承受的法向作用力,称为压力,而在物理学中称为压强。设液体在面积  $A$  上所受的力为  $F_n$ ,则液体的压力为

$$p = \frac{F_n}{A}$$

在国际单位制(SI)中,压力的单位是  $\text{N}/\text{m}^2$  (牛顿/米<sup>2</sup>),称为帕斯卡,简称为帕(Pa)。由于此单位太小,在工程中使用很不方便,因此常采用它的倍数单位 kPa(千帕)或 MPa(兆帕)。

$$1\text{MPa} = 1000\text{kPa} = 10^6\text{Pa} = 10^6\text{N}/\text{m}^2$$

液压系统中是靠油的压力产生作用力克服外载荷的。那么,油的压力是怎样形成的呢?现以图 1-3 所示的千斤顶为例进行分析。

用手通过手柄压千斤顶的小柱塞时,油会向大柱塞油缸挤,但大柱塞上有重物  $G$ ,只有当大柱塞油缸的油压  $p$  足够大,使作用力  $N = pA > G$  时,小柱塞油缸的油才有可能被挤入大柱塞油缸,才能将重物顶起。重物越重,要想顶起重物,系统内的油压就必须高。如果大柱塞上无重物,则在小柱塞上稍一用力,油便进入大柱塞油缸,此时系统内油压必然很低。在这种情况下,即使是想往小柱塞上用力,也是有劲使不上。因此我们说,液压系统中油压的大小决定于外载荷的大小,也就是决定于油液运动所受到的阻力。