



全国高等职业教育“十三五”规划教材

# 液压与气压传动

卢雪红 主编

Yeya Yu Qiya Chuandong



中国矿业大学出版社  
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

“十三五”规划教材

# 液压与气压传动

主 编 卢雪红  
副主编 何冬花  
主 审 高 峰

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书采用“项目—任务”的形式,在简要介绍液压与气压传动的理论知识的基础上,对液压与气压元件的作用、图形符号、工作原理、结构、常见故障及排除方法,常用液压与气压基本回路,典型液压与气压传动系统及液压伺服系统等内容进行了系统讲述。

本书内容组织形式新颖、叙述简明扼要、一体化性强,可作为高职高专院校矿山机械类、机电类以及其他机械、机电类相关专业的教学用书,也可作为高职高专非机电类专业的教材,还可供有关工程技术人员和管理人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动 / 卢雪红主编. — 徐州: 中国矿业大学出版社, 2018.4

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3881 - 8

I. ①液… II. ①卢… III. ①液压传动②气压传动  
IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第003284号

书 名 液压与气压传动  
主 编 卢雪红  
责任编辑 何 戈  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83885307 83884995  
出版服务 (0516)83885767 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂  
开 本 787×1092 1/16 印张 14.75 字数 365 千字  
版次印次 2018年4月第1版 2018年4月第1次印刷  
定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

## 前 言

随着职业教育的快速发展,职业教育的教学模式、教学方法、教学条件均发生了巨大的变化,特别是一体化教学模式的广泛应用,迫使教师的教学理念、教材内容的组织形式必须顺势而变。在煤炭职业教育“十三五”规划教材建设委员会的引领下,为了提升《液压与气压传动》教材的实用性与适用性,适时地组织了本教材的编写团队,力求编写出突出职业教育特点的一体化教材。

本书主要涉及的内容有:液压与气压传动的基础理论知识;液压与气压元件的作用、图形符号、工作原理、结构、常见故障及排除;常用液压与气压基本回路;典型液压与气压传动系统及液压伺服系统等。

本书主要适用于高职高专院校的矿山机械类、机电类以及其他机械、机电类相关专业的教学用书,也可作为高职高专非机电类专业的教材,还可供有关工程技术人员和管理人员参考使用。

根据当前高职高专教育在校学生的实际情况,本着“必需、够用、易学”的原则,保证满足高职高专相关专业液压与气压知识的基本要求。其主要特点有:

(1) 内容组织形式新颖:本教材打破了以往内容组织形式,对全书内容进行了项目、任务划分,对部分内容进行了重组。全书主要由7个项目、22个任务组成,实现了项目导向、任务驱动模式,学习目标更明确。

(2) 简明扼要:教材内容没有大篇理论推导,适合高职学生特点。

(3) 一体化性强:在学习理论知识的基础上,将实践技能训练融入了任务当中,实现了教、学、做一体化,充分体现了实践技能训练的重要性。

教材使用说明:

(1) 限于篇幅和各学校的实际情况,本书中涉及的实训项目可根据实训条件适当增减;

(2) 本书在教学过程中,建议作业和实训报告书能以完整工作页形式详细编写,以完成本课程的系统学习;

(3) 由于PLC课程开设相对滞后,所以实训回路仅给出继电器控制电路图。

本书由卢雪红担任主编,何冬花担任副主编,高峰担任主审。参加编写的人员有:兰州资源环境职业技术学院黄圆志(项目一,附录),兰州资源环境职业技术学院钟立才(项目二任务一),兰州资源环境职业技术学院郑建军(项目二

任务二、任务三),兰州资源环境职业技术学院李明(项目三任务一、任务二),兰州资源环境职业技术学院卢雪红(项目三任务三、任务四、任务五、任务六),兰州资源环境职业技术学院史兆伟(绪论、项目四、项目五),兰州资源环境职业技术学院何冬花(项目六、项目七)。

在本书编写过程中,得到了有关部门及老师的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免会有缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2017年10月

# 目 录

绪论	1
项目一 液压传动基本理论	6
任务一 液压油的性质及选用	6
任务二 液体静力学基础	16
任务三 液体动力学基础	21
项目二 液压动力、执行与辅助元件	34
任务一 液压动力元件	34
任务二 液压执行元件	60
任务三 液压辅助元件	80
项目三 液压控制阀与基本回路	97
任务一 方向控制阀与方向控制回路	97
任务二 压力控制阀与压力控制回路	114
任务三 流量控制阀与速度控制回路	130
任务四 比例阀、插装阀、数字阀与叠加阀	146
任务五 液压伺服阀与液压伺服系统	155
任务六 液压其他回路	166
项目四 液压系统分析与维护	169
任务一 典型液压传动系统分析	169
任务二 液压传动系统维护	176
项目五 气动动力、执行与辅助元件	184
任务一 气源装置与气动执行元件	184
任务二 气动辅助元件	189
项目六 气动控制阀与基本回路	195
任务一 方向控制阀与方向控制回路	195
任务二 压力控制阀与压力控制回路	201

任务三 流量控制阀与速度控制回路·····	205
任务四 气动其他回路·····	210
项目七 气压传动系统分析与维护·····	214
任务一 典型气压传动系统分析·····	214
任务二 气压传动系统维护·····	216
附录 常用液压与气压传动图形符号·····	224
参考文献·····	228

## 绪 论

就一部完整的机器而言,一般都是由动力部分、传动部分、操纵控制部分及执行部分等组成。由于动力装置的性能不可能直接满足工作机构各种工况的要求,因此,传动装置就成为各种机器不可缺少的重要组成部分。其基本功用就是变换动力装置的性能参数,扩大性能范围,适应工作机构各种工况要求。

传动装置归纳起来有机械传动、电力传动、液体传动(液压传动和液力传动)、气压传动和由以上任意几种传动形式组合起来的运动。所谓液压传动,是以液体作为工作介质来实现能量传递的传动方式;所谓气压传动,是以压缩空气的压力能来实现能量传递的传动方式。

### 一、液压与气压传动的工作原理

液压与气压传动的的基本工作原理是相似的,现用液压千斤顶的工作原理来简述其传动原理。

如图 0-1 所示,大、小两个液压缸 5 和 9 中分别装有大活塞 4 和小活塞 8,活塞能在缸体内上、下滑动,但必须有可靠的密封。其动作过程是:当用手向上提起杠杆 7 时,小活塞 8 被带动上升(此时单向阀 6 处于关闭状态),液压缸 9 中密封容积增大,当低于大气压时,使得单向阀 10 两端压差能克服弹簧弹力,单向阀 10 被推开,油箱 1 中的油液便经管道流进液压缸 9 中。当小活塞 8 上升到一定高度时,接着压下杠杆 7,液压缸 9 中的油液压力上升,单向阀 10 便关闭,此时吸油结束,而单向阀 6 在油压作用下被推开,油液便进入液压缸 5,当油液压力能克服重物 M 的重力时,大活塞 4 上升,重物便随之上升。如此反复地提压杠杆 7,重物便逐渐上升,达到了液压千斤顶顶起重物的目的。

若将放油阀 2 旋转 90°,则在重物自重作用下,液压缸 5 中的油液流回油箱,活塞下降到原位。

从此例可以看出,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变化过程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,然后又将液压能转换为机械能做功。

### 二、液压与气压传动系统的组成

图 0-2 所示为一台简化了的机床工作台液压传动系统,我们可以通过它进一步了解一

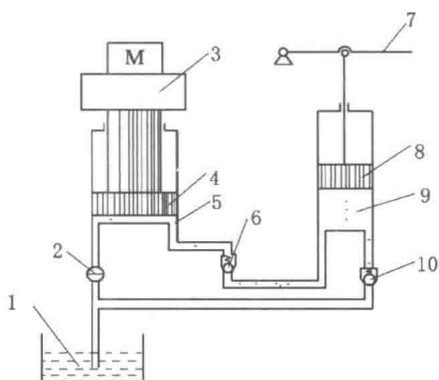


图 0-1 液压千斤顶的工作原理

- 1——油箱;2——放油阀;3——重物;  
4——大活塞;5、9——液压缸;6、10——单向阀;  
7——杠杆;8——小活塞



般液压传动系统应具备的基本性能和组成情况。

在图 0-2(a)中,液压泵 3 由电动机(图中未示出)带动旋转,从油箱 1 中吸油。油液经过滤器 2 过滤后流往液压泵,经泵向系统输送。来自液压泵的压力油流经节流阀 5 和换向阀 6 进入液压缸 7 的左腔,推动活塞连同工作台 8 向右移动。这时,液压缸右腔的油通过换向阀经回油管排回油箱。

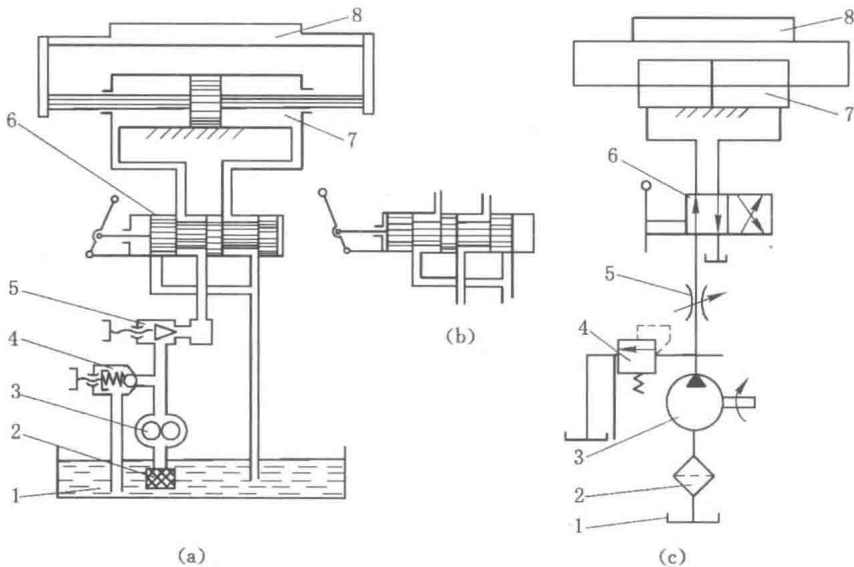


图 0-2 机床工作台液压传动系统

1——油箱;2——过滤器;3——液压泵;4——溢流阀;5——节流阀;6——换向阀;7——液压缸;8——工作台

如果将换向阀手柄扳到左边位置,使换向阀处于图 0-2(b)所示的状态,则压力油经换向阀进入液压缸的右腔,推动活塞连同工作台向左运动。这时,液压缸左腔的油也经换向阀和回油管排回油箱。

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开口较大时,进入液压缸的流量较大,工作台的移动速度也较快;反之,当节流阀开口较小时,工作台移动速度则较慢。

工作台移动时必须克服阻力,例如克服切削力和相对运动表面的摩擦力等。为适应克服不同大小阻力的需要,泵输出油液的压力应当能够调整;另外,工作台低速移动时,节流阀开口较小,泵出口多余的压力油也需排回油箱。这些功能是由溢流阀 4 来实现的,调整溢流阀的预压力就能调整泵出口的油液压力,并让多余的油在相应压力下打开溢流阀,经回油管流回油箱。

图 0-3 所示是气压传动系统,其工作原理概括为压缩空气的产生与净化、净化空气的调节与控制、执行机构完成工作机构的要求。气源装置是由电动机 1 带动空气压缩机 2 产生压缩空气经冷却、油水分离后进入储气罐 3 备用;压缩空气从储气罐引出,经空气过滤器 12 再次净化,然后经压力控制阀 4、油雾器 11、逻辑元件 5、方向控制阀 6 和流量控制阀 7 到达气缸 9,通过机控阀 8 控制完成气缸所需的动作。此外还要满足一些其他的要求,如用消声器 10 来消除噪声等。

图 0-3 所示亦为可完成某程序动作的气动系统的组成原理图,其中的控制装置是由若干气动元件组成的气动逻辑回路。它可以根据气缸活塞杆的始末位置,由行程开关等传递

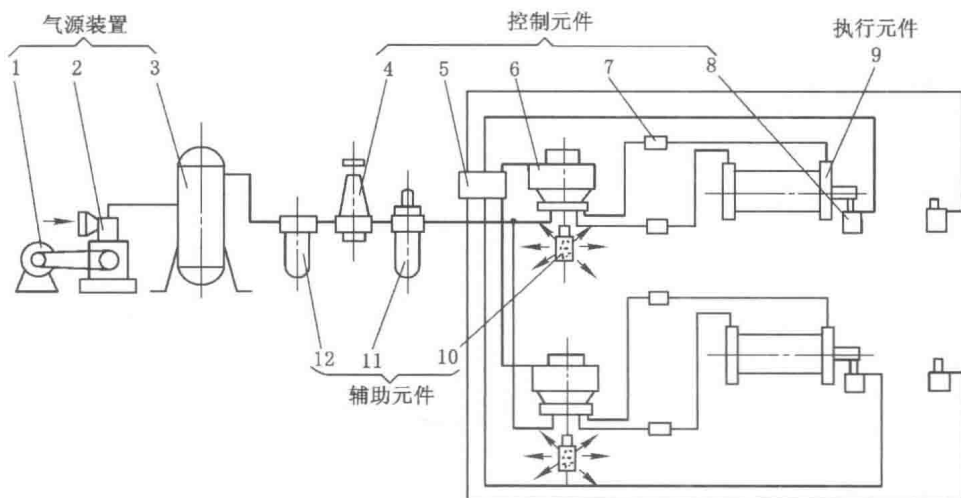


图 0-3 气压传动系统

1——电动机；2——空气压缩机；3——储气罐；4——压力控制阀；5——逻辑元件；6——方向控制阀；  
7——流量控制阀；8——机控阀；9——气缸；10——消声器；11——油雾器；12——空气过滤器

信号,在做出逻辑判断后指示气缸下一步的动作,从而实现规定的自动工作循环。

从上述例子可以看出,液压与气压传动系统由以下五个部分组成:

(1) 能源装置:把机械能转换成流体的压力能的装置,一般最常见的是液压泵和空气压缩机。

(2) 执行装置:把流体的压力能转换成机械能的装置,一般指直线移动的液(气)压缸、做回转运动的液(气)压马达等。

(3) 控制装置:对液(气)压系统中流体的压力、流量和流动方向进行控制和调节的装置,如溢流阀、节流阀、换向阀等。这些元件的不同组合组成了能完成不同功能的液(气)压系统。

(4) 辅助装置:包括油箱、油管、过滤器以及各种指示器和控制仪表、蓄能器、储气罐等。它们的作用是提供必要的条件使液(气)压系统得以正常工作和便于监测控制。

(5) 工作介质:即传动介质,是传递能量的流体,即液压油或压缩空气。

### 三、液压与气压传动系统的图形符号

组成液压系统或气压系统的各个元件若用结构式图形画出来,图形直观性强,较易理解,但难于绘制,系统中元件数量多时更是如此。所以,在工程实际中,除某些特殊情况外,一般都用简单的图形符号来绘制液压与气压系统原理图。

### 四、液压与气压传动的优缺点

#### (一) 液压传动的优缺点

液压传动与机械传动、电力传动相比较,有如下主要优点:

- (1) 液压传动能方便地实现无级调速,调速范围大。
- (2) 在相同功率情况下,液压传动能量转换元件的体积较小、重量较轻。
- (3) 工作平稳,换向冲击小,便于实现频繁换向。
- (4) 便于实现过载保护,而且工作油液能使传动零件实现自润滑,故使用寿命较长。

(5) 操纵简单,便于实现自动化。特别是和电气控制联合使用时,易于实现复杂的自动工作循环。

(6) 液压元件易于实现系列化、标准化和通用化。

液压传动的主要缺点是:

(1) 液压传动中的泄漏和液体的可压缩性使传动无法保证严格的传动比。

(2) 液压传动有较多的能量损失(如泄漏损失、摩擦损失等),故传动效率不高,不宜用于远距离传动。

(3) 液压传动对油温的变化比较敏感,不宜在很高和很低的温度下工作。

(4) 液压传动出现故障时不易找出原因。

总的说来,液压传动的优点十分突出,它的缺点将随着科学技术的发展而逐渐得到克服。

(二) 气压传动的优缺点

气压传动与液压传动相比有如下优点:

(1) 空气可以直接来源于大气,节省费用。

(2) 空气在管道内流动阻力小,压力损失小,便于输送。

(3) 气动反应快,动作迅速,维护简单,管路不易阻塞。

(4) 使用后的空气可直接排入大气,不污染环境。

(5) 气动元件结构简单,易于制造、标准化、系列化、通用化。

(6) 气动系统在恶劣工作环境中,安全可靠性能优于其他系统。

(7) 气动系统可实现过载保护,可压缩性气体便于储存能量。

(8) 气动设备可以自动降温,长期运行也不会发生过热现象。

气压传动系统的主要缺点:

(1) 气压传动工作压力较低,输出功率较小。

(2) 气压传动信号传递的速度慢,不宜用于高速传递的回路中。

(3) 气压传动排气噪声大,需加消声器。

(4) 由于空气的可压缩性,气压传动在载荷变化时动作稳定性差。

## 五、液压与气压传动的应用和发展

液压传动相对于机械传动来说,是一门新的技术。如果从1795年世界上第一台水压机诞生算起,液压传动已经有200多年的历史。然而液压传动真正推广使用却是近50多年的事。特别是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,渗透到国民经济的各个领域之中,在工程机械、冶金、军工、农机、汽车、轻纺、船舶、石油航空和机床工业中,液压技术得到了普遍的应用。当前,液压技术正向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、低能耗、经久耐用、高度集成化等方向发展;同时,新型液压元件的应用,液压系统的计算机辅助设计、计算机仿真和优化、微机控制等工作也日益取得显著的成果。

气动技术在科技飞速发展的今天迅速发展。随着工业的发展,气动技术的应用领域已从汽车、采矿、钢铁、机械工业等行业迅速扩展到化工、轻工、食品、军事工业等各领域。气动技术已发展成包括传动、控制和检测在内的自动化技术。气动元件当前发展的特点和研究方向主要是节能化、小型化、位置控制的高精度化,以及与电子学相结合的综合控制技术。



### 思考与练习

1. 何谓液压与气压传动？液压传动的 basic 工作原理是怎样的？
2. 液压与气压传动系统有哪些组成部分？各部分的作用是什么？
3. 液压元件在系统图中是怎样表示的？
4. 和其他传动方式相比较，液压与气压传动有哪些主要的优、缺点？

# 项目一 液压传动基本理论

## 任务一 液压油的性质及选用



### 任务概述

#### 一、任务描述

液压传动所采用的工作液体有石油型液压油、水基液压液和合成液压液三大类。石油型液压油,是由石油经炼制并掺入了适当添加剂制成的,其润滑性和化学稳定性好,是液压传动应用最广泛的工作介质,简称液压油。液压油的性质直接影响液压系统的工作性能,有必要熟悉液压油的性质,以便正确选用液压油,保证液压系统的正常运行。

#### 二、任务要求

(1) 知识要求:熟悉液压油的主要物理性质;掌握液压油的选用原则和方法;了解液压油的污染及其控制措施。

(2) 能力要求:熟悉液压油的物理性质;能根据不同工程设备选用合适的污染等级的油。



### 相关知识

液压传动是以液体(液压油)作为工作介质来进行能量传递的,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。

#### 一、液压油的主要性质

液体的物理性质,对液压传动系统的工作性能有很大影响。

##### (一) 密度

单位体积液体的质量称为该液体的密度,即

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

式中, $V$ 为液体的体积; $m$ 为体积为 $V$ 的液体的质量; $\rho$ 为液体的密度。

密度是液体的一个重要的物理参数。随着液体温度或压力的变化,其密度也会发生变化,但这种变化量通常不大,可以忽略不计。一般液压油的密度为 $900 \text{ kg/m}^3$ 。

##### (二) 可压缩性

液体受压力作用而发生体积减小的性质称为液体的可压缩性。液体在单位压力变化下的体积相对变化量为

$$k = -\frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V} \quad (1-1-2)$$

式中,  $V$  为增压前液体的体积;  $\Delta p$  为增压后压力变化量;  $\Delta V$  为压力增加  $\Delta p$  后体积变化量;  $k$  称为液体的压缩系数, 由于压力增大时液体的体积减小, 因此式(1-1-2)的右边必须加一负号, 以使  $k$  为正值。

$k$  的倒数称为液体的体积模量, 以  $K$  表示

$$K = \frac{1}{k} = -\frac{\Delta p}{\Delta V} V \quad (1-1-3)$$

$K$  表示产生单位体积相对变化量所需要的压力增量。在实际应用中, 常用  $K$  值说明液体抵抗压缩能力的大小。  $K$  值越大, 说明液体的压缩性越小, 其刚度就越大; 反之, 液体易被压缩, 刚度较小。在常温下, 纯净液体的体积模量  $K = (1.4 \sim 2) \times 10^3 \text{ MPa}$ , 数值很大, 故一般可认为油液是不可压缩的。

应当指出, 当液压油中混有空气时, 其抗压缩能力将显著降低, 这会严重影响液压系统的工作性能。在有较高要求或压力变化较大的液压系统中, 应力求减少油液中混入的气体及其他易挥发物质(如汽油、煤油、乙醇和苯等)的含量。由于油液中的气体难以完全排除, 因此实际计算中常取液压油的体积模量  $K = 0.7 \times 10^3 \text{ MPa}$ 。

### (三) 黏性

#### 1. 黏性的物理性质

液体在外力作用下流动时, 液体与固体壁面间的附着力、分子运动及分子间的内聚力的存在, 使其流动受到牵制, 因而产生一种摩擦力, 这一特性称为液体的黏性。黏性是液体的重要物理性质, 也是选择液压油的主要依据之一。

液体的黏性会使液体内部各层间的速度大小不等。如图 1-1-1 所示, 设两平行平板间充满液体, 下平板不动, 上平板以速度  $u_0$  向右平移。由于液体的黏性作用, 紧贴下平板的液体层速度为零, 紧贴于上平板的液体层速度为  $u_0$ , 而中间各层液体的速度则根据它与下平板间的距离大小近似呈线性规律分布。

实验测定结果指出, 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

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \quad (1-1-4)$$

式中,  $\mu$  为比例常数, 称为动力黏度。

若以  $\tau$  表示内摩擦切应力, 即液层间在单位面积上的内摩擦力, 则

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

式(1-1-5)即为牛顿液体内摩擦定律。

由式(1-1-5)可知, 在静止液体中, 因速度梯度  $du/dy = 0$ , 内摩擦力为零, 所以液体在静止状态下是不呈黏性的。

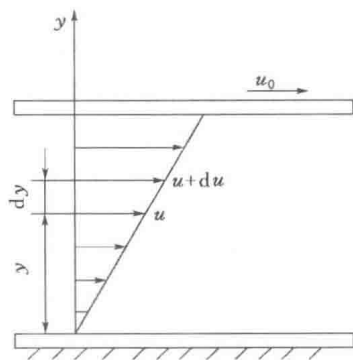


图 1-1-1 液体的黏性

## 2. 黏度

液体黏性的大小用黏度来表示。常用的黏度有三种,即动力黏度、运动黏度和条件黏度。

(1) 动力黏度。动力黏度又称绝对黏度,由式(1-1-4)可得

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

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

动力黏度的法定计量单位为  $\text{Pa} \cdot \text{s}$  (帕·秒,  $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ ),它与以前沿用的非法定计量单位 P (泊,  $\text{dyne} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ ) 之间的关系是

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

(2) 运动黏度。动力黏度与该液体密度的比值称为运动黏度,以  $\nu$  表示

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-1-6)$$

比值  $\nu$  无物理意义,但它却是工程实际中经常用到的物理量,称为运动黏度。

运动黏度的法定计量单位是  $\text{m}^2/\text{s}$  (平方米/秒),它与以前沿用的非法定计量单位 cSt (厘斯) 之间的关系是

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

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。我国生产的全损耗系统用油和液压油采用  $40^\circ\text{C}$  时的运动黏度值 ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ) 为其黏度等级标号,即油的牌号。例如牌号为 L-HL32 的液压油,就是指这种油在  $40^\circ\text{C}$  时的运动黏度平均值为  $32 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

(3) 条件黏度。液体黏度在工程上的测定方法是测出液体的相对黏度,然后再根据关系式算出动力黏度或运动黏度。我国采用恩氏黏度  $E_t$ 。

恩氏黏度用恩氏黏度计测定:将 200 mL 温度为  $t^\circ\text{C}$  的被测液体装入黏度计的容器内,使之由其下部直径为 2.8 mm 的小孔流出,测出液体流尽所需的时间  $t_1$  (s);再测出 200 mL 温度为  $20^\circ\text{C}$  的蒸馏水在同一黏度计中流尽所需的时间  $t_2$  (s)。这两个时间的比值即为被测液体在  $t^\circ\text{C}$  下的恩氏黏度,即

$$E_t = t_1/t_2$$

一般以  $20^\circ\text{C}$ 、 $50^\circ\text{C}$ 、 $100^\circ\text{C}$  作为测定液体黏度的标准温度,所以恩氏黏度分别  $E_{20}$ 、 $E_{50}$ 、 $E_{100}$  标记。

恩氏黏度  $E_t$  与运动黏度  $\nu$  间的换算关系为

$$\nu = (7.31E_t - \frac{6.31}{E_t}) \times 10^{-6} \quad (1-1-7)$$

### (四) 黏度和温度的关系

油液对温度的变化极为敏感,温度升高,油的黏度即降低。油的黏度随温度变化的性质称为油液的黏温特性。不同种类的液压油有不同的黏温特性。图 1-1-2 所示为几种典型液压油的黏温特性曲线。

黏温特性较好的液压油,黏度随温度的变化较小,因而油温变化对液压系统性能的影响较小。

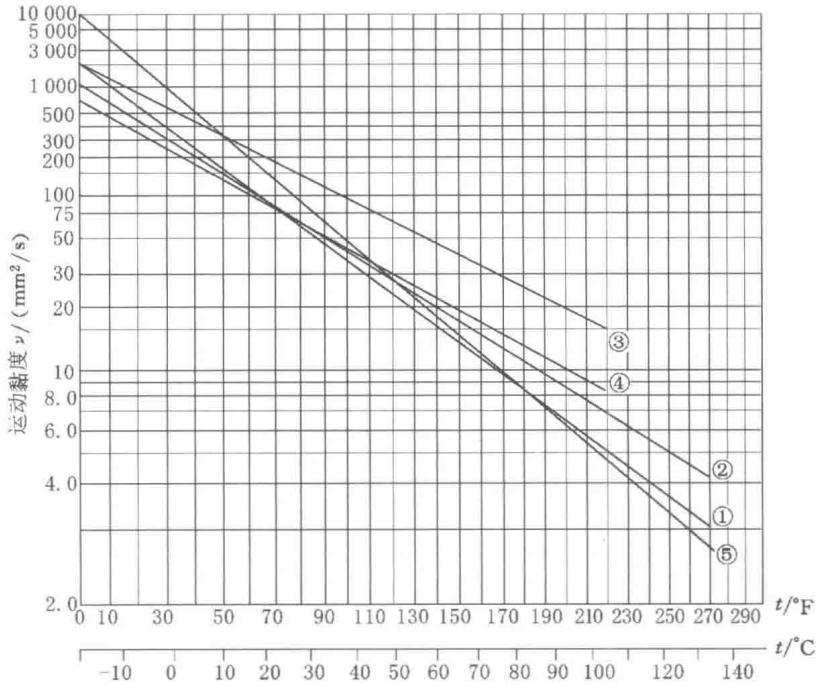


图 1-1-2 典型液压油的黏温特性曲线

- ①——矿油型普通液压油；②——矿油型高黏度指数液压油；③——水包油乳液；  
④——水-乙二醇液；⑤——磷酸酯液

国际和国内常采用黏度指数 VI 值来衡量油液黏温特性的好坏。黏度指数 VI 值越大，表示油液黏度随温度的变化率越小，即黏温特性越好。一般液压油的 VI 值要求在 90 以上，优异的在 100 以上。

#### (五) 黏度和压力的关系

液体所受的压力增大时，其分子间的距离减小，内聚力增大，黏度亦随之增大。但对于一般的液压系统，当压力在 32 MPa 以下时，压力对黏度的影响不大，可以忽略不计。

#### (六) 调和油的黏度

如果使用一种油类不能满足液压传动的要求，则可以利用不同黏度的同类油品进行调和，以达到所需要的黏度。调和油的黏度可用下列经验公式计算

$$E_t = \frac{aE_{t1} + bE_{t2} - c(E_{t1} - E_{t2})}{100} \quad (1-1-8)$$

式中， $E_t$  为调和油的恩氏黏度； $E_{t1}$  为第一种油液的恩氏黏度； $E_{t2}$  为第二种油液的恩氏黏度， $E_{t1} > E_{t2}$ ； $a$  为第一种油液所占百分数； $b$  为第二种油液所占百分数 ( $a + b = 100$ )； $c$  为与  $a$ 、 $b$  有关的实验系数，其值按表 1-1-1 选择。

表 1-1-1

调和油的系数  $c$ 

$a/\%$	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



(七) 其他性质

液压油还有其他一些物理化学性质,如抗燃性、抗凝性、抗氧化性、抗泡沫性、抗乳化性、防锈性、润滑性、导热性、相容性(主要是指对密封材料不侵蚀、不溶胀的性质)以及纯净性等,都对液压系统工作性能有重要影响。对于不同品种的液压油,这些性质的指标也有所不同,具体可见相关油类产品手册。

二、液压油的选用

为了正确选用液压油,需要了解对液压油的使用要求,熟悉液压油的品种及其性能,掌握液压油的选择方法。

(一) 对液压油的使用要求

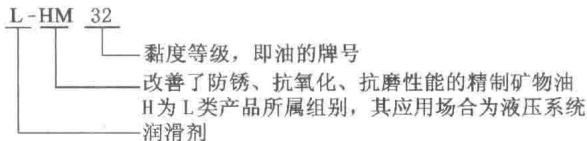
液压传动用油一般应满足如下要求:

- (1) 黏度适当,黏温特性好。
- (2) 润滑性能好,防锈能力强。
- (3) 质地纯净,杂质少。
- (4) 对金属和密封件有良好的相容性。
- (5) 氧化稳定性好,长期工作不易变质。
- (6) 抗泡沫性和抗乳化性好。
- (7) 体积膨胀系数小,比热容大。
- (8) 燃点高,凝点低。
- (9) 对人体无害,成本低。

对于具体的液压传动系统,则需根据情况突出某些方面的使用性能要求。

(二) 液压油的品种

液压油的品种很多,但就其化学组成和可燃性而言,可归纳为两大类:矿物油型液压油和难燃液压油。国家标准规定液压油用规定的符号表示,如 L-HM32 的含义如下:



1. 矿物油型液压油

(1) L-HH 液压油

L-HH 液压油是一种无添加剂的精制矿油,这种油虽已列入分类之中,但在液压系统中已不使用。因为这种油稳定性差、易起泡,在液压设备中使用寿命短。

(2) L-HL 液压油

该产品为改善了防锈、抗氧化性的精制矿物油,性能比 L-HH 液压油优越,其黏度等级有 15、22、32、46、68、100 等 6 种,常用于 7 MPa 以下的要求较高的中、低压液压系统和要求换油期较长的轻负荷机械的油浴式润滑系统。

(3) L-HM 液压油

该产品是在 L-HL 液压油的基础上改善了抗磨性的矿物油,又称抗磨液压油,其黏度等级(牌号)主要有 22、32、46、68 等 4 种,适用于中、低、高压液压系统和中等负荷机械的润滑。

2. 难燃液压油

GB/T 7631.2—2003 在原有类型的基础上取消了对环境和健康有害的难燃液压油