



应用型人才培养实用教材
高等职业院校机械类“十三五”规划教材

液压与气压传动技术

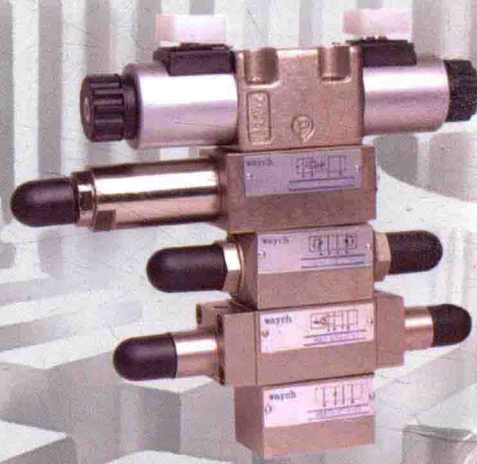
YEYA YU QIYA CHUANDONG JISHU

主 编 ● 刘光清

副主编 ● 张 虎 罗晓林 吴从均
郭凌岑 金 雨



西南交通大学出版社



应用型人才培养实用教材
高等职业院校机械类“十三五”规划教材

液压与气压传动技术

主 编 刘光清

副主编 张 虎 罗晓林 吴从均

郭凌岑 金 雨

参 编 马天军

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

液压与气压传动技术 / 刘光清主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2015.11
应用型人才培养实用教材 高等职业院校机械类“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5643-4338-5

I. ①液… II. ①刘… III. ①液压传动 - 高等职业教育 - 教材②气压传动 - 高等职业教育 - 教材 IV.
①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 242078 号

应用型人才培养实用教材
高等职业院校机械类“十三五”规划教材

液压与气压传动技术

主编 刘光清

责任编辑	李 伟
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	11.75
字 数	290 千
版 次	2015 年 11 月第 1 版
印 次	2015 年 11 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-4338-5
定 价	28.00 元

课件咨询电话: 028-87600533
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

液压与气压传动技术是机械设备实现传动与控制的关键技术之一。世界各国对液压与气压传动工业的发展都给予了高度重视。液压与气压传动技术所具有的独特优势,使其广泛应用于国民经济和国防建设的各个领域。“液压与气压传动技术”课程已成为高等院校机械类专业的必修课程之一。

本书是按照教育部对高等职业院校机械工程类专业培养目标要求而编写的。编者以培养应用型人才为目标,本着“以应用为目的,以必需、够用为尺度”的原则,进行教学内容的设计和编写。

本书以液压与气压传动技术的基本概念、基本理论、基本方法以及工程实例为主线,阐明了液压与气动技术的基本原理、相关基本参数、典型回路及系统的组成和设计方法等;着重培养学生分析、设计液压与气动基本回路的能力,安装、调试、使用、维护液压与气动系统的能力以及诊断和排除液压与气动系统故障的能力。

本书在编写中注重“工程教育”的教学理念,力求在满足理论教学的同时更好地结合工程实践,使学生能掌握液压与气压传动技术的基本概念、基本原理和应用方法,完成工程师的基本能力训练。这是我们编写本书的指导思想和基本出发点。

为了适应工程应用型人才培养的要求,本书在编写过程中紧密结合教学大纲,融基础理论、工程实例、经典例题、经验总结、实践训练于一体,力求处理好理论与实践的关系,使教材具有实用性、系统性和先进性。

全书共分2个模块、12个项目。模块1为液压传动,主要介绍液压流体力学的基础知识、各类液压元件的结构及工作原理、各类液压基本回路的组成及特点、液压系统的分析与设计方法以及工程实例等;模块2为气压传动,主要介绍气压传动的基础知识、各类气压元件的结构及工作原理、各类气压基本回路的组成及特点、气压系统的分析与设计方法以及工程实例等。

本书由南充职业技术学院机电工程系教师团队刘光清、张虎、罗晓林、郭凌岑、金雨编写,南充电子工业学校吴从均、马天军也参与了本书的编写工作。本书由刘光清主编,并由刘光清统稿、策划、组织编写。其中刘光清负责项目1、5、9的编写,张虎负责项目7的编写,罗晓林负责项目3、4的编写,吴从均负责项目6的编写,郭凌岑负责项目2的编写,金雨负责项目8、10、11、12的编写,马天军参与了项目10、11、12的部分编写工作。

在本书编写过程中得到了西南交通大学出版社、兄弟院校等单位的热心帮助和指导,在此谨向在本书编写过程中给予帮助的同志表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2015年4月

目 录

模块 1 液压传动	1
项目 1 液压传动概论	1
1.1 液压传动的工作原理	1
1.2 液压传动系统的组成	2
1.3 液压传动的优缺点及应用	4
项目 2 液压传动的基础知识	6
2.1 液压油	6
2.2 液体静力学基础	11
2.3 液体动力学基础	15
2.4 液体流动中压力和流量的损失	18
2.5 孔口和缝隙流量	20
2.6 液压冲击和气穴现象	22
项目 3 液压动力元件	26
3.1 液压动力元件概述	26
3.2 齿轮泵	29
3.3 叶片泵	33
3.4 柱塞泵	38
3.5 液压泵的选用	42
项目 4 液压执行元件	45
4.1 液压缸的类型及特点	45
4.2 液压缸的结构	51
4.3 液压缸的设计与计算	54
4.4 液压马达	56
项目 5 液压控制元件	62
5.1 概 述	62
5.2 方向控制阀	62
5.3 压力控制阀	72
5.4 流量控制阀	81
5.5 叠加阀和插装阀	84

项目 6 液压辅助元件	90
6.1 蓄能器	90
6.2 油箱	91
6.3 滤油器	92
6.4 管件	95
6.5 热交换器	96
6.6 压力表和压力表开关	98
6.7 密封件	98
项目 7 液压基本回路	103
7.1 方向控制回路	103
7.2 压力控制回路	104
7.3 速度控制回路	111
7.4 多缸工作控制回路	121
项目 8 液压传动系统及故障分析	130
8.1 YT4543 型组合机床液压系统	130
8.2 M1432A 型万能外圆磨床液压系统	132
8.3 180 吨钣金冲床液压系统	136
8.4 机械手液压传动系统	139
8.5 液压系统的安装、使用及维护	142
模块 2 气压传动	148
项目 9 气压传动概述	148
9.1 气压传动系统的工作原理	148
9.2 气压传动系统的基本组成	149
9.3 气压传动的应用及特点	149
项目 10 气动元件	152
10.1 气源装置	152
10.2 气动执行元件	154
10.3 气动控制元件	155
10.4 气动辅助元件	156
10.5 真空元件	157
项目 11 气动基本回路	160
11.1 方向控制回路	161
11.2 压力控制回路	163
11.3 速度控制回路	163
11.4 其他回路	164

项目 12 常见气压传动系统及故障分析	167
12.1 气压系统的使用与维护	167
12.2 系统常见故障	169
参考文献	173
附 录	174
附录 A 液压图形符号 (摘自 GB/T 786.1—2009)	174
附录 B 气动图形符号 (摘自 GB/T 786.1—2009)	178

模块1 液压传动

项目1 液压传动概论

用液体作为工作介质来实现能量传递的传动方式称为液体传动。液体传动按工作原理的不同分为液力传动和液压传动。前者主要是以液体的动力能来传递、转换和控制力的传动方式（如离心泵、液力变矩器），后者主要是以液体的压力能进行运动和动力传递的传动方式。与机械传动相比，液压传动具有许多优点，在机械工程中有着广泛应用。液压传动是本书所要讨论的内容。

1.1 液压传动的工作原理

图 1-1 为液压千斤顶的原理示意图，我们可以用它说明液压传动的工作原理。图中大小两个液压缸 6 和 3 的内部分别装有活塞 7 和 2，活塞和缸体之间保持一种良好的配合关系，不仅活塞能在缸内滑动，而且配合面之间又能实现可靠的密封。当用手向上提起杠杆 1 时，小活塞 2 就被带动上升，于是小缸体 3 的下腔密封容积增大，腔内压力下降，形成部分真空，这时单向阀 5 将所在的通路关闭，油箱 10 中的油液就在大气压力的作用下推开单向阀 4 沿吸油孔道进入小缸体的下腔，完成一次吸油动作。接着，压下杠杆 1，小活塞 2 下移，小缸体 3 下腔的密封容积减小，腔内压力升高，这时单向阀 4 自动关闭了油液流回油箱的通路，小缸体 3 下腔的压力油就推开单向阀 5 挤入大缸体 6 的下腔，推动大活塞 7 将重物 8（重力为 G ）向上顶起一段距离。如此反复地提压杠杆 1，就可以使重物不断升起，达到起重的目的。

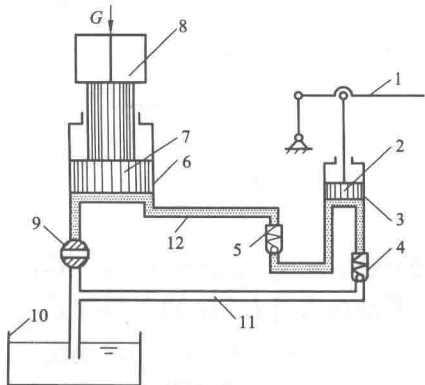


图 1-1 液压千斤顶的工作原理图

1—杠杆；2—小活塞；3—小缸体；4、5—单向阀；6—大缸体；7—大活塞；
8—重物；9—卸油阀；10—油箱；11—吸油管路；12—压油管路

若将卸油阀 9 旋转 90° ，大缸体中的油液在重力 G 的作用下流回油箱，大活塞 7 下降恢复到原位。

通过对液压千斤顶工作过程的分析可知，液压传动的原理是以油液为工作介质，依靠密封容积的变化来传递运动，依靠油液内部的压力来传递动力。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。

1.2 液压传动系统的组成

图 1-2 为一台简化了的磨床工作台液压传动系统。我们可以通过它进一步了解一般液压传动系统应具备的基本性能和组成情况。

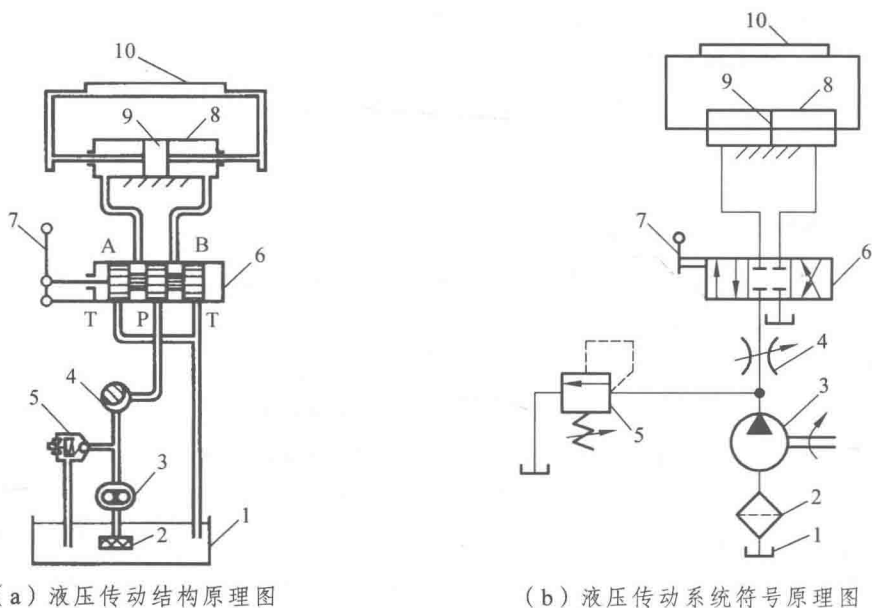


图 1-2 磨床工作台液压系统原理图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—节流阀；5—溢流阀；6—换向阀；7—手柄；
8—液压缸；9—活塞；10—工作台；P、A、B、T—各油口

该液压传动系统的功能是推动磨床工作台实现往复直线运动，其工作过程如下：

(1) 工作台向右直线运动：电动机（图中未画出）带动液压泵 3 工作，从油箱 1 中吸入压力油，经过过滤器 2 进入油管，由节流阀 4 进入换向阀 6。当手柄 7 向右推时，阀芯向右移，使油液进入液压缸 8 的左腔，推动活塞 9 向右移动，同时带动工作台 10 向右直线运动。系统中油液流动情况如下：

进油路：油箱 1→过滤器 2→液压泵 3→节流阀 4→手动换向阀 6 (P→A)→液压缸 8 左腔。

回油路：液压缸 8 右腔→手动换向阀 6 (B→T)→油箱 1。

(2) 工作台向左直线运动：由于工作台运动方向需要变化，当手柄 7 向左拉时，换向阀 6 的阀芯相对于阀体位置改变，油液通道发生变化，于是液压泵 3 从油箱 1 中吸入的液压油，经进油路进入液压缸 8 的右腔，推动活塞 9 向左移动，带动工作台 10 向左直线运动。系统中油液流动情况如下：

进油路：油箱 1→过滤器 2→液压泵 3→节流阀 4→手动换向阀 6(P→B)→液压缸 8 右腔。

回路路：液压缸 8 左腔→手动换向阀 6(A→T)→油箱 1。

(3) 工作台处于停止状态：当换向阀 6 阀芯相对于阀体处于中位时，如图 1-2(a) 所示位置，这时由液压泵 3 输出的压力油经溢流阀 5，沿回油管直接流回油箱 1。

磨床工作时，除了要求工作台能够往复运动，还要根据不同的加工要求，使工作台的往复运动速度能够调节。通过改变节流阀 4 的开口大小，来控制通过节流阀的流量，从而控制进入液压缸的流量，使其控制工作台运动速度的快慢，即液压缸的运动速度取决于节流阀的输入流量。

工作台移动时，要克服各种负载(如切削力、摩擦力等)。因为工件材料不同、切削用量不同，其负载大小也不同，因此，液压缸必须有足够大的推力来克服工作负载。液压缸的推力是由油液压力产生的，其负载越大，所需推力就越大，工作压力也就越高，即工作压力的高低直接取决于负载的大小。同时根据负载的不同，系统提供的油液压力可以调整，通过调整溢流阀 5 的弹簧压紧力来控制油液的压力，压紧力越大，油液压力越大；反之则越小。油液的压力值可以通过压力计来观察，当系统压力达到溢流阀的调整压力时，溢流阀溢流，系统的压力维持在溢流阀的调定值上，油液压力不再升高。

综上所述，液压传动系统是以液压油为工作介质来实现各种机械传动和控制的。其压力和流量是液压系统的两个重要参数，液压系统的工作压力取决于负载，液压缸的运动速度取决于流量。

从上述例子可以看出，液压传动系统有以下 5 个部分组成：

(1) 动力元件。动力元件即液压泵，它将电动机输入的机械能转换成为流体介质的压力能。其作用是为液压系统提供压力油，是系统的动力源。

(2) 执行元件。执行元件是指液压缸或液压马达，它是将液压能转换为机械能的装置。其作用是在压力油的推动下输出力和速度(或力矩和转矩)，以驱动工作部件。

(3) 控制元件。控制元件包括各种阀类，如上述例子中的溢流阀、节流阀、换向阀等。其作用是用以控制液压系统中油液的压力、流量、流动方向，以保证执行元件完成预期的工作。

(4) 辅助元件。辅助元件包括油箱、油管、过滤器以及各种指示器和控制仪表。其作用是提供必要的条件，使系统得以正常工作和便于监测控制。

(5) 工作介质。工作介质即传动液体，通常称之为液压油。液压系统通过其实现运动和动力传递。

液压系统图的表示方法有两种：一种是结构原理图，这种图直观性强，容易理解，但绘制起来比较麻烦，很少采用；另外一种是按 GB/T 786.1—2009 中所规定的图形符号来绘制的原理图，如图 1-2(b) 所示，这种图形简单、清晰且容易绘制，使用广泛。

我国制定的液压气动图形符号标准为 GB/T 786.1—2009，该标准对液压元件的图形符号作了以下规定和说明：

① 标准规定的液压元件图形符号，主要用于绘制以液压油为工作介质的液压系统原理图。

② 液压元件的图形符号用元件的静态或零位来表示。当组成系统的动作另有说明时，可作例外。

- ③ 在液压传动系统中, 液压元件若无法采用图形符号表达时, 允许采用结构简图表示。
- ④ 液压元件符号只表示元件的职能和连接系统的通路, 不表示元件的具体结构和参数, 也不表示系统管路的具体位置和元件的安装位置。
- ⑤ 元件的图形符号在传动系统中的布置, 除有方向性的元件符号(油箱和仪表等)外, 可根据具体情况水平或垂直绘制。
- ⑥ 液压元件的名称、型号和参数(如压力、流量、功率和管径等)一般应在系统图的元件表中标明, 必要时可标注在元件符号旁边。
- ⑦ 标准中未规定的图形符号, 可根据标准的原则和所列图例的规律性进行派生。当无法直接引用和派生时, 或有必要特别说明系统中某一重要元件的结构及动作原理时, 均允许局部采用结构简图表示。
- ⑧ 元件符号的大小以清晰、美观为原则, 根据图样幅面的大小酌情处理, 但应保证图形符号本身的比例。

1.3 液压传动的优缺点及应用

1.3.1 液压传动的优缺点

液压传动与机械传动、电气传动相比主要有以下优点:

- (1) 体积小, 输出力大。通过液压泵很容易得到 20~30 MPa 的液压油, 把液压油送入液压缸后即可产生很大的输出力。
- (2) 不会有过载的危险。液压系统中溢流阀本身的特性很容易实现过载保护, 能够自动防止事故的发生。
- (3) 输出力容易调整。
- (4) 速度容易调整。通过使用流量调节阀来调节流量, 就可以实现对运动部件的无级调速。
- (5) 易于自动化。液压系统中液体的压力、流量和方向容易控制, 可通过电气装置方便地实现复杂的自动工作过程控制和远程控制。

液压传动的主要缺点如下:

- (1) 接管不良造成液压油外泄, 它除了会污染工作场所外, 还有引起火灾的危险。
- (2) 油温上升时, 黏度降低; 油温下降时, 黏度升高。油的黏度发生变化时, 流量也会随之改变, 造成速度不稳定。
- (3) 系统将马达的机械能转换成液体的压力能, 再把液体的压力能转换成机械能来做功, 能量经两次转换损失较大, 能源使用效率比传统机械低。
- (4) 液压系统大量使用各种控制阀、接头及管子, 为了防止泄漏损耗, 元件的加工精度要求较高。

1.3.2 液压传动的应用和发展

1654 年, 法国科学家帕斯卡提出了静压传递原理。1795 年, 英国制造了第一台水压机, 由于技术水平低, 制造工艺水平差, 性能较差, 因而液压传动没有得到广泛应用。1905 年, 人们将传动介质由水改为油, 液压传动的性能得到了极大改善。20 世纪 30 年代初, 随着制造工艺水平的不断提高, 液压元件性能有了很大提高, 液压传动开始应用于机床领域。20

世纪 60 年代以来,随着科学技术的进步,特别是控制技术和计算机技术的发展,液压传动技术得到了快速发展和广泛应用。当前,液压传动技术正向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、长寿命、高度集成化的方向发展。

由于液压技术有许多突出的优点,因此,从民用到国防,由一般传动到精确度很高的控制系统,液压技术都得到了广泛应用。

在国防工业中,陆、海、空三军的很多武器装备都采用了液压传动与控制,如飞机、坦克、舰艇、雷达、火炮、导弹、火箭等。

在机床工业中,机床传动系统普遍采用液压传动与控制技术,如磨床、铣床、刨床、拉床、压力机、剪床、组合机床、数控机床等。

在冶金工业中,电炉控制系统、轧钢机控制系统、平炉装料、转炉控制、高炉控制等都采用了液压技术。

在工程机械中,普遍采用了液压传动技术,如挖掘机、轮胎装载机、汽车起重机、履带推土机、轮胎起重机、自行式铲运机、振动式压路机等。

在农业机械中,液压技术的采用也很广泛,如联合收割机、拖拉机、铧犁机等。

在汽车工业中,液压自卸式汽车、液压高空作业车、消防车等均采用了液压技术。

在轻纺机械中,采用液压技术的有塑料注塑机、橡胶硫化机、造纸机、印刷机、纺织机等。

在船舶工业中,液压技术的应用也非常普遍,如全液压挖泥船、打捞船、打桩船、采油平台、水翼船、气垫船和船舶辅机等。

近几年,在太阳跟踪系统、海浪模拟装置、船舶驾驶模拟器、火箭助飞发射装置、宇航环境模拟、高层建筑防震系统、紧急刹车装置等设备中,也广泛采用了液压传动技术。

思考与练习

1. 何谓液压传动? 液压传动有哪两个工作特性?
2. 液压传动系统有哪些主要组成部分? 各部分的功用是什么?
3. 液压传动与机械传动、电气传动相比有哪些优缺点?

项目2 液压传动的基础知识

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。

2.1 液压油

2.1.1 液压油的用途

液压油有以下几种作用：

- （1）传递运动与动力。将泵的机械能转换成液体的压力能并传至各处，由于油本身具有黏度，因此，在传递过程中会产生一定的动力损失。
- （2）润滑。液压元件内各移动部位都可受到液压油的充分润滑，从而降低元件磨损。
- （3）密封。油本身的黏性对细小的间隙有密封的作用。
- （4）冷却。液压系统损失的能量会变成热，被油带出。

2.1.2 液压油的主要性质

1. 密度

液体的密度是指单位体积液体所具有的质量，用符号 ρ 表示，单位为 kg/m^3 ，计算公式为

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

2. 闪火点

油温升高时，部分油会蒸发而与空气混合成油气，此油气所能点火的最低温度称为闪火点；如继续加热，则会连续燃烧，此温度称为燃烧点。

3. 黏度

液体在外力作用下发生流动（或有流动趋势）时，分子间的内聚力会阻碍分子间的相对运动而产生内摩擦力的性质，这种性质叫作液体的黏性。液体只在流动（或有流动趋势）时才会呈现出黏性，静止液体是不呈现黏性的。

液体黏性的大小用黏度来度量，黏度通常可分为动力黏度和运动黏度两种。

动力黏度的表示如图 2-1 所示，其数学表达式如下：

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (2-2)$$

式中， τ 表示剪应力（ g/cm^2 ）； μ 表示动力黏度（ $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ）。由式（2-2）可知，液体的动力黏度是指液体在单位梯度下流动时，相邻液层单位面积上的内摩擦力。

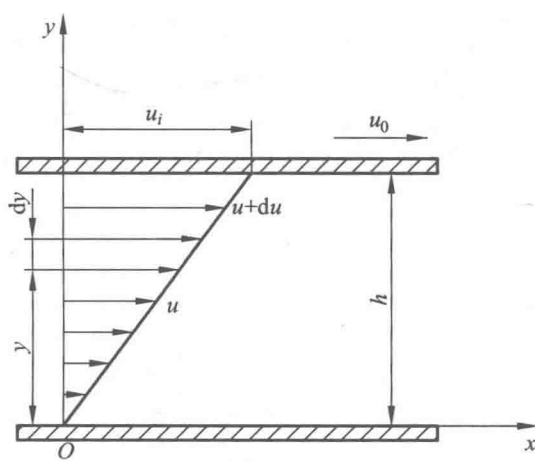


图 2-1 液体的黏性示意图

运动黏度定义为在同一温度下液体的动力黏度 μ 与它的密度 ρ 之比，以 ν 表示，即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \tag{2-3}$$

运动黏度的单位为 m^2/s ，常用的单位为 mm^2/s ，又称为 cSt（厘斯）， $1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 。在液压传动计算中和液压油的牌号上（润滑油牌号），一般不用动力黏度，而用运动黏度。液压油的牌号就是以 cSt 为单位在温度为 40°C 时的运动黏度的平均值，如 L-HV 32 号液压油就表示在标准温度（ 40°C ）时的平均运动黏度为 32 cSt。

油的黏性易受温度影响，温度上升，黏度降低，会造成泄漏、磨损增加、效率降低等问题；温度下降，黏度增加，会造成流动困难及泵转动不易等问题。如运转时油液温度超过 60°C ，就必须加装冷却器，因油温在 60°C 以上，每超过 10°C ，油的劣化速度就会加倍。图 2-2 所示是几种国产液压油的黏度-温度曲线。

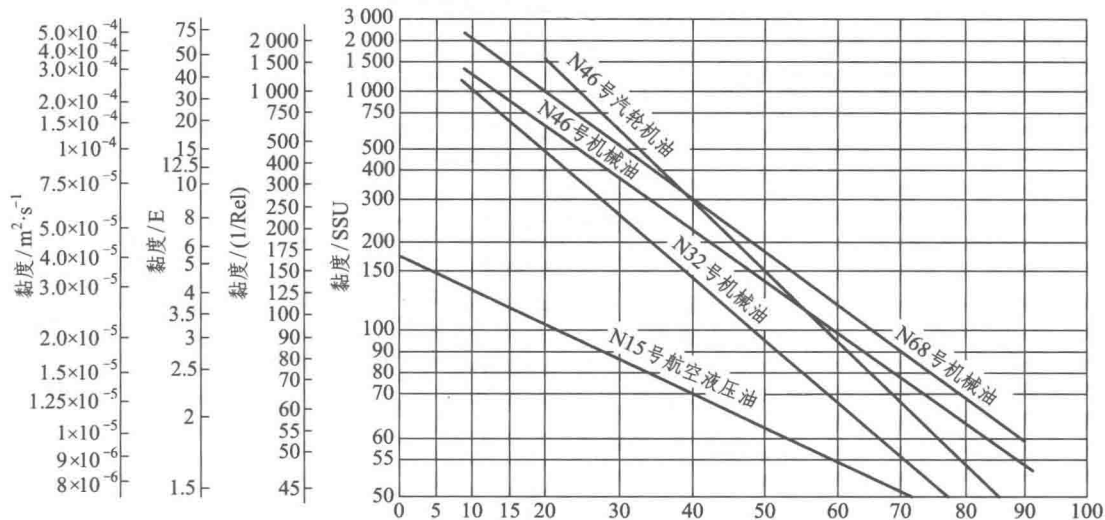


图 2-2 几种国产液压油的黏度-温度曲线

4. 压缩性

液体的压缩性是指液体受到压力作用后体积减小的性质。在一般液压传动中，油液的压缩性可以忽略不计。只有在超高压系统或研究液压系统的动态性能时，才考虑液压油的可压缩性。但需要注意的是，当液压油中混入空气后，其可压缩性会明显增强，并且会影响液压系统的工作性能。因此，在液压系统中必须尽量减少液压油中空气及其他易挥发性物质的含量，以减少对液压系统工作性能的不良影响。

液压油还有其他一些性质，如稳定性、抗泡沫性、抗乳化性、防锈性、润滑性以及相容性等。

2.1.3 常用液压油及其选用

液压油的品种符号由三部分组成，即类别-品种-牌号，如 L-HM-32，其中 L 是“润滑剂、工业润滑油和有关产品”类别代号，H 是“液压系统”组别代号，HM 是指抗磨液压油，32 是液压油的黏度牌号。

液压油分为矿油型、乳化型和合成型三大类，每一类又有多个品种，其主要品种、特性和用途如表 2-1 所示。

表 2-1 液压油的主要品种、特性和用途

类型	名称	ISO 代号	特性和用途
矿油型	精制矿物油	L-HH	浅度精制并不含任何添加剂的矿物油，抗氧化性、抗泡沫性和安全性较差，用于循环润滑和要求不高的液压系统
	普通液压油	L-HL	L-HH 油中加入添加剂，提高其抗氧化和防锈性能，适用于室内一般设备的中低压系统。黏度牌号有 15、22、32、46、68、100 共 6 个
	抗磨液压油	L-HM	L-HL 油中加入添加剂，改善其抗磨性能，适用于工程机械、车辆液压系统。黏度牌号有 22、32、46、68 共 4 个
	低温液压油	L-HV	L-HM 油中加入添加剂，改善其黏温特性，可用于环境温度在 -20~40℃ 的高压系统。黏度牌号有 15、22、32、46、68、100 共 6 个
	高黏度指数 液压油	L-HR	L-HL 油中加入添加剂，改善其黏温特性，VI 值达 175 以上，适用于对黏温特性有特殊要求的低压系统，如数控机床液压系统
	液压导轨油	L-HG	L-HM 油中加入添加剂，改善其黏滑性能，适用于机床中液压和导轨润滑合用的系统
	汽轮机油	L-TSA	深度精制矿物油中加入添加剂，改善其抗氧化、抗泡沫等性能，为汽轮机专用油，可作液压代用油，用于一般液压系统
乳化型	水包油乳化液 (O/W)	L-HFA	又称高水基液，其特点是难燃、黏温特性好，有一定的防锈能力，润滑性差，易泄漏，适用于有抗燃要求、油液用量大且泄漏严重的系统
	油包水乳化液 (W/O)	L-HFB	既具有矿油型液压油的抗磨、防锈性能，又具有抗燃性，适用于有抗燃要求的中压系统

续表

类型	名称	ISO 代号	特性和用途
合成型	水-乙二醇液	L-HFC	难燃，黏温特性和抗蚀性好，能在 $-30\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下使用，适用于有抗燃要求的中低压系统
	磷酸酯液	L-HFDR	难燃，润滑抗磨性能和抗氧化性能良好，能在 $-54\sim 135\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下使用，但缺点是有毒，适用于有抗燃要求的高压液压系统

矿油型液压油以机械油为基料，精炼后按需要加入适当的添加剂。添加剂大致有两类：一类是用来改善液压油的化学性质，如抗氧化剂、防锈剂等；另一类是用来改善液压油的物理性质，如增黏剂、抗磨剂等。矿油型液压油的润滑性能好，但抗燃性差，因此我国又研制了难燃型液压油（乳化型、合成型等）供选择，用于轧钢机、压铸件、挤压机等设备，满足耐高温、热稳定、不腐蚀、无毒、不挥发、防火等要求。

- 在品种确定的情况下，首先要考虑的是油液的黏度，选择液压油主要考虑如下因素：
- （1）液压系统的工作压力。工作压力较高的系统宜选用黏度较高的液压油，以减少泄漏；反之宜选用黏度较低的液压油。
 - 例如，当压力 $p = 7.0 \sim 20.0\text{ MPa}$ 时，宜选用 N46 ~ N100 的液压油；当压力 $p < 7.0\text{ MPa}$ 时，宜选用 N32 ~ N68 的液压油。
 - （2）运动速度。执行机构运动速度较高时，为了减小液流的功率损失，宜选用黏度较低的液压油。
 - （3）液压泵的类型。在液压系统中，对液压泵的润滑要求苛刻，不同类型的泵对油的黏度有不同的要求，具体可参见有关资料。

2.1.4 液压油的合理使用

合理使用液压油是保证液压系统正常工作的条件。液压系统出现的种种故障多数与液压油使用不当、污染变质有关。

- 根据实践经验，使用液压油应注意以下几个方面：
- （1）防止工作油温度过高。
 - 不同品种液压油的正常工作温度如表 2-2 所示。液压系统的油温过高将产生如下不良影响：

表 2-2 液压油的工作温度范围

液压油	连续工作状态/ $^{\circ}\text{C}$	最高温度/ $^{\circ}\text{C}$
水包油乳化液	4 ~ 50	65
油包水乳化液	4 ~ 65	65
水-乙二醇液	- 18 ~ 65	70
矿物油型液压油	低温 ~ 80	120 ~ 140
磷酸酯液	- 7 ~ 82	150

① 油液黏度降低, 液压元件及系统内、外泄漏量增加, 容积效率降低, 液压缸或液压马达运动速度变慢; 同时由于黏度降低, 相对运动表面的润滑性能变坏, 加剧了磨损。

② 油液的氧化过程加快, 造成油液变质; 油中析出的沥青等沉淀物还会阻塞小孔和狭缝, 影响系统正常工作。

③ 元件受热膨胀, 可能造成配合间隙减小, 影响阀芯的移动, 甚至卡住。

④ 密封胶圈迅速老化变质, 丧失密封性能。

(2) 防止污染。

液压油的污染是造成液压系统故障的主要原因。对液压油造成污染的物质有: 固体颗粒物、水、空气及有害化学物质, 其中最主要的是固体颗粒物。污染源及污染控制措施如表 2-3 所示。

表 2-3 污染源及污染控制措施

污 染 源		控 制 措 施
固 有 污 染 物	液压元件加工装配的残留污染物	元件在装配前要进行彻底清洗, 使其达到规定的清洁度, 对受污染的元件在装入系统前应进行清洁
	管件、油箱的残留污染物及锈蚀物	系统组装前要对管件和油箱进行清洗 (包括酸洗和表面处理), 使其达到规定的清洁度
	系统组装过程中的残留污染物	系统组装后进行循环清洗, 使其达到规定的清洁度要求
外 界 侵 入 污 染 物	更换和补充油液时	对新油进行过滤净化处理
	经油箱呼吸孔侵入	采用密闭式油箱, 安装空气滤清器和干燥器等
	经油缸活塞杆侵入	采用可靠的活塞杆防尘密封, 加强对密封的维护
	维护和检修时	保持工作环境和工具的清洁; 彻底清除与工作油液不相容的清洗液或脱脂剂; 维修后循环过滤, 清洗整个系统
	水侵入	对油液进行除水处理 (干燥、过滤)
	空气侵入	排放空气, 防止油箱内油液中气泡吸入泵内 (如油箱内油量不足时), 提高各元件接合处的密封性
内 部 生 成 污 染 物	元件磨损产物 (磨粒)	定期检查、清洗或更换油液过滤器, 过滤净化、滤除尺寸与元件关键运动副油膜厚度相当的颗粒污染物, 以防止磨损
	油液氧化产物	清除油液中的水、空气和金属微粒; 控制油温, 抑制油液氧化; 定期检查及更换液压油

(3) 定期检查更换。

除应监控液压系统的液压油量是否达到规定值外, 还应定期抽检液压油是否变质。液压油的黏度、酸值、水分及杂质是确定其是否需要更换的重要指标。液压油需要更换的极限指标如表 2-4 所示。