

液 压 传 动

成都无线电机械学校

吴 丛 蒲 鍾 佑
曾正坦 张季平 王乃银

国 防 工 业 出 版 社



国
方

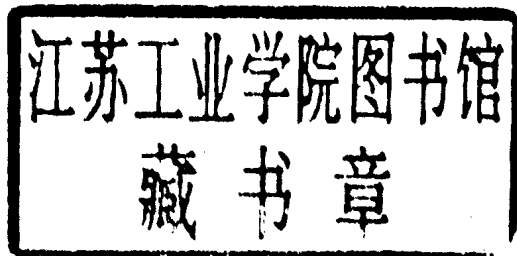
292
8

社

液 压 传 动

成都无线电机机械学校

吴 丛 蒲 鍾 佑
曾正坦 张季平 王乃银



国防工业出版社

液
压
传
动

液 压 传 动

成都无线电机机械学校

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

解放军第七二二六工厂印刷 内部发行

*

787×1092¹/₁₆ 印张 14¹/₂ 337 千字

1980 年 8 月第一版 1980 年 8 月第一次印刷 印数 1-5,000 册

统一书号: N15034(四教 37) 定价 1.50 元

国
防



社

内 容 简 介

本书系统地介绍了液压传动的基础理论知识；常用液压元件的工作原理和结构；液压传动系统的组成及设计计算；液压伺服系统的基本概念等，还介绍了气压传动的基本知识。

本书适用于无线电机制造专业作教材，也可供有关技术人员参考。

前 言

本书是中等专业学校无线机械制造专业统编教材之一，可供有关专业作试用教材。

本书共分十章：第一章液压传动基础；第二章油泵和油马达；第三章油缸；第四章控制阀；第五章辅助装置；第六章液压基本回路；第七章液压传动系统；第八章液压系统的设计与计算；第九章液压伺服系统；第十章气压传动基本知识。全书教学时数为80学时左右。

本书由成都无线机械学校吴丛同志主编，参加液压各章编写的有成都无线机械学校蒲鍾佑、曾正坦，参加气压一章编写的有杭州无线电学校张季平、王乃银等同志。

本书初稿由杭州无线电学校召集了审稿会议，参加审稿会的有杭州无线电学校、桂林无线电学校、无锡无线电工业学校、武汉无线电工业学校、贵州无线电工业学校、天津无线电工业学校、成都无线机械学校等有关同志。在编审过程中曾得到许多单位和同志的热情帮助，在此一并致谢。

由于编者水平有限，教学经验不足，编写时间仓促，因此书中缺点和错误一定不少，深望使用本书的同志予以批评和指正。

编 者

一九七九年十二月

目 录

第一章 液压传动基础	(1)
第一节 概述.....	(1)
一、液压传动的工作原理.....	(1)
二、液压传动的组成.....	(2)
三、液压传动图图形符号.....	(2)
四、液压传动的优缺点.....	(3)
第二节 液压传动用油.....	(3)
一、液压油的基本物理性质.....	(4)
二、对液压传动用油的要求和选择.....	(8)
第三节 静止液体的性质.....	(9)
一、液体静压力及其特性.....	(9)
二、液体静压力的传递.....	(9)
三、绝对压力、表压力和真空度.....	(10)
四、压力油作用在平面和曲面上的力.....	(11)
第四节 流动液体的性质.....	(13)
一、流动液体的基本概念.....	(13)
二、液流连续性原理.....	(14)
三、液体流动时的阻力及其压力的传递.....	(14)
四、液体的两种流动状态——层流与紊流.....	(15)
五、伯努利方程式.....	(16)
六、压力损失的计算.....	(19)
第五节 小孔及缝隙的流量计算.....	(20)
一、流经薄壁小孔的流量计算.....	(20)
二、流经细长小孔的流量计算.....	(21)
三、流经平面缝隙的流量计算.....	(22)
四、流经环状缝隙的流量计算.....	(22)
五、当形成缝隙的一个表面有移动时的流量计算.....	(23)
六、流经偏心环状缝隙的流量计算.....	(23)
七、流经轴向圆环形平面缝隙的流量计算.....	(23)
第六节 液压冲击和空穴现象.....	(24)
一、液压冲击.....	(24)
二、空穴现象.....	(24)
第二章 油泵和油马达	(26)
第一节 油泵概述.....	(26)
一、油泵的工作原理.....	(26)

二、油泵的分类	(26)
三、油泵的效率和功率	(27)
第二节 齿轮油泵	(28)
一、齿轮油泵的工作原理	(28)
二、CB-B 型齿轮油泵的结构	(29)
三、齿轮油泵的困油现象	(29)
四、齿轮油泵的径向液压力	(30)
五、齿轮油泵的流量、压力和转速	(31)
六、齿轮油泵的应用	(31)
第三节 叶片油泵	(32)
一、定量叶片油泵	(32)
二、变量叶片油泵	(34)
第四节 轴向柱塞油泵	(37)
一、轴向柱塞油泵的工作原理	(37)
二、轴向柱塞油泵的流量	(38)
三、SCY14-1 型轴向柱塞油泵的结构	(38)
第五节 摆线转子泵和凸轮转子泵	(40)
一、摆线转子泵	(40)
二、凸轮转子泵	(41)
第六节 油马达	(42)
一、叶片油马达	(42)
二、轴向柱塞油马达	(44)
第三章 油缸	(47)
第一节 常用油缸的结构形式	(47)
一、双作用油缸	(47)
二、单作用油缸	(50)
三、组合油缸	(50)
四、油缸的安装方式	(52)
第二节 油缸的计算	(53)
一、确定油缸内径 D 和活塞杆直径 d	(53)
二、活塞杆直径 d 的校核计算	(55)
三、油缸壁厚的校核	(57)
第三节 油缸的缓冲装置和排气装置	(57)
一、油缸的缓冲装置	(57)
二、油缸的排气装置	(58)
第四节 油缸的密封	(58)
一、概述	(58)
二、常用密封圈的类型及用途	(59)

三、密封装置的摩擦力计算.....	(61)
第五节 油缸主要零件的结构、材料及技术要求.....	(62)
一、缸体.....	(62)
二、活塞.....	(63)
三、活塞杆.....	(64)
四、端盖.....	(65)
第四章 控制阀.....	(66)
第一节 方向控制阀.....	(66)
一、单向阀.....	(66)
二、换向阀.....	(66)
三、三位换向阀滑阀机能.....	(71)
第二节 压力控制阀.....	(73)
一、溢流阀.....	(73)
二、减压阀.....	(76)
三、顺序阀.....	(78)
第三节 流量控制阀.....	(79)
一、节流口的流量特性.....	(79)
二、节流阀.....	(81)
三、调速阀.....	(82)
第四节 电液比例阀.....	(85)
一、电液比例压力阀.....	(85)
二、电液比例流量阀.....	(85)
三、电液比例方向阀.....	(86)
四、电液比例阀应用举例.....	(87)
第五章 辅助装置.....	(88)
第一节 油箱.....	(88)
一、油箱的作用及其容量的确定.....	(88)
二、油箱的结构.....	(88)
第二节 滤油器.....	(89)
一、滤油器的作用及要求.....	(89)
二、滤油器的种类及特性.....	(90)
三、滤油器的安装.....	(91)
第三节 油管及管接头.....	(92)
一、油管的种类.....	(92)
二、油管尺寸的确定.....	(93)
三、管接头.....	(93)
第四节 蓄能器.....	(94)
一、蓄能器的类型.....	(94)

二、蓄能器的应用	(95)
第五节 其它辅助元件	(97)
一、压力继电器	(97)
二、压力表及压力表开关	(98)
第六章 液压基本回路	(99)
第一节 换向回路	(99)
一、时间控制制动的换向回路	(99)
二、行程控制制动的换向回路	(100)
三、用电磁换向阀的换向回路	(100)
第二节 压力控制回路	(101)
一、调压回路	(101)
二、保压回路	(102)
三、卸荷回路	(103)
四、增压回路	(104)
五、减压回路	(106)
六、平衡回路	(106)
第三节 速度控制回路	(108)
一、节流调速回路	(108)
二、容积调速回路	(111)
三、限压式变量叶片油泵和调速阀的调速回路	(114)
四、快速运动回路	(115)
五、速度换接回路	(116)
第四节 顺序动作回路和同步回路	(118)
一、顺序动作回路	(118)
二、同步回路	(121)
第七章 液压传动系统	(124)
第一节 组合机床液压系统	(124)
一、YT4543 型他驱式动力滑台液压系统	(124)
二、回转工作台的液压系统	(126)
第二节 XS-Z-60A 型注射成型机液压系统	(128)
一、闭 模	(128)
二、注射、保压	(130)
三、注射活塞后退	(130)
四、启 模	(130)
五、注射座整体后退和前进	(131)
第三节 M1432A 型外圆磨床液压系统	(131)
一、工作台的往复运动	(132)
二、磨头(砂轮架)快速进、退运动	(135)

三、尾架顶尖的自动松开	(135)
四、润滑及其它	(135)
第四节 M7120A 型平面磨床液压系统	(136)
一、工作台直线往复运动	(136)
二、磨头(砂轮架)横向进给运动	(138)
三、机床的润滑系统	(139)
第八章 液压系统的设计与计算	(140)
第一节 液压系统的设计步骤	(140)
一、明确液压系统的设计要求	(140)
二、拟定液压系统草图	(140)
三、液压系统计算和选择液压元件	(142)
四、绘制液压系统图	(142)
五、液压装置设计	(142)
第二节 液压系统的设计计算	(145)
一、确定油缸的最大牵引力(总推力)	(145)
二、计算油缸的主要尺寸和流量	(146)
三、计算油泵的压力、流量并选择油泵规格	(146)
四、控制阀的选择	(147)
五、系统压力损失验算	(147)
六、驱动油泵电动机功率的确定	(147)
七、系统发热温升的验算	(148)
第三节 液压系统设计举例	(149)
一、拟定液压系统图	(149)
二、液压系统的计算和选择液压元件	(151)
第九章 液压伺服系统	(158)
第一节 概 述	(158)
一、液压伺服系统的工作原理	(158)
二、液压伺服系统的特点	(159)
三、液压伺服系统的组成	(159)
四、液压伺服系统的分类	(160)
第二节 液压伺服系统的基本类型	(160)
一、滑阀式液压伺服系统	(160)
二、喷嘴式液压伺服系统	(161)
三、喷嘴-挡板式液压伺服系统	(162)
四、转阀式液压伺服系统	(162)
第三节 液压伺服系统的特性	(163)
一、液压伺服系统的静态特性	(163)
二、液压伺服系统的动态特性	(164)

第四节 电液伺服阀	(165)
一、概 述	(165)
二、电液伺服阀的工作原理	(165)
第五节 液压伺服系统的应用	(167)
一、变量油泵手动液压伺服机构	(167)
二、大型机床工作台手摇液压伺服系统	(167)
三、机械手液压伺服系统	(167)
第十章 气压传动基本知识	(170)
第一节 概 述	(170)
一、气压传动的特点及其在无线电机设备中的应用	(170)
二、气动系统的组成及图形符号	(171)
三、对压缩空气的要求	(172)
第二节 气动执行元件	(173)
一、气缸的分类	(173)
二、几种常用气缸的工作原理及用途	(173)
三、气缸的几种典型结构	(176)
四、气缸的简单设计、计算	(180)
五、气缸的技术要求及选用原则	(182)
六、气马达	(184)
第三节 气动控制元件	(186)
一、压力控制阀	(186)
二、流量控制阀	(191)
三、方向控制阀	(194)
四、气阀的选用原则	(199)
第四节 气动辅助元件	(199)
一、过滤器	(199)
二、油雾器	(202)
三、消声器	(204)
四、压力继电器	(205)
五、管路连接件	(206)
第五节 气动回路的简单计算	(206)
一、气动系统供气量计算	(206)
二、压缩空气在管道内流动的阻力损失计算	(208)
三、管路计算	(209)
第六节 气动系统的应用实例	(209)
一、差动控制的单缸系统	(209)
二、气动机械手系统	(209)
附录	(212)
一、液压及气动图形符号 (摘自 GB786-76)	(212)
二、液压及气动图形符号典型组合示例	(219)
三、中、低压液压元件型号说明	(221)
四、单位换算表	(222)

第一章 液压传动基础

液压传动是用液体作为传动的工作介质，液体具有许多特性。液压流体力学主要研究液体与液压元件间的相互作用规律及其在技术上的应用，因此它是液压传动的基础。了解这些基本概念，有助于正确理解液压传动的基本原理及液压元件的结构和性能，从而可以更好地使用和设计机械设备的液压系统。

第一节 概 述

一、液压传动的工作原理

任何一台机器都是由动力机构、传动机构和工作机构等三部分组成的。而传动机构根据其传动形式的不同，可以分为机械传动、电力传动、气压传动、液压传动和复合传动等几种主要形式。

液压传动是使用比较普遍的一种传动形式。为了说明它的工作原理，可通过常见的油压千斤顶来分析。

图 1-1 是油压千斤顶的工作原理图。工作时提起杠杆 1 将活塞 2 升起，油缸 3 下腔的容积增大。当两个单向阀 4 和 5 都关闭、油缸 3 下腔的容积与外界密封良好时，腔内形成局部真空，于是油箱 6 中的油液在大气压力的作用下，推开单向阀 4 的钢球，沿吸油管进入油缸 3 的下腔，活塞 2 在继续上升至最高位置的过程中，连续吸入油液，完成吸油动作。压下杠杆 1，活塞 2 下降，油缸 3 下腔的油液受压，油液压力便升高。当油压升高到大于单向阀 5 弹簧的作用力时，油液便推开钢球进入油缸 8 内，推动活塞 9 将重物 G 升起，完成做功动作。这样反复掀动杠杆就可使重物不断上升，达到起重目的。

当重物升高到所需位置时，停止掀动杠杆，单向阀 5 即关闭，油缸 8 中的油液被封死，重物保持在某一位置不动。

如将放油阀 7 旋转 90° 时，油缸 8 中的油液流回油箱，活塞 9 便回到原始位置。

由上述油压千斤顶的工作过程，可以看出，液压传动是在密封容积内，以液体作为工作介质，主要利用液体的压力能来传递能量和进行控制的一种传动形式。

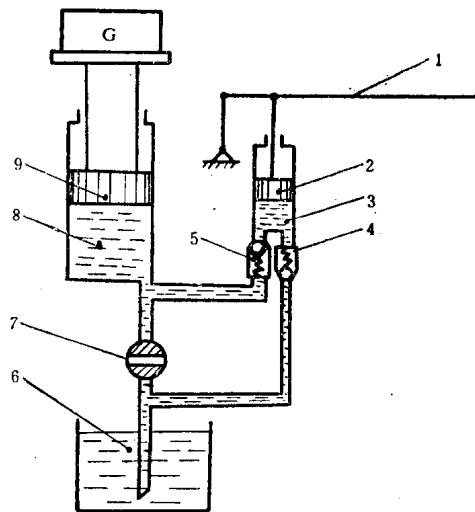


图 1-1 油压千斤顶工作原理图

二、液压系统的组成

图 1-2 是一个简单的液压系统原理图。齿轮油泵 3 由电动机 4 带动旋转，从油箱 1 经滤油器 2 吸油，并将压力油送入管路。压力油经节流阀 6、换向阀 10 阀芯的环槽，再经管路 11 进入油缸 12 的右腔。油缸 12 是固定的，因此在压力油的作用下，活塞 14 带动工作台 13 向左运动。同时，油缸 12 左腔的油液经油管 15、换向阀 10 阀芯的环槽和油管 7 流回油箱。

节流阀 6 的作用和自来水龙头相似，改变节流阀开口的大小，就能调节通过节流阀进入油缸的流量，便可调节工作台 13 的运动速度。

换向阀 10 是控制工作台 13 运动方向用的。在图 1-2a 所示换向阀 10 的位置，工作台是向左运动。如果搬动手柄 9 使换向阀 10 的阀芯移到如图 1-2b 所示右端的位置，压力油经节流阀 6、换向阀 10 阀芯的环槽，再经油管 15 进入油缸 12 的左腔，使工作台 13 向右运动。油缸 12 右腔的油液经管路 11、换向阀 10 阀芯的环槽、油管 7 流回油箱。

溢流阀 5 的作用是溢流和使系统保持一定的压力。因齿轮油泵 3 的输油量是一定的，而节流阀 6 只允许部分压力油进入油缸 12，所以齿轮油泵所输出的多余压力油要通过溢流阀 5、管道 16 流回油箱。当油液通过溢流阀 5 时，必须克服弹簧的作用力才能使阀口打开，因此溢流阀 5 可使进入系统的油液保持一定的压力。显然可见，溢流阀 5 对液压系统也有过载保护作用。

从上面的实例可以看出，液压传动系统由以下几部分组成：

1. 动力元件——油泵，通过它将电动机所输出的机械能转换为液体的压力能。它向液压系统连续供给具有一定压力和流量的油液；
2. 执行元件——液动机，实现旋转运动的叫油马达；实现直线运动的叫油缸。其作用是将液体的压力能转换为执行机构的机械能；
3. 控制元件——各种控制阀，用以控制和调节液流的压力、流量和方向，以满足执行机构运动的要求；
4. 辅助元件——包括油箱、滤油器、蓄能器、冷却器、压力表、管道元件和密封装置等。

三、液压系统图图形符号

液压系统图的图形符号有结构式原理图和职能符号式原理图两种。

结构式原理图如图 1-2 所示，它表示了各元件的基本结构。这种原理图直观性强，容易理解，但绘图比较麻烦，特别是当液压元件比较多时，更是如此。

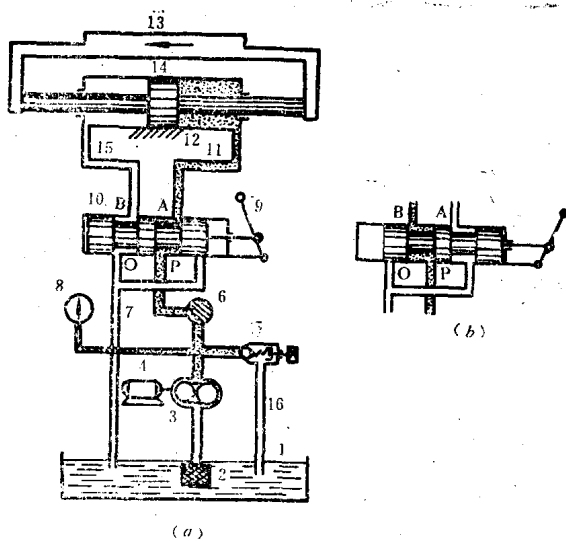


图 1-2 简单液压系统原理图

职能符号式原理图中，各液压元件都用符号表示，这些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，也不表示系统管路的具体位置及元件的安装位置，现已为世界大多数国家所采用。

为了适应液压技术的迅速发展，我国已制定了液压及气动图形符号（GB786-76），常见液压及气动图形符号见附表一。一般液压及气动系统原理图均应按国家规定的图形符号标准绘制。当无法用职能符号表示，或者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，也允许局部采用结构简图表示。

图 1-3 所示即为用图形符号表示的液压系统原理图，图中的元件编号与图 1-2 相同，以作对照。

四、液压传动的优缺点

液压传动与机械传动、电力传动和气压传动相比较有下列优点：

1. 在输出同等功率的情况下，液压传动装置体积小、重量轻、结构紧凑；
2. 可在运动过程中进行无级调速，其调速范围较广，而且结构较简单；
3. 运动平稳，换向时冲击小，可实现频繁而平稳的换向和变速；
4. 操作方便、省力、易于实现自动化；
5. 惯性小，反应灵敏，所以广泛用于伺服系统和数控机床；
6. 易于实现过载保护。机件在油中工作，能自行润滑，可提高元件的寿命；
7. 液压元件易于实现标准化、系列化、通用化，便于设计、制造和推广使用。

液压传动也存在以下缺点：

1. 液压传动以矿物油为工作介质，除了机械摩擦损失外，还有容积损失和压力损失，传动效率较低，不适于远距离传动；
2. 由于油液压缩性和泄漏的存在，所以传动是挠性的，不适于定比传动。低速时易产生“爬行”现象；
3. 当工作温度变化时，影响油液粘度的变化，从而使泄漏及通过节流阀的流量变化，造成工作机构运动速度的不稳定，因此液压系统在低温或高温条件下工作时，有一定的困难；
4. 为了减少泄漏，提高液压元件的工作性能，所以对于配合件的制造精度要求较高；
5. 液压系统发生故障时不易检查。

总的说来，液压传动具有一些独特的优点，就其缺点而言，随着生产和科学技术的发展，正在逐步加以解决。因此液压传动在现代化的生产中有着广阔的发展前途。

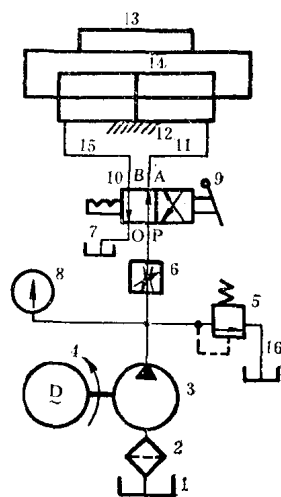


图 1-3 用职能图形符号表示的液压系统原理图

第二节 液压传动用油

液压传动采用的液体有石油基、水基和合成液体三大类。石油基液体（矿物油）润滑性

好，腐蚀小，粘度较高，化学稳定性好，故一般液压传动系统采用矿物油作为工作介质。

一、液压油的基本物理性质

1. 密度和重度

油液在单位体积中所具有的质量称为油的密度，常用 ρ 表示；油液在单位体积中所具有的重量称为油的重度，常用 γ 表示。

密度和重度有如下的关系：

$$\gamma = \rho g \quad (1-1)$$

式中 g ——重力加速度， $g = 9.80665 \text{ 米/秒}^2 \approx 981 \text{ 厘米/秒}^2$ ；

ρ ——油的密度（公斤力·秒²/厘米⁴）；

γ ——油的重度（公斤力/厘米³）。

液体的密度和重度是随着温度和压力而变化的。工程计算中常以 20℃ 时的数值作为计算标准。液压油的重度一般在 $(0.87 \sim 0.93) \times 10^{-3}$ 公斤力/厘米³ 之间；密度一般在 $(0.89 \sim 0.95) \times 10^{-6}$ 公斤力·秒²/厘米⁴ 之间。在进行工程计算时，常取平均值。

2. 粘度

液体流动时，由于液体与管壁的附着力及液体本身的内聚力，使液体在圆管同一截面上各处的流速不等，如图 1-4 所示，可以看成是由许多无限薄的液体层在运动。紧贴着管壁的液体流速为零，轴心处流速为最大。由于各层流速不同，流速较快的液体层便带动流速较慢的液体层，而流速较慢的液体层又阻滞流速较快的液体层，这种现象类似于固体之间的摩擦过程，也就是说液体层之间产生了摩擦阻力。这种摩擦阻力发生在液体内部，故称为液体内部摩擦阻力。液体流动时，流层之间产生内部摩擦阻力的性质称为液体的粘性。表示粘性大小的物理量称为粘度，它是选择液压油的一个重要参数。

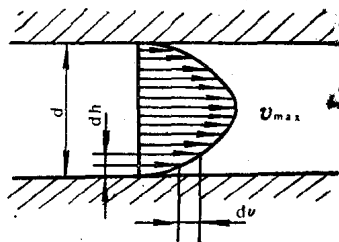


图 1-4 液体的流速分布曲线

我国常用粘度单位有动力粘度、运动粘度和相对粘度等三种。

1) 动力粘度

当一层液体相对另一层液体运动时，其单位面积上的摩擦力 τ （即切应力），根据试验与这两层液体相对运动的速度 Δv （或 dv ）成正比，而与这两层液体间的距离 Δh （或 dh ）成反比，即：

$$\tau = -\mu \frac{\Delta v}{\Delta h} \quad \left(\text{或 } \tau = -\mu \frac{dv}{dh} \right) \quad (1-2)$$

这个关系式又叫做液体内部摩擦定律。式中“-”号表示摩擦力与相对运动速度 Δv 的方向相反。液体内部摩擦系数 μ 就是动力粘度。

动力粘度的单位有：泊（达因·秒/厘米²）、厘泊、公斤力·秒/米²、帕·秒等，其换算关系如下：

$$1 \text{ 公斤力} \cdot \text{秒/米}^2 = 98.1 \text{ 泊} \approx 100 \text{ 泊} = 10^4 \text{ 厘泊}$$

$$1 \text{ 帕} \cdot \text{秒} = 10 \text{ 泊} = 10^3 \text{ 厘泊}$$

2) 运动粘度

液体的动力粘度 μ 和它的密度 ρ 的比值, 称为液体的运动粘度, 常用 ν 表示。即:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-3)$$

运动粘度的单位有: 米²/秒、厘米²/秒 (施)、毫米²/秒 (厘施), 其换算关系如下:

$$1 \text{ 米}^2/\text{秒} = 10^4 \text{ 施} = 10^6 \text{ 厘施}$$

3) 相对粘度

动力粘度和运动粘度又称为绝对粘度, 是理论计算中常用的单位, 但不易直接测量, 因此工程上常用相对粘度。相对粘度是以液体的粘度与水的粘度相比较的相对值, 又称为条件粘度。各国采用的相对粘度单位有所不同, 有的用赛氏粘度, 有的用雷氏粘度, 我国采用恩氏粘度, 常用符号 $^{\circ}E_t$ 表示。

恩氏粘度用恩氏粘度计来测定, 其测定方法是: 在某一标准温度 $t^{\circ}\text{C}$ 下, 将被测液体 200 毫升装入恩氏粘度计内一个特制的容器里, 测出这些液体由容器底部一个直径为 2.8 毫米的小孔流尽的时间 $t_{\text{液}}$, 与在 20°C 时, 将 200 毫升的蒸馏水装入粘度计的同一容器中, 测出这些水由容器底部小孔流尽的时间 $t_{\text{水}}$ 的比值, 就是被测液体在该标准温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时的恩氏粘度 $^{\circ}E_t$, 即:

$$^{\circ}E_t = \frac{t_{\text{液}}}{t_{\text{水}}} \quad (1-4)$$

在液压传动中一般以 50°C 作为测定恩氏粘度的标准温度, 用 $^{\circ}E_{50}$ 表示。

恩氏粘度与运动粘度可用下述经验公式进行换算:

$$\nu = 7.31^{\circ}E_t - \frac{6.31}{^{\circ}E_t} \text{ (厘施)} \quad (1-5)$$

各和粘度换算, 已制成图表, 可直接在有关手册查用。

4) 调合油的粘度

为了使工作油液具有所需要的粘度, 可以采用调合油。调合油的粘度可用下式计算:

$$^{\circ}E = \frac{a^{\circ}E_1 + b^{\circ}E_2 - c(^{\circ}E_1 - ^{\circ}E_2)}{100} \quad (1-6)$$

式中 $^{\circ}E_1$ 、 $^{\circ}E_2$ 及 $^{\circ}E$ ——用以调合的两种油和调合后油的粘度, 并且 $^{\circ}E_1 > ^{\circ}E_2$;

a 及 b ——参加调合的两种油各占的百分数, $a + b = 100$;

c ——实验系数, 见表 1-1。

表 1-1 调合油的系数 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

5) 油液的粘度与温度的关系

油液的粘度对温度的变化很敏感, 它随温度的升高而减小, 随温度的下降而增大。液体的粘度随温度而变化的性质称为粘温特性。油液粘度的变化, 直接影响到液压系统的性能和泄漏量, 因此希望粘度随温度的变化越小越好。

不同种类的油，其粘度随温度变化的规律也不同，对于液压系统中常用的油液，当运动粘度不超过 76 厘沱，温度在 $30^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 范围内时，可用下述近似公式计算其温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时的运动粘度。

$$\nu_t = \nu_{50} \left(\frac{50}{t} \right)^n \quad (1-7)$$

式中 ν_t ——温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时油液的运动粘度（厘沱）；
 ν_{50} ——温度为 50°C 时油液的运动粘度（厘沱）；
 n ——指数，随油液的粘度变化，其数值见表 1-2。

表 1-2 指数 n 随运动粘度变化的数值

ν_{50} 厘沱	2.5	6.5	9.5	12	21	30	38	45	52	60	68	76
n	1.39	1.59	1.72	1.79	1.99	2.13	2.24	2.32	2.42	2.49	2.52	2.56

液压油在不同温度下的粘度，还可以使用粘温图直接查得，如图 1-5 所示。

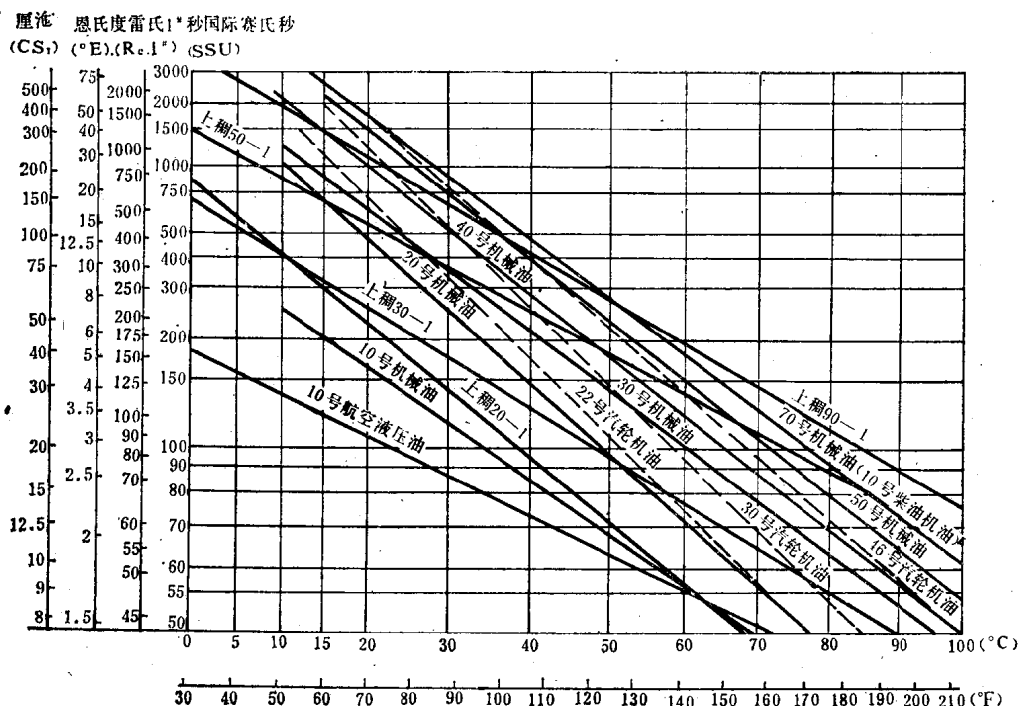


图 1-5 国产油的粘度温度曲线

6) 油液的粘度与压力的关系

当油液所受的压力增加时，其分子间的距离就缩小，将使液体内摩擦力增大，因此油液的粘度随压力的升高而增大。其变化关系可用下式来表示：

$$\nu_p = \nu_0 e^{bp} \quad (1-8)$$