

“十二五”规划大学教材

液压技术

主 编 ◎ 孔凡校 刘雪霞 尹海燕
副主编 ◎ 苏卫华

Y E Y A

JISHU

云南出版集团公司

 云南人民出版社

“十二五”规划大学教材

液压技术

主 编 ◎ 孔凡校 刘雪霞 尹海燕
副主编 ◎ 苏卫华

Y E Y A

JISHU

云南出版集团公司

云南人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

液压技术 / 孔凡校, 尹海燕, 刘雪霞主编. -- 昆明:
云南人民出版社, 2012. 12

ISBN 978 - 7 - 222 - 10476 - 1

I. ①液… II. ①孔… ②尹… ③刘… III. ①液压技
术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 301559 号

责任编辑: 赵丁丁

封面设计: 魔弹文化

责任印制: 段金华

书名	液压技术
作者	孔凡校, 尹海燕, 刘雪霞 主编
出版	云南出版集团有限责任公司 云南人民出版社有限责任公司
发行	云南人民出版社有限责任公司
地址	昆明市环城西路 609 号
邮编	650034
网址	www. ynpph. com. cn
E-mail	rmszbs@ public. km. yn. cn
开本	787mm × 1092mm 1/16
印张	11
字数	282 千字
版次	2012 年 12 月第 1 版第 1 次印刷
印刷	北京全海印刷有限公司
书号	ISBN 978 - 7 - 222 - 10476 - 1
定价	29. 90 元

前 言

《液压技术》是机械类、机电类、材料类、设备类、工程机械类，轻工纺织类许多工科类专业的一门专业必修课，该门课为学生学习其它专业课和以后所从事的技术工作提供必要的基础。具有实践性较强、与生产实际联系紧密的特点。全书以液压气动技术在实际中的运用为学习主线，根据高职高专及其他职业学校学生的培养目标，按照“工作导向、项目实施”的原则编写而成，以专业核心知识与技能一体化为目标，把相关理论知识编写进了项目任务中，使学生在接近实际环境中学会了实际操作又适时地掌握了必备的理论知识。几年来通过教研室老师数次下企业调研，与企业高级工程师、工人师傅的座谈研究，对本教材的编写起了决定性作用。同时在编写过程中充分考虑实际生产中对相关工科类专业技术人员在液压气动技术方面的能力要求，力求将岗位核心知识支撑点融于专业技术能力的培养过程中，坚持“实用、必需、够用”的原则，在编写思路与手法上以真实典型实例为切入点，图文兼并，突出实际能力应用，使全书框架更趋于科学、合理、紧凑。更突出指导性、实用性和可操作性，着重培养学生的动手能力，达到培养具有创新型技能人才的目的。

本书共分为8个项目：液压传动的基础知识、液压动力元件、液压执行元件、液压控制阀的拆装与结构分析，认识液压辅助元件，液压基本回路，气动元件的认识，气压传动常用回路。以技术应用为主线，每个项目又由任务描述、学习目标、技能目标要求、相关知识引入、实训任务操作等板块组成，在内容上，去繁就简，简洁实用，利于培养学生理论联系实际的工作能力和技术应用能力。本书在内容上力求少而精，重点在于培养学生实际分析问题、解决问题和动手操作的能力。为便于学生学习与自我检验，每个任务后都配有复习思考题，书后有液压、气压传动实验供教学参考使用。本书可作为高职高专院校机电类专业及其他相关专业的教学用书，也可作为技师培训、有关工程技术人员、现场管理人员、操作技术工人的参考用书。

本书主编为广西工学院孔凡校，中原工学院刘雪霞，长春工程学院尹海燕，副主编为军事医学科学院卫生装备研究所苏卫华，其中孔凡校编写了项目一至二，刘雪霞编写了项目三至五，尹海燕编写了项目六至七，苏卫华编写了项目八，本书在编写过程中得到了相关企业专家及工人师傅提出的宝贵意见，同时感谢部分兄弟院校老师和学院领导的大力支持，在此表示衷心感谢。

编 者

目 录

项目一 液压传动基础知识	(1)
任务一 液压传动的工作原理	(1)
项目二 液压动力元件	(16)
任务一 齿轮泵的拆装与结构分析	(16)
任务二 叶片泵的拆装与结构分析	(25)
任务三 柱塞泵的拆装与结构分析	(34)
项目三 执行元件	(40)
任务一 液压马达的拆装与结构分析	(40)
任务二 液压缸的拆装与结构分析	(46)
项目四 液压控制阀的拆装与结构分析	(59)
任务一 方向控制阀	(59)
任务二 压力控制阀	(67)
任务三 流量控制阀	(75)
项目五 认识液压辅助元件	(80)
任务一 过滤器与蓄能器	(80)
任务二 油箱、热交换器与管件	(88)
项目六 液压基本回路	(93)
任务一 液压方向控制基本回路	(93)
任务二 液压压力控制回路	(97)
任务三 液压速度控制回路	(106)
任务四 液压多缸工作控制回路	(116)
项目七 气动元件的认识	(125)
任务一 认识气压传动	(125)
任务二 气源装置与气动辅助原件	(132)
任务三 气动执行元件	(142)
任务四 气动控制阀	(148)

项目八 气压传动常用回路	(152)
任务一 气动常用回路	(152)
附表 液压实验报告（样表）	(161)
附录 常用液压与气动元件图形符号	(162)
参考文献	(168)

项目一 液压传动基础知识

任务一 液压传动的工作原理

【任务描述】

通过对液压传动知识的介绍，了解液压发展的概况，通过对液压传动的工作原理的讲解，液压传动知识的介绍，要求掌握千斤顶液压系统的工作原理，了解液压传动在机械中的应用。

【技能目标要求】

1. 掌握液压传动的工作原理
2. 掌握液压油的物理性质
3. 掌握流体静力学的基础知识
4. 掌握千斤顶的液压传动的工作过程及原理

【学习目标】

掌握千斤顶液压传动的工作原理。熟悉液压传动系统的性能和技术规格。

【所需设备、工具和材料】

表 1-1-1

名 称	规 格	数 量
千斤顶	台	1
固定扳手	个	1
内六角扳手	套	1
螺丝刀	个	1
铜棒	个	1

【相关知识】

一、液压传动发展概况

自 18 世纪末英国制成世界上第一台水压机算起, 液压传动技术已有二三百年的历史。直到 20 世纪 30 年代它才较普遍地用于起重机、机床及工程机械。在第二次世界大战期间, 由于战争需要, 出现了由响应迅速、精度高的液压控制机构所装备的各种军事武器。第二次世界大战结束后, 战后液压技术迅速转向民用工业, 液压技术不断应用于各种自动机及自动生产线。

本世纪 60 年代以后, 液压技术随着原子能、空间技术、计算机技术的发展而迅速发展。因此, 液压传动真正的发展也只是近三四十年的事。当前液压技术正向迅速、高压、大功率、高效、低噪声、经久耐用、高度集成化的方向发展。同时, 新型液压元件和液压系统的计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助测试 (CAT)、计算机直接控制 (CDC)、机电一体化技术、可靠性技术等方面也是当前液压传动及控制技术发展和研究的方向。

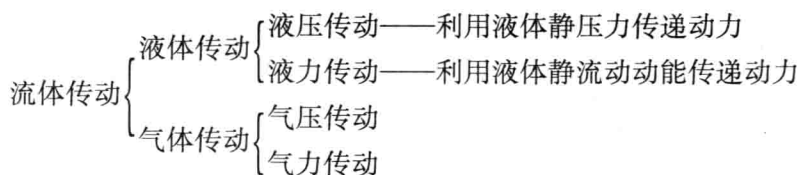
我国的液压技术最初应用于机床和锻压设备上, 后来又用于拖拉机和工程机械。现在, 我国的液压元件随着从国外引进一些液压元件、生产技术以及进行自行设计, 现已形成了系列, 并在各种机械设备上得到了广泛的使用。

机械的传动方式

一切机械都有其相应的传动机构, 借助于它达到对动力的传递和控制的目的。

机械传动——通过齿轮、齿条、蜗轮、蜗杆等机件直接把动力传送到执行机构的传递方式。

电气传动——利用电力设备, 通过调节电参数来传递或控制动力的传动方式



二、液压传动的工作原理及其组成

1. 液压传动的工作原理

液压传动的工作原理, 可以用一个液压千斤顶的工作原理来说明。

图 1-1-1 是液压千斤顶的工作原理图。大油缸 9 和大活塞 8 组成举升液压缸。杠杆手柄 1、小油缸 2、小活塞 3、单向阀 4 和 7 组成手动液压泵。如提起手柄使小活塞向上移动, 小活塞下端油腔容积增大, 形成局部真空, 这时单向阀 4 打开, 通过吸油管 5 从油箱 12 中吸油; 用力压下手柄, 小活塞下移, 小活塞下腔压力升高, 单向阀 4

关闭,单向阀7打开,下腔的油液经管道6输入举升油缸9的下腔,迫使大活塞8向上移动,顶起重物。再次提起手柄吸油时,单向阀7自动关闭,使油液不能倒流,从而保证了重物不会自行下落。不断地往复扳动手柄,就能不断地把油液压入举升缸下腔,使重物逐渐地升起。如果打开截止阀11,举升缸下腔的油液通过管道10、截止阀11流回油箱,重物就向下移动。这就是液压千斤顶的工作原理。

通过对上面液压千斤顶工作过程的分析,可以初步了解到液压传动的基本工作原理。液压传动是利用有压力的油液作为传递动力的工作介质。压下杠杆时,小油缸2输出压力油,是将机械能转换成油液的压力能,压力油经过管道6及单向阀7,推动大活塞8举起重物,是将油液的压力能又转换成机械能。大活塞8举升的速度取决于单位时间内流入大油缸9中油容积的多少。由此可见,液压传动是一个不同能量的转换过程。

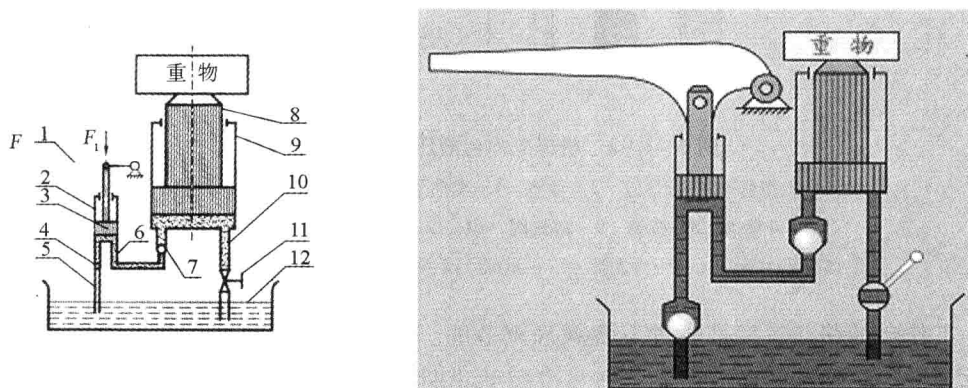


图 1-1-1 液压千斤顶工作原理图

1—杠杆手柄 2—小油缸 3—小活塞 4, 7—单向阀 5—吸油管 6, 10—管道
8—大活塞 9—大油缸 11—截止阀 12—油箱

2. 液压传动系统的组成

液压千斤顶是一种简单的液压传动装置。下面分析一种驱动工作台的液压传动系统。如图 1-1-2 所示,它由油箱、滤油器、液压泵、溢流阀、开停阀、节流阀、换向阀、液压缸以及连接这些元件的油管、接头组成。其工作原理如下:液压泵由电动机驱动后,从油箱中吸油。油液经滤油器进入液压泵,油液在泵腔中从入口低压到泵出口高压,在图 1-1-2 (a) 所示状态下,通过开停阀、节流阀、换向阀进入液压缸左腔,推动活塞使工作台向右移动。这时,液压缸右腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。

如果将换向阀手柄转换成图 1-1-2 (b) 所示状态,则压力管中的油将经过开停阀、节流阀和换向阀进入液压缸右腔、推动活塞使工作台向左移动,并使液压缸左腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。

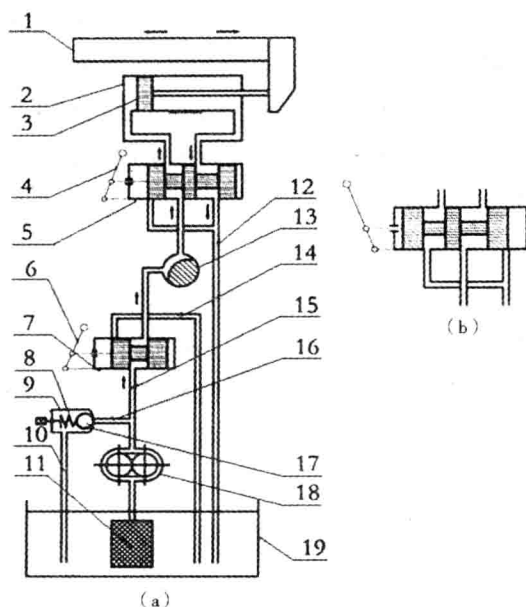


图 1-1-2 机床工作台液压系统工作原理图

- 1—工作台 2—液压缸 3—活塞 4—换向手柄 5—换向阀 6—开停手柄
7—开停阀 8—弹簧 9—溢流阀 10, 12, 14—回油管 13—节流阀
15—压力管 16—压力支管 17—钢球 18—液压泵 11—滤油器 19—油箱

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开大时，进入液压缸的油量增多，工作台的移动速度增大；当节流阀关小时，进入液压缸的油量减小，工作台的移动速度减小。为了克服移动工作台时所受到的各种阻力，液压缸必须产生一个足够大的推力，这个推力是由液压缸中的油液压力所产生的。要克服的阻力越大，缸中的油液压力越高；反之压力就越低。这种现象正说明了液压传动的一个基本原理——压力决定于负载。从机床工作台液压系统的工作过程可以看出，一个完整的、能够正常工作的液压系统，应该由以下五个主要部分来组成：

(1) 能源装置它是供给液压系统压力油，把机械能转换成液压能的装置。最常见的形式是液压泵。

(2) 执行装置它是把液压能转换成机械能的装置。其形式有作直线运动的液压缸，有作回转运动的液压马达，它们又称为液压系统的执行元件。

(3) 控制调节装置它是对系统中的压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置。如溢流阀、节流阀、换向阀、开停阀等。

(4) 辅助装置上述三部分之外的其他装置，例如油箱，滤油器，油管等。它们对保证系统正常工作是必不可少的。

(5) 工作介质传递能量的流体，即液压油等。

3. 液压传动系统的图形符号

图 1-1-3 所示的液压系统是一种半结构式的工作原理图它有直观性强、容易理解的优点,当液压系统发生故障时,根据原理图检查十分方便,但图形比较复杂,绘制比较麻烦。我国已经制定了一种用规定的图形符号来表示液压原理图中的各元件和连接管路的国家标准,即“液压系统图图形符号 (GB/T 786.1—1993)”。我国制订的液压系统图图形符号 (GB/T 786.1—1993) 中,对于这些图形符号有以下几条基本规定。

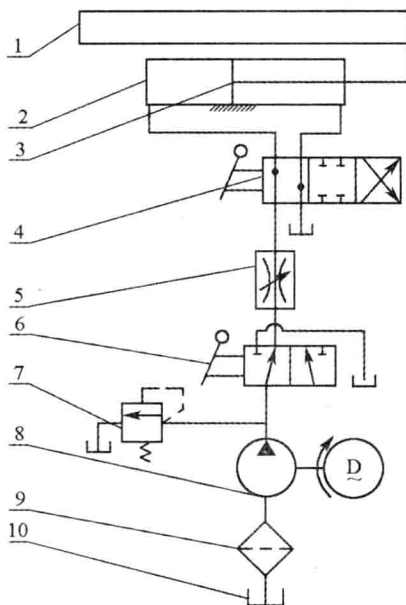


图 1-1-3 机床工作台液压系统的图形符号图

1—工作台 2—液压缸 3—油箱 4—换向阀 5—节流阀
6—开停阀 7—溢流阀 8—液压泵 9—滤油器 10—油箱

(1) 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,也不表示元件在机器中的实际安装位置。

(2) 元件符号内的油液流动方向用箭头表示,线段两端都有箭头的,表示流动方向可逆。

(3) 符号均以元件的静止位置或中间零位置表示,当系统的动作另有说明时,可作例外。

三、液压传动的优缺点

1. 液压传动之所以能得到广泛的应用,是由于它具有以下的主要优点:

(1) 由于液压传动是油管连接,所以借助油管的连接可以方便灵活地布置传动机构,这是比机械传动优越的地方。例如,在井下抽取石油的泵可采用液压传动来驱动,

以克服长驱动轴效率低的缺点。由于液压缸的推力很大，又加之极易布置，在挖掘机等重型工程机械上，已基本取代了老式的机械传动，不仅操作方便，而且外形美观大方。

(2) 液压传动装置的重量轻、结构紧凑、惯性小。例如，相同功率液压马达的体积为电动机的 12% ~ 13%。液压泵和液压马达单位功率的重量指标，目前是发电机和电动机的十分之一，液压泵和液压马达可小至 0.0025N/W（牛/瓦），发电机和电动机则约为 0.03N/W。

(3) 可在大范围内实现无级调速。借助阀或变量泵、变量马达，可以实现无级调速，调速范围可达 1:2000，并可在液压装置运行的过程中进行调速。

(4) 传递运动均匀平稳，负载变化时速度较稳定。正因为此特点，金属切削机床中的磨床传动现在几乎都采用液压传动。

(5) 液压装置易于实现过载保护——借助于设置溢流阀等，同时液压件能自行润滑，因此使用寿命长。

(6) 液压传动容易实现自动化——借助于各种控制阀，特别是采用液压控制和电气控制结合使用时，能很容易地实现复杂的自动工作循环，而且可以实现遥控。

(7) 液压元件已实现了标准化、系列化和通用化，便于设计、制造和推广使用。

2. 液压传动的缺点是：

(1) 液压系统中的漏油等因素，影响运动的平稳性和正确性，使得液压传动不能保证严格的传动比。

(2) 液压传动对油温的变化比较敏感，温度变化时，液体粘性变化，引起运动特性的变化，使得工作的稳定性受到影响，所以它不宜在温度变化很大的环境条件下工作。

(3) 为了减少泄漏，以及为了满足某些性能上的要求，液压元件的配合件制造精度要求较高，加工工艺较复杂。

(4) 液压传动要求有单独的能源，不像电源那样使用方便。

(5) 液压系统发生故障不易检查和排除。

总之，液压传动的优点是主要的，随着设计制造和使用水平的不断提高，有些缺点正在逐步加以克服。液压传动有着广泛的发展前景。

四、液压传动在机械中的应用

驱动物机械运动的机构以及各种传动和操纵装置有多种形式。根据所用的部件和零件，可分为机械的、电气的、气动的、液压的传动装置。经常还将不同的形式组合起来运用——四位一体。由于液压传动具有很多优点，使这种新技术发展得很快。液压传动应用于金属切削机床也不过四五十年历史。航空工业在 1930 年以后才开始采用。特别是最近二三十年以来液压技术在各种工业中的应用越来越广泛。

在机床上，液压传动常应用在以下的一些装置中：

1. 进给运动传动装置磨床砂轮架和工作台的进给运动大部分采用液压传动；车床、六角车床、自动车床的刀架或转塔刀架；铣床、刨床、组合机床的工作台等的进给运动也都采用液压传动。这些部件有的要求快速移动，有的要求慢速移动。有的则既要求快速移动，也要求慢速移动。这些运动多半要求有较大的调速范围，要求在工作中无级调速；有的要求持续进给，有的要求间歇进给；有的要求在负载变化下速度恒定，有的要求有良好的换向性能等等。所有这些要求都是可以用液压传动来实现的。

2. 往复主体运动传动装置龙门刨床的工作台、牛头刨床或插床的滑枕，由于要求作高速往复直线运动，并且要求换向冲击小、换向时间短、能耗低，因此都可以采用液压传动。

3. 仿形装置车床、铣床、刨床上的仿形加工可以采用液压伺服系统来完成。其精度可达 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 。此外，磨床上的成形砂轮修正装置亦可采用这种系统。

4. 辅助装置机床上的夹紧装置、齿轮箱变速操纵装置、丝杆螺母间隙消除装置、垂直移动部件平衡装置、分度装置、工件和刀具装卸装置、工件输送装置等，采用液压传动后，有利于简化机床结构，提高机床自动化程度。

5. 静压支承重型机床、高速机床、高精度机床上的轴承、导轨、丝杠螺母机构等处采用液体静压支承后，可以提高工作平稳性和运动精度。

液压传动在其他机械工业部门的应用情况见表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 液压传动在各类机械行业中的应用实例

行业名称	应用场所举例
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等

五、液压流体力学基础

1. 液压油的物理性质

液压油是液压传动系统中的传动介质，而且还对液压装置的机构、零件起这润滑、冷却和防锈作用。液压传动系统的压力、温度和流速在很大的范围内变化，因此液压

油的质量优劣直接影响液压系统的工作性能。故此，合理的选用液压油也是很重要的。

(1) 液压油的分类：

- 1) 石油基液压油
- 普通液压油
 - 专用液压油
 - 抗磨液压油
 - 高粘度指数液压油

石油基液压油是以石油地精炼物为基础，加入抗氧化或抗磨剂等混合而成的液压油，不同性能、不同品种、不同精度则加入不同的添加剂。

- 2) 难燃液压油
- 合成液压油——磷酸酯液压油
 - 水——乙二醇

- 含水液压油
- 液压油
 - 乳化液
 - 油包水乳化液
 - 水包油乳化液

(2) 液压油的物理特性

1) 密度 ρ

$$\rho = m/V \quad [\text{kg}/\text{m}^3] \quad (1-1)$$

一般矿物油的密度为 $850 \sim 950 \text{kg}/\text{m}^3$

2) 液体的可压缩性

当液体受压力作用而体积减小的特性称为液体的可压缩性。

3) 流体的粘性

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一种阻碍液体分子之间进行相对运动的内摩擦力，液体的这种产生内摩擦力的性质称为液体的粘性。由于液体具有粘性，当流体发生剪切变形时，流体内就产生阻滞变形的内摩擦力，由此可见，粘性表征了流体抵抗剪切变形的能力。处于相对静止状态的流体中不存在剪切变形，因而不存在变形的抵抗，只有当运动流体流层间发生相对运动时，流体对剪切变形的抵抗，也就是粘性才表现出来。粘性所起的作用为阻滞流体内部的相互滑动，在任何情况下它都只能延缓滑动的过程而不能消除这种滑动。

粘性的大小可用粘度来衡量，粘度是选择液压用流体的主要指标，是影响流动流体的重要物理性质。

流体的粘度通常有三种不同的测试单位。①绝对粘度 μ 。绝对粘度又称动力粘度，它直接表示流体的粘性即内摩擦力的大小。动力粘度 μ 在物理意义上讲，是当速度梯度 $du/dz = 1$ 时，单位面积上的内摩擦力的大小，即：

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{du}{dz}} \quad (1-2)$$

动力粘度的国际 (SI) 计量单位为牛顿·秒/米², 符号为 $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$, 或为帕·秒, 符号为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

②运动粘度 ν 。运动粘度是绝对粘度 μ 与密度 ρ 的比值:

$$\nu = \mu / \rho \quad (1-3)$$

式中: ν 为液体的动力粘度, m^2/s ; ρ 为液体的密度, kg/m^3 。

运动粘度的 SI 单位为米²/秒, m^2/s 。还可使用 CGS 制单位: 斯 (托克斯), St 斯的单位太大, 应用不便, 常用 1% 斯, 即 1 厘斯来表示, 符号为 cSt, 故:

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

运动粘度 ν 没有什么明确的物理意义, 它不能像 μ 一样直接表示流体的粘性大小, 但对 ρ 值相近的流体, 例如各种矿物油系液压油之间, 还是可用来大致比较它们的粘性。由于在理论分析和计算中常常碰到绝对粘度与密度的比值, 为方便起见才采用运动粘度这个单位来代替 μ/ρ 。它之所以被称为运动粘度, 是因为在它的量纲中只有运动学的要素长度和时间因次的缘故。机械油的牌号上所标明的号数就是表明以厘斯为单位的, 在温度 50℃ 时运动粘度 ν 的平均值。例如 10 号机械油指明该油在 50℃ 时其运动粘度 ν 的平均值是 10 cSt。蒸馏水在 20.2℃ 时的运动粘度 ν 恰好等于 1 cSt, 所以从机械油的牌号即可知道该油的运动粘度。例如 20 号油说明该油的运动粘度约为水的运动粘度的 20 倍, 30 号油的运动粘度约为水的运动粘度的 30 倍, 如此类推。动力粘度和运动粘度是理论分析和推导中经常使用的粘度单位。它们都难以直接测量, 因此, 工程上采用另一种可用仪器直接测量的粘度单位, 即相对粘度。

③相对粘度。相对粘度是以相对于蒸馏水的粘性的大小来表示该液体的粘性的。相对粘度又称条件粘度。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。恩氏粘度的测定方法如下: 测定 200 cm³ 某一温度的被测液体在自重作用下流过直径 2.8 mm 小孔所需的时间 t_A , 然后测出同体积的蒸馏水在 20℃ 时流过同一孔所需时间 t_B ($t_B = 50 \sim 52 \text{ s}$), t_A 与 t_B 的比值即为流体的恩氏粘度值。恩氏粘度用符号 °E 表示。被测液体温度 t ℃ 时的恩氏粘度用符号 °Et 表示。

$$^{\circ}\text{Et} = t_A / t_B \quad (1-4)$$

工业上一般以 20℃、50℃ 和 100℃ 作为测定恩氏粘度的标准温度, 并相应地以符号 °E₂₀、°E₅₀ 和 °E₁₀₀ 来表示。

知道恩氏粘度以后, 利用下列的经验公式, 将恩氏粘度换算成运动粘度。

$$\nu = 7.31^{\circ}\text{E} - 6.31/^{\circ}\text{E} \times 10^{-6} \quad (1-5)$$

④压力对粘度的影响。在一般情况下, 压力对粘度的影响比较小, 在工程中当压

力低于 5MPa 时, 粘度值的变化很小, 可以不考虑。当液体所受的压力加大时, 分子之间的距离缩小, 内聚力增大, 其粘度也随之增大。

⑤温度对粘度的影响。液压油粘度对温度的变化是十分敏感的, 当温度升高时, 其分子之间的内聚力减小, 粘度就随之降低。不同种类的液压油, 它的粘度随温度变化的规律也不同。我国常用粘温图表示油液粘度随温度变化的关系。

(3) 液压系统对液压油的要求

液压油是液压传动系统的重要组成部分, 是用来传递能量的工作介质。除了传递能量外, 它还起着润滑运动部件和保护金属不被锈蚀的作用。液压油的质量及其各种性能将直接影响液压系统的工作。从液压系统使用油液的要求来看, 有下面几点:

- 1) 适宜的粘度和良好的粘温性能一般液压系统所用的液压油其粘度范围为:
- 2) 润滑性能好在液压传动机械设备中, 除液压元件外, 其他一些有相对滑动的零件也要用液压油来润滑, 因此, 液压油应具有良好的润滑性能。为了改善液压油的润滑性能, 可加入添加剂以增加其润滑性能。
- 3) 良好的化学稳定性即对热、氧化、水解、相容都具有良好的稳定性。
- 4) 对液压装置及相对运动的元件具有良好的润滑性。
- 5) 对金属材料具有防锈性和防腐性。
- 6) 比热、热传导率大, 热膨胀系数小。
- 7) 抗泡沫性好, 抗乳化性好。
- 8) 油液纯净, 含杂质量少。
- 9) 流动点和凝固点低, 闪点 (明火能使油面上油蒸气内燃, 但油本身不燃烧的温度) 和燃点高, 此外, 对油液的无毒性、价格便宜等, 也应根据不同的情况有所要求。

(4) 液压油的选用

正确而合理地选用液压油, 乃是保证液压设备高效率正常运转的前提。

选用液压油时, 可根据液压元件生产厂样本和说明书所推荐的品种号数来选用液压油, 或者根据液压系统的工作压力、工作温度、液压元件种类及经济性等因素全面考虑, 一般是先确定适用的粘度范围, 再选择合适的液压油品种。同时还要考虑液压系统工作条件的特殊要求, 如在寒冷地区工作的系统则要求油的粘度指数高、低温流动性好、凝固点低; 伺服系统则要求油质纯、压缩性小; 高压系统则要求油液抗磨性好。在选用液压油时, 粘度是一个重要的参数。粘度的高低将影响运动部件的润滑、缝隙的泄漏以及流动时的压力损失、系统的发热温升等。所以, 在环境温度较高, 工作压力高或运动速度较低时, 为减少泄漏, 应选用粘度较高的液压油, 否则相反。

液压油的牌号 (即数字) 表示在 40℃ 下油液运动粘度的平均值 (单位为 cSt)。原名内为过去的牌号, 其中的数字表示在 50℃ 时油液运动粘度的平均值, 表 1-1-2 中列出了常见液压油的系列品种。

表 1-1-2 常见液压油系列品种

种 类	牌 号		原 名	用 途
	油 名	代 号		
普通液压油	N ₃₂ 号液压油 N ₆₈ G 号液压油	YA - N ₃₂ YA - N ₆₈	20 号精密机床液 压油 40 号液压—导轨油	用于环境温度 0 ~ 45℃ 工 作的各类液压泵的中、低 压液压系统
抗磨液压油	N ₃₂ 号抗磨液压油 N ₁₅₀ 号抗磨液压油 N ₁₆₈ K 号抗磨液压油	YA - N ₃₂ YA - N ₁₅₀ YA - N ₁₆₈ K	20 抗磨液压油 80 抗磨液压油 40 抗磨液压油	用于环境温度 - 10 ~ 40℃ 工作的高压柱塞泵或其他 泵的中、高压系统
低温液压油	N ₁₅ 号低温液压油 N ₄₆ D 号低温液压油	YA - N ₁₅ YA - N ₄₆ D	低凝液压油 工程液压油	用于环境温度 - 20℃ 至高 于 40℃ 工作的各类高压油 泵系统
高粘度指数 液压油	N ₃₂ H 号高粘度指数 液压油	YD - N ₃₂ D		用于温度变化不大且对粘 温性能要求更高的液压 系统

但是总的来说，应尽量选用较好的液压油，虽然初始成本要高些，但由于优质油使用寿命长，对元件损害小，所以从整个使用周期看，其经济性要比选用劣质油好些。

(5) 液压油的污染与防护

液压油是否清洁，不仅影响液压系统的工作性能和液压元件的使用寿命，而且直接关系到液压系统是否能正常工作。液压系统多数故障与液压油受到污染有关，因此控制液压油的污染是十分重要的。

2. 液体静力学基础

液压传动是以液体作为工作介质进行能量传递的，因此要研究液体处于相对平衡状态下的力学规律及其实际应用。所谓相对平衡是指液体内部各质点间没有相对运动，至于液体本身完全可以和容器一起如同刚体一样做各种运动。因此，液体在相对平衡状态下不呈现粘性，不存在切应力，只有法向的压应力，即静压力。本节主要讨论液体的平衡规律和压强分布规律以及液体对物体壁面的作用力。

(1) 液体静力学及其特点

作用在液体上的力有两种类型：一种是质量力，另一种是表面力。

质量力作用在液体所有质点上，它的大小与质量成正比，属于这种力的有重力、惯性力等。单位质量液体受到的质量力称为单位质量力，在数值上等于重力加速度。

表面力作用于所研究液体的表面上，如法向力、切向力。表面力可以是其他物体（例如活塞、大气层）作用在液体上的力；也可以是一部分液体间作用在另一部分液体上的力。对于液体整体来说，其他物体作用在液体上的力属于外力，而液体间作用力