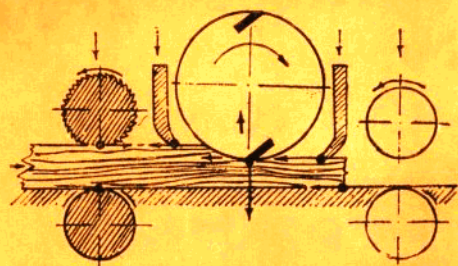


全国高等林业院校试用教材

木工机械

南京林业大学主编



木材机械加工专业用

中国林业出版社

全国高等林业院校试用教材

木 工 机 械

南京林业大学 主编

木材机械加工专业用

中国林业出版社

封面设计：星 池

全国高等林业院校试用教材

木 工 机 械

南京林业大学 主编

中国林业出版社出版（北京西城区刘海胡同7号）

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 34.75印张 6插图 757千字

1987年12月第1版 1987年12月北京第1次印刷

印数 1—5,000册

统一书号 15046·1221 定价 6.00元

前 言

本书是根据全国高等林业院校1979年修订的木材机械加工专业（四年制）教学计划编写的。

根据专业以工艺为主的培养目标，本书重点放在培养学生选择和使用木材加工机械设备的能力上，对各种典型木工机械设备的工作原理、结构、性能及其调整使用等作了较详细的介绍。此外，对掌握木工机械设备所需的必要基础知识——气、液压传动以及木工机械有关的设计知识作了适当的介绍。

典型木工机械的选材主要立足于当前我国大多数工厂的生产水平，同时也适当反映国内外同类设备的先进技术。

为便于读者理解和掌握有关内容，基本内容的叙述较详细并辅以大量的原理图和结构图。

本书为高等林业院校的统一教材，但也可供从事木材加工、木工机械设计和制造的工程技术人员、科研人员参考。

本书第一、二、三、十六章由中南林学院曾运进同志编写；第四、六、十一章由南京林业大学石如庚同志编写；第七、十三、十五章由东北林业大学陈宝德同志编写；第五、八、十八章由东北林业大学李德华同志编写；第九、二十二、二十三章的第五、六节由北京林业大学叶倩如同志编写；第十章由南京林业大学姚秉辉同志编写；第十四、十九、二十一、二十三章第一节由南京林业大学吴季陵同志编写；第十二、十七章由北京林业大学傅有保同志编写；第二十、二十三章的第二、三、四节由东北林业大学王华滨同志编写。全书由南京林业大学吴季陵同志、姚秉辉同志主编，上海木材工业研究所王凤翔同志主审。

本书在编写过程中得到了各有关方面的大力支持和帮助。南京林业大学的侯铁民、乔玲和郝宁仲等同志对本书图稿做了大量工作，在此一并表示感谢。

限于编者的水平，书中错误或不妥之处在所难免，敬希读者指正。

一九八五年三月

目 录

第一篇 液压传动与气压传动

第一章 液压传动概论	1
第一节 液压传动系统的工作原理及液压符号	1
第二节 液压传动的优缺点及其在木工机械上的应用	4
第二章 液压传动的工作介质和流体力学基础	6
第一节 液压传动的工作介质	6
第二节 流体静力学	17
第三节 流体动力学	22
第四节 液体流经小孔与缝隙的流量计算	31
第五节 液压冲击和空穴现象	39
第六节 液压传动的功率与效率	36
第三章 油泵和油马达	41
第一节 油泵概述	41
第二节 齿轮泵	42
第三节 叶片泵	47
第四节 柱塞泵	53
第五节 其它泵	57
第六节 油马达	61
第四章 动力油缸	66
第一节 动力油缸的分类及安装方式	66
第二节 油缸的结构	74
第三节 油缸的设计计算	83
第五章 液压控制调节装置——阀	91
第一节 压力控制阀	91
第二节 流量控制阀	100
第三节 方向控制阀	109
第四节 液压操纵箱	120
第六章 辅助装置	121
第一节 滤油器	121
第二节 蓄能器	124
第三节 油箱	128
第四节 密封装置	129
第五节 油管及管接头	133

第六节 配管技术	138
第七章 液压基本回路	140
第一节 压力控制回路	140
第二节 速度控制回路	148
第三节 换向和速度换接回路	150
第八章 液压系统的设计与计算	155
第一节 液压系统的设计步骤	155
第二节 液压元件的初步计算与选择	157
第三节 液压系统性能的验算	163
第四节 木工机床液压系统设计计算举例	165
第五节 人造板压机液压系统设计计算举例	172
第九章 气压传动	179
第一节 气压传动的特点及组成	179
第二节 空气压缩机	185
第三节 气缸	192
第四节 气动附件	200
第五节 气动回路	203
第六节 气动系统设计的主要内容及设计程序	205

第二篇 典型木工机械

第十章 木工机械概论	211
第一节 木工机械发展概况	211
第二节 木工机械分类和型号编制办法	212
第三节 木工机械的运动及传动	215
第十一章 锯机	216
第一节 带锯机	216
第二节 排锯机	247
第三节 圆锯机	249
第十二章 刨床	257
第一节 刨床的用途和分类	257
第二节 平刨床	260
第三节 压刨床	265
第四节 双面刨床	277
第十三章 铣床和开榫机	280
第一节 铣床	280
第二节 开榫机	292
第十四章 旋切机	300
第一节 概述	300
第二节 主传动系统	301
第三节 卡轴箱	303
第四节 刀床	310

第五节 进给机构	315
第十五章 削片机和刨片机	320
第一节 削片机	320
第二节 刨片机	334
第十六章 热磨机	342
第一节 进料装置	344
第二节 预热蒸煮装置	349
第三节 研磨装置	353
第四节 排料装置	359
第十七章 人造板压机	363
第一节 概述	363
第二节 多层压机	364
第三节 多层压机的装卸料机	383
第四节 多层压机的液压传动系统	388
第五节 人造板单层压机和连续式压机	393
第十八章 砂光机	401
第一节 概述	401
第二节 宽带砂光机	406

第三篇 木工机械设计

第十九章 木工机械总体方案设计	423
第一节 木工机械设计概述	423
第二节 工件的工艺分析和机械设计的关系	430
第三节 木工机械总体布局	431
第四节 木工机械技术参数的确定	434
第二十章 木工机械传动系统的拟定	439
第一节 木工机械传动链的概念与设计	439
第二节 传动系统设计的原则和步骤	441
第三节 主轴转速系列	443
第四节 传动方案的选择	448
第五节 转速分布图和传动系统图	451
第六节 齿轮齿数的计算	453
第七节 有级齿轮变速箱的结构类型	457
第八节 单板旋切机进给变速箱的设计	461
第二十一章 木工机械的切削机构	465
第一节 切削机构的运动分析和受力分析	465
第二节 主轴部件设计	480
第二十二章 木工机械的进给机构	484
第一节 概述	484
第二节 滚筒进给机构	485

第三节 履带进给机构	495
第四节 链条挡块进给机构	501
第二十三章 木工机械的其它部件	507
第一节 木工机械床身、导轨、工作台	507
第二节 木工机械操纵控制系统	521
第三节 木工机械安全防护装置	525
第四节 机床的润滑装置	530
第五节 木工机械的夹紧、压紧装置	534
第六节 木工机械的装料装置	541
附录 字符表	553

第一篇

液压传动与气压传动

第一章 液压传动概论

在各种设备中，采用液体作为工作介质，进行机械能的传递和转换，这种传动方式称为液压传动。

液压传动与其它传动方式相比，是一门较新的技术。由于它具有许多优点，所以发展比较迅速。六十年代以后，世界各国在许多工业部门的设备中都越来越普遍地采用了液压技术。

第一节 液压传动系统的工作原理及液压符号

一、液压传动系统的工作原理

为了对液压传动系统有个初步的了解，下面先结合图 1—1 所示的简单事例来加以说明。图中示出了左、右两个油缸，并且在两者间用管道连接。右边小油缸内有一个小活塞，左边大油缸内有一个大活塞。油缸和管道内充满了油液。由于液体几乎是不可压缩的，当右边油缸内的活塞用力往下压时，其缸内的油液就会受到挤压，从而使挤压后的油液输送到左边的油缸中去，并且能使左边的大活塞向上移动，从而拾起重物或推动其它机构。要推动重物上升，当然其中的液体必须具有压力。也就是说，当右边的活塞向下压时，液体便处于被挤压的状态而产生了压力，因而可以推动左边柱塞上的重物上升。这就是最简单的液压传动装置。但是图 1—1 所示的情况只能用来表示液压传动的的基本工作原理，不能在实际中使用，因为它不能连续动作，并且其运动速度不能调节。

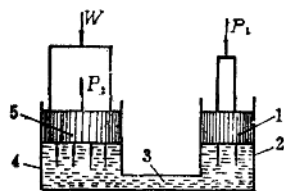


图 1—1 液压传动简图

1. 小活塞 2. 小油缸 3. 管道 4. 大油缸 5. 大活塞

下面再结合图 1—2 所示稍为完善的例子来加以说明。与图 1—1 比较，在图 1—2 所示的液压系统中增加了几件装置：油箱、控制阀、吸油阀与排油阀，以及使小活塞（柱塞）作连续往复运动的曲轴驱动装置。

当曲轴连续旋转时，它便带动小柱塞作连续往复运动。当小柱塞向上移动时，局部容积变大，形成负压。排油阀关闭，吸油阀被打开，油箱中的油液便被吸入小油缸内。当小柱塞向下移动时，局部容积变小，液压上升。吸油阀关闭，排油阀则被打开，油液就被输送到大柱塞的油缸中，并可在大柱塞（连同重物或负载）向上抬起。当工作结束后，若要将大油缸中的油液放掉，则可操纵控制阀使大油缸内的油液排回油箱中去，大柱塞便下降。实际上，图 1—2 所示就是液压千斤顶的工作原理。如果将曲轴驱动改为手柄杠杆装置，便是普通液压千斤顶的传统系统。

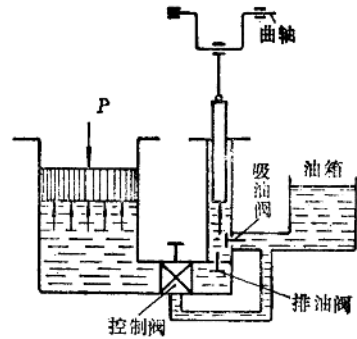


图 1—2 液压传动原理图

图 1—3 是锯片作往复运动的圆锯机液压传动系统图。工作时，油泵的电动机（图中未示出）带动油泵 3 从油箱 1 中吸油，并将有压力的油送入管路。从油泵打出来的压力油就是推动工作机构动作的能量来源。

压力油首先经过节流阀 4，再经换向阀 6，然后进入油缸 8。当换向阀 6 处于图 a 所示的位置时，压力油经过阀芯左边的环槽，再经管路 11 进入油缸 8 的左腔。油缸 8 是固定在机架上的。结果在压力油的推动下，活塞 9 便通过活塞杆带动锯片工作机构 10 向右运动。与此同时，油缸右腔的油经油管 7、换向阀 6 右边的环槽及油管 5 流回油箱。

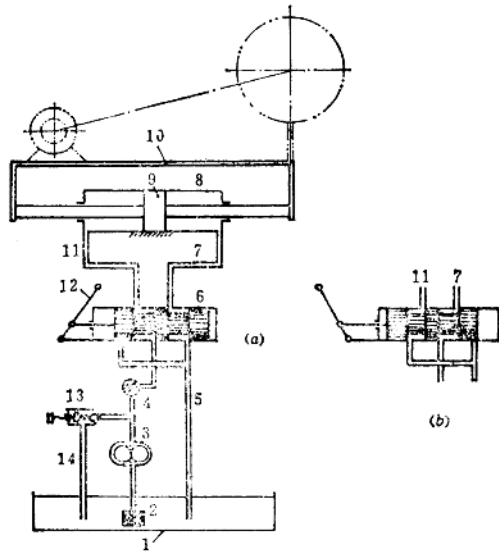


图 1—3 圆锯机的液压传动系统

1. 油箱 2. 滤油器 3. 油泵 4. 节流阀 5. 油管
6. 换向阀 7. 油管 8. 油缸 9. 活塞 10. 工作机构
11. 管路 12. 手柄 13. 溢流阀 14. 管道

节流阀 4 的工作原理和自来水龙头相似，通过改变节流阀开口的大小，就能调节流量，从而使工作机构的运动速度得到调节。

换向阀 6 是为了控制工作机构的运动方向而设置的。在图 a 所示换向阀的位置时，锯片工作机构 10 是向右运动的。如果通过手柄 12 将换向阀的阀芯拉到左边位置，如图 1—3b 所示，压力油就会通过阀芯右边的环槽经油管 7 进入油缸的右腔，使工作机构 10 向左运动。此时，从油缸左腔排出的油，就经管路 11、换向阀 6 的阀芯左边环槽及管路 5 而流回油箱。

溢流阀 13 用来控制系统中油液的工作压力，并把油泵输出的多余油液经管道 14 排回

油箱。

滤油器 2 起过滤作用，使工作液体得到滤清。

从图 1—3 所示的液压传动系统中可以看出，各种液压传动装置都由以下四个基本部分所组成：

1. 油泵 它是一种能量转换装置，将电动机由电能转换成的机械能再转换为液体的压力能，通过压力油的作用推动执行机构进行工作。

2. 液动机 它也是一种能量转换装置，使液体的压力能转换为工作机构的机械能。图 1—3 中的液动机就是油缸，在压力油推动下，由它带动工作机构实现直线运动。液动机也有作回转运动的，这种作回转运动的液动机通常称为油马达。

3. 控制调节装置 就是图 1—3 中的各种阀，如换向阀、溢流阀、节流阀等，各起一定的作用，使工作机构得到各种所需的动作，实现各种不同的工作要求。

4. 辅助装置 如油箱、滤油器、油管 and 管接头等。

二、液压符号

图 1—3 所示的液压传动系统图中，各液压元件的图形表示了各自的基本结构及其动作原理，这种表示方法称为结构式液压符号。这种符号直观性强，容易理解，但图形比较复杂，特别是当系统中元件比较多时，绘制不方便。为了简化液压传动系统图的绘制，另有一种职能式液压符号，这种图形只表示元件的职能及其连接系统的通路，并不表示元件的具体结构和参数。我国制定的液压符号，就是采用职能式符号。国内各种设备中采用的液压传动系统图，必须按照我国制定的液压符号来绘制。当在某些情况下无法用职能式符号来表示时，或者有必要特别说明系统中某一特殊元件的结构及动作原理时，也允许局部采用结构简图来表示。

目前，世界各国液压图形的表示方法，大多数采用职能式符号，与我国的表示方法一般都大同小异。少数几个国家也有采用结构式符号的。我国制订的液压符号 (GB786-76) 在本书后面所述各种液压装置的有关章节中，将分别提到。

图 1—3 所示的液压传动系统，若用职能式符号来表示，便如图 1—4 所示。两图中的元件编号相同。我国制订的液压符号中规定，各液压件的符号均以其静止位置或零位置来表示。所以，图 1—4 所示的系统图中，换向阀 6 应处于中间位置。此时，工作机构 10 静止不动。若通过

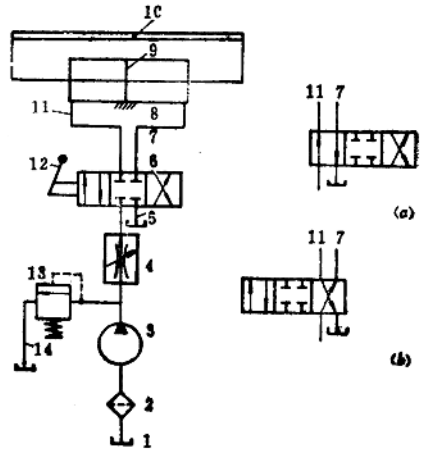


图 1—4 用职能式符号表示的液压传动系统图

1. 油箱 2. 滤油器 3. 油泵 4. 节流阀 5、7、11、14. 油管 6. 换向阀 8. 油缸 9. 活塞 10. 工作机构 12. 手柄 13. 溢流阀

操纵手柄 12 将换向阀 6 向右推, 油路连通情况就如图 a 所示, 油缸中的活塞 9 带动工作机构 10 向右运动。若将换向阀 6 拉到左边位置, 便如图 b 所示, 此时液流换向, 工作机构向左运动。

第二节 液压传动的优缺点及其在木工机械上的应用

一、液压传动的优缺点

液压传动所以能得到越来越广泛的应用, 这是因为它与机械、电力等传动方式相比较, 具有如下各种优点:

- (1) 易于获得很大的力或力矩, 并且易于控制;
- (2) 易于实现直线往复运动或摆动, 直接推动工作机构;
- (3) 在工作过程中能进行较大范围的无级变速, 而且结构简单;
- (4) 能容量 (即输出能量与设备的重量的比值) 大, 故在输出同等功率的条件下, 设备的体积和重量可减少很多;
- (5) 传动平稳、均匀;
- (6) 在往复运动和旋转运动中, 可经常快速而无冲击地变速及频繁地换向;
- (7) 可获得各种复杂的动作, 使机械设备的自动化程度大大提高, 特别是它与电力传动、电子控制相结合, 已成为目前各种机械实现自动化的主要手段之一;
- (8) 与机械传动相比, 它便于布局和操纵;
- (9) 容易实现过载保护, 能有效地防止事故的发生;
- (10) 操纵力小, 操作简单、方便, 反应灵敏;
- (11) 能自行润滑, 元件的寿命长;
- (12) 易于实现元件的标准化、通用化、系列化, 便于设计、制造和推广使用。

液压传动也存在如下一些缺点:

- (1) 液压传动采用液体为介质, 在作相对运动的表面之间不能完全避免泄漏现象。同时油液也不是绝对不可压缩的, 油管也会产生弹性变形。因此, 液压传动不宜用在传动比、速度及位移量要求很严格的情况下;
- (2) 油液中往往会渗入空气, 当压力降低时空气会从油液中逸出, 以小气泡的形式存在于油液中, 这会引起系统的工作状态不良, 如产生振动、爬行、噪音等;
- (3) 液压系统需用管道, 能量的传输比电力传动复杂, 并且不适于远距离传动;
- (4) 当油液温度或载荷发生变化时, 往往不易保持运动速度的稳定, 并在低温或高温条件下, 采用液压传动有一定的困难;
- (5) 为了防止漏油以及保证满足某些性能上的要求, 液压元件的制造精度要求较高;
- (6) 对液压设备的安装、调整需有较高的技术, 对设备的维护、故障的检查和排除

也需要比较丰富的实际经验。

总的说来，液压传动的优点是主要的。其某些缺点及使用中存在的问题，只要认真加以处理，是可以得到克服和避免的。

二、液压传动在木工机械上的应用

从目前情况来看，工程机械、锻压设备及重型机械中采用液压传动，主要是取其传递力量大；航空设备中采用液压传动，主要是取其重量轻、体积小特点；金属切削机床中采用液压传动，主要是取其便于无级调速、自动化、无间隙的直接传动，以及可实现频繁换向等特点。液压传动的许多特点，在各种木工机械中也不同程度地分别有所体现。

随着木材加工工业的发展，液压技术在各种木工设备中的应用也已越来越普遍。目前大体上的应用概况举例如下：

1. 主运动系统 在木工机械设备中，以实现直线往复运动的应用比较多，而采用液压来实现旋转运动或摆动的主传动则还很少见。比如各种人造板压机的主运动，普遍都采用液压传动来实现。

2. 进给运动系统 这在切削加工类木工机械中应用得比较普遍。比如，圆锯机采用的液压自动进给装置；带锯机跑车采用的油马达变速传动装置；钻床和打眼机上采用的液压进给装置等等。

3. 辅助运动系统 在各种木工设备的辅助运动中，采用液压传动相当普遍。比如，胶合板设备中旋切机的液压双卡轴装置；纤维板设备中热磨机与精磨机的研磨加压装置，长网成型机的辊筒加压装置，削片机进料辊的液压升降装置，热压机装卸设备上的液压推板装置；制材设备中排锯机的上辊筒液压调整装置及其推车上的液压夹紧等装置，重型带锯机的上锯轮液压升降装置及跑车上的液压夹紧和摇尺装置；细木工设备中的铣床、钻床及开榫机等设备上工件的液压夹紧装置等等。

4. 控制系统 如热磨机及精磨机中磨盘间隙自动调整用的液压随动系统等。

第二章 液压传动的工作介质和流体力学基础

液压设备是以液体为工作介质来实现能量的转换、传递和应用的一种机械装置。也就是说，液压传动是通过液体的压力来做功的。为了弄清液体为什么能做功，这就首先必须了解液体本身具有哪些基本性质，并且还必须进而弄清液体在各种状态下具有哪些基本的力学规律。

第一节 液压传动的工作介质

一、液体的性质

液体属于流体，它具有如下的一般特性：质点之间的内聚力很小，容易流动，无固定的形状，而且液体本身几乎是不可压缩的。

(一) 液体的重度

单位体积的液体所具有的重量称为液体的重度。通常用 γ 来表示，即

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (\text{N/m}^3) \quad (2-1)$$

式中， G ——液体的重量 (N)；

V ——液体的体积 (m^3)。

(二) 液体的密度

单位体积的液体所具有的质量称为液体的密度。通常用 ρ 来表示，即

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (2-2)$$

式中， M ——液体的质量 (kg)；

V ——液体的体积 (m^3)。

$$\text{由于} \quad G = Mg \quad (2-3)$$

$$\text{所以} \quad \gamma = \rho g \quad (2-4)$$

式中， g ——重力加速度，等于 9.81m/s^2 。

液压传动中通常所用的油液，在其使用温度和工作压力范围内，其平均密度为 $\rho = 850\text{—}960\text{kg/m}^3$ ，其重度为 $\gamma = 8400\text{—}9500\text{N/m}^3$ 。

由于在不同温度下液体的体积会发生变化，所以液体的重度和密度一般都会随温度的

升高而变小。

(三) 液体的压缩性

前已述及，液体几乎是不可压缩的。但由于液体内部的分子与分子之间毕竟存在着一定的间隙，因此对液体施加压力时，其体积便会缩小，而其密度则会增加。液体受外力作用后体积变小的这种性质，就称为液体的压缩性。

液体压缩性的大小，一般用压缩系数 β 来表示，它相当于在单位压力变化时液体体积的相对变化值。即

$$\beta = \frac{1}{\Delta p} \cdot \frac{\Delta V}{V_0} \quad (\text{m}^2/\text{N}) \quad (2-5)$$

式中： Δp ——液体受压缩前后的压力变化值 (Pa)；

ΔV ——液体压缩前后的体积变化值 (m^3)；

V_0 ——液体未被压缩前的体积 (m^3)。

因此，液体受到压缩后的体积 V 可用下式计算：

$$V = V_0 - \Delta V = V_0(1 - \beta \cdot \Delta p) \quad (2-6)$$

液体的压缩性是很小的。比如对水施加压力，每增加一个大气压力，其体积仅改变万分之零点五左右。液压油一般约为 $\beta = 0.6 \times 10^{-9} \text{m}^2/\text{N}$ 。所以，在实用中可以把液体看成是不可压缩的。但当对传动的准确性要求很高时，或者在研究液压冲击等问题的计算中，往往就要考虑到液体的压缩性。

由于液体可以随意改变形状，并且又几乎是不可压缩的，也就是说，液体既具有无限的“柔软性”，又可以视为具有很大的“刚度”。因此，密闭的液体便成为能可靠而又灵活地传递动力和运动的最好的工作介质。

压缩系数的倒数称为液体的体积弹性系数 K 。即

$$K = \frac{1}{\beta} \quad (\text{Pa}) \quad (2-7)$$

处于压缩状态下的液体，能产生向外膨胀的力，这种力类似一种弹性力。当施加于液体的压力恢复到原来初始压力的大小时，液体的体积也会恢复到原来的状态。弹性系数便是表示液体这种性质的数值。

当油液中混有空气时，其压缩性会显著地增加。例如，油中混有 1% 的空气（指体积），其体积弹性系数会降低到只有纯油 K 值的 5% 左右；而油液中混有 5% 的空气时，其体积弹性系数将降低到只有纯油 K 值的 1% 左右。液压系统的使用和计算，必须注意这个问题。

(四) 液体的粘性和粘度

当液体在外力作用下发生流动时，由于分子之间有内聚力，液流中各层的运动速度一般不相等，并且在液体内部就会产生相互摩擦的作用力，以阻止各层液体之间的相对滑动。运动中的液体内部，分子之间会产生内摩擦阻力的这种性质，就称为液体的粘性。液

体粘性的大小用粘度表示。

粘度是工作液体最重要、最基本的物理性质之一。它直接影响到液压系统的使用工作性能，在进行液压系统的设计计算时也占着重要的地位。

1. 粘度的表示方法 液体的粘度通常用以下几种不同的单位来表示：

(1) 动力粘度。根据试验，当一层液体相对于另一层液体运动时，其单位面积上的摩擦力与这两层液体之间摩擦面的距离 dy 成反比，而与这两层液体之间的相对滑动速度 dv 成正比。即

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \quad (\text{N/m}^2) \quad (2-8)$$

式中： τ ——液体单位面积上的摩擦力 (N/m^2)，

μ ——液体的动力粘度 ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)。

上式所表示的关系被称为液体的内摩擦定律。液体的内摩擦系数 μ 即动力粘度（又称绝对粘度）。

上式中的 $\frac{dv}{dy}$ 表示相邻两层液体相对运动的速度梯度。从式 (2-8) 可得液体的动力粘度 μ 为：

$$\mu = \tau \frac{dy}{dv} \quad (\text{Pa}\cdot\text{s})$$

动力粘度的物理意义就是：当速度梯度等于 1 时，接触液层间单位面积上的内摩擦力。单位为 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ （帕〔斯卡〕秒）。在以前的“CGS”单位制中，动力粘度的单位为 P（泊）， $1\text{P} = 0.1\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。泊的百分之一称厘泊（cP）， $1\text{cP} = 10^{-2}\text{Pa}\cdot\text{s} = 1\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。

(2) 运动粘度。在相同温度下，液体的动力粘度与它的密度之比称为运动粘度。即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (2-9)$$

在 CGS 制单位中， ν 的单位是 cm^2/s ，称为 施（或称斯托克斯，单位符号 St）。施的百分之一称为厘施（cSt 或 mm^2/s ）。所以

$$1\text{m}^2/\text{s} = 10^4(\text{cm}^2/\text{s}) \text{ 施 (St)} = 10^6(\text{mm}^2/\text{s}) \text{ 厘施 (cSt)}$$

运动粘度和重力加速度无关，而且它没有什么特殊的物理含义。由于在其单位中只包含运动学的量，而无动力学的量，故称为运动粘度。

在液压系统的设计计算中，以及对液压油的牌号表示上，通常都要用到运动粘度的数值。机械油的号数，就是表示该种油液的温度在 50°C 时以 mm^2/s 为单位的运动粘度。例如 10 号机械油，即指这种油液在 50°C 时的运动粘度的平均值是 $10\text{mm}^2/\text{s}$ 。

(3) 相对粘度。液体的动力粘度和运动粘度，又统称为绝对粘度，它们都很难直接测量。因此，在实际工作中，通常都采用相对粘度（或称条件粘度）。

液体的相对粘度是以该液体的粘度与水的粘度进行比较的相对值。

液体的相对粘度各国采用的单位不同, 美国采用赛氏秒 (Saybolt), 英国采用雷氏秒 (Redwood), 在欧洲其它国家多采用恩氏粘度 (Engler)。我国也采用恩氏粘度 ($^{\circ}\text{E}_t$) 来表示。

200ml 的被测液体, 在温度 t 时, 在自重作用下, 从恩氏粘度计中底部 $\phi 2.8\text{mm}$ 的小孔流出所需的时间 t_1 , 与 200ml 的蒸馏水在 20°C 时流出该容器所需时间 t_2 的比值, 这就是该种被测液体在温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时的恩氏粘度 $^{\circ}\text{E}_t$ 。即

$$^{\circ}\text{E}_t = \frac{t_1}{t_2} \quad (2-10)$$

水流出恩氏粘度计底部小孔所的时间, 一般为 $t_2 = 50-52\text{s}$ 。

在液压传动中, 通常以 50°C 作为粘度测定时的标准温度, 用 $^{\circ}\text{E}_{50}$ 表示。液压油的粘度, 一般为 $2-8^{\circ}\text{E}_{50}$ (即 $11.6-60\text{mm}^2/\text{s}$)。

恩氏粘度与运动粘度及动力粘度之间, 可用如下公式进行换算:

$$\nu_t = 7.31^{\circ}\text{E}_t - \frac{6.31}{^{\circ}\text{E}_t} (\text{mm}^2/\text{s}) \quad (2-11)$$

$$\mu_t = 0.0066^{\circ}\text{E}_t - \frac{0.0057}{^{\circ}\text{E}_t} (\text{Pa}\cdot\text{s}) \quad (2-12)$$

2. 压力和粘度的关系 当施加于液体中的压力增大时, 其分子间的距离就会缩小, 因此, 液体的粘度一般都会随压力的升高而增大。

根据试验表明, 当压力不太高, 如在 30MPa 以下时, 粘度的变化不太大, 并和压力的变化几乎成线性关系。当压力很高时, 粘度将急剧增大。例如, 当压力从 0 升高到 150MPa 时, 矿物油的粘度将增大 17 倍。

粘度和压力之间的关系可用下式表示:

$$\nu_p = \nu_0 e^{bp} \quad (2-13)$$

式中: ν_p ——压力为 p 时的运动粘度;

ν_0 ——在 0.1MPa 下的运动粘度;

e ——自然对数的底, 即 $e = 2.718$;

b ——系数, 对于一般液压传动用油, $b = 0.02-0.03$;

p ——液体的压力 (MPa)。

在实际应用中, 当液压传动中采用矿物油, 其压力在 $0-50\text{MPa}$ 范围内时, 可用下式计算油液的粘度:

$$\nu_p = \nu_0 (1 + 0.03p) \quad (2-14)$$

式中: p ——液体的压力 (MPa)

压力在 5MPa 以下时, 由压力所引起的粘度变化可以忽略不计。

3. 温度和粘度的关系 液压系统中使用的矿物油, 其温度对粘度的影响很敏感。当温度升高时, 油液的粘度便会显著地降低。油液粘度的变化会直接影响到液压系统的性能和