



应用型数控、模具专业基础课系列教材

# 液压与气压传动

盛永华 / 主 编

Yeya \* Yu  
Qiya Chuandong

华中科技大学出版社

<http://press.hust.edu.cn>

应用型数控、模具专业基础课系列教材

# 液压与气压传动

主 编 盛永华  
副主编 王 霞  
参 编 赵 瑾 姜全新

华中科技大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

液压与气压传动/盛永华 主编

武汉:华中科技大学出版社,2005年9月

ISBN 7-5609-3434-X

I. 液…

II. ①盛… ②王…

III. 液压传动-高等学校-教材;气压传动-高等学校-教材

IV. TH13

**液压与气压传动**

**盛永华 主编**

责任编辑:钟 珊

封面设计:刘 卉

责任校对:陈 骏

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×960 1/16

印张:12.5

字数:215 000

版次:2005年9月第1版

印次:2005年9月第1次印刷

定价:18.80元

ISBN 7-5609-3434-X/TH·142

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

# 前 言

随着电子技术和计算机技术的迅速发展,液压与气动技术在各行各业都得到了广泛的应用。与微电子、计算机技术相结合后,液压与气动技术已发展成为包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化技术。因此,液压与气动技术是实现工业自动化的一种重要手段,具有广阔的发展前景。

本书是为了适应我国高职高专教育的需要而编写的。编者根据高职高专机电专业的培养目标,以社会需求为出发点,以技术应用能力的培养为主线,力求使教材由单一学科型向综合型转变,实现理论与实践、知识与技能的综合。在编写时遵循了“少而精”的原则,并尽力做到通俗易懂,便于自学。

本书主要讲述液压与气压传动的基础知识,液压与气动元件的结构及工作原理,液压与气压的基本回路,气源装置,液压与气压传动系统实例,液压与气压传动系统的设计及液压与气压传动系统的安装、调试、故障分析与排除等内容。

本书在编写过程中,着重考虑了以下几个关系:

(1) 液压与气压 在内容编排上,以液压为主线,并使液压与气压有机结合,共性问题触类旁通,避免重复,科学地处理传统内容与新技术内容的关系;

(2) 理论与实践 着重反映基本理论在现代工业技术上的应用,编写了系统安装、调试、使用维护和故障分析及排除等内容;

(3) 促进教学方法改革 每章给出要重点掌握的知识点,以调动学生学习的积极性,启迪学生的科学思维。

本书由荆门职业技术学院的盛永华、王霞、赵瑾、姜全新编写,由盛永华担任主编。由于编者水平有限,书中难免存在错误,敬请各位同仁批评指正。

编者

2005年4月

# 目 录

|                     |      |
|---------------------|------|
| 绪论                  | (1)  |
| 0.1 液压与气压传动的工作原理    | (1)  |
| 0.2 液压与气压传动系统的组成    | (4)  |
| 0.3 液压与气压传动的优缺点     | (5)  |
| 0.4 液压与气压传动技术的应用和发展 | (6)  |
| 第1章 工作介质            | (7)  |
| 1.1 流体的主要物理性质       | (7)  |
| 1.2 空气的基本性质         | (10) |
| 1.3 液压油的性能要求与选用     | (11) |
| 第2章 流体力学基础          | (15) |
| 2.1 流体静力学基础         | (15) |
| 2.2 流体动力学基础         | (18) |
| 2.3 流体流动时的压力损失      | (23) |
| 2.4 流体流经孔口和缝隙的流量    | (25) |
| 2.5 液压冲击和空穴现象       | (29) |
| 第3章 液压动力元件和液压执行元件   | (31) |
| 3.1 液压泵和液压马达概述      | (31) |
| 3.2 齿轮泵             | (34) |
| 3.3 叶片泵             | (37) |
| 3.4 柱塞泵             | (43) |
| 3.5 液压泵常见故障及其排除方法   | (46) |
| 3.6 液压泵的选用          | (48) |
| 3.7 液压马达            | (48) |
| 3.8 液压缸             | (50) |
| 3.9 液压缸的设计          | (53) |
| 第4章 液压控制元件          | (60) |
| 4.1 液压控制元件的作用和分类    | (61) |
| 4.2 方向控制阀           | (61) |
| 4.3 压力控制阀           | (67) |

|             |                        |              |
|-------------|------------------------|--------------|
| 4.4         | 流量控制阀 .....            | (74)         |
| 4.5         | 其他液压阀及其应用 .....        | (78)         |
| <b>第5章</b>  | <b>辅助装置 .....</b>      | <b>(82)</b>  |
| 5.1         | 蓄能器 .....              | (82)         |
| 5.2         | 过滤器 .....              | (85)         |
| 5.3         | 油箱 .....               | (87)         |
| 5.4         | 热交换器 .....             | (89)         |
| 5.5         | 密封装置 .....             | (91)         |
| 5.6         | 油管与管接头 .....           | (93)         |
| <b>第6章</b>  | <b>液压基本回路 .....</b>    | <b>(96)</b>  |
| 6.1         | 速度控制回路 .....           | (96)         |
| 6.2         | 方向控制回路 .....           | (109)        |
| 6.3         | 压力控制回路 .....           | (111)        |
| 6.4         | 多缸动作回路 .....           | (116)        |
| <b>第7章</b>  | <b>典型液压系统 .....</b>    | <b>(119)</b> |
| 7.1         | 组合机床动力滑台液压系统 .....     | (119)        |
| 7.2         | 液压机液压系统 .....          | (122)        |
| 7.3         | Q2-8型汽车起重机液压系统 .....   | (124)        |
| 7.4         | 液压系统常见故障及其排除方法 .....   | (128)        |
| <b>第8章</b>  | <b>液压系统的设计计算 .....</b> | <b>(130)</b> |
| 8.1         | 液压传动系统的设计 .....        | (130)        |
| 8.2         | 液压系统设计计算实例 .....       | (134)        |
| <b>第9章</b>  | <b>气源装置及辅助元件 .....</b> | <b>(143)</b> |
| 9.1         | 气源装置 .....             | (143)        |
| 9.2         | 其他辅助元件 .....           | (150)        |
| <b>第10章</b> | <b>气动执行元件 .....</b>    | <b>(154)</b> |
| 10.1        | 气缸 .....               | (154)        |
| 10.2        | 气马达 .....              | (158)        |
| <b>第11章</b> | <b>气动基本回路 .....</b>    | <b>(162)</b> |
| 11.1        | 方向控制回路 .....           | (162)        |
| 11.2        | 压力控制回路 .....           | (163)        |
| 11.3        | 速度控制回路 .....           | (164)        |
| 11.4        | 其他回路 .....             | (165)        |
| <b>第12章</b> | <b>气压传动系统设计 .....</b>  | <b>(167)</b> |

---

|             |                                 |              |
|-------------|---------------------------------|--------------|
| 12.1        | 气动顺序控制回路设计 .....                | (167)        |
| 12.2        | 气动系统设计实例 .....                  | (171)        |
| <b>第13章</b> | <b>气压传动系统的安装、调试及其故障分析 .....</b> | <b>(175)</b> |
| 13.1        | 气压传动系统的安装与调试 .....              | (175)        |
| 13.2        | 气压系统主要元件的常见故障及其排除方法 .....       | (178)        |
| <b>附录A</b>  | <b>液压及气压传动元件图形符号 .....</b>      | <b>(184)</b> |
| <b>参考文献</b> | <b>.....</b>                    | <b>(191)</b> |

# 绪 论

液压与气压传动技术是机电领域发展速度最快的技术之一。特别是近年来,随着机电一体化技术的发展,液压与气压传动技术向更广阔的领域渗透。它是实现工业自动化的一种重要手段,具有广阔的发展前景。

液压与气压传动是以流体(液压油或压缩空气)为工作介质进行能量传递和控制的一种传动形式。它利用各种元件组成不同功能的基本回路,再由若干个基本回路有机地组合成能完成一定控制功能的传动系统来进行能量的传递、转换和控制,以满足机电设备对各种运动和动力的要求。

## 0.1 液压与气压传动的工作原理

### 0.1.1 液压传动的工作原理

#### 1. 液压千斤顶

液压传动与气压传动的基本工作原理是相似的,现以图 0-1 所示的液压千斤顶为例,简述液压传动的工作原理。由图 0-1 可见,大缸体 9 和大活塞 8 组成举升缸,杠杆手柄 1、小缸体 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,小活塞下腔容积增大,形成局部真空,于是油箱 12 中的油液在大气压力的作用下,通过吸油管 5 推开单向阀 4 进入小活塞下腔(此时单向阀 7 关闭),即手动液压泵吸油。当用力压下手柄时,小活塞下移,其下腔的密封容积减小,油压升高,单向阀 4 关闭,单向阀 7 打开,下腔的油液经管道 6 进入大缸体 9 的下腔,迫使大活塞 8 向上移动一段距离,举起重物,即完成一次压油动作。当再次提起手柄吸油时,举升缸下腔的压力油将力图倒流入手动液压泵内,但此时单向阀 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。不断地往复提、压手柄,就能不断地把油液压入举升缸下腔,使重物逐渐升起,达到起重的目的。当工作完毕,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 12,大活塞在重物和自重作用下向下移动,回到初始位置。

由液压千斤顶的工作过程可知,小缸体 2 与单向阀 4 和 7 一起完成吸油与压油,将杠杆的机械能转换为油液的压力能输出,它们组成了一个(手动)液压泵。大

缸体9将油液的压力能转换为机械能输出,顶起重物,称为执行元件(液压缸)。在这里,大、小液压缸组成了最简单的液压传动系统,实现了运动和动力的传递。

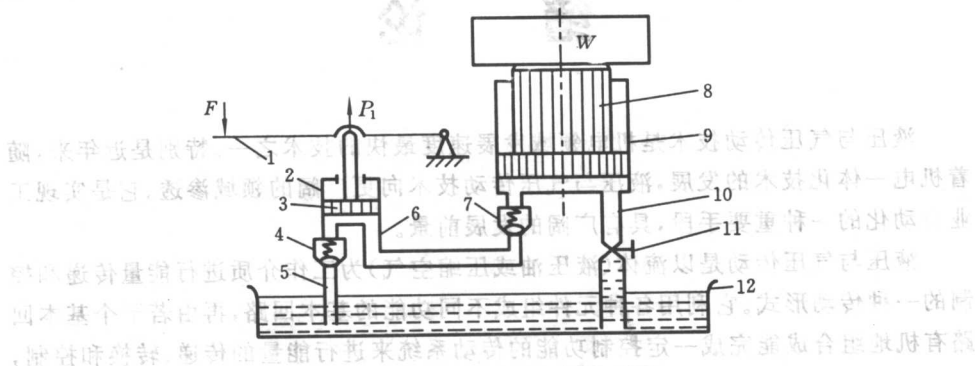


图0-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—杠杆手柄;2—小缸体;3—小活塞;4,7—单向阀;5—吸油管;6,10—管道;  
8—大活塞;9—大缸体;11—截止阀;12—油箱

## 2. 机床工作台的液压传动系统

图0-2(a)为机床工作台液压系统结构原理图。该系统由油箱1、过滤器2、液压泵3、溢流阀4、换向阀5、节流阀6、换向阀7、液压缸8以及连接这些元件的油管、接头等组成。

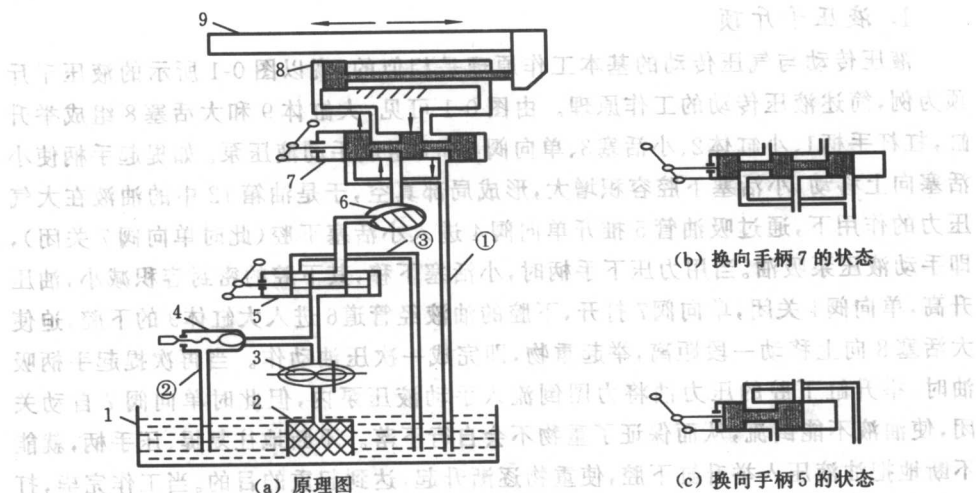


图0-2 机床工作台液压系统结构原理图

- 1—油箱;2—过滤器;3—液压泵;4—溢流阀;5,7—换向阀;  
6—节流阀;8—液压缸;9—工作台

该系统的工作原理是：电动机驱动液压泵旋转，从油箱经过滤器吸油，泵输出的压力油→换向阀5→节流阀6→换向阀7→液压缸8左腔，推动活塞而使工作台9向右运动。这时液压缸8右腔的油液→换向阀7→回油管①→油箱1。如果将换向阀手柄7转换成图0-2(b)所示状态，则压力油→换向阀7→液压缸8右腔，推动活塞而使工作台向左运动，并使液压缸8左腔油液→换向阀7→回油管①→油箱1。

工作台的运动速度是由节流阀6来调节的。改变节流阀的开口大小，可以改变压力油进入液压缸8的流量，从而控制液压缸活塞的运动速度。

为了克服推动工作台时受到的各种阻力，液压缸必须产生一个足够大的推力，而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，缸中的油液压力就越高；阻力小，压力就低。这就说明了液压传动的一个基本原理，即压力取决于负载。

溢流阀的作用是调节和稳定系统的最大工作压力，并溢出定量泵多余的油液。当工作台工作进给时，液压缸活塞需要克服大的负载并作慢速运动，因此，进入液压缸的压力油必须有足够的稳定压力才能推动活塞带动工作台运动。调节溢流阀的弹簧力，使之与液压缸最大负载力相平衡。当系统压力升高到稍大于溢流阀的弹簧力时，溢流阀便打开，将定量泵输出的部分油液经油管②溢回油箱。这时系统压力不再升高，工作台保持稳定的低速运动。当工作台快速退回时，因负载小、所需压力低，溢流阀关闭，泵的流量全部进入液压缸，工作台则实现快速运动。

如果将换向阀5手柄转换成图0-2(c)所示状态，则液压泵输出的压力油→换向阀5→回油管③→油箱。这时工作台停止运动，系统处于卸荷状态。

图0-3所示为机床工作台液压系统的图形符号图。结构式原理图直观性好，容易理解，但图形复杂，绘制困难。为了简化系统图，目前各国均用元件的图形符号来绘制液压和气压系统图。这些符号只表示元件的职能及连接通路，而不表示其结构和性能参数。目前我国的液压与气压系统图采用GB/T 786.1—1993所规定的图形符号绘制。

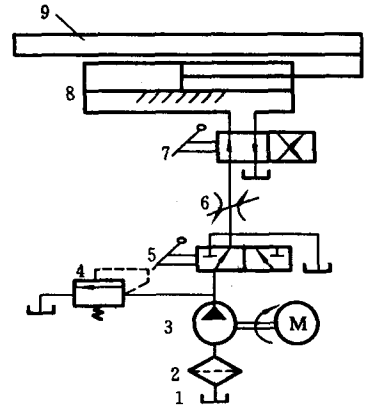


图0-3 机床工作台液压系统的图形符号图

## 0.1.2 气压传动的工作原理

图0-4为气动剪切机的工作原理图及图形符号图。图示位置为剪切前的预备状态，空气压缩机1输出的压缩空气→冷却器2→油水分离器3(降温及初步净化)

→储气罐4(备用)→分水滤气器5(再次净化)→减压阀6→油雾器7→气控换向阀9→气缸10。此时换向阀A腔的压缩空气将阀芯推到上位,使气缸上腔充压,活塞处于下位,剪切机的剪口张开,处于预备工作状态。

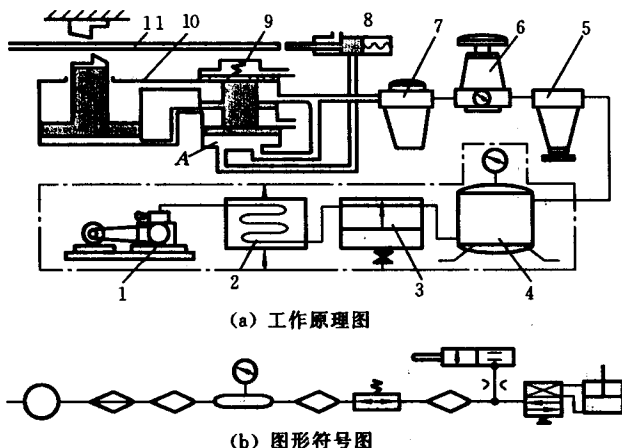


图 0-4 气动剪切机的工作原理图及图形符号图

1—空气压缩机;2—冷却器;3—油水分离器;4—储气罐;5—分水滤气器;  
6—减压阀;7—油雾器;8—行程阀;9—气控换向阀;10—气缸;11—工料

当送料机构将工料11送入剪切机并到达规定位置时,工料将行程阀8的阀芯向右推动,换向阀A腔经行程阀8与大气相通,换向阀阀芯在弹簧的作用下移到低位,将气缸上腔与大气连通,下腔与压缩空气连通。此时活塞带动剪刀快速向上运动将工料切下。工料被切下后,即与行程阀脱离,行程阀阀芯在弹簧作用下复位,将排气口封死,换向阀A腔压力上升,阀芯上移,使气路换向。气缸上腔进压缩空气、下腔排气,活塞带动剪刀向下运动,系统又恢复到图示预备状态,待第二次进料剪切。

综上所述,液压泵(压缩机)将电动机的机械能转换为流体的压力能,然后通过液压缸或液压马达(气缸或气马达)将流体的压力能再转换为机械能以推动负载运动。液压与气压传动的过程为

机械能——→液体压力能——→机械能  
(电动机) (液压泵、空压机)、液压(气)缸、液压(气)马达

## 0.2 液压与气压传动系统的组成

液压与气压传动系统主要由以下几部分组成。

① 能源装置:把机械能转换成流体的压力能装置。一般常见的是液压泵或空气压缩机。

② 执行元件:把流体的压力能转换成机械能的装置。它可以是作直线运动的液压缸或气缸,也可以是作回转运动的液压马达或气马达。

③ 控制调节元件:对系统中液体压力、流量和流动方向进行控制和调节的装置,如溢流阀、流量阀、换向阀等。

④ 辅助元件:保证系统正常工作所需的上述三部分以外的装置,如油箱、过滤器、分水滤气器、油雾器、消声器、蓄能器、管件等。

⑤ 传动介质:传递能量的流体,即液压油或压缩空气。

### 0.3 液压与气压传动的优缺点

与机械传动和电力拖动系统相比,液压与气压传动具有以下优缺点。

#### 1. 液压与气压传动的优点

① 液压与气压传动元件的布置不受严格的空間位置限制,布局安装灵活,可构成复杂系统。

② 在运行过程中可实现无级调速,调速范围大。

③ 操作控制方便、省力,易于实现自动控制,与电气、电子控制结合,易于实现自动工作循环和自动过载保护。

④ 液压与气压传动元件已标准化、系统化和通用化,便于系统的设计、制造和推广使用。

#### 2. 液压与气压传动的缺点

① 在传动过程中,能量需经两次转换,故传动效率低。

② 由于传动介质的可压缩性和泄漏等因素的影响,其传动不能保证严格的传动比。

③ 液压元件制造精度高,系统故障不易查找。

#### 3. 液压传动与气压传动的各自特点

##### (1) 液压传动

① 液压传动可采用很高的压力(一般可达 32 MPa 或更高),故可输出更大的动力。在同等输出功率的情况下,液压传动装置体积小、重量轻、惯性小、动态性能好。

② 运动平稳,反应快。

③ 采用油液作工作介质,能自行润滑,故使用寿命长,但有油液污染。

④ 油液在管路中流动压力损失较大,故不宜作远距离传动。

⑤ 液压传动对油温的变化较敏感,不宜在低温、高温和温度变化很大的环境中工作。

## (2) 气压传动

① 工作介质是空气,取之不尽、用之不竭,成本低,用后排入大气不污染环境。

② 气体在管路中流动压力损失小,适用于集中供气和远距离输送。

③ 压缩空气的压力较低,一般用于输出动力较小的场合。

④ 空气可压缩性大,气压传动稳定性差。

总的来说,液压与气压传动的优点是主要的,其缺点将随着科学技术的发展不断得到克服。例如,将液压传动、气压传动、电力传动、机械传动合理地联合使用,构成气-流、电-液(气)、机-液(气)等联合传动,以进一步发挥各自的优点,弥补某些不足,因此,在工程实际中得到了广泛应用。

## 0.4 液压与气压传动技术的应用和发展

液压传动因具有结构简单、体积小、重量轻、反应速度快、输出力大、可方便地实现无级调速、易实现频繁换向、易实现自动化等优点,在机床、工程机械、矿山机械、压力机械和航空工业等领域得到广泛应用。气压传动因具有操作方便、无油、无污染、防火、防电磁干扰、抗振动、抗冲压等优点,在电子工业、包装机械、印染机械、食品机械等领域应用广泛。

随着液压机械自动化程度的不断提高,液压元件数量急剧增加,元件小型化、系统集成化是必然的发展趋势。特别是近年来,机电技术的迅速发展,液压技术与传感技术、微电子技术密切结合,出现了许多新型元件,如电液比例阀、数字阀、电液伺服液压缸等。机(液)电一体化元器件,使液压技术正向高压、大功率、节能高效、低噪声、长寿命、高集成化等方面发展。同时,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)、计算机实时控制也是当前液压技术的发展方向。

当今气动技术已发展成包括传动、控制与检测在内的自动化技术,它作为柔性制造系统(FMS),在包装设计、自动生产线和机器人等方面成为不可缺少的重要手段。由于工业自动化技术的发展,气动控制技术以提高系统的可靠性、降低总成本为目标,研究和开发系统控制技术和机、电、液、气综合技术。显然,气动元件的微型化、节能化、无油化、位置控制高精度化以及与电子相结合的应用元件是当前的发展特点和研究方向。

# 第1章 工作介质

液压传动的工作介质是液体,最常用的是液压油。此外还有乳化型传动液、合成型传动液等。气压传动的工作介质是空气。

本章主要讲述工作介质的物理性质、液压和气压传动对工作介质的要求与选用。

本章重点:

- ① 液压油的物理性质;
- ② 液压油的选用;
- ③ 空气的基本性质及气压传动系统对工作介质的要求。

## 1.1 流体的主要物理性质

### 1.1.1 密度

密度是单位体积流体的质量,通常用 $\rho(\text{kg}/\text{m}^3)$ 表示,即

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

式中: $m$  为流体的质量(kg); $V$  为流体的体积( $\text{m}^3$ )。

矿物油型液压油的密度随温度的上升而有所减小,随压力的提高而稍有增大,但变动值很小,可忽略不计。常用液压油的密度为 $900 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

### 1.1.2 粘性

#### 1. 粘性的意义

流体在外力作用下流动(或有流动趋势)时,分子间的内聚力阻止分子相对运动而产生一种内摩擦力,这种现象叫流体的粘性。流体只有在流动(或有流动趋势)时才会呈现出粘性,静止流体是不呈现粘性的。

粘性使流动流体内部各处的速度不相等,以图 1-1 为例,若两平行板间充满流体,下平板不动,而上平板以速度 $v_0$ 向右平动。由于流体的粘性,使紧靠下平板和上平板的流体层速度分别为 0 和 $v_0$ ,而中间各流层的速度则从上到下按递减规律,

呈线性分布。

实验测定表明,流体流动时相邻层间的摩擦力 $F$ 与流层接触面积 $A$ 、流层间相对运动的速度梯度 $dv/dy$ 成正比。

$$F = \mu A \frac{dv}{dy} \quad (1-2)$$

式中: $\mu$ 是比例常数,称为动力粘度。若以 $\tau$ 表示内摩擦切应力,即单位面积上的内摩擦力,则

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{dv}{dy} \quad (1-3)$$

这就是牛顿流体内摩擦定律。

## 2. 流体的粘度

流体粘性的大小用粘度来表示,常用的粘度有三种,即动力粘度、运动粘度和相对粘度。

### (1) 动力粘度 $\mu$

流体在单位速度梯度下流动时,流动层间单位面积上产生的内摩擦力,单位为 $\text{N} \cdot \text{m}/\text{m}^2$ 或 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒)。

### (2) 运动粘度

$$\nu = \mu/\rho$$

单位为 $\text{m}^2/\text{s}$ 。运动粘度 $\nu$ 无明确的物理意义,但ISO规定统一采用运动粘度来标志流体粘度,液压油的牌号就是采用液压油在 $40^\circ\text{C}$ 时的运动粘度的中心值。

### (3) 相对粘度

相对粘度又称条件粘度,由于测量仪器和条件不同,各国相对粘度的含义也不同,如美国采用赛氏粘度(SSU),英国采用雷氏粘度(R),而我国、德国和俄罗斯等国用恩氏粘度 $^\circ\text{E}$ 。

恩氏粘度 $^\circ\text{E}$ 用恩氏粘度计测定,即将200 mL被测液体装入粘度计的容器内,容器周围充水,电热器通过水使液体均匀升温到温度 $T(^{\circ}\text{C})$ ,液体由容器底部直径为2.8 mm的小孔流尽所需要的时间 $t_1(\text{s})$ 和同体积蒸馏水在 $20^\circ\text{C}$ 时流过同一小孔所需时间 $t_2(\text{s})$ (通常平均值 $t_2=51\text{ s}$ )的比值,称为被测液体在这一温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 的恩氏粘度 $^\circ\text{E}$ ,即

$$^\circ\text{ET} = \frac{t_1}{t_2} \quad (1-4)$$

恩氏粘度与运动粘度( $\text{m}^2/\text{s}$ )的换算关系为

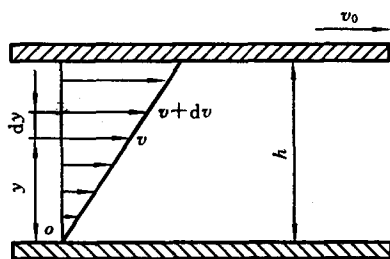


图 1-1 液体的粘性示意图

当  $1.35 < ^\circ E < 3.2$  时

$$\nu = \left( 8^\circ E - \frac{8.64}{^\circ E} \right) \times 10^{-6} \quad (1-5)$$

当  $^\circ E > 3.2$  时

$$\nu = \left( 7.6^\circ E - \frac{4}{^\circ E} \right) \times 10^{-6} \quad (1-6)$$

#### (4) 调合油的粘度

当油液产品的粘度不符合要求时,可将同一型号两种粘度不同的油按适当的比例混合起来使用,配成调合油。调合油的粘度可用下面经验公式计算

$$^\circ E = \frac{a_1^\circ E_1 - a_2^\circ E_2 - c(^\circ E_1 - ^\circ E_2)}{100} \quad (1-7)$$

式中:  $^\circ E_1$ 、 $^\circ E_2$  分别为混合前两种油液的恩氏粘度,取  $^\circ E_1 > ^\circ E_2$ ;  $^\circ E$  为调合油的恩氏粘度;  $a_1$ 、 $a_2$  分别为两种油液所占的体积百分数 ( $a_1 + a_2 = 100\%$ );  $c$  为实验系数,见表 1-1。

表 1-1 实验系数  $c$  的值

|            |     |      |      |      |      |      |      |    |    |
|------------|-----|------|------|------|------|------|------|----|----|
| $a_1/(\%)$ | 10  | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80 | 90 |
| $a_2/(\%)$ | 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 |

### 3. 粘度与温度的关系

液压油粘度对温度的变化十分敏感,如图 1-2 所示,温度升高,粘度下降。这种油液粘度随温度变化的性质称为粘温特性。不同种类的液压油有不同的粘温特性,

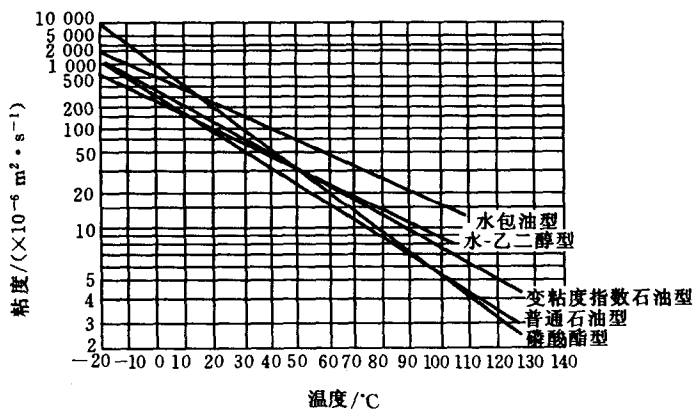


图 1-2 粘度和温度的关系

由图可见,温度对液压油粘度影响较大,必须引起重视。

液体的粘温特性常用粘度指数 $\nu_i$ 来度量,粘度指数 $\nu_i$ 值越大,说明油液粘度随温度的变化率越小,即粘温特性越好。

一般要求工作介质的粘度指数 $\nu_i$ 值应在90以上。当液压系统的工作温度范围较大时,应选用粘度指数较高的工作介质。几种典型工作介质的粘度指数列于表1-2中。

表 1-2 典型工作介质的粘度指数

| 介质种类          | 粘度指数 | 介质种类          | 粘度指数    |
|---------------|------|---------------|---------|
| 普通液压油 L-HL    | 90   | 高含水液压油 L-HFAE | ≈130    |
| 抗磨液压油 L-HM    | ≥95  | 油包水乳化液 L-HFB  | 130~170 |
| 低温液压油 L-HV    | 130  | 水-乙二醇液 L-HFC  | 140~170 |
| 高粘度指数液压油 L-HR | ≥160 | 磷酸酯液 L-HFDR   | -31~170 |

### 1.1.3 流体的可压缩性

流体受压力作用而使其体积发生变化的性质,称为流体的可压缩性。一般,液压系统压力不高时,液体的可压缩性很小,而在压力变化很大的高压系统中,就必须考虑液体可压缩性的影响。而气体的可压缩性比液体要大得多。当液体混入空气时,其可压缩性将显著增加,并将严重影响液压系统的工作性能,因此在液压系统中应使油液中的空气含量减少到最低限度。

## 1.2 空气的基本性质

### 1.2.1 空气的湿度

自然界中的空气是由多种成分组成的,其中78%是氮气( $N_2$ )、21%是氧气( $O_2$ )、1%为其他气体。此外,空气中常含有一定量的水蒸气,含有水蒸气的空气称为湿空气,不含有水蒸气的空气称为干空气。大气中的空气基本上都是湿空气。在一定温度下,含水蒸气越多,空气就越潮湿。当温度下降时,空气中水蒸气的含量降低。

空气作为传动介质,其干湿程度对传动系统的稳定性和寿命有直接影响。因此,各种元件对空气的含水量有明确规定,常采取一些措施滤除空气中的水分。