

Yeya  
Jing Chuan  
Xiti  
Yu Xuan  
Jie

重庆大学 何大猷 金有仙 杨 强 编著

# 液压传动习题与选解

科学技术文献出版社重庆分社

# 液压传动习题与选解

重庆大学 何大钧 金有仙 徐霖 编著

科学技术文献出版社重庆分社

---

# 液压传动习题与选解

何秉钧 金有仙 徐 霖 编著

责任编辑: 胡席儒

---

科学技术文献出版社重庆分社

重庆市市中区胜利路132号

全国各地新华书店经销  
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂 印刷

---

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 12.125 字数: 26万

1987年10月第1版

1987年10月第1次印刷

科技新书目: 155—347

印数 8000

---

ISBN 7-5023-0129-1/TH·14

统一书号: 15176·746

定价: 2.80元

604/8/29

## 前言

液压传动具有许多其它传动方式所没有的独特优点，因此发展十分迅速，应用十分广泛，特别是在工程机械、锻压机械、金属切削机床、采掘设备、农业机械等机械制造和国防工业部门。为了配合学习液压传动课程及实际应用液压技术的需要，使液压技术在国民经济中发挥更大的作用，编写了这本《液压传动习题与选解》。全书共十四章，包括基本公式复习、思考题、习题和习题选解四个部分，总计561道题，其中思考题233道，习题328道，另加习题选解117道。这些题既结合教学和生产实际，又适当反映了液压技术的新发展，有助于读者通过练习，掌握和巩固所学的液压传动基础理论知识，并了解生产实际。

本书对高等院校及中等专业学校机械类专业或近机构类专业师生，以及从事液压技术的工程技术人员均有参考价值。

本书由重庆大学何大钧编写第一、二、三、四、八、十四章，金有仙编写第五、六、七、十、十一、十二章，徐霖编写第九、十三章。

全书承贾鹏光和唐中一主审，在此表示衷心感谢。

工作冗繁，加之编者水平有限，书中难免不出现一些缺点和错误，恳请读者批评指正。

编者 一九八六年九月

# 目 录

## 第一章 绪 论.....(1)

### 思考题..... (1)

## 第二章 液压流体力学基础.....(2)

### 一、基本公式复习..... (2)

### 二、思考题..... (10)

### 三、习题..... (12)

### 四、习题选解..... (38)

## 第三章 液压泵和液压马达.....(67)

### 一、基本公式复习..... (67)

### 二、思考题..... (71)

### 三、习题..... (75)

### 四、习题选解..... (96)

## 第四章 控制阀.....(114)

### 一、思考题.....(114)

### 二、习题.....(118)

### 三、习题选解.....(142)

## 第五章 液压缸..... (156)

一、基本公式复习.....(156)

二、思考题.....(164)

三、习题.....(165)

四、习题选解.....(173)

## 第六章 辅助装置..... (184)

一、基本公式复习.....(184)

二、思考题.....(189)

三、习题.....(190)

四、习题选解.....(194)

## 第七章 基本回路..... (207)

一、思考题.....(207)

二、习题.....(209)

三、习题选解.....(225)

## 第八章 液压逻辑回路..... (239)

一、基本公式复习.....(239)

二、思考题.....(239)

三、习题.....(239)

四、习题选解.....(247)

## 第九章 液压元件及回路的动态特性...(265)

一、基本公式复习.....(265)

二、思考题.....(271)

三、习题.....(272)

四、习题选解.....(281)

## 第十章 液压伺服系统..... (286)

一、思考题.....(286)

二、习题.....(287)

三、习题选解.....(290)

## 第十一章 典型液压系统..... (294)

一、思考题.....(394)

二、习题.....(294)

三、习题选解.....(303)

## 第十二章 液压系统设计计算..... (310)

一、思考题.....(310)

二、习题.....(310)

三、习题选解.....(316)

## 第十三章 液压系统的计算机数字仿真

..... (334)

一、基本概念..... (334)

二、FLUID POWER AND CONTROL SYSTEM  
STIMULATION——FPS简介..... (335)

三、习题..... (336)

四、习题选解..... (340)

五、附录..... (349)

## 第十四章 液压系统的使用、维护与故障

分析..... (370)

一、思考题..... (370)

二、习题..... (370)

三、习题选解..... (375)

# 第一章 绪 论

## 思考题

- 1-1 何谓液压传动？液压传动有哪些工作特性？
- 1-2 液压传动有哪些基本组成部份？试说明各组成部份的作用？
- 1-3 液压传动与机械传动、电气传动相比有哪些优缺点？
- 1-4 液压系统图中元件的表示方法有哪几种？为何通常都采用职能符号（GB786-76）法？

## 第二章 液压流体力学基础

### 一、基本公式复习

#### (一) 液体的密度、重度和比重

##### 1. 密度 $\rho$

某流体在某一点的密度

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV}$$

$\Delta m$ ——某流体微团的质量

$\Delta V$ ——某流体微团的体积

对均质流体，设其体积 $V$ 中的质量为 $m$ ，则流体的密度 $\rho$ 为：

$$\rho = \frac{m}{V}$$

##### 2. 重度 $\gamma$

将密度公式中质量 $\Delta m$ 、 $m$ 分别换成重量 $\Delta G$ 、 $G$ ，则可得流体的重度

$$\gamma = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta G}{\Delta V} = \frac{dG}{dV}$$

对均质流体

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

式中  $g$ ——重力加速度

##### 3. 比重 $D$

$$D = \frac{G_1}{G_2}$$

式中  $G_1$ ——一定体积的某种均质流体的重量  
 $G_2$ ——标准大气压下，4℃时同体积蒸馏水的重量  
 $D$ ——比重，为无因次量

## (二) 液体的粘度

### 1. 动力粘度 $\mu$

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy}$$

式中  $\tau$ ——接触液层间单位面积上的内摩擦力，即切应力  
 $du/dy$ ——速度梯度，即液层相对速度对液层距离的变化率

### 2. 运动粘度 $\nu$

$$\nu = \mu / \rho, \quad \nu_t = \nu_0 e^{\alpha p - \lambda(t - t_0)}$$

式中  $\mu$ ——动力粘度

$\rho$ ——密度

$\nu_t$ ——温度为 $t$ 、压力为 $p$ 时的粘度

$\nu_0$ ——温度为 $t_0$ 、压力为1大气压时的粘度

$\lambda$ ——油液的粘温系数；对矿物油系的液压油来说， $\lambda$   
 $= 0.018 \sim 0.036^\circ\text{C}^{-1}$

$\alpha$ ——粘压系数， $\alpha \approx \frac{1}{432} \times 10^{-5} \text{帕}^{-1}$

### 3. 相对粘度

相对粘度是在规定条件下使用特定的粘度计直接测量的粘度。

用恩氏粘度计测量的恩氏粘度 $^\circ\text{E}$ 为

$$E_t = \frac{t_1}{t_2}$$

式中  $t_1$ ——200毫升的被测液体在温度为 $t$ 时流尽的时间  
 $t_2$ ——200毫升蒸馏水在温度为  $20^\circ\text{C}$ 时流尽的时间，  
 一般为51秒

运动粘度与恩氏粘度的换算关系为

$$\nu = (7.31^\circ E - 6.31/^\circ E) \times 10^{-6} \text{ (米}^2\text{/秒)}$$

### (三) 体积压缩系数 $k$ 和体积弹性系数 $K$

#### 1. 体积压缩系数 $k$

$$k = -\frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V}$$

式中  $\Delta V$ ——液体受压力作用后体积的变化值  
 $\Delta p$ ——液体压力的变化值  
 $V$ ——液体在压缩前的体积

#### 2. 体积弹性系数 $K$

$$K = \frac{1}{k} = -\Delta p \frac{V}{\Delta V}$$

### (四) 重力作用下，静止液体中的压力分布

$$p = p_0 + \gamma h$$

式中  $p$ ——离液面深度 $h$ 处液体的压力  
 $p_0$ ——液面上的压力  
 $\gamma$ ——液体重度

### (五) 静止液体内压力的传递

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

式中  $F_1$ ——面积为 $A_1$ 上作用的力  
 $F_2$ ——面积为 $A_2$ 上作用的力

$p$ ——液体压力

### (六) 连续性方程

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2 = Av = \text{const}$$

式中  $Q$ ——流量

$v_1$ ——面积为  $A_1$  断面处的流速

$v_2$ ——面积为  $A_2$  断面处的流速

$v$ ——面积为  $A$  断面处的流速

### (七) 伯努利方程 (恒定流动)

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w$$

式中  $Z_1$ 、 $Z_2$ ——分别为1-1断面、2-2断面处的位置高度

$p_1$ 、 $p_2$ ——分别为1-1断面、2-2断面处的动压力

$v_1$ 、 $v_2$ ——分别为1-1断面、2-2断面处的平均流速

$\gamma$ ——液体的重度

$h_w$ ——单位重量液体由1-1断面流向2-2断面所损失的能量

$\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ ——1-1断面、2-2断面的动能修正系数；当为紊流时取  $\alpha = 1$ ，层流时取  $\alpha = 2$

### (八) 动量方程式

$$F_x = \frac{d}{dt} [\int_V \rho u dv] + \rho Q (\beta_2 v_{2x} - \beta_1 v_{1x})$$

式中  $v_{1x}$ 、 $v_{2x}$ ——从控制体表面流入、流出的平均速度在  $x$  轴方向上的投影

$\beta_1$ 、 $\beta_2$ ——流入、流出控制体表面的动量修正系数；层流时为  $4/3$ ，紊流时为  $1$ ，一般取  $1$

$Q$ ——流量

$\rho$ ——液体密度

$t$ ——时间

$u$ ——真实流速

$V$ ——控制体体积

上式右端第一项为瞬态液动力，第二项为稳态液动力，  
当作恒定流动时，瞬态液动力为零，于是有

$$F_x = \rho Q (\beta_2 v_{2x} - \beta_1 v_{1x})$$

必须注意，液体对壁面的作用力的大小和液动力的大小  
相同，但方向相反。

### (九) 雷诺数 $Re$

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

式中  $v$ ——液体在导管中的平均流速

$d$ ——导管直径

$\nu$ ——运动粘度

### (十) 能量损失

#### 1. 沿程能量损失 $\Delta p_l$

$$\Delta p_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma$$

式中  $\Delta p_l$ ——沿程压力损失

$\lambda$ ——沿程阻力系数；层流时理论值为  $\frac{64}{Re}$ ，实际的沿

程阻力系数更大些，如油在金属管道中流动时

须取  $\lambda = \frac{75}{Re}$ ，在橡胶软管中流动时须取  $\lambda =$

$\frac{80}{Re}$ 。紊流时，当  $3 \times 10^3 < Re < 10^5$  时，

$$\lambda = 0.3164 \text{Re}^{-0.25}$$

$l$ ——导管长度

其余符号同前

## 2. 局部能量损失 $\Delta p_c$

$$\Delta p_c = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma \quad \text{或} \quad h_c = \xi \cdot \frac{v^2}{2g}$$

式中  $\Delta p_c$ ——压力损失

$\xi$ ——局部阻力系数；它由实验得知，一般可由流体力学有关手册查出

$h_c$ ——损失水头几何高度

其余符号同前

## 3. 管道系统阻力损失 $\Delta p$

$$\Delta p = \sum \Delta p_l + \sum \Delta p_c = \sum \lambda_i \frac{l_i}{d_i} \frac{v_i^2}{2g} \gamma + \sum \xi_i \frac{v_i^2}{2g} \gamma$$

$$= \gamma h$$

$$h = \sum \lambda_i \frac{L_i}{d_i} \frac{v_i^2}{2g} + \sum \xi_i \frac{v_i^2}{2g}$$

## (十一) 孔口流量 $Q$

### 1. 薄壁小孔 ( $l/d_0 = 0.5$ )

$$Q = CA_0 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

式中  $C$ ——流量系数，由实验确定。通常在液压技术中，

$(d_0/d)^2$  总在 0.1 以下 ( $d_0$  为小孔直径， $d$  为导管收缩前的直径)，液流为完全收缩，在  $\text{Re}$  值较大时， $C$  为 0.61~0.62；当为不完全收缩时， $C$  取 0.7~0.8

$A_0$ ——小孔面积,  $A_0 = \frac{\pi}{4} d_0^2$

$l$ ——小孔长度

$\Delta p$ ——进出口压力差

其余符号同前

## 2. 细长小孔

$$Q = \frac{1}{C_e} \cdot \frac{\pi d^4}{128 \mu l} \cdot \Delta p$$

式中  $C_e$ ——进口起始段影响时的修正系数

$$C_e = 1 + \xi \cdot \frac{\text{Re}}{64} \cdot \frac{d}{l}$$

$\xi$ ——局部损失系数; 管口带圆角时  $\xi = 2.2 \sim 2.3$ , 管口带锐角时  $\xi = 2.78$

其余符号同前

## (十二) 缝隙的流量

### 1. 平行平板缝隙

$$Q = \frac{B \delta^3}{12 \mu l} \Delta p \pm \frac{B \delta}{2} \cdot v$$

式中  $v$ ——相对移动速度,  $v$ 与压力差方向一致时, 等式右边第二项取“+”, 反之为“-”

$\delta$ ——缝隙高度

$l$ ——缝隙长度

$B$ ——缝隙宽度

其余符号同前

### 2. 圆环缝隙

$$Q = \frac{\pi d \delta^3 \Delta p}{12 \mu l} (1 + 1.5 \varepsilon^2) \pm \frac{\pi d \delta v}{2}$$

式中  $\varepsilon$ ——相对偏心率,  $\varepsilon = e/\delta$ ,  $\delta = \frac{D-d}{2}$ ,  $D$ 为孔径

$e$ ——偏心距

其余符号同前

### (十三) 孔口的流量

#### 1. 圆柱滑阀阀口

$$Q = C \cdot \pi \cdot d \cdot x_v \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

式中  $C$ ——流量系数。实验表明, 当  $R_0 = 10^3$  时,  $C$  值为  $0.67 \sim 0.74$  之间; 若滑口棱边圆滑或有很小倒角时的流量系数比有锐角边时大,  $C$  一般在  $0.8 \sim 0.9$  之间

$d$ ——阀芯直径

$x_v$ ——阀的开口量

其余符号同前

#### 2. 锥阀阀口

$$Q = C \pi d_m x_v \sin \varphi \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

式中  $C$ ——流量系数。当雷诺数  $Re$  较大时,  $C$  在  $0.77 \sim 0.82$  之间; 当  $Re$  较小时,  $C = (0.01 \sim 0.1) \sqrt{Re}$

$d_m$ ——阀座平均直径,  $d_m = (d_1 + d_2)/2$ , ( $d_1, d_2$  分别为阀座大、小直径)

$\varphi$ ——阀芯半锥角

### (十四) 液压冲击压力