

“十二五”国家重点图书出版规划项目配套教材

液压传动同步辅导与 习题精解

姜继海 李晶飞 主编

YEYA CHUANDONG TONGBUFUDAO YU
XITI JINGJIE



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

“十二五”国家重点图书出版规划项目配套教材

液压传动同步辅导与习题精解

姜继海 李晶飞 主编



哈爾濱工業大學出版社

内 容 提 要

全书共分为 11 章及两个附录。1~11 章分别对应于姜继海教授主编的《液压传动》教材中每一章,包括知识点总结、例题详解、同步练习题及思考题和习题解答;附录 1 为同步练习题答案,附录 2 为考核大纲和考核内容。

本书既可作为高等院校机械类专业本科生学习液压传动课程时的配套教材,也可以作为继续教育学院和高职高专机械类专业及相近专业学生学习液压传动课程的辅助教材,还可以供相关专业工程技术人员学习液压传动技术时参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动同步辅导与习题精解/姜继海,李晶飞主编. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2017.8

ISBN 978-7-5603-6418-6

I. ①液… II. ①姜… ②李… III. 液压传动-高等学校-教学
参考资料 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 003830 号

策划编辑 黄菊英

责任编辑 范业婷 高婉秋

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江艺德印刷有限责任公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 12 字数 291 千字

版 次 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-6418-6

定 价 26.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

《液压传动同步辅导与习题精解》是姜继海和李晶飞主编的,与“十二五”国家重点图书出版规划项目“先进制造理论研究与工程技术系列”图书中《液压传动》教材配套的学习资料和辅导教材。

本书包含了《液压传动》教材课后思考题和习题的全部解题过程,同时为了便于读者自学,以教材章节为单位,安排了知识点总结、例题详解、同步练习题等几个学习环节,争取做到全面、系统、难度适中,使读者进一步理解和掌握学习内容,并应用所学知识解决实际问题。

本书在编写中注意到了以下几方面问题:

(1)结合国家有关最新标准,采用了国家标准规定的名词、术语、符号、量纲和图形符号。

(2)仔细校对了文字、插图和图形符号,并对题解进行了翔实的求解计算。

(3)除对《液压传动》中的习题和思考题进行求解外,还针对各章知识点增加了部分习题并对求解过程进行拓展,使学生更扎实地掌握所学内容,巩固课堂所学知识。

参加本书的编写人员有:姜继海(教授),哈尔滨工业大学机电工程学院流体控制及自动化系;李晶飞(讲师)、辛华(讲师),黑龙江煤炭职业技术学院机电工程系。哈尔滨工业大学机电工程学院梁海健、葛泽华在图书出版过程中做了大量工作,认真演算了书中的习题答案,并按新国家标准绘制了书中的插图。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足,敬请广大读者予以批评指正。

编 者

2016 年 12 月

目 录

第1章 概论	(1)
1.1 知识点总结	(1)
1.2 例题详解	(1)
1.3 同步练习题	(2)
1.4 思考题和习题解答	(3)
第2章 液压油液	(5)
2.1 知识点总结	(5)
2.2 例题详解	(6)
2.3 同步练习题	(9)
2.4 思考题和习题解答	(14)
第3章 液压流体力学基础	(16)
3.1 知识点总结	(16)
3.2 例题详解	(21)
3.3 同步练习题	(23)
3.4 思考题和习题解答	(26)
第4章 液压泵和液压马达	(30)
4.1 知识点总结	(30)
4.2 例题详解	(34)
4.3 同步练习题	(39)
4.4 思考题和习题解答	(48)
第5章 液压缸	(51)
5.1 知识点总结	(51)
5.2 例题详解	(54)
5.3 同步练习题	(60)
5.4 思考题和习题解答	(67)
第6章 液压控制阀	(70)
6.1 知识点总结	(70)
6.2 例题详解	(74)
6.3 同步练习题	(77)
6.4 思考题和习题解答	(84)
第7章 液压传动系统辅助元件	(88)
7.1 知识点总结	(88)
7.2 例题详解	(90)
7.3 同步练习题	(92)

7.4 思考题和习题解答	(95)
第8章 调速回路和多缸运动回路	(97)
8.1 知识点总结	(97)
8.2 例题详解	(99)
8.3 同步练习题	(106)
8.4 思考题和习题解答	(113)
第9章 典型液压传动系统	(118)
9.1 知识点总结	(118)
9.2 例题详解	(118)
9.3 同步练习题	(121)
9.4 思考题和习题解答	(127)
第10章 液压传动系统的设计和计算	(129)
10.1 知识点总结	(129)
10.2 例题详解	(132)
10.3 同步练习题	(134)
10.4 思考题和习题解答	(136)
第11章 液压伺服系统	(138)
11.1 知识点总结	(138)
11.2 例题详解	(138)
11.3 同步练习题	(139)
11.4 思考题和习题解答	(139)
附录1 同步练习题答案	(141)
附录2 考核大纲和考核内容	(181)
参考文献	(186)

第1章 概 论

1.1 知识点总结

一、液压传动特点

1. 优点

- (1) 液压传动能在较大范围内实现无级调速(调速范围可达2 000)。
- (2) 在同功率下,液压传动体积小、质量小。
- (3) 工作平稳,换向冲击小,便于实现快速制动和频繁的换向。
- (4) 易于实现过载保护,安全性好,采用矿物油作为工作介质时,自润滑性好。
- (5) 操作控制方便,便于设备实现自动化。
- (6) 液压元件的标准化、系列化和通用化程度高,便于设计、制造、使用和维修。

2. 缺点

- (1) 液压传动系统中存在的泄漏和液压油液的可压缩性,影响其传动的准确性,故不宜用于要求具有精确传动比的场合。
- (2) 液压传动系统工作过程中往往有较大的能量损失,因此传动效率不高,并且不宜做远距离传动。
- (3) 液压传动对液压油液温度变化比较敏感,不宜在较高或者较低的温度下工作。
- (4) 液压元件制造精度较高,液压传动系统工作过程中发生故障时不易诊断和排除。

二、液压传动系统的组成、工作原理和图形符号

1. 组成

液压传动系统包括工作介质(液压油液),动力元件(将机械能转换成液体压力能的元件,例如,液压泵);执行元件(将液体压力能转换成机械能的元件,例如,做直线运动的液压缸、做回转运动的液压马达);控制调节元件(例如,换向阀、溢流阀、节流阀等);辅助元件(例如,液压蓄能器、过滤器、油箱、管道等)。

2. 工作原理及图形符号

工作原理及图形符号见教材 P6 的 1.2.1 小节和 P8 的 1.2.3 小节。

1.2 例题详解

1. 液压千斤顶工作简图如图 1.1 所示。小活塞直径 $d=15\text{ mm}$,行程 $S_1=10\text{ mm}$,大活塞直径 $D=60\text{ mm}$,重物产生的力 $F_2=48\ 000\text{ N}$,手压杠杆比 $L:l=750:25$ 。试求:

- (1) 此时密封容积中的液体压力 p 是多少?
- (2) 杠杆端施加的力 F_1 为多少时,才能举起重物?
- (3) 在不计泄漏的情况下,杠杆上下动作一次,重物的上升高度 S_2 是多少?

$$\text{【解】 } (1) p = \frac{F_2}{A_2} = \frac{48\,000\text{ N}}{\frac{\pi}{4}(60 \times 10^{-3}\text{ m})^2} = 17\text{ MPa}$$

$$(2) F_2 = pA_1 = 17 \times 10^6\text{ Pa} \times \frac{\pi}{4} \times (15 \times 10^{-3}\text{ m})^2\text{ N} = 3\,004\text{ N}$$

$$F_1 = F_2 \frac{l}{L} = 3\,004\text{ N} \times \frac{25}{750} = 100\text{ N}$$

$$(3) S_2 = S_1 \frac{A_1}{A_2} = 10\text{ mm} \times \left(\frac{15\text{ mm}}{60\text{ mm}}\right)^2 = 0.625\text{ mm}$$

2. 承上题, 如果小活塞摩擦力 $F_{f1} = 175\text{ N}$, 大活塞摩擦力 $F_{f2} = 2\,000\text{ N}$, 并且杠杆上下动作一次密封容积中液体外泄 0.2 cm^3 , 问题同上题。

$$\text{【解】 } (1) p = \frac{F_2 + F_{f2}}{A_2} = \frac{48\,000\text{ N} + 2\,000\text{ N}}{\frac{\pi}{4}(60 \times 10^{-3}\text{ m})^2} = 17.69\text{ MPa}$$

$$(2) F_2 = pA_1 = 17.69 \times 10^6\text{ Pa} \times \frac{\pi}{4} \times (15 \times 10^{-3}\text{ m})^2\text{ N} = 3\,124.5\text{ N}$$

$$F_1 = (F_2 + F_{f1}) \frac{l}{L} = (3\,124.5\text{ N} + 175\text{ N}) \times \frac{25}{750} = 110\text{ N}$$

$$(3) S_2 = \frac{S_1 A_1 - 0.2\text{ cm}^3 \times 1\,000}{A_2} = 0.554\text{ mm}$$

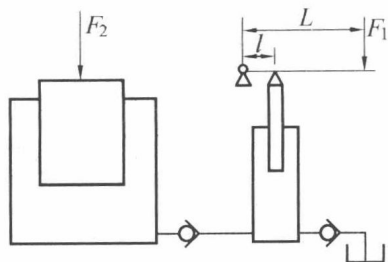


图 1.1 例题图

1.3 同步练习题

1. 液压传动系统除由液压泵、液压缸、液压阀等元件和辅助元件组成外, 还要有电动机, 而电气驱动系统只要一台电动机就行, 为什么说液压传动系统的体积小、质量小呢?

2. 在液压传动系统中两次能量转换, 一次是电动机的机械能转化为液压泵输出的液压能, 另一次是液压执行元件输入的液压能转换为其输出的机械能, 能量的转化是有损失的, 那么为什么还要使用液压传动系统呢?

3. 如图 1.2 所示,两液压缸的结构和尺寸均相同,无杆腔和有杆腔的面积分别为 A_1 和 A_2 ,两者的关系是 $A_1 = 2A_2$,两缸承受负载为 F_1 和 F_2 ,且 $F_1 = 2F_2$,液压泵流量为 q ,求并联(图 1.2(a))和串联(图 1.2(b))时,活塞的移动速度和压力是多少?

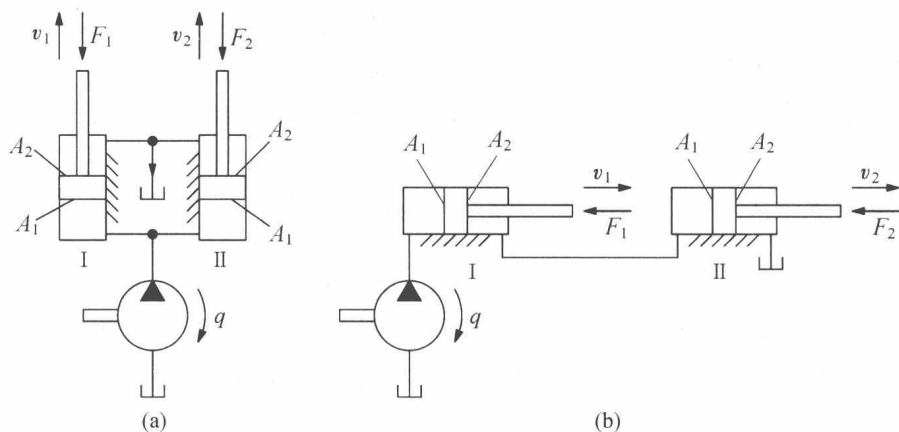


图 1.2 练习题图

1.4 思考题和习题解答

1.1 答:按照其工作原理的不同,液体传动可分为液压传动和液力传动。液压传动是利用液体的压力能来传递能量,而液力传动是利用液体的动能来传递能量。

1.2 答:利用液体压力能来传递动力的传动方式称为液压传动。液压传动所用的工作介质是液体。

1.3 答:(1)动力元件:动力元件是指能将原动机的机械能转换为液压能的元件,它是液压系统的动力源。

(2)执行元件:执行元件是将液压能转换为机械能的元件,其作用是在工作介质的推动下输出力和速度(或转矩和转速),输出一定的功率以驱动工作机构做功。

(3)控制调节元件:控制调节元件用来控制工作介质的流动方向、压力和流量,以保证液压执行元件和工作机构的工作要求。

(4)辅助元件:辅助元件是除以上元件外的其他元件,如液压蓄能器、过滤器、油箱、冷却器、管件、管接头以及各种信号转换器等。它们是一些对液压传动系统完成规定工作起辅助作用的元件,在系统中也是必不可少的,对保证系统正常工作有着重要的作用。

(5)工作介质:工作介质指用来传递能量的液体,在液压系统中通常使用液压油或液压液作为工作介质。

1.4 答:液压传动的优点有以下几点。

(1)与电动机相比,在同等体积下,液压传动能产生更大的动力,也就是说,在同等功率下,液压传动的体积小、质量小、结构紧凑,即它具有大的功率密度或力密度,力密度在这里指工作压力;

(2) 液压传动容易做到对速度的无级调节, 而且调速范围大, 并且对速度的调节还可以在工作过程中进行;

(3) 液压传动工作平稳, 换向冲击小, 便于实现频繁换向;

(4) 液压传动易于实现过载保护, 能够实现自润滑, 使用寿命长;

(5) 液压传动易于实现自动化, 可以很方便地对液体的流动方向、压力和流量进行调节和控制, 并能很容易地与电气、电子控制、机械传动或气压传动控制结合起来, 实现复杂的运动和操作;

(6) 液压元件易于实现系列化、标准化和通用化, 便于设计、制造和推广使用。

缺点有如下几点。

(1) 由于液压传动中的泄漏和液体的可压缩性使其无法保证严格的传动比;

(2) 液压传动有较多的能量损失(泄漏损失、摩擦损失等), 因此, 传动效率相对低;

(3) 液压传动装置的工作性能对油温的变化比较敏感, 不宜在较高或较低的温度下工作;

(4) 液压传动在出现故障时不易找出原因。

1.5 答: (1) 工作台向左运动时, 阀 5 处于左位, 阀 7 处于右位;

进油路线为: 油箱 1 → 过滤器 2 → 液压泵 3 → 开停阀 5 左位 → 节流阀 6 → 换向阀 7 右位 → 液压缸 9 右腔;

回油路线为: 液压缸 9 左腔 → 换向阀 7 右位 → 油箱。

(2) 工作台向右运动时, 阀 5 处于左位, 阀 7 处于左位;

进油路线为: 油箱 1 → 过滤器 2 → 液压泵 3 → 开停阀 5 左位 → 节流阀 6 → 换向阀 7 左位 → 液压缸 9 左腔;

回油路线为: 液压缸 9 右腔 → 换向阀 7 左位 → 油箱。

1.6 答: 液压系统工作压力是由溢流阀 4 来调定的; 液压缸 9 的运动速度是由节流阀 6 来调节的。当节流阀口开大时, 单位时间内进入液压缸 9 的液压油增多, 工作台的运动速度增大; 当节流阀口关小时, 单位时间内进入液压缸 9 的液压油减少, 工作台的运动速度减小。

第2章 液压油液

2.1 知识点总结

1. 液压油液的种类

液压油液分两大类,即石油基液压油和难燃液压油。

2. 液压油液的物理性质

(1) 密度和重度。

密度:单位体积液体的质量称为液体的密度,用 ρ 表示,即

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

式中 m ——质量(kg);

V ——体积(m^3)。

一般液压油的密度是 $850 \sim 900 \text{ kg/m}^3$ 。

重度:对于均质液体,单位体积内的液体重量被称为重度,用 γ 表示,即

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad \text{或} \quad \gamma = \rho g$$

式中 G ——液体的重量(N);

g ——重力加速度(m/s^2)。

(2) 液体的可压缩性。

液体在压力作用下体积减小的性质称为液体的可压缩性。常温下,可以认为液压油液是不可压缩的,但是当液压油液中混有气泡时,其可压缩性明显增加,并且对液压系统的运动速度稳定性影响较大。

(3) 液体的黏性。

①黏性。液体只有在流动或有流动趋势时,才显示其黏性。而静止液体是不显示黏性的。

②黏度。

a. 动力黏度:亦称绝对黏度,单位是 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ($\text{N} \cdot \text{s/m}^2$),公式为 $\mu = \frac{F}{A \frac{du}{dy}}$ 。

b. 运动黏度:指动力黏度与该液体密度的比值,用 ν 表示,单位是 m^2/s ,公式为 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$;

L-HL46的液压油在温度为 40°C 时,运动黏度的平均值为 $46 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

c. 相对黏度:相对黏度又称条件黏度,它是采用特定的黏度计在规定的条件下测量出来的黏度。通常用恩氏黏度计来测定液压油液的恩氏黏度,用 $^\circ\text{E}$ 来表示。

恩氏黏度与运动黏度之间的换算关系为

$$\nu = \left(7.31^{\circ} E_t - \frac{6.31}{^{\circ} E_t} \right) \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

(4) 黏温特性。

油液的黏度随温度变化的性质称为黏温特性。温度对油液黏度的影响比较大,温度升高,黏度显著降低。

油液的其他物理、化学性质包括:抗燃性、抗凝性、抗氧化性、抗泡沫性、抗乳化性、防锈性、润滑性、导热性、相容性以及纯净性。

3. 液压油液的选用、污染及控制

液压传动系统用液压油液一般应满足的要求有:黏度适当,黏温特性好;润滑性好,防锈性好;质地纯净,杂质少;对金属和密封件有良好的相容性;氧化稳定性好,不易变质;抗泡沫性和抗乳化性好;燃点高,凝固点低,对人体无害,成本低等。

选用时,首先应根据液压传动系统的工作环境和工作条件来选择合适的液压油液类型,然后再选择液压油液的黏度。

液压油液被污染的原因主要包括残留物、侵入物和生成物三方面。这会给液压系统带来过滤器堵塞、液压泵运转困难、产生噪声、阀类元件动作失灵、磨损相对滑动零件表面、划伤密封件、增加泄漏量、产生气蚀、出现系统振动、爬行等危害。为了延长液压元件的使用寿命,可以从减少外来的污染、滤除系统产生的杂质、控制液压油液的工作温度、定期检查更换液压油液等几方面来控制系统污染。

2.2 例题详解

1. 图 2.1 所示为用标准压力表检验一般压力表的活塞式压力计。压力计壳体内充满油液,其液体压缩率 $\kappa = 4.75 \times 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$ 。壳体压力由手轮丝杠和活塞产生。活塞直径 $d = 10 \text{ mm}$,丝杠螺距 $P = 2 \text{ mm}$ 。当压力为 0.1 MPa 时,壳体内油液体积 $V = 200 \text{ mL}$,试求要在压力计内形成 20 MPa 的压力,手轮要摇多少转(r)?

【解】 先求壳体内油液的体积变化 ΔV ,由液体压缩率 $\kappa = -\frac{\Delta V}{\Delta p \times V_0}$ 可知

$$\Delta V = -\kappa \times \Delta p \times V_0 = -4.75 \times 10^{-10} \text{ Pa}^{-1} \times 19.9 \times 10^6 \text{ Pa} \times 200 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = -1.89 \text{ mL}$$

手轮摇转一圈产生的油液体积变化为

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times P = \frac{3.14 \times (10 \text{ mm})^2}{4} \times 2 \text{ mm} = 0.157 \text{ mL}$$

手轮的转数为

$$n = \frac{|\Delta V|}{V} = \frac{1.89 \text{ mL}}{0.157 \text{ mL}} = 12 \text{ r}$$

2. 一滑动轴承由外径 $d = 99.6 \text{ mm}$ 的轴 2 和内径 $D = 100 \text{ mm}$ 、长度 $l = 120 \text{ mm}$ 的轴套 1 组成,如图 2.2 所示。在均匀的缝隙中充满了动力黏度 $\mu = 0.051 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 的润滑油(油膜厚度为 0.2 mm)。试求使轴以转速 $n = 480 \text{ r/min}$ 旋转时所需的转矩。

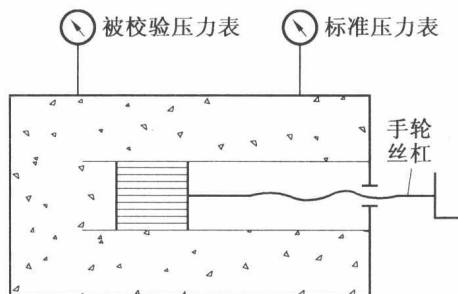


图 2.1 例题图 1

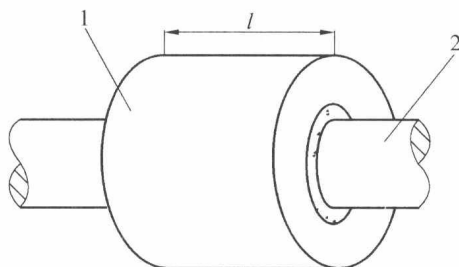


图 2.2 例题图 2

【解】 内摩擦力公式

$$F_f = \mu A \frac{du}{dy}$$

$$A = \pi D l = \pi \times 120 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} = 37\,680 \text{ mm}^2 = 3.768 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$dy = \frac{D-d}{2} = \frac{100 \text{ mm} - 99.6 \text{ mm}}{2} = 0.2 \text{ mm}$$

$$\frac{du}{dy} = \frac{2\pi n \times \frac{D}{2}}{dy} = \frac{\pi \times 480 \text{ r/min} \times 100 \text{ mm}}{60 \times 0.2 \text{ mm}} = 12\,560 \text{ s}^{-1}$$

$$F_f = \mu A \frac{du}{dy} = 0.051 \text{ Pa} \cdot \text{s} \times 3.768 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \times 12\,560 \text{ s}^{-1} = 24.136 \text{ N}$$

$$T = F_f \times \frac{D}{2} = 24.136 \text{ N} \times \frac{100}{2} \times 10^{-3} \text{ m} = 1.21 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3. 图 2.3 所示为一直径为 200 mm 可转动的圆盘,其与固定圆盘端面之间的间隙为 0.02 mm,其间隙中充满油液,油液的运动黏度 $\nu = 32 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$,密度为 900 kg/m^3 ,当圆盘以 1 500 r/min 的转速旋转时,试求驱动圆盘转动所需的转矩。

【解】 动力黏度 $\mu = \rho \nu = 900 \text{ kg/m}^3 \times 32 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 2.88 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

内摩擦力 $F_f = \mu A \frac{du}{dy}$

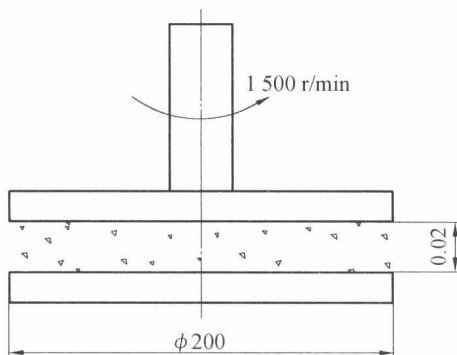


图 2.3 例题图 3

$$dA = 2\pi r dr$$

在半径 r 处的力为

$$dF_f = \mu A \frac{du}{dy} = \mu \times 2\pi r dr \times \frac{2\pi n r}{0.02} = 200 \nu \rho \pi^2 n r^2 dr$$

$$dT = dF_f \times r = 200 \nu \rho \pi^2 n r^3 dr$$

$$T = \int_0^{100} 200 \nu \rho \pi^2 n r^3 dr = 200 \nu \rho \pi^2 n \frac{r^4}{4} =$$

$$200 \times 2.88 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s} \times 3.14^2 \times \frac{1\,500}{60} \text{ r/min} \times \frac{0.1 \text{ m}^4}{4} =$$

$$3.55 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$$

4. 在一个体积为 2 m^3 的油箱内, 盛有 1.8 t 的液压油, 求液压油的重度 γ 、密度 ρ 和比重 δ 。

【解】 重度 $\gamma = \frac{mg}{V} = \frac{1.8 \times 10^3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2}{2 \text{ m}^3} = 8820 \text{ N/m}^3$

密度(体积质量) $\rho_{\text{油}} = \frac{m}{V} = \frac{1.8 \times 10^3 \text{ kg}}{2 \text{ m}^3} = 900 \text{ kg/m}^3$

比重(相对体积质量)

$$\delta = \frac{\rho_{\text{油}}}{\rho_{\text{水}}} = \frac{900 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.9$$

5. 试根据压缩率 $\kappa = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p} = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp}$ 的表达式证明

$$\rho_p = \frac{\rho_0}{1 - \kappa(p - p_0)}$$

式中 ρ_p ——压力为 p 时的密度(kg/m^3);

ρ_0 ——压力为 p_0 时的密度(kg/m^3)。

证明 因为 $\rho_p = m/V_p$, $m = \rho_0 V_0$, $V_p = V_0 + dV$

$$dV = -\kappa V_0 dp, \quad dp = p - p_0$$

所以 $\rho_p = \frac{m}{V_p} = \frac{\rho_0 V_0}{V_0 + dV} = \frac{\rho_0 V_0}{V_0 + [-\kappa V_0(p - p_0)]} = \frac{\rho_0 V_0}{V_0[1 - \kappa(p - p_0)]} = \frac{\rho_0}{1 - \kappa(p - p_0)}$

或者采用如下方法证明。

因为

$$dV = V_p - V_0$$

所以

$$\kappa V_0 dp = -(V_p - V_0)$$

方程两边同时除以质量 m , 整理后得

$$\frac{m}{V_0(\kappa dp - 1)} = -\frac{m}{V_p}$$

又因为

$$dp = p - p_0, \quad m/V_0 = \rho_0$$

所以

$$\frac{\rho_0}{\kappa(p - p_0) - 1} = -\rho_p$$

$$\rho_p = \frac{\rho_0}{1 - \kappa(p - p_0)}$$

6. 图 2.4 所示液压缸直径 $D = 12 \text{ cm}$, 活塞直径 $d = 11.96 \text{ cm}$, 活塞长 $l = 14 \text{ cm}$, 在缸筒和活塞之间充有动力黏度为 $\mu = 0.065 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 的油液, 若施于活塞上的力 $F_f = 8.44 \text{ N}$, 试求活塞的移动速度 v 。

【解】

$$\mu = \frac{F_f}{A \frac{du}{dy}} = \frac{F_f}{A \frac{v}{h}}$$

$$v = \frac{F_f h}{\mu A}$$

$$h = \frac{D - d}{2} = \frac{12 \text{ cm} - 11.96 \text{ cm}}{2} = 0.02 \text{ cm}$$

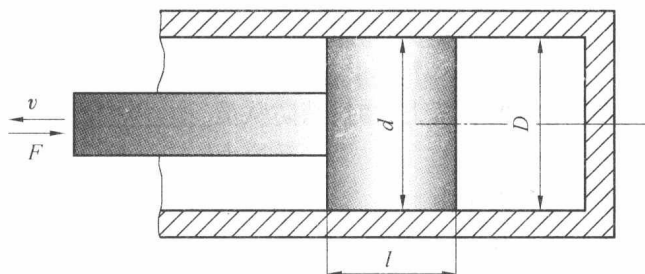


图 2.4 例题图 4

$$A = \pi dl = 3.14 \times 11.96 \text{ cm} \times 14 \text{ cm} = 525.76 \text{ cm}^2$$

$$v = \frac{F_f(D-d)}{2\mu\pi dl} = \frac{8.44 \text{ N} \times (12 \text{ cm} - 11.96 \text{ cm}) \times 10^{-2}}{2 \times 0.065 \text{ Pa} \cdot \text{s} \times 3.14 \times 11.96 \text{ cm} \times 10^{-2} \times 14 \text{ cm} \times 10^{-2}} = 0.494 \text{ m/s}$$

2.3 同步练习题

一、填空题

1. 我国液压油液牌号是以_____℃时油液_____黏度的_____值来表示的。如 32 液压油,表示其_____黏度在_____℃时为_____。
2. 油液黏度因温度升高而_____,因压力增大而_____。
3. 动力黏度 μ 的物理意义为_____,其表达式为_____。
4. 运动黏度的定义为_____,其表达式为_____。
5. 相对黏度又称_____,液压系统常用液压油液的相对黏度 $^\circ E_{40}$ 约在_____与_____之间。
6. 液体的可压缩性系数 κ 表示_____,其表达式为_____, $\frac{1}{\kappa} = K$, K 可称为_____。
7. 液压油液中混入的空气越多,则液压油液的体积压缩系数 κ 越_____。
8. 测定液压油液污染的方法有_____,_____,_____,_____,_____等方法;一般认为_____ % 以上的液压系统故障都是由油液中的杂质污染造成的。

二、选择题

1. 溶解在液压油液中的空气含量增加时,液压油液的等效体积弹性模量_____;混入液压油液中的空气含量增加时,液压油的等效体积弹性模量_____。
A. 增大 B. 减小 C. 基本不变
2. 选择液压油液时,主要考虑液压油液的_____。
A. 密度 B. 成分 C. 黏度
3. 在_____工作的液压系统容易发生气蚀。
A. 洼地 B. 高原 C. 平原

4. 野外工作的液压系统,拟采用黏度指数_____的液压油液。
A. 高 B. 低
5. 消防队员手握水龙头喷射压力水时,消防队员_____。
A. 不受力 B. 受推力 C. 受拉力
6. 液压系统的故障大多数是由_____引起的。
A. 液压油液黏度不对 B. 油温过高 C. 液压油液污染 D. 系统源 E. 液压油液

三、简答题

1. 液压油液黏度的选择与系统工作压力、环境温度及工作部件的运动速度有何关系?
2. 在考虑液压系统液压油液的可压缩性时,应考虑哪些因素才能真正说明实际情况?
3. 国家标准规定的液压油液牌号是在多少摄氏度下的哪种黏度的平均值?

四、计算题

1. 有密闭于液压缸中的一段直径 $d=150\text{ mm}$ 、长 $l=400\text{ mm}$ 的液压油,体积膨胀系数 $\beta=6.5\times 10^{-4}\text{ K}^{-1}$,液压缸中的活塞可移动。如果活塞的外负载力不变,油温从 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 上升到 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,求活塞的位移是多少?
2. 同上题,如果活塞不能动,液压缸是刚性的,试问由于温度变化,液压缸内的压力升高多少?

3. 某液压油在大气压下的体积是 $50 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, 当压力升高后, 其体积减少到 $49.9 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, 取液压油的体积弹性模量 $K = 700 \text{ MPa}$, 试求压力升高值。

4. 如图 2.5 所示液压缸, 缸筒内径 $D = 120 \text{ mm}$, 活塞直径 $d = 119.6 \text{ mm}$, 活塞长度 $l = 140 \text{ mm}$, 若液压油的动力黏度 $\mu = 0.065 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。活塞回程要求的稳定速度为 $v = 0.5 \text{ m/s}$, 试求不计液压油压力时拉回活塞所需的力 F 。

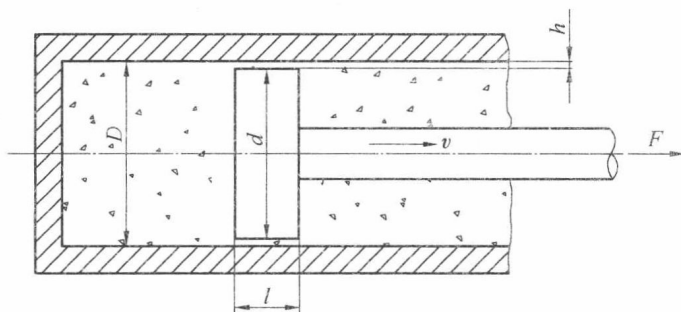


图 2.5 练习题图 1

5. 动力黏度 $\mu = 0.2 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 的液压油充满在值为 h 的缝隙中, 如图 2.6 所示。若忽略作用在截锥体上、下表面的液体压力, 试求将截锥体以恒速 n 旋转所需的功率。已知: $\varphi = 45^\circ$, $a = 45 \text{ mm}$, $b = 60 \text{ mm}$, $h = 0.2 \text{ mm}$, $n = 90 \text{ r/min}$ 。

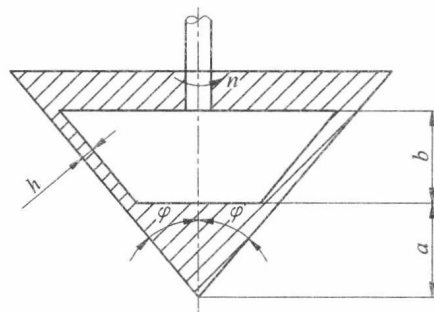


图 2.6 练习题图 2