

## 目 录

实验一	液压油恩氏粘度的测试-----	2
实验二	液压油绝对粘度的测试-----	4
实验三	雷诺实验-----	6
实验四	动量定律实验-----	8

实验地点：

东校区 理学楼 306

## 实验一 液压油恩氏粘度的测试

### 1. 实验目的:

学会工业上液压油恩氏粘度的测定方法,了解掌握恩氏粘度计的使用方法。

### 2. 实验仪器:

液压油(待测粘度)、热电偶、烧杯、量杯、恩氏粘度计、秒表

### 3. 实验原理:

200ml 液体在某一温度下完全流出粘度计容器下的小孔(直径 2.8mm)的时间  $t_1$  和同体积 20℃ 蒸馏水完全流出粘度计同一容器下的小孔所用的时间  $t_0$  的比值称之为该被测液体在该温度下的恩氏粘度。

### 4. 实验内容:

液压油恩氏粘度的测定

### 5. 实验步骤:

实验需要分别测量 20℃、50℃、80℃ 三种温度下同一种液压油的恩氏粘度。

1、将保温用的水倒入恩氏粘度计的外锅(约 1000ml)之后,将恩氏粘度计的盖子打开,流出孔用塞子堵住,“葫芦型”量杯放入流出孔的底部;

2、将室温下的液压油(约 240ml)倒入粘度计内锅,液面的高度应与内锅的三个指针尖一平,用三个支架的调整螺丝来调整仪器的水平;调整好之后盖好盖子并放入温度计。

3、等待几分钟,同时读取外锅水温和内锅油温,并记录在实验报告书上。

4、在拨开塞子的同时开始计时,油液通过粘度计底部小孔流入“葫芦型”量杯,量杯内的油液液面逐渐升高。

5、当量杯内的油液液面达到 200ml 刻度线的时候停止计时,此时得

到的时间为室温下的  $t_1$  值，记录在实验报告书上。

6、使加热器通电，把外锅的水加热到需要的温度上 ( $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ )，用控温仪来控制所需要的温度，在加热的过程中要用搅拌器不停的搅拌外锅的水，同时用液体加热装置将液压油样也加热到相应的温度上 ( $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ )，温度应与外锅内的水一致。

7、流出孔用木塞堵住，量杯放入流出孔的底部，将加热好的液压油倒入粘度计的内锅，调整好水平之后盖上内锅盖，并放入温度计。

8、用搅拌器不停的搅拌。等到内锅油温和外锅水温都不再变化之后，记录下温度。

9、拔开塞子的同时开始计时，当量杯内的油液液面达到 200ml 刻度线的时候停止计时，此时得到的时间为  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  下的  $t_1$  值，记录在实验报告书上。

10、采用相同的办法，测量出  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  下的  $t_1$  值，并记录。

## 6. 实验报告

- (1)计算该液体在测量温度下的粘度
- (2)绘制粘度曲线

## 7. 思考题：

- (1)油液的粘度有几种表示方法，它们的单位各是什么？
- (2)液体粘度的定义是什么？

## 实验二 液压油动力粘度的测试

### 1. 实验目的:

学会工业上液压油动力粘度的测定方法，了解掌握动力粘度计的使用操作方法。

### 2. 实验仪器:

液压油、(待测粘度) NDJ—1 型旋转式粘度计、 NDJ—8S 型数显粘度计、 NDJ—9 型数显粘度计

### 3. 实验原理:

a) NDJ—1 型旋转式粘度计: 同步电机以稳定的转速旋转，连接刻度圆盘，再通过游丝和转轴带动转子旋转。如果转子未受到液体的阻力，则游丝、指针和刻度圆盘同速旋转，指针在刻度盘上所指的读数为 0。如果转子受到液体的粘滞阻力，游丝将产生扭矩，与粘滞阻力抗衡最后达到平衡。这时与游丝连接的指针在刻度盘上指示一定的读数(游丝的扭转角)。将读数乘上特定的系数即得到液体的黏度 (mpa·s)。

b) NDJ—8S 型数显粘度计 NDJ—9 型数显粘度计: 同步电机以稳定的转速旋转，连接电机传感器片，再通过游丝带动游丝传感器片、转轴和转子旋转。如果转子未受到液体的阻力，上下两传感器片同速旋转，显示器显示的读数为 0。如果转子受到液体的粘滞阻力，游丝将产生扭矩，与粘滞阻力抗衡最后达到平衡。这时光电转换装置将上下传感器片相对平衡位置转换成计算机能识别的信息，经过计算机处理，最后输出显示被测液体的黏度。

### 4. 实验内容:

液压油动力粘度的测定

### 5. 实验步骤:

- (1) 选择合适的转子
- (2) 启动电机

- (3) 根据仪器上表格中对应的数据选择合适的转速
- (4) (a)读取数据 (NDJ-1 型旋转式粘度计)  
(b)在计算机上输入转子和转速的参数然后读取数据。

思考题：

恩氏黏度和动力黏度的转换方法？

## 实验三：雷诺实验

### 1. 实验目的：

观察液体在管道内流动状态—层流和紊流，并测定其下临界雷诺数。

### 2. 原理及公式：

流体流动有两种不同的状态，层流和紊流，用雷诺数来判断流态，

$$R_e = \frac{vd}{\nu} = \frac{\rho vd}{\mu}$$

$v$  ——液体在管道中的平均流速 (m/s)

$d$  ——管道内径 (m)

$\rho$  ——液体密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\mu$  ——液体动力粘度 ( $\text{Pc}\cdot\text{S}$ )

$\nu$  ——液体运动粘度 ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

### 3. 实验仪器：

雷诺试验议 秒表

### 4. 实验内容：

下临界雷诺数的测定

### 5. 实验步骤：

- (1). 打开进水阀，使水箱进水，达到一定的水位，并保证有适当的溢流，使水箱内的水位平稳，在试验过程中，如出现水位变化时应调节进水阀确保水箱内水位稳定。
- (2). 打开玻璃管出水阀，改变出水阀开度的大小，观察液体在玻璃管中的流动状态。
- (3). 完全打开玻璃管出水阀，然后打开颜色溶液开关，颜色溶液和水均匀地混合并沿玻璃管流出，观察液体在玻璃管中的流动状态。
- (4). 逐渐缓慢地关小玻璃管出水阀，直到颜色水变为一条可见的流线，此时即为紊流转变为层流的下临界雷诺数的情况，
- (5). 关闭颜色溶液开关，测量此时玻璃管内液体的流速和温度。

(6). 重复步骤(3), (4), (5)数次。

注意：在开关阀门时，动作尽可能要缓慢，防止任何可能的振动，干扰。

**6. 实验报告：**

计算出被测液体的下临界雷诺数并进行误差分析。

**7. 思考题：**

雷诺数意义是什么？

## 实验四：动量定律实验

### 一、实验目的

- 1、验证不可压缩流体恒定流的动量方程；
- 2、通过对动量与流速、流量、出射角度、动量矩等因素相关性的分析研讨，进一步掌握流体动力学的动量守恒定理；
- 3、了解活塞式动量定律实验仪原理、构造，进一步启发与培养创造性思维的能力。

### 二、试验装置

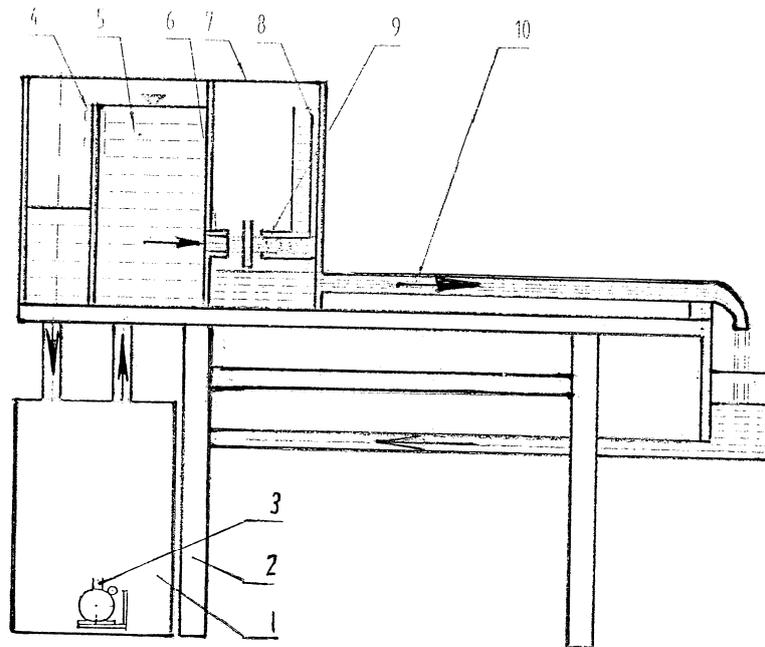


图 1 动量定律实验装置图

1. 供水箱；2. 试验台；3. 潜水泵；4. 水位调节阀；5. 恒压水箱；6. 管嘴；7. 集水箱；  
8. 带活塞的测压管；9. 带活塞和翼片的抗冲平板；10. 上回水管

自循环供水装置 1 由离心式水泵和蓄水箱组合而成。水泵的开启，流量大小的调节均由调节器 3 控制。水流经供水管供给恒压水箱 5，溢流水经回水管流回蓄水箱。流经管嘴 6 的水流形成射流，冲击带了活塞和翼片的抗冲平板 9，并以与入射角成  $90^\circ$  的方向离开抗冲平板。抗冲平板在射流冲击力和测压管 8 中的水压力作用下处于平衡状态。活塞形心水深  $h_0$  可由测压管 8 测得，由此可得射流的冲力，即动量力  $F$ 。冲击后的弃水经集水箱 7 汇集后，再经上回水管 10 流出，最后经漏斗和下回水管流回蓄水箱。

为了自动调节测压管内的水位，以使带活塞的平板受力平衡并减小摩擦阻力对活塞的影响，本实验装置应用了自动控制的反馈原理和动摩

擦减阻技术，其构造如下：

带活塞和翼片的抗冲平板 9 和带活塞套的测压管 8 如图 2 所示，该图是活塞退出活塞套时的分部件示意图。活塞中心设有一细导水管 a，进口端位于平板中心，出口端伸出活塞头部，出口方向与轴向垂直。在平板上设有翼片 b，活塞套上设有窄槽 c。

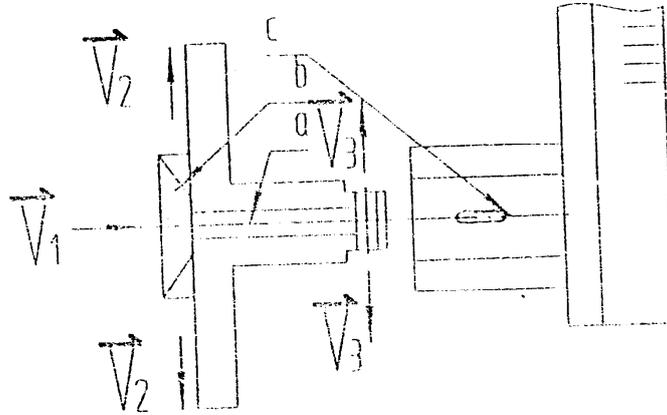


图 2

工作时，在射流冲击力作用下，水流经导水管 a 向测压管内加水。当射流冲击力大于测压管内水柱对活塞的压力时，活塞内移，窄槽关小，水流外溢减少，使测压管内水位升高，水压力增大。反之，活塞外移，窄槽开大，水流外溢，测压管内水位下降，水压力减小。在恒定射流冲击下，经短时间的自动调整，即可达到射流冲击力和水压力的平衡状态。这是活塞处于半进半出、窄槽部分开启的位置上，经过细导水管 a 流进测压管的水量和经过窄槽 c 外溢的水量相等。由于平板上设有翼片 b，在水流冲击下，平板带动活塞旋转，因而克服了活塞在沿轴向滑动时的静摩擦力。实验表明，设置翼片后，活塞滑移的摩擦阻力可减小到低于 1mm 水柱对活塞的作用力，即为动量力的 5% 以下。

### 三、实验原理

恒定总流动量方程为：

$$\bar{F} = \rho Q(\beta_2 \bar{v}_2 - \beta_1 \bar{v}_1)$$

取脱离体如图 3 所示，因滑动摩擦阻力水平分力  $f_x < 0.5\% F_x$ ，可忽略不计，故 x 方向的动量方程为：

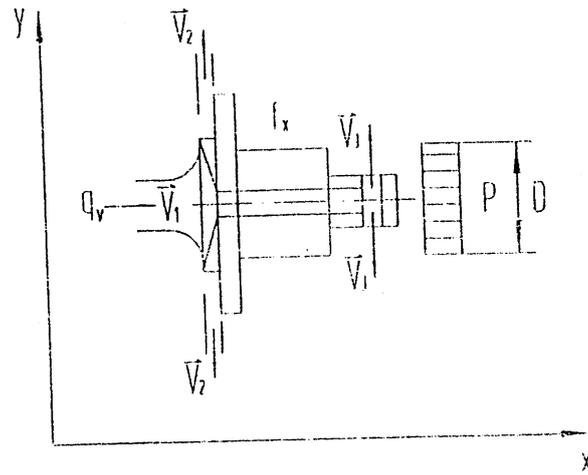


图 3

$$F_x = -p_c A = -\gamma h_c \frac{\pi}{4} D^2 = \rho Q(0 - \beta_1 v_{1x})$$

即

$$\beta_1 \rho Q v_{1x} - \frac{\pi}{4} \gamma h_c D^2 = 0$$

式中： $h_c$ ——作用在活塞形心处的水深；

$D$ ——活塞的直径；

$Q$ ——射流流量；

$v_{1x}$ ——射流的速度；

$\beta_1$ ——动量修正系数；

$\rho$ ——水的密度；

$\gamma$ ——水的重度。

实验中，在平衡状态下，只要测得流量  $Q$  和活塞形心处水深  $h_c$ ，由给定的管嘴直径  $d$  和活塞直径  $D$ ，便可验证动量方程并率定射流的动量修正系数  $\beta_1$  值。其中，测压管的标尺零点已固定在活塞的圆心处，因此液面标尺读书，即为作用在活塞圆心处的水深。

#### 四、实验内容

1. 验证动量方程
2. 率定射流的动量修正系数  $\beta_1$  值。

### 五、实验方法与步骤

1、准备 熟悉试验装置各部分名称、结构特征、作用性能，检查自循环系统供水箱水位为正常状态，记录有关常数。

2、开启水泵 水泵启动 2—3 分钟后，短暂关闭 2—3 秒种，利用回水排除离心式水泵内滞留的空气。

3、调整测压管位置 待恒压水箱满顶溢流后，松开测压管固定螺丝，调整方位，要求测压管垂直，螺丝对准十字中心，使活塞转动自如，然后旋转螺丝固定之。

4、测读水位 标尺的零点已固定在活塞圆心的高度上，当测压管内液面稳定后，记下测压管内液面的标尺读数，即  $h_c$  值。

5、测量流量 利用体积时间法，在上回水管的出口处用量筒盛水，测量时间大于 20 秒。需要重复测量三次再取均值。

6、改变水头重复实验 其方法是逐次打开不同高度上的溢水孔盖，调节调速器，使溢量适中，待水头稳定后，按 4-5 步骤重复进行实验。

### 六、记录实验数据

- 1、记录实验相关常数；
- 2、记录实验测量数值；
- 3、验证动量方程并率定射流的动量修正系数  $\beta_1$  值。

### 思考题：

1、实测  $\bar{\beta}$ （平均动量修正系数）与公认值（ $\beta = 1.02 \sim 1.05$ ）符合与否？如不符合，试分析原因。

2、带翼片的平板在射流作用下获得动量矩，这对射流冲击平板沿 X 方向的受力分析有无影响？为什么？

3、通过细导水管的分流，其出流角度与  $V_2$  相同，试问对以上受力分析有无影响？

4、实验中注意观察  $V_2$  是否为 0，若不为 0，将会对实验结果带来什么影响？