

目 录

实验一 液压油恩氏粘度的测试-----	2
实验二 雷诺实验-----	4
实验三 动量定理实验-----	6

实验地点：

东校区 理学楼 305

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 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)

ρ ——液体密度 (kg/m^3)

μ ——液体动力粘度 ($\text{Pc}\cdot\text{S}$)

ν ——液体运动粘度 (m^2/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

7. 思考题：

雷诺数意义是什么？

实验三 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

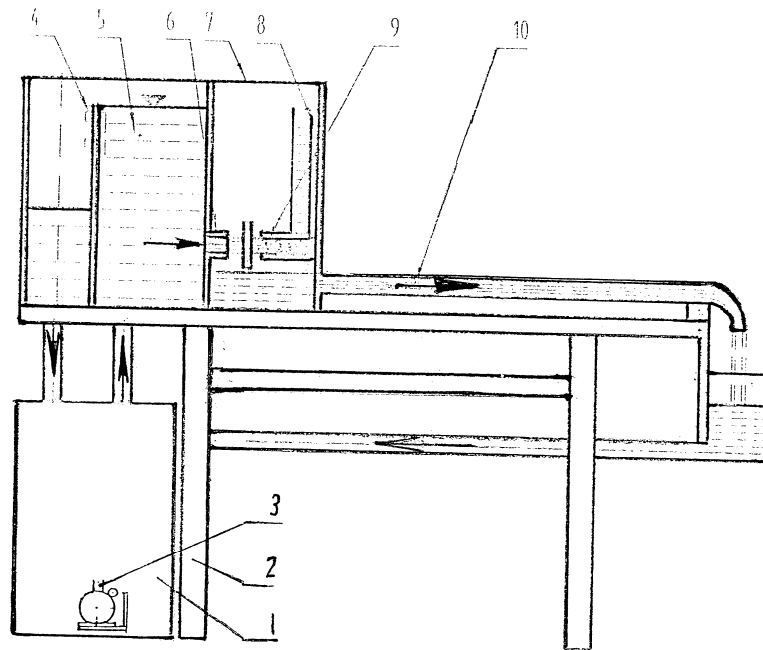


图 1 动量定律实验装置图

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° 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。

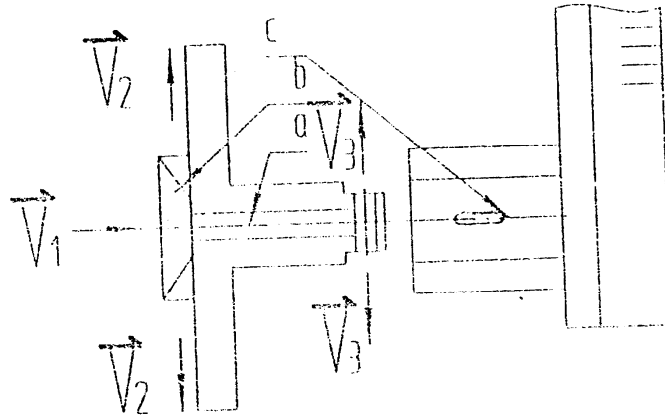


图 2

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：

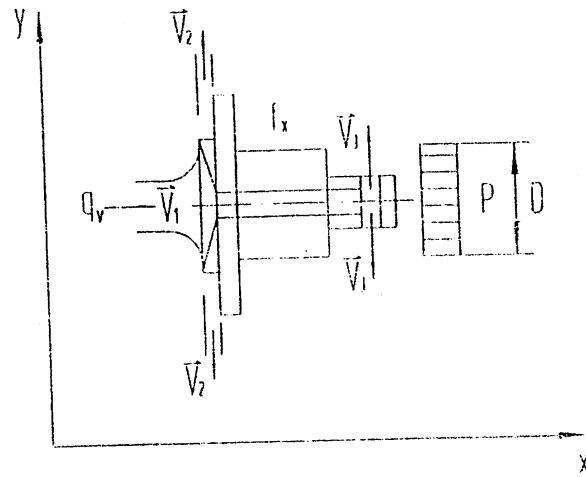


图 3

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

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；

β_1 ——动量修正系数；

ρ ——水的密度；

γ ——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 β_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 β_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 β_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？