

# 直读对比式液体压强实验仪的设计与制作\*

廖子莹 聂 优 尹德都 王昆林

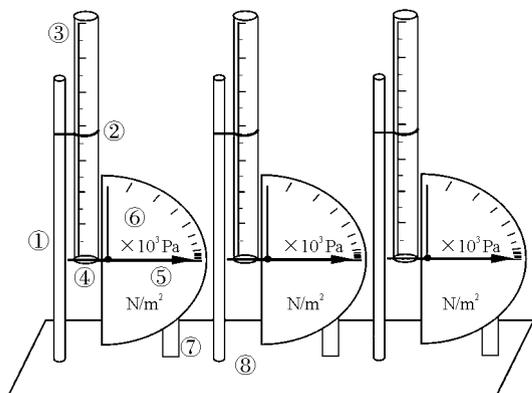
(楚雄师范学院物理与电子科学学院 云南 楚雄 675000)

(收稿日期:2019-03-12)

**摘 要:**文章运用转换法,利用杠杆放大原理,将液体对管底膨胀膜的压强转换为指针的偏转,将难以观测的液体压强用指针读数定量地显示出来,将其做成对比式的实验仪器,使实验现象更直观、可比、明显、可读.该实验仪器设计新颖,结构简单,易于操作,能重复使用,便于自制和推广.

**关键词:**液体压强 对比式 膨胀膜 非线性定标

液体的压强是中学物理教学中的一个重要内容,能将液体的压强直接表现出来的仪器有很多,但是能直接比较液体的深度不同,压强不同;液体的密度不同,压强不同的仪器还未多见<sup>[1]</sup>.本文设计了一种对比式液体压强实验仪,该实验仪器能够直接读出液体压强的大小,实验设计如图1所示.



①支撑杆;②支架;③蓄水桶;④膨胀膜;⑤指针;  
⑥压强数据显示板;⑦支撑杆;⑧底板

图1 直读对比式液体压强实验仪示意图

采用一端开口,另一端固定膨胀膜的透明PC管作为蓄水桶,向蓄水桶内注入液体,膨胀膜膨胀后推动杠杆指针偏转,在读数盘上可直接读出液体压强的大小.将3个相同的装置水平安装在同一底座上,向3个蓄水桶内注入相同深度的同种液体,其3根指针的示数基本相同.同一液体,深度不同,指针

的示数不同.深度相同,不同密度的液体,指针的示数也不同,可见液体内部的压强可通过该仪器直接对比显示出来.

## 1 实验仪器的原理及设计

液体的压强与液体的密度 $\rho$ 、液体的深度 $h$ 以及重力常数 $g$ 成线性关系,即 $p = \rho gh$ .对于同一种液体,当改变液体的深度时,液体的压强会随之改变;对同一深度的不同液体,由于液体的密度不同,液体的压强也会随之改变<sup>[2]</sup>.

实验仪器由蓄水桶(透明PC管)、指针、膨胀膜(硬度适中的橡皮膜)、支撑杆、压强数据显示板、支架、底板等组成.蓄水桶的上端开口,下端蒙有一层膨胀膜;向蓄水桶内注入液体时,桶底的膨胀膜由于受到液体的压强就会向下膨胀凸起,从而推动指针发生偏转,实现杠杆放大原理.随着液体深度的不同或密度的不同,指针偏转的角度大小也会不同,当指针偏转后静止在显示板的某一位置时,此位置就是该液体在这一深度对膨胀膜的压强.

液体压强 $p$ 与3个变量 $\rho, g, h$ 成线性关系,但随着液体的深度或液体的密度改变时,膨胀膜的膨胀变化却是非线性的<sup>[3]</sup>.这就要求对显示板进行非线性定标,以保证指针的指示就是液体的真实压强,从

\* 楚雄师范学院校级科研立项资助项目“基于我校学生中学物理实验教学训练模式及从教能力研究”,项目编号:XJRC1515

作者简介:廖子莹(1997-),男,在读本科生,主要从事物理专业学习和物理实验研究.

通讯作者:尹德都(1984-),男,讲师,教育硕士,主要从事课程与教学论(物理)的教学研究.

而做到定量地显示出液体的压强.

## 2 仪器非线性定标实验

如图2所示,在制作好的某单个仪器中注入不同深度的同种液体,进行非线性定标实验.由液体压强的计算公式  $p = \rho gh$  可知,向蓄水桶内注入一定量的液体,当液体深度  $h$  固定时,液体的压强  $p$  也随之固定.此时,由于液体压强的作用使蓄水桶底部的膨胀膜受到压力而向下膨胀,推动指针逆时针转动,并停在显示板的某一位置,此位置就是该液体在这一深度所对应的压强值.

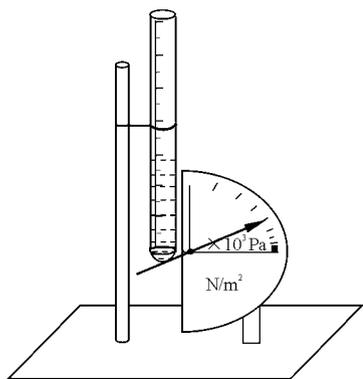


图2 仪器非线性定标示意图

例如,水的深度

$$h = 10.00 \text{ cm}$$

温度

$$t = 22.0 \text{ }^\circ\text{C}$$

密度

$$\rho_{\text{水}} = 0.9978 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

当地重力加速度

$$g = 9.768 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

(当地的地理坐标:北纬  $25.01^\circ$ , 东经  $101.54^\circ$ , 海拔  $1862 \text{ m}$ ) 将上述参数代入液体压强公式中<sup>[4]</sup>.

$$\begin{aligned} p &= \rho_{\text{水}} gh = 0.9978 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times \\ &9.768 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \times 10.00 \times 10^{-2} \text{ m} = \\ &0.9746 \times 10^3 \text{ Pa} \end{aligned} \quad (1)$$

此时指针指示的位置,就是水深为  $10.00 \text{ cm}$  时所对应的压强值

$$p = 0.9746 \times 10^3 \text{ Pa}$$

可将此指针指示的位置在显示板上定标为  $1.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ ,两者相差  $0.0254 \times 10^3 \text{ Pa}$ ,误差较小,可忽略不计,为方便整数定标.根据蓄水桶设计的有效高度,从  $0.00 \text{ cm}$  至  $50.00 \text{ cm}$ ,以每  $5.00 \text{ cm}$  为步长进行显示板的对应定标,定标数据如表1所示.

表1 显示板定标数据表,  $t = 22.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\rho_{\text{水}} = 0.9978 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $g = 9.768 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

序号	水的深度 $h/\text{cm}$	压强理论计算值 $p/\times 10^3 \text{ Pa}$	定标压强 $p/\times 10^3 \text{ Pa}$	定标差度 $\Delta p/\times 10^3 \text{ Pa}$
1	0.00	0.000	0.0	0.000
2	5.00	0.487	0.5	0.013
3	10.00	0.975	1.0	0.025
4	15.00	1.462	1.5	0.038
5	20.00	1.949	2.0	0.051
6	25.00	2.437	2.5	0.063
7	30.00	2.924	3.0	0.076
8	35.00	3.411	3.5	0.089
9	40.00	3.899	4.0	0.101
10	45.00	4.386	4.5	0.114
11	50.00	4.873	5.0	0.127

从表1中可以看出理论压强值与定标压强值存在一定差度,但对于显示压强读数的影响较小,可忽略不计.定标后的压强数据显示板,如图3所示.

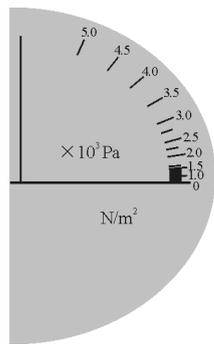


图3 显示板定标数据位置图

完成定标后,指针的指示值和液体的实际压强值接近一致.

### 3 仪器的实验测试

在蓄水桶的蓄水有效范围内注入不同深度的水量,读取指针指向的压强值,并与该深度水量的理论计算值进行比较,实验数据如表2所示(表中括号内的数据为该读取值的相对误差).

表2 实验测试数据表

$$t = 22.0\text{ }^{\circ}\text{C}, \rho_{\text{水}} = 0.997\ 8 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}, g = 9.768\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

序号	水的深度 $h/\text{cm}$	压强读取值 $p'/\times 10^3\ \text{Pa}$	压强理论计算值 $p/\times 10^3\ \text{Pa}$	误差值 $E/\times 10^3\ \text{Pa}$
1	0.00	0.00	0.000	0.000(0.00%)
2	5.18	0.51	0.505	0.005(0.99%)
3	10.15	1.01	0.989	0.021(2.12%)
4	15.11	1.49	1.473	0.017(1.15%)
5	19.99	1.98	1.948	0.032(1.64%)
6	25.01	2.49	2.438	0.052(2.13%)
7	29.98	2.95	2.922	0.028(0.96%)
8	34.99	3.45	3.410	0.040(1.17%)
9	37.80	3.73	3.684	0.046(1.25%)
10	46.87	4.62	4.568	0.052(1.14%)

从表2数据中可以看出,显示板上压强指示值与理论计算值相差不大,实验组中最大相对误差为2.13%,说明该实验仪器是可行的.

分别在3个蓄水桶中注入相同深度的水量,其3根指针的示数基本是一致的.注入不同深度的同种液体,指针的示数不同;注入相同深度不同密度的液体,指针的示数也有所不同.由此可对比出液体压强与液体的深度和密度的关系,对比实验效果如图4所示.

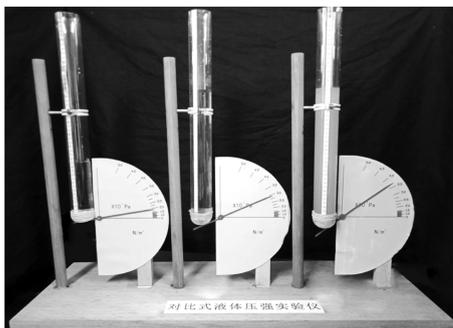


图4 对比实验效果图

### 4 结束语

由上可见,直读对比式液体压强实验仪的设计不仅实验了将难以观测的液体压强用指针读数定量地显示出来,而且还可以形象、直观地对比出液体压强与液体的深度和密度的关系.同时,该实验仪器设计科学,构思巧妙,显示清楚,是一种直接读取比较液体内部压强的较好仪器.

### 参考文献

- 1 蒋胜芝. 液体压强演示仪的设计与制作. 中国现代教育装备, 2016(18): 49 ~ 50
- 2 彭前程, 杜敏. 义务教育教科书物理八年级下册. 北京: 人民教育出版社, 2012. 34 ~ 35
- 3 王玲玲, 袁令民. 利用自制教具探究液体压强的影响因素. 物理通报, 2018(5): 67 ~ 68
- 4 潘龙, 王永刚, 曹传建. 考虑引力随深度变化的海洋液体压强分析. 物理教师, 2017, 38(6): 62 ~ 63