

## 8.2 液体压强

### 与教材不同之处

更详细描述了液体压强与深度的关系；更详细总结出液体压强公式的领导；更详细总结出液体压强与固体压强的求法不同；更详细分析了液体倒置时液体压力的变化情况；更详细描述了连通器原理和应用。

### 液体对容器侧壁或底部是否有压强

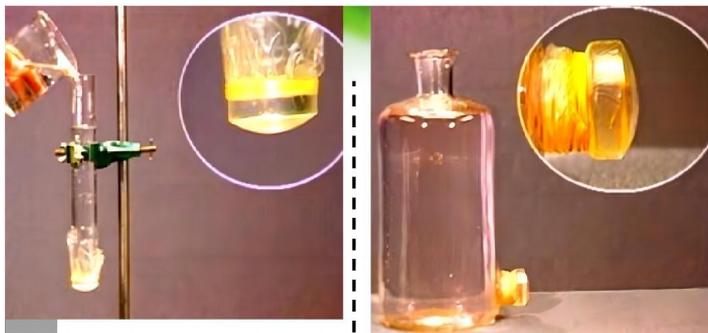


图 8-2-1

如图 8-2-1 所示，左图中的试管下端开口，蒙上橡皮膜，当装入水后，橡皮膜向下凸出；右图中容器的右侧有开口，也蒙上橡皮膜，当容器中装入水之后，橡皮膜向外凸出。这两个实现现象说明，**液体对容器的底部和侧壁都有压力。**

液体之所以对容器底部有压力，这是因为液体在受重力作用下对容器底部产生了压力。

液体之所以对容器侧壁也有压力，这是因为液体具有流动性。

所以，液体对容器底部和侧壁的压力作用效果可以通过橡皮膜的凸出程度来体现，也就是说，液体对容器底部和侧壁的压强大小可直接通过橡皮膜的凸出程度来判断。

## 液体对容器侧壁的压强随深度增加而增大



图 8-2-2

根据图 8-2-2 所示的现象，我们可以得到什么样的发现呢？

首先，我们要了解瓶子底部的小孔相比瓶子上部的小孔的位置有什么不同。我们将液体中某一点到液面的竖直距离叫做**深度**。显然，瓶子底部的小孔相比瓶子上部的小孔在液体中的所处的深度更大。

再者，从图 8-2-3 所示，我们看到的现象是：从瓶子底部小孔喷出的水流比瓶子上部小孔喷射得更远。这说明，瓶子底部小孔喷出的水流受到了更大的压强，所以，我们可以得到这么一个结论：同一液体，深度增加，液体对侧壁的压强越大。

## 液体的内部是否有压强

液体对容器的底部和侧壁都有压强，那么，液体的内部是否存在压强？

如图 8-2-3 的左图所示，将一个下端开口并蒙上橡皮膜的玻璃管浸入水中，我们发现橡皮膜向管内凸出，这说明液体内部也是存在压强的。



图 8-2-3

如果我们将试管的橡皮膜浸入水中的深度增加，我们将看到橡皮膜向内的凸出的程度将变得更大，如图 8-2-3 右图所示。

这说明，液体内部的压强还与深度有关，深度越深，液体内部的压强越大。

## U 形压强计

为了使浸入液体中的橡皮膜转向各个方向，以便测量液体内部的各个方向是否都有压强，我们需要利用到一个工具：U 形压强计，如图 8-2-4 所示。

它的结构主要由三个部分组成：U 形管（内部盛有带颜色的液体），刻度板，蒙有橡皮膜的金属盒。

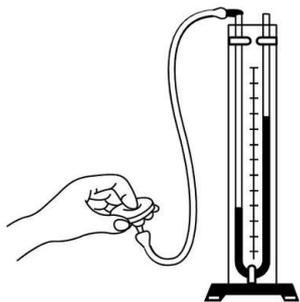


图 8-2-4

U 形压强计的工作原理是：加在橡皮膜上的压强越大，U 形管两侧的高度差就越大，如图 8-2-3 所示。

所以，当把压强计的金属盒放入水中并转动金属盒的朝向时，我们可根据 U 形管两侧水面的高度差能判断出液体内部的各个方向是否有压强。

## 液体的内部的各个方向是否有压强

我们将压强计放入水中，只改变金属盒的朝向，我们将观察的现象是：U 形管两侧的液

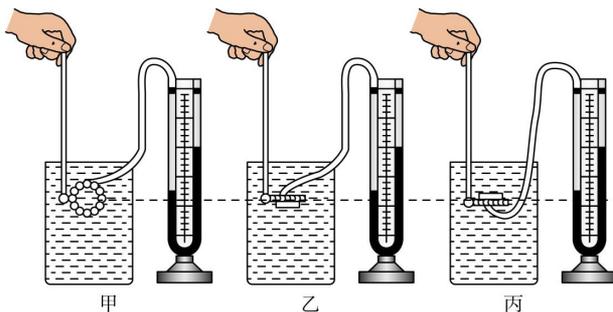


图 8-2-5

面有一定的高度差，如图 8-2-5 所示。

这说明，液体内部的各个方向都有压强。

而且，根据 U 形管两侧水面的高度差是相同的现象，还可以说明，液体内部同一深度的

的各个方向的压强是相同的。

## 液体压强是否与液体密度有关

如图 8-2-6 所示，我们保持金属盒在液体中的深度相同，把水换成盐水，我们发现 U 形管两侧水面的高度差会变大。这说明，液体压强与液体密度有关，液体密度越大，液体压强也越大。

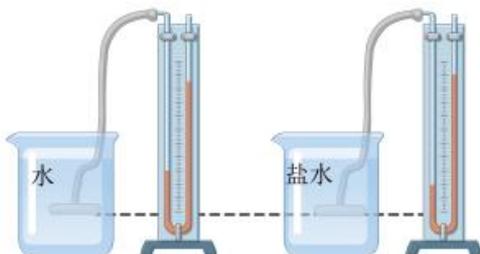


图 8-2-6

## 液体内部压强特点的总结

关于液体内部的压强的特点，我们可总结如下：

- 1、液体内部各个方向都有压强；
- 2、在同一深度处，各个方向的压强相等。
- 3、液体内部的压强跟深度有关，液体密度相同时，深度增加，液体压强越大；
- 4、液体内部的压强跟液体密度有关，同一深度，液体密度越大，液体压强也越大。

这些特点最早是由法国物理学家帕斯卡发现的，据说帕斯卡在 1648 年做过一个实验，他在一个装满水的密闭木桶上插入一根细长的管子，然后从楼上的阳台上向管中灌入几杯水，这几杯水竟把木桶撑破了，这就是著名的当时震惊世人的帕斯卡裂桶实验。



帕斯卡

发生此现象的原因，相信大家现在知道了，这是因为当液体密度一定，深度增加，液体压强越大。虽然只是加了几杯水，可是木桶内部的液体所处的深度却大大增加了，木桶内部的液体压强也大大增大了，当达到一定的极限时，木桶就会发生破裂现象。

## 液体内部压强特点在日常生活应用中

在日常生活中，很多现象都可由液体内部压强的特点来解释说明。

比如，我们从深海捕捞的带鱼很少有活的，如图 8-2-7 所示，这是为什么呢？



图 8-2-7

原来，带鱼生活在海中的深度大，根据同种液体，深度增加，液体内部压强越大的特点可知，带鱼习惯生活在有很大液体压强的深海中，一旦打捞出来，鱼的身体内外存在很大的压强差，会造成带鱼的内脏受损而死亡。

在工程技术上也有许多应用液体内部压强特点的事例，比如堤坝总是设计为下窄下宽的梯

形的形状，如图 8-2-8 所示，这是什么原因呢？



图 8-2-8

这是因为随着水位的升高，堤坝底部所处的液体深度会增加，根据液体密度相同时，深度增加，液体压强越大的特点，堤坝底部相比堤坝上部承受了更大的液体压强，所以在设计堤坝时，堤坝的底部设计得更为厚实，上部相比而言可以更窄点，这样就可以保证堤坝的坚固了。

为什么洪水来临时更容易造成决堤呢？

洪水的密度比清水的密度更大，洪水的深度也比平时的深度更大，所以，洪水对堤坝的压强比平时的压强更大，所以，洪水来临时更有可能发生决堤事故。

## 液体内部压强的大小

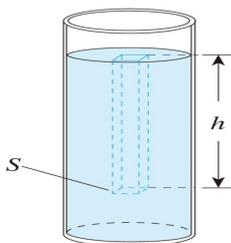


图 8-2-9

如图 8-2-9 所示，要想得到液面下某处的压强，可以设想这里有一个水平放置的“平面”。这个平面以上的液柱对平面的压力等于液柱所受的重力，所以计算出液柱所受的重力是解决问题的关键。

这个液柱的体积： $V=Sh$ ；所以，这个液柱的质量： $m=\rho V=\rho Sh$ ；所以，液柱对平面的压力： $F=G=mg=\rho gSh$ ；所以，平面受到的液柱的压强：

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\rho_{\text{液}}ghS}{S} = \rho_{\text{液}}gh$$

所以，液面下深度为  $h$  处液体的压强为：

$$p = \rho_{\text{液}}gh$$

通过这个公式，我们发现，液体内部某处的压强只与液体的密度和深度有关，与液体的质量、体积等无关。

需要注意的是，此计算液体压强的公式适用于静止的液体，不适用于流动液体。

## 液体压强公式在计算题中的应用

例题：如图 8-2-10 所示，容器中装有一定量的水，请求出液体中 A 点处受到的液体压强的大小。

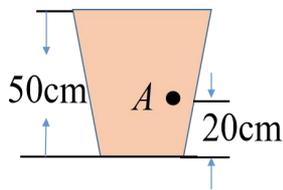


图 8-2-10

【分析】该题的关键是分析出 A 点所处的深度是多少。根据深度的定义，A 点离液面的竖直距离才是深度的大小，所以，深度  $h=50\text{cm}$ ，而不是  $20\text{cm}$ 。

已知： $h=50\text{cm}=0.5\text{m}$   $\rho_{\text{水}}=1\times 10^3\text{kg/m}^3$

求： $p$

解：

$$p = \rho_{\text{液}} gh = 1 \times 10^3 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 10 \text{ N} / \text{kg} \times 0.5 \text{ m} = 5 \times 10^3 \text{ Pa}$$

答：液体中 A 点处受到的液体压强的大小是  $5 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。

### $p=F/S$ 与 $p=\rho_{\text{液}} gh$ 的区别

首先，对于固体，固体产生的压力大小总是与其重力相等的，即  $F=G$ ；而对于液体，一般情况下，液体产生的压力大小不会与其重力大小不相等（除非容器的形状是柱状）。

所以，一般地，对于固体，求解压强大小采用  $p=F/S$  来求解；而对于液体，求解压强大小采用公式  $p=\rho_{\text{液}} gh$ 。

因此，我们得到下面这两个解题技巧：

（1）对固体，先求解压力  $F$ （公式是  $F=G$ ），再求解压强（公式是  $p=F/S$ ）；对于液体，先求解压强  $p$ （公式是  $p=\rho_{\text{液}} gh$ ），再求解压力（公式是  $F=pS$ ）。

（2）对于形状为柱状的固体与液体，求解压强的两个公式可随便使用，求解压力的两个公式也可随便使用，且也不存在先后关系。

### $p=F/S$ 与 $p=\rho_{\text{液}} gh$ 在计算题中的应用

如图 8-2-11 所示，一个盛水的杯子静止在水平桌面上，杯子重  $1\text{N}$ ，底面积  $20\text{cm}^2$ ；杯内水重  $3\text{N}$ ，水深  $8\text{cm}$ 。请求出：

- (1) 水对杯底的压力；  
 (2) 杯子对桌面的压强；

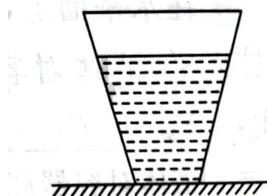


图 8-2-11

【分析】由于容器的形状不是柱状，所以，求解压强与压力需要按照“对固体，先求解压力  $F$ （公式是  $F=G$ ），再求解压强（公式是  $p=F/S$ ）；对于液体，先求解压强  $p$ （公式是  $p=\rho_{液}gh$ ），再求解压力（公式是  $F=pS$ ）”的技巧来解答该题。

已知： $G_{总}=1N+3N=4N$   $S=20cm^2=20\times 10^{-4}m^2$   $h=8cm=0.08m$

求：(1)  $F_{水}$  (2)  $p_{杯}$

解：(1)

$$p_{水} = \rho_{水} gh = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ N/kg} \times 0.08 \text{ m} = 800 \text{ Pa}$$

$$F_{水} = p_{水} S = 800 \text{ Pa} \times 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 1.6 \text{ N}$$

(2)

$$F_{杯} = G_{总} = 4 \text{ N}$$

$$p_{水} = \frac{F}{S} = \frac{4 \text{ N}}{20 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 2 \times 10^3 \text{ Pa}$$

答：水对杯底的压力是 1.6N，杯子对桌面的压强是  $2 \times 10^3 \text{ Pa}$

## 利用 $p=\rho hg$ 进行的分析比较

利用液体压强公式  $p=\rho hg$  对一些现象进行的分析与比较，能加深同学们对公式  $p=\rho hg$  的理解，也能提升同学们的逻辑分析能力。

例题：如图 8-2-12 所示，将一个没有装满水的密闭容器由甲图的正放变换为乙图的倒放在水平桌面上，则水对容器底的压强\_\_\_\_\_（选填“变大”或“变小”或“不变”）。

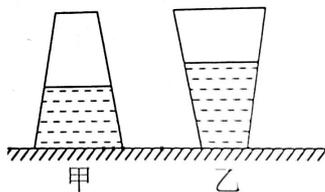


图 8-2-12

【分析】根据  $p = \rho hg$  可知，当液体密度  $\rho$  一定时，液体压强  $p$  与深度  $h$  成正比。乙图中的底部的深度更大，所以，乙图中底部的液体压强更大。

例题拓展：上图中，容器由正放变为倒放，水对容器底的压力\_\_\_\_\_（选填“变大”或“变小”或“不变”）。

【分析】根据  $F = pS$  和  $p = \rho hg$  可进行如何的公式推导：

$$F_{\text{水}} = p_{\text{水}} S = \rho_{\text{水}} ghS$$

根据此公式，我们发现  $hS$  的乘积其实指容器的底面积  $S$  与液面高度  $h$  的乘积，这个乘积正是柱状液体的体积，所以， $\rho hgS$  代表的是柱状液体的重力，即：

$$F_{\text{水}} = p_{\text{水}} S = \rho_{\text{水}} ghS = G_{\text{液柱}}$$

所以，要比较正放（甲图）与倒放（乙图）的液体压力，其实是比较柱状液体的重力。

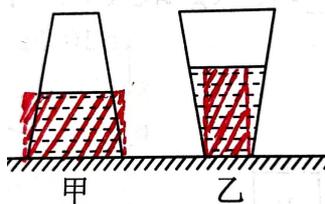


图 8-2-13

显然，在图 8-2-13 中的甲图中的柱状液体的重力（红色部分）大于容器中的液体重力；而乙图中柱状液体的重力（红色部分）小于容器中的液体重力。所以，甲图中液体压力  $F_{\text{甲}}$  一定大于乙图中液体压力  $F_{\text{乙}}$ 。

通过这个题目，我们得到这样一个结论：**液体压力等于柱状部分液体的重力。**

## 什么是连通器

连通器是指上端开口，底部连通的装置，如图 8-2-14 所示。



图 8-2-14

由图可知，连通器的最大特点是：容器内装有静止的同种液体时，容器内各液面总保持相平的，这个特点我们称为**连通器原理**。

所谓相平，是指液面在同一高度处，或各液面在同一水平上。

连通器内各液面为什么总是会相平呢？

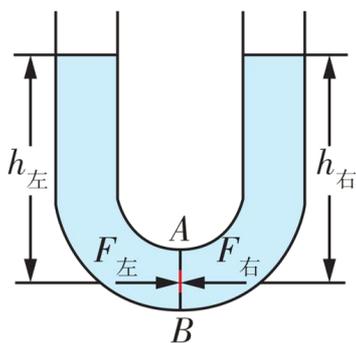


图 8-2-15

这与液体压强有关。如图 8-2-15 所示，当连通器内的液体静止时，我们设想在连通器底部连通的部分有一个小液片 AB。由于液体静止，液片处于平衡状态，在水平方向上，液片受力平衡（ $F_{左}=F_{右}$ ），因此液片两侧压强相等，即  $p_{左}=p_{右}$ 。根据液体压强公式  $p=\rho_{液}gh$  可知，

液片两侧的液柱高度相等，即  $h_{左}=h_{右}$ ，因此，两侧液面等高，即液面相平。

若连通器装入不同种的互不相溶的液体，根据液体压强公式  $p=\rho_{液}gh$  可知，静止时，容器内各液面可能不相平。

## 连通器的应用

连通器在生产、生活中应用非常广泛。



图 8-2-16

比如茶壶倒水时，壶体中的水与壶嘴处的水构成了一个连通器，由壶体中的水的液面高度高于壶嘴时，水就可以源源不断地流出，如图 8-2-16 所示。



图 8-2-17

洗脸池的下水管的 U 形“反水弯”是一个连通器，平时的反水弯处总是存有一定量的水，这样就可以阻挡下水道的臭气进入室内了，如图 8-2-17 所示。

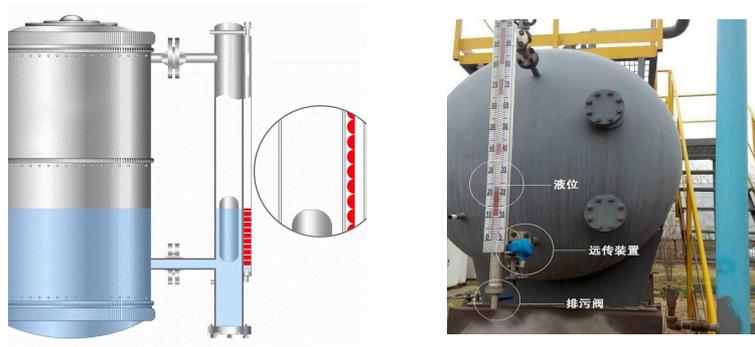


图 8-2-18

锅炉水位计的玻璃管和锅炉构成连通器，可显示锅炉内水位。虽然锅炉不是透明的，通过连通器装置，我们一样可以判断出锅炉内水位的高低，如图 8-2-18 所示。

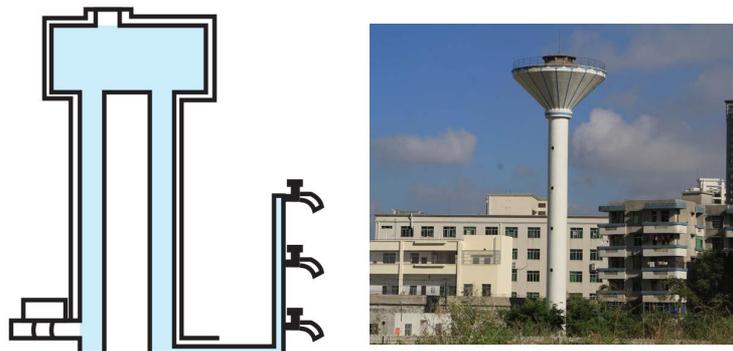


图 8-2-19

水塔和自来水管构成连通器，根据连通器原理，当打水龙头打开后，水将源源不断地流出，从而将水送到千家万户，如图 8-2-19 所示。

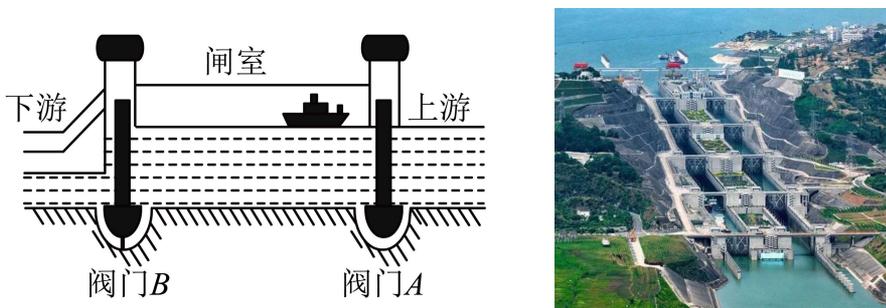


图 8-2-20

三峡大坝处的船闸也是利用连通器原理工作的，如图 8-2-20 所示。当阀门 A 打开、阀门 B 关闭时，闸室与上游构成连通器，闸室与上游的液面最终会相平，船就可以由上游进入闸

室。然后，阀门 A 关闭、阀门 B 打开，这时闸室与下游构成连通器，闸室与下游的液面最终会相平，船就可以由闸室驶入下游，这样，船就实现由上游进入下游的目的。

过路涵洞也是生活中常见的一种连通器，如图 8-2-21 所示。

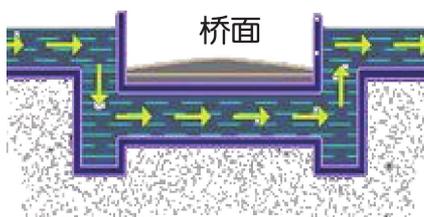


图 8-2-21



## 本节我们学习的物理规律

### 1、液体对容器底部和侧壁有压强吗？

液体对容器的底部和侧壁都有压力。

### 2、液体内部压强的特点有哪些？

(1) 液体内部各个方向都有压强；

(2) 在同一深度处，各个方向的压强相等。

(3) 液体内部的压强跟深度有关，液体密度相同时，深度增加，液体压强越大；

(4) 液体内部的压强跟液体密度有关，同一深度，液体密度越大，液体压强也越大。

### 3、什么是深度？

液体中某一点到液面的竖直距离叫做深度。

### 4、求解压力与压强技巧

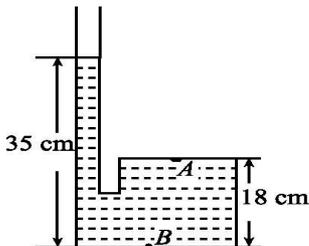
(1) 对固体，先求解压力  $F$ （公式是  $F=G$ ），再求解压强（公式是  $p=F/S$ ）；对于液体，先求解压强  $p$ （公式是  $p=\rho_{液}gh$ ），再求解压力（公式是  $F=pS$ ）。

(2) 对于形状为柱状的固体与液体，求解压强的两个公式可随便使用，求解压力的两个公式也可随便使用，且也不存在先后关系。



## 自我检测与巩固

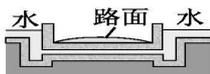
1、如图所示，容器中装有水， $\rho_{水}=1.0\times 10^3\text{ kg/m}^3$ 。水对容器底部 B 处的压强是 \_\_\_\_\_ Pa，水对容器顶部 A 处的压强是 \_\_\_\_\_ Pa。（ $g$  取  $10\text{ N/kg}$ ）



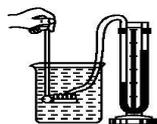
2、如图所示，不是利用连通器原理工作的是（ ）



A. 茶壶



B. 过路涵洞



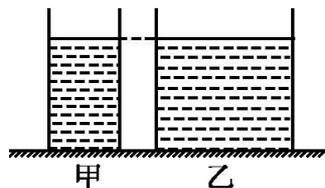
C. U形压强计



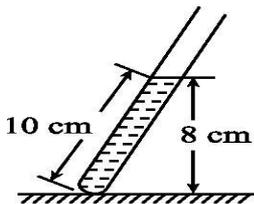
D. 地漏

3、如图所示,水平地面上有甲、乙两圆柱形容器,其底面直径之比为1:2,内装同种液体,深度相同,那么液体对容器底的压强之比和压力之比分别为( )

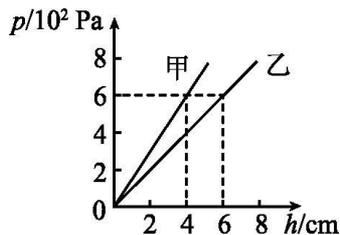
- A. 1:1 1:2
- B. 1:1 1:4
- C. 1:4 1:4
- D. 1:2 1:4



4、如图所示,将装有一定量水的细玻璃管倾斜放在水平桌面上,则此时水对玻璃管底部的压强为\_\_\_\_\_Pa,将玻璃管沿逆时针方向旋转到竖直位置时,水对玻璃管底部的压强增大了\_\_\_\_\_Pa。(g取10 N/kg)



5、如图所示是某同学研究液体压强时,绘制的甲、乙两种液体的压强与深度的关系图像。图像倾斜程度越大,密度\_\_\_\_\_ (选填“越大”或“越小”),图中甲、乙两种液体密度之比  $\rho_{甲} : \rho_{乙} =$ \_\_\_\_\_。



6、我国“海斗一号”潜水器在马里亚纳海沟成功完成了首次万米海试与试验性应用任务,于2020年6月8日载誉归来。当潜水器下潜至距海面  $1.0 \times 10^4$  m 处时,求:( $\rho_{海水} = 1.03 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>, g取10 N/kg)

(1)潜水器受到海水的压强。

(2)潜水器观察窗 0.82 m<sup>2</sup> 面积上所受到海水的压力。