

## 流体静力学概述1

**流体静力学**  
*fluid statics*

→ 流体在外力作用下的平衡规律

**静止** { **绝对静止**  
**相对静止** } → 流体质点间不存在相对运动  
↓  
无剪应力

**基础知识**  
→ 作用在流体上的力，不可压缩流体

2022-5-26 西安交通大学流体静力学课程组 1

## 流体静力学概述2



2022-5-26 西安交通大学流体静力学课程组 2

## 第二章 流体静力学

### 一、流体静压强特性

### 二、静止流体中的压强分布

→ 静止流体平衡微分方程、相对静止问题及重力场中流体的平衡、压强测量

### 三、作用在壁面上的流体静压力

2022-5-26 西安交通大学流体静力学课程组 3

## 2.1 流体静压强及其特性

**问题**

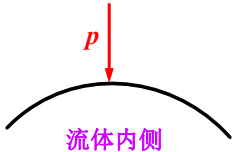
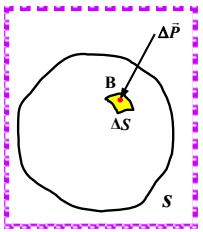
- ① 流体静压强是怎样定义的
- ② 流体静压强有什么特性
- ③ 流体内部静压强的变化与什么有关

2022-5-26 西安交通大学流体静力学课程组 4

### 流体静压强的特性1

**流体静压强**  $\rightarrow p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta S}$  处于静止状态下的流体中的压强

流体静压强的方向垂直于作用面，并指向流体内部

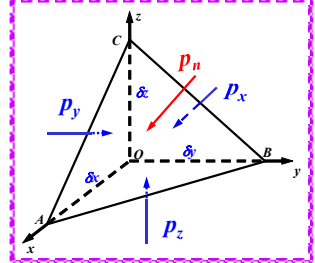
pressure

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 5

### 流体静压强的特性2

静止流体任意点处静压强的大小与其作用面方位无关，只是作用点位置的函数

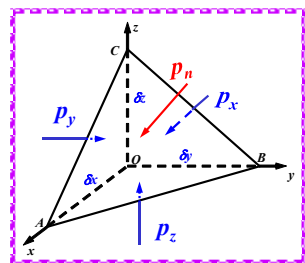
- 取任意微元四面体如图
- 质量力  $\leftarrow$  重力、惯性力  $\vec{f} \cdot \rho \frac{1}{6} dx dy dz$
- 表面力  $\leftarrow$  只有法向力  $p_x \frac{1}{2} dy dz$   $p_y \frac{1}{2} dx dz$



2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 6

### 流体静压强的特性3

- 表面力  $p_z \frac{1}{2} dx dy$   $p_n \Delta A$
- 所受合力为零  $\rightarrow$  流体内部无切向力，由质量力与压力平衡可得压强大小只是作用点位置的函数  $\rightarrow p = f(x, y, z)$



**理想流体压强**  $\rightarrow p = f(x, y, z)$  流体中不存在切向力

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 7

### 流体静压强的特性4

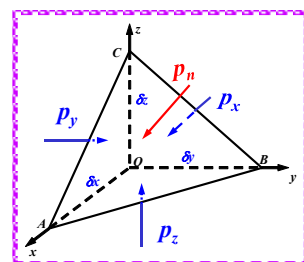
**X 方向**  $p_n \Delta A$  投影在X负方向

$$f_x \rho \frac{1}{6} dx dy dz + p_x \frac{1}{2} dy dz - p_n \Delta A \cos(n, x) = 0$$

其中  $\Delta A \cos(n, x) = \frac{1}{2} dy dz$

$\rightarrow p_x = p_n$

同理  $p_y = p_n$   $p_z = p_n$



2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 8

### 流体静压强的特性4

**特性1**

流体静压强的方向垂直于作用面，并指向流体内部

**特性2**

静止流体任意点处静压强的大小与其作用面方位无关，只是作用点位置的函数

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 9

### 2.2 静止流体平衡微分方程1

**建立基本方程的基本步骤**

- ① 建立坐标系
- ② 选取研究对象
- ③ 进行质量、动量，能量等通量和受力等分析
- ④ 应用基本物理定律建立方程
- ⑤ 简化整理方程

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 10

### 静止流体平衡微分方程2

压强沿空间变化，导致单元受力

① 质量力  $\vec{f} \cdot \rho \delta x \delta y \delta z$

② 表面力

泰勒级数展开略去高阶小项

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 11

### 静止流体平衡微分方程3

① 六面体微元所受的表面力合力  $f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^n(x_0)}{n!} (x - x_0)^n$

Y方向  $P_R = P + \Delta P$

$$P_R = P_0 + \frac{\partial p}{\partial y} (y_R - y_0)^1 + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} (y_R - y_0)^2 + \dots$$

$\Rightarrow P_R = P + \frac{\partial p}{\partial y} \frac{1}{2} \delta y$

$\Rightarrow \left( P - \frac{\partial p}{\partial y} \frac{1}{2} \delta y \right) \delta x \delta z - \left( P + \frac{\partial p}{\partial y} \frac{1}{2} \delta y \right) \delta x \delta z = -\frac{\partial p}{\partial y} \delta x \delta y \delta z$

同理 X方向 和 Z方向

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 12

### 静止流体平衡微分方程4

⑥ 六面体微元所受的表面力合力

$$-\vec{i} \frac{\partial p}{\partial x} \delta x \delta y \delta z - \vec{j} \frac{\partial p}{\partial y} \delta x \delta y \delta z - \vec{k} \frac{\partial p}{\partial z} \delta x \delta y \delta z$$

$$= - \left( \vec{i} \frac{\partial p}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial p}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial p}{\partial z} \right) \delta x \delta y \delta z = - \nabla p \delta x \delta y \delta z$$

压强梯度  
pressure gradient

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 13

### 静止流体平衡微分方程5

⑥ 静止流体受力平衡

$$\vec{f} \cdot \rho \delta x \delta y \delta z - \nabla p \delta x \delta y \delta z = 0$$

质量力      压力

静止流体平衡方程—欧拉平衡方程

$$\vec{f} - \frac{1}{\rho} \nabla p = 0$$

静止流体中压强与质量力的平衡方程

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 14

### 静止流体平衡微分方程6

$$\vec{f} - \frac{1}{\rho} \nabla p = 0$$

- ⑥ 压强梯度导致的净力必须由重力或加速度或流体其它效应平衡——力平衡
- ⑥ 压强梯度描述压强在空间中最大变化率的方向和大小，由质量力决定——大小和方向
- ⑥ 压强在质量力方向上变化最快，与质量力垂直的方向无变化——等压面

→ 等压面与质量力处处垂直

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 15

### 2.4 重力场中静止流体平衡微分方程

条件 → 连通的静止流体，只在  $z$  向有重力作用， $z$  的正方向垂直向上

方程 →

$$\begin{cases} 0 - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \\ 0 - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \\ -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0 \end{cases} \Rightarrow \frac{dp}{dz} = -\rho g$$

hydrostatic pressure distribution

- 压强只是  $z$  的函数，水平面上各点压强相等
- 压强最大的变化方向在铅垂方向
- $z$  方向压强梯度为负，压强沿深度方向逐渐增大

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 16

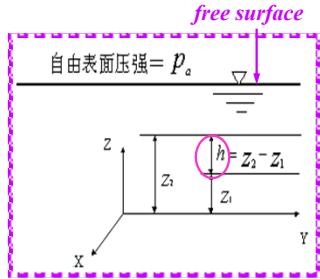
### 不可压缩流体压强分布1

均质不可压缩流体  $\Rightarrow \rho = \text{常数}$

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g$$

$$\Rightarrow p_1 = p_2 + \rho g h$$

$z_2$  与自由面等高

$$\Rightarrow p_1 = p_a + \rho g h$$


2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 17

### 不可压缩流体压强分布2

公式的内涵  $\Rightarrow p_1 = p_2 + \rho g h$

- 在铅垂方向，压强与淹深成线性关系
- 等压面为水平面

$$p_1 = p_2 + \rho g h \Rightarrow h = \frac{p_1 - p_2}{\rho g}$$

密度为  $\rho$ ，高度为  $h$  的一段液柱的重量

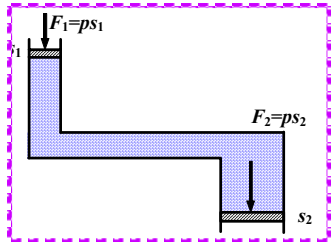
- $p_2 = 0$ ，1点绝对压强对应的液柱高度
- $p_2 = p_a$ ，1点表压（计示压强）对应的液柱高度

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 18

### 帕斯卡原理

$$p_1 = p_2 + \rho g h \Rightarrow \delta p_1 = \delta p_2$$

充满液体的连通器内，一点的压强变化可瞬间传递到整个连通器内



$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{s_2}{s_1}$$

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 19

### 液压机——气压水，水压活塞，活塞压钢锭



中国二重，80000吨模锻液压机，2012

中国一重，15000吨水压机，2006.12

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 20

### 几何意义和能量意义1

液体静压强分布的另一种表达方式

由  $\frac{dp}{dz} = -\rho g$   $\Rightarrow$   $p = -\rho g z + C$  *incompressible fluid*

$\Rightarrow$   $z + \frac{p}{\rho g} = C$

同一种静止液体中任意点的  $z + p/\rho g$  总是常数

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 21

### 几何意义和能量意义2

几何意义

$z$   $\Rightarrow$  位势头或位置水头 *potential head*

$p/\rho g$   $\Rightarrow$  测压管高度或压强水头 *pressure head*

④ 液体中某点在压强作用下液体沿测压管上升的高度

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 22

### 几何意义和能量意义3

$z + p/\rho g$   $\Rightarrow$  测压管水头或水静能头H *piezometric head*

④ 测压管内液面相对于基准面的高度

$z + p/\rho g = C$

同一种静止液体中各点测压管水头均相等

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 23

### 几何意义和能量意义4

测压管水头线

④ 连接各点测压管水头的液面线，若测压管开口通大气，则液面线各点压强均为  $p_a$

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 24



### 几何意义和能量意义5

**物理意义**  $z + p/\rho g = C$  *energy per unit weight*

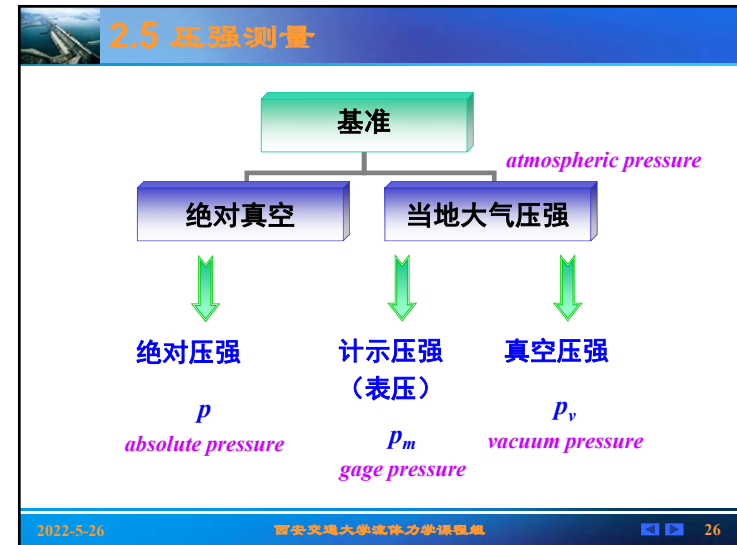
$z$   $\rightarrow$  单位重量流体的位置势能  
*portiential energy*

$p/\rho g$   $\rightarrow$  单位重量流体的压力能（压强势能）  
*pressure energy*

$z + p/\rho g$   $\rightarrow$  单位重量流体的总能量（总势能）  
*total energy*

同种静止流体中单位重量液体的总能量相等

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 25



### 绝对压强、表压、真空压强

- 绝对压强总为正
- 表压有正有负

$p_m = p - p_a$

- 表压为负，取其绝对值，为真空压强

$p_v = p_a - p$

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 27

### 压强的单位

国际单位制:  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

工程单位制: 大气压(at、atm), 巴(bar), 液柱高度

标准大气压

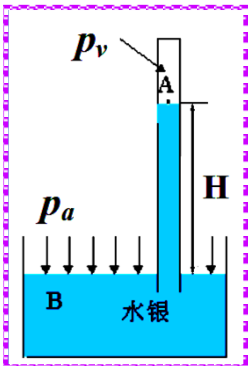
$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mm (Hg)}$   
 $= 10.33 \text{ m (H}_2\text{O)}$

工程大气压

$1 \text{ at} = 1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.981 \times 10^5 \text{ Pa} = 10 \text{ m (H}_2\text{O)}$

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 28

### 大气压强的测量



◎ 大气压强随当地经纬度，海拔高度及季节时间的不同而不同

standard atmospheric pressure

1 标准大气压  
 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

$H = 760 \text{ mmHg}$

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 29

### 压强测量

测量压强的仪器（装置）称为测压计，压力表等

- 金属式** 测量金属弹性元件变形进而测得压强
- 电测式** 金属弹性元件变形，电阻、电容、电感变化，通过测量电信号测得压强
- 液柱式** 静力学基本方程

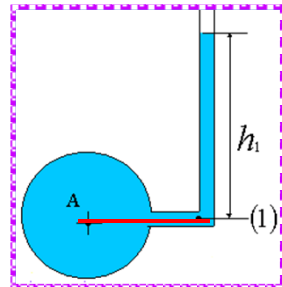
2022-5-26 西安交通大学力学课程组 30

### 测压计 manometer

$p_{Am} = \rho g h_1$

单管测压计的缺点

- ◎ 被测压强不能太大
- ◎ 只能测量液体压强
- ◎ 被测压强必须高于当地大气压强

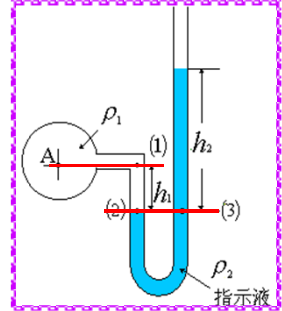


2022-5-26 西安交通大学力学课程组 31

### U型管测压计1

$p_{Am} = \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1$

- ◎ 作等压面
  - 被测点 相界面
- ◎ 等高的两点必须在连通的同一种液体中
- ◎ 沿液柱向上，压强减小；液柱向下，压强增大



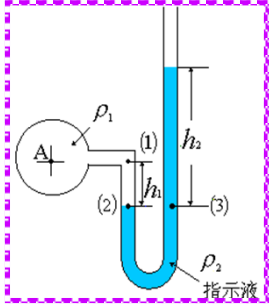
2022-5-26 西安交通大学力学课程组 32



### U型管测压计2

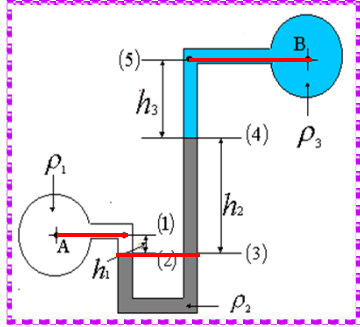
#### U型管测压计特点

- ④ 测量范围较大
- ④ 可测量气体压强
- $p_{Am} = \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1 \approx \rho_2 g h_2$
- ④ 可测量真空压强
- ④ 指示液不能与被测液体掺混



2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 33

### 差压计



向下 P+  
向上 P-

$$p_A - p_B = \rho_3 g h_3 + \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1$$

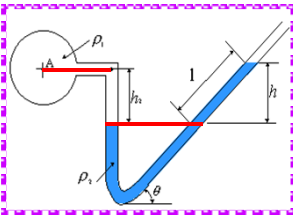
2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 34

### 倾斜式测压计 (微压计)

#### 通常用来测量气体压强

$$p_{Am} = \rho_2 g l \sin \theta - \rho_1 g h_1$$

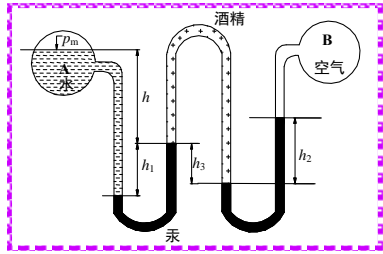
- ④ 倾斜管放大了测量距离, 提高了测量精度

$$\frac{l}{h} = \frac{1}{\sin \theta}$$


2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 35

### U型管测压计例题

如图所示多管式压强计, 若B容器中空气的表压  $p = -2.74 \times 10^4 \text{ Pa}$ ,  $h = 500 \text{ mm}$ ,  $h_1 = 200 \text{ mm}$ ,  $h_2 = 250 \text{ mm}$ ,  $h_3 = 150 \text{ mm}$ , 求容器A上部的表压  $p_m$



2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 36

## 2.6 非惯性系相对平衡问题1

### 问题

- ① 非惯性系相对平衡问题有什么特点
- ② 质量力包括哪些力，压强如何分布
- ③ 等压面是什么形状

2022-5-26

西安交通大学力学课程组

37

## 非惯性系相对平衡问题2

### 非惯性系，相对静止问题

- ① 流体相对于运动坐标系静止，质点间无相对运动，流体与器壁间也无相对运动  $\Rightarrow$  无切向力

### 相对静止平衡微分方程

$$\vec{f} - \frac{1}{\rho} \nabla p = 0 \Rightarrow \vec{g} - \vec{a} - \frac{1}{\rho} \nabla p = 0$$

2022-5-26

西安交通大学力学课程组

38

## 匀加速问题1

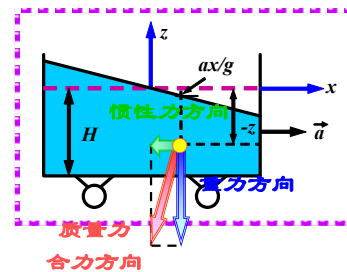
### 质量力

$$f_x = -a \quad f_y = 0$$

$$f_z = -g$$

$$\Rightarrow \begin{cases} -a - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \\ 0 - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \\ -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0 \end{cases}$$

uniform rigid-body acceleration



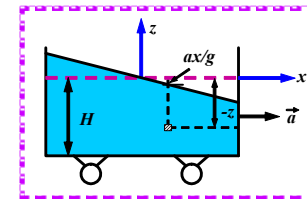
2022-5-26

西安交通大学力学课程组

39

## 匀加速问题2

- ① 匀加速运动，流体质点间无相对运动



- ② 等压面与质量力方向垂直 — 斜面

$$\text{压强分布} \Rightarrow p = p_a + \rho g \left( -z - \frac{a}{g} x \right) \quad \text{淹深 } h$$

2022-5-26

西安交通大学力学课程组

40

### 匀加速问题3

$$\begin{cases} -a - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \\ 0 - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \\ -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0 \end{cases} \quad (1) \square dx + (2) \square dy + (3) \square dz$$

$$\Rightarrow dp = -\rho(ax + g dz)$$

(1) 等压面方程  $\rho = C \quad dp = 0$

积分上式  $ax + gz = C \Rightarrow Z = -\frac{a}{g}x + C$

(2) 自由液面方程  $x=0 \Rightarrow z=0 \Rightarrow C=0 \quad Z_s = -\frac{a}{g}x$

(3) 压强分布特性  $\rho = C$  积分平衡微分方程

$$dp = -\rho(ax + g dz) \Rightarrow p = -\rho(ax + gz) + C$$

边界条件  $x=0, z=0, p=p_a \Rightarrow C=p_a$

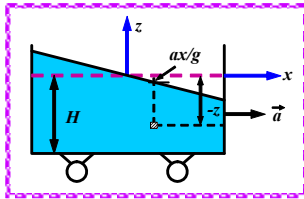
2022-5-26 西安交通大学力学课程组 41

### 匀加速问题4

$$\Rightarrow p = p_a - \rho(ax + gz)$$

$$\Rightarrow p = p_a + \rho g \left( -\frac{a}{g}x - z \right)$$

$$p = p_a + \rho g(z_s - z)$$

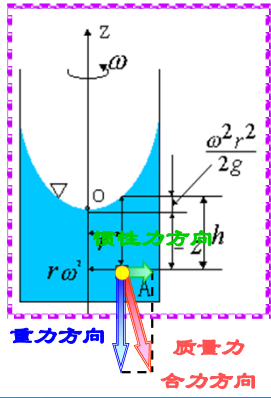
$$p = p_a + \rho gh$$


压强分布  $\Rightarrow p = p_a + \rho g \left( -z - \frac{a}{g}x \right)$  淹深  $h$

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 42

### 等角速度转动问题1

rigid-body rotation



$$f_x = \omega^2 x \quad f_y = \omega^2 y \quad f_z = -g$$

$$\begin{cases} \omega^2 x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \\ \omega^2 y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \\ -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0 \end{cases}$$

重力方向 质量力 合力方向

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 43

### 等角速度转动问题2

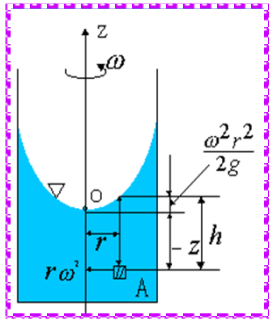
◎ 等角速转动，流体质点间无相对运动

等压面与质量力方向垂直 — 抛物面

压强分布

$$p = p_0 + \rho g \left( \frac{\omega^2 r^2}{2g} - z \right)$$

淹深  $h$



2022-5-26 西安交通大学力学课程组 44

## 2.7 作用在平面上的流体静压力

问题

- ① 作用在平板上静水压力的大小和方向
- ② 作用在平板上静水压力的作用点位置

2022-5-26
西安交通大学力学课程组
45

## 平板形心及惯性矩

① 均质平板形心 *centroid*

$$x_c = \frac{1}{A} \int_A x dA$$

$$y_c = \frac{1}{A} \int_A y dA$$

②  $A$  对  $x$  轴的惯性矩

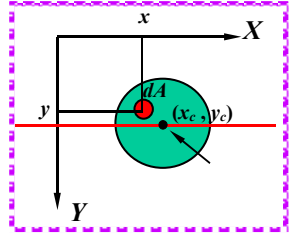
$$I_x = \int_A y^2 dA \quad \text{moment of inertia}$$

③ 惯性矩移轴定理

$I_x = I_{xc} + y_c^2 A$

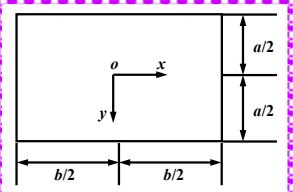
→

$I_{xc}$  为  $A$  对通过形心并与  $x$  轴平行的轴的惯性矩

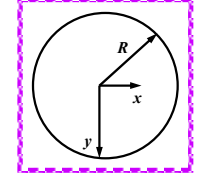


2022-5-26
西安交通大学力学课程组
46

## 常见形状的惯性矩及离心矩



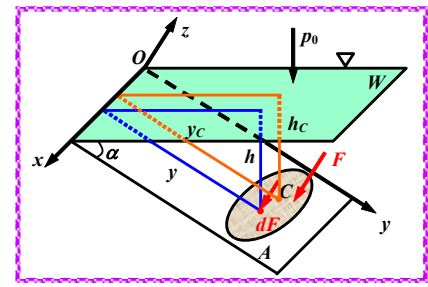
$A = ba$   
 $I_{xC} = \frac{1}{12} ba^3$   
 $I_{yC} = \frac{1}{12} ab^3$   
 $I_{xyC} = 0$   
*product of inertia*



$A = \pi R^2$   
 $I_{xC} = I_{yC} = \frac{\pi R^4}{4}$   
 $I_{xyC} = 0$

2022-5-26
西安交通大学力学课程组
47

## 作用在平面上的总压力1



① 平行力系作用在一侧平板上的合力

→

$F = (p_0 + \rho g h_c) A = p_c A$

$h_c = y_c \sin \alpha$

$h_c$  为形心淹深

2022-5-26
西安交通大学力学课程组
48

### 作用在平面上的总压力2

◎ 平行力系作用在一侧平板上的合力

$$dF = (p_0 + \rho gh) dA = (p_0 + \rho g y \sin \alpha) dA$$

$$F = \int_A (p_0 + \rho g y \sin \alpha) dA = p_0 A + \rho g \sin \alpha \int_A y dA \quad y_c A$$

$$= p_0 A + \rho g \sin \alpha y_c A = (p_0 + \rho g \sin \alpha y_c) A \quad h_c$$

$$= (p_0 + \rho gh_c) A = p_c A$$

形心淹深  $h_c = y_c \sin \alpha$

→  $F = (p_0 + \rho gh_c) A = p_c A$

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 49

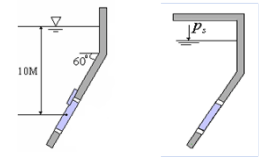
### 作用在平面上的总压力3

◎ 平行力系作用在一侧平板上的合力  $F = (p_0 + \rho gh_c) A$

若平板两侧均布压强产生的力相互抵消，平板所受总压力

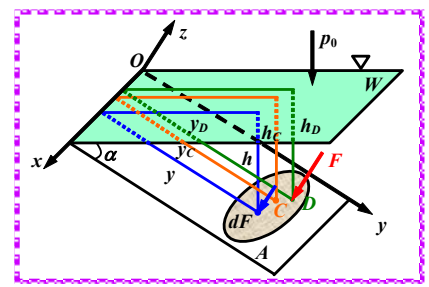
→  $F = \rho gh_c A$

◎ 平板静压力等于形心处压强与平板面积的乘积，静压力方向与平板垂直



2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 50

### 压力中心 $(x_D, y_D)$ 1



总压力作用点位置  
center of pressure

平行力系对  $x$  轴的力矩之和等于合力对  $x$  轴的力矩

→  $\int_A y dF = y_D F$

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 51

### 压力中心 $(x_D, y_D)$ 2

压力中心  $y_D$  →  $y_D = y_C + \frac{I_{xc} \rho g \sin \alpha}{(p_0 + \rho g \sin \alpha y_c) A}$

◎ 平板两侧作用有均布的大气压强时，大气压强产生的力矩相互抵消

→  $y_D = y_C + \frac{I_{xc}}{y_c A}$

→  $y_D > y_C$   
 $h_D > h_C$  压力中心总是位于形心之下  
平板下移，压力中心与形心接近

2022-5-26 西安交通大学流体力学课程组 52

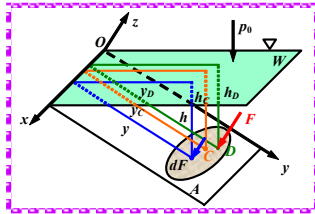
### 压力中心 $(x_D, y_D)$ 3

**压力中心  $x_D$**   $\leftarrow \int x dF = x_D F$

$\Rightarrow x_D = x_C + \frac{I_{xyc}}{y_C A}$

◎ 面积相对于通过形心的某一轴对称时

$\Rightarrow x_D = x_C$



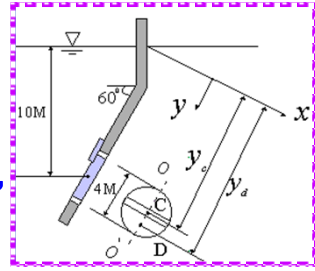
2022-5-26 西安交通大学力学课程组 53

### 平面上的流体静压力例题1-1

例：水箱倾斜壁面上有一直径为4m的圆型闸门，该闸门可以围绕通过圆心的水平轴旋转，轴位于水面以下10m处。

求：1) 闸门所受总压力  
2) 为使闸门不旋转需施加的力矩大小

设水密度  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ，  
壁面倾斜角为  $60^\circ$



2022-5-26 西安交通大学力学课程组 54

### 平面上的流体静压力例题1-2

解：1) 闸门所受总压力

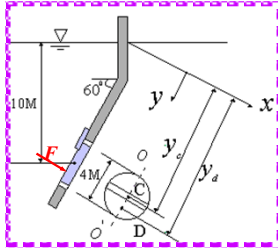
$$F = \rho g h_C A$$

$$= 10^3 \times 9.8 \times 10 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 4^2 = 1.23 \times 10^6 (\text{N})$$

压力中心位于  $OO'$  上

$$y_D = y_C + \frac{I_{xC}}{y_C A}$$

由  $I_{xC} = \frac{1}{4} \pi R^4$



2022-5-26 西安交通大学力学课程组 55

### 平面上的流体静压力例题1-3

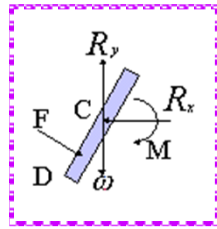
$$y_C = h_C / \sin 60^\circ$$

$$\Rightarrow y_D = \frac{10}{\sin 60^\circ} + \frac{0.25\pi \times 2^4}{10 / \sin 60^\circ \times 0.25\pi \times 2^2}$$

$$= 11.6366 (\text{m})$$

2) 求力矩

$$M = F(y_D - y_C)$$

$$= 1.07 \times 10^5 (\text{N} \cdot \text{m})$$


2022-5-26 西安交通大学力学课程组 56



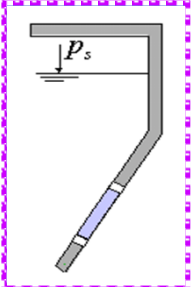
### 平面上的流体静压力例题2

例：如果假设水箱是封闭的，自由液面上压力  $p_s = 50\text{kPa}$  (表压)，其他条件几何尺寸均和上例相同，试重新求解上题。

(1) 闸门所受总压力

$$F = (p_s + \rho g h_c)A$$

(2) 压力中心

$$y_D = y_C + \frac{I_{xc} \rho g \sin \alpha}{(p_s + \rho g \sin \alpha y_C)A}$$


2022-5-26 西安交通大学力学课程组 57

### 平面上的流体静压力—小结1

- ④  $y$  方向与  $h$  方向的区别，代公式时坐标轴的选取
- ④ 一般问题均是求解平面所受总压力，注意分布压强的处理

$$F = (p_0 + \rho g h_c)A \quad F = \rho g h_c A$$

$$y_D = y_C + \frac{I_{xc} \rho g \sin \alpha}{(p_0 + \rho g \sin \alpha y_C)A}$$

$$y_D = y_C + \frac{I_{xc}}{y_C A} \quad x_D = x_C + \frac{I_{xyc}}{y_C A}$$

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 58

### 平面上的流体静压力—小结2

- ④ 总压力只与流体密度、形心淹深、受力面积有关
- ④ 由于深度增加，压强增大，所以压力作用点位置总在形心之下（受力面的形心）， $h_D > h_C$
- ④ 惯性矩的求解：注意矩形惯性矩求解时  $x$ 、 $y$  轴的选取
- ④ 平板形状对称时， $x_D = x_C$

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 59

### 作业

作业：P.63~66

- ④ 2-10
- ④ 2-13
- ④ 2-14
- ④ 2-19

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 60

## 小结1

## 流体静压强的特性

- { 垂直于作用面，指向流体内部  
大小与作用面方位无关，只是作用点位置的函数

## 绝对压强、计示压强、真空压强

- 基准不同

2022-5-26

西安交通大学力学课程组

61

## 小结2

## 液柱式测压计

- ◎ 各种测压计的优缺点
- ◎ 指示液的选取

## 几个概念

- ◎ 相对静止、等压面、形心、惯性矩、压力中心

2022-5-26

西安交通大学力学课程组

62

## 小结3

## 公式

- ◎ 静止流体平衡方程—欧拉平衡方程

→  $\vec{f} - \frac{1}{\rho} \nabla p = 0$   $f_x = 0, f_y = 0$   $f_z = -g$  只有重力作用

- ◎ 不可压缩静止流体内压强分布

→  $p_1 = p_2 + \rho gh$  注意 U 型管的计算

2022-5-26

西安交通大学力学课程组

63

## 小结4

- ◎ 作用在平板上的流体静压力

→  $F = (p_0 + \rho gh_c)A$   $h_c = y_c \sin \alpha$  形心淹深

- ◎ 压力中心

$y_D = y_c + \frac{I_{xc} \rho g \sin \alpha}{(p_0 + \rho g \sin \alpha y_c) A}$   $y_D = y_c + \frac{I_{xc}}{y_c A}$

面积相对于通过形心的某一轴对称时

→  $x_D = x_c$

2022-5-26

西安交通大学力学课程组

64

### 等压面思考题

一圆桶中盛有水，静止时自由面为\_\_\_\_\_当圆桶以匀角速度绕中心轴旋转时，自由面为\_\_\_\_\_

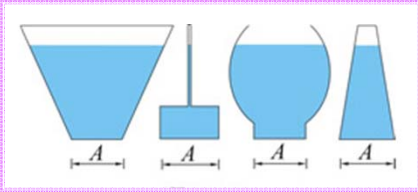
A、斜面  
B、曲面  
C、水平面

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 65

### 平板静压力思考题

四种敞口盛水容器的底面积相同，水位高相同。容器中水的重量比为（自左向右）9:1:10:2，则水作用于各容器底部的静压力为

A、9:1:10:2  
B、相同  
C、与形状有关



2022-5-26 西安交通大学力学课程组 66

### 复习 5/26/2022

$$\vec{f} - \frac{1}{\rho} \nabla p = 0 \Rightarrow \vec{g} - \vec{a} - \frac{1}{\rho} \nabla p = 0$$

⇒ 只有重力作用时等压面形状，压强分布

$$p_1 = p_2 \pm \rho g h \Rightarrow \text{重力场，压强线性分布，向下增大}$$

$$z + \frac{p}{\rho g} = C \Rightarrow \text{几何意义，物理意义}$$

🐼 流体静压强的特点是什么？理想流体的压强有什么特点？

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 67

### 复习 5/26/2022

$$\vec{f} - \frac{1}{\rho} \nabla p = 0 \Rightarrow \vec{g} - \vec{a} - \frac{1}{\rho} \nabla p = 0$$

匀加速直线运动、等角速度旋转—等压面、压强分布

平壁面一侧所受流体静压力

$$F = (p_0 + \rho g h_c) A \quad F = \rho g h_c A$$

注意大气压强产生的压力如何处理

🐼 平壁面流体静压力作用点的求解？

2022-5-26 西安交通大学力学课程组 68