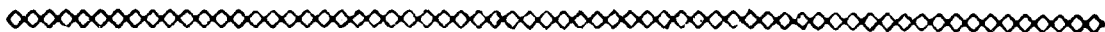


中等专业学校教材

水力学学习题集

湖南省水利水电学校 丁新求 主编

中等专业学校教材



水力学习题集

湖南省水利水电学校 丁新求 主编

中国水利水电出版社

中等专业学校教材

水力学习题集

湖南省水利水电学校 丁新求 主编

*

中国水利水电出版社 出版
(原水利电力出版社)

(北京市三里河路6号 100044)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
北京市密云县印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 11印张 244千字
1994年6月第一版 1998年5月北京第三次印刷
印数 10491—18490册

ISBN 7-80124-364-1/TV·196

(原 ISBN 7-120-01954-6/TV·715)

定价 11.00元

内 容 提 要

本书是根据1988年4月原水利电力部教育司颁发的水利电力部中等专业学校水工、农水、水利工程管理、水土保持、水文和水动等水利水电类专业适用的“水力学教学大纲”编写的一本教学配套教材。除第十一章和第十五章外,其余各章均按思考题、计算题、公式提要、解题指导的编排次序编写。围绕中专水力学教学的基本要求,全书共分十五章,共选编了462道习题、4个综合练习题以及66道例题。对于一些重要概念或计算内容较多、较杂的章节,书中进行了表格式的简要归纳。

本书可作为中等专业学校水工、农水、水利工程管理、水土保持、水文和水动等专业的教学配套教材,也可供其它水利、土建类专业参考选用。

前言

本书是根据1988年4月原水利电力部教育司颁发的水利电力部中等专业学校水工、农水、水利工程管理、水土保持、水文和水动等水利水电类专业适用的“水力学教学大纲”编写的。为适应教学需要，本书在内容上尽可能与上述各专业的水力学教材内容相呼应。

全书共分十五章，选编习题462道，大部分都是基本题和通用题。对于少数专业性较强的内容，一般在题首均注有（动）、（文）、（管）等字样（即“水动”、“水文”、“管理”专业适用之意）。对于个别选修内容或难度较大一些的习题、例题，则注有*号。按照大纲要求，本文还选编了4个综合练习题。为了帮助学生理清思路，提高解题技能，对于一些重要概念或计算内容较多、较杂的章节，本书在“解题指导”中进行了表格式的简要归纳。并且列举了66道例题，对于学生在学习水力学中容易出现的概念错误和个别疑难问题，着重通过例题进行指导与解答。

编写本书时，我们主要根据多年来的中专教学实践，并参考了大连工学院编写的《水力学解题指导及习题集》，纪立智主编的《水力学理论与习题》以及清华大学、河海大学、成都科技大学和武汉水利电力学院等高等学校的水力学教材中的有关内容，也参考了国外已出版的部分资料与文献。

考虑到读者一般均有水力学教材，囿于篇幅，本书凡水力计算图表均未编入，且各章一般只列出主要公式，公式也尽量避免图释。

本书由湖南水利水电学校丁新求（第一、二、三、十、十二章）、黄河水利学校孙东坡（第六、七、十一、十五章及综合练习4）、长江水利水电学校魏春和（第四、十四章及综合练习2）、山东水利学校者建崧（第五、十三章及综合练习1）、重庆水利电力学校谢乃贞（第八、九章及综合练习3）编写，全书由丁新求任主编。内蒙古水利学校王亚平老师为本书的编写做了大量的准备工作，专此致谢。

全书由黄河水利学校赵彦南高级讲师主审。

本书在编写过程中，得到了各有关领导和兄弟学校水力学同行们的大力支持和帮助，谨此一并致以谢忱。

由于编者水平所限，书中纰缪之处肯定不少，恳请广大读者批评指正。

编 者

1993年2月

目 录

前言

第一章 绪论.....	1
第一节 思考题.....	1
第二节 计算题.....	1
第三节 公式提要.....	2
第四节 解题指导.....	2
第二章 水静力学.....	5
第一节 思考题.....	5
第二节 计算题.....	6
第三节 公式提要.....	12
第四节 解题指导.....	13
第三章 液流运动的基本原理.....	19
第一节 思考题.....	19
第二节 计算题.....	20
第三节 公式提要.....	26
第四节 解题指导.....	27
第四章 液流型态与水头损失.....	36
第一节 思考题.....	36
第二节 计算题.....	37
第三节 公式提要.....	39
第四节 解题指导.....	40
第五章 有压管道中的恒定流.....	46
第一节 思考题.....	46
第二节 计算题.....	46
第三节 公式提要.....	52
第四节 解题指导.....	53
第六章 明渠恒定均匀流.....	59
第一节 思考题.....	59
第二节 计算题.....	59
第三节 公式提要.....	61
第四节 解题指导.....	62
第七章 明渠恒定非均匀流.....	68
第一节 思考题.....	68
第二节 计算题.....	69
第三节 公式提要.....	74
第四节 解题指导.....	75

第八章	孔流与堰流	88
第一节	思考题	88
第二节	计算题	89
第三节	公式提要	93
第四节	解题指导	94
第九章	泄水建筑物下游的水流衔接与消能	104
第一节	思考题	104
第二节	计算题	105
第三节	公式提要	106
第四节	解题指导	108
(动) 第十章	有压管道中的水击	122
第一节	思考题	122
第二节	计算题	122
第三节	公式提要	124
第四节	解题指导	125
(文) 第十一章	明渠非恒定流	131
第一节	思考题	131
第二节	公式提要	131
第三节	解题指导	132
(动) 第十二章	叶栅理论简介	134
第一节	思考题	134
第二节	计算题	134
第三节	公式提要	136
第四节	解题指导	137
第十三章	渗流	141
第一节	思考题	141
第二节	计算题	141
第三节	公式提要	144
第四节	解题指导	146
第十四章	水力模型试验基础	152
第一节	思考题	152
第二节	计算题	152
第三节	公式提要	153
第四节	解题指导	154
*第十五章	高速水流简介	159
第一节	习题	159
第二节	本章内容提要	159
附录	综合练习	161
综 I	渠道及渠系建筑物的水力计算	161
综 II	泄水隧洞的水力计算	161
综 III	溢洪道的水力计算	162
综 IV	河渠的水力计算	165

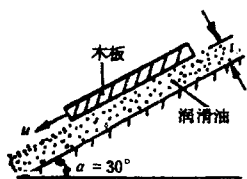
第一章 绪 论

第一节 思 考 题

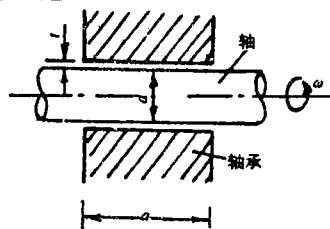
- 1-1 重力加速度的大小与哪些因素有关?在水力学中是怎样考虑重力加速度的大小?
- 1-2 液体的容重和密度在什么情况下可视为常数?
- 1-3 影响液体 γ 与 ρ 变化的因素有哪些?水的 γ 和 ρ 与这些因素的变化关系如何?
- 1-4 固体间的摩擦力与液层之间的内摩擦力有何不同之处?
- 1-5 静止液体是否存在粘滞性?为什么?
- 1-6 举例说明液层上切应力方向的确定方法。
- 1-7 假设明渠水流的垂线流速分布为: ①常数; ②底部速度 $u = 0$, 表面 $u = u_{\max}$ 的斜直线; ③二次抛物线。则其切应力 τ 的垂线分布规律各是怎样的(作图说明)?
- 1-8 液体压缩时, 其质量和密度各有无变化?影响 β (或 K)变化的因素有哪些?
- 1-9 引入连续介质假设有何实际意义?
- 1-10 何谓理想液体?理想液体流动的垂线流速与切应力分布规律如何?在自然界中存在理想液体吗?

第二节 计 算 题

- 1-1 体积为 2.5m^3 , 重量为 17.1kN 的液体, 其容重、密度各为若干?
- 1-2 某液体的密度为 $13600\text{kg}/\text{m}^3$, 运动粘滞系数为 $1.14 \times 10^{-7}\text{m}^2/\text{s}$, 求动力粘滞系数。
- 1-3 已知水的动力粘滞系数 $\mu = 0.00129\text{Pa} \cdot \text{s}$, 求其运动粘滞系数。
- 1-4 两水平平行板间充满 $\gamma = 7.84\text{kN}/\text{m}^3$ 的液体, 上板固定, 下板在 $\tau = 1.5\text{N}/\text{m}^2$ 的切应力作用下, 以 $u = 0.3\text{m}/\text{s}$ 的速度平移, 两板间距 $l = 1\text{mm}$, 求液体的粘滞系数 μ 和 ν 。
- 1-5 一质量 $m = 5\text{kg}$ 的木板如计1-5图, 沿着涂有润滑油的斜面等速下滑, 油的动力粘滞系数 $\mu = 0.1225\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$, 油层厚 $l = 0.1\text{cm}$, 木板的接触面积 $A = 0.25\text{m}^2$, 求木板的下滑速度 u 。
- 1-6 某滑动轴承如计1-6图, 轴承宽 $a = 20\text{cm}$, 轴的直径 $d = 13\text{cm}$, 间隙 $t = 0.1\text{cm}$, 当轴的转速 $n = 210\text{rpm}$ 时, 内摩擦力对轴中心的力矩 $M = 0.4\text{N} \cdot \text{m}$, 求 μ 。



计 1-5 图



计 1-6 图

1-7 当压强由 240 kN/m^2 增至 300 kN/m^2 时, 液体的体积缩小 0.025% , 求该液体的体积弹性系数。

1-8 证明: 压缩系数 $\beta = (d\rho/\rho)/dp$, 并求若使水的密度增加 $\frac{1}{1000}$ 时的压强增值 ($\beta = 4.18 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$)。

第三节 公 式 提 要

一、液体的密度、容重及两者间的关系

1) 密度

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

2) 容重

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-2)$$

3) 容重与密度之间的关系

$$\gamma = \rho g \quad (1-3)$$

上述三式中 m ——质量, kg ;

V ——体积, m^3 ;

G ——重量, N 。

二、牛顿内摩擦定律

$$T = \mu A \frac{du}{dy} \quad \left(\text{或 } \tau = \mu \frac{du}{dy} \right) \quad (1-4)$$

式中 T ——流层间的内摩擦力, N ;

μ ——动力粘滞系数, $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ 或 $\text{Pa}\cdot\text{s}$;

A ——两流层间的接触面积, m^2 ;

$\tau, \frac{du}{dy}$ ——粘滞切应力和流速梯度。

三、压缩系数 β (或弹性系数 K)

$$\beta = -\frac{\frac{dV}{V}}{dp} = \frac{1}{K} \quad (1-5)$$

式中 β ——压缩系数, m^2/N ;

dV ——压强变化 dp 时体积的改变量。

第四节 解 题 指 导

本章虽谓“绪论”, 却并非“开场白”式的序文。它的主要内容是介绍液体的物理性质

质, 而这些物理性质, 则是研究液流运动和学习水力学不可缺少的基本内容, 故应认真学习好。尤其是对惯性、万有引力特性及粘滞性等几个主要物理性质及其相应的度量指标 (如 γ 、 ρ 、 τ 等) 的计算, 更应认真的理解和熟练的掌握。对于牛顿内摩擦定律还应特别注意其应用条件。此外, 连续介质和理想液体均是液流运动研究中的重要液体模型, 对其概念和意义亦应认真理解。

【例 1-1】一直径 $d=0.5\text{m}$, 高 $h=1.5\text{m}$, 重 $G_1=0.2\text{kN}$ 的圆柱形容器, 盛满液体后重 $G_2=2.22\text{kN}$, 试求该液体的容重和密度各为若干。

解

由式 (1-2) 得液体的容重

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{G_2 - G_1}{\frac{\pi}{4} d^2 h} = \frac{2.22 - 0.2}{0.785 \times 0.5^2 \times 1.5} = 6.86 \text{ kN/m}^3$$

由式 (1-3) 得液体的密度

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{6.86 \times 10^3}{9.8} = 700 \text{ kg/m}^3$$

【例 1-2】一极薄平板以速度 $u=0.5\text{m/s}$ 在例 1-2 图示的两油层中运动。已知运动平板上所受的总切应力 $\tau=20\text{N/m}^2$, $\mu_1=1.5\mu_2$, 试求 μ_1 与 μ_2 各为多少。

解

由于油层厚度较小, 可认为油层均作层流运动, 流速近似为直线分布, 则流速梯度

$$\frac{du_1}{dy_1} = \frac{u}{y_1} = \frac{0.5}{0.02} = 25 \text{ 1/s}$$

$$\frac{du_2}{dy_2} = \frac{u}{y_2} = \frac{0.5}{0.03} = 16.67 \text{ 1/s}$$

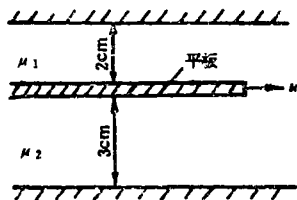
由牛顿内摩擦定律

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = \mu_1 \frac{du_1}{dy_1} + \mu_2 \frac{du_2}{dy_2}, \text{ 即}$$

$$20 = 1.5\mu_2 \times 25 + \mu_2 \times 16.67 = 54.17\mu_2, \text{ 得}$$

$$\mu_2 = 0.369 \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$$

$$\mu_1 = 1.5\mu_2 = 1.5 \times 0.369 = 0.554 \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$$



例 1-2 图

由于牛顿内摩擦定律的应用条件是: 作分层流动 (层流运动) 的牛顿液体。而类似于上例这种液层较薄的情形, 一般均视为层流; 其流速分布也往往近似按线性分布考虑。

【例 1-3】一漂于水面的极薄平板 [例 1-3 图 (a)], 板面附近沿板法线方向的水流流速分布 $u=200h-250h^2$ ($0 \leq h \leq 0.4\text{m}$), $\mu=1.145 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$, 求:

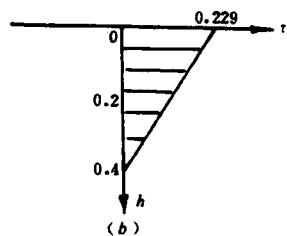
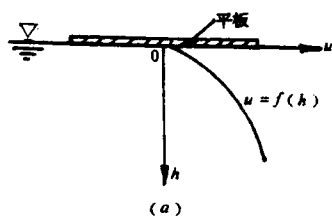
1) $h=0$, $h=0.2\text{m}$, $h=0.4\text{m}$ 处的切应力;

2) 绘制沿板法线的切应力分布图。

解

(1) 求已知水深处的切应力

因



例 1-3 图

$$\tau = \mu \frac{du}{dh} = \mu(200 - 500h)$$

$$\text{故 } \tau_0 = 1.145 \times 10^{-3} \times 200 = 0.229 \text{ N/m}^2$$

$$\tau_{0.2} = 1.145 \times 10^{-3} \times (200 - 500 \times 0.2) = 0.115 \text{ N/m}^2$$

$$\tau_{0.4} = 1.145 \times 10^{-3} \times (200 - 500 \times 0.4) = 0$$

(2) 绘制切应力分布图 [见(b)图]。

【例 1-4】某水电站引水管，管长 $l = 180\text{m}$ ，管径 $d = 0.4\text{m}$ ，压强为 1200 kN/m^2 ，水的体积弹性系数 $K = 1.96 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ ，求当尾部阀门突然关闭管中压强剧增至 5000 kN/m^2 时水的体积。

解

关阀门前水的原体积

$$V_1 = \frac{\pi}{4} d^2 l = 0.785 \times 0.4^2 \times 180 = 22.61 \text{ m}^3$$

阀门突关，由式 (1-5) 得水体的体积压缩值

$$\begin{aligned} dV &= -\beta V_1 dp = -\frac{1}{K} V_1 dp = -\frac{22.61}{1.96 \times 10^6} \times (5000 - 1200) \\ &= -0.044 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

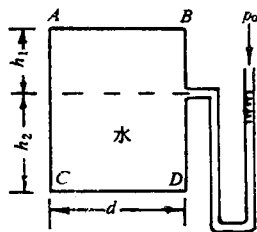
故压强增至 5000 kN/m^2 时水的体积

$$V_2 = V_1 + dV = 22.61 - 0.044 = 22.57 \text{ m}^3$$

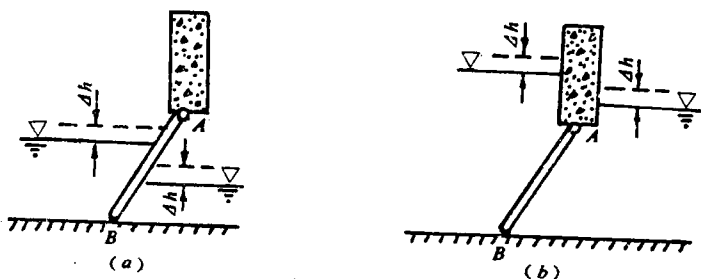
第二章 水 静 力 学

第一节 思 考 题

- 2-1 静水压强有哪两个特性（要求用自己的语言来表达）？
- 2-2 “等压面必为水平面”，这种说法对吗？试给出等压面为水平面的条件。
- 2-3 静水中某点的绝对压强为 39.2kN/m^2 ，试分别用 kgf/cm^2 、 at 、 mH_2O 、 mmHg 和 Pa 表示其相对压强。该点是否存在真空？若存在，则真空高度为若干？
- *2-4 某地当地大气压为 101.3kPa ，此时测得水中某点的绝对压强为 99kPa ，该点存在真空吗？为什么？水力学中对当地大气压是如何考虑的，此时该点的情况又如何？
- 2-5 基本方程 $z + \frac{p}{\gamma} = C$ 中，压强 p 是相对压强还是绝对压强？或二者均可？为什么？
- 2-6 绘制静水压强分布图的理论依据是什么？试说明它们在绘图中的具体作用？
- 2-7 绘制静水压强分布图的主要目的何在？
- 2-8 静水压强分布图应绘成绝对压强分布图还是相对压强分布图？为什么？
- 2-9 “因弧形闸门沿水深各点静水压强尾端的连线为光滑曲线，故此时静水压强与水深成非线性关系”对吗？为什么？
- 2-10 圆柱形容器如思2-10图， AC 面上的压强分布图及顶面、底面上的静水总压力应如何求？
- (动) 2-11 当液体处于相对平衡时，作用于自由面上任一点的重力与惯性力的合力有何特点？
- 2-12 两容器置于桌面上，容器自重、底面积和高度均相等，容积不等，盛满水时，两容器底面上的静水总压力及桌面上所受的力相等吗？为什么？
- 2-13 使用图解法和解析法求静水总压力时，对受压平面的形状各有无限制？为什么？
- 2-14 挡水面积为 A 的平面闸门，一侧挡水，若绕过其形心 C 的水平轴任转 α 角，其静水总压力的大小、方向和作用点各是否变化？为什么？
- 2-15 “只有当受压面为水平面时，压力中心才与受压面的形心相重合”对吗？试举例说明。
- 2-16 矩形平面闸门 AB ，当上下游水位均上升 Δh 至虚线位置时，思2-16图示的两种情况下，闸门上的静水总压力及作用点是否改变？为什么？
- 2-17 若弧形闸门上下游有水，但水位不相等时，应如何确定闸门的铅直投影面 A_x 及水平分力 P_x ？
- 2-18 组成压力体的面有哪些？如何确定铅直分力 P_z 的方向及其作用线的位置？



思 2-10 图



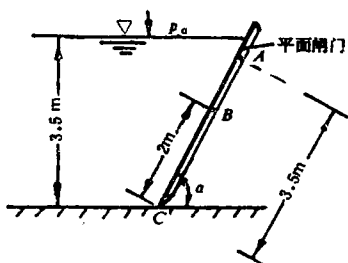
思 2-16 图

- (动) 2-19 液体相对平衡时其压强的分布规律与静止时压强的分布规律是否相同？为什么？
- (动) 2-20 若某水箱作水平匀加速直线运动，其底面上的压强分布和总压力与水箱静止时比较有无改变？为什么？
- 2-21 浮体的平衡稳定条件是什么？当 $\rho < e$ 和 $\rho = e$ 时，浮体各处于什么状态？

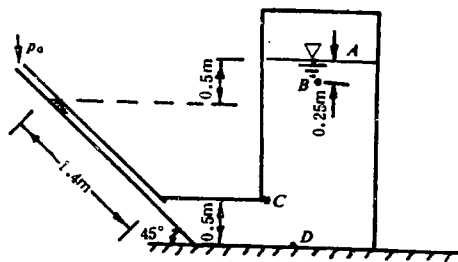
第二节 计 算 题

2-1 求当 α 分别为 60° 和 90° 时，计 2-1 图中各点的压强。

2-2 求计 2-2 图示各点的相对压强和绝对压强。

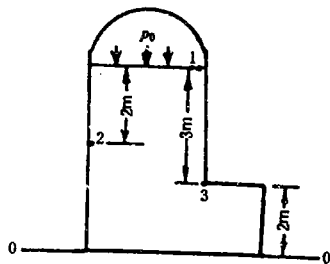


计 2-1 图



计 2-2 图

- 2-3 试计算并标出计 2-3 图示各点的位置水头、压强水头和测压管水头 ($p_0 = 0.05 \text{ at}$)。
- 2-4 试求计 2-2 图中 A、B 两点的真空值和真空高度。



计 2-3 图

2-5 求计 2-5 图示密闭容器的表面压强 p_0 (已知 $\gamma_a = 8.90 \text{ kN/m}^2$, $\gamma_H = 133.28 \text{ kN/m}^2$, 且不计空气重量)。

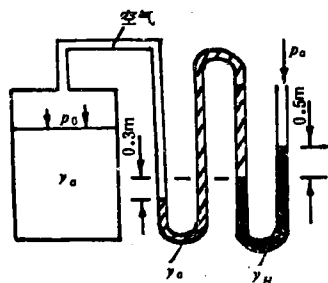
2-6 计 2-6 图中压力表读数为 0.55 at , 求容重 γ_1 。

2-7 两相邻贮液容器如计 2-7 图, 求 h_1 为若干。

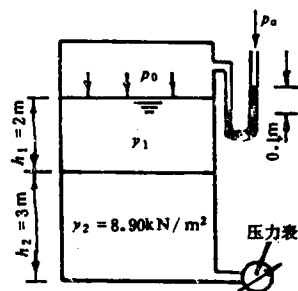
2-8 计 2-8 图中真空表读数为 1 kN/m^2 , h 为多少？

2-9 连通器如计 2-9 图, 活塞面积 $A_2 = 2A_1 = 0.07 \text{ m}^2$, 求物重 G 为若干。

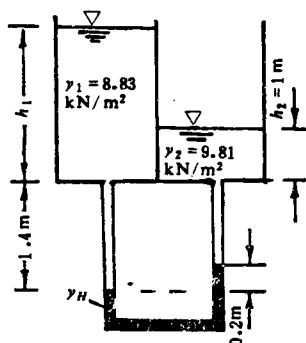
2-10 试求计 2-10 图中测压管 A、B、C 的液面高程及测压管 D 的水银面高差 Δh 为若干。



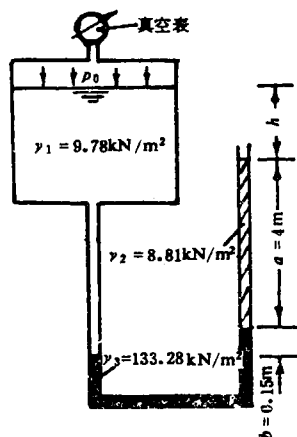
计 2-5 图



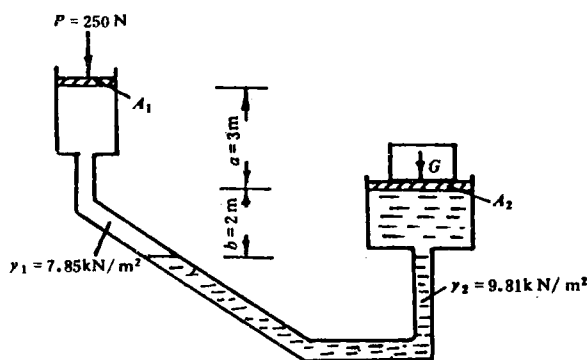
计 2-6 图



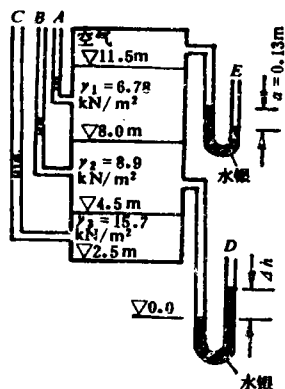
计 2-7 图



计 2-8 图



计 2-9 图



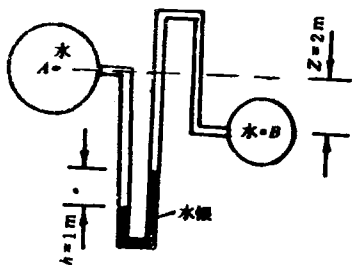
计 2-10 图

2-11 试求计2-11图示两容器形心处的压强差值。

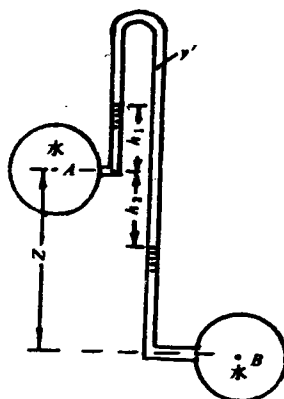
2-12 两贮水容器如计2-12图，已知 $h_1 = 0.5\text{m}$ ， $h_2 = 0.7\text{m}$ ， $z = 1.5\text{m}$ ， $\gamma' = 6.83\text{kN/m}^3$ ， $p_A = 31.20\text{kN/m}^2$ ，求压强 p_B 。

2-13 绘出计2-13图中注有字母的挡水面上的静水压强分布图。

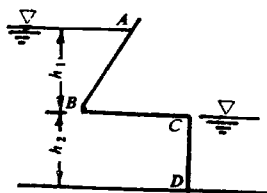
2-14 已知计2-13图 (a) 中 AB 与水平面的夹角为 60° ， $h_1 = h_2 = 2.0\text{m}$ ， BC 段长 3.0m ，



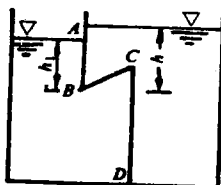
计 2-11 图



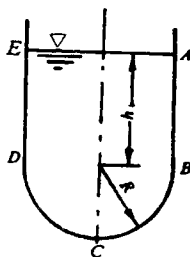
计 2-12 图



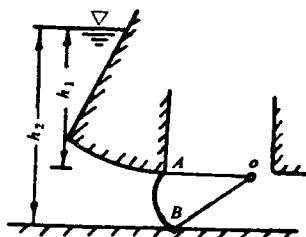
(a)



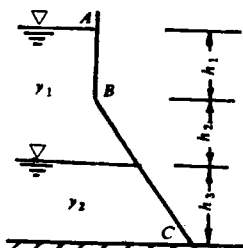
(b)



(c)



(d)



(e)

计 2-13 图

试分别求出 AB 、 BC 和 CD 各部分挡水面上的单宽静水总压力。

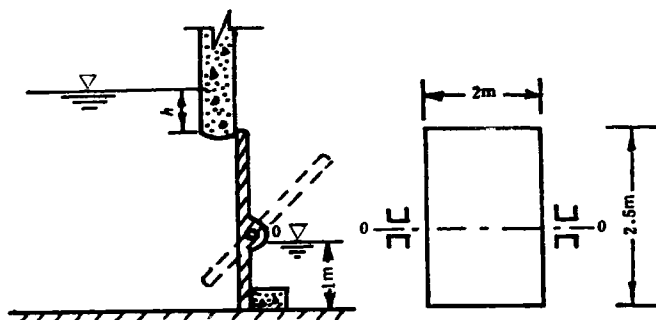
2-15 自动翻板闸门如计 2-15 图，按 h 超过 1m 时闸门应自动打开设计，不计闸门自重及门轴摩擦，则转轴的安装位置应在何处？

2-16 某水箱泄水底孔上装有一 $50 \times 50\text{cm}$ 可绕 A 铰转动的正方形平面闸门，如计 2-16 图，不计滑轮 B 和转轴 A 处的摩擦力及闸门自重，求启门力 F 。

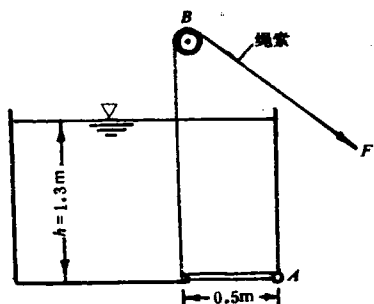
2-17 某水箱的一侧装有可绕铰 c 转动的矩形闸门如计 2-17 图，门宽 $b = 0.8\text{m}$ ，不计铰 c 的摩擦和闸门的自重，求当 $\alpha = 45^\circ$ 时绳索的拉力为多少。

2-18 计 2-18 图示的闸门，宽为 2m，可绕铰 B 转动，试求 A 点所承受的水平力为若干。

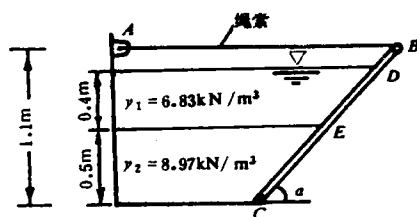
2-19 一小型挡水坝如计 2-19 图，求 1m 长坝体所引起的基础约束反力（已知 1m 长坝体自重为 25.4kN ）。



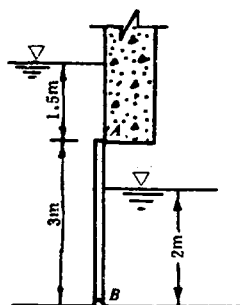
计 2-15 图



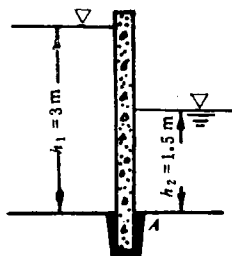
计 2-16 图



计 2-17 图



计 2-18 图



计 2-19 图

2-20 矩形平面闸门如计2-20图，门宽 $b = 6\text{m}$ ，试按每根横梁受力相等的条件在闸门上布置3根横梁。

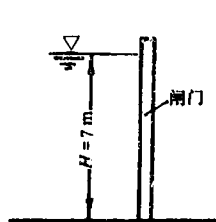
2-21 引水管进口装一直径为2m的圆形平面闸门如计2-21图，求闸门上的总压力及作用点位置。

2-22 渠堤下一直径为0.8m的引水管，闸门与门槽间的摩擦系数 $f = 0.3$ ，闸门重206N，求启门力（计2-22图）。

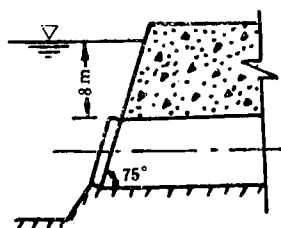
2-23 绘制计2-23图中各指定柱面上的压力体剖面图及水平压力的压强分布图。

2-24 已知计2-13(c)图所示的U形渡槽 $h = 1.5\text{m}$ ， $R = 1\text{m}$ ，求BC段1m长度上的静水总压力及方向。

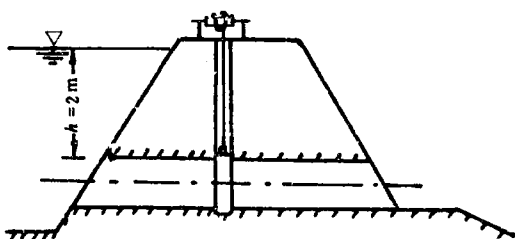
2-25 计2-23图(a)所示的圆弧形闸门， $R = 4\text{m}$ ， $\varphi = 67.5^\circ$ ， $h = 6\text{m}$ ，门宽 $b = 3\text{m}$ ，A、



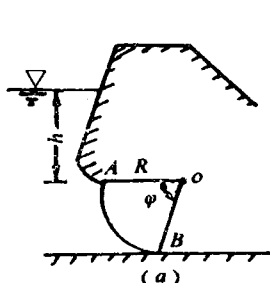
计 2-20 图



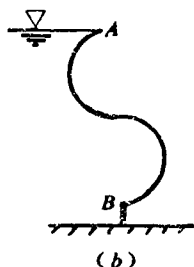
计 2-21 图



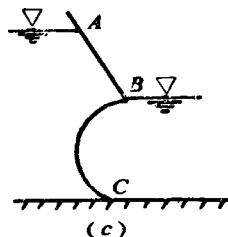
计 2-22 图



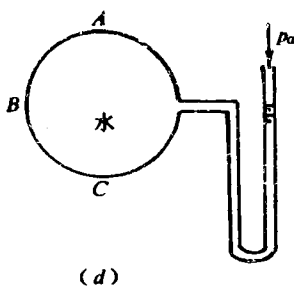
(a)



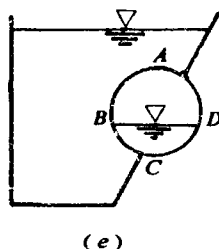
(b)



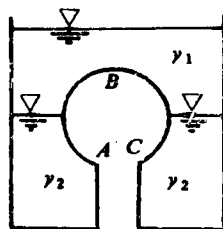
(c)



(d)



(e)



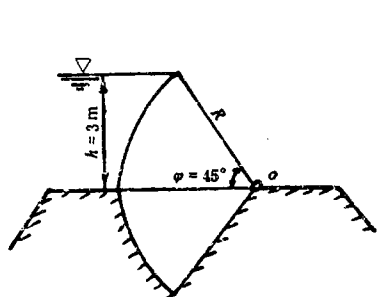
(f)

计 2-23 图

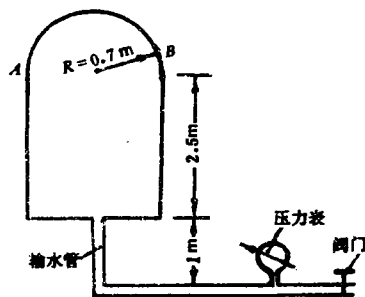
O点位于同一水平面内，求闸门上总压力的大小、方向及作用点。

- 2-26 计2-26图示的弧形闸门，门宽 $b = 4\text{ m}$ ，试求：①闸门上的静水总压力及其方向；
②水平分力与铅直分力对O点之矩。

2-27 一圆柱形压力容器如计2-27图，当输水管阀门关闭时，压力表读数为 1.1 at （相



计 2-26 图



计 2-27 图