

建 筑 设 备 工 程

魏学孟 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

建 筑 设 备 工 程

魏学孟 主编

(京)新登字 163 号

图书在版编目(CIP)数据

建筑设备工程/魏学孟著. —北京:中央广播电视大学出版社,1994.7

ISBN 7-304-00982-9

I. 建… I. 魏… III. 建筑-设备-广播电视教育-教材
IV. TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 09005 号

建筑设备工程

魏学孟 主编

中央广播电视大学出版社出版

社址:北京西城区大木仓 39 号北门 邮编:100032

北京密云胶印厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本 787×1092 1/16 印张 26 插页 2 千字 603

1994 年 2 月第 1 版 1994 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—15000

定价 14.20 元

ISBN 7-304-00982-9/TU·31

目 录

第一篇 建筑给水排水工程

第一章 流体力学基本知识 1

第一节 流体的主要力学性质..... 1

第二节 流体静力学..... 5

第三节 流体动力学基础 11

第四节 流动阻力与水头损失 21

第五节 孔口、管嘴出流 29

第二章 城镇给水排水工程 32

第一节 城镇给水工程概述 32

第二节 城镇排水工程概述 35

第三章 管材、器材及卫生用具 37

第一节 卫生器具及安装 37

第二节 管材、附件和水表 47

第四章 建筑给水工程 54

第一节 建筑给水系统的分类和组成 54

第二节 建筑给水系统所需压力及给水方式 55

第三节 给水管道的布置和敷设 59

第四节 给水系统设备 63

第五节 建筑给水系统的配管水力计算 69

第六节 消防给水及设备 78

第七节 建筑热水供应系统 86

第八节 建筑中水工程 88

第五章 建筑排水工程 92

第一节 建筑排水系统的分类和组成 92

第二节 排水管道的布置和敷设 97

第三节 建筑排水管道的水力计算 99

第四节 屋面雨水排放..... 105

第五节 小区排水管网和建筑污水处理构筑物..... 107

第六节 高层建筑室内给水排水工程..... 111

第七节 游泳池、水景..... 119

第八节 设计举例..... 127

第二篇 供热、供燃气、通风与空气调节

第六章 供热与供燃气..... 132

第一节 供暖系统的分类..... 132

第二节 热媒与热源..... 140

第三节 热负荷..... 147

第四节 集中供暖系统的设备与附件..... 154

第五节 供暖系统管网的布置..... 161

第六节 高层建筑供暖的特点..... 164

第七节 燃气供应..... 167

第七章 通风与空气调节..... 174

第一节 空气的物理性质和焓湿图..... 174

第二节 建筑物通风与空气调节系统概述..... 179

第三节 全面通风换气量的确定..... 184

第四节 通风与空调系统的构件..... 186

第五节 自然通风..... 191

第六节 除尘..... 198

第七节 空气调节系统..... 201

第八节 空气处理..... 209

第九节 通风、空调系统的消声、减振和防火排烟..... 214

第十节 空调冷源和制冷机房..... 223

第十一节 空气调节的应用..... 231

第十二节 通风机..... 235

第八章 室内管道综合布置原则..... 239

第三篇 建筑电气

第九章 建筑电气的基本概念与电工学的基础知识..... 244

第一节 建筑电气的含义与分类..... 244

第二节 电路的组成和运行状态..... 245

第三节 交流电的概念..... 246

第四节 电阻电路..... 248

第五节 电感电路..... 251

第六节 电阻电感串联电路及功率因数..... 254

第七节	三相交流电的概念	260
第十章	工业与民用建筑供配电系统及接地	265
第一节	城市电力网概述	265
第二节	供电质量	266
第三节	负荷容量、类别及分级	268
第四节	低压供配电系统的供电线路	270
第五节	低压供配电系统的配电线路	273
第六节	低压线路敷设、导线截面选择及线路保护	278
第七节	10kV 变电所	295
第八节	接地	307
第九节	防雷	320
第十一章	电气照明	330
第一节	照明技术常用参数	330
第二节	光源与灯具	335
第三节	灯具布置	344
第四节	光照度计算	345
第五节	室内照明设计	352
第六节	室外照明	363
第十二章	建筑通信、安全防范与自动控制系统简介	367
第一节	电话	367
第二节	有线广播	373
第三节	共用天线电视系统	377
第四节	建筑火灾报警及消防联动系统	388
第五节	建筑物自动化系统 (BAS)	403
附录		406
附录 6-1	民用及生产车间、工业辅助建筑的冬季室温要求	406
附录 6-2	民用建筑的单位面积供暖热指标	406
附录 6-3	室外计算温度为-30℃时单位体积热指标	407
附录 6-4	散热器的技术数据	407
附录 7-1	舒适性空调室内计算参数	408
附录 7-2	部分城市室外气象参数	插页
附录 7-3	各类型房间的换气次数	408
附录 7-4	有效热量系数 m	408

第一篇 建筑给水排水工程

第一章 流体力学基本知识

液体和气体统称流体。流体力学是研究流体的平衡和机械运动的规律，并在理论和实验基础上，提出运用这些规律来解释各种工程实际上遇到的问题。

流体力学是“建筑设备工程”课程中有关水、气工程的理论及计算的基础。

第一节 流体的主要力学性质

流体的运动和平衡具有不同的形式。这除了取决于外部的因素（例如边界的状况、所受力的性质与条件等）外，还与流体本身的力学性质有密切的关系。因此，在研究流体的运动与平衡规律之前，需要对其主要力学性质有一定的了解。

一、流体的惯性

流体具有反抗改变其原有运动状态的物理特性。这种性质称为惯性。惯性取决于流体的质量。

不同的流体，其体积（ V ）相同时质量 m 不同。区别惯性的大小是用单位体积的质量来衡量。流体单位体积的质量称为流体的密度（ ρ ）。根据定义

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1-1}$$

式中 ρ ——流体的密度， kg/m^3 ；
 m ——流体的质量， kg ；
 V ——流体的体积， m^3 。

在地球引力作用下的一切流体都具有重力。流体重力在流体力学中用单位体积的重力来表示，称为重度。

按照上述定义

$$\gamma = \frac{G}{V} \tag{1-2}$$

式中 γ ——流体的重度， N/m^3 ；
 G ——流体的重力， N ；
 V ——流体的体积， m^3 。

根据牛顿定律 $G = mg$ ，密度 ρ 和重度 γ 的关系为

$$\gamma = \rho g \tag{1-3}$$

式中 g ——重力加速度， m/s^2 。

不同的流体，其密度和重度各不相同；同一种流体，其密度和重度随压强和温度而稍有变化。在一般情况下，流体的密度和重度随压强和温度的变化是很小的。在水力计算中常忽略不计。在工程计算中，水的密度值常采用 1000kg/m^3 ，重度值常采用 9800N/m^3 ；水银的密度值常取 $\rho_{\text{H}}=13.59\times10^3\text{kg/m}^3$ ，重度值取 $\gamma_{\text{H}}=133.2\times10^3\text{N/m}^3$ 。

对气体应当考虑温度和压强变化对其密度的影响，其变化规律可按气体状态方程来计算。

二、流体的粘度

流体流动时，流体会发生变形，这时流体分子间的相互吸引力显示出对流体变形的阻抗作用。流体的这种阻抗变形的特性称为粘度。

在流体流动较慢时，用流速仪测出管道中某过流断面的流速分布，如图 1-1 所示。

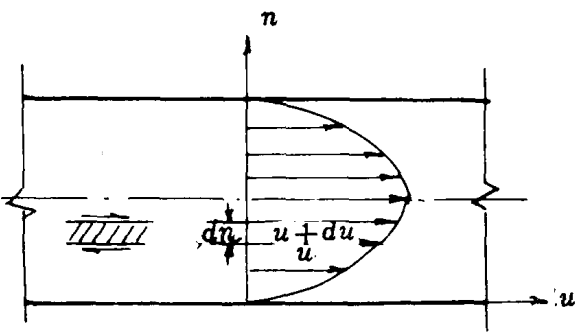


图 1-1 管道中断面流速分布图

流体沿管道直径方向分成很多流层，各流层的流速不同，并按某种曲线规律连续变化，管轴心的流速最大，向着管道壁的方向递减，直至管壁处的流速为零。

如图 1-1 所示取流速方向的坐标为 u ，垂直于流速方向的坐标为 n ，若令水流中某一流层的速度为 u ，则与其相邻的流层为 $(u+du)$ ，其中 du 为相邻两流层的速度增量。令两层的厚度为 dn ，沿垂流速方向单位长度的流速增量 $\frac{du}{dn}$ 称作流速梯度。由于流体各流层的流速不同，相邻两流层有相对运动，在流体两流层的接触面上产生一种相互作用的剪切力，这个力叫流体的内摩擦力，或称粘滞力。

牛顿内摩擦定律指出，**流体内摩擦力与两流层的流速梯度及流层间接触面积的乘积成正比，并与流体的性质有关。**即

$$F = \mu S \frac{du}{dn} \tag{1-4}$$

式中 F ——内摩擦力， N ；

S ——摩擦流层的接触面积， m^2 ；

μ ——与流体种类有关的系数，称动力粘度，其单位为 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ；

$\frac{du}{dn}$ ——流速梯度，即液层间相对速度对液层距离的变化率， $1/\text{s}$ 。

如用切应力表示，上式可写为

$$\tau=\frac{F}{S}=\mu\frac{du}{dn}\tag{1-4a}$$

式中 τ ——流层单位面积上的内摩擦力，称切应力，Pa；其它符号同式（1-4）。

除上述的动力粘度 μ 外，常用的还有运动粘度，以 ν 表示，单位是 m^2/s 。 μ 与 ν 的关系是： $\nu=\frac{\mu}{\rho}$ ， ρ 为流体的密度。动力粘度和运动粘度与流体的种类有关，不同的流体有不同的 μ 、 ν 值，实验得出的规律是：压力对同一流体的 μ 值影响小，而温度对 μ 值影响大。

从表 1-1 及表 1-2 可以看出：水的粘度随温度升高而减小，空气的粘度随温度升高而增大，因为粘度是分子的吸引力和分子不规则的热运动产生动量交换的结果。对于流体，分子间的吸引力是决定性的因素，所以气体的粘度随温度升高而增大。

流体的粘度对流体运动有很大影响。从机械能来看，因为流体内摩擦阻力作负功，不断损耗运动流体的机械能，从而成为实际工程水力计算中必须考虑的一个重要问题。对此，将在后面有关部分讨论。

水的粘度表 1-1

t ($^{\circ}\text{C}$)	$\mu\times 10^{-3}$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)	$\nu\times 10^{-6}$ (m^2/s)	t ($^{\circ}\text{C}$)	$\mu\times 10^{-3}$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)	$\nu\times 10^{-6}$ (m^2/s)
0	1.792	1.792	40	0.656	0.661
5	1.519	1.519	45	0.599	0.605
10	1.308	1.308	50	0.549	0.556
15	1.140	1.140	60	0.469	0.477
20	1.005	1.007	70	0.406	0.415
25	0.894	0.897	80	0.357	0.367
30	0.801	0.804	90	0.317	0.328
35	0.723	0.727	100	0.284	0.296

一个大气压下空气的粘度表 1-2

t ($^{\circ}\text{C}$)	$\mu\times 10^{-3}$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)	$\nu\times 10^{-6}$ (m^2/s)	t ($^{\circ}\text{C}$)	$\mu\times 10^{-3}$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)	$\nu\times 10^{-6}$ (m^2/s)
-20	0.0166	11.9	70	0.0204	20.5
0	0.0172	13.7	80	0.0210	21.7
10	0.0178	14.7	90	0.0216	22.9
20	0.0183	15.7	100	0.0218	23.6
30	0.0187	16.6	150	0.0239	29.6
40	0.0192	17.6	200	0.0259	35.8
50	0.0196	18.6	250	0.0280	42.8
60	0.0201	19.6	300	0.0298	49.9

三、流体的压缩性和热胀性

微观上流体分子间有一定的间隙，因而当作用在流体上的压力增加或减少时，其分子间的距离会相应缩小或增大，显示流体体积的压缩或膨胀，流体的密度增大或减小。这种性质称为流体的压缩性或弹性。流体的这种性质用弹性模量 E 或压缩系数 K 来表征。根据物体弹性变形的虎克定律，有

$$\begin{aligned} dp &= -E \frac{dV}{V} \\ \text{则} \quad E &= -V \frac{dp}{dV} \end{aligned} \tag{1-5}$$

式(1-5) E ——流体弹性模量，Pa。1Pa=1N/m²；
 dp ——作用于流体的压强变化量，Pa；
 dV ——相应于压强变化量 dp 的流体体积变化量，m³；
 V ——与初始压强 p 相对应的流体初始体积，m³。

式(1-5)中负号表示，在规定 E 为正值条件下，流体体积随压强的增加而减小，即因 $\frac{dp}{dV} < 0$ 。

对某一已确定质量的流体，根据 $m = \rho V = C$ ，可得： $-(\frac{dV}{V}) = \frac{d\rho}{\rho}$ ，代入式(1-5)中，则得

$$E = \rho \frac{dp}{d\rho} \tag{1-6}$$

弹性模量 E 的倒数称为压缩系数 κ ，于是

$$\kappa = \frac{1}{E} = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp} = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dp} \text{Pa}^{-1}, \quad 1\text{Pa}^{-1} = 1\text{m}^2/\text{N} \tag{1-7}$$

式(1-7)说明 κ 值愈大则表示流体愈易压缩。因此也可以用 K 来表征流体的压缩性。

液体的压缩性和热胀性都很小。例如，水从一个大气压增加到 100 个大气压时，每增加一个大气压，水的密度增加 1/2000；水在 10~20℃ 时，温度每增加 1℃，水的密度减小 1.5/10000；当温度在 90~100℃ 时，温度每增加 1℃，水的密度减小也只为 7/10000。因此，在一些工程技术领域中液体的压缩性和热胀性可以忽略不计。但在个别特殊情况液体的压缩性和热胀性不能忽略。例如，当水在管中流动当发生流速突然变化，例如闸门突然关闭或开启时，会使水流突然受到很大的正负压力的作用（称为水锤现象），液体的压缩是不能忽略不计的。

气体的压缩性和膨胀性是显著的，会大大影响气体运动的性质。但气体在风道中只要不是长距离输送，当各点气体流速都远小于音速时，气体的密度和重度变化并不很大，在这种情况下也可把气体看作为不可压缩流体。

综上所述，从流体力学观点看来，流体可以看作是一种易于流动、具有粘滞性、不易压缩并且充满其所在空间无任何空隙的质点所组成的理想连续介质。

第二节 流体静力学

流体静力学是研究流体处于静止或相对静止状态下的力学规律及其在工程实际中的应用，同时也为研究流体的运动打下必要的基础。

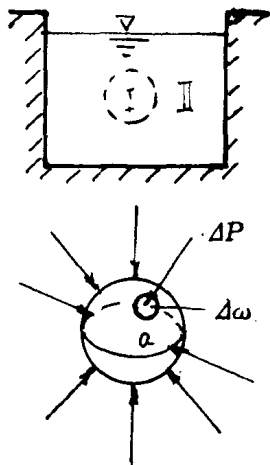


图 1-2 静止液体中的脱离体图

一、流体静压强及其特征

在一容器的静止流体中（例如仅在重力作用下处于静止状态的液体），脱离出部分液体 I 来研究，如图 1-2 所示。

为了保持脱离体 I 的静止状态，必须把液体 II 对液体 I 的作用力加上去。设作用于脱离体 I 表面某一微小面积 $\Delta\omega$ 上的总压力为 Δp ，则 $\Delta\omega$ 面积上的平均压强为

$$p_{pj} = \frac{\Delta p}{\Delta\omega} \text{ Pa} \tag{1-8}$$

当所取的 $\Delta\omega$ 缩小为 $d\omega$ ，则 A 点的平均静压强的极限值为

$$p = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta p}{\Delta\omega} = \frac{dp}{d\omega} \text{ Pa} \tag{1-9}$$

流体静压强有两个基本特征：

- 1. 流体静压强的方向与作用面垂直，并指向作用面。
- 2. 任意一点各方向的流体静压强均相等。

二、流体静压强的分布规律

1. 流体静力学基本方程式

仅以液体为例介绍流体在重力作用下的基本规律。

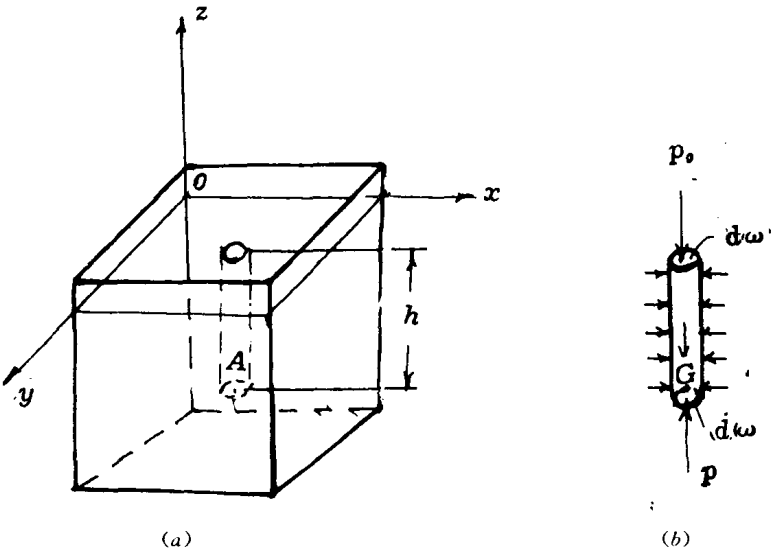


图 1-3 仅有重力作用下液体的静止

如图 1-3(a)所示，在静止液体中研究其中任一深度 h 质点的静压强大小规律，可脱离出

围绕 A 点一底面积为 $d\omega$ 的微小圆柱体,因其处于静止,此脱离体上作用力如图 1-3(b)所示。

其垂直方向的力有三个:

- (1) 液体自由表面上的外压力 $p_0 d\omega$;
- (2) 圆柱体的重力 $G = \gamma h d\omega$, ($\gamma = \rho g$);
- (3) 圆柱体底面由下向上的液体压力 $p d\omega$;
- (4) 液体对圆柱体侧面的压力。

按照静力学平衡条件存在下列关系

$$P_0 d\omega + \gamma h d\omega - p d\omega = 0 \tag{1-10a}$$

化简 $p = p_0 + \gamma h$ (1-10)

式中 p_0 ——液体自由表面上的压强。在敞口容器中,其大小通常等于大气压强, P_a ;

γ ——液体的重度, kN/m^3 ;

h ——所研究点在自由表面下的垂直深度, m 。

式 (1-10) 是流体静力学的基本方程式。这个方程式反映出静止流体某深度的压强与其垂直深度成正比。方程式表明,表面压强 p_0 是等值地传递到静止液体中每一点上。

2. 绝对压强、相对压强、真空值

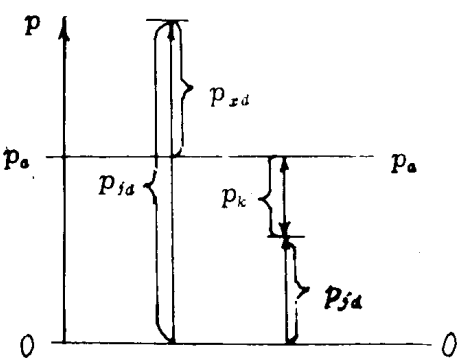


图 1-4 绝对压强、相对压强与真空度关系

绝对压强 以没有气体存在的完全真空为零点起算的压强值称为绝对压强,以符号 p_{jd} 表示;

相对压强 以大气压强 P_a 为零点起算的压强值称相对压强,以符号 p_{xd} 表示。在工程上,相对压强又称表压。

按照图 1-4 可知相对压强与绝对压强的关系:当 $p_{jd} > p_a$ 时为

$$p_{xd} = p_{jd} - p_a \tag{1-11}$$

当 $p_{jd} < p_a$ 时,流体某处的绝对压强小于大气压强,则该处处于真空状态,其真空度一般用真空值 p_k 表示。

图 1-4 表明 $p_k = p_a - p_{jd}$ (1-12)

3. 位置水头、压力水头及测压管水头

对于流体,静力学基本方程式可以改写为另外一种表达式。仍以液体为例,在静止液体中任取两点,如图 1-5 所示。

设 p_0 为箱内液面上气体压强,则

$$p_1 = p_0 + \gamma (z_0 - z_1) \tag{1-13a}$$

$$p_2 = p_0 + \gamma (z_0 - z_2) \tag{1-14a}$$

上式除以 γ , 整理,得

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_0 + \frac{p_0}{\gamma} \tag{1-13b}$$

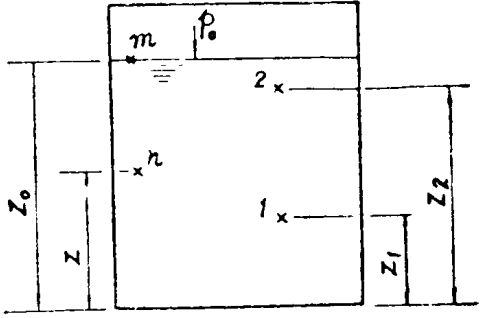


图 1-5 位置水头、压力水头及测压管水头

$$z_2 + \frac{p_2}{\gamma} = z_0 + \frac{p_0}{\gamma} \quad (1-14b)$$

由此得

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} = z_0 + \frac{p_0}{\gamma} \quad (1-13c)$$

液体中 1、2 点为任意点，故可普遍的认为静止液体中任一水深处测压管水头为

$$z + \frac{p}{\gamma} = C \quad (1-13)$$

式中 z ——位置水头，即液体中任一点的位置相对于基准面的高程，m；

$\frac{p}{\gamma}$ ——压力水头，即液体中任一点在压强作用下沿测压管所能上升的高度，m。

测压管为一端与大气相通，另一端与液体中某点相接的管子，如图 1-6 所示。

$z + \frac{p}{\gamma}$ 表明在同一容器的静止水中，所有各点其值均相等。

4. 静水总压力

(1) 静水压强分布图

静水总压力是作用面上各点压强的合力。在工程实际中，浸入液体内的物体表面就是指定的静水压强的作用面，可用图形表示出作用在该面上的静水压强分布规律。根据静水力学基本方程式以及静水压强的特性，可绘出静水压强分布图，如图 1-7 及 1-8 所示。

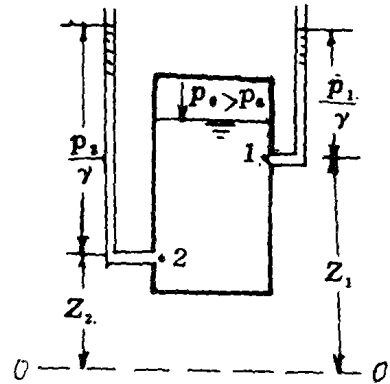


图 1-6 测压管

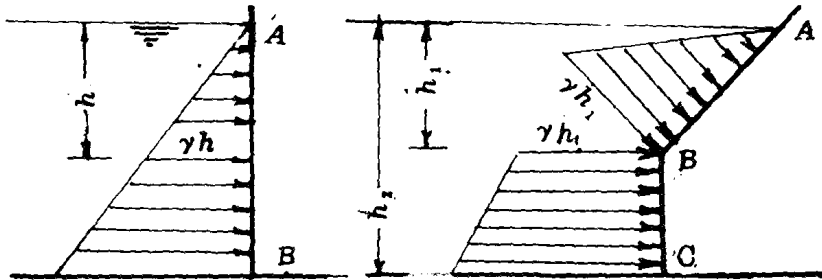


图 1-7 平面壁上液体压力图

图 1-8 折面壁上液体压力图

(2) 作用在平面上的静水总压力

(a) 作用在水平面上的静水总压力

应为

$$p = \gamma h \omega \quad \text{kN} \quad (1-14)$$

(b) 作用在倾斜平面上的静水总压力见图 1-8 上部，其总压力可用压力体图表示。

(c) 作用淹没在水中垂直平面壁上压力体图见图 1-8 下部，其总静水压力可用作图法得出，总压力作用点即为压力中心。

下面介绍倾斜矩形平面的静水总压力和作用点的计算。

设一倾斜平面池壁。当它与水平面交角为 α ， $a-b$ 是受压面， ω 为矩形平面的面积。在平面上 A 点处取一微小面积 $d\omega$ ， A 点在水面下的深度为 h 。

在微小面积 $d\omega$ 上的静水总压力为

$$dp = p d\omega = \gamma h d\omega \quad (1-15a)$$

作用在倾斜平面 $a-b$ 上的静水总压力 p 为

$$p = \int_0^\omega dp = \gamma \int_0^\omega h d\omega = \gamma \sin \alpha \int_0^\omega y d\omega \quad (1-15b)$$

式中的 $\int_0^\omega y d\omega = y_c \omega$ 为受压面对 OX 的静面矩，其值等于受压面积 ω 与其形心坐标 y_c 的乘积。

$$p = \gamma \cdot \sin \alpha \cdot y_c \omega = \gamma h_c \omega = p_c \omega \quad (1-15)$$

式中 p_c ——受压面形心点处的相对压强；

h_c ——受压面形心在水面下的深度。

式 (1-15) 指明，作用在任意方位 (用 α 表示)、任意平面上的静水总压力的大小等于受压面面积与其形心点的压强的乘积。总压力的方向指向受压面。

至于求总压力 p 的作用点，即求图 1-9 中 D 点的位置，可利用理论力学中合力的力矩等于其各分力力矩之和得

$$\begin{aligned} p \cdot y_D &= \int y dp \\ &= \int y \gamma y \sin \alpha d\omega \\ &= \gamma \sin \alpha \int y^2 d\omega \\ &= \gamma \sin \alpha J_x \end{aligned}$$

式中 $J_x = \int y^2 d\omega$ 为受压面面积 ω 对 OX 轴的惯性矩 (m^4)。

即

$$\begin{aligned} y_D &= \frac{\gamma \sin \alpha \cdot J_x}{p} \\ &= \frac{\gamma \sin \alpha J_x}{\gamma \sin \alpha \cdot y_c \cdot \omega} = \frac{J_x}{y_c \omega} \end{aligned}$$

同时，注意到 $J_x = J_c + \omega y_c^2$ ， J_c 为通过受压面形心且平行于 X 轴的惯性矩。于是

$$\begin{aligned} y_D &= \frac{J_c + \omega y_c^2}{y_c \omega} \\ &= y_c + \frac{J_c}{y_c \omega} \end{aligned} \quad (1-16)$$

从式 (1-16) 可见，由于 $\frac{J_c}{y_c \omega} \geq 0$ ，故 $y_D \geq y_c$ ，即总压力的作用点 D 一般在受压面形心 C

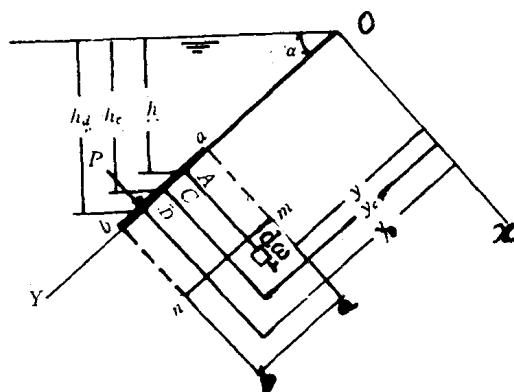


图 1-9 作用在倾斜平面的静水总压力

之下；只有当受压面水平， $y_c \rightarrow \infty$ 时， $\frac{J_c}{J_c \omega} \rightarrow 0$ ，作用点 D 才与受压面形心 C 重合。

例 1-1 在某一输水渠道中，有一木板矩形闸门，宽 $b=0.8\text{m}$ ，闸门前水深 $h=1.2\text{m}$ ，试求闸门上的静水总压力及其作用点。

解 闸门两侧都受大气压力，所以不考虑大气压力。

静水总压力

$$p = p_c \cdot \omega = \gamma h_c \omega$$

$$h_c = \frac{h}{2} = 0.6\text{m}$$

$$\gamma = 9800\text{N} = 9.8\text{kN}$$

$$\omega = b \cdot h = 0.8 \times 1.2 = 0.96\text{m}^2$$

故 $p = 9.8 \times 0.6 \times 0.96 = 5.6\text{kN}$

作用点

$$y_D = y_c + \frac{J_c}{y_c \omega}$$

由于 $y_D = h_D, y_c = h_c, J_c = \frac{bh^3}{12}$

故 $h_D = h_c + \frac{J_c}{h_c \omega} = 0.6 + \frac{0.8 \times 1.2^3}{12 \times 0.6 \times 0.96} = 0.8\text{m}$

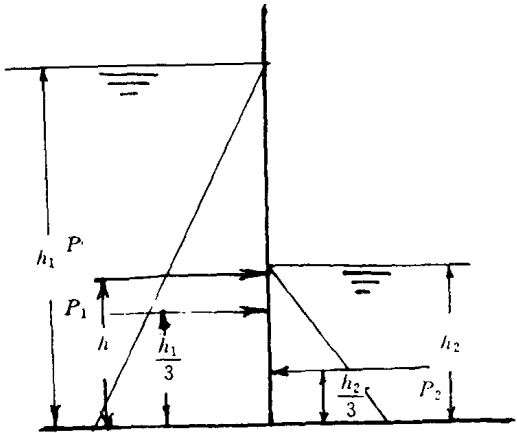


图 1-10 例 1-2 题图

例 1-2 已知两水箱共用一个壁面 AB ，宽 $b=4.0\text{m}$ ，左面水深 $h_1=2.5\text{m}$ ，右面水深 $h_2=1.0\text{m}$ ，试求 AB 面上所受总静水压力及合力的作用点（图 1-10）。

解 左面水箱作用在 AB 面上的总压力

$$p_1 = \frac{1}{2} \gamma b h_1^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 4.0 \times (2.5)^2 = 122.5\text{kN}$$

右面水箱作用在 AB 面上的总压力

$$p_2 = \frac{1}{2} \gamma b h_2^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 4.0 \times (1.0)^2 = 19.6\text{kN}$$

p_1 、 p_2 的合力为

$$p = p_1 - p_2 = 122.5 - 19.6 = 102.9\text{kN}$$

作用点的位置，可以 AB 的底部为 OX 轴，分别求出 p_1 、 p_2 及其合力对 OX 轴的力矩。根据力学定理总静压力合力的力矩等于各总静压力对 OX 轴力矩的代数和

$$ph = p_1 \cdot \frac{h_1}{3} - p_2 \cdot \frac{h_2}{3}$$

合力作用点与 OX 轴的距离

$$h = \frac{p_1 \cdot \frac{h_1}{3} - p_2 \cdot \frac{h_2}{3}}{p}$$

$$= \frac{122.5 \times \frac{1}{3} \times 2.5 - 19.6 \times \frac{1}{3} \times 1.0}{102.9} = 0.93\text{m}$$

例 1-3 池壁下部有一圆形闸门 $d=0.5\text{m}$, $\alpha=60^\circ$, $y=1.0\text{m}$, 求闸门上水的总静压力及其作用点。

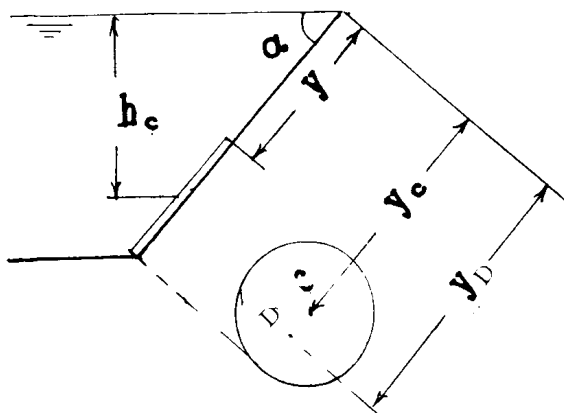


图 1-11 例 1-3 题图

解 圆形闸门的面积 $A = \frac{1}{4}\pi d^2$

形心 C 点水深 $h_c = (y + \frac{d}{2}) \cdot \sin\alpha$

闸门上水的总静压力

$$\begin{aligned} p &= p_c \cdot A = \gamma h_c A \\ &= \gamma (y + \frac{d}{2}) \cdot \sin\alpha \cdot \frac{\pi d^2}{4} \\ &= 9.8 \times (1 + \frac{0.5}{2}) \sin 60^\circ \times \frac{3.14 \times 0.5^2}{4} = 20.8\text{kN} \end{aligned}$$

作用点

$$\begin{aligned} y_D &= y_c + \frac{J_c}{y_c A}; \text{ 圆形 } J_c = \frac{\pi d^4}{64} \\ y_D &= (y + \frac{d}{2}) + \frac{\frac{1}{64}\pi d^4}{(y + \frac{d}{2}) \times \frac{\pi d^2}{4}} \\ &= (y + \frac{d}{2}) + \frac{d^2}{16(y + \frac{d}{2})} \\ &= (1 + \frac{0.5}{2}) + \frac{0.5^2}{16(1 + \frac{0.5}{2})} = 1.26\text{m} \end{aligned}$$

作用点离水面深 h_D

$$\begin{aligned} h_D &= y_D \cdot \sin\alpha \\ &= 1.26 \times \sin 60^\circ = 1.09\text{m} \end{aligned}$$