

● 职业高中试用教材

● 高等教育出版社

给水排水工程

苏福临 编



ZHIYE GAOZHONG SHIYONG JIAOCAI

职业高中试用教材

给水排水工程

苏福临 编

高等教育出版社

职业高中试用教材

给水排水工程

苏福临 编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本787×1092 1/32 印张11.125 字数 264 000

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数00 01— 30 115

ISBN 7-04-000177-2/TV·2

书号15010·0911 定价 1.95元

前 言

本书是建筑类职业高中城镇建设专业的专业教材，是根据《给水排水工程》教学大纲编写的。

本书重点讲述给水排水工程的系统组成、构造和工作原理，以及给水排水管道系统的水力计算方法。同时，对水质净化和污水处理作了一般介绍。

本书共十一章，分三篇。第一篇为水力学基本知识；第二篇为给水工程，介绍了给水工程概论，给水水源，水质净化，水泵与给水泵站及给水管网和调节构筑物；第三篇为排水工程，讲述了排水工程概况，污水管道的水力计算，雨水管渠与排洪概论，排水管材、附属构筑物及泵站、污水的处理和利用。

本书由黑龙江省建筑工程学校文绍佑同志审稿。在书稿审订过程中，承谷峡、郭棊林同志提出许多宝贵意见，董素芬同志协助绘图，在此一并致谢。

限于编者水平，同时编写时间也较仓促，书中缺点、错误在所难免，希望读者提出批评和指正。

山西建筑工程学校

苏福临

1987.1.

目 录

第一篇 水力学基础

第一章 水力学基本知识	1
第一节 概述	1
第二节 水静力学	6
第三节 水动力学的连续性方程和能量方程	15
第四节 流动阻力与水头损失	29

第二篇 给水工程

第二章 给水工程概论	39
第一节 概述	39
第二节 用水量标准和对水质的要求	40
第三节 给水系统的组成与布置	47
第三章 给水水源	64
第一节 水源类型、选择与防护	64
第二节 地下水取水构筑物	67
第三节 地面水取水构筑物	84
第四章 水质净化	92
第一节 水质净化概论	92
第二节 混凝	94
第三节 沉淀与澄清	100
第四节 过滤	109
第五节 消毒	117
第六节 净水厂概述	121
第五章 水泵与给水泵站	127
第一节 水泵和给水泵站的分类	127

第二节	水泵的选择	130
第三节	给水泵站	145
第六章	给水管网和调节构筑物	155
第一节	输水管和配水管网的布置	155
第二节	管材及管配件	159
第三节	给水管网的水力计算	169
第四节	调节构筑物	190

第三篇 排水工程

第七章	排水工程概论	198
第一节	概述	198
第二节	排水系统的体制	199
第三节	排水系统的组成与布置	203
第八章	污水管道的水力计算	209
第一节	污水管道系统的布置	209
第二节	污水管道水力计算的一般规定	211
第三节	污水管道的水力计算	220
第四节	污水管道平面图和纵断面图	235
第九章	雨水管渠与排洪概论	241
第一节	雨水管道系统的布置	241
第二节	雨水设计流量的确定	244
第三节	雨水管道的水力计算	256
第四节	排洪概论	263
第十章	排水管材、附属构筑物及泵站	269
第一节	排水管材及管道开槽施工	269
第二节	附属构筑物	284
第三节	排水泵站	290
第十一章	污水处理与利用	294
第一节	城镇污水的性质和水体防护	294

第二节	污水处理的基本方法	299
第三节	污泥的处置与利用	316
第四节	污水处理厂概述	321
附录一	铸铁管水力计算表	326
附录二	排水管渠水力计算表	334

第一篇 水力学基础

第一章 水力学基本知识

第一节 概 述

一、水力学与给水排水工程的关系

水力学是研究液体（主要指水）的平衡和机械运动的规律以及这些规律在工程实际中的应用。

水力学为给水排水工程提供必不可少的基础知识。在给水排水工程中，很多工程问题都与水流现象有着密切联系。如现代城镇的生活和工业用水，一般都是通过水厂集中供应的，水厂通过水泵从江、河或井中取水，然后通过水厂的一系列净化构筑物进行净化和消毒，使水质达到使用标准，再用水泵通过管路系统输送到各个用水点。从城镇居住区和工业生产设备排出的污、废水，一般都用排水管、渠集中输送到污水处理厂，这些污、废水在污水处理厂经过处理和综合利用后，使其达到排放条件，最后再用污水泵排入水体。上述的一系列给水排水工程实践问题，都需要用水力学的基本知识加以解决。如管道系统的布置，为了输送一定的水量，需确定管道的直径、水泵的型号、水塔的位置及高度等。所以，在学习给水排水工程知识之前，必需掌握一定的水力学基本知识。

二、液体的主要物理性质

在生产、生活中，我们看到许多液体流动现象：例如水

在江河、管渠中流动，自来水从水龙头流出等。这些现象表明了液体不同于固体的最基本特征，就是具有流动性。

液体分子间距离较大，内聚力比固体小得多，因此，液体几乎不能承受拉力，抵抗拉伸变形。但液体能承受相当大的压力。

由于液体有流动性，所以它与固体不同，没有固定的形状，但有固定的体积，并能形成自由表面。

以下分别介绍液体的几个主要物理性质：

(一) 密度和容重

液体也和固体一样具有质量。质量愈大，惯性也就愈大。对于匀质液体，单位体积液体所含的质量称为密度，其表达式为

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

式中： ρ ——液体的密度 (kg/m^3)；

M ——液体的质量 (kg)；

V ——液体的体积 (m^3)。

密度 ρ 的法定单位为 kg/m^3 ，在给水处理工程中，一般把水的密度看作常数，采用一个标准大气压下，温度为 4°C 时的蒸馏水密度来计算，即 $\rho = 1000 \text{kg}/\text{m}^3$

液体和固体一样具有质量，这是物质受地球引力而产生的。对于均质液体，单位体积液体具有的重量称为容重，其表达式为

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

式中： γ ——液体的容重 (N/m^3)；

G ——液体的重量 (N)；

V ——液体的体积 (m^3)。

由于物体的重量 G 等于质量 M 和重力加速度 g 的乘积，即 $G = Mg$ ， $G/V = M/Vg$ ，所以

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

式中： g ——重力加速度，取 $g = 9.81 \text{m/s}^2$ 。

公式 (1-3) 表明：液体的容重等于液体密度和重力加速度的乘积。

容重 γ 的法定单位为 N/m^3 ，水的容重工程上一般也视为常数，取一个标准大气压下 4°C 时的蒸馏水容重为 9810N/m^3 。

在工程单位制中，密度和容重的单位如下：

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{\text{kgf} \cdot \text{s}^2 / \text{m}}{\text{m}^3} = \text{kgf} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4$$

$$\gamma = \frac{G}{V} = \text{kgf} / \text{m}^3$$

液体的密度和容重受外界压力和温度的影响，因此，当指出某种液体的密度或容重值时，必须指明所处外界压力和温度条件。水与水银的密度和容重如下：

1. 在标准大气压和温度为 4°C 时水的密度和容重分别是：

$$\rho = 1000 (\text{kg}/\text{m}^3) = \frac{1000}{9.81} (\text{kgf} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4)$$

$$= 101.94 (\text{kgf} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4)$$

$$\gamma = 9810 (\text{N}/\text{m}^3) = \frac{9810}{9.81} = 1000 (\text{kgf}/\text{m}^3)$$

2. 在标准大气压和温度为 0°C 时，水银的密度和容重分别是：

$$\rho_{\text{Hg}} = 13590(\text{kg}/\text{m}^3) = \frac{13590}{9.81} = 1385.32(\text{kgf}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4)$$

$$\gamma_{\text{Hg}} = 133318(\text{N}/\text{m}^3) = \frac{133318}{9.81} = 13590(\text{kgf}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4)$$

不难看出，水银的密度和容重是水的 13.59 倍。习惯上取 13.6 倍。

例 1-1 已知水的容重 $\gamma = 9.81\text{kN}/\text{m}^3$ (kN 为千牛，即 1 千牛 = 1000 牛)，水银的容重是水的 13.59 倍，试求水的密度及水银的密度和容重。

解 水的密度

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{g} = \frac{9.81 \times 1000}{9.81} = 1000\text{kg}/\text{m}^3$$

水银的容重

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{Hg}} &= 13.59\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 13.59 \times 9.81 \times 1000\text{N}/\text{m}^3 \\ &= 133318\text{N}/\text{m}^3 = 133.318\text{kN}/\text{m}^3\end{aligned}$$

水银的密度

$$\rho_{\text{Hg}} = \frac{\gamma_{\text{Hg}}}{g} = \frac{133318}{9.81} = 13590\text{kg}/\text{m}^3$$

(二) 液体的压缩性与膨胀性

当液体的温度不变，而压强增大时，液体的体积减小，这种性质称为液体的压缩性。当液体的压强不变，而温度升高时，液体的体积增大，这种性质称为液体的膨胀性。

液体的压缩性大小，一般用体积压缩系数 β_p 表示。它是指温度不变时，压强每增加一个大气压，液体体积的相对减小量。通过实验证明：在 10 个大气压范围内，当压强每升高一个标准大气压时，水的体积相对减小量仅为 5.44×10^{-5} 。即体积相对减小量仅为十万分之五左右。这说明液体的压缩

性很小，所以实际工程中，往往不考虑液体的压缩性，把它视为不可压缩液体。

液体的膨胀性大小，一般用体积膨胀系数 β_v 表示。它是指单位面积上压力不变时，温度每升高 1°C ，液体体积的相对增大量。通过实验证明：水在一个大气压下，温度在 $10\sim 20^\circ\text{C}$ 范围内，温度每增加 1°C ，水的体积相对增大量约为万分之一点五；当温度范围为 $70\sim 95^\circ\text{C}$ 时，温度每增加 1°C ，水的体积相对增大量也只有万分之六。

根据以上分析，在给水排水工程中，水的压缩性和膨胀性一般均不考虑，也就是将其密度或容重视为常数。

(三) 液体的粘滞性

液体在管、渠中流动，通过实验可以证明：液体各流层的流速不同。在渠道中流动的水中，自由表面的流速最大，渠底水质点的流速为零；在管道中流动的水，管中心水质点的流速最大，管壁处的水质点流速为零。如图1-1所示。由于液体各流层的流速不同，相邻两流层存在相对运动，因此在两流层之间将成对地产生内摩擦力，速度快的薄层对速度慢的薄层作用了一个与流速方向一致的摩擦力，因此对流动产生拖动作用。速度慢的薄层对速度快的薄层作用了一个与流速方向相反的摩擦力，因此对流动产生阻碍作用。液体处

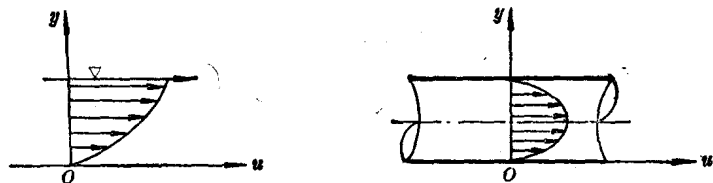


图1-1 管、渠中断面流速分布

在运动状态时，液层间产生内摩擦力抵抗其相对运动的这种性质，称为粘滞性。液体的内摩擦力即称为粘滞力。而当液体静止时，液体内部质点没有相对运动，粘滞性就不起作用。

液体的粘滞性大小，可用粘滞系数来表达：

1. 动力粘滞系数 μ ，单位为 $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ ，又称帕·秒 $[\text{Pa}\cdot\text{s}]$ 。
 $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$ 。

2. 运动粘滞系数 ν 。动力粘滞系数与密度的比值，称为运动粘滞系数，即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-4)$$

式中： ν ——运动粘滞系数(m^2/s)；

μ ——动力粘滞系数($\text{Pa}\cdot\text{s}$)；

ρ ——液体的密度(kg/m^3)。

在水力学中还把水看作连续介质，即假设水是连续充满其所占空间毫无空隙的连续体。水力学研究的液体运动是连续介质的连续流动。

第二节 水静力学

水静力学是研究液体在静止状态下的平衡规律，以及这些规律在工程上的应用。

一、静水压强及其特性

(一) 静水压强

在一个盛水的水箱侧壁或箱底开个小孔，水立即会从孔口流出，此现象表明静止液体对容器的侧壁及底面作用着压力。

作用在固体一定面积上的水静压力之和，称为静水总压

力，用符号 P 表示；作用在单位固体面积上的水静压力，称为静水压强，用符号 p 表示。

如图1-2所示，设作用在水箱底面积上的静水总压力为 P ，底面积为 A ，则作用在单位面积上的静水平均压强 \bar{p} 为：

$$\bar{p} = \frac{P}{A} \quad (1-5)$$

式中： \bar{p} ——静水平均压强（ N/m^2 或 Pa ）；

P ——静水总压力（ N ）；

A ——受压面积（ m^2 ）。

如在水箱底面取一微小面积 ΔA ，设作用在 ΔA 上的静水总压力为 ΔP 。当 ΔA 无限缩小至一点 m 时，则 $\Delta P/\Delta A$ 的极限定义为 m 点的静水压强，即

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad (1-6)$$

点压强精确地反映出作用面上各点的压强，而静水平均压强反映作用面上各点压强的平均值。

（二）静水压强的特性

静水压强有两个重要的特性：

（1）静水压强的方向垂直于作用面，并指向作用面；

（2）静水内任何一点的静水压强，在各个方向相等。

二、静水压强基本方程式

（一）自由表面和表面压强

所谓自由表面，是指液体与气体的交界面。在重力作用下静止液体的自由表面是水平面。如水箱、水池的水面。

液体的自由表面受其上部气体压强的作用，此压强称为表面压强，用符号 p_0 表示。如果自由表面上的压强为大气压，符号为 p_a ，则 $p_0 = p_a$ 。大气压强值与自由表面所处的

海拔高度有关，当 $p_a = 1.033 \text{kgf/cm}^2 = 10.1337 \text{N/cm}^2 = 101337 \text{Pa}$ 时，称为 1 个标准大气压。工程上为计算方便，一般取 $P_a = 1 \text{kgf/cm}^2 = 9.81 \text{N/cm}^2 = 98100 \text{Pa}$ ，称为 1 个工程大气压。在工程计算中，一般指的大气压就是工程大气压。

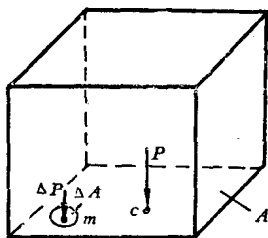


图 1-2

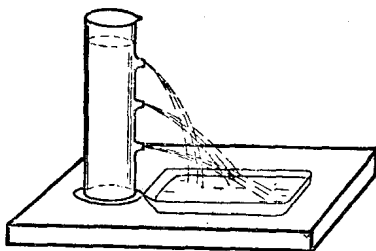


图 1-3 静水压强与深度的关系

(二) 静水压强的分布规律

由于水本身具有重量和易流动性，使容器底面和侧壁均受到静水压强的作用。如图 1-3 所示，在灌满水的容器侧壁上开三个小孔，水流分别从三个小孔流出。显而易见，愈靠容器下部的孔口，水流喷射得愈急、愈远。此现象表明水对容器侧壁不同深度处的压强是不一样的，并可获得一个感性概念：静水压强随着水深的增加而增大。如果在容器侧壁上同一水深度处开几个小孔，我们还可以看到从各孔口喷射出来的水流情况都一样，这样，我们获得另一个感性概念：同一水深处的静水压强均相等。

下面推导静止的水在重力作用下的静水压强基本方程式，从理论上进一步论述静水压强的分布规律。

如图 1-4 所示，在静水中取一点 m ，点 m 在自由表面下水深为 h 处，自由表面上压强为 p_0 ，设点 m 的静压强为 p 。

从静水中取一铅直微小圆柱体，使点 m 位于微小圆柱体底面中心处。圆柱体上表面与自由表面重合。微小圆柱体的高度为 h ，并设其横截面积为 ΔA 。

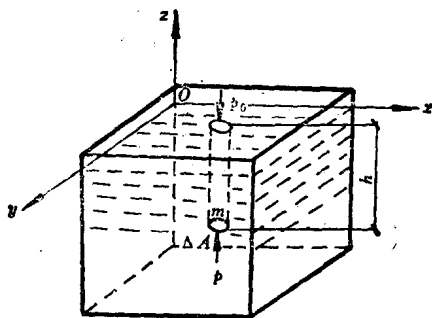


图 1-4 推导静水压强基本方程用图

以微小圆柱水体为隔离体，它是处于静止状态的。所以作用在其上的外力在各个方向上均应平衡。作用在微小圆柱体上的外力有：

(1) 上表面的表面压力 $P_0 = p_0 \cdot \Delta A$ ，方向垂直向下；

(2) 底面上的总静压力 $P = p \cdot \Delta A$ ，方向垂直向上；

(3) 水柱本身的重量 $G = \gamma dV = \gamma h \Delta A$ ，方向垂直向下；

(4) 作用在侧面上，来自四周的水静压力，其方向都是水平的，且互相抵消。

根据力学平衡条件，可写出 Z 方向的力平衡方程式如下：

$$p\Delta A - \gamma h\Delta A - p_0\Delta A = 0$$

化简，移项得：

$$p = p_0 + \gamma h \quad (1-7)$$

式中： p ——静水中任意点的静压强 $[\text{N}/\text{m}^2]$ 或 $[\text{N}/\text{cm}^2]$ ；

p_0 ——表面压强 (N/m^2) 或 (N/cm^2) ；

γ ——水的容重 (N/m^3) 或 (N/cm^3) ；

h ——该点在自由表面下的深度，(m)或(cm)。

公式(1-7)是静水压强的基本方程式，它说明静水压强与水深的关系。静水中，压强随水深按线性规律增加。液面下任一点的压强等于自由表面上的压强 p_0 。与从该点至水自由表面的单位面积上的垂直水柱重量 γh 之和。

静水力学基本方程也可用另外一种形式表示，如图1-5所示，设水箱水面的压强为 p_0 ，水面到任选基准面0-0的高度为 z_0 ，从静水中任选两点1、2，它们离基准面0-0的高度分别为 z_1 、 z_2 ，压强为 p_1 、 p_2 。 p_1 和 p_2 的关系式分别为：

$$p_1 = p_0 + \gamma(z_0 - z_1)$$

$$p_2 = p_0 + \gamma(z_0 - z_2)$$

将以上两式均除以容重 γ ，整理后得：

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_0 + \frac{p_0}{\gamma}$$

$$z_2 + \frac{p_2}{\gamma} = z_0 + \frac{p_0}{\gamma}$$

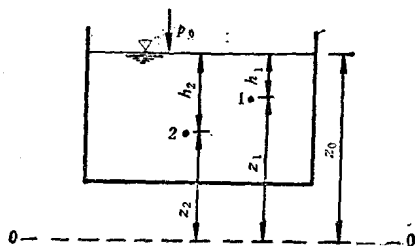


图 1-5