

城乡建设电视中专教材

# 房屋卫生设备

范玉芬 王贵廉 编

中国建筑工业出版社

廣東省環境保護廳 廣東省環境科學院

# 廠房衛生設備

廣東省環境科學院

廣東省環境保護廳

城乡建设电视中专教材

# 房屋卫生设备

范玉芬 王贵廉 编

中国建筑工业出版社

本书系城乡建设电视中专建筑施工及乡镇建设专业教材。内容包括流体力学的一般知识、室内外给水、室内外排水、室内热水及开水供应简介、离心水泵、采暖、锅炉房与室外供热管道及室内通风与空气调节。全书以介绍构造和原理为主，并有必要的基础知识和适量的例题及复习思考题，概念清楚，通俗易懂，实用性强。本书既可作为教材，也可作为一般房屋卫生设备工程的技术指导书。

城乡建设电视中专教材  
**房屋卫生设备**

范玉芬 王贵廉 编

\*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

\*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：11<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 字数：284千字  
1988年7月第一版 1988年7月第一次印刷

印数：1—68,080册 定价：2.30元

ISBN 7—112—00300—8/G·57

统一书号：15040·5501

## 前 言

《房屋卫生设备》是城乡建设电视中专建筑施工、乡镇建设专业的一门选修课。

本教材是根据国家教育委员会和城乡建设环境保护部审订的土建类电视中专建筑施工、乡镇建设两专业教学计划和教学大纲编写的。

由于我国幅员辽阔，南北方的气候条件相差较大，各地生活习惯也各不相同，因此，对卫生设备的要求存在较大差异。本教材为了适应各地的教学需要，编写了流体力学一般知识、给水排水及采暖通风与空气调节等三篇（共八章）内容。

本教材由内蒙古建筑学校范玉芬、王贵廉编写，由西北建筑工程学院刘霖审定。主审人对原稿提出了许多改进意见，编者在此表示感谢。

本教材在编写过程中，曾受到兄弟学校和设备生产厂家的支持和帮助，参考了一些同行的编著，在此一并致谢。

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，恳切希望使用本教材的师生，将发现的问题和改进意见提交编者，以便改进。

编 者

一九八七年六月

# 目 录

绪论 .....	1
----------	---

## 第一篇 流体力学的一般知识

第一章 流体力学的一般知识 .....	4
第一节 流体的主要物理性质 .....	4
第二节 流体静压强及其基本方程式 .....	7
第三节 流体静压强的表示方法 .....	9
第四节 流体流动的基本概念 .....	12
第五节 恒定流的连续方程和能量方程 .....	15
第六节 流动阻力与水头损失 .....	21

## 第二篇 给 水 排 水

第二章 室内外给水 .....	26
第一节 室外给水系统的组成与布置 .....	26
第二节 室内给水系统的分类与组成 .....	29
第三节 室内给水方式 .....	31
第四节 室内给水管材及配件 .....	33
第五节 水表及水箱 .....	39
第六节 室内消火栓给水系统 .....	42
第七节 室内给水管网计算 .....	47
第三章 室内外排水 .....	57
第一节 室内排水系统的分类与组成 .....	57
第二节 室内排水管材及管件 .....	60
第三节 卫生器具 .....	62
第四节 室内排水管道水力计算 .....	69
第五节 室内给水排水施工图及管道安装 .....	76
第六节 室外排水简介 .....	80
第四章 室内热水及开水供应简介 .....	85
第一节 室内热水供应系统的分类与组成 .....	85
第二节 水的加热和贮存 .....	87
第三节 开水供应 .....	90
第五章 离心水泵 .....	94
第一节 离心水泵的构造及工作原理 .....	94
第二节 离心水泵的基本参数 .....	96

### 第三篇 采暖通风与空气调节

第六章 采暖 .....	100
第一节 概述 .....	100
第二节 热水采暖系统 .....	101
第三节 蒸汽采暖系统 .....	105
第四节 室内采暖热负荷 .....	108
第五节 散热器和暖风机 .....	118
第六节 散热器片数的确定 .....	122
第七节 热水采暖管道管径的估定 .....	128
第八节 室内采暖系统施工图 .....	132
第九节 室内采暖系统安装 .....	135
第七章 锅炉房与室外供热管道 .....	141
第一节 锅炉房设备 .....	141
第二节 锅炉房的布置 .....	144
第三节 室外供热管网的布置与敷设 .....	147
第四节 伸缩器与管道支架 .....	151
第五节 管道、设备和容器的防腐与保温 .....	154
第八章 室内通风与空气调节 .....	158
第一节 概述 .....	158
第二节 通风系统的分类与组成 .....	161
第三节 空调系统的分类与组成 .....	165
第四节 通风管道及其它部件 .....	169
第五节 空气处理设备 .....	173
第六节 排风的除尘设备 .....	176
第七节 风机 .....	178

## 绪 论

房屋卫生设备课程是介绍建筑物内的给水排水、采暖、通风与空气调节等方面设备一般知识的一门专业课程。

### 一、课程的主要内容

本课程包括三个方面的内容：流体力学的一般知识、给水排水、采暖通风与空气调节。

#### （一）流体力学的一般知识

我们知道，在房屋的给水排水、采暖、通风及空气调节系统中，尽管各种设备使用的介质不同，有水、蒸汽、空气等，但它们都具有一个共同的属性——流动性，因此统称为流体。为了学习房屋卫生设备的各种系统的原理，必须对流体的物理性质以及流体在平衡和运动状态下的规律有所了解。

本书第一章——流体力学的一般知识，讲的是流体的主要物理性质、流体的静压强及其基本规律、流体流动的基本概念、流体流动时具有的能量以及由于克服阻力造成的能量损失。学了这部分内容之后，可以为后面内容的学习打下一定的基础。

#### （二）给水排水

水，是一切生命的源泉，也是我们日常生活、生产和消防所不可缺少的物质。随着人们生活水平的提高和生产的发展，对水和用水设备的要求越来越高。

本书第二章——室内外给水，讲的是如何将水由天然水源取出并通过哪些设备和管道输送到建筑物内用水设备处，满足人们生活、生产和消防对水质、水量和水压的要求。第三章——室内外排水，讲的是如何将室内卫生器具和其它用水设备产生的生活污水、生产废水和降落在屋面上的雨（雪）水排至室外，并经过适当处理后排入水体。第四章——室内热水及开水供应简介，讲的是如何将水加热，又怎样将热水和开水供给人们使用和饮用的。第五章——离心水泵，讲的是离心水泵的构造、工作原理、基本性能等。

这部分内容的重点在于室内给水排水系统的组成和原理，要求能够绘制简单的室内给水排水系统的施工图，并能进行简单的水力计算。对于室外给水排水系统和室内热水系统，仅作了简单介绍。

#### （三）采暖、通风与空气调节

人类生活在大气中，不停地进行呼吸，吸入空气中的氧气，呼出二氧化碳，来维持我们的生命。正常情况下，氧气占空气重量的23.1%，如果空气中氧气成分少了，我们就说“空气不新鲜了”，这会使我们感到头晕、厌倦。如果空气中含有超量的粉尘和对人体有害的气体，我们就说“空气不清洁了”，人们吸入不清洁的空气，时间久了，就会引起疾病，甚至中毒身亡。如果空气的温度过低或过高，人们就会感到寒冷或者感到酷热难熬，甚至被冻僵或者中暑。如果空气中含有的水蒸汽过多或过少，我们就说“空气太潮湿或者太干燥”，也会使人感到闷热或者唇干舌燥。如果室内空气流动太慢，会使人感到闷气，



流动太快，又会使人有吹风之感。总之，人们需要的室内空气环境，应该是新鲜、洁净、温度和湿度适宜而且具有一定流动速度的空气环境。

随着科学技术的发展，愈来愈多的生产项目和科研项目对空气环境提出了一系列特殊要求。例如电子工业的某些车间，不仅要求一定的空气温度和湿度，而且对空气的洁净度提出了严格要求。因为一粒较大颗粒的灰尘（如大于 $0.5\mu\text{m}$ ）在集成电路的生产过程中常会引起极细的导线间的短路或断路，并且落在硅片上的灰尘还可能造成额外的杂质或腐蚀，使整个集成电路报废。一些机械工业的精密加工、计量和刻线，只允许空气环境的温度、湿度在较小的（如 $20\pm 0.1^\circ\text{C}$ ）范围内变化。否则，温度波动太大，金属设备和工件热胀冷缩，就不能进行精确的测量和加工；湿度太大则设备、仪器容易锈坏。

某些公共建筑内，也要满足各种不同的使用要求。例如某些大型的体育馆，考虑运动员和观众的正常活动和舒适，不仅要求空气有一定的温度、湿度，还要求空气足够新鲜、消除烟味和其它气味，并且必须保证其它的特殊要求，例如在乒乓球比赛场地，空气流动方向和速度不得影响乒乓球的运动方向和落点，在冰上运动场地，要能保证冰场不解冻和不起雾。

综上所述，在人们的生活、生产和科学实验等项活动中，为了保证人体健康、提高劳动生产率和保证产品质量，以及在公共建筑中为了满足各种人的活动和舒适需要，都要求维持一定的空气环境。

然而，由于某些危害空气环境的外部 and 内部因素的存在，自然的空气环境往往不能满足人们的需要。例如，在冬季寒冷地区，热量会通过建筑物的围护结构由温度较高的室内传向室外；在夏季炎热地区，太阳的辐射热也会通过建筑物围护结构由室外传向室内。同时，室外的空气还会通过建筑物围护结构不严密处直接渗入室内，这些都将使室内空气环境发生变化。此外，在环境内部也存在着危害空气环境的因素，例如生产过程和设备有的会产生热或湿，有的会吸热或吸湿，有的还可能产生有害气体及粉尘。人体也会产生热、湿、二氧化碳及带入灰尘等。

为了克服上述因素对空气环境的影响，必须采取采暖、通风和空气调节等建筑设备措施，以便维持人们所需要的空气环境。

本书第六章——采暖，讲的是把热量送到冬季寒冷地区房屋内，使室内温度保持适宜的各种设备。第七章——锅炉房及室外供热管道，讲的是采暖所需要的产热设备和输热管道。第八章——室内通风与空气调节，讲的是把室内受到污染的空气排到室外，而把室外新鲜空气送入室内的设备，消除生产过程中产生的粉尘、有害气体、高度潮湿和辐射热的危害，保持室内空气新鲜、洁净和适宜的设备，以及对空气进行处理，使之保持恒温恒湿、高度洁净和具有一定速度，以满足对空气环境的更高要求的设备。这部分的重点内容是第六章采暖。

## 二、学习房屋卫生设备课的目的

在土建施工中，常常需要与建筑设备专业密切配合，共同完成建筑物的施工任务。例如，砌筑基础时，必须根据建筑设备专业的要求，在一定的位置上预留出一定大小的孔洞，以便管道的引进或穿出；当现浇混凝土楼板时，也应该注意为安装管道和卫生器具留出孔洞，而且位置和尺寸都必须符合设备专业的要求。

土建类专业的学生，学习房屋卫生设备课程的目的，正是为了了解房屋的给水排水、

采暖、通风与空气调节等系统的作用、构造、原理，以及使用哪些材料和需要哪些设备；懂得一些必要的管道安装知识；能够识读上述各种系统的施工图纸，能进行简单水暖工程的计算或估算；充分了解建筑物的卫生设备及管道的施工与建筑施工的相互关系。以便在建筑施工中，做好不同工种之间的配合工作，甚至在缺少水暖工长的时候，能承担起水暖工长的某些工作。

### **复习思考题**

1. 房屋卫生设备包括哪几方面内容？
2. 为什么要学习房屋卫生设备课？

# 第一篇 流体力学的一般知识

## 第一章 流体力学的一般知识

液体和气体统称流体。流体力学是研究流体平衡和运动规律的一门科学。它可分为理论流体力学和工程流体力学，我们仅学习工程流体力学的一般知识，为学习房屋卫生设备课程打下基础。

### 第一节 流体的主要物理性质

流体在不同的外力作用下，为什么具有一定的平衡和运动的规律呢？这主要是由流体本身具有的特性决定的。因此，研究流体的平衡和运动规律时，必须对流体的物理性质有所了解。

流体不同于固体的最基本特性就是具有流动性。因此，在房屋的水暖通风工程中，流体能在外力的作用下，通过管道连续地输送到指定的地点，供各种卫生设备使用。

我们知道，固体有固定的形状，而流体随着容器的形状而变化，没有固定的形状；固体有抗拉、抗压、抗切的能力，例如要把木块拉断、压碎、切开必须有足够的外力作用。而流体不同，要把流体拉开，几乎不用费什么力，这说明流体几乎不能抗拉。流体抗切的能力也很小，静止的流体，即使受到微小的剪切力的作用，也会发生变形，使流体质点之间产生相对运动。可见，流体的流动性，正是这种抗拉、抗剪能力极小的表现。另一方面，流体和固体一样，能够承受较大的压力。

在流体中，液体没有固定的形状，但有固定的体积，能够形成自由表面。而气体总是充满它能达到的全部空间；液体不易被压缩，而气体比较容易被压缩。

下面分别介绍流体的几个主要物理性质。

#### 一、密度和容重

流体和固体一样具有质量。质量愈大，惯性也就愈大。对于匀质流体，单位体积的质量称为流体的密度，以符号 $\rho$ 表示。

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

式中  $\rho$ ——流体的密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )；

$M$ ——流体的质量 ( $\text{kg}$ )；

$V$ ——流体的体积 ( $\text{m}^3$ )。

流体也和固体一样具有重量，这是物质受地球引力而产生的。对于匀质流体，单位体

积的重量称为流体的容重，以符号 $\gamma$ 表示。

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

式中  $\gamma$ ——流体的容重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )；

$G$ ——流体的重量 ( $\text{N}$ )；

$V$ ——流体的体积 ( $\text{m}^3$ )。

由于流体的重量 $G$ 等于质量 $M$ 和重力加速度 $g$ 的乘积，所以流体的密度与容重的关系式为：

$$G = Mg$$

将等号两边同除以体积 $V$ ，则得

$$\frac{G}{V} = \frac{M}{V} g$$

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

式中  $\gamma$ ——流体的容重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )；

$\rho$ ——流体的密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )；

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

公式(1-3)表明，流体的容重等于流体的密度和重力加速度的乘积。

流体的密度和容重受外界压力和温度的影响，因此，当指出某种流体的密度和容重值时，必须指明所处外界压力和温度条件。

常见流体的密度和容重值见表1-1。

常见流体的密度、容重

表 1-1

流体名称	密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	容重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )	测定条件 ( $^{\circ}\text{C}$ )	流体名称	密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	容重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )	测定条件 ( $^{\circ}\text{C}$ )	
液	汽油	680~740	6670.8~7259.4	15	气	氢	0.0899	0.8819
	乙醚	740	7259.4	0		甲烷	0.7168	7.0318
	纯乙醇	790	7749.9	15		氨	0.7714	7.5674
	甲醇	810	7946.1	4		乙炔	1.1709	11.4865
	煤油	800~850	7848~8338.5	15		一氧化碳	1.2500	12.2625
	重油	900~950	8829~9319.5	15		氮气	1.2505	12.2674
	蒸馏水	1000	9810	4		空气	1.2928	12.6824
体	海水	1020~1030	10006.2~10104.3	15	体	氧	1.4290	14.0185
	无水甘油	1260	12360.6	0		二氧化碳	1.9768	19.3924
	水银	13590	133318	0		氯	3.2200	31.5832

一个标准大气压

## 二、流体的压缩性与膨胀性

当温度保持不变，流体的体积会随所受压强的增大而缩小的性质称为流体的压缩性。当压强保持不变，流体的体积（一般）随温度的升高而增大的性质称为流体的膨胀性。液体和气体的压缩性与膨胀性有所不同。

液体的压缩性和膨胀性都很小。例如，当水在常温下，压强增大一个大气压时，体积缩小十万分之五左右。因此，在实际工程中，往往不考虑液体的压缩性，把液体看作不可压缩的流体。又如，在一个大气压下，当温度在 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 时，水的温度升高 $1^{\circ}\text{C}$ ，体积只增加万分之一点五。所以在实际工程中，除了供热系统外，液体的膨胀性也可以不考虑。

应当注意，液体经过压缩或膨胀，虽然体积缩小或增大了，但是液体的质量没有改变，而是液体的密度和容重相应地增大或减小。对于不可压缩流体，密度和容重可视为常数。

水的膨胀性有其特殊性。当水温在 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 时，水的体积不随温度的升高而增大，而是减小，密度和容重相应增大；水温大于 $4^{\circ}\text{C}$ 时，水的体积则随温度的升高而增大，密度和容重相应减小。因此冬季施工（在北方）时，当水暖管道灌水打压之后，应及时将水放掉，以免由于水受冻结体积膨胀，而将散热器及管道胀裂损坏。水在一个大气压下不同温度时的密度和容重见表1-2。

在101.3kPa（一个标准大气压）下水的密度和容重

表 1-2

温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	密 度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	容 重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )	温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	密 度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	容 重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )	温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	密 度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	容 重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )
0	999.87	9805	25	997.10	9778	65	980.60	9617
2	999.97	9806	30	995.67	9764	70	977.81	9589
4	1000.00	9807	35	994.10	9749	75	974.90	9561
6	999.97	9806	40	992.24	9731	80	971.83	9530
8	999.88	9805	45	990.24	9711	85	968.65	9500
10	999.73	9804	50	988.07	9690	90	965.34	9467
15	999.10	9798	55	985.73	9667	95	961.92	9433
20	998.23	9789	60	983.24	9642	100	958.38	9399

气体的体积随压强与温度的变化较大，因而其密度和容重也有较大的变化。当温度一定时，气体的体积与压强成反比，压强增加一倍，气体的体积减小一半；当压强一定时，温度每升高 $1^{\circ}\text{C}$ ，气体的体积就比 $0^{\circ}\text{C}$ 时的体积增大 $1/273$ 。可见，气体则是很容易被压缩或膨胀的。

当气体的压强和温度不变或变化很小时，气体的密度和容重可以看作常数，这种气体称为未压缩气体，而当气体受到压缩或膨胀后，密度和容重变化很大，已不能看作常数时，称为压缩气体。

在标准大气压下，不同温度时的空气密度和容重值见表1-3。

在101.3kPa（标准大气压）时空气的密度和容重

表 1-3

温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	密 度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	容 重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )	温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	密 度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	容 重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )	温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	密 度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	容 重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )
0	1.293	12.70	25	1.185	11.62	60	1.060	10.40
5	1.270	12.47	30	1.165	11.43	70	1.029	10.10
10	1.248	12.24	35	1.146	11.23	80	1.000	9.81
15	1.226	12.02	40	1.128	11.07	90	0.973	9.55
20	1.205	11.80	50	1.093	10.72	100	0.947	9.30

我们在房屋卫生设备课程中所接触的流体，其密度和容重的变化均不显著，多属不可压缩流体，所以不可压缩流体是我们的主要研究对象。

### 三、流体的粘滞性

流体运动时，它的内部会出现对流体运动起阻挠作用的粘滞力（或称内摩擦力），流体的这种性质称为流体的粘滞性。流体的粘滞性只有在运动时才能显现出来，粘滞性的强

弱与流体的种类有关。液体的粘滞性随温度的升高而减弱，气体的粘滞性则随温度的升高而增强。

流体流动时，由于克服这种粘滞力，就要消耗自身的机械能，造成能量损失。

### 复习思考题

1. 有一个水箱，长3.5m，宽2.2m，高2.05m，试问需要4°C的水多少公斤才能充满水箱？
2. 什么是流体的压缩性与膨胀性？水的膨胀性有何特殊性？
3. 什么是不可压缩流体？
4. 何谓流体的粘滞性？液体和气体的粘滞性随温度的变化规律有何不同？

## 第二节 流体静压强及其基本方程式

### 一、流体静压强的概念

如果在一个盛满水的水箱侧壁上开一个孔口，水立即会从孔口向外喷射出来，这说明静止的流体中有压力，这个压力称为流体的静压力，以符号 $P$ 表示。

作用在整个面积上的流体静压力，称为流体总静压力。作用在单位面积上的流体静压力，称为流体静压强，以符号 $p$ 表示。

流体静压强分为平均静压强和点静压强。

如图1-1所示，一个充满水的水箱，水箱底和侧壁均存在静水压力。如果水箱的某一侧壁面积为 $A$ ，作用在面积 $A$ 上的总静水压力为 $P$ ，则作用在面积 $A$ 上的流体平均静压强为：

$$P_{vj} = \frac{P}{A} \quad (1-4)$$

式中  $P_{vj}$ ——作用面上流体平均静压强（N/m<sup>2</sup>）；

$P$ ——作用面上的流体总静压力（N）；

$A$ ——受压面积（m<sup>2</sup>）。

在受压面上围绕 $m$ 点取微小面积 $\Delta A$ ，设作用在 $\Delta A$ 上的静压力 $\Delta P$ ，则流体质点 $m$ 的点静压强为：

$$p_d = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad (1-5)$$

流体平均静压强是作用面上各点静压强的平均值，而点静压强则精确地反映了作用面上各流体质点的静压强。

流体静压强有两个重要的基本特性：

1. 流体静压强的方向垂直指向作用面。
2. 静止流体中任意一点各方向的流体静压强均相等。

### 二、流体静压强基本方程式

现在我们来分析流体静压强的分布规律。如图1-2所示，在一个水箱侧壁的不同高度上开三个小孔，将水箱灌满水，然后把三个小孔的塞头打开，水流分别从三个小孔流出来，孔口愈低，水喷射愈急。这个现象说明水对容器侧壁不同深度处的压强是不一样的，压强随着水深的增加而增加。如果在水箱侧壁同一深度处开几个小孔，我们可以看到从各

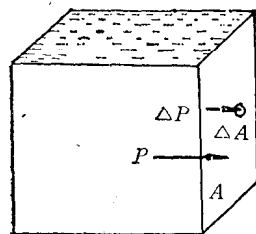


图 1-1 流体的平均静压强和点静压强

孔口喷射出来的水流都一样，这说明水对水箱侧壁同一深度处的压强相等。

下面推导静止流体在重力作用下的静压强基本方程式，从理论上论证流体静压强的分布规律。

如图1-3所示，我们从容重为 $\gamma$ 的静止流体中任取一个小长方体作为隔离体来分析。小长方体的长度方向与我们任意取的水平基准面0-0相垂直；它的上、下底面面积为 $\Delta A$ ；高为 $h$ ；上、下底面到基准面的距离分别为 $Z_1$ 和 $Z_2$ ；上、下底面的压强分别为 $p_1$ 和 $p_2$ 。小长方体在重力和静压力的作用下处于平衡状态。显然，小长方体在前后和左右侧面上的水平静压力合力为零，不必分析。我们来分析垂直方向的受力情况。

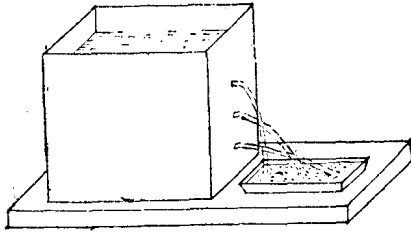


图 1-2 液体静压强与深度的关系

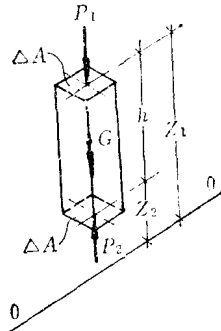


图 1-3 静压强基本方程式的推导

在垂直方向上的外力有：

1. 上端面的静压力

$$P_1 = p_1 \Delta A, \text{ 向下;}$$

2. 下端面的静压力

$$P_2 = p_2 \Delta A, \text{ 向上;}$$

3. 重力

$$G = \gamma \Delta A h, \text{ 向下。}$$

以上三个力平衡，合力为零：

$$P_1 + G - P_2 = 0$$

$$p_1 \Delta A + \gamma \Delta A h - p_2 \Delta A = 0$$

消去各项中的 $\Delta A$ ，并将 $h = Z_1 - Z_2$ 代入方程式中

$$p_1 + \gamma(Z_1 - Z_2) - p_2 = 0$$

方程式两边同除以 $\gamma$ ，经整理，可得：

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma}$$

因为静水中1、2点是任选的，所以上述的关系式可推广到整个液体，得出具有普遍意义的规律。即

$$Z + \frac{p}{\gamma} = C \text{ (常数)} \quad (1-6)$$

式中  $Z$  —— 静止液体中任一点到所取的基准面的位置高度 (m)；

$p$  —— 该点的静压强 ( $\text{N/m}^2$ ，即Pa)；

$\gamma$ ——液体的容重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )。

式(1-6)为流体静压强的基本方程式,它表明重力作用下的静止流体中,无论哪一点,  $Z + \frac{p}{\gamma}$  均等于一个常数(对于给定的同一个基准面)。

如果在一个密闭的容器中装有液体,如图1-4所示,液体的容重为 $\gamma$ ,则自由表面上的压强为 $p_0$ 。我们任取容器底下的一个水平面作为基准面,并且在自由表面上任取一点 $a$ ,在液体中任取一点 $b$ ,设 $b$ 点在液面以下深度为 $h$ , $a$ 、 $b$ 两点到基准面的距离分别为 $Z_0$ 和 $Z$ , $a$ 、 $b$ 两点的压强分别为 $p_0$ 和 $p$ 。根据公式(1-6)得

$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} = Z + \frac{p}{\gamma}$$

两边同乘以 $\gamma$ ,并将 $Z_0 - Z = h$ 代入上式,得

$$\begin{aligned} p - p_0 &= \gamma h \\ p &= p_0 + \gamma h \end{aligned} \quad (1-7)$$

式中  $p$ ——静止液体中任意点的静压强 ( $\text{Pa}$ );

$p_0$ ——静止液体自由表面上的静压强 ( $\text{Pa}$ );

$h$ ——该点距自由表面的垂直高度,即该点在液体中的深度 ( $\text{m}$ );

$\gamma$ ——液体的容重 ( $\text{N}/\text{m}^3$ )。

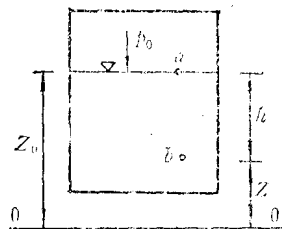


图 1-4 流体静压强基本方程式的另一种形式

公式(1-7)为重力作用下流体静压强基本方程式的另一种表达形式。它表明重力作用下的静止液体中,静压强随着液体深度的增加而增大,同一深处的静压强相等。

上述流体静压强基本方程式的两种形式,对于不可压缩流体( $\gamma = \text{常数}$ )均可适用。

对于气体,若其容重(或密度)可以视为常数,则上述流体平衡的规律也都适用,并且由于气体的容重与液体容重相比很小,因此,当高度 $h$ 不大时,可以忽略 $\gamma h$ 一项,认为 $p$ 等于 $p_0$ 。即在盛有气体的密闭容器中,各点静压强均相等。

### 复习思考题

1. 什么是流体的静压强? 什么是流体的平均静压强? 什么是流体的点静压强?
2. 写出流体静压强基本方程式的两种形式,并且说明公式中的各项分别表示什么?

## 第三节 流体静压强的表示方法

### 一、绝对压强、相对压强和真空压强

流体静压强的大小,根据不同的计算基准,可以分为:

1. 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 $p_j$ 表示;

2. 相对压强:以大气压强 $p_a$ 为零点起算的压强值称为相对压强,以符号 $p_r$ 表示,工程上又称表压。

3. 真空压强:若流体中某点的绝对压强小于大气压强,则该点处于真空状态,其真空程度一般用真空压强 $p_v$ 表示。真空压强是处于真空状态下任意点的绝对压强 $p_j$ 不足于大气



压强 $p_a$ 的部分。

以上三种压强的关系，如图1-5所示。图中A点的绝对压强大于大气压强，B点的绝对压强小于大气压强，即处于真空状态。

该图表明绝对压强基准与相对压强基准相差一个大气压，即

$$p_x = p_i - p_a \quad (1-8)$$

式中  $p_x$ ——某点的相对压强；  
 $p_i$ ——该点的绝对压强；  
 $p_a$ ——大气压强。

该图还表明，处于真空状态下的某点的真空压强等于大气压强减去该点的绝对压强。即

$$p_k = p_a - p_j \quad (1-9)$$

式中  $p_k$ ——某点的真空压强。

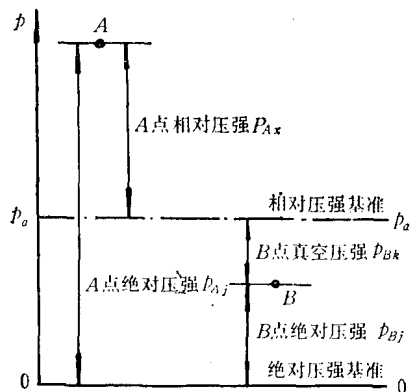


图 1-5 压强关系图式

图中点A的相对压强为正值，称为正压状态。点B的相对压强为负值，又称为负压状态。点B相对压强的绝对值就是该点的真空压强。即

$$p_{Bk} = -p_{Bx} = |p_{Bx}|$$

## 二、压强的单位

根据压强的基本定义，我国法定单位制规定，压强的单位采用单位面积上所受的压力来表示。其中压力单位为牛顿（以符号N表示），面积单位为平方米（以 $m^2$ 表示，压强的单位是牛顿每平方米（ $N/m^2$ ），这个单位称为帕斯卡（以符号Pa表示， $1Pa = 1N/m^2$ ）。有时，也采用一千倍的帕斯卡或一百万倍的帕斯卡作为压强单位，分别称为千帕斯卡和兆帕斯卡，以符号kPa和MPa表示。即

$$1kPa = 1000Pa = kN/m^2,$$

$$1MPa = 1000000Pa = 1000kN/m^2.$$

帕斯卡、千帕斯卡和兆帕斯卡分别可以简称为帕、千帕和兆帕。

我国习用的工程单位制中，压强的单位习惯以千克力每平方米（ $kgf/m^2$ ）和千克力每平方厘米（ $kgf/cm^2$ ）表示，或者以大气压强（标准大气压和工程大气压）的倍数来表示，以及采用液柱（水柱和汞柱）高度作为压强的单位。这些单位虽然已经废除，但在目前仍处于过渡阶段，为了便于查阅各种工具书，现将它们之间的换算关系列入表1-4中。

习用非法定计量单位与法定计量单位的压强单位换算

表 1-4

习用非法定压强单位		法定压强单位		单位换算关系
名称	符号	名称	符号	
千克力每平方米	$kgf/m^2$	牛顿每平方米 (帕斯卡)	$N/m^2$ (Pa)	$1kgf/m^2 = 9.81N/m^2(Pa)$
千克力每平方厘米	$kgf/cm^2$	千牛顿每平方米 (千帕斯卡)	$kN/m^2$ (kPa)	$1kgf/cm^2 = 98.1kN/m^2(kPa)$
标准大气压	atm	兆帕斯卡	MPa	$1atm = 0.1013MPa$
工程大气压	at	兆帕斯卡	MPa	$1at = 0.0981MPa$
毫米水柱	$mmH_2O$	帕斯卡	Pa	$1mmH_2O = 9.81Pa$
毫米汞柱	$mmHg$	帕斯卡	Pa	$1mmHg = 133.32Pa$