

G

高等学校教材

建筑设备工程

高明远

岳秀萍

主编

(第三版)

中国建筑工业出版社
CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

高等学校教材

建筑设备工程

(第三版)

高明远 主编
岳秀萍
刘传聚 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑设备工程/高明远, 岳秀萍主编. —3 版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2005

高等学校教材

ISBN 7-112-07184-4

I. 建... II. ①高... ②岳... III. 房屋建筑设备—
高等学校—教材 IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 043697 号

本书是为高等工科院校建筑学、土木工程等专业学生编写的教材。本书较为全面地介绍了建筑工程中的水、暖、电等公用设备专业的基本知识和内容。全书共分十五章, 包括: 公共与民用建筑给水、排水、热水、消防、采暖、燃气、通风、空气调节、照明、供配电、防雷、接地、弱电工程等。本书编写注重基本理论、基本概念的叙述与介绍, 增加了近些年发展起来的新技术、新方法和新内容, 并参照了注册建筑师考试大纲的要求。全书内容全面, 插图丰富, 理论联系实际, 各章附有思考题, 利于学习参考。

责任编辑: 齐庆梅 吴文侯

责任设计: 刘向阳

责任校对: 王雪竹 关 健

高等学校教材

建筑设备工程

(第三版)

高明远

主编

岳秀萍

刘传聚 主审

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20½ 字数: 500 千字

2005 年 7 月第三版 2006 年 2 月第三十一次印刷

印数: 364581—376580 册 定价: 29.00 元

ISBN 7-112-07184-4

TU·6419 (13138)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

第三版前言

本书是为高等工科院校建筑学、土木工程等土建类专业编写的教材，是在高等学校试用教材《建筑设备工程》（第二版）（太原工业大学高明远主编）的基础上全面修订而成。全书从基本理论出发，重点介绍了公共与民用建筑给水、排水、热水、消防、采暖、燃气、通风、空气调节、照明、供配电、防雷、接地、弱电工程等内容。编写过程中参照了国家有关现行设计规范和标准以及注册建筑师考试大纲要求，力求在内容上能够全面地覆盖当前建筑设备的范围，努力做到加强基本理论的阐述，密切联系工程设计实际。

本书第一、三、四、五（第一节至第八节）、七章由高明远编写，第二章、第五章中第九节由曹京哲编写，第六、九章由岳秀萍编写，第八、十章由杜震宇编写，第十一章至十五章由谷晋龙、岳秀萍编写。全书由高明远、岳秀萍主编。同济大学刘传聚老师审阅了本书并提出许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，希望读者对本书给予批评指正。

第二版前言

本书经第一版试用，凡有不足和错误之处，均尽量做了充实和改正。试用期间全国许多读者提出的宝贵意见和建议，在修订过程中也均做了认真的考虑。这次修订仍按 72 学时编写。

本书修订稿第一章由吴锡福编写、曲富林协助主编参与了本章再修订工作；第二章由王效承编写；第三章、第四章（不包括 § 4-6）由车月璋编写；第五章（不包括 § 5-7）由曹铸璠编写；第六章由荆元福编写；第七章（不包括 § 7-5）由高明远编写；第八章、第九章由刘克昇编写；第十、十一、十二、十三章由谷晋龙编写。第四章中 § 4-6、第五章中 § 5-7、第七章中 § 7-5 由王增长编写。全书由高明远、杜一民负责主编。本书主审为重庆建筑大学孙慧修、任振良，参加审查的还有何体中、李盛和、刘永志等同志。

由于编者水平所限，希望读者对本书继续给予指正。

编者

1988 年 6 月

目 录

绪论	1
第一章 流体力学基本知识	3
第一节 流体的主要物理性质	3
第二节 流体静压强及其分布规律	6
第三节 流体运动的基本知识	8
第四节 流动阻力和水头损失	13
第五节 孔口、管嘴出流及两相流体简介	20
思考题	21
第二章 室外给水排水工程概述	22
第一节 室外给水工程概述	22
第二节 室外排水工程概述	26
第三节 城镇给水排水工程规划概要	29
思考题	32
第三章 管道材料、器材及卫生器具	33
第一节 管道材料和水表	33
第二节 卫生器具及冲洗设备	36
思考题	42
第四章 建筑给水	43
第一节 给水系统和给水方式	43
第二节 水泵和贮水设备	49
第三节 室内给水管网的布置和敷设	52
第四节 用水定额、设计秒流量和居住小区室外设计流量	54
第五节 管网水力计算简介	59
第六节 高层建筑给水系统特点	60
第七节 绿化供水系统和建筑冷饮水供应和冷却水系统简介	66
思考题	66
第五章 建筑排水、中水及特殊建筑给水排水	67
第一节 建筑排水系统的分类和污水排放条件	67
第二节 建筑排水系统的组成	68
第三节 建筑排水管网的布置和敷设	71
第四节 建筑小区排水系统	73
第五节 建筑排水管道的计算	73
第六节 屋面雨水排放	79
第七节 建筑中水工程简介	85
第八节 高层建筑排水系统特点	87
第九节 特殊建筑给水排水	89
思考题	104

第六章 传热及气体射流基本知识	105
第一节 传热学基本知识	105
第二节 传热过程	110
第三节 气体射流简介	111
思考题	113
第七章 热水及燃气供应	114
第一节 建筑热水供应系统及图式	114
第二节 建筑热水管网布置及敷设	120
第三节 建筑热水管网计算简述	121
第四节 饮水供应	121
第五节 高层建筑热水供应系统的特点	123
第六节 燃气供应	124
思考题	129
第八章 采暖	130
第一节 采暖方式、热媒及系统分类	130
第二节 采暖系统的设计热负荷	131
第三节 对流采暖系统	133
第四节 辐射采暖系统	143
第五节 采暖系统的散热设备	148
第六节 室内采暖系统的管路布置与主要设备及附件	151
第七节 分户采暖热源	156
第八节 集中采暖热源	158
思考题	164
第九章 通风	165
第一节 建筑通风概述	165
第二节 全面通风量的确定	172
第三节 自然通风	175
第四节 通风系统的主要设备和构件	181
思考题	188
第十章 空气调节	189
第一节 空气调节系统分类	189
第二节 空调负荷计算与送风量	192
第三节 集中式空调系统	194
第四节 半集中式空调系统	204
第五节 分散式空调系统	207
第六节 几种新型的空调方式	211
第七节 空调水系统	212
第八节 空调系统的冷热源	215
第九节 空调系统的布置	219
第十节 建筑防排烟及通风空调系统的防火	227
第十一节 空调系统的消声与减振	234

第十二节 建筑设计与采暖空调系统运行节能的关系	236
思考题	238
第十一章 建筑电气系统概述	239
第一节 建筑电气系统的作用和分类	239
第二节 建筑电气系统的组成和设计原则	240
思考题	241
第十二章 电力供配电系统	242
第一节 供电系统	242
第二节 用电负荷计算	244
第三节 设备选择	246
第四节 室内外电气配线	249
第五节 配电盘(柜)和变配电室	255
第六节 自备应急电源设备	257
思考题	259
第十三章 建筑电气照明	260
第一节 照明基本知识	260
第二节 光源和灯具	264
第三节 照明设计	274
第四节 照明设计图纸	277
思考题	283
第十四章 几种建筑弱电系统简介	284
第一节 火灾自动报警系统	284
第二节 电话通信系统	287
第三节 有线电视系统	292
第四节 有线广播、扩声及同声传译	297
第五节 公共建筑计算机经营管理与楼宇自动化系统(BAS)	299
思考题	302
第十五章 建筑电气安全	303
第一节 安全电压	303
第二节 建筑防雷	303
第三节 接地	308
思考题	310
附录	311
主要参考文献	320

绪 论

近代房屋建筑为了满足生产和生活上的需要, 以及提供卫生、安全而舒适的生活和工作环境, 要求在建筑物内设置完善的给水、排水、供热、通风、空气调节、燃气、供电等设备系统。设置在建筑物内的设备系统, 必然要求与建筑、结构及生活需求、生产工艺设备等相互协调, 才能发挥建筑物应有的功能, 并提高建筑物的使用质量, 避免环境污染, 高效地发挥建筑物为生产和生活服务的作用。因此, 建筑设备工程是房屋建筑不可缺少的组成部分。

如何合理地进行建筑设备工程的设计, 保证建筑物的使用质量, 不仅与建筑设计、结构设计、施工方法等有着密切的关系, 而且对生产、经济、人民生活具有重要的意义。因此, 建筑学专业以及建筑类其他专业, 应该掌握建筑设备工程的基本知识。

随着我国各种类型工业企业的不断建立、城镇各类民用建筑的兴建、人民生活居住条件的逐步改善、基本建设工业化施工的迅速发展, 建筑设备工程技术水平正在不断提高。同时, 由于近代科学技术的发展, 各门学科互相渗透和互相影响, 建筑设备技术也受到交叉学科发展的影响而日新月异。例如, 太阳能利用技术的成就, 促进了建筑物采暖、热水供应等新技术的发展; 塑料工业的迅速发展, 改变着建筑设备的面貌; 电子技术和自动控制建筑设备系统中的多方面使用, 取得了更加节约和安全的效果; 建筑工业化的施工, 迅速改变着建筑安装现场手工操作的方式。

现代建筑设备工程技术的发展, 有几个方面值得我们认真研究和采用:

一、新材料、新品种的快速发展, 在建筑设备中引起了许多技术改革。例如, 各种复合材料由于具有重量轻、耐腐蚀、电气性能好等优点, 在建筑设备工程中凡是不受高温高压的各种管材、配件、给水器材、卫生器具、配电器材等, 国外都大量采用塑料制品代替各种金属材料; 又如钢和铝的新品种和新规格轧材的应用, 使许多设备的使用寿命得以延长。从而不仅保证了设备的使用质量, 而且节约了金属材料和施工费用。

二、新型设备的不断出现, 使建筑设备工程向着更加节约和高效发展。例如, 变速电动机和低扬程小流量特性的水泵, 使供水和热水供暖系统运行得到了合理的改善; 利用真空排除污水的特制便器, 节约了大量冲洗用水; 在高层建筑中广泛采用水锤消除器, 有效地减少了管道的噪声。各种设备正朝着体积小、重量轻、噪声低、效率高、整体式的方向发展。

三、新能源的利用和电子技术的应用, 使建筑设备工程技术不断更新。各种系统由于集中、自动化控制而提高了效率, 节约了费用, 创造了更好的卫生环境, 为建筑设备工程技术的发展开辟了广阔的领域。例如国外采用的被动式太阳能采暖及降温装置, 为采暖、通风、空调技术提供了新型冷源和热源; 使用程序控制装置调节建筑物通风空调系统, 使建筑物通风量随气象参数自动调节, 保证了室内卫生舒适条件; 使用自动温度调节器, 可以保证室内采暖及空调的设计温度并节约了能源; 利用电子控制设备或敏感器件, 可以控制卫生设备的冲洗次数, 达到节约水量的效果; 又如电气照明光源 (如氙灯、卤化物灯、节能灯等) 的发展, 使灯的亮度、光色及使用寿命不断改善和提高。

四、建筑工业化施工技术的发展，促进了预制设备系统的应用，大大加快了施工速度，获得了良好的经济效果。比如，预制设备系统的盒子卫生间和盒子厨房，将浴室、厕所以及厨房等建筑构件及其中的设备和管道在工厂预制好，然后运到建筑施工现场一次装配完工。

“建筑设备工程”是一门专业技术课。学习本课程的目的旨在掌握和了解建筑设备工程技术的基本知识和一般的设计原则与方法，具有综合考虑和合理处理各种建筑设备与建筑主体之间的关系的能力，从而作出适用、经济的建筑设计。为了掌握建筑设备工程中各种技术知识内容，本书对各种技术应具有的基础理论知识将在各章节中作简要阐述。此外，在领会本学科基本原理的基础上，应当加强设计和施工的实践，才能完整地掌握建筑设备工程技术。

第一章 流体力学基本知识

通常所见到的物质有固体、液体和气体，流体是液体和气体的统称。流体力学就是研究流体平衡和运动的力学规律及其应用的科学。

第一节 流体的主要物理性质

日常遇到许多流体的运动，如水在江河中流动、燃气在管道中输送、空气从喷口中喷出等，都表现了流体具有易流动性。流体不能承受拉力，静止流体不能抵抗切力，但是流体能承受较大的压力。

下面介绍流体的主要物理性质。

一、密度和容重

流体和固体一样，也具有质量和重量，工程上分别用质量密度 ρ 和重力密度 γ 表示。

对于均质流体，单位体积的质量称为流体的密度，即

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (1-1)$$

式中 M ——流体的质量，kg；

V ——流体的体积， m^3 。

对于均质流体，单位体积的重量称为流体的重力密度，即

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (\text{N/m}^3) \quad (1-2)$$

式中 G ——流体的重量，N；

V ——流体的体积， m^3 。

由牛顿第二定律知道： $G = Mg$ 。因此

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{Mg}{V} = \rho g \quad (1-3)$$

式中 g ——重力加速度， $g=9.807\text{m/s}^2$ 。

流体的质量密度和重力密度随外界压力和温度而变化，例如水在标准大气压和 4°C 时，其 $\rho=1000\text{kg/m}^3$ 、 $\gamma=9.807\text{kN/m}^3$ 。水银在标准大气压和 0°C 时，质量密度和重力密度是水的 13.6 倍。干空气在温度为 20°C 、压强为 760mmHg 时的质量密度和重力密度分别为 $\rho_a=1.2\text{kg/m}^3$ ； $\gamma_a=11.80\text{N/m}^3$ 。

二、流体的黏滞性

流体的黏滞性可以由下列实验和分析了解到。用流速仪测出管道中某一断面的流速分布，如图 1-1 所示。流体沿管道直径方向分成很多流层，各层的流速不同，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 $u+du$ ， du 为相邻两流层的速度增值。令流层厚度

为 dn ，沿垂直流速方向单位长度的流速增值 $\frac{du}{dn}$ ，叫做流速梯度。由于流体各流层的流速不同，相邻流层间有相对运动，便在接触面上产生一种相互作用的剪切力，这个力叫做流体的内摩擦力，或称黏滞力。流体在黏滞力的作用下，具有抵抗流体的相对运动（或变形）的能力，称为流体的黏滞性。对于静止流体，由于各流层间没有相对运动，黏滞性不显示。

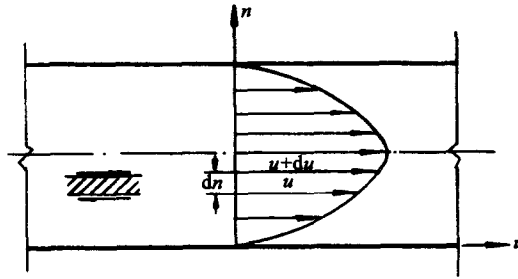


图 1-1 管道中断面流速分布

牛顿在总结实验的基础上，首先提出了流体内摩擦力的假说——牛顿内摩擦定律。如用切应力表示，可写为

$$\tau = \frac{F}{S} = \mu \frac{du}{dn} \quad (1-4)$$

式中 F ——内摩擦力，N；

S ——摩擦流层的接触面面积， m^2 ；

τ ——流层单位面积上的内摩擦力，又称切应力，Pa；

μ ——动力黏滞性系数，与流体种类有关的系数， $Pa \cdot s$ ；

$\frac{du}{dn}$ ——流速梯度，表示速度沿垂直于速度方向的变化率， $1/s$ 。

流体黏滞性的大小可用黏滞性系数表达。除用动力黏滞性系数 μ 外，还常采用运动黏滞性系数 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ ，单位为 m^2/s ，简称斯。 μ 受温度影响大，受压力影响小。水及空气的 μ 值及 ν 值如表 1-1 及 1-2 所示。

水的黏滞性系数

表 1-1

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

一个大气压下空气的黏滞性系数

表 1-2

t (°C)	$\mu \times 10^{-3}$ (Pa·s)	$\nu \times 10^{-6}$ (m ² /s)	t (°C)	$\mu \times 10^{-3}$ (Pa·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	24.6
40	0.0192	17.6	200	0.0259	25.8
50	0.0196	18.6	250	0.0280	42.8
60	0.0201	19.6	300	0.0298	49.9

流体的黏滞性对流体运动有很大的影响，因为内摩擦阻力作负功，不断损耗运动流体的能量，从而成为实际工程水力计算中必须考虑的一个重要问题。

三、流体的压缩性和热胀性

流体压强增大体积缩小的性质，称为流体的压缩性。流体温度升高体积膨胀的性质，称为流体的热胀性。

液体的压缩性和热胀性都很小。例如，水从 1 个大气压增加到 100 个大气压时，每增加 1 个大气压，水的密度增加 1/20000。水在温度较低（10~20°C）时，温度每增加 1°C，水的密度减小 1.5/10000；当温度较高（90~100°C）时，温度每增加 1°C，水的密度减小也仅为 7/10000。因此，在很多工程技术领域中可以把液体的压缩性和热胀性忽略不计。例如，在建筑设备工程中，管中输液除水击和热水循环系统外，一般计算不考虑液体的压缩性和热胀性。

气体具有显著的压缩性和热胀性。在温度不过低、压强不过高时，密度、压强和温度三者之间的关系服从理想气体状态方程：

$$\frac{p}{\rho} = RT \quad (1-5)$$

式中 p ——气体的绝对压强，N/m²；

ρ ——气体的密度，kg/m³；

T ——气体的绝对温度，K；

R ——气体常数，J/(kg·K)。

对于空气 $R=287$ ；对于其他气体 $R=\frac{8314}{N}$ ， N 为该气体的分子量。

对于速度较低（远小于音速）的气体，其压强和温度在流动过程中变化较小，密度可视为常数，这种气体称为不可压缩气体。反之，速度较高（接近或超过音速）的气体，在流运过程中密度变化很大（当速度等于 50m/s 时，密度变化为 1%，也可以当作不可压缩气体对待）， ρ 不能视为常数，这种气体称为可压缩气体。

建筑设备工程中水、气流体的流速在大多情况下均较低，密度在流动过程中变化不

大，密度可视为常数，一般将这种水、气流体认为是一种易于流动的、具有黏滞性和不可压缩的流体。

在研究流体运动规律时，还需了解“连续介质”的概念。所谓连续介质是把流体看成是全部充满的、内部无任何空隙的质点所组成的连续体。作为研究单元的质点，也认为是由无数分子所组成，并具有一定体积和质量。这样，不仅从客观上摆脱了分子复杂运动的研究，而且能运用数学的连续函数的工具，分析流体在外力作用下的机械运动。

第二节 流体静压强及其分布规律

流体静止是运动中的一种特殊状态。由于流体静止时不显示其黏滞性，不存在切向应力，同时认为流体也不能承受拉力，不存在由于黏滞性所产生运动的力学性质。因此，流体静力学的中心问题是研究流体静压强的分布规律。

一、流体静压强及其特性

设想在一容器的静止水中，隔离出部分水体 I 来研究，如图 1-2 所示，这种情况必须把周围水体对水体 I 的作用力加以考虑，以保持其静止状态不变。设作用于隔离体表面某一微小面积 $\Delta\omega$ 上的总压力是 Δp ，则 $\Delta\omega$ 面上的平均压强为：

$$p = \frac{\Delta p}{\Delta\omega} \quad (\text{N/m}^2) \quad (1-6)$$

当所取的面积无限缩小为一点 a，即 $\Delta\omega \rightarrow 0$ ，则平均压强的极限值为：

$$p = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta p}{\Delta\omega} \quad (\text{N/m}^2) \quad (1-7)$$

这个极限值 p 称为 a 点的静压强。

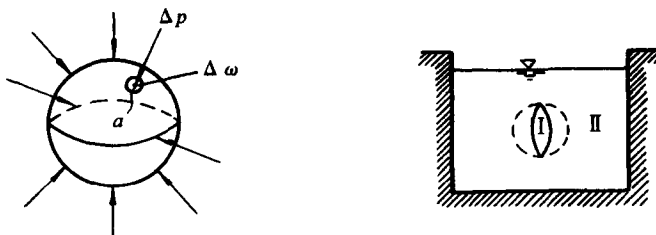


图 1-2 流体的静压强

流体静压强的因次为 [力/面积]，在国际单位制中，单位常用 Pa 表示， $1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$ ，把 10^5Pa 称为 1 巴 (bar)。

流体静压强有两个特征：

(1) 流体静压强的方向必定沿着作用面的内法线方向。因为静止流体不能承受拉力且不存在切应力，所以，只存在垂直于表面内法线方向的压应力——压强。

(2) 任意点的流体静压只有一个值，它不因作用面方位的改变而改变。

二、流体静压强的分布规律

在静止液体中任取一 A 点，该点在自由表面下的水深 h 处，自由表面压强为 p_0 ，

如图 1-3 所示。设 A 点的静水压强为 p ，通过 A 点取底面积为 $\Delta\omega$ 、高为 h 、上表面与自由面相重合的小圆柱体，研究其轴向力的平衡：上表面压力 $p_0\Delta\omega$ ，方向向下；柱体侧面积的静水压力，方向与轴向垂直，在轴向投影为零。此圆柱体处于静止状态，故其轴向力平衡为：

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

化简后得：

$$p = p_0 + \gamma h \quad (1-8)$$

式中 p ——静止液体中任意点的压强， kN/m^2 或 kPa ；

p_0 ——表面压强， kN/m^2 或 kPa ；

γ ——液体的重力密度， kN/m^3 ；

h ——所研究点在自由表面下的深度， m 。

式 (1-8) 是静水压强基本方程式，又称为静水力学基本方程式。式中 γ 和 p_0 都是常数。方程表示静水压强与水深成正比的直线分布规律。方程式还表明，作用于液面上的表面压强 p_0 是等值地传递到静止液体中每一点上。方程也适用于静止气体压强的计算，只是式中的气体重力密度 γ 很小，因此，在高差 h 不大的情况下，可忽略 γh 项，则 $p = p_0$ 。例如研究气体作用在锅炉壁上的静压强时，可以认为气体空间各点的静压强相等。

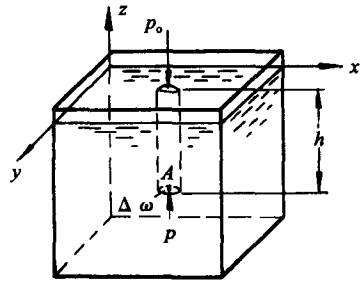


图 1-3 静止液体中的压强分布

流体中压强相等的各点所组成的面为等压面，如液体与气体的交界面（自由表面）；处于平衡状态下的两种不同液体的分界面；静止、同种类、连续液体的水平面等都是等压面。

工程计算中，压强有不同的量度基准：

(1) 绝对压强：是以完全真空为零点计算的压强，用 p_A 表示。

(2) 相对压强：是以大气压强为零点计算的压强，用 p 表示。

由上所述，相对压强与绝对压强的关系为：

$$p = p_A - p_a \quad (1-9)$$

某一点的绝对压强与大气压强相比较，可以大于大气压强，也可以小于大气压强，因此相对压强可以是正值也可以是负值。相对压强的正值称为正压（即压力表读数）；负值称为负压，这时流体处于真空状态，通常用真空度（或真空压强）来度量流体的真空程度。所谓真空度，是指某点的绝对压强不足一个大气压强的部分，用 p_k 表示，即

$$p_k = p_a - p_A = -p \quad (1-10)$$

某点的真空度愈大，说明它的绝对压强愈小。真空度的最大值为 $p_k = p_a = 98\text{kN/m}^2$ ，即绝对压强为零，处于完全真空状态；真空度的最小值为零时， $p_k = 0$ ，即在一个大气压强下，真空度在 $p_k = 0 \sim 98\text{kN/m}^2$ 的范围内变动。

真空度实际上等于负的相对压强的绝对值。例如某点的绝对压强是 40kN/m^2 ，如用相对压强计，为 $p = 40 - 98 = -58\text{kN/m}^2$ ；采用真空度表示则为 $p_k = 98 - 40 = 58\text{kN/m}^2$ ，从关系式 (1-9)、(1-10) 亦可以看出，真空度有时叫做“负压”，就是这个缘故。

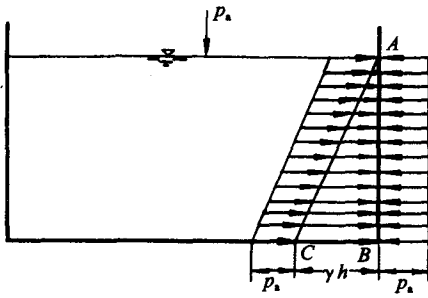


图 1-4 水池壁相对压强分布图

在建筑设备工程的水、气输送工程中，如水泵吸水管、虹吸管和风机吸风口等，经常遇到真空度的计算和量测。

在工程计算中，通常采用相对压强，如图 1-4 所示，水池任一受压壁面 AB，内外都有大气压作用，但相互抵消。实际作用于 AB 壁面上的静压强，如 ABC 所示，其图形称为相对压强分布图。

压强单位如前所述，除可用单位面积上的压力和工程大气压表示外，还可用液柱高度表示：米水柱 (mH₂O)、毫米水柱 (mmH₂O)、毫米汞柱 (mmHg)，如：

$$h = \frac{p_a}{\gamma} = \frac{98\text{kN/m}^2}{9.8\text{kN/m}^3} = 10\text{mH}_2\text{O} = 10000\text{mmH}_2\text{O}$$

$$h_{\text{Hg}} = \frac{p_a}{\gamma_{\text{Hg}}} = \frac{98\text{kN/m}^2}{133.38\text{kN/m}^3} = 73.56\text{cmHg} = 735.6\text{mmHg}$$

上述三种压强单位的关系是：

1 个工程大气压 $\approx 10\text{mH}_2\text{O} \approx 735.6\text{mmHg} \approx 98\text{kN/m}^2 \approx 98000\text{Pa}$ 。

除了流体静压强的计算外，工程上常遇到流体静压强的量测问题，如锅炉、制冷压缩机、水泵和风机等设备中均需测定压强。常用测压仪器有液柱测压计、金属压力表和真空表等。

第三节 流体运动的基本知识

一、流体运动的基本概念

(一) 压力流与无压流

(1) 压力流：流体在压差作用下流动时，整个流体周围都和固体壁相接触，没有自由表面。如供热工程中管道输送汽、水等，风道中气体输送，给水中液体输送等都是压力流。

(2) 无压流：液体在重力作用下流动时，液体的部分周界与固体壁相接触，部分周界与气体接触，形成自由表面。如天然河流、明渠流等一般都是无压流。

(二) 恒定流与非恒定流

(1) 恒定流：流体运动时，流体中任一位置的压强、流速等运动要素不随时间变化的流动称为恒定流动，如图 1-5 (a) 所示。

(2) 非恒定流：流体运动时，流体中任一位置的运动要素如压强、流速等随时间变化而变动的流动称为非恒定流，如图 1-5 (b) 所示。

自然界中大都是非恒定流，工程中一般可以取为恒定流。

(三) 流线与迹线

(1) 流线：流体运动时，在流速场中画出某时刻的这样的一条空间曲线，它上面所有流体质点在该时刻的流速矢量都与这条曲线相切，这条曲线就称为该时刻的一条流线，见图 1-6。

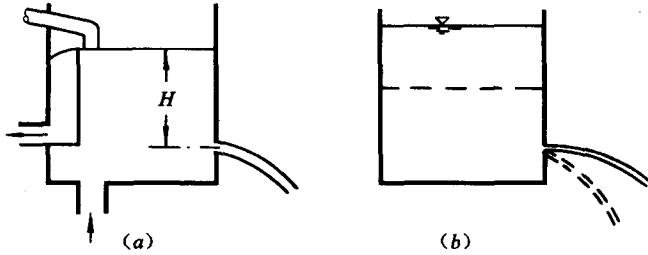


图 1-5 恒定流与非恒定流

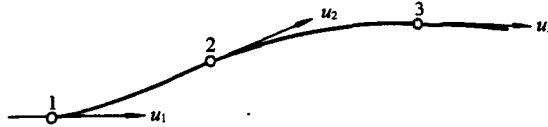


图 1-6 流线

(2) 迹线：流体运动时，流体中某一个质点在连续时间内的运动轨迹称为迹线。流线
与迹线是两个完全不同的概念。非恒定流时流线与迹线不重合，在恒定流时流线与迹线相
重合。

(四) 均匀流与非均匀流

(1) 均匀流：流体运动时，流线是平行直线的流动称为均匀流。如等截面长直管中的
流动。

(2) 非均匀流：流体运动时，流线不是平行直线的流动称为非均匀流。如流体在收缩
管、扩大管或弯管中流动等。它又可分为：

渐变流：流体运动中流线接近于平行线的流动称为渐变流，如图 1-7 中的 A 区。

急变流：流体运动中流线不能视为平行直线的流动称为急变流，如图 1-7 中的 B、C、D 区。

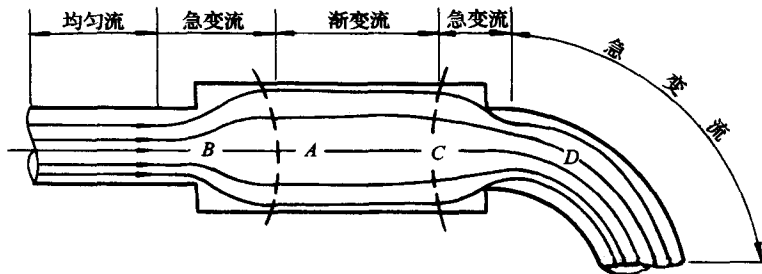


图 1-7 均匀流与非均匀流

(五) 元流、总流、过流断面、流量与断面平均流速

(1) 元流：流体运动时，在流体中取一微小面积 $d\omega$ ，并在 $d\omega$ 面积上各点绘出并形成
一股流束，称为元流。在元流内的流体不会流到元流外面，在元流外面的流体亦不会流进
元流中去。由于 $d\omega$ 很小，可以认为 $d\omega$ 上各点的运动要素（压强与流速）相等。

(2) 总流：流体运动时，无数元流的总和称为总流。

(3) 过流断面：流体运动时，与元流或总流全部流线正交的横断面称为过流断面，用