



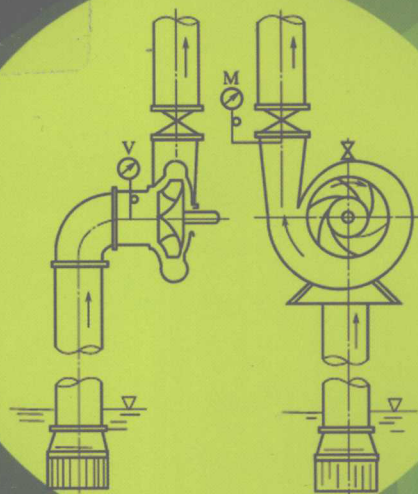
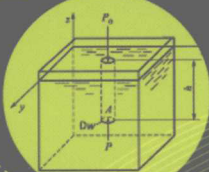
高等院校**建筑环境与设备工程专业**

规划教材 >>>>

JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG GAILUN

建筑环境与设备工程概论

白莉 主编 冉春雨 主审



化学工业出版社

高等院校建筑环境与设备工程专业规划教材

建筑环境与设备工程概论

白 莉 主 编
冉春雨 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书根据现代建筑发展的需要,概述了建筑环境与设备学科的基本原理和基础知识,阐述了建筑环境、建筑供热及热水供应、建筑给排水及消防给水、建筑通风与空气调节、建筑电气等现代建筑环境与设备工程的基本理论和实用技术。为了便于读者掌握,本书对建筑环境与设备工程所涉及的基本原理、基本理论以及相关的工程技术知识也进行了介绍。

本书的编写力求深入浅出、图文并茂、内容丰富。既注重基本原理和必要的理论分析,又尽量收入一些该领域最新的技术成果,同时更突出工程上的实用性。为适应知识更新的要求,本书的计算方法及引用数据全部采用现行的国家标准与规范的有关内容。

本书主要是为普通高等学校建筑与规划、土木工程、建筑环境与设备、环境工程、建筑电气、建筑材料、建筑管理等建筑技术相关专业编写的教科书,也可供从事建筑工程、土木工程、建筑工程管理等领域的工程技术人员参考,并可作为建筑设备生产、施工、管理等工作人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

建筑环境与设备工程概论/白莉主编. —北京:化学工业出版社,
2010.5
高等院校建筑环境与设备工程专业规划教材
ISBN 978-7-122-07922-0

I. 建… II. 白… III. ①建筑工程-环境管理-高等学校-教材
②房屋建筑设备-高等学校-教材 IV. ①TU-023②TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 040617 号

责任编辑:陶艳玲

装帧设计:尹琳琳

责任校对:郑捷

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 16 $\frac{1}{2}$ 字数 413 千字 2010 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 33.60 元

版权所有 违者必究

高等院校建筑环境与设备工程专业规划教材

编审委员会名单

(姓氏笔画排序)

顾问：马最良 傅忠诚

主任：李永安

副主任：李念平 陈振乾

委员：	丁云飞	马良涛	王 瑛	王智伟	方修睦	卢 军
	冉春雨	付祥钊	白 莉	丛晓春	刘冬华	刘伟军
	刘建龙	刘艳华	苏 成	李九如	李小华	李永安
	李百战	李念平	杨晚生	连之伟	张永泉	张吉光
	张国强	张增凤	陈振乾	周孝清	郑万兵	孟庆林
	侯根富	徐正坦	曹子栋	符永正	彭世尼	董 惠
	解国珍	廉乐明	谭羽非			

本书编写人员

主 编 白 莉

参 编 王春青 石 岩 张淑秘

刘 航 张玉红 李春刚

主 审 冉春雨

前 言

近年来随着科学技术的发展和人民生活水平的提高,人们对建筑环境与设备工程的标准、质量及功能的要求也日益提高。建筑设备自动化、智能化的发展趋势,使我国的建筑环境与设备产业蓬勃兴起。这就要求从事土木工程、建筑工程、建筑环境与设备、建筑电气、建筑材料、建筑工程管理等专业的技术人员,掌握一定的建筑环境与设备的基本知识和实用技术。为了适应经济建设的发展需求,便于建筑领域的技术人员掌握该领域的知识和技能,本书梗概介绍了建筑环境与设备的基础理论,重点介绍了建筑环境、给水排水及消防、通风空调及制冷、供热及热水供应、建筑电气等工程的基本知识和实用技术。

《建筑环境与设备工程概论》的内容涉及多个建筑技术学科,各种建筑技术工程设施共置于建筑物内部或小区,为各类建筑创造舒适、有效、防灾、安全的生活和生产环境,因此建筑设备之间,及与建筑物之间,均存在互相协调的关系。本书简明介绍了建筑环境与设备专业所涉及的流体力学、工程热力学及传热学的基本原理和基础知识,着重介绍了各种建筑设备工程的综合设计原理与施工要求,其目的是便于各专业人员的理解和掌握。

近几年来,随着建筑环境与设备领域的不断拓宽及建筑工程技术的飞速发展,出现了许多新产品、新技术,本书也作了相应的介绍。为适应知识更新的要求,本书的计算方法及引用数据全部采用现行的国家标准与规范的有关内容。

本教材推荐学时为24~48学时。为便于任课教师根据各校的学时计划、讲授对象及其专业特点,自行取舍授课内容,各章自成体系,可灵活取舍。

《建筑环境与设备工程概论》一书由白莉主编,第一~第三章由石岩、李春刚编写,第四、第五章由王春青、张淑秘编写,第六章由刘航、张玉红编写,全书承冉春雨教授审阅。

本书在编写过程中曾得到许多同行专家的指导和帮助,在此一并致以诚挚的谢意。限于编者水平,本书难免存在纰漏之处,尚望同行和读者指正。

编 者

2010年2月

目 录

第一章 理论基础	1
第一节 流体力学基本知识	1
一、流体的主要物理性质	1
二、流体静压强及其分布规律	3
三、恒定流的连续性方程	6
四、恒定流能量方程式	9
五、流动阻力和流动型态	12
第二节 传热学基础知识	19
一、传热的基本方式	19
二、传热过程及传热系数	22
第三节 湿空气的热工基础知识	24
一、湿空气的物理性质	24
二、湿空气的焓湿图	26
三、湿球温度与露点温度	28
四、焓湿图的应用	30
第二章 建筑环境	33
第一节 建筑热湿环境	33
一、建筑外环境	33
二、室内热湿环境	37
第二节 室内空气品质	39
一、Fanger 热舒适方程	39
二、室内空气品质标准	40
三、室内空气品质的评价方法	41
四、室内空气品质的影响因素	41
五、改善室内空气品质的措施	42
第三节 建筑声环境	44
一、建筑声环境基本知识	44
二、噪声的危害	46
三、噪声的允许标准	47
四、噪声控制的原则	47
第四节 建筑光环境	48
一、建筑光环境基本知识	48
二、舒适光环境的影响因素	49
三、天然光源与人工光源	50

第三章 给排水工程	52
第一节 城镇给排水工程	52
一、生活饮用水水质标准	52
二、用水量	53
三、水源与取水工程	58
四、净水与输配工程	61
五、室外排水	64
第二节 给排水常用管道、器材和卫生器具	66
一、给排水常用管道材料	66
二、管道配件	68
三、给水系统的附件	68
四、水表	69
五、卫生器具	71
第三节 建筑给水工程	76
一、给水系统和给水方式	76
二、给水管网计算	81
三、给水设备	88
四、高层建筑给水系统	94
第四节 消防给水	100
一、室外消防给水	100
二、低层建筑室内消火栓系统	101
三、自动喷水灭火系统	105
四、其他灭火系统简介	108
第五节 建筑排水工程	109
一、排水水质指标与排放标准	109
二、排水系统和排水方式	111
三、排水管道的布置与敷设	115
四、室内排水系统的水力计算方法	116
五、建筑雨水排水系统	121
六、局部污水处理设备	123
第四章 供热工程及热水供应设备	126
第一节 供暖热负荷	126
一、围护结构基本耗热量 $Q_{1,b}$	126
二、附加耗热量 $Q_{1,e}$	128
三、冷风渗透耗热量 Q_2	128
四、冷风侵入耗热量 Q_3	129
五、建筑物热负荷的概算	129
六、分户计量采暖热负荷	130
第二节 供暖系统的分类及系统形式	131
一、供暖系统的分类	131

二、供暖系统的主要形式·····	132
三、热水采暖系统施工图·····	138
第三节 常用供热设备·····	146
一、散热器·····	146
二、辐射散热设备·····	150
三、空气幕与暖风机·····	152
四、供暖附属设备·····	154
第四节 热力入口与锅炉房·····	158
一、热力入口·····	158
二、供热锅炉·····	160
三、锅炉房的主要设备及工艺布置·····	162
第五节 热水供应系统·····	164
一、室内热水供应方式·····	164
二、热水供应设备·····	166
三、热水量确定·····	168
第五章 通风、空气调节工程及制冷设备·····	171
第一节 建筑通风·····	171
一、建筑通风任务和分类·····	171
二、自然通风·····	172
三、机械通风·····	178
四、通风系统的主要设备和构件·····	179
五、事故通风·····	184
六、高层民用建筑防排烟·····	185
第二节 空调工程·····	190
一、空调的任务及负荷计算·····	190
二、空调系统的组成及分类·····	193
三、空调水系统及空调设备·····	198
四、空调系统节能及一般控制·····	203
第三节 空调用制冷设备·····	206
一、常用冷源·····	206
二、蒸汽压缩式制冷原理及设备·····	206
三、活塞式制冷压缩机·····	209
四、螺杆式制冷压缩机·····	210
五、离心式制冷压缩机·····	210
六、吸收式制冷机·····	211
七、其他制冷机·····	213
第六章 建筑电气基本知识·····	217
第一节 建筑电气概述·····	217
一、建筑电气的含义及分类·····	217
二、建筑电气设计·····	217

三、建筑供配电·····	218
第二节 建筑供配电系统·····	220
一、负荷计算·····	221
二、变配电所·····	222
三、低压配电系统·····	228
四、室内低压线路敷设、导线截面选择及线路保护·····	232
第三节 电气照明·····	234
一、照明技术的基本概念·····	234
二、照明方式与种类·····	235
三、电光源和照明灯具·····	235
四、照度计算·····	237
五、照明供电与设计的一般要求·····	238
第四节 接地与防雷·····	239
一、接地·····	239
二、防雷·····	240
附录·····	243
附录 A 湿空气物性参数·····	243
附录 B 给排水工程常用数据·····	246
附录 C 进、排气窗的局部阻力系数·····	251
参考文献·····	252

第一章 理论基础

第一节 流体力学基本知识

通常所见到的物质有固体、液体和气体三种形态。其中液体和气体统称为流体。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。

一、流体的主要物理性质

在日常生活中遇到许多流体的运动，如水在江河中流动、煤气在管道中输送、空气从喷口中喷出等，都表现出流体具有易流动性。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。对于均质流体，单位体积的质量称为流体的密度，用 ρ 表示，即

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

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 。

流体的密度随外界压力和温度的变化而变化，例如水在标准大气压和 4°C 时，其 $\rho = 1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。水银在标准大气压和 0°C 时，密度是水的 13.6 倍。干空气在标准大气压和 20°C 时的密度为 $\rho_a = 1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(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 ，则与其相邻流层的流速为 $u+du$ ， 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

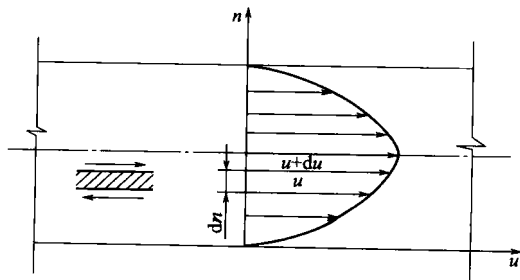


图 1-1 管道中断面流速分布

止流体，由于各流层间没有相对运动，黏滞性不显示。

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

τ=F/A=μ du/dn (1-2)

式中 τ——流层单位面积上的内摩擦力，又称切应力，N/m²；

F——内摩擦力，N；

A——摩擦流层的接触面面积，m²；

μ——动力黏度，kg/(m·s) 或 Pa·s，与流体种类有关；

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，可用黏度表示。除动力黏度 μ 外，常用运动黏度 ν=μ/ρ，单位为 m²/s。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 及表 1-2 所示。

表 1-1 水的黏度

t/℃	μ/(10 ⁻³ Pa·s)	ν/(10 ⁻⁶ m²·s ⁻¹)	t/℃	μ/(10 ⁻³ Pa·s)	ν/(10 ⁻⁶ m²·s ⁻¹)
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

表 1-2 1atm 下空气的黏度

t/℃	μ/(10 ⁻³ Pa·s)	ν/(10 ⁻⁶ m²·s ⁻¹)	t/℃	μ/(10 ⁻³ Pa·s)	ν/(10 ⁻⁶ m²·s ⁻¹)
-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	25.8
50	0.0196	18.6	250	0.0280	42.8
60	0.0201	19.6	300	0.0298	49.9

注：1atm=1.013×10⁵Pa。

流体的黏滞性对流体运动有很大的影响，因为内摩擦阻力做负功，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因素。对此，将在后面有关部分进行讨论。

(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 1atm 增加到 100atm 时，每增加 1atm，水的密度增加 1/20000。水在温度较低（10~20℃）时，温度每增加 1℃，水的密度减小 1.5/10000，当温度较高（90~100℃）时，温度每增加 1℃，水的密度减小也仅为 7/10000。因此，在很多工程上可以忽略液体的压缩性和热胀性，因它带来的误差很小。例如，在建筑设备管道液体输送过程中，除水击和热水情况外，一般在计算中均不考虑液体的压缩性和热胀性。

与液体不同，气体具有显著的压缩性和热胀性。在温度不太低、压强不太高时，密度、压强和温度三者之间的关系服从理想气体状态方程

$$\frac{p}{\rho} = RT \quad (1-3)$$

式中 p ——气体的绝对压强，N/m²；

ρ ——气体的密度，kg/m³；

T ——气体的热力学温度，K；

R ——气体常数，J/(kg·K)，对于空气 $R=287\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，对于其他气体 $R=\frac{8314}{M}$

J/(kg·K)， M 为该气体的相对分子质量。

对于速度较低（远小于音速）的气体，在流动过程中其压强和温度变化较小，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，在流动过程中其密度变化较大，密度不能视为常数，这种气体称为可压缩气体。

在建筑设备工程中所接触到的水、气流体，其流速在大多数情况下均较低，因而密度在流动过程中变化较小，密度可视为常数，一般将这种水、气流体，视为易于流动的、具有黏滞性的和不可压缩的流体。

在研究流体运动规律中，还需了解“连续介质”概念。把流体当作是由密集质点构成的、内部无任何空隙的连续体，这就是连续介质。所谓质点，是指含有大量分子的、与一切流动空间相比体积可忽略不计的、又具有一定质量的流体微团。建立连续介质，既可避开分子运动的复杂性，对流体物质结构进行简化，又可将流体运动中的物理量视为空间坐标和时间变量的连续函数。这样，就可用分析方法来研究流体在外力作用下的机械运动。

二、流体静压强及其分布规律

流体静力学研究流体在静止（平衡）或相对静止（相对平衡）状态下的力学规律及其应用。根据流体的流动性可知，在静止（平衡）或相对静止（相对平衡）状态下，流体只存在压应力——压强。因此，流体静力学的核心问题是研究流体静压强及其分布规律。

（一）流体静压强及其特征

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 II 对部分水体 I 的作用力加上，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 $\Delta\omega p$ ，则 $\Delta\omega$ 面上的平均压强为

$$\bar{p} = \frac{\Delta p}{\Delta\omega} \quad (1-4)$$

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

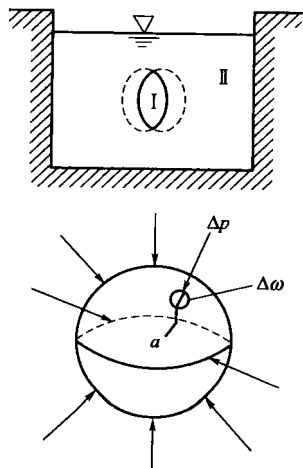


图 1-2 流体的静压强

$$p = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta p}{\Delta\omega} \quad (1-5)$$

式中, 极限值 p 称为 a 点的静压强, Pa 或 N/m^2 。

流体静压强有以下两个特征。

(1) 流体静压强的方向必定沿着作用面的内法线方向, 即垂直于作用面并指向作用面。

因为对静止流体来说, 不存在拉应力和切应力, 所以, 只能存在垂直于表面内法线方向的压应力——压强;

(2) 任意一点各方向的流体静压强大小相同, 与作用面的方位无关。

(二) 流体静压强的分布规律

在静止液体中任取一点 A , 已知 A 点在自由表面下的水深为 h , 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铅直小圆柱体, 研究其轴向力的平衡。此时作用于轴向的外力有: 上表面压力 $P_0 =$

$p_0\Delta\omega$, 方向垂直向下; 下底面的静水压力 $P = p\Delta\omega$, 方向垂直向上; 柱体重力 $G = \rho gh\Delta\omega$, 方向垂直向下 (图中未绘出); 柱体侧面积的静水压力, 方向与轴向垂直 (图中未绘出), 在轴向投影为零。此铅直小圆柱体处于静止状态, 故其轴向力平衡为

$$p\Delta\omega - \rho gh\Delta\omega - p_0\Delta\omega = 0$$

化简后得

$$p = p_0 + \rho gh \quad (1-6)$$

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 ;

h ——所研究点在自由表面下的深度, m 。

式(1-6)是液体静压强基本方程式, 又称为流体静力学基本方程式。式中 ρ 和 p_0 都是常数。方程表明静止液体中压强随深度呈直线分布, 作用于自由液面上的压强 p_0 等值地传递到静止液体中每一点上。方程也可用于静止气体的压强计算, 由于气体密度 ρ 很小, 因此, 在高差值不大的情况下, 可忽略 ρgh 项, 则 $p = p_0$ 。例如研究气体作用在锅炉壁上的静压强时, 可认为气体在空间各点的静压强相等。

应用静压强基本方程式分析问题, 要掌握等压面的概念。流体中压强相等的各点所组成的面称为等压面。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' 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。

由上可知, 相对压强与绝对压强的关系为

$$p = p' - p_a \quad (1-7)$$

某一点的绝对压强与大气压强比较, 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于 1atm 的部分, 用 p_k 表示, 即

$$p_k = p_a - p' = -p \quad (1-8)$$

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 98kN/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,即处于 1atm 下。真空度 p_k 在 $0 \sim 98\text{kN/m}^2$ 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 ,如用相对压强表示,为 $p = 40\text{kN/m}^2 - 98\text{kN/m}^2 = -58\text{kN/m}^2$;采用真空度表示则为 $p_k = 98\text{kN/m}^2 - 40\text{kN/m}^2 = 58\text{kN/m}^2$,从式(1-7)、式(1-8)亦可以看出,真空度有时叫做“负压”,就是这个缘故。

在建筑设备的水、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而相互抵消。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。

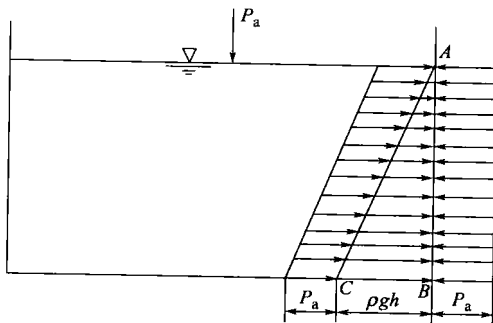


图 1-4 水池壁相对压强分布

压强单位如前所述,除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,如米水柱、毫米水柱、毫米汞柱。如

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

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

上述三种压强单位的关系是

$$1\text{atm} = 10\text{mH}_2\text{O} = 735.6\text{mmHg} = 98\text{kN/m}^2 = 98000\text{Pa}。$$

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,简单介绍如下。

1. 液柱测压计

测压管:这是一种最简单的液柱测压计,如图1-5所示。 A 的静压强用水柱高度 h 表示。如果被测点的压强值较大,则水柱将会很高,观测不便。可以在测压管中充以容重大的液体,例如水银测压计,见图1-6。

在测量微小的压强时,为了提高测量精度,常采用倾斜微压计。

当测量两种容器的压强差时,可采用比压计。

图1-7是一种常用的测量流体流量的仪器,叫文丘里流量计,它装置在管路中,是一段管径先收缩后扩大的短管,将流量计收缩前的 A 点和收缩喉部的 B 点分别与水银比压计的两端连通。当管中水从 A 向 B 通过时,因 A 、 B 两点的压强不等,在水银比压计上将出现某一水银柱高差 Δh 。以 $N-N$ 为等压面,则

$$p_A = \rho g h_1 = p_B + \rho g h_2 + \rho_{\text{Hg}} g \Delta h$$

故

$$\frac{p_A - p_B}{\gamma} = \left(\frac{\rho_{\text{Hg}} g}{\gamma} - 1 \right) \Delta h = 12.6 \Delta h \quad (1-9)$$

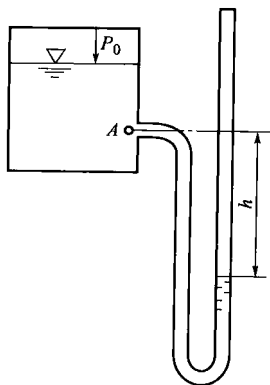


图 1-5 测压管

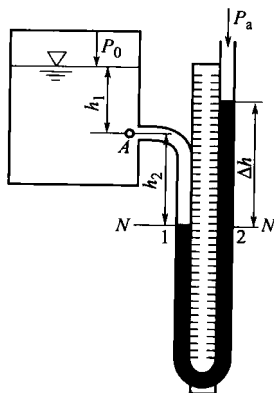


图 1-6 水银测压计

流量的进一步计算，将在后面介绍。

2. 金属压力表、真空表

液柱测压计常在实验室使用，它的优点是准确度高，缺点是量测值小，体积大。压力表与此相反，压力表的种类很多，常用的为弹簧压力表，构造如图 1-8 所示。表内有一根下端开口上端封闭的镰刀形青铜管，开口端与测点相接，封闭端外有细链条与齿轮连接。测压时，青铜管在流体压力作用下发生伸张，从而牵动齿轮旋转，齿轮上的指针便把压强的大小在表盘上指示出来。

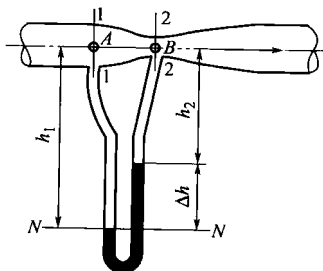


图 1-7 文丘里流量计

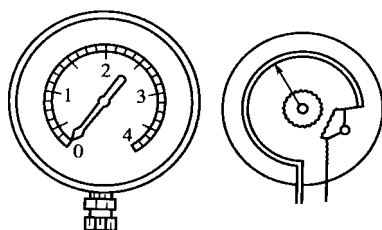


图 1-8 弹簧压力表

真空表是用来测量真空度的仪表，亦可分为液体的和金属的两种，其构造、作用原理与上述各测压计基本相同。

真空表常装在离心泵吸水管上，表盘读数常用 $0 \sim 760 \text{ mmHg}$ 表示。

三、恒定流的连续性方程

(一) 流体运动的基本概念

1. 压力流与无压流

(1) 压力流 流体在压差作用下流动时，流体整个周界都和固体壁相接触，没有自由表面，如供热工程中输送的汽、水带热体的管流，风道中的气流，给水工程中输送的水流等都是压力流。

(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，部分周界与气体相接触，形成自由表面，如天然河流、明渠流等一般都是无压流动。

2. 恒定流与非恒定流

(1) 恒定流 流场中各空间点的运动要素（速度、压强、密度等）皆不随时间变化的流

动称为恒定流动。如图 1-9(a) 所示。

(2) 非恒定流 流场中各空间点的运动要素(速度、压强、密度等)皆随时间变化而变动的流动称为非恒定流。水箱出水时如果水箱内水位 H 发生变化,就是非恒定流,如图 1-9(b) 所示。

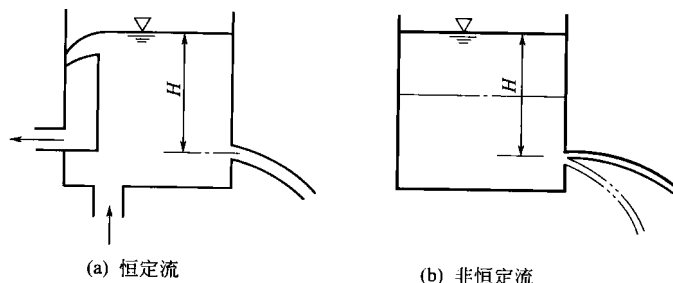


图 1-9 恒定流与非恒定流

实际工程中,多数系统正常运行时是恒定流,或虽为非恒定流,但运动参数随时间的变化缓慢,仍可近似按恒定流处理。

3. 流线与迹线

(1) 流线 流体运动时,在流场中画出某时刻的这样一条空间曲线,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,如图 1-10 所示。

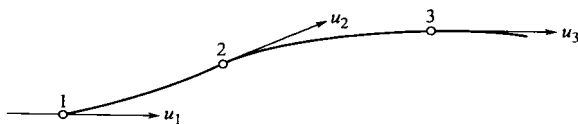


图 1-10 流线

(2) 迹线 流体质点在某一时段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相重合;在恒定流中,流线不随时间变化,流线上的质点继续沿流线运动,此时流线和迹线在几何上是一致的,两者重合。

4. 均匀流与非均匀流

(1) 均匀流 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、扩大管或弯管内的流动等。它又可分为:

① 渐变流 流线接近平行直线的流动称为渐变流。如图 1-11 中 A 区。

② 急变流 流线不能视为平行直线的流动称为急变流。如图 1-11 中 B、C、D 区。

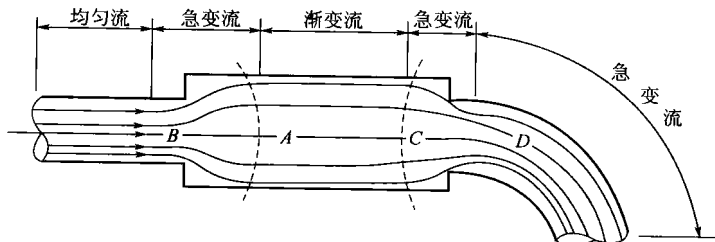


图 1-11 均匀流与非均匀流

5. 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 $d\omega$ 面积上各点引出流线并形成了一股流束称为元流,见图 1-12。在元流内的流体不会流到元流外面;在元流外面的流