

高等院校规划教材

建筑设备工程

主 编 魏 鋈



煤炭工业出版社

高等院校规划教材

建筑设备工程

主 编 魏 璠

副主编 张维亚 刘光军 叶 瑜

煤炭工业出版社

• 北 京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑设备工程/魏璠主编. —北京: 煤炭工业出版社,
2004

高等院校规划教材

ISBN 7-5020-2523-5

I. 建… II. 魏… 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 (2004) 第 076829 号

煤炭工业出版社 出版发行
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
北京密云春雷印刷厂 印刷

*

开本 787mm×1092mm $1/16$ 印张 $21\frac{3}{4}$
字数 514 千字 印数 1—2,400
2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷
社内编号 5294 定价 35.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书系统地介绍了现代建筑物中的给排水、热水供应、供暖、通风、空调、燃气供应、防排烟、室内照明、消防、综合布线和建筑设备自动化等系统和设备的工作原理，以及在建筑中的设置和应用；简要介绍了国内外在建筑设备技术方面的最新发展。

本书按照国家最新的技术规范、规程编写，是高等院校中的建筑学、室内装修、建筑工程、城镇建设、房地产经营与管理、环境艺术与风景园林、建筑管理工程等专业课程的教科书，也可供从事建筑设计、建筑施工、工程监理、室内装修、物业管理等方面的工程技术人员参考。

前 言

现代建筑是个多学科的综合体，而集中了建筑给水排水、热水供应、消防给水、建筑供暖、建筑通风、空气调节、建筑防火排烟、燃气供应、建筑供配电、建筑照明、建筑弱电及智能化过程控制等多学科的建筑设备在现代建筑中占有举足轻重的地位。

随着现代科学技术的进步以及新材料、新工艺的应用，现代建筑中水、电、空调和消防等系统的设备日趋复杂、美观、方便和实用。因此，从事建筑类及与之相关的各专业工作的工程技术人员，需要对现代建筑物中的给水排水、热水供应、消防给水、建筑供暖、建筑通风、空气调节、建筑防火排烟、燃气供应、建筑供配电、建筑照明、建筑弱电及智能化过程控制等系统和设备的工作原理和功能，以及在建筑中的设置和应用情况有所了解，以便在建筑结构设计、建筑施工、室内装饰装潢、房地产开发、建筑智能化和物业管理等工作中合理地配置和使用能源和资源，以做到既能完美地体现建筑物的设计和使用功能，又能尽量减少能量的损耗和资源的浪费。

本书作为建筑类及与之相关的各专业的一门技术基础课，系统地介绍了现代建筑物中的给水排水、热水供应、消防给水、建筑供暖、建筑通风、空气调节、建筑防火排烟、燃气供应、建筑供配电、建筑照明、建筑弱电及智能化过程控制等系统和设备的工作原理，国内外在建筑设备技术方面的最新发展以及在建筑中的应用情况。本书在编写体系的组织安排上注重了基础理论与工程应用的有机结合，以符合对事物循序渐进的认识规律，便于读者更好地理解 and 掌握有关的学习内容。各章后都附有复习思考题，可供读者复习巩固所学的主要内容。

全书分4篇共17章，由魏鋈担任主编。第1篇第1, 2, 3, 4章由刘光军编写；第1篇第5章和第2篇第6, 7, 9章由魏鋈编写；第2篇第8, 10, 11章由张维亚编写；第3篇和第4篇由叶瑜编写。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免存在不当之处，恳请广大读者批评指正，以利今后本书的充实和提高。

目 录

第1篇 建筑给水排水

第1章 流体力学基本知识	1
1.1 流体的主要物理性质	1
1.2 流体静压强及其分布规律	4
1.3 流体运动的基本知识	7
1.4 流动阻力和水头损失	12
复习思考题	18
第2章 室外给水排水工程概述	19
2.1 城镇给水工程	19
2.2 室外排水工程	24
复习思考题	27
第3章 室内给排水工程	28
3.1 室内给排水系统的分类及组成	28
3.2 室内给水管道的布置和敷设	29
3.3 室内给排水系统所需压力及给水方式	32
3.4 给水系统升压设备	34
3.5 室内给水管道的水力计算	39
3.6 室内消防系统及设备	44
3.7 室内排水系统的分类及组成	49
3.8 室内排水管道的布置和敷设	51
3.9 高层室内给水排水概述	53
复习思考题	56
第4章 管材、器材、卫生器具及设备	57
4.1 管材、配材、器材及水表	57
4.2 卫生器具及冲洗设备	60
4.3 卫生器具安装	63
复习思考题	81
第5章 热水供应	82
5.1 热水供应系统的形式与组成	82
5.2 热水系统设备与部件	87
5.3 热水管网的计算与敷设	90
5.4 饮水供应	91

复习思考题	93
-------------	----

第2篇 暖通空调及燃气供应

第6章 建筑热工基础知识	94
6.1 导热	94
6.2 热对流和对流换热	96
6.3 热辐射及辐射换热	98
6.4 传热过程及传热系数	99
复习思考题	100
第7章 供暖	102
7.1 建筑供热系统的组成和形式	102
7.2 供暖热负荷	113
7.3 供暖系统设备	119
7.4 供暖管道布置和敷设	128
7.5 高层建筑供暖特点	131
7.6 热源	133
复习思考题	142
第8章 燃气供应	143
8.1 燃气的分类及用途	143
8.2 城市燃气输配系统	146
8.3 建筑燃气供应系统	151
8.4 燃气计量与燃气用具	155
复习思考题	161
第9章 通风	162
9.1 建筑通风的任务和分类	162
9.2 自然通风	163
9.3 机械通风	172
9.4 局部排风的净化和除尘	179
复习思考题	183
第10章 空气调节	184
10.1 概述	184
10.2 空调冷负荷和空调房间	186
10.3 空调系统的组成及分类	189
10.4 风口与气流组织	197
10.5 空调冷源	203
10.6 空气处理、消声和减振	205
10.7 空调机房与制冷机房	221
复习思考题	224
第11章 防排烟系统	225

11.1 建筑火灾烟气的特性及烟气控制的必要性	225
11.2 火灾烟气的流动规律与控制原则	226
11.3 防火分区和防烟分区	229
11.4 高层建筑的防排烟	230
复习思考题	242

第3篇 建筑电气

第12章 建筑电气的基本系统	243
12.1 建筑电气的基本作用	243
12.2 建筑电气系统的种类	243
复习思考题	259
第13章 供配电系统	260
13.1 用电负荷的计算	260
13.2 电气设备的选择	264
13.3 常用低压控制和保护电气设备	271
复习思考题	274
第14章 电气照明	275
14.1 照明的基本知识	275
14.2 照明种类和照度标准	277
14.3 电光源和灯具的选择、布置、安装及照明节能	280
14.4 照度计算	284
14.5 民用建筑照明供电与照明设计	291
复习思考题	296
第15章 安全用电与建筑防雷	297
15.1 安全用电	297
15.2 建筑防雷	301
复习思考题	307

第4篇 智能建筑电气设备

第16章 综合布线工程简介	308
16.1 智能建筑的基本概念	308
16.2 综合布线的概念以及与智能建筑的关系	309
16.3 综合布线的设计要领与结构	312
16.4 建筑物自动化系统综合布线	318
复习思考题	323
第17章 建筑设备自动化系统	324
17.1 火灾自动报警与控制系统	324
17.2 给排水系统的监控与管理	328
17.3 空调设备的监控与管理	331

17.4	电力系统的监控与管理	335
	复习思考题	337
	主要参考文献	338

第1篇 建筑给水排水

第1章 流体力学基本知识

物质通常所见到的有固体、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。

1.1 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,空气从喷嘴中喷出等,都表现流体具有易流动性。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。

下面讨论介绍流体的主要物理性质。

1.1.1 密度和容重

流体和固体一样,也具有质量和重量,工程上分别用密度 ρ 和容重 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容重,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, $g=9.807\text{m/s}^2$ 。

流体的密度和容重随外界压力和温度而变化,例如,水在标准大气压和 4°C 时, $\rho=1000\text{kg/m}^3$, $\gamma=9.807\text{kN/m}^3$ 。水银在标准大气压和 0°C 时,密度和容重是水的13.6倍。干空气在温度为 20°C 、压强为 760mmHg 时的密度和容重分别为 $\rho_a=1.2\text{kg/m}^3$, $\gamma_a=11.80\text{N/m}^3$ 。

1.1.2 流体的粘滞性

流体的粘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。

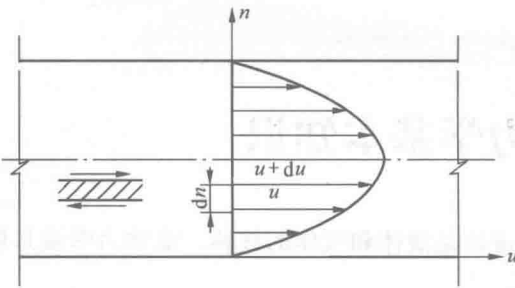


图1.1 管道中断面流速分布

取流速方向的坐标为 u ，垂直接流速方向的坐标为 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 ，沿垂直接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，或称粘滞力。流体在粘滞力的作用下，具有抵抗流体的相对运动（或变形）的能力，称为流体的粘滞性。对于静止流体，由于各流层间没有相对运动，粘滞性不显示。

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

$$\tau = \frac{F}{S} = \mu \frac{du}{dn} \tag{1.4}$$

- 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， N/m^2 ，简称帕（Pa）；
 μ ——与流体种类有关的系数，称为动力粘滞性系数， $Pa \cdot s$ ；
 $\frac{du}{dn}$ ——流速梯度，表示速度沿垂直于速度方向的变化率， $1/s$ 。

流体粘滞性的大小，可用粘滞性系数表达。除用动力粘滞系数 μ 外，常用运动粘滞性系数 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ ，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 值见表1.1及表1.2。

表1.1 水的粘性系数

$t/^\circ C$	$\mu \times 10^{-3} / (Pa \cdot s)$	$\nu \times 10^{-6} / (m^2 \cdot s^{-1})$	$t/^\circ C$	$\mu \times 10^{-3} / (Pa \cdot s)$	$\nu \times 10^{-6} / (m^2 \cdot s^{-1})$
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 1 个大气压下空气的粘性系数

$t/^{\circ}\text{C}$	$\mu \times 10^{-3} / (\text{Pa} \cdot \text{s})$	$\nu \times 10^{-6} / (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$	$t/^{\circ}\text{C}$	$\mu \times 10^{-3} / (\text{Pa} \cdot \text{s})$	$\nu \times 10^{-6} / (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$
-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	25.8
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

流体的粘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问题。对此，将在后面有关部分讨论。

1.1.3 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℃）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℃，水的密度减小也只为7/10000。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，因为它在计算结果上所带来的误差是很小的。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，一般计算均不考虑液体的压缩性和热胀性。

气体与液体则不同，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/m^2 ，

ρ ——气体的密度， kg/m^3 ，

T ——气体的绝对温度， K ；

R ——气体常数， $\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$ 。

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，在流动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。

综合上述流体的各项主要物理性质，建筑设备工程中的水、气流体，其流速在大多情

况下均较低,因而密度在流动过程中变化不大,密度可视为常数,一般可将这种水、气流体认为是一种易于流动的、具有粘滞性的和不可压缩的流体。

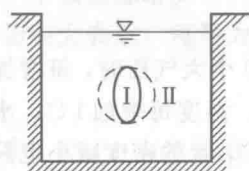
在研究流体运动规律中,还需了解“连续介质”概念。所谓连续介质是把流体看成是全部充满的、内部无任何空隙的质点所组成的连续体。作为研究单元的质点,也认为是由无数分子所组成,并具有一定体积和质量。这样,不仅从客观上摆脱了分子复杂运动的研究,而且能运用数学的连续函数的工具,分析流体在外力作用下的机械运动。

1.2 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。本节讨论流体静止(平衡)状态下的力学规律及其应用。由于流体静止时不显示其粘滞性,不存在切向应力,同时认为流体也不能承受拉力,不存在由于粘滞性所产生的运动的力学性质。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。

1.2.1 流体静压强及其特性

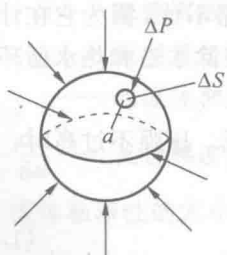
设想在一容器的静止水中,隔离出部分水体 I 来研究,如图 1.2 所示。在这种情况下必须把周围水体对部分水体 I 的作用力加上,以保持其静止状态不变。设作用于隔离体表面某一微小面积上的总压力是 ΔP , 则 ΔS 面上的平均压强为



$$\bar{p} = \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (\text{N/m}^2) \quad (1.6)$$

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

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow a} \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (\text{N/m}^2) \quad (1.7)$$



这个极限值 p 称为 a 点的静压强。

流体静压强的因次为 [力/面积], 在国际单位制中, 单位常用帕 (牛/米²), 以 Pa 表示。1Pa = 1N/m², 又把 10⁵Pa 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应力和不存在切应力, 所以, 只能存在垂直于表面内法线方向的压应力——压强。

(2) 任意点的流体静压强只有一个值, 它不因作用面的方位改变而改变。

1.2.2 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 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 ΔS , 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 $P_0 = p_0 \Delta S$, 方向铅直向下; 下底面的静水压力 $P = p \Delta S$, 方向铅直向上; 柱体重力 $G = \gamma h \Delta \omega$,

方向铅直向下(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

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

化简后得

$$p = p_0 + \gamma h \tag{1.8}$$

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 ——液体的容重, kN/m^3 ;

h ——所研究点在自由表面下的深度, m 。

式(1.8)是静水压强的基本方程式,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,只是式中的气体容重 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。

应用静水压强基本方程式分析问题时,要抓住等压面这个概念。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

$$p = p_A - p_a \tag{1.9}$$

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1个大气压强的部分,用 p_k 表示,即

$$p_k = p_a - p_A = -p \tag{1.10}$$

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($p_k = 0$)。在1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。

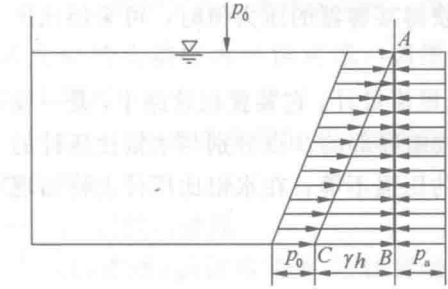


图 1.4 水池壁相对压强分布图

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而相互抵消。实际作用于 AB 壁面上的静压强，如 ABC 所示，此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，如米水柱、毫米水柱、毫米汞柱。

上述三种压强单位的关系是：

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

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

测压管是一种最简单的液柱测压计，如图 1.5 所示。 B 点的静压强 p 用水柱高度 h_2 表示。如果被测量点的压强值较大，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，如水银测压计，如图 1.6 所示。

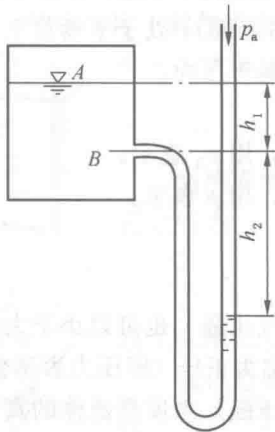


图 1.5 测压管

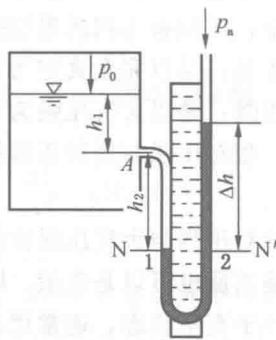


图 1.6 水银测压计

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仅为比较其大小，而不必获得某容器的压力值时，可采用比压计。

图 1.7 表示一种常用的测量流体的流量计，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 ，用以计算流体的流量。

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 1

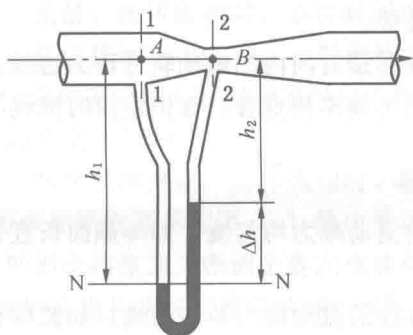


图 1.7 文丘里流量计

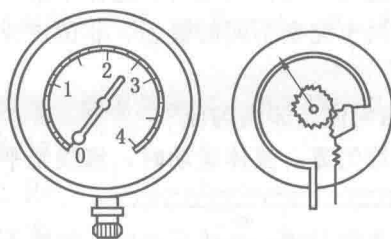


图 1.8 弹簧压力表

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。压力表的单位目前一般用工程单位制 (kgf/cm^2) 表示。

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。

1.3 流体运动的基本知识

1.3.1 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的蒸汽、热水，风道中的气体，给水中液体等。

(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。

2) 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 1.9a 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 1.9b 所示。

自然界中都是非恒定流，工程中取为恒定流。

3) 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

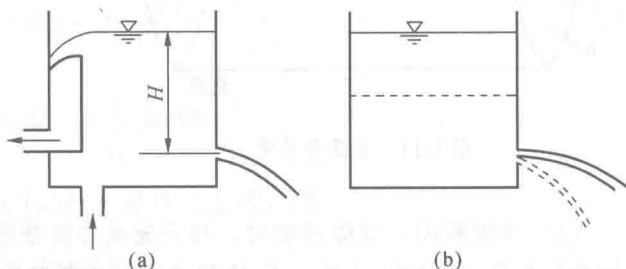


图 1.9 恒定与非恒定流动

流速矢量都与这条曲线相切就称为该时刻的一条流线。

(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相重合，在恒定流时流线与迹线相重合。

4) 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：

- ① 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 1.10 中的 A 区。
- ② 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 1.10 中的 B, C, D 区。

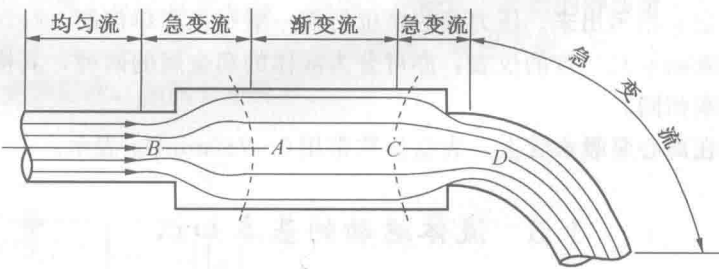


图 1.10 均匀流与非均匀流

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 dS ，并在 dS 面积上各点引出流线形成了一股流束称为元流，如图 1.11 所示。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 dS 很小，可以认为 dS 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，如图 1.11 所示。

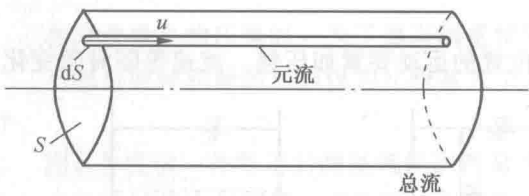


图 1.11 元流与总流

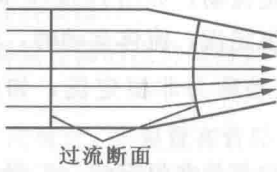


图 1.12 流线与过流断面

(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 dS 或 S 表示，单位为 m^2 或 cm^2 。均匀流的过流断面为平面，渐变流的过流断面可视为平面，非均匀流的过流断面为曲面，如图 1.12 所示。