

全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材

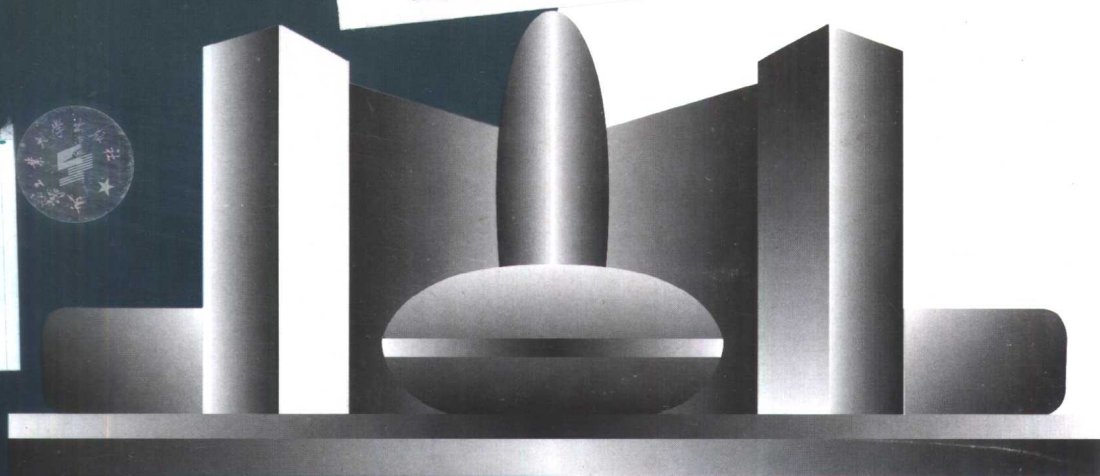
建筑设备工程

韦节廷 主编



华航Z0196480

武汉工业大学



全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材

建 筑 设 备 工 程

韦节廷 主 编



武汉工业大学出版社

· 武 汉 ·

图书在版编目(CIP)数据

建筑设备工程/韦节廷主编. —武汉:武汉工业大学出版社,2001.1 重印
ISBN 7-5629-1429-X

I. 建…

Ⅱ. 韦…

Ⅲ. 建筑工程设备-高等学校-教材

Ⅳ. TU8



武汉工业大学出版社出版发行
(武昌珞狮路 122 号 邮编:430070 电话:027-87394412)

各地新华书店经销

武汉工业大学出版社印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.5 字数:340 千字
1999 年 9 月第 1 版 2001 年 1 月第 3 次印刷
印数:10001—15000 册 定价:14.50 元

全国建筑高等专科学校

房屋建筑工程专业新编系列教材

编审委员会

顾问:滕智明 李少甫 甘绍熺 罗福午
陈希天 卢 循

主任:齐继禄 袁海庆

副主任(按姓氏笔划排列):

李生平 孙成林 张协奎 张建勋
武育秦 侯治国 胡兴国 廖代广

委员(按姓氏笔划排列)

甘绍熺	乐荷卿	孙成林	齐继禄
卢 循	李少甫	李生平	张协奎
张建勋	张流芳	陈书申	陈希天
武育秦	陈晓平	周绥平	罗福午
胡兴国	侯治国	袁海庆	高琼英
舒秋华	董卫华	简洪钰	廖代广
滕智明	蔡德明	蔡雪峰	聂旭英
魏万德			

秘书长:蔡德明

出版说明

武汉工业大学出版社 1998 年组织出版的“高等专科工业与民用建筑专业系列教材”至今已近十年了。这套教材对于我国工民建专业的专科教育,包括成人教育、函授教育和自学考试等都起到了不可磨灭的历史作用。同时,我们也看到由于当时条件的局限,这套教材不可避免地存在着种种缺陷。随着社会主义市场经济体制的建立,迅速发展的建筑业和建筑工程技术以及其对人才的需求形势已远非十年前的情况可以比拟,加上高等专科教育教学改革的不断深入,迫切需要更加明确地针对专科教育的培养目标,适合专科教学规律,符合专科教学基本要求的教材。在这种形势下,武汉工业大学出版社得到建设部院校处的支持,与“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业指导小组”密切合作,特聘清华大学土木系四位著名教授为顾问,以建设部和中建总公司所属的重点建筑高等专科学校的教师为主,联合九所院校共同编写了这套“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材”。

按照教材组织过程中召开的“专科教学及教材研讨会”的精神,本套教材力求体现如下特点:

1. 统一性。成套教材不是单本教材的简单叠加,各门课程之间必须按照教学要求有机地联系,在内容的取舍、分配和衔接,编写体例,规范的运用以及加强实用性等方面力求全书统一。

2. 创新性。编写人员吸收了近年来专科教育教学改革的阶段性成果,制订出全套教材的编写原则:基础理论的教学以应用为目的,以必须、够用为度;专业课教学加强针对性和实用性,增加计算机应用的内容,力求编出新意。

3. 普适性。本套教材以培养高等工程技术应用型人才为目标,不仅适宜于全日制高等专科学校,也适用于大学函授教育、成人教育和自学考试,对当前从事工程建设的建筑工程技术与管理人员也有较好的参考价值。

4. 持久性。一套水平高、实用性强、有新意的教材决不可能一蹴而就,它必然是高等专科学校教师长期教学实践的结果。本套教材第一版出来后,编委会将立即组织使用教师收集反馈意见,准备修订,然后再使用,再修订,保证教材不断提高质量,与专科教育的改革和发展同步。

参加本套教材编写的主要是重庆建筑高等专科学校、长春建筑高等专科学校、福建建筑高等专科学校、湖南城建高等专科学校、河南城建高等专科学校、武汉工业大学、武汉冶金科技大学和武汉水利电力大学等学校长期从事专科教学的教师,并聘请清华大学滕智明教授、李少甫教授、甘绍熺教授、罗福午教授和“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业指导小组”组长、长春建筑高等专科学校陈希天教授以及福建建筑高等专科学校卢循教授为顾问。尽管全体编审人员殚精竭虑,不敢稍有懈怠,但由于时间仓促,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正,以利我们修订重印。

武汉工业大学出版社

1997. 10

前 言

《建筑设备工程》内容包括建筑物内的给水、排水、供热、通风、空气调节、燃气输配、供电、照明、通讯等设备的基本知识和技术。这些设备及组成的系统置于建筑物内,在设计和施工过程中,必须和建筑、结构良好地配合,才能既不影响建筑的美观,又能达到理想的使用效果。

《建筑设备工程》是高等专科学校房屋建筑工程专业的一门专业课,主要讲授流体力学和热工学的基本知识,建筑设备系统的组成、工作原理及对建筑的要求,使建筑工程技术人员对设备专业知识有一个全面的了解。由于我国幅员辽阔,南北气象条件相差很大,对建筑设备工程的内容的要求也不一致。在编写过程中我们力争满足不同的要求,尽量反映国内外新的技术和设备,尽量满足新编规范的要求。但由于编者水平所限,本书肯定有很多不足之处,恳请读者给予指正。

本书第1、2章由河南城市建设高等专科学校卫国祥编写;第3章由宁波建筑高等专科学校蔡可键编写;第4章由南阳理工学院张磊编写;第5章由长春建筑高等专科学校吕跃军编写;第6、8章由长春建筑高等专科学校张锐编写;第7章由长春建筑高等专科学校韦节廷编写;第9章由湖南城市建设高等专科学校张伟编写;第10、11章由长春建筑高等专科学校张凤江编写。全书由韦节廷主编。本书在编写的过程中得到多位同行专家的指导和帮助。长春建筑高等专科学校的邵丕红、王浩两位老师对本书的审稿做了大量的工作,在这里一并表示感谢。

编 者

1999年6月

目 录

第 1 篇 建筑设备基础知识

1 流体力学基本知识	(1)
1.1 流体的主要力学性质	(1)
1.2 流体静力学的基本概念	(3)
1.3 流体动力学的基本概念	(7)
1.4 流动阻力与能量损失的基本概念	(8)
2 传热学基本知识	(11)
2.1 稳定传热的基本概念	(11)
2.2 稳定导热	(12)
2.3 对流换热	(15)
2.4 辐射换热	(17)
2.5 稳定传热的过程及传热的增强与削弱	(20)

第 2 篇 建筑给水排水工程

3 建筑给水工程	(23)
3.1 建筑内部给水系统的分类、组成及给水方式	(23)
3.2 建筑给水系统的器材、附件及设备	(27)
3.3 给水管路的布置与计算	(35)
3.4 建筑消防给水系统	(43)
3.5 建筑热水供应	(53)
3.6 给水系统与建筑的配合	(55)
4 建筑排水工程	(57)
4.1 建筑排水系统的组成	(57)
4.2 排水管道的布置与敷设	(61)
4.3 建筑排水系统设计	(63)
4.4 屋面排水	(72)
4.5 高层建筑排水系统	(74)

第 3 篇 供热通风与空气调节工程

5 供热与供燃气	(76)
5.1 供热系统的形式与特点	(76)
5.2 供暖热负荷	(84)
5.3 供暖系统的设备及附件	(87)
5.4 供暖系统管网的布置	(92)

5.5	高层建筑采暖的特点	(93)
5.6	燃气供应	(96)
6	通风	(99)
6.1	概述	(99)
6.2	室内外空气计算参数	(100)
6.3	自然通风	(103)
6.4	通风系统的主要设备和构件	(107)
6.5	空气净化设备	(113)
7	空气调节	(115)
7.1	概述	(115)
7.2	空气调节方式和设备的组成	(116)
7.3	空气处理及设备	(121)
7.4	空气调节系统与建筑的配合	(141)
8	冷热源	(143)
8.1	冷热源的组成	(143)
8.2	空调冷热源流程	(148)
8.3	冷热源设备布置及实例	(158)

第4篇 建筑电气工程

9	建筑供配电系统	(162)
9.1	变电所的形式及对建筑的要求	(162)
9.2	供电系统线路及对建筑的要求	(168)
10	电气照明	(173)
10.1	电气照明常用参数	(173)
10.2	电光源与灯具	(176)
10.3	电气照明线路	(187)
10.4	常用的控制电器与保护电器	(190)
10.5	室内照明设计	(194)
11	建筑弱电与消防电气	(197)
11.1	共用天线电视系统	(197)
11.2	电话系统	(204)
11.3	建筑消防电气	(205)

第 1 篇 建筑设备基础知识

1 流体力学基本知识

物质在自然界中通常按其存在状态的不同分为固体(固相)、液体(液相)和气体(气相)。液体和气体因具有较大的流动性,被统称为流体,它们具有和固体截然不同的力学性质。研究流体处于静止状态与运动状态的力学规律及其实际应用的科学称为流体力学,它是力学的一个分支。

1.1 流体的主要力学性质

流体中由于各质点之间的内聚力极小,不能承受拉力,静止流体也不能承受剪切力。正因为如此,所以流体具有较大的流动性,且不能形成固定的形状。但流体在密闭状态下却能承受较大的压力。充分认识以上所说流体的基本特征,深刻研究流体处于静止或运动状态的力学规律,才能很好地把水、空气或其它流体按人们的意愿进行输送和利用,为人们日常生活和生产服务。

下面介绍一下流体主要的力学性质。

1.1.1 流体的惯性

流体和其它固体物质一样都具有惯性,即物体维持其原有运动状态的特性。物质惯性的大小是用质量来度量的,质量大的物体,其惯性也大。对于均质流体,单位体积的质量,称为流体的密度,即:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

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)。

对于均质流体,单位体积的流体所受的重力称为流体的重力密度,简称重度,即:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.2)$$

式中 γ ——流体的重度(N/m^3);

G ——流体所受的重力(N);

V ——流体的体积(m^3)。

由牛顿第二定律得: $G=mg$ 。因此,

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g \quad (1.3)$$

式中 g ——重力加速度, $g=9.807 \text{ m}/\text{s}^2$ 。

流体的密度和重度随其温度和所受压力的变化而变化。也就是说同一流体的密度和重度不是一个固定值。但在实际工程中,液体的密度和重度随温度和压力的变化而变化的数值不大,可视为一固定值;而气体的密度和重度随温度和压力的变化而变化的数值较大,设计计算中通常不能视为一固定值。常用流体的密度和重度如下:

水在标准大气压,温度为 4℃ 时密度和重度分别为:

$$\rho=1000 \text{ kg/m}^3, \quad \gamma=9.807 \text{ kN/m}^3$$

水银在标准大气压,温度为 0℃ 时其密度和重度是水的 13.6 倍。

干空气在标准大气压,温度为 20℃ 时密度和重度分别为:

$$\rho=1.2 \text{ kg/m}^3, \quad \gamma=11.82 \text{ N/m}^3$$

1.1.2 流体的粘滞性

流体在运动时,由于内摩擦力的作用,使流体具有抵抗相对变形(运动)的性质,称为流体的粘滞性。流体的粘滞性可通过流体在管道中流动情况来加以说明。

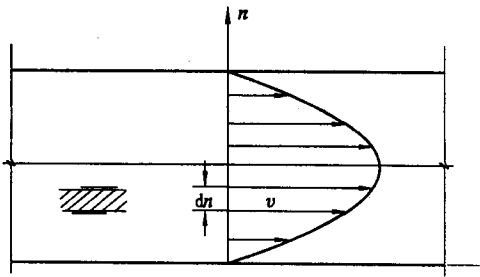


图 1.1 管道中断面流速分布

用流速仪可测得流体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,管轴心的流速最大,向着管壁的方向逐渐减小,直至管壁处的流速最小,几乎为零,流速按某种曲线规律连续变化。流速之所以有此分布规律,正是由于相邻两流层的接触面上产生了阻碍流层相对运动的内摩擦力,或称粘滞力,这是流体的粘滞性显示出来的结果。

流体在运动过程中,必须克服内摩擦阻力,因而要不断消耗运动流体所具有的能量,所以流体的粘滞性对流体的运动有很大的影响。在水力计算中,必须考虑粘滞力的重要影响。对于静止流体,由于各流层间没有相对运动,粘滞性不显示。

流体粘滞性的大小,通常用动力粘滞性系数 μ 和运动粘滞性系数 ν 来反映,它们是与流体种类有关的系数,粘滞性大的流体, μ 和 ν 的值也大,它们之间存在一定的比例关系。同时,流体的粘滞性还与流体的温度和所受压力有关,受温度影响大,受压力影响小。实验证明,水的粘滞性随温度的增高而减小,而空气的粘滞性却随温度的增高而增大(参见表 1.1、表 1.2)。

水的粘滞性系数			表 1.1		
t (℃)	$\mu \times 10^{-3}$ (Pa · s)	$\nu \times 10^{-6}$ (m ² /s)	t (℃)	$\mu \times 10^{-3}$ (Pa · 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粘滞性系数

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	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

1.1.3 流体的压缩性和热胀性

流体的压强增大,体积缩小,密度增大的性质,称为流体的压缩性。流体温度升高,体积增大,密度减小的性质,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,水的体积只缩小0.5/10000;在10~20℃的范围内,温度每增加1℃,水的体积只增加1.5/10000;在90~100℃的范围内,温度每增加1℃,水的体积也只增加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。但在研究有压管路中水击现象和热水供热系统时,就要分别考虑水的压缩性和热胀性。

气体与液体有很大不同,其具有显著的压缩性和热胀性。但在采暖与通风工程中,气体大多流速较低(远小于音速),压强与温度变化不大,密度变化也很小,因而也可以把气体看成是不可压缩的。

1.2 流体静力学的基本概念

流体处于静止(平衡)状态时,因其不显示粘滞性,所以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

在一容器的静止水中,取出小水体 I 作为隔离体来进行研究,如图1.2所示。为保持其静止(平衡)状态,周围水体对隔离体有压力作用。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 $\Delta\omega$ 面积上的平均压强为:

$$p = \frac{\Delta P}{\Delta\omega} \quad (1.4)$$

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

$$p = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta\omega} \quad (1.5)$$

流体静压强具有两个基本特性:

(1) 静压强的方向指向受压面,并与受压面垂

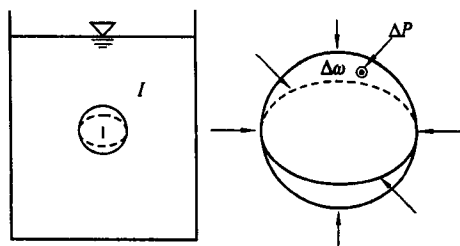


图 1.2 流体的静压强

直；

(2) 流体内任一点的静压强在各个方向面上的值均相等。

1.2.2 流体静压强的分布规律

在静止液体中任取一垂直小圆柱作为隔离体,研究其底面点的静压强,如图 1.3 所示。已知圆柱体高度为 h ,端面面积为 $\Delta\omega$,圆柱体顶面与自由面重合,所受压强为 p_0 。在圆柱体侧面上的静水压力,方向与轴向垂直(水平方向,图中未绘出),而且是对称的,故相互平衡。则圆柱体轴向的作用力有:

- (1) 上表面压力 $P_0 = p_0 \Delta\omega$, 方向垂直向下;
- (2) 下底面静压力 $P = p \Delta\omega$, 方向垂直向上;
- (3) 圆柱体的重力 $G = \gamma h \Delta\omega$, 方向垂直向下。

根据圆柱体静止状态的平衡条件,令方向向上为正,向下为负,则可得圆柱体轴向的力的平衡方程,即

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

整理得:

$$p = p_0 + \gamma h \quad (1.6)$$

式中 p ——静止流体中任一点的压强(N/m^2);

p_0 ——液体表面压强(N/m^2);

γ ——液体的重度(N/m^3);

h ——所研究的点在液面下的深度(m)。

式(1.6)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。方程表达了只有重力作用时流体静压强的分布规律。如图 1.4 所示。

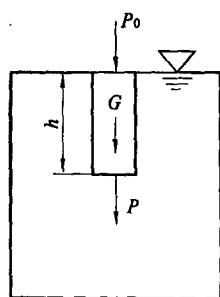


图 1.3 静止液体中的小圆柱体

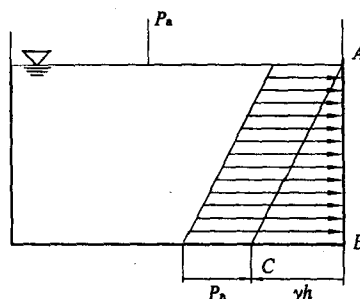


图 1.4 流体静压强分布图

(1) 静止液体内任意一点的压强等于液面压强加上液体重度与深度乘积之和。

(2) 在静止液体内,压强随深度按直线规律变化。

(3) 在静止液体内同一深度的点压强相等,构成一个水平的等压面。

(4) 液面压强可等值地在静止液体内传递。水压机等一些液压传动装置就是根据这一原理制成的。

静水压强的基本方程式(1.6)还可表示成另一种形式,见图 1.5,设水箱水面的压强为 p_0 ,在箱内的液体中任取两点,在箱底以下任取一基准面 0—0。箱内液面到基准面的高度为 z_0 ,1 点和 2 点到基准面的高度分别为 z_1 和 z_2 ,根据静水压强基本公式,可列出 1 点和 2 点的压强

表达式:

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

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

将上等式的两边除以液体重度 γ 并整理得:

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

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

进而得:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} = z_0 + \frac{p_0}{\gamma}$$

由于 1 点和 2 点是在箱内液体中任取的,故可推广到整个液体中得到具有普遍意义的规律,即:

$$z + \frac{p}{\gamma} = C \text{ (常数)} \quad (1.7)$$

这就是静水压强基本方程式的另一种表达形式。该方程式表明在同一种静止液体中,任一点的 $z + \frac{p}{\gamma}$ 总是一个常数,常数的值与基准面的位置选择及液面压强值有关。

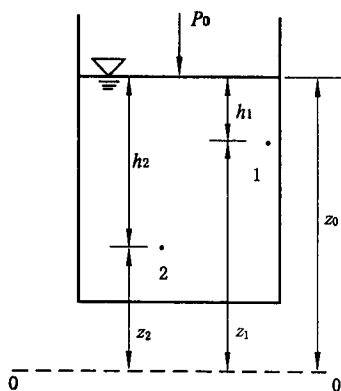


图 1.5 静水压强基本方程的另一形式

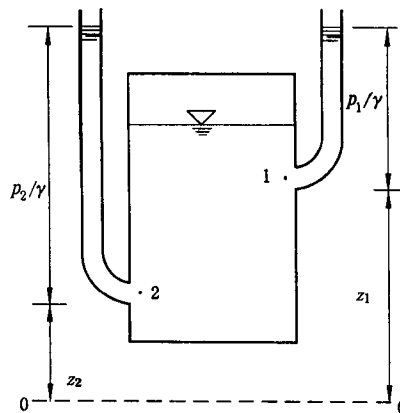


图 1.6 测压管水头

如图 1.6 所示, z 为任一点的位置相对于基准面的高度,称为位置水头; $\frac{p}{\gamma}$ 是在该点压强作用下液体沿测压管所能上升的高度,称为压强水头;两水头相加 $z + \frac{p}{\gamma}$ 称为测压管水头。而 $z + \frac{p}{\gamma} = C$ 表示在同一容器内的静止液体中,所有各点的测压管水头均相等。

对于静止气体的压强计算,由于气体的重度很小,在高度差不大的情况下可将方程中的 γh 项忽略不计,认为 $p = p_0$ 。也就是说在密闭容器中,可以认为容器内各点的气体压强是相等的。

1.2.3 工程计算中压强的表示方法和度量单位

1.2.3.1 表示方法

(1) 绝对压强 以绝对真空为零点计算的压强称为绝对压强,用 p_j 表示。

(2) 相对压强 以大气压强 p_a 为零点计算的压强称为相对压强,用 p 表示。

在实际工程中,通常采用相对压强。相对压强与绝对压强的关系为:

$$p = p_j - p_a \quad (1.8)$$

相对压强可能是正值,也可能是负值。当绝对压强大于大气压强时,相对压强的正值称正压,可用压力表测出,也称表压;当绝对压强小于大气压强时,则相对压强为负值称为负压,这时该流体处于真空状态,通常用真空度 p_k (或真空压强) 来表示流体的真空程度。即:

$$p_k = p_a - p_j = -p \quad (1.9)$$

真空度是指某点的绝对压强不足于一个大气压强的数值,可用真空表测出。

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。

1.2.3.2 压强的度量单位

压强的度量单位通常有三种:

(1) 用单位面积的压力来表示,单位是 N/m^2 (帕, Pa) 或 kN/m^2 (千帕, kPa);

(2) 用工程大气压来表示,单位是工程大气压,1 工程大气压 = 98.07 kPa, 在工程单位制中,1 工程大气压 = 1 kgf/cm^2 (千克力/厘米²);

(3) 用液柱高度来表示,单位是 mH_2O (米水柱)、 mmHg (毫米汞柱)。

将压强转换为某种液柱高度的计算公式为:

$$h = \frac{p}{\gamma} \quad (1.10)$$

当水的重度 $\gamma = 9.807 \text{ kN/m}^3$, 汞的重度为 133.38 kN/m^3 时,则 1 个工程大气压相应的水柱和汞柱高为:

$$h = \frac{p_a}{\gamma} = \frac{98.07 \text{ kN/m}^2}{9.807 \text{ kN/m}^3} = 10 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$h_{\text{Hg}} = \frac{p_a}{\gamma_{\text{Hg}}} = \frac{98.07 \text{ kN/m}^2}{133.38 \text{ kN/m}^3} = 735.6 \text{ mmHg}$$

三种压强单位的关系是:

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

1 个标准大气压 = 101.325 kPa = 760 mmHg

【例题 1.1】 如图 1.7 所示,一密闭水箱,箱内流体表面的绝对压强 $p_0 = 78.4 \text{ kN/m}^2$, 箱外的大气压强 $p_a = 98 \text{ kN/m}^2$, 求水深 1.5 m 处 A 点的绝对压强、相对压强和真空度,并用压强的三种单位表示。

【解】 根据静水压强基本方程式,则 A 点的绝对压强为:

$$p_{ja} = p_0 + \gamma h = 78.3 + 9.807 \times 1.5 = 78.3 + 14.711 = 93.011 (\text{kN/m}^2)$$

A 点的相对压强为:

$$p_A = p_{ja} - p_a = 93.111 - 98 = -4.889 (\text{kN/m}^2)$$

因为 A 点的相对压强是负值,说明 A 点处于真空状态,其真空度为:

$$p_{ka} = p_a - p_{ja} = 98 - 93.111 = 4.889 (\text{kN/m}^2)$$

用工程大气压表示 A 点的压强:

$$p_{ja} = 93.111/98 = 0.95 \text{ 个工程大气压}$$

$$p_A = -4.889/98 = -0.05 \text{ 个工程大气压}$$

$$p_{ka} = 4.889/98 = 0.05 \text{ 个工程大气压}$$

用 mH_2O 表示 A 点的压强:

因为 1 个工程大气压 = 10 mH_2O , 则 A 点的压强可表示为:

$$p_{ja} = 0.95 \times 10 = 9.5 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$p_A = -0.05 \times 10 = -0.5 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$p_{ka} = 0.05 \times 10 = 0.5 \text{ mH}_2\text{O}$$

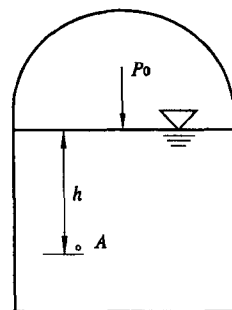


图 1.7 密闭水箱

1.3 流体动力学的基本概念

流体在建筑设备工程中都和运动密切相关,因此我们需要了解一些流体运动的基本概念。

1.3.1 流体动力学的一些基本概念

(1) 元流 流体运动时,为研究方便我们把流体中一微小面积形成的一股流束称为元流。

(2) 总流 流体运动时,无数元流的总和称为总流,如图 1.8。

(3) 过流断面 流体运动时,与流体的运动方向垂直的流体横断面。过流断面可能是平面,也可能是曲面,形状有圆形、矩形、梯形等,见图 1.9。

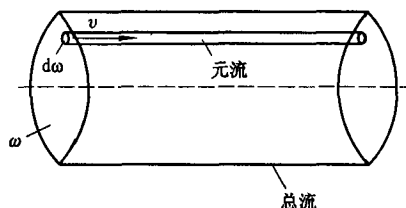


图 1.8 元流与总流

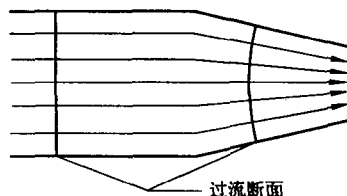


图 1.9 过流断面

(4) 流量 在单位时间内流体通过过流断面的体积或质量。一般流量指的是体积流量,但也可用质量流量来表示。

(5) 流速 在单位时间内流体移动所通过的距离。

流体运动时,由于流体粘滞性的影响,过流断面上的流速不等且一般不易确定,为便于分析和计算,在实际工程中通常采用过流断面上各质点流速的平均值即平均流速。平均流速通过过流断面的流量应等于实际流速通过该断面的流量,这是确定平均流速的假定条件。

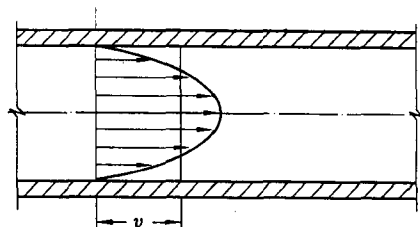


图 1.10 断面流速

流量、过流断面和流速三者之间应符合下面关系：

$$Q = \omega v \quad (1.11)$$

式中 Q ——体积流量(m^3/s)；

v ——平均流速(m/s)；

ω ——过流断面(m^2)。

1.3.2 流体运动的类型

影响流体运动的因素有很多，因而流体的运动状态也是多种多样的，根据流体运动的一些主要特征可将流体运动分为以下几种主要类型。

(1) 有压流 流体在压差作用下流动，流体各个过流断面的整个周界都与固体壁相接触，没有自由表面，这种流体运动称为有压流或压力流，也称为管流。如供热管道中的汽、水带热体，给水管中的水流都是有压流。

(2) 无压流 流体在重力作用下流动，流体各个过流断面的部分周界与固体壁相接触，具有自由表面，这种流体的运动称为无压流或重力流，或称为明渠流。如天然河道、明渠、排水管道中的水流都是无压流。

(3) 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，这种流体运动称为恒定流，如图 1.11(a)所示。

(4) 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化，这种流体运动称为非恒定流，如图 1.11(b)所示。

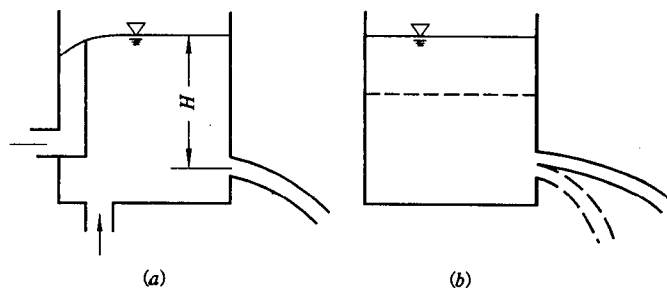


图 1.11 恒定与非恒定流

在实际建筑设备工程中，为使研究的问题得到合理的简化，在绝大多数情况下都可以把流体的运动状态看作是恒定流，但在研究如水泵或风机等启动时的流体运动情况时，因其流速和压强随时间变化较大，流体的运动须看作是非恒定流。

1.4 流动阻力与能量损失的基本概念

1.4.1 流动阻力和能量损失的两种形式

由于流体具有粘滞性及固体边壁的不光滑，所以流体在流动过程中既受到存在相对运动的各流层间内摩擦力的作用，又受到流体与固体边壁之间摩擦阻力的作用。同时由于固体边壁形状的变化，也会对流体流动产生阻力。为了克服上述流动阻力，必须消耗流体所具有的机械

能。单位质量的流体流动中所消耗的机械能,称为能量损失或水头损失。

流动阻力和水头损失可分为两种形式。

1.4.1.1 沿程阻力和沿程水头损失

流体在长直管(或明渠)中流动时,所受到的摩擦力称为沿程阻力。为了克服沿程阻力,单位质量的流体所消耗的机械能称为沿程水头损失,常用 h_f 来表示。

1.4.1.2 局部阻力和局部水头损失

流体的边界在局部地区发生急剧变化时,迫使流体流速的大小和方向发生显著变化,甚至使主流脱离边壁形成漩涡,流体质点间产生剧烈的碰撞,从而对流体运动形成了阻力,这种阻力称为局部阻力。为了克服局部阻力,单位质量的流体所消耗的机械能称为局部水头损失,通常用 h_j 表示。

管道系统中,在管径不变的直管段上,只有沿程水头损失 h_f ,在管道入口处和管道变径处以及弯头、闸门等水流边界急剧改变处产生局部水头损失 h_j 。

整个管道的总水头损失等于各管段的沿程水头损失与各局部水头损失分别叠加之和,即:

$$h_w = \sum h_f + \sum h_j \quad (1.12)$$

在给排水与采暖工程中,确定管路系统中流体的水头损失是进行工程计算的重要内容之一,也是对工程中有关的设备和管路中的管径进行选择的重要依据。

1.4.2 流态与判定

流体在流动过程中,呈现出两种不同的流动形态——层流和紊流。

如图 1.12(a)所示为一玻璃管中水的流动。不断投加红颜色水于液体中。当液体流速较低时,玻璃管内有股红色水流的细流,像一条线一样,如图 1.12(b)所示,说明水流是成层成束地流动,各流层之间并无质点的掺混现象,这种水流形态称为层流。如果加大管中水的流速,红颜色水随之开始动荡,呈波浪形,如图 1.12(c)所示。继续加大流速,将出现红颜色水向四周扩散,质点或液团相互混掺,流速愈大,混掺程度愈大,这种水流形态称为紊流,如图 1.12(d)所示。

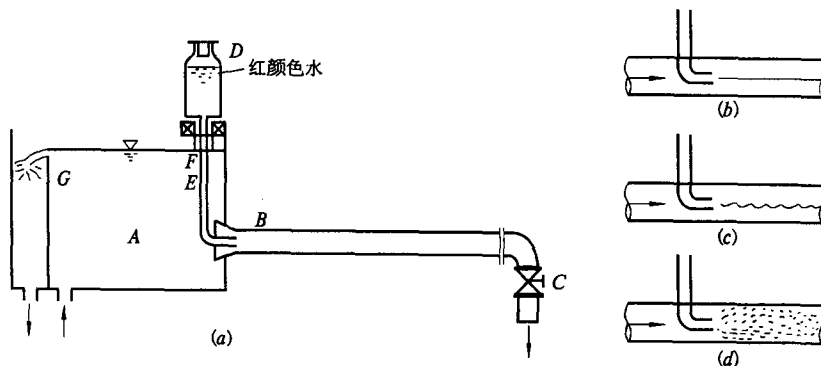


图 1.12 管中液流的流动形态

判断流体的流动形态,常用无因次量纲分析方法得到无因次量——雷诺数 Re 来判别。

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad (1.13)$$