

高等院校土建类专业新编系列教材

建筑设备工程

(第4版)



韦节廷 主编

武汉理工大学出版社

高等院校土建类专业新编系列教材

建筑设备工程

(第 4 版)

韦节廷 主编

武汉理工大学出版社

• 武 汉 •

图书在版编目(CIP)数据

建筑设备工程/韦节廷主编. —4 版. —武汉:武汉理工大学出版社,2012. 8
ISBN 978-7-5629-3787-6

I. ① 建… II. ① 韦… III. ① 房屋建筑设备 IV. ① TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 184926 号

项目负责人:蔡德民 刘永坚 田道全

责任编辑:于应魁

责任校对:夏冬琴

封面设计:湖北语新文化书籍设计工作室

出版发行:武汉理工大学出版社

地址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮编:430070

网址:<http://www.techbook.com.cn>

经销者:各地新华书店

印刷者:武汉理工大印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:15.75

字数:393 千字

版次:2012 年 8 月第 4 版

印次:2012 年 8 月第 1 次印刷 总第 27 次印刷

印数:155001—160000 册

定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

• 版权所有,盗版必究 •

前 言

(第 4 版)

本书自 1999 年出版至今,历经第 1 版、第 2 版、第 3 版共 26 次印刷,发行量达 155000 册。由于本书内容深入浅出,并结合工程实际,除满足建筑类专业使用外,还得到国内有关工程类专业及函授、电大、业大等有关专业的广泛使用。

根据培养 21 世纪专业人才“适应科技进步和发展、适应改革发展和经济建设的需要,具备基础扎实、知识面宽、能力强、素质高”的要求,我们认真总结了前 3 版教材的教学实践经验,对本书第 3 版进行了认真的审读,在努力提高教材的科学性、先进性、启发性、实用性和对我国建筑类专业教学适用性的同时,对教材内容做了增加和修改。

与第 3 版相比,第 4 版做了如下修订:第 3 章增加了太阳能热水供应系统的内容;第 5 章中的发热电缆供暖系统安装施工示意图进行了重新绘制;第 8 章中修改了水源热泵和地源热泵的内容,并增加了有关计算。另外,根据审读情况,对书中的错误和不妥之处也一并进行了修改。

参加本书第 1 版编写的有韦节廷、卫国祥、蔡可键、张磊、张伟、张锐、张凤江同志,韦节廷主编主持了本书第 4 版的修订工作。

限于编者水平,书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 6 月

目 录

第 1 篇 建筑设备基础知识

1 流体力学基础知识	(1)
1.1 流体的主要力学性质	(1)
1.1.1 流体的惯性	(1)
1.1.2 流体的粘滞性	(2)
1.1.3 流体的压缩性和热胀性	(3)
1.1.4 流体的表面张力	(4)
1.2 流体静力学的基本概念	(4)
1.2.1 流体静压强及其特性	(4)
1.2.2 流体静压强的分布规律	(5)
1.2.3 工程计算中压强的表示方法和度量单位	(7)
1.3 流体动力学的基本概念	(8)
1.3.1 流体动力学的一些基本概念	(8)
1.3.2 流体运动的类型	(9)
1.4 流动阻力与能量损失的基本概念	(10)
1.4.1 流动阻力和能量损失的两种形式	(10)
1.4.2 流态与判定	(10)
1.4.3 沿程水头损失和局部水头损失	(11)
1.4.4 非圆管的沿程损失	(12)
2 传热学基础知识	(13)
2.1 稳定传热的基本概念	(13)
2.1.1 温度场	(13)
2.1.2 等温面与等温线	(13)
2.1.3 温度梯度	(14)
2.1.4 导热定律	(14)
2.1.5 导热系数	(15)
2.2 对流换热	(17)
2.2.1 对流换热过程的特点	(17)
2.2.2 影响对流换热的因素	(18)
2.2.3 表面传热系数	(19)
2.3 辐射换热的基本概念	(19)
2.3.1 基本概念	(19)
2.3.2 热辐射的基本定律	(23)
2.3.3 物体表面间的辐射换热	(27)

2.4 传热..... (32)

2.4.1 通过平壁及圆筒壁的传热..... (33)

2.4.2 传热的增强和削弱..... (36)

第 2 篇 建筑给水排水工程

3 建筑给水工程..... (39)

3.1 建筑内部给水系统的分类、组成及给水方式 (39)

3.1.1 建筑内部给水系统的分类..... (39)

3.1.2 建筑内部给水系统的组成..... (39)

3.1.3 建筑内部给水系统的给水方式..... (40)

3.2 建筑给水系统的管材、附件及设备 (43)

3.2.1 管材..... (43)

3.2.2 附件..... (44)

3.2.3 水表..... (45)

3.2.4 水泵..... (46)

3.2.5 贮水池..... (47)

3.2.6 水箱..... (47)

3.2.7 变频给水设备..... (49)

3.2.8 气压给水设备..... (49)

3.3 给水管路的布置与计算..... (51)

3.3.1 给水管道的布置与敷设..... (51)

3.3.2 给水设备的布置及安装..... (52)

3.3.3 室内给水管道计算方法..... (53)

3.4 建筑消防给水系统..... (58)

3.4.1 低层建筑消防给水系统..... (59)

3.4.2 高层建筑消防给水系统..... (63)

3.4.3 自动喷洒消防给水系统..... (65)

3.5 建筑热水供应..... (68)

3.5.1 热水供应系统的分类及组成..... (68)

3.5.2 热水管道的配置及敷设..... (70)

3.5.3 水加热设备..... (70)

3.6 给水系统与建筑的配合..... (71)

3.6.1 给水管道与建筑的配合..... (71)

3.6.2 给水设备与建筑的配合..... (71)

3.7 太阳能热水供应系统..... (72)

3.7.1 太阳能热水供应系统流程..... (72)

3.7.2 太阳能热水供应系统的设计..... (72)

4 建筑排水工程..... (74)

4.1 建筑排水系统的组成..... (74)

4.1.1	污、废水管道类别及选用	(74)
4.1.2	建筑内部排水系统的组成	(74)
4.1.3	排水设备与卫生间布置	(76)
4.2	排水管道及器具的布置与安装	(78)
4.2.1	排水管道的布置与敷设	(78)
4.2.2	排水管道及器具的安装	(79)
4.3	建筑排水系统设计	(80)
4.3.1	建筑排水系统设计计算方法	(80)
4.3.2	建筑排水系统设计程序	(85)
4.3.3	设计举例	(86)
4.4	屋面排水	(89)
4.4.1	檐沟外排水(水落管外排水)	(89)
4.4.2	天沟外排水	(89)
4.4.3	建筑内排水	(90)
4.4.4	混合式排水系统	(90)
4.5	高层建筑排水系统	(91)
4.5.1	环流器	(91)
4.5.2	角笛弯头	(91)

第3篇 供热通风与空气调节工程

5	供热与供燃气	(93)
5.1	供热系统的形式与特点	(93)
5.1.1	热水供暖系统	(93)
5.1.2	蒸汽供暖系统	(97)
5.1.3	热风供暖系统	(100)
5.1.4	地板辐射供暖系统	(101)
5.1.5	发热电缆供暖系统	(101)
5.2	供暖热负荷	(103)
5.2.1	围护结构传热耗热量	(103)
5.2.2	冷风渗透耗热量	(104)
5.2.3	冷风侵入耗热量	(104)
5.2.4	供暖热负荷的概算	(105)
5.3	供暖系统的设备及附件	(106)
5.3.1	散热器	(106)
5.3.2	膨胀水箱及膨胀罐	(108)
5.3.3	其他附件	(109)
5.4	供暖系统管网的布置	(111)
5.4.1	干管	(111)
5.4.2	立管	(112)

5.4.3	支管	(112)
5.5	高层建筑供暖的特点	(112)
5.5.1	高层建筑热负荷的特点	(112)
5.5.2	高层建筑供暖系统的特点	(114)
5.5.3	高层建筑热水供暖系统的形式	(114)
5.6	燃气供应	(115)
5.6.1	燃气供应概述	(115)
5.6.2	室内燃气供应	(115)
5.6.3	燃气用具	(116)
6	通风	(119)
6.1	概述	(119)
6.1.1	建筑通风的任务、意义	(119)
6.1.2	通风方式的分类及组成	(119)
6.2	室内外空气计算参数	(120)
6.2.1	空气的计算参数	(120)
6.2.2	有害物的来源	(120)
6.2.3	全面通风量的确定	(121)
6.2.4	空气平衡和热平衡	(122)
6.3	自然通风	(123)
6.3.1	自然通风作用原理	(123)
6.3.2	自然通风量的计算	(125)
6.3.3	加强自然通风的措施	(126)
6.4	局部通风	(127)
6.4.1	空气幕	(127)
6.4.2	空气淋浴	(128)
6.5	通风系统的主要设备和构件	(128)
6.5.1	室内送排风口	(128)
6.5.2	风道	(129)
6.5.3	室外进、排风装置	(130)
6.5.4	风机	(131)
6.6	空气净化设备	(134)
7	空气调节	(136)
7.1	概述	(136)
7.1.1	空调系统的应用	(136)
7.1.2	空调系统的分类	(136)
7.2	空气调节方式和设备的组成	(137)
7.2.1	局部空调方式	(137)
7.2.2	半集中式空调系统	(140)
7.2.3	集中式空调系统	(141)

7.3	空气处理及设备	(142)
7.3.1	空气加热	(142)
7.3.2	空气冷却	(148)
7.3.3	空气加湿和减湿	(149)
7.3.4	空气的净化	(153)
7.3.5	空调机的构造	(154)
7.3.6	消声减振及防火排烟	(155)
7.3.7	空调机房的布置	(161)
7.3.8	空调管道及布置	(162)
7.4	空气调节系统与建筑的配合	(162)
7.4.1	管道与建筑的配合	(163)
7.4.2	空调设备与建筑的配合	(163)
8	冷热源	(164)
8.1	冷热源组成	(164)
8.1.1	活塞式冷水机组	(164)
8.1.2	离心式冷水机组	(164)
8.1.3	螺杆式冷水机组	(165)
8.1.4	溴化锂吸收式制冷机	(166)
8.1.5	模块化冷水机组	(169)
8.1.6	水源和地源热泵系统	(169)
8.2	空调冷热源流程	(173)
8.2.1	冷热源系统的组成	(173)
8.2.2	冷热源的主要设备	(176)
8.2.3	冷热源的主要附件	(180)
8.3	冷热源设备布置及实例	(183)
8.3.1	主要设备布置	(183)
8.3.2	设计实例	(183)

第 4 篇 建筑电气工程

9	建筑供配电系统	(187)
9.1	变电所的形式及其对建筑的要求	(187)
9.1.1	变电所的形式	(187)
9.1.2	变电所对建筑的要求	(190)
9.2	供电系统线路及其对建筑的要求	(193)
9.2.1	供电线路	(193)
9.2.2	供电线路对建筑的要求	(197)
10	电气照明	(198)
10.1	电气照明常用参数	(198)
10.1.1	光	(198)

10.1.2	光通量	(199)
10.1.3	发光强度(光强)	(199)
10.1.4	照度	(199)
10.1.5	亮度	(200)
10.1.6	材料的光学性质	(200)
10.2	电光源与灯具	(201)
10.2.1	电光源的光电参数	(201)
10.2.2	常用电光源	(202)
10.2.3	灯具的光学特性	(207)
10.2.4	灯具的分类	(208)
10.2.5	灯具的安装	(210)
10.2.6	灯具的选择与布置	(211)
10.3	照明线路的布置、敷设及负荷计算	(212)
10.3.1	照明线路的布置和敷设	(212)
10.3.2	照明线路负荷计算	(214)
10.4	电气工程照明设计实例	(221)
10.4.1	建筑照明设计的资料准备	(221)
10.4.2	电气工程施工图内容	(221)
10.4.3	电气照明的设计步骤	(221)
10.4.4	建筑照明设计实例	(222)
11	智能建筑	(228)
11.1	电话系统	(228)
11.1.1	电话机的种类	(228)
11.1.2	现代通信网络技术的发展	(229)
11.1.3	电话电缆及电话线	(231)
11.1.4	电话电缆和电话线的敷设	(232)
11.2	有线电视与监控电视系统	(234)
11.2.1	有线电视	(234)
11.2.2	安保监控电视	(236)
11.3	建筑火灾报警及消防联动系统	(237)
11.3.1	火灾自动报警系统	(237)
11.3.2	消防系统的组成	(238)
11.4	监控系统(BAS)	(239)
11.4.1	监控系统(BAS)的定义	(239)
11.4.2	监控系统(BAS)应具备的功能	(239)
11.4.3	监控系统(BAS)的构成	(240)
11.4.4	监控系统(BAS)的发展前景	(241)
	参考文献	(242)

第 1 篇 建筑设备基础知识

1 流体力学基础知识

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,深入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、空气或其他流体按人们的意愿进行输送和利用,为人们的日常生活和生产服务。

下面介绍流体的主要力学性质。

1.1.1 流体的惯性

流体和其他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的流动情况来加以说明。

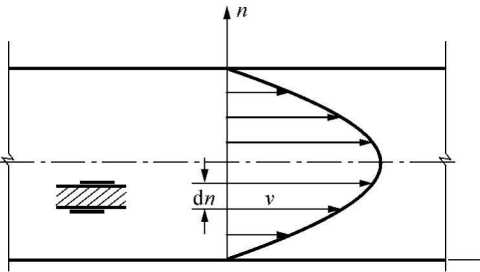


图 1.1 管道中断面流速分布

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

内摩擦力的大小可用下式表示

$$T = \mu A \frac{du}{dy} \quad (1.4)$$

式中 T ——流体的内摩擦力；

μ ——流体的动力粘滞性系数；

A ——层与层的接触面积；

$\frac{du}{dy}$ ——流体的速度梯度。

流体的动力粘滞性系数与运动粘滞性系数有如下关系

$$\mu = \nu \rho \quad (1.5)$$

式中 ν ——流体的运动粘滞性系数；

ρ ——流体的密度。

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°C 的范围内，温度每增加 1°C，水的体积只增加 1.5/10000；在 90~100°C 的范围内，温度每增加 1°C，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。

液体的压缩性和热胀性可用如下两式表示

$$\beta = \frac{\frac{d\rho}{\rho}}{dp} \quad (1.6)$$

式中 β ——压缩系数(m²/N)。

$$\alpha = - \frac{\frac{d\rho}{\rho}}{dT} \quad (1.7)$$

式中 α ——流体的热胀系数(K^{-1})。

气体和液体具有显著不同的压缩性和热胀性。温度和压强的变化对气体密度的影响很大。在温度不过低、压强不过高时,气体密度、压强和温度三者之间的关系,有下列气体状态方程式:

$$p = \rho RT \quad (1.8)$$

式中 p ——气体的绝对压强(N/m^2);

T ——气体的热力学温度(K);

ρ ——气体的密度(kg/m^3);

R ——气体常数[$J/(kg \cdot K)$],对于理想气体有 $R = \frac{8314}{n}$, n 为气体的摩尔质量。

1.1.4 流体的表面张力

由于流体分子之间的吸引力,在流体的表面上能够承受极其微小的张力,这种张力称表面张力。表面张力不仅在液体表面上,在液体与固体的接触界面上也有张力。由于表面张力的作用,如果把两端开口的玻璃管竖在液体中,液体会在细管中上升或下降一定高度,这种现象称作毛细现象。表面张力的大小可用表面张力系数 σ 表示,单位是 N/m 。由于重力和表面张力产生的附加铅直分力相平衡,所以有下式

$$\pi r^2 h \gamma = 2 \pi r \sigma \cos \alpha$$

故有

$$h = \frac{2\sigma}{r\gamma} \cos \alpha \quad (1.9)$$

式中 h ——液柱上升的高度;

γ ——液体的重度;

r ——玻璃管内径;

σ ——液体的表面张力系数;

α ——液体与管壁的接触角。

如果把玻璃管垂直竖立在水中,则有下列式

$$h = \frac{15}{r} \quad (1.10)$$

表面张力的影响在一般工程中可以忽略,但在水滴和气泡的形成、液体的雾化、汽液两相流体的传热与传质的研究中,是不可忽略的因素。

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

$$p = \frac{\Delta P}{\Delta\omega} \quad (1.11)$$

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

$$p = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta\omega} \quad (1.12)$$

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, 并与受压面垂直;
- (2) 流体任一点的静压强在各个方向面上的值均相等。

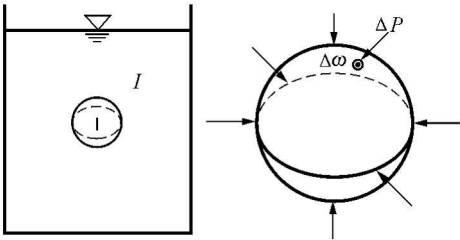


图 1.2 流体的静压强

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, 则可得到圆柱体轴向力的平衡方程, 即

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

整理得

$$p = p_0 + \gamma h \quad (1.13)$$

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(1.13)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。方程式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。

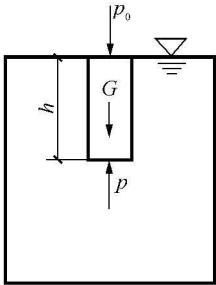


图 1.3 静止液体中的小圆柱体

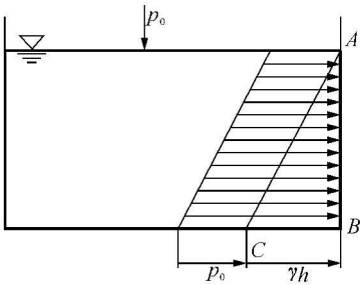


图 1.4 流体静压强分布图

(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(1.13)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。

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

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

将上面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

$$z + \frac{p}{\gamma} = C(\text{常数}) \quad (1.14)$$

这就是静水压强基本方程的另一种形式。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。

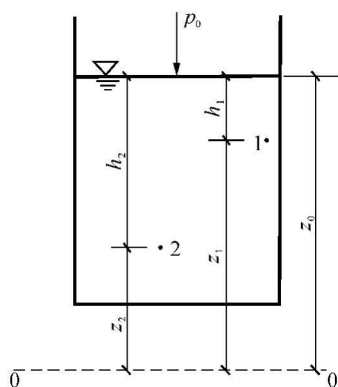


图 1.5 静水压强基本方程的另一种形式

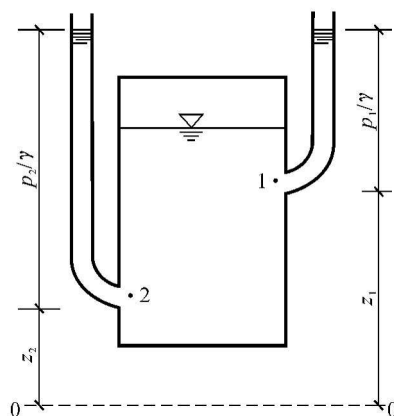


图 1.6 测压管水头

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

$$p = p_j - p_a \quad (1.15)$$

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,相对压强为正值,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

$$p_k = p_a - p_j = -p \quad (1.16)$$

真空度是指某点的绝对压强不足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 $p_k = 0$,即在一个大气压强下,真空度 p_k 在 $0 \sim 98\text{kN/m}^2$ 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 at, $1\text{at} = 98.07\text{kPa}$,在工程单位制中, $1\text{at} = 1\text{kgf/cm}^2$ (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

$$h = \frac{p}{\gamma} \quad (1.17)$$

当水的重度 $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 9.807\text{kN/m}^3$,汞的重度为 133.38kN/m^3 时,则 1 个工程大气压相应的水柱和汞柱高为:

$$h_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{p_a}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{98.07\text{kN/m}^2}{9.807\text{kN/m}^3} = 10\text{m}$$

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

三种压强单位的关系是:

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

$$1\text{atm} = 101.325\text{kPa} = 760\text{mmHg}$$