

高等专科学校
高等职业技术学院

房屋建筑工程专业新编系列教材

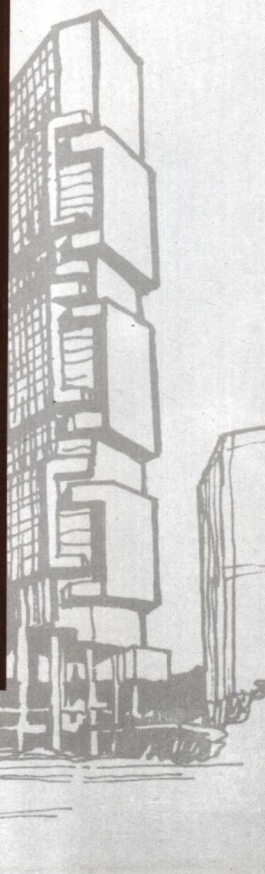
建筑设备工程



(第3版)

韦节廷 主编

武汉理工大学出版社



高等专科学校
高等职业技术学院

房屋建筑工程专业新编系列教材

建筑设备工程

(第3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. —3 版. —武汉:武汉理工大学出版社,2007.2
ISBN 978-7-5629-2512-5

I. 建… II. 韦… III. 房屋建筑设备 IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 017143 号

武汉理工大学出版社出版发行
(武汉市珞狮路 122 号 邮编 430070)
各地新华书店经销
荆州市鸿盛印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.75 字数:400 千字
2007 年 2 月第 3 版 2007 年 2 月第 18 次印刷
印数:91001~101000 册 定价:20.00 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
第 1、2 版
(1997~2006 年)**

顾 问:滕智明 李少甫 甘绍熤 罗福午 陈希天 卢 循
主 任:齐继禄 袁海庆
副主任(以姓氏笔划为序):
李生平 孙成林 张协奎 张建勳 武育秦 侯治国
胡兴国 廖代广
委 员:甘绍熤 乐荷卿 孙成林 齐继禄 卢 循 李少甫
李生平 张协奎 张建勳 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 蔡德民 蔡雪峰 聂旭英
秘书长:蔡德民

**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
高等职业技术学院
第 3 版
(2006 年)**

顾 问:滕智明 李少甫 甘绍熤 罗福午 陈希天 张协奎
袁海庆 侯治国 廖代广 武育秦 李生平
主 任:张建勳 胡兴国
副主任:(以姓氏笔划为序)
王春阳 王文仲 王丰胜 王枝胜 王 红 李建新
李宏魁 合 辉 陈伯望 陈年和 陈 刚 张京穗
赵 研 赵 彬 蔡德民
委 员:(以姓氏笔划为序)
王春阳 王文仲 王丰胜 王枝胜 王 红 韦节廷
乐荷卿 甘绍熤 李少甫 李生平 李建新 李宏魁
关光福 合 辉 陈书申 陈晓平 张国强 陈希天
张协奎 张建勳 陈伯望 陈年和 陈 刚 张京穗
周绥平 罗福午 武育秦 侯治国 胡兴国 赵 研
赵 彬 高琼英 聂旭英 袁海庆 舒秋华 董卫华
窦立军 蔡雪峰 廖代广 蔡德民 滕智明
秘书长:刘永坚
总责任编辑:田道全

第3版出版说明

武汉理工大学出版社组织编写的“高等专科学校、高等职业技术学院房屋建筑工程专业新编系列教材”问世已经十年了。十年来,本套教材平均每种发行量达到了18万册,最高的已超过了30万册;有11种被评为教育部“十一·五”国家级规划教材;本套教材使用的地域遍及中国大陆,被高等专科学校、高等职业技术学院、成人教育学院、继续教育学院、网络教育学院、广播电视大学、独立学院广为选用。

十年来,一贯关注着我国高等专科教育、高等职业技术教育的被发展、壮大的本套教材编委会准确、及时地跟踪人才培养和教学要求的变化,对本套教材不断修订,不断完善。在前二版的基础上,编委会又根据目前高等专科教育、高等职业技术教育的新规范、新要求、新面貌、组织了第3次修订(即第3版)。

全套教材第3次修订即第3版坚持了以下原则:

1. 在第2版的基础上,广泛征求了相关任课教师的意见,并以此为基础,认真、细致地进行着各项工作。

2. 尽可能反映国内外建筑技术、工艺以及材料等方面的新进步、新发展、新成果以及新理念。

3. 扩大了知识面,比如增加了道、桥等多项与“房屋建筑工程专业”相关相联的实用型内容。

4. 充分考虑学生的发展实际,在教材的不少地方添加了“建造师”方面的基本知识。

5. 追求学生实际动手能力的提高,适当加大了思考题、习题乃至试验、检测内容的比重。

6. 除了保持第1版、第2版的统一性、创新性、实用型之外,还特别考虑到了本套教材的普及性、适用性。

总之,为了更加自觉地适应高等专科教育、高等职业技术教育的发展和针对高等专科教育、高等职业技术教育的新特点、新要求、修订始终强调的是实用与实践。

第3版的正式面世,恰如其分地体现了本套教材编委会提出的“持久性”目标。“十年磨一剑”,经过全面、认真修订,本套教材必将焕发新的活力与生机。今后,随着高等专科教育、高等职业技术教育事业的发展和进步,本套教材也将与时俱进,永葆青春。

我们再次诚挚地祈盼广大读者对本套教材提出最为宝贵的批评与建议!

武汉理工大学出版社
2006.6.16

前 言

(第 3 版)

本书自 1999 年出版至今,历经第 1 版、第 2 版共 16 次印刷,发行量达 81000 多册。由于全书内容深入浅出,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 1996 年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委会的会议精神,结合培养 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,我们认真总结了前两版教材的教学实践经验,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。

在第 2 章增强传热中,增加了增加传质增强传热的概念。由于地板采暖和电缆供暖用得越来越多,在采暖系统形式中增加了地板辐射供暖和电缆供暖系统的内容。由于地源、水源热泵用得也越来越普遍,增加了地源热泵和水源热泵的内容。

随着科学技术的进步,新的理论、设备不断出现,又因为我国进行改革开放,加强了对外交流,这次修订也不能十全十美,还有待以后修订时加以改进。不足之处还请读者原谅。

参加本书编写的有韦节廷、卫国祥、蔡可键、张磊、张伟、张锐、吕跃军、张风江同志。韦节廷主编主持了第 3 版的修订。

编 者

2006 年 2 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)
1.1.1 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 传热学基本知识	(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 表面换热系数	(18)
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 建筑给水系统的器材、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	(53)
3.3.3 室内给水管道计算方法	(53)
3.4 建筑消防给水系统	(59)
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	(69)
3.5.1 热水供应系统的分类及组成	(69)
3.5.2 热水管道的配置及敷设	(69)
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	(72)
4 建筑排水工程	(73)
4.1 建筑排水系统的组成	(73)
4.1.1 污、废水管道类别及选用	(73)
4.1.2 建筑内部排水系统的组成	(73)
4.1.3 排水设备与卫生间布置	(75)

4.2	排水管道的布置与敷设	(77)
4.2.1	排水管道的布置与敷设	(77)
4.2.2	排水管道及器具的安装	(78)
4.3	建筑排水系统设计	(79)
4.3.1	建筑排水系统设计计算方法	(79)
4.3.2	建筑排水系统设计	(84)
4.3.3	设计举例	(85)
4.4	屋面排水	(88)
4.4.1	檐沟外排水(水落管外排水)	(88)
4.4.2	天沟外排水	(88)
4.4.3	建筑内排水	(89)
4.4.4	混合式排水系统	(89)
4.5	高层建筑排水系统	(90)
4.5.1	环流器	(90)
4.5.2	角笛弯头	(90)

第3篇 供热通风与空气调节工程

5	供热与供燃气	(92)
5.1	供热系统的形式与特点	(92)
5.1.1	热水供暖系统	(92)
5.1.2	蒸汽供暖系统	(96)
5.1.3	热风供暖系统	(99)
5.1.4	地板辐射供暖系统	(100)
5.1.5	发热电缆供暖系统	(100)
5.2	供暖热负荷	(102)
5.2.1	围护结构传热耗热量	(102)
5.2.2	冷风渗透耗热量	(103)
5.2.3	冷风侵入耗热量	(103)
5.2.4	供暖热负荷的概算	(104)
5.3	供暖系统的设备及附件	(105)
5.3.1	散热器	(105)
5.3.2	膨胀水箱及膨胀罐	(107)
5.3.3	其他附件	(108)
5.4	供暖系统管网的布置	(110)
5.4.1	干管	(110)
5.4.2	立管	(111)
5.4.3	支管	(111)
5.5	高层建筑供暖的特点	(111)
5.5.1	高层建筑热负荷的特点	(111)

5.5.2	高层建筑供暖系统的特点	(112)
5.5.3	高层建筑热水供暖系统的形式	(113)
5.6	燃气供应	(114)
5.6.1	燃气供应概述	(114)
5.6.2	室内燃气供应	(114)
5.6.3	燃气用具	(115)
6	通风	(118)
6.1	概述	(118)
6.1.1	建筑通风的任务、意义	(118)
6.1.2	通风方式的分类及组成	(118)
6.2	室内外空气计算参数	(119)
6.2.1	空气的计算参数	(119)
6.2.2	有害物的来源	(119)
6.2.3	全面通风量的确定	(120)
6.2.4	空气平衡和热平衡	(121)
6.3	自然通风	(122)
6.3.1	自然通风作用原理	(122)
6.3.2	自然通风量的计算	(124)
6.3.3	加强自然通风的措施	(125)
6.4	局部通风	(126)
6.4.1	空气幕	(126)
6.4.2	空气淋浴	(127)
6.5	通风系统的主要设备和构件	(127)
6.5.1	室内送排风口	(127)
6.5.2	风道	(128)
6.5.3	室外进、排风装置	(129)
6.5.4	风机	(130)
6.6	空气净化设备	(133)
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	(168)
8.1.6	水源和地源热泵系统	(169)
8.2	空调冷热源流程	(171)
8.2.1	冷热源系统的组成	(171)
8.2.2	冷热源的主要设备	(173)
8.2.3	冷热源的主要附件	(177)
8.3	冷热源设备布置及实例	(180)
8.3.1	主要设备布置	(180)
8.3.2	设计实例	(180)

第4篇 建筑电气工程

9	建筑供配电系统	(184)
9.1	变电所的形式及其对建筑的要求	(184)
9.1.1	变电所的形式	(184)
9.1.2	变电所对建筑的要求	(187)
9.2	供电系统线路及其对建筑的要求	(190)
9.2.1	供电线路	(190)
9.2.2	供电线路对建筑的要求	(194)
10	电气照明	(195)
10.1	电气照明常用参数	(195)
10.1.1	光	(195)
10.1.2	光通量	(196)
10.1.3	发光强度(光强)	(196)
10.1.4	照度	(196)

10.1.5	亮度	(197)
10.1.6	材料的光学性质	(197)
10.2	电光源与灯具	(198)
10.2.1	电光源的光电参数	(198)
10.2.2	常用电光源	(199)
10.2.3	灯具的光学特性	(204)
10.2.4	灯具的分类	(205)
10.2.5	灯具的安装	(207)
10.2.6	灯具的选择与布置	(208)
10.3	照明线路的布置、敷设及网络计算	(209)
10.3.1	照明线路的布置和敷设	(209)
10.3.2	电气照明网络计算	(211)
10.4	电气工程照明设计实例	(218)
10.4.1	建筑照明设计的资料准备	(218)
10.4.2	电气工程施工图内容	(218)
10.4.3	电气照明的设计步骤	(219)
10.4.4	建筑照明设计实例	(219)
11	智能建筑	(225)
11.1	电话系统	(225)
11.1.1	电话机的种类	(225)
11.1.2	现代通信网络技术的发展	(226)
11.1.3	电话电缆及电话线	(228)
11.1.4	电话电缆和电话线的敷设	(229)
11.2	有线电视与监控电视系统	(231)
11.2.1	有线电视	(231)
11.2.2	安保监控电视	(233)
11.3	建筑火灾报警及消防联动系统	(234)
11.3.1	火灾自动报警系统	(234)
11.3.2	消防系统的组成	(235)
11.4	监控系统(BAS)	(236)
11.4.1	监控系统(BAS)的定义	(236)
11.4.2	监控系统(BAS)应具备的功能	(236)
11.4.3	监控系统(BAS)的构成	(237)
11.4.4	监控系统(BAS)的发展前景	(238)

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、空气或其他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。

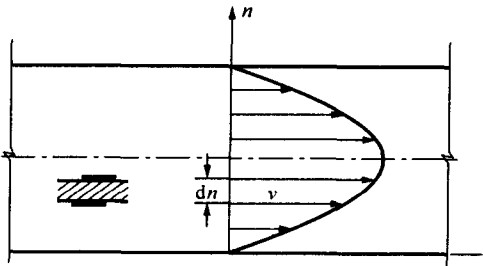


图 1.1 管道中断面流速分布

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容重的影响很大。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 ——液体的容重;

r ——玻璃管内径;

σ ——液体的表面张力系数。

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) 流体内任一点的静压强在各个方向面上的值均相等。

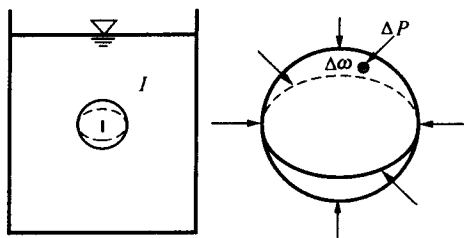


图 1.2 流体的静压强

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。

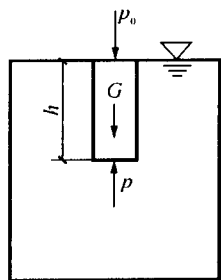


图 1.3 静止液体中的小圆柱体

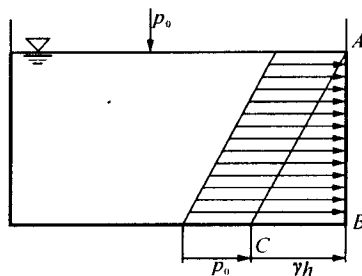


图 1.4 流体静压强分布图