

全国高等院校土木与建筑专业创新规划教材

建筑设备



刘占孟 聂发辉  主 编

张 磊 徐宇峰 闵 凯 李 丽  副主编



清华大学出版社



全国高等院校土木与建筑专业创新规划教材

建 筑 设 备

刘占孟 聂发辉 ■ 主 编

张 磊 徐宇峰 闵 凯 李 丽 ■ 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书共十五章,主要内容有基础知识、建筑给水排水、供暖通风与空气调节和建筑电气等。本书体系完备,结构新颖、内容翔实、图文并茂。本书涉及的知识面宽,内容介绍深入浅出,注重实践性和实用性,将最新规范充分融入专业理论知识中去,强化了施工图的识读,符合应用型人才培养的要求。

本书可作为高等院校建筑学、工程管理、工程造价、建筑电气等相关专业的教材,也可供相关专业的广大师生和有关设计、施工、监理、咨询等单位的工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

建筑设备/刘占孟,聂发辉主编. —北京:清华大学出版社,2018

(全国高等院校土木与建筑专业创新规划教材)

ISBN 978-7-302-49619-9

I. ①建… II. ①刘… ②聂… III. ①房屋建筑设备—高等学校—教材 IV. ①TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 028702 号

责任编辑:杜 晓

封面设计:曹 来

责任校对:袁 芳

责任印制:董 瑾

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62770175-4278

印装者:三河市少明印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:23

字 数:554 千字

版 次:2018 年 8 月第 1 版

印 次:2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价:59.00 元

产品编号:077211-01

前言

建筑设备是现代建筑工程的三大组成部分(建筑与结构、建筑设备和建筑装饰)之一,因此,“建筑设备”是一门多学科、综合性和实践性很强的课程,是土建系列相关专业的基础课程,对于建筑施工与管理具有重要的指导意义。由于建筑智能化水平的不断提高,建筑设备所包含的内容也在不断地增多,出现了很多新设备、新产品和新技术。本书的编写目的就是为土建系列相关专业学生提供一本学习建筑给水排水、供暖通风与空气调节、建筑电气知识的通用性教材,使其初步掌握建筑设备工程技术的基本知识和技能,为适应今后的专业技术工作奠定坚实的基础。

本书编写力求简明,深入浅出,注重实用性,将最新颁布的建筑设备工程技术方面的国家标准和建筑设备工程施工的新技术、新工艺、新方法充分融入专业理论知识中去,强化建筑设备施工图的识读,充分培养学生的设备识图能力和专业施工中的协调配合能力。本书将专业理论知识与工程实际相结合,以当前设备施工主体技术和方法为主,适当加大对前沿技术和方法的介绍,使内容具有较强的实用性和借鉴性,并具备一定的前瞻性。

本书由刘占孟、聂发辉任主编,张磊、徐宇峰、闵凯、李丽任副主编。本书第1~5章由刘占孟、李丽编写;第6章由聂发辉、刘占孟编写;第7章由徐宇峰、祝泽兵编写;第8、9章由闵凯、刘占孟编写;第10、11章由闵凯编写;第12、14章由王建华、刘占孟编写;第13章由张磊、季志文编写;第15章由王建华、罗军编写。全书由刘占孟统编定稿。

本书在编写过程中得到了华东交通大学、河北工程大学、南阳理工学院、江西现代职业学院等单位的大力支持,并参考了大量的书籍、设计手册,在此向相关编者表示由衷的感谢。由于编者水平及实践经验有限,不妥之处在所难免,恳请广大读者批评、指正。

编 者

2018年1月

目 录

第 1 章 基础知识	1
1.1 流体力学	1
1.1.1 流体主要的物理性质	1
1.1.2 流体静力学基础	3
1.1.3 流体动力学基础	5
1.1.4 流动阻力与能量损失	10
1.2 传热学	12
1.2.1 稳态传热的基本知识	12
1.2.2 传热的基本方式	13
1.2.3 传热过程及传热的增强与削弱	16
1.3 电工学	18
1.3.1 电路	18
1.3.2 三相交流电路	19
1.3.3 变压器	20
1.3.4 三相异步电动机	22
习题	24
第 2 章 建筑给水系统	25
2.1 给水系统的分类、组成及给水方式	25
2.1.1 给水系统的分类	25
2.1.2 给水系统的组成	25
2.1.3 给水方式	27
2.2 给水管材、附件及设备	30
2.2.1 给水管材	30
2.2.2 管道附件	32
2.2.3 增压贮水设备	37
2.3 给水管道的布置与敷设	42
2.3.1 给水管道的布置	42
2.3.2 给水管道的敷设	44
2.4 生活给水系统设计计算	45

2.4.1	用水定额	45
2.4.2	生活用水量的计算	47
2.4.3	设计秒流量	48
2.4.4	给水管网水力计算	51
2.5	高层建筑给水系统	53
2.5.1	技术要求	54
2.5.2	高层建筑给水系统技术措施	54
2.5.3	高层建筑给水方式	55
	习题	57
第3章	建筑消防系统	58
3.1	火灾类型、建筑物分类及危险等级	58
3.1.1	火灾分类	58
3.1.2	灭火机理	58
3.2	消防给水系统	60
3.2.1	消防给水管道	60
3.2.2	消火栓给水系统的组成	61
3.2.3	消火栓给水系统的设置	64
3.3	自动喷水灭火系统	67
3.3.1	湿式自动喷水灭火系统	67
3.3.2	干式自动喷水灭火系统	68
3.3.3	预作用喷水灭火系统	68
3.3.4	雨淋喷水灭火系统	69
3.3.5	水幕系统	69
3.3.6	水喷雾灭火系统	70
3.4	灭火器	77
3.5	其他固定灭火设施简介	77
3.6	高层建筑消防给水	78
3.6.1	高层建筑消防特点及技术要求	78
3.6.2	高层建筑消防给水系统技术措施	79
3.6.3	高层建筑消火栓给水系统	80
3.6.4	高层建筑自动喷水灭火给水系统	86
3.6.5	高层建筑其他消防系统	89
	习题	89
第4章	建筑排水系统	91
4.1	排水系统的分类、体制及组成	91
4.1.1	排水系统的分类	91
4.1.2	排水体制选择	91

4.1.3 排水系统的组成	92
4.2 排水管材和卫生设备	93
4.2.1 排水管材和管件	93
4.2.2 排水附件	96
4.2.3 卫生器具及其设备和布置	103
4.3 建筑内部排水管道的布置与敷设	109
4.3.1 排水管道的布置	109
4.3.2 排水管道的敷设	110
4.4 排水通气管系统	112
4.4.1 排水管道系统	112
4.4.2 通气系统	112
4.5 高层建筑排水系统	114
4.5.1 高层建筑排水特点及技术要求	114
4.5.2 高层建筑排水系统的组成与分类	115
4.5.3 高层建筑排水管道布置与敷设	115
4.5.4 新型排水系统	115
4.6 屋面雨水排水系统	118
4.6.1 外排水系统	118
4.6.2 内排水系统	119
4.6.3 混合排水系统	120
习题	121
第5章 建筑热水系统	122
5.1 热水系统的分类、组成与供水方式	122
5.1.1 热水供应系统的分类	122
5.1.2 热水供应系统的组成	123
5.1.3 热水供应系统的供水方式	125
5.2 热水系统的加热方式与加热设备	131
5.2.1 热源的选用	131
5.2.2 加热和贮热设备	131
5.3 热水系统的管材及附件	137
5.3.1 热水供应系统的管材和管件	137
5.3.2 热水供应系统的附件	138
5.4 热水系统的布置与敷设	144
5.5 热水管道的防腐与保温	145
5.6 高层建筑热水供应	146
习题	148

第6章 居住小区给水排水、中水及雨水利用	149
6.1 居住小区给水排水	149
6.1.1 居住小区给水	150
6.1.2 居住小区排水	158
6.2 建筑中水系统	164
6.2.1 中水系统的分类	164
6.2.2 中水系统的组成及处理设施	164
6.2.3 中水水源、水质	165
6.2.4 中水的处理工艺	166
6.2.5 中水处理的工艺流程	166
6.3 居住小区雨水利用	168
习题	170
第7章 建筑给排水施工图识读	171
7.1 常用给排水图例	171
7.1.1 图线	171
7.1.2 常用给排水图例	171
7.1.3 标高、管径及编号	173
7.2 建筑给排水施工图的基本内容	175
7.3 建筑给排水施工图识读举例	176
7.3.1 建筑给排水施工图的识读方法	176
7.3.2 室内建筑给排水施工图识读举例	177
习题	187
第8章 供暖系统	188
8.1 供暖系统的组成与分类	188
8.1.1 供暖系统的组成	188
8.1.2 供暖系统的分类	189
8.2 热水供暖系统	189
8.2.1 重力(自然)循环热水供暖系统	190
8.2.2 机械循环热水供暖系统	192
8.3 蒸汽供暖系统	196
8.3.1 低压蒸汽供暖系统	197
8.3.2 高压蒸汽供暖系统	197
8.4 辐射供暖系统	198
8.4.1 辐射供暖系统概述	198
8.4.2 低温热水地板辐射供暖系统	199
8.5 热风供暖系统	200
8.6 供暖系统的设备与附件	201

8.6.1	供暖管道	201
8.6.2	通用阀门	202
8.6.3	散热器	204
8.6.4	热水供暖系统附属设备	208
8.6.5	蒸汽供暖系统附属设备	211
8.7	供暖管道敷设	214
8.7.1	室外供暖管道	215
8.7.2	室内供暖管道	218
8.8	锅炉与锅炉房设备	220
8.8.1	锅炉的原理与分类	220
8.8.2	锅炉的常用指标	222
8.8.3	锅炉房	223
	习题	225
第9章	建筑通风系统	226
9.1	建筑通风概述	226
9.1.1	建筑通风的目的	226
9.1.2	建筑通风的分类	226
9.2	自然通风	227
9.2.1	自然通风的原理	227
9.2.2	风压通风	227
9.2.3	热压通风	228
9.2.4	风压和热压同时作用下的自然通风	229
9.3	机械通风	230
9.3.1	全面通风	230
9.3.2	局部通风	231
9.4	通风系统的主要设备和构件	233
9.4.1	风机	233
9.4.2	风道	235
9.4.3	风阀	236
9.4.4	室内送、排风口	238
9.4.5	室外进、排风口	238
9.5	建筑防排烟	239
9.5.1	建筑火灾烟气的危害	239
9.5.2	烟气的流动规律	240
9.5.3	烟气的控制原则	242
	习题	244

第 10 章 建筑空调系统	245
10.1 空调系统的组成与分类	245
10.1.1 空调系统的组成	245
10.1.2 空调系统的分类	246
10.2 空气处理设备	248
10.2.1 空气过滤器	248
10.2.2 空气加热器	250
10.2.3 空气冷却器	250
10.2.4 空气加湿设备	251
10.2.5 空气除湿设备	252
10.2.6 空气处理机组	254
10.2.7 空调机房的设置	256
10.3 空气调节用制冷装置	257
10.3.1 制冷的本质及冷源	257
10.3.2 常见制冷原理及设备	257
10.3.3 制冷机房的设置	261
10.4 风道系统的选择与设置	262
10.4.1 风道系统的选择	262
10.4.2 风道系统的布置	263
习题	266
第 11 章 暖通空调施工图识读	267
11.1 常用暖通空调图例	267
11.1.1 暖通空调制图的一般规定	267
11.1.2 暖通空调常用图例	272
11.2 供暖施工图及其识读	279
11.2.1 供暖施工图的组成	279
11.2.2 供暖施工图的识读	280
11.3 通风、空调施工图及其识读	287
11.3.1 通风、空调施工图的组成	287
11.3.2 通风、空调施工图的识读	288
习题	298
第 12 章 建筑供配电及防雷接地系统	299
12.1 供电系统概述	299
12.1.1 供电系统的组成	299
12.1.2 电能质量	300
12.2 电力负荷的简易计算	300
12.2.1 电力负荷的分级	300

12.2.2	负荷计算的方法	301
12.3	低压配电线路	302
12.4	常见低压电器设备及配电箱	305
12.4.1	低压电器	305
12.4.2	配电箱(盘、柜)	307
12.5	建筑物防雷及接地	309
12.5.1	雷电的危害	309
12.5.2	建筑防雷系统	310
12.6	建筑电气系统的接地	312
12.6.1	接地概述	312
12.6.2	接地的类型	313
12.6.3	等电位连接	314
习题		315
第 13 章	建筑电气照明	316
13.1	基本概念	316
13.2	常用电光源及照明器	317
13.2.1	常用电光源	317
13.2.2	常用电光源的选用	318
13.2.3	常用照明器	319
13.3	照明的基本要求	320
13.3.1	我国的照度标准	320
13.3.2	照明种类	321
13.4	电气照明供电	322
13.4.1	电气照明负荷的计算	322
13.4.2	电气照明供电电源	322
13.4.3	电气照明配电系统	323
习题		324
第 14 章	建筑弱电系统	325
14.1	火灾自动报警及消防联动系统	325
14.1.1	火灾探测器	325
14.1.2	火灾自动报警系统	326
14.1.3	消防联动控制系统	326
14.2	有线电视系统	327
14.2.1	有线电视系统概述	327
14.2.2	有线电视系统的组成	328
14.2.3	有线电视系统的技术要求	330
14.3	电话通信系统	331

14.4	广播音响系统	333
14.4.1	广播音响系统概述	333
14.4.2	广播音响系统的组成	333
14.5	安全防范系统	335
14.5.1	安全防范系统概述	335
14.5.2	防盗系统的种类及应用	336
14.5.3	保安系统	338
习题		338
第 15 章	建筑电气施工图识读	339
15.1	常用建筑电气图例	339
15.1.1	电气图的基本概念	339
15.1.2	电气施工图的图例符号及文字标记	340
15.2	建筑电气图纸基本内容及识图方法	343
15.2.1	电气施工图纸的组成及内容	343
15.2.2	识读方法	344
15.3	电气照明和弱电施工图识读	345
15.3.1	电气照明施工图识读	345
15.3.2	弱电施工图的识读	347
15.3.3	识图举例	348
习题		353
参考文献		354

第 1 章 基础知识

1.1 流体力学

流体是液体和气体的总称。流体力学是力学的基本原理在液体和气体中的应用,研究的对象主要是流体的内部及其与相邻固体和其他流体之间的动量、热量及质量的传递和交换规律。

1.1.1 流体主要的物理性质

实际工程中给排水系统和采暖通风空调系统的介质都是运动的流体。从微观角度讲,流体是由大量的彼此之间有一定间隙的单个分子所组成,并处于随机运动状态。在工程上,从宏观角度出发,将流体视为由无数流体质点(或微团)组成的连续介质。所谓质点,是指由大量分子构成的微团,其尺寸远小于设备尺寸,但却远大于分子自由程,这些质点在流体内部紧紧相连,彼此间没有间隙,即流体充满所占空间,称为连续介质。实际工程中的流体都被认为是连续介质。流体与运动有关的主要物理性质包括惯性、重力特性、黏性、压缩性和膨胀性等。

1. 惯性

惯性是流体保持原有运动状态的性质。质量是用来度量物体惯性大小的物理量,质量越大,惯性也就越大。通常用密度来表示其特征。

单位体积流体的质量称为流体的密度,以符号 ρ 表示,单位是 kg/m^3 。在连续介质假设的前提下,对于均质流体,其密度的表达式为

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

式中: m ——流体的质量, kg ;

V ——流体的体积, m^3 。

2. 重力特性

流体处于地球引力场中,所受的重力是地球对流体的引力。单位体积流体的质量称为流体的容重,以符号 γ 表示,单位是 N/m^3 ,对于均质流体,其容重的表达式为

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-2)$$

式中: G ——流体的质量, N ;

V ——流体的体积, m^3 。

质量密度与质量密度的关系为

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g \tag{1-3}$$

不同流体的密度和容重各不相同,同一种流体的密度和容重则随温度和压强而变化。一个标准大气压下,常用流体的密度和容重见表 1-1。

表 1-1 常用流体的密度和容重(标准大气压下)

项 目	水	水银	纯乙醇	煤油	空气	氧	氮
密度/(kg/m ³)	1 000	13 590	790	800~850	1.2	1.43	1.25
容重/(N/m ³)	9 807	133 318	7 745	7 848~8 338	11.77	14.02	12.27
测定温度/℃	4	0	15	15	20	0	0

3. 黏性

黏性是流体固有特性。当流体相对于物体运动时,流体内部质点间或流层间因相对运动而产生内摩擦力(切向力或剪切力)以反抗相对运动,从而产生了摩擦阻力。这种在流体内部产生内摩擦力以阻抗流体运动的性质称为流体的黏滞性,简称黏性。黏性是流动性的反面,流体的黏性越大,其流动性越小。流体的黏性是流体产生的根源。

实验证明,对于一定的流体,内摩擦力 F 与两流体层的速度差 du 成正比,与两层之间的垂直距离 dy 成反比,与两层间的接触面积 A 成正比,即

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \tag{1-4}$$

式中: F ——内摩擦力, N;

μ ——比例系数,称为流体的黏度或动力黏度, Pa · s;

$\frac{du}{dy}$ ——法向速度梯度,即在与流体流动方向相垂直的 y 方向流体速度的变化率, 1/s。

通常单位面积上的内摩擦力称为剪应力,以 τ 表示,单位为 Pa,则式(1-4)变为

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \tag{1-5}$$

式(1-4)、式(1-5)称为牛顿黏性定律,表明流体层间的内摩擦力或剪应力与法向速度梯度成正比。

流体的黏性一般随温度和压强的变化而变化,但实验表明,在低压情况下(通常指低于 100 个大气压),压强的变化对流体的黏性影响很小,一般可以忽略。温度则是影响流体黏性的主要因素,而且液体和气体的黏度随温度的变化规律是不同的,液体的黏性随温度的升高而减小,而气体的黏性则随温度的升高而增大。原因是黏性取决于分子间的引力和分子间的动量交换。因此,随着温度升高,分子间的引力减小而动量交换加剧。液体的黏滞力主要取决于分子间的引力,而气体的黏滞力则取决于分子间的动量交换。所以,液体与气体产生黏滞力的主要原因不同,造成截然相反的变化规律。流体黏性随温度的变化趋势如图 1-1 所示。实际流体在管内的速度分布如图 1-2 所示。

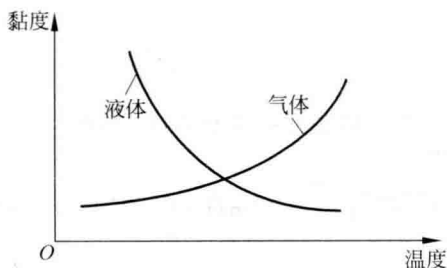


图 1-1 流体黏性随温度的变化趋势

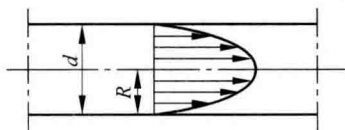


图 1-2 实际流体在管内的速度分布

4. 压缩性和膨胀性

流体体积随着压力的增大而缩小的性质称为流体的压缩性；流体体积随着温度的增大而增大的性质称为流体的膨胀性。对于液体和气体，压缩性和膨胀性有所区别。

1) 液体的压缩性和膨胀性

水的压力增加一个标准大气压时，其体积仅仅缩小 $1/2\,000$ ，因此实际工程中认为液体是不可压缩流体。液体随着温度的升高体积膨胀的现象较为明显，因此认为液体具有膨胀性，流体的膨胀性通常用膨胀系数 α 来表示。它是指在一定的压力下温度升高 1°C 时，流体体积的相对增加量。水在温度升高 1°C 时，密度降低仅为万分之几。因此一般工程中也不考虑液体的膨胀性。但在热网系统中，当温度变化较大时，需考虑水的膨胀性，并应注意在系统中设置补偿器、膨胀水箱等设施。

2) 气体的压缩性与膨胀性

气体和液体不同，具有显著的压缩性和膨胀性。在温度不太低，压强不太高时，可以将这些气体近似地看作理想气体，气体压强、温度、比容之间的关系服从理想气体状态方程

$$PV = RT \quad (1-6)$$

气体虽然是可以压缩和膨胀的，但是，对于气体速度较低的情况，在流动过程中压强和温度的变化较小，密度仍可以看作常数，这种气体称为不可压缩气体。在通风空调工程中，所遇到的大多数气体是流动的，都可看作不可压缩流体；而膨胀性要考虑，同样也是在空调管道中通常设置补偿器。

1.1.2 流体静力学基础

流体静力学研究流体在静止或相对静止状态下的力学规律及其实际应用。处于相对静止状态下的流体，由于本身的重力或其他外力的作用，在流体内部及流体与容器壁面之间存在着垂直于接触面的作用力，这种作用力称为静压力。单位面积上流体的静压力称为流体的静压强。在静止流体中，作用于任意点不同方向上的压力在数值上均相同，常用 p 表示，单位为 N/m^2 。此外，压力的大小也可以间接地以流体的柱高度表示，如用米水柱或毫米汞柱表示等。若流体的密度为 ρ ，则液柱高度 h 与压力 p 的关系为

$$p = \rho gh \quad (1-7)$$



注意

用液柱高度表示压力时,必须指明流体的种类。标准大气压和压强、米水柱或毫米汞柱之间有如下换算关系:

$$1\text{atm}=1.013\times 10^5\text{Pa}=760\text{mmHg}=10.33\text{mH}_2\text{O}$$

1. 绝对压强、表压强和大气压强

压力的大小常以两种不同的基准来表示:一个是绝对真空;另一个是大气压力。基准不同,表示的方法也不同。以绝对真空为基准测得的压力称为绝对压力,是流体的真实压力;以大气压为基准测得的压力称为表压或真空度、相对压力,是把大气压强视为零压强的基础上得出来的。

绝对压强是以绝对真空状态下的压强(绝对零压强)为基准计量的压强,表压强简称表压,是指以当时当地大气压为起点计算的压强。两者的关系:绝对压强=大气压强+表压强。

工程技术中按表压强不同,可能会出现三种情况。

(1) 表压强大于环境大气压,设备中的压强称为“正压”。

(2) 表压强等于环境大气压,设备中的压强称为“零压”。

(3) 表压强小于环境大气压,设备中的压强称为“负压”或“真空度”。

绝对压力与表压、真空度的关系如图 1-3 所示。一般为避免混淆,通常对表压、真空度等加以标注,如 2 000Pa(表压)、10mmHg(真空度)等,并且还应该指明当地的大气压力。

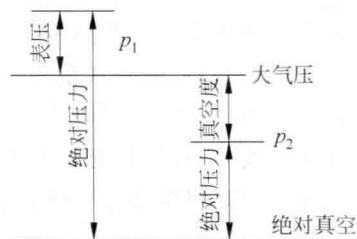


图 1-3 绝对压力、表压与真空度的关系

2. 流体静力学平衡方程

如图 1-3 所示,容器内装有密度为 ρ 的液体,液体可认为是不可压缩流体,其密度不随压力变化。在静止的液体中取一段液柱,其截面积为 A ,以容器底面为基准水平面,液柱的上、下端与基准水平面的垂直距离分别为 z_1 和 z_2 。那么作用在上、下端面的压力分别为 p_1 和 p_2 。

重力场中在垂直方向上对液柱进行受力分析。

(1) 上端面所受总压力 $P_1 = p_1 A$,方向向下。

(2) 下端面所受总压力 $P_2 = p_2 A$,方向向上。

(3) 液柱的重力 $G = \rho g A(z_1 - z_2)$,方向向下。

液柱处于静止时,上述三项力的合力应为零,即

$$p_2 A - p_1 A - \rho g A(z_1 - z_2) = 0$$

整理并消去 A ,得

$$p_2 = p_1 + \rho g(z_1 - z_2) \quad (\text{压力形式}) \quad (1-8)$$

变形得

$$\frac{p_1}{\rho} + z_1 g = \frac{p_2}{\rho} + z_2 g \quad (\text{能量形式}) \quad (1-9)$$

若将液柱的上端面取在容器内的液面上,设液面上方的压力为 p_a ,液柱高度为 h ,则式(1-8)可改写为

$$p_2 = p_a + \rho g h \quad (1-10)$$

式(1-8)~式(1-10)均称为静力学基本方程。流体静力学基本方程的物理意义在于:在静止流体中任何一点的单位位能与单位压能之和(单位势能)为常数。

3. 静压强的特性

(1) 静压强的方向性。流体具有各个方向上的静压强。流体的静压强处处垂直于固体壁面,而固体壁面对流体的反作用力必然垂直于并指向流体的表面。也就是说,凡作用于静止流体的外力必然垂直并指向流体表面,即内法线方向。这是因为静止流体内的应力只能是压应力,而没有切应力。

(2) 流体内部任意一点的静压强的大小与其作用的方向无关。也就是说流体内部某一点的静压强在各个方向上大小相同。这是因为静止流体中某一点受四面八方的压应力而达到平衡。

(3) 流体的静压强仅与其高度或深度有关,而与容器的形状及放置位置、方式无关。气体的静压强沿高度变化小,密闭容器可以认为静压强处处相等。

这里所说的作用面也称为界面,界面可以是两部分流体之间的分界面,也可以指流体与固体之间的接触面。通常情况下液体与气体之间的接触面称为自由液面。

流体中压强相等的各点所组成的面称为等压面。常见的等压面有自由液面和平衡流体中互不混合的两种流体的界面。只有重力作用的等压面应该是静止、连续的,而且连续的介质为同一均质流体的同一水平面。

1.1.3 流体动力学基础

流体动力学是研究流体运动规律的科学。在流体静力学中,压强只与所处空间位置有关。在流体动力学中,压强还与运动的情况有关。

1. 流体运动的基本概念

流体的运动是由无数流体质点的运动所组成的,且各质点之间都有力的相互作用,质点上的力和其本身的运动存在一定的规律性,找到其原因,就可以解决运动中的问题。下面介绍流体运动中的几个基本概念。

1) 流线和迹线

流线是指同一时刻不同质点所组成的运动的方向线。流体中同一瞬间有许多质点组成的曲线,该曲线上任一点的切线方向就是该点的流速方向,它形象地描绘了该瞬时整个液流的流动情况,图 1-4 所示为流场中的一条曲线,曲线上各点的速度矢量方向和曲线在该点的切线方向相同。恒定流的流动用一幅流线图就可以表示出流场的全貌;非恒定流中,通过空间点的流体质点的速度大小和方向随时间而变化,此时谈到的流线是指某一给定瞬时的各质点所组成的流线。流线的疏密可以反映出流速的大小,流线越

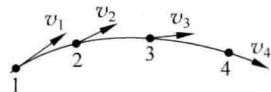


图 1-4 流场中的曲线