

J ZHU SHEBEI

最新规范

全国大学版协优秀畅销书

建筑设备

(第4版)

主 编 董羽蕙

副主编 王成芬 陈 卫



重庆大学出版社

建筑设备

(第4版)

主 编 董羽蕙

副主编 王成芬 陈 卫



重庆大学出版社

内容提要

本书主要介绍建筑物内部的设备,包括建筑给水排水工程,建筑采暖、通风及空气调节,建筑供电及防雷、建筑电气照明,智能建筑及综合布线与建筑监控管理系统,建筑设备管道综合布置与敷设所需的基础理论知识 and 基本概念、方法。全书采用新颁布的技术规范和规程编写。

本书可作为高等学校土木工程专业教材,也可作为相关专业的工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑设备 / 董羽蕙主编. -- 4 版. -- 重庆 : 重庆大学出版社, 2017. 8

高等学校土木工程本科规划教材

ISBN 978-7-5689-0767-5

I. ①建… II. ①董… III. ①建筑设备—高等学校—教材 IV. ①TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 203850 号

建筑设备

(第 4 版)

主 编 董羽蕙

副主编 王成芬 陈 卫

策划编辑:曾令维

责任编辑:文 鹏 姜 凤 版式设计:曾令维

责任校对:陈 力 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787mm × 1092mm 1/16 印张:28.5 字数:676 千

2002 年 5 月第 1 版 2017 年 8 月第 4 版 2017 年 8 月第 18 次印刷

印数:50 501—53 500

ISBN 978-7-5689-0767-5 定价:63.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

第4版 前言

随着科学技术的发展,建筑业也在快速地发展。近年来,我国人民生活水平不断提高,对建筑设备工程的标准、质量、功能等提出了更高的要求。为此,要求从事建筑设计、施工和管理工作的人员必须进一步掌握有关建筑设备的基本技术知识和技能。本着高等学校的教学必须顺应时代发展的要求,我们编写了这本能较全面地反映当前建筑领域设备内容的教材。

本书主要介绍建筑物内部的设备,包括建筑给水排水工程,建筑采暖、通风及空气调节,建筑供电及防雷、建筑电气照明,智能建筑及综合布线与建筑监控管理系统,建筑设备管道综合布置与敷设等内容。书中阐述了上述专业内容方面的基础理论知识和基本概念、方法;介绍建筑设备各工种之间以及与建筑之间的关系,设备工程的设计基本要求,建筑设备中管线综合布置与敷设的原则,设备各工种与建筑设计相协调的设计要求。本书第4版是根据现行规范对原书进行修订,介绍了建筑设备各工种领域中新颁布的技术规范和规程,以及有关建筑设备工程设计计算方法的基本知识。

由于本书所涉及的内容广,编者水平有限,因此本书在内容取舍、叙述深度、体系组织、例题安排等方面都会存在不足。恳请使用本书的师生提出意见和批评,以利于本书质量的提高。

建筑设备第1版(2002年5月):董羽蕙主编。参编人员及编写内容如下:

董羽蕙 第1章,第2章,第9章,第12章,第13章,第14章;

龚明树 第4章,第6章;

王成芬 第5章;

蒋国秀 第7章,第8章;

周 明 第3章,第10章,第11章。

建筑设备第2版(2004年12月):董羽蕙主编。参加修编人员以及修编内容如下:

董羽蕙 第1章,第2章,第3章,第9章,第11章,第12章,第13章,第14章;

王成芬 第4章,第5章,第6章;

蒋国秀 第7章,第8章;

彭仁行 第10章。

建筑设备第3版(2012年8月):董羽蕙主编。参加修编人员以及修编内容如下:

董羽蕙 第1章,第2章,第3章,第9章,第12章,第13章,第14章;

王成芬 第4章,第5章,第6章;

蒋国秀 第7章,第8章;

周明 第10章;第11章。

建筑设备第4版(2017年5月)董羽蕙主编,王成芬、陈卫副主编。参加修编人员以及修编内容如下:

董羽蕙 第8章,第10章,第11章,第12章;

王成芬 第2章,第3章,第4章;

蒋国秀 第5章,第6章;

陈卫 第1章,第7章,第9章。

编者

2017年6月

目 录

第 1 篇 建筑设备技术基础知识

第 1 章 建筑设备技术基础理论	1
1.1 流体力学基础知识	1
1.2 传热学基础知识	22
1.3 电工学基础知识	31
习题 1	49
第 2 章 管材及附件	52
2.1 常用给排水管材及管件	52
2.2 风管及其配件	55
2.3 附件	57
2.4 水泵及风机	64
习题 2	69

第 2 篇 建筑给水排水工程

第 3 章 建筑给水工程	70
3.1 城镇给水	70
3.2 建筑给水系统以及给水方式	74
3.3 室内给水水压、水量以及加压和储存	80
3.4 室内给水的配管方法	86
3.5 高层建筑给水系统	91
3.6 建筑消防给水类别、组成及设置	93
3.7 建筑消防给水方式及配管方法	99
3.8 消防给水设备与器材	105
习题 3	110
第 4 章 建筑排水工程	111
4.1 城镇排水系统的体制、组成与管网	111
4.2 室内排水系统的分类和组成	114
4.3 卫生器具和卫生间	119
4.4 排水管道的配管	127
4.5 屋面排水	134

4.6 污水局部处理构筑物简介	139
4.7 建筑中水工程简介	141
习题4	145

第3篇 建筑采暖、通风及空气调节

第5章 供暖、热水供应与燃气工程	147
5.1 供暖系统分类方式及选择	148
5.2 热负荷	161
5.3 供暖设备	170
5.4 热水供应工程简介	175
5.5 燃气工程简介	183
习题5	191
第6章 通风	193
6.1 建筑通风概述	193
6.2 全面通风和局部通风	198
6.3 自然通风	206
6.4 通风系统的主要设备和构件	214
6.5 建筑的防火排烟	219
习题6	228
第7章 空气调节	229
7.1 空气调节概述	229
7.2 空气处理设备	233
7.3 空调房间的建筑计设计	244
7.4 空调冷源及制冷设备	249
7.5 空调水系统	255
7.6 民用建筑常用的几种空调系统简介	260
习题7	263

第4篇 建筑电气

第8章 建筑供电及防雷	264
8.1 城市供电	264
8.2 建筑电气设计概况	269
8.3 建筑供配电系统	272
8.4 用电负荷的计算及电气设备的选择	276
8.5 配电盘、柜和变配电室	284
8.6 建筑防雷与接地	288
习题8	297

第9章 建筑电气照明	298
9.1 照明的基础知识	298
9.2 光源、灯具及布置	303
9.3 人工照明标准和照明设计	313
9.4 建筑电照设计成果	323
习题9	325

第5篇 建筑智能化系统

第10章 智能建筑及综合布线工程概述	326
10.1 智能建筑的基本概念	326
10.2 综合布线的概念以及与智能建筑的关系	331
10.3 综合布线的设计要领与结构	336
10.4 建筑设备管理系统综合布线	345
习题10	349
第11章 建筑监控管理系统	350
11.1 现场监控站与管理中心	351
11.2 火灾自动报警与控制系统	353
11.3 给排水系统的监控与管理	374
11.4 空调设备的监控与管理	378
11.5 电力系统的监控与管理	381
习题11	382

第6篇 建筑设备管道综合布置与敷设

第12章 建筑设备管道综合布置与敷设	383
12.1 建筑给水排水管道的布置、敷设与安装	384
12.2 采暖、供热、供气、通风等管网的布置、敷设与安装	396
12.3 建筑电气及电子技术中的管线敷设	406
12.4 建筑设备管道的综合布置与消声减振	412
习题12	417

附 录	418
------------------	-----

参考文献	447
-------------------	-----

第 **I** 篇

建筑设备技术基础知识

第 **I** 章

建筑设备技术基础理论

1.1 流体力学基础知识

物质通常是以固体、液体和气体中的一种形式出现的。流体是液体和气体的统称,宏观地研究流体受力和运动的规律以及这些规律在工程技术中的应用的科学称为流体力学,它是力学的一个重要分支。

1.1.1 流体的物理属性

(1) 流体

流体可承受压力,几乎不能承受拉力,且抗剪切能力也极弱。

(2) 易流性

在极小剪切力的作用下,流体就将产生无休止的(连续的)剪切变形(流动),直到剪切力消失为止。如水在江河中流动,燃气在管道中输送,空气从喷嘴喷出等,都表现流体具有易流动性。因此,流体没有一定的形状。

(3) 液体和气体

气体远比液体具有更大的流动性。气体在外力作用下表现出很大的可压缩性。

1.1.2 流体的主要物理性质

(1) 密度和容重

流体也具有质量和重量,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 ρ ;作用于单位体积流体的重量称为容重 γ ,其计算关系为:

$$\rho = \frac{M}{V} \tag{1.1}$$

$$\gamma = \frac{G}{V} \tag{1.2}$$

根据牛顿第二定律: $G = Mg$, 则有

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{Mg}{V} = \rho g \tag{1.3}$$

- 式中 M ——流体的质量,kg;
 V ——流体的体积,m³;
 G ——流体的重量,N;
 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。当压力升高时,流体的密度和容重增加;温度升高时,流体的密度和容重则减小。例如,水在标准大气压和 4℃ 时, $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$, $\gamma = 9.81 \text{ kN/m}^3$ 。水银在标准大气压和 0℃ 时,密度和容重是水的 13.6 倍。干空气在温度为 20℃、压强为 760 mmHg(101.33 kPa)时, $\rho_a = 1.2 \text{ kg/m}^3$; $\gamma_a = 11.80 \text{ N/m}^3$ 。

(2) 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。在这两种性质上,液体和气体的差别很大,因此分别进行介绍。

1) 液体的压缩性和热胀性

①液体的压缩性。在某一温度和压力下,液体单位内压力升高所引的体积相对减少值,称为该温度和压力下液体的体积压缩率 k ,其计算公式为:

$$k = - \frac{1}{V} \frac{dV}{dp} \tag{1.4}$$

- 式中 dp ——压力的增值;
 V ——液体原来的体积;
 dV ——液体体积的变化。

由式(1.4)可知, k 值越大, 液体的压缩性越大。工程中, 常用液体的体积模量 K 来表示液体的压缩性, 其计算公式为:

$$K = \frac{1}{k} \quad (1.4a)$$

由式(1.4a)可知, K 值越大, 液体越不易压缩。

②液体的热胀性。在某一压力和温度下, 液体的温度升高 1°C 对所引起的体积相对变化值称为该温度和压力下液体的体积膨胀系数 α_v , 其计算公式为:

$$\alpha_v = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT} \quad (1.5)$$

式中 dT ——温度的增值;

V ——液体升温前的体积;

dV ——温升引起的液体体积变化。

通常液体的体积压缩性和体积膨胀系数都很小, 因此, 在很多工程技术领域中忽略密度变化所带来的误差。例如, 在建筑设备工程技术中, 除管中水击和热水循环系统等外, 一般不考虑液体的压缩性和热胀性, 这种理想的液体称为不可压缩性液体。

2) 气体的压缩性和热胀性

气体具有显著的压缩性和热胀性, 从物理学中已知:

①理想气体状态方程。适用于气体在温度不过低, 压强不过高时。

$$\frac{p}{\rho} = RT \quad (1.6)$$

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, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

R 的物理意义是: 1 kg 质量的气体在定压下, 加热升高 1°C 时所做的膨胀功。对于空气, $R = 287$; 对于其他气体, $R = \frac{8.314}{N}$, N 为该气体的分子量。

②等温过程。气体状态变化过程中, 温度保持不变的情况。式(1.6)可写为:

$$\frac{p}{\rho} = \frac{p_0}{\rho_0} = C(\text{常数}) \quad (1.7)$$

式(1.7)表明, 密度与压强成正比关系变化, 即波义耳定律。

对于气体状态变化缓慢或气流速度较低时, 气体与外界能进行充分的热交换, 视为与外界温度相等, 即可按等温过程处理。例如, 缓变充气或排气时储气缸中气体就是缓慢压缩或缓慢膨胀过程, 均可视为等温过程。

③等压过程。气体状态变化过程中, 压强保持不变的情况。式(1.6)可写为:

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0}{T_0 + t} \text{ 或 } \gamma = \frac{\gamma_0}{1 + \beta t} \quad (1.8)$$

式中 $\beta = \frac{1}{273}$, 是气体的体积膨胀系数。

式(1.8)表明,在等压过程中,密度与温度成反比关系变化,即盖·吕萨克定律。

④绝热过程。气体状态变化过程中,与外界没有热交换的情况。绝热方程为:

$$\frac{p}{\rho^k} = \frac{p_0}{\rho_0^k} = C(\text{常数})$$

或

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{k}}, \gamma = \gamma_0 \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{k}} \tag{1.9}$$

式中 k ——绝热指数,是定压比热 C_p 与定容比热 C_v 的比值。对于空气, $k=1.4$ 。

例如,有的气动设备,进、排气过程进行得很快,气体来不及与外界进行热交换,这类问题即可按绝热过程对待。

⑤多变过程。多变过程方程为:

$$\frac{p}{\rho^n} = C(\text{常数}) \tag{1.10}$$

式中 n ——多变指数。

当 $1 < n < k$ 时,气体为不完全冷却下的压缩,或不完全加热下的膨胀;当 $n > k$ 时,相当于气体被冷却压缩或被加热膨胀。如水冷式压气机所压缩的气体属于 $n < k$ 的多变过程;其他小型鼓风机,则属于 $n > k$ 的多变过程。

在流体运动的分类中,把速度较低的(远小于音速)的气体,若压强和温度在流动过程中变化较小,密度可视为常数,称为不可压缩气体。而流动过程中密度变化增大(当速度等于 50 m/s 时),密度变化为 1%,也可以当作不可压缩气体对待;反之,把流速较高(接近或超过音速)的气体, ρ 不能视为常数,称为可压缩气体。

综合上述为流体的各项主要物理性能,当流体速度较低,流动过程中密度变化不大(可视为常数),这种液体和气体可认为是不可压缩的流体。

在研究流体运动规律中,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。研究单元的质点,也认为是由无数分子所组成,具有一定体积和质量。这样,不仅从客观上摆脱了分子运动的研究,而且能运用数学的连续函数工具,分析流体运动规律。

(3)流体的黏滞性

流体不能承受剪力,但不同的流体在相同的剪切力作用下其变形的速度是不同的,也就是不同的流体抵抗剪切力的能力不同,这种能力称为流体的黏性。

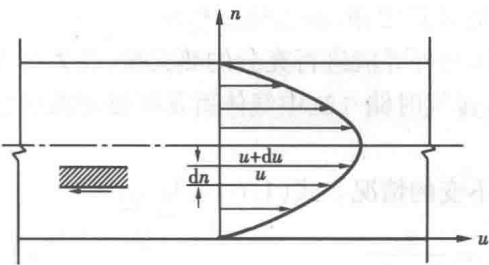


图 1.1 管道中断面流速分布

用流速仪测出实验管道中某一断面的流速分布。分析发现流体沿管道直径方向流速不同,并按某种曲线规律连续变化,管轴心的流速最大,向着管壁的方向递减,直到管壁处的流速为零,如图 1.1 所示。

取流速方向的坐标为 u ,垂流速方向的坐标为 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 ,沿垂直流速方向单位长度的流速增值 $\frac{du}{dn}$,称为流速梯度,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,这个力称为流体的内摩擦力或称黏滞力。流体在黏滞力作用下,具有抵抗流体的相对运动(或变形)的能力,称为流体的黏滞性。对于静止流体,由于各流层间没有相对运动,黏滞性不显示。

在总结实验的基础上,牛顿首先提出了流体内摩擦力的假说——牛顿内摩擦定律,即流层间的切应力表达式:

$$\tau = \frac{F}{S} = \mu \frac{du}{dn} \tag{1.11}$$

式中 F ——内摩擦力,N;
 S ——摩擦流层的接触面面积, m^2 ;
 μ ——与流体种类有关的系数,称为动力黏度, $N \cdot s/m^2$ 或 $Pa \cdot s$;
 $\frac{du}{dn}$ ——流速梯度,表示速度沿垂直于流速方向的变化率, s^{-1} 。

流体黏滞性的大小,可用黏度表达。除用动力黏度 μ 外,工程中常用动力黏度 μ 和流体密度 ρ 的比值来表示黏度,称为运动黏度 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$,单位为 m^2/s ,简称斯。黏度是流体的重要属性,它是流体温度和压力的函数。在工程的常用温度和压力范围内,黏度主要根据温度而定,压力的影响不大。水及空气的 μ 值及 ν 值见表 1.1 和表 1.2。

表 1.1 水的黏度

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

流体的黏滞性对流体运动有很大影响,使 ν 不断损耗运动流体的能量。因此,它是实际工程水力计算中必须考虑的一个重要问题,将在后面有关部分讨论。

表 1.2 一个大气压下空气的黏度

$t/^\circ C$	$\mu \times 10^{-3}$ /Pa·s	$\nu \times 10^{-6}$ /($m^2 \cdot s^{-1}$)	$t/^\circ C$	$\mu \times 10^{-3}$ /Pa·s	$\nu \times 10^{-6}$ /($m^2 \cdot s^{-1}$)
-20	0.016 6	11.9	10	0.017 8	14.7
0	0.017 2	13.7	20	0.018 3	15.7

续表

$t/^{\circ}\text{C}$	$\mu \times 10^{-3}$ / $\text{Pa} \cdot \text{s}$	$\nu \times 10^{-6}$ / $(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$	$t/^{\circ}\text{C}$	$\mu \times 10^{-3}$ / $\text{Pa} \cdot \text{s}$	$\nu \times 10^{-6}$ / $(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$
30	0.018 7	16.6	90	0.021 6	22.9
40	0.019 2	17.6	100	0.021 8	25.8
50	0.019 6	18.6	150	0.023 9	29.6
60	0.020 1	19.6	200	0.025 9	35.8
70	0.020 4	20.5	250	0.028 0	42.8
80	0.021 0	21.7	300	0.029 8	49.9

综上所述,建筑设备工程中的水、气流体,流速在大多情况下均较低,密度在流动过程中变化不大,密度可视为常数,一般将其认为是一种易于流动的,具有黏滞性的和不可压缩的流体。

1.1.3 流体运动的参数、分类和模型

(1) 流体运动的主要物理参数

1) 压力 P 和压强

理想流体之间相互的作用力是以压力表达。单位面积上的压力称为压强。流体运动时的压强称为动压强。若流体处于静止(仅有重力作用下),流体之间相互作用力则称为静压力,单体面积上流体的静压力称为流体的静压强。压强对于理想流体因不考虑其黏滞力,而忽略其切应力,则动压强方向必然垂直指向其所作用的平面,此时与静压强作用方向是相同的。对于实际流体间相互作用的压力,其大小应为动压力与黏滞力形成切应力 τ 的合力。

压强的 3 种量度单位如下:

从压强的基本定义出发,用单位面积上的力表示:国际单位为 N/m^2 ,以符号 Pa 表示。

用大气压的倍数表示:国际规定标准大气压为 1 标准大气压 = 101.325 kPa。

用液柱高度表示:用水柱高度或汞柱高度,单位为 mH_2O , mmH_2O , mmHg 。

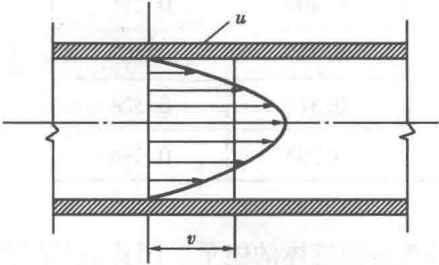


图 1.2 断面平均流速

2) 流量

单位时间内流体流过某控制断面的流体量称为流量。流体量可以用体积、质量表示,即体积流量和质量流量。一般的流量指的是体积流量,用符号 Q 表示,单位是 m^3/s 或 L/s 。有时也引用重量流量或质量流量。质量流量的单位为 kg/s 。

3) 断面平均流速(v)

流体流动时,断面各点流速一般不易确定,当工程中无须确定时,可采用断面平均流速来简化流动,如图 1.2 所示。断面上实际流速通过的流量为:

$$Q = \int_{\omega} u d\omega$$

断面平均流速为:

$$v = \frac{\int_{\omega} u d\omega}{\omega} = \frac{Q}{\omega} \quad (1.12)$$

计算式(1.12)表达了流量、过流断面和平均流速三者之间的关系。过流断面 ω 则与水深 h 、湿周 χ 等参数有关。

(2) 流体运动的分类与模型

1) 流线与迹线

①流线。流体运动时,在某一时刻流体中通过连续质点绘制的曲线,这条曲线就称为该时刻的一条流线,如图1.3

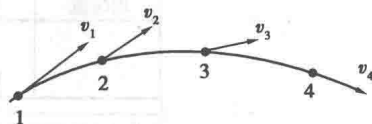


图 1.3 流线

所示。整个流体的瞬时流线图形象地描绘出该瞬时整个流体的流动情况。流线具有以下两个特性:一是流线上任一点的切线方向即为该点的流速方向;二是流线不能相交或转折,否则必存在两个切线方向。同一质点同时具有两个运动方向,这是不合理的。

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。

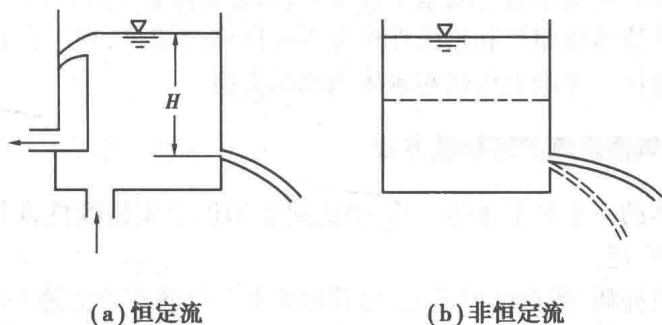
2) 压力流与无压流

①压力流。流体在压差作用下流动时,流体与固体壁周围都接触,流体无自由表面。工程中常见的压力流有:供热工程中管道输送有压的气、水载热体,风道中气体,给水管中水的输配等都是压力流。

②无压流。也称重力流,是指液体在重力作用下流动时,液体的一部分周界与固体壁相接触,另一部分则与空气相接触,形成自由表面。如天然河流、明渠流等为无压流动。

3) 恒定流与非恒定流

①恒定流。流体运动时,各点的流速方向和流线图不随时间变化,质点始终沿着固定的流线运动,流线与迹线相重合,如图 1.4(a)所示。



(a) 恒定流

(b) 非恒定流

图 1.4 恒定流与非恒定流

②非恒定流。流体运动时,各点的流速方向和流线图可随时间变化,流线与迹线不一定相重合,如图 1.4(b)所示。自然界中非恒定流较为普遍,但为了方便计算工程中常将变化缓慢的非恒定流视为恒定流。

4) 均匀流与非均匀流

①均匀流。指流体运动,所有物理量不依赖于空间坐标,其流线是平行直线的流动状态;如等截面长直管中的流动属于均匀流。

②非均匀流。流体运动时,流线为非平行直线的流动状态,如流体在收缩管、扩大管或弯管中流动等。非均匀流又可分为:

- A. 渐变流:指流体运动中流线接近于平行直线的流动称为渐变流,如图 1.5A 区。
- B. 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 1.5B,C,D 区。

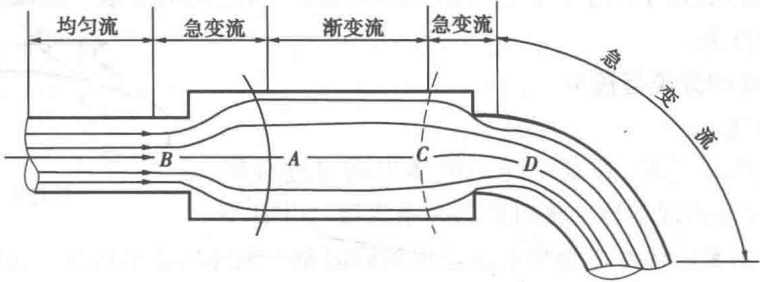


图 1.5 均匀流和非均匀流

5) 流管与总流及流动模型

①流管。流体运动时,在流场中取一垂直于流速方向的微小面积 $d\omega$,并在 $d\omega$ 面积上各点引出流线而形成了一股由流线组成的流束称为流管,如图 1.6 所示。在流管内,流体不会通过流线流到流管外面,在流管外面的流体也不会通过流线流进流管中。

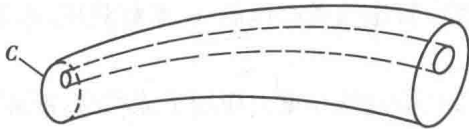


图 1.6 流管

②总流。流体运动时,如果流管的管状流面部分或全部取在固壁上,这整股流体称为总流。它是微元流束的总和。如水管中的水流及风管中的气流等都是总流。

③流动模型。在研究流体运动的基本规律中,取总流代表实际流体,并且忽略其黏滞性以及在一定条件下不计流体压缩性和热胀性称为不可压缩性流体,或考虑其压缩性和热胀性的流体称为可压缩性流体。理论上称这些流体为流动模型。

1.1.4 一维流体恒定流的连续性方程

质量守恒是流体的一个最基本的定律,由此建立的恒定流连续性方程是流体运动的基本方程之一,应用极为广泛。

根据流体是连续介质,流动是恒定流,流管形状及空间各点的流速不随时间变化以及流体不能从流管侧壁流入或流出等原理。在恒定总流中任取一流管,如图 1.6 所示,流管在进口端 1—1 和出口端 2—2 过流断面上的面积和流速分别为 $d\omega_1$ 和 $d\omega_2$, u_1 和 u_2 。由质量守恒定律可知,流进 $d\omega_1$ 断面的质量必然等于流出 $d\omega_2$ 断面的质量。令流进流体密度为 ρ_1 ,流出的密度为 ρ_2 ,则在 dt 时间内流进与流出的质量相等:

$$\rho_1 u_1 d\omega_1 dt = \rho_2 u_2 d\omega_2 dt \text{ 或 } \rho_1 u_1 d\omega_1 = \rho_2 u_2 d\omega_2$$

推广到总流,得:

$$\int_{\omega_1} \rho_1 u_1 d\omega_1 = \int_{\omega_2} \rho_2 u_2 d\omega_2$$

由于过流断面上密度 ρ 为常数, 以 $\int_{\omega} u d\omega = Q$ 代入上式, 得:

$$\rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 \quad (1.13)$$

或以断面平均流速来描述, 则:

$$\rho_1 \omega_1 v_1 = \rho_2 \omega_2 v_2 \quad (1.13a)$$

式中 ρ ——密度;

ω ——总流过流断面面积;

v ——总流的断面平均流速;

Q ——总流的流量。

式(1.13)与式(1.13a)为总流连续性方程式的普遍形式, 即质量流量的连续性方程式。由于 $r = \rho g$, 对于同一地区则有过流断面 1—1, 2—2 总流的重量流量为:

$$\gamma_1 Q_1 = \gamma_2 Q_2 \quad (1.14)$$

或

$$\gamma_1 \omega_1 v_1 = \gamma_2 \omega_2 v_2 \quad (1.14a)$$

或

$$G_1 = G_2 \quad (1.14b)$$

式中 γ ——容重;

G ——重量流量。

式(1.14)、式(1.14a)、式(1.14b)是总流重量流量的连续性方程式。

当流体不可压缩时, 流体的容重 γ 不变, 则有:

$$Q_1 = Q_2 \quad (1.15)$$

或

$$\omega_1 v_1 = \omega_2 v_2 \quad (1.15a)$$

式(1.15)与式(1.15a)为不可压缩流体的总流连续性方程, 即体积分量的连续性方程式。

若在工程上遇到可压缩流体, 可用总流重量流量的连续性方程式或质量流量的连续性方程式, 即式(1.14)或式(1.13)。

连续性方程, 说明管道中总流是连续的, 过流断面与平均流速成反比, 过流断面大, 流速小; 过流断面小, 流速大; 过流断面不变, 流速也不变; 连续性方程是质量守恒定律在流体力学中的表达式。

1.1.5 一维流恒定总流能量方程

流体也满足能量守恒及其转化规律, 以此规律来分析流体运动, 揭示流体在运动中压强、流速等运动要素随空间位置的变化关系——能量方程式, 即工程技术计算的基本方程。

(1) 恒定总流实际液体的能量方程

流体流动具有动能和势能两种机械能。它的势能又可分为位置势能和压力势能两种。瑞士科学家达·伯努利(Daniel Bernoulli)根据功能原理, 推演出考虑液体黏性影响的实际液体的 1—1 和 2—2 断面间恒定总流的能量方程, 亦即伯努利方程式。

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{\omega 1-2} \quad (1.16)$$