

高等职业教育建筑工程类规划教材

# 房屋设备

● 主 编 吴光林 宁掌玄

FANGWU  
SHEBEI

○ 煤炭工业出版社

高等职业教育建筑工程类规划教材

# 房屋 设 备

主 编 吴光林 宁掌玄

煤炭工业出版社

·北 京·

## 内 容 提 要

本书为高等职业教育建筑工程类规划教材之一。

本书主要介绍了流体力学与传热学的一般知识,室内给排水系统、消防系统、热水供应系统、室内采暖系统、通风与空气调节系统、空调冷源系统、燃气供应系统、建筑电气系统、建筑弱电系统的基本理论和施工、设计的基本知识。

本书是高等职业技术学院、高等专科学校建筑工程类各专业的教材,也可作为中等专业学校、成人教育学院和技工学校建筑工程类各专业的教学用书,同时可供建筑企事业单位工程技术人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

房屋设备/吴光林,宁掌玄主编. —北京:煤炭工业出版社,2004

高等职业教育建筑工程类规划教材

ISBN 7—5020—2473—5

I. 房… II. ①吴…②宁… III. 房屋建筑设备—高等学校:技术学校—教材 IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 050957 号

煤炭工业出版社 出版  
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)  
网址:www.cciph.com.cn  
北京京科印刷有限公司 印刷  
新华书店北京发行所 发行

\*  
开本 787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 15<sup>1</sup>/<sub>4</sub>  
字数 371 千字 印数 1—6,000  
2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷  
社内编号 5274 定价 23.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

# 高等职业教育建筑工程类规划教材 编审委员会

主任:牛维麟

副主任:杜蜀宾 张乃新 王以功 陈连城 张德琦  
杨平均 王作兴

委员(按姓氏笔画排列):

于锦伟	王 强	王长平	王玉辉	王社欣
王德利	方洪涛	马芝文	卢经扬	宁掌玄
吕志彬	仲兆金	刘伍诚	刘禄生	刘胜利
刘余强	祁振悦	孙世奎	孙荆波	李万江
李志忠	李淳敏	李永怀	张廷刚	张克俊
张志英	张贵良	陈晋中	吴文金	吴光林
宋 群	初明祥	冷冬兵	邹 波	邹绍明
杨 锐	武玉龙	罗达新	周文平	赵建民
郝临山	钟来星	侯印浩	郭清燕	徐 卓
黄国斌	梁珠擎	游普元	曹长春	常跃军
韩连顺	韩应军	翟永利	蔡建国	魏焕成

## 前 言

本书为高等职业教育建筑工程类规划教材之一,可作为建筑设备专业以外各专业的教材,也可作为中等职业技术学校同类专业教材和施工管理人员的参考用书。

本书主要介绍了流体力学与传热学的一般知识,室内给排水系统、消防系统、热水供应系统、室内采暖系统、通风与空气调节系统、空调冷源系统、燃气供应系统、建筑电气系统、建筑弱电系统的基本理论和施工、设计的基本知识。

随着我国经济的发展,建筑设备工程中采用了大量的新设备、新技术、新材料和新工艺,本书对此都有介绍。由于我国幅员辽阔,南北方气候条件相差太大,生活习惯和对建筑设备的要求有所不同,所以在编写本书时,既注意到内容的先进性又顾及到各地的实际情况,满足全国各地建筑工程类高职高专和中职的教学需要。

本书由徐州建筑职业技术学院吴光林、陈宏振,山西工业职业技术学院宁掌玄、张君仁,焦作建筑经济学校张克俊等编写。其中:绪论、第七章、第八章、第九章由吴光林编写;第四章、第五章、第六章由陈宏振编写;第一章、第十章、第十一章、第十二章由宁掌玄编写;第二章由张君仁编写;第三章由张克俊编写。全书由吴光林、宁掌玄任主编,陈宏振、张克俊任副主编。中国矿业大学黄炜副教授和徐州建筑职业技术学院徐勇老师主审。本书在编写过程中得到了有关高校和设计院领导的关心和大力支持,徐州建筑职业技术学院的戴冠秀和徐红梅同志也为本书提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限、时间仓促,书中若有不妥之处,恳请广大读者批评指正!

编 者

2004年5月

## 目 录

绪 论 .....	(1)
<b>第一章 流体力学概述 .....</b>	<b>(4)</b>
第一节 流体的主要力学性质 .....	(4)
第二节 流体静力学的基本概念 .....	(6)
第三节 流体动力学的基本概念 .....	(8)
第四节 流动阻力与能量损失的基本概念 .....	(9)
<b>第二章 传热学概述 .....</b>	<b>(11)</b>
第一节 稳定传热的基本概念 .....	(11)
第二节 稳定导热 .....	(13)
第三节 对流换热 .....	(13)
第四节 辐射换热 .....	(14)
第五节 稳定传热的过程及传热的增强与削弱 .....	(17)
<b>第三章 建筑给水工程 .....</b>	<b>(19)</b>
第一节 建筑内部给水系统的分类、组成及给水方式 .....	(19)
第二节 建筑给水系统的器材、附件及设备 .....	(22)
第三节 给水管道的布置与给水管网计算 .....	(27)
第四节 建筑消防给水系统 .....	(35)
第五节 热水供应系统 .....	(39)
<b>第四章 建筑排水工程 .....</b>	<b>(49)</b>
第一节 建筑排水系统的组成 .....	(49)
第二节 室内排水管材、附件及卫生器具 .....	(52)
第三节 排水管道的布置与敷设 .....	(63)
第四节 建筑排水系统计算 .....	(65)
第五节 屋面排水 .....	(70)
<b>第五章 高层建筑给水排水系统 .....</b>	<b>(72)</b>
第一节 高层建筑的特点 .....	(72)
第二节 高层建筑给水 .....	(72)
第三节 高层建筑消防给水 .....	(75)
第四节 高层建筑热水供应 .....	(77)
第五节 高层建筑的排水系统 .....	(78)
<b>第六章 室内供热与供燃气 .....</b>	<b>(82)</b>
第一节 热水供暖系统 .....	(82)
第二节 蒸汽供暖系统 .....	(85)
第三节 供暖系统的管路布置和主要设备 .....	(90)
第四节 供暖系统的设计热负荷 .....	(93)

第五节	供暖系统的散热设备 .....	(98)
第六节	高层建筑采暖的特点 .....	(100)
第七节	供热计量收费 .....	(103)
第八节	室内燃气供应 .....	(105)
<b>第七章</b>	<b>建筑通风</b> .....	(109)
第一节	概 述 .....	(109)
第二节	全面通风量的确定 .....	(111)
第三节	自然通风 .....	(115)
第四节	通风系统的主要设备和构件 .....	(117)
<b>第八章</b>	<b>空气调节</b> .....	(123)
第一节	概 述 .....	(123)
第二节	空气调节方式和设备的组成 .....	(124)
第三节	空气处理及设备 .....	(129)
第四节	空气调节系统与建筑的配合 .....	(142)
第五节	空调房间的气流组织 .....	(143)
<b>第九章</b>	<b>空调冷源</b> .....	(148)
第一节	制冷循环理论的基本知识 .....	(148)
第二节	蒸汽压缩式制冷循环的基本原理 .....	(153)
第三节	冷源形式 .....	(157)
第四节	空调冷源系统 .....	(162)
第五节	冷源系统主要设备布置 .....	(167)
第六节	制冷剂 and 载冷剂 .....	(168)
<b>第十章</b>	<b>建筑供配电系统</b> .....	(174)
第一节	用电负荷的计算 .....	(174)
第二节	导线、低压电器设备的选择 .....	(179)
第三节	配电箱、配电柜 .....	(192)
<b>第十一章</b>	<b>电气照明</b> .....	(198)
第一节	电气照明常用参数 .....	(198)
第二节	电光源与灯具 .....	(200)
第三节	电气照明线路 .....	(209)
<b>第十二章</b>	<b>建筑弱电系统</b> .....	(216)
第一节	共用天线电视系统 .....	(216)
第二节	电话通信系统 .....	(221)
第三节	建筑自动消防系统 .....	(226)
<b>参考文献</b>	.....	(235)

# 绪 论

在现代建筑中,室内的给水、排水、消防、供热、采暖、通风、空气调节、燃气、电气照明、电视电话、火灾自动报警等设备,统称为房屋设备。房屋设备装设在建筑物内,保证建筑物经济、安全、舒适、方便、卫生地使用,同时房屋设备的完善程度也是决定建筑级别的重要因素之一。

房屋设备主要介绍各系统的主要设备、基本组成、工作原理、施工图及一般的施工程序。房屋设备是建筑类学校工业与民用建筑、建筑设计技术、建筑装饰、建筑经济管理、建筑施工与管理、建筑工程质量与检测等专业的一门重要的专业基础课程,要求学生掌握设备工程的基本知识,以便在建筑设计和施工中,能使房屋设备工程与之协调配合。

## 一、学习本课程的必要性

房屋设备装置在建筑物内,这就要求它们与建筑、结构、装饰等相互协调(只有协调建筑、结构、装饰、设备各专业进行设计和施工),从而使建筑物达到经济、卫生、舒适、方便和安全的目的,使建筑物充分发挥其功能,提高建筑物的使用质量。这就要求设备专业以外的其他建筑类专业的工程技术人员掌握一定的房屋设备知识,以便做出合理的设计方案,在施工中协调各工种的关系,保证施工质量,加快施工进度。

对于建筑装饰专业的工程技术人员,不论是设计还是施工,都必须掌握房屋设备的基本知识。在进行装饰设计和施工时,就必须综合考虑各种因素,在满足设备专业要求的情况下,做出美观实用的装饰效果。

在结构设计时,也离不开房屋设备,如设备工程的管道引进和穿出,当管道尺寸较大时,穿越基础时应砌分压拱或设置过梁等;高层建筑的剪力墙上不宜留洞,这将直接影响设备工程的消火栓箱位置的确定;设备工程的贮水箱放在建筑物的上部,进行结构荷载计算时也必须充分予以考虑。

在土建施工时,需要各工种密切配合,共同完成施工任务。例如:砌筑基础时,应根据设备专业的要求,在一定位置上预留一定大小的洞,以便管道的引进和穿出;浇筑卫生间楼板时,要给管道和卫生器具留出一定大小、位置准确的洞,以便管道和卫生器具的安装;主体施工结束,应在墙的一定位置剔出一定大小的槽,固定电线管,以便电线的穿越。

因此,要求土建工程技术人员既要看懂建筑施工图和结构施工图,同时也要看懂设备施工图,施工时做好各工种的配合,必要时承担起设备方面技术人员的职责。看懂施工图是做预算的前提,只有掌握必要的设备工程的基本知识,看懂设备施工图,才能做好安装预算。也只有懂得设备工程的基本知识,才能做好土建预算和装饰预算。

## 二、课程的主要内容

本课程的主要内容有:流体力学、传热学的一般知识,建筑给排水工程,供热与供燃气,建筑通风、空调与空调冷源,建筑电气等五大部分。

### 1. 流体、传热的一般知识

房屋设备工程的给水排水、采暖、通风空调、燃气供应系统中,所输送的介质不同,有水、



蒸汽、空气、燃气等。但它们有共同的特性——流动性,因此统称为流体。采暖设备设置于建筑物内,通过传热使室内温度升高至设计温度,并维持一定的温度满足人们工作、学习、生活的需要。为了更好的学习房屋设备工程,必须对流体、传热的一般知识有所了解。

本书第一章和第二章,主要介绍流体的主要物理性质、流体静压强、流动时因摩擦阻力而产生的水头损失、传热、空气的湿度等基本概念。

## 2. 建筑给排水工程

随着人民生活水平的提高、生产的发展,对水质和用水设备的要求越来越高。

本书第三章、第四章和第五章,主要介绍室内给排水工程、建筑消防、热水供应系统及室内给排水施工图等几个部分。

室内用水设备的设置越来越完善,如何将水通过室内给水管网送到用水设备处,并满足各种给水系统对水质、水量、水压的要求;用水设备产生的污水如何排至室外排水管网等内容,将在室内给排水部分介绍。

高层建筑的涌现,建筑物功能的完善都需要消防系统来保障其安全,建筑消防介绍我国常用的消防给水系统的基本知识。

随着经济的发展、生活水平的提高,建筑物内热水供应系统的设置范围日益广泛,热水供应系统介绍工程中常用的热水供应系统、水的加热方式、热水管网的布置等基本知识。

## 3. 供热与供燃气

供热与供燃气主要介绍如何把一定的热量送到各采暖房间,补偿房间的热量损耗,维持室内一定的温度,采暖施工图等基本知识;另外还简要介绍燃气的来源、种类及供应方式,室内燃气管道的布置与敷设,常用燃气用具及使用燃气的安全常识等知识。

## 4. 通风空调与空调冷源

本书第七、八章通风及空气调节,介绍如何把室内污浊的空气经过除尘处理或无害化处理排至室外,把室外新鲜的经过处理的空气送至室内,保持室内空气新鲜、洁净、适宜或使室内保持恒温恒湿、超净等内容,从而满足不同场合对空气环境的不同要求。通风主要是消除工业有害物,空调主要创造恒温恒湿和洁净的室内空气环境,满足生产、科研及生活的需要,空调运行除需要热源外还需要冷源,本书第九章简要介绍空调所需冷源的基本理论和基本冷热源知识。

## 5. 建筑电气

在建筑电气方面,其发展更为迅速。高层建筑的给水系统有变频水泵系统、水位自动控制系统等,通风空调系统采用计算机控制系统运行管理,为保证建筑物的安全使用而设置的火灾自动报警系统和消防联动系统、有线电视系统等。近年来出现的智能建筑更是综合计算机、信息通信等方面的先进技术,将建筑物内的空调、照明、防灾、防盗、信息共享等,实现综合管理自动化、远程通信、办公自动化三种功能结合的建筑物。

本书第十章、第十一章、第十二章将介绍建筑供配电、电气照明、建筑弱电与消防电气等方面的有关知识。

## 三、学习方法

### 1. 要增加感性认识

房屋设备是一门应用技术,管道和设备存在于建筑物内,并且大多明装于室内,这给我们学习本课程提供了很大的方便。学生在日常生活中多留心、多观察这些管道与设备,在学

习时就会比较轻松。教师可多采用现场参观教学,给学生一个直观和完整的概念。

## 2. 明确学习目的

建筑工程技术人员都应掌握一定的房屋设备知识,应具备综合考虑和合理处理建筑设备和建筑主体之间关系的能力。任何建筑都离不开房屋设备,房屋设备存在于建筑主体内,房屋设备知识是一个高素质的建筑工程技术人员所必须具备的。明确了学习的目的,在学习时才会有浓厚的兴趣,才能在学习时事半功倍。我国目前对房屋设备十分重视,如在一级、二级注册建筑师的考试中,房屋设备列为考试科目之一。

## 3. 在理解的前提下记忆

房屋设备同样有规范、规程,这些内容比较枯燥,但其规定来源于实际工程,并指导实际工程,规定都是有原因的,如果理解了其中的理由,记忆起来才不会困难,记忆才会比较牢固。

# 第一章 流体力学概述

流体分为液体和气体。流体力学分为流体静力学和流体动力学,分别是研究流体在静止及运动状态下的力学规律及在工程实践中的应用问题。建筑设备中的给排水、供热、通风、空气调节及燃气供应等设备正是以流体为工质。因此,必须掌握流体力学的有关基本知识。

## 第一节 流体的主要力学性质

日常生活中能见到许多流体,他们的共同特征是:易于流动,不能承受拉力和切力,但能承受很大的压力。

### 一、流体的惯性

流体和固体一样都具有保持原有规律的特性,即惯性。惯性的大小由质量来衡量。质量越大,惯性也越大。通过物理知识可知,对于均质流体,质量的计算公式为

$$M = \rho V \quad (1-1)$$

式中  $M$ ——流体的质量,kg;

$\rho$ ——流体的密度,kg/m<sup>3</sup>;

$V$ ——流体的体积,m<sup>3</sup>。

在重力作用下,均质流体的重量为

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

式中  $G$ ——流体的重量,N;

$\gamma$ ——流体的容重,N/m<sup>3</sup>;

其他符号同前。

由于  $G = Mg$ ,则有

$$\gamma = \rho g \quad (1-3)$$

式中  $g$ ——重力加速度, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ 。

值得一提的是,流体的密度和容重随外界温度和压力的变化而变化,不同温度和压力条件下,同一种介质其密度和容重不同。因此,在计算时必须指出流体所处的温度和压力条件。如一个标准大气压下 4 ℃ 的水, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , $\gamma = 9.8 \text{ kN/m}^3$ ;一个标准大气压下 100 ℃ 的水, $\rho = 958.4 \text{ kg/m}^3$ , $\gamma = 9.401 \text{ kN/m}^3$ 。

### 二、流体的粘滞性

流体质点间或流层间因相对运动而产生的内摩擦力称为粘滞力。流体具有粘滞力的性质称为流体的粘滞性。

流体粘滞性的存在可用下例说明。当水流在重力作用下沿管道流动时,用测速仪可测得水流在某断面上的流速分布图,如图 1-1 所示。

从图中我们可发现：水流速分布不均匀，管壁上流速为零，管道轴线上流速最大，中间呈某种曲线规律变化。因管壁附近水层粘附管壁不动，该层水流速为零，该层水通过粘滞作用影响第二层水流速度，以此类推，至管轴线处影响最小，因而水流速度最大。这一结论可用牛顿内摩擦定律表示为

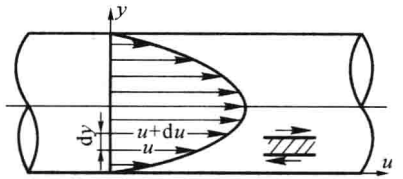


图 1—1 管道中某断面水流流速分布图

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (1-4)$$

式中  $\tau$ ——流层单位面积上的内摩擦力，又称切应力， $N/m^2$ ，简称帕，符号为 Pa；

$\mu$ ——动力粘度， $kg/m \cdot s$  或称  $Pa \cdot s$ ；

$\frac{du}{dy}$ ——流速梯度，表示速度沿垂直于速度方向的变化率， $1/s$ 。

在式(1—4)中， $\mu$  是反映流体粘滞性大小的系数，此外还可用运动粘度  $\nu = \frac{\mu}{\rho}$  表示，单位为  $m^2/s$ 。流体的  $\mu$  和  $\nu$  随流体种类不同而不同，并随温度升高而减小。表 1—1、表 1—2 分别列出了水和空气在不同温度下的  $\mu$  和  $\nu$  值。

表 1—1 水的粘度

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

表 1—2 一个大气压下空气的粘度

$t/^\circ C$	$\mu \times 10^{-3} / Pa \cdot s$	$\nu \times 10^{-6} / (m^2/s)$	$t/^\circ C$	$\mu \times 10^{-3} / Pa \cdot s$	$\nu \times 10^{-6} / (m^2/s)$
-20	0.016 6	11.9	70	0.020 4	20.5
0	0.017 2	13.7	80	0.021 0	21.7
10	0.017 8	14.7	90	0.021 6	22.9
20	0.018 3	15.7	100	0.021 8	23.6
30	0.018 7	16.6	150	0.023 9	29.6
40	0.019 2	17.6	200	0.025 9	25.8
50	0.019 6	18.6	250	0.028 0	42.8
60	0.020 1	19.6	300	0.029 8	49.9

值得一提的是：流体只有在流动时才产生粘滞性阻力，静止的流体粘滞性不显现。由于粘滞性阻力的产生，使得流体流动消耗能量。为保持流体长时间的流动，必须辅以外力。

### 三、流体的压缩性和膨胀性

流体受压,随压强增大而体积缩小、密度增大的性质称为流体的压缩性。流体受热,随温度升高而体积增大、密度减小的性质称为流体的膨胀性。液体和气体的压缩性和膨胀性表现有所不同。

流体的压缩性和膨胀性都很小。温度升高 1 ℃,水的密度约减小 1.5/1 000~7/1 000;每增加一个大气压,水的密度约增大 1/2 000。因计算误差很小,建筑设备中除水击问题和热水供暖系统外,一般不考虑液体的压缩和膨胀的影响。

气体的压缩和膨胀比液体大很多。在温度不太低、压强不很大情况下,气体的温度、压强和密度之间符合理想气体状态方程

$$\frac{p}{\rho} = RT \quad (1-5)$$

式中  $p$ ——气体的绝对压强,Pa;

$T$ ——气体的绝对温度,K;

$\rho$ ——气体的密度,kg/m<sup>3</sup>;

$R$ ——气体常数,J/(kg·K)。空气的  $R = 287$ ;在标准状态下其他气体的  $R = \frac{8\ 314}{n}$ ,  
 $n$  为气体分子量。

由于建筑设备中气体的流速远小于音速(约 340 m/s),而压强和温度在整个流程中变化又很小,其密度变化不超过 1%(当气体流速不大于 50 m/s 时),可忽略不计。因此,建筑设备中的气体可认为是不可压缩体。

综上所述,建筑设备中的液体和气体因流速低,所以可视为是均质的、易于流动的、具有粘滞性的不可压缩体。

## 第二节 流体静力学的基本概念

当流体质点间或流层间不存在相对运动,而处于相对静止或相对平衡状态时,符合流体静力学的基本规律。

当流体处于相对静止或相对平衡时,各质点间或流层间无相对运动,流体的粘滞性不起作用,故静止的流体不产生内摩擦力(切应力);又由于流体几乎不能承受拉应力,所以静止的流体质点间相互作用是通过压应力(称静压强)形式表现出的。因此,流体静力学的主要任务是研究静压强的分布规律,并以此为基础解决一些实际问题。

### 一、流体静压强及其特性

设想在一盛满水的水箱侧壁上开孔,水立刻从孔口向外喷射出来,这表明静止的流体对水箱侧壁作用着静压力,导致水流从孔口中喷射出来。我们把作用在单位面积上的流体静压力称为流体静压强,以符号  $P$  表示。

流体静压强分为点静压强和平均静压强。点的静压强能精确反映出作用面上各质点的静压强大小,主要用于分析和研究问题之便;平均静压强反映作用面上各质点的静压强平均值,工程实践中常以此作为应用基础。

点的静压强计算公式为

$$p = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta\omega} \quad (1-6)$$

式中  $p$ ——某点趋近于零时,该点的静压强,  $\text{N/m}^2$ ;

$\Delta P$ ——某点的压力,  $\text{N/m}^2$ ;

$\Delta\omega$ ——某点的表面积,  $\text{m}^2$ 。

流体静压强有下列特性:

- (1) 流体静压强的方向与作用面的内法线方向重合,说明静压强只存在压应力。
- (2) 流体中某点的静压强大小与作用面的方位无关,即作用于同一点的静压强大小相等。

## 二、流体静压强的分布规律

如图 1-2 所示,在盛满水的水箱侧壁上开深度不同的三个孔,可以看到孔口位置越高,水流喷射愈缓、愈近;孔口位置越低,水流喷射愈急、愈远。这说明水对水箱不同深度处静压强不同,静压强随水深的增加而增大。如上述三个开孔在同一深度不同处,则可看到从各孔口喷射出来的水流情况一致,这说明水对水箱侧壁同一深度处作用的静压强大小相等。

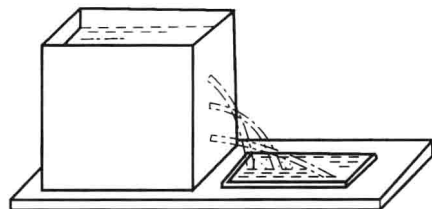


图 1-2 开敞的水箱中液体静压强与深度关系

液体在重力作用下静压强的基本方程式为

$$p = p_0 + \gamma h \quad (1-7)$$

式中  $p$ ——静止液体中某点的静压强,  $\text{Pa}$ ;

$p_0$ ——静止液体表面的静压强,  $\text{Pa}$ ;

$h$ ——某点在液体表面下的深度,  $\text{m}$ ;

其他符号同前。

式(1-7)表明,液体静压强随深度增加而增大,同一深度处各点的静压强相等,作用于液面上的静压强可以等值地传递到静止液体中的每一点。

流体静压强的基本方程式为

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \quad (1-8)$$

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

式中  $p_1, p_2$ ——静止流体中任意两点静压强,  $\text{Pa}$ ;

$z_1, z_2$ ——静止流体中从基准面到该点的距离,  $\text{m}$ ;

$\gamma$ ——该流体的容重,  $\text{N/m}^3$ 。

## 三、压强的表示方法和计量单位

量度压强的大小,可以采用不同的计算基准。工程中压强的量度基准有:

(1) 绝对压强。以完全真空为零点计算出的压强值,用  $p_j$  表示。

(2) 相对压强。以大气压强为零点计算出的压强值,用  $p_x$  表示。

则  $p_x = p_j - p_a$ ,  $p_a$  为大气压强。

(3) 真空度。某点的绝对压强不足于大气压强的部分称为真空度,用  $p_k$  表示。  $p_k =$

$p_a - p_j$ 。真空度实际上等于负的相对压强的绝对值,因此工程上常称为“负压”。

压强的计量单位有帕(Pa)、千帕(kPa)、液柱高度(m、mm)和工程大气压(at)。其单位的换算关系为:

$$1 \text{ 个工程大气压} \approx 10 \text{ mH}_2\text{O} \approx 735.6 \text{ mmHg} \approx 98 \text{ kN/m}^2 \approx 98 \text{ 000 Pa}$$

### 第三节 流体动力学的基本概念

流体动力学研究的是流体运动要素(压强、流速等)随空间和时间的变化规律及相互间的关系。运用流体动力学的知识可以解决工程实践中的大量问题。

#### 一、基本概念

为研究流体运动规律方便,必须了解与流体运动有关的基本概念。

(1) 过流断面。指与流体运动方向相垂直的流体横断面,用符号  $\omega$  表示,单位  $\text{m}^2$ 。过流断面的形状和大小随输送流体的管渠形状和尺寸而异。常见的过流断面形状如图 1—3 所示。

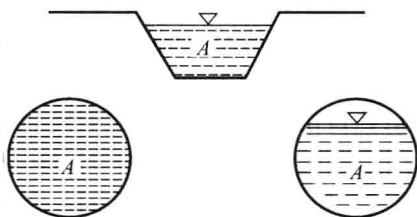


图 1—3 常见过流断面形状

(2) 流量。指单位时间内流体通过过流断面的体积或质量。前者称体积流量,用  $Q$  表示,单位为  $\text{m}^3/\text{s}$ ;后者称质量流量,用  $G$  表示,单位为  $\text{kg}/\text{s}$ ,两者间的换算关系为

$$G = \rho Q \quad (1-9)$$

式中符号同前。

(3) 流速。指单位时间内流体流动所通过的距离,用符号  $v$  表示,单位为  $\text{m}/\text{s}$ 。

通过本章第一节可知,由于流体粘滞性的影响,流体在过流断面上各质点的流速并不相等。但为方便计算和分析,工程中常用平均流速作为设计或计算参数。平均流速是以假定在该流速条件下通过过流断面的流量与实际流速下通过该断面的流量相等为前提条件的。

流量、流速、过流断面三者的关系为

$$Q = v\omega \quad (1-10)$$

或

$$G = \rho Q = \rho v\omega \quad (1-11)$$

(4) 湿周。指在过流断面上流体与固体边界接触的周界长度,用  $x$  表示,单位为  $\text{m}$ 。

(5) 水力半径。指过流断面与湿周之比,用  $R$  表示,单位为  $\text{m}$ ,  $R = \frac{\omega}{x}$ 。

#### 二、流体运动类型

流体的运动受多方面的因素影响,因而流体运动是非常复杂的,其运动类型也是多种多样的。根据流体运动的特征可将运动分为以下几种类型:

##### 1. 恒定流和非恒定流

(1) 恒定流。指流体流动过程中,流体各质点的流速、压强等运动要素不随时间变化而变化,仅与空间位置有关。如图 1—4a 所示水箱。由于进、出水箱流量相等,水箱水位始终保持不变,使得下部孔口出流形状、流速和压强等均不随时间变化而变化,成为恒定流。

在建筑设备的流体中,为方便考虑,绝大多数流体运动状态视为恒定流。只有在流体运

动中运动要素变化较大时,如启动水泵、风机或调节阀门时,才把流体运动状态视为非恒定流。

(2) 非恒定流。指流体运动过程中,流体各质点流速和压强等不仅与空间位置有关,而且还随时间变化而变化。如图 1—4b 所示水箱。由于水箱水位不断下降,使得孔口流出流体形状、流速和压强等都随时间变化而变化,成为非恒定流。

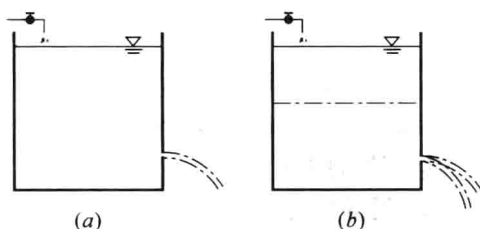


图 1—4 恒定流与非恒定流

## 2. 有压流和无压流

(1) 有压流。指流体在整个流程中,过流断面的周界都与固体壁始终接触,没有自由表面。有时也称压力流。如给水管道中的水流等。

(2) 无压流。指流体在整个流程中,过流断面周界部分与固体壁接触,具有自由表面。有时也称重力流。如排水管道中的水流、河道中的水流等。

## 3. 一元流、二元流和三元流

(1) 一元流。若流体运动要素是一个坐标的函数称为一元流。建筑设备中的流体都按一元流对待。

(2) 二元流。若流体运动要素是两个坐标的函数称为二元流。如水在非常宽阔的矩形渠道中远离侧边的流动等。

(3) 三元流。若流体运动要素是空间坐标的函数称为三元流。如水在断面形状与大小沿程变化的天然河道中的流动等。

显然,坐标维数越少,问题越简单。工程实践中常把二元流、三元流简化为一元流对待,求取其近似值,使问题简单化。

## 第四节 流动阻力与能量损失的基本概念

由于流体存在粘滞性及惯性,流动的流体受固体壁的阻滞和扰动,以及流体局部边界的急剧变化等,使得流体流动过程中要消耗掉一部分能量,产生能量损失,这反映出流动阻力的存在。

### 一、沿程损失

流体在长直管(渠)中流动所受的摩擦阻力称为沿程阻力。为克服沿程阻力引起的能量损失称为沿程损失。工程上常用的沿程损失计算公式为

$$h_f = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1-12)$$

式中  $h_f$ ——沿程损失, m;

$\lambda$ ——沿程阻力系数(无因次量);

$L$ ——管长, m;

$d$ ——管径, m;

$v$ ——管中流体平均流速, m/s。

对气体管道,工程上常称沿程损失为压力损失,计算公式为



$$p_f = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (1-13)$$

式中  $p_f$ ——压力损失, Pa;

$\rho$ ——气体密度, kg/m<sup>3</sup>;

其他符号同前。

## 二、局部损失

流体流经局部边界时,由于急剧变化产生局部阻力,如流体在弯头、阀门等处。克服局部阻力引起的能量损失称为局部损失。工程上常用的计算公式为

$$h_i = \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (1-14)$$

式中  $h_i$ ——局部损失, m;

$\zeta$ ——局部阻力系数,可查有关资料;

其他符号同前。

对气体管道而言,计算公式为

$$p_i = \zeta \frac{\rho v^2}{2} \quad (1-15)$$

式中  $p_i$ ——局部压力损失, Pa;

其他符号同前。

在工程实践中,由于产生局部损失的部位很多,难于一一计算,常将局部损失按沿程损失的百分比计算。

流体的沿程损失和局部损失之和称为总损失,用  $h_w$  表示。流体在任意两个断面的能量损失计算式为

$$h_w = \sum h_f + \sum h_i = \sum \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} + \sum \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (1-16)$$

或

$$p_w = \sum p_f + \sum p_i = \sum \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2} + \sum \zeta \frac{\rho v^2}{2} \quad (1-17)$$