



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

建筑设备工程

—给排水、供热与通风空调

主编 / 易津湘 主审 / 孙淑琴

哈尔滨工程大学出版社

内容简介

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，也是“十三五”普通高等教育本科国家级规划教材。本书可作为高等院校建筑环境与能源工程、建筑电气与智能化工程、建筑给水排水工程、建筑暖通空调工程、建筑环境与能源工程、建筑电气与智能化工程、建筑给水排水工程、建筑暖通空调工程等专业的教材，也可供从事建筑环境与能源工程、建筑电气与智能化工程、建筑给水排水工程、建筑暖通空调工程等相关工作的工程技术人员参考。



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

建筑设备工程

—给排水、供热与通风空调

主编 / 易津湘 主审 / 孙淑琴

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第018325号

哈尔滨工程大学出版社 出版发行
地址：哈尔滨市南岗区西大直街134号
邮编：150001
电话：0451-85219328
传真：0451-85219366
网址：http://www.hepup.cn
E-mail: hepup@hepup.edu.cn
ISBN 978-7-5666-1718-2
定价：30.00元

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书以加强理论与技能训练,培养学生对工程实际问题的分析和解决能力的原则而编写。全书主要内容有流体力学和传热学基础、建筑给排水、采暖通风与空调、热水供应以及燃气供应等。本书还配有部分水、暖的施工图。

本书可作为建筑工程技术、工程造价、建筑装饰等建设类专业(设备专业除外)教材,也可作为中等职业技术学校教材,同时也可供二级注册建筑师及施工管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑设备工程. 给排水、供热与通风空调/易津湘主编.
哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2008.3
ISBN 978-7-81133-172-1

I. 建… II. 易… III. ①给排水系统-高等学校:
技术学校-教材②供热系统-高等学校:技术学校-教材
③通风设备-高等学校:技术学校-教材④空气调节设备-
高等学校:技术学校-教材 IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 018927 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省教育厅印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 13.5
字 数 292 千字
版 次 2008 年 3 月第 1 版
印 次 2008 年 3 月第 1 次印刷
定 价 30.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

21 世纪高职系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主任委员	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	李长禄	张亦丁	张学库	杨永明
委 员	季永青	罗东明	施祝斌	唐汝元
	曹志平	蒋耀伟	熊仕涛	
	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	刘义菊	刘国范	闫世杰	李长禄
	杨永明	张亦丁	张学库	陈良政
	肖锦清	林文华	季永青	罗东明
	胡启祥	施祝斌	钟继雷	唐永刚
	唐汝元	郭江平	晏初宏	曹志平
	蒋耀伟	熊仕涛	潘汝良	

前 言

本书贯彻了国家最新规范的要求,采用了大量的新设备、新技术、新材料和新工艺,同时由于我国幅员辽阔,气候相差很大,对建筑设备工程内容的要求不一致,在编写过程中也尽量满足不同的要求。

本书以培养应用型人才为目标,以技术技能培养为本,以基础理论够用为度,主要介绍了流体力学与传热学的基本知识、建筑给水系统、建筑排水系统、热水供应系统、供暖系统、通风与空气调节系统与室内燃气供应系统等的基本知识和技术,同时为加强对学生实践能力的培养增加了室内给排水施工图、室内供热施工图及通风空调施工图等内容。

全书由哈尔滨职业技术学院易津湘担任主编,孙淑琴担任主审。

参加本书编写工作的有易津湘(第1章至第5章、第9章),孙淑琴(第6章至第8章)。

在本书编写过程中,参考了相关著作,在此谨向其作者表示真诚的敬意和谢意。

由于编者水平有限,且时间仓促,书中难免有疏漏与欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2008年2月

目 录

第1章 流体力学、传热学的一般知识	1
1.1 流体的主要物理性质	1
1.2 流体的静力学的基本概念	3
1.3 流体的动力学的基本概念	5
1.4 流动阻力与水头损失	7
1.5 传热学的基础知识	9
第2章 建筑给水工程	12
2.1 室内给水系统的分类、组成及给水方式	12
2.2 给水管材、附件及设备	16
2.3 给水升压贮水设备	24
2.4 室内给水管道的布置与敷设	30
2.5 室内给水管道计算方法	34
2.6 高层建筑给水系统	45
2.7 消防给水系统	46
2.8 高层建筑消防给水系统	53
第3章 建筑排水工程	58
3.1 室内排水系统的组成	58
3.2 排水管材与卫生器具	61
3.3 排水管道的布置与敷设	71
3.4 室内排水系统设计	73
3.5 屋面排水	80
3.6 高层建筑排水	82
3.7 建筑给排水管道的安装	84
第4章 热水供应系统	88
4.1 热水供应系统	88
4.2 水的加热与储存	90
4.3 热水管网的布置与敷设	93
4.4 饮用水供应	95
第5章 建筑给排水施工图	97
5.1 施工图的组成与内容	97
5.2 室内给排水施工图的识读	105
第6章 供暖系统	110
6.1 建筑物耗热量及采暖系统	110
6.2 蒸汽采暖系统	127
6.3 室内采暖系统的初运行与调节	128

6.4	暖风机及风机盘管	129
6.5	热水采暖系统主要辅助设备及附件	131
6.6	供暖管路的布置与敷设	134
6.7	高层建筑采暖系统	137
6.8	室内供暖工程施工图识读及系统安装	139
6.9	热力站及热源	144
第7章	通风系统	155
7.1	通风系统	155
7.2	通风系统分类	156
7.3	全面通风量的确定	159
7.4	地下建筑的通风和防排烟	161
7.5	民用建筑火灾烟气的控制	166
第8章	空气调节	173
8.1	空调系统的组成和分类	173
8.2	空调系统的冷源	174
8.3	空气调节系统	177
8.4	空调系统的设计指标	180
8.5	空气处理设备	182
8.6	空调水系统	187
8.7	空调房间的气流组织	189
8.8	空调系统的消声减振	190
8.9	通风、空调系统管路布置与施工图识读	193
第9章	室内燃气供应系统	198
9.1	燃气供应概述	198
9.2	室内燃气供应	201
9.3	燃气管道的管材及其附属设备	202
9.4	燃气表与燃气用具	205



第1章 流体力学、传热学的一般知识

1.1 流体的主要物理性质

液体和气体统称为流体,流体不同于固体的最基本特性是具有流动性。流体力学是研究流体平衡和运动规律的一门学科。建筑设备工程中给排水、采暖、通风空调、燃气供应等系统所输送的都是流体。我们学习流体力学的一般知识,是为学习后续课程打下一个基础。

在流体中,液体没有固定的形状,但有一定的体积,能形成自由表面,不易被压缩;而气体总充满它能达到的全部空间,比较容易被压缩。

流体的主要物理性质如下。

1.1.1 密度与容重

流体和固体一样具有质量,质量愈大,其运动状态愈难改变,因而惯性也愈大。对于匀质流体,单位体积的质量称为流体的密度,用符号 ρ 表示。

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

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 。

流体也和固体一样具有重力,这是物质受地球引力而产生的。对于匀质流体,单位体积的重力称为流体的容重,用符 γ 号表示。

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

式中 γ —— 流体的容重, kg/m^3 ;

G —— 流体的重力 N ;

V —— 流体的体积 m^3 。

由于流体的重力 G 等于质量 M 和重力加速度 g 的乘积,因此流体的密度和容重存在下列关系。

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

式中 γ, ρ 同前;

g —— 重力加速度,一般采用 9.81m/s^2 。

流体的密度和容重受外界压力和温度的影响,因此,当指出某种流体的密度和容重时,必须指明所受外界压力和温度条件。水和空气在一个标准大气压下的密度和容重值见表 1-1 和 1-2。



表 1-1 在一个标准大气压(101.3kPa)下水的密度和容重

温度 /℃	密度 /(kg/m ³)	容重 /(N/m ³)	温度 /℃	密度 /(kg/m ³)	容重 /(N/m ³)	温度 /℃	密度 /(kg/m ³)	容重 /(N/m ³)
0	999.87	9 805	10	999.73	9 804	60	983.24	9 642
2	999.97	9 806	20	998.23	9 789	70	977.81	9 589
4	1 000.00	9 807	30	995.67	9 764	80	971.83	9 530
6	999.97	9 806	40	992.24	9 731	90	965.34	9 467
8	999.88	9 805	50	988.07	9 690	100	958.38	9 399

表 1-2 在一个标准大气压(101.3kPa)下空气的密度和容重

温度 /℃	密度 /(kg/m ³)	容重 /(N/m ³)	温度 /℃	密度 /(kg/m ³)	容重 /(N/m ³)	温度 /℃	密度 /(kg/m ³)	容重 /(N/m ³)
0	1.293	12.70	25	1.185	11.62	60	1.060	10.40
5	1.270	12.47	30	1.165	11.43	70	1.029	10.10
10	1.248	12.24	35	1.146	11.23	80	1.000	9.81
15	1.226	12.02	40	1.128	11.07	90	0.973	9.55
20	1.205	11.80	50	1.093	10.72	100	0.947	9.30

1.1.2 流体的压缩性和膨胀性

流体的温度不变,压强增大,体积减小的性质称为流体的压缩性。流体的压强不变,温度升高,体积增大的性质称为流体的膨胀性。

液体的压缩性和膨胀性都很小。在实际工程中,除供热系统外,液体的压缩性不予考虑。水的膨胀性比较特殊,当水温在0℃~4℃时,水的体积随温度的降低而增大,密度和容重相应减小。因此,在北方冬季水暖管道试压后,应及时把水放掉,避免因水冻结,体积膨胀而使管道和散热器损坏。间歇运行的采暖系统,因其温度变化较大,系统中水的体积也有一定的变化,必须充分考虑并解决这一问题,才能保证系统正常运行。

气体的体积随压强和温度的变化较大,因而其密度和容重也有较大的变化,气体是很容易被压缩或膨胀的。当气体的压强和温度不变或变化很小时,气体的密度和容重可以看做常数,这种气体称为不可压缩气体。通风空调工程中,一般不考虑空气的压缩性和膨胀性。

在建筑设备专业中,经常接触的流体都是不可压缩流体,所以不可压缩流体是我们的主要研究对象。

1.1.3 流体的黏滞性

在日常生活中,如果从瓶里倒水或倒油,我们可以观察到,水比油流得快,这说明水和油在流动时具有一种性质,即黏滞性。水的黏滞性小,流得快;油的黏滞性大,流得慢。水和油静止时,黏滞性显示不出来。流体在流动过程中,内部产生对其运动起阻挠作用的黏滞力(内摩擦力),流体的这种性质,称为流体的黏滞性。流体在流动时,由于黏滞性的存在,使流体在流动过程中产生能量损失。

流体的黏滞性与分子间的吸引力和分子间不规则热运动有关。液体的黏滞性主要由分



子间的吸引力引起,温度升高,分子间的引力减小,其黏滞性减小;气体的黏滞性主要是由于分子间不规则热运动产生动量交换引起的,因而气体的黏滞性随温度的升高而增大。

1.2 流体的静力学的基本概念

1.2.1 流体静压强的概念及方程式

1. 流体静压强的概念

人在江湖中游泳,当水淹过胸部,就会感到呼吸困难,这是因为胸部受到水的压力。如果在一个盛满水的水箱侧壁上开一个孔口,水立即会从孔口向外喷出来,孔口开得越靠下,水喷得越远,这说明静止的流体中有压力,并且压力随着流体深度的增大而增大。这种压力称为静压力,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。

流体静压强有两个基本特性。

- (1) 流体静压强的方向垂直指向作用面。
- (2) 流体中任意一点各方向的流体静压强均相等。

2. 流体静压强的基本方程式

在一个密闭的容器中装有液体,如图 1-1 所示,液体的容重为 γ ,自由表面上的压强为 p_0 ,在液体中任取一点 a ,设该点在液面以下深度为 h ,则该点的静压强 p 为

$$p = p_0 + \gamma h \quad (1-4)$$

式中 p —— 静止液体中任意一点的静压强, Pa;

p_0 —— 静止液体自由表面上的静压强, Pa;

h —— 该点在液体中的深度, m;

γ —— 液体的容重, N/m^3 。

上式为流体静压强的基本方程式,它表明重力作用下的静止液体中,静压强随着液体深度的增大而增大,同一深处的静压强相等。

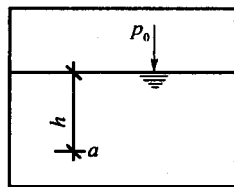


图 1-1 流体静压强的基本方程式

1.2.2 流体静压强的表示方法

流体静压强根据计算基准的不同,可分为绝对压强和相对压强。绝对压强是以没有气体存在的完全真空为零点算起的压强,以符号 p_j 表示;相对压强是以大气压强 p_a 为零点算起的压强,以符号 p_z 表示。若某点的绝对压强小于大气压强 p_a ,则该点处于真空状态,在真空状态下任意点的绝对压强 p_j 不足于大气压强 p_a 的部分,称为真空压强,用符号 p_k 表示。

$$p_z = p_j - p_a \quad (1-5)$$

$$p_k = p_a - p_j \quad (1-6)$$

$$p_k = |p_z| \quad (1-7)$$

三种压强的关系如图 1-2 所示。

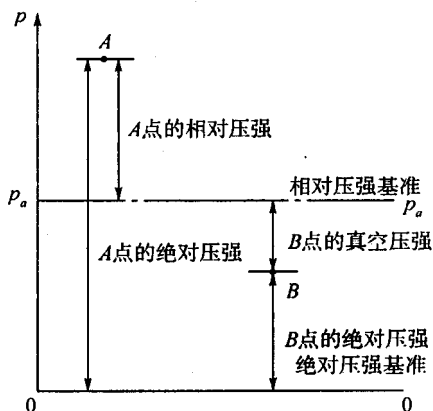


图 1-2 压强关系图



1.2.3 流体静压强的单位

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 (工程大气压), $1\text{at} = 98.07\text{kPa}$, 在工程单位制中, $1\text{at}(\text{工程大气压}) = 1\text{kgf}/\text{cm}^2$ (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

$$H = p/\gamma \quad (1-8)$$

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

$$h_{\text{H}_2\text{O}} = p_a/\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 98.07/9.807 = 10\text{ mH}_2\text{O}$$

$$h_{\text{Hg}} = p_a/\gamma_{\text{Hg}} = 98.07/133.38 = 735.6\text{ mmHg}$$

三种压强单位的关系为

$$1\text{ at} \approx 100\text{ mH}_2\text{O} \approx 735.6\text{ mmHg} \approx 98\text{ kPa}$$

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

例 1-1 如图 1-3 所示, 一密闭水箱, 箱内流体表面绝对压强 $p_{j0} = 78.3\text{ kN}/\text{m}^2$, 箱外的大气压强 $p_a = 98\text{ kN}/\text{m}^2$, 求水深 1.5 m 处 A 点的绝对压强、相对压强和真空度, 并用压强的三种单位表示。

解 根据静水压强基本方程式, 则 A 点的绝对压强为

$$\begin{aligned} p_{jA} &= p_{j0} + \gamma h \\ &= 78.3 + 9.807 \times 1.5 = 78.3 + 14.71 = 93.01\text{ kN}/\text{m}^2 \end{aligned}$$

A 点的相对压强为

$$p_{xA} = p_{jA} - p_a = 93.01 - 98 = -4.99\text{ kN}/\text{m}^2$$

因为 A 点的相对压强是负值, 说明 A 点处于真空状态, 其真空度为

$$p_{kA} = p_a - p_{jA} = 98 - 93.01 = 4.99\text{ kN}/\text{m}^2$$

用工程大气压表示 A 点的压强

$$p_{jA} = 93.01/98 = 0.95\text{ at}$$

$$p_{xA} = -4.99/98 = -0.05\text{ at}$$

$$p_{kA} = 4.99/98 = 0.05\text{ at}$$

用 mH_2O 表示 A 点的压强, 因为 $1\text{at} = 10\text{ mH}_2\text{O}$, 则

A 点的压强可表示为

$$p_{jA} = 0.95 \times 10 = 9.5\text{ mH}_2\text{O}$$

$$p_{xA} = -0.05 \times 10 = -0.5\text{ mH}_2\text{O}$$

$$p_{kA} = 0.05 \times 10 = 0.5\text{ mH}_2\text{O}$$

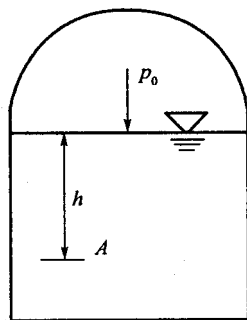


图 1-3 密闭水箱

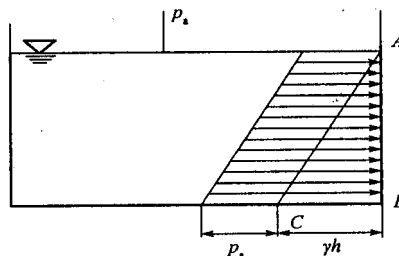


图 1-4 流体静压强分布图

1.2.4 流体静压强的分布规律

流体静压强的分布规律如图 1-4 所示。

1. 静止液体内任意一点的压强等于液面压强加上液体容重与深度乘积之和。

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。水压机等一些液压传动装置就是根据这一原理制成的。

1.3 流体的动力学的基本概念

1.3.1 流体动力学的基本概念

流体在建筑设备工程中和运动密切相关,因此我们需要了解一些流体运动的基本概念。

1. 元流 流体运动时,为研究方便我们把流体中一微小面积形成的一股流束称为元流。
2. 总流 流体运动时,无数元流的总和称为总流,如图 1-5 所示。
3. 过流断面 流体运动时,与流体的运动方向垂直的流体横断面称为过流断面。过流断面可能是平面,也可能是曲面,形状有圆形、矩形、梯形等,如图 1-6 所示。

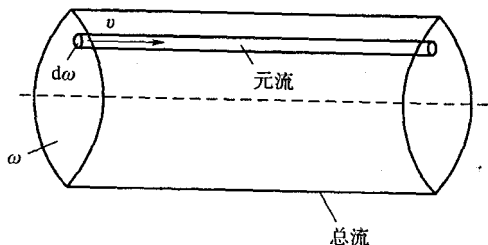


图 1-5 元流与总流图

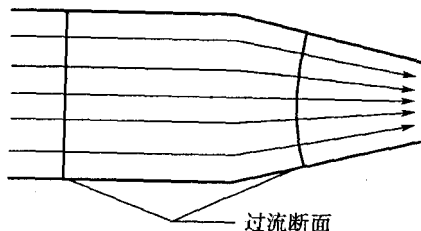


图 1-6 过流断面

4. 湿周 流体与固体相接触的长度。
5. 水力半径 过流断面与湿周的比。
6. 流量 在单位时间内流体通过过流断面的体积或质量。一般情况下,流量指的是体积流量,但也可用质量流量来表示。
7. 流速 在单位时间内流体移动所通过的距离。

流体运动时,由于流体黏滞性的影响,过流断面上的流速不等且一般不易确定,为便于分析和计算,在实际工程中通常采用过流断面上各质点流速的平均值即平均流速。平均流速通过过流断面的流量应等于实际流速通过该断面的流量,这是确定平均流速的假定条件。

流量、过流断面和流速三者之间应符合下面关系

$$Q = \omega v \quad (1-9)$$

式中 Q —— 体积流量, m^3/s ;

v —— 平均流速, m/s ;

ω —— 过流断面, m^2 。

1.3.2 流体运动的类型

影响流体运动的因素有很多,因而流体的运动状态也是多种多样的,根据流体运动的一些主要特征可将流体运动分为以下几种主要类型。

1. 有压流 流体在压差作用下流动, 流体各个过流断面的整个周界都与固体壁相接触, 没有自由表面, 这种流体运动称为有压流或压力流, 也称为管流。如供热管道中的汽、水带热体, 给水管中的水流都是有压流。

2. 无压流 流体在重力作用下流动, 流体各个过流断面的部分周界与固体壁相接触, 具有自由表面, 这种流体的运动称为无压流或重力流, 或称为明渠流。如天然河道、明渠、排水管中的水流都是无压流。

3. 恒定流 流体运动时, 流体中任一位置的压强、流速等运动要素不随时间变化, 这种流体运动称为恒定流, 如图 1-7(a) 所示。

4. 非恒定流 流体运动时, 流体中任一位置的运动要素如压强、流速等随时间变化而变化, 这种流体运动称为非恒定流, 如图 1-7(b) 所示。

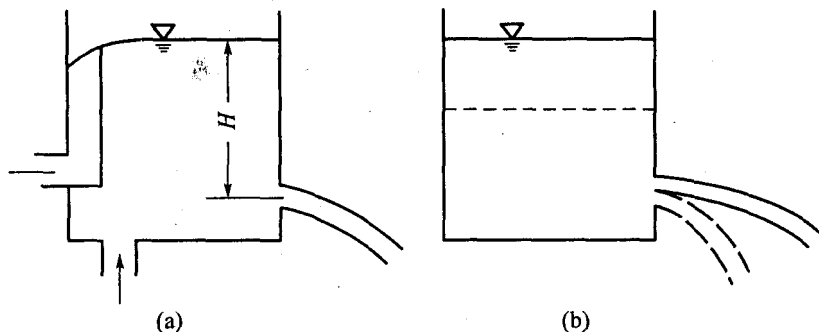


图 1-7 恒定流与非恒定流

(a) 恒定流; (b) 非恒定流

在实际建筑设备工程中, 为使研究的问题得到合理的简化, 在绝大多数情况下都可以把流体的运动状态看成是恒定流, 但在研究如水泵或风机等启动时的流体运动情况时, 因其流速和压强随时间变化较大, 流体的运动须看成是非恒定流。

1.3.3 恒定流的连续性方程

在恒定总流中任取一元流, 如图 1-9 所示, 由于质量平衡, 流入断面 ω_1 的流体质量必然等于流出断面 ω_2 的流体质量。即

$$\rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 \quad (1-10)$$

$$\rho_1 \omega_1 v_1 = \rho_2 \omega_2 v_2$$

式中 ρ_1, ρ_2 ——断面 ω_1, ω_2 处的密度, kg/m^3 ;

ω_1, ω_2 ——过流断面 1-1, 2-2 的面积, m^2 ;

v_1, v_2 ——流体经过断面 1-1, 2-2 的平均流速, m/s ;

Q_1, Q_2 ——过断面 1-1, 2-2 的流体流量, m^3/s 。

因为流体是同种流体 $\rho_1 = \rho_2$, 流体不可缩时, 连续性方程简化为

$$Q_1 = Q_2 \quad (1-11)$$

$$\text{或 } \omega_1 v_1 = \omega_2 v_2 \quad (1-12)$$

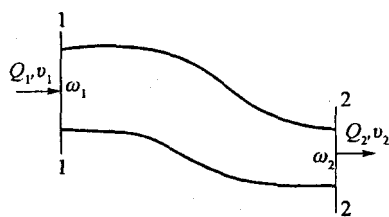


图 1-8 流动中的质量平衡

1.3.4 恒定总流的能量方程

运动流体的总能量由位能、压能和动能三部分组成。荷兰科学家达·伯努里,根据能量守恒及其转化规律,并考虑流体的黏滞性影响,推演出如图 1-9 所示的有压管流中,断面 1-1 和 2-2 之间流段实际液体的能量方程,即伯努里方程式。

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{1-2} \quad (1-13)$$

式中 z_1, z_2 ——过流断面 1-1, 2-2 上单位重力液体的位能,也称为位置水头;

$p_1/\gamma, p_2/\gamma$ ——过流断面 1-1, 2-2 上单位重力液体的压能,也称压强水头;

$\alpha_1 v_1^2/2g, \alpha_2 v_2^2/2g$ ——过流断面 1-1, 2-2 上单位重力液体的压能,也称流速水头;

h_{1-2} ——单位重力液体通过流段 1-2 的平均能量损失,也称水头损失。

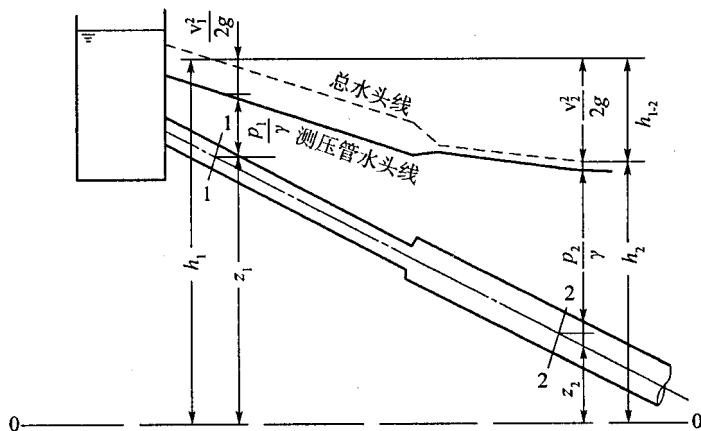


图 1-9 圆管中有压流动的总水头损失与测压管水头线

方程中的动能的修正系数 α 是修正以断面平均流速 v 代替质点流速所造成的误差。一般 $\alpha = 1.05 \sim 1.1$, 为了计算方便, 常取 $\alpha = 1.0$ 。

1.4 流动阻力与水头损失

我们知道, 流体在流动过程中, 由于需要克服各种阻力, 就要消耗自身的机械能, 造成能量损失, 单位重力流体产生的能量损失叫水头损失, 用符号 h_w 表示。根据流动阻力的不同, 水头损失可分为沿程水头损失和局部水头损失。

1.4.1 沿程阻力和沿程水头损失

流体在流动时, 流体的黏滞力以及流体与管壁的摩擦力统称为沿程摩擦阻力, 或称为沿程阻力。流体流动时, 克服沿程阻力而造成的水头损失称为沿程水头损失, 用符号 h_f 表示。

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (1-14)$$

式中 h_f ——沿程水头损失, m;



λ —— 沿程阻力系数, 无因次量;

L —— 管段长度, m;

D —— 管道直径, m;

v —— 管道断面平均流速, m/s;

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

由上式可以看出, 沿程水头损失与管道长度成正比, 与管径成反比, 与流速的平方成正比。因此计算水头损失时, 应先把管道分成若干个管径相同、流速相等的计算管段, 然后计算每一个管段的沿程水头损失, 最后将每个计算管段的沿程水头损失累加起来, 就是整个计算管路的沿程水头损失。

沿程阻力系数 λ 的大小, 与流体的种类、流速及管道内壁的粗糙度有关, 一般由实验确定。

1.4.2 局部阻力和局部水头损失

当流体流经三通、大小头、弯头、阀门等管道配件或附件时, 由于这些局部障碍的影响, 使流体流动状况发生急剧变化, 流体质点互相碰撞, 产生旋涡, 因而产生另一种阻力叫局部阻力。流体由于克服局部阻力而造成水头损失, 称为局部水头损失, 以符号 h_j 表示。

$$h_j = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (1-15)$$

式中 h_j —— 局部水头损失, m;

ξ —— 局部阻力系数, 无因次量;

v —— 管道断面平均流速, m/s;

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

局部水头损失与管道的长度无关, 只与局部阻力系数和流体的流速 (流速一般采用局部阻力之后的断面平均流速) 有关, 而局部阻力系数 ξ 值与管件的种类、管件的尺寸等因素有关。在计算时, 需根据实际管路中的管件和附件, 分别计算局部阻力损失, 累加起来作为整个计算管路的局部水头损失。

1.4.3 总水头损失

将整个计算管路中各管段的沿程水头损失和局部水头损失计算并相加, 便可得到计算管路的总水头损失 h_w 。

$$h_w = \sum h_f + \sum h_j \quad (1-16)$$

式中 h_w —— 计算管路的总水头损失, m;

$\sum h_f$ —— 各管段的沿程水头损失之和, m;

$\sum h_j$ —— 各管段的局部水头损失之和, m。

例 1-2 有一输水管如图 1-10 所示。已知 $Q_1 = 9 \text{ L/s}$, $Q_2 = 6.5 \text{ L/s}$, AB 段管长 $L_1 = 170 \text{ m}$, 管径 $D_1 = 100 \text{ mm}$, $\lambda_1 = 0.042$; BC 段管长 $L_2 = 100 \text{ m}$, 管径 $D_2 = 80 \text{ mm}$, $\lambda_2 = 0.045$; 阀门 $\xi_1 = 0.2$, 90° 弯头 $\xi_2 = 0.42$, 三通 $\xi_3 = 1.62$ 。试计算 A ~ C 间的水头损失。

解 1. 计算沿程水头损失 $\sum h_f$

AB 段: 断面积 $\omega_1 = \frac{\pi}{4} D_1^2$

$$= 3.14/4 \times 0.1^2 = 0.00785\text{m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{流速 } v_1 &= Q/\omega_1 = 0.009/0.00785 \\ &= 1.15\text{m/s}\end{aligned}$$

$$BC \text{ 段: 断面面积 } \omega_2 = \frac{\pi}{4} D_2^2 = 3.14/4 \times 0.08^2 = 0.005\text{m}^2$$

$$\text{流速 } v_2 = Q/\omega_2 = 0.0065/0.005 = 1.3\text{m/s}$$

$$\begin{aligned}\sum h_f &= h_{A-B} + h_{B-C} = \lambda_1 \frac{L_1 v_1^2}{D_1 2g} + \lambda_2 \frac{L_2 v_2^2}{D_2 2g} \\ &= 0.042 \times 170/0.1 \times 1.15^2/2 \times 9.81 + 0.045 \times 100/0.08 \times 1.3^2/2 \times 9.81 = 9.66\text{m}\end{aligned}$$

2. 计算局部水头损失 $\sum h_y$

$$\begin{aligned}\sum h_y &= \xi_1 \frac{v_1^2}{2g} + \xi_2 \frac{v_1^2}{2g} + \xi_3 \frac{v_2^2}{2g} \\ &= (0.2 + 0.42) \times 1.15^2/2 \times 9.81 + 1.62 \times 1.3^2/2 \times 9.81 = 0.18\text{m}\end{aligned}$$

3. A ~ C 间的总水头损失 h_w

$$h_w = \sum h_f + \sum h_y = 9.66 + 0.18 = 9.84\text{m}$$

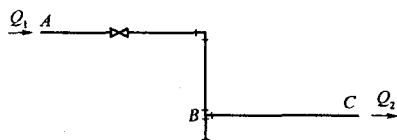


图 1-10 输水管

1.5 传热学的基础知识

凡是有温度差的地方,热量就会自发地由高温物体传给低温物体。因此传热是自然界和工程中非常普遍的现象。

1.5.1 传热的基本方式

在冬季,热量由室内通过墙壁向室外传递的过程可分为三个阶段,如图 1-11 所示。1 表示热量由室内空气以对流换热和物体间的辐射换热方式传给墙内表面。2 表示由墙内表面以固体导热方式传递到墙外表面。3 表示由墙外表面以空气对流传热和物体间的辐射换热方式把热量传给室外空气。可见,整个传热过程由以下三个基本传热方式组成。

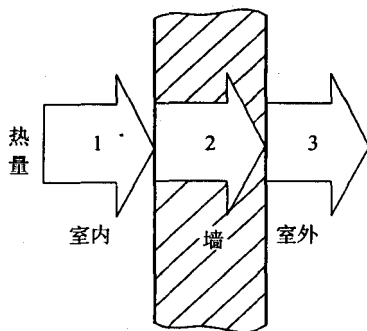


图 1-11 热量传递过程

1. 导热

把铁棍的一端放入火炉中,不久,手拿的这一端就会感到发热,这说明热量从铁棍的另一端传了过来。这种热量从物体的一部分传到另一部分,或从一个物体传到与它直接接触的另一个物体的传热方式叫导热。在冬季的采暖房间,热量从散热器的内壁传到外壁,如果手放在散热器上,热量从散热器传到手上,这些都是导热的结果。

导热的速度与材料的种类、材料的厚度、内外表面的温度差及传热面积有关。以冬季某房间的外墙为例,240cm 厚的普通黏土砖外墙比同样材料 370cm 厚的外墙因导热向外散失的热量多,即 370cm 厚的外墙保温效果优于 240cm 厚的外墙;同样厚度的加气混凝土比普通黏土砖外墙的保温效果好;外墙的面积越大,房间的保温效果越差。

墙壁导热过程热流量的基本计算式为

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t F \quad (1-17)$$

式中 Q —— 热流量, W;
 F —— 壁面积, m^2 ;
 Δt —— 壁两侧表面温差, $^{\circ}\text{C}$;
 λ —— 导热系数, $\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$;
 δ —— 壁厚, m。

2. 对流

对流是流体所特有的一种传热方式。在一间冬季采暖的房间内,采暖设备散热器周围的冷空气因受热温度升高,密度变小而上升,冷空气因其密度大而下降,并不断往散热器周围补充,受热后又上升,形成房间内空气的循环流动,便整个采暖房间都暖和起来。这种靠流体的流动而进行的传热方式叫对流。上述由于流体的温度升高,密度减小而形成的对流叫自然对流。如果受外界机械力的驱动而形成的对流叫受迫对流,暖风机就是利用内部的风机迫使经加热的空气与室内空气对流而采暖的。

工程上的传热问题往往涉及到流体与固体壁面直接接触时的换热,这一过程包括了对流与导热的共同作用,因而这一过程称为对流换热过程。其基本计算式为

$$Q = \alpha \Delta t \cdot F \quad (1-18)$$

式中 α —— 对流换热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$;
 F —— 固体壁面积, m^2 ;
 Δt —— 固体壁面与流体温差, $^{\circ}\text{C}$ 。

3. 辐射

冬季有供暖的房间中,人站在散热器附近,会觉得比其他地方暖和,如果在散热器与人之间挡上一块板,就不会有热的感觉,这说明热量不是靠物体接触或空气流动传到人身上的。靠热射线将热能直接由物体向外传递的传热方式叫辐射。

与导热、对流不同,辐射传热不需要固体或流体等中间媒介物,辐射是靠电磁波(包括红外线和一部分可见光在内的热射线)传送热量的,因而在气体和真空中都能进行。太阳和地球之间大部分是真空,太阳的热就是靠热射线以辐射的方式传到地球上。

导热、对流和辐射是传热的三种基本方式,实际工程中的传热,往往是各种方式同时存在,要想认真地分清各种传热方式传递热量的多少是很困难的,对实际工程也没有意义。我们所关心的是三种基本方式同时起作用时总的传热量。

平壁总传热量的规律可用下式表示

$$Q = KF(t_n - t_w) \quad (1-19)$$

式中 Q —— 通过平壁总的传热量, W;
 A —— 平壁的传热面积, m^2 ;
 t_n —— 室内流体的温度, $^{\circ}\text{C}$;
 t_w —— 室外流体的温度, $^{\circ}\text{C}$;
 K —— 平壁的传热系数, $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ 。

传热系数 K 的物理意义是,当平壁两侧的流体温度差为 1°C 时,从一侧通过 1m^2 壁面传到另一侧的热量。影响 K 值的因素很多,对房屋外墙来说,墙体材料密度大、结构密实、厚度小的导热能力强,传热系数 K 值较大。外墙表面附近的空气流速大,对流换热能力强, K 值