

高等专科学校试用教材

房屋卫生技术设备

许 让 主编

中国建筑工业出版社

高等专科学校试用教材

房屋卫生技术设备

许 让 主编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书为高等专科学校建筑工程类“建筑设备”课程的教材。全书共分 8 章,详尽地讲述了各种建筑设备(给水排水、供热供燃气、通风与空气调节)及其管道系统的工作原理、设备和管道的布置要求及其与建筑物的关系;系统地介绍了建筑设备工程施工图预算的程序和方法;对有关设备工程设计计算方法的基本知识及本课程所需要的流体与传热的基本知识也作了一般性的介绍。

本书也可供有关工程技术人员参考。

高等专科学校试用教材

房屋卫生技术设备

许 让 主编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市社科印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 字数: 289 千字

1997 年 6 月第一版 1997 年 6 月第一次印刷

印数: 1—7000 册 定价: 10.00 元

ISBN7-112-02994-5

TU·2286(8109)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

目 录

绪 言	1
第一章 流体力学与传热学的基本知识	2
§ 1-1 流体的主要物理性质	2
§ 1-2 流体静压强及其分布规律	5
§ 1-3 流体运动与水头损失	6
§ 1-4 传热学基本知识	11
第二章 室外给水排水工程概述	14
§ 2-1 室外给水工程概述	14
§ 2-2 室外排水工程概述	17
§ 2-3 室外管网中的管材与管道附属构筑物	19
第三章 建筑给水排水	23
§ 3-1 建筑给水	23
§ 3-2 建筑消防给水	38
§ 3-3 建筑排水	42
§ 3-4 建筑给水排水设计举例	56
第四章 供热	59
§ 4-1 供暖热负荷	59
§ 4-2 供暖系统的组成、工作原理及系统形式	64
§ 4-3 供暖系统中的主要设备	70
§ 4-4 室内供暖管道的布置及对土建的要求	77
§ 4-5 高层建筑供暖的特点	78
§ 4-6 室外供热管道的敷设及热力入口	80
§ 4-7 供热锅炉及锅炉房	84
第五章 热水及燃气供应	88
§ 5-1 室内热水供应系统	88
§ 5-2 室内饮水供应	91
§ 5-3 室内燃气供应	94
第六章 通风	98
§ 6-1 建筑通风概述	98
§ 6-2 全面通风量的确定	101
§ 6-3 自然通风	103
§ 6-4 通风系统的主要设备及部件	111
第七章 空气调节	117
§ 7-1 概述	117
§ 7-2 空调房间	119

§ 7-3 空气处理与消声减振	124
§ 7-4 空调冷源及制冷机房	131
第八章 水暖工程预算	135
§ 8-1 建筑安装工程定额及其使用方法	135
§ 8-2 水暖工程施工图预算	141
附录	170

绪 言

随着生产的发展和人们物质文化生活水平的提高，对房屋建筑的要求也越来越高。近代的居住及公共建筑，必须提供卫生而舒适的生活和工作环境；生产车间或工业厂房等建筑，一方面要有一个较好的劳动环境，保证工人的身体健康；另一方面为了保证产品质量，还必须使车间或厂房内具有一定的温度、湿度和洁净度。为此要求在建筑物内设置完善的给水排水、供热供燃气、通风与空气调节等设备工程。讲授上述设备工程的构成、工作原理、运行管理、有关设计计算以及这些设备工程对房屋建筑的要求、配合等方面的知识，便是本课程的基本内容。

建筑设备工程一方面起着改善居住建筑、公共建筑和生产车间的生活或生产条件、保护人民健康、提高劳动生产率的重要作用；另一方面，在许多工业部门又是保证生产正常进行、提高产品质量不可缺少的组成部分。因此，各种建筑设备工程中的设备、管道、线路不仅在建筑物中占据了大量的建筑面积，并且也形成了不同管道系统在建筑物中错综复杂的关系。因此，建筑设备工程是房屋建筑不可缺少的组成部分，在建筑中占据着非常重要的地位，并且要求它与建筑、结构及生产工艺设备等相互协调。本课程的目的就在于使建筑工程专业的学生掌握建筑设备工程技术的基本知识；了解和掌握建筑设备设施的功能和一般的设计原则，使之具有综合考虑和合理处理各种建筑设备与建筑主体之间的关系的能力，从而作出适用、经济的建筑设计，提高建筑物的使用质量，使建筑物达到适用、经济、卫生、舒适及多功能要求。

国外已初步形成了新兴的“建筑设备工程”专业，它把建筑结构、给水排水、暖通空调、建筑电气诸专业有机地结合，互相渗透，不断拓宽专业面，适应社会发展的需要。

“建筑设备工程”这门学科在我国是解放后才发展起来的，由于党和政府十分重视环境保护事业，关心人们的健康，并大力提高人们的生活水平，注重工业产品质量，为建筑设备工程的迅速发展提供了十分有利的条件。目前，建筑设备工程这门学科，从科学研究到生产制造；从工程设计、施工安装到运行管理，都有了专门的队伍。教育也在适应形势的发展与需要，国家教委提出的高等工程专科基本专业目录（征求意见稿）列出了建筑设备工程（专业编号“试 1101”）。

随着我国大型工矿企业的不断建立，现代化的公共建筑、宾馆、饭店及高层建筑的陆续兴建及工业化施工的迅速发展，建筑设备工程技术的水平将会得到迅速的发展与提高。

第一章 流体力学与传热学的基本知识

液体和气体统称为流体。流体力学是研究流体静止和运动的力学规律及其在工程技术中的应用问题。传热学则是研究热量传递的一门科学。

§ 1-1 流体的主要物理性质

在日常生活中，我们能见到许多流体的运动，如水在江河中流动，煤气在管道中输送等，都表现出流体的易流动性。流体不能承受拉力和切力，但能承受较大的压力。

一、密度与容重

工程上分别用密度 ρ 和容重 γ 来表示流体的质量与重量。

对于均质流体，单位体积的质量称为流体的密度，即

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \text{kg/m}^3 \quad (1-1)$$

式中 M ——流体的质量 (kg)；

V ——流体的体积 (m^3)。

对于均质流体，单位体积的重力称为流体的容重，即

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad \text{N/m}^3 \quad (1-2)$$

式中 G ——流体的重力 (N)；

V ——流体的体积 (m^3)。

虽然密度与容重的定义、单位不相同，但有密切联系。由牛顿第二定律知道： $G=Mg$ ，因此：

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{Mg}{V} = \rho g \quad (1-3)$$

式中 g ——重力加速度 ($g=9.807\text{m/s}^2$)。

在工程计算中，常用的流体密度如下：

标准大气压下 40°C 水的密度 $\rho_{\text{H}_2\text{O}}=1000\text{kg/m}^3$ ；

标准大气压下 0°C 汞的密度 $\rho_{\text{Hg}}=13600\text{kg/m}^3$ ；

标准大气压下 20°C 干空气的密度 $\rho_a=1.2\text{kg/m}^3$ 。

但实际上流体的密度和容重随外界压力和温度而变化。不同温度下几种流体的密度如表 1-1 所示。

二、粘滞性

流体的粘滞性是指流体质点间或流层间因相对运动而产生内摩擦力以反抗相对运动的

不同温度下水、干空气、饱和水蒸气的密度(kg/m³, 1.013bar)

表 1-1

温度 (°C)	水	干空气	饱和水蒸气	温度 (°C)	水	干空气	饱和水蒸气
0	999.9	1.293		80	971.8	0.999	
20	998.2	1.205		100	958.4	0.946	0.598
40	992.2	1.127		120	943.1	0.898	1.121
60	983.2	1.060		140	926.1	0.854	1.966

性质。如果用流速仪测出管道中某一断面的流速分布,可得到如图 1-1 所示的流速分布曲线。在管道中流动的流体,沿管道直径方向分成许多流层,各流层的流速不同,并按某种曲线规律连续变化。由于粘滞性的作用,紧贴管壁的流体质点,粘附在管壁上,因而流速为零。位于管轴线上的流体质点,受管壁影响最小,因而流速最大。

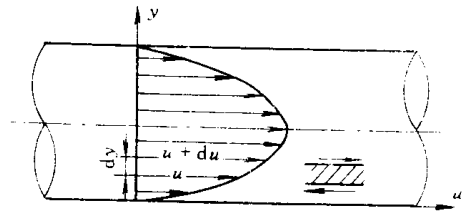


图 1-1 管道中断面流速分布

若按图 1-1 来观察厚度为 dy , 流速为 u 的某一流层,可知该流层上下侧均受到因相邻流层间的相对运动而产生的剪切力作用。这个力称为流体的内摩擦力,或称作粘滞力,可表示为:

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

式中 τ ——流层单位面积上的内摩擦力,又称切应力 (N/m^2),简称帕 (Pa);

μ ——动力粘滞性系数 ($\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$) 或称帕·秒 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$);

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

粘滞性系数的大小反映了流体的粘滞性,除动力粘滞性系数 μ 外,也可使用运动粘滞性系数 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$,单位为 m^2/s ,简称斯。动力粘滞性系数受温度影响大,受压力影响小,水及空气的 μ 值与 ν 值如表 1-2 及表 1-3 所示。

水的粘滞性系数

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)
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

流体的粘滞性对流体的运动有很大的影响，由于内摩擦力作负功，将对运动流体的能量产生较大的损耗。因而，在实际工程中必须考虑水流的阻力问题。应当指出：当流体静止时，由于各流层间没有相对运动，粘滞性不显示，因而也就不存在阻力问题。

一个大气压下空气的粘滞性系数

表 1-3

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

三、压缩性与热胀性

流体受压，体积缩小，密度增大的性质，称为流体的压缩性。流体受热，体积膨胀，密度减小的性质，称为流体的热胀性。

液体的压缩性与热胀性都很小。从表 1-1 上可以看出：温度升高 1°C，水的密度约减小 1.5/10000 至 7/10000；而压强每增加一个大气压，水的密度约增大 1/20000，因为它在计算结果上所带来的误差很小，所以在建筑设备工程中，除考虑水击问题或进行重力循环热水供暖系统设计外，一般计算均不考虑液体的压缩性和热胀性。

气体与液体不同，具有显著的压缩性与热胀性。温度与压强的变化对气体容重的影响较大。在温度不太低、压强不太高时，气体的密度、压强与温度之关系，服从理想气体状态方程：

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

式中 p ——气体的绝对压强 (N/m²)；

ρ ——气体的密度 (kg/m³)；

T ——气体的绝对温度 (K)；

R ——气体常数 [J/(kg·K)]。

对于空气 $R=287$ ，对于其他气体，在标准状态下， $R=\frac{8314}{n}$ 。式中 n 为气体分子量。

对于速度较低（远小于音速）的气体，由于其压强与温度在流动过程中变化较小，密度可视为常数，这种气体称为不可压缩气体。反之，在流动过程中因压强和温度变化很大，使其密度不能视为常数的气体，称为可压缩气体。

综上所述，因建筑设备工程中的水、气流体，其流速在大多数情况下都较低，一般将

这种水、气流体视为易于流动的、具有粘滞性的不可压缩流体。

§ 1-2 流体静压强及其分布规律

当流体处于静止状态时，各质点之间无相对运动，因而流体的粘滞性不起作用，不存在切向力。由于流体不能承受拉力，所以静止流体质量力只有重力。

一、流体静压强及其特性

设想在一容器的静止流体中取出如图 1-2 的隔离体，在隔离体微表面 Δw 上存在压力 ΔP ，当隔离体缩小成一点时，在该点上的压强为：

$$p = \lim_{\Delta w \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta w} \quad \text{N/m}^2 \quad (1-6)$$

流体静压强的单位是帕 (N/m^2) 或巴，分别以 Pa 和 bar 表示。

流体静压强有两个重要特性：

1. 流体静压强的方向必然沿着作用面的内法线方向，这说明静止流体内部只存在压应力。
2. 任一点的流体静压强只有一个值，它的大小只与该点的位置有关，它不会因作用面的方位改变而改变。

二、流体静压强的分布规律

如图 1-3 所示的盛水容器内，静止流体中任一点的压强，遵循下述规律：

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

式中 p ——液体内某点的压强 (N/m^2)；

p_0 ——液面压强 (N/m^2)；

γ ——液体容重 (N/m^3)；

h ——某点在液面下的深度 (m)。

式 (1-7) 称为静水压强基本方程式，它表明静水压强与水深成正比，且作用于液面的表面压强 p_0 可以等值地传递到静止液体中的每一点。

三、压强的量度

工程计算中，压强有不同的量度基准：

- (1) 绝对压强 以完全真空为零点计算的压强，用 P_A 表示。
- (2) 相对压强 以大气压强为零点计算的压强，用 p 表示。 $p = p_A - p_a$ ， p_a 为大气压强。
- (3) 真空度 某点的绝对压强不足于一个大气压强的部分，用 p_K 表示。 $p_K = p_a - p_A = -p$ 。

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”。

压强的单位有帕斯卡、工程大气压、液柱高度。它们的换算关系是：

一个工程气压 $\approx 10\text{mH}_2\text{O} \approx 735.6\text{mmHg} \approx 98\text{kN/m}^2 \approx 98000\text{Pa}$

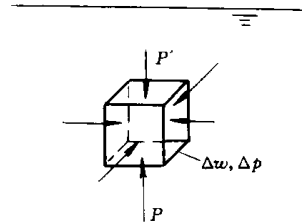


图 1-2 流体的静压强分布

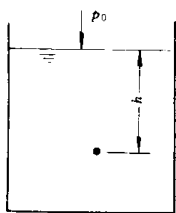


图 1-3 开敞的盛水容器

§ 1-3 流体运动与水头损失

一、流体运动的类型

流体运动是一个十分复杂的过程。由于影响流体运动的因素很多，因而流体运动的状态也是多种多样的。为了便于分析研究流体运动的规律，根据流体运动的一些主要特征可将流体运动分为以下几个主要类型。

1. 有压流 流体沿流程各个过流断面的整个周界都与固体表面接触，没有自由表面，这种液体运动称为有压流或压力流。在有压流中，流体受压差作用而流动，如给水管中的水流就是典型的有压流。

2. 无压流 流体沿流程各个过流断面的部分周界与固体表面接触，具有自由表面，这种流体运动称为无压流或重力流。在无压流中，流体在重力作用下流动。如排水管、明渠与河道中的水流都是无压流。

3. 恒定流 流体在运动过程中，流体内各点的流速和压强不随时间变化，仅与空间位置有关，这种流动称为恒定流。

4. 非恒定流 流体在运动过程中，流体内各点的流速和压强不仅与空间位置有关，而且还随时间而变化，这种流体运动称为非恒定流。

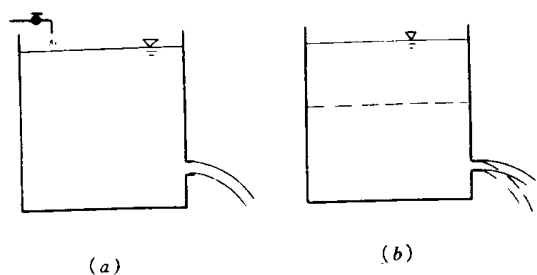


图 1-4 恒定流与非恒定流

图 1-4 (a) 所示的水箱，由于水箱水位得以保持不变，下部孔口泄出的水流形状、流速和压强均不随时间而变化，这种流动就是恒定流。

图 1-4 (b) 所示的水箱，由于无充水装置，水箱水位不断下降，因而孔口泄水流的形状，流速和压强都随时间而变化，这种流动是非恒定流。

在实际的建筑给水排水、采暖与通风系统中，为使所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视为恒定流。只是在流体运动过程中，其流速和压强随时间变化较大时，如在启动水泵、风机或调节阀门开度时，才把流体的运动状态看作是非恒定流。

二、流体运动的几个基本概念

为了研究流体运动的基本规律，必须了解与流体运动有关的几个基本概念。

1. 过流断面 与流体的运动方向垂直的流体横断面称为过流断面。过流断面的形状与大小随输送流体的管渠截面形状和尺寸而异，见图 1-5。

2. 流量 在单位时间内流体通过过流断面的体积或质量称为流量。前者称为体积流量，单位是 m^3/s ，常用 Q 表示；后者称质量流量，单位是 N/s ，常用 G 表示；两者的关系是：

$$G = \rho Q \quad (1-8)$$

式中 ρ ——流体的密度 (N/m^3)。

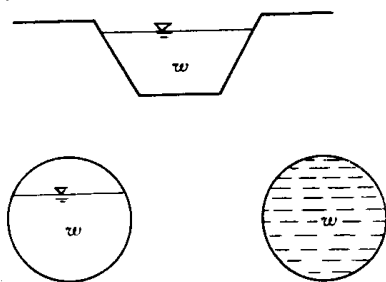


图 1-5 过流断面

3. 流速 在单位时间内流体移动所通过的距离称为流速。

在本章第一节中已经介绍,由于粘滞性的影响,在过流断面上流体各质点的流速不一定相等。为了便于分析与计算,在实际工程中通常采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下通过过流断面的流量等于以实际流速通过该断面的流量为条件的。

三、恒定流的连续性方程

在恒定总流中任取一元流,如图 1-6 所示,由于质量平衡,流入断面 w_1 的流体质量必然等于流出断面 w_2 的流体质量:

$$\rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 \quad (1-9)$$

或
$$\rho_1 w_1 v_1 = \rho_2 w_2 v_2 \quad (1-10)$$

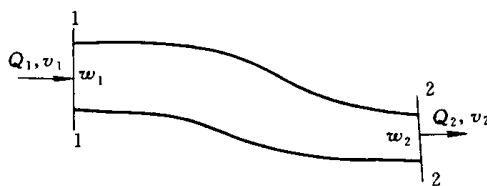


图 1-6 流动中的质量平衡

式中 ρ_1, ρ_2 ——断面 w_1, w_2 处流体的密度 (kg/m^3);
 w_1, w_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 ——通过断面 1-1, 2-2 的流体流量 (m^3/s)。

当流体不可压缩时,连续性方程简化为:

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

或
$$w_1 v_1 = w_2 v_2 \quad (1-12)$$

四、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 (Daniel Bernoulli),根据能量守恒及其转化规律,并考虑流体的粘滞性影响,推演出如图 1-7 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,亦即伯努里方程式。如式 (1-13) 所示:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w1-2} \quad (1-13)$$

式中 Z_1, Z_2 ——过流断面 1-1, 2-2 上单位重量液体的位能,也称为位置水头;

$\frac{p_1}{\rho g}, \frac{p_2}{\rho g}$ ——过流断面 1-1, 2-2 上单位重量液体的压能,也称压强水头;

$\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}, \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$ ——过流断面 1-1, 2-2 上单位重量液体的动能,也称流速水头;

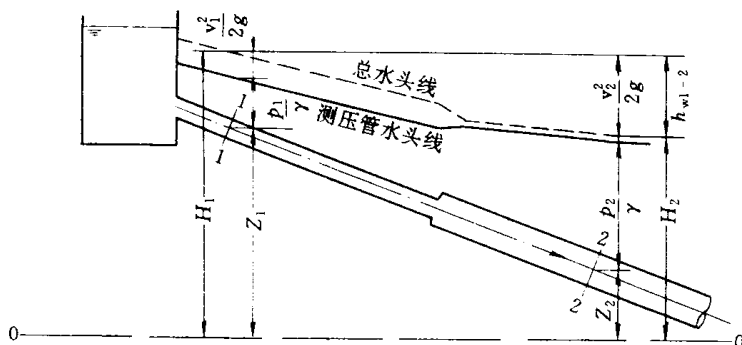


图 1-7 圆管中有压流动的总水头线与侧压管水头线

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

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

方程中的每一项都以长度为单位，都可以用铅直线段在图中表示出来。各断面上总水头 $H = \left(Z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g} \right)$ 顶点的连线，称为总水头线。由于水头损失的存在，总水头线总是呈下降趋势。各断面测压管水头 $\left(Z + \frac{p}{\rho g} \right)$ 的连线，称为测压管水头线。由于静压强 p 的变化，测压管水头线可有多种变化。图 1-5 中分别用虚线和实线表示了总水头线与测压管水头线的变化情况。

式 (1-13) 同样可用于不可压缩的气体。由于气体密度很小，式中的位能可忽略不计，动能修正系数 $\alpha=1$ 。于是，实际气体的能量方程为：

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{w_{1-2}} \quad (1-14)$$

五、流动阻力与水头损失

由于流体的粘滞性与惯性，固体管壁对流动的流体产生阻滞与扰动作用，这反映为流动阻力的存在。在工程上则反映为流体输送过程中的水头损失。

流动阻力和水头损失可分为两种形式。

(一) 沿程阻力和沿程水头损失

流体在长直管（或明渠）中流动，所受的摩擦阻力称为沿程阻力。流体为克服沿程阻力引起的能量损失，称为沿程水头损失。工程上常用的沿程水头损失计算公式为：

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1-15)$$

式中 h_f ——沿程水头损失 (m)；

λ ——沿程阻力系数；

l ——管长 (m)；

d ——管径 (m)；

v ——管中流体的平均速度 (m/s)。

对于气体管道，工程上常用压力损失表示：

$$p_f = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (1-16)$$

式中 p_f ——压力损失 (Pa)；

ρ ——气体密度 (kg/m^3)。

式 (1-15) 与 (1-16) 将水头损失的计算过程转化为对 λ 系数的确定过程。由于流体运动时，不同状态，其流动阻力也不同，因而 λ 值与流体的流动形态有关，工程上用雷诺数 Re 来判断流动形态：

$$Re = \frac{vR}{\nu} \quad (1-17)$$

式中 Re ——雷诺数，无因次量；

ν ——圆管中流体的平均速度 (m/s)；

R ——水力半径, $R = \frac{w}{x}$; 其中 w 是过流断面积; x 是湿周长度。对于有压管流 $R = \frac{d}{4}$; 对于矩形断面管道 $R = \frac{ab}{2(a+b)}$;

ν ——流体的运动粘滞系数 (m^2/s)。

工程上常用以下方法来判断流动形态, 并计算 λ 值:

1. $Re < 500$, 流动处于层流状态:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (1-18)$$

2. $Re < 10^5$, 流动处于水力充滑区:

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \quad (1-19)$$

3. $Re > 10^5$, 流动处于紊流状态:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2\lg(Re \sqrt{\lambda}) - 0.8 \quad (1-20)$$

给水排水工程中的钢管与铸铁管计算, 常由下式计算:

(1) 当流速 $v \geq 1.2 \text{m/s}$ 时: $\lambda = \frac{0.021}{d^{0.3}}$ (1-21)

(2) 当流速 $v < 1.2 \text{m/s}$ 时: $\lambda = \frac{0.0179}{d^{0.3}} \left(1 + \frac{0.867}{v} \right)^{0.3}$ (1-22)

对供热管道计算, 则可采用下列公式:

(1) 当管径 $d < 200 \text{mm}$ 时: $\lambda = \frac{0.343}{\left(\frac{d}{\Delta} \right)^{0.125} Re^{0.17}}$ (1-23)

(2) 当管径 $d > 200 \text{mm}$ 时: $\lambda = \frac{0.183}{\left(\frac{d}{\Delta} \right)^{0.087} Re^{0.134}}$ (1-24)

式中 Δ 为管道当量粗糙度, 由表 1-4 给出。

工业管道当量粗糙度

表 1-4

管道材料	Δ (mm)	管道材料	Δ (mm)
钢板风管	0.15 (引自全国通风管道计算表)	竹风道	0.8~1.2
塑料板风管	0.10 (引自全国通风管道计算表)	铅、钢、玻璃管	0.01 (以下引自莫迪当量粗糙图)
矿渣石膏板风管	1.0 (引自全国通风管道计算表)	镀锌钢管	0.15
光滑砖风道	4.0	钢管	0.046
矿渣混凝土板风管	1.5	涂沥青铸铁管	0.12
铁丝网抹灰风管	10~15	铸铁管	0.25
胶合板风道	1.0	混凝土管	0.3~3.0
沿墙砌造风管	3~6	木条拼合圆管	0.18~0.9
墙内砖砌风管	5~10	焊接黑铁管	0.4~0.1

(二) 局部阻力与局部水头损失

流体在弯头、闸门、突然扩大或缩小等局部地点, 主流脱离边壁形成旋涡, 流体质点

间产生剧烈碰撞而形成局部阻力，由此产生的能量损失称为局部水头损失。工程上常用的局部水头损失计算公式为：

$$h_j = \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (1-25)$$

式中 h_j ——局部水头损失 (m)；

ζ ——局部阻力系数，可查阅有关手册；

v ——过流断面的平均流速 (m/s)；除注明外，一般用阻力后流速。

对于气体管道，则表示为：

$$p_j = \zeta \frac{\rho v^2}{2} \quad (1-26)$$

式中 p_j ——局部压力损失，(Pa)；

其他参数同前。

综上所述，流体运动中任意两个断面间的水头损失 h_w 可由下式表示：

$$h_w = \Sigma h_f + \Sigma h_j = \Sigma \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} + \Sigma \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (1-27)$$

对于气体管道，则表示为：

$$p_w = \Sigma p_f + \Sigma p_j = \Sigma \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho v^2}{2} + \Sigma \zeta \frac{\rho v^2}{2} \quad (1-28)$$

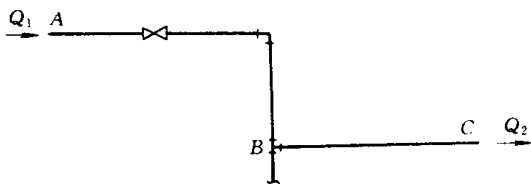


图 1-8 输水管路

【例 1-1】 有输水管如图 1-8 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 $D_1=100\text{mm}$; BC 段管长 $l_2=100\text{m}$, 管径 $D_2=80\text{mm}$, 试计算 A-C 间的水头损失。

【解】 1. 计算沿程水头损失 h_f ：

AB 段：DN100 的钢管计算内径为 106mm

$$\therefore v_1 = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D_1^2} = \frac{9}{\frac{\pi}{4} 0.106^2} = 1.04\text{m/s}$$

代入式 (1-22)：

$$\lambda = \frac{0.0179}{0.106^{0.3}} \left(1 + \frac{0.867}{v} \right)^{0.3} = 0.042$$

$$\therefore h_{fAB} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} = 0.042 \frac{170}{0.106} \cdot \frac{1.04^2}{2 \times 9.81} = 3.71\text{m}$$

BC 段：DN80 的钢管计算内径为 80.5mm

$$v_2 = \frac{6.5}{\frac{\pi}{4} 0.0805^2} = 1.28\text{m/s}$$

代入式 (1-21)：

$$\lambda = \frac{0.021}{d^{0.3}} = \frac{0.021}{0.0805^{0.3}} = 0.0447$$

所以
$$h_{fBC} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} = 0.0447 \cdot \frac{100}{0.0805} \cdot \frac{1.28^2}{2 \times 9.81} = 4.64\text{m}$$

所以总沿程水头损失 $h_f = 3.71 + 4.64 = 8.35\text{m}$

2. 计算局部水头损失 h_j

查有关手册得到局部阻力系数 ζ 值如下：闸阀 $\zeta_1 = 0.2$ ；90°弯头 $\zeta_2 = 0.42$ ；三通 $\zeta_3 = 1.62$ 。代入式 (1-25)，结果汇于表 1-5。

局部水头损失计算表

表 1-5

序号	名称	ζ	流速 v (m/s)	h_j (m)	备注
1	闸 阀	0.2	1.04	0.011	按全开考虑
2	90°弯头	0.42	1.04	0.023	
3	三 通	1.62	1.28	0.135	按转弯流考虑
合 计				0.169	

所以 AC 段总水头损失： $h_{wAC} = 8.35 + 0.169 = 8.519\text{m}$

§ 1-4 传热学基本知识

凡有温度差的地方，热量就会自发的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。

一、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 1-8 所示。(1) 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) 由墙内表面以固体导热方式传递到墙外表面；(3) 由墙外表面以空气对流换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。

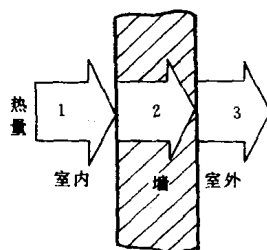


图 1-9 热量由室内向室外的传递过程

1. 导热

导热是指温度不同的物体直接接触，或同一物体的两部分存在温差时，依靠物质的微观粒子热运动而进行的热量传递现象。单纯的导热只在固体中进行。平壁导热过程热流量的基本计算式为：

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t \cdot F \quad \text{W} \quad (1-29)$$

式中 Q ——热流量 (W)；

λ ——导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$]；

δ ——壁厚 (m)；

Δt ——壁两侧表面温差 ($^\circ\text{C}$)；

F ——壁面积 (m^2)。

2. 对流

对流是依靠流体的运动把热量由一处传递到另一处的过程。但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：

$$Q = \alpha \cdot \Delta t \cdot F \quad \text{W} \quad (1-30)$$

式中 α ——对流换热系数 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$];

Δt ——固体壁面温度与流体温度之差 ($^\circ\text{C}$);

F ——固体壁面面积 (m^2)。

3. 辐射

物体是由带电粒子所组成，当带电粒子振动或激动时，都能辐射出电磁波向空间传播。由于激发的方式不同，所产生的电磁波波长就不相同。电磁波的波长可以从万分之一微米 (1 微米 = 10^{-6} 米，代号为 μm) 到数公里。正是这些辐射在空间的电磁波使物体的能量得到转移。通常把波长在 $0.1 \sim 40 \mu\text{m}$ 范围内的电磁波称为热射线。这种不是靠物体接触或流动，而是靠热射线将热能直接由物体向外传播的传热方式叫辐射。

与导热和对流不同，辐射传热不需要固体或流体等中间媒介物，如阳光能够穿越辽阔的太空辐射到地面。一切物体，只要其温度高于绝对零度 (-273.15°C)，由于其内部的带电粒子的振动或激动而不停地向外发射电磁波。当两物体温度不同时，高温物体辐射给低温物体的能量大于低温物体辐射给高温物体的能量，因此，总的效果是高温物体将能量传递给低温物体。

二、围护结构的传热过程

设有一墙壁如图 1-10 所示，厚度为 δ ，导热系数为 λ ，内外表面温度分别为 τ_n 和 τ_w ，室内外空气温度为 t_n 和 t_w ，内外表面换热系数分别为 α_n 和 α_w ，则传热过程可表示如下：

热量由室内空气传给墙内壁面，按式 (1-30)：

$$Q = \alpha_n (t_n - \tau_n) \cdot F$$

热量以导热方式通过墙壁，按式 (1-29)：

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (\tau_n - \tau_w) \cdot F$$

热量由墙外壁面传给室外空气，按式 (1-30)：

$$Q = \alpha_w (\tau_w - t_w) \cdot F$$

对于稳态传热，以上三式的热量 Q 相等，因而可得到单位面积上的传热量 q 的表达式：

$$q = K (t_n - t_w) \quad \text{W}/\text{m}^2 \quad (1-31)$$

式中 K ——墙壁的传热系数。它表示了墙壁两侧冷热流体间的温度差为 1°C 时，通过每平方米传热面积传递的热量 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$]。

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_w}} \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$