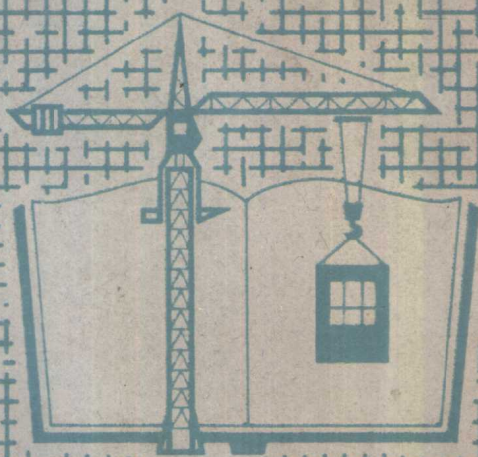


房屋卫生设备

内蒙古自治区建筑学校
山西省建筑工程学校 合编



中等专业学校试用教材

中国建筑工业出版社

中等专业学校试用教材

房屋卫生设备

内蒙古自治区建筑学校
山西省建筑工程学校 合编

中国建筑工业出版社

本书重点介绍房屋建筑室内水、暖与通风的基本概念，室内给水、排水、供热、通风系统的主要设备，作用原理和简单的计算方法。

本书为建筑类中等专业学校工业与民用建筑专业试用教材。亦可供建筑安装部门具有初中文化程度的青年工人自学参考。

中等专业学校试用教材

房屋卫生设备

内蒙古自治区建筑学校 合编
山西省建筑工程学校

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本：787×1092毫米 3/16 印张：8 字数：195千字

1980年5月第一版 1984年12月第三次印刷

印数：97,211—498,310册 定价：0.62元

统一书号：15040·3794

前 言

本书为建筑类中等专业学校工业与民用建筑专业试用教材。重点介绍室内水、暖与通风设备的基本知识，室内给水、排水、供热、通风系统的主要设备，作用原理和简单的计算方法。学时数约为60学时。

根据全国建筑中等专业学校《水暖与通风》专业教材编写座谈会的精神，本书由内蒙古自治区建筑学校和山西省建筑工程学校编写，内蒙古建筑学校负责主编。第一章、第二章由山西省建筑工程学校苏福临、王世栋编写，第三章、第四章由内蒙古自治区建筑学校赵宜华、邝能友编写，长春冶金建筑学校季书山、范惠民负责审阅。

内蒙古自治区建筑设计研究院张仲林，内蒙古自治区第三建筑公司水电队张开洪等同志对本书的编写提供了宝贵意见，在此一并致谢。

由于编写时间仓促，缺乏经验和水平所限，本书一定存在不少缺点或错误，希望使用本教材的师生及读者提出宝贵意见，以帮助我们再版时补充修改。

编者

15: 11: 06

目 录

绪论	1
第一章 流体与传热的基本知识	2
第一节 流体静压强的基本规律	2
第二节 压强的表示方法	4
第三节 压头损失的概念	6
第四节 热和热的量度、传热的几种方式	10
第五节 水蒸汽的性质	17
第二章 室内外给排水	20
第一节 室外给排水	20
第二节 室内给水	23
第三节 室内消防系统	33
第四节 室内排水	35
第五节 室内热水供应简介	42
第六节 室内给排水施工图	44
第三章 供热系统	47
第一节 室内采暖、建筑物耗热量计算	47
第二节 热水采暖	54
第三节 蒸汽采暖	70
第四节 其它采暖	77
第五节 采暖系统施工图	86
第六节 锅炉与锅炉房	88
第七节 室外供热管网	93
第八节 采暖及供热系统的运行管理	99
第四章 室内通风	101
第一节 概述	101
第二节 通风系统的分类	102
第三节 通风系统的主要部件	107
第四节 几种常用的除尘设备	109
第五节 天窗和风帽	113
第六节 通风机	115
第七节 消烟除尘	121

绪 论

《房屋卫生设备》是中等专业学校《工业与民用建筑》专业的一门辅助课程。

课程内容包括四个部分：流体与传热的基本知识；室内给排水；室内采暖与室内通风。

流体与传热部分主要是为室内给排水系统与采暖系统的学习提供必要的基础知识。

室内给排水，采暖及通风系统均属于房屋建筑卫生设备。这些设备是工业与民用建筑中不可缺少的部分。例如，在住宅或公共建筑中，一般都需要有卫生间（如厕所、盥洗室、浴室等），而卫生间所需要的建筑面积是与卫生用具的种类、数量以及管道的布置方式密切有关。又如，在我国北方冬季气候寒冷，无论是工业建筑物或民用建筑物中，均需要有采暖设备；而采暖系统形式的选择与布置，又与房屋建筑密切相关。再如，当梁的截面尺寸较大，而房间的净高又有一定限制时，暖气导管（门管）要沿顶棚下敷设就有困难，因为梁是属于承重构件，原则上不允许穿管；如果导管在梁下面通过必然离顶棚距离过大，不仅影响美观，而且会影响窗户的开启。在这种情况下，就得将暖气导管沿地面敷设或设置在暖气沟内。而设不设暖气沟又决定了暖气回水管是明装还是暗装的问题。

在某些厂房中，如化学工厂，在生产过程中会产生大量有害气体和蒸汽；在建筑材料和耐火材料的生产过程中，伴随原料的破碎、筛分、输送，要产生大量粉尘（灰尘）。这些生产过程中所产生的热、有害气体和蒸汽、粉尘等都直接影响工人的生产操作和身体健康，甚至还会影响建筑物和生产设备的寿命。我们把这些热、有害气体和蒸汽、粉尘通称为“有害物”。为了消除“有害物”对人和生产的不利影响，就必须在车间内设置通风设备。而通风设备形式的选择、通风管道的布置形式也与房屋建筑密切相关。

室内给排水、采暖与通风工程都离不开管道。在建筑物中要安装这些管道，就不可避免地要遇到穿越墙体、楼板或基础，为便于管道安装，在土建施工中要预留管道穿越孔洞，否则在土建施工完毕后，又要凿打孔洞，既浪费劳动力又影响土建施工质量。

本课程重点介绍水、暖及通风设备的构造及其工作原理。对水、暖系统的计算及施工图只作了扼要阐述。

第一章 流体与传热的基本知识

第一节 流体静压强的基本规律

一、流体的特性

液体与气体通称为流体。流体的基本特性就是流动性。因此，在水暖通风工程中，流体能在外力的作用下，通过管道连续地输送到指定的地点，如工厂、农村或其它用户。

液体没有固定的形状，但有固定的体积，并能形成自由表面。液体各质点之间的内聚力极小，几乎不能承受拉力和抵抗拉伸变形。静止时也不能承受剪切力，因而不能保持固定的形状；但液体能承受压力，并对压缩变形有很大的抵抗力，所以液体具有固定的体积。气体和液体一样，也没有固定的形状，但它不同于液体的是它很容易被压缩，所以没有固定的体积。

二、流体的密度和容重

惯性是物体保持原有运动状态的性质。表征惯性的物理量是质量。质量愈大，运动状态愈难改变，因而惯性也愈大。质量的单位在工程制中一般采用 $\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}$ 。流体单位体积的质量称为密度，以符号 ρ 表示。对于均质流体，密度 ρ 表示为：

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

式中 ρ ——流体的密度 ($\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^3$)；

M ——流体的质量 ($\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}$)；

V ——流体的体积 (m^3)。

液体的密度随压力和温度的变化不大，一般视为固定值。而气体的密度随压力和温度的变化较大，一般不能视为固定值。在实际工程计算中，当压力和温度变化不大时（如通风工程），空气的密度亦可近似地视为常量。

地球对流体的吸引力（重力）即为流体的重量。重量的单位在工程制中一般采用 kg 。流体单位体积的重量称为容重，以符号 γ 表示之。对于均质流体，容重 γ 表示为：

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

式中 γ ——流体的容重 (kg/m^3)；

G ——流体的重量 (kg)；

V ——流体的体积 (m^3)。

密度 ρ 和容重 γ 虽然定义不同，单位也不同，但彼此之间有密切关系。从物理学中得知，重量是质量和重力加速度的乘积，即 $G=M\cdot g$ 。将此关系式两端同除以体积 V ，则：

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

式中 g ——重力加速度（取 $9.81\text{m}/\text{s}^2$ ）。

在工程计算中，一般以容重 γ 来度量流体。常用的流体容重如下：

水在+4°C时的容重 $\gamma_{\text{水}}=1000\text{kg/m}^3$;

水银(汞)在0°C时的容重 $\gamma_{\text{汞}}=13600\text{kg/m}^3$;

干空气在20°C, 压强为760毫米汞柱时的容重 $\gamma_{\text{空}}=1.2\text{kg/m}^3$ 。

【例题 1-1】 水的体积 $V=0.9\text{m}^3$, 容重 $\gamma=997\text{kg/m}^3$, 求水的重量。

【解】 根据公式(1-2), $\gamma = \frac{G}{V}$, 所以 $G = \gamma \cdot V$ 。

$$\begin{aligned} G &= \gamma \cdot V = 997\text{kg/m}^3 \times 0.9\text{m}^3 \\ &= 897.3\text{kg} \end{aligned}$$

【例题 1-2】 水在+4°C时的容重 $\gamma_{\text{水}}=1000\text{kg/m}^3$, 它的密度 $\rho_{\text{水}}$ 等于多少?

【解】 根据公式(1-3), $\gamma = \rho \cdot g$, 所以 $\rho = \frac{\gamma}{g}$ 。 g 为重力加速度, 一般取 $g = 9.81\text{m/s}^2$ 。

$$\begin{aligned} \rho_{\text{水}} &= \frac{\gamma_{\text{水}}}{g} = \frac{1000\text{kg/m}^3}{9.81\text{m/s}^2} \\ &= 102\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4 \end{aligned}$$

三、流体静压强的概念

人在江湖中游泳, 当水淹过胸部, 就会感觉呼吸有些困难, 这就是因为胸部受到水的压力。因此, 我们可以感到静止流体内有压力, 这种压力称为流体静压力。

作用在整个物体面积上的流体静压力, 叫做流体总静压力。作用在单位面积上的流体静压力, 叫做流体静压强。作用在物体各点的静压强一般是不相同的, 而压强的分布将直接影响着总压力的大小、方向和作用点。

图 1-1 为一充满水的水箱, 在水箱底部和侧壁上均存在静水压力。如水箱底的总面积为 A , 作用在这个面积上的静水总压力是 P , 则作用在单位面积上的平均压强是:

$$p_{\text{平均}} = \frac{P}{A} \quad (1-4)$$

如在水箱底面积上取一个微小面积 ΔA , 设作用在这个微小面积上的总压力为 ΔP 。当 ΔA 无限缩小到一点 a 时(即 ΔA 趋近于零), 则 ΔP 与 ΔA 之比趋近于一个极限值 p , 这个极限值称为 a 点的静压强。则:

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad (1-5)$$

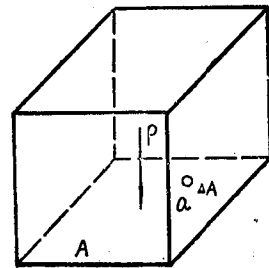


图 1-1

流体平均压强反映作用面上各点压强的平均值, 而点压强则准确地反映出作用面上各点的压强。

压强的单位, 一般采用 kg/cm^2 或 kg/m^2 。

流体静压强具有两个特性: (1) 流体静压强的方向和作用面垂直, 并指向作用面; (2) 任意一点上各方向的流体静压强均相等。

四、流体静压强的基本规律

研究了流体静压强的概念以后, 我们将要定量地研究压强的大小。如图 1-2 所示。现从静止流体中取出一个与轴线垂直的小圆柱体作为隔离体, 它在重力和压力的作用下也保持静止状态, 显然, 此小圆柱体所受的轴向外力之和等于零。小圆柱体受到三个轴向外力

的作用：上端面上的压力 $P_1 = p_1 \cdot \Delta A$ ，方向向下；下端面上的压力 $P_2 = p_2 \cdot \Delta A$ ，方向向上；重力 $G = \gamma \cdot \Delta A(z_1 - z_2)$ ，方向向下。其中， p_1 与 p_2 为上下两端面的压强； z_1 与 z_2 表示上下两端面相对于某基准面 $o-o$ 的高程， ΔA 为上下两端面的微小面积， γ 为流体的容重。

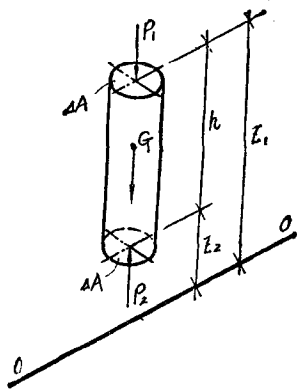


图 1-2

根据力的平衡方程：

$$P_1 + G = P_2$$

$$p_1 \Delta A + \gamma \Delta A(z_1 - z_2) = p_2 \Delta A$$

消去各项中的 ΔA ，并加以整理，得：

$$p_2 - p_1 = \gamma(z_1 - z_2) = \gamma h \quad (1-6)$$

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \quad (1-6a)$$

以上两式称为在重力作用下的流体静压强方程式。从公式中可以看出，在静止流体中，只要知道其中一个点的压强，就可以推算出另一任意点的压强。

如图1-3所示，已知自由液面的压强为 p_0 ，液体的容重为 γ ，求水深 h 处 A 点的压强时，引用公式 (1-6)：

$$p - p_0 = \gamma(z_0 - z) = \gamma h$$

所以：

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

上式说明在重力作用下的静压中，压强随深度按直线规律变化。静液中任一点的压强都等于表面压强 p_0 加上该点距液体自由表面的距离 h （即水深）与液体容重 γ 的乘积。而 γh 实际是单位面积上高度为 h 的液柱的重量。从以上的分析明显看出：水深 h 愈大，该处的压强 p 也就愈大。

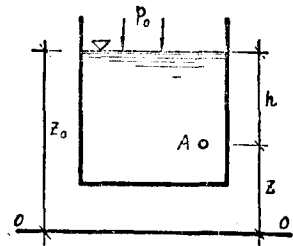


图 1-3

第二节 压强的表示方法

一、绝对压强、相对压强与真空度

压强值 p 可以从不同的基准算起。

1. 绝对压强

如果设想没有气体存在的完全真空为零点算起的压强值，称为绝对压强，以符号 p_j 表示，即：

$$p_j = p_0 + \gamma h$$

2. 相对压强

以大气压强 p_a 为零点算起的压强值，称为相对压强，以符号 p_x 表示，即：

$$p_x = p_0 - p_a + \gamma h$$

当自由面上的压强 $p_0 = p_a$ ，则有：

$$p_x = \gamma h \quad (1-8)$$

一个工程大气压 = 1 kg/cm^2 。从物理学知识可知，各地区的大气压强随高度及气温而异，但与一个工程大气压的数值相差很小。在工程计算中，为了计算方便，取大气压强 $p_a = 1 \text{ kg/cm}^2$ ，即一个工程大气压。所以某点压强的绝对压强值比相对压强值大一个工程大气压。

3. 真空度

当流体中某点的绝对压强小于大气压强，则称该处处于真空状态。真空的大小，一般用真空度或真空值来表示。真空度是流体处于真空状态下任意点静压强 p ，不足于大气压强 p_a 的部分，以符号 p_k 表示之。即：

$$p_k = p_a - p, \quad (1-9)$$

为了便于区别绝对压强 p_j 、相对压强 p_x 与真空度 p_k 之间的关系，图 1-4 为它们之间关系的图解说明。从图中可以看出，绝对压强基准和相对压强基准相差一个工程大气压。点 A 的绝对压强大于大气压，其相对压强为正值，称为正压状态；点 B 的绝对压强小于大气压，其相对压强为负值，称为负压状态。此时 B 点相对压强的绝对值为真空值，也称为此点的负压值。

二、压强的量度单位

压强的量度单位通常有三种表示方法，分别叙述如下：

1. 从压强的基本定义出发，用单位面积上所受的压力来表示。单位是 kg/cm^2 或 kg/m^2 。 $1 \text{ kg/cm}^2 = 10000 \text{ kg/m}^2$ 。

2. 以工程大气压的倍数表示。如前所述，在工程计算中，规定一个工程大气压为 1 kg/cm^2 。如某点的绝对压强为 5 kg/cm^2 ，则称其绝对压强为 5 个工程大气压或相对压强为 4 个工程大气压。绝对压强和相对压强单位分别用 ata 和 atg 表示。

3. 以液柱高度表示。单位为毫米水柱 (mmH_2O)、米水柱 (mH_2O) 或米汞柱 (mHg)。

比如，一个工程大气压 = $1 \text{ kg/cm}^2 = 10000 \text{ kg/m}^2$ ，而水的容重 $\gamma_* = 1000 \text{ kg/m}^3$ ，又因为 $h = \frac{p}{\gamma}$ ，所以：

$$h = \frac{10000 \text{ kg/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3} = 10 \text{ 米水柱 (mH}_2\text{O)}$$

根据以上分析，三种量度单位的关系如下：一个工程大气压 = $1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ mH}_2\text{O} = 10000 \text{ mmH}_2\text{O}$ 。如用汞柱表示，即 $1 \text{ kg/cm}^2 = 735.5 \text{ mmHg}$ 。

又由于 $1 \text{ kg/cm}^2 = 10000 \text{ kg/m}^2$ ，所以 1 kg/m^2 等于 $1 \text{ mmH}_2\text{O}$ 。

【例题 1-3】 如图 1-5 所示，一个封闭水箱，其自由面上的绝对压强 $p_0 = 1.5 \text{ kg/cm}^2$ ，水箱内水的高度是 4 米，求水箱底面的绝对压强和相对压强，并以压强的三种单位表示之。

【解】

$$p_j = p_0 + \gamma h = 1.5 \text{ kg/cm}^2 + 0.001 \text{ kg/cm}^3 \times 400 \text{ cm}$$

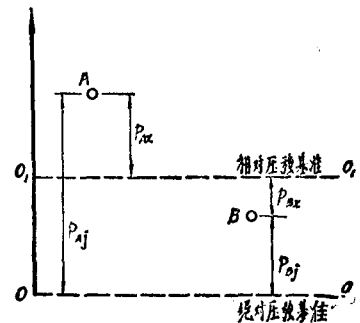


图 1-4

$$=1.5\text{kg/cm}^2+0.4\text{kg/cm}^2=1.9\text{kg/cm}^2。$$

若以工程大气压的倍数表示，即：

$$p_j = \frac{1.9\text{kg/cm}^2}{1\text{kg/cm}^2} = 1.9\text{ata}，$$

$$p_x = p_o + \gamma h - p_o$$

即相对压强等于绝对压强减掉一个工程大气压，则 $p_x = 0.9\text{atg}$ ，或 9 米水柱或 0.9kg/cm^2 。

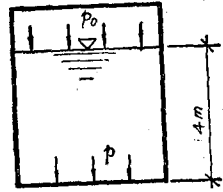


图 1-5

【例题 1-4】 设通风机吸入管中某点的绝对压强为 0.86kg/cm^2 。求该点的真空度，并以三种单位表示。

【解】

$$p_k = p_o - p_j = 1 - 0.86 = 0.14\text{kg/cm}^2 = 0.14\text{atg} = 1.4\text{mH}_2\text{O}$$

第三节 压头损失的概念

一、过流断面、流量与流速

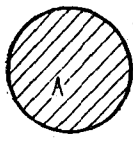
过流断面是指垂直于流体流动方向上，流体所通过的断面积，如图 1-6 所示。过流断面面积以符号 A 表示，单位为 m^2 或 cm^2 。

流量是指单位时间内，通过过流断面的流体体积，以符号 Q 表示，单位为 m^3/s 、 l/s 或 cm^3/s 。

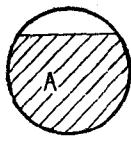
流速是指单位时间内，流体流动所通过的距离，以符号 v 表示，单位为 m/s 或 cm/s 。

流量、流速与过流断面之间的关系叙述如下：

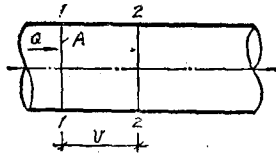
以水在管道中流动为例，如图 1-7 所示。从图 1-7a 中，取过流断面 1-1，断面积为 A 。假如在单位时间内通过过流断面 1-1 的水的流量 Q ，为断面 1-1 和断面 2-2 所包围的水柱体



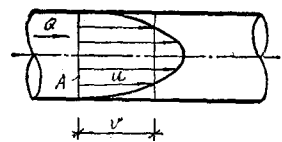
(a)



(b)



(a)



(b)

图 1-6

图 1-7

积，则断面 1-1 和断面 2-2 之间的距离就是在单位时间内水流所通过的距离，即流速 v 。因此，流量、流速与过流断面之间的关系式为：

$$Q = v \cdot A \quad (1-10)$$

公式 (1-10) 叫做流量公式，它说明流量等于流速与过流断面的乘积。

流体在管、渠中流动时，过流断面上流体各质点的流速并不是相同的。例如在河道中，靠近岸边的水流质点流速较小，而处于河中心的水流质点流速较大。在管中流动的流体也是如此，靠近管壁的流体质点流速较小，处在管中心的质点流速最大，如图 1-7b 所示。图中符号 u 表示水流各质点的实际流速，称为质点流速或点流速。流速在过流断面上分布不均匀的主要原因，是由于流体流动与管壁的摩擦阻力和流体本身具有粘滞性所造成。

以上所提到的流速，是设想处在管道任一过流断面上不同位置的流体质点均以相同的流速 v 流动的。这个流速只是反映了处于过流断面上不同位置的流体各质点的流速平均值，所以 v 称为断面平均流速。也就是说，断面平均流速就是在单位时间内，过流断面上各质点都按这个流速流动所通过的流量和各质点按实际流速流动所通过的流量相等时的流速。在工程计算中，均采用断面平均流速，而不采用点流速。根据以上分析，公式 (1-10) 的准确定义为：流量等于断面平均流速与过流断面的乘积。

以上提到的流量 Q ，单位是 m^3/s ，又称为体积流量。如果流量是指单位时间内，通过过流断面的流体重量时，此流量称为重量流量，以符号 G 表示，采用的单位为 kg/s 或 kg/h 。重量流量与体积流量的关系为：

$$G = \gamma \cdot Q$$

$$G = \gamma \cdot v \cdot A \quad (1-11)$$

所以，

式中 G ——重量流量 (kg/s)；
 γ ——流体的容重 (kg/m^3)；
 v ——断面平均流速 (m/s)；
 A ——过流断面面积 (m^2)。

二、压头损失的概念

上面讨论流体在管、渠中流动时，过流断面上流体各质点的流速分布情况中，已经提到了流体的又一重要物理性质——粘滞性。为了阐述压头损失的概念，还必须对流体的粘滞性作进一步的说明。

什么叫做流体的粘滞性呢？我们在日常生活中，如洗手后，当手从水中离开时手指粘水珠，这就是表明水有粘性。再如，在拆洗自行车时，往往需要用机油清洗零件，当手与机油接触时，我们会感觉到机油比水的粘性更为显著。流体的粘性，又称粘滞性。一杯水和一杯油并排放着，看起来都是一杯静止的流体，分不出哪一杯粘性大，如果将它们往外倾倒，机油就不象水流得那样爽快，两种不同流体粘性的不同就表现出来了。这就又说明了流体的粘性和流体的运动是密切相关的。

我们知道，流体在管、渠中流动时，过流断面上各质点的流速并不相同，这就是说，流体层与层之间有相对运动。我们定义流体各层间的相对运动所产生的内摩擦阻力的性质，称为流体的粘滞性。而产生的内摩擦阻力，称为粘滞性阻力。

粘滞性阻力是阻挠流体运动的。流体在流动过程中，为了克服粘滞性阻力，就要消耗自身所具有的机械能，我们称这部分被消耗的能量为压头损失。粘滞性大的流体，流动时所产生的压头损失也大。流动是产生压头损失的外部条件，不流动的静止流体也就不会产生压头损失。实践证明：压头损失的规律与流体的流动状态以及流体流动的边界条件有密切关系。

压头损失有两种形式，如图1-8所示。在有压管路 A 、 B 、 C 三处各开一小孔，并以一根开口玻璃管与小孔连接，这种玻璃管称为测压管；如图1-8a所示，当阀门 K 关闭时，流体处于静止状态，此时 A 、 B 两根测压管的水位高度相等，并与水箱水位在同一个水平面上；如图1-8b所示，当阀门 K 开启，管路中的流体处于流动状态，此时， A 、 B 、 C 三根测压管的水位高度不在一个水平面上，而且逐根下降， A 测压管与 B 测压管的水位差为 h_1 ， B 测压管与 C 测压管的水位差为 h_2 。管路中的流体处于流动状态时，为什么测压管水

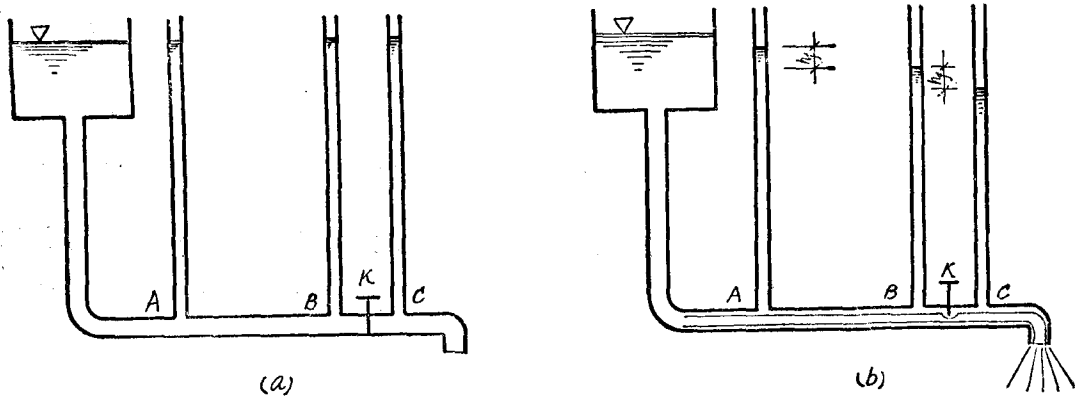


图 1-8

位会产生沿途下降呢？B测压管比A测压管水位低的原因是由于流体从A流到B的这个过程中始终存在着摩擦阻力的，水位差 h_f 就是为了克服从A到B这个沿程上的摩擦阻力而引起的压头损失，这种压头损失称为沿程压头损失（通常以符号 h_f 表示）。C测压管比B测压管水位低的原因，是由于流体从B流到C的这个过程中（经过阀门K）水流局部边界条件急剧改变，使水流质点发生互相碰撞，从而对水流运动造成阻力，这种阻力称为局部阻力。图中水位差 h_j 就是由于克服这种局部阻力而引起的压头损失，这种压头损失称为局部压头损失（通常以符号 h_j 表示）。流体流经管道上的三通、弯头、阀门、突然扩大或缩小等地方，都会产生这一类的局部压头损失。而管路中的总压头损失则为各管段沿程压头损失与各处局部压头损失之和；以数学式子表示则为：

$$h_w = \sum h_f + \sum h_j \quad (1-12)$$

式中 h_w 为管路总压头损失。

计算管段沿程压头损失 h_f ，可按以下公式进行：

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1-13)$$

式中 λ ——沿程阻力系数（无因次量）；

l ——管段长度（m）；

d ——管段直径（m）；

v ——管段平均流速（m/s）；

g ——重力加速度（ m/s^2 ，取 $9.81m/s^2$ ）。

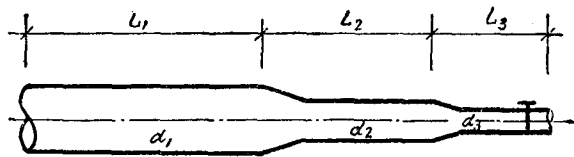


图 1-9

计算管段局部压头损失 h_j ，可按以下公式进行：

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

式中 ζ ——局部阻力系数（无因次量，其数值一般由实验确定）；

v ——平均流速（未加说明时，一般采用经过局部阻力后的平均流速）；

g ——重力加速度。

【例题 1-5】 某管路连接情况如图1-9所示。

已知： $d_1=150mm$ ， $L_1=25m$ ， $\lambda_1=0.037$ 。

$$d_2 = 125\text{mm}, L_2 = 10\text{m}, \lambda_2 = 0.039.$$

$$d_3 = 100\text{mm}, L_3 = 5\text{m}, \lambda_3 = 0.040.$$

$\zeta_{\text{缩小}} = 0.15$, $\zeta_{\text{阀}} = 2.0$ (所有局部阻力系数都是对局部阻力之后的流速而言)。流量 $Q = 25\text{l/s}$ 。

求: 1. 沿程压头损失 Σh_f ;

2. 局部压头损失 Σh_j ;

3. 总压头损失 h_w 。

【解】 第一管段:

$$h_{f1} = \lambda_1 \frac{L_1}{d_1} \cdot \frac{v_1^2}{2g}$$

$$v_1 = \frac{Q}{\frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = \frac{4 \times 0.025}{\pi (0.15)^2} = 1.415\text{m/s}$$

$$h_{f1} = 0.037 \times \frac{25}{0.15} \times \frac{1.415^2}{2 \times 9.8} = 0.63\text{m}$$

第二管段:

$$h_{f2} = \lambda_2 \frac{L_2}{d_2} \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{4 \times 0.025}{\pi (0.125)^2} = 2.04\text{m/s}$$

$$h_{f2} = 0.039 \times \frac{10}{0.125} \times \frac{2.04^2}{2 \times 9.8} = 0.66\text{m}$$

第三管段:

$$h_{f3} = \lambda_3 \frac{L_3}{d_3} \cdot \frac{v_3^2}{2g}$$

$$v_3 = \frac{4Q}{\pi d_3^2} = \frac{4 \times 0.025}{\pi (0.1)^2} = 3.18\text{m/s}$$

$$h_{f3} = 0.040 \times \frac{5}{0.1} \times \frac{3.18^2}{2 \times 9.8} = 1.03\text{m}$$

则管路沿程压头损失之和为:

$$\Sigma h_f = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} = 0.63 + 0.66 + 1.03 = 2.32\text{m}$$

局部压头损失:

缩小:
$$h_{j1} = \zeta_{\text{缩小}} \cdot \frac{v_2^2}{2g} = 0.15 \times \frac{2.04^2}{2 \times 9.8} = 0.03\text{m}$$

$$h_{j2} = \zeta_{\text{缩小}} \cdot \frac{v_3^2}{2g} = 0.15 \times \frac{3.18^2}{2 \times 9.8} = 0.08\text{m}$$

阀门:
$$h_{j3} = \zeta_{\text{阀}} \cdot \frac{v_3^2}{2g} = 2.0 \times \frac{3.18^2}{2 \times 9.8} = 1.04\text{m}$$

则管路局部压头损失之和为:

$$\Sigma h_j = h_{j1} + h_{j2} + h_{j3} = 0.03 + 0.08 + 1.04 = 1.15\text{m}$$

管路总压头损失为:

$$\Sigma h_w = \Sigma h_f + \Sigma h_j = 2.32 + 1.15 = 3.47\text{m}$$

第四节 热和热的量度、传热的几种方式

一、热和热的量度

在日常生活和工业生产中，常常需要改变物体的温度，最常用的方法就是给它加热。例如在热水采暖系统中，所需要的热水就是通过将锅炉内的凉水进行加热获得的。锅炉内的水，温度升高的原因是因为它吸收了锅炉传给它的热。如果锅炉中的水量多少不同或水需要升高的温度不同，则所需要加热的时间也就不同。这说明在不同的情况下，锅炉传给水的热的多少不同。所传的热量的多少就叫做热量。

计算热量的单位常用千卡或大卡表示。所谓1大卡就是使1公斤的水温度升高或降低 1°C 所吸收或放出的热量。1大卡的千分之一叫卡。所谓1卡就是使1克水的温度升高或降低 1°C 所吸收或放出的热量。

当给物体加热以改变物体的温度时，往往需要进行热量的计算。

实践告诉我们，质量相同的物体的温度升高得愈多，它所需要吸收的热量也愈多。物体吸收的热量和它的温度的升高成正比。

烧开水时，在火力相同的情况下，小壶开得快，大壶开得慢。这说明要升高相同的温度，质量少的水需要的热量少，质量多的水需要的热量多。物体吸收的热量和物体的质量成正比。

质量不同的不同物质加热时，若升高的温度相同，但吸收热量的多少不同。例如，把1公斤的水和1公斤的油分别进行加热，使它们升高相同的温度，水需要加热的时间比油长一些，即水所吸收的热量要比油多一些。这种现象说明：质量相同的物质，升高相同的温度，所吸收热量的多少和物质的种类有关。

综上所述，在计算物体吸收的热量时，必须同时考虑温度升高的多少、物体质量的多少以及是什么样的物质三个因素。如当质量为 m 的某物体，温度由 t_1 升高到 t_2 ，所吸收的热量 Q 可用下式计算：

$$Q = c \cdot m(t_2 - t_1) \quad (1-15)$$

式中 Q ——为物体吸收的热量，单位为kcal或cal（即千卡或卡）；

m ——为物体的质量，单位为kg或g（即公斤或克）；

t_1 、 t_2 ——物体的起始和终了温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；

c ——物体的比热，单位为kcal/kg $\cdot^{\circ}\text{C}$ 或者cal/g $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

所谓比热，就是1公斤的物质温度升高或降低 1°C 时所吸收或放出的热量，通常以符号 c 表示。物质不同，其比热的数值也不相同。例如铁的比热是 $0.11\text{kcal/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，水的比热是 $1\text{kcal/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

物体在温度降低时所放出的热量，亦可用公式(1-15)计算。但是此时的 $(t_2 - t_1)$ 应该换成物体温度降低的度数。

【例题 1-6】 某热水锅炉盛水2吨，求这2吨水温度由 70°C 升高到 95°C 所吸收的热量（水的比热为 $1\text{kcal/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ ）。

【解】 根据公式(1-15)：

$$Q = c \cdot m(t_2 - t_1)$$

$$Q = 1 \times 2 \times 1000 \times (95 - 70) = 2000 \times 25 = 50000 \text{ kcal}$$

二、传热的几种方式

在工业生产中，常常需要研究在各种加热炉、冷却器、热交换器等设备中的热量是如何传递的。传热过程比较复杂，根据实验结果分析，各种传热过程都可看成是三种基本传热方式的组合。这三种基本传热方式就是：导热、对流和辐射。

1. 导热

把铁棍的一端插入火炉中，过不久，手拿的这一端就会感到发热，这说明热量由铁棍的另端传了过来。这种热量从物体的一部分传到另一部分，或从一个物体传到和它相接触的另一物体的传热方式叫做热传导，又称导热。在各种散热器(暖气片)中，热量从金属的内壁传到外壁，或在冬季有供热的房间中，热量从墙体的内表面传到外表面，都是导热的结果。

导热的基本规律，可由平壁传过的热量来说明。设有一由单一材料砌成的外墙，其厚度为 $\delta(\text{m})$ ，面积为 $F(\text{m}^2)$ ，墙内表面温度为 $t_1(^{\circ}\text{C})$ ，墙外表面温度为 $t_2(^{\circ}\text{C})$ ，且 $t_1 > t_2$ ，如图1-10所示。因 $t_1 > t_2$ ，所以热量将从墙内表面传向墙外表面。

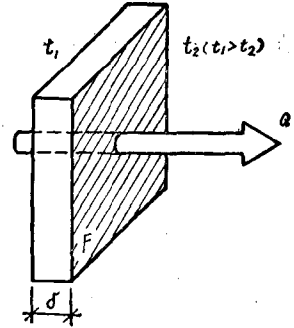


图 1-10

实验证明：每小时通过墙壁的热量 $Q^*(\text{kcal/h})$ 与壁面积 F 和两壁面的温度差 $(t_1 - t_2)$ 成正比，而与壁的厚度 δ 成反比。则：

$$Q = \lambda \frac{F(t_1 - t_2)}{\delta} \quad (\text{kcal/h}) \quad (1-16)$$

或

$$Q = \frac{F(t_1 - t_2)}{\frac{\delta}{\lambda}} \quad (\text{kcal/h}) \quad (1-16a)$$

公式(1-16)称为平壁导热公式。式中 λ 为比例系数，它随着壁体材料的不同而变化。当取 $F = 1(\text{m}^2)$ ， $(t_1 - t_2) = 1(^{\circ}\text{C})$ ， $\delta = 1(\text{m})$ 时，则得 $\lambda = Q(\text{kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。这说明 λ 的物理意义为：当沿着导热方向每米厚度上温度降落为 1°C 时，每小时、每平方米面积的平壁所能通过的热量。它表示了壁体材料的导热能力，故 λ 被称为导热系数。各种材料的导热系数 λ 值的大小相差是很大的，如紫铜 $\lambda = 340$ 、砖 $\lambda = 0.65 \sim 0.75$ 、泡沫塑料 $\lambda = 0.04$ 。

公式(1-16a)中的分母 $\frac{\delta}{\lambda}$ ，称为材料层热阻，通常以符号 R 表示，即 $R = \frac{\delta}{\lambda}$ ，它表示材料层阻止导热的能力。因此，导热公式也可以用以下形式表示：

$$Q = \frac{F(t_1 - t_2)}{R} \quad (\text{kcal/h}) \quad (1-16b)$$

建筑物的围护结构如墙、楼板、地板等，通常并非单层平壁。如外墙，除了以砖作为墙体外，内表面均有抹灰，有时外表面还有抹灰或水刷石。这类平壁称为多层平壁。

多层平壁的导热公式如下：

* 在传热过程分析中，所提到的热量 Q (习惯提法)，实际上是热流量的意思，即单位时间的传热量 (kcal/h)。注意区别公式(1-15)中所提到的热量 Q 。

$$Q = \frac{F(t_1 - t_n)}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \text{ (kcal/h)} \quad (1-17)$$

或

$$Q = \frac{F(t_1 - t_n)}{\sum_{i=1}^n R_i} \text{ (kcal/h)} \quad (1-17a)$$

式中 $(t_1 - t_n)$ ——第一层内表面与第 n 层外表面的温度差，即 $t_1 > t_n$ ；

$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ 或 $\sum_{i=1}^n R_i$ ——各层平壁的材料层热阻之和。

【例题 1-7】 某建筑物外墙高 5m，长 30m，墙厚 δ 为 0.37m。材料为普通红砖， λ 值为 $0.7 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ ，墙内表面温度 $t_1 = 13^\circ\text{C}$ ，墙外表面温度 $t_2 = -7^\circ\text{C}$ ，求每小时通过墙壁的热量 Q 应为多少？

【解】 根据公式 (1-16)：

$$Q = \lambda \frac{F(t_1 - t_2)}{\delta} = 0.7 \times \frac{5 \times 30(13 + 7)}{0.37} = 5670 \text{ kcal/h}$$

2. 对流

对流是流体所特有的一种传热方式。图 1-11 是一间冬季有暖气供暖的房间。散热器周围的冷空气因受热温度升高、容重减小而上升；而另一部分未受热的冷空气容重较大便下降，并不断往散热器周围补充，受热后又上升。这就形成了房间内空气的循环流动。在冬季，集中采暖系统能使整个房间都暖和起来，主要就是靠室内空气的循环流动，将热量从一处传到另一处。这种靠物质的流动而进行传热的方式就叫对流。上述由于容重随温度的变化而形成的对流又叫自然对流。

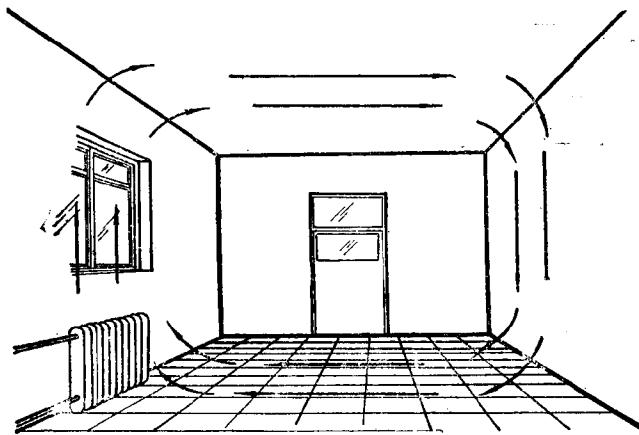


图 1-11

3. 辐射

冬季在有供暖的房间中，人站在散热器附近，会觉得比房间其它地方暖和。这种热量是怎样传到身上的呢？是空气的热传导吗？不是，因为空气的导热系数很小。是空气的对流吗？也不是，因为热空气是往上升的。如果在散热器与人之间挡上一块板，就不会有热的感觉。这说明热量是直接由散热器射到人身上

的。这种不是靠物体接触或流体流动，而是靠热射线将热能直接由物体向外传射的传热方式叫辐射。

和导热、对流不同，辐射传热不需要固体或流体等中间媒介物。太阳和地球之间绝大部分是真空。太阳的热，是靠电磁波发射能量的辐射传热方式而传到地球上来的。

以上所述的导热计算中，都是假设平壁两侧的表面温度 t_1 与 t_2 是已知的，但在实际工程计算中，壁面温度往往是未知的，而平壁两侧外的空气温度才是已知的。例如，当计算建筑物外墙的传热量时，往往已知的条件是室内温度 t_n 和室外温度 t_w ，而墙体内、外表面的温度是未知的。因此，单用导热规律来计算传热量是不够的。