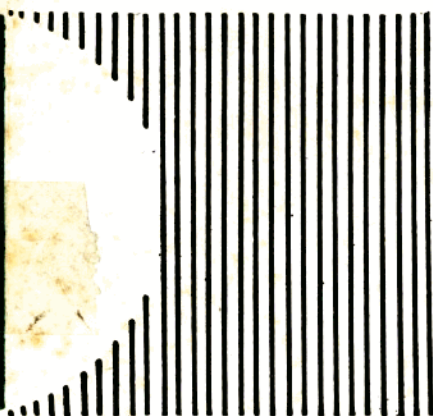


安装工人技术等级培训教材

管道工

● (中级工)

本培训教材编委会 组织编写



中国建筑工业出版社

出版说明

为贯彻落实建设部教育工作会议精神，认真搞好建设系统职工的培训工作，尽快提高建设系统职工队伍的技术素质，我司在中国安装协会的协助下，在注意吸收国内外先进培训经验的基础上，组织编写了本套“安装工人技术等级培训教材”。

该套教材覆盖了建筑安装十个主要工种。每个工种的教材按初级工、中级工和高级工三个等级编写，并附有一本《安装工人技术等级培训计划与培训大纲》与之配套，全套教材共计31种。

本套教材在编写时以《安装工人技术等级标准》(JGJ 43-88)为依据，针对目前建设系统职工技术素质的实际情况和职工培训的实际需要，力求做到应知应会相结合。全套教材突出实用性，即侧重于全面提高职工的操作技能，辅以工人必须掌握的基本技术知识和管理知识，并较详细地介绍了成熟的、并已推广应用的新材料、新设备、新技术、新工艺。初、中、高三个等级的教材内容既不重复，又相互衔接，逐步深化。培训计划与培训大纲在编写时力求做到实用、具体，并列出了考核项目，供各地参照执行。

本套教材及培训计划与培训大纲已通过全国各地有关方面专家审定，现由中国建筑工业出版社出版，可供建筑安装工人培训、自学及技术竞赛之用。在使用过程中如发现问题，请及时函告我们，以便修正。

建设部教育司

“安装工人技术等级培训教材”编委会

主任委员：杨筱悌 强十渤 吴小莎

委员（以姓氏笔画为序）：

王 旭 卢建英 刘克峻 李 忠

杨同起 张 峥 张文祥 林汉丁

孟宪明 赵恒忱 钱大治 蔡耀恺

目 录

一、流体与热工的基本知识	I
(一) 流体的性质	1
(二) 静水压强	5
(三) 流体阻力及水头损失	13
(四) 传热	26
(五) 水蒸汽	28
二、金属材料基本知识	31
(一) 金属材料的基本性能	31
(二) 碳素钢	36
(三) 合金钢	40
(四) 铸铁	44
(五) 常用有色金属及其合金	47
(六) 钢的热处理知识	51
三、管道制图与材料分析	55
(一) 管道轴测图的画法	55
(二) 建筑施工图的识读	70
(三) 化工工艺管道图的识读	83
(四) 按图计算工料	100
四、常见工业管道安装	131
(一) 工业管道概述	131
(二) 热力管道安装	134
(三) 压缩空气管道安装	141
(四) 氧气管道安装	143
(五) 燃气管道安装	148

(六) 乙炔管道安装	157
(七) 输油管道安装	162
(八) 高压管道及合金钢管道安装	171
(九) 不锈钢管道安装	186
(十) 有色金属管道安装	194
(十一) 塑料管道安装	204
(十二) 橡胶衬里管道安装	216
五、管道的工厂化制作及压力顶管	222
(一) 管道的工厂化制作	222
(二) 压力顶管	239
六、常用测量仪表及其管道安装	259
(一) 测量温度仪表的安装	259
(二) 流量测量及液位测量仪表的安装	263
(三) 气动单元组合仪表的安装	275
(四) 仪表管道安装	281
七、起重吊装知识	288
(一) 常用起重机具和索具	288
(二) 管道的吊装	309
(三) 一般吊点选择原则	314
八、锅炉及常用泵类安装	316
(一) 锅炉的分类及构造	316
(二) 散装锅炉安装及配管	338
(三) 锅炉的给水设备与水处理	368
(四) 省煤器、预热器、除氧器等的安装	374
(五) 锅炉的试运转	378
(六) 泵及其配管	383
九、班组管理	405
(一) 组织建设	406
(二) 班组施工计划管理	408

(三) 班组质量管理	412
(四) 班组安全管理	420
(五) 班组材料、机具管理	422
(六) 班组经济核算	428
附录 中级管道工技术标准	434

一、流体与热工的基本知识

(一) 流体的性质

1. 流体的基本性质：液体与气体通称为流体。流体的基本特性就是易于流动。

液体没有固定的形状，但有固定的体积，并能形成自由表面。液体内部各质点间的内聚力极小，几乎不能抗拉，静止时也不能抗剪，只有流动时才有微小的抗剪能力，因此不能保持固定的形状。液体有很大的抗压能力，所以液体有固定的体积。

气体和液体一样也没有固定形状，其内部各质点间的内聚力更小，因而气体总是能充满它能达到的全部空间，而且很容易被压缩，所以也没有固定的体积。

2. 流体的主要物理性质

(1) 流体的密度和重度 流体运动状态的任何改变都必须克服惯性的作用，流体的质量越大，惯性越大，运动状态越难改变。在流体力学中，单位体积流体的质量和重力常用密度和重度表征。

对于均质流体，单位体积的质量称为密度。其表达式为：

$$\rho = \frac{m}{V}$$

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)。

对于均质流体，作用于单位体积流体的重力称为重度 (过去称为容重)。

其表达式为： $\gamma = \frac{G}{V}$

式中 γ ——流体的重度 (N/m^3)；

G ——流体的重力 (N)；

V ——流体的体积 (m^3)。

密度和容重的关系式为： $\gamma = \rho \cdot g$

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

表1-1为常见流体的密度和重度，其数值不仅因流体种类而异，还与外界的温度、压力有关，尤其是气体的密度和重度可用理想气体的状态方程表示为：

$$\rho_2 p_1 T_2 = \rho_1 p_2 T_1$$

$$\gamma_2 p_1 T_2 = \gamma_1 p_2 T_1$$

式中 $\rho_1, \gamma_1, p_1, T_1$ ——状态变化前的密度、重度、压强和绝对温度；

p_2, γ_2, p_2, T_2 ——状态变化后的密度、重度、压强和绝对温度。

(2) 流体的压缩性与膨胀性

a. 液体的压缩性：当温度保持不变，流体所受压强增大时，体积会缩小的性质称为流体的压缩性。一般情况下液体的体积压缩量不大。例如水，压强每增加一个大气压，水的体积缩小不足二万分之一。因此在实际工程中往往不考虑液体的压缩性，认为液体是不可压缩的。只有在某些特殊情况下，如水击现象时，才需考虑液体的压缩性。

b. 液体的膨胀性：当压强保持不变，流体的温度升高

常见的流体密度、重度表

表 1-1

流体名称	密度 (kg/m ³)	重 度 (N/m ³)	测定 条件	流体名称	密 度 (kg/m ³)	重 度 (N/m ³)	测定 条件
汽 油	680~740	6670.8~7259.4	15℃	气	氢	0.0899	0.8819
乙 醚	740	7259.4	0℃		甲 烷	0.7168	7.0318
纯乙醇	790	7749.9	15℃		氮	0.7714	7.5674
甲 醇	810	7946.1	4℃		乙 炔	1.1709	11.4865
煤 油	800~850	7848~8338.5	15℃		一氧化碳	1.2500	12.2625
重 油	900~950	8829~9319.5	15℃	体	氮	1.2505	12.2874
蒸馏水	1000	9810	4℃		空 气	1.3928	12.6824
海 水	1020~1030	10006.2~10104.3	15℃		氧	1.4290	14.0185
无水甘油	1260	12360.6	0℃		二氧化碳	1.9768	19.3924
汞	13590	13318	0℃		氯	3.2200	31.5882

液

体

101.32kPa

0℃

时，体积会膨胀的性质称为流体的膨胀性。液体的膨胀性也很小，所以在实际工程中，除了供热系统外，液体的膨胀性也可以不考虑。

如自然循环直接加热的太阳能热水器组，正是利用水的膨胀性造成水的自然循环流动。如图1-1所示，集热器吸收太阳辐射热后，集热器中的水温逐渐上升，体积膨胀使水的容重减小，由于热水的重度比冷水重度小，集热器中被晒热的水由上升循环管进入热水贮水箱；贮水箱中的冷水则由下降循环管流入集热器，形成了热水采暖系统的自然循环。

(3) 气体的压缩性和膨胀性 对于气体来说，随着压强与温度的改变，气体的体积有较大变化。因而重度也有较大变化。当温度一定时，气体的体积与压强成反比，压强增加一倍，气体的体积减小为原来的一半；当压强一定时，温度每升高 1°C ，体积就比 0°C 时的体积增大 $1/273$ 。在实际工程中由于气体速度较低，流动过程中每一管段的压强和温度变化也较小，重度仍可视作常数，仍可按未压缩流体进行计算。只有某些特殊情况，如燃气的远距离输送等，才需考虑气体的压缩性。

c. 流体的粘滞性：流体内部质点间或层流间因相对运动而产生内摩擦力（切力）以反抗相对运动的性质，叫做流体的粘滞性。粘滞性大的流体流得慢，如重油；粘滞性小的流体流得快，如水。

圆管内流体流动时，各流层好象圆筒一个套一个似地以不同流速运动。靠近管壁的第一层极薄水层粘在壁面上不动，流速为零；而第一层通过摩擦作用影响第二层；依次类推，距管壁越远，壁面对流速影响越小，故管轴心处的流速最大。圆形管断面流速分布如图1-2所示。而流动的流体各

层间流速不同造成了相对运动，两液层之间就产生了内摩擦力抵抗其相对运动，也即流体的粘滞性。克服这种阻挠流体流动的粘滞力就要消耗流体自身的机械能，造成能量损失。所以粘滞性是引起液体能量损失的根源。

粘滞性与温度有关。温度高液体的粘滞性减弱，流速加快；而气体正相反，温度升高气体的粘滞性增强，流速减慢。

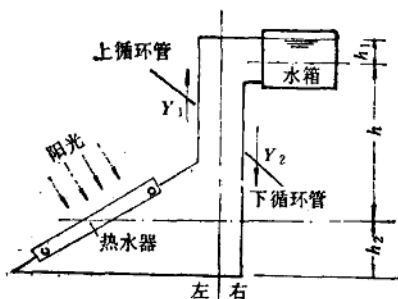


图 1-1 太阳能热水器自然循环作用原理

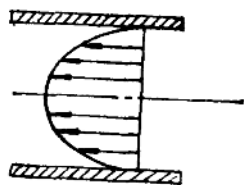


图 1-2 管内流速分布

(二) 静 水 压 强

1. 流体静压强的基本特性

(1) 静水压强 静止流体内有压力，这种压力称为静压力。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。其表达式为：

$$p_{\text{平均}} = \frac{P}{A}$$

式中 $p_{\text{平均}}$ ——静水压强 (Pa)；

P ——静止液体作用于某受压面上总的力，即静水

总压力 (N) ;

A ——受力面积 (m^2) 。

上式中 $p_{\text{平均}}$ 是受力面上的平均值, 是平均静水压强, 不能代表受力面上各处的受力状况。若受力面积无限缩小而趋近 A 点时, 则此时的极限值即为任一点 A 的静水压强。 $p_A =$

$\lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A}$ 。点静压强能精确地反映作用面上各点的静压强,

流体力学中遇到的静水压力均指点静水压强这一概念。

(2) 流体静压强的基本特性 流体静压强有两个重要的基本特性:

a . 流体静压强的方向与作用面垂直, 并指向作用面。

由实验可知: 水箱侧壁开孔, 水从小孔喷出, 水流方向必然与水箱壁面垂直; 圆管侧壁开孔, 压力水从小孔喷出, 水流方向必然与直径方向一致, 从存水薄铁皮水箱的变形是向外凸出, 而不是向里凹, 说明流体静压强是指向作用面的。

b . 任意一点各方向的流体静压强均相等。

如图1-3实验得知: 蒙有橡皮膜的小盒在水中的中心位置不变, 无论橡皮膜方向是向上、向下, 还是向旁侧, 测压计两

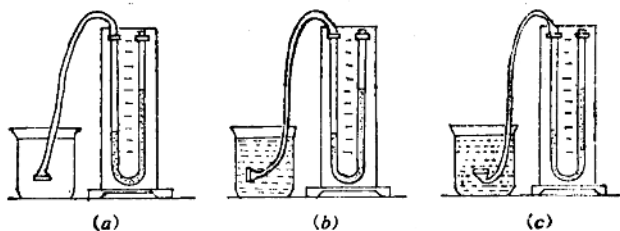


图 1-3 液体内部的压强

边的液面均不变。当然若橡皮膜入水越深，测压计液面差也越大，这正证明了静水压强的存在，且随水深增加而增大。

2. 流体静压强的基本方程式：图1-4为仅在重力作用下处于静止状态的水体，水受表面压强 p_0 的作用。现从静止流体中取出一个与铅垂线同轴线的小圆柱体作为隔离体，由于隔离体侧面都是铅垂面，侧面所受水平压力因小水柱处于静止状态而相互平衡；从铅直方向看，隔离体在重力和压力的作用下也保持静止状态，说明它所受铅垂轴向外力之和也相互平衡。隔离体所受到的三个铅垂轴向外力为：隔离体上端面上的压力 $P_1 = p_1 \cdot \Delta A$ ，方向向下；下端面上的压力 $P_2 = p_2 \cdot \Delta A$ ，方向向上；重力 $G = \gamma \cdot \Delta A \cdot \Delta h$ ，方向向下。其中 p_1 和 p_2 为上下两端面的压强。作用在垂直方向上力的平衡方程式为：

$$p_1 \cdot \Delta A + \gamma \cdot \Delta A \cdot \Delta h = p_2 \cdot \Delta A$$

整理后得： $p_2 = p_1 + \gamma \cdot \Delta h$

若根据表面压强 p_0 推求水面下深度为 h 的任一点静水压强 p ，则上式可列成： $p = p_0 + \gamma \cdot h$ 这就是静水压强基本方程式。它表明静止流体内部压强随深度按线性规律增加，且流体中任一点的压强等于表面压强 p_0 加上流体的容重与该点淹

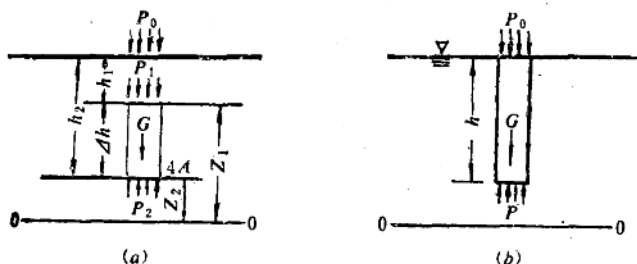


图 1-4 流体静压强基本方程式的推导

没深度的乘积；同一深度处压强相等。同时还可推知，若表面压强增大，则此压强可大小不变地传至流体中各个部分，这即为帕斯卡原理。

流体静压强基本方程式另一种形式也可由图1-4来推求。前式任一点的位置是从水面往下算的，用水深 h 表示。若取共同的水平面0-0为基准面，任一点距基准面的高度称为某点的位置高度 z ，则可将公式 $p_2 = p_1 + \gamma \cdot \Delta h$ 改写成另一种形式。由图1-4得知： $\Delta h = z_1 - z_2$ ，代入上式得：

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

整理后得： $z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma}$

对于静止流体中各点之间都可以得出上式等式，于是： $z_1 +$

$$\frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} = \dots = \text{常数或可说对静止流体中}$$

任一点均有： $z + \frac{p}{\gamma} = \text{常数}$

它表明在静止流体中位置高度 z 越大，静水压强越小，位置高度 z 越小，静水压强越大。还表明在均质、连通的液体中，水平面必然是等压面，也即通常所说的连通器原理。

需要说明的是：流体静压强基本方程式不但适用于静止液体，同样也适用于静止气体。

【例1-1】 求水箱中水深2m处的静水压强

【解】 已知水箱表面压强为大气压强，水的重度 $\gamma = 9.8\text{kN/m}^3$ ，标准大气压强为 101.3kPa ，所以

$$\begin{aligned} p &= p_0 + \gamma \cdot h = 101.3\text{kPa} + 9.8\text{kN/m}^3 \times 2\text{m} \\ &= 101.3\text{kPa} + 19.6\text{kPa} = 120.9\text{kPa} \end{aligned}$$

3. 流体静压强的表示方法：同一压强，若采用不同的

起算基准，会有不同的压强数值。压强和标高一样都是相对于某一基准面而言的。例如某建筑二层楼地坪标高为 $+8.200\text{m}$ ，意思是高出室内 ± 0.000 地坪 8.200m 。我国规定黄海平均海平面的高程作为零，若以此作为标准，则该建筑二层楼地坪标高就不再是 $+8.200\text{m}$ 了。同理，压强的表示也有以哪一个基准算起的问题。

(1) 绝对压强 以没有气体存在的完全真空为零点起算的压强值称为绝对压强，以 p_{id} 表示。

(2) 相对压强(表压强) 以大气压强 p_a 为零点起算的压强值称为相对压强，以符号 p_{xd} 表示。在工程上，从压力表上读得的压强值即为相对压强，故相对压强又称为表压。在管道或设备上压力表的读数不是管道或设备内流体的真实压强，而是其内部流体与其外部大气压强之差。若表压为零，则表示管道或设备的内外压强相等。

图1-5表示相对压强与绝对压强的关系，

$$p_{xd} = p_{id} - p_a$$

假定自由表面压强 p_0 是大气压强 p_a ，则流体静压强基本方程相对压强为： $p = \gamma \cdot h$ 。

(3) 真空压强

若流体某处的绝对压强小于大气压强，则该处处于真空状态，其真空程度一般用真空压强 p_k 表示，真空压强是处于真空状态下任意点的绝对压强 p_{id} 小于大气压强 p_a 的数值，从图1-5

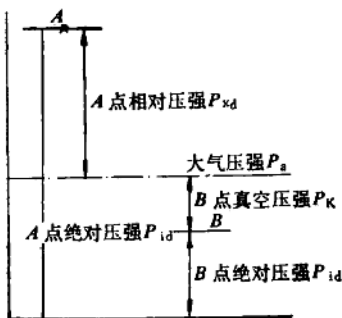


图 1-5 压强关系图式

中表明,

$$p_k = p_a - p_{jd}$$

管道或设备内的压力小于大气压时,可用真空表测量。真空表上读到数据便是真空压强或称真空度。上式反映了:真空度越大时,绝对压强就越小;若真空度为定值时,大气压越高,绝对压强越大。

(4) 压强的单位

a. 国际单位制中压强的单位:国际单位制是从压强的基本定义出发,用单位面积上所受的压力来表示。力为牛顿(N),面积为米²(m²),所以压强的导出单位为牛顿/米²(N/m²),也可以用帕表示,符号为Pa。

$$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2, 1\text{kPa} = 1000\text{N/m}^2, 1\text{MPa} = 10^6\text{N/m}^2$$

b. 国际单位制与其他单位制的换算

$$\text{公斤力/厘米}^2(\text{kgf/cm}^2) \quad 1\text{kgf/cm}^2 = 98.1\text{kPa}$$

$$\text{标准大气压 (atm)} \quad 1\text{atm} = 101.325\text{kPa}$$

$$\text{工程大气压 (at)} \quad 1\text{at} = 1\text{kgf/cm}^2 = 98.1\text{kPa}$$

$$\text{米水柱 (mH}_2\text{O)} \quad 1\text{mH}_2\text{O} = 0.1\text{kgf/cm}^2 = 9.81\text{kPa}$$

$$\text{毫米汞柱 (mmHg)} \quad 1\text{mmHg} = 0.133\text{kPa}$$

【例1-2】 已知密封容器某点的绝对压强 $p_{jd}=21.7\text{kPa}$,求这点的相对压强和真空度。

$$\begin{aligned} \text{【解】} \quad p_{xd} &= p_{jd} - p_a = 21.7\text{kPa} - 98.1\text{kPa} \\ &= -76.4\text{kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_k &= p_a - p_{jd} = 98.1\text{kPa} - 21.7\text{kPa} \\ &= 76.4\text{kPa} \end{aligned}$$

【例1-3】 某水箱水面与大气相通 $p_0 = p_a$, 求液面下相对压强 $p_{xd} = 14.72\text{kPa}$ 处的水深 h 为多少?

$$\text{【解】} \quad p_{xd} = p_{jd} - p_a = p_a + \gamma h - p_a = \gamma h$$

$$\therefore h = \frac{p_{xd}}{\gamma} = \frac{14.72 \text{ kPa}}{9.81 \text{ kN/m}^3} = \frac{14.72 \text{ kN/m}^2}{9.81 \text{ kN/m}^3} = 1.5 \text{ m}$$

4. 水头的概念：前面论证了流体静压强基本方程式 $z + \frac{p}{\gamma} = \text{常数}$ ，现在我们来说明该式的意义。

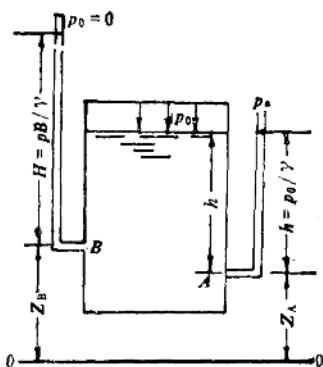


图 1-6 静压高度和测压管高度

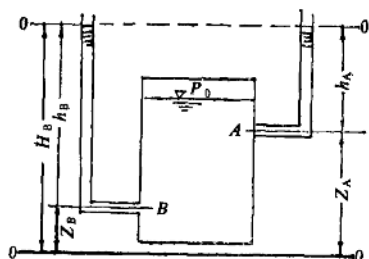


图 1-7 位置水头与压强水头

(1) 水柱高度：如图1-6所示，在静止液体中 A 点处设一端口敞开的测压管，使 $p_0 = p_A$ ；在 B 点处设一端口封闭的测压管，并设法去净空气，使 $p_0 = 0$ 。通过测定水柱高度得知： $h = \frac{p_A}{\gamma}$ ，流体力学中称 $\frac{p_A}{\gamma}$ 为 A 点的测压管高度，也

称为相对压强高度；而 $H = \frac{p_B}{\gamma}$ ， $\frac{p_B}{\gamma}$ 则被称为 B 点的静压强高度，也称为绝对压强高度。

(2) 水头概念：为使静止液体中各点的水柱高度联系