

中等专业学校试用教材

房 屋 设 备

黄忠喜 编

能源出版社

1988

中等专业学校试用教材

房 屋 设 备

黄忠喜 编

能源出版社

1988

房屋设备

黄忠喜 编

能源出版社出版 新华书店首都发行所发行

北京昌平第二印刷厂印刷

787×1092 1/16开本 12.5印张 312千字

1988年元月第一版 1988年元月第一次印刷

印数：1—10,000册

书号：ISBN7-80018-061-1/TU₄ 定价：2.25元

目 录

绪论	(1)
思考题	(3)
第一章 流体、传热与水蒸气的基本知识	(4)
第一节 流体的主要物理性质	(4)
第二节 流体的静压强	(7)
第三节 流体流动时的水头损失	(14)
第四节 热和热的量度、传热的几种方式	(17)
第五节 水蒸气的性质	(20)
第六节 空气的湿度	(24)
思考练习题	(25)
第二章 室内给排水工程	(27)
第一节 室外给水排水工程概述	(27)
第二节 室内给水	(32)
第三节 室内消防系统	(41)
第四节 高层建筑消防	(47)
第五节 室内排水	(52)
第六节 室内热水供应	(62)
第七节 室内给排水管道的敷设、安装及其与土建施工的配合	(68)
第八节 给排水施工图	(75)
思考练习题	(86)
第三章 室内供暖工程	(90)
第一节 供暖系统的散热设备	(90)
第二节 热水供暖系统	(98)
第三节 蒸汽供暖系统	(103)
第四节 高层建筑的供暖问题	(107)
第五节 室内供暖系统的热源	(110)
第六节 煤气供应	(117)
第七节 室内供暖系统施工图	(122)
思考练习题	(130)
第四章 通风空调和空气净化工程	(133)
第一节 建筑通风概述	(133)
第二节 通风系统的主要设备和构件	(139)
第三节 排风的净化处理	(145)
第四节 空气调节概述	(149)

第五节 空调系统的布置与消声减振..... (154)

第六节 常用的几种空调系统..... (158)

第七节 高层建筑的空调..... (165)

第八节 通风工程施工图..... (167)

第九节 通风施工与土建施工的配合..... (182)

思考练习题..... (183)

第五章 电梯安装..... (185)

第一节 电梯的主要组成部分介绍..... (185)

第二节 电梯的分类..... (189)

第三节 电梯安装与土建施工的关系..... (190)

第四节 电梯安装的安全注意事项..... (191)

思考练习题..... (193)

绪 论

房屋设备是中等专业学校施工与管理专业的一门辅助课程。

室内给排水、供暖、通风除尘、空调、供煤气系统以及电梯等均属于房屋设备。这些设备对于人们的生活、工作和生产都是不可缺少的。不管是住宅、公共建筑还是生产车间都需要给水和排水，否则，生活就十分不便，有的生产就无法进行。在我国北方，冬季气候寒冷，室内需要供暖；南方，夏季炎热，需要通风和空调。居民住宅中若有煤气系统，将免去人们搬运煤炭的繁重劳动，同时室内也避免了炉灰的污染和二氧化硫等有害气体对衣物和电视机、收录机等电器的腐蚀。电梯对于高层楼房和大型公共建筑显得特别重要。在某些厂房（如化工厂车间）中，生产过程里会产生大量热、有害气体和蒸汽。在建筑材料和耐火材料（如水泥和石棉粉）的生产过程中，伴随着原料的破碎、筛分和输送，要产生大量粉尘。这些生产过程中所产生的热、有害气体、蒸汽和粉尘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、蒸汽和粉尘通称为“有害物”。为了消除有害物对人和生产的不利影响，就必须设置通风除尘设备。在另外一些厂房中，如化学纤维厂的抽丝车间，需要用恒温恒湿和限制空气流速的办法防止抽丝“断条”，精密仪器制造车间、集成电路生产车间等除恒温恒湿外，还要求空气超净化，否则，仪器刻度不能保证精度，微细的电路就会被灰尘短路而导致产品报废。这些车间的空调精度可以说是生产的命根子。从上述可知，房屋设备是房屋的一个重要组成部分。

房屋设备的设计要与主体结构设计同时进行，综合考虑。房屋设备系统有各种管道，技术要求各不相同，都有各自的技术规范。房屋主体结构也有自己的规范。这些规范有时互相制约，甚至发生矛盾，必须妥善解决。比如，住宅和公共建筑的卫生间（厕所、盥洗室、浴室）建筑面积确定的主要依据，就是卫生间内卫生器具的种类、型号和数量；而供暖系统散热器规格、数量的选定，又主要依据房间大小、外墙的面积，朝向等。主体设计与设备设计发生矛盾的事也是常有的。比如，一些高级公共建筑（高级宾馆、高级会堂）美观是必须做到的，室内大型空调也是必要的，其它房屋设备也必不可少，这些设备管道的布置与房间的美观就是矛盾的，设计时就应当妥善处理。比如尽可能将管道设置在顶棚内，或者把管道加以隐蔽伪装，而用来作为伪装的物体可以做得比较美观，这样就做到了兼顾。再如，建筑的承重梁一般不允许穿管凿洞，设备管道为了减少阻力，应尽量不使管道弯曲，当设备管道与承重梁相交时，主体与设备安装发生了矛盾，又不能做到兼顾，这时可以权衡轻重，照顾重要的一方——梁的强度，牺牲较次要的一方——管道阻力损失。一般可以将管道沿梁表面弯曲敷设。

在施工阶段，主体结构施工与房屋设备安装要密切配合，相互协作。施工顺序，总的说来是主体结构施工在前，设备安装在后，但具体工序则土建与安装各有先后。如设备安装的预留、预埋工作要跟基础施工、墙体砌筑及现浇混凝土楼板同时进行；抹灰、粉刷和装修要在设备安装之前进行；而卫生间的地面施工则应在设备安装之后进行。

室内给排水系统的管道要穿过房屋基础与外部管网连接，给排水、供暖、通风及空调的管道有时需要穿过楼板、隔墙等，管道及设备要用支架或吊架固定在主体结构上，较大型的

设备要用地脚螺丝与设备基础连接。在这些穿越主体结构的位置,应在主体结构上留下孔洞或埋设短管,支架、吊架应埋设在主体结构内。上述工作叫做设备安装的预留、预埋,它是设备安装的一个重要环节,也是土建与安装配合的主要内容之一。如果在土建主体施工时没有预留、预埋,那就要在基础上,墙体上和楼板上用铁锤和凿子打许多洞,这样就要付出巨大的劳动,同时打洞时的冲击力也会对主体结构的强度有所损害,造成人力物力的浪费,降低了工程质量。

抹灰、粉刷、装修必须在设备管道安装之前进行,这样便于操作。如果在管道安装之后做,由于操作不便,将会延长施工时间,降低效率,甚至有些位置的粉刷、装修根本无法进行。卫生间的地面应在卫生器具安装之后进行,因为卫生器具的排水管一般都要穿过楼板,穿管处要密封,防止向下层漏水,而密封材料就是用地面砂浆或混凝土,另一方面,一些卫生器具(比如地漏)与地面的相对高度有一定要求,只有先安装好卫生器具,地面高度、坡度才有一个相对的基准。

土建施工与安装施工要密切协作,除上述施工顺序不可颠倒之外,还包括相互照顾。比如在安装设备时应注意不要碰坏了房屋的粉刷和装修。在做卫生间地面抹灰或做水磨石时注意不要让水泥砂浆掉入卫生器具排水支管中,以免在存水弯中凝固,堵塞排水支管,如果不慎掉入了水泥砂浆,应立即用大量水将它冲洗干净。

综上所述,房屋设备是房屋建筑不可缺少的重要组成部分,设计时要与房屋主体结构一起综合考虑,互相照应;施工中应合理安排,交叉施工,互相配合,以便节约人力物力,提高工程质量。

施工与管理专业的技术人员必须具备房屋设备的一般知识,了解各种房屋设备的组成,懂得其工作原理,能够看懂一般的设备施工图,特别要掌握各种设备对土建施工的要求。只有这样,才能做到对整个房屋有一个完整的认识。在施工前通过阅读图纸,做到心中有数,以便制订出合理的施工计划,施工中对工程作正确指导,在与安装技术人员协商工程问题时,有共同语言,使土建施工与安装施工紧密结合起来,互相配合,避免人力物力的浪费,做到高产、优质、低消耗,大大提高经济效益。

本书内容共分五章。第一章介绍关于流体、传热、水蒸气和湿空气的基本知识,为在后续章节中理解工程原理打下基础。第二章介绍室内给排水系统、室内消防系统的组成,给排水的方式以及施工图的组成和阅读知识。第三章介绍室内供暖系统的供暖方式、系统组成和供暖系统施工图以及供煤气系统。第四章介绍通风、空调和空气净化系统的组成、分类、作用原理和施工图识读方法。第五章介绍电梯的分类、组成和安装时对土建的要求。

针对施工与管理专业的学生学习本课程的目的要求,本书对房屋设备工程的设计计算未作介绍,对设计规范也有略简,关于设备施工对土建施工的要求及相互交叉配合作了较多叙述,对设备施工图及其识读方法也作了较多叙述。

思 考 题

1. 房屋设备包括哪些内容？为什么说房屋设备是房屋的重要组成部分？
2. 房屋设备与房屋主体结构在设计和施工阶段各有什么关系？
3. 施工与管理专业的学生为什么要学习《房屋设备》这门课程？
4. 从学习《房屋设备》的目的看，在学习中应着重掌握哪些方面的知识？

第一章 流体、传热与水蒸气的基本知识

第一节 流体的主要物理性质

房屋设备工程中经常要把水、空气、煤气等液体和气体在管道中输送。液体和气体都可以流动，因此通称为流体。

液体的分子间距比固体大，分子间聚合力远比固体为小，因此液体不能象固体那样保持一定的形状。液体的质点之间可以作自由的相对运动，表现出流动性。但是液体尚可保持一定的体积，具有自由表面。液体抗拉、抗剪切的能力极小，却能承受较大的压力。

气体的分子间距又远比液体大，分子间的聚合力更小。不但没有固定形状，也没有固定体积，不能形成自由表面。气体抗拉、抗剪切能力近乎等于零，受到压力时，体积会明显地缩小。

下面分别讨论流体的几种主要物理性质。

一、 密 度

流体和固体一样，都具有保持原有运动状态的性质，即惯性。惯性的大小是用质量来度量的，质量愈大，物体的运动状态愈难改变，因而惯性也愈大。质量的单位为千克（kg）。对于均质流体，单位体积的质量，称为流体的密度，用符号 ρ 来表示，其表达式为：

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

式中 ρ ——流体的密度（千克每立方米， kg/m^3 ）；

m ——流体的质量（千克， kg ）；

V ——流体的体积（立方米， m^3 ）。

流体的密度受外界压力和温度的影响，因此，当指出某种流体的密度值时，必须指明其所处外界压力和温度条件，例如：

在标准大气压（0.101325兆帕〔MPa〕）和温度为4℃时水的密度为： $\rho = 1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。

在标准大气压和0℃时，水银的密度为：

$$\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kg}/\text{m}^3$$

在标准大气压和20℃时，干空气的密度为：

$$\rho = 1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$$

表1-1和表1-2给出了在标准大气压下各种温度时水和空气的密度。

一个标准大气压下水的密度

表 1—1

温度 t (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7
密度 ρ (kg/m ³)	999.9	999.9	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
t	8	9	10	15	20	25	30	35
ρ	999.9	999.9	999.7	999.1	998.2	997.1	995.7	994.1
t	40	45	50	55	60	65	70	75
ρ	992.2	990.2	988.1	985.7	983.2	980.6	977.8	974.9
t	80	85	90	95	100			
ρ	971.8	968.7	965.3	961.9	958.4			

一个标准大气压下空气的密度

表 1—2

温度 t (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35
密度 ρ (kg/m ³)	1.293	1.270	1.248	1.226	1.205	1.185	1.165	1.146
t	40	50	60	70	80	90	100	
ρ	1.128	1.093	1.060	1.029	1.000	0.973	0.947	

二、流体的粘滞性

所谓流体的粘滞性，就是流体在运动时，内部各流层间产生剪切力（或内摩擦力）的性质。我们洗手后，当手从水中离开时，手就沾上了水珠。再如，在拆卸自行车时，往往用机油清洗零件，当手与机油接触时，我们会明显地感到机油有粘性。

流体为什么会有粘滞性呢？我们知道，流体的分子之间具有吸引力和排斥力。在正常情况下，这种吸引力和排斥力是相等的。当分子间的距离稍大于正常值时，分子间的吸引力就大于排斥力。相反，当分子间距小于正常值时，分子间的排斥力就大于吸引力。当流体质点发生定向的相对运动（注意不是无规则热运动）时，分子间引力的增量也具有相同的方向，故表现出宏观的力，这种力与流体质点的相对运动方向相反，这就是粘滞力，又叫做内摩擦阻力；另一方面，流体分子由于热运动不断碰撞，进行动量交换，在流体质点发生定向相对运动时，宏观速度大的分子在速度方向上的动量就大于宏观速度小的分子，在动量交换过程中将会使动量小的分子增加在速度方向上的动量，而速度大的分子则减少在速度方向上的动量。由动量定理知道，物体动量的变化等于力的冲量，所以说，作宏观相对运动的流体质点间存在着相互作用力——粘滞力。从上面分析可知，流体质点间发生宏观相对运动是粘滞力

产生的必要条件，而分子引力和不规则热运动产生动量交换则是产生粘滞力的内在原因。流体的粘滞性是流体的固有属性，只不过在发生相对运动时才显示出来罢了。

温度升高，流体分子间的引力降低，动量增大；反之，温度降低，分子间的引力增大，动量减小。分子间引力增大和动量增大将使粘滞性增强；分子间引力减小和动量减小将使粘滞性减弱。对于液体，分子间的引力是粘滞性的决定因素，所以，液体的粘滞性随温度升高而减小；对于气体，动量交换是粘滞性的决定因素，所以气体的粘滞性随温度升高而增大。

三、流体的压缩性和热胀性

流体压力增大时体积缩小的性质，称为流体的压缩性。流体温度升高时，其体积膨胀的性质，称为流体的热胀性。

液体的压缩性和热胀性都很小。例如，水从1个大气压增加到100个大气压时，每增加1个大气压，水的密度增加 $1/20000$ 。水在温度较低（10~20℃）时，温度每增加1℃，密度减小 $1.5/10000$ ，当温度较高（90~100℃）时，温度每增加1℃，密度减小也只为 $7/10000$ 。因此，在很多工程技术领域中可以把液体的压缩性和热胀性忽略不计，在计算结果上所带来的误差是很小的。在房屋设备课程中，一般不考虑液体的压缩性和热胀性。

但是，在某些问题上，水的压缩性和热胀性又是必须考虑的主要因素。例如，管道中的水击现象，在计算其水击作用力时，水的压缩性就必须考虑。在热水循环系统中，必须考虑水的热胀性而设置膨胀水箱；考虑热胀性而计算自然循环热水供暖系统的动力。在管道的密闭性试验（俗称管道试压）中常用水作为试压介质。其做法是：首先将试压管段充满水，然后用试压泵向管段内强制性继续注水，因为水的压缩性很小，所以只需强制注入少量的水便可使管段内压力升高很多，使管段内升压时间缩短。如果管段密闭性不好，只要有少量泄漏，便会使压力明显降低。

气体与液体不同，具有明显的压缩性和热胀性。在温度不过低，压力不过高时，密度、压强和温度三者之间的关系可以较好地符合理想气体状态方程：

$$\frac{p}{\rho} = R T \quad (1-2)$$

式中 p ——气体的绝对压强（帕斯卡，Pa）；

ρ ——气体的密度（kg/m³）；

T ——气体的绝对温度（开尔文，K）；

R ——气体常数（焦耳每千克开尔文，J/kg·K）。

对于空气 $R = 287$ ；对其它气体 $R = \frac{8314}{N}$ ， N 为该气体的分子量。

在一般情况下，通风和空调管道中空气的流动可以认为是绝热过程（与外界没有热交换），由于流动速度而引起的温度和压强的变化很小，故气体的密度可视为常量。

但是，在某些情况下，气体的密度变化是必须考虑的。比如，小型锅炉一般用烟囱进行自然送、排风（图1-1），炉膛内的气体在燃烧过程中被加热，密度变小而顺烟囱上升，炉膛内的气体压强减小，炉外空气压强大于炉膛内压强，因而透过炉篦向炉膛内补充，形成锅炉的自然送排风循环。

在高层建筑中，电梯竖井、楼梯间等竖直通道的象烟囱一样，冬季，高层建筑物内部因

有供暖、空调、及供热系统运行，气温比房屋外面高，空气密度小，因而沿竖直通道上升，从高处的各种开口排出，冷空气则经过大门和低层的其它开孔进入楼内，形成跟小型锅炉自然送、排风一样的循环，因而这种现象被称为“烟囱效应”。在冬季由于这种烟囱效应，使得进入高层建筑底层出入口的室外冷空气量比低层建筑出入口的室外冷空气进入量大很多。为避免门厅部分温度过低，要采取措施。一方面可以考虑加强底层出入口的封闭性能；另一方面则要对下层增大供热量。

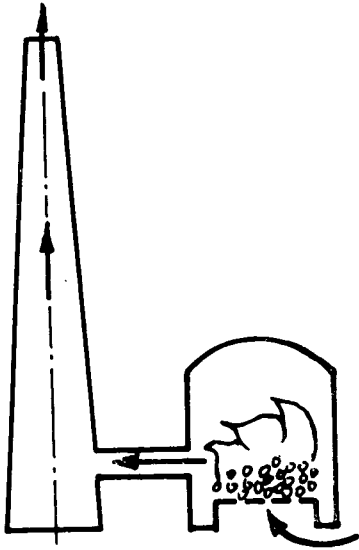


图 1 - 1

综合上述流体的各项物理性质，对建筑设备的水、气工程中所接触到的流体，因其流速大多较低，一般可以认为它是一种易于流动的、具有粘滞性和密度不变的介质。

第二节 流体的静压强

我们认为流体不能承受拉应力。在静止的流体中，流体质点的相对速度为零，粘滞性不显示，不存在切向应力。因此，静止流体中只可能存在压应力。

一、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 - 2 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：

$$p_{pj} = \frac{P}{A} \quad (1-3)$$

如在水箱底面上取一微小面积 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：

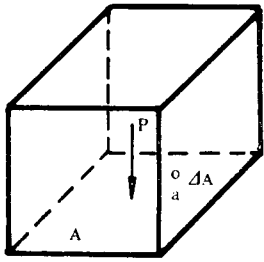


图 1 - 2

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad (1-4)$$

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。

压强的单位是帕斯卡（简称为帕， p_a ）。其定义为牛顿每平方米：

$$1\text{ p}_a = 1\text{ N} / \text{ m}^2$$

流体静压强具有两个特性：

（1）流体静压强的方向必定与作用面垂直，且指向作用面。由于静止流体不能承受拉应力和不存在切应力，因此只能存在压应力，即压强。

（2）任意点的流体静压强只有一个值，它不会由于作用面的方位改变而改变。兹证明如下：在静止的流体中隔离出一个极微小的三棱柱体A，如图1-3所示。各边的长度为 dx 、 dy 、 dz 和 dn ，它在重力和压力的共同作用下处于平衡状态。若各个表面上中心点的压强为 p_x 、 p_y 、 p_z 和 p_n ，对于 y 坐标方向而言，其外力平衡方程可写作：

$$p_y (dx dz) - p_n (dx dn) \sin \alpha = 0$$

因为 $dn \sin \alpha = dz$ ，所以 $p_y = p_n$

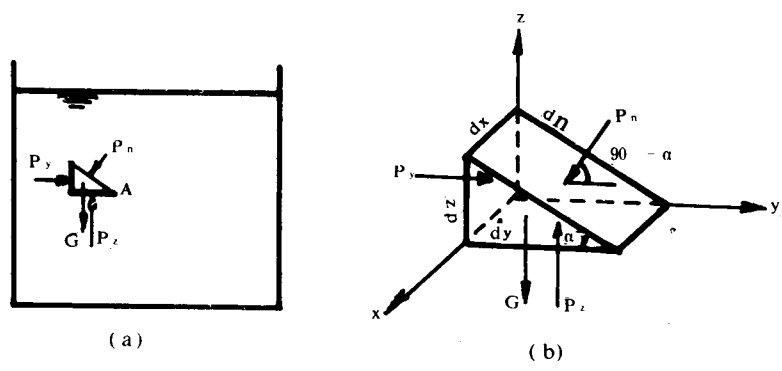


图1-3 流体静压强特性证明用图

对于 z 坐标方向而言，其外力平衡方程为：

$$p_z (dx dy) - \rho g (\frac{1}{2} dx dy dz) - p_n (dn dx) \cos \alpha = 0$$

因为 $dn \cos \alpha = dy$

$$\text{所以 } p_z (dx dy) - \rho g (\frac{1}{2} dx dy dz) - p_n dx dy = 0$$

以 $dx dy$ 去除上式得：

$$p_z - \frac{1}{2} \rho g dz - p_n = 0$$

由于 dz 趋近于零，所以

$$p_z = p_n$$

将此三棱柱体绕 z 轴旋转 90° ，同理也可证明 $p_x = p_n$ 。因此，对于此微小三棱柱体，各方位表面上的压强彼此等值，即：

$$p_x = p_y = p_z = p_n$$

二、流体静压强的分布规律

在静止液体中任取一点A，已知A点在自由表面下的水深为 h ，自由表面压强为 p_0 ，

如图 1 - 4 所示。设 A 点的静水压强为 p 。我们在静止液体中取一铅直的小圆柱体，使 A 点位于它下底面的中心处，上底面与自由表面重合。小圆柱体的高度为 h 。令其横截面面积为 $\Delta \omega$ 。

以小圆柱水体为隔离体，因为小圆柱体处于静止状态，故作用在小圆柱体上的外力满足静力平衡方程。这些外力有：

(1) 作用于小圆柱体上底面的表面压力 $P_0 = p_0 \Delta \omega$ ，方向铅直向下；

(2) 作用于小圆柱体下底面的静水压力 $P = p \Delta \omega$ ，方向铅直向上；

(3) 作用于小圆柱体的重力 $G = \rho g h \Delta \omega$ ，方向铅直向下；

(4) 作用于小圆柱体侧面上来自四周液体的静水压力，其方向都是水平的，而且是对称的，成对的互相平衡。

小圆柱体在其轴线方向的力平衡方程式为：

$$p \Delta \omega - \rho g h \Delta \omega - p_0 \Delta \omega = 0$$

化简后得：
$$p = p_0 + \rho g h$$

(1 - 5)

式中 p ——静止液体中任意点的压强（帕，Pa）；

p_0 ——液体表面压强（帕，Pa）；

ρ ——液体的密度（千克每立方米， kg m^{-3} ）；

g ——重力加速度， $g = 9.80665 \text{ m s}^{-2}$ ，计算时一般可取 $g \approx 9.8 \text{ m s}^{-2}$ ；

h ——所研究点在自由液面下的深度（米，m）。

式（1 - 5）叫做静水压强基本方程式。它说明只在重力作用下的静止液体中，压强随深度按直线规律变化。它也说明在重力作用下，静止液体中某点的压强由两部分组成：一部分是液面压强按大小不变的规律向该点的传递；另一部分是该点以上到液面的铅直液柱的重力产生的压强，或叫水深压强，其大小与水深 h 成正比。

静水压强基本方程式还可以表示成另外一种形式，如图 1 - 5 所示。设水箱水面的压强为 p_0 ，水面到任选基准面 0 - 0（水平平面）的高度为 Z_0 ，水中任选两点的高度为 Z_1 及 Z_2 ，压强为 p_1 及 p_2 ，将深度表示为： $h_1 = Z_0 - Z_1$ ， $h_2 = Z_0 - Z_2$ ，由式（1 - 5）得：

$$p_1 = p_0 + \rho g (Z_0 - Z_1)$$

$$p_2 = p_0 + \rho g (Z_0 - Z_2)$$

两式两边都同除以 ρg 并整理后得：

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = Z_0 + \frac{p_0}{\rho g}$$

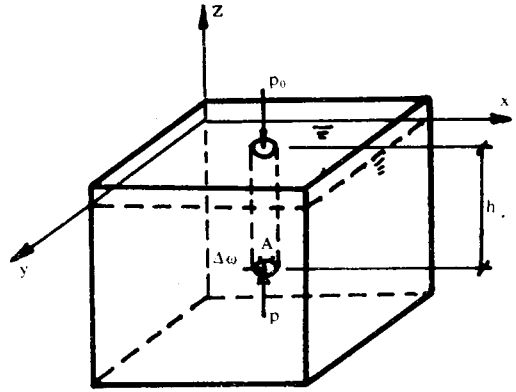


图 1 - 4

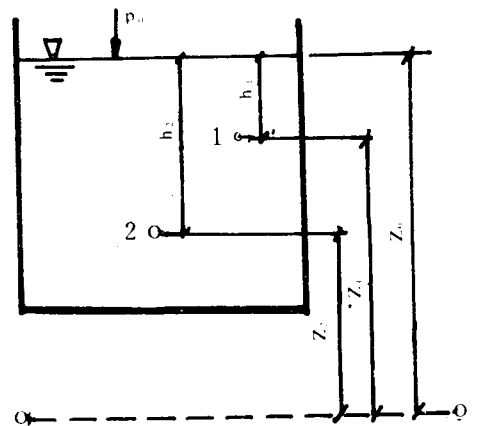


图 1 - 5

$$Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} = Z_0 + \frac{p_0}{\rho g}$$

即:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} = Z_0 + \frac{p_0}{\rho g}$$

水中 1、2 两点都是任选的, 故可将上述关系式推广到整个液体, 得出具有普遍意义的规律:

$$Z + \frac{p}{\rho g} = C \quad (\text{常数}) \quad (1-6)$$

这就是静水压强基本方程式的另一种形式。它表示在同一种静止液体中, 不论哪一点的 $(Z + \frac{p}{\rho g})$ 总是一个常数。式中两项有着明显的几何意义, Z 为该点的位置相对于基准面的高程, 称为位置水头, $\frac{p}{\rho g}$ 是该点的液体在压强 (注: 指相对压强) 作用下沿测压管所能上升的高度, 称为压强水头。所谓测压管是一端和大气相通, 另一端和该点相接的管子, 如图 1-6 所示。 $(Z + \frac{p}{\rho g})$ 称为测压管水头。式 (1-6) 表示在同一容器的静止液体中, 所有各点的测压管水头均相等。两项的物理意义是: Z 为单位重量液体的重力势能, $\frac{p}{\rho g}$ 为单位重量液体的压力势能。因为当取基准面 0-0 为重力势能的零点时, 单位重量的液体的重力势能数值就等于 Z ; 而单位重量的液体在压强作用下能沿测压管上升 $\frac{p}{\rho g}$ 那么高, 可见压强能克服重力做功, 所做的功为单位力与位移的乘积, 数值上等于 $\frac{p}{\rho g}$, 因此可以说单位重量的液体因为压强而具有压力势能 $\frac{p}{\rho g}$ 。

对于气体来讲, 式中气体的密度 ρ 很小, 因此在高差 h 不大的情况下, 可以忽略 ρgh 项, 认为 $p = p_0$ 。例如研究气体作用在锅炉壁上的静压强时, 可以将各点的静压强大小看成是常数。

三、等压面

静水压强基本方程式表达了重力作用下的静水压强分布规律, 从这个方程可以看出, 静止液体中水深 h 相等的点, 静水压强相等。把静水中压强相等的点连起来所组成的面, 称为等压面。

静止液体的自由表面是等压面

($h = 0$, $p = p_0$)。因为重力作用下液体的自由表面是水平面, 所以水深相同的点所组成的等压面, 都是水平面。不同流体的分界面, 也是等压面。

上述规律是同一种静止的液体互相连通的部分得出的。因此, 不能同时满足静止、连通同种类液体三个条件时, 就不能运用上述规律。例如一 U 形管中装有两种不同密度的流体, 如图 1-7 所示, I-I 水平面满足三个条件, 是等压面, 其上的 a、b 两点压强相等, 而

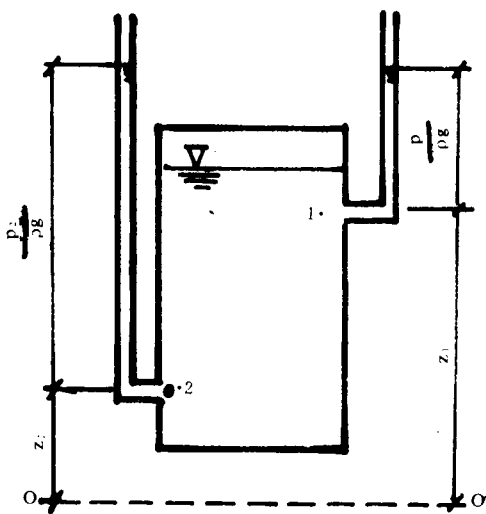


图 1-6

II—II 水平面不满足三个条件就不是等压面了。因为从c 点到d 点，若经由上部管道连通，只满足连通同种两条，却不满足静止条件；若经由下部U形管连通，只满足连通静止两条，却不满足同种条件。所以c、d 两点尽管处在同一水平面上，压强并不相等。

四、压强的表示方法

流体压强的大小，根据不同的计算基准，可以分为：

(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，以符号 p_j 表示；

(2) 工作压强：以当地大气压强 p_a 为零点起算的压强值称为工作压强，以符号 p_g 表示。在工程上，工作压强即为压力表上指示的压强，所以又叫表压。我国过去习惯上将工作压强称作相对压强。

(3) 真空压强：若流体某处的绝对压强小于当地大气压强，则该处处于真空状态，其工作压强为负值，我们就把该处工作压强的绝对值叫做真空压强。亦即真空压强是处于真空状态下的任意点的绝对压强 p_j 小于当地大气压强 p_a 的数值。真空压强用符号 p_k 表示。

绝对压强、工作压强和真空压强的关系为：当绝对压强大于当地大气压强时，

$$p_g = p_j - p_a \tag{1-7}$$

当绝对压强小于当地大气压强时，

$$p_k = p_a - p_j = |p_g| \tag{1-8}$$

图1-8为三者之间关系的图解说明。从图中看出，绝对压强基准和工作压强基准相差一个当地的大气压。点A的绝对压强大于大气压，其工作压强为正值；点B的绝对压强小于大气压，其工作压强为负值。此时B点工作压强的绝对值为真空压强。

真空压强有时也叫做真空值、真空度、负压值等。

绝对压强常常用于物理学和工程热力学中关于气体状态的计算。房屋设备工程则一般采用工作压强表示。真空压强在房屋设备工程中也常采用，比如，水泵吸水管中的压强、虹吸管内的压强以及风机吸风口处的压强一般都采用真空压强表示之。

在运用静水压强基本公式 $p = p_0 + \rho gh$ 时，要注意液体内部压强 p 和液面压强 p_0 一定要用同一种压强表示法（绝对压强或工作压强）。

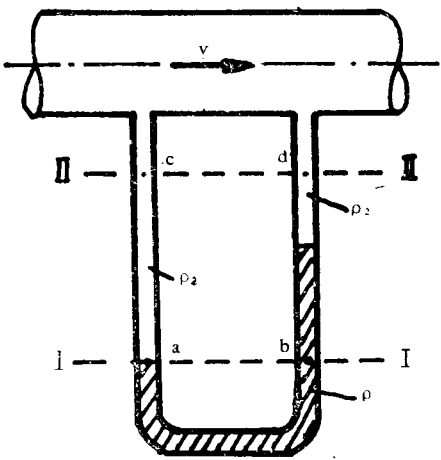


图1-7

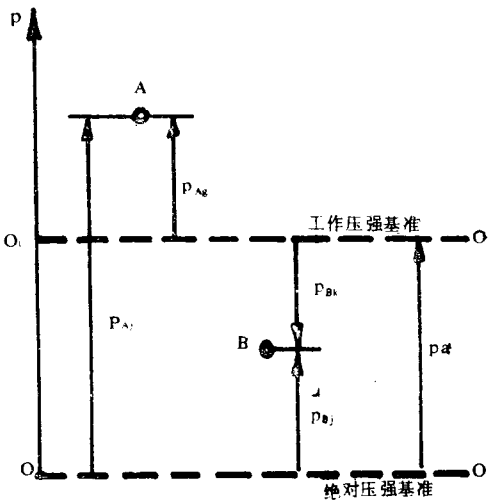


图1-8

五、压强的单位

我国法定的压强单位是帕斯卡，简称为帕。符号是Pa，1帕即为1牛顿每平方米：

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

我国过去使用的非法定压强单位很多，现已停止使用。为了阅读过去出版的科技书籍的需要，现将这些非法定压强单位与法定压强单位的换算关系介绍如下：

$$1 \text{ 千克力每平方米 (kgf/m}^2\text{)} = 9.80665 \text{ Pa} \approx 9.8 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ 吨力每平方米 (tf/m}^2\text{)} = 9.80665 \times 10^3 \text{ Pa} \approx 9.8 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ 标准大气压 (atm)} = 0.101325 \times 10^6 \text{ Pa} = 0.101325 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ 工程大气压 (at)} = 98.0665 \times 10^3 \text{ Pa} \approx 98 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ 毫米水柱 (mmH}_2\text{O)} = 9.80665 \text{ Pa} \approx 9.8 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ 毫米汞柱 (mmHg)} = 133.322 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ 巴 (bar)} = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$$

六、流体的静压强计算

提要：在重力作用下的流体静压强分布规律可由流体静压强基本方程式表示。流体静压强基本方程式有两种表达式：

$$p = p_0 + \rho g h$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = Z_2 + \frac{p}{\rho g}$$

运用上述两式计算时要注意：

(1) 两点必须满足在同一种液体内、静止的和连通的三个条件，其压强才满足上述方程式

(2) 方程中两点的压强必须采用同一种表示法（绝对压强或工作压强）。

(3) 方程中各量必须采用同一种单位制的物理单位。最好采用国家法定单位。

(4) 式(1-5)中h为未知压强的点（压强为p）在已知压强的点（压强为 p_0 ）之下的深度。当未知压强点在已知压强点之上时，则h取负值。式(1-6)中 Z_1 、 Z_2 则为两点的高程。

【例题1-1】一密封水箱如图1-9所示。水箱内水深2.5 m，在距水箱底0.5 m处的A点，安装有测压管。已知，测压管内水面高1 m，水的密度 $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，当地大气压强为98 kPa。求水箱内水面上及水箱底部的绝对压强、工作压强和真空压强各为多少？

【解】取水箱底面为基准面，根据公式(1-6)得

$$Z_0 + \frac{p_0}{\rho g} = Z_B + \frac{p}{\rho g}$$

解之得：

$$p_0 = p_B + (Z_B - Z_0) \rho g$$

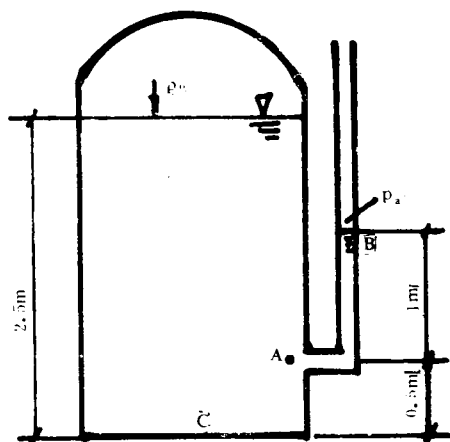


图1-9