

高职高专建筑装饰技术专业系列教材

建筑装饰设备

JIANZHUZHUANGSHISHEBEI

■ 本系列教材编审委员会组织编写



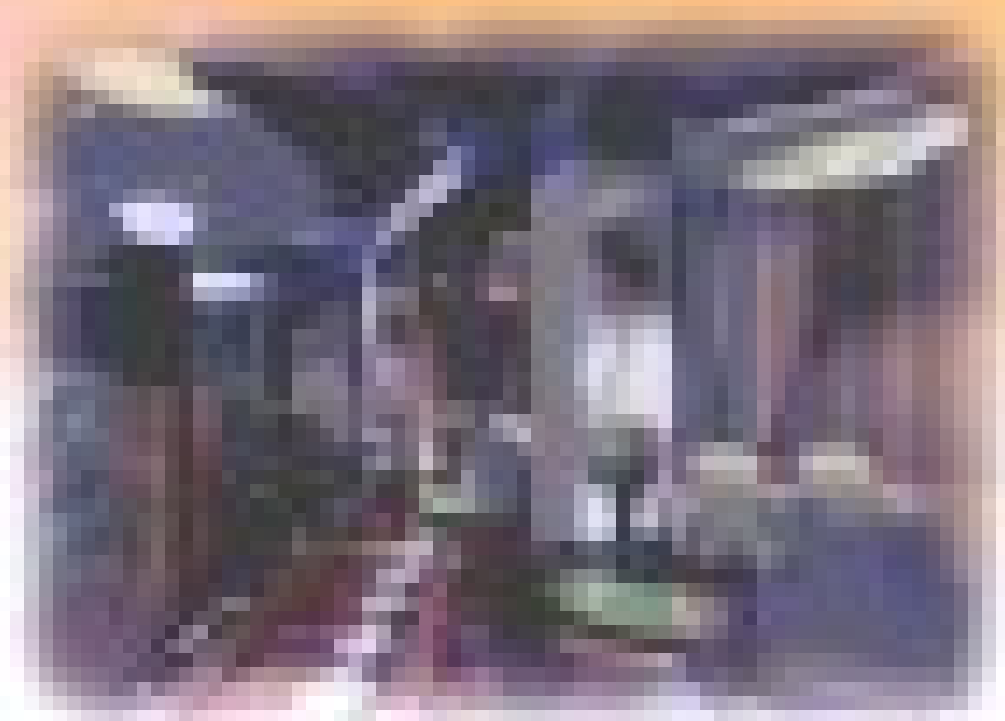
中国建筑工业出版社

中国美术学院美术考级教材 素描分册

建筑装饰设备

中国美术学院美术考级教材 素描分册

中国美术学院美术考级教材 素描分册



中国美术学院美术考级教材 素描分册

18-43
776

高职高专建筑装饰技术专业系列教材

建筑装饰设备

本系列教材编审委员会组织编写

徐正廷 凌代俭 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑装饰设备/徐正廷等主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2000.12

高职高专建筑装饰技术专业系列教材

ISBN 7-112-04225-9

I. 建… II. 徐… III. 建筑装饰-房屋建筑设备-高等学校: 技术学校-教材 IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 56259 号

本书系建筑装饰技术专业系列教材。全书分三篇共 15 章, 阐述了建筑给水、建筑排水、卫生器具、消防、通风、采暖、空气调节、水景工程、热水与燃气供应、电气照明、防雷与接地、建筑弱电工程等专业的基本知识以及掌握这些基本知识和技术所必备的基本理论, 同时还介绍了近年来建筑设备工程中正在推广使用的新材料、新技术、新产品。

本书按照国家颁布的有关规范要求编写, 具有体系完备、内容详实、语言精练、计算简明实用、适用面广等特点。

本书系大中专院校建筑装饰专业教材, 同时还适用于房屋建筑工程、建筑学、室内设计、物业管理等专业; 也可以作为职业中学、技校等相关专业的教学参考书; 此外, 还可供建筑装饰企业和建筑施工企业作为岗位培训教材以及供从事建筑工程设计、施工和管理的工程技术人员、管理人员阅读。

* * *

责任编辑: 时咏梅

高职高专建筑装饰技术专业系列教材

建筑装饰设备

本系列教材编审委员会组织编写

徐正廷 凌代俭 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

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12¼ 字数: 295 千字

2000 年 12 月第一版 2000 年 12 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 16.20 元

ISBN 7-112-04225-9

TU·3327 (9700)

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)

前 言

本书系建筑装饰技术专业系列教材之一,是为了满足建筑装饰设备课程的教学需要而编写的。全书共分为三篇 15 章。第一篇为建筑给水、排水工程,包括 7 章;第二篇为采暖、通风与空调工程,包括 3 章;第三篇为建筑电气,包括 5 章。

近年来,我国国民经济发展很快,人民生活水平不断提高,对建筑装饰设备的标准、功能的要求也在日益提高。

本书以近年来国家颁布的有关建筑设备方面的规范要求为依据,介绍了各类建筑设备的系统组成和基本运行原理及其在建筑物(或小区)内布置的要求,并介绍了近年来建筑设备工程方面的一些新产品。

本书针对各类建筑设备工程的设计,介绍了一些简便实用的计算方法,以使建筑装饰专业人员在设计与施工过程中能更好地与各类建筑设备工程的设计、施工相配合、相协调,融成一个有机的整体。

本书编写分工为:徐正廷(常州工学院)编写第一、二篇;凌代俭(扬州大学)编写第三篇;主审陶进(长春建筑高等专科学校)。

本书在编写过程中还参考了有关专家学者的著述,在此表示由衷的谢意。

限于编者的水平,再加上成书时间仓促,书中难免存在不少缺点,请使用本书的单位和个人批评指正,有关意见可径寄常州工学院土木建筑工程系(邮编:213002,常州市常澄路 3 号),以便改进。

编者

2000 年 10 月

绪 论

现代建筑是一个综合性的工程，随着国民经济的发展和人民生活水平的提高，各类建筑对建筑设备和建筑装饰的要求越来越高。建筑装饰设备是指设置在建筑物内（外），用以满足人们日常生活、工作、休闲和娱乐所需的供应设备的总和。它一般包括卫生设备（室内给排水设备）、暖通空调设备和电气设备等。

一、建筑装饰设备课程的主要内容

本课程的主要内容可分为三大部分：

1. 建筑给水排水工程

人们在生活、生产、消防等方面必须靠给水系统来提供足够合格（水量、水质、水压）的自来水，人们用过的生活污水、生产废水和天降的雨雪水必须靠排水系统来处理、利用和排放。卫生设备和管材、附件的选用对提高建筑物的档次起很大的作用，水景的设置可以丰富建筑内外的环境气氛。在这部分内容中还将学习流体力学的基础知识及给排水施工图的识读。

2. 采暖通风与空气调节工程

在寒冷的冬季，气温下降，室内的温度也变得很低，人们会感到寒冷、四肢发麻，此时必须不断向室内供热，以补充由建筑物围护结构向室外不断散失的热量。

人们生活在大气中不断地呼吸、吸进氧气，呼出二氧化碳来维持生命。正常情况下，氧气重量占空气重量的 23.1%，在密闭人多的房间内，空气中的氧气减少，二氧化碳增多，人会感到头晕、厌倦，这就是室内缺氧，空气不新鲜的结果。空气温度不能过高，一般以 20~25℃ 较适宜。空气中含有水蒸气的多少，决定空气是潮湿还是干燥。空气流动速度慢，人会感到“闷”，而流动速度快，则有“吹风感”。室内灰尘多或由于装修大量使用种种油漆涂料，都会造成室内空气的污染，人长时间生活工作在这种环境中会生病。许多公共建筑如宾馆、剧场、乒乓球赛场、冰上运动等均要进行通风和空气调节。在这部分内容中还包括热水和燃气供应、学习采暖、通风与空气调节工程施工图的识读。

3. 电气照明与弱电工程

任何建筑都离不开光，离不开照明，灯具选择布置和照度的不合理在学校会影响学生的视力，在工厂会影响产品质量，在休闲娱乐场所会使人感到不舒服和受到光污染。对建筑装饰的要求愈高，则必对照明设计提出越来越高的要求。而照明又离不开供电和电气线路设计，以及建筑物的防雷等。

现代智能建筑要求有电话通讯、有线电视、监控保安系统、火灾自动报警、广播音响设备、计算机管理、综合布线等。在这部分内容中还要学习电工理论基础、电气照明工程施工图识读等内容。

二、本课程与建筑装饰技术专业的关系

现代的建筑物是多种工程的组合体，除含建筑、结构、装饰等专业外，还必须对设备专业予以高度的重视。如在建筑设计、装饰设计时，就要考虑厨房、卫生间的适当面积及合理的布置；随着人民生活水平的提高，人们对厨房、卫生间的装饰要求也越来越高，这就需要对各种厨卫设备及其附件的功能原理有所了解；在装饰施工时，也需要考虑各种设备管道的布置安装、预留孔洞、预埋管卡等。装饰施工也需与设备安装密切配合，如抹灰、粉刷和装修要在设备安装之前进行；卫生间的地面施工则需在设备安装之后进行，特别是穿越管道处要密封；安装灯具、烟感喷淋和空调风管等需与吊顶施工密切配合。通过建筑、结构、装饰、设备的相互协调、综合设计和施工，使建筑物达到适用、经济、卫生、舒适的要求，高效地为生活和生产服务。

三、建筑装饰设备的发展

近年来，由于我国高层建筑和高标准住宅的迅猛发展，建筑装饰设备在采用新技术、新工艺和开发新材料、新产品方面成果不断，取得了长足的进步。如采用铝塑管取代镀锌钢管作为给水管，它不仅作为给水管，还用作燃气管、热水供应管和采暖管，其优点是重量轻，耐腐蚀，易施工，好布置。真空抽吸式大便器节约大量冲洗用水。高层建筑广泛使用水锤消除器，减少管道噪声。变频空调特色技术（主要是节省电能）的开发应用，小型中央空调系统开始进入家庭。三表（电表、水表、燃气表）出户技术渐趋成熟并开始应用。“三表出户”目的是便于计量、减少打扰，甚至实现智能化计量。在节约能源方面，太阳能热水器已得到越来越多的应用。随着智能建筑的兴起，计算机管理系统、综合布线系统等的采用，已将建筑装饰设备推向一个更高的层次。各类功能优良、造型美观的卫生洁具、散热器、空调器、照明灯具，已经成为室内装饰的重要组成部分。

第一篇 建筑给水排水工程

第一章 流体力学基本知识

流体力学是研究流体（液体和气体）平衡和运动规律以及流体与固体之间相互作用问题的一门科学，它是现代许多工程领域的理论基础。

流体力学包括两个基本部分：研究流体平衡规律的称为流体静力学，研究流体运动规律的称为流体动力学。

第一节 流体的主要物理性质

一、流体的密度和容重

流体和固体一样也具有惯性，惯性的大小可用质量来量度。质量愈大，惯性也愈大，愈难改变其原有的运动状态。对于均质流体，单位体积的质量称为流体的密度，即：

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

式中 M ——流体的质量，kg；

V ——流体的体积， m^3 。

流体在重力作用下具有重量。对于均质流体，单位体积的重量称为流体的容重（又称重力密度），即：

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

式中 G ——流体的重量，N；

V ——同式（1-1）。

由物理学知： $G = Mg$ 。因此

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

式中 g ——重力加速度，一般取 $g = 9.8\text{m}/\text{s}^2$ 。

流体的密度和容重随外界压力和温度的变化而变化，如在 1atm 和温度为 4℃ 时，淡水的密度为 $\rho = 1000\text{kg}/\text{m}^3$ ；容重为 $\gamma = 9.8\text{kN}/\text{m}^3$ 。

在 1atm 和 0℃ 时水银的密度和容重是淡水的 13.6 倍；当压强为 1atm，温度为 20℃ 时，干空气的密度为： $\rho_a = 1.2\text{kg}/\text{m}^3$ ；容重为 $\gamma_a = 11.76\text{N}/\text{m}^3$ 。

【例 1-1】 求在1atm和水温 4℃ 时, 3.5L 淡水的质量和重量。

【解】 已知淡水的体积为 $V = 3.5\text{L} = 0.0035\text{m}^3$, 密度 $\rho = 1000\text{kg}/\text{m}^3$, 容重 $\gamma = 9.8\text{kN}/\text{m}^3$ 。应用式 (1-1) 可得:

$$M = \rho \cdot V = 1000 \times 0.0035 = 3.5\text{kg}$$

应用式 (1-2) 可得水的重量为:

$$G = \gamma \cdot V = 9.8 \times 0.0035 = 0.0343\text{kN} = 34.3\text{N}$$

二、流体的流动性和粘滞性

流体在静止状态时, 不能承受切向应力, 无论多么小的切向应力都能使流体产生任意大的变形。这种性质称为流体的流动性。

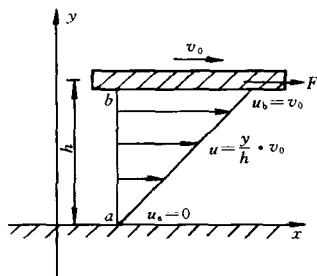


图 1-1 流体的平板实验

流体在运动状态时, 由于流体各流层的流速不同, 就会在流层间产生阻滞相对运动和剪切变形的内摩擦力, 称为流体的粘滞性。此内摩擦力也称为粘滞力。

流体具有粘滞性可用平板拖曳实验加以证明。图 1-1 所示的装置为两块面积极大的平行平板, 两板间的距离为 h , 中间充满液体, 下面一块板固定不动, 上面一块板则由力 $F = \tau \cdot A$ (A 为平板与流体的接触面积, τ 显然是指板面的切应力) 拖着沿正 x 轴以不太大的常速 v_0 向前运动。由于与板面接触的流体永远粘附在板面上, 所以最上一层流体的流速与上板相同 $u_b = v_0$, 最下层流体则与下板相同 $u_a = 0$, 各层流体的速度取直线公式如下:

$$\frac{u}{y} = \frac{v_0}{h} \quad (1-4)$$

而切应力正比于 v_0/h , 也即:

$$\tau = \mu \cdot \frac{v_0}{h} \quad (\text{N}/\text{m}^2) \quad (1-5)$$

式中 μ ——流体的动力粘度, $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。

$$\text{又} \quad \nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (1-6)$$

ν 称为流体的运动粘滞系数, 式中 ρ 为流体的密度。

它反映流体粘滞性的大小, 当温度升高时, 液体的粘度减少, 其粘性也减弱; 当温度降低时, 液体的粘度则增大, 粘性增强。而气体的粘性随温度的变化恰与液体的相反。

图 1-2 中流体在圆形管道内流动时断面的流速呈抛物线分布, 紧贴管壁处流速为零, 管轴心处流速最大, 故一般用平均流速来表示流体在管道中流动的速度。取流速方向坐标为 u , 垂直方向坐标为 n 。坐标 n 处流层间的切应力为:

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dn} \quad (1-7)$$

式中 du/dn 称为流速梯度, 表示速度沿垂直于流速方向的

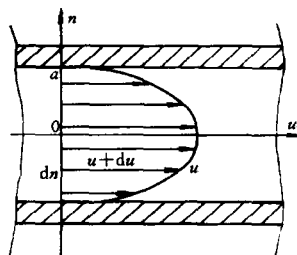


图 1-2 管道中断面流速分布

变化率 (1/s)。

【例 1-2】 将一面积为 1m^2 的平板放入盛水的槽中,若平板在水面上以 $u = 2.5\text{m/s}$ 的速度沿水平方向运动,平板和槽底之间距离为 $\delta = 2\text{mm}$,假设水层内流速按直线分布,当水温为 20°C 时 $\mu = 1.005 \times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$ 时,求平板所受阻力 F (见图 1-1)。

【解】 因水层运动速度按直线分布,则流速梯度 $\frac{du}{dn} = u/\delta$ 为一常数,由式(1-7)

$$F = \tau \cdot A = \mu \cdot \frac{du}{dn} \cdot A = 1.005 \times 10^{-3} \times \frac{2.5}{0.002} \times 1 = 1.253\text{N}$$

三、流体的压缩性和热胀性

流体几乎不能承受拉力,但可承受压力。在一定温度时,流体随压强增大,体积缩小的性质称为流体的压缩性。在一定压强下,流体随温度升高、体积膨胀的性质称为流体的热胀性。

1. 液体的压缩性和热胀性

液体对压缩变形的抵抗力很大。水是几乎不可压缩的,在常压常温下每增加 1atm ,水体积的相对压缩量只有 $1/20000$ 。

液体的热胀性也很小,在一个大气压水温 $70\sim 95^\circ\text{C}$ 时,温度每升高 1°C ,水体积仅增加 $6/10000$ 。须注意的是,液体经压缩或膨胀后体积虽缩小或增大,但液体重量或质量总是不变,而液体的密度和容重则相应有所增大或减小。故除供热系统外,液体的热膨胀性也可不考虑。水在密闭系统(或容器)中受热升温后,会产生很大的温度应力,将系统的部件胀坏。所以,采暖和热水供应系统,必须充分考虑水的热胀性问题,如设置专门的膨胀罐等。

2. 气体的压缩性和热膨胀性

气体有很大的压缩性和热膨胀性。温度与压强的变化对气体容重的影响很大。如在标准大气压 0°C 时空气的容重为 12.7N/m^3 ,而在 20°C 时容重减小为 11.76N/m^3 。

第二节 流体静压强及其分布规律

一、流体的静压强

静止在容器里的液体由于受到重力的作用会对容器底部和侧壁产生压力,处于上部的液体也会对处于下部的液体产生压力(见图 1-3),设在液体内部某处 A 点取微面积 ΔA ,作用在这个微面积上的液体压力为静压力 ΔP 。

则作用在单位面积上的平均静压强为:

$$\bar{p} = \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad (1-8)$$

当微面积逐步缩小为 A 点时,则平均静压强的极限值就是 A 点的静压强:

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad (1-9)$$

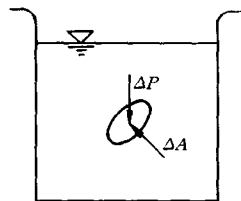


图 1-3 静止流体中的静压强

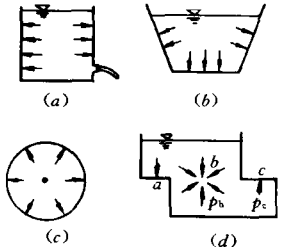
二、静压强的两个特性

- (1) 静压强的方向和作用面垂直且指向作用面；
- (2) 流体内任一点的静压强，在各个方向均相等。

由图 1-4 可知不同容器内静水压强之方向均垂直于容器壁，容器壁上开小孔，水流与容器壁垂直。

三、流体静压强的计量单位

流体静压强常用下列三种计量单位：

- 

(a) (b) (c) (d)

(1) 单位面积上的压力。单位为 N/m^2 或 Pa ，常用千帕 kPa ，工程上常用 kgf/cm^2 ，其换算关系为： $1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 98\text{kPa}$ 。

(2) 标准大气压 atm 。 $1\text{atm} = 101.325\text{kPa} = 760\text{mmHg}$ ，本书后面均采用工程大气压 at 。

$1\text{at} = 98\text{kPa} = 1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 736\text{mmHg}$

(3) 液柱高度。单位为 mH_2O ， mmH_2O ， mmHg 。液柱高度可用下式计算：

图 1-4 各种容器中液体静压强的方向

$$h = \frac{p}{\gamma} \quad (1-10)$$

如一个工程大气压相应的水柱高度为：

$$h = \frac{p_a}{\gamma_w} = \frac{98\text{kN}/\text{m}^2}{9.8\text{kN}/\text{m}^3} = 10\text{mH}_2\text{O}$$

相应的汞柱高度为：

$$h = \frac{p_a}{\gamma_{\text{Hg}}} = \frac{98\text{kN}/\text{m}^2}{133.38\text{kN}/\text{m}^3} = 0.736\text{mHg} = 736\text{mmHg}$$

四、流体静压强基本方程式

众所周知流体中某点的压强是随该点的深度增加而增加。另外，液体还具有自由表面，所谓自由表面是指气体和液体的交界面，静止液体的表面为水平面。作用于自由表面上的气体压强用 p_0 表示，自由表面上为大气，则用大气压强 p_a 表示，又大气压强是随海拔高度的增加而减小的。液体中点 a 的压强（见图 1-5）。

可表示为：

$$p = p_0 + \gamma h \quad (1-11)$$

式中 h —— a 点在自由表面下的深度， m ；

γ ——液体的容重， kN/m^3 。

【例 1-3】 图 1-6 所示有一储水池，水深 2m ，液面压强为 1at 。求池内 A ， B ， C ， D 四点的静水压强及其作用方向。

【解】 因 A ， B ， C 三点处于同一深度，故压强相等。其所平面称为等压面，故有：

$$p_A = p_B = p_C = p_0 + \gamma h = 98 + 9.8 \times 1.2 = 109.9\text{kPa}$$

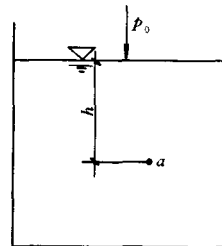


图 1-5 流体中点的静压强

D 点压强: $p_D = p_0 + \gamma h = 98 + 9.8 \times 2 = 117.6 \text{ kPa}$

五、流体静压强的计算基准

量度流体静压强的大小, 可以采用不同的计量基准, 而分为:

(1) 绝对压强: 以完全没有气体存在的绝对真空为零点起算的压强 (见图 1-7)。

(2) 相对压强: 以大气压强为零点起算的压强为相对压强, 在工程上相对压强又称为表压;

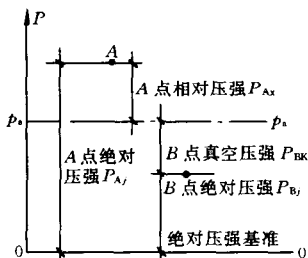


图 1-7 压强关系图

(3) 真空压强: 若流体中某点的绝对压强小于大气压强, 则称该点处于真空状态。处于真空状态下任意点的绝对压强小于大气压强的数值称为真空度。由真空度的定义知, 真空度永远为正。

上述三者的关系为:

$$p_j = p_x + p_a \quad (1-12)$$

$$\text{又:} \quad p_x = p_j - p_a \quad (1-13)$$

$$\text{此时:} \quad p_k = |p_x| \quad (1-14)$$

【例 1-4】 求出例 1-3 中 A, B, C, D 四点的绝对压强, 相对压强和真空度。

【解】 由流体静压强的不同表示方法可知, [例 1-3] 中算得之压强均为绝对压强。即:

$$p_{jA} = p_{jB} = p_{jC} = 109.9 \text{ kPa} \quad p_{jD} = 117.6 \text{ kPa}$$

由式 (1-13) 知, A, B, C 三点之相对压强为 (设大气压强为 1at):

$$p_{xA} = p_{xB} = p_{xC} = p_j - p_a = (109.9 - 98) = 11.9 \text{ kPa}$$

D 点的相对压强为: $p_{xD} = 117.6 - 98 = 19.6 \text{ kPa}$

由于 A, B, C, D 四点之绝对压强均大于大气压强, 未处于真空状态, 故而也无真空度。

六、流体静压强基本方程式的另一表达式

图 1-8 所示为一装有液体的密封容器, 液面气体压强为 p_0 , 液面到任选的基准 0-0 的高度为 Z_0 , 在液体中任选两点 1 和 2, 其位置高度为 Z_1 和 Z_2 (又称为位置水头或单位重量液体的位能), 为测出这两点的静压强, 在这两点各安一上端开口的玻璃管, 称为测压管。则容器内液面沿测压管上升, 上升的高度分别为:

$$h_1 = p_1 / \gamma, \quad h_2 = p_2 / \gamma,$$

称为压强水头或单位重量液体的压能。现两开口玻璃管中液面高度相同, 为等压面, 故有:

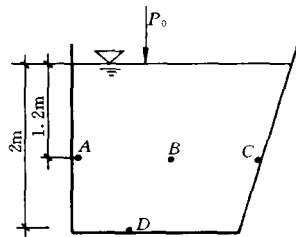


图 1-6

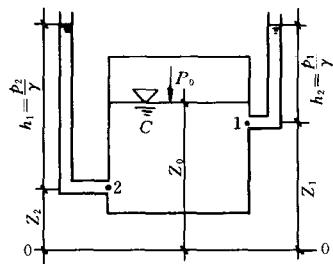


图 1-8 流体的测压管水头

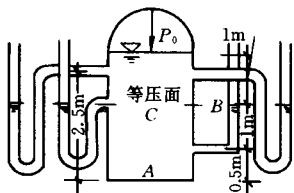


图 1-9 容器内各点的相对
压强绝对压强和真空度

$$Z_1 + p_1/\gamma = Z_2 + p_2/\gamma = C \text{ (常数)} \quad (1-15)$$

由于 1, 2 两点是任选的, 此点也可选在容器内液面处, 则上式也可写为:

$$Z_0 + p_0/\gamma = Z + p/\gamma = C \text{ (常数)} \quad (1-16)$$

上式中位置水头加上压强水头称为测压管水头, 此式表明在同一静止液体中, 所有点的测压管水头都相等。

【例 1-5】 图 1-9 所示密闭容器, 已知: 大气压强 $p_a = 98\text{kPa}$, 其余数据如图所示。求水箱内水面 0 及水箱底部 A 处的绝对压强、相对压强和真空度。

【解】 取水箱底部为基准面, 由式 (1-15) 可得 A, B, 0 三点之测压管水头:

$$Z_A + p_A/\gamma = Z_B + p_B/\gamma = Z_0 + p_0/\gamma$$

式中 B 点为测压管水面, 该处压强即大气压强, 故有:

$$p_{j0} = p_0 = p_B + (Z_B - Z_0) \cdot \gamma = 98 + (1.5 - 2.5) \times 9.8 = 88.2\text{kPa}$$

$$p_{x0} = p_0 - p_a = 88.2 - 98 = -9.8\text{kPa}$$

$$p_{K0} = |p_{x0}| = |-9.8| = 9.8\text{kPa}$$

同理:

$$p_{jA} = p_A = p_B + (Z_B - Z_A) \cdot \gamma = 98 + (1.5 - 0) \times 9.8 = 112.7\text{kPa}$$

$$p_{xA} = p_{jA} - p_a = 112.7\text{kPa} - 98 = 14.7\text{kPa}$$

第三节 流体运动基本知识

在给排水、暖通空调工程中遇到的绝大部分问题均涉及到流体的运动, 例如, 流体经常需要用管道来输送等。流体运动时各点的压强除与空间位置有关外, 还与流体的流动有关, 此时的压强称为动(水)压强。

一、过流断面、流速和流量

(1) 过流断面: 是指垂直于流体运动方向上的流体横断面, 用符号 A 表示 (见图 1-10), 单位为: m^2 或 cm^2 。

(2) 流速——单位时间内流体所通过的距离, 用符号 v 表示, 单位为 m/s 或 cm/s 。

(3) 流量——单位时间内, 流体通过过流断面的体积, 用符号 Q 表示, 单位为 m^3/s , m^3/h 或 L/s 。

三者的关系为:

$$Q = AV \quad (1-17)$$

二、流体运动的类型

1. 压力流与重力流

流体在压差作用下流动时, 流体充满管道, 整个周界均与固体壁接触, 无自由表面者称为压力流(满流)。液体在重力作用下流动时, 液体周界仅部分与固体壁接触, 有自由表面者称为重力流, 如天然河流、明渠流等。排水管道中的水流多为非满流, 故常用管道中水流深度 h 与管道的内径 d 的比值 h/d 称为充满度的概念来描述管道中水流的充满程

度 (见图 1-10)。

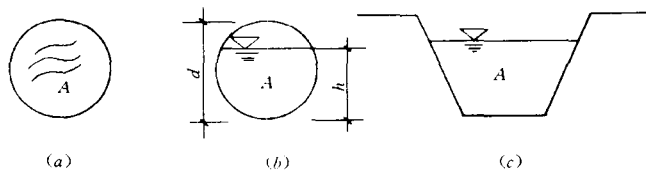


图 1-10 过流断面

(a) 压力流 (满流); (b) 重力流 (非满流); (c) 重力流 (明渠流)

2. 恒定流与非恒定流

流体运动时, 流体中的任一点的流速、压强等要素不随时间变化的流动称为恒定流。流体运动时, 流体中任一点的流速、压强等要素随时间变化的流动称为非恒定流 (见图 1-11)。实际中的流动均为非恒定流, 工程上常假设为恒定流。为分析方便, 常假设在压头不变化情况下的流动为恒定流。如液位差保持不变, 水泵或风机的转速保持不变等等。

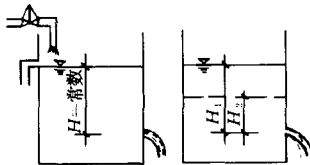


图 1-11 恒定流与非恒定流

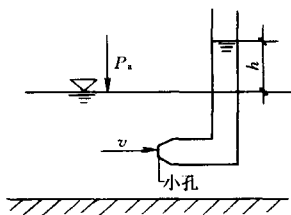


图 1-12 测速管

三、流速水头和测速管

将前端开小孔之细玻璃管插入恒定流河流中 (见图 1-12)。正对水流方向时, 管中水位高于河流水位 h , 且流速愈大, 水位愈高。设流速为 v , 设想高为 h 的水柱, 质量为 m , 下降高度 h 后小孔出口流速为 v , 由能量守恒 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, 可得流速 $v = \sqrt{2gh}$, 式中 g 为重力加速度, 则将 $\frac{v^2}{2g}$

称为流速水头 (或动压强水头), 据此可作出测速管 (又称毕托管)。测量管道中之流速, 则需与测压管配合, 图 1-13 中当管中水流静止时, 测压管与测速管水面均与容器内水面同高, 当水流动时, 则测压管水位低于测速管水位, 即为流速水头, 据此可测得管道中液体之流速。

四、流体连续性方程

在工程中常假设流体为不可压缩的介质, 在恒定流中取某一流段 (见图 1-14), 流体从断面 1-1 流入, 从断面 2-2 流出, 其断面面积分别为 A_1 、 A_2 , 平均流速为 v_1 、 v_2 , 则由质量守恒, 通过断面 1-1 和通过断面 2-2 的流量必相等, 即:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = Q \quad (1-18)$$

此即恒定流连续性方程式。

【例 1-6】 图 1-15 所示为一变断面圆管, 已知 1-1 断面直径 $d_1 = 200\text{mm}$, $v_1 = 0.25\text{m/s}$, 2-2 断面直径 $d_2 = 100\text{mm}$ 。求: $v_2 = ?$

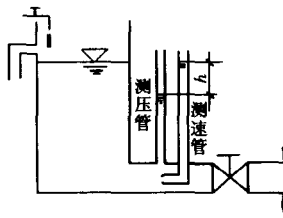


图 1-13 测量管道中液体流速

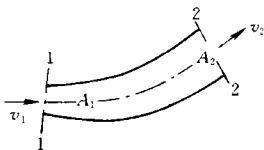


图 1-14 恒定流中某流数

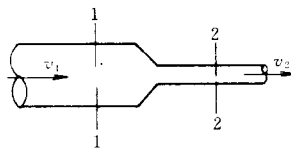


图 1-15 变断面圆管

【解】 由流体连续方程 (1-18) 得:

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{\pi d_1^2/4}{\pi d_2^2/4} v_1 = \frac{200^2}{100^2} \times 0.25 = 1.00 \text{ m/s}$$

第四节 伯努利方程

1738 年瑞士科学家达·伯努利 (Daniel Bernoulli) 根据能量守恒定律, 并考虑到液体存在粘性, 提出了实际流体断面 1-1 和 2-2 (见图 1-16) 之间的恒定总流能量方程式, 也即伯努利方程:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w1-2} \quad (1-19)$$

式中 Z_1 、 Z_2 ——两断面之间相对于基准面的位置高度, 即单位重量流体的位能, 又称位置水头;

$\frac{p_1}{\gamma}$ 、 $\frac{p_2}{\gamma}$ ——两断面处单位重量流体的压能, 又称压强水头;

$\frac{v_1^2}{2g}$ 、 $\frac{v_2^2}{2g}$ ——两断面处单位重量流体的动能, 又称流速水头;

α_1 、 α_2 ——动能修正系数, 反映断面流速不均匀的程度, 工程中一般取 1.0;

h_{w1-2} ——两断面间单位重量流体的能量损失, 又称水头损失。

此式表明在恒定流中, 各过流断面上单位重量流体的位能, 压能和动能, 加上断面间单位能量损失之总和保持不变, 也即总水头保持不变。

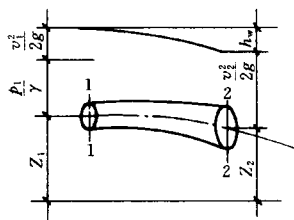


图 1-16 实际流体过流断面
总水头

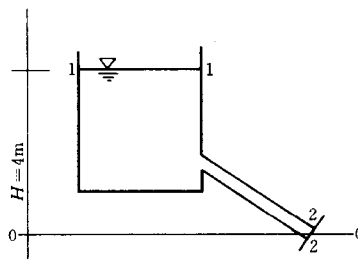


图 1-17 带引出管之水箱

【例 1-7】 图 1-17 所示之水箱, 已知: 引出管管径为 $d = 100 \text{ mm}$, 水头损失 $h_{w1-2} = 2 \text{ mH}_2\text{O}$ 。求: 图示水箱引出管中水流速度与流量。

【解】 取水面为 1-1 断面，引出管出口为 2-2 断面，由伯努利方程 $Z_1 = H = 4\text{m}$ ， $Z_2 = 0$ ，若水箱容积很大，取 $v_1 = 0$ ，则由伯努利方程 (1-19) 可得：

$$4 + \frac{p_a}{\gamma} + 0 = 0 + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + 2$$

$$v_2 = \sqrt{4g} = 6.26\text{m/s}$$

$$Q = Av = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v = \frac{\pi \times 0.1^2}{4} \times 6.26 = 0.0491\text{m}^3/\text{s} = 49.1\text{L/s}$$

第五节 流动阻力和水头损失

流动阻力和水头损失可分为以下两种形式：

1. 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。为了克服沿程阻力而消耗的单位重量流体的能量称为沿程水头损失。沿程水头损失按下式计算：

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (1-20)$$

式中 h_f ——沿程水头损失， mH_2O ；

λ ——沿程阻力系数，无量纲；

l ——管道长度， m ；

d ——管道内径， m ；

v ——管中平均流速， m/s ；

g ——重力加速度，取 9.8m/s^2 。

式中沿程阻力系数 λ 与流动状态和管壁粗糙度有关，一般可通过实验或按经验公式计算而得。

在工程计算中，沿程水头损失亦可按下式计算： $h_f = il$

式中 $i = \frac{h_w}{l}$ 称为水力坡度，即单位长度上的水头损失，单位为 Pa/m 或 kPa/m ；

l 为计算管段之长度， m 。

2. 局部阻力和局部水头损失

当流体通过管道上的阀门、弯头、三通、异径管等附件时，由于固体边界的急剧变化而形成漩涡和流速分布的改变，而造成的阻力称为局部阻力，相应的能量损失称为局部水头损失。

局部水头损失可按下式计算：

$$h_j = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (\text{mH}_2\text{O}) \quad (1-21)$$

式中 ξ ——局部阻力系数，由实验确定或查有关水力计算手册选定。

其他符号同前。

（在给水管道路力计算中，有时取沿程水头损失的 25%~30% 作为局部水头损失。）

这样流体运动中任意两过流断面间的水头损失可表示为：

$$h_w = \sum h_f + \sum h_j \quad (1-22)$$

复习思考题

1. 流体的物理性质可从哪几方面进行描述?
2. 流体静压强基本方程有哪几种表达方式?
3. 什么是流量、流速和过流断面? 它们三者之间的关系怎样?
4. 伯努利方程中各项的意义是什么?
5. 什么是沿程阻力和局部阻力? 其损失怎样计算?

习 题

1. 已知某种油的容重 $\gamma = 8.4 \text{ kN/m}^3$, 动力粘滞系数 $\mu = 2.905 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。求: 这种油的密度 ρ 和运动粘滞系数 ν 。

2. 某种液体在直径 $d = 5 \text{ cm}$ 的管道中流动, 已知其流速分布为 $u = 0.5 - 800n^2 \cdot (\text{m/s})$ (图 1-18), 现测得管壁切应力 $\tau = 4.4 \text{ kgf/m}^2$ (工程上 $1 \text{ kgf} = 9.8 \text{ N}$)。求: 这种液体的动力粘滞系数。

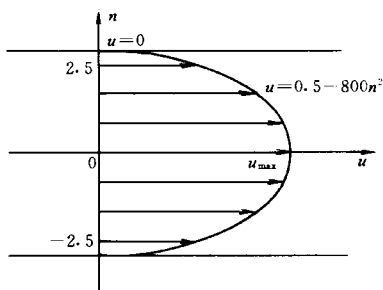


图 1-18 习题 2 图

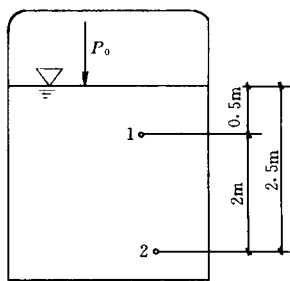


图 1-19 习题 3 图

3. 密封水箱, 自由表面气体压强 $p_0 = 78.4 \text{ kPa}$, 水深 $h_1 = 0.5 \text{ m}$ 、 $h_2 = 2.5 \text{ m}$ (图 1-19)。

试求: 水中 1、2 两点之绝对压强、相对压强和真空度。

4. 一封闭水箱在水深 $h = 2.0 \text{ m}$ 处的 A 点接一压力表, 表盘中心比 A 点高出 $Z = 0.5 \text{ m}$, 压力表读数为 3.8 kPa (图 1-20)。求水箱水面上的绝对压强、相对压强和真空度。

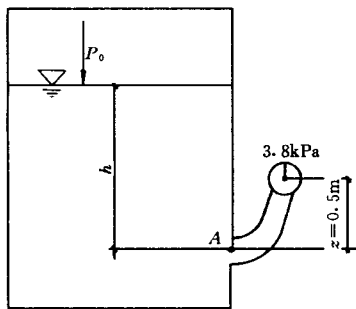


图 1-20 习题 4 图

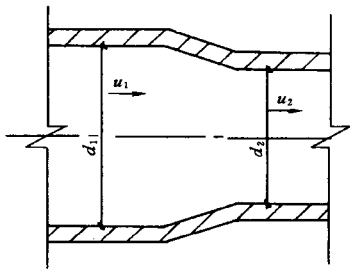


图 1-21 习题 5 图

5. 有一变断面输水管道 (图 1-21), 直径分别为 $d_1 = 100 \text{ mm}$, $d_2 = 50 \text{ mm}$, 若通过管内的流量 $Q = 6 \text{ L/s}$, 求各段的流速 v ?

6. 不考虑水头损失, 求图 1-22 所示水池水嘴喷出之水流速度并绘制水流的理想总水头线和测压管水头线。