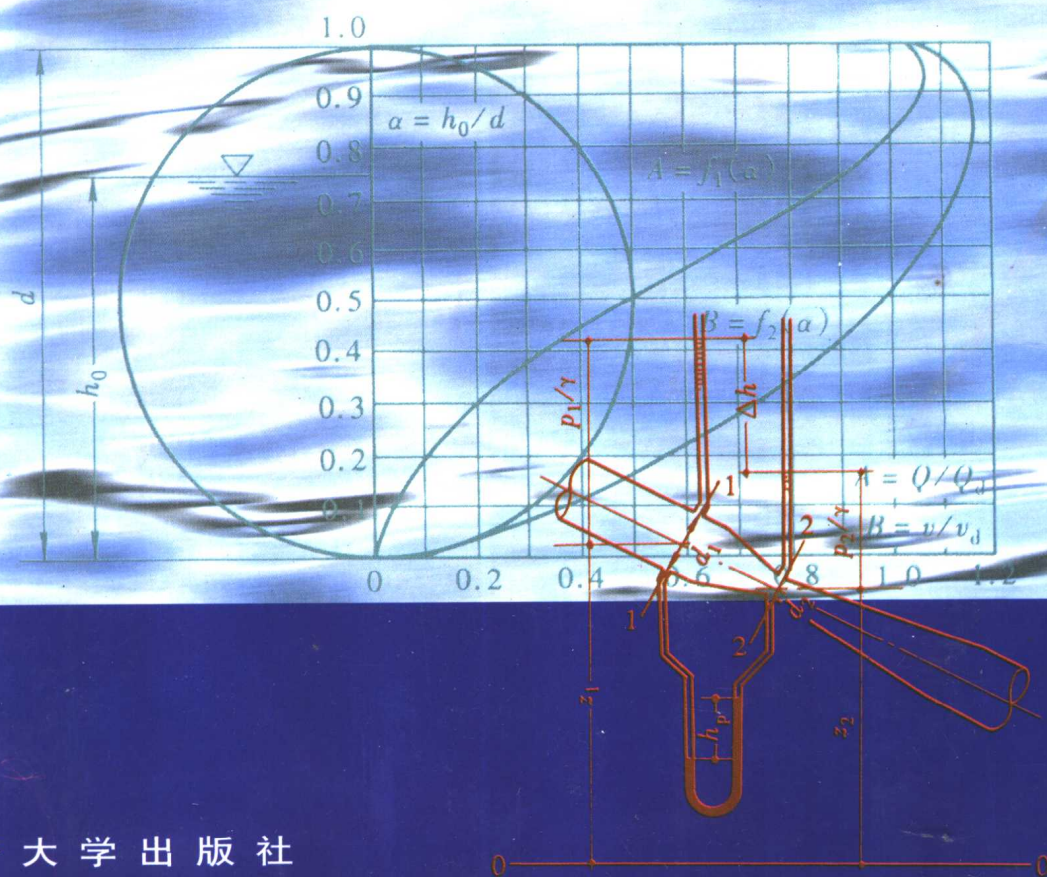


水力学

SHUILIXUE SHUILIXUE SHUILIXUE

柯葵 朱立明 李嵘 编著



同济大学出版社

ISBN 7-5608-2125-1



9 787560 821252 >

定价：22.00 元

水 力 学

柯 葵
朱立明 编著
李 嵘

同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水力学/柯葵,朱立明,李嵘编著. —上海:同济大学出版社,2000.5

ISBN 7-5608-2125-1

I. 水… II. ①柯… ②朱… ③李… III. 水力学
IV. TV131

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 57324 号

水 力 学

柯 葵 朱立明 李 嵘 编著

同济大学出版社出版发行

(上海四平路 1239 号 邮编:200092)

全国新华书店经销

长阳印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:420 千字

2000 年 5 月第 1 版 2002 年 1 月第 3 次印刷

印数:8001-14000 定价:22.00 元

ISBN 7-5608-2125-1/TU·364

前 言

水力学和水泵是土建类各专业的一门重要技术基础课,它研究液体的机械运动规律及其在工程上的应用。

本书系统地阐述了水力学、水泵的基本概念和基本理论及工程应用。在基本理论的论述上,主要采用了一元流动的分析方法。

本书根据函授教学的特点,在编写中力求深入浅出,便于自学,内容深度,广度适宜,说理清晰。书中附有类型多样、数量适度的例题。除此之外,各章后都附有学习指导、复习思考题和习题。学习指导汇总归纳各章内容的重点和要点,并对自学者提出学习本章的指导性意见;复习思考题是围绕本章中所提出的主要概念(而这些概念又往往使学生难以理解或易于出错的)而编写的思考题;习题则是希望学生在解题时能正确理解本章的主要概念,并掌握计算原理和方法。

水泵作为一种水力机械,在相关专业的工程中的使用越来越广泛。本书把水泵内容作为一个独立部分编入,是编者对原《水力学》教材的改革所作的一种尝试。

参加本书编写工作的有朱立明(第一、二、三、四、八章)、柯葵(第五、六、七、九、十章)、李嵘(第十一章)。全书由柯葵主编。本书的编写出版得到了有关兄弟院校教师、同济大学函授学院教材科、同济大学出版社的帮助和支持,编者表示衷心感谢。

本书是在1990年同济大学出版社出版的函授教材《水力学》一书的基础上改编、增删和加工而成的。在此,对原书作者吕文舫、郭雪宝等诸位老师致以真诚的敬意和谢意。

由于编者水平所限,书中缺点和错误在所难免,恳请读者批评和指正。

编 者

2000年元月于同济大学

目 录

第一章 绪 论	(1)
§ 1-1 水力学的任务和发展简史	(1)
§ 1-2 连续介质假设和水力学的研究方法	(2)
§ 1-3 液体的主要物理性质	(2)
§ 1-4 作用在液体上的力	(6)
§ 1-5 水力学中的力学模型	(7)
学习指导	(8)
复习思考题	(8)
习题	(9)
第二章 液体静力学	(10)
§ 2-1 静止液体中压强的特性	(10)
§ 2-2 液体静力学基本微分方程	(11)
§ 2-3 重力作用下静止液体中的压强分布规律	(13)
§ 2-4 静止液体压强的表示方法	(13)
§ 2-5 静水压强的量测方法	(14)
§ 2-6 作用在平面上的静水总压力	(17)
§ 2-7 作用在曲面上的静水总压力	(20)
学习指导	(23)
复习思考题	(24)
习题	(26)
第三章 水动力学	(31)
§ 3-1 描述液体运动的两种方法	(31)
§ 3-2 液体运动的基本概念	(33)
§ 3-3 恒定总流的连续性方程	(34)
§ 3-4 恒定元流的能量方程	(35)
§ 3-5 渐变流过流断面的压强分布规律	(37)
§ 3-6 恒定总流的能量方程	(38)
§ 3-7 恒定总流能量方程的应用	(40)

§ 3-8 恒定总流的动量方程	(42)
学习指导	(44)
复习思考题	(44)
习题	(46)
第四章 流动阻力和水头损失	(50)
§ 4-1 流动阻力和水头损失的分类及计算	(50)
§ 4-2 雷诺试验——层流与紊流	(51)
§ 4-3 均匀流基本方程	(53)
§ 4-4 圆管中的层流运动	(54)
§ 4-5 紊流运动	(56)
§ 4-6 沿程阻力系数的变化规律	(59)
§ 4-7 局部水头损失	(65)
学习指导	(69)
复习思考题	(69)
习题	(71)
第五章 孔口、管嘴出流和有压管路	(74)
§ 5-1 薄壁孔口的恒定出流	(74)
§ 5-2 液体经管嘴的恒定出流	(78)
§ 5-3 短管出流	(81)
§ 5-4 长管的水力计算	(86)
§ 5-5 给水管网水力计算基础	(94)
§ 5-6 有压管路中的水击	(98)
学习指导	(103)
复习思考题	(106)
习题	(109)
第六章 明渠均匀流	(114)
§ 6-1 明渠均匀流的形成条件和水力特征	(115)
§ 6-2 明渠均匀流的计算公式	(116)
§ 6-3 明渠水力最优断面允许流速	(117)
§ 6-4 明渠均匀流的水力计算	(120)
§ 6-5 无压圆管均匀流的水力计算	(124)
§ 6-6 复式断面渠道的水力计算	(126)
学习指导	(128)

复习思考题.....	(128)
习题.....	(129)
第七章 明渠非均匀流	(131)
§ 7-1 断面比能和临界状态	(131)
§ 7-2 明渠流的流动形态及其判别准则	(136)
§ 7-3 明渠均匀流急变流	(137)
§ 7-4 棱柱体平坡渠道上的完整水跃	(139)
§ 7-5 明渠恒定非均匀渐变流的基本微分方程	(142)
§ 7-6 棱柱形渠道中恒定非均匀渐变流水面曲线的分析	(144)
§ 7-7 渠道底坡变化时水面曲线的连接	(150)
§ 7-8 棱柱形渠道中恒定非均匀渐变流水面曲线的计算	(153)
学习指导.....	(156)
复习思考题.....	(160)
习题.....	(162)
第八章 堰 流.....	(165)
§ 8-1 堰流及其特征	(165)
§ 8-2 堰流的基本方程	(166)
§ 8-3 薄壁堰	(167)
§ 8-4 实用堰	(169)
§ 8-5 宽顶堰	(170)
§ 8-6 小桥孔径的水力计算	(173)
学习指导.....	(175)
复习思考题.....	(176)
习题.....	(176)
第九章 因次分析和模型试验	(178)
§ 9-1 因次分析——白金汉 π 理论	(178)
§ 9-2 相似的基本概念	(185)
§ 9-3 相似准则	(186)
§ 9-4 重力和粘性力同时作用下的相似	(191)
学习指导.....	(194)
复习思考题.....	(195)
习题.....	(195)

第十章 渗 流..... (197)

§ 10-1 概述	(197)
§ 10-2 渗流的基本定律——达西定律	(198)
§ 10-3 单井	(204)
§ 10-4 井群	(207)
§ 10-5 流网	(210)
学习指导	(214)
复习思考题	(215)
习题	(216)

第十一章 离心泵 (218)

§ 11-1 概述	(218)
§ 11-2 离心泵的工作原理和基本构造	(218)
§ 11-3 离心泵的基本性能参数	(222)
§ 11-4 离心泵的基本方程式	(226)
§ 11-5 离心泵的性能曲线	(231)
§ 11-6 离心泵装置的工况	(235)
§ 11-7 水泵相似律和比转数	(237)
§ 11-8 切削叶轮改变泵的性能	(244)
§ 11-9 离心泵并联及串联工作	(247)
§ 11-10 离心泵吸水条件和汽蚀	(249)
§ 11-11 离心泵的引水方法	(252)
学习指导	(252)
复习思考题	(254)
习题	(255)

第一章 绪 论

水力学是研究液体(主要指水)宏观机械运动的规律及其在工程中应用的一门专业基础学科,它是力学学科的一个分支。

人类在长期的生产实践中,应用力学的基本原理,通过反复的总结,逐步认识了液体平衡和运动的基本规律,以及处于各种状态的液体与外界的关系,建立了水力学这门学科。从现代的认识角度看,水力学是一门理论与实践相结合的经验性学科,它广泛应用于环境、市政建设、土木、交通运输、航空和水利等工程中。

§ 1-1 水力学的任务和发展简史

一、水力学的任务

水力学的基本任务分以下三个层次:

- (1) 研究液体宏观机械运动的基本规律(包括静止平衡状态);
- (2) 研究产生上述宏观机械运动的原因;
- (3) 研究液体与建筑物之间的相互作用。

二、水力学发展简史

任何一门学科的发展都是和生产力的发展紧密联系在一起的,水力学也不例外。水力学的发展史也是人类社会制度的发展史。

在 16 世纪以前,生产力水平发展极其缓慢,科学技术发展受到很大阻碍,水力学或研究液体运动规律学科仅停留在静止液体及阿基米德的浮力概念上。16 世纪以后,工农业生产有了很大的发展,自然科学(如数学、力学)随之发展起来。在牛顿古典力学基础上,用数学分析方法建立了流体运动的基本方程。但由于基本方程求解的困难性,加上在 17 世纪中叶雷诺提出紊流运动的概念,使液体运动规律的求解方程更加复杂,所以尚未用于解决实际问题。

与此同时,随着生产力的进一步发展,对自然科学提出了更高的要求,因此,依靠实验和实测资料形成了实验水力学。它为人提供了许多计算有压管流、明渠流和渗流等经验公式和图表,以基本理论与实验力学相结合就形成了当今的水力学。因此,水力学是研究液体的基本规律,是理论与实验相结合的经验性学科。

§ 1-2 连续介质假设和水力学的研究方法

一、连续介质基本假设

水力学研究对象是液体。从微观角度分析,液体是由大量的分子构成的,分子与分子间存在空隙;用数学观点分析,液体的物理量在空间上的分布是不连续的,加上分子的随机无规律的热运动,也导致物理量在时间坐标轴上的不连续。以传统的分析观点,以分子(或质点)为分析研究的对象是难以奏效的。然而,水力学是研究液体的宏观运动规律,以宏观角度去分析,几乎观察不到分子间的空隙。比如,对于比水疏松得多的空气,在标准的状态下, 1mm^3 所含气体分子就有 10^{19} 个,分子间的间距从宏观角度来讲已是可忽略不计了。因此,对于液体的宏观运动来说,可以把液体视为由无数质点组成的、没有空隙的连续体,并认为液体的各物理量的变化也是连续的。这种假设的连续体称为连续介质。

把液体视为连续介质,可应用高等数学中的连续函数来表达液体中各种物理量随空间、时间的变化关系。

二、水力学的研究方法

在研究和解决水力学问题时,通常选用理论分析、实验分析和数值计算三种方法。

1. 理论分析方法

理论分析方法是建立在一般的力学原理、在连续介质的基本假设前提下,用数学分析方法,建立液体运动过程中的各种物理量的基本关系式(基本方程组),然后根据具体问题进行求解,并对其解进行分析。由于液体的基本方程组具有强非线性,对于一般问题不是很容易求解,只有很少的问题才能求得其完整的理论解。

2. 数值计算方法

随着电子计算机技术和数值计算方法的发展,产生了广泛应用于实际工程中的研究方法——数值计算方法。该方法就是通过数学近似解的方法,使理论解无法求得的问题能用近似的方法进行表达,使水力学基本理论在实际工程中得到应用。数值方法一般包括有限基本解法、有限元法和有限差分法。

3. 实验方法

水力学问题如从基本运动方程的属性来分析,属于强非线性偏微分方程范畴,一般用理论是无法求得的,有时用数值计算方法也甚为困难,解决问题的唯一方法就是实验方法。实验方法在水力学中的重要性是不言而喻的。水力学是一门经验性的学科,通过实验,即模型实验,解决工程实际问题,同时能充分了解液体运动的规律,使基本方程得以简化,如普朗特的边界层理论。

在解决实际工程问题过程中,现代水力学经常将上述三种方法同时应用,使工程问题得以较为完整地解决。

§ 1-3 液体的主要物理性质

工程实际中的液流运动形式是多样化的。但无论液体运动状态如何变化,其影响的因

素不外乎液体本身的物理性质和外界的作用力。液体的主要物理性质有惯性、粘性、压缩性与热胀性、表面张力和汽化等。

一、惯性

惯性是物体保持原有运动状态的性质。质量是用来度量物体惯性大小的物理量,单位体积的质量称为密度,以符号 ρ 表示。在连续介质假设的前提下,对于均质液体,其密度的定义为:

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

式中 V ——体积;

m ——质量。

水力学中常用到与密度相关的另一个物理量即重度,其定义是单位体积的重量(质量),以符号 γ 表示。如液体处在地球引力场中,其重度与密度的关系为:

$$\gamma = \rho g \quad (1-2)$$

液体的密度随温度和压强的变化很小,在一般的工程问题中可以忽略。

二、粘性

粘性是液体固有的,是有别于固体的主要物理性质。固体在受到外力的作用下,通过变形抵抗外力。根据变形的形式,可将变形分为正应变和剪应变,对应的力为正应力和剪应力或切向应力。而液体是无法通过变形来抵抗切向应力的,无论作用力多么微小,液体总是不断地变形。但变形的快慢(变形速度)与外界的作用力和液体的性质有关,液体的这一性质称为粘性。因此液体是通过变形速度来抵抗外界的切向作用力的。

关于粘性,牛顿有个著名的牛顿内摩擦定律:液体的内摩擦力 T (切向力)与流层间的接触面面积 A 和流层的速度梯度 $\left(\frac{du}{dn}\right)$ 成正比,这一比例常数反映液体克服外界切向力的物理属性,这一属性称为粘性。这一结论是牛顿 1686 年提出的,故称为牛顿内摩擦定律。

$$T = \mu A \frac{du}{dn} \quad (1-3)$$

牛顿内摩擦定律有别于固体的摩擦定律。固体摩擦力与接触面的压力有关,而液体的摩擦力与压力无直接关系。液体的摩擦力是存在于液体流层之间的作用力,所以,该定律常称为内摩擦定律。

式中 μ 称为动力粘性系数,单位是 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。液体的粘性系数随压强变化的影响很小,随温度的变化如表 1-1。

在分析粘性液体运动规律中,动力粘性系数与密度 ρ 的比称为运动粘性系数 ν 。

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (1-4)$$

从表中可看出,液体的动力粘性系数随温度升高而减小,而气体则相反。原因是粘性取决于分子间的引力和分子间的动量交换。因此,随着温度升高,分子间的引力减小而动量交

换加剧。液体的粘性力主要取决于分子间的引力,而气体的粘性力则取决于分子间的动量交换。所以,液体与气体产生粘性力的主要原因不同,造成截然相反的变化规律。

表 1-1 液体粘性系数随温度的变化

温度 (℃)	μ (kPa·s)	ν ($10^6\text{m}^2/\text{s}$)	温度 (℃)	μ (kPa·s)	ν ($10^6\text{m}^2/\text{s}$)
0	1.792	1.792	40	0.656	0.661
5	1.519	1.519	45	0.599	0.605
10	1.308	1.308	50	0.549	0.556
15	1.140	1.140	60	0.469	0.477
20	1.005	1.007	70	0.406	0.415
25	0.894	0.897	80	0.357	0.367
30	0.801	0.804	90	0.317	0.328
35	0.723	0.727	100	0.284	0.296

三、压缩性与热胀性

压缩性是指液体在压力的作用下,改变自身体积的特性。热胀性是指由于温度的变化,液体改变自身体积的特性。

1. 压缩性

液体的压缩性用压缩系数表示。在一定温度下,液体原有的体积为 V ,在压强增量 dp 作用下,体积改变了 dV ,则压缩系数为:

$$\beta = - \frac{dV/V}{dp} \tag{1-5}$$

式中的负号是由于 $dp > 0$, $dV < 0$,为使压缩系数为正值而加的。

表 1-2 为水在 0℃时,不同压力下的压缩系数。

表 1-2 水在不同压强下的压缩系数

压强(kPa)	500	1000	2000	4000	8000
压缩系数(m^2/N)	0.538×10^{-9}	0.536×10^{-9}	0.531×10^{-9}	0.528×10^{-9}	0.515×10^{-9}

表中可以看出,水的压缩系数是很小的。如压强为 8000kPa,相对体积的变化只有大约 0.4%。所以工程上一般可将液体视为不可压缩的。

2. 热胀性

液体的热胀性可用体积膨胀系数 α 来表示。在一定的压力下,液体原有的体积为 V ,当温度升高 dT 时,体积的变化为 dV ,则

$$\alpha = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT} \quad (1-6)$$

α 的单位是温度单位的倒数,即 $1/^\circ\text{C}$ 或 $1/\text{K}$ 。

表 1-3 是水在 101 kPa 的压强下,在不同温度下的重度及密度变化。

表 1-3 水在 101 kPa 压强下的重度及密度

温度 ($^\circ\text{C}$)	重度 (kN/m^3)	密度 (kg/m^3)	温度 ($^\circ\text{C}$)	重度 (kN/m^3)	密度 (kg/m^3)	温度 ($^\circ\text{C}$)	重度 (kN/m^3)	密度 (kg/m^3)
0	9.806	999.9	30	9.755	995.7	70	9.590	977.8
5	9.807	1000.0	40	9.731	992.2	80	9.529	971.8
10	9.805	999.7	50	9.690	988.1	90	9.467	965.3
20	9.790	998.2	60	9.645	983.2	100	9.399	958.4

四、表面张力

由于分子间的吸引力,在液体的自由表面上能够承受极其微小的张力,这种张力称为表面张力。表面张力不仅在液体与气体接触的周界面上发生,而且还会在液体与固体(汞和玻璃等),或一种液体与另一种液体(汞和水等)相接触的周界上发生。

对液体来讲,表面张力在平面上并不产生附加压力,它只有在曲面上才产生附加压力,以维持平衡。

因此,在工程问题中,液体只要有曲面的存在就会有表面张力的附加压力作用。例如,液体中的气泡,气体中的液滴,液体的自由射流,液体表面和固体壁面相接触等。所有这些情况,都会出现曲面,都会引起表面张力,从而产生附加压力。不过在一般情况下,这种影响是比较微弱的。

由于表面张力的作用,如果把两端开口的玻璃细管竖立在液体中,液体就会在细管中上升或下降 h 高度,如图 1-1 及图 1-2 所示。这种现象称为毛细管现象。上升或下降取决于液体和固体的性质。

如果把玻璃细管竖立在水中(如图 1-1),当水温为 20°C 时,则水在管中的上升高度为:

$$h = \frac{15}{r} \quad (1-7)$$

如果把玻璃细管竖立在水银中(如图 1-2),当水银温度为 20°C 时,则水银在管中的下降高度为:

$$h = \frac{5.07}{r} \quad (1-8)$$

式(1-7)及式(1-8)中, h 及 r 均以毫米计(r 为玻璃管半径)。可见,当管径很小时, h 就可以很大。所以,用来测定压强的玻璃细管直径不能太小,否则会产生很大的误差。

表面张力的影响在一般工程实际中是被忽略的。但在水滴和气泡的形成、液体的雾化、汽液两相流的传热与传质的研究中,将是重要的不可忽略的因素。

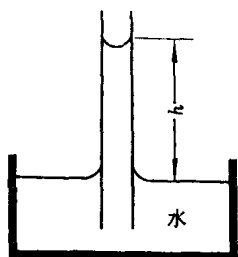


图 1-1 水的毛细现象

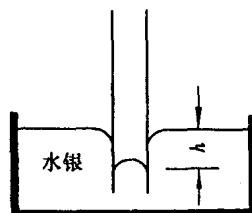


图 1-2 水银的毛细现象

五、汽化

物质有固态、液态和气态之分,在一定的外部条件下,这三种状态是可以相互转换的。如水加热产生蒸汽,气体降温、加压也可以液化。

决定物质状态的因素是分子的热运动和分子力,以及外界因素。一般而言,加热、减压会使分子热运动加剧,同时减小分子力;而降温、加压的作用则相反。因此,温度和压强是促使物态变化的两个主要的外部因素。比如,水在 101kPa(一个大气压)的压力作用下,其沸点为 100℃;而在高原地区,水的沸点小于 100℃。液体沸腾或汽化时的压强称为汽化压强 $p_{汽化}$ 。显然,液体的汽化压强与温度有关。表 1-4 给出水在不同温度下的汽化压强。

表 1-4 水在不同温度下的汽化压强

温度 T (℃)	汽化压强 $p_{汽化}$ (kPa)	温度 T (℃)	汽化压强 $p_{汽化}$ (kPa)	温度 T (℃)	汽化压强 $p_{汽化}$ (kPa)
0	0.61	30	4.24	70	31.16
5	0.87	40	7.38	80	47.34
10	1.23	50	12.33	90	70.10
20	2.34	60	19.92	100	101.33

液体在流动过程中,当液体与固体的接触面处于低压区,并低于汽化压强时,液体产生汽化,在固体的表面产生很多气泡;若气泡随液体的流动进入高压区,气泡中的气体便液化,这时,液化过程中产生的液体将冲击固体表面。如这种运动是周期性的,将对固体表面造成疲劳并使其剥落,这种现象称为汽蚀。工程应用时必须避免汽蚀(参见 § 11-10)。

§ 1-4 作用在液体上的力

一、表面力

表面力是通过直接接触,施加在接触面上的力,它正比于接触面面积,通常用单位面积

上所受的力即应力表示。表面力可分解成与表面垂直的法向分量和平行于表面的切向分量。

设 M 为隔离体表面上的一点, 见图 1-3, 包含 M 点取微元面积 ΔM 。若作用在微元上的力为 ΔF , 将其分解为法向分力 ΔP 和切向分力 ΔT , 则 $\bar{p} = \frac{\Delta P}{\Delta M}$ 为 ΔM 上的平均正应力。由于液体只能承受压力而不能承受拉力, 因此法向应力为压应力。

取极限 $p_M = \lim_{\Delta M \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta M}$ 为 M 点的压应力, 即为压强。

同理, $\tau_M = \lim_{\Delta M \rightarrow 0} \frac{\Delta T}{\Delta M}$ 为 M 点的切向应力。

应力的单位是 N/m^2 , 称为帕斯卡或简称帕, 以符号 Pa 表示。

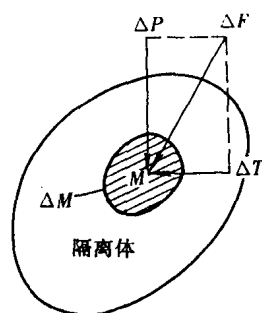


图 1-3 微元的受力

二、质量力

作用在隔离体内每个液体质点上的力称为质量力。质量力正比于隔离体的质量, 通常用单位质量的质量力来表示。重力和惯性力是最常见的质量力。

设均质液体中隔离体 V 的质量为 Δm , 所受的质量力为 ΔF , 则单位质量的质量力为 F , 简称单位质量力, 则:

$$F = \lim_{\Delta m \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta m}$$

单位质量力在直角坐标系中各坐标轴上的分量分别为 X 、 Y 和 Z 。若作用在液体上的单位质量力只有重力时(如图 1-4 示), 则:

$$X = 0, Y = 0, Z = -g$$

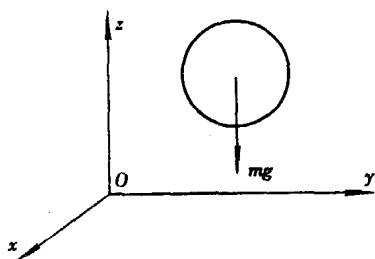


图 1-4 液体上的质量力

单位质量力的单位为 m/s^2 , 与加速度单位相同。

§ 1-5 水力学中的力学模型

客观上存在的实际流动及其物质结构和物理性质是非常复杂的。如果考虑所有因素, 将很难推导出它的力学关系式。为此, 在分析考虑水力学问题中, 根据抓主要矛盾的观点, 建立各种力学模型, 对液体加以科学的抽象, 以便于列出液体运动规律的数学方程式。这种研究问题的方法, 在固体力学中也常采用, 例如刚体、弹性体, 等等。所以, 力学模型的概念具有普遍意义。下面介绍几个主要的水力学模型。

首先是无粘性液体。一切液体都具有粘性, 提出无粘性液体是对液体物理性质的简化。因为在某些问题中, 粘性不起作用或不起主要作用。这种不考虑粘性作用的液体称为无粘液体(或理想液体)。如果在某些问题中, 粘性的影响较大, 不能被忽略时, 则必须考虑粘性的影响。

其次是不可压缩液体。就是不计压缩性和热胀性,是对液体物理性质的简化。液体的压缩性和热胀性均很小,密度可视为常数,通常用不可压缩模型。气体在大多数情况下,也可采用不可压缩模型;只有在某些情况下,比如气流速度很大,接近或超过音速,或者在流动过程中其密度变化很大,这时必须用可压缩模型来处理。本课程主要讨论的是不可压缩液体。

上述是水力学中的主要力学模型,以后在具体问题的分析中,还会提出一些力学或运动模型。

学习指导

本章主要介绍水力学中所涉及到的基本物理量、液体的力学性质和力学模型。

(1) 在基本物理量中,要充分理解物理量的定义、产生的原因,以及随外界因素所产生的影响,如粘性。粘性是水力学中特有的,其物理意义、影响因素、单位等,都必须加以深刻理解。

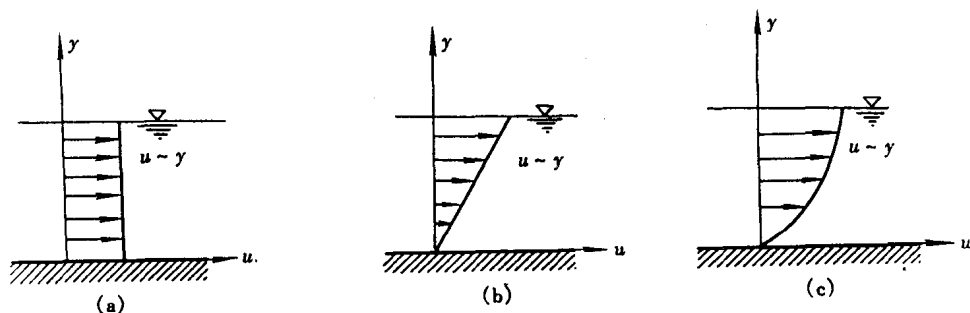
(2) 液体的力学性质,如粘性、压缩性和汽蚀等。

(3) 本章主要介绍三个力学模型——连续介质假设、理想液体和不可压缩液体。在以后章节中还会介绍一些力学模型。

复习思考题

1-1 何谓液体粘性系数? 分析粘性系数与哪些因素有关。

1-2 已知液体中的流速分布 $u \sim y$ 为图中所示三种情况:① 矩形分布;② 三角形分布;③ 抛物线分布。试定性地画出各种情况下的切应力分布图 $\tau \sim y$ 。



思考题 1-2 图

(a) 矩形分布; (b) 三角形分布; (c) 抛物线分布

1-3 试分析下面三种情况下,水体 A 受哪些表面力和质量力的作用:① 静止水池;② 明渠中水流;③ 平面弯道水流。见思考题 1-3 图。

1-4 为什么可将液体作为连续介质和理想液体处理? 分别说明这样对研究液体的运动规律有何意义。