

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

水利水电工程与管理专业系列教材

■ 主编 李国庆

S H U I L I X U E

水力学

第二版



中央广播电视大学出版社

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材
水利水电工程与管理专业系列教材

水 力 学

第 二 版

主 编 李 国 庆

中央广播电视大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水力学 / 李国庆主编. —2 版. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2006. 1

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材. 水利水电工程与管理专业系列教材

ISBN 7-304-03497-1

I. 水… II. 李… III. 水力学-电视大学-教材
IV. TV13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 007338 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材
水利水电工程与管理专业系列教材

水力学

第二版

主编 李国庆

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部 010-68519502

总编室 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 何勇军

责任编辑: 申 敏

印刷: 北京集惠印刷有限责任公司

印数: 0001~4000

版本: 2006 年 1 月第 2 版

2006 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 18 字数: 408 千字

书号: ISBN 7-304-03497-1/TV·23

定价: 24.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

水利水电工程与管理专业

课程建设委员会

顾问：陈肇和（北京水利水电管理干部学院）

主任：刘汉东（华北水利水电学院）

副主任：陶水龙（中央广播电视大学）

曹 杰（华北水利水电学院）

董幼龙（华北水利水电学院）

委员：（按姓氏笔画排序）

王 圻（中央广播电视大学）

牛志新（河南广播电视大学）

孙文怀（华北水利水电学院）

孙明权（华北水利水电学院）

孙晶辉（水利部人教司）

任 岩（中央广播电视大学）

李国庆（华北水利水电学院）

张立中（华北水利水电学院）

陈 丽（中央广播电视大学）

杨 谦（水利部法规司）

周克己（武汉水利电力大学）

郭 鸿（中央广播电视大学）

贾清亮（华北水利水电学院）

徐建新（华北水利水电学院）

聂相田（华北水利水电学院）

鲁智勇（华北水利水电学院）

第一版前言

本教材是依据1999年7月审定的中央广播电视大学开放教育试点“水利水电工程”专业教学大纲以及2000年2月在北京召开的中央电大多媒体教材一体化设计方案审定会审定的水力学课程教学大纲编写的。本教材是“水利水电工程”专业的系列教材之一。

开放式教育是一种新型的远距离教育模式，它以工作在水利水电行业第一线的在职职工和社会青年为主要培养对象，以业余学习为主要方式，努力提高水利工作者的文化技术知识和素质。本教材在编写过程中，充分考虑学员的学习环境、学习需要和学习方式，努力贯彻以“学生学习为中心”的现代教育思想，精选内容，循序渐进，贯彻理论联系实际和便于学员自学的原则，努力做到学以致用，培养分析和解决生产实际问题的能力。

水力学是一门具有丰富的理论，又是实践性很强的学科。全书涉及大量基本概念、基本理论和基本公式，有众多的经验半经验公式和各种系数和修正系数。同学们在学习过程中要理解而不是死记硬背，要灵活应用而不是生搬硬套，要注意各种公式应用的条件和适用范围，努力培养和不断提高分析工程中的水流现象及解决水力学实际问题的能力。

本教材是水力学课程多种教学媒体一体化设计方案的组成部分。

全书共分为10章：绪论、水静力学、水动力学基础、水流形态和水头损失、有压管道中的水流运动、明槽恒定流、过流建筑物的水力计算、渠系连接建筑物的水力计算、渗流、水力模型试验基础与量测技术。

本书由华北水利水电学院李国庆任主编，中国水利水电科学院刘之平任副主编。参加编写的有李国庆（第1章、第3章）、贾丽芳（第2章）、孙东坡（第4章、第10章、综合练习）、孙颖（第5章、第6章、第9章）、刘之平（第6章）和杨玲霞（第7章、第8章）。全书由李国庆统稿。

本教材由北京水利水电管理干部学院陈肇和、清华大学陈长植、华北电力大学黄文杰和中央广播电视大学吴铭磊等专家审定，陈肇和教授主审。审定专家对本教材进行了认真的审阅，并提出了许多宝贵的建设性意见及建议。中央

广播电视大学郭鸿同志参加了本书的教学设计，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，对于开放式教学的模式正在进行探索，因此书中不足之处和错误在所难免，诚恳希望广大读者及有关专家提出批评和指正，并通过今后的教学实践，不断得到提高。

编 者

2001年3月10日

第二版前言

“水力学”是水利水电工程与管理专业的必修课程。本教材依据中央广播电视大学 2004 年 11 月审定的“水利水电工程与管理”专业教学计划，以及 2005 年 5 月修订的水力学教学大纲进行修订，是中央广播电视大学“水利水电工程与管理”专业的系列教材之一。

在本教材编写过程中，充分考虑开放式教育的学习方式和环境，贯彻以“学生学习为中心”的现代教育思想，精选内容，循序渐进，密切联系实际，努力做到学以致用，培养解决实际问题的能力。为了适应开放式远程教育的需要，教材中设置了“本章学习要点”、“本章小结”和“思考题”等，供学习时参考。

全书共分为 10 章，包括：绪论、水静力学、液体运动的基本理论、水流形态与水头损失、有压管道中的水流运动、明渠均匀流、明渠恒定非均匀流、过流建筑物水力计算和消能设计、渗流、水力模型试验基础与量测技术。

本次修订仍由李国庆担任主编。参加编写的人员有：李国庆（第 1 章、第 3 章、第 9 章）、王二平（第 2 章、第 5 章）、孙东坡（第 4 章、第 10 章）、陈丽（第 6 章）和杨玲霞（第 7 章、第 8 章）。

本教材在编写过程中得到了中央广播电视大学理工部和开放试点办公室的帮助和指导，并提出了许多宝贵的建设性意见及建议。在此表示衷心的感谢。

由于水平所限，书中不足之处和错误在所难免，诚恳希望广大读者及有关专家提出批评和指正，并通过今后的教学实践，不断得到提高。

编者
2005 年 11 月

目 录

第1章 绪 论 (1)

- 1.1 水力学的任务和研究对象 (1)
- 1.2 液体的基本特征与连续介质的概念 (2)
- 1.3 液体的主要物理性质 (3)
- 1.4 作用在液体上的力 (10)
- 1.5 水力学的研究方法 (11)

第2章 水静力学 (13)

- 2.1 静水压强及其特性 (13)
- 2.2 静水压强的基本规律 (15)
- 2.3 压强的单位与测量 (19)
- 2.4 两种质量力作用下的液体平衡 (22)
- 2.5 作用在平面上的静水总压力 (23)
- 2.6 作用在曲面上的静水总压力 (27)

第3章 液体运动的基本理论 (35)

- 3.1 描述液体运动的两种方法 (35)
- 3.2 液体运动的基本概念和分类 (38)
- 3.3 恒定总流的连续性方程 (46)
- 3.4 恒定总流的能量方程 (48)
- 3.5 恒定总流能量方程的应用 (57)
- 3.6 恒定总流的动量方程 (70)
- 3.7 量纲分析原理 (77)

第4章 水流形态与水头损失 (85)

- 4.1 概述 (85)
- 4.2 水流阻力与水头损失 (86)
- 4.3 均匀流沿程水头损失的基本方程 (88)
- 4.4 水流的流动形态 (92)
- 4.5 层流运动及其沿程水头损失计算 (96)
- 4.6 紊流的运动特性 (98)
- 4.7 紊流沿程水头损失的计算 (105)
- 4.8 局部水头损失 (111)
- 4.9 绕流阻力 (116)

第5章 有压管道中的水流运动 (121)

- 5.1 概述 (121)
- 5.2 简单管路的水力计算 (122)
- 5.3 复杂管路的水力计算 (130)
- 5.4 水击现象简介 (135)

第6章 明渠均匀流 (145)

- 6.1 概述 (145)
- 6.2 明渠均匀流特性和产生条件 (148)
- 6.3 明渠均匀流计算公式及几个相关问题 (149)
- 6.4 明渠均匀流计算 (155)

第7章 明渠恒定非均匀流 (170)

- 7.1 明渠水流的3种流态、相对波速和弗汝德数 (171)
- 7.2 明渠水流的断面比能和临界水深 (174)
- 7.3 明渠的临界底坡 (179)
- 7.4 明渠两种非均匀急变流现象——水跃与水跌 (180)
- 7.5 明渠非均匀渐变流运动基本方程 (190)
- 7.6 棱柱体渠道水面曲线的定性分析与定量计算 (191)

7.7 弯道水流的流动特点	(198)
第8章 过流建筑物水力计算和消能设计	(204)
8.1 概述	(204)
8.2 堰流的水力计算	(205)
8.3 闸孔出流的水力计算	(221)
8.4 泄水建筑物下游的消能与衔接	(227)
第9章 渗 流	(240)
9.1 概述	(240)
9.2 土壤渗透特性与渗流模型	(240)
9.3 渗流的基本定律——达西定律	(242)
9.4 地下河槽恒定渗流	(245)
9.5 集水廊道与井	(250)
第10章 水力模型试验基础与量测技术	(258)
10.1 概述	(258)
10.2 水流相似理论	(259)
10.3 水力模型设计及有关问题	(265)
10.4 水工模型试验的量测技术	(266)
参考文献	(274)

第1章 绪 论

本章学习要点

1. 了解水力学研究的任务、对象和液体的基本特征。
2. 掌握液体主要物理性质，重点是液体的黏滞性和牛顿内摩擦定律的应用。
3. 理解连续介质和理想液体的概念。
4. 理解质量力、表面力的概念。
5. 了解量纲的概念，能正确确定各种物理量的量纲。

1.1 水力学的任务和研究对象

水力学是一门技术基础学科，是力学的一个分支。水力学的任务是研究以水为代表的液体的机械运动规律及其在工程实际中的应用。

水力学是以物理学、理论力学的普遍规律为依据，借助于数学工具，结合水流运动的特点和边界条件，建立了水力学的理论基础。水力学包括水静力学和水动力学两大部分。水静力学研究液体在静止或平衡状态下，作用在液体上各种力的平衡关系；水动力学是研究作用在液体上的力与运动要素之间的关系，以及液体运动的基本规律。

水力学在水利水电工程中有着广泛的应用。为了兴利除害，开发利用水资源，在河道上修建各种水工建筑物（如闸、坝、渡槽、涵洞、消力池等）或各种河道整治工程，实现防洪、灌溉、发电、航运等目标。这些建筑物的修建改变了原有的水流形态，水流与建筑物之间存在相互作用，从而产生一些特殊的水流现象和问题。在电力、建筑、给排水、环境工程、交通运输、石油化工等其他部门，也会遇到大量与液体运动有关的问题。

在水利水电工程中经常遇到的水力学问题主要有以下几个方面：

1. 确定水力荷载

确定闸、坝等水工建筑物承受的静水压力或动水总作用力，以及透水地基上的渗透压力，为水工建筑物的结构设计和稳定分析提供依据。

2. 计算过流能力

研究河流、明渠、管道以及水利枢纽的引水、输水和泄水建筑物所能通过的流量及其影响因素，为合理确定建筑物的形式和尺寸提供依据。

3. 分析水流运动形态

分析水流通过水工建筑物及其影响区域的流动形态，采取必要的措施，改善不利的水流形态，以保证水利工程安全正常运行。

4. 确定水流能量的利用和消耗

分析水流在运动过程中能量的转化及损耗规律，减少在引水、输水过程中的能量损失。对于水利枢纽在泄洪过程中产生不利影响的水流多余能量，要采取合理的方式和有效措施予以消除，以确保水工建筑物和下游河道的安全。

5. 特殊水力学问题

研究水利工程中遇到的高速水流空化和空蚀、掺气、振动、挟沙水流、波浪运动等问题；还要研究有害物质在水流中的扩散、降解和自净的环境水力学课题。

要解决这些问题，必须具备坚实的水力学理论知识。

1.2 液体的基本特征与连续介质的概念

1. 液体的基本特征

自然界的物质都是由分子组成，它们一般有3种存在形式，即固体、液体和气体。

固体分子的间距很小，内聚力很大，所以它有固定的形状和体积，能承受拉、压和剪切作用。液体分子的间距比固体大，比气体小，内聚力比固体小，比气体大得多，所以液体没有固定的形状，但能保持一定的体积，能承受压力，不能承受拉力。气体的内聚力最小，它极易膨胀和压缩，没有固定的形状和体积，总是要充满它所占据的空间。

液体和气体在微小剪切力作用下会发生连续变形或流动，我们把液体和气体称为流体。可压缩性的不同是气体和液体的主要区别，而是否具有流动性则是流体和固体的主要区别。

2. 连续介质假定

液体是由大量分子组成的，分子都具有一定大小和质量，并且分子之间存在空隙。也就是说，从微观结构来看，液体是不连续的，它的物理量在空间分布也是不连续的。

但是我们研究的是水流宏观运动，是大量分子“集体”运动的平均特性，并不关心液体分子的结构和微观运动；而且在用高等数学方法研究液体运动的规律时，函数和变量进行微积分运算必须满足连续条件。因此，我们需要并且可以把液体看作是连续的整体，即认为

液体是由质点组成的毫无间隙地完全充满它所占据空间的连续体。这样,根据连续介质的概念,液体中一切物理量(如速度、压强等)都可以看成是空间和时间的连续函数。水力学研究的就是连续介质液体的连续运动。上面所述的“质点”是组成液体的“最小”单位,它是微观上充分大而宏观上足够小的分子团,液体质点在空间上通常当作几何点处理。

因此,液体的基本特征是:易流动的、不易被压缩的、均匀等向的连续介质。

1.3 液体的主要物理性质

外因是变化的条件,内因是变化的依据。液体运动状态的改变,一方面是外力作用的结果,另一方面取决于液体的物理性质。所以,我们首先来了解液体的主要物理特性。

1.3.1 液体的惯性、质量、密度和量纲

液体与其他物体一样具有惯性,惯性是物体保持原有运动状态的特性。惯性的大小用质量来量度,质量越大,物体的惯性也越大。质量用符号 M 表示。当液体受外力作用使其运动状态发生改变时,由于液体惯性引起对外界的反作用力称为惯性力。

设物体的质量为 M , 加速度为 a , 则惯性力表示为:

$$F = -Ma \quad (1-1)$$

式中负号表示惯性力的方向与物体运动加速度的方向相反。

密度是单位体积物体具有的质量,密度用符号 ρ 表示,它的单位是 kg/m^3 。对于均质液体,假设其质量为 M , 体积为 V , 则其密度为:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1-2)$$

液体的密度会随温度和压强的变化而改变,但这种变化通常很小,在水力学计算中一般把液体的密度视为常数。例如水的密度,在一个标准大气压、温度为 4°C 时为 $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。不同温度下水的密度见表 1-1。

每一个物理量都包含量的单位和数值两部分。单位是度量物理量的基准,单位不同,物理量的数值也不同。本书采用通用的国际单位制(SI),它的基本单位为:米(m),秒(s),千克(kg),其他都是导出单位。例如,力的单位为牛顿(N),1 N 的定义为:能使 1 kg 质量的物体产生 $1 \text{ m}/\text{s}^2$ 加速度的力,用基本单位表示为 $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot (\text{m}/\text{s}^2)$ 。

物理量的种类称为量纲。量纲是单位的抽象和概括,单位则是量纲的具体表示。在力学领域中用长度、质量和时间作为基本量纲,表示为 $[L]$, $[M]$, $[T]$, 其他物理量的量纲都是导出量纲。例如,力的量纲可表示为: $[F] = [MLT^{-2}]$ 。

表 1-1 不同温度下水的物理性质 (1 个标准大气压)

温度 / ℃	密度 ρ / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	动力黏滞系数 μ / ($\text{N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$) ($\times 10^{-3}$)	运动黏滞系数 ν / ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) ($\times 10^{-6}$)	体积弹性系数 K / ($\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$) ($\times 10^9$)	表面张力系数 σ / ($\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$)	汽化压强 / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)
0	999.8	1.781	1.785	2.02	0.075 6	0.60
5	1 000.0	1.518	1.519	2.06	0.074 9	0.87
10	999.7	1.307	1.306	2.10	0.074 2	1.18
15	999.1	1.139	1.139	2.15	0.073 5	1.70
20	998.2	1.002	1.003	2.18	0.072 8	2.34
25	997.0	0.890	0.893	2.22	0.072 0	3.17
30	995.7	0.798	0.800	2.25	0.071 2	4.24
40	992.2	0.653	0.658	2.28	0.069 6	7.38
50	988.0	0.547	0.553	2.29	0.067 9	12.16
60	983.2	0.466	0.474	2.28	0.066 2	19.91
70	977.8	0.404	0.413	2.25	0.064 4	31.16
80	971.8	0.354	0.364	2.20	0.062 6	47.34
90	965.3	0.315	0.326	2.14	0.060 8	70.10
100	958.4	0.282	0.294	2.07	0.058 9	101.33

用长度、时间和力作为基本物理量,它们也构成一组基本量纲,即 $[L]$, $[T]$, $[F]$, 其他物理量的量纲也可表示为导出量纲。如质量的导出量纲可表示为: $[M] = [F L^{-1} T^2]$ 。

1.3.2 液体的重力特性

物体受到地球的万有引力称为物体的重力,也称为物体具有的重量,用符号 G 表示。质量为 M 的物体,地球上的重力加速度为 g ,则该物体所受到的重力为:

$$G = Mg \quad (1-3)$$

重力加速度 g 随纬度及高度的变化而改变,但其变化很小,通常取 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 。

1.3.3 液体的黏滞性

我们知道,当固体与固体之间存在相对运动时,会产生摩擦力来反抗相对运动的继续进行,直到两个物体处于相对静止状态。这时摩擦力是产生在两个固体之间的外力。

液体具有流动性。对于流动的液体,如果液体内部的质点之间存在相对运动,那么液体质点之间也要产生摩擦力来反抗这种相对运动的发生,我们把液体的这种特性称为黏滞性。这时摩擦力产生在液体内部,称为内摩擦力或者黏滞力。由于黏滞性的存在,液体在运动过程中要克服黏滞阻力做功而消耗能量,所以黏滞性是液体在流动中产生能量损失的根源。

图1-1为液体沿固体壁面作平行直线流动,液体质点成层向前流动,互相不混掺(这种运动状态称为“层流运动”,将在第4章讨论)。由于黏滞性的影响,液体与边壁之间存在黏滞力,使壁面上的液体质点停止不动,离边界越远,流速越大。若距边壁 y 处的流速为 u ,相邻液层 $y+dy$ 处的流速为 $u+du$,由于相邻液层流速不同,故存在相对运动。底层液体流速小,它作用在上层液体与流速反向的摩擦力,力图使其减速;而上层液体流速大,它对下层液体产生与流速同向的摩擦力,使流层加速。这两个摩擦力大小相等,方向相反,作用在不同流层上,是一对作用力与反作用力。

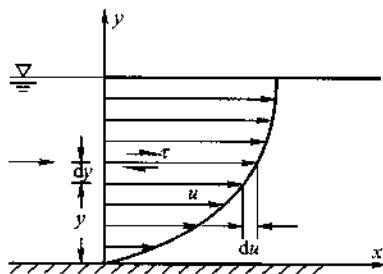


图1-1

实验证明,相邻液层单位接触面积上的内摩擦力(即切应力) τ 的大小与两液层间的流速差 du 成正比,与两液层间的距离 dy 成反比,同时与液体的性质有关。可表示为:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (1-4)$$

若两液层间接触面积为 A ,则其内摩擦力为:

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \quad (1-5)$$

式中: μ ——反映液体黏滞特性的比例系数,称为动力黏滞系数;

du/dy ——两液层间的流速梯度。

式(1-4)和式(1-5)是计算液体黏滞力的牛顿内摩擦定律的表达式,其物理意义可以表述如下:作层流运动的液体,当相邻液层间存在相对运动时,则液层间产生的内摩擦力大小,与接触面积和流速梯度成正比,与液体的黏滞特性有关。

动力黏滞系数 μ 的大小表示液体黏滞性的强弱, μ 的单位为:牛顿·秒/米²($N \cdot s/m^2$)或帕斯卡·秒($Pa \cdot s$)。 μ 的量纲可表示为:

$$[\mu] = \left[\tau / \frac{du}{dy} \right] = [FL^{-2}] [L/LT^{-1}] = [FTL^{-2}] = [ML^{-1}T^{-1}]$$

在水力学计算中经常把 μ 与液体密度 ρ 的比值称为运动黏滞系数,即:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-6)$$

运动黏滞系数 ν 的单位是:米²/秒(m²/s)或厘米²/秒(cm²/s)。习惯上把1 cm²/s称为1“斯托克斯”。可以证明运动黏滞系数 ν 的量纲是运动量:

$$[\nu] = \left[\frac{\mu}{\rho} \right] = \left[\frac{\text{FTL}^{-2}}{\text{ML}^{-3}} \right] = \left[\frac{\text{MLT}^{-2}\text{TL}^{-2}}{\text{ML}^{-3}} \right] = [\text{L}^2\text{T}^{-1}]$$

液体的黏滞系数与液体的种类有关,它对温度变化较为敏感,随温度的升高而降低。压强对它影响很小,通常不予考虑。表1-1列出不同温度下水的黏滞系数 ν 和 μ 值。

需要注意,牛顿内摩擦定律只适用于水、空气、各种油类等牛顿流体。牛顿流体是指切应力 τ 与流速梯度 du/dy 之间存在线性关系,如图1-2中的线A,在温度不变的情况下,这类流体的黏滞系数 μ 值是常数,不随流速梯度而改变。凡与牛顿内摩擦定律偏离的流体都属于非牛顿流体。

因此,牛顿内摩擦定律只适用于层流运动和牛顿流体。

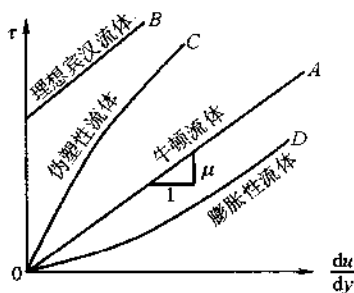


图 1-2

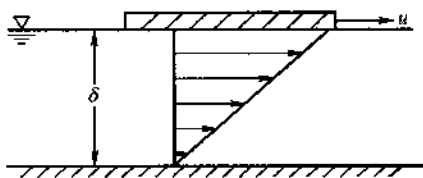


图 1-3

例 1-1 如图 1-3 所示,面积为 0.5 m² 的平板在水面上以速度 $u = 1 \text{ m/s}$ 沿水平方向运动,水层厚度 $\delta = 2 \text{ mm}$,假设水层内的流速按直线分布,水的温度为 10 ℃,求拖动平板所需的力。

解: 因为水层内的流速按直线分布,则流速梯度为常数,即:

$$\frac{du}{dy} = \frac{1}{0.002} = 500$$

查表 1-1,温度为 10 ℃ 时水的动力黏滞系数为:

$$\mu = 1.307 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$$

根据牛顿内摩擦定律表达式,平板所受的阻力为:

$$F = \mu A \frac{du}{dy} = 1.307 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 500 \text{ N} = 0.327 \text{ N}$$

例 1-2 已知如图 1-4 所示的明渠水流，其垂线流速分布可以用下式表示：

$$U_x = C(yh - \frac{y^2}{2})$$

试求黏滞切应力的分布规律。

解：根据牛顿内摩擦定律，切应力为：

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = C\mu(h - y)$$

因 C 、 μ 、 h 均为常数，可知黏滞切应力沿水深呈直线分布。

即在渠底， $y=0$ ， $\tau=C\mu h$ ；在水面， $y=h$ ，则 $\tau=0$ ，如图 1-4 所示。

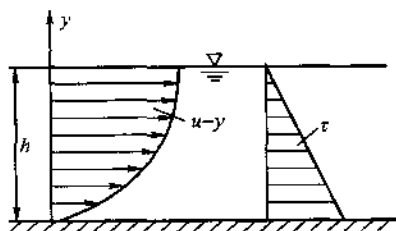


图 1-4

1.3.4 液体的压缩性

液体不能承受拉力，但是可以承受压力。液体受压后体积缩小，压力撤除后体积又恢复原状，液体的这种性质称为压缩性或弹性。液体压缩性的大小用体积压缩系数 β 或体积弹性系数 K 表示。假设某液体承受压强 p 时体积为 V ，当压强增加 dp 时，体积缩小了 dV ，则液体的体积压缩系数 β 可以表示为：

$$\beta = - \frac{\frac{dV}{V}}{dp} \quad (1-7)$$

式中 dV/V 是液体体积相对变化率。当压强增大 (dp 为正)，体积必定减小 (dV 为负)，反之亦然，即 dp 和 dV 始终正负号相反。为了保持 β 为正值，在式 (1-7) 右端加上负号。

体积压缩系数 β 的单位是 m^2/N 。根据式 (1-7)， β 值越大，表明液体越容易被压缩。

液体在被压缩时，它的质量 M 保持不变，即 $M = \rho V = \text{常数}$ 。故体积压缩系数 β 也可以表示成：

$$\beta = - \frac{\frac{dp}{\rho}}{\frac{dp}{\rho}} = - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dp} \quad (1-8)$$

体积压缩系数 β 的倒数称为液体的体积弹性系数 K ，即：

$$K = \frac{1}{\beta} = - \frac{dp}{\frac{dV}{V}} = - \left(\frac{V}{dV} \right) dp \quad (1-9)$$

式 (1-9) 表明体积弹性系数越大，液体越不易被压缩。当 $K \rightarrow \infty$ ，表示液体绝对不可压缩，不存在弹性变形。体积弹性系数的单位与压强相同，即为 N/m^2 。

β 和 K 值均表示液体的压缩性，不同的液体， β 和 K 值也不同，同一种液体的 β 和 K 值