



中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

水力学基础

水利水电工程技术专业

主编 丁新求



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

水 力 学 基 础

(水利水电工程技术专业)

主 编 丁新求
责任主审 张勇传
审 稿 莫乃榕
 徐学军



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是为中等职业学校水利类重点建设专业——水利水电工程技术和农业水利技术专业编写的国家规划教材。全书共分为六章，内容包括绪论、水压力及其计算、水流运动的基本原理、恒定明渠水流、泄水建筑物的过水能力及泄水建筑物下游水流衔接与消能简介。

本教材在编写过程中，尽量做到注重实用、避难求易、浅入浅出、通俗易懂。

本书还可作为中等职业学校其它水利、土建类专业的教学用书，也可供水利工程技术人员短期培训时参考选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

水力学基础/丁新求主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2002

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-5084-1323-7

I. 水… II. 丁… III. 水力学-专业学校-教材 IV TV13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 097128 号

书 名	中等职业教育国家规划教材 水力学基础 (水利水电工程类专业)
作 者	主编 丁新求
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市 里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 255 千字
版 次	2003 年 1 月第一版 2003 年 1 月第一次印刷
印 数	0001—4100 册
定 价	13.90 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

中等职业教育国家规划教材 出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2002 年 10 月

前 言

本书是根据教育部《面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划》的精神，按教育部 2001 年审定的《水力学基础》教学大纲要求组织编写的国家规划教材。本教材适用于中等职业学校水利类重点建设专业——水利水电工程技术和农业水利技术专业。

本书还可作为中等职业学校其它水利、土建类专业的教学用书，也可供水利工程技术人员短期培训时参考选用。

为了贯彻教育部《关于全面推进素质教育，深化中等职业教育教学改革的意见》精神，本书在编写过程中，力求以培养学生的全面素质和综合职业能力为目标，注重实际应用，突出技能培养，尽可能满足中等职业教育人才培养的要求和体现中等职业教育的特点。

本教材在内容上，尽量做到避难求易、深入浅出、通俗易懂。为了让学生能较好地巩固所学知识，书中各章均结合教学内容和水利水电工程实际，配有一定数量的例题和习题。

本书由长沙电力学院丁新求（第四、五、六章）、湖北水利水电职业技术学院罗景（第一、二章）、湖南省水利水电工程学校刘治映（第三章）编写。全书由丁新求主编。

本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定，由华中科技大学张勇传院士担任责任主审，华中科技大学莫乃榕、徐学军副教授审稿，中国水利水电出版社另聘江西省水利水电学校孙道宗审阅了全稿，提出了许多宝贵意见，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，加之本次教材改革力度较大，时间仓促，不妥或讹缪之处在所难免，恳祈广大读者予以批评指正。

编 者

2002 年 8 月



出版说明

前 言

第一章 绪论	1
第一节 水利工程中的水力学问题	1
第二节 液体的基本特性及主要物理性质	2
第三节 水流运动的基本概念及分类	6
习题	10
第二章 水压力及其计算	11
第一节 静水压强的基本规律	11
第二节 静水总压力的计算	20
第三节 动水总压力的计算	31
习题	34
第三章 水流运动的基本原理	39
第一节 恒定流的连续性方程	39
第二节 恒定流的能量方程	42
第三节 恒定流的动量方程	53
第四节 水头损失及其计算	61
习题	75
第四章 恒定明渠水流	80
第一节 明渠均匀流	80
第二节 明渠水流的两种流态及判别	90
第三节 水跌和水跃	94
第四节 棱柱体明渠非均匀渐变流水面曲线的定性分析	99
第五节 棱柱体明渠非均匀渐变流水面曲线的计算	104
习题	109
第五章 泄水建筑物的过水能力	112
第一节 孔口、管嘴出流	112
第二节 压力管道恒定流	116
第三节 堰流和闸孔出流	124
习题	141

第六章 泄水建筑物下游水流衔接与消能简介	145
第一节 泄水建筑物下游水流衔接与消能措施	145
第二节 衔接与消能水跃的选择及收缩断面水深的计算	147
第三节 底流消能的水力计算	150
习题	159
附录 I 梯形断面明渠底宽求解图	160
附录 II 梯形断面明渠正常水深求解图	161
附录 III 梯形断面明渠临界水深求解图	162
附录 IV 梯形断面明渠共轭水深	163
主要参考文献	164

第一章 绪 论

第一节 水利工程中的水力学问题

水是维持一切生命活动不可替代的物质。自然界中任何物质都有二重性，水也不例外，它既能危害人类，又可造福人类。

水利工程的根本任务是除水害和兴水利。除水害主要是防止洪水泛滥和淤涝成灾。兴水利则是从多方面利用水利资源为人民造福，主要包括：灌溉、发电、供水、航运、养殖等。

为了满足防洪、灌溉和发电等方面的需要，往往要在河道上筑坝，挡蓄洪水，形成水库，如图 1-1 所示。水库的作用既可以控制下泄水量，减轻洪水对下游的危害，即防洪除水害；也可以蓄洪调枯，以丰补缺，并为发展灌溉、发电、供水、航运和养殖等兴利事业创造必要的条件。



图 1-1

为保证水利枢纽的安全运行，一般应设置溢洪道及泄洪闸。要引水利用必须修建输水隧洞、渡槽、渠道及倒虹吸管等建筑物。对于防洪工程，除建水库外，还可以采取加固、加高下游河道堤防、增设分洪道、利用洼淀湖泊蓄洪以及河道整治等措施。另外，从丰水地区向干旱缺水地区调水，即所谓跨流域调水工程（如南水北调工程），也是一种兴利的工程措施。

由于上述输水建筑物及防洪工程的修建，调整和改变了原有水流的状态，水流在其惯

性的作用下，力图反抗固体边界的约束，这就形成了水流与各类固体边界之间在不同条件下的相互作用。这种相互作用的结果，一方面使得水流形成新的状态；另一方面也带来了一系列的水力学问题，如：在水库蓄水之后，坝体要承受巨大的水压力；根据水库水位的变化，泄水建筑物要合理地泄放相应的流量；有很小一部分水会在水压力的作用下经坝基和两岸向下游渗透；经溢洪道或泄洪闸等泄水建筑物下泄的高速水流对下游河床还可能造成冲刷等。这类水压力的计算、输水建筑物过流能力的计算、渗流量的确定以及泄水建筑物下游的消能防冲设施有关几何尺寸的确定等，都是水利工程中所必须解决的常见水力学问题。

要为水利工程的勘测、规划、设计、施工和运行管理等方面提供合理的水力计算依据，对具体工程而言，除应详细了解该工程存在哪些水力学问题外，还必须对解决这些问题的一些相关资料（如水文、地质资料等）进行全面的调查和科学的分析。

在水利工程中常见的水力学问题，归纳起来主要有以下几个方面：

（1）水力荷载。水工建筑物在使用过程中，要承受巨大的静水压力或动水压力，如坝身、闸门和管壁等。

（2）过水能力。水利枢纽中，一般常设有溢流坝、泄水闸等泄水建筑物，因此需要计算这些建筑物在各种条件下的过水能力。

（3）水流的能量损失。水流在通过水工建筑物时，都有机械能损失，因此需确定水流通过水电站、抽水站、管道、渠道时引起的能量损失的大小，并研究高效率消除高速水流中多余有害动能的消能防冲措施。

（4）水流形态。修建水工建筑物，改变了原有的水流状态，因此需要判别水流在各种水工建筑物中的流动形态和对工程的影响。

为了解决上述问题，必须研究水流运动的规律。只有对这些规律有透彻的了解，才能正确解决工程实际问题。由此可见，水力学是专门研究以水为代表的液体在静止和机械运动状态下的规律，并探讨运用这些规律解决工程实际问题的一门科学。

水力学基础主要从水力学的角度介绍一些水流运动的基本规律；工程实际中一些常见的水力学问题以及中小型水利工程水力计算的一些基本方法。

水力学虽以水为主要研究对象，但其基本原理同样适用于一般常见的液体和可以忽略压缩性影响的气体。水力学的基本内容不但在水利工程建设方面有着广泛的应用，并且在城市建设及环境保护、机械制造、石油开采、金属冶炼和化学工业等方面也都需要应用水力学知识。

第二节 液体的基本特性及主要物理性质

水力学的研究对象是液体，液体的运动规律，既与液体外部的作用条件有关，也与液体本身的内在性质有关。

一、液体的基本特性

研究液体的物理性质，首先必须了解液体的基本特征。

自然界的物质有固体、液体和气体三种存在形式。液体与固体的主要区别是：固体具

有固定的形状，而液体没有固定的形状，很容易流动，即液体具有易流动性。液体与气体的区别是：气体没有固定的体积，能充满任何容器，不能形成自由表面，且易于压缩；而液体能保持一定的体积，还可能有自由液面，并且和固体一样能承受压力，不容易压缩，即液体具有不易压缩性。

由于水力学只研究液体宏观的机械运动，不研究液体的分子运动。因此，在水力学中，一般认为液体由质点组成，质点完全充满所占据的全部空间，质点之间没有空隙存在，其物理性质和运动要素都是连续分布的，即认为液体具有连续性。并认为液体具有均匀等向性，即液体是均质的，各部分和各方向的物理性质是完全相同的。

总之，在水力学中所研究的液体是具有连续性、易流动性、不易压缩性和均匀等向性等基本特性的液体。

二、液体的主要物理性质

液体运动状态的改变是受外力作用的结果，而任何一种力的作用都要通过液体本身的性质来实现，所以在研究液体运动规律之前，必须对液体的主要物理性质有所了解。

(一) 质量与密度

1. 质量

物体中所含物质的数量，称为质量。

2. 密度

液体单位体积内所具有的质量称为液体的密度。对于均质液体其密度可用下式表示：

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

式中 m ——液体的质量，kg；

V ——液体的体积， m^3 ；

ρ ——密度， kg/m^3 。

(二) 重量与容重

1. 重力

地球对其它物体所产生的引力，称为重力或重量。在研究液体运动时，一般只考虑地球对液体的引力（重力），而不考虑其它物体对液体的引力作用。质量为 m 的液体所受的重力为

$$G = mg \quad (1-2)$$

式中 G ——液体的重量，N 或 kN；

g ——重力加速度，一般取 $g = 9.8m/s^2$ 。

2. 容重

液体单位体积内所具有的重量称为液体的容重，对于均质液体其容重可用下式表示：

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-3)$$

式中 γ ——容重， N/m^3 或 kN/m^3 。

将式 (1-3) 两端同除以体积 V ，可得密度与容重的关系式为

$$\gamma = \rho g \quad (1-4)$$

水的密度和容重随温度、压强而有所改变，但在一般情况下，可视为常数。在一个标准大气压下，温度为4℃时，水的密度及容重分别为 $\rho = 1000\text{kg/m}^3$ ， $\gamma = 9800\text{N/m}^3 = 9.8\text{kN/m}^3$ 。水在不同温度时的容重和密度见表1-1。

【例1-1】 求在一个大气压下，温度 $t = 4^\circ\text{C}$ ，体积 $V = 1\text{L}$ 的水的重量和质量。

解：已知水的体积 $V = 1\text{L} = 0.001\text{m}^3$ ，密度 $\rho = 1000\text{kg/m}^3$ ，容重 $\gamma = 9800\text{N/m}^3$ 。应用式(1-1)可得质量为

$$m = \rho V = 1000 \times 0.001 = 1\text{ kg}$$

应用式(1-3)可得水的重量为

$$G = \gamma V = 9800 \times 0.001 = 9.8\text{ N}$$

(三) 粘滞性

1. 粘滞性

液体运动时若液层之间存在着相对运动，则液层间就要产生一种内摩擦力来抵抗其相对运动，如图1-2(b)所示。这种性质称为液体的粘滞性，此内摩擦力称为粘滞力。粘滞性是液体固有的物理属性，只有当液层之间存在着相对运动时才能显示出来，静止液体是不显示粘滞性的。

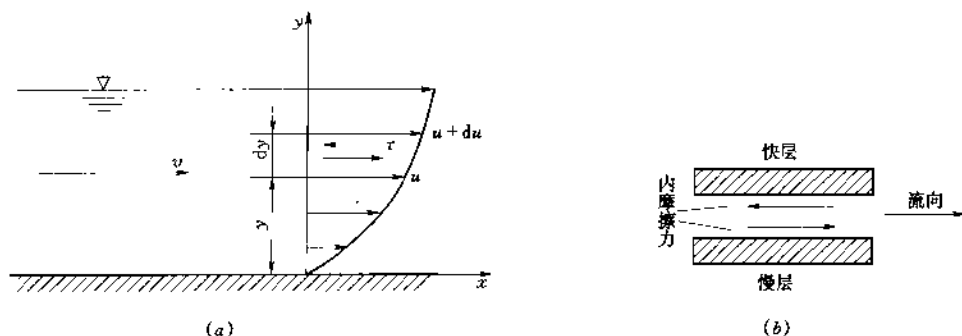


图1-2

液体在运动过程中，由于克服内摩擦阻力及液体与固体边壁间的阻力做功，从而使液体产生机械能消耗，这种机械能消耗称为能量损失。由此可见，粘滞性是运动液体产生能量损失的根源。

2. 牛顿内摩擦定律

实验证明：液体内摩擦规律与固体外摩擦规律不同，流层间单位面积上的内摩擦力即粘滞切应力的 τ 的大小，与接触面的正压力无关，其大小与液体的性质及液流流层间速度的变化有关。粘滞切应力 τ 可表示为

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

式中 $\frac{du}{dy}$ ——流速梯度，1/s；

τ ——液体流层间的粘滞切应力，Pa；

μ ——动力粘度， $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$ ，即 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。

式(1-5)即称为牛顿内摩擦定律。

3. 粘度

液体的动力粘度 μ 反映了液体粘滞性的大小, μ 值愈大, 液体的粘滞性愈强。不同的液体, 其动力粘度 μ 不同。同一种液体, μ 值也随温度的升高而减小。

在水力学中, 液体的粘滞性也可用动力粘度 μ 与密度 ρ 的比值表示, 即

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

式中 ν ——液体的运动粘度, m^2/s 。

不同温度下水的动力粘度 μ 及运动粘度 ν 见表 1-1。

表 1-1 不同温度下水的物理性质数值表

温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	容 重 γ (kN/m^3)	密 度 ρ (kg/m^3)	动力粘度 μ ($10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$)	运动粘度 ν ($10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$)
0	9.805	999.9	1.781	1.785
5	9.807	1000.0	1.518	1.519
10	9.804	999.7	1.307	1.306
15	9.798	999.1	1.139	1.139
20	9.789	998.2	1.002	1.003
25	9.777	997.0	0.890	0.893
30	9.764	995.7	0.798	0.800
40	9.730	992.2	0.653	0.658
50	9.689	988.0	0.547	0.553
60	9.642	983.2	0.466	0.474
70	9.589	977.8	0.404	0.413
80	9.530	971.8	0.354	0.364
90	9.466	965.3	0.315	0.326
100	9.399	958.4	0.282	0.294

粘滞性对液体的影响极为重要, 也给研究水流运动增加了困难。有时, 为了简化问题便于进行理论分析, 在研究液体运动时常先假设液体没有粘滞性。这种没有粘滞性的液体称为理想液体, 而具有粘滞性的液体称为实际液体。根据理想液体的概念研究液体的运动规律, 再考虑粘滞性的影响加以修正, 然后应用到实际液体中去。

(四) 压缩性和表面张力特性

液体可以承受压力, 不能承受拉力。液体在压力作用下, 体积缩小的特性, 称为液体的压缩性。在一般情况下, 水的体积压缩量不大。增加一个大气压, 水的体积缩小约为 $1/21000$, 因此在一般的水力计算中, 水的压缩性可不予考虑, 即认为水是不可压缩的。但对某些特殊情况, 就必须考虑水的压缩性。如水电站高压管道中的水流, 当电站出现事故, 阀门突然关闭后, 管道中的压力急剧升高, 液体受到压缩, 由此产生的影响就不能忽略。

在液体分子之间的引力作用下, 使液体的自由表面上或液体与固体(或气体)分界面附近的液体表面产生微小张力的特性, 称为表面张力。表面张力很小, 在水力计算中一般不考虑。但在水力学实验室中, 常采用盛水或水银的细玻璃管作测压管, 量测压强或水

位,当管径较小时应考虑表面张力的影响。因此,一般要求测压管的管径 $d > 10\text{mm}$ 为宜。

在水力学基础中,考虑到教学要求,忽略液体的表面张力特性和压缩性,即认为液体是不存在表面张力且不可压缩的。换句话说,在水力学基础中所研究的液体是连续的、容易流动的、没有表面张力且不可压缩的均质液体。

第三节 水流运动的基本概念及分类

无论是在自然界或工程实际中,许多情况下水流均处在运动状态。水流的运动状态和运动形式是很复杂的,除受自身内在规律的支配外,还要受边界条件的制约。尽管如此,液体在作机械运动时,仍要服从于一般物体运动的普遍规律。如质量守恒定律、能量守恒定律和动量定律等。

复杂的水流现象,可用流速、加速度及动水压强等物理量来描述。这些物理量称为水流的运动要素。为便于研究运动要素随时间、空间的变化规律,应先了解水流运动的一些基本概念及分类。

一、流线与过水断面

(一) 流线

流线是人们假想的用来描述流动场中某一瞬时所有水流质点流速方向的光滑曲线。即位于流线上的各水流质点,其流速的方向都与该质点在该曲线上的点的切线方向一致,如图 1-3 所示。流线既不能是折线,也不能彼此相交。可见,流线上的水流质点,都不能有横越流线的流动。

有了流线的概念,就能用它来描述水流现象。图 1-4、图 1-5 分别表示水流经过溢流坝和泄水闸时,用流线所描绘的流动情形,可清楚地看出水流运动的总体规律。

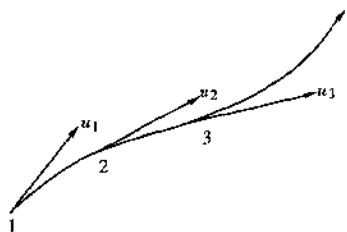


图 1-3

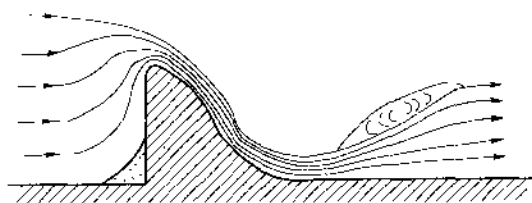


图 1-4

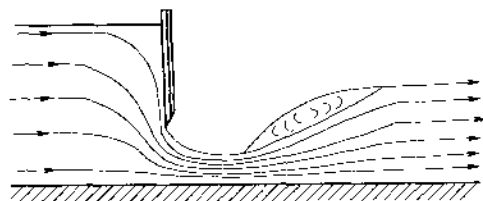


图 1-5

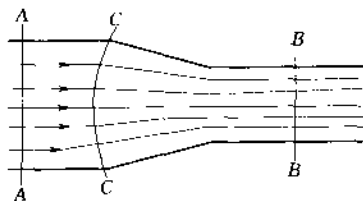


图 1-6

(二) 过水断面

垂直于水流流向（即流线）的横断面称为过水断面。过水断面可以是平面，也可以是曲面，与流线分布情况有关，如图 1-6 所示。图中 A—A 及 B—B 过水断面为平面，C—C 过水断面为曲面。过水断面的面积用 A 表示。

应当指出，组成过水断面的周界可能全是固体边界，如图 1-7 (c) 所示；也可能一部分是固体边界，另一部分是自由液面，如图 1-7 (a)、(b)、(d) 所示。

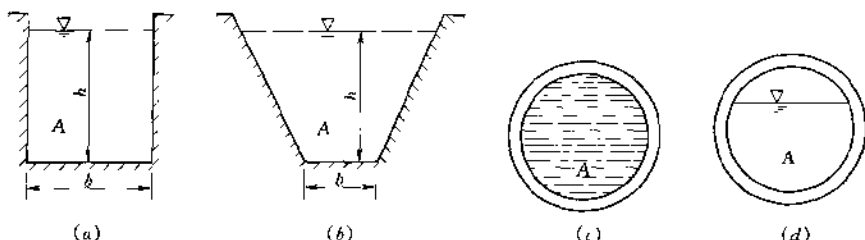


图 1-7

过水断面上与水流相接触的固体边界周长称为湿周，用 χ 表示。过水断面面积 A 与湿周 χ 之比称为水力半径，用 R 表示，即

$$R = \frac{A}{\chi} \quad (1-7)$$

式中 A ——过水断面的面积， m^2 ；

R ——水力半径， m ；

χ ——湿周， m 。

在水力学中，把 A 、 R 、 χ 称为过水断面的水力要素。

二、流量与断面平均流速

(一) 流量

单位时间内流过过水断面的水体体积称为流量，以 Q 表示。

泄水建筑物过流能力的大小就用流量来描述。显然，当流速一定时，过水断面愈大则流过的水量愈多；当过水断面一定时，水流的速度愈大则流过的水量就愈多。

由于粘滞性的影响，过水断面上各点的实际流速是不相同的，例如管道中靠近管壁处流速小，而中间流速大，如图 1-8 (a) 所示。根据流量的定义，管道过水断面上的流量应为过水断面上各点实际流速分布图形的体积，如图 1-8 (b) 所示。为计算方便，工程上常用断面平均流速 v 代替断面上各点的实际流速 u ，即认为断面上各点的流速都等于

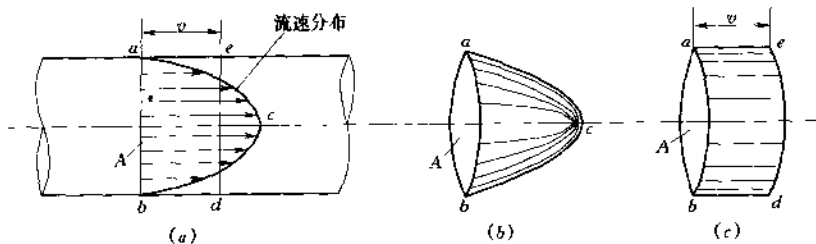


图 1-8

v 。显然,用断面平均流速计算的流量与用实际流速算出的流量是相等的,如图 1-8 (c) 所示。由此可得

$$Q = vA \quad (1-8)$$

式中 Q ——流量, m^3/s ;
 v ——断面平均流速, m/s 。

(二) 断面平均流速

过水断面上的流量 Q 与过水断面面积 A 之比,称为过水断面的平均流速,简称断面平均流速,即

$$v = \frac{Q}{A} \quad (1-9)$$

应当指出,断面平均流速并不是断面上的实际流速,但它既可以简化计算,又具有一定的实用意义。式(1-8)、式(1-9)是水力学中计算流量和断面平均流速的常用公式。

三、水流运动的分类

在实际工程中,由于边界情况是各式各样的,这就使水流运动具有多种多样的形式。各种运动要素(如流速、压强等)受到边界条件及水流本身特性的影响而不断变化。为便于研究水流运动的变化规律,必须对水流运动加以分类。

(一) 恒定流与非恒定流

在水流的流动空间上,任一固定空间点处的运动要素不随时间发生变化的水流,称为恒定流;反之,称为非恒定流。

如图 1-9 所示,水从水箱的孔中流出,如水箱内的水不断补充且水位保持不变,则小孔的射流也将保持不变,流动空间上各固定空间点的速度及压强等运动要素也不随时间面变化。这种水流就是恒定流。

如图 1-10 所示,水箱充满后关掉进水阀,则随着时间的推移水箱水位不断下降,从小孔的射流也会愈来愈低,射流的位置及各点的流速、压强等运动要素随着时间的推移都发生了变化。这种水流便是非恒定流。

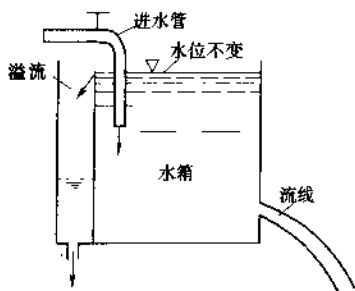


图 1-9

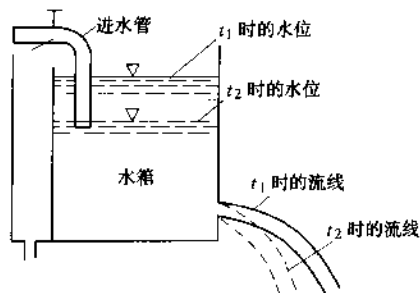


图 1-10

对恒定流来说,由于任一固定空间点上的运动要素不随时间面变化,所以其流线也是不随时间而变化的。但对非恒定流来说,由于任一固定空间点上的运动要素随时间而变化,故不同时刻有不同的流线。可见非恒定流是非常复杂的,本书只介绍恒定流动问题。

一般说来,实际水流多为非恒定流,极少为恒定流。但在水利工程实践中,只要水流运动要素在相当长的时段内时间平均值基本不变,或者随时间的变化非常缓慢,就可以按恒定流来进行计算。

(二) 均匀流与非均匀流

在流动过程中,水流的运动要素沿流程不变的水流,称为均匀流;反之,称为非均匀流。

均匀流的特点是:流线为彼此平行的直线,与流线垂直的过水断面为一平面且大小沿流程不变。因此,也有人定义:流线为平行直线的水流叫均匀流;反之,称为非均匀流。

从流线的形状看,非均匀流有以下三种形式:

- (1) 流线虽然是直线,但相互不平行,相邻流线之间有夹角。
- (2) 流线彼此平行,但流线弯曲。
- (3) 流线既不是直线,也不平行。

如河道的宽窄深浅沿流程有所不同,流速也必然沿流程有所变化,则属于非均匀流。在比较长直、断面不变、底坡不变的人工渠道或直径不变的长直管道里,除入口和出口外,其余部分的流速在各断面都一样,则这种水流是均匀流。

(三) 渐变流与急变流

为便于研究水流运动,将非均匀流分为两种类型,即:渐变流和急变流。

水流流线间的夹角很小,流线的弯曲不大,流线近似为平行直线的水流,称为渐变流;否则,称为急变流。如图 1-11 所示。

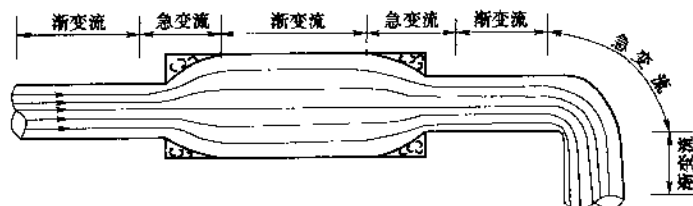


图 1-11

1. 渐变流的特性

根据渐变流的定义可知,渐变流具有如下特性:

- (1) 因渐变流的流线近似为平行直线,故渐变流的过水断面近似为平面。
- (2) 在渐变流中,由于流线的弯曲很小,水流的离心惯性力可以忽略不计,于是沿着渐变流的过水断面上,作用于水流各质点的力只有压力和重力。过水断面上的受力状况与静水时的受力状况相同。

2. 急变流的特性

因急变流和渐变流是两个完全相反的概念,故急变流与渐变流具有完全不同的特性:

- (1) 因流线间的夹角较大,而过水断面要与流线(即水流方向)垂直,所以急变流的过水断面不是平面。
- (2) 流线的弯曲较大,作用于水流各质点的力除了重力和压力外,还具有不能忽略的

离心惯性力，因而其过水断面的受力状况与静水时的受力状况不同。

(四) 有压流与无压流

根据水流运动的受力情况，水流运动可以分为有压流和无压流。

在无自由表面的固体边界内流动的水流，称为有压流。有压流又称为管流。如充满整个管道或隧洞断面的水流就是有压流。有压流的特点是：没有自由水面，过水断面上的压强一般都不等于大气压强；在流动过程中，水流要克服阻力而消耗机械能，所以有压流是在压力和阻力的共同作用下流动的。输送有压流的管道称为压力管道。如自来水管、水电站的压力隧洞或压力钢管以及抽水机装置中的吸水管、压水管等，都属于压力管道。

在具有自由表面的固体边界内流动的水流，称为无压流。无压流又称为明渠水流。如天然河道、人工渠道等具有自由水面的水流，都是无压流。无压流的特点是：具有自由水面，水面的压强等于大气压强；在流动过程中，水流也要克服阻力而消耗机械能，所以无压流是在重力和阻力的共同作用下流动的。

习 题

1-1 什么是水力学？

1-2 液体的基本特性是什么？

1-3 什么叫液体的粘滞性？在什么条件下才能显示粘滞性？

1-4 在一个大气压的作用下，温度 $t=4^{\circ}\text{C}$ ，体积 $V=500\text{L}$ 的水，它的重量和质量各有多大？

1-5 已知体积 $V=0.5\text{m}^3$ 水银，质量 $m=6800\text{kg}$ ，试求水银的容重和密度。

1-6 已知海水的容重 $\gamma=10000\text{N/m}^3$ ，若以 N/L 及 N/cm^3 来表示，其容重各为多少？

1-7 已知酒精的容重 $\gamma=7760\text{N/m}^3$ ，它的密度应为多少？

1-8 什么叫流线？实际水流中存在流线吗？流线有哪些特点？

1-9 水流运动有哪些类型？它们之间的关系是怎样的？

1-10 什么叫过水断面、流量和断面平均流速？实际水流会以断面平均流速流动吗？

1-11 试分别叙述渐变流与急变流的定义及其特性。