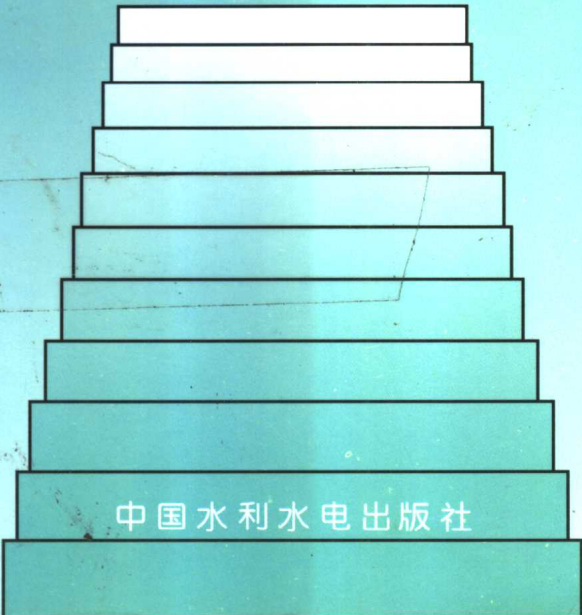


灌排工程工(初、中、高级工)

技术等级考核培训教材

小型工程水力计算

徐永祺 朱积庆 编



中国水利水电出版社

灌排工程工（初、中、高级工）

技术等级考核培训教材

小型工程水力计算

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书为“灌排工程工（初、中、高级工）技术等级考核培训教材”。全书共七章，内容包括水在静止状态时的基本规律，水在运动时的基本规律，有压管道水力计算，明渠水力计算，堰闸水力计算，消能水力计算，灌区水工建筑物的水力计算等。每章均编写了适量的计算实例和复习思考题及习题。书后附有教学时分分配表。

本书读者对象主要是具有初中以上文化水平，且有一定实践经验的灌排工程工。

灌排工程工（初、中、高级工）

技术等级考核培训教材

小型工程水力计算

徐永祺 朱积庆 编

*

中国水利水电出版社 出版
(原水利电力出版社)

(北京三里河路6号 100044)

全国各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 32 开本 7.5 印张 163 千字

1995 年 7 月第一版 2000 年 6 月北京第二次印刷

印数 5001—8000 册

ISBN 7-120-02077-3/TV·788

定价 10.00 元

“灌排工程工(初、中、高级工) 技术等级考核培训教材”编委会

顾 问 丁泽民 邹广荣

主任委员 张 岳

副主任委员 戴玉凯 刘汉桂 史梦熊

委 员 (按姓氏笔画排列)

史梦熊 刘汉桂 李永善 张世儒

张 岳 郑哲仁 金兆森 郭永年

唐开骊 顾斌杰 戴玉凯

主 编 张世儒

副 主 编 金兆森

序 言

党的十三届八中全会《关于进一步加强农业和农村工作的决定》指出：“要牢固树立科学技术是第一生产力的马克思主义观点，把农业发展转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来。”农村水利要走向现代化就必须认真贯彻八中全会《决定》精神，牢固确立振兴水利依靠科技，科技进步依靠人才，人才培养需要教育的思想，只有对人才不断地进行培训和教育才能不断提高广大水利干部，特别是基层水利队伍的科学技术素质和业务水平。目前，全国已建成的各类水利设施中，有堤防 23 万 km，大中小型水库 8 万多座，机电排灌动力 7000 多万 kW，配套机电井 280 多万眼，有效灌溉面积达 7.3 多亿亩。数以万计的水利设施已成为农业、国民经济和社会发展的重要的物质基础。因此，管好、用好这些水利设施对于加快改革开放和现代化建设的步伐关系极大，而用好这些水利设施，关键取决于广大水利基层队伍的科学技术素质和业务水平。据统计，全国乡镇一级的基层水利站有 3 万余个，水利员已达 13.7 万余人，这支庞大的基层水利队伍的状况，不仅直接关系到现有水利设施的经营和管理，而且直接关系到队伍本身的稳定。

为了提高水利基层干部的科学文化和业务水平，早在 1985 年，原水利电力部农田水利司曾会同水利电力出版社共同组织编写了一套《农村水利技术人员培训教材》（共 12 册），并于 1991 年 5 月荣获国家科委颁发的全国“星火计划”丛书优秀图书奖。这套培训教材，对提高县以下农村水

利员的业务素质 and 推动基层水利建设的发展，发挥了显著作用。应该说这套教材是基层水利人员进行科普性培训的好教材。

不久前，经国务院批准，劳动人事部颁发了《工人考核条例》。《条例》明确规定：在工人中将考核实际技术等级；工人技术考核的成绩将是工人晋级调资的主要依据。根据《条例》的要求，水利行业也将实行工人技术等级考核。

为了适应水利行业技术等级考核的需要，我们组织有经验的同志编写了一套“灌排工程工（初、中、高级工）技术等级考核培训教材”。这套教材为区乡水利员岗前技术等级考核用书。

编写中坚持了以下几个原则：①以灌排工程工技术等级标准为依据，着眼于灌排工程工应知应会的基本概念和操作方法，对于一些偏深的内容不予收入。②我国幅员辽阔，各地区乡水利特点各异，兼顾各地区水利建设和管理的不同要求，防止以偏概全。③在编写中尽力采用新资料，补充新知识，并力求通俗易懂，深浅适度。

我们相信，这套教材的出版对灌排工程工的技术等级培训将起到积极的促进作用。

水利部农村水利司司长

张 岳

1994 年 1 月

前 言

《小型工程水力计算》一书，主要介绍水力学基本知识和小型水利工程的水力计算方法。主要内容有：水在静止状态和运动状态时的基本规律以及管、渠水流的基本知识，管、渠水力计算，堰闸水力计算，消能水力计算以及灌区水工建筑物的水力计算等。本书可作为灌排工程工培训教材，也可供具有初中以上文化水平的基层水利人员学习、参考之用。本书在内容上力求简明扼要、通俗易懂每章附有较多的计算实例和复习思考题及习题。

本书由扬州大学水利学院徐永祺同志和朱积庆同志合编。徐永祺同志编写第一～四章，朱积庆同志编写第五～七章。本书由水利部农村水利司佟伟力主审。

由于我们水平有限，经验不足，书中一定有不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

1993年10月

附：

教 学 时 数 分 配 表

章 次	授 课 时 数	章 次	授 课 时 数
绪 言	1	第 四 章	8
第 一 章	8	第 五 章	6
第 二 章	8	第 六 章	4~5
第 三 章	4	第 七 章	6~8
小计：	45~48		

说明：

(1) 在订教学计划时，可根据学员文化基础和实践知识的具体情况，对上述教学时数分配表中建议的时数加以适当调整。

(2) 对文化基础较差的学员讲课时，应结合各章内容复习和补充必要的初中物理知识。

(3) 对中级工讲授本课程应以 1~5 章为重点，其余章节可酌情选讲。

(4) 对高级工要全面讲授全书内容，使学员既能掌握水力学的基本知识，又会判别实际水流的类型和选用适当公式进行水力计算。

目 录

序 言	
前 言	
绪 言	1
第一章 水在静止状态时的基本规律	5
第一节 静水压强及其特性	5
第二节 静水压强的计算	8
第三节 等压面、连通器及其应用	15
第四节 静水总压力计算	19
第二章 水在运动时的基本规律	35
第一节 表示水流运动的要素	35
第二节 水体运动的分类	38
第三节 水体运动的基本方程式	41
第四节 水头损失的计算	58
第三章 有压管道水力计算	71
第一节 概述	71
第二节 短管的水力计算	73
第三节 长管的水力计算	83
第四章 明渠水力计算	94
第一节 明渠的类型	94
第二节 明渠中的水流现象	99
第三节 渠道尺寸的计算	112
第四节 渠道水面曲线的推算	126
第五章 堰闸水力计算	136
第一节 闸孔流量计算	137

第二节 堰流的流量计算	145
第六章 消能水力计算	165
第一节 小型水利工程的消能型式	165
第二节 消力池尺寸的计算	168
第三节 挑流消能的水力计算	180
第七章 灌区水工建筑物的水力计算	187
第一节 渡槽的水力计算	187
第二节 倒虹吸管的水力计算	194
第三节 涵洞的水力计算	198
第四节 小桥的水力计算	205
第五节 跌水的水力计算	212
第六节 陡槽的水力计算	219
附录 灌排工程工技术等级标准	227

绪 言

“小型工程水力计算”是研究水在静止和运动时的基本规律，及其在小型工程中应用的课程。

一、本课程研究的对象和内容

本课程研究对象主要是水，对于其他一般液体如石油、酒精、水银等也适用。

本课程研究的内容有两方面，一是用物理学中的力学知识，研究水在静止和运动时的力学规律（这里讲的运动是指水作宏观的机械运动，不包含水分子的热运动），是水力学的基本理论。另一是讨论如何应用水力学的基本理论来解决小型水利工程中的各种问题。在进行小型水利工程的勘测、规划、设计、施工以及管理运用时遇到的水力学问题是多种多样的，归纳起来主要有下列三类：

（1）水力问题：研究水在静止和在各种流动状态时，压力的分布规律。在建设小型水利工程时，为分析水工建筑物的稳定性和计算各部分构件所承受的水力荷载等用。

（2）水量问题：研究如何计算水流通过各种水工建筑物（如管道、河渠、闸坝、桥涵等）的流量。为量测流量、控制水位和调节流量、规划设计各种工程的结构尺寸等用。

（3）水能问题：研究水流通过各种水工建筑物（如管道、河渠、闸坝、桥涵等）和各种水力机械（如水泵、水能机等）的能量变化规律。以便采取措施，减少有用能量的损失，充分开发水能、水利资源；消除局部多余能量，防止水流冲刷河道，保证水工建筑物的安全。

从上面的叙述可知,《小型工程水力计算》这门课程,是既有系统理论,又是实践性较强的课程。因此,在学习本课程时,首先要掌握好水力学的基础理论知识,并要注意联系工程实际。

二、水的力学性质

影响水(或液体)静止或运动状况的因素有内因和外因,内因是水(或液体)自身的力学性质,外因是作用在水上的外力。

水或其他液体的力学性质主要有两方面,一是不易被压缩性,二是具有粘滞性。

(1) 不易压缩性,可用各种不同液体的密度与重度都各自近于一常数来表示。

密度是单位体积液体含有的质量,常用符号 ρ 表示。若设某液体的质量为 m (单位: g、kg), 体积为 V (单位: cm^3 、 m^3), 其密度 ρ (单位: g/cm^3 、 kg/m^3) 可表示为

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (0-1)$$

重度是单位体积液体受地球的吸引力,也就是单位重量液体具有的重量,常用符号 γ 表示。若某液体的重量 G (单位: N、kN), 体积为 V (单位: cm^3 、 m^3), 其重度 γ (单位: N/cm^3 、 kN/m^3) 为

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (0-2)$$

由于重量与质量的关系为 $G=mg$, 代入式 (0-2), 可得重度与密度的关系为

$$\gamma = \frac{mg}{V} = \rho g \quad (0-3)$$

根据试验资料表明,水在常温 $0\sim 20^\circ\text{C}$, 压力 $1\sim 500$ 大

气压范围内，淡水所受的压力每增加 1 个大气压，体积只缩小了 1/20700 至 1/21000。说明一定量的水体，体积是不易被压缩的，所以水的密度和重度近似一常数，通常采用

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$\gamma = 9.80 \text{ kN/m}^3 = 0.0098 \text{ N/cm}^3$$

其他液体也有类似的特性，常见液体的密度和重度见表 0-1。

表 0-1

常见液体密度和重度表

液体名称	水	银	汽 油	酒 精	海 水
$\rho(\text{kg/m}^3)$	13.6		0.68~0.75	0.79	1.02~1.03
$\gamma(\text{kN/m}^3)$	133.28		6.66~7.35	7.778	9.996~10.084

(2) 粘滞性，是指水（或其他液体）在流动时，液体的质点与质点之间或液体与固体壁之间因发生相对移动而产生摩阻力，这种特性叫做粘滞性。液体流动时产生的摩阻力愈大，表示这种液体的粘滞性愈强。例如在相同条件的管道（或渠槽）中，油流动比水慢，表示油的粘滞性比水强。对同一种油，低温时比高温时流动得慢，表示温度愈低，液流受的摩阻力愈大，即粘滞性愈强。

各种液体，如水、油等都具有粘滞性，在流动过程中，都要消耗一部分能量用于克服摩阻力而作功，所以液体具有粘滞性是其消耗能量的根本原因。

三、作用在水上的外力

水体（或其他液体）无论是在静止状态还是运动状态，都是在各种外力作用下的结果，这些外力主要有以下几种：

(1) 重力，即地球对水体（或其他液体）的吸引力，其

大小可按 $G=mg$ 计算，方向为垂直指向地面。

(2) 摩阻力，由于水或其他液体都具有粘滞性，在管道或河渠中流动时，壁面对水流会产生摩阻力，阻碍水流运动，摩阻力的方向与水流方向相反。严格地讲河渠水面以上的空气对水流也有摩阻力，由于其数值较小，通常可忽略不计。

(3) 压力，是液体边界上受到的法向作用力。如图 0-1 所示，在 ab 流段受三种压力：在其上部受大气压力 P_1 ，在其底部和两侧受河床压力 P_2 ，在其上下游断面受相邻液体的压力 P_3 、 P_4 。

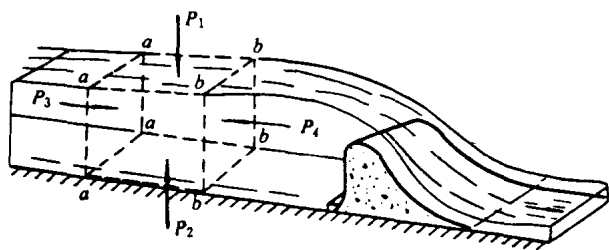


图 0-1 流体所受压力示意图

第一章 水在静止状态时的基本规律

第一节 静水压强及其特性

一、静水压力

大家都知道：水桶侧面开个孔，水就从桶的侧面流出来；桶底钉得不牢，盛水后是会掉的；在工程实践中，水闸的门板没有足够的厚度，挡水后就会被压弯，堤坝的重量不够，挡水后就会被水冲垮。

通过这些现象，便可建立一个概念，即：处于静止状态的水，对盛着它的容器或挡着它的水工建筑物是有压力作用的，而且水不仅对和它接触的固体壁面有压力，就是在水体内部，一部分水体对相邻的另一部分水体也有压力。在水力学上，把这种压力就叫做静水压力，或称为静水总压力。静水总压力常用字母 P 表示。单位为 N （牛）、 kN （千牛）。

二、静水压强

衡量作用在某一受压面上的压力大小，不能只看作用在该面上的压力大小，还要看承受这个力的面积大小。因此，常用单位面积上所受的压力大小来表示，即压力强度，简称压强。

处于静止状态的水作用在受压面单位面积上的静水压力，称为静水压强。静水压强用字母 p 表示。单位为 Pa （帕）或 kPa （千帕）。如图 1-1 所示圆柱形水箱，在水箱底面

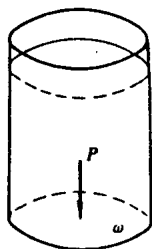


图 1-1

积和侧壁上均受到水的作用力。如水箱底面积为 ω ，作用在这个面积上的静水总压力为 P ，则作用在面积 ω 上的静水压强为

$$p = \frac{P}{\omega} \quad (1-1)$$

譬如说在 5m^2 的面积上，承受的静水总压力 $P=196\text{kN}$ ，则作用在该面上的静水压强 $p = 196/5 = 39.2\text{kN/m}^2 = 39.2\text{kPa} = 39.2 \times 10^3\text{Pa}$ ($1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$; $1\text{kPa}=1\text{kN/m}^2$)。

由式 (1-1) 所得结果，只反映了受压面 ω 上静水压强的平均值，也就是说，在受压面 ω 上各处的静水压强均相等。但在实际中遇到的受压面上各处的静水压强不一定是相等的。因此，以后还会提到受压面上“某一点的静水压强”这一概念。如果单从字面上来理解，就会联想到点是只有位置而没有面积的，既没有面积，就无法计算压强的大小。应该这样来理解它：某一点的静水压强就是以这一点为中心，在它周围一块极小面积上压强的平均值。

三、静水压强的特性

静水压强具有两个重要特性：

特性一：静水压强的方向垂直并指向受压面。

这个特性是说，不论受压面是什么方位，静水压强的方向总是和受压面成垂直的，并且只能是压力，不能是拉力。如图 1-2 所示，有一平板闸门 AB ，在静止水体作用下，受到的静水压力为 P ，其中线段长度代表静水压强的大小，箭头表示静水压强的方向，垂直并指向受压面。

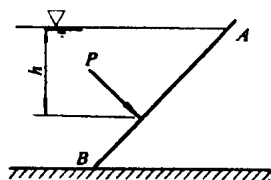


图 1-2

特性二：同一点的静水压强各方向大小均相等。

这一特性可以用图 1-3 所示装置进行实验证明。将一个 U 形测压管（U 形玻璃管）固定在有刻度的木板上，在管内

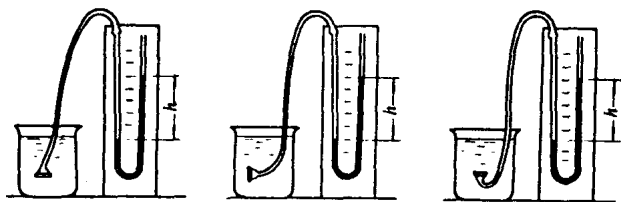


图 1-3

注入有色液体，管的一端接一根橡皮管，橡皮管的另一端装一个蒙有橡皮膜的金属盒，用手指压橡皮膜，则 U 形管中两液面的高度就不同，加的力愈大，两管的液面差 h 也愈大。

实验时，把金属盒放入水中，如金属盒入水的位置愈深，则管中两液面的高差 h 也愈大，这表示静水压强随水深增加而增大。如果把金属盒放在某一深度处，改变盒口的方向，不论它向左、向右、向上、向下、或其他任何方向，只要盒口的中心在水面下的深度不变，U 形测压管中所示的高度差 h 均相等。这就说明在这一点上不管哪个方向，静水压强的大小总是一样的。

如图 1-4 所示为一矩形闸门，上游受静水压力作用，对闸门上的 M 点来说，当闸门绕 M 点转动到任一位置时，作用在 M 点的静水压强大小仍然保持不变，方向垂直于受压面。这个例子说明了静水压强的两个特性，即某点的静水压强不论受压面的方位怎样变化，其

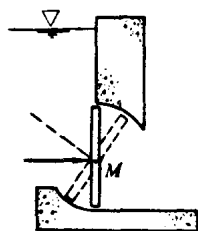


图 1-4