

中等专业学校教材試用本

水 文 地 質 学

(水力学基础部分)

宣化地质学校編



中国工业出版社

中等专业学校教材試用稿



水文地质学

(水力学基础部分)

宣化地质学校編

中国工业出版社

本书簡明扼要地闡述了水力学的基本理論知識，是为学习地下水动力学，研究地下水的运动規律，以及为水文地质工作中的某些計算打下理論基础。主要内容有：靜水力学；动水力学的基本概念；水流阻力的研究；水在管路中、渠道中及壅頂溢流的基本計算方法。

本书是中等地质学校水文工程地质专业的教材，同时也可以作为其它专业学习水力学的参考书。

水 文 地 质 学

(水力学基础部分)

宣化地质学校編

*

中国工业出版社出版 (北京住棚園路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印張 $4 \frac{11}{16}$ · 字数 102,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数 0001—2637 · 定价(9-4)0.45元

統一书号: 15165 · 537(地质-9)

目 录

第一章	緒論	5
§1	水力学的概念及其发展簡史	5
§2	液体的概念及物理性质	9
§3	作用于液体的力	12
第二章	靜水力学	16
§1	靜水压力及其特性	16
§2	重力液体的靜水压力——靜水力学基本方程式	18
§3	等压面	19
§4	靜水压力分布图(靜水压力的图解)	20
§5	測管高度和靜力高度	22
§6	靜水水头及測管水头	24
§7	作用于平面体上的靜水总压力及压力中心	28
第三章	动水力学	39
§1	概述	39
§2	稳定流和非稳定流	40
§3	迹綫及流綫	41
§4	水流的水力要素	43
§5	平均流速和流量	45
§6	水流的連續方程式	46
§7	理想液体纖流的伯諾里方程式	48
§8	伯諾里方程式的意义	52
§9	实际液体纖流的伯諾里方程式	56
§10	水力坡度和測管坡度	57
§11	液体的漸变流动	59
§12	实际液体总流的伯諾里方程式	60
第四章	液体运动的水流阻力和水头損失	71

§1	液体运动的分类	71
§2	水流阻力的种类和水头损失	78
§3	均匀流的基本方程式	79
§4	层流运动的摩擦阻力和水头损失	81
§5	紊流运动的摩擦阻力和水头损失	89
§6	局部水头损失	96
第五章	管流	112
§1	长管的水力计算	112
§2	短管的水力计算	115
第六章	液体无压流	124
§1	明渠均匀流动	124
§2	渠道过水断面的特性 (水力要素)	126
§3	渠道水流的最大与最小允许流速	131
§4	渠道水力计算问题的基本类型	132
第七章	堰顶溢流	140
§1	堰的概念和堰的分类	140
§2	堰流量的计算	142
附表	水力学中所用的希腊字母表	148
参考文献		149

第一章 緒 論

§1 水力学的概念及其发展簡史

一、水力学的概念

水力学是一門关于研究液体的平衡和运动条件、規律，以及应用这些規律去解决实际問題的科學。簡單來說，水力学就是一門液体的应用力学，属于实用工程学的一部分。

水力学在国民經济中的作用是十分重大的，不論对于水道交通、水能利用、农田灌溉、洼地的排水、上下水道工程，或者水輪机、水泵、水力机构、石油制品运输、供水系統等等的設計及計算，都必須运用液体运动規律的知識。而上述有关工程，目前正是我們极需要或正在大力发展的工程。解放以来，在党的正确领导下，大搞水利化的羣众运动，兴修大規模的水利工程和灌溉系統。水力学在这方面将起着巨大的作用。

水力学一般來說，可分为两大部分：靜水力学和动水力学。前者是研究液体的平衡規律，而后者則为研究液体运动条件和規律。

水力学是力学的一部分，在研究水力学时，必然需要运用运动学和动力学基本定律（动能变化定律，动量定律等）的理論，并結合实验的方法，从而促使对于液体平衡和运动規律的研究日益加深，日益精确，日益完善。

对于水文地质工作者來說，也应该学好水力学，掌握水力学的一些基本知識，才能学好水文地质学。因为水力学是

地下水动力学的理論基础，而地下水动力学又是水文地质学中一个很重要的組成部分。可見，水力学与水文地质专业，具有极密切的关系。

二、水力学的发展簡史

水力学和其他科学一样，也是由于生产上的需要，在生产劳动过程中逐渐发展起来的一門科学。

我們偉大的祖国有着悠久的历史，当欧洲还处在蒙昧时代，我們的祖先已創造了光辉灿烂的文化，照亮着古代的东方世界。他們在对自然斗争的过程中，表现了无比的坚忍精神和偉大的創造能力。

大家知道，我国有个“大禹治水”的傳說。根据記載，大禹治水发生在石器时代，离开現在已有四千多年。据說，当时黄河从上游下泄的洪水，造成下游泛滥的灾害。大禹领导人民，順着水性，花了九年功夫，把洪水疏导入海，免除了水灾。从記載和傳說的广泛性来看，当时我国应当有一个很大的羣众治水运动，而这个运动的偉大成就，对于当时的农业是具有极其巨大的貢獻。我們祖先与洪水搏斗和战胜自然灾害的精神，是值得我們学习的榜样。

我国是世界上最古的农业国之一。大約在二千五百年前，在我国辽闊的土地上，已經建立了一个完整的农业社会。由于农业生产的需要，我国人民曾不断地与“水”搏斗，并获得了偉大的成績和积累了丰富的宝贵經驗。許許多多遺留下来的古老的水利工程，就充分說明这一点。例如四川灌县附近岷江上的都江堰，是远在公元前316年左右（战国时代）由李冰父子领导劳动人民修建的，灌溉成都平原十余县三百多万亩的土地，經历代修繕，直到現在，它还为社会主义农业而服务。此外远在秦汉或秦汉前，还修建了許許多

多有名的水利工程，如灵渠、郑国渠、十二渠等等。这些工程都是非常偉大的創造，它們对于农业生产和人民生活的提高起着极其重大的推进作用。这一切事实，充分說明我国在水力学实用知識方面的利用及認識，是历史最悠久的。但是由于封建帝王及反动派的統治，不重視劳动人民的光輝創造，而得不到在理論上进行总结及提高。因而沒有发展成为一門独立的科学。直到解放以后才有了巨大的发展。

在外国，最早嘗試来构成水力学的規律的是亚里斯多德（紀元前4世紀）和阿基米德（紀元前4世紀）的著作。而亚里斯多德的著作里有錯誤的論断。所以常认为水力学作为一門科学是从阿基米德所写的一篇論文“論浮体”开始的。在这篇論文內他精确地提出了著名的“阿基米德原理”，从而奠定了物体平衡和沉浮的理論基础。

16—17世紀，由于生活上的实际需要，水力学有了很大的发展，巴斯加在靜水力学方面做了很多工作，奠定了“巴斯加”定律。

17—18世紀，牛頓提出有名的“牛頓內摩擦定律”，对水利学和固体力学都有很大的貢獻。

18世紀，在俄国科学院的学者欧拉和伯諾里，分別提出了“欧拉方程式”及“伯諾里方程式”、“連續方程式”和“动量方程式”等，至此奠定了現代水力学的基礎。

从18世紀开始，迅速发展的工程技术引起了水力学的迅速发展。为了滿足生产中的需要，便在水力学中放棄了一些复杂的数学分析而用伯諾里方程，并广泛的依据实验。

19世紀的末期，又明确了液体流动有两种类型——层流和紊流的可能性。从那时候起，在水力学家面前产生了困难的是紊流問題。

水力学上許多重大問題的发展，是由于大規模水工建筑的发展而产生的。在 20 世紀以前不管在俄国或欧洲，其发展速度还是較緩慢的。至 20 世紀初期，十月革命胜利以后，苏联的水力学逐渐摆脱了西方的影响而走上一条新的发展道路，并且在一个較短的时期里，取得了巨大的成就。由于在苏联共产党的英明领导下，在全国开展大規模的社会主义建設，給水力学的发展开辟了广闊的园地，使苏联的水力学现已大大超过了西方各国的水平。

我国是一个多河流的国家，在辽闊的領土上分布着許多巨大的河流，如长江、黄河、黑龙江、珠江、淮河……，这些河流都蘊藏着十分丰富的水力資源，可以利用这些資源修建水电站，发展航运和灌溉养魚等事业，对于发展社会主义国民經济将起着巨大的作用。但是在解放以前，反动統治者根本不去利用这些河流的丰富水力資源，反而任其洪水泛濫成灾危害人民。如淮河流域的人民曾流行的歌謠：“大雨大灾，小雨小灾，无雨旱灾，国民党来了鬧人灾”。这充分反映了当时人民在反动派統治下的痛苦生活情景。前面說过，我国的祖先虽然很早就有了利用水利資源与水灾作斗争的知識，但由于反动統治階級不重視科学的发展和水利建設，所以使水力学发展极为迟緩，从事水利事业的人也有限。

解放以后由于党和毛主席的英明領導并在苏联的无私帮助下，我国人民在短短的几年內，兴建了許多水利工程，同时在祖國各地修建了許多灌溉渠道，形成了广大的灌溉网。随着这些偉大工程的建設，迫切需要水力学去解决其中的一些問題，因而大大推动了我国水力学的发展。在解放以来短短的十几年中，我国水力学已由落后的面貌赶上了先进水平，取得了巨大成績。并且它将沿着这个方向，繼續前进，

赶上或超过世界最先进的水平。

近代水力学已经发展成为一门独立的综合性的科学，其全部内容包括下列几个部分：

- (1) 普通水力学；
- (2) 专门水力学；
- (3) 流体力学基础；
- (4) 波浪运动学说（理论）。

对我们水文地质人员来说，并不需要掌握全部的水力学内容，而只是为学习地下水动力学和其他水文地质专业课打基础。故我们只学习普通水力学中最基本的一些知识就够了。其中包括两个大的部分，即：静水力学和动水力学。我们在叙述中，对一些复杂的公式将不予推导，而只从物理意义来解释。在学习普通水力学时，应当多注意力学的一些基本概念，要求树立清楚的概念和掌握一些基本公式；应防止死记公式，不懂其物理意义的错误倾向。

§2 液体的概念及物理性质

要研究液体，首先必须从流体谈起，那么什么是流体呢？具有流动的物体叫流体。流体本身又可分为气态流体和成滴流体两种：

气态流体 即气体，其特点，没有自由表面，可以压缩。它并不是水力学的研究对象。

成滴流体 即液体，其特点是：不可压缩，质点之间凝聚力极小，易动性，因此，其形状改变具有极大的自由性。

为研究水力学方便起见，人们假设出一种理想液体。于是，液体就可划分为理想液体和实际液体两种：

理想液体 液体完全失去粘滞性，绝对不可压缩，当温

度改变时，也不改变自己的体积。实际上没有这种液体，它只不过是研究液体运动之便而假设出来的一种液体而已。

实际液体 液体运动时，考虑粘滞性的液体叫实际液体。在自然界中所有的液体都属于这种液体。

人们为研究液体方便起见，在水力学中，往往不去考虑液体的分子，而认为液体是一种没有任何空隙存在的连续介质。这样来，就将液体简化了，这对于研究液体的运动，提供了很大的便利。

液体是水力学的主要研究对象，因此对于液体的力学性质，就必须有充分的了解。现在我们就研究一下液体主要的物理性质。

液体的物理性质：

容重(γ) 液体单位体积的重量叫容重，其表示式如下：

$$\gamma = \frac{G}{V} = \rho \gamma \text{ 单位, 公斤/米}^3$$

式中 G ——液体的重量，公斤；

V ——液体的体积，米³；

ρ ——液体的密度， $\frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}^2}{\text{米}^4}$ ；

g ——重力加速度。

当水温在 4°C 时， γ 的计算值为：

$$\gamma = 1 \text{ 克/厘米}^3 = 1 \text{ 公斤/分米}^3 = 1 \text{ 吨/米}^3$$

密度(ρ) 单位体积内所有液体的质量叫密度。一般来说，液体的密度与压力(P)和温度(T)有关，但实际上关系很小，可将密度视为常数。其表示式如下：

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\gamma}{g} = f(P, T) \approx \text{常数} \left(\frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}^2}{\text{米}^4} \right)$$

式中 m ——液体质量, 公斤;

其他符号同上。

压缩性 在液体温度不变的条件下, 外部压力增加时, 液体的体积缩小的性能叫压缩性。液体的压缩性, 通常用压缩系数 β_V 来表示。其表示式如下:

$$\beta_V = -\frac{1}{\Delta P} \frac{\Delta V}{V} \text{ 单位, 米}^3/\text{公斤};$$

式中 ΔP ——压力增加量, 公斤/米²;

$\frac{\Delta V}{V}$ ——压力增加 ΔP 时液体单位体积变化量 (体积相对变化量);

对水来说, 在水温 $0^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}$, 压力在 1—500 个大气压时; $\beta_V = \frac{1}{2 \times 10^4} \approx 0$, 可见水的压缩性很微小, 可以忽

视。因此水被认为是不可压缩的液体。

膨胀性 在压力不变的条件下, 随着温度的增加, 液体发生膨胀现象的性能叫液体膨胀性, 它通常用膨胀系数 (β_T) 来表示。并用下式确定:

$$\beta_T = \frac{1}{\Delta T} \frac{\Delta V}{V}$$

式中 ΔT ——液体温度增加量;

$\frac{\Delta V}{V}$ ——液体温度增加 ΔT 时, 液体单位体积的变化量。

对水来说，压力在 1 个大气压，水温在 0°C — 10°C 时， $\beta_T = 14 \times 10^{-6} \approx 0$ ，可见水的膨胀性也是很微小，可以忽视。因此，水被认为是不可膨胀的液体。

粘滞性 是指液体运动（相对运动）时，内部所产生的内摩擦力（阻力）。液体运动时，能呈现这种阻力的性质叫粘滞性。它通常用粘性系数（ μ ）及粘性运动系数（ ν ）来表示（有关粘滞性问题以后再讨论）。

表面张力 液体表面薄膜，具有收缩为最小面积之力叫液体表面张力（物理课程中已详谈）。或者液体表面任何方向綫上，在单位长度上所受之力即为表面张力。当水滴小于 0.003 毫米时，才考虑表面张力。在水力学中，所研究的水滴通常大于 0.003 毫米。因此在水力学中可以不考虑液体的表面张力。

以后在讲述水力学的过程中，从上述六个液体的物理性质，其中有意义的仅有以下三个：

- (1) 具有容重；
- (2) 具有密度；
- (3) 具有粘滞性。

§3 作用于液体的力

作用于液体的力可分为三类：

1. 液体质点间相互作用的力，是一种内力，如粘滞力（摩擦力）和表面张力等。在液体体积中是相互平衡的。摩擦力所做的功不等于零，它是不可恢复的，而是以一种热能的形态消失在空间。

2. 表面力：是属于外力。它们作用在液体体积的表面上，属于这一类的有正交（垂直）应力和切应力。切应力仅

仅是在实际液体中而且当液体在运动时才可能产生。

3. 体积力：体积力系与液体体积或质量有关的力，属于这种力的有：惯性力、离心力及重力等。重力（体积力）之关系式如下：

$$G = m \cdot g = \rho V g = \gamma V, \text{ 公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}$$

式中 G ——重力；

m ——质量；

g ——重力加速度；

ρ ——密度；

V ——体积；

γ ——容重。

在器皿中盛有液体时（见图1-1）可分为下列几种力：有重力 G 、表面力有大气压力 (p_0) 及反作用力 p 等。

若在液体内部，取一个假想的隔离体（见图1-2）来研究，则可分析出有两种力，即表面力 p 及重力 G 。

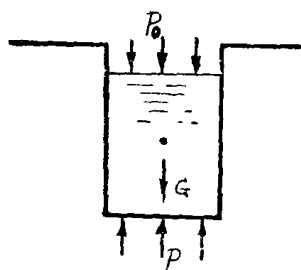


图 1-1

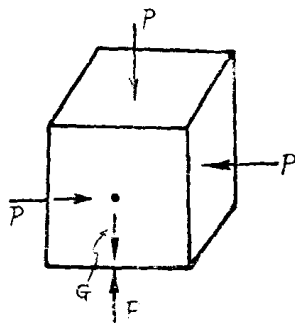


图 1-2

液体在运动时（见图1-3）有以下几种力：

阻力——摩擦力 p' 。表面力—— p 及 p_0 和重力—— G 。

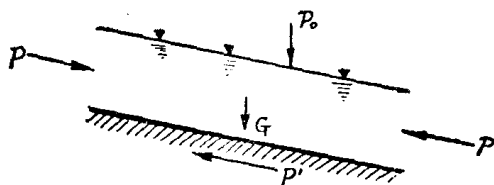


图 1-3

参 考 例 题

1. 已知汽油的容重为 $0.7(15^{\circ}\text{C})$, 求温度 $t=15^{\circ}\text{C}$ 时, 充满于容积为 1.5 立方米油槽内的汽油重量。

解: 根据公式 $\gamma = \frac{G}{V}$, 则 $G = \gamma V$ 。令 $\gamma = 0.7$, $V = 1.5 \text{ 米}^3$

则: $G = 0.7 \times 1.5 = 1.05 \text{ 吨}$

2. 求一吨重的水的质量。

解: 由公式 $m = \frac{G}{g} = \frac{1000}{9.81} = 102 \frac{\text{Kg} \cdot \text{sec}^2}{\text{M}}$ 或 $\frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}^2}{\text{米}}$

3. 求容重为 0.7 吨/米 的汽油的密度。

解: $\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{0.7}{9.81} = 71.1 \frac{\text{Kg} \cdot \text{sec}^2}{\text{M}^3}$ 或 $\frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}^2}{\text{米}^3}$

习 题

1. 水的体积 $V = 0.9$ 立方米, 容重 $\gamma = 997$ 公斤/立方米。试求水的重量 G 。 (答: $G = 0.8973$)

2. 煤油的密度 $\rho = 74.5 \frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}^2}{\text{米}^3}$, 它的 γ_K 等于多少?

(答: $\gamma_K = 0.75 \frac{\text{吨}}{\text{米}^3}$)

問 答 題

1. 什么叫水力学？它可分为哪几个基本部分？
2. 水力学对社会主义建設有什么重要意义？
3. 水力学在資本主义社会和在社会主义社会的发展特点有何不同？
4. 水力学在我国的发展情况如何？从发展簡史中能說明什么問題？
5. 理想液体与实际液体区别何在？
6. 液体有哪些物理性质？在水力学課程中液体的哪些物理性质才是有意义的？

第二章 靜水力学

研究液体平衡的規律及这些規律实际应用的一部分称为靜水力学。

在靜止的液体中，粘滯性是显示不出来的，故在研究靜水力学时所有的結論，不論对于实际液体或理想液体同样适合的。

§1 靜水压力及其特性

一些日常生活現象中，往往可以察觉到靜水压力的存在。人們在浴池中洗澡时，当水淹沒了胸部，就会感到呼吸較困难，这就是因为水的靜水压力作用的结果。

为討論靜水压力，在靜止液体中，設想标出某一体积（图 2—1），用一任意平面 AB ，把这液体的体积分成 I 及 II 两部分。这液体的 I 和 II 部分，通过 AB 面有种相互的作用。如果我们假想地取出其中的一部分，例如取出上部 I ，那么，为了使下部 II 保持平衡，必須在它的隔离面 (AB) 上加力，这个力是相当于取出的那一部分液体，作用在所研究的 II 部分的液体上，相互作用的力（应力）。

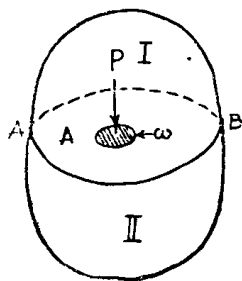


图 2—1

在隔离面 (AB) 上，我們取出某一部分面积 ω ，在被取走 I 部液体方面有一个力作用在这面积 ω 上。这个力叫作靜