

水文职工培训教材

# 水力学基础

江苏省扬州水利学校徐永祺主编

水利电力出版社

水文职工培训教材

---

# 水 力 学 基 础

江苏省扬州水利学校徐永祺主编

水利电力出版社

水文职工培训教材  
**水力学基础**  
江苏省扬州水利学校徐永祺主编

\*

水利电力出版社出版  
(北京德胜门外六铺炕)  
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售  
水利电力印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 32开本 10.375印张 227千字  
1983年3月第一版 1983年3月北京第一次印刷  
印数00001—20140册 定价1.10元  
书号 15143·5074

## 内 容 提 要

本书介绍水力学方面的基本知识。主要内容有：水力学的物理基础知识，水在静止状态时的基本规律及其应用，水在运动状态时的基本规律，水流型态和水头损失，管流，河渠恒定均匀流，河渠恒定非均匀流，河渠非恒定渐变流，泄水建筑物过水流量的计算，渗流等十章，并附有复习思考题及习题。

本书除作为水文职工及水利水电干部培训教材外，亦可供有关学校师生参考。

本书由 徐永祺主编，刘忠湖主审。

## 出版者的话

为了提高广大水文职工的技术水平和业务能力，适应水技术现代化的需要，原水利部水文局组织一些有经验的同志编写了“水文职工培训教材”，以供各地举办各种形式的水文职工培训班使用，促进培训工作的开展。1980年11月，在江苏省扬州水利学校召开了“水文职工培训教材”编写工作协调会，讨论并制定了有关教材的编写提纲及编写计划。

“水文职工培训教材”共分六册：《水文学基础》，《水力学基础》，《水文电测基础》，《水文测验》，《水文资料整编》，《水文预报与计算》。

“水文职工培训教材”系以从事水文工作多年，文化程度相当于初、高中的水文职工为主要对象，亦可供其他有初中以上文化程度的干部自学使用。为此，教材面涉及较广，但内容力求简明扼要，通俗易懂，以实用为主，同时也适当介绍一些现代的先进技术。

《水力学基础》一书，介绍水力学方面的基本知识。主要内容有：水在静止状态及运动状态时的基本规律，水流型态和水头损失，河渠恒定均匀流、恒定非均匀流与非恒定渐变流，以及泄水建筑物过水流量的计算、管流、渗流等。本书可作为水文职工培训教材，也可供全国水利水电干部培训班学习参考。

本书由江苏省扬州水利学校徐永祺、窦永明、吴锦国和安徽省水文总站卞传恂四同志编写，徐永祺同志主编，武汉

水利电力学院刘忠潮同志主审。在编写过程中，得到有关单位的支持和帮助，谨致谢意。

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。

1982年8月

# 目 录

出版者的话	
绪论	1
<b>第一章 水力学的物理基础知识</b>	<b>4</b>
第一节 描述物体运动的几个基本物理量	4
第二节 直线运动	7
第三节 力	10
第四节 运动定律	16
第五节 动量和能量	19
第六节 液体的特征与液体的主要物理性质	23
<b>第二章 水在静止状态时的基本规律及其应用</b>	<b>28</b>
第一节 静水压强及其特性	28
第二节 水静力学基本方程式	31
第三节 压强的表示方法和计算单位	37
第四节 等压面、连通器原理及其应用	40
第五节 静水总压力的计算	48
第六节 浮力与物体的浮沉	59
<b>第三章 水在运动状态时的基本规律</b>	<b>68</b>
第一节 水流运动的一些概念	68
第二节 恒定流的连续性方程式	79
第三节 恒定流的能量方程式——伯努利方程式	81
第四节 能量方程式在水流量测方面的应用举例	94
第五节 恒定流的动量方程式	99

<b>第四章 水流型态和水头损失</b> .....	109
第一节 水流阻力和水头损失.....	109
第二节 水流运动的两种型态——层流与紊流.....	114
第三节 紊流特性及紊流阻力.....	118
第四节 均匀流沿程水头损失的计算.....	125
第五节 局部水头损失的计算.....	135
<b>第五章 管流</b> .....	147
第一节 管道出流的水力计算.....	148
第二节 虹吸管及水泵安装高度计算.....	155
第三节 有压管路中的水击.....	160
<b>第六章 河渠恒定均匀流</b> .....	170
第一节 概述.....	170
第二节 河渠均匀流的特性及其产生条件.....	172
第三节 河渠均匀流公式.....	174
第四节 河渠均匀流的水力计算.....	177
第五节 河渠的糙率.....	191
第六节 河渠均匀紊流的流速分布公式.....	198
<b>第七章 河渠恒定非均匀流</b> .....	207
第一节 河渠水流的两种流态及其判别.....	208
第二节 河渠恒定非均匀流的水面变化现象.....	219
第三节 河渠恒定非均匀渐变流基本方程式及人 工渠道水面曲线的计算.....	224
第四节 天然河道的水力计算.....	231
第五节 水跃及其计算.....	249
<b>第八章 河渠非恒定渐变流</b> .....	257
第一节 河渠非恒定流的特性.....	257
第二节 河渠非恒定渐变流基本方程组.....	263



<b>第九章 泄水建筑物过水流量的计算</b> .....	270
第一节 孔口和管嘴出流.....	270
第二节 闸孔出流.....	275
第三节 堰流.....	284
第四节 水库放水时间的计算.....	301
<b>第十章 渗流</b> .....	309
第一节 渗流定律及渗透系数.....	309
第二节 恒定均匀渗流和非均匀渐变渗流.....	312
第三节 井的渗流.....	318

# 绪 论

## 一、水力学研究的对象

水力学是研究液体（主要是水）机械运动规律及其实际应用的一门科学。它的内容包括两个基本部分：水静力学和水动力学。水静力学研究液体处于静止状态时的基本规律及其应用；水动力学是水力学的主要部分，它研究液体处于运动状态时的一般规律和水在管道、渠道、天然河道、土壤中以及经过各种建筑物时的运动特性及其变化规律，只有弄清了这些规律，才有可能很好地控制水并利用它来为人类的生活和生产服务。

为了在系统学习水力学以前，对它有一个概括的了解，首先得从它的应用谈起。

## 二、水力学的应用

水力学在水利工程建设中应用比较广泛。进行水利建设就是通过修建各种水工建筑物来控制、调整和改变原有的水流状态，使其符合人们的需要。例如，在河道中修建拦河闸控制河道水流，在闸前形成蓄水库，来调节洪峰、储蓄水量和抬高水位，以满足工业用水、农田灌溉、水力发电和生活用水等方面的需要。建闸后，改变了原来的水流状态，水流不是沿着河床下泄，而是通过闸孔泄入下游河床，同时由于出闸流速很大，常在下游河床造成冲刷。对于上述各种水流状态，在水利工程中不仅要定性地认识它的变化规律，而且要尽可能定量地计算出有关数值。例如，修建拦河闸常需要

解决下面这些问题：1) 拦河闸的闸宽和孔数是多少；2) 闸门不同开度时闸上水位和下泄流量的关系如何，即过水能力的大小怎样；3) 闸上、下游水面变化的规律如何；4) 闸门关闭时，水作用在闸门上的水压力有多大等等。当然这些问题不是水利工程上所遇到的全部水力学问题，这些问题也不只是上面介绍的例子中会遇到，在其它水工建筑中同样也会遇到，如在河道中筑坝形成水库，对于水库水面能达到多大的范围，事先必须算出，才能确定水库的淹没范围。

总之，在水利工程的勘测、规划、设计、施工和运用管理中，都会遇到很多水力学问题。

### 三、学习水力学的目的

水力学的实用意义是很大的。它不但在水利工程中广泛应用，而且在机械制造、金属冶炼、化学工业、石油开采和城市建设等各个部门中，都会遇到大量与液体运动有关的技术问题，也都需要有相当的水力学知识。学习水力学的目的，就是根据各个有关专业的需要，获得解决与本专业有关的水力学问题的能力。对水文工作者来说，要正确地解决自然界水文现象的测定、整编、计算、分析和预报以及水质的监测等问题，都必须应用水力学的基本概念、基本理论和计算方法。例如，进行河道水文要素的测定，为了使所测水文要素间的变化关系符合客观水流运动的规律，对测站的选定、测速垂线、测点的布设以及测速历时的确定，都是以水力学的基本概念、基本理论为依据的。又如在闸、坝工程的管理运用中，为了有效地利用闸坝建筑物去控制水流、调节水量，并验证、改进工程设计和作好工程的维护工作，在一些闸坝上设立了水文测站，这些测站无论在建站、测验和资料整编上，都必须以水力学的堰闸出流规律为基础；还有

在历史洪水的调查工作中，直接应用水力学公式推算历史洪水流量等等。

总之，水力学与水文学有着密切的关系。水力学为水文测验、分析和研究提供了理论依据，同时水文实践提供的资料又促使水力学学科内容不断得到丰富和提高。因此，学习和研究水力学，对从事水文工作的技术人员来说是十分重要的。

# 第一章 水力学的物理基础知识

## 第一节 描述物体运动的几个基本物理量

组成自然界的所有物质都在不断地运动着、变化着，绝对不动的物质是不存在的。而物质运动的形式又是多种多样的，其中最简单、最基本的运动形式是机械运动。机械运动是指物体之间或物体的各部分之间相对位置的变动。要描述一个物体的位置或位置的变动，就得选择另一个被我们认为是静止不动的物体作为参考，被选作参考的物体称为参照物。在讨论地面上物体的运动时，通常选取地面作参照物。

描述物体的机械运动有如下几个基本物理量。

### 一、轨道、路程和位移

运动物体在空间所经过的路径称为轨道。物体沿直线轨道的运动称为直线运动，沿曲线轨道的运动称为曲线运动。

轨道的实际长度称为路程。路程只有大小，没有方向，是一个标量。如图1-1中曲线的长度。

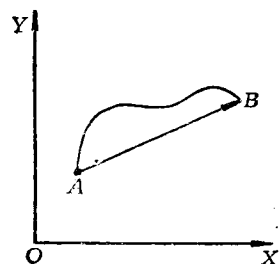


图 1-1

运动物体位置的变化称为位移。位移不但有大小，而且有方向，是一个矢量，如图1-1中的有向线段 $\overline{AB}$ 。

## 二、速度、平均速度和瞬时速度

速度是为描述物体运动的快慢程度和方向而引入的物理量。

物体沿直线运动，如果在任意相等的时间里，所通过的位移都相等，这种运动就叫做匀速直线运动。在匀速直线运动中，位移  $s$  和发生这个位移所用时间  $t$  的比值，称为匀速直线运动的速度，即

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} \quad (1-1)$$

速度是个矢量。它不但有大小，而且有方向。它的方向跟位移矢量的方向相同。速度的单位是米/秒。

物体沿直线运动，如果在相等的时间里位移不是都相等，这种运动就叫做变速直线运动。在变速直线运动中一段位移和发生这段位移所用时间的比值，称为运动物体在这段时间里的平均速度，即

$$\bar{v} = \frac{\vec{s}}{t} \quad (1-2)$$

平均速度  $\bar{v}$  也是矢量。它的大小表示物体在确定时间内运动的快慢程度，它的方向就是物体位移的方向。

平均速度的数值与所取的时间间隔（或位移）有关。在叙述平均速度时，必须指明是某一段时间或某一段位移内的平均速度。

平均速度虽有较大的实用意义，但它只能粗略地描述物体在一段时间（或位移）内的运动情况。为精确地描述变速运动，还需要引入瞬时速度来描述物体在某一时刻或经过某一位置时运动的快慢程度和方向。

例如，一个作变速运动的物体沿图1-2所示的 $ox$ 轴正方向运动。它在某一时刻通过位置 $x_1$ ，经过较短的时间 $\Delta t$ ，发生一段较小的位移 $\Delta x = x_2 - x_1$ ，那末，物体在这一小段时间内的平均速度 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可以近似地表示物体通过位置 $x_1$ 时的快慢程度。时间 $\Delta t$ 取得愈短，就愈能反映物体在位置 $x_1$ 处的真实运动。当 $\Delta t$ 趋近于零时，相应的平均速度 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 就趋近于某一个极限值。这个极限值就是运动物体通过位置 $x_1$ 的瞬时速度，简称速度。

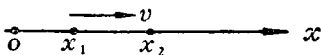


图 1-2

### 三、加速度

在变速直线运动中，速度的改变 $\Delta v$ 跟发生这个改变所用的时间 $\Delta t$ 的比值，叫做变速直线运动的加速度。

如果用 $\vec{v}_0$ 表示开始时刻 $t_0$ 时的速度（初速度），用 $\vec{v}_t$ 表示时刻 $t$ 的速度（末速度），用 $\vec{a}$ 表示加速度，那末

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_t - \vec{v}_0}{t - t_0} \quad (1-3)$$

加速度也是矢量。它的方向是指物体速度增量 $\Delta \vec{v}$ 的方向。如果加速度的方向跟速度的方向相同，物体作加速运动；如果加速度的方向跟速度的方向相反，物体作减速运动。加速度的单位是米/秒<sup>2</sup>。

[例1-1] 做加速运动的火车，在20秒内速度从10米/秒增加到15米/秒，平均加速度 $a_1$ 是多大？火车紧急刹车时，

在10秒钟内从15米/秒减小到零，平均加速度 $a_2$ 是多大？

[解] 取火车运动方向作正方向，速度是正值。

$$a_1 = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{15 - 10}{20} = 0.25 \text{米/秒}^2$$

加速度是正值表示其方向与速度的方向相同。

$$a_2 = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{0 - 15}{10} = -1.5 \text{米/秒}^2$$

加速度是负值表示其方向与速度的方向相反。

## 第二节 直 线 运 动

### 一、匀速直线运动

物体作匀速直线运动，其速度为一恒量。即速度的大小和方向始终保持不变，加速度等于零。

匀速直线运动的规律可用下列公式表示，即

$$s = vt \quad (1-4)$$

利用这个公式，只要知道速度 $v$ ，物体的初位置（一般取为坐标原点），就可以确定作匀速直线运动的物体在任一时刻所在的位置。

此外，匀速直线运动的规律也可以用图象来表示。因为匀速直线运动的位移 $s$ 是时间 $t$ 的正比函数，所以它的 $s \sim t$ 图象是一条通过原点的直线（见图1-3）。利用 $s \sim t$ 图象不仅可以知道任一时刻物体所在的位置，还可以求出物体的运动速度。 $v$ 等于直线的斜率即 $v = \text{tg} \alpha$ 。

匀速直线运动的 $v \sim t$ 图象是一条平行于横轴的直线。利用 $v \sim t$ 图象可以求出质点在任何时间内发生的位移，即图1-4中画有斜线的长方形“面积”的数值。



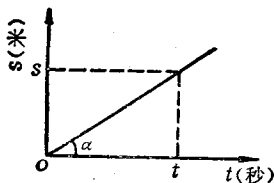


图 1-3

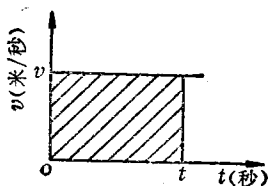


图 1-4

## 二、匀变速直线运动

作变速直线运动的物体，如果加速度总保持恒定，这种运动就叫作匀变速直线运动。

确定作匀变速直线运动的物体，在任一时刻的速度的公式为：

$$v_t = v_0 + at \quad (1-5)$$

如果  $v_0 = 0$ ，则上式简化

为：

$$v_t = at \quad (1-6)$$

匀变速直线运动的  $v \sim t$  图象是一条倾斜直线（见图 1-5）。

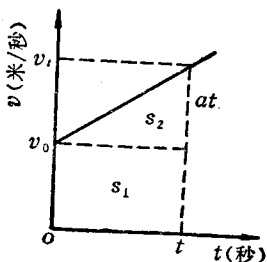


图 1-5

匀变速直线运动的位移可以用它的  $v \sim t$  图象中倾斜直线下方的“面积”（面积  $s_1$  与面积  $s_2$  的和）表示出来，即其位移公式为：

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (1-7)$$

如果  $v_0 = 0$ ，则上式简化为：

$$s = \frac{1}{2} at^2 \quad (1-8)$$