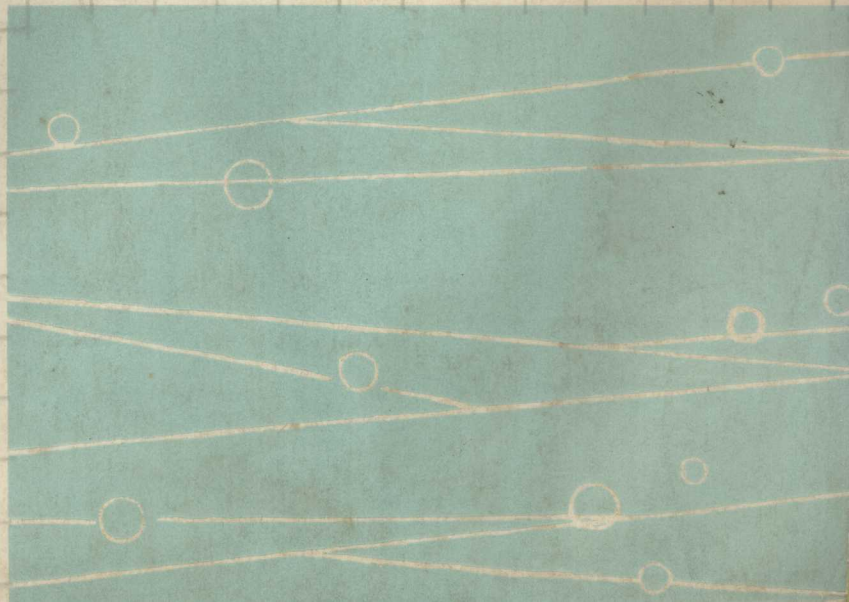


GUANGDONG JIAN YI SHUI LI JISUAN

灌区简易水力计算

焦盛昌 编著

宁夏人民出版社



灌区简易水力计算

焦盛昌 著

江苏工业学院图书馆
藏书章

宁夏人民出版社

内 容 提 要

本书是一本半工具性的水利通俗读物。作者试图用白话简要讲述一些有关水力计算方面的基本概念、基本原理、基本公式和解决问题的基本方法。文字浅显易懂，内容和编法上侧重实用。

全书共分十一章，第一章集中介绍了几个水流运动方面的基本概念和计算公式，是水力计算的基础。第二章至第十章较详细地介绍了灌区沟渠和常用的九种配套建筑物，即分水闸、涵洞、桥、渡槽、倒虹、跌水、陡坡和量水建筑物以及泵站的水力计算。第十一章为要点提示。

本书为灌区小型水工水力计算提供了大量图表和算例，并重点介绍了简单易行的交叉求解法和经常使用的试算图解法。查算表注意了一表多用，具有使用范围广和查算直接的特点。可供县、社、队水利工作者和专业水管人员查阅，也可作为水力学自修和水利训练班的辅助材料使用。

灌区简易水力计算

焦盛昌

宁夏人民出版社出版

(银川市解放西街161号)

宁夏新华书店发行

内蒙古教育印刷厂印刷

开本787×1092 1/16

印张：19

字数：420千

1983年7月第1版第1次印刷

印数：1——2,600册

书号：16157·76

定价：2.00元

前 言

人们为了不同的用水目的，根据不同的具体条件，修建着各种不同类型的水利工程。工程限制水流，水流破坏工程。水流与工程构成了工程水力学的基本矛盾。水利建设中，欲达到安全、经济和适用的目的，则必须从研究水流规律入手，认真分析水流和工程的相互作用，以便在计算的基础上采取有效措施，使工程与水流特性相适应，从而求得基本矛盾的合理解决。

水力计算对于大中型水利工程设计固然重要，而对于小型水利工程，因其面广、量大、受益直接，也应引起足够重视。为避免技术力量缺乏情况下，小水工在布置、选型以及水力设计上的盲目性，编写了这本“灌区简易水力计算”，供县以下广大基层水利工作者从事小水工设计时参考。

考虑实用和简便，各类水力计算问题一般采用交叉求解：□代表已知条件，→表示交叉方向，○为查算结果。为使读者在较多情况下能够直接查算和套用，工程型式尽量齐全，尺寸搭配尽量合理，计算类型尽量多样，算例选择尽量实际，解题步骤力求详细。对于已知条件全在表列的问题，可直接查算；对于已知条件不全在表列的问题，可根据不同情况取近、内插、换算或比算。

为使文化水平较低的同志能够顺利地进行计算，书中编绘了较多的辅助性计算图表，供查用。

本书在编写和修改过程中得到不少同志的鼓励和帮助，特别是宁夏水利科学研究所的李志田同志审稿后提出的宝贵意见，对提高书稿质量起了很大作用，在此谨表示感谢。

最后需要说明的是，编写本书的目的，除供小水工水力计算使用外，还想兼作初学水力学的自修读物，但鉴于学识浅薄，力不从心，粗糙、片面、甚至谬误一定难免，切望批评指正。

编 者

一九八一年十月

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 基本概念	(1)
一、水的几个主要特性	(1)
二、水流条件	(1)
三、过水断面、湿周和水力半径	(1)
四、糙率和谢才系数	(2)
五、底坡和能坡	(3)
六、流速和流量	(3)
七、水流现象的分类	(4)
八、急流和缓流	(4)
九、水跃和水跌	(4)
十、水头和水头损失	(5)
十一、水面线	(5)
十二、水力计算的主要任务	(6)
第二节 基本公式	(6)
一、连续性方程	(6)
二、伯诺里方程	(7)
三、明渠均匀流计算公式	(7)
四、堰流计算公式	(9)
五、孔流计算公式	(10)
六、管流计算公式	(10)
第二章 沟渠水力计算	(11)
第一节 计算参数的确定	(11)
一、渠道设计流量的推求	(11)
二、渠道底坡的确定	(21)
三、允许流速的确定	(23)
四、渠道糙率的确定	(27)
五、边坡系数的确定	(28)
六、宽深比的确定	(29)

七、超高和渠顶宽的确定	(30)
第二节 一般梯形渠道横断面的水力计算	(30)
一、试算法	(31)
二、图解法	(39)
三、查表法	(45)
四、计算方法的选择	(108)
第三节 水力最优断面和实用经济断面的水力计算	(110)
一、水力最优断面的水力计算	(110)
二、实用经济断面的水力计算	(112)
第四节 渠道纵断面水力计算	(133)
一、推算渠道初步水面线	(133)
二、确定渠道水面线	(134)
三、推求渠底线和渠顶线	(135)
第五节 沟道水力计算	(135)
一、沟道设计流量的推求	(135)
二、沟道设计水位的推求	(136)
三、沟道纵横断面设计	(137)
第三章 水闸水力计算	(140)
第一节 分水闸过水能力计算	(140)
一、单孔平底开敞闸过水能力	(140)
二、单孔平底胸墙闸过水能力计算	(144)
三、涵管闸过水能力计算	(147)
第二节 水闸渗透计算	(149)
一、防渗段长度计算	(149)
二、渗透压力计算	(150)
第三节 水闸消能计算	(151)
一、矩形消力池水力计算	(151)
二、梯形消力池水力计算	(156)
第四节 启闭计算	(157)
一、启闭力计算	(157)
二、开启度计算	(158)
第四章 涵洞水力计算	(161)
第一节 无压洞水力计算	(161)
一、主要计算情况和解法	(162)
二、无压自由出流短洞的水力计算	(164)

三、无压淹没出流短洞的水力计算	(167)
四、无压长洞的水力计算	(168)
第二节 有压洞水力计算	(200)
一、自由出流有压洞的水力计算	(200)
二、淹没出流有压洞的水力计算	(201)
第五章 桥孔水力计算	(203)
第一节 算表编制与换算	(203)
一、算表编制	(203)
二、换算	(206)
第二节 计算方法和算例	(206)
一、计算方法	(206)
二、算例	(207)
第六章 倒虹水力计算	(209)
第一节 算表编制与换算	(210)
一、算表编制	(210)
二、换算	(210)
第二节 问题类型和解法	(215)
一、知一求二	(215)
二、知二求一情况(一)	(215)
三、知二求一情况(二)	(216)
四、知二求一情况(三)	(216)
五、综合水力计算	(216)
第七章 渡槽水力计算	(218)
第一节 水力轮廓和计算任务	(218)
一、水力轮廓	(218)
二、计算任务	(219)
第二节 槽身和进出口水力计算	(219)
一、U槽水力查算	(219)
二、进口水位降低值和出口水位回升值的计算	(220)
第三节 问题类型和计算步骤	(221)
一、下游无严格水位要求的情况	(221)
二、下游有水位要求的情况	(222)
第八章 跌水和陡坡的水力计算	(234)
第一节 跌水和陡坡缺口尺寸的计算	(235)

一、矩形缺口宽度计算	(235)
二、梯形缺口尺寸计算	(236)
第二节 陡坡消力池的水力计算	(238)
一、消力池的断面型式	(238)
二、已知条件和计算任务	(238)
三、求解步骤	(238)
第三节 跌水消力池的水力计算	(240)
一、计算方法	(240)
二、算例	(241)
第九章 量水建筑物流量计算	(243)
第一节 直角三角堰流量计算	(243)
一、结构尺寸	(243)
二、安装要点	(243)
三、流量计算	(244)
第二节 梯形堰流量计算	(245)
一、结构尺寸	(245)
二、流量计算	(247)
第三节 量水喷嘴流量计算	(247)
一、结构尺寸	(247)
二、流量计算	(248)
第四节 量水槽流量计算	(250)
一、结构尺寸	(250)
二、流量计算	(251)
第十章 泵站水力计算	(254)
第一节 设计流量和设计扬程的推求	(254)
一、设计流量的推求	(254)
二、设计扬程的推求	(256)
第二节 水泵和管径的选择	(262)
一、水泵选择	(262)
二、管径选择	(263)
第三节 水泵安装高的确定	(263)
一、离心泵和混流泵安装高的确定	(263)
二、轴流泵安装高的确定	(265)
第四节 水泵工作点的推求与校核	(265)
一、水泵工作点的推求	(265)

二、水泵工作点的校核	(265)
第五节 进出水建筑物的水力计算	(266)
一、进水池	(266)
二、前池	(267)
三、出水池	(268)
第六节 泵站综合水力计算步骤和算例	(269)
一、计算步骤	(269)
二、算例	(269)
第十一章 要点提示	(273)
第一节 问题	(273)
一、为什么要使建筑物与水流特性相适应?	(273)
二、为什么要“以水治水”?	(273)
三、均匀流同一过水断面上各点测压管水头值为什么一样,而总水头值却不同?	(273)
四、为什么水力坡度永远为正值?而水面有时却会沿程升起来	(274)
五、建筑物进口处水位为什么会降落?	(274)
六、等径压力管道,无局部阻力时,为什么测压管水头线和总水头线均为一斜线? 而有局部阻力时为折线?	(274)
七、在压力管道中,为什么直径小、位置高的地方容易产生负压?	(274)
八、为什么要引用动能改正系数 α ?	(275)
九、非直线或非正坡(渠底沿程下降叫正坡)流段为什么形不成明渠均匀流?	(275)
十、为什么可以把底坡突然变陡处的水深看作临界水深 h_K ?	(275)
十一、无节制设施的水闸引水时,闸前水位为什么有两个跌落?	(275)
十二、宽顶堰,当堰宽 $L > 10H$ 时,为什么要按明渠均匀流考虑?	(276)
十三、为什么宽顶堰最大流量系数 $m = 0.385$?	(276)
十四、为什么当跃后水深 $h_c'' > h_t$ (下游水深)时,需要建池消能?	(276)
十五、对于恒定流的流网,为什么流线稀处流速小、流线密处流速大?	(276)
十六、建立能量方程时,为什么首先要确定基准面?	(277)
十七、过水建筑物堰前水头,为什么要取堰前 $(3-4)H$ 处,从堰顶算起 的上游水深 H ?	(277)
十八、为什么陡坡地带,地面参考点选在渠首?而缓坡地带,地面参考点需选在渠尾?	(277)
十九、渠道水面线为什么先要自下而上地推求,然后再自上而下地调整? 而沟道水面线的推求和调整方向却与渠道恰恰相反?	(277)
二十、为什么清水渠的纵坡自上而下地逐级变陡?而洪水渠的纵坡自上而 下要越来越缓?	(278)
二十一、为什么不能说渠道断面做得越大越好?	(278)
二十二、为什么渠道设计流速以略小于不冲流速 v_{max} 为宜?	(278)
二十三、沟渠弯道处为什么易冲刷和淤积?	(278)

二十四、为什么要推求渠道水面线?	(279)
二十五、为什么要调整无压涵洞和渡槽进出口(渐变段)处的渠底高?	(279)
二十六、无交通要求时,填方渠道的堤顶为什么还要保持一定的宽度?	(279)
二十七、为什么 H_a 越大、 Δh_1 越小,表示水泵吸水性能越好?	(279)
二十八、计算水泵安装高度 $H_{安}$ 中的 $\frac{v^2}{2g}$,为什么要用水泵进口处的 v ?	(279)
二十九、水泵装高了为什么会汽蚀?	(280)
三十、计算闸门启门力时,为什么不计大气压力的作用?	(280)
三十一、计算闸门启门力时,为什么要用上游最高水位和相应的闸后最低水位?	(280)
三十二、计算闸门水压力时,为什么要用闸门宽和闸门高,而不能用闸孔宽和闸孔高?	(280)
三十三、过水建筑物单宽流量 q ,为什么过大过小都不利?	(280)
三十四、闸底板高程为什么过低过高都不好?	(280)
三十五、为什么消力池长度可以比水跃长度短一些?	(280)
三十六、有压洞进口为什么要做成喇叭状?	(281)
三十七、设计上为什么要避免陡坡半有压洞?	(281)
三十八、急变流中,动水压强为什么和静水压强不等,而且会大也会小?	(281)
第二节 方法	(282)
一、实际计算中,问题牵涉的因素和变量太多时怎么办?	(282)
二、实际计算中,不知道的因素太多时怎么办?	(282)
三、实际计算中,诸因素相互关联,数学算式复杂难以计算时怎么办?	(283)
四、有些道理不易弄懂时怎么办?	(283)
五、已知条件与制表条件不符时怎么办?	(283)
六、清洪两用渠的纵坡如何定?	(283)
七、渠道断面由不同材料构成时, n 值如何定?	(283)
八、沟渠为复式断面时,如何进行水力计算?	(284)
九、多孔闸流量系数 m 如何求?	(284)
十、弧形闸流量系数 m 如何求?	(285)
计算公式、表、图索引	(286)
一、计算公式	(286)
二、计算用表	(290)
三、计算用图	(293)
主要参考书目	(294)

第一章 基础知识

第一节 基本概念

一、水的几个主要特性

水是一种实际液体，和其他物体一样，第一个特性就是具有质量。普通物理学告诉我们，在大气压力下，温度 4°C 时水的密度最大，每立方米为1000公斤。因在其他条件下，容重变化不大，所以，工程上水的容重 γ 均采用 1000公斤/米^3 。水的第二个特性是压缩性，即在外界压力作用下，水的体积随压力的增大而减小。压缩性常用压缩率来表示，水在 20°C 时的压缩率为 $46.5 \times 10^{-10}\text{米}^2/\text{公斤}$ ，就是说当水每增加一个大气压（10000公斤/米²），体积减小 $46.5 \times 10^{-10}\text{米}^2/\text{公斤} \times 10000\text{公斤/米}^2 = 4.65 \times 10^{-5}$ ，即十万分之四点六五。因压缩量很小，所以，一般情况下可以把水视作不可压缩的物体。水的再一个特性是在水体自由面上作用有表面张力，因在一般水力计算中作用甚微，可以不予考虑。水是液体，易流动性很好理解，无需多加解释。这里需要着重说明的是与水流运动密切相关的一个重要特性——粘滞性。图1是用流速仪测得的某渠道断面测流点沿垂线方向的流速分布，流速上大下小。设想在垂线上选取一微小水体abcd，因上表面流速大，下表面流速小，上下表面有一速度差。经一短暂时段 Δt 后，水体因相对运动而呈a'b'c'd'状。水体之所以能成a'b'c'd'状是水层之间互相牵制的结果，即各水层之间存在着力作用，我们把水这种在运动状态下能够抵抗剪切变形的特性叫粘滞性。粘滞性对水流运动的影响很大，应在今后的学习过程中，从实质上逐步搞清楚。

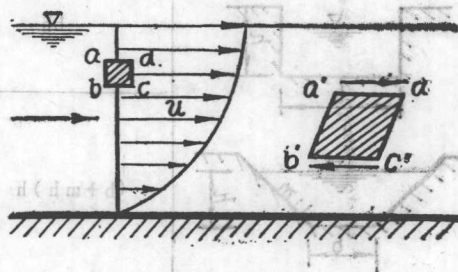


图 1

二、水流条件

水流条件指水体赖以流动的力和水流的边界状况等，如沟渠的断面形状、大小、光滑程度以及底坡陡缓等，又如输水管道的直径、材料和压力大小等，再如水闸的孔径大小、翼墙型式、上下游水位以及消能设施等。

三、过水断面、湿周和水力半径

垂直于水流方向的横向过水轮廓叫过水断面。过水断面形状很多，沟渠和建筑物常

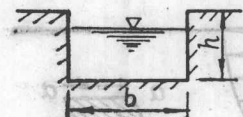
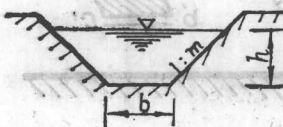
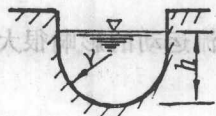
用的过水断面有矩形、梯形、圆形和U形等。在下节将要提到的公式 $Q=\omega v$ 中, ω 表示过水断面面积, 在流量一定的情况下, ω 好象仅与 v 相关。其实, v 的大小与形成 ω 的形状、大小以及构成断面的材料也有着密切的关系。这就是说在修建水利工程时, 要想达到费省效宏的目的, 必须选择合理的断面型式和材料。所谓合理指在可行的前提下, 用较少的投资和材料完成输送某一流量的任务。可行指材料成型能力和施工难易程度等, 如梯形水力最优断面, 虽然在输送同一流量时所需要的断面面积最小, 但因其具有相当窄深的特点, 施工困难, 实际上并不一定经济; 又如U形断面, 水力条件虽好, 但为加大过水能力, 要把土渠做成U形断面就不现实; 再如, 为加大过水能力, 用浆砌石做U形渠道也无必要等等。

过水断面上固体边界的长度叫湿周, 代表符号 x , 单位米。水沿固体边界流动, 流动过程中受到边界的阻碍, x 大表示水流所受阻力相对地大, x 小表示水流所受阻力相对地小。

过水断面面积与湿周的比值叫水力半径, 通常用 R 表示, $R=\frac{\omega}{x}$ 单位米。水力半径是从几何角度衡量断面过水能力大小的一个重要标志, R 大 Q 大, R 小 Q 小。

为方便使用, 现将几种常用断面的过水断面面积 ω 、湿周 x 和水力半径 R 的计算公式汇成表 1, 供查用。

表 1 渠道常用断面 ω 、 x 、 R 、计算公式汇总表

断面形式	ω	x	R
	bh	$b+2h$	$\frac{bh}{b+2h}$
	$(b+mh)h$	$b+2h\sqrt{1+m^2}$	$\frac{(b+mh)h}{b+2h\sqrt{1+m^2}}$
	$\frac{1}{2}\pi r^2+2r(h-r)$	$\pi r+2(h-r)$	$\frac{r}{2}\left(1+\frac{2(h-r)}{\pi r+2(h-r)}\right)$
	$\frac{d^2}{8}(\theta-\sin\theta)$	$\frac{d}{2}\theta$	$\frac{d}{4}\left(1-\frac{\sin\theta}{\theta}\right)$

注: θ 在 $\sin\theta$ 中为角度, 单用时为弧度。角度与弧度的换算关系是: 弧度 $\approx \frac{\text{角度}}{57.3^\circ}$ 。

四、糙率和谢才系数

表示过水断面固体边界光滑粗糙程度的量叫糙率, 代表符号 N 。 N 系有名数, 但通

常不标。 n 值小表示边界光滑， n 值大表示边界粗糙。

反映断面形状、大小以及糙率对断面过水能力影响程度的综合量值叫谢才系数，用 C 表示，单位米^{1/2}/秒。 C 值由经验公式求，目前普遍采用的两个经验公式，一是法国工程师曼宁提出的公式（简称 C_M ）：

$$C_M = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

另一个是苏联水力学家巴甫洛夫斯基提出的公式（简称 C_B ）：

$$C_B = \frac{1}{n} R^y$$

式中 $y = 2.5\sqrt{n} - 0.13 - 0.75\sqrt{R} (\sqrt{n} - 0.10)$ 。

为便于对照查用，将 C_M 和 C_B 并列成表 25。

五、底坡和能坡

对于渠道，单位长度渠底下降的高度叫底坡，底坡即纵坡。底坡表示渠道纵向倾斜的程度，代号 i ，无名数。图 2 中， $i = \frac{\Delta h}{L} = \sin\theta$ 。当 θ 很小时， $\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{\Delta h}{L}$ 。如果 1 公里渠道渠底下降了 1 米，底坡就叫做 1/1000。 i 越大，说明底坡越陡； i 越小，说明底坡越缓。

单位长度上的沿程水头损失叫能坡，也叫水力坡度，代表符号 J ，无名数。对于明渠均匀流，能坡就是单位长度渠道水面降落的高度。明渠均匀流水深沿程不变，渠底平行于水面，即 $i = J$ 。对于非均匀流，因沿程水深不等，所以 $i \neq J$ 。

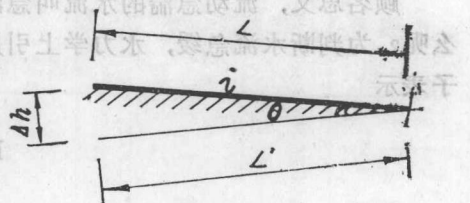


图 2

六、流速和流量

流速和流量是衡量水流运动的两把重要尺子。水体流动的快慢叫流速，即单位时间水能走多远，代表符号 V ，常用单位米/秒。如果水流质点 1 秒钟移动了 1 米，流速就叫 1 米/秒。流速可以用流速仪、浮标等工具实际测定。如图 1 所示，在一测流点上，流速随水深而变化，在同一测流断面的不同测流点上，流速分布也不一样。流速有瞬时流速、时均流速、脉动流速和断面平均流速等，我们用得最多的是断面平均流速。为充分利用水量、水能，节约资材和保证渠道稳定，对于不同情况需要选择一个合适的流速，即设计流速。设计流速要综合多方面的因素合理确定，如渠道，流速选大了，虽然断面可以小一些，但有两弊：一是水位降得快，控制灌溉面积少；二是流速大可能造成冲刷。流速选小了，虽然水位降得慢，能够控制较多的灌溉面积，但所需过水断面大，工程量大，而且还可能因流速小而造成淤积。又如压力管道，流速大，则管子细，材料和投资省，但能量损失大。能量损失大对自然流（有压洞、倒虹吸）来说，水位降得多，灌溉面积少；对于人工流（水泵管道）来说，需要的功率大，运行成本高。再如渡槽，流速大，槽身断面小，但过槽水位降大，下游消能工程量大；反之，流速小，槽身断面大，但过槽水位降小，下游消能工程量也相应地小。因此，设计流速要全面考虑，

抓住要害，慎重确定。

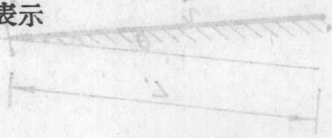
流量指单位时间内通过某过水断面的水量，代表符号 Q ，工程上常用单位是米³/秒(m^3/s)、公升/秒和吨/小时(米³/小时)，其间换算关系是：1米³/秒=1000公升/秒，1米³/秒=3600吨/小时，1公升/秒=3.6吨/小时，1吨/小时=0.278公升/秒。

七、水流现象的分类

自然界的水在一定时间、一定空间和一定边界条件下不断地运动着。由于水体与边界的相互作用而形成了各种各样运动状态的水流，有随时间改变运动状态的非恒定流和不随时间改变运动状态的恒定流；有随空间(地点)改变运动状态的非均匀流和沿程保持相同运动状态的均匀流；非均匀流又分逐渐改变运动状态的渐变流和急剧改变运动状态的急变流；均匀流中有明渠均匀流和管流；管流又分无压流、半有压流和有压流，还可以按别的依据分类。由于分类依据不同，一种水流可以同时属于几种水流类型。水利工程中常见的有明渠均匀流，如沟渠、无压长洞和渡槽，还有堰流、孔流和管流等。

八、急流和缓流

顾名思义，流动急湍的水流叫急流，流动缓慢的水流叫缓流。急缓快慢的标准是什么呢？为判断水流急缓，水力学上引用了一个叫弗汝德数的参数，代表符号 Fr ，用式子表示



$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \alpha \cdot B}}$$

式中 v ——水流速度(米/秒)；
 g ——重力加速度， $g \approx 9.8$ 米/秒²；
 ω ——过水断面面积(米²)；

B ——水面宽(米)；
 α ——动能修正系数， $\alpha = 1.05 \sim 1.10$ 。

弗汝德数表示过水断面上动能和势能的对比关系，当 $Fr > 1$ 时为急流， $Fr < 1$ 时为缓流； $Fr = 1$ 时为临界流。急流和缓流的表现形态是：水流遇障碍产生干扰波，急流，因流速 $>$ 波速，所以，干扰波只能向下游传播，而对上游无影响；缓流，因流速 $<$ 波速，所以，干扰波不仅向下游传播，而且能够向上游传播，作用的结果是引起上游水位壅高。实际上，水力计算中经常用水深对比来判断缓急流，判断式为：

h_0 (正常水深) $> h_k$ (临界水深) 时，为缓流；
 h_0 (正常水深) $< h_k$ (临界水深) 时，为急流；
 h_0 (正常水深) $= h_k$ (临界水深) 时，为临界流。

九、水跃和水跌

水跃是水流由急流向缓流过渡时发生的一种局部水流现象，这种现象在坝下、闸下、跌水和陡坡之下均能见到。跃就是跳，跳需要大量的能量，具体表现在水跃区上部水

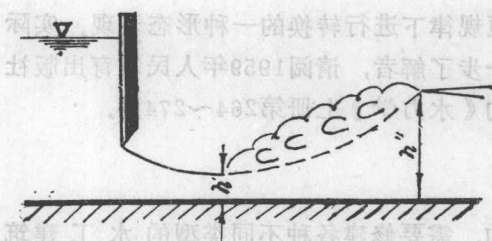


图 3

流急剧翻滚、猛烈撞击等。这种能量损耗对于消杀高水下泄一类建筑物下游水流所具有的余能来说十分有利，工程上就是根据这个原理进行底流消能的。纵观水跃形状（见图 3）前头小，后头大，小头叫跃前水深，用 h' 表示；大头叫跃后水深，用 h'' 表示， h' 和 h'' 合称共轭水深。

水流由缓流向急流过渡时发生的一种局部现象叫水跌。水跌发生在溢流坝上、堰上和跌水陡坡的缺口处。缓流段向急流段过渡，即水深由大于临界水深向小于临界水深过渡，必然经过临界水深。一般认为临界水深就发生在底坡突变处，如图 4 示。

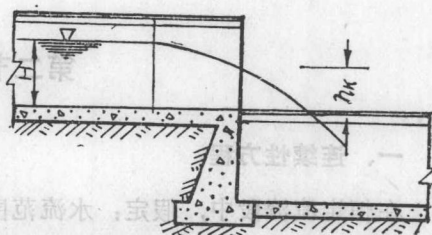


图 4

十、水头和水头损失

表示水体具有能量大小的量值叫水头。从字面上理解，水头即水的势头。水头有位置水头、压力水头和流速水头。位置水头与压力水头之和叫测压管水头。位置水头、压力水头与流速水头三者之和称总水头，总水头即总能量。各种水头的具体物理意义见伯诺里方程。

水在流动时克服阻力做功所需要的能量叫水头损失。因水头损失用于克服阻力，所以，阻力大，损失大；阻力小，损失小。水头损失由沿程水头损失和局部水头损失两部分组成，用式子表示，即

$$h_{\text{损}} = h_{\text{沿程}} + h_{\text{局部}}$$

沿程水头损失（ $h_{\text{沿程}}$ ）和局部水头损失（ $h_{\text{局部}}$ ）都可以根据具体情况算出来，方法见后。为简化计算，当流程不长时，沿程水头损失常忽略。若流程很长，占比重很小的局部水头损失也可不计。

十一、水面线

水与空气的分界线叫水面线。明渠均匀流沿程水深不变，故水面线是一条倾斜直线（见图 5，a）。水深沿程增加叫壅水。如水库坝前壅水（见图 5，b）、节制闸前壅水和桥前壅水等。水深沿程减小叫降水，由缓流向急流过渡产生降水（见图 5，c）。壅水

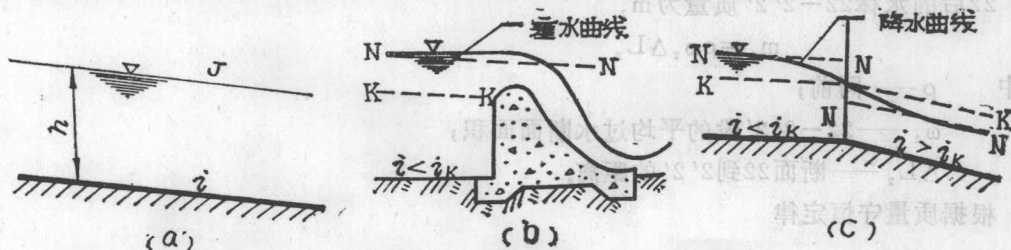


图 5

和降水是水体流经特定边界时，水体能量在守恒规律下进行转换的一种形态表现。实际水流复杂，水面线类型很多，欲对水面线作进一步了解者，请阅1959年人民教育出版社出版、清华大学水利工程系水力学教研组编写的《水力学》上册第264~274页。

十二、水力计算的主要任务

为达到兴利除害、治水用水造福人类的目的，需要修建各种不同类型的水工建筑物。建筑物控制水流，水流反作用于建筑物，水流和建筑物的对立统一构成了工程水力学的基本矛盾。为使矛盾得到正确的统一，则需进行水力计算。对于灌区小型水利工程（沟渠和配套建筑物）来说，水力计算的主要任务是：在合理布局和选型的基础上，正确决定水利工程的具体尺寸和高程，从而为结构设计提供水力作用方面的依据。

第二节 基本公式

一、连续性方程

在恒定流流段中，假定：水流范围内的空间里，完全充满着水，即没有丝毫空隙，水为连续介质；水的体积不可压缩；计算断面间无水量输入和输出，则通过该流段间任意两断面的流量相等，用式子表示，即连续性方程

$$Q_1 = Q_2 \quad (1)$$

连续性方程的实质是质量守恒，为加深深理，简单证明于下：

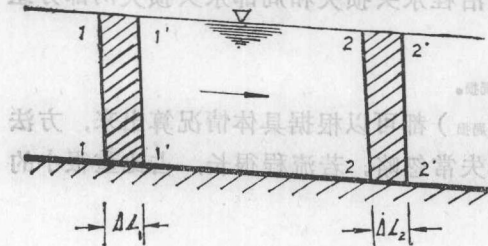


图 6

在恒定流流段中，取水体11—22。水体11—22在极短时间 Δt 内移动到1'1'—2'2'位置上。1'1'—22是移动前后水体的共同部分。1'1'前的水体11—1'1'质量为 m_1 ，

$$m_1 = \rho \omega_1 \Delta L_1$$

式中 ρ ——水的密度；

ω_1 ——11—1'1'段的平均过水断面面积；

ΔL_1 ——断面11到1'1'的距离。

22后的水体22—2'2'质量为 m_2 ，

$$m_2 = \rho \omega_2 \Delta L_2$$

式中 ρ ——同前；

ω_2 ——22—2'2'段的平均过水断面面积；

ΔL_2 ——断面22到2'2'的距离。

根据质量守恒定律

$$m_1 = m_2$$

则

将式子两边消去 ρ ，并除以 Δt ，得

$$\omega_1 \frac{\Delta L_1}{\Delta t} = \omega_2 \frac{\Delta L_2}{\Delta t}$$

因为

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = v$$

故

$$\omega_1 v_1 = \omega_2 v_2$$

即

$$Q_1 = Q_2$$

公式得证。

二、伯诺里方程

对于取在恒定流或渐变流流段的两个过水断面，在其间没有水量和能量输入和输出的情况下，上断面的总水头等于下断面总水头与两断面间水头损失之和，用式子表示即伯诺里方程

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{\text{损}} \quad (2)$$

式中 Z ——单位重量水体所具有的位能，简称单位位能，也叫位置水头；

$\frac{p}{\gamma}$ ——单位重量水体所具有的压能，简称单位压能，也叫压力水头；

$\frac{\alpha v^2}{2g}$ ——单位重量水体所具有的动能，简称单位动能，也叫流速水头；

g ——重力加速度， $g \approx 9.8 \text{ 米/秒}^2$ ；

v ——断面平均流速（米/秒）；

α ——动能改正系数，反映断面流速分布的不均匀程度， $\alpha = 1.05 \sim 1.10$ ，为简化计算，经常取 $\alpha = 1.0$ ；

$h_{\text{损}}$ ——单位重量水体流经断面1、2的能量损失，又称水头损失。

Z 、 $\frac{p}{\gamma}$ 、 $\frac{\alpha v^2}{2g}$ 和 $h_{\text{损}}$ 的量纲均为长度，米，其几何意义是表示一个高度。

伯诺里方程是能量守恒及转换规律在水流运动中的一种具体表现，是用来分析水流现象，解决实际工程水力计算问题的一个重要原理和工具，用途十分广泛，应在今后的学习过程中，逐步加深对其实质的理解。

三、明渠均匀流计算公式

在长而直，断面形状、大小、糙率沿程不变的正坡（指渠底沿程下降）渠道，即棱

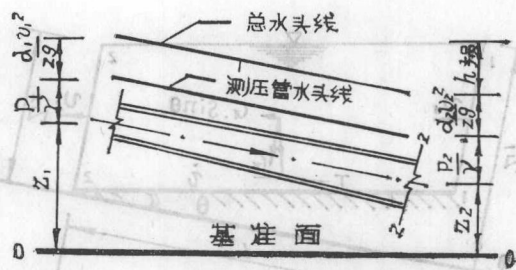


图 7