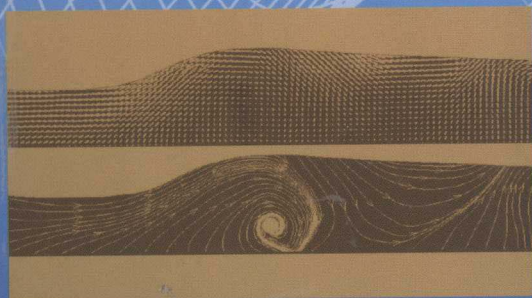




全国高职高专
水利水电类立体化系列规划教材

水力学

(下册·水利水电工程)



邓小玲 主 编
王勤香 阮小蓉 副主编
孙东坡 主 审



科学出版社
www.sciencep.com

全国高职高专水利水电类立体化系列规划教材

水 力 学

(下册·水利水电工程)

	邓小玲	主 编
王勤香	阮小蓉	副主编
	孙东坡	主 审

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是为水利水电类水利水电工程专业、水文水资源工程专业、给水排水专业编写的全国规划教材,全书分上、下册。上册各专业通用,包括绪论、水静力学、水流运动的基本原理、水流型态和水头损失等四章。下册按专业分册编写,分三个分册,其中水利水电工程分册包括有压管道中的恒定流、明渠恒定均匀流、明渠恒定非均匀流、闸孔出流和堰流、水工建筑物下游衔接与消能、相似原理与模型试验等七章。水文水资源分册包括有压管道中恒定流、明渠恒定均匀流、明渠恒定非均匀流、泄水建筑物的水力计算、明渠非恒定流等五章。给水排水分册包括:孔口、管嘴出流和有压流,明渠均匀流,明渠非均匀流和堰流等。按专业进行分册编写的优点是针对性更强,更结合专业建设的实际,体现了本课程为专业课服务的原则。

本书各章有例题、习题和常用图表,还配有有学习与指导、试题集、学生助学系统、教师助教系统、水力学计算软件等,提供了该课程教与学所应具备的完整的教学资源包。

本书可作为高职高专水利水电类和土木工程类的水利工程监理、水利工程施工、水利水电工程造价、水土保持、道路与桥梁、水电站电力设备、治河与防洪、环境与水资源、水政与水资源等专业教材,并可用于成人专科学校及普通本科学院的职业技术学院同类专业教学,还可供水利水电工程技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

水力学(下册·水利水电工程)/邓小玲主编. —北京:科学出版社,2005
ISBN 7-03-015357-X

I. 水… II. 邓… III. 水力学-高等学校;技术学校-教材
N. TV13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 037813 号

责任编辑:童安齐 彭明兰 / 责任校对:郝 岚
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作者

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年9月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005年9月第一次印刷 印张:10 1/4

印数:1—3 000 字数:198 000

定价:54.00元(全三册·含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换(双青))

销售部电话:010-62136131 编辑部电话:010-62137026(VA04)

前 言

随着教育改革与发展的需要,高职高专教材的建设进入了一个呈现全要素、多功能、立体化的新阶段,本系列教材为适应这种新形势,在 2003 年全国首批《水力学》精品课程建设的基础上,由全国水利水电高职教研会《水力学》课程组全体同志共同完成的,本系列教材的主要特点是树立了教材开发的新理念,建立了教材建设的新体系,从单一的纸质教材过渡到立体化教材,从单一的教学用书发展到为教师和学生提供一整套完备的教学方案及丰富的教学资源包。

本系列教材的编写体现了高职高专教育的特色,以培养学生的综合能力为目的,以必须、够用为度,内容精炼,突出实用,易学,方便教学,贯彻国家标准,引入最新技术,除纸质教材外配套有多媒体助学系统、助教系统、试题库和水力学数值计算软件,是一套完备的教学系统。

本系列教材包括:

水力学(上册)(各专业通用)		黄河水利职业技术学院 山东水利职业学院	张耀先 主编 游玉萍
水力学	下册·水利水电工程	四川电力职业技术学院	邓小玲 主编
	下册·给水排水	广东水利电力职业技术学院 沈阳农业大学高职学院	张 劲 主编 章 喆
	下册·水文水资源	黑龙江大学 杨凌职业技术学院	韩 梅 主编 拜存有
水力学学习与指导		深圳职业技术学院 华北水利水电学院水利职业学院	邓爱华 主编 李 倩
水力学试题库		黄河水利职业技术学院 黄河水利职业技术学院	张耀先 主编 罗全胜
水力学数值计算		黄河水利职业技术学院 黄河水利职业技术学院	罗全胜 主编 张耀先
水力学助教系统		黄河水利职业技术学院 湖南水利水电职业技术学院	张耀先 主编 刘治映
水力学助学系统		黄河水利职业技术学院 湖北水利水电职业技术学院	张耀先 主编 罗 景

本系列教材由黄河水利职业技术学院张耀先教授主编(统稿),华北水利水电学院孙东坡教授主审。

参加《水力学》(下册·水利水电工程)编写的有四川电力职业技术学院邓小玲(第六、九章)。黄河水利职业技术学院王勤香(第八、十章),四川水利职业技术学院阮小蓉(第七章),华北水利水电学院水利职业学院何江(第五章)。本分册由邓小玲主编并统稿,孙东坡主审。

编写立体化教材是教材建设的一种改革,也是作者第一次尝试,由于写立体化教材难度大,本人能力水平有限,书中不足之处在所难免,恳请广大读者指正。

目 录

前言

第五章 有压管道中的恒定流	1
5.1 概述	1
5.2 简单短管的水力计算	3
5.3 短管应用举例.....	10
5.4 长管的水力计算.....	16
5.5 水击现象简介.....	21
习题	22
第六章 明渠恒定均匀流	26
6.1 概述.....	26
6.2 明渠均匀流的特性及其产生条件.....	29
6.3 明渠均匀流的计算公式及有关问题.....	30
6.4 渠道水力计算的类型.....	40
习题	44
第七章 明渠恒定非均匀流	46
7.1 概述.....	46
7.2 明渠非均匀流的一些基本概念.....	47
7.3 水跌和水跃.....	58
7.4 明渠恒定非均匀渐变流的基本方程.....	67
7.5 棱柱体渠道中非均匀渐变流水面曲线的定性分析.....	68
7.6 棱柱体渠道中非均匀渐变流水面线计算.....	76
* 7.7 非棱柱体渠道非均匀渐变流水面线的计算.....	79
7.8 弯道水流简介.....	83
习题	85
第八章 闸孔出流和堰流	88
8.1 概述.....	88
8.2 堰流.....	89
8.3 闸孔出流	108
8.4 堰流与闸孔出流水力计算实例	115
习题.....	118

第九章 水工建筑物下游水流衔接与消能	121
9.1 概述	121
9.2 泄水建筑物收缩断面的水力计算	124
9.3 消力池的水力计算	127
9.4 底流消能的其他形式及辅助消能工	133
9.5 挑流消能的水力计算	136
习题.....	140
第十章 相似原理与水工模型试验	142
10.1 概述.....	142
10.2 模型相似的基本原理.....	144
习题.....	152
附录 I 梯形和矩形断面明渠正常水深求解图	153
附录 II 梯形和矩形断面明渠底宽求解图	154
附录 III 梯形、矩形、圆形断面明槽临界水深求解图	155
附录 IV 建筑物下游河槽为矩形时收缩断面水深及其共轭水深求解图	156
参考文献	157

第五章 有压管道中的恒定流

《水力学》上册主要讨论了水流运动的基本原理,介绍了水流运动的连续性方程、能量方程和动量方程,并且阐述了水头损失的变化规律和计算,以后各章都是应用这些原理去解决实际工程中常见的水力学问题。本章主要研究的问题是压管道中的恒定流的水流特点及水力计算方法。

5.1 概 述

在水利工程和日常生活中,经常用管道来输送液体,如水利工程中的有压引水隧洞、有压泄洪隧洞、水电站的压力钢管、灌溉工程中的虹吸管、倒虹吸管、抽水机的吸水管和压水管、城市给排水工程中的自来水管以及石油工程中的输油管、人体中的血管等,都是常见的有压管流。

5.1.1 管流的定义和分类

1. 管流的定义

有压管流一般都采用圆形管道输送。水流运动的特点是:整个断面被液体所充满,没有自由液面,管道的整个边壁上都受动水压强作用,而且一般不等于大气压强。因此,管流又称为有压流。

2. 管流的分类

(1) 有压恒定流与非恒定流

根据水流运动要素随时间是否变化可分为有压恒定流和有压非恒定流。当管中任一点的水流运动要素不随时间而改变时,即为有压恒定流,否则为有压非恒定流。本章主要研究有压恒定流的计算。

(2) 简单管路和复杂管路

根据管道的布置情况,实际管道可分为简单管路和复杂管路。简单管路是指单根、等径、无分支、材料不变、糙率均一、管中通过的流量在全程上保持不变的管路。复杂管路是指由两根以上的管道连接组合而成的管路,根据不同的组合情况,可分为串联管道、并联管道、枝状和环状管网,如图 5-1 所示。

(3) 自由出流和淹没出流

根据管道出口水流特点,管流可分为自由出流和淹没出流两类。自由出流指管道出口水流流入大气中;淹没出流指管道出口水流流入下游水面以下。

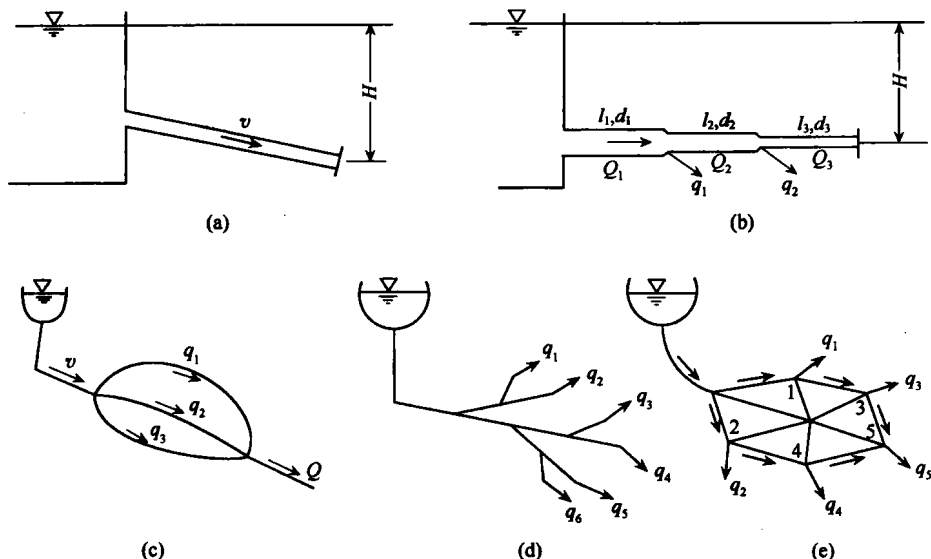


图 5-1

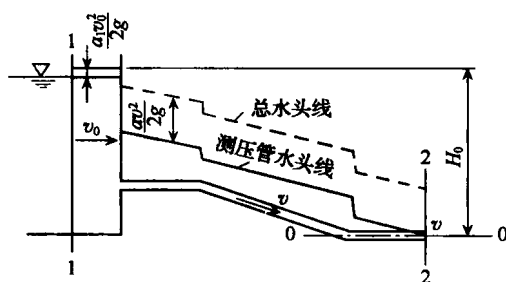


图 5-2

(4) 长管和短管

根据管道中水流的沿程水头损失、局部水头损失及流速水头所占的比重不同,管流可分为长管和短管。长管即管道中水流的沿程水头损失较大,而局部水头损失和流速水头很小,此两项之和只占沿程水头损失 5% 以下,以致可以忽略不计。一般自来水管可视为长管。短管

即管道中局部水头损失与流速水头

两项之和约占沿程损失的 5% 以上,水力计算时不能忽略,必须一起考虑在内。通常虹吸管、倒虹吸管、坝内泄水管、抽水机的吸水管等,可按短管计算。特别需要指出的是:长管和短管并不是按管道的真实长度来分类的,即使很长的管道,局部水头损失不能忽略时,仍按短管计算。

5.1.2 管流计算的类型

1) 管道输水能力的计算。即在给定水头、管线布置和断面尺寸的情况下,确定管道输送的流量。

2) 当管线布置、管道尺寸和流量一定时,要求确定管路的水头损失,即输送一定流量时所必需的水头。

3) 在管线布置、作用水头及输送的流量已知时,计算管道的断面尺寸(对于圆形断面的管道,则是计算所需的直径)。

4) 在给定流量、作用水头和断面尺寸时,确定沿管道各断面的压强。

5.2 简单短管的水力计算

5.2.1 自由出流

自由出流短管,如图 5-2 所示,以通过管道出口断面中心点的水平面作为基准面,对断面 1-1 和断面 2-2 列能量方程式。

$$H + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_0^2}{2g} = 0 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w1-2}$$

上式中:令 $p_1 = p_2 = p_a$,则相对压强为 0,令 $\alpha_1 = \alpha_2 = 1, v_2 = v$,

$$h_{w1-2} = h_f + \sum h_j = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{v^2}{2g}$$

并令

$$H_0 = H + \frac{v_0^2}{2g}$$

则上式可写成

$$H_0 = \frac{v^2}{2g} + \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{v^2}{2g}$$

式中: v_0 ——上游水池中的流速,称为行近流速;

H ——管路出口断面中心与上游水池水面的高差,称为水头;

H_0 ——包括行近流速水头在内的总水头。

将上式整理,可得管道中的断面平均流速为

$$v = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta}} \sqrt{2gH_0}$$

设管道过水断面面积为 A ,则通过管道的流量为

$$Q = Av = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta}} A \sqrt{2gH_0}$$

令

$$\mu_c = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta}} \quad (5-1)$$

上式又可写为

$$Q = \mu_c A \sqrt{2gH_0} \quad (5-2)$$

式中: μ_c ——短管自由出流的流量系数。

式(5-2)就是短管自由出流的流量计算公式,它表达了短管的过水能力,作用水头和阻力的相互关系。

行近流速如果很小, $\frac{v_0^2}{2g}$ 可忽略不计, $H \doteq H_0$ 则式(5-2)可写为

$$Q = \mu_c A \sqrt{2gH} \quad (5-3)$$

5.2.2 淹没出流

淹没出流短管,如图 5-3 所示。以下游水面为基准面,对断面 1-1 和 2-2 列能量方程,得

$$z + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_0^2}{2g} = 0 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w1-2}$$

同样 $p_1 = p_2 = p_a$, 相对压强为 0, 令 $z_0 = z + \frac{\alpha_1 v_0^2}{2g}$

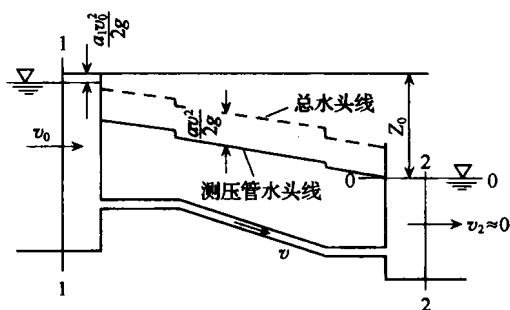


图 5-3

因 2-2 断面面积很大, 于是 $\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$ 可以忽略, 且管中流速为 v , 则

$$h_{w1-2} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{v^2}{2g}$$

将上述各项代入能量方程, 可得

$$z_0 = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{v^2}{2g}$$

整理后可得

$$z_0 = \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta}} \sqrt{2gZ_0}$$

令

$$\mu_c = \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta}} \quad (5-4)$$

故淹没出流的公式为

$$Q = \mu_c A \sqrt{2gz_0} \quad (5-5)$$

式中： μ_c ——短管淹没出流的流量系数。

式(5-5)就是短管淹没出流的流量计算公式。

当行近流速水头很小时，可忽略不计，则式(5-5)可写成

$$Q = \mu_c A \sqrt{2gz} \quad (5-6)$$

比较式(5-2)和式(5-5)可以看出：

1) 自由出流和淹没出流两者的计算公式形式完全一样，只是作用水头的含义不同。自由出流时的作用水头为管道出口断面至上游水面的高差 H ，而淹没出流时的作用水头则为上、下游水面高差 z 。

2) 自由出流和淹没出流的流量系数 μ_c 的表达式，其形式有所差别。自由出流时的 $\sum \zeta$ 比淹没出流的 $\sum \zeta$ 中少了一个出口局部水头损失系数，而有动能修正系数 $\alpha=1.0$ 。淹没出流时，没有动能修正系数 α ，而有出口局部水头损失系数 $\xi_{\text{出}}$ ， $\xi_{\text{出}}=1.0$ 。因而对同一管道来讲，自由出流和淹没出流时流量系数的值是相等的。

3) 上游水池的行近流速水头 $\frac{\alpha_1 v_0^2}{2g}$ ，应视其具体的大小，在计算时可以计入也可忽略不计。式(5-5)只适用于下游水池的流速水头 $\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$ 可以忽略的情形。

【例 5-1】 如图 5-4 所示，一简单引水管道，管长 $l=50\text{m}$ ，管径 $d=0.1\text{m}$ ，管道有两个 $R/d=4.0$ 的 90° 弯头，一个闸阀，已知管道沿程阻力系数 $\lambda=0.026$ ，试求当闸阀开度为 $1/2$ 、作用水头 H 为 25m 时的流量。

【解】 按短管计算，对自由出流，则

$$Q = \mu_c A \sqrt{2gH}$$

$$\mu_c = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta}}$$

$\sum \zeta$ 中包括 $\zeta_{\text{进}}$ 、 $\zeta_{\text{弯}}$ 、 $\zeta_{\text{阀}}$ 。

经查表 4-3 得， $\zeta_{\text{进}}=0.5$ ， $\zeta_{\text{弯}}=0.29$ ， $\zeta_{\text{阀}}=2.06$ 。

$$\begin{aligned} \mu_c &= \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \zeta_{\text{进}} + 2\zeta_{\text{弯}} + \zeta_{\text{阀}}}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{1 + 0.026 \times \frac{50}{0.1} + 0.5 + 2 \times 0.29 + 2.06}} \\ &= 0.2415 \end{aligned}$$

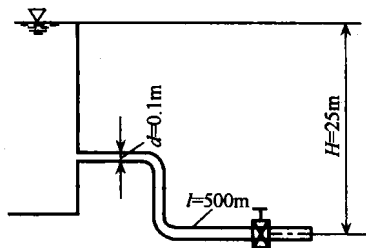


图 5-4

$$\begin{aligned}
 Q &= \mu_c A \sqrt{2gH} \\
 &= 0.2415 \times \frac{3.14 \times 0.1^2}{4} \times \sqrt{19.6 \times 25} \\
 &= 0.042 (\text{m}^3/\text{s})
 \end{aligned}$$

5.2.3 管径的确定

管径的确定是个影响因素较多的问题。从技术要求讲,若采用的管径小,其优点是管内流速大,管道的单位长度造价低、安装容易;缺点是水头损失也大,要求的水头也较高(如水塔加高),不但管长增加,抽水机的功率也增大,设备费和电能消耗相应增加。反之,采用的管径较大,缺点是管内流速小,单位长度管道的费用大,安装也较困难;优点是管内流速小,水头损失减小,运行费用和水塔高度也随之减小。因此,在满足流量要求和水流中的泥沙又不沉积的前提下,应按投资和运行费

用总和最小的原则,确定管道的经济流速 v ,然后再根据 $d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$ 确定其相应的管径 d 。

由于管径的选择是一个比较复杂的经济技术比较问题,所以,一般都用允许流速的经验值来确定管径。水电站压力隧洞的允许流速约为 2.5~3.5m/s;压力钢管的允许流速一般为 3~4m/s,最大不宜超过 5~6m/s。而给水管道中的流速一般在 0.2~3.0m/s,允许流速通常为 0.75~2.5m/s。抽水机吸水管的允许流速为 1.2~2.0m/s,一般不超过 2.5m/s,抽水机压水管允许流速则为 1.5~2.5m/s,一般不超过 3.5m/s;倒虹吸管的流速宜选用 1.5~2.5m/s。用允许流速确定管径的具体方法,见例 5-3。其他管道的允许流速见表 5-1。

表 5-1 管道允许流速 $v_{允}$ 表

管道类型	水电站	自流式供水系统		水泵式供水系统		一般给水管 道		
	压力引水管	电站水头在 15~60m 之间	电站水头小于 15m	吸水管	压力供水管	管径 d 在 100~200mm	管径 d 在 200~400mm	管径 d 在 400~1100mm
允许流速 $v_0/(\text{m/s})$	3~6	1.5~7.0	0.6~1.5	1.20~2.0	1.5~2.50	0.6~1.0	1.0~1.4	1.4~2.2

5.2.4 气穴与气蚀

我们知道,在标准大气压强作用下,将水加热到 100℃,水就会沸腾,从液体内部逸出大量蒸汽,形成气化。这说明温度是形成气化的原因,但形成气化的原因不仅仅只有温度,还有压强,例如在高原上烧水,由于高原气压低,水温还没有达到 100℃ 水就沸腾。由此可见,形成气化取决于温度和压强两个因素。在给定的温度条件下,水开始气化的临界压强(绝对压强)称为水的气化压强,以 p_v 表示。不同温

度下,气化压强是不同的,其值可通过实验测定。水在不同温度下的气化压强值见表 5-2。

表 5-2 不同温度下水的气压强值

温度 $t/^\circ\text{C}$	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
气化压强 p_v/γ /(m 水柱)	0.06	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.24	2.03	3.18	4.83	7.15	10.33

当水流某处的动水压强降低到相应水温的气化压强时,没有被水溶解的许多人们肉眼看不到的微小空气(叫气核),在低压下也不断膨胀逸出。蒸汽和空气在这些低压区聚焦,形成气泡,这种现象称为气穴(空穴),如图 5-5 所示。

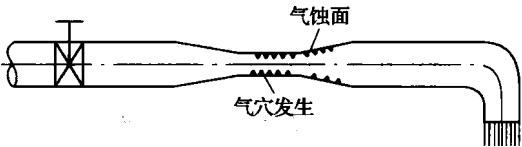


图 5-5

气泡产生后随着水流向前运动,进入下游的高压区,在高压区内,气泡内外受压失去平衡,外压促使气泡骤然溃灭。气泡溃灭过程,时间极短,四周水流质点以极大的速度去填充气泡空间,以致这些水流质点的动量在几乎无穷小的时间内突变为零,因此产生了巨大的冲击力冲击水力机械或管壁等固体表面。低压区的气泡不断地流来、溃灭,冲击力不断产生,就像锤击一样,不停地敲打着固体边界,并伴随发出声响,久而久之,便引起材料疲劳破坏而发生剥蚀,轻则形成麻面、蜂窝,重则造成贯穿的空洞。这种由于气泡骤然溃灭对固体表面不断冲击作用引起的剥蚀称为气蚀。

图 5-6 所示为离心泵的转轮和轴流泵的叶片气蚀作用而破坏的示意图。

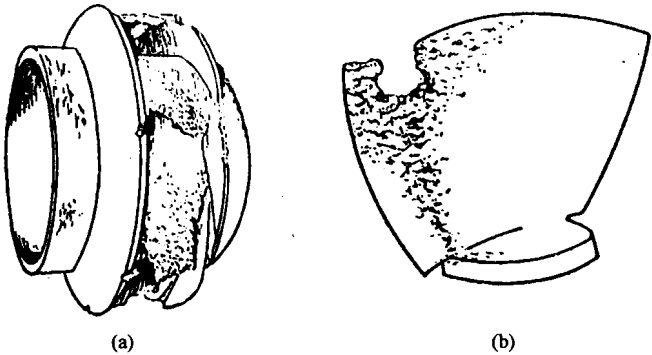


图 5-6

气穴和气蚀出现后,水轮机和水泵的效率会逐渐降低,破坏严重时,水力机械和水工建筑将无法正常运转。因此防止气蚀是设计和运用水力机械及水工建筑物要考虑的重要问题。

根据气蚀产生的成因,目前在工程上要避免或减轻气蚀,主要采取以下几个方面的措施:

- 1) 尽可能将边界轮廓设计成流线型。
- 2) 在建筑物施工时,尽可能提高建筑物表面的平整、光洁度。局部凸起处必须做成具有一定坡度的平面,以减少气蚀发生的可能性。
- 3) 对低压区进行人工通气,以减轻负压作用和缓冲气穴溃灭时的冲击作用。
- 4) 对于难于完全避免气穴的部位,选用高标号混凝土、环氧树脂加填料或合成塑胶等抗气蚀能力较强的材料进行护面,可以减轻气蚀的危害并延长建筑物的使用寿命。
- 5) 避免在水流中出现过低的低压区。

5.2.5 总水头线和测压管水头线的绘制

压强沿程变化是输水管道设计十分关心的问题之一。管道中出现过大的真空容易产生空化和气蚀,从而降低管道的输水能力,甚至危及管道安全;管道中出现过大的压强则不利于管道的安全运行,甚至引发爆管事故。因此设计管道系统时,应控制管道中的最大压强、最大真空值以及各断面上的压强,以保证管道系统的正常运行并满足用户的要求。

绘制测压管水头线和总水头线,可以直观了解位能、压能、动能及总能量的沿程变化情况。管道中心线与测压管水头线之间的距离反映压强的大小,若测压管水头线在管道中心线以下,则说明管道中出现了真空。而总水头线与测压管水头线之间的距离则反映了流速水头的大小。

1. 绘制总水头线和测压管水头线的具体步骤

- 1) 根据各管的流量 Q_i , 计算相应的流速 v_i , 沿程水头损失 h_{fi} 和局部水头损失 h_{ji} 。
- 2) 自管道进口到出口, 算出每一管段两端的总水头值, 并绘出总水头线。
- 3) 由于测压管水头线比总水头线低一个流速水头, 即

$$(Z + \frac{p}{\gamma})_i = (Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha v_i^2}{2g})_i - \frac{v_i^2}{2g}$$

在绘出总水头线后, 自总水头线铅直向下量取管道各个断面的流速水头 $v^2/2g$ 值, 即得测压管水头线。

2. 绘制总水头线和测压管水头线应注意以下原则

- 1) 在绘制测压管水头线和总水头线时, 等直径管段的 h_f 沿管长均匀分布; h_j 实际上发生于局部管段上, 在绘制时, 假设 h_j 集中发生在该局部边界变化的概化断面上。故在该断面上有两个总水头值, 一个是局部损失前的, 一个是局部损失后的, 如图 5-7 所示。

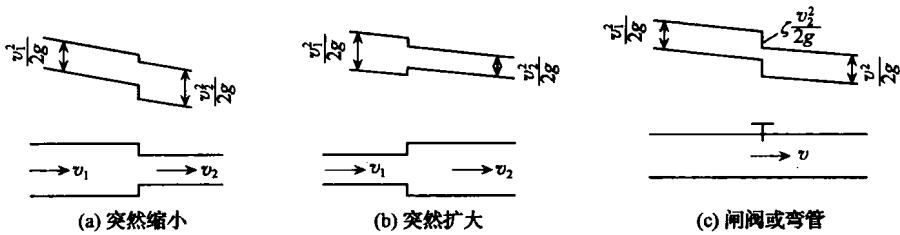


图 5-7

2) 在等直径管段中,测压管水头线与总水头线平行。

3) 在绘制总水头线时,应注意管道进口的边界条件,如图 5-8 所示。

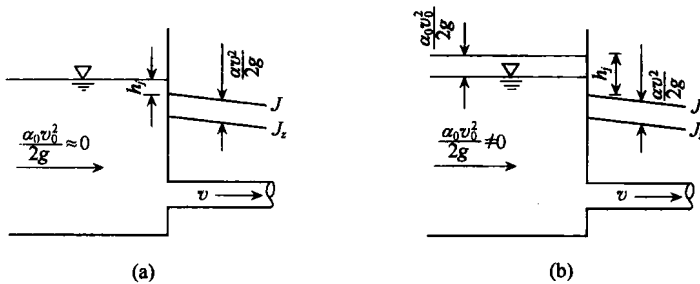


图 5-8

当上游行近流速 $v_0 \approx 0$ 时,总水头线的起点在上游液面,如图 5-8(a)所示。当 $v_0 \neq 0$ 时,总水头线的起点较上游液面高出 $\frac{\alpha_0 v_0^2}{2g}$,如图 5-8(b)所示。

4) 此外,还应注意管道出口的边界条件,如图 5-9 所示。

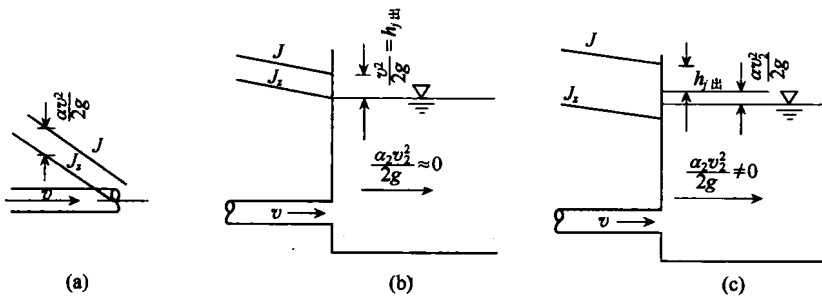


图 5-9

图 5-9(a)为自由出流,测压管水头线的终点应画在出口断面的形心上;图 5-9(b)为淹没出流,且下游流速 $v_2 \approx 0$,测压管水头线的终点应与下游液面平齐;图 5-9(c)亦为淹没出流,但下游流速 $v_2 \neq 0$,表示管流出口的动能没有全部损失掉,一部分转化为下游动能,尚有一部分转化为下游势能,使下游液面抬高,高于管

道出口断面的测压管水头。故测压管水头线的终点一般应低于下游液面。

5) 测压管水头线沿程可以上升或下降,但总水头线沿程只能下降。

3. 调整管道布置避免产生负压

测压管水头高于管轴线的部分其压强水头 $\frac{p}{\gamma}$ 为正。测压管水头低于管轴线,则压强水头 $\frac{p}{\gamma}$ 为负值,如图 5-10 所示中阴影部分,其大小为测压管水头低于管轴线的高度。

从图 5-10 可知,管道系统任意断面的压强水头 $\frac{p_i}{\gamma} = H_0 - h_{w0-i} - \frac{v_i^2}{2g} - Z_i$ 。可见,在管道系统工作水头 H_0 一定的条件下,影响压强水头的因素为上式中的后三项。可以通过改变这三项或其中一项来控制管中的压强。较有效的方法是降低管线的高度,以提高管道中压强的大小,避免管道中出现负压。

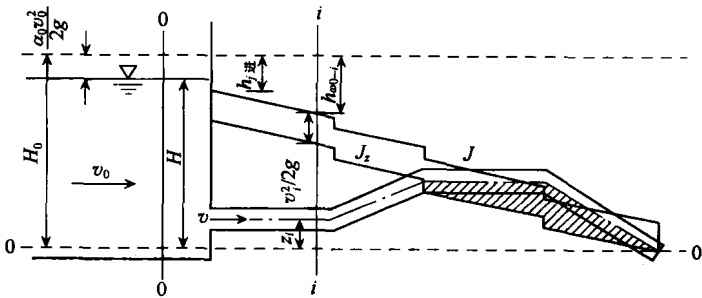


图 5-10

5.3 短管应用举例

5.3.1 虹吸管的水力计算

虹吸管是一种压力输水管道,它在布置上有一段管道高出其进口水面,如图 5-11所示。我国黄河沿岸,利用虹吸管引黄河水进行灌溉的例子很多。

虹吸管的工作原理是将管内空气排走使管内形成真空。由于上游管道进口处水面压强为大气压强,于是,上游的水在此压差的作用下从管口上升到顶部,然后流向下流。只要虹吸管内的真空不被破坏,并保持上、下游一定的水位差,水就源源不断地由上游通过虹吸管向下游流动。为了保证虹吸管能正常工作,管内真空值不能太大,一般不宜超过 7~8m 水柱高,因此,虹吸管顶部的安装高度受到一定限制。

虹吸管的水力计算主要有