

水力学解题指导

下册

[日]荒木正夫 椿東一郎 合著 杨景芳 主译

高等教育出版社

TV13-41

C92

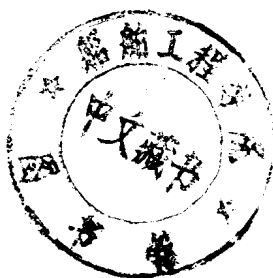
2

238467

水力学解题指导

下 册

[日] 荒木正夫 合著
椿 東一郎
杨 景 芳 主译



高等教育出版社

D439/30

本书各章节均由基本理论概述、例题、类题及问题组成,内容较丰富、全面,并注意结合工程实际。各类题目的选取都注意到要有利于对水力学基本原理的理解。全书共十二章,分上下两册。上册内容为:概述、水静力学、水流运动的基本原理、管路水力学、孔口与堰、水击与调压塔;下册内容为:明渠恒定流、明渠非恒定流、水文学、泥沙运动、波浪与海岸水力学、地下水与渗流。书后附有常用数表。

本书可供水利、土木类专业师生及工程技术人员参考。

水力学解题指导

下 册

[日] 荒木正夫 合著
椿東一郎

杨 景 芳 主译

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京市大白楼 印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 12.625 字数 304,000

1984 年 3 月第 1 版 1985 年 9 月第 1 次印刷

印数 00,001—6,450

书号 15010-0577 定价 2.90 元

译者前言

本书是日本九州大学教授、工学博士糖東一郎和信州大学教授、工学博士荒木正夫合著的。自一九六一年出版以来,在日本已印刷二十几次,颇受水利类、土木类的大学生和工程技术人员的欢迎。

本书分上下两册,共十二章。上册主要内容有:概述、水静力学、水流运动的基本原理、管流、孔流与堰流、水击与调压塔。下册主要内容有:明渠恒定流、明渠非恒定流、水文学、泥沙运动、波浪与海岸水力学、地下水与渗流。各章配有例题、类题及问题。类题及问题均附答案。书后附常用数表。

本书有以下几个特点:

(一) 重点放在对水力学基本内容的理解上,通过例题、类题及问题反复突出这一重点。

(二) 水力学内容全面、丰富,并且收入了较新的研究成果。

(三) 理论与工程实践结合得比较密切。题目多选自河川、港口、水力发电、水道和土木工程领域,并附有较详细的解释,以便培养学员解决实际工程问题的能力,对工程技术人员也有帮助。

(四) 书后附有各种常用数据,使用方便。

译者认为:该书确实是一本体系完整、内容丰富、结构新颖、对我国水利类和土木类的大学生及工程技术人员都有参考价值的好书。

参加本书翻译工作的有下列同志:

大连工学院水力学教研室杨景芳译第一、二、三、四、五、七、八

章及序言、目录、附表；钟炳盛译第十一章；魏启瑞译第十二章。

武汉水利电力学院水电工程施工教研室聂天慧和水电站教研室张师华合译第六章；泵及泵站教研室丘傅忻译第九章；河流泥沙工程教研室陈文彪译第十章。

全部译文由杨景芳核订。

由于译者水平所限，欢迎读者对译本中疏漏、错误之处给以批评指正。

译 者

1980年4月

序

本书是上册的继续，主要内容属于水力学中的明渠水力学范畴。即，由明渠恒定流、明渠非恒定流、水文学、泥沙运动、波浪与海岸水力学、地下水与渗流各章组成。

以往的题解书都是以推导定论的公式和说明其应用的格式编写的，本书的上册大体上遵守了这一格式。但是，在下册研究的许多内容都是近代水力学急速发展的领域，因此只用定论的公式对实用是不够的，推导许多最近新提出的公式无论如何是必要的。从这个意义上讲，也许是多少超出了一般题解书的范围。但是，理解这些新的研究成果，对于进一步研究水力学是颇有益处的。又考虑到对工程技术人员要有实用价值，故编著此书。

本书同样特别注意了上册序言中所讲述的三个重点，即，（1）重点放在对基本原理的根本理解上；（2）积极地吸收最新研究成果，叙述力求简明易懂；（3）选择土木工程实践中出现的例题，使成为工程技术人员的良好参考书。除此之外，上册的注意事项，例如对于初学者难解的例题，在题号右角加*号区别等在下册仍旧适用。

著 者

1962年3月

目 录

第七章 明渠恒定流.....	1
7.1 明渠恒定流的基本方程式.....	1
例题 (54)	
7.2 明渠均匀流.....	8
7.2.1 平均流速公式.....	8
例题 (55)	
7.2.2 标准形状渠道的均匀流计算.....	13
例题 (56)	
7.2.3 水力最佳断面.....	22
例题 (57)	
7.2.4 湿周由两种以上不同粗糙系数构成的渠道.....	25
例题 (58)	
7.2.5 临界底坡.....	28
例题 (59), 问题 (27)	
7.3 棱柱形渠道的非均匀流计算.....	32
7.3.1 宽矩形断面.....	33
例题 (60)	
7.3.2 用数值积分法计算棱柱形渠道的水面曲线.....	49
例题 (61), 问题 (28)	
7.4 非棱柱形渠道的非均匀流计算.....	55
7.4.1 试算法.....	55
例题 (62)	
7.4.2 图解法(艾司考弗方法).....	59
例题 (63)	
7.5 水流中产生控制断面渠道的非均匀流计算.....	63
例题 (64)	

7.6 产生水跃现象的渠道	69
7.6.1 水跃的水力学	70
例题(65)	
7.6.2 水跃位置的确定	78
例题(66), 问题(29)	
7.7 横向流入、流出的流动	84
例题(67), 问题(30)	
7.8 桥墩和跌坎等引起的局部流动	93
(渠中的跌坎、桥墩产生的壅水、水流流入产生的落差、拦污栅产生的壅水、转弯产生的落差)	
例题(68), 问题(31)	
7.9 急流渠道中的冲击波	100
(共振水深、冲击波角、沿急流弯曲水道壁面的水深)	
例题(69), 问题(32)	
第八章 明渠非恒定流	106
8.1 明渠非恒定流的基本方程式	106
(连续方程式、运动方程式)	
例题(70)	
8.2 断波	109
例题(71), 问题(33)	
8.3 洪水	114
8.3.1 洪水波的传播速度	115
例题(72)	
8.3.2 洪水波高及洪峰流量的衰减	121
例题(73)	
8.4 用微小振幅波理论研究感潮河流的流动	128
例题(74)	
8.5 用特性曲线解非恒定流的图解法	134
例题(75)	
8.6 水库的洪水调节计算	146

8.6.1 数值计算方法(埃克达尔解法).....	147
例题(76)	
8.6.2 图解法(程氏解法).....	151
例题(77)	
8.7 河道的洪水追踪.....	156
例题(78)	
第九章 水文学	161
9.1 水文统计.....	161
(正态分布、对数正态分布、哈赞图上推定法、矩量法、冈贝 尔-周法)	
例题(79)	
9.2 雨量和径流量.....	170
9.2.1 面积平均雨量的计算.....	170
例题(80)	
9.2.2 DAD 解析.....	174
例题(81)	
9.2.3 有效雨量和直接径流量.....	180
例题(82)	
9.3 洪峰流量的计算.....	189
9.3.1 按合理化公式求得的河川洪峰流量.....	189
例题(83)	
9.3.2 城市下水道的洪峰流量.....	193
例题(84)	
9.4 单位过程线法.....	195
9.4.1 单位图(单位线)和流量分配图.....	195
例题(85)	
9.4.2 单位过程线(单位图)的绘制.....	201
例题(86)	
9.4.3 单位过程线的单位时间变换.....	205
例题(87)	

9.5 径流函数法	208
9.5.1 径流函数法(佐藤·吉川·木村的方法)	208
例题(88)	
9.5.2 综合单位图(中安的方法)	213
例题(89)	

第十章 泥沙运动219

10.1 临界拖曳力(或起动拖曳力)	219
10.1.1 拖曳力	219
例题(90)	
10.1.2 临界拖曳力(或起动拖曳力)	221
例题(91)	
10.2 推移质输沙率	230
(规定推移质输沙率的无因次量、杜堡埃型的指数公式、佐藤·吉川·芦田公式、爱因斯坦的推移质输沙函数)	
例题(92)	
10.3 悬移质输沙量	240
(悬移质含沙量分布、悬移质输沙量)	
例题(93)	
10.4 稳定河道	250
例题(94)	

第十一章 波浪与海岸水力学257

11.1 波浪的一般性质	257
(波动方程式、正弦波、立波、群速)	
例题(95)	
11.2 表面波	261
11.2.1 浅水波与深水波	262
例题(96)、例题(97)	
11.2.2 有限振幅波与破碎条件	277
例题(98)	

11.3	长波与海啸	285
11.3.1	长波	285
	例题(99)	
11.3.2	海啸	290
	例题(100)	
11.4	风成波的成长	292
	(S-M-B 法、莫利托公式)	
	例题(101)	
11.5	海岸处波浪变形	299
11.5.1	浅海区域的波浪变形与破碎波	300
	例题(102)	
11.5.2	波浪的折射	305
	例题(103)	
11.6	波力	309
11.6.1	立波的波压	310
	例题(104)	
11.6.2	破碎波的波力	318
	例题(105)	
11.6.3	抛石堤斜面上的抛石受到的波力	326
	例题(106)	
11.7	漂沙	329
	(漂沙的性质、沿岸流速、沿岸漂沙量)	
	例题(107)	
第十二章 地下水与渗流		337
12.1	达西定律与基本方程式	337
12.1.1	达西定律	337
	例题(108)	
12.1.2	地下水的基本方程式	343
	例题(109)	
12.2	井的问题	349

12.2.1 承压井	349
例题(110)	
12.2.2 深井和浅井	356
例题(111)	
12.2.3 井群	360
例题(112)	
12.2.4 非恒定状态下水头下降公式	363
例题(113), 问题(34)	
12.3 建筑物基础下的地下水和扬压力	368
例题(114), 问题(35)	
12.4 堤防和土坝的渗流	374
12.4.1 堤体内的恒定渗流	374
例题(115)	
12.4.2 堤体内的非恒定渗流	378
例题(116)	
附 录	383
双曲线函数表	383
2/3次方表	386
参考书	390

上册主要内容

第一章	概说
第二章	水静力学
第三章	水流运动的基本原理
第四章	管路水力学
第五章	孔口和堰
第六章	水击与调压塔
附录	

第七章 明渠恒定流

明渠水流分为两大类,水深和流速随时间变化的非恒定流(Unsteady flow)(如洪水波和受潮汐影响的河流),和水深及流速不随时间变化的恒定流(Steady flow)。在恒定流中,水深和流速在流动方向上不变化的流动叫做均匀流(Uniform flow),水深和流速在流动方向上变化的流动叫做非均匀流(Non-uniform flow)。均匀流见于断面、底坡不变的长渠道中,非均匀流见于断面、底坡变化渠道中的流动,和河道中建坝或者河口水深由外部条件确定的场合。

明渠水流如上册 3·5 节中所述,由于流动是急流或者是缓流水面曲线的性质大不相同,所以流动的佛汝德数($V/\sqrt{gh}$)具有重要意义。又,层流和紊流的摩擦阻力规律也不相同。但是,因为在实际的明渠中层流是非常稀少的,所以本章中研究的全是紊流。

7.1 明渠恒定流的基本方程式

在底坡 i 较小的明渠恒定流中,可取 $\cos\theta \doteq 1$, $\sin\theta \doteq i$ 。象图 7·1 那样沿流动方向取 x 轴,铅直向上取 z 轴。在水深 h 和流速 V 缓慢变化、铅直方向的加速度可以忽略时,压力服从静水压力分布

$$\frac{p}{w} = h - z_1$$

因此,水流中一点 P 的比能若以图中的水平线为基准,设河床到基准线的距离为 z ,则 $E = z + z_1 + \frac{p}{w} + \frac{V^2}{2g} = z + h + \frac{V^2}{2g}$, 在一个铅直面上的平均比能可以用下式表示。

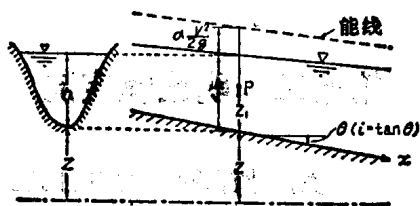


图 7.1

$$E = z + h + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

式中 α 是由于流速分布不均匀的改正值。在明渠水流中常取为 1.0 ~ 1.1 (注)。

若将考虑摩擦损失的伯诺里定理运用于相距 dx 的两个断面，设水力半径为 R ，则得

$$z + h + \alpha \frac{V^2}{2g} = \left(z + h + \alpha \frac{V^2}{2g} \right) + \frac{d}{dx} \left(z + h + \alpha \frac{V^2}{2g} \right) dx$$

(x断面的比能) {(x+dx)断面的比能}

$$+ f \frac{dx}{4R} \frac{V^2}{2g}$$

(dx 间的摩擦水头损失)

在上式中引入 $-\frac{dz}{dx} = i$ (底坡) 及用谢才系数 C 代替 f (由表 4.1, $f = 8g/C^2$)，若用连续公式 $V = Q/A$ (Q : 流量, A : 过水断面积) 改写上式，则得

$$-i + \frac{dh}{dx} + \frac{\alpha Q^2}{2g} \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{A^2} \right) + \frac{1}{C^2 R} \left(\frac{Q}{A} \right)^2 = 0 \quad (7.1)$$

在 (7.1) 式中, $i - \frac{dh}{dx} = I$ 是水面坡度, 第 3 项是动能坡度, 第 4 项是单位长度上的摩擦能量损失。又, 用下式定义的 I 叫做能量坡度。

$$I_e = i - \frac{dh}{dx} - \frac{\alpha Q^2}{2g} \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{A^2} \right) \quad (7.2)$$

若设水面宽度为 b , 水流的最大水深为 h , 则任意形状的断面面积 A 可以表示为 b 和 h 的函数。一般有

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{A^2} \right) = -\frac{2}{A^3} \frac{dA}{dx} = -\frac{2}{A^3} \left(\frac{\partial A}{\partial h} \frac{dh}{dx} + \frac{\partial A}{\partial b} \frac{db}{dx} \right)$$

特别是在断面形状沿 x 方向不变化的棱柱形渠道中, 因为有 $b = f(h)$ 关系, 所以 A 只是 h 的函数, 则

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{A^2} \right) = -\frac{2}{A^3} \frac{\partial A}{\partial h} \frac{dh}{dx}$$

若将上面两式分别代入(7.1)式, 则得到如下的基本方程式

$$\text{一般断面} \quad \frac{dh}{dx} = \frac{i + \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial b} \frac{\partial b}{\partial x} - \frac{1}{C^2 R} \left(\frac{Q}{A} \right)^2}{1 - \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial h}} \quad (7.3)$$

$$\text{棱柱形断面} \quad \frac{dh}{dx} = i \frac{1 - \frac{1}{C^2 R i} \left(\frac{Q}{A} \right)^2}{1 - \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial h}} \quad (7.4)$$

又, 在用曼宁的粗糙系数 n 时, 可以用 $C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$ 代替上面公式中的 C 。

(注) 对于宽矩形断面的 α 值, 设摩擦水头损失系数为 f , 斯特特(Streeter)给出下式。

$$\alpha = 1 + 2.34f - 1.84f^{\frac{3}{2}}$$

严格地讲 α 是 f 的函数。但是, 在 $f = 0.02 \sim 0.05$ 时, 因为 α 接近于 1 [例如 $f = 0.03$ ($C = 51$) 时, $\alpha = 1.061$], 所以一般认为 α 为常数。也有的令 $\alpha = 1.1$, 而为了简单常令 $\alpha = 1.0$ 。

例题(54)

[7.1] 在宽为 b , 底坡为 i 的宽矩形渠道中, 求流量为 Q 时

的非均匀流的基本方程式。

解 若将 $A=bh$, $\frac{\partial A}{\partial b}=h$, $\frac{\partial A}{\partial h}=b$,

$$R = \frac{bh}{b+2h} = \frac{h}{1+(2h/b)} \doteq h$$

代入(7.3)式, 则得

$$\frac{dh}{dx} = \frac{i + \frac{\alpha Q^2}{gh^2 b^3} \frac{db}{dx} - \frac{Q^2}{C^2 h^3 b^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{gh^3 b^2}}$$

[类题] 在底坡为 i , 顶角为 2θ 的三角形棱柱渠道中, 试推导流量为 Q 时的非均匀流的基本方程式(图 7.2)。

解 在(7.4)式中

$$A = \tan \theta \cdot h^2 = ah^2 (a = \tan \theta)$$

$$R = \frac{\tan \theta \cdot h^2}{2 \sec \theta \cdot h} = \frac{\sin \theta}{2} h = \beta h \quad \left(\beta = \frac{\sin \theta}{2} \right)$$

$$\frac{\partial A}{\partial h} = 2ah,$$

$$\therefore \frac{dh}{dx} = i \frac{1 - \frac{Q^2}{C^2 \beta a^2 i h^5}}{1 - \frac{2aQ^2}{ga^2 h^5}}$$

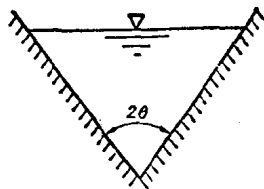


图 7.2

[7.2]* 在模型实验时, 为了保持模型与实物的现象在力学上相似, 两者应该满足相同的基本方程式。现在, 作水平缩尺为 1/100, 铅直缩尺为 1/50 的河流模型, 求进行河流模型实验时的相似条件及流速、流量的缩尺。假设, 河道的粗糙系数为 0.025, 河道宽为 200m, 水深为 3~5m。

解 用曼宁摩擦阻力公式, 将 $C=R^{1/6}/n$ 代入(7.1)式, 则得

$$\frac{1}{2g} \frac{\partial V^2}{\partial x} = i - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}}$$

若模型加脚标 m , 实物加脚标 p , 则为了模型与实物在力学上相似, 确定两个水流的基本方程式, 即

$$\text{原型} \quad \frac{1}{2g} \frac{\partial V_p^2}{\partial x_p} = i_p - \frac{\partial h_p}{\partial x_p} - \frac{n_p^2 V_p^2}{R_p^{4/3}} \quad (1)$$

$$\text{模型} \quad \frac{1}{2g} \frac{\partial V_m^2}{\partial x_m} = i_m - \frac{\partial h_m}{\partial x_m} - \frac{n_m^2 V_m^2}{R_m^{4/3}} \quad (2)$$

应该相同。

现在, 设模型的时间缩尺为 T , 水平缩尺为 X , 铅直缩尺为 Z 。并令

$$t_m = T t_p, \quad x_m = X x_p, \quad h_m = Z h_p \quad (3)$$

则流速、流量的缩尺分别如下。

$$\left. \begin{aligned} V_m \left(\propto \frac{x_m}{t_m} \right) &= \frac{X}{T} V_p, & A_m (\propto x_m h_m) &= X Z A_p \\ i_m \left(\propto \frac{z_m}{x_m} \right) &= \frac{Z}{X} i_p, & Q_m = A_m V_m &= \frac{X^2 Z}{T} Q_p \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

为了求相似条件, 将(3), (4)式代入(2)式并加以整理, 则模型上流动的基本方程式成为下式。

$$\frac{1}{2g} \frac{\partial V_p^2}{\partial x_p} = \frac{Z T^2}{X^2} \left(i_p - \frac{\partial h_p}{\partial x_p} \right) - \frac{n_m^2 X}{R_m^{4/3}} V_p^2 \quad (2')$$

从而由(1)及(2')式得相似条件如下:

$$X^2 / Z T^2 = 1 \quad (5)$$

$$\frac{n_m^2 X}{R_m^{4/3}} = \frac{n_p^2}{R_p^{4/3}} \quad \text{或者} \quad \frac{n_m}{n_p} = \left(\frac{R_m}{R_p} \right)^{2/3} \frac{1}{\sqrt{X}} \quad (6)$$

因为流动的佛汝德数是用 $V/\sqrt{gh}$ 定义的, 所以(5)式表示原型水流与模型水流的佛汝德数应该保持相等, 叫做佛汝德相似条件。而(6)式是底面粗糙系数换算公式。

如题所给的矩形断面渠道, 因为水力半径之比是