

河工原理

〔荷〕 P.Pb. 简森 等著
卢 汉 才 等译

人民交通出版社

HEGONGYUANLI

河 工 原 理

Hegong yuanli

〔荷〕 P.Ph. 简森 等著
卢 汉 才 等译

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书是荷兰《河工学》的增订版，在欧洲被认为是河工学的代表作。内容包括：治河工程总论；河道水流及泥沙运动；河道测量；河工模型及治河工程等。主要讨论无潮冲积河流的河道工程问题。综合论述了河道工程中所遇到的各种问题及解决这些问题的方法和手段。书中对欧美各国的水质污染和控制处理、河道测量的现代技术、航道工程的经验以及河道工程的数学模型、物理模型等都作了详细的论述。

本书第一、三、五章由赵世强、陈远信、蔡金德、陈家扬译，彭荣阁教授初校，卢汉才、张定邦二校；第二、四章由卢汉才、张定邦、朱南华、王育林、王益良译，卢汉才、张定邦校。卢汉才对全书进行统一整理工作。

Principles of river engineering

1. Rivers-Regulation

I. Jansen, PP

627.12 TC405 79-40141

ISBN 0-273-01139-1

© J van den Berg and M de Vries 1979

河 工 原 理

〔荷〕 P.Ph. 简森 等著

卢 汉 才 等译

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：27.5 插页：1 字数：629千

1986年1月 第1版

1986年1月 第1版 第1次印刷

印数：0001—1,300册 定价：6.80 元

所用符号一览表

A	$[L^2]$	断面面积; 面积
A_s	$[L^2]$	输水断面面积
B	$[L]$	蓄水宽度; 宽度
B_s	$[L]$	河流宽度
BOD_5^{20}		5 整日 20℃时的生化氧需要量
C	$[L^{\frac{1}{2}}T^{-1}]$	谢才系数
C	$[-]$	浓度
C_F, C_D	$[-]$	阻力系数
c	$-$	浓度
c	$[LT^{-1}]$	波速
c_b	$[LT^{-1}]$	造床速度
D	$[-]$	数值衰减因子
D	$[L]$	颗粒直径
$\bar{D}, D_M$	$[L]$	平均颗粒直径
D_g	$[L]$	颗粒几何平均直径
D_n	$[L]$	试样中百分之 n 比之小的颗粒粒径
D_{50}	$[L]$	颗粒中值粒径
D	$[L^2T^{-1}]$	扩散系数
D_{11}	$[L^2T^{-1}]$	x 方向的扩散系数
D_{22}	$[L^2T^{-1}]$	y 方向的扩散系数
E	$[ML^2T^{-2}]$	能量
F	$[-]$	弗汝德数
F	$[MLT^{-2}]$	力
F	$[LT^{-1}]$	通量(示踪剂)
$F(\dots)$		函数
$f(\dots)$		函数
f	$[-]$	达西-威斯巴辛摩擦系数
G	$[MLT^{-2}]$	重量
g	$[LT^{-2}]$	重力加速度
H	$[L]$	能头; 河床形态高度
h	$[L]$	水深; 平均水深
$\bar{h}$	$[L]$	平均水深
h_n	$[L]$	正常水深
h_c	$[L]$	临界水深

I_1	$[-]$	修正贝塞尔第一类和第一阶函数
i	$[-]$	平均能坡
i_b	$[-]$	平均底坡
i_c	$[-]$	平均临界底坡
i_w	$[-]$	水面平均坡度
K	$[L^2T^{-1}]$	扩散系数
k	$[L]$	河床糙率
k	$[-]$	卡门常数
k	$[L^{-1}]$	波数
k_1	$[L^{-1}]$	单颗粒平均步长倒数
k_2	$[T^{-1}]$	单颗粒静止周期的平均历时的倒数
L	$[L]$	长度; 距离
l	$[L]$	混合长度
N	$[ML^2T^{-3}]$	功率
N	$[T]$	形态变化时间比尺
n	$[-]$	比尺系数; 数字
M	$[M]$	质量
m	$[L^{-1}T]$	波速的倒数($1/c$)
P	$[L]$	湿周
$P\{\dots\}$		概率; 积概率
P	$[ML^{-1}T^{-2}]$	压力
P	$[-]$	水电站负荷系数
$\bar{p}, p$	$[ML^{-1}T^{-2}]$	平均压力
p'	$[ML^{-1}T^{-2}]$	压力差($P - \bar{p}$)
Q	$[L^3T^{-1}]$	流量
q	$[L^2T^{-1}]$	单宽流量
R	$[L]$	水力半径; 半径
R	$[L^3]$	水库库容
R	$[LT^{-2}]$	水力阻力项
Re	$[-]$	雷诺数(uh/ν ; wD/ν)
Re_*	$[-]$	边界层雷诺数(u_*D/ν)
R_m	$[L]$	弯曲曲度半径
r	$[L]$	向径或圆柱坐标; 半径
r	$[-]$	变率
rC	$[-]$	浓度的相对精度
S	$[L^3T^{-1}]$	输沙率
S	$[不定]$	总和; 标准差概算
S_b	$[L^3T^{-1}]$	推移质输沙量
S_s	$[L^3T^{-1}]$	悬移质输沙量
S_w	$[L^3T^{-1}]$	冲泻质输沙量

S_t	$[L^3T^{-1}]$	总输沙量
s_b	$[L^2T^{-1}]$	单宽推移质输沙量
s_B	$[L^2T^{-1}]$	单宽悬移质输沙量
s_w	$[L^2T^{-1}]$	单宽冲泻质输沙量
s_t	$[L^2T^{-1}]$	单宽输沙总量
s	$[L]$	水流方向圆柱坐标
T	$[T]$	周期
T	$[^{\circ}C]$	温度
t	$[T]$	时间; 时间坐标
U	$[LT^{-1}]$	x 方向的分流速; x 方向断面平均流速(Q/A_s)
$u, \bar{u}$	$[LT^{-1}]$	x 方向时间平均分流速; x 方向沿深平均流速
u'	$[LT^{-1}]$	x 方向紊动分流速($U - \bar{u}$)
u_*	$[LT^{-1}]$	x 方向的剪切流速
u_1	$[-]$	x 方向无尺度流速($\kappa u/u_*$)
V	$[LT^{-1}]$	y 方向分流速
$\bar{V}$	$[L^3]$	体积
$v, \bar{v}$	$[LT^{-1}]$	y 方向时间平均分流速; y 方向沿深平均流速
v'	$[LT^{-1}]$	y 方向水流紊动分速($V - \bar{v}$)
W	$[LT^{-1}]$	z 方向分流速; 颗粒沉速
$\bar{w}$	$[LT^{-1}]$	z 方向时间平均分流速; x 方向泥沙平均通量
w	$[LT^{-1}]$	x 方向泥沙通量; 颗粒沉降速度(降落速度)
w'	$[LT^{-1}]$	z 方向紊流分速($W - \bar{w}$); x 方向泥沙通量的脉动($w - \bar{w}$)
X	$[-]$	无尺度的输沙参数($s_b/D^3/2\sqrt{g\Delta}$)
x	$[L]$	水流方向坐标
Y	$[-]$	无尺度的水流参数($\Delta D/\mu h i$)
y	$[L]$	横向坐标
z	$[L]$	垂向坐标; 高程
z_0	$[L]$	流速或流量为零时高程
z_b	$[L]$	河床高程
z_w	$[L]$	水位高程
α	$[-]$	角度; 垂线非均匀流速改正系数
α'	$[-]$	全断面非均匀流改正系数
β	$[-]$	角度
Γ	$[-]$	理论浓度
γ	$[-]$	角度
Δ	$[-]$	相对密度($(\rho_s - \rho)/\rho$); 增量
δ	$[L]$	底粘性层厚度; 底沙运动厚度
δ	$[-^{\circ}]$	角度
ε	$[L^2T^{-1}]$	涡流的粘滞性

ε	$[-]$	孔隙率
δ	[不定]	平均误差
ξ	$[-]$	能头损失系数; 无尺度高程 $[z/h]$ 无尺度距离 $(k_1 x)$
η	$[-]$	无尺度高程 (z/h)
θ	$[-]$	角度; 无尺度时间 $(k_2 t)$; 重率
λ	$[L]$	波长
μ	$[-]$	脉动系数; 改正系数
ν	$[L^2 T^{-1}]$	动粘滞度
ρ	$[ML^{-3}]$	水的密度
ρ_m	$[ML^{-3}]$	模型沙材料密度
ρ_s	$[ML^{-3}]$	泥沙密度
Σ	[不定]	总和
σ	[不定]	标准差
τ	$[ML^{-1} T^{-2}]$	剪应力
τ_b	$[ML^{-1} T^{-2}]$	底部剪应力
τ_c	$[ML^{-1} T^{-2}]$	临界剪应力
τ	$[L^2 T^{-1}]$	单位宽度单位时间所用示踪剂
τ_s	$[L^2]$	单位宽度上用的示踪剂
$\tau_{..}$	$[L^3]$	应用的示踪剂
ϕ	$[L^2 T^{-1}]$	势函数
ϕ	$[-]$	静止角; 角度
ϕ	$[-]$	角度; 角坐标; 相对波速 (c/u)
ψ	$[-]$	无尺度剪应力 $(\tau_b/(\rho_s - \rho)gD = u_*^2/\Delta gD)$ 无尺度泥沙输移参数 $(h^{-1}ds/du)$
ω	$[-]$	角速度

序 言

编写这本《河工书》的想法——犹如在它的编写期间为人们所知道的那样——是在大约八年以前首次提出的。它的来源甚至要追溯到更早以前，即五十年代末，由荷兰发展工程公司(NEDECO)为尼日利亚政府承担的尼日尔河和贝努埃河的广泛研究。这些研究和大量的普遍性资料，曾在“关于尼日尔河和贝努埃河的河道研究及改善建议”(1959)中提出。因为该书涉及广泛的而其他地方未曾见到的学科内容，它随后就成为许多河工工程师的基本手册。在第一版售完以后，社会上的需求量仍然很大，显然，为了保持它的使用价值，该书需要进行修订。与其以个别河系为基础来修订一本书，就不如出版一本关于一般河工的全新的书，以填补工程文献中的一个空白。

设立了一个编辑委员会来承担这一主要的工作。这个委员会的成员是来自德尔夫特(Delft)技术大学、荷兰公共工程部(Rijkswaterstaat)、荷兰发展工程公司(NEDECO)和德尔夫特水工实验室。他们是本书的主要作者，但是许多其他参加者，也起了重要作用。

这本《河工书》曾花了几年时间才最后定稿。在这段时间里，反复对它进行了修改和订正，并且现在可以认为它是当代河工学的代表作。

本书引以自豪的是向读者提供一个总的轮廓，以便有可能用正确观点来领会河道工程的各个方面。本书并没有包括对各种涉及的问题现有的全部详细资料。毋庸置疑，许多资料必须舍弃，以使本书保持在合理的篇幅以内。出于同样的理由，作者们主要限于研究无潮的冲积河流和单纯的河道工程，而没有研究例如，河谷发育的型式。在这个范围内，本书旨在着重综合评述决定河流特性的因素，在于综合评述河道工程中所遇到的各种问题，以及解决这些问题的方法和手段。如需要详细的资料，可参考本书所附的许多参考文献。

当然，河工中的问题还都不是都能简单地解决的。对于水流运动、泥沙运动、河床形态变化等的复杂性质，我们的知识和理解还有许多空白。然而，河工工程师可以应用现代设备和先进技术来探求河流的各种性质。他可以利用比尺模型和数学模型来增进对河流特性的深入理解。然后，把经验和对水和沙运动规律的严密基本知识相结合，工程师就应该能够满意地掌握大多数河工问题。

本书预期既可供从事实际工作的河道工程师使用，又可供希望知道该学科的最新发展及其广阔背景的研究生使用。前者在本书的帮助下，可以在各方面以正确的判断来处理问题，而不致忽略任何一个方面。

本书分为五章。第一章是治河工程总论，其次三章论及基本的课题，如河道水力学、河道测量及河工模型，最后一章是在治河工程的前提下论述它们的应用。应该着重指出，把本书作为一个整体来学习，而不是仅仅注意个别的章节，则将获得最大的收益。

许多国家的专家发表的研究成果，曾被广泛采用。特别应该提到的是上述尼日尔河和贝努埃河的‘河流研究’。另外，应该提到的一事是：作者们虽然认为他们的结论一般是正确的，但他们也承认有极少实例是从莱茵河的广泛经验中提炼出来的。他们感到他们的选择是正确的，因为莱茵河是要求人们经常注意的河流中的一个好例子，它实际上提供了如此范围

广泛的河工问题。

最后，我要感谢编辑委员会的同事们和其他参加者，感谢他们在这些年的准备工作中投入的辛勤劳动和表现的坚强毅力，他们中的许多人还遇到把编写工作插入已经紧张的日程中的大问题。

P.Ph.简森(Jansen)

1978, 11于海牙

目 录

序 言

第一章 治河工程总论

第一节 绪言	1
第二节 河流特性	5
一、河道	5
二、流域面积	7
三、降雨——径流	9
四、泥沙产量	11
第三节 河流的利用	15
一、引言	15
二、航运	16
三、水力发电	19
四、供水	21
五、灌溉	23
六、规划、立法	25

第二章 河道水力学

第一节 引言	28
第二节 水流运动	28
一、概述	28
二、稳定流	34
三、不稳定流	53
四、热或溶解物质的扩散	66
第三节 泥沙的输移	70
一、概述	70
二、河床形态及冲积河床的糙率	77
三、输沙公式	92
四、不稳定流情况	106
第四节 河流形态学	113
一、引言	113
二、平面形态	115
三、纵剖面	123
四、河弯	124
五、河道特性	128

六、分汊和汇流.....	128
第五节 河流的水质.....	133
一、引言.....	133
二、河流生物的生态学.....	133
三、污染源.....	137
四、氧的平衡.....	140

第三章 河 流 测 量

第一节 引言：河流勘测的目的和组织.....	146
第二节 测绘.....	147
一、概述.....	147
二、空中摄影的原理.....	147
三、地图.....	149
四、航空摄影照片的判读.....	152
第三节 水位.....	152
一、概述.....	152
二、观测设备的设置.....	152
三、仪器.....	153
四、资料整理.....	156
五、精度.....	160
第四节 河床高程.....	160
一、概述.....	160
二、测量的布置.....	161
三、仪器.....	163
四、资料整理.....	168
五、精度.....	169
第五节 流量.....	173
一、概述.....	173
二、仪器.....	175
三、确定流量的方法.....	178
四、流量资料的统计评价.....	183
第六节 水位—流量关系.....	187
一、概述.....	187
二、水位流量关系曲线的确定.....	187
三、精度.....	188
四、汇流和分汊处水位流量关系曲线的修正.....	190
第七节 泥沙.....	190
一、概述.....	190
二、河床质取样.....	191
三、推移质测量.....	195

四、悬移质测量	201
五、示踪法	204
第八节 水质	211
一、概述	211
二、取样	211
三、监测	212
四、生物的观察	212

第四章 河工模型

第一节 引言	214
第二节 数学模型	214
一、一般原理	214
二、准稳定河床上的稳定水流	217
三、准稳定河床上的非稳定流	226
四、活动河床水流	251
五、水质	259
第三节 比尺模型	268
一、引言	268
二、定床模型	270
三、动床模型	273
四、水工建筑物模型	275
五、比尺模型实例	277

第五章 河流工程

第一节 引言	284
第二节 河床整治	285
一、临时性河道改善措施	285
二、低水河床高程的改变	293
三、河道整治	296
四、永久性整治建筑物	309
五、洪漫滩工程	319
第三节 流量调节	325
一、原理	325
二、水库的运用	326
三、形态影响	330
第四节 水位控制	332
一、目的和应用	332
二、固定堰	332
三、活动堰	335
四、结构性质的详述	338

第五节 水质控制	340
一、概述	340
二、水流标准	340
三、陆上基地的水质控制	344
四、河流中水质控制	345
第六节 综合利用的治河工程	346
一、洪水控制和洪泛区的排水	346
二、航运	364
三、水力发电	375
四、给水	381
五、污水排泄	395
六、公路、铁路、管道、电缆及渠道交叉建筑物	397
七、土壤保护和泥沙的应用	412
八、自然保护和游览	415
九、综合利用工程	416

第一章 治河工程总论

第一节 绪 言

从欧拉(Euler)发表“流体运动的一般原理”，到数学模型的广泛应用，经过了两个世纪。在这期间，工程师们经过一千多年的过程，获得了大量实践知识，学会了用经验方法设计，并逐渐开始重视数学家们所提出的理论。随着对水流运动的理论处理，需要进行一系列的系统实验。许多科学家的工作满足了这个需要。

工程师除了使理论适用于实践，并充分利用现有工具以外，还面临着一个新的课题：那就是为一个日益前进的社会，使先进技术的现代化工作得以实施，在这个社会里，许多学科的科学家用，探索着工程师们以前未曾争论过的领域中的问题。本书作者们所以认识到这一课题，是由于他们每个人都参加过多科性的设计组，这种设计组是为解决许多特殊问题而设立的。然而他们没有涉及各学科之间的问题，而只限于汇编尚未广泛介绍的设计工具。

作者试图提供关于泥沙输移和形态学理论的现状，从而说明这些理论对于河道工程师的适用范围。此外，还感到现场测量方法及其操作过程，也是需要革新的重要工具。数学模型和比尺模型(有时叫做物理模型)也在本书中讨论了。最后，从事实际工作的河道工程师在某些特定工程中必须利用模型的时候，将在本书的末尾部分，找到许多问题的解答。

河流的自然状态和人们利用河流的要求，很少是一致的。当前进的社会增加对自然界的需求时，更是这样。因此，兴建河道工程，改变河流的各个方面，以便获得更多的效益或较少的损害。河道工程能使河床，包括河岸、流量或水位发生变化。这三类河工的主要内容，在第五章中讨论。在第五章前面的其它各章中，阐述理论依据。

人们总是利用河床的改变，来帮助解决特定区域的冲刷或淤积问题。这些问题可能涉及几米或几百公里的长度。冲刷或淤积过程可能在几小时内实现，或在几个世纪中才能达到平衡。上述区域可能涉及河岸或桥墩的防冲、通航河道的浚深、河道分叉口的改变，从而使两支水流的流量重新分配，或大型水库下游的全河刷深等等。所有这些问题，都与河床的形态有关。河道工程的性质，与解决问题的方式(如果可能解决的话)有关，可以分为临时性或重复性工程及永久性工程。现举例说明其区别。假定某一河段的水深必须增加，可以用疏浚的方式解决问题。然而在几个月或一年之后，这个区域也许又淤积起来，因而这个整治方法又必须重复施行。另一方面，河床可用丁坝加以限制，以取得永久加深的水道。在这种情况下，一个新的平衡(在不同于整治前的河宽和深度的情况下)，将出现于受控制的河段和上游没有发生变化的河段之间。而在前一情况下，疏浚段由于断面加大，而泥沙输移能力减小，它与上游河段输沙能力的差异，意味着河道将终于恢复到它的最初状态。对于重复性工程和永久性工程，都必须知道输沙量，不同断面的输沙能力和发生变化所需要的时间。也必须知道临时性或永久性工程所引起的干扰，将在什么时间向上游或向下游移动多少距离。

对于另外两类河道工程，即改变流量或水位的工程，也必须回答差不多同样的问题。这两类工程的措施，都必须涉及河水对于降雨的天然依存关系。因为降雨和径流的形式，很少

与人类的要求相吻合，所以提出了系统的整治方法，例如：在水库里临时蓄水以控制洪水；建筑一系列的堰以增加水深。这些工程对于控制流量和调节水位的快速效果，是显而易见的；但是在工程附近和较远的上游或下游，地貌变化引起的后果也必须予以重视，并须确定其数量。

除了这三类工程以外，河道工程师还日益面临着水质方面、有时是泥沙方面的问题。当遇到特殊河段的实际情况时，他是无能为力的，除非他能对污染源、污水和其它废物加以处理。关于污染问题的一般知识和水生有机物对水中物质的力学知识，也列入了本书相应的各小节中。但因本书主要是涉及上述三类河道工程，所以它们的篇幅和深度受到限制。

冰凌问题本书未予论述，读者可参考国际水力学会—常设国际航运委员会[IAHR-PIANC (1974)]，拉兹洛夫[Laszloffy(1956)]和威林斯[G.P.Williams(1959, 1970)]。植物或浮草问题，在某些方面类似于冰凌问题，也没有予以讨论。

一条河流的应用或用途，以及为实现该项用途，或改进现有的应用而需要采取的措施，都已经概括到表 1.1-1 中。此表无论在‘应用’或‘措施’上都不是完整的，它的主要目的是给读者介绍本书中所论述的治河工程的各个方面。如表所示，有时一种以上的措施，都可用来达到一个特定目的或其一部分。某些措施对于标记 2 的目的是次要的，而某些标记 3 的措施，可能是由于施工的结果而需要的。关于表 1.1-1 的几条注释如下：

1.严格地讲，防洪措施不是河流的‘应用’，但它的含义大家是了解的。显然，人们必须修建堤坝，须能防冲，和针对洪水位采取某种措施。

表1.1-1 河流用途和其实现措施

- 1.实现指定用途的措施
- 2.对指定的用途所要求的次要措施
- 3.施工后果可能需要的措施

工 程 类 别		河 床 整 治							流量和水位 调 节		质量 控制	
标 记	措 施	重 复 疏 浚	河床上的临时建筑	河底的固定	从除水障碍中清物	河道整治和加固	河道收缩	护岸与丁坝	洪泛区的整治	水 库	堰	质量 控制 工程
洪水控制						1		3	1	1		
通航		1	1	2	1	1	1	3		1	1	
水力发电										1	1	
灌溉与给水				3				3		1	2	
废弃流量												1
护岸				2		1		1				
冷却水							3	2				1
采掘商业沙		1		3								
河道交叉			1					3	2			
控制海水倒灌				2						2	2	

2.河道整治包括裁弯取直；洪漫滩的整治包括提高蓄水能力和泄洪能力。

3.对于航运列出了大量的改善措施，但它们随效果和造价的等级而变化。

4.水力发电要求有足够的流量可供利用，最好是能调整水量和创造水头。

5.灌溉和给水一般是从河中取水；一部分水可能回到河流的另外的河段，且其质量常常发生变化。当用水量大于河中的流量时，流量控制可能是必要的。在取水地点也可能需要一个堰。取水地点本身必须稳定，并且可能需要护岸工程。河流本身的泥沙问题（由于取水，输沙能力突然降低）以及（或者）取水点下游的泥沙问题（可能需要排沙设施），必须予以解决。

6.冷却水和以下提到的某些用途，均分别列出，主要是为了表明在上述四大用途以外，还有更多的用途。在某些河流中，温度问题将逐渐变得严重，这当然是废弃流量问题的一个特殊型式。

7.河流的一个独特用途，是大规模地开采商业沙。这种情况发生在某些国家，例如相距很远的荷兰和日本，达到了必须采取补救措施的地步。

8.桥墩往往需要防冲措施。这种措施列于以过河设施标题的项目下。横穿河道的管道也属于这一类。为了管道铺设，弄清垂直于河道轴线挖一条沟需要多少时间是有用的。

9.随着淡水应用的日益增长，海水侵入河口就成了一个问题。这个问题有时由于通航加深河道而变得更为严重。防止海水倒灌的措施，常常是其它河道工程，例如控制流量和调节水位工程的副产物。为一个以上用途服务的工程是常有的，特别是当流量控制和水位调节工程完成了的时候。然而，不是所有的用途都要求辅助措施，并且有时不得不在利害冲突中作出选择。

为了阐述必要的‘措施’和找出工程上的解答，就必须懂得水和泥沙的特性。工程师习惯于凭经验法则办事，而以后又习惯于依赖于多次观测的统计计算为基础的试验方法。在很大范围内，试验方法仍是工程师的主要工具。然而本书在第二章中，将试图指出水和泥沙特性的物理基础；将它变成数学描述，并在第四章中进一步详加说明。

假如有一个普遍定律决定着水和泥沙的时间-空间关系，那将是理想的。如果有的话，也还没有形成普遍公式，并且人们必须代之以许多公式，其中每一个公式对一个特定现象的描述，都有一个特定的概括。由于概括的结果，每一个公式都是物理现象的近似，因而了解其适用范围和计算精度是很重要的。在第二章中对水流和泥沙运动的介绍，相当详细地考虑到这两个要点——适用范围和计算精度。

第二章第一节从物质守恒和动量守恒这两个基本方程出发，说明如何图解水流运动的各种情况，并使之便于得出分析解或数值解。基本的假定是一个水体的运动可由作用于其上的几种力来决定，这些力是：重力、边界摩擦力、粘滞摩擦力、紊动摩擦力和惯性力。所有这些力能用一种或另一种方法来定义，并导出水流运动的数学描述。这些描述不能用其一般形式来解答问题。第二章第一节指出，为了解答水流运动的一个特定问题，如何进行图解。因为假定运动是由确实存在着的力的作用来决定的，所以水流运动的物理过程和它的理论分析就被认为是“确定的”。

泥沙运动的描述也是确定的，并且泥沙公式〔第三章第三节三(三)〕虽然有所简化，但本质上都是以用于水流运动的同样假定来考虑颗粒上力的作用的。

然而，由于颗粒上力的作用和由这些力引起的颗粒运动，都有一定的不确定性，所以出现了水流、或泥沙颗粒的运动，都不能以确定的方式来描述的情况。这样的过程叫做随机的

而不是确定的。这种随机性质，在更大规模的形态特征上，也是明显的。例如：河弯（参阅第二章第四节）就不能肯定地预报它出现的特定形状、特定地点和特定时间。河床形态过程的随机性，对以前提到的精确观点给出另一种含义。

一个小水质点运动的随机特性，在水流运动理论中已被重视，在那里它被说成是紊动。然而，紊动的特性被时均化了，所以随机因素在第二章第二节水流和泥沙运动的方程式中都消失了。这个平均化的过程，是河工的一个重要方面。虽然紊动涉及时间上的平均，但为了其它目的，空间上的平均也是需要的。这一点不仅在第二章中加以考虑，而且在第三章中对测量的时段、频率和位置也都讨论了。

水流和泥沙理论采用平均值的事实，强调了时间比尺的重要性。这些时间比尺在水流过程和泥沙输移过程之间差别很大。一分钟的时间满足决定一个特定点平均流速的需要。然而平均推移质则须由一个或两个沙纹或沙垄通过观测点的时间来决定——这个时间可能要几小时。这种速度的差异也反映在对于变化的适应性上。洪水波的通过约需几小时或几天；水面上扰动的传播是以每秒几米来度量的。可是床面的扰动是以每天或每周几米的速度运动的。这种差异导致不同种类的数学图解〔参阅第四章第二节四（二）〕，当然，这在特定工程问题的解答中，是很有意义的。例如，横跨河流挖沟铺管，决定于河床形态变化过程的缓慢性，就象加深航道时，重复疏浚的效率决定于床面形态变化的缓慢性一样。如果河底以相同的速度适应于新的平衡，那么在大约几分钟或几小时内由堰的操作而引起的回水曲线，其应用就会有很多问题。另一方面，河床形态的缓慢过程，可能是带来附加工作的原因。例如，用丁坝限制河流断面以达到河床的永久加深时，就可能需要很长的时间，以致于必须有疏浚工作，来帮助大自然在所希望的时间内建立平衡。

时间比尺不是水流和泥沙过程之间的唯一区别：必须注意，泥沙问题的不少解答仍然是难以理解的。虽然水流的物理数学描述是相当成功的，但泥沙悬移的物理数学描述并不总是与量测结果一致的〔参阅第二章第三节三（二）〕；还没有推移质的物理数学描述导得符合实用的公式。应该进一步知道，所有泥沙运动的描述，都仅仅是与“非粘性物质”有关的，而粘土对于动水所呈现的特性，还不能用物理数学关系来描述。对于非粘性推移质运动的描述，只有用统计方式试验得出的经验公式〔参阅第二章第三节三（三）〕。目前，河道工程师所感到困难的许多侵蚀和冲刷问题主要是由于推移质引起的。因此，毫不奇怪，第五章所讨论的大多数问题，都是与简单的经验输沙公式有关的，即使应用条件（例如不稳定状态）不很恰当也是如此。如果河道工程师已经掌握了第二章内容的话，当应用这些公式时，应较快地体会到，他正在超越公式的应用范围。本书尚难对实际应用问题的章节进行描述，但也应该给工程师对过程的背景以更多的认识。

时常有一个以上的方法，用来解决一个特定的问题。作者强调了物理研究，因为他们的意见是：在物理研究中，适用性和精确度比实验研究能够更好地决定出来（也参阅第一章第二节三）。于是存在着数学模型和比尺模型之间作出选择的问题。许多不同的特性，如第四章中提出的，决定着模型的应用。一个模型比另一个可能更好地适合一个特殊问题；当两种模型的适用性相等时，速度和费用可以成为决定性的因素。

由于上述理由，本书虽然讨论了许多实际问题，并且给出解答，但它不是一本手册，意图是指出哪里存在现代理论知识，哪里对实际问题就存在有用的联系，以及哪里就有尚须填补的空白。

一个工程师必须解决客观上存在不是他自己制造的问题，如数学家所做的那样，或者必