



武汉大学
百年名典

河床演变及整治

■ 谢鉴衡 主编

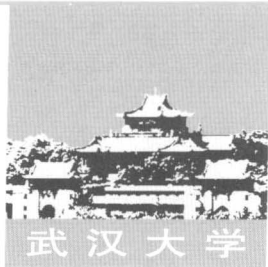


根深葉茂 實亦聲滋
山高水長 流風思美



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



武汉大学
百年名典

河床演变及整治

谢鉴衡 主编



武汉大学出版社
WUHAN UNIVERSITY PRESS



图书在版编目(CIP)数据

河床演变及整治/谢鉴衡主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2013. 10
武汉大学百年名典
ISBN 978-7-307-11832-4

I. 河… II. 谢… III. ①河床演变 ②河床—整治 IV. TV147

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 229793 号

责任编辑:李汉保 责任校对:汪欣怡 版式设计:马 佳

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 武汉中远印务有限公司

开本: 720 × 1000 1/16 印张: 23.5 字数: 334 千字 插页: 4

版次: 2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-11832-4 定价: 58.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。



武汉大学百年名典

自然科学类编审委员会

主任委员 李晓红

副主任委员 卓仁禧 周创兵 蒋昌忠

委员 (以姓氏笔画为序)

文习山 宁津生 石 兢 刘经南
何克清 吴庆鸣 李文鑫 李平湘
李晓红 李德仁 陈 化 陈庆辉
卓仁禧 周云峰 周创兵 庞代文
易 帆 谈广鸣 舒红兵 蒋昌忠
樊明文

秘书长 李平湘

社会科学类编审委员会

主任委员 韩 进

副主任委员 冯天瑜 骆郁廷 谢红星

委员 (以姓氏笔画为序)

马费成 方 卿 邓大松 冯天瑜
石义彬 余双好 汪信砚 沈壮海
肖永平 陈 伟 陈庆辉 周茂荣
於可训 罗国祥 胡德坤 骆郁廷
涂显峰 郭齐勇 黄 进 谢红星
韩 进 谭力文

秘书长 沈壮海

谢鉴衡

男，（1925—2011年），湖北洪湖人，著名水利专家及教育家，中国河流泥沙及治河工程专业的创始人之一。1950年6月毕业于武汉大学土木工程系。1955年11月在前苏联科学院技术科学部水利研究所获副博士学位。1961—1963年，作为水利专家和教育家，被派遣到越南工作，为越南水利建设和江河泥沙治理做出了重要贡献。曾任原武汉水利电力学院河流工程系主任、副院长，中国水利学会理事，中国水利学会泥沙专业委员会主任，国家水利部技术委员会委员，国家科学委员会、国家水电部三峡工程研究及论证泥沙专家组副组长，《泥沙研究》杂志主编，《国际泥沙研究》、《水利学报》、《人民黄河》杂志编委等职。1995年当选为中国工程院院士。

在长达半个多世纪的学术生涯中，谢鉴衡先生北踏黄河、南走长江，为治理黄河、长江而呕心沥血，殚精竭虑。20世纪50年代，对黄河水流挟沙力、黄河下游河道及河口三角洲演变进行了深入研究，提出了控制黄河下游河床抬升的治理思路，在数十年的治黄工作中起到了指导作用。20世纪60年代研究制定了裁弯取直水力计算及河床变形计算方法，为下荆江中洲子及上车湾裁弯工程的设计奠定了基础。20世纪70年代主持宜昌工地葛洲坝坝区悬沙模型试验，实现了“静水过船，动水冲沙”的科学设想，为成功解决葛洲坝工程引航道泥沙淤积问题，做出了突出贡献。20世纪80年代以来参与组织领导了三峡工程泥沙问题研究工作，得出了“三峡工程泥沙问题是可以解决”的明确结论。

谢鉴衡先生的一生奉献给了祖国的水利工程建设和高等教育事业。他先后发表论文70多篇，出版专著9部，其中《河流泥沙工程学》是我国仅有的一套完整的泥沙工程学教材。他在河流泥沙运动基本理论、河床演变及整治、河流模拟等领域的杰出成就和贡献，为我国河流泥沙工程学科的创立与发展奠定了坚实的基础。他长期活跃在教学第一线，教书育人，为人师表，治学严谨，精益求精，培养大批优秀水利专业技术人才，为我国教育事业的建设与发展作了卓越贡献。

《武汉大学百年名典》出版前言

百年武汉大学，走过的是学术传承、学术发展和学术创新的辉煌路程；世纪珞珈山水，承沐的是学者大师们学术风范、学术精神和学术风格的润泽。在武汉大学发展的不同年代，一批批著名学者和学术大师在这里辛勤耕耘，教书育人，著书立说。他们在学术上精品、上品纷呈，有的在继承传统中开创新论，有的集众家之说而独成一派，也有的学贯中西而独领风骚，还有的因顺应时代发展潮流而开学术学科先河。所有这些，构成了武汉大学百年学府最深厚、最深刻的学术底蕴。

武汉大学历年累积的学术精品、上品，不仅凸现了武汉大学“自强、弘毅、求是、拓新”的学术风格和学术风范，而且也丰富了武汉大学“自强、弘毅、求是、拓新”的学术气派和学术精神；不仅深刻反映了武汉大学有过的人文社会科学和自然科学的辉煌的学术成就，而且也从多方面映现了20世纪中国人文社会科学和自然科学发展的最具代表性的学术成就。高等学府，自当以学者为敬，以学术为尊，以学风为重；自当在尊重不同学术成就中增进学术繁荣，在包容不同学术观点中提升学术品质。为此，我们纵览武汉大学百年学术源流，取其上品，掬其精华，结集出版，是为《武汉大学百年名典》。

“根深叶茂，实大声洪。山高水长，流风甚美。”这是董必武同志1963年11月为武汉大学校庆题写的诗句，长期以来为武汉大学师生传颂。我们以此诗句为《武汉大学百年名典》的封面题词，实是希望武汉大学留存的那些泽被当时、惠及后人的学术精品、上品，能在现时代得到更为广泛的发扬和传承；实是希望《武汉大学百年名典》这一恢宏的出版工程，能为中华优秀传统文化的积累和当代中国学术的繁荣有所建树。

《武汉大学百年名典》编审委员会

再版前言

谢鉴衡先生是国内外著名泥沙专家，在泥沙运动基本理论、河床演变及整治以及河流模拟理论与技术等方面取得了大量开拓性成果，为解决我国重大水利工程中的泥沙问题作出了杰出贡献。《河床演变及整治》一书较系统地总结了谢鉴衡先生一生的研究成果，不仅介绍了先生的学术成就，而且介绍了先生的学术思想和为人之道。

1995年，为了发扬谢鉴衡先生的学术思想，祝贺先生的70寿辰，先生指导的研究生组织出版了《谢鉴衡论文选集》一书。2004年，在谢鉴衡先生80华诞来临之际，又补充了先生晚年的研究成果，出版了《江河演变与治理研究》一书，以感谢先生的培养之恩。尽管先生晚年病魔缠身，但仍然孜孜不倦地对泥沙运动基本理论及长江三峡等重大工程泥沙问题进行了大量的研究，以惊人的毅力完成了《黄河下游悬河现状与治理刍议》等多篇学术论文，体现了先生对科学的追求和开拓创新精神。《河床演变及整治》一书出版后，引起了水利工作者的强烈反响，并给予了极高的赞扬，已成为泥沙研究领域的经典著作之一。

今年，恰逢武汉大学迎来建校120周年庆典，武汉大学出版社将谢鉴衡先生的著作《河床演变及整治》一书收录入《武汉大学百年名典》重新出版，是对先生最好的纪念，同时该书的存本较少，再次出版该书，有利于我们了解和学习先生的开拓创新精神，特别是泥沙问题的研究和解决方法，亦便于我们继承和发展先生开创的河流泥沙及治河工程事业。

李义天

2013年7月7日于武汉大学

第二版前言

本书系1990年出版的《河床演变及整治》一书的修订稿，而后者又是在以前出版的《河流动力学》(1961年)，《河道整治》(1965年)及《河流泥沙工程学》(1981年、1982年)等书中的河床演变及整治部分的基础上写成，它是一本着眼于工程应用的将河床演变与整治紧密结合起来的大学本科生教科书及研究生和工程技术人员的参考书。

在修订过程中将全书内容改组为三篇。第一篇总论河床演变及整治的一般问题，以加强对河床演变共同问题及其理论基础的認識。第二、三两篇分别讨论自然河流的河床演变及整治和工程泥沙问题。在注意收集补充有关河床演变及整治的新研究成果及工程经验的同时，为了适应新教学计划的需要，删去了桥渡附近的河床变形及整治一章，并适当压缩篇幅，使全书更为精练，但仍自成体系，使读者得窥全貌。

本书绪论及第1章~第3章由谢鉴衡编写，第4章~第9章由明宗富编写，第11章~第14章由谢葆玲编写，第10章由王运辉编写；全书由谢鉴衡审编统稿；明宗富主持了全书文稿及图表的编辑工作。

本书由四川联合大学华国祥教授主审，在审稿过程中提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

编者
1994年10月

第一版前言

本书系 1961 年武汉水利电力学院出版的《河流动力学》，1965 年出版的《河道整治》及 1981 年、1982 年出版的《河流泥沙工程学》中河床演变及整治部分的修订及补充稿。它是一本着眼于工程应用的将河床演变与整治紧密结合起来的大学本科教科书及工程技术人员参考书。书中汇集了国内外有关河床演变及整治的大量研究成果及工程经验，特别是国内近 30 年的成果及经验，也部分纳入了作者及其工作单位的研究成果。

本书因限于篇幅，内容不得不尽量精简，但力求自成体系，使读者得窥全貌。

本书分为三个部分。绪论及前两章讨论河床演变及整治的一般性问题；第 3 章至第 8 章介绍不同的河流及某些特定河段的河床演变规律及整治措施；第 9 章至第 13 章讲述与修建工程有关的河床演变及整治问题。绪论、第 1 章、第 9 章～第 12 章由谢鉴衡编写，第 2 章～第 7 章由丁君松编写，第 8 章、第 13 章由王运辉编写，全书由谢鉴衡审编统稿，张松琴主持全书文稿及图表的编辑工作，李贞儒也参加了部分编辑工作。

本书由成都科技大学华国祥教授主审，在审稿过程中，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

编者

1987 年 9 月

目 录

绪 论	1
-----	---

第一篇 河床演变及整治的一般问题

第 1 章 河流的一般特性	9
1.1 山区河流的一般特性	9
1.2 平原河流的一般特性	17
第 2 章 河床演变的基本原理	25
2.1 河床演变分类	25
2.2 影响河床演变的主要因素	27
2.3 河床演变的基本原理	29
2.4 河流的自动调整作用	31
2.5 河流自动调整作用的定量与定性预估	34
第 3 章 河流的水力几何形态	37
3.1 河床的稳定性	37
3.2 造床流量	42
3.3 河相关系	45
3.4 河流纵剖面	59
第 4 章 整治建筑物及整治手段	65
4.1 河道整治规划	65
4.2 洪水河床整治	66

4.3	枯水河床整治	74
4.4	河床整治建筑物	83
4.5	整治建筑物的材料及构件	90
第二篇 自然河流的河床演变及整治问题		
第5章	顺直型河段的演变及整治	97
5.1	河段特性	97
5.2	演变规律、形成条件及整治工程	102
第6章	蜿蜒型河段的演变及整治	106
6.1	河段特性	107
6.2	演变规律	117
6.3	形成条件	122
6.4	裁弯工程	123
第7章	分汊型河段的演变及整治	128
7.1	河段特性	128
7.2	演变规律	138
7.3	形成条件	147
7.4	汊道整治	148
第8章	游荡型河段的演变及整治	154
8.1	河段特性	154
8.2	演变规律	159
8.3	形成条件	162
8.4	河势控制及整治措施	164
第9章	浅滩演变及整治	169
9.1	浅滩特性及类型	169
9.2	浅滩演变	177

9.3	水深分析	185
9.4	浅滩整治	190
第 10 章	潮汐河口的演变及整治	200
10.1	潮汐河口水流运动	200
10.2	潮汐河口的泥沙运动	210
10.3	潮汐河口的河床演变	217
10.4	潮汐河口的整治	229
第三篇 工程泥沙问题		
第 11 章	水库淤积及其防治	237
11.1	水库淤积的现象和规律	238
11.2	水库淤积估算	254
11.3	水库泥沙的防治	265
第 12 章	坝区泥沙问题及其防治	276
12.1	坝区河势规划与枢纽布置	276
12.2	通航建筑物的防沙措施	281
12.3	水电站的取水防沙措施	291
第 13 章	水利枢纽下游的河床演变及其防治	307
13.1	水利枢纽下游河床的一般冲刷及其防治	308
13.2	水利枢纽下游河床一般冲刷略估	318
第 14 章	灌溉取水工程泥沙问题	328
14.1	无坝取水工程的取水防沙问题	328
14.2	有坝取水工程的取水防沙问题	341
14.3	入渠泥沙的防治	347
参考文献		359

绪 论

河床演变泛指自然情况下及修建整治建筑物后河床发生的冲淤变化过程。显然，这种冲淤变化过程不会总是有利于人类的生产活动，而是恰恰相反，在许多情况下可能产生巨大的破坏作用，而必须采取工程措施加以控制，这类工程措施即称为河床整治、或称为治河工程。

常见的自然河床演变现象有：以一岸冲退，另一岸淤进形式出现的河槽平面变形；以一汊冲刷，另一汊淤积形式出现的主支汊交替发展；以汛期淤积，汛后冲刷形式出现的浅滩高程周期性变化，等等，这些河床演变现象对工程寿命、效益以至成败的影响也是显而易见的。

由于河流的形成及发展条件各异，开发利用的程度与日俱增，河床演变的特点及其可能产生的问题是各种各样而且复杂多变的，前面所列举的不过荦荦大者而已，但仅此数者，已可以看出研究河床演变及其整治措施的重要性。

人类的生产活动，对于其密切相关的客体，包括河流在内，有一个最根本的要求，这就是稳定不变，或者虽变但可以预测，从而可以预谋对策，以立于不败之地。天然冲积河流，由于具有可动边界及不恒定的来水来沙条件，必然是变化不居的，这就决定了研究河床演变的关键所在是掌握河床的变化规律并进行定性以及定量的预报。

河床演变是具有不恒定的进出口条件及复杂可动边界的水沙两相流运动的一种体现形式。河床影响水流结构，水流又反过来影响河床变化，而这两者的相互影响是以泥沙运动为纽带而相互联系的。这就决定了河床演变是力学问题，应该用力学方法进行研究。与河床演变

直接相关的学科是河流泥沙动力学，然而，完全运用现有河流泥沙动力学知识来研究河床演变往往难以行通，重要原因之一是，现有河流泥沙动力学知识还不够完善，在基本规律方面，以均匀流、恒定流、主流为研究对象的多，以非均匀流、非恒定流、副流为研究对象的少；以均匀沙为研究对象的多，以非均匀沙为研究对象的少。而天然河流的河床演变都在相当大程度上与非均匀流、非恒定流、副流及非均匀沙的运动密切相关。另一个重要原因是，河床演变虽受力学规律约束，但决定这一力学现象的边界条件，包括进口水沙条件，出口侵蚀基点条件及河槽周界条件，则除与流域水文气象因素相关外，还与河谷地貌因素相关。例如，河谷、河漫滩的形态及组成对近代河床演变影响甚大，而其本身则为历史河床演变的产物，属于河流地貌学的研究范畴。正是由于这样的原因，河床演变应是介于泥沙运动力学及河流地貌学之间的一种边缘学科。河床演变的研究目标，在针对河床微观变形的同时，还指向不计细节的宏观变形以及不考虑变化过程的终极状态和某种平均情况，河床演变的研究方法，除使用定量的力学分析方法之外，还使用定性的逻辑推理及根据野外观测资料寻求定性的或粗略定量的经验关系的方法，作为影响因素复杂多变的河床演变现象，这样的研究目标和研究方法正好反映了河床演变所具有的与河流泥沙动力学迥然不同的特色。

河床整治作为一种工程技术手段，其目的在于控制河床演变的发展方向，使之有利于人类的经济活动。正确的河床整治工程必须建立在对河床演变的正确理解及掌握的基础之上，进行河床整治工程的难点不在于建筑物本身，而在于整治建筑物所激起的河床演变是否朝预期的方向发展。这正是本书之所以将河床演变及整治结合在一起讲授的原因。

河床演变及河床整治作为学科来说，其发展后者先于前者，这是由实际生产要求决定的。在我国，由于黄河防洪的需要，以堤防及护岸工程为主要手段的治河工程早就发展起来了，至明朝潘季驯(16世纪中叶)时已发展到具有完整的体系。欧美的治河工程则是以发展航运为先导的，至19世纪末已取得显著成就。至于以灌溉为目的的河

床整治工程, 则在我国, 海湾地区的美索不达米亚, 埃及和印度都可以追溯到很久远的年代。毫无疑问, 在进行河床整治工程的同时, 必然会揭示一些河床演变的规律, 例如, 潘季驯治理黄河时所提出的“束水攻沙”, “分流必淤”的理论, 法格(O. Fargue)长期观察加龙(Garonne)河所揭示的5条河弯基本规律, 洛赫庆(В. М. Лохтин)在研究伏尔加河航道所提出的稳定性概念等。然而, 这些规律性认识毕竟十分零散, 尚不足以形成一门学科, 随着泥沙运动力学及河流地貌学的研究日趋深入, 河床演变作为一门学科粗具雏形, 马卡维也夫(Н. И. Маккавеев)在1955年出版的专著《河床及其流域中的侵蚀》是将两种研究方向融合在一起的一次初步尝试。马卡维也夫作为地理学家和航运工程师进行这样的工作具有一定的有利条件, 他的研究, 在归纳河床演变规律的同时, 着重考虑了地理背景及流域特征对河床演变的影响。

20世纪50年代末, 为了教学工作的需要, 我们在《河流动力学》(作为武汉大学百年名典之一, 于2007年4月在武汉大学出版社出版)一书中系统地总结了河床演变的一般规律及不同河型和河槽中特定组成部位的演变规律, 阐述了河相规律及河床稳定性问题, 并将河流的数学模拟和实物模拟(河工模型)在当时的认识基础上作了归纳和介绍。这是为了将“河床演变及整治”学科从“河流动力学”学科中分离出来所作的前期准备工作。

自此之后, 在河床演变研究的广度和深度方面又有了大的提高。我国从20世纪50年代开始, 在大江大河上布置了相当数量的水文、泥沙及河床演变观测站网, 取得了丰富的野外实测资料, 通过对实测资料进行的理论分析, 对江河演变规律的认识进一步深化了。有关自然情况下和修建水工建筑物后的河床演变, 已经出版了不少专著和散见于各类期刊的大量论文, 对河型分类, 不同类型河流的河床演变, 河床的稳定性及河相关系, 修建水工建筑物后河流所作出的反响等一系列问题, 进行了较深入的研究, 研究手段以分析野外实测资料及进行理论探讨为主, 概化试验方法也间有采用。

国外同样也是研究这些问题, 在研究手段上侧重理论探讨及概化

试验,对野外实测资料的分析也给予了一定程度的注意。在深化河流地貌研究的同时,引进临界地貌条件概念;运用统计理论及流体力学分析方法研究河床形态等方面也有不少新的进展。

总之,近20~30年来,河床演变这一学科已积累了比较丰富的实际资料及理论成果,为进一步的系统整理提供了前提条件。我们在1981年、1982年出版的《河流泥沙工程学》一书中,设置了“河床演变及整治”篇,从工程应用角度对这一时期的进展作了概括,只是作为教科书,限于篇幅未能充分展开。1987年出版的钱宁、张仁、周志德等的专著《河床演变学》是对这一学科更全面的总结,其特点是,既注意了这一学科的工程应用方面,又引进了大量河流地貌方面的研究成果,基本上反映了这一学科现阶段的全貌。

本书从“河流泥沙工程学”中分离出来,独立讲授,始于1990年,其特点为,在研究对象上,以近代河床演变为主,但兼顾历史河床演变;在内容上,将河床演变规律和整治措施紧密地结合在一起;在研究方法上,以力学分析方法为主,适当采用河流地貌的一些概念和研究手段。本书在内容编排方面可以分为三个大的部分。第一部分泛论河床演变的一般规律及河床整治的一般手段,前者包括山区及平原河流的一般特点,影响河床演变的主要因素,河床演变的基本原理,兼及河型分类及河相关系等问题;后者着重介绍河床整治的一般手段,包括单纯防守的护岸措施,主动进攻的控导工程以及扫清障碍的疏浚及爆破手段等。第二部分详细介绍了各类河流的河床形态,水流泥沙运动及河床演变规律,分析了它们的成因并探讨了它们的整治措施。此外,还介绍了河流中特殊部位及特殊河段的演变及整治问题,如浅滩及河口的演变及整治等。第三部分则依次介绍了在各种工程建设中可能出现的河床演变及整治问题,主要是修建水利水电枢纽,也包括其他过河建筑物所出现的问题。数学模型和实物模型作为河流模拟的主要手段,另有专著介绍^[3]。

河床演变作为一门新兴学科正处在发展过程之中。河床整治虽系一门比较古老的学科,但由于工程技术的日新月异,也正处在发展过程之中,河床演变及整治作为一门综合性的独立学科,自然也须进一

步提高。对于以工程应用为主的河床演变，今后仍应将主要力量投入近代河床演变过程的研究。由于外部条件千差万别，不同河流的河床演变各具特色，我国近30年来着重野外观测且据以作出理论分析的优良传统应该继续保持，并进一步发扬光大。然而，对目前阻碍河床演变认识进一步深入的一些理论问题，如床面泥沙成型淤积体的形成及发展规律，河床平面变形的机理及预测途径等，都是应该将野外原型观测、室内概化试验及理论分析结合起来，进行系统研究的。对与此有关的复杂边界条件下的河道水流结构及非均匀沙运动的研究则是理解这些具有三维性质的河床演变规律的钥匙。当然，由于对近代河床演变规律的认识及整治方案的制定必须建立在历史河床演变及其变化前景的宏观认识的基础之上，运用河流地貌学的方法进一步发展这一学科仍然是需要的。至于河床整治，在实际工作中，虽然结合我国具体情况运用行之有效的传统手段来解决问题始终是重要的一环，但是，发展新的技术来提高河床整治工程的功能和效率，同样是不可忽视的。