

河床演变学

HE CHUANG YAN BIAN XUE

钱宁 张仁 周志德

科学出版社

河 床 演 变 学

钱 宁 张 仁 周志德

科 学 出 版 社

1987

内 容 简 介

本书主要阐述天然河流的形成和演变规律,以及在河流上修建工程后所引起的河流再调整过程。这两部分内容组成了水利科学和地理科学之间的边缘学科——河床演变学。书中系统地介绍了国内外有关本学科的最新研究成果,在利用大量实测资料以说明现象的物理过程和规律的同时,力求用泥沙运动力学的基本规律阐明现象的实质。掌握了这些规律,将有助于在水利建设方面更好地适应自然界的发展趋势,起到因势利导和改造自然的作用。

本书既可作为水利、地质、地理等方面的有关专业的研究生教材,亦可作为这些专业的规划、设计、科研和教学人员的重要参考书。

河 床 演 变 学

钱 宁 张 仁 周志德

责任编辑 朱昇堂

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987年4月第 一 次 印	开本:787×1092 1/16
1987年4月第一次印刷	印张:36 3/4
精 1—1,300	插页:精 6 平 4
印数:平 1—1,050	字数:852,000

统一书号:13031·3498

本社书号:4912·13—13

定价: 布脊精装 10.40 元
平 装 9.30 元

序 言

这本书是我另一本著作——《泥沙运动力学》的姐妹篇。《泥沙运动力学》从微观的角度,研究泥沙冲刷、搬运和沉积的过程。《河床演变学》则是以泥沙运动力学和地质、地理学方面的知识为基础,从宏观的角度,研究河流的形成和演变。

这是两本风格迥异的书。《泥沙运动力学》用的是力学的语言,这本书则侧重于对自然景观的描述和概括。一条河流毕竟要比一粒泥沙复杂得多。作为流域的一个有机组成部分,河流的特性同流域的特性是分不开的,而流域条件不但变化多端,还可以有各种不同的组合。河流的边界条件也是那样的千差万别,有的悬崖壁立,有的绿树成行,有的则是茫茫荒滩。同是冲积河岸,可以是砾卵石,也可以是沙壤土,粗细颗粒还可以排列成不同的层次和韵律,形成不同的多元结构。一条河流之所以成为今天这个样子,还和它在过去漫长岁月里的历史分不开,而历史并非有案可查,还必须从它在景观的塑造上所留下的痕迹,通过仔细的观察和探索,再辅助以必要的逻辑推理,才能剖析清楚。所有这些,都说明如果我们不是对形成河流的物理背景有一幅清晰的图画,对各种因素的变化、组合和作用做到心中有数,我们就很难理解河流。也只有在这个基础上,才能对某些现象作出必要的概化,探讨力学上的因果关系,进一步揭示其物理本质。这本书就是本着这一精神编写的。

本书初稿完成于1978年,作为研究生的教材,曾在国内油印交流,广泛征求了各部门同志的意见。自1982年开始,根据这些意见和学科的最新发展,对初稿作了彻底的补充和修正,从原稿的七章扩大为十五章,增加了近一倍的内容,并在相当大的程度上改变了原稿的结构。

在最后一次修订定稿中,我的病又有了发展。在两年多时间里,曾四次住院治疗。我总是在病房里浏览文献,进行构思,出院后赶快写成文字。忙忙碌碌在与时间的竞赛中,倒也感受到生活的乐趣,增加了我和疾病作斗争的勇气。这都应该感谢组织和同志们对我长期的鼓励和帮助,以及协和医院、肿瘤医院和北京医院广大医务人员予我的精心治疗和护理。没有这些,这本书的出版也是不可能的。

这本书是我和张仁(清华大学水利系)、周志德(水利水电科学研究院)同志合作编写的。在编写过程中,得到了我系泥沙研究室的同志多方面的帮助,我在这里向他们表示衷心的感谢。

钱 宁

1984年8月24日于清华园

目 录

序言	i
第一章 绪论	1
第一节 研究河床演变在生产实践中的重要意义	1
第二节 我国劳动人民对河性的认识	1
一、都江堰工程	2
二、对黄河下游河床演变性质的认识	2
第三节 河床演变的学科性质	4
第四节 河床演变学的发展经过和现状	4
一、学科发展经过	4
二、学科研究中存在的问题	6
第五节 河型分类问题	7
第六节 编写的构思和布局	9
参考文献	10
第二章 流域与水系	12
第一节 影响流域特征的自然地理因素	12
第二节 水系的形成与变迁	14
一、河槽的产生	14
二、河网的形成	17
三、水系的平面形态	19
四、水系的变迁	20
第三节 流域和水系的形态分析	25
一、流域几何形态	25
二、水系形态	26
三、切割程度	28
四、高差	30
第四节 水系组成的几何规律	31
一、Horton-Strahler 模式	31
二、水系组成的随机性	33
第五节 流域和水系特点对产流产沙的影响	37
一、实测资料分析——单因素分析	37
二、实测资料分析——多因素回归分析	44
三、产流产沙的数学模型	46
第六节 我国西北黄土地区产流产沙中的若干问题	46
一、黄河中游的粗泥沙来源区及其对黄河下游冲淤的影响	47
二、黄土丘陵沟壑区高含沙水流的形成和汇流	48
参考文献	51

第三章 山区河流的河床演变	53
第一节 山区河流的水文泥沙特性.....	53
第二节 山区河流的形态特征.....	55
一、平面形态	55
二、纵剖面特征	62
三、断面形态	65
四、河流阶地	66
第三节 山区河流的卵石运动.....	68
一、卵石河床的某些特点	69
二、卵石运动的某些特点	74
第四节 山区河流的河床演变.....	78
一、基岩裸露的峡谷地区的纵向变形	78
二、弯曲型山区河流的河床演变	80
三、游荡型山区河流的河床演变	84
四、分叉型山区河流的河床演变	87
五、穿过林区的山区河流的河床演变	87
六、泥石流的影响	89
参考文献.....	90
第四章 平原河流的一般概况	92
第一节 平原河流的来水来沙条件.....	92
一、非暴雨型径流过程	92
二、暴雨型径流过程	93
第二节 冲积锥(扇).....	94
一、干旱地区的冲积锥	95
二、湿润地区的冲积扇	97
第三节 河漫滩.....	103
一、河漫滩的形成	103
二、河漫滩的发展消长	107
三、河漫滩的类型与形态特征	110
四、河漫滩的物质组成	113
五、滩槽水流交换和滩地过流能力	115
第四节 成型淤积体.....	116
一、小型和大型成型淤积体	117
二、沙洲的基本类型和特征	119
三、从纵剖面上看成型淤积体的沿程变化	119
四、从平面上看成型淤积体的沿程变化	120
参考文献.....	121
第五章 弯曲型河流的河床演变	123
第一节 弯道水流的特征.....	123
一、弯道水流的物理现象	124
二、弯道流态的理论分析	143

第二节 弯道的泥沙运动·····	146
一、悬移质运动·····	146
二、推移质运动·····	148
三、弯道横断面的形成和泥沙粒径的横向分布·····	151
四、弯道上成型淤积体的分布和演变·····	155
第三节 弯曲型河流的平面形态特征·····	156
一、河湾的基本类型·····	156
二、河湾的几何形态·····	158
第四节 弯曲型河流的浅滩与深槽·····	160
一、浅滩-深槽相间地形的形成机理·····	160
二、浅滩与深槽的水流条件·····	161
三、浅滩的类型和演变·····	164
第五节 弯曲型河流的平面变形·····	167
一、凹岸的坍塌和凸岸的淤涨·····	167
二、河湾的发展和蠕动·····	173
三、河湾的裁直·····	179
参考文献·····	180
第六章 游荡型河流的河床演变·····	183
第一节 游荡型河流的形态特征·····	183
一、河道形态·····	183
二、沙洲的发展和消长·····	184
第二节 游荡型河流主槽的摆动·····	187
一、主槽的摆动·····	187
二、节点及其对固定河势的作用·····	190
三、游荡指标·····	195
第三节 多沙游荡型河流的冲淤特性·····	196
一、河流堆积抬高的两种基本类型·····	196
二、游荡型河流的纵向输沙平衡·····	198
三、多沙河流挟沙能力的特点——泥沙的多来多排现象·····	199
四、从不同时间尺度看黄河下游的冲淤特点·····	202
五、高含沙量水流的冲淤特性·····	209
第四节 多沙游荡型河流的防洪问题·····	216
参考文献·····	218
第七章 分汊和顺直型河流的河床演变·····	220
第一节 分汊型河流的河床演变·····	220
一、分汊型河流作为一种独立的河型的提出·····	220
二、分汊型河流的一般特点·····	221
三、长江型分汊型河流(少洲稳定型)的形成及其演变·····	227
四、尼日尔河型分汊型河流(多洲稳定型)的形成及其演变·····	236
第二节 顺直型河流的河床演变·····	239
一、在天然河流中常见的顺直型河流·····	239

二、顺直型河流的形态特征	242
三、顺直型河流的河床演变	244
四、直河段上的环流结构及交错边滩的形成	247
参考文献	249
第八章 河口段的河床演变	251
第一节 河口地区的动力条件	251
一、潮汐现象	251
二、潮波及其传播	253
三、盐水异重流	258
四、河口地区盐水与淡水的混合过程及其类型	260
第二节 河口地区的泥沙运动	261
一、泥沙的来源	261
二、泥沙的絮凝和团聚	262
三、悬移质运动	265
四、近底区的泥沙运动	267
五、泥沙运动的滞后现象	268
六、浮泥运动	270
第三节 河口的分类	271
一、三角江与三角洲	271
二、三角洲的分类	274
第四节 三角洲河口的一般概况	280
一、三角洲的形成过程	280
二、三角洲的沉积物分布	282
第五节 典型三角洲河口的河床演变	283
一、黄河河口——径流型圆弧状河口	283
二、珠江三角洲——径流型河网状三角洲	287
三、密西西比河口——径流型鸟趾状三角洲	290
四、长江口——径流-潮汐型三角洲	292
第六节 钱塘江三角江河口的形成与演变	295
一、概况	296
二、河口的形成和演变	296
三、沙坎对河口段河床演变的影响	298
四、河口冲刷槽	299
第七节 河口拦门沙	302
一、拦门沙的形成和演变	302
二、拦门沙与沙坎	308
参考文献	310
第九章 冲积河流的自动调整作用	313
第一节 冲积河流自动调整作用的趋向性	313
一、平衡倾向性	313
二、体系内部的能量消耗及其分配	314

第二节 冲积河流自动调整作用的机理	317
一、冲积河流的调整不只是比降的调整	317
二、较长期调整和短期调整	318
三、冲积河流调整中发展方向的粗估	322
第三节 冲积河流自动调整作用的几个特点	324
一、河流特性取决于流域	324
二、反馈	325
三、河流的调整和泥沙运动	326
四、调整作用的随机性	326
五、地貌临界条件	327
六、河流调整中特大洪水所起的作用	328
七、侵蚀基准面的作用	330
第四节 河床演变研究中的时间尺度问题	331
一、在历史的长河中, 河流一般都经历过多次巨大的变化	332
二、在较长时期内河流有可能处于相对平衡状态	335
三、河流的平衡与稳定	336
参考文献	337
第十章 河相关系	339
第一节 概述	339
第二节 造床流量	341
一、造床流量的概念	341
二、影响造床流量的因素	342
三、造床流量与平滩流量	343
四、与造床流量相当的某一频率的流量	344
第三节 纵剖面的形态特征	345
一、纵剖面的基本形态	345
二、纵剖面形状的数学表达形式	349
三、坡降与流域因素间的经验关系	351
第四节 断面形态特征	355
一、断面河相关系和沿程河相关系	356
二、水力几何形态	356
三、沿程河相关系的多因素复式回归分析	366
四、受潮汐影响的河流的河相关系	369
第五节 河湾形态特征	370
一、河湾形态特征与流域因素的关系	370
二、河湾平面形态与断面形态间的关系	374
第六节 河相关系研究中存在的主要问题和解决问题的线索	375
一、经验性河相关系的评价	375
二、河相关系分析中的第四个独立条件	376
第七节 稳定性指标	384
参考文献	385

第十一章 河型成因分析	389
第一节 不同河型的形成是出于冲积河流自动调整作用的要求.....	389
一、输沙平衡要求	389
二、能量分配要求	393
第二节 不同河型的形成与河槽边界条件密切相关.....	393
一、天然河流资料	394
二、室内试验结果	399
第三节 特定的水沙条件常有利于某种河型的发展.....	402
一、河道的堆积抬高	402
二、年内不同时期的冲淤变化	403
三、流量的变化幅度	405
四、洪峰特性	407
五、地理位置和河型发育	408
第四节 各种河型的形成条件.....	409
第五节 河型形成的水动力学稳定性分析解.....	411
参考文献.....	413
第十二章 水库上游的再造床过程	415
第一节 水库的修建所带来的巨大影响.....	415
一、世界范围水库建设的经过	415
二、水库淤积问题的严重性	416
三、水库淤积对环境带来的影响	417
第二节 水库的淤积形态.....	418
一、淤积剖面的基本类型	418
二、三角洲淤积	421
第三节 水库淤积过程中的河床演变.....	429
一、溯源淤积过程	429
二、准平衡状态的建立	431
三、淤积末端的上延	435
四、异重流淤积	438
第四节 水库的冲刷.....	440
一、沿程冲刷和溯源冲刷	440
二、水库水位升降过程中库区的冲刷和排沙	441
三、异重流排沙	444
四、水库拦沙效率	447
五、库岸的坍塌	448
第五节 水库的平衡状态和长期使用库容.....	449
一、水库的终极平衡状态	449
二、长期使用库容问题	450
参考文献.....	451
第十三章 水库下游的再造床过程	453
第一节 常年蓄水水库下游的河床演变.....	453

一、水文过程的变化	453
二、含沙量变化	455
三、水库下游河床的冲刷	457
四、河床粗化现象	463
五、纵剖面的调整	469
六、断面形态的调整和河宽的变化	473
七、支流河口下游干流的变化	479
八、河型的转化	483
九、堤岸险情的发展	485
十、日调节水库下游的河床演变	486
十一、水库群下游的河床演变	487
第二节 滞洪水库下游的河床演变	491
一、滞洪水库所造成的水沙过程的变化	492
二、滞洪水库下游的河床演变	493
三、利用水库调水调沙、改造下游河道	495
参考文献	497
第十四章 人类活动对河口地区和局部河段河床演变的影响	499
第一节 工程措施对河口地区河床演变的影响	499
一、疏浚	499
二、改变径流流量	500
三、束窄河身	502
四、修建挡潮闸	504
第二节 人类活动对局部河段河床演变的影响	506
一、城市建设	507
二、河道整治	509
三、引水工程	522
四、桥渡工程	525
五、其它工程	526
参考文献	527
第十五章 河床变形计算	530
第一节 概论	530
第二节 基本方程和计算方法	531
一、基本方程	531
二、两种计算方法	532
第三节 河床变形计算中需待处理的几个问题	537
一、河段的划分	537
二、断面特性	537
三、阻力特性	537
四、挟沙力公式的选择	538
五、参加冲淤过程的床面层厚度	540
六、冲淤量的横向分布和断面形态的变化	540
七、对于某些河床变形计算数学模型的评价	542

第四节 流域产流产沙计算	543
一、流域单元的划分和简化	543
二、坡面径流的形成过程	544
三、坡面流及其挟沙能力	545
四、坡面土的侵蚀	546
五、沟道水沙演进	546
第五节 河道冲淤计算	547
一、清水冲刷下河道的终极平衡状态	547
二、局部冲刷计算	551
三、实例	554
第六节 河岸冲刷计算	555
第七节 水库冲淤计算	559
一、水库平衡状态的估算	559
二、异重流排沙计算	563
三、溯源冲刷过程计算	564
参考文献	565
附录	567
一、常用符号表	567
二、人名(包括单位)索引	568
三、内容索引	570

第一章 绪 论

第一节 研究河床演变在生产实践中的重要意义

我国水利资源丰富,江河交织纵横,湖泊星罗棋布,就流域面积来说,在 100km^2 以上的河流就有五千多条,总长度达 $4.2 \times 10^5\text{km}$ 之多。

河流两岸自古以来即为人类繁衍生息之所,河流对人类活动的影响十分深远.河流有水利的一面,也有水害的一面,如何变水害为水利,是人类和大自然作斗争的主要内容之一.解放后,在我国的大江巨河上,更是以空前未有的速度修建了大量水利工程.这些工程的建成,破坏了河流的相对平衡,引起了河流的再造床过程.例如,修建水库以后,由于水库的壅水作用,改变了河流的边界条件,从而引起泥沙在库区的落淤和回水的上延.水库的调蓄作用改变了天然的水沙过程,这样又会引起下游河道的冲刷和滩地的坍塌.就是一些局部性的引水、裁弯和桥渡工程,也都会引起当地河道的改变.对于这些改变,如果事先不能作出预报、及时采取措施,则不但会带来新的困难,甚至还会发展到使工程因而失效.

应该说,所有这些并不是都为人们所认识的.中国水利学会泥沙专业委员会和中国地理学会地貌专业委员会 1981 年在宜昌联合召开的“河床演变与河流地貌学术讨论会”的会议纪要曾指出:“河流水系是一个整体.不少经济建设部门对河流特性重视不够,特别对修建大型工程后对整个河系带来的深远影响,事先没有做出必要的研究和论证,往往强调局部受益,而对整体可能出现的问题估计不足.这种情况必须引起足够的重视.”

前些年我们曾经把一时一地的经验,不问具体条件,在较大范围内推广,带来严重后果.例如,在农田基本建设方面,曾到处缩窄河身,与河争地,不给洪水留出路,以及遇弯就裁直,让河流走直道等等.这些措施严重地违背了自然规律.当山洪暴发时,多年辛勤经营的结果都随水漂没,荡然无存.这不仅挫伤了群众的积极性,而且还给下游河道带来大量泥沙.这一深刻的教训值得我们牢牢记取.

生产建设中的迫切要求,促使了河床演变学科的蓬勃发展.要想了解河流因受人为影响而发生的变化,必须首先掌握河流在天然条件下的形成过程及其演变规律.这两个方面的不同要求,组成了河床演变的学科内容.

第二节 我国劳动人民对河性的认识

我国劳动人民在与河流长期斗争的过程中,逐步对河流的性质有了一定的认识.下面仅举四川都江堰工程^[1]和人民治黄两例.

一、都江堰工程

公元前 316 年,秦灭蜀。三十余年后,秦国蜀守李冰在蜀国原有水利工程的基础上,在成都冲积扇平原顶点、岷江刚出山口的江心上垒砌分水鱼嘴,固定岷江正流泄洪河道的外江,另傍山脚新开灌溉引水渠的内江,再从坚硬的砾岩山体中凿开宝瓶口,用以引进水源并控制洪水。宝瓶口上游靠河一侧利用当地竹笼卵石铺筑飞沙堰溢洪道,将进入内江的过量洪水和沙石泄还外江。这一工程根据正面引水,侧面排沙的原则,在保证引水和防止粗沙卵石入渠方面采取了一系列措施,使成都平原两千多年来“水旱从人,不知饥馑”,成为世界水利史上瑰伟的奇迹。

都江堰是修建在岷江出山口冲积扇顶端上的自然分水工程,既无堰坝拦水,又乏闸门控制,两千多年来一直发挥着巨大的引水防洪作用(图 1-1)。

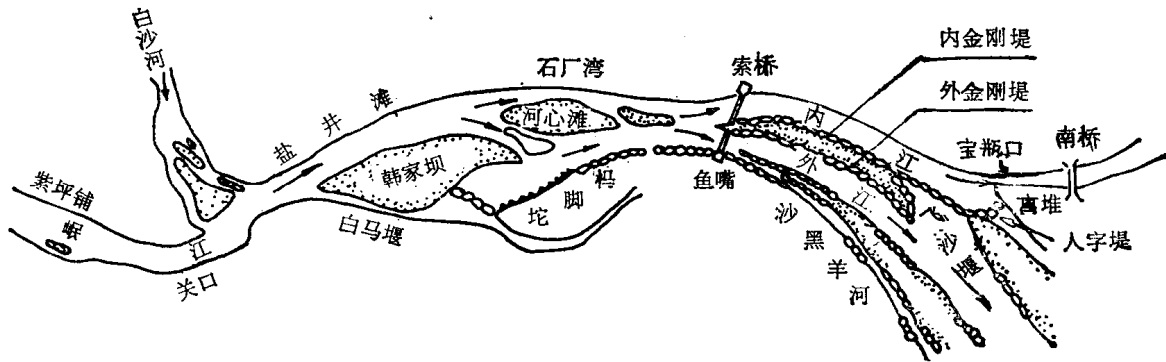


图 1-1 都江堰引水工程示意图

由图可以看出,分水鱼嘴不但起了外江、内江之间分配流量的作用,而且保证内江引水为弯道的凹岸,这样更多的泥沙将排向外江。据测验结果,外江分流比为 50% 时,悬移质的分沙比达到 60%,卵石的分沙比达到 70%。当岷江流量在 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 以下时,内江卵石推移质的分沙比约为 30% 左右。这部分卵石将全部进入宝瓶口。当岷江流量超过 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 时,飞沙堰开始过沙。根据模型试验观测结果,岷江流量为 $2,000\text{m}^3/\text{s}$,即当飞沙堰泄水分流比达 40% 以上时,推移质中的 95% 以上均从飞沙堰泄往外江,这是第二次的分沙。宝瓶口一方面起到灌溉分水的作用,另一方面,由于宝瓶口的壅水作用,一部分的粗卵石将在壅水段淤积,以后再在冬天通过疏浚加以清除。鱼嘴分流分沙,宝瓶口束口防洪,飞沙堰泄洪排沙。鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口三者结合一体,使灌区只引进挟沙较少的清水,而岷江挟带的大量沙卵石则由排洪河道的外江宣泄,每年冬末岁修淘淤,这就是使都江堰工程一直顺利运行二千多年,历久不废的根本原因和基本经验。从都江堰工程,可以看到我国劳动人民的聪明和才智。

二、对黄河下游河床演变性质的认识

黄河下游自孟津至高村是一条驰名于世的游荡型河流。早在两千年以前,贾让就用

“游荡”二字来形容黄河的情况：“齐与赵魏以河为界，赵魏频山，齐地卑下，作堤去河二十五里，河水东抵齐堤，则西泛赵魏，赵魏亦为堤去河二十五里，虽非其正，水尚有所游荡。”说明黄河自古以来已经具备了目前的河型。约在四百年以前，刘天和经过“周询广视，历考前闻，”全面地总结了造成黄河迁徙不常的六点原因^[2]：“河水至浊，下游束隘停阻则淤，中道水散流缓则淤，河流委曲则淤，伏秋暴涨骤退则淤，一也。从西北极高之地建瓴而下，流极湍悍，堤防不能御，二也。易淤故河底常高，今于开封境测其中流，冬春深仅丈余，夏秋亦不过二丈余，水行地上，无长江之渊深，三也。旁无湖泊之停蓄，四也。孟津而下，地极平衍，无群山之束隘，五也。中州南北悉河故道，土杂泥沙，善崩易决，六也。”在这六点分析中，已经指出黄河的河床堆积抬高，两岸不受约束，洪水暴涨猛落，以及坡陡流急，泥沙容易冲刷，都是黄河下游河道游荡散乱的形成条件。四百年前能有这样的真知灼见，真是不容易的事。在这些造成决口的原因中，泥沙落淤，河床抬高，更是最主要的。这一点在许多文献中都曾不断提到过^[3]。宋仁宗（1023—1063年）时欧阳修就说过：“且河本泥沙，无不淤之理，淤常先下游，下游淤高，水行渐壅，乃决上游之低处，此势之常也。”清代靳辅在这一基础上又指出：“河决于上必淤于下，而淤于下又必决于上。”进一步阐明了淤积与决口之间的辩证关系。从淤积与流速间的关系出发，在西汉后期，张戒说：“水性就下，行疾则自刮除成空而稍深。”苏辙判断多沙河流很少有两河并行的可能：“黄河之性，急则通流，缓则淤淀。既无东西皆急之势，安有两河平行之理。”在河道平面变化上，到了清代已认识到黄河夏季“走滩”，冬季“行弯”，冬初和春季“皆扫湾回溜，侵刷堤根”。在滩岸变化上，注意到“水射北则滩在南，射南则滩在北”；欧阳玄在《至正河防记》中指出：“狭难受水水益悍，广难为岸岸善崩。”说明河道收束过窄，固然会使流速加大，引起防守上的困难，但河身过宽，则由于主流迁徙不定，滩岸不断受到掏刷坍塌。

在治河思想的发展过程中^[4]，根据古代的传说，鲧继承共工的方法“壅防百川”，遭到失败。以后，帝尧启用禹“疏川导滞”，取得了成功。孟子曾对禹治水的经验总结为“禹之行水，行其所无事也”。所谓“行其所无事”，一方面是指要顺水之性，另一方面是指不要对河流的自然趋势过多地加以人为的干预，后者有它消极的一面，但就“顺水之性”、“因势利导”来说，无疑是正确的。以后在历代治黄的文献中，不断提到“审势以行水，则事半功倍”。到了明朝中期，有人提出“以人治河，不若以河治河”，主张利用河流的自然力量来治理河道。这一概念，通过潘季驯的理论概括和实践总结为：“筑堤束水，以水攻沙”的治河方法。

潘季驯建议除筑遥堤以防大水泛滥，筑滚水坝以分洪外，还应近河滨筑缕堤束水。他说：“水分则势缓，势缓则沙停，沙停则河饱，尺寸之水皆由沙面，止见其高。水合则势猛，势猛则沙刷，沙刷则河深，寻丈之水皆由河底，止见其卑。筑堤束水，以水攻沙，水不奔溢于两旁，则必直趋于沙底，一定之理，必然之势，此合之所以愈于分也。”确是有一定的理论根据。但在黄河沙量未见减少的情况下，要想通过束窄河身，把泥沙全部输送入海，在技术上是难以做到的。

黄河两岸历来有引水放淤的经验。北宋在王安石“励精图治”的思想指导下，曾实行大放淤试验。清冯祚泰更进一步指出：“浊流之最可恶者莫如沙，而最可爱者亦莫如沙”。这是第一次明确指出泥沙有其有害的一面，也有其有利的一面。只要对泥沙很好地加以利用，“可以淤洼，可以肥田，可以固堤，可以代岸”。

乾隆年间,胡定曾上河防事宜十条,其中有一条谓:“黄河之沙,多出自三门以上及山西中条山一带破涧中,请令地方官于涧口筑坝埝,水发,沙滞涧中,渐为平壤,可种秋麦。”已经提出要修谷坊控制水土流失。明嘉靖年间周用指出:“夫天下之水,莫大于河。天下有沟洫,天下皆容水之地;黄河何所不容?天下皆修沟洫,天下皆治水之人,黄河何所不治?”已经初步有了各地根据当地的条件充分利用水沙资源以治黄的思想。

必须指出,由于社会条件和科学技术条件的限制,历代对河性的理解不能不是零星的、片断的,或者停留在感性认识阶段。只有在生产力和科学技术得到充分发展的今天,才有可能对江河的特性进行深入系统的研究,并从而制订出河流的综合治理方案。

第三节 河床演变的学科性质

研究在水流的作用下河床的形态及其变化的科学叫做“河床演变学”。水流与河床构成一个矛盾的统一体。水流作用于河床,使河床发生变化,河床的变化又反过来影响水流的结构。它们相互依存,相互影响,相互制约,永远处于变化和发展的过程中。

在苏联,河床演变学是水文学的一个分支。很久以前,М. А. Великанов 在他的《陆地水文学》一书中就指出:“在苏联为水文学的进一步发展摸索出了一条唯一正确的道路,即水文现象的物理分析与自然地理特征的概括相结合的道路。”Соколов 更进一步阐明:“科学的发展总是从质量概念走向数量的研究,最后达到这两方面的统一。这个统一在水文学上就意味着地理的研究方法和地球物理的研究方法的综合。……它们是辩证法统一体的两个方面。水文学的这两种研究路线当然不应该是互相平行的、独立的和互不相关的,而应该是互相渗透的。”

具体到河床演变学来说,顾名思义,是要研究河流的边界在水流作用下的变化,而这种变化实质上正是反映了组成边界的物质的冲刷、搬运和沉积过程。不了解河流的动力结构,不掌握在不同的水流结构下泥沙的运动规律,我们就很难明瞭河床形态发生发展的内在机理。在这一点上,具体体现了河床演变学对于河流动力学的依赖性。

在另一方面,河流作为流域的一个组成部分,它的许多性质又是和流域因素分不开的。对于这些流域因素的性质和作用的分析不全是动力学的研究对象,有一部分是属于地理学的范畴。河床的形态变化和所有的地貌现象一样,它是地表在内营力和外营力作用下长期发展的产物,既要考虑流水的动力作用,也要考虑地质构造运动的深刻影响;既要研究现代过程,也要了解历史演变。这种外力作用和内力作用相结合,现代过程和历史过程相结合的研究方法,也正是地貌学的主要工作方法。

因此,河床演变学是一门介于河流动力学和河流地貌学之间的边缘性学科,它既要汲取这两门学科的研究成果,学习它们的工作方法;又应具有不同于这两门学科的独立的科学内容。

第四节 河床演变学的发展经过和现状

一、学科发展经过

在五十年代以前,“河床演变学”还不是一门独立的学科。当时在为改善通航条件而

进行的河道整治中,还经常引用早在1908年O. Fargue在法国加龙(Garonne)河上通过长期观察而提出的五条河湾基本定律。对于河床演变中的某些个别问题,虽然也有零星的论文散见于期刊中,但尚未见有这方面的综合性的专著。1955年出版的S. Leliavsky撰写的《河流水力学导论》一书,也还是以泥沙运动为主要的讨论内容,只有一章涉及到某些弯道的河床演变问题^[6]。在印度、巴基斯坦,主要是通过对灌溉渠道的观测,提出了所谓冲积河流的均衡理论(Regime theory),讨论了河流的调整作用及形态特征的某些方面^[7,8]。这类著作有较强的地区性,在普遍推广应用时,还存在一定问题。

从六十年代开始,国外陆续有一系列专著问世。据不完全统计,在最近20年内,有关河床演变学的书籍和论文集,就有二十几种之多^[9-31]。这些论著涉及的方面很广,有它独特的研究对象和研究方法,标志着河床演变学正逐步发展成为一门独立的学科而取得其应有的位置。但也必须指出,在这些著作中,论文集较多,系统的专著较少;由地理工作者编写的著作较多,由工程技术人员编写的著作较少。

与国外的发展情况相仿,我们也是在进入六十年代以后,才陆续有一些专门著作出版^[32-40]。对黄河下游的游荡性河道,长江中下游的分叉河道,以及长江荆江段,渭河下游的弯曲型河道的演变特性,在修建官厅水库、三门峡水库和丹江口水库之后,水库上游和下游的河流再造床过程,长江、钱塘江、珠江及黄河河口的演变规律等方面,都取得了长足的进展。可以预期,河床演变学作为一门学科,今后必将在我国得到蓬勃的发展。

由于具体条件不同,在研究工作的侧重点和研究手段及方法上,国外有国外的做法,我们有我们的特色。在社会主义的新中国,国家对江河治理十分重视。结合具体生产任务,由国家投入力量,在大江大河上,选择重点河段,布设站网,定时、定位地进行观测。在河道方面,先后成立了黄河下游花园口河道观测队,永定河下游实验站,长江荆江、汉口、南京段实验站及有关渭河下游的河道观测组织。对游荡型和弯曲型河流的天然演变情况及上游修建水库以后的再造床过程进行了系统的观测。在河口方面,在长江口、黄河河口、钱塘江、珠江口以及塘沽新港,都有专门的队伍负责对河口及港湾地区的泥沙冲淤变化进行定点定期的观测。在水库方面,除了先后在官厅水库、三门峡水库和丹江口水库开展较大规模的测验工作以外,还选择了一系列大、中、小型水库进行不定期的和专题性的观测研究。这些被观测的河段,一般长几十公里,也有超过一百公里以上的。观测次数一年至少几次,有多到十几次的,较大洪峰通过前后,都有测次。这样,我们就能够取得河床演变全过程的资料,掌握各种来水来沙条件对河床演变的影响。中国是一个历史悠久、文化昌盛的国家,上至中央朝廷编纂的史书和故宫汇集的档案,下至地方县志中,对水旱灾害和河流变迁都有详细的记载,这就为了解江河的历史演变创造了卓越的条件。在另一方面,解放以后由于生产的需要,工作多集中在多沙河流及大江大河。我国幅员辽阔,南北气候条件相差悬殊,有很多独具特色的河流。从多沙河流取得的资料不能来说明这些河流的河床演变的全过程。而缺少这部分河流的资料,又使我们不能充分掌握河床演变的全部规律。

在西方国家,政府部门也在大江大河上进行了一些观测。例如,美国对密西西比河裁弯后的影响和密苏里河的河床演变,都曾做过观测和研究,取得一些宝贵的资料。但是,总的说来,国家在这方面投入的力量是不大的。在另一方面,由于交通方便,量测仪器先进,各处均有详尽的航测图,有很多科研工作者,根据工作需要或个人兴趣,有时甚至利用非