

高等学校教材

河床演变及整治

第二版

武汉水利电力大学 谢鉴衡 主编



高等学校教材

河床演变及整治

(第二版)

武汉水利电力大学 谢鉴衡 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书全面系统地讲述了河流在自然情况下及在修建有跨河或沿河建筑物条件下的河床演变过程及治理方法,以国内外40余年的工程实践经验为基础,以河流泥沙运动力学的研究成果为指导,论述由浅入深,理论与实践紧密结合。

本书可供治河、港口、航道工程、铁道工程及水文、地理等专业的本科生、研究生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

河床演变及整治/谢鉴衡主编. —2版. —北京:中国水利水电出版社,1996
高等学校教材

ISBN 7-80124-308-0

I. 河… II. 谢… III. ①河道演变-高等学校-教材 ②河道整治-高等学校-教材 IV. TV85

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第18757号

书 名	高等学校教材 河床演变及整治(第二版)
作 者	武汉水利电力大学 谢鉴衡 主编
出 版	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044)
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 13.75印张 319千字
版 次	1990年6月第一版 1997年10月第二版 1997年10月北京第三次印刷
印 数	2171—3170册
定 价	13.60元

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、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；第三章至第八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；第九章至第十三章讲述与修建工程有关的河床演变及整治问题。绪论、第一、九、十、十一、十二章由谢鉴衡编写，第二、三、四、五、六、七章由丁君松编写，第八、十三章由王运辉编写，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

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、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认识。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，使全书更为精炼，但仍自成体系，使读者得窥全貌。

本书绪论及第一、二、三章由谢鉴衡编写，第四至九章由明宗富编写，第十一至十四章由谢葆玲编写，第十章由王运辉编写；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

目 录

第一版前言	
第二版前言	
绪 论	1

第一篇 河床演变及整治的一般问题

第一章 河流的一般特性	4
第一节 山区河流的一般特性	4
第二节 平原河流的一般特性	8
第二章 河床演变的基本原理	13
第一节 河床演变分类	13
第二节 影响河床演变的主要因素	14
第三节 河床演变的基本原理	15
第四节 河流的自动调整作用	16
第五节 河流自动调整作用的定量与定性预估	18
第三章 河流的水力几何形态	20
第一节 河床的稳定性	20
第二节 造床流量	23
第三节 河相关系	24
第四节 河流纵剖面	33
第四章 整治建筑物及整治手段	37
第一节 河道整治规划	37
第二节 洪水河床整治	37
第三节 枯水河床整治	42
第四节 河床整治建筑物	48
第五节 整治建筑物的材料及构件	52

第二篇 自然河流的河床演变及整治问题

第五章 顺直型河段的演变及整治	57
第一节 河段特性	57
第二节 演变规律、形成条件及整治工程	60
第六章 蜿蜒型河段的演变及整治	63
第一节 河段特性	63
第二节 演变规律	70
第三节 形成条件	73
第四节 裁弯工程	74

第七章	分汉型河段的演变及整治	77
第一节	河段特性	77
第二节	演变规律	82
第三节	形成条件	87
第四节	汉道整治	88
第八章	游荡型河段的演变及整治	92
第一节	河段特性	92
第二节	演变规律	94
第三节	形成条件	96
第四节	河势控制及整治措施	97
第九章	浅滩演变及整治	101
第一节	浅滩特性及类型	101
第二节	浅滩演变	104
第三节	水深分析	109
第四节	浅滩整治	112
第十章	潮汐河口的演变及整治	119
第一节	潮汐河口水流运动	119
第二节	潮汐河口的泥沙运动	125
第三节	潮汐河口的河床演变	129
第四节	潮汐河口的整治	136

第三篇 工程泥沙问题

第十一章	水库淤积及其防治	139
第一节	水库淤积的现象和规律	139
第二节	水库淤积估算	149
第三节	水库泥沙的防治	155
第十二章	坝区泥沙问题及其防治	162
第一节	坝区河势规划与枢纽布置	162
第二节	通航建筑物的防沙措施	165
第三节	水电站的取水防沙措施	171
第十三章	水利枢纽下游的河床演变及其防治	181
第一节	水利枢纽下游河床的一般冲刷及其防治	181
第二节	水利枢纽下游河床一般冲刷略估	187
第十四章	灌溉取水工程泥沙问题	193
第一节	无坝取水工程的取水防沙问题	193
第二节	有坝取水工程的取水防沙问题	199
第三节	入渠泥沙的防治	203
参考文献		211

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，这类工程措施即称河床整治，或称治河工程。

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；以一汉冲刷，另一汉淤积形式出现的主支汉交替发展；以汛期淤积，汛后冲刷形式出现的浅滩高程周期性变化……等，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它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。与它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。它的研究目标，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，它的研究方法，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它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，至上一个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初具雏形，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。

50年代末，为了教学工作的需要，我们在《河流动力学》一书中系统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，都已出有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，近二三十年来，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、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，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年来着重野外观测并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订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整治工程的功能和效率，同样是不可忽视的。

第一篇 河床演变及整治的一般问题

第一章 河流的一般特性

河流作为输送流域水沙产物的通道，按其流经地区的不同，一般可分为山区河流及平原河流两大类。对于较大的河流，其上游段多为山区河流，其下游段则多为平原河流，位于上游段及下游段之间的中游段，则往往兼有山区河流和平原河流的特性，对于较小的河流，其自身的上、中、下游三段可能均位于山区，也可能均位于平原区。

山区河流和平原河流由于所处的地理、地质和气象条件的不同，其一般属性有许多共同点，但也有不少各自的特点。

第一节 山区河流的一般特性

山区河流流经地势高峻、地形复杂的山区，它的形成和发展一方面与表现为地壳构造运动的内动力作用密切相关，另一方面受以水流侵蚀作用为主的包括水流堆积作用、风化作用等在内的外动力作用的影响。这两种作用虽然都进行得很缓慢，但山区河流的河床就是这样在漫长的历史过程中由水流不断地纵向切割和横向拓宽而逐步发展形成的。

1. 河床形态

山区河流发育过程中一般以下切为主。河谷断面多呈V字形或U字形，如图1-1。V字形河谷较年青，河槽狭窄，枯水期无依附一岸的边滩出露。U字形河谷较成熟，河槽相对宽广，枯水期有岩盘、紧靠一岸的卵石边滩或位居河心的卵石心滩出露。在陡峻地形约束下，断面宽深比较小，峡谷河段在10以下，宽谷河段在60~70以下。

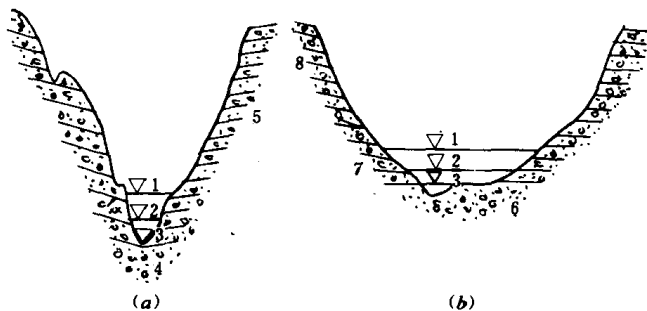


图 1-1 北盘江毛虎段河谷断面形态图

(a) 跳虎石 V 形河谷；(b) 星光湾 U 形河谷

1—洪水水位；2—中水位；3—枯水位；4—沙卵石层；

5—崩坍岩石堆积区；6—沙卵石层；7—页岩露头；

8—坡面覆盖层

山区河流的谷坡往往表现为阶梯状，由一级一级顶部平坦的平台和它们之间的斜坡构成，平台称为阶地面，斜坡称为阶地前坡，最下一级阶地称为一级阶地，其前坡与当前河谷的谷底相连，一级阶地以上为二级、三级……阶地（图1-2），阶地编号愈大，形成的年代愈久远。阶地面为被遗弃的昔日洪水河床，系河流处于相对稳定阶段由侧向侵蚀作用或堆积作用形成的，而阶地前坡则是河流处于相对不稳定阶段由垂向下切作用形成的。由

于阶地面及其斜坡高踞于现行河床之上，因此，无论历史上是否出现过堆积过程，阶地都是河流下切的产物，而造成下切的原因，则主要是山区大面积地块的上升。另外，海面、湖

面等侵蚀基准面的下降以及由气候变迁带来的来沙量减小，来水量增大，从而使河流侵蚀作用加强也有影响。应该指出，由于影响因素极端复杂，且变化多端，阶地的形态也千姿百态，差别甚大。

山区河流的平面形态十分复杂，河道曲折多变，沿程宽窄相间，急弯卡口比比皆是，两岸与河心常有巨石突出，岸线和床面都极不规则，仅在宽段才有比较规律的卵石边滩或心滩出现。

山区河流从水系格局、河流走向到河槽平面形态，无不深深打上构造运动的烙印。图 1-3 为钱塘江水系图^[8]，可以看到，干流沿北东方向流动，而众多支流则大体上沿北西方向自两侧汇入，这一水系格局是由掀升运动所形成的一条 N50°E 基本断裂线和一组 N10°—20°W 派生断裂线决定的。类似的例子还见图 1-4^[4]。这里雅砻江沿着北北西、北北东和近南北方向的三条断裂线，形成两个极度弯曲的弯道。山区河流沿程多为峡谷段与宽谷段相间，例如广东连江，在 150 km 内就有 10 处峡谷，长 33.5 km，占全长 22%。川江三峡河段的情况也是如此。其形成原因与河流所经地区岩性或沿程构造不一致有关。在抗冲力较强或背斜地区往往形成峡谷；而在抗冲力较弱或向斜地区则往往形成宽谷。例如川江在白帝城以下，切过七岳山背斜，形成狭窄幽深的瞿塘峡，自黛溪至巫山，川江有很长一段顺巴东组向斜底部流动，山势变缓，河谷开敞，至巫山以东，又横切巫山背斜，形成巫峡，两岸石灰岩悬岩壁立，河道曲折。

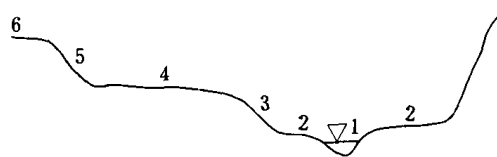


图 1-2 河谷阶地示意图
1—中水河槽；2—河漫滩；3—一级阶地前坡；4—一级阶地地面；5—二级阶地前坡；6—二级阶地地面

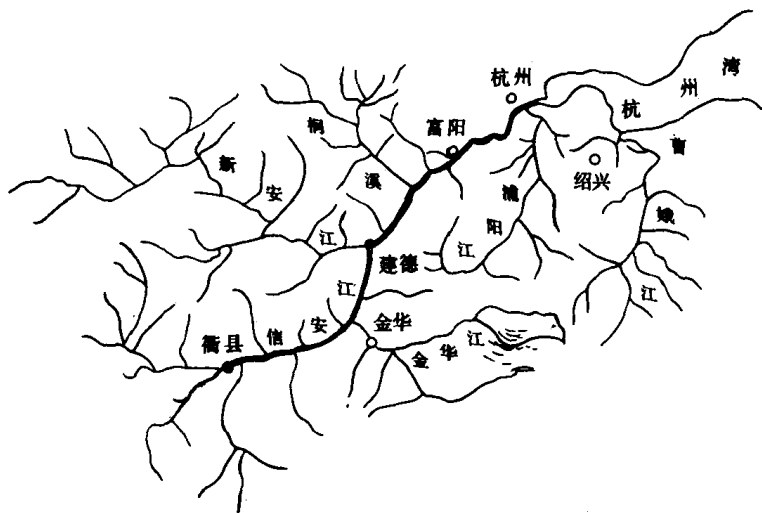


图 1-3 钱塘江水系图

山区河流的河床纵剖面十分陡峻，急滩深潭上下交替。与此相应，床面起伏甚大，对于大的高程偏低的山区河流，其河床下切的最深点有些地方会远在下游的侵蚀基准面（如海平面）以下，这显然与这些地方河身狭窄，而河床岩石的抗冲能力又较弱有关。另外，也说明，所谓侵蚀基准面主要是对上游水面起作用，对上游河床所起的作用是间接的、有限度的。长江在三峡出口处河床高程低达 -45 m 即为一例。由图 1-5 所示川江重庆至三斗坪

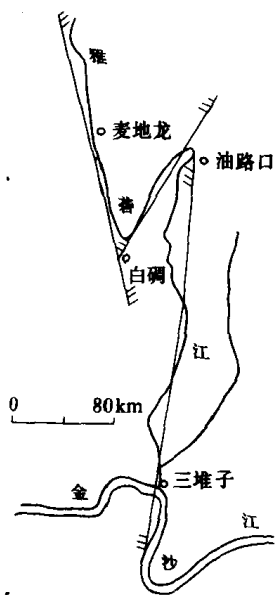


图 1-4 雅砻江沿 X 断裂线的弯曲河床

河床深泓纵剖面,可以看得很清楚。山区河流纵剖面有一些还存在折点。对于一般侵蚀性河流而言,这往往是河床岩石在折点处抗冲能力较强造成的,而对于特殊的堆积性河流,如金沙江的支流小江,则与自两岸山沟汇入的泥石流在沟口形成庞大的冲积扇阻塞河床有关。

2. 水流及泥沙运动

由于山区坡面陡峻,岩石裸露,径流系数大,汇流时间短,再加上一般山区气温变化大,暴雨比较常见,洪水猛涨猛落是山区河流重要的水文特点。山区河流在降雨之后,往往数天以至数小时之内即出现洪峰,雨过天晴,洪水又迅速消退。图 1-6 为某山区河流的水位过程线图。由图可见,一年内洪峰呈锯齿形,变幅甚大,往往一昼夜之内水位上涨达 10 m 之巨,而二三日内又完全退落,洪水持续时间一般不长,无明显的中水期,而且洪、枯水期有时也难以截然划分,洪水期久晴不雨,可能出现枯水;反之,枯水期如遇大雨,也可能出现洪水。例如贵州清水河 1961 年 5~8 月几乎是枯水,而 1955 年最大洪峰却出现在 11 月 10 日。

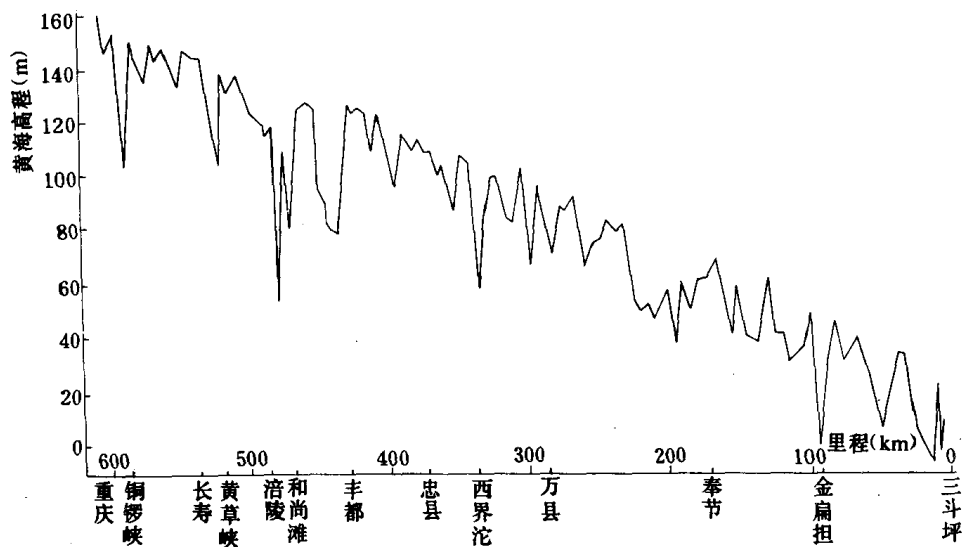


图 1-5 川江重庆至三斗坪河床深泓纵剖面

受地理及气象条件的影响,山区河流的流量与水位变幅极大,较大的山区河流其洪水流量往往为枯水流量的 100 倍或数百倍;较小的山区河流甚至超过 1000 倍或数千倍,洪枯水位之差视河流大小而不同,由数米至数十米不等。

与上述河床形态和水文条件相应,在水流的水力条件方面也有一些特点。山区河流的水面比降一般都较大,而且受河床形态影响,沿程分配极不均匀,绝大部分落差集中于局部河段。例如贵州的清水河在长约 106 km 内,枯水期的水位落差为 83 m,其中 55.4%集中在仅占全长 15.4%的局部河段内,一些滩险段的纵比降往往在 20%以上。此外,河床上

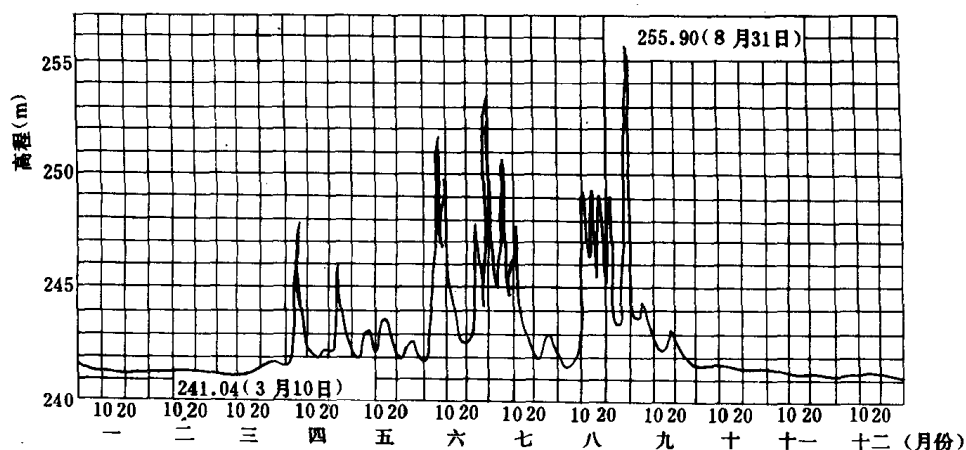


图 1-6 山区河流水位过程线

存在的急弯、石梁、卡口等滩险，造成很大的横比降，对航行威胁很大，同时，这些滩险由于在不同水位下壅水情况不同，比降的因时变化也是十分突出的。比降大，河槽窄，流速势必很大，在一些滩险上形成急流，如乌江中游 16 处滩险上的流速高达 6~8 m/s。

由于河床形态极不规则，山区河流的流态十分紊乱险恶，常有回流、泡水、漩涡、跌水、水跃、剪刀水、横流等出现。

山区河流的悬移质含沙量视地区而异。在岩石风化不严重和植被较好的地区，含沙量较小。相反，在岩石风化严重和植被甚差的地区，不但含沙量大，而且在山洪暴发时甚至能形成含沙浓度极大并携带大量石块的泥石流，洪水期由于坡面径流大，侵蚀强烈，所以含沙量大而粒径细；枯水期则相反，含沙量小而粒径粗，不少山区河流枯水时完全变为清水。山区河流悬移质大都是中细沙和粘土，由于比降及流速大，往往处于不饱和状态，可全部视为冲泻质。

山区河道的推移质多为卵石及粗沙。卵石一般在洪水期流速大时才能起运推移，其运动形式呈间歇性，平均运动速度很低，曾在川江用同位素观测几种不同粒径和形态的卵石运动情况，在洪水可动期内，平均运动速度一般只有 2.8~12.6 m/d，在枯水期则很少运动。如前所述，山区河流洪水历时一般很短，因此卵石推移质输沙量不大。我国一些山区河流的推移质年输沙量约为悬移质年输沙量的 10% 以下。但对某些悬移质年输沙量较小的河流，这一百分数也可能很大。

山区河流的河床多由原生基岩、乱石或卵石组成。覆瓦状排列是卵石河床的常见形式，也有呈松散堆积的，一般在水流强弱适中，持续时间较长，且位置偏下游河段，多呈覆瓦状排列；在水流较弱，且急剧降低的偏上游河段，原来大量推移的卵石或乱石迅速停止运动，将来不及分选排列而呈松散堆积。卵石粒经常呈沿程递减趋势。

3. 河床演变

山区河流由于比降陡，流速大，含沙量不饱和，有利于河床向冲刷变形方向发展，但河床多系基岩和卵石组成，抗冲性能强，冲刷受到抑制。因此，尽管山区河道从长时期来看是不断下切展宽的，只是在某些河段，由于特殊的边界、水流条件，可能发生大幅度的暂时性的淤积和冲刷。明显可察而且比较常见的山区河流的河床演变有以下三个方面。

(1) 由卵石运动引起的河床演变。山区河流河床为卵石成型堆积体，具有特有的形态及运行规律，对此，在平原河流特性及以后有关章节中还将详细讨论。这些成型堆积体，如边滩、心滩及与它们相联结的过渡段沙埂，亦即浅滩，具有汛期淤积壮大，枯季冲刷萎缩，年内基本平衡的特点。图 1-7 中川江上洛碛卵石浅滩就具有这样的特性。

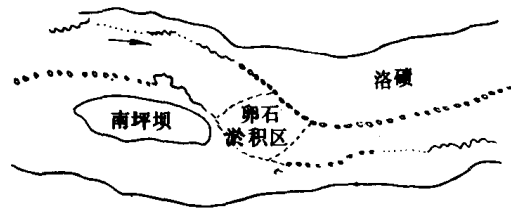


图 1-7 川江上洛碛卵石浅滩示意图

(2) 由悬移质运动引起的河床演变。山区河流的悬移质一般属于所谓冲泻质，不会在河床上发生永久性淤积，但暂时性的淤积和冲刷则是存在的。这里诱发淤积的主要原因有二，一是在宽谷段由主流摆动出现的回流淤积；二是在宽谷段由下游峡谷壅水引起的淤积。

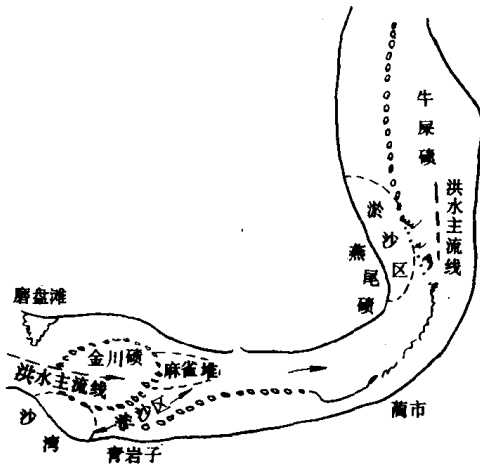


图 1-8 川江青岩子河段汛期悬移质淤积区示意图

图 1-8 示川江青岩子河段。这个河段的上段属于放宽段，由金川碛将水流一分为二，枯水航道走右汉；其下段属于急弯段，枯水航道紧傍左岸急弯。洪水期主流取直，上段金川碛右汉航道发生严重淤积，下段燕尾碛左侧航道也发生严重淤积。洪水过后，主流复原，原来淤积下来的泥沙被冲往下游，年内基本平衡。

(3) 以溪口滩形式出现的河床演变。大的山区河流，当两岸溪沟发生洪水时，特别在发生泥石流时，常在溪口堆积成溪口滩，由于溪口滩冲积物量大粒粗，一旦形成，往往不易为主流迅速冲走，表现为冲冲淤淤，在长期内维持某种平衡状态，大支流入汇干流的情况与此类似，但由于两江洪水相互顶托，加上含沙量不同，情况要更

复杂一些，在干流和支流上都可能出现淤积，而且它们往往处于变化不定的状态之中。

(4) 地震、山崩、滑坡带来的河床演变。山区河流由于谷坡陡峻，如果岩石风化严重，裂隙发育，突然遭受地震或暴雨等强烈外界因素的影响，或岩体中积累的应力变化达到临界状态，就可能出现山崩、滑坡等大规模突发现象，在极短时间内将河道部分甚至全部堵塞，在其上下游出现壅水和跌水，剧烈改变水流和河床现状。

第二节 平原河流的一般特性^[7]

平原河流流经地势平坦、土质疏松的平原地区。与山区河流不同，平原河流的形成过程主要表现为水流的堆积作用。在这一作用下，平原上淤积成广阔的冲积扇，具有深厚的冲积层；河口淤积成庞大的三角洲，我国黄河下游的华北平原和长江口三角洲便是这样形成的。

平原河流的冲积层一般都比较深厚，往往深达数十米甚至数百米以上。冲积层的组成

视不同高度而异，最深处多为卵石层，其上为夹沙卵石层，再上为粗沙、中沙以至细沙，在枯水位以上的河漫滩表层部分则有粘土和粘壤土存在，某些局部地区也可能存在深厚的粘土棱体。这种泥沙组成的分层现象与河流的发育过程和水选作用有关。一般说来，沙卵石层多为历史上水量较大，海平面较低时的堆积物；而沙层则为近代水量较小，海平面较高时的堆积物。

一、河床形态

平原河流的河谷断面形态如图 1-9 所示。图中显示洪、中、枯三级水位，与此相应的河槽称为洪、中、枯水河槽，在无堤防约束条件下，洪水河槽将远较图中所示宽广。由于洪水过流时间比较短暂，通常所说的河槽即指中水河槽。中水河槽比较宽浅，枯水期常有边滩、心滩出露，断面宽深比高达 100 以上。

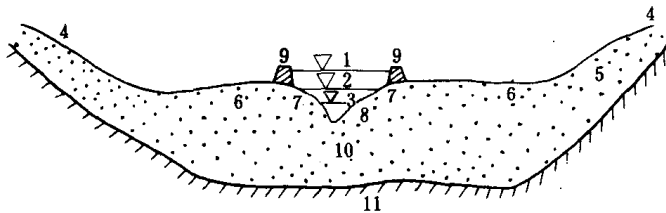


图 1-9 平原河流的河谷形态

1、2、3—洪水、中水、枯水位，相应水位下的河床为洪、中、枯水河床；4—谷坡；5—谷坡脚；6—河漫滩；7—滩唇；8—边滩；9—堤防；10—冲积层；11—原生基岩

平原河流也有阶地存在，但阶数相对较少，也不如山区河流完整，这显然是因为平原地区河流以堆积过程为主的缘故。

河流的走向及其平面形态在某种程度上也受构造运动的影响，例如江汉平原的向南掀斜运动就是迫使荆江偏靠平原南部的重要原因。而长江中下游的分汊河段主要都位于地质构造上相对凹陷地区，而其间的单一段则位于相对隆起地区，就是由于凹陷区有较厚的松散沉积造成的。

平原河流在平面上具有顺直、弯曲、分汊、散乱等四种外形。其横断面可概括为抛物线形、不对称三角形、马鞍形和多汊形等四类，如图 1-10 所示。其与山区河流不同之处在于，平原河流的河床形态是在特定条件下水流与河床相互作用的结果，因而具有较强的规律性，在以后各章中将作详细讨论。这里只就两个方面的问题略加论述。

1. 河漫滩

河漫滩是位于中水河槽两侧，在洪水时能被淹没的高滩（图 1-9），河漫滩既有由侵蚀作用造成的，如石质河漫滩，多见于山区河流，滩面较窄，且向中水河槽一侧倾斜；更多的是由堆积作用造成的，如冲积河漫滩，多见于平原河流，滩面较宽，左右河漫滩分别向两侧倾斜。这是洪水漫滩落淤的结果。洪水漫滩后，由于过水断面增大，流速降低，泥沙首先沿主槽（中水河槽）岸边落淤，随着水流向下游及河漫滩侧向漫流，淤积的泥沙数量便逐渐减少，粒径也逐渐变细，

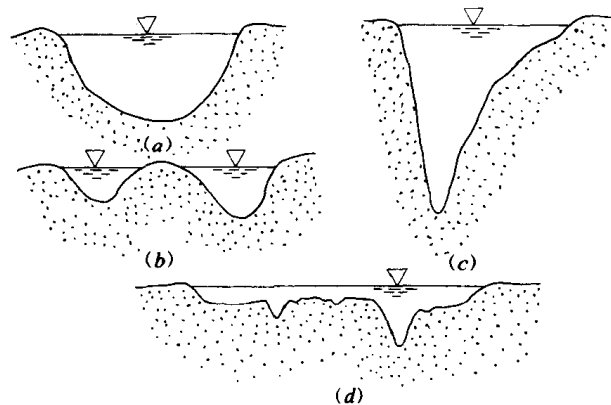


图 1-10 平原河流不同河段的横断面图

(a) 顺直过渡段；(b) 分汊段；(c) 弯曲段；(d) 游荡段

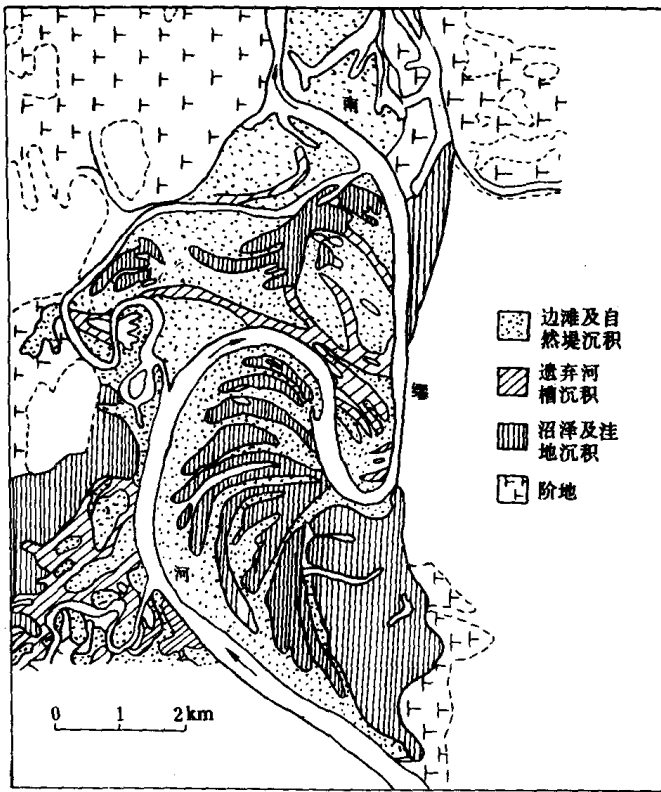


图 1-11 湄公河支流南缪河弯道河漫滩上的鬃岗地形

经过漫长的时间演进，沿主槽两岸泥沙淤成较高的自然堤，河漫滩边缘地带则形成一些湖泊洼地，使河漫滩具有明显的横比降。同时，河漫滩的纵比降也较主槽水流的平均比降为大，这与河漫滩上的沿程落淤有关。自然堤在蚀退的河岸一侧易被冲毁消失，而在淤进的河岸一侧则能长期保存下来，例如在弯道凸岸一侧就会随凹岸蚀退，凸岸淤进，不断形成一系列弧形自然堤，在这些弧形自然堤之间存在洼地，总称鬃岗地形。这些弧形自然堤会随凹岸向下游蚀退，向上游蚀退或侧向蚀退而在上游端辐聚、下游端辐聚或两端辐聚，如图 1-11 所示。除此之外，河漫滩上还散布着一些古河道，如弯道经裁弯取直后老河道上下游均被淤死而留下的牛轭湖，又如汉道在交替消长中淤废的古汉道等。

2. 成型堆积体

冲积河流的河底从来都不是平整的，而是有规律地分布着各种形式的大尺度沙丘（不是沙波）。这些大沙丘统称成型堆积体。这里称堆积体而不称淤积体的原因是因为它们的存在并不反映河床所处的冲淤状态。成型堆积体的尺度，包括宽度、深度和长度，和河流的尺度，主要是河宽和水深，是同数量级的。有些成型堆积体，如弯道凸岸边滩，其形成主要由于弯道环流，是显而易见的；另一些成型堆积体，如顺直河流的交错边滩，虽然已有一些理论上的解释，但还不能认为已得到彻底解决，边滩过宽时会被切割形成心滩，或在宽度过大河段内径直形成心滩；并进一步通过落淤转化成江心洲，其成因也是好理解的。而在上下边滩或边滩与心滩之间形成相互联系的沙埂，其成因就要复杂得多。这些成型堆积体的分布情况大体上如图 1-12 所示，在天然河流上，由于各种影响因素十分复杂，成型堆积体的结构形式和分布情况往往千差万别，具有强烈个性，但共性仍然是鲜明的，成型堆积体经常处于发展变化之中，是平原河流河床演变中最

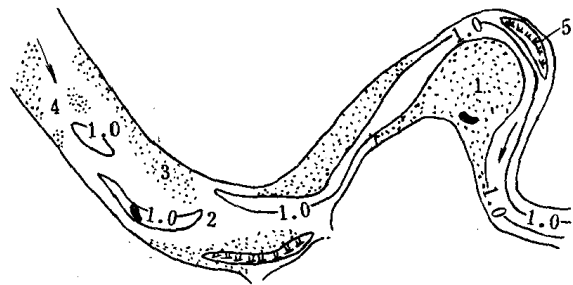


图 1-12 河道中泥沙成型堆积体
1—边滩；2—浅滩；3—沙咀；4—江心滩；5—江心洲