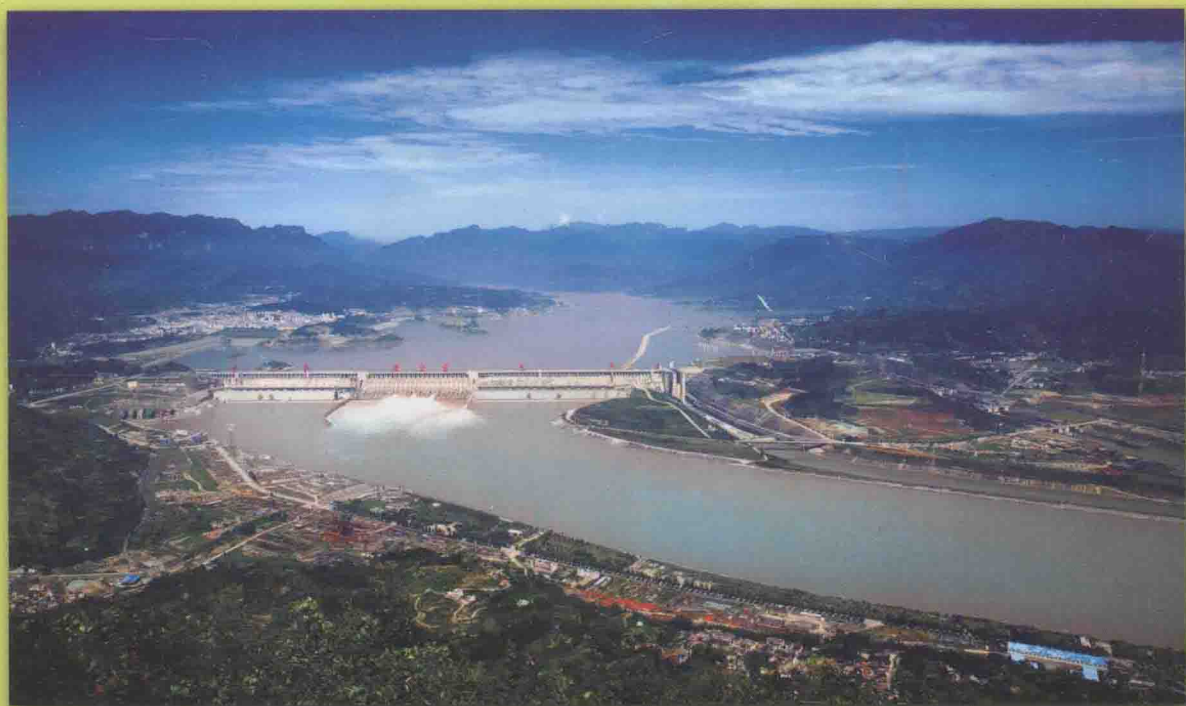


长江河道认识与实践

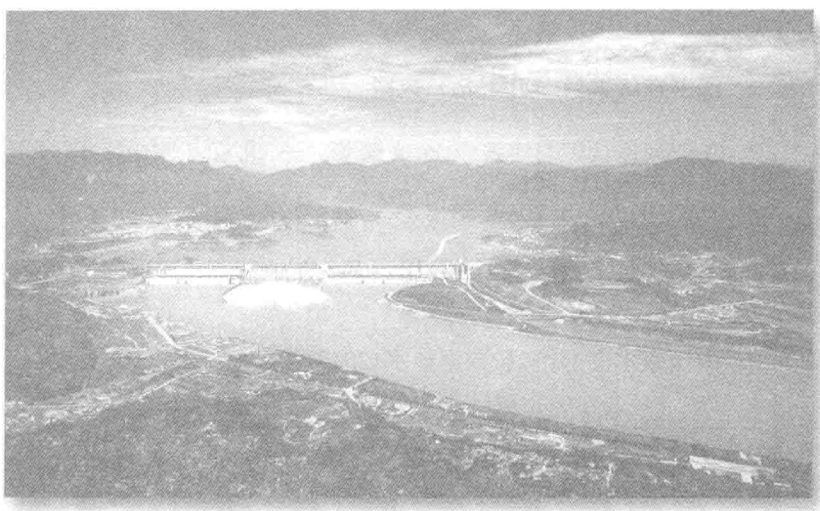
余文畴 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

长江河道认识与实践

余文畴 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书对长江中下游河道演变与整治中的河床地貌研究、长江口河床地貌研究、长江中下游支流河型调查综合分析等内容,进行了系统的阐述,揭示了河床演变的规律,并指导运用于长江中下游河道整治工程实践中。书中还收录了部分有关长江河道整治方面的论文。全书资料翔实、观点清晰,紧密结合长江治理的实际,具有较强的指导性和实用性。

本书对从事河道整治、研究与开发工作的专家、学者有着重要的指导意义,也可供河流研究、河道整治工程等相关专业师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

长江河道认识与实践 / 余文畴著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2013. 2
ISBN 978-7-5170-0668-8

I. ①长… II. ①余… III. ①长江中下游—河道整治—研究 IV. ①TV882.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第034889号

书 名	长江河道认识与实践
作 者	余文畴 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市密东印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 34.75印张 824千字 4插图
版 次	2013年2月第1版 2013年2月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	118.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

序

这是我为余文畴同志的第三本书作序了。

在我主持长江水利委员会技术委员会工作期间，计划组织编写了一批《大中型水利水电工程技术丛书》，目的是将长江委半个世纪以来相关专业方面科学技术的进展进行一次全面的总结，使这些在实践中获得的认识和经验得以系统化，并力求升华为理论。

余文畴同志主编的第一本书《长江河道演变与治理》是第一批 16 本丛书之一，当时技术委员会对这本书十分重视，对该书的提纲和各章撰写的内容组织了多次讨论和审阅，力求使该书具有相当的广度和一定的深度。该书概括了长江在地质年代中的形成、发育和近代的历史演变，描述了长江自河源开始，经通天河、金沙江、川江等山区性河段，中下游冲积平原河段，直到长江口的河道特性，重点分析了长江中下游与长江口的河床演变规律，总结了半个世纪以来长江中下游河道治理规划、整治工程技术和实践经验，介绍了长江河道观测中的新技术和河道研究中数学模型、河工模型中的关键问题。该书具有很强的实践性，一是它以丰富的长江实际资料为基础；二是它的研究紧密结合长江河道实际，反映了从实践中来到实践中去的正确认识途径；三是它具有较好的应用价值和指导意义，可供工程技术人员借鉴，也可供高等学校师生参考。该书较好地体现了长江委技术委员会编制系列丛书的宗旨。

第二本书《长江河道崩岸与护岸》应是长江河道治理研究的主旋律。纵观半个世纪以来长江中下游演变的主要形式是河道的平面变形，由此而带来对防洪与河势的影响，不仅直接威胁堤防工程的安全，也影响沿江各涉水工程设施的安全和正常运行，造成制约两岸经济发展一系列的问题，使得研究导致河道平面变形的崩岸机理及护岸工程技术成为研究长江中下游河道整治的主要问题。长江委自 20 世纪 70 年代以来主持召开的历次护岸工程经验交流会也是围绕这个问题。通过这个会议，不仅交流了长江河道观测、分析研究、科学试验、规划设计、工程技术方面的成果和经验，而且也推动了护岸工程建设的发展和河道整治工作；不仅提高了工程技术和学术水平，同时也融合了团结治水的精神。我是在担任长江委领导职务期间于 1985 年主持了第三届

护岸会议，之后又于1989年和1993年相继主持了第四届和第五届护岸会议。长江委对每次会议都十分重视，文件的起草及会议的议程、总结和纪要都要经过认真的讨论，长江委技术顾问杨贤溢、长江委副总工程师洛叙六都对大会的总报告进行审查，每次会议都取得了很好的效果，每次会议均汇编论文集。其中，余文畴同志做了大量的组织筹划和文集汇编工作。这本书是在总结50多年来长江委和中下游各省市、有关单位的崩岸研究成果和护岸工程经验的基础上，汲取了2001年以来长江委开展的水利部专项课题“长江河道崩岸机理与防治研究”的丰硕成果，并结合长江科学院在相关专题研究和重要堤防隐蔽工程项目相关的试验中取得的成果而汇著的，体现了集体智慧的结晶。

第三本书《长江河道认识与实践》是余文畴同志通过长期实践而获得的长江河道理性认识在河床地貌学（形态学）领域中的集中反映，从而开展了对长江中下游河道演变与整治中河床地貌的全面研究。退休后，他将大部分时间和精力放在了对长江实际资料的分析研究中，并直接参与了荆江河段与长江口河段等有关专题研究工作。他一方面通过与河道观测分析的同志共同研究，汲取可贵的来自河道实际的认识，另一方面又通过互相交流，互相补充，达到理论与实际更好地结合。纵览这本书的内容，可分为4篇：第1篇是核心，是对长江河床地貌研究的全面而系统的阐述，将河床地貌与河型研究结合起来，并在河道整治中加以运用，提出了一些新的观点和认识，可作为今后进一步研究和讨论的基础；第2篇是针对长江口河床地貌的特殊性所作的研究，是第1篇的补充和深化；第3篇涉及长江中下游支流河型与河床地貌，是第1篇的进一步扩展；第4篇是余文畴同志在河道整治方面的论文代表作，涉及河道整治中的一些基础理论和重要问题、主要的整治观点以及工程经验，对读者都会有较好的借鉴意义。

在退休后的10余年时间里，余文畴同志能撰写出上述3本书，体现了他对长江河道治理事业不懈努力、勇于进取的执著精神，也折射出了他对长江深深的热爱。

文 伏 波

2012年6月于武汉

前 言

《长江河道认识与实践》一书，原本想包括更多的内容，曾列出 20 多个方面有待深化的工作，征求过吴道喜同志（时任长江水利委员会科技委秘书长、总工办主任）的意见，他表示大力支持；然而，要将它们系统地综合起来又深感力不从心。当想起我们的老师谢鉴衡教授在 20 世纪 80 年代的一些学术讲座中常提到“河床演变学科的发展要走一条水流泥沙运动研究与河床地貌研究相结合的途径”（大意），考虑是否可以通过长江河床地貌全面而系统的研究将河道治理实践中的认识连贯起来，这样就使该书有了一个较好的主旨，同时对河床地貌学科也是一个拓展。于是，就将长江中下游河道演变与整治中的河床地貌研究作为该书的核心内容。

关于长江河床地貌的研究，曾于 2008 年写好大纲想列入水利部或长江水利委员会（以下简称长江委）计划的一个研究项目，力求有较多力量参与，在争取未果后只能尽力而为着手撰写。在撰写过程中，先后在长江委长江科学院河流所，长江委水文局荆江局、中游局、下游局、长江口局、水文水资源处，长江设计院上海分院以及长江航道规划设计院、安徽省长江河道管理局等单位作学术讲座，进行了有益的交流，并在王新才同志支持下结合长江委规计局牵头的两个专题，即荆江河段和长江口演变与治理的研究工作，不断对书中内容进行修改补充，遂于 2010 年 6 月完成初稿。2010 年 9 月，为对该书稿征求意见，在长江委有关同志支持下召开了一次座谈会。会上，长江委内外有关单位的学者、同仁提出了许多宝贵意见。之后，又用了近两年时间对文稿进行了数次修改，并完善了有关的图、表。

本书共分 4 篇。第 1 篇“长江中下游河道演变与整治中的河床地貌研究”，共分 9 章，前 5 章是对长江中下游河床地貌分类、形成条件与过程、河床地貌与河型关系、河床地貌稳定性以及不同河床地貌之间的相互转化作了较全面的阐述和分析，后 4 章分别为河床地貌学运用于洪水河床、平滩（中水）河床和枯水河床整治所进行的研究，并综合了其主要的整治经验。第 2 篇“长江口河床地貌研究”，是根据长江口受径流和潮汐双重动力作用在河床地貌研究中的特殊性而做的研究工作，并对长江口整治规划涉及的若干问题提出讨论性

的意见。第3篇“长江中下游支流河型调查与综合分析”，主要根据我们在20世纪80年代末对长江诸多支流的河型与河床地貌所做的调查分析工作，提出了一条河流在“理想”的条件下其河型与河床地貌理应遵循的沿程变化规律。第4篇“长江河道整治论文选”，分综合类、基础应用类、长江中游、长江下游等4个方面，大部分是作者在长江河道整治方面曾发表过的一些论文的概括与综合，也有一部分是与几位同志合作的成果，基本上都涉及长江中下游河道整治中的主要问题。

本书请中国工程院院士文伏波先生作序，这是他为笔者的著作第三次作序，他对笔者的成长非常关心，笔者对他十分崇敬。本书请武汉大学知名学者李义天教授对全书进行了审阅，对他在百忙中审阅本书并提出许多中肯的意见表示由衷的感谢。在撰写过程中，长江科学院河流所以及长江委水文局水文技术研究所、荆江局、中游局、下游局、长江口局等给予了大力支持，姚仕明、许全喜、徐照明对第1、2、3篇，张志林对第2篇，王威对第1篇第6章进行了校阅；袁晶、陈泽方、姚丽娟、彭玉明、龙慧、毛北平、夏薇、王炎良、方波、包伟静、刘桂平、李伯昌、朱巧云、施慧燕、刘林（长航院）、许宏雷（荆州市河道局）等提供了有关图、表资料；袁莉、胡小君、李凌云、方娟娟等进行了文字编辑、图表加工和全文校对。对于他们的积极支持和辛劳，作者一并表示谢意！

借本书出版之际，对长期以来在诸多方面关心和支持作者工作的长江委内外各位领导和朋友，尤其是长江科学院的领导和同仁一贯的关怀和帮助，表示感谢并铭记在心。

作者

2012年6月

于武汉

目 录

序 前言

第 1 篇 长江中下游河道演变与整治中的河床地貌研究

绪论	3
0.1 长江中下游河道河床地貌研究的意义	3
0.2 河床地貌研究现状	3
0.3 长江中下游河道河床地貌研究的内容	8
第 1 章 长江中下游河床地貌分类	9
1.1 河漫滩相堆积地貌	9
1.2 河床相堆积地貌	13
1.3 枯水河槽地貌	16
1.4 沙包	21
1.5 床面沙波	22
第 2 章 河床地貌形成条件及过程	23
2.1 河床堆积地貌形成中的泥沙沉积作用	23
2.2 边滩形成中的床沙质泥沙沉积	23
2.3 心滩形成中的汉流结构与床沙质泥沙沉积	24
2.4 河漫滩和江心洲形成中的冲泻质泥沙淤积	25
2.5 枯水河槽地貌形态取决于河流的水沙运动全过程	26
第 3 章 各种地貌河床演变及稳定性分析	28
3.1 河漫滩的形成和演变以其单向淤积和单向冲刷为主要特点	28
3.2 江心洲冲淤变化特点及其影响	30
3.3 边滩冲淤变化特点	34
3.4 心滩冲淤变化特点	38
3.5 河床堆积地貌稳定性评价	39
3.6 枯水河槽演变的基本特性	39
3.7 深槽与浅滩演变	40
3.8 拦门沙与倒套的演变模式	46
第 4 章 长江中下游河道不同河型的地貌结构	49
4.1 各种河型的一般地貌结构	49

4.2	长江中下游河床地貌特征的划分	58
4.3	长江中下游河道不同河段的河型与河床地貌组成	60
4.4	长江中下游河道不同河型河床地貌特点的概括	69
第5章	河床地貌相互转化及其与河型的关系	73
5.1	河床地貌的相互关系	73
5.2	河床地貌的转化及其对河型的影响	75
5.3	长江中下游河床地貌相互转化的图式	79
第6章	洪水河床整治	80
6.1	大洪水对河床地貌可能产生的影响	80
6.2	洪水河床地貌在防洪中存在的主要问题	86
6.3	洪水河床整治的几个问题	90
第7章	平滩(中水)河床整治	97
7.1	平滩河床整治内容	97
7.2	河床地貌形态及其转化在平滩河床整治中的运用	98
7.3	平滩河床整治中的地貌变化响应与调整	101
第8章	枯水河床整治	111
8.1	枯水河床整治的特点	111
8.2	枯水河槽地貌的演变关系及其在枯水河床整治中的作用	113
8.3	枯水河床整治的内容	121
8.4	枯水河床整治中河床地貌变化与调整	128
第9章	长江中下游河道整治工程的作用和影响问题	132
9.1	洪水河床中的整治工程	132
9.2	平滩(中水)河床整治中的河势控制护岸、洲头分流与锁坝工程	134
9.3	枯水河床航道整治与潜锁坝工程	136
	附表 长江中下游河道整治工程分类	137
	参考文献	138

第2篇 长江口河床地貌研究

第1章	概述	143
第2章	长江口河床地貌分类及其形成条件	145
2.1	河床地貌类型	145
2.2	长江口河床地貌形成的水流泥沙运动条件	150
2.3	长江口河床地貌划分	158
第3章	长江口河床地貌演变的基本特性	162
3.1	河床地貌的冲淤特性	162

3.2 长江口河床地貌稳定性分析	166
3.3 河床地貌之间的转化及其模式	168
第4章 长江口河床地貌研究的意义	175
4.1 长江口河床地貌变化现状	175
4.2 徐六泾节点控制作用的变化	179
4.3 南北港分流区稳定性评价	181
4.4 南支三大通海口演变规律	181
4.5 关于北支的演变趋势和远景形态的设想	182
4.6 关于长江口总体河势格局的稳定问题	184
参考文献	185

第3篇 长江中下游支流河型调查与综合分析 ——一条理想河流河型与河床地貌沿程变化规律

第1章 长江中下游支流河道概况	189
1.1 河流地貌及边界条件	189
1.2 水文泥沙特征	190
第2章 河型调查	196
2.1 洞庭湖水系	196
2.2 鄱阳湖水系	199
2.3 汉江中下游	202
2.4 鄂东北诸河	205
2.5 各水系河型调查综合分析	209
第3章 河型与河床地貌沿程变化规律的研究	210
3.1 长江中下游支流河床地貌沿程分布特点	210
3.2 长江中下游支流河型及河床地貌沿程变化的形式	212
3.3 长江中下游支流河型沿程变化的综合	213
3.4 长江中下游支流河型沿程变化的条件	214
3.5 “理想河流”情况下河型与河床地貌沿程变化规律	215
第4章 小结	218
参考文献	219

第4篇 长江河道整治论文选

综合类

林一山治理长江河道的指导思想和贡献	223
-------------------------	-----

长江河流泥沙和河道治理研究与实践——为长江科学院建院六十周年而作	240
长江中下游护岸工程四十年	259
为进一步搞好长江中下游河道治理和管理工作而努力	267
长江中下游河道整治和护岸工程实践与展望	280
长江中下游历次护岸会议回顾	286
基础应用类	
长江中下游干支流河道平面形态指标研究及其在河道整治中的应用	289
长江中下游分汊河道节点及其在河床演变与河势控制中的作用	299
长江中下游河道“口袋型”崩窝机理研究	312
平顺抛石护岸若干问题水槽定性实验	324
抛石护岸稳定坡度与粒径的关系	337
抛石落距试验研究	342
关于长江中下游丁坝护岸问题	349
长江下游分汊河道整治中的堵汊工程	356
长江中游	
三峡工程运用后长江中游河床冲淤变化特点	365
近 60 年来荆江与洞庭湖关系的演化	391
下荆江险工调关矶头护岸损坏原因初步分析	414
1998 年大水对荆江河道演变的影响	419
长江中游武汉河段河道整治研究综述	437
长江中游团风河段整治规划研究——兼述鹅头型汊道演变规律与整治	452
长江下游	
南京河段整治工程及经验	467
长江下游镇扬河段整治与和畅洲汊道潜锁坝工程	482
嘶马河弯整治工程	500
长江下游澄通河段近期演变特点分析	507
长江口保滩护岸工程经验初步总结	524
长江口洲滩历史演化过程和近期演变	530
结语	540
附录	543

第 1 篇

长江中下游河道演变与整治中 的河床地貌研究



绪 论

0.1 长江中下游河道河床地貌研究的意义

一条冲积平原河流在流域诸环境因素的综合作用下会形成一定的河型，并在整个河床内相应形成不同层次的地貌结构。这些河床地貌的形态、物质组成及其在水文条件下的变化不仅反映了河流的造床过程、形成条件和内在的演变特性，而且体现出河床地貌与水流泥沙运动之间具有密切的关系。因此，一条河流的河床演变，需要从河床地貌和来水来沙条件入手，将河床地貌形态学和泥沙运动学相融合进行研究，才能科学地揭示河床演变的实质。

半个世纪来，长江中下游河道河床演变的研究大多依据实测地形图对比分析河床平面和纵、横剖面的变化以及河床冲淤的变化，并在此基础上归纳河道演变的特性，进而逻辑推理分析演变规律和趋势。多年来，在长江中下游都是凭依这一方法进行河床演变分析，并广泛地应用于长江中下游防洪、河道治理规划和工程建设活动中。但是，通过不断实践也逐渐认识到，这一研究方法毕竟是宏观层面上的概括分析，基本上未全面涉及河床地貌系统，与泥沙输移的力学机制联系得还不够紧密，河道演变规律的科学诠释还有待进一步深入。另外，长江中下游的河道整治，特别是 50 多年来实施的护岸工程，以及系统裁弯工程、部分汉道河段的综合治理工程和最近 20 多年来陆续开展的航道整治工程，通过研究和实践，取得了丰富的工程经验，推动了长江中下游河道整治工程技术的不断发展。然而迄今，在长江中下游的河道整治研究中，不同河床地貌形态在河道演变与河势稳定中的作用，河床地貌与河道整治的关系，以及整治工程实施对河床地貌的影响等方面都尚未进行过系统研究，致使人们对于河道整治的认识较大程度上仍停留于经验性阶段，制约了河道整治在更广范围内的实践和发展。本篇旨在通过对长江中下游干流河道系统的地貌研究，以及河床地貌的形成、演化与泥沙运动相结合的研究，以及河床地貌与河道整治关系的研究，来揭示长江中下游干流河道河床演变的内在规律，并运用于河道整治工程实践中，为推动河床演变学这门学科的发展作出努力。

总之，提出长江河道演变与整治中的河床地貌研究，充实和发展河床演变和河道整治的研究方法，是进一步研究河床演变客观规律和河道整治实践的需要，也是推动学科发展的需要。

0.2 河床地貌研究现状

关于河床地貌研究的论述多见于 20 世纪 60~80 年代的文献，国内学者有钱宁、谢鉴衡等，国外有苏联和美国从事地理研究的学者；至于长江河道河床地貌分析研究，主要是中国科学院地理研究所和长江水利水电科学研究院做了较多的调查研究工作。本节主要概



括钱宁教授、谢鉴衡教授和中科院地理所等对于河床地貌的研究情况。

(1) 钱宁等在 20 世纪 60 年代所著的《黄河下游河床演变》一书中^[1]，将黄河下游河漫滩首先是作为河床边界条件的组成物质进行研究。黄河下游是一条干旱地区的年际年来水来沙变幅很大的、高含沙量的堆积型河流，其河漫滩的形成和发育既受到主槽摆动的影响，更受到历年汛期不同水沙条件的作用。由于洪水比降大、流速大，河漫滩滩面的沉积物沙性重，中细沙、细沙和粉沙为其主要沉积物，且呈多层结构，特别是平滩河槽的滩唇粒径更粗；细颗粒黏性土沉积较少，距主槽较远的滩面沉积相对较多。因此，由河漫滩构成的平滩河槽，其边界物质的抗冲性极弱，是河道平面变形异常剧烈的边界因素，常给护滩工程和堤防险工带来极为不利的影响。

钱宁等将黄河下游冲积性河道分为上、中、下 3 段，分别为游荡型、过渡型和弯曲型 3 类河型，本书只涉及高村以上的游荡型河段。黄河下游游荡型河段是一条宽浅型河道，两岸堤距最大达 20 余千米，洪水河床最大过水宽度可达 7km，河漫滩形成的各段平均最大河槽宽为 1.6km，而滩槽高差（即河漫滩与河槽平均高程之差）仅为 1.00~2.00m，平滩河槽极度宽浅。游荡型河段平滩河槽的河身总体顺直，高村以上各微弯段的曲折率均在 1.15 之内，因而黄河下游游荡型河道除河漫滩滩宽很大之外，平滩河槽河宽大且顺直是其显著特点。

钱宁等在阐述黄河下游的河床地貌中，将河漫滩、心滩和沙垅看做是河床的主要地貌组成单元，认为它们的发展消长在相当大的程度上决定了河流的平面形态及断面变化。黄河下游的河漫滩，滩上植被不发育，缺乏典型的鬃岗地形，临河有自然堤，滩面上有串沟，近堤处有堤河，串沟常与堤河贯通，从而影响堤防的安全。河漫滩在平滩河槽内形成二滩和嫩滩，其中二滩构成滩岸，在主流摆动冲刷下发生崩岸使河道产生平面变形；嫩滩具有边滩的性质，在顺直河段内呈犬牙交错分布，边滩向下游移动过程中常引起主流的摆动。心滩广泛分布于黄河下游游荡型河床中，其外形极不规则，各滩体间尺度和高程也相差较大。河床内心滩移动的速度相当快，在大洪水作用下冲淤变化很大，有的可能合并成大的心滩，有的被切割成更小的心滩，有的则并岸成为河漫滩部分。沙垅是由“沙纹”或“沙鳞”发展而形成。钱宁等对沙垅消长过程与推移质泥沙运动的关系进行了研究，认为沙垅对于河床演变有着直接的影响，沙垅的变化和移动会使河床形态随之改变，一方面在平面上它影响边滩和二级节点的变化，影响到水流特别是对枯水水流的控制；另一方面，它的冲淤又影响河床纵向变化。因此，沙垅的演变与河床纵、横向变形都有密切的关系。

(2) 钱宁等在 20 世纪 80 年代出版的《河床演变学》专著中，广泛收集国内外许多河流资料，对平原河流河漫滩的形成、发展消长、类型与形态特征、河漫滩物质组成以及河漫滩过流能力进行了全面的阐述；对河床内成型淤积体的分类、形态和变化进行了描述^[2]。

钱宁等将河漫滩的形成归纳为 3 种形式：第一种是由河流的横向摆动和另一岸的淤长而形成，是河流在河谷内的发育过程中，随着河谷的底部不断拓宽，洪水上升的幅度越来越小，槽和滩日益分化，以及因滩地水浅流缓，使得悬移质中的细颗粒在雏形的河漫滩上进一步落淤，河漫滩形成典型的二元结构（值得注意的是，这里将河漫滩形成的冲积过程与悠久岁月里形成河谷拓宽的过程联系在一起）；第二种是心滩沙洲与河岸连接形成河漫

滩,这一过程被描述得很细致,基本上可以概括为心滩先变为沙洲,然后在支汊淤积下形成与岸相接的过程;第三种是漫滩洪水的加积作用,即洪水上滩后,悬移质泥沙落淤将使滩面抬高。通过对国内外一些河流的调查可以看出,洪水所造成的淤积以凸岸边滩最显著,自然堤部位次之,河漫滩滩面又次之,远离主槽的滩面淤积最薄。对于河漫滩的发展消长,钱宁等提出了3种情况:一是河流的平面摆动,所谓“十年河东,十年河西”,使河漫滩发展消长;二是河漫滩的冲失,在某种水文条件下甚至全部冲刷殆尽,然后又在河谷中淤积,从边滩、心滩开始向河漫滩转化;三是堆积型河流的河漫滩,从长时段来看其淤高几乎与河槽的淤积同步上升。关于河漫滩的类型,钱宁等列出了弯曲型河道和游荡型河道河漫滩不同的微地貌单元。前者包括了主槽、牛轭湖、凸岸边滩、鬃岗地形、滩面局部封闭水域、自然堤、沼泽低洼地、风成沙丘等;后者以多沙河流黄河为例,历年洪水漫滩强烈加积对滩面起着夷平的作用,滩面横比降明显,滩面顺着横坡有一系列的串沟,沟通主槽和堤河,造成横向顶冲大堤的险情。对于河漫滩的过洪能力,钱宁等分析了两个方面的因素:一是与滩槽过流面积相对大小有关;二是与滩槽糙率相对大小有关。

钱宁等在阐述河床的地貌形态时,将成型淤积体分为基本组成单元和由这些单元组成的复合体。在基本组成单元中,小型成型淤积体包括沙纹、沙丘和沙浪,它们的发展消长对整个河床演变影响不大;大尺度成型淤积体称为沙洲,是河床变形和河槽调整的产物,它们的变化直接影响河槽形态和水流条件。沙洲的基本类型有纵向沙洲、横向沙洲、斜向沙洲(即浅滩)、凸岸边滩和交错边滩等5种。

据笔者所知,“成型淤积体”一词最早见于20世纪60年代初武汉水利电力学院河流动力学及河道整治教研组编著的《河流动力学》一书中^[3],估计该词源于苏联学者50年代的著作。对其含义似可作如下的理解:成型淤积体具有以下两个基本特征,一是它在河流泥沙运动和河床演变中总体呈淤积态势;二是它要形成一定的、相对稳定的形体。从这个意义来说,上述的小型成型淤积体只能看做床面形态,应是推移质运动的产物,在一定的水流条件下将可能被冲刷殆尽,不具备持续淤积的特性,所以不宜将其称为成型淤积体。正如钱宁所指出的,在河床演变中,这些小型的沙浪形态的发展消长对整个河床演变基本上没有什么影响。

(3) 谢鉴衡、丁君松等在20世纪80年代出版的《河流泥沙工程学》和《河床演变与整治》中^[4,5],对于平原河流河漫滩和河槽中成型淤积体作了清晰的描述和分析。指出了平原河流形成的过程主要表现为水流的堆积作用使河谷中形成深厚的冲积层,该冲积层就是河漫滩,其组成自下至上为卵石、粗沙、中沙、细沙,最上的表层部分有黏土和黏壤土沉积。在河谷中河漫滩十分宽广,洪水时淹没,中枯水时出露,在主槽岸沿形成自然堤,远处为湖泊洼地,使河漫滩滩面具有横比降。同时指出,河道在河床演变中左右摆动时,一岸的河漫滩受水流冲刷侵蚀,另一岸又形成新的河漫滩,而且常在凸岸的河漫滩上形成鬃岗地形。

在中水位以下的河床主槽中,常形成一系列的泥沙堆积体,包括边滩、沙埂、沙嘴、心滩和江心洲。边滩只在枯水位出露水面,而在中水位时淹没,常于河道两侧交错分布;上、下两边滩之间常为沙埂分布;沙埂上水深较浅,不能满足通航要求的称为碍航浅滩;沙滩向下游淤长的狭长部分称沙嘴;位于江心的沙滩,低于中水位以下称江心滩,高于中



水位以上称江心洲。以上各种沙滩，统称为成型堆积体。这些堆积体在不同的来水来沙条件作用下不断地运动变化，构成河床演变中各种各样的表现形式。

上述对河床地貌的描述概念比较清楚，定义也较准确。至于原《河流动力学》中的“成型淤积体”这里改称为“成型堆积体”，可能是指该型体形成的特点具有单向堆积或持续淤积的含义。笔者认为在上述描述的基础上还可作一些补充：①沙埂一般是上、下边滩（或心滩）之间的连接部分，浅滩是沙埂中河床高程最低的部位，不论是否有通航要求，它都是一种上、下槽部之间纵向隆起的过渡地貌；②沙嘴实际上是依附于边滩在其前缘向下游槽部延伸的一种淤积形态，沙嘴与边滩往往是密不可分；③江心洲在河床中是在心滩的基础上进一步淤高而形成，不仅是滩面高程比心滩高，更重要的特征是其上层的沉积物乃是由悬移质中细颗粒泥沙淤积而成。

（4）苏联学者康德拉契也夫、波波夫和斯尼辛科于 20 世纪 80 年代初的研究中将河床演变分为 4 个层次^[6]，除了泥沙运动的微观结构外，其他 3 个层次为：一是覆盖在整个床面上的小尺度沙垄；二是由沙垄堆积而成的中尺度形态；三是大尺度形态，既包括河床部分又包括河漫滩。小尺度形态是与水流中大尺度紊动结构相应的、在河床演变中最具活力的形态；中尺度形态与宏观的流速结构及次生流相关，在流量季节变化中呈现平面尺度基本稳定而部分发生变形的特征，表现出复杂的推移质泥沙输移机理，对这一层次形态的研究是揭示河床演变基本规律的途径，所有利用河流的方式都必须考虑它的变形；在小尺度和中尺度形态的形成中，来沙条件只是推移质运动占优势，而大尺度形态结构变形则反映整个来沙条件，并且在河漫滩形成中悬移质泥沙的作用占优势。

按照以上的结构层次，他们将河床形态分为 7 类：①带状沙垄型；②交错边滩型；③限制弯曲型；④自由蜿蜒型；⑤不完整弯曲型；⑥河漫滩多汉型；⑦河床多汉型。同时，对这七大类形态统计了一般的平面尺度。

笔者根据以上对河型的分类并结合对长江中下游干支流河道形态的研究^[7]认为，上述带状沙垄型可能发生在河道两岸控制性很强、河宽较小、水流流速横向分布较为均匀且推移质单宽输沙率不是很大的河流。如果水文条件中，河道内的水流横向分布不均衡，泥沙运动强度较大，则将形成不了较为规则的带状沙垄，而较大可能形成新月型（或称鱼鳞型）的沙垄。河床中主要由中度形态结构组成的交错边滩，它的形成应与其河宽有所增大、水流强度与第①类相比有所减弱有关，在河床上由推移质泥沙输移产生有规则的堆积，形成依附于两岸的犬牙交错并随水流向下游运移的边滩。显然，第①、②和⑦类属于两岸受到一定限制、不存在现代河漫滩、由推移质泥沙运动形成的河床地貌。其中，第①、②类与长江支流中、上游某些河段的河床地貌相类似，第⑦类一般与长江支流中上游比降较大、推移质来沙量较大的个别宽河段的河床地貌相类似。第④、⑤和⑥类则是河漫滩发育的，既有推移质运动，又有悬移质运动，甚至悬移质运动占优且细颗粒也参与造床作用的河床地貌。其中，第④类与长江干支流蜿蜒型河道河床地貌相类似，第⑤类相当于长江中下游双分汉江心洲汉道，第⑥类相当于长江中下游多分汉河道。仅第③类为两岸河漫滩不甚发育或边界受到一定程度的控制而限制其向河曲发展的一种弯曲形态，在这种形态的河床内，河漫滩、边滩都未能得到充分发育，这在长江的一些支流上可以见到。

（5）20 世纪 80 年代初，中国科学院地理研究所、长江水利水电科学研究院等在研究