

河流地貌学概论

沈玉昌 龚国元 编著

科学出版社

河流地貌学概论

沈玉昌 龚国元 编著

科学出版社

1 9 8 6

内 容 简 介

本书系统地阐述了河流地貌学的基本理论，其中也包括作者的一些研究成果。

全书共分八章。第一章论述了河流地貌学发展简史；第二、三章为流域、水系；第四章为河谷地貌；第五章介绍了水力学及泥沙运动学的某些原理，以作为分析现代河床地貌过程的基础；第六章阐述了河床地貌特征及其形成和演变的规律；第七章探讨了河型的分类、成因及转化问题，提出了作者的分类体系；第八章论述了河口区的地貌特征及其演变过程。

本书可供地理工作者、水利工作者和高等院校有关专业师生以及有关部门的管理人员参考。

河 流 地 貌 学 概 论

沈玉昌 龚国元 编著

责任编辑 朱昇堂

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

北京市通县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1986年9月第一版 开本：787×1092 1/16

1986年9月第一次印刷 印张：13 1/4

印数：精1—1,600 插页：精3平2
平1—1,700 字数：307,000

统一书号：13031·3271

本社书号：5056·13—13

布脊精装 4.20 元
定价：平 装 3.20 元

前 言

长期以来,河流地貌一直是地貌学的主要研究对象之一,由于河流地貌在全球分布十分广泛,因此,它的发育和演变过程被称为“常态侵蚀循环”。最近三、四十年来我国关于河流地貌的研究有很大进展,主要表现在:①研究领域的扩大。过去关于河流地貌的研究往往局限于水系与河谷地貌,对河床地貌的研究较少;研究河流的历史过程较多,研究现代过程较少。近一、二十年来扩大了研究领域。②向纵深方向发展。过去的研究往往局限于形态描述,现在发展到从动力学的角度来研究河流地貌,解释河流地貌的形成机制,且已取得了较大的进展。③向模拟试验与定位观察的方向发展,特别是关于平原河流地貌的研究。④与水利工作者合作,取长补短,学科之间相互渗透,提高研究工作的能力。

国外关于河流地貌研究的论文很多,但英文和俄文文献中我们只见到关于河流地貌的若干论文集,没有看到系统地介绍河流地貌的专著,日文文献中有一本《河川地形》(高山茂美,1974),此书重点介绍了河流地貌的现代过程,但缺乏河流地貌历史演变的内容。

1964年本书的第一作者应水利电力部泥沙训练班之邀,讲授河流地貌一课,由于教学需要,不揣简陋,编写了一本《河流地貌讲义》。

现在看来该书内容已较陈旧,但迄今国内仍无一本较有系统的河流地貌学的专著问世,因此,作者吸收最近十多年来国内外一些新的研究成果,重新编写出这本《河流地貌学概论》,以供有关方面参考。

在撰写本书的过程中,承叶青超、许炯心、蔡强国等同志协助。初稿完成后,承中国科学院地理研究所地貌研究室河流组尤联元、洪笑天、杨毅芬等同志审阅了部分章节,全部稿件承华东师范大学陈吉余教授和华南师范大学曾昭璇教授审阅,他们提出了许多宝贵意见,周熙澄同志清绘了全部图件,谨此一并致谢,由于作者水平所限,本书缺点和错误之处在所难免,尚祈读者不吝指教。

目 录

前言	(iii)
第一章 河流地貌研究简史	(1)
第一节 我国河流地貌研究简史	(1)
第二节 国外河流地貌研究简史	(9)
第二章 流域	(15)
第一节 流域的形态特征	(15)
第二节 流域的自然地理条件及其与河流情况的关系	(19)
第三节 流域过程的定量评价	(24)
第三章 水系的型式与发展	(31)
第一节 水系的型式	(31)
第二节 水系的水流类型	(32)
第三节 水系的发展	(34)
第四节 水系发展的随机模式	(48)
第四章 河谷的形态及其成因	(53)
第一节 河谷的形态	(53)
第二节 河流阶地	(56)
第三节 河谷的发展	(71)
第四节 河谷的类型	(81)
第五章 河道水流和泥沙特性	(85)
第一节 河道的水流特性	(85)
第二节 河道的泥沙特性	(95)
第六章 河床地貌及其形成过程	(105)
第一节 水流与河床相互作用过程	(105)
第二节 河流冲积物	(110)
第三节 河床地貌的形成过程	(120)
第四节 河流的纵剖面	(137)
第七章 河型	(153)
第一节 河型的分类	(153)
第二节 河型的成因	(155)
第三节 河型的转化	(176)
第八章 河口区的地貌及其演变	(184)
第一节 概述	(184)
第二节 河流近口段的地貌及其演变	(187)

第三节	河流河口段的地貌及其演变.....	(188)
第四节	口外海滨地貌的形成过程.....	(198)
第五节	中国主要河流河口三角洲的演变.....	(199)

第一章 河流地貌研究简史

人类的生活离不了水，而河流是水的仓库。人类文明大部分发源于河谷，中国、埃及、印度等文明古国的兴起分别与黄河、尼罗河、恒河有不可分割的关系。人类对河流的研究很早就开始了。

第一节 我国河流地貌研究简史

河流地貌学是研究地表“永久性”和“暂时性”线状水流的侵蚀作用和堆积作用所造成的各种地貌形态的形成、发展和演变规律的科学。研究河流离不开地貌，而河流本身所造成的各种地貌形态成为河流的边界条件，它们反过来影响甚至制约河流的进一步发展。人们为了利用和改造河流，使它为人们的生产和生活服务，往往采取工程措施，以改变河流的边界条件，许多水利工程实际上是改变河流边界条件的工程，也就是改造河流地貌的工程。我国大禹治水的传说最早见于周代的著作，如《尚书·益稷》就记载了“随山刊木”，“决九川”的治水措施。据记载，春秋战国时代的楚国已利用平原地形或较低的分水岭，开凿运河，因而“西方则通渠汉水、云梦之野，东方则通鸿沟、江、淮之间”。〔1〕吴国开凿胥渚，沟通了长江和大运河。秦昭襄王时代李冰任蜀守，他依据岷江从川西山地进入成都平原的冲积扇地形，修建了都江堰，成为我国水利工程上的杰作，也是我国人民利用和改造河流地貌的光辉典范。

关于都江堰的记载以《史记·河渠书》为最早，“于蜀、蜀守冰凿离碓，辟沫水之害，穿二江成都之中。此渠皆可行舟，有余则用溉浸，百姓飡其利”。岷江至灌县以下出山地而进入成都平原，灌县至成都约六十公里，两地高差约300米，引水灌溉非常方便。都江堰的水利工程布置即利用这种有利地形，人们在岷江上修筑鱼嘴，分岷江为内、外二江，并壅高内江水位，引水进入地势较高的宝瓶口，洪水期可起自然控制作用。都江堰经过历代的修筑，逐渐形成了一个扇形的灌溉网。内江水系有走马河、柏条河、蒲阳河等三条干渠；外江水系有沙沟河、黑石河、羊马河、江安河、杨柳河、大朗河等六条主干渠。内江灌区偏于成都平原的东北部，略大于偏于西南部的外江灌区。这两大灌区，旱涝保收，使四川省获得“天府之国”之美誉。

秦始皇平定六国以后，进兵岭南，为了军事上的需要，命监郡御史——通称史禄或监禄——主持开凿沟通湘江和漓江的人工运河，称为灵渠，亦称陡河，近代又称兴安运河或湘桂运河。灵渠的开凿在水利技术上的成就，主要是发现并利用了兴安河谷地带引水方便的地貌条件和在湘江上修筑鱼嘴工程。湘江的双女井溪与漓江的支流始安水相距仅约二公里，水位差也不过数米，中间隔着太史庙山、始安岭、排楼岭等低矮的分水岭，它们的宽度仅300—500米，相对高度仅20—30米。灵渠正是利用这一有利地形，在兴安县城东南2公里龙王庙山下的分水塘，筑坝拦截海洋河，挖通太史庙山，开南渠引始

安水入漓江，开北渠通湘江，沟通了湘、漓二江，使长江水系和珠江水系连结起来，促进了长江流域与珠江流域经济和文化交流。汉代曾继续取道灵渠，出兵岭南。隋代南北大运河开通后，灵渠显得更加重要。直到明、清两代，灵渠内仍然“巨舫鳞次，船只往来不绝”。由此可见灵渠的重大意义。

在汉代治理黄河已有许多宝贵的建议，反映了当时人们对黄河已有比较深刻的认识。如贾让治河三策(公元前6年)，上策是“徙冀州之民当水冲者，决黎阳遮害亭，放河使入北海”。中策是“多穿槽渠于冀州地，使民得以溉田，分杀水怒。”下策是“缮修故堤，增卑培薄。”贾让的三策经过后人的发展补充，形成不与水争地、分水放淤及束水攻沙三派学说。在当时贾让已用“游荡”一词来说明黄河的特性。

此外，还有齐人延年的黄河大搬家计划，即由河套横过山西高原出海的伟大理想。^{〔2〕}北魏酈道元所著《水经注》一书(公元五世纪末)记录了我国河流的形态、河流的变迁等有关知识，如滦河在汉代由海阳县西南入海，在北魏已改由景县碣石入海。据该书(卷14)记载：“又东南过海阳县西南，入于海濡水，又东南，至景县碣石山……濡水于此入海，而不经海阳县西地”。又如关于河流的侵蚀作用有如下的记载：“河中漱广夹岸崇深，倾崖返捍，巨石临危，若坠复倚，古之人有言，水非石凿而能入石，信哉。”^{〔3〕}这里指出黄河壶口瀑布附近的河谷地貌及其成因。至于河谷两岸崩坍形成滩险，阻塞水流亦有不少记载，例如《水经·江水注》关于长江三峡内崩坍的记载，有云：“江水历峡东，径新崩滩。此山汉和帝永元十二年崩，晋太元二年又崩。当崩之日，水逆流百余里，涌起数十丈”。“今滩上有石，或圆如箬，或方如屋，若此者甚众，皆崩崖所陨，致怒湍流，故谓之新崩滩。”

北宋沈括所著《梦溪笔谈》一书(1096年)中，对于河流的侵蚀、搬运和堆积作用的相互关系及其所造成的地形有精辟的论述，可以说从理论上明确了三者的内在联系。他说：“所谓大陆者皆浊泥所湮耳。尧殛鲧于羽山，旧说在东海中，今乃在平陆。凡大河、漳水、滹沱、涿水、桑干之类，悉是浊流，今关陕以西，水行地中不减百余尺，其泥岁东流，皆为大陆之土，此理必然”。^{〔4〕}他看到浙江雁荡山诸峰“峭拔险怪，上耸千尺，穹崖巨谷，不类他山”。他解释这种现象成因“当是谷中为大水冲激，沙土尽去，唯巨石岿然挺立耳，……如大龙湫、水帘、初月谷之类，皆是水凿之穴”。从这些记载中，我们可以看到沈括运用他多年治水过程中对河流冲淤规律的认识，解释华北平原是黄河、滹沱河、漳河等携带上游泥沙淤积而成的。并把关陕以西的黄土高原流水侵蚀地貌与浙江雁荡山的地貌加以对比，他说：“今成皋陕西大涧中，立土动及百尺，迥然耸立，示雁荡具体而微者，但彼土此石耳。”从这些记载可以说明沈括对河流的侵蚀作用和堆积作用已有明确的认识，并且已了解其内在联系。

沈括对河流地貌的一些基本原理的认识比西方早六百多年。在欧洲一直到十八世纪中叶才由俄国学者罗蒙诺索夫(M. B. Ломоносов)和苏格兰学者郝登(J. Hutton)在他们所著的《论地层》和《地球概论》等书中明确地提出这些观点和概念。

明末清初的徐霞客对于我国岩溶地貌的研究有卓越的贡献，他对山地河流的地貌亦有不少独创的见解^{〔5〕}。如在《闽游日记》中提到“宁洋之溪，悬流迅急，十倍建溪，盖浦城至闽安入海，八百余里，宁洋到海澄入海止三百余里，程愈近则流愈急”。这说明了流速与比降的关系。

徐霞客对河流的侧蚀作用亦有所认识,如《滇游日记》:“其迴麓为水所啮,石崖遍削,几无并足处”;《粤西游记》:“盖江流击山,山削成壁,流迴沙转,云根并出”;《楚游日记》:“两旁石崖,水啮成矾”。凡此都说明徐霞客对河流的侧蚀作用已有正确的认识。

清代兰孙对河流地貌的理论也有所发展,他在《柳庭舆地偶说》中提到流水的侵蚀和堆积作用,总结为“变盈流谦论”〔6〕。他说:“因时而变者,如大雨行时,山川洗滌,洪流下注,山石崩坠,久久不穷,则高下局位,”“流久则损,损久则变,高者淘洗而日下,卑者因填塞而日平,故曰变盈则流谦。”兰孙的变盈流谦论不但总结了流水的侵蚀和堆积作用,而且还提出了流水使地面夷平,甚至使高岸为谷,深谷为陵。

总之,在宋代以后,我国学者已提出不少河流地貌学的基本理论,但在当时对这些在世界上属先进的思想并未受到重视和发扬。

清末民初,西方地貌学思想传入我国,美国戴维斯(W. M. Davis)等关于河流地貌学的理论在我国广泛传布,对我国河流地貌学的发展起了一定的推动作用。

从清末至解放以前,我国关于河流地貌的研究偏重于河谷发育史,河流与地质构造的关系特别受到重视。很多学者研究了长江与黄河的发育史,提出了一些新的见解,关于长江三峡的成因问题,维里斯(B. Wills)等人〔7〕认为在白垩纪以前,长江三峡已经存在,其后地壳上升,长江下切形成峡谷。李四光〔8〕认为三峡地区在侏罗纪初期发生强烈的褶皱(包括黄陵背斜的隆起),从中生代一直到第三纪初,黄陵背斜成为川东与鄂西的分水岭,岭西之水流入归州盆地和四川盆地,岭东之水则东流。此种情况可能延续到第三纪后期。其后华中与华东下降,或华西整个相对上升,使西部水系全部改变流向,使长江成为连续的大江。叶良辅等〔9〕则认为当黄陵背斜褶皱隆起为山地后,水顺坡东下,于是形成了黄陵背斜东翼的长江,“其后源头既壮①乃强纳背斜层西翼之水,以成今日之长江上游。”由此可见,叶氏认为黄陵背斜东西两翼水系的贯通乃是由于河流的溯源侵蚀,河流袭夺的结果。李春昱认为:“白垩纪末,四川盆地可能几乎被红色岩系填满,很可能和东部的东湖组盆地相通,后受侵蚀,河流发育在红色岩系面上,向东流,古长江即胚胎于此”〔10〕。

综合上述各家意见,长江三峡的成因可归纳为先成论、叠置论、袭夺论和叠置——先成论等。尽管意见不一,但比过去的研究已深入一步。

关于黄河发育史的研究亦着重在峡谷的成因方面。主要是对山西与陕西之间黄河峡谷进行了深入的探讨,王竹泉〔11〕认为黄河流域曾发生过几次周期性的升降运动,晋陕间黄河发育的历史经历了蓬蒂纪前的侵蚀,蓬蒂纪砾石层与红土的堆积,三门期前的侵蚀,三门系砾石层与红色土的堆积,黄土期前的侵蚀,黄土期黄土底砾层与黄土的堆积,黄土后期的侵蚀与堆积。这就说明,晋陕间的黄河在蓬蒂纪以前已经存在了。

此外,关于长江上游石鼓附近长江第一弯的成因问题〔12-14〕、长江支流嘉陵江小三峡的成因问题〔15〕、珠江流域的西江羚羊峡与羚羊旱峡之地形问题的研究〔16〕等等均提供了关于河流地貌的资料。关于我国东南丘陵区河道发育,吴尚时认为闽西是隆起中心,该隆起使钱塘江向东北流,闽江向东流,韩江向东南流,呈一放射系统〔17〕。

解放后,我国河流地貌的研究在五十年代和六十年代是以河谷地貌为重点。1958—1960年中国科学院地理研究所、北京大学、中山大学、北京师范大学等单位调查了宜昌

至奉节之间的长江河谷地貌，第一次发现在宜昌东湖系砾岩层内有来自川西及滇中岩层所形成的砾石，认为长江三峡远在第三纪初已经形成。在东湖砂岩堆积时期，黄陵背斜已被切穿，现在长江两岸的石灰岩高原面是夷平面。对整个长江三峡来说，长江是从隆起的夷平面上向下切割而成的。他们详细地探查了三峡内的阶地及其对比关系，发现宜昌至南沱间的长江峡谷两岸有多级基座阶地，纠正了过去认为无阶地的论断，证明从第四纪以来，三峡地区一直处于间歇上升的过程中。^{〔18〕}

过去关于长江上游金沙江河谷地貌的研究甚少，1958—1962年中国科学院地理研究所与长江流域规划办公室等单位调查了宜宾至玉树间整个金沙江河谷地貌，第一次获得了该段河谷地貌的系统资料，填补了空白，同时对在云南丽江石鼓附近的金沙江大拐弯提出了与前人不同的意见。从二十世纪初期以来，石鼓大拐弯就曾引起地理学家和地质学家的注意，大多数学者认为这一奇特的弯曲，是由于金沙江发生河流袭夺所造成的。直至1956—1957年间李承三、袁复礼先后发表论文，对该段金沙江曾发生袭夺的结论提出疑问。李承三认为长江上游的宽谷并不是河流袭夺以前的古河道，而是冰川作用的产物^{〔19〕}。袁复礼则认为金沙江的某一弯曲很可以用嵌入河曲来解释^{〔20〕}。1957—1958年任美镠等对这个问题进行了深入的研究，他们根据野外考察的资料，对红石岩至虎跳涧峡谷之间的河谷地貌作了系统的分析，阐明了长江上游河谷发育史，并根据古今河谷地貌的差异和沉积物的分布情况，证明金沙江在石鼓附近曾经发生袭夺的结论证据不足。他们根据白汉场古河谷的形态和对谷中沉积物的分析，认为在第三纪时，金沙江在石鼓以下的三股水地方可能循白汉场古谷南流，并指出古谷中没有冰川侵蚀痕迹和冰碛物。至于金沙江发生袭夺的时代，他们认为大致在早第四纪或中第四纪，发生袭夺的原因是由于新构造运动和溯源侵蚀^{〔21〕}。1962年沈玉昌和杨逸畴调查了该段河谷地貌，认为金沙江在石鼓附近的大拐弯系受西北和东北两组共轭地质构造所控制，与雅砻江在白碉附近的大拐弯颇为类似，都不是河流袭夺的结果^{〔22〕}。1962年唐邦兴等发现金沙江上游自邓柯以下向东南流，至俄南附近急剧向南转，切入花岗岩山体中形成大峡谷，但从俄南继续向东南，经浪经岭至海子山，沿玉隆河、箭白河到甘孜的雅砻江，却有一条长约200公里、宽1—3公里的河谷，谷内有河流相沉积层，其砾石成分与金沙江上游相同，他们认为古金沙江曾经从这一古河谷流入雅砻江，其后由于新构造运动发生河流袭夺而转向南流¹⁾。

关于若干中小河流的河谷地貌亦有较深入的调查研究，例如1952—1954年中国科学院地理研究所调查了汉江河谷地貌，系统地阐述了该河谷地貌的特征及其发育历史，认为最早的汉江发育于白垩纪以后的夷平面上。并在研究汉江河谷地貌的基础上指出“引汉济黄”的可能路线。

关于长江支流河谷地貌的研究，较前也有了较大的进展。1957年任美镠对湘江流域的某些地貌和第四纪地质问题进行了系统的研究，除了描述河谷地貌以外，特别提出了构成湘江河谷阶地的白沙井系的时代问题，认为白沙井系砾石层是冰期时代机械风化和泥流作用堆积的大量石块经水流搬运堆积而成，同时也有冰水的作用。他并进一步推论衡山、庐山、南岭等山岭第四纪冰川的发生除了气候变迁的原因以外，显然与新的上升

1)唐邦兴等,1962,金沙江调查报告。

运动有关^[23]。

关于黄河河谷地貌及其发育史的研究,也发表过不少论文。解放后,由于流域规划的需要,进行了更加深入的研究,1955年冯景兰发表了“黄河流域的地貌、现代动力地质作用及其对坝、库址选择的影响”一文,认为黄河流域是处在不断间歇上升之中。从唐县期地面的存在、汾河期和清水期的深切,认为河谷历史是很悠久的,并不是幼年河谷^[24]。1956年张伯声研究了晋陕间黄河河谷发育问题,认为蓬蒂纪红土层沉积的时期,陕北盆地还没有出口,黄河就在这个时期或稍后一个时期,从陇中盆地通过中卫、中宁盆地在环县西北流入陕北盆地,是为幼年黄河^[25]。

在黄河支流方面,陈述彭等研究了沁河流域的地貌,认为沁河全流域的地貌可以分为几个截然不同的段落,下游是加积建造的冲积平原,上游是侵蚀雕琢的高原河谷,五龙口是它们的分界点。同时,他还结合水利建设,对上游梯级开发的问题和下游灌溉排水问题提出了建议^[26]。郭令智等对汾河河谷的形态作了详细的描述,并论证了汾河下游河道的变迁问题^[27]。郑威等研究了伊洛双子河,除对河谷地貌作了详细的描述外,还指出近代伊洛河的下河关系受新构造的影响^[28]。夏开儒对渭河中下游河谷地貌进行了研究,认为从河床、第一、二级阶地纵剖面比降图,得知它们彼此并不是单行的关系,并推断三门峡水库在渭河上的淤积纵剖面与河床和阶地的纵剖面也不可能是平行的关系¹⁾。至于渭河阶地的类型,黄立强提出了新的见解,认为同一级阶地在宝鸡一带属于基座阶地,向下游逐渐转变为内叠阶地,至西安、渭南一带则为上叠阶地²⁾。

近年来,中国科学院自然资源综合考察委员会西藏科学考察队和地理研究所对雅鲁藏布江河谷地貌的研究也获得了详细的第一手资料,对以往若干争论的问题提出了新的见解。例如过去认为雅鲁藏布江曾向西流入印度河,其后因河流袭夺才改向东流。根据新近的调查结果,证明这一观点显然是不正确的。又如雅鲁藏布江在西藏东部的大拐弯,过去认为是袭夺弯,根据新近的考察证明它与当地地质构造相适应,雅鲁藏布江横切过喜马拉雅山是属于先成河性质。裘善文等研究了松花江古水文网,发现古松花江是从富锦一带向东南流经今日的挠力河流域,最后汇入大乌苏里江。至更新世末全新世初,由于富锦一带的隆起,迫使松花江改道,于同江附近入黑龙江,从而形成今日的水系^[29]。

河床地貌的研究在我国开展较晚,但发展较快。河床演变一向为水利工作者所重视,已取得了突出的成绩。例如钱宁关于黄河下游游荡性河型的研究,从黄河下游河床的平面形态,纵横剖面、河弯形态和微地貌等特点,以及水沙和边界条件等因素的时空变化研究冲淤规律与河床演变的关系。通过系统的研究,阐明了黄河下游游荡的原因。并根据渭河、永定河、延水、汾河等十多条河流上三十一个水文站的资料,利用复式回归统计方法,提出一个游荡指标 Φ ,当 Φ 大于5时为游荡性河流, Φ 小于2为非游荡性河流, Φ 为2—5时,则为过渡性河流^[30]。

林承坤等认为下荆江河曲的发育可分为明末清初(1644年前后)、清道光至光绪年间(1821—1875)和现在三个周期,这些周期的产生是由于流量增加的结果^[31]。林一山认为

1)夏开儒,1961,渭河中下游河谷地貌。

2)黄立强,1962,对渭河阶地成因类型分析的一点意见。

前人的研究没有发现下荆江蜿蜒曲折的主要原因,他认为藕池口决口以后分流分沙是下荆江发生蜿蜒的根本原因。藕池口决口初期分泄江流达四分之三,下荆江河面宽度和弯曲半径显著变小,因而蜿蜒曲折,自然裁弯频繁。1931年藕池口分泄江流减为二分之一,1966年减为三分之一,河弯弯曲半径又复增加,河床有向较顺直方向发展的趋势^[32]。

关于弯曲性河道的成因,唐日长认为有三个条件:来水条件,全年流量变幅不大,汛期较大;来沙条件,造床输沙基本平衡,非造床泥沙占绝对多数;边界条件,二元结构的冲积层¹⁾。夏开儒在研究渭河弯曲河段以后也认为,河岸组成中的粉沙-粘土的百分数很高是弯曲河道的重要特性之一。如果粒径大于0.55毫米的含量过多,则势必发展成为游荡性河型。但他认为二元结构与弯曲性河型的成因并无直接联系²⁾。中国科学院地理研究所渭河地貌小组的研究认为,河岸组成物质粘粒含量若超过15—20%,河床抗冲性较强,曲流不能自由发展,若相邻两河弯土质条件不一样,河曲形态也就奇形异样。若粘粒含量不到15—20%,河岸抗冲性较弱。曲流自由发展,如果沿岸土质分布一致,河曲形态也就比较规则^[33]。

关于河型的稳定性指标和河型的转化问题,六十年代以来亦有一些研究,例如方宗岱根据国内外74条河流的资料统计分析,提出以 C_v (洪峰流量变差系数)和 ρ_0/ρ_p (ρ_0 为河道上游来的含沙量, ρ_p 为河道水流实际挟沙能力)两值为河道稳定的判别数,认为江心洲河型是比弯曲河型更为稳定的一种河型。他并提出在 C_v 不变的情况下,如果 $\frac{\rho_0}{\rho_p} \gg 1$,

弯曲河型将变为游荡河型。若 $\frac{\rho_0}{\rho_p} \leq 1$,弯曲河型将变为汉道或江心洲河型^[34]。他对河型研究作出了新的贡献。

在河流上修建水库以后,水库上、下游河床演变的问题一直为地貌和水利工作者所重视。我国自从修建永定河官厅水库、黄河三门峡水库以后,对这一问题进行了不少观测和研究工作。据水利水电科学院河渠研究所对官厅水库下游河道演变的观测,发现游荡河段受清水冲刷后,在较长时段内仍会发生摆动;在卵石夹沙河段内,由于水流条件以及床沙组成沿河变化不很大,极限冲刷深度沿程变化也不大,因此,河床比降的变化亦小^[35]。

关于三门峡水库以下黄河河床演变问题,丁联臻认为不应提以下切为主或以展宽为主,而是要根据具体情况。当流量为2000—3000米³/秒持续时间较长时,河床将展宽³⁾。据水利水电科学院黄河下游研究组自然模型试验表明,在游荡性小河上,调平洪峰,下泄清水,河床沙洲减少,向弯曲发展⁴⁾。至于水库上游河道的演变,清华大学水利系提出了建库前后相对平衡纵比降比值关系式,可用以近似地预报建库后相对平衡纵剖面的发展趋势,否定了建库后淤积平行抬高是一般规律的论点⁵⁾。中国科学院地理研究所根据对三门峡水库以上渭河溯源淤积的研究,认为溯源淤积受局部侵蚀基准面和

1)唐日长,1963,从弯曲性和江心洲河道的特性对黄河下游河道演变趋势的初步分析。

2)夏开儒,1965,从沉积物的质地初步探讨渭河下游曲流的成因。

3)丁联臻等,1960,三门峡下泄清水后黄河下游(河南)形态变化的初步研究。

4)黄河下游研究组,1960,三门峡水库建成后黄河下游河床演变过程的自然模型试验总结。

5)清华大学水利系,1974,渭河下游纵剖面及淤积末端发展趋势的初步研究。

上游来水来沙条件的限制,淤积末端在一定范围内伸展或退缩^[36]。

丹江口水库是汉江中游的最大水库,据长江流域规划办公室水文处研究¹⁾,该水库下游河槽冲刷可分为四个阶段:①全年悬移质冲刷阶段;②洪水期悬移质冲刷阶段;③推移质冲刷阶段;④接近平衡阶段。

六十年代以来,我国关于河型成因和演变的模型试验也取得了一定进展。例如长江水利水电科学研究院河流研究室²⁾和尹学良^[37]分别采用在边滩上植草护滩,在大水中加入粘土颗粒等办法,把边滩固定下来,从而在实验中得到了真正的弯曲性河道。七十年代末,中国科学院地理研究所对分汊河道的成因进行模型试验,认为分汊河型是在一定的边界条件和水沙条件下,形成的一种江心洲河型。节点是形成分汊河型的重要边界条件,不同的节点分布形式可导致不同类型的分汊河型。

此外,关于河床推移质问题的研究,除了在取样仪器设备方面有所改进外,长江流域规划办公室和南京大学地理系对于没有实测资料的河流采用岩性(矿物)统计方法,计算河床推移质的数量,这种方法在岩性差异明显区域或近山区河流较为适用³⁾。

我国关于山地河床地貌的研究较少,中国科学院地理研究所、北京大学地理系和长江流域规划办公室三峡地质队等单位结合三峡水利枢纽的建设研究了三峡河床地貌,发现三峡河床上有一系列顺河分布的低于吴淞零点的槽状洼地。在结晶岩地区三斗坪附近有8个,石灰岩地区南津关附近有4个。据研究,这些河床深槽是由于河槽岩性的差异,地质构造破碎带的存在、经河流选择侵蚀而产生的特殊形态⁴⁾。

上海师范大学地理系通过长期观测研究,总结了长江口与钱塘江口的发育过程,认为第四纪以来,长江口在向东延伸的同时逐渐收缩,并向东南方向偏移⁵⁾。

三角洲为河流泥沙淤积的产物,关于长江三角洲的研究表明,长江口有古水下三角洲存在^[38]。后经同济大学海洋地质系研究,进一步查明了水下三角洲呈叠瓦状分布⁶⁾,并认为7500多年以来,共经历了六个发育阶段,相应地形成了六期亚三角洲沉积体系。各期三角洲发育皆以河口沙坝为主体。沙坝的出现,迫使河口分汊,形成南北汉道。近年来,陈吉余等研究了长江口二千年以来的发展模式,可概括为五点:①南岸边滩发展;②北岸沙岛并岸;③河口束狭;④河道形成;⑤河槽加深^[39]。黄河水利委员会对于黄河新三角洲的发育过程和三角洲上黄河河道的摆动规律提出了新资料与新见解。至于黄河口淤积延伸的问题。黄河水利委员会水利科学研究所根据长期观测资料表明,河口延伸引起的侵蚀基准面的抬升与黄河下游水位抬高有密切关系。高村以下河段,山东水文总站认为在洛口以下大体上是近于平行抬升的,往上则呈递减状态⁷⁾。

1)长江流域规划办公室水文处,1977,丹江口水库坝下游变形调查,长江水文技术交流,第3期。

2)长江水利水电科学研究院河流室,1963,蜿蜒性河段形成条件的初步分析和造床试验研究。

3)长江流域规划办公室、南京大学地理系,1977,计算河流推移质泥沙数量的一种方法——岩性(矿物)分析计算法。

4)沈玉昌,1960,长江三峡河床深槽的成因。

5)上海师范大学地理系,1972,长江口泥沙分布特性和泥沙来源问题。

6)同济大学海洋地质系,1977,长江口发育过程和沙体特征。

7)黄河水利委员会水利科学研究所,1978,黄河河口淤积延伸对下游河道影响的分析。

曾昭璇等人对珠江下游河道变迁进行了研究,指出西江出三榕峡后曾分四条汉道分流,对照马王堆出土的古地图,证实北江确分汉入广州^[40]。中山大学和华南师范大学地理系等对于珠江三角洲的研究认为,现代珠江三角洲的形成大约距今2500年。近百年来,珠江口每年向海外伸展70—130米。

黄胜等根据我国河口的具体情况把潮汐河口分为四类:①强潮海相河口,以钱塘江口为代表,潮流强,泥沙主要来自口外海滨。平面外型呈喇叭口,盐水对泥沙的影响较小,强潮把泥沙推向口内形成沙坝。②弱潮陆相河口,以黄河口为代表,潮流弱,流域来沙十分丰富,河口改道十分频繁,形成圆弧状三角洲,口门附近多有拦门沙。③湖源海相河口,径流经过湖泊的调节,变幅较小,泥沙来自沿岸流,口门处有拦门沙,河道形态沿程变化小,河线比较弯曲,黄浦江、浏阳河、射阳河等河口均属这一类。④陆海双相河口,如长江、辽河、海河、瓯江、闽江等,陆相和海相泥沙都较丰富,径流潮流力量相当,潮流段的宽窄介于强潮海相河口与湖源海相河口之间,河线比较顺直,除口门有集中淤积外,口内也有一处隆起。在平原河口,这里是盐淡水交混处。在山区河口,则多为径流所带来的粗颗粒泥沙所造成的集中淤积¹⁾。

我国关于水系发育与新构造运动的关系等方面的研究亦不少,取得了一定成绩。例如张伯声研究了陕西水系,认为陕北树枝状水系的形成同鄂尔多斯台向斜曾作整块的向西北翘起、向东南倾俯的新构造运动有关。秦岭的羽毛型水系的形成则与秦岭的条带状断块有关。渭河干流两侧则为过渡型水系,受南北不同型式的新构造运动的影响²⁾。严钦尚认为新疆额尔齐斯河与乌伦古河在第四纪期间曾汇流过,后因受断裂作用的影响才分离为二³⁾。松辽水系从上新世起经过七次变迁,目前的水系形成于全新世初期⁴⁾。张青松等研究了北京平原的水系变迁,认为北京平原水系的分布与排列,河流的汇流点与改流点以及它们的迁移,都受活断层的强烈影响^[41]。

至于因气候变迁而引起的水系变迁,近年来亦有一些研究,例如中国科学院青藏高原综合科学考察队根据多年考察,认为在藏南地区,沿喜马拉雅山北麓,从西部的札达盆地到东部的邛多江盆地之间,有一系列上新世古湖盆,在第四纪初期,这些古湖盆被河流的溯源侵蚀所切穿,使原来封闭的内陆湖盆成为外流水系的一部分。但也有相反的情况,有些现在以湖盆为中心的内流水系,在第四纪时它们是外流的,后来由于气候变干燥,降水量减少,湖面水位下降,因而成为内流水系,例如藏南的拉昂错和玛法木错水系,它们原来与外流水系象泉河相连,后来由于湖面下降,遂成为内流水系^[42]。

我国历代对于河源都十分重视,但是关于黄河源和长江源问题,在解放前都无可靠资料记载。1953年黄河水利委员会对黄河源进行了查勘,1978年该委员会和青海省测绘局,又分别会同中国科学院地理所、北京师范大学地理系等单位再次查勘黄河源,纠正了过去认为黄河发源于噶达素齐老峰和雅合拉达合泽山等错误说法,指出黄河上游应以卡日曲为源才比较合理,发源于各式各雅山。通过考察并纠正了近期出版物中被颠倒了扎陵湖和鄂陵湖的地理位置。

1)黄胜等,1963,潮汐河口类型商榷。

2)张伯声,1962,新构造运动对于陕西水系发展的控制。

3)严钦尚等,1960,新疆额尔齐斯河与乌伦古河流域地貌发育。

4)杨秉震,1964,松辽水系的变迁及其意义。

长江的江源问题过去亦有各种不同的说法,例如发源于巴颜喀喇山南麓和祖尔肯乌拉山等。1976年长江流域规划办公室和有关单位通过实地调查,发现长江的上源为沱沱河,发源于唐古拉山脉的主峰各拉丹冬雪山(海拔6621米),纠正了过去种种错误说法,并将长江的长度订正为6300公里¹⁾。

除上述五个方面以外,关于河北平原古河道的分布²⁾以及运用点群分析法由电子计算机对古冲积层自动判别分类寻找古河道等方面的研究³⁾,都取得了新的成就。

第二节 国外河流地貌研究简史

在国外,关于河流在塑造地貌过程中的作用,大多提到十一世纪阿拉伯人阿费森纳(Avicenna)的贡献^[43],他首先提出流水把地表刻蚀出山地。在欧洲中世纪“黑暗时期”,意大利人达·芬奇(L. Da Vinci)已充分了解了河流侵蚀山坡并把泥沙堆积在山谷内,他根据自己的观察,明确地指出三角洲的沉积物是由河流供给的^[44]。

十六世纪阿格里柯拉(G. Agricola)指出,小溪沟冲去土壤,刻入基岩。他已认识深谷是由河流切割而成的,并随着时间的推移,溪沟扩大,最后造成肥沃的冲积平原。

十八世纪的歌达特(J. E. Guettard)和第斯马里斯脱(N. Desmarest)指出当时流行的灾变论和洪水论是错误的。十八世纪中叶,罗蒙诺索夫首先为地貌学建立了地貌形成的内外营力相互作用的概念,这个基本概念的建立有力地推动了河谷地貌的研究,更重要的是他把河床演变建立在对近代过程的研究的基础之上^[45]。1795年郝登明确指出河流是剥蚀地表最活跃的营力,并指出在一个流域内的河流向下游增大,而河流的数目却减少^[46]。英国人乔莱(J. Chorley, 1964)认为郝登的研究为后来定量研究河流地貌开辟了道路,美国人潘来番(J. Playfair)为了解释和证明郝登的说法对河流的研究作出了很大的贡献。他指出由于摩擦作用,河中的泥沙逐渐变小,也由于同样的原因,河流侵蚀河床。他已了解河床的自动调整作用,并认识到一条河流随着流速和流量的变化而调整其坡度^[47]。

正如乔莱等人所指出的,由于全球的考察,尤其是对美国西部的考察,使鲍威尔(J. W. Powell)和吉帕特(G. K. Gilbert)等确认河谷是河流自己刻蚀而成的^[48, 49]。吉帕特关于河流泥沙运动的论文是经典性的著作,吉帕特还了解到河流能进行自动调整以保持平衡,他采用“均衡”一词以表示河流平衡的理想状态,即既不侵蚀也不堆积的状态,他所说的能量平衡中的平衡是指搬运泥沙的能力和可得到的泥沙之间的平衡。他还注意到一条河流的光滑纵剖面表示该河已达到均衡,即可忽视岩石的阻力。他说河流系统是一个整体,一部分的变化影响其它部分。

俄罗斯学者们的研究则比较注意河床形成与发展同地理环境的密切关系。罗哈晋(В. М. Лохтин)1897年在其所著《河床力学过程》一书中指出,任何一条河流都是由三个彼此相互依赖的基本要素结合而成。(1)多水性:取决于降水条件及径流从支流进入

1)长江流域规划办公室,1977,长江之源,水利水电科学情报,第二期。

2)河北省地理研究所,1977,河北平原黑龙港地区古河道图说明书。

3)任明达,1977,北京市南口地区古河道研究。

河流的天气条件和土壤条件；(2)坡度：取决于河流所穿越的地形；(3)河床物质的可冲刷性或河流底床的稳定性。由此可见，他把河床看成一个自然综合体，河床的形成发展视流域的气候、水文、地面原始坡降、土质等因子的不同组合而有所不同。此外，他还从流体中一个颗粒所受阻力的理论分析出发，提出了著名的河床稳定性指标

$$K = \frac{d}{I} \quad (\text{式中 } d \text{ 为粒径, } I \text{ 为河床比降})。$$

与罗哈晋同时代的列略夫斯基(Н. С. Лебявский)提出了水流与河床相互作用的原则。他在分析是航道水流加深河床、还是深槽区吸引水流时，曾指出：二者既是原因也是结果，这种相互关系，或者是相互因果性，制约着河床生活中的恒定性、平衡性与调节性。他还认为，河床外形紧紧依赖于水流的分布，水流是河床变化的动力。道库恰耶夫(В. В. Докучаев)从侵蚀阶段更替的概念出发，提出了河沟形成的理论。他指出，首先出现网沟，然后是细沟，在溯源侵蚀作用下，细沟变成沟壑。沟壑进一步扩大、加深，发展成沟谷，最后才发展成为河流。

戴维斯继承了吉柏特和其他一些学者的成就，提出了侵蚀循环学说^[50]。台氏的学说统治河流地貌学家的思想达数十年之久，直至今日仍然有相当大的影响，他所创立的均衡概念深深地扎根于美国地貌学家的思想意识之中，我国地貌学家也深受其影响。戴维斯认为河流在壮年后期或老年期达到侵蚀与堆积的平衡，特别着重把光滑上凹的河床纵剖面作为均衡状态的标志，1948年马金(J. H. Mackin)明确地阐述了河流均衡的概念，他指出一条河流的均衡状态是非常敏感的^[51]。

在国外，河流地貌的发展与水利工程的关系也是非常密切的，由于水利工程师们对河流力学和水力学认识大大扩大了河流地貌学的研究领域。工程师苏勒尔(Surell)和巴德摩(Beardmore)也研究了河流的侵蚀与堆积问题，他们指出河流用调整相互关系的变量，例如流速、坡度和流量来控制它们本身的发展，这些成果都是从防洪灌溉、航运，防止河流和渠道淤塞，防止加速侵蚀等实际问题的研究中获得。很多关于工程方面的研究提供了河流参数之间的经验公式，它们成为后来河流系统研究的基础。

虽然工程师们和地质学家们对河流已作了很多定量分析的研究，但大多数地貌学家仍然潜心于河流地貌历史的描述。戴维斯、约翰逊(D. W. Johnson)和白里安(K. Bryan)以及和他们同时代的一些河流地貌学者的许多论文仍然是研究河流的发育并描述其对地貌的影响^[52, 53]，一直到二十世纪中叶许多地貌学家才开始把河流系统的地貌概念与水利工程师和水文学家的研究内容结合起来，瑞典人尤儿曲洛姆(F. Hjulstrom)和森保格(Å. Sundborg)的论文是这方面的代表作品^[54, 55]，霍顿(R. E. Horton)应用数学和统计学分析水系，始给予河流地貌学研究以真正的刺激^[56]。事实上，霍顿的研究成果既有定量描述、也有定性描述。然而，它作为方法论的基础，作为研究流域的定量方法，是有价值的，它促进了河流地貌学的发展。

本世纪五十年代中期斯特拉勒(A. H. Strahler)等进一步发展了霍顿的理论，并将其与物理学原理联系起来^[57]。美国地质调查所的研究人员绝大多数研究河床几何形态和流量之间的关系，把传统的“均衡”概念与水流和河流形态之间的关系定量化。换言之，定量是使古老的经典理论具有确切的物理涵义。当然，也必须看到，从霍顿的研究开始到现代的很多研究，把一条河流及其支流作为一个系统，并不是一个新的观点。这个观点可以追溯到十八世纪的郝登，他已指出一条河流及其支流犹如一个人的“身体”，它们

彼此密切相关并且互相依赖。这个观点导致了能量平衡和动力平衡的概念，从而得出一条河流的调整作用不依时间而转移，修正了戴维斯的“均衡”是一种历史产物的概念。

由于统计方法被应用于河流地貌研究，把河流及其流域的特征作为全流域的随机变量，从而导致把河流系统作为随机的和非随机的模拟试验研究，里奥普(L. B. Leopold)和郝华特(A. D. Howard)等人在这方面作出了较大的贡献^[58, 59]。

关于水系发育的研究，过去着重水系与地质构造、地势的关系。例如顺向河、次成河、先成河，叠置河等等。自从1945年美国人霍顿提出水系的扩张型式和发展极限的概念，即河流的数目定律、长度定律和面积定律以后，在西方各国风行一时，他们主要贡献是对水系的形态作精确的分析，使河流的数目、长度和面积以及河流的顺序号码及其相互关系处于一简单的和可以预测的关系之中。但也有不少学者反对霍顿的三定律。谢德格(A. E. Scheidegger)认为霍顿的定律只在一定的水系上游才适用^[60]。席利夫(R. J. Shreve, 1966)认为各流域的地质、地貌条件是很复杂的，不能一概而论^[61]。而且各流域的河流数目统计依赖于地形图的精度。因此，对霍顿三定律提出了异议。关于水系的划分，近年来提出了七、八种图式，除上述谢德格和席利夫二人外，还有斯特拉勒(A. N. Strahler, 1964)^[62]，和乌登堡(M. J. Woldenberg)^[63]的图式，但都大同小异。

关于河谷地貌的研究，苏联、波兰、罗马尼亚和英国是比较重视的，他们主要是研究河谷的形成与新构造运动的关系。在河流阶地与沟谷形成过程的实验研究方面也取得了一些新成果^[64]。美国关于河谷地貌的研究较少，而且偏重于地质与河流状况的研究，例如关于密西西比河的河谷地质与河流状况的关系，高山地区地质对河流特性与河流床沙质的影响等都有所阐述。吉柏(E. Gerber, 1959)对山地河谷的形成提出了一些新见解，他认为山地河谷的弯曲主要是由于支流沟谷侵蚀岸坡的结果。因为山区河流在射流中螺旋流是不能存在的。山区河流的裂点过去认为由于裂点上下游坡度的差别，裂点能一直向上游移动^[65]。但根据勃勒西(L. M. Brush)等人的模型试验表明：裂点向上游移到一定距离就消失了^[66]。

近年来，国外关于河流地貌研究的重点是河型。杜里(G. H. Dury, 1969)划分出八种河型，即曲流型、游荡型、直线型、准直线型、双汉型、交织型、三角洲式分汉型、不规则型^[67]。契塔尔(S. V. Chitale)的分类则不同，他按一定形态和成因分类。首先分为单汉和多汉两大类。单汉类之下又分为直线型、曲流型和过渡型。多汉以下又分为分汉型(山麓地区)和多汉型(三角洲)^[68]。摩拉特(J. D. Mollard)根据冲积平原航空象片的判读，划分河型为6大类、17个亚类^[69]。此外，还可举出其他一些分类。由此可见，关于河型分类目前国际上还没有一致的意见，其主要原因是各类河型的研究不够深入，而且分类原则又互不相同。

长期以来，关于河型成因的研究很受重视，提出了各种假设，有纯粹是水力学的(Callender, 1969; Shen and S. Komuro, 1968)，有随机的(A. E. Scheidegger, 1970; W. B. Langbein and L. B. Leopold, 1966)，有地质学的(S. A. Schumm, 1963)等等。许多学者为了解决这一个问题，通过河床地形和流量与泥沙性质之间的关系，建立了一些经验公式。这些公式都在一定程度上反映了客观规律，但还都不能全面地反映客观实际，因此，这些公式还远没有被普遍接受。

近年来，关于河型的研究仍然集中于曲流型(蜿蜒型、蛇曲型)和游荡型。