

中国地理学会一九七七年
地貌学术讨论会文集

科学出版社

中国地理学会 一九七七年地貌学术讨论会文集

中国地理学会地貌专业委员会 编辑

科学出版社

1981

内 容 简 介

本文集编辑了中国地理学会 1977 年 12 月在天津召开的地貌学术讨论会的部分论文,共 59 篇。内容涉及地貌学的基本理论问题、河流地貌、海岸与海底地貌、冰川与冰缘地貌、滑坡与泥石流、区域地貌与地貌制图,第四纪地质与古地理,以及实验技术与方法等。

本文集可供地理、地质、水利、交通、工程建设部门和有关大专院校科研、教育工作者参考。

中国地理学会 一九七七年地貌学术讨论会文集

中国地理学会地貌专业委员会 编辑

责任编辑 姚岁寒

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

*

1981 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1981 年 8 月第一次印刷 印张: 25 插页: 1

印数: 0001—2,170 字数: 581,000

统一书号: 13031·1620

本社书号: 2221·13—13

定 价: 3.90 元

编辑说明

中国地理学会 1977 年 12 月在天津召开了地貌学术讨论会。这次会议是在粉碎了祸国殃民的“四人帮”、中国科学技术协会恢复以后所召开的第一次学术会议,也是建国以来规模最大的一次地貌学术会议。出席会议的代表 90 余人,提交大会的论文 170 余篇,其内容涉及地貌学的基本理论问题、河流地貌、海岸与海底地貌、冰川与冰缘地貌、滑波与泥石流、区域地貌与地貌制图;第四纪地质与古地理;以及实验技术与方法等方面。

为了进一步扩大交流范围,会议决定由丁锡祉、王乃樑、王苏民、任美镔、朱大奎、吴正、沈玉昌、陈吉余、杨怀仁、周廷儒、罗来兴、严钦尚、夏开儒、钱宁、崔之久、曾昭璇、黄金森、穆桂春等组成编辑组*,就提交大会的论文加以选编出版,以供有关方面参考。

鉴于篇幅所限,本文集仅选辑论文 59 篇**(部分仅是摘要)。所选辑的文章在编辑过程中作了一定的删节,附图一般从略。由于编辑组同志分散各地,对论文选辑的有关问题未能进一步集中讨论,疏漏之处,请批评指正。

中国地理学会地貌专业委员会

* 在编辑过程中,中国科学院地理研究所地貌研究室丁怀元、陈永宗、金德生、金力、陈志清、舒晓明等参加了部分具体工作。

** 提交大会的部分论文,已经或即将在其他刊物上发表的,本文集不再选录。

目 录

编辑说明	i
荆江特性研究	长江水利水电科学研究院河流研究室 1
再论科氏力对河汉发育的影响——以珠江三角洲河网区为例	叶 汇 20
长江中、下游鹅头状河型的成因与演变规律的初步探讨——以官洲河段为例	中国科学院地理研究所地貌研究室 30
长江马鞍山河段的近期河床演变	中国科学院地理研究所地貌研究室 42
长江口潮波特性及其对河槽演变的影响	沈焕庭 53
河床演变史的研究方法——以荆江河段为例	林承坤 61
论河床形态与动力的关系	尹国康 64
珠江三角洲的河网特征及其演变	李春初 杨干然 67
汕头湾海岸地貌与港口建设问题	朱大奎 76
福建海岸	赵昭昞 84
论地质构造和海面变化在我国海岸发育中的作用	刘苍宇 93
长江水下三角洲的范围及其形态特征的分析	苏映平 97
长江现代三角洲发育过程和砂体特征	全怀周 101
西沙群岛及其附近海区的地貌特征	黄金森 沙庆安 谢以萱 钟晋樑 陈绍谋 朱袁智 108
榕江口动力地貌与拦门沙发育	宋朝景 黄金森 张乔民 李永兴 116
洋浦港港湾地貌的形成及发育	王文介 李春初 杨干然 120
青藏高原的岩溶	崔之久 123
贵州普定县地下河发育特征	俞锦标 潘瑞鸿 134
中国西部现代冰川与冰川地貌研究概述	施雅风 张祥松 任炳辉 137
青藏高原中小型古冰盖(冰帽)的分布及其特征的初步研究	郑本兴 145
新疆阿拉沟上游冰川地貌与冰期问题	任炳辉 149
祁连山冰川变化的初步研究	中国科学院兰州冰川冻土研究所 祁连山冰雪利用研究队 152
冷龙岭北坡晚更新世冰期以来冰川的历史演变	张祥松 苏 珍 156
天目山地区第四纪冰川遗迹	景存义 邱淑彰 160
浙江天目山的第四纪冰川纹泥问题——与“天目山第四纪冰川纹泥的发现及其意义”一文商榷	顾嗣亮 163
滑坡形成条件分析及其引伸应用	卢鑫樛 167
滑坡综合成因分类浅论	卢鑫樛 182
成昆铁路泥石流特征及防治	铁道部第二勘测设计院 193

松潘-平武地震区崩塌和滑坡的若干问题	李天池	204
唐山地震区的液化滑坡	李天池 陈自生 李明华	207
云南东川蒋家沟泥石流流速分析	马蔼乃	210
拦沙坝稳滑坡	王成华 周必凡	215
岷江上游新构造运动	杨景春	219
郯庐断裂带苏北马陵山地区新构造运动的表现与特征	蒋斯善	223
新疆南天山西部乌恰地区新地质构造运动与地震活动	毛德华	229
腾冲的火山	穆桂春 戴鹤之	235
达里诺尔火山群	林儒耕	241
三江平原地貌与沼泽的形成和分布	中国科学院长春地理研究所沼泽研究室地貌组	245
西藏高原湖泊的成因与湖泊的演变	尹泽生 陈志明	248
四川省地貌分类与分区	王明业	251
四川省东部地区地貌特征、地貌分类与地貌区划	穆桂春	256
重庆地区坡地发育、坡地分类和改土问题的探讨	穆桂春 戴鹤之 陈昇琪	264
* * *		
长江三角洲全新世沉积特征与天然气藏类型	孙顺才	276
河北省泥炭成矿规律的地貌条件分析	高凤歧	281
迴峰山洞穴堆积	刘泽纯 韩辉友	290
河北平原黑龙港地区的古河道及其与浅层淡水关系的初步研究	吴 忱	294
北京南口地区古河道研究	任明达	304
地貌学在石油勘探和开发中的作用	祁延年 王苏民	314
浙江天目山地区第四系孢粉组合及其古气候的意义	徐 馨 韩辉友	317
上海市金山亭林文化遗址孢粉组合及其古地理	王开发 张玉兰	329
* * *		
中国造貌运动与地貌学基本理论问题	杨怀仁	334
海岸与河口地貌研究的发展趋势	陈吉余	340
地表形态学管见	徐近之	344
近十年国际地貌制图进展	陈志明	346
河流推移质泥沙来源和数量计算的方法——岩矿分析算法		
.....	林承坤、张德懋、魏 特、史立人	353
旁视声呐在海底地貌研究中的应用	冯文科	362
岩溶地下河示踪试验初步探讨	中国科学院地理研究所地貌研究室岩溶组	372
北江下游石角河段沙波测验及推移量计算初步报告		
.....	广东省韶关地区水文分站石角水文站 中山大学地理系水文专业	384
利用平方坐标解释反射波法地震勘探资料	袁明德 王治华	388

荆 江 特 性 研 究

长江水利水电科学研究院河流研究室*

荆江是长江中游的一段冲积平原河道,上起枝城,下迄洞庭湖口的城陵矶,长约 400 公里。其中藕池口以上河段通称上荆江,长约 160 公里;藕池口以下通称下荆江,裁弯前长约 240 公里。荆江河段内有支流沮漳河入汇,有松滋口、太平口、藕池口及调弦口分流入洞庭湖,洞庭湖出流在城陵矶处又与荆江汇合,从而构成复杂的江湖关系。

一、荆江的流域特性

(一) 河流地貌及河床边界特性

自第四纪以来,长江与汉水分别注入近代构造运动的下陷地区——云梦泽。江水携带的大量泥沙不断在下陷地区沉积,形成了湖泊三角洲,并在三角洲上发育了分汊水系。荆江就是这个分汊水系中的一条主要水道发育形成的。根据荆江沿程地貌特点,可以划分为三个地区:

1. 江口以上低山丘陵阶地区

本区是西部上升区与东部下沉区之间的过渡地带,有由东湖系砂砾岩组成的低山与丘陵及由第四纪堆积物组成的五级阶地。卵石层的高度分布,西部在平均河底高程以上,东部在平均河底高程以下。

本段河流地貌的主要特点是洲滩较多,河岸较稳定。洲滩主要为卵石组成,其上覆盖有沙土层。有些洲滩的滩头部分卵石直接出露,洲滩演变较慢。河岸主要由丘陵或阶地基座的基岩组成,一般抗冲能力强。其次由阶地的卵石层所组成的河岸,象“天然堤”一样限制了河床的摆动;由阶地的土层所组成的河岸一般粘性较大,抗冲力较强,河岸也较稳定。

2. 江口—藕池口地区

本区为近代沉降区,河流两岸无阶地,河流流经宽广的冲积平原。由于北岸筑堤围比南岸早,南岸堤内地面一般比北岸高出 5 米左右。河床沉积的卵石,已埋于沙层以下,仅个别地方,如采石洲及护岸建筑物局部冲刷坑中,河床出露卵石。根据钻孔资料,江口至新厂卵石层以 1/5000 的坡降向下游倾斜,其坡降较现在河床的要大。河漫滩的沉积物为

* 先后参加本文编写工作的有唐日长、俞俊、潘庆棠等。

粉质粘土、粉质壤土以及沙壤土等。河岸组成除有少数的湖相沉积外,一般是最下部为卵石层,中部为沙层,上部为粘性土壤。本区洲滩较多,面积较大,变化较快,河道的变迁较江口以上为大。

3. 下荆江河曲带地区

本区河床沉积物为中细砂。卵石层已深埋床面以下。河岸大部分为现代河流的淤积物所组成的二元结构,下部以河床相中细沙为主,上部为河漫滩相的粘性土层。河流迂迴曲折,河曲带十分宽广,西部约达 20 公里,东部约达 40 公里。近二百年来,河道在这一范围内自由摆动,多次发生自然裁直,可以查考的有十多处。河曲带的南岸为墨山丘陵阶地区,由古老的变质岩及花岗岩组成,丘陵外围有更新世中、晚期地层组成的两级阶地,抗冲强度大,阻挡着下荆江的南移,河曲带北岸的荆北平原为全新世河流的松散冲积物,仅局部有湖沼相淤积物,抗冲能力较弱。

荆江主槽床面的河床质主要由均匀的中沙和细沙组成,粒径小于 0.1 毫米和大于 0.5 毫米的泥沙含量很少。荆江河床质主要组成的平均百分数列于表 1。可以看出,上荆江的河床质一般比下荆江粗,但差别不大,0.1—0.2 毫米粒径组的床沙在上、下荆江河床质中所占的百分数最大。

表 1 荆江河床质主要组成百分数表

河 段	起迄地点	粒 径 组 别(毫米)				
		<0.10	0.10—0.20	0.20—0.25	0.25—0.50	>0.50
上 荆 江	枝城—藕池口	3.90	50.8	22.7	21.9	0.70
下 荆 江	藕池口—城陵矶	4.50	66.8	20.0	8.0	0.70

(二) 来 水 特 性

荆江的迳流主要来自宜昌以上的长江干流。宜昌站的平均年迳流量为 4529 亿立米,几占长江每年入海水量的一半。在枝城上游 17 公里处有支流清江汇入,它的平均年迳流量为 128.3 亿立米,仅占宜昌站年迳流量的 3%。在沙市附近有沮漳河来汇,它的平均年迳流量更小,约 20.3 亿立米,为宜昌站年迳流量的 0.5%。因此,清江和沮漳河的年迳流量对荆江的影响极小,但清江的汛期洪水往往增高荆江的洪峰水位。

荆江历年的年迳流量比较稳定,如宜昌站的年迳流变差系数为 0.12。不过就年迳流量的绝对值而言,丰、枯水年与平均年迳流量的差值都是较大的。宜昌站已有近百年实测资料,其中以 1954 年的年迳流量 5751 亿立米为最大,1942 年的 3348 亿立米为最小,分别与该站平均年迳流量 4529 亿立米比较,前者多 1222 亿立米,后者少 1181 亿立米。

由于长江流域受季风的影响,一般年份,在 4 至 9 月期间,全流域各地先后下暴雨和持续时间较长的大雨,因而形成长江干支的汛期。荆江的汛期很长,从 5 月到 10 月历时

达半年之久。最大流量发生的时间,常出现在 6 月下旬至 9 月下旬的近 100 天内,最小流量一般出现在 1 至 3 月。荆江各站的迳流年内分配情况是,汛期迳流占年迳流的 73.1—79.5%,有沿程递减现象;中水期迳流占年迳流的 10% 左右,沿程各站几相等;枯水期则为 10.7—15.2%,有沿程递增的情况(表 2)。荆江沿程各站的迳流在汛枯季分配不等的主要原因是由于四口汛期大量分流,而枯季分流减少,甚至断流所致。

表 2 各站多年平均流量及迳流年内分配表

站名	项目	时 期												全年	高水期 (5—10月)	中水期 (4,11月)	枯水期 (1,2,3,12月)
		一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月				
枝江	平均流量	4390	3920	4430	6770	11700	18100	32000	32800	28100	18900	10700	6300	14710	23600	8740	4760
	占年迳流量百分数	2.4	2.2	2.5	3.8	6.6	10.2	18.0	18.4	15.8	10.6	6.0	3.5		79.5	9.8	10.7
新厂	平均流量	4360	3860	4360	5950	10200	15300	25900	24800	21400	15650	9670	5950	12300	18900	7810	4630
	占年迳流量百分数	3.0	2.6	3.0	4.0	6.9	10.4	17.6	16.8	14.5	10.6	6.6	4.0		76.8	10.6	12.6
监利	平均流量	4130	3720	4100	5450	8320	11200	18000	18600	15800	12100	8080	5490	9600	14000	6760	4360
	占年迳流量百分数	3.6	3.2	3.6	4.7	7.2	9.7	15.7	16.2	13.8	10.5	7.0	4.8		73.1	11.7	15.2

注: 1. 流量单位: 立方米/秒

2. 统计年份: 枝江站 1925—1926 年, 1936—1938 年, 1951—1960 年;

新厂站 1955—1966 年;

监利站 1950—1960, 1966 年。

(三) 来 沙 特 性

1. 泥沙来源

荆江的泥沙主要来源于宜昌以上的长江干流。宜昌站多年平均悬移质输沙量为 5.21 亿吨。清江与沮漳河多年平均悬移质输沙量分别为 746 万吨和 76.3 万吨,所占比重很小。此外,荆江沿程崩岸也是一个重要的来源,如下荆江每年崩岸总量约为 1.395 亿立方米。

2. 年输沙量的沿程变化

荆江多年平均悬移质输沙量的沿程变化是,从枝城起,经过四口分流分沙以后,向下游逐渐减少。例如枝江站多年平均输沙量为 5.2 亿吨,陈家湾站为 4.3 亿吨,监利站为 2.9 亿吨。

3. 输沙量的年内分配

荆江各站的悬移质输沙量主要集中在 7—9 月,其中又以 7 月的输沙量最大。汛期上

荆江各站的输沙量占年输沙量的 93.4—95.2%，下荆江监利站则为 87.6%。枯季上荆江各站为 1.3—2.3%，下荆江监利站为 5.2%（表 3），这主要是因为下荆江的崩岸强度大于上荆江所致。

表 3 各站多年平均悬移质输沙率及年内分配表

站名	项目	时期												全年	高水期 (5—10月)	中水期 (4,11月)	枯水期 (1,2,3,12月)
		一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月				
枝江	平均输沙率	0.43	0.24	0.60	3.24	8.61	21.13	70.5	58.1	37.8	12.92	4.42	1.41	17.2	34.8	3.84	0.67
	占年量百分比	0.2	0.1	0.3	1.5	3.9	9.6	32.1	26.5	17.2	5.9	2.0	0.7		95.2	3.5	1.3
新厂	平均输沙率	0.85	0.67	0.79	2.06	8.25	16.9	47.2	43.6	28.7	12.8	5.21	1.66	14.2	26.2	3.63	0.99
	占年量百分比	0.5	0.4	0.5	1.3	4.9	10.0	27.9	25.7	17.0	7.6	3.2	1.0		93.4	4.3	2.3
监利	平均输沙率	1.19	0.91	1.0	1.95	4.3	10.19	24.6	27.0	16.6	9.24	5.58	2.4	9.15	15.3	3.75	1.38
	占年量百分比	1.1	0.9	1.0	1.9	4.1	9.7	23.4	25.7	15.8	8.8	5.3	2.3		87.6	7.2	5.2

注：1. 输沙率单位：吨/秒

2. 统计年份：枝江站 1938 年，1951—1960 年；

新厂站 1955—1966 年；

监利站 1951—1960 年。

4. 悬移质含沙量与颗粒组成的变化

荆江汛期各月的含沙量都大于中、枯水期，每年含沙量的最大值经常在 7—9 月内出现。在全年中含沙量的变化过程基本上与流量的变化过程相适应，一般沙峰与洪峰相继出现，而且多数的沙峰均发生在洪峰之前。但各年的最大沙峰出现时间并不与最大洪峰相适应，它可以在最大流量之前或后发生，时距相差先后可达 1—2 个月。这是由于宜昌以上的流域面积广大，各区单位面积的产沙量不同所致。

荆江各站的年平均含沙量是上荆江大于下荆江。汛期上荆江各站的月平均含沙量一

表 4 各站含沙量统计表

站名	时期	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年	最大断面 含沙量	最小断面 含沙量
		一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年	最大断面 含沙量	最小断面 含沙量
枝江		0.096	0.059	0.123	0.498	0.69	1.12	2.10	1.83	1.3	0.68	0.412	0.21	1.20	7.39	0.005
新厂		0.20	0.18	0.18	0.33	0.72	1.08	1.82	1.75	1.26	0.80	0.52	0.28	1.16	9.8	0.022
监利		0.29	0.24	0.24	0.33	0.48	0.90	1.57	1.47	1.09	0.82	0.64	0.42	0.96	6.74	0.041

注：1. 含沙量单位：公斤/立米

2. 统计年份：枝江站 1938 年，1951—1960 年；

新厂站 1955—1966 年；

监利站 1951—1960 年。

般都大于下荆江,中水时期上下荆江比较接近,枯水期上荆江反小于下荆江(表4)。荆江含沙量的变幅,就同一流量而言,一般不超过5—7倍。

荆江悬移质粒径的沿程变化是从上游向下游逐渐减小的(表5),其在年内的变化则比较复杂,一般非汛期较粗,汛期较细。

表5 1957年新厂、监利站悬移质年平均级配表

站 名	小于某粒径的沙量百分数								$d_{\text{平均}}$ (毫米)
	0.005	0.010	0.025	0.05	0.10	0.25	0.50	1.0	
新 厂	37.1	51.7	68.3	77.7	86.2	96.6	99.9	100	0.043
监 利	36.5	52.1	70	81	89.6	97.2	100		0.037

5. 推移质输沙率

根据新厂和监利两站的资料,年推移质输沙量占年悬移质输沙量的百分数很小,约为4.8%。说明由上游输入荆江的泥沙以悬移质为主,推移质的数量极微。

(四) 四口分流分沙

1. 年分流量及其分配

四口分流是荆江沿程流量变化的基本原因。荆江四口分流以藕池口最大,松滋口、太平口次之,调弦口最小。四口中除松滋口全年分流外,其它三口均有断流情况。调弦口已建闸控制,故在自然情况下经常分流的仅松滋、太平与藕池三口。

四口多年平均分流量达1642.4亿立方米,约占上游全年来水量的35%。四口分流量的年内分配,以汛期的分流量最大,约占全年分流总量的93%,占枝江站汛期末来水总量的40%,对减轻荆江防洪负担起着显著的作用。中水期的分流量为90.4亿立方米,占上游相应来水量的20%;枯季的分流极少,仅33.3亿立方米,占上游相应来水量的6.7%。

2. 年分沙量及其分配

荆江四口历年平均输入洞庭湖的泥沙达2.325亿吨,是缩小洞庭湖调洪容积和促使荆江南岸地势不断淤高,而北岸地势相对低洼的根本原因。

四口分沙总量各年并不相同,基本上随荆江的年总输沙量而变,根据1951—1966年资料统计,四口年分沙总量以1954年的3.085亿吨为最大,占枝江站来沙量的51.8%;以1953年的1.441亿吨为最小,占来沙量的37.8%。历年四口输沙量以藕池口最大,松滋、太平两口次之,调弦口最小。

四口分沙量的年内分配,以汛期为最大,多年平均汛期分沙量达2.286亿吨,占枝江站相应时期来沙量的46.3%,并为全年总分沙量的98.5%。

3. 分流分沙的关系

四口多年平均分流量与分沙量统计资料表明(表 6), 藕池口的年分沙量和高、低水时期的分沙量都较相应的分流量的百分数大, 其它三口的年分流量与年分沙量占上游来水量和来沙量的百分数基本一致, 在不同水位时期两种百分数稍有变化, 一般是分沙百分数略低。

表 6 四口分流量和分沙量占枝江站来量百分数对照表

分流口门	全 年		高 水 期 (5—10 月)		中 水 期 (4, 11 月)		低 水 期 (1, 2, 3, 12 月)	
	分流量 %	分沙量 %	分流量 %	分沙量 %	分流量 %	分沙量 %	分流量 %	分沙量 %
松 滋 口	11.4	11.5	12.8	11.8	7.8	6.8	3.6	2.5
太 平 口	4.8	4.5	5.5	4.5	3.4	4.3	1.0	1.3
藕 池 口	16.2	26.8	19.3	27.9	7.0	6.5	1.5	2.7
调 弦 口	2.4	2.1	2.7	2.1	1.9	1.7	0.6	0.7
四口合计	34.8	44.9	40.3	46.3	20.1	19.3	6.7	7.2

注: 统计年份为 1951—1957 年。

(五) 水流挟沙能力

比降是影响河槽水流挟沙能力的重要因素之一。影响荆江水面比降的主要因素是河床的边界条件、径流的季节变化以及相应时期内四口分流和洞庭湖出流。河床边界条件包括河床的几何形态特征和床面的粗糙程度。

冲积平原河道的糙率, 反映着水流与河床相互作用过程中边界条件改变的一方面。根据荆江各水文站的资料, 依照习用的水流阻力公式(曼宁公式), 算出各站的河床糙率系数如表 7。可以看出, 低水时期糙率是从上游向下游逐渐减小; 高水时期的糙率各站基本上接近。

表 7 荆江各站河床糙率系数表

站 名	测 量 年 份	水 位 变 幅 (米)	糙 率 系 数	
			变 幅	平 均
枝 江	1954—1955	37.88—45.50	0.037—0.020	0.028
陈 家 湾	1956、1958	34.06—39.22	0.032—0.020	0.026
新 厂	1957	30.57—35.83	0.027—0.020	0.023
监 利	1957	24.23—33.35	0.025—0.020	0.022

在上述各种因素的综合作用下, 荆江各河段的水面比降多在 0.20—0.60‰ 范围内变动。而就年内变化来说, 高、中水期, 上荆江水面比降大于下荆江; 低水时期, 上、下荆江水面比降约略相等。

冲积河流的挟沙能力,一般是指在一定的水流与河床组成条件下,悬移质中属于造床泥沙部分的饱和含沙量。选用根据能量平衡观点得出的一般性公式

$$\rho = K \left(\frac{u^3}{gH\omega} \right)^m$$

应用荆江各水文站所测的挟沙力资料,定出系数 K 及指数 m 值,得出荆江悬移质造床泥沙部分($d > 0.1$ 毫米)的挟沙力公式为

$$\rho = 0.07 \frac{u^3}{gH\omega}$$

式中: ρ 为水流挟沙力(公斤/立方米);

u 为断面平均流速(米/秒);

H 为断面平均水深(米);

ω 为造床泥沙的平均沉速(米/秒)。

二、河床演变

(一) 河床形态

冲积性河道在一定的来水来沙和河床边界特性长期相互作用下,形成了与这些特性相适应的河床形态,包括河槽的平面和断面以及河底纵比降等三方面。上、下荆江河床形态的一些基本要素分别列于表 8 及表 9。

表 8 荆江河床形态特征统计表

河 段	顺 直 段			弯 曲 段			最小河弯半径 (米)	平 均 弯 长 (公里)	曲折率
	平滩河宽 B (米)	平滩平均水深 H (米)	宽深比 $\sqrt{B}/H$	平滩河宽 B (米)	平滩平均水深 H (米)	宽深比 $\sqrt{B}/H$			
上荆江	1220	13.45	2.67	1393	12.66	3.13	3390	12.83	1.67—1.71
下荆江	973	11.70	2.70	1037	13.02	2.55	910	4.30	2.01—3.57

表 9 荆江各河弯形态要素统计表

河 段	平均河弯半径 (公里)	平 均 弯 长 (公里)	平 均 河 宽 (公里)
枝城—松滋口	12.3	16.6	1.41
杨家脑—太平口	10.5	12.9	1.37
太平口—藕池口	9.2	11.9	1.35
调弦口—城陵矶	5.3	3.60	1.00

表列的数据说明,上荆江的平均河宽、平均弯长、平均河弯半径等均较下荆江为大,而河床曲折率则下荆江远大于上荆江。平均水深在顺直段,上荆江较下荆江大;在弯曲段下

荆江则略大于上荆江。宽深比在顺直段,上、下荆江基本相同;在弯曲段,上荆江稍大于下荆江。荆江的河床是由深槽与浅段交替相间的,河底平均比降与枯季水面比降近似,上节已对水面比降加以阐述。

上、下荆江均属于冲积性平原河道,从河床平面及断面形态特征来看,上荆江属正常的弯曲河道,下荆江则属于典型的蜿蜒性河道。

(二) 河弯水流及泥沙运动

研究河弯水流,对认识和掌握河弯段的泥沙运动及河床演变规律,为河道整治提供科学依据,具有重要的意义。河弯水流包括水流动力轴线、横向环流和水面状态互相制约的三个方面,而以前者为主导方面。

1. 河弯水流动力轴线

水流动力轴线亦称主流线,系指各断面中最大垂线平均流速点的连线。根据荆江的实测资料,它具有以下几点特性:

(1) 水流动力轴线一般在弯道进口段偏靠凸岸;进入弯道以后,即逐渐向凹岸转移,至弯顶稍上部位,最大水深和最大流速均紧靠凹岸,这一特征在低水时期尤为明显。

(2) 水流动力轴线还具有低水傍岸、大水趋中的规律。水流的顶冲位置,随流量变化而上提下挫,即低水顶冲位置上提,高水顶冲位置下移。高水顶冲位置一般在弯顶以下,低水顶冲位置一般在弯顶附近或弯顶稍上,但当弯顶形成局部急弯,弯顶下游河岸相对突出时,低水顶冲位置也可在弯顶以下。

通过上述资料分析,可以认为水流动力轴线的变化与水流动力因素的变化、河弯形态特征有密切的关系,而河弯形态特征,又包括平面外形特征与过水断面特征。

动力因素一般可以水流的动量表示,水流的动量 mV 可近似用 $\frac{Q}{g} V$ 或 $\frac{Q^2}{gA}$ 的形式表达,其中 A 代表河段内与计算流量相应的平均过水断面(米²), Q 代表计算流量(米³/秒), g 代表重力加速度(米/秒²)。

河弯的平面外形特征,主要是河弯半径 R 。在其它条件相同的情况下,河弯半径愈大,河槽对水流的制约作用愈小,水流动力轴线的半径也愈大;河弯半径愈小,河槽对水流的制约作用愈大,水流动力轴线的半径也愈小。

冲积平原河流的断面特征,一般以断面的宽深比 $\sqrt{B}/H$ 表示。因为上、下荆江各弯道的宽深比差别不大,故可以不加考虑。

基于上面的分析,荆江河弯水流动力轴线的半径 R_0 (米)的变化,可用下列关系式表达:

$$R_0 = aR^b \left(\frac{Q^2}{gA} \right)^c$$

通过相关分析,得出荆江河弯水流动力轴线半径的经验公式:

$$R_0 = 0.053R \left(\frac{Q^2}{gA} \right)^{0.348}$$

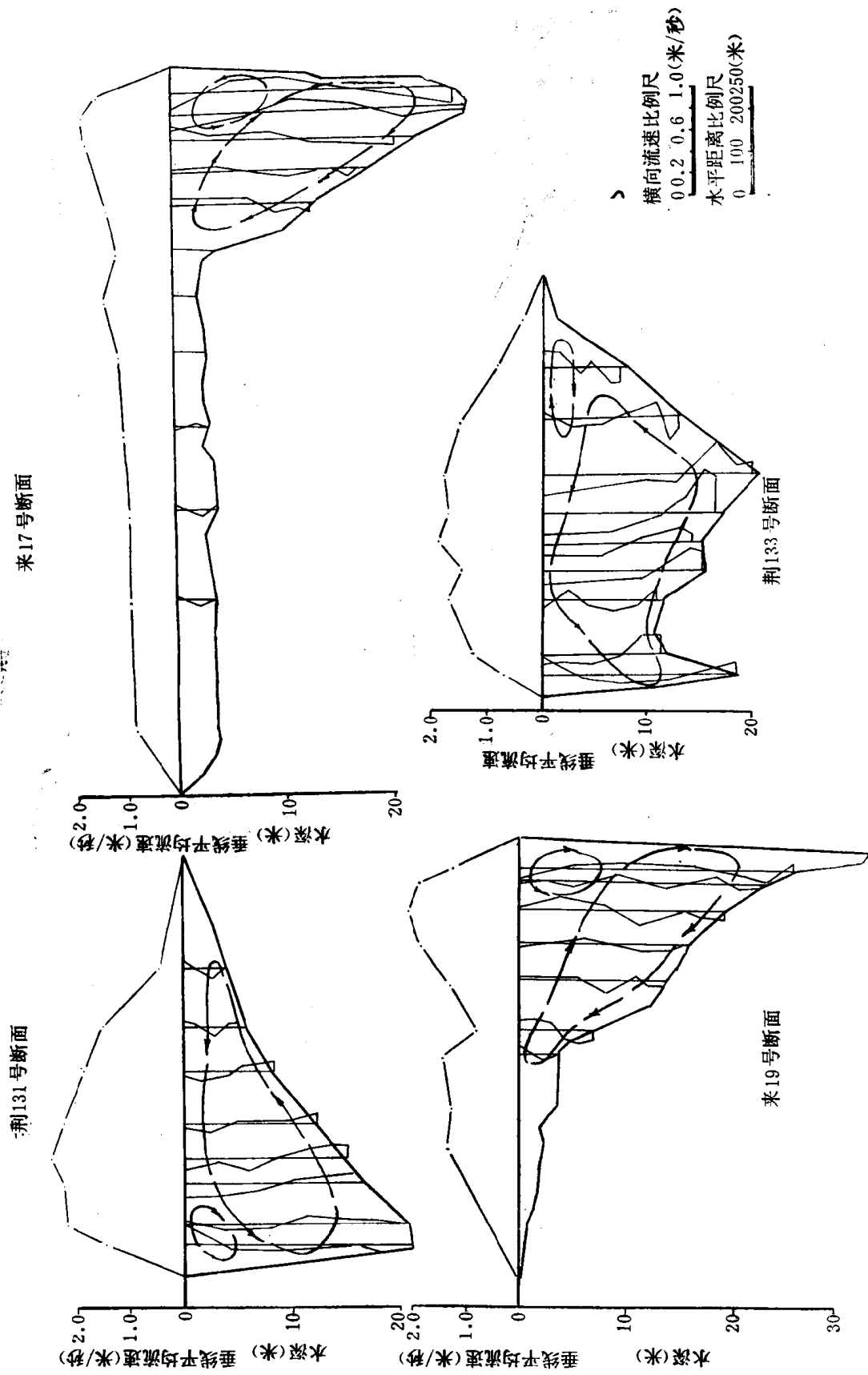


图1 来家铺河段横向流速分布图

2. 河弯内的横向环流

弯道环流是指弯道水流受离心力的作用,而形成的上部面流偏向凹岸、下部底流偏向凸岸的离心环流。弯道离心环流是一种纵轴环流,必然形成相对于纵向水流的横向分速。研究弯道离心环流,正是要研究这一横向分速在断面内和垂线上分布的规律。图 1 为来家铺弯道实测各断面的横向环流分布情况,表 10 为主流处垂线的水面横向分速数值,其数值大小可代表该处的环流强度。

表 10 来家铺河弯横向环流强度沿程变化表

断面及垂线编号	垂线平均流速 (米/秒)	表面纵向分速 (米/秒)	表面横向分速 (米/秒)
荆 131—4	2.48	2.53	-0.11
来 9—5	2.32	2.68	+0.04
来 12—8	1.38	1.91	+0.14
荆 132—7	1.44	1.67	+0.12
来 15—14	1.22	1.38	+0.12
来 17—10	1.73	1.76	+0.11
来 19—7	2.16	2.21	+0.02
荆 133—5	2.02	2.16	-0.10
荆 134—4	2.21	2.43	+0.26

注: 1. 横向分速值以顺时针方向为正,逆时针方向为负。

2. 观测时间为 1964 年 8 月。

上述资料分析表明,河弯内的横向环流有以下特点:

(1) 在河弯段,横向环流的主体是由单一离心环流所构成的,离心环流的强度,在弯顶和弯道的后半部最为强大。

(2) 水流不仅流经弯道时产生横向环流,而且只要水流动力轴线发生弯曲,便会产生与之对应的横向环流。这种离心环流出现的部位,常在弯道进口的上段以及河岸突出逼使水流转向的地段。

(3) 天然河道内横向环流沿垂线水深的分布是多样的,其中单一离心环流,在河弯段和水流动力轴线显著弯曲处均普遍存在。两层重叠分布的环流一般在河弯段的岸壁附近其河床地形突变的滩坝附近存在。至于两层以上重叠分布的环流,则多在河弯的过渡段或水流动力轴线弯曲过渡的地段出现。

3. 河弯内的水面状态

河弯内的自由水面不仅存在水面纵比降,而且存在沿河宽的水面横比降。在来家铺河段进行环流观测的同时,观测了河段内的水面状态(见表 11、表 12)。

从表 11 可以看出,水流经过弯道时,沿河宽的水面超高是非常显著的,最大横比降值出现在弯顶范围,其横比降值与凹岸纵比降值约略相等。表 12 说明,弯道沿程水面纵比降是不断变化的,弯顶范围以上比降相对平缓,弯顶以下比降相对较陡。这一现象沿凹岸一边特别显著。同时,弯顶范围以上,沿凸岸的纵比降大于凹岸纵比降,而在弯顶范围以下,沿凹岸的纵比降则大于凸岸的纵比降。弯道水面的这一特征,是与水流动力轴线沿程变化规律一致的。

表 11 来家铺河段水面横比降成果表

断面及水尺编号	左右岸水尺间距 (米)	左右岸水尺水位差 (米)	水面横比降 (10^{-4})
荆 131 I—II	1247	-0.075	-0.60
来 9 III—IV	1023	+0.034	+0.33
来 15 V—VI	2197	+0.039	+0.18
来 19 VII—VIII	1067	+0.075	+0.70
荆 133 IX—X	959	+0.016	+0.17
来 22 XI—XII	844	-0.001	-0.01

注: 1. 观测时间为 1964 年 8 月 8 日;
2. 凹岸水位大于凸岸水位为正, 反之为负;
3. 罗马数字代表水尺编号。

表 12 来家铺河段水面纵比降成果表

断 面	凹 岸 (右岸)			凸 岸 (左岸)		
	水尺间距 (米)	水位落差 (米)	水面纵比降 (10^{-4})	水尺间距 (米)	水位落差 (米)	水面纵比降 (10^{-4})
荆 131 来 9	2700	-0.002	-0.001	2540	0.107	0.42
来 9 来 15	4200	0.008	0.02	1647	0.013	0.08
来 15 来 19	2460	0.209	0.85	1100	0.245	2.23
来 19 荆 133	1820	0.097	0.53	1797	0.038	0.21
荆 133 来 22	1740	0.122	0.70	1320	0.105	0.80

注: 观测时间为 1964 年 8 月 8 日。

4. 弯道内的泥沙运动

水流通过弯道时, 水流动力轴线逐渐偏靠凹岸, 并形成横向环流。与此相应, 弯道内泥沙运动也具有一些与顺直段不同的特点, 比较突出的是含沙量沿横断面的垂直分布现象。根据来家铺弯道实测资料分析, 弯道中横断面的含沙量等值线大致与凸岸斜坡平行, 并逐渐朝凹岸方向递减。含沙量和流速的横向分布不一致, 最大流速出现在深槽附近, 而含沙量最大值出现在边滩滩唇附近; 同时, 靠凹岸一例含沙量沿垂线分布十分均匀, 而在边滩范围内, 含沙量沿垂线变化则较大。对于弯顶一带的断面, 和对悬移质中床沙质部分 ($d > 0.1$ 毫米) 来说, 上述现象更为明显。

(三) 河床纵向变形

许多冲积平原河流, 当其发育到一定阶段, 经过长时期水流与河床相互作用之后, 基本河槽就处于相对平衡状态。但因天然河流的来水和来沙量总是因时而异的, 因此, 河床冲淤现象是绝对的, 所谓相对平衡, 是指河床和水流在多年的自动调整作用下, 冲刷与淤积基本上相互抵销, 不发生单向的侵蚀下降或堆积上升现象。对荆江的河床纵向变形是