

stract ).

# 两类多河道河流的形成模式及河道稳定性比较

王随继

( 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101 )

**摘 要** 在多河道河流中 , 网状河流作为有别于分汊河流和辫状河流的河型而提出已经引起人们的注意 , 但它与分汊河流的区别常常被忽略。为了阐明二者的根本差别 , 力求从多河道形成模式上对二者进行比较研究。通过对长江下游分汊河流及荆江网状河流特定河段形成历史及方式的探索 , 提出河道内的江心洲化模式和河漫滩上的河道化模式分别是分汊河流和网状河流形成的基本途径。由此而决定了网状河道具有较分汊河流更高的稳定性。

**关键词** 多河道河流 形成模式 河道化 江心洲化

## Comparison of Formation Model and Channel Stability between Two Different Sorts of Multiple Channel River Patterns

WANG Suiji

( Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research , CAS , Beijing 100101 )

**Abstract** In multiple channel rivers , anastomosing rivers as a new river pattern differing from anabranching and braided rivers have aroused much attention. Nevertheless , the difference between the anabranching and the anastomosing rivers is frequently ignored. Some researchers even think that they are of the same channel pattern according to channel planform. To explain their fundamental differences , this paper focuses on the multiple-channel formation models of the two river patterns. Based on the study of the anabranching channel reach of Lower Changjiang River and the anastomosing Jingjiang distributaries , it is held that the anabranching multiple channel forms with appearance of one or more mid-channel lands , which have two layers of sediments whose grains are thin and fine in the upper part and thick and coarse in the lower part , whereas the anastomosing multiple channel forms with appearance of one or more stable channels on the floodplain surrounded by coherent fine-grained sediments. Anastomosing multiple channels show higher stability than anabranching ones.

**Key words** multiple channel river formation model channel appearance mid-channel land appearance

多河道河流曾经一度被划分为辫状河流( 也称游荡性河流 ) 和分汊河流( Miall ,1977 ;Rust ,1978 ;钱宁 ,1985 )。随着人们对多河道河流特性认识的逐步深化 , 对分汊河流提出了新的认识( Nanson 等 , 1996 )。一个明显的进展是将多河道河流划分为 3 类不同的河型 : 辫状河流、分汊河流和网状河流( 王随继等 ,1999 ) , 尹国康( 2000 ) 将冲积河流分为 7 类 , 其中有关多河道河流的划分基本与之相当。多河道河流的共有特点显然是以具有多重河道而相异于单河道河流。但 3 类多河道河型又因为河道的平面形态特征、稳定性、沉积物特征、沉积相空间配置及水

流的能耗率等方面的不同而相互有别。长江下游主河道是典型的分汊河流 , 荆江三口分流河可作为网状河流的代表 , 因此 , 以长江的相关河段为例分别进行讨论。

### 1 分汊河流河道内的江心洲化模式

分汊河流的河道平面形态主要表现为单河道段和多河道段的交替分布( 王随继等 , 2000 ) , 在单河道段发育各种类型的节点( 基岩、粘土质沉积物及护岸工程等 ) , 抗冲性强 , 而在节点之间的多河道段 , 河岸沉积物比较疏松 , 易被流水冲刷。单河道段的河道

束狭,宽深比较小,水流的流速较大,可以带走上游输送来的大量泥沙,因此,泥沙发生沉积的数量有限。水流一旦进入节点之间的河段,河道突然展宽,河道宽深比明显增大,水流流速明显减小,泥沙的沉积作用加强。由于节点的控制作用,河道的演变主要发生在节点之间的河段。近数百年来,长江分汉河段的演变主要表现为:①顺直双汉河段,其心滩的出现和主流线的波动;②弯曲的多河道段,在汉道与江心洲的消长引起河道中的旋回江心洲化过程。前者往往受到汉道上游节点的控制;后者主要受制于河道中强烈的沉积作用、流水的切滩作用等。无论如何,分汉河流的多河道形成与河道中的江心洲化过程密切相关。

### 1.1 心滩出现和主流线波动模式

流水由节点部位的窄深河段进入河岸可侵蚀的顺直或微弯河段,河岸的冲刷作用和河床的沉积作用都明显增强。随着水位的涨落及流速的增减,节点的挑流角度发生周期性的变化,导致河道的主流线规律性波动,从而引起节点下游河段两岸的交替冲刷。在两岸分别向两侧交替后退的情况下,主流的横向环流把河岸带侵蚀下来的泥沙带向河心。上述现象的长期发生,势必导致主流线间的部分河床由于沉积作用居于优势地位而出现心滩,进而形成江心洲,从而导致宽浅河道分化为两条汉河道。在此后的河道演变过程中,由于节点的挑流作用长期存在,因此,主动力轴线的波动也会长期发生,江心洲的两侧会发生程度不同的冲刷或侧向加积,但一侧发生冲刷,另一侧将发生侧向加积,或上游端发生冲刷,下游端将发生向前加积,因此江心洲随主动力轴线的摆动而发生适度的侧向或纵向移动,而其大小变化不显著。同时漫滩洪水可以将大量悬移质细粒沉积物输送到江心洲区并发生垂向加积,使江心洲上部的细粒沉积物具有相当的厚度和较强的抗冲性,其二元结构特征明显。由此形成的汉河道和江心洲可以长期稳定存在,因为河道的摆动幅度有限,而江心洲的迁移也将适可而止。

图 1-a 是航空照片所揭示的长江在镇扬河段的河道平面演变特征,图 1-b 是根据主流线的变化对之所做的解释(中国科学院地理所等,1985)。由图可见,除了上节点斗山和下节点焦山都是坚硬岩石的露头而阻止了河道侧向迁移,使单河道位置基本固定不变外,其余河段的河岸都经过规律性的摆动,江心洲也随着 2 个汉道的摆动而发生迁移。因此,在沉积物发生加积的上述部位发育了比较典型的类

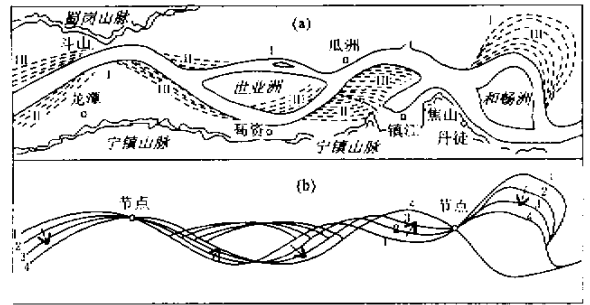


图 1 主流线交替摆动模式(以长江镇扬河段为例)

Fig. 1 Replacing main current in two channels  
(take the Zhenyang reach of Yangtze River for an example)  
a-航片示征 b-河道侧向加积方向示意( I -早期、II -中期、III -近期)  
a-Aviation photograph showing the channel evolution b-Diagram of lateral aggradation( I -early, II -middy and III -later periods)

似曲流河点坝的侧向加积单元。但是,曲流河的河道摆动基本上是在各河段均匀发生,因为没有节点的限制可自由发展,在向两侧的摆动过程中还发生向下游的适度迁移,由其形成的点坝(边滩)都比较发育。而分汉河流的河道摆动有两点与之不同:①存在节点的部位的河道摆动受到严格限制;②节点间河段的河道摆动伴随着江心洲的迁移。

### 1.2 旋回江心洲化模式

该模式主要发生在弯曲分汉河段。以长江官洲河段为例,其上下为束狭的单河道河段。该河段上起吉阳矶,下至皖河口,全长 32 km。其河岸边界条件很不均一,右岸沿江分布有吉阳矶、黄石矶等天然矶头以及长江的一、二级阶地,左岸为广阔的冲积平原,物质松散易冲,但除局部地段外,现大部分河岸已修建了堤防,限制了该河段整体向两侧的扩展,但是其单个河道的变化仍然十分明显。以东江河道为例,从 1959~1973 年,其河道宽度由 3 300 m 增至 4 980 m,而河道深度却由 10.8 m 减小至 5.7 m,河道宽深比由 305.6 增大至 871.5。显然,江心洲岸带的侵蚀后退导致河道展宽变浅,使过水的功能变差,宽河道的中心会形成心滩,逐渐露出水面而形成江心洲。一个江心洲的出现并发展成熟,导致了原来一条宽浅的河道从此分化为 2 个汉道,这类汉道可以称作江心洲分化型汉道。新汉道的出现使得发生变化的河道的过水断面减小了,为了适应洪水过境的需要,个别发育不完善的江心洲可能被洪水冲刷切割而形成另一类新的汉道,可以称作切割型汉道(图 2)。

分汉河流多河道段的江心洲和河岸带是由上部

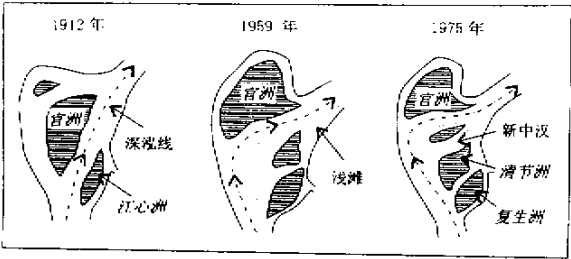


图 2 旋回江心洲化模式(以长江官洲河道为例)

Fig.2 Cycle formation of mid-channel land  
(example : the Guanzhou reach of Yangtze river)

较薄的泥质层和下部较厚的砂质层构成的二元结构,其抗冲性较小,当上游节点的挑流作用导致河道中水流动力轴线发生摆动时,河岸及江心洲边缘受冲刷的地段将会发生明显的崩塌而后退,由此导致主流线所在的汉河道的变宽变浅。当其宽深比足够大时,该河道中水流的流速大幅度降低,即其动能急剧降低,从而引起搬运的泥沙发生沉积,在宽浅的河道中会形成新的江心洲。由此而引起的江心洲的形成过程决定了河道分汉的过程。

分汉河流新河道的形成过程划分可为 3 个阶段 ①心滩的形成 河道的展宽导致河道中发生强烈的沉积作用,产生江心洲的雏形——心滩 ②砂质江心洲 随着动力轴线摆动和沉积作用的持续进行,心滩裸露于水面并且变大而成为初期江心洲,这时的江心洲基本是一元砂质结构 ③成熟江心洲 进一步发展并接受汛期洪水漫滩而在江心洲上沉积了一定厚度的泥质沉积物,以二元结构为特征的比较稳定的成熟江心洲就完全形成了。江心洲的完全形成标志着一个宽浅的汉河道完全分汉为 2 个新的汉河道。此后,这些汉河道中的某汉河道又会冲刷江心洲使江心洲发生迁移或崩塌变小,河道展宽。类似上述的河道变化导致老江心洲的消失和新江心洲的形成,如此不断反复。

2 网状河流漫滩的河道化模式

网状河流的多河道起源于河道的决口冲裂(avulsion)作用,这在加拿大萨斯卡彻温中东部的坎伯兰(Cumberland)沼泽中的网状河(Smith 等,1989)以及博茨瓦纳 Okavango 扇上的网状河(McCarthy 等,1992)中都曾发现过。Smith 等(1989)在研究坎伯兰(Cumberland)沼泽中的网状河时发现,由冲裂作用引起的新河道的形成明显具有 3 个发展阶段:初期多河道化(位置易变的多河道阶段)、小型

网状河道化(位置相对固定的多河道阶段)和单河道化,他将网状河冲裂作用的一般模式概括为初期多河道化、初步网状河道化和固定网状河道 3 个阶段的连续演化阶段。实际上这是不完全的。此次研究认为,网状河的新河道形成的冲裂机制具有 2 类一般模式:冲裂归一模式(图 3)和冲裂网化模式(图 4)。这两类模式在长江荆江分流网状河的多河道形成过程中(图 5)都有所体现。

长江荆江分流河的形成遵循了上述模式。1644

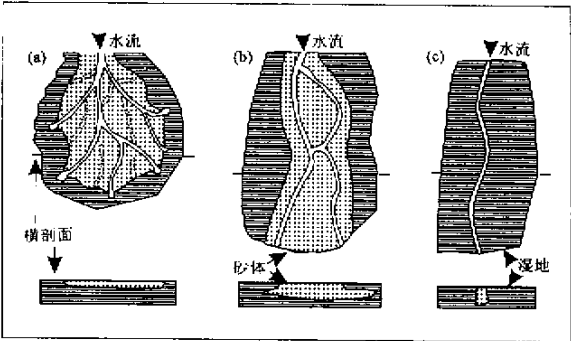


图 3 冲裂归一模式图示

Fig.3 Schematic diagram of the multiple-channel formation model 1 :from an avulsion to single-channel  
a-决口扇上的不稳定河道期;b-决口扇局部湿地化及主流归并期;  
c-湿地围限的稳定单一河道期

a-Instable channel stage on a splay;b-the stage of local wet-land and main channel formation  
c-the stage of stable single-channel surrounding by wet-lands

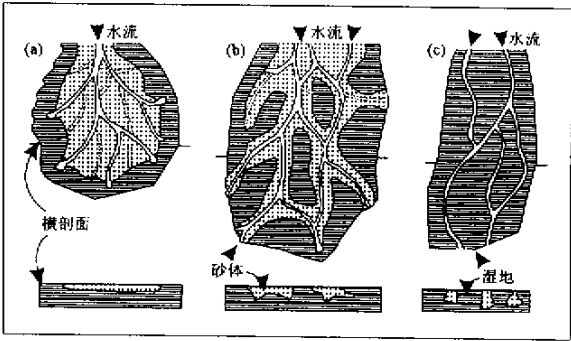


图 4 冲裂网化模式图示(据 Smith 等,1989)

Fig.4 Schematic diagram of the multiple-channel formation model 2 :from an avulsion to multiple-channel  
(after Smith et al. ,1989)

a-决口扇上的不稳定河道期;b-决口扇局部湿地化和较稳定河道期;  
c-湿地围限的稳定网状河道期

a-Instable channel stage on a splay;b-the stage of local wet-land formation and more stable multi-channel on a splay c-the stage of stable multiple-channel surrounding by wet-lands

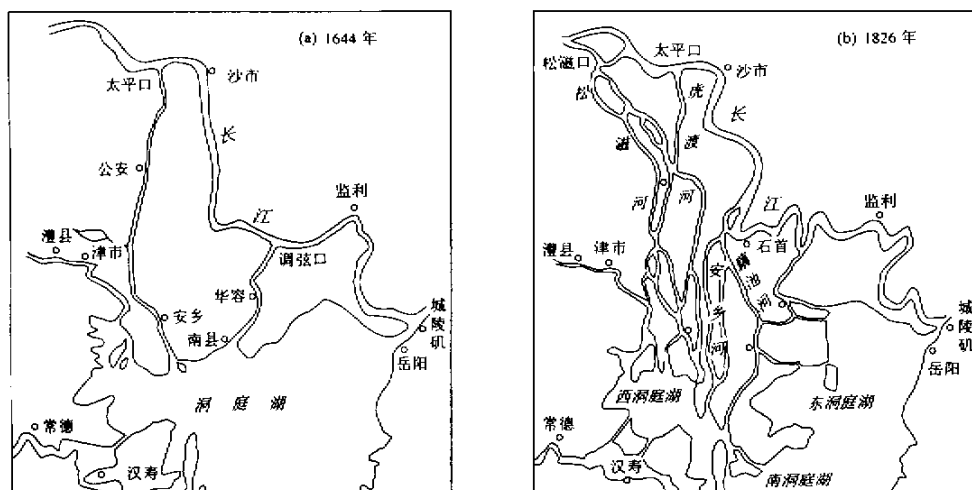


图 5 荆江分流河的多河道形成过程图

Fig. 5 Diagram of the multiple-channel formation of Jingjiang distributary river

a-冲裂归一模式 b-冲裂网化模式

a-model 1 : from avulsion to stable single-channel b-model 2 : from avulsion to stable multiple channels

年之前,长江荆江河段是一条弯曲河流。1644 年太平口冲裂,初始阶段是漫流和由其形成的小型冲积扇,之后,扇上的辫状河道逐渐变深、变窄,形成了几股比较稳定的河道<sup>①</sup>。由于分流河道流经的地区河道比降较大,因此这几股河道逐渐合并为一条河道,河水集中,河道比较顺直(图 5a)。该演化模式如冲裂归一模式。

在将近 200 a 的时段中,长江主河道和分流河的河水洪泛,使得荆江南岸冲积平原的地面坡降逐渐趋缓。1826 年,松滋口发生冲裂,主河道的水流部分向南流去,在松滋口外形成了一个比降较大的决口扇,河道在其上呈鸟足状<sup>①</sup>。一旦河流进入扇前的坡降平缓的冲积平原,便形成了几条网状的河道,并与原来的太平口分流河道相互连通,岸带植被和泥质沉积物加上低的水动力限制了河道侧向迁移。上述情况决定了网状化的河道可以长期存在下去,并逐渐变得更加稳定(图 5b)。因此,这些河道的形成遵循冲裂-网化模式。

### 3 河道稳定性

从分汊河流与网状河流多河道的形成模式上可以看出,其河道稳定性相差很大。分汊河流由于其江心洲是以下部砂质沉积物为主的二元沉积结构构成,河岸带的可冲刷性较大,河道的展宽或收缩在相

对较短的时段就可以发生(图 6a)。而网状河流的形成是河漫滩的河道化过程,河道是由于细粒的粘结性很强的粘土质沉积物逐渐围限而成的,因此,河岸的抗冲刷性强。在相同的河道比降、流速及含沙量条件下,网状河流的河道更为稳定,表现为在一个较长的时段其河道的侧向演变不明显(图 6b),这是其宽厚比很小的带状河道砂体形成的前提。河流沉积体系是天然河流自动调整的结果,分汊河流和网状河流的多河道形成的不同模式是不同河流特性的反映,而河流特性又是由河流系统及其发育环境中各类因素(盆地与流域系统、水沙因素、植被因素、河道边界条件)共同决定的,现今的人类活动在一定程度上影响着河流的自动调整行为。

### 4 总结

作为两类不同的多河道河流,分汊河流的多河道发育在节点限制的单河道段间的宽阔河道段,是通过河道内的江心洲化过程而形成的。在微弯或顺直河段该模式表现为:随着主流线的波动而形成心滩,进而发育成江心洲,此后该江心洲随主流线的摆动发生适度冲淤,而双汊河道的外貌将会长期保持;在弯曲河段,随着某(些)汊道的频繁展宽,该模式表现为河道的旋回江心洲化,河道稳定性较前者要差一些。网状河流的河道具有很小的宽深比,不可能

① 王随继, 1999. 根据河流的河性、区域特点及多河道形成机理. 清华大学博士后研究报告.

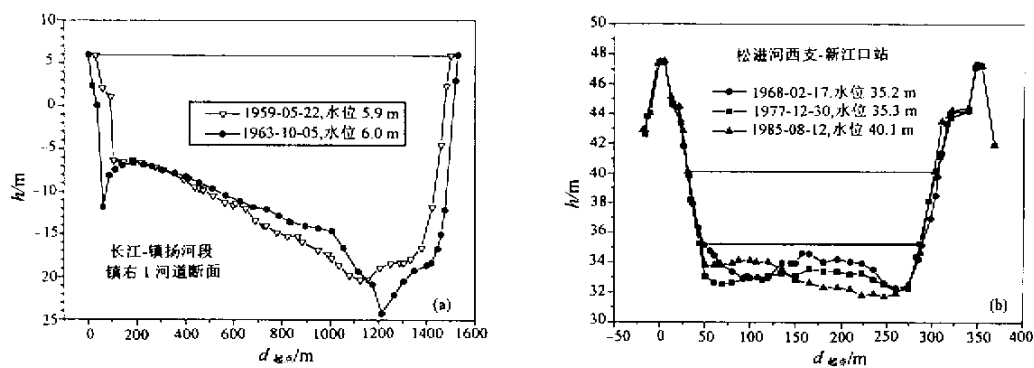


图 6 分汊河流(a)与网状河流(b)河道稳定性比较

Fig. 6 Comparison of channel stability between (a) anbranched and (b) anastomosing rivers

通过河道的江心洲化而形成多河道,而是通过老河岸冲裂导致大量水流漫滩,在水流和其沉积作用的相互作用下,漫流逐步归并在新的河道中,随比降和输沙量的不同,河漫滩地上的河道化过程可以表现为漫流归一模式及漫流网化模式。由此形成的河道具有很高的稳定性,河道难以发生侧向迁移。

参 考 文 献

钱宁. 1985. 关于河流分类及成因问题的讨论. 地理学报, 40(1):1~10.

王随继, 任明达. 1999. 根据河道形态和沉积物特征的河流新分类. 沉积学报, 17(2):240~246.

王随继, 尹寿鹏. 2000. 网状河流和分汊河流的河型归属讨论. 地质前缘, 7(Sup.):79~86.

尹国康. 2000. 从中国东部平原三大江河看冲积河型分类. 南京师范大学学报, 23(4):221~229.

中国科学院地理研究所等. 1985. 长江中下游河道特性及其演变. 北京: 科学出版社.

References

Institute of Geography, CAS. 1985. The channel speciality and evolution of middle-lower Changjiang river. Beijing: Science Press (in

Chinese).

Miall A D. 1977. A review of the braided river depositional environment. Earth Science Reviews, 13:16~2.

McCarthy T S, Ellery W N and Stanistreet I G. 1992. Avulsion mechanisms on the Okavango fan, Botswana: the control of a fluvial system by vegetation. Sedimentology, 39:779~795.

Nanson G G and Knighton A D. 1996. Anabranching rivers: their cause, character and classification. Earth Surf. Procs. Landforms, 21:217~239.

Qian Ning. 1985. Discussion on fluvial classification and formation. Journal of Geography, 40(1):1~10 (in Chinese).

Rust B R. 1978. A classification of alluvial channel systems, in A. D. Miall (ed.): Fluvial sedimentology, Can. Soc. Petrol. Geol. Mem (5):187~198.

Smith N D, Cross T A, Dufficy J P and Clough S R. 1989. Anatomy of an avulsion. Sedimentology, 36:1~23.

Wang Suiji, Ren Mingda. 1999. A new classification of fluvial rivers according channel planform and sediment characteristics. Acta Sedimentologica Sinica, 17(2):240~246 (in Chinese with English abstract).

Wang Suiji, Yin Shoupeng. 2000. Discussion on river patterns of anastomosing and anabranching rivers. Earth Science Frontiers, 7(Sup.):79~86 (in Chinese with English abstract).

Yin Guokang. 2000. Fluvial classification based on the three large rivers of eastern China. Journal of Nanjing Normal University, 23(4):221~229 (in Chinese with English abstract).