

文章编号: 1000-0550(2000)01-0001-06

现代冲积河流的河型空间转化模式探讨^①

倪晋仁¹ 王随继² 王光谦²

1(北京大学环境科学中心 北京 100871) 2(清华大学水利水电工程系 北京 100084)

摘要 论述了现代冲积河流系统中常见河型的自然分布及转化特征, 归纳了河型从上游向下游发生空间转化的5种主要模式。这些河型转化模式发生的相对频率是不同的, 其中从辫状河流向曲流河流转化的发生频率最大。文中通过具体实例总结了这些转化模式分别发生时的主要影响因素。

关键词 河型 空间转化模式 影响因素

第一作者简介 倪晋仁 男 1962年出生 工学博士 教授 河流动力地貌学

中图分类号 P512.2 P931.1 **文献标识码** A

1 引言

河型转化是现代河流系统和古代河流沉积体系研究中的一个重要方面, 历来为水利学家、地貌学家和沉积学家所关注。河型转化问题的深入研究不仅对河道整治和洪灾防治有着重要的意义, 而且还可为有效勘探和开发古代河流沉积体系中的矿藏提供理论依据。

不同学科的学者对河型转化问题的共同关注, 使得近年来关于河型形成、转化及其影响因素的研究从多种角度^[1~7]展开, 并从不同侧面取得了进展, 初步揭示了河型形成和转化的规律。目前, 围绕河型成因的研究已有很多, 根据各类研究所采用的理论和方法, 主要归纳为地貌临界假说、能耗极值假说、稳定性理论、统计理论和随机理论^[1]等。相对而言, 围绕河型转化的系统研究还明显欠缺。由于“转化”问题归根结底涉及到“质变”, 而“质变”又往往通过“突变”来具体表现, 所以在自然界人们很难及时地捕捉到“突变”的一瞬, 从而导致了只能通过模拟实验来观察或通过对比不同河型所对应的特征值之差异来推断。当具体地考察一条河流河型的转化时, 有时甚至会必然的转化归结为受偶然事件触发的结果。然而, 当把控制各类河型行为的影响因子放在统一的基准条件下进行统计分析和比较时, 通常都可以得到规律性的东西。自 Lane^[8]试图用流量一比降关系来划分河型后, 许多学者都采用了类似的方法, 而改进方法则多为采用更多其他特

征变量^[2,9]。目前, 为各学科学者广泛接受的河型有顺直河流、弯曲河流、辫状河流三类。除了上述三类常见河型外, 自然界存在的河型还有分叉河流和网状河流, 这在一些河型分类体系中有论述^[10], 其目的是为突显河型的其他特征(如动力特征), 或为研究某类问题的方便, 或为更全面地反映各类河型的特性, 或为包含某些新发现的河型等。在河型研究中最令人费解的莫过于平面形态最简单的顺直河流很难在自然界自由地、稳定地、长距离地发育; 其次, 分叉河流和网状河流难以在实验室模拟再现, 且在传统的划分河型的流量一比降关系中找不到它们对应的位置。更多的研究者则认为网状河流只是分叉的数量更多而已, 故将他们统称为分叉河流, 这种观点具有一定的代表性^[2,6]。总之, 分叉河流和网状河流的河型地位问题至今未能完全解决, 他们的水力学特征还有待于通过模拟实验来进一步证明。在上述两类河型的地位问题彻底解决之前, 可以把他们笼统地称作广义的分叉河型。我国对现代分叉河流的研究较多, 但经常涉及到的多为分叉数目较少的江心洲型河, 本文所讨论的分叉河流的实例是长江中下游江心洲型河流, 从河道形态来看, 其分叉数目较少。在深入研究河型转化的临界条件之前, 对现代冲积河流的河型空间转化模式的存在、各类转化模式的特点、影响转化的主要因素及其各类转化出现的可能性大小进行探讨, 将是十分有益的。以下就普遍关注的四类河型—顺直河流、弯曲河流、辫状河流、分叉河流(江心洲型河流)之间的空间转

① 国家自然科学基金(批准号: 59890200)和教育部重点科学技术项目资助

收稿日期: 1999-03-04 收修改稿日期: 1999-04-06

化模式展开讨论。

2 现代河型的空间转化模式

现代冲积河流沿流向往往呈现多种河型,也就是说空间上河型的配置呈现多样性,表明由于多种因素的共同制约,河型在空间上发生了转化。表1所列的一些国内外现代河流在空间分布上都至少表现出了两类河型,其中一些呈现三类河型;而在同一河流系统的不同河型段,河道比降和河岸的沉积物组成等都发生了较明显的变化。

冲积河型的空间分布格局表明,从河流上游向下游的河型转化方式有多种,但主要代表性模式可归纳为五种,分述如下。

模式1: 辫状河→曲流河(Braided→Meandering (B→M))

在冲积平原区,最常见的河型空间配置是:上游

段发育辫状河,下游段发育曲流河,如中国的黄河下游、潮白河、渭河下游,委内瑞拉的Guanipa河等。印度的Kosi河在出山口至汇入恒河前为辫状河,汇入恒河后也呈现曲流河型。滦河在迁安西峡口至迁安滦河桥段,发育了典型的辫状河,向下游逐渐变为限制性曲流河。

以Guanipa河为例来讨论该模式的控制因素。Stevens等^[12]在对Guanipa河进行考察后发现,该河上游的两条支流Caris和Tonoro都是辫状河流,河道比降分别为1.1‰和1.6‰,流量变幅分别为23和47。在该二支流汇合后河道呈现曲流河型,其河道比降减小至0.83‰,流量变幅也减小为3.8(见表1)。这里辫状河道段的流量变幅比其下游的曲流河的约大10倍,但该河的辫状河段的两位数的流量变幅与我国黄河辫状河段的流量变幅447相比显然是很小的。因此可以认为,Guanipa河的河型控

表1 冲积河型的空间变化及主控因素

Table 1 Spatial variations of fluvial channel patterns and relevant controlling factors

河流名称	河段	河型	比降/‰	河岸组成	主控因素	资料来源
Wood河	上游	曲流河	—	—	流经森林区	〔10〕
	下游	辫状河	—	—	流经粗粒沉积区	
Kosi河	出山口	辫状河	> 2.3	中粗砂为主	冲积扇, 坡降大	〔11〕
	汇入恒河	曲流河	—	—	扇前, 坡降小	
Guanipa河	上游 Caris 支流	辫状河	1.10	—	流量变幅(大)=23	〔12〕
	Tonoro 支流	辫状河	1.60	—	流量变幅(大)=47	
	二支流汇流后	曲流河	0.83	—	流量变幅(小)=3.8	
长江下游	下荆江—脾州湾	曲流河	0.04	土层> 砂砾层	河岸组成	〔13〕
	汉口—马鞍山	分汊河	0.02	土层< 砂砾层	河岸不耐冲刷	
	石桥埠段	直流河	—	土层>> 砂砾层	河岸极耐冲刷	
黄河下游	高村以上	辫状河	0.27	细砂占优	河岸不耐冲刷	〔13〕
	高村以下	似曲流河	—	粘土质增多	河岸较耐冲刷	
渭河下游	咸阳—泾河口	辫状河	—	中粗砂含砾	河岸不耐冲刷	〔13〕
	泾河口—赤水	曲流河	—	砂质粘土	河岸较耐冲刷	
	赤水—三河口	曲流河	—	细砂、粉砂	河岸较耐冲刷	
潮白河	牛栏山段	辫状河	—	单一细砂物质	山前凹陷	〔13〕
	白庙河段	曲流河	—	二元结构	凹陷	
滦河	迁安盆地	辫状河	1.25~1.45	砂砾为主	沉降带, 坡降大	〔14〕
	滦县以下	曲流河	0.4~0.8	中粗砂, 含砾	河床坡降较小	
Loup河支流	上游	直流河	1.0	沙丘砂	植被茂盛, 沼泽化	〔15〕
	中游	曲流河	1.0	沙丘砂	植被渐少	
	下游	辫状河	1.0	沙丘砂	植物稀少	

制因素中边界抗冲性比黄河的要差,而源区的粗粒物质的输送比例却要高于黄河。可见,这类河型空间转化模式受控于沿程变小的比降、流量变幅以及抗冲性较差的边界条件等。

模式 2: 直流河→曲流河 (Straight→Meandering (S→M))

以 Loup 河支流的上游至中游河段为例 (见表 1), 该河流中、上游的河岸物质都是沙丘砂, 河道比降为 1%, 但上游的直流河道段, 其河岸和泛滥平原上植被茂密, 而且区域发生沼泽化^[15], 即上游段由于植被的固岸作用使得河道难以摆动或迁移而形成并保持直流河型; 中游的植被状况较差, 无足够植被加固的河岸沙丘砂会在流水的流路趋向弯曲的内规律作用下发生侧向迁移而引起河道摆动, 从而形成曲流河型。由于曲流河道区位于中游, 它的流水汇集面积远大于其上游的直流河的, 即其流量和洪、枯水季节的流量变幅分别大于其上游直流河的, 因此, 流量及其变幅在该转化模式中也可能起一定的作用。

模式 3: 曲流河→辫状河 (Meandering→Braided (M→B))

这类空间分布模式以 Loup 河中、下游以及 Wood 河等较为典型 (见表 1)。其中 Loup 河下游辫状河道比降同其上游的直流河和曲流河的相同, 都为 1%, 其河岸物质也仍然是沙丘砂, 但该辫状河道段的植被覆盖度比其上游的曲流河道段差, 此处稀少的植被不再能有效地增加河岸的稳定性^[15]。相应地, 流水可以自由冲刷易冲的河岸带, 从而形成了辫状河型。Wood 河上游流经森林区时呈现曲流河特征, 在进入下游植被不发育的粗粒沉积物区时转化为辫状河流^[10]。同模式 2 中讨论的相似, 由于辫状河道区位于曲流河的下游, 它的流量 (流量变幅) 大于其上游曲流河的, 因此, 流量 (流量变幅) 在该转化模式中也可能起一定的作用。这种转化模式的发生与河流沿流向的比降趋缓、河道趋稳以及能耗率趋于最小这一普遍规律并不一致的原因是, 河流沿程的边界组成及其抗冲性发生了明显变化, 这实际上是对局部特殊条件的响应, 也就是说它的发生响应一定的特殊规律。

显然, 在模式 2 和模式 3 中, 河型的形成及转化作用的主要控制因素不再是河道比降。也就是说, Schumm 等^[10]所强调的地貌界限 (河道比降) 在这些现实例证中不再起主导作用, 而代之以河岸的抗

冲性强弱, 可能还有流量及流量变幅的影响。尽管河道比降和边界条件都是河型形成和发生转化的重要条件, 但在不同地区不同河流中它们所起的作用大小也还是有一定的差别。

模式 4: 曲流河→分叉河 (Meandering→Anabranching (M→Ab))

以长江下荆江至马鞍山段的河型分布格局为例 (表 1)。该河段上游发育了曲流河, 其河道比降为 0.04%; 河岸及其河漫滩组成物质中, 上部细粒泥质层厚度大于下部粗粒砂砾质层; 下游发育了分叉河, 其河道比降为 0.02%; 河岸及其河漫滩组成物质中泥质层厚度小于砂砾质层。该河型分布模式受河岸抗冲性大小的影响不显著, 河道比降的影响也不是很明显, 因为这两段河道的比降差别不大。倪晋仁认为长江的这类江心洲型河流实际上是曲流河的变种, 与曲流河没有本质的差别^[16]。这种转化模式的深层次机制有待深入研究。

模式 5: 分叉河→直流河 (Anabranching→Straight (Ab→S))

以长江中下游汉口以下河段为代表。在模式 4 中所讲的分叉河流的下游出现一段直流河段, 其河岸组成物质中泥质层的含量远远大于砂砾质层, 表明直流河段的河岸抗冲性极强, 具有强制性顺直河流的特性, 其河道比降可能比其上游分叉河道的 0.02% 还要小。显然, 河岸物质组成是该模式的主要控制因素。

表 2 河型空间转化模式及可能转化趋势

Table 2 Conceptual models for the river pattern transformation

河型名称	辫状河	分叉河	曲流河	直流河
辫状河	—	B⇨Ab	B→M	B⇨S
分叉河	Ab⇨B	—	Ab⇨M	Ab→S
曲流河	M→B	M→Ab	—	M⇨S
直流河	S⇨B	S⇨Ab	S→M	—

注: →表示自然界 (较) 常见的河型转化方向; ⇨表示可能发生的河型转化方向; 箭头指向下游。

上述现代河流的河型空间转化模式是自然界中较易见到的, 表 2 中列出了上述河型空间分布及转化模式和一些可能出现的转化方式。从理想条件考虑, 表 2 中列出的所有 12 种可能存在的河型空间转化方向 (都为自上游向下游) 在自然界都会出现 (图 1), 只要形成河流的各种控制因素能够完美地结合。但是, 这些转化在自然界发生的几率却存在较大的

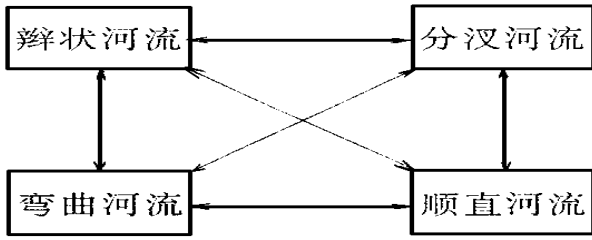


图1 河型在空间上可能转化的方向示意图(箭头指向下游)
Fig. 1 Sketch for the possible transformation among the channel patterns

差别。上述5类模式是表2中所有可能的河型空间转化方式中出现几率较大的一些,然而,即使这5类模式其出现的几率也有较大的差别,其原因将在下文讨论。显然,表2中各有关转化方式的单独出现或彼此依一定顺序相结合,便构成了自然界冲积河流系统中形形色色的河型空间分布格局。

3 河型转化的控制因素探讨

前文已经述及,五种河型空间转化模式是所有可能的12种转化中出现频率最高的,而这5种模式发生的频率也有所不同。其主要控制因素简述如下。

模式1(辫状河流→弯曲河流)的发生在自然界最容易见到,也就是说,其发生频率较高,而这正是冲积河流发展演化过程中比降趋小、河道趋稳、能耗率趋于最小这一自然规律的客观体现。具体表现为:(1)辫状河流和弯曲河流都是自然界最常见的河型;(2)辫状河道的比降较大、其水流具有较大的动能,在向下游流动过程中由于河道边界阻力的作用势必减小流水的单位动能,而单位动能减小的结果将导致流水施加于河岸的冲刷应力相对减弱,因而,在相同的边界条件下,河道愈加稳定;(3)由于流水对于其所携带的沉积物的分选作用导致河岸带的组成物质沿程趋细,并且粘土质所占的比例相对增多,从而使得河岸的抗冲性趋向增强;(4)由于上述几方面的影响使得河流河岸带沿程更加稳定,从而在河岸上发育茂密植被的可能性增大,而繁生的植被有助于加固河岸;(5)在相对较稳定的边界条件下流水才能够按其内在规律使其流路趋向弯曲。上述几方面正是该河型转化模式能够发生且发生频率相对较高的主要原因。

模式2(直流河→曲流河)的发生频率较小。直流河的发生常常与地质构造的局部抬升相关^[16],在构造抬升的情况下,流水的沉积作用减弱,相应地,

其切蚀作用相对增强,这时往往出现河谷阶地,而阶地常常由先期沉积物或由已经固结成岩的岩石构成,也可能是由结晶岩组成。这些边界物质相对于冲积河流沉积作用形成的河岸堆积物来说其抗冲性要强得多,这导致了下切河流往往呈现比较顺直的河道。除了构造上升引起的直流河段的局部发育之外,在构造沉降区由于植被茂密的泥质河岸的约束下也可形成局部发育的直流河。可见,地质构造作用不是发育直流河的必要条件,而边界物质的极大的抗冲性才是该河型发育的必要条件。无论如何,直流河在自然界比较少见,但是它一旦出现,也不能够长距离地发育,因为冲积河流环境中不会大面积地出现它所需要的这种边界条件。因此,随着河流向下游流动,在可冲刷的河岸地带直流河将不能够稳定存在,而常会向曲流河型转化,因为河流流路趋向弯曲是水流的内在规律。这与河流能耗率趋于最小的规律也是一致的。

模式3(曲流河→辫状河)发生的频率相对较小,而且这一转化模式是模式1的逆向转化。对冲积环境来说,模式1是对河流的来水来沙变幅相对减弱、河道比降及能耗率趋小的普遍规律的响应,该模式则是对特殊地貌规律的响应。该模式发生的控制因素可能有以下几个方面:(1)当曲流河下游的比降明显增大的情况下,则河流的动能会明显增强,这会使流水对河岸的冲刷应力增大,可以使原来比较稳定的曲流边滩发生切割而产生数目较多的河道沙坝,使河道形态呈现辫状;(2)当曲流河下游的河岸抗冲性急剧减弱时也会发生上述现象;(3)当曲流河进入下游干旱区,由于有季节性河流的入汇也会导致辫状河流的出现。这是因为季节性河流往往具有暴涨猛落的洪水特性,当洪水爆发时可以携带大量的泥沙,这些泥沙在进入曲流河后会部分地发生堆积而使原来的弯曲河道中出现沙坝,从而使均衡稳定的流路出现分汊,这样曲流河的均衡状态被打破,边滩也遭受冲刷切割,辫状河流的面貌也就出现了。显然,当曲流河下游的河道比降增大、或边界抗冲性明显减弱、或气候变得更为干旱是该模式发生的主要控制因素。如果曲流河的下游能够同时具备上述两个或三个因素时则该转化更易于发生。虽然,曲流河和辫状河在自然界很常见,但该模式发生的频率相对较小,这表明这类河型转化的控制因素通常难以满足。

模式4(曲流河→分汊河)的发生频率较小。这

里的分叉河流主要指江心洲型河流, 而江心洲型河流的分叉数目较少。根据河谷比降和弯曲率的关系图上可见江心洲型河流和曲流河处于同一区域, 因此它被认为是曲流河的一个变种^[16], 因为他们的河道比降的变化范围差别不是很明显, 同时, 江心洲河型的主流线也具有规律性弯曲的特性, 其弯曲率基本接近, 且都发育边滩这类微地貌单元。它可以看作弯曲河流的特例(图 2A)。只是他们的河道形态有一定的差异。江心洲型河流出现分叉河道形态的

基岩节点的机会不是很多。

模式 5(分叉河→直流河)的发生频率很小。该转化模式的主要控制因素是下游出现了抗冲性极大的河岸带、湿润气候下的茂盛的植被以及极小的河道比降所决定的很低的水动力状况。分叉河流仅是局部节点所控制下的冲积河型, 而在分叉河流下游的冲积平原区长距离地出现基岩的情况也十分罕见, 而由于抗冲性极强的泥质河岸带及其上发育的茂密植被所控制的直流河也不多见, 如果在适宜的边界条件下局部出现也不能够长期稳定存在, 因为泥质河岸带毕竟还是可冲刷的, 终归要弯曲。这是该转化模式的发生频率很小的主要原因。而我们本文所讨论的长江下游的河型转化实例也仅是一个特例。

通过上面对河型的各种空间转化模式的讨论和对各模式发生频率及其原因的具体分析, 可以发现控制河型空间转化的主要因素有河道比降、河岸及河漫滩的沉积物组成、河岸带植被覆盖程度、流域来沙量大小及来沙组成、流量变率以及气候因素、构造作用和海平面变化等。而这些控制因素在不同的河型转化中的作用大小及其作用方式是有一定差别的, 这在图 2B 中有所表示。

5 结论

现代地表的不同冲积河流系统中, 从上游向下游所发生的河型转化形式是复杂的。理论上, 四类河型的转化方向可以有 12 种, 但人们所能够观察到的却较少, 这是由于各种条件的限制, 一些河型的转化很难发生或发育后很难稳定存在。通过对常见河型的现有资料的研究可以归纳出比较典型的河型空间转化模式, 它们是 B→M, S→M, M→B, M→Ab, Ab→S。上述 5 种模式的相对发生频率是不同的, 其中模式 B→M 的发生频率最大。显然, 河型的空间转化主要受控于大地构造条件、气候和植被条件、河漫滩及河间地的沉积物组成, 以及与上述诸因素相关的流域来水来沙条件和河流水动力条件等。

参 考 文 献

- 1 倪晋仁, 张仁. 河型成因的各种理论及其间关系[J]. 地理学报, 1991, 46(3): 366~372
- 2 陆中臣, 舒晓明. 河型及其转化的判别[J]. 地理研究, 1988, 7(2): 7~16
- 3 尹学良. 弯曲性河流形成原因及造床试验初步研究[J]. 地理学报, 1965, 31(4): 287~303

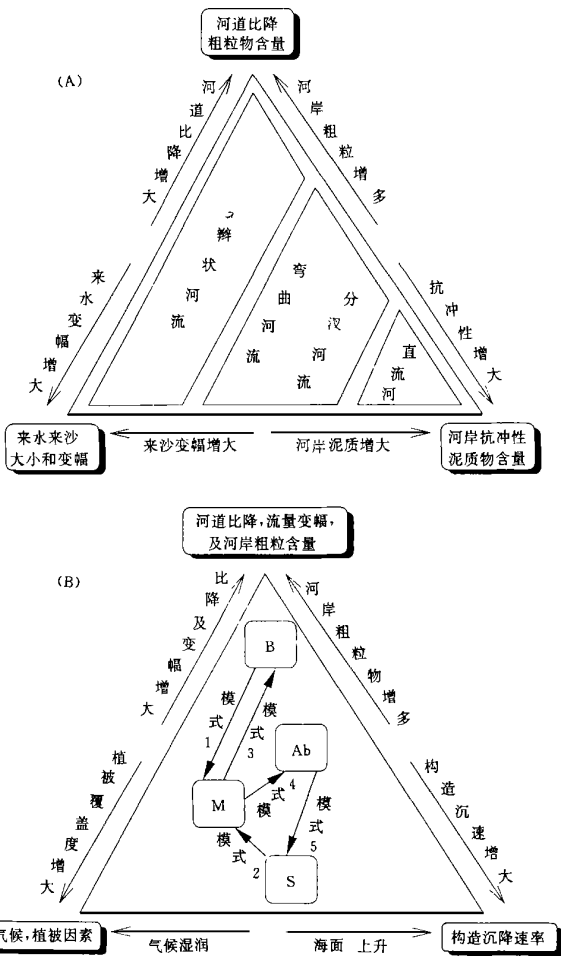


图 2 河型空间转化的主要影响因素及其作用方式
(B: 辫状河; M: 弯曲河; S: 直流河; Ab: 分叉河)

Fig. 2 Controlling factors and their actions on spatial variations of channel patterns

(B: braided; M: meandering; S: straight; Ab: anabranching)

原因被认为是河岸带局部出现节点等所致。虽然, 江心洲型河流比较多见, 但它出现在曲流河下游的机会较少, 因为曲流河发育区一般是沉积层很厚的冲积平原区, 这些地区的基岩往往埋藏较深, 要出现

- 4 尤联元, 洪笑天, 陈志清. 影响河型发育几个主要因素的初步探讨 [A]. 见: 第二届河流泥沙国际学术讨论会论文集(中国南京) [C]. 北京: 水利水电出版社, 1983. 662~672
- 5 尤联元, 叶青超, 金德生. 中国河流地貌研究现状和展望 [A]. 见: 中国地理学会地貌与第四纪专业委员会(编), 地貌及第四纪研究进展 [C]. 北京: 测绘出版社, 1991. 8~15
- 6 罗海超, 周学文, 尤联元等. 长江中下游分汉河型成因研究 [A]. 河流泥沙国际学术讨论会论文集, 光华出版社, 1980. 447~456
- 7 蔡强国. 地壳构造运动对河型转化影响的实验研究 [J]. 地理研究, 1982, 1(3): 21~32
- 8 Lane E W. A study of the shape of channels formed by natural streams flowing in erodible material [A]. M. R. D. Sediment Series No. 9, Missouri River Div., Corps Engrs., 1957. 106
- 9 Leopold L B, Wolman M G. River channel patterns: braided, meandering and straight, U. S. Geol. Surv. Paper, 1957. 282
- 10 Schumm S A. Fluvial geomorphology: historical perspective [A]. In: Shen H W, ed. River Mechanics [C], Collins, Colorado, 1971
- 11 Gole C V, Chaitale S V. Inland delta building activity of Kosi River [J]. J. Hyd. Div., Proc. Amer. Soc. Civil Engrs., 1966, 92 (HY): 111~126
- 12 Stevens M A, Simons D B, Richardson E V. Nonequilibrium River form [J]. J. Hyd. Div., Proc. Amer. Soc. Civil Engrs., 1975, 101(HY5): 557~566
- 13 钱宁, 张仁, 周志德. 河床演变学 [M]. 北京: 科学出版社, 1987. 584
- 14 大港油田地质研究所, 海洋石油勘探局研究院, 同济大学海洋地质研究所. 滦河冲积扇—三角洲沉积体系 [M]. 北京: 地质出版社, 1985. 164
- 15 Brice G C. Channel pattern and terraces of the Loup Rivers in Nebraska [R]. U. S. Geol. Survey Prof. Paper No. 422-D, 1964. 41
- 16 倪晋仁, 马蔼乃. 河流动力地貌学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1998. 396

Spatial Variations of Channel Patterns

NI Jin-ren¹ WANG Sui-ji² WANG Guang-qian²

1(Center for Environmental Sciences Peking University, Beijing, 100871)

2(Department of Hydraulic and Hydropower Engineering Tsinghua University, Beijing, 100084)

Abstract

The formation of channel patterns and its characteristics are important aspects in modern and ancient fluvial system studies, and thus become the main concern for hydraulic engineers, geomorphologists and sedimentologists. So far, there are still some questions not clear in this area, for example, the classification of channel patterns, formation cause of anastomosing fluvial rivers, critical conditions of evolution of some fluvial channel patterns, and further studies are still needed. Another problem related to channel pattern is the transformation of the patterns. In the present paper, four ordinary patterns are discussed, which include the braided, meandering, anabranching (in which include the anastomosing) and straight patterns. Comprehensive study to the spatial transformation of above channel patterns has significance not only for management of modern river and prevention of flood, but also for prospect and exploitation for hydrocarbon and some mineral resources in ancient fluvial depositional systems.

The spatial longitudinal variations of river patterns not only show the characteristics of individual channel patterns, but also the transformation between the patterns. The different transformation will shadow different characteristics and consanguinities, but the same transformation has definite general characters and analogous controlling factors. In this paper, the spatial transformation models of fluvial channel patterns and its influences are discussed.

Five conceptual models for the spatial transformation of river channel patterns are presented, which include the models of "Braided—Meandering", "Straight—Meandering", "Meandering—Braided", "Meandering—Anabranching" and "Anabranching—Straight". Although the possible spatial transformations among the braided, meandering, anabranching and straight fluvial channel patterns possibly occur in nature, the others

(Continued on page 35)

Deduction 1: when movement depth of CaCO₃ illuvial horizon exceeds the thickness of clay-grouting layer of soil, it can be seen that the soil is the neutral or acid soil of leaching type.

Deduction 2: When moved depth of CaCO₃ illuvial horizon exceeds the thickness of developing zone of soil (about 2 m), it can be determined that the soil is changing to weathering crust.

Deduction 3: when two, three layers or unusually thick CaCO₃ illuvial horizon exists under the same paleosol or weathering profile, it indicates that there are two or more soil-forming periods and corresponding climate change at that time.

Key words eluvial zone CaCO₃ movement illuvial types illuvial depth new geological theory

(Continued from page 6)

except above five in 12 possible transformations have not been observed so far. Furthermore, each one of the five models has different occurring frequency, the model of "Braided—Meandering" occurs generally in larger frequency. The 5 types of transformations are elucidated and interpreted in terms of various examples.

The driven factors that control the trend of transformation are also discussed in details. In general, the transformations determined by the integration of geotectonics, climate, vegetation, river valley slope, bank sediment composition and hydraulic factors, but their influence to each type of the models are different.

Key words channel patterns model of spatial variations controlling factors