

文章编号: 1000-0550(2003)02-0219-09

中国现代网状河流沉积特征和沉积模式

谢庆宾¹ 朱筱敏¹ 管守锐¹ 王贵文¹ 刘少宾¹ 张周良¹

陈方鸿¹ 薛培华² 韩德馨³

1(石油大学资源与信息学院 北京 102200)

2(中国石油天然气集团公司石油勘探开发科学研究院 北京 100083)

3(中国矿业大学(北京校区) 北京 100083)

摘要 中国境内的许多河流发育有网状河段,从长江、黑龙江、珠江等这样的大型河流到嫩江、赣江等中小型河流都有。依据这些网状河的地理和构造背景的不同,可以把它们划分为:平原网状河流、山谷网状河流、入湖三角洲平原网状河流和入海三角洲平原网状河流四大类型。作者通过实地挖掘探槽、密集采样,对嫩江齐齐哈尔平原网状河段、赣江入湖三角洲平原网状河段、珠江入海三角洲平原网状河段沉积特征进行了详细描述和研究,并建立了网状河的沉积模式,探讨了网状河的成因。认为网状河流体系的发育不受气候和地理位置的限制,低坡降是形成网状河的必要条件,相对稳定的网状河道不同于曲流河和辫状河,湿地环境是网状河流体系中最发育的地貌单元,堤岸植被繁茂、粘结性高是河道稳定的重要因素,与曲流河和辫状河相比,网状河出现的几率较低。

关键词 网状河 现代 沉积特征 河道 湿地 相模式

第一作者简介 谢庆宾 男 1966年出生 副教授 博士研究生 沉积学

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

1 前言

网状河的概念最初是由地貌学家 Schumm^[1]提出的。在其后相当长的时间里,这种河流类型没有得到沉积学者的足够重视,甚至时而被当作是辫状河的同义词。直到 20 世纪 80 年代初期,由于 Smith & Smith^[2]的工作才使我们对这类河流的特点有所了解,并出现了许多研究成果^[3-19]。国内不同学者对这一类河流的称谓很不统一,地理学者称之为“江心洲分汊河型”,也有学者称之为“分汊河”或“网结河”,虽然名称较多,但所指的都是 Anastomosing river。最近还注意到,也有人将网状河与分汊河区分开来。Smith & Smith 把网状河解释为:低坡降、较深而窄的、顺直或弯曲的交织河道,它们具有细粒沉积物(粉沙或泥)和植被组成的稳定河岸,隔开这些河道的是由植被岛、天然堤和湿地所构成的泛滥平原,在湿地部位偶尔出现决口水道和决口扇沉积物。河道宽深比小,大部分地区表现为垂向加积。Smith^[6]强调网状河发育于潮湿环境,Rust^[9]认为相同的河型也可以出现在干旱地区。由于网状河的砂体也可以作为油气的储集体,而其空间展布又与曲流河和辫状河的砂体有着明显的不同,所以对网状河沉积特征的研究受到了越来越多的石油地质学家的重视。近年来,作者通过卫星照片、航空照片,1:50000

地形图的研究和实地考察发现,中国境内的许多河流发育有网状河段,从长江、黑龙江、珠江等这样的大型河流到嫩江、赣江等中小型河流都有。依据这些网状河的地理和构造背景的不同,可以把它们划分为:平原网状河流、山谷网状河流、入湖三角洲平原网状河流和入海三角洲平原网状河流四大类型。作者通过实地挖掘探槽、密集采样,对嫩江齐齐哈尔平原网状河段(图 1)、赣江入湖三角洲平原网状河段(图 2)、珠江入海三角洲平原网状河段沉积特征进行了详细描述和研究(图 3),并建立了网状河的沉积模式。

2 网状河发育的一般特征

2.1 网状河流体系的发育不受气候和地理位置的限制

Smith^[7]、Smith & Smith^[2]早期曾强调河岸植被在维系网状河道的稳定方面起重要作用,因此潮湿气候条件是发育网状河的必要条件之一。随后,Rust^[9]指出干旱气候条件下也可发育网状河。我们也认为气候条件对网状河形成的控制作用不大。我们所研究的网状河地域跨度较大,气候条件存在明显差异(表 1)。

嫩江齐齐哈尔地区位于东径 123°~124°、北纬 47°

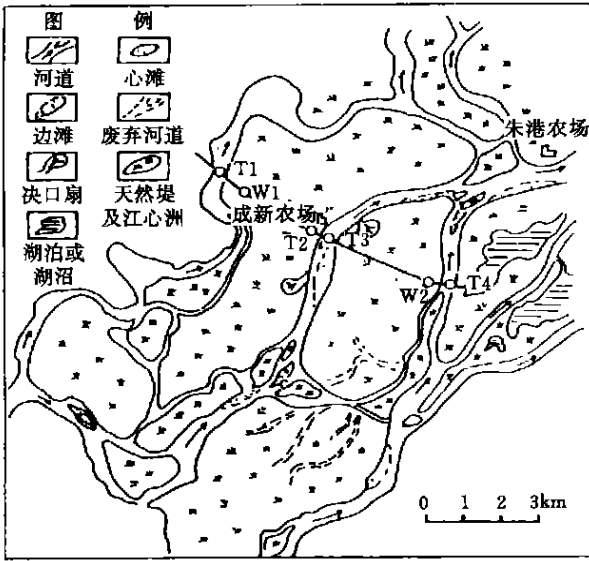


图 1 嫩江网状河体系

Fig. 1 Nenjiang anastomosing fluvial system

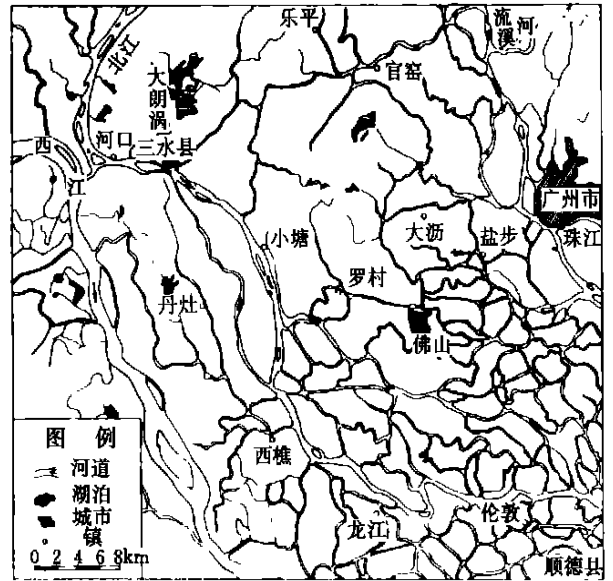


图 3 珠江三角洲平原网状河体系

(据张周良等, 1997)

Fig. 3 Zhujiang delta plain anastomosing fluvial system

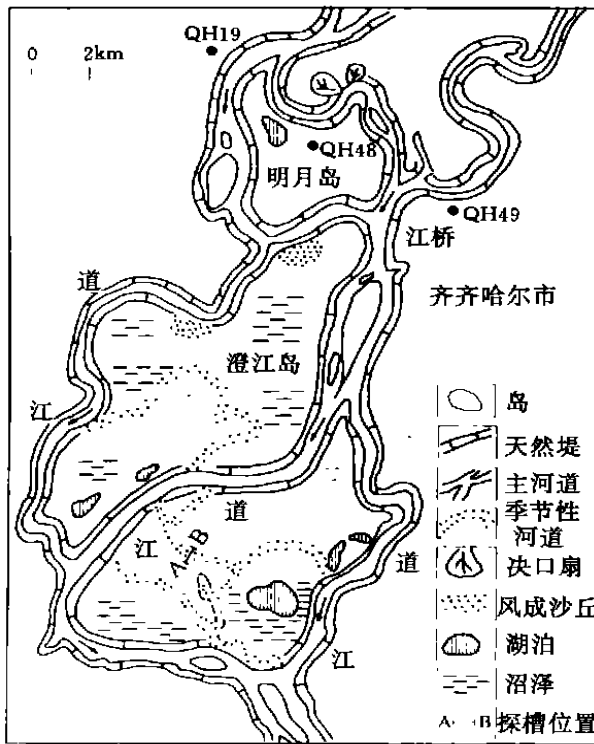


图 2 赣江三角洲平原网状河体系

(据 1972 年地形图简化)

Fig. 2 Ganjiang delta plain anastomosing fluvial system

~ 47°52'之间,属中温带,半湿润,大陆性季风气候类型。年平均气温 3℃,全年平均降水量为 438.2 mm,降水一般集中在 6~8 月份,三个月降水量占全年降水量的 69.2%。夏季干燥指数大于 1.5,属于干旱、半干旱特征

赣江三角洲平原地处低纬度,即东经 116°~116°15',北纬 28°40'~29°之间,属亚热带温暖湿润季风性气候。年平均气温 17℃左右,7、8 月份气温最高,极端最高气温 40.5℃,1、2 月气温最低,极端最低气温 -11.9℃。历年平均年降水量 1500 mm,5~6 月为全年降水量最多的月份,年径流量 665 亿 m³。

珠江三角洲处低纬度,位于东经 112°30'~113°20',北纬 22°40'~23°30'之间,属热带—亚热带温暖潮湿季风性气候。年平均气温 22℃左右。最热月均稳 28.2℃,最冷月气温 12.5~12.7℃。年降雨量 1807 mm。珠江的年径流量 3030 亿 m³。

2.2 低坡降是形成网状河的必要条件

地形尤其坡降是形成网状河的必要条件之一。研究区虽然处于不同的地理位置和海拔高度,但网状河发育地区,特别是河谷地区坡降很低。嫩江齐齐哈尔网状河段位于松嫩平原的西北部,平均海拔 146 m,坡降仅为 0.125‰;赣江三角洲平原网状河位于赣江河谷平原地区,平均海拔 20~30 m,坡降为 0.038‰;珠江三角洲西北部网状河位于珠江三角洲平原地带,地势平坦,除少数残丘和台地以外,以低平原、积水洼地和河道为主。北江的平均坡降为 0.03‰,东江为 0.26‰,西江为 0.023‰,平原地区的海拔高程一般低于 1 m。除平原地区外,山区河谷地带只要条件适宜,也可发育网状河。如滦河的迁西段和加拿大哥伦比亚河段。由于网状河坡降较低,所以水流速度相对比较缓慢,使得水流对河岸的冲击力减小,使河道固定而较

表 1 嫩江、赣江、珠江自然地理条件对比表

Table 1 Comparison of natural geographical condition in Nenjiang river, Ganjiang river and Zhujiang river

河流名称	地理位置	气候	年平均气温	年降雨量 /mm	年径流量 亿 m ³	沉积速率 cm 百年	年输沙量 万吨	坡降	区域位置	构造运动
嫩江齐齐哈尔网状河	东经 123° ~ 124°, 北纬 47° ~ 47° 52'	中温带、半湿润、大陆性季风气候类型	3°C	415.5	172	17~ 165	67 (江桥段)	0.12‰	松嫩平原	缓慢下沉 均衡补偿
赣江中支网状河	东经 116° ~ 116° 15', 北纬 28° 40' ~ 29°	亚热带温暖湿润季风性气候	17° 左右	1500	665	20~ 100	1135 (赣江)	0.038‰	赣江入鄱阳湖三角洲平原	相对稳定 微弱抬升
珠江三角洲西北部网状河	东经 112° 30' ~ 113° 20', 北纬 22° 40' ~ 23° 30'	热带—亚热带温暖潮湿季风性气候	22°C 左右	1807	3020	26.6	8336 (珠江)	0.037‰ (北江) 0.023‰ (西江)	珠江入南海三角洲平原	缓慢下沉

少迁移。

2.3 相对稳定的网状河道不同于曲流河和辫状河

发育稳定的交织网状河道是研究区所有网状河流地貌最显著的特征之一。描述河网的发育程度,一般用分汉系数定量表示。珠江三角洲平原上的河网系统最为发育,分汉系数最大,光是在三水盆地范围内的河道分叉和合并交点就达 100 多个。其次为赣江三角洲平原上赣江中支河网系统,分汉系数最高可达 10。嫩江齐齐哈尔段网状河流系统,河道分汉系数较小,一般为 3~ 5。不同地区河道规模不同,同一地区河道规模也不相同。珠江三角洲平原上,西江和北江最大宽度可达 1800 m;嫩江齐齐哈尔段河道宽度为 782 m;赣江中支河道宽度仅 400 m。在这些地区的网状河道中都有主分汉河道与次分汉河道之分。主分汉河道为常年流水河道,一般河道宽度大,水体深,搬运能力强,以砂砾石沉积为主;次分汉河道为季节性过水河道,一般河道宽度小,水体浅,搬运能力差,以砂质沉积物为主,洪水期为其搬运和沉积的重要时期。

2.4 湿地环境是网状河流体系中最发育的地貌单元

湿地环境(河漫滩地、泥炭沼泽、小型湖泊等)是网

状河流体系中最发育的地貌单元,约占整个沉积的 80% ~ 90% (图 4)。在嫩江网状河段这种湿地环境非常发育,位于嫩江河谷的低洼处,其地势平坦和缓,面积宽广,最宽处可达 10 km。草地、沼泽和湖泊广布,废弃旧河汉依稀可辨。由于本区风力较强,风成沙丘地貌也较常见。这些地区在较大洪水季节常位于水下接受细粒沉积物;在赣江网状河体系中,湿地环境的特点与所处的位置有关。远离河口处,湿地环境以江心洲为主,由于地势较高和人为改造因素的影响,江心洲很少被洪水淹没而被改造为农田。在近河口处,由于地势低洼和受湖泊水体的影响,沼泽和湖泊广布,决口扇及废弃河道常见。较大洪水季节被洪水淹没而与湖泊水体相连,接受细粒沉积物;珠江网状河流体系中河漫滩内广泛分布洼地和沼泽。较著名的洼地和沼泽有北江下游的大朗涡和大旺草塘,西江下游的星湖、西旺朗和文崧朗^[20],珠江三角洲现今的地貌很大程度地受人类活动的改造。

2.5 堤岸植被繁茂、粘性土高是河道稳定的重要因素

河道两侧具有较发育的天然堤是网状河流体系地貌的又一显著特征。在我们研究的三个地区的网状河

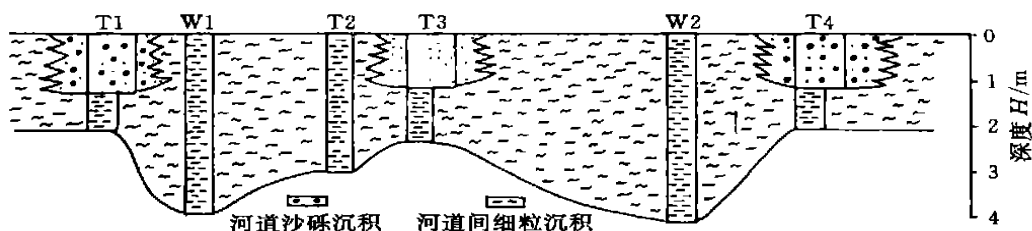


图 4 赣江探槽和水井地质剖面横向对比

Fig. 4 Horizontal correlation of Ganjiang trough and well geological sections

流体系中,天然堤均十分发育,天然堤的基底是砂砾石,其上为高粘结性的细粒沉积物。与曲流河相比,网状河道两侧的天然堤均十分发育,而曲流河的天然堤常发育在凹岸一侧。虽然人为的因素使河道决口的机率大为减小,但决口扇在嫩江与赣江网状河中都能见到。

2.6 与曲流河和辫状河相比,网状河出现的几率较低

虽然网状河的形成不受地理位置和气候的影响,但很低的坡降和稳定的河岸决定着网状河出现的几率小于曲流河和辫状河,就目前已发表的文献来看,古代网状河沉积的实例很有限,这一方面说明我们对古代网状河的认识还不清楚,另一方面也说明网状河在古代沉积中出现的概率较低,而中国古代曲流河和辫状河的实例举不胜举;对中国现代河流的调查也表明,国内大多数现代河流为曲流河和辫状河,网状河还占不到河流的十分之一,说明现代网状河出现的几率很低。Smith^[6]也认为现代地表网状河出现的几率较小。

3 网状河沉积环境、沉积特征和垂向层序

网状河根据环境和沉积物特征可进一步划分为河道(心滩、边滩)、河道边缘(天然堤、决口扇)、道间湿地

或江心洲(湖泊、沼泽、泥炭沼、泛滥平原)等亚、微相类型。此外,在嫩江齐齐哈尔网状河段还常见风成沙丘。将我国现代的网状河的地貌与 Smith D G描述的哥伦比亚河上游和萨斯喀彻温河下游的网状河和曲流河进行比较,各地网状河的地貌特征相似,而与曲流河有明显差别(表 2)。

基于现代网状河沉积的实例较少,加之很难找到一个网状河由发生、发展到消亡的现代实例,所以对网状河的垂向层序的建立就显得十分困难,但搞清各个微地貌单元的垂向序列是有可能。为此,在研究网状河道砂体的同时,我们挖了许多探坑并且收集了许多钻孔资料,建立了各微地貌单元的垂向序列(图 5)。

3.1 河道

河道是网状河流体系的主体,是沉积物搬运和沉积的主要场所,沉积物以砾、含砾砂和砂为主,在嫩江齐齐哈尔段网状河流体系中网状河道十分发育,规模不一,有常年流水的主河道,宽度可达 350 m,也有季节性流水的河道,最小宽度仅 10 m,还有常年干枯的废弃河道,这些河道平面上交织呈网状,本身被天然堤限制,河道之间为广泛发育的河间漫滩。主河道为含砾中粗砂和砂砾沉积;季节性河道以中细砂沉积为主,局部为含砾砂(图 6)。赣江网状河道自下而上主要发

表 2 一条典型的曲流河、萨斯喀彻温河下游和哥伦比亚河上游与赣江、珠江和嫩江网状河详细的地貌比较

Table 2 Detailed geomorphic comparison of a typical meandering river with lower Saskatchewan, upper Columbia, Ganjiang, Zhujiang and Nenjiang anastomosing rivers

地貌	曲流河		网状河			
	一般曲流河 比顿河 (东北大不列颠哥伦比亚省)	萨斯喀彻温河下游 (坎伯兰沼泽)	哥伦比亚河上游 (镭锭一戈尔登)	赣江网状河	嫩江网状河	珠江网状河
1 梯度	中 (30cm/km)	低 (12.2cm/km)	低 (9.6cm/km)	低 (11.6cm/km)	低 (12cm/km)	低 (2.3cm/km)
2 弯曲度	高 (2.1)	中 (1.4)	低 (1.16)	中 (1.47)	中 (1.48)	中 (1.03~ 1.46)
3 加积速率	低 (± 5cm/百年,估计值)	中 (5~ 30cm/百年)	高 (30~ 100cm/百年)	高 (20cm~ 100cm/百年)	高 (17~ 165cm/百年)	高 (26.6cm/百年)
4 天然堤	少有	显著	显著	显著	显著	显著
5 旋涡坝	常有	罕有	少有	有	有	不见
6 牛轭湖	常有	少有	不见	不见	有	不见
7 废弃河道	不见	常见	常见	常见	有	不见
8 冲裂	从来没有	罕有	常见	有	有	不见
9 决口扇	不见	罕有	常见	有	有	不见
10 曲流带	宽阔	受限制	不见	受限制	受限制	不见
11 浅湖	少有	常见	常见	有	有	有
12 泥炭沼泽	少有	常见	罕见	有	有	有
13 风成沙丘				不见	常见	不见

育四个小的旋回,底部旋回(旋回 1)厚度较大,一般厚 50~ 70 cm,其它三个旋回厚度较小,为 10~ 20 cm。河道最底部的冲刷面十分发育,与下伏早期沉积层呈突变接触,冲刷面上发育断续的泥砾,其上为大型槽状交错层理砂或含砾砂,槽状交错层理的规模较大,层系厚度一般 20~ 30 cm,沉积物的粒度下粗上细,顶部为一层薄的平行层理泥岩(落淤层),泥岩的厚度 10~ 20 mm。其它三个旋回的厚度小,底冲刷不明显,但可把下伏落淤层冲刷掀起,但没破碎呈泥砾,层理规模变小,主流线的位置也可发生改变,在垂直河道的探槽中,底部旋回的槽状交错层理呈槽状,形似花瓣,但上部各旋回的槽状交错层理,纹层和层系界面以切线相交,类似单斜层理,说明上部各旋回沉积时水流方向可能发生了变化。

心滩在网状河道中较为常见,从沙叉河心滩沉积的剖面可以看出,心滩的沉积序列类似于河道充填的沉积序列。由于处于河流的下游,沉积物的粒度偏细,

自下而上依次是:底冲刷面→断续大型槽状交错层理细砂(30 cm)→落淤层粘土(0.5~ 2 cm)→小型槽状交错层理细砂(25 cm)→落淤层粘土(0.5~ 2 cm)→小型槽状交错层理(断面上似单斜层理)细砂,厚 10 cm→落淤层粘土(1~ 2 cm)→小型槽状交错层理(断面上看似单斜层理)细砂,厚 10 cm→表层波浪痕

边滩主要发育在弯曲的网状河道中。在赣江网状河研究过程中,我们遇到两种类型的边滩,一类是砂泥频繁交互,单个砂、泥层的厚度在 10 cm 左右,基本能够代表完整的河流期次,砂岩中,偶见单斜层理;另一类是砂质边滩,沉积物以中细砂为主,不显层理,局部富集白云母,显示楔状交错层,中间夹薄层泥质组成的落淤层。单个砂层的厚度不等,厚度较小者仅 10 cm,较大者可达 50 cm

3.2 河道边缘

天然堤位于河道两侧,范围并不广阔,仅 6~ 10 m,一般与河道呈切割关系,沉积物类型为细砂、粉砂

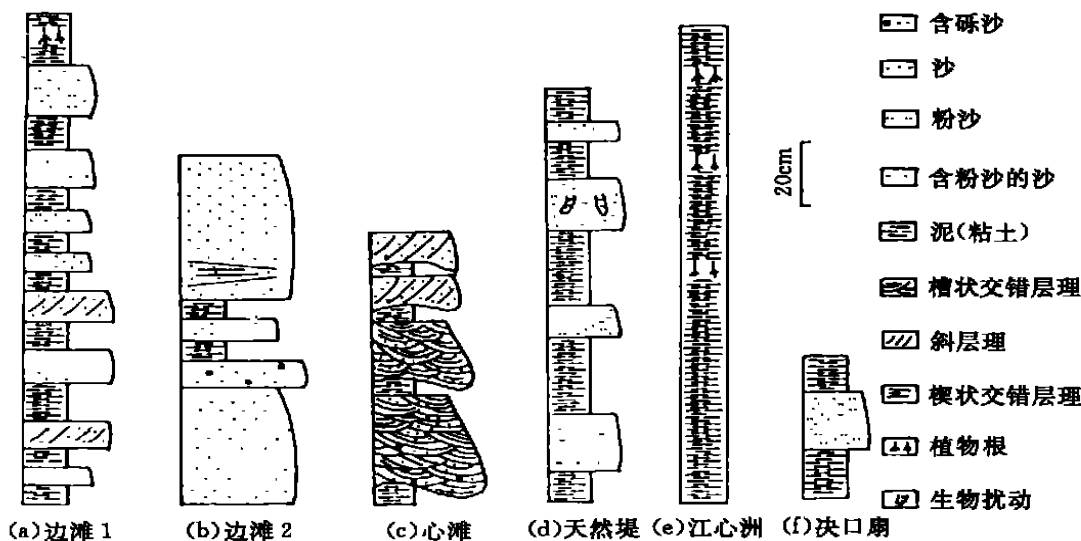


图 5 赣江网状河各主要地貌单元沉积垂向序列

Fig. 5 Vertical sequences of main geomorphic units in Ganjiang anastomosing river

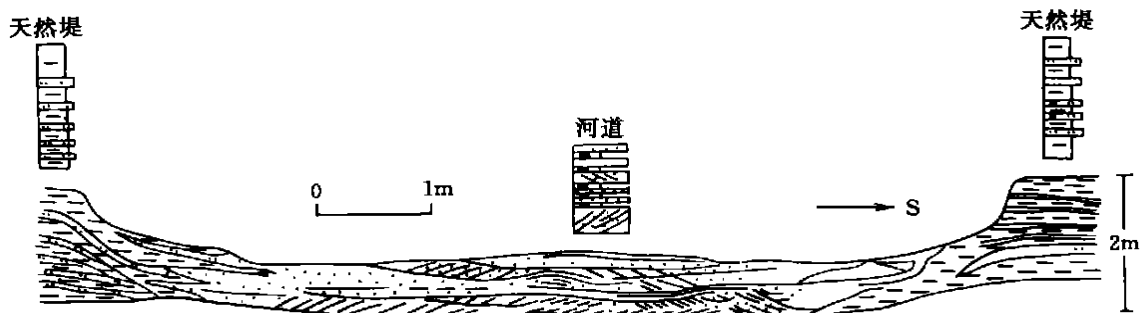


图 6 嫩江网状河道探槽剖面

Fig. 6 An anastomosed channel cross-section in Nenjiang river

和粘土(图 6)。一般说来,基底为密实的砾石层,系早期卵石堆积物,其上为砾石夹砂或中粗砂,系老河道上部堆积物,上覆沉积物为棕黄—棕红色含粉砂的细砂或粉砂质细砂与粘土的间互层,各层厚度在 10~30 cm 之间,层理不明显,植物根、虫孔、干裂发育。对所采样品进行粒度分析均显示偏细的特点。

决口扇在网状河体系中也较常见,由洪水引起的决口在齐齐哈尔段非常普遍。据史料记载,近 200 年来嫩江较大洪水就有 30 多次。决口扇以细粒沉积为主,大多数决口扇由于被堵塞或水流梯度的降低丧失了水力效率而消亡,也可演化成新的网状河道或岸后湖泊。Smith & Smith^[2]和 Smith^[6]也认为,决口改道是网状河体系中的常见现象,并且是形成新河道的主要机理。

3.3 道间湿地或江心洲

道间湿地或江心洲网状河流体系中最发育的地貌单元,面积占整个河流体系的 85%,沉积物以细粒为主。这些道间湿地在网状河道之间被河道分割包围,一般具有平原地貌,其上以草本植物为主并在局部生长着灌木及高大树木。在这些湿地上发育漫滩、湖泊、沼泽或泥炭沼等。

在赣江江心洲剖面中,底层是粗砂、砾石为老赣江的沉积物,上部为灰黑色粉质细砂、黑黄色粘土、黄色粘土和黑色粘土,粘土中含植物根,不显层理。每个粘土层的厚度在 10~20 cm 之间。

浅湖或天然池塘是湿地中常见的地貌环境。这些小水体面积较小,一般 5 000~20 000 m²,其形状各异,有圆形、椭圆形和不规则形,常发育于天然堤的外侧。湖泊周围常伴有大片沼泽(泥炭沼)。湖泊在低水位时较浅,水深一般为 1~3 m。沉积物以泥质为主,洪水季节接受粉砂级细粒沉积物。

沼泽(泥炭沼)常与湖泊、河道以及废弃河道伴生,位于湖泊周围或天然堤外侧,沼泽并不季节性排水,大部分沼泽上部沉积物为饱和水的黑色淤泥质,富含有机质。沼泽下部的沉积物为河道或湖泊沉积物,说明其为河湖演化的产物。

此外,在嫩江齐齐哈尔网状河体系中,风成沙丘也较常见,沉积物以细沙和粉沙为主,分选好,圆度好,发育楔状、槽状交错层理,表面见不对称波痕,部分沙丘被植被覆盖。

4 网状河沉积模式

图 7 是在国内外网状河体系研究的基础上,结合嫩江的成因所作出的嫩江网状河流沉积模式图。底部为辫状河的粗粒沉积,后期的心滩向河间漫滩的转变

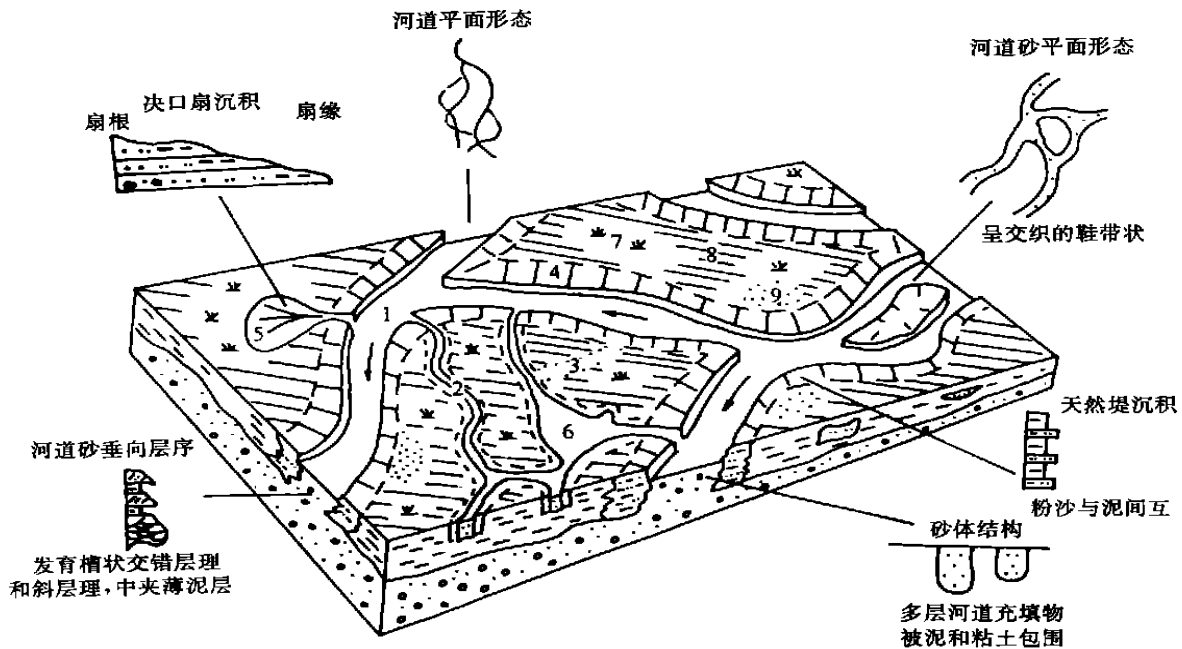
形成了全新世的网状河流体系。整个网状河流体系包括有河间漫滩、河道(主河道、季节性河道和废弃河道)、天然堤、决口扇、浅湖、沼泽和风成砂丘等地貌。由于网状河道的河岸是由相对高粘结性的细粒沉积物和植物根所组成的,具有较高的稳定性,河道中的砂质或含砾的粗粒沉积物主要表现为垂向上的加积,两侧被粉砂质和泥质的天然堤沉积所限制。这些河道砂体在横剖面上表现为相对厚而窄的、互通的墙状,与曲流河或辫状河的席状砂体明显不同,砂体中发育泥层。单个河道在剖面上成墙状或有轻微的摆动;天然堤发育在河道的两侧;有些地方因决口正形成新的河道。河道之间主要沉积细粒的悬浮物质和有机质,可能是在池塘、沼泽等湿地环境中沉积下来的。决口是分叉及新河道的形成的重要因素。决口扇是溢岸沉积中一个重要的组成部分,通常为薄的席状砂体并呈现出向上变粗的粒序^[2,6]。细粒的溢岸沉积物在地下剖面上可占到 80%~90%^[2],在干旱地区的网状河流体系中这一比例可能更高^[9]。嫩江齐齐哈尔段的细粒沉积物可占到 83%~90% 左右。其它地区的网状河都有类似的特征,但赣江网状河是在辫状河结束后的漫滩上形成的,网状河流体系中不仅发育心滩,也发育边滩。

5 网状河流体系形成机理探讨

虽然网状河的概念的提出和学者们对网状河流的重视是最近二、三十年来的事情,但出现了许多环境下有关网状河流的报道,范围非常广泛,包扩温带气候^[2,5,6,8]、干旱气候^[9]、半干旱^[3]以及热带气候^[7]。形成这类河流的地质背景也是各种各样,研究者们也提出了不同的网状河流成因解释。

Smith D G 在调查阿尔伯塔三条网状河流体系之后,认为其基本原因是在每条河段的下游基准面的快速抬升。这样的下游控制使流水得到颈缩,并产生滞流,在控制点的上游发生沉积。另一方面,粘结性的河岸减缓了河道迁移。河岸的粘结性既由沉积物的粒度(主要是粉砂),更重要的是由植被控制的。厚的根系既加固了细粒河岸沉积物,又在沉积物被冲走以后,起了防冲乱石的作用^[8]。没有厚的河岸植被,侧向侵蚀速率就有可能使河道最后合并成为一条曲流河道。

而 Rust B R^[9]认为由于在澳大利亚中部库柏溪(Cooper's Creek)和其它发育网状河流体系的地区的干旱气候明显降低了植物的生长,植被不发育。说明在干旱气候下,植被的角色不是主要的,并且没有发现存在库柏溪的基准面抬升的证据。推测是长期以来区域的稳定性所形成的盆地范围内地低坡度。因为几乎



1.主河道; 2.季节性河道; 3.废弃河道; 4.天然堤; 5.决口扇; 6.湖泊; 7.沼泽; 8.河间漫滩; 9.风成沙丘

图 7 嫩江网状河沉积模式图

Fig. 7 Model for Nenjiang anastomosed river deposits

所有网状河流都是低坡降的。

彭苏萍^[13]则认为珠江三角洲网状河体系的形成与它的几条陆上河流中,低潮差和地质历史时期的科里奥力有密切的关系,在河流、潮汐、科里奥力的相互作用下,潮水的交会阻止了继续回流,并淤积分叉河道的入海口。由此导致河流连续分叉,分叉河道变得稳定,难于移动和废弃,便形成了网状河流体系的框架。

垂向加积和粘结性的底土导致了网状体系是 Torquist^[12]的观点。他认为其它作者所提到的作为很重要因素的低坡度并不总是导致网状河流体系,而只有上述两种元素混合在一起时,才能很好发展为这种体系。

倪晋仁等^[21]认为稳定江心洲型河流(即相当于我们所指的网状河)在本质上和弯曲型河流应属于同一范畴。它是在易于产生弯曲型河流的水沙及边界条件变化范围内,在特定条件下由弯曲型河流“扭曲”而形成的亚型,因而它不可避免地要保留其母体—弯曲型河流原来所具有的几乎一切属性。因而具有类似于弯曲型河流的水沙及边界条件是产生和维持江心洲型河流稳定发育的首要条件。

通过我们的研究认为,网状河流体系形成的背景是多种多样的,如平原地区、山谷、入湖和入海三角洲平原等。这些网状河流虽都具有多河道、交织分叉、比较稳定等共同特征,但在成因上可能有所不同。

(1) 平原地区的网状河流一般发育在基底相对沉降的地区。这些地区往往都是已经被填满并且平原化了的沉积盆地。例如松花江和黑龙江等河流的网状河段。虽然盆地的快速沉降的阶段已过,也即结束了湖盆的演化阶段,但目前仍出于相对沉降的背景之下。基底的沉降对于河流的加积提供了可容纳空间,也可以降低河流流域的坡降,从而降低搬运能力,提高了沉积速率。而低的坡降、高的加积速率和大量细粒悬浮物质的沉积被认为是形成网状河流的重要条件。

(2) 山谷网状河流的形成与下游基准面的抬升有关,而这种下游控制可以是构造活动造成的下游河谷抬高,也可由冲积扇堵塞河谷所致^[2]。

(3) 赣江入鄱阳湖三角洲平原上的网状河的形成受区域构造、泥沙淤积、长江水顶托等因素的影响。从区域构造上看,鄱阳湖目前正处于一个相对稳定的发展阶段,现代湖盆具有“西升东降、南升北降”的相对趋势^[22],也就是说赣江三角洲入湖的湖口地区目前正处于相对上升阶段,造成赣江河流携带物质大量堆积在三角洲平原上。

(4) 珠江三角洲平原地区自晚更新世中期以来处于构造沉降阶段,而三角洲平原的边缘地区则表现为构造抬升。大地水准测量和沉积学计算所得的近期基底的沉降速率为 0.59~0.88mm/y,边缘地区抬升速率为 1.03~1.8mm/y。根据 Haq 等的全球海平面变化

曲线,晚更新世以来的全球海平面呈现出总体上升的局势。基底的沉降和全球海平面的上升意味着珠江口地区的海平面相对抬升。然而,河流带来的大量碎屑物质的向海堆积使得这一地区并未出现大面积的海侵而置于海水之下,而是在过去的三万多年时间内形成了厚度达数十米、面积达八千多平方公里的三角洲。三角洲向海推进使得河流均衡剖面向海延伸,下游地区持续地位于均衡剖面之下,造成了大量的可供河流携带物质堆积的空间,导致了三角洲平原地区的快速加积。而地形坡降的降低和沉积基准面的持续抬升是造成珠江三角洲平原地区网状河体系形成的主要原因。

我们认为,网状河流体系的形成与盆地沉降速率与沉积速率的关系、整个地区的坡降、河流的规模以及河岸的粘结性这些因素有关。

首先,必须有一个容纳沉积物的空间,而整个盆地沉降或者是局部的相对沉降可以达到这个目的。否则,河流就有可能达到平衡状态,沉积速率和剥蚀速率相一致,在侧向上摆动或者下切河谷,对河床进行侵蚀。虽然低的地区坡降并不全都形成网状河流,但是坡降的变化毫无疑问可以改变河流的类型。因为坡降的变化一定程度上反映了基准面的变化,而基准面的下降和抬升轮回会引起河流类型的改变^[23]。低的坡度使河流的搬运能力降低,从而使更多的物质沉积下来。在漫滩平原上细粒物质存在本身有利于防止河道的移动,植物在细粒的漫滩上也适合于生长,使河岸更加稳定,而快速加积的河道使得河床面升高,河水冲垮天然堤,产生决口和新河道,形成网状格局。

网状河流体系形成和演变的过程中,特大洪水无疑是起很大作用的。因为整个河间漫滩若是长期不接受洪水的漫溢,则河床面逐渐高过河间漫滩,难免发生决口,由于漫滩地势低于河床,新河道形成,老河道废弃淤积。在这种情况下,河道的形成与废弃就会很普遍,不利于维持网状河流体系稳定的状态。大洪水动力强劲,携带的泥沙多,漫过滩地以后,会引起较多的淤积,使河间漫滩与河床的高度不至于相差太远,即使发生决口,老河道也不容易废弃,新河道与之汇合形成新的河间漫滩。大洪水带来的泥沙也使一些浅滩露出水面形成河间漫滩使河流分叉,引起河型的改变。例如在长江中下游,1960年大洪水之后,张家洲附近淤积形成了杨家洲^[24]。

总之,网状河流体系的形成是沉降速率、沉积速率、一定的河流规模、低坡降以及粘结性河岸等因素共同起作用的,只是在特定的环境下,一些因素显得更重要而已。

参考文献 (References)

- Schumm S A. Speculations concerning paleohydrologic controls of terrestrial sedimentation. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 1968, 79: 1573~1578
- Smith D G, Smith N D. Sedimentation in anastomosed river systems: examples from alluvial valleys near Banff [J]. *Alberta J. Sed. Petrol.*, 1980, 50: 157~164
- Cairncross B. Anastomosing river deposits: palaeo-environmental control on coal quality and distribution, northern Karoo Basin [J]. *Trans. Geol. Soc. S. Afr.*, 1980, 83: 327~332
- Smith D G. Peat and coal in modern and ancient anastomosed river deposits [J]. *Abstr. Geol. Ass. Can.* 1981, 6: A-52
- Smith D G, Putnam P E. Anastomosed river deposits: modern and ancient examples in Alberta, Canada [J]. *Can. J. Earth Sci.*, 1980, 10: 1396~1406
- Smith D G. Anastomosed fluvial deposits: modern examples from Western Canada [J]. *Spec. Publ. Int. Assoc. Sed.*, 1983, 6: 155~168
- Smith D G. Anastomosing river deposits: sedimentation rates and basin subsidence, Magdalena River, Northwestern Colombian South America [J]. *Sed. Geol.* 1986, 46: 177~196
- Smith D G. Effect of vegetation on lateral migration of anastomosed channels of a glacier meltwater river [J]. *Bull. Geol. Soc. Am.* 1976, 87: 857~860
- Rust B R. Sedimentation in an arid-zone anastomosing fluvial system: Cooper Creek, Central Australia [J]. *J. Sed. Petrol.*, 1981, 51: 745~755
- Rust B R, Legun A S. Modern anastomosing-fluvial deposits in arid Central Australia and a Carboniferous analogue in New Brunswick, Canada [A]. In Collinson J, Lewin J, eds. *Modern and Ancient Fluvial Systems* [C]. *Spec. Publ. Int. Assoc. Sed.*, 1983, 6: 385~392
- Rust B R. A classification of alluvial channel systems [A]. In Miall A D, ed. *Fluvial Sedimentology* [C]. *Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir* 5, 1978, 187~188
- Torquist T E, Van Ree, M H M and Faessen, E L J h. Longitudinal facies architectural changes of a Middle Holocene anastomosing distributary system (Rhine-Meuse delta, central Netherlands) [A]. In Fielding C R, ed. *Current Research in Fluvial Sedimentology* [C]. *Sediment. Geol.*, 1993, 85: 203~219
- 彭苏萍. 复合型三角洲平原上网状河的基本特征 [J]. *科学通报*, 1989, 34 (17): 1326~1328. [Peng Suping. Fundamental characteristics of the anastomosing fluvial system on complex deltaic plain [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1989, 34(17): 1326~1328]
- 张周良, 刘少宾. 中国的网状河流体系 [J]. *应用基础与工程科学报*. 1994, 2: 204~211. [Zhang Zhouliang, Liu Shaobin. Anastomosing fluvial systems in China [J]. *Journal of Basic Science and Engineering*. 1994, 2: 204~211]
- 张周良, 王芳华. 广东三水盆地第四纪网状河沉积 [J]. *沉积学报*, 1997, 15 (4): 58~63 [Zhang Zhouliang, Wang Fanghua. Sedimentology of Quaternary anastomosing river systems in the Sanshui basin, Guangdong, China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15(4): 58~63]
- 王随继, 黎劲松, 尹寿鹏. 网状河流体系的基本特征及其影响因素 [J]. *地理科学*, 1999, 19 (5): 422~427 [Wang Suiji, Li Jinsong, Yin Shoupeng. Basic characteristics and controlling factors of anastomosing fluvial systems [J]. *Scientia Geographica*

- Sinica, 1999, 19(5): 422~ 427]
- 17 尹寿鹏, 谢庆宾, 管守锐. 网状河比较沉积学研究 [J]. 沉积学报, 2000, 18(2): 221~ 226 [Yin Shoupeng, Xie Qingbin, Guan Shourui. Study on anastomosed river with comparative sedimentology [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(2): 221~ 226]
- 18 谢庆宾, 管守锐, 朱筱敏等. 江西赣江下游中支现代网状河沉积 [J]. 石油大学学报, 2000, 24(1): 13~ 16 [Xie Qingbin, Guan Shourui, Zhu Xiaomin, *et al.* Modern anastomosed fluvial deposits of the middle tributary of lower Ganjiang river in Jiangxi province [J]. Journal of the University of Petroleum, 2000, 24(1): 13~ 16]
- 19 谢庆宾, 管守锐, 薛培华等. 嫩江齐齐哈尔段现代网状河沉积研究 [J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(5): 106~ 108 [Xie Qingbin, Guan Shourui, Xue Peihua, *et al.* Depositional characteristics of the modern anastomosing river in Qiqihar section of Nenjiang river [J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(5): 106~ 108]
- 20 缪鸿基, 沈灿桑, 黄广耀等. 珠江三角洲水土资源 [M]. 珠江三角洲研究丛书 (三). 广州: 中山大学出版社, 1988. [Miao Hongji, Shen Cansang, Huang Guangyao, *et al.* Water and soil resources in Zhujiang delta [M]. Books Series on Study Zhujiang Delta (3). Guangzhou 1998, Zhongshan University Press]
- 21 倪晋仁, 马蔼乃. 河流动力地貌学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1998 [Ni Jinren, Ma Ainai. River dynamic geomorphology [M]. Beijing: Peking University Press, 1998]
- 22 “鄱阳湖研究”编委会. 鄱阳湖研究 [M]. 上海: 上海科技出版社, 1988 [Study on Poyang lake editorial board. Study on Poyang lake [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1988]
- 23 张周良. 河流相地层的层序地层学与河流类型 [J]. 地质论评, 1996, 42 [Zhang Zhouliang. Fluvial facies sequence stratigraphy and river types [J]. Geological Review, 1996, 42]
- 24 钱宁, 张仁, 周志德. 河床演变学 [M]. 北京: 科学出版社, 1987 [Qian Ning, Zhangren, Zhou Zhide. Riverbed evolutionary [M]. Beijing: Science Press, 1987]

Depositional Characteristics and Models of the Modern Anastomosing River in China

XIE Qing-bin¹ ZHU Xiao-min¹ GUAN Shou-rui¹ WANG Gui-wen¹
LIU Shao-bin¹ ZHANG Zhou-liang¹ CHEN Fang-hong¹ XUE Pei-hua² HAN De-xin³

¹ (Petroleum University, Beijing 102200)

² (Research Institute of Petroleum Exploration and Development CNPC, Beijing 100083)

³ (China Mining University, Beijing 100083)

Abstract The anastomosing fluvial system was considered as the same term of the braided fluvial system, but the anastomosing stream is distinct from the well-known meandering and braided river. Smith described the anastomosing fluvial system as "a low energy complex of several interconnected channels of variable sinuosity crossing a wetland and forming many elongate islands." Many Chinese rivers have anastomosing reaches, including some large rivers such as Changjiang River, Heilongjiang River, Zhujiang River and some middle-small rivers as Neijiang and Ganjiang River. Based on their physical geography and structural background, they can be divided into four types plain anastomosing river, vale anastomosing river, lacustrine deltaic plain anastomosing river, marine deltaic plain anastomosing river.

Three anastomosed river systems are described. They are anastomosing river in Qiqihaer section of Neijiang River, Ganjiang deltaplain anastomosing river and Zhujiang deltaplain anastomosing river. These rivers contain low gradient, high aggradation rates, multiple channel and large-area wetland between the channels. Channels, natural levees, crevasse-splay, floodplain, lakes, marshes and eolian dunes are important morphological and sedimentary units. Anastomosing channel-filling sediments are mainly composed of pebbly sand and medium to fine sands. Internally channel sandbody consist mainly of trough cross-bedding and oblique bedding. The other morphological units are mainly composed of fine-grained sediments.

Some basic characteristics are as follows climate and geography are not controlling factors of anastomosis; Low gradient is an essential condition for developing anastomosed river systems; Stable multiple channels are different from meandering and braided river; Wetland is major sedimentary unit; Primary factor of channel stability is dense vegetation on the nature levees and high cohesiveness; Modern examples of anastomosed river systems are not common

Key words anastomosing river, modern, depositional characteristics, channel, wetland, facies model