

# 广东三水盆地第四纪网状河沉积特征

张周良 王芳华

(石油大学,北京 102200)

**提 要** 珠江三角洲西北部的三水盆地范围内发育典型的网状河体系。它们具有重复分叉合并、坡降低以及河道深且窄的特点,并且发育天然堤、河间湖泊和洼地等地貌单元。钻井资料显示,网状河的沉积记录以泛滥平原地区沉积的悬浮负载的细粒沉积物为主,由砂砾和砂组成的河道沉积物分布比较局限,呈较窄的带状,被包裹在细粒的泛滥平原积物之中。主干河道表现出较高侧向稳定性垂向继承性,形成了较厚的砂体。较小的分叉河道则容易发生决口改道,沉积了较薄的砂体。河间湖泊沉积主要为含植物碎片的灰黑色粉砂质淤泥,沼泽中植物遗体的堆积形成了泥炭层。晚更新世以来的构造沉降、全球海平面上升以及河流搬运物质的快速加积是珠江三角洲平原地区形成网状河体系的主要原因。

**关键词** 网状河沉积 第四纪 三水盆地 珠江三角洲

**分类号** P 512.2

**第一作者简介** 张周良 男 35岁 博士 副教授 沉积学 层序地层学

## 1 前 言

网状河不同于人们比较熟悉的曲流河和辫状河,是由低坡降的、相对深且窄的多个河道重复分叉、合并而行成的交织河网系统。这种河流平原通常由河道、天然堤、湿地、决口扇、湖泊和沼泽等地貌单元组成,在沉积记录中则表现为以细粒溢岸沉积物为主的特点<sup>[1,2]</sup>。由于网状河一般来说不如曲流河和辫状河那样常见,人们对它们的认识还不够深入,在古代沉积记录中更难以识别,往往会被错误地解释成为湖泊相或曲流河沉积。三水盆地范围内的近200口石油勘探钻井钻穿了第四纪的河流沉积,为研究网状河提供了良好的条件。本文将在分析这些资料的基础上对网状河的沉积以及形成和演化过程进行探讨。

## 1 现代河网系统的地貌特征

三水地位于广东省境内,珠江三角洲的西北部,盆地面积约3300 km<sup>2</sup>,包括广州市、佛山市、三水县、南海县和顺德县等行政区。盆地所属范围内的现代河网系统十分发育,主要由珠江三角洲五大河流体系(西江、北江、东江、珠江和潭江)之中的北江和珠江及其支流构成(图1),西江主流也流经三水

盆地的西部。盆地范围内各种级别的河道重复地分叉、合并,形成非常复杂的网状系统,用“密如蛛网”来形容也不为过,可以认为是网状河的典型代表。彭苏萍(1989)<sup>[3]</sup>和张周良等(1994)<sup>[4]</sup>曾分析过珠江三角洲平原地区河流体系的地貌特征,认为这些河网系统无论从坡降、宽深比、弯曲度和分叉系数等方面在都可以与Smith等(1980)<sup>[1]</sup>在研究加拿大阿尔伯塔省有关河流的基础上总结的网状河类型相比较。

珠江三角洲是由西江、北江、珠江、东江和潭江五个三角洲组成的复合三角洲。它们的三角洲平原上都发育了网状河体系,其中以流经三水盆地的北江的河网系统最为发育,大小河道近百条。光是在图1所示范围内的河道分叉和合并交点就达100多个。根据黄镇国等(1982)<sup>[5]</sup>统计的结果,西北江三角洲河网密度平均为0.88 km/km<sup>2</sup>,最大达到1.10 km/km<sup>2</sup>,河网的密度呈现出向下游方向增大的趋势。珠江三角洲地区地势平坦,除了少数残丘和台地以外,以低平原、积水洼地和河道为主。平原地区的海拔高度一般低于1 m,河道纵剖面坡降很小。根据黄镇国等(1982)<sup>[5]</sup>的统计结果,北江的平均坡降为0.03‰,西江为0.023‰,东江为0.26‰。河道弯曲系数1.03~1.46,属于低弯河流。河道总来说属于

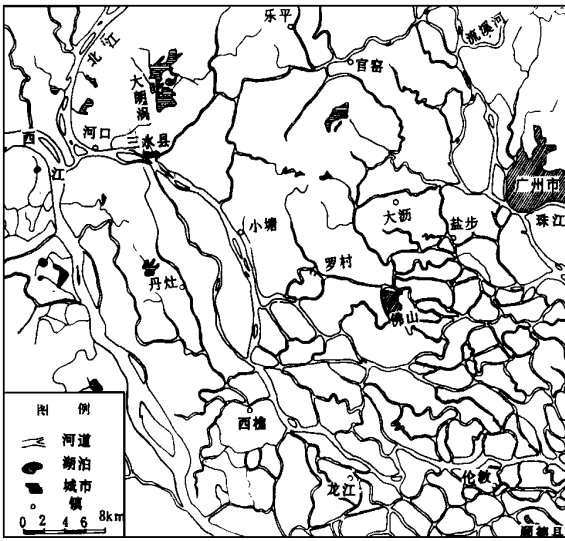


图 1 珠江三角洲西北部三水盆地及周边地区河网系统

Fig. 1 Anastomosing channel systems in the Sanshui Basin and adjacent areas, northwestern part of the Pearl River delta

窄深型的,河道的宽深比值 ( $B^2/H$ )为 1.8~ 11.5,大多数小于 6 根据张周良等 (1994)<sup>[4]</sup>统计的结果,河道宽/深比值为 27.6 上述参数表明,珠江三角洲平原上所发育的河网系统与 Smith & Smith (1980)<sup>[1]</sup>及 Smith (1983)<sup>[2]</sup>所研究的加拿大西部的网状河具有类似的特征。加拿大西部的这些网状河坡降都很低(一般低于 1‰),宽/深比值小(一般小于 50,平均值小于 20),弯曲度一般较低(小于 1.5)。这些特征与辫状河和曲流河有着明显的区别。辫状河虽然也发育多河道系统,坡降一般高于 1‰,河道的宽/深比值大于 50<sup>[1]</sup>。曲流河一般为单河道系统,河道弯曲度较高(大于 1.5),宽/深比值和坡降通常也高于网状河。

除上述具有网状河特征的河网系统外,珠江三角洲平原地区还以沿河岸形成明显的天然堤以及河漫滩内广泛发育洼地和沼泽为特点。较为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、西旺朗和文炭朗等<sup>[6]</sup>。这些地貌特征的形成主要与汛期的洪水泛滥有关。洪水带来的泥沙主要淤积在河道内及河道两岸,形成天然堤,使得河漫滩内地势相对较低,排水不畅,从而出现洼地和沼

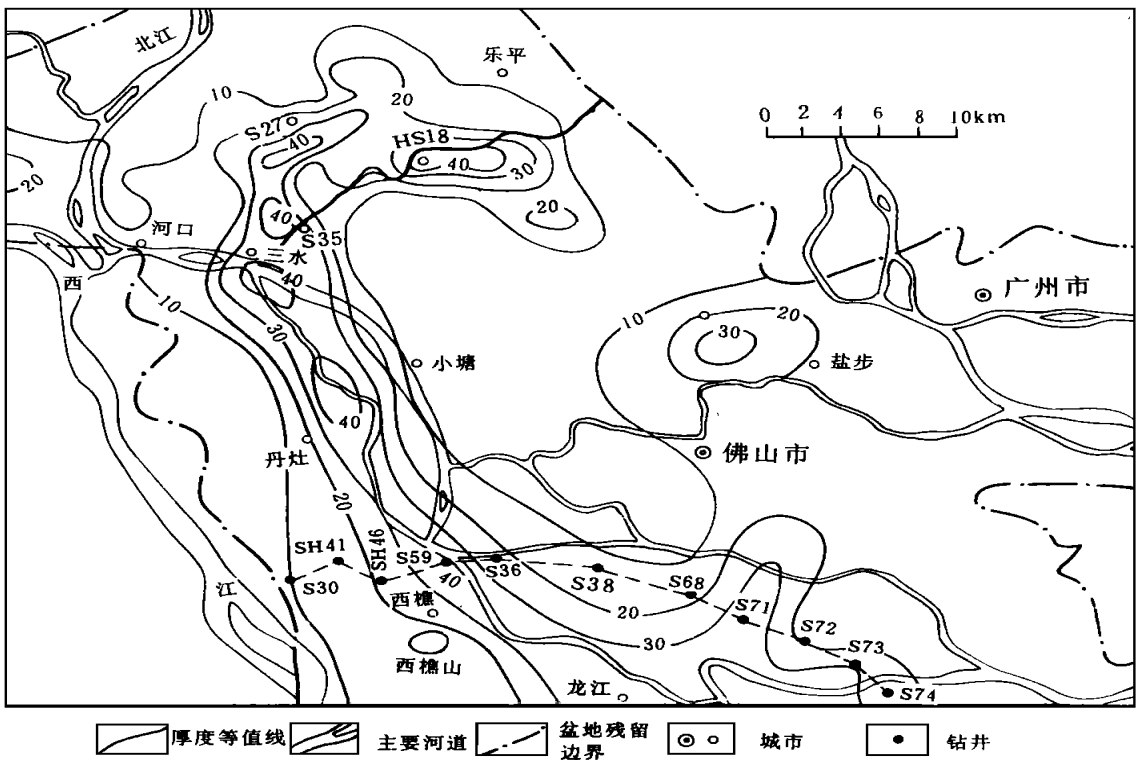


图 2 三水盆地第四系沉积物厚度等值线图(井位和盆地边界根据张显球等, 1993)<sup>[4]</sup>

Fig. 2 Isopach map showing the distribution of the Quaternary deposit in the Sanshui Basin

泽。珠江三角洲的现今地貌很大程度地受到了人类活动的改造。下游地区的许多河道两岸都修了人工堤坝,洼地和沼泽被改造为鱼塘和稻田。然而,主要的地貌格局仍然是河流作用造成的。

## 2 网状河的沉积特征

三水盆地第四纪沉积发育广泛,几乎覆盖了整个盆地范围。沉积物厚度介于 0到 50 m之间,平均为 25 m左右,但分布不均,沿三水县城以下的北江主河道一带的第四系厚度较大,盆地北部的三水和乐平之间也有一个第四纪沉积凹陷,最大厚度超过 40 m(图 2)。第四纪沉积为尚未固结成岩的松散的砂砾、砂、粉砂、粘土和淤泥等,覆盖于主要由固结成岩的第三系和白垩系红色岩层组成的基底之上。第四系厚度很大程度上受基底风化壳古地貌起伏的控制,沿古侵蚀河谷的第四纪沉积最早,厚度最大。基底古地形较高的部位在后来的沉积过程中逐步被覆盖,除了西樵山和河口以北的部分基底残丘外,都接受了第四纪的沉积,形成了平坦而广阔的河流沉积平原。现今的北江和西江的河道中沉积的主要是床沙负荷的粗粒物质,以砂和砂砾为主,粉砂和淤泥粘土含量则很少<sup>[7]</sup>。而岸后的洼地和湖泊中则以细粒的粘土质和粉砂质沉积物为主。

第四系底部普遍发育砾石层或砂砾层。盆地内

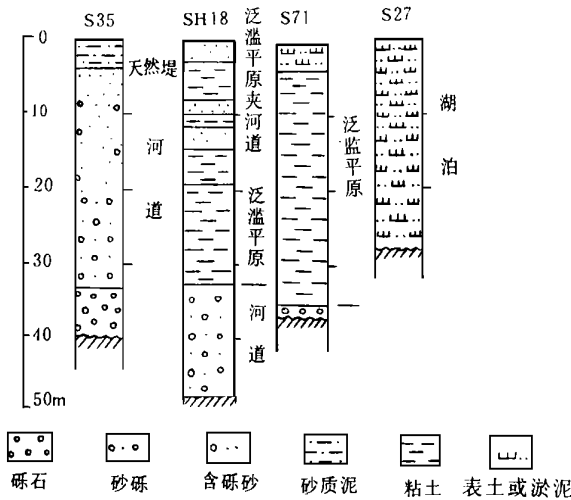


图 3 第四纪河流沉积物岩性和沉积相的典型钻井柱状剖面图(钻井位置见图 2)

Fig. 3 Well-logs showing lithology and facies of the Quaternary fluvial deposit

(locations of the wells are indicated in Figure 2)

的许多井中都钻遇了第四系底部的这层砂砾(图 3-4),尤其是那些第四系厚度较大的井中,底部砂砾层的厚度也相应较大。多数第四系厚度较小的井中(如 S27、S30、SH41和 S72井等)底部砂砾层则不发育。这说明底部砂砾层主要沿基底古河谷分布,是第四系中最早的沉积。砂砾层颜色为灰白、浅灰或灰黄色,由砂和砾石组成。砂以石英和长石为主,岩屑次之,有粗砂、中砂和细砂。砾石以细砾为主,少数粒径可达数厘米到 10 cm以上,棱角状或次棱角状,砾石成分为石英、沉积岩和火成岩。它们或构成砾石层,或与砂混积而形成砂砾层或含砾砂层。从这些沉积物类型和分布特征来看,它们不是现今网状河的沉积,而是网状河形成之前的冲积环境中堆积的。与后来的以细粒沉积物为主的网状河沉积形成了鲜明的对照。

底部砂砾层之上的沉积物分布显示出明显的分异性,表现出以细粒沉积物为主(如 S71、S72、S27井,图 3-4)以粗粒沉积物为主(如 S35和 S59井)或者粗、细相间(SH18和 S73井)的垂向剖面。这些不同类型的垂向剖面形成于不同的环境之中。以细粒沉积物为主的剖面主要由土黄色和深灰色粘土、粉砂质粘土和泥质粉砂构成,程度不同地含有腐烂或未腐烂的植物碎片,它们形成于岸后的泛滥平原地区或河间湖泊地区。以粗粒沉积物为主的剖面由浅灰色至灰白色砂砾和砂等床沙负荷的物质组成,主要沉积于河道之中。这种剖面常见于现今主要河道的附近(如 S35井和 S59井),并且通常伴随有天然堤砂泥互层沉积,反映出这些主要河道具有较好的继承性和稳定性。粗、细相间的剖面则是由泛滥平原沉积和河道沉积物共同组成的,这些河道的稳定性相对较低,由于发生改道或迁移而只留下相对较薄的沉积记录。

泛滥平原细粒沉积物在整个第四纪沉积记录中占主要地位(图 4)。从钻井剖面上沉积物厚度统计的结果来看,泛滥平原细粒沉积物约占 70%,河道沉积的砂和砂砾只占约 30%。河道沉积物的横向展布范围较小,连续性较低,只有在紧靠河道的钻井或位于废弃河道中的钻井中,才可以见到较厚的河道沉积物,而在那些离开河道不远的钻井中则见到的是泛滥平原的细粒沉积物。因此,地下的河道砂体是被包裹在泛滥平原细粒沉积物之中的。如 S36井位于离河道不远的地方,底砾层之上均为泛滥平原沉积的砂质粘土和淤泥。S71和 S72等井都在离分叉

河道不远的岸后地区,均表现出以细粒沉积物为主的特点。河道以垂向加积为主,两侧被细粒的天然堤和泛滥平原物质所限定,具有较高的侧向稳定性。相比之下,泛滥平原沉积的分布则很广泛。它们主要是由汛期洪水越过河岸,能量降低后沉积下来的细粒物质组成,其中也较多地含有植物碎片等有机物质。

从钻井资料所揭示的第四纪河道沉积物的分布来看,北江的主干河道一直位于河口—三水—小塘—龙江一带,表现出较高的稳定性和继承性。然而,有些钻井(例如 SH41和 S38井,图 4)中虽然也钻遇了河道沉积的砂砾层,但这些井并不是紧邻现今的河道。盆地北部的三水—乐平之间的洼陷地区的部分井中也钻遇了河道沉积,它们的分布与现今的河道分布也没有明显的直接关系。这说明河道改道是该网状河体系沉积过程中较为普遍的现象。这种现象可以通过分析珠江三角洲河流平原的现今地貌特征予以解释。北江的分叉河道两岸发育天然堤,堤内则是低洼地,但这些洼地的高程通常比河面还要低<sup>[7]</sup>。汛期的洪水有可能冲破河堤而使河道改道。新河道形成后,由于河道和堤岸的加积速度高于岸后洼地,当河道加积到一定的高度后,又有可能发生决口改道现象。这样就会造成泛滥平原细粒沉积物中夹有相对较窄且厚度不大的粗粒河道沉积物的沉积记录。Smith & Smith (1980)<sup>[1]</sup>和 Smith (1983)<sup>[2]</sup>也认为,决口改道是网状河体系中的常见现象,并且是形成新的河道的主要机理。

湖泊和沼泽也是网状河泛滥平原上重要的沉积单元,它们都留下了特殊的沉积记录。大朗湖是三水盆地范围内规模较大的湖泊(图 1),S27井位于该湖泊范围内,揭示了湖泊沉积物剖面。它主要是由含较

多植物碎片的深灰色淤泥和粉砂质粘土组成的,厚度达到 28 m,说明该湖泊较为稳定,已经有了较长的发育历史了。其他一些井中也钻遇了河间湖泊沉积物,但厚度一般较小。例如 S73井上部的泥炭层之下有将近 7 m厚的深灰色粘土(图 4),其中含有氮粒形中生轮藻 (*Mesochara paraganulifera* (S. Wang)),也是小型河间湖泊中的沉积物。沼泽沉积以黑色泥炭和富含植物碎片的深灰色砂质粘土为特点。盆地南部的 S73和 S71井,以及北部的一些井(如 SH9井)中都钻遇了泥炭层,厚度一般较小 (< 1 m),横向分布范围不大,只有盆地北部的 SH9井中的泥炭层的厚度接近 3 m。沼泽沉积的发育说明了珠江三角洲地区第四纪有茂密的植被,但泥炭只占整个河流沉积的不足 1%。

总的来说,三水盆地第四纪沉积的主要特点是以泛滥平原环境中沉积的细粒悬浮负载物质为主,河道粗粒物质分布局限,还发育河间湖泊、沼泽和天然堤等亚相。这与现今地表的河网系统有很好的一致性。这些特征也与 Smith & Smith (1980)<sup>[1]</sup>和 Smith (1983)<sup>[2]</sup>描述的加拿大西部的几条网状河的特点基本上是一致的。但那里的决口扇似乎是一种相当重要的地貌单元和沉积单元,而珠江三角洲地区的河流地貌已经受到人类活动的改造,特别是人工河堤大大减少了河流决口的机会。即使人类生产活动之前可能业已存在的决口扇也已经被改造成为稻田,无法辨认。而根据钻井记录又很难正确地区分决口扇与河道沉积物。因此,决口扇在三水盆地第四纪网状河沉积中所扮演的角色尚难以估计。细粒沉积物组成的天然堤和河岸具有较高稳定性,限制了河道的侧向侵蚀和侧向加积,河道和堤岸以垂向加

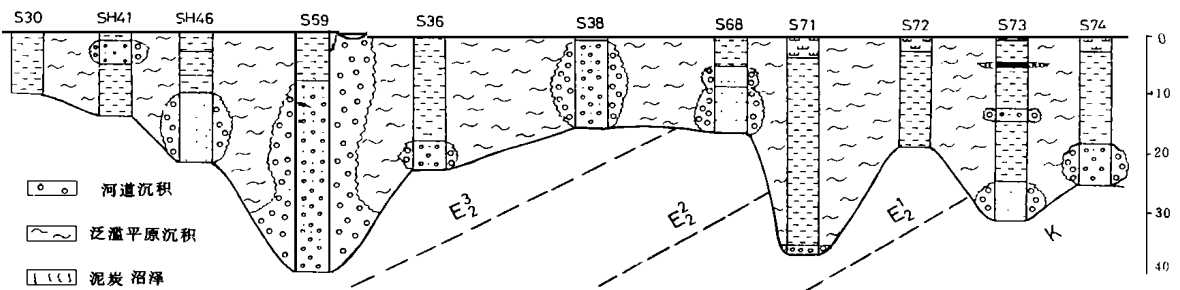


图 4 三水盆地南部第四系河流沉积连井横剖面图(剖面位置和井位见图 2), 显示出泛滥平原环境中的细粒沉积物占绝对优势,河道砂体被包裹在细粒沉积物中)

Fig. 4 Log cross-section showing the underground facies distribution across the southern Sanshui Basin (locations of the cross-section and wells are indicated in Figure 2). Channel sand-bodies are enclosed in dominating overbank fine sediments

积为主。大型的主干河道中的径流和潮流的流速较高,从而使得河道中淤积的速度较低,再加上地形的控制,它们在第四纪沉积过程中表现出较高的稳定性和继承性。较小的分叉河道则容易发生决口改道,在以泛滥平原细粒物质为主的沉积记录中留下一个个较窄和较薄的带状砂体。三水盆地的网状河表现出了较高的加积速率,最近 2 500 年以来的平均速率为  $2.66 \text{ mm/年}^{[5]}$ ,与 Smith (1983)<sup>[2]</sup> 所报道的  $1.5 \sim 6.0 \text{ mm/年}$  的网状河平原加积速率基本一致。

### 3 网状河的成因和演化

珠江三角洲地区的第四纪沉积是在由下第三系和更老的岩层组成的基岩风化面之上形成的。晚第三纪至晚更新世早期是一个沉积间断。第四系底部普遍发育底砾层,其中腐木的  $^{14}\text{C}$  年龄为 33 000~37 000 年,相当于晚更新世玉木亚间冰期前段 ( $Q_3^{-1}$ ) 低海平面时期<sup>[5]</sup>。底砾层一般都分布在第四系厚度较大的地方,与基底风化面上古河谷系统的展布基本吻合。底砾层的沉积学特征表明,它们是在第四纪海侵之前的坡降较大、能量较高的冲积环境中形成的,以辫状河道沉积为主。

根据黄镇国等 (1982)<sup>[5]</sup>,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  $0.59 \sim 0.88 \text{ mm/年}$ ,边缘地区抬升速率为  $1.03 \sim 1.8 \text{ mm/年}$ 。根据 Haq 等 (1987)<sup>[9]</sup> 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 8 000 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沉积。而地形坡降的降低和沉积基准面的持续抬升是造成包括三水盆地在内的珠江三角洲平原地区网状河体系形成的主要原因。河流进入三角洲平原后流速和搬运碎屑物质的能力迅速降低,大量的物质沉积在河道、堤岸和岸后的泛滥平原地区。由于河道和堤岸的加积速大于泛滥平原,经过一段时间后会 出现河道高于泛滥平原的现象,从而

使得河道变得不稳定,容易在汛期发生决口和改道。在广阔的平原地区重复地发生决口改道造成了重复交织的河网系统。

晚更新世以来,珠江三角洲地区虽然经过了三次海侵海退旋回,但这些海侵的影响范围主要集中在三角洲平原的下游地区,形成了含有海相生物遗体的淤泥层<sup>[5]</sup>。位于三角洲平原西北部上游地区的三水盆地受到的影响不大,基本上保持了以河流沉积为主的特点。珠江三角洲地区的气候自晚更新世以来虽然也有过相对冷期和相对暖期的交替,但以亚热带气候为主,发育了以常绿的阔叶林为主的植被<sup>[5]</sup>。近代则演变为暖湿的亚热带季风气候,常绿的阔叶林植被更加发育。植被的发育对于形成网状河是一个有利因素,因为它有助于形成稳定的河岸,限制河道的侧向摆动。另外,三角洲平原上的现代河道都不同程度地受到潮汐作用的影响,北江的潮流界可达到三水一带,即三水盆地范围内的大部分河道都位于潮流界和滨线之间的河口段,要受到潮流和河流作用的双重影响。潮流对河流沉积的影响可能主要表现在对河水的顶托作用,使得河流的流速迅速降低,从而提高河网系统的垂向加积速率。

### 4 结 论

三水盆地范围内的网状河是珠江三角洲平原上的网状河体系的一部分,具有重复分叉合并、河网密度高、坡降低、宽/深比值小等特点。河道、天然堤、河间洼地和湖泊是重要的地貌和沉积单元。这些特征与辫状河和曲流河有着明显的区别,而与 Smith & Smith (1980)<sup>[1]</sup> 和 Smith (1983)<sup>[2]</sup> 所报道的加拿大西部的网状河体系的特征十分相似。盆地内近 200 口石油钻井钻穿了晚更新世以来的松散沉积物。第四系的底部为辫状河沉积的砂砾层,主要沿古河谷分布,形成于晚更新世海侵之前的低海平面时期。其上分布广泛的网状河体系的沉积,以泛滥平原环境中沉积的悬浮负载的细粒物质(粘土和粉砂)为主,而由砂砾和砂组成的河道沉积物的分布则比较局限,呈较窄的带状,被包裹在以泥和粉砂为主的泛滥平原细粒沉积物之中。主干河道表现出较高的侧向上的稳定性和垂向上的继承性,形成了较厚的砂体,较小的分叉河道则容易发生决口改道,形成了较薄的砂体。河间湖泊沉积物主要为含植物碎片等有机质的粉砂质淤泥,沼泽中植物物质的堆在沉积记录中留下了泥炭层。晚更新世以来的基底沉降和全

球海平面上升以及河流平原上沉积物的快速堆积是在珠江三角洲平原上形成大规模网状河体系的主要原因。常绿阔叶林植被的茂盛发育有助于形成稳定的河岸,限制河道摆动。河道大都受到河流和潮汐作用的影响,潮流对河流的顶托作用会引起流速的迅速降低和加积速率的提高,对网状河体系的形成来说是一个有利因素。

#### 参 考 文 献

- [1] Smith D G, Smith, N D. Sedimentation in anastomosed river systems: examples from alluvial valleys near Banff, Alberta. *J. Sed. Petrol.*, 1980, 50: 157~ 164.
- [2] Smith D G. Anastomosed fluvial deposits: modern examples from Western Canada. *Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol.*, 1983, 6: 155~ 168.
- [3] 彭苏萍. 复合型三角洲平原上的网状河的基本特征. *科学通报*, 1989, 17: 1326~ 1328.
- [4] 张周良,刘少宾. 中国的网状河体系. *应用基础与工程科学学报*, 1994, 2(2- 3): 204~ 212.
- [5] 黄镇国,李平日,张仲英等. 珠江三角洲形成发育演变. *科学普及出版社广州分社*, 1982, 1~ 250.
- [6] 缪鸿基,沈灿桑,黄广耀等. 珠江三角洲水土资源. *珠江三角洲研究丛书(三)*, 广州: 中山大学出版社, 1988, 15~ 31.
- [7] 中山大学地理系珠江三角洲研究丛书编辑委员会. 珠江三角洲的自然资源与演变过程. *珠江三角洲研究丛书(一)*, 广州: 中山大学出版社, 1988, 48~ 65.
- [8] 张显球,周晓萍,陈修奕. 三水盆地白垩—第三纪钻井地层划分对比图集. *海洋出版社*, 1993, 3~ 44.
- [9] Haq B U, Hardenbol J, Vail P R. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 1987, 235, 1156~ 1167.

## Sedimentology of Quaternary Anastomosing River Systems in the Sanshui Basin, Guangdong, China

*Zhang Zhouliang and Wang Fanghua*

(Petroleum University, Beijing, China 102200)

### Abstract

Anastomosing river systems in the Sanshui Basin, northwestern part of the Pearl River delta plain, were studied. They are multi-channel systems showing low gradients, low width/depth ratios and repeated branching and rejoining. Channels, natural levees, interchannel lakes and wetlands are important morphological and sedimentary units. Well data revealed that the depositional records of the anastomosing river systems are mainly composed of fine grained sediments deposited in interchannel areas, coarse grained channel deposits, on the other hand, are string-like and of limited lateral extent, and encased in the overbank fine sediments. Trunk channels are more stable and often associated with deposits of thick channel sand-bodies. Smaller channels are more easily abandoned because of crevasse and avulsion, thus thin sand-bodies are deposited in the fine-sediment-dominated deposits. Pet and silt rich in organic materials are deposited in swamps and interchannel lakes. Tectonic subsidence and eustatic sea level have risen since the Late Pleistocene, and the rapid vertical accretion in the floodplain has been the main cause for the development of anastomosing river systems in the Pearl River delta plain.

**Key Words** anastomosing river deposit Quaternary Sanshui Basin Pearl River delta