

文章编号: 1000-0550(2002)03-0376-06

西江和北江三角洲区的水沙特点及河道演变特征^①

王随继

(中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

摘要 通过对珠江三角洲区有关水文泥沙资料的分析,初步揭示了西江和北江在流速与流量、水位、含沙量、断面宽深比之关系方面的差别。结合河道平面及断面形态和河道冲淤特性,探讨了其河型特点及成因。认为研究区西江为典型的网状河流,而北江仍处于网状河流的发育初期。该区网状河流多河道的形成遵循冲裂机制,人工堤围加速了河道沉积、抑制了河漫滩地的淤积,从而使河道及河漫滩地的加积表现为不均一性。

关键词 水沙特点 网状河型 河道成因及演变 西江和北江下游

作者简介 王随继 男 1966年出生 博士 副研究员 沉积学、地貌学

中图分类号 P512.2 P931.1 **文献标识码** A

西江和北江的下游是珠江三角洲上的重要河流,是珠江网状河流体系的重要组成部分。在珠江诸多河流中,由于西江和北江流域范围广阔,集水面积大,因此,由其引起的洪水及泥沙灾害的危及区域和致灾程度在珠江三角洲地区是最受人们关注的,这促使许多研究人员对珠江三角洲区河流的特性及演变进行过广泛的研究^[1-6],并且取得了不少成果。虽然彭苏萍已经指出过珠江复合三角洲平原上网状河流的一些基本特征^[7],张周良等认为现在珠江网状河流是三水盆地第四纪网状河流的延续^[8],但对于珠江三角洲地区网状河型的探讨无论在广度上还是在深度上都有待拓宽和深化。以往有关网状河流的研究侧重于沉积体系方面,而对于控制网状河流沉积体系形成的水动力特性、输沙特点及河道演变特征的讨论很少。本文期望从河流地貌特征、沉积特征、水动力特点及河道演变的现状和趋势等角度对西江和北江三角洲区的河性进行对比研究,以提高对于网状河流的整体认识水平。

1 地质背景和地貌特征

研究河段处于珠江三角洲上。距今2万年前后,随着全球气候的逐渐转暖引起海平面上升,珠江河口区各河道的全面冲刷下切趋缓,河口湾逐渐向三角洲演变。至17世纪,以八个口门入海的复合三角洲的格局基本形成^[5]。晚更新世以来,三角洲平原基底一直在沉降,近期沉降速率为0.59~0.88mm/a;周边地区在抬升,抬升速率约为1.03~1.8mm/a^[1]。这导致珠江三角洲平原的东、西、北三面为山丘围绕。三角洲由冲积平原和积水洼地等构成。该区气候温暖湿润,年

均降水量为1715~1944mm,蒸发量为1432~1734mm。河口区的沉积作用导致珠江三角洲逐渐形成和向海洋推进,三角洲分流河道逐步演变为典型的河流地貌。西江和北江正是在响应上述地质背景和地貌特征的情况下在三角洲区域形成了各具特色的多河道体系(图1)。

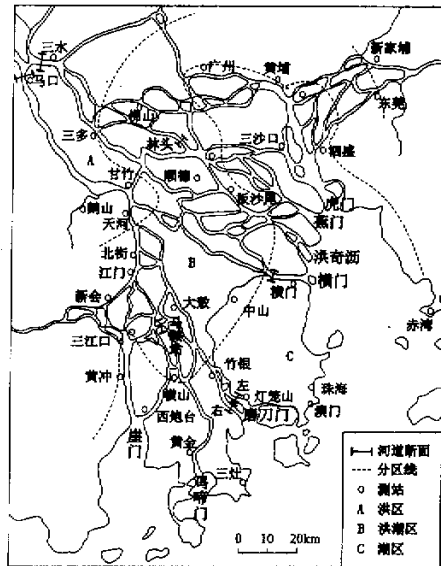


图1 西江和北江网状河段的河道平面形态及河道断面位置

Fig.1 Planform and cross-section location of the anastomosing channels on the delta of Xijiang an Beijiang Rivers

① 国家自然科学基金项目(批准号:40101003),中科院地理科学与资源所知识创新工程领域前沿项目资助

2 水文及泥沙特征

2.1 流速与流量的关系

作为珠江三角洲的主要营造者,西江和北江的径流量分别占珠江总径流量的 73.5% 和 13.5%。输沙量分别占 86.9% 和 6.2%, 而流域面积分别是珠江流域的 79.9% 和 10.9%。据 1986~1987 年的观测资料, 西江马口站和北江三水站过水断面上的平均流速 (U) 与流量 (Q) 分别具有如下的函数关系:

$$Q = 666.83 + 6979.22U + 4399.06U^2 \quad (1)$$

$$Q = 261.52e^{U/0.39} \quad (2)$$

即随着流速的增大, 流量随之增大。与西江相比, 北江过水断面的流量随着平均流速的增大而增幅较大, 或者说相同的流量增幅所引起的流速增幅较小(图 2a, b)。

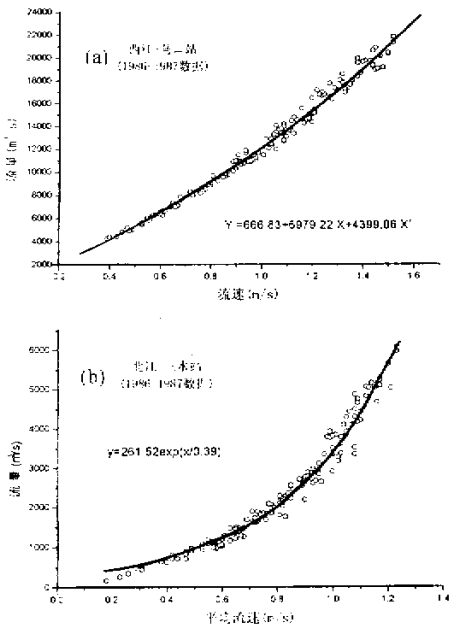


图 2 西江和北江的流速与流量之间的关系

Fig. 2 (a) Relation between velocity and discharge ;

(b) Relation between velocity and water stage

2.2 悬移质含沙量与流速的关系

汛期西江多年平均悬移质含沙量基本上是北江的 2 倍, 但在非汛期二者大致相当(图 3)。尽管含沙量大小是水流条件和流域特性共同作用的结果, 但流速对含沙量的影响非常明显。随着流速的增大, 河流动能增强, 如果这时河流的悬移质荷载不饱和, 水流将冲刷河床并使一部分粒度较细的河床质加入到悬移质中, 使悬移质含沙量增大; 相反, 随着流速的减小, 河流挟

带的悬移质将有一部分沉积在河床中。同时, 流速的改变也会影响到悬移质泥沙的粒度分布特征, 流速增大, 悬移质中值粒径变大, 反之则变小。因此, 流速的改变将会影响到泥沙的搬运及沉积, 进而会影响河道的演变。图 4 是一些实测数值的散点及其 Boltzman 拟合曲线, 基本上反映了含沙量随着流速的增大而增大。但当西江的流速小于 1.3m/s 时, 含沙量随流速增大而缓慢增加, 当流速达到 1.3m/s 时, 含沙量便大幅度增加; 相对而言, 当北江的流速小于 0.9m/s 时, 含沙量随流速的增大其增幅较西江显著一些, 当流速超过 0.9m/s 时, 含沙量剧增。显然, 北江含沙量剧增时的流速较西江小, 当流量增大、水位升高引起流速增大时, 北江河道的冲刷将会更强烈一些。

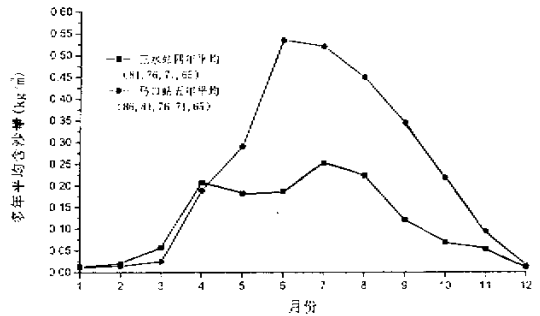


图 3 西江和北江平均悬移质含沙量年内分布对比

Fig. 3 Monthly distribution of the mean suspended sediment concentrations of Xijiang and Beijiang Rivers

2.3 沉积物特点

西江和北江河道的沉积速率大, 据统计资料^[4], 自思贤浩以下河道的一些主要水文测站的沉积速率高达 18~115mm/a。当然, 不能排除个别河段冲刷作用占优势。河道沉积物以细砂为主, 但北江床沙粗组含量较多。这首先是因为西江的物源区距离河口较远, 河流床沙质得到较好的分选, 而北江却相反; 其次, 北江床沙质向悬移质转化的起动流速较小, 表明北江的床沙中有比西江更细的组分, 而这也正是由于北江研究区距离物源区相对近而床沙分选不好的缘故。除北江的 A 区外, 研究区河道的侧向迁移幅度都很小, 一般小于 1m/a, 而长江下游分汊河道具有年均几十米的摆动幅度, 显然, 这些河道远比长江下游河道(分汊河型)更稳定, 表明河岸及天然堤沉积了粘结性很强的粘土质沉积物。

3 河型及其演变特点

3.1 河流作用为主的河道段

马口站和三水站, 分别是西江和北江的控制站, 该

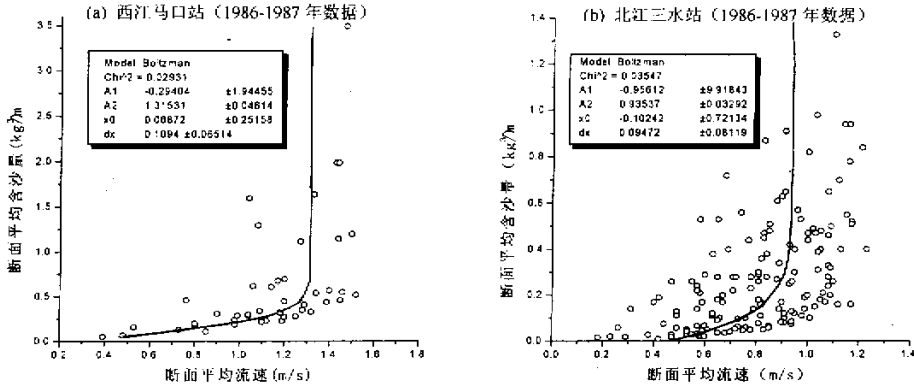


图 4 河道过水断面的平均流速与平均含沙量之间的关系

Fig. 4 Relation between mean velocity and mean suspended sediment concentration

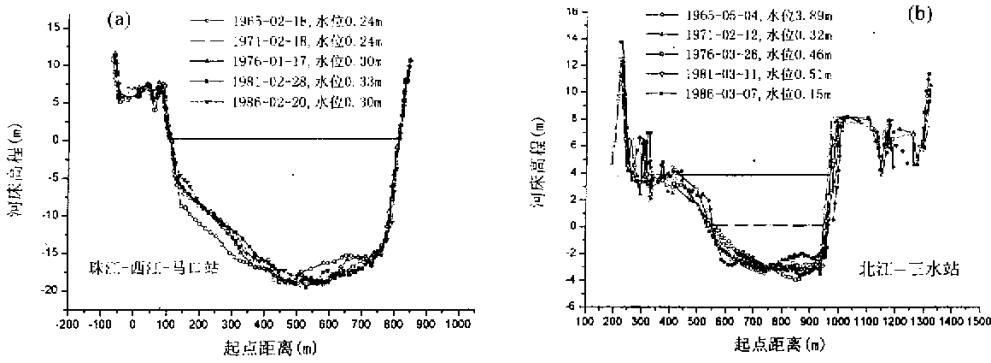


图 5 径流控制段西江 (a) 和北江 (b) 河道断面演变特征对比

Fig. 5 Channel cross-section evolution of (a) Xi Jiang and (b) Bei Jiang controlled by river flow

二站附近的河道基本处在潮流影响不到的 A 区 (图 1)。西江在马口站附近的河道断面如图 5a 所示,河道基本呈“U”形。从 1965 至 1986 年间,河岸带无明显冲淤,河床在右半部略有刷深,而左半部加积升高 (图 5a)。平滩流量时河道宽深比 (B/H) 为 30.4,属于 Smith 等^[9,10]所划分的网状河流 ($B/H < 40$) 的范畴。在相同时段,北江三水站河道断面冲淤特征表明,右岸冲刷后退,左岸加积作用占优势,不同年份河床冲淤幅度较大,但总体上保持平衡 (图 5b); 平滩流量时的河道宽深比 (B/H) 超过 80。显然,北江河道在三水站附近不属于网状河型。

从图 6 可见,随着河道过水断面宽深比的变大,断面平均流速在显著变小,但西江马口站附近河道的这种变化趋势比北江三水站附近的河道更为显著一些。

这表明,网状河流的过水断面宽深比的变化所引起的流速的变化非常显著。在西江以及北江的下游段,河道的稳定性较高,河岸带侧向迁移的幅度是非常有限的,其过水断面宽深比的变化实际上是由于流量的变化而引起的。当流量增(减)幅相同时,由于网状河道窄深,其河道水深的增(减)幅是所有河型中最大的,从而导致其流速的变化最为显著。因此,西江网状河流在断面平均流速与宽深比关系图上呈现出较大的斜率。

3.2 河流潮流相互作用段

图 1B 区是珠江三角洲上各河流受到径流和潮流双重影响的河道段,在该区,无论是西江还是北江,其河道变得比 A 区的更为窄深。西江鸡鸦水道马鞍山河道断面表明 (图 7a),从 1971 至 1976 间,河道形态

没有明显的变化,河岸非常稳定,河床略有加积升高的趋势。其河道宽深比(B/H)为25。北江潭洲水道林头断面表明(图7b),从1965至1971年期间,河道宽度略微变窄,河漫滩加积升高,而河床刷深明显,河道调整的结果使其宽深比由36.0变为17.2。据1971年实测资料,同在B区的北江奇权水道的宽深比为6.4。这些河道比其上游A区的窄深,属于典型的网状河道。

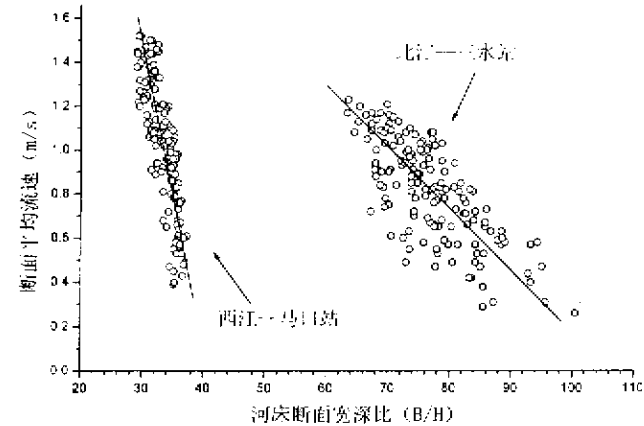


图6 西江和北江河道宽深比与断面平均流速之间的关系
Fig. 6 Relation between channel width/depth ratio and mean velocity at cross-section

在潮流作用占优势的C区(图1),河道宽深比基本小于40。如根据1986、1987的实测资料,西江的主要入海口门磨刀门河道,其左右两个水道在平滩流量下的河道宽深比分别为40.9和36.3。又如,根据1971年实测资料,北江的主要入海口门横门的南北两个汉河道的宽深比分别为41.5和38。但是,由于C

区潮流较强,它对C区河道的修饰改造也较强,使得该区河道的宽深比相对于B区来说局部有所变大,但是,这些河道仍然属于网状河型。随着河口区的淤积及其向海洋的推进,C区河道的宽深比将会逐渐变小。

4 网状河道成因分析

网状河流具有大的沉积速率,平均大于 10mm/a ,河道比降很小,河道宽深比一般小于40^[11-16],而其发育区的基底一般处于沉降状态^[12]。网状河流与以长江主流为代表的分汊河流有着根本的区别,前者是由泛滥平原或湿地分开的多河道体系,河岸非常稳定,而后者具有单河道与多河道交替分布的河道形态,其多河道段河岸不是很稳定^[13]。网状河流多河道的形成遵循冲裂机制^[14],即网状河流的每一个汊河道是由老河道在高水位时发生河岸决口,产生的决口漫流在逐渐归并的过程中,在河漫滩地形成稳定河道,这些河道与老河道一起构成了网状河流体系。冲裂作用是水、沙及河道三者之间的复杂相互作用:初期,水流作用占优势,河岸发生决口;之后,决口流在新的流场中的优势逐渐为泥沙的沉积作用所取代,泥沙的分选沉积作用导致粗粒河床和细粒天然堤及河漫滩的形成,使得决口流重新束缚在新形成的河道中。西江及北江的网状河道的形成基本遵循这一机理。当然,网状河流的冲裂频率相对于其洪水漫滩的频率是相当小的,其网状河流体系的形成时限也是较长的。

当然,冲裂作用是河流自身调整的一种模式,是网状河型出现的标志,但西、北江网状河道的形成还有其先决条件——地壳沉降和海平面上升,这使得河道比降能够降低到该区足以发育网状河流所需要的程度;同时,流域适宜的来水来沙条件也是必不可少的因素,这不但塑造了河道及河漫滩的形态、物质结构,而且决

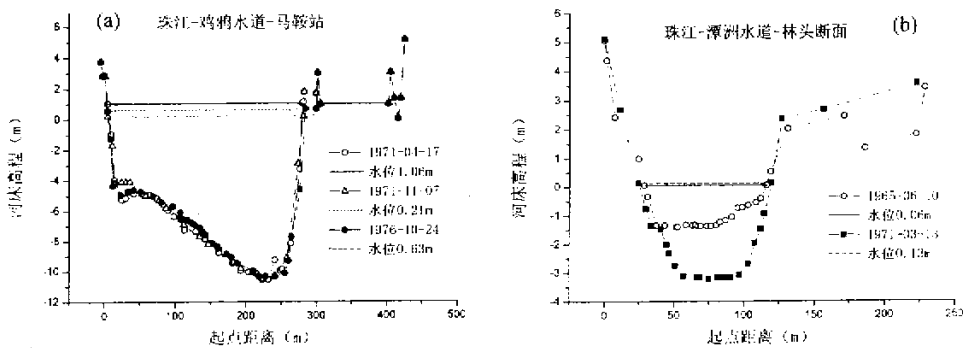


图7 河流和潮流双重作用区西江(a)和北江(b)河道断面演变特征对比
Fig. 7 Channel cross-section evolution of (a) Xi River and (b) Bei River rivers controlled by river flow and tidal current

定了这些河流微地貌单元的不同抗冲性能。珠江口属于弱潮流区,潮流对河流的顶托作用、对泥沙的双向搬运和分选作用、对河口区河道的修饰改造作用、对受其影响区的河漫滩的加积作用等,影响着该网状河流的形成和发展。比如,涨潮流发生时河道水面比降变小,而由径流及潮流挟带的悬移质泥沙会在天然堤及河漫滩区发生淤积,而落潮流出现时河口段的河道水面比降变大,冲刷作用增强,这使得图1C区的河道宽深比图1B区的更大一些。

现在,由于人工河堤的大量修筑,河道发生冲裂的机会将更少,形成新河道的机会不多。但是,由此引起的河道沉积速率远大于河间地区的,从而使河道有向悬河方向发展的趋势;另一方面,人工对河道沉积物的疏浚作用在一定程度上抑制着悬河的出现或发展,这一对矛盾的适度调节会使网状河道在较长时期保持其过水的功能。即使象北江三水站附近的河段,虽然目前不是网状河道,局部河段仍然以冲刷为主,但随着河口区向海洋的不断推进及其下游河段的加积升高,河道比降将进一步减小,从而降低其流水的动能,河道将会由冲刷趋向于加积,该河段将向网状河型演化。

5 结论

(1)在珠江三角洲区,西江、北江有着相似的地貌及构造背景,但由于水沙条件及河岸抗冲性的不同,西江属于网状河型;北江在B、C区为网状河型,A区目前不是网状河型。随着泥沙的输移、河口向海域不断推进,河道比降相对变小,沉积作用增强,北江A区河道逐渐会向网状河型转化。

(2)该网状河的形成遵循冲裂机制,但基底沉降和海平面上升是该区该机制发生的先决条件。弱潮流对径流的顶托及其沉积作用和对河道的冲刷作用影响着该网状河流的形成。

(3)人工河堤不是网状河流形成的原因,但会使洪水漫滩及河道冲裂的机会减少,从而导致河道沉积速率远大于河间地区,如果人工疏浚的力度不够,河道会向悬河发展。

中科院地理科学与资源研究所许炯心研究员、北京大学倪晋仁教授对该研究提出过有益的建议,在此表示诚挚的谢意。

参考文献(References)

- 黄镇国,李平日,张仲英等.珠江三角洲形成发育演变[M].广州:科学普及出版社,1982.274[Huang Z, Li P, Zhang Z *et al.* Formation development and evolution of Pear River Delta[M]. Guangzhou: Science Popularization Press, 1982. 274]
- 黄镇国,李伟强,赖冠文等.珠江三角洲海平面上升对堤围防御能力的影响[J].地理学报,1999,54(6):518~535[Huang Z, Li W, Lai G, *et al.* The influence of sea level rising on the embankments in the Zhujiang Delta[J]. Acta Geographica Sinica, 1999, 54(6):518~535]
- 李春初,王鸿寿,杨干然等.西江下游梧州至磨刀门河床床沙特征及其反映的沿程泥沙运动规律,海岸河口区动力、地貌、沉积过程论文集[M].北京:科学出版社,1985,111~119[Li C, Wang H, Yang G *et al.* River bed sediment characteristics and its transportation rule. Dynamics, Geomorphology and Sedimentation in Coast and Estuary [M]. Beijing: Science Press, 1985. 111~119]
- 乔彭年.珠江三角洲河网发育的成因分析[J].人民珠江,1981(2):32[Qiao P. Analysis of formation cause of a river net in Zhujiang Delta [J]. Renmin Zhujiang, 1981(2):32]
- 乔彭年.珠江三角洲西江干流河床演变的近代过程[J].地理科学,1983,3(2):141~150[Qiao P. Neoteric process of Xijiang trunk channel evolution in the Zhujiang Delta[J]. Geographical Science, 1983, 3(2):141~150]
- 李平日,乔彭年.珠江三角洲六千年来的发育模式[J].泥沙研究,1982(3):33~42[Li P, Qiao P. Developmental mode of the Zhujiang Delta since 6000 years[J]. Sediment Research, 1982(3):33~42]
- 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[Neng S. The basic characteristics of the anastomosing river in multiple deltas[J]. Science Bulletin, 34(17):1326~1328]
- 张周良,王芳华.广东三水盆地第四纪网状河沉积特征[J].沉积学报,1997,15(4):58~63[Zhang Z, Wang F. Sedimentary characteristics of a quaternary anastomosing river in Sanshui Basin, Guangdong Province[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(4):58~63]
- Smith D G, Putnam P E. Anastomosed river deposits: modern and ancient examples in Alberta, Canada[J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 1980, 17:1396~1406
- Smith D G, Smith N D. Sedimentation in anastomosed river systems: examples from alluvial valleys near Banff, Alberta[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1980, 50:157~164
- 王随继,任明达.根据河道形态和沉积物特征的河流新分类[J].沉积学报,1999,17(2):240~246[Wang S, Ren M. A new classification of fluvial rivers according to channel planforms and sediment characteristics[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(2):240~246]
- Smith D G. Anastomosing river deposits, sedimentation rates and basin subsidence, Magdalena River, northwestern Columbia, South America[J]. Sediment. Geol., 1986, 46:177~196
- 王随继,尹寿鹏.网状河流和分汊河流的河型归属讨论[J].地学前缘,2000,7(s):79~86[Wang S, Yin S. Discussion on channel patterns of anastomosing and anabranching rivers[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(s):79~86]
- Smith N D, Cross T A, Dufficy J P, Clough S R. Anatomy of an avulsor[J]. Sedimentology, 1989, 36:1~23
- McCarthy T S, Ellery W N, Stanistreet I G. Avulsion mechanisms on the Okavango fan, Botswana: the control of a fluvial system by vegetation[J]. Sedimentology, 1992, 39:779~795
- 王随继.网状河流的河性、区域特点及多河道形成机理[D].北京:清华大学,2000[Wang S. General characteristics, local traits and multiple-channel formation mechanism of anastomosing river[D]. Beijing: Tsinghua University, 2000]

Hydrological Characteristics and Channel Evolution of Xijiang and Beijiang Rivers on Zhujiang Delta Area

WANG Sui-ji

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

Abstract The relationships of velocity and discharge , water level elevation , sediment concentration and width-depth ratio of Xijiang and Beijiang River channels on the Zhujiang Delta area are analyzed and some differences between the two rivers are revealed. One of the differences is that the channel cross sections are different between the two rivers either in width-depth ratio or in channel evolution despite the planform of the two rivers appears multiple channel system. The author considered that all the Xijiang River channels and the Beijiang channels at B and C belts on the Delta area are anastomosing pattern , but the Beijiang River channels at A belt are not anastomosing river pattern. The Xijiang anastomosing channels are typical and developed , and the Beijiang anastomosing channels still are at the primary developing stage. The anastomosing channel formation follows the channel avulsion mechanism during flooding as Smith et al. (1989) stated. However , the frequency of channel avulsion is very rare , so the anastomosing channel formation has a long history. The anastomosing channels have cohesive natural levees that were consisted of fine grain sediment such as clay or mud. Artificial levees did not the formation cause of the anastomosing channel pattern. Nevertheless it not only restrained the migration of the channels and maintained the channel stability but also partly prevented flooding. This human behavior resulted the high sedimentary ratio in the anastomosing channels and lower sedimentary ratio on the interchannel lands. So the relative rising velocity of the anastomosing channel beds is greater than that of the interchannel lands.

Key words hydrological and sediment characteristics , anastomosing river pattern , channel formation and evolution , lower Xijiang and Beijiang Rivers