

赣江的年均输沙量是 1 135 万 t, 约占鄱阳湖 5 条河流总输沙量的 2/3, 形成了鄱阳湖区最大的三角洲。

考虑到人为的影响和资料的系统性, 特选取赣江丁家渡站 1958 年的实测水文资料作为实例, 因为该年的测试资料非常全面, 并且解放初期人类对河流的干预程度较低。图 2 表明, 悬沙含量随流量呈指数增长, 在流量为 1 800~ 2 600 m³/s 的区段, 悬沙随流量的增大而增幅明显(图 3)。汛期的悬移质含沙量相对较高, 输沙率较大, 同时, 汛期的力量大洪水泛滥比较频繁, 这些特点直接影响着网状河区河道间地的细粒沉积物的特点。

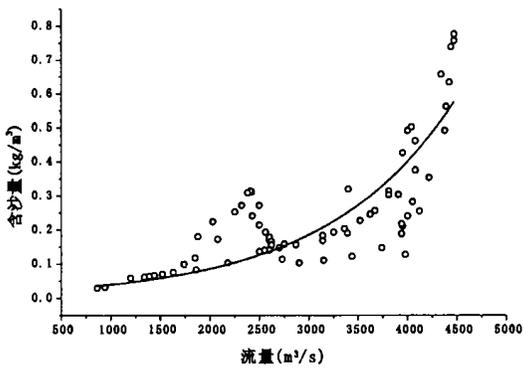


图 2 悬沙含量与流量的关系

Fig. 2 Relationship of suspended sediment concentration and discharge

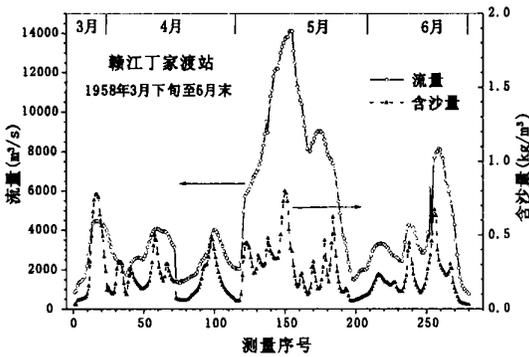


图 3 汛期悬沙含量及流量的相对变幅比较

Fig. 3 Relative variation of suspended sediment concentration and discharge in flood period

由于鄱阳湖洪枯水位的变幅达 10 m, 因此, 雨季时较高的湖水位使得赣江各网状河道的水面比降显著减小, 从而有降低河道水动力且使河道发生沉积的趋向; 但河道水位的升高有增大其水流流速的趋势, 会导致河水泛滥, 使大量细粒悬移质泥沙

在河间区域发生沉积。由于汛期河流的含沙量比较大, 河间区沉积的泥沙数量很可观。河道和泛滥平原步调一致的加积作用使得整个网状河流区域的地面相对升高。由于鄱阳湖是一个开放型湖泊, 其水位的升高有限(该值相当于湖口处长江的水位), 湖面的扩展也有限, 这使得鄱阳湖不会淹没赣江的网状河道主区, 而仅仅涉及原来的湖湾区及这些河道的下游端。

在枯水期, 湖水面收缩, 导致河道水位降低、水面比降增大, 使河流水动力趋向于增强; 但水位的降低, 使河道水速显著减小, 该因素导致河道水动力减弱。上述两个相反的趋势彼此基本抵消, 使河道水动力不致发生显著变化, 有利于河道的加积作用。

2 赣江网状河流的地貌特征

赣江三角洲上的河流具有网状河流的典型地貌特征(图 4), 主要表现为窄深的多个河道和平坦宽阔的河道间泛滥平原区, 以及网状河流的其他典型环境单元。

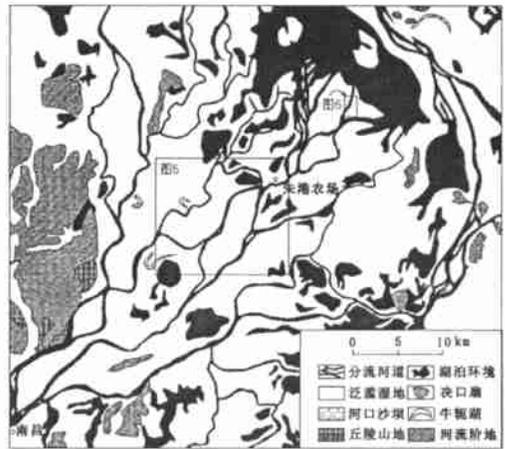


图 4 赣江网状河流的地貌特征

Fig. 4 Geographic characteristics in the anastomosing reach of the Ganjiang River

在赣江网状河流的西侧出现的河流阶地表明, 网状河流加积体系的形成之前该区古河流曾经是冲刷下切的(见图 4), 这至少说明网状河流曾经是由其他河型转化而来的。主要的地貌单元有网状河道, 发育极好的天然堤, 泛滥平原, 河道间湿地(包括沼泽地和小型湖泊), 可以清晰鉴别的废弃河道, 决口引起的决口河道及决口扇等(图 5)。



图 5 赣江网状河流沉积环境(位置见图 4)
 Fig. 5 Depositional environment in the anastomosing reach of the Ganjiang River (see Fig. 4)

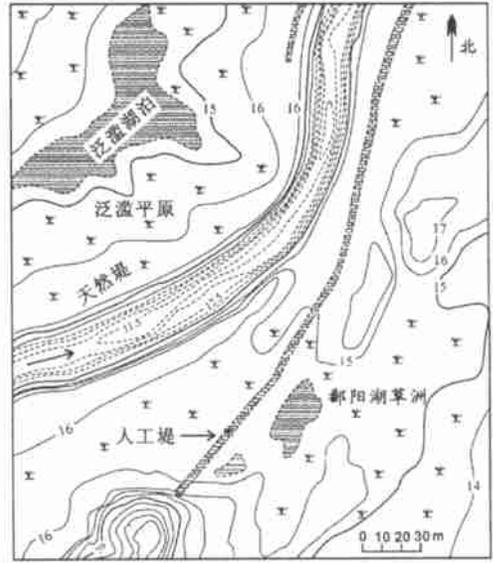


图 6 赣江谏下岔网状河道的高程及环境
 Fig. 6 Channel elevation and other environment at Chengxiacha of the anastomosing reach

2.1 网状河道

赣江网状河道相互连通, 它们的位置非常稳定, 侧向移动极不明显, 仅在个别河道的局部河段可见到边滩, 如图 5 中部主河道东侧有一个发育较好的边滩, 这是局部河道段在弯道环流作用下适度侧向摆动的结果, 但是, 与弯曲河流的宽阔而连续的曲流带相比, 它们难以持久侧积增大。这和 Smith 等^[7, 8]所报道的网状河流的河道特征非常相似。单个网状河道的弯曲度变化范围比较大, 大者有如弯曲河流, 如图 5 西北部的主河道; 小者似顺直河流, 如图 5 中部及东南部主河道。这表明河道弯曲度的大小不是鉴别网状河流的有效指标。因此, 一些仅仅根据弯曲度对河流进行分类的方案, 如肖尔茨等^[9]利用河道分形弯曲度的分类, 在区分网状河时难有进展。

北美、澳大利亚以及其他地区的研究结果表明, 网状河流的河道宽深比(B/H)一般小于 40, 其中在湿润气候区的常常小于 $10^{[7, 8, 10-13]}$ 。赣江网状河道的宽深比很小, 如谏下岔附近的一段河道岸壁较陡, 河床纵向比较平坦。据实测资料绘制的河道高程图可知(图 6), 河道最宽不过 40 m, 窄处仅为 30 m, 而河道的深度约为 4 m, 因此, 该段河道的宽深比在 10~ 7.5 之间。图 5 中直线 L 与各网状河道相交处的河道宽深比由西北向东南分别为 16.3、10、38.3、11.7、31.7、21.7。显然, 它们均处于网状河道宽深比 < 40 这一范围之内。

2.2 天然堤

赣江网状河道的天然堤十分发育(如图 6 河道

的左岸), 它们是河道和河道间区的分割带, 有效地阻止了河道的侧向迁移和可能的泛滥机会。在相对不稳固的地段, 洪水期可以发生决口, 有时, 决口后在漫滩上发生冲淤作用而形成新的河道带, 新的河道两边会逐渐形成自己的天然堤, 并与老河道的天然堤相互紧密衔接, 成为整个网状河流的天然堤必不可少的组成部分。因此, 尽管网状河流的天然堤非常稳定, 但它仍然在局部河段偶尔发生决口并不断地进行自我完善。河流的天然堤是河流发展过程中形成的自我约束的实体, 网状河流形成的天然堤对自身的约束能力尤其强, 以致流路窄深的网状河道能够长时期保持相对稳定。

2.3 泛滥平原及河间湿地

象其他网状河流一样, 赣江网状河流体系的泛滥平原或河间湿地也非常发育, 局部已经开发为农场, 如成新农场和朱港农场(见图 5)。这表明农场所在的泛滥平原不会受到河道侧向迁移的影响, 最多也只受到洪季河水泛滥的影响, 即使发生洪泛作用, 也只能是在河间区沉积细粒物质而进一步建设泛滥平原, 这与辫状河流的泛滥平原常常被流水冲刷迁徙的现象不同, 也与弯曲河流曲流带的摆动所造成的局部冲刷、局部展宽的现象相异。

赣江网状河流体系的河道间湿地主要有两类: 沼泽地和小型湖泊(图 4、图 5、图 6), 但以小型湖泊为主。按照 Brinson^[14]的湿地分类方案, 赣江河道

间的沼泽地和小型湖泊均是河流成因,属于河流地貌系统的范畴。

2.4 废弃河道和决口扇

废弃河道是网状河流体系中比较常见的地貌景观,在赣江网状河流体系中也明显可辨,如图 5 中下部的虚线所示就是其中的几条目前可以识别的;左侧中部的牛轭湖是成新农场北部主河道弯段裁弯而形成的废弃河道,其中积水成为牛轭湖。显然,一些早期的废弃河道或者已被泛滥沉积物所填充,或者被人工填平改造成为农田而难以看到。

网状河流的洪泛作用频繁,因此,决口扇是比邻河道的常见地貌单元。赣江网状河流体系中决口扇比较发育,尤其在成新农场南部的一条河道的两侧十分明显(见图 5)。

3 不同沉积相带的粒度特点

赣江网状河流体系的上述地貌单元是在不同的沉积环境下形成的,它们仅仅是沉积物和流水相互作用下沉积物的地面表现,而沉积相及其粒度不

但反映着不同沉积环境的水动力条件,而且极大地影响着他们的抗冲性能,这些特点需要从沉积学方面进行解剖。

3.1 砂质沉积物相

赣江网状河流体系的砂质沉积物相主要是网状河道亚相以及决口扇亚相。

网状河道亚相的粒度相对较粗,中值粒径为 1.5~2.5 ϕ ,在粒度概率分布图上主要呈现二段式(图 7a),个别呈现三段式(图 7b)。图 7a 所示的两个取之于河道沉积物的粒度样品缺乏悬移质,其推移质和跃移质分别约占 25% 和 75%。这表明这些样品沉积时的河道水动力较强,河床底形的推移变动比较强烈,而悬移质难以沉积在河道之中。图 7b 所示的两个河道沉积物的粒度样品,跃移质均占绝对优势,推移质很少,出现一定数量的悬移质。这两个样品反映的河道水动力条件较前者要弱一些,因此,悬移质可以发生适量沉积。这表明网状河道在不同的水位下或不同的部位上河床的水流剪切力是有差异的。

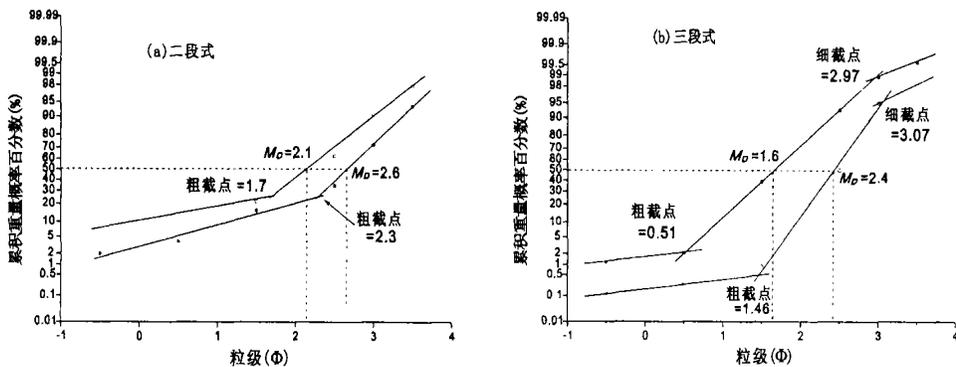


图 7 赣江网状河道亚相的沉积物粒度特征

Fig. 7 Sediment granularity of the anastomosing channel sub-facies of the Ganjiang River

沉积构造主要为槽状交错层理,底部可见冲刷充填构造。含泥砾,是泥质河岸崩塌的产物。由水流的摆动及其所导致的侧积作用而引起网状河流的河道侧向迁移是微不足道的,但网状河流河岸的崩塌作用也可以导致局部河段发生适度迁移。

决口扇亚相是河流冲决围堤后形成的快速沉积砂体,平面上呈扇形,扇根(决口)处厚度大,向扇缘逐渐变薄尖灭,因此纵剖面成为一砂质楔状体。沉积物粒度比河道亚相的略细。跃移组分一般占 50% 以上,分选较好,个别高达 90% 以上(图 8);推移组分 < 2%,悬移组分可达 25% 以上;其中值粒

径在 2.4~3.0 ϕ 之间,一些决口扇前缘的沉积物粒度更细,中值粒径可达 4.3 ϕ 。层理构造少见,可见快速沉积作用引起的滑塌等变形沉积构造。如果冲积扇直接上覆于沼泽或湖泊区松软的泥质沉积物之上,亦会形成重荷模等沉积构造。

决口扇亚相比网状河道亚相具有更高的悬移质组分以及分选较差的原因是:河流决口过程中会冲刷并挟带大量的天然堤泥质沉积物,而在出口后径流发散,动能骤减而发生快速沉积作用,以致沉积物来不及进行充分分选。

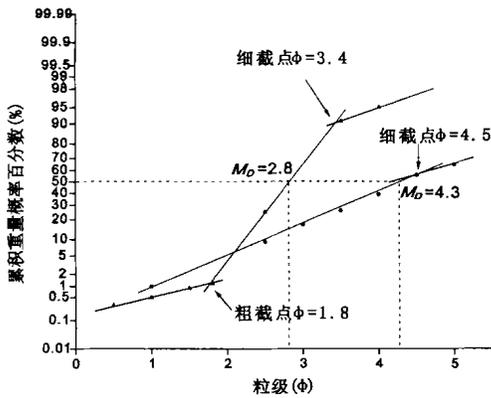


图 8 赣江网状河流决口扇粒度特征
Fig. 8 Sediment granulometry in splay sub-facies
of the Ganjiang River

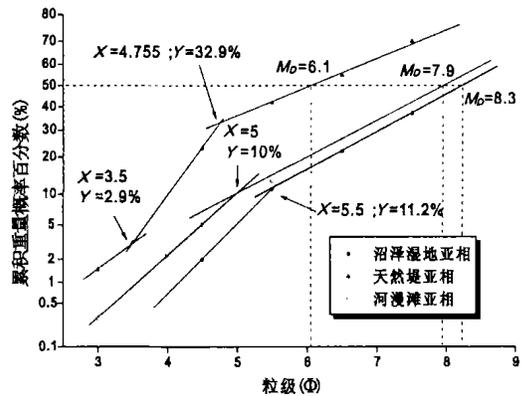


图 9 赣江网状河道间区相带的粒度特征
Fig. 9 Sediment granulometry in inter-channel sub-facies
of the Ganjiang River

3.2 泥质沉积物相

赣江网状河流的泥质沉积物相主要是天然堤亚相、河漫滩亚相和沼泽湿地亚相。天然堤亚相为粘土与粉砂互层的高地势上的沉积体,可见爬升沙纹层理,含植物根系,表层的干裂构造比较发育。河漫滩亚相为青灰色粘土夹薄层粉砂,含植根,内部常见水平层理,表层可见干裂构造。沼泽湿地亚相的上部为粉砂质粘土夹薄层细粉砂,下部为黑灰色淤泥,富含有机质残体,表明决口或溢岸水流不时会到达该区域,并挟带一定量的细粒沉积物,使小型或已死亡的沼泽植物部分被掩埋。

代表性的粒度概率分布特征见图 9。随着与河道距离的增加,悬移质组分的含量由天然堤亚相的 67% 左右增至河漫滩、沼泽湿地亚相的 90% 左右,细截点的粒度也逐渐变小,由天然堤亚相的 $\varphi = 4.8$ 逐渐变为河漫滩亚相的 $\varphi = 5$ 、沼泽湿地亚相的 $\varphi = 5.5$; 中值粒径也明显变小,由天然堤亚相的 $M_D = 6.1$ 变为河漫滩亚相的 $M_D = 7.9$ 和沼泽湿地亚相的 $M_D = 8.3$ 。

此外,牛轭湖也会沉积细粒深色泥质沉积物,但其下部却是活动河道期沉积的浅色粉砂和细砂体,前者具水平层理,后者槽状交错层理发育。整体上为上细下粗的二元结构。

对比图 7、图 8、图 9 可以看出,河道沉积物的中值粒径介于 1.6~ 2.4 φ ,决口扇的为 2.8~ 4.3 φ ,天然堤亚相的为 6.1 φ ,河漫滩亚相的为 7.9 φ ,而沼泽湿地亚相的为 8.3 φ 。显然,由网状河道向河道间洼地,沉积物粒度明显变细,水流动能也显著变小。

4 结 论

赣江下游在入湖三角洲上的多河道体系具备网状河流所必须的基本环境要素,是典型的网状河流体系。尽管它是低含沙河流,但由于河道窄小,加上汛期鄱阳湖水面的抬升,洪水漫滩的频率较高,这导致悬移质能大量输入河间地区。不同相带的构造及粒度特征表明,河间地洪流的动能很小,其湖泊洼地及沼泽区基本属于静水,有利于细粒悬移质发生沉积,使河间地与河道能够协调地等幅地加积升高。多河道是河流内动力与外部环境相互协调过程中通过沉积作用而自发形成的,它没有节点的约束,与分汊河流的演变完全不同。

参考文献:

- [1] 许炯心. 我国游荡河型和江心洲河型的地域分布特征[J]. 科学通报, 1990, 35(6): 439- 442.
- [2] 陈志清, 等. 我国南方某些分汊性河道的初步研究[A]. 中国科学院地理研究所(编). 地理集刊(地貌)(第 16 号)[C]. 北京: 科学出版社, 1985. 4~ 24.
- [3] 金德生, 郭庆伍, 马绍嘉, 等. 长江下游马鞍山河段演变趋势试验研究[A]. 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. 106~ 113.
- [4] Nanson G G, Knighton A D. Anabranching rivers: their cause, character and classification[J]. Earth Surf. Proc. Landforms. 1996, 21: 217- 239.
- [5] 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.
- [6] 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(s1): 79~ 86.
- [7] Smith D G. Anastomosed fluvial deposits: modern examples from

- western canada[A]. In: J. D. Collinson and J. Lewin (eds.). Modern and ancient fluvial systems[C]. Spec. Pubs. Int. Ass. Sediments. Blackwell, London. 1983. 155- 168.
- [8] Smith D G. Anastomosing river deposits, sedimentation rates and basin subsidence, Magdalena River, northwestern Columbia, South America[J]. Sediment. Geol., 1986, 46: 177- 196.
- [9] Snow R S(刘祖荫译). 河道的分形弯曲度[A]. 肖尔茨 C H(编). 地球科学中的分形研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 69- 76.
- [10] Tomgvist T E. Holocene alternation of meandering and anastomosing fluvial systems in the Rhine-Meuse delta (central Netherlands) controlled by sea-level rise and subsolero-dibility[J]. J. Sediment. Petrol., 1993, 63: 683- 693.
- [11] Eberth D A, Miall A D. Stratigraphy, sedimentology and evolution of a vertebratebearing braided to anastomosed fluvial system, Custer Formation (Permian-Pennsylvanian), north-central New Mexico [J]. Sediment. Geol., 1991, 72: 225- 252.
- [12] Rust B R. Sedimentation in an arid-zone anastomosing fluvial system: Cooper's Creek, central Australia[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1981, 51: 745- 755.
- [13] 王随继, 黎劲松, 尹寿鹏. 网状河流的基本特征及其影响因素[J]. 地理科学, 1999, 19(5): 422- 427.
- [14] Brinson M M. A hydrogeomorphic classification for wetlands[A]. U. S. Army Engineers Waterways Experiment Station(Ed). Wetlands research program technical report WRP - DE - R, U. S. Army Engineers Waterways Experiment Station[C]. Vicksburg, MS. 1993.

Study of the Anastomosing Fluvial System on the Delta Plain of the Ganjiang River

WANG Sui-ji

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

Abstract: Many fluvial rivers in southern China are anabranching river pattern and most of them have been studied. But the multiple channel fluvial system on the delta plain of the Ganjiang River differs from the anabranching river pattern. The multiple channel system formed spontaneously. It was not controlled by rocky or man-made nodes whereas the anabranching river was. The multiple channel system belongs to anastomosing fluvial pattern because it has the basic characteristics of anastomosing fluvial pattern in geomorphology and sedimentology such as the small channel width/depth ratio, low channel gradient, cohesive fine grain levees, interchannel wetlands and floodplains, etc. Although the Ganjiang River has low concentration of sediment, its flood plains or interchannel lands have similar sedimentary rate to that of the channels due to the import and aggradation of suspended sediment carrying by the frequent overbank flow during flood periods. The fine grain sediment of the levees that has high cohesive intensity maintains the channel stability.

Key words: Anastomosing river; Geomorphic characteristics; Sedimentary environment; Depositional facies; Ganjiang River