

20世纪80年代以来珠江三角洲网河区河性演变

谢凌峰, 申其国, 徐治中

(广东省交通运输规划研究中心, 广东 广州 510101)

摘要: 针对20世纪80年代以来珠江三角洲网河受大规模采沙影响, 其河道特性发生的显著变化, 基于实测资料, 从网河区河道的河床演变、水沙条件、同流量水位变化、西江和北江分流分沙变化、河槽容积及河道行洪能力等方面分析了珠三角网河区河性的演变情况。结果表明: 20世纪80年代以来, 网河区河床下切严重, 来流量变化不大, 来沙量大幅下降, 同流量下水位下降明显, 思贤滘对西江、北江的分水分沙有所调整, 河槽容积增大, 河道的行洪能力提高。随着规模取沙的减少, 2005年后网河区河道进入新的平衡演变阶段。

关键词: 珠江三角洲; 网河区; 河性演变; 河床演变; 水沙条件; 河道采沙; 河槽容积; 行洪能力
中图分类号: TV147 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7647(2015)04-0010-04

Evolution of river characteristics in river network of Pearl River Delta since 1980s//XIE Lingfeng, SHEN Qiguo, XU Zhizhong (*Guangdong Provincial Transportation Planning and Research Center, Guangzhou 510101, China*)

Abstract: Since 1980s, river characteristics in the river network of the Pearl River Delta in Guangdong Province, China, have significantly changed due to large-scale sand mining. Based on measured data, the recent evolution of river characteristics is analyzed from several aspects, such as riverbed evolution, flow and sediment conditions, variations of water level at equal water discharge, variations of flow and sediment diversion in the Xijiang and Beijiang rivers, the volume of river channel, and flood carrying capacity. The results show that since 1980s the riverbed of the river network has downcut severely, and the volume of coming water has slightly changed, while the volume of coming sediment has dramatically declined. Besides, the water level at equal water discharge has significantly dropped, and the flow and sediment diversion in the Xijiang and Beijiang rivers have been adjusted by river sand mining. Moreover, the flood carrying capacity has improved because the volume of river channel has increased. With the decrease of large-scale sand dredging operations, river evolution in the river network turned into a new equilibrium stage after 2005.

Key words: Pearl River Delta; river network; river characteristics evolution; riverbed evolution; flow and sediment conditions; river sand mining; volume of river channel; flood carrying capacity

珠江三角洲网河是由西江、北江、东江及诸小河流组成的河道密布的三角洲河网, 水域水多沙少^[1]。20世纪80年代以前, 河床以轻微淤积为主, 河势基本稳定; 80—90年代末, 流域内出现大规模的河床采沙活动, 河道转变为以冲刷为主并向窄深方向发展^[2-3]; 2000—2005年, 采沙活动逐步受到控制, 取沙量较之前有所减少, 但由于大洪水的造床作用, 网河区河床演变仍然激烈, 河床继续下切; 2004、2005年后, 珠江三角洲网河区的演变逐渐趋缓, 河道进入新的平衡稳定期^[4]。

20世纪80年代以来, 由于珠江三角洲网河区的水沙条件变化较大, 引起了国内诸多学者的重视与研究。徐海亮^[5]就西、北江三角洲网河区水面线的变异情况进行了初步探讨, 但未就河床演变及其

他水文特征进行分析; 杨清书等^[6]研究了珠江三角洲网河区水位的变化趋势, 但仅局限于水位的研究; 陈晓宏等^[7]就2000年前珠江三角洲网河区域内水文与地貌特征的变异及其成因进行了研究, 但2000年之后的河道演变又有所不同; 欧素英等^[8]对珠江三角洲网河区径流潮流相互作用进行了分析, 但未分析河床演变等河性特征; 李静^[2]研究了珠江三角洲网河区近20年来的河床演变特征, 但未分析水文特征演变情况; 蔡华阳等^[9]分析了西、北江网河来水来沙及分水分沙变化特征, 但局限于水沙条件的分析; 郑国栋等^[10]就珠江三角洲河道地貌变化对网河水情的影响进行了研究, 主要研究了地貌变化对水位壅高的影响; 蒋陈娟等^[11]初步探讨了1957—2003年间珠江三角洲网河水位时空变化及原因, 亦

局限于水位的分析。

以上研究多集中于珠江三角洲网河区的水位或河床等单个水沙特征,未能全面、系统地对流域内的河性变化进行分析,因此,现阶段有必要对网河区河道特性进行综合研究。为了解 20 世纪 80 年代以来大规模河道采沙活动对网河区河性演变的影响程度,本文根据西江、北江与东江主要水文控制站和重要主干河道长系列的实测资料,从河道河床演变、来水来沙、水位变化、汊道分水分沙、河槽容积及河道行洪能力等方面对珠江三角洲网河区河性演变特征进行分析,以揭示河道的河性演变特征。

由于收集的水文、地形等资料的时间、时长不尽一致,故本文各小节研究的时间略有不同,2010 年后的资料仅收集了网河区部分河段的地形测图,其他水文资料暂未收集到。本文主要根据所收集资料情况进行分析,虽然资料时间不统一,但不影响分析的结论。

1 网河区河道河床演变

采用珠江三角洲网河主要河道 1985—2005 年间不同时间测量的河道地形图进行分析,该时段珠江三角洲河道取沙或冲刷的总量达 10 亿 m^3 以上,河床平均下切深度达 1.5 m 以上。表 1 统计了 1990—2005 年间西、北江三角洲主要河段的冲淤量,6 个河段共长 249.76 km,统计的 14 年间共冲刷 7.9535 亿 m^3 ,平均每延米冲刷 3 148 m^3 ,年均每延米冲刷 225 m^3 ,年均冲刷深度至少 0.17 m。

表 1 西、北江三角洲主干水道河床冲刷量统计

河 段	统计时段	冲刷量/ 万 m^3	每延米 冲刷量/ m^3	年均每延 米冲刷量/ m^3	年均 冲刷 深度/m
羚羊峡出口— 思贤濠	1991—2005 年	-8 746.2	-3 277	-234	-0.17
思贤濠—天河	1991—2005 年	-33 775.0	-6 037	-431	-0.31
天河—百顷头	1991—2005 年	-9 023.6	-2 977	-213	-0.21
思贤濠—紫洞口	1990—2004 年	-8 454.0	-3 076	-220	-0.53
紫洞口—火烧头	1990—2004 年	-7 503.7	-1 527	-109	-0.25
天河—火烧头	1991—2005 年	-12 033.0	-1 995	-142	-0.31

另外,东江下游自 20 世纪 70 年代末始,河床普遍加深,特别是 90 年代以来深泓大幅下切,河床的大规模加深先在石龙以下河段开始,逐年向上游推进。2002—2009 年,东江下游航道的深泓平均下降了 2.95 m,平均水深增加了 1.99 m。

表 2 统计了西、北江三角洲主干水道 2004 或 2005 年后的河床冲刷深度,此后河段河床不再大幅下切,年均冲刷深度仅 0.01~0.02 m,且有部分河段略有淤积,但年均淤积厚度很小(最大 0.04 m),说明河床进入新的平衡稳定期。

表 2 西、北江三角洲主干水道河床冲刷深度统计

河 段	统计时段	冲刷	
		深度/m	年均冲刷 深度/m
界首—北凤咀	2011—2013 年	-0.03	-0.01
思贤濠—紫洞口	2005—2012 年	0.20	0.03
紫洞口—大尾角	2005—2012 年	0.27	0.04
紫洞口—濠濠口	2004—2011 年	-0.13	-0.02
甘竹溪水道	2004—2011 年	0.18	0.03

注:“-”表示淤积。

2 来水来沙

西、北江下游在思贤濠相汇,思贤濠就成了两大水系水沙交换的关键通道,网河区河道河床剧烈变化引起的过思贤濠水沙情况的变化直接影响西、北江网河的径流动力及水沙的分配与调整。思贤濠上游的高要、石角的实测资料可分别代表西、北江水沙交换前的水沙情况,对网河区的来水来沙研究极具代表意义。

选取西江、北江、东江干流上的主要控制站高要、石角、博罗三测站为代表测站,统计其近 50 年的年均流量与年均输沙率,分析网河区来流量与来沙量的变化。代表测站来水来沙的年代变化统计如表 3 所示。从 20 世纪 60—70 年代,珠江三角洲来水来沙均处于增长阶段;70—80 年代略为下降,总体较稳定;80 年代以后,来沙量全面下降,在 2000—2008 年的 9 年间,珠江三角洲各站的来水量与多年平均接近或略小,来沙量大幅下降至前期平均水平一半以下。

表 3 代表测站来水来沙年代变化

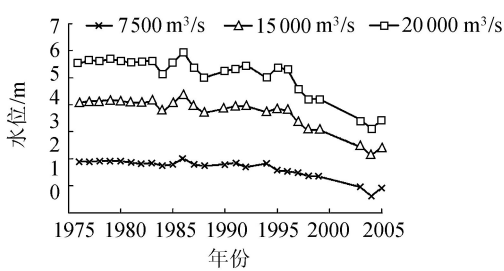
时 间	年均流量/ $(m^3 \cdot s^{-1})$				年均输沙率/ $(kg \cdot s^{-1})$			
	高要	石角	博罗	总计	高要	石角	博罗	总计
20 世纪 60 年代	6 702	1 202	687	8 591	2 131	171	96	2 398
20 世纪 70 年代	7 352	1 439	776	9 567	2 444	194	82	2 720
20 世纪 80 年代	6 412	1 296	782	8 490	2 387	216	81	2 684
20 世纪 90 年代	7 556	1 430	745	9 731	2 165	178	44	2 387
2000—2008 年	6 627	1 337	759	8 723	1 031	127	57	1 215
1960—2008 年平均	6 936	1 341	750	9 027	2 052	178	70	2 300

3 水位变化

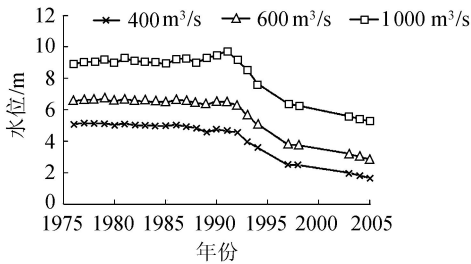
图 1 为思贤濠下游西江马口站、北江三水站以及东江博罗站同流量下的水位变化曲线。由图 1 可知,各测站同流量条件下的水位在 20 世纪 90 年代后明显下降,其中马口站在流量分别为 7 500 m^3/s 、15 000 m^3/s 和 20 000 m^3/s 的情况下,水位分别下降了约 0.8 m、1.7 m 和 2.1 m。

4 分流比与分沙比变化

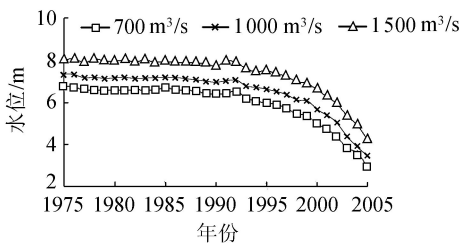
表 4 给出了马口站和三水站 1960—2009 年分流比与分沙比的变化。由表 4 可知:



(a) 西江马口站



(b) 北江三水站



(c) 东江博罗站

图1 同流量下的水位变化

表4 思贤滘节点分流比与分沙比多年平均变化 %

时间	马口站		三水站	
	分流比	分沙比	分流比	分沙比
多年平均	83.6	86.7	16.4	13.3
1960—1980年	86.2	90.2	13.8	9.8
1981—1989年	85.8	85.8	14.2	14.2
1990—1992年	85.2	85.2	14.8	14.8
1993—1998年	76.8	76.8	23.2	23.2
1999—2001年	84.3	84.3	15.7	15.7
2002—2005年	77.2	77.2	22.8	22.8
2006—2009年	79.4	78.9	20.6	21.1

a. 1993年是马口、三水水文站分流比和分沙比变化的一个转折点,1993年之前两站的分流比基本稳定,保持在85.5%和14.5%左右。

b. 1993—1998年马口、三水站的分流比变化明显,三水站分流比增加近1倍,表明西江流入北江的径流量显著增加。这种变化远远超出河道自身调整和上游来水情况变化的范围,其原因是大规模河床采沙首先在北江三角洲主要水道展开,而同时期西江干流采沙量较小,河床下切幅度小于北江,形成横向水位差使得西江增加了经思贤滘注入北江三水站的流量,由此导致分流比急剧变化。

c. 2006—2009年马口、三水站分流比调整为79.4%和20.6%,马口站分流比有所增大,其原因是此段时期内北江网河水道由于沙源减少和政府的

严格监控,采沙规模和河床下切幅度远小于西江。马口、三水水文站分流的变化也引起了西、北江分沙比的变化,由表4可知,分沙比的变化趋势与分流比的变化基本一致。

5 河槽容积变化情况

表5给出了1997—1999年和2005—2006年两个时间段西江、北江干流与东江部分河段0.0 m、2.0 m水位下河道容积的变化情况,2005—2006年各河段河槽容积相对于1997—1999均增加;从西江、北江干流河槽容积的变化可看出,越往上游,容积增幅越大,说明上游河床下切的幅度大于下游;西江干流河槽容积的变化大于北江干流,0.0 m水位下西江干流的容积差与增幅分别为37103.0万 m^3 、28.5%,北江干流分别为4429.5万 m^3 、10.8%。

表5 西江、北江干流与东江部分河段河槽容积变化

河段	所属河流	河槽容积差/万 m^3		河槽容积增幅/%	
		水位 0.0 m	水位 2.0 m	水位 0.0 m	水位 2.0 m
思贤滘—天河	西江干流	24196.4	24754.1	35.0	29.4
天河—百顷头	西江干流	4464.1	4943.9	24.8	21.1
百顷头—竹排沙	西江干流	8442.5	9321.7	19.5	16.4
三水—西樵	北江干流	2868.4	2833.8	28.0	20.7
西樵—三善滘	北江干流	310.3	409.8	2.2	2.3
三善滘—冯马庙	北江干流	1167.0	1416.9	11.0	10.1
沙湾水道	东江	83.8	245.0	1.4	3.1
东莞水道	东江	3725.1	4201.8	35.4	29.1

注:表中水位为珠江基面高程下水位,河槽容积差为2005—2006年与1997—1999年两个时间段的河槽容积差值。

6 河道行洪能力变化的概化分析

河道的行洪能力是指某特定水位下河段的过流能力,是河道防洪特性的重要体现,其计算公式为

$$Q = K\sqrt{I} \quad (1)$$

其中

$$K = \frac{BH^{\frac{5}{3}}}{n}$$

式中: Q 为行洪能力; K 为流量模数; I 为水面比降; n 为糙率; B 为水面宽度; H 为断面平均水深。

20世纪80年代以来,珠江三角洲网河区河道的水面宽度基本没有变化,但断面平均水深有变化:受取沙影响,河道发生纵向下切,平均水深增加,同时也导致水面线发生变化。

现假定河道的水面宽度及糙率不变,将20世纪80年代以来的河床断面变化概化为一个由平均水面宽度和平均水深组成的平均断面,利用行洪能力计算公式,考虑平均水深及水面比降两大因子的变化,估算出东平水道三水站与西江干流马口站9.0 m水位时的河道行洪能力,计算结果见表6。

表6 三水站、马口站9.0 m水位时行洪能力估算

时 间	$K/(m^3 \cdot s^{-1})$		\sqrt{I}		$Q/(m^3 \cdot s^{-1})$		行洪能力增值比/%	
	三水站	马口站	三水站	马口站	三水站	马口站	三水站	马口站
1990年前(起始状态)	1033928	4714900	0.01019	0.00826	10538	38945		
1996年	1346198	5216320	0.00980	0.00816	13193	42565	25.2	9.3
1999年	1647214	5801704	0.00917	0.00785	15105	45543	43.3	16.9
2005年	2060517	7034400	0.00853	0.00785	17573	53321	66.8	36.9

由表6可知,相比于起始状态,水位为9.0 m时,三水站与马口站1996年、1999年、2005年的河道行洪能力变强,且增值比不断加大,说明20世纪80年代以来河道的行洪能力有了较大的提高。

7 结 论

a. 1985—2005年珠江三角洲网河区河床下切严重,平均下切深度达1.5 m以上;2005年后,网河区河床不再大幅下切,河床冲淤进入新的平衡稳定期。

b. 20世纪80年代以后,珠江三角洲来流量变化不大,来沙量全面下降,在2000—2008年的9年间,珠江三角洲各站的来水量与多年平均接近或略小,来沙量大幅下降至前期平均水平一半以下。

c. 马口站、三水站、博罗站在20世纪90年代后水位明显下降。

d. 思贤滘对西江、北江的分流分沙比在1993年前基本稳定,其后有较大调整,至2009年又逐渐趋于新的平衡。

e. 2005—2006年西江、北江干流与东江部分河段河槽容积相对于1997—1999均增大,且越往上游增幅越大。

f. 同水位条件下,20世纪80年代以来东平水道与西江干流的河道行洪能力有了较大的提高。

参考文献:

[1] 李远青. 近20年来珠江三角洲网河区水文要素变化特征分析[J]. 广东水利水电, 2010(8): 54-57. (LI Yuanqing. The hydrological factors evolution analysis of river characteristics in the river network of the Pearl River Delta for recent 2 decades[J]. Guangdong Water Resources and Hydropower, 2010(8): 54-57. (in Chinese))

[2] 李静. 珠江三角洲网河区近20年河床演变特征分析[J]. 水利水电科技进展, 2006, 26(3): 15-20. (LI Jing. Characteristic analysis of fluvial process of river network in Pearl River Delta for recent 2 decades[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2006, 26(3): 15-20. (in Chinese))

[3] 潘玉敏, 李静. 珠江三角洲近二十年来河床演变浅析[J]. 广东水利水电, 2006(增刊1): 62-68. (PAN Yumin, LI Jing. The analysis of riverbed evolution of Pearl River Delta for recent 2 decades[J]. Guangdong Water Resources and Hydropower, 2006(Sup1): 62-68. (in Chinese))

[4] 珠江三角洲现代化航道网建设关键技术研究[R]. 广州: 广东省交通运输规划研究中心, 2013.

[5] 徐海亮. 西、北江三角洲网河区水面线变异初探[J]. 人民珠江, 2000(6): 13-27. (XU Hailiang. On the variation water surface profiles in waterway network area of North River-West River Delta[J]. Pearl River, 2000, (6): 13-27. (in Chinese))

[6] 杨清书, 沈焕庭, 罗宪林, 等. 珠江三角洲网河区水位变化趋势研究[J]. 海洋学报, 2002, 24(2): 30-38. (YANG Qingshu, SHEN Huanting, LUO Xianlin, et al. The secular trend of water level changes in the network channels of the Zhujiang River Delta [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2002, 24(2): 30-38. (in Chinese))

[7] 陈晓宏, 陈永勤. 珠江三角洲网河区水文与地貌特征变异及其成因[J]. 地理学报, 2002, 57(4): 429-436. (CHEN Xiaohong, CHEN Yongqin. Hydrological change and its causes in the river network of the Pearl River Delta [J]. Acta Geographica Sinica, 2002, 57(4): 429-436. (in Chinese))

[8] 欧素英, 杨清书. 珠江三角洲网河区径流潮流相互作用分析[J]. 海洋学报, 2004, 26(1): 125-131. (OU Suying, YANG Qingshu. Interaction of fluctuating river flow with a barotropic tide in river network of the Zhujiang Delta [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 26(1): 125-131. (in Chinese))

[9] 蔡华阳, 杨清书. 西北江网河来水来沙及分水分沙变化特征[J]. 热带地理, 2009, 29(5): 434-439. (CAI Huayang, YANG Qingshu. Characteristics of flow discharge and sediment transport in the West River and North River network [J]. Tropical Geography, 2009, 29(5): 429-436. (in Chinese))

[10] 郑国栋, 顾立忠, 李虎成, 等. 珠江三角洲河道地貌变化对网河水情影响研究[J]. 中国农村水利水电, 2010(7): 33-36. (ZHENG Guodong, GU Lizhong, LI Hucheng, et al. Changes in river geomorphology study of the impact on net water situation of the Pearl River Delta [J]. China Rural Water and Hydropower, 2010(7): 125-131. (in Chinese))

[11] 蒋陈娟, 杨清书, 戴志军, 等. 近几十年来珠江三角洲网河水位时空变化及原因初探[J]. 海洋学报, 2012, 34(1): 46-56. (JIANG Chenjuan, YANG Qingshu, DAI Zhijun, et al. Spatial and temporal characteristics of water level change and its causes in the Zhujiang Delta in recent decade [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2012, 34(1): 46-56. (in Chinese))

(收稿日期: 2014-04-24 编辑: 熊水斌)