

赣江东西河分流比影响因素研究

唐立模^{1,2}, 肖 洋^{1,2}, 周洪都³, 罗建华³, 唐洪武^{1,2}

(1. 水文水资源及水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学 水利水电学院, 江苏 南京 210098; 3. 江西省南昌市水利局, 江西 南昌 300038)

摘要: 赣江在南昌河段首次分汊为东西两河, 东西河分流比特性直接关系到下游河道的稳定和防洪安全. 根据20世纪70年代以来多次实测的东西河分流比资料, 东西河分流特性与流量、水位、两汊道过水条件、汊道比降等诸多因素密切相关. 一般情况下, 西河分流比随流量增大而减小, 自2000年以来, 相同流量下的西河分流比逐年增大. 分流比与水位的相关关系表明: 在相同水位条件下, 2006—2008年的西河分流比较2003年普遍增大8%以上. 2003年以来, 西河口门入流条件和汊道内泄流能力均比东河明显改善和增强, 导致了西河分流比迅速增大.

关 键 词: 赣江南昌河段; 分流比; 流量; 水位

中图分类号: TV143; P332.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-640X(2011)04-0064-05

分汊河段的稳定与其分流特性息息相关, 汊道演变的结果必然会反映到水力要素上来. 一般来说, 流量、水深、水面宽度、过水面积、流速、流向、分流角、汊道糙率、汊道比降等因素均与分流比有关^[1]. 对于不同分汊河段, 分流比的影响因素随具体的河势、边岸及水沙条件等而有所不同. 如徐剑秋等^[2]对荆江藕池口分流比变化的影响因素进行了分析, 认为藕池口分流量减小是糙率、水面宽、水力半径、比降等水力因素在分流洪道与长江干流之间相对变化的结果, 并建立了藕池口分流比与藕池管河、新厂平均水深之比及藕池管河与新厂至监利河段比降之比的相关关系. 兰晓妮等^[3]研究了广东省三门市思贤滘水道的分流影响因素, 得出了水位、流量与分流比之间的关系曲线. 彭玉明等^[4]分析了荆江段河道汊道的分流分沙特性, 探讨了汊道的形成、变化原因, 并提出了汊道分流的简易算法. 此外, 何伟、余新明、姚仕明等^[5-7]分别总结分析了分汊河道的水流运动特性、水沙输移特征及其对河道演变的影响等等. 这些工作均为分汊河段水流特性及分流比影响因素的研究提供了有益的借鉴.

在赣江南昌河段, 东西两河的分流比特性同样与多种因素相关. 陈雄波等^[8]对东西河分流处的河床演变特征进行了分析, 初步考虑了地形变化对分流比的影响; 李福田等^[9]在河演分析的基础上, 探讨了河道整治工程对东西河分流比的影响; 陈界仁等^[10]则研究了断面过水面积和水力比降两个因素对分流比的影响. 本文着重分析了流量、水位、口门入流条件和汊道下泄能力等因素与分流比间的对应关系, 并对今后东西河分流比控制的合理范围进行了初步探讨.

1 赣江东西河分流比特性

1.1 分流比与流量的关系

上游来流量是影响汊道分流的直接因素, 随着流量的变化, 分流段的水深、流速流向、汊道的水面宽度及

收稿日期: 2011-07-15

基金项目: 水利部公益性行业科研专项经费资助项目(200901005); 国家自然科学基金青年项目(50909037); 江西省水利厅科技项目; 高等学校博士学科点专项科研基金新教师课题(200802941028); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2009B08014)

作者简介: 唐立模(1977-), 男, 山东烟台人, 副教授, 主要从事河流动力学及水沙运动机理等方面研究.

E-mail: tanglimo@hhu.edu.cn

过流面积等均会发生改变,从而影响分流特性。

赣江在南昌市分汊为东、西两河(见图1),目前在外洲水文站流量小于 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时,东西河分流点在裘家洲头附近,当外洲流量大于 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时,裘家洲被水流淹没,分流点逐渐下移至扬子洲头。20世纪70年代(1970—1975)南昌市水利部门曾对东西河的分流比进行过测量,经整理后得到东西河分流比与外洲流量关系曲线(见图2),之后直到2000年东西河分流比基本保持稳定,即枯水期东河分流比为40%左右,而洪水期东河分流比为60%左右,为主要泄洪通道。

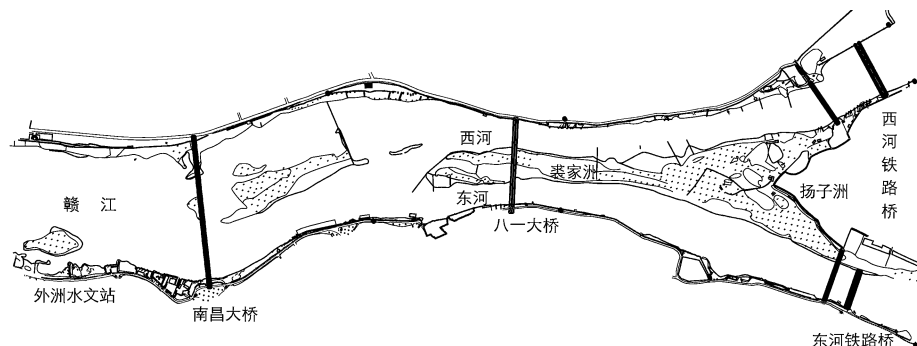


图1 赣江东西河分汊河段

Fig.1 Sketch of Nanchang Reach in Ganjiang River

自2000年以来,赣江干流下游外洲至吴城(西河)河道采砂规模大大超过东河,西河河床下切幅度大,干流往西河的流量增加,导致东、西河分流比发生较大变化。为了解其变化幅度,2006—2008年南昌市相关单位对东西河分流比进行了多次观测,点绘分流比与外洲流量关系(见图2),可以发现,西河分流比在洪、中、枯季条件下均较历史分流比有所增大,而东河分流比明显减小,主要特点为:

(1)外洲站流量为 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上时,东、西河分流比以西河略强,这意味着以往东河为泄洪主通道的局面将可能发生改变,西河下游的防洪压力大为增加;

(2)外洲站流量为 $1\,000\sim 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时,东河流量减少,西河流量增加,西河分流比在60%~89%之间变化,东河分流比在11%~40%之间变化;

(3)外洲站流量小于 $1\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时,随着流量的减少,东河分流减小幅度增大,分流比不足10%,而西河分流比在90%以上。

1.2 分流比与水位的关系

东西河分流比特性的变化,除与流量有关外,应该还与不同水位下的淹没地形有关。近年来,南昌河段的河床发生了大幅下切,水位也随之下降,那么水位与分流比的变化之间是否存在相关关系?比如2007年外洲流量为 $2\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时,相应水位为14.3 m,对照2007年的实测分流比资料,西河分流比在70%左右;同样14.3 m的水位,在2006年时对应的外洲流量大约为 $1\,600\text{ m}^3/\text{s}$,按当年实测分流比资料插值,西河分流比约为70.4%。这表明,在相同的水位条件下,尽管上游来流量有约 $400\text{ m}^3/\text{s}$ 的差异,东西河的分流比仍大致相同。

因此,对2006—2008年实测的分流比资料进行水位-分流比关系分析(图3)。可见,当水位为13~15 m时,西河分流比的变化与水位之间存在相当好的相关关系;超过16 m的实测数据只有2次,故暂未进行曲线

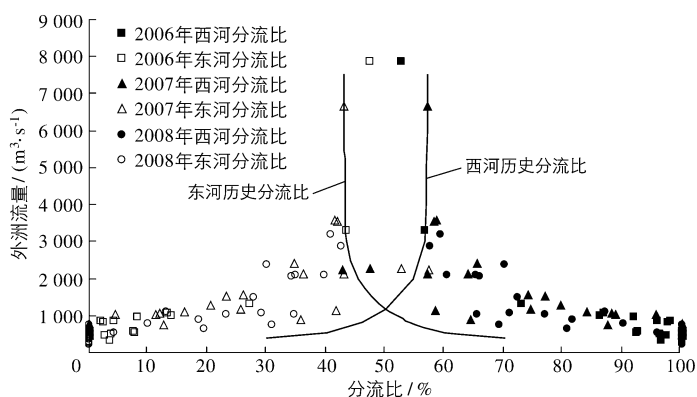


图2 历史及近期东、西河分流比与外洲站流量关系

Fig.2 Relationship between flow diversion ratio and discharge in history and recent years

相关模拟. 实测数据中只有个别点与总体规律不甚相符,主要是 2007 年 6 月 30 日(水位 15.31 m,西河分流 47.27%)和 7 月 1 日(水位 15.11 m,西河分流 42.66%),其流量分别是 2 261 m³/s 和 2 221 m³/s,根据 2007 年水位流量关系,该流量级对应的水位应为 14.6 m 左右,实测水位偏高 0.5~0.7 m,可见当时可能是因为下游水位顶托的缘故导致东西河流量分配出现偏离.

图 3 中还根据 2003 年西河分流比与流量的关系曲线,给出了分流比与水位的相关关系曲线(按 2003 年的外洲水位流量关系确定水位),结果表明:在相同水位条件下,2006—2008 年的西河分流比较 2003 年普遍增大 8% 以上.

1.3 分流比与汉道过水条件的关系

汉道的分流量与其过水能力成正比,因此东西河分流比与两汉汉道的过水面积之间应该存在一定关系. 表 1 给出了 1999—2010 年东西河口门段和下游汉道段在 12~16 m 水位条件下的断面面积变化情况.

从年际变化来看,裘家洲洲头分流段的西河过流面积呈现逐年增大的趋势,在 2003—2006 年间变化较小,但到 2010 年 12 m 水位时的过流面积急剧增加近 1 000 m²;相比之下,东河分流段在各级水位下的过流面积表现为逐年减小,尤其在 2006 年之前缩减明显,2006—2010 年间有小幅变化;西河占总过流面积的比例从 1999 年以来逐年增大,尤其在枯水时期增幅超过 20% (12 m 水位时从 49% 增至 71%),西河过流面积从略占弱势变为绝对占优,到洪水期也有 11% 的增加(16 m 水位时从 54% 增至 65%),这就使得相同流量、水位条件下裘家洲分流段西河口门的入流条件占优.

表 1 1999 年东西河汉道断面面积统计

Tab. 1 Variation of cross section areas in the east and the west branches in recent years

年 份	水 位 / m	裘家洲头分流段汉道断面			赣江铁路桥上游东西河汉道断面		
		西河面积/ m ²	东河面积/ m ²	西河面积比	西河面积/ m ²	东河面积/ m ²	西河面积比
1999	12	1 092.24	1 153.22	0.49	321.18	1 276.91	0.20
	13	1 548.29	1 466.35	0.51	777.40	1 715.93	0.31
	14	2 018.14	1 797.18	0.53	1 256.56	2 185.22	0.37
	15	2 496.23	2 145.06	0.54	1 749.81	2 689.81	0.39
	16	2 988.03	2 509.40	0.54	2 257.79	3 222.22	0.41
2003	12	1 377.38	1 043.32	0.57	226.46	1 156.43	0.16
	13	1 769.68	1 378.59	0.56	686.80	1 533.16	0.31
	14	2 176.12	1 735.50	0.56	1 166.02	1 919.89	0.38
	15	2 597.80	2 108.99	0.55	1 666.69	2 325.82	0.42
	16	3 035.60	2 500.44	0.55	2 183.90	2 756.36	0.44
2006	12	1 372.40	952.59	0.59	756.47	822.92	0.48
	13	1 804.30	1 255.31	0.59	1 107.59	1 154.87	0.49
	14	2 250.28	1 571.57	0.59	1 530.32	1 513.27	0.50
	15	2 709.45	1 900.85	0.59	2 005.47	1 887.38	0.52
	16	3 181.52	2 243.83	0.59	2 496.81	2 276.48	0.52
2010	12	2 311.52	954.37	0.71	2 055.88	1 441.19	0.59
	13	2 775.20	1 257.88	0.69	2 513.26	1 871.99	0.57
	14	3 245.97	1 518.10	0.68	2 986.33	2 311.70	0.56
	15	3 723.75	1 920.69	0.66	3 474.74	2 760.26	0.56
	16	4 208.56	2 275.70	0.65	3 976.25	3 217.19	0.55

东西河分流量除与进口口门的入流条件有关,还与两汉道内的下泄能力有关,表 1 中同时给出了东西河汉道内在赣江铁路桥上游附近断面的过水面积变化情况. 比较可见,在 1999—2003 年间,东西河汉道内的过

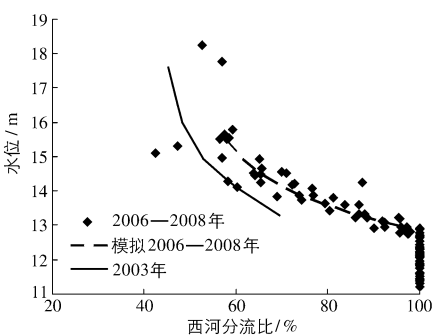


图 3 西河分流比与水位关系

Fig. 3 Relationship between flow diversion ratio of west branch and water level

水面积有小幅缩减,2003—2010年间两汉过流面积迅速增大,且西河的增幅远超东河,12 m水位时西河的泄流面积比由不足20%剧增为59%,16 m水位下也有超过10%的增幅,可见近年来西河汉道内的水流下泄条件同样优于东河,从而导致了西河分流比在各级流量下均呈现增大态势。

1.4 分流比与汉道比降的关系

裘家洲东西河分流比与流量的关系有一个显著的特点:2000年以前枯水期东河分流比为40%左右,到洪水期东河分流比为60%左右,为主要泄洪通道;近年来尽管东河在枯水期分流比急剧下降,但洪水期仍可达到50%左右。这主要是由东西河汉道的水面比降变化引起的。

在枯水期,西河主槽通畅,尽管西河从分流段到湖口的流路长于东河,但沿程水力比降相对较为平均,便于水流下泄;而东河因有吉里万家等浅滩段,局部河段比降很小,根据外洲站和滁槎站的实测逐日平均水位资料,近几年来在12月和1月该河段经常处于零比降状态,导致东河形成断流。随着流量的增大,水深逐渐增加,河床浅滩的影响逐渐降低,东河流路短、总比降大的优势使得其分流比在大流量时迅速增大。

1.5 影响分流比的其他因素

总的来说,东西河分流比的变化是河段水流和地形共同作用下的结果。除上述分析的各因素外,分流段的水流流向、调整分流角的控导工程以及随水深变化的汉道糙率等,都能够改变两汉的入流条件和泄水能力。因此,鉴于影响东西河分流比的因素较多,且目前东西河分流比的观测时段相对较短,现有的观测数据尚不足以全面地反映东西河分流比的变化情况,建议相关部门加强对东西河分流比的观测,在记录流量时同步测量水位、分流段流速流向等数据,以全面了解东西河分流比变化特性,采取切实可行的措施稳定东西河分流比,保证赣江南昌段下游河道的河势稳定。

2 赣江东西河合理分流比的探讨

合理的分流比常常从总体和局部两个方面来考虑:(1)总体考虑:考虑两岸经济发展;两岸港口和工农业生产生活取水,主要是保持分流比,限制其过度变化;考虑防洪安全,由堤防设计标准来确定合适的分流比。(2)局部考虑:局部考虑常常从航运要求、生态要求、环境要求、资源经济等方面来考虑合理的分流比。因此,赣江东西河分流比的合理调控,需要兼顾防洪和通航的要求,同时满足枯水期水位低时生活工业取水、生态保护用水等要求。根据环鄱阳湖航道网规划,赣江西河按Ⅱ级航道规划,东河按Ⅳ级航道规划,航道等级设计时依据的东西河分流比为:枯水期东河20%,西河80%;洪水时东河60%,西河40%。该分流比范围可作为东西河分流调控目标的重要依据。

考虑到鄱阳湖水利枢纽工程即将上马,由于湖控工程的运行功能设计为控枯畅洪,建成后将抬升南昌河段枯水位,并促使东西河的分流特性发生新的变化。因此,东西河合理分流比范围的确定还需结合鄱阳湖控制工程的具体设计标准进行适当调整。此外,因目前东河在枯水期分流量的显著降低,已逐渐影响到下游的水质,故东河的分流量还需要兼顾到沿岸工农业生产生活用水量、生态环境保护需水量等。

3 结 语

根据多次实测的赣江东西河分流比资料,分析了东西河分流特性与流量、水位、两汉道过水条件、汉道比降等诸多因素的相关关系。一般情况下,西河分流比随上游来流量的增大而减小,自2000年以来,相同流量下的西河分流比逐年增大。分流比与水位的相关关系表明:在相同水位条件下,2006—2008年的西河分流比较2003年普遍增大8%以上。2003年以来,西河口门入流条件和汉道内下泄能力均比东河增加明显,导致了西河分流比在各级流量条件下均呈增大趋势。

参 考 文 献:

- [1] 谢鉴衡. 河床演变及整治[M]. 北京:水利水电出版社,1997. (XIE Jian-heng. Fluvial process and regulation[M].

- Beijing: China WaterPower Press, 1997. (in Chinese))
- [2] 徐剑秋, 毛北平, 梅军亚. 荆江藕池口分流比变化影响因素关联度分析[J]. 人民长江, 2006, 37(12): 120-122. (XU Jian-qiu, MAO Bei-ping, MEI Jun-ya. Analysis of the factors affecting flow diversion ratio in Ouchikou reach of Jingjiang River [J]. Yangtze River, 2006, 37(12): 120-122. (in Chinese))
- [3] 兰晓妮, 王峰. 广东省三水市思贤滘水道分流影响因素分析[J]. 吉林水利, 2011(3): 26-30. (LAN Xiao-ni, WANG Feng. Analysis of the factors affecting diversion flow in Sanshui City, Guangdong Province [J]. Jilin Water Resources, 2011(3): 26-30. (in Chinese))
- [4] 彭玉明, 阳立群, 杨晓刚. 荆江汉道分流分沙变化及特性分析[J]. 人民长江, 2008, 39(14): 62-64. (PENG Yu-ming, YANG Li-qun, YANG Xiao-gang. Analysis of flow and sediment diversion characteristics in Jingjiang Reach [J]. Yangtze River, 2008, 39(14): 62-64. (in Chinese))
- [5] 何伟, 陈静, 谈永锋. 分汊河道的水流运动特性研究进展[J]. 水电站设计, 2008, 24(2): 83-85. (HE Wei, CHEN Jing, TAN Yong-feng. Research review on the characteristics of water flow motion in braided river [J]. Design of Hydropower Station, 2008, 24(2): 83-85. (in Chinese))
- [6] 余新明, 谈广鸣, 张悦, 等. 分汊河道水沙输移特征试验[J]. 武汉大学学报(工学版), 2007, 40(4): 9-12. (YU Xin-ming, TAN Guang-ming, ZHANG Yue, et al. Experiment on transportation characteristics of flow and sediment in distributaries channel [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2007, 40(4): 9-12. (in Chinese))
- [7] 姚仕明, 余文畴, 董耀华. 分汊河道水沙运动特性及其对河道演变的影响[J]. 长江科学院院报, 2003, 20(1): 7-16. (YAO Shi-ming, YU Wen-chou, DONG Yao-hua. Characteristics of water flow and sediment motion in braided river and their effects on fluvial evolution [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2003, 20(1): 7-16. (in Chinese))
- [8] 陈雄波, 唐洪武, 林军. 赣江南昌段东西河分流处河床演变与航道整治[J]. 人民长江, 2002, 33(4): 10-12. (CHEN Xiong-bo, TANG Hong-wu, LIN Jun. Fluvial process and navigation channel regulation at the distributary estuary in Nanchang Reach of Ganjiang River [J]. Yangtze River, 2002, 33(4): 10-12. (in Chinese))
- [9] 李福田. 赣江下游多支汊河道整治工程对分流比的影响[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 1990, 18(5): 85-92. (LI Fu-tian. Effect of river regulating works downstream of Ganjiang River on braided discharge ratio [J]. Journal of Hohai University (Natural Science), 1990, 18(5): 85-92. (in Chinese))
- [10] 陈界仁, 张婧, 罗春, 等. 赣江下游东西河分流比变化分析[J]. 人民长江, 2010, 41(6): 40-42. (CHEN Jie-ren, ZHANG Jing, LUO Chun, et al. Analysis on diversion ratio for downstream of Ganjiang River [J]. Yangtze River, 2010, 41(6): 40-42. (in Chinese))

Research on the effect factors of flow diversion ratio in Ganjiang River

TANG Li-mo^{1,2}, XIAO Yang^{1,2}, ZHOU Hong-du³, LUO Jian-hua³, TANG Hong-wu^{1,2}

- (1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing 210098, China ;
2. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China ;
3. Nanchang Municipal Water Resources Bureau of Jiangxi Province, Nanchang 330038, China)

Abstract: Ganjiang River divides into two branches in Nanchang Reach, and the flow diversion ratios of the east and the west branches relate directly to the stabilization and safety of downstream river channel. An analysis of the measured field data shows that, the flow diversion ratio is related to many factors such as discharge, water level, wet area, and hydraulic gradient. In general, the flow diversion ratio of the west branch decreased with the increase in discharge, and the ratio value under the same discharge augmented year by year since 2000. The correlation curves between flow diversion ratio and water level show that, the flow diversion ratio of the west branch from 2006 to 2008 increased by 8% as compared with the value in 2003 under the same water level. The infall condition and flow away capacity of the west branch improved much more than that of the east branch since 2003, which made the diversion ratio of the west branch increase rapidly.

Key words: Nanchang Reach in Ganjiang River; flow diversion ratio; discharge; water level