

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2014.03.005

长江小黄洲演变对下游汉道分流特性的影响

徐锡荣¹, 钟 凯¹, 白金霞²

(1. 河海大学水利水电学院, 江苏 南京 210098; 2. 湖北水利水电职业技术学院, 湖北 武汉 430070)

摘要: 在长江小黄洲汉道水流特性和河床演变特点分析的基础上, 结合二维水流数学模型计算成果进行小黄洲演变对下游新济洲汉道段影响研究。结果表明: 小黄洲汉道的演变对下游新济洲汉道段的水流特性有明显影响, 在现状河道条件下, 若小黄洲左汉衰退, 可导致新生洲、新济洲左汉衰退, 新潜洲左汉发展; 若小黄洲左汉进一步发展, 可导致新生洲、新济洲左汉发展, 但对新潜洲左汉影响较小。

关键词: 长江小黄洲; 河床演变; 分流特性; 数学模型

中图分类号: TV12 文献标志码: A 文章编号: 1000-1980(2014)03-0211-06

Influence of evolution of Xiaohuangzhou bifurcated reach on flow-dividing characteristics of downstream bifurcated reaches of Yangtze River

XU Xirong¹, ZHONG Kai¹, BAI Jinxia²

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. Hubei Water Resources Technical College, Wuhan 430070, China)

Abstract: Based on analysis of the flow-dividing characteristics and riverbed evolution of the Xiaohuangzhou bifurcated reach of the Yangtze River, the influence of the evolution of the Xiaohuangzhou bifurcated reach on the Xinjizhou bifurcated reach downstream of the Yangtze River was studied using a mathematical model. According to the results, the evolution of the Xiaohuangzhou bifurcated reach has a significant influence on the flow-dividing characteristics of the downstream Xinjizhou bifurcated reach. In the current situation, the recession of the left branch of the Xiaohuangzhou bifurcated reach will lead to the recession of the left branches of the Xinshengzhou and Xinjizhou bifurcated reaches and development of the left branch of the Xinqianzhou reach, while development of the left branch of the Xiaohuangzhou bifurcated reach will lead to development of the left branches of the Xinshengzhou and Xinjizhou bifurcated reaches and a small change in the left branch of the Xinqianzhou bifurcated reach.

Key words: Xiaohuangzhou bifurcated reach of Yangtze River; riverbed revolution; flow-dividing characteristics; mathematical model

长江小黄洲位于长江中下游的安徽省马鞍山市境内,与江苏省南京市交界,是连接长江马鞍山河段与长江南京河段的重要汉道。小黄洲汉道段上接马鞍山河段的江心洲与何家洲,下接南京河段的新济洲汉道段。南京新济洲汉道段分布有新生洲、新济洲、新沙洲、子母洲、新潜洲等河道,属于典型的多汉河道,水流条件复杂(图1)。

从古至今,受上游马鞍山河段及其他因素的影响,长江小黄洲汉道河势一直处在变化之中。由于小黄洲是长江河道重要的节点和控制汉道之一,受小黄洲汉道河势变化的影响,其下游新济洲河段的河势也变化剧烈,给新济洲河段的稳定治理带来了不确定因素。随着南京城市区域的发展,长江南京河段岸线的开发利用已从下游往上游、从江南往江北推进。对于长江南京河段上游的新济洲河段而言,南岸正着手开发铜井段岸线,而北岸下段的10 km多岸线规划为船舶工业园区,并已开始实施。沿江两岸经济发展迫切需要稳定目前

收稿日期: 2013-03-29

作者简介: 徐锡荣(1961—),男,江苏丹徒人,高级工程师,博士,主要从事水力学及河道治理研究。E-mail: xuxirong@sina.com

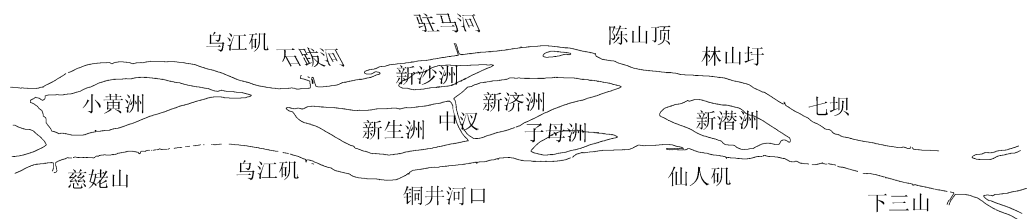


图1 长江小黄洲汉道分布

Fig. 1 Distribution of Xiaohuangzhou bifurcated reach of Yangtze River

的新济洲汉道段河势,为沿江经济发展提供保证。综上所述,进行小黄洲演变对下游南京新济洲汉道段影响研究具有重要意义^[1-2]。本文通过建立二维水流数学模型来研究小黄洲演变对下游新济洲汉道分流特性的影响。

1 小黄洲水流特性分析

河道形态是水沙与河床相互作用的反映,水流冲刷河床,河床约束水流,两者相互制约,相互依存^[3]。对于汉道河流,汉道分流比是汉道演变的直接反映。受汉道河势影响,小黄洲左、右汉分流一直处在变化之中。资料显示^[4],近几十年来小黄洲汉道水流变化大体经历了以下几个时段:(a)1959—1973年,小黄洲洲头及右缘的岸线尚未稳定,随着洲头的后退,左汉也处于衰退之中,左汉分流比逐年减小(表1),右汉分流比逐年增加,其中,洪、枯水分流比分别从16.0%、9.6%左右减小至6.4%、2.0%左右。

1959年7月高水左汉分流比在13.0%左右;到1973年6月高水左汉分流比在7.1%,12月低水左汉分流比为2.2%。在此期间,右汉分流比逐年增大,表明右汉发展左汉衰退。(b)20世纪80年代后,小黄洲洲头岸线稳定后,左汉分流比逐年增加,特别是1983年长江大洪水后,左汉分流比急剧增加,至1988年5月,左汉分流比已达23.1%,这一时期是左汉的发展期。1998年9月左汉分流比为23.6%,并逐年缓慢增加,至2008年5月,左汉分流比达26.1%。

图2为小黄洲左汉汛期与枯水期分流比历年变化图。从图2可以看出,虽然小黄洲左汉分流比处在2%~30%之间,但是一般汛期在7%~30%之间变化,枯水期在2%~20%之间变化,枯水期分流比小于洪水期分流比。分析表明,近几十年来,无论是枯水期还是汛期,小黄洲左汉分流经历了从减小到增大再到趋于平稳的变化过程^[5]。

表1 小黄洲左汉分流比历年变化

Table 1 Yearly flow diversion ratio of left branch of Xiaohuangzhou bifurcated reach

时间	分流比/%	时间	分流比/%	时间	分流比/%
1959-07	13.0	1974-07	7.6	1984-12	19.8
1960-06	9.6	1976-08	6.8	1985-04	20.8
1962-03	4.7	1977-07	10.1	1985-11	18.1
1962-07	16.0	1977-12	5.2	1986-05	19.4
1964-11	10.6	1978-11	8.9	1988-05	23.1
1967-09	9.8	1979-07	8.7	1988-08	21.9
1970-08	9.2	1979-12	4.2	1991-05	20.2
1970-10	6.4	1980-09	12.5	1995-12	17.5
1971-11	2.6	1981-05	13.0	1998-09	23.6
1972-11	4.0	1982-08	14.6	2003-05	25.7
1973-06	7.1	1983-05	14.7	2008-02	20.9
1973-12	2.2	1984-06	23.4	2008-08	26.1

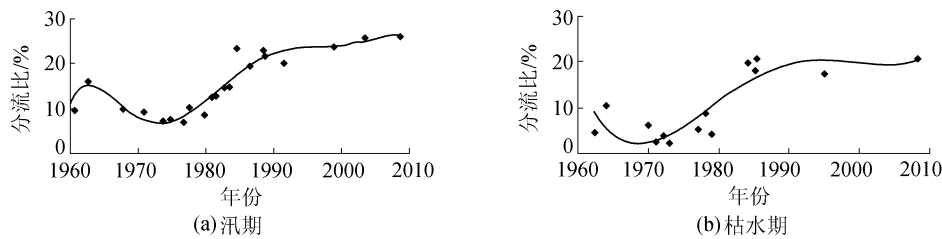


图2 小黄洲左汉分流比历年变化

Fig. 2 Yearly flow diversion ratio of left branch of Xiaohuangzhou bifurcated reach during dry and flood seasons

2 小黄洲演变特性分析

历史上小黄洲所处的马鞍山河段水域宽广,江面辽阔,有许多大大小小的沙洲(图 3),经河道变迁,到 20 世纪 50 年代该河段大小沙洲合并为江心洲和小黄洲 2 个洲。1865 年,马鞍山河段的分汉形势已经形成;1933 年,江心洲右汉进口段大,小泰兴洲淤长上伸,江心洲左汉则因左岸崩退而展宽。黄洲边滩淤展下延,渐趋并岸,在该边滩上游又出现黄洲新滩,靠右岸采石边滩下游淤积了一个小新洲。到 1946 年,黄洲老滩与左岸并接,黄洲新滩则继续淤长,其后经过围垦,成为小黄洲^[6]。进入 20 世纪 50 年代,恒兴洲一带江岸崩退,小黄洲洲头由新河口冲刷下移到金河口稍上。近几十年来,小黄洲右汉一直保持主汉地位,其主要演变特征表现为小黄洲洲头及左、右缘的强烈崩退,同时,右缘深槽随着大黄洲的崩退和小黄洲洲尾的向下淤展而同步下移。小黄洲左汉是支汉,其主要演变特征是:1959—1973 年呈衰退期,分流比减少,河床抬高,断面特征值呈减小趋势,左汉淤积;1973—1986 年为快速发展期,分流比从 6.8% 增大到 19.4%,深槽扩大、刷深,断面特征值及河长增大;1986 年后呈相对平稳期,分流比持续在 20% 左右;1998 年大水,随着大黄洲江岸岸线的崩退,洲尾仍有所下延,左汉略趋发展。因此,从近几十年来的演变看,小黄洲右汉保持主汉地位,左汉保持支汉地位,目前变化幅度趋于减小^[7]。

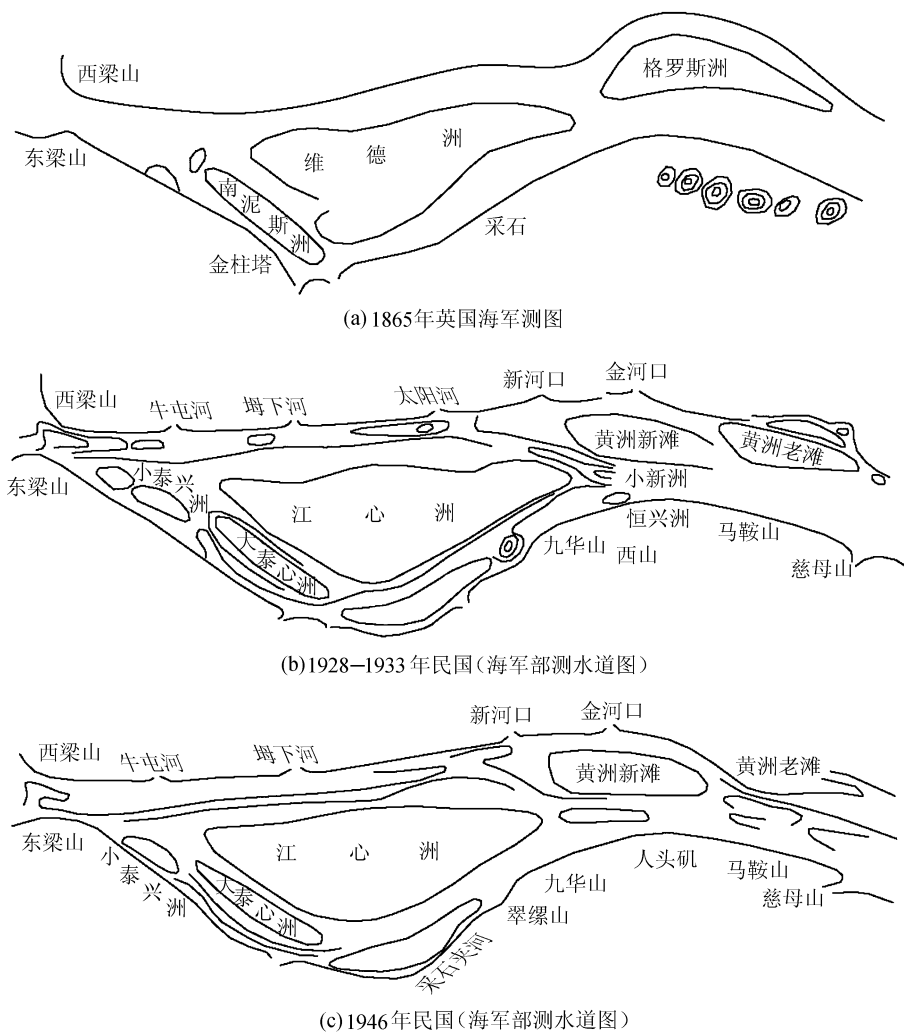


图 3 小黄洲汉道演变
Fig. 3 Evolution of Xiaohuangzhou bifurcated reach

3 小黄洲演变对下游汉道影响

总体来看,小黄洲汉道河势一直处在变化之中,1999 年以后大黄洲江岸实施隐蔽工程和护岸整治工程,

有效地遏制了大黄洲江岸的崩退,目前小黄洲汉道段河势相对稳定,但是也存在着一些问题^[8-9],主要表现在:(a)小黄洲汉道两岸在洪水期经常发生崩岸和险工,威胁沿岸工矿企业安全;(b)近期小黄洲左汉仍呈现小幅变化,严重影响左岸下游新济洲汉道河势的稳定,对沿岸码头和取水口造成危害;(c)右汉逐渐发展,主流摆动,滩槽下移,极易导致下游七坝顶冲点上提,加大林山圩至七坝岸线的防洪压力,威胁下游汉道河势的稳定^[10]。鉴于小黄洲汉道河势变化可能直接影响下游新济洲汉道段左右岸的稳定,本文结合二维水流数学模型计算结果,进行小黄洲汉道演变对下游新济洲汉道段分流影响研究。

3.1 数学模型的建立

考虑模拟河段的河型特点,本文采用 Delft-3D 软件建立数学模型。上入口边界选取为小黄洲左右两汉,下出口边界选为研究河段的末端。结合模型的实际情况,二维水流计算的时间步长选为 1 min,枯水平均糙率为 0.025,洪水平均糙率为 0.022。经过验证试验表明,该模型可以满足水位、流速、汉道分流等方面的模拟需要。对天然河道河床特性及河槽基本尺寸起支配作用的是造床流量,结合小黄洲汉道河段的实测资料,取造床流量为 45 000 m³/s。模型试验选取造床流量下的 3 个计算方案:(a)现状河道水流特性;(b)小黄洲衰退对下游汉道的影响;(c)小黄洲左汉发展对下游汉道的影响。通过 3 个计算方案分析小黄洲的演变对下游汉道分流特性的影响。

3.2 小黄洲及其下游汉道水流关系

小黄洲下游新济洲河段包括新生洲、新济洲、新沙洲、子母洲、新潜洲等汉道,其中,新生洲从 20 世纪 90 年代前一直保持左汉为主汉演变为目前以右汉为主汉,左汉分流比从 60% 多一直减小到现在的 30% 多,变化范围在 35% ~ 70% 之间。新济洲左右汉兴衰变化趋势和新生洲一致,但新济洲和新生洲之间有一中汉,部分水流由新生洲左汉流向新济洲右汉,中汉的兴衰对于新济洲左右汉分流比有一定的影响,历年来的新济洲左汉的分流比由 55% 左右降为 30%。新潜洲的左汉一直为主汉,分流比在不断的小幅度增加,从 68% 增大为 80% 左右。在现状河道水流条件下的造床流量各汉道分流比模型计算成果见表 2。

由表 2 可见,在现状河道条件下,新生洲左汉的分流比为 39.05%,而小黄洲左汉的分流比为 26.74%,所以,新生洲左汉 12.31% 的水流来自小黄洲右汉;新生洲左汉分流比为 39.05%,新济洲左汉分流比为 35.55%,新生洲与新济洲之间有个中汉,可见有 3.50% 的水流从新生洲左汉经中汉流向新生洲右汉,剩余 35.55% 的水流流向下游新济洲左汉;由新潜洲左汉 78.52% 的分流比可知有 42.96% 的水流是由新济洲右汉流向新潜洲左汉的。

从汉道分流看,小黄洲左汉的水流全部流向下游新生洲,而小黄洲右汉的水流分为两部分:一部分流向新生洲左汉,一部分流向新生洲右汉;新生洲左汉水流大部分流向下游的新济洲左汉,小部分通过中汉流向新济洲右汉;新潜洲左汉的水流来自新济洲左汉的全部水流和新济洲右汉的部分水流。因此,小黄洲左右汉分流比的变化直接影响下游各汉道的分流变化。

3.3 小黄洲汉道演变影响

根据河流动力学理论,冲积河流在其自调整过程中,河道有与之相匹配的水流条件和与河道状态相适应的输沙条件,如果上游水流条件发生变化,下游河床将为适应上游水流条件的变化而演变^[5]。因此,汉道分流变化是汉道演变的直接表现。为研究小黄洲汉道演变对下游汉道的影响,本文在现状河道的基础上,分别模拟小黄洲左右汉发生衰退、发展引起分流比变化导致对下游汉道的影响情况^[11-13]。表 3 为小黄洲左汉发生衰退、导致分流比减小至 15.00% 的计算结果。

由表 3 分析表明,在小黄洲左汉分流比减

表 2 造床流量下现状河道各汉道分流比
Table 2 Flow diversion ratios of current river reaches with channel-forming discharge

河段名称	左汉分流比/%	右汉分流比/%
小黄洲	26.74	73.26
新生洲	39.05	60.95
新济洲	35.55	64.45
新潜洲	78.52	21.48

表 3 小黄洲左汉衰退前后各汉道分流比对比
Table 3 Comparison of flow diversion ratios of reaches before and after recession of left branch of Xiaohuangzhou bifurcated reach

汉道	衰退前 分流比/%	衰退后 分流比/%	变化 分流比/%
小黄洲左汉	26.74	15.00	-11.74
新生洲左汉	39.05	34.69	-4.36
新济洲左汉	35.55	33.07	-2.48
新潜洲左汉	78.52	82.68	4.16

小至 15.00% 条件下,由小黄洲右汉流向新生洲左汉的分流比为 19.69%,与衰退后的分流比相比增大 7.38%。可见由小黄洲右汉流向新生洲左汉的水流增大的幅度小于小黄洲左汉分流比减小的幅度,因此,引起新生洲左汉分流比的减小。当小黄洲左汉分流比减小至 15.00% 时,中汉的分流比为 1.62%,对比衰退前分流比为 3.50%,中汉分流比明显减小。另外,由于新济洲右汉流向新潜洲左汉的分流比为 49.61%,对比衰退前的 42.97% 增大了 6.64%,可见由新济洲右汉流向新潜洲左汉的水流增大幅度大于新济洲左汉分流比减小的幅度,因此,引起新潜洲左汉分流比的增大。

通过上述分析可知,若小黄洲左汉衰退,由小黄洲右汉流向新生洲左汉的流量增大,但增大的幅度小于小黄洲左汉衰退的幅度,会影响小黄洲洲尾与新生洲洲头的演变,新生洲、新济洲左汉依然会随着小黄洲左汉的衰退而衰退;随着新生洲左汉的衰退,中汉也有所衰退;此外,随着小黄洲左汉的衰退,由新济洲右汉流向新潜洲左汉的流量也在增大,其增大的幅度大于新济洲左汉衰退的幅度,所以小黄洲左汉不仅影响新济洲洲尾与新潜洲洲头的演变,还使新潜洲左汉有所发展。

表 4 为小黄洲左汉发生发展、导致分流比增大至 30.00% 的计算结果。

由表 4 分析表明,在小黄洲左汉分流比增大至 30.00% 条件下,由小黄洲右汉流向新生洲左汉的分流比为 9.61%,与左汉发展后的分流比相比减小 2.70%。可见由小黄洲右汉流向新生洲左汉的水流减小的幅度小于小黄洲左汉分流比增大的幅度,因此,引起新生洲左汉分流比的增大。当小黄洲左汉分流比发展至 30.00% 时,中汉的分流比为 3.59%,对比衰退前分流比 3.50%,中汉分流比稍有增大。同样,由于新济洲右汉流向新潜洲左汉的分流比为 42.53%,对比衰退前的 42.97% 减小了 0.44%,可见由新济洲右汉流向新潜洲左汉的水流的减小幅度与新济洲左汉分流比减小的幅度相差较小,新潜洲左汉分流比变化不大。

因此,若小黄洲左汉发展,可导致新生洲、新济洲左汉发展;随着新生洲左汉的发展,中汉分流增大,中汉也有所发展;此外,随着小黄洲左汉的发展,由新济洲右汉流向新潜洲左汉的流量有所减小,新济洲洲尾与新潜洲洲头之间河床会有所发展,但是,对新潜洲左汉影响不大。

4 结 语

长江小黄洲汉道历来多变,受小黄洲汉道河势变化的影响,其下游新济洲河段的河势也随之变化,给新济洲河段的稳定治理增添了不确定因素。采用二维水流数学模型进行小黄洲演变对下游汉道分流特性影响模拟,结果表明,现状河道条件下,小黄洲汉道无论发生衰退还是发展,仍会对下游新济洲河段各汉道产生影响,因此,小黄洲汉道的稳定是进行下游新济洲河段治理的基础。

参考文献:

[1] 徐锡荣,臧英平. 长江新济洲汉道演变与整治[J]. 河海大学学报:自然科学版,2010,38(4):373-377. (XU Xirong,ZANG Yingping. Fluvial process and regulation of Xinjizhou branched channel on Yangtze River[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences,2010,38(4):373-377. (in Chinese))

[2] 周君亮. 长江下游河道中徐六泾节点的整治[J]. 江苏水利,2007(8):5-6. (ZHOU Junliang. Regulation for Xuliujing joint in the lower reaches of Yangtze River[J]. Jiangsu Water Resources,2007(8):5-6. (in Chinese))

[3] 姚文艺,杨邦柱. 黄河下游游荡河床演变对河道整治的相应[J]. 水科学进展,2004,15(3):324-329. (YAO Wenyi,YANG Bangzhu. River bed changes in response to the river regulation at the wandering-braided reach of the lower Yellow River[J]. Advance in Water Science,2004,15(3):324-329. (in Chinese))

[4] 陈宝冲. 长江南京河段河床的演变与整治[J]. 地理学与国土研究,1988,4(3):31-36. (CHEN Baochong. The river evolution and regulation of Nanjing Reach in the Yangtze River[J]. Geography and Geo-Information Science,1988,4(3):31-36. (in Chinese))

表 4 小黄洲左汉发展前后各汉道分流比对比
Table 4 Comparison of flow diversion ratios of reaches before and after development of left branch of Xiaohuangzhou bifurcated reach

汉道	发展前 分流比/%	发展后 分流比/%	变化 分流比/%
小黄洲左汉	26.74	30.00	3.26
新生洲左汉	39.05	39.61	0.56
新济洲左汉	35.55	36.02	0.47
新潜洲左汉	78.52	78.55	0.03

[5] 张子龙,臧英平. 南京八卦洲汉道河道整治工程措施分析[J]. 人民长江,2003,34(7):30-32. (ZHANG Zilong,ZANG Yingping. Analysis and study on regulation measures of Baguazhou bifurcated river channel[J]. Yangtze River,2003,34(7):30-32. (in Chinese))

[6] 尤联元. 分汊型河床的形成与演变-以长江中下游为例[J]. 地理研究,1984,3(4):12-24. (YOU Lianyuan. A study on the formation and evolution of braided channel with stable island-taking the middle and lower reaches of the Yangtze River as an example[J]. Geographical Research,1984,3(4):12-24. (in Chinese))

[7] 陈国祥,刘开平. 长江南京八卦洲汉道的演变与整治[J]. 河海大学学报:自然科学版,1999,27(3):63-66. (CHEN Guoxiang,LIU Kaiping. Fluvial process and training of Nanjing Baguazhou reach of the Yangtze River[J]. Journal of Hohai University:Natural Sciences,1999,27(3):63-66. (in Chinese))

[8] 潘庆桑. 长江中下游河道近 50 年变迁研究[J]. 长江科学院院报,2001,18(5):20-21. (PAN Qingshen. Study on evolution of middle and lower resches of Yangtze River in recent fifty years[J]. Jounnal of Yangtze River Scientific Research Institute,2001,18(5):20-21. (in Chinese))

[9] 余文畴,卢金友. 长江中下游河道整治和护岸工程实践与展望[J]. 人民长江,2002,33(8):15-17. (YU Wenchou,LU Jinyou. Practice in river regulation and bank revetment works of middle and lower stream of Yangtze River and prospect[J]. Yangtze River,2002,33(8):15-17. (in Chineses))

[10] 潘庆桑,胡向阳. 长江中下游分汊河阶段的整治[J]. 长江科学院院报,2005,22(3):13-16. (PAN Qingshen,HU Xiangyang. Bifurcated channel stretches regulation in middle and lower Yangtze River[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute,2005,22(3):13-16. (in Chinese))

[11] 姚仕明,张超,王龙,等. 分汊河道水流运动特性研究[J]. 水力发电学报,2006,25(3):49-52. (YAO Shiming,ZHANG Chao,WANG Long,et al. Study on the characteristics of flow movement in branching river[J]. Journal of Hydroelectric Engineering,2006,25(3):49-52. (in Chinese))

[12] 卢祥兴,韩曾萃. 钱塘江尖山河段北岸治江工程对环境影响分析[J]. 水科学进展,2002,13(5):552-556. (LU Xiangxing,HAN Zengcui. Effect of regulation project along north bank of Jianshan bend in Qiantang Estuary on ecvironment[J]. Advances in Water Science,2002,13(5):552-556. (in Chinese))

[13] 张兰丁. 响水涧抽水蓄能电站上、下库进(出)水口分流特性研究[J]. 水利水电科技进展,2010,30(6):48-52. (ZHANG Landing. Flow-dividing characterisetics of intakes/outlets in upper and lower reservoirs of Xiangshuijian Pumped Storage Station [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2010,30(6):48-52. (in Chinese))

· 简讯 ·

2014 中国国际软岩理论与技术研讨会将在北京召开

为了促进国内外专家、学者在软岩理论和技术方面的交流与合作,将我国软岩工程领域的新理论、新技术和新方法展现给全世界,同时凝聚国际学术新观点和研究力量,共同推动软岩工程技术进步,由国际岩石力学学会软岩专业委员会、中国岩石力学与工程学会、中国矿业大学(北京、徐州)主办,中国岩石力学与工程学会软岩工程与深部灾害控制分会、深部岩土力学与地下工程国家重点实验室、Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 等承办的“2014 中国国际软岩理论与技术研讨会”将于 2014 年 6 月 6—7 日在北京召开。

会议议题包括:软岩的定义和分类;软岩的物理、力学特性;软岩巷道变形力学机制与控制技术;软岩边坡稳定性分析、监测与控制技术;软岩工程设计方法。

(本刊编辑部供稿)