

# 长江口南支下段扁担沙护滩工程整治效果分析

吴焱

(上海勘测设计研究院, 上海 200434)

**摘要:** 长江口南支下段暗沙罗列、洲滩变迁, 是长江口河势变化最为频繁、也最为复杂的河段。采用mike21平面二维水流、泥沙数学模型, 对该河段自然状态下以及实施扁担沙护滩工程情况下水动力条件、河床冲淤变化进行模拟, 为该河段河势演变以及河势控制工程的研究提供一定的参考。

**关键词:** 长江口; 南支下段; 平面二维泥沙模型; 河势控制; 扁担沙护滩工程

中图分类号: TV 14

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)11-0145-06

## Regulation effect of Biandansha protecting-shoal project in lower section of south branch in the Yangtze estuary

WU Yan

(Shanghai Investigation, Design & Research Institute, Shanghai 200434, China)

**Abstract:** The lower section of the south branch, where many active shoals distribute, is the reach with the most frequent and most complicated river regime evolvement in the Yangtze estuary. The paper presents the process and outcome of the 2D numerical simulation about the hydrodynamic condition and the riverbed's evolvement under the natural condition and the condition of implementing Biandansha shoal protection project, which may serve as reference for the research of south-branch's river regime evolvement and controlling project.

**Key words:** the Yangtze estuary; lower section of the south branch; 2D model of sediment transport; river regime controlling; Biandansha shoal protection project

长江口南支河段上起徐六泾, 下至吴淞口, 全长约70 km。该河段河势不稳定因素较多, 主要表现在近期白茆沙体活动性较大, 南门港附近扁担沙滩面串沟发育, 并不断向下游发展, 下扁担沙南侧上冲下淤等<sup>[1]</sup>。近年来该河段实施了一系列工程措施, 如新浏河沙头部护滩工程、南沙头通道限流工程、中央沙圈围工程、青草沙水库工程等<sup>[2]</sup>, 这些工程对南支下段以及南北港分流口河势的稳定起到了一定的积极作用。但由于《长江口综合整治规划(2007)》中规划的部分河势控制工程尚未实施, 如白茆沙固滩工程、扁担沙护滩工程等<sup>[3]</sup>, 使得该河段不稳定因素仍在, 七丫口河段节点控制作用尚不充分, 南北港分流口河势近

年变化剧烈<sup>[4]</sup>。

本文拟结合长江口南支下段目前存在的问题, 依据相关基础资料的分析研究, 首先建立长江大通至口外段水流数学模型, 然后在此基础上建立南支河段泥沙数学模型, 对扁担沙护滩工程实施后的工程效果进行分析, 为该河段河势治理提供参考。

### 1 模型建立

#### 1.1 模型范围

长江口水流数学模型上游边界取至大通, 下游东边界至外海123°30', 北边界至32°15', 南边界至29°33', 模型范围及网格见图1。

收稿日期: 2012-05-08

作者简介: 吴焱(1983—), 男, 工程师, 主要从事河口海岸演变与水动力数值模拟。



图1 长江口水流模型计算范围及网格

泥沙数学模型上游边界取至白茆沙体以上、南北支分流口以下处，下游南港边界取至南北槽分流口以上附近，下游北港边界取至横沙通道以上附近，见图2。

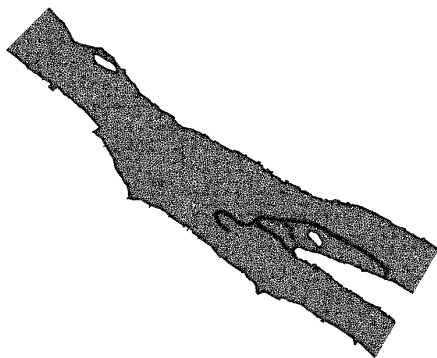


图2 泥沙模型计算范围及网格

## 1.2 计算条件

### 1.2.1 水流条件

长江口水流数学模型上游边界大通站取2007年11月—2008年5月实测流量过程，外海（东、南、北）边界根据MIKE 21全球潮汐模型提供的调和常数生成外海潮位过程。

初始条件包括水位和流速，水位取计算时段内平均潮位，流速取为零。

南支河段泥沙数学模型水动力边界条件由长江口水流数学模型计算成果提供。

### 1.2.2 泥沙条件

泥沙数学模型上游泥沙边界取白茆口附近多年实测平均含沙量，下游边界南、北港分别取临近测站多年实测平均含沙量<sup>[5]</sup>。由于上下边界距本次重点研究的南支下段均超过20 km，泥沙边界概化比较合理。计算域内初始时刻悬沙浓度取该河段多年平均含沙量。

### 1.2.3 地形条件

长江口水流数学大模型水下地形资料，其中南支河段地形采用了2007年11月实测水下地形，南港、北港采用2009年5月份地形，外海及北支采用2007年资料，其余地形主要采用2007年8月长江口大范围实测地形资料。

南支河段泥沙数学模型中水下地形采用2007年11月实测水下地形资料。

## 1.3 模型主要计算参数

### 1.3.1 糙率系数

长江口水流数学模型糙率系数<sup>[6]</sup>根据水深变化，取值范围在0.011~0.025；泥沙模型中Nikuradse糙率系数取0.1 mm。

### 1.3.2 悬沙粒径

南支河段悬沙中值粒径<sup>[7]</sup> $d_{50}$ 取0.015~0.023 mm。

### 1.3.3 泥沙干密度

泥沙干密度采用以下公式进行计算<sup>[8]</sup>：

$$\rho_c = 1750 (d_{50})^{0.183} / g \quad (1)$$

### 1.3.4 悬沙沉降速度

本河段不考虑絮凝沉降的影响，其沉速基于张瑞瑾公式<sup>[9]</sup>计算：

$$\omega = \sqrt{\left(13.95 \frac{v}{d}\right)^2 + 1.09 \frac{\rho_s - \rho}{\rho} g d} - 13.95 \frac{v}{d} \quad (2)$$

### 1.3.5 悬沙临界淤积切应力

参考相关研究成果<sup>[10]</sup>，本河段临界淤积切应力取0.01~0.05 Pa。

### 1.3.6 床沙临界起动切应力

参考相关研究成果<sup>[11]</sup>，本河段临界起动切应力取值0.07~0.25 Pa。

## 1.4 率定验证

### 1.4.1 水流

长江口水流数学模型分别采用2003年9月和2009年9月实测的水位流速资料进行了率定验证，限于篇幅，率定验证图略。从率定验证结果来看，基本符合《水利工程水利计算规范》中感潮河段水力学计算的要求，精度满足JTJ/T 233—1998《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规范》的要求，能较真实地模拟长江河口段的流场。

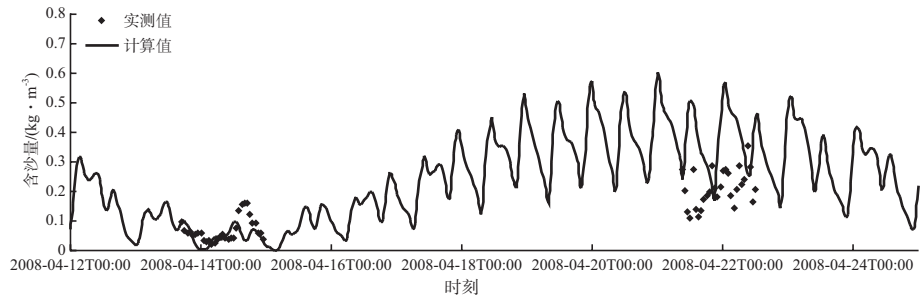
### 1.4.2 泥沙

分别采用2008年4月及2009年8月南支下段

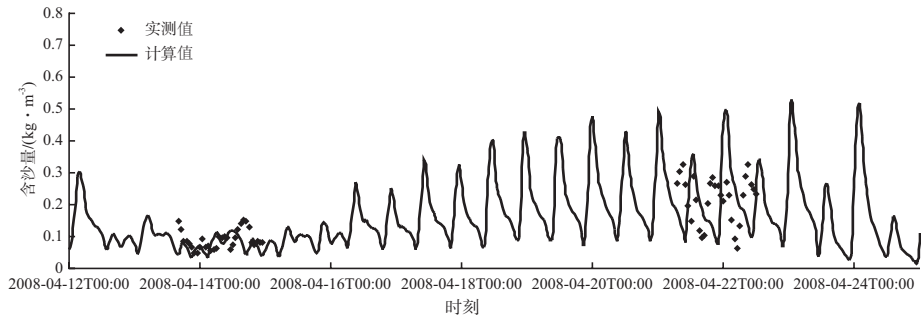
实测泥沙资料<sup>[12]</sup>，布置了6个点模型进行含沙量率定，其中 $T_5$ 与 $T_{13}$ 点率定成果见图3。由图可见，模型计算含沙量变化规律、含沙量级与实测

含沙量变化规律和量级基本一致，表明模型可以较合理地反演南支河段区域泥沙输移规律。

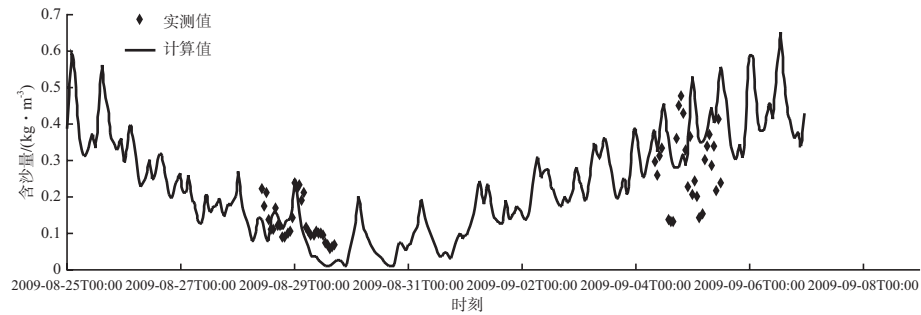
为了对南支河段冲淤变化模型计算成果进行



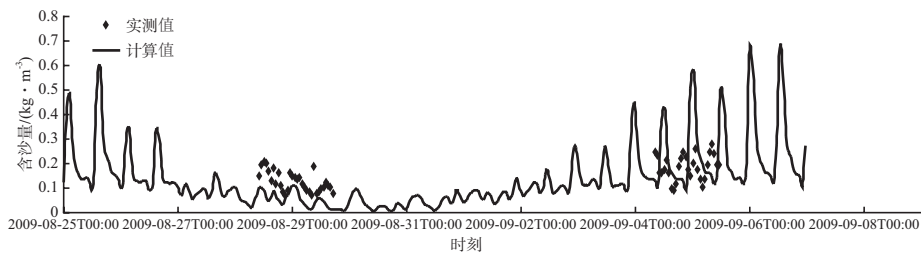
a) 2008年4月 $T_5$



b) 2008年4月 $T_{13}$



c) 2009年8月 $T_5$



d) 2009年8月 $T_{13}$

图3 含沙量率定

验证，在南支河段选取了6个代表点，根据南支河段2007年11月与2008年5月实测水下地形资料，对泥沙模型计算的各代表点河床地形冲淤变化进行验证。表1为南支河段各代表点实测水下地形变化和

模型计算的冲淤变化统计表。由表中可以看出，各代表点模型计算的冲淤变化情况，基本与实测一致。因此，模型中相关计算参数基本合理，可以用于南支河段河床冲淤变化模拟和预测分析。

表1 南支河段各代表点实测冲淤值和模型计算的冲淤值

代表点	冲淤厚度/m	
	实测值	计算值
$nz_1$	-0.34	-0.40
$nz_2$	0.37	0.35
$nz_3$	-0.16	-0.20
$nz_4$	-0.09	-0.12
$nz_5$	0.02	-0.03
$nz_6$	0.05	0.08

注：“-”表示冲刷，“+”表示淤积。

### 2 计算方案

方案1：现状。

方案2：在现状条件下，实施扁担沙护滩工程。

扁担沙护滩工程实施方案<sup>[3]</sup>：上扁担沙护滩潜堤自东风西沙圈围大堤西南侧，沿扁担沙西侧-2 m等深线，至南门通道上游侧，长约19.7 km，堤顶高程2.5 m（上海吴淞高程，下同）；下扁担沙护滩潜堤自南门通道下右侧，沿扁担沙西侧及新桥沙南侧-2 m等深线，至新桥沙尾部，长约26.8 km，堤顶高程2.0 m；南门通道保留，宽约1.6 km，见图4。

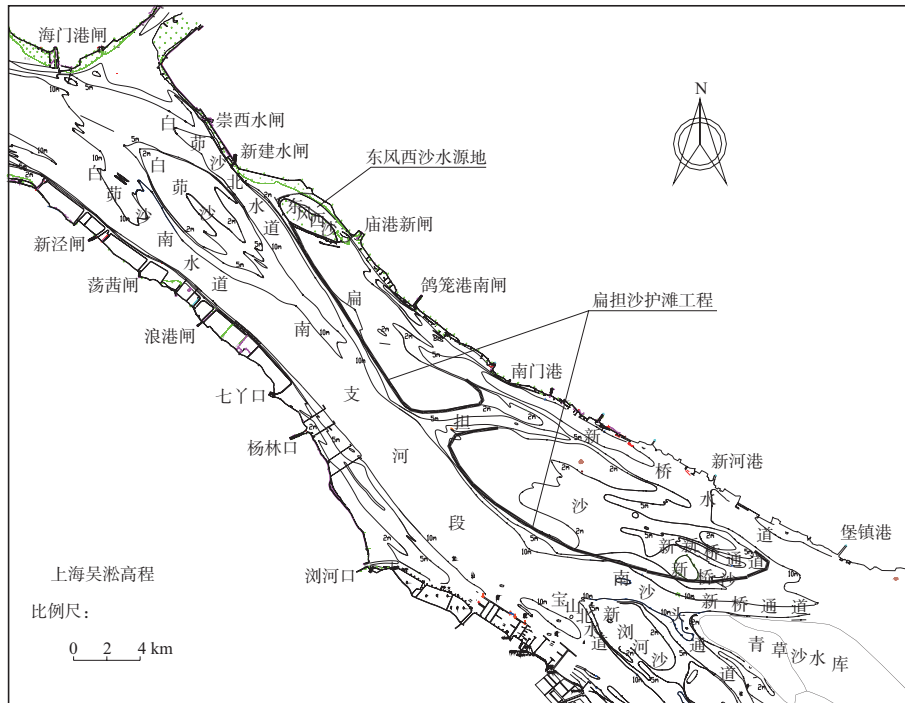


图4 扁担沙护滩工程平面布置

### 3 工程整治效果分析

#### 3.1 水流计算结果分析

1) 潮位变化。工程后临近潮位站高潮位较工程前总体略有减小，低潮位略有增加，尤其是徐六泾和崇头附近，对该河段沿岸排涝会带来一定的影响。

2) 分流比变化。工程后北支分流比有所增加，相应南支略有减小；白茆沙南水道分流比略有增加，白茆沙北水道略有减小，但均变化幅度均不超过0.2%；北港涨潮分流比略有增加，落潮分流比减小较大，分析原因主要是工程的实施对扁担沙滩面部分串沟进行了封堵，导致落潮总

分流比的减小，基本不会影响新桥通道的过流能力；同时，工程的实施使北港涨落潮流路相对集中，对维持北港通道比较有利。

3) 临近主要水道流速变化。工程后白茆沙北水道涨落潮流速极值有所减小，相应白茆沙南水道有所增加，增减幅度在0.05 m/s以内；南支下段涨落潮流速极值有所增加，最大增加幅度为0.07 m/s；新桥水道涨落潮极值流速总体表现为略有减小，减小幅度一般在0.01~0.03 m/s；新桥通道中上段涨落潮极值流速表现为增加，最大增加0.15 m/s，下段涨落潮极值流速有所减小；新宝山水道和宝山北水道各代表点均表现为涨潮极值流



速略有减小，落潮极值流速略有增加；南沙头通道涨落潮极值流速主要表现为减小，减小幅度在 0.05 m/s 以内；南港主要表现为涨潮极值流速有所减小，落潮极值流速有所增加；北港涨落潮极值流速主要表现为减小，其中落急流速减小幅度相对较大，最大减小为 0.14 m/s。

4) 工程前沿及扁担沙滩面流速变化。工程后上扁担沙护滩工程前沿以及扁担沙滩面涨潮极值流速主要表现为减小，减小幅度在 0.03~0.16 m/s；落潮极值流速有所增加，最大增加幅度为 0.27 m/s，但由于本河段是涨潮优势流，因此落潮极值流速的增加不会对工程及周边涉水工程等产生不利影响。工程后，下扁担沙护滩工程前沿及滩面涨落潮极值流速变化规律上段基本与上扁担沙前沿流速变化一致；下段涨落潮极值流速均有不同程度的减小，最大减小幅度达到 0.33 m/s，主要位于新桥通道和新桥水道衔接段。南门通道由于通道断面面积减小，水流集中，涨落潮极值流速均表现为有所增加。

5) 工程后青草沙水库大堤前沿流速变化。工程后青草沙水库南堤和西堤外侧主要表现为流速减小，最大减小为 0.08 m/s，有利于该段大堤的稳定；北堤上段大堤外侧流速略有增加，表明工程的实施不会对取水安全产生不利影响，但对北堤上段滩面的稳定可能会产生不利影响；北堤中、下段以及东堤段外侧流速均主要表现为减小，有利于该段大堤的稳定。

### 3.2 泥沙计算结果分析

#### 3.2.1 工程实施后南支河段冲淤变化

表 2 为扁担沙护滩工程实施半年后南支主槽、工程前沿、扁担沙滩面以及南门通道各代表点地形冲淤变化统计。由表 2 可以看出，工程后南支主槽各代表点总体表现为微淤，只有在南门通道附近的  $nz_3$  点略有冲刷；护滩工程前沿总体表现为淤积；扁担沙滩面主要表现为微淤，在护滩潜堤堤头附近局部有所冲刷；南门通道由于束流的作用，主要表现为冲刷。

图 5 为扁担沙护滩工程实施以后半年南支河段河床冲淤变化。由图 5 可以看出，扁担沙护滩工程实施后，白茆沙北水道下段南侧有所淤积，而白

表 2 工程实施半年后工程周边代表点冲淤变化

位置	代表点	冲淤厚度/m
南支主槽	$nz_1$	0.21
	$nz_2$	0.11
	$nz_3$	-0.03
	$nz_4$	0.29
	$nz_5$	0.14
	$nz_6$	0.07
工程前沿	$g_1$	1.20
	$g_2$	1.41
	$g_3$	0.15
	$g_4$	1.24
	$g_5$	-1.00
	$g_6$	1.23
扁担沙滩面	$bt_1$	0.36
	$bt_2$	-0.20
	$bt_3$	0.00
	$bt_4$	0.27
	$bt_5$	0.48
	$bt_6$	-0.63
南门通道	$nt_1$	-0.63
	$nt_2$	-0.36
	$nt_3$	-0.21
	$nt_4$	-0.20

注：“-”表示冲刷，“+”表示淤积。

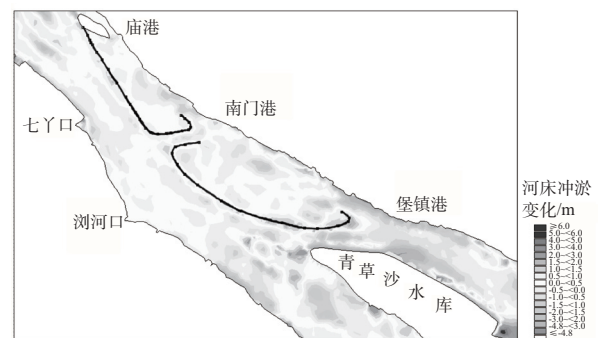


图 5 扁担沙护滩工程实施半年后南支河段河床冲淤变化

茆沙南水道下段北侧则有所冲刷，局部冲刷幅度超过 1.5 m；扁担沙护滩潜堤临江一侧沿堤滩面有所淤积，基本改变了原来下扁担沙上冲下淤的趋势，扁担沙滩面总体上表现为淤积，但在护滩潜堤堤头等区域由于沿堤流和绕流的作用，局部有所冲刷；南门通道由于固边束流作用，通道表现为冲深发展；工程后，宝山北水道和新宝山水道由于南港落潮分流比的增加，有所冲刷；中央沙头部西南侧及南沙头通道下段表现为淤积，新桥通道有所冲刷，青草沙水库北堤中段外沙头部冲刷趋势进一步加剧，青草沙水库北堤中下段外侧滩面以及东堤段外侧主要表现为淤积。

### 3.2.2 工程实施后青草沙水库大堤前沿冲淤变化

表3统计了工程实施半年后青草沙水库大堤外侧各代表点冲淤变化值。由表3可以看出,工程

实施半年后,除了中央沙头部西堤南侧 $qcs_2$ 和 $qcs_3$ 点有明显的淤积外,青草沙水库大堤前沿其他各代表点均表现为冲刷。其中北堤上段冲刷尤其厉

表3 工程实施后半年青草沙水库大堤前沿冲淤变化

代表点	$qcs_1$	$qcs_2$	$qcs_3$	$qcs_4$	$qcs_5$	$qcs_6$	$qcs_7$	$qcs_8$	$qcs_9$
冲淤厚度/m	-0.49	0.45	2.62	-3.35	-1.72	-1.83	-4.10	-0.19	-0.33

注:“-”表示冲刷,“+”表示淤积。

害; $qcs_7$ 点位于青草沙水库北堤上段与中段衔接段,该段近期表现为外沙头部持续冲刷后退,工程实施后有进一步加剧的趋势;北堤中、下段表现为微冲。

### 3.2.3 工程方案整治效果

扁担沙护滩工程实施以后,南支下段河槽两侧基本固定,七丫口河段节点作用进一步加强,有利于南北港分流的稳定;加上南北港分流口已实施的新浏河沙头部护滩工程、南沙头通道限流工程、中央沙头部圈围工程以及青草沙水库工程,长江口河势最为动荡的南北港分流口河段河势基本可以得到控制。当然,工程的实施短期内会造成河段及上下游河道的河床再调整,引起局部区域的冲刷和淤积,并可能对临近涉水工程产生一定的影响。

## 4 结论

本文采用长江口二维水流数学模型和南支河段泥沙数学模型相结合的手段,对扁担沙护滩工程实施前、后南支河段水动力条件变化,以及工程实施半年后河床冲淤变化进行了模拟和分析。分析认为,南支河段扁担沙护滩工程实施以后,加上南北港分流口已实施的河势控制及其他涉水工程,南支下段河槽两侧基本得到固定,七丫口河段节点作用进一步加强,有利于南、北港分流的稳定,长江口河势最为动荡的南、北港分流口河段河势基本可以得到控制;但工程的实施短期内会造成河段及上下游河道的河床再调整,引起局部区域的冲刷和淤积,对临近涉水工程产生一定的影响;尤其是下扁担沙护滩工程的实施可能对青草沙水库工程产生较大的影响。因此,建议进一步采取多种手段对扁担沙护滩工程实施的影响进行研究,并依据相关成果进行合理优化。

### 参考文献:

- [1] 吴焱,黄国玲,关许为.长江口北港上口近期河势演变初探[J].上海水利水电技术,2010(1):21-24.
- [2] 黄国玲,都国梅,邓鹏,等.青草沙水库保滩工程规划[R].上海:上海青草沙投资建设发展有限公司,上海勘测设计研究院,上海市水利工程设计研究院,2010:43-45.
- [3] 仲志余,陈肃利,王永忠,等.长江口综合整治开发规划要点报告[R].武汉:水利部长江水利委员会,2005:33-34.
- [4] 吴彩娥,黄国玲,都国梅,等.青草沙水库及取输水泵闸工程可行性研究调整报告[R].上海:上海勘测设计研究院,2011:81-82.
- [5] 关许为,苏爱平,李茂学,等.青草沙水库及取输水泵闸工程初步设计报告[R].上海:上海勘测设计研究院,上海市水利工程设计研究院,2007:15-16.
- [6] 戚定满,顾峰峰,孔令双,等.长江口深水航道整治工程影响数值研究[J].水运工程,2012(2):90-96.
- [7] 朱巧云,孙江,闻卫东,等.长江下游三沙河段物理模型原型观测水文测验技术报告[R].上海:长江水利委员会长江口水文水资源勘测局,2005:106-120.
- [8] 罗肇森,罗勇.浮泥挟沙力和输沙规律的研究和应用[J].泥沙研究,1997(4):42-46.
- [9] 张瑞瑾.河流泥沙动力学[M].北京:中国水利水电出版社,2002:46-62.
- [10] 金鏐,虞志英.淤泥质海岸挖槽回淤预测的沉积动力学途径——以杭州湾试挖槽为例[J].泥沙研究,1999(5):34-42.
- [11] 夏雪瑾,高程程.平面二维泥沙输移模型及其应用[J].中国水运,2011(8):82-84.
- [12] 徐昕,周丰年,陶卫国,等.青草沙水库及取输水泵闸工程施工期同步水文测验技术总报告[R].上海:长江委水文局长江口水文水资源勘测局,上海市水文总站,2010:35-42.
- [13] 仲志余,陈肃利,王永忠,等.长江口综合整治开发规划要点报告[R].北京:水利部长江水利委员会,2005:165-197.

(本文编辑 武亚庆)