

江苏沿海无资料地区海堤工程设计潮位推算方法

龚政¹, 张茜², 赵亚昆², 王灶平²

(1. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098;
2. 河海大学港口海岸与近海工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:以条子泥匡围工程为例,分别采用以下两种方法推算江苏沿海无资料地区海堤工程的设计潮位:一是由潮流数值模拟计算得到工程海域的大潮高潮位,并与附近长期潮位站的同步大潮高潮位建立相关关系;二是在工程海域设立临时观测站,建立短期实测潮位与附近长期潮位站同步观测潮位的相关关系,进而由长期潮位站重现期潮位推算工程海域的设计潮位。两种方法推算的设计潮位差值为 16 cm,表明两种方法都是合理可行的。两种方法中,前者方便快捷,但需经过充分验证;后者可信度更高,但其受到现场观测条件的限制。建议实际应用时,根据工程的地理位置、重要程度、实施条件等诸多因素选择适用的方法推算设计潮位。

关键词:海堤工程;设计潮位;相关分析;潮流场;数值模拟;潮位观测

中图分类号:P731.34 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2013)03-0014-04

A calculation method of design tide levels for seawalls at Jiangsu coast without tide level observation data//GONG Zheng¹, ZHANG Qian², ZHAO Yakun², WANG Zaoping² (1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Nanjing 210098, China)

Abstract: Taking land reclamation in Tiaozini as a case study, two methods were adopted to calculate design tide levels for seawalls at Jiangsu coast without tide level observation data. One was to simulate high tide levels of the spring tide at seawall waters, which were correlated with synchronous tide level observations at adjacent waters, using tidal current numerical model. The other was to establish the relationship between the short-term tide levels at seawall waters and the synchronous long-term tide levels at adjacent waters, which was used to calculate design tide levels at the seawall waters. The difference between the design tide levels obtained by the two methods is 16 cm, suggesting that the two methods are feasible. The first method is convenient, but needs sufficient verifications. The second method is more credible, but is subjected to the field observation conditions. In actual practice, it is necessary to consider the geographic position, the importance, and implementation conditions of the seawall engineering for choosing a calculation method of design tide levels.

Key words: seawall engineering; design tide level; correlation analysis; tidal current field; numerical simulation; tide level observation

设计潮位是海堤、防波堤等涉海工程规划设计中的重要参数,它决定了海堤、防波堤的堤顶高程等,并直接影响到工程量和工程投资。GB 50286—1998《堤防工程设计规范》^[1]规定,“设计潮位应采用频率分析的方法确定,应具有不少于连续 20 年的年最高潮位资料,并应调查历史上曾经出现的特高潮位;对只具有短期潮位观测资料的工程地点,当该地与邻近长期站的潮汐性质相似,经过分析论证,可采用相关分析的方法确定工程地点的设计潮位”。

SL 435—2008《海堤工程设计规范》^[2]规定,“设计潮位应采用频率分析的方法确定,潮位资料系列不宜少于 20 年,并应调查历史上曾经出现的最高或最低潮位值;当缺乏长期连续潮位资料,但有不少于连续 5 年的年最高潮位资料时,设计高潮位可采用极值同步差比法与附近有不少于连续 20 年资料的长期潮位站资料进行同步相关分析,确定设计高潮位”。

随着沿海地区经济社会的高速发展,沿海国土资源开发程度加剧,围垦工程建设如火如荼。从近

年的围垦工程建设前期工作看,工程地点往往缺乏连续 20 年的年最高潮位实测资料。为了满足工程规划设计要求,部分工程仅在工程海域进行短期潮位观测,无法按照相关规范对连续 20 年以上的年最高潮位进行频率分析,以推求堤防工程设计潮位。此时,选择临近潮汐性质相似的长期潮位站进行最高潮位的同步差比或相关分析,是工程实践中常用的方法^[3-6]。当工程地点没有与附近长期站同步的实测资料,或者实测年最高潮位资料少于 5 年时,无法运用同步差比法^[2];另外,同步差比法在推算工程海域年平均海平面等方面也有难度^[3]。

本文以江苏中部沿海条子泥匡围工程为例,分别采用以下两种方法推算堤防设计潮位:一是由潮流数值模拟计算得到工程海域的大潮高潮位,并与附近长期潮位站的同步大潮高潮位建立相关关系,再由长期潮位站重现期潮位推算出工程海域的设计潮位,简称基于潮流场数值模拟的方法;二是在工程海域设立临时观测站,建立短期实测潮位与附近长期潮位站同步观测潮位的相关关系,进而由长期潮位站重现期潮位推算工程海域的设计潮位,简称基于短期实测潮位资料的方法。将这两种方法的推算结果进行对比,分析两种方法的适用性。

1 研究区概况

条子泥位于江苏中部近岸浅海的辐射沙脊群中心区,为毗邻大陆岸滩的大型沙洲(图 1)。条子泥

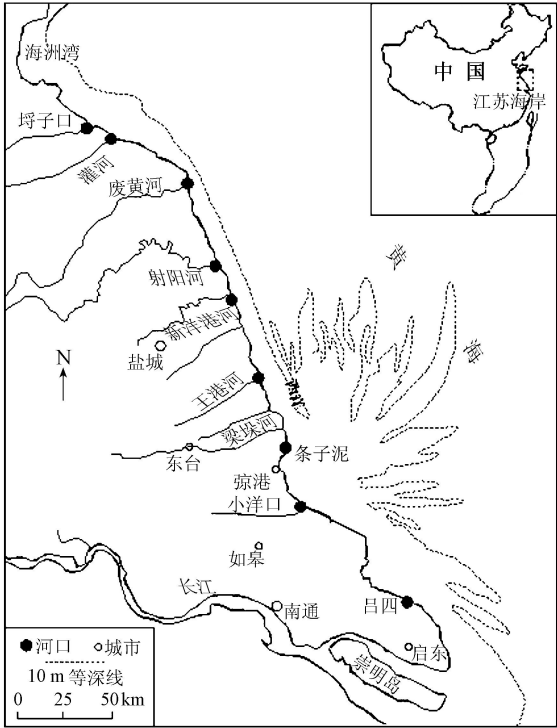


图 1 南黄海辐射沙脊群及条子泥位置示意图

匡围工程海域是东海前进潮波与南黄海旋转潮波两大潮波系统的交汇区,水动力环境复杂,泥沙交换活跃,潮滩冲淤复杂多变^[7-11]。条子泥沿岸高滩属淤长型淤泥质海岸,潮滩宽阔、平缓,地形地貌复杂,近几十年来淤积趋势明显^[12-13]。

为缓解江苏用地日益紧缺的矛盾,推动沿海经济发展,《江苏沿海地区发展规划》提出在 2020 年前匡围滩涂 18 万 hm^2 ,近期先期启动条子泥匡围工程,匡围面积为 2.67 万 hm^2 ,条子泥匡围工程平面布局见图 2。

重现期潮位是条子泥匡围工程堤防设计中的重要参数。由于工程海域缺乏长系列年最高潮位资料,需要寻求与工程海域潮汐性质相似的长期海洋观测站潮位的同步差比关系或相关关系^[1-2]。但是,江苏沿海只有两个长期海洋观测站,即北部的连云港站和南部的吕四站,该二站距离条子泥匡围工程海域较远,潮汐特性差异较大,难以采用同步差比法或相关分析法。因此,采用条子泥匡围工程近岸侧入海河口梁垛河的南闸闸下潮位站的潮位资料,该水文站由水利部门设置,上游入海河道排水对低潮位过程影响明显,梁垛河口位置见图 2。另外,为了复核设计潮位,在条子泥匡围堤线附近设置了 4 个临时潮位观测站。本文以北堤 4 号代表站为例进行两种设计潮位推算方法的计算与对比分析,堤线上共布置了 21 个代表站,各代表站位置及临时潮位观测站 T1 位置见图 2。

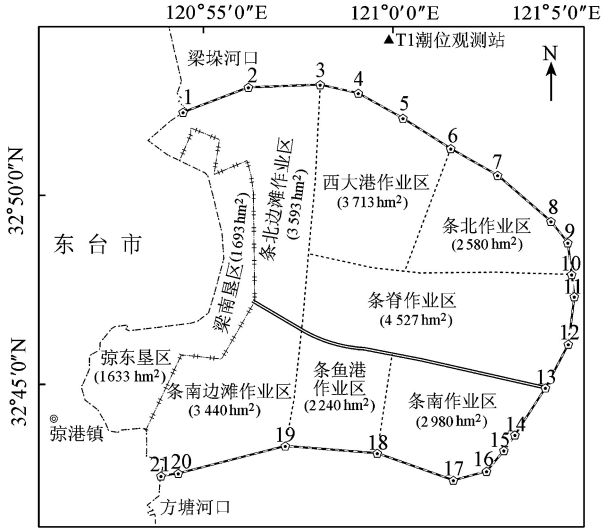


图 2 条子泥匡围工程平面布局

2 基于潮流场数值模拟的重现期潮位推算

采用计算域大、小二层网格嵌套技术建立平面二维潮流数学模型,大模型计算域为包括东海、黄海和渤海在内的整个东中国海,小模型计算域包括整

个江苏近海和长江口附近海域,大模型为小模型提供边界条件,计算范围见图3。东中国海潮波模型计算域为23°30'N~40°30'N,117°E~131°E,南北相距17个纬距,东西横跨14个经度;采用矩形网格离散,网格精度为0.1°×0.1°;水边界南起广东与福建交界的南澳,经澎湖列岛的马公至台湾西岸的布袋,再从台湾东岸的苏澳经日本琉球群岛至九州,再从九州北岸经对马海峡至韩国的釜山;水边界控制条件由8个主要分潮潮汐调和常数推算出逐时潮位过程。小模型计算范围南起长江口南部的南汇嘴,北至山东日照港北部的石臼所,即30°54'N~35°24'N,119°09'E~123°00'E,南北长500 km,东西横跨360 km;采用矩形网格离散,网格尺寸为300 m×300 m。

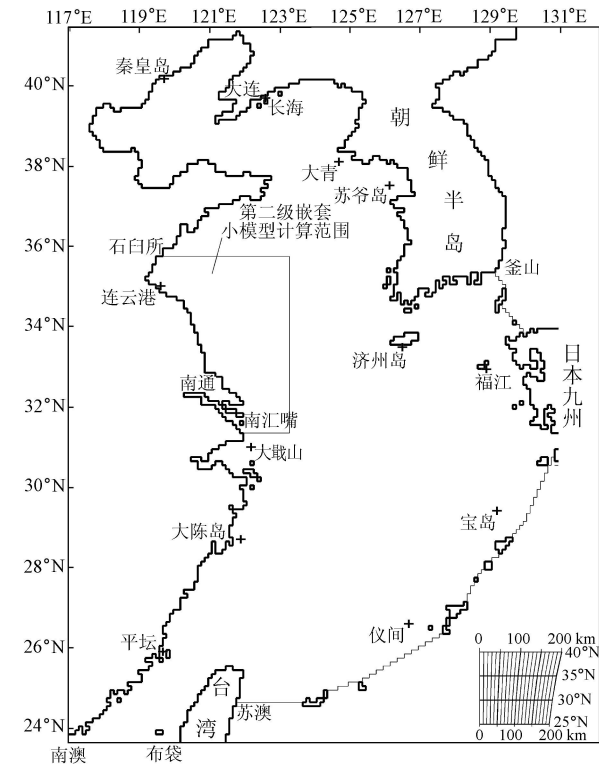


图3 东中国海潮波模型和小模型计算范围

东中国海潮波模型^[7]在近20多年的研究工作中已多次应用,并经过了实测资料的验证;小模型^[14]主要采用2006年、2007年的潮位和流速实测资料进行率定验证,此处不再赘述。在此基础上,分别计算了2009年24个大潮期江苏沿海潮流场,统计了匡围堤线代表站2009年24个大潮的高潮位。考虑到梁垛河南闸闸下重现期潮位统计分析中,采用了条子泥匡围工程实施前的潮位资料,因此,需首先分析条子泥匡围工程对周边海域高潮位的影响。分别模拟条子泥匡围工程实施前后大潮期潮流场,选择匡围工程北侧堤线4号代表站,分析条子泥匡围工程实施前后潮位的变化,见图4。由图4可以看出,工程实施后4号代表站的低潮位过程有

所降低,低潮位变化在15 cm以内,最高潮位变化在5 cm以内,说明工程的实施对北侧堤线附近海域高潮位影响较小。因此,可以根据北侧堤线代表站与梁垛河南闸闸下大潮高潮位的相关关系,以及梁垛河南闸闸下重现期潮位,推算北侧堤线代表站重现期潮位。

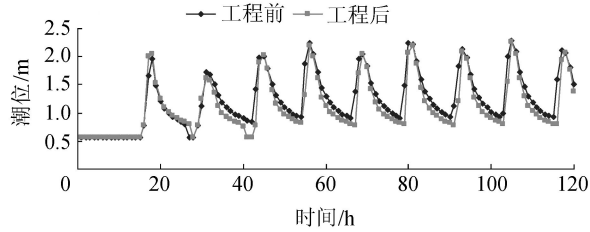


图4 堤线4号代表站条子泥匡围工程实施前后潮位的变化

梁垛河南闸位于条子泥匡围工程北堤西侧,闸下港口较短,闸下水位基本可代表河口潮位。入海河口年最高潮位一般发生在风暴潮期间,此时河口闸关闭,高水位主要由天文潮和风暴增水形成。按照JTJ 213—1998《海港水文规范》^[15]的要求,根据1989—2008年的年最高潮位,采用极值I型分布律,分析得到废黄河基面下50年一遇潮位为5.56 m,100年一遇潮位为5.72 m。北侧堤线4号代表站潮位与梁垛河南闸闸下2009年24个大潮高潮位的相关关系见图5。可以看出,两站间潮位线性相关度较高,相关系数达到0.9514,因此,可以根据梁垛河南闸闸下重现期潮位推算4号代表站重现期潮位,得到4号代表站50年一遇潮位为5.23 m,100年一遇潮位为5.38 m。

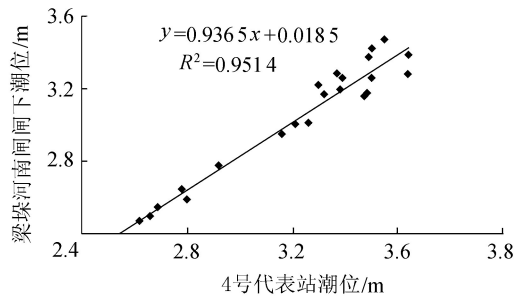


图5 堤线4号代表站大潮高潮位与梁垛河南闸闸下大潮高潮位的相关关系

3 基于短期实测潮位资料的重现期潮位推算

条子泥匡围工程海域建立了临时潮位观测站T1,其位置见图2,自2011年6月开始进行潮位观测。选取北堤北侧T1观测站2011年7月16日至9月15日潮位观测资料,建立T1观测站逐时潮位与梁垛河南闸闸下同步逐时潮位的相关关系,并利用梁垛河南闸闸下重现期潮位,推算T1观测站重现期潮位。T1观测站逐时潮位与梁垛河南闸闸下同步逐时潮位相关关系见图6,其相关系数达0.9492。将梁垛河南

闸闸下重现期潮位代入回归方程,得到 T1 观测站 50 年一遇潮位为 5.39 m,100 年一遇潮位为 5.54 m。

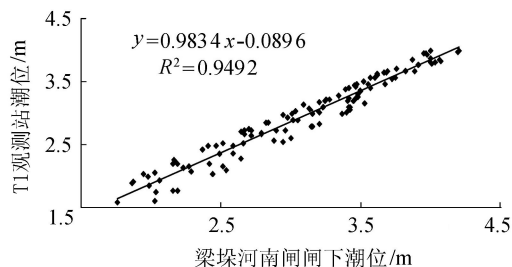


图 6 T1 观测站逐时潮位与梁垛河南闸闸下同步逐时潮位的相关关系

4 两种方法的适用性比较

本文采用基于潮流场数值模拟的方法和基于短期实测潮位资料的方法,分别推算了江苏中部沿海条子泥匡围工程北堤 4 号代表站与北堤北侧 T1 观测站的重现期潮位。T1 观测站位于北堤 4 号代表站北侧约 1 km,因此两站潮位较接近。结果表明,两种方法推算的两站 50 年一遇和 100 年一遇重现期潮位差值均为 16cm,这其中包含了由于地理位置差异、推算方法差异、潮位序列不同等产生的误差,这个误差在实际工程中是可以接受的。因此,在无长系列实测潮位资料的情况下,这两种方法都是合理可行的。但两种方法各有利弊,在使用时应当注意其适用性和局限性。

基于潮流场数值模拟的方法计算方便快捷,可以反映工程前后潮位的变化,但潮流场数值计算难以反映风暴潮等随机事件产生的高潮位,建立的工程海域代表站与长期潮位站间的高潮位的相关关系尚不能完全代表两站年最高潮位的相关关系,对成果的准确度有影响,较适用于潮位不易观测和收集的地区,或工程时间紧迫、安全等级要求不是特别高的工程。另外,在使用基于潮流场数值模拟的方法推算设计潮位时,首先应当充分验证数学模型的可靠性,并确保模型的精度。

基于短期实测潮位资料的方法反映了测量期间当地的实际情况,可信度更高,但需要时间与资金的大量投入,常常受到自然条件、交通条件的限制,特别是在离岸深水区,潮位观测实施比较困难;另外,这种方法对工程建设后潮位变化较大的海域不适用。这种方法的准确度主要受到潮位序列长度的控制,故适用于方便设置潮位站的近岸浅水区,且前期观测时间充裕、安全等级要求较高的工程。

因此,在实际应用时,应根据工程的地理位置、重要程度、实施条件等诸多因素综合考虑,选择适用的方法进行设计潮位的推算,必要时采用若干种方

法进行复核。

参考文献:

- [1] GB 50286—1998 堤防工程设计规范[S].
- [2] SL 435—2008 海堤工程设计规范[S].
- [3] 高焕臣.设计水位和校核水位推算方法的探讨[J].海岸工程,1987(1):44-48. (GAO Huanchen. An approach to reckoning procedure of design water level and calibrated water level[J]. Coastal Engineering, 1987(1):44-48. (in Chinese))
- [4] 王震,魏有兴,张长宽.基于潮流数值模拟的设计潮位推算方法[J].水科学进展,2007,18(4):566-569. (WANG Zhen, WEI Youxing, ZHANG Changkuan. Calculation method for design tide levels based on numerical simulation of tidal current[J]. Advances in Water Science, 2007, 18(4):566-569. (in Chinese))
- [5] 王化仁,田春和,赵阳,等.海洋工程中工程设计水位主港选择的条件及应用[J].水道港口,2007,28(1):69-71. (WANG Huaren, TIAN Chunhe, ZHAO Yang, et al. Condition and application of main port selection for engineering design water level in the marine engineering [J]. Journal of Waterway and Harbor, 2007, 28(1):69-71. (in Chinese))
- [6] 宋向群,丁文涛,唐国磊,等.基于短期验潮资料的新建港区设计潮位确定方法[J].水运工程,2011(5):67-69. (SONG Xiangqun, DING Wentao, TANG Guolei, et al. New method for determining the design tidal levels for a new port with short-term observed tide data[J]. Port & Waterway Engineering, 2011(5):67-69. (in Chinese))
- [7] 张东生,张君伦.黄海海底辐射沙洲区的 M_2 潮波[J].河海大学学报:自然科学版,1996,24(5):35-40. (ZHANG Dongsheng, ZHANG Junlun. M_2 tidal wave in the Yellow Sea radiate shoal region [J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 1996, 24(5):35-40. (in Chinese))
- [8] GONG Z, ZHANG C K, TAO J F. Adaptability research of tidal flat reclamation and tidal inlet stability in Jiangsu coast zone [C]//TAN S K, HUANG Z H. Proceedings of the 5th International Conference on Asian and Pacific Coasts. Singapore: World Scientific, 2009:23-29.
- [9] GONG Z, WANG Z B, STIVE M J F, et al. Tidal flat evolution at the central Jiangsu coast, China [C]//LEE J H W, NG Q O. Proceedings of the Sixth International Conference on Asian and Pacific Coasts. Singapore: World Scientific, 2011:562-570.
- [10] GONG Z, WANG Z, STIVE M J F, et al. Process-based morphodynamic modeling of a schematized mudflat dominated by a long-shore tidal current at the central Jiangsu Coast, China [J]. Journal of Coastal Research, 2012, 28(6):1381-1392.

(下转第 28 页)

出现在 10 月,月均值为 22.1℃;最低水温出现在 3 月,月均值为 16.4℃;冬季 12 月水温升幅最大,升高 2.8℃;夏季 7 月水温降幅最大,减低 2.0℃;年内水温变幅减小,由梯级四水电站建成前的 15.0 ~ 23.9℃变为 16.4 ~ 22.1℃。

5 结 论

a. 梯级水电站中的稳定分层型水库表层水温受气象条件影响较大,但靠近水库底部水温基本保持不变,表层和底层水温温差在冬季最小、在夏季最大;下泄水流水温在秋、冬季略高于上游来流水温,在春、夏季低于上游来流水温,全年平均水温略有降低。

b. 5 个梯级水电站同时运行时,沿程水温变化基本上是升温过程,梯级水电站对水温的累积影响明显;受上游梯级水电站下泄水流水温的影响,下游河道秋、冬季水温高于现状水温,春、夏季水温低于现状水温。

c. 上游梯级水电站的运行改变了下游河道水温的时空分布,A5 断面最高水温出现时间由原来的 7 月推迟至 10 月,最低水温出现时间由原来的 1 月推迟至 3 月;水温年内变幅减小,月平均最高水温降低 1.8℃,月平均最低水温升高 1.4℃;冬季(12 月至次年 2 月)12 月水温升幅最大,升高 2.8℃;夏季(6—8 月)7 月水温降幅最大,降低 2.0℃。

参考文献:

[1] HUBER W C, HARLEMAN D R F. Temperature prediction in stratified reservoirs [J]. J of the Hyd Div, ASCE, 1972, 98 (4): 645-666.

[2] HARLEMAN D R F. Hydrothermal analysis of lakes and reservoirs [J]. J of the Hyd Div, ASCE, 1982, 103 (3): 301-325.

[3] 刘兰芬,张士杰,刘畅,等.漫湾水电站水库水温分布观测与数学模型计算研究 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2007, 5 (2): 86-94. (LIU Lanfen, ZHANG Shijie,

LIU Chang, et al. Study on the water temperature structure of the Manwan Reservoir [J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2007, 5 (2): 86-94. (in Chinese))

[4] 刘兰芬,陈凯麒,张士杰,等.河流水电梯级开发水温累积影响研究 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2007, 5 (3): 173-180. (LIU Lanfen, CHEN Kaiqi, ZHANG Shijie, et al. Study on cumulative effects of water temperature by cascade hydropower stations built on rivers [J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2007, 5 (3): 173-180. (in Chinese))

[5] 李怀恩. 分层型水库的垂向水温分布公式 [J]. 水利学报, 1993 (2): 43-49. (LI Huaen. Vertical temperature distribution equation for thermal stratification reservoir [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1993 (2): 43-49. (in Chinese))

[6] 邓云. 大型深水库的水温预测研究 [D]. 成都: 四川大学, 2003.

[7] 陈永灿,张宝旭. 密云水库垂向水温模型研究 [J]. 水利学报, 1998 (9): 14-20. (CHEN Yongcan, ZHANG Baoxu. Temperature in Miyun Reservoir [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1998 (9): 14-20. (in Chinese))

[8] 马方凯,江春波,李凯. 三峡水库近坝区三维流场及温度场的数值模拟 [J]. 水利水电科技进步, 2007, 27 (3): 17-20. (MA Fangkai, JIANG Chunbo, LI Kai. Numerical simulation of 3D flow field and temperature field near dam area of Three Gorges Reservoir [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2007, 27 (3): 17-20. (in Chinese))

[9] 任华堂,陈永灿,刘昭伟,等. 深水湖泊水库水温数值计算模型研究 [J]. 水力发电学报, 2007, 26 (3): 99-104. (REN Huatang, CHEN Yongcan, LIU Zhaowei, et al. Study on water temperature simulation model for deep lake and reservoir [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2007, 26 (3): 99-104. (in Chinese))

[10] 鲁彦. 糯扎渡水库有机污染物一维动态水质模型 [D]. 西安: 西安理工大学, 2005.

[11] The U. S. Army Corps of Engineers. HEC-RAS river analysis system hydraulic reference manual [M]. [S. l.]: [s. n.], 2008.

(收稿日期: 2012 - 07 - 17 编辑: 周红梅)

(上接第 17 页)

[11] 张发明,龚政,陈国平,等. 新型围垦堤防设防标准与设计方法研究 [J]. 水利经济, 2012, 30 (3): 26-30. (ZHANG Faming, GONG Zheng, CHEN Guoping, et al. Design standards and methods for new type reclamation dykes [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2012, 30 (3): 26-30. (in Chinese))

[12] 丁贤荣,康彦彦,葛小平,等. 辐射沙脊群条子泥动力地貌演变遥感分析 [J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2011, 39 (2): 231-236. (DING Xianrong, KANG Yanyan, GE Xiaoping, et al. Tidal flat evolution analysis using remote sensing on Tiaozini flat of the radial sand ridges [J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2011, 39 (2): 231-236. (in Chinese))

[13] 张长宽,陈君,林康,等. 江苏沿海滩涂围垦空间布局研究 [J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2011, 39 (2): 206-212. (ZHANG Changkuan, CHEN Jun, LIN Kang, et al. Spatial layout of reclamation of coastal tidal flats in Jiangsu Province [J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2011, 39 (2): 206-212. (in Chinese))

[14] 陶建峰,张长宽,姚静. 江苏沿海大规模围垦对近海潮汐潮流的影响 [J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2011, 39 (2): 225-230. (TAO Jianfeng, ZHANG Changkuan, YAO Jing. Effect of large-scale reclamation of tidal flats on tides and tidal currents in offshore areas of Jiangsu Province [J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2011, 39 (2): 225-230. (in Chinese))

[15] JTJ 213—1998 海港水文规范 [S].

(收稿日期: 2012 - 07 - 16 编辑: 骆超)