

新沟河延伸拓浚工程对长江水环境影响研究

陈 江 海

(上海勘测设计研究院有限公司,上海 200434)

摘要:新沟河延伸拓浚工程是国务院批复的太湖流域水环境综合治理重要工程之一。工程通过延伸拓浚新沟河排江通道,使江苏直武地区 5 a 一遇以下入太湖水改为北排长江,减少入太湖特别是入梅梁湖河道污染物输入。工程实施后新增排水将对河口处长江水环境造成一定的不利影响。利用 MIKE21 软件建立二维水流水质模型,重点研究了新沟河排水对长江水环境的影响。研究结果表明:工程排水对长江的不利影响主要局限在入江口附近区域,影响程度总体较小,但在极端情况下,影响较大,通过采取适当的生态修复、运行调度和水质监控措施可以予以缓解。

关 键 词:MIKE21; 水环境影响; 新沟河; 太湖治理; 长江
中图法分类号: X171 **文献标志码:** A **DOI:**10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.12.020

新沟河延伸拓浚工程是国务院批复的《太湖流域水环境综合治理总体方案》确定的近期治理引排工程项目之一,也是国务院批复的《太湖流域防洪规划》确定的流域洪水北排长江的骨干工程之一^[1]。工程自长江沿现有新沟河拓浚至石堰后分成东、西两支,东支接漕河至五牧河,西支接三山港;过京杭运河后,再分别通过疏浚后的直湖港、武进港至太湖,全长 97.47 km,工程地理位置及布置情况见图 1^[2]。

工程主要建设任务包括:① 完善太湖调水引流工程体系,优化梅梁湖排水格局,改善太湖特别是西北湖区水流动力条件,在太湖湖区形成新孟河-竺山湖-梅梁湖-新沟河和望虞河-梅梁湖-新沟河等调水引流循环体系,全面提高太湖的水环境容量;② 控制直武地区入太湖污染负荷,直武地区 5 a 一遇以下洪水入太湖水改为北排长江,减少入太湖特别是入梅梁湖河道及梅梁湖污染负荷,改善梅梁湖水质;③ 增加流域洪水外排出路,加大洪水北排长江能力,相应减少区域洪水入太湖水量,减轻太湖防洪压力,支撑和保障流域、区域经济社会发展^[3]。

工程建成后,太湖流域直武地区的涝水将由南排太湖调整为北排长江,新增排水对长江新沟河入江口

段区域水环境影响将是工程运营后最为引人关注的环境问题^[4]。本文利用丹麦 DHI 公司的 MIKE21 软件,通过建立长江水域二维水流水质数学模型对新沟河排江的水环境影响进行研究和分析^[5]。



图 1 新沟河延伸拓浚工程位置示意

1 二维水流水质数学模型

1.1 基本方程

考虑 Bousinesque 近似和浅水假定,以及风应力的影响,则垂向积分的二维水动力学方程组为

连续方程:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = S \tag{1}$$

动量方程:

$$\begin{cases} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\frac{p^2}{h}) + \frac{\partial}{\partial y}(\frac{pq}{h}) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp}{C^2 h^2} \sqrt{p^2 + q^2} - \\ \frac{1}{\rho_w} [\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{xy})] + \Omega q - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x}(P_a) \\ = 0 \\ \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}(\frac{q^2}{h}) + \frac{\partial}{\partial x}(\frac{pq}{h}) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq}{C^2 h^2} \sqrt{p^2 + q^2} - \\ \frac{1}{\rho_w} [\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{yy})] + \Omega p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y}(P_a) \\ = 0 \end{cases} \tag{2}$$

式中, h 为水深, m ; ζ 为水位, m ; p 、 q 为 x 、 y 向的单宽流量, $m^3/(s \cdot m^{-1})$; g 为重力加速度, m/s^2 ; C 为谢才系数; n 为曼宁系数; f 为风阻力系数; V 、 V_x 、 V_y 为风速及其在 x 、 y 方向上的分量, m/s ; Ω 为 Coriolis 参数; P_a 为大气压, Pa ; ρ_w 为水的密度, kg/m^3 ; τ_{xx} 、 τ_{xy} 、 τ_{yy} 为剪切应力分量^[6]。

描述污染物在水体中运动变化过程的对流扩散方程为

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhc) + \frac{\partial}{\partial y}(vhc) &= \frac{\partial}{\partial x}(hD_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \\ \frac{\partial}{\partial y}(hD_y \frac{\partial c}{\partial y}) - khc + S \end{aligned} \tag{3}$$

式中, c 为污染物质浓度; u 、 v 为 x 、 y 方向流速; D_x 、 D_y 为 x 、 y 方向扩散系数; k 为综合降解系数; S 为源汇项。

本研究选取 NH_3-N 作为排江污染物典型分析指标。

1.2 计算范围和网格

计算范围的确定要考虑工程、资料及研究目的等因素。模型上起镇江,下至天生港,全长约 164 km,应用三角形网格对模型进行剖分,工程区附近网格布置较密,非工程区相对较疏^[7]。新沟河附近江段网格尺寸为 100 m,其余江段网格尺寸为 300~400 m,网格数为 28 489 个,模型范围及新沟河入江口门处的网格见图 2。

1.3 计算边界条件

模型上边界镇江和下边界天生港均采用实测潮位过程。

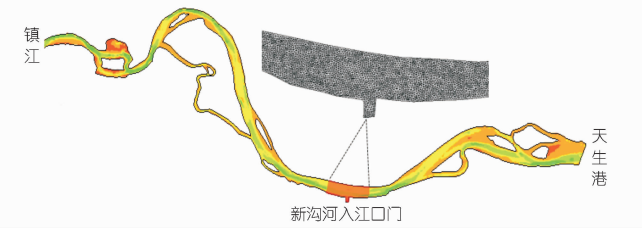


图 2 模型计算范围和网格

1.4 模型率定

1.4.1 验证的水文资料

采用 2009 年 2 月 26 日至 3 月 5 日实测水文资料对模型进行验证。测验期间共布设了胜利闸、轮船港、七圩汽渡 3 个临时潮位站,6 条流速垂线和界河口流量断面,同时收集水文测验期间江阴站潮位资料。水文测验布置见图 3。

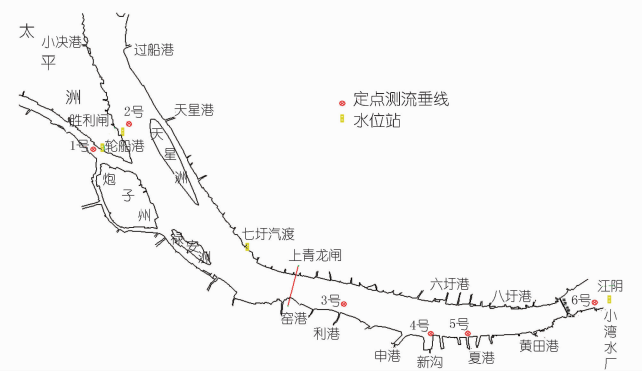


图 3 模型验证站位示意

1.4.2 验证结果

验证内容包括潮位、垂线流速和流向及主要测流断面流量,典型站位的率定和验证成果见图 4~6。

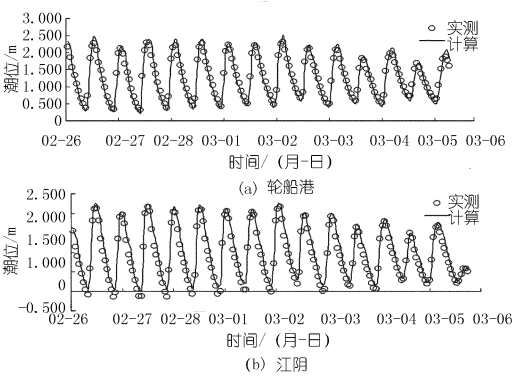


图 4 潮位验证结果

模型验证成果表明:各主要控制站(点)、控制断面的计算值和实测值大小接近,相位基本一致,过程相

似性好,表明所建立二维水流模型基本反映了该江段实际水流的运动变化过程,能为污染物迁移扩散模拟提供水力基础。

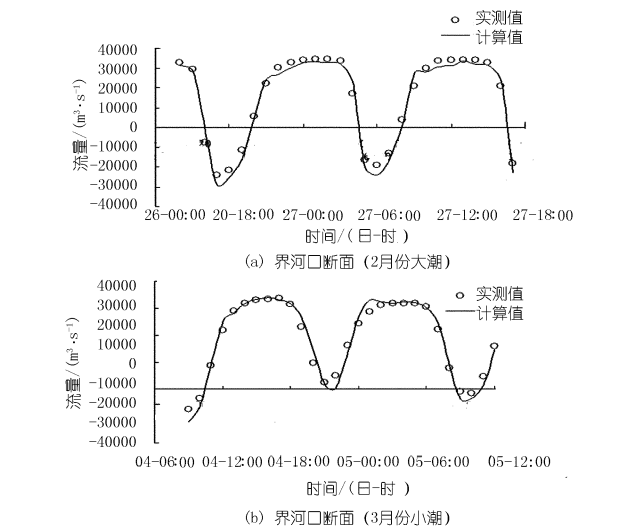


图 5 流量验证结果

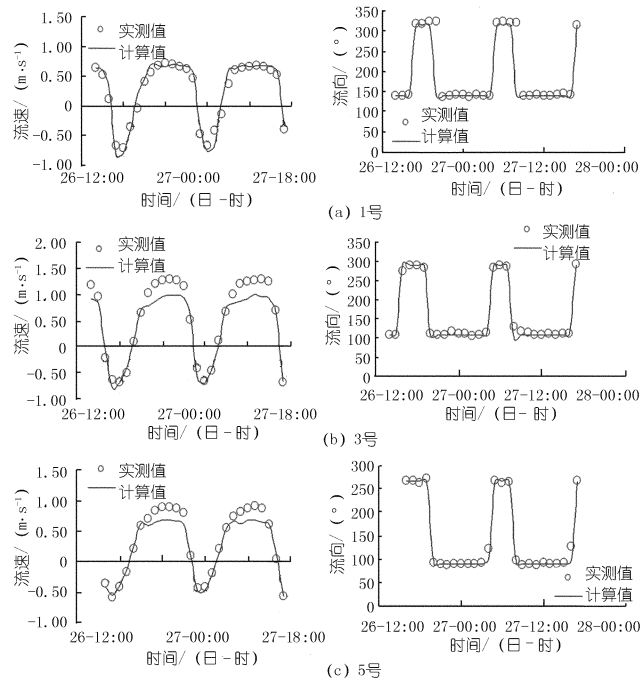


图 6 流速、流向验证结果

1.5 计算条件

1.5.1 水文条件

选取 2004 年 1~2 月枯季时段水文过程作为计算水文条件,对应长江流量保证率为 91.23%。

1.5.2 边界条件

利用太湖流域河网一维水量水质模型推算工程实施前后新沟河排水流量和水质边界条件,见图 7 和图 8。

工程实施前新沟河闸最大排水流量为 $21.8 \text{ m}^3/\text{s}$,集中排水期为 6~7 月,8 月下旬至 11 月上旬。工程实施后,新沟河最大排水流量为 $61.6 \text{ m}^3/\text{s}$,集中排水期为 6~7 月,8 月下旬至 12 月上旬。因此,分别选取 $22 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $62 \text{ m}^3/\text{s}$ 作为工程前后的排江流量,排江水质边界条件取相应排江时刻最大同步水质浓度,即 2.81 mg/L 和 2.62 mg/L 。

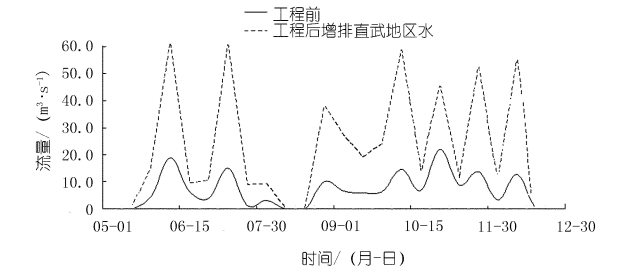


图 7 工程实施前后新沟河排江流量过程

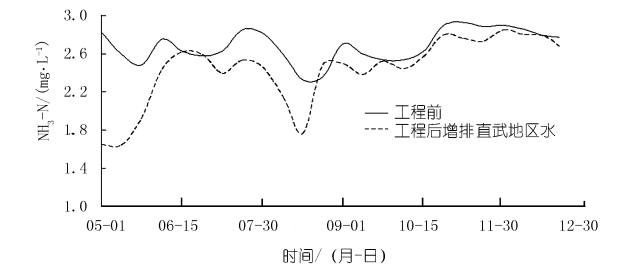


图 8 工程实施前后新沟河排江水质浓度过程

1.5.3 长江本底值选取

根据新沟河排江口附近 1~12 月逐月水质监测结果均值,长江 $\text{NH}_3\text{-N}$ 本底值选取 0.23 mg/L 。

2 新沟河排水对长江水质影响分析

根据江苏省人民政府批复的《江苏省地表水(环境)功能区划》,工程排江口(现状新沟河口)位于长江江阴饮用水水源区。该区域自常州圩塘至黄山港口,长 29 km。其上游紧邻长江常州工业、农业用水区,下游紧邻长江江阴白屈港调水水源保护区,各功能区具体情况和位置见表 1。

表 1 工程入江口段长江水环境功能区划

区域	水功能	起止位置	长度/ km	水质
常州	长江常州工业、农业用水区	常州二大圩-常州圩塘	4.4	Ⅱ
无锡	长江江阴饮用水水源区	常州圩塘-黄山港口	29	Ⅱ
	长江江阴白屈港调水水源保护区	江阴市黄山港口-大河港口	3.70	Ⅱ

2.1 现状排水对长江水质影响分析

新沟河入江水体水质劣于长江水质,其河水污染物在入江口区域形成以入江口为中心,向外围浓度递

减的浓度场,枯水年新沟河现状排水 NH₃ - N 浓度场见图 9。

枯水年现状新沟河水外排入江时,现状污染源条件下,在入江口形成的浓度场中,NH₃ - N 浓度超过Ⅲ类水质标准的最大范围上游不超过 0.3 km,下游不超过 0.7 km,横向不超过 1.3 km;浓度超过Ⅱ类水质标准的最大范围上游不超过 0.9 km、下游不超过 1.1 km,横向不超过 1.5 km。

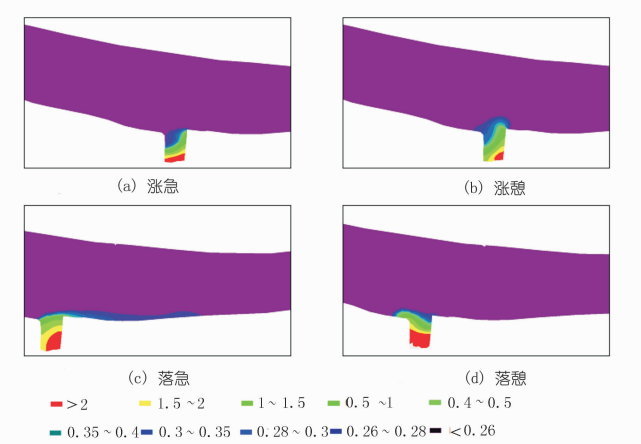


图 9 枯水年新沟河现状排水 NH₃ - N 浓度场 (mg/L)

另外,枯水年现状排水工况下,入江口 NH₃ - N 最高浓度增量为 2.579 mg/L;距离入江口上游、下游及横向距离为 500 m 处的 NH₃ - N 最高浓度增量分别为 0.939,0.372 mg/L 和 2.496 mg/L;距离入江口上游、下游及横向距离为 2 000 m 处的 NH₃ - N 最高浓度增量分别为 0.051,0.080 mg/L 和 0.002 mg/L;距离入江口上游、下游及横向距离为 5 000 m 处的 NH₃ - N 最高浓度增量分别为 0.000 2,0.031 mg/L 和 0.000 mg/L。随着距离新沟河入江口门长度的增加,现状排水对长江口水环境的影响愈加变小。

2.2 工程实施后对长江水质影响分析

工程实施后,直武地区通过新沟河排出的水主要沿长江江阴水道向下输移,排江口附近污染物浓度较高,其余地方污染物浓度逐渐降低。涨潮时,污染扩散带随涨潮流向上游伸展;落潮时,污染扩散带随落潮流向下游延伸,在近岸边滩上下游,形成狭长扩散带。工程后枯水年新沟河直武地区增排水的 NH₃ - N 浓度场见图 10。

枯水年,工程实施后新沟河增排直武地区水入江时,现状污染源条件下,在入江口形成的浓度场中,NH₃ - N 作为分析因子,浓度超过Ⅲ类水质标准的最大范围上游不超过 0.8 km、下游不超过 0.9 km,横向

不超过 1.4 km;浓度超过Ⅱ类水质标准的最大范围上游不超过 1.4 km、下游不超过 1.7 km,横向不超过1.6 km。

另外,工程实施后直武地区新增排水工况下新沟河入江口长江沿岸不同距离处污染物浓度最大增量统计结果表明(见表 2):NH₃ - N 最高浓度增量在入江口上游 2 km 处减少较大,5 km 处增量接近为 0;横向上距离入江口 2 km 处增量较小,3 km 处增量基本为 0;距离入江口下游 5 km 处浓度增量依然较大。因此,现状新沟河枯水年排水情况下,长江沿岸水体浓度增量上游主要集中在入江口上游 5 km 范围内,横向上主要集中在距入江口 2 km 范围内,下游增量较大,影响范围也最大。

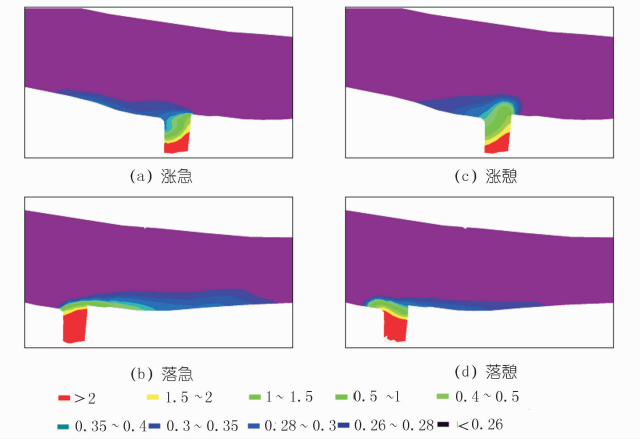


图 10 枯水年工程实施后新沟河排水 NH₃ - N 浓度场 (mg/L)

表 2 工程实施后新沟河入江口沿岸不同距离处
污染物浓度最大增量

距离/ m	NH ₃ - N/ (mg · L ⁻¹)	距离/ m	NH ₃ - N/ (mg · L ⁻¹)	距离/ m	NH ₃ - N/ (mg · L ⁻¹)
上游 100	2.569	下游 100	2.579	横向 100	2.572
200	2.542	200	2.579	200	2.567
500	0.939	500	0.372	500	2.469
1000	0.158	1000	0.228	1000	1.655
2000	0.051	2000	0.080	2000	0.002
5000	0.0002	5000	0.031	5000	0

3 长江水环境保护措施建议

根据模型分析,工程实施前,新沟河全年排江 NH₃ - N 污染负荷为 402 t/a。工程实施后,在发挥增排直武地区水功能时,新沟河排江负荷有明显增加,全年排江 NH₃ - N 污染负荷增至为 1 652 t/a,所增负荷主要是由于排水量增加所致,对新沟河入长江口门处的水环境影响明显增大,为降低工程运行后对长江口水环境的不利影响,建议考虑采了以下措施。

3.1 积极推进地区治污控污措施

为保护区域水环境,缓解工程不利影响,地方政府应积极贯彻落实《太湖流域水环境综合治理总体方案》、《江苏省太湖流域水环境综合治理实施方案》及直湖港、武进港综合整治规划治污控制措施^[8]。按区域污染物总量控制要求,加大区域污染源治理力度,实施区域工业点源污染治理、城镇污水处理及垃圾处置、面源污染治理、生态修复项目、河网综合整治、节水减排和监管体系等项目建设,使区域污染治理落到实处;根据《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB32/T1072-2007)排放要求,加强河道排污口监督管理,实现区域水环境治理目标^[9]。

3.2 加强工程沿线河道生态建设和综合管理

开展生态型河道建设,加大工程沿线河道的自身降解污染物能力;加强河道综合管理,同时积极开展区域水资源优化配置和调度研究,促进地区河网水体流动,提高地区水环境容量。

3.3 入江口门实施水生态治污修复工程

考虑在新沟河入江口外的长江沿岸建设条形水生态治污修复工程,现状新沟河入江口区域为外伸约 700 m × 1 300 m 长形水域,相对长江主水体,该水域较浅,枯水时常有较大面积出露。根据水环境影响预测结果,新沟河工程实施后排水对长江的不利影响主要集中在该区域内。建议考虑利用该区域地形特征,实施水生态治污修复工程,一方面保护修复该区域水生态环境,另一方面使地区排水经过该水域时得到一定程度净化,进一步减少工程排水对长江的不利影响。

3.4 加强新沟河排水调度及水质监控管理

为尽量减小工程实施对长江新沟河入江口上下游区域的影响,需加强排水期间新沟河工程的运行调度和水质监控管理,在新沟河排江口设置水质自动监测系统。根据模型计算结果,正常情况下,工程河道增加区域排水对长江水环境总体影响范围和程度均不大,但在排污污染负荷大且长江本底污染值大、流量小的情况下,会对长江水质带来较大范围的影响,必须采取措施进行防范,原则上要求工程在每年 1~3 月份不进行排江运行。

4 结论与展望

新沟河延伸拓浚工程是一项水环境综合整治及提

高流域、区域防洪排涝能力的多任务项目,是《太湖流域水环境综合治理总体方案》规划实施的提高太湖流域水环境容量(纳污能力)6 项引排工程之一。工程实施后,可使入太湖的外源污染明显减少,太湖梅梁湖等西北部湖湾水质有较明显改善。结合望虞河工程和新孟河工程的实施,太湖和长江之间将形成有效连通通道,对提高太湖水环境容量、保护太湖水生态环境具有明显效果^[10]。但工程实施运行将改变区域排水格局,对新沟河入江口局部区域水环境将产生一定程度的不利影响。但总体而言,不利环境局限在局部区域,影响程度总体较小,可通过采取适当的对策措施和生态修复、补偿机制予以缓解或减免。

该工程的实施进一步沟通了长江与太湖的水系,对改善太湖水质、促进太湖流域水体流动具有较显著作用,但削减污染源、减少人类活动对自然水环境的破坏才是地区可持续发展的根本。地方各级政府必须真正落实《总体方案》、《工作方案》等相关规划的治污控制措施,努力实现水环境的总体改善^[11]。

参考文献:

- [1] 国家发展改革委员会.太湖流域水环境综合治理总体方案[R].北京:国家发展改革委员会,2008.
- [2] 太湖流域管理局.太湖流域防洪规划[R].上海:太湖流域管理局,2008.
- [3] 上海勘测设计研究院.新沟河延伸拓浚工程环境影响报告书[R].上海:上海勘测设计研究院,2011.
- [4] 吴浩云,周丹平,何佳,等.引江济太工程综合效益的评估及方法探讨[J].湖泊科学,2008,(5).
- [5] 纪洪艳.走马塘拓浚延伸工程对长江水环境影响研究[J].人民长江,2010,41(6).
- [6] 王立辉.二维浅水方程的非结构网格数值解[J].水利水运工程学报,2006,(1).
- [7] 袁雄燕.丹麦 MIKE21 模型在桥渡壅水计算中的应用研究[J].人民长江,2006,37(4).
- [8] 黄宣伟.太湖流域规划与综合治理[M].北京:中国水利电力出版社,2000.
- [9] 江苏省人民政府.江苏省太湖流域水环境综合治理实施方案[R].南京:江苏省人民政府,2009.
- [10] 陈红,戴晶晶.水利工程有序引排改善太湖流域水环境作用初步研究[J].水利规划与设计,2011,(4).
- [11] 黄宣伟.太湖调水工程对水环境改善的战略意义[J].水资源保护,2002,(3):37-39.

(编辑:常汉生)

(下转第 90 页)

Study of CORS – RTK combined with GIS in collapsing gully monitoring of southeast Hubei Province

DU Yun^{1,4}, LI Shuangxi², DING Shuwen^{1,3}, HE Yijun¹, DENG Yusong¹

(1. Soil and Water Conservation Research Center, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Changjiang Soil and Water Conservation Monitoring Centre, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China; 3. Key Laboratory of Arable Land Conservation (Middle and Lower Reaches of Yangtze River), Ministry of Agriculture, Wuhan 430070, China; 4. Taizhou Design Institute of Water Conservancy & Hydro – electric Power, Taizhou 318000, China)

Abstract: The collapsing gully is seriously harmful for its tremendous amount of erosion. At present, the traditional methods (runoff plots and plug sign method) in monitoring collapsing gully are limited to some extent. The CORS – RTK dynamic measurement combined with GIS spatial analysis was adopted to study the collapsing gully in Chengfeng Village in eastern Hubei Province. We measured the parameters quantitatively, such as the fracture morphology, slope and retreat, and then calculated the erosion amount by comparing the collapsing gully data in different phases. The results fully showed the advantages of CORS – RTK survey in monitoring of collapsing gully, such as high accuracy and high – speed, which provides an alternative approach for monitoring collapsing gully.

Key words: collapsing gully; erosion; CORS – RTK; GIS spatial analysis

(上接第 83 页)

Research on influence of Xingou River dredging and extending project on water environment of Yangtze River

CHEN Jianghai

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

Abstract: The Xingouhe River dredging and extending project is one of the important drainage projects that have been arranged by Comprehensive Management Plan of Water Environment in Taihu Basin that was approved by the State Council. Through the extending project, the 5 – year flood or under in Zhiwu region is released into Yangtze River instead of Taihu lake, which would reduce the pollutant input into Meiliang Lake, a sub – lake of Taihu Lake. However, the newly increased drainage of Xingou River will impact Yangtze water environment. A two – dimension flow – pollutant simulation model was established based on MIKE21 and the impact on the water environment of Yangtze River was analyzed. The results show that the adverse effect mainly concentrates in the estuary region of Xingou River and the impact is slight in general and only serious in extreme case. The impact can be mitigated by measures of ecological restoration, operation dispatch and water monitoring.

Key words: MIKE21; water environment impact; Xingou River; Taihu Lake regulation; Yangtze River

(上接第 86 页)

Study on influence of marine oil spill accident on Jiuduansha Wetland Nature Reserve

FANG Ning, DING LING, ZHENG Leifu

(Shanghai Investigation, Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200434, China)

Abstract: Lingang offshore wind farm is located in the intersection of the Yangtze Delta and Hangzhou Bay where the hydrological conditions are complicated and the waterways are in a crisscross pattern. To study the influence of oil spill in this sea area caused by ship collision to the Jiuduansha Wetland Nature Reserve and countermeasures, the MIKE21 (SA) module was used to establish a two – dimensional oil spill model and analyze the spill oil movement under 3 typical conditions of various hydrology, weather and ocean on the basis of the two – dimensional hydrodynamic model. The analysis results show that the drifting trajectories and coverage of the oil film are influenced by wind direction and wind velocity; under the 3 conditions, the oil films could not reach the Jiuduansha Wetland Nature Reserve within 18.5 h. So, in this period, the influence of oil spill accident to the Jiuduansha Wetland Nature Reserve can be avoided if the measures of block, absorption, digestion are taken timely.

Key words: oil spill accident; numerical simulation, MIKE21; ecological environmental impact; wind farm on the sea; Jiuduansha Wetland Nature Reserve