



非对称工况下双线船闸 不同施工工艺对结构的影响

沈哲一¹, 王其标², 卓 杨²

(1. 同济大学 水利工程系, 上海 200092; 2. 中交上海港湾工程设计研究院有限公司, 上海 200032)

摘要: 随着水运事业的发展, 双线船闸已越来越多的使用在内河航道中, 不同的施工过程对船闸应力产生不同的影响, 而合理确定船闸结构应力是保证船闸系统稳定和安全的關鍵。本文使用有限元分析软件, 依托于海安船闸建立了非对称工况下双线船闸有限元计算模型, 分析不同施工顺序下闸首和闸室的应力分布规律及变形特性。结果表明: 不同施工顺序闸首和闸室应力存在空间上的差异性, 表现为靠近船闸中心线差异明显, 向两侧逐渐消弱。

关键词: 双线船闸; 施工顺序; 非对称; 有限元

中图分类号: U 641.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)10-0132-06

Influence of different construction processes on structure of double-lane lock under asymmetric working condition

SHEN Zhe-yi¹, WANG Qi-biao², ZHUO Yang²

(1. Department of Hydraulic Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. CCCC Shanghai Harbor Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: With the development of water transport, double-lane lock has been widely used in inland waterway. Different construction processes of ship locks have different impacts on the stress, and reasonable lock structure's stress is the key to guarantee stable and safe lock system. This article uses finite element analysis software to establish the finite element calculation model of double-lane lock under asymmetric conditions relying on Hai'an lock, the characteristics of stress distribution and deformation of lock head and lock chamber under different construction sequence are analyzed. Results show that the differences of stress of lock head and lock chamber under different construction sequences exist on the space, and the difference is apparent close to the center line of the ship lock, and is weakened to both sides gradually.

Keywords: double-lane lock; construction sequence; asymmetric; finite element

许多船闸在施工期结构会出现裂缝, 有的裂缝向深层发展, 威胁到建筑物安全使用。引起船闸结构裂缝的因素有很多, 其中施工顺序与船闸结构的受力状况有着密切的关系^[1-2]。双

线船闸结构处于一侧为另一线船闸、一侧为土体的特殊状态, 属于非对称工况, 较之一般的单线船闸, 其结构受力更为复杂。不同的施工工艺和施工顺序都会影响周围土体和船闸结构

收稿日期: 2015-03-06

作者简介: 沈哲一 (1983—), 男, 硕士, 从事港口及航道设计、施工、管理工作。

的受力状态和变形。在施工时应考虑双线船闸施工工艺对周围土体和船闸结构受力的影响, 但是目前船闸的施工规范难以考虑这种影响。通过对船闸施工过程的仿真模拟, 可以预先发现一些在施工中可能会出现的问题, 从而事先使其得到解决和落实, 避免对工程造成不利影响; 同时利用模拟成果, 验证施工设计的合理性^[3-4]。目前的研究均未考虑双线船闸施工非对称性的影响。本文依托海安双线船闸工程, 采用有限元方法对施工过程进行了仿真分析, 分析不同施工顺序下船闸结构的受力和变形特性。研究结果表明不同施工顺序对船闸结构受力和变形有一定的影响。

1 工程概况

海安船闸位于南通市海安县境内, 为双线船闸, 两闸中心距为 60.0 m。上游引航道接入新通扬运河与通榆河交汇处, 下游引航道接入老通扬运河道, 下通如海运河。航道全线按Ⅲ级标准双线航道整治, 海安船闸采用双线 230.0 m × 23.0 m × 4.0 m, 为Ⅲ级通航建筑物。

海安船闸上、下闸首采用整体刚度大、抗震性能好的钢筋混凝土坞式结构。上、下闸首宽度为 53.8 m, 长度为 28.5 m; 输水廊道进口断面尺寸为 3.5 m × 3.0 m, 出口段 2.5 m × 3.0 m; 廊道的进口段和出口段均延伸至门库, 阀门设置在廊道的进口段 (图 1、2)。

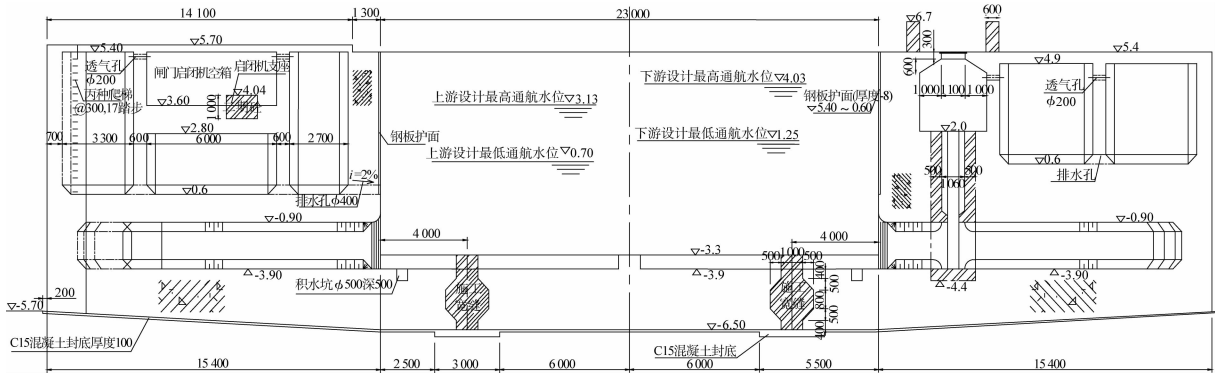


图 1 双线闸首断面 (高程: m; 尺寸: mm, 下同)

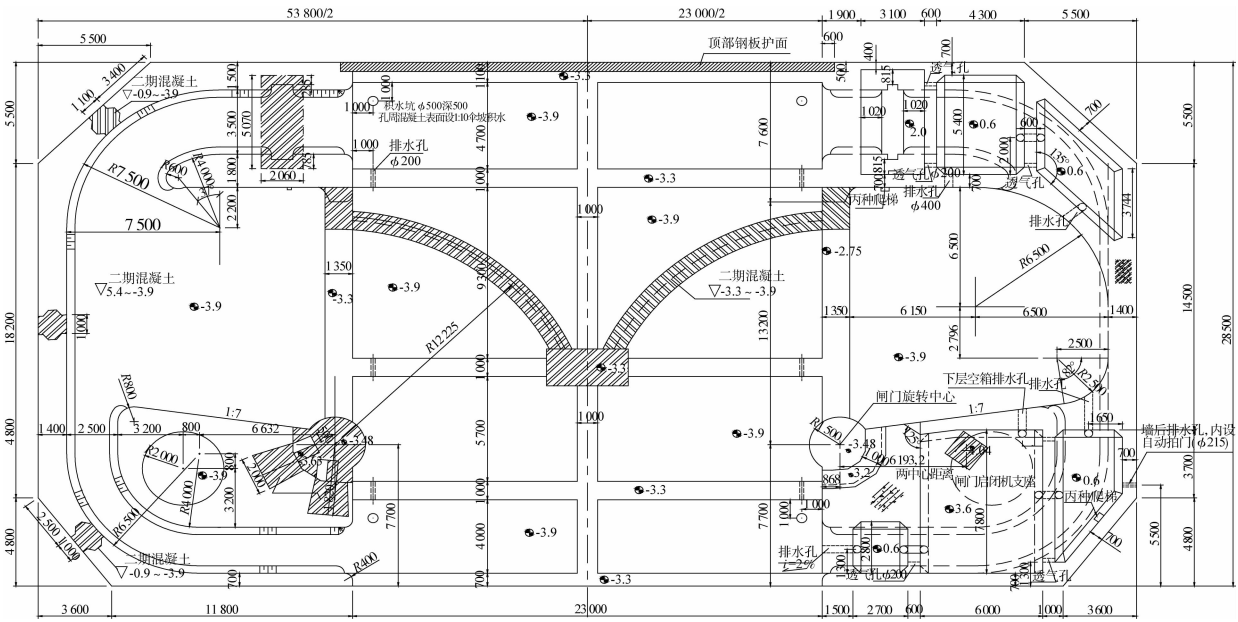


图 2 双线闸首平面

闸室采用钢筋混凝土整体式结构，沿长度方向设沉降伸缩缝，间距布置为(15.0 + 10 × 20.0 +

15.0)m。闸室墙口宽为23.2 m，净宽23.0 m，闸室墙顶高程为5.2 m，墙顶设1.2 m高闸顶挡墙(图3)。

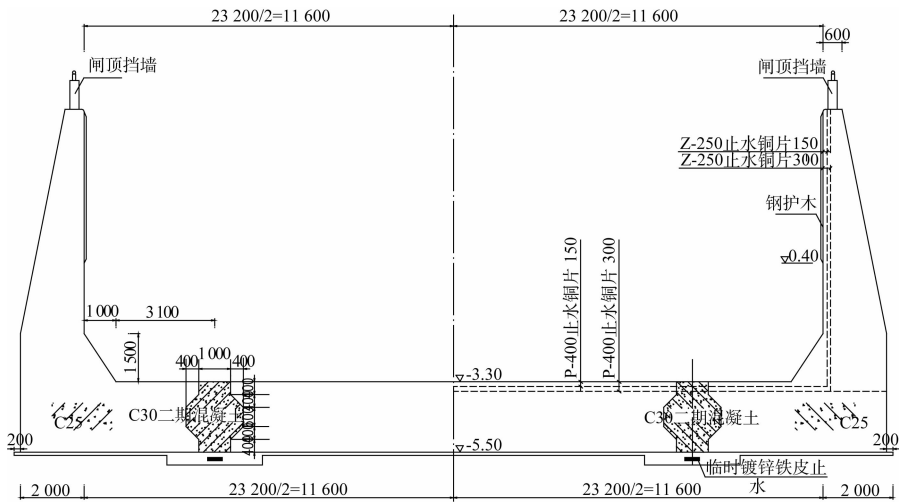


图3 闸室结构断面

2 计算模型与计算条件

2.1 有限元模型

考虑闸首、闸室、基础土体等结构，建立船闸-地基系统的三维有限元整体仿真模型。模型采用实体单元分析，模型边界约束条件为：地基上下游截面边界顺河方向水平位移为零，地基左右侧截面边界处横河方向的水平位移为零，底部截面边界处竖向位移为零^[5]。网格划分见图4。

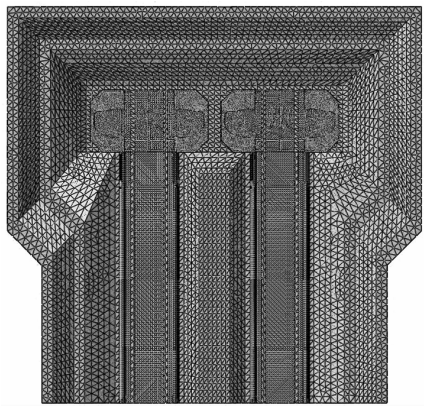


图4 船闸结构体系有限元计算模型

2.2 材料参数

地基土共分为7层，计算参数如表1所示。船闸结构混凝土弹性模量 $E = 30 \text{ GPa}$ ，泊松比 $\nu = 0.167$ ，密度 $\rho = 2.4 \text{ t/m}^3$ 。

表1 土层参数

名称	厚度/ m	$\rho_{\text{sat}} /$ ($\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$)	E_s / MPa	C / kPa	$\varphi / (^\circ)$	ν
素填土	4.8	1.88	6.73	8.0	10.0	0.30
粉质黏土	2.5	1.90	11.73	18.0	21.7	0.30
粉土	7.0	1.87	10.13	13.0	18.6	0.28
粉砂	5.5	1.90	6.31	11.0	27.3	0.25
粉质黏土	4.0	2.01	8.85	58.8	16.3	0.30
粉质黏土	3.5	1.88	5.53	17.5	22.1	0.30
粉砂	7.5	1.90	6.26	13.0	25.2	0.25

2.3 分析断面选取

船闸沉降和应力分析断面的选取如图5所示，以闸首和与东闸首相邻的闸室作为分析对象。沉降和应力分析断面设置在每个闸首和闸室的底板底部顺河向中心线。在分析断面坐标系的选取上，将船闸中心线定为X轴，将闸首与闸室分界面定为Y轴。

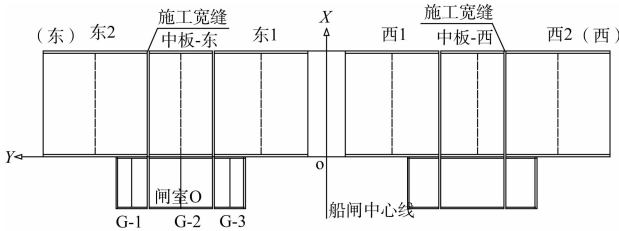


图5 船闸底板沉降和应力监测断面布置

3 结果分析

本计算中, 共分为 3 种不同施工顺序 (表 2)。

表 2 施工顺序	
工况	工况描述
双线同时施工	双线自闸首向闸室, 船闸中心线两侧对称结构同时施工
双线交错施工	双线自闸首向闸室, 中心线两侧对称结构先西侧后东侧, 交互施工
单线顺序施工	西侧闸首和闸室先施工完成, 东侧船闸再从闸首到闸室依次施工

3.1 沉降

各施工顺序下闸首和闸室的沉降如图 6~7 所示。

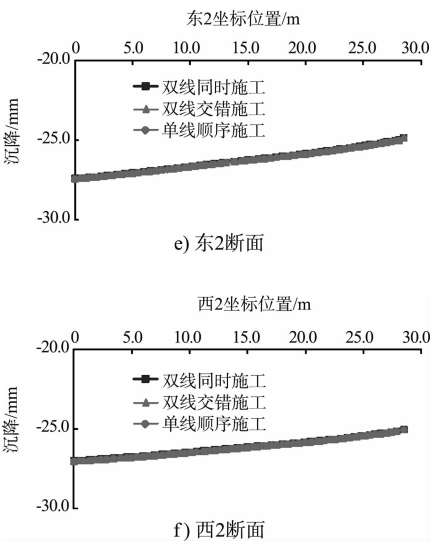
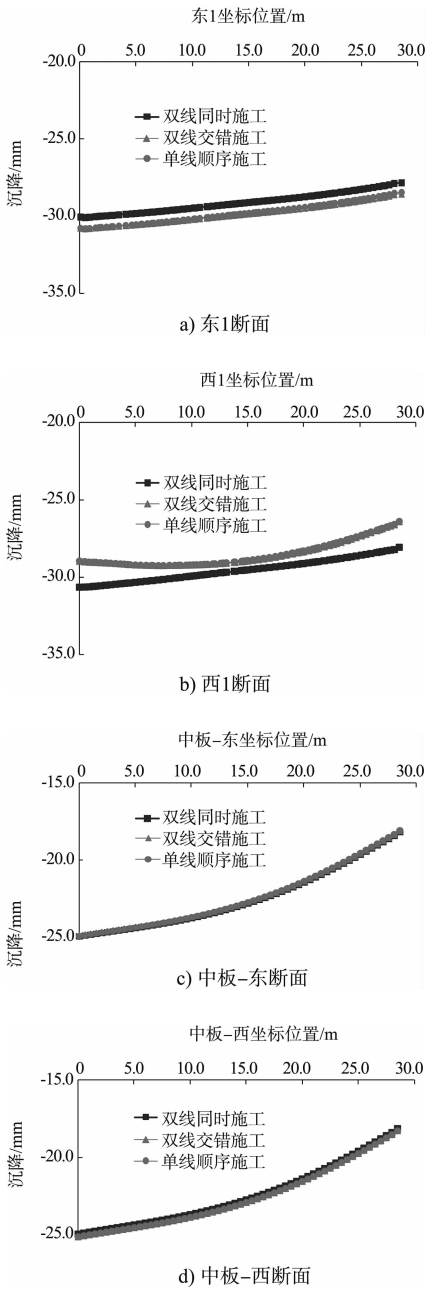


图 6 不同施工顺序下闸首断面沉降分布

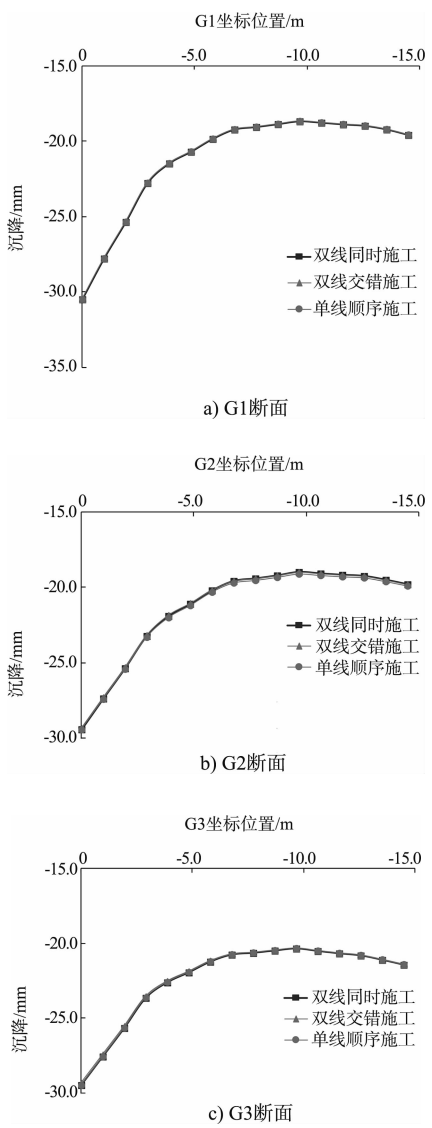


图 7 不同施工顺序下闸室断面沉降分布

由沉降分布可以看出,对闸首而言后浇筑的闸首对先浇筑的闸首沉降存在影响。由图 6 和表 3 可以看出,以双线同时施工工况为基准,最大差异为 5.97%。对闸室而言,不同施工顺序下闸室的沉降曲线分布趋势基本相同。这是因为两闸首间距较小相互作用明显,而闸室一线和闸室二线间距较大,可认为不存在相互作用。

3.2 应力

各施工顺序下闸首和闸室的应力如图 8~9 所示。

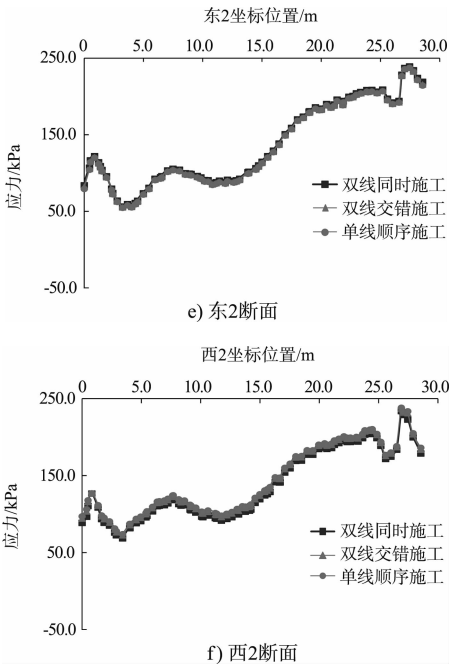
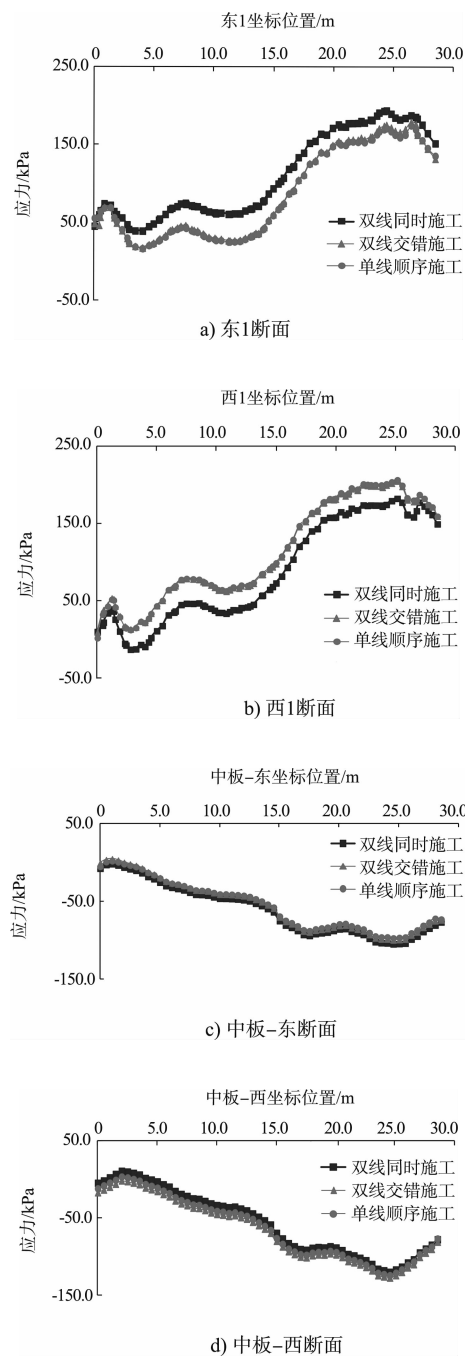


图 8 不同施工顺序下闸首底部断面应力分布

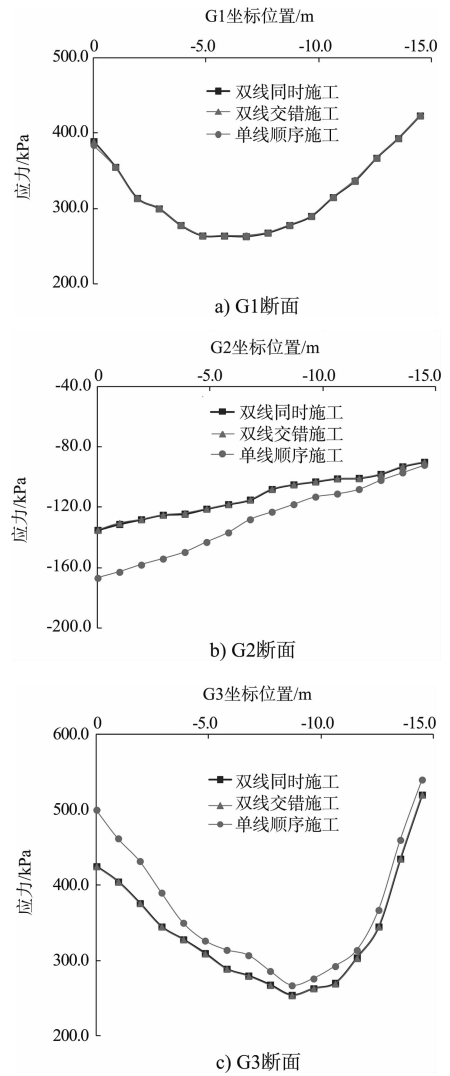


图 9 不同施工顺序下闸室断面应力分布

由于闸首结构复杂,网格在划分时存在不对称性,导致应力值有所偏差(图8),双线同时对称施工时东西闸首应力不完全一致,但趋势基本相同。同时由图8及表3可以看出,不同施工顺序下闸首和闸室应力存在空间上的差异,以双线同时施工工况为基准,最大差异达到139.58%。其中靠近船闸中心线差异明显,向两侧则逐渐削弱,例如东2断面在不同施工顺序下闸首应力基本一致。由图8a)和图8b)可知,由于先施工结构的自重对后施工结构下的土体产生影响,有一定的约束作用,使得双线交错和单线顺序施工时,其西侧闸首应力比双线同时施工偏大、东侧则比双线同时施工偏小。由图9可知,单线顺序施工时,闸首对闸室的影响最大。因此综合考虑,建议在施工顺序安排上平衡对称施工。

表3 不同浇筑顺序下最大位移及应力差异百分比 %

工况	闸首		闸室	
	沉降	应力	沉降	应力
双线同时施工				
双线交错施工	5.88	139.58	0.49	1.49
单线顺序施工	5.97	126.14	0.61	24.16

4 结语

1) 对闸首而言,不同施工顺序下,后浇筑的闸首对先浇筑的闸首沉降存在影响;对闸室而言,

不同施工顺序下闸室的沉降曲线分布趋势基本一致。这是因为两闸首间距较小相互作用明显,而闸室东线和闸室西线间距较大,基本不存在相互作用。

2) 不同施工顺序下, 闸首和闸室应力存在空间上的差异性, 表现为靠近船闸中心线差异明显, 向两侧逐渐削弱。

3) 非对称工况下双线船闸在施工工序安排上宜做到“平衡、对称施工”，即双线闸首、闸室施工宜同时进行、对称施工；对于间距较大的闸室，由于其相互影响较小，可根据现场施工条件灵活调整以节省工期。

参考文献:

- [1] 朱平, 王海滨, 刘宏新. 船闸工程闸室侧墙裂缝分析与处理[J]. 水运工程. 2006(8): 116-119.
- [2] 曹周红. 不同施工过程对坞式船闸结构影响的仿真模拟研究[D]. 湖南: 长沙理工大学, 2005.
- [3] 陈胜宏, 陈尚法, 杨启贵. 三峡工程船闸边坡的反馈分析[J]. 岩石力学与工程学报. 2001, 20(5): 619-625.
- [4] 李建林, 哈秋龄. 三峡工程永久船闸边坡合理坡角研究[J]. 葛洲坝水电工程学院学报. 1994, 16(2): 7-13.
- [5] 苏超, 李劲松, 崔潇茜. 三维有限元法在大型船闸闸首设计中的应用[J]. 水运工程. 2014(5): 112-116.

(本文编辑 郭雪珍)

· 消息 ·

四航局中标福州港罗源湾港区可门作业区码头项目

近日，四航局与福建华电可门发电有限公司签订了福州港罗源湾港区可门作业区 14[#]泊位工程码头及栈桥工程施工总承包合同，合同额约 1.7 亿元，合同工期 365 天。

该工程主要施工内容包括：1 个 5 万吨级高桩梁板式通用散货泊位，相应的码头及栈桥水域挖泥、水工建筑物、生产及辅助建筑工程等。

该工程是福建华电可门火电厂三期的配套码头工程。工程的建设实施,将有效推进工程整体施工进度,对促进区域经济发展具有重要意义。

(来源：四航局)