

滩海人工岛工程安全监测自动化系统研究

焦志斌¹, 冯京海², 李凯双², 王长军², 李顺利², 季 宏²

(1. 南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029; 2. 中国石油冀东油田公司, 河北 唐山 063004)

摘要: 基于海上油气生产的人工岛安全性需要, 提出了滩海人工岛工程运行期安全监测方法和技术要求, 安全监测宜采用自动化系统. 结合冀东油田 1-3#人工岛工程运行期安全监测系统研究, 在国内首次开发和建立了滩海人工岛工程安全监测自动化系统, 实现了滩海人工岛实时自动监测、数据处理、信息发布和预警等. 系统初步运行结果表明, 1-3#人工岛工程运行期围堤存在明显的不均匀沉降, 岛体存在体缩现象. 研究成果为滩海人工岛工程运行期阶段的管理和维护提供了技术依据和保障, 对滩海工程运行期的安全监测具有指导作用.

关 键 词: 运行期; 人工岛; 安全监测; 自动化系统; 围堤

中图分类号: P752

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2013)01-0066-05

随着近海石油工业的勘探开采及经济发展需要, 在环渤海地区和其他近海区域相继修建了多个大型滩海人工岛结构. 滩海人工岛工程建设在我国尚处于起步阶段, 工程实践有限. 对于施工期人工岛建设安全控制管理, 中国石油天然气集团公司最先制定了技术标准^[1], 并于 2010 年实施, 为滩海人工岛工程施工期阶段的安全建设和管理提供了技术依据和保障. 但对于人工岛运行期的安全管理和维护, 国内至今还没有出台相关的规范和标准.

滩海人工岛工程处于复杂的海洋环境中, 其防护结构为围堤, 功能和结构型式类似于港口工程中的防波堤, 由于受到风浪、潮流、海冰、风暴潮和地震等多种海洋环境因素的共同影响, 比陆地上的建筑物更容易受到破坏. 历史上人工岛和防波堤损毁事件屡见不鲜, 破坏形式也多种多样, 如强风、大浪、风暴潮增水、海冰等恶劣海况造成的围堤防护层破坏、岛面被淹, 甚至冲毁整个岛体; 或因海底动力环境变化、地震、海底及充填土等地质因素引起的岛体滑移、沉降、断裂等^[2-7].

各类人工岛和防波堤事故发生的时间、部位和破坏方式均有其各自的特点, 设计波浪标准偏低和对波浪水动力特性认识不足是结构损坏的主要原因, 防护结构和工作条件决定损坏形态与发展, 地基承载能力不足和施工期损坏应引起足够重视^[8-10]. 围护结构的破坏都伴随着结构异常变形, 可以通过安全监测及时获取, 对判断灾害体的发展和预警有着重要的技术支持.

人工岛运行期安全监测理论研究至今是个空白, 因此设计上便无章可循. 目前国内大型人工岛采用的是施工期监测的延续, 远不能满足人工岛运行期的安全管理要求. 滩海人工岛运行期安全监测宜采用自动化监测系统, 自动化安全监测系统具有人工监测无可比拟的优点, 能实时连续地监测, 不受外界环境的影响, 尤其适用于恶劣环境下不能进行人工采集的状况. 这对于跟踪灾害体发展过程, 进行预警和反演分析具有十分重要的意义. 本文依托冀东南堡油田 1-3#人工岛工程运行期安全监测系统研究, 在国内首次开发建立了人工岛安全监测自动化系统^[9], 提出了滩海人工岛工程运行期安全监测方法和技术要求, 为滩海工程运行期的安全监测提供了一种可靠有效的方法, 对类似工程有重要的指导作用.

收稿日期: 2012-05-10

作者简介: 焦志斌(1970-), 男, 安徽肥东人, 高级工程师, 博士研究生, 主要从事岩土工程安全监测、滩海工程的安全分析以及码头结构试验研究. E-mail: 13951829299@vip.163.com

1 工程概况

冀东南堡油田 1-3#人工岛位于河北省唐山市滦南县北堡村南侧、南堡村西南侧,南堡浅滩-5 m 等深线附近,整体呈近似椭圆形布置,边长尺寸为 495 m×298 m,造地面积 13.33 万 m²(合 200 亩),围堤总长 1 374 m. 人工岛围堤采用袋装砂斜坡堤结构,岛心采用吹填砂形成. 工程区域表层为淤泥质粉质黏土,该层为全新世后期(近代)浅海相沉积,灰色-灰黑色,饱和-过饱和,流塑状态,含水量较高,含有机质,标贯击数小于 1. 1-3#人工岛平面位置见图 1.

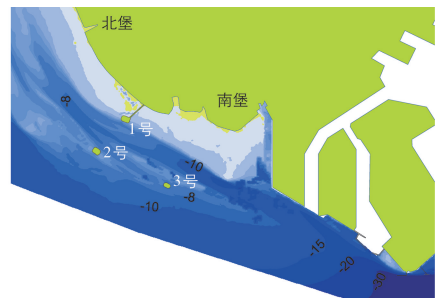


图 1 冀东南堡油田 1-3#人工岛位置

Fig. 1 Position of 1-3# of Jidong Oilfield Company

冀东南堡油田 1-3#人工岛具有以下 6 个特点:①人工岛建在北高南低的海沟边缘,人工岛和周边构筑物建设严重影响局部的水动力环境,可能造成局部冲刷;②人工岛周边水深大,原泥面高程约-5.3 m,高潮时水深超过 9 m,是冀东油田人工岛中周边水深最大的人工岛;③岛体吹填高度大,最大吹填高度 14.2 m,是冀东油田人工岛中吹填高度最大的人工岛;④人工岛距离陆域较远,距离陆域最近的 1-1#人工岛约 6.7 km,受气候及海洋等环境因素影响较大;⑤岛体在施工期遭受风暴潮影响,部分围堤损毁较严重;⑥曹妃甸区域的整体规划修改对人工岛周边的水动力影响较大. 综合分析表明,冀东南堡油田 1-3#人工岛是渤海湾风险等级最高的人工岛.

2 安全监测自动化系统

人工岛运行期安全监测自动化系统由监测仪器、数据采集与处理系统、数据传输系统和网络发布系统 4 部分构成. 各子系统均可独立运行,以单链的方式协同工作.

2.1 运行期安全监测内容

人工岛的安全监测分为施工期和运行期两阶段. 人工岛运行期的安全监测与施工期相比,在监测内容与监测功能及判断指标上有着本质的区别(见表 1),两者不可替代. 人工岛运行期的安全监测关系到人工岛的长期安全运行,对于油气生产的人工岛,有着更为重要的现实意义.

表 1 施工期与运行期监测的区别

Tab. 1 Comparison of monitoring items during construction and operation stages

工 况	监测仪器设备	监测内容	监测目的
施工期 安全监测	移动式测斜仪	深层水平位移	控制吹填速率
	孔隙水压力计	孔隙水压力	控制吹填速率
	沉降仪	分层沉降	推算工后沉降及总沉降
	水准仪	表面沉降	控制吹填速率
运行期 安全监测	固定测斜仪	深层水平位移	围堤局部稳定
	孔隙水压力计	孔隙水压力	围堤局部稳定
	静力水准仪	围堤沉降	围堤局部稳定
	波潮仪	波浪参数、潮位	分析计算
	拾振仪	结构震动	分析计算

人工岛安全监测自动化系统采用实时监测方法. 实时监测指通过各种监测、采集、传输、发布技术,让管理人员在第一时间内了解、掌握有关围堤的变形动态和发展趋势,进而做出决策的多种技术的集合. 其最主要的特点为实时性,即远程管理人员可在第一时间获取灾害体的全部变形信息,而获取的过程是自动的,无需技术人员值守干预,尤其是在恶劣海况条件下人工不能直接进行的安全采集. 显而易见,实时的特性可以最大限度地解放劳动力,降低监测人员风险和运营成本.

同传统监测技术相比,自动化监测的数据采集方式是连续的、跟踪式的,数据的采集周期很短,通常在几分钟之内,甚至更短.这对跟踪灾害体变形过程,进行预警和反演分析具有十分重要的意义.

2.2 安全监测自动化系统设计

根据 1-3#人工岛的自然环境条件,强风向为 S,E 和 ENE 向,常风向为 S 向.本海域常浪向为 S,次常浪向为 SE,强浪向为 ENE.在围堤施工期,南侧和东侧围堤遭受强风暴潮的破坏最严重,因此分别在南侧围堤和东侧围堤各布置 1 个监测断面(见图 2).

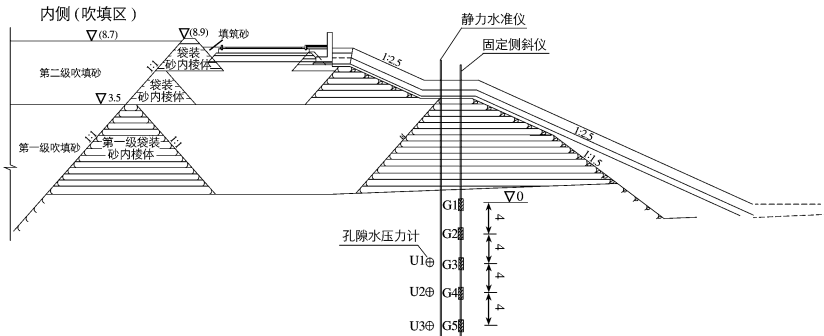


图 2 安全监测自动化系统监测仪器剖面图(单位: m)

Fig.2 Profile of the safety monitoring automatic system (unit: m)

选择潮位、围堤孔隙水压力、围堤沉降和围堤水平位移为主要监测内容.监测仪器选型考虑了稳定性、耐久性、仪器精度和现场环境特点(见表 2).

表 2 观测内容及仪器选用

Tab.2 Observation items and instruments

序 号	项 目	仪器名称	规格型号	序 号	项 目	仪器名称	规格型号
1	围堤整体沉降	静力水准仪	SYJ 型	5	潮位	水位计	GL-1 型
2	围堤水平位移	固定测斜仪	GN-1B 型	6	数据采集系统	分布式自动测量系统	MCU-32 型
3	围堤地基土孔隙水压力	孔隙水压力计	VWP 型	7	通讯系统	GPRS+网络	中国移动+局域网
4	围堤地下水位	水位计	GL-1 型				

1-3#人工岛安全监测自动化系统包含 4 个系统的监测:围堤沉降监测系统、围堤水平位移监测系统、围堤地基土孔隙水压力监测系统和潮位监测系统.系统具备数据采集、数据管理、绘制过程线、监测报表、传感器设置、用户管理、系统设置和系统帮助等功能.

2.3 系统初步观测成果

2010 年 5 月 20 日至 7 月 6 日进行了监测仪器的安装与调试,7 月 6 日至 31 日安装调试 MCU 系统,8 月 1 日开始采集数据.到 2011 年 8 月底,共采集了 2 084 组观测数据,进行了监测系统和通讯系统的各种调试,包括实时、定时和离线采集,部分观测结果见图 3,4 和 5.

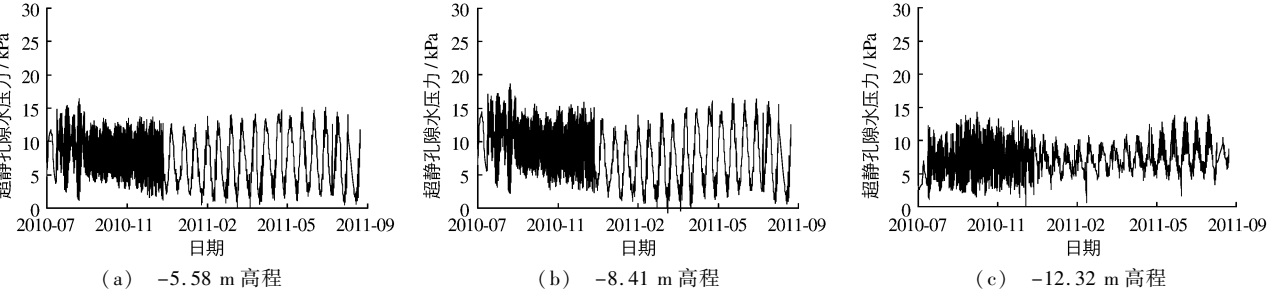


图 3 南侧围堤超静孔隙水压力过程线

Fig.3 Excess pore water pressure hydrographs of the south side embankment

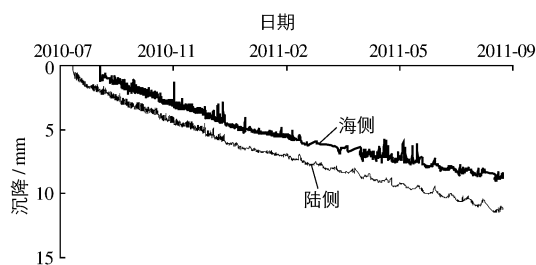


图4 南侧围堤沉降过程线

Fig.4 Settlement hydrographs of the south side embankment

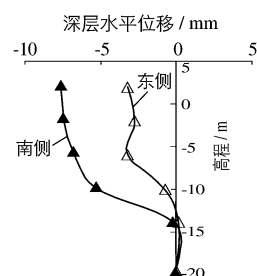


图5 围堤内部水平位移

Fig.5 Inner horizontal displacements of the embankments

观测结果表明,观测期内人工岛南侧堤沉降 11 mm;东侧堤顶向内侧移动 3 mm,南侧堤向内侧移动了 8 mm,人工岛在东侧和南侧均出现体缩现象,这与施工期位移方向完全相反. 南侧围堤地基土超静孔隙水压力变化区间在 0 ~ 15 kPa 之间.

南侧围堤的沉降和深层水平位移变化均明显大于东侧围堤,这与人工岛自然环境和海况特点有关,同时也表明,南侧围堤的安全监测是 1-3#人工岛安全监测的重点.

3 结 语

作为国内首套滩海人工岛安全监测自动化系统,设计上确定了离岸深水人工岛运行期监测的常用监测指标:围堤沉降、围堤深层水平位移、围堤地基土超静孔隙水压力、围堤地下水位和潮位. 有条件时应兼顾波浪、结构自振等围堤边坡稳定影响因素. 系统达到了无人值守和动态监测的目的,适用于滩海人工岛运行期的安全监测. 为人工岛的安全运行、管理与维护提供了科学依据.

滩海人工岛安全监测自动化系统尚应结合具体工程进行完善和改进,更好地适应不同海况条件下结构物的安全监测需要,并使之标准化.

随着全球灾害性气候的加剧,加之海洋环境的复杂性,人工岛及相关结构物损毁事件时有发生,应尽快推动人工岛运行期安全监测规范的编制,为相关部门提供技术依据.

参 考 文 献:

- [1] Q/SY 1354-2010, 滩海人工岛工程监测技术规范[S]. (Q/SY 1354-2010, Code for monitoring of artificial island in beach-shallow sea[S]. (in Chinese))
- [2] KIMURA K, MIZUNO Y, HAYASHI M. Wave force and stability of armor units for composite breakwaters[C] // Proc 26th ICCE. 1998; 2193-2206.
- [3] YASUDA T, MASE H, TAKAYAMA T. Statistical characteristics of sea walls damaged by storm waves[C] // Proc 27th ICCE. 2000; 2229-2239.
- [4] 李炎保, 吴永强, 蒋学炼. 国内外防波堤损坏研究进展评述[J]. 中国港湾建设, 2004(6): 53-56. (LI Yan-bao, WU Yong-qiang, JIANG Xue-lian. A review of the development of research on breakwater failures at home and abroad[J]. China Harbour Engineering, 2004(6): 53-56. (in Chinese))
- [5] 范期锦. 长江口南导堤局部堤身下沉的原因及对策[J]. 中国港湾建设, 2003(3): 1-4. (FAN Qi-jin. Cause of abnormal local settlement of southern training bank in Yangtze estuary and countermeasures[J]. China Harbour Engineering, 2003(3): 1-4. (in Chinese))
- [6] 范期锦, 李乃扬. 长江口二期工程北导堤局部破坏的原因及对策[J]. 中国港湾建设, 2004(2): 1-8. (FAN Qi-jin, LI Nai-yang. The reasons & countermeasures for north bank's part failure in the second phase regulation project of Yangtze estuary[J]. China Harbour Engineering, 2004(2): 1-8. (in Chinese))
- [7] OUMERACI H. Review and analysis of vertical breakwater failures lessons learned[S]. Coastal Engineering, 1994(22): 3-29.

- [8] TZANG S Y, HSIAO S S. A case study on typhoon induced consecutive damages on coastal structures at Keelung coast[C]// Coastal Structures'99. Rotterdam: Balkema, 2000: 1017-1025.
- [9] LEE D S, HONG G P. Korean experience on composite breakwater[C]// Proc of Int Workshop on Wave Barriers in Deepwaters. Yokosuka, 1994: 172-183.
- [10] 李炎保, 蒋学炼, 刘任. 防波堤损坏特点与其成因的关系[J]. 海洋工程, 2006, 24(2): 130-138. (LI Yan-bao, JIANG Xue-lian, LIU Ren. Discussion on the relationship between characteristics and the reasons of breakwater failures[J]. The Ocean Engineering, 2006, 24(2): 130-138. (in Chinese))
- [11] 焦志斌, 郑澄锋, 米占宽. 离岸深水人工岛安全自动监测及预警系统研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2011. (JIAO Zhi-bin, ZHENG Cheng-feng, MI Zhan-kuan. Automatic safety monitoring and warning system for offshore and deep-water artificial islands[R]. Nanjing: Nanjing Hydranlic Research Institute, 2011. (in Chinese))

A study of an automatic monitoring system for artificial islands

JIAO Zhi-bin¹, FENG Jing-hai², LI Kai-shuang², WANG Chang-jun², LI Shun-li², JI Hong²

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. PetroChina Jidong Oilfield Company, Tangshan 063004, China)

Abstract: Based on the safety requirements of the artificial islands for marine production of oil and gas, the monitoring methods and technical requirements are put forward for the artificial islands in coastal areas during operation stage. Based on researches on the safety monitoring automatic system for the artificial island of 1-3# of Jidong Oilfield Company, a safety monitoring automatic system for the artificial islands in the coastal areas in China is first developed and established so as to realize real-time automatic monitoring, data processing, information release and warning for the artificial islands in the coastal areas. The preliminary operation results show that the artificial island 1-3# exhibits obvious nonuniform settlement and shrinkage phenomenon during operation period. The research results will provide technical basis and support for the safe construction and management of the artificial islands in the coastal areas during operation stage. It can be used as a reference to the safety monitoring of the coastal projects during operation stage.

Key words: operation stage; artificial island; safety monitoring; automatic system; embankment

版 权 声 明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。

该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我社上述声明。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明,本刊将做适当处理。

《水利水运工程学报》编辑部

2013-02-26