

风暴潮警戒潮位电子标识技术应用示范

吕富良^{1,2}, 王立鹏^{1,2}, 王志勇^{1,2}, 冯立达^{1,2}, 刘晓飞^{1,2},
姜万钧^{1,2}, 刘爱超^{1,2}, 王磊^{1,2}, 郑金金^{1,2}

(1. 国家海洋局 北海预报中心, 山东 青岛 266061;
2. 山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室, 山东 青岛 266061)

摘要: 风暴潮警戒潮位标识是防护区沿岸可能出现险情或潮灾、需要进入戒备或救灾状态的级别提示。一般建设在港口码头、海上堤坝等海边固定标志物上, 在其墙体侧面进行涂刷或镶嵌四色标识, 这种标识受外界因素影响级别判定具有一定的误差。针对固定式风暴潮警戒潮位标识的不足, 本文提出了一种新型的风暴潮警戒潮位电子标识建设方案, 采用现有海洋站点获取的实时潮汐数据、发布的潮汐天文潮预报数据和当地既定警戒潮位值, 集成风暴潮警戒潮位电子标识, 再利用公共通讯网络平台, 在防护区进行显示。该风暴潮警戒潮位电子标识建设具有灵活、实用、显示直观和维护方便等特点, 可以为滨海旅游、海事管理、居民出行提供辅助决策信息, 对于降低海洋灾害防御成本、减少灾害损失等具有重要的应用和推广价值, 目前已在青岛地区进行了示范应用建设。

关键词: 风暴潮; 警戒潮位; 电子标识; 海洋防灾减灾; 示范应用

中图分类号: P731.23

文献标志码: A

文章编号: 1002-3682(2022)01-0087-08

doi: 10.3969/j.issn.1002-3682.2022.01.009

引用格式: 吕富良, 王立鹏, 王志勇, 等. 风暴潮警戒潮位电子标识技术应用示范[J]. 海岸工程, 2022, 41(1): 87-94. LÜ F L, WANG L P, WANG Z Y, et al. Application demonstration of electronic marker technology for warning water level of storm surge[J]. Coastal Engineering, 2022, 41(1): 87-94.

我国大陆海岸线北起中朝边境的鸭绿江口, 经沿海十余个省(市、自治区), 到中越边境的北仑河口, 全长约 18 000 km。每年沿海所发生的风暴潮增水, 经常给沿海地区的人民生命和财产造成巨大损失。风暴潮灾害位居海洋灾害之首位, 世界上绝大多数因强风暴引起的特大海岸灾害都是由风暴潮造成的^[1-2]。风暴潮是由热带气旋、温带天气系统、海上飚线等风暴过境所伴随的强风和气压骤变而引起的局部海面振荡或非周期性异常升高(降低)现象。风暴潮中局部海面振荡或非周期异常升高现象称之为风暴增水^[3]。风暴潮警戒潮位值是防护区沿岸可能出现险情或潮灾, 需进入戒备或救灾状态的潮位既定值^[4]。风暴增水到一定程度达到或超过风暴潮警戒潮位值就会产生漫堤、漫滩等海水侵灌现象, 对沿岸建设造成极大破坏。

我国各级海洋预报部门对沿海风暴潮开展了大量观测、预报和防灾减灾研究^[2,4-8]。开展全国主要岸段风暴潮警戒潮位标识建设工作(图 1), 在沿海重点岸段或人口密集区设立警戒潮位标识(标志物), 直观地提醒涉海人员、滨海游客及时了解潮汐动态, 对预防人员溺水, 减少海水漫堤、漫滩等海洋灾害造成的损失, 具有十分重要的意义^[9-11]。

目前在各地普遍建设使用的警戒潮位标识一般为固定式, 大多依靠港口码头、海上堤坝等海边固定标志物, 在其墙体侧面进行涂刷或镶嵌建设, 尚处于初步标识直观警示阶段, 这种风暴潮警戒潮位标识由于长期处在海边, 受外界环境的影响较大。风暴潮真正来临时, 往往伴随着狂风巨浪, 受近岸海浪折射影响, 岸边的实际潮位瞬间起伏巨大, 即使在背风背浪的港湾内, 受海浪的涌动影响, 水面也会瞬间超越多级警戒潮位标识, 因此有时海面达到的级别不是真正的警戒潮位级别, 这通常与预报部门实际发布的潮位警戒级别不符。而且发生风暴潮时, 海边风急浪高, 在这种恶劣天气, 市民不可能冒着生命危险到海边观看警戒潮位标识, 这

收稿日期: 2021-08-24

作者简介: 吕富良(1966—), 男, 副高级工程师, 主要从事海洋环境监测、海洋防灾减灾技术方面研究. E-mail: lvfuliang@ncs.mnr.gov.cn

(王佳实 编辑)

样警戒潮位标识就失去了意义。另外,警戒潮位标识带在海边长期受到海雾、大浪侵蚀,标识会逐渐变色或剥落,使标识残缺不全,需要重新核定高程、涂刷等定期维护。

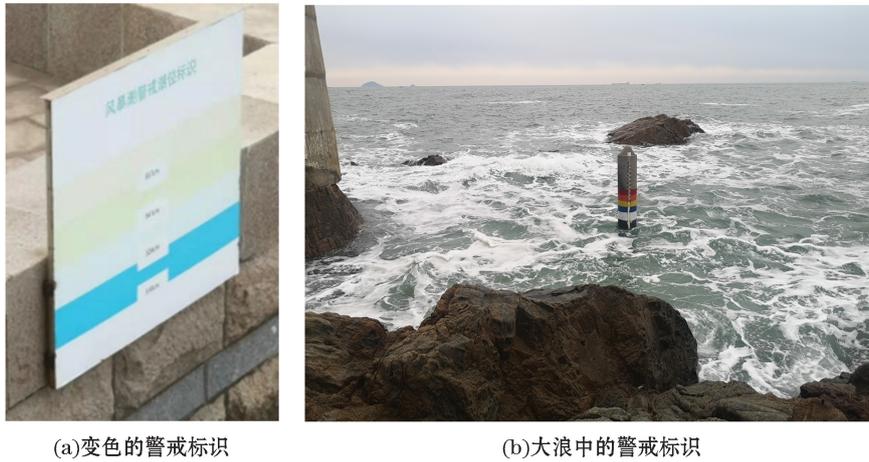


图1 固定式风暴潮警戒潮位标识示例

Fig.1 Photographs showing the traditional fixed markers for the warning water level of storm surge

为了使警戒潮位标识在风暴潮来临时真正发挥其警戒作用,长期有效地为当地防灾减灾提供帮助,本文提出了风暴潮警戒潮位电子标识建设方案。风暴潮警戒潮位电子标识可以克服固定式风暴潮警戒潮位标识的诸多不足,不用考虑多次选址、高程基准引测等问题。其设计思路为将当地实时潮汐观测数据与设定的警戒潮位值进行比较,判定达到的警戒潮位级别,将实时潮位、预报潮位和警戒潮位级别(即风暴潮警戒潮位电子标识数据组成),通过计算机网络传输系统发送至室外 LED 电子屏或异地计算机上显示。这样可以准确直观地显示风暴潮警戒潮位实况,更好地为公众和有关部门提供风暴潮灾害警示作用。目前该项技术已在青岛奥帆中心海滨进行了示范应用,实现了无人值守、实时提醒、动态展示潮位变化趋势的功能,克服了固定式警戒潮位标识的诸多弊端,应用效果良好。

1 风暴潮警戒潮位电子标识系统组成

风暴潮警戒潮位电子标识系统主要由发布与控制系统、传输系统和显示系统三部分子系统组成(表1)。风暴潮警戒潮位电子标识集成在发布与控制系统内完成,首先要确定防护区的位置、获取临近海洋站点的信息和既定警戒潮位值。通过算法对该防护区的实时潮位值和发布的天文潮预报数据进行警戒级别判定,最终集成风暴潮警戒潮位电子标识。集成的风暴潮警戒潮位电子标识利用公共通讯网络平台传输至防护区进行显示,达到对外提供警戒提醒目的。

1.1 警戒潮位电子标识集成

警戒潮位电子标识根据选定的防护区位置、潮位等相关信息集成。所使用的实时潮位数据直接从海洋站数据库中获取,它反映的是当时海面的实际高度。海洋站获取的潮位数据必须按照“1985 国家高程基准”

表1 风暴潮警戒潮位电子标识系统构成

Table 1 Composition of the electronic marker system of storm surge warning water level

电子标识系统构成	子系统功能
发布与控制系统	1.读取数据库中潮位数据;2.数据可视化控制(实现站点警戒潮位自动比对警戒、潮位整合展示、控制室外电子标示显示)
传输系统	1.局域网内调取数据;2.通过移动基站或有线网络将数据传输至室外显示系统
显示系统	1.数据接收装置;2.电子显示屏;3.电源系统

从国家二等以上高程水准点引测所得,水准点的高程采用正常高程系统。

各防护区域潮汐天文潮预报数据不尽相同,是有关部门公开发布的数据。根据所在防护区域选取接近当地的潮位天文潮预报数据,先期录入到发布系统对应站点的数据库中,以备需要时调取绘制成日潮位变化曲线。

警戒潮位级别按风暴潮增水幅度分为蓝色、黄色、橙色和红色四个等级^[2]。警戒潮位核定应以潮位资料为基础,以潮灾发生规律为依据,满足潮灾防御要求,警戒潮位值由当地县或县以上人民政府颁布实施^[2],一旦确定就不能随意更改。选定的警戒潮位值需先期录入到发布与控制系统对应站点数据库中。如青岛南部海域警戒潮位核定岸段级别分别是蓝色 470 cm、黄色 485 cm、橙色 500 cm、红色 515 cm,各级级差为 15 cm,对应潮高基准面是小麦岛海洋环境监测站所使用的基准面。

1.2 发布与控制系统

发布与控制系统设置在海洋站或海区中心,主要包括站点警戒潮位自动比对报警、潮位整合展示、室外警戒潮位电子标识显示控制等数据处理模块,实现潮位站点信息管理、站点列表、实时潮位展示、警戒潮位值预设、发送时间间隔控制、站点观测状态监控等功能(图 2),还能实现多点预设选择、一站多点和多站多点发布等后续扩展功能。

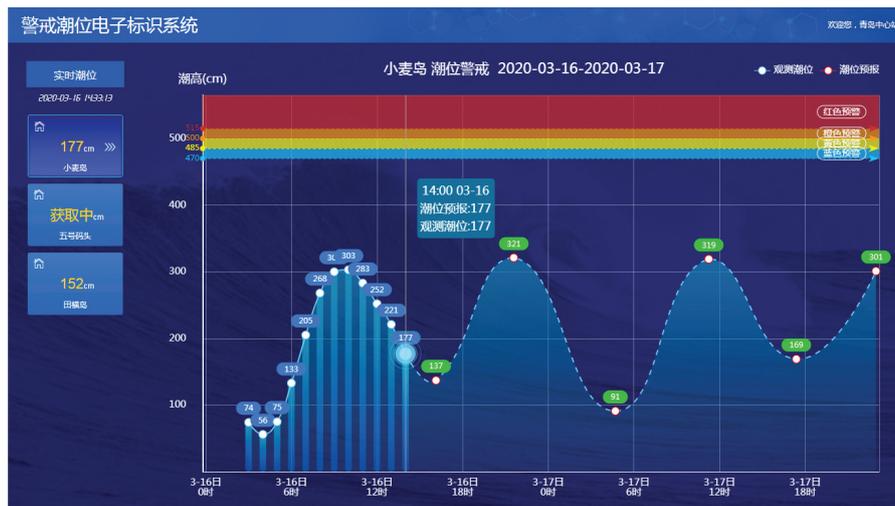


图 2 室内发布系统界面

Fig.2 Interface of the indoor release system

1.3 数据传输系统

数据传输系统主要包括合成数据信息发布和数据传输两部分:①从专业海洋站或海区中心数据库调取相应站点的实时潮位数据合成发布信息,在局域网内部完成以保证数据安全;②将合成的产品按一定的间隔频率通过移动基站或有线网络发送到室外电子屏接收装置,进行内网到外网的数据传输。

1.4 电子产品显示系统

显示系统主要由接收装置、显示屏和电源系统组成,室内或室外均可安装。在室外的电子屏附近可以配以文字图片展板,对警戒潮位等专业术语进行科普说明,以方便市民更好理解警戒潮位电子标识的内容。室内的电子屏根据工作场地、功能需求,既可以悬挂于墙上,也可以直接用电脑显示器代替。

警戒潮位标识带位于坐标系 Y 轴对应高程位置保持不变,按低到高分别为蓝、黄、橙、红四色。潮汐天文潮预报数据曲线由每日的预报数据对应相应时间绘制完成,作为潮汐日变化曲线。实时潮位数据根据实际时间在日变化曲线相应时间点上进行动态标记,显示当前潮位位置。

电子标识产品所包括的实时潮位数据、潮汐天文潮预报数据和警戒潮位值显示于同一坐标系(图 3),以潮高起算的零面作为潮高基准面的原点。

未发生风暴潮时,在天文潮预报数据曲线上仅动态标记实时潮位数据,警戒潮位各级别低亮度显示(图 4)。当发生风暴潮且产生增水进入警戒时,电子屏除了在潮汐日变化曲线上实时显示潮位数据外,对应警戒潮位标识带遂即高亮频闪。例如,实时潮位达到蓝色警戒潮位值时,则高亮显示蓝色标识;当达到红色是警戒潮位时,则高亮显示红色标识,同时突出显示“现在进入某色警戒”,从而提醒有关部门或涉海人员进行防范,由此达到警示作用。

警戒潮位电子标识更新频率可以根据需要进行调整。例如,在无风暴潮时,最长间隔可设置每 1 h 更新一次;有风暴潮时,可以根据需要重新设置时间间隔,最小时间间隔为 1 min。

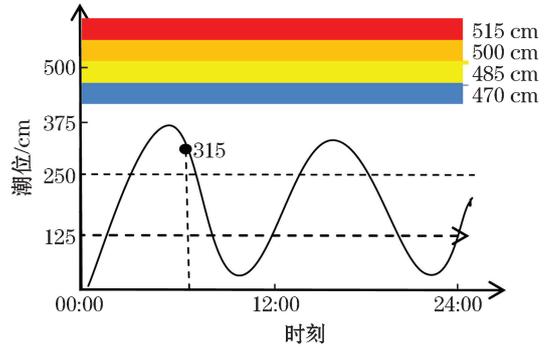


图 3 风暴潮警戒潮位电子标识设计
Fig.3 Design of the electronic marker system of storm surge warning water level

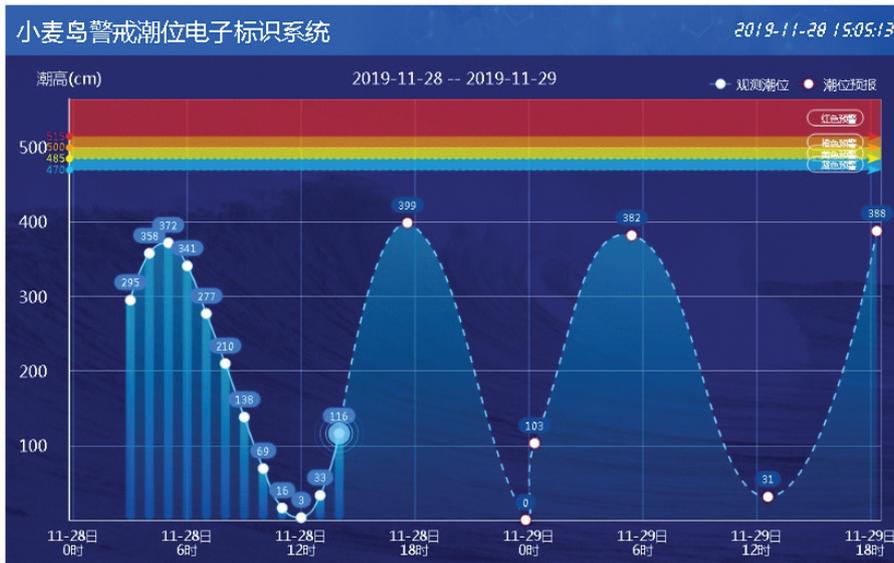


图 4 室外 LED 电子屏显示示例
Fig.4 A screenshot of the outdoor LED electronic screen display

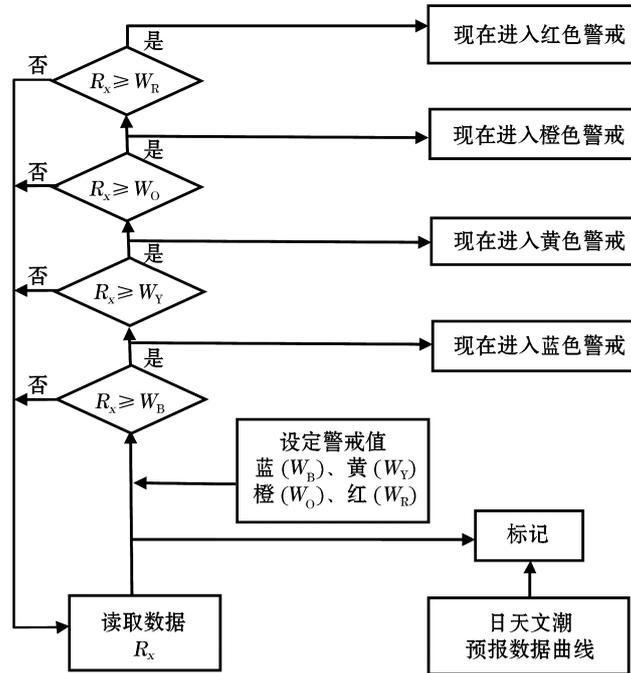
2 风暴潮警戒潮位电子标识关键技术实现

组成风暴潮警戒潮位电子标识的数据必须准确、高程基准统一、时间同步,因此有 2 个关键的技术节点分别为:①发布与控制系统设计和警戒潮位判别算法;②传输系统的安全稳定传输。

2.1 发布与控制系统设计和警戒潮位判别算法实现

警戒潮位电子标识技术实现主要由发布与控制系统完成,是整套系统的核心。根据用户需求,按预定的时间间隔,从潮位观测的站点数据库读取潮位实时记录(图 5)。

将获取的潮位数据标记在当日天文潮预报数据曲线对应时间点上,同时显示预报潮位和警戒潮位。警戒潮位判别算法是将实际观测潮位值与预设警戒潮位值由低而高进行判断比较。若某一时刻潮位达到警戒标准级别时,相应警戒潮位级别标识带高亮显示,否则低亮显示。



注: R_x 为某一时刻读取的实时潮位数据, x 指某一时刻; 各级警戒潮位值分别为红色 W_R 、橙色 W_O 、黄色 W_Y 和蓝色 W_B 。

图 5 风暴潮警戒潮位判定流程

Fig.5 Flow chart for determining the warning water level of storm surge

2.2 传输系统保证安全稳定传输

为提高传输效率,并保证潮位观测数据的安全性,采取直接将电子标识数据结果转化为可视化图片的方式进行传输(图 6)。系统根据用户终端 LED 显示设备的最佳分辨率等技术指标,按设定时间形成警戒潮位电子标识可视化图片,经过安全网关传输到外网电脑,然后利用终端控制器厂家提供的 SDK 开发包,并进行二次开发,形成新的电子标识可视化图片数据包,上传至云端服务器。显示系统的数据接收装置利用 4G 路由器和运营商提供的 4G 流量卡与云端服务器连接,由云端服务器接收数据包并进行解码,然后通过 HDMI 端口将显示画面发送到显示设备完成产品显示。

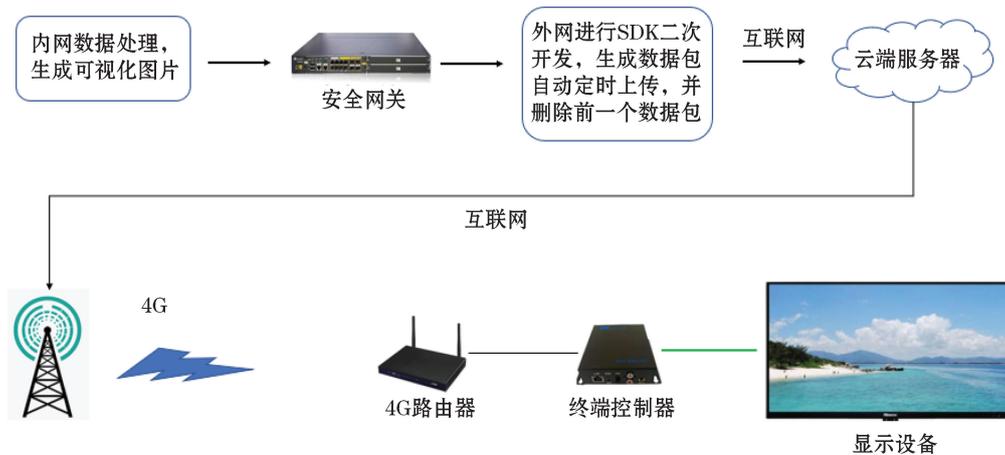


图 6 发布接收流程

Fig.6 Flow-process diagram of release and receive

3 电子标识技术示范与应用

根据上述技术方案,2019年11月第一套风暴潮警戒潮位电子标识在青岛奥帆中心建设安装,并进行示范应用。发布与控制系统建设在国家海洋局北海预报中心,数据传输系统通过4G网络进行数据传输,显示系统采用户外LED屏幕直观显示实时潮位在预报数据曲线上的位置,并向用户展示潮位的当前高度、提示应该采取何种措施防护。建成至今运行正常,取得了良好的效果。

为了让社会公众了解警戒潮位标识内容及其意义,我们在电子标识下方配套建设了警戒潮位说明牌,对警戒潮位、风暴潮灾害等相关知识进行解释和宣传(图7)。在后续建设中可进一步对依托的支架、用电以及避雷等进行完善,对显示内容、显示方式及安全防护等进行提升。

应用示范一年来,经邻近涉海单位和部分途径的游客反馈,普遍认为该警戒潮位电子标识显示直观明了,对建设生产和观光游览具有重要意义。



图7 风暴潮警戒潮位电子标识在青岛奥帆中心的室外示范应用

Fig.7 Demonstration and application of the electronic marker system of storm surge warning water level at the Qingdao Olympic Sailing Center

4 展 望

因为电子标识无需引测高程,也不需要考虑海岸地质、环境等问题,因此选址、建设比较灵活和实用。经有关部门许可后,可以在渔港码头、旅游景点、交通道路、车站广场等场所建设,或直接传输到已有的LED大屏幕进行显示,也可以接入到有关单位会商室、办公室等任何需要的地方,甚至可以制作成手机App来使用。无需到海边就可以通过警戒潮位电子标识观察到实际潮位达到或即将达到的警戒级别,并根据日天文潮预报潮位曲线变化趋势粗略研判增水幅度和持续时间,这无疑会给有关部门和公众带来极大的便利。

准确可靠的观测数据,是海洋预报部门发布风暴预警的重要参考,也是各级政府防潮减灾指挥决策的依据^[12]。目前我国沿海各部门共建有约300余座带有潮汐观测的海洋监测站,为当地防灾减灾提供准确可靠的数据支撑。因电子标识制作方便,所以可以充分利用现有海洋站资源,在电子标识产品上增加海水温度、海浪等水文要素,满足不同用户需求。产品既可以在内网上直接显示,也可经互联网传输到室外电子屏上显示。

这种实时潮位联动电子标识,建设方便、安全可靠,强化了海洋观测体系建设。需要时可以开启使用,没有风暴潮预警时既可以关闭,又可以提供潮位实况,真正为市民提供有用信息,为社会降低风暴潮灾害防御成本,提高灾害防御能力。该项技术不仅适用于海洋,也可进一步推广,应用于河流和湖泊的水位预警。

参考文献(References):

- [1] 刘清容,于建生,韩笑. 风暴潮研究综述及防灾减灾对策[J]. 科技风, 2009(12): 226-227. LIU Q R, YU J S, HAN X. A review of storm surge research and countermeasures for disaster prevention and reduction[J]. Technology Wind, 2009(12): 226-227.
- [2] 侯一筠,尹宝树,管长龙,等. 我国海洋动力灾害研究进展与展望[J]. 海洋与湖沼, 2020(4): 759-767. HOU Y J, YI B X, GUAN C L, et al. Progress and prospect in research on marine dynamic disasters in China[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2020(4): 759-767.
- [3] 全国海洋标准化技术委员会. 海洋预报和警报发布: 第 1 部分 风暴潮警报发布: GB/T 19721.1—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017. National Technical Committee for Marine Standardization. The issue of marine forecasts and warnings: Part 1 the issue of storm surge warnings: GB/T 19721.1—2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [4] 全国海洋标准化技术委员会. 警戒潮位核定规范: GB/T 17839—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011. National Technical Committee for Marine Standardization. Specification for warning water level determination: GB/T 17839—2011[S]. Beijing: Standards Press of China, 2011.
- [5] LI J, HOU Y, MO D, et al. Influence of tropical cyclone intensity and size on storm surge in the northern East China Sea[J]. Remote Sensing, 2019, 11(24): 3033.
- [6] 李健,侯一筠,莫冬雪,等. 黄、东海天气系统对渤海风暴潮影响[J]. 海洋与湖沼, 2020(2): 219-227. LI J, HOU Y Y, MO D X, et al. Storm surge in the bohal sea affected by the Yellow Sea and East China Sea weather systems[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2020(2): 219-227.
- [7] 吴亚楠,王智峰,董胜,等. 山东沿海台风风暴潮数值模拟与统计分析[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(3): 169-176. WU Y N, WANG Z F, DONG S, et al. Numerical simulation and statistical analysis of typhoon storm surge along Shandong Province[J]. Journal of Natural Disasters, 2015, 24(3): 169-176.
- [8] 曹丛华,白涛,高松,等. 胶州湾高分辨率三维风暴潮漫滩数值模拟[J]. 海洋科学, 2013, 37(2): 118-125. CAO C H, BAI T, GAO S, et al. High resolution 3D storm surge and inundation numerical model used in the Jiaozhou Bay[J]. Marine Sciences, 2013, 37(2): 118-125.
- [9] 袁本坤,刘清容,张薇,等. 山东沿海的风暴潮灾害及其防御对策研究[J]. 海洋开发与管理, 2013(11): 22-26. YUAN B K, LIU Q R, ZHANG W, et al. Study on storm surge disaster and its defense countermeasures along the coast of Shandong Province[J]. Marine Development and Management, 2013(11): 22-26.
- [10] 温连杰,江崇波,马兆江,等. 山东省 2010—2014 年海洋灾害概况及防御对策建议[J]. 海洋开发与管理, 2016(6): 98-104. WEN L J, JIANG C B, MA Z J, et al. Overview of marine disasters in Shandong Province from 2010 to 2014 and suggestions on Prevention Countermeasures[J]. Marine Development and Management, 2016(6): 98-104.
- [11] 袁本坤,曹丛华,江崇波,等. 青岛市海洋灾害及其防御对策研究[J]. 海洋开发与管理, 2012(11): 56-61. YUAN B K, CAO C H, JIANG C B, et al. Study on marine disasters and their defense countermeasures in Qingdao[J]. Marine Development and Management, 2012(11): 56-61.
- [12] 陈周,符焯全,王青颜,等. 海南省沿岸警戒潮位标志物建设探究[J]. 海岸工程, 2021, 40(2): 157-164. CHEN Z, FU Y Q, WANG Q Y, et al. Study on the construction of warning tide level markers along the coast of Hainan Province[J]. Coastal Engineering, 2021, 40(2): 157-164.

Application Demonstration of Electronic Marker Technology for Warning Water Level of Storm Surge

LÜ Fu-liang^{1,2}, WANG Li-peng^{1,2}, WANG Zhi-yong^{1,2}, FENG Li-da^{1,2}, LIU Xiao-fei^{1,2},
JIANG Wan-jun^{1,2}, LIU Ai-chao^{1,2}, WANG Lei^{1,2}, ZHENG Jin-jin^{1,2}

(1. North China Sea Marine Forecasting Center of State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

2. Shandong Provincial Key Laboratory of Marine Ecological Environmental and Disaster Prevention
and Mitigation, Qingdao 266061, China)

Abstract: The markers for warning water level of storm surge are grade prompts for showing the occurrence possibility of dangerous omen or tidal disaster and requiring alert or disaster relief in the coastal area of the protected zones. These markers are usually built on the seaside fixed structures such as ports, piers and dykes and brushed or inlaid into four-colored markers on the side wall of the structures. However, this kind of markers may possibly cause a certain errors on the grade determination due to the influence of external factors. In order to overcome such shortcomings of the traditional markers, a new electronic marker system is proposed for the warning water level of storm surge. This system is integrated by using the real-time tidal data obtained at the existing ocean stations, the published astronomical tide forecast data and the locally established values of warning water level, and then displayed in the protected zones through the public communication network platform. The new electronic marker system of storm surge warning water level is flexible, practical, intuitive display and easy to maintain and can provide decision-making information for coastal tourism, maritime management and residents traveling. It has important application and promotion value for reducing the cost of marine disaster prevention and reducing disaster loss. At the present, it has been demonstrated and applied in Qingdao region.

Key words: storm surge; warning water level; electronic marker system; marine disaster prevention and mitigation; demonstration and application

Received: August 24, 2021