

# 海南省沿岸警戒潮位标志物建设探究

陈 周<sup>1,2</sup>, 符焯全<sup>1,2</sup>, 王青颜<sup>1,2</sup>, 熊嘉才<sup>1,2</sup>, 石海莹<sup>1,2</sup>,  
李孟植<sup>1,2</sup>, 朱万里<sup>1,2</sup>

(1. 海南省海洋监测预报中心, 海南 海口 570206; 2. 海南省海洋预报台, 海南 海口 570206)

**摘 要:**海南是中国受台风影响最多的省份,素有“台风走廊”之名,同时也是遭受各种海洋灾害影响最严重的省份。为提升全社会海洋灾害防御意识,做好风暴潮的防灾减灾工作,本文依据海南省核定公布的风暴潮 4 色警戒潮位值,在海南岛北部到东北部一带沿海设计了一种利用 K 波段雷达进行潮位测量的警戒潮位标志物,集基础支撑结构、供电控制系统、数据采集及传输系统、终端报警和预警信息发布系统、视频监控系统、管理中心平台等功能于一体。通过警戒潮位标志物的设立,可有效提升海南省海洋观测能力建设水平,完善海南省海洋灾害预警体系和治理能力建设,亦可为海南省海洋环境预报、海洋防灾减灾等提供重要数据支撑和决策依据。

**关键词:**警戒潮位标志物; 风暴潮; 海洋环境预报; 海洋防灾减灾

**中图分类号:**P731.23

**文献标志码:**A

**文章编号:**1002-3682(2021)02-0157-08

**doi:**10.3969/j.issn.1002-3682.2021.02.008

**引用格式:**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. 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.

警戒潮位是指沿海防护区可能出现险情和潮灾,需进入戒备或救灾状态的潮位既定值<sup>①</sup>,是海洋预报部门发布预警信息及指导政府部门进行防灾减灾决策的重要参考<sup>[1-2]</sup>。风暴潮主要是指由于强烈的大气扰动,如强风和气压骤变引起的海面异常升高现象。风暴潮叠加在正常潮位上,同时叠加风浪、涌浪,三者共同作用引起的沿岸海水暴涨而酿成的巨大灾害,称之为风暴潮灾害<sup>[3]</sup>。2017 年,依据海南省风暴潮灾害发生特点、规律,沿海海岸工程的防御能力及社会经济发展等方面,海南省政府向社会公布了海南岛沿岸 14 个岸段核定的蓝色、黄色、橙色和红色警戒潮位值,分别以蓝、黄、橙和红四色予以显示<sup>[4]</sup>。

海南是海洋大省,海洋经济在全省生产总值(Gross Domestic Product, GDP)中的比重越来越高,同时,海南也是我国风暴潮灾害发生最频繁的地区之一,海洋产业大面积受灾会严重影响全省海洋经济的平稳发展,给人民生命财产安全带来严峻威胁<sup>[5]</sup>。据近 10 a《中国海洋灾害公报》(2010—2019 年)统计<sup>[6-15]</sup>,海南省海洋灾害直接经济损失 72.54 亿元,其中,风暴潮直接经济损失达到 60.43 亿元。随着海南自由贸易港建设的稳步推进,加强海洋灾害预警体系建设,提升观测预警能力迫在眉睫。建设警戒潮位标志物,方便有关部门及群众有针对性地采取措施预防风暴潮灾害,对减少海洋灾害损失具有重要意义<sup>[7]</sup>。2018 年,原国家海洋局印发《警戒潮位现场标志物设置规范》<sup>①</sup>,要求对沿海重要岸段和人口密集区完成警戒潮位现场标志物设置工作,目前,沿海各省份已经陆续开展警戒潮位标志物建设工作<sup>[7]</sup>,海南省的这一工作也在有序推进之中。

根据海南省海洋灾害预警形势现状,结合海洋灾害预警体系建设现有成果,本文探究在海南省北部到东

**收稿日期:**2020-08-19

**资助项目:**海南省海洋环境监测预报专项资金(FJJR-HNCG2018012);海南省自然科学基金项目——海南岛海岸侵蚀灾害调查研究(420RC746)

**作者简介:**陈 周(1989—),男,工程师,硕士,主要从事海洋环境预报和海洋防灾减灾方面研究. E-mail: 403327205@qq.com

(王佳实 编辑)

① 原国家海洋局预报减灾司. 警戒潮位现场标志物设置规范, 2018.

北部一带沿海建设利用 K 波段雷达进行潮位实时监测和风光互补自供电等功能于一体的警戒潮位标志物,以期进一步完善海南海洋灾害预警体系和海洋观测能力建设,提升公众海洋灾害防御意识,有效降低风暴潮灾害损失。

## 1 建设区域概况

### 1.1 自然条件

海南岛位于祖国南端,隔琼州海峡与大陆相望,属热带季风岛屿型气候,年平均气温 22.5~25.6 °C,水汽来源充足,年降水量 1 500~2 500 mm,雨量丰富,但时空分布不均,干、湿季明显,雨季一般出现在 5—10 月,雨量约占全年的 80%。海南省海岸线资源丰富,总长 1 822.8 km,周边海域油气、渔业、旅游、港湾、潟湖等海洋资源丰富,为海南省加快发展海洋经济、创建海洋经济强省提供了优越的资源和环境条件,也是海南省经济可持续发展的基础<sup>[16]</sup>。

海南省北部到东北部包含海口市和文昌市,是海南经济开发重点区域,同时也是“海澄文一体化”核心区域,区域内重大基础设施集中,拥有多元产业集群,交通条件便利,拥有海口湾、铺前湾和清澜湾三个海湾及东寨港国家级自然保护区。但是,海南省北部到东北部 8—11 月间常受台风影响,年平均台风影响个数为 2.6 个,易发生风暴潮、灾害性海浪、海啸、海岸侵蚀、海水入侵及土壤盐渍化等海洋灾害<sup>[17-20]</sup>,严重制约着经济发展。

### 1.2 风暴潮灾害发生情况

海南省北部到东北部是台风登陆最频繁的地区,是海南这个“台风走廊”最偏爱的“入口”,据《台风年鉴》<sup>[18]</sup>和海南省风暴潮灾害历史资料统计,近 50 a 登陆海南省的台风最高概率登陆点在海南岛北部到东北部一带沿海,占登陆总数的 33.3%,平均每年约有 1 次超警戒潮位的风暴潮增水过程<sup>[7-9]</sup>。2014 年,1409 号超强台风“威马逊”和 1415 号台风“海鸥”先后在海南文昌翁田登陆,海南岛东北部沿海分别出现 65~215 cm 和 30~209 cm 的风暴潮增水,造成直接经济损失 36.58 亿元<sup>[6,21-23]</sup>。

## 2 建设目的

海南省北部到东北部常年受风暴潮灾害影响,而此区域仅有原国家海洋局建设的秀英和清澜两个验潮站,潮位观测资料严重不足,给风暴潮预报预警精度带来极大挑战。而在海南岛北部到东北部一带沿海建设具有潮位实时监测功能的警戒潮位标志物,可以为应对海洋灾害提供及时、准确的实时基础数据,并不断丰富该区域内海洋基础观测数据,优化、调整海南省海洋观测网布局,提升海洋观测水平,提高海南省海洋环境观测和实时数据传输系统的能力。此外,附属设施的建设,还有助于加强风暴潮防灾减灾知识宣传,提升公众风暴潮灾害防御意识,完善海洋灾害预警体系,最大程度降低风暴潮灾害造成的损失,保障海南自由贸易港建设的稳步推进。

## 3 警戒潮位标志物整体设计

警戒潮位标志物整体设计内容包括基础支撑结构和警戒潮位标志物结构的设计。基础支撑结构主要包括底座、人行悬臂、防护栏和主塔杆(图 1 和图 2)。警戒潮位标志物结构包含前端传感器设备、数据采集控制单元、供电控制单元、无线通讯终端及报警装置等(图 3)。根据实际需求,设计时可对警戒潮位标志物报警装置进行拆分安装;拆分的报警装置除了不具备前端传感器设备外,其他设备与警戒潮位标

志物建设站点相同,具有独立的供电控制单元、无线通讯终端及报警装置,可通过无线通讯终端接收前端传感器监测的实时潮位数据,根据核定的警戒潮位数据,启动相关程序,自动报警,切实将警戒潮位标志物的功能发挥到最大化。

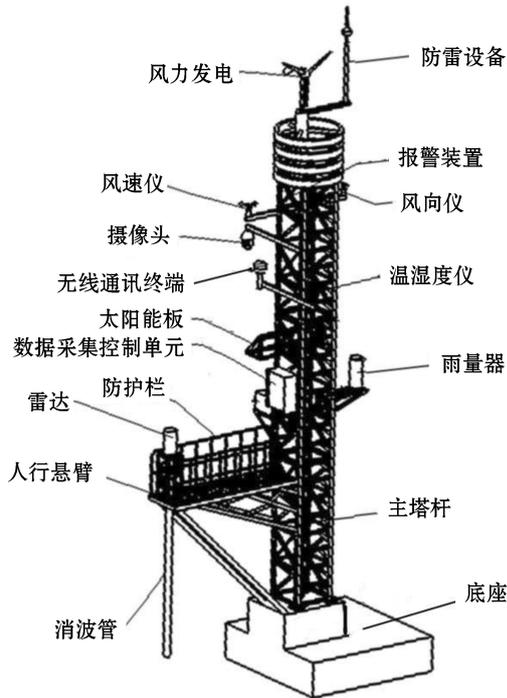


图 1 警戒潮位标志物结构设计图

Fig.1 The structural design drawing of the warning tide level marker



图 2 警戒潮位标志物建设图

Fig.2 The construction map of the warning tide level marker

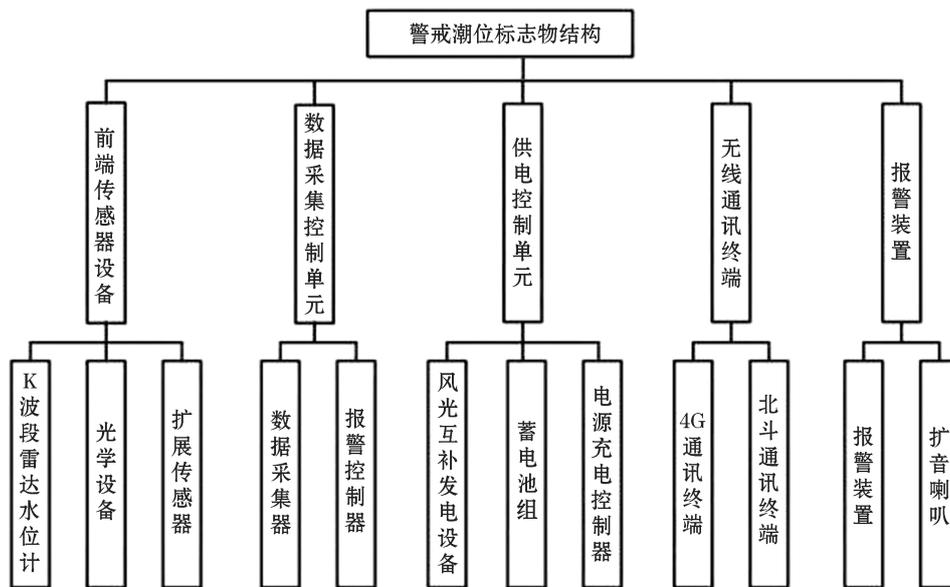


图 3 警戒潮位标志物结构

Fig.3 The structure of the warning tide level marker

### 3.1 基础支撑结构

参考近 50 a 登陆海南省的最大台风的等级,基础支撑结构的抗风强度等级设计为 17 级,可确保在恶劣天气情况下屹立不倒。

底座采用钢筋水泥混凝土材质制作,分为上下两部分,底部基础长宽各 1.5 m,固定于海床,高度根据建设地点海拔高度确定,上部为一个平台,方便设备安装和维护。在平台上用混凝土浇筑一个长、宽、高为 0.6 m×0.6 m×1 m 的凸起,即底座的上部分,用于固定标志物主塔杆,混凝土材质坚固、耐腐蚀。

人行悬臂、防护栏和主塔杆选用镂空镀锌钢架,可减少恶劣天气下风浪阻力、具耐腐蚀性,主塔杆长、宽各约 0.4 m,高 7.6 m,其上可布设多种传感器设备。参考海南省历史最高风暴潮增水资料,在主塔杆 2.5 m 处设置人行悬臂,伸出部分用于搭载消波管和潮位观测 K 波段雷达水位计。

### 3.2 警戒潮位标志物结构

#### 3.2.1 前端传感器设备

前端传感器设备主要包括 K 波段雷达水位计、光学设备(高清摄像机)及扩展传感器等。K 波段雷达水位计用来进行潮位测量,所选的雷达探测距离可达 15 m,测量精度( $\pm 2$ ) mm。将 K 波段雷达安装在管径为 10 cm 的消波管中并深入水下,可防止因海浪波动过大对测量结果造成影响。光学设备(摄像头)用来采集视频资料,并利用无线通讯终端将视频资料传输至后台服务器进行存储,紧急情况下管理中心可通过网络接口访问、控制光学设备。可扩展传感器及接口包括温湿度仪、风向仪、风速仪、雨量器等传感器,根据相关数据需求的不断增加可进行传感器的扩展。

#### 3.2.2 数据采集控制单元

数据采集控制单元主要包括数据采集器和报警控制器。数据采集器采用成熟的工业级高性能 ARM 处理器,具有多种常用外部数据接口和数据存储设备,主要作用是对前端传感器设备测量的数据进行采集、计算、存储和通信传输等。另外,通过定制开发的嵌入式应用软件,还可控制站点观测设备进行自诊断、日志管理和存储数据导出等。

报警控制器可根据 K 波段雷达水位计实测潮位数据,结合已存储的 4 色警戒潮位值控制报警装置进行分层级报警。此外,报警控制器还能通过无线通讯终端接收管理中心指令,远程控制报警装置等。

#### 3.2.3 供电控制单元

供电控制单元主要包含风光互补发电设备、蓄电池组和电源充电控制器,负责为海南省警戒潮位标志物设备统一供电。

充分考虑海南自然资源优势和海洋灾害影响期间的天气情况,风光互补发电设备采用 1 套 12 V,60 W 的太阳能组件和 1 套 200 W 的风力发电机混合为蓄电池组提供电能。风力和太阳能发电设备安装于主塔杆上部,为防止设备被海潮或海浪淹没时造成的短路危害内部控制电路,风光互补发电设备设计时已采用防短路保护措施。

蓄电池组采用高性能胶体蓄电池,电压 12 V,容量 200 Ah,安装于密闭的电源箱内部,具备充放电保护与温度补偿功能,能够输出多路 12 V 直流电,为全部用电器供应电能。

电源充电控制器采用最大功率点跟踪技术设计,转换效率大于 95%,能够自动识别白天和黑夜,调整充放电参数,保证正常电池使用寿命,并可通过接口可以与控制终端进行通信,方便查看控制器的运行参数。此外,电源充电器控制器兼具光伏阵列短路保护、光伏阵列过压保护、光伏阵列过流保护、光伏组件极性反接保护、蓄电池过放保护、蓄电池过充保护、蓄电池极性反接保护、负载过载保护、负载短路保护等功能。

#### 3.2.4 无线通讯终端

警戒潮位标志物建设站点与管理中心采用 4G 和北斗通讯终端进行数据传递和控制。4G 通讯终端日

常处于工作状态,负责站点与管理中心日常通信传输;北斗通讯终端由于通信速率和单次容量方面的限制,日常处于关闭状态,当检测到 4G 通讯终端出现故障时主动唤醒,负责紧急情况下的信息传输。

### 3.2.5 报警装置

采用蓝、黄、橙和红四色环状 LED 光源灯作为报警装置,分别对应已核定岸段的 4 色警戒潮位值,环状 LED 灯环安装于主塔杆上方,外部采用玻璃钢材质包裹,耐腐蚀、抗强风,光源明亮,可在夜间发挥风暴潮潮位警示作用,有效视距满足实际需求。

根据实际需求,可在主塔杆顶部安装扩音喇叭,在紧急情况下,管理中心通过无线通讯终端控制扩音喇叭进行提前预警,提醒附近居民紧急转移安置,有效提升广大群众的防灾减灾和应急处置能力。

## 4 附属标志牌

为加强风暴潮防灾减灾知识宣传教育,增强公众对警戒潮位值的感性认识和风暴潮灾害风险防范意识,按照《警戒潮位现场标志物设置规范》要求,在警戒潮位标志物附近设置附属标识牌。依据当地自然、人文景观特点,附属标识牌材料采用不锈钢或防腐实木制作,规格为 1.30 m×0.85 m,安装高度距离地面 1.2 m;为防止恶劣天气对标识牌造成破坏,标识牌安装地址选择在警戒潮位标志物附近避风处。标识牌底色为绿色,字体颜色为白色,主要内容包括警戒潮位标志物简介、工作原理、历史台风和风暴潮灾害知识简介、4 色警戒潮位值、警示含义、灾害应对措施、疏散路径图和主管部门名称等。此外,为应对沿海高温高湿环境对标识牌内容造成破坏,标识牌表面均粘贴一层密封 PVC 膜。

## 5 建设流程

依据海南省风暴潮灾害历史资料分析并结合实地调研,确定警戒潮位标志物建设站点。采用《国家一、二等水准测量规范》<sup>[23]</sup>中规定的二等水准测量标准对警戒潮位标志物设置站点进行高程测量,切实保证潮位观测值的准确度,为风暴潮灾害监测、预报、警报工作提供数据支撑。详细建设流程见图 4。

## 6 管理中心平台

为保证警戒潮位标志物的正常运行,根据实际工作需要,本文开发了一套基于 C/S 架构模式设计的管理中心平台,用于监控警戒潮位标志物对潮位数据进行采集、传输,并对数据进行质控、分析和存储等。此外,管理中心平台还支持实时数据监视、设备运行状态监视、历史数据查询等业务应用。紧急情况下,管理中心平台可通过无线终端传输方式远程触发警戒潮位标志物报警装置启动,及时发布戒备或撤离通告,最大限度地预防和减少海洋灾害造成的损失,提升海洋防灾减灾能力。

## 7 结 论

依据《警戒潮位现场标志物设置规范》,本文对海南省沿岸警戒潮位标志物建设进行了探究,得到主要结论如下:

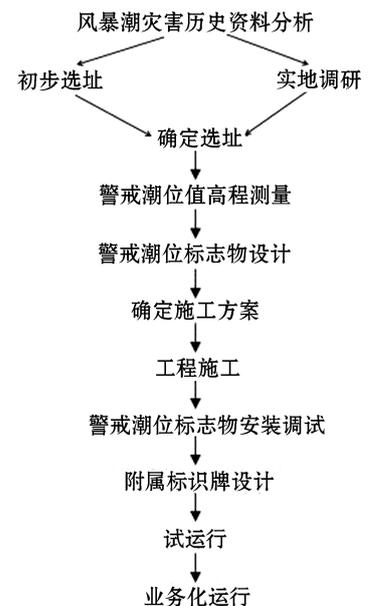


图 4 建设流程

Fig.4 The construction process

1) 海南省沿海警戒潮位标志物由“智能硬件+综合平台”体系构成,建设内容包括前端传感器、K 波段雷达潮位仪、风光互补自供电和自动报警装置、附属标识牌和管理中心平台等。

2) 警戒潮位标志物通过内置数据采集系统,可实时在线获取建设站点地区潮位数据和现场监控资料,提升了潮位监测的智能化、数据分析的标准化、预警发布的自动化等水平,有利于提高海洋灾害预警体系建设能力。

3) 建设附属标识牌,可增加社会公众对警戒潮位值的感性认识,提升海洋灾害防御知识的普及。

海南省警戒潮位标志物具有耐腐蚀性强、硬度大、重量轻、抗风能力强、功耗和建设成本低的特点,此外,还能作为一个基础共用平台,搭载气象、水质监测等扩展传感器,并利用已建设的通讯链路,提供更加丰富的海洋观测及监测数据。

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。在海南岛北部到东北部一带沿海建设警戒潮位标志物,有效解决了该区域海洋观测能力不足的问题,强化了海洋观测体系建设,有助于最大限度地预防和减少海洋灾害造成的损失,提升防灾减灾能力。

### 参考文献 (References):

- [1] JIA X F, ZHANG R, WANG L G, et al. Research on the design of storm warning tidal level marker[J]. Coastal Engineering, 2016, 35(2): 66-78. 贾旭飞, 张冉, 王立贵, 等. 风暴潮警戒潮位标志物设计研究[J]. 海岸工程, 2016, 35(2): 66-78.
- [2] JIA X F, WANG L G, ZHAO Q, et al. Research on the design of the entity identifier of the warning tide level in Tangshan[J]. Ocean Development and Management, 2015, 32(7): 90-93. 贾旭飞, 王立贵, 赵青, 等. 唐山市风暴潮警戒潮位标志物设置研究[J]. 海洋开发与管理, 2015, 32(7): 90-93.
- [3] YU F J, DONG J X, YE L, et al. Collection of storm surge disasters historical data in China[M]. Beijing: China Ocean Press, 2015. 于福江, 董剑希, 叶琳, 等. 中国风暴潮灾害史料集[M]. 北京: 海洋出版社, 2015.
- [4] The People's Government of Hainan Province. Circular of the People's Government of Hainan Province on promulgating the newly approved warning tide level values for 14 coastal sections of Hainan Island[EB/OL]. (2017-02-21)[2020-08-19]. [https://ha.hainan.gov.cn/\\_local/9/CE/E7/22697B3192FA446A63A26C93EC3\\_731E0E9D\\_C0485.pdf?e=.pdf](https://ha.hainan.gov.cn/_local/9/CE/E7/22697B3192FA446A63A26C93EC3_731E0E9D_C0485.pdf?e=.pdf). 海南省人民政府. 海南省人民政府关于公布新核准的海南岛沿岸 14 个岸段警戒潮位值的通告[EB/OL]. (2017-02-21)[2020-08-19]. [https://ha.hainan.gov.cn/\\_local/9/CE/E7/22697B3192FA446A63A26C93EC3\\_731E0E9D\\_C0485.pdf?e=.pdf](https://ha.hainan.gov.cn/_local/9/CE/E7/22697B3192FA446A63A26C93EC3_731E0E9D_C0485.pdf?e=.pdf).
- [5] LI W H, SHI H Y. Research on storm surge disaster prediction and prevention system in Hainan Province[M]. Beijing: China Ocean Press, 2014. 李文欢, 石海莹. 海南省风暴潮灾害预报及防范系统研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2014.
- [6] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Bulletin of China marine disaster in 2010[DB/OL]. (2011-04-22)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/06/t20180619\\_1798014.html](http://gc.mnr.gov.cn/06/t20180619_1798014.html). 自然资源部. 2010 年中国海洋灾害公报[DB/OL]. (2011-04-22)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798014.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798014.html).
- [7] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Bulletin of China marine disaster in 2011[DB/OL]. (2012-07-03)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798015.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798015.html). 自然资源部. 2011 年中国海洋灾害公报[DB/OL]. (2012-07-03)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798015.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798015.html).
- [8] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Bulletin of China marine disaster in 2012[DB/OL]. (2013-03-06)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798016.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798016.html). 自然资源部. 2012 年中国海洋灾害公报[DB/OL]. (2013-03-06)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798016.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798016.html).
- [9] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Bulletin of China marine disaster in 2013[DB/OL]. (2014-03-19)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798017.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798017.html). 自然资源部. 2013 年中国海洋灾害公报[DB/OL]. (2014-03-19)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798017.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798017.html).
- [10] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Bulletin of China marine disaster in 2014[DB/OL]. (2015-03-03)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798018.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798018.html). 自然资源部. 2014 年中国海洋灾害公报[DB/OL]. (2015-03-03)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798018.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798018.html).
- [11] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Bulletin of China marine disaster in 2015[DB/OL]. (2016-03-24)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798019.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798019.html). 自然资源部. 2015 年中国海洋灾害公报[DB/OL]. (2016-03-24)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798019.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798019.html).

- [12] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Bulletin of China marine disaster in 2016[DB/OL]. (2017-03-27)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798020.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798020.html). 自然资源部. 2016 年中国海洋灾害公报[DB/OL]. (2017-03-27)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798020.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798020.html).
- [13] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Bulletin of China marine disaster in 2017[DB/OL]. (2018-04-23)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798021.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798021.html). 自然资源部. 2017 年中国海洋灾害公报[DB/OL]. (2018-04-23)[2020-08-19]. [http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619\\_1798021.html](http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798021.html).
- [14] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Bulletin of China marine disaster in 2018[DB/OL]. (2019-04-28)[2020-08-19]. <http://gi.mnr.gov.cn/201905/P020190510558818640482.pdf>. 自然资源部. 2018 年中国海洋灾害公报[DB/OL]. (2019-04-28)[2020-08-19]. <http://gi.mnr.gov.cn/201905/P020190510558818640482.pdf>.
- [15] Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Bulletin of China marine disaster in 2019[DB/OL]. (2020-04-30)[2020-08-19]. <http://gi.mnr.gov.cn/202004/P020200430592486753915.pdf>. 自然资源部. 2019 年中国海洋灾害公报[DB/OL]. (2020-04-30)[2020-08-19]. <http://gi.mnr.gov.cn/202004/P020200430592486753915.pdf>.
- [16] The city's first coastal warning tide level marker is set up in Jin[N]. Jinshan News, 2019-12-13(2). 本市首个沿海警戒潮位标志物在金设置[N]. 金山报, 2019-12-13(2).
- [17] SHI H Y. Characteristics and countermeasures of marine disasters along the coast of Hainan Island[J]. Ocean Development and Management, 2013, 30(12): 70-75. 石海莹. 海南岛沿岸海洋灾害特征及防御对策[J]. 海洋开发与管理, 2013, 30(12): 70-75.
- [18] China Meteorological Administration. Typhoon yearbook (1949-1988)[M]. Beijing: China Meteorological Press, 1971-1989. 中国气象局. 台风年鉴(1949-1988)[M]. 北京: 气象出版社, 1971-1989.
- [19] China Meteorological Administration. Tropical cyclone yearbook (1989-2010)[M]. Beijing: China Meteorological Press, 1990-2011. 中国气象局. 热带气旋年鉴(1989-2010)[M]. 北京: 气象出版社, 1990-2011.
- [20] LIANG H P, LIANG H Y, CHE Z W, et al. A statistical analysis of landfall tropical cyclone in fifty years in Hainan Province[J]. Marine Forecasts, 2015, 32(4): 68-74. 梁海萍, 梁海燕, 车志伟, 等. 近五十年登陆海南省的热带气旋统计特征分析[J]. 海洋预报, 2015, 32(4): 68-74.
- [21] SHI X W, JIA N, TAN J, et al. Analysis of typhoon rammasun storm surge disaster[C]//Risk analysis council of China association for disaster prevention. Second symposium on disaster risk analysis and management in Chinese Littoral Regions. Beijing: Atlantis Press, 2014: 106-109. 石先武, 贾宁, 谭骏, 等. 威马逊台风风暴潮灾害分析[C]//中国灾害防御协会风险分析专业委员会. 第二届中国沿海地区灾害风险分析与管理学术研讨会论文集. 北京: 亚特斯兰蒂斯出版社, 2014: 106-109.
- [22] SHI H Y, LI W H, LV Y B, et al. Comparative analysis of two severe storm surge of Hainan Province in 2014[J]. Marine Forecasts, 2015, 32(4): 75-82. 石海莹, 李文欢, 吕宇波, 等. 海南省 2014 年两次特大风暴潮比较分析[J]. 海洋预报, 2015, 32(4): 75-82.
- [23] National Geographic Information Standardization Technical Committee. Specifications for the first and second order leveling: GB/T 12897-2006[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016. 全国地理信息标准化技术委员会. 国家一、二等水准测量规范: GB/T 12897-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

## Study on the Construction of Warning Tide Level Markers Along the Coast of Hainan Province

CHEN Zhou<sup>1,2</sup>, FU Ye-quan<sup>1,2</sup>, WANG Qing-yan<sup>1,2</sup>, XIONG Jia-cai<sup>1,2</sup>, SHI Hai-ying<sup>1,2</sup>,  
LI Meng-zhi<sup>1,2</sup>, ZHU Wan-li<sup>1,2</sup>

(1. *Ocean Monitoring and Forecasting Center of Hainan Province*, Haikou 570206, China;

2. *Marine Forecasting Center of Fujian Province*, Haikou 570206, China)

**Abstract:** Hainan Province, named usually as a “typhoon corridor”, is an area most affected by typhoons in China, and has also been one of the provinces affected seriously by various marine disasters. In order to raise awareness of marine disaster prevention in the whole society and to do a good job of marine disaster prevention and mitigation, a type of warning tide level marker is designed in the northern and northeastern coastal areas of Hainan Island based on the four-color warning tide level values approved and published for storm surge by the Ocean Monitoring and Forecasting Center of Hainan Province. This type of marker uses K-band radar for tide level measurements and contains foundation support structure, power supply control system, data acquisition and transmission system, terminal alarm and early warning information issuance system, video surveillance system and data receiving and displaying platform. By constructing such warning tide level markers the ocean observation capacity, the early warning system and governance ability of marine disasters in Hainan Province can be improved and perfected effectively. The important data support and decision-making basis can also be provided for the marine environmental forecasting and the marine disaster prevention and mitigation in Hainan Province.

**Key words:** warning tide level marker; storm surge; marine environmental forecasting; marine disaster prevention and mitigation

**Received:** August 19, 2020