

河北智能型警戒潮位监测点建设探究及应用

李岩松^{1,2}, 王久良^{1,2*}, 杨超^{1,2}, 刘德武^{1,2},
李跃^{1,2}, 王秋妍³, 王辉⁴

1. 河北省地质矿产勘查开发局第五地质大队, 河北唐山 063000;
2. 河北省海洋地质环境调查中心, 河北唐山 063000;
3. 唐山市自然资源和规划局, 河北唐山 063000;
4. 唐山市曹妃甸区自然资源和规划局, 河北唐山 063200

摘要:河北是遭受各种海洋灾害影响最严重的省份之一, 其中风暴潮是造成河北直接经济损失的主要灾害类型。现有的海洋监测设施布放间距较大, 不能满足当前防灾减灾需求。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, 依据河北公布的风暴潮 4 色警戒潮位值, 设计了一种集实时潮汐监测和相关气象信息为一体的警戒潮位智能监测系统。该系统由支撑基础、供电模块、气象及液位传感器、数据采集与转发模块、终端管理系统组成, 在沿海地带建设的智能潮位监测点建设成本低、建设速度快且占地面积小。智能潮位监测点的设立, 有效提升了河北海洋灾害预警监测能力, 同时可为河北海洋灾害预警预报、海洋防灾减灾等提供重要数据支撑和决策依据。

关键词:智能潮位监测点; 风暴潮; 海洋灾害预警预报; 海洋防灾减灾

中图分类号: P714

文献标志码: A

文章编号: 1002-3682(2022)02-0181-06

doi: 10.12362/j.issn.1002-3682.20211120001

引用格式:李岩松, 王久良, 杨超, 等. 河北智能型警戒潮位监测点建设探究及应用[J]. 海岸工程, 2022, 41(2): 181-186.

LI Y S, WANG J L, YANG C, et al. Exploration and application of intelligent alert tide level monitoring site construction in Hebei province[J]. Coastal Engineering, 2022, 41(2): 181-186.

风暴潮是一种灾害性的自然现象, 是指由于剧烈的大气扰动, 如强风和气压骤变(通常指台风和温带气旋等灾害性天气系统)导致海水异常升降的现象^[1], 当天文潮叠加风浪、涌浪达到一定程度引起海岸水位暴涨对沿岸生命财产造成损害, 因此, 风暴潮预警的一个重要方面在于获得现场实时潮位资料, 提供风暴潮发生的实际潮高, 进而得出确定的灾害灾情风险, 为灾害救助、灾情分析和灾害链调查提供现场实时资料, 为人民生命财产安全提供保障^[2]。河北沿海除秦皇岛存在小部分基岩海岸, 绝大部分属于平原海岸, 海岸带地形坡度小, 缺乏抵御风暴潮等海洋灾害的自然屏障, 且河北省沿海经济较为发达, 重要承灾体众多, 防范海洋灾害需求较为迫切。2010—2019 年我省各类海洋灾害损失共计 37.19 亿元, 其中 2019 年海洋灾害共造成我省直接经济损失 3.34 亿元, 在过去 10 年处于平均水平, 风暴潮是造成河北省直接经济损失的主要灾害类型, 主要受灾对象为海岸工程, 房屋、游乐设施、盐田、农田等^[3-4]。

目前河北省已有的海洋灾害监测设施有岸基观测站、海洋浮标、警戒潮位标志位物。目前连续稳定运行的岸基海洋观测站有 8 个、警戒潮位标志物有 54 个, 具备了一定的海洋灾害监测预警能力, 但相对于风暴潮侵入陆地过程中时间和空间的复杂性及河北省 487 km 的海岸线长度, 近岸海域潮位观测密度仍是严重不足。因此, 拟通过在河北省沿海地区开展智能型风暴潮智能型监测点建设, 对潮位、气象信息进行实时监测, 为政府风暴潮灾害防治提供数据支撑, 为灾害预警、灾情调查和研究等提供可靠的现场参数。本工作对进一

收稿日期: 2021-11-20

资助项目: 河北省自然资源厅基金项目——河北省风暴潮在线预警监测点建设(13000022P00EEC410130H)

作者简介: 李岩松(1987—), 男, 工程师, 主要从事水文地质、海洋地质、海洋监测预警及防灾减灾方面研究。E-mail: 534290913@qq.com

* 通信作者: 王久良(1982—), 男, 高级工程师, 主要从事海洋地质、海洋监测预警及防灾减灾方面研究。E-mail: wjl4422969@126.com

(陈靖 编辑)

步提高风暴潮灾害应急处置能力、最大程度降低风暴潮对沿海地区造成的经济损失、全面提升河北省海洋防灾减灾能力具有重要的现实意义。

1 智能型监测点设计及组成

该智能型监测点整体设计由基础支撑结构和各类传感器布局设计两部分组成。基础支撑结构主要包括消波井筒、操作平台、防护栏和主塔杆,其中主塔杆结构布局包含前端传感器设备、数据采集与传输控制单元、供电模块、无线通信终端等(图1),潮位传感器通过操作平台预留孔投入验潮井内。为安装方便,验潮井、操作平台、主塔杆及各类传感器采用可拆分方式安装;前端传感器实时监测的潮位及气象数据,采用4G通信技术转发至预警平台,核定的警戒潮位数据达到一定限值时,即启动相关程序自动报警,达到及时预警的目的。

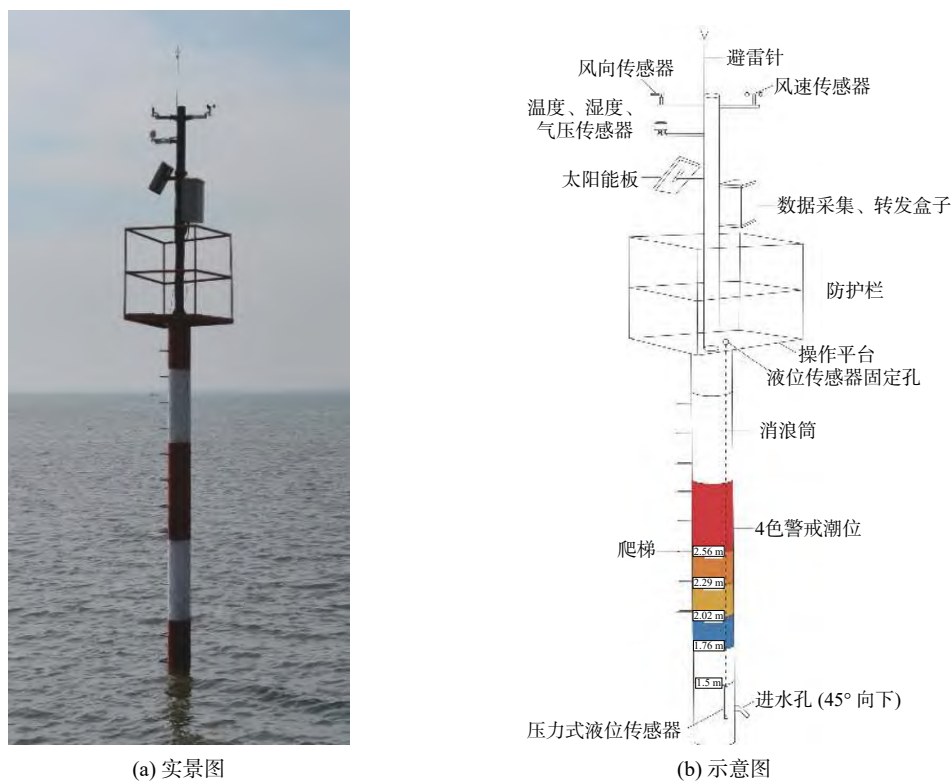


图1 智能型潮位监测点结构

Fig. 1 Construction of the intelligent tide level monitoring site

1.1 基础支撑结构

1) 底座设计及埋设方案

底座采用钢筋混凝土材质制作,长宽各1.5 m,高1 m,中间位置预留直径为430 mm消波井筒插孔。底部基础安装需赶潮施工,施工时先用挖掘机在建设点位岸滩处挖长宽各2 m、深1 m的基坑,再用吊车将底部基础埋设固定于海床,使基础顶面与海床持平,最后使用碎石将基坑填满铺平。

2) 消波井筒设计及安装方案

为避免占海用地问题,且考虑施工简单、建设方便,设计抗台风能力12级,采用长度为9 m、桩径为 $\Phi 426$ mm、

壁厚 8 mm、屈服强度为 Q235B 的螺旋缝埋弧焊钢管桩作为基础,同时也作为消波井筒。安装时将消波井筒穿过混凝土底座预留插孔,然后使用机械将钢管压入海床 4 m 深度,并通过中下部卡盘与底部基础卡紧固定,管桩露出地表部分作为上部结构,一侧留有爬梯以便后期设备检修及维护。

钢管桩外部根据当地警戒潮位核定结果喷涂红、橙、黄、蓝四色警戒潮位值;警戒潮位标志宽 17 cm,从下到上依次为蓝色、黄色、橙色、红色,2 个警戒标志之间设置白色矩形标志,尺寸为 10 cm×20 cm,矩形中间标注警戒潮位数值,字体为黑体,大小为 8 cm×8 cm^[5-6]。

3) 操作平台设计及安装方案

操作平台水准高度根据建设地点海拔高度确定,平台安装水准高度应高于建设点红色警戒潮位值 1.5 m 以上,以保证风暴潮来临时监测仪器免被海水淹没。操作平台尺寸为 1.5 m×1.5 m,下方预留进出通道、安装锁具防止破坏;平台四周安装高为 1.2 m 的不锈钢防护栏,平台通过法兰与消波筒连接,中间预留国标型号为 dn150^[7] 的法兰盘用以固定气象塔杆。

1.2 潮位传感器安装

潮位监测采用测量精度为(±1) cm 的投入式液位传感器,将传感器穿过安装维护平台预留孔后,用法兰盘固定于消波井筒中,消波井筒通过下部预留进水孔与外部连通,此方式测量潮位可防止因海浪影响造成的测量结果误差过大。消波井筒下部进水孔预留位置高于海床 20 cm,进水孔开口方向为向陆一侧,外接向下倾斜 45°的进水管,以达到良好的随潮性和消波性。孔径设计参照《海滨观测规范 第 2 部分:海滨观测》^[8]推荐的进水孔大小公式:

$$\frac{S_1}{S_2} = \left[\left(\mu(2g\Delta h)^{\frac{1}{2}} \right) \right]^{-1} (dh/dt)_{\max}, \quad (1)$$

式中: S_1 为消波筒进水孔截面积(cm^2); S_2 为消波筒截面积(cm^2); μ 为流量系数; g 为重力加速度(m/s^2); Δh 为井内外潮位差(cm); $(dh/dt)_{\max}$ 为最大涨(落)潮率(cm/s)。

1.3 气象塔杆结构布局及仪器安装方案

气象塔杆采用不锈钢材质,高 2.5 m、外径 168.3 mm,采用 dn150 法兰盘与操作平台连接,其上可布设多种传感器设备(图 1)。

1) 前端传感器设备

气象传感器及接口包括温度、湿度、气压传感器以及风速风向仪,用于掌握潮汐变化与气象信息之间的关系,今后根据需求还可作为基础平台搭载其他各类传感器。

2) 数据采集与传输设备

数据采集远程监测终端包括各类传感器、供电系统、避雷针及相应配套的数据采集、转发系统(Remote Terminal Unit, RTU)。现场数据经采集软件处理加密后传输至预警平台,数据报送周期为 2 min,该智能型警戒潮位监测装置与管理中心采用 4G 技术进行数据传递和控制,负责站点与管理中心日常通信传输。数据采集器采集到的数据经过算法加密后把密文通过无线网络传输到中心数据平台。为保障数据传输的持续安全性,数据传输采用每次传输数据前进行密钥协商的方式,保证每次密文数据都是通过不同的对称密钥加密形成,以进一步防止数据被非法解密破译,可以保障数据的安全稳定传输。无线通信终端与数据采集控制单元集成在 RTU 远程测控终端上,外接数据传输天线。

3) 供电模块

供电模块主要包含太阳能板、蓄电池(电压 12 V,容量 38 Ah)和电源充电控制器。为防止因潮湿造成短路,电池及电源控制器设备均置于防潮箱体内,40 W 太阳能板放置于塔杆顶部^[8],且发电设备设计时已采用防短路保护措施。该供电模块能够输出多路 12 V 直流电,可为全部用电器供应电能。该套供电系统可满足

监测点设备无充电情况下连续自动观测 72 h 电量要求。

2 管理中心平台设计

根据河北警戒潮位智能监测系统需求,设计了一套基于 B/S 架构模式的信息系统:包括监测点信息管理、测站管理、GIS、数据上报、数据查询与管理、数据分析、预警等多个信息化基础模块。利用此系统可及时准确地将前端监测站数据采集入库并自动汇总、分析、展示及发出预警等,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^[9-10]。

3 系统预警方式设计

现场消波井筒外层喷涂蓝、黄、橙和红四色环状标志作为现场警示标志,分别对应已核定岸段的 4 色警戒潮位值,四色标志均采用环氧漆喷涂,色调明亮、耐腐蚀,有效视距满足实际需求。同时,当潮位值达到预警值时,后台系统根据预警等级按不同频率向沿海企业及主管部门以微信、短信方式推送预警信息,可大幅提升沿海地区防灾减灾和应急处置效率。

4 智能型监测点应用示范

在前期进行大量实验研究的基础上,作为应用示范,在河北唐山曹妃甸区小黑沟大桥进行了河北省智能型警戒潮位监测点的建设并进行了运行实验。在小黑沟监测点每 2 min 采集一次数据,选取 2021 年 11 月 15 日全天 24 h 实测潮位数据通过 Excel 处理后与天文潮曲线进行对比,对监测数据的稳定性、随潮性进行拟合分析(图 2 和图 3)。与天文潮曲线的对比结果表明,监测数据无跳动,基本消除了波浪对数据采集的影响。通过连续观测数据生成的潮位曲线与天文潮曲线基本一致,达到了较好的随潮性。



图 2 部分历史采集数据

Fig. 2 Part of historical data acquisition

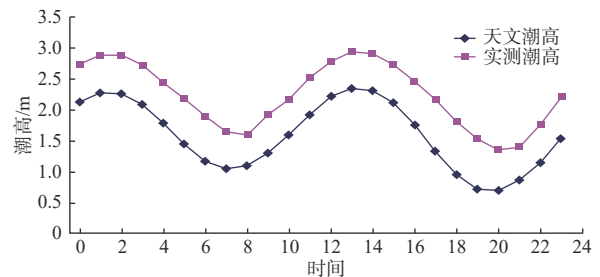


图 3 实测潮位与天文潮曲线对比

Fig. 3 Comparison between the measured tide level curve and the astronomical tide curve

5 结论

为了提升河北海洋灾害预警监测能力,开展了风暴潮智能监测点基础支撑结构及管理中心平台的设计、实验,并进行了建设安装及长时间运行的实验,主要得到以下结论:

- 1) 该警戒潮位监测系统主要由“传感器+数据处理传输装置+管理平台”组成,建设内容包括前端气象传感器、压力式潮位传感器、太阳能发电装置和管理中心平台等。
- 2) 河北省沿海警戒潮位能监测装置通过内置数据采集系统,可对现场采集数据进行分析处理及加密,有

效减少了无效数据的传输及提高了数据安全性;同时,通过气象与潮位数据的不断累积,可为分析短期内气象潮提供更加精细化数据。

河北省沿海警戒潮位监测点相对于传统验潮站建设具有便捷、轻量化、投资少、建设快的特点,便于短时间内进行高密度建设,也能在短时间内解决该区域沿海洋观测能力不足的问题,提升沿海防灾能力,为政府应急决策提供数据支撑。

参考文献 (References):

- [1] 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.
- [2] 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. 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.
- [3] 河北省自然资源厅(海洋局).2019年河北省海洋灾害公报[EB/OL].(2020-12-30)[2021-11-15]. <http://zrzy.hebei.gov.cn/heb/gongk/gkml/tjxx/zhqtj/hyzhgb/10542019051842854912.html>. Department of Natural Resources of Hebei Province (Oceanic Administration). 2019 Hebei provincial marine disaster Bulletin[EB/OL]. (2020-12-30)[2021-11-15]. <http://zrzy.hebei.gov.cn/heb/gongk/gkml/tjxx/zhqtj/hyzhgb/10542019051842854912.html>.
- [4] 褚芹芹,张万磊,洪新,等.河北省沿海风暴潮特征及成因分析[J].*海洋预报*,2020,37(1):18-27. CHU Q Q, ZHANG W L, HONG X, et al. Characteristic and affecting factors of storm surges along the coast of Hebei Province[J]. *Marine Forecasts*, 2020, 37(1): 18-27.
- [5] 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. JIA X F, ZHANG R, WANG L G, et al. Research on the design of storm warning tide level marker[J]. *Coastal Engineering*, 2016, 35(2): 66-78.
- [6] 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. 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.
- [7] 中国机械工业联合会.钢制管法兰 类型与参数:GB/T 9112—2010[S].北京:中国标准出版社,2010. National Standards of the People's Republic of China. Types and Parameters for steel pipe flanges. GB/T 9112—2010[S]. Beijing: China Standards Press, 2010.
- [8] 全国海洋标准化技术委员会.海滨观测规范:第2部分 海滨观测:GB/T 14914.2—2019[S].北京:中国标准出版社,2019. National Technical Committee on Oceanography of Standardization Administration. The specification for marine observation: Part 2 Offshore observation GB/T 14914.2—2019[S]. Beijing: China Standards Press, 2019.
- [9] 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. LI W H, SHI H Y. Research on storm surge disaster prediction and prevention system in Hainan Province[M]. Beijing: China Ocean Press, 2014.
- [10] 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:亚特兰蒂斯出版社,2014:106-109. 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 distaste risk analysis and management in Chinese littoral regions. Beijing: Atlantis Press, 2014: 106-109.

Exploration and Application of Intelligent Alert Tide Level Monitoring Site Construction in Hebei Province

LI Yan-song^{1,2}, WANG Jiu-liang^{1,2}, YANG Chao^{1,2}, LIU De-wu^{1,2}, LI Yue^{1,2}, WANG Qiu-yan³, WANG Hui⁴

(1. *The Fifth Geological Brigade of Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration*, Tangshan 063000, China;

2. *Hebei Marine Geological Environment Survey*, Tangshan 063000, China;

3. *Natural Resources and Planning Bureau of Tangshan*, Tangshan 063000, China;

4. *Natural Resources and Planning Bureau of Tangshan Caofeidian District*, Tangshan 063200, China)

Abstract: Hebei Province has a 487 km-long coastline and a developed coastal economy and is an important part of the coordinated development zone of Beijing, Tianjin and Hebei. However, Hebei Province is also one of the provinces most severely affected by various marine disasters, especially the storm surge disaster. The existing marine monitoring facilities are relatively far apart and cannot meet the current needs of disaster prevention and mitigation. In order to enhance the whole society's awareness of marine disaster prevention and to do a good job in prevention and mitigation of storm surge disaster, an intelligent alert tide level monitoring system which integrates real-time tidal monitoring and related meteorological information is designed on the basis of four-color warning tidal level value approved and released by Hebei Province. This system consists of support foundation, power supply module, meteorological and liquid level sensor, data acquisition and forwarding module and terminal management system. The intelligent monitoring sites built in coastal areas based on this system have the characteristics of low cost, small ground area occupied, fast construction speed and convenient for promoting. The establishment of such intelligent monitoring sites can efficiently enhance the capability of marine disaster warning and monitoring in Hebei Province and also provide important data support and decision-making basis for the warning, predicting, preventing and mitigating of marine disasters in Hebei Province.

Key words: intelligent tide level monitoring site; storm surge; marine disaster warning and predicting; marine disaster prevention and mitigation

Received: November 20, 2021