

海洋灾害智防应用系统的设计与实现 ——以洞头区“浙海安康”系统为例

丁雪霖^{1,2}, 陈青松³, 张则飞^{1,2}, 吴寿常^{1,2}, 朱永¹, 金良¹

(1. 浙江省海洋科学院, 浙江 杭州 310012; 2. 自然资源部海洋空间资源管理技术重点实验室, 浙江 杭州 310012; 3. 温州市自然资源和规划局洞头分局, 浙江 洞头 325700)

摘要: 简要回顾了海洋防灾减灾领域应用系统的发展现状, 分析了海洋防灾减灾管理决策支撑系统的现状和不足。针对现有海洋防灾减灾管理支撑的县级业务, 分析不同灾害应对主体的海洋防灾减灾需求差异, 创新性地提出立足县(区)需求的“浙海安康”海洋灾害智防应用系统的总体架构和主要功能, 以及具体技术实现和系统应用。面向政府、管理员、公众等不同种类的用户, 基于电脑和移动终端, 设计了系统的指挥端、治理端和服务端, 采用“四横四纵”整体架构, 设计了“灾害智感”“灾害智评”“灾害智控”等业务模块, 满足不同用户群体的管理决策和信息获取需要。通过系统应用, 辅助决策部门快速掌握灾害态势, 为民众提供便捷的专项预报服务。

关键词: 海洋防灾减灾; 信息化改革; 数字化改革; 海洋灾害应急管理

中图分类号: P731.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2024)05-0015-11

0 引言

我国海岸线绵长, 海洋灾害频发, 是世界上遭受海洋灾害影响最严重的国家之一。海洋灾害的发生威胁着沿海居民安全和生态环境安全, 也制约着经济发展^[1-2]。根据《中国海洋灾害公报》^[1]的统计信息, 我国海洋灾害以风暴潮^[3-4]、海浪^[5]和赤潮灾害^[6]为主, 2013—2022年由海洋灾害造成的直接经济损失累计达到714亿元, 死亡失踪人口共计390人。浙江省的海洋灾害损失较高, 仅2022年遭受的直接经济损失就达2.8亿元^[1,7], 仅次于山东省和广东省^[1]。随着海洋经济发展的推进和高质量发展建设共同富裕示范区工作的开展, 有必要增强浙江省的海洋防灾减灾能力, 降低海洋灾害损失和人员伤亡。

伴随电子信息的发展, 针对提升海洋预报和综合防灾减灾能力的各类系统得以研发, 并开始出现数字化转型推动城市治理体系变革的案例^[8-14]。在

国家重大科技计划和科研院所技术研发的支持下, 我国针对海洋动力灾害的数值预报预警能力构建取得长足进步^[15]。已有的海洋灾害防治体系侧重于灾前预防, 在近年逐步向构建“灾前一灾中一灾后”全流程的保障支撑能力转变^[16-17]。在2021年的海洋灾害综合风险普查中, 我国在全国范围内针对国家、省、市、县4级尺度, 完成了针对风暴潮、海浪、海啸等海洋动力灾害及其承灾体的本底情况调查、风险评估和风险区划工作^[18]。普查工作积累的承灾体数据和灾害风险区划数据能够为后续各层级海洋防灾减灾管理支撑应用系统的设计和实现提供有力支撑。在国家层面, 依托“十三五”国家重点研发计划海洋环境安全保障重点专项建立的海洋环境安全保障平台, 系统地提供了针对我国海洋环境安全的业务化预警产品, 为国家应急部门、海事部门等机构提供包含前期预防监测、灾中预警应急处置和灾后恢复重建的海洋防灾减灾决策支撑^[15,19]。在省级层面, 基于实际需要, 山东省建立了海洋灾害

收稿日期: 2023-10-11。

基金项目: 国家重点研发计划项目(2022YFC3105100); 浙江省软课题计划项目(2022C35085)。

作者简介: 丁雪霖(1991-), 女, 工程师, 博士, 主要从事海洋防灾减灾及近岸水动力过程研究。E-mail: xlding@outlook.com

防御和辅助决策信息支持系统^[16],对海洋灾害防御相关的业务流程实现信息化管理。该系统包含省、市、县3级节点,对保障支撑业务向地市的推广做出了有益尝试。然而,虽然县级海洋灾害管理部门是我国开展海洋防灾减灾和应急协同工作的重要组成部分,但是立足县级业务需求、针对一线防灾减灾部门决策支撑开展的需求分析和系统建设工作仍较缺乏,有待加强。

基于以上研究,本文根据县(区)需求,通过数字化改革赋能,设计和开发了海洋灾害预警报系统。研究以受风暴潮、海浪等海洋灾害影响较大的浙江省温州市洞头区为例,根据政府和民众对海洋灾害治理的不同需求,立足县级海洋防灾减灾和海洋环境安全治理实际业务流程和需求,探索海洋灾害防治系统数字化改革路径,提出“浙海安康”海洋灾害智防应用系统(简称“浙海安康”)的总体架构和主要功能,以此提升洞头区海洋灾害应对能力,满足不同用户群体的管理决策和信息获取需要。

1 系统架构

1.1 需求分析

通过对海洋防灾减灾主管部门的走访调研,总结出在县级海洋防灾减灾工作的具体实践中,海洋

灾害发生时影响的人群可分为3类,分别是决策人员(包括海洋灾害应急决策部门和业务管理部门人员)、巡查人员(包括各类海洋灾害承灾体的管理人员)和公众(包括受海洋灾害影响的各类企业群众)。各类人群对海洋灾害预警报系统的需求不同(见表1)。决策人员的需求主要为数据归集、指令跨部门共享、指令跨层级流动、精准决策和闭环管控;巡查人员的需求主要为获得风险提示、获取决策建议和进行精准反馈;公众的需求主要是查询渔船航行风险、获知近岸工程风险、获知避灾路线等。系统设计从以上3类人群的需求出发,通过以下设计来解决相应“痛点”。

①通过归集多源、多类型涉海数据,控制数据质量,基于数据提供量化的海洋灾害风险评估结果,来解决决策人员海洋灾害数据不够精准、不够全面、海洋灾害风险研判主要凭经验的“痛点”,从而辅助管理决策。

②通过提供针对各类承灾体、符合承灾体对应使用场景的专项预警报服务,来解决缺乏针对沿岸堤顶道路交通、海上养殖作业等海洋灾害专项预警,灾害应对精准性、时效性不足的“痛点”。

③通过设计移动应用端,通过简单易懂的社交共享将灾害信息传递给公众,增强公众的自救能力,来解决公众海洋灾害防灾意识和避险自救能力不足,无法提前规避风险的“痛点”。

表1 用户需求分析和功能设计

Tab.1 User requirement analysis and function design

类别分析	用户类别1:决策人员	用户类别2:巡查人员	用户类别3:公众
需求分析	数据归集、指令跨部门共享、指令跨层级流动、精准决策和闭环管控	获得风险提示、获取决策建议和进行精准反馈	查询海洋概况、获知近岸海洋风险信息、获知避灾路线等
“痛点”分析	管理决策过程中海洋灾害数据不够精准、不够全面、海洋灾害风险研判主要凭经验	缺乏针对沿岸交通、海上作业、滨海旅游景区等海洋灾害的专项预警,灾害应对精准性、时效性不足	海洋灾害防灾意识和避险自救能力不足,无法提前规避风险
应对举措	归集多源、多类型涉海数据,控制数据质量,基于数据提供量化的海洋灾害风险评估结果	提供针对各类承灾体、符合承灾体对应使用场景的专项预警报服务	通过简单易懂的社交共享渠道和文字发布灾害信息
系统分类	指挥端	治理端	服务端
部署分类	电脑	移动终端(“浙政钉”应用程序)	移动终端(“浙里办”应用程序)
功能模块设计	驾驶舱、灾害智感、灾害智评、灾害智控	海况预报、实时海况、灾害风险、灾害管控	海洋概况、潮位预报、滨海旅游区等专项预报

1.2 架构设计

针对不同用户分类,分别设计了3种使用不同媒介的系统应用端,包括指挥端、治理端和服务端(见表1)。

指挥端针对决策人员的防灾减灾需求,满足决策人员对海洋防灾减灾数据查询、模型计算、风险研判、指挥协同等全面功能需要,为海洋灾害相关管理部门提供业务决策依据和指挥、会商、研判平台。指挥端基于PC网页,通过“浙江省省域空间治理数字化平台2.0”进行访问,面向自然资源部门和其他相关部门治理需求开放权限。“浙江省省域空间治理数字化平台2.0”由浙江省省级发展改革部门和自然资源部门联合牵头完成,聚焦空间治理综合分析和辅助决策,运用数字虚拟空间来管理自然空间、人造空间和未来空间,以此提升省域空间治理水平的平台。平台包含针对党政机关整体智治、数字政府、数字经济、数字社会、数字法治等多个系统,其中“海灾智防”是该平台重要应用场景之一,也是浙江省海洋灾害防御数字化改革的标志性成果。本文介绍的“浙海安康”即为“海灾智防”应用在洞头区的节点,场景功能设计在全省得到推广。

治理端针对巡查人员的防灾减灾需求,供其在一线巡查时使用,满足巡查人员查询承灾体风险列表、接收指令、上报现场情况的功能需要。治理端基于手机应用、通过“浙政钉”应用程序访问,面向自然资源部门和其他相关部门治理需求开放权限。“浙政钉”应用程序是由浙江省大数据发展管理局建设打造的浙江省政务协同平台,以满足政务办公场景需求为目标,建立覆盖浙江省的统一政务通讯录,供全省公职人员接入统一平台进行工作沟通和办公协同。基于“浙政钉”开发治理端,有助于该系统融入全省数字政务体系、深化数字政务创新。

服务端针对公众的防灾减灾需求,供公众查询海洋环境预报、接收灾害预警,为公众提供针对滨海旅游、沿海交通、渔场渔区等专项海洋环境预报服务以及海洋灾害预警和避灾路线指引等功能。服务端基于手机应用、通过“浙里办”应用程序访问,面向公众开放权限。“浙里办”应用程序是浙江数字化改革面向群众企业的总入口,汇聚了全省政务服务、城市生活、社区治理等领域的场景化应用,

可提供数百项便民服务应用。基于“浙里办”应用程序开发服务端应用,有助于公众便捷查询和使用。

考虑到目前海洋灾害期间应急管理主要为政府主导、自上而下的治理模式,此处将系统核心功能设置在指挥端,而治理端和服务端主要通过指挥端以数据推送、消息接收的方式来提供服务。总体架构采用“四横四纵”结构(见图1),其中“四横”自上而下分别是业务应用层、平台支撑层、数据层和基础设施层,“四纵”分别是网络安全体系、组织保障体系、标准规范体系和政策制度体系。应用场景部署在浙江省政务外网,采取云部署的方式,依托政务云实现。系统同时利用浙江省公共数据平台,即一体化数字资源系统(Integrated Resources System, IRS)进行数据交换。浙江省公共数据平台是一个省市县一体化、智能化的公共数据平台,管理和驱动浙江全省数字资源,统筹整合了全省政务数字应用、公共数据和智能组件等数字资源,保障数据跨部门跨层级共享,包含应用、数据、组件、云资源4个模块,供全省的省、市、县三级政府部门的工作人员查看、申请相关数据并进行应用等。

1.3 数据库设计

“浙海安康”利用场景数据库存储、管理系统数据。系统数据来自海洋灾害风险普查数据、数值预报产品数据、站点实时监测数据等(见图1)。为保证数据质量,数据源均由相关政府部门提供,或从政府数据平台申请获取。数据库按照逻辑分为实时监测数据库、预报预警数据库、灾害风险数据库和关注对象数据库。数据形式包含表格、文本、图形、图像、声音等。

实时监测数据库主要包括浪高信息、潮位信息、风力信息、渔船信息、台风信息等。预报预警数据库主要包括浪场预报、海岛预报、潮位预报、海浪预报、港口码头预报、滨海旅游区预报、养殖区预报、渔场预报、渔区预报等数据。灾害风险数据库主要包括重点防御区、海堤漫堤风险等数据,其中重点防御区包含区域名称、行政区划、地理位置、面积等信息数据。关注对象数据库主要包括海堤、危化企业、医院、渔港、学校、养殖区、在建工程、地下空间、避灾点、海滨旅游区等主要承灾体的基础数据。

在数据整理过程中,需对承灾体数据和风险普

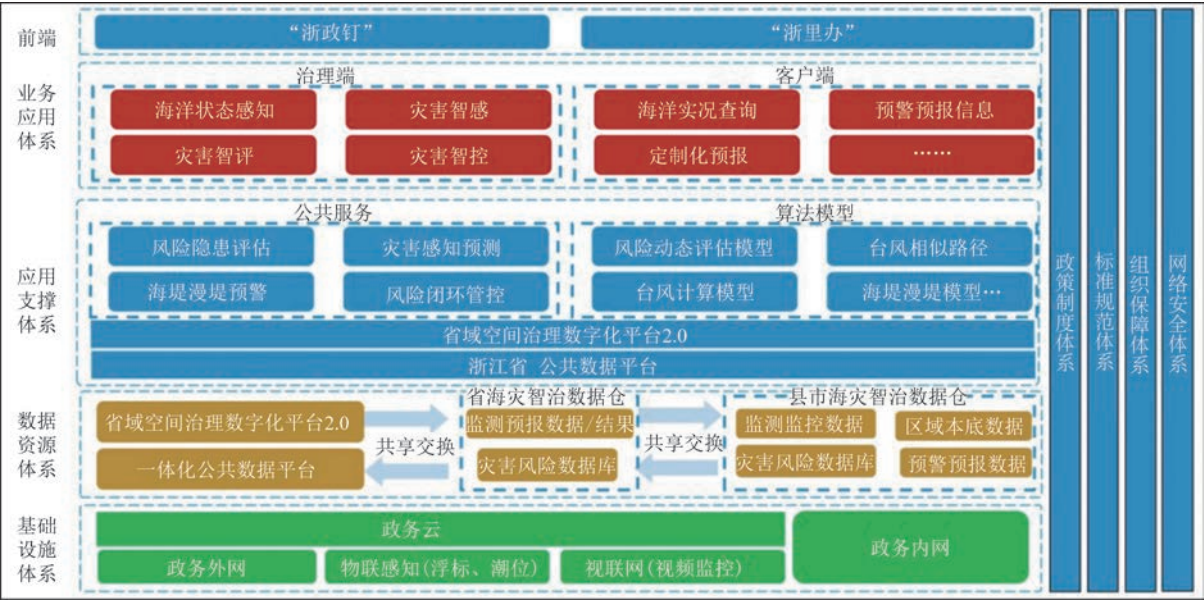


图1 系统架构图

Fig.1 System architecture diagram

表2 数据库的数据设计

Tab.2 Design of database

数据库类别	数据类别/更新频率	数据项	获取来源
实时监测数据库	接口数据/实时更新	气象站点监测信息、波浪站点监测信息、水文站点监测信息、视频监控	浙江省省域空间治理数字化平台2.0、浙江省公共数据平台
预报预警数据库	接口数据/动态更新	(省级、区级)海浪预报预警信息、(省级、区级)风暴潮预警信息、(省级、区级)气象预报信息、(区级)海区预报、(区级)海岛预报、(区级)潮位预报、港口码头预报、滨海旅游区预报、养殖区预报、渔场预报、渔区预报	浙江省省域空间治理数字化平台2.0、浙江省公共数据平台
灾害风险数据库	静态数据/不定期更新	重点防御区信息、不同台风等级下最不利台风路径导致的风暴潮淹没风险信息	2021年海洋灾害风险普查数据
	接口数据/动态更新	海堤漫堤风险研判、风暴潮淹没风险研判	模型接入数据、系统研判数据
关注对象数据库	静态数据/不定期更新	海防工程信息、海水养殖区信息、渔港信息、滨海旅游区信息、危化企业信息、避灾点信息、学校信息、医院信息、人口聚集区信息、电力信息、工业园区信息	2021年海洋灾害风险普查数据

查成果数据进行整理入库,其中海堤、养殖区、滨海旅游区、渔港承灾体数据可通过数据库导入功能实现入库,而对于风险普查数据中的风险评估、重点防御区矢量数据,可通过地理信息系统软件实现数据格式的转换处理并入库,供系统调用展示。

1.4 技术路线

系统基于政务云建设和部署,使用了MySQL和Redis等数据库。数据处理过程基于Java的

Kettle数据抽取、转换和加载(Extraction-Transformation-Loading,ETL)框架实现,通过任务作业方式自动化运行。后台管理基于Vue.js框架开发,数据接口基于Spring框架开发,服务端和移动终端信息交换采用RESTful程序接口。移动终端以手机应用程序的形式展现,开发基于Vue前端应用框架,采用HTML5方式开发,支持Android和iOS两种主流操作系统,基于天地图和Canvas的海洋预报要素渲染模块实现地图可视化。

2 关键技术与实现

2.1 快速的海洋灾害风险研判方法

2.1.1 针对单个海堤的快速海堤越浪漫堤风险预警服务

为解决在海洋灾害发生期间,不同海堤由于堤前潮位、堤前浪高、堤顶高程、断面型式等要素造成的风险差异,同时解决海堤越浪漫堤数值预报模型存在误差的问题,本文设计了基于多源数据、针对单个海堤的快速海堤越浪漫堤风险预警服务(见图2),其界面集成堤前潮位、堤前浪高、堤顶高程、断面型式等多源信息,可以直观动态地展示针对单个海堤的越浪漫堤风险信息。

通过海堤越浪漫堤预警模型数据的场景接入和集成精细化,可提供动态展示单个海堤在台风期间的越浪漫堤动态风险服务,当触发风险动态预警时,自动生成预警提示。

快速越浪漫堤风险预警服务方法设计步骤为:
①创建包含全区海堤在内的海堤越浪漫堤风险基础数据;②根据用户请求索引对应海堤,调用数值预报模型数据,根据潮位叠加二分之一波高与堤顶高程对比,将风险情况返回给用户;③调用该海堤的普查数据库成果,将海堤的关键基础信息返回给用户;④根据位置检索海堤附近5 km内的摄像头,将距离最近的摄像头拍摄到的多实时视频流返回给用户;⑤根据位置检索离该海堤最近的潮位观测点,将潮位观测值与堤顶高程的比较以动画形式返回给用户。

此外,海堤越浪漫堤风险等级研判通过接入两类预警模型数据进行。第一类数据来源于浙江近年开展的海洋灾害承灾体风险预警试点工作,该工作由浙江省海洋监测预报中心联合自然资源部海洋减灾中心、国家海洋环境预报中心和温州海洋环境监测中心站搭建,可提供试点区域的海堤漫堤风险等级,其中洞头区海堤为试点区域之

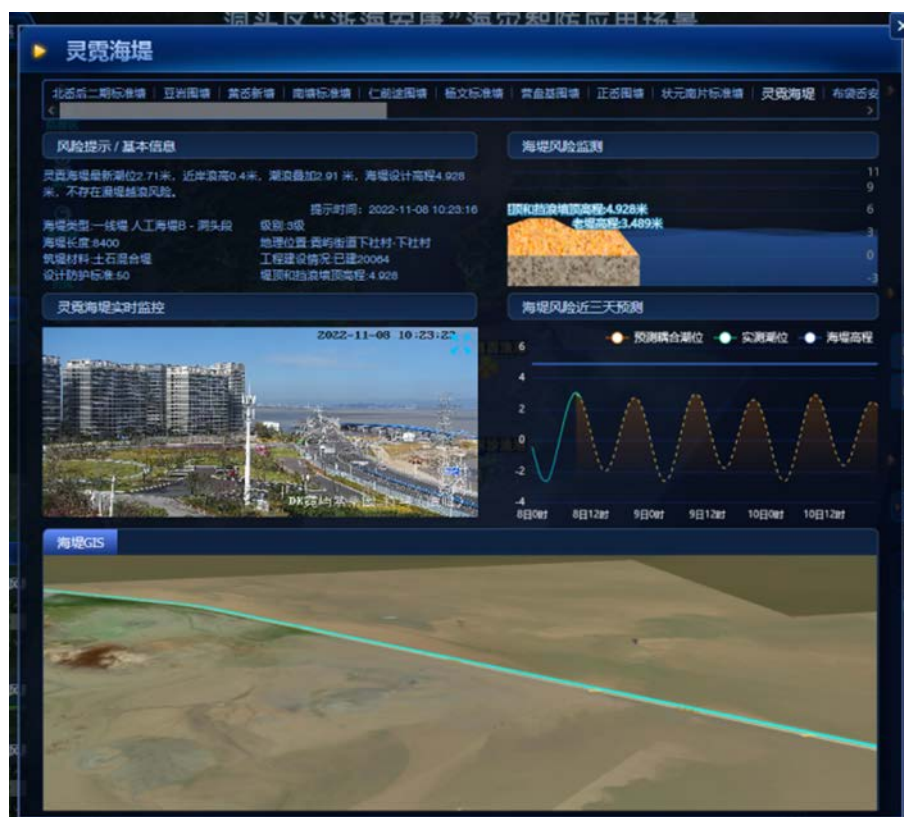


图2 海堤越浪漫堤风险预警服务界面

Fig.2 Warning service interface of wave over-topping and overflow on a seawall

一。通过对接该技术成果中洞头区内海堤越浪漫堤预警模型的数据接口,系统可以直接获取对应海堤的风险。第二类数据来源于系统部署的一种结合海堤断面型式、给定允许越浪量条件下的海堤越浪风险分析方法。该方法通过构建越浪量超越概率分布函数,计算当前海堤越浪风险值,以确定当前海堤越浪风险等级,从而评估分析海堤的越浪风险。

2.1.2 以乡镇为单元的快速判断风暴潮漫滩淹没风险的预警服务技术

项目实施过程中开发了以乡镇为单元的海洋空间风险动态预警服务(见图3),可提供快速判断风暴潮漫滩淹没风险的预警服务。用户可在风暴潮漫滩淹没风险界面下方手动模拟不同台风中心气压等级下的风暴潮漫滩淹没风险。界面左上角显示不同情况(包括实时情况和用户模拟情况)下各乡镇不同等级风暴潮漫滩淹没风险区域的面积占比;界面中央底图显示各级淹没风险分布情况。该服务中的风险研判基于已有的海洋灾害风险普查数据开展。在风险普查过程中,采用全国最新的岸线修测数据,建立精细化台风风暴潮和台风浪数值模型,计算不同台风等级下最不利台风路径导致

的风暴潮淹没值,得到风暴潮漫滩淹没风险等级,确定不同等级台风下受灾区域。

在风险普查成果的基础上,将站点实时潮位和不同台风等级下最不利台风路径导致的风暴潮淹没风险等级对应的站点潮位临界值进行关联,在实测潮位达到相对应临界值条件时,触发对应等级的风险预警,并在系统上显示相应区域的风暴潮漫滩淹没风险分布,自动统计各乡镇不同等级的风险分布面积占比,生成相应的风险预警提示单。此处的服务内容与张建东等^[13]研发的面向市级和县级海洋防灾减灾综合管理系统中的风暴潮综合研判子系统功能的实现有类似之处,相比而言,本系统提供的空间风险预警服务产品进一步细化到乡镇,显示结果随时间实时变化,另外,本系统的研判结果可以通过指挥端与治理端和服务端的用户实时定位相结合,进一步实现人员点对点风险预警提示。

需要指出的是,受限于目前浙江省风暴潮实时预警业务化能力,尚无满足县级尺度的风暴潮实时预警业务化运行产品,因此本系统用到的风暴潮漫滩淹没风险分析成果为全国海洋灾害风险普查成果中的静态分析结果。该分析结果基于最不利路



图3 风暴潮漫滩淹没风险界面

Fig.3 The interface showing the potential risk of storm surge-induced flood inundation

径下的风险分布,因此提供的风暴潮风险淹没预报结果偏保守。

2.2 海洋灾害闭环管控和与现有应急系统的融合

“浙海安康”中“灾害智控”子场景可实现风险提示单的制定和下达。用户可根据系统提供的研判结果,对存在风险的区域进行风险提示单的推送,相应成员单位及镇街接收推送的风险提示后,可进行风险处置并填报处置信息,将信息反馈回该模块供管理部门查看,以此实现风险闭环管控。用户在该模块可下发风险提示单,针对风险提示单的内容进行编辑,并选择需要接收的涉海部门进行下发;用户可查看风险提示单内容,追踪提示单接收及填报情况;风险提示单可供各涉海部门、镇街在接收后对风险的处置情况进行填报。

“灾害管控”模块主要展示风险提示单处理及反馈情况。以风险提示单下发部门为例,可以通过“浙政钉”了解各成员单位的接收、反馈情况以及正在进行的风险提示单,通过点击风险提示单可了解其具体内容以及各部门的反馈情况、反馈时间。模块还设置了时间轴功能以便系统地、完整地、顺序地记录风险提示单的处置过程,方便决策者进行查阅。

“浙海安康”通过打通和本地应急系统的接口,可以从系统内和跨系统两个方面实现消息收发管理流程闭环。

在系统内部闭环方面,利用电脑端与移动终端应用平台融合,实现指挥端与治理端的融合和信息收发。系统采用了Java客户端通过HTTP请求建立认证链接的方案,确保用户账号与信息的安全性。在指挥端“灾害智控”模块新增风险提示单,选择承灾体、风险等级信息来生成风险提示单、选择接收人、发送提示信息。治理端用户在收到提示信息并完成点击确认后,系统会进行消息回调,并更新用户消息读取状态。用户通过治理端反馈的图片和文字信息也会同步展现在指挥端“灾害智控”模块页面下方。

在跨系统(例如与应急系统的融合)方面,“浙海安康”与洞头区“防汛防台在线平台”相融合,后者在与“浙海安康”指挥端“灾害智控”模块和治理端联动的过程中发布的风险提示单、用户信息读取

状态、治理端反馈信息等内容都可以同步查看。

3 功能设计与实现

“浙海安康”通过多个跨应用平台系统面向决策指挥、管理巡视、公众企业等不同种类的用户设计了基于不同终端的应用场景服务,供用户通过电脑和手机访问系统。电脑端访问设置为网页,可降低用户的系统访问成本,打开浏览器即可访问。当前系统支持Google浏览器、火狐浏览器等主流类型。系统的应用移动端支持iOS和Android两个主流平台。下面将介绍系统在不同平台的主要功能。

3.1 指挥端功能设计

指挥端模块根据海洋灾害的灾害感知、风险评估、应急控制3个阶段,分别设计了“灾害智感”“灾害智评”“灾害智控”3大业务模块,根据应急指挥使用需要设计了“驾驶舱”模块,以及另外的系统管理模块。

①“灾害智感”模块:可进行海洋灾害风险的智能感知,实现灾害实时监测、灾害预报预警、历史灾害归集、公众海洋实况、预报信息查询等功能,并提供气象、海洋、视频监控数据实时接入,对海洋预报进行综合集成。在统一的底图上可实现实时监测信息、实测气象水文信息和预报信息的叠加展示功能,展示内容包括视频监控、浪高信息、潮位信息、风力信息、台风信息、渔船信息、浪场预报、潮位常规预报、海浪常规预报、重点防御区信息和各类承灾体信息。

②“灾害智评”模块:可进行海洋灾害风险的智能研判,实现多源风险同底图显示、多源隐患同表格罗列、风险研判分析、公众风险查询等功能,展示风暴潮灾害、海浪灾害风险分布信息及预警信息,建立海洋灾害监测预报数据共享机制。利用海洋预报信息结合海洋灾害风险普查成果,对海洋灾害相关的空间风险和承灾体风险状态进行判断,通过红、橙、黄、蓝颜色在地图上直观展示,供决策人员直观了解风险情况并作出准确处置。

③“灾害智控”模块:可进行海洋灾害风险的智能管控,实现养殖风险自动预警、风险预警发送、交通情况动态更新、隐患点整治统计和实时排查、跨

部门协同管理、公众信息推送等功能。

④“驾驶舱模块”:针对应急决策的实际需要,将“灾害智感”“灾害智评”“灾害智控”模块的信息在统一底图上综合集成,方便指挥端用户直观查看全域的应急响应等级、海洋环境预报、灾害风险分布、海况实时监测、应急处置情况等,供决策部门快速掌握灾害态势,科学地制定应对措施。

⑤系统管理模块:可查看系统运行日志,维护个人信息、管理成员信息、单位信息以及关注对象信息,并对实时数据和基础信息进行维护,高级管理员还可以对用户权限进行设置。模块功能包括用户管理、基础信息维护、权限设置和角色管理等。用户可根据系统使用情况创建角色,对不同岗位职责设置不同系统权限,供高级管理员对下级工作人员系统权限进行调整。

3.2 治理端功能设计

治理端基于移动终端,通过从指挥端调用服务实现各个模块功能。治理端与“浙政钉”应用程序的设计风格相统一,在展示上体现海洋灾害地理信息数据和承灾体基本信息明细相结合,尽可能全面呈现整体面貌。治理端包含“海况预报”、“实时海况”、“灾害风险”和“灾害管控”等功能模块。海况

预报模块供用户查询潮位预报、渔场预报、滨海旅游区、港口码头、海岛预报、渔区预报、连片养殖区和台风等信息。实时海况模块供用户查询潮位、海浪、风力等实测数据。灾害风险模块供用户查询空间风险和承灾体风险的研判结果和分布情况。灾害管控模块供用户实时跟踪风险提示单的下发、接收、处置和完成情况以进行闭环管理。

指挥端与治理端之间实行闭环管控联动。指挥端和治理端可以实现风险提示单的制定、下达和反馈,决策人员基于系统风险研判结果,确认风险提示的推送对象,相应决策人员和巡查人员在指挥端和治理端同步接收到风险提示推送,进行风险处置、隐患核销,巡查人员在治理端填报处置信息,将信息反馈回指挥端,在灾害智控模块供决策人员查看,从而实现风险闭环管控。

3.3 服务端功能设计

服务端同样基于移动终端,通过从指挥端调用服务实现各个模块功能。服务端与“浙里办”应用程序风格相统一,设置定位管理,聚焦使用者对所处位置的海洋灾害风险。服务端包含“海洋概况”、“海域预报”、“潮汐预报”、“渔场预报”等功能模块。“海洋概况”和“海域预报”模块供用户查询海上游



图4 指挥端“驾驶舱”页面

Fig.4 Page of the command side at the command module



图5 治理端与指挥端“灾害智控”模块联动

Fig.5 Linkage between the "disaster intelligent control" modules of the management side and the command side



图6 服务端页面

Fig.6 Server interface

览、海上垂钓情况、海浪信息、海温信息等,同时可以根据用户当前定位,实时展示用户所在地的风暴潮漫滩淹没风险等级,提供避灾建议。另外,具体功能模块可提供针对潮汐、渔场、滨海旅游区、港口码头、海岛、渔区、连片养殖区、台风等专项预报。

4 结论

“浙海安康”海洋灾害智防应用系统面向应急决策部门、承灾体管理部门和社会公众用户,分别

通过电脑端和移动终端应用程序将专业的海洋灾害预警报数据以直观易懂的方式进行展示,为各类海洋灾害相关人群快速制定海洋防灾减灾策略、进行灾害规避和降低灾害损失提供全面的海洋环境安全信息。自系统上线以来,为洞头区海洋灾害防治工作的开展提供了有效支撑。

系统设计在保证架构合理、技术路线可行的同时,充分考虑县(区)已有的数据基础、技术支撑、职能划分和防灾减灾需求,在预警报服务和跨平台融合上均有所创新。在预警报服务方面,系统提出了

针对单个海堤的海堤越浪漫堤风险预警服务,并结合海洋灾害风险普查数据,创新性地提出以乡镇为单元的快速判断风暴潮漫滩淹没风险的预警服务技术。该方法不受本地风暴潮实时预警业务化能力的限制,可快速推广到其他区县。在跨平台融合方面,该系统与现有应急系统打通,该系统提供的海洋防灾减灾业务流程与现有的灾害应急系统可以有效融合,提高了灾害应对效率。系统分别针对3类用户群体在指挥端、治理端和服务端设计了相关功能,为其提供较好的用户体验。系统目前仅针对风暴潮和海浪两种海洋动力灾害提供决策支撑,未来,可通过增加对其他海洋动力灾害和海洋生态灾害的支撑功能、接入风暴潮实时预警业务化产品数据等方式进行不断改进。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国自然资源部. 数据/数据服务/海洋/公报公告: 中国海洋灾害公报[EB/OL]. [2023-10-10]. <http://www.mnr.gov.cn/sj/sjfw/hy/gbgg/zghyzhgb/>.
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Data/data services/ocean/bulletin: China marine disaster bulletin [EB/OL]. [2023-10-10]. <http://www.mnr.gov.cn/sj/sjfw/hy/gbgg/zghyzhgb/>.
- [2] 姜志浩, 蔡勤禹. 我国海洋灾害演变趋势分析(1949—2020)[J]. 防灾减灾学院学报, 2022, 24(2): 90-99.
JIANG Z H, CAI Q Y. Analysis on the evolution trend of marine disasters (1949—2020) [J]. Journal of Institute of Disaster Prevention, 2022, 24(2): 90-99.
- [3] 隋意, 石洪源, 钟超, 等. 我国台风风暴潮灾害研究[J]. 海洋湖沼通报, 2020(3): 39-44.
SUI Y, SHI H Y, ZHONG C, et al. Research on typhoon storm surge disaster in China[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2020(3): 39-44.
- [4] 刘旭, 付翔, 王峥, 等. 我国风暴潮灾害直接经济损失分布与风险可保性研究[J]. 海洋预报, 2022, 39(6): 90-101.
LIU X, FU X, WANG Z, et al. The direct economic Loss distribution and risk insurability of typhoon storm surge disaster in China[J]. Marine Forecasts, 2022, 39(6): 90-101.
- [5] 吴淑萍, 王娟娟, 邢闯, 等. 中国近海2022年灾害性海浪分析及2023年预测[J]. 海洋预报, 2023, 40(4): 1-9.
WU S P, WANG J J, XING C, et al. Disastrous waves in China offshore waters: analysis of 2012 and prediction for 2013[J]. Marine Forecasts, 2023, 40(4): 1-9.
- [6] 张晓冉, 庞雨宁. 海水赤潮的危害及防治对策[J]. 河北渔业, 2017(4): 59-60.
ZHANG X R, PANG Y N. The harm of seawater red tide and its prevention and control countermeasures[J]. Hebei Fisheries, 2017(4): 59-60.
- [7] 浙江省自然资源厅. 首页/政务公开/统计数据/统计分析: 2022年浙江省海洋灾害公报[EB/OL]. [2023-10-10]. https://zrzyt.zj.gov.cn/art/2023/5/15/art_1289933_59016481.html.
Department of Natural Resources of Zhejiang Province. Home / open government / statistics / statistical analysis: Zhejiang marine disaster bulletin[EB/OL]. [2023-10-10]. https://zrzyt.zj.gov.cn/art/2023/5/15/art_1289933_59016481.html.
- [8] 李云, 刘钦政, 王旭. 海上失事目标搜救应急预报系统[J]. 海洋预报, 2011, 28(5): 77-81.
LI Y, LIU Q Z, WANG X. Maritime search and rescue emergency forecasting system[J]. Marine Forecasts, 2011, 28(5): 77-81.
- [9] 李雪丁, 曾银东, 陈金瑞, 等. 福建省智能网格海洋预报业务系统实现与应用[J]. 海洋预报, 2021, 38(1): 10-17.
LI X D, ZENG Y D, CHEN J R, et al. Establishment and application of an intelligent grid operational marine forecasting in Fujian province[J]. Marine Forecasts, 2021, 38(1): 10-17.
- [10] 袁逸苇, 吴萍, 王丽琳, 等. 基于WebGIS的核电站海洋预警报信息服务系统研究[J]. 智能城市, 2021, 7(20): 48-50.
YUAN Y W, WU P, WANG L L, et al. Research on nuclear power station ocean forecast information service system based on WebGIS[J]. Intelligent City, 2021, 7(20): 48-50.
- [11] 王斌, 孟素婧, 王豹. 海洋预报公众服务移动应用系统的设计与实现[J]. 海洋预报, 2021, 38(6): 56-63.
WANG B, MENG S J, WANG B. The design and implementation of mobile phone application for marine forecast public services [J]. Marine Forecasts, 2021, 38(6): 56-63.
- [12] 夏达忠, 黄依之, 张行南. 沿海风暴潮预警预报与灾情评估系统研究[J]. 水利信息化, 2020(1): 64-67.
XIA D Z, HUANG Y Z, ZHANG X N. Study of storm surge warning and forecasting and disaster evaluation system[J]. Water Resources Informatization, 2020(1): 64-67.
- [13] 张建东, 董肇伟, 高廷, 等. 面向市级和县级海洋防灾减灾的综合管理系统设计 and 应用[J]. 海洋开发与管理, 2018, 35(4): 81-85.
ZHANG J D, DONG Z W, GAO T, et al. Design and application of integrated management system for marine disasters prevention and reduction at municipal and county level[J]. Ocean Development and Management, 2018, 35(4): 81-85.
- [14] 胡重明, 喻超. 技术与组织双向赋能: 应急管理整体智治——以杭州城市防汛防台体系数字化转型为例[J]. 浙江社会科学, 2022(7): 59-67.
HU C M, YU C. Two-way empowerment of technology and organization: exploring the path of overall intelligent governance in emergency management[J]. Zhejiang Social Sciences, 2022(7): 59-67.
- [15] 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, 51(4): 759-767.
HOU Y J, YIN B S, GUAN C L, et al. Progress and prospect in

- research on marine dynamic disasters in China[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2020, 51(4): 759-767.
- [16] 谭树亮, 王源, 高翔, 等. 海洋灾害防御和辅助决策支持系统设计[J]. *信息技术与信息化*, 2022(8): 74-77.
- TAN S L, WANG Y, GAO X, et al. Design of marine disaster prevention and auxiliary decision support system[J]. *Information Technology & Informatization*, 2022(8): 74-77.
- [17] 曹盛文, 刘金, 姜晓轶, 等. 海洋环境安全保障标准体系研究与实践[J]. *海洋信息技术与应用*, 2023, 38(1): 34-40.
- CAO S W, LIU J, JIANG X Y, et al. Research and practice of marine environmental security standard system[J]. *Journal of Marine Information Technology and Application*, 2023, 38(1): 34-40.
- [18] 汪明. 第一次全国自然灾害综合风险普查总体技术体系解读[J]. *城市与减灾*, 2021(2): 2-4.
- WANG M. Interpretation of the overall technical system of the first national comprehensive risk survey of natural disasters[J]. *City and Disaster Reduction*, 2021(2): 2-4.
- [19] 黄全义, 曹英志, 林天埜, 等. 海洋环境安全保障平台关键技术分析与探讨[J]. *海洋信息*, 2018, 33(1): 31-35, doi: 10.19661/j.cnki.mi.2018.01.006.
- HUANG Q Y, CAO Y Z, LIN T Y, et al. Analysis and discussion on key technologies of Marine Environmental Security Platform [J]. *Marine Information*, 2018, 33(1): 31-35.

Design and implementation of marine disaster intelligent prevention application system ——an example of "Zhe Hai An Kang" system in Dongtou District

DING Xuelin^{1,2}, CHEN Qingsong³, ZHANG Zefei^{1,2}, WU Shouchang^{1,2}, ZHU Yong¹, JIN Liang¹

(1. Marine Academy of Zhejiang Province, Hangzhou 310012, China; 2. Key Laboratory of Ocean Space Resource Management Technology, Hangzhou 310012, China; 3. Dongtou Branch of Wenzhou Natural Resources and Planning Bureau, Dongtou 325700, China)

Abstract: This paper briefly reviews current status of marine disaster prevention and mitigation application systems, and analyzes the deficiencies of state-of-the-art decision support systems for marine disaster prevention and mitigation management. Based on existing county-level operations supported by these systems, this paper analyzes the needs of different disaster response subjects, proposes the overall architecture and main functions of the "Zhe Hai An Kang" system, and provides specific technical implementation and system application. To meet the needs of management decision-making and information acquisition of different user groups such as government, administrator and public, multiply sides including command side, governance side and server side are designed for computers and mobile devices, and multiply business modules such as Disaster Intelligent Perception, Disaster Intelligent Assessment and Disaster Intelligent Control are designed by adopting the "four horizontal and four vertical" overall architecture. Through the application of the system, the decision-making department can quickly find the disaster situation and provide convenient special forecasting services for the public.

Key words: marine disaster prevention and mitigation; information reform; digital reform; marine disaster emergency management