一、项目简介

项目所属科学技术领域、主要科技内容、技术经济指标、促进行业科技进步作用及应用推广情况

（一）本项目属于水利工程中的防洪减灾领域。

（二）主要科技内容

（1）完善分潮自动优化技术，对沿海14个潮位站点天文潮位进行高精度的预报；

（2）优选台风风场模型，采用多台站台风集合预报技术，通过动态训练确定各个台站的加权因子，给出台风集合路径和最大风速的预报成果；

（3）采用嵌套变网格技术和动边界处理方法，构建近岸天文潮和风暴潮精细化数值预报模型；利用集合台风预报成果驱动风暴潮增水模型，引入自适应方法修正相关的台风参数，实现宁波沿海风暴增水的高精度、精细化预报；耦合天文潮的预报成果，实现宁波潮位代表站点的综合水位预报和沿海任意断面的潮位过程查询，依据实测资料对预报数据进行实时检验；

（4）以网络数据库作为各类信息的存储仓库，以GIS作为可视化平台，以天文潮优化预报和风暴潮数值预报模型为核心，提供可视化天文潮和风暴潮业务化预报成果。

（三）技术经济指标

（1）预报模型精度要求

参照《水文情报预报规范》GB/T 22482-2008的规定，正常天文潮位在许可误差范围内的预报合格率不低于85%；风暴增水在许可误差范围内的预报合格率不低于75%。（所有精度评定针对一个日历年而定）。

（2）预报系统性能要求

系统应能稳定、可靠运行，有较好的检错能力与安全性；数据处理过程中，不能出现错误和遗漏，与其它相关系统的数据接口和信息交换要求稳定、快速运行，发送或接收的各类信息准确无误。

四、促进行业科技进步作用及应用推广情况

基于自动分潮优化技术在宁波沿海开展了高精度的天文潮预报，较海洋部门预报成果精度提高了2-5%；基于预估偏差的24h集合预报结果较中央气象台、美国气象台、日本气象台、中国台湾气象台分别改进了9.82%、8.19%、11.65%和7.53%；最新的ADCIRC模型，实现了潮位代表站点的综合水位预报和沿海任意断面的潮位过程查询，可以实现沿海重点海域海堤的动态预警需求。

本平台自2016年开发完成后，在宁波市人民政府防汛防旱指挥部办公室、鄞州区奉化区水文站、象山县水文站等多个部门进行了应用推广，在“尼伯特”、“莫兰蒂”、等众多台风期间准确预报了宁波沿海风暴潮的增水过程，为防台指挥提供了重要的决策依据，有效减少由于宁波沿海风暴潮灾引起的人员和财产损失。

二、主要技术创新点

（一）核心技术创新点

（1）采用国内领先的自动分潮优化技术，在资料整编的基础上对多年平均调和常数进行更新，通过自动筛除贡献较小的分潮，在宁波沿海开展了高精度的天文潮预报，为水利防汛部门编制了《宁波市防汛潮汐表》。经2016-2017年两个完整年度的检验，3个国家基本站镇海、湖头渡、大目涂准确率达92.0%，较海洋部门预报成果精度提高了2-5%；14个代表潮位站点的平均准确率达85.7%，有效解决了汛期宁波沿海边界潮位确定的难题。

（2）将国外最新的超级集合预报方法应用于台风路径预报，根据不同气象台站台风预报的历史表现，首次提出了基于偏差预估的集合预报方案，克服了传统集合化技术对历史数据需求量大和单次预报可能出现较大误差的缺点，有效提高了台风路径预报的精度和可靠性。经2016-2017年两个完整年度的检验，基于预估偏差的24h集合预报结果较中央气象台、美国气象台、日本气象台、中国台湾气象台分别改进了9.82%、8.19%、11.65%和7.53%。

（3）采用最新的ADCIRC模型，建立了宁波近海200m网格级的天文潮、风暴潮精细化耦合模型，实现了沿海任意断面天文潮、风暴潮潮位动态过程的预报。通过2016-2017年多场台风的检验，耦合模型的预报精度满足了宁波沿海重点海域海堤动态预警的需要。

（4）集成自动分潮优化技术、台风集合预报技术、风暴潮精细化模拟技术等新技术，在宁波水利系统构建了集天文潮预报、台风集合预报、台风暴潮预报于一体的近岸风暴潮系统，实现了天文潮、台风、风暴潮在统一软件平台上的实时预报，成果直接服务于宁波地区台风期间的防汛指挥调度及相关应急预案制定。

（二）其他重要技术创新点

（1）利用集合台风预报成果驱动风暴潮增水模型，引入自适应方法修正相关的台风参数，实现宁波沿海风暴增水的高精度、精细化预报。

三、主要科技创新内容

（一）立项背景

宁波市位于东海之滨，每年遭受风暴潮灾害，给沿海地区造成巨大的经济损失。同时，台风期间所带来的强降雨使江河水位猛涨，而下游受风暴潮的顶托，泄洪不畅，造成平原地区洪涝严重，给城市安全带来巨大的威胁。宁波市水文站目前仅依靠回归分析和经验预报方法提供最高潮位预报，不能给出各个时段的潮位过程，难以满足风暴潮灾害预警及城市防洪排涝调度决策对潮位预报提出的新需求，同时也缺乏必要的风暴潮预报预警软件。

（二）详细技术内容

1．总体思路

完善自动分潮优化技术，实现全市沿海潮位代表站正常天气下的天文潮预报；优化多台站台风集合预报技术，提高台风路径和最大风速的预报精度；建立宁波沿海风暴潮精细化的数值预报模型，实现风暴潮的高精度预报；在技术研发的基础上，构建一套适用于宁波沿海的风暴潮预报预警系统。

所构建的系统需要采用三维可视化交互界面，实现数据查询功能；在三维场景交互中实现地形及数值预报模型的浏览、历史台风查询、台风期实测及历史潮位显示和沿岸海塘基础信息的查询；数值预报模块完成台风影响期间，全市主要沿海站点风暴潮耦合潮位预报、风暴潮增水预报，并进行预报结果后处理及预警；实现主要站点历史及实时预报潮位的图表化统计和显示，沿海岸任意断面预报潮位的过程显示；高潮位预警及海塘工程安全预警，并将预警信息发布至防汛预警系统；后台管理功能，实现有关数据更新与扩展，及系统分级管理功能。

2．技术内容

本项目在潮位资料一致性和完整性分析的基础上，通过自动分潮优化技术，给出代表潮位站点天文潮预报结果；将集合台风风场驱动多级嵌套风暴潮增水模型，实现代表潮位站点的风暴增水过程预报；将两者线性叠加后可以给出代表潮位站点高精度的风暴潮位预报。为了掌握沿海不同岸段海堤前沿的风暴潮位，在增水模型的基础上，进一步耦合天文潮模型，实现沿海任意断面的风暴潮位过程预报。

 在高精度天文潮、风暴潮预报模型开发的基础上，利用Visual C#、ArcGIS、Skyline等专业软件，构建沿海风暴潮预报预警系统的交互界面，以风暴潮数值预报模型为核心，根据作业预报的业务流程，搭建专业应用平台，开发具有不同功能的模块，满足不同层次的技术和防洪决策人员的需求。

（三）与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

（1）基于自动分潮优化技术在宁波沿海开展了高精度的天文潮预报，经2016-2017年两个完整年度的检验，3个国家基本站镇海、湖头渡、大目涂准确率达92.0%，较海洋部门预报成果精度提高了2-5%；14个代表潮位站点的平均准确率达85.7%，有效解决了汛期宁波沿海边界潮位确定的难题。

（2）首次提出了基于预估偏差的集合化台风预报方法，经2016-2017年两个完整年度的检验，基于预估偏差的24h集合预报结果较中央气象台、美国气象台、日本气象台、中国台湾气象台分别改进了9.82%、8.19%、11.65%和7.53%。

（3）采用最新的ADCIRC模型，建立了宁波近海200m网格级的天文潮、风暴潮精细化耦合模型，实现了沿海任意断面天文潮、风暴潮潮位动态过程的预报。通过2016-2017年多场台风的检验，耦合模型的预报精度满足了宁波沿海重点海域海堤动态预警的需要。

考虑到浙江每年至少遭遇2.6次强风暴潮过程，而2013~2015年台风暴潮给宁波造成的年平均直接经济损失为126亿元。根据冯士筰院士1998年所指出的风暴潮研究可以减少风暴潮灾害损失5％为测算依据，本项目的实施至少每年减少风暴潮灾害直接经济损失约6亿元，经济效益显著。

4．实施效果

“宁波沿海风暴潮精细化预警预报系统”采用二、三维可视化界面，在人机交互场景中实现了现场数据网上监测、数值预报成果自动生成和相似历史台风智能分析等功能；基于数值预报成果开展高潮位预警和海塘工程安全预警，并将预警信息上传至防汛预警系统之中，且精度满足《水文情报预报规范》GB/T 22482-2008的规定，达到了预期的预报精度和预报时效。系统自2016年建立以来，在宁波市人民政府防汛防旱指挥部办公室、鄞州区水文站、奉化区水文站等多个部门进行了应用，在2016年和2017年的台风期间准确预报了宁波沿海风暴潮的增水过程，实现了沿海潮位站点数值化的过程预报，为宁波地区的防台会商提供强有力的技术支撑，有效减少由于宁波沿海风暴潮灾引起的人员和财产损失。