

## 1. 洪水实时预报与精细化调度技术

该技术成果基于省部计划项目, 获得计算机软件著作权“珠科院一维-二维耦合水动力模拟软件〔简称: HydroMPM12D Flow〕 V1.0”（2019SR0111204）和“感潮河网闸泵工程调度模拟软件〔简称: HydroMPM OS1D〕 V1.0”（2016SR210123）。

### ◆ 技术原理

该技术采用自主研发的水文及水动力模型, 实现暴雨性洪水的实时预报与洪水演进模拟。主要包括流域洪水预报通用模型及建模方法、水利工程调度通用模型、基于水流数值模拟的洪水演进模型、二三维洪水预报与实时模拟展示平台。通过接入气象数值预报成果, 基于洪水预报-工程调度-洪水演进-动态展示流程体系, 实现暴雨性河道洪水实时预报及洪水致灾分析为核心的防汛业务流程化业务支撑及应用。

### ◆ 技术特点

（1）模型多样、适用范围广。自主研发多种水文预报模型与水流数值模型, 基于各流域规模、水文资料、下垫面资料的差异性, 可采用不同水文模型进行串并联耦合作业预报。

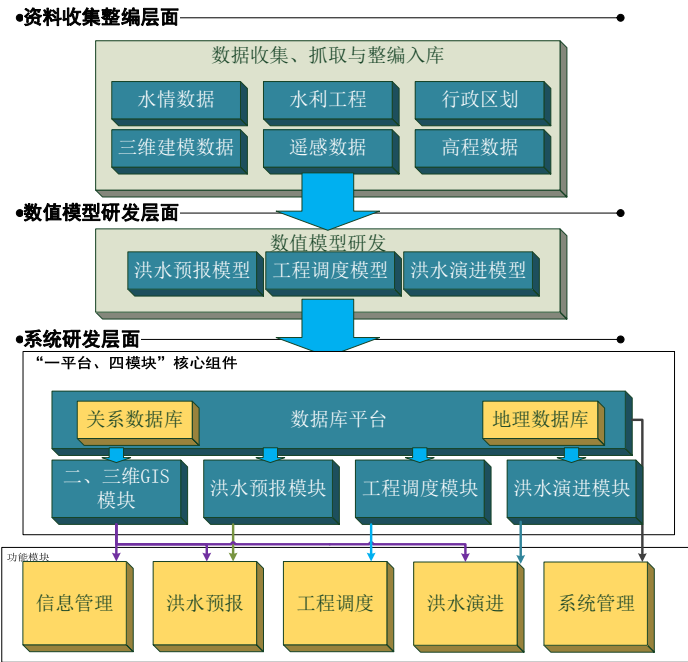
（2）洪水预报模型鲁棒性强, 精度高, 稳定性高, 可承载用户数量多。

（3）基于洪水预报模型与工程调度模型, 实现了预报调度一体化业务应用。

（4）洪水演进模型计算速度快, 集成便捷, 满足实

时淹没分析业务需求。

（5）二三维成果展示，可基于多端多架构进行洪水预报与洪水演进成果的可视化展示。

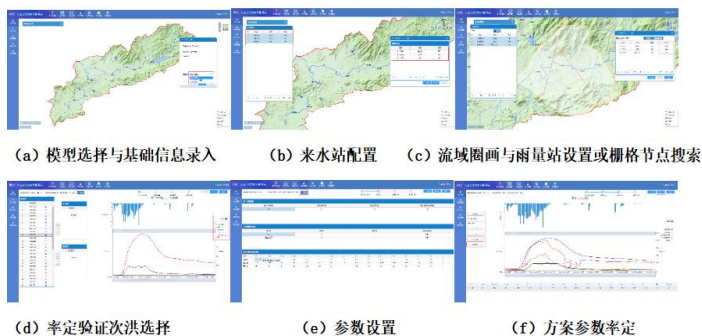


■原型平台研发技术路线图

◆ 技术指标

（1）洪水预报：串并联耦合及实时校正下的洪水预报成果较传统单一模型预报成果确定性系数平均提升 0.05。

（2）洪水演进：3 分钟内完成 7 天的一维河道洪水过程模拟，30 分钟内完成 7 天的一二维洪水淹没过程模拟，河道重要断面水位计算与实测差值在 0.1m 以内。



■ 通用化洪水预报方案建模流程（最终须方案验证评定）

### ◆ 应用范围及前景

适用于暴雨性洪水预报调度及洪水演进模拟。

该技术已应用于珠江防总、白盆珠水库工程管理局、惠州市水利局、惠阳区农林水务局等各级防汛主管业务部门，为防洪信息化的提升提供了重要技术支撑。

案例 1：国家防汛抗旱指挥系统二期工程珠江干流洪水预报系统选取珠江流域干流主要站点及河段开展洪水预报、洪水演进模型及业务系统建设。系统开发了水情、雨情、洪水预报、洪水分析、设置等业务功能模块。珠江干流洪水预报系统主要实现了一体化、自动化、滚动化的洪水预报与洪水淹没分析计算，同时集成了综合信息查询、预报方案建立及管理、淹没分析方案建立及管理、成果自动分析与上报发布等专家交互模块。珠江流域洪水预报系统作为珠江委防汛抗旱指挥系统二期工程的核心和骨干项目，为流域防洪救灾决策提供了有效的技术支撑，有力推动了防汛业务由传统模式向现代化、信息化、科学化的转变。

案例 2：白盆珠洪水预报模型于 2018 年开始应用于惠州市白盆珠水库工程管理局水库的入库洪水流量预报。该模型通过接入欧洲、日本、QPF 等气象成果数据，实现了白盆珠水库入库流量的实时、滚动预报。预报成果应用于实际的防汛应急预案编制、防洪规划与风险管理等工作中；模型技术及成果在防汛应急决策中体现良好效果，为水库工程管理提供了科学技术支撑。

案例 3：淡水河洪水实时三维模拟系统主要应用于惠州市淡水河的洪水实时预报，并能对淡水街道主城区河道及两岸防洪保护区的洪水进行实时模拟淹没分析。系统功能模块包含三维漫游、洪水预报及洪水淹没分析模拟等，紧密围绕区域洪水的实时预报及模拟分析需求，实现了洪水预报及淹没分析计算的一体化操作，为当地防汛预警预报提供了现代化信息化技术支撑。

技术名称：洪水实时预报与精细化调度技术

持有单位：珠江水利委员会珠江水利科学研究院

广东省水文局惠州水文分局

联系人：陈高峰

电话：020-87117188、15920179188

## 2. 洪水实时模拟与洪灾动态评估技术

该技术成果基于省部计划项目,自主研发计算引擎及洪水风险模拟分析软件,已获得计算机软件著作权“洪水风险模拟分析软件[简称:HydroMPM FloodRisk] V1.0”(2014SR110651),并作为核心创新成果荣获 2019 年中国大坝工程学会科技进步一等奖。

### ◆ 技术原理

该技术包括复杂类型流域洪水通用性水动力模型、高精度建模下洪水高速模拟方法、洪灾动态评估技术、洪水实时模拟与洪灾动态评估平台等 4 个先进实用技术要点。研发的洪水风险模拟分析软件,根据当前水情、雨情、工情进行洪灾风险实时动态识别与预报预警,可用于感潮河网洪水、沿海风暴潮、堤坝溃决(漫溢)洪水、游荡性河道洪水、山区性河流洪水模拟,模型稳定性强、计算速度快,实现了边计算边渲染的洪涝实时分析及动态展示,为防洪信息化提供重要技术支撑。

### ◆ 技术特点

(1) 模型适用范围广:可用于感潮河网洪水、沿海风暴潮、堤坝溃决(漫溢)洪水、游荡性河道洪水、山区性河流洪水模拟。

(2) 模型鲁棒性强:计算稳定性强,精度高。

(3) 计算速度快:采用显卡 GPU 负责计算密集型任务处理,通过数以千计的线程并发,显著提升计算效率。

(4) 实时渲染:采用高速渲染方法,实现了边计算边渲染的洪涝实时分析及动态展示。

### ◆ 技术指标

（1）在面积  $1500\text{km}^2$ 、30 万个网格数量的区域，15 天溃漫堤洪水演进过程模拟及洪灾损失评估的计算耗时为 14.4 分钟，比主流商业软件 MIKE 计算速度快 5~30 倍。

（2）30 万网格的洪水演进计算结果，单帧渲染的系统平均响应时间为 0.81 秒。

### ◆ 应用范围及前景

适用于感潮河网洪水、沿海风暴潮、堤坝溃决（漫溢）洪水、游荡性河道洪水、山区性河流洪水风险实时动态识别与预报预警。

该技术已在珠江防总、松辽委防汛抗旱办公室、广东省三防办、湖北省水利厅水旱灾害防御处、广西壮族自治区水利厅水旱灾害防御处、海南省水务厅、广西右江水利开发有限责任公司百色分公司、东莞市三防办、河源市三防办、惠州市三防办等十余个防汛业务主管部门进行了推广应用，取得了良好应用效益。

案例 1：洪水实时模拟与洪灾动态评估技术应用于珠江防总的中顺大围等重点地区洪水风险图编制、典型防洪保护区洪涝灾害实时分析及动态展示、国家防汛抗旱指挥系统二期工程珠江洪灾评估系统等项目。作为典型应用，该技术在 15min 内可完成西江浔江段防洪保护区（面积约  $1500\text{km}^2$ 、计算网格 30 万）15 天的溃漫堤洪水演进过程，计算速度满足洪灾实时预报预警需求。

案例 2：松干典型防洪保护区洪水风险实时分析系统于 2015 年 10 月开始应用于松辽委防汛抗旱办公室的防洪

减灾等相关工作中，实现了松干左岸二肇大堤和松干右岸拉林河口至哈尔滨大堤防洪保护区洪水在线快速计算、洪水演进高速渲染等功能，且实现了任意水文及溃口条件下洪水演进实时计算与动态展示等功能，提高了防汛应急决策的科学性。

案例 3：全要素复杂洪水实时模拟与动态评估技术应用  
用于广西壮族自治区水利厅水旱灾害防御处广西重点地区洪水风险图编制项目中多个编制区域，主要包括南宁及柳州市城市洪水风险图编制，以及洛清江鹿寨县鹿寨镇、防城江防城区木头滩、清湾江城区段玉州区、富江富川县城区段等中小河流洪水风险图编制。项目采用洪水风险模拟分析软件 HydroMPM\_FloodRisk，运用一维河道高稳模拟方法、多尺度耦合技术和 GPU 并行计算技术，构建了一维-二维耦合洪水演进模型，计算分析了各保护区不同水文组合条件下洪水风险时空分布特征，并编制了洪水风险图。项目成果被广西壮族自治区水利厅水旱灾害防御处采纳，运用于防汛应急预案编制、防洪规划与风险管理、防汛物资调配等工作中。

技术名称：洪水实时模拟与洪灾动态评估技术

持有单位：珠江水利委员会珠江水利科学研究院

广州珠科院工程勘察设计有限公司

联系人：陈高峰

电话：020-87117188、15920179188

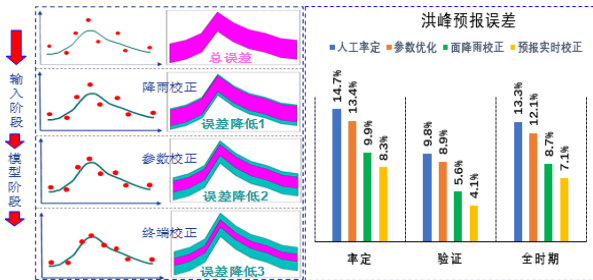


### 3. 洪水概率预报技术

该技术成果基于国家计划项目，获得发明专利“一种多气候模式输出数据综合校正及不确定性评估方法”（ZL201610591912.X）。

#### ◆ 技术原理

构建了基于信息熵-误差异分布的洪水概率预报新技术，创建了洪水预报不确定性全过程降低控制技术，实现了洪水预报分阶段误差校正和整体协调的智能校正；建立了洪水概率预报精度-可靠性综合评价指标体系，创新了洪水概率预报-防洪风险率耦合计算方法，研制了洪水概率预报、预报不确定性降低控制及概率预报成果评估三位一体的洪水作业概率预报应用系统。



不同阶段误差降低控制示意图

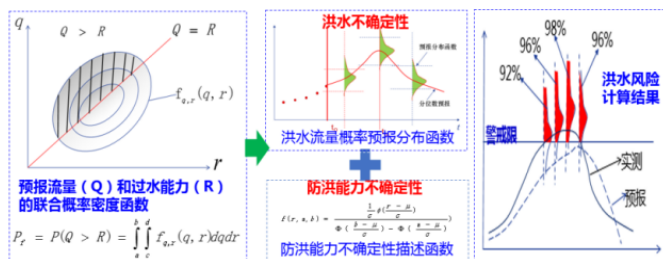
#### ◆ 技术特点

(1) 基于信息熵-误差异分布的洪水概率预报技术：针对不同量级洪水或洪水过程的不同阶段，预报误差的非平稳性及异分布特征，采用信息熵理论描述预报误差特征，创建耦合信息熵-误差异分布的洪水概率预报新技术，实现分量级洪水预报误差的智能校正及概率预报。

(2) 洪水预报不确定性全过程逐阶段降低控制技术：以降低总误差为总控目标，采用“整体-部分”交替修正思路，构建“模型输入-参数优化-终端误差修正”一体化的误差降低控制技术，实现预报误差的全过程逐阶段降低控制，提高实时洪水预报精度。

(3) 概率预报-防洪能力耦合的洪水风险评估技术：采用概率预报成果描述洪水不确定性、截尾正态分布描述防洪能力不确定性，基于多维联合分布理论，构建了耦合洪水预报不确定性和防洪能力不确定性的洪水风险实时计算模型，实现任意防洪点任意时刻洪水风险的实时滚动计算。

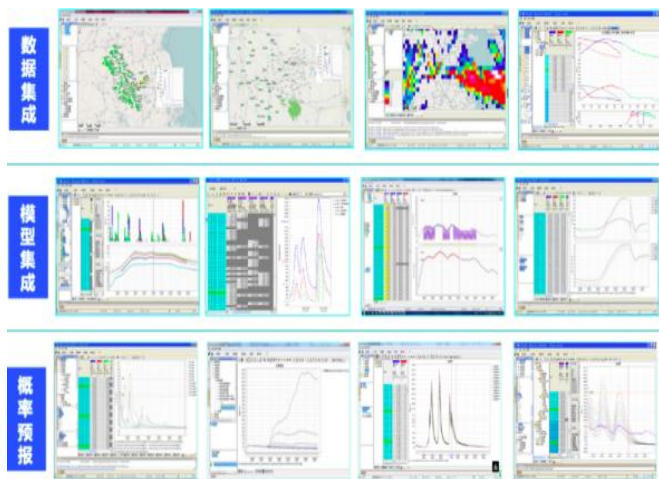
(4) 既提供倾向值及上下限预报，丰富了洪水预报信息，又提出不确定性降低控制技术，进一步提高了预报精度；既考虑洪水的不确定性，又考虑防洪能力的不确定性，提出了实时洪水风险评估新技术，满足了防洪调度决策新需求；构建我国实时洪水作业概率预报技术平台，既促进了洪水预报理念的转变，又实现了洪水概率预报从理论向实践的跨越，全面提升了成果的支撑服务能力。



■ 洪水风险计算结果示意图

## ◆ 技术指标

该技术已用于全国不同地貌区 49 个流域 2198 场次洪水模拟及概率预报，流域面积共计 357751km<sup>2</sup>，与传统确定性预报结果相比，洪水预报径流深相对误差平均降低约 6.2%，确定性系数增加 0.08，洪峰概率预报的上/下限值（90%置信区间）的离散度值减小 0.12，覆盖率值增加 2%，倾向值预报精度达 90%以上，属甲等水平。



■ 洪水概率预报系统示意图

## ◆ 应用范围及前景

适用于洪水预报、中长期径流预报及防洪风险分析。

该技术已在国家防办、黄委水文局、长江委水文局、安徽省防办和江西省水文局等 22 家单位得到应用，指导和规范了全国多个流域的实时洪水概率预报和防洪风险分析等相关工作。在多闸坝的淮河流域、多水库调控的长江流域、大范围水土保持措施的黄河流域等实时洪水预报工作

中，提供了技术支撑和决策支持。

典型案例：在 2017 年淮河 1 号洪水中，传统的确定性业务预报结果显示王家坝断面洪峰峰值不超警，而本技术的概率预报分析结果表明有 4 个时段预报值超警的可能性均在 90%以上，概率预报峰值 27.6 米，实测 27.54 米，更接近实际情况。运用该技术构建的洪水风险评估模型能够对超警戒水位风险作出可靠评估与识别，在防洪调度决策中发挥作用，取得减灾效益。

技术名称：洪水概率预报技术

持有单位：淮河水利委员会水文局（信息中心）

河海大学

联系人：王凯

电话：0552-3093242、13625527983

## 4. 河口海岸风暴潮高精度预报预警关键技术

该技术核心成果获得发明专利“预估偏差法集合化台风预报方法”（ZL201610905069.8）。

### ◆ 技术原理

综合考虑河口海岸天文潮、风暴潮作用，贴合实况场景，紧扣水利行业应用需求，再造业务化预报预警流程，实现河口海岸风暴潮高精度预报，据此研发了具有自主知识产权的近岸风暴潮预报预警系统，实现了近岸风暴潮实时预报与智能发布，业务预报由应急性向常态化转变。

### ◆ 技术特点

（1）采用多要素耦合、多尺度嵌套和多数据融合与同化技术，构建近岸天文潮-风暴潮精细化预报模型和多层次实时修正模型，实现河口近岸风暴潮动力过程的精细化模拟与业务化预报。台风期间高潮位预报精度达到《水文情报预报规范》甲级预报水平（ $\pm 30\text{cm}$  的保证率不低于 85%）。

（2）采用云平台、云集成技术，构建云架构下的业务化系统，实现多源数据的汇聚、清洗，模型计算数据的无缝交换，模型计算成果的快速表达。

### ◆ 技术指标

（1）常规天气下和台风风暴潮影响下的潮位预报，其预报精度均达到《水文情报预报规范》甲级要求。

（2）风暴潮精细化预报模型，计算时效在 5 分钟内。

（3）风暴潮业务化预报预警系统功能和流程满足业务需求。

### ◆ 应用范围及前景

适用于我国沿海省市的近岸海域、感潮河段（河网）的风暴潮水情预报，为河口海岸地区防洪、防台决策提供技术支持。

成果已在江苏、上海、浙江和广东沿海水利部门得到成功应用，为国家防总防汛会商提供风暴潮预报结果，具备业务化预报能力。

案例 1：上海沿海风暴潮预报信息系统。2018 年上海连续受到“安比”“云雀”“摩羯”“温比亚”“康妮”等台风影响，城市安全受到前所未有的挑战。河海大学在“上海沿海风暴潮预报信息系统”支撑下，对影响上海沿海的 8 场台风进行了 28 次业务预报，高潮位预报的合格率（ $\pm \leq 30\text{cm}$ ）平均达到 91%的精度，为上海市水利信息中心提供了及时准确的预报数据，为 2018 年上海安全度汛提供了技术支撑与保障。

案例 2：宁波市沿海风暴潮精细化预报预警技术研究及应用。宁波市位于东海之滨，是一个水、旱、台风、大潮等多种灾害频繁交错发生的地区，风暴潮每年给宁波沿海造成巨大经济损失。河海大学等开发的“宁波沿海风暴潮精细化预报预警系统”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。该

系统在 2017 年“泰利”台风期间准确预报了宁波沿海风暴潮的增水过程，对危险地段海塘工程发布了预警信息，为宁波市的防台决策提供了有力支撑。

案例 3：江苏沿海沿江风暴灾害精细化预报技术研究与应用。2017-2019 年，依托该系统，江苏省水文水资源勘测局及南京、镇江、无锡、南通、盐城等分局进行了部署安装，通过该系统对江苏沿海、沿江报讯站点进行了高精度潮位预报，准确预报了 1718（泰利）、1810（安比）以及 1812（云雀）等台风对江苏沿海风暴增水和台风浪过程的影响，为省防办应急预案的制定提供了重要数据支撑，防灾减灾效益显著。

技术名称：河口海岸风暴潮高精度预报预警关键技术

持有单位：河海大学

南京江河汇成信息科技有限公司

联系人：陈永平

电话：025-83787708、13813906122

## 5. 融合多源地形数据的堰塞湖溃决及洪水

### 预测技术

该技术成果已获得发明专利“一种水库断面法水位库容曲线的修正方法”（ZL201610804941.X），计算机软件著作权“河道型水库调洪演算系统[简称：AdjustFloodSys] V1.0”，《堰塞湖风险等级划分标准》SL450-2009（主编单位）。

#### ◆ 技术原理

为实现对山区河流堰塞湖溃决洪水的预测，该技术包含 3 个可独立模块：①融合已有实测河道地形、堰塞湖现场观测地形及卫星影像数据，插补生成河道完整地形，计算堰塞湖水位库容曲线；②基于蓄水量、来流量、初始溃口（或泄流槽）、堰塞坝几何尺寸与材料组成等信息，计算堰塞坝溃决和泄流过程；③基于河道地形、堰塞湖下泄流量过程，计算堰塞湖溃决洪水在坝下河道的演进过程。

#### ◆ 技术特点

（1）对于缺乏河道地形的偏远山区河流，可以结合少量现有资料及现场观测资料，通过对卫星数字高程模型数据进行插补。

（2）对溃坝模式、河道地形、洪水过程的适应性强。

（3）三个独立模块各具功能，可以分别独立运行，使用便捷。

#### ◆ 技术指标

（1）基于对地卫星地形数据获取与处理：地形水平

分辨率 $\leq 30\text{m}$ ；地形垂直分辨率 $\leq 1\text{m}$ ；精度 5m。

（2）堰塞坝溃决与下泄流量过程模拟：适用坝型为土石坝；适用坝体溃决模式为溯源陡坎冲刷/坡面冲刷；模拟结果为堰塞湖水量平衡、溃决水流变化、坝体溃决演化、溃口发展。

（3）河道水流数值模拟：模型维度为一维；适用流态为稳态/非稳态、缓流/临界流/急流；模拟结果为各断面各时刻水流流量、水位等流场特征；模拟耗时（以金沙江白格堰塞湖溃决洪水为例）为 300 个断面计算一次耗时约 30s。

#### ◆ 应用范围及前景

适用于山区河流堰塞湖溃决模拟预测、洪水风险评估及险情处置；获取其它区域的地形、计算人工土坝或堤坝溃决，以及计算普通河道水流或洪水。

该技术已先后应用于 2008 年唐家山堰塞湖、2014 年红石岩堰塞湖、2018 年金沙江和雅鲁藏布江 4 次堰塞湖的应急处置、风险预测与评估，分别为这 6 次堰塞湖险情抢险方案和应急预案的制定提供了技术支撑，并取得了零人员伤亡的良好效果。

技术名称：融合多源地形数据的堰塞湖溃决及洪水预测技术

持有单位：长江水利委员会长江科学院

长江勘测规划设计研究有限责任公司

联系人：周建银

电话：027-82926063、13476198607

