

1. 一体化内涝监测设备

该技术获得 1 项发明专利：城市内涝积水监测方法、装置、设备及存储介质（ZL 201910521360.9）。

◆ 技术原理

一体化内涝监测设备采用了感应式水位测量和压力式水位测量两种技术相结合，设备开始浸入水中时，感应式传感器开始触发进行测量，设备完全没入水中后，依靠压力式传感器进行测量，并依据前期感应式测量结果对压力式传感器进行校准。

◆ 技术特点

（1）该设备是融合感应测量技术和压力式测量技术研发的一体化水深测量物联网设备，采用 NB、LoRa 等多种无线物联网技术，可快速、有效上报水深数据，用户可通过微信小程序、微信公众号等方便查看水深数据，设备采用一体化结构设计，内部集成测量、传输及电源管理单元，具有体积小、功耗低、免维护、使用寿命长等优势。

（2）该设备采用了无触点的隔离式测量方式，有效防止积水、污染物、淤泥等对测量的影响。压力式测量可扩展设备测量范围，数据采集采用了数字滤波方法，有效过滤了车辆经过时溅水等影响。

◆ 技术指标

（1）测量量程：0~5m。

（2）精度： $\leq 1\text{cm}$ 。

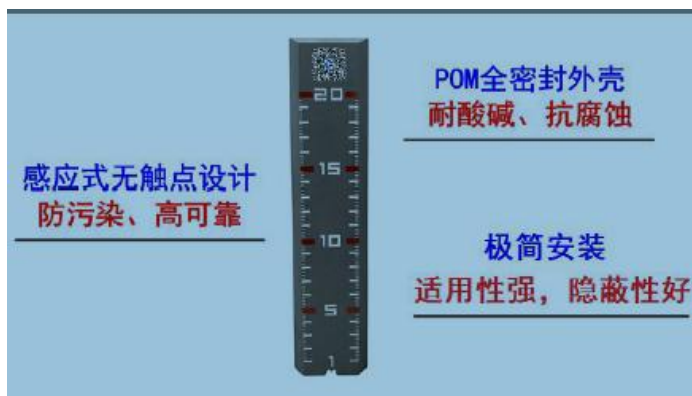
- (3) 功耗：待机 $\leq 160\text{nA}$ ，上报 $\leq 30\text{mA}$ 。
- (4) 续航：待机 3 年或上报 1 万次。
- (5) 网络：NB-IoT 全频段，支持两种以上通讯网络。
- (6) 采集上报周期可调，最快 30s。
- (7) 防护等级：IP68，外壳防盐雾。
- (8) 体积：不大于 $50*20*250\text{mm}$ 。

◆ 应用范围及前景

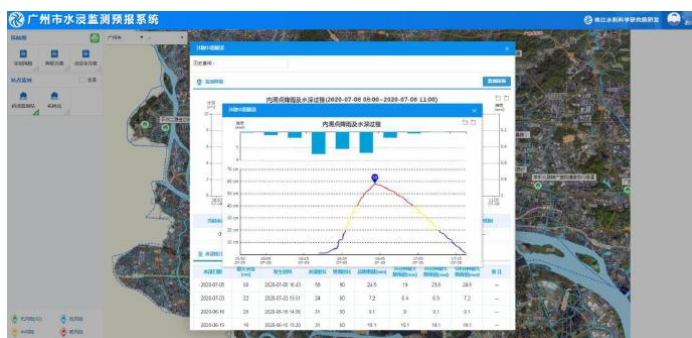
适用于城市道路、涵隧、窨井等安装空间受限的典型场景，可实现秒级的内涝积水快速响应。产品已在广州、深圳、武汉等一线城市投入使用。广州安装了 443 套、深圳安装了 70 套、武汉安装了 110 套。

案例 1：在 2020 年“5.22”、“8.26”事件等典型暴雨洪涝事件中产生了重要效益，为广州市水务局开展洪涝应急决策提供了有效的技术支持，在广州市内涝防御方面的优势明显。

案例 2：2021 年 5 月 1 日开始，为武汉市水务局排涝减灾决策提供的内涝监测预警、灾害统计等服务，在武汉“5.10”、“5.15”暴雨内涝应急管理发挥了重要作用，获市水务局好评。



■ 产品典型外观图



■ 内涝点积水监测数据

技术名称：一体化内涝监测设备

持有单位：珠江水利委员会珠江水利科学研究院

联系人：陈高峰

电话：020-87117188、15920179188

2. 苏南运河沿线流域区域城市防汛排涝联合调度系统

该技术成果基于省部计划项目,已获得 6 项软件著作权、2 项发明专利和 1 项实用新型专利。软件著作权名称:平原水网水动力多尺度分级智能模拟系统;城市河网水文-水动力模型库管理系统 V1.0;城市河网闸泵群调度方案库管理系统客户端 V1.0;江苏省洪涝风险实时预报预警系统 V1.0;江苏省洪水风险图动态模拟计算系统 V1.0;太湖区防洪保护区动态洪涝风险图管理与实时运算系统 V1.0。发明专利名称:一种平原河网地区河道水量建模调控方法;一种用于预测河道水体透明度的原位清水置换方法。实用新型专利名称:一种装配式快速搭建河道物理模型的装置。

◆ 技术原理

采用流域模型与区域模型耦合嵌套、离散化建模建库、标准化封装及调度模型集成开发等技术将事件库、网络库、逻辑库联合,建成模型库,形成由降雨径流水文模块、一二维耦合的水文-水动力模块以及水利工程调度模块组成的流域-区域-城市防汛排涝精细化河网模型。采用 B/S 架构设计,二次开发,实现模型中相关计算内外边界及调度规则的实时更新,通过 ArcGIS server、webGIS,对各时段数据渲染为时态数据,实现淹没图和河道水情的查询。统筹考虑区域防洪压力与区域内涝淹没面积及灾情损失的关系,提出防汛排涝联合调度推荐方案,提炼调度规则,

实现流域、区域、城市洪涝风险综合管理。

◆ 技术特点

（1）提出了多尺度分级双向嵌套耦合模拟技术，建立了江苏省太湖地区水文-水动力一二维耦合的精细化河网模型，实现江苏省太湖地区河网-管网精细化水文-水动力过程模拟。按照统一的数据交互协议，大尺度模型内部节点与小尺度离散模型外部边界自动匹配，离散化模型为大尺度模型提供产汇流过程，解决了流域-区域-城市-圩区不同尺度模型边界封闭性以及内涝积水退水物理过程的模拟难题。模型最小分析单元至圩区，满足太湖地区流域、区域、城市不同尺度规划情景计算需求，为整个区域的预报调度提供了模拟工具。

（2）突破模型库、结果库与调度系统数据实时交互技术，建立了江苏省太湖地区洪涝联合调度系统。集成了洪水风险要素自动解析-叠加分析-动态渲染-实时发布的洪水风险实时分析成套技术，满足从降雨-产汇流-河道洪水全过程的适时干预，规划情景方案、预报调度方案实时计算，实现任意洪水组合方案洪涝风险图一键生成。

（3）自主研发了雨水工情实时库、预报库标准接口以及与模型交互的配置技术，建立了洪涝风险在线预报预警机制。满足水文-水动力模拟计算引擎滚动驱动、数据同化的河网初始场自动矫正、离散模型耦合嵌套，实现流域-区域-城市-圩区不同空间尺度任意关注点水位、流量的

预报预警，为江苏省太湖地区提前指导防洪决策，预报调度。

（4）防洪排涝联合调度规则研究方法。基于联合调度系统，建立流域、区域、城市防汛排涝联合调度模型，通过现状与规划水雨工情组合条件下的方案计算，研究城市、圩区排涝规模与主干河网水位的响应关系，统筹考虑骨干河网防洪压力以及沿线区域内涝淹没面积、灾情损失，提炼防洪排涝联合调度规则。

◆ 技术指标

在长三角地区已建成近 40000km² 河网模型，计算速度方面，太湖地区 1 天洪水过程 30s 内完成，模拟精度方面，城市河网水位误差可以控制在 2cm。联合调度系统总体功能、模拟精度、计算效率达到国际领先的 Infoworks ICM 软件同等水平，较 MIKE11 等同类软件建模速度最少提高 20%、模拟时间节省 10%以上。

◆ 应用范围及前景

适用于流域水情预报、防汛排涝调度、调度方案优化、工程建设咨询。

该技术成果已全面应用于江苏省防汛防旱指挥部的苏南运河沿线流域区域城市防汛排涝联合调度系统建设，项目运行至今，能够满足系统设计的要求，达到预期管理水平，实时动态管理、预报预警、水利工程联合调度功能也充分发挥预期的作用，为江苏省太湖地区防汛调度决策提供了重要支撑手段。2018 年、2019 年江苏省防办利用该

系统计算了不同雨洪组合与排涝规模下的苏南运河沿线及周边区域洪水特征，分析了区域排涝对苏南运河沿线流域防洪的影响，协调流域、区域、城市防洪排涝调度，提炼防洪排涝联合调度规则。

2018 年、2019 年成果推广应用至无锡市，无锡市防汛防旱指挥部办公室根据精细化河网模型及调度方案成果，指导了无锡大包围防汛科学调度，另外，对新沟河应急提升锡澄片河网水动力试验进行了模型预报调度指导，有效减轻了区域洪涝灾害风险，提升了区域河网水环境，保障了无锡市的防洪与水环境安全。

2018 年、2019 年成果推广应用至常州市，常州市防汛防旱指挥部办公室根据精细化河网模型及调度方案成果，指导了常州运北大包围防汛科学调度；完成了运北主城区调水引流、施工期应急调度相关的河网水动力精准模拟，对指导区域调水引流方案优化和后续工程安全运行有着重要技术指导作用。

技术名称：苏南运河沿线流域区域城市防汛排涝联合调度系统

持有单位：南京水利科学研究院

联系人：范子武

电话：025-85828289、13951800961

3. 城市流域精细化洪涝模型技术

◆ 技术原理

以保障首都防洪排涝安全为导向，针对城市洪涝灾害防控面临的应用需求，通过构建城市流域精细化洪涝模型，建立了一套涵盖产流机理分析、模拟参数设置、模型构建、模型验证、模型应用为一体的技术理论体系。产流机理方面，提出了适用于混合产流模式的流域水热耦合平衡理论。模拟参数设置方面，提出了精细化产汇流参数设置方法。模型构建方面，提出了城市流域精细化洪涝模型技术集成框架。模型验证方面，提出多尺度洪涝合理性分析，自主研发参数自动率定优化系统。模型应用方面，建立了集积水风险台账-管网排水能力评估-河道行洪能力评估-内涝风险评价-海绵城市效果评价-防汛历史经验曲线的技术应用体系。

◆ 技术特点

（1）基于混合产流模式的流域水热耦合平衡理论，应用土壤水分动态随机模型。

（2）精细化的产汇流模型确定方法。通过产流试验监测确定不同空间尺度的径流系数及初损值，依托物理模型实验量化河道糙率与水深的响应关系，为模拟参数设置提供科学依据。

（3）集成城市流域精细化洪涝模型技术框架，基于高精度建模数据构建覆盖暴雨洪水演进过程的精细化洪

涝模型。多尺度多过程率定精细化洪涝模型参数，研发了集总式模型参数自动率定方法。

◆ 技术指标

（1）城市流域精细化洪涝模型河道洪峰模拟平均误差小于 15%，积水点水深模拟平均误差小于 17%。

（2）具有建立积水风险台账、量化管网排涝和河道行洪能力、诊断下凹桥区内涝积滞水成因、量化蓄滞洪区启用风险、量化海绵措施的径流削减效果、暴雨洪涝分析预测和城市内涝风险预警功能。

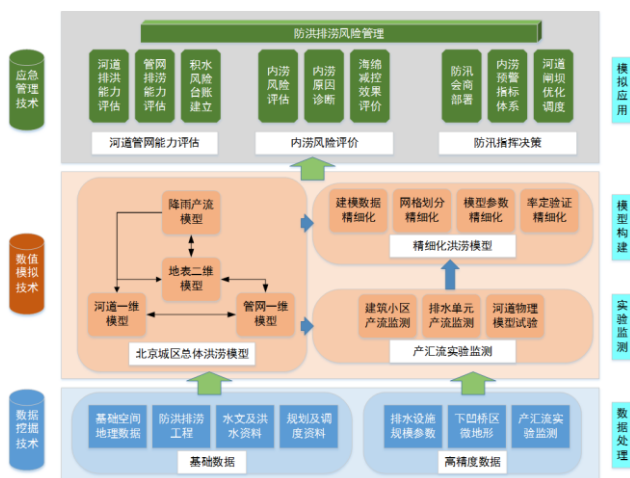
（3）具备支撑水旱灾害防御综合演练及业务培训，提升指挥决策能力的特点。

◆ 应用范围及前景

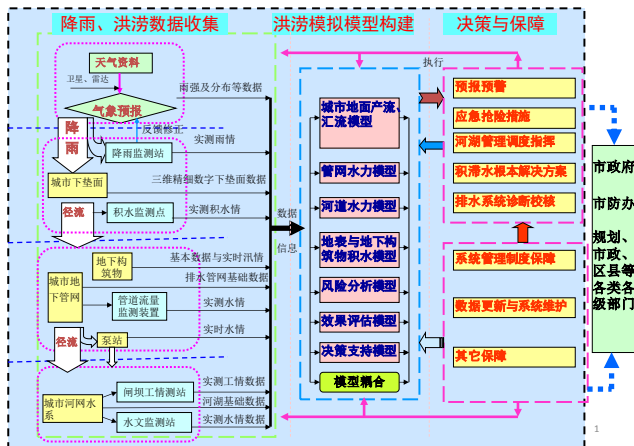
适用于暴雨全过程、多复杂场景的洪涝风险动态评估。

该技术以北京城市流域精细化洪涝模型研究为例，提出了多源数据驱动的城市流域精细化洪涝模型技术集成框架，基于微地形、管网排水口衔接等建模数据，构建覆盖城市河湖防洪排涝工程调度下的坡面产流、管网汇流、河道汇流、闸坝工程调度、地面漫流等完整城市洪涝过程动态模拟，从河道洪水过程、区域内涝积水过程两个维度进行参数率定及合理验证。该模型开展多尺度情景洪涝风险模拟，可量化评估流域雨水管网排水能力，建立内涝积水风险台账，诊断内涝积水成因，评估海绵措施流域洪涝风险减控效果，明确河道行洪能力和重点防洪风险点，细化流域防洪安全调度措施，量化蓄滞洪区洪涝风险及其启

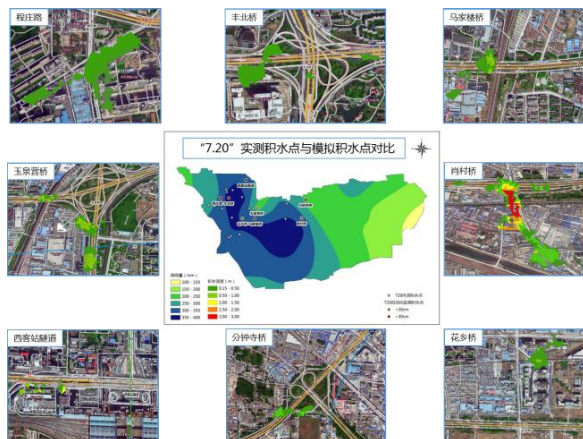
用条件，提升流域防汛决策指挥能力。研究成果支撑了防汛综合指挥平台功能拓展完善，建立内涝预警发布机制。城市流域精细化洪涝模型融合多源高精度下垫面、排水管网、河网等要素，详细刻画城市下垫面降雨径流、排水设施汇流关系，共覆盖城市清河、凉水河流域 804.7km²，干支流河道 224.12km，排水管网 1950.73km。所建立的清河和凉水河流域暴雨内涝情景库，共覆盖 500 多种可能出现的降雨情景。在 2019 年开展了内涝风险预警试点，多次根据场次降雨预报启动模拟内涝分析，在“7.28”“8.9”等场次强降雨中进行预警。



■ 城市精细化洪涝模拟模型技术总体框架

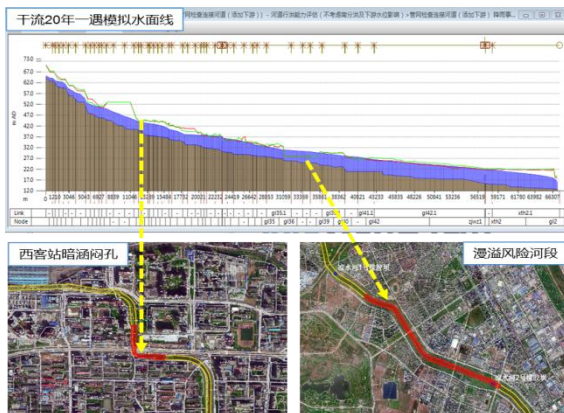


■ 城市流域精细化洪涝模型构建技术框架



■ 凉水河积水监测点模拟示意图

水利先进实用技术信息（2021 年第 14 期）



■凉水河支流河道行洪能力评估图

技术名称：城市流域精细化洪涝模型技术

持有单位：北京市水科学技术研究院

联系人：邸苏闯

电话：010-68731183、13699246835

4.城市内涝分析系统

该技术已获得 1 项计算机软件著作权:城市内涝分析软件 V1.0, 原始取得, 登记号: 2019SR0323639。

◆ 技术原理

该系统提供的内涝分析系统,效率高,能够有效整合气象、水务、交通等部门的信息。基于地理空间信息,生成包含各个洼地的城市空间模型,通过降雨模型和汇流模型,并改进了排水模型,共同组成了积水模型,解决了传统暴雨内涝数学模型中对城市排水系统设施的概化问题,提升了对积水深度的预测准确性。

◆ 技术特点

(1) 底层技术采用 OSG+OSGEarth+QT 开发,软件的架构是 MVC 架构,构建了底层库+插件层 Plugin+展示层 UI 的三层 MVC 架构,实现了高可扩展性、高安全性、伸缩性、兼容性、高性能、高通用性等关键要素。

(2) 基于排水模型,提高内涝预测准确性;基于 GIS 信息平台,实现三维场景可视化演示和管理;水淹模拟,为城市防涝管理做决策辅助;HEC-RAS 分析,对水涝形势作出推演,为城市防涝管理做决策辅助。

◆ 技术指标

系统主要功能:雨水情,Hec-ras, mike21 分析, swmm 分析, 水淹模拟, 经济综合。

系统经过中国赛宝实验测试,各个检测项目均通过测

试。

◆ 应用范围及前景

适用于城市内涝分析管理。

综合案例：系统在广东、山西省等地已经落地，其中包括在山西汾河流域生态评估系统中使用，运行时间均已超过一年。



■ HEC-RAS 分析对水涝形势作出推演

技术名称：城市内涝分析系统

持有单位：深圳市协润科技有限公司

联系人：赵妙苗

电话：13417044377

5. 流域降水预报服务平台

该技术核心成果基于国家计划, 已获得 1 项发明专利:
一种全球预报系统数据下载方法 (ZL 201610947693.4)。

◆ 技术原理

平台采用先进的数值预报模型、大数据分析、超级计算等技术, 可自动生成全国范围内任意流域的降水预报信息, 并充分发挥云服务的优势, 大大降低流域精细化降水预报获取门槛。流域降水预报服务平台主要功能包括中短期降水预报和中长期降水预报。中短期降水预报主要提供未来 1-7 天的流域面雨量和站点雨量预报信息, 累计时段包括 1、3、6、12 和 24 小时。中长期降水预报主要提供未来 6 个月的流域面雨量预报信息, 累计时段包括日、旬、月。平台部署于高性能计算集群环境, 基于云架构对外提供服务, 服务方式包括 B/S 用户界面、Json 微服务接口和数据库表等。

◆ 技术特点

(1) 模型技术: 1) 中短期降水预报模型。在中尺度数值天气预报模式本地化改造的基础上, 研发了基于天气形势索引的动态参数化方案, 每天分 4 个时次定时下载全球预报系统驱动场 GFS (Global Forecast System), 变分同化本地气象观测资料, 驱动中尺度数值天气预报模式。2) 中长期降水预报模型。利用长序列降水观测数据, 引入专家预报数据库, 基于 CFS 输出的粗网格数据驱动区

域气候模式，建立不同预见期的适用模型。3）集合预报模型。中短期预报方面，针对同一预报时次，通过参数化方案扰动的方式，获取多个预报结果，使用大数据统计分析挑选最优预报，据此形成集合预报范围和最优预报推荐；中长期预报方面，采用区域气候模式产生的大量预报样本实现集合预报。

（2）精细化中短期数值降水预报。基于最先进的中尺度数值天气预报模式（WRF），发布全国时间分辨率 1 小时，空间分辨率 3 公里，预见期 7 天的网格化降水预报产品，可满足各类型水利工程中短期降水预报需求。通过参数化方案扰动，构建具有 21 个样本的集合预报方案，较传统单样本确定性预报的精度更高，提供的预报信息更丰富。

（3）中长期数值降水预报。对于月、旬累计降水预报，提供预见期为 6 个月的预报服务，对于日降水预报，提供预见期为 30 天的预报服务。该平台可将中长期格网降水预报产品自动插值到流域面上，并以集合预报的形式对用户最长预见期为 6 个月的预报服务，每个预报时段上均提供可能最大降水量、可能最小降水量、平均降水量三种信息，预报服务提供频次为每天 4 次，较传统会商式中长期预报更加节省人力和财力。

（4）横向可扩展计算平台。采用横向可扩展的网格计算体系作为本平台的基础架构，较传统计算模式成本更

低，弹性更强。

（5）通用数据库框架设计。按照自上到下的方式，对基本预报需求进行梳理，并且据此设计开发了通用数据库架构，在数据层面实现模型、业务、服务的分离，便于系统各个层次的升级改造，降低系统维护成本。

（6）海量数据资源接入。通过实时接入网络发布的水雨情数据、整合离线资料等方式，实现海量基础信息的不断累积，构建一套可动态管理、自动校验、深度挖掘的数据存储体系，为提升降水预报模型精度提供支撑。

◆ 技术指标

（1）中短期降水预报。可提供流域面上或者具体位置处的降水量预报信息（含集合预报），预见期为 1~7 天，累计时段包括 1、3、6、12 和 24 小时，提前 1 天的有无雨预报精度在 95%以上，中雨及以上预报合格率（误差±20%以内）在 75%以上。

（2）中长期降水预报。可提供流域面上降水量预报信息（含集合预报），预见期达到 6 个月，累计时段包括日、旬、月。

◆ 应用范围及前景

适用于各级水利管理部门、规划设计单位及水利工程运营单位。

案例 1：南水北调中线一期工程。平台从 2016 年开始为丹江口水库以上汉江流域提供未来 3 个月的降水预报服务，其预报结果是中国水利水电科学研究院参加水利

部相关司局（原水资源司等）南水北调中线一期工程预报调度会商会的重要资料。

案例 2：黄河流域。自 2016 年，平台为全黄河流域提供降水与温度预报服务。自 2019 年，平台重点加强河龙无控区间精细化降水预报服务，并签订合同《黄河河龙无控区间中尺度暴雨数值预报模型开发》。

案例 3：白水江流域。自 2017 年，平台为白水江梯级电站提供降水预报服务，并签订合同《WRF 环境部署及气象数据预测项目》。

技术名称：流域降水预报服务平台

持有单位：中国水利水电科学研究院

联系人：杨明祥

电话：010-68781950、18046555306