

ICM Live 简介

1. 背景

随着城市化进程加快，城市不透水面的比例不断上升，同时受气候变化影响，极端暴雨事件频发，城市的排水能力受到严重的考验，由内涝造成的“看海”现象时有见诸报端。在这种严峻的形势之下，洪水风险管理愈发成为解决城市洪水——尤其是内涝的有力手段。而针对可能发生的内涝事件进行建模分析、进而结合实时数据进行预报预警，则是洪水风险管理体系的重要组成部分。

常见的洪水预报预警和响应过程包含四个部分：

- 监测：通过监测点的布控获取实时的水文数据，通过预报技术获取预报气象信息，为洪水建模提供必要的技术支持；
- 预报：通过水文水动力建模，结合实时/预报数据，对河道/管道中的水位和流量进行模拟预测，并提前获知强降雨条件下城市中可能出现的内涝积水点情况；
- 预警：根据模型模拟的结果，向决策者或调度人员发出警报，由他们进行决策，确定应对措施，并及时向公众/地方部门宣传预警；
- 反应：根据决策行动方案，采取行动，减少人员财产损失。



图 1 洪水预报预警和响应过程

针对洪水预报预警，HR Wallingford 以 InfoWorks ICM 综合流域排水模型的计算引擎为内核，通过 ICM Live 提供了一套完整的预报预警解决方案。

2. ICM Live 简介

2.1 什么是 ICM Live

原有的 ICM 水动力模型对接的多为历史数据，利用 TSDB（时间序列数据库）模块，ICM 可对接实时监测数据和预报数据，包括：

- 雷达数据
 - 降雨实况/降雨预报
- 遥测数据
 - 雨量/水位/流量/泵闸等实时控制设施

ICM Live 是基于 ICM 开发的实时预报预警系统。ICM Live 以 ICM 计算引擎为核心，自动对接实时/预报数据，可提前数十分钟、甚至数小时给出应急预报预警，辅助调度人员评估应急预案，实现决策支持。

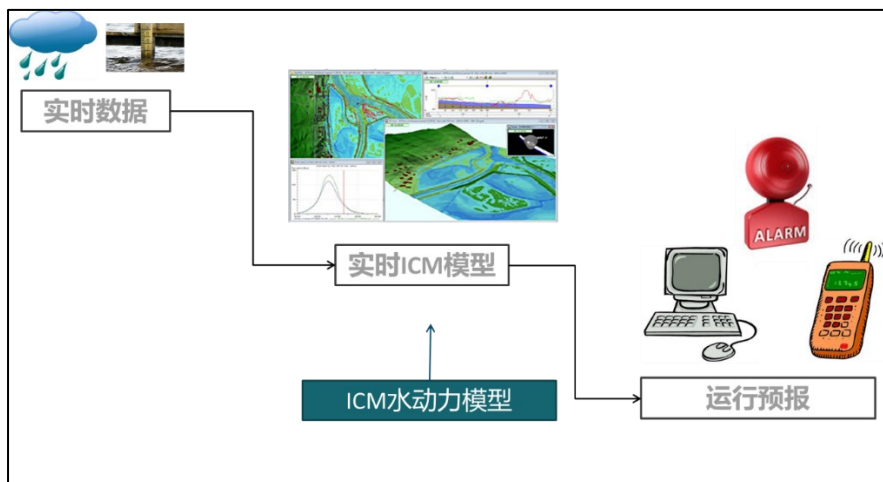


图 2 ICM Live 概览图

2.2 ICM Live 的典型应用和功能

ICM Live 适用于业主日常管理的在线预报预警。它允许调度人员使用实时数据对综合流域的水力响应进行预测。这些流域可能包含了城市排水网络、河网以及河漫滩等。

ICM Live 对监测数据和/或预报数据进行校正和处理，使用数据与水文水动力模型共同预报，并使该过程实现了自动化。除了在不利条件下对调度人员进行警告之外，预报还可方便调度人员评估多种策略下系统的响应，辅助行动决策及时进行。

ICM Live 典型应用包括并不限于：

- 河道与城市洪水的预报和预警

- 雨水、污水和城市管网系统的运行管理
- 水资源或灌溉系统的运行管理

ICM Live 包括并不限于以下功能：

- 联合并验证来自不同数据源的实时水文测量、SCADA 和雷达数据，实现数据同化
- 将数据供应给水文水动力模型
- 自动初始化模型模拟
- 基于数据或模型结果，生成警告



图 3 ICM Live 的应用优点

2.3 ICM 到 ICM Live——离线模型到在线系统

经过率定的、稳定的 ICM 离线模型是搭建 ICM Live 在线平台的良好基础。

- InfoWorks ICM 是综合流域排水模型软件，它综合了 LID 低影响开发计算模块、排水模型系统、河网计算模块、二维地面洪水演进计算模块、一维二维水质计算模块于统一的软件界面内。ICM 使用历史观测数据（事件数据），可对历史和设计（降雨/水位/入流等）条件下的情况进行模拟评估；
- ICM Live 在线系统基于 ICM 离线模型。当 ICM 模型搭建完成后，ICM Live 使用全新的 TSDB 模块来替代事件数据。TSDB 模块可实时对接各类外部数据库中的时间序列数据，如入降雨、流量、水位、水质数据等；而在 ICM 模型中常用的如水位事件、降雨事件、入流事件等，在 ICM Live 中没有被采用；
- ICM Live 提供新的（实时）模型元素。许多在 ICM 离线模型中不存在的元素，例如实时组、清单、警告定义列表等，可供 ICM Live 使用。

2.4 ICM Live 的组成

ICM Live 是客户端/服务器（C/S）系统，关键组成部分包括：

- ICM Live Configuration Manager 配置界面

用于创建、管理和维护模型网络，将离线 ICM 模型转换为实时预报系统。具备 InfoWorks ICM 的全部功能，和额外的实时预报系统配置工具。

- ICM Live Operator Client 调度界面

用于报告预报结果。界面设计简便易用，采用图形化和文本化内容结合方式，清晰地呈现完全可由用户配置的预报信息。

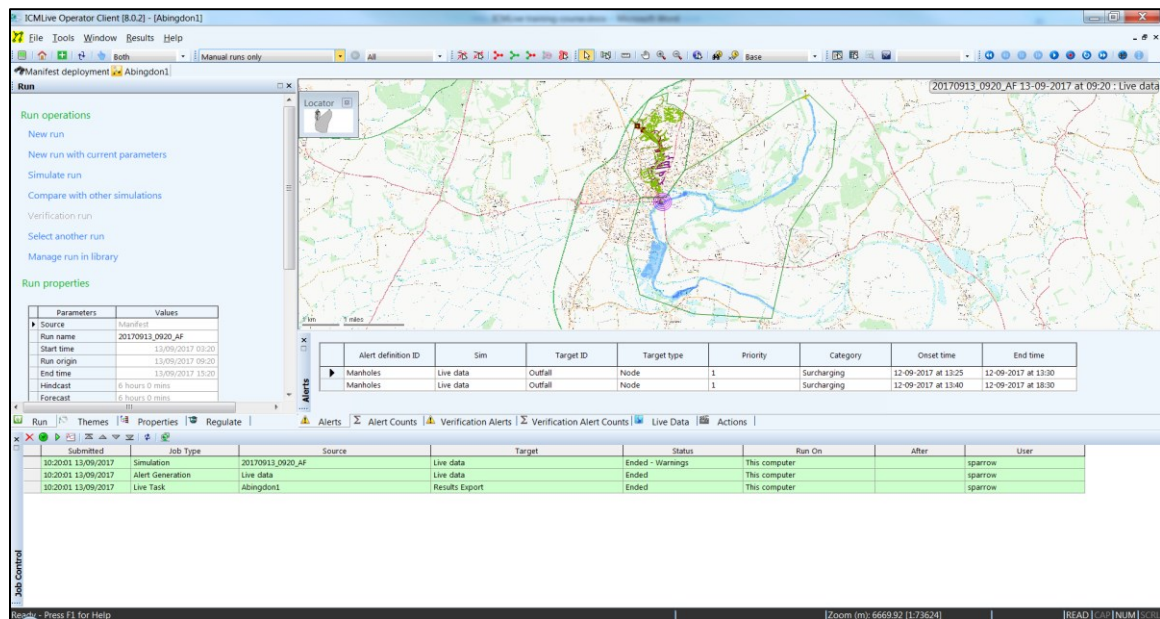


图 4 ICM Live 调度界面示例

- Workgroup Data Server

服务器端组件，用于管理工作组数据库的访问。

- ICM Agent (and remote ICM Agents)

作为模拟服务器，安排本地模拟运行，或通过协调器安排其他远程计算机模拟运行。

- Live Server

管理自动模拟运行（包括外部触发运行），向 Live Operator Clients 提供实时服务和信息。

- Data Loader（可选的）

- 外部数据

如 SCADA/遥测或雷达数据。

2.5 ICM Live 的工作流程

ICM Live 系统由若干个关键组成，其中包括 ICM Live 配置界面（Configuration Manager）和 ICM Live 调度界面（Operator Client）。

ICM Live 配置界面用于创建和维护可供 ICM Live 调用的基础数据。系统配置包括：设置警告、自定义调度界面内可见的视图（ICM Live 调度界面主题、图层列表和地面模型等）以及自动运行的计划安排。ICM Live 通过设置警告的方式，通知调度人员系统网络中出现的特定运行状况。警告可以对模型结果进行设置，如从实时数据流中直接获取的结果。

ICM Live 调度界面中自动展示的视图可以通过清单（Manifest）创建。清单允许用户自定义操作视图，包括相关 GIS 图层、地面模型和主题化视图。清单还可用于设置自动运行的计划安排，如运行触发，即允许自动运行间隔时间的缩短。这意味着在特定的时期（例如强降雨时）可进行更频繁的预报。

值得注意的是，一些设置也可以在 ICM Live 调度界面中进行设置或修改：

- 设置手动运行计划安排；
- 设置主题和 GIS 图层。

2.6 场景化应用

图 5 展示了 ICM Live 配置界面和 ICM Live 调度界面间的交互过程。

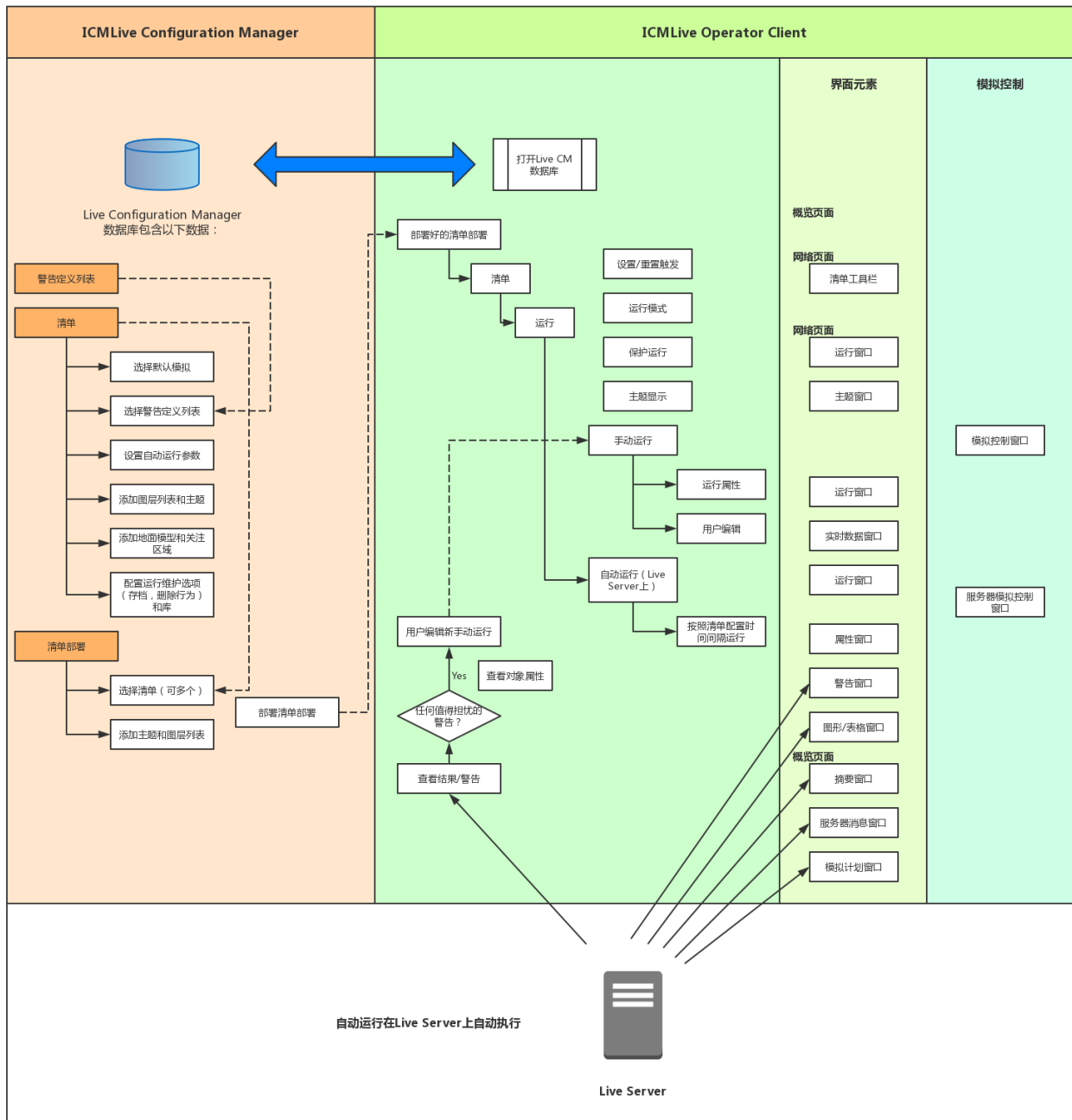


图 5 ICM Live 配置界面和 ICM Live 调度界面的交互

结合该流程，可以虚拟一个 ICM Live 针对城市内涝的应用场景：

- ICM Live 配置界面：一般由建模人员操作
 - 搭建模型，进行率定验证，并连接外部实时数据库；
 - 创建警告定义列表。比如，设定在出水口或其他位置水位达到警戒水位时发出警告；或者，将模型模拟数据和监测数据进行比较，设定两者误差超过某一值时发出警告；
 - 创建清单，选择默认（率定好的）模拟以及警告定义列表；设置自动运行的规则和触发方式，例如，在降雨小于 5mm/h 的情况下每小时运行一次，大于 5mm/h 的情况下

触发为每 10 分钟运行一次；添加背景图层、主题图，添加地面模型和关注的区域；对运行产生的大量数据的存档、删除规则进行设定；对结果导出进行设定；

- 创建清单部署，选择一个或多个清单；
- 部署清单部署，启动 Live Server，使模型按照既定规则自动运行。
- ICM Live 调度界面：一般由调度人员操作
 - 根据需求调整运行频率、运行模式等；
 - 查看模型运行结果，根据定制主题呈现，可重新更改主题；也可查看表格数据；
 - 根据模型运行结果，了解系统整体运行情况，尤其是没有布控监测点的位置；
 - 在模型自动运行过程中，根据警告定义列表的设置，发出警告；查看警告对象的具体信息。根据警告信息做进一步决策：
 - ◆ 若警告显示模拟数据和监测数据相差较大，可能是系统中出现了某些变化。调度人员可根据该信息对现状系统进行排查，并要求建模人员重新率定模型；
 - ◆ 若警告预报某一位置的水位会超过警戒水位，调度人员可根据实际情况新建一个手动运行，调整某些参数，重新模拟测试是否能避免内涝的发生；或者，汇报地方部门，向公众发出预警，做出行动决策。

2.7 ICM Live——不止于洪水预报预警

除了洪水预报预警，ICM Live 的典型应用还可扩展到其他水文水动力模拟对象的预报预警。事实上，由于 TSDB 模块可读取各种时间序列数据，用户可按需搭建各种预报预警平台。例如，针对水质模拟，用户可以：

- 将污染物过程实时参数通过 TSDB 模块对接到模型中；
- 设置针对水质模型的清单、警告定义列表、主题图等；
- 在 ICM Live 调度界面中根据水质自动模拟的警告，采取各自策略手动模拟，比较方案，进行行动决策。

3. 小结

- ICM Live 能够进行洪水、水质等多种类型的预报预警；
- ICM Live 支持同多种外部数据库的多种类型实时监测/预报数据的对接；
- ICM Live 在线模型搭建有助于：
 - 全面了解监测系统中未涉及范围内的运行情况，并进行监督分析；
 - 及时发现系统变化，排查现状系统问题，并辅助模型的更新率定；
 - 提前得到关于极端事件（内涝、水质恶化）的警告，辅助行动决策。