

城市水循环模拟与智慧调控技术及应用

➤ 简要信息

- 【获奖等级】** 应用成果奖一等奖
- 【任务来源】** 国家科技计划项目、其他项目
- 【课题起止时间】** 2016 年 1 月~2019 年 8 月
- 【完成单位】** 中国水利水电科学研究院
- 【主要完成人】** 刘家宏、丁相毅、梅 超、于赢东、蒋云钟、高希超、李 想、周晋军、王 佳、翁白莎

➤ 背景

城市及高度城镇化地区的水问题是制约我国经济社会发展和生态文明建设的关键瓶颈之一。城市区域的下垫面状态、水循回路径、供用耗排水方式受到人类活动的显著影响，城市水系统正在经历快速的演化过程，产生了资源、经济、社会、生态等多重效应，导致洪涝、水污染、水生态等诸多问题。在国家自然科学基金、国家重点实验室重点团队项目等的资助下，本项目研发了城市水循环模拟与智慧调控技术，为促进城市水循环系统健康、科学防范化解城市水风险提供了基础科学支撑。

➤ 主要内容

- 系统揭示了城市复杂下垫面产汇流机理。针对高强度、低影响城市开发中出现的强透水、透水、半透水、伪透水等不同透水下垫面类型，测定了不同类型下垫面的导

水特性和入渗趋稳时间，基于 Sigmoid 函数拟合出了四类透水下垫面的入渗速率变化曲线。片区尺度上，解析了传统开发小区和海绵低影响小区的汇流模式，揭示了特大暴雨情况下城市积水片区汇流激增现象的原因。

- 研发了城市水循环模型，改进了水文水动力模型紧密耦合算法。针对城市一二维水动力连接的垂向耦合等关键难题，改进了城市水文~水动力、一二维“垂向连接”的模式和连接方程，提出了基于方程联立求解的城市一二维水动力学动态紧密耦合算法，推导了联立后方程组的参数矩阵，解决了传统算法偏差累积造成的局部“流场失真”问题。
- 提出了城市水循环系统耦合平衡诊断方法。基于城市水文水动力耦合模拟模型，构建了城市水循环水量、水质、用水“三大平衡”诊断方法，形成了从问题识别、定量诊断到措施优化的“三次诊断”递进式水系统优化设计范式。
- 构建了城市水循环监测与智慧管控系统。相关成果已应用于北京大兴国际机场雨水管控与东营市防洪排涝智慧调度系统。

➤ 创新点

- 研发了城市复杂下垫面产汇流过程建模与水文水动力耦合技术。
- 提出了城市水循环系统耦合平衡诊断与水文过程优化方法。
- 构建了面向城市水文常态和极值过程的智慧调控系统。

➤ 推广应用情况

本项目研发的耦合平衡诊断与优化设计方法已应用于通州新城水系规划中，支撑了北京城市副中心建设；研发的模型技术和智慧管控平台等已整体应用于北京大兴国际机场雨水管控系统和东营市防洪排涝智慧调度系统；相关成果还被华北市政总院、首创集团等单位采用，在厦门、西安、天津、萍乡等国家海绵城市试点中发挥了科技支撑和引领作用。

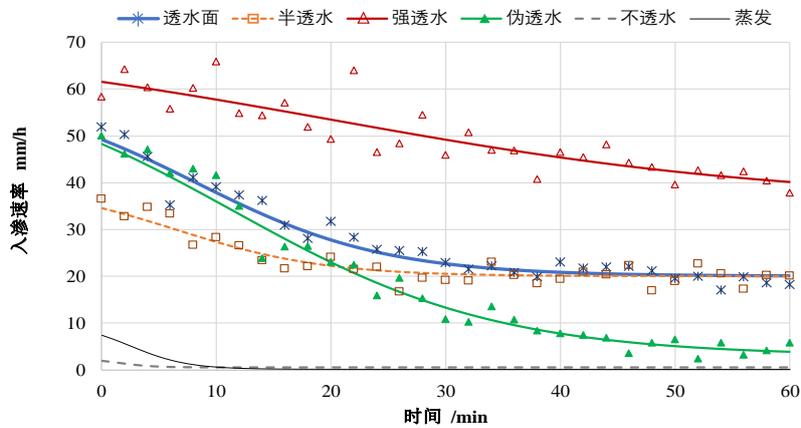


图 1 研究区不同类型下垫面入渗/蒸发的时程变化拟合曲线

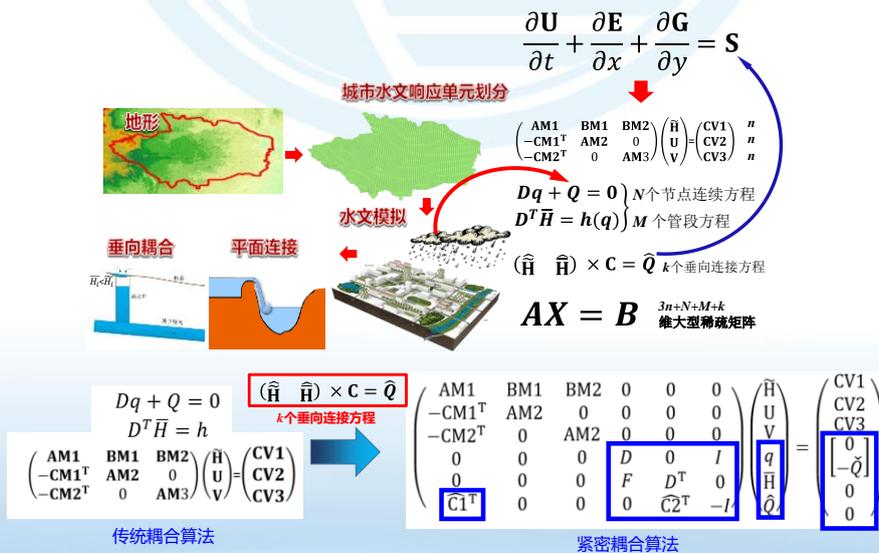


图 2 水文水动力模型紧密耦合算法改进技术路线

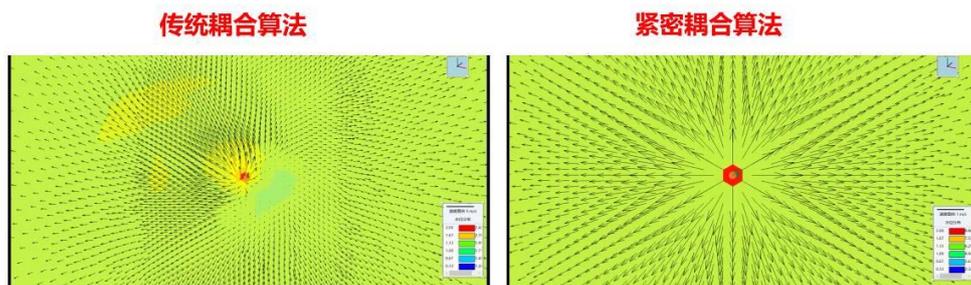


图3 传统算法和紧密耦合算法在耦合点附近的水位及流场分布情况对比

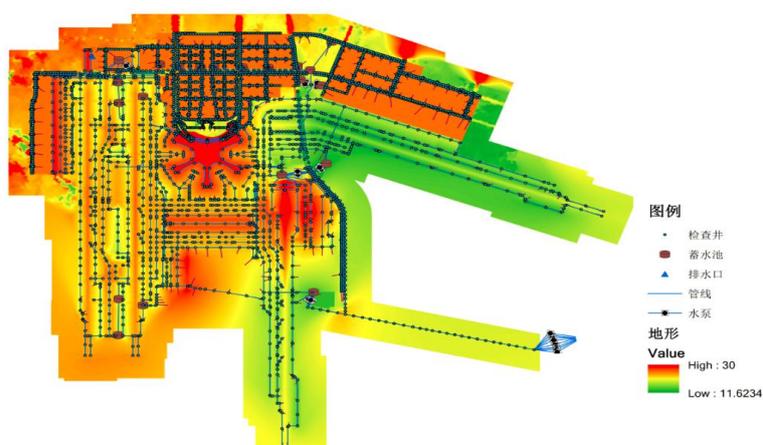


图4 北京大兴国际机场雨水管控平台和东营市智慧水务系统运行界面