

水环境立体感知与智能决策关键技术研究及应用

一、项目概况

党的十九大报告提出“坚持人与自然和谐共生”和“绿水青山就是金山银山”的理念，生态文明建设上升到新的高度。近年来，随着水利部《加快推进卫星遥感水利业务应用的通知》、生态环境部《生态环境监测规划纲要(2021-2035)》等文件的先后发布，将遥感技术作为生态环境监测的重要手段。如何发挥遥感技术优势，逐步构建天空地一体化的生态状况监测网络，是亟待解决的重要问题。

本项目由广东省科学院广州地理研究所联合中国科学院地理科学与资源研究所、武汉大学、广东华南水电高新技术开发有限公司、广州市水务局等单位共同完成，依托多个国家及地方科研项目，历时6年(2015年1月至2020年12月)，总投入研发经费超过1000万元，从关键技术、设备研制、系统平台到示范应用进行了系统性研究，从水环境数据采集、分析模拟到辅助决策构建了一体化解决方案，促进了水环境监管模式的升级，并为环境应急事件与政府重大决策提供有力支撑。

二、研究内容

1、复杂环境下的水体智能提取与污染状态识别

针对珠三角城市群河流污染时空变化大，以及传统水环境监管取样困难、覆盖不全面等问题，研究了珠三角城市群复杂地表环境下的污染水体精准提取方法，构建了城市黑臭水体关键参数遥感定量反演模型与黑臭水体遥感识别与评价指标体系，实现基于卫星遥感与无人机遥感的污染水体监管创新模式，对城市黑臭水体立体感知与监测，形成城市黑臭水体“一张图”，为城市黑臭水体监管提供了全面、高效的解决方案。

2、空地一体、云边协同的水环境实时智能感知技术

研制了自主起降、自动充换电、自主作业的智能无人飞机基站，以及无人机载 AI 实时识别模块及边缘计算智能识别终端等设备，研发了地面站点视频与机载动态视频的三维地理信息实时融合方法，构建了面向河湖流域“乱占、乱采、乱堆、乱建”等问题的无人机遥感实时智能识别模型，实现了水环境健康状况空地一体的联动感知，构建了一种高频次、无人化的河湖巡检创新模式。

3、感潮河网区污染溯源分析与多情景水质模拟

针对感潮河网区的断面水质变化成因复杂等问题，本项目研究了感潮河段潮汐与水质模拟预测方法，构建了上游来水与不同支流对断面水质污染贡献度定量解析模型，分析模拟关键断面的内外源污染负荷，实现了感潮河网关键断面的污染精准溯源与水质达标模拟预测，有效提升了断面水质达

标治理工作水平。

4、水环境时空大数据辅助决策平台研发及推广应用

面向河长制的推行、以及充分发挥数据要素生产力以提升智慧决策支持力等需求，研究了多源水环境大数据集成与融合技术，研发“河长通”系列产品，包括天空地一体化河湖巡检 APP 系统、河湖流域水环境监管与辅助决策系统等，在全国 50 余家水务管理单位推广应用，解决河长人工巡河效率低、缺少辅助决策支撑等问题，有效提升了河湖流域巡查工作效率与监管水平。

三、创新点

1、针对水环境遥感监测实时性的难题，提出了空地一体、云边协同的智能感知方法，研发了无人值守的智能化无人机停机场、机载 AI 实时识别模块以及基于边缘计算的水体微小污染物识别技术，构建了空天地水联动感知模式，实现了水环境健康状况的实时感知。通过关键技术及软硬件产品的研发，获授权专利 22 件，其中发明专利 9 件；获软件著作权 10 件；发表论文 8 篇，其中 SCI 收录 6 篇、EI 及中文核心 2 篇；获广东省高新技术产品认定 8 件。

2、针对黑臭水体分布散乱、环境复杂、光谱信号弱等难题，提出了一种基于城市水体指数与分形几何算法的水体提取方法，集成无人机多光谱、高光谱等遥感数据，构建了

基于遥感的黑臭水体评价指标体系，联合语义分割和生物光学模型，实现了黑臭水体的遥感精准识别。发表论文 16 篇，其中 SCI 收录 13 篇、EI 收录 2 篇，中文核心 1 篇；获授权发明专利 8 件；获软件著作权 6 件；出版论著 3 部；获广东省高新技术产品认定 2 件。

3、针对复杂河网的污染溯源难题，提出了基于水动力学的感潮河段潮汐与水质模拟预测方法，构建了不同河段、支流的水环境污染贡献度定量解析模型，实现了感潮河网关键断面的水污染溯源分析。通过模型方法和关键技术的研究，获软件著作权 6 件；发表论文 5 篇；获广东省高新技术产品认定 2 件。

4、以自主研发的无人机智能基站为载体，以遥感识别分析算法为核心，集成多型号无人机、多功能传感器和机载 AI 计算模块，构建空地一体、云边协同的高频次、全自动、立体化水环境监测创新模式。项目制定并发布国家及地方团体标准 14 项，产品先后在全国 50 多个水务政府部门和企业得到了广泛应用，经济效益超过 3 亿元。

四、成果效益

项目获授权专利 30 件，其中发明专利 11 件，实用新型专利 19 件；出版《黑臭水体遥感监测技术及应用》等论著 3 部；在《Geoscientific Model Development》、《Science of

Total Environment》、《Journal of Hydrology》、《科学通报》、《测绘通报》等期刊发表论文 31 篇，其中 SCI 收录 24 篇；获软件著作权 51 件；制定国家及地方团体标准 14 项；获广东省高新技术产品认定 12 项。

项目成果首次应用于广东省各级水务管理单位，并先后在全国 50 多个地方政府部门和企业得到了广泛应用，据不完全统计，通过产品销售和技术服务，**产生直接经济效益 30267.52 万元**；通过项目成果的推广应用，提高了水务管理部门工作效率和决策水平，降低了水环境监管成本，促进了生态环境改善与宜居城市建设进程。综上，项目创造了良好的社会效益，具有重要的示范和推广价值。