

11月的一天下午,太湖波光粼粼,几只飞鸟在天划出美丽的弧线。江苏省无锡市滨湖区西南庄村民陆荣林紧走几步跨上太湖大堤,欣赏美丽湖景:“沿岸的水稻田全部变成生态防护林和景观湿地,湖水一年比一年清。”

太湖美,美在太湖水。科学治太为太湖的华丽转身奠定了坚实的基础。

建于1979年的江苏省无锡环境监测中心以守护太湖清澈为己任,几十年如一日,持续对太湖水质进行物理、化学等指标的监测,对太湖的生物,包括藻类、底栖生物等开展生态监测。进入21世纪后,开始采用遥感等手段,对太湖及其周边地区进行生态观测。尤其是“十二五”以来,以国家水专项子课题“太湖新城水生态动态监测与评估平台构建与示范”“太湖流域水生态环境功能区监测技术集成与业务化运行”等研究为载体,持续提高生物监测、遥感监测、自动监测、有机分析等特色监测能力,为太湖治理提供了强大科技支撑。

无锡环境监测中心承担的“十三五”水专项“望虞河西岸河网区干流河道水生态修复及实时诊断联动能力提升技术与示范”课题,针对河道水生态修复过程生态完整性,以太湖与长江之间的清水廊道——望虞河流域

为研究对象,提出了动态评估方法,建立了实时诊断—完整性动态评估体系。针对望虞河西岸河网区水文水质干扰因素多、水环境变化复杂的现状,构建基于藻类、大型水生植被密度等指标的高光谱反演技术和河道水生态生物种类的航空遥感监测技术,基于无线传输的河道水生态实时诊断技术体系,并以望虞河西岸地区九里河、伯渎港为干流河道开展应用,保障区域水质改善和生态修复的实施。

针对望虞河西岸河网区水生生态环境变化复杂、生态修复初期水生植物难以成活、生物多样性低的现状,从水质、浮游植物、生物多样性、水生高等植物群落等方面构建指标体系,确定评估参照位点,完善河道水生态完整性动态评估方法,快速高效评价河道治理与生态修复成效,形成基于物联网的业务化运行平台,开展业务化运行示范,实现河道水生态修复与实时诊断联动,保障望虞河西岸河网区生态完整性和生态修复工程高效有序的展开,在此基础上形成太湖流域河网区河道水生态修复与实时诊断联动业务化示范。



# 用科技守护清澈太湖

## ——江苏省无锡环境监测中心依托国家课题扎实推进水生态监测工作

### 构建望虞河西岸河网干流河道水生态实时诊断技术体系,实现水生态修复与诊断评估联动,有力支撑了区域水质改善和生态修复的实施

在流域治理方面,已经实施的大批河流治理和生态修复工程效果逐渐显现,入湖河流水质总体稳中趋好,流域水生态系统健康逐渐恢复。但是,流域治理是一项长期的任务,在这个过程中,现有的水质标准着重针对河流化学指标的评价,难以全面评估河流水生态系统的状态和演变趋势,难以满足流域水生态治理和管理的迫切需求。

望虞河西岸区域水环境和生态修复问题具有苏南平原河网典型特征,该区域是望虞河的主要汇水区,经济发达,人口密集。作为望虞河主要支流,同时也是无锡环境监测中心课题主要研究区域,流经无锡市城区,上游污染较为严重。污染物可通过望虞河,流入贡湖湾。因此,九里河流域污染防治对望虞河水质改善起着举足轻重的作用。

调查表明,望虞河西岸河道周边城市扩张,人为干预使天然水系遭到破坏,支流支浜滞流、断流,河网调蓄能力下降,湿地面积减少,生态服务功能弱化。耕地、园地、林地、草地、水域等五大类生态用地被挤占,生态空间破碎化趋势加剧,野生动植物生境分布日益缩小,栖息地破碎化,导致生物多样性减小,水生生态系统健康受到胁迫,水生生物群落结构趋于单一化,呈现清洁敏感物种减少、耐污物种增多的变化趋势。同时在保障防洪、通航、生态输水安全的前提下,如何兼顾生态系统功能强化、亲水文化空间创造、景观优化提升等,从多角度综合开展研究并实施生态修复,仍然是一项复杂而艰巨的工作,尤其是在生态修复过程中,提升河流生态完整性,形成自修复的河流生态系统就非常必要。国家

水专项“十三五”期间开展了相关研究和应用示范,提出了推广河流水生态完整性动态评估技术应用的建议。课题组以望虞河西岸干流九里河为代表,基于完整性、代表性、可操作性及可定量,对人类干扰响应明显,且能够全面反映九里河水生态质量不同特征属性的原则,选取能够反映水环境质量、水生生物特征指标、栖息地环境质量指标的几十个特征指标作为九里河水质评价的候选指标。通过文献以及多年环境监测数据,选取了表征河道水质水环境质量的指标,反映水生生物特征指标、反映栖息地环境质量直接和间接指标。运用PCA对筛选到的指标进行主成分分析,经过KMO和Bartlett的检验,确认了指标。并进一步分析各指标间联系,并根据实时诊断需求,选取频率高、能够反映水环境质量、水生生物特征的18个特征指标作为生态完整性评价的指标体系。其中,反映生境的指标两项,为河岸带植物覆盖率和河岸带岸坡连通性;反映水质指标10项,包括pH、总氮、总磷、CODMn、BOD、透明度、挥发酚、氨氮、溶解氧、石油类;反映水生生物特征指标6项,叶绿素a含量、浮游植物数量、微囊藻所占比例、大型水生植物覆盖度、枝角类浮游动物种类、耐污底栖动物百分比。

对筛选得到的18个指标进行格式统一化和评估赋值。生态环境类指标赋值标准,参考国内外河湖健康评估技术导则的赋值法,建立赋值评价标准,并与GB3838—2002地表水环境质量标准、SL395—2007地表水资源质量评价技术规程进行同步评估,获得了很好的吻合度。

所谓生态系统的完整性,是指构成生态系统的组成成分,包括非生物的物质和能量,以及生产者、消费者、分解者等,每个成分紧密联系形成具有一定功能的有机整体。针对整个

生态系统的研究和评估,例如针对河流生态完整性或者健康状况的评估,国内外已有的生物完整性指数(Index of Biotic Integrity, IBI),利用对环境变化敏感的生物参数对生态系统进行健康评价的一种评价方法。该方法筛选对环境干扰最敏感的生物参数,通过定量描述生物特性与非生物因子的关系反映生态系统的健康状况。生物完整性指数自建立以来,有一系列的研究案例,但总体上该指数着力于生物指标,监测、分析周期相对较长,难以动态反映水生态修复过程中的生态完整性的变化。

通过对比欧盟、美国EPA、水专项研究所拟定的湖泊水生态评价指标体系,基于完整性、代表性、可操作性和可定量性,对人类干扰响应明显,且能够全面反映太湖流域河流水生态质量不同特征属性的原则,选取使用频率高、能够反映水环境质量、水生生物特征的18个特征指标作为生态完整性评价的指标体系。其中,反映生境的指标两项,为河岸带植物覆盖率和河岸带岸坡连通性;反映水质指标10项,包括pH、总氮、总磷、CODMn、BOD、透明度、挥发酚、氨氮、溶解氧、石油类;反映水生生物特征指标6项,叶绿素a含量、浮游植物数量、微囊藻所占比例、大型水生植物覆盖度、枝角类浮游动物种类、耐污底栖动物百分比。

对筛选得到的18个指标进行格式统一化和评估赋值。生态环境类指标赋值标准,参考国内外河湖健康评估技术导则的赋值法,建立赋值评价标准,并与GB3838—2002地表水环境质量标准、SL395—2007地表水资源质量评价技术规程进行同步评估,获得了很好的吻合度。

要监测手段,无锡中心不仅利用MODIS卫星,更在江苏省监测系统开创性的使用NPP卫星以及我国风云三号卫星数据运用于蓝藻监测,不光实现了多源卫星监测蓝藻,而且打破了目前水华监测拘泥于国外卫星数据源的限制,实现了国产卫星在水华监测领域的业务化应用。同时,针对今年太湖出现大面积水华的情况,创新性的运用GOCI静止卫星多时段的特点,及时跟踪了解太湖蓝藻水华单日短时期分布和运动轨迹情况,为更好的发现水华发生规律和特点做好技术支撑。

充分发挥遥感监测优势多方面助力环境管理。积极思考、充分挖掘遥感监测大面积、多时相、多波段的特点,研究和探索多角度、多方面的服务于环境管理的需求。采用天、空、地相结合的方式开展城市河道黑臭遥感监测以及



太湖典型藻种纯培养

国省考监测断面周边水环境水产养殖影像调查等工作,并将成果资料及时递交相关部门,助力污

染防治攻坚战。课题组依托水专项课题开展水生植物遥感识别技术研究,以探索新技术,开发新能力为目标,开展太湖水华和水草的高光谱遥感识别方法研究,在光谱分析的基础上,实现水华、浮叶植物和水体的光谱判别,并进一步将其运用于遥感影像数据,以期实现水华水草的遥感识别的业务化监测。

### 完善河道水生态完整性动态评估方法,快速高效评价河道治理与生态修复成效,形成了基于物联网的业务化运行平台,实现河道水生态修复与实时诊断联动

课题组通过研究太湖及周边河流水生生物群落结构、生物密度(或生物量)和生态学评价,积累了丰富的历史数据。在研究太湖生态系统恢复的过程中探索生物多样性水平与物种变化趋势,保存并培养典型物种,建立太湖流域水生生物图谱库。生物图谱库是从事生物分类、形态解剖与系统进化研究的重要组成部分,无锡环境监测中心根据多年多样性调查及形态学分析出版《太湖常见藻类图鉴》,图鉴包括了一百多种太湖常见浮游藻类的显微镜照片,清晰反映各种藻类的主要结构,同时配以检索表及形态、生镜等文字描述,直观、实用的藻类鉴定手册填补了太湖藻类图鉴的空白。而五里湖为太湖内湖,通过长期、全面调查水生植被情况见证五里湖生态修复过程,编撰的《五里湖大型水生植物图谱》不仅为生态研究提供了技术参考,也是保护太湖的科普资料。

为落实《生态环境监测规划纲要(2020—2035年)》中“监测手段从传统手工监测向自动智能方向发展”的要求,解决常规蓝藻手工监测时间长,不能完全满足太湖蓝藻监测预警工作现状,无锡环境监测中心组建团

队,联合东南大学,开展“藻类人工智能快速分析系统”的研发及应用示范。“藻类人工智能快速分析系统”以藻类分析和计数为研究对象,整合大数据、人工智能和精密制造等技术,实现藻类监测的自动化和智能化。经过国内藻类学、湖泊生态学和环境监测专家认证,同时开展实验室间验证和比对工作,该系统至今运行稳定、可操作性强,其检测能力很大程度解决了当前藻类检测高度依赖人工、检测时限较长的问题;可以实现样本信息化和存档,具有开创性和先进性;系统具有快速准确、检出限低、测量范围广、重复性好等优点,与传统显微镜镜检法相比,在统计学上无显著性差异,特别适用于湖库蓝藻监测。通过该系统建立太湖流域藻类大数据中心,探索建立全国藻类大数据中心,以便更好地提升工作效率,满足当前管理部门对蓝藻应急预警监测高频次、高标准的需求。

据了解,下一步,无锡环境监测中心在太湖流域的望虞河西岸区域,综合应用人工监测、无人机监测、遥感监测以及水质微型站实时获取水质数据,定期对区域河道生态修复后

的水生态系统的完整性进行评分,对比月间或者季间的变化,确定水生态完整性演变方向。在此基础上,将水生态完整性动态评估技术方法整合进入本地物联网业务运行平台,开展业务运行示范,实现河流水生态修复与实时诊断和水生态完整性动态评估,进一步完善“指标监控—动态评估—生态修复联动”的一体化的技术体系,同时,加大力度持续推进,从水质监测拓展到水生态监测。太湖流域选择污染得到控制,水质逐步好转的区域,筛选区域敏感水生生物指标,稳步推进水生态监测,把握水生态系统的演变趋势并总结凝练,将相关技术逐步推广到太湖流域其他典型小流域。

在传统人工监测的基础上,无锡环境监测中心将加大新技术手段的推广应用,如微型站、无人机、高分遥感技术等,推动生物或生态指标定量监测从状态把握逐渐发展到动态监测;同时,以加强应用为导向,综合生态环境、水质、生物指标,开展水生态完整性动态评估,指导流域污染控制和生态修复工作的推进,为区域生态文明建设提供决策支持。

朱冰川 石俊哲

### 构建了基于藻类、大型水生植被密度等指标的高光谱反演技术和河道水生态生物种类的航空遥感监测技术,形成了基于无线传输的河道水生态实时诊断技术体系

2017年底,无锡环境监测中心建设完成一套以蓝藻水华遥感监测为重点,同时兼顾城市河流水质、生态

环境监测的遥感监测系统。构建太湖流域“碧空慧眼”,充分发挥好遥感监测手段,推动太湖及其周边河流水

生态环境质量持续改善。多源数据监控藻情助力安全度夏。水华遥感是太湖安全度夏的重



无锡环境监测中心参加中摩合作蓝藻水华高级别研讨会



遥感接收系统



无锡环境监测中心工作人员提取水样