

为水生生态环境监测安上“鹰眼”

■本报记者 韩天琪

一个5升的采水器在两边都是悬崖的澜沧江边上上下下水，一百米的高度要拉五六次。这是吃力且低效的方式，但却是中国科学院水生生物研究所副研究员虞功亮团队在监测水质取样时经常遇到的场景。

“能不能有一种简单的采样方式，可以快速高效低成本地监测水环境和水生生态数据？”正是出于这种需求，虞功亮联合中国科学院空天信息研究院(筹)高级工程师明星基于高光谱成像技术研发了非接触式水体要素多参数监测设备。经过不断迭代和性能优化，该设备在水质监测、黑臭水体巡检、污染源排查、湿地生物多样性监控等方面得到广泛应用，助力智慧水务建设和河湖长制智慧增效。

监测设备搭上无人机

国内水生生态环境监测长期缺乏高效的数据采集设备，同步多参数采集设备和科研级别的数据采集设备长期依赖进口，自主研发能力薄弱。而这些进口的高级水质监测设备也多采用吸收光谱和荧光光谱技术的接触式点测量模式，在应用中需要人工到达现场才能使用。面对繁重的监测需求，仍然存在测定数据有限、设备维护频繁且费用高昂等诸多不足。

遥感反射率光谱成像技术被应用于卫星遥感监测水质和水环境，一直是研究热点，“实际上这项技术在国内已经比较成熟，但运用在手持设备和无人机上尚属首次。”据虞功亮介绍，在与明星团队合作之初，他们的设想是研发一套弥补采样不便、填补实时监测时空空档、实现数据同步的监测仪器。由于光谱成像技术是比较成熟的技术，“我和明星都认为这个设备研发是一个‘1+1=2’的事情”。

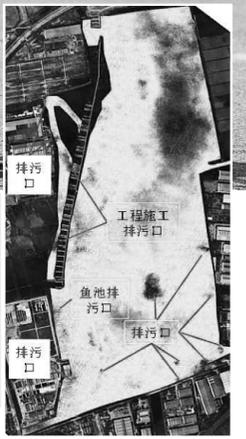
但在研发过程中，还是遇到了一些技术难点，比如如何为设备“瘦身”。

高光谱成像仪最早用来做军事侦察，民用领域中在卫星上的搭载使用比较多，可以对地面进行环境遥感的大范围监测。“以前的仪器可能达上百公斤，小的也要几十公斤，我们现在已经做出一公斤左右轻小型的仪器，这样就可以搭载小型无人机等。”明星告诉《中国科学报》，产品采用先进的光栅分光系统和轻量化设计，嵌入多模型的计算电路和可视化界面，可与无人机、无人船等平台无缝融合。搭载了小型无人机的高光谱成像仪能够更精细地采集地面场景，获取河道、湖泊等水体的精细数据，通过后续模型计算，从而获取指标。

无人机高光谱数据采集方便灵活，可以随时飞出去，实时获取数据。“比



▲水环境高光谱无人机检测设备
▶湖北省武汉市青山区北湖污染源排查 虞功亮供图



如，卫星遥感因飞行轨道限制，获取数据有局限性，同一个水域只有当卫星过境时才会有数据，没有过境的时间就会数据空白。另外，天气条件不利时也会较难获得高质量数据。”虞功亮说，该无人机高光谱数据采集系统刚好可以弥补这样的时空空档，对增大数据量非常有用。

针对水生生态环境监测，团队重新梳理了指标需求，更面向实际应用。“真正要做仪器研发时，有光学、电子学、数据光谱等指标要求。在机载条件下，还有一个不容忽视的飞行过程中的震动问题，为了争取好的质量，我们还要做稳向云台，保证获取图像不扭曲、不产生其他扰动，保证后续高质量的数据应用。”明星说道。

经过8年潜心研发之后，该系统在2018年获得了中国科学院院级科研仪器设备研制项目的支持，虞功亮团队和明星团队研制出了具有自主知识产权的“水体要素多参数监测核心设备”，通过多平台融合搭建，形成“水生水质监测无人机系统”“黑臭水体巡查专业无人机系统”“手持式/岸基定点式水质监测系统”等系列专用产品。

在后期数据分析上，虞功亮团队在掌握高光谱成像技术的基础上，自主研发了“开放式多模型融合算法”，实现了水体叶绿素a、藻蓝素、悬浮物、总氮、总

磷、透明度、COD、氨氮、溶解有机物、植被覆盖度、污染源、黑臭水体等水质水生态多参数的同步提取和高精度测量。

“鹰眼”发现隐形排污口

据虞功亮介绍，相比于之前应用于水生生态环境监测的设备，该套设备具有测量面广、多参数同步测量、数据影像合一、非接触式监测、数据结果可视化等优点。

“在传统的水生态监测过程中，最常使用的方法是布点监测。”虞功亮说，这种布点监测往往以点代面，数据的代表性和说服力都不强。但该技术设备在监测过程中可以得到一个面的数据。

除此之外，海量数据的迅速处理也是其一大优势。随着今后软件系统的不断完善，这种优势会更加明显。此外，还可以利用其灵活、便利性较强的优势，与自动监测站形成监测的“点面结合”。

2017年，一家从事水污染治理的上市公司采用该设备在福建省泉州市的一个3公里河段上进行前期水质监测调查，这套设备发挥了意想不到的作用。

在数据处理中，虞功亮按照规定的技术流程，完成了水质结果的可视化制图，用彩虹色标注水体各种水质浓度，颜色越深红的地方表示污染越严重。这

次监测结果发现，污染严重的点是断断续续的。“刚拿到还原数据时，我怀疑是不是我们的数据处理结果出现了问题。”但据飞行现场的同事说，数据图上颜色深的点正是排污口。

这个发现一下提醒了虞功亮，可以用这套设备排查出隐形的排污口。

“以前的排污口监测都是用影像或现场检查的方式，拿一个探头去测，测完以后再做标记。”虞功亮说，这种方式很难查出夜间偷排和隐藏的排污口。现在可以利用该套高光谱成像设备和技术做排污口的排查，对于隐藏在水下和草丛中的排污口也能识别。采用可视化深度揭示污染物和黑臭水体空间分布与污染程度等信息，为环保执法提供直接证据。尤其是在河流的污染巡查和水质检测方面，具有快速、方便、能够判断污染程度的优点。

“这应该成为一种新的技术监测方法和环保执法的新手段。”虞功亮说。

目前，武汉市洪山区巡司河南湖连通渠和武汉市青山区北湖已经利用该设备监测出了隐形排污口，并先后在长江、黄河、淮河、海河、澜沧江、珠江、闽江等流域中的一些湖泊河流以及城市水体中得到广泛测试和应用。

把监测仪做到手机上

据产品用户、湖北工业大学教授李健评价，这套设备的使用效果不错。“设备对同一时间同一区域水污染浓度之间的变化和时间维度上的变化都比较敏感。”

“总体还是很实用的，建议进一步提升产品的续航能力和在自动巡航方面的操作简便性。”李健建议，该设备未来还要加强系统开发，最好能够结合湖长制、河长制和水环境管理的软件，做一个环境监测的动态响应系统。

虞功亮表示，根据用户的反馈情况，产品目前还在进一步优化迭代当中。他计划将该产品的应用场景不断延伸。“不仅用于排污，也可以应用于林业、农业病虫害防治等。我们的无人机飞过去，一个区域内的病虫害分布情况、土壤等情况都可以了如指掌，可以向生态环境其他领域提供各种各样的监测数据。”

虞功亮的最终目标，是把该监测设备安装到我们的普通手机上。

“如果可以在普通手机上加一个高光谱的摄像头，这个产品的应用范围将得到更大拓展。”未来，也许我们在购买水果时，用手机自带的高光谱摄像头扫描一下水果，就可以用即时数据分析出水果好不好吃。虞功亮表示，随着技术的不断升级和产品的不断迭代，该项技术会应用于更多的生态环境和经济社会场景中。

境界

新的研究发现，到21世纪末，由于气候变化，俄罗斯亚洲领土的大部分地区可能会变得适宜居住。

来自俄罗斯克拉斯诺雅茨克联邦研究中心和美国国家航空航天研究所的一个研究小组，利用当前和预测的气候情景来研究俄罗斯亚洲领土的气候舒适性，并计算出整个21世纪人类在西伯利亚定居的潜力。他们在《环境研究快报》上发表了这一研究结果。

面积为1300万平方公里的俄罗斯亚洲领土——乌拉尔群岛以东朝向太平洋——占俄罗斯国土面积的77%。然而，该区域人口仅占俄罗斯全国人口的27%，且主要集中在南方的森林草原地区，那里气候舒适，土壤肥沃。

历史上的人类迁徙与气候变化有关。“随着文明发展出能够帮助他们适应环境的技术，人类对环境的依赖性降低了，特别是在气候方面。”该研究的主要作者、克拉斯诺雅茨克联邦研究中心的Elena Parfenova博士说，“我们想了解未来气候变化是否会导致俄罗斯亚洲领土不太宜居的地区变得更适合人类居住。”

为了进行分析，研究小组使用了20种通用循环模型和两种代表性二氧化碳浓度路径(RCP)方案——RCP2.6代表温和的气候变化，RCP8.5代表更极端的变化。

他们将俄罗斯亚洲领土在1月和7月的气温以及年降水量结合进行考虑，以发现它们对三个气候指数的影响：景观潜力、冬季严寒性和永久冻土覆盖率。这三个气候指数对人类生计和福祉来说十分重要。

Elena Parfenova说：“我们发现，冬季中期气温上升3.4℃(RCP 2.6)至9.1℃(RCP 8.5)；夏季中期气温上升1.9℃(RCP 2.6)至5.7℃(RCP 8.5)；降水量增加60 mm (RCP 2.6)至140 mm (RCP 8.5)。我们的模拟结果表明，在RCP8.5情况下，到21世纪80年代，俄罗斯亚洲领土的气候温和，永久冻土覆盖率较低，该地区的永久冻土覆盖率将从现在的65%降至40%。”

研究人员还发现，即使在

气候变化会让西伯利亚更宜居吗

RCP 2.6 情况下，人类的可持续发展性也将在该地区超过15%的区域得到改善，这将使该地区维持及吸引人口的能力增加5倍。

Elena Parfenova 总结道：“俄罗斯亚洲领土目前还非常寒冷。在未来气候变暖的情况下，粮食安全在作物分配和生产能力方面可能会变得更有利于人们定居。然而，适当的土地开发取决于当局的社会、政治和经济政策。基础设施发达、农业发展潜力大的土地，显然要优先安置。西伯利亚和远东的大片地区基础设施发展缓慢。这些地区发展的速度取决于对基础设施和农业的投资，而这反过来又取决于政府如何决策。”

(吕小羽编译)
相关论文信息：
DOI: 10.1088/1748-9326/ab10a8



位于俄罗斯西伯利亚东部安加拉河上伊尔库茨克市的岛屿。

图片来源：sciencedaily

动态

围填海和沿海养殖扩张是湿地退化主因

本报讯 “围填海和沿海养殖扩张是湿地退化的主要原因。”经过连续多年对滨海湿地展开地质调查，自然资源部中国地质调查局得出如是结论。在近日公布的调查与治理结果中，中国地调局还对湿地不同地质单元提出了保护与修复治理的对策建议。

滨海湿地是陆地生态系统和海洋生态系统的交错过渡地带，具有重要的生态功能。在我国约1.8万公里的大陆海岸线上，分布着河口、三角洲、滩涂、盐沼、红树林、珊瑚礁、浅海水域等诸多样态的滨海湿地。近年来，中国地调局协同下属单位在我国辽河三角洲湿地、黄河三角洲湿地、盐城滨海湿地等北方典型滨海湿地开展了一系列调查研究与保护修复探索。

中国地调局青岛海洋地质研究所构建了滨海湿地水—土—气—生—多圈层生态要素探测技术体系，自主研发了温室气体测量、土壤固碳探测等技术设备；建成滨海湿地野外生态地质观测基地，掌握了滨海湿地生态地质环境对气候变化、海平面上升、人类活动的响应

机制；建立了滨海湿地生态系统固碳效率评价技术方法体系，证实了滨海湿地巨大的储碳空间和固碳能力；首次编制了全国8个国际重要滨海湿地生境演化序列图，基本掌握了湿地退化现状，对湿地不同地质单元提出了保护修复治理的对策建议。

在此基础上，中国地调局滨海湿地生物地质重点实验室建立了适用于不同滨海湿地的关键修复技术方法。实验室在辽宁盘锦开展芦苇和翅碱蓬湿地修复示范，通过水文调节、微地貌改造，成功恢复水文联通性，湿地水域面积增加，提高了湿地植被产量，改善了湿地生态功能；在黄河三角洲湿地提出构建黄河与湿地动态连通机制，当地通过修建引水沟渠，适时调整水沙补给量，形成明水面—季节性积水—高地多级水分梯度带，湿地生物多样性显著增加；建成全球芦苇同质园，从全球范围内选取91个芦苇基因种，优选出4个耐盐性高、生物量大、抗病能力强、适应我国北方地质条件的基因种，作为湿地修复优选品种推广使用。(冯丽妃)



滨海湿地野外现场采集资料

自然资源部地质调查局供图

视点

推进垃圾分类要保持历史耐心

■常纪文

垃圾分类看起来像一件日常生活中的“小事”，但它是经济社会发展到一定阶段的产物，是保护生态环境、节约自然资源、改善生活环境的需要，是增强绿色发展和可持续发展能力的需要，是社会主义自我提升的需要，因而对一个国家和民族来说是一件大事。垃圾分类是现代生态文明建设的行为共识，是中国生态文明建设史的必然产物。因此，必须以高度重视。

各国垃圾分类的启动与实施，须放在经济社会发展的大潮中统筹考虑。因为缺乏意识基础，垃圾分类开始太早了不行；因为环境污染的危害和自然资源的短缺，垃圾分类开始太晚了也不行，所以各国必须结合自身发展阶段，寻找最佳的垃圾分类启动时间窗口，妥善制定垃圾分类战略推行的阶段性目标。

纵观欧美发达国家垃圾分类的历史，垃圾分类的全面推进及其法制化都是在工业化的关键阶段即经济和社会转型期全面启动并发展的。如日本从1975年静冈县沼津市开始垃圾分类，仅将垃圾分类为可燃烧与不可燃烧两类，后逐渐在全国普及和深化。经过40多年的发展，日本目前的垃圾分类已经做得很好了。德国尽管早在1904年就实施了粗放化的城市垃圾分类收集制度，但因为废物总量太多，到了20世纪80年代中期，垃圾填埋场全面告急，联邦政府于1991年发布了包装条例，随后工业界建立了促进垃圾分类工作细致化的垃圾回收和再加工系统。

在工业化的关键时期即转型

期，有了前期的生态环境宣传教育，特别是环境污染教训，社会公众接受垃圾分类的规则相对容易一些；有了工业化前中期积累的科技和经济成果，各方面配合政府推行垃圾分类有了经济、技术和管理基础。关键是，在这一时期推进垃圾分类，有助于补齐自然资源的短板，有利于通过全程减量减少垃圾的产出，减少环境负担，得到各方面的支持。这一历史规律不能违背。

我国垃圾分类的决策部署，与发达国家普遍开展垃圾分类的时间窗口是基本一致的，须放在生态文明建设的大潮中统筹考虑。2017年3月18日，国务院办公厅转发国家发展改革委、住房和城乡建设部《生活垃圾分类制度实施方案》，决定在46个重点城市开展垃圾分类的先行先试，到2020年底基本建立垃圾分类相关法律法规和标准体系，形成可复制、可推广的生活垃圾分类模式。2018年12月国务院办公厅印发《“无废城市”建设试点工作方案》，指出要加强生活垃圾分类。2019年的政府工作报告要求加强城市生活垃圾分类处理。2019年6月，住房和城乡建设部等9部门在46个重点城市先行先试的基础上，印发《关于在全国地级及以上城市全面开展生活垃圾分类工作的通知》，决定自2019年起在全国地级及以上城市全面启动生活垃圾分类工作，到2025年，全国地级及以上城市基本建成生活垃圾分类处理系统。这意味着，中国的城乡全面开展垃圾分类拉开帷幕。

目前，我国正处于生态文明建设的关键期、攻坚期和窗口期。窗口期是指目前是我国生态文明改革的最佳时机。在这一时期，以习近平同志为核心的党中央对垃圾分类作出统筹部署，设计出阶段性目标和实现目标的路线图，是符合我国生态环境保护规律和经济社会发展规律的。放眼世界，这与发达国家完成工业化转型的时间窗口也是基本一致的。因此，可以得出一个结论，我国从分区试点到全面部署的垃圾分类决策是科学、及时、合理的。

我国垃圾分类的统筹部署，需要把握好时间节点，保持必要的历史耐心。垃圾分类的物质装备容易建设和配备，但因其涉及社会文明观念的转型，涉及人们生活方式的改变，因此是一个慢工细活的系统工程，在推进时既要保持战略定力，也要保持一定的历史耐心。在推进方式上，宜稳中求进，不断深入，不宜“大跃进”地搞劳民伤财的面子工程。从国际上看，垃圾分类从试点到全面顺畅运行，至少需要一到两代人的时间。考虑到我国是后发追赶型国家，发达国家开展环境保护的很多经验和教训可供我国参考和借鉴。在生态文明方面，目前党和国家生态文明制度建设的四梁八柱基本建成，生态文明的监管和司法体系已经完备，生态文明的社会公众格局初步呈现，与生态环境保护相协调的经济社会发展方式正在全面培育。

与此相适应的是，生态文明的成效相当显著，全民的生态文明共

识已基本形成。具体到垃圾分类方面，与发达国家相比，我国全民形成垃圾分类意识、各地健全垃圾分类体系的时间会大大缩短，进程会大大加快。如在发达地区的农村和大城市的郊区，以浙江金华市东山区、湖南省宁乡市为例，在短短的三五年时间内，就在农村建成了基本完备的垃圾分类装备体系、垃圾清扫和管理评价体系、垃圾分类打评价与奖惩体系、垃圾转运和分类处理体系、资金筹集和经济激励体系，乡村生态环境得到明显改善，村容村貌和乡村风尚大为改观。一些大城市，如上海、广州、深圳、北京、宁波等，有的已经制定了垃圾分类的地方条例或者规章，违者处罚。如广州市人大常委会于2017年12月27日通过了《广州市生活垃圾分类管理条例》；上海市人大常委会于2019年1月31日通过了《上海市生活垃圾管理条例》，两者对适用范围、责任主体、分类方法、管理部门职责、源头减量、无害化处置、资源化利用、奖励与处罚等都做了详细的规定。有的准备修改现行的生活垃圾管理地方立法，如北京市准备修订《北京市生活垃圾管理条例》，对不按照规定分类投放垃圾，予以劝阻或者罚款，将已分类垃圾混装运输的，严惩重罚。在生态文明建设新时代，用法制来保障和推进绿色生活方式改革的深化，全力推动城乡垃圾分类，将大大加快我国垃圾城乡环境整治、改善城乡环境质量的进程。

(作者系国务院发展研究中心资源与环境政策研究所副所长)