



科研人员灯诱昆虫作调查研究

采访对象提供

鸟回崇明

极端天气下的一手数据为何如此重要？魏玉龙道出原委：监测气象、水质、碳通量数据以及植被破坏情况，可以研究极端气候事件如何通过影响植物光合作用、呼吸作用、土壤有机碳分解等过程影响生态系统的碳输入和碳输出，进而可以研究极端气候事件对滨海盐沼生态系统碳循环的影响，研究极端天气对全球碳平衡和气候变化的潜在反馈作用。

窥一斑而知全豹，这正是研究站存在的意义之所在。

上海长江河口湿地生态系统国家野外科学观测研究站1998年启动建设，至今已有26年。2012年，研究站入选教育部野外实践基地，2013年入选国家林草局台站，2017年入选复旦大学双一流重点培育项目，2019年入选上海市和教育部野外台站，2021年10月入选国家野外科学观测研究站。

26年来，复旦的科学家们提出“崇明生态岛”理念，为建设“世界级生态岛”起到关键作用，支撑了东滩鸟类国家级自然保护区立项，结束了上海无国家级保护区的历史。研究站还长期为崇明湿地保护提供科技支撑，推动了全球最大的湿地入侵种群治理工程“崇明东滩互花米草生态治理及鸟类栖息地优化工程”的实施，大大提升了迁徙鸟类栖息地质量，实现了“鸟回崇明”。

如今站在东滩岸堤上，眺望长江口，绿草茵茵，风吹草低，飞鸟翔集……这里已经成为世界重要的候鸟栖息地，也是今年7月刚被联合国教科文组织授予的世界自然遗产地。每年冬季，均有上百万只迁徙水鸟在此栖息过境。

研究站站长、复旦大学生命科学院教授李博抚今追昔，十分感慨：“上世纪90年代我们刚到时，这里还是一片荒滩，几乎看不到鸟类，更不用说候鸟了。”现在，崇明东滩记录的鸟类已达300余种，其中国家一级保护动物19种，国家二级保护动物59种，属中日候鸟保护协定的167种，属中澳候鸟保护协定的有51种，列入《中国濒危动物红皮书》的水鸟有12种。

最近，研究站成员、复旦大学教授贺强带领团队在崇明东滩调查时发现，几年前已经成功治理互花米草的滩涂中，本土植被海三棱藨草并没有像生态修复中的经典理论“梦境假说”所预期的那样逐步恢复。为了搞清原因，团队在东滩架起了红外相机。监测很快有了发现：东滩湿地有很多小螃蟹，一到晚上就爬出来觅食，很快把种植的海三棱藨草幼苗啃食一空。

蟹类是许多水鸟的食物，因此水鸟是蟹类的天敌。表面上看，东滩大量的螃蟹有利于候鸟到来。但是这次的观察发现，如果不控制蟹类，海三棱藨草很快就会消失；如果去除水鸟，蟹类会成倍增加，海三棱藨草消失的速度会更快。这么看来，只有把动物管理好，植被才会恢复得更好。

复旦团队的这个发现，打破了传统生态修复中基于“上行效应”的“梦境假说”，即：当人类停止对大自然的破坏并改善环境时，食物链就会按营养级自下而上逐步恢复，进而整个生态系统也会得到恢复。

东滩的实验表明，“下行效应”是生态修复成败的关键影响因素之一。也就是说，通过暂时去除植食动物或重新引入捕食动物，

系统的碳埋藏速率是热带雨林的10—50倍，单位面积的碳储量是陆地森林的数倍到数十倍。因此，保护和恢复滨海湿地“蓝碳”生态系统对于实现《巴黎协定》提出的将全球升温控制在2℃以内的目标至关重要。

但“蓝碳”的监测较为复杂，因为滨海湿地是相对开放的生态系统，既要考虑垂直方向上生态系统与大气间的碳交换，又要考虑水平方向上海洋与湿地生态系统之间的碳交换。也就是说，要采用多种形式来监测不同尺度、不同界面间的碳交换，从而确定“蓝碳”的碳汇量。

垂直方向上，在种群/群落尺度上，复旦团队每年通过收获法获取植物的地上生物量和地下生物量来确定植物的生产力，并且将植物样品带回烘干研磨，测定不同部分的碳含量，同时采集土样，测定土壤的碳含量；在生态系统尺度上，团队建立了涡度通量塔，来连续监测生态系统与大气间的CO₂、CH₄交换。

水平方向上，复旦团队主要通过间接的方法来估算，团队通过搭载激光雷达的无人机，测定植物的高度，通过高度和生物量的函数关系，估算群落尺度/生态系统尺度上的生物量，每年四次飞行，通过生物量的变化，结合植物碳含量的变化，估算被潮汐带走的生物量。

扎根野外

20多年来，一代代复旦人在这里扎根野外，构建了中国首个滨海湿地碳通量观测网络，为上海贯彻落实国家“碳达峰、碳中和”战略，以及崇明构建全国“碳中和先行区”提供长期数据。

为了完成监测和研究，研究站的成员们常驻崇明，往往一待就是两三年。今年上海遭遇超长高温季，这对大家来说又是一次漫长的考验——8月的超高温天气里，早上10时温度显示已经超过42℃，东滩的芦苇深处，密不透风，更是闷热。

来看看他们工作的场景：一处湿地里，当复旦大学滨海湿地“蓝碳”监测与研究团队的成员全飞、魏玉龙、沈桃艳经过连续3小时努力，在地里打出一个深洞时，已是汗湿重衫。但事还没完，他们还要把土壤多参数监测探头安置于洞内。伸手够不着，咋办？只能安排一个人合身扑进洞里，顾不上灰头土脸……芦苇丛中蒸了数小时“桑拿”后，他们又出现在旷野中的碳通量观测塔上，顶着烈日下暴晒继续工作；另一处湿地上，团队成员、复旦博士后罗茜和刘铭龙小心地走在木栈桥上，一个安装气体采样装置，一个监测湿地土壤甲烷和二氧化碳排放，汗水和泥水浸透了他们的衣衫……全飞说，为了尽量避开炎热的高温天，团队伙伴常常只能昼夜夜出。

一天的工作结束后，队员们拖着疲惫的身躯回到镇上的宿舍。这里远离都市繁华，生活简单而枯燥，但大多数研究人员都一待就是三年。不论寒暑，他们每天穿行在东滩密密的芦苇丛中。夏天热得快中暑，冬天寒风凛冽，冻到了骨头里。

沈桃艳是位女老师，但在野外工作，很难有性别之分。她既要在炎热的夏日安装监测仪器，也要在寒冷的冬日定期维护海上的浮标和通量塔。“夏天穿越茂密的芦苇荡，不但酷热，还要忍受各种蚊虫叮咬之苦，冬天顶着刺骨寒风在滩涂上行走，还要在寒冷的河水中清洗底栖动物，对每个人来说都是磨炼。”尤其是大采样工作，在经历了现场采样的艰辛后，还要静下心来，用细致和耐心完成样品分类和处理。

最近的这次台风天，沈桃艳还遇到了意想不到的麻烦：一次监测过程中，由于自主偏移，无人机在降落时发生了事故，推测可能是台风带来的电流影响。“这次经历提醒我们，在选择无人机飞行时需要更加关注天气变化。”

尽管野外作业十分艰苦，沈桃艳依然很乐观：“在大自然的怀抱中能找到乐趣啊！春天和秋天的微风，夏天的夕阳，冬天的鸟儿，都是我们工作中的惊喜。”

这批年轻的团队成员，就是这样多年如一日地监测、呵护着长江口的这片湿地。他们通过努力获得的数据和研究成果不仅对长江三角洲的社会经济发展极为重要，也让人类可以随时掌握整个长江流域的健康状况。

东滩守站26年

本报记者 张炯强



采访对象提供

9月17日，中秋节。强台风“贝碧嘉”正面袭击上海的第二天。

天刚亮，复旦大学生命科学院两位年轻老师魏玉龙和沈桃艳已经出现在崇明东滩湿地修复区的一片旷野中。台风虽已过境，但海风依旧强劲，四野水汽蒸腾，湿热难当。

两人登上一艘小船，目的地是湿地中的一处“小岛”。这里安装着通量塔、水质仪……台风过后，魏玉龙和沈桃艳急着查看这些监测设备是否完好，同时赶在极端天气后第一时间记录下所有的监测数据。阳光直射下，两人很快大汗淋漓。

“这个时候记下的数据是个宝啊！”魏玉龙和沈桃艳隶属于复旦大学的科研团队——“上海长江河口湿地生态系统国家野外科学观测研究站”。刚刚过去的这个中秋假期，他们一直与东滩的芦苇湿地相伴，直到夜深时分，回到宿舍，他们才有空闲拿出手机通过视频电话问候家人。

今年7月26日，崇明东滩候鸟栖息地成功申遗，成为上海首个世界遗产之地。这背后，有着这群人的默默奉献。



本报记者 陶磊 摄

可以大幅提升植被修复成效。这一研究成果发表于《科学》《自然-通讯》，为破解生态修复成效不一的难题提供了新思路。

“蓝碳”密码

研究站过去的主要工作是生态修复，现在的重点工作则是打造崇明东滩“蓝碳”生态圈。

何谓“蓝碳”？根据我国“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”的重大战略决策部署，上海也明确要积极落实“双碳”目标任务。作为拥有近2500万人口的超大城市，上海要达到二氧化碳排放的国家目标，时间紧、困难多，是一场硬仗。众所周知，陆地上的绿色植物能够吸收二氧化碳，即所谓的“绿碳”。上海陆域面积有限，绿地林地发展规模已近极限，碳汇能力提升空间很小，

但作为滨海城市，上海拥有全国最大的盐沼湿地，是巨大的碳存储和封存大气二氧化碳的高效引擎，故而被称作“蓝碳”生态系统。上海要想实现“双碳”目标，必须大大提升滨海湿地碳汇能力。

“蓝碳”实现的前提是健康的自然湿地。崇明东滩地处长江入海口，拥有得天独厚的条件。那么，及时准确拿到监测数据，有何意义呢？据李博介绍，滨海湿地生态系统内部的浮游植物、钙质生物、大型藻类、海草、草本植物和红树林等通过碳酸钙化作用和光合作用，将大气和水体中的二氧化碳转化为有机物质。这一过程不仅对全球碳循环具有重要意义，也为减缓气候变化提供了潜在的自然解决方案。

据统计，“蓝碳”系统年吸收的二氧化碳约为0.2 Pg C，占人类活动排放量的5%~10%。其中，红树林和盐沼等“蓝碳”生态系