

# 昆虫雷达,千里虫踪尽收眼底

浙江地处我国南北稻区交汇地带,也是长江流域乃至华东地区害虫预警的关键节点。如今依托智能监测预警平台,这里正打造全国性样本工程,从根本上扭转千百年来“虫过成灾”的被动局面,将粮食安全的防线推向更前方,为全球尺度的粮食安全生产与生物安全治理献上“中国方案”。

■ 本报记者 来逸晨

数百米高空,一场规模浩大、却悄无声息的生物迁徙正在激烈上演。主角不是候鸟,而是数以亿计、体长仅数毫米的迁飞性害虫。它们乘着气流,跨省越境,瞬息便能令万亩良田遭殃,威胁大国根基。

秋收正在进行中,夜幕之下,杭州萧山义桥镇的百亩稻田边,一台高3.5米的雷达静静伫立,向深邃的夜空发射着电磁波,精准捕捉着肉眼看不见的威胁——稻飞虱、稻纵卷叶螟、草地贪夜蛾……这些微小的“空中刺客”,在雷达后端的监测屏上化为一个个色彩斑斓、轨迹清晰的光点。它,便是目前全球最先进的昆虫雷达之一。

最新一季农耕,省农业农村厅联合湘湖实验室,让五个“钢铁蘑菇”在浙江的萧山、东阳、象山、龙游、莲都拔地而起。在农作物害虫迁飞的重要关隘上,这种新型黑科技就像“千里眼”和“顺风耳”,从根本上扭转千百年来“虫过成灾”的被动局面,将粮食安全的防线推向更前方。

## 寂静的威胁

雷达这般庞然大物,竟能用于监测小飞虫?许多人都有这个疑问。

为了测试它的精度,湘湖实验室生物互作研究院执行院长吕亚斌透露,该院重大迁飞性害虫监测预警团队曾做过几次极为精巧的实验——

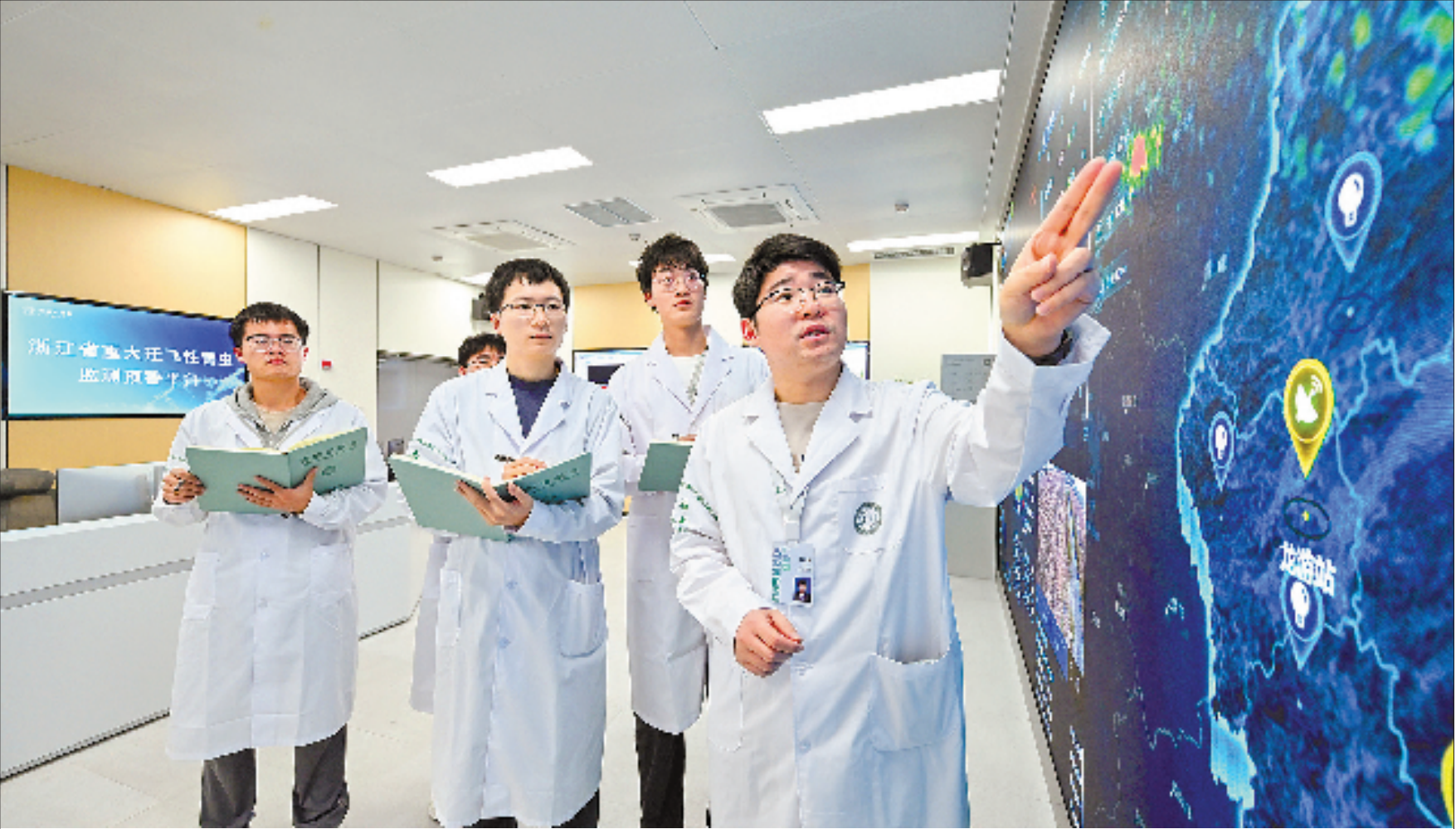
用两台无人机牵着一根细线,线上系着一只体长仅5毫米的活虫,飞上数百米高空,协同操控,模拟昆虫“起舞”。结果,这台大伙伙居然将每只小虫的体型大小和花式“舞步”都精准捕捉并复刻。

“不愧是国之‘顶配’!”团队见证者们纷纷竖起大拇指。于是,这台“顶配”雷达便在今年四月正式启用,伫立田边,见证了一整季晚稻的成长。

事实上,这种对未知威胁的洞察,源于一次认知上的飞跃。早在上世纪四五十年代,各国气象和军事雷达的屏幕上就常出现一种无法解释的“生物回波”,它是那么神秘缥缈,以至于工程师们浪漫地称之为“天使”。但当面纱终被揭开,人们才惊觉,这竟是一场“血色浪漫”——原来,这种回波来自高空迁飞的大群昆虫,它们当中的绝大多数,实则是田间地头的“恶魔”。

农业农村部全国农业技术推广服务中心出具了一组触目惊心的数据:2023年更新并公布的最新版《一类农作物病虫害名录》共计囊括11种(类)害虫,其中有8种(类)都具备远距离迁飞的能力。哪怕在病虫害总体防控情势较好的2021年至2024年间,它们年均到访的粮田也达12.5亿亩次,占全国玉米、水稻、小麦三大主粮作物病虫害总发生面积的四成,能够造成的潜在粮食损失达2943万吨。

迁飞性害虫为什么难防难治?“如果将它比作一场空袭,在不知道敌机从何而来、来了多少的情况下,炸弹落下的那一刻,一切为时已晚。”农业农村部全国农业技术推广服务中心病虫害测报处处长



重大迁飞性害虫监测预警团队成员们正根据后台昆虫雷达数据讨论虫情。

拍友 郭亦如 摄

长曾娟用形象的比喻,向记者道出了传统防控体系的滞后与无奈。通常情况下,仅依赖于人工田间调查、灯光诱捕等传统手段,发现危害时,虫群往往早已落地并完成大量繁殖,防控的最佳窗口期已然错过。破解“虫口夺粮”的困局,亟需一种能洞穿天空、预见危机的战略性科技利器。

回溯中国昆虫雷达的诞生与进化,可谓一段跨越学科壁垒、融合顶尖智慧的佳话。其起点源于北京的一条街。

中国工程院院士、农业害虫防控专家吴孔明,和中国工程院院士、雷达与信息处理技术专家毛二可,两人办公室仅相隔了一条中关村南大街。十年前,吴孔明专程拜访已年过八旬的毛二可,提出了一次跨界携手的愿景:结合中国农业科学院在农业害虫防控领域的学术实力,与北京理工大学在雷达技术上的深厚积淀,共同为夯实大国根基打造“神器”——国产高精度昆虫雷达。

这也是全世界第一次有人为探测农业害虫而专门定制雷达。“虫子很小、很多,飞起来又灵活,所以过去它们在其他用途的雷达回波图里才充满神秘感。”毛二可院士团队的胡程教授告诉记者,锻造一台真正的昆虫雷达,最核心的挑战就是“无上限地提高探测精度”,既要“五感灵敏”,又要在高频多通道中保持极致稳定。他们很快找准了方向,在原理创新、材料工艺和信号处理等多个关键维度上逐一突破,锻造出大口径、高分辨、全极化昆虫雷达。

这也是全世界第一次有人为探测农业害虫而专门定制雷达。“虫子很小、很多,飞起来又灵活,所以过去它们在其他用途的雷达回波图里才充满神秘感。”毛二可院士团队的胡程教授告诉记者,锻造一台真正的昆虫雷达,最核心的挑战就是“无上限地提高探测精度”,既要“五感灵敏”,又要在高频多通道中保持极致稳定。他们很快找准了方向,在原理创新、材料工艺和信号处理等多个关键维度上逐一突破,锻造出大口径、高分辨、全极化昆虫雷达。

从2018年下线的这台样机,到如今落地萧山的这台时下“顶配”,昆虫雷达已在实验室和试验场经历了数轮完善和迭代。现在,它能对单独的目标进行22维电磁散射特征测量,“火眼金睛”之下,连质量仅为毫克级的稻飞虱也无所遁形。

## 为大国重器铸“灵魂”

“秋粮进入丰收季节,雷达信息显示,十月以来,龙游、莲都、萧山的三部雷达都出现了几次稻飞虱的虫峰。你看,傍晚六点以后是它们的活跃期。”在湘湖实验室生物互作研究院的重大迁飞性害虫监测预警中心,智慧大屏铺满一整面墙,博士后刘大众向记者展示了一个由人工智能驱动的农业害虫迁飞大数据平台。

如果说硬件是躯干,软件则是灵魂,犹如双翼,缺一不可。昆虫雷达的另一“翼”,由吴孔明院士组建技术团队接手,他们要为“大国重器”打造一颗“智慧大脑”。刘大众正是成员之一,也是信息化方向的攻坚组长。

屏幕上,一个以离地高度和具体时刻为坐标轴的动态图格外显眼。红、橙、黄、绿、青、蓝,紫各色光点不断闪烁、移动,构成了一幅生动的“虫情动态图”。而不同颜色,则是用来直观指示虫量梯度:偏蓝紫色表示不超过30头,偏绿色代表有30到60头,黄色则增至80头左右,橙色表示有约100头……颜色越红,虫量越高,威胁越大。在这幅会变色的主图之外,还有精确到飞行方向、飞行速度的一系列辅图,甚至连迁飞虫子的振翅频率、体长、体宽、体重,也被一一呈现出来。

当然,这个平台的价值远不止于实时“直播”虫情,它更强大的能力在于“预测”和“追溯”。

为充分运用昆虫雷达提供的各类数据,更精准地判断虫群从何而来,将去向何方,刘大众小组在大数据平台上构建起“农业害虫迁飞轨迹预测模型”,并调取历史病虫害发生情况和对应气象数据进行模型训练。

通过一台单点昆虫雷达的天线朝向,结合风向等实时气流参数,该模型就能基本推测出虫群的来向和去向。当多

点位、多台昆虫雷达的数据在后台“手拉手”协同配合,加上更宏观范围内的气象数据,揪出虫源地、预判降落区,实现防控力量的精准前置部署就成为可能。

“20至30摄氏度,是适合大部分农业害虫繁衍和生存的温度。”刘大众揭秘,“今年夏秋以来,雷达监测预警平台共捕捉到稻飞虱两次明显迁飞高峰,与往年相比,今年迁入总种群数量明显偏低。”

另一个创意性的灵感,正将模型对害虫迁飞路径的溯源和预判范围进一步扩大,精度进一步提升。

Crassula、Acacia、Aesculus……智慧大屏角落,一连串英文单词搭配着显微镜拍摄的微观照片,引起了记者注意。它们每一个都代表着一种植物。

“大多数的昆虫都会在迁飞途中采食植物的花粉,它会成为昆虫体表附着的特定区域生物信息。我们从虫群中捕获个体,探知并鉴定,就能像侦探一样,反向推断出虫群最初的来源地、一路上的途经地。”刘大众揭秘。

目前,团队正将国内外多个相关数据库和文献资料库进行整合,建立起一个针对害虫溯源的花粉数据库。花粉作为一种全球通用的“自然地理标记”,让害虫的跨国迁飞路线也逐渐透明。

## 从浙江到世界

在浙江,每一台昆虫雷达的所在之处,都落成了一座迁飞性害虫智慧监测站。

这里的昆虫雷达不是“孤军奋战”,在它周围,还有几台虫情灯,负责在虫群所过之处,采取灯光诱杀、性信息素或食物诱捕等手段,探测近地面虫情并采样;同时,温湿度仪、风向风速仪、气压计、降水测量仪等众多设备组成小型智慧气象站,捕捉实时天气数据。

目前,五处站点已有三处投用并网,其

余两处也将在年内正式启用。它们将从“东、南、西、北”各个方向“合龙”,构建起一套覆盖全省的“空天地一体化虫情监测网”。

“过去的害虫防治更像‘救火’,哪里发现灾情扑向哪里;有了这张网以后,防患更像是‘防汛’,我们能够提前看到‘上游的洪峰’,并在它到来前加固‘堤坝’。”浙江省植检检疫与农药管理总站站长陆剑飞表示,目前,昆虫雷达的监测预警信息已经开始辅助有关管理部门进行植保调度和决策,站里也正多方筹措将其并入浙江的“植保服务在线”平台,让一线种植户能尽快收到来自昆虫雷达的一手病虫害情报推送。

绿色、高效,是这场从“被动应对”到“主动预警”的战略转型带来的直接效益。传统农业害虫防控依赖化学农药,不仅滞后,更带来环境污染、农药残留和害虫抗药性增强等一系列问题。如今,基于雷达的精准预警,种粮主体和管理部门可以在重点区域提前部署绿色防控手段,最大限度地减少农药使用,推动农业生产向环境友好、产品安全的可持续发展模式转变。

草地贪夜蛾能跨越泰国、越南、缅甸、老挝、柬埔寨、马来西亚等多国组成的中南半岛,入侵我国西南,并扩散至全国;东南亚的稻飞虱、稻纵卷叶螟等每年春季都会乘着西南季风,来到中国华南地区“串门”,成为华南乃至江南稻区的初始虫源。害虫迁飞,从来不分国界。

浙江位于东亚昆虫迁飞场的核心过渡区,不仅是监测中国南北方害虫往返迁飞的关键通道,

更是害虫往朝鲜半岛、日本跨境迁飞的中枢枢纽。最新一代昆虫雷达率先在浙江展开布局,放眼的其实是全国乃至整个东南亚地区的粮食安全。

目前,全国已有43部雷达用来监测迁飞性害虫,并且在全国农业技术推广服务中心和中国农业科学院植物保护研究所的共同倡导下,全部接入了“全国昆虫雷达联网信息系统”,并实现了在线运行管理,预计年底将扩展至50部。这也意味着,一张覆盖全国多条农业害虫主要迁飞通道的“天网”正在迅速织就。

“放眼全球,中国已成为全世界布设昆虫雷达最多的国家,我们会积极推动‘跨国昆虫雷达网络’的建设,倡导与各国共享数据、互通有无。”农业农村部全国农业推广服务中心病虫害测报处处长曾娟表示。

站在这台“大国重器”前,记者仿佛能感受到一股强大的科技力量,将粮食安全的防线从田间地头推向数百米的高空,从一省一域扩展至全国乃至全球。的确,它不仅是“浙”里粮仓的守护者,更作为全国性样板工程,将为全球尺度的粮食安全生产与生物安全治理献上“中国方案”。

### 院士点评

## “虫口夺粮”不在话下

如何对迁飞性害虫进行精准监测与科学预警,是全球农业生产与生态安全领域共同面临的重大科技难题。目前迁飞性害虫的监测预警主要依赖人工调查和局地灯诱的方式,难以及时掌握区域性迁飞动态和种群演变趋势。浙江地处我国南北稻区交汇、海陆气流交互频繁的关键地带,是多种迁飞性害虫的重要迁入通道,也是长江流域乃至华东地区害虫监测预警的核心节点,在全国迁飞性害虫监测网络中发挥着承上启下的枢纽作用。

湘湖实验室此番在浙江围绕昆虫雷达打造智能监测预警平台,是在全国范围内,第一次为迁飞性害虫,如此精心、细致、前沿地锤炼一套“空—天—地”一体化技术平台。该平台的建设不仅能显著提升浙江及华东地区重大迁飞性害虫的早期监测和预警能力,也为国家层面建立迁飞性害虫监测预警网络,构建国家农业生物安全防线提供了技术支撑。

未来,应以浙江为核心示范样板区,逐步形成覆盖全国的高时空分辨率监测网络。这一平台的规划与实施,将对我国乃至世界粮食安全、生态安全以及智慧农业体系的建设发挥长远而深刻的战略引领作用。

(中国工程院院士 吴孔明)



老一代农技人员的在田间调查。传统老三宝:一盏灯,一根杆,一个盆

1

早期阶段,依赖全省建立的四级测报网络和人工田间调查,效率低且预警滞后。

2

随着测报灯和性信息素诱捕器的兴起及规模化发展,害虫监测实现了从“人找虫”到“虫自来”的转变,奠定了自动化监测基础。



老式虫情测报灯

3

农业数字化的发展下,浙江率先构建“空—天—地”一体化监测体系。



智慧虫情灯

4

当前,浙江正深度融合数字技术打造智慧植保新模式,通过省级智慧植保平台,整合多源监测数据,结合AI算法实现虫情自动识别和智能预警。



能帮助农民识别害虫的AR眼镜

伫立田边的昆虫雷达。受访者供图