



南方医科大学公共卫生学院教授

陈晓光：“黑箱”提升户外蚊虫诱捕效率

媒介控制是疟疾防治的主要手段。目前，疟疾媒介控制主要依赖于使用长效杀虫剂处理蚊帐(LLIN)和室内滞留喷洒(IRS)应对在室内吸血和停留的媒介蚊虫。

“很久以来，这一策略对于控制疟疾媒介、减少疟疾的发病率和死亡率有显著效果。但物竞天择，长期、大量、广泛地使用杀虫剂，迫使疟疾媒介产生了抗药性，也逼迫蚊虫改变其室内吸血、室内栖息等生态习性来规避接触杀虫剂的风险。”南方医科大学教授陈晓光表示。

由此，如何控制户外媒介蚊虫是疟疾防控亟须解决的科学和技术问题，但目前对户外疟疾媒介蚊虫的种群分布、日常活动、吸血习性、栖息习性、季节消长等诸多规律还知之甚少，这极大地桎梏了对疟疾的科学防控。

鉴于此，陈晓光研究团队试图通过筛选疟疾媒介蚊虫高效诱引物质如人体气味诱饵、光触媒、热源、黑箱等，进而研发疟疾媒介蚊虫红外检测、自动记录、无线传输技术，并通过研制疟疾媒介蚊虫实时高效诱捕装置和进行实验室和现场效果测试，以期通过实时高效特异诱捕户外疟疾媒介蚊虫，掌握其种群密度、活动习性、吸血习性等，为户外疟疾媒介控制提供科学指引和技术手段。

经过反复试验与讨论，研究团

队研制了能良好诱捕媒介蚊虫的诱引剂——Mix6，相关技术已申请国家发明专利。同时，还研制了媒介蚊虫的新型监测装置——黑箱，后者经实验室、现场测试能对疟疾媒介蚊虫高效诱捕和实时监测；相关技术已申请 PCT 专利和计算机软件著作权。

同时，通过筛选测试对吸血类媒介蚊虫具有诱引效果的物质，研究团队还成功研制了对常见疟疾媒介蚊虫具有良好效果的诱饵，结合光波、温度、光触媒等技术，陈晓光团队研制了对疟疾媒介蚊虫具有高效诱捕能力的装置——黑箱；进而根据疟疾媒介蚊虫的大小形态以及翅频等生态学特征，研制了能自动识别媒介蚊虫的检测窗；疟疾媒介蚊虫被诱引飞入黑箱、通过检测窗

时，就会被自动识别并无线传输到云端数据库，经 App 处理后就会将诱捕到的蚊虫数据传输到终端——计算机或手机，从而实现对户外疟疾媒介蚊虫的实时定量监测。

不过，陈晓光也坦言，目前黑箱的检测技术尚不能区分媒介蚊虫的种类，即不能把疟疾媒介蚊虫与其他常见媒介蚊虫如库蚊、伊蚊相区别。另外，黑箱的主件是 3D 打印，造价较高，不适合推广应用。

目前，研究团队已通过图像识别，研制成功 AI 辨别蚊虫种类的新一代“黑箱”，正处于实验室测试效果阶段。

“我们希望通过大量生产，降低成本，从而更好地推动黑箱在国内推广使用。”陈晓光说。



中国科学院上海有机化学研究所研究员

姜标：“AI 尝百草”，解锁蚊媒防控药物新密码

蚊子，不仅是夏日扰人的“嗡嗡声源”，更是威胁人类健康的“隐形杀手”。作为疟疾、登革热、寨卡病毒病、基孔肯雅热等多种传染病的核心传播媒介，它所带来的健康风险已成为全球性公共卫生挑战。

权威数据显示，全球每年蚊媒传播的感染病例近 4 亿例，死亡人数超 60 万。在传播疾病的按蚊、伊蚊、库蚊三大类蚊子中，按蚊叮咬传播的疟疾尤为凶险，是蚊媒相关疾病中的“头号威胁”。

目前，化学杀虫剂仍是蚊媒防治的主流手段，通过直接杀灭蚊子阻断疾病传播链。但长期、大量使用传统化学药剂，已导致蚊子的耐药性问题日益突出且蔓延全球，这也成为全球消除疟疾进程的关键瓶颈。

“开发高效、安全、环保的新型杀虫剂，已成为蚊媒防控，尤其是消除疟疾进程中亟待破解的关键课题。”中国科学院上海有机化学研究所研究员姜标一针见血地指出了行业痛点。

我国自古就有利用中草药驱杀蚊虫的记载，民间实践已印证了其应用价值。但现代杀虫剂需满足成分明确、剂量精准的要求，如何从浩如烟海的中草药资源中，高效筛选出符合标准的活性成分，成为科研攻关的核心方向。

传统筛选手段步骤繁琐、工作量庞大，人力物力投入高且效率低下。为此，姜标团队另辟蹊径，将人工智能技术与传统中草药研究相结合，构建了一套“AI 虚拟筛选 + 实体验证”的创新研发体系。

这一体系的运作形成了清晰的技术链条：首先，人工智能虚拟筛选项目组依托自有《中药》数据库，初筛出具有潜在灭蚊活性的中草药种类；

随后通过《中药天然产物大全》数据库，锁定这些中草药中的具体成分及分子结构；接着利用团队自主研发的人工智能 in-silico 虚拟筛选和预测平台，从化学结构层面预测化合物的生物活性、毒性及物化性质，筛选出高潜力候选成分；最后通过分子对接技术，让候选成分与蚊虫杀灭靶向蛋白进行“配对”，构建出精准的虚拟化合物库。

虚拟筛选完成后，实体化合物设计合成项目组会结合现有杀蚊剂特性及化学规律，对虚拟库进一步精炼，通过化学合成或天然提取等方式获得实体化合物。最终，生物活性评价团队将对这些实体化合物开展杀虫活性、趋避效果、安全性及环保性的系统测试，确保研发成果符合实际应用需求。

历时 5 年攻关，团队已完成对近 100 种中草药、约 5 万个活性化合物的虚拟筛选，从中锁定超 3000 个潜在

活性化合物；通过合成或提取获得的 200 余个实体化合物中，60 多个展现出中等生物活性，7 个达到高等生物活性水平。

在众多成果中，一类全新结构的含硫先导活性化合物尤为值得关注。“这类化合物与现有灭蚊剂作用机制完全不同，在斯氏按蚊、冈比亚按蚊中均展现出优异灭蚊效果，且蚊子对其无任何抗药性。”姜标强调，更令人振奋的是，初步安全性评估显示，此类化合物兼具良好的人体安全性和环境相容性，具备开发为新一代灭蚊剂的巨大潜力。

“新结构意味着新靶点，这对对应未来可能出现的耐药性至关重要，但也提升了研发的技术难度。”姜标表示，下一步团队将运用多种新型生物研究手段，深入解析这类化合物的作用机制，为进一步提升其活性、安全性提供科学依据，加速新一代蚊媒杀虫剂的产业化进程。