
创建“液体指纹库”将味觉“注入”智能设备

作者：writer 来源：科学网

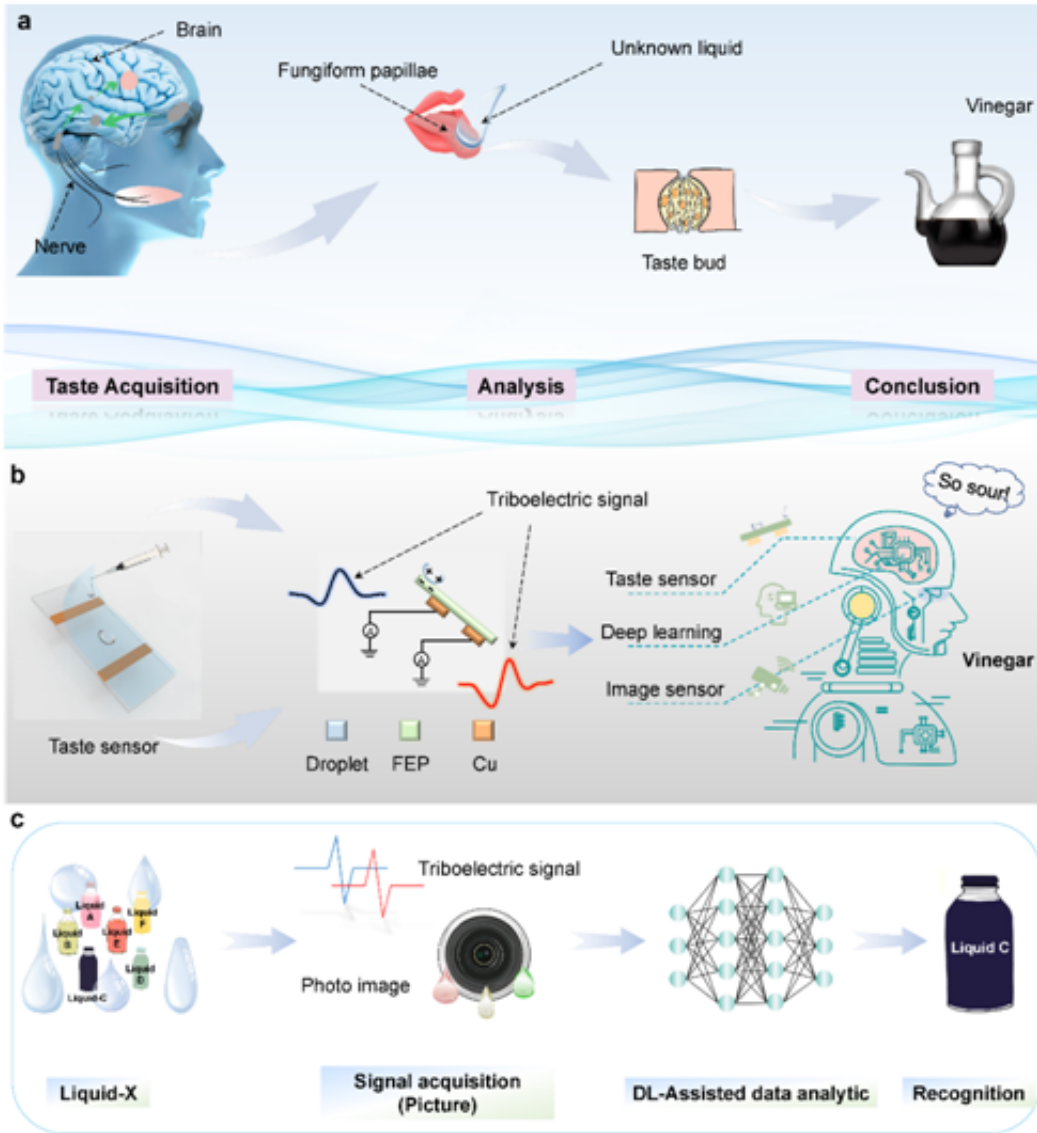
本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/23886.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

创建“液体指纹库”将味觉“注入”智能设备。

智能传感设备已在诸多领域得到应用，但让智能传感设备模拟人类味觉器官感受物质的能力仍面临挑战。

为解决这一问题，中国科学院北京纳米能源与系统研究所王中林院士和吴治峰研究员团队从人类舌头感知味觉的过程切入，开发出一种基于液滴动态形态变化和液-固界面接触起电的智能双感官液体传感系统。通过将液体的摩擦电特征指纹信号和卷积神经网络深度学习算法结合，在5种不同应用场所中，对常见液体预测准确率均高于90%。液体视觉信息的加入可进一步提高智能设备味觉传感系统的感知能力，5种应用场景中，液体识别准确率提高至96.0%。这种综合味觉-视觉双重信息的自供电液体传感系统设计，连同可自主产生摩擦电信号的液滴基味觉传感器，为开发高效、低成本的液体传感，用于液体食品安全管理提供了技术方向。近日，相关工作在《自然-食品》发表。



仿人类味觉感受器的智能双感官摩擦电式味觉传感系统。受访者供图

以纳米发电机为传感探针

人类的味觉识别系统有高度复杂的感知机制，在主要味觉器官舌头上，分布着几千个味觉感受器——味蕾。味蕾通过执行产生并识别信号-信号处理任务以完成味觉感知过程。受味觉系统多感官交互作用的启发，该研究团队设计出一种综合味觉、视觉两种感知模式的液体识别系统。

研究人员发现，在液滴与聚合物表面接触过程中，其形态发生铺展-收缩-再铺展的动态交替，直至落下。不同液体的电子亲和能力和物理化学性质存在差异，使得电极上的电荷转移形成各具不同的摩擦电信号，因此能够用摩擦纳米发电机作为液体传感的探针。

为更简洁直观地验证这种液体传感策略的可行性，团队负责人提议采用一种空间排布两个电极的开放式摩擦纳米发电机作为实验原型。该原型的优势在于可主动产生摩擦电信号而不需要外部电源。

我们通过聚合物薄膜和液滴之间的摩擦电荷转移来量化设计参数。论文第一作者、中国科学院北京纳米能源与系统研究所博士生魏雪莲解释说，去离子水(去掉水中各种离子、电解质)水滴与不同摩擦层材料接触时，由于电子亲和力和接触角的差异，不同摩擦层材料所反馈出的感应电流各有不同。而倾斜角度和输出电流之间的关系相对复杂，除了液滴在斜面的移动速度外，倾斜角度还会影响液滴与聚合物薄膜之间的接触面积、液滴与感应电极之间的相互作用时间、液滴在聚合物表面的降落点位置等。这些参数受到倾斜角度影响后的响应趋势不同，进而共同作用于输出电流。

由此，研究人员对摩擦层材料、液体种类、液滴下落的倾斜角度、液滴初始流速、液滴体积等一系列可变参数进行了详细探究以优化摩擦电式传感器的设计。

创建完善液体指纹库

特征提取是实现味觉感知的一个重要且关键部分。

液体特征一部分来自于液滴依次触发两个独立铜电极产生的双摩擦电信号，另一部分从图像传感器采集的液滴图像中提取。吴治峰认为，这是该工作对特征提取的创新所在，液体成分的变化会引起电流输出信号的变化，这种变化如果被更全面地量化，便可作为液体的‘二元特征’，为液体样品辨识提供合理化的技术指导。

此外，不限于从液滴摩擦电信号波形中提取的电流幅值、从液滴图像中提取的下滑形态等一些浅层特征，许多肉眼无法分辨的细微信息更值得深入发掘。

研究团队在卷积神经网络深度学习技术支持下，有效提取出更多液体的细微特征。团队形象地将其称作液体指纹库，创建并进一步丰富了该指纹库，从而实现更加准确、全面的液体识别。

双感协同增强味觉传感能力

舌头上的味蕾帮助人们感受味道，每个味蕾中均有能分辨不同味道的味觉细胞。现阶段虽然无法完全复刻人类味觉系统的感知机制，但研究人员发现，当不同液滴滑过传感电极时，可以主动产生蕴含独特特征的摩擦电信号。

这种特征差异依赖于液体类别带来的一系列液相区别，包括液滴的带电能力、离子浓度、pH值、成分变化、黏度、滑落形态等。同时，液体的完整特征也需要考虑视觉方面的因素。如果味觉与视觉两种感知模式能够提供互补的液体信息，能使对液体的分析更加全面准确。

对该工作中所涉及到的5种应用，仅使用摩擦电式味觉传感器的智能识别系统，其预测准确率均高于90%。吴治峰补充说，如果有图像传感器配合，能进一步增强传感系统的感知能力。实验结果表明，5种应用场景中的液体识别准确率平均提升4.5个百分点。这或许可以归纳为‘当来自每种液体的特征数据组合形成多模态特征时，传感系统的识别能力可得到显著提高’。(来源：中国科学报 张双虎)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s43016-023-00817-7>

作者：王中林等 来源：《自然—食品》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发