

往发现的指导神经连接的神经元钙波不同,这种钙波完全起始于非神经细胞,并呈现出高度的规律性。

研究团队深入解析了这一现象的分子机理。钙波的起始由一种名为 Cad96Ca 的受体酪氨酸激酶触发。Cad96Ca 激活磷脂酶,进而促使内质网通过受体释放钙离子。更有趣的是,钙波的传播并非随机扩散,而是遵循严格的“垂直”和“横向”路径。研究发现,不同类型的视网膜支持细胞表达特定的间隙连接蛋白(Innexins),形成了一套独特的“连接蛋白密码”。垂直路径上,钙信号首先在视锥细胞中启动,随后传递给初级色素细胞,最后到达小眼间细胞(IOC),在单个小眼内部纵向传播。横向路径上,钙波随后通过小眼间细胞横向扩散至邻近的小眼,形成席卷整个视网膜的波动。

该研究最引人注目的发现是钙波在组织重塑中的“智能”调节功能。果蝇复眼存在区域性的结构差异:腹侧的小眼通常比背侧的大,以便更好地感知地面的低光环境。然而,为了保证视觉成像的清晰度,整个复眼的晶格排列必须保持均匀。研究人员发现,钙波的强度与小眼的尺寸成正比:较大的腹侧小眼会产生更强的钙信号。这些钙信号激活了非肌球蛋白 II(Myosin II),驱动小眼间细胞的顶端收缩。由于大尺寸的小眼原本具有更宽的细胞边界,更强的钙波引发了更强力的收缩,从而抵消了初始的尺寸差异。这种“按需定制”的收缩机

制,最终使得视网膜上所有小眼的排列间距达到高度一致,修正了早期的不规则性。

(来源:《Science》)

国产脑机接口跨过声调这座大山,实现汉语音节解码

对于渐冻症或脑卒中患者而言,当身体被禁锢,大脑却依然活跃时,脑机接口(BCI)是其与世界重建联系的唯一希望。英语 BCI 飞速进步,但中文——这门拥有复杂声调和庞大数据集的语言,始终是横亘在神经解码领域的一座高山。

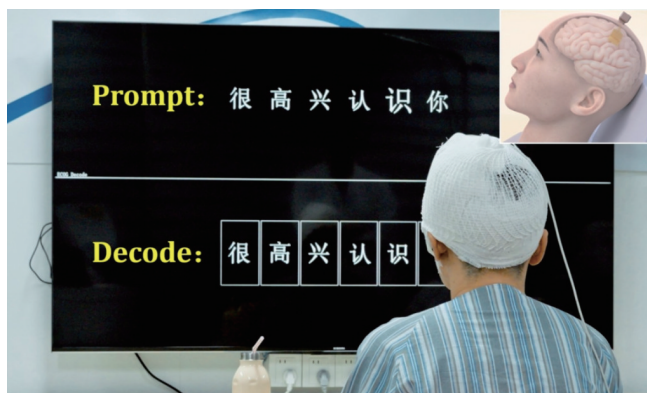
2025 年 11 月 5 日,《Science Advances》上的一项研究宣告了这一僵局的打破。来自中国科学院上海微系统与信息技术研究所传感器技术国家重点实验室周志涛研究员与复旦大学附属华山医院吴劲松主任医师、上海脑虎科技有限公司陶虎研究员的联合团队,成功研发出一种能够实时解码“全谱系”中文的脑机接口系统。

目前,英语 BCI 主流方案是解码“音素”(Phonemes),就像拼乐高一样把单词拼出来。但在中文里,这条路很难走通。中文是单音节语言,且严重依赖声调——同一个发音,声调不同,意思天差地别(例如“妈”和“马”)。如果只解出音素,会面临海量的同音字干扰,

稍有偏差,输出的句子就会南辕北辙。

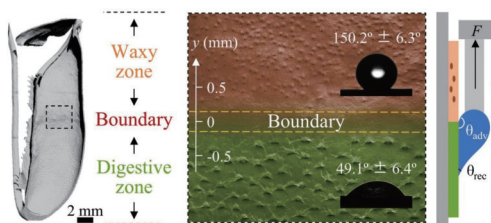
研究团队另辟蹊径,放弃了西方的“音素”路线,转而抓住了中文的灵魂——带声调的音节。他们提出,音节比音素更稳定,也包含更完整的语义。为了验证这一思路,团队招募了一位 43 岁的女性癫痫患者,在她的大脑左侧颞上回、运动皮层等关键语言区域,植入了一块拥有 256 个通道的高密度柔性皮层脑电(EEG)电极阵列。当这位受试者看着屏幕上的汉字并在脑中尝试朗读时,电极阵列精准捕捉到了神经元的每一次“高频脉冲”。研究人员设计了一套精巧的“双流解码器”:一路专门识别音节(是什么音),另一路专门识别声调(是第几声)。这 2 路信号在毫秒间汇合,转化为汉语拼音,再通过类似手机输入法的语言模型,结合上下文联想,最终敲定屏幕上显示的汉字。

仅经过 9 天训练,系统性能便显示出优势:对 394 个常用汉语音节(覆盖汉语总音节 98% 以上,未覆盖者均为受试者不认识的生僻音节)的纯神经解码平均



实时汉语言解码

(图片来源:上观新闻)



具有异质浸润性边界的猪笼草结构
(图片来源:中国科学院理化技术研究所)

准确率达71.2%,单音节解码延时仅65 ms,实时汉语语句解码速率达49.6字/分钟,基本满足日常交流需求。为展示实际应用潜力,研究人员还搭建了脑机交互平台,让受试者通过“脑控语音”下达指令,驱动机械臂抓取物体,控制数字虚拟人开口说话,甚至向接入的大语言模型提问、对话。

目前,这一系统仍属于原型阶段,与多数英文语音脑机接口类似,需要侵入式高密度皮层电极,对临床条件和患者配合度要求较高。该研究只基于一位癫痫患者,尚难代表更广泛人群;实时系统中,部分发声起始仍依赖声学信号而非完全由脑电触发,距离真正意义上的“无声交流”还有一定距离。

(综合:《Science Advances》、中国科学院上海微系统与信息技术研究所传感器技术全国重点实验室、上观新闻)

一条无形“安全带”让液体在极端颠簸中稳如泰山

液体晃动是容器加速度变化引起的自由液面运动,常导致液体溢出、浪费和操作效率低下,尤其给日常生活、工业运输和实验室安全带来诸多挑战。现有防晃

策略,如挡板设计、泡沫填充等,在真实动态环境中效果有限,亟需一种更智能、更稳定的解决方案。

中国科学院理化技术研究所董智超、于存龙团队从猪笼草和睡莲等自然原型中汲取灵感,发现了表面润湿性对流体控制的关键作用,提出一种“双仿生”容器界面设计,实现了复杂动态环境下液体晃动的高效抑制与稳定控制。2025年11月14日,相关研究成果发表于《Science Advances》。

研究团队通过对东南亚猪笼草捕虫囊的系统观察发现,其内壁上部为超疏水蜡质区,下部为亲水消化区,两者交界处形成一条“亲水-超疏水界线”,可在无机械部件的情况下充当液面的“无形安全带”,显著降低液体晃动和溢出。风洞实验表明,当液面处于该界线附近时,液晃幅度最小、稳定性最高。另外,自然界中睡莲叶缘常呈现“缺角”结构,有利于水流有序汇聚与排出。研究人员将“异质浸润性界线”和“缺角边缘”进行协同设计,构建出具有双重仿生特征的容器结构。

在标准振荡测试中,普通容器在振荡约15次后即出现明显溢出现象,而采用双仿生结构的容器在振荡5000次后液体仍能保持稳定不溢出,防晃性能实现数量级提升。为贴近应用场景,团队将该设计集成于一次性纸杯中,开展了手持行走、跑步、骑行及车辆行驶等多种工况下的系统测试。结果显示,仿生纸杯在非规则扰动与周期性颠簸条件下均

能有效抑制液面“爬杯沿”和外溢。在极端路测中,研究人员将由4层仿生纸杯搭建的“香槟塔”固定于运动型多功能汽车(SUV)车顶,以约10 km/h车速连续驶过50个交替布置的减速带,仿生杯塔内液体溢出率为0,而普通纸杯对照组液体损失超过40%。

该研究表明,通过精细调控界面浸润性分布与边界几何形貌,仅依托被动仿生结构即可在无外加能耗、无复杂机械结构的条件下实现高效“锁液”。相关成果为化工与危险品运输、航空航天推进剂管理、医疗与生物试剂输运,以及日常随行饮品包装等领域提供了新的设计思路,也展示了仿生界面材料在服务安全与舒适需求方面的应用潜力。

(来源:《Science Advance》)

微生物成青藏高原草地退化“兜底者”

草地在维持生态平衡与畜牧业发展中发挥着关键作用。然而,在人类活动和气候变化的双重作用下,全球约50%的草地出现不同程度退化。生物多样性是维持生态系统功能的基础。草地退化会显著改变植物与土壤生物多样性,进而影响生态系统功能。尽管如此,以往的研究主要关注未退化草地植物/土壤生物多样性与生态系统功能的关系,尚不清楚草地退化是否改变二者对生态系统功能的相对贡献。

中国科学院植物研究所研究员杨元合团队联合西班牙巴塞罗那自治大学教授Josep Peñuelas、