

健康研究相互矛盾？AI 出手“了断纷争”

■本报记者 张双虎

“多吃盐”还是“少吃盐”？“胖一点好”还是“瘦一点好”？某项锻炼是否有效……生活中，我们常听到关于饮食、运动和健康的各种“建议”。很多建议经过严谨的研究并发表，但结论却众说纷纭，甚至相互矛盾，让人无所适从。

近日，北京大学医学部助理教授杜建团队在《自然-通讯》发表论文，提出利用大语言模型(LLM)实现“证据三角测量”，从而高效、客观整合不同来源的研究结论，为处理医学证据矛盾问题、进行科学决策开辟了新路径。

研究方法不同带来结论差异

“很多严谨的科学研究出现相互矛盾的结论，是因为医学研究类型多样。”杜建告诉《中国科学报》，“健康研究有很多方法，如观察性研究、随机对照试验、孟德尔随机化研究等。这些方法在设计原理、适用场景和论证强度上各有特点，往往造成研究结论存在差异。”

不同研究方法各有优势，但也有着潜在偏差。比如，观察性研究以观察人群生活习惯和健康结果为主；随机对照试验严格控制变量进行试验；而孟德尔随机化研究则注重利用基因差异推断因果关系。

“如果不同研究设计得出的结论一致，那么结论可信度更高。”杜建解释说，“这就是我们‘证据三角测量’的基本思想。”

AI 扮演“证据裁判”

证据三角测量的想法很好，但医学健康文献浩如烟海，依靠人工查找和总结文献，不仅耗时费力，还容易受研究者主观判断影响。

“以往，整合这些证据依赖研究人员手工检索和比对文献，需要大量阅读、筛选、记录、比较不同类型的文献，不仅费时费力、效率低下，还容易受到研究者影响，缺乏可扩展的自动化方法。”论文作者、北京大学医学部博士生史轩宇说。

为此，研究团队设计出一套基于人工智能(AI)的两步流程。

首先，使用大语言模型自动从科学文献中识别出“暴露因素”(如高盐摄入)和“健康结局”(如血压变化)，并判断它们之间的关系方向及其显著性。随后，系统对不同研究设计得到的证据进行一致性量化分析，自动计算出“证据收敛方向”和“收敛性水平”，以此评估各类研究是否指向同一结论。

研究团队以“盐摄入与健康结局”这一经典争议为例，从不同研究设计中提取相

关数据，并计算了证据收敛水平，即一系列数值或函数接近某个值或某个函数的过程。结果显示，多数证据指向“高盐摄入会升高血压”，且收敛性水平达到“强”这一等级；在盐摄入与心血管疾病及死亡风险的关系上，结果倾向于增加风险，但收敛性相对较弱。

“这说明在‘盐与血压的关系’上，观察性研究、随机对照试验和孟德尔随机化研究结果高度一致，均支持‘高盐升高血压’。但在盐与心血管疾病及死亡风险的关系上，不同研究类型的结论一致性较低，目前仍有争议，需开展更多研究。”杜建说。

该方法能在几分钟内自动化处理成千上万篇文献，并实现证据图谱的动态更新。这不仅突破了传统 Meta 分析对同类研究的依赖，还能整合不同来源的研究证据，从“结论方向”收敛性随时间动态变化的角度，增进人们对某问题的整体理解。Meta 分析是比较和针对同一科学问题研究结果的统计学方法，常用于医学、心理学、教育学领域。

为解决健康领域“纷争”提供新工具

“该研究的优势不仅在于效率提升，更在于其系统性和透明度。”论文作者、北京

大学医学部博士后赵文静说，它能帮助我们更清晰地识别相关研究，当观察性研究与随机对照试验结论一致时，因果关系更为可靠；而当各类研究出现分歧，则提示某些研究可能存在偏差或混杂因素，这也为后续研究指明了方向。

该方法适用于多个现实场景，如辅助临床指南制定、支持公共卫生决策、提高科普宣传的准确性，甚至帮助研究人员快速定位争议焦点，优化研究设计。

“面对相互矛盾的健康信息时，我们不应盲从某项单一类型的研究，而应关注其背后是否有多重方法、多角度验证的证据支持。随着 AI 技术在证据整合中的深入应用，一个更加高效、稳健的科学证据分析体系正在形成。”杜建说，“为解决健康领域长期存在的研究结论冲突，科学规划新的研究，进而减少研究浪费等提供了新工具。”

“这项研究设计非常巧妙，通过证据三角解决循证医学面临的实践痛点，对循证医学的理论发展有非常积极的意义。”海军军医大学第三附属医院概念验证(成果转化)中心主任徐畅说。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41467-025-62783-x>

2025 年中国生物工程学会噬菌体大会召开

本报讯(见习记者江庆龄)8月19日至23日，2025年中国生物工程学会噬菌体大会暨第八届中国噬菌体治疗大会在复旦大学附属中山医院(以下简称中山医院)召开。大会以推动噬菌体治疗体系建设为核心，旨在通过全产业链学术交流与人才培养，为破解抗生素耐药性这一全球公共卫生难题注入“中国动能”。

当前，全球抗生素耐药性感染持续攀升，常规抗生素效用渐趋弱化，“超级细菌”威胁不断加剧。在此背景下，专门靶向细菌的噬菌体疗法被视作最具前景的抗菌替代疗法之一，其发展与应用备受关注。

会议期间，2025年度国家重点研发计划“前沿生物技术”噬菌体重点专项联合启动，包含两项重点专项，分别是由中山医院牵头承担的“安全、高效工程噬菌体疗法技术开发和临床研究”，以及北京化工大学牵头承担的“安全、高效噬菌体制剂研发及临床治疗耐药菌感染关键技术研究”。两项课题均汇聚政产学研多方力量，标志着我国噬菌体治疗从实验室探索迈入系统化临床验证阶段。

大会同期举办的第二届噬菌体治疗“种子营”，覆盖噬菌体基础理论、分离纯化技术、质量检测方法，以及临床应用规范、监管政策解析、转化案例分享等全流程内容。

作为本次大会的共同主席，复旦大学上海医学院副院长朱同玉表示，当前全球噬菌体研究已进入突破加速期，人工智能筛选等技术不断拓展治疗边界。我国在噬菌体制剂开发、个性化治疗等领域已初见成效，以上海为代表的地区已初步构建起研究、临床、制剂、监管协同推进的完整链条。本次大会有望推动噬菌体领域在机制研究、技术标准等多维度持续发力，进而协同构建从实验室到临床一体化发展的“中国路径”，为国内耐药菌感染患者带来福音。

现代“神农尝百草”药物研发范式的创新思考

■罗成 米丽娟

创新药物研发如同在黑暗中探索未知的迷宫，呈现长周期、高投入、高风险特点，而原始创新薄弱、研发链路局限等挑战往往令“做药人”拥挤在传统赛道。这一矛盾直接影响和限制了创新药物研发产业升级。

一方面，新药研发面临严峻挑战。新药研发堪称医学领域的“马拉松”，平均耗时10~15年，而在复杂疾病领域，时间成本直接转化为生命代价。据统计，新药研发成本已突破每款26亿美元，且呈现“马太效应”，即70%研发预算集中于抗癌药、减肥药等高利润领域，形成“热门靶点扎堆、冷门靶点领域无人问津”的畸形生态。

另一方面，新药研发缺乏破局之道。在引发重大社会影响的难治性疾病、罕见病防治领域，以及青少年儿童和妇女的难治性疾病领域，因市场回报率低、临床路径受限等，导致“做药人”研发动力不足，选择绕道而行，难以满足国家重大健康需求。因此，探索快速、经济的新药研发路径已成为当前创新药物研发迫在眉睫的课题。

科技发展使现代“神农尝百草”成为可能

中国古代有“神农尝百草”的故事，讲的是神农氏尝试各种植物，辨别它们是否可食用、是否有毒、是否可治病，以“植物”为中心，寻求多种答案，具有多端、灵活、新颖的特点，属于“发散”的展开性思维。从古代神农尝百草开始，纯食源农作物的应用历史长达数千，其配

伍机制与人的营养需求高度匹配。受此启发，结合食源植物已有的人类长期摄入记录，以“安全活性物质”为中心筛选高活、低毒物质，成为潜在药物候选物的重要来源。

现代“神农尝百草”的药物研发范式与传统药物研发“收敛”到具体疾病治疗目的不同，遵循了“发散”思维逻辑。具体而言，它是从未见功效报道的食源级农作物中挖掘高活性物质，基于人工智能表型筛选预测，发现其针对重大、难治性疾病的药效表型，从而加快符合临床安全标准的现代表型筛选研究，在富含东方智慧的传统医学与看重西方科学的现代药学之间建立相互沟通、交叉共融的桥梁。

这类物质具有安全性高、副作用可控、生态可持续性等特点，可显著降低临床试验阶段因毒副作用导致的临床被终止风险，大幅提高临床转化的成功率。由于这类物质安全性已在人群中得到一定程度验证，提前积累的安全性数据和药效探索结果有助于加快新药临床试验申请(IND)申报速度，缩短候选药物从实验室到临床试验的时间。尤其是在需要高安全性背景的特定人群，如老年人、儿童、孕妇、慢性病患者中，安全来源活性物质的临床开发研究更容易实施，具备良好的临床路径。

以“安全活性物质”为基础的药物开发模式为快速、经济地开发具社会影响的难治性疾病新药提供了可能。食源级农作物中的高活性物质的天然配伍机制与人体生理、营养需求高度契合。这种“经

验-科学”双轨验证模式增强了其成为新药的潜力。

从田间到药房的可持续发展生态

食源级农学研究为药学研究提供有安全保障、生态可持续的活性物质基础，基于农业“安全活性物质”的药学研究为创新药物开发开辟了新路径；而药学研究与农学研究的深度交叉融合，探索来源于农业的高活性物质基于临床表型的有效性，显著提升了农产品的附加值，成为农业的新质生产力。两者相辅相成，共同促进现代基础医学发展。通过农业资源药材化实现农业资源高质化和农业废弃物再利用，构建基于地域特有农业资源开发的全产业链模式，最终可建立现代科技推进农村发展的新模式。

安全性农业资源中高活性天然产物将成为快速、经济的药物开发模式资源的蓄水池。一是农产品种植周期短、成本低，是当下农业的重要经济来源之一；二是农业高质化研究与药材化转型，为解决传统农业附加值低、产业链短的问题提供助力。

“安全性农产品药材化”可以弥补创新药物研究在价格、可及性及安全性上的不足；通过科技深度赋能、全产业链升级，让农业资源成为国家健康战略的“第二药库”，实现经济、生态与民生的多赢，推动“农业-医药”跨界融合，构建从田间到药房的可持续发展生态。



全球首台 500 千伏植物油变压器。

李松 / 摄

全球首台 500 千伏植物油变压器成功投运

绝缘油配方与量产技术瓶颈，形成了大型植物油变压器设计与制造成套技术方案，提出了植物油变压器运维策略，建立了植物油变压器技术标准体系。通过高清摄像头、红外感知终端及全自动油色谱在线监测装置等智能设备的部署，该植物油变压器实现了 24 小时状态实时监测与节能运行智能控制。

自 2012 年起，广州供电局就开始探索植物绝缘油和植物绝缘油变压器的研制，先后成功研制了具有自主知识产权的高稳定性植物绝缘油和 10 千伏~500 千伏植物绝缘油变压器系列产品，形成美国、欧洲发明专利各 1 件，国内发明专利 80 余件，并牵头编制了广东电网公司首项 IEC(国际电工委员会)国际标准。

发现·进展

山西大学

雌性飞蝗凭借腹部特殊技能在土中产卵

本报讯(记者李晨)山西大学应用生物学研究所教授张建珍和赵小明团队阐明了性别决定因子与保幼激素信号协同调控飞蝗产卵时腹部形成的遗传机制，揭示了飞蝗雌性产卵时腹部极度延伸的分子基础。相关研究成果近日发表于《公共科学图书馆-生物学》。

成熟的雌性飞蝗通常将卵囊产入湿润疏松的土壤，以避免水分流失和天敌捕食。这一过程高度依赖腹部节间膜的特异发育——该结构使雌虫能将腹部深插入土中 5~10 厘米深的地方产卵。

昆虫腹部节间膜位于相邻腹节之间，在雌性昆虫中表现出极强的延展性，而在其雄虫中延展性较弱，展现出典型的性二型性。性二型性现象是生物适应环境的重要策略，包括体形、体色、结构、行为等。在雌性昆虫的众多行为中，产卵行为因其对个体生长、种群动态和繁殖成功的深远影响而备受关注。以往的研究表明，雌虫该性状的发育与保幼激素密切相关，摘除分泌保幼激素的咽侧体是导致腹部节间膜延展性丧失。然而，过去数十年，人们对雌蝗这种特殊产卵策略精细机制知之甚少。

研究人员首先测定了飞蝗雌雄成虫不同腹节节间膜的延展性，发现第 4~6 节是其极延展性的关键部位，并从超微水平揭示了其结构差异。研究发现，外表皮蛋白、表皮脂类和鞣化物质及其相关基因在节间膜相邻表皮中显著富集，而节间膜中几丁质和内表皮蛋白显著富集。这些物质和基因表达差异决定了节间膜具有延展性而不具有屏障作用(仅具有内表皮)，而其相邻腹节外表皮能够发生鞣化，显示出显著屏障作用，从而揭示了雌虫高延展性节间膜的结构形成基础。

进一步的发现，两个关键结构蛋白基因 LmAbd-1 和 LmAbd-6 在雌虫腹部节间膜中特异性表达，且在高延展性节间膜中呈现高表达特征，其对雌虫腹部节间膜形成、延展性能及产卵行为具有决定性调控作用。同样特异性表达于雌性节间膜的保幼激素结合蛋白 LmjJHBP，通过介导保幼激素信号通路调控 LmAbd-1/6 表达，进而控制节间膜延展性及产卵行为。这些基因的表达均具有雌性偏好性，即在雄虫腹部节间膜中极低或不表达。

该研究首次揭示了性别决定信号与保幼激素通路协同调控昆虫产卵策略依赖的器官发育的分子机制，为理解节肢动物性二态发育与进化提供了新视角。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3003321>

中国农业科学院麻类研究所等

新型凝胶材料实现在潮湿环境长期耐用

本报讯(记者王昊昊 通讯员谭志坚)中国农业科学院麻类研究所降解材料开发与利用创新团队，与中南大学研究人员合作，成功制备出一种性能优异且耐湿的低共熔凝胶，解决了大多数凝胶材料在潮湿环境中容易溶胀或降解的问题。该凝胶材料可在潮湿环境中长期保持完整的机械性能，为多功能传感器及相关应用中的凝胶材料开发提供了有效解决方案。相关研究成果近日在线发表于《材料视界》。

随着材料科学技术的不断发展，新型功能材料的设计和开发成为推动科学技术发展的重要引擎。其中，凝胶材料已成为可穿戴电子设备的理想选择，尤其在柔性传感器中。但大多数凝胶材料会在潮湿的环境中溶胀或降解，从而影响实际使用效果。

研究人员通过将丙烯酸单体在疏水性低共熔溶剂中进行自由基共聚，开发了一种性能优异且长期耐湿的低共熔凝胶。疏水性低共熔溶剂的疏水性能使凝胶在潮湿条件下高度稳定，在 30 摄氏度和 90% 相对湿度下吸水率仅为 30%。即使在潮湿环境中储存 365 天后，凝胶仍能保持其拉伸机械性能(保持 99.3% 的韧性)，维持形状不变。

此外，该凝胶还表现出优异的黏附性能、抗菌性能等。由该凝胶制成的传感器对应变、压力和温度表现出高灵敏度，在潮湿环境中表现出出色的耐用性。实验表明，该凝胶应用的可穿戴设备传感器能够实时监控人体各种活动，并提供稳定的信号输出。

该研究为长效、功能性低共熔凝胶材料的发展和实际应用奠定了基础。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1039/D5MH01293G>

中国科学技术大学

“百变磁力魔毯”来了

本报讯(记者王敏)中国科学技术大学副教授李木军等人研发了一种由磁控单元阵列构成的功能表面，其表面单元的功能状态可快速重复编程并能稳定自维持，实现了表面颜色、润湿性、反射率以及磁驱动表面变形的灵活调制，就像一张“百变磁力魔毯”。相关研究成果近日发表于《设备》。

可编程功能表面能够对光学性质、润湿性、黏附性等表面性质进行按需调控，在自适应伪装、疏水防水及建筑节能等领域具有广阔应用前景。然而，现有可编程功能表面在表面状态稳定自维持和快速可重构能力平衡方面具有挑战性。场响应材料的集成为功能表面的重复编程提供了便利，但需要通过持续能量输入维持已编程的功能；形状记忆材料和功能涂层等技术可用于稳定保持表面状态，但会使重复编程过程变得复杂耗时。

针对上述问题，研究团队提出以形状类似于书页的磁控性可翻转结构作为表面单元，这种单元的阵列化平铺组成了磁控表面。同时，他们开发了脉冲磁针用于快速编程单元的状态。单元中磁性“片”和“条”之间的三级锁定机制能够锁定单元状态，无需外部能量输入即可维持已编程的表面功能。此外，通过移动脉冲磁针编程表面上任意位置的单元状态，可以实现局部表面功能的灵活定制。

在此基础上，团队构建了磁驱可编程功能表面。通过编程颜色单元显示不同字符图案，实现信息存储或动态伪装；通过编程润湿性单元可定制表面特定区域的亲水性，从而实现液滴输运；编程反射率单元可在相同辐射热源下调控表面特定区域的温度响应，有望用于建筑或设备表面的快速控温。此外，通过可逆地调控表面单元的磁化方向，同一表面在磁场驱动下可编程地展现出不同形状，展示了该方法在软体机器人领域的应用潜力。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.device.2025.100891>

构建一条全新产业链

为加速创制具有重大社会影响力的原创新药，需构建一条快速、经济的覆盖药物研发全链条的新路径。现代“神农尝百草”的药物研发范式的系统实施，有望构建一条以农业为基础、药品为核心、医疗服务为导向的全新产业链，真正实现“提质增效、变废为宝”的可持续发展目标。

笔者建议，挖掘地方特色农业资源中的药用价值，构建“资源-研发-生产-市场”一体化产业链条，带动人才(才)匮乏的边远山区地域经济发展与农民增收，可助力乡村振兴。尤其是在老、少、边、穷地区，导致其落后的地理屏障或交流屏障，恰恰是地方特色农业资源宝库，蕴藏着巨大的发掘潜力。未来，现代科技的新药研发与地方特色的农业资源产业开发的结合，将推动现代医药科技下乡，新质生产力和高价值产业下乡。

另外，需要联合国家级医药科研机构与地方政府，利用现代科技推动乡村振兴。建立国家级医药科研机构与地方政府有效联合、高效合作机制，开展规模化安全农产品或废弃物药材化研发，从而加速推动科技赋能落后地区乡村振兴。该研发范式不仅能够发挥国家科研资源的引领作用，还能够结合地方发展现实需求，助力实现科技兴农、科技强村、科技富民的目标。

未来，我们应进一步强化这种联合体协作，让生物医药科技创新和进步成为驱动乡村振兴的强大引擎。

(作者单位分别为中国科学院上海药物研究所和临港实验室)