

## 发现·进展

中国科学院广州地球化学研究所等

## 揭示金在黄铁矿表面形成的动态过程

本报讯(记者朱汉斌 通讯员孔令竹)中国科学院广州地球化学研究所研究员朱建喜、鲜海洋团队联合江西省科学院等机构的研究人员,借助原位液相透射电子显微镜技术,首次在纳米尺度上原位“直播”了自然界中金纳米颗粒在黄铁矿表面形成的动态过程,并提出了黄铁矿诱导金沉淀的新机制。近日,相关成果发表于美国《国家科学院院刊》。

黄铁矿诱导金沉淀是形成高品位金矿的关键环节,然而,此前其界面动态机制一直未明。以往研究大多依赖反应后的离线分析,既无法精准捕捉金沉淀的瞬时过程,也难以深入阐明其形成机制。

研究人员在排除溶解氧和电子束干扰的前提下,运用原位液相透射电子显微镜等多尺度、多手段联用技术,对黄铁矿在极低浓度含金溶液中的反应过程进行了实时观测。观测结果显示,在黄铁矿与含金溶液接触约13分钟后,黄铁矿周围出现“致密液体层”;约20分钟后,该层内开始出现金纳米颗粒,且随着时间推移,金纳米颗粒逐渐增多、长大。这一发现为揭示金在黄铁矿表面的形成过程提供了关键依据。

进一步研究表明,金纳米颗粒并非在溶液中“凭空”生成,而是在紧贴黄铁矿表面的“致密液体层”中孕育,该“致密液体层”由黄铁矿表面溶解形成,会显著降低层内的“氧逸度”,进而改变局部化学环境,促使金迅速达到过饱和并沉淀为固体颗粒。即便外部溶液中金浓度极低,这一机制仍能持续驱动金向界面迁移并实现富集沉淀。

研究成果对“金主要源自深部热液流体”的传统观点提出了挑战,不仅为理解热液型金矿床和表生环境中金的超常富集提供了微观动力学层面的观察,也为阐释自然界中纳米颗粒驱动的矿化过程开辟了全新路径。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1073/pnas.2517918123>

复旦大学

## 研发耐受极端环境的水凝胶传感器

本报讯(见习记者江庆龄)复旦大学未来信息创新学院教授张荣君团队和复旦大学附属口腔医院主任医师韦晓玲团队,受竹篮编织过程启发,提出逐步氢键调控策略,高效增强了水凝胶传感能性,环境耐受性和生物相容性,为相关水凝胶性能调控提供了新思路,有助于推动水凝胶传感器在体内/体外监测、人机交互等领域的广泛应用。近日,相关研究成果发表于《先进功能材料》。

得益于竹条的多组分集成及独特编织过程,竹篮具备出色的功能性。受此启发,研究团队提出了一种水凝胶调制策略,并阐释了逐步氢键调控的详细机制。

水凝胶由聚乙烯醇、氧化羧甲基纤维素钠和明胶多组分构成,研究团队将其中每个细小的微区视为“竹条”。制备过程中,研究人员先通过氯化镁盐溶液效应削弱氢键,将“竹条”分散;再利用定向冷冻构建稀疏交联的“框架”;最后通过柠檬酸钠的盐析效应将“框架”缠绕,形成“竹篮”般均匀、致密交联的水凝胶。

基于该策略,研究团队能够在生物相容的低离子盐浓度下,实现水凝胶性能提升、匹配极端环境下的使用需求。具体而言,研究团队制备的水凝胶能够识别应变、压力和温度变化,在73%应变下展现出4.9兆帕的机械强度,同时在60°C的高温、-75°C超低温,以及海水环境下进行有效的应变传感。值得一提的是,在生物体内植入4周后,该水凝胶依旧展现出优异的相容性。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1002/adfm.20251290>

## 全国首例“AI幻觉”案宣判,要审视的不只是出错的代码

■本报见习记者 王体瑶

人工智能(AI)生成错误信息后,竟主动建议用户起诉索赔。近日,针对国内首例因“AI幻觉”引发的侵权案,杭州互联网法院作出一审判决,驳回用户诉讼请求。

事情的经过是这样的:2025年6月,梁某使用某生成式AI应用询问某高校报考信息,发现错误后,梁某对AI进行了纠正,AI却坚称该高校存在这一校区,表示如果内容有误,可提供10万元的赔偿。随后,梁某提供了该高校官网的招生信息,AI“败下阵来”,承认生成的信息有误,并建议梁某至杭州互联网法院起诉。

梁某将研发AI应用的公司送上法庭,要求赔偿9999元。该诉讼请求最终被法院驳回,原被告均未上诉,判决现已生效。

当AI“幻觉”避无可避,此次判决是否会演变为AI的“无责依据”?作为用户,该如何与AI共处?要确保AI效用得以充分发挥,政府、法律、技术、平台及用户等各方,应当怎样共建良好生态?《中国科学报》就此采访了法律、科技与社会科学等领域多位专家。

## 这次判决并不是企业的“免死金牌”

许可(对外经济贸易大学教授):就像在马路一样,驾驶员要注意和避让过路的行人,行人

## 一滴血早筛肺癌,新型试剂盒缓解“结节焦虑”

■本报见习记者 江庆龄

肺癌是我国发病率和死亡率最高的恶性肿瘤,早期发现是提升患者生存率的关键。近年来,各种先进的检测技术和治疗措施不断涌现,但灵敏度与特异性仍有待提升。同时,早期肺癌发现几乎完全依赖于主动检查,需进一步提升高危人群筛查依从性。

如今,这一困境迎来突破。由中国科学院杭州医学研究所核酸分子医学中心副主任、中国科学院杭州医学研究所附属肿瘤医院(浙江省肿瘤医院)学术副院长胡海团队主导研发的13种肺癌相关抗体检测试剂盒(流式荧光免疫法),正式获得国家药品监督管理局三类医疗器械注册证,成为全球首个针对CT发现肺结节(尤其是小结节)良恶性鉴别的辅助诊断试剂盒,有望显著提升肺癌早期诊断率。

中国科学院院士、中国科学院杭州医学研究所所长、中国科学院杭州医学研究所附属肿瘤医院(浙江省肿瘤医院)院长谭蔚泓指出:“这项工作从临床问题出发,不仅找到了新的标志物,还开发了一套系统的检测方案,助力肺癌早期诊断。”

## 从临床出发,助力肺癌早诊

肺癌患者的生存时间与其临床诊断发现的早晚密切相关。然而,由于早期肺癌具有无症状隐匿性,早期肺癌患者80%以上无典型呼吸道症状,临水上出现症状就诊时多数已属晚期,晚期肺癌患者5年生存率不高。

肺结节是早期肺癌患者的主要症状之一。需要注意的是,尽管肺小结节有早期肺癌和肺部转移癌的可能,但大多为良性。目前结节和肺癌之间的相关性,使很多患者易陷入“结节焦虑”或过度诊疗。

此外,肺小结节的良恶性鉴别对肺癌的早期发现至关重要。目前,低剂量螺旋CT(LDCT)是肺癌高危人群(吸烟者、家族史)广泛使用的检查手段。LDCT单独使用无法很好区分小结节的良恶性,需按照《中华医学会肺癌临床诊疗指南》等建议,进行进一步随访。但实际随访依从率普遍较低,部分研究显示不足30%,导致很多早期病灶错过干预时机。

“解决肺结节良恶性鉴别诊断问题,是破解肺癌早诊难题、降低肺癌死亡率的关键。”胡海介绍,团队从2016年开始从肿瘤自身抗体检测技术入手,寻找解决该痛点的路径。

胡海表示,肿瘤自身抗体检测技术能捕捉早期肺癌的“分子信号”,在癌细胞数量极少、病情隐匿时就能发出预警,非常适合早筛早诊。因此,团队从标志物库建立和筛选开始,一步步往前推进。但人体中的蛋白种类可能超过千万,如何找到和肺癌直接相关的标志物?

研究团队利用百万级癌症组织文库和多模态高通量筛选技术,筛选得到肺癌发生发展过程中重要的信号通路的关键蛋白。在此基础上,研究人员结合合成生物学的方法,重组表达400余种肿瘤靶点关键信号通路蛋白,并系统建立了原核及真核细胞重组蛋白表达系统及细胞培养、纯化工艺及评价体系。最后,团队结合自主开发的液态悬浮芯片技术和人工智能算法模型,获得13种诊断性能最优的标志物组合,其中8种为全新发现的标志物。

“生物标志物的诊断价值在于对早期肺癌的辅助诊断,而非对晚期肺癌诊断的重复验证。”胡海解释,抗体标志物的选择需兼顾敏感性和特异性。倘若标志物数量少,可能难以覆盖所有靶点,无法有效筛查;数量多,则可能导致标志物之间存在交叉反应或协同效应,进而导致筛选成本高、周期长。

后续系列实验表明,团队建立的联合诊断模型能对早期肺癌和非肺癌进行有效区分,且可以很好地地区分早期肺癌患者与健康人或者良性肺病患者,具备临床转化价值。

## 对早期肺癌灵敏度大于65%

众所周知,实验室突破和实际应用之间尚存在一定距离,生产工艺、批间稳定性、成本等都是需要考虑的因素。

为实现一次检测所有指标,研究团队选择在液态悬浮蛋白芯片微球上共价偶联这13个肺癌相关抗原,用于检测人体血清中相应的肺癌自身抗体。

通过定制化设计蛋白标签、优化缓冲液配方等创新,研究团队攻克了检测干扰、批间差异大等难题。同时,他们通过引入并优化冻干工艺,解决了产品不易保存的问题,在冷藏条件下,产品货架期延长至12个月。“所有核心原料均实现自主生产,保障了产能与稳定性。”胡海补充道。

持续完善生产工艺的同时,团队也在马不停蹄地推进临床试验。2022年4月,13种肺癌



胡海(中)与团队成员交流。  
中国科学院杭州医学研究所供图

相关抗体检测试剂盒顺利获得中国食品药品检定研究院产品注册检验合格报告和配套算法软件注册检验合格报告。随后,团队迅速推进临床试验,在华中科技大学同济医学院附属同济医院、中山大学孙逸仙纪念医院和首都医科大学附属北京胸科医院3家临床机构开展多中心临床试验。

·

“肺癌患者样本异质性大,需匹配健康人、良性肺病患者等对照样本,样本收集难度高。”胡海说。考虑到生物标志物诊断的重要价值在于对早期肺癌的辅助诊断,入选病例均为胸部CT检查为肺结节的患者,共纳入临床有效病例1463例,其中不同时期的肺癌病例共794例。

试验结果显示,在相同受试人群中,该试剂盒的灵敏度和准确度均显著优于传统肿瘤标志物的灵敏度。需要强调的是,临床试验中早期肺癌样本人组占比58.19%,该试剂盒对早期肺癌灵敏度大于65%,表明其具有较好的临床灵敏度和特异性。

值得一提的是,13种肺癌相关抗体检测试剂盒的临床诊断性能显著优于英国国家卫生与临床优化研究所指南(2020年)推荐的Early-CDT-Lung以及国内诊疗指南/共识推荐的7种肺癌相关检测试剂盒(酶联免疫法)等现有产品,展示了其临床用途和应用价值。

胡海介绍,对于根据LDCT影像学结果无法判断是否需要进行侵入性检查的肺结节患者,该试剂盒可用于肺癌的辅助诊断,以减少过度治疗、降低非必要手术干预率。LDCT与该方法结合,有望使我国肺癌早诊率提升至50%以

上,进而提高肺癌患者的5年生存率。

## 微量血清即可完成检查

2025年11月19日,13种肺癌相关抗体检测试剂盒(流式荧光免疫法)获国家药品监督管理局批准的三类医疗器械注册证。该试剂盒也是全球首个针对CT发现肺结节(尤其是小结节)良恶性鉴别的辅助诊断试剂盒。目前,该产品主要应用于医院临床诊断中,可与影像学诊断结果互补。该产品具有通量高、样本用量少、准确性高、灵敏度高、重复性好等优势。对于患者而言,仅需抽血2毫升即可完成检测,避免了穿刺活检的创伤和假阴性风险,尤其适合高龄或有基础疾病的患者,能大幅提高检测随访依从性。

胡海补充说:“在检测时,我们只需要10微升血清样本就可以实现快速高精度检测。患者在体检时,无需专门抽一管血,稍微留一点其他血样或者取一滴手指血就可以。”

对CT表现不典型的病例,辅以试剂盒检测,可将诊断准确率提升至85%以上,降低临床随访成本。考虑到试剂盒本身的便捷性,该试剂盒可进一步推广至基层医院甚至体检机构,大幅提升中国肺癌高危人群筛查覆盖率。

“这款试剂盒将肺癌早诊从‘看形态’推向‘查分子’。”胡海表示,这一技术突破不仅能缓解大众‘结节焦虑’,更能推动肺癌防治关口前移,为“健康中国2030”癌症早筛工作提供关键支撑。



近日,中国农业科学院国家南繁研究院(以下简称南繁院)在海南省三亚市举办“首届辣椒新品种展示会暨配套栽培技术培训会”。

会上集中展示了形态各异的热带特色种质资源300余份,其中“中椒”系列优质品种达194个,涵盖羊角椒、彩椒、设施辣椒、加工辣椒等多个品类,兼具现代育种优势与生产适配性。

专题培训会上,中国农业科学院蔬菜花卉研究所研究员贺超兴、中国农业科学院植物保护研究所研究员吴圣勇分别作报告,南繁院辣椒智能育种与热带产业团队首席科学家王立浩结合现场展示的种质资源与优质品种,进行了详细的特性解读与技术推介。

图为现场展示的辣椒新品种。

本报记者李晨报道

中国农业科学院供图

的核心义务是风险提示与技术优化,而不是完美无瑕的产品。未来,需在技术层面强化纠错手段,在应用层面明确风险告知,同时推动法律与技术协同,实现AI技术创新与用户权益保护的“双向奔赴”。

张吉豫(中国人民大学教授):在当前的技术发展情况下,相关部门需要通过进一步的监管举措,在符合客观规律的基础上,助推企业进一步采取有助于消除AI幻觉的举措。当然,幻觉问题和AI的整体泛化能力有时是相互关联的,消除AI幻觉并非要求生成式AI只能输出与客观资料完全一致的内容。但在一些与人们生命健康权益、财产权益有关的重要领域,企业仍然有必要进一步加强技术研发,提高输出内容准确性。

在医疗等特殊领域,相关部门还可以考虑建立行业准入标准,出台更严格的监管规范,从准入侧保障生成内容达到“基本安全”。特别是在问答式AI得到广泛使用的情况下,进一步提高对关键领域的专业问答服务的标准要求或等级认证,让相关领域的规范不只限于针对互联网医院等专业服务,从而更好保护人们的权益。

闫宏秀(上海交通大学教授):此案例指向了当人与AI协同作出决策时,人类该如何信任机器的问题。特别是AI从判别式走向生成式时,技术的易用性为用户提供了更多可能性,也对用户提出了更高要求。然而,用户对AI的求助大概率是因为自身解决问题能力不足甚或自身存在知识盲区,因此,人类该如何信任机器的问题可被转换为技术的可信度与人类自身能力的较量。

此时,若要确保AI的效果,技术的稳健性、平台的风险预警能力与用户素养三者必须构成一个相对稳定的三角。

以前有人相信搜索引擎的医药、医院推荐信息一样,现在很多人相信AI生成的信息。为什么会盲目信任?一是企业和媒体对AI的“高大上”宣传,让普通人对它产生了“迷信”;二是很多人使用AI的方式不当,数字素养和AI素养很不够。

在真假很重要的领域中,比如教学、研究和作战等,AI生成的内容只能作为参考,不能作为判断和决策的最终依据。

即使是在虚构场景中,我们对AI生成的内容也要批判性地审视,努力扮演好三种角色:一是内容鉴定者,即要审核和反思AI给的答案;二是工作任务制定者,即通过向AI提问给它安排任务;三是苏格拉底式的追问者,即对AI的回答不断刨根问底。

我觉得,这个案例要广泛宣传,向公众传播AI方面的必备常识,破除“迷信”,教会大家正确使用AI。

雷环捷(中国社会科学院副研究员):作为技术机制产物的AI幻觉,在现阶段是难以避免的,只是将这种客观事物主观地称为幻觉,不一定恰当。

该案例中AI幻觉的欺骗性并不强,因为AI的已有网络检索手段足以解决疑问。反倒是当下许多人对AI生成结果的轻信,揭示出平衡人机关系的重要性。这也是在迎接智能社会到来过程中有必要认真探索的长期课题,启示我们在利用AI的同时应当避免患上AI“依赖症”,在无

法根除AI幻觉的前提下应当学会与其共处。

李尉博(中国社会科学院助理研究员):AI幻觉折射出一个深层次的问题:在信息环境日益被“AI潜水”浸染的当下,我们是否已难以逃脱这种低质信息的包围?更进一步,AI时代究竟为何“真知识”?人类是否还可获得它?人类的知识观似乎处于命运转折点,对此,我们恐怕不仅需要法律判决,更需要全民AI素养的提高,并尽快推动相应的制度设计。

程林(广东外语外贸大学教授):AI幻觉难以根除,今天是校园信息的错误,明天可能是关乎健康的“幻觉”。所以,一方面,我们可以用AI但不能完全取信于AI,破除“AI输出=正确内容”的“AI神化”观念,至少要做交叉验证;另一方面,AI工具提供者应尽可能降低AI幻觉率,梳理好普通用户与“幻觉内容”间的关系,例如,让AI工具提供信息来源,提醒用户仅作参考而非专业判断等。

## 人机信任边界需要多元共建

孙强(西安理工大学副教授):从AI技术的本质来看, AI幻觉并非主观恶意误导,而是源于当前生成式AI技术基于统计概率驱动的底层逻辑固有局限性,是科技尚未完善的客观表现。

该案件更带来行业警示, AI服务提供者