

# 病毒不断变异，疫苗防线如何构建？

■本报记者 冯丽妃 实习生 宋书康

最近，我国台湾地区影星徐熙媛在日本旅行时因流感去世引发全网关注。据统计，日本本轮流感感染逾950万人。在美国，本流感季也导致2400万人感染，超过1.3万人死亡。

面对不断变异的流感病毒，我们该如何预防？流感疫苗接种这道“防护墙”还牢靠吗？

在近日举办的中国科学院病原微生物与免疫学重点实验室年会专题小组讨论会上，中国科学院院士、中国科学院微生物研究所研究员高福、美国约翰斯·霍普金斯大学教授 George Siber 以及中国科学院微生物研究所研究员戴连攀围绕疫苗的作用、研发等相关问题，分享了他们的观点并回答了记者提问。

## 疫苗更重要的是“唤醒”免疫系统

《中国科学报》：冬季接种流感疫苗后，有时还是会中。你对这怎么看？

高福：对于一些流感病毒来说，疫苗的有效性通常在50%左右。流感病毒和冠状病毒等呼吸道病毒变异速度很快，因此疫苗需要不断调整。

尽管效力有限，但这并不意味着接种疫苗没有意义。疫苗不仅能降低感染率，更重要的是能“唤醒”免疫系统。我们的免疫系统长期未接触某种病毒时，它的应对能力就会降低，处于“休眠”状态。而疫苗的接种能够让它提前做好防御准备，当真正接触病毒时，免疫系统能更快作出反应，从而减少重症和死亡风险。

尽管流感疫苗属于选择性接种疫苗，我们仍然建议高风险人群每年接种。特别是对于老年人、有基础疾病的患者等高风险群体，疫苗仍然能提供重要的保护。以我为例，

我每年都会接种流感疫苗。

《中国科学报》：针对呼吸道疾病，是否能研发出可抗多种病毒的联合疫苗？

George Siber：联合疫苗对提高接种率确实很重要，特别是在儿童疫苗接种中，因为家长不希望孩子接受多次注射。

在呼吸道疫苗领域，理想情况是在呼吸道病毒季来临前，通过一剂疫苗就能覆盖5种甚至更多种病毒。但监管机构对于将多种病毒，特别是将流感和一些变异性强的病毒组合在一起持谨慎态度。未来可能的方向是先开发针对呼吸道合胞病毒、人类偏肺病毒和副流感病毒的固定组合疫苗，再探索其他的可能性。

## 研发随病毒变异而进化的疫苗，可行吗？

《中国科学报》：世界卫生组织已发布了17种急需优先研发疫苗的病原体清单。你认为中国最优先的疫苗研发方向是什么？

George Siber：全球范围内，百日咳的反复流行是一个严峻挑战。现有的无细胞百日咳疫苗在阻断传播方面效果有限，导致学校中百日咳疫情频发，并且进一步传播给婴幼儿。中国在这方面已经开发出气溶胶疫苗等创新方法，虽然还需要更多研究，但这可能是改善呼吸道免疫的重要方向。

戴连攀：因为疾病负担的差异，不同国家和地区的疫苗研发优先级各不相同。近年来，中国儿童患支原体感染和腺病毒的病例明显增加。此外，乙肝和肺结核依然是我国重要的公共卫生挑战，相关治疗性疫苗的研发也至关重要。

高福：传染病无国界，没有哪种疫苗是专属于某个国家的。冠状病毒、呼吸道合

胞病毒、艾滋病病毒、结核病毒等都是全球性挑战。疫苗研发的优先级应该具有全球视角，我们需要加强国际合作，共同推进疫苗研发。

《中国科学报》：目前，我们已经拥有DNA疫苗、重组蛋白疫苗，近年又发展出mRNA疫苗，一些中国科学家正在研究环状RNA疫苗进行肿瘤免疫治疗。未来是否可能研发出随着病毒变异而进化的疫苗，如利用逆转录酶或逆转录病毒作为疫苗载体？

George Siber：你的设想是让所有可能的病原体基因“潜伏”在人类基因组中，然后在需要的时候通过药物或环境因素激活它们。这很有趣，但仍偏向“科幻”。

我们的免疫系统在进化过程中形成了一种预测机制，能够提前应对潜在的病原体。但问题在于，病原体也会不断变异，例如流感病毒，它会持续变化，因此，我们无法准确预测未来可能出现的病原体。不过，这个想法值得进一步探索。

高福：我想从另一个角度回答这个问题。向病原体学习是一个很好的思路，这就是所谓“以夷制夷”。纵观疫苗学的发展历史，很多疫苗的原理都是基于对病毒或细菌的研究。

如果我们能让疫苗具备类似病毒的变异能力，进入人体后能随着病毒的变异而调整，从而产生更广谱的抗体反应，那么这可能是未来疫苗研发的重要方向。

戴连攀：我认为这种逆转录病毒方法的优势在于可能产生持久的免疫应答，通过持续的新抗原表达控制病复发，适用于癌症或慢性感染，如艾滋病。然而，对于新发传染病，我们通常需要快速研发和部署疫苗，因此，逆转录病毒载体的方式可能并不适用。

## AI将给疫苗研发带来革命性变化

《中国科学报》：人工智能(AI)技术发展迅速。你认为AI在疫苗研发中将扮演什么角色？

高福：马斯克认为AI最终会主宰一切，美国甲骨文公司创始人拉里·埃里森近日也表示，他们正在开发一款AI驱动的癌症疫苗系统，能够在48小时内基于基因测序为患者定制个性化治疗方案。这些显然都是夸张的说法。

但我很关注AI在疫苗和药物研发中的实际应用，它能帮我们更快地筛选潜在的疫苗靶点，加速抗原设计，可能将新药和新疫苗的研发周期缩短5年。我们已经看到一些由AI指导开发的新药进入研发阶段或用于临床。

AI未来会在疫苗研发中发挥越来越重要的作用，但它无法取代实验数据和科学家的判断。疫苗研发不仅是计算问题，还涉及免疫系统的复杂反应。因此，AI目前更像是一种强有力的辅助工具，而非万能解决方案。

George Siber：我注意到，与马斯克和埃里森的观点相反，美国再生元制药公司首席执行官乔治·雅克波斯最近表示，AI存在过度炒作。他认为目前AI主要是在分析海量数据、寻找模式方面表现出色，但还未能做出真正具有创新性的东西。

在疫苗领域，AI可能通过反向遗传学找到基因组中的某些有用抗原，但设计全新抗原仍然是个挑战。我同意高福的观点，只要我们确保AI造福人类而非破坏人类，它将带来巨大益处。

戴连攀：我对AI在疫苗领域的应用持乐观态度。它的优势在于能够优化疫苗研发的各个环节，特别是在癌症疫苗和个性化疫苗领域，AI可能带来革命性变化。

## 发现·进展

中国科学院西北生态环境资源研究院

## 寒冷荒漠地区防沙治沙有了新工具



在青海荒漠光伏电站进行的喷洒实验。受访者供图

本报讯(记者叶满山)中国科学院西北生态环境资源研究院科研团队在防沙新材料研发方面取得新突破，为寒冷荒漠地区的防沙治沙工作带来了有效工具。近日，相关研究成果发表于《工业作物和产品》。

风沙灾害对生态环境和人类生产生活造成了极大的威胁。应用化学材料固定流沙是当前主要的防沙方法之一，但这种材料主要针对炎热、干旱的地区设计，在温度较低的高海拔或高纬度荒漠地区，难以发挥理想的效果。

“针对寒冷荒漠地区的环境条件，防沙材料不仅需要具备良好的耐低温能力，还需要具备良好的透氧和亲水防冻性能，同时不能影响植物种子的萌发。”论文通讯作者、中国科学院西北生态环境资源研究院研究员柳本立表示。

研究人员选择甘油三酯醚和甘油作为主要原料，对以农作物秸秆为主要原料的醋酸纤维素基水性聚氨酯固沙剂进行改性，以提高其防冻能力。经过多次实验和优化，成功研发出醋酸纤维素-水性聚氨酯-甘油三酯醚-甘油系列防冻固沙剂。

这种新型防冻固沙剂具有良好的降解性能，热降解后的主要挥发性物质为水蒸气、氨气和二氧化碳，不会对环境造成污染。而且在零下20℃的低温条件下，它的固结强度依然能够保持稳定。此外，在青海的实地应用证明，该固沙剂不仅可以有效固定流沙，还能促进植物生长，为荒漠地区的生态恢复提供了有力支持。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120650>

西安交通大学

## 用“全景地图”破解肿瘤“混乱社区”

本报讯 西安交通大学教授叶凯团队在肿瘤内部空间异质性研究方面取得重要进展，提出以基因为中心的空间转录组学解析肿瘤组织方法，为肿瘤精准治疗提供了新依据。近日，相关研究成果发表于《细胞-基因组学》。

肿瘤组织具有高度异质性，细胞类型多样，基因表达杂乱无章、区域界限模糊，传统的空间转录组技术难以全面揭示肿瘤的特性。传统方法通常将采样点视为独立的“房子”，统计每个点的细胞类型和基因表达信息，容易产生误差。

针对这一难题，叶凯团队提出以基因表达的空间分布来构建整体计算框架。他们开发出STMiner方法，利用二维高斯混合模型和最优传输理论，将离散的采样点转化为连续的基因分布地图，就像从零散的“房屋信息”中绘制出一张关于“居民分布”的“全景地图”。这种方法不仅能更准确地反映肿瘤组织的真实情况，还能减少干扰信息，帮助科学家更清晰地观察基因的空间分布规律。

凭借这一技术，研究团队成功定位了高度复杂、边界不清的肿瘤组织中的独特基因表达模式，清晰区分了正常与异常组织的边界，并识别出一些此前被忽视的关键基因和空间结构。

(张行勇)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1016/j.xgen.2025.100771>

南方科技大学等

## 为揭示北极气候变化提供新视角

本报讯(记者刁雯雯)南方科技大学讲席教授刘青松团队联合国内外团队深入探讨了北太平洋低纬度和高纬度地区水汽循环的相互作用，以及这一过程如何对北极气候变化产生深远影响。近日，相关研究成果发表于《自然-通讯》。

当前的主流观点认为，人类活动排放的二氧化碳导致地表反照率变化，并造成北极地区持续变暖。然而，有科学家指出，北极地区的持续升温不仅与地表反照率变化有关，还与从北太平洋到北极地区的水汽输送密切相关。有研究表明，北太平洋低纬度地区向极地的热量和水输送也对北极气候和海冰分布范围产生了重要影响，通过白令海峡的海洋热量和水输送对北极变暖的影响可能比二氧化碳排放的影响更大，但缺乏长尺度的地质历史数据支持。此外，岁差控制的季风降水是否影响高纬度地区的冰盖气候系统，也需要进一步明确。

鉴于此，研究团队利用2013年国际大洋钻探323航次在白令海鲍尔斯海岭区获得的沉积物样品，通过黏土矿物学和石磁学等多指标方法，重建了过去40万年以来白令海地区的湿度记录。通过对全球气候进行30万年连续模拟，并对北太平洋副热带环流向极地输送热量和水进行动力学分析，他们提出了岁差驱动下的北太平洋-低纬度水汽循环动力学模式。

该模式刻画了低纬度太平洋向极地区输送热量和水汽的热力学和动力学过程，进一步强调了水汽输送是冰盖生长的先决条件，突出了低纬度驱动在晚更新世冰量扩张模式中的重要作用。

研究发现，北太平洋向热量传输对未来气候变暖背景下北极海冰消退产生了重要影响，同时由于“北极放大”效应的加剧，其对全球气候模式改变和生态系统破坏可能产生了广泛影响。研究不仅为揭示北极气候变化提供了新视角，也为全球气候变暖背景下的海洋与气候系统互动提供了重要启示。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41467-025-56542-1>

## 简报

中国科协制定实施

## 《中国科协2035行动计划纲要》

本报讯(记者高雅丽)2月17日至18日，中国科协在北京召开第十届全国委员会第九次会议。会议审议通过《中国科协2035行动计划纲要》(以下简称《纲要》)。

《纲要》紧紧围绕科技强国建设重大部署，提出到2035年，科协组织建设全面覆盖科研机构 and 广大科技人员，有效发挥党和政府联系广大科技工作者的桥梁和纽带作用，主要学科领域的全国学会、在华国际科技组织成为具有全球影响力的学术思想策源中心和科技人才会聚平台，

科协系统功能合理配置，成为能发挥重大独特作用的学术平台、融创枢纽、科普阵地、科技智库，成为与世界科技强国相适应的卓越、赋能、创新、包容的“科技工作者之家”，在国家现代化治理体系中占有重要地位。

《纲要》明确了组织凝聚工程、思想铸魂工程、人才托举工程、学术荟萃工程、产学研融通工程、科普促进工程、智库集思工程、开放合作工程等八大重点工程和21项重点举措。

老年人情绪和行为障碍诊治关键技术研发

## 获国家立项

本报讯(记者朱汉斌 通讯员彭逢美)记者从南方医科大学中西医结合医院(以下简称南方中医)获悉，由南方中医牵头申报的“老年人情绪和行为障碍诊治关键技术(临床研究类)研发项目”于近日成功获批国家重点研发计划。

随着我国老龄化进程加速，60岁以上老年人情绪和行为障碍患病率已超15%，传统诊疗模式面临精准度低、干预手段单一等难题。针对这一现状，南方中西医联

合首都医科大学附属安定医院、上海市精神卫生中心、首都医科大学宣武医院、电子科技大学、山东第二医科大学等9家单位，共同开展“老年人情绪和行为障碍诊治关键技术”攻关，探索中西医结合创新解决方案。预计3年内制定首部《情绪与行为障碍创新诊疗指南》，开发情绪与行为障碍连续服务平台，使相关创新诊疗技术覆盖超200家医疗机构，惠及千万老年患者。

# 追溯1.2万年前的证据，揭开湖泊“藏碳”密码

■本报记者 袁一雪

湖泊虽仅占地球表面积的1.8%，却在碳循环中扮演着重要角色。其有机碳封存量超过全球的10%，可与海洋和土壤媲美。

然而，在全球变暖背景下，湖泊中有机碳的长期动态变化仍不清楚。尽管有研究显示，温度是影响湖泊有机碳封存的关键因素，但其具体机制尚未厘清。

中国科学院南京地理与湖泊研究所(以下简称南京地湖所)研究员隆浩联合南京信息工程大学教授程军、中国地质大学(武汉)副教授陈伟哲等科研人员，首次揭示了温度季节性差异在调控湖泊有机碳埋



湖泊沉积物中的有机质。受访者供图

藏中的关键作用。近日，相关研究成果发表于《自然-通讯》。

## 追溯1.2万年前的青藏高原气候与湖泊

为了追根溯源、寻找依据，隆浩团队将研究重点放在青藏高原约1.2万年前全新世时期的湖泊上。

“选择青藏高原，是因为它对气候变化高度敏感，被誉为‘气候变化的放大器’，其大量湖泊为研究温度长期变化如何影响湖泊埋藏提供了理想的自然实验室。”隆浩在接受《中国科学报》采访时说，“将研究时间区间定为全新世，则是因为那时的地球进入了稳定温暖期的重要阶段，为研究提供了独特的窗口。”

隆浩介绍，全新世早中期气候变化主要受自然因素驱动，因此能够准确识别温度变化对湖泊埋藏的自然影响。而且，全新世经历了不同的冷暖气候波动，特别适合研究湖泊碳循环对气候变化的长期响应。

确定研究对象后，研究人员通过在青藏高原南部采集的湖泊沉积序列，分析了一种广泛分布于湖泊沉积物中的由细菌合成的

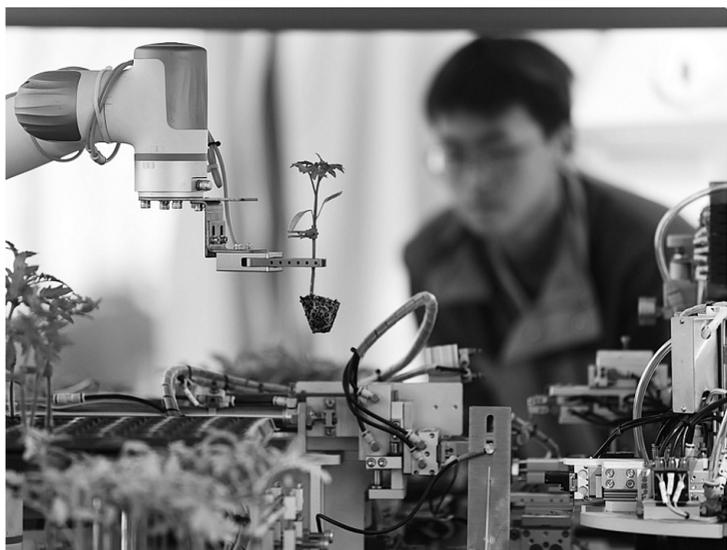
膜脂分子——支链甘油二烷基甘油四醚(brGDGTs)，定量重建了全新世的温度变化。

“brGDGTs是一种由细菌合成的化合物。这些细菌会根据环境温度的变化，调整自身细胞膜的结构。因此，brGDGTs可用于推测过去的气候变化。此外，brGDGTs在沉积物中能长期保存，这让它们成为研究地质历史时期环境变化的重要工具。科学家通过研究现代湖泊沉积物中brGDGTs的分布规律，发现它们与温度有很强的相关性。基于这些研究，已经建立起一套用于估算历史温度的‘温度标尺’，这为我们更精确地重建古气候带来了极大便利。”论文第一作者、南京地湖所博士研究生周声芳表示。

## 季节性温差是关键控制因子

研究结果显示，青藏高原南部地区的温度在早全新世时较低，而在中全新世显著上升。通过整合青藏高原范围内已发表的13条brGDGTs记录，再结合古气候模式模拟结果，研究人员发现，这些湖泊沉积物中的brGDGTs记录主要反映了无冰季的积温变化。而且，这一变化与不同纬度无冰季的持续时间存在很强关联。

由于全新世早中期季节性温度变化明显，湖泊沉积物中的有机碳含量相应较高，



## 3秒一株！机器人嫁接番茄苗保春种

2月19日，浙江省桐乡市数字种苗未来农场内，自动嫁接机器人正在嫁接番茄苗，以保障市场供应。

据了解，自动嫁接机器人仅需3秒就能完成一株种苗嫁接，种苗存活率高达99%。目前，该农场实现年培瓜菜种苗3000万株。

图片来源：视觉中国

而在季节性温度变化较小的中晚期，湖泊沉积物中的有机碳含量则明显降低。这意味着季节性温度差异显著，有助于湖泊有机碳的长期封存；季节性温差缩小，则可能削弱湖泊的碳封存能力，导致更多碳释放到大气，加剧温室效应。这一结论也得到了陆面过程碳循环模拟结果的支持。

“当前全球变暖的一个显著特征是冬季升温幅度大于夏季，导致季节性温差缩小，这与全新世某些时期的变化趋势相似。”隆浩表示，“这项研究的结论为预测未来湖泊碳循环的变化趋势提供了重要的科学依据。”

这项研究重建了1.2万年前季节性温差的变化，为湖泊碳循环的气候响应提供了地质时间尺度的证据。同时，研究人员一改过去研究中对年均温影响湖泊埋藏的关注，首次强调了季节性温差才是关键控制因子，并发现其对湖泊埋藏的影响在不同气候阶段表现出系统性的趋势，在全球变暖背景下提出了湖泊碳循环的新视角。

“我们的研究不仅深化了对湖泊埋藏机制的理解，也揭示了未来气候变暖可能引发的湖泊碳释放风险。这一发现对于评估湖泊在全球碳循环中的作用，以及制定气候变化适应策略，具有重要的科学和现实意义。”隆浩说。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-025-56399-4>