



听《中国科学报》《中国科学报》官微

科学网 App

科学网官微

# 华南地区为何鼻咽癌高发

■本报记者 朱汉斌

EB 病毒(EBV)是鼻咽癌的关键致病因素。华南地区人口占全球 2%, 却占全球鼻咽癌新发病例的 47% 以上, 而其高发原因长期未明。近日, 中山大学肿瘤防治中心研究员徐森团队与合作者首次揭示了高危 EBV 与宿主基因协同塑造鼻咽癌地域风险的关键机制。相关成果在线发表于《自然》。

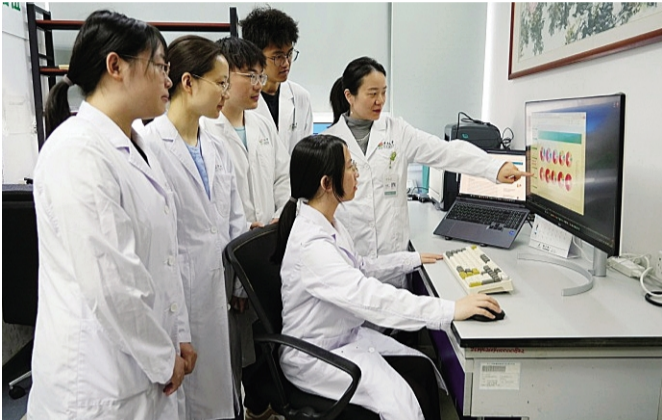
中国科学院院士、中山大学肿瘤防治中心研究员曾木圣表示, 此前已发现鼻咽癌的遗传易感性和致瘤高危 EBV 亚型。此次研究进一步从病原体-宿主相互作用角度, 阐明了高危 EBV 亚型与宿主人类白细胞抗原(HLA)的互作位点及分子机制, 解答了鼻咽癌在华南地区高发的病因学问题。

## 从遗传易感位点到高危 EBV 亚型

鼻咽癌是最具地域特征的恶性肿瘤之一。在高发区, 几乎所有鼻咽癌肿瘤组织都呈 EBV 阳性。一直以来, 学界对于鼻咽癌在华南地区高发的原因存在两种假设: 一是华南人群具有遗传易感背景; 二是当地流行高危 EBV 亚型。2002 年和 2010 年, 中山大学肿瘤防治中心团队在《自然-遗传学》发表两项研究成果, 分别鉴定出鼻咽癌家系和散发人群的基因易感位点, 从遗传学角度阐明了鼻咽癌的部分发病因素。然而, 一个关键问题仍然未解——既往发现的遗传易感因素和环境暴露因素, 通常仅增加 1~3 倍的鼻咽癌发病风险, 难以充分解释华南地区的聚集性高发现象。同时, EBV 虽是鼻咽癌的核心病因, 全球人群普遍感染, 但鼻咽癌却在特定地区高发。这一“广泛感染”与“局部高发”的矛盾, 提示可能存在尚未识别的关键致病因素。

围绕这一问题, 研究团队联合新加坡基因组研究所教授刘建军、中国科学院动物研究所研究员翟巍巍、美国哥伦比亚大学教授刘中华、福建医科大学教授叶为民等, 开展了历时近 10 年的系统合作研究。

合作团队率先鉴定出鼻咽癌致瘤高危 EBV 亚型 BALF2-CCT, 相关成果



徐森(右一)在指导学生。郑敏珊/摄

2019 年发表于《自然-遗传学》。该亚型是目前已知最强的鼻咽癌风险因素, 可使发病风险增加约 7 倍。其地理分布与鼻咽癌发病格局高度一致——华南地区携带率达 35%~40%, 中国北方低于 5%, 欧美地区几乎为零。

这一发现揭示了高危 EBV 感染是华南鼻咽癌高发的主要驱动因素, 从病毒层面解释了“EBV 普遍感染但鼻咽癌却局部高发”的悖论。

## 高危 EBV 与宿主基因的互作机制

高危 EBV 虽在华南人群中广泛传播, 但仅少数感染者最终发展为鼻咽癌, 表明高危 EBV 本身不足以决定发病, 其致瘤效应可能依赖于特定的宿主遗传背景。那么, 高危 EBV 更易导致哪些宿主发病? 决定致瘤易感性的宿主-病毒互作机制是什么?

合作团队利用广义线性混合模型, 创新性地建立了宿主-EBV 双基因组互作分析扫描分析框架, 突破了病毒与宿主复杂遗传结构混杂及双基因组高维扫描带来的方法学瓶颈, 最终鉴定出决定鼻咽癌易感性的核心高危 EBV-宿主 HLA 基因互作对, 并在分子水平解析了作用机制。

研究发现, 鼻咽癌发病风险由 HLA-A 等位基因与高危 EBV85841 位点 A>G 变异互作共同决定, 并非由宿主

或病毒单一因素所致。在功能层面, 该高危 EBV 变异通过改变 EBNA3B 抗原表位, 决定其能否被 HLA-A11:01 有效呈递, 并直接影响 CD8 T 细胞对高危 EBV 感染细胞的识别与杀伤效率。

在缺乏 HLA-A11:01 等位基因的情况下, 高危 EBV 抗原表位 VVI 不能被有效识别和呈递给 CD8 T 细胞, 因此无法激活 VVI 抗原肽特异性的 T 细胞免疫应答, 宿主难以有效控制病毒再激活。由于高危 EBV 与 HLA-A 基因的互作效应, 感染高危 EBV 且缺乏 HLA-A11:01 的“双重风险因素携带者”, 其鼻咽癌发病风险较基线增加约 17 倍; 而这类人群在华南地区并不少见, 约占总人群的 17.6%。这一发现为高危人群高效筛查奠定了理论基础。

## 高危 EBV 演化与区域风险塑造

为解释华南地区鼻咽癌高发的区域性特征, 研究团队进一步追溯了高危 EBV 的演化起源。

研究发现, 约 4000 年前, 中国南北方 EBV 谱系在华南地区发生重组, 形成高危 EBV 中最主要一支。该病毒表现出适应性优势并发生克隆扩散, 目前已感染约 35% 的华南人群, 成为该地区感染率最高的亚型。相关成果 2024 年发表于《国家科学评论》。

更重要的是, 高危 EBV 和与其互

作的 HLA-A 等位基因在华南地区共同富集, 从群体层面强化了“病毒-宿主”互作的遗传效应, 共同塑造了华南人群的鼻咽癌风险结构。

论文共同第一作者、中山大学肿瘤防治中心博士生梁婧彬表示, 印象最深的不是论文发表的那一刻, 而是将故事讲述完整的研究过程。“最开始我们从遗传分析中观察到宿主 HLA 与 EBV 高危变异间存在显著互作, 但这一发现是否具有真实的生物学意义, 还需要更多证据支持。随着后续功能实验和演化分析的不断推进, 我们逐渐看到, 这并不是一个孤立的统计学现象, 而是从免疫识别到病毒形成与扩张都能讲得通的完整故事。”

徐森表示, 系列研究首次鉴别出驱动华南鼻咽癌高发的核心高危 EBV 亚型, 为疫苗研发提供了关键依据。基于高危病毒与宿主易感因素的联合分析, 可实现鼻咽癌风险分层及高危人群的精准识别。

“开发疫苗是预防病毒相关肿瘤最有效、最经济的手段。”徐森指出, EBV 是人类发现的首个致瘤病毒, 其结构与生活周期复杂, 人群普遍易感。明确预防何种病毒亚型、保护哪些高危人群, 对开发鼻咽癌预防性疫苗具有重要意义。

审稿人认为, 该研究具有重要价值。“较大的效应量、新颖的交互作用, 以及可能具有显著人群影响的结果, 使这一发现具有重要意义。”

中国工程院院士夏宁邵认为, 该研究从“病原体变异-宿主遗传易感性”协同作用的视角, 首次阐明了高危 EBV 基因变异与宿主 HLA-A 等位基因之间的共进化学作用及分子机制。这一发现不仅为华南地区鼻咽癌高发之谜提供了新的科学依据, 也为未来鼻咽癌精准防控奠定了基础。

“该研究为鼻咽癌高风险人群筛查及疫苗接种提供了科学依据, 建立的‘病原体-宿主’研究分析框架有望成为感染相关肿瘤研究的新范式。”曾木圣说。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41586-026-10416-8>

# 新策略破解煤炭发电碳排放难题

本报讯(记者刁雯蕙)中国工程院院士、深圳大学深地科学与绿色能源研究院教授谢和平团队构建了近零碳排放直接煤燃料电池(ZC-DCFC)的技术实施策略与核心技术架构, 为突破传统燃煤发电高排放、低效率的瓶颈提供了新思路。近日, 相关研究成果发表于《能源评论》。

当前, 碳中和已成为国际共识。然而, 受区域发展历程、资源禀赋差异, 以及新能源间歇波动性因素制约, 煤炭等化石能源依然是全球能源供应的基础, 燃煤发电技术仍占据主导地位。此类技术的能源转化效率约为 45%, 单位发电量的煤炭消耗量居高不下, 煤炭深度脱碳难以突破。因此, 亟须变革传统燃煤发电方式, 探索清洁、高效、零碳排放的煤炭发电新技术。

为此, 研究团队率先提出了 ZC-DCFC 发电技术概念, 即煤炭不通过燃烧, 而是通过氧化膜实现电化

学氧化并直接转化成电能, 同时在系统内直接催化、转化、矿化、电化二氧化碳, 实现近零碳排放发电利用并产生高价值产物。2018 年以来, 研究团队相继在 ZC-DCFC 关键高性能材料开发、电池力学失效机制与防治、煤燃料活化处理、电极微结构优化等方面取得了重要进展。

该系统阐述了 ZC-DCFC 在燃料处理、关键材料开发、单电池与电堆设计、原位零碳化等核心技术挑战与攻关路径, 并围绕电堆规模化、长期稳定性、碳转化效率、系统集成及应用场景进行了深入分析与展望。

研究提出的 ZC-DCFC 原理技术有助于突破传统燃煤发电利用的固有局限, 破解煤炭燃烧发电的碳排放难题, 使煤从本质上成为清洁能源, 为煤炭零碳高效利用提供了全新理论与技术支撑。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1016/j.enrev.2026.100178>

# 适用于超低温的双电层电容器问世

本报讯(记者孙丹宁)中国科学院大连化学物理研究所研究员吴忠帅、副研究员周峰团队与中国科学院院士、中国科学院深圳先进技术研究院研究员成会明团队合作, 提出了一种温度不敏感的“强-弱配位溶剂化”电解液设计策略, 并与富介孔碳电极材料设计策略相结合, 开发出适用于超低温(-80°C)的双电层电容器。近日, 相关成果发表于《能源与环境科学》。

随着电化学储能设备的广泛应用, 极端条件下的电化性能衰退乃至失效等问题亟待解决。双电层电容器基于离子物理吸附/脱附的储能机理, 有望突破电化学储能器件的低温应用瓶颈。然而, 其性能面临电解液凝固点高、离子电导率低、电化稳定性差, 以及电极材料内离子传输受限等挑战。

研究团队选用乙腈作为强配位溶剂, 以削弱离子液体中阴阳离子间

的相互作用, 提高体系的离子电导率; 选用具有超低凝固点与高电化稳定性的弱配位稀释剂作为“外部屏蔽层”, 以降低体系凝固点, 从而实现电解液在耐高压、高离子电导率与超低凝固点方面的兼容。在电极材料方面, 团队设计了富含介孔的活性炭, 以促进离子在低温下的快速传输, 进而减少因孔道传输受限导致的电容损失。

在-80°C与4.5V电压条件下, 团队构建的双电层电容器实现了104.5Wh·kg<sup>-1</sup>的能量密度, 1万次循环后容量保持率为89.5%。此外, 300F软包双电层电容器在-80°C至25°C范围内可稳定运行。

该研究不仅验证了一种可行的电解液-电极协同设计策略, 也为极端低温下电化学储能器件的应用提供了参考。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1039/D5EE06850A>

# DQ-2 星实现国际首次天底与临边成像同步观测

本报讯(记者陈欢欢)近日, 高精度温室气体综合探测卫星(DQ-2)在甘肃酒泉卫星发射中心成功发射。DQ-2 具有以主被动结合方式获取高光谱分辨率、高时间分辨率温室气体、污染气体、气溶胶等大气环境要素的遥感探测能力, 入轨后将与 DQ-1 形成上下午组网协同观测格局, 实现对全球大气成分高精度综合监测。数据将服务于生态环境、自然资源、农业农村、林草、气象等领域资源应用。

该星共搭载 5 台有效载荷, 其中

紫外高光谱大气成分探测仪用于定量监测全球和区域痕量污染气体立体分布。该载荷由中国科学院合肥物质科学研究所安徽光学精密机械研究所自主研发, 创新性地设计了天底、临边双光机头, 既能“低头”观测大气成分水平分布, 又能“侧视”捕捉大气的垂直结构, 形成全方位、立体化的大气探测能力, 在国际上首次实现了成像技术下两者的同步观测, 可有效支撑污染源位置辨识、点源和面源排放通量量化及区域间相互影响研判。

# 粤港澳大湾区首台“华龙一号”核电机组投产发电

本报讯(记者朱汉斌 通讯员朱丹)4月20日, 粤港澳大湾区首台“华龙一号”核电机组——中国广核集团有限公司(中广核)广东太平岭核电厂1号机组投产发电, 正式具备商业运行条件, 预计年发电量超 90 亿千瓦时。

此次投产的 1 号机组以自主创新实现了多项关键技术突破。机组首次应用了中广核自主设计的 HL-T67 蒸汽发生器和 SH-N 非安全级 DCS 平台, 主蒸汽隔离阀实现国产化, 向关键设备全面自主化迈出了坚实一步。同时, 通过一回路过热钝化技术为管道穿上“防腐衣”, 有效

抑制腐蚀、延长设备寿命; 二次侧解耦运行则使核电站一、二回路可单独启动, 大幅提升检修效率。

此外, 该项目首次上线数字化移交 3.0 平台, 以三维电厂模型为载体, 贯通设计、采购、施工、调试全链条, 形成一体化数据资产, 实现了实体电站与“数字电站”同步建成、一体移交, 以科技创新赋能核电管理。

太平岭核电项目规划建设 6 台“华龙一号”核电机组, 分三期建设。全部建成后, 预计年发电量将超过 550 亿千瓦时, 每年可等效减少标煤消耗约 1665 万吨, 减排二氧化碳约 5082 万吨。



中广核广东太平岭核电项目航拍。

中广核供图

# 2026 年突破奖揭晓



种遗传性视网膜疾病。英国伦敦大学学院的 Omar Mahroo 表示, Luxturna “为一种此前无法治愈的失明症提供了新疗法”, 并为未来针对其他致盲原因的基因疗法带来了“充满希望的范式转变”。

美国波士顿儿童医院的 Stuart Orkin 和美国国家心肺血液研究所的 Sweeney Lay Thein 分别发现, BCL11A 基因是治疗镰状细胞贫血和 β 地中海贫血的靶点。这项研究成果促成了首个获 FDA 批准的基因编辑疗法——Casgevy 的问世, 两位研究者也因此获得突破奖。

比利安特卫普大学的 Rosa Rademakers 与美国国家衰老研究所的 Bryan Traynor 因分别独立发现遗传性额颞叶痴呆和肌萎缩侧索硬化症均由 C9ORF72 基因突变引起而共同获得了突破奖。

在基础物理学领域, 突破奖由在欧

洲核子研究组织、美国布鲁克海文国家实验室和费米实验室参与实验的数百名合作者分享, 他们数十年致力于测量亚原子粒子 μ 子的磁性。去年, 研究人员公布了对 μ 子磁矩的最终测量结果, 其测量精度为 10 亿分之 127。

日本高能加速器研究组织的 Tsutomu Mibe 表示, “这一奖项实至名归”。美国加利福尼亚大学圣塔芭芭拉分校的 David Gross 荣获了基础物理学特别突破奖, 旨在表彰他在理解强核力及弦理论方面的贡献, 以及在国际科学合作方面的作用。

在数学领域, 突破奖授予了法国塞吉巴黎大学的 Frank Merle, 以表彰他在非线性方程领域的贡献。这些方面的应用范围广泛, 涵盖量子物理、流体力学等多个领域。

Merle 表示, 获奖令他感到“十分惊讶”, 并指出在自己的职业生涯早期, 人

们普遍怀疑数学家能否为物理学提供新见解。“我想现在有了这个奖, 他们中的大多数人应该相信了。”

此外, 基金会还表彰了 15 位处于职业生涯早期的物理学家和数学家, 包括北京大学校友、美国纽约大学柯朗数学科学研究所的王虹, 他们共同获得了 6 项各 10 万美元的“新视野奖”。3 位近期取得博士学位的女数学家每人获得了 5 万美元的玛丽亚姆·米尔扎哈尼新前哨奖。

突破奖被誉为“科学界的奥斯卡”, 旨在表彰那些通过重大发现显著推动人类认知进步的科学家。该奖项由谢尔盖·布林、普利希拉·陈、马克·扎克伯格、茉莉亚·米尔纳、尤里·米尔纳及安妮·沃西基共同创立, 现已举办至第 14 届。今年的奖金总额为 1875 万美元, 截至目前, 突破奖颁发的奖金总额已超过 3.4 亿美元。

(文乐乐)