



国务院新闻办公室发布《中国的能源转型》白皮书

据新华社电 国务院新闻办公室 8 月 29 日发布《中国的能源转型》白皮书。

白皮书除前言和结束语外分为六个部分，分别是新时代中国能源转型之路、厚植能源绿色消费的底色、加快构建能源供给新体系、大力发展能源新质生产力、推进能源治理现代化、助力构建人类命运共同体。

白皮书指出，加快能源转型发展，实现能源永续利用，持续提升民生福祉，为世界经济提供不竭动力，已成为各国共识。党的十八大以来，中国能源进入高质量发展新阶段。2014 年，习近平总书记提出推动能源消费革命、能源供给革命、能源技术革命、能源体制革命和全方位加强国际合作的“四个革命、一个合作”能源安全新战略，为新时代能源发展指明了前进方向，提供了根本遵循。

白皮书介绍，中国的能源转型，立足于高质量发展，加快构建清洁低碳、安全高效的新型能源体系，为经济社会发展提供坚强的能源保障，不断满足人民日益增长的美好生活

需要；着眼于生态文明建设，加快形成节约高效、绿色普惠的能源消费新模式，协同推进降碳减污扩绿增长，推动实现人与自然和谐共生；服务于构建人类命运共同体，持续深化绿色能源国际合作，积极做全球能源转型的推动者，携手各国共建可持续发展的未来。

白皮书说，能源转型是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，是一项长期的战略性任务，需要在能源安全新战略的指引下稳中求进、久久为功。

白皮书指出，中国制定了中长期发展规划，到 2035 年，中国将基本实现社会主义现代化，能源绿色生产和消费方式广泛形成，非化石能源加速向主体能源迈进，新型电力系统为能源转型提供坚强支撑，美丽中国目标基本实现。本世纪中叶，中国将全面建成社会主义现代化强国，清洁低碳、安全高效的新型能源体系全面建成，能源利用效率达到世界先进水平，非化石能源成为主体能源，支撑 2060 年前实现碳中和目标。（戴小河）

他们在双层石墨烯领域碰出新火花

■本报记者 张晴丹

当平常夫妻在讨论柴米油盐时，上海交通大学副教授李昕昕和刘晓雪这对科研伴侣却在讨论“实验为什么会这个现象呢？我们一起研究一下”。

其实，李昕昕主要做二维层状半导体研究，刘晓雪擅长的领域则是石墨烯超导。原本是不同的两个方向，夫妻俩却意外地碰撞出全新的火花——首次在单层双层石墨烯与二维半导体的异质结构中观测到电子掺杂的超导态。相关论文近日发表于《自然》。

一拍即合做出顶尖成果

美国加州理工学院教授 Stevan Nadj-Perge 课题组 2022 年在预印本平台 arXiv 公布的一项研究成果，给李昕昕和刘晓雪带来了启发。

“把晶体双层石墨烯和单层半导体二硒化钨结合在一起，可以看到本征的双层石墨烯的超导态被显著增强，这个现象太有趣了，其中还有很大的挖掘空间。”李昕昕表示。

“我们发现双层石墨烯和二硒化钨贴合形成异质结构后，性质变得非常丰富，但是其超导态并未被完整地表征出来，主要原因是之前实验所加的电压受限，只能到 1V/nm。我和李昕昕讨论后达成的共识是，可以把电压推到更高。”刘晓雪说。

大部分课题组在这种非转角石墨烯体系中，一直都是围绕空穴掺杂的超导情况开展研究，没有人研究电子掺杂。李昕昕和刘晓雪一拍即合，决定开拓这个“无人区”。

李昕昕在美国康奈尔大学从事博士后研究期间，兴趣集中在二维层状半导体及其莫尔超晶格系统的研究上，其间积累了许多实验技巧，因此对提升电压强度很有把握。而刘晓雪在美国布朗大学从事博士后研究期间的主要研究内容是转角石墨烯超导，对制作高质量样品有着丰富的经验。

既要保证样品质量，又要加大电压，两者结合起来让研究变得十分棘手。于是，两人开启了经验值叠加的默契配合之路。

“当时，从已经发表的文章来看，能实现 1V/nm 的垂直电场已经是极限了，我们带领学生通过优化样品制备方法，将所加电场的极限推高到 1.6V/nm，得到的高质量石墨烯样品可以说是世界上第一个实现这么高电场的。得益于能

够给样品施加超过前人研究的高电场，我们第一次在晶体石墨烯的电子端通过栅极静电掺杂发现了超导态。这令人兴奋。”李昕昕介绍。

全球第三个成功的课题组

在 2018 年以前，双层石墨烯已经被反复研究过，学者普遍认为这个领域不会再激起新的火花。

直到 2018 年，美国麻省理工学院教授 Pablo Jarillo-Herrero 课题组的博士生曹原在《自然》发表两篇重磅论文。他们发现了魔角石墨烯体系的超导电性，开辟了凝聚态物理研究的一个新方向，掀起了凝聚态物理研究和二维材料莫尔超晶格的研究热潮。无数科研人员聚焦于此试图重复、拓展相关研究。

相较而言，双层石墨烯是一种稳态结构，是天然石墨的基本组成单元。然而，之前全球只有两个课题组基于该结构，在这个体系中观测到超导，第一个是最早发现双层石墨烯超导的美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校 Andrea Young 课题组，第二个是 Stevan Nadj-Perge 课题组。这两个课题组之间还开展了一些合作。

在李昕昕和刘晓雪的这篇论文发表前，研究人员只在单层石墨烯空穴端发现了超导态，从未在其电子端观察到超导态。

李昕昕和刘晓雪的论文指出，电子端超导态跟空穴端超导态相比，在性质上存在许多区别。由此，李昕昕和刘晓雪的课题组成为全球第三个在单层石墨烯体系中观测到超导态的课题组。

其中一名审稿人看到文章时，喜悦之情溢于言表，他很欣慰除了前两个课题组之外，还有其他课题组能够重复之前的实验结果，并有新的发现。

李昕昕和刘晓雪的这篇论文首次在单层石墨烯中观测到电子掺杂情况的超导电性，这对于理解晶体石墨烯及转角石墨烯系统的超导机理、设计制备基于石墨烯系统的高质量新型超导量子器件等具有重要意义。

同为科研人，更能体谅对方

这项研究从开始进行到最终完成，其中任

何一个环节做得不到位，研究都可能以失败告终。其间，李昕昕和刘晓雪亲自传授刚入组的博士生李楚楚器件制备技巧，确保做出好样品。

想深入研究样品的物理性质，需要把它放到极端条件下进行系统的输运测量。然而，受国际设备禁运的影响，课题组无法购买到当时必须用到的稀释制冷机，因此无法开展样品超导电性性质的研究。

为了继续相关实验，李昕昕和刘晓雪及课题组研究生带着筛选好的样品，前往北京怀柔科学城，使用中国科学院综合极端条件实验装置的稀释制冷机开展测量工作。

“由于测量时间受限，我们从上海到北京往返了三趟，其间还要特别注意保护脆弱的石墨烯样品。不过做研究就是这样，过程永远不可能一帆风顺，中间有各种变量才是常态。”李昕昕说。对此，刘晓雪表示赞同，“有时候还要平衡科研和家庭的关系”。

其实，这已经不是两人第一次合作。去年 8 月，他们和美国的一个课题组同时在预印本平台 arXiv 公布了有关反量子霍尔效应的首个确凿实验证据，当时那个实验也需要到北京怀柔用极端条件实验装置测量。

“去北京进行稀释制冷极低温测量时，正赶上我生孩子，李老师立马退掉了当天前往北京的高铁票，陪伴左右、悉心照顾。等我和孩子出院后才带着学生去北京测量。”刘晓雪说。

克服了重重困难，这项成果最终于去年 9 月正式发表在《物理学评论 X》上。反量子霍尔效应的实验观测是凝聚态物理学家长期以来追求的目标，所以这一重大成果得到了领域内的广泛关注和高度评价。

“我们合作的科研工作收到很多学术会议的邀请，可惜只能我去，因为孩子太小离不开妈妈。”李昕昕表示。

“好在我俩都是非常理性的人，任何事情都是有商有量、相扶相携。之前我们在美国从事博士后研究时是异地恋，一年也就见两三次，后来李老师比我先回国，我俩又异国恋一年，但感情一直很稳定，因为已经习惯这种相处模式了。”刘晓雪说。同为科研人，所以更能体谅对方。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07584-w>



图片来源：视觉中国

新型环肽玻璃可生物降解和循环利用

本报讯(记者甘晓)中国科学院过程工程研究所研究员闫学海带领团队研发出一种可生物降解和循环利用的高熵非共价环肽新型玻璃，具有显著的抗结晶性、机械性能和酶耐受性，为新型医疗器件和智能功能材料的开发与应用提供了技术支持。相关研究成果近日发表于《自然-纳米技术》。

此前，科研团队已创新性开发出一种基于氨基酸和肽的可生物降解和循环利用的玻璃材料，这种非共价生物分子玻璃可替代传统玻璃和塑料提供一种绿色、可持续发展的替代方案。在此基础上，研究人员希望进一步研发出在复杂

生理条件下更为稳定的非共价生物分子玻璃——环肽玻璃。

环肽具有刚性骨架结构，因此具有较高的稳定性、生物活性，以及较强的抗酶解能力，被视为构筑新型生物基材料和药物的理想分子基元。

但环肽分子极易结晶，限制了其玻璃化形成能力。为此，研究团队采用高熵策略，首次实现了基于非共价作用的环肽玻璃的创制。通过熔融多种环肽创造高熵环境，利用淬火技术保持过冷液体中多尺度分布的无序构象，有效抑制其结晶，最终促进了玻璃的形成。

该原理适用于其他有机小分子高熵非共价玻璃的制备。环肽玻璃抗结晶性、机械性能和酶耐受性的提升得益于玻璃中分子扩散的减缓和网络连接性的增强。研究人员通过对成分的精确调控，可以实现对这些性能的有效调节，这为环肽药物的可控释放提供了新的可能。

此外，环肽玻璃还显示出整合染料和纳米颗粒等其他功能基团的潜力，为多功能可持续非共价玻璃的设计和开发提供了方案。

相关论文信息：
<http://doi.org/10.1038/s41565-024-01766-3>

科学家揭示

人体磷酸盐“阀门”工作机制

本报讯(记者倪思洁)记者从中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心获悉，研究员姜道华团队利用冷冻电镜单颗粒技术和磷酸根外排功能体系，深入分析了一种可以帮助人体排出磷酸盐的蛋白——XPR1 的结构和功能，阐明了该蛋白转运和调控磷酸盐的机制。该研究有助于推进人体磷酸盐稳态的研究。相关研究成果近日发表于《自然》。

磷是人体含量第六多的常量元素，每个成年人体内大约含有 1 公斤的磷。由于含有大量磷元素，尸体降解过程中产生的磷化氢在某些条件下会自燃，发出炎炎磷火。现代研究表明，磷几乎参与了生命体所有的生理进程。例如，磷酸盐是骨骼和牙齿的主要成分；磷形成核酸的骨架，参与酸碱平衡；蛋白质通过磷酸化或去磷酸化作为信号调节细胞代谢。

尽管磷酸盐在人体中如此重要，但其过多积累会引发心血管疾病、肿瘤、抑郁等。因此，将多余的磷酸盐排出细胞外尤为重要，而 XPR1 是哺乳动物中目前已知唯一的磷酸盐外排蛋白。不过，XPR1 如何力挽狂澜，救磷失衡细胞于“水火之中”，一直是未解之谜。

姜道华团队研究发现，XPR1 的结构类似于转运蛋白，但是不同于绝大多数转运蛋白采用的交替开放的转运机制，XPR1 在外排磷酸盐的过程中，采取了一种新颖的类似于通道的门控机制。

“XPR1 是一种反转录病毒的细胞表面受体，拥有一个普遍存在于动物、植物和微生物中的 SPX 结构域，可以及时感受细胞内磷酸盐过量而发出‘求救信号’。”姜道华说。

该研究首次阐明了 SPX 结构域通过结合多磷酸肌醇调节 XPR1 的通透量，提出多磷酸肌醇感知和磷酸盐输出之间的耦合机制。

“XPR1 蛋白非常‘聪明’，为了避免过多磷酸根离子的外排导致营养流失，XPR1 利用自己末端一段柔性铰链控制通道开口的大小，而 SPX 结构域可以通过感受细胞内磷酸肌醇的浓度来调控 XPR1 外排磷酸根离子的通透量。”姜道华说。

与此同时，研究团队表示，尽管已经取得了阶段性进展，但“XPR1 作为病毒受体如何介导病毒入侵细胞”等关键问题仍需要进一步探究突破。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07852-9>

良种选育让更多民众吃上优质猪肉

■印遇龙 邓霄霄

随着经济社会的不断发展，人们对猪肉的偏好也发生了改变，更加偏爱吃优质的瘦肉。

我国地方猪肉品质优良，但普遍肥肉多、瘦肉少。比如我国“四大名猪”之一的湖南地方猪——宁乡花猪，瘦肉率仅 38.6%，而国外引进猪种——杜洛克、长白、大白、巴克夏、汉普夏等的瘦肉率普遍超过 65%。

如何有效提升地方猪瘦肉率，从而让更多民众吃上优质猪肉？选育良种是关键。目前较为常见的选育方法有如下几种。

第一，杂交育种。该方法通过将瘦肉率低的地方猪与瘦肉率高的引进猪杂交，使子一代猪的瘦肉率相比亲本地方猪显著提升。通过筛选地方猪与引进猪不同杂交组合的配合力测定试验，研究人员可以筛选出一批适合当地养殖的优良杂交组合。但该方法选育的子一代猪具有高度杂合性，其优良性状不能稳定遗传给后代。

第二，常规育种。该方法能在品种或品系内持续多世代对瘦肉率进行选育和遗传评估，筛选瘦肉率高的子代，形成稳定性能的品系。

第三，基因组选择育种。该方法利用基因芯片开展选择育种，通过构建基因组型和表型已知的参考群，建立统计模型，估计育种值，选留优良个体。其优势在于仔猪出生后就可以测定基因组型，利用统计模型估计育种值，根据育种值排序选留，缩短世代间隔，加快育种进程，获得较快的遗传进展。但该方法选择周期较长，需要大量人力和经费投入。

第四，基因组修饰育种。相比其他方法，基因组修饰育种能实现基因组的精准修饰，进而大幅提高育种效果。基因修饰是对基因的 1 至 2 个碱基点进行精准编辑，能较好地解决基因编辑的脱靶问题。由于没有引入外源基因，因此该方法不属于转基因范畴。

通过基因编辑后，瘦肉率显著提升的基因有肌肉生长抑制素(MSTN)、胰岛素样生长因子 2(IGF2)、解偶联蛋白 1(UCP1)等。目前，国内学者在多个猪种，如梅山猪、宁乡猪、桃源黑猪身上针对 MSTN 进行了基因编辑，编辑后猪的瘦肉率得到明显提升。

此外，基因组修饰还可对多个目标基因同时进行编辑，获得多个性状同时改良的“超级猪”。比如，中国农业科学院深圳农业基因组研究所教授李奎科团队创制了 MSTN、CD163、

pAPN 三基因编辑猪新种质，三基因编辑猪新种质瘦肉率高，能抵抗猪繁殖与呼吸综合征病毒和传染性胃肠炎病毒感染。

基因组修饰技术具有广阔的应用前景，但存在可用的基因资源有限、基因的调控机制不清晰等限制因素。

第五，地方猪的精准营养调控。该方法根据地方猪营养需要量，按照地方猪不同生长阶段所需的能量、蛋白质和烟酰胺等营养成分，同时依据猪肉生长规律，合理调节和控制营养水平进行科学饲养。

笔者的科研团队通过将脂肪型沙子岭猪和瘦肉型大白猪进行对比研究，发现沙子岭猪优良肉质形成的关键窗口为 150 至 210 日龄，猪营养调控的关键窗口期为 90 至 150 日龄，沙子岭猪肉组织特性发生显著变化的关键代谢物是谷氨酸，在沙子岭猪肌肉生长关键窗口期将谷氨酸加入饲料中，可提高沙子岭猪瘦肉率。

此外，可通过改变猪的饲养方式进行科学限饲，提升猪肉率。比如，根据“小猪长骨，中猪长肉，大猪长膘”的生长特点，采取“前做后限”的“促、控”方法，即 60 公斤前自由采食，60 公斤后限饲(60 公斤是根据引进猪得出的数据，地方猪依据猪种的不同会有差异)，减少生猪育肥期的脂肪沉积，增加瘦肉量。

(印遇龙系中国科学院院士、中国科学院亚热带农业生态研究所首席研究员，邓霄霄系中国科学院亚热带农业生态研究所助理研究员)