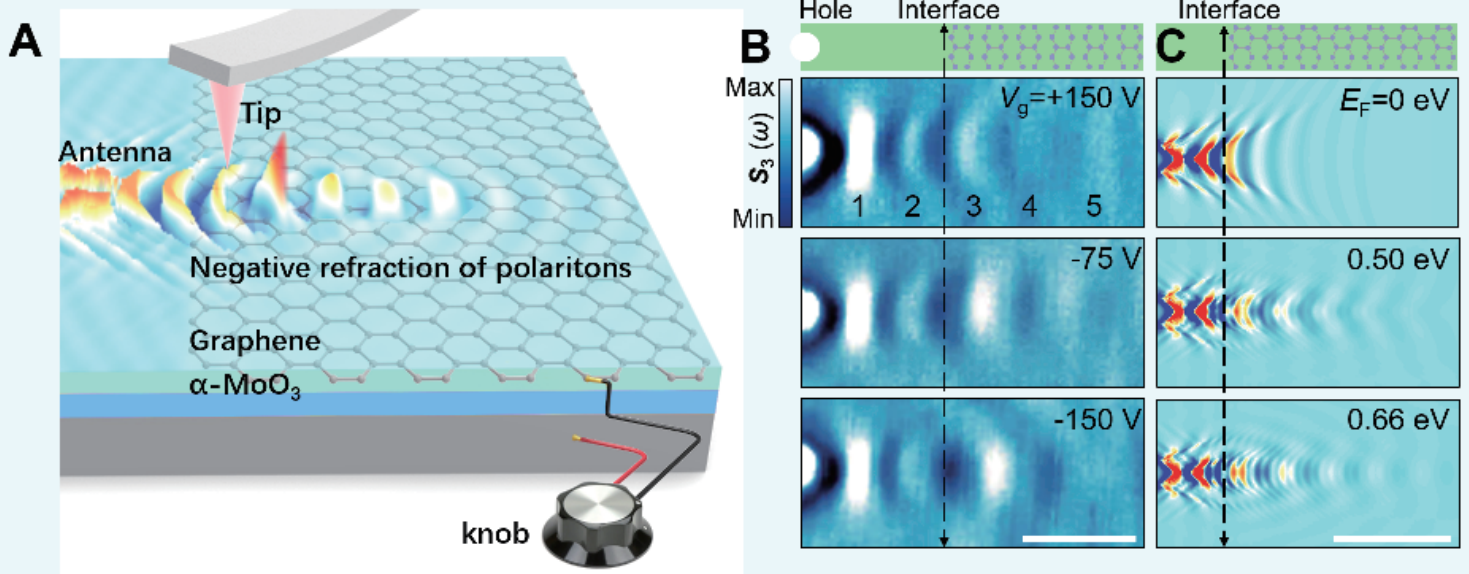


# B类先导动态季报

## Quarterly Report of B Programme

2023  
第一期

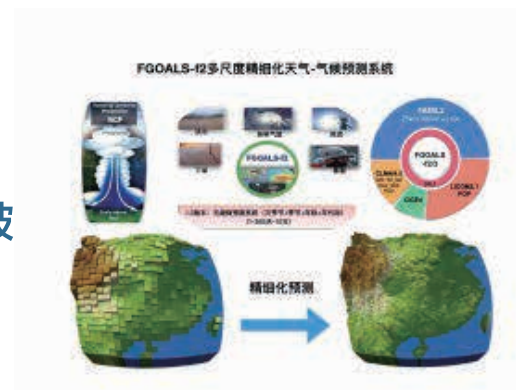


## 本期要目

石墨烯与  $\alpha$  相氧化钼面内异质结负折射研究

李德铤：努力实现区域生物多样性研究范式的突破

中办采用稿“FGOALS-f 模式”支撑 IPCC 第 6 次评估报告



## 重点推荐

Recommend

一种用于生物样品原位研究的精准光电联用系统

实现流体忆阻器模拟神经可塑性

发展离子液体调控技术揭示铁基超导与奇异金属态间量化规律

图网络存内计算

双碳背景下新一代海洋数据质控系统揭示出更高的海洋变暖速率

揭示长江及其生物多样性的前世今生

# CONTENTS

## 目录

### ■ 大师视角

李德铎：努力实现区域生物多样性研究范式的突破	01
------------------------	----

### ■ 亮点成果

发现星形胶质细胞调控睡眠的新机制	03
建立跨分化阶段高通量谱系示踪新技术	04
超导量子计算实现随机混态的纠缠相变观测	04
提出验证马约拉纳零能模非阿贝尔统计特性的实验方案	05
揭示长江及其生物多样性的前世今生	06
绿瘦蛇体色差异的遗传机制研究	07
2022 年北京市新冠病毒变异特征	08
发现穿山甲携带的 MERS 簇冠状病毒具有潜在跨种感染风险	09
细菌固有转录终止的结构基础	09
神经肽 CGRP 调控肺部抗细菌免疫应答机制	10
揭示绿光促进植物下胚轴伸长的机制	11
揭示棉酚对映异构体生成机制并创制棉籽低毒新材料	11
实现流体忆阻器模拟神经可塑性	12
具有可调边界态的转角双层石墨烯纳米带	13
鄂西二仙岩湿地过去六万年来植被与气候环境变化研究进展	13
中办采用稿“FGOALS-f 模式”支撑 IPCC 第 6 次评估报告	14
Fe-Mg 同位素揭示嫦娥五号玄武岩月幔源区存在辉石岩组分	15
快速旋转行星内部热不稳定性模式的最后一类动力学对称性	15
揭示更新世海洋钙化藻类的长期演化及其对碳循环与气候的影响	16
双碳背景下新一代海洋数据质控系统揭示出更高的海洋变暖速率	17
纳米线阵列高灵敏光电探测器	18
新型铅基铁电存储器芯片	18
图网络存内计算	18

石墨烯与 $\alpha$ 相氧化钼面内异质结负折射研究	19
纳腔中双曲回音壁极化激元	21
揭示单原子合金催化二氧化碳电还原制一氧化碳机理	21
发展离子液体调控技术揭示铁基超导与奇异金属态间量化规律	22
光激发 $\text{VO}_2$ 超快电子相变和结构相变的动力学解耦	23
重离子碰撞实验中首次观测到粒子自旋排列现象	23
揭示光感知调控血糖代谢的神经机制	24
一种促进线粒体融合并修复线粒体损伤的小分子研发及机制解析	25
一种用于生物样品原位研究的精准光电联用系统	25
一种荧光靶向的冷冻原位结构分析样品减薄系统	26
III-E 型 CRISPR-Cas 系统研究取得新进展	26
嵌入式原位冷冻荧光导航减薄系统	27
阐述阿片受体家族与内啡肽系统的分子作用机制	28

---

## 专项管理

“生物大分子复合体结构与功能的跨尺度研究” B 类先导专项年度工作 会暨中期考核会议顺利召开	29
---	----

---

## 国际动态

迄今最详鼠脑细胞类型图生成	30
利用八万鼠脑细胞造出一台活体计算机	31

## 大师视角



李德铎  
B类先导专项“尺度区域生物多样性格局与生命策略”首席科学家  
中国科学院昆明植物研究所研究员

### 努力实现区域生物多样性研究范式的突破

生物多样性在不同地史时期的时空格局受到了地球环境变化的深刻影响，同时又在地球环境的演变过程中发挥了重要作用。工业革命以来，人类活动的加剧导致陆地、海洋、大气和生物多样性发生深刻变化。2020年发布的《全球生物多样性展望》（第五版）指出，生物多样性正以前所未有的速度丧失，百万物种面

临灭绝威胁。生物多样性的丧失导致生态系统服务功能下降，直接制约了经济社会的可持续发展，“生态文明：共建地球生命共同体”的理念正成为全球共识。

在青藏高原隆升和亚洲季风气候不断强化的背景下，我国西南横断山区出现典型的高山峡谷地貌，生物多样性高度富集；东部出现大江大河和独特的江湖复合生态系统，经济发展与生态保护矛盾突出。面向生物多样性保护研究的国际前沿和生态文明建设

的国家重大需求，中国科学院发挥自身优势，于2018年前瞻性部署了B类战略性先导科技专项“大尺度区域生物多样性格局与生命策略”。该专项立足横断山区和长江流域这两个相互关联的地理区，研究区域生物多样性格局、动态，物种兴衰与生命策略，根据“追寻历史、关注当下、寻找对策”的原则，着力为区域生物多样性保护和生态恢复提供科学支撑。

山地生物多样性的成因被称为“洪堡之谜”。在专项的支持下，西双版纳热带植物园星耀武团队通过建立可整合地理分布区和生物区系演化的生物地理新模型，探讨了横断山、喜马拉雅和青藏高原的高寒植物多样性的演变历史。结果显示，横断山高寒植物多样性的积累始于早渐新世，是目前已知起源最早的高寒生物区。横断山高寒生物区是其它高寒地区植物多样性的主要来源，在气候明显波动的第四纪，横断山还是高寒植物的重要避难所（Ding et al., 2020, Science）。该研究对于认识山地多样性的形成历史、预测未来气候变化对高寒植物多样性的影响具有重要意义。

现代长江的起源与青藏高原隆升和亚洲季风气候的建立相关。不同的地质学研究基于不同的采样地点、测年方法和替代指标，在金沙江“第一湾”改道东流和三峡贯通的地史时期估算方面差异巨大。水生生物研究所谢平团队基于化石标定的鲤科鱼类线粒体系统发育基因组学分析表明，在晚渐新世，东亚特有鲤科鱼类的祖先分布在东亚南部从古红河到古珠江水系；至中新世早期，鲤科鱼类东亚特有类群扩散到长江流域并演化出产漂流性卵类群，标志着长江东流发生在中新世早期，而长江中下游江湖复合生态系统形成于中新世中期（Zhang et al., 2023, The Innovation）。该研究为长江水系地质历史的研究提供了基于生命演化的独立证据，为长江的生物多样性保护和江湖复合生态系统的重建提供了科学依据。

物种多样性与生态系统功能的关系是一个备受关注的科学问题。植物研究所马克平团队依托我国南方森林生物多样性与生态系统功能实验平台（BEF-China），通过在不同样地设计种植不同多样性水平的树种组

合——从单个物种的纯林到 16 个本土物种组成的混交林，研究了树种多样性与森林生态系统功能的关系。研究结果显示，16 个物种构成的混交林地上生物量每公顷平均存储约 32 吨碳，而纯林的碳储量每公顷仅约为 12 吨（Huang et al., 2018, Science）。通过大尺度控制实验研究表明，单个物种的“造林”与多个本土物种的生态恢复效果差异巨大，物种丰富度提升了生态系统生产力，可以实现生物多样性保护和减缓气

候变化的双赢。

区域生物多样性的形成与维持机制是一个重大的科学问题。通过演化生物学和生态学的交叉整合，借助于基因组学和多组学等方法技术的运用，专项相关研究团队显著推动了演化保护生物学（Wei et al., 2019, Scientia Sinica Vitae）和系统发育基因组学（Guo et al., 2023, Journal of Integrative Plant Biology）等新兴学科的发展，可望实现区域生物多样性研究理论和范式的突破。

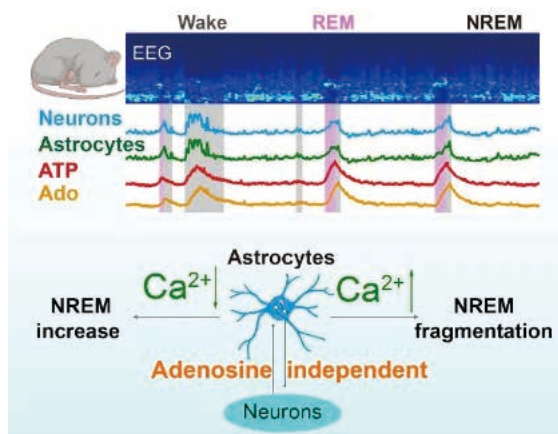
## 亮点成果

### 发现星形胶质细胞调控睡眠的新机制

最新研究发现睡眠-觉醒行为关键调控脑-基底前脑（basal forebrain, BF）的神经元是胞外腺苷的重要来源。系列研究提示星形胶质细胞是胞外腺苷重要来源这一经典观点可能并不准确，星形胶质细胞极有可能不是通过腺苷途径调控睡眠-觉醒行为。

在 B 类先导专项“脑认知与类脑前沿研究”的支持下，为探

究 BF 星形胶质细胞调控睡眠-觉醒行为的机制，脑科学与智能技术卓越创新中心徐敏研究团队采用光纤记录、化学遗传、基因敲除和脑片电生理等技术，结合新型腺苷、ATP 荧光探针，发现基底前脑星形胶质细胞可双向调控睡眠-觉醒行为，且该过程不依赖于胞外腺苷信号。该研究为理解星形胶质细胞在睡眠-觉醒中的作用及机制提供了新的线索。相关研究成果发表在 Cell Discovery 上。



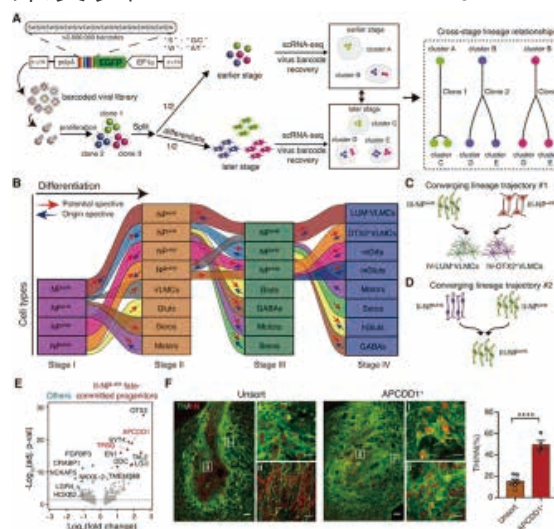
星形胶质细胞对睡眠 - 觉醒周期的调控

## 建立跨分化阶段高通量谱系示踪新技术

发育与干细胞生物学中的一个基础性问题是如何解析生物体内不同细胞类型之间的发育谱系关系。解析这些谱系关系能够更加深入地解析生命体的正常发育过程以及病理状态（包括癌症与发育障碍）下的分子机制，为操纵在体细胞分化命运，优化体外细胞分化方法，以及促进基于细胞替代疗法的再生医学的发展提供线索。如何持续地追踪细胞在多个分化 / 发育时间点的细胞状态，从而描绘更完整的细胞发育路径，是发育学领域中亟待解决的问题。

在 B 类先导专项“脑认知与类脑前沿研究”的支持下，脑

科学与智能技术卓越创新中心陈跃军研究团队通过建立能够跨分化阶段高通量谱系示踪新技术—SISBAR，解析了人多能干细胞分化为人腹侧中后脑神经细胞的单细胞谱系，发现了许多新的谱系分化路径和分子调控机制，研究进一步展示了基于 SISBAR 技术的新发现在改进帕金森症细胞治疗策略中的应用。SISBAR 技术有望为干细胞研究带来新的突破。相关研究成果发表在 Cell Stem Cell 上。



SISBAR 实验设计及结果分析

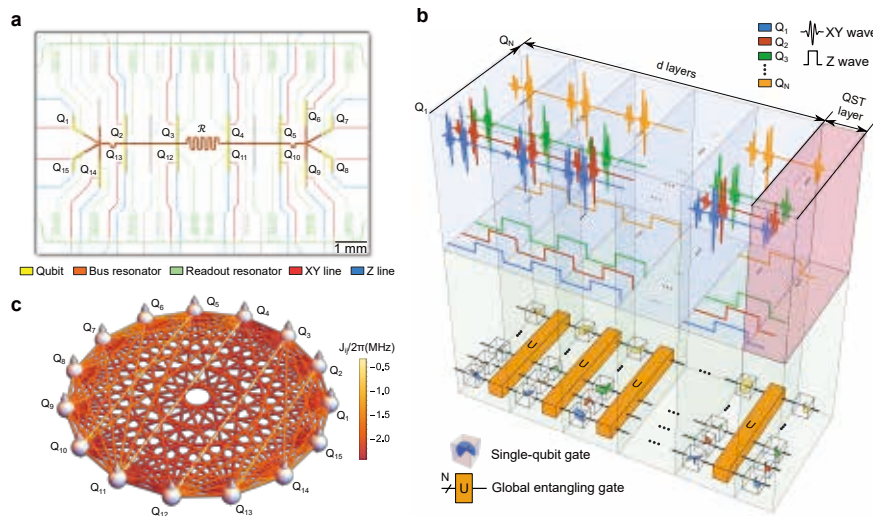
## 超导量子计算实现随机混态的纠缠相变观测

在 B 类先导专项“拓扑物态与量子计算研究”专项的支持下，物理研究所范桁、郑东宁、许凯



研究团队利用超导量子计算芯片实现了随机混态纠缠相变的观测。研究团队利用了具有全连通结构的超导量子芯片，实验中使用了其中 15 个量子比特，通过运行随

机量子线路，获得了处于不同环境中的随机混态，通过对随机混态量子纠缠的测量，首次在实验中观测到随机混态中的纠缠相变现象，相关研究成果发表在 Nature Communications 上。



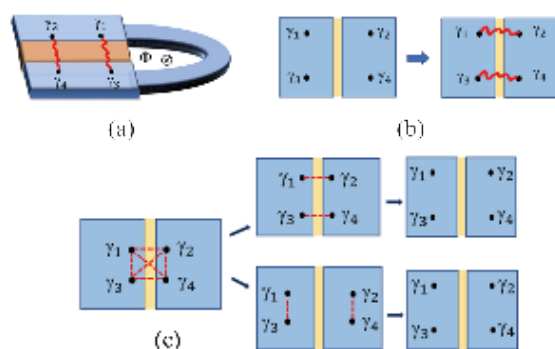
量子计算线路图及量子芯片：利用量子芯片 (a)，通过全局纠缠门和随机单比特门的量子线路 (b) 获得随机混态，其中比特间的耦合在 (c) 中展示。

## 提出验证马约拉纳零能模非阿贝尔统计特性的实验方案

在 B 类先导专项“拓扑物态与量子计算研究”的支持下，中国科学院大学苏刚、朱振刚研究团队基于约瑟夫森结系统，理论设计了观测和验证马约拉纳零能模 (MZM) 非阿贝尔统计特性的实验方案。首先构造一个约瑟夫

森隧道结，两端超导体各自包含两个 MZMs，外部由一个超导半环链接两个超导体，施加磁通穿过中间空洞。通过交换同一端超导体内的两个 MZMs，可以导致由 MZM 贡献的  $4\pi$  周期单电子隧穿约瑟夫森电流的方向发生转变，这正是 MZM 非阿贝尔统计特性的体现。进一步提出了怎样读取拓扑量子比特的信息以及验证

MZM 的融合规则。该理论方案基于较为现实的条件，可在纳米岛材料中得到验证。相关研究成果发表在 Physical Review B 上。

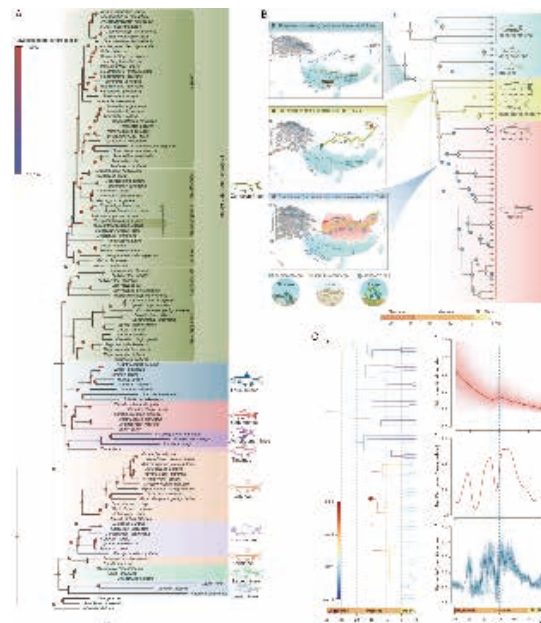


实验方案建议图：(a) 图中所示为一个约瑟夫森结系统，由一个中空的超导半环链接两个超导体，中间有磁通通过；(b) 拓扑量子比特的读取方式；(c) 融合规则示意图。

## 揭示长江及其生物多样性的前世今生

记录超级多样性热带 / 亚热带水生生态系统的起源是演化和生态学研究的重要目标之一。长江是亚洲最长的河流，然而，人们对现代长江的地质和生态系统的建成历史仍知之甚少。在 B 类先导专项“大尺度区域生物多样性格局与生命策略”的支持下，水生生物研究所谢平研究员团队基于化石标定的鲤科鱼类线粒体系

统基因组学分析重建了鲤科鱼类东亚特有类群的地理和生态历史。研究推断古长江（古金沙江）在距今 2300 万年之前是向南流的；在青藏高原隆升和季风增强的影响下，向东奔流的长江河流生态系统形成于 1800 万年之前，纵横交错的中下游江湖复合生态系统出现于 1500 万年之前。该研究基于鲤科鱼类东亚特有类群的系统发育关系并结合化石定年，约束了长江水系地质和生态演化重大事件的年代，为重建长江水系的地质与生命演变历史提供了新范式。相关研究成果发表在 The Innovation 上。

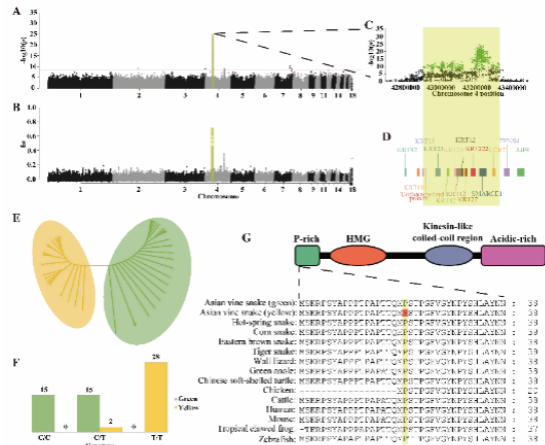


鲤科系统发育关系和鲤科鱼类东亚特有类群多样化历史

## 绿瘦蛇体色差异的遗传机制研究

在 B 类先导专项“大尺度区域生物多样性格局与生命策略”的支持下，成都生物研究所李家堂研究团队以西南山地常见的树栖体色多态性蛇类绿瘦蛇的绿色和黄色个体为研究对象，揭示了 SMARCE1 基因的关键突变是其体色差异的重要分子基础。两种体色的绿瘦蛇在皮肤色素细胞、尤其是虹彩细胞的排列和形态上存在明显差异，这提示虹彩细胞的形态差异可能是绿瘦蛇两种体色差异的表型基础。研究测序并组装了绿瘦蛇高质量的染色体水平基因组，并对两种体色个体进行了重测序。分析发现黄色

个体中的基因 SMARCE1 进化保守区域关键突变 p.P20S 与体色变异性状高度关联。该突变会导致空间结构发生明显变化，从而可能影响蛋白结合功能。皮肤转录组分析显示，色素细胞发育的重要调控因子 TFEC 在两种体色群体间显著差异表达，这提示了色素细胞发育过程中的表达差异。斑马鱼胚胎模型实验发现基因 SMARCE1 与虹彩细胞发育过程的重要联系，免疫荧光染色实验揭示 SMARCE1 突变导致结合 TFEC 功能异常，并最终影响色素细胞，特别是虹彩细胞的发育，进而导致了颜色的差异。该研究为爬行动物体色演化尤其是结构色形成研究提供了重要参考，相关研究成果发表在 Genome



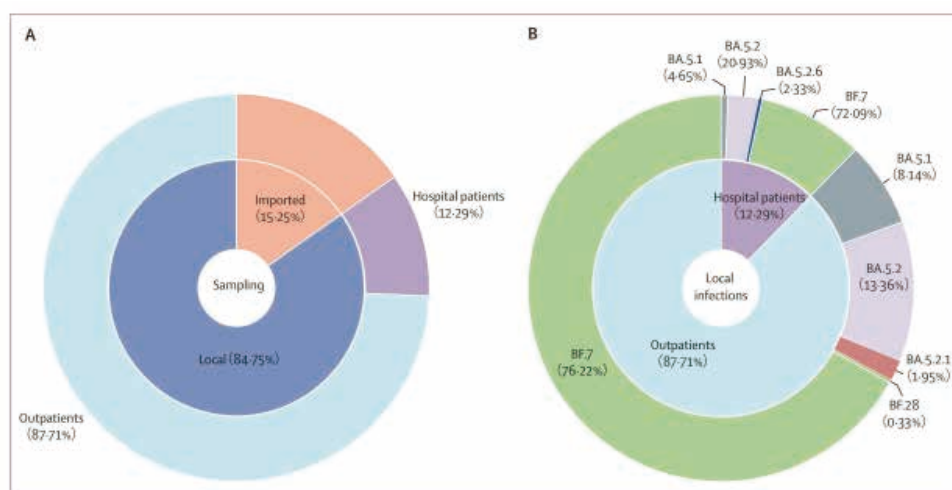
左：绿瘦蛇的不同体色；右：GWAS 分析揭示了 SMARCE1 基因的关键突变

## 2022 年北京市新冠病毒变异特征

在 B 类先导专项“病原体宿主适应与免疫干预”的支持下，微生物研究所高福院士团队测序分析了 2022 年北京地区近 3000 个新冠输入病例及本土病例的有效病毒样本，阐明了 2022 年北京 SARS-CoV-2 变异特征，表明没有在近期疫情中发现新的新冠变异株。相关研究成果发表在 Lancet 上。

新冠疫情已在全球持续约 3 年，出现了大量变异株并导致了多次流行，其中奥密克戎迅速取代其他流行株在全球扩散，且出现了不同的变异谱系。该团队共获得 2994 条完整的 SARS-CoV

-2 基因组序列，其中 2881 条高质量基因组序列用于进一步分析。2022 年 11 月 14 日至 12 月 20 日，共检测到 413 例新病例，其中本地病例 350 例，境外输入病例 63 例。所有这些基因组都属于现有的 123 个 Pango 谱系，表明没有持续的显性变异或新的谱系。自 2022 年 11 月 14 日后，BF.7 和 BA.5.2 的有效种群规模都发生了扩张，目前在北京占主导地位（占本地病例的 90%）。同一时期，在输入病例（n=63）中发现了 16 种变异株，包括 BQ.1、XBB.1 等。总之，自 2022 年 11 月 14 日以来，BF.7 和 BA.5.2 均在北京暴发，但目前没有证据表明出现了新的变异。



2022 年 11 月 14 日以来，本地病例和境外输入病例中奥密克戎亚变异毒株的采样和分布情况

## 发现穿山甲携带的 MERS 簇冠状病毒具有潜在跨种感染风险

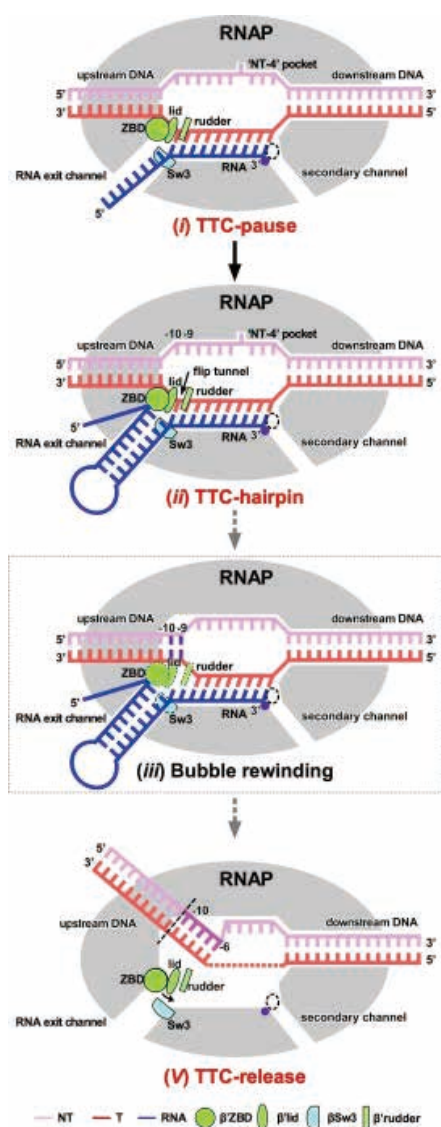
在 B 类先导专项“病原体宿主适应与免疫干预”的支持下，武汉病毒研究所石正丽团队和合作伙伴在穿山甲中分离鉴定了一株新型 MERS 簇冠状病毒，该病毒与扁颅蝠 HKU4 冠状病毒全长基因组相似度为 86.8%，被命名为马来穿山甲 HKU4 相关冠状病毒 (MjHKU4r-CoV)。研究团队证实 MjHKU4r-CoV 与 MERS 冠状病毒类似，可高效利用人 DPP4 受体入侵细胞，且与人 DPP4 受体的结合能力要强于蝙蝠 HKU4 冠状病毒。该病毒 S 蛋白上的弗林酶切位点导致其可以被人源细胞的宿主蛋白酶切割，使其能更好地适应人源细胞的入侵。此外，研究团队还证实 MjHKU4r-CoV 能感染人呼吸道、肠道类器官以及表达人 DPP4 受体的转基因小鼠并造成肺部病理损伤，揭示该病毒具有跨种感染人的潜在风险。

该研究发现了蝙蝠冠状病毒“外溢”到穿山甲的有力证据，揭示穿山甲的冠状病毒在发生了适应性进化后，存在进一步跨种到人的风险，强调了穿山甲对于

蝙蝠冠状病毒跨种传播的重要性。相关研究成果发表在 Cell 上。

## 细菌固有转录终止的结构基础

在 B 类先导专项“病原体宿主适应与免疫干预”的支持下，分子植物科学卓越创新中心张余研究员团队和美国威斯康辛大学麦迪逊分校 Robert Landick 团队以及浙江大学冯钰团队合作，发表题为“Structural basis for intrinsic transcription termination”的研究论文，该研究捕获了细菌固有转录终止关键中间态的冷冻电镜结构，还原了细菌固有转录终止的全过程，回答了细菌 RNA 聚合酶如何在转录终止序列处发生暂停，RNA 发卡结构如何在 RNAP 内部折叠并诱导 RNA 释放的分子机制，揭示了细菌 RNA 聚合酶识别终止序列、停止转录、并解离 RNA 的全景调控网络。相关研究成果发表在 Nature 上，此成果拓展了人们对于转录终止的认识，该研究提出的“DNA-rewinding triggered RNA release”的机制为真核 RNA 聚合酶 III 的转录终止机制提供了参考。



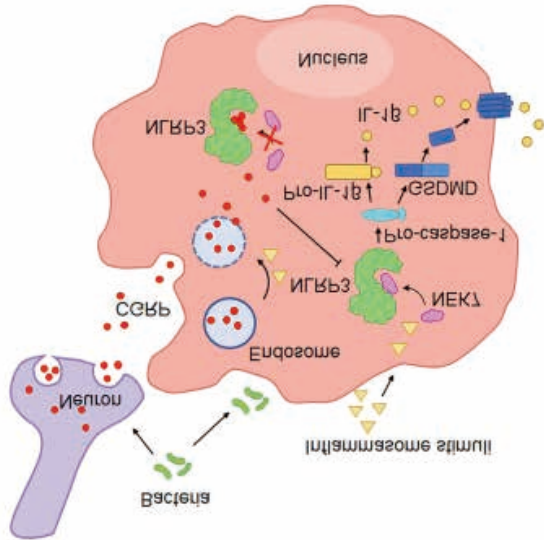
细菌固有转录终止的中间状态示意图

## 神经肽 CGRP 调控肺部抗菌免疫应答机制

在 B 类先导专项“病原体宿主适应与免疫干预”的支持下，微生物研究所王硕研究团队与北京大学医学部基础医学院夏朋延

团队合作，阐明了神经肽 CGRP 调控肺巨噬细胞焦亡及肺部细菌感染的分子机制。研究人员通过体内体外实验验证了 CGRP 会抑制 NLRP3 炎症小体的激活，从而促进感染的进程。研究发现 CGRP 基因敲除的小鼠在肺炎感染模型中具有更高的生存率和较低的器官细菌载量，其血浆中 IL-1 $\beta$  的分泌水平增加。表明 CGRP 可能对巨噬细胞的抗感染活性产生负面影响。进一步研究结果显示，BMDM 细胞在接受炎症小体激活刺激后，在体内的 CGRP 会被释放进入胞浆，直接与 NLRP3 结合，从而抑制 NEK7 与 NLRP3 的结合，使得 NLRP3 的正常活化受到抑制。研究者进一步研究了 CGRP 在小鼠感染模型中的治疗作用，CGRP 给药降低了感染肺炎克雷伯菌的野生型和 CGRP 敲除小鼠的存活率。但给予 CGRP 的拮抗剂则可以减轻野生型小鼠的感染。该研究揭示了神经肽 CGRP 通过抑制 NLRP3 炎症小体激活，干扰机体对病原体的清除，从而促进细菌感染的分子机制。相关研究成果发表在 Cellular & Molecular Immunology 上，为通过宿主神经调控研发抗肺部细菌感染的药

物提供了新的设计思路。

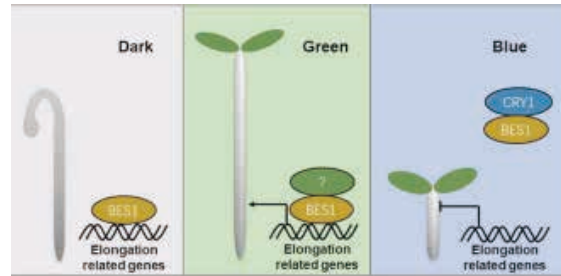


细菌感染引起 CGRP 释放抑制巨噬细胞 NLRP3 活化

### 揭示绿光促进植物下胚轴伸长的机制

绿光作为环境中持续存在的高能光质，如何被绿色植物适应和利用仍未可知。在 B 类先导专项“植物特化性状形成的分子基础及定向发育调控”的支持下，分子植物科学卓越创新中心刘宏涛研究团队揭示了绿光在调控植物发育中的功能，并发现绿光通过调控内源激素油菜素甾醇信号通路而调控植物发育。该研究为进一步解析绿光受体和绿光信号通路奠定了基础，为深入了解植

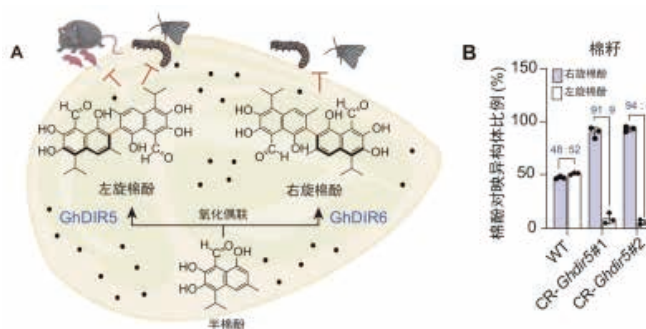
物光形态建成和光合作用，提升植物生物量、产量及固碳能力提供新思路。相关研究成果发表在 The Plant Cell 上。



绿光促进植物下胚轴伸长

### 揭示棉酚对映异构体生成机制并创制棉籽低毒新材料

在 B 类先导专项“植物特化性状形成的分子基础及定向发育调控”的支持下，分子植物科学卓越创新中心陈晓亚研究团队成功鉴定并表征了棉花中控制左旋和右旋棉酚生物合成的关键蛋白，通过基因编辑技术选择性去除了对哺乳动物有害的左旋棉酚，获得了低毒或无毒棉籽且对棉花抗虫能力无显著影响的育种材料。该研究首次实现了通过基因编辑特异选择化合物对映异构体，为复杂天然产物的不对称合成开辟新途径，还为棉籽蛋白和棉籽油的安全利用提供新的策略。相关研究成果发表在 Nature Plants 上。

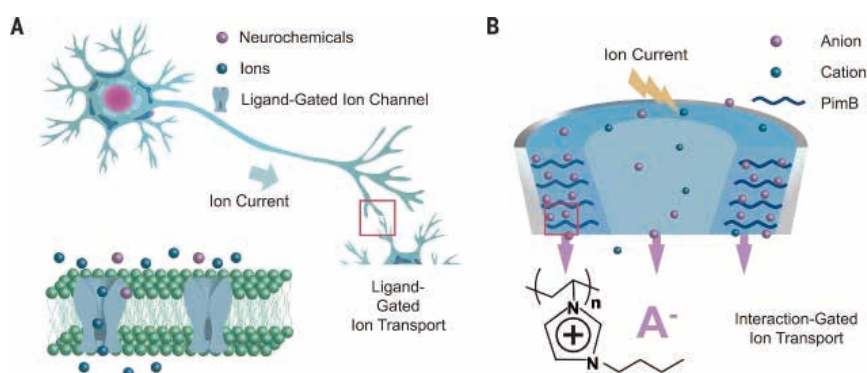


基因编辑 GhDIR5 降低棉籽生殖毒性

## 实现流体忆阻器模拟神经可塑性

在 B 类先导专项“功能导向的原子制造前沿科学问题”的支持下，化学研究所于萍和毛兰群团队发展了一种聚电解质限域流体忆阻器件。利用溶液中对离子在聚电解质刷限域空间内的传输，实现了器件的记忆效应，成功模拟了多种神经电脉冲行为。这一器件和生命体相似的工作机制使之具有几乎和生命体相当的功耗

和工作电位。进一步地，基于限域流体的独特性质，该类器件可模拟突触可塑性的化学调控行为。且利用聚电解质对不同对离子的识别能力，首次用单个器件实现了神经化学信号与电信号之间转导的模拟，在化学突触的模拟研究中迈出了关键的一步。该研究为发展类化学突触功能器件、神经智能传感、神经形态计算以及神经假肢等提供了新的思路。相关研究成果发表在 Science 上。



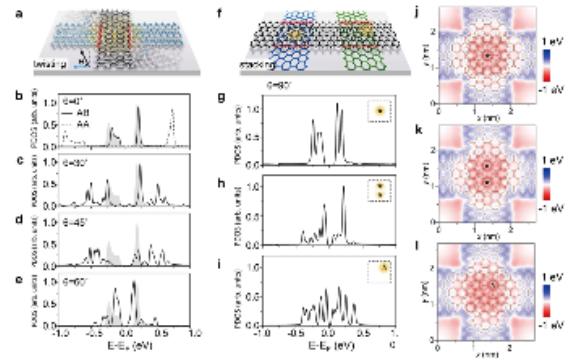
神经元可塑性机制和限域流体忆阻器可塑性机制示意图



## 具有可调边界态的转角双层石墨烯纳米带

在 B 类先导专项“功能导向的原子制造前沿科学问题”的支持下，物理研究所高鸿钧和杜世萱研究团队发展了一种构筑转角双层锯齿形边界石墨烯纳米带异质结的方法。通过扫描隧道显微镜的针尖操纵技术，研究人员在超高真空中原位制备了一系列不同转角、不同堆垛位移且高度洁净的双层石墨烯纳米带。原位的高空间分辨扫描隧道显微谱发现，具有相近转角（90 度）但是不同堆垛位移的三种双层石墨烯纳米带，其边界态有很大区别，并且其中一种显示了近零能的边界态。进一步的第一性原理计算发现，对于相同转角的双层石墨烯纳米带，其边界态能带位置强烈依赖于双层之间的堆垛位移。且对于非对称的堆叠构型，边界态的能带自旋简并度将被打开。相较于二维转角电子学器件，该研究指出了对于一维转角电子学器件，堆垛位移将是除转角外影响系统电子学特性的一个重要因素。该工作为发展基于石墨烯纳米带的自旋过滤器以及电子束分离器等

一维转角电子学器件提供了新的思路。相关研究发表在 Nature Communications 上。

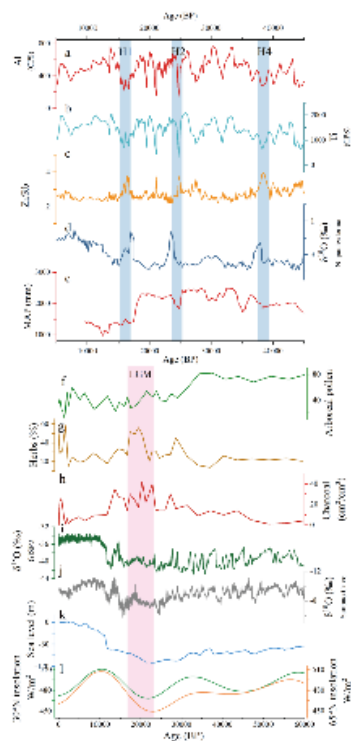


转角双层锯齿形石墨烯纳米带异质结具有可调性边界态

## 鄂西二仙岩湿地过去六万年来植被与气候环境变化研究进展

在 B 类先导专项“亚太多尺度气候环境变化动力学”的支持下，地球环境研究所 John Dodson 教授研究团队在中国中部二仙岩湿地获取了过去六万年以来的泥炭沉积物岩芯，并通过 XRF 元素扫描、孢粉学、炭屑分析，探讨了该地区过去气候环境变化及动力机制。研究结果表明二仙岩湿地是一个独特的亚高山泥炭藓湿地，在深海氧同位素 3 阶段（MIS 3），该地区植被以栎属植物为主，炭屑记录表明野火发生频率极低，反映 MIS 3 期间气候温暖湿润。在 MIS 2 及全新

世晚期，亚热带阔叶树减少，草本植物和蕨类植物增加，火灾发生频率增加，气候呈现出降温干燥的趋势。在千年时间尺度上，地球化学参数的突变 (Al, Ti, Zr/Rb) 与海因里希事件 (Heinrich events) 相对应，可能与大西洋经向翻转环流减弱，导致热带辐合带南移，使得 EASM 强度减弱有关。在轨道时间尺度上，区域环境变化与北半球太阳辐射变化趋势一致，说明其变化主要受太阳辐射驱动。相关研究成果发表在 *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology* 上。



二仙岩记录与其他古记录对比

## 中办采用稿“FGOALS-f 模式”支撑 IPCC 第 6 次评估报告

在 B 类先导专项“亚太多尺度气候环境变化动力学”的支持下，大气物理研究所包庆研究团队基于自主研发的中高分辨率气候系统模式 CAS FGOALS-f2 参加了大气物理研究所组织的“对 2023 年我国极端气候事件发生情况的预测与研判”气候会商，并参与撰写了关于 2023 年气候情况研判的咨询报告，被中办采用。研究团队根据温度、降水以及 ENSO 的次季节-季节预测结果对春季沙尘、干旱、春播和夏季雨带情况、高温热浪和台风等关注重点进行了预测，为防灾减灾建议提供了依据。研究团队未来将密切关注我国重点区域气候异常的预警，力争第一时间获得精准的预测结果，以支持我国的防灾减灾工作。同时研究团队研发的全球 100 公里分辨率气候系统模式 FGOALS-f3-L 和 25 公里高分辨率气候系统模式 FGOALS-f3-H，参加 IPCC 第 6 次评估报告数值试验 CMIP6 模式比较计划，实现全球数据共享并获得较高下载量。截止 2023 年 3 月，FGOALS-

f3-L 数据集下载量达 601T，FGOALS-f3-H 数据集下载量达 540T。此外，包庆研究员被邀请担任 CMIP6 国际高分辨率模式比较计划 HighResMIP2 联合主席。

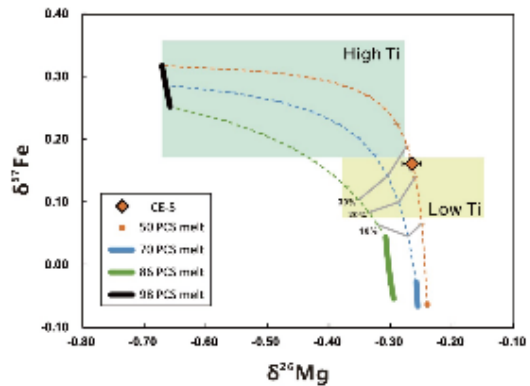


气候会商和咨询报告被中办采用证明以及数据下载情况证明

## Fe-Mg 同位素揭示嫦娥五号玄武岩月幔源区存在辉石岩组分

在 B 类先导专项“类地行星的形成演化及其宜居性”的支持下，紫金山天文台徐伟彪团队和中国科学技术大学黄方团队对嫦娥五号玄武岩岩屑样品开展了详细的岩相学、矿物学、主微量元素地球化学和高精度 Fe-Mg-Sr 同位素分析，研究结果揭示嫦娥五号玄武岩的月幔源区不是岩浆洋结晶的单一堆晶，而是混合了早期堆晶和晚期堆晶。晚期单斜辉石堆

晶比例达 20-30%，可以显著降低月幔的熔点，这可能是产生月球年轻火山活动关键原因之一。相关研究成果发表在 The Astrophysical Journal Letters 上。



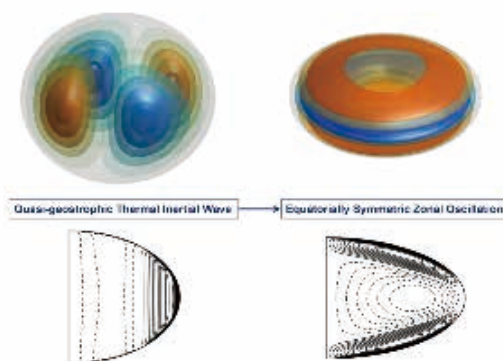
月球岩浆洋早期和晚期堆晶体的 Fe-Mg 同位素混合计算

## 快速旋转行星内部热不稳定性模式的最后一类动力学对称性

在 B 类先导专项“类地行星的形成演化及其宜居性”的支持下，上海天文台研究人员运用全局渐进分析方法，探索快速旋转行星内部流体中的热不稳定性问题，在特殊的几何与动力学参数空间中发现了一类全新的轴对称、同时具备南北对称性的线性振荡对流模式。这种对称性组合是旋转行星热对流研究领域中最末一类被发现的动力学对称性，

此前从未被发现。这一新成果为研究木星与土星这类扁椭球形行星的热演化、自由振荡和磁场发电动力学等问题提供了新的理

论启示和展望。相关研究成果以 Letter 的形式发表在 Physical Review Fluids 上，并得到期刊的社交媒体高亮推荐。

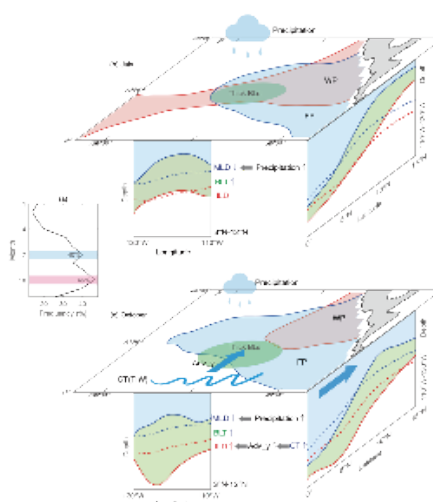


快速旋转扁椭球形行星内部的线性热对流模式的对称性转变示意图

## 揭示更新世海洋钙化藻类的长期演化及其对碳循环与气候的影响

在 B 类先导专项“印太交汇区海洋物质能量中心形成演化过程与机制”的支持下，南海海洋研究所杜岩研究团队揭示了热带东北太平洋障碍层的季节变化机制及其与暖池和淡水池间的关系。分析结果表明该海区障碍层表现出“双峰”的季节变化特征：障碍层在 7 月与 10 月最为显著，发生频率分别高达 40% 与 46%。温盐贡献分析和能量分析表明障碍层在两次峰值过程中的作用机制不同，分别由大气强迫降水和海表经向平流所导致。该研究为热带障碍层的发展演化提

供了新的认识，不仅有助于认识海洋层结变化机制，而且为探讨赤道与外赤道相互作用过程提供了新依据。相关研究成果发表在 Journal of Geophysical Research: Oceans 上。

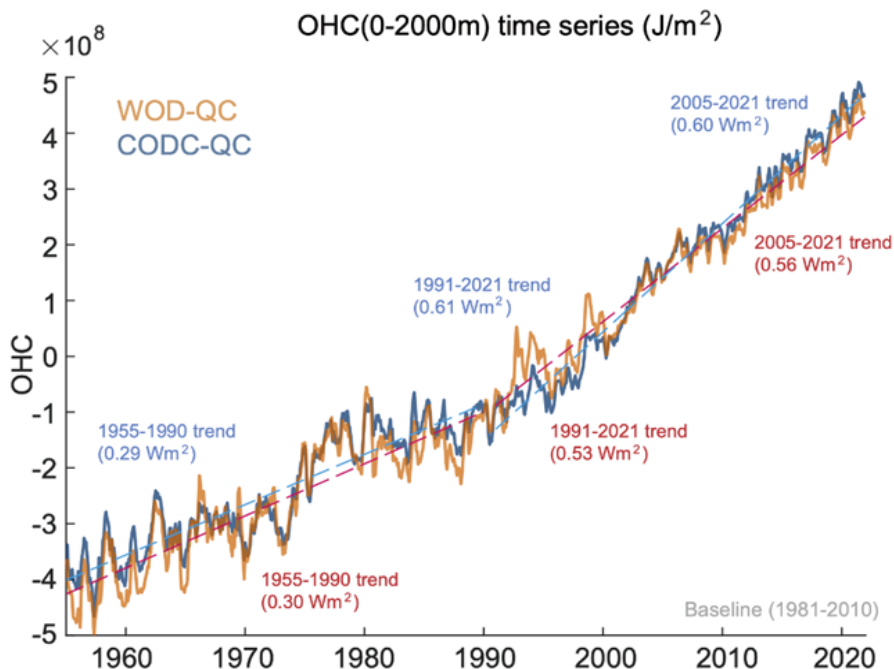


热带东北太平洋障碍层 7 月与 10 月物理机制示意图

## 双碳背景下新一代海洋数据质量控制系统揭示出更高的海洋变暖速率

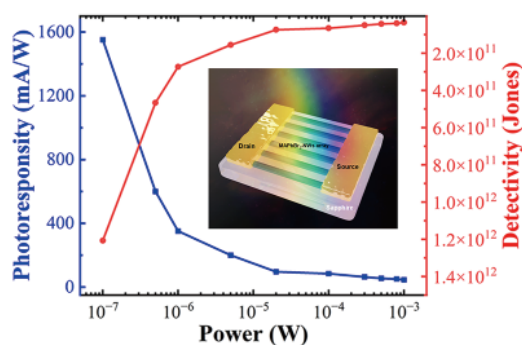
在 B 类先导专项“印太交汇区海洋物质能量中心形成演化过程与机制”的支持下，大气物理研究所朱江、成里京研究团队构建了新一代海洋温度观测数据质量控制系统 CODC-QC，提供了识别错误数据的快速、高效解决方案。CODC-QC 系统考虑了质量控制中的各向异性和地形依赖性，克服了国际主要质控系统假设数据正态分布的弊端，在海洋变暖背景下考虑了气候平均态阈值随时间变化的特征，提高了质

量控制系统的准确度和灵敏度。与国际主流质量控制系统的对比结果显示，CODC-QC 系统能在牺牲尽量少的正确数据的前提下，识别出最多的错误数据，显示出新一代自动化质控系统的优势。研究团队将 CODC-QC 系统应用于全球海洋变暖速率监测研究，结果显示使用 CODC-QC 提供的质量控制数据，海洋上层 2000 米热含量在 1991-2021 年期间的变暖趋势提高约 15%。新一代海洋现场观测数据质量控制系统的提出，将有助于加快推进我国智慧海洋工程和海洋信息化发展。相关研究成果发表在 Deep Sea Research Part I 上。



## 纳米线阵列高敏光电探测器

在 B 类先导专项“光电融合与调控前沿研究”的支持下，半导体研究所王智杰研究团队开发了一种基于模板辅助结晶实现大尺寸纳米线阵列生长，通过在生长过程中引入反溶剂，改善纳米线晶体质量，基于此纳米线阵列的光电探测器表现出 1.5A/W 的高响应度和弱光下超过  $1.21 \times 10^{12}$  Jones 的高灵敏度，如此优异的光电响应归结于引入反溶剂后纳米线晶体质量的提高，同时起到了隔绝水氧对钙钛矿侵蚀的作用。相关研究成果发表在 ACS Applied Materials & Interfaces 上。

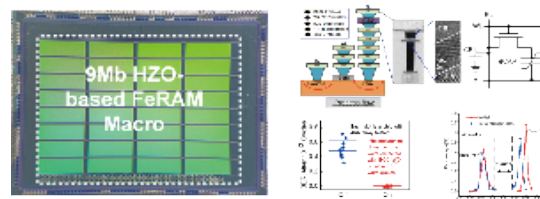


纳米线阵列光电探测器结构示意图及光电性能

## 新型钨基铁电存储器芯片

在 B 类先导专项“存算一

体基础器件与系统前沿科学”的支持下，针对嵌入式钨基铁电存储器面临的挑战，微电子研究所刘明院士团队在芯片设计方面取得突破进展，研究团队基于与 CMOS 兼容的钨基器件集成平台，国际首次设计实现了一颗 Mb 量级 FeRAM 测试芯片。研究人员在这项工作中，成功完成 HZO 铁电电容在 130nm CMOS 工艺的大规模集成；提出 ECC 辅助的温度感知写驱动电路和失调偏移自动消除灵敏放大电路设计方法；实现了  $10^{12}$  循环耐久性，7ns 写入和 5ns 读取时间，均为目前报道的最好钨基铁电芯片水平。上述研究成果被集成电路设计领域最高级别会议 ISSCC 2023 接收，同时芯片入选 ISSCC Demo Session 进行大会展示。



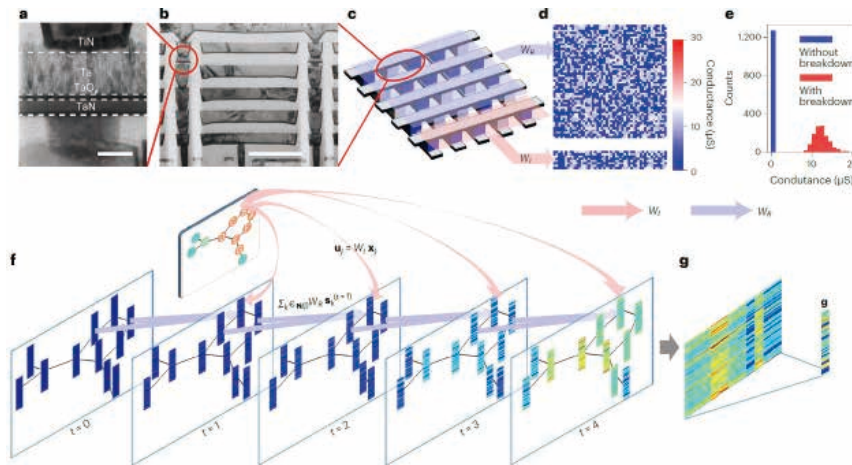
钨基 FeRAM 芯片照片以及芯片性能测试

## 图网络存内计算

在 B 类先导专项“存算一体基础器件与系统前沿科学”的支持

下，微电子研究所刘明院士团队尚大山研究员与香港大学合作，开发了一种利用储池计算（Reservoir Computing）技术实现图结构化数据分类的技术——回声状态图神经网络（ESGNN）。储池计算是循环神经网络的一种简化形式，能够将输入信号转换到高维空间进行分类。储池计算中循环连接层的权重始终固定不变，只需训练输出层权重，可最大限度降低训练复杂度和训练时间。在硬件方面，团队利用 RRAM 的本征随机性构建大规模随机电阻阵列，将

其作为储池网络的初始化权重，具有低成本、可扩展优势。在软件方面，ESGNN 利用随机电阻阵列带来的物理随机投影，以存内计算的方式完成图嵌入过程，大大降低了图神经网络的训练成本。该工作展现了 RRAM 阵列在构建边缘图学习系统方面的巨大潜力，也为利用自然界丰富的物理、化学性质开发更高效的智能硬件系统提供了参考。相关研究成果发表在 Nature Machine Intelligence 上，并入选当期封面文章。



基于随机电阻阵列的回声状态图神经网络学习过程的软-硬协同设计

## 石墨烯与 $\alpha$ 相氧化钼面内异质结负折射研究

在 B 类先导专项“功能纳米系统的精准构筑原理与测量”的支持下，国家纳米科学中心戴庆

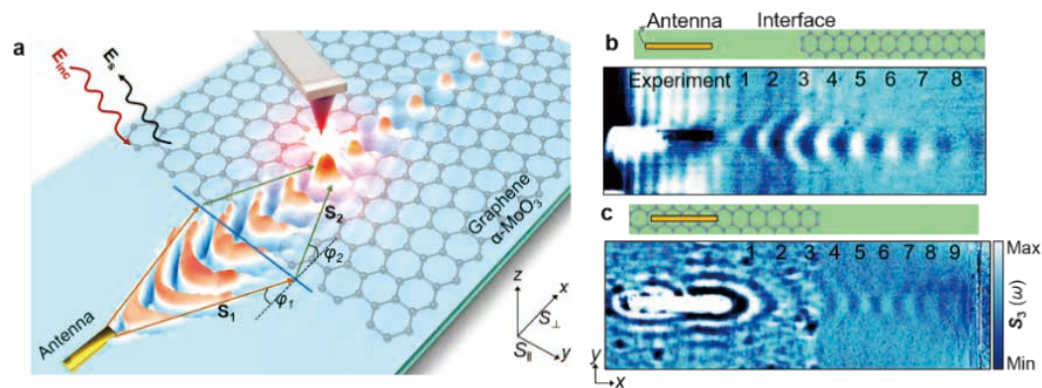
研究团队发现栅压动态可调的负折射，实现新型“光晶体管”功能，为光电互联提供重要基础。

负折射是一种折射波与入射波位于界面法线同侧的反常光学现象，在亚波长成像和隐身方面

具有潜在应用前景。过去的研究中，通常使用金属超材料、介电光子晶体、双曲超材料以及金属等离子激元来实现负折射效应。然而，这些结构伴随着巨大的光学损耗，而且其空间局域效果受限且在中红外频段内缺乏有效的调控手段，极大地限制了其进一步的应用。极化激元作为一种光与物质耦合而形成的特殊电磁模式，能够极大地压缩光波，从而实现纳米尺度内光信号的操控。在前期的研究工作中，研究人员发现通过对石墨烯费米能的调控，能够实现石墨烯/ $\alpha$ - $\text{MoO}_3$  范德华异质结中杂化极化激元的拓扑转变，这为中红外频段负折射的研究提供了一个良好的平台。

基于此，研究人员构建了单层石墨烯部分覆盖的  $\alpha$ - $\text{MoO}_3$  范德华异质结构，这种异质结构通

过改变石墨烯掺杂水平能够调控杂化极化激元的等频色散轮廓，从而在平面内石墨烯的界面两侧发生负折射。利用散射型扫描近场光学显微镜，研究人员在实验上观测到极化激元负折射效应，焦点处能够将波长压缩至自由空间光波长的 1.6%。此外，石墨烯独特的单原子层特性和极化激元之间的超高模式匹配，极大地减少了折射界面的光学损耗。研究人员通过调整激发天线的位置，证明了在宽入射角范围内的可逆负折射。此外，研究人员进一步通过栅压调节改变石墨烯的费米能，实现了中红外负折射的动态调控。此项工作所研究的深亚波长中红外极化激元负折射在电学可调的超分辨成像、纳米尺度热操控和分子传感等领域具有广泛的应用前景。相关研究成果在线发表在 Science 上。



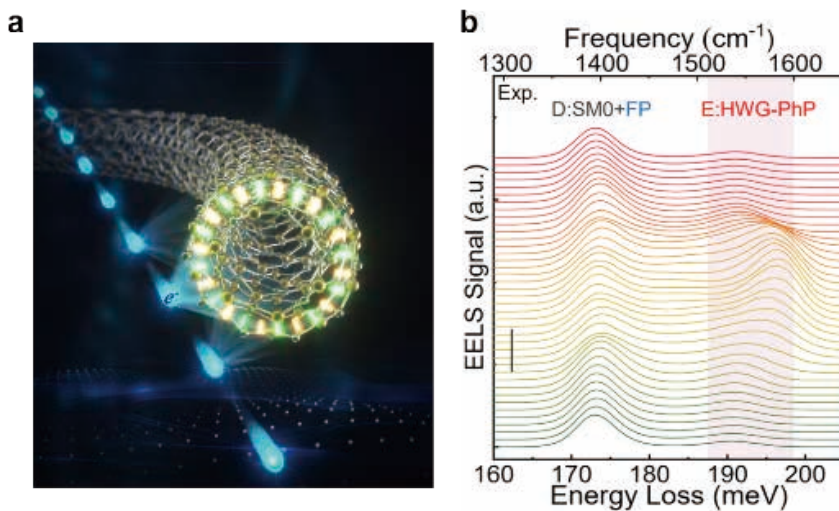
(a) 极化激元负折射示意图；(b-c) 可逆极化激元负折射近场光学成像图



## 纳腔中双曲回音壁极化激元

在 B 类先导专项“功能纳米系统的精准构筑原理与测量”的支持下，国家纳米科学中心戴庆研究团队提出双曲极化激元材料和回音壁纳腔结构高效耦合的方案，经过长期对极化激元的研究积累，精心筛选出天然原子级光滑的极化激元纳腔：一维六方氮化硼纳米管体系。理论上，这种氮化硼纳米管具有双曲极化激元

特性可以极大地压缩光场，并耦合进纳米管的径向回音壁模式中，从而形成高品质因子和小模式体积的双曲回音壁极化激元，可极大地增强光与物质相互作用。实验上，借助近场光学技术和电子激发技术分别观测到了氮化硼纳米管上的双曲回音壁极化激元，获得珀塞尔因子  $\sim 10^{12}$  量级，对单光子源和单分子探测等潜在应用至关重要。相关成果发表在 Nature Nanotechnology 上。



左：双曲回音壁极化激元的示意图；右：电子激发单根氮化硼纳米管中的双曲回音壁极化激元的电子能量损失谱

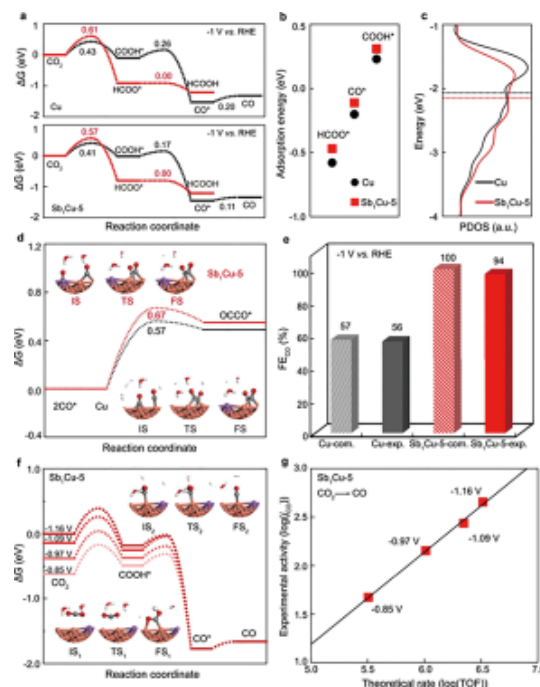
## 揭示单原子合金催化二氧化碳电还原制一氧化碳机理

在 B 类先导专项“功能纳米系统的精准构筑原理与测量”的支持下，大连化学物理研究所肖

建平研究员团队与中国科学技术大学曾杰教授团队、电子科技大学夏川教授团队合作在二氧化碳（CO<sub>2</sub>）转化制一氧化碳（CO）研究中取得新进展，研发出单原子合金催化剂 Sb<sub>1</sub>Cu，实现了

CO<sub>2</sub> 高活性、高选择性还原制备 CO，并探究了该过程的理论机理。肖建平团队探究了单原子合金催化剂 Sb<sub>1</sub>Cu 电催化 CO<sub>2</sub> 还原表现出高 CO 选择性的原因。研究发现，Sb<sub>1</sub>Cu 电催化 CO<sub>2</sub> 到 CO 的活性位为与单原子 Sb 相邻的 Cu 位点，并揭示了 Sb<sub>1</sub>Cu 相比于 Cu 可以有效减弱 CO\* 的吸附能，降低 CO\* 的覆盖度，抑制 C-C 偶联反应，从而提升了 CO 的选择性。通过电荷外插值法，肖建平团队计算了不同工作电势下的反应能垒，通过微观动力学模拟得到的理论速率也和实验结果有较好的吻合。该研究为设计高活性和特定选择性电催化材料

提供了新思路。相关研究发表在 Nature Communications 上。

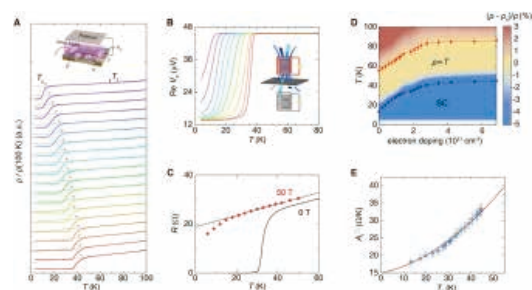


单原子合金 Sb<sub>1</sub>Cu 催化二氧化碳电还原制一氧化碳机理研究

## 发展离子液体调控技术揭示铁基超导与奇异金属态间量化规律

在 B 类先导专项“新一代超导与拓扑物理学”的支持下，物理研究所金魁研究员和陈其宏特聘研究员等发展了单一变量调控和原位表征技术，精细调控铁基材料超导电性并深入探索其奇异金属态和超导之间的定量化规律。研究团队采用脉冲激光沉积生长 FeSe 薄膜，并利用离子液体调

控进行电子掺杂，实现了 FeSe 的 T<sub>c</sub> 从 8K 至 45K 的连续调控。相关研究成果发表在 Nature Physics 上。

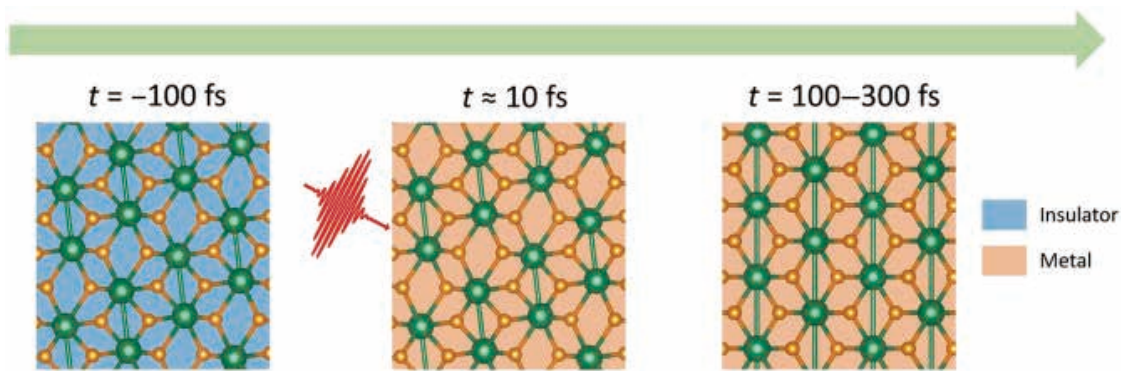


基于离子液体调控揭示 FeSe 奇异金属态与超导的定量化物理规律

## 光激发 VO<sub>2</sub> 超快电子相变和结构相变的动力学解耦

在 B 类先导专项“新一代超导与拓扑物理学”的支持下，物理研究所孟胜研究员团队利用自主开发的激发态动力学模拟软件 TDAP，研究了激光诱导 M<sub>1</sub>-VO<sub>2</sub> 到 R-VO<sub>2</sub> 的超快结构相变

和绝缘体-金属相变，揭示了超快尺度上的非平衡相变机制。激发态动力学模拟可以追踪光诱导 VO<sub>2</sub> 结构相变和绝缘体-金属相变的超快过程，直接证明飞秒尺度上两种相变的解耦行为。相关研究成果发表在 Science Advances 上。



光诱导 M<sub>1</sub>-VO<sub>2</sub> 超快相变示意图

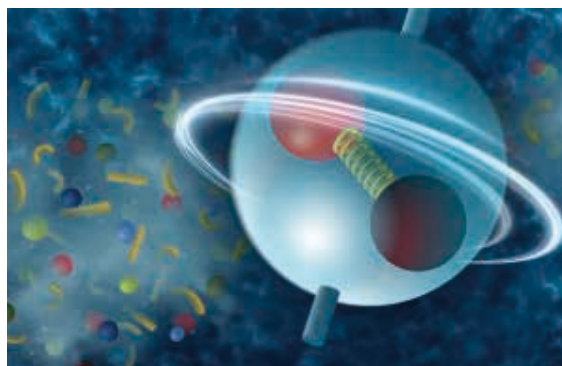
## 重离子碰撞实验中首次观测到粒子自旋排列现象

在 B 类先导专项“核物质相结构与重元素合成研究”的支持下，专项团队参与 RHIC-STAR 国际合作实验研究，首次在重离子碰撞实验中观测到了矢量介子 ( $\phi$  和 K\*0) 的整体自旋排列现象。该成果开辟了利用基本物理量自旋研究夸克物质性质的新方向，相关研究成果于发表在 Nature 上。专项团队成员是这一成果的

主要完成人，主导了选题、数据分析和文章撰写等工作。

研究人员分析了  $\phi$  和 K\*0 介子 ( $J^P=1^-$ ) 相对于系统角动量的自旋方向。 $\phi$  介子和 K\*0 介子存在三个可能的自旋方向，如果没有特殊的物理机制，粒子自旋处于每个方向的概率都是相同的。测量结果表明，在现有的统计下没有观测到 K\*0 介子的整体自旋排列信号；而  $\phi$  介子则表现出显著的整体自旋排列信号，通过测量介子处于自旋方向为 0 的量子

态的概率，发现其数值大于 1/3，目前对于  $\phi$  介子和  $K^*0$  介子存在整体自旋排列的物理机制尚未确定。该测量结果为研究高温高密核物质强相互作用机制开辟了一个新的方向。

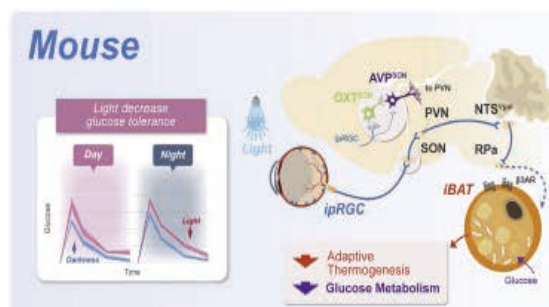


由夸克和反夸克组成的矢量介子的自旋取向反映出高温高密核物质的内禀属性

## 揭示光感知调控血糖代谢的神经机制

在 B 类先导专项“衰老的生物学基础和干预策略”的支持下，中国科学技术大学生命科学与医学部薛天教授研究团队深入在小鼠和人上揭示了光感知压抑棕色脂肪组织产热并诱发血糖不耐受的神经机制，发现光诱发血糖不耐受由 ipRGC 感光独立介导。结合大量神经环路示踪和操控手段，研究人员发现 ipRGC-SONOX-T (视上核内催产素 (Oxytocin))

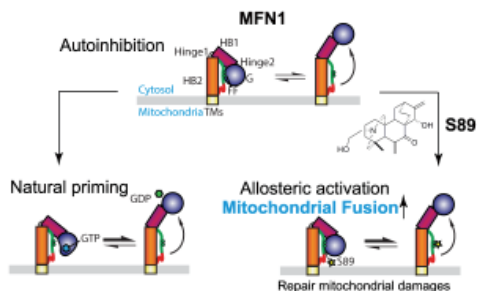
能神经元-SONAVP (SON 内抗利尿激素 (Vasopressin) 能神经元)-PVN (下丘脑室旁核)-NTSVgat (孤束核的 GABA 能抑制性神经元)-RPa (中缝苍白球) 这样一条长程神经环路介导光降低血糖耐受性。同时，发现光也能显著压抑棕色脂肪的温度。进一步阻断交感神经对棕色脂肪的投射、热中心温度压抑棕色脂肪活性等手段。确定了光下降血糖耐受性是通过压抑脂肪组织产热进而减少葡萄糖利用所导致。该研究提示针对夜间光污染造成的罹患老年代谢疾病风险提高，应考虑生活环境中夜间人造光线的波长、强度和暴露时长。这项工作发现的感光细胞、神经环路和外周靶器官可为将来干预此过程提供潜在靶点。相关研究成果发表在 Cell 上。



小鼠上光激活 ipRGC-SONOX-T-SONAVP-PVN-NTSVgat, 压抑 RPa 和支配脂肪的交感神经, 进而压抑棕色脂肪产热降低血糖耐受性

## 一种促进线粒体融合并修复线粒体损伤的小分子研发及机制解析

在 B 类先导专项“衰老的生物学基础和干预策略”的支持下，生物物理研究所胡俊杰团队与南开大学陈佳团队及昆明植物研究所郝小江院士团队合作研制出一种能够特异性激活线粒体融合蛋白 MFN1，从而修补包括腓骨肌萎缩症等多类线粒体损伤的小分子化合物 S89。研究发现，S89 还能缓解了小鼠缺血再灌注模型中的心肌损伤。线粒体膜动态失衡引发的线粒体过度碎片化是衰老相关的神经退行性疾病发生发展过程中的重要标志，该研究对于线粒体融合能力的可控性提升将为缓解衰老相关的神经退行性疾病提供全新的干预思路及策略。相关研究成果发表在 Nature Chemical Biology 上，并获得 Science 杂志配文报道。

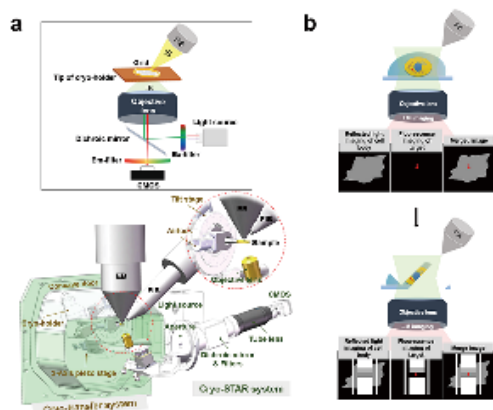


小分子融合激动剂 S89 作用原理

## 一种用于生物样品原位研究的精准光电联用系统

在 B 类先导专项“生物大分子复合体结构与功能的跨尺度研究”的支持下，生物物理研究所孙飞研究团队自主研发成功三束（电子束、光束、离子束）共焦荧光实时监控的聚焦离子束精准减薄系统——ELI-TriScope。ELI-TriScope 系统在商用双束扫描电子显微镜内部整合了一个基于冷冻样品杆的传输系统，以及一个内嵌的光学成像系统。该系统在扫描电镜的内部将电子束，光束和离子束同时聚焦在样品台上同一位置，实现了聚焦离子束减薄样品的同时进行荧光实时监控成像。该系统通过监测目标分子的实时荧光信号，能够精确且高效地制备包含目标结构的冷冻含水切片。借助 ELI-TriScope，研究团队以约 91% 的成功率从 HeLa 细胞中制备得到 72 片包含中心体的含水切片样品，并通过随后的冷冻电子断层数据分析，发现了人体中心体新的原位结构特征。该研究结果证明，ELI-TriScope 作为一种先进的、精确的、高效的冷冻聚焦离子束减薄技术，在未来原位结构生物学研究体内特定

事件的高分辨率超微结构领域具有极大应用潜力。相关研究成果发表在 Nature Methods 上。

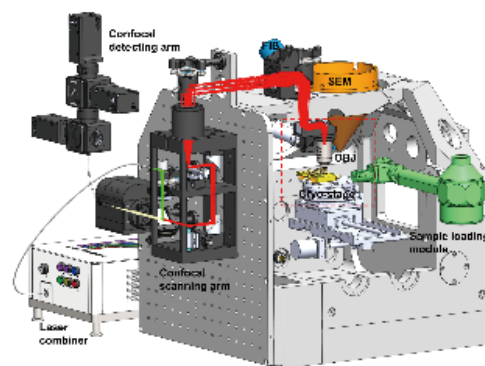


ELI-TriScope 系统设计图

## 一种荧光靶向的冷冻原位结构分析样品减薄系统

在 B 类先导专项“生物大分子复合体结构与功能的跨尺度研究”的支持下，生物物理研究所徐涛 / 纪伟研究团队研制出集成式冷冻光电融合聚焦离子束系统 CLIEM。这套系统将激光共聚焦显微镜集成到商业化双束电镜中，成功实现了双束电镜内冷冻三维多色荧光成像，以便捷高效地开展靶向样品减薄制备。在此设备基础上，研究团队还开发了全新荧光导航 FIB 减薄流程，并首次提出“虚拟切片”概念，利用三维图像投影方法，显著提高

了荧光导航 FIB 减薄的效率和成功率。利用 CLIEM 系统，研究团队对细胞中脂滴 - 线粒体的相互作用位点和中性粒原位结构进行了研究。CLIEEM 不仅可以在拥挤的细胞环境中精确识别最佳切割位点，还可对孤立细胞事件进行精准切割，可广泛应用于各种细胞器、生物大分子复合物、病毒等研究对象的定点减薄，为精准制备 cryo-ET 样品提供了新的高效解决方案，有助于推动原位细胞生物学的发展。相关研究成果发表在 Nature Methods 上。



CLIEEM 系统设计图

## III-E 型 CRISPR-Cas 系统研究取得新进展

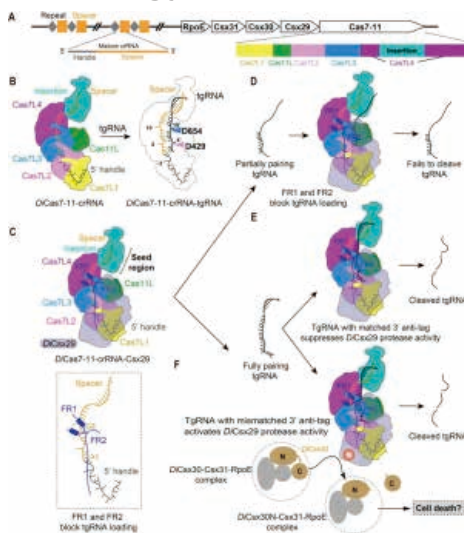
III-E 型 CRISPR-Cas 系统是近年来发现的一类新型细菌抵御外源基因入侵的“免疫系统”，由

于其特殊的组成形式，一经发现便引起国际上广泛的关注和研究。

在 B 类先导专项“生物大分子复合体结构与功能的跨尺度研究”的支持下，生物物理研究所江涛研究团队解析了来源 *Desulfonema ishimotonii* 菌的 III-E 型 CRISPR-Cas 系统关键蛋白 DiCas7-11 相关的一系列该复合物的冷冻电镜结构，并结合生化实验详细阐明了 DiCas7-11 加工 pre-crRNA、DiCas7-11-crRNA 识别并切割底物 RNA (target RNA, tgRNA) 以及 DiCsx29 调节 Cas7-11-crRNA 的活性和 DiCsx29 蛋白酶被激活等的分子机制，为该系统在基因编辑、检测领域的开发和应用提供了可靠的结构基础和生化信息。相关研究成果发表在 *Nature Microbiology* 上。

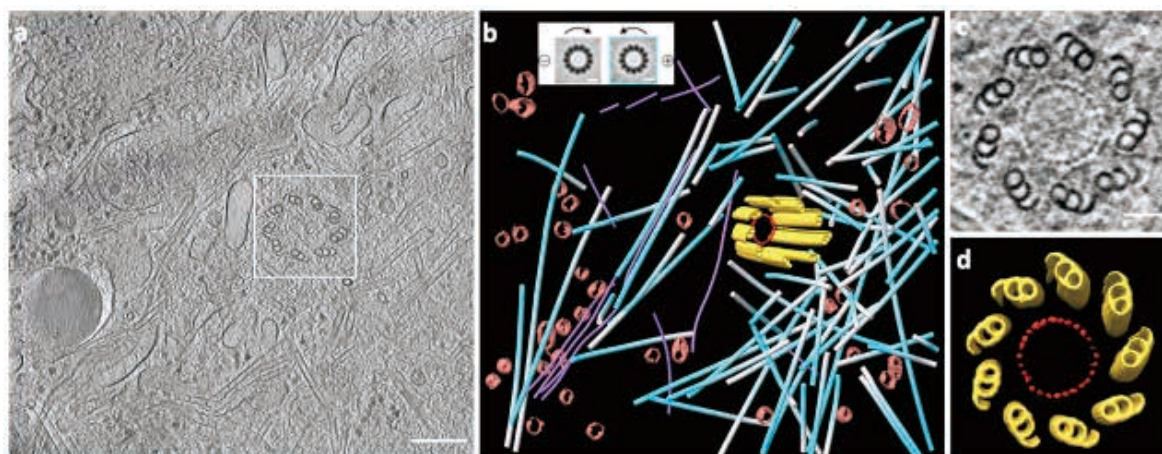
## 嵌入式原位冷冻荧光导航减薄系统

在 B 类先导专项“生物大分子复合体结构与功能的跨尺度研究”的支持下，生物物理研究所徐涛 / 纪伟团队与北大郭强团队研制出嵌入式原位冷冻荧光导航减薄系统 (cryogenic correlated light, ion and electron microscopy, cryo-CLTEM)，这套系统将激光共聚焦显微镜集成到商业化双束电镜中，成功实现了双束电镜内冷冻三维多色荧光成像，并设计了基于冷冻电镜多样品杆的独特冷冻样品传输方案，以便捷高效地开展靶向样品减薄制备。研究团队开发了基于刻蚀图像的配准方法，不再需要传统光电融合成像常用的配准标记物 (fiducial marker) 和复杂的坐标变换，显著提高了荧光导航 FIB 减薄的效率和成功率。利用 CLTEM 系统的“虚拟切片”功能，研究团队制备了含有脂滴-线粒体互作位点的冷冻 HepG2 细胞切片，并且借助 cryo-ET 在互作面上发现了丰富的连接丝；制备了含有中心粒的冷冻 HeLa 细胞切片，发现了中心粒内部由 27 个点状密度形成



的圆环结构。Cryo-CLIEM 不仅可以在拥挤的细胞环境中精确识别最佳切割位点，还可对孤立细胞事件进行精准切割，可广泛应用于各种细胞器、生物大分子复合物、病

毒等研究对象的定点减薄，为精准制备 cryo-ET 样品提供了新的高效解决方案，有助于推动原位细胞生物学的发展。相关研究成果发表在 Nature Methods 杂志上。

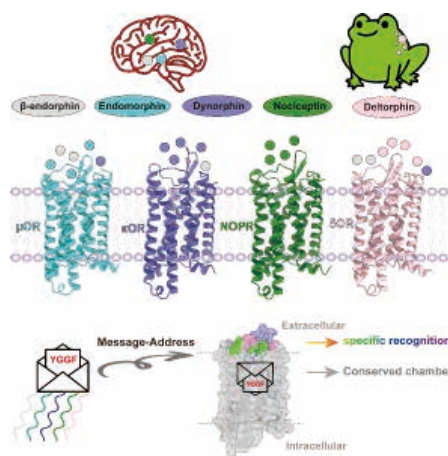


HeLa 细胞中心粒的原位成像研究

## 阐述阿片受体家族与内啡肽系统的分子作用机制

在 B 类先导专项“生物大分子复合体结构与功能的跨尺度研究”的支持下，上海药物研究所徐华强领衔国际团队首次解析了阿片受体 MOR、KOR、DOR、NOPR 和各自的选择性多肽包括内啡肽、内吗啡肽、强啡肽、皮啡肽和痛敏肽的冷冻电镜复合物结构，结合大量的细胞水平功能实验，揭示了多肽类配体和阿片受体的结合模式，阐述了它们的

选择性和保守性机制，为“信使-信箱-效能”模式提供了结构和功能支持。相关研究成果以长文形式发表在 Cell 上。



阿片受体和阿片肽的选择以及“信使-信箱”概念的结构基础



## 专项管理

### “生物大分子复合体结构与功能的跨尺度研究”B类先导专项年度工作会暨中期考核会议顺利召开

为加强中国科学院战略性先导科技专项（B类）“生物大分子复合体结构与功能的跨尺度研究”（以下简称：专项）的组织实施管理、总结阶段性成果、明晰未来目标、推动各项任务顺利开展，专项于2023年2月19日至21日在安徽合肥召开“生物大分子复合体结构与功能的跨尺度研究”B类先导专项年度工作会暨中期考核会议。

本次会议由专项首席科学家

许瑞明研究员主持。施蕴渝院士、李林院士、邵峰院士等专家出席了会议。专项各级任务负责人及骨干等70余人参加了会议。

首先，专项首席科学家许瑞明研究员作了专项总体报告，介绍了专项的总体情况、预期目标和立项以来取得的主要成果。科技处李颖副处长作了专项管理报告，介绍了B类先导专项最新修订的规章制度要点和2023年度阶段性考核的工作安排。朱平研究员、柳振峰研究员、吴蓓丽研究员和孙飞研究员四位项目负责人分别介绍了各自项目立项以来取得的工作进展和未来的工作计划。专项每个子课题负责人都在会上汇报了子课题目标完成情况、立

### 生物大分子B类先导专项年度工作会暨中期考核会议



项以来取得的工作进展、亮点成果和未来工作计划。最后，专项总体组和专家召开了讨论会，对专项实施三年来的工作进展和成效进行了总结并对专项成员的工作进行了考核，最后对专项未来的发展进行了规划。

本次会议是专项实施中期的

一次重要会议，不仅总结了专项立项以来各项工作的实施进展，加深了专项成员之间的沟通和交流，促进了项目内部和项目之间的深度合作，而且为专项今后各项工作的顺利实施和 2023 年度的阶段性考核工作奠定了基础。

## 国际动态

### 迄今最详鼠脑细胞类型图生成

美国科学家绘制出了迄今最详细小鼠大脑细胞图谱，囊括 5200 种不同类型的细胞，将帮助科学家进一步揭示哺乳动物大脑如何进化，某些神经疾病为何出现问题，以及靶向正确的目标细胞，从而治疗各种疾病。相关研究已经提交生物预印本网站<sup>1</sup>。

此前已有多个研究小组绘制出了小鼠大脑中数百种细胞的图谱，但这些研究通常基于相对较少的细胞样本。为绘制出更详细的图谱，艾伦脑科学研究所的曾红葵及其同事测量了数百只小鼠大脑的 410 万个细胞（约占小鼠大脑中总细胞数的 5%）内约 2 万

个基因的活性。

根据基因活性，研究团队定义了 5200 种不同类型的细胞，其中 5000 种是神经元，它们在大脑的不同区域之间发送电脉冲。剩下 200 种细胞包括星形胶质细胞和少突胶质细胞，前者帮助调节大脑内的血液流动，后者帮助神经元传递脉冲。随后研究小组将这些基因活性数据与从一只小鼠身上采集的大脑薄片中的细胞数据进行比较，绘制出了不同类型的细胞在大脑内的分布图。

研究团队指出，最新绘制出的大脑图谱囊括的细胞类型约为此前类似图谱的 10 倍，可以为人类如何工作，以及为何会出现某些疾病（比如痴呆症）提供新的见解。细胞是大脑的功能单元，

<sup>1</sup> <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2023.03.06.531121v1>

这个细胞目录将帮助科学家们确定细胞回路如何影响动物的行为、学习、情绪或疾病，也有助确定易受伤害的细胞，以治疗疾病。

研究人员表示，这项工作提供了构建大脑的细胞类型的基本清单，了解这些细胞在不同动物物种中有何异同，将有助于推进对哺乳动物大脑进化的理解。

## **利用八万鼠脑细胞造出一台活体计算机**

美国伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校研究团队科学家利用 8 万个老鼠的活细胞，建造出了一台可简单识别光和电模式的活体计算机，这台机器能被整合到同样使用了活体肌肉组织的机器人中。研究团队在美国物理联合会 3 月会议上介绍了这项研究<sup>2</sup>。

研究团队首先在培养皿中培育了大约 8 万个来自经过编程的小鼠干细胞的神经元，随后将神经元置于光纤下方和电极网络上，让其接受电和光的刺激，所有元件都被放在一个手掌大小的盒子

里，盒子置于保温箱里，以让细胞保持活力。

为训练神经元计算机区分不同的信号模式，研究团队创造出了 10 种不同的电脉冲和闪光模式，并在一个小时内反复播放这些模式，同时使用传统的计算机芯片记录和处理神经元产生的电信号。结果表明，每次出现相同模式时，神经元都会产生相同的信号。此外，研究人员也借助储层计算，让神经元和芯片分工合作，将识别和处理信号耗费的时间和能量降至最低。

为评估该设备的性能，研究团队计算了名为 F1 的性能分数，该分数通常用于指示神经网络识别模式的效率，其中 0 最差，1 最好，该设备的最佳得分为 0.98。

最新研制出的设备可集成到使用活体肌肉组织制成的机器人内。将神经元融入机器人中意味着神经元可感知环境，然后一次处理这些输入。

研究人员表示，使用活细胞进行计算，尤其是储层计算，有助于制造出节能设备，即使其中一些元件出现故障，这些设备仍能继续工作。因此，与传统的机器人相比，将活神经元和储层计算相结合的机器人可能具有优势。

<sup>2</sup> <https://www.extremetech.com/computing/researchers-build-living-computer-using-mouse-brain-cells>



## 中国科学院前沿科学与教育局

地址：北京三里河路 52 号

邮编：100864

电话：68597354

邮箱：yxyzong@cashq.ac.cn

## 中国科学院文献情报中心

地址：北京市海淀区北四环西路 33 号

邮编：100190

电话：82626611-6607

邮箱：lizexia@mail.las.ac.cn