

复旦CNS成果集中涌现，背后奥秘何在？

2025 开年两个月，复旦科研迎来“开门红”，以第一单位身份频频登上国际顶级学术期刊CNS(即Cell(《细胞》)、Nature(《自然》)、Science(《科学》))，成果总數位居全国高校前列。

并喷背后奥秘何在？ AI for Science(科学智能，下文简称AI4S)，也就是人工智能(AI)与科学研究的深度融合，正有效助推复旦人向着科研创新的新高度迈进。

AI4S 范式效能初显

“这是一条没有人走过的路”，回忆五年攻关之路，郁金泰坦言，自己起初心里也没底。那为什么复旦这次做到了？

1 标本兼治，发现帕金森治疗新靶点



2月21日，国家神经疾病医学中心、脑功能与脑疾病全国重点实验室、复旦大学附属华山医院郁金泰团队一原创性成果发表于《科学》(Science)杂志。

这项研究首次发现帕金森病全新治疗靶点FAM171A2，并基于该靶点发现可以延缓病程的候选药物，有望从疾病早期对帕金森病进行诊断和干预，结合现有的对症治疗手段，可实现对帕金森病的“标本兼治”，造福百万帕金森病患者，被《科学》杂志审稿人评价为“PD领域圣杯性的研究工作”。

值得一提的是，此次发现的蛋白靶点极具创新性，在此之前，学界尚未有关于这一蛋白的任何功能性实验研究。

帕金森病传统药物和手术治疗都只是针对症状进行治疗，不能延缓疾病进展。“我们想在‘治本’方面取得新突破，从而实现‘标本兼治’。”通过长达5年的潜心钻研，郁金泰团队在全球首次揭示了FAM171A2蛋白与 α -突触核蛋白的结合机制，有望在疾病的临床前期、前驱期和临床期通过靶向抑制原创新靶点FAM171A2以阻断病理性 α -突触核蛋白传播，延缓帕金森病进展。

郁金泰认为，复旦团队之所以能够发现这一全新靶点，与采取AI辅助、数据驱动的创新科研范式息息相关。团队突破“假说驱动”研究范式，通过大规模人群全基因组关联分析研究，在数万个基因中找到了“嫌疑最大”的目标靶点——FAM171A2。并利用AI帮助，成功找到了能够干预靶点、阻断病理性 α -syn传播的小分子药物。据估测，得益于AI辅助科研的手段，团队在5年内就完成了原本需要几十年甚至更长时间才能完成的工作。

目前，团队已提交国际专利申请，下一步将集中力量全面、系统地开展针对小分子药物、抗体疗法以及基因治疗手段的临床前研发工作，建立全球首个能够有效阻断帕金森病进展的创新性治疗手段。

这不仅将为数以百万计的帕金森病患者带来福音，更标志着我国生物医药领域在帕金森病的“原创靶点发现-机制解析-产品开发”这一全链条自主创新道路上实现了具有里程碑意义的重大突破。

本报记者 殷梦昊 实习记者 曾译章

在发表于《科学》杂志(Science)的最新成果中，郁金泰团队在全球首次发现帕金森病全新治疗靶点FAM171A2，有望从疾病早期对帕金森病进行诊断和干预。团队突破传统“假说驱动”研究范式，采取AI辅助、数据驱动的创新科研范式，找到了这一存在于“既有知识体系之外”的全新蛋白。

这并不是郁金泰团队第一次尝试将AI与医学结合。3个月前，郁金泰、毛颖团队和类脑智能科学与技术研究院程伟、冯建峰团队联合发表于《细胞》杂志(Cell)的交叉研究成果，同样遵循“数据驱动”理念，全面绘制了人类蛋白质组表型组图谱。这意味着不久的将来，只需采一次外周血，对血浆进行蛋白检测，就能

2 细胞封面：采血可预测数百种疾病

1月9日，复旦大学附属华山医院郁金泰、毛颖团队与类脑智能科学与技术研究院程伟、冯建峰团队联合攻关的交叉研究成果，登上《细胞》(Cell)杂志2025年开年封面。

杂志介绍：“该研究纳入了1706种人类疾病与表型，绘制出一张全面的蛋白质组图谱，并借助机器学习模型，成功挖掘出极具潜力的疾病预测诊断生物标志物和治疗靶点，为精准医学实施奠定了基础。”

2个月前，该成果以《健康与疾病血浆蛋白质组图谱》为题在《细胞》(Cell)期刊在线发表，成为该刊近期线上阅读量最大的文章。团队基于研究成果，开放了蛋白质组—表型组资源数据库，覆盖约三千种蛋白、上千种疾病与近千种表型，上线第一周就有几万访问量，访问者来自世界各地。

对于普通大众而言，这项成果有着重要的现实意义——也许在不久的将来，你只需采一次外周血，对血浆进行蛋白检测，就能精准预测数百种疾病的患病风险。

2024年2月，郁金泰和程伟多学科融合交叉团队曾在《自然·衰老》(Nature Aging)发表《血浆蛋白质组学预测健康成年人未来痴呆风险》。在此基础上进一步，团队提出了更宏大的目标，全面绘制人类蛋白质组表型组图谱。

于是，团队马不停蹄在不到一年时间里，深入分析53026个个体的血浆蛋白质组数据，跨越了14.8年的中位随访期，绘制出了全面的蛋白质组图谱“通俗地说，这张图谱能够告诉大家，血液中的哪些蛋白能够预测某种疾病的发生，以期通过采血实现疾病的早期诊断”，郁金泰说。

这不仅为人类疾病预测提供了一把钥匙，也为生命科学研究开创了新的研究范式，而人工智能大数据分析技术让这一梦想照进现实。

“我们开发的人工智能算法，使海量蛋白质数据和上千种表型、疾病数据的分析变得可行，进而能够回答我们想知道的临床和科学问题。”冯建峰表示，团队一直以来的目标就是“把所有能用的数据都用上”。依托复旦大学CFFF智能计算平台，团队利用人工智能与大数据分析技术，让这一全景式研究得以落地。

当基因检测已“飞入寻常百姓家”，蛋白质检测也将为人类打开另一扇了解疾病的重要大门。团队介绍，针对特定AD、心脏病、糖尿病等常见多发重大疾病，蛋白质检测成本可降到百元甚至几十元人民币，未来有望普及大众。

下一步，团队将推动本次研究成果的临床转化，与企业合作研发用于早筛、早诊和疾病治疗的相关产品。未来，团队将进一步利用人工智能新模型和新算法，整合多组学数据，促进精准医学发展。

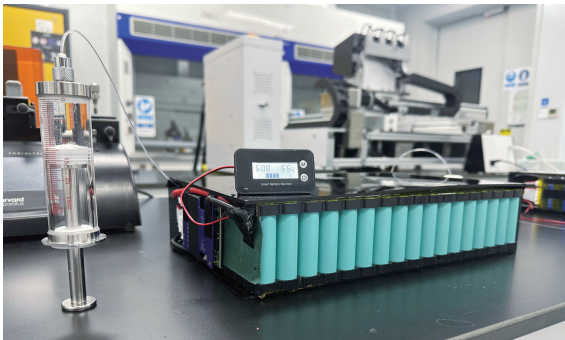
本报记者 殷梦昊 实习记者 曾译章

精准预测数百种疾病的患病风险。

在AI4S浪潮席卷之下，复旦人近年来正以探索者的姿态，推开一扇通往崭新世界的门户，为诸多领域注入创新活力，也带领复旦逐渐成为AI4S的高地。

不久前，复旦大学高分子科学系彭慧胜教授、高悦青年研究员的科研团队也运用AI技术，打破锂电池传统设计原则，成功设计了一个名为三氟甲基亚磺酸锂(CF₃SO₂Li)的锂载体分子，让废旧电池“打一针”就可无损修复。团队结合AI与有机电化学搭建能源分子数据库，利用迁移学习和非监督学习等方法，成功获得了这一锂载体分子，让科学智能的理念真正落地。

3 “打针”电池可复生，原创方案登自然主刊



2月13日，复旦大学高分子科学系彭慧胜/高悦团队打破锂电池传统设计原则，通过AI和有机电化学的结合成功设计了一种锂载体分子，让废旧电池“打一针”就可无损修复，将锂电池寿命提升1-2个数量级，为电池产业变革提供关键技术支撑。相关成果以《外部供锂技术突破电池的缺锂困境和寿命界限》为题在《自然》(Nature)上发表。

从手机、电车到储能电站，锂电池在人们生活中无处不在，但由于在使用过程中不断损失锂离子，最长寿命都只有6-8年。彭慧胜/高悦团队在没有研究先例支撑的情况下，大胆设想设计一种锂载体分子，将其注射进电池，对电池中的锂离子进行单独管控。使用这一技术，电池在充放电上万次后仍展现出接近出厂时的健康状态。

设想很清晰，难题在于学界尚无先例，无法通过传统研究范式，于是团队采用了人工智能辅助的全新能源分子设计方法。历时四年，团队构建数据库，利用非监督机器学习，进行分子推荐和预测，成功获得了从未被报道的锂载体分子——三氟甲基亚磺酸锂(CF₃SO₂Li)，让AI for Science理念真正落地。

合成这种分子后，团队验证了其符合锂离子载体所需的各种严苛性能要求，且成本低、易合成，和各类电池活性材料、电解液以及其他组分有良好的兼容性，成功在软包、圆柱、方壳和纤维状锂离子电池器件上实现应用。

探索具有变革性的基础研究来解决实际问题，开展“分子-机制-材料-器件”的全链条工作，是团队始终坚定的目标。目前，锂载体分子已通过初期实验验证，预计在电池总成本中占比不到10%，具备大规模商用潜力，可用于补锂、储能、光储一体化。

“如果未来能够通过‘打针’修复电池，让电池实现循环使用，就可以从源头解决电池大规模报废的问题，使产业生态走向智能化、环保化。”团队期待该项成果早日走向应用，为推动经济可持续发展和环境保护提供关键技术支撑。

本报记者 殷梦昊 实习记者 曾译章

AI4S 理念落地生根

布局AI4S，复旦早已未雨绸缪。首先，复旦对科研资源的敏锐投入，为发展AI4S供了重要支撑。2023年，复旦建立起中国高校规模最大的云上科研智能计算平台CFFF，在技术和硬件方面前瞻布局，为科研人员提供坚实物质基础。高性能计算能力，为广大科研团队解决了从实验模拟到大规模数据分析的瓶颈问题。

其次，复旦对跨学科协同机制的重视，是科研创新集中涌现背后的无形推手。组建科学智能工作专班、推动上海科学智能研究院建设、组建交叉研究发展中心……自上而下的“组合拳”通过系统性布局和机制创新，全面

4 上医团队设计高效双功能抗病毒候选药物

1月30日，复旦大学上海医学院陆路研究员、孙蕾研究员、姜世勃教授团队合作在《细胞》(Cell)杂志以Research Article的形式，在线发表了题为“Early fusion intermediate of ACE2—using coronavirus spike acting as antiviral target”的研究论文。该研究发现了ACE2受体诱导的冠状病毒刺突蛋白早期融合中间态构象(E-FIC)，并针对该中间态构象设计了高效、广谱、兼具失活病毒和抑制病毒感染的双功能抗冠状病毒候选药物。

在包膜病毒入侵宿主细胞的过程中，一些病毒能够借助其表面蛋白介导其包膜与宿主细胞膜融合，进而将遗传物质注入细胞开启感染进程。膜融合是病毒建立感染的关键环节之一。在膜融合起始阶段，出现了一系列亟待解答的重要科学问题，并成为科学家们一直以来关注的焦点。因此，研究团队对新冠病毒S蛋白是否存在介于ACE2受体结合和S1亚基脱落之间的特殊构象进行了探索。

通过对融合前和E-FIC结构的对比分析，研究者进而发现S蛋白结合ACE2受体后，S1亚基和S2亚基底部均会向细胞膜方向旋转以实现病毒膜和细胞膜初步拉近，这将有助于缩短融膜肽插入细胞膜所需的距离。研究者还发现S1亚基中的RBD与S2亚基中的HR1之间的空间距离被拉近，这一发现也为靶向该中间体的药物设计提供了新思路。基于此构象，研究者选用了经临床试验证明具有较好活性和安全性的RBD结合药物候选(ACE2蛋白)和HR1的结合药物候选(EK1多肽)，设计出双功能域串联药物候选。

研究者通过竞争性结合实验发现，EK1多肽能够凭借强大的相互作用从IL770中夺取HR1进行结合。随后，为了验证双功能域之间最佳连接子长度，研究者通过测试含有2、5、6、7组连接子的蛋白进行活性筛选，发现由5组连接子串联的蛋白(AL5E)具有最佳靶点结合活性和广谱性。后续研究结果表明，上述设计的蛋白类抗病毒活性分子具有失活病毒和抑制病毒双功能。

同时，为了进一步探究所设计的双功能分子在体内的活性。研究团队借助新冠病毒变异株BA.5.2和人类冠状病毒NL63感染小鼠的模型，分别对AL5E蛋白在病毒感染治疗和病毒失活方面的效果展开了评估。结果显示，AL5E能够显著降低小鼠肺脏中病毒载量。

该研究不仅揭示了冠状病毒S蛋白在膜融合早期阶段经历的构象变化细节，还发现了其中的一些潜在药物靶点，为深入探索冠状病毒的膜融合机制及开发新型靶向性广谱药物或疫苗提供了新的思路。

来源：上海市重大传染病和生物安全研究院 基础医学院 生物医学研究院 BioArt

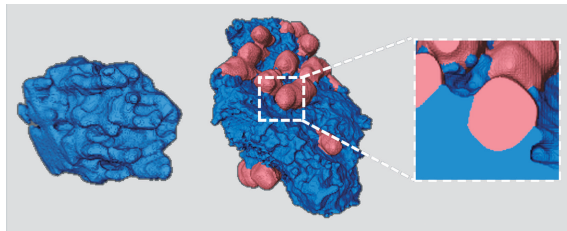
激发科研创新活力。目前，全校AI4S科研团队已超百个。

最后，复旦全面推进人才培养模式改革，构建智能时代人才培养新范式。2024-2025学年重磅推出116门AI大课，打造“AI-BEST”课程体系，实现“三个全覆盖”：全覆盖全体本研学生、全覆盖全部一级学科、全覆盖所有专业领域，以“AI for education”(下文简称：AI4E)为引擎，让科学智能成为拔尖创新人才培养的核心驱动力。

AI 创新生态加速构建

复旦大学校长、中国科学院院士金力曾用“种子”与“果实”的生动比喻阐释AI4S的价值——种子代表好问题，果实代表好成果，而AI4S就是快速识别筛选

5 电解水制氢突破，合成新型嵌入式催化剂



想象未来有一天，你开的电动车是氢燃料电池驱动，穿的衣服是用氢气和二氧化碳制造，烧菜的燃气灶不再是天然气而是氢气。能源转型时代，氢能成为重要的能源解决方案在实现“碳中和”目标中发挥至关重要的作用。

2月14日，复旦大学高分子科学系、聚合物分子工程国家重点实验室张波教授团队、徐一飞青年研究员团队联合化学系徐昕教授团队在《科学》杂志(Science)发表关于质子交换膜电解水装置(PEMWE)催化剂的最新研究成果题为《熟化诱导嵌入形成的超稳定析氧反应电催化剂》。这一历时三年研发的电解水制氢成果，通过创造性的催化剂设计思路，大幅提高制氢效率和稳定性，为绿色氢能可持续发展提供技术支撑。

在绿色氢气的生产过程中，PEMWE电解水(质子交换膜电解水)技术是当前最为前沿的技术之一。然而，PEMWE技术的广泛应用仍面临几个技术瓶颈，其中最主要的挑战之一便是催化剂。开发一种低成本、高效、稳定的OER催化剂，成为全球学术界和工业界迫切要解决的核心问题。

为突破这一瓶颈，张波团队提出一种创新的催化剂设计方案——将氧化铱纳米颗粒嵌入在氧化镍载体中，形成一种稳定且高效的负载型催化剂，将铱的用量降低了85%，并且大幅提升了催化效率，使器件整体能效提升了65%。

在想法提出后，还需要理论计算团队与实验团队合作，才能让应用场景真正落地。基于张波团队提出的假设，利用冷冻透射电镜(CryoTEM)以及冷冻断层扫描技术(CryoET)，团队对催化剂在溶液中的形成过程及最终形貌进行了原位高分辨三维观测，有效确认了该合成策略的有效性。对该催化剂进行长达6000小时的PEMWE工况测试结果表明，合成的嵌入式催化剂有效地防止了铱颗粒的溶解、脱落和团聚，显著提高了催化剂在长期运行中的活性和稳定性，由此制备出来的产品寿命高达15年以上。在本次成果基础上，张波团队将致力于将基础研究与产业应用紧密结合，联合企业开展成果转化，提升国内PEMWE技术的市场份额，助力电解水行业降本增效。

未来，张波团队计划进一步为绿色氢气生产提供更多创新方案，并进一步优化PEMWE系统的其他组件，提高系统整体性能和经济性。

本报记者 殷梦昊 实习记者 蒋子怡

种子的方式。

如今，AI4S理念已深深植入复旦学术土壤，成为推动科研范式变革的核心共识。2024年5月，高分子科学系成立全校首个科学智能研究中心，标志着复旦在AI4S领域的系统性布局迈出关键一步。

下一步，学校将继续对内强化融合创新，对外加强开放合作，通过打破学科壁垒、创新评价机制、优化资源配置等系列举措，为科研人员开展自由探索和交叉合作提供制度保障，营造拥抱AI4S变革的良好创新生态。随着AI4S、AI4E战略的深入推进，一个更开放、更包容、更高效的复旦科研、教育新生态系统正加速形成。

本报记者 殷梦昊 实习记者 丁超逸

6 水波拓扑结构操控粒子

2月6日，复旦大学物理学系资剑教授、石磊教授团队联合河南大学、新加坡南洋理工大学、西班牙圣塞瓦斯蒂安国际理论物理中心等研究机构，在Nature《自然》发表题为《利用水波拓扑结构操控粒子》的研究成果。此次研究突破使水波成为探索拓扑物理的全新平台，不仅深化了人们对经典重力波系统中的矢量特性理解，揭示了其中自旋轨道耦合和锁定机制，也开辟了水波力操控物体运动的研究领域。

资剑团队成功生成了多种拓扑水波结构，利用液体表面波相控阵技术干涉构造不同阶的贝塞尔型水波涡旋场，观测到了位移场高阶相位涡旋以及嵌套斯格明子。研究成果系统揭示了拓扑学在水波体系中的丰富表现形式，为深入探讨经典波动体系中的拓扑效应提供了重要的理论和实验依据。团队首次实现了包括基于液体表面波梯度的亚波长粒子捕获，由局部波动动量驱动的粒子推进与轨道运动，由局部自旋密度引发的粒子自旋运动等。

此次研究突破使水波成为探索拓扑物理的全新平台，不仅深化了人们对经典重力波系统中的矢量特性理解，揭示了其中自旋轨道耦合和锁定机制，也开辟了水波力操控物体运动的研究领域。

实习记者 丁超逸

7 东亚文化向西辐射路径

6至9世纪期间，来自东方的游牧民族带着自己的文化、传统和生活方式开始了漫长的旅程，最终抵达奥匈平原。他们带来的文化基因在陌生的土地上生根发芽，与当地文化相互交融，共同塑造了阿瓦尔汗国(Avar Realm)。

1月15日，复旦大学生命科学学院青年研究员王珂团队联合德国马克斯普朗克进化人类研究所、奥地利国家科学院、奥地利国家博物馆、捷克马萨里克大学，携手在《自然》(Nature)发表题为《古DNA揭示阿瓦尔时代古人群在遗传屏障下共享(东亚)文化特征》的研究成果。研究聚焦阿瓦尔人远距离、跨大洲迁徙的历史，揭示东亚文化伴随人群移动、向西辐射的文化现象，为人群迁徙与文化扩散是否对齐的经典问题，提供了一个文理融合创新研究的示例。

通过重建涵盖跨越六代、超过450人的大型家族谱系，团队揭示了阿瓦尔时代的东亚移民迁居欧洲、同化当地社群、形成大型东亚父系氏族部落的多民族融合格局。这项研究深入解析古代人群跨大洲迁徙与文化传播的动态历史，揭示东方和西方文化与人群的共存融合。

实习记者 丁超逸