

这个学科连词条都搜不到，为何能获得“跨圈”支持

■本报记者 李晨阳

你听说过“氧化还原生物学”吗？如果打开搜索引擎查找，你会发现根本找不到它的专属词条。

氧化还原生物学目前是一个三级学科，在热门频出的生命科学领域显得有点“冷门”。但中国科学院生物物理研究所研究员、中国生物物理学会氧化还原生物学与医学分会会长陈畅在近日接受《中国科学报》采访时表示：“这个学科并非真的‘小众’，相反，它是生命科学的核心领域之一。”

多年来，陈畅一直致力于推动氧化还原生物学与医学的发展。起初这是一个寂寞的研究方向，但渐渐地，她遇到了许多志同道合的人——他们来自不同的国家、不同的领域，有着不同的学科背景，却殊途同归，对“氧化还原”萌生了浓厚的兴趣。

生命科学的核心

对于氧化还原生物学与医学，国际学术界直至今日都未给出明确定义。但与它密切相关的自由基、超氧化物歧化酶(SOD)、抗氧化剂等，早已伴随着食品饮料、保健品、护肤品等广告，成为普罗大众耳熟能详的概念。

1900年，美国化学家发现了第一个有机自由基，从此开启了自由基化学的时代。后来又有科学家提出著名的“自由基衰老学说”，自由基生物学随之兴起。人们熟悉的SOD、花青素等主打“清除自由基”的保健品、护肤品，就是在这个过程中涌现的产物。

1996年，陈畅进入中国科学院生物物理研究所工作，研究对象正是当时备受关注但又饱受质疑的“自由基”。有学者犀利地把“自由基”点评为“万金油”，认为这个概念和各种疾病都能扯上关系，但其中真正的机理却并不明晰。种种见闻和经历，让陈畅开始重新审视这个学科的困境和潜力。

“生命体中每分每秒都在进行氧化反应和还原反应。它们既对立又统一，共同构成了生命活动的基础与本质。从这个意义上讲，氧化还原生物学可以说是生命科学的核心。”陈畅对《中国科学报》说，“但这样重要的学科却长期卡在基础研究和应用转化的瓶颈，‘上不着天，下不着地’。作为这个领域的学者，我们有责任做一些事情助它突围。”

扩展“氧化还原朋友圈”

陈畅的“氧化还原朋友圈”是一点点扩展起来的。

2024年深秋，在一场学术交流中，中国科学院院士、中国科学院生物物理研究所研究员阎锡蕴向陈畅表达了对氧化还原生物学的兴趣。2007年，阎锡蕴研究组发现了“纳米酶”，并从此开辟了一个崭新的研究领域。近年来，这个领域进入突飞猛进的临床转化期，研究人员致力于让纳米酶在诊断和治疗上发挥更大作用。

“也是从这时起，我开始关注氧化应激。”阎锡蕴说，“我们研究的各种疾病，包括肿瘤、心脑血管疾病、神经退行性疾病等，都有复杂的致病原因，但如果要找一个共同原因的话，那就是氧化应激的失衡。而纳米酶独特的催化性能，表现出调节氧化应激的良好潜力，因此有望成为一类重要的新型药物。”

但她很快发现，目前人们对生命体内氧化还原的“全景图”所知甚少，氧化还原的精



受访者供图

准调控依然是世界难题。在这种情况下，纳米酶纵有一身本事也很难“干得漂亮”。她对陈畅表示，希望和氧化还原领域的学者深度合作，通过建立更加成熟、准确的科学方法，发挥纳米酶的临床潜力。

主治帕金森病的首都医科大学宣武医院神经内科主任医师陈彤非常关心这个领域的最新动态。在一次战略研讨会上，陈彤听了陈畅的报告，了解到其带领的国家重点研发计划团队正致力于建立一种全面评估氧化还原状态的方法。该方法的建立有望为帕金森病临床诊治提供重要参考。这让陈彤产生了浓厚的兴趣。

北京大学未来技术学院教授陈晓伟的研究方向是糖脂代谢。他发现一个脂代谢相关蛋白能够引起氧化应激，于是联系陈畅开展合作。他对陈畅笑道：“这个科学问题‘水太深’。如果不是恰好认识你，这个方向我大概不会做下去。”

这件事让陈畅很受触动。“许多科研人员在研究中一旦触及与氧化还原相关的问题，往往会选择‘浅尝辄止’，某种程度上也

是无奈的‘不得不停’。只有让更多人知道可以和氧化还原生物学学者开展合作以及如何合作，很多问题才能深入探索下去。”

就这样，陈畅身边有了越来越多的同路人。在与学术同行的一次次碰撞和共鸣中，她深切感受到，当前氧化还原生物学与医学的发展水平远不能满足其他学科的交叉需求。这激发了她的使命感。

瞄准“真正的大问题”

2024年11月，陈畅主持举办了第十一届亚洲自由基研究国际会议暨2024中国氧化还原生物学与医学大会。会上她当选为亚洲国际自由基学会主席。

这场会议汇集了来自世界各地的700余名科学家，覆盖了代谢、肿瘤、心血管疾病、神经科学等诸多学科，其中不乏多个国家和地区的氧化还原生物学与医学学术带头人。国际自由基学会主席 Giovanni E. Mann 不禁感叹：“这次亚洲自由基研究国际会议，实现了多洲融合的愿景，充分展示了国际化特点。这是促进和加强国际合作的好契机，希望能在此基础上，把氧化还原研究国际合作推上新台阶。”

作为大会主席，陈畅希望大会的“热闹”不只停留在表层。她代表中国生物物理学会氧化还原生物学与医学分会提出了两大目标：第一，梳理并绘制氧化还原生物学与医学未来20年的研究路线图，以指导领域发展；第二，推动一个由中国牵头发起的氧化还原生物学与医学国际大科学计划。这些提议得到了国际同行的积极响应。为推动两大目标落实，将于2025年6月召开的国际自由基大会新增“氧化还原生物学当前主题和未来方向的讨论”专题，并邀请陈畅主持。

尽管去年11月的会议阎锡蕴并未参加，

但她也被这个领域当前的热烈氛围深深触动。在她看来，中国已经具备牵头开展氧化还原生物学与医学大科学计划的基础——拥有一批在这个领域具有国际前沿水平的研究团队、能够汇集不同领域学者并引领大规模交叉研究的号召力、极其丰富的临床资源储备以及国家政策对大科学计划的支持。

“我期待看到国家在一些还没完全‘热’起来的领域提前布局，建立话语权。氧化还原生物学与医学是一个很有潜力的切入点。”阎锡蕴说，“科学家有必要全面分析国内外的研究现状，瞄准一到两个关键科学问题，通过跨领域合作建立有效的研究方法。我相信，一旦在某个点上实现突破，这个领域就会迅速发展起来。”

过去几十年间，中国科学院分子细胞科学卓越创新中心研究员李伯良曾经建议开展关于RNA、细胞质膜、淋巴循环等多项重大研究计划。在他看来，以往生命科学领域的重大研究项目主要聚焦生物大分子的功能体系，一直缺乏对生命体“能量代谢体系”的关注，而氧化还原生物学与医学研究恰恰填补了这一空白。

“科学家除了研究自己的课题，还有一个很重要的使命，就是思考领域里真正的大问题是什么。从细胞质膜到氧化还原，都涉及生命最基础、最基本的问题。这也是值得我们投入资源、精力来布局和引领的方向。”李伯良说。

“不管是绘制研究路线图还是发起大科学计划，难度都很大，但我们还是努力向着实现这样的愿景出发。”陈畅说，“这不是单枪匹马、闭门造车能实现的目标。我们期待更多志同道合者加入，共同推动氧化还原生物学与医学的跨越式发展，深化人类对生命本质的认识，为攻克疾病难题、提高人类健康水平带来新希望。”

发现·进展

中国科学院遗传与发育生物学研究所等绘制国产大豆时空图谱

本报讯(记者刁雯蕙)中国科学院遗传与发育生物学研究所研究人员与合作者，成功绘制了首个国产大豆的全生命周期器官发育“时空图谱”。该研究实现了大豆基因表达在发育阶段、细胞类型和空间定位的精准解析，对揭示大豆器官发育机制具有重要意义。相关研究成果近日发表于《分子植物》。

大豆被誉为“绿色黄金”，不仅是人类重要的蛋白质和油脂来源，更承载着应对全球粮食危机的希望。借助分子设计育种技术，能够有效加速大豆育种，然而其复杂的器官发育机制长期困扰着科学家。

如果把大豆的每个器官当成一座精密运作的工厂，那么基因就是流水线上的工人，而转录组图谱就是工厂的监控系统。传统研究中，人们往往只能看到工厂整体产量，而新技术则可以追踪每个工人的动态——哪个基因在根尖值班，哪些细胞在叶片中参与合成养分。

研究团队以国产大豆品种“中黄13”为研究对象，开创性地构建了“宏观—细胞—空间”三级转录解析体系。他们基于314份全器官样本的常规转录组大数据，精准锁定器官发育阶段和关键器官的特征基因，随后运用单细胞核转录组捕获五大功能器官——根、根瘤、茎尖、叶、茎的细胞级表达图谱。最终，研究团队通过时空组学技术呈现基因表达的三维空间位置信息，通过多维技术融合，首次实现大豆器官的3D基因表达可视化，堪称大豆界的“地图”。

通过不同类型转录组数据的整合，此次研究完整呈现了大豆基因表达的时空动态整合，为理解大豆发育提供了前所未有的视角。研究人员通过根瘤空间3D单细胞图谱解析根瘤器官的细胞异质性，揭示了根瘤共生基因的空间定位，为“根—微生物”互作研究建立了细胞级时空坐标系，同时发现维管束特异性GmHBs基因在根瘤早期发育中具有决定性作用，为提高大豆共生固氮效率提供了新靶点。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.molp.2025.02.003>

东华大学

新织物实现海水高效持续蒸发

本报讯(见习记者江庆龄)东华大学研究员陈志钢团队设计了一种新型仿生光热织物，实现了海水高效持续蒸发，为二维柔性光热膜的大规模设计和太阳能驱动海水淡化工业化应用打开了新视角，为应对全球淡水资源危机提供助力。相关研究成果近日发表于《先进材料》。

太阳能海水淡化的核心是光热材料和蒸发装置。现有光热材料主要包括三维结构材料和二维膜，两者各具优势，但同时均存在一定问题，限制了实际应用。

受树叶结构和蒸腾作用启发，研究团队以商用聚酯(PET)单根纤维为原料，通过编织技术将其构筑为呈典型三层结构的二维PET织物，并进一步修饰获得了类树叶结构的光热织物CPP-H。实验结果显示，CPP-H织物的太阳光吸收率显著提升至96.1%，展现出低热损失和优异的光热转换性能，同时降低了蒸发焓，提升了蒸发效率。

在此基础上，研究人员将CPP-H织物斜挂于高海水槽和低空槽之间，组装成向光斜挂蒸发器，实现了从高海水槽向低空槽的海水传输。阳光照射下，织物吸收太阳光并将其转化为热，促使海水在顶层的上、下表面以及底层的上、下表面共4个平面同步蒸发。

CPP-H织物的蒸发模式模拟了植物叶片的蒸腾过程。蒸发后剩余的海水被浓缩为盐水，并滴落至低空收集槽，从而有效避免蒸发器内部盐结晶积累。实验结果表明，该三层光热织物的性能优于基于类似材料的传统漂浮模型、单层织物悬挂模型或三层织物。

陈志钢表示，团队未来将深入探索光热织物的组分、微纳结构等对光吸收、光热转换、蒸发过程的影响规律，进一步优化蒸发速度并降低淡水生产成本，以期太阳能海水淡化走向产业化奠定基础，助力构建淡水供给绿色体系。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/adma.202420482>

电子科技大学

提出一种新电磁准粒子

本报讯(记者杨晨)电子科技大学教授王秉中课题组通过理论和实验研究，提出并产生了一种新的电磁准粒子——混合涡环。相关研究成果近日发表于《科学进展》。

涡环是一种常见的自然现象，具有诱人的拓扑保护旋转前进行为，已经在流体力学、空气动力学、电磁学中引发一轮研究热潮。课题组提出的混合涡环由矢量电磁涡环和标量电磁涡环耦合而成，融合了拓扑斯格米子、横向轨道角动量、电磁涡街等重要特征。

为了产生混合涡环，研究人员提出了一种由同轴喇叭和超表面组成的发射器。其中同轴喇叭可以发射径向极化脉冲，超表面具有谱-频涡旋响应，可以将径向极化脉冲转化为混合涡环。矢量与标量涡环的相互耦合作用，使混合涡环中产生了电磁涡街等新奇特特征。涡街是在流体中障碍物后出现的一种自然现象，具有稳定的拓扑纹理和亚波长特征。该研究首次在电磁场中实验观测到了涡街现象。

该研究提出的混合涡环理论和产生方法，不仅适用于微波频段，也适用于太赫兹和光学等频段，在现代无线系统中具有巨大的应用潜力。首先，混合涡环具有拓扑保护的抗扰动传输特性，有望提高信息和能量传输的稳定性；其次，混合涡环中同时含有两种重要的信息传输载体——横向轨道角动量和斯格米子，这为在不增加传输口径的情况下大幅提高信息容量提供了可能；再次，混合涡环中含有大量具有不同特性的空时奇点和亚波长结构，可以用于超分辨率探测与成像；最后，混合涡环中的特殊拓扑结构，为粒子操控和新型波与物质相互作用提供了机遇。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/sciadv.ack4797>

青藏高原发现两个刺银耳新物种

本报讯(记者高雅丽 通讯员周思好)中国科学院昆明植物研究所研究员杨良团队发现了刺银耳属的两个新物种——墨脱刺银耳和洁白刺银耳。相关研究成果近日发表于《植物分类学》。

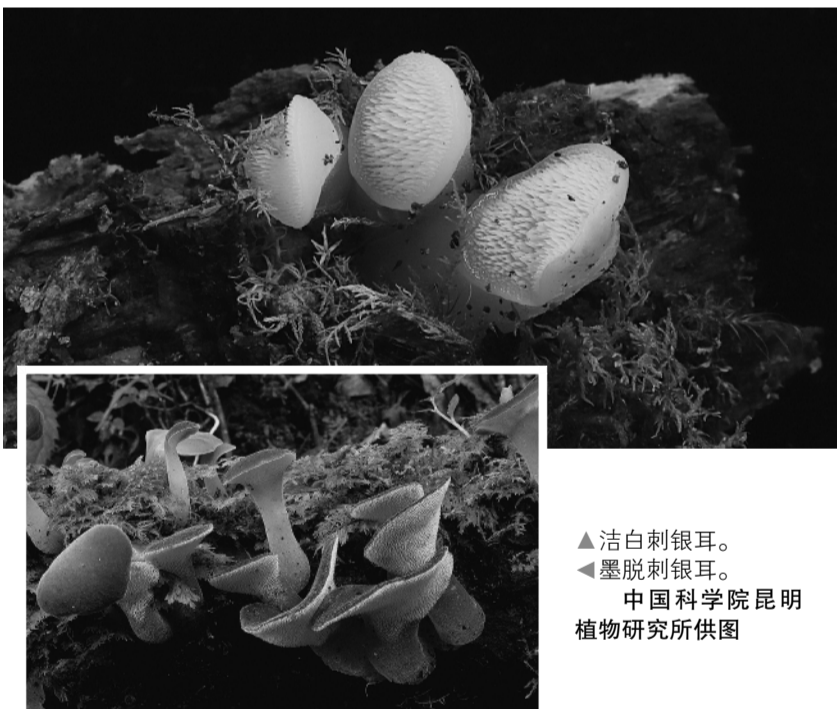
青藏高原作为全球生物多样性热点地区，高海拔生境和多样的森林生态系统为真菌的演化提供了独特条件。

刺银耳属以齿状子实层和胶质子实体为特征，全球分布广泛，常见于温带至热带森林的腐木上。该属物种数量稀少，全球仅发现22种，分布于亚洲、欧洲、大洋洲、北美洲和南美洲的森林生态系统。

墨脱刺银耳的模式标本发现于西藏墨脱，生长于杜鹃属、铁仔属和马蹄荷属为主的阔叶林腐木上。其子实体中等大小，菌盖呈贝壳形至肾形，表面红褐色至深褐色，菌柄基部显著膨大。洁白刺银耳的模式标本来自西藏定结，分布于松属、红豆杉属和杜鹃花属为主的针阔混交林腐木上。其子实体小巧，菌盖形似吸盘，白色，菌柄扁平圆柱形。

该研究不仅丰富了中国刺银耳属的物种多样性，还为真菌分类学提供了新的分子数据支持。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.690.2.5>



▲ 洁白刺银耳。
▲ 墨脱刺银耳。
中国科学院昆明植物研究所供图

抗弯曲、阻沙强、寿命长——废弃叶片变身“超级沙障”

■本报记者 叶满山

风力发电因清洁、高效、可再生等优点，是我国能源发展战略行动计划的重要一环，但曾为千家万户送去清洁能源的风力发电机在历经岁月侵蚀后，其老化的风电叶片会成为难以处理的固废。焚烧会释放有毒气体，填埋会占用土地资源，如何处理退役风电叶片，是全球回收行业面临的难题。

中国科学院西北生态环境资源研究院的研究人员与合作者，在退役风电叶片循环利用上取得了突破性进展。他们巧妙地将退役或损坏的风电叶片变废为宝，研发出一种新型多孔沙障，为风沙治理提供了创新方案。相关研究成果近日发表于《国际水土保持研究》。

风电固废处理困局

“我国是全球风电装机规模最大的国家，随着2000年前后安装的风电机组进入退役期，近些年将产生大量废弃风电叶片。”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告诉《中国科学报》。据了解，2023年我国发布《关于促进退役风电、光伏设备循环利用的指导意见》，强调将退役风电、光伏设备循环利用技术研发纳入国家重点研发计划相关重点专项。

“因为退役风电叶片的主体材料以玻璃纤维(GF)或碳纤维(CF)增强热固性树脂为主，难以降解，导致其退役后难以处理。”柳本立介绍，填埋和焚烧是最传统、最常用的处理方式，但处理不当会释放有害物质，严重污染土壤、水资源，从而影响粮食和饮用水安全。

因此，退役风电叶片的资源化、高值化利用十分必要且具有长远的环境效益和经济效益。为了解决这一问题，研究团队开展深入研究。

生态经济双赢

“西部风电场与沙害区的地理重叠，为就地取材、就地治沙提供了天然优势。”柳本立表示，传统防沙材料如秸秆、芦苇等存在易老化、强度低、原料紧缺等缺陷。

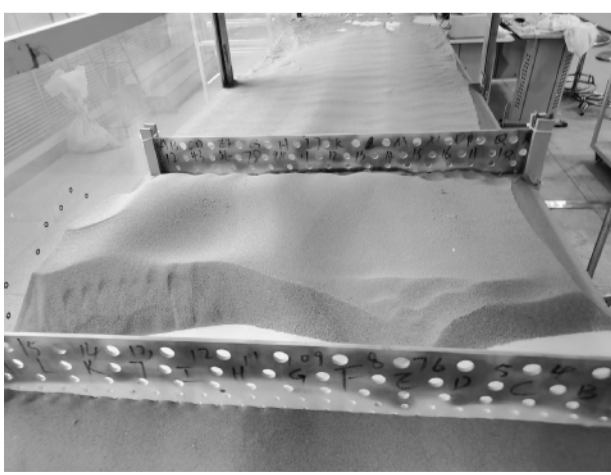
研究团队通过精密切割与结构优化工艺，将废弃的风电叶片变成了一块块具有多孔结构的模块化沙障。因其特殊的材料性能，这些沙障不仅抗弯强度高，而且在极端温差、强紫外线和高速风速的磨蚀测试中都能保持结构稳定。

“实验数据显示，新型沙障的抗弯强度

是木质材料的14倍。”柳本立表示。他们还在风洞中进行了测试，结果显示，孔隙率为20%的沙障在防风 and 治沙方面表现卓越，能有效减少地表风沙流，形成稳定的凹形表面结构，截沙效率是传统材料的3倍以上，而且叶片材料寿命长，可以反复回收利用。如果流沙掩埋了沙障，还可以整体提起，实现长期固沙。

“一片普通风电叶片大约能生产500~600块沙障，按荒漠地区典型沙障布设密度计算，每亩治沙工程可基本消耗1台退役风机材料，彻底避免了焚烧、填埋产生的二次污染。”柳本立说。

“我们希望防治沙产业能够与循环经济相互促进，实现可持续发展。”柳本立强调，下一步，研究人员将继续深入研究这种新型沙障的生态环境影响，并不断进行性能优化和应用拓展，包括开发智能施工机器人，解决在流沙区人工安装效率低的问题，



风洞试验测试新型沙障。受访者供图

为防治沙产业提供更多科技支撑。同时，柳本立呼吁社会各界关注废旧风力发电机叶片的回收处理问题，构建“叶片回收—材料改性—装备制造—工程服务”的全产业链模式。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2025.02.006>