



听《中国科学报》 《中国科学报》官微 科学网 App 科学网官微

打破误解!“小载体”蕴藏大市场

■本报记者 赵宇彤

“载体化学生物学不仅是事关生命健康的前沿科学领域,也是一个万亿级产业。”近日,在中国科学院学部主办的“载体化学生物学”科学与技术前沿论坛上,中国科学院院士赵宇亮语重心长。随着生物医药技术的迅猛发展,如何实现药物在体内的精准递送、高效释放和低毒副作用,已经成为全球科技竞争的焦点。载体化学生物学作为一门研究药物载体与生物体相互作用的交叉学科,正深刻改变着人们对疾病诊断与治疗的认识。

中国科学院学术会室内,来自不同学科领域的 50 余位专家学者畅谈了载体化学生物学的前沿与未来。

被误解的“辅料”

“载体技术已成为生物医学工程创新突破的核心技术。”赵宇亮一语中的,“药物、疫苗、基因、基因编辑工具的递送都依赖载体技术。”

载体与效应物结合,通过精细设计的递送平台或系统,突破多级生物屏障,把特定化学探针、生物效应物精准输送至目标位点,再实现时空可控释放,从而发挥化学与生物学功能。

在纷繁复杂的生命体内环境中,载体绝非简单的运输“配角”,反而兼具多重生物学功能。

“载体可以促进稳定,改善药物代谢行为,控制活性成分释放,提高递送选择性和效率,降低药物毒副作用。”赵宇亮解释道,此外,在与生物技术的协同方面,载体也具有不少创新功能,“比如基因编辑、系统免疫调控、蛋白功能修饰等多个前沿方向”。

然而,这样至关重要的载体却长期被误认为“辅料”。

“载体技术有悠久的历史,早就在医学中得到应用,但很多时候我们将其称作‘辅料’。”赵宇亮指出,这一名称实际上造成了对载体的误解,“我国

对载体的研究起步较晚,2000 年左右才开始载体药物转化实践”。

受制于薄弱的基础和应用研究,我国载体药物发展严重滞后。相较其他国家,我国白蛋白紫杉醇晚上市 13 年、阿霉素脂质体晚上市 14 年、紫杉醇胶束晚上市 18 年、亮丙瑞林微球晚上市 20 年……

这一“时差”触目惊心。赵宇亮指出,应从设计制备、作用规律、测量控制、效应毒理、临床应用全链条,开展载体化学及其多层次化学生物学过程的关键科学问题研究。

“真问题一定要从核心需求出发。”赵宇亮举例称,比如小分子药物非水溶性、高毒性、无靶向性、成药率低等,大分子药物容易降解、难跨越生物屏障、难进入组织、生物利用度低等,“这些都是我们需要考虑的真正科学问题”。此外,细胞工程、基因工程、蛋白质工程对载体技术也提出了新要求。

攀登科研高峰

“载体技术研究经历了不同的发展阶段。”赵宇亮说,从 20 世纪 60 年代起,先后经历了提升药物利用度、靶向输送与控释等阶段,“2010 年后进入了精准、智能载体的新阶段”。

然而,生物体内的生理病理环境高度复杂,有各类生理屏障与微环境干扰。如何“看到”微观生命世界的变化,实现精准追踪与长效观测,一直是个难题。

这一重任被交给了生物探针,这是能对生物体内特定分子或生物过程进行可视化分析的一种重要工具。

“生物医学研究和治疗对先进的生物探针提出了更高要求。”中国科学院院士唐本忠表示,“在生物成像系统中,荧光基因通常作为生物探针应用于液体介质,用于生物结构的原位可视化和生物过程的实时动态监测。”

在稀溶液的溶解状态下,传统有机荧光材料通常具备良好的发光性能,

而一旦浓度升高,分子间的相互作用会使荧光“黯然失色”。这种“聚集导致发光猝灭”效应制约了它的进一步发展与应用。

2001 年,唐本忠团队偶然发现了一个奇特现象:一些有机荧光分子在稀溶液中几乎不发光,一旦形成聚集态,发光性能便会显著增强。

这一现象被命名为聚集诱导发光(AIE)。“具有 AIE 属性的荧光基团发射效率高、背景噪声低、光稳定性好、斯托克斯位移大,已被用作新型生物探针。”唐本忠说,在体外传感和成像、体内诊断和治疗等方面,无论是静态快照还是动态追踪,都能“看”得更深、更久。

除了“点亮”微观生命世界,如何跨越生理和病理屏障,提高载体的递送效率,也是科研人员努力攀登的高峰。

一系列成果相继涌现。以纳米载体与肿瘤血管内皮屏障互作机制研究为例,研究者聚焦肿瘤中药物递送的底层科学问题开展工作。“系统解析载体在体内的吸收、分布、代谢和排泄过程,弄清其在体内的复杂命运是尚未完全解决的科学难题。”国家纳米科学中心研究员孟幻指出,此外,针对肿瘤的药物递送载体入瘤效率普遍不高、靶向性不强,也是研究中的瓶颈。

1986 年,日本科学家前田浩通过小鼠皮下模型,提出了高通透性和滞留效应(EPR),即一定尺寸的载体可以通过肿瘤血管缺陷处外渗,被动富集于瘤内。然而,在真实世界中,肿瘤形成通常需要数月乃至数年,其间血管内皮相对完整,渗漏在某些肿瘤中可能是小概率事件。

“如何解析肿瘤微环境中的跨内皮机制并指导载体设计,成为我们工作的重点。”孟幻团队发现了不依赖肿瘤血管破损的增强转胞滞留效应(ETR)入瘤新机制,并基于此设计了“蛋白界面材料”,实现了胰腺癌、三阴乳腺癌中载体入瘤效率的大幅提升。

“载体在体内穿越生物屏障的方式有很多种,有很多新的科学问题、原理和机制等待我们去探索。”赵宇亮说。

瞄准重大疾病诊疗

载体化学生物学研究并不限于科学机制和原理探索,更要瞄准重大疾病诊疗需求。

“发展重大疾病创新疗法,是载体化学生物学的未来研究方向之一。”赵宇亮强调,2028 年,使用载体纳米材料的医疗器械市值预计可达 124.4 亿美元,生物医药更需要递送载体技术的支撑。

“生物医药纳米载体临床转化的一个根本性挑战是显著的群体异质性。”厦门大学南强特聘教授颜晓梅指出,这种异质性使依赖群体平均的传统表征方法难以准确评估载体性能,从而制约了体内递送效率、疗效可重复性、临床转化成功率。

因此,颜晓梅团队研发了纳米流式检测技术,将散射检测灵敏度提升至 7 纳米金颗粒、27 纳米病毒与 40 纳米囊泡的水平,初步实现了对纳米载体粒径、浓度、载药情况以及表面修饰的多维参数进行单颗粒、同步、定量解析。

随着人工智能(AI)技术的发展,医疗健康与新药研发也迎来了变革。

“在医疗方面,AI 依托深度学习、多模态融合及数字孪生技术,显著提升了疾病筛查、精准诊断及全生命周期管理的效率,推动医疗服务向高度个性化发展。”美国哈佛大学博士张康介绍,此外,在新药研发方面,AI 全面渗透靶点发现、药物设计及临床试验等环节,大幅缩短研发周期,降低成本,“生成式 AI 更扩展了数据应用的边界”。

“展望未来,载体化学生物学有望探索具有生物活性的智能载体与 AI 深度融合的路径。”赵宇亮表示。此外,在构效关系、分子机制、可控递送、安全评估等方面,载体化学生物学将迎来新的发展机遇。

乙烯受体感知内质网氧化还原状态机制获揭示

本报讯(记者刁雯蕙)近日,南方科技大学讲席教授郭红卫团队揭示了植物激素乙烯受体感知内质网氧化还原状态的机制,建立了细胞器稳态与激素信号之间的直接分子桥梁,为理解植物逆境适应提供了全新视角。相关成果发表于《细胞》。

内质网是真核细胞中负责蛋白质折叠、脂质合成及钙稳态调控的重要细胞器。乙烯作为调控植物生长发育与逆境响应的重要激素,其信号感知与传导发生于内质网。

团队发现,内质网还原胁迫诱导剂——二硫苏糖醇(DTT)能以一种不依赖于经典内质网应激信号通路的方式显著激活乙烯信号。乙烯受体结合乙烯和感知内质网氧化还原状态,可能是两个相对独立的过程,协同决定了下游信号的响应强度。

团队进一步发现,自然环境的氧化还原状态可以通过影响内质网氧化还原状态调控乙烯信号。例如,在缺氧条件下,内质网趋于还原状态,乙烯受体 ETR1 的二硫键被破坏,快速激活乙烯响应,帮助植物应对低氧胁迫。在黄化苗由暗转光的过程中,内质网氧化状态增强,有利于受体二硫键的形成,从而在一定程度上抑制乙烯信号,促进光形态建成。这一过程构成

了“环境变化-内质网氧化还原状态改变-受体结构与活性调节-乙烯信号响应变化”的调控链条,提示了内质网氧化还原状态在连接环境信号与激素响应中发挥的重要作用。

研究还揭示,在早期陆地植物中,乙烯受体可能主要参与氧化还原状态感知。随着种子植物演化出新的受体亚家族,通过不同受体之间的协同作用,在保留氧化还原响应能力的同时,逐步获得对乙烯分子的精细感知能力。这一进化特征可能为乙烯参与调控种子植物特有的生物学过程(如种子发育、开花、果实成熟)奠定了潜在的分子基础。

该研究打破了人们对乙烯受体功能的传统认知,它不仅是激素信号的“接收器”,更是细胞内质网稳态的“环境哨兵”。通过二硫键的动态可逆变化,乙烯受体将内质网的氧化还原状态与下游乙烯响应直接耦联,实现了对缺氧、光暗转变等环境挑战的适应。这一“细胞器稳态-激素信号”协同调控机制的揭示,为理解植物适应性的多层次调控提供了全新理论框架。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.04.004>

爱思唯尔起诉 Meta



爱思唯尔(Elsevier)近日在美国纽约南区法院对 Meta 提起诉讼,指控该公司未经许可使用受版权保护的训练 AI 模型。

据《自然》报道,出版《细胞》《柳叶刀》等数千种期刊的爱思唯尔,近日在美国纽约南区法院参与了针对 Meta 及其首席执行官马克·扎克伯格的集体诉讼。该诉讼的原告还包括图书出版巨头阿歇特、麦克米伦,以及美国小说家兼律师 Scott Turow。

美国出版商协会在一份声明中表示:“这是大型出版机构首次发起的 AI 版权诉讼,它们有充分证据证明 Meta 公然侵犯其合法权益。”

出版商指控 Meta 在研发大语言模型 Llama 的过程中,擅自获取并复制了受版权保护的出版物内容。Meta 发言人则表示,公司将“积极应诉、全力抗辩”。

此案与之前《纽约时报》等媒体起诉 AI 公司的理由高度相似。部分同类案件已达成和解,但整体而言,使用受版权保护的训练 AI 模型是否合法尚未形成明确的司法判例。

尽管 AI 企业对训练数据集讳莫如深,但外界普遍认为,在数十亿网页的训练素材中,既有开放获取论文,也纳入了付费的学术文献。

出版商指出,Meta 训练 Llama 模型使用了 Common Crawl 数据集。该数据集抓取了数十亿网页的样本。原告认为,其中很可能包含未经授权的内容,例如学术摘要和付费论文全文。

出版商还指控 Meta 从 LibGen、Sci-Hub 等不受版权限制的网站下载作品。这两大平台收录海量图书、论文与教材,常年绕过版权限制免费开放,本身就屡遭法律诉讼。

Meta 表示将援引美国版权法中的合理使用豁免原则进行抗辩。其发言人称:“AI 正在为个人与企业带来变革性创新,生产力和提升与创意赋能。法院已有合理判定,利用受版权保护内容训练 AI 可视为合理使用。”

截至目前,美国法院大多支持 AI 企业的主张,即大语言模型对版权内容的使用方式为“转化性使用”,符合合理使用的判定标准。但 2025 年的两项里程碑式的法院裁决指出,获取并存储盗版内容本身即可构成侵权;若版权方能证明其作品的商业市场因 AI 模型输出而受到实质性影响,则可推翻合理使用的辩护。(王方)

王禹:在大学开设“最火”课程

■本报记者 刁雯蕙

2018 年,在南非开普敦一片绵延数公里,几乎望不到头的贫民窟旁,12 栋用铁皮搭建的模拟房屋随着一声令下,瞬间被大火点燃,16 分钟后烧成了灰烬。

这被当地媒体称为“全球最大的非正规聚落火灾实验”,实验负责人是中国青年学者王禹。

当时,王禹在英国爱丁堡大学火灾研究中心从事博士后研究,现在则是中国科学技术大学(以下简称中国科大)火灾安全全国重点实验室教授。

近年来,王禹深耕火灾研究与应急救援工作,始终瞄准“别人不太关注但关乎普通人性命”的方向。近日,王禹荣获 2026 年度新时代青年先锋奖。

做研究有时“不能太谦虚”

回忆起非洲的大型火灾实验,王禹说:“顺风条件下,贫民窟里的 20 栋房屋在 5 分钟内就烧完了。如果发生在现实生活中,那有多可怕?”

2019 年,王禹作为实验主要负责人,与南非斯坦陵布什大学、爱丁堡大学的科研团队一起,开展“火烧连营”机制的研究工作。“我们想要了解,没有消防规划、房屋密集的贫民窟或难民营等正规聚落一旦起火,该如何预测、如何防控。”

这场实验从设计到实施耗时近 3 个月,但真正的燃烧过程只有短短十几分钟。除了搭建模拟房屋外,研究团队还要在房屋中合适的位置布置上百个热电偶、热流计、红外热像仪……所有设备必须在一次燃烧中采集全部有效数据。

“只有一次实验机会,烧完了就没了。”王禹说,实验过程中哪个环节出错都没有重来的可能。

实验难度远不止于技术层面。王禹是团队中唯一的亚洲面孔,要面对英国高校的合作者及南非当地大学的师生。领导一个多元化的国际团队,困难比想象的要大。有一次开视频会议,团队成员对王

禹的实验设计方案提出了质疑,甚至产生了分歧。“会后我把工作做得更扎实、更细致,下次会议上坚持自己的观点,用实力说服了他们。”

“我们中国人从小接受的教育是要谦虚,习惯说‘还好、可以’。但在国外,你这样说,别人可能就觉得你做得不好。”王禹说,“面对国际合作的大团队研究,不能太谦虚,必须用实力说话,该坚持就坚持,该争论就争论。”

最终,实验设计方案按照原计划推进,有效数据全部采集成功,曾经有过争执的团队成员也和他成了朋友。

“朝后看”的研究必须较真

非洲的经历让王禹坚定了日后的研究方向。

2020 年,王禹回到母校中国科大,聚焦非正规聚落火灾研究。他带领团队构建了能够预测热薄、热厚及复合墙体材料腔室的轰燃发生预测模型,并研发大尺度火灾蔓延预测方法,为非正规聚落火灾风险评估奠定了扎实的基础。

2025 年 11 月,中国科大联合爱丁堡大学、斯坦陵布什大学等高校联合开展的非正规聚落火灾安全研究,入选联合国南南合作与三方合作优秀实践案例。这是联合国南南办公室首个以“火灾安全”为主题的优秀解决方案。

“非正规聚落”是联合国的官方说法,具体指贫民窟、难民营等缺少当地政府规划的自发性建筑群。有数据显示,目前全球有 10 亿多人居住在非正规聚落。随着城镇化的加速,这个数字可能会进一步增长。

相比正规建筑,城中村、自建房等更容易出现违规用火用电、疏散通道堵塞、违规使用易燃可燃材料等情况,也更容易引发火灾。

“科研工作通常关注高精尖研究和发表学术论文。非正规聚落火灾研究却是‘朝后看’,研究成果虽然具

有很好的社会意义,但很难直接转化为经济效益和高水平论文。”王禹说,“受到火灾影响的大多是弱势群体。正因如此,更需要重视。”

2022 年,王禹团队与安徽消防总队合作,在滁州市来安县一个即将拆迁的城中村做了一场全网直播的城中村火灾实验,吸引了 5 万人在线观看。

“我们希望通过这种方式,让居住在自建房中的老百姓意识到消防问题的严重性,真正增强火灾安全意识。”王禹说。

“最火”的课堂

回国后第二年,王禹开设了一门面向中国科大研究生的全英文课程——火灾学,吸引了火灾安全、计算机科学、材料科学及精密仪器的学生选课。他邀请了爱丁堡大学的知名学者共同授课。

“我在国外工作时发现,专业术语讲不出来,别人不会考虑语言因素,只会觉得你不专业。”王禹说,“提高学生在火灾专业领域的英文水平非常重要。”

神奇的是,这门课一上线就被学生抢光了,甚至出现了超额选课现象,成为“爆款”。

在王禹的课上,常常会出现“火云神掌”“火焰书法”“口中喷火”等有趣的实验展示。学生自行设计火灾实验,用英文演示并解释内在机制,加深了对传热学、燃烧机理、流体力学等知识的理解,提升了专业领域的英文水平。

“我希望学生不仅学会知识,更能建立自信,参加国际学术会议时要敢于表达,敢于提问,敢于质疑,展现中国火灾科学研究的的风采。”王禹说。



5 月 11 日至 13 日,2026 世界数字教育大会在浙江杭州举办,大会由教育部和浙江省人民政府共同主办。全球数字教育成果展同期启动,主题为“智联全球·育见未来”。展览由全球概览、应用场景、产业生态、区域创新、国际合作、未来探索、前沿体验 7 个展区组成,重点展示 118 个优秀实践案例。

图为浙江机电职业技术学院的智能化改造与集成技术应用平台吸引了参观者。图片来源:杨郁然/中新社/视觉中国

全国农业气候资源普查和区划实施方案出台

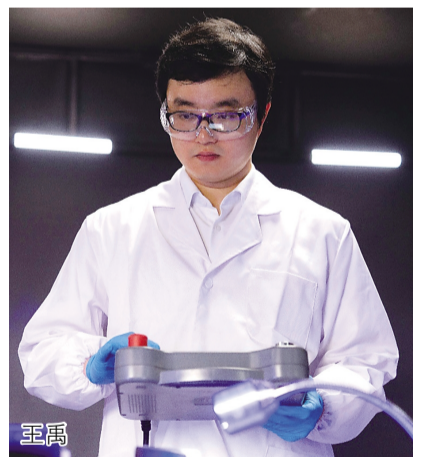
据新华社电 记者 5 月 11 日从中国气象局了解到,中国气象局、农业农村部近日联合印发《全国农业气候资源普查和区划实施方案》,全面开展全国农业气候资源普查和区划工作,推动农业高质量发展,助力乡村全面振兴。

本次普查和区划工作将坚持边普查、边区划、边应用,全面摸清农业气候资源底数,科学评估农业种植界限及气象灾害变化,为各级政府和相关行业优化产业布局、调整农业产业结构提供技术支撑,为开展新一轮农业资源区划探索经验。

根据实施方案,预计 2026 至 2027 年基本完成农业气候资源普查,2026 至 2029 年全面完成农业气候区

划并开展应用。到 2029 年,全国将建立具备“新、精、准、智”特点的农业气候区划体系,形成国省市县四级精细化综合农业、种植制度、畜牧业、渔业、设施农业等 5 大气候区划和 25 种主要农作物气候区划图谱,构建农业气候区划指标体系和相关数据库,建成一体化普查和区划综合服务平台,打造一批普查和区划成果应用案例。

中国气象局和农业农村部同步明确 2026 年工作要点,进一步深化省级农业气候区划工作,强化国家级技术支撑与系统建设,完善国家级农业气候区划技术体系,强化数据支撑能力建设,组织开展全国技术培训,加强卫星遥感资料应用。(刘诗宇)



受访者供图

“最火课程”之一,还带动中国地质大学、长安大学等高校开设了类似课程。

在课堂上,学生眼中的王禹“风趣、幽默”,而对团队成员来说,他却要求十分严格。

王禹常和团队成员说,火灾研究关乎生命,不能“炒冷饭”。“火灾研究过程中有时候‘烧’出一些别人没见过的现象,这或许能发论文,但更关键的是要研究它对保障生命安全有没有实际价值。”王禹说。

“有的学生看到别的课题组半年发几篇论文,自己干了一年,台子还没搭起来,难免焦虑。”王禹说,团队成员研究初期可能坐“冷板凳”,但经过几年的发展,在非正规聚落、光伏(玻璃)幕墙以及气候变化与大尺度火灾蔓延等方向不断积累,开始产出具有国际影响力的系列研究成果。

在王禹看来,作为青年科技工作者,科学研究要紧扣国家需求和全球共同挑战,认准一个研究方向不动摇、沉下心,才能有所收获。

“当前,火灾研究领域的专业人才依然十分缺乏,我们要重视对更年轻一代的培养和教育。我相信,星星之火,可以燎原。”王禹说。

