

聚集诱导发光（AIE），是唯一一种由中国科学家原创的新材料。2020年，AIE入选国际纯粹和应用化学联合会“全球十大新兴化学技术”。从精准医疗的辅助诊疗到加速植物光合作用，再到数据存储的性能飞跃，AIE材料以其独特的光学性质和广泛的应用潜力，正逐步展现出其作为未来科技基石的无限可能。

从光致发光到聚集诱导发光

现代社会中，许多新技术与光密切相关，发光材料在其中发挥着重要作用。那么，发光是怎么产生的？简言之，发光是物质把吸收的能量转化为光辐射的过程。发光材料是指能够以某种形式吸收能量并将其转化为光辐射的物质。根据吸收能量的不同，发光材料可分为光致发光、电致发光、力致发光和化学发光等类型。例如，荧光材料受光照射发光为光致发光；手机屏、电视屏采用电致发光；萤火虫发光则属于化学发光。

实验室中，科研人员不断研发出各种有机材料。相较于无机材料，有机材料在发光方面更具潜力，但也易受氧化影响。然而，通过隔离水和氧，可以提高有机材料的稳定性。在生物领域，无机材料如量子点发光性能优异，但毒性大，这限制了其在生命科学领域的应用。相比之下，有机材料因其生物相容性好，应用前景比较广阔。通过让病毒、细菌和细胞发光，人们能观察到生命体系中难以直接观察到的现象，从而更深入理解生物结构和生命过程。例如，我们尚不完全清楚癌细胞在体内的移动方式，但如果能让癌细胞发光，就可以追踪它们以进行癌症诊疗。同时，利用发光材料的光动力和光热性质，还能消灭癌细胞，实现诊疗一体化，既诊断又治疗，还能用于疾病的预防。

然而，传统的有机发光材料在应用层面一直存在一个难以克服的问题——聚集导致发光猝灭效应。发光分子在稀溶液里可以高效发光，但当它们在高浓度溶液中呈固态聚集时，发光效率会大幅下降，越聚集光越弱。

AIE材料：越聚集，越发光！

□ 唐本忠



唐本忠，中国科学院院士。2001年，带领团队提出聚集诱导发光（AIE）这一原创性科学概念，并在随后的20余年间拓展了其在化学、材料学、生物学及医学等领域的应用，吸引了全球约76个国家和地区、2200多个科研机构的跟进研究。2016年，《自然》期刊将AIE纳米粒子列为支撑和驱动“未来纳米光革命”的四大纳米材料之一，这也是唯一一种由中国科学家原创的新材料。目前，AIE已经成为中国科学家开创并引领的全新科学领域。

这是有机发光材料应用的致命弱点。比如，若将发光物质注入血管期望其能标记肿瘤，却因其聚集而失去发光信号，这就是聚集诱导的猝灭现象，它严重限制了传统发光材料在生命体系的应用。为此，科学家们一直在努力解决分子聚集后发光减弱的问题，让这些发光分子不要聚集在一块，从而使发光更为高效持久，但难度极大，因为绝大部分发光材料的使用场景是在固态下。幸运的是，AIE材料的发现，打破了这一僵局。20多年前，我们意外发现一种反常现象：合成的分子在单分子状态下不发光，聚集后却开始发光。这与以往单分子发光、聚集体不发光的现象截然相反。经过反复验证发现：分子溶于良溶剂时不发光，随着不良溶剂的加入而聚集则发光。因其发光由聚集引起，因此被称为聚集诱导发光。这一发现为解决传统发光分子聚集导致发光减弱的问题提供了新的途径。

快速、简便、灵敏和准确的荧光检测

微生物与人类共存，既有利也有害，其中有害菌的快速检测与消灭至关重要。目前，微生物检测主要依赖染色加镜检，能检测出超过四分之三的病原体，但操作烦琐且耗时，难以

实现兼顾快速、简便、灵敏和准确的要求。相比之下，AIE技术优势明显，利用AIE材料染色15秒内即可区分革兰阳性菌和阴性菌，操作简便快捷，只需将检测试剂与样本搅拌并在紫外灯下观察即可。

荧光检测本身就是一种非常灵敏的技术，这也使得AIE技术具备灵敏度高、准确性强的特点。在应用于病毒检测时，与传统的聚合酶链式反应技术相比，AIE技术检测结果的准确性与其相当但速度更快。其原理就是利用AIE效应，在单分子状态下，AIE材料是不发光的，一旦与病原体结合，分子运动受限，AIE材料就会开始发光。这种现象还可以根据AIE材料的靶向能力，在细胞核、细胞质或细胞膜等特定部位富集，并产生显著的荧光信号。整个过程无须清洗和其他处理步骤，因此也被称为免洗检测。

然而，人类对抗细菌、病菌的最有力武器——抗生素正面临挑战。抗生素的滥用催生了超级细菌，中国每年有相当数量的死亡与细菌耐药性有关。因此，需要不断探索新的抗菌技术。自然界中存在一种名为噬菌体的病毒，它们专食细菌，具有高度特异性，即一种噬菌体只针对一种细菌。噬菌体通过消耗细菌营养致其死亡，曾是抗生素出现前的主要抗菌手段。但随着抗生素的广泛应用，噬菌体逐渐被忽视。如今，耐药菌出现，噬菌

体再次受关注。然而，噬菌体虽易培养，却难以直接观察其在体内活动及确定其有效性。AIE技术的出现则很好地解决了这个问题。AIE可通过与噬菌体表面的蛋白结构结合发光，进而追踪噬菌体的活动轨迹。利用该发光现象，可以观察噬菌体侵入细菌并杀死细菌的整个过程。此外，AIE材料在发光的同时还会产生活性氧物质，这种物质具有强大的杀菌能力，可以加速病菌的死亡。因此，噬菌体的生物杀灭效应与AIE的人工杀灭效应相结合，显著提高了治疗效果。

除了追踪噬菌体活动外，AIE技术还可以应用于荧光导航技术。在外科手术中，传统手段如超声、电子计算机断层扫描、核磁共振和正电子发射断层扫描等虽然可以检测肿瘤的存在，但往往难以准确判断肿瘤的位置和大小，且价格昂贵。这导致医生在手术中常常需要进行活检以确认肿瘤位置，这不仅增加了手术风险，还可能因判断失误而切除正常组织或遗漏肿瘤组织。而AIE荧光成像技术可以让肿瘤快速发光，帮助医生迅速判断其位置和大小，实现精准切除。这突破了传统手术的精度极限，为患者带来了更好的治疗效果。

加速海洋植物光合作用

远古时期，二氧化碳主要源于人

和动物的呼吸，通过树、草、花等植物的光合作用以及海洋的吸收达到平衡。然而，工业革命后二氧化碳排放量剧增，打破了这一平衡，导致大气中二氧化碳浓度持续上升，引发气候变化。尽管当前采取减排、限排措施，但效果有限、需很长时间见效且难以全面实施。

一个更为积极的策略是通过促进植物生长特别是海洋植物，以固定更多二氧化碳。AIE材料对此也可以大显身手：利用AIE纳米粒子转化光波长，使阳光转化为植物喜欢的蓝光和红光，从而加快光合作用，促进植物生长。这样不仅能消耗掉环境中更多的二氧化碳，还能将二氧化碳转化为粮食、能源和保健品等有价值的产品。

海洋作为巨大的碳汇，若能有效利用这一策略，则可实现二氧化碳的负排放，即将大气中的二氧化碳转化为有用物质。这不仅有助于缓解气候变化，还能带来可观的经济和社会效益。因此，通过AIE等科技手段加速



海洋植物光合作用，实现碳的转化和利用，是应对气候变化的有效途径。

助力光存储技术革新

随着数据量的爆炸性增长，存储技术面临巨大挑战。超大容量存储不仅是国家发展的重大需求，也面临着存储空间和能耗的双重压力。光存储因其高密度、低成本和长寿命成为研究的热点。与硬盘相比，光存储系统的电力成本更低，且数据迁移次数少，平均成本大幅降低。然而，要实现光存储的潜力，必须突破光学极限，即实现极小数据点的清晰分辨，其中材料筛选尤为关键。理想材料需对环境高灵敏、信号稳定、记录点开关比高，并通过多层积累提升信息存储量。

AIE技术为光存储提供了新的解决方案。AIE技术以其发光特性，能创建微小发光点作为信息单元，这些点可缩小至纳米级，极大提升存储密度。与CD、DVD、BD相比，AIE超级光盘能制作多达100层，存储量高达160万GB，相当于CD容量的200万倍。AIE材料通过聚合作用使软性液体材料硬化，形成稳定发光的信息点。这些点不仅微小，且发光可控，多层间互不干扰，从而实现存储量的巨大提升。

AIE作为中国科学家原创的科学概念，正引领全球科技前沿。然而，我国要成为科技强国，还需跨越重大门槛，产出更多原创性和引领性的研究成果。原创科研如掘井，深入则泉眼涌现，源源不断。AIE材料“越聚集，越发光”的特性，彰显了团结协作的力量。新时代的中国科技，正涌现更多AIE一样的原创研究，从局部亮点走向全面发光，照亮着科技强国之路。



更多精彩内容扫码看视频

科学城如何强化科技创新策源功能

□ 杨辉 李宏

科技创新策源，作为新质生产力发展的强大引擎，不仅整合创新资源、引领科技前沿突破，更为经济转型升级和高质量发展提供了坚实的支撑。习近平总书记强调，要“强化科技创新策源功能，努力实现科学新发现、技术新发明、产业新方向、发展新理念从无到有的跨越”“长期稳定支持一批基础研究创新基地、优势团队和重点方向，打造原始创新策源地和基础研究先锋力量”。科学城作为新时代科技创新的先锋阵地，凭借高端创新资源的汇聚、原创科技成果的涌现以及科学、技术、产业的深度融合，正通过强化创新策源功能，展现出引领新质生产力发展的巨大潜力。未来，科学城应聚焦原始创新能力提升、关键核心技术突破、高质量成果转化及新兴产业培育，致力于成为区域、国家乃至全球的科技创新高地，为新质生产力的快速发展提供源源不断的动力。

强化科学城原创性、颠覆性科技创新，培育发展新质生产力新动能。在科技创新成为国际竞争新焦点的时代背景下，科学城需聚焦原创性、颠覆性科技创新，以加速实现科技自立自强，并培育发展新质生产力新动能。一是充分利用新型生产工具，掌握关键核心技术，推动科技成果的突破。科学城内新技术、新材料、新工艺的融合应用，将催生高效、先进的新型生产工具，为新质生产力的形成提供坚实基础。大科学装置的建设和集聚更是提升新质生产力的“国之重器”，如北京怀柔科学城的高能同步辐射光源亮度超太阳1万亿倍，其强大功能助力深度解析物质微观结构。二是科学城应紧抓科技创新这一核心，构建战略科技力量体系，发挥国家实验室、科研机构、研究型大学和科技领军企业的作用，合力攻克关键核心技术，开展前瞻性、引领性研究，抢占科技制高点。三是加强重大科技基础设施建设，提升源头创新供给能力，完善关键核心技术攻关新型举国体制，提升体系化能力、加强建制化

科研，实施有组织、强交叉、大协同科研攻关，促进新知识、新创造、新发明集中涌现。四是加速布局基础研究和应用基础研究，强化战略导向、前瞻布局、组织协调和资源保障，力求在重点领域实现“从0到1”原创性突破。通过一系列系列的举措，科学城将构筑起新质生产力发展的新高地，引领未来科技和产业的新发展。五是构建一支具备创新能力的新型劳动者队伍，包括引领新质生产力的战略人才和精通新质生产资料的应用型人才。科学城应依托国家战略科技力量，打造人才高地，为新质生产力的发展提供坚实的人才支撑。

促进科学城科技与经济深度融合，夯实新质生产力产业基石。战略性新兴产业和未来产业是新质生产力的主要载体，高效率、高质量的科技成果转化是发展新质生产力、促进经济社会发展的重要手段。科学城具有科技与经济紧密融合的优势，能够将科技创新成果快速应用到具体产业和产业链上，不断开辟生产活动的新领域新赛道。同时，得益于关键核心技术的持续突破，科学城内科技创新的广度和深度不断延伸和拓展，劳动对象的种类和形态更加丰富，人类利用和改造自然的范围扩展至深空、深海、深地等，为促进新兴产业、未来产业发展提供了基础条件。

科学城要增强科技创新对产业发展的支撑和引领作用，贯通研发与应用，推动从基础理论到技术创新再到生产应用的有效衔接。坚持以科技创新赋能经济高质量发展，以前沿技术突破引领产业转型升级，培育壮大产业发展新动能。提高创新链与产业链的协同水平，加快关键核心技术创新应用，改造提升传统产业，培育壮大新兴产业，布局建设未来产业，形成拥有技术主导权的现代化产业体系。强化企业科技创新主体地位，推动企业主导的产学研深度融合，支持科技领军企业牵头建立创新联合体，提高不同主体之间的耦合程度，打通科技成果供需之间的制度堵点，推动科技

成果向现实生产力转化。

打造科学城优良创新生态，形成与新质生产力相适应的新型生产关系。发展新质生产力，关键在于构建与之相匹配的新型生产关系，让各类先进生产要素顺畅流动。科学城通过创新主体协同互动、创新活动分工合作、创新资源系统集成，打造优良创新生态，促进各类要素的优化配置和有效整合，实现创新和生产效率的极大提升。例如，硅谷的开放创新网络推动各类创新资源协同共享、自由流动，促进新技术、新产品的持续产生和发展。

科学城要围绕束缚新质生产力发展的堵点卡点和体制机制障碍，发挥科技创新和产业发展政策先行先试改革“试验田”作用，打造协同、高效、开放的创新生态，充分激发各类人才的创新创业创造活力。通过制度创新、模式创新、实践创新，形成与新质生产力相适应的新型生产关系。深化科研项目管理改革，健全重大项目遴选机制，探索实行“揭榜挂帅”“赛马式资助”等新型项目组织形式，确保科研资金的有效利用和项目的高质量推进。同时，健全以能力、质量、绩效、贡献为导向的人才评价体系，让人才价值得到最大化体现。实行以增加知识价值为导向的分配政策，健全劳动、知识、技术、管理、资本和数据等生产要素参与收入分配机制，更好体现知识、技术、人才的市场价值，发挥收入分配政策的激励导向作用，让创新创造者劳有所得。建立科技创新容错机制，营造鼓励创新、宽容失败的良好氛围，激发和保护各类创新主体开展科技创新活动的积极性。通过政策保障和制度激励，让创新成为科学城的核心竞争力，引领新质生产力持续健康发展。



为加快科技成果向现实生产力转化，党的二十届三中全会明确强调，要深化科技成果转化机制改革。在此背景下，我们迫切需要深入剖析科技成果转化面临的难题，并积极探索有效的解决之道，以答好“科技成果转化难在哪？怎么办？”这一时代课题。

科技成果转化是连接科学研究、实验开发与市场推广的关键环节，对响应国家发展战略、满足人民需求及适应市场变化至关重要。只有当科技成果成功跨越科学研究—实验开发—推广应用这一“三级跳”，将知识创新转化为实际应用与生产力，才能真正解锁创新的深层价值。加快科技成果转化，不仅能够弥补市场中的信息不对称，解决高校院所科研人员因对市场需求认知不足而“闭门造车”的问题，同时缓解企业尤其是中小企业在科研难题上求助无门的困境，促进科技供需精准对接。此外，科技成果转化还能有效破解创新资源分布不均的难题，打破地域限制，使优质科研资源在供需双方充分对接的基础上实现科学有序流动，为各地经济社会发展注入不竭动力。更为关键的是，科技成果转化已成为西方科技强国竞争的新高地，纷纷以专题法案、专项资金、专门机构等形式给予支持。如美国的《贝多法案》，日本的《大学技术转让促进法》等。我国要赢得这场竞争的主动权，就必须加速推进科技成果转化。

尽管科技成果转化的重要性不言而喻，但在实际操作中，仍面临着诸多挑战与障碍。

一是推动成果转化的资金有限。政府资金投入不足。科技成果转化产业化过程需要大量资金支持，但目前政府科技支出占比普遍不高，资金投入与需求比相对不足。社会资本投入意愿不高。由于科技成果转化存在不确定性，风险较大，社会资本投资成果转化早中期项目动力不足。科研主体投入困难。高校院所科研经费使用只能用于科研本身，无法投入成果转化这“临门一脚”。

二是推动成果转化的人才不足。政府缺少专业化人才队伍。科技管理部门人员难以全面掌握各类科技前沿、市场需求、资本运营等专业知识；政府促进成果转化的团

队大多融入招商引资团队中，招商经验多，促转化经验少。社会技术转化人才团队稀缺。社会上具备科技、法律、经济、金融和市场营销等综合能力的转化团队十分稀少，专业化的中介服务机构、科技成果转化经纪人还未成规模。成果转化人才培养机制相对缺失。当前高校院所的评价考核机制仍呈现“重研发、轻转化”“重论文、轻应用”现象，缺少对成果转化工作激励与相应人才培养的实际支持举措。

三是支持成果转化的生态不成熟。政策落实存在效率不高、机制不畅问题。地方政府跨区域联动存在竞争关系，应用场景对接存在局限性。成熟的科技成果转化市场尚未形成。推动科技成果转化的微观操作指引、所有权厘定标准、市场准入要求、权威评估体系等仍需完善，“供给端”和“需求端”相互了解不充分、合作沟通渠道少。系统化的成果转化服务体系仍显薄弱。部分部门认为科技成果转化是科技管理部门的责任，尚未形成“一盘棋”思想，并对促进科技成果转化话语权不够、统筹力不足，同时市场主导的商业化平台尚未完全兴起活跃。

为了有效促进科技成果的高质量转化，各地政府应聚焦本地区主导产业，防止成果转化与产业发展脱钩断链。在推进过程中，要尊重科技成果转化规律，高质量稳步推进，防止“运动式”“一阵风”等蛮干硬上问题。同时，树立长远眼光保持战略定力，防止前后政策“打架”。

一是政产学研合作建立科技成果转化支持基金。适度加大政产学研资金投入。加大企业研发费用投入财政补助，综合使用税收优惠、资源支持等方式鼓励企业增加研发经费；调整科研经费使用政策，允许高校院所科研经费可以用于支持成果转化。成立市场化运营的科技成果转化基金。由政府牵头，联合高校院所、重点企业建立新型科技成果转化专项基金，遴选优质机构市场化运行。完善科技成果转化资金使用评价方式。明晰政府、高校院所成果转化资金使用与管理边界，探索成果评价与转化行为负面清单，完善尽职免责规范和细则。

二是积极打造科技成果转化应用产业生态。试点推行政府“首单

科技成果转化难在哪？怎么办？

□ 李泽钧

购置”措施。发挥政府采购政策导向功能，对首次投向市场、暂不具备市场竞争力、但具有较大的市场潜力和产业带动作用成果转化产品，由政府进行优先采购，营造成果转化应用场景。探索试行科技成果“先用后买”机制，引导企业对接高校院所科研成果进行先期“免费使用”，根据实际经营应用情况进行“付费转化”，建立相应保障“资金池”和“履约保证”保险制度。

三是建设成熟的成果转化中介市场。完善科技成果转化市场保障政策体系。围绕科技成果供给、交易、金融服务等环节，动态调整专项政策，完善知识产权保护及纠纷快速调处制度。大力支持技术经理人队伍建设。出台技术经理人专项培养政策，组织开展不同领域不同层级的技术经理人培训和资格认定。完善全流程成果转化监测机制。建立科技成果转化各主体全过程跟踪监测机制，并探索建立成果转化进展信息披露制度。

