中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

中国科学院主管　中国科学报社出版　国内统一连续出版物号 CN 11－0084　代号 1－82

扫二维码 看科学报　扫二维码 看科学网

主办：中国科学院　中国工程院　国家自然科学基金委员会　中国科学技术协会

总第 8785 期　2025 年 7 月 4 日　星期五　今日 4 版

新浪微博 http://weibo.com/kexuebao　科学网 www.sciencenet.cn

城镇化建设健康可持续发展进程中的三次关键建议

■本报记者 刘如楠

学部70年 咨政报国七十载

1996 年 3 月，八届全国人大四次会议通过了《国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要》。这是中国社会主义市场经济条件下的第一个中长期计划，这一时期，经济保持较快增长，城镇化进入快速发展进程。“十五”计划中，又进一步强调要大力推进城镇化战略。

在这波城镇化发展的浪潮中，各地区你追我赶、力争上游，提出一系列经济发展的规划和指标。随着城镇化发展驶入“快车道”，空间失控、基建浪费、资源过度消耗等问题日益凸显。

作为国家在科学技术方面的最高咨询机构，中国科学院学部在 2006 至 2018 年间，围绕城镇化进程中的空间规划、区域发展战略、可持续发展、智慧城市建设等核心问题，提交了 10 余份政策建议。其中，多份报告得到国家领导人重视，直接推动了国家发展改革委等部委政策文件的出台。

一大批中国科学院院士专家，为城镇化发展研精覃思、咨政建言，在我国区域可持续发展过程中贡献着智慧和力量。

第一次重要建议：指出城镇化与资源、生态、环境之间的矛盾

改革开放后的 20 多年间，我国经济持续高速增长，城镇化进程加快。但在国土开发和建设布局方面，一定程度上形成了无序和浪费的局面。

2004 年，中国科学院院士孙鸿烈、郑度、陆大道牵头组织完成了咨询报告《全国功能区域的划分及其发展的支撑条件》，指出在一些经济高速增长的地区，特别是大城市，社会和经济发展与资源、生态、环境之间的矛盾冲突非常突出。报告将全国划分成综合经济区、重点发展功能区与生态建设重点功能区，明确提出未来“按照功能区构建中国国土开发和区域发展格局”的建议。

“人体的头脑、心脏、四肢、血液系统、消化系统等各个器官组织各就各位、互相配合，才能形成一个有机体。整个国土就像人体一样，有的区域适合发展经济，有的区域适合生态建设，有城市、有乡村，各司其职，才能良性运转。”陆大道说。

2006 年，报告的主要建议被“十一五”规划采用。2012 年，在“十二五”规划中，形成主体功能区、促进区域协调发展被提升为“国家战略”。

即便上述建议后来被“十一五”和“十二五”规划采用，但当时并没有有效控制住无序的局面。各地区对自然地理、生态与环境条件及社会经济发展的关系认识不足，导致城镇化发展偏离正确轨道，出现了“虚假的城镇化”。据统计，2004 年底，全国有设市城市 660 多座、建制镇 20600 多个。城镇化率从 20%到 40%只用了 22 年，这比发达国家的平均速度快了一倍多。

调查还显示，当时全国 48 个城市都要建设“国际大都市”，有一个内陆省会城市甚至提出把 500 里（湖岸线长）内陆湖泊变成世界最大的城中湖的口号；一些地级市建设豪华政府大楼，仅楼前的广场就占用了多达 1500 亩耕地；远离市区的大学城比比皆是，有的校门宽度达 150 米……

无序的空间建设布局带来了一系列问题，重要资源过度消耗、环境受到严重污染、大量民居和优质耕地被毁，造成大量失地农民与城市边缘人群的出现。由于土地价格低廉、补偿不到位等原因，部分农民陷入“种田无地、就业无岗、低保无份”的“三无”困境。同时，对优质耕地的侵占导致我国粮食生产量与消费量的缺口逐渐增大，对粮食安全构成潜在威胁。

2006 年前后，陆大道带领课题组成员在各地开展深入调研。年底，陆大道执笔写下 1 万多字的报告，又将大量照片整理成册，形成《关于遏制冒进式城镇化和空间失控的建议》并上报。后来，各方意见综合认为，需要对报告再进行修改。

“我很着急，等不及了，一定要赶在全国两会召开之前把报告交上去。”陆大道说。

他决定写信给时任中国科学院院长路甬祥。

“一年半以来，我为实施一条健康的城镇化道路奔走呼号。许多现象太触目惊心……这个报告少有委婉之词，但事实没错。”2007 年 2 月 16 日，农历腊月二十九，陆大道将邮件发了出去。

第二天，陆大道便接到了路甬祥的电话，对方表示，将在春节假期后的第一个工作日上报咨询报告。

2 月 26 日，报告得到了国家领导人的重视，认为中国科学院的咨询报告反映了我国城镇化进程中存在的问题，并提出了相应的建议，应该予以高度重视。走符合中国实际的城镇化道路，是涉及现代化全局的重大问题。研究这个问题，明确我国城镇化的方针、政策，不仅有紧迫性，而且有长期战略意义。随后，国家发展改革委组织 11 个部委进行了半年多的调查研究，当年就出台了若干重要政策。

第二次重要建议：受阻也要讲实话，给高速城镇化“踩刹车”

我国城镇化的进程犹如一趟高速行驶的列车，一路向前。当中国科学院的院士专家瞭望到“危险”的信号，试图降低速度、调整方向之时，却遭到质疑和反对。

“有的同志对我们做城市地理研究的同事说，‘陆先生的报告，批评我们的问题也太多了’，这些同事也觉得，我砸了他们的饭碗。”陆大道说。还有同行质疑他们的研究：“你们搞这些是干什么，你们就知道什么大马路、大广场、大立交，这些问题是科学吗？”

当陆大道等据理力争的时候，城镇化的进程丝毫没有减速，全国各地的“新区”“新城”如雨后春笋般冒了出来。截至 2009 年 8 月，全国已有 20 多个省份及多个地市紧锣密鼓地组织编制各种区域性规划，包括新区、新城、产业园区等，以期进入国家的区域发展战略，谋求更大、更快发展。

关注到这一现象，陆大道等立即撰写了咨询报告《警惕借各类“新区”建设规划实施大规模“造城”》。报告指出，各地规划的“盘子”普遍偏大，发展目标设定存在脱离实际的情况；多数区域的产业规划主观性较强，重大基础设施建设缺乏充分论证；尤其值得注意的是，普遍存在借各类“新区”建设之名，进行大规模圈地、申请用地指标和造城的现象。报告认为，如果任其发展，很可能干扰国家应对金融危机的一系列方针政策的实施，对国家可持续发展的基础产生不利影响。

这一报告经中国科学院上报后，再次得到了国家领导人的重视。

几年来，以陆大道为代表的院士专家不惧站在主流观点的对立面，为走一条符合中国实际的城镇化道路而大声疾呼。即使自 2011 年不幸伤了脊椎、终日只能坐在轮椅上工作，陆大道仍没有放弃对健康城镇化道路的追求。

2012 年，陆大道再次与中国科学院院士郑度、叶大年等专家共同提交《关于城乡统筹方针下我国城镇化合理进程的建议》。该建议基于大量的实际情况与数据分析，指出在城镇化进程中，空间扩张较快、耕地流失、农村空心化等问题显现，提出应着手制定城乡一体化规划，探索一条能够平衡农村农民利益和资源环境保护的健康城镇化发展路径。

如果说第一份“冒进式城镇化”的咨询报告是对我国快速城镇化现象的整体概括，那么后来的“大规模造城”“城乡统筹”两份咨询报告，便是对其中最为突出问题的具体、深入分析。

城镇化的速度日益加快，让其慢下来绝非易事。从自上至下观念的调整，到城镇化发展侧重点的转变、政策出台，再到省、市、县的逐级落地，是一个漫长而艰辛的过程。

第三次重要建议：城镇化发展重回正轨

时间来到 2012 年底，党的十八大报告提出，坚持走中国特色新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化道路；中央经济工作会议提出，积极稳妥推进城镇化，着力提高城镇化质量。

2013 年 7 月，一批长期从事地理科学、生态环境、城市规划等研究的中国科学院院士，包括陆大道、吴良镛、周干峙、叶大年、黄荣辉、郑度、傅伯杰、郭华东等，联名提交《科学引领我国城镇化健康发展的建议》。该建议提出，需要分析我国国情和总结 10 多年来高速城镇化发展的经验，客观评估中长期各类城市集聚产业和人口的能力，并科学预测未来我国城镇化发展的可能规模和合理进程。

这一建议提出，城镇化的速度不能过快，根据我国改革开放以来各时期的城镇化发展实际绩效和经验，并考虑到应合理调整统计口径，建议将近期城镇化速度调整到每年增长 1 个百分点左右。中长期看来，年均增速保持在 0.6～0.8 个百分点更符合稳健发展的要求。与此同时，不同区域的城镇化发展速度宜根据实际情况有所区分。

同年 8 月，国务院主要领导同志召开会议，陆大道代表中国科学院学部项目组进行汇报，提出走符合我国国情的城镇化道路，需要秉持“资源节约”和“环境友好”的理念，积极探索城乡统筹发展的有效途径和适宜模式，充分考虑区域差异和特点，并关注“新区”规划、城镇化规划和城市群规划的相关趋势。

3 个多月后，2013 年 12 月 12 日至 13 日，中央城镇化工作会议举行。会议强调，要“推进以人为核心的城镇化”，推进城镇化“方向要明，步子要稳，措施要实”。

此次会议举行后不久，《国家新型城镇化规划（2014—2020 年）》出台。至此，我国城镇化的战略方针终于实现了重大调整，城镇化发展开始转型。

“快速城镇化、盲目扩张的风气遏制住了，农村农民的问题也有所改善，饮食、饮水、工业、交通等都有了保障，实现了基本功能服务的一体化。”陆大道说。

我国的城镇化发展进入了一个新阶段，而中国科学院院士专家的研究工作却远未结束。对于美丽城市建设问题、可持续发展问题、新兴产业问题等，他们还在进行着持续深入的研究。

中国科学院学部成立七十周年
70TH ANNIVERSARY OF THE ACADEMIC DIVISIONS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES
SINCE 1955

人工智能加持，让热辐射超材料设计突破“上限”

本报讯（见习记者江庆龄）上海交通大学教授周涵团队、中国科学院院士张荻团队联合国外科研团队，构建了一个热辐射超材料逆向设计人工智能（AI）模型，让热辐射超材料的设计突破现有“菜式”的“上限”，能够大批量生成热辐射超材料候选设计方案，并“优中选优”。7 月 2 日，相关研究成果发表于《自然》。

超材料是一类具有特殊性质的人造材料，广泛应用于成像、通信、能源、航空航天等领域。其中，具有热辐射性能的超材料可以把多余的热量“打包”传递到外界，穿上这种材料制作的“外衣”，就像有了一件“降温神器”，能够帮助物体自动降温。这类超材料在零能耗辐射冷却、电子器件热调控、人体热管理等领域具有重要应用。

微结构是超材料突破自然材料限制、具备特殊功能的关键。然而，超材料的微结构及材料组分设计十分复杂，有上百万种可能的组合。传统设计方法依赖于经验和反复试错，费时又费力。

研究团队从生物体三维拓扑构型中获取灵感，提炼出多种三维结构单元和空间排列方式，首创了“三平面建模法”，可精准描述三维结构单元，并建立了庞大的三维复杂结构数据集。

研究团队进一步训练得到了热辐射超材料逆向设计 AI 模型，该模型能够根据需求快速、精准地生成多种设计方案，全方位提升设计维度、速度和性能。研究团队用 AI 模型设计并验证了 7 种针对特定应用的热辐射超材料。在多种户外场景实测中，所有热辐射超材料均展现出优异的自降温效果，并且不同类型的材料可适用于不同的应用环境。该 AI 模型还可用于筛选更适合大规模使用、成本更低的超材料。

这项研究充分展示了 AI 模型设计材料在建筑节能、城市热岛效应缓解等领域的应用潜力，为未来打造“零能耗降温”城市提供了创新解决方案。

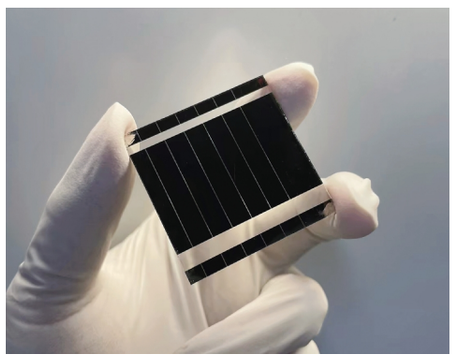
相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41586-025-09102-y

新材料显著提升钙钛矿电池性能

本报讯（记者温才妃）中国科学院长春应用化学研究所研究员王利祥、秦川江、周敏团队与合作者首次开发出一种具有双自由基特性的高效、稳定且分散性优异的自组装分子材料，显著提升了钙钛矿太阳能电池的光电转换效率、运行稳定性和大面积加工均匀性。日前，相关研究成果发表于《科学》。

钙钛矿太阳能电池被认为是下一代光伏技术的核心方向，然而，其产业化进程仍面临关键瓶颈。一方面，传统空穴传输层的制备依赖高成本材料和复杂成膜工艺，同时存在热稳定性和界面接触稳定性较差的问题；另一方面，现有材料普遍存在载流子传输能力不足、组装均匀性差等问题。此外，自组装分子的均匀成膜技术尚未成熟，严重制约了大面积组件性能的进一步提升。



钙钛矿微模组。　课题组供图

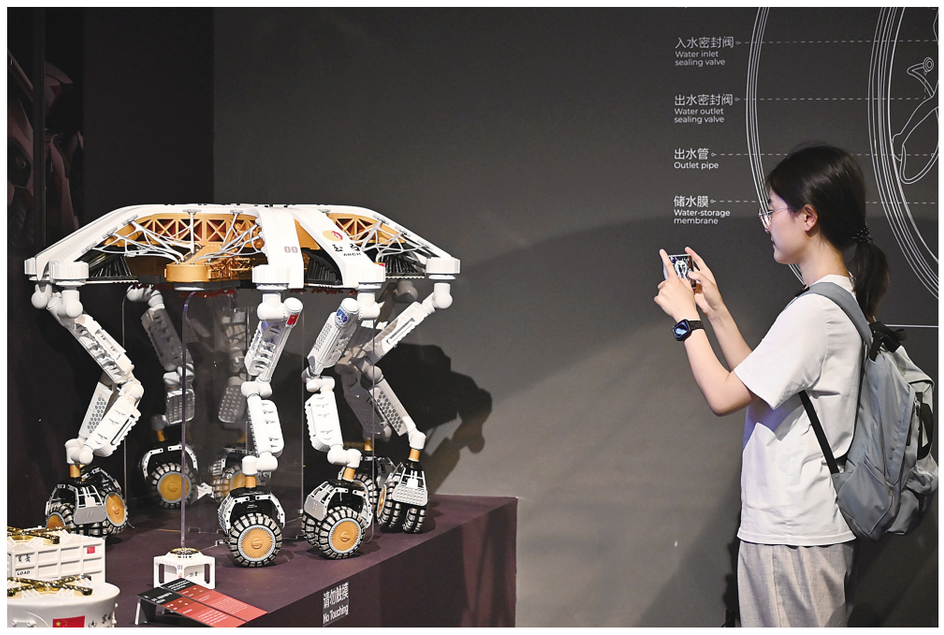
鉴于此，研究团队通过引入给受体共轭设计策略，成功开发出一种开壳双自由基自组装分子。该分子在室温下表现出强烈且稳定的自由基特征，其自旋浓度较传统自组装分子高近 3 个数量级，独特的开壳电子结构显著增强了载流子传输能力。此外，位阻基团的独特设计有效抑制了分子堆叠现象，从而实现自组装分子在大面积溶液加工中的高均匀性。

研究团队在分子组装态下，对单分子层的载流子传输速率及工作稳定性进行了量化分析。结果表明，双自由基分子的载流子传输速率是传统材料的两倍以上，并且在模拟工况条件下表现出极高的稳定性，远优于传统分子材料。新型双自由基分子通过共价锚定形成了致密均匀的单层结构，而传统分子因堆叠形成杂化结构，导致组装密度较低且均匀性较差。

基于上述新材料的钙钛矿太阳能电池效率达到了世界顶尖水平，小面积器件效率达 26.3%、微组件效率达 23.6%、钙钛矿－晶硅叠层电池效率突破 34.2%，获美国国家可再生能源实验室认证。同时，材料及器件表现出优异的稳定性，在持续运行数千小时后几乎无性能衰减，远超传统材料及器件的表现。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1126/science.adv4551



7 月 2 日，由中国国家博物馆、瑞士驻华大使馆、瑞士洛桑联邦理工学院主办的“宇宙考古：时空探索”展览在北京中国国家博物馆开展。

展览分为“仪器和技术：绘制宇宙”“大数据的星空”“可持续的太空”“未来：行星之旅”4 个部分，融科学探索和艺术诠释为一体，将宇宙中真实、分散、抽象的数据，通过数字装置、互动体验、动态雕塑和前瞻性设计等多种形式呈现出来。

图为参观者在拍摄来自清华大学美术学院的模型《玉弓：月面多功能平台概念设计》。　**图片来源：中新社 / 视觉中国**

日本新建地震预警海底监测网

寰球眼

本报讯 2011 年，东日本大地震引发高达 40 米的海啸，造成近 2 万人死亡。如今，日本正针对强震风险做更充分的准备。据《科学》报道，未来几个月内，日本将完成一个海底电缆仪表网络的建设，并将其接入国家预警系统。

这个耗资 1.2 亿美元、名为 N-net 的网络，部署在十分靠近震源的区域。该网络将与另外两个已建成的离岸监测网络结合，覆盖两处俯冲带的全部区域，并从 200 多个装有地震仪和压力传感器的仪表化节点收集数据。此外，日本还部署了 20 多个海底 GPS 站点。

研究人员在近日发表于《科学》的两篇论文中报告称，这些网络连同日本本土密集的仪器设备，将揭示俯冲带如何“运作”的基本原理，以及“慢滑移”——板块在数月或数年内缓慢蠕动如何演变成大地震的过程。

直到本世纪初，科学界普遍认为俯冲板块要么平稳滑动，要么卡住并积聚应力，最终在地震中释放。现在，科学家知道被卡住的断层带也可能经历“慢滑移”时期，并发出低频的地震信号。

日本部署的两个离岸传感器显示，在 2011 年东日本大地震发生前数周，断层的一部分一直在缓慢蠕动。这一发现表明，“慢滑移”可能通过向断层的其他部分施加应力而触发地震。这表明监测“慢滑移”事件可能有助于提前预报大地震。

《科学》近日发布的一项研究支持了这一观点。研究人员识别出 2024 年日本日向滩地震发生前一年，南海海槽深处发生了一系列逐步升级的“慢滑移”事件——这表明它们对断层产生了至关重要的应力。

值得注意的是，另一篇《科学》论文则表明，当“慢滑移”事件发生在断层浅部时，可以降低发生巨大地震的风险。研究人员记录了南海海槽北部区域 2015 年和 2020 年两个“慢滑移”事件的情况。记录显示，滑移从断层深处向上传播了约 40 公里，一路到达海沟。

美国得克萨斯大学地球物理研究所所长 Demian Saffer 表示，反复的滑移表明，断层浅部的岩石可以消散能量，否则这些能量可能积聚起来并引发地震、导致海啸。

日本防灾科学技术研究所所长 Shin Aoi 表示，建设这些网络的主要目的是提供预警。他估计，N-net 能提前 22 秒发布南海海槽附近的大地震预警，能提前 20 分钟发布海啸预警。

（李木子）

2011 年东日本大地震在日本福岛地区引发了海啸。　**图片来源：KIM KYUNG-HOON**

千吨级离子液体法纺丝项目投产

本报讯（记者甘晓）日前，由中国科学院过程工程研究所（以下简称过程工程所）自主研发的离子液体法制备再生纤维素纤维技术落地新乡化纤股份有限公司白鹭生物基新材料产业园，年产 1000 吨新一代再生纤维素纤维——首赛尔示范项目正式投产。该项目实现了离子液体法再生纤维素纤维的规模化生产，与传统工艺相比，真正突破了纺丝工艺变革和环保问题的瓶颈，实现“三废”零排放。

历经 10 余年持续攻关，由中国科学院院士张锁江带领的过程工程所离子液体团队破解了离子液体设计制备、纤维素溶解机理及纺丝工艺、离子液体回收及系统集成等系列难题，最终形成离子液体溶解纤维素及绿色纺丝新技术。经过小试、吨级、百吨级示范，最终该千吨级生产线设计建成。

首赛尔纤维采用不挥发且性质稳定的离子液体作为溶剂，摆脱了对强酸、强碱及二硫化碳的依赖，生产过程更绿色、更稳定、更安全。其长丝产品的纤度、强度、伸长率、干断裂伸长变异系数等性能均达到国际标准，且无原纤化现象。同时，离子液体溶剂回收技术简单，实现了环保效益与经济效益双赢。

“该技术的成功突破是绿色纤维领域一次重大的工艺变革，标志着离子液体纺丝前沿技术真正从概念原创到技术落地。”张锁江表示。

据介绍，项目制备出的再生纤维素长丝实现了全流程废水、废气、固废零排放。据测算，相较传统化石纤维，新技术的应用可每年减少 5000 吨二氧化碳排放，溶剂回收率达 99%以上。

再生纤维素纤维以天然植物纤维素为原料，具备吸湿性好、透气性强、悬垂性优良和光泽如蚕丝等优点，在纺织领域具有广阔的应用前景。