

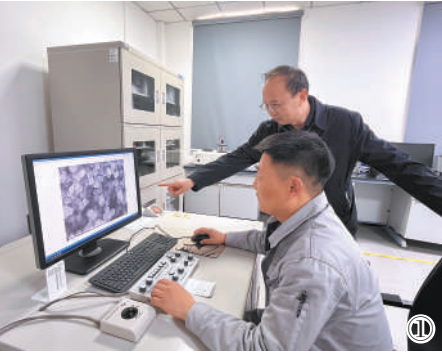
纳米制造，探索微观世界的无限可能

本报记者 刘佳华 奚皓 李蕊

经济新方位 制造业新趋势

习近平总书记强调，制造业高质量发展是我国经济高质量发展的重中之重。衣服透气不闷汗、个性化定制汽车交付快、人形机器人型号多、商品性能更好、生产效率更高、创新活力更足……近年来，这些生产生活中的变化，折射出纳米制造、柔性制造、共享制造等新趋势。本版今起推出“经济新方位·制造业新趋势”系列报道，通过各地的鲜活实践，展现中国制造向高端化、智能化、绿色化发展的跃迁脉动。

高效又环保 工业催化有了纳米孔径分子筛



在30万倍的电子显微镜下，一小撮粉末呈现为规整的立方晶体，层层叠叠，好像组成一栋摩天大楼……在辽宁大连市普湾经济区，中触媒新材料股份有限公司实验室内，公司总工程师蒋山和同事在显示器前，观察着最新生产的分子筛状态。

“只需1克这种看似不起眼的粉末，其内表面积就相当于一个标准足球场，原料能在其中充分反应。”蒋山介绍，分子筛内部的纳米孔道，就像一个精密的筛子，只允许特定大小的分子通行；此外，它可调变的酸中心，可以在分子层面调控反应，实现极致高效的催化转化。

小小粉末，堪称工业制造效率“倍增器”，石油化工、建筑汽车、医药制造、环保处理都离不开它。“一家客户的企业换上分子筛催化剂后，一年多增收10亿元。”蒋山说，先前用普通金属氧化物等材料进行工业催化，反应慢、能耗高、副产物多，由此带来装置大、效率低、成本高等问题。以甲醇制烯烃为例，用上分子筛后，转化率从70%跃升至99.5%以上，反应时长从几小时压缩至几分钟。

小小粉末，也是工业制造向绿色转型的生力军，它重塑生产流程，缩短工艺路径。比如，环氧丙烷生产用上分子筛，就无需使用高污染的氯醇法，吨产品能耗直降30%至50%；高温、高温、复杂组分废气也能得到处理，为制造企业大幅降低污染防治成本。

此前，纳米分子筛高端产品的重要结构、合成工艺、改性技术等长期被国外垄断。

国内企业拿不到成套工艺，进口价格高、供货周期长。2008年起，中触媒联合中国科学院大连化学物理所、大连理工大学等科研力量，努力攻克了这一难题。

“企业800余名员工中，研发人员超百名。”蒋山介绍，他们日复一日在微观世界里攻坚克难，先后研发生产了多款具有自主知识产权的产品。

攻坚克难的道路上，中触媒并非孤军奋战。大连目前有重点新材料企业80多家，涵盖高品质钢材材料、先进有色金属材料、化工新材料等多个领域，持续突破关键技术，多款新开发产品达到国内领先甚至国际先进水平。

耐寒寿命长 电芯用上纳米磷酸铁锂



浙江杭州市萧山区万向一二三股份公司生产车间内，一排排薄薄的电芯有序下线。经过检测后，它们将远渡重洋，嵌入多家国际知名车企的动力系统，成为数百万辆汽车的“能量心脏”。

“小身材”，大能量。大功率快速充放电，车辆启停，能量回收……与常规产品不同的是，即使是零下35摄氏度，这款电芯依旧能唤醒发动机。这得益于万向一二三研发的纳米磷酸铁锂技术。

低温环境充电慢，这是电池行业曾面临的难题。传统磷酸铁锂材料受限于橄榄石型晶体结构，电子导电率低、锂离子扩散速率慢，如同多台低速车挤在一条崎岖狭窄的乡间小路上，通过速度慢。特别是低温环境下锂离子活性骤降，速度慢，快充时极易“拥堵”，电池倍率性能与耐寒性能一度难以突破。

把晶体变小，其间的道路也能变相扩宽，这是万向一二三提出的解题答案：将磷酸铁锂颗粒尺寸从亚微米级调控至纳米量级，类似于在材料内部为锂离子修建多条宽阔的公路，加速其扩散，从而实质性改善电池的倍率性能、低温表现和循环寿命。

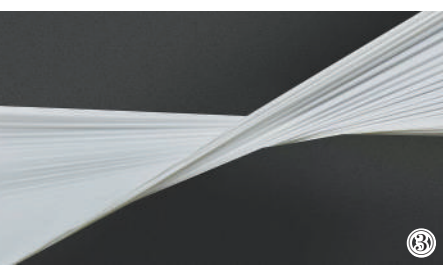
这条为锂离子开辟的“路”，一修就是20多年。2000年初，万向一二三的母公司布局动力电池赛道，随后围绕材料纳米化开展系统性科研攻关，为油电混动车提供兼顾成本与效果的减排方案——无需对整车架构伤筋动骨，却能实现20%以上的综合节油率。

2017年前后，万向一二三凭借技术优势获得多家车企订单，此后持续推进技术迭代。目前企业第三代纳米磷酸铁锂材料实现30纳米级粒径控制，电芯在高倍率充放电条件下循环寿命可达1万次以上，全生命周期内容量衰减大幅降低。产品应用范围

也从汽车领域向无人机、人形机器人领域扩展。

如今，这一从企业实验室走出的技术路径，正被纳入更宏大的产业版图。2025年，浙江省新材料产业实现营收1.19万亿元，力争到2030年迈入世界级新材料产业集群行列，助力制造业转型升级。

透气不闷汗 衣服附上纳米纤维膜



说起秋冬季日常穿搭，不少人遇到过这样的穿衣难题：摇粒绒卫衣虽然柔软透气，但容易被寒风吹透；普通冲锋衣防风防水，不过容易闷出一身汗，像是裹了一层塑料布。

能否将冲锋衣上的防风防水膜用在摇粒绒卫衣上？传统的膜层没有弹性，经不住摇粒绒等面料的拉伸。

这一痛点现在有了破解之道。位于山东青岛高新区的青岛表面能量新材料科技有限公司生产车间内，一排排整齐的喷头“吐”出比头发丝还细上百倍的纳米纤维。纤维交织、堆叠，形成高孔隙的三维网状结构，最终织造出一层几微米厚的白色膜材。

“膜材弹性伸长率超200%，柔软服帖、拉伸不变形，能复合在棉、涤纶、尼龙等面料

上。”公司副总经理吴大伟说，“想让摇粒绒更防风、休闲裤更防水、冲锋衣不闷汗，都离不开这层膜材。”

薄薄一层膜材，却困扰纺织行业多年：静电纺丝技术应用30多年来，始终难以实现工业化量产。上万根喷头同步工作，电场相互干扰，纺丝轨迹紊乱，纤维成形不稳定。

“国内还没有现成经验，我们只能从零开始。”吴大伟回忆，团队扎根车间4年，查阅数千篇前沿论文，仅温湿度控制就完成上百次试验，终于攻克“万针干扰”难题，把几克级的纳米样品做成千万米级的量产产线。企业参与的纳米纤维材料相关项目入选工业和信息化部2025年度重点产品。今年上半年，公司在纳米纤维膜领域实现营收同比增长两倍，全年销售订单额预计超千万元。

艰苦攻关有政策助力。山东大力推进关键技术攻关与规模化应用落地，制定轻工纺织产业科技创新行动计划，并将“低成本纳米纤维宏量制备技术”列入重点任务。青岛高新区在项目建设、研发扶持、产业配套等方面提供支持，为企业打通从技术突破到市场转化的全链条保障。

“在看不见的细微处释放巨大能量，这就是纳米材料的魅力。”公司副总经理蓝霞说，“我们将继续深耕无机纳米纤维、单向热辐射材料、新能源等前沿方向，不断扩大产能，拓展应用场景，让科技进步红利惠及广大消费者。”

图①：蒋山（后）和技术人员在观察分子筛的微观形态。本报记者 刘佳华摄

图②：万向一二三的实验室内景。图③：纳米纤维膜产品示意图。表面能量供图 本期统筹：张安宇

十亿分之一米尺度上，材料有了新能力

赵勇

纳米是非常小的长度单位，1纳米等于十亿分之一米。如果把直径为1纳米的小球放到乒乓球上，就好像把乒乓球放在地球上。在这样的微观世界里，科学家操控原子和分子，设计制造具有特殊性能的新材料、新器件，这就是纳米制造。

纳米制造带来的改变，首先是尺度的变化。当物质进入纳米尺度后，我们熟悉的许多材料会展现出完全不同的性质。比如纳米大小的黄金颗粒，颜色可以从红色到紫色发生变化，还表现出极强的催化活性。微观世界里，颜色不是来自金本身的金属光泽，而是量子效应与表面效应在起作用。简单来说，进入纳米世界后，材料不只是“变小了”，还拥有了新的能力。

目前，纳米制造已经实现在原子分子量级设计新材料，按需定制材料的储能、催化、防腐、导电等特性，突破传统制造的性能天花板。在纳米世界中，科学家能够在更微观的尺度优化电极材料结构，提高材料的导电性、稳定性和能量利用效率。近年来，我国锂电产业快速发展，纳米材料技术的突破和产业化，对提升新能源汽车续航能力、缩短充电时间发挥了重要作用，提升了新能源汽车产业的竞争力。

2024年，工业和信息化部等部门将纳

米制造列入未来制造的重要方向，与智能制造、生物制造、激光制造等共同布局。未来产业竞争，一定程度上取决于谁能在更小尺度上创造新的材料和器件。

近年来，我国纳米制造相关技术发展迅速，在纳米材料、新能源材料、显示技术等领域已经形成一批具有国际竞争力的成果。面向“十五五”及更长时期，我国仍需持续加强纳米制造基础研究和工程能力建设，推动纳米材料、制造装备、工艺技术和产业应用协同发展，形成“纳米材料—纳米工艺装备—原子级制造软件”的自有技术链条，推动制造范式从“纳米尺度控制”升级到“按需逐原子制造”，让更多创新成果从实验室走向生产线、走进千家万户。

十亿分之一米的“壶中天地”，蕴藏着一方鲜为人知的广阔世界。从一颗电池、一块芯片，到未来更加智能、高效、绿色的生活方式，纳米制造将助力中国制造迈向中国创造，探索微观世界的无限可能，打开未来产业发展的巨大空间。

（作者为河南大学纳米科学与材料工程学院教授，本报记者赵帅杰采访整理）

延伸阅读

监测等工作机制，通过技术监测等方式加强对网络餐饮服务活动的风险识别。实施电子证照核验应用，相当于给外卖平台配备了24小时不眨眼的“哨兵”，能够实时比对新增入网商户经营资质情况，也能及时发现平台存量商户证照异常、地址异常等问题，做到风险早预警，问题早处置。

规定明确，外卖平台发现外卖商户存在食品安全违法行为的，应当及时制止并根据平台规则采取搜索降权、限制流量、关闭账号等处置措施。实施电子证照核验应用，能够将监管部门监督检查发现的问题与外卖平台及时共享，督促外卖平台对问题商户进行精准识别与强制清理，实现入网商户的动态净化。

问：如果外卖平台上仍存在“幽灵外卖”，将面临怎样的处罚？

答：治理“幽灵外卖”，没有退路，更不能有死角。对外卖平台未落实资质核验主体责任的，市场监管部门将按照已公布的“幽灵外卖”系列案件执法标准，从严处罚。

“幽灵外卖”系列案件是指，今年4月17日市场监管总局依法对7家电商平台“幽灵外卖”系列案件作出行政处罚，处以罚没款共计35.97亿元。

在“幽灵外卖”系列案件之前，对电商平台上发现“幽灵外卖”的处罚都是认定为一个违法行为，依据食品安全法顶格处罚为20万元。违法成本低，“幽灵外卖”屡禁不止。而“幽灵外卖”系列案件对电商平台采取的是一店一处罚。

今后，市场监管部门也会继续加大对“幽灵外卖”问题的查办力度，绝不姑息。

政策解读·问答

活力中国调研行

“夏天，不仅人怕热，水稻也怕热，而且会减产。我们的研究，就是要让水稻耐热。”在上海市徐汇区，记者见到中国科学院院士、中国科学院分子植物科学卓越创新中心研究员林鸿宣时，他正在闷热的人工气候室内观察水稻长势。

“我们在这里模拟高温条件下水稻的长势情况。”林鸿宣边擦汗边介绍，他带领团队从非洲稻中提取“耐热”基因，通过长达20年的努力，实现特定品种水稻高温少减产。

盛夏时节，行走上海，切实感受到“以更大力度、更实举措加强基础研究，提升我国原始创新能力”的行动力，感受到这里科创活力奔涌的坚实底气。

底气，来自坐热“冷板凳”。上海张江，中国科学院生物与化学交叉研究中心里，有一个团队也像林鸿宣团队一样，立志把“冷板凳”坐热。

中心主任袁钧瑛，自2012年受邀回国牵头筹建该中心以来，带领团队勇闯科研“无人区”。“我们从招聘课题组组长起，就瞄准世界性难题，努力建成一支多学科交叉、有组织攻关神经退行性疾病的基础研究团队。”袁钧瑛说。

目前，团队为迟发型阿尔茨海默病的“炎症假说”补上关键一环：系统揭示RIPK1激酶作为神经炎症与神经元环死的重要调控节点，并据此研发出多个小分子抑制剂，部分已进入临床研究阶段，为干预阿尔茨海默病及相关疾病提供了全新的潜在靶点和药物可能。

这不是个案，在上海深化“基础研究先行区”建设，加大投入、优化机制等有力举措下，越来越多科研工作甘坐“冷板凳”，推动基础研究水平显著提升。

底气，来自拆除“篱笆墙”。大科学装置离普通人有多远？如今，家中的一粒粒小药片，其研发过程就可能

有它们的参与。在上海光源，周长432米的环形加速器中，电子束接近光速飞行，释放同步辐射光，一部分以光束的形式被输送至不远处的国家蛋白质科学研究（上海）设施。

蛋白质设施主任吴家睿介绍，这是“照亮生命微观世界的关键光源”，科学家将蛋白质晶体置于光束之下，解析结构、厘清功能，助力理解生命，赋能设计新药。目前，上海光源和蛋白质设施已支持多款国产创新药上市。

大科学装置向企业等开放，拆除基础研究、科研攻关中的“篱笆墙”。上半年，上海光源开放运行机时同比增长16%，其中企业用户机时增长44.2%，面向长三角的开放机时增长22.3%。蛋白质设施向各类生物医药企业开放，企业需求通过率和机时满足率均为100%。

底气，来自增强“磁力场”。

世上一切事物中，人是最可宝贵的，一切创新成果都是人做出来的。在上海创智学院，不拘一格的人才选拔培养方式，对年轻科研工作者的吸引力越来越强。

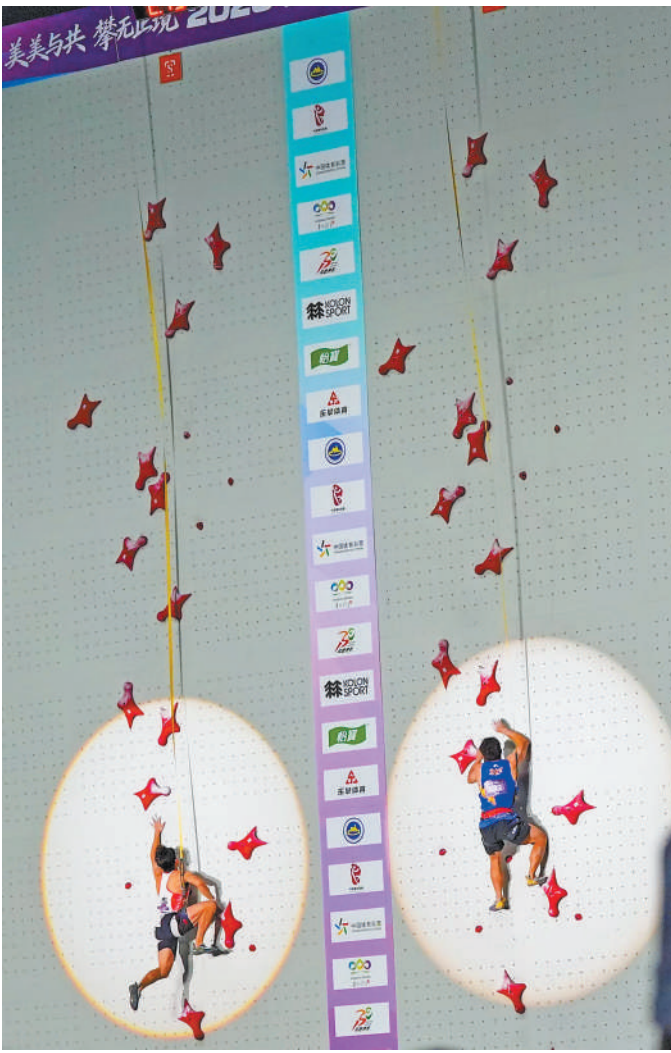
“偏才、奇才、怪才，我们都要。学院通过实战遴选，在解决实际问题中鉴别学生的创新勇气与能力。”学院党委书记、常务副院长丁晓东介绍，学院打造集前沿研究、工程化训练、价值创造为一体的人才培养机制，已孵化26家高估值师生企业，整体估值超40亿元。

在上海数学与交叉学科研究院，目之所及，处处是黑板。走在路上，灵光乍现，便可随时演算；试错被视为常态，提出猜想、验证、推翻、再出发，这个过程让研究者甘感挫败，却又不服再来。“这正是基础研究的魅力。”一名研究人员说。

“用数学去回应时代命题，作出基础研究应有的贡献。”研究院理事长丘成桐表示。截至2025年底，研究院已引进来自全球近20个国家的116名科研人员，他们以数学为原点，与物理、生物、经济、人工智能等不同学科交叉，探索出基础研究与应用

的无限可能。2025年，上海基础研究支出占全社会研发经费的比重从2020年的7.94%提高至12%左右，财政基础研究投入达92.53亿元，较2020年增长3.2倍。

开放包容、宽容失败，上海良好的创新环境与科教协同育人机制，助力一体推进教育科技人才发展，基础研究的根基筑得越来越坚实，向“新”而行底气足。（本报记者徐雷鹏、黄晓慧参与采写）



8月4日，为期两天的2026年中国攀岩联赛（贵州贵阳站）开赛，来自20支队伍的150余名选手参加男子、女子难度和速度4个项目的角逐。图为选手在男子速度决赛中。龙建春摄（新华社发）

电子证照如何守护外卖食品安全

本报记者 林丽鹂

“幽灵外卖”本质是无资质、无固定场所的不法经营者，通过资质造假、套用许可、地址虚构等手段，在外卖平台伪装成正规商家营业。为进一步从源头上铲除“幽灵外卖”的滋生土壤，杜绝外卖商户“带病入网”，市场监管总局积极推动电子证照在网络餐饮服务食品安全治理领域的应用推广。电子证照如何守护外卖食品安全？记者采访了市场监管总局相关负责人。

问：电子证照将如何助力网络餐饮服务食品安全治理？

答：电子证照在网络餐饮服务食品安全治理领域的应用推广，不是简单的技术嫁接，而是监管模式的重塑，实现了三方面的创新转变。

从“事后救火”向“事前防火”转变。过去发现“幽灵外卖”，很多时候是靠消费者投诉举报。通过电子证照在网络餐饮领域的核验应用，不法商家如果伪造经营资质图，将无法通过审核。这能从源头对“幽灵外卖”进行管控。

从“人海战术”向“智能模式”转变。面对百万级的外卖商户和网络餐饮日均上亿单的海量交易，传统的人工核验方式漏管失管风险大。现在，得益于电子证照不可篡改、高度防伪等特点，监管部门与外卖平台进行数据对接，直接将电子证照推送给外卖平台并公示，相当于给每家外卖商户发了一张“电子身份证”，实现了资质核验的自动化、智能化。

从“单打独斗”向“协同共治”转变。打击“幽灵外卖”要构建“政府主导、平台履责、商户自律、社会参与”的共治格局，其中最关键的是外卖平台要严格落实资质核验的主体责任。真实有效的电子经营资质不仅缩短了外卖平台的核验时间，还大大提高了核验效率，为进一步压紧压实外卖平台食品安全主体责任提供了现实路径。

问：电子证照如何将“幽灵外卖”拒之门外？

答：在网络餐饮领域创新应用电子证照核验，是运用新模式、新技术，构建“申请一比对一授权一展示”的闭环机制，实现实时、精准、智能监管的重要举措。

一是打破数据壁垒，让无证、假证无所遁形。监管部门直接向外卖平台发送电子经营资质，实现资质信息“一源核验、双向校准、即刻反馈”，能阻断持有虚假、失效资质的商户“带病入网”的路径。

二是通过实名认证，让借证、冒用无处藏身。外卖平台获得外卖商户的电子经营资质前，必须由外卖商户的法定代表人通过人脸识别技术完成实名认证，确保授权主体身份真实、意愿有效，从源头上阻断租借、冒用他人经营资质入网的违规操作路径。

三是依靠数据互核，大幅提升审查效率。以数据直连为刚性约束，将“人盯照片”监管升级为“数据盯风险”的智能模式，用数据流动取代人力审查，用算法精准取代经验