

中国好技术·赋能制造强国

赢纳材料原创技术打通碳纳米管低成本量产全链条

中国工业报记者 张楠

很多人对碳纳米管这个名字感到陌生，其实它是纳米碳材料家族中的重要一员，被诺贝尔奖得主斯莫利预言为“最强、最刚、最硬的材料”，同时也是最好的热和电的导体”。经过三十余载的砥砺前行，中国

市场规模持续扩大

多家研究机构的预测显示，未来十年全球碳纳米管市场将保持两位数增长，市场规模将持续扩大，产业正进入真正的规模化阶段。

作为最重要的生命元素，“碳”一直在生命演化和能源提供方面扮演着举足轻重的角色。1985年，“足球”结构的C60一经发现即吸引了全世界的目光。1991年，日本物理学家饭岛澄男在电弧法制备的碳材料中观察到了碳纳米管，从此开启了全球范围的研究热潮。这种神奇的材料可以通俗理解为是由石墨化碳原子单层或多层卷曲而成的管状结构，外形如一根细长的头发丝，直径比头发丝细十倍，强度却是优质钢的100倍以上。

随着新能源汽车、电池技术升级以及先进复合材料需求持续增长，碳纳米管逐渐成为多个产业链中的关键材料。从锂电池导电剂到轻量化复合材料，再到柔性电子与透明导电膜，碳纳米管的应用领域正在不断扩大。

全球竞争日益激烈

目前全球碳纳米管产业呈现出多元化竞争格局。

目前全球碳纳米管产业呈现出多元化竞争格局。

大型化工企业凭借生产规模和供应链优势，在产业中占据重要地位。例如韩国的LG化学、法国的阿科玛以及美国的卡博特等企业已经建立成熟生产体系，并与全球主流电池、汽车企业建立合作关系。

与此同时，一批专注纳米材料的企业则在技术层面形成优势。OCSiAl（纳米技术公司）在单壁碳纳米管领域具有领先地位，其产品广泛应用于高端电池材料和复合材料。

在亚洲市场，日本和韩国企业在电子信息和先进材料领域保持较强竞争力。昭和电工、东丽以及韩华化学等持续布局碳纳米管相关业务。

中国企业则在锂电池导电剂等应用领域具有明显优势。随着新能源汽车产业链的发

在该领域多个关键环节实现了从跟跑到领跑的跨越。凭借持续的原始创新，赢纳材料科技（镇江）有限公司（以下简称“赢纳材料”）在全球率先打通甲醇/煤制碳纳米管全链条技术，并依托千吨级大型化反应器实现工业化落地，为我国万亿级碳纳米管材料产业应用奠定关键基石。

以人形机器人领域为例，在结构材料方面，碳纳米管与高分子或金属基体复合，可大幅提升材料强度与韧性，同时保持轻量化优势，为机器人关节、骨架等结构件实现减重增效；在电磁兼容与抗干扰领域，碳纳米管形成的高效导电网络，可用于高精度传感器及控制系统，有效降低外部电磁干扰；在人工肌肉与柔性传感器领域，碳纳米管纤维具备优异的拉伸性和可逆电致变形特性，让机器人的灵活性更接近生物体；碳纳米管薄膜与复合材料的柔性传感特性，也为触觉、压力及拉伸感知提供了全新技术路径。

多家研究机构的预测显示，未来十年全球碳纳米管市场将保持两位数增长，市场规模将持续扩大，产业正进入真正的规模化阶段。

展，本土企业市场份额也在不断扩大。

但在产业快速发展的光鲜背后，长期存在的痛点依然突出。主要体现在产能小、成本高、应用难普及三个方面。

当前，碳纳米管粉体价格维持在6万元/吨-50万元/吨，远高于炭黑、石墨等传统碳材料，只能局限于高端小众场景。理论上的万亿级市场，因成本门槛迟迟无法全面打开，大量科研成果仍停留在论文与实验室阶段。

核心难题直指制备源头。传统工艺依赖聚合级的纯乙烯、丙烯，原料需严苛提纯至ppm（百万分率）级，设备投资巨大、运输储存风险高，且属于国家严格监管的特种化学品，建厂受限、成本居高不下。如何找到低成本、易获取、更安全的原料，突破反应器大型化瓶颈，成为碳纳米管产业化的关键“无人区”。

原始创新突破瓶颈

历经二十余年的潜心攻坚，赢纳材料总经理、首席专家赵社涛带领团队坚持原始创新，最终啃下了这块“硬骨头”。

历经二十余年的潜心攻坚，赢纳材料总经理、首席专家赵社涛带领团队坚持原始创新，最终啃下了这块“硬骨头”，在国际上率先发明了以甲醇、煤炭为原料，低成本生产碳纳米管，同时产生大量低碳氢气的技术路线，截至2026年已经有多项专利陆续获批。

以甲醇为原料制备碳纳米管，首先将甲醇预热、汽化，经催化分解生成含烃类的混合气体，并分离去除其中杂质；再对气体进行净化提纯，脱除会影响碳纳米管合成的有害组分；随后将合格气体送入大型反应器中，最终高效合成碳纳米管。

以煤炭为原料的路线则依托成熟的煤制甲醇技术，结合赢纳材料自主研发的碳纳米管制备工艺，生产中副产的氢气可回调剂节合成气比例，减少煤炭消耗、降低CO₂排放、缩减设备投资，让煤化工从“卖燃料”转向“卖高端材料”，实现煤炭价值最大化。

与传统工艺相比，这一原创路线的优势十分突出。我国是全球第一大甲醇生产国，原料供应充足且成本低廉。甲醇在常温下为液体，可采用常压储存，运输与管理成本较低，不需要特种资质以及限定化工业园区，能够大幅降低项目建设门槛。该技术同时摆脱了对高纯度乙

烯、丙烯的依赖，省去复杂深冷分离装置，从源头大幅降低设备投资与生产成本。

在产业化落地层面，赢纳材料实现实质性突破。公司联合遵义聚源新材料，历经两年攻关，2024年底建成全球首套单台年产千吨级碳纳米管反应器，打造第三代碳纳米管示范工厂。该反应器融合固定床与流化床优势，突破传统设备产能瓶颈，单台产能是第二代流化床的3-10倍。同时，固定资产投资、人力成本大幅降低，产品质量稳定性亦大幅提升。该装置实现了连续数月测试考验，可生产通用、阵列、薄壁等多规格碳纳米管，满足不同

场景需求。整个生产流程简易高效、绿色环保，既破解了高质量碳纳米管规模化生产的装备瓶颈，也有效解决了成本居高不下的行业难题，实现了碳纳米管超大批量稳定生产的重要突破。

截至目前，赢纳材料已围绕催化剂、反应器、工艺路线布局十余项国内外专利，覆盖美、日、德等化工强国，实现全产业链技术自主可控。从原料路线创新到反应器大型化突破，赢纳材料成功打通低成本原料、大规模生产、高价值应用全链条，推动碳纳米管生产成本实现显著下降，为未来更大规模的碳纳米管反应器设计奠定了基础。

延伸阅读

甲醇破局 打开碳纳米管万亿产业新空间

中国工业报记者 张楠

3月13日，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》（以下简称《纲要》）正式发布。《纲要》将加强原始创新和关键核心技术攻关摆在突出位置，明确聚焦新材料等重点领域，全链条推动关键核心技术攻关取得决定性突破。

作为支撑新能源、高端制造、未来产业的“超级材料”，碳纳米管的技术突破与规模化发展，不仅是材料领域的竞争焦点，更是我国实现科技自立自强的重要战场。长期以来，原料成本偏高、生产规模偏小、装备投资较大等问题，制约着产业从“小众”走向“大众普及”。

破解产业瓶颈，源头创新是根本出路。面对全球新材料赛道

加速布局的竞争格局，中国企业坚持原始创新导向，聚焦产业共性难题攻关，探索出差异化、低成本、规模化的产业化新路径。其中，以甲醇、煤炭为原料制备碳纳米管的技术路线实现关键突破，从源头改写传统生产工艺，为我国在全球碳纳米管材料领域抢占先机、撬动万亿级市场空间提供了技术支持。

我国拥有“富煤、贫油、少气”的资源禀赋，同时是全球第一大甲醇生产国，产能充足、储运便利、成本优势显著。以甲醇为原料制备碳纳米管，既避开了对高纯烯烃的依赖，又能充分发挥我国化工产业基础优势，实现原料路线的自主可控。更具战略价值的是，该技术在生产碳纳米管的同时，可副产低碳氢气，实现“一料多产、耦合增值”，完美契合绿色低碳发展方向。

从实验室突破到工业化落地，是衡量一项技术成熟度的核心标准。赢纳材料联合合作伙伴实现的千吨级单台反应器工业化连续生产，标志着我国在碳纳米管大型化、连续化、低成本化制备上取得重大突破。与传统装置相比，新一代大型反应器产能大幅提升，投资成本、能耗与人工成本显著下降，为碳纳米管进入更广阔市场奠定基础。随着技术持续迭代，未来万吨级、十万吨级产业化持续下探，释放巨大市场潜力。

从产业价值看，甲醇/煤制碳纳米管技术的突破，不只是一项工艺革新，更是一场材料制造体系的重构。在新能源领域，低成本、高稳定的碳纳米管导电剂，可进一步提升锂电池能量密度与循环寿命，助力新能源汽车续航与安全双升

级；在高端制造领域，轻量化、高韧性的碳纳米管复合材料，可广泛应用于航空航天、智能装备、人形机器人等关键结构件；在“双碳”目标下，该技术助力煤化工产业向高端化、材料化、低碳化转型，实现煤炭资源高效清洁利用，提升产业链价值。

展望未来，万吨级、十万吨级碳纳米管产业基地有望加快落地，成本持续下行，应用场景不断拓宽。碳纳米管将有望从“高精尖”材料变为支撑制造业高质量发展的基础关键材料。以原始创新为内核，以甲醇路线为纽带，一个串联能源、化工、新材料的万亿级产业生态正加速形成，为我国制造业高端化、智能化、绿色化注入强劲动能，为全球碳纳米管产业化提供可复制、可推广的中国方案。

行业动态

青海电网93项工程全速推进

进入3月底，青海电网93项基建工程将全部实现复工复产，各重点项目现场施工有序推进，为“十五五”开局之年电网高质量建设筑牢根基。

在海南西蒙古族藏族自治州格尔木市郊，格尔木电厂750千伏送出工程复工后稳步进入组塔架线等关键施工阶段。该工程建管负责人范锐表示，工程自2024年9月开工，目前各项作业按计划

高效实施，预计2026年9月底竣工投产。

今年是“十五五”规划的开局之年，国网青海省电力公司（以下简称“国网青海电力”）聚焦保障电力供应、助力能源转型、服务绿色发展、增进民生福祉，着力扩大有效投资，电网固定资产投资预计将突破百亿元大关，涉及骨干电网、农村电网巩固提升、新能源送出工程及抽水蓄能电站建设等

多个领域。全年新建及续建工程项目共计93项，建设规模线路5842公里、变电容量3885万千瓦安。

据悉，国网青海电力创新建管模式，全面建立“重点工程建设指挥部+现场建设指挥部+业主项目部”三级管理体系，推行以“项目集群”为核心的重点工程建设管理模式，整合全公司建管力量，统筹推进工程建设。（王宏霞 何光梅）

中国总会计师协会财务管理大会举办

日前，中国总会计师协会财务管理专业委员会冬季大会在上海甸园宾馆成功举办。大会以“AI财务管理与绿色管理会计”为主题，汇聚了国内知名高校的学术专家与数十家企业的财务负责人，共同探讨在数智化与可持续发展浪潮下，财务管理面临的机遇、挑战与创新路径。

本次大会由中国总会计师协会指导，上海电机学院、上海电力大学、上海海事大学联合承办。中国总会计师协会会长刘红薇出席，上海电力大学党委书记朱来教授在开幕式上致辞。会上，多位专家学者分享了前沿研究成果与宏观洞察。西南财经大学副校长冯永强教授深入剖析了数智技术发展对财务理论创新的深远影响，指明了未来研究的关键方向。对外经济贸易大学副校长陈德球教授系统阐述了上市公司ESG报告的演进历程，揭示了环境价值创造的内在逻辑与实践挑战。

ESG实践、数据资产、公司财务行为、政策治理及CFO（首席财务官）未来视野等五大主题展开了热烈而专业的研讨，充分展现了学术界对相关领域的前沿思考。

从理论前沿到企业实践，数智与绿色的融合成为共识焦点。在探讨财务管理如何切实赋能企业战略升级与转型的环节中，来自产业界的代表分享了落地经验与战略思考。上海交通大学医学院附属瑞金医院财务处处长李雪辉以CFO视角，系统阐述了医院在“智慧财务体系助力高质量发展”方面的实践路径与核心成果，展现了财务管理在公立医院精细化运营与战略支撑中的关键作用。

来自工业制造领域的代表，浙江鼎海科技股份有限公司CFO兼首席战略官朱晓芳，结合其企业财务管理专家视角与公司实践指出，当前，财务管理职能已从传统的核算与监督，全面转向价值创造与战略引领。她结合公司实践，阐述了如何通过

深度融合人工智能技术，构建智能化财务分析与决策支持系统，实现运营效率的极致优化与风险的前瞻性管控。朱晓芳基于丰富的行业实践经验，系统分享了浙江鼎海科技在财务数智化领域的探索与成果。在其推动下，该公司近年来在财务创新方面取得多项行业认可，包括荣获2023年中国财资奖“AI+财务创新实践奖”及第十九届中国CFO大会“2024中国财务数智化金奖”。同时，该公司已与美国固安捷公司、3M中国、顺丰控股等企业建立了合作关系，持续拓展财务管理能力的应用场景。

本届大会的成功举办，为财务管理领域智能化、绿色化转型指明了方向。众多来自企业的财务管理专家，通过实践分享与经验交流，持续推动理论研究与实践应用的深度融合，共同擘画中国财务管理创新跃升新蓝图，为经济社会的高质量与可持续发展注入强劲财务动力。（王新宇）

工业人物

李怡：以体系构建守护国产大飞机安全运行

当C919冲上云霄的那一刻，每一个数据链条都在支撑着这场壮丽的起飞。在这群幕后英雄中，李怡既是见证者，更是关键建设者：她不仅荣获C919大型客机首飞个人三等功，更亲手搭建起支撑飞机全生命周期运行的“数字地基”。在长期科研实践中，她将技术攻关、标准研制与知识体系建设融为一体，三者互为支撑，形成了她一以贯之的科研与工作主线。

2016年，李怡受聘成为国家“十二五”民机科研专项重要成果——《民用飞机运营支持》丛书编委会委员。作为核心编委，李怡承担丛书技术审核工作，并将自身在C909、C919项目中积累的飞行培训研发、课程体系设计、培训能力建设等一线经验进行系统提炼与编撰，实现了从单项技术攻关工程师，到行业共性知识体系构建者的角色转变。

技术创新是体系建设的坚实基础。针对飞行

模拟机数据管理混乱等行业共性问题，李怡作为核心发明人研发的“飞行模拟机数据架构的构建方法”专利技术，创新性建立基于数据类型、飞机系统、数据层级的三维立体模块化架构，实现了飞机海量多源设计数据的精细化管理与高效应用。在飞行模拟机研制领域，她深入研究ARINC等国际通用标准规范，牵头制定C909、C919飞行模拟机相关技术要求，深度参与《民用飞机客户培训飞行模拟机通用技术规范》（GB/T 42854-2023）国家标准前期研究与编制工作，为国产飞行模拟机标准化、高质量研制提供了重要技术支持。

技术突破与标准制定的背后，是持续的国家级科研项目支撑。2015年以来，李怡作为核心负责人，承担并完成多项工信部“十二五”“十三五”民机科研专项课题。她联合民航局航空安全技术中心、高等院校及产业链上下游单位，搭建

谭永：以数智之力破局服装行业绿色转型

在“双碳”目标引领下，传统高耗能的服装行业正站在绿色转型的关键十字路口。从原料采购到服装生产，从物流配送到终端消费，产业链每个环节的碳排放都面临严苛审视——生态效益与经济效益如何兼得，已成为行业高质量发展的关键。对此，杭州佳韵互联网服务有限公司（以下简称“杭州佳韵”）总经理谭永凭借敏锐的行业洞察与前瞻性的技术布局，给出了自己的答案：用数字化重构产业逻辑，让绿色转型从成本负担变为竞争力源泉。

作为公司研发团队的核心引领者，谭永立足服装行业数字化转型全场景需求，带领团队布局多维度技术研发，构建的技术体系全面覆盖服装生产、加工、供应、终端销售等产业链核心环节。在绿色转型这一关键赛道，她更是凭借扎实的专业技术功底与丰富的服装行业实战经验，攻克了多源数据采集、区块链存证等多项技术难关，成功研发出适配服装行业的技术，搭建起全维度的服装行业数字化绿色技术体系。

谈及将技术创新聚焦绿色转型的初衷，谭永表示，这源于对行业痛点的深刻洞察：“传统服装行业产业链各环节均存在碳排放，但长期以来，企业难以精准获取产品各环节的碳排放数据，这是行业绿色转型的一大难点。”

为此，她带领团队重点打造服饰环保材料生

产碳足迹追溯平台，依托工业互联网、区块链、物联网等先进技术，构建了覆盖服装生产全产业链的碳足迹追溯体系。通过为产品赋予唯一数字身份编码，该平台实现了从原材料产地、生产加工过程到物流运输、终端消费的全链路数据贯通。

谭永介绍，平台通过物联网设备实时采集柔性生产过程中的能耗、碳排放等关键数据，依托智慧供应链技术实现跨环节、跨主体的数据协同，再结合区块链技术对全链路数据进行加密存证，从源头确保数据的真实性、完整性与不可篡改。

作为总经理，谭永不仅深耕技术研发，更统筹企业战略规划、团队管理、市场拓展等核心工作。凭借对行业发展趋势的精准把握，她将技术创新与绿色低碳确立为企业核心发展方向，制定“技术驱动绿色发展”战略方针，为企业长远发展锚定清晰航向。

围绕这一核心战略，谭永推动企业搭建起完善的研发体系，持续加大研发投入，始终坚守“以市场需求为导向”的研发理念，要求研发团队紧扣服装企业实际需求，研发更具实用性、针对性的技术产品。在她的带领下，团队不仅打造出碳足迹追溯平台，更同步开发了服装柔性化生产系统、供应链协同管理工具等配套技术，形成了覆盖服装生产与流通全环节的一体化数字化解决方案，让技术创新真正贴合行业绿色转型实际需求。

谭永主导研发的一系列技术成果，既为杭州佳韵带来了显著的经济效益，也成为推动服装行业绿色转型的重要力量。目前，相关技术已授权给多家服装行业头部企业，同时联动纺织制造、科技服务等赛道龙头企业开展合作，在为合作方高效降低生产成本的基础上，进一步提升其绿色品牌价值与市场竞争力。

谈及未来发展，谭永表示，她将继续带领团队聚焦服装生产与供应链两大核心场景，以数智技术深度赋能行业绿色变革。在服装生产端，计划升级现有技术体系，实现从面料预处理、裁剪缝制到后整理全工序的能耗动态优化。在供应链端，推动碳足迹追溯能力向上下游延伸，覆盖从棉花种植、化纤生产到面料印染的全链条，让品牌商能够精准定位供应链中的高碳节点，选择更低碳的原材料与合作伙伴。

谭永提出，希望联合更多服装品牌、面辅料供应商与第三方检测机构，共同制定服装行业的低碳供应链标准。“绿色转型不是单打独斗，我们计划发起‘低碳供应链伙伴计划’，通过技术输出、数据共享和标准共建，带动产业链上下游企业一起升级环保能力，让绿色生产成为行业共识。”谭永认为，唯有全行业携手发力，服装产业才能实现从生产到供应链的全面绿色蜕变，真正迈入可持续发展的全新阶段。（李树旺）