

# 原子级制造离我们有多远

人们经常谈论纳米技术，可是，比纳米还小的原子级制造技术是什么？有哪些应用？日前，第一届原子级制造论坛在北京举行，与会专家学者围绕“加快原子级制造技术发展，推动未来产业创新”主题进行了深入探讨，他们认为原子级制造是颠覆性技术和前沿技术的代表，也是推进新型工业化、建设制造强国的关键“根技术”之一。

## 应用价值巨大

通俗来讲，原子级制造是在原子尺度上进行加工，形成具有原子级特定结构特征的器件产品。原子级制造工艺产品，将实现前所未有的性能提升。

“原子级制造在材料与制造两大领域中，都展现出前所未有的潜力和前景。”中国科学院院士、南京大学教授祝世宁介绍，在制造方面，原子级制造有望开发出一系列具有超小尺度精度和卓越性能的新型产品。在材料方面，通过原子级设计和改造，可以实现材料系统的革新。这两方面融合发展，将为人类社会的进步开辟新的道路。

中国工程院院士、哈尔滨工业大学教授谭久彬表示，在集成电路行业，如果能实现单原子特征的芯片，其尺寸、功耗将会降至当前指标的千分之一以下，同时可将计算能力提升千倍以上。

“原子级制造给了我们一个换道超车的机会。”中国科学院院士、国家纳米科学中心主任唐智勇说，原子级制造可以突破物质底层，实现从原子出发任意创新材料，获得极限集成、极限性能新材料和器件，形成未来制造和新质生产力，全面渗透、革新多门类高新技术和战略性新兴产业。

南京大学教授宋凤麟赞同这个观点。“在原有赛道上，中国很难实现超越。而原子级制造为我国在制造产业实现赶超提供了一个新的契机。”宋凤麟认为，原子级制造可以培育出一些新兴产业，比如下一代信息技术、下一代医药技术、下一代电池等。

以芯片制造为例，想在国外已经完善的领域实现赶超非常困难。而原子级制造是一条国外尚未系统化实施的技术路线，国内已经具备一定基础。如果我国能集中力量进行科研攻关，就有可能建立起一个独特且世界领先的制造技术体系。

虽然原子级制造具有巨大应用价值，但目前并没有全面开展技术体系和工艺装备的开发。

## 面临挑战不小

从宏观制造、微米制造再到当前的纳米制造，未来制造必将更进一步走向原子尺度。然而，原子级制造面临的挑战不容小觑。它不仅是技术上的挑战，更是科学上的挑战。以切削操作为例，从10微米到1个原子层的精度提升，对技术控制能力提出了更高的要求，力的控制精度需要达到惊人的十万分之一！此外，即使在原子级切削上取得了技术突破，原子级光滑表面的物理稳定性也可能成为一大难题，切削出的表面可能无法保持稳定状态。

“目前来看，原子级制造较难，国内外都处于萌芽阶段。”谭久彬说，原子级

2018年

中科院推出“功能导向的原子制造前沿科学问题”先导计划；南京大学成立全国第一个原子制造创新中心

2021年

原子级制造工艺创制的新物质和零部件，不但能在结构上实现原子尺度的精准、完美，而且其物理特性远超常规块体材料的物性

2023年

国内外学者共同向全球发布第五届雁栖湖会议凝练的十大科学问题，其中之一是“如何实现原子级可控制造？”

制造无论是科学原理，还是关键技术，无论是原理探索所需的科学仪器，还是制造过程所需的加工装备，都极大地挑战着我们现在的认知和能力范畴，存在大量瓶颈问题。

宋凤麟认为，原子级制造面临的挑战中，最关键的还是基础设施与装备部分。目前大部分核心设备仍掌握在发达国家手中，国内研究设备依赖进口。我国需要发展自主知识产权的核心技术装备，以及支撑原子级制造发展的特色核心技术装备。

例如，在传统制造过程中，制造的精度、范围和效率是互为矛盾的三角，而对原子级制造而言，三者矛盾更加突出。在宏观工件上精准找到一个特定原子，难度堪比大海捞针；而在原子级制造中要求反复、精准实现大海捞针，即使成功，其效率也可能低到无法实现规模化、产业化应用。

祝世宁介绍，国外在原子级制造领域的研究起步较早，并且由于其在微纳制造产业的先进性，预计未来在该领域将继续有着出色表现。目前，美国国防部高级研究计划局（DARPA）和能源部先进制造办公室已投入数亿美元进行研究；我国也在原子级制造方面进行了同期布局，与国外的研究基础相近，有潜力实现重大突破并在某些方面与国外竞争。

中国科学院院士、松山湖材料实验室主任汪卫华表示，希望越来越多的科研人员参与进来，集中力量进行科研攻关，不断突破从技术研究到实现产业应用的壁垒，抢占原子级制造科学高地。

## 发展前景广阔

未来，我国应该如何发展原子级制造？第一届原子级制造论坛上，论坛组委会发布了《原子级制造发展倡议书》，提出了系统推进科学研究、全面强化技术开发、前瞻布局产业应用、共建专业人才队伍等倡议。

中国工程院院士、大连理工大学教授郭东明建议，抢占原子级制造发展先机，要整合资源协同攻关，由过去单

## 原子级制造是世界主要大国竞相布局的先进制造“未来域”

目前，中国科学院和很多大学实验室已大批量开展原子操控，修整和制备全新的分子，已经可以操控冷原子制备冷分子。

南京原子制造研究所让硅、镍等团簇团体的焊接、烧结温度从1400摄氏度下降到400摄氏度甚至更低

点、散发的自由探索，转变成为有组织、有计划的探索，瞄准一定目标、围绕明确方向进行研究。

“发展自主可控的原子级制造理论、关键技术及装备，满足我国高端制造急需，为实施制造强国战略提供强有力的支持，是历史赋予我们科技工作者的重要使命。”谭久彬建议，原子级制造研究要深入调研应用场景并抽取真需求和真科学问题，解决挑战性难题；快速推进基础研究、技术突破及成果转化，与国家重点领域发展规划无缝衔接；要发展举国体制优势，整合全国各地优势资源协同研究，实现“并跑”甚至“领跑”。

祝世宁表示，原子级制造领域的研究需要多学科领域的合作，包括物理化

学、机械电子等。为推动我国在原子级制造领域的进步，国家应从基础研究、技术开发、产业培育和人才培养等多方面提供支持。“人类的技术进步是一个逐步迭代的过程，每次进步都建立在长时间的凝练与积累之上。单纯寄希望于短期的‘超车’可能会带来一时的突破，但从长远来看，稳健、持续的步伐才是关键。只有长期稳定的投入和努力，我们才能真正突破这一领域的技术瓶颈。”祝世宁说。

唐智勇表示，原子级制造立足于已有的先进制造等其他专项基础上，发展颠覆性技术，通过原子级制造项目的推进，培养出一批国际领军科学家，形成相关专业国际化研究中心，引领国际原子级制造领域发展方向，实现重点突破。

旅游行业拼的是口碑，好口碑

需要精心呵护、细心维护。应

坚持问题导向，完善综合治理机

制，发挥各方面合力，提高市场

监管效能，建立起长效监管机

制，切实保障游客合法权益。

今年春节假期，旅游市场持续火热，国内出游人次创新高，达4.74亿人次。不少城市借此东风赢得了市场，也有个别地方爆出游强制消费、黑车宰客等负面新闻。旅游业要想高质量可持续发展，必须给游客满满的安全感，这是一道必答题。

旅游业强势复苏回暖，与这两年各地高度重视旅游业发展密切相关。结合扩大内需相关举措，各地努力提供更加丰富、更加优质的旅游产品和服务，出台行业扶持优惠政策，吸引越来越多人带着期待走出家门，追寻心中的“诗和远方”。有报告显示，预计2024年国内旅游人数将超过60亿人次。淄博和哈尔滨的“出圈”让更多城市闻风而动，特别是在社交媒体上，各地文旅推广卷出新高度。在这样的背景下，一些地方仍出现不法分子欺客宰客现象，值得相关部门重视。

市场秩序关乎旅游业生命力，对增强旅游消费信心、维护旅游目的地形象至关重要，但治理乱象需要久久为功。相关部门应坚持问题导向，完善综合治理机制，发挥各方面合力，提高市场监管效能，并建立起长效监管机制，扎实开展旅游市场秩序整治，对不良行为露头就打、重拳出击，让那些抱有侥幸心理的不法分子不敢随意出手，切实保障游客合法权益。反过来说，一个地方如果把游客权益保障得足够好，本身也能引发口碑效应。比如，哈尔滨的“出圈”，既有其提供的“滨”至如归式服务、创新的文化旅游产品，更有当地文旅、市场监管、交通等部门联合从严查处、重拳整治“黑车”“黑购物点”等扰乱市场秩序的不法行为，推出加急服务为游客提供便利等，如此才收获了一波好评与流量。

当前，旅游消费呈现出高品质、多样化、个性化特点，游客更加注重旅行感受和舒适度。在此背景下，谁能赢得游客信赖，就能在未来的市场竞争中占得先机。旅游行业拼的是口碑，好口碑需要精心呵护、细心维护。贴心细致的服务可以赢得回头客，而欺客宰客的行为则足以砸掉一座城市苦心经营的招牌。

稳固文旅复苏良好势头，必须对旅游市场乱象“零容忍”。各地应做好针对性改进、全面性优化、常态化检验，对发现的违规行为及时查处，集中打击违法经营行为，让损害文旅市场环境者无处遁形。在加大优质旅游产品供给、提升旅游环境和服务的同时，持续净化市场环境，保障游客合法权益，让游客高高兴兴地来、开开心心地走。

2022年，澳大利亚硅量子计算公司SQC宣布制造出世界上第一个原子级量子集成电路

# 探访我国最大陆路水果进出口口岸

本报记者 董政

□ 广西凭祥是中国和东盟水果进出口贸易最大的口岸城市，经凭祥口岸

进口的水果占全国进口水果总量的三分之一。

□ 2023年凭祥水果进出口货量超300万吨，同比增长60.42%。为进一步

壮大产业规模，凭祥还发展了综合制造、东盟水果加工、东盟休闲食品等产业。

在位于广西凭祥市的中国—东盟（崇左）水果交易中心，满载东盟水果的跨境车辆停得满满当当。来自东盟国家的火龙果、山竹、榴莲等水果完成通关手续后在这里等待商家上门询价购买。买家跟卖家谈妥后，马上上车搬运，然后运往国内市场。

在中国—东盟（崇左）水果交易中心3号和4号交易大棚，记者看到，交易大棚两侧都停满了来自中越两国的大货车，工人们正在卸车、装车，一派忙碌景象。“2023年我在这里买了50车水果，每车30吨。我这次来看看行情，准备拉几车水果到湖北销售。”来自湖北省黄冈市的采购商刘毕罗告诉记者。

凭祥是我国最大陆路水果进出口口岸，也是中国东盟水果进出口贸易最大的口岸。目前，经凭祥口岸进口的水果占全国进口水果总量的三分之一，进口水果以榴莲、火龙果、菠萝蜜、山竹、西瓜为主。其中，榴莲进口量占比近八成。凭祥市也是我国重要出口水果通道，主要以出口柑橘、橙子、苹

果、雪梨、葡萄等温带、亚热带水果为主。

中国—东盟（崇左）水果交易中心位于凭祥市友谊镇卡凤村贯净屯北面，总占地面积约488亩。2023年8月25日，正式建成投入运营。凭祥市国际贸易开发集团有限公司副总经理邓琴介绍，依托区位优势和资源禀赋，凭祥以“口岸+市场”模式，充分利用国内国际“两个市场、两种资源”，围绕“买全国、卖东盟，买东盟、卖全国”的目标，以友谊关（含弄尧、浦寨通道）口岸为通关核心，建设起集展示推广、产品集散、线上交易、智慧物流、查验通关、电子商务、落地加工七大功能于一体的中国—东盟陆路水果交易中心。

水果交易中心还积极搭建电商平台，加快构建跨境电商产业链和生态圈。目前已上线中国—东盟（崇左）水果交易中心线上交易平台，截至2023年底，国际市场入驻店铺153家，采购商119家，累计成交金额超100亿元；国内市场已入驻店铺42

家，采购商187家，累计成交金额近80亿元。

“2023年凭祥市水果进出口超300万吨，同比增长60.42%。”凭祥市外事和商务口岸局局长彭辉说。

为确保进口的东盟水果能以最新鲜的品质到达国内客户手中，凭祥在各口岸（互市点）实行进境水果“绿色通道”、“7×24小时”预约通关、实验室快速检测及附条件提离等措施，不断压缩水果在口岸停留的时间。同时，凭祥完善进口榴莲专用通道建设，综合调配查验人力，确保即到即查即放，持续提升货物检查效率，保障进口水果农产品安全、新鲜。

中国—东盟（崇左）水果交易中心是凭祥产业园的重点项目之一，为进一步壮大产业规模，凭祥市还以凭祥产业园为中心发展了综合制造、东盟水果加工、东盟休闲食品等产业。

在广西中果实业有限公司生产车间里，从东南亚国家进口的干椰、青柠、百香果、芒果等新鲜水果被加工成速冻果浆、风味果酱、果干蜜饯等产品，销往全国各大商超。“我们公司的果蔬速冻及干椰加工项目落户凭祥产业园区，总投资约1.5亿元，主要生产速冻果浆、风味果酱、果干蜜饯等产品。项目于2023年11月份投产以来实现日产速冻柠檬浆、百香果干等各类产品15吨至20吨。”广西中果实业有限公司负责人周卫丰说。

中国（广西）自由贸易试验区崇左片区管委会三级主任科员覃伟师介绍，得益于区域合作优势发挥，跨境产业链布局延伸、互市贸易快速发展，凭祥产业园引进了盐津铺子、生和堂、中果实业等农副产品加工企业，形成了东盟特色产品深加工跨境产业链，全力打造面向国内国际的水果进出口深加工贸易基地。



位于江西省抚州市南丰县智能制造产业园的卓阳江西智能工厂，工人在装配锂电池。近年来，当地持续开展“5G+工业互联网”数字化车间、智能生产线、智慧工厂建设，推动制造业数字化、智能化。

谢东振(中经视觉)