

内部资料
注意保存

科技参考

产业科技动态·优势产业

第 13 期 (总第 45 期)

徐州市科学技术局
徐州市科技情报研究所

2024 年 7 月

本期要目

- 工程机械产业创新与新质生产力培育研究
- 生物质能产业发展现状
- 新质生产力 16 大重点新材料细分领域

编者按

集群化是产业链向中高端迈进的必由之路，是提升产业发展能级、增强区域产业竞争力的关键抓手。徐州依托现有产业基础优势，坚持“工业立市、产业强市”，聚力打造梯度清晰、竞争优势突出的“343”创新产业集群体系。

为紧跟科技发展前沿，及时掌握产业动态，我局专门成立产业研究专班跟踪国内外产业和技术发展现状与趋势，学习先进地区经验做法，编发《产业科技动态》，开展有科技特色的研究活动，以便为各级政府部门提供参考。

本册为优势产业动态，每月一期，主要关注工程机械、绿色低碳能源、新材料3个优势创新产业集群。

徐州市科学技术局

目 录

工程机械产业

- 工程机械产业创新与新质生产力培育研究·····1
- 工程机械行业需求回暖态势渐浓·····7
- 《江苏省工程机械产业高质量发展行动方案》正式印发·····10

绿色低碳能源产业

- 生物质能产业发展现状·····14
- 光伏硅料和硅片核心生产设备及工艺研究·····19
- 制氢成本概览·····24
- 中国能源绿色低碳发展不断迈上新台阶·····27

新材料产业

- 新质生产力 16 大重点新材料细分领域·····29
- 高性能钛合金箔材制备研发取得重大技术突破·····33
- 大连化物所实现一氧化碳高效电解制多碳燃料和化学品·····35

产业 研究

工程机械产业创新与新质生产力培育研究

随着全球经济的不断发展，工程机械产业作为基础设施建设的重要支撑，其发展水平直接关系到国家经济建设的速度和质量。习近平总书记在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上的讲话中要求，扎实推动科技创新和产业创新深度融合，助力发展新质生产力。如何通过技术创新推动工程机械产业的升级换代，培育新质生产力，成为摆在我们面前的重要课题。

一、技术创新对工程机械产业竞争力提升的影响

（一）技术创新提升产品性能

技术创新是工程机械产业发展的重要动力。通过引进先进技术、改进生产工艺、优化产品设计等手段，可以不断提升工程机械产品的性能和质量，满足市场日益多样化的需求。新能源工程机械的无限可能被越来越多的资本所关注，上下游产业链合作联动已成常态。2023年底上海中电投融和新能源投资管理中心入股晋工新能源，持股30%成为第二大股东。晋工新能

源与国家电投绿电交通生态圈伙伴企业深度合作，共同开发CTB车电分离、车储一体式纯电动轮式装载机等产品，面向客户形成“绿电—储能—充换电—整车/工程机械”的新能源装备场景化整体解决方案。

（二）技术创新推动产业升级

技术创新不仅可以提升产品性能，还可以推动工程机械产业的升级换代。随着科技的不断进步，传统的工程机械产品已经难以满足现代施工的需求，因此，必须通过技术创新来推动产业的升级换代。电动化是新能源工程机械发展的主流趋势，而装载机因其施工作业场所固定、重复频率高的工作特点，率先受到电动化的青睐。尤其是在钢厂、电厂、港口、搅拌站等环保政策驱动场景，以及高原、隧道等噪声尾气排放受限场景，电动装载机为用户带来全新的价值体验。目前，我国电动装载机单车最长使用时间已经超过2万小时，依然保持良好状态，全生命周期价值获得了充分验证，因而获得用户的信赖和批量采购订单，电动装载机市场渗透率节节攀高。

（三）技术创新增强企业竞争力

技术创新无疑是企业构筑竞争力的基石。在竞争激烈的工程机械产业中，这一点尤为凸显。拥有尖端

技术和持续创新能力的企业，不仅能够突破行业壁垒，更能凭借其技术优势，在市场中独树一帜，引领行业发展，占据行业的主导地位。通过不懈的研发和试验，企业能够开发出拥有自主知识产权的新产品，这些产品不仅具有独特的技术优势，更能够满足市场的多元化需求，为企业带来可观的利润。徐工 XC968-EV 无人驾驶纯电动装载机，在张靖皋长江大桥 A1 标项目建设，展现了徐工产品高度智能化的作业能力。行走方面，无人装载机利用激光雷达完成拌合站云地图构建并规划最优路径，可达到室内外厘米级精确定位，最终通过自主研发的跟踪控制算法实时调整行驶速度与角度，使其实际运动轨迹与规划路径高度重合。铲装方面，基于料堆特性、凸度等信息，无人装载机通过深度学习算法实现最优铲掘点及铲掘角度的选择，为铲装作业提供理想决策，实现整套铲装施工无人驾驶。

二、政府在技术创新支持体系中的作用

（一）政策引导

在技术创新支持体系中，政府扮演着举足轻重的政策导向角色。通过精心策划和实施一系列政策举措，政府能够有效引导企业加大对技术创新的投资力度，加速技术创新成果的转化与应用。例如，政府可采取

税收优惠和财政补贴等手段，显著降低企业技术创新的成本和风险；同时，通过设立技术标准与规范，进一步推动企业强化技术创新与质量管理。

（二）资金扶持

资金是企业技术创新不可或缺的支撑。政府通过设立专项资金、引导社会资本投入等多种方式，为企业提供强大的资金保障。例如，政府可设立科技创新基金和产业投资基金，支持企业深入研发核心技术和解决产业共性技术难题；同时，引导银行、证券等金融机构增加对科技创新的信贷支持，降低企业技术创新的融资成本。

（三）人才培养

人才是企业技术创新的核心动力。政府致力于加强人才培育与引进工作，为企业技术创新提供坚实的人才基础。例如，政府增加对高等教育和职业教育的投入，培育更多具备创新精神和实践能力的高素质人才；同时，设立人才引进计划，建立人才激励机制，吸引国内外优秀人才投身工程机械产业，共同推动产业创新与发展。

三、促进工程机械产业技术创新和新质生产力培育的对策建议

（一）加强政策引导和支持

进一步加大政策引导与支持，制定更为精准、高效的政策措施，以激发企业技术创新的动力。同时，强化对技术创新成果的评估与保护，确保创新成果得到应有的应用和尊重。

（二）加强资金扶持和融资支持

针对工程机械产业的技术创新，加大资金扶持力度，增设科技创新基金和产业投资基金；并引导银行、证券等金融机构为科技创新提供更多信贷支持，以降低企业技术创新的资金成本。

（三）加强人才培养和引进工作

在人才培养与引进方面，加大对高等教育和职业教育的投入，同时构建更为健全的人才激励机制和引进计划，以吸引更多优秀人才投身工程机械产业，为其发展注入新的活力。

（四）加强产学研合作和国际合作

鼓励企业积极与高校、科研机构等建立紧密的产学研合作关系，加快科技创新成果的转化与应用。同时，积极参与国际交流与合作，引进国外先进技术和管理经验，推动工程机械产业向国际化、高端化迈进。

技术创新是推动工程机械产业升级换代、培育新

质生产力的关键。通过政策引导、资金扶持、人才培养等方式，为企业技术创新提供有力支持。加大技术创新的投入力度，加强产学研合作和国际合作，不断提升自身的技术创新能力和竞争力，推动工程机械产业的可持续发展和新质生产力的形成与发展。（工程机械产业研究团队马鑫勇 提供）

行业资讯

工程机械行业需求回暖态势渐浓

据中国工业报讯，随着各地推动设备以旧换新和房地产利好政策的陆续出台落地，设备更新周期启动、内需持续改善、出口市占率提升，中国工程机械行业复苏三部曲或已奏响。

销售数据向好 内需逐步改善

传统销售旺季的到来，令工程机械行业景气度持续修复。5月，挖掘机和装载机国内销量均实现29.2%和14.3%的两位数增长。

“内销同比数据近几月改善良好，主要是结构性行情，其中小挖表现较好。”江苏恒立液压股份有限公司总经理邱永宁表示。小型挖掘机的下游应用场景主要为农田、水利、施工等，而中、大型挖掘机的应用场景主要是地产、基建等领域。

更新周期启动 释放回暖信号

自今年3月国务院发布《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》以来，利好政策频频出台，工程机械设备更新换代领域备受关注。《推进建筑和市政

基础设施设备更新工作实施方案》更是明确要求，更新淘汰使用超过 10 年以上、高污染、能耗高、老化磨损严重、技术落后的建筑施工工程机械设备，包括挖掘、起重、装载、混凝土搅拌、升降机、推土机等设备(车辆)。

工程机械行业资深专家薛小平提出，“当下中国工程机械市场上，这一轮大规模设备以旧换新的出现，依赖于国家相关部门及各地方政府可执行的具体政策，包括其他配套政策实施。比如，是否对旧设备所有者有经济补偿，如何能使相关政策连续彻底地执行等。”

出口保持韧性 仍有增长空间

“短期来看，‘国二’及以下机型临近更新替换时点，关注工程机械设备更新进度，2016 年为上一轮工程机械周期底部，按照 8-10 年的更新周期进行推算，2024 年有望逐步迎来拐点。”东海证券认为，长期来看，出海仍为大势所趋。日前，徐工集团在第六届国际客户节上，向海外客户交付了多款产品。其中，全球风电市场上最大吨位 3000 吨的全地面起重机，正式交付南美客户。

“作为最早走出国门的中国工程机械品牌，徐工一直将国际化作为发展的主战略之一。”徐工集团、徐工机械董事长、党委书记杨东升介绍，去年年底，集团围绕海外大区和细分市场，成立了国际事业总部和全球

十四个大区，推动研产供销服融全价值链出海，进一步提升全球运营能力，为全球客户提供“产品+场景”的一体化解决方案和全生命周期服务。（工程机械产业研究团队尚爱乐 提供）

政策解读

《江苏省工程机械产业高质量发展行动方案》正式印发

近日，江苏省工业和信息化厅发布《江苏省工程机械产业高质量发展行动方案》（以下简称《方案》）。该《方案》为贯彻落实国务院《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》、工信部等七部委出台的《推动工业领域设备更新实施方案》和江苏省政府专题会议精神、加快建设制造强省行动方案要求，因地制宜发展新质生产力，以高端化、智能化、绿色化、国际化为方向，加快推进江苏省工程机械产业高质量发展，助力“1650”产业体系建设，高水平赋能新型工业化，为建设制造强省提供有力支撑。

《方案》提出，到 2025 年，江苏全省工程机械产业规模达 4000 亿元左右，其中主机核心产业规模超 1500 亿元，成为全国工程机械产业高地、人才高地、科技创新高地和智能制造高地，争创国家级制造业创新中心并取得积极进展，新培育 10 家省级以上企业技术中心、工程技术（研究）中心，新增 10 家以上省级以上专精特新企业。到 2030 年，江苏全省工程机械产

业发展取得重大突破，创新能力显著增强，质量效益明显提升，人工智能深度应用，起重机械、路面机械等代表性产品高端化、智能化、绿色化水平全球领先，工程机械产业综合实力达到国际先进水平，推进省内龙头企业进入全球工程机械行业前两强、世界 500 强，基本建成世界级先进制造业集群和具有国际竞争力的优势产业链。

《方案》提出 9 项重点任务

加强创新能力建设。加快推进省高端工程机械及核心零部件创新中心等创新平台建设，支持工程机械及关键零部件企业建设重点实验室、企业技术中心、工程（技术）研究中心等研发平台，积极创建技术创新示范企业，支持整机及零部件龙头企业牵头组成创新联合体。

加快关键核心技术攻关。围绕智能化、无人化、电动化等方向，聚焦数字液压元件及系统、高效传动元件及系统、高可靠控制元件及系统、工程机械专用“三电”核心零部件、基础材料和工业软件等领域，突破融合感知、人机交互、智能无人化调度管理、动力架构、驱动控制、能量管理、轻量化等关键技术，加快实现下一代整机产品和核心零部件的自主可控。

夯实产业技术基础。支持省工程机械高端核心零部件标准委员会建设。鼓励企业建立基础工艺创新体

系，建立工程机械行业基础数据库。围绕工程机械高端核心零部件产业研发与应用共性需求，加快构建产业公共技术服务平台、试验检测服务平台、成果转化对接平台，提供知识产权、标准情报、技术研发、成果转化服务。

推进智改数转网联。组织行业龙头企业和服务机构编制工程机械分领域智改数转网联实施指南，打造 30 家左右工程机械领域省智能制造车间和工厂，建立和完善工程机械工业互联网标准体系。

构建绿色制造体系。加快混合动力、氢能、纯电动等新能源产品的开发和产业化。加快工程机械企业绿色化改造升级，强化产品全生命周期绿色管理，培育 30 家左右省级及以上绿色工厂。大力发展再制造产业，优化完善再制造服务体系，鼓励龙头企业打造后市场综合服务平台。

提高国际化发展水平。鼓励境外企业和科研机构在我国设立全球研发机构。鼓励行业企业通过并购、股权投资等方式开展国际合作、联合开发，支持企业在境外建立研发中心、实验基地和全球营销及服务体系。

加快设备更新与推广应用。以节能降碳、超低排放、安全生产、数字化转型、智能化升级为重要方向，支持工程机械产业更新改造切割设备、涂装设备、焊接设备、热处理与表面处理设备、检测试验设备等各类生产（测

试)设备,加快淘汰落后低效设备、超期服役老旧设备。

推进质量品牌建设。引导企业完善和提高品牌管理体系,围绕研发创新、生产制造、质量管理和营销服务全过程,夯实品牌发展基础。打造工程机械行业特色鲜明、竞争力强、市场信誉好的产业集群区域品牌。

促进产业集聚发展。引导资源和创新要素向产业基础好、发展潜力大的地区集聚,徐州以做大做强主机产品为重点方向,提升工业车辆与智能物流设备、市政环卫机械、矿业机械主机市场占有率,全力打造具有国际竞争力的“工程机械之都”;常州加快发展智能化、电动化、专业化工程机械,积极发展高端液压件、精密铸锻件、智能传感器等关键零部件;苏州重点发展液压系统、传动系统、三电及整车控制系统等高附加值系统集成,加快发展挖掘机、掘进机以及搬运设备、钻采设备、应急救援装备等工程机械。(徐州市科技情报研究所陈研研 提供)

产业 概述

生物质能产业发展现状

我国有丰富的生物质资源，截止到 2022 年底，全国主要生物质资源量超过 34 亿吨，有大规模发展生物质能产业的基础；能源化利用水平相对较低，能源化利用率仅 12%，但是发展潜力巨大。十八大以来，我国生物质能产业取得了一定的成绩：生物质发电装机容量连续四年稳居世界第一，生物天然气年产量约 3 亿立方米，生物质清洁供暖面积超过 3 亿平方米，生物质成型燃料年利用量约 2000 万吨，生物乙醇、生物柴油等液体燃料年产量超过 500 万吨。但是，在支持政策、商业模式、体制机制、技术装备等方面还存在诸多亟需解决的问题。

一、生物质资源分布

我国是人口和农业大国，各类生物质资源丰富。目前我国主要生物质资源年产生量约为 34.28 亿吨。其中，以秸秆、林业剩余物为主的生物质资源尤其丰富。

（一）秸秆

秸秆是作物收割后剩余的茎秆部分，种类上以水稻、小麦、玉米、大豆秸秆为主，谷子、油料作物、经

济作物等其它作物秸秆为辅。根据农业农村部数据统计，2022年全国（不含港澳台）秸秆资源量约为8.65亿吨，可收集量约为7.34亿吨，秸秆的产生和利用情况与区域地形地貌、自然资源条件、农业活动、经济特点有密切关系，因而具有广泛的区域差异性，据全国主要农区秸秆资源台账统计结果显示，秸秆产生量由大到小依次为长江中下游区、华北区、东北区、西北区、西南区、华南区，分别占全国秸秆总量的32.41%、23.82%、20.66%、10.23%、8.44%、4.44%。

我国农作物秸秆利用的主要途径包括肥料化利用、饲料化利用、能源化利用、原料化利用、基料化利用五种。肥料化利用主要以秸秆直接还田为主，包括机械化直接还田、覆盖还田等；饲料化利用方式包括秸秆青贮、氨化、微贮、膨化饲料及生产单细胞蛋白等，主要将农作物秸秆中的纤维素、半纤维素、木质素等转化为含有丰富菌体蛋白、微生物等成分的生物蛋白质饲料；能源化利用方式包括秸秆压块、秸秆直燃发电、秸秆打捆直燃供热、厌氧条件下秸秆与畜禽粪污等有机物混合发酵生产沼气等；原料化利用的方式包括秸秆造纸、秸秆生产板材、制作工艺品和生产木糖醇等；基料化利用主要是秸秆生产食用菌。根据农业农村部数据，目前我国秸秆综合利用率达到了88.1%，其中，肥料化利用率60%，利用量约4.4亿吨；饲料化利用率达18%，利用量约1.32

亿吨；能源化利用率 8.5%，利用量约 0.6 亿吨；原料化利用率 0.9%，利用量约 660 万吨；基料化利用率 0.7%，利用量约 500 万吨。

（二）林业剩余物

林业剩余物是指林业生产和加工过程中产生的剩余物，主要包括林木采伐和造材剩余物、木材加工剩余物、竹材采伐和加工剩余物、森林抚育与间伐剩余物、城市园林绿化废弃物、经济林修剪废弃物、废弃木质材料共七大类。根据统计，目前我国林业面积约为 17989 万公顷，按相关计算，截至 2022 年，我国林业剩余物资源量约为 3.5 亿吨，林业剩余物资源量以广西、云南、福建、广东、湖南最为丰富，占总量的 40%。我国林业剩余物的利用途径主要为原料化利用、能源化利用、肥料化利用、饲料化利用等。原料化利用是指以林业剩余物为原料采用机械加工和化学加工利用等方式生产人造板、活性炭等；能源化利用是指通过燃烧、热解气化、机械加工等方式生产固体成型燃料、生物柴油、生物质燃气、发电供热等；肥料化利用是将林业剩余物通过堆肥技术生产有机肥，用作园林环保植物的肥料；饲料化利用是利用林业剩余物生产各种饲料产品。

当前我国林业剩余物综合利用率约 60%，原料化利用是最主要的方式，利用率超过 50%；能源化利用所占比例较小，仅为 4.2%，利用量在 1500 万吨左右；饲料

化利用技术发展缓慢，特别是利用纤维素、木质素生产饲料技术由于成本较高难以产业化；肥料化应用由于原料种类的不确定性导致生产的有机肥降解速度和稳定性存在差异影响作物的生长，进而规模较小。

二、行业发展现状

目前我国生物质能产业涉及生物质发电、生物天然气、生物质清洁供热、生物液体燃料等领域。其中，生物质发电装机容量连续四年稳居世界第一，生物天然气、生物质清洁供热、生物液体燃料规模不断扩大。

（一）生物质发电

生物质发电是可再生能源发电的重要组成部分，包括农林生物质发电、垃圾焚烧发电、沼气发电。

（二）生物质清洁供热

目前，生物质已实现通过多种利用方式来满足清洁供热需求，如通过生物质热电联产、生物质锅炉、生物质热解气化，为县城地区集中供热；通过沼气热电联产或者沼气锅炉为区域集中供热；通过生物质专用炉具为农村散户供暖。主要形式有如下几种：

生物质成型燃料+生物质锅炉集中供热。生物质成型燃料锅炉集中供热是指把作物秸秆、林业废弃物等生物质材料压缩成块状、棒状、颗粒状等成型燃料，并将其与专用锅炉相结合，利用生物质成型燃料在锅炉中的高温裂解气化反应，产生可燃性气体，然后通过管道

输送至需要供暖的场所，实现对建筑物的供暖。当前我国生物质成型燃料+生物质锅炉集中供热模式主要对乡镇政府、医院、学校、养老院等村镇公共设施供暖。

生物质成型燃料+生物质专用炉具分散式供热。生物质专用炉具一般利用生物质燃料的半气化燃烧原理，把焦油、生物质炭渣等完全燃烧殆尽，明显地降低颗粒物和一氧化碳等污染物的排放。当前我国生物质成型燃料+生物质户用炉具已实现为散村的农户以及管网新建成本较高、财政补贴困难的地区进行分散式供暖。

秸秆打捆直燃集中供暖。秸秆打捆直燃集中供暖技术是一种将打成捆的秸秆，在新型专用锅炉内直接燃烧，替代燃煤，为社区、乡镇政府、学校、医院、敬老院等提供集中供暖，为工农业生产提供集中供热的清洁能源技术。目前该技术在我国东北地区应用较为广泛。（绿色低碳能源产业研究团队张兆祥 提供）

热点 技术

光伏硅料和硅片核心生产设备及工艺研究

光伏制造设备是用于生产太阳能电池和太阳能电池组件的设备。这些设备涵盖了从原材料处理到最终产品组装的整个生产过程，通常包含多晶硅料生产设备、硅片制造设备、光伏电池片制造设备以及光伏组件制造设备。本文主要介绍光伏产业上游硅料和硅片核心生产设备。

一、硅料设备：多晶硅还原炉为主工艺核心生产设备

多晶硅具有多种生产技术工艺。其中，物理法主要有冶金法，化学法主要有硅烷法、改良西门子法、流化床法、氟硅烷还原法、硅烷流化床法等，目前工业应用中，改良西门子法最为普遍、成熟且投资风险相对较小。改良西门子法的优点是节能降耗显著、成本低、质量好、采用综合利用技术，对环境不产生污染，具有明显的竞争优势。改良西门子法指首先采用氮气与氢气为原料合成氯化氢，再以氯化氢与工业硅为原料在流化床反应器中合成三氯硅烷。三氯硅烷在精馏

塔中脱氢脱重，完成提纯，再在还原炉中实现三氯硅烷的还原。其中，副产物四氯化硅再重新与冶金级硅、氢气进行反应，进行氢化分离生产三氯硅烷完成回收利用。

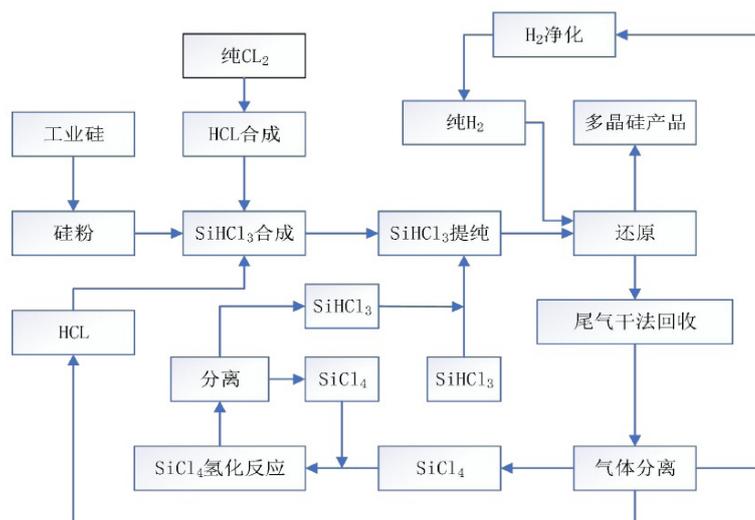


图 1 改良西门子法工艺图

改良西门子法是当前生产多晶硅的主要工艺，多晶硅还原炉是还原工序的核心生产设备。改良西门子法通过多晶硅还原炉内给硅芯/硅棒通电加热使其表面温度维持在 $1050-1100^{\circ}\text{C}$ ，三氯氨硅和氢气在其表面进行反应，生成的硅沉积在硅芯/硅棒表面，形成多晶硅棒产品。其中钟罩式多晶硅还原炉是用于生产多晶硅的反应器，是改良西门子法的核心设备，其性能将综合体现多晶硅企业产品产量、质量、成本、能耗等关键指标。

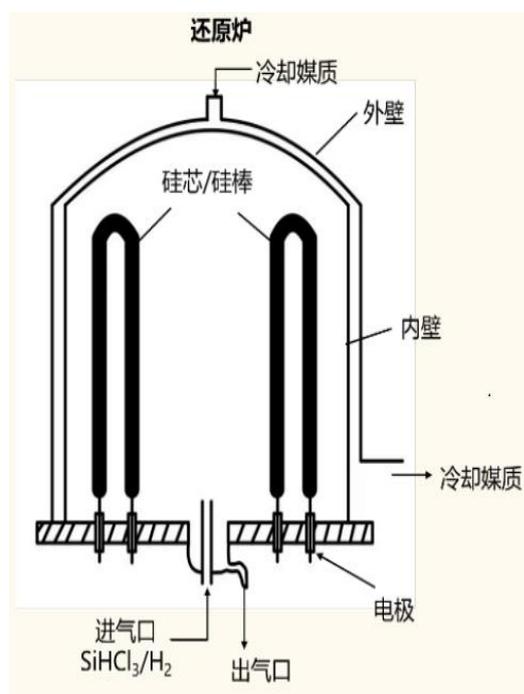


图 2 多晶硅还原炉内部结构图

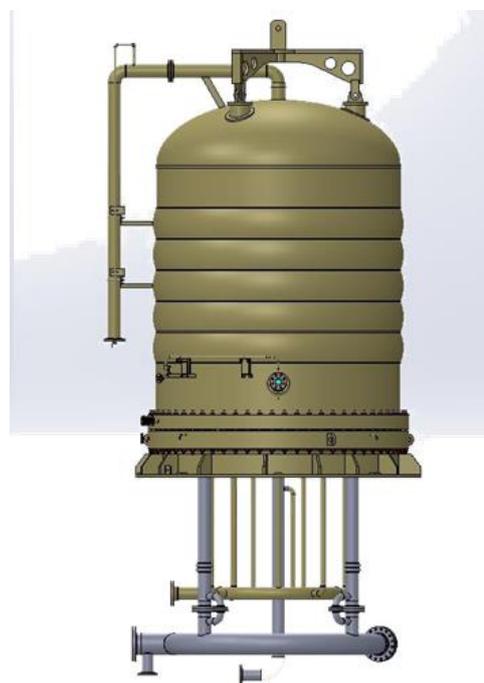


图 3 多晶硅还原炉外部结构图

二、硅片设备：单晶炉和切片机为核心生产设备

光伏硅片的生产主要可以分为拉棒与切片两大工序流程。拉棒主要指将经过清洗后的多晶硅料投入单晶生长炉生长出单晶硅棒，切片环节主要指单晶硅棒经过截断、开方、磨削、切片、清洗分选检测后得到单晶硅片。直拉法是生产单晶硅棒的主要方式，设备为单晶炉。拉晶是指在特定环境下，将多晶硅料生长成硅体的过程，目前硅棒生产主要以单晶硅棒为主。单晶硅棒主要采用直拉法或区熔法；多晶硅棒主要采用铸锭法形成多晶硅锭。

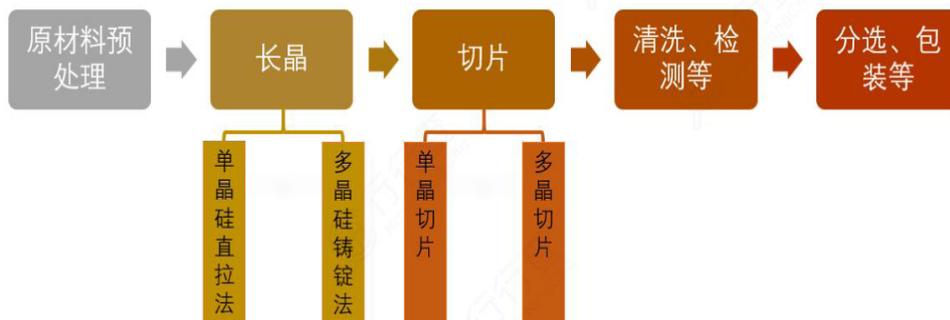


图 4 硅料到硅片工序图

直拉法：通过石墨电阻加热，将装在坩中的多晶硅熔化，然后将籽晶插入熔体表面进行熔接，经过引晶、放肩、转肩、等径、收尾等步骤，完成单晶硅棒拉制。优点是价格便宜，可控制直径大、生长速率可，缺点是杂质较高。

区熔法：利用热能在多晶硅锭一段产生融区，熔接单晶籽晶，通过调节温度使得融区缓慢上移，生成单晶硅棒。区熔法不需要使用坩，产品的纯度高，杂质少，但受生长机制的限制，区熔法通常用于生产 8 英寸以下硅棒，常用做 IGBT 功率半导体器件硅棒生产。

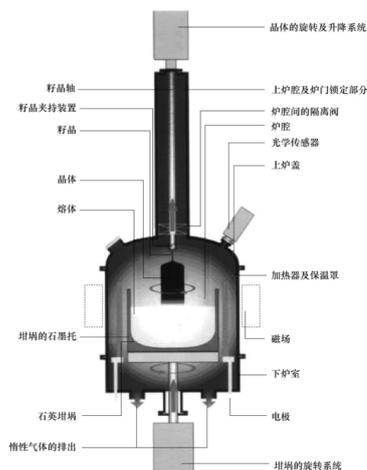


图 5 单晶炉内部结构图



图 6 单晶炉外部结构图



图 7 金刚线切片机

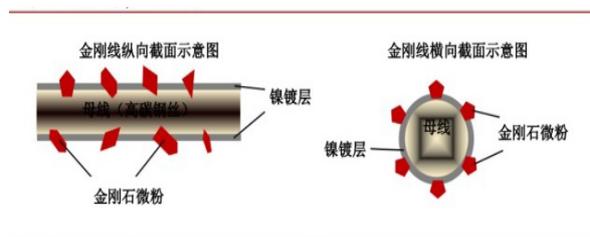


图 8 金刚线微观结构示意图

从硅棒到硅片：切片机为核心设备，金刚线为主要耗材。光伏切片机主要应用于切片环节将硅棒进行切割形成硅片，其作用原理为将金刚线压在硅材料表面，钢线基体上的金刚石颗粒在钢线带动下快速移动，将硅棒切割成硅片。超薄硅片的切片需要高精密切割设备与高质量金刚线辅以优异的切割工艺，硅片切割过程中，金刚线切片机超过 300 个部件需高精密切割配合工作，才能保证切片机高速、高精度、高稳定性地工作。（绿色低碳能源产业研究团队贾飞鹏 提供）

产业 分析

制氢成本概览

氢能产业目前在全球面临四大挑战，分别是氢应用的工业过程热脱碳、减少氢气燃烧产生的氮氧化物排放、用于大容量存储和有限占地面积的储氢技术、氢燃料电池电动汽车。其中根源性问题为制氢成本。

三一氢能有限公司在国内首个 2000 公斤级制氢加氢一体站今年 3 月基本完工。据报道该站点为国内最大的绿电制氢加氢一体站，能够以每公斤 35 元的价格供应氢气。这个价格意味着一辆传统燃油重卡的能耗成本与氢能源重卡基本持平。相比之下，中国其他地方的氢燃料零售价大约为每公斤 75 元，欧美等国价格在 100-200 元间不等。与绝大多数加氢站不同，三一重工的加氢站通过碱性电解槽就地生产氢气，从而避免了运输成本。因此每公斤 35 元的价格存在附加条件约束。并且由于缺乏技术披露，业界一直很难确定该技术的供应电力是否全部来自绿色能源发电。

美国曾于 2020 年提出“111”氢能计划，实际在当时美国绿色产氢成本就已低于 40 元每公斤（非市场价格）。由于美国通过管束拖车、管道、液氢罐车等

传统方式将氢气输送至加氢站使用且人力成本高昂，导致氢气售价一直高企。仅输氢管道总长，美国就是中国数倍之多，同时美国拥有世界上最大的地下战略储氢库，基础投入远超中国。美国与中国目前的制氢产业结构相似，中国年产 3400 万吨氢产量中近九成是工业制氢及副产氢（所谓的灰氢、蓝氢），绿氢产量仅占一成。美国产量为 1000 万吨，几乎全部由天然气制得（蓝氢）。两者比较之下，可以看出美国在制氢成本技术上仍然领先中国，但是零售阶段成本高于中国。美国内布拉斯加州清洁能源开发商 **Monolith** 曾联合 **Goodyear Tire & Rubber** 研发出高效的甲烷裂解等离子炉，其碳排放为 0.45 公斤二氧化碳每公斤氢气。但是由于美国气候法案的影响，严格的碳排放导致各州政府纷纷向绿氢（光伏制氢、风能制氢）以及粉氢（核能制氢）转型。生物能制氢尽管也属于绿色制氢，但是由于技术路线不同，同样可产生温室气体。粉氢中 HTE 和 LTE 制氢同样存在少许碳排放。因此，在上述技术上美国政府在支持力度上也进行了区分。目前绿色制氢成本结构为电力约 60%、设备投入约 20%、综合维护成本约 20%。

2024 年 4 月 10 日，中国石化宣布，“西氢东送”输氢管道示范工程已被纳入《石油天然气“全国一张网”建设实施方案》，标志着我国氢气长距离输送管

道进入新发展阶段。“西氢东送”起于内蒙古自治区乌兰察布市，终点位于北京市的燕山石化，管道全长 400 多公里，是我国首条跨省区、大规模、长距离的纯氢输送管道。为降低氢能成本发挥了积极作用。（绿色低碳能源产业研究团队张中强 提供）

科技新闻

中国能源绿色低碳发展不断迈上新台阶

国务院新闻办6月20日举行“推动高质量发展”系列主题新闻发布会，国家能源局局长章建华在发布会上就新型能源体系提出：构建新型能源体系是保障国家能源安全的必然选择。新型能源体系建设取得进展体现在四个方面。一是能源结构更绿。非化石能源供给提速，消费比重年均提高0.7个百分点，装机历史性超过火电。二是供应韧性更“强”。2023年煤炭、油气等一次能源生产总量48.3亿吨标准煤。全国发电装机容量超过30亿千瓦。原油产量稳定在2亿吨水平，天然气产量从2017年开始连续7年每年增长超100亿立方米。三是产业体系更“新”。新能源发电技术保持世界领先，光伏电池等“新三样”成为我国外贸出口的“新名片”。首座高温气冷堆商业示范工程建成投产。智能微电网推动“源网荷储”融合发展，虚拟电厂引导电力用户高效、主动参与需求响应。四是治理基础更“实”。多层次统一电力市场体系建设稳步推进，能源领域自然垄断环节监管制度更加健全，绿色电力证书、可再生能源消纳责任权重等政策机制深入实施。

党的十八大以来，我国能源安全稳定供应水平实现新跃升，能源消费结构持续优化，2013-2023 年，煤炭消费比重累计下降 12.1 个百分点，一次能源生产总量累计增长 35%，风电发电装机增长近 5 倍，光伏发电增长装机 30 多倍，我国建成全球最大规模充电基础设施体系。力争到 2025 年全国建成充电基础设施 1200 万台，终端用能电气化水平提高到 30% 左右。促进绿电消费规模持续扩大，推动非化石能源消费比重每年提高 1 个百分点。风电、太阳能发电、核电等非化石能源消费比重累计提高 7.7 个百分点。经济发展含绿量显著提升，能源科技现代化水平进入国际先进行列，形成自主知识产权的华龙一号等三代亚水堆核电技术，特高压输电、高参数煤电等技术保持世界领先，风电形成从设备制造、开发建设、到运行维护的完备全产业链体系。光伏电池转换效率多次刷新世界纪录，水电全产业链领先全球，新型储能、氢能等前沿技术产业化步伐加快，未来国家将统筹能源安全和低碳转行，持续推动用能方式转型升级，统筹推进核电、水电、新能源开发利用。（徐州市科技情报研究所郝丹丹 提供）

产业 分析

新质生产力 16 大重点新材料细分领域

日前，中国工程院院刊《中国工程科学》2024 年第 1 期从全球科技前沿角度，梳理了面向新兴和未来产业的新质生产力 16 大重点新材料细分领域。

一、面向新兴产业发展的新材料

1. 集成电路关键材料

重点布局覆盖 130-90nm、90-28nm 技术节点的先进逻辑产品、先进存储器用晶圆制造成套工艺和先进封装成套工艺的各类关键材料开发。

2. 信息功能陶瓷材料

发展新型微波介质滤波器件的高频低功耗设计原理、集成制造与纠偏微调技术及器件测试与评价方法。

3. 先进能源材料

围绕不同的能源转化、存储方式和原理，重点发展燃料电池材料、热电材料、超级电容器材料、固体锂电材料、生物质能材料、光电材料和纳米能源材料等方向。

4. 新型显示材料

以提高显示核心材料的国产化率，探索新型器件结

构，培育新材料、信息系统龙头企业，实现“换道超车”、引领行业发展为目标，攻克一批提升显示性能的关键材料与技术。

5. 生物医用材料

我国以医用羟基磷灰石陶瓷材料为代表的系列骨诱导人工骨，羟基磷灰石涂层及具有骨肿瘤与骨质疏松治疗功能的羟基磷灰石纳米材料，用于先天性心脏病和冠心病治疗的生物可吸收材料及器械，基于重组人源化胶原蛋白的心血管系统修复，骨科、牙科、皮肤科、妇产科等材料及器械产品，增材制造材料及产品等的研发，位列国际发展前沿。

6. 生物基材料

我国在原料、核心技术和产业发展等方面仍面临诸多挑战，与其他先进国家相比仍处于“跟跑”阶段。

7. 先进结构与复合材料

发展基于跨尺度多维度结构调控的新型结构材料、高性能高分子及其复合材料、高温耐蚀结构材料、轻质高强新材料、结构陶瓷及其复合材料、重大工程结构材料、增材制造材料并取得重大技术突破，材料微结构调控、超强韧化、极限化制备与服役等一批共性瓶颈技术达到世界先进水平。

8. 稀土材料

重点开展工程化及产业化关键技术研究，着力突破

稀土永磁材料、稀土发光材料、稀土催化材料、稀土晶体材料、高纯稀土金属及靶材等先进稀土功能材料的核心制备技术、智能生产装备、专用检测仪器及其应用技术。

9. 超导材料

突破高温超导材料批量化制备关键技术，开发出面向电力、能源、医疗和国防应用的超导电工装备，实现超导材料、超导强电和超导弱电产品的协同发展和规模化应用，总体达到国际先进水平。

二、面向未来产业布局的新材料

1. 原子制造技术

以原子水平的量子物理为基础、以原子级功能基元为核心，在物质极限层次开展材料与器件的制造技术。

2. 硅基多材料体系融合集成

搭建硅与先进光电材料的混合集成工艺平台，充分发挥集成电路工艺的超大规模、超高精度制造特性，结合各类材料的光电特性优势，实现高性能混合光电集成芯片制备技术突破。

3. 碳纳米管微纳电子材料

碳纳米管载流子迁移率高，可应用于射频器件的制造，提高射频器件的截止频率和最大振荡频率。

4. 超宽禁带半导体材料

高品质、大尺寸衬底材料的制备是近期技术突破的

重点；基于高品质衬底生长的外延材料将成为器件制备的基础，攻克器件制备工艺的技术难点将为超宽禁带半导体的广泛应用提供可能。

5. 超材料

多种电磁超材料、力学超材料、声学超材料、热学超材料及基于超材料与常规材料融合的新型材料相继出现，形成了新材料的重要增长点。

6. 液态金属

液态金属的应用基础研究已发展成为当前备受国际广泛关注的重大科技前沿和热点，为众多行业带来了颠覆性解决方案和实现手段。

7. 高熵合金

高熵合金发展的重点包括轻质高熵合金、耐高温难熔高熵合金、耐腐蚀高熵合金、耐辐照高熵合金、生物医用高熵合金、共晶高熵合金、耐磨高熵合金、储氢高熵合金、催化高熵合金、软磁高熵合金等。（新材料产业研究团队左晓婷 提供）

前沿 资讯

高性能钛合金箔材制备研发取得重大技术突破

据重庆日报6月22日消息，来自两江协同创新区明月湖的新型金属材料与近净成型技术团队在高性能钛合金箔材制备领域获得重大技术突破，其研发出的950MPa级高强钛合金箔材（TC4合金和Ti₂AlNb合金）可分别在350-500°C和500-750°C工作，且具有更高的强度和刚度、更优良的耐热以及更好的抗腐蚀性和疲劳性能，填补了国内0.08-0.5毫米厚度范围的高温高强钛基合金板箔材产品空白。

钛合金板箔材在航天飞行器中的应用非常广泛，例如蜂窝板、夹层结构板等，是轻质、高强度且耐高温的结构件必备材料。然而，随着高超音速飞行器设计理念的提出和研发要求，对轻量化结构和耐高温的钛合金板箔材的需求也相应提高。传统的纯钛以及合金板箔材已无法满足在高温高应力环境下的使用需求，因此，开发更高强度、更薄厚度、更优异的高温性能钛合金板箔材变得十分迫切。

面对新的需求，技术团队潜心研制更高强度、更薄厚度、更优高温服役性能的钛合金板箔材，TC4合金和

Ti₂AlNb 合金应运而生。该技术团队选取航天飞行器用高温高强 TC4 箔材和高温钛基金属间化合物 Ti₂AlNb 合金薄板等两类典型轻质耐高温、高强度材料作为研究对象，通过突破控温控轧等关键技术，大幅优化工艺流程、改善其组织性能，进而提升制造水平，最终开发出高温高强钛合金“新品”。据了解，TC4 合金和 Ti₂AlNb 合金分别是在 350-500°C 和 500-750°C 服役的高温高强钛合金，具有更高的强度和刚度、更优良的耐热以及更好的抗腐蚀性和疲劳性能。将它们研制为板箔材，可提升航天飞行器结构件的比强度和耐热性能，改善飞行器综合性能，为新一代前沿飞行器提供材料基础保障。此外，高温高强 TC4 钛合金板箔材产品除了可满足航天飞行器对高温高应力环境的服役需求，还可应用于宇航电子部件包覆材料、手机折叠屏以及氢燃料电池双极板等领域，具有广阔的应用前景。（新材料产业研究团队万思提供）

热点 资讯

大连化物所实现一氧化碳高效电解制 多碳燃料和化学品

据中国科学院 6 月 6 日消息，中国科学院大连化学物理研究所研究员高敦峰和汪国雄等团队，利用催化剂纳米颗粒间距离调控产物选择性的新策略，实现了工业级电流密度下高选择性一氧化碳（CO）电解制乙酸。该成果实现了高活性、高选择性和高稳定性 CO 电解制多碳（C₂₊）燃料和化学品，为减少化石燃料消耗和二氧化碳排放量提供新路径。

当前乙烯等基础化学品主要通过石油裂解生产，而我国能源赋存特点是相对富煤、贫油、少气。利用煤炭气化制备的合成气，可以作为生产烯烃的原料，是一条重要的非石油路线。当前的制备方式主要采取费托合成的方式，即将煤炭转化为 CO 和 H₂ 组成的合成气，再将其转化为液态燃料以及其他有价值的化学品。

但常用的制备合成气所生产的氢气比例过低，H₂/CO 比例通常小于 1。因此，在生产过程中一般通过水煤气变换反应来解决，即以牺牲 CO 为代价产生更多的 H₂，同时 CO 转化为二氧化碳（CO₂）。此时，合成气

转化反应通常有 20%-50% 的 CO 转化为 CO₂ 和甲烷，大大增加了碳排放。因此，亟须发展更加绿色、可持续的 CO 催化转化新路线。

针对上述挑战和问题，中国科学院大连化学物理研究所高敦峰研究员院士团队提出高效催化材料耦合先进电解器件的研究思路，利用具有高密度晶界的铜催化剂和碱性膜电极电解器/电堆，实现了高效 CO 电解制 C₂₊ 产物。在总电流密度为 5A/cm² 时，C₂₊ 产物法拉第效率达到 87%，且无 CO₂ 和甲烷等 C₁ 产物生成，C₂₊ 产物收率达到 85%。相关研究成果以 *CO electrolysis to multicarbon products over grain boundary-rich Cu nanoparticles in membrane electrode assembly electrolyzers* 为题，发表在《自然 - 通讯》上。（新材料产业研究团队万思 提供）

责任主编：鲍 斌

副主编：季小超 张 燕

编 辑：王 莹 史 伟 李承昊 万 思

研究团队：工程机械、绿色低碳能源、新材料产业团队



地 址：徐州市新城区元和路 1 号行政中心东综合楼 B 区

邮 编：221000

电 话：0516-83842594 邮 箱：xzskjqbyjs@126.com