

在成本可控环境下打通产品大规模生产堵点

## 中试平台成为技术创新“摆渡人”

在科技创新的航线上,有一片令人望而生畏的断裂带——“达尔文死海”:当大量科研成果满怀希望地起航,想从实验室走向市场,就会面临从毫克级到吨级的工艺放大难题、高额投入下的经济性拷问、复杂环境下的稳定性挑战……任何一道浪头都能吞噬创新的航船,形成科技成果转化断层地带。

中国制造业的版图中,正在涌现一批专业横渡这片“海域”的“摆渡人”,它们的名字叫“中试平台”。它能在成本可控的环境下高效打通产品大规模生产的技术堵点,形成样品并进行市场验证,提前拔除产品量产与市场接纳层面的“暗礁”,让创新成果得以顺利跨越断层地带。

创新的“诺亚方舟”：  
让“惊险一跃”变成“从容航行”

如果用一字形容中试平台,那就是“大”。在位于成都双流区的通威全球创新研发中心,一件件通威TNC光伏组件产品正在光伏检测中心T5实验室经历一场“严苛试炼”。它们不仅要在零下40摄氏度极寒到85摄氏度高温测试中保持性能,还要经历冰雹、载荷、紫外、盐雾、热斑、湿热等数十项实验,才能走向量产交付。实验所用设备,连成了一条一望无际的“钢铁白龙”,在宽广的实验室中低声轰鸣。

如此庞大的实验室,仅仅是通威股份先进光伏器件中试平台的组成部分之一。通威股份光伏首席技术官邢国强表示:“我们的先进光伏器件中试平台已建成TOPCon(隧穿氧化硅钝化接触)、异质结-铜互连、钙钛矿/晶硅叠层、XBC(交叉指状背接触结构)、组件共5条中试线和1个中试检测服务平台,配套设施面积共6.8万平方米。”这意味着,如果把中试平台的配套设施搬到一个平面上,它的面积堪比近10个标准足球场。

这是光伏行业内单体面积最大的中试平台,也是首批21家国家级制造业中试平台之一。邢国强表示,物理空间的大,代表的是一种综合性、全链条的实验能力。这个平台可容纳光伏产业几乎所有主流和前沿技术的并行研发,让不同技术路线的研发、验证得以同步进行,极大提升了研发效率。巨大的空间使得平台能够建设覆盖“核心材料-先进器件-重点装备”的完整中试验证链条,还配套建设组件研发中试线、中国合格评定国家认可委员会认证的可靠性实验室、户外实证基地等,让新技术实现从“点”到“面”的完整验证。

在位于深圳市宝安区的桃花源科技创新园,格林美的先进动力电池材料中试平台足足涵盖了三栋大楼,总面积超过了1万平方米。“我们这个平台的总

投资是1亿元,其中设备投入就接近4000万元。整个平台配备了111套国际先进水平的检测与试验设备,包括X射线电子能谱仪、电感耦合等离子体质谱仪等核心装备,建成了9条成熟中试线和6个重点实验室。”公司相关负责人表示。据介绍,该中试平台研发的中镍高电压三元前驱体已经在2025年实现行业大规模商用化,全年销量达4.4万吨。

而在距离深圳不远的佛山市顺德区北滘镇,矗立着总面积超1.6万平方米的美的库卡高端工业机器人制造中试平台。库卡中国项目与产品验证部部长李建韬表示,该平台集研发、质量验证及生产制造于一体,拥有高精尖设备400余台(套),设备类专项投资超过了8000万元。

中试平台的庞大面积和高额设备投资,构筑了一艘抵御风险的“诺亚方舟”,它用确定性的重资产投入,为最具不确定性的技术创新提供了一个能够低风险试错、高水平验证、系统性优化的“压力测试舱”,让跨越“达尔文死海”的“惊险一跃”变成“从容航行”。

全能型“特种兵”：  
打通技术到市场“最后一公里”

中试,是实验室新成果走向规模化生产的过渡性试验,也是科技成果产业化的关键环节。中试平台要系统地解答每一项创新从“技术可行”到“市场可行”之间的所有关键问题,真正打通创新落地的“最后一公里”。

中试平台,首先是技术路线的“侦察兵”,能帮助企业快速探索并布局新一代技术。邢国强表示:“光伏行业正经历TOPCon、HJT(异质结)、BC(背接触)、钙钛矿等多种技术路线多元化发展,企业必须持续创新才能保持竞争力。这个中试平台,使我们能够并行研发多种主流及前沿技术,显著缩短从

实验室成果到规模化生产的周期。”

邢国强表示,在光伏行业激烈的市场竞争中,技术的性价比和产业化速度至关重要。中试平台则提供了一个低成本、高效率的技术验证平台,允许企业在不断主流生产线的前提下,并行研发和测试下一代技术,确保技术领先地位。这个中试平台,被视为公司技术战略的“侦察兵”和“先遣队”。

中试平台也是技术攻坚的“爆破手”,能定向突破产品制造的技术难关。随着新能源产业迅速发展,市场对安全、稳定的高镍三元前驱体材料需求日益扩大。格林美相关负责人表示:“如何既保持合成工艺高产能、高效率、批次稳定性好的优点,又能达到材料粒度分布均匀、微粉少的特点,是镍钴锰三元前驱体生产工艺研究的重心,也是国内电池材料前驱体制备工艺存在的关键、共性技术难题。”

为了突破这些难题,格林美先进动力电池材料中试平台投资了100万元进行技术攻关,最终得到了超高镍三元正极材料前驱体材料生产效率和产品一致性等问题。“截至2025年12月,该项目的高镍三元前驱体已实现大规模生产,这也让格林美成为了全球唯一具备大规模生产超高镍9系壳壳三元前驱体的企业。”格林美相关负责人表示。

此外,中试平台更是产品落地前的“实战陪练”。在美的洗衣机合肥工厂,96台库卡机器人组成的“钢铁军团”分工明确地高效运转,有的负责搬运,有的负责码垛,有的负责贴标。李建韬称,在这些机器人协同工作的助力下,合肥工厂最快能以7秒下线一台洗衣机的速度作业。而这96台库卡机器人在正式走进合肥工厂之前,已经在顺德的中试平台进行了“大练兵”。

李建韬说:“中试平台不仅是这些工业机器人的‘出厂关’,更是应用场景的‘模拟场’。在中试平台的模拟产线上,这些机器人被预先进行了全流程

## ► 科工前沿

## 信息存储技术或迎跨越式革命

想象一下,将一万部高清电影或二十万段短视频,全部塞进一张邮票大小的设备里——这不是科幻,而是我国科学家的最新成果可能带来的真实未来图景。近日,中国科学院物理研究所金奎娟院士、葛琛研究员、张庆华副研究员联合团队在《科学》期刊上发表重要研究成果——首次在三维晶体中发现并操控“一维带电畴壁”,为下一代超高密度存储与人工智能芯片奠定了科学基础。这项成果不仅颠覆了传统认知,更意味着信息存储技术有望迎来从“二维平面”到“一维线”甚至“零维点”的跨越式革命。

在人们熟悉的磁铁中,无数个微小磁针指向同一方向,从而产生磁性。类似的,铁电材料内部存在无数个“电学指南针”,它们自发指向同一极化方向,形成正负电荷分离的结构。更神奇的是,这些“电针”的方向能用外部电场翻转,就像开关一样,因此铁电材料被誉为“信息存储的明星材料”。

在实际材料中,这些“电针”并不会全部整齐排列,而是分成一个个方向一致的小区域,称为“铁电畴”,畴与畴之间的边界就是“畴壁”。你可以把整块材料想象成一个魔方——如果所有小方块颜色相同,就是单一畴;如果颜色不同,畴壁就是不同色块之间的界面。

长期以来,科学界认为,在三维晶体中畴壁自然是二维的“面”。但研发团队通过创新材料设计

## “溶解压卡效应”开辟绿色制冷新路径

近日,中国科学院金属研究所研究员李昂团队与合作者首次发现了“溶解压卡效应”,有望同时攻克制冷领域的三大核心难题——低碳排放、大制冷量和高换热效率,为下一代绿色制冷技术开辟了全新路径。近日,相关成果发表于《自然》。

研究团队在实验中发现,硫酸铵水溶液在压力变化下表现出惊人的热效应:加压时,盐析出并放热;卸压后,盐迅速溶解并强力吸热。室温下溶液温度可在20秒内骤降近30摄氏度,在高温环境下降温幅度更大,远超已知固相变材料性能。科研人员将这一现象命名为“溶解压卡效应”。

该效应的突破性在于将制冷工质与换热介质

验证,发挥了库卡机器人高柔性、重复精度高、臂展可选范围广等特点,满足了合肥工厂小批量、多品类兼容生产模式下的通用性及快速换模需求,为合肥工厂降本增效提供了强大助力。

同时,中试平台也是“市场迷雾的驱散者”。在位于深圳市光明区的卫光生命科学园,道生生物(深圳)有限公司负责人表示:“在靛蓝色素项目中,依托中试数据,我们精准测算出了产品规模化生产的成本结构,确认了合成生物靛蓝色素的量产成本能降到植物提取靛蓝的50%以下,为商业化提供了关键数据支撑。”中科阿尔诺(深圳)生物科技有限公司负责人认为,中试产线能显著增强企业的商业竞争力,让产品在具备规模化产能后得以迅速完成客户样品测试、批量订单交付,加速产品市场导入速度。

产业发展新枢纽：  
通往多方合作“生态雨林”

近两年,制造业中试平台开始在国家的政策蓝图与产业规划中被反复提及并置于关键位置。2025年11月,工业和信息化部办公厅发布《关于进一步加快制造业中试平台体系化布局和高水平建设的通知》,提出要按照“做强一批、激活一批、补齐一批”的推进思路,突出公共服务性质和功能,明确建设路径,系统化推动中试平台建设发展。

制造业中试平台受重视的背后,是其带动产业发展的“火车头”属性被挖掘。当一座中试平台的能力足够强大,并选择向外界敞开大门时,它的角色便不再只是服务于自身技术攻坚的“内部武器”,而是升级成了推动整个产业协同进步的“公共枢纽”。

通威股份的先进光伏器件中试平台就选择了面向全行业开放,邢国强表示:“国内光伏设备、材料厂商缺少验证场景,必须有一个中试公共平台,把样机放大到量产机,为产业大规模生产降低风险和成本,提供准确的数据支持。我们的开放中试平台是我们与产业链上下游伙伴联合开发、联合创新的重要基地,有利于将自身技术标准扩散至整个供应链,提升产业链的整体水平。”

邢国强称,对于行业新技术来说,该平台提供了一个技术验证场所,提前暴露和解决量产中可能出现的良率、成本、可靠性问题,避免了直接将不成熟技术投入巨资建设的生产工厂所带来的巨大投资风险。

为全方位带动产业链上下游发展,先进光伏器件中试平台还构建了“中试+研发+孵化+投资+场景”的雨林生态体系,“牵手”了四川大学、电子科技大学等院校和科研机构,并与产业资本紧密合作。

格林美的先进动力电池材料中试平台同样面向产业开放,相关负责人表示:“我们为行业上下游企业、高校及科研机构提供了从关键材料设计、工艺开发、中试生产到材料性能验证的全链式专业服务。通过产业生态构建、技术反哺和新市场开拓,逐步吸引上下游企业汇聚。”通过开放能力、共享资源、协同攻关,中试平台正将龙头企业的技术势能转化为驱动整个产业生态繁荣的动能,形成滋养技术创新的“生态雨林”。

据《证券时报》作者:安宇飞

## 国产半导体产业“换道突围”

全国首条二维半导体工程化示范工艺线点亮

日前,全国首条二维半导体工程化示范工艺线首次正式点亮。这条占地约1000平方米的示范工艺线位于上海浦东新区,由原集微科技(上海)有限公司(以下简称“原集微科技”)建设。这标志着全球首款基于二维半导体材料的32位RISC-V架构微处理器“无极”背后的技术,正式从实验室走向生产线。基于该工艺线生产的首批产品实现初步功能验证,表明我国二维半导体已具备从科研走向规模化制造的基础条件。

原集微科技创始人包文中表示:“我们有理由相信,二维半导体的器件性能可以在较短时间内追上硅基半导体,最终形成和硅基半导体长期共存、应用互补的局面。”

## 半导体制造提效升级

在位于浦东新区川沙新镇的原集微科技生产车间,工艺线上有包括光刻机在内的多种半导体加工设备。5名身着防尘服的技术人员正在进行调试,现场一派忙碌景象。

一位工程师表示,该示范工艺线定位为二维半导体工程化验证平台,利用光刻、刻蚀以及薄膜等工艺,对二维半导体晶圆进行精密工艺加工,制备晶体管。面对二维半导体上百道工艺参数的复杂耦合难题,包文中带领团队创新采用“原子级界面精准调控+全流程AI算法优化”双引擎技术,通过机器学习高效筛选最优工艺参数组合,大幅提升了生产效率和工艺稳定性。

2025年4月,复旦大学教授周鹏及包文中联合团队发布了全球首款基于二维半导体材料的32位RISC-V架构微处理器“无极”。两个月后,二维半导体工程化示范工艺线正式启动建设。根据规划,该示范工艺线将于今年6月实现通线运行,预计今年年底前将实现等效硅基90纳米CMOS制程和MB级存储器验证,并结合先进封装与硅基融合技术,开展存算一体产品的小批量生产。原集微科技旗下企业——原集微(上海)电子有限公司总经理喻涛认为:“这条线的价值就在于,证明了我们不但能做顶级科研,而且能把产业界认可的产品做出来。”

全国首条二维半导体工程化示范工艺线的点

亮,是实现“从1到10再到100”的至关重要的一步,为半导体制造的“换道突围”吹响了号角。

包文中表示,2027年,原集微科技将努力实现等效硅基28纳米工艺;2028年,将提供等效硅基5纳米甚至3纳米工艺方案;2030年,利用二维半导体工程化示范工艺线,力争实现和国际先进制程的同步。

## 仍需攻克多道难关

与传统硅基半导体相比,二维半导体具备颠覆性优势。在电子传输效率上,二维材料构建的“平面电子高速公路”能让电子几乎不发生垂直方向的散射,且运动速度远超硅基材料电子运动的速度;在功耗控制上,其天然的原子级厚度,完美解决了硅基半导体的短沟道漏电难题;在材料体系上,二维半导体以二硫化钼、二硒化钨等过渡金属硫族化合物为核心,材料来源丰富。

业内专家指出,二维半导体要实现产业化,还需迈过材料、生态等难关。材料制备的规模化与均匀性是首要挑战。二维半导体材料具有极薄的特点,给加工带来很大挑战。包文中打了个比方——如果说硅材料是一块花岗岩,可用斧头和凿子把它雕塑成人像,那么二维半导体材料则是一块豆腐,轻轻一碰就会破损,要用它雕塑人像必须特别小心。

此外,产业生态的构建则是更长期的考验。当前,针对二维半导体的器件模型、设计规则、工艺设计套件尚未建立,上下游产业链也未形成闭环。从专用设备的研发、封装测试技术的适配,到终端应用场景的开发,都需要跨领域协同创新。

从实验室成果到工程化示范,二维半导体在上海迈出了产业化的关键一步。包文中说:“西方在硅基先进制程上领先,可能会在5年以后才会把重心转移到二维半导体,那我们完全可以借助国内基础研究上的优势,提前开始二维半导体产业化的布局探索,实现‘换道突围’。”

未来,随着产业化技术的持续迭代和生态的逐步完善,二维半导体制造有望成为我国半导体产业的重要技术路线并加速发展。

据《科技日报》作者:李均

据《中国科学报》作者:张博