



新材料驱动新未来

——石化产业在未来产业中大可有为

□本报记者 王一冰

当前,全球科技革命与产业变革加速演进,未来产业已成为大国博弈的战略高地与经济竞争的核心赛道。2024年1月18日,工业和信息化部等七部门联合印发《关于推动未来产业创新发展的实施意见》,首次官方定义未来产业为“由前沿技术驱动、处于孕育萌发阶段

或产业化初期,具有显著战略性、引领性、颠覆性和不确定性的前瞻性新兴产业”,并划定了未来制造、未来信息、未来材料、未来能源、未来空间、未来健康六大重点领域。在这一宏大布局中,石油化工产业尤其是化工新材料与高端化学品,不仅为所有未来产业提供底层物质基础,其自身也正通过技术创新与产业升级,成为未来产业的核心组成部分。这是记者4月29日从中国石化和化学工业联合会主办的2026石

化产业发展大会之未来产业发展分会场获取的信息。

正如国家新材料专家咨询委员会副秘书长谢曼在会上指出的:“材料是产业链、供应链的上游核心,是所有未来产业发展的物质基础。”从未来信息中的超宽禁带半导体到未来能源中的固态电池与氢能、从未来制造中的人形机器人的轻量化骨骼到未来健康中的生物医用高分子,石油化工的身影无处不在。

“十五五”期间国家重点研发计划已将超宽禁带半导体列为核心攻关方向,这要求石化行业从传统的大化工思维转向“超高纯、原子级精度”的电子化学品思维。

石油化工材料在动力电池领域意义重大:正极材料是电池降本提效的关键;负极材料的迭代更直接体现了化工材料的革命性;隔膜与电解液同样面临升级压力。

在氢能领域,自然光分解水制氢是未来终极清洁能源的关键路径。

人形机器人硬件平台迭代直接依赖新制造、新传感、新材料。轻量化、柔性化聚合物材料是核心突破方向。

医用高分子材料是增长最确定、民生关联最紧密的领域之一。国内医用高分子材料产业五大趋势,每一项都与化工材料密切相关。

AI正在重构化学科研模式,化工新材料的研发正从试错式走向预测式。

未来信息 半导体材料迭代——化工材料迎来黄金窗口

未来信息产业正加速从传统计算与通信向“人工智能+量子技术+6G通感算智融合”的新范式跃迁。这一跃迁对材料的依赖呈指数级增长。半导体材料是信息产业的核心基石,已形成四代体系。第一代,硅、锗支撑了集成电路70余年的发展,迄今仍处于主导地位;第二代,砷化镓、磷化铟推动了光通信与光存储革命,使通信速度、信息容量、存储密度大幅提高;第三代,碳化硅、氮化镓成为5G通信主力材料。而面向6G、空天地一体化网络、量子计算等未来场景,第四代超宽禁带半导体——氧化镓、金刚石等成为决定性材料。

国家新材料专家咨询委员会副秘书长谢曼说,6G通信预计2030年带动全球超3.2万亿美元经济产出,我国6G专利申请全球占比超40%,但超宽禁带半导体材料起步较美日等国稍晚。化工企业正面临历史性机遇,可重点研发大尺寸、高导热、低成本、少缺陷的金刚石、氧化镓、砷化镓等新型射频器件材料。国内万华化学、巨化股份等多家化工企业已布局相关驱动、高纯气体、衬底加工化学品,但距自主可控仍有差距。“十五五”期间国家重点研发计划已将超宽禁带半导体列为核心攻关方向,这要求石化产业从传统的大化工思维转向“超高纯、原子级精度”的电子化学品思维。

5月25日,华为正式发表“ π 定律”,这是我国在全球半导体领域首次提出指导产业发展的新原则。其核心是用“时间缩微”替代“几何缩微”,通过“逻辑折叠(3D逻辑堆叠)”系统性降低信号时延,不依赖极致制程也能持续提升芯片性能。这意味着我国芯片产业找到了一条“换道超车”的技术路径。逻辑折叠不是简单的物理堆叠,而是3D混合封装的系统性创新,对湿电子化学品、光刻胶、电子特气、先进封装材料等提出了更高纯度、更高精度和更强可靠性的要求,这些关键化工材料将迎来国产化升级的黄金窗口。

后摩尔时代更需要技术突破。石墨烯、碳纳米管、二硫化钼等二维半导体材料有望突破硅基物理极限;光计算所需的集成光电材料、超高速光电芯片封装材料、铁电存储所需的钽酸铪铁电材料等,均依赖化工合成与纯化技术的极限突破,我国研发比国外晚4~5年,亟须加快追赶。未来信息的竞争,不仅是设备与算法的竞争,更是原子尺度材料合成能力的竞争。对石化产业而言,从“大化工”到“电子化学品”的思维跃迁,已不再是选择题,而是生存必答题。

未来能源 动力电池与氢能——化工材料的主战场

未来能源是未来产业中体量最大,产业化节奏最快的板块之一,而动力电池与氢能是其两大支柱。西安理工大学李明博博士揭示了石油化工材料在动力电池产业中的核心作用。

正极材料是电池降本提效的关键。磷酸铁锂凭借安全性与长循环,2025年国内出货量占比高达79.1%,但受限于比容量偏低,难以适配固态电池。高镍三元材料(镍含量 >0.6)以220毫安时/克的放电容量支撑高端续航,但其表面界面衰退问题需要化工领域的表面改性、元素掺杂技术解决。更前沿的富锂锰基正极理论比容量远超三元材料,但面临不可逆析氧、电压衰减等本征缺陷,这些问题的突破——从专用电解液到界面相容性调控,都落在化工材料研发的肩上。

负极材料的迭代更直接体现了化工材料的革命性。当前商用石墨负极比容量仅370毫安时/克,而硅碳负极理论比容量达4200毫安时/克,成为350~500瓦时/千克高能量密度电池的必经之路。但硅碳负极充放电时体积膨胀率高达300%,导致结构破碎、循环衰减。CVD(化学气相沉积法)硅碳负极技术已从消费电子扩展至动力电池领域,特斯拉4680电池已采用该技术,宁德时代等头部电池企业也在积极布局。这要求化工企业提供高纯硅烷气、多孔碳载体、功能化粘结剂等关键材料,并解决硅碳负极比表面积大、副反应多、倍率性能差等界面问题。远期,锂金属负极作为能量密度天花板(适配1000瓦时/千克级固态电池),其枝晶抑制、超薄锂箔制备技术更是化工与电化学的交叉前沿。

隔膜与电解液同样面临升级压力。湿法涂覆隔膜、本征高安全隔膜、耐高温功能涂层成为核心方向,需要化工企业开发高热导率、高离子电导率的新型涂层材料。而全固态电池对硫化物电解质、氧化物电解质的需求,更是将化工材料推向了“离子电导率、固-固界面稳定性、界面阻抗控制”三大全新考核指标的前沿。

在氢能领域,中国石化和化工联合会副会长傅向升认为,自然光分解水制氢是未来终极清洁能源的关键路径。大连化物所、三菱化学、东京大学等已在实验室验证了光催化剂效率与氢氧分离可行性,100平方米户外示范装置已运行数月。这对化工材料提出了光催化剂、质子交换膜、气体分离膜等一系列新需求。化石资源制氢耦合CCUS(碳捕集、利用与封存)、生物质制氢、海水直接制氢等路线,也都离不开化工领域的高效催化剂、吸附剂、膜材料创新。石化企业若能在绿氢成本上实现突破,将真正奠定氢能作为“终极能源”的产业化基础。

未来制造 人形机器人的“骨骼、肌肉与皮肤”——化工材料角色不可替代

人形机器人是未来制造的标志性产品,也是2025年全球科技竞争的热点。国地共建人形机器人创新中心高级工程师刘辉说,当前人形机器人正从“颤颤巍巍”的舞台表演跨越至“后空翻、跳跃”的高动态运动,产业化拐点对标2002年计算机、2008年智能手机、2020年智能汽车。这一跨越背后,化工新材料扮演着不可替代的角色。

人形机器人发展趋势是低成本硬件平台、高阶具身模型、规模化具身数据、专业化智能训练场。其中,硬件平台迭代直接依赖新制造、新传感、新材料。轻量化、柔性化聚合物材料是核心突破方向。

仿生骨骼与结构件方面,需要高强高模碳纤维增强复合材料、增强自润滑聚醚醚酮(PEEK)特种工程塑料,要求在保证强度的前提下大幅减重,同时具备自润滑特性以降低关节磨损。

柔性皮肤与触觉传感方面,需要安全、柔性、类皮肤的弹性体材料(如热塑性聚氨酯、硅橡胶),须集成触觉、温度、压力传感功能,这对导电填料、介电弹性体、自修复高分子材料提出了新要求。

动力与传动系统方面,需要耐高温、耐磨损的齿轮与轴承材料,以及高性能密封与绝缘材料。能量存储与线路管理方面,需要柔性电池、可拉伸导线、高效热管理材料。

刘辉说:“化工新材料直接决定人形机器人的性能上限,场景适配上限与产业化落地上限。”目前,国内在肢体硬件领域领跑全球,但原创智能技术与根技术(操作系统、核心芯片)仍存短板,这要求化工材料研发必须与机器人整机、具身智能算法深度协同,而非孤立进行。例如,材料的柔性度需要与控制算法中的动力学模型匹配,材料的耐磨性需与机器人动作频率、负载周期挂钩。这种跨学科协同,正是未来制造对化工产业提出的新挑战与新机遇。

未来健康 医用高分子材料——五大趋势均与化工材料密切相关

未来健康领域中,医用高分子材料是增长最确定、民生关联最紧密的领域之一。中国科学院长春应用化学研究所研究员石恒冲说,国内医用高分子材料产业五大趋势,每一项都与化工材料密切相关。

趋势一:医用聚烯烃用量持续扩容。高透明聚丙烯替代玻璃与聚碳酸酯,超高分子量聚乙烯替代陶瓷,POE(聚烯烃弹性体)替代传统PVC(聚氯乙烯)。团队开发的血液透析器聚丙烯壳体材料,将吨价从2.5万元降至1.5万元,单支成本从2.6元降至1.5元,且消除了双酚A析出风险。这证明:化工企业通过技术升级,完全可以在高端医疗耗材领域实现“降本替代”与“进口替代”双赢。

趋势二:辐照灭菌成为产业升级核心机遇。全球90%、国内60%的医疗器械仍采用环氧乙烷灭菌,而辐照灭菌速度快、无残留、无污染,但常规高分子材料耐辐照性能差。团队通过反应挤出接枝技术,将耐辐照稳定剂接枝到分子链,成功开发耐辐照聚丙烯,已应用于注射器、输液器、真空采血管等产品。这为化工助剂、改性材料企业开辟了百亿级新市场。

趋势三:非邻苯、非PVC替代已成必然。PVC添加40%~60%邻苯类增塑剂(DEHP),易析出蓄



积,吸附高端药物(部分药物吸附率高达60%)。美国加州2024年已立法禁止DEHP医用耗材。团队与威高集团合作开发的SEBS(线性三嵌共聚物)+聚丙烯合金TPE材料,2017年实现产业化并牵头制定行业标准。这提示化工企业,环保法规驱动的材料替代不是短期热点,而是长期刚需。

趋势四:医用工程塑料加速国产化。超高分子量聚乙烯(PEEK)、聚己内酯(PCL)等长期被国外企业垄断。以人工关节用超高分子量聚乙烯为例,美国塞拉尼斯公司限售医用级树脂,从普通树脂(2万元/吨)到交联抗氧化型材料(80万~150万元/吨),价差在40~75倍。团队联合威高集团、上海化工研究院实现全链条国产化,国产型材料磨削速率优于进口材料。这表明,高端医用工程塑料的国产化不仅是技术问题,更是产业链安全问题,需要化工企业与医疗器械企业联合攻关。

趋势五:医用可降解高分子成为增长极。聚乳酸(PLA)、聚己内酯(PCL)等广泛应用于可吸收缝合线、心脏支架、医美填充,PCL价格在2万~6万元/千克。依托陈学思院士技术体系,团队已实现医用级聚乳酸产业化。这类材料的高附加值、高技术门槛,正是石化产业从大宗化学品向生命科学材料跃迁的典型路径。

AI赋能与产业变革 化工材料研发范式的重塑

未来产业的发展离不开研发范式的革命。烟台国工智能科技有限公司董事长柳彦宏展示了AI如何重构化学科研模式:与万华化学合作的PE(聚乙烯)催化剂研发中,传统单次实验周期4个月、成本30万元,而通过分子性能预测器(1分钟输出活性、选择性等指标,准确率 $>90%$)和对抗性AI分子生成(每日生成百万种新结构),成功研发全新催化剂结构,性能对标国外专利产品。

这揭示了一个根本趋势:化工新材料的研发正从试错式走向预测式。自动化功效关系挖掘、逆合成技术、AI无人化学实验室(24小时作业,等效7~8名人员)正大幅降低研发门槛。柳彦宏指出,有机化合物组合数量高达10的60次方,传统实验无法有效探索,而AI博弈模型可定向锁定高性能方向。对石化企业而言,这意味着未来竞争的焦点不再是“谁有更多反应釜”,而是“谁有更高质量的标准化数据与更精准的预测算法”。

同时,AI全域光谱检测仪(覆盖175~2800纳米,OLED光源寿命10万小时)实现了化学反应过程的秒级在线监测,解决了“反应过程不透明、异常无法溯源”的行业问题。轻量化“智链AI化学研发平台”则让中小企业也能享受AI红利。

具身智能走向规模化产业落地

行业纵览

无人机有了“氢能心脏”

近日,中国科学院大连化学物理研究所团队研发的“高比功率阴极封闭式风冷电堆”技术,通过了中国石化和化学工业联合会组织的科技成果鉴定。专家组一致认为,该成果拥有自主知识产权,电堆比功率处于国际最高水平,总体技术达到国际领先水平。

在今年政府工作报告中,低空经济的定位从“新增长引擎”“新兴产业”提升为“新兴支柱产业”,但传统锂电池续航短、现有燃料电池系统笨重等问题成为制约行业发展的瓶颈。大连化物所科研团队历时多年攻关,系统地化解了风冷燃料电池的“保水”与“载质”的矛盾,研发出这款轻量化、高功率、风冷散热于一身的“氢能心脏”,实现了从实验室到规模化应用的跃迁。据检测,搭载该系统的工业无人机续航时间较传统电池提升两倍以上。

目前,越疆机器人已覆盖汽车、3C电子、新能源、化工、金属加工等15个行业,渗透焊接、码垛、上下料、装配等200多个工业场景,并在零售、餐饮、商超酒店等高频服务场景中实现智能快速上线、长期稳定运营。

如汽车座椅智能检测机器人集成3D视觉,可满足“多品种、小批量、高动态”的复杂生产需求。智能焊接机器人

搭载智能焊接工艺包,可复制老师傅手艺。电力巡检人形机器人基于多模态感知,可在变电站复杂环境中自主识别面板状态并巡检。具身智能“超级工厂”群体协同方案是:以自研空弈具身大模型为“大脑”、高精度力控系统为“小脑”,统一调度机械臂、轮式、人形、多足等全形态“多体”,协同完成分拣、运输、组装全流程,实现智慧工厂作业。

在生活领域,人形机器人可自主售卖爆米花,还可在商超、药房等零售门店上岗,智能艾灸机器人能够实现激光精准定位与智能测温控温、精准模拟五大经典灸灸手法。

记者手记

石化产业不是“夕阳”而是“朝阳”

综合未来产业发展分会场的的前沿分享,记者得出一个清晰结论:石化产业绝非“夕阳产业”,而是未来产业不可或缺的“母基”与“核心引擎”。

正如傅向升副会长所说,如果把“产业”比作一艘航船,传统产业就是早已停泊港湾、已深入内陆,正值硕果满枝的产业,是“压舱石”产业;战略性新兴产业则是已经登岸,在沿海地区已经布局、正在快速建设和发展,并正向内陆扩展的产业;新兴产业可以理解为刚刚靠岸、即将登岸,正在沿海和发达地区开始布局、产业化前景良好,一旦推开将迅速成长为经济支柱的重要产业;未来产业则是立于岸边、眺望海面,已经看得见桅杆尖头的航船,是未来发展的潜力与空间之所在。石化产业既承载着传统产业的压舱石重任,又通过化工新材料、生物制造、氢能等方向深度嵌入未来产业浪潮。

面向“十五五”,我国石化产业应把握三大战略方向:一是向高精尖突破,聚焦超纯电子化学品、高端医用高分子、固态电池材料等“卡脖子”领域;二是向绿色化转型,以生物制造、化学循环、氢能替代实现低碳甚至负碳发展;三是向智能化升级,全面引入AI研发平台、无人实验室、全流程在线检测,重塑研发与生产范式。

新材料驱动新未来,石化产业必将成为我国抢占全球科技与产业制高点的关键支撑。



王强AI制图