



编者按

6月15日,国家发展改革委等五部门联合印发《关于开展重点行业节能降碳改造攻坚三年行动的通知》,明确到2028年底,钢铁、电解铝、水泥、平板玻璃、炼油、乙烯、合成氨、甲醇等工业重点行业达到现行能效标杆水平的产能比例平均提高20个百分点,煤电行业力争提高15个百分点,能效基准水平以下产能基本清零,累计形成节能量1亿吨标准煤以上、减排二氧化碳2亿吨以上。“十五五”期间,随着“双碳”约束趋紧,我国石化工业绿色转型任务艰巨。在日前召开的2026全国石油和化工行业科技创新大会上,众多院士专家就石化工业的绿色转型路径进行了深入探讨,本版选择部分观点刊发,敬请关注。

本版文字由 本报记者 程强 整理

石化工业 探寻 绿色转型路径

“十五五”石化工业绿色转型任务艰巨

中国石油和化学工业联合会副会长凌逸群介绍,“十四五”期间,我国石油和化学工业产品结构持续优化,化工精细化率超过50%,提高6个百分点;化工新材料产值突破万亿元,占化学工业比重超过15%,提高5个百分点;环保型染料占比45%,提高15个百分点;环境友好型涂料占比70%,提高11.5个百分点。

绿色低碳方面,汽油油全面实施国VI标准,轮胎、涂料等产品质量显著提升;炼油、乙烯、合成氨、甲醇等重点产品能耗较2020年下降2%~6%;磷石膏综合利用率65%,废塑料化学利用率显著提高,水重复利用率94%,重点企业废水回用率超75%;实施工业烟气超低排放目标,重点企业VOCs(挥发性有机化合物)去除率90%以上,危废规范化处置率100%。

“十五五”期间,随着“双碳”约束趋紧,我国石化工业绿色转型任务艰巨,绿色低碳发展的主要目标是:重点产品单位增加值二氧化碳排放下降12%,能耗下降10%,碳排放总量达峰;行业纳入全国碳排放权交易市场,培育一批零碳工厂、零碳园区;VOCs排放持续减少,固体废物综合处理能力和水平显著提升,磷石膏实现100%无害化处理。重点任务是大发展循环经济,推进节能降碳改造,强化污染防治攻坚,全面推进绿色制造。

加快发展新兴产业和未来产业有助于绿色转型。精细化工方面,重点开发高端试剂、橡胶助剂、塑料助剂、胶粘剂、表面活性剂、食品添加剂、饲料添加剂、水处理剂、建筑化学品、润滑油添加剂等。生物合成方面,重点发展生物催化及酶制剂、生物基大宗化学品、生物材料、生物基能源产业等。氢能方面,重点是降低制氢成本、优化储运技术、提高输氢效率、开拓用氢场景。

低碳化工艺革新:甲醇可发挥重要作用

中国科学院大连化学物理研究所所长刘中民说,当前正处于大变革时代。能源革命是提高化石能源利用效率、实现新能源替代,需要新原理、新技术的支撑。工业革命是在增加碳排放约束的条件下重塑历经百年发展的成熟工业流程,需要新理论、新方法指导,推进能源革命、工业革命,根本在于科技革命,人工智能提供了前所未有的机遇。

我国碳排放主要来自能源生产、工业利用、交通建筑。解决途径是推动能源革命,发挥多种能源互补融合优势,构建清洁低碳、安全高效的能源新体系;用新思路、新途径实施工业流程革新;开展交通运输电气化、建筑节能改造。

化工行业碳排放量大,其中1/3来自电力、热力间接排放,2/3来自燃烧、工艺过程排放。同时,随着电动汽车爆发式发展,成品油需求下降导致石油加工规模降低,将造成石化原料(石脑油)短缺,迫切需要开拓新的石化原料,以及研发石化低碳化升级技术。

甲醇可发挥重要作用。利用催化技术,将甲醇转化的强放热反应与石脑油转化的强吸热反应耦合,不仅可以大幅降低能耗,而且可以提高化工品收率。该类技术与煤制油结合,颠覆了烯烃、芳烃传统生产技术,不再受制于石脑油,同时,取消高能耗乙炔,构建起新型含氧化合物产业链。

刘中民院士团队开发的第三代甲醇制烯烃技术处于国际领先水平,已商业运行4套,烯烃产能400万吨/年。首创二甲醚经乙醚制乙醇技术并实现世界首次工业示范,已商业运行6套,产能215万吨/年。开发的甲醇制丙烯技术,消耗2.6~2.7吨甲醇可生产1吨烯烃(乙烯+丙烯+1-丁烯)。

开发的甲醇甲苯制二甲苯(PX)联产低碳烯烃技术,甲苯、甲醇转化率,二甲苯中PX选择性接近95%,无须吸附分离,一级结晶分离即可获得高纯度PX产品。

开发的甲醇石脑油耦合制芳烃技术,通过反应原位耦合,大幅降低能耗,同时提高芳烃收率,实现石化路线芳烃生产技术升级换代。国家能源集团百万吨级甲醇石脑油制芳烃示范装置将于今年底建成。

开发的甲醇石脑油耦合制烯烃技术,甲醇和石脑油在一种催化剂一套装置上转化,实现热量耦合和反应耦合,可降低裂解温度约200摄氏度,提高烯烃收率10个百分点以上。

此外,团队正在开发石脑油与二氧化碳耦合制芳烃、甲醇汽油耦合制烯烃、甲醇汽油耦

合制芳烃、甲缩醛羰基化制乙二醇甲酯及下游产品等高效低碳新技术。

可持续高分子材料:减少塑料行业全生命周期碳排放

中国工程院院士、四川大学教授王玉忠说,全球塑料行业全生命周期的年碳排放量在13亿~20亿吨二氧化碳当量,占温室气体排放总量的3.4%~4.5%。我国塑料行业全生命周期的年碳排放量约为5.6亿吨,占全国碳排放量的5%左右。

王玉忠因此提出发展可持续高分子材料,即在原料来源、合成加工、使用及废弃处置的全生命周期中,具有原料可再生、绿色低碳、可自修复、抗老化与环境耐受、可循环/可反复化学循环、易升级回收、可环境降解/消纳等至少一种特征,旨在降低对不可再生资源依赖和减少对生态环境影响的高分子材料及相关产品。

高分子材料回收产物的价值是其回收的原动力。如果仅考虑循环因素,“可反复化学循环”是最理想的回收方式,但实际上还需考虑与过程的经济性和环境友好性等有关的其他因素。因此,要从源头设计可反复化学循环的高分子材料。

王玉忠院士团队开发的易可反复化学循环的功能PET(聚对苯二甲酸乙二酯),通过设计兼具功能性和催化回收作用的共聚单体分子,同时解决使用时的功能需求及废弃后的回收循环难题。改性聚酯面料集成阻燃抑烟、紫外屏蔽、抗菌、防静电、远红外发射、自修复等功能,同时可实现自催化乙二酯解、甲醇解及水解,其中,乙二酯解共聚酯转化率接近100%,并可高效分离回收单体,而同等条件下PET转化率低于3%。

开发的可反复化学循环超细烟/热释放阻燃PC(聚碳酸酯),可耐1400摄氏度以上火焰灼烧,适用于车内耐高温防火场景(电池外壳)、满足大飞机内饰材料标准,可化学闭环循环回收,且回收成单体再聚合后保持阻燃性能。

一次性高分子制品的材料设计,要兼具必要使役性能、易可化学循环性及可降解性。团队开发了系列可循环生物降解高分子材料。

其中,可吹塑纺丝降解回收的高性能PBS(聚丁二酸丁二醇酯)共聚酯具有优异可纺性,可用于纺织服装、一次性医用防护用品、卫生护理用品和过滤材料等领域。聚草酸乙二酯酯具有低成本、可自然环境降解、易可化学循环、高强度和高热变形温度特点,在包装、餐饮、农用等领域均有较大应用潜力。高韧性聚乙醚酸共聚酯可满足高端医用及工程材料领域的性能要求。聚对二甲苯己内酯原料来源广,强度高、韧性好,易挤出及注塑加工,可3D打印、可吹塑成型,可在相对温和条件下高效回收为单体,具有更好的自然环境降解性,是理想的一次性高分子材料制品。

王玉忠院士团队开发的易可反复化学循环的功能PET(聚对苯二甲酸乙二酯),通过设计兼具功能性和催化回收作用的共聚单体分子,同时解决使用时的功能需求及废弃后的回收循环难题。改性聚酯面料集成阻燃抑烟、紫外屏蔽、抗菌、防静电、远红外发射、自修复等功能,同时可实现自催化乙二酯解、甲醇解及水解,其中,乙二酯解共聚酯转化率接近100%,并可高效分离回收单体,而同等条件下PET转化率低于3%。

开发的可反复化学循环超细烟/热释放阻燃PC(聚碳酸酯),可耐1400摄氏度以上火焰灼烧,适用于车内耐高温防火场景(电池外壳)、满足大飞机内饰材料标准,可化学闭环循环回收,且回收成单体再聚合后保持阻燃性能。

一次性高分子制品的材料设计,要兼具必要使役性能、易可化学循环性及可降解性。团队开发了系列可循环生物降解高分子材料。

其中,可吹塑纺丝降解回收的高性能PBS(聚丁二酸丁二醇酯)共聚酯具有优异可纺性,可用于纺织服装、一次性医用防护用品、卫生护理用品和过滤材料等领域。聚草酸乙二酯酯具有低成本、可自然环境降解、易可化学循环、高强度和高热变形温度特点,在包装、餐饮、农用等领域均有较大应用潜力。高韧性聚乙醚酸共聚酯可满足高端医用及工程材料领域的性能要求。聚对二甲苯己内酯原料来源广,强度高、韧性好,易挤出及注塑加工,可3D打印、可吹塑成型,可在相对温和条件下高效回收为单体,具有更好的自然环境降解性,是理想的一次性高分子材料制品。

传递过程原理创新:高分子材料产业节能新路径

中国工程院院士、华南理工大学教授、华中科技大学教授程金平说,我国高分子制品产量连年增长,但业界核心技术模式长期停滞。由此引发的高能耗与材料损伤,已难以适应“十五五”时期绿色低碳的刚性约束,技术变革刻不容缓。

高分子材料产业链中,从反应搅拌到造粒再到成型,每个核心环节都被“剪切”牢牢锁定,能耗居高不下,且造成材料不可逆损伤,打破剪切流变耦合已成为行业重要发展方向。

极端流变材料已触及剪切模式的能力极

限,转向更加高效节能的加工新方法,是必须跨越的技术关口。

有别于剪切流变对物料黏度的强依赖,拉伸流变以正位移输送为特征,加工能力基本不受流变参数制约,可有效拓宽材料适应性,降低加工过程能耗,为高分子材料产业发展开辟新路径。

在相同变形速率时,聚合物基体中的分散相粒子在拉伸流场中的混合分散效率是剪切流场的10倍以上。因此,在熔融加工过程中拉伸流场对聚合物复合体系的混合分散具有十分显著的优势。

程金平院士团队首创强制形变正位移输送等新原理,并基于这一传递过程原理创新的技术集成创新,实现全产业链关键技术突破。

团队实现高纯度高分子量聚乳酸的快速、高效、连续合成,降低了成本和加工能耗。实现UHMWPE(超高分子量聚乙烯)高效熔融塑化加工成型,使UHMWPE制品生产效率提高10倍以上。拉伸形变支配的一步法橡胶连续混炼技术,具有高效率、低能耗、连续性等优势,补强填料可在极短时间内(1.5分钟)实现在橡胶基体中的均匀分散分布。实现多层复合高强度超薄膜制造的新突破,服役后力学性能仍远超国标中新地膜指标,可实现轻松揭膜、全量回收。实现向同性LCP(液晶聚合物)薄膜的连续制备,解决5G/6G天线模组用LCP薄膜“卡脖子”问题。成功在产线实现磷石膏高值化利用,不仅消化了固废,还降低了材料成本。

此外,团队还实现了高固含量含能材料连续制备、聚乙烯锂电池隔膜湿法制备、聚烯烃复合微孔膜高效制造、长效辐射冷却UHMWPE膜制备、耐酸碱仿生超疏水阻燃材料制备、全天候能量收集与循环材料制备、仿生工业水汽回收系统高效制造等。

程金平院士团队开发的第三代甲醇制烯烃技术处于国际领先水平,已商业运行4套,烯烃产能400万吨/年。首创二甲醚经乙醚制乙醇技术并实现世界首次工业示范,已商业运行6套,产能215万吨/年。开发的甲醇制丙烯技术,消耗2.6~2.7吨甲醇可生产1吨烯烃(乙烯+丙烯+1-丁烯)。

生物合成和制造:促进产业转型升级并催生新业态

中国工程院院士、南京师范大学校长黄和说,合成生物学是一门融合生物学、基因组学、工程学和信息学等多学科的交叉科学,可以实现人造生命,是生物制造的利刃。

生物制造是国家确立的未来产业。而合成生物学能定向改造生命体,成为提升生物制造竞争力的核心驱动力。

黄和指出,合成生物学优势是兼具有科研价值,又引领企业发展。以合成生物学诺贝尔奖为例,诺贝尔奖获奖平均等待期超30年,但2012年卡彭蒂耶和杜德那成功解析了CRIS-

低碳化
工艺革新

可持续
高分子
材料

传递过程
原理创新

生物合成
和制造

王强 制图

行业纵览

世界杯赛场内外的中国橡塑创新科技

足球的技术革命

作为本届世界杯官方用球,“三重浪”(TRI-ONDA)采用史上最少4片拼皮结构,内部嵌入了先进的500赫兹运动传感芯片,能辅助裁判进行更科学的越位判罚。

球体四大主材——生物基聚酯纤维、生物基泡棉、100%回收聚酯纤维面料及天然丁基橡胶内胆,均采用可持续环保材料,生产全程使用环保水性油墨与胶水。

来自深圳光明区的一家阿迪达斯代工厂,依托多项目核心技术,负责为美加墨世界杯研制制作官方比赛用球。面板自动化覆膜、精准切割印刷、无缝黏合成型……每一步都体现了科技的高度集成。

这家中国工厂此前已先后为5届世界杯、4届欧洲杯等顶级赛事供应官方用球。这个过程中,世界杯的官方用球也经历了从8块拼皮到6块拼皮再到如今4块拼皮的技术演变。

IP授权与周边

凭借全球唯一的“多色多材质注塑一体成型”核心专利,全球领先的IP潮玩及解决方案提供商商尼森迪实现了产品在生产中摒弃PVC(聚氯乙烯)材料与人工喷涂环节,达到食品接触级安全标准,成功获得国际足联认可,拿下2026年世界杯吉祥物3D塑胶手办全球授权。

润东玩具深耕塑胶潮玩十余年,是泡泡玛特、腾讯、名创优品等头部IP的核心供应商,2026年成功中标世界杯球星手办及世界杯三大吉祥物产品千万级订单,成为本届世界杯为数不多的中国授权玩具生产商之一。

LABUBU

在2026年美加墨世界杯开幕式上,LABUBU作为特邀嘉宾登场,成为首个登上世界杯的中国潮玩IP。画面显示,一只棕色和一只蓝色的LABUBU身穿球衣,拿着捧花和爆米花,最后举起迷你版的“大力神杯”。

潮玩是今年世界杯周边消费的最大亮点。泡泡玛特推出的THE MONSTERS世界杯联名系列,产品覆盖毛绒公仔、挂绳、迷你挂件、开瓶器冰箱贴、玻璃杯、足球迷你包等多个品类,渗透年轻人日常生活的多个消费场景,成为最热世界杯联名之一。

聚星动力作为获得多支足球队官方IP授权的合作方,售卖多款致敬梅西“史上最佳”小羊玩偶、法国队雄鸡IP公仔、宠物球衣、婴幼儿迷你球衣等带有情绪价值的文创产品,今年首批订单金额就突破亿元。

