

阅读提示:

刚刚过去的8月15日是首个全国生态日。绿色、低碳、环保,是我国石化行业“十四五”期间高质量发展的主旋律。我国石化行业应当如何兼顾环保需求和经济需求,既守护“绿水青山”,又创造“金山银山”?在中国石化科技部的支持下,石油化工科学研究院(以下简称:石科院)面向行业重大需求,研发出了一项又一项先进环保技术。什么技术能让废塑料“浴火涅槃”,实现高价值回收利用?什么技术能够让小小的“绿色精灵”一边“吃掉”工厂中排放的二氧化碳,一边生产蛋白质?什么技术可以用紫外光照一照就令石化废水中的污染物“粉身碎骨”?本期专题为您揭秘中国石化的环保“百宝箱”。

本版文图由 陈子佩 郭鑫 甄栋兴 李煦 陈子佩 荣峻峰 左陆坤 王辉 赵悦 提供

废塑料处理

回收“珍珠”重制“珍珠项链”

为什么要回收利用废塑料?

· 10亿吨“沉睡”资源

塑料由石油制成,塑料制品的广泛应用给人们的生活带来了极大便利,但使用后的废弃塑料却成了棘手难题。据统计,我国每年新增的垃圾塑料超过6000万吨,在垃圾场中的废弃塑料大约有10亿吨,重量相当于12500艘“福建舰”航母。巨量的废弃塑料“沉睡”在垃圾填埋场和自然环境中,不仅会造成严重的“白色污染”危及生态环境,而且是对我国宝贵石油资源的严重浪费。



· 实现循环利用每年可新增一个胜利油田

废塑料危害虽大,但并非“十恶不赦”,它的破坏力与管理不当、低回收利用率高有关。通过循环利用将废塑料变废为宝是最理想的处理方式。

废塑料循环利用主要包括物理回收和化学循环两种方式。其中,物理回收是指不破坏塑料的高分子结构,将废旧塑料经过清洗、破碎后直接进行加工。物理回收工艺较为简单,缺点也很明显:产生的塑料通常质量较差,且塑料经过多次物理回收后性能会大幅降低,应用受到很大限制。

化学循环主要是将塑料中的高分子碳链转化为小分子,此后既可以“不忘初心”,用于生产燃油、化工产品,实现“从石油中来,再回到石油中去”,也可以“浴火涅槃”,重新用于生产塑料,实现“从塑料到塑料”的封闭循环。与物理回收相比,

化学循环不仅“不挑食”,可以处理很多难以进行物理回收的塑料品种,而且低碳环保效果显著:与传统的焚烧发电处理手段相比,采用废塑料化学循环制新塑料可以减少接近50%的碳排放,万元产值碳排放减排可达85%。如果每年对4000万吨废塑料进行化学循环利用,可以降低4700万吨二氧化碳排放。

因此,无论是从回收能力还是环境效益来看,化学循环都是塑料可持续发展的重要途径之一,发展潜力巨大。经专家测算,如果每年将2%的填埋垃圾塑料及1/3的新解废塑料用于化学循环再生产制成燃油,效果相当于为我国新增一个胜利油田规模的轻质石蜡基大油田,可显著增强能源自给能力,保障国家能源安全。

企业实践

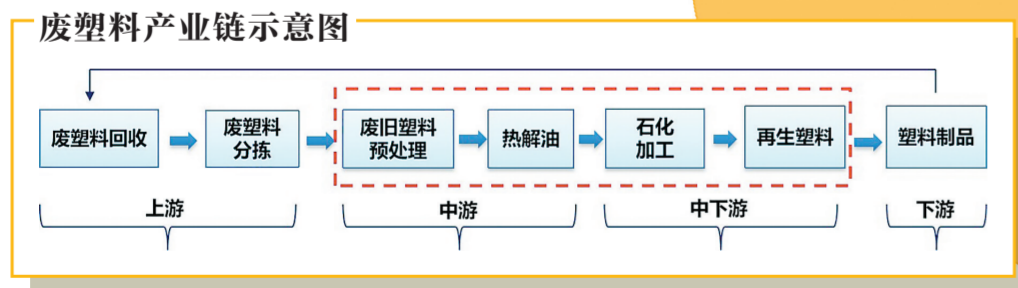
推动废塑料化学循环产业链建设

2021年11月,工业和信息化部印发《“十四五”工业绿色发展规划》,提出落实塑料污染治理要求,实施废塑料综合利用行业规范条件,鼓励在业内开展废塑料化学循环利用。

废塑料化学循环兼具废塑料处理、碳减排和原油替代三重价值,市场需求庞大,但废塑料化学循环产业链需要回收、分选、加工、生产等多个环节的多家企业密切配合方可顺利运转,“各自为战”等末端“问题突出”。

在集团公司的有力支持下,石科院在产业链各个环节主动介入,积极推动建立废塑料化学循环技术链和产业链:在产业链上游,石科院联合各单位,研发开发高效垃圾塑料分选净化技术;在产业链中游,石科院自主研发出新型废塑料预处理及热解技术,对传统

“土法热解”技术实现升级换代,同时依托中国石化技术创新平台,配套研发废解油生产石化产品成套技术;在产业链下游,石科院与终端用户深度合作,拓展再生塑料的应用领域,为产业链解除后顾之忧。此外,石科院还积极建言献策,推动建立废塑料化学循环相关政策标准,建设废塑料资源化平台。



RPCC技术特点

- 大型化
- 成套性
- 连续化
- 环境友好
- 装置可利旧
- 高杂质脱除率

链接

RPCC技术好在哪儿?

大型化:单套废塑料热解装置可达30万吨/年以上,可以大幅提升废塑料处理量。

连续化:可实现原料预处理—热解—产品分馏全过程自动化连续化,易于大规模推广。

成套性:具备废塑料预处理—热解—热解油深加工石化产品的成套自主技术方案。

高杂质脱除率:可去除废塑料中99%的有机氧和硅,有利于后续催化裂化装置进行深加工。

装置可利旧:主装置可依托炼化企业闲置的热裂解装置建设,改造工程量小,前期投资低。

环境友好:相比焚烧处理方式,全生命周期碳排放显著。尾气不含氮氧化,过程安全环保。

石科院RPCC技术生产流程图



后的珍珠重新制作各式各样的珍珠项链,实现塑料的再生利用和闭环循环。

石科院自主研发的废塑料连续热解(RPCC)技术就是废塑料热解技术中的佼佼者。RPCC技术主要针对优质的石油原料替代产品——以聚乙烯(PB)、聚丙烯(PP)为主的聚烯烃树脂的回收再利用。同时,

RPCC技术也可以针对掺杂不同含量聚丙烯(PPVC)的废塑料原料灵活选择不同的预处理技术路线,其热解油收率可超80%。通过配套的后续处理技术,可以高效生产塑料、燃油及化工产品,与国内外同类技术相比具有显著的碳排放竞争力和循环经济效益。

揭秘中国石化环保“百宝箱”

对付废塑料、废气、废水都不在话下

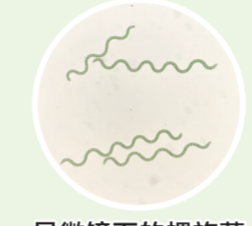
废气处理

“绿色精灵”吃进二氧化碳产出高蛋白

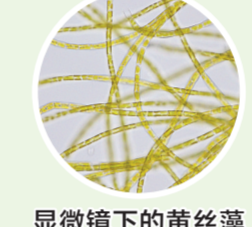
微藻小课堂

什么是微藻?

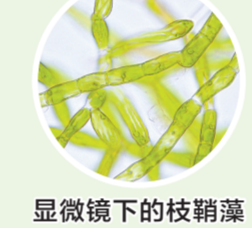
微藻是能够进行光合作用的“绿色精灵”,是只有在显微镜下才能看到的微小藻类的统称。据专家估计,地球上存在约30万种微藻,其中被人们发现并记录的约3万种,而得到深入研究并应用的仅有几十种,例如螺旋藻、小球藻、雨生红球藻、栅藻、黄丝藻等。



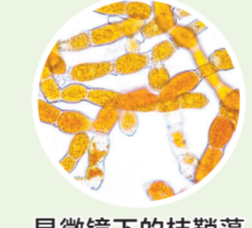
显微镜下的螺旋藻



显微镜下的黄丝藻



显微镜下的枝鞘藻(生长阶段)



显微镜下的枝鞘藻(积累虾青素阶段)

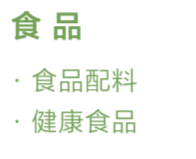
微藻能干什么?

微藻是由阳光驱动、效率极高的“活的化工厂”。在阳光下,这些微小的“绿色精灵”能够利用自身的光合作用以极高的效率“吃掉”生存环境中的无机碳(二氧化碳)与无机氮(氮氧化物、硝酸盐等),并在体内将其转化为有机碳(主要为糖类与脂类)和有机氮(主要为蛋白质)等营养物质,同时释放出氧气。也就是说,这些“绿色精灵”只需要通过“喝西北风”和“晒日光浴”,就可以源源不断地生产糖类、油脂和蛋白质。

除了二氧化碳这个“主食”,微藻还可以将氮、磷、硫等元素作为“甜点”,工业生产中产生的含氮氧化物、硫氧化物的废气及含磷的废水经过一定的纯化处理后,都可以成为帮助微藻茁壮成长的养料。

微藻的“胃口”有多大?

别看微藻的个头很小,但它们的“胃口”很大:目前每生产1吨高蛋白微藻,就能够吸收约1.83吨二氧化碳、0.2吨氮氧化物及10千克无机磷。微藻不仅“能吃”,而且十分“会长”,在“吃胖”的过程中产生大量蛋白质、糖类、脂肪、核酸及其他生物活性物质,在能源、食品、农业与健康等领域都具有很高的应用价值。



食品
· 食品配料
· 健康食品



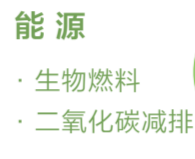
饲料
· 预混饲料
· 特种饲料



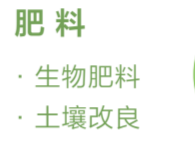
健康
· 食疗产品
· 医药产品



美容
· 功能性化妆品
· 海水疗法



能源
· 生物燃料
· 二氧化碳减排



肥料
· 生物肥料
· 土壤改良



环保
· 氮磷消除
· 生物修复



化学品
· 生物纤维
· 化工产品

知识链接

浑身是宝的“绿色精灵”

微藻自身用于储存能量和构成细胞的油脂因为富含长链脂肪酸,非常适合作为能源进行利用,目前业内已形成了利用微藻生产生物柴油的成熟技术。同时,微藻体内富含的不饱和脂肪酸,特别是长链多不饱和脂肪酸由于具有多种生物活性,在食品与保健品行业更是备受青睐,利用微藻提取的二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳六烯酸(DHA)等由于具有安全性和成本方面的双重优势,目前已经相继取代深海鱼油来源的产品,在保健品与婴儿食品市场发展态势。

部分种类微藻自身的蛋白质含量非常高,以蛋白核小球藻与螺旋藻等微藻为例,其蛋白质含量可以在40%-70%,比豆粕等大规模应用的饲料高近50%。同时,微藻中还含有动物所需的全部必需氨基酸,特别是富含难以从食物中摄取的赖氨酸和苏氨酸,不仅营养价值高,而且易于消化,是非常理想的食品与饲料蛋白来源。目前微藻已经用于观赏鱼和宠物高端饲料中的添加剂,食用后可以很好地改善动物的外表和健康情况,未来有望用于牛、羊、猪、鱼等的大规模饲养。

微藻中广泛存在硫酸盐、聚糖、岩藻多糖等各种形式的多糖,可以占到微藻生物总量的12%-55%。目前科学研究已经证实,微藻中的部分多糖具有抗肿瘤、抗病毒、免疫调节、降血糖血脂等作用,是医药、保健品领域当之无愧的“明日之星”。

生物活性分子:微藻中富含多种不饱和生物活性分子,例如β-胡萝卜素、番茄红素、虾青素和叶黄素等。这些物质具有突出的抗氧化作用,可以保护细胞,让它们免受各种物理化学因素带来的损伤,目前已经被广泛用于保健品行业,有多种产品在售。

技术攻关

“微藻脱硝”成套工艺技术达到国际领先水平

为驯服这些调皮的“绿色精灵”,石科院的科研人员付出了十余年的艰苦努力,在微藻菌种筛选、微藻大规模培养、二氧化碳/氮氧化物烟气吸收与固定、微藻高效低成本采收及微藻高价值产品与应用技术开发等方面开展了大量工作,突破层层难关,最终形成了变革性的“微藻碳氮减排与高蛋白生物质生产技术”。

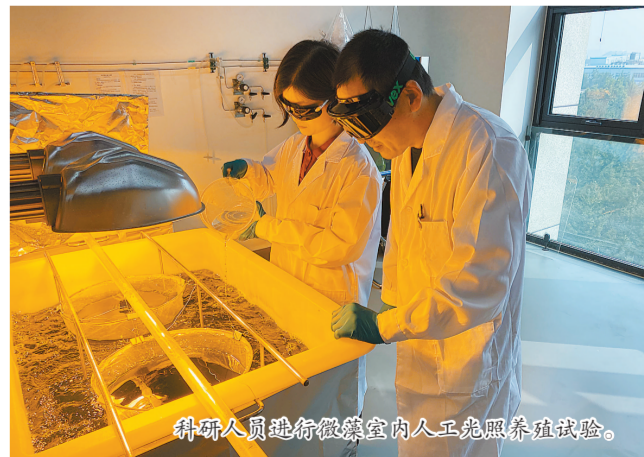
业内专家评议,一致认定石科院自主研发的“微藻脱硝”成套工艺技术属国际首创,其脱硝率和氮源固定效率达到国际领先水平。目前,石科院围绕微藻碳氮减排与高蛋白生物质生产核心技术已申请中国专利67件,获授权34件,获得国际PCT专利授权2项、12件,技术自主可控。

同时,中国石化已经在石家庄炼化、催化剂长岭分公司开展微藻生物技术的中试与工业示范试验,均收到良好效果。微藻菌种组合与工艺工业示范装置的数据显示:脱硝装置出口氮氧化物含量能在20毫克/立方米左右(仅为规定排放标准的1/5,达到超洁净排放标准,其微藻产品重金属含量等安全指标均满足饲料卫生标准的要求)。

未来,中国石化将进一步提升技术水平,并在海南建设万吨级二氧化碳减排示范基地,以实际行动守护绿水青山。

企业实践

“加减结合”助力实现“双碳”目标



科研人员将微藻食肉人工细胞系统培养。



催化剂长岭分公司微藻脱硝工业示范装置。



石科院研发的微藻食肉人工细胞系统培养。

在国家重点基础研究发展计划(“973”计划)、中国石化科技部的全力支持下,来自石科院的科研人员利用微藻“能吃会长”的特点,在国际国内率先探索出了一条利用绿色微藻“加减结合”助力我国实现“双碳”目标、保障粮食安全的创新道路。

微藻法,即减少炼化企业二氧化碳及污染物排放。通过对工业生产废气中的二氧化碳、氮氧化物进行富集、转化与提纯,生产出食品级二氧化碳和化肥级含氮化合物(如硝酸),并将其作为养殖微藻的“养料”,让微藻在“喝西北风长大”的过程中实现二氧化碳、氮氧化物的吸收固定和无害化处理。

微加法,即增加蛋白质供应,保障粮食安全。目前我国养殖饲料中的蛋白质来源严重依赖进口大豆制成的豆粕。2020年,我国进口的大豆数量突破1亿吨,对外依存度高达83.7%,提稳“菜篮子”迫在眉睫。通过将“吃饱喝足”的微藻进行后续加工,可以作为一种自主可控的新型蛋白质来源,保障我国养殖业稳定和粮食安全。

催化剂长岭分公司微藻脱硝工业示范装置。

废水处理

紫外光“照妖镜”令污染物“粉身碎骨”

技术攻关

如果石化企业不能有效去除石化废水中的污染物,排放后势必会对我国的生态环境造成威胁。为此,国家接连颁布了一系列污染物排放标准,对石化废水的外排水质提出了严格要求。为守护我国的绿水青山,中国石化在严格遵守国家法规的前提下更进一步,针对旗下长江、黄河流域企业提出了《中国石化2021-2023年环保提升方案》,对其向外排放的水质作出了更为严苛的要求。

最大难题是行业现有技术难以满足企业的绿色环保需求。目前,石化废水处理多采用一级物化、二级生化等传统污水处理工艺,采用隔油、气浮、絮凝沉淀、生化处理单元等常规处理流程。但面对成分更加复杂、影响因素更多的石化废水,传统工艺已左右支离。研发更加高效、绿色的石化废水处理技术迫在眉睫。

废水污染物去除效果图

(从上至下处理时间依次增加)



高级氧化技术对症下药

高级氧化技术是一类利用产生强氧化性的物质(自由基)氧化分解污染物的废水处理技术,核心原理是在反应过程中产生强氧化性自由基,并将自由基作为一颗颗“子弹”,对废水中的有机污染物吸收相应波段的紫外光后与废水中的某些成分发生反应,直接将其一个个“击碎”,使污染物分子的化学键断裂,从而高效去除废水中难降解的有机物。

可以成为“子弹”的强氧化性自由基

紫外光催化技术让污染物无处遁形

紫外光催化技术是高级氧化技术的一种,它以紫外光为光源,通过结合催化剂或氧化剂实现污染物的降解去除。具有绿色无二次污染

紫外光催化技术有两项降解有机污染物的绝技,第一项绝技是“直接光解作用”,通过紫外光本身自带的“攻击力”,让有机污染物吸收相应波段的紫外光后与废水中的某些成分发生反应,直接将其一个个“击碎”,使污染物分子的化学键断裂,从而高效去除废水中难降解的有机物。

一边是直接光解的“化骨绵掌”,一边是间接光解的“隔山打牛”,紫外光催化技术双管齐下,很快就可以让废水中的有机污染物“粉身碎骨”。虽然紫外光催化技术的相关研究已经开展了数十年,并且已经在饮用水杀菌消毒领域得到一定推广,但在工业废水处理领域,由于废水的水质复杂,导致紫外光催化技术在国内外

迟未能实现广泛应用。为解决这一问题,在中国石化科技部、化工事业部等部门的超前布局下,石科院依托第25研究室快速组建创新研发团队。经过数年的不断探索,科研人员最终通过光源改进、反应器优化及催化剂设计等方式,实现了紫外光催化技术在石化废水处理领域的突破,申请国家发明专利11件,项目获得国家自然科学基金、中国科协青年人才托举工程及中国石化优秀青年创新基金的支持。

石科院紫外光催化高级氧化技术一经面世便广受关注,目前已在在中国石化旗下的燕山石化、长岭炼化、安庆石化、宁夏能化等多家企业开展了工业侧线试验,对燕山石化开放水体、长岭炼化焦化废水、安庆石化腈纶废水、宁夏能化高盐废水等见到良好的处理效果。在安庆石化的腈纶纺丝废水处理研究过程中,甚至可以实现处理后污水源头回用,为企业带来直接的经济效益和节水效益,目前正在安庆石化建设40立方米/小时的工业示范装置。