



化工行业长期以来一直依赖化石燃料，现在，是时候开始系统地逐步减少对化石燃料的依赖，通过逐步调整能源结构，增加可再生能源比例，以及不断探索和实施新的脱碳技术和解决方案，实现从依赖化石燃料到全面采用可持续能源的转型。

通往净零排放绿色之路的 5 种方法

Ahlam Rais

化工行业正在努力在其整体运营中实现脱碳，以便到 2050 年实现净零排放。为此，该行业正在探索许多现有的和创新的技术，旨在推动这一领域发生前所未有的转型。

世界经济论坛在一篇新闻稿中指出，为了在 2050 年实现净零排放目标，未来 30 年内每年需减少 1.86 亿 t 的温室气体排放。尽管这一数字看似艰巨，但主要行业参与者依然保持乐观态度，认为能够达成这一宏伟目标。他们的

策略在于扩大现有脱碳解决方案的应用范围，同时采用可再生原料，并开发新的创新技术。虽然知易行难，但面对紧迫的时间窗口，化工行业已无退路，必须着手从依赖化石材料和燃料转向更可持续的资源。

作为人类熟知的可再生能源之一，生物质是由植物和动物产生的有机物质。通过利用生物质技术，不仅可以生产能源，还能为化学品和燃料提供可再生原料。随着全球范围内对减少化石燃料和原材料依赖的需求日益增长，生物质的使用正在显著增加，这有助于推动更加可持续且环境友好的解决方案的发展。

生物质作为原料代替传统化石燃料

目前已有一些国家和地区如美国和欧洲，启动了进一步促进生物质利用的政策。最近的一个创新是生物基环氧乙烷 (EO)，这是一种通常由化石原料制成的人造化学物质，利用可再生生物质作为原料，从而可以彻底摒弃传统的化石燃料。

根据一份新闻稿介绍，该产品已获得 RSB（可持续生物材料圆桌会议）和 ISCC+（国际可持续发展和碳认证+）的认证，在质量平衡的基础上确认其 100% 可再生，并能实现超过 100% 的温室气体减排效益。环氧乙烷广泛

本文作者系德文 PROCESS 自由撰稿人。

用于生产洗涤剂、增稠剂、溶剂和塑料等产品。此外，基于环氧乙烷还可以生产诸如乙醇、乙醇胺、乙二醇醚和乙氧基化合物等中间体。这些进展标志着在推动化工行业向更加环保和可持续方向转型方面迈出了重要一步。

热氧化剂或烟气焚烧法

热氧化装置，通常被称为烟气焚烧炉，是用于消除工业废气中挥发性有机化合物（VOCs）和有害空气污染物（HAPs）的有效工具。这些污染物在高温条件下通过热氧化或催化氧化过程被分解为二氧化碳和水蒸气。此外，此过程中产生的热能会被回收利用，以降低运营成本。

一个近期的应用实例是韩国一家领先的聚烯烃解决方案供应商在芬兰波尔沃的工厂安装了再生热氧化装置（RTO）。这家聚烯烃工厂投资 1 760 万欧元引入这项技术。根据韩国电力公司发布的新闻稿，该技术不仅预计减少二氧化碳排放、降低燃烧需求，还能每年节省大约 6 亿 kW·h 的能源消耗。

目前，全球大部分氢气生产依赖于天然气，并广泛应用于炼油、氨合成及甲醇生产等领域。然而，随着对可持续发展选项的追求，电解技术作



在德国路德维希港的全球首座大型电加热蒸汽裂解炉示范工厂的三维图形

为制氢方法正受到越来越多行业参与者的关注。这一转变标志着向更加环保和可持续能源解决方案迈进的重要一步。

电解水制氢

电解是一种利用（可再生）电力将水分解为氢气和氧气的技术，以此来生产绿色氢气。通过选择绿色能源，这项技术有助于彻底消除对化石燃料的依赖。由于氢气燃烧后仅产生水蒸气，因此不会释放二氧化碳或一氧化碳二氮，实现了零排放的目标。

在中东地区，最大的绿色氢项目是由 Neom 绿色氢公司（NGHC）发起的，这是一家由 Acwa 电力公司、空

气产品公司和 Neom 公司共同组建的合资企业。该项目投资 84 亿美元，在沙特阿拉伯建设全球规模最大的无碳绿色氢工厂。作为项目的一部分，工业气体供应商空气产品公司已与蒂森克虏伯乌德氯工程师合作，负责该超过 2 GW 巨大产能电解工厂的工程设计、采购、制造及安装工作，以实现绿氢的生产。如此大规模的绿色氢气生产预计每年将减少超过 300 万 t 的二氧化碳排放量。这一举措标志着向清洁能源转型的重要一步，对于推动区域乃至全球的可持续发展目标具有重大意义。

蒂森克虏伯作为一家在氯电解厂设计方面拥有悠久历史的公司，正利用其先进的 20 MW 大型碱性水电解模块参与到该项目中。根据计划，Neom 项目预计于 2025 年开始生产，并在 2026 年实现每天从可再生能源（特别是太阳能和风能）生产 600 t 无碳氢的目标。随后，这些氢气将被转化为每年 120 万 t 的绿色氨，以便于运输。

此外，NGHC 与空气产品公司签署了一份为期 30 年的独家收购协议，根据协议，空气产品公司将负责购买该工厂生产的全部绿色氨。这一系列举措不仅展示了工业界向可持续能源转型的决心，也为全球绿色能源解决方案的发展提供了重要参考。通过这



韩国石油公司已投资 1 760 万欧元，为其在芬兰波尔沃的聚烯烃工厂安装一种新的可再生热氧化剂

样的合作，各方共同努力以减少碳排放并推动清洁能源的应用与发展。

CCUS 技术

对于钢铁厂或水泥生产中难以避免的二氧化碳排放，碳捕获、利用与储存（CCUS）技术提供了一种解决方案。通过这项技术，工业过程中的二氧化碳可以被捕获，并被再用于生产合成燃料等产品，或者安全地储存在地下深处。化工行业正在积极探索各种不同的碳捕获、利用与储存途径。

例如，在欧洲，最大的乙二醇生产商，位于比利时的氧化钛基地已经成功实现了二氧化碳的捕获，并将其跨境运输至北海丹麦区域的尼尼油田进行安全储存，这是“绿色项目”（可能需要根据实际情况调整名称以确保准确性）的一部分。该项目旨在每年

捕获多达 800 万 t 的二氧化碳。由 23 个组织组成的联盟支持了这一开创性的项目，它不仅是世界上首个跨境碳储存项目，也展示了如何有效结合跨国界合作和技术应用来应对气候变化挑战。这种跨国家和地区合作的方式为全球范围内推广 CCUS 技术提供了宝贵的经验和参考案例。

电加热蒸汽裂解炉

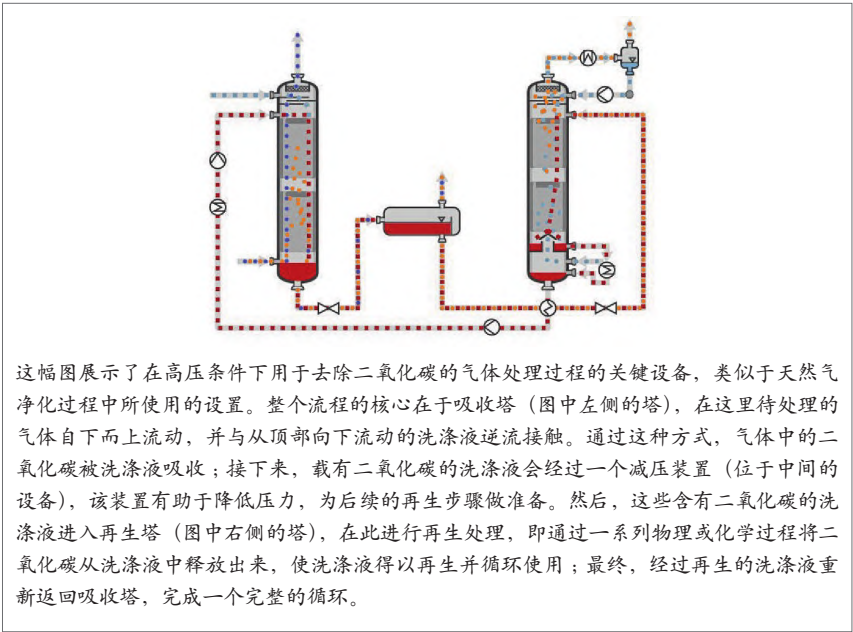
另一项在化工行业中引起广泛关注的技术是电加热蒸汽裂解炉的应用。该技术旨在替代传统用于电加热蒸汽裂解炉的气体炉，与传统的裂解炉相比，有望减少至少 90% 的二氧化碳排放。蒸汽裂解炉在基础化学品的生产中扮演着关键角色，需要大量能量来分解碳氢化合物为各种烯烃和芳烃。通常情况下，这一过程需要在大约 850℃ 的高温熔炉中进行，而这些温

度以往都是通过燃烧传统燃料达到的。

2021 年 3 月，巴斯夫、沙特基础工业公司（SABIC）和林德集团签署了联合协议，共同致力于开发、建设和示范电加热蒸汽裂解炉的解决方案。作为这项技术发展的支持，德国联邦经济事务和气候行动部为“工业脱碳”资助项目提供了 1 480 万欧元的资金支持。到了 2024 年，由这 3 家公司组成的财团成功启动了世界上首个电加热蒸汽裂解炉示范工厂，位于巴斯夫在德国路德维希港的生产基地内，标志着经过 3 年的研发、工程设计及建设工作后，示范工厂即将进入常规运行阶段。

这只是化工行业实现净零排放目标过程中众多脱碳技术之一。实际上，还有许多其他技术和方法正在被探索和实施，以推动整个行业的绿色转型。你准备好开始你的脱碳之旅了吗？

（上接第 34 页）



通过结合巴斯夫在气体处理领域的深厚专业知识，双方的合作有望加速全球航运业的可持续发展。中船动力总经理邵煜指出：“通过与巴斯夫合作，将有助于中船动力在低碳绿色船舶领域的差异化布局，取得竞争优势。”目前，这项合作已经取得了一项具体的商业成果——OASE® blue 技术首次实船应用，标志着向实现更加绿色的海洋运输迈出了重要一步。