

“膜”法助力碳中和

□ 莫尊理 吕文博



日前,最新一期国际期刊《自然·能源》报道了一国际科研团队开发的新型膜技术,能有效利用湿度差从空气中分离二氧化碳,这有助于治理因二氧化碳过度排放引发的环境问题。分离膜技术的发展为二氧化碳的捕获分离提供了新途径,可帮助人类早日实现碳中和目标。

膜是具有选择性分离功能的材料,鉴于分离对象有液体和气体,因此可分为液体分离膜与气体分离膜。高性能二氧化碳气体分离膜是当今工业领域研发的重点。气体分离膜可用于将混合气体中的二氧化碳分离,能选择性地允许二氧化碳通过,并根据分子大小、形状或亲和力等因素限制其他气体进出。

膜的材料、厚度、孔径、压差、渗透率,以及选择性等因素都能影响膜的性能。含有二氧化碳的混合污染源往往包含硫化物与氮氧化物,因此需要将二氧化碳从混合气体中选择性分离出来,从而控制其排放含量。

气体分离膜可由多种材料制成,包括有机聚合物、无机材料、混合基质材料。

有机聚合物膜成本较低,可大规模制造。各种有机聚合物膜可进行二氧化碳分离,例如醋酸纤维素、聚砜、聚醚砜、聚丙烯酸酯、聚酰胺等。但要注意,



图为捕获二氧化碳分离膜技术实际应用场景示意图。视觉中国供图

有机聚合物材料耐酸性较差,当二氧化碳混合在酸性气体中时选择性较差,因而其浓度不应过高。它适用于处理天然气、油田产生的气体中低浓度二氧化碳的脱除和富集。

无机膜使用多孔无机材料制备,例如,沸石分子筛、二氧化硅陶瓷等。无机膜热稳定性更为出色,适用于分离高

温烟气中的二氧化碳。二氧化硅陶瓷膜通常选用氧化铝、氧化锆、氧化钛等作为基体,通过高温烧结成膜。陶瓷结构具有很强的表面与界面效应,以及出色的选择性能。沸石是一种碱土金属铝硅酸盐矿物,有规则的孔隙,被用于制造沸石分子筛膜。沸石膜具有高选择性、高渗透性、热稳定性等优点,在二

氧化碳分离应用中具有重要价值。南京工业大学顾学红教授团队设计的中DD3R沸石分子筛膜分离二氧化碳、甲烷混合气时,分离选择性可达1172,即每透过1172个二氧化碳分子仅有1个甲烷分子透过膜层。

混合基质膜中,有机聚合物作为基体,无机组分作为填充材料。无机填料通常包括金属有机框架、共价有机框架、碳纳米管、氧化石墨烯等,它们以纳米粒子或微粒的形式分散在基体中,协同构成混合基质膜。混合基质膜兼具有机聚合物的柔韧性与无机组分的多孔特性,在二氧化碳分离中往往展现出较高的渗透率与选择性。新疆石河子大学李雪琴教授团队将共价有机框架集成到金属有机框架材料中,成功制备了新型复合材料,随后将其掺入聚醚嵌段聚酰胺基质中,制备了混合基质膜用于二氧化碳分离。与纯聚醚嵌段聚酰胺膜相比,混合基质膜分离性能显著提高。研究发现,复合材料能暴露出更多的路易斯碱性位点和开放金属位点,从而增强了混合基质膜对二氧化碳的选择性。

与传统分离技术相比,分离膜技术成本低、易于规模化,门槛相对较低。然而,作为一项年轻的技术,二氧化碳分离膜在工业界的发展还有待推进,应将研究与实际生产接轨,用“膜”法助力碳中和。

(作者莫尊理系西北师范大学教授、博士生导师,吕文博系西北师范大学硕士研究生)

太空碎片让臭氧层面临严峻挑战

□ 段跃初 黄湘红



卫星在低地球轨道运行,随着时间的推移会逐渐失去高度,最终在与大气层剧烈摩擦中燃烧解体。在过去的几十年里,科学家们一度认为这是一个自然且无害的过程。然而,最新研究发现,这一现象可能会对臭氧层带来威胁。

国际期刊《科学美国人》近日发表题为《卫星巨型星座可能危及臭氧空洞的恢复》的论文指出,低地球轨道上不断增加的卫星数量,可能破坏保护性臭氧层的微妙平衡。

低地球轨道上的卫星在运行时,因与大气层摩擦,高度会缓缓降低,最终进入大气层,并在燃烧解体过程中释放出大量的气体和颗粒物。这些物质对臭氧层极有可能产生负面作用,从而增加地球表面紫外线辐射。过量的紫外线辐射可能诱发皮肤癌、白内障等多种疾病,同时给生态系统带来不利影响。显而易见,保护臭氧层对于维护地球生态平衡和人类健康至关重要。

数据显示,2016年至2022年

间,卫星重返大气层造成的氧化铝污染增长了8倍。这些金属颗粒在平流层中持续积聚,可能破坏臭氧层,削弱其吸收紫外线辐射的能力。研究表明,在足够浓度下,氧化铝能够催化臭氧与氯气的破坏性反应,导致臭氧分子分裂。同时,氧化铝在这一过程中保持完整,能持续与臭氧反应,对臭氧层造成持续性破坏。

目前,近地地球轨道上有约8100个卫星在运行,美国太空探索技术公司SpaceX发射的星链卫星占据了大部分,数量高达6000颗。而SpaceX还计划在未来发射多达4.2万颗卫星,以构建其庞大的互联网卫星网络。此外,亚马逊等全球其他公司也在积极筹备,计划发射上万颗近地轨道卫星。这些互联网卫星的寿命普遍较短,大约5年时间。科学家估计,当计划的卫星全部发射并达到报废期时,每年将有近360吨氧化铝颗粒落入地球大气层,这一数量比大气层正常存在的氧化铝颗粒数量高出6倍多。

面对这一新兴威胁,我们急需更新现有的监管框架,充分考虑卫星重返大气层的潜在影响。

1987年9月16日,联合国环境规划署在加拿大蒙特利尔召开国

际臭氧层保护大会,通过了《蒙特利尔议定书》(以下简称《议定书》)。该议定书规定了受控物质的种类和淘汰时间表,要求各国逐步减少并最终停止生产和使用对臭氧层有破坏作用的氟氯烃等物质。《议定书》实施以来,在全球范围内成功地减少了消耗臭氧层物质的生产和使用,臭氧层破坏的趋势得到了有效遏制,为保护地球生态环境作出了重要贡献。

《议定书》的成功经验说明,通过全球协作,我们有能力应对复杂的环境问题。然而,现行的轨道活动规则似乎并未对这一棘手难题提供简便且有效的解决方案。

为了降低卫星衰减过程对臭氧层的潜在威胁,我们在卫星设计和制造过程中,应最大限度地减少有害物质的使用。当卫星寿命终结后,我们可以通过精准控制其燃烧过程,最大程度地减轻对臭氧层的破坏。此外,国际社会应当加强合作,共同携手研究和开发更为环保的卫星处理技术。

(作者段跃初系中国科普作家协会会员,黄湘红系湖南省科普作家协会会员)

广西上线“碳电寻源”系统 助力碳排放监测

据新华社社(记者陈一帆)近日,广西“碳电寻源”系统正式上线运行。该系统由广西电力交易中心和广州电力交易中心联合研发,依托电力交易数据,实现度电精准溯源、碳排放全景监测,引领绿色低碳消费,推动行业和企业绿色低碳转型。

广西电力交易中心总经理贝宇说,“碳电寻源”系统上线了电能溯源和碳排放计算两个模块。电能溯源模块基于交易计划、结算电量等用电大数据,按照用电类型可精准追溯电力市场用户电量的来源电厂。碳排放计算模块则基于电力二氧化碳排放因子,按照计算原则得到市场电量产生的间接二氧化碳排放总量和排放强度,设计电碳指标体系,多维度呈现能耗及碳排放。

“‘碳电寻源’系统相当于电力市场用户的‘数字碳账单’,通过准确分类统计用户的购电成分,溯源度电到厂,动态分析能源生产、传输、消耗全过程数据,客观度量电力市场用户购电形成的间接碳排放,统计分析能源流向和用能特点,实现电力环节碳足迹可溯源,并为政府、行业和企业提供用能转型决策参考。”贝宇说。

随着全国碳市场扩容,更多行业和企业将进入全国碳市场,企业对自身碳排放会越来越关注。“碳电寻源”系统上线后,广西超1.4万电力市场用户通过手机就能一键查询“数字碳账单”,并依托直观量化的数据指标和图表,精准了解本企业和所在区域、行业的用电及碳排放情况,进一步优化自身能源管理,深度挖掘企业碳减排潜力。

南方电网广西电网公司技术专家秦丽娟说:“‘碳电寻源’系统的上线,将进一步激活绿色电力交易市场,助推全社会形成主动消费绿色电力、促进新能源发展的良性循环。”