

2025年第二十四届日本绿色和可持续发展 化学奖获奖项目创新研究进展

程海涛*

(衡水学院, 河北 衡水 053000)

摘要:对2025年第二十四届日本绿色和可持续发展化学奖(JGSCA)的10个获奖项目进行了系统地解析与评述。该奖项旨在表彰在推动产业技术发展、降低环境负荷与实现化学领域绿色可持续转型方面做出突出贡献的技术、产品与服务。重点围绕获奖项目的创新性、技术价值及其对实现碳中和与碳达峰(“双碳”目标)的积极意义展开分析,探讨了这些成果在控制温室气体排放、改善人居环境与提升环境生产力方面的潜在贡献,以期对绿色化学与可持续发展领域的学术研究、技术应用与产业实践提供借鉴与参考。

关键词:绿色循环;可持续;日本绿色和可持续发展化学奖

中图分类号:TQ-9

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2026)05-0007-06

DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2026.05.002

Progress in Innovative Research of Projects Winning the 24th Japan Green and Sustainable Chemistry Award (JGSCA) in 2025

CHENG Hai-tao*

(Hengshui University, Hengshui 053000, China)

Abstract:A systematic analysis and evaluation were conducted on the 10 award-winning projects of the 24th Japan Green and Sustainable Chemistry Award (JGSCA) in 2025. This award aims to recognize technologies, products, and services that have made outstanding contributions in promoting industrial technology development, reducing environmental burden, and achieving a green and sustainable transformation in the chemical field. The analysis focuses on the innovation, technological value, and positive significance of the award-winning projects in achieving carbon neutrality and peak carbon emissions (“dual carbon” goals). The potential contributions of these achievements to controlling greenhouse gas emissions, improving living environments, and enhancing environmental productivity are explored, with the aim of providing reference and guidance for academic research, technological applications, and industrial practices in the field of green chemistry and sustainable development.

Key words:green cycle; sustainable; Japan Green and Sustainable Chemistry Award

碳中和与碳达峰被简称为“双碳”,是通过采取控制措施使二氧化碳等温室气体排放总量与吸附转化总量相等,即相对“零排放”,有效控制环境污染、改善人居环境、提升环境生产力^[1]。

日本绿色和可持续发展化学奖(Japan Green and Sustainable Chemistry Award, JGSCA)旨在表彰为推动产业技术发展、学术进步与社会普及、显著降低环境负荷,以及在绿色和可持续发展领域做出突出贡献的技术、产品与服务,并鼓励化学基础科学领域具有原创性的学术研究成果^[2-7]。JGSCA的核心宗旨是推动化学产品和工艺的绿色设计,实现在全生命周期(设计、制造、使用、最终处置)中减少或消除有害物质的应用与产生。其目标是通过最大程度降低化学原料、试剂、溶剂及产品自身的危害,

实现从源头削减污染,构建环境友好的可持续发展化学体系。

第二十四届JGSCA于2024年9月至11月进行研究成果征集,在JACI(日本日本化学创新协会)专业技术文件资料审查的基础上,经现场演示与专家评审,确定最终获奖奖项,共计评选出经济产业大臣奖、文部科学大臣奖、环境大臣奖各1项、创新创业企业奖2项、绿色和可持续发展化学鼓励奖5项,共计10项。

1 经济产业大臣奖

第二十四届经济产业大臣奖授予雷佐纳克(Rezonack Corporation)株式会社的金泽博、深田启介、马渊雄一郎、藤川阳平、周防裕政、松濑朗浩、

收稿日期:2025-10-31;修回日期:2026-03-21

作者简介:程海涛(1981-),男,教授,工学硕士,研究方向为精细化工与功能高分子材料,通讯联系人,chenghaitao123456@163.com。

龟井宏二、百瀬贤治,其研究价值与贡献在于开发了高品质 SiC 外延功率半导体晶片,为碳中和做出了贡献。

成果概述:为了实现碳中和目标,新一代功率半导体材料碳化硅(SiC)受到广泛关注。雷佐纳克株式会社成功实现了 SiC 外延晶片(EPI)关键材料的高质量产,所推出的第二代高亮显示器用 EPI 晶片,以间苯二酚为原料制备,性能优异,该产品可广泛应用于电动汽车等多个领域,有助于降低系统能耗与环境影响,推动可持续社会构建。

全球变暖及环境问题越来越严重,实现碳中和成为全世界紧迫的研究课题。为了提高从发电到消费的能源转化效率,功率半导体发挥着重要作用。使用 SiC 的下一代功率半导体,与以往硅基半导体相比,具有耐高压、大电流、高温稳定运行性、低损耗等特性,同时能实现能源转化效率的大幅度提高,有望在可持续能源利用中发挥核心作用。以 SiC 为关键材料外延晶片的制造过程,需要高温环境下的结晶成长和硬材质的精致加工、考虑缺陷和位错的高度成膜控制与评价技术。雷佐纳克自 1998 年以来,依靠在产业化过程中积累的量产技术和关键方法,通过客户和外部研究机构的合作创新,研发了利用 AI 缺陷评价技术的生产装置,创新了量产工艺,成功实现了 SiC EPI 晶片的高质量产。此产品被称为“第二代高亮显示器用 EPI”,创新的成膜工艺如图 1 所示,此工艺明显降低了表面缺陷和基面位错(BPD),达到处理 100A 大电流芯片(10 mm)所要求的缺陷密度。此成果用于生产车载用逆变器驱动

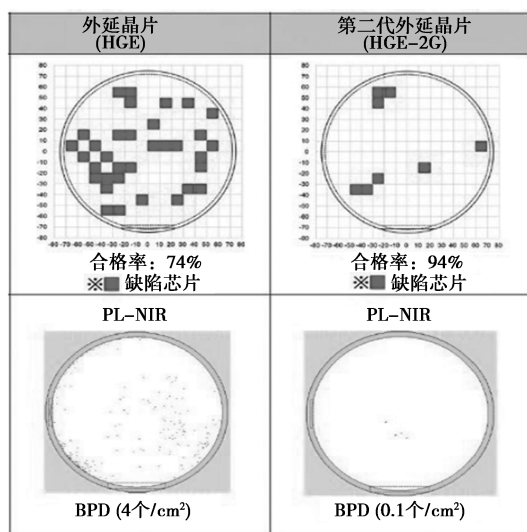


图 1 第二代高亮显示器用 EPI 的表面缺陷和基面位错(BPD)的降低效果示意图

元件,受到国内外客户的高度好评。

另外,在日本首次出现 8 英寸(200 mm)的 SiC EPI 晶片(图 2)。当前 SiC 功率半导体在电动汽车、可再生能源、电气化铁路、输变电、AI 数据中心等多领域应用。

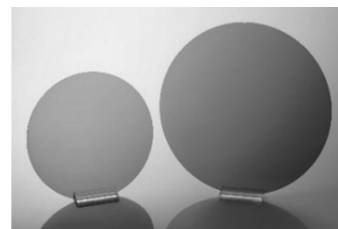


图 2 碳化硅(SiC)EPI(6 和 8 英寸)

今后雷佐纳克将与国内外合作伙伴共同推进 SiC 功率半导体的普及。

2 文部科学大臣奖

第二十四届环境大臣奖授予名古屋大学斋藤进先生,其研究价值与贡献在于开发了精密复合设计的高效率 CO₂ 还原催化剂。

成果概述:

地球蕴藏着丰富的光、热、电等能源形式,以及广泛存在于化学键(如 C—H、H—H、O—H)中的氢电子化学能。生物体内的还原型辅酶 II (NADPH) 可在活化温度下,可高效活化 C—H 键中的氢电子。这一活化机制为能量人工转化技术提供了重要启示。能源与氢电子资源具有突出的地域特性,而直接利用无地域差别、取之不尽的太阳能与 CO₂, 通过人工碳资源化技术,是应对气候变化与碳资源短缺问题的有效路径。受植物以 CO₂ 和水为原料合成葡萄糖并释放 O₂ 光合作用的启发,人类已开发出利用相同原料实现人工光合作用的相关技术。该方向旨在模拟并超越自然光合系统的效率与选择性,为可持续能源转换与碳循环利用开辟新的可能。

具有有机-无机杂化结构的金属络合物,在催化 CO₂ 转化时,比传统固体金属(氧化物)更节能、潜力更大。但其在光、热、电催化条件下容易失活。为了提升稳定性,基于精密分子设计,开发了“PNNP 型稳定金属络合物催化剂”。PNNP 配体含有 4 个氮、磷原子,呈环状结构。它通过强螯合效应与铬、钨等金属离子形成稳定的配合物,有效抵御分解,从而在 CO₂ 催化转化中兼具高活性与高稳定性。

目前开发的 PNNP 四配体化合物,是以金属(M)为中心的经过精确改性的稳定络合物,它能吸收包括太阳光在内的多种能量,将氢-电子源转移给 CO_2 。PNNPM 配合物作为催化剂具有极高研究价值。元素周期表中 6 至 9 族的 11 种具有 3~5 d 原子轨道元素可作为中心原子 M,其自敏化单核结构可催化 CO_2 还原。其中 PNNP-Ir 配合物表现出高催化效率与催化多样性。图 1 展示了 3 条催化路径:(1)利用光能(太阳光)催化有机化合物(C-H 键)与 CO_2 反应,生成 HCOOH 与 CO ;(2)热催化含氢化合物(H-H 键)与 CO_2 反应,生成 CH_3OH ;(3)利用太阳能发电得到的电能催化水(O-H 键)与 CO_2 反应,生成 HCOOH 。利用太阳光催化还原 CO_2 ,以及使用太阳能电催化水与 CO_2 反应,实现了世界最高的光量子利用率和光-物质转换能效。PNNP-Ir 在光照与电压作用下连续催化 1 周以上,活性几乎不变。通过先进表征技术,明确了(PNNP)M 络合物在光、热、电作用下的催化机理,推动了 CO_2 资源化与金属络合物催化领域的变革。

这项人工光合与氢化技术,为能源节约和物质循环评估(LCA)带来了革新,将对构建碳循环型社会产生重大推动作用。

3 环境大臣奖

第二十四届环境大臣奖授予出光兴产株式会社的小矢俊亮、筱崎良平、渡边祥央、松本光希,其研究价值与贡献在于开发了有助于降低环境负荷的高功能水溶性切削油。

成果概述:金属加工中使用水溶性切削油,可提高加工精度和延长工具使用寿命,每年仅日本国内消耗量就超过 50 万桶,降低消耗量、减少废弃量、消除切削雾与油烟的产生成为重要研究方向。获奖者开发的水溶性切削油系列产品(图 3),通过间断式供液有效削减消耗,与以往产品相比平均减少了 40%的用量。该产品还显著抑制了有害油雾与油烟的产生,缩短了作业时间,减少了清洁频次,从而降



图 3 获奖水溶性切削油系列产品

低了生产过程中的 CO_2 排放。这不仅改善了作业环境,也为实现可持续发展提供了具有划时代意义的工业润滑解决方案。

近年来,在汽车零部件、半导体零部件等金属切削加工的制造过程中,“水溶性切削油”的使用极大提高了生产效率。各润滑油生产商不断研发兼具高润滑性和长寿命化的新产品。另一方面,可持续发展与碳中和的世界性环境共识、产业废弃物削减、作业人员安全性提升、作业环境的改善成为新的需求。尤其是在生产一线,生产企业为实现可持续发展与碳中和目标,需要对每一生产工序产生 CO_2 量进行缩减。

在这样背景下,使用量大、作为产业废弃物处理的切削油成为首要提质升级对象,有效降低使用过程中 CO_2 排放的“水溶性切削油”成为首选对象。获奖者研发的系列水溶性切削油,兼顾削减制造成本、降低 CO_2 排放、改善生产环境,受到了广大用户的高度好评。

这款获奖的“水溶性切削油”采用不易挥发的配方,可将切削油使用寿命延长 2.5 倍,大幅减少了工业废弃物的产生与排放。此外,其特有成分能有效抑制加工过程中有害烟雾的生成,从而更好地保障现场作业人员的健康与安全。同时,该产品通过在分子水平上控制有效成分在被切削材料表面的吸附,能够防止工件或切屑对水溶性切削油的粘附携带,平均可降低 40%的使用量,最高可节省 80%。这一特性,减少了用量,还缩短了加工后的清理吹扫时间,并有助于保持设备清洁、降低污染,整体促进了劳动环境的改善。该产品成功融合了环保、劳动环境改善、制造成本削减三大目标,开创了环境改善与去成本化的新路径,并因其为可持续发展的创新尝试而获奖。

4 创新创业企业奖

第二十四届创新创业企业奖授予 LiSie 株式会社和 Elephantech 株式会社。LiSie 株式会社的研究价值与贡献在于开发了超高纯度锂回收法 LiSMIC。Elephantech 株式会社的贡献在于开发了基于金属喷墨印刷技术的低环境影响型印刷电路板工艺。

4.1 LiSie 株式会社

成果概述:现代社会中,智能手机、笔记本电脑、电动汽车等产品均使用锂离子电池(LIB)。国际能源机构(IEA)报告显示,原料锂的需求持续急速增长,预测 2030 年锂供需平衡将被打破,且现有开采

技术存在产能有限、环境污染(如化学物质使用、水土流失与沙漠化)等问题,开发可持续的锂资源解决方案迫在眉睫。为此,获奖者研发了一项可持续、低环境影响的超高纯度锂回收新技术(Li Separation Method by Ionic Conductor, LiSMIC)。该技术旨在从源头缓解锂资源短缺压力,显著降低传统提取工艺对生态系统的影响,为保障锂电产业供应链稳定、推动能源结构绿色转型提供了重要的技术路径。日本量子科学技术研究开发机构(QST)开发的 LiSMIC(图 4),其原理基于核聚变。该技术采用特殊陶瓷离子导体作为锂分离膜,能够从海水、盐湖、废旧 LIB 等多样化原料中一次性高效、高选择性地提取锂,并实现了超过 99.99% 的高纯度回收。相较于传统工艺,该技术在显著提升回收效率与纯度的同时,减少约 90% 的温室气体排放,有助于降低对锂资源出口国的依赖,提升供应链安全性。目前,获奖者正在推进 40 英尺集装箱规格的商用一体化回收装置——“LiSMIC 单元”(图 5)的开发与产业化,实现从回收到高纯化的 LiSMIC 单元产业化。

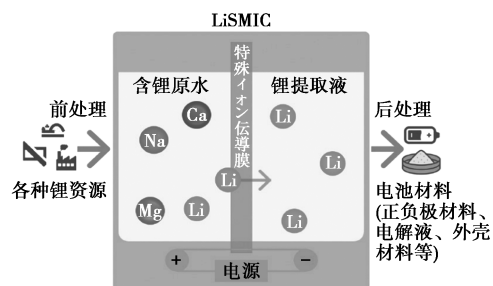


图 4 LiSMIC 原理示意图

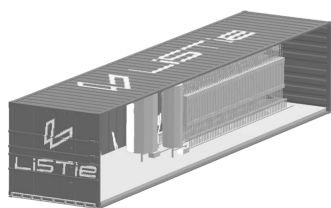


图 5 LiSMIC 单元示意图

4.2 Elephantech 株式会社

成果概述:Elephantech 株式会社开发的金属喷墨印刷技术,是一种具有低环境影响的印刷电路板(PCB)新型制造工艺。该技术突破了传统蚀刻工艺需大量消耗水、化学药剂并产生高污染废液的瓶颈,可显著降低资源消耗与 CO₂ 排放。随着智能设备普及将带动 PCB 需求快速增长,此项创新为实现电子设备产业整体环境负荷的大幅削减提供了关键技术路径,有力推动产业向可持续发展

模式转型。

该成果实现了环境保护与经济增长的协同发展,创新并践行了可持续发展化学(GSC)的理念,标志着电子产业在资源节约、循环低碳可持续发展迈出了重要一步。

在“以创造之力,构筑可持续世界”的理念指导下,获奖团队开创性地开发出此项先进技术。该工艺仅在电路必要区域印刷金属纳米粒子油墨,并通过电镀使金属局部生长成形,从而大幅减少材料与能源消耗。与现行蚀刻工艺相比,该技术可实现金属使用量降低 30%、CO₂ 排放减少 75%、耗水量下降 95%,显著减轻了制造过程的环境负荷(图 6、图 7)。

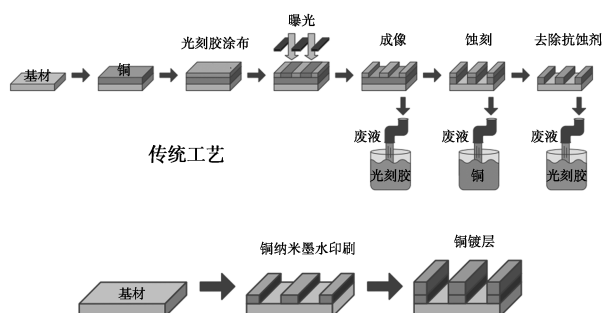


图 6 创新工艺与传统工艺对比

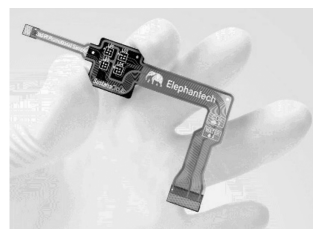


图 7 基于金属喷墨印刷技术低环境影响型印刷电路板

获奖者从材料、设备到工艺全程自主研发,通过全链条优化在确保低环境影响的同时实现了产业化可行性,这一综合性创新有望引领印刷电子领域的技术变革。

展望未来,Elephantech 株式会社将持续提升印刷电路板产能,推进制造设备与专用墨水等关键材料的商品化,加速该技术的产业普及。通过采用此高资源效率的制造方法,能够推动整个供应链向环境协调型生产转型,提升社会整体的可持续性水平。

此外,该技术不仅适用于电子行业,在汽车、工业装备、能源装置等诸多领域也具有广泛应用潜力。若能在相关产业广泛导入,将有力促进以资源循环

为核心的循环经济发展,成为实现碳中和目标的重要推动力。

本成果是可持续发展理念在产业实践中的具体体现,成功协调了环境保护与经济增长。Elephantech 株式会社通过确立可持续的制造技术体系,正在为全球碳中和进程与制造业的绿色革新贡献重要力量。

5 绿色和可持续发展化学鼓励奖

第二十四届绿色和可持续发展化学鼓励奖(GSCE)分别授予东丽株式会社、花王株式会社、大阪煤气化学株式会社与爱三工业株式会社、金泽大学和国立产业技术研究开发综合研究所。

5.1 东丽株式会社

东丽株式会社的矶部匡平、河村健司、中村仁

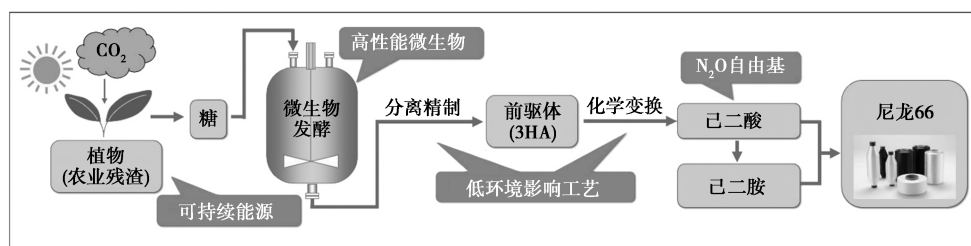


图 8 微生物合成工艺

5.2 花王株式会社

花王株式会社的长村达也、金田实郎、永井晖、入江裕、野场将宏实现了发酵法生产没食子酸产业化生产。

目前,全球芳香族化合物主要依赖化石原料或稀有植物提取,为实现碳中和目标并确保原料供应可持续,亟需开发新型绿色合成工艺。花王株式会社长期致力于芳香族化合物的生物合成技术研究,本次获奖成果以糖类为原料,通过对微生物催化剂进行精准设计与生产工艺系统优化,在全球范围内首次实现了没食子酸的规模化生物制造,产品如图 9 所示。该技术不仅可以保障没食子酸的稳定供



图 9 生物法制备没食子酸

美、冢本大治郎、山田胜成,开发了以非可食生物质糖为原料合成生物己二酸及尼龙 66 的新方法。

成果概述:己二酸作为尼龙(聚酰胺)等产品的关键原料,年产量达数百万吨。传统以石油为原料的工业生产过程会伴生强温室气体(GHG)一氧化二氮(N_2O),亟需开发环境友好的替代工艺。获奖者成功研发出以木薯渣等农业废弃物为原料、合成高纯度生物基己二酸的创新技术。该技术通过大幅提升微生物合成关键前体 3-羟基己二酸(3HA)的效率,并结合低环境影响的 3HA 纯化和己二酸转化工艺,实现了纯度达 99.7% 的生物基己二酸制备,并成功合成了品质相当的生物基尼龙 66(图 8)。此项成果推动了己二酸生产从化石资源向可持续生物原料的转型,为化工行业减少温室气体排放、实现绿色循环提供了重要技术路径。

应,其合成平台还可拓展至其他芳香族化合物的生产,有望为实现可持续社会做出巨大贡献。

5.3 大阪煤气化学株式会社与爱三工业株式会社

大阪煤气化学株式会社的岩崎邦寿、关建司以及爱三工业株式会社的山本典永、守山昌利开发了通过精准控制物质相变热实现固体吸附剂的高性能化、实用化技术。

汽油车燃料挥发气体中含有大量有害碳氢化合物,为此,对蒸发器系统的性能要求日益严格,尤其在混合动力车中,如何减少吹扫空气量、提升吸附罐脱附效率成为技术挑战。获奖者成功开发出一种具有温度变化抑制功能的蓄热材料,并已在北美市场实现商业化应用。该材料通过微胶囊化技术有效解决了传统石蜡类材料易堵塞多孔结构的难题,并结合颗粒化工艺确保了其长期耐久性与耐溶剂性,从而满足了车用环境的严苛要求。此项创新不仅提升了蒸发排放控制系统的效能,也为相关材料的产业化铺平了道路。今后也有望应用于其他领域。如图 10 所示。

5.4 金泽大学

金泽大学广濑大佑先生的贡献在于实现了木质



图 10 微胶囊(左),颗粒化蓄热材料(右)和颗粒化蓄热材料车用碳罐(右下)

纤维素类生物质环境协调型修饰法的开发与应用。

从绿色与可持续发展化学视角出发,推动化工原料从石油资源向天然可再生资源的转型已成为重要趋势。木质纤维素作为储量丰富的生物质资源,其高效利用需克服溶解性差、低分子化困难等挑战。获奖者着眼于离子液体兼具溶剂与催化功能的特性,将天然来源的不饱和醛与纤维素共同溶解于离子液体体系,成功开发出在 100% 原子经济反应条件下合成氟代离子基聚合物的工艺,以及副产物仅为氢气的环境友好型甲硅烷基化反应等多种新型生物质转化路径(图 11)。这些环境友好型生物质转换反应,有望推动生物基化学品的发展与普及,助力实现化学工业的可持续转型。

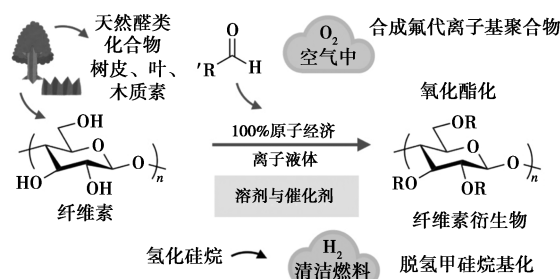


图 11 环境友好型生物质产物示例

5.5 国立产业技术研究开发综合研究所

国立产业技术研究开发综合研究所的兼贺量一先生开发了利用铱络合物催化剂实现二氧化碳有效利用的新技术。

为实现碳中和目标,将二氧化碳高效转化为高

附加值化学品或储能介质是当前的研究热点。获奖者通过分子设计,开发了以酰胺为配体的铱络合物催化剂,成功实现了二氧化碳向甲酸盐及甲醇的高效催化转化。在此基础上,进一步构建了基于二氧化碳与甲酸盐之间可逆氧化还原反应的新型液流电池(图 12)。该电池在 50 次充放电循环后仍可保持 90% 的容量,为实现以二氧化碳为载体的化学储能提供了可行路径。该成果融合了精准的分子设计与跨学科的能量系统开发,不仅为二氧化碳的资源化利用开辟了新途径,也为碳减排与可再生能源储存提供了集成化解决方案,对推动碳中和具有积极意义。

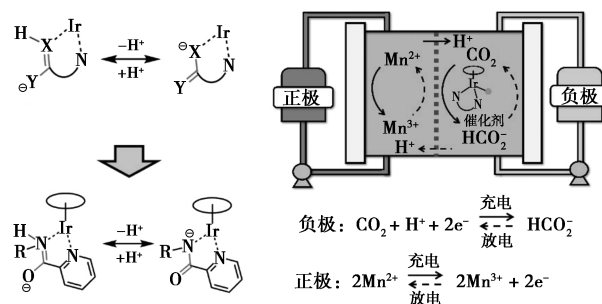


图 12 二氧化碳为活性物质氧化还原电池机理

参考文献

- [1] 王杰, 逯雅梅. “双碳”目标下氢能的发展现状与应用前景[J]. 现代化工, 2025, 45(S1): 22-23, 28.
- [2] 程海涛. 2024 年第二十三届日本绿色和可持续发展化学奖获奖项目创新研究进展[J]. 现代化工, 2025, 45(2): 11-15.
- [3] 程海涛. 2023 年第二十二届日本绿色和可持续发展化学奖获奖项目评述[J]. 现代化工, 2024, 44(6): 9-14, 19.
- [4] 程海涛. 2022 年第二十一届日本绿色和可持续发展化学奖获奖项目评述[J]. 现代化工, 2023, 43(8): 37-43.
- [5] 程海涛. 2021 年第二十届日本绿色和可持续发展化学奖获奖项目评述[J]. 现代化工, 2022, 42(2): 35-39.
- [6] 程海涛, 申献双. 2020 年第十九届日本绿色和可持续发展化学奖获奖项目评述[J]. 现代化工, 2020, 40(11): 1-6.
- [7] 程海涛, 申献双. 2018 年第十七届日本绿色和可持续发展化学奖获奖项目评述[J]. 现代化工, 2018, 38(12): 10-13. ■

《现代化工》欢迎广大作者踊跃投稿,投稿系统: <http://www.xdhg.com.cn>