中国科学院大连化学物理研究所

Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences

2022

科技成果汇编

节能环保

节能环保

液态阳光：二氧化碳加氢制甲醇
生物降解聚酯单体——柠苹酸催化氧化合成
天然气清洁燃烧技术和燃烧器产品
焚烧烟气中二噁英类的布袋脱除增效技术
大气样VOC在线采样-富集-热脱附-色谱进样联用装置
催化湿式氧化处理高浓度有机废水技术
焚烧烟气二恶英连续采样仪
PM10大气采样仪
贻贝中有机氯农药和多氯联苯标准物质GBW10069
轻汽油硫醚化模块催化剂
石墨烯导热膜制备技术
VOCs催化脱除技术
臭氧催化氧化处理工业废水
催化湿式过氧化氢氧化技术处理工业废水
生物质催化转化制乙二醇
三元正极材料再生研究
硫化氢分解制取氢气和硫磺的电化学技术
叶绿素传感器
高灵敏表面离子化检测器（SID）
焚烧烟气二噁英类生成的高效抑制与减排技术
分子筛膜渗透汽化（蒸汽渗透）脱水技术
焦炉烟气低温SCR法脱硝技术

液态阳光：二氧化碳加氢制甲醇

负责人：李灿　　联络人：王集杰
电话：15304111951　　Email:jjwang@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：工业化实验**

➢ 项目简介及应用领域

液态阳光技术，是利用太阳能、风能等可再生能源产生的电力电解水制氢，再将二氧化碳与氢气转化为甲醇。该技术不仅可解决二氧化碳排放问题，还可将再生能源转化为液体燃料，提供了可再生能源储存和运输新途径，为我国实现碳中和目标提供一条全新的技术路线。

中国科学院大连化物所李灿团队攻克了液态阳光中电解水制氢和二氧化碳加氢制甲醇两项关键技术。突破现有电解水制氢规模小（约 50-200 标方氢/小时）的限制，实现在单套电解槽上大于 1000 标方氢/小时规模化产氢，同时将单位制氢能耗由约 4.7-6.0 度/方氢降低至 4.3 度/方氢以内，是全球规模化碱性电解水制氢最高效率。研发了高稳定性、高选择性二氧化碳加氢制甲醇固溶体催化剂，使催化剂稳定性由现有研究的几百小时提升至 5000 小时，并将甲醇选择性由 60%-70%提高到 98%以上。在此基础上，大连化物所牵头示范了全球首套千吨级液态阳光示范项目，该项目包含 10MW 光伏发电，2×1000Nm3/h 电解水制氢，1500 吨/年二氧化碳加氢合成甲醇三个单元，每年可消纳 1800 万度可再生能源电，同时减排二氧化碳 2000 吨。该项目于 2020 年 10 月通过了中国石化联合会的科技成果鉴定，结论为：该项目集成创新了液态太阳燃料合成全流程工艺，具有完全自主知识产权，整体技术处于国际领先。

液态阳光技术先后受到发改委、科技部、能源局、国务院发展研究中心等国家相关部门高度重视，各部委分别进行专题调研和座谈，也引起了国电投集团、中煤集团等企业的高度重视，目前，正在与国电投集团和中煤集团合作推进十万吨级以上的液态阳光甲醇合成项目落地。液态阳光技术具有广阔的应用前景，我国当前甲醇表观消费量达到了 9000 万吨/年，但主要通过煤制甲醇过程，该过程排放大量二氧化碳，若采用液态阳光技术，可带动风光发电约 3.5 亿 kW 左右，减排二氧化碳 4.5 亿吨，产值将在 3000 亿以上。液态阳光技术还是解决水泥、

钢铁等刚性二氧化碳排放行业碳减排的重要技术路径。应用侧，甲醇除了做化工原料，还可作为低碳船运燃料，中国船级社、地中海航运、马士基航运等公司合作研究甲醇作为大型货轮动力的可行性。这些新生领域将使液态阳光技术应用空间至少翻一番。

➢ 合作方式

技术许可

➢ 投资规模

1000 万～5000 万

生物降解聚酯单体——柠苹酸催化氧化合成

负责人：郑明远　　联络人：郑明远
电话：0411-84379738　　Email:myzheng@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：实验室开发**

➢ 项目简介及应用领域

塑料大量使用造成的白色污染问题已经受到全世界的高度关注，大力发展生物可降解材料是解决这一挑战的终极有效途径。

柠苹酸（2-羟基-2-甲基丁二酸）是一种含有两个端羧基的二元短链（碳五）羧酸，可以作为新型聚酯单体用于合成生物可降解塑料，减少白色污染，或者用于宁康酸酐等高值化学品或药物合成，具有重要的应用价值。目前已有报道的合成方法是以葡萄糖为原料的生物发酵法，难以大规模生产和利用。

本研究团队以廉价生物质平台化合物乙酰丙酸（来自于秸秆等）为原料，首创了一步法催化氧化法制柠苹酸的技术新路线。在催化剂作用下，反应原料被氧气高选择性氧化为柠苹酸，单程收率超过 80%。

研究成果具有如下显著优点：

1）原料可再生。反应采用来自于秸秆转化而来的廉价平台化合物乙酰丙酸为原料，不与人争粮，具有真正的可再生属性，并且能够解决农业秸秆利用的难题。

2）反应条件绿色友好，便于工业放大。反应在水溶液中进行，利用清洁的空气中的氧气为氧化剂，过程环境友好，并且一步法催化转化的工艺简单，便于工业放大。

3）生产成本低。反应温度低于 100 摄氏度，反应能耗低；采用廉价的空气作为氧化剂，无需昂贵的纯氧制备系统。

4）产品价值高。 本项技术成果为秸秆转化利用制备新型生物降解聚酯单体提供了新方案，具有巨大的发展潜力。

➢ 投资与收益

通过合作研发，可使该技术由实验室向中试阶段快速推进，在 2-3 年内实现应用，为企业创造价值。

➢ 合作方式

合作开发

➢ 投资规模

100 万～500 万

天然气清洁燃烧技术和燃烧器产品

负责人：李为臻　　联络人：李为臻
电话：041184379738　　Email:weizhenli@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

近年来，雾霾成为中国环境问题的主要关切，天然气作为清洁燃料将逐步替代煤炭作为主要能源。然而，由于燃烧技术水平总体较低，实际应用的各类民用、商用和工业用燃气用具，如燃气灶、燃气热水器、燃气采暖热水炉和燃气锅炉仍普遍存在产生高浓度有毒有害的一氧化碳和氮氧化物问题，危害健康和环境。

从燃气锅炉开始，国家逐步收紧烟气中 NOx 排放限值，在全国逐步开展燃气锅炉低氮化工程。目前，燃气锅炉低氮化面临多重问题：

1）小型锅炉全预混表面燃烧降氮技术和产品国外垄断，价额昂贵，普适性差；

2）国内主流分级燃烧加烟气再循环技术用于中小型锅炉存在出力下降，能耗增加等弊端；

3）大吨位锅炉缺乏满足直排要求的降氮技术。

本团队开发了一种新型蓝柔燃烧技术，创造性的改变燃烧机燃烧头结构，成功实现气体高效混合和稳定清洁燃烧一体化集成化。使用该燃烧头，燃气锅炉 NOx 排放远低于 30mg/m^3 的现行最高标准，并优于国外相关技术；由于其火焰长度远远短于常规火焰，现有各吨位锅炉燃烧机均可直接进行改造更换；与国产风机、阀组、控制系统等装配成功实现整机完全国产化，具有完全自主知识产权，成本远低于国外同功能垄断产品。

自 2017 年实施打赢蓝天保卫战三年行动计划以来，京津冀“ 2+26”城市等重点区域投入巨资，严格执行煤改气和燃气锅炉低氮化措施，大气环境质量已显著改善。目前全国各地都在收严 NOx 排放标准，2010-2019 年近十年新增燃煤和燃气工业锅炉共约 424 万蒸吨，低氮改造市场高达万亿。

蓝柔燃烧技术也可用于燃气灶、燃气热水器、燃气采暖热水炉等民用和商用燃气用具，除具有超低 NOx 排放性能外，还可使燃烧烟气中 CO 的含量降低到 10ppm 以下，达到无害化标准，而市场同类产品 CO 浓度在 100ppm 以上，存在严重的中毒风险。

目前已经获得国家型式试验认证的产品有燃气锅炉燃烧机、燃气热水器，可

直接生产销售。燃气灶和燃气采暖热水炉研发也几近完成。

➢ 投资与收益

该技术是天然气清洁燃烧的普适技术，涉及所有燃气用具行业，市场量大面广。本项目产品生产属性为机电设备生产，应用属性是节能环保减排设备。投资主要用于生产线建设和商业费用，投资少，见效快，收益高。

➢ 合作方式

合作形式另议

➢ 投资规模

5000 万～1 亿

焚烧烟气中二噁英类的布袋脱除增效技术

负责人：张海军　　联络人：张海军
电话：0411-84379972　传真：0411-84379562　Email:hjzhang@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　项目阶段：工业化实验

➢ 项目简介及应用领域

在城市生活垃圾和固体危险废弃物焚烧烟气净化系统中，烟气的温度范围通常为 130－230°C 。在此温度条件下，烟气中绝大部分二噁英富集在颗粒相当中，尤其是高毒性的四至八氯取代二噁英。 布袋除尘器的滤袋仅能高效滤除粒径大于 2μm 的颗粒物，粒径小于 2μm 的颗粒物易于穿透滤袋。在除尘过程中，滤袋内表面会形成飞灰滤饼，为防止滤袋压差增大，会定期间隔振打抖落滤饼，此时可能会导致细小颗粒物爆发式透过滤袋，造成细颗粒物吸附态二噁英的涌出，使烟囱烟气中二噁英浓度升高。因此，提高布袋除尘器对烟气中细颗粒物的捕集效率，可大幅降低二噁英的排放。本实验室研发出高分子团聚促进剂，将此高分子团聚促进剂溶解在水溶液，喷入到脱酸反应塔或水喷雾急冷降温装置中，可促使烟气中细小颗粒物团聚形成较大颗粒，从而使其可被布袋除尘器高效捕获，进而可显著减少二噁英的大气排放。工业试验结果表明，该技术不会增大布袋除尘器的压差，可使二噁英的大气排放浓度降低 30-50%，同时使烟尘排放浓度降低 20-50%。该技术适用于城市生活垃圾、医疗废弃物和其它固体危险废弃物的焚烧设施。

➢ 合作方式

技术服务

➢ 投资规模

20 万～100 万

大气样 VOC 在线采样-富集-热脱附-色谱进样联用装置

负责人：关亚风　　联络人：关亚风

电话：0411-84379590　传真：0411-84379590　Email：guanyafeng@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

该联用装置由采样-脱水-富集柱-热脱附加热器、抽气装置和流路控制部分构成。装置以制冷压缩机为冷源，对大气样品中的组分进行低温吸附; 再经过一次热脱附直接进入气相色谱仪进行分离分析，无需二级冷冻聚焦装置，实现了冷阱浓缩/热脱附装置与气相色谱仪的直接联用。相比于传统的以液氮和半导体制冷为冷源的热脱附仪，研制的联用装置的富集温度仅需要-10 ℃，结构简单、功耗小、成本低。对大气中挥发性有机物具有 500～1000 倍的富集倍数。

【主要技术指标】

采样量：100～500 mL

抽气流量：15 mL/min

热脱附温度： 不大于 300 ℃

升温速率：150 ℃/min

色谱进样模式：阀进样

检出限：15～60 ppb（V/V），C2-C4 烃，FID 检测

冷却时间：不大于 5 min

总功耗：150 W

整机重量：15 kg（不包括色谱部分）

【技术特点】采用多级混合吸附剂填充制备采样吸附管，能够在-10 ℃低温下对 C2～C4 烃类化合物实现高倍数富集。与传统的液氮和半导体制冷系统相比，功率消耗小、制冷效率高，成功解决了 C2 烃类的低温富集难题。装置可与任何通用型气相色谱仪或色谱-质谱仪直接联用，无需二级冷阱或者二次聚焦。

【专利状态】授权专利 2 项

➢ 投资与收益

用于环境、化工等领域中气体样品的野外、实时、在线测试，也可用于实验室样品分析，具有广阔的推广应用前景。

➢ 合作方式

技术转让

➢ 投资规模

小于 20 万

催化湿式氧化处理高浓度有机废水技术

负责人：孙承林　　联络人：孙承林

电话：0411-84379133　　传真：0411-84699965　　Email：clsun@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

催化湿式氧化（Catalytic Wet Air Oxidation，简称 CWAO）技术是在一定的温度、压力和催化剂的作用下，经空气氧化，使污水中的有机物及胺类分别氧化分解成 CO_2 、H_2O 及 N_2 等无害物质。CWAO 技术具有净化效率高，流程简单，占地面积小等特点，有广泛的工业应用前景。CWAO 技术适用于治理焦化、染料、农药、印染、石化、皮革等工业中含高化学需氧量(COD)或含生化法不能降解的化合物（如氨氮、多环芳烃、致癌物质 BAP 等）的各种工业有机废水。我国国内 CWAO 尚处于正在进行产业化阶段，目前国内仅有少数几套催化湿式氧化设备，并且多为日本大阪煤气公司的技术，因此该公司的技术使用费及催化剂价格等很高，极大限制了该项技术在国内的推广应用。

大连化物所拥有从事环境治理技术研究的专业队伍，在油田含油污水处理及资源化利用、化工行业废水处理方面已有 20 多个项目成功实施。先后承担了“863”、“973”等国家攻关项目，主持过国家“十五”863 重大项目—“湿式氧化催化剂和反应器的研制与开发”课题以及“十一五”863 重点项目—“高浓度难降解有机废水处理新技术开发”中“强化催化氧化集成技术与装备”课题，技术实力雄厚。我所在二十世纪八十年代末即开展催化湿式氧化处理高浓度有机废水技术的研究，至今已建立起了九套小试连续反应装置以及四套工业化装置(深圳市危险废物处理站有限公司（24 t/d）、万华化学集团股份有限公司（48 t/d)、天津北方食品有限公司(80 t/d)和北京天罡助剂有限责任公司(72 t/d))，制备出拥有自主知识产权的贵金属－稀土金属双组分催化剂（专利号：2012105631542)，其各项指标达到国际水平，所研制成功的车载型催化湿式氧化处理废水装置（最大处理量为 0. 5 t/d)，已顺利地通过了由国家经贸委组织的技术鉴定，获准进行工业化应用批量生产，并且其已被列入国家“十五”期间环保重点攻关项目的新产品。1992 年，贵金属－稀土双组分催化剂通过中科院沈阳分院鉴定。2002 年，车载型催化湿式氧化处理废水装置获得“中国机械工业协会” 科技进步二等奖。2015 年，高浓有机废水催化湿式氧化处理技术获得山东省科技进步二等奖。该技术整体达到国际先进水平，节能减排示范作用显著，具备推广条件。近年来，催化湿式氧化技术几套工业化装置的稳定运行，将提供大量的基础运行数据，有利于进一步优化改进，确保技术的稳定性、安全性，增加了技术可靠性，增强了企业的信心，减轻了技术推广的阻力，将大幅推动该技术在国内废水处理领域的推广和应用。目前，我所可提供处理废水为 24～200 吨/

天规模催化湿式氧化成套技术。

➢ 合作方式

合作开发、技术转让、技术许可、技术服务等。

➢ 投资规模

500 万～1000 万

焚烧烟气二恶英连续采样仪

负责人：倪余文　　联络人：倪余文
电话：0411-84379562　　Email:yuwenni@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

焚烧烟气二恶英连续采样仪主要应用于垃圾焚烧、钢铁冶炼、矿石烧结、水泥窑等排放源的二恶英连续采样监测。该设备具有 1-4 周连续采样的能力，可以按照要求设置不间歇连续采样、随机时段采样、设计时段采样等采样模式，设计有自动排水模式，工作期间不需人工干预。采样流量 15-30L/min，跟踪采样精度±2.0%,流量稳定性±2.0%，适用烟道气温度范围 100～400℃，工作温度温度测量范围： -15～40℃。

➢ 投资与收益

该设备主要面向焚烧源排放企业、环境监测部门，国内市场需求预期在 400～800 套。该设备预期投资规模在 500～1000 万元，设备生产成本 10 万元左右，预期销售价格 40 万元以上。

➢ 合作方式

合作形式另议

➢ 投资规模

500 万～1000 万

PM10 大气采样仪

负责人：倪余文　　联络人：倪余文
电话：0411-84379562　　Email:yuwenni@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

PM10 大气采样仪，主要面向大气半挥发性有机污染物的大流量样品采集，该采样器设计了总悬浮颗粒物切割（TSP）和气溶胶采样（PUF），可采集总悬浮颗粒物和 PM10。

采样流量范围：　100～1000L/min；

流量稳定性：　≤±2.0%；

温度测量范围：　－15～50 ℃；

计前压力：　70～100 Kpa

➢ 投资与收益

该设备成本预计在 7000-10000 元，市场销售价格 40000-60000 万元。项目总投资预计 100-200 万元。面向环境监测部门、第三方监测实验室等，具有广阔的市场应用前景。

➢ 合作方式

技术转让

➢ 投资规模

1000 万～5000 万

贻贝中有机氯农药和多氯联苯标准物质 GBW10069

负责人：卢宪波　　联络人：卢宪波
电话：0411-84379972　　Email:xianbolu@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　项目阶段：成熟产品

➢ 项目简介及应用领域

本产品为贻贝中有机氯农药和多氯联苯标准物质，为 120 目的粉末状贻贝组织，以每瓶 10g 分装在棕色玻璃瓶中，避光、密封包装。该标准物质给出了贻贝中 16 种多氯联苯（PCBs）和 18 种有机氯农药（OCPs)的标准值，采用具有绝对测量性质的同位素稀释色质联用法定值，不确定度在 10%左右。标准物质的最小取样量 2.0 g。

该标准物质在食品安全控制、质量监测、环境监测等领域用于确认和评价分析方法、监控测量过程质量、考核人员操作水平等。

➢ 投资与收益

本产品有售，欢迎用户或者销售代理商来电咨询。

➢ 合作方式

合作形式另议

➢ 投资规模

20 万～100 万

轻汽油硫醚化模块催化剂

负责人：郑明远　　联络人：郑明远
电话：0411-84379738　　Email:myzheng@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

绿水青山就是金山银山。随着我国在 2018 年 6 月发布国Ⅵ清洁汽油标准，“低硫、控烯、保辛烷值”的清洁汽油生产新技术成为炼油行业大势所趋。催化蒸馏技术用于轻汽油硫醚化脱硫，具有操作条件温和，反应效率高，节约企业节约投资等优点。中科院大连化物所与凯瑞环保科技公司合作，开发了具有自主知识产权的硫醚化催化剂和催化蒸馏元件（模块），并于 2018 年在广西石化公司进行了轻汽油硫醚化中试（500 吨/年规模）。连续运行试验表明，催化剂选择性较高，轻汽油中硫醇含量由 60ppm 降低到 3ppm 以下，产品质量稳定，并且模块催化剂机械强度较高，达到工业装置技术要求。2019 年 5 月该研究成果通过了中国石油和化学工业联合会组织的技术评审，评审专家委员会认为，该项目具备产业化可行性，符合国家产业政策，建议加快产业化进程。

➢ 投资与收益

该轻汽油硫醚化模块催化剂产品可用于轻汽油催化蒸馏硫醚化脱硫装置，具有催化高活性和高选择性的优点，并且相对于进口产品具有明显的价格优势，可替代此类装置上的国外催化剂，实现催化剂国产化。

➢ 合作方式

技术服务

➢ 投资规模

1000 万～5000 万

石墨烯导热膜制备技术

负责人：吴忠帅　　联络人：周锋
电话：13942879205　　Email:zhoufeng1107@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：实验室开发**

➢ 项目简介及应用领域

随着技术的发展和进步，电子产品逐步向集成化、高功率、多功能方向发展。芯片由于大量产热形成局部热点，直接影响设备的可靠性和寿命，引起电子器件失效，甚至造成整个装备瘫痪。因此，开发先进的扩热材料对大功率电子产品的发展至关重要，是解决大功率电子设备芯片高可靠性板卡散热的关键技术。石墨烯是目前已知面内导热性能最好的材料，其热导率是铜的 10 倍以上，并兼具密度低、力学性能优异、柔性和稳定性高等优点，是研制高性能扩热材料的首选。通过自下而上的方式组装超厚型石墨烯膜，是突破现有散热材料厚度瓶颈的可行方向，并成为热管理领域的研究热点和行业共识。

现阶段石墨烯膜的工业化制备绝大多数是采用氧化石墨烯为原料，首先通过 Hummers 法得到氧化石墨烯分散液，然后通过自然干燥、真空抽滤或涂布等方法得到自支撑的氧化石墨烯薄膜，并通过化学还原、热处理等方法得到还原氧化石墨烯薄膜，最后通过高温石墨化提高结晶度，得到高导热石墨烯薄膜。影响该方法制备得到石墨烯膜热导率最重要的因素是组装成膜的石墨烯片的热导率。由于氧化石墨烯分散液的制备通常在强酸条件下进行，破坏石墨烯的平面结构，同时引入了环氧官能团，造成声子散射增加。氧化石墨烯膜需要经过 1000℃热处理以除去环氧、羟基、羰基等环氧官能团，然后再经过 2800℃的高温对它进行石墨化，然后进行分级致密化，才能做成高柔韧性、高密度的导热膜。可以发现使用氧化石墨烯制备石墨烯导热膜步骤繁琐、工艺路线长、工艺控制点多，在热处理过程中还要保持其完整性，如力学性能、高致密程度、平整性等，这对石墨烯薄膜的制备工艺提出了更高的要求，这必然导致高的能耗和设备的复杂性。

除了通过还原氧化石墨烯薄膜，石墨烯膜还可通过石墨烯分散液的方法制备。由石墨烯分散液制备石墨烯薄膜的最大优势在于保留了石墨烯的平面结构，使得薄膜具有比较高的本征热导率。电化学剥离的石墨烯（特别是阴极剥离的石墨烯）可以在不经过高温热处理的情况下保留完整的平面晶格结构，且剥离过程不存在强机械力，所得石墨烯片层尺寸大，制备石墨烯膜的过程技术上可套用工业级成熟的辊压成膜技术，在石墨烯导热膜制备领域具有极大的应用前景。另外，其具

有较完整的平面晶格结构有望避免高耗能且对设备要求高的碳化或高温石墨化过程，实现节能减排，更易于实现低成本、规模化、标准化，因而以电化学剥离石墨烯为原料进行石墨烯散热膜的制备研究，具有良好的工业应用前景。

➢ 投资与收益

建成一条年产能为 1000 平方米的石墨烯散热膜生产示范线；年产 2 万平方米的石墨烯膜工艺包；石墨烯膜厚度 100～300 μm 可调，面内热导率≥1000 W/mK，垂直热导率≥5 W/mK；预计投资需求：400～500 万元

➢ 合作方式

合作开发

➢ 投资规模

100 万～500 万

VOCs 催化脱除技术

负责人：王胜　联络人：王胜

电话：13591360316　传真：0411-84662365　Email：wangsheng@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：工业推广应用**

➢ 项目简介及应用领域

挥发性有机气体（VOCs）是导致大气雾霾的重要诱因，VOCs 的排放涉及化工、喷涂、印刷、制药、塑料和橡胶加工等众多行业，其成分复杂，大体包括三苯类（芳香烃、多环芳香烃等）、含氧类 VOCs（醇类、酮类、酚类、醛类和酯类等）、烃类（如烷烃、烯烃）、含杂原子 VOCs（如卤代烃等）以及低碳烷烃类（如乙烷、丙烷等）。鉴于 VOCs 对环境和对人体健康的危害，其排放控制引起了各国政府的高度重视。美国、欧盟、日本等相继出台了一系列 VOCs 排放标准及减排计划。我国在十三五规划纲要中，明确提出将 VOCs 排放纳入总量控制范畴。VOCs 的排放控制技术主要可分为物理回收和化学降解两大类技术，而化学降解法中的催化氧化技术，具有适用处理废气浓度范围广、能彻底将 VOCs 转化为 CO_2 和 H_2O，无二次污染问题，并且可处理易燃易爆气体，是 VOCs 净化的最有效方法。大连化物所在科技部重点研发项目、自然科学基金项目、中科院 STS 项目等资助下，针对典型的四类 VOCs 气源特点，进行了 VOCs 氧化催化剂及工艺技术的开发。开发出针对含氧类 VOCs、芳香类、低碳烷烃类以及含杂原子类等系列 VOCs 净化催化剂。开发的广谱性燃烧催化剂，已成功应用于涂装、印染、石化等 5 个工业项目。开发的耐卤素燃烧催化剂也已应用于对苯二甲酸尾气催化净化工业项目中。

PTA尾气净化项目

聚丙烯尾气净化项目

造船厂涂装车间尾气净化项目

涂装尾气净化项目

苯乙烯尾气净化项目

印染行业尾气净化

此外，开发的丙烯酸尾气、丙烯腈尾气净化催化剂已完成工业侧线试验，正在进行工业推广应用。目前，在耐硫燃烧催化剂方面也取得较大进展，有望近期完成工业侧线试验。同时，还开发出蓄热催化净化工艺（RCO）、吸附-浓缩-催化净化等 VOCs 净化工艺，可以满足不同的 VOCs 气源和工况特点，可以为用户提供 VOCs 催化净化成套技术方案。现已经申请相关发明专利 45 件，授权近 10 件。目前已许可八套工业装置，实现年减排 2.4 万吨/年 VOCs。

➢ 投资与收益

大连化物所开发的 VOCs 净化催化剂具有高的催化活性和稳定性，催化剂性能完全能够和国外进口催化剂相媲美，催化剂成本低于同类产品。

➢ 合作方式

技术转让、技术许可、技术入股、技术服务等

➢ 投资规模

500 万～1000 万

臭氧催化氧化处理工业废水

负责人：孙承林　　联络人：孙承林
电话：84379133　　Email：clsun@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

通过在臭氧中添加催化剂的非均相催化臭氧氧化（HCOP ，Heterogenous catalysis ozonation process）是一种用于水处理的绿色高效技术，并且在酸性和碱性环境下都有应用。利用臭氧（E_0=2. 07V）在催化剂的作用下生成氧化能力极强的羟基自由基[•OH]（E_0=2. 80V)和单原子氧[O]等活性粒子的性质降解有机和无机污染物，如苯、酚及其衍生物，氰化物、硫化物、铁及腐殖酸，杀虫剂、除草剂等，同时具有脱色、除臭、杀菌作用。

HCOP 技术被认为是一种可以替代高级氧化的提高废水可生化性的一种方法，通过断裂有机物化合键链而减小有机物分子量或直接氧化成二氧化碳和水。目前公认的臭氧氧化机制有两种，一种是在催化剂的表面臭氧分子分解产生•OH，另一种即臭氧的直接氧化作用，分子中的氧原子具有强烈的亲电子性，臭氧分解产生的新生态氧也具有很高的氧化活性。

HCOP 技术在常温低压温和条件下进行，目前主要作为其他废水处理单元（如混凝沉淀、生化氧化、活性炭吸附等）的预处理或深度处理技术，适用于高盐低浓度有机废水，结合 Fenton、CWPO、铁碳内电解等技术提高出水可生化性，适用于处理 COD 属中低浓度的生活污水及工业废水。

本组自主研发并生产的多种催化剂为满足不同类别工业废水的处理提供更多可选性，适于不同酸碱度废水、对盐度条件不苛刻。目前申请专利：一种煤气化浓盐水及生活污水组合处理方法 2016112801234800 受理；一种催化臭氧氧化反应系统与装置 201711350333. 7 受理；一种催化臭氧氧化催化剂制备及其应用 201811459901. 1 受理。

➢ 投资与收益

目前可提供技术方案设计及催化剂产品销售，催化剂价格在 2 万～4 万元/吨不等。

➢ 合作方式

合作开发、技术转让、技术许可、技术入股、技术服务等

➢ 投资规模

20 万～100 万

催化湿式过氧化氢氧化技术处理工业废水

负责人：孙承林　　联络人：孙承林

电话：0411-84379133　传真：0411-84699965　Email：clsun@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

催化湿式过氧化氢氧化技术(Catalytic Wet Peroxide Oxidation，简称CWPO)，是高级氧化技术的一种，是指采用过氧化氢做氧化剂，在反应过程中催化过氧化氢分解为氧化性更强的羟基自由基(•OH)，进而将有机污染物氧化为小分子有机物甚至直接矿化为 H_2O 和 CO_2 的技术。CWPO 技术在常温常压下即可反应，并且具有操作简单、经济环保等特点，因此在难生物降解的中低浓度有机废水处理领域受到了广泛的关注。

大连化物所从 2005 年就开始了 CWPO 技术的研究工作。在 CWPO 技术中，非均相催化剂将活性组分负载于载体上，具有活性组分不易流失，催化剂易从水中分离、可循环使用的优势，并大大减少了对反应设备的腐蚀和副反应的发生。大连化物所针对不同性质的工业废水已研发多种高效催化剂，且具备 100 吨/年的催化剂生产能力。CWPO 技术目前已在垃圾渗滤液、煤化工废水及印染废水等多行业废水处理领域中有着重要应用，该技术既可用于废水生化前的预处理，又可用于废水的深度处理。2011 年，大连化物所成功完成了 CWPO 技术处理辽宁宏丰印染废水的中试放大实验，印染废水经 CWPO 处理后，COD 去除率接近 80 %，色度去除率约 90 %，处理成本在 2. 3 元/吨。2015 年，大连广泰源环保科技有限公司采购大连化物所研发生产的 CWPO 催化剂 60 吨，用于处理垃圾渗滤液废水，处理后可达标排放。大连化物所将 CWPO 技术与广泰源环保科技有限公司的 MVR 技术进行集成。该组合处理工艺包括预处理系统-蒸发洗气系统-催化湿式过氧化氢氧化系统。蒸发洗气系统处理后出水温度在 60～100 度之间，出水 COD 值为 80～200 mg/L，催化湿式过氧化氢氧化处理后废水 COD 值低于 50 mg/L。2016 年，大连化物所与中钢集团鞍山热能研究院有限公司合作，成功完成了 CWPO 技术处理煤化工废水的中试研究。2017 年，中钢集团鞍山热能研究院有限公司采购大连化物所研发生产的 CWPO 催化剂 100 吨，用于煤化工废水处理的工业化放大。该项目进展顺利，近期将开车投入使用。目前 CWPO 技术申请专利 6 件，授权 1 件。

➢ 投资与收益

目前可提供各类工业废水处理工艺包、小试中试装置、催化剂产品等，中试装置 30～40 万元/套、催化剂价格在 2～4 万元/吨不等。

➢ 合作方式

合作开发、技术转让、技术许可、技术入股、技术服务等

➢ 投资规模

20 万～100 万

生物质催化转化制乙二醇

负责人：郑明远，张涛　　联络人：郑明远
电话：84379738　传真：84685940　Email:myzheng@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：中试放大**

➢ 项目简介及应用领域

乙二醇、丙二醇是重要的大宗能源化学品，主要用于 PET 等聚酯合成（涤纶纤维、饮料瓶）和化学中间体等。2020 年全世界乙二醇的消费量大约为 3000 万吨，市场需求量十分巨大。我国乙二醇的消费量占世界总量的一半以上。目前乙二醇主要由石油乙烯或煤化工技术生产，而化石资源的不可再生性和二氧化碳排放问题为经济可持续性发展带来严重挑战。利用可再生的生物质资源制备乙二醇等大宗化学品日益受到国际产业界的高度关注。

生物质催化制乙二醇技术（DLEG）是以纤维素或秸秆糖等生物质为原料，在水相条件下经过一步法催化加氢高收率获得乙二醇或 1,2-丙二醇产品。该技术为中国科学院大连化学物理研究所的国际首创科研成果，具有独立自主的知识产权，已经申请国内外专利 60 余件并获得中国、美国、加拿大、巴西、日本、韩国、欧洲多个国家获得授权。大连化物所的 DLEG 技术在世界上处于领先地位，适用于多种生物质碳水化合物原料，且主产物可在乙二醇、1,2-丙二醇之间调变。技术的基本特征如下：

（1）采用连续式反应工艺，以葡萄糖、木糖等秸秆糖为原料催化转化，可获得接近 80%的乙二醇和丙二醇收率。

（2）通过催化剂调变，或者以菊芋等果糖基生物质为原料，可以获得 1,2-丙二醇主产物，二醇总收率~70%。

（3）以农林业秸秆为原料，经预处理后得到纤维素，进一步在 240℃水热加氢条件下进行催化转化，可获得>50%的乙二醇收率。

对比于传统的石油化工及煤化工制乙二醇的技术路线，DLEG 技术可减少温室气体排放，降低化石能源依赖，对治理环境污染、缓解资源紧张发挥积极作用，符合国家经济可持续发展和降低二氧化碳排放的战略目标，具有重要的社会价值和广阔的发展前景。

➢ 投资与收益

乙二醇、丙二醇的市场规模巨大，产品价值较高，市场价格一般在

7500-10000 元/吨。生物质基产品在国际市场更是受到用户青睐，享有高于石油基二元醇价格 20%以上的超额定价空间。秸秆等农业废弃物资源广泛，价格低廉，利用其生产乙二醇，符合节能减排和可持续发展要求，并且具有很好投资回报和广阔的发展前景。大连化物所将在千吨级生物质乙二醇中试成果基础上，面向世界范围内的广大用户提供生物质乙二醇年产能规模为十万吨级的 DLEG 技术工艺包。

➢ 合作方式

技术许可

➢ 投资规模

1000 万～5000 万

三元正极材料再生研究

负责人：陈剑　　联络人：陈剑

电话：0411-84379687　传真：0411-84379811　Email：chenjian@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：实验室开发**

➢ 项目简介及应用领域

“废弃材料再利用”是一个伴随着自然资源急剧消耗和废弃材料急剧增加的新命题，许多国家已经逐渐加大废旧电池回收利用的研究投入，废旧电池的回收再利用是一项紧迫而艰巨的任务。锂离子电池中，三元锂离子电池的产量和使用量逐年快速增长，随之产生大量废旧三元锂离子电池，不经处理的三元废旧电池会产生严重的环境污染。

废旧三元锂离子电池含有丰富有价金属资源，是有待开发的“城市矿山”。目前，已有的相对成熟的三元正极材料回收工艺主要采用湿法冶金工艺，但是此过程中产生废酸等污染物，且工艺相对复杂，成本较高。本项目重点研究工艺简单、成本低廉、绿色环保的旧三元锂离子电池正极材料直接再生工艺。

技术指标：开发了废旧三元正极材料的直接再生工艺，再生制得的三元正极材料的电化学性能较优。材料的首次放电比容量大于 140 mAh/g；大电流充放电性能优异，1C 放电比容量 129 mAh/g，循环 100 次容量保持率为 81. 5 %。

应用领域：再生的三元正极材料可应用于储能电站电池、电动工具、3C 设备等电池，具有广阔应用前景、经济效益和社会效益。

➢ 合作方式

技术转让或技术许可

➢ 投资规模

1000～5000 万

硫化氢分解制取氢气和硫磺的电化学技术

负责人：李灿 宗旭　　联络人：马伟光、宗旭
电话：0411-84379698　　Email：wgma@dicp.ac.cn

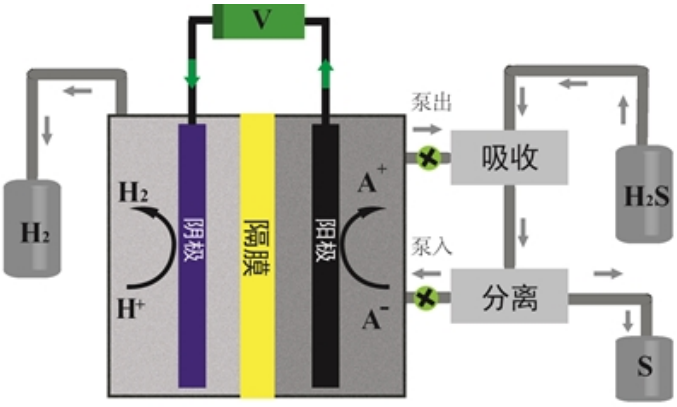
学科领域：节能环保　　项目阶段：实验室开发

➢ 项目简介及应用领域

石油化工和煤化工等工业尾气和原料气中存在的剧毒气体硫化氢不仅会腐蚀金属管道及设备，造成环境污染，还会导致部分催化工艺过程中催化剂的中毒，严重影响其催化剂的性能和寿命。工业上硫化氢处理主要为 Claus 工艺，将硫化氢高温生成水和硫磺。尽管获取了硫磺，但其中氢元素被浪费。另外，Claus 工艺需要配备尾气装置才能达到国家排放要求。

本项目开发了一种常温常压下的电化学工艺，可以将硫化氢完全分解，生成高纯度氢气和 α 型硫磺。产生相同量的氢气耗能仅为碱性电解水 43 %，硫化氢吸收 99 %以上，转化率 80 %以上，符合环境排放标准。该项目具备自主知识产权，已发表论文 5 篇，申请专利 6 项，两项已授权。

目前硫化氢分解制取氢气和硫磺的电化学技术已完成小试工艺包的研发，现阶段主要寻求合作单位进行中试放大以及工业化实验方面的研究。



➢ 合作方式

合作开发

➢ 投资规模

100 万～500 万

叶绿素传感器

负责人：关亚风，耿旭辉　　联络人：田晓静
电话：0411-84379590　传真：0411-84379570　Email：tianjing@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

水中叶绿素浓度是水体富养化的重要指标之一，对叶绿素浓度的实时在线监测非常重要，国内现在现场使用的基本是进口的传感器，价格昂贵。同时，高价的进口传感器在稳定性和使用寿命两方面并不令人满意。大连化学物理研究所研制开发出性能指标高于进口产品的自主知识产权传感器，它不仅能够扣除太阳光中与叶绿素荧光相同的本底光，还能扣除太阳光激发的叶绿素荧光，测量叶绿素准确度优于进口产品。该传感器稳定可靠，测定精密度和国标法相近，明显高于美国 YSI 同类产品，完全能够满足水体样品分析的要求。该传感器已交付国家海洋环境监测中心出海实测，并应用于太湖栈桥监测点连续实时监测叶绿素浓度。【主要技术指标】

检测模式：双窗口检测

参数：叶绿素 a，水体温度

温度精度：±0.15 ℃

叶绿素 a 检测精度：0.05 μg/L

叶绿素 a 检测范围：0.05～100 μg/L；1～500 μg/L

精密度：RSD<5 %

采样间隔：10 min

操作模式：SD 卡存储，RS232 传输

【技术特点】传感器以蓝色发光二极管激发水中叶绿素发出荧光，双光纤收集荧光，用光电倍增管检测荧光，同时测量本底荧光值，扣除本底值后得到水体中叶绿素浓度。传感器配有热敏电阻实时检测水温，用于叶绿素 a 浓度的校正。同时，采用机械刷定期自动清除光纤表面附近的藻类干扰物，适用于连续监测。

➢ 投资与收益

适用于环境领域河流、湖泊、海洋等水体中叶绿素 a 的连续、实时检测。水体富营养化日益严重，叶绿素 a 浓度在线监测越来越重要；该传感器的性能优于进口产品；技术路线清晰明确，易于产业化推广。市场容量大，具有广阔的推

广应用前景。

➢ 合作方式

技术许可、技术入股、技术服务等

➢ 投资规模

20 万～100 万

焚烧烟气二噁英类生成的高效抑制与减排技术

负责人：张海军　　联络人：张海军
电话：0411-84379972　传真：0411-84379565　Email:hjzhang@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　项目阶段：工业生产

➢ 项目简介及应用领域

焚烧处理是我国城市生活垃圾和固体危险废弃物处置的主要方式。在焚烧处置过程中会生成高毒性的二噁英类物质。为控制二噁英类物质的排放，我国的大型现代化垃圾焚烧发电设施普遍采用了“3T + E”技术（控制焚烧温度、搅拌混合程度、气体停留时间、及过剩空气率）、烟气急冷技术和活性炭+布袋除尘器技术，尽管如此，一些大型垃圾焚烧设施的二噁英类物质排放水平仍然难以达到现行《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)规定的限值(0.1 ng TEQ/Nm3)。在东部个别发达地区，城市生活垃圾焚烧设施的二噁英的大气排放限值已降低到0.05 ng TEQ/Nm3。本实验室通过深入研究焚烧烟气中二噁英类生成机理，锁定了影响二噁英类生成的关键因素，在此基础上研发出高效的二噁英生成阻滞剂，不仅可有效抑制二噁英的生成，同时也可抑制多氯联苯、多氯萘、氯代多环芳烃等其它高毒性卤代芳烃类化合物的生成。该抑制剂可以溶解在水溶液中，通过选择性非催化还原（SNCR）系统、水喷雾急冷降温系统或碱液脱酸系统喷入300-1000℃的焚烧烟气中；同时也可以粉体制剂形式喷入 500-1000℃的焚烧烟气中。工业应用结果表明，使该二噁英生成阻滞剂，可以使二噁英的生成量和大气排放浓度水平下降 40-85%。该技术适用于城市生活垃圾、医疗废弃物和其它固体危险废弃物的焚烧设施。

➢ 投资与收益

采用本实验室研发的焚烧烟气二噁英类生成的高效抑制与减排技术，可以充分保障焚烧设施二噁英的达标排放，确保焚烧设施的正常运行。以每日焚烧500吨的城市生活垃圾焚烧设施为例，每天只需使用二噁英生成阻滞剂0.2-1吨。

➢ 合作方式

技术服务

➢ 投资规模

20万～100万

高灵敏表面离子化检测器（SID）

负责人：关亚风　　联络人：关亚风

电话：0411-84379590　传真：0411-84379590　Email：guanyafeng@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

SID 检测器是一种对有机胺类化合物具有高选择性和高灵敏度的检测器。它基于表面（热）离子化原理设计，利用有机胺类化合物在金属表面加热电离的特点对其进行检测。检测器适用于任何型号的气相色谱仪，可作为气相色谱专用型检测器。具有体积小、灵敏度高、选择性高的优点; 可用于有机胺类和肼类化合物的检测; 既可以与毛细管和填充柱气相色谱等系统联用，也可以作为传感器单独使用。

【主要技术指标】

最小检出量：10～15 g/s（叔胺）

选择性：5～7 个数量级（对烃类、酮类）

使用温度：250～300 ℃

适用载气：惰性气体，空气（用作传感器）

【技术特点】该检测器只对有机胺类化合物响应高，而对烃类、含氧、含氮、含硫、含卤素以及芳烃类有机物响应值极低，响应比值达 10ˆ5～7。SID 对水的响应值仅有胺的 10ˆ−9，因此可以直接分析水中有机胺。

➢ 投资与收益

适用于各种油品、食品和环境样品中胺类物质的检测，还可用于药物代谢、化工分析等领域中有机胺类和肼类化合物的测定，还适合公共安全领域的神经毒剂现场监测。市场容量大，具有广阔的推广应用前景。

➢ 合作方式

技术转让

➢ 投资规模

小于 20 万

分子筛膜渗透汽化（蒸汽渗透）脱水技术

负责人：杨维慎　　联络人：胡子益
电话：13940964905　　Email:yangws@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

分子筛膜渗透汽化（蒸汽渗透）脱水技术是一种新型的膜分离技术，被誉为 21 世纪最有前途的分离技术。它是基于分子筛分和吸附选择进行分离的，具有一次分离度高、操作简单、无污染、低能耗的特点。分子筛膜作为一种新型的无机分离膜，可以在苛刻的条件（较高温度和有机溶剂）下使用，且具有高通量、高稳定性等优点，因此其在渗透汽化，特别是蒸汽渗透领域，具有良好的应用前景，分子筛膜脱水技术已成为目前国内外有机溶剂脱水方面的首选分离技术。

中科院大连化学物理研究所是国内最早开展分子筛膜渗透汽化（蒸汽渗透）脱水技术研究的单位，也是最早实现分子筛膜脱水技术工业化的单位，已经完成了包括乙醇、异丙醇、丙酮、碳酸酯、乙酸乙酯、NMP、DMSO 等多种溶剂脱水项目数十项，涉及的领域有煤化工、精细化工、生物制药、电子半导体等行业。

我所的杨维慎研究员带领的分子筛膜研究团队获得了 2015 年国家自然科学二等奖，这也是国内分子筛膜领域获得的国家最高奖。我所还 组织编写了国家行业标准《管式 A 型（NaA）分子筛透水膜》 HG/T5504-2019，对分子筛膜技术水准进行了约束，有效提高了行业准入门槛，树立了行业领导者的形象。

➢ 合作方式

技术服务

➢ 投资规模

100 万～500 万

焦炉烟气低温 SCR 法脱硝技术

负责人：程昊　　联络人：程昊
电话：84379332　传真：84662365　Email：chh@dicp.ac.cn

学科领域：节能环保　　**项目阶段：成熟产品**

➢ 项目简介及应用领域

针对焦炉烟气特点，开发了整体涂层式低温高效脱硝催化剂用于焦炉烟气脱硝。本催化剂为一种涂层式蜂窝陶瓷状宽温 SCR 脱硝催化剂，具有低温活性好、处理能力大、抗毒能力强等特点。根据不同的烟气条件，如温度、灰含量、压力、组成等特点，有针对性对孔节距、活性组成、催化剂排布方式等进行优化设计，能够满足多种应用场合，如焦化烟气、玻璃窑炉烟气、陶瓷窑炉烟气以及硝酸尾气等脱硝要求。该催化剂具有以下突出特点：

1. 低温脱硝活性高， 200～250 ℃之间可达到 90%以上脱硝率；
2. 温度窗口宽，在 180～450 ℃之间起作用；
3. 对催化剂进行工程设计使得催化剂具有良好的低温抗硫中毒能力，230 ℃时可在 SO_2 为 300 mg/m^3 的烟气中长时间工作；
4. 脱除精度高，可保证出口尾气中 NO_x 浓度小于 20 mg/m^3；
5. 操作空速大，处理能力强，反应空速在 10000～20000 hr^{-1}，是传统催化剂的 4～5 倍。可大大缩小反应器体积，减少占地面积，特别适用于空间紧张，对占地面积有严格要求的焦炉改造项目。

2015 年中国科学院大连化学物理研究所与江苏爱尔沃特环保设备工程有限公司、江苏沂州煤焦化有限公司三方联合，采用该技术为江苏沂州煤焦化有限公司 3#焦炉进行烟气脱硝治理，建设了脱硝工业示范装置。该装置于 2015 年 11 月 17 日开车成功后，一直稳定运行，反应器出口氮氧化物浓度小于 100 mg/m^3，满足焦化行业最严格的排放标准。在 3#焦炉脱硝装置成功运行的基础上，江苏沂州煤焦化有限公司继续采用我所技术为其剩余 3 座焦炉进行脱硝改造。我所根据第一套示范装置的运行数据，对催化剂及反应器进行了优化设计，在保证催化剂脱硝性能的前提下，系统阻力降大大降低，为企业节约了运行费用。目前已有八套采用我所技术的焦炉烟气脱硝装置投产，每年可减少氮氧化物排放量近 2 万吨。

➢ 投资与收益

我国目前焦炉约有两千余座，焦炉烟气排烟温度较低，约为 230～280 ℃，传统火电厂用脱硝催化剂不能满足要求，市场对高效低温脱硝催化剂需求旺盛。

➢ 合作方式

技术许可

➢ 投资规模

500～1000 万