



中国科学院青岛生物能源与过程研究所

Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology, Chinese Academy of Sciences

2020 年科技成果汇编



中国科学院青岛生物能源与过程研究所

研究所简介

中国科学院青岛生物能源与过程研究所（以下简称“青岛能源所”）是由中国科学院、山东省人民政府、青岛市人民政府于 2006 年 7 月启动筹建，2009 年 11 月 30 日通过共建三方验收并纳入中国科学院“知识创新工程”管理序列的国立科研机构。

2017 年 3 月，大连化物所和青岛能源所融合发展全面启动，2017 年 10 月中国科学院批准依托大连化物所、青岛能源所筹建中国科学院洁净能源创新研究院。2019 年 6 月 17 日，山东省、中科院、青岛市三方签署协议以青岛能源所为依托单位，在中科院洁净能源创新研究院（青岛）基础上，共同筹建山东能源研究院，以满足山东省新旧动能转换重大需求，支撑国家能源创新体系建设，提升山东省能源科技创新能力，服务能源产业高质量发展。2020 年 1 月 9 日，中国科学院与山东省人民政府在济南举行山东能源研究院成立座谈会，标志着山东能源研究院正式成立。

青岛能源所坚持创新驱动与需求牵引相结合、原始创新与集成创新并重，聚焦新能源与先进储能、新生物、新材料领域，开展战略性、基础性、前瞻性和系统集成重大创新研究，突破领域前沿科学难题和核心关键技术，提供重大创新成果和系统解决方案，在满足国家和区域重大需求方面发挥不可替代作用，不断为国家和社会区域经济社会发展作出重大贡献。

截止 2019 年底，青岛能源所拥有生物学、化学工程与技术两个

博士后流动站，生物学、材料科学与工程、化学工程与技术三个一级学科博士培养点；生物工程、材料工程、化学工程等三个专业硕士学位培养点，形成了涵盖生物、化学、化工、材料等领域的学科培养体系。博士后流动站连续多年引进博士后人数位居驻青科研机构第一名，80%来自中科院及高水平大学，近5年获批人社部“博新计划”“联合资助”等项目10项。

青岛能源所通过实施“人才系统工程”计划，已经组建了30多个创新研究组，建设了一支富有朝气、创造力强的科技人才队伍，2017年获批“国家创新人才培养示范基地”。现有中国工程院院士1人、双聘院士5人、万人计划4人、科技部创新领军人才3人、人社部“百千万人才工程”2人、基金委“杰青”4人、“优青”3人、入选中科院青年促进会成员35人（其中优秀会员2人）青岛市创业创新领军人才8人。

青岛能源所目前建有中科院生物燃料重点实验室、中科院生物基材料重点实验室、山东省合成生物技术创新中心等16个省部级平台。构建了完善的国际合作网络，与波音、宝洁、壳牌、道达尔等世界500强企业及牛津大学、德国亥姆霍兹联合会、香港大学等知名科研机构/大学建立科技合作，共建“可持续航空生物燃料联合研究实验室”、“皮肤与口腔微生物组联合科学研究中心”等8个合作研发平台，成为德国工业生物技术集群在国内唯一代表处，获批山东省品牌国际合作基地（2017）、青岛市国际合作基地，“十二五”期间研究所国际合作举措获评中科院亮点工作。

青岛能源所承担了一批国家和中科院重大任务，在全固态锂电池产业化系统、新一代 HN 材料生物合成技术、光驱固碳产能人工细胞的设计与构建、碳-氢键选择性氧化 P450 酶的设计与应用、生物质废弃物先进能源转化技术、特色生物资源开发与高值利用等方面产出了一批重大成果。截止 2019 年底，共承担了各类科研项目 1800 余项，获得竞争性科研经费 15.8 亿元。累计发表论文 3117 篇；申请专利 1088 件，其中发明专利 1035 件，国际专利 21 件；授权专利 399 件，入选青岛市首批专利质量提高试点单位，2016-2018 年度专利创新能力连续三年位居驻青高校科研机构第一名，2018、2019 年度授权专利数量位居山东省科研机构第一名。2019 年通过《科研组织知识产权管理规范》（GB/T33250-2016）国家标准审核认证，是中国科学院首批、山东省和青岛市首家通过国家标准认证的科研机构。

青岛能源所通过构建成果转移转化政策体系，建设中试、产业育成基地等平台载体，着力培养知识产权与成果转化专业化人才，联合社会资本设立成果转化基金等重点举措，不断提升成果转化能力与水平。截止 2019 年底，研究所与 200 余家企业建立了实质性合作，合作方式涵盖合作研发、技术许可、技术转让、成立产业化公司等多种形式，技术合同交易额连续多年位居驻青科研院所前列。近五年，实现 13 项重大成果的转化，与青岛华通集团、琅琊台集团、汉河集团等龙头企业合作成立产业化公司 8 家，其中：生物天然气产业化项目入选中科院弘光计划支持，与华通集团合作成立的产业化公司在蓝海股权交易中心实现挂牌上市；微藻产 DHA、虾青素、高产降血脂药

物前体（Monacolin J）、生物法制备新型农药、燃料电池双极板等等项目正在与海正集团、鲁抗集团、琅琊台集团、汉河集团等龙头企业联合实施转化。

面向未来，青岛能源所以建设洁净能源国家实验室为目标，抓住中国科学院洁净能源研究院和山东能源研究院建设的机遇，积极探索，大胆创新，构建平台、人才、项目、成果等高度集聚、相互协同的国际一流能源科技创新中心。

（数据截止 2019 年 12 月底）

目 录

| | |
|---|------|
| 一、 新能源与节能环保..... | 1 - |
| 项目 1: 高能量密度锂离子超级电容器..... | 1 - |
| 项目 2: 聚合物锂离子电池..... | 3 - |
| 项目 3: 生物柴油新型高效“酯化-转酯化”工艺技术..... | 4 - |
| 项目 4: 低成本高孔隙率耐高温三维联孔结构隔膜技术..... | 6 - |
| 项目 5: 大型秸秆车用生物天然气产业化工程项目..... | 8 - |
| 项目 6: 生态环保型城镇化小区集中供气产业化项目..... | 10 - |
| 项目 7: 城镇生活垃圾无分选生物反应器能源化处理项目..... | 11 - |
| 项目 8: 生物质合成气经二甲醚制高品质油品..... | 12 - |
| 项目 9: 秸秆固态酶解发酵生产燃料乙醇关键技术..... | 13 - |
| 项目 10: 秸秆组分高效分离技术..... | 14 - |
| 项目 11: 厌氧膜生物反应器及膜污染控制技术..... | 15 - |
| 项目 12: 基于催化剂回用的废水中有机污染物高效芬顿 (Fenton) 氧化降解技术..... | 17 - |
| 二、 生物技术..... | 18 - |
| 项目 13: 生物基异戊二烯..... | 18 - |
| 项目 14: 米糠高值化综合利用关键技术..... | 19 - |
| 项目 15: 麦麸高值化综合利用联产植酸、阿魏酸中试系统... | 20 - |
| 项目 16: 利用微藻生产棕榈油酸 (ω -7) | 23 - |
| 项目 17: 橘色藻产类胡萝卜素技术..... | 25 - |
| 项目 18: 产烃葡萄藻贴壁培养技术..... | 26 - |

| | |
|---|-------------|
| 项目 19: 生物法量产多不饱和脂肪酸 ARA..... | 27 - |
| 项目 20: 基于废水规模化立体培养能源浮萍与利用示范..... | 28 - |
| 项目 21: 生物法制备 3-羟基丙酸及其聚合物..... | 29 - |
| 项目 22: 低成本普鲁兰多糖生物合成关键技术..... | 30 - |
| 项目 23: 高光学纯度 D-乳酸生物合成技术..... | 32 - |
| 项目 24: 土曲霉高效生产衣康酸研究..... | 33 - |
| 项目 25: 木质纤维素整合生物加工糖化技术..... | 34 - |
| 项目 26: 化学浆生物改性制备粘胶纤维用溶解浆..... | 35 - |
| 项目 27: 便携式快速微生物检测技术..... | 36 - |
| 项目 28: 植物组织高效培养与遗传改良技术..... | 38 - |
| 项目 29: 噬菌体抗菌剂与减抗饲料开发..... | 41 - |
| 三、 绿色化工与新材料..... | 42 - |
| 项目 30: 煤油共炼生产清洁重质油原料技术..... | 42 - |
| 项目 31: 阻燃剂苯基二氯化磷催化制备技术..... | 43 - |
| 项目 32: 2,4,6-三甲基苯酚催化制备 2,3,5-三甲基氢醌技术..... | 45 - |
| 项目 33: 愈创木酚催化制备技术..... | 47 - |
| 项目 34: 二苯基氯化磷催化制备技术..... | 49 - |
| 项目 35: 氯化氢催化氧化制备氯气的高效催化剂..... | 51 - |
| 项目 36: 二甲醚催化转化制六甲基苯技术..... | 52 - |
| 项目 37: 高纯度碳酸甲乙酯制备技术..... | 53 - |
| 项目 38: 甲醛-正丁醛制备三羟甲基丙烷新工艺..... | 55 - |
| 项目 39: 甲基烯丙基醇生产的新技术..... | 56 - |

| | |
|--|------|
| 项目 40: 2-甲基丁醇生产的新技术..... | 58 - |
| 项目 41: 2-庚醇生产的新技术..... | 59 - |
| 项目 42: 1,3-丁二醇连续式绿色生产新技术..... | 60 - |
| 项目 43: 聚烯烃功能材料的催化剂技术和催化聚合技术..... | 62 - |
| 项目 44: 甲醇和生物发酵乙醇制备异丁醇的新技术..... | 63 - |
| 项目 45: 木质素制备高效表面活性剂技术..... | 64 - |
| 项目 46: 制浆厂半纤维素预水解液制备低聚木糖..... | 65 - |
| 项目 47: 固体废物生产新型生态透水砖技术..... | 66 - |
| 项目 48: 高性能中空纤维沼气分离膜及膜法沼气提纯制压缩天然气工艺开发..... | 70 - |
| 项目 49: 用于室内甲醛污染物常温催化净化的金属氧化物材料的开发..... | 72 - |
| 项目 50: 用于蒸汽渗透（渗透汽化）醇/水分离的聚合物膜制备及其耦合分离工艺开发研究..... | 74 - |
| 项目 51: 共轭聚电解质/卤化银纳米复合物长效抗菌材料..... | 75 - |
| 项目 52: 木质素基重金属吸附剂合成技术..... | 76 - |
| 项目 53: 纳米纤维素绿色高效制备和应用技术开发..... | 77 - |
| 项目 54: 低阶粉煤热解技术..... | 78 - |

一、 新能源与节能环保

项目 1: 高能量密度锂离子超级电容器

技术优势:

传统的超级电容器主要是指炭基双电层电容器,依靠具有高比面积的炭材料在电极与电解液界面形成双电层储存能量,优点在于功率密度高(2~5 kW/kg)、循环寿命长(1 万次以上),然而工作电压低(2.7V)、能量密度低(2~5Wh/L)、制造成本高,这制约其在高端领域应用,从而引发了人们对高能量密度、高功率密度兼具的锂离子超级电容器的广泛关注。

本项目采用双性炭电极技术开发出的锂离子超级电容器工作电压可达 3.8V、能量密度高达 50 Wh/L 以上、循环使用寿命达 20000 次以上,达到国际领先水平。

性能指标:

锂离子电容器单体器件:工作电压 3.8V,能量密度 50 Wh/L、充放电循环寿命 20000 次以上,容量衰减不明显,可生产 50F、100F、150F、200F、500F、1000F、2000F、3000F、3500F 等不同容量、不同系列的锂离子超级电容器产品。

市场分析:

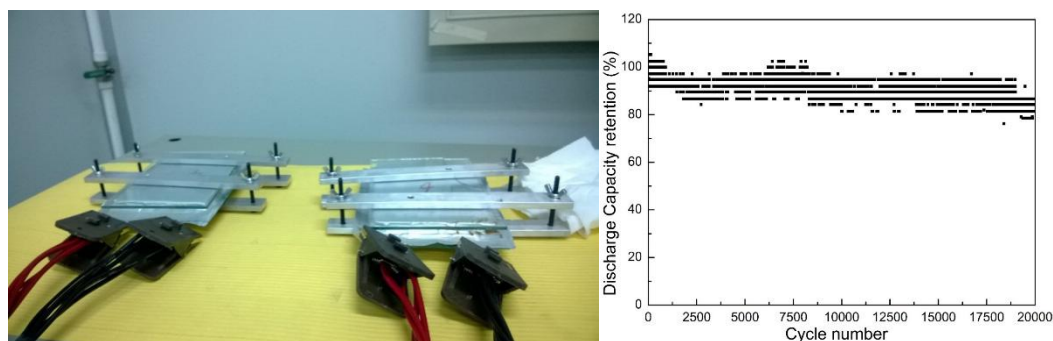
据有关资料统计,2013 中国超级电容器市场规模约为 19.2 亿元人民币,2016 年则将增至 33 亿元人民币,年均增长率在 20%左右。美国国家能源局预测,超级电容器在全球市场的规模预计将从 2007

年的 40 亿美元(约合 243.7 亿元人民币)发展到 2013 年的 120 亿美元(约合 731 亿元人民币)。

在电动汽车领域,尤其是经济型低速电动车的快速发展,对可以替代污染严重的铅酸电池的新型储能电池的需要量越来越大,锂离子超级电容器的能量密度可以与铅酸电池相媲美,因此在低速电动车领域,锂离子超级电容器显示出超强的生命力和市场竞争力。

合作方式: 合作开发、技术入股、转让

附图:



开发出的单体容量 3500F 锂离子超级电容器器件及 20000 次充

放电容量保持率曲线

项目 2：聚合物锂离子电池

技术优势：

针对传统液态锂离子电池存在的缺陷：电解液容易泄漏和挥发，进而燃烧和爆炸，存在着很大的安全隐患，不能满足实际应用的需要。开发更安全性的锂离子电池体系势在必行。全固态聚合物电解质应用而生，它具有液态电解质所不能比拟的优势。

性能指标：

机械强度达到 20MPa；室温离子电导率达到 $1 \times 10^{-4} \text{cm}^{-1}$ ；具有较高的充放电倍率（达到 0.5C 以上）；较长的充放电周期寿命（1000 圈长循环容量保持率在 80% 以上）；铝塑膜锂离子单体电池容量达到 5Ah。

合作方式：合作开发、技术转让、入股

项目 3：生物柴油新型高效“酯化-转酯化”工艺技术

技术优势：

该项目以地沟油等废弃油脂及其他植物油为原料进行生物柴油生产，具有工艺简捷，运行稳定，产品优良等特点。特别对于地沟油等废弃油脂，一方面实现其资源化利用，减缓地沟油等对环境及人体健康的危害，另一方面可以大大降低生物柴油的生产成本，促进生物柴油工业的发展。

高温甘油酯化反应使油脂原料中游离脂肪酸与甘油反应生成相应的甘油酯混合物，与传统的酯化脱酸工艺相比其技术优势及创新点主要在于：

(1) 无催化剂使用，省去了酯化反应后催化剂分离的操作，直接可进行碱催化转酯化反应操作，简化了流程。

(2) 高温条件下酯化副产物水迅速从反应体系中脱离，促进了平衡的右相移动，可使原料酸值降低到极低的水平，有利于后续碱催化转酯化反应的进行。

(3) 酯化产物单一，均为甘油酯混合物（传统工艺为甘油酯和甲酯混合物），后续碱催化转酯化反应参数易于控制选择。

性能指标：

生产的生物柴油品质优良、性能稳定，符合相关国家标准。

市场分析：

生物柴油具有可再生、清洁和安全优势，因而对我国农业结构调整、能源安全和生态环境综合治理有十分重大的意义。我国正面临石

油资源不足的挑战，进口原油占总消耗量的 50%，而且随着经济的快速发展，对燃料能源的需求也会越来越大。目前我国每年柴油的消耗量在 6000—7000 万吨，如果在石油基柴油中混配 5% 的生物柴油，则每年应配套生产生物柴油 300 万吨。预计未来 10 年内，生物柴油产品会占更高的份额。

我国每年从餐饮业中产生的地沟油约有 2000 多万吨，全国每年废弃或闲置的动植物油总计在 1 亿吨左右，因此，生物柴油生产具有很丰富的原料资源。纵观整个工艺，甘油及甲醇等在实际生产中可以高效回收以循环利用，从而大大降低了生产成本。

合作方式：技术转让、技术入股

附图：



平度基地生物柴油中试系统

项目 4：低成本高孔隙率耐高温三维联孔结构隔膜技术

技术优势：

本项目的技术优势在可进行低成本高性能隔膜的可控制备，使用廉价的制孔剂与耐高温高分子前驱体在常温下混合，采用高效而成熟的膜涂布方法可控制备了具有孔径分布较均匀、高孔隙率、耐高温、具有较高润湿性能的高性能隔膜。

性能指标：

具体指标为：膜厚，20~40 μm ；透气度，25~35s（Gurley 值，JISL1096）；孔隙率，大于 50%；热延伸率，1%左右（200~300 $^{\circ}\text{C}$ 范围）；抗拉强度，20MPa 以上等。

市场分析：

数据表明 2013 年锂电隔膜的全球市场需求量约为 7.5 亿 m^2 左右，高端市场为美、日、韩垄断，其中 80% 中端市场也被国外厂商占据，低端市场主要以国内企业为主。因此，国内企业有必要另辟蹊径，在高端隔膜方面进行先期投入和布局，为动力电池的普及和需求做技术储备和产业化准备。

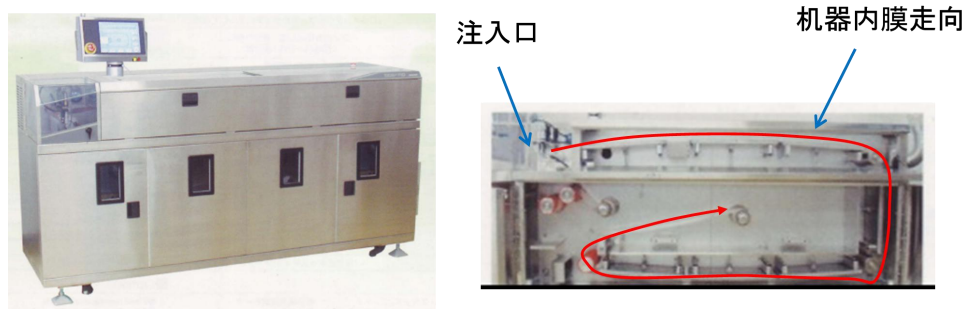
在近远期，电动汽车方面隔膜的需求量将非常巨大。以现今受全球瞩目的特斯拉(Tesla Motors)为例，其今年产量将达到 5 万辆，按每辆特斯拉电动车平均使用 8600 个 18650 电芯计算，每个 18650 电芯隔膜使用量为 0.09 m^2 ，则每辆特斯拉电动车消耗隔膜量为 775 m^2 ，预计 2014 年特斯拉电动车的隔膜用量为 3870 万 m^2 。因而，单从电动汽车用锂二次电池对高功率、安全性要求来看，高通量、热稳定性

高的隔膜的需求非常巨大。因此,国内隔膜企业应在此领域迅速跟进,进行技术储备和产业化准备,这些应对将获得非常高的经济、社会效益。

本项目在小试中成本约为 15 元/m²,按年产量 20 万 m² 计算,保守估计利润率 10%,先期投资 100 万,预计回收期 3~4 年。(据日本和韩国汽车、储能领域技术人员介绍,如果隔膜在热性能、功率性能方面有所提高,销售价格相应的提高也是能接受。)

合作方式: 合作开发、技术入股

附图:



隔膜连续涂布装置

项目 5：大型秸秆车用生物天然气产业化工程项目

技术优势：

针对秸秆处理与综合利用问题，开发出了秸秆高效发酵菌群选育技术，通过选育菌种的添加，使得甲烷产量提高 20-35%，发展出了农业秸秆高效高浓度发酵制沼气的技术与工艺，具有产沼气效率高、发酵体系固含量高、处理量大、发酵周期短，秸秆预处理方式简单、能耗低等特点。

性能指标：

在中试放大水平上，每吨秸秆沼气产量可达 480m³，发酵周期从 60 天缩短为 40 天，大大提高了秸秆的产气效率，解决了制约秸秆发酵制燃气产业化发展的技术瓶颈问题。

市场分析：

我国每年可产生 7 亿吨秸秆，如果 50% 秸秆用于制备沼气每年可为我国提供沼气 1652 亿立方米，折合天然气 908 亿立方米，相当于我国 2008 年天然气消费量 807 亿立方米的 1.125 倍。因此，生物天然气的产业化开发潜力巨大。

以建设万立方级秸秆沼气制车用燃气工程为例，发酵工程规模 2.4 万立方，固定资产投资 1800 万元，秸秆原料费用 720 万元（300 元/吨干秸秆），年运行费 425 万元，车用燃气收益 1600 万元，有机肥收益 548 万元，年净收益 883 万元，年处理秸秆 3.4 万吨，投资回收期 2 年。秸秆年需求量 1.44 万吨，约相当于秸秆收集面积 4.8 万亩（32 平方公里），收集半径约 3.2 公里。以为出租车供气计算，按照每车

日均天然气使用量 40 立方计算，可满足 200 辆以上出租车加气需求，约相当于 1 个典型县级市出租车数量。若以为家用小汽车供气计算，按照每车日均行使 40 公里，需气 4 立方计算，可满足 2000 多辆小汽车加气需求。而 1 个典型乡镇具有人口 5 万人，耕地 8 万亩，预计秸秆资源量 2.4 万吨。

合作方式：技术转让、技术入股

附图：



青岛平度市建成的秸秆发酵、沼气净化、车用生物天然气中试项目



吉林白城建成的秸秆生物天然气产业化示范工程

项目 6：生态环保型城镇化小区集中供气产业化项目

技术优势：

本项目利用农业秸秆、生活污水及粪便的混合发酵技术，产气量高；开发的小区集中供气工程运行过程采用工业化自动化控制，能耗低，即使在冬季寒冷季节也可稳定运行。开发的城镇化小区集中供气技术，具有发酵沼液回收系统，可有效控制发酵废液排放量，无废水排放，且发酵残渣可生产生物有机肥，具有良好的环保和经济效益。

市场分析：

以 500 户的集中供气工程为例，每户日均使用沼气 1 m^3 ，年使用沼气 18.25 万 m^3 ，每吨秸秆产气约 400m^3 ，秸秆年需求量为 450 吨，燃气年收益 27.4 万，有机肥年收益 16 万，年运行费 15 万，投资约 100 万元，投资回报期 3.5 年。如果结合城镇化小区的生活污水与粪便处理，采用共发酵技术，按照人均垃圾产量约每人每天 $1.2\sim 1.5\text{kg}$ ，其中 60% 为有机垃圾，按有机生活垃圾每千克产沼气 200L 计算，每个家庭（按照 3.5 人/家庭计算）每天产生的有机垃圾可以生产沼气 $0.50\sim 0.63\text{m}^3$ ，另外每个家庭每天平均产生粪便 $8\sim 10\text{kg}$ ，可以生产沼气约 0.24m^3 ，因此每个家庭每天所产生的废弃物可以生产沼气 0.80m^3 左右，生产的沼气基本可以满足一个家庭日常燃气需求，采用农业秸秆共发酵技术，将会大幅降低燃气生产成本，综合考虑生活污水处理与能源供应，小区集中供气工程的经济效益将更加可观。

合作方式：技术转让、技术入股

项目 7：城镇生活垃圾无分选生物反应器能源化处理项目

技术优势：

本技术无需进行垃圾分类和分选预处理，通过垃圾填埋场技术改进和提升，大幅加快垃圾降解周期，减少垃圾填埋场占地面积 70%以上，解决了生活垃圾分类和分选的难题。基于干态发酵的创新技术，通过生物反应器填埋技术，把生活垃圾中的可生化降解垃圾转化为燃气能源，进行生活垃圾能源化转化和处理，不仅处理了垃圾而且获得了能源。

性能指标：

发酵体系的固含量可达 20-70%，容积产气率大于 $0.5\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，发酵周期少于 60 天。

市场分析：

该技术具有投资成本低、生活垃圾资源化利用效率高等优势，与垃圾焚烧技术与分选后进行厌氧发酵处理的工程相比，投资额度低，收效快，整体投资额度略高于传统的垃圾填埋技术，相比于传统垃圾填埋技术，投资额度增加约 10%，但同时可获得能源收益，投资收益大幅提高。

合作方式：技术转让、技术入股

项目 8：生物质合成气经二甲醚制高品质油品

技术优势：

本工艺以生物质或低品质煤为原料，经固体原料气化、一步法合成二甲醚，二甲醚制汽柴油等过程制备高品质油品。反应过程中克服了甲醇合成过程中的热力学限制，大大提高了 CO 单程转化率，减少循环过程的能耗。同时与现有的甲醇制汽油工艺相比，节省两步法甲醇制汽油过程中的甲醇脱水工段，降低了于一步法甲醇制汽油反应中的放热量，便于反应的控制操作。

性能指标：

所得汽油产品质量均符合国家标准，可直接用作商用燃料。

市场分析：

以年产 10000 吨/年合成工程为例，每生产一吨汽油成本约为 8000-9000 元，扣除国家对每吨油品征收约 1380 元消费税，产品利润率可达 20%左右，投资回报期约 4-5 年。目前，国家对生物质的能源化利用给予一定的财政补贴和税收优惠政策，对符合条件的企业，每吨能源化利用的秸秆补助给予 150 元的补贴（财建[2008]735 号），产品的利润会进一步提高。

合作方式：技术入股、技术转让

项目 9：秸秆固态酶解发酵生产燃料乙醇关键技术

技术优势：

目前木质纤维素降解主要有两个技术体系：热裂解和生物转化。生物转化技术体系具有条件温和、环境友好等优点，被普遍认为具有更广阔的发展前景。但是，目前缺少清洁、高效、低成本的木质纤维素生物转化关键技术，导致转化效率和成本不能适应大规模工业化生产要求。本项目通过筛选和改造获得高效降解预处理秸秆并且高乙醇耐受和高产的菌株，建立 500~1000L 规模的高温细菌纤维素糖化的中试装置，为高温细菌纤维素糖化的产业化前景的评价提供扎实基础数据。

市场分析：

梭菌和嗜热厌氧菌是目前被认为最有希望满足“整合生物加工技术”要求的微生物类群。它们能够降解包括纤维素在内的许多复杂的碳水化合物，并将不同的单糖(包括戊糖和己糖)发酵为乙醇。同时，它们是嗜高温(60℃ 以上)厌氧微生物，这使得它们在工业化应用上相比目前正在使用的酵母、大肠杆菌和运动发酵单胞菌等具有显著的优势。

合作方式：技术转让、技术入股

项目 10：秸秆组分高效分离技术

技术优势：

秸秆组分高效分离技术的开发是生产生物基能源、材料和化学品的重要一环，而其成本过高是秸秆类木质纤维原料生物转化工业化生产的关键技术瓶颈。目前的农业秸秆仍缺乏能源化综合利用的运营案例，仅有的几个示范工程也因经济效益、应用效果等多方面原因，不具备推广效果。我们开发了物理化学协同作用的动态挤压预处理技术、基于水热法和中性盐连续耦合处理的绿色高效分离技术，可使半纤维素抽出率高于 70%，酶水解后的葡萄糖得率高于 85%，已申请中国发明专利和实用新型专利。现已于青能所中试车间完成了千吨级动态挤压中试系统的建设，开发了改良碱法预处理系统，并匹配建立了酶水解浓缩提纯和发酵系统

性能指标：

在中试水平上实现了秸秆产糖率大于 80%，可日产 20 公斤生物质糖和 10 公斤乙醇。

市场分析：本技术可使秸秆可发酵糖总成本低于 2500 元/吨，与目前的淀粉糖成本相当。

合作方式：技术转让、合作开发

项目 11：厌氧膜生物反应器及膜污染控制技术

技术优势：

厌氧膜生物反应器（Anaerobic membrane bioreactor, AnMBR）是厌氧生物技术与高效膜分离技术相结合的新型水处理技术，该技术具有占地面积小、微生物浓度高、有机负荷高、能使大分子物质得到充分降解，更重要的是应用该技术处理高浓度有机废水（e.g. 填埋渗滤液）的同时可以回收能源，剩余污泥产量低。目前，厌氧 MBR 可分为分置式厌氧 MBR 和一体式厌氧 MBR，其中分置式有助于设备的清洗、更换、增设，但占地面积较大、且循环泵高速旋转产生的剪切力会使某些微生物失活；一体式将膜组件和反应器安装在一起，减少占地面积，使微生物更有效的积累，但存在膜污染问题较严重、膜清洗较困难等问题。本技术在控制膜污染，延长膜使用寿命方面具有明显优势，大大提高了厌氧 MBR 实际应用的可行性，并且可以将运行成本降低 20-50%。

性能指标：

本污水处理系统污泥产量仅为传统工艺的 20%，有机负荷 0-50 kg/m³·d；假定进水 COD 负荷为 30 g/L，日处理废水量 100 吨，可回收甲烷气体约 1200-1800L，甲烷热值以 35.9 kJ/L 计，可以获得 43080-64620 kJ 热量。另外，该技术可以将膜的使用寿命延长 2-5 年。

市场分析：

近年来，环境问题日益突出，由环境污染引起的安全事故频出；另外，关于环境污染尤其是水环境的监管力度在不断加大，污水排放

标准更加严格。因此，污水达标排放同时实现能源回收是新概念下污水处理的趋势。AnMBR 技术也必将因其高效的污水处理能力和可观的能源回收而受到青睐；膜污染控制技术是应用该技术的关键，有效的膜污染控制技术使 AnMBR 技术产业化应用前景广阔，市场潜力巨大，经济效益可观。

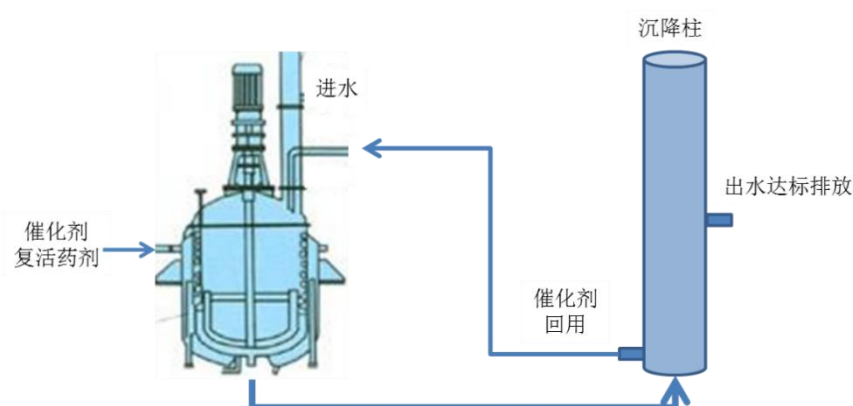
合作方式：技术转让、合作开发

项目 12: 基于催化剂回用的废水中有机污染物高效芬顿(Fenton) 氧化降解技术

技术优势:

难降解工业有机废水的处理研究一直是国内外水处理工作中的一个难点和研究热点。Fenton 氧化技术与其他高级氧化技术相比,具有快速高效、设备简单、成本低、技术要求不高等优点,因而受到国内外水处理界的广泛重视。但该技术所用金属盐(多为铁盐)催化剂,不可回用、分离困难及造成二次环境污染一直是限制该技术工业化应用的主要原因。本项目通过研发 Fenton 氧化高效辅助催化剂,实现了 Fenton 反应催化剂的回用,避免了传统 Fenton 反应后期繁琐的催化剂分离步骤,处理过程无二次污染,有机物降解率不低于传统工艺且重现性好,降解效率提升 500%,设备占地小,操作简单,具有较好的工业应用价值。

合作方式: 技术转让



特点: 占地面积小、操作简便、成本低、效率高、无二次污染。

二、 生物技术

项目 13：生物基异戊二烯

技术优势：

异戊二烯是制备异戊橡胶的单体原料，是制备生物基异戊橡胶的关键。目前，工业上主要是通过化学法从石油基原料中制备异戊二烯。俄罗斯、美国、日本是主要的生产国。我国异戊二烯天然资源匮乏，而化学法规模化异戊二烯生产技术尚不成熟，制约着相关产业的发展。随着化石资源的日益枯竭和价格的不断攀升，开展以丰富的生物质资源为原料，利用生物技术制备生物基异戊二烯已成为重要研发方向。

性能指标：纯度达 99%以上

市场分析：

本技术提供的异戊二烯合成成本与化石基异戊二烯处于同一水平，产品品质优良，纯度达 99%以上，且生产过程绿色环保、经济可行性强。

合作方式：技术转让、技术入股

项目 14：米糠高值化综合利用关键技术

技术优势：

本项目以新鲜米糠为原料，利用不同种类的酶制剂对米糠原料进行分步处理，依次实现米糠中淀粉糖浆、米糠蛋白、植酸、米糠油以及膳食纤维等产品的提取和生产；并在酶促反应过程中，采用了超声波、高速均质等技术辅助手段强化了纤维素酶、木聚糖酶和蛋白酶的水解作用，提高了酶法生产米糠蛋白的生产效率和降低了酶用量，从而有望突破工业酶法生产米糠蛋白的技术和经济成本瓶颈，是一条现实米糠高值化综合利用工业化生产的切实可行的技术途径。

市场分析：

米糠未进行深加工利用，仅作为饲料时价格约为 1900 元/吨；利用传统米糠提取工艺提取米糠油，每吨米糠可产 0.85 吨米糠粕（2500 元/吨）和 0.1 吨米糠毛油（5000 元/吨），总产值为 2625 元/吨。本项目开发了一种米糠高值化综合利用技术，经济效益分析如下，可以发现经过米糠高值化综合利用技术深加工处理后的米糠，其经济效益可比米糠未利用时提高 7~8 倍，经济效益较为显著。

| 产品 | 米糠糖浆 | 米糠蛋白 | 植酸 | 米糠毛油 | 总产值 |
|----|---------|----------|--------------|---------|--------|
| 价格 | 4000元/吨 | 30000元/吨 | 60000元/吨 | 5000元/吨 | |
| 产量 | 0.3吨 | 0.12吨 | 0.2吨（50%水溶液） | 0.1吨 | 17300元 |
| 产值 | 1200元 | 3600元 | 12000元 | 500元 | |

合作方式：技术入股、技术转让

项目 15: 麦麸高值化综合利用联产植酸、阿魏酸中试系统

技术优势:

本项目以小麦麸为原料,对“多酶协同—分级提取”生产阿魏酸、植酸并联合产麦麸糖浆和麦麸蛋白的麦麸高值化综合利用技术进行了研究和开发。重点对酶制剂筛选、麦麸提淀粉、蛋白预处理技术、阿魏酸提取纯化技术、新型植酸提取技术、超声反应强化技术以及各模块工艺技术系统耦合和集成等方面进行研究,并最终形成以高附加值的阿魏酸、植酸为主要产品,联合产麦麸淀粉/糖浆和蛋白的麦麸高值化综合利用成套工艺技术。项目创新点如下:

- 1) 实现了麦麸中各有效成分的系统分离;
- 2) 避免了各组分的相互干扰和影响,提高了各级产品纯度和品质的;
- 3) 实现了麦麸的全组分综合利用,极大地提高了整体工艺的经济性。

性能指标:

- 1) 阿魏酸提取率 $\geq 80\%$ 、纯度 $\geq 90\%$;
- 2) 植酸提取率 $\geq 90\%$; 植酸纯度 $\geq 95\%$;
- 3) 麦麸淀粉、蛋白去除率 $< 5\%$

市场分析:

阿魏酸是自然界植物中普遍存在的一种酚酸,主要与细胞壁多糖和木质素交联构成细胞壁的一部分,是阿魏、当归、川芎、升麻、酸枣仁等中药的有效成分之一,其含量的多少已作为中成药质量指标之

一。阿魏酸具有抗血小板聚集、增强前列腺素活性、镇痛、缓解血管痉挛以及抗氧化和清除自由基等功能，且毒性低，是生产治疗心脑血管疾病和白细胞减少等症药品，如心血康、利脉胶囊，的基本原料。此外，阿魏酸还具有镇静、改善心脏冠脉供血量，保护缺血心肌、抗炎、舒缓肌肉紧张、扩充肾血流量以及保护皮肤等保健功能，因此近些年，阿魏酸在功能性食品、保健品和化妆品领域的应用越来越广，太太口服液的主要功能成分就是阿魏酸。

目前工业上普遍采用碱法降解米糠油中谷维素生产阿魏酸，受原料（含量较低）限制，产量很低，成本高昂，阿魏酸产品的市场售价约为 140 万/吨。

植酸，即为环己六醇磷酸酯，为淡黄色和淡褐色浆状液体，常以植酸钙为原料，用离子交换的方法除去复盐中的 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等金属离子和杂混的阴离子，经活性炭脱色真空浓缩即可。植酸是目前国际市场上流行的新型食品防腐剂、抗氧化剂和保鲜剂。植酸对绝大多数金属离子都有极强的络合能力，在葡萄酒中加入少量植酸，就能有效清除酒中 Ca 、 Fe 、 Cu 等重金属离子；植酸还可以作为发酵促进剂；在医药领域，植酸是发酵生产核黄素的原料之一，也是工业生产肌醇的原料。植酸产品规格一般为 50% 或 70% 的水溶液，目前植酸作为大宗化学品出厂价约为 6~7 万/吨。

肌醇，又名环己六醇，是植酸水解产物，米糠是工业提取肌醇的主要原料，性状为白色结晶或结晶粉末，无臭，味微甜，溶于水，不溶于乙醇、氯仿和乙醚。肌醇是一种重要医药原料，用于治疗肝炎、

肝硬化、脂肪肝以及新型抗癌药物的生产。在发酵工业中，肌醇可用于多种菌种的培养和促进酵母的增殖。而高等动物缺乏肌醇，则会出现生长停滞和毛发脱落的现象，人对肌醇的需求量为 1~2g/d，许多保健饮料和儿童食品中都加有微量肌醇。在饲料领域，鱼、虾等水生动物以及名贵鸟类、皮毛兽、观赏类宠物的饲料中必需增补肌醇。肌醇目前市场售价约为 14 万/吨，多以出口为主，市场需求较大。

合作方式：共同开发、技术转让

项目 16：利用微藻生产棕榈油酸 (ω -7)

技术优势：

- (1) 已首次筛选获得了多株高产 ω -7 的藻种，已申请了一项发明专利，另一个专利正在申请中，同时拟申请藻种国际专利，具有完全的自主知识产权；
- (2) 已成功开发了具有完全自主知识产权的微藻贴壁培养技术，吨油成本不高于 15 万元，对鱼油、澳洲坚果油和沙棘油原料成本有明显竞争力。

市场分析：

棕榈油酸：Palmitoleic Acid (16:1 Δ 9)，也称顺-9-十六碳烯酸或鲨油酸，是一种 ω -7 (Omega-7) 不饱和脂肪酸，被称为是一种由脂肪酸生成的荷尔蒙。能阻止肝脏堆积脂肪并加强人体控制葡萄糖的能力，可以起到帮助降低胰岛素抵抗性的作用，从而有效预防 II 型糖尿病。反式棕榈油酸还有助于将血液中的胆固醇和甘油三酯维持在较合理的水平上，对全身炎症和血脂异常有改善作用。此外，棕榈油酸通过抑制固醇调节因子结合蛋白-1 (SREBP-1) 的表达来减缓脂肪肝症状，明显降低肝脏中甘油酸三酯的水平。因此棕榈油酸作为应对社会发病率极高的糖尿病、高血脂等的保健或者治疗产品，有巨大的市场潜力。

目前仅有两个 Omega-7 产品通过了 IFOS 认证，分别为 Tersus 生物制药公司的 Provinal® Purified Omega-7 和美国 InnovixPharma 制药公司 Innovix Labs Purified OMEGA-7。其原料主要来自鱼油或澳

洲坚果油，但这两类原料中的 ω -7 都不高，分别只有 22%和 10%，因此原料成本高。此外，沙棘油中含有的 ω -7 可达 40%，但成本高达 400 元/公斤，且资源量有限。

本项目基于我们首次筛选获得的含油量达 50—60%， ω -7 占总脂 50%以上的富 ω -7 藻类，通过建立其大规模的培养技术，以及 ω -7 分离纯化技术，实现 ω -7 的高效低成本生产，从而实现基于棕榈油酸的糖尿病、高血脂等保健或者治疗产品的产业化。

本项目无论从藻种，还是培养技术，均具有完全自主知识产权，项目产业化竞争优势明显。预计纯 ω -7 生产成本不高于 30 万元/吨，按年产 100 吨 ω -7 计，总产值可达 2-4 亿元，毛利润 1.5-3 亿元。

合作方式：共同开发、技术转让

项目 17：橘色藻产类胡萝卜素技术

技术优势：

目前类胡萝卜素的生产主要是利用盐藻来生产。但由于盐藻的培养依赖于高盐度的海水进行开放池培养、生长速度极慢、产量低、成本高，且培养采收后的高盐度废水的排放对环境造成严重污染。本项目基于我们筛选获得的橘色藻，建立了基于贴壁培养的橘色藻高效培养生产类胡萝卜素技术。项目技术不依赖于海水，只需要淡水即可进行，从而解决了大规模生产条件下的废水排放问题。

性能指标：

在单层贴壁培养下，类胡萝卜素产率可达 $67.7 \text{ mg/m}^2 \text{ d}$ ，明显高于传统的盐藻开放池培养的类胡萝卜素。

市场分析：

利用微藻生产的类胡萝卜素具有产率高、品质好、纯天然等优点，已成为保健类胡萝卜素生产的重要方向。本项目具有明显的产率和成本优势，是生物类胡萝卜素生产技术的发展方向，具有极大的产业化开放前景。

合作方式：委托开发、技术入股、技术转让

项目 18：产烃葡萄藻贴壁培养技术

(授权专利：ZL201010250866.X)

技术优势：

葡萄藻是目前唯一具有合成高含量脂肪烃和油脂的微藻，是微藻生物最为重试的优质藻种。但由于其极慢的生长速率，导致不能实现高效大大规模培养，失去了作为能源生产的藻种潜力。目前国内外有众多研究试图从培养工艺、培养基组成以及培养条件优化来解决和提高葡萄藻的生产速率，但这些改善都非常有限。本项目基于我们发明的具有完全自主知识产权的微藻贴壁培养方法和基于光强稀释的微藻贴壁培养反应器设计新原理，研究开发了葡萄藻的高效贴壁培养技术。结果表明，葡萄藻的反应器贴壁培养，其面积产率可达 $40\text{-}60\text{g/m}^2/\text{d}$ ，为目前传统液体培养的 5 倍以上，具有极大的产业化开放前景。

性能指标：

百平方米级葡萄藻培养中试系统，室外条件下面积产率 $> 30\text{g/m}^2/\text{d}$ ，总油含量 $> 35\%$ 。

合作方式：委托开发、技术入股、技术转让

项目 19：生物法量产多不饱和脂肪酸 ARA

技术优势：

本项目将基于高山被孢霉代谢流分析确定关键基因与代谢节点，利用基因工程手段结合多种诱变方法，开发新一代菌种；基于组学技术，开发精细调控发酵工艺，稳定提高 ARA 发酵生产的生产强度、转化率和收率；基于发酵多参数分析和细胞生理特性，实现高效低耗的 ARA 发酵过程的放大。

性能分析：

发酵指标达到细胞干重 50g/L，油脂含量 50%以上，ARA 含量 50%以上。

市场分析：

ARA 是人体中前列腺素、前列环素、血栓烷、白三烯等一系列重要的二十碳酸的前体物质，适量摄取有助于婴幼儿大脑细胞及神经系统发育。因此 ARA 在婴幼儿奶粉中具有不可替代的强化营养的作用。ARA 亦可作为一种经济型化妆品添加剂，具有调节细胞膜渗透性、保湿肌肤等功能，因此它常作为改善皮肤的护肤用品。除此之外，ARA 还具有降低机体内胆固醇含量的功效，因此，它也是一种饲料添加剂，可用于改善银狐皮毛光滑度及舒适度。

合作方式：技术转让、技术入股

项目 20：基于废水规模化立体培养能源浮萍与利用示范

技术优势：

项目的优势在于充分利用浮萍多层培养效率高的特点，解决浮萍规模化培养大量占用土地问题，开发规模化培养浮萍自动化收集技术，减少人力成本，开发高效淀粉提取技术，获取浮萍淀粉原料，开发低成本浮萍淀粉生物燃料和化学品转化技术，降低浮萍能源化成本。本项目中浮萍多层培养模式为国际国内首创。

市场分析：

在我国能源供需缺口不断扩大的情况下，以浮萍为原料发展燃料和化学品有着独特的优势，既不冲击我国的粮食市场，也不占粮食耕地，同时可大幅度增加农民收入，调动农民的生产积极性，是适合中国国情的最有发展前景的新型能源作物之一。

以浮萍为原料的生产基地主要在农业废水、畜禽养殖业废水和农村生活废水集中区域建设，建设规模不等的加工转化系统，可带动农民增收，解决农村劳动力就业问题，促进社会和谐发展。大规模发展浮萍能源产业链，有利于农村富余劳动力的就近转移，减少大中城市人口及就业压力，缩小城乡差距，走出一条具有中国特色的现代化发展道路。

合作方式：技术转让、技术入股

项目 21：生物法制备 3-羟基丙酸及其聚合物

技术优势：

目前化学法合成 3-羟基丙酸及其聚合物分别以丙烯酸和 β -丙内酯为原料，在工艺、成本、环保等方面都受到了众多限制，生物法合成是未来的发展方向。本项目利用种类广泛的碳源在微生物体内转化为乙酰辅酶 A 和天冬氨酸中间体，进而合成 3-羟基丙酸及其聚合物；在聚 3-羟基丙酸合成路线的基础上，引入了其它单体的合成，获得可以调控单体比例和结构性质的 3-羟基丙酸共聚物。本项目获得的 3-羟基丙酸、聚 3-羟基丙酸及其共聚物的产量均处于世界领先水平。

性能指标：

3-羟基丙酸的产量达 40g/L；聚 3-羟基丙酸的产量达 26g/L，为其他文献报道的 26 倍。

市场分析：

3-羟基丙酸分子可用来合成多种重要的化工产品如丙烯酸、甲基丙烯酸、丙二醇、丙烯酰胺等，以上几种化学品每年的市场份额超过 10 亿美元。化学合成聚 3-羟基丙酸的原料 3-羟基丙酸或 β -丙内酯价格昂贵，如 3-羟基丙酸的国内市场价格为每吨 8.5 万元。

本项目的完成，将实现廉价可再生碳源到 3-羟基丙酸及其聚合物的转化。丰富原料来源，简化生产工艺，极大的降低生产成本，具有广阔市场。

合作方式：技术入股、技术转让

项目 22：低成本普鲁兰多糖生物合成关键技术

技术优势：

尽管普鲁兰多糖的生产已经工业化，在发酵技术方面还有以下几个重要的提升空间，可有效缩减成本。

(1) 产品产量较低：目前工艺生产普鲁兰多糖的糖浓度大约为 60 g/L 左右，产量的提升能够有效的压缩产品的发酵成本和分离成本。

(2) 除去黑色素难度大：在发酵过程中，出芽短梗霉会分泌出与黑色素类似的黑色或墨绿色物质，这种物质牢固地粘附在短梗霉多糖上，很难用一般方法除去。

(3) 多糖提取和干燥成本高：短梗霉多糖提取消耗大量乙醇，虽然乙醇可以回收，但成本还是很高。

(4) 转化率远低于理论转化率，目前发酵工艺的转化率大约为 40%~50%之间，远低于理论转化率 90%，具有较大的提升空间。

针对上述问题，本项目从廉价原料工艺的开发、发酵条件和过程的控制和产品分离优化等方面开展工作，建立高效低成本的放大工艺，推进生物法合成普鲁兰多糖的工业化进程。

性能指标：

在 5L 发酵罐水平，产量达到 109 g/L，产率达到 45~50%之间（高于产量为 60 g/L 的现有技术）。根据普鲁兰多糖国标 GB 28402-2012 对产品进行了分析，获得产品达到国标水平。

市场分析：

无论是急性、亚急性、慢性试验和变异源性试验都表明，普鲁兰

多糖不引起任何生物学毒性和异常状态,在自然界可被微生物降解利用,不会引起环境污染。上述优良特性使得普鲁兰多糖在化妆品、医药、食品、化工、环保、农药等领域具有广泛的用途。本工艺采用可再生的生物质水解液为原料,利用绿色催化发酵,直接通过脱水缩合合成普鲁兰多糖,反应过程既节能又环保,是环境友好型生产工艺。每生产1吨普鲁兰多糖,成本价格低于市场价格的15~20%,具有较好的经济效益。

合作方式: 技术入股、技术转让

项目 23：高光学纯度 D-乳酸生物合成技术

技术优势：

微生物发酵法生产 D-乳酸，其生产成本低，产品安全性高，是大规模生产 D-乳酸的主要方法。目前高光学纯度 D-乳酸发酵生产的关键技术被荷兰的普拉克（Purac）和美国的 NatureWorks 控制。国内企业只能生产光学纯度 98%左右的 D-乳酸，而生产聚乳酸通常需要光学纯度在 99%以上的 D-乳酸。本项目通过系统代谢工程技术，构建了高效低成本生产高光学纯度 D-乳酸的细胞工厂。

性能指标：

在 5L 发酵罐水平，产量达到了 150g/L，产率达到 90%左右（高于产量为 100 g/L 的现有技术）。

市场分析：

从乳酸的市场需求来看，高光学纯乳酸，特别是光学纯 D-乳酸的市场前景是非常乐观的。全球 D-乳酸的需求量每年都以 6%~8% 的速度增长，目前全世界 D-乳酸的产量为 1.6 万吨，而 D-乳酸的需求量约 2.6 万吨，随着聚乳酸市场的进一步推广，D-乳酸的需求量将进一步提高。

合作方式：技术入股、技术转让

项目 24：土曲霉高效生产衣康酸研究

技术优势：

目前国内外都主要采用土曲霉发酵生产衣康酸。衣康酸的理论产量可达 240 g/L，然而衣康酸目前的发酵产量为 70-90 g/L，还有非常大的提升空间。本项目以一株土曲霉工业生产菌株为研究对象，通过基因工程改造和发酵工艺优化来提高土曲霉发酵生产衣康酸的能力，降低衣康酸生产成本。构建了 600 多株工程菌株，部分工程菌株的衣康酸发酵产量提高了 10%左右，其中一株工程菌正应用在工业生产上。

市场分析：

衣康酸是一种重要的生物基化工原料，主要用于合成树脂、塑料、橡胶、表面活性剂、离子交换树脂及高分子螯合剂等，被美国能源部列为十二种最有价值的生物基平台化合物之一。衣康酸全球需求量约为 10 万吨/年，增速大于 10%，供不应求。市场售价约为 14000 元/吨，生产成本为 10000 元/吨。以年生产能力 10000 吨计算，年销售收入为 4000 万元，经济效益可观。

合作方式：技术转让、技术入股

项目 25：木质纤维素整合生物加工糖化技术

技术优势：

目前常规的木质纤维素糖化方法是添加游离纤维素酶及半纤维素酶系，但纤维素酶生产成本较高，且核心技术掌握在少数国外公司手中，严重限制了木质纤维素的工业化利用。整合生物加工(CBP)在一个反应器中完成从纤维素降解到能源产品合成的全过程，从而降低成本、简化过程，是最有希望实现木质纤维素工业化应用的技术之一。

性能指标：

通过菌株工程改造及工艺优化,获得热纤梭菌的 CBP 高效糖化全菌催化剂,糖化效率比野生菌种高 5 倍以上,并最终建立木质纤维素产糖的一体化 CBP 工艺吨级示范，可发酵糖含量>80g/L。

市场分析：

我国每年的农林废弃物总量约 15 亿吨，若 30%用来生产燃料乙醇，以 6 吨产 1 吨乙醇估算，则可形成 7500 万吨燃料乙醇生产能力，与目前国内成品汽油消耗总量相当。因此，大量可再生木质纤维素类生物质资源的清洁、高效、低成本降解利用是加快发展循环经济，保障国家能源安全和碳减排的一项重要战略任务，具有不与人争粮、不与粮争地的突出优势。本项目开发基于 CBP 技术的木质纤维素的高效利用工艺能极大降低下游产品的生产成本，简化生产流程，具有广泛的市场前景和可观的经济效益。

合作方式：技术转让、技术入股

项目 26：化学浆生物改性制备粘胶纤维用溶解浆

技术优势：

本项目的技术优势是以市售化学木浆为原料，通过精制去除半纤维素及残余木质素，投资成本低、过程简单，解决了从木片出发生产溶解浆的投资大，环境污染问题。

另外，项目中把木聚糖酶和纤维素内切酶应用到去除半纤维和改善纤维反应性能，绿色环保，在相对温和的条件下达到粘胶纤维用溶解浆的性能指标。

性能指标：

市售商品化学木浆经过精制脱除半纤维、木质素及酶解改性处理后， α 纤维素含量达到 90%，反应性能提高到 70% 以上，达到溶解木浆的要求。

市场分析：

本项目以化学木浆为原料，经过精制及酶解改性处理生产粘胶纤维用溶解浆。相对直接购买进口溶解浆每吨可降低成本 2000 元以上。所以化学木浆改性制粘胶纤维用溶解浆，不仅能够缓解日益紧张的化学纤维行业需求，还能解决直接从木材生产溶解浆的投资高、污染严重的问题，能够给化学纤维厂或溶解浆厂带来直接的经济效益。

合作方式：合作开发、技术转让

项目 27：便携式快速微生物检测技术

技术优势：

本项目使用创新的微液滴单细胞包裹培养和低成本液滴光学成像技术,可以实现食品微生物,传染性致病菌,环境微生物等的快速培养检测。该技术继承了培养金标检测方法准确性高的特点,但有效解决了目前基于涂布培养的经典微生物检测方法培养检测周期长的缺点,能将培养检测从传统的数天降至 3 小时内;同时能克服目前基于分子水平(免疫试纸条,核酸检测)等方法假阳性比例高等缺点。能有效解决目前微生物检测领域面临的“快速不准确,准确不快速”困境。检测方法简单易用,无需专业人员培训,成本低,设备便携。同时能适用于实验室和现场微生物快速检测。

性能指标：

在 3 小时内完成常见微生物或致病菌的基于培养的绝对定量检测,无假阳性,定量准确,设备便携。

市场分析：

微生物检测是食品安全,海关检验检疫,感染性疾病,洗涤化妆品等行业和领域的常规检验项目,大多专门设有微生物检验实验室,微生物检验市场需求庞大。但总体而言,目前常规微生物检测方法老旧,大多依赖传统涂布培养,过程繁琐耗时,检测周期长;近年发展起来的基于分子的检测方法(免疫,核酸)大多需要昂贵的设备,而且假阳性率高,在常规微生物检测实验室中应用受到限制,而本技术克服了上述技术的优势,能实现又快又准的微生物检测。其试剂和

方法与目前宏观培养检测方法兼容，易于为微生物检测领域接受，有望发展成新的微生物检测标准方法。该技术不仅能应用于专业微生物检测领域，同时其灵活便携，成本低，简单易用，能与智能手机成像检测无缝耦合等特性，将大幅度拓展其在大众中的应用市场。因此本技术具有广阔的应用领域和巨大的市场空间，投资相对较小，并能快速投放市场，产生效益。

合作方式：合作开发、技术转让

项目 28：植物组织高效培养与遗传改良技术

技术优势：

植物组织培养技术可以对多种植物进行脱毒和快繁，高效稳定的遗传转化体系是改良植物性状和研究植物基因功能过程中不可或缺的基础技术。在各种植物中，草类遗传背景复杂、进化高级，建立其组培和遗传转化体系较为困难。我们建立的植物组织培养和高效遗传转化平台可以对柳枝稷（能源草）和苜蓿（牧草）等的进行脱毒和遗传转化，该体系时间周期短，可在 4-6 月内完成整个过程；转化效率高，其中柳枝稷和苜蓿的转化效率可以达到 80%以上；可以利用不同的选择标记，实现多个基因的共同导入，是利用生物技术改良植物性状的优秀平台。同时，我们建立了重要中草药如雪莲的组培苗快繁、悬浮细胞培养体系和毛状根快繁体系，利用悬浮细胞培养体系和毛状根生产其有效成分，可以大大缩短了雪莲药用成份的生产周期，逾越了雪莲生长环境和生长速度的限制，为中草药的开发和利用提供了新的思路。通过不断积累，我们在牧草、能源草及中草药等植物组培和遗传转化方面积累了丰富的经验，具备建立各种植物的高效遗传转化平台的能力。

性能指标：

1、柳枝稷高效脱毒和快繁技术：

- 脱毒率：100%；周期：6-8 个月
- 快繁方法：茎节（Node）直接再生法，既可以保证足够多数量的组织材料，有能够保持原有材料的优良特性。

2、柳枝稷高效组培与遗传改良技术：

- 转化效率：>90%；转化周期：3-4 个月
- 工作效率：约 5000 株/每人/每年；>100 基因载体 /每人/每年
- 多基因转化技术：可以同时导入 6 个不同基因

3、紫花苜蓿组织培养和高效遗传转化技术：

- 转化效率：>80%；转化周期：4-6 个月
- 工作效率：约 1000 株/每人/每年；>50 基因载体/每人/每年
- 多基因转化技术：可以同时导入 4 个不同基因

4、草坪草组织培养和高效遗传转化技术：

- 转化效率：>30%；转化周期：4-6 个月
- 工作效率：约 400 株/每人/每年；>10 基因载体/每人/每年

5、重要中草药雪莲的组培苗快繁、悬浮细胞培养体系-、毛状根培养技术和有效成分生产、提取分离纯化及鉴定技术

- 组培苗再生周期：4-6 个月
- 悬浮细胞系生长周期：12 天
- 毛状根培养周期：32 天
- 诱导子可以提高悬浮细胞系有效成分含量，其黄酮类物质是对照组的 2.4 倍

- 一个生长周期内，毛状根的生物量能够达到接种量的 16 倍，其有效成分紫丁香甙含量能够达到野生雪莲的 83 倍。

市场分析：

本平台可以提供牧草（豆科苜蓿和禾本科高羊茅等）、能源草（柳枝稷和芒草）、草坪草（结缕草）和粮食作物（玉米、大豆）、中草药（雪莲、百合）等的组织快繁和遗传转化服务。

合作方式：合作开发、技术入股

项目 29：噬菌体抗菌剂与减抗饲料开发

技术优势：

噬菌体是一种专门感染细菌的病毒，其感染专一性强，对其它有益菌和人体无害，绿色环保，成为目前替代抗生素药物的最具前景的新型抗菌药物。本项目针对常见水产业养殖生物病原菌，通过从不同环境中大量分离噬菌体，建立了专门针对水产养殖病害防治的噬菌体天然药物资源库。同时，通过鸡尾酒方式的搭配，研发的噬菌体复合制剂具极好的治疗效果，几小时内对病原菌的致死率高达 100%，且对养殖生物健康和品质无任何副作用，具有极大的市场潜力，将有效推动养殖业的健康可持续发展。

市场分析：

据统计，我国每年因水产动物病害损失 100-200 亿元。其中，由细菌性疾病引起的占 58%，是导致水产业经济损失最严重的因素。为此，大量使用抗生素进行细菌性疾病防控在水产养殖业成为普遍现象。然而抗生素使用的弊端也日益凸显，不仅使养殖生物残留抗生素含量超标，危害人类健康，水产品也无法通过质量检验进入市场。2006 年影响大半个中国的“多宝鱼事件”-抗生素严重超标，至今让人“谈鱼色变”，而且抗生素长期滥用会导致产生耐药菌株、甚至超级细菌出现，破坏微生态平衡、抑制免疫系统等诸多弊端。抗生素替代品的研究已成为世界性关注的热点和挑战。

合作方式：合作研发、技术服务

三、 绿色化工与新材料

项目 30：煤油共炼生产清洁重质油原料技术

技术优势

随着世界石油资源重质化、劣质化程度加剧，以及我国石油资源匮乏、煤炭为主要能源的情况下，实现重质油和煤炭资源的高效、清洁利用是能源领域亟待解决的重要问题。煤油共炼技术是利用悬浮床加氢技术将煤液化和重质油原料的轻质化有机地结合起来，用于生产轻质油品，同时为下游催化裂化和加氢过程提供合格的原料。反应过程中利用煤与重质油之间的协同效应，实现原料的高效转化和产品的高质量生产。针对现有技术难以解决的问题，本技术原理及创新在于：

（1）原料利用率高，煤和重质油的转化率超过 90%，高于煤直接液化和重质油加氢裂化工艺；

（2）分子态油溶性加氢催化剂活性高、操作可靠、产品品质稳定、生产运行周期长；

（3）生产效率高，煤和重质油原料可以同时进行处理，免去了煤直接液化过程中大量轻质馏分油作为溶剂再循环的处理；

（4）原料成本和操作成本低，生产工艺灵活，可以在生产不同性能的燃料产品的同时有效降低成本。

合作方式

技术转让、合作开发

项目 31：阻燃剂苯基二氯化磷催化制备技术

技术优势：

本技术使用固体颗粒催化剂，以苯和三氯化磷为原料，在常压、固定床反应器中可以在比较温和的反应条件下制备苯基二氯化磷。

与现有使用工艺（三氯化铝法）相比，本技术无三废污染，设备投入小，工艺简单、无安全隐患。催化剂制备简单、成本低廉，活性高，可以为苯基二氯化磷合成提供一条经济环保的技术路线。

性能指标：

已完成实验室小试评估，正进行催化剂的工业成型制备。

在常压、350-400℃ 的反应条件下，苯转化率在 20%以上，苯基二氯化磷的质量时空收率在 0.1-0.5 h⁻¹。

市场分析：

苯基二氯化磷是高效的高分子材料阻燃添加剂，具有很好的市场销量和应用前景。现有技术以苯和三氯化磷为原料，与三氯化铝反应生成苯基磷铝络合物，后在解络合剂（氯化钠）作用下经解络合得到苯基二氯化磷。由于反应过程简单，大量小化工企业采用这种工艺进行生产。但是，这种工艺技术含量低，三废污染排放严重。

从 2016 年起，使用上述工艺的小化工企业基本已被强制关停淘汰，苯基二氯化磷的市场供应出现很大缺口。同时，市场对苯基二氯化磷的需求量却不断增加，这些因素导致苯基二氯化磷的价格不断走高。2019 年，价格从 1.6 万/吨上涨到 6 万/吨。可以预见，随着环保压力的持续增加，苯基二氯化磷的价格会持续走高。

本技术在常压、固定床反应器中，以苯和三氯化磷为原料，在催化剂作用下可以直接生成苯基二氯化磷，从根本上解决了污染问题，是一条真正的清洁合成路线。

合作方式：面谈。

项目 32: 2,4,6-三甲基苯酚催化制备 2,3,5-三甲基氢醌技术

技术优势:

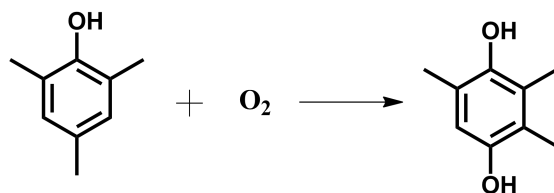
本技术以 2,4,6-三甲基苯酚为原料, 氧气作为氧化剂, 可以在温和的反应条件下将 2,4,6-三甲基苯酚一步反应转化为 2,3,5-三甲基氢醌。

与现有工艺(间甲酚甲基化路线、对叔丁基苯酚甲基化路线)相比, 本技术反应步骤少, 反应条件温和, 产品的成本优势明显。

性能指标:

技术开发处于小试阶段: 在常压、温度 60-100°C 条件下, 2,4,6-三甲基苯酚转化率为 75%, 2,3,5-三甲基氢醌选择性 80% 左右。

反应方程式如下:



本技术设备投入小, 操作简单、产能易于放大, 且几乎无“三废”问题。

市场分析:

2,3,5-三甲基氢醌是合成维生素 E 的关键原料, 由于需求旺盛, 价格 (~6 万/吨) 始终居高不下。长期以来, 通过间甲酚烷基化合成 2,3,6-三甲基苯酚, 并通过氧化、还原步骤得到 2,3,5-三甲基氢醌是主要的合成路线。目前, 兄弟科技、新和成等主要采用这条路线, 年产量约 5 万吨。由于间甲酚价格较高 (2.5 万/吨), 湖北能特科技公司

采用对叔丁基苯酚（1.6 万/吨）为原料，通过两步甲基化反应、脱叔丁基反应合成 2,3,6-三甲基苯酚，并通过氧化、还原步骤最终得到 2,3,5-三甲基氢醌，年产能在 1.5 万吨。上述技术路线由于步骤繁琐，原料成本较高，产品利润较低。

由于国内企业在苯酚制备邻甲酚、2,6-二甲基苯酚和 2,4,6-三甲基苯酚方面的技术已经成熟，苯酚甲基化产品如 2,4,6-三甲基苯酚市场供应充足。同时，由于下游产品受制于技术和市场因素，苯酚甲基化产品价格便宜，2,4,6-三甲基苯酚约 1.2 万/吨。基于 2,4,6-三甲基苯酚的成本优势，本技术通过一步反应得到 2,3,5-三甲基氢醌，不但成本大大降低，而且工艺简单，设备投入少，产品利润率高。

合作方式：面谈。

项目 33：愈创木酚催化制备技术

技术优势：

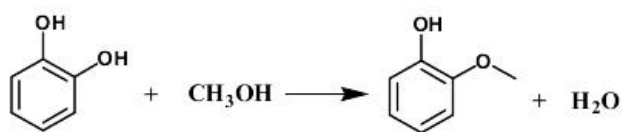
本技术使用颗粒或柱状固体催化剂，以邻苯二酚和甲醇为原料，在常压、固定床反应器中可以连续生产愈创木酚。

使用邻苯二酚和甲醇在固定床反应器中生产愈创木酚的技术在国内尚处于起步阶段，催化剂活性低（愈创木酚收率低于 10%）、成本高（催化剂成本：5 万/吨）、寿命短（低于 200h），与国外催化剂性能差距很大，尚未见产业化的报道。本技术开发的催化剂各项指标优于国外催化剂，并具有完全的自主知识产权。

性能指标：

在常压、物料空速 0.1-0.5 h⁻¹、260-350℃ 条件下，邻苯二酚转化率为 25-40%，愈创木酚选择性 95%左右，副产物为少量邻苯二甲醚（~2%），催化剂使用寿命不低于 1000 小时。

反应方程式如下：



本技术所开发的的催化剂成本低廉，设备简单，易于放大，没有安全隐患，并且无“三废”问题。

市场分析：

中国是香兰素生产大国，市场需求量在 2.5 万吨以上，对应愈创木酚的市场容量在 3-4 万吨。近几年，随着生活水平的提高，国内香兰素需求量在快速增加，作为原料的愈创木酚需求量也水涨船高。由

于具有成本优势，国内香兰素产品大量出口，并占据了比较可观的国际市场份额，超过一半的香兰素用于出口。但是，从事愈创木酚生产的多是小化工企业，技术工艺落后、污染严重。

2015年后，随着国内环保标准的提高，大量小化工企业被强制关停淘汰造成愈创木酚的市场供应出现很大缺口，价格不断上涨。同时，由于国内企业的技术落后于发达国家，加之环保成本的提高，国产香兰素已经不具备成本优势，愈创木酚的产能由于环保原因也在不断下降。相反，市场对香兰素的需求量却不断增加，这些因素导致香兰素和作为原料的愈创木酚价格不断走高。2010年，愈创木酚价格2.5万/吨。2019年，价格已达到4.5万/吨。因此可以预见，随着环保压力的持续增加，愈创木酚价格会持续走高。

国内愈创木酚生产企业将在近几年内迎来一次市场洗牌，技术是否先进将决定未来的市场份额。缺乏环保技术的企业将被陆续淘汰出局，掌握技术优势的企业将会形成新的技术壁垒，并享受技术优势带来的可观经济效益。

合作方式：面谈。

项目 34：二苯基氯化膦催化制备技术

技术优势：

本技术使用固体颗粒催化剂，以苯和三氯化磷为原料，在常压、固定床式反应器中制备合成二苯基氯化膦。

与现有使用工艺（三氯化铝法）相比，本技术无三废污染，设备投入小，工艺简单、无安全隐患。催化剂制备简单、成本低廉，活性高，可以为苯基二氯化膦的合成一条经济环保的技术路线。

性能指标：

已完成实验室小试评估，正进行催化剂的工业成型制备。

在常压、350-400℃的反应条件下，苯单程转化率在 20%以上，二苯基氯化膦的质量时空收率在 0.1-0.5h⁻¹。

市场分析：

二苯基氯化膦是重要的精细化工原料和光引发剂。2019 年，国内二苯基氯化膦的需求量在 10 万吨左右。现有技术以苯和三氯化磷为原料，与三氯化铝反应生成苯基磷铝络合物，后在解络合剂（氯化钠）作用下经解络合得到二苯基氯化膦。大量小化工企业采用这种工艺进行生产。但是，此工艺三废污染排放量大，污染严重。

近几年，随着国内环保标准的提高，大量小化工企业陆续被关停淘汰，二苯基氯化膦的市场供应出现很大缺口，价格不断上涨。2019 年，价格从 3.2 万/吨增长至 15 万/吨。随着环保压力的持续增加，二苯基氯化膦的价格会持续走高。技术是否先进将决定未来的市场份额，缺乏环保技术的企业将被陆续淘汰出局，掌握技术优势的企业将

会形成新的技术壁垒，并享受技术优势带来的可观经济效益。

本技术在常压、固定床反应器中，以苯和三氯化磷为原料，在固体催化剂作用下可以一步反应直接生成二苯基氯化膦，从根本上解决了污染问题，是一条真正的清洁合成路线。

合作方式：面谈。

项目 35: 氯化氢催化氧化制备氯气的高效催化剂

技术优势:

本技术使用固体颗粒催化剂,以工业氯化氢为处理对象,氧气为氧化剂,在常压固定床式反应器中可以在比较温和的反应条件下将氯化氢转化为氯气。

与现有催化技术(主要是 Deacon 过程)相比,催化剂成本低,活性高、稳定性好,无安全隐患,并解决了现有催化剂活性组分流失严重的问题。可以为化肥、树脂、钢铁等产业排放的氯化氢废气提供一条经济环保的解决路线。

性能指标:

已完成实验室小试评估,正进行催化剂的工业成型制备。

在常压、350-400°C 的反应条件下,氯化氢单程转化率在 60%以上,氯气的质量时空收率在 $0.5-0.7\text{h}^{-1}$,催化剂寿命不低于 700 小时。

市场分析:

氯气属于大宗化学品,在化肥、树脂、钢铁等行业使用广泛。但是,国内企业因氯气使用产生的废盐酸高达 1000 万吨/年,这些废盐酸不但数量巨大、企业难以内部消化,而且污染严重。因此,将工业产生的氯化氢废气转变为氯气不但可以解决污染问题,而且可以变废为宝,具有显著的经济效益和社会价值。

合作方式: 面谈。

项目 36：二甲醚催化转化制六甲基苯技术

技术优势：

传统六甲基苯以甲醇和苯酚为原料，在 530℃，氧化铝为催化剂条件下制备。本技术以二甲醚为原料直接制备六甲基苯，二甲醚来源丰富，可由煤，生物质等多种资源制得。本技术以二甲醚为原料直接制备六甲基苯，避免传统制备过程中采用芳烃，甲醇等毒性原料，同时具有反应条件温和，催化剂可多次再生使用等特点。

六甲基苯通常情况下为无色片状结晶。标准情况下熔点为 165.5℃，沸点为 265℃，溶于乙醚、丙酮和乙酸，不溶于水。本技术副产物主要以烷烃，烯烃，水等为主，副产物经简单工艺即可分离，本技术易直接制备高纯度六甲基苯。

市场分析：

六甲基苯可用作医药中间体，有机合成中间体，同时还可作为耐高温塑料聚酰亚胺等聚氨酯单体，广泛应用于医药，高性能材料等领域。目前二甲醚产能过剩，本技术以二甲醚为原料制备六甲基苯具有较大的市场盈利潜力。

合作方式：合作开发、技术转让

项目 37：高纯度碳酸甲乙酯制备技术

技术优势：

现有工艺中存在的催化剂对原料要求高，反应时间过长，转化率不理想，产品分离纯化难度大等产业化关键技术问题。与现有方法相比，本项目技术优势在于：

(1) 以 DMC 和 DEC 为原料进行酯交换反应，避免了产物中共沸体系的形成，产品分离提纯简单。

(2) 催化剂活性高，反应时间短，选择性高，产品经简单蒸馏处理即可得到能够满足锂离子电池电解液的纯度要求的 EMC 产品。

(3) 精馏分离获得的低沸点的原料 DMC、高沸点原料 DEC 均可重复利用；固体超强碱催化剂经分离后可回收重复利用。

性能指标：

常压条件下催化 DMC 和 DEC 转酯化合成 EMC，反应时间 1-3 h，反应产物中 EMC 为唯一产物，经过蒸馏提纯，EMC 的纯度 > 99.95%，单程收率 > 50%。

市场分析：

本项目生产的可作为锂离子电池电解液的高纯碳酸甲乙酯，具有很大的市场空间和投资空间。

以建设年产 3000 吨碳酸甲乙酯项目为例，总体规划需占地面积 256 平方米，投资 500-600 万元，需要的主要设备包括：反应釜（5 吨/釜×2）配 18 米高回流塔，精馏塔（10 吨/釜×6）配 32 米高精馏塔。产品市场销售价格在 18000-20000 元/吨，利润为 4000-5000 元/吨，投

资回报期约为 1 年。

合作方式：技术转让、技术入股

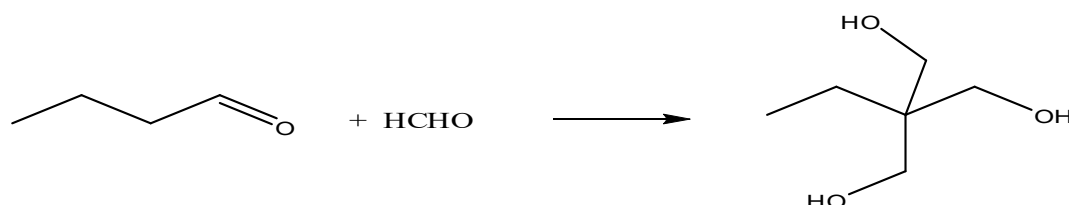
附图：3000 吨/年碳酸甲乙酯生产产业化示范工程



项目 38: 甲醛-正丁醛制备三羟甲基丙烷新工艺

技术优势:

三羟甲基丙烷是一种极其重要的化工原料及有机中间体,是树脂行业常用的扩链剂。目前通常以甲醛和正丁醛为反应原料,通过交叉卡尼扎罗缩合反应来制备。采用氢氧化钠做为催化剂,副产物较多,产品质量差,副产物甲酸钠还会造成后处理工作量较大,甲醛消耗量过高。新工艺采用固体酸碱催化剂,催化剂稳定性好,无腐蚀性,并且不生成可溶性的甲酸钠等,工艺简便、绿色。



性能指标:

采用连续式反应体系,可达到 90%以上的单程转化率和 80%以上的产物选择性。

市场分析:

目前,全球三羟甲基丙烷的生产呈现两大特点,一是生产技术主要垄断在发达国家和地区的生产商手中;二是生产能力迅猛扩张。三羟甲基丙烷的消费量约为 15 万吨(2010 年),产品主要用于生产醇酸树脂和聚酯树脂,这两项约占三羟消费总量的 70%,其次是聚氨酯泡沫约占总消费的 20%。在我国三羟甲基丙烷主要用作合成高档醇酸树脂的原料。

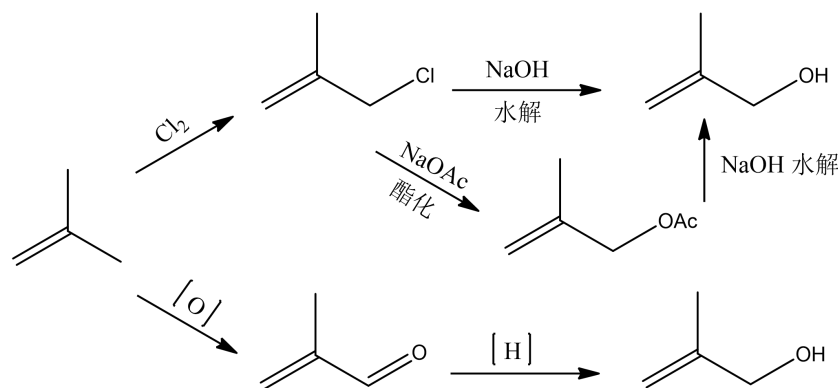
合作方式: 合作开发、技术转让

项目 39: 甲基烯丙基醇生产的新技术

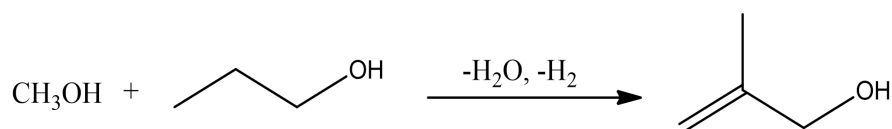
技术优势:

甲基烯丙基醇（异丁烯醇）是重要的有机中间体，广泛应用于聚合物单体、表面活性剂、合成树脂添加剂、聚羧酸高效减水剂、医药、农药、香精香料、涂料、食品添加剂等领域。目前国内甲基烯丙基醇大规模用于生产甲基烯丙醇聚氧乙烯醚，后者是新一代聚羧酸高效减水剂的重要原料。

现有的甲基烯丙基醇生产工艺主要采用甲基烯丙基氯的直接水解法，一般存在碱、水或者有机溶剂用量较大和回收困难等问题，生产成本低、收率低、能耗高、污染大。另外报道的酯化-水解两步法和氧化-还原两步法均存在工艺复杂，流程长，选择性低等弊端。



该新技术由甲醇和丙醇直接制得甲基烯丙基醇。



性能指标:

前期研究表明，在固定床连续反应器上，280-350 °C 常压条件下

反应，丙醇单程转化率高于 50%；甲基烯丙基醇的选择性高于 90%；其余产物主要为异丁醇和丙醛，异丁醇、甲基烯丙基醇和丙醛的总选择性高于 98%。

反应速率、产物选择性等工艺指标仍可进一步优化。相比于目前的生产工艺，该项新技术的特点主要体现在：

- 反应原料廉价易得
- 反应工艺简单，避免强碱或氧化剂、还原剂的使用
- 产物分布可由催化剂和反应条件进行调控

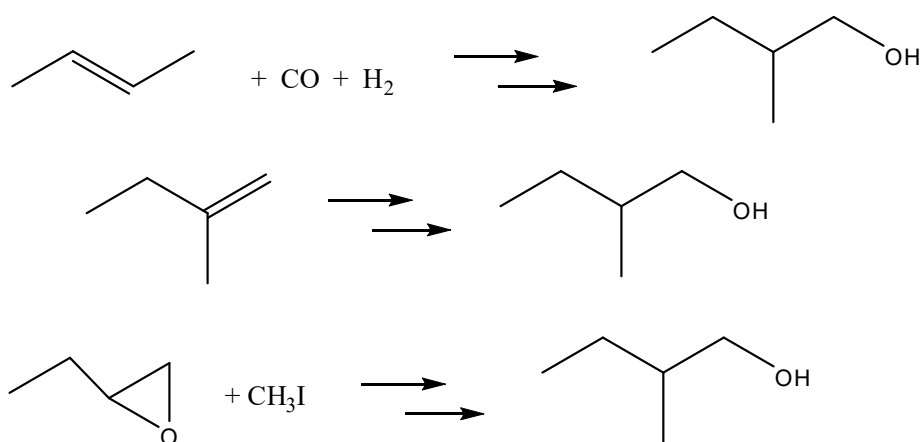
合作方式：技术转让、授权许可。

项目 40: 2-甲基丁醇生产的新技术

技术优势:

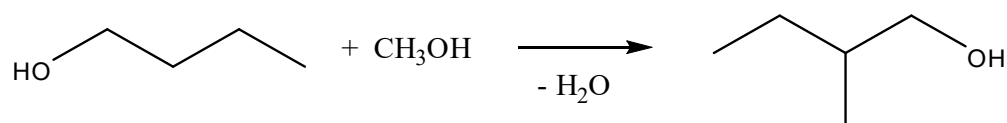
2-甲基丁醇可用于制作香料、特殊增塑剂、农药、液晶等。目前可采用从杂醇油中精馏分离的方法获得 2-甲基丁醇和 3-甲基丁醇混合物 (20%-80%)。

常见的化学合成方法如下:



这些方法被德国和日本的公司垄断。

新技术采用甲醇和正丁醇直接脱水而制得 2-甲基丁醇。



性能指标:

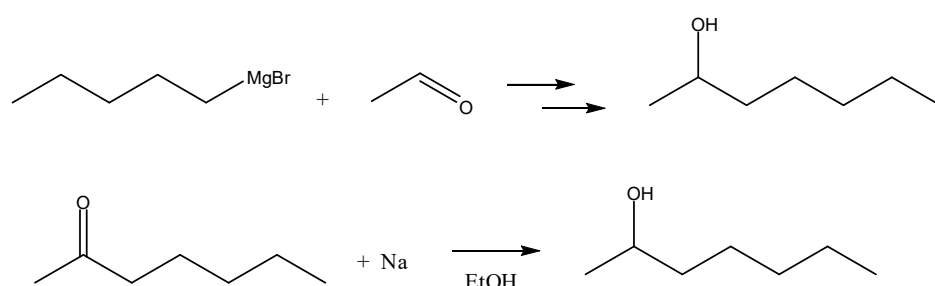
在固定床连续反应器上, 350 -400°C 条件下反应, 正丁醇单程转化率高于 95%, 2-甲基丁醇选择性高于 95%。反应速率、产物选择性等指标仍可进一步优化。

合作方式: 技术转让、授权许可。

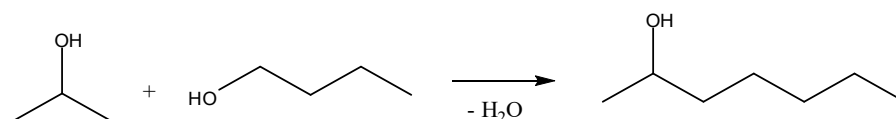
项目 41：2-庚醇生产的新技术

技术优势：

2-庚醇是 GB2760-1997 规定允许使用的食品用香料、医药中间体（解毒唑）、增塑剂、添加于硝基喷漆溶剂中作助溶剂等。目前的生产工艺是由溴化戊基镁和乙醛合成而得或由甲戊酮与金属钠在乙醇中反应而得。



本技术由异丙醇和正丁醇直接脱水而制得 2-庚醇，生产工艺简便、绿色。



性能指标：

前期研究表明，在间歇釜式反应中，150 °C 反应 8h，可达到 50% 以上的单程转化率和 90% 以上的产物选择性；新型负载催化剂循环使用 5 次无明显活性降低。

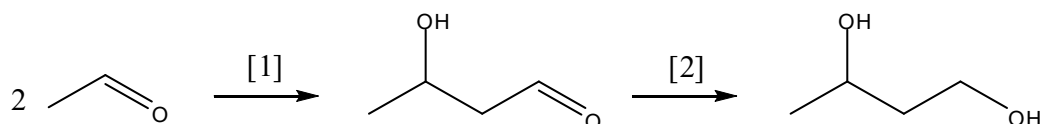
在此基础上，进一步开发了连续式反应体系，提高了转化过程的经济可行性。采用固定床在 350 °C 下反应，原料单程转化率高于 50%，2-庚醇和 2-庚酮总选择性高于 90%。催化剂稳定性高，在 1000h 内活性损失小于 5%。

合作方式：合作开发。

项目 42: 1,3-丁二醇连续式绿色生产新技术

技术优势:

1,3-丁二醇(1,3-Butylene Glycol, 1,3-BDO)是用途广泛的化工产品,比如: 1,3-丁二醇与苯酐、顺丁烯二酸酐等单体制成的不饱和聚酯树脂,有良好的耐水性、柔软性和耐冲击性;由 1,3-丁二醇制得的增塑剂,具有低挥发性、耐迁移性和耐油性等优点。1,3-丁二醇还具有吸湿性好、无臭、低毒、水溶性好等特点,可用作纺织品、烟草和纸张的增湿剂和软化剂,乳酪或肉类的抗菌剂等;在化妆品中主要用作保湿剂,并且有良好的抑菌作用,可用于各种化妆水、药膏和牙膏的生产。



目前 1,3-丁二醇工业生产方法主要是以乙醛为原料,先以 NaOH 等水溶性液体碱为催化剂,在水溶液中经自身缩合反应生成 3-羟基丁醛;然后再以雷尼镍 (Raney Ni) 等为催化剂,加氢而生成 1,3-丁二醇。两步反应都在反应釜中完成。NaOH 具有腐蚀性,并且无法循环使用,在第一步乙醛缩合反应完成后需要使用醋酸等淬灭反应,会生成含盐废水;雷尼镍催化剂虽然在加氢反应中性质稳定,经过过滤或离心分离之后可以循环使用,但在釜式反应器中由于和搅拌桨不断的碰撞磨损,会使雷尼镍粒径变小,导致分离困难,在使用中也需要补

加催化剂。

新工艺采用固定床连续式反应来制备 1,3-丁二醇。第一步乙醛缩合反应采用特有的高稳定性固体碱催化剂，无腐蚀性，并且反应物料流出装有固体碱的固定床反应器后，反应即停止，无需再用酸淬灭反应，反应物料中也没有水溶性的盐等废物生成；第二步加氢反应也采用固定床反应器，催化剂固定装填在反应器中，避免了催化剂的磨损。采用固定床连续式反应与采用反应釜的工艺相比，在操作方面也更容易实现自动化控制、降低操作成本。

性能指标：

主要技术指标如下：

- 缩合反应步骤中乙醛的单程转化率高于 50%，3-羟基丁醛选择性高于 90%，副产物主要是丁烯醛；
- 加氢反应步骤中加氢产物收率高于 95%；
- 固体碱催化剂和加氢催化剂寿命均高于 4000 小时。

相比于目前的生产工艺，该项新技术的特点主要体现在：

- 反应体系绿色；
- 连续式生产工艺；
- 目标产品选择性高。

合作方式：技术转让、授权许可。

项目 43：聚烯烃功能材料的催化剂技术和催化聚合技术

技术优势：

聚烯烃功能材料是最重要的高分子材料之一，与国民经济和我们的日常生活息息相关，全球年产量大约 2 亿吨/年。中国科学院青岛生物能源与过程研究所发展了新型铁金属络合物催化剂及其催化的烯烃可控聚合技术和工艺，该催化聚合技术具有活性高、成本低、选择性可控等优势，多项技术和产品正在进行关键技术和工程化研究。

产品种类和市场分析：

1、高支链聚共轭烯烃弹性体。新型高性能橡胶材料，具有高抗湿滑、低生热的特点，适用于高性能轮胎和航空轮胎，市场预估 3 万吨/年。催化聚合成本约为 2500 元/吨，目前进行中试工程化研究。

2、低分子量液体橡胶。高附加值轮胎生产助剂，价格>4 万/吨。研究所技术大幅降低液体异戊橡胶成本，经济价值较高。目前完成实验室研究，正在进行小试工程化。

3、高性能润滑油粘指剂。润滑油粘指剂的价格通常>2 万/吨，高性能的粘指剂达到 6 万/吨，研究所发展的高性能支链聚粘指剂的合成技术。目前完成实验室研究和性能评价，正在进行小试工程化。

合作方式：合作研发、技术授权

项目 44：甲醇和生物发酵乙醇制备异丁醇的新技术

技术优势：

本项目以化工基础产品甲醇和来源于生物质资源的大宗化学品乙醇为原料，通过新的技术将两者结合起来直接生产异丁醇，集合了化学转化方法与生物转化方法的优势，对于综合利用我国相对丰富的煤炭和生物质资源，开发甲醇和乙醇的下游产品也具有重要的意义。

性能指标：异丁醇的选择性达到 90%以上

市场分析：

异丁醇是一种重要的大宗化工产品，可作为正丁醇的代用品，主要用于生产润滑油、增塑剂、表面涂料、粘合剂等，每年全球市场需求有 50 万吨左右。异丁醇经过脱水还可以生成异丁烯。除此以外，异丁醇还是一种高品质的汽油替代燃料，与当前市场上最为常见燃料乙醇相比，异丁醇有更高的能量密度、不易吸水、可以通过现有的汽油销售设施进行输送等优势，并且对汽车发动机的损伤小，可直接用于汽油动力汽车。

按目前市场价格分析，甲醇 1500-3000 元/吨，乙醇 6000-7000 元/吨，异丁醇 7000-9000 元/吨。结合反应方程式和生产过程，产品和原料之间的价格差约 1500-4000/吨。若直接以乙醇发酵液为原料，避免高能耗的蒸馏脱水过程，利润空间会更大。

合作方式：技术转让、技术入股

项目 45：木质素制备高效表面活性剂技术

技术优势：

本项目实现了预处理分离木质素的高值综合利用。预处理分离木质素经催化氧化-磺甲基化两步反应制备高效混凝土减水剂。工艺简单、成本低廉，木质素基表面活性剂纯度高、分散效果好。

性能指标：

改性后的产品磺化度由 0.65 提高到 1.45，相对分子质量分布系数由 2.01 降为 1.12。木质素磺酸钠混凝土减水剂的水泥净浆流动度达到 185mm，大大高于未改性的 161mm，同比提高了 15%，接近于商品萘系高效减水剂水平。

市场分析：

我国每年产生大约 250 万吨木质素，大部分没有得到充分利用。“十二五”期间我国每年将有 20 亿立方混凝土建设量，减水剂需求量大；二次采油对高性能的油井缓凝剂需求量增加；水煤浆已成为替代油、气等能源的最基础的经济能源，需要添加稳定的表面活性剂。

合作方式：技术转让

项目 46：制浆厂半纤维素预水解液制备低聚木糖

技术优势：

低聚木糖传统的生产工艺存在较多缺点，主要表现为生产原料来源单一，生产受原料的影响较大，且生产后残余的大量固体废渣难利用、污染严重，同时也造成了大量的资源浪费。本项目利用制浆厂或溶解浆厂预水解分离的半纤维素转化为功能性低聚木糖具有成本低（以纸浆厂或粘胶厂的废液为原料）、有效成分含量高（低聚木糖含量超过 70%）、过程绿色环保的优点，可代替市场上从玉米芯或甘蔗渣中提取的低聚木糖。

市场分析：

低聚木糖能够减少有毒发酵产物及有害细菌酶的产生、抑制病原菌和腹泻，具有保护肝脏功能、降低血清胆固醇和血压等功效，被广泛应用在食品、饲料和医药保健等领域。

合作方式：合作开发、技术转让

项目 47：固体废物生产新型生态透水砖技术

技术优势：

本项目以石墨尾矿等固体废物为主要原料，以页岩代替粘土作为塑化剂提高成型工艺性能，在配料中加入炉渣，利用炉渣残余碳燃烧产生的热量，实现砖体的烧结，从而制备生态透水砖。这一方面研制的生态透水砖具有透水、保水、美化、硬化等多项功能，对城市大气调节、地表植被生长、地下水保护，城市生态环境改善，建设海绵城市具有重大意义；另外，可解决固体废物对环境的污染的问题。

本项目创新之处在于：1、原料中以闲置资源--页岩代替粘土，不仅节约土地，还提高了透水砖的生产工艺性能和产品性能。2、以炉渣为原料，利用炉渣中残留碳燃烧产生的热量，实现砖体的烧结，无需外加热源，增加了固体废物用量，节约了能源。本产品的优势在于：环保、无污染、生产工艺简单、成本低，具有较好的社会、经济和环境效益。

性能指标：

中试产品经山东省建材质量检测中心检测，所制备产品的性能如下所示：

- 1、透水性：产品透水系数 26-28 mm/s，大于国标规定的 10 mm/s。
- 2、保水性：该产品的保水量通常状态下约为 10L/m²。下雨时它大量吸收并保存水份，在太阳的照射下可以慢慢蒸发，以达到降低地表温度之功能。

- 3、 安全性：该产品具有超强防滑性，即使在下雨时其防滑值在 60BPN 以上。同时本产品的辐射性很低，符合国家绿色建材标准。因此人们走在上面更加安全，也不容易感到疲劳。
- 4、 噪音：该产品为多孔结构，可以大量吸收噪音，是理想的吸音材料，可应用于机场、地铁等场所。
- 5、 耐磨强度高、耐风化：该产品抗压强度达到 30MPa 以上，适合停车场、普通车道的使用。它的耐寒性也达到国家标准，抗冻值-25℃，即使在寒冷的地方，本产品品质不会改变。除此之外，瓷质透水砖还具有耐风化性，即使遇到强酸或强碱，品质也不会改变。
- 6、 施工方便性：该产品施工采用柔性铺装法，即平整基础，压实，然后铺实，铺砂刮平，再铺砖，最后填缝即可。其施工方便、快捷、成本低。

市场分析：

住房城乡建设部部长陈政高在全国海绵城市建设培训班上表示，建设海绵城市是党中央、国务院的重大决策。陈政高部长表示，城市中出现的地下水位下降、逢大雨必涝、山水林田消失、城市养护成本增加以及对气象造成影响等问题，都可以通过海绵城市建设得到有效缓解。据其估算：“海绵城市建设投资约为每平方公里 1 亿元到 1.5 亿元，这是一个巨大的投资空间。

在《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》（国办发

〔2015〕75号)中提出了具体工作目标:到2020年,城市建成区20%以上的面积达到目标要求;到2030年,城市建成区80%以上的面积达到目标要求。

目前,国内使用的地面铺装材料有水泥砌块、粘土红砖、耐火砖、大理石、陶瓷广场砖等。这些材料的主要缺点,一是不具备透水性,雨天易积水、妨碍交通,一旦有强降雨增加了排水管网的负荷,同时造成天然淡水资源的浪费;二是许多材料强度低、易破碎、寿命短,一旦损坏给人满目疮痍的感觉。

而环保陶瓷生态砖是一种新型环保建材。它具有透水、保水性、降噪、美化等多项功能。对城市大气调节、地下水资源保护,对整个城市的生态环境具有重大意义。正是由于上述优点,在日本、欧洲等发达国家,具有透水、保水等功能的环保生态砖被广泛采用。近来,日本、欧洲等国家环保生态砖的品种类也不断增加,除用于人行道、车行道、公园、绿地、停车场等地面的铺设外,像游泳馆、浴场、室内卫生间、以及楼房顶部等等都有应用。

据我们了解目前已经或正在使用环保陶瓷生态砖的建设项目有北京西城区人行道、玉泉营、上海外滩人行道、金陵东路和威海路、石家庄裕华区、珠海市拾贝街小区、厦门厦禾路人行道大修工程等。

北京水利科学研究所副所长丁月元及该所透水路面工程专家周子昌分析认为,北京市透水路面市场暗含商机400亿元。若考虑到公园、人行道、小区等的需求,以及国内发达大中城市的需求。环保陶瓷生态砖的需求量是相当巨大的。而我国最近四五年才有相关产品

的生产，年产量远远满足不了市场的需求。

由于其他厂家的生产成本较高，且由于主原料的有限性，限制了其推广应用。而采用本项目技术生产的产品，由于采用石墨尾矿、炉渣等固体废物为主要原料，原料储量大，因此生产成本低；再加上国家环保政策的优惠，该产品有明显的价格竞争优势，并可扩大环保陶瓷生态砖的应用，扩大市场。因此，本产品具有良好的市场前景。

合作方式：共同开发、技术转让



项目 48：高性能中空纤维沼气分离膜及膜法沼气提纯制压缩天然气工艺开发

技术优势：

与传统分离方法相比，膜分离过程具有设备体积小、能耗低、投资低、操作维修便捷等优点，更为重要的是膜分离技术也更加安全，容易规模化放大，不添加额外的有害化学物质，再处理规模不太大，而且二氧化碳含量较高的沼气净化过程中更具优势。膜分离法提纯沼气可以使产品气甲烷浓度达到 95% 以上，回收率高于 92%。而且与水洗、吸收等方法相比，无需大量水或化学吸收剂，操作压力低，对外部环境要求低，并且为模块化系统，在气源枯竭或需要另外选址时，容易搬迁移动。

性能指标：

以进料组成为 54%CH₄、44.7%CO₂、0.3%O₂、1%N₂ 的垃圾填埋场沼气为例，经过 2 级膜处理后，甲烷浓度可以达到 96.4%，CO₂、O₂、N₂ 含量则分别降低到 1.62%、0.19%、0.76%，完全符合车用压缩天然气或管网天然气的技术指标。

市场分析：

以产沼气 400Mm³/h 的垃圾填埋场利用膜法制备压缩天然气（CNG）为例进行投资预算及效益分析：

（1）工程规模：

每天产沼气量为： $400\text{Mm}^3/\text{h} \times 24\text{h} = 9600\text{Nm}^3/\text{d}$

制备的 CNG 为： $5520\text{Nm}^3/\text{d}$

(2) 投资预算及效益分析：

| 序号 | 项目 | 单价 | |
|----------|--------------------------------|--|------|
| 1 | 投资成本 | | |
| 1.1 | 前处理单元 | 132 | 万元 |
| 1.2 | 膜组件 | 83 | 万元 |
| 1.3 | CNG 压缩机 | 70 | 万元 |
| 1.4 | CNG 储气瓶组 | 40 | 万元 |
| 1.5 | 仪表及控制、电气、安装及其他费用等 | 250 | 万元 |
| | 合计 | 575 | 万元 |
| 2 | 操作成本 (操作时间 8000h/a) | | |
| 2.1 | 脱硫剂 | 2.25 | 万元/年 |
| 2.2 | 沼气压缩机 | 35.84 | 万元/年 |
| 2.3 | 空冷器风机 | 2.24 | 万元/年 |
| 2.4 | 膜组件更换费用 | 16.5 | 万元/年 |
| 2.5 | CNG 压缩机 | 16.8 | 万元/年 |
| 2.6 | 设备折旧 | 41.5 | 万元/年 |
| 2.7 | 人员费用 | 50 | 万元/年 |
| 2.8 | 合计 | 165 | 万元/年 |
| 2.9 | 操作成本/Nm ³ 原料气 | 0.52 | 元 |
| 3 | 回收价值 | | |
| | CNG | 552 (230 Nm ³ /h、3 元/m ³) | 万元/年 |
| 4 | 年利润 | 386.88 | 万元 |
| 5 | 投资回收期 | 1.5 | 年 |

合作方式：合作开发、技术入股

项目 49：用于室内甲醛污染物常温催化净化的金属氧化物材料的开发

技术优势：

空气中甲醛污染的净化技术归纳起来主要有：吸附法、光催化氧化法和常温催化氧化法等。其中常温催化氧化技术因其能耗低(常温下的零能耗)、净化效率高、无二次污染等优点，被认为是最具应用前景的净化技术。

本项目开发的室内甲醛常温催化氧化材料可作为大规模室内及室外气体净化装置生产的核心部件，它的生产成本较低，体积小，对工作环境要求低，环境适应能力强，因此极具推广应用价值。利用该催化材料生产的净化装置，可广泛应用于家用、车载以及大型的公共场所等密闭空间，有效地去除低浓度的甲醛气体，因此，该催化材料的应用能够有助于气体净化产业的发展，为企业新产品的开发、上市提供新的技术保障，创造新的利税增长点。

性能指标：

对室内低浓度甲醛 (<2 ppm) 的高效去除 (去除率>95%)

市场分析：

近年来，随着人们生活水平的提高，装修业日益兴起，室内空气污染问题日趋严重。据有关国际组织调查，全世界每年有 280 万人直接或间接死于装修污染，世界上 30% 的新建和重修的建筑物存在有害于健康的室内空气污染。因此，如何提高室内空气品质，保证居民身体健康，已经引起了有关部门的高度重视和全国人民的普遍关注。随

随着我国环境治理、节能减排力度的逐渐加大，公民对环境问题诉求的日益强烈，空气净化技术的开发与应用将在环保产业担当关键的角色，因此针对室内空气污染物的催化净化技术的产业化应用前景广阔，市场潜力巨大，经济效益可观。

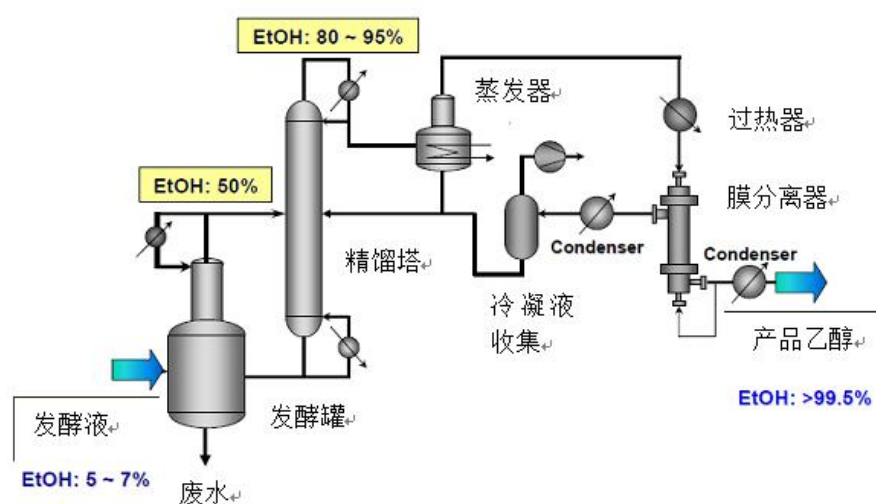
合作方式：合作开发、技术转让

项目 50：用于蒸汽渗透（渗透汽化）醇/水分离的聚合物膜制备及其耦合分离工艺开发研究

技术优势：

工业上用于乙醇脱水制取无水乙醇的技术主要有精馏法、吸附法和渗透汽化法。由于乙醇和水能够形成共沸混合物，用传统精馏很难将其分离，需引入第三组分进行萃取精馏或共沸精馏，能耗高，投资大，容易造成污染。变压吸附技术可以解决这一问题，但是吸附剂再生过程中能耗也较高。蒸汽渗透（渗透汽化）技术的出现大大简化了这一脱水过程，有效降低了能耗、减少投资、并且无需再生过程，为乙醇脱水（以及其他醇类脱水过程）提供了更为经济可靠的选择。

性能指标：



合作方式：合作开发

项目 51：共轭聚电解质/卤化银纳米复合物长效抗菌材料

技术优势：

大多数含银抗菌聚合物要么含有单质银（在水中溶解速率极低），要么是高度水溶的银盐或银的一价复合物，这两种方式都有缺陷性。本项目采用少量可溶性银盐替代部分单质银，可以显著地增加有生物灭菌活性的银离子的产生速率，同时通过此法可以限制完全可溶的银盐的溶解速率。尤其特别的是，卤化银在水中有一个恒定的生物活性银离子(Ag^+)的溶解浓度 $[K_{\text{sp}}(\text{AgBr}), 5 \times 10^{-13}]$ ，因而具有潜在的抗菌性。

性能指标：

溴化银纳米粒子分布范围 10 ~ 100nm，复合材料具有广谱抗菌性，对革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌都表现出抑菌和杀菌双重作用，抗菌效果迅速，使用量低（MIC 值低于 250 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ），具有长效抗菌性（10~20 天内抗菌），复合材料对哺乳动物细胞毒性低，使用安全。

市场分析：

相比于新型抗生素药物的研发，本方法的制备成本大大降低，研发周期也大大的缩短，可以用于医疗产品和器械等表面的抗菌，具有良好的产业化前景。

合作方式：共同开发、技术转让、技术咨询

项目 52: 木质素基重金属吸附剂合成技术

技术优势:

虽然以工业木质素为原料在实验室水平已成功制备出一系列具有吸附效率较高、吸附性能较好、可再生等优点的木质素基吸附剂,但木质素基吸附剂对重金属离子的吸附容量还有较大的提升空间。此外,现有技术制备的木质素类吸附剂常表现出广谱吸附性,因而对重金属离子的吸附选择性较差。针对上述问题,本项目开发了吸附性能优越的广谱性木质素基羧酸类吸附剂及高效高选择性木质素基胺类螯合吸附剂,其饱和吸附量均优于商业离子交换树脂。

性能指标:

木质素基广谱性吸附剂对水中常见重金属离子的饱和吸附量均达到 1.0 mmol/g 以上,高于现有商业离子交换树脂;高选择性木质素基多胺类螯合重金属吸附剂对水中常见重金属离子的饱和吸附量均达到 1.0 mmol/g,并对 Cu、Co 等金属离子选择吸附率高达 90%以上

市场分析:

木质素基吸附剂的合成成本约 4000 元/吨,远低于现有商业离子交换树脂市场售价。

合作方式: 合作开发、技术转让

项目 53：纳米纤维素绿色高效制备和应用技术开发

技术优势：

目前纳米纤维素的制备方法存在催化剂不可回收，污染严重，能耗较高，或产品得率低等问题。本项目开发了一种采用低沸点有机酸水解法制备纳米纤维素的新方法，该方法的有机酸可以被很容易的回收并循环利用，产品得率高，性能稳定。

性能指标：

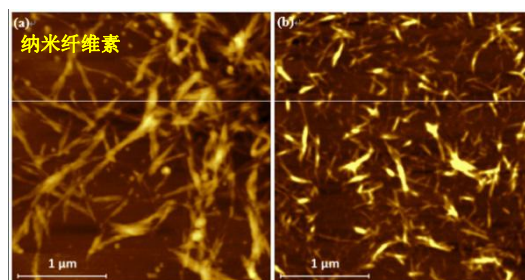
产品得率可达 70-90%（因原料而异），高于常规无机酸法的得率（30-60%），产品粒径分布均匀（宽度为 3-10 nm）

市场分析：

纳米纤维素具有原料来源广泛、可再生、可生物降解和可持续性的特点，在制浆造纸和水净化、颜料和涂料、食品和化妆品、医疗和医药、光学和电子器件的开发等领域有着巨大的发展和应用前景。本项目制备的纳米纤维素成本与食品级羧甲基纤维素钠相当，约 1.8 万/吨。

合作方式：合作开发

附图：



项目 54：低阶粉煤热解技术

技术优势

研发的新型煤热解炉(ZKL)主要移植成熟工业化焦化炉的经验和借鉴其优点，并吸收高温焦化与兰炭炉成熟工业经验，将高温焦化炉的高温冶金焦薄层热解和中温焦化兰炭炉直立式连续出焦结合起来，从而提出适用于廉价粉煤的 ZKL 钢结构新型热解技术构思。其技术原理：一是 450-600℃ 温度是最大量获得高品质焦油和高热值煤气的最佳温度区间；二是发挥低阶煤具有较大焦油含量和挥发分的煤种，通过间接传热的薄层热解工艺，最大量生产焦油和高有效成分煤气。针对现有技术难以解决的问题，ZKL 技术原理及创新在于：

- (1) 单炉产量和出力问题解决，保证煤层受热均匀；
- (2) 利用干燥-热解两段耦合工艺技术，不仅解决传统外热式热解炉产量低的问题，也在工艺上简化了操作。
- (3) 解决煤气含尘较多问题及煤层透气性问题，保证装置的平稳运行。
- (4) 解决炭化室温度分布不均问题，根据煤种不同和产品需求不同，既满足实际生产需求，又能保证炭化室内温度分布均匀。

合作方式

技术转让、合作开发



中国科学院青岛生物能源与
过程研究所

联系方式

地址：山东省青岛市崂山区松岭路 189 号

电话：0532-80662796

传真：0532-80662778

E-mail：zhoujw@qibebt.ac.cn

网址：<http://www.qibebt.cas.cn>