

# 中国科学院 过程工程研究所

# 锂离子动力电池废磷酸铁锂(LFP)正极材料 再生利用成套技术

## 技术成熟度

小试阶段

## 技术简介及特点

本项目将利用电池拆解企业、电池梯级利用企业及电池生产企业产生的废磷酸铁锂正极粉为原料，经高效酸解、深度除杂、介质循环、液相合成等核心技术突破，化学再生制备成性能良好的磷酸铁锂正极粉，并销售给电池生产企业。本项目可实现磷酸铁锂正极材料中 Li、Fe、P 的全利用，且介质再生循环，无三废排放，全过程绿色、清洁。经济效益可观。

## 专利及进展情况

本项目已完成小试，获得的磷酸铁锂正极粉产品经第三方检测，其电化学性能达到国家相关标准要求。项目目前已申请有 4 项中国发明专利。

产业化前景分析：动力电池材料主要有三元材料和磷酸铁锂。因三元正极材料含有镍、钴等稀贵金属，价格高，因此已有回收技术多集中于三元材料的回收，回收技术已相对成熟，目前已有规模化的回收企业；而磷酸铁锂正极材料主要含有 Li、Fe、P 等元素，价值相对较低，尚无规模化回收企业。即将报废的锂离子动力电池 70%以上为磷酸铁锂电池，市场机遇好。本项目市场空间可达百亿/年规模。本项目核心技术还可拓展应用于三元材料的化学再生。

## 转化方式

技术转让 许可使用

# 锂离子电池电极材料流态化气相 包覆改性新技术

## 技术成熟度

小试阶段

## 技术简介及特点

装备高镍三元层状过渡金属氧化物正极材料和高容量硅碳负极材料的下一代锂离子电池被认为是电动汽车未来持续发展的关键，本项目针对高镍三元材料和硅碳复合材料存在的循环不稳定和倍率性能差等问题，基于流态化技术和化学气相沉积原理，兼具流化床传热传质优异和化学气相沉积均匀等优点，设计开发了锂离子电池电极材料流态化气相包覆改性新技术，实现了不同粉体表面包覆设计，降低了传统气相沉积工艺的反应温度，提高了包覆效率，研发出了适合于工业中连续规模化生产的电极材料流态化气相包覆改性新技术，实现了高镍三元材料粉体表面氧化物包覆和硅碳复合材料粉体表面碳包覆。新工艺较传统电极材料粉体包覆工艺成本降低了 50%。

## 专利及进展情况

目前已申请发明专利 2 项。

## 产业化前景分析

中国新能源汽车发展迅猛，动力锂电池需求旺盛。2017 年动力电池出货量为 36.2GWh，2018 年和 2020 年的动力电池需求量分别为 47GWh 和 97GWh。国家对新能源汽车补贴方案间接引导电极材料体系的升级，具有性能优势的高镍三元层状过渡金属氧化物正极材料和高容量硅碳负极材料成为产业化热点，对高镍三元材料和硅碳复合材料的包覆改性已成为电极材料研发领域的热点之一。本项目开发出锂离子电池电极材料流态化包覆改性新技术，通过包覆体系设计和工艺参数优化可实现高镍三元材料粉体表面氧化物包覆和硅碳复合材料粉体表面碳包覆，包覆均匀且含量可控（0.1 - 3%），工艺简单，较现有传统工艺包覆效果改善明显，成本大幅降低。该技术环境友好、节能减排和社会经济效益显著，具有良好的推广应用前景。

## 转让方式

技术转让 许可使用 合作开发

# 生物炼制工程与生物质新型产业

## 技术成熟度

示范工程

## 技术简介及特点

木质纤维素作为农林生物质资源，其最大的优势是属于非粮、非淀粉质原料，资源丰富、容易获得。经济有效的木质纤维素可发酵糖平台的建立，必将引起发酵行业的大变革，为粮食安全做出重要贡献。木质纤维素可发酵糖平台的建立，不是一个单纯的生产环节，更不是一项单纯以糖平台建立为目的的，木质纤维素的炼制本身就是一个产业，因此要实现木质纤维素的综合利用，只有从这个角度去考虑，才能实现以木质纤维素为原料的产业生产的经济效益，才能使木质纤维素可发酵糖的成本让发酵行业所能接受。1. 基于秸秆原料结构特性，发明了无污染汽爆炼制技术，揭示了汽爆破除天然纤维素抗降解屏障作用机制。2. 发明了同步发酵木糖、葡萄糖、耐受抑制物的工业应用酿酒酵母的连续动态驯化技术；建立了复合纤维素酶制剂工业应用体系，不仅降低纤维素酶用量，而且解除了抑制物对纤维素酶的抑制作用；创建了汽爆秸秆先固相解聚-后同步发酵新工艺，达到了工业规模发酵乙醇浓度在 6%以上。3. 提出了以秸秆乙醇为主，车用压缩生物天然气（CNG）、木塑复合环保材料为辅的秸秆炼制集成技术路线，建立了万吨级汽爆秸秆乙醇产业化技术体系，并组建出与其技术体系相配套的自主加工的工业化装备系统；实现了秸秆等木质纤维素原料组分全利用，突破了秸秆发酵乙醇的技术经济世界性难题。4. 实现了万吨级秸秆发酵乙醇及综合利用规模化连续生产和经济运行，具有重要的示范和推广价值。创新性强，具有自主知识产权，该成果处于国际领先水平。

## 专利及进展情况

已申请 50 项发明专利。在松原建立了万吨工业生产装置。2014 年通过了中国科学院组织的科技成果转化鉴定会，鉴定委员会认为，实现了秸秆原料组分全利用，突破了秸秆发酵丁醇和乙醇的技术经济世界性难题，达到国际领先水平。

## 产业化前景分析

项目成果的应用前景早已人所共知，社会经济效益也不言而喻。近年来由于农村生活能源结构的变化与集约化生产的发展，秸秆田间焚烧产生的烟雾已成为一大社会公害，如何合理利用秸秆日益引起各级政府的重视。但成熟技术很少，推广应用难于深入与持久。秸秆作为自然生态循环的大宗中间产物，如能从环境的污染源变成生态工业的宝贵原料，无疑具有重大的经济、社会和生态效益。

## 转化方式

技术转让 许可使用

## 离子液体高压电解液技术

### 技术成熟度

示范工程

### 技术简介及特点

目前商业化电解液虽能满足一般动力电池的需求，但仍存在电化学稳定性不足、安全性差、有泄露风险、并进一步引发起火爆炸等的问题，但由于凝胶、固态电解质尚不成熟，近期内液态电解液仍将通知市场。而离子液体作为改善安全性、提高电化学稳定性的有效手段，也是高压电极材料应用的决定性因素。过程所通过将近十年的开发，已成功制备出稳定电压在 5V 以上、安全性能大幅度改善的离子液体高压电解液，并已在河南实现规模化生产。其成本与目前商业化高端电解液相近，但适用于 300Wh/kg 级高能量密度电池，可有效支撑高性能动力电池行业的快速进步。

### 专利及进展情况

申请专利 16 项，已授权 8 项。2014 年 1 月已通过科学院组织的成果鉴定，与会专家一直认为该成果“国际领先”。

### 产业化前景分析

截止到 2017 年，我国电解液的产销量已实现连续数年的快速增长，平均年增幅在 20% 以上，未来随着节能减排压力的增大、国家开始制定燃油车退市时间表，电动汽车必将迎来快速发展，相应的，电解液作为动力电池的重要组成部分，相应的市场空间也相当巨大。虽然我国电解液企业众多，但高端产品市场仍有空间。而过程所相关技术不仅具有更高的电化学稳定性，其安全性也更佳，因此市场潜力巨大。

### 转化方式

技术转让 许可使用 合作开发



5000 吨/年离子液体电解液生产装置

# 固体燃料解耦燃烧技术

## 技术成熟度

成熟应用阶段

## 技术简介及特点

解耦燃烧技术由中国科学院过程工程研究所发明，获得了中国科学院技术发明一等奖和国家专利优秀奖，是目前国内外唯一可以在实现固体燃料无烟燃烧的同时有效降低 $\text{NO}_x$ 和CO排放的高效中小型燃煤或生物质实用技术。解耦燃烧技术通过优化炉膛结构来对固体燃料热解和燃烧过程进行解耦和有效控制，使燃料先后经过低温还原气氛下的低氮燃烧和高温氧化条件下的可燃物燃尽两个过程，实现燃料的连续分级充分燃烧。与传统燃煤炉相比，解耦燃煤炉的 $\text{NO}_x$ 排放可降低30%–45%，节煤量可达20%–30%，排烟林格曼黑度小于1，燃烧烟煤也可达到“无烟排放”的标准。

## 专利及进展情况

申请发明专利43项，其中获授权21项。2016年11月通过山东省煤炭工业局组织的科技成果鉴定，与会专家一致认为解耦燃烧技术具有创新性、实用性和广阔推广应用前景，总体达到国际先进水平。

## 产业化前景分析

在我国，近80%的居民使用低效炉具，燃用劣质、高硫烟煤。这些劣质散煤直烧低空直排的污染物达到超净排放的大型锅炉等量燃烧后的10–20倍。我国有燃煤工业锅炉60%以上为低参数、小容量的链条排炉或层燃炉，锅炉热效率平均60%–65%。由于燃煤工业锅炉数量大、分布广、排放高度低、燃煤品质差、治理效率低，污染物排放对城市大气污染贡献率高达45–65%。这些燃煤污染物排放是造成严重灰霾天气的重要原因之一。考虑到我国能源消费现状以及农村目前的经济发展状况，以亿万农民的实际需求、消费习惯和承受能力为导向，立足于利用我国资源丰富的煤炭资源，开发节能、环保、价廉和好使的洁净型煤和炉具，鼓励采用“洁净型煤+解耦炉具”的配套模式，是统筹解决我国农村煤炭散烧污染问题的根本途径。

## 转化方式

许可使用



中小型解耦燃煤锅炉系列产品

# 煤基甲基丙烯酸甲酯（MMA）清洁工艺技术

## 技术成熟度

中试阶段

## 技术简介及特点

甲基丙烯酸甲酯（MMA）是重要的聚合单体，主要用于生产有机玻璃，同时在涂料、粘结剂、医用高分子等许多领域应用广泛，市场需求逐年快速增长。我国 MMA 自主生产长期采用传统丙酮氰醇法，原料毒性大、使用强酸、副产大量硫酸氢铵。以合成气、乙烯、甲醛、甲醇等为原料的煤基 MMA 工艺如果自主成功研发，可有效弥补我国 MMA 行业清洁生产技术严重不足的欠缺，其原料均可来自煤化工，成本优势显著，而且过程清洁、副产为水、环境友好。煤基 MMA 工艺包括四步反应：乙烯氢甲酰化、丙醛和甲醛羟醛缩合、甲基丙烯醛氧化和甲基丙烯酸酯化；可以得到三个中间产品：丙醛、甲基丙烯醛和甲基丙烯酸，以及优级品 MMA；在吨级模试反应装置上完成了关键技术验证；在千吨级中试装置上进行工程技术验证；提供基础数据工艺包及各步反应催化剂。

## 专利及进展情况

已申请 12 项中国发明专利，8 项授权。

## 产业化前景分析

实现 10 万吨 MMA/年工业装置稳定运行，生产聚合级和光学级高质量产品，替代国外进口产品，产值约 20 亿，利税约 10 亿，成为替代传统污染工艺的国家绿色推广工艺，产生带动示范意义。

## 转化方式

技术转让 许可使用

# 生物可降解塑料制备新技术及工业示范

## 技术成熟度

示范工程

## 项目简介及特点

世界年包装材料的生产需求量高达 6700 万吨，消耗大量能源资源，从可持续发展观念出发，不可降解塑料的生产必然将越来越受限。但我国目前可降解塑料依旧处于宣传推广阶段，市场化的程度不高。主要原因是完全可降解塑料力学性能不佳，价格高企不下，造成可降解塑料有利润无市场。针对完全可降解塑料存在的力学性能差、成本高等问题，我们开发了改性秸秆和聚酯（PE、PP 及 PS 等）复合造粒制备生物基塑料的新技术。该技术通过将秸秆改性，即将秸秆结构中众多的羟基进行接枝改性，增加疏水性基团，改善秸秆的疏水性和韧性，通过增加了与聚酯的相容性，获得大于 30% 的秸秆添加量，从而达到增加生物基塑料的力学性能及生物降解性，并降低生产成本的目的，将极大地促进我国可降解塑料的市场推广。

## 专利及进展情况

相关研究成果具有自主知识产权，申请了多项发明专利（CN 201710923263. 3, CN 201710928706. 8, CN201710426742. 4, CN201610832491. 5）。

## 产业化前景分析

2014 年我国可降解塑料整体产能约为 40 万吨，其中产能较高的企业有金发科技、安庆和兴、鑫富药业等。近几年我国可降解塑料产量保持 20% 以上的增长速度发展，预计到 2020 年我国可降解塑料产量将达到 150 万吨。据预测，2023 年，全球仅包装市场对生物基塑料的需求量就将达到 945 万吨，年均复合增长率高达 33%，目前产能还远远不能满足市场的需求，特别是完全生物降解塑料的性能还有待提高，价格也不具有优势，因此，生物基塑料的市场更是具有价格及性能的优势，生物基塑料市场容量巨大，具有很广阔的应用前景。目前生物基塑料销售价格为 1.2–1.6 万元，而秸秆微粉价格为 2000 元，以秸秆微粉为原料，每吨生物基塑料收益可达到 0.2–0.4 万元。以年产 5 万吨装置为例，年收益可达 1–2 亿元。世界生物基塑料市场上下游规模将达到 3000 亿元，具有十分广阔的应用前景。

## 转化方式

技术转让 合作开发 风险投资 面谈

# 高性能高镍正极材料制备工艺

## 技术成熟度

小试阶段

## 技术简介及特点

随着便携式电子产品的普及应用以及EVs、HEVs 等动力汽车的发展，锂离子电池正极材料不断突破自身的瓶颈向高容量、长寿命和安全稳定等方向发展。高镍系正极材料 $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{M}_{1-x})\text{O}_2$ 成本较低、容量高且环境友好，受到越来越多的关注。但此类材料在实际应用中存在一些亟待解决的问题：高镍材料的表面pH值、残碱含量高，造成加工和存储困难，所制备电池胀气严重；伴随着循环过程，材料微观结构发生变化，最终导致容量衰减和循环性能变差。本技术通过离子掺杂和表面包覆相结合的手段，结合煅烧工艺和改性工艺的优化改进，从材料“内部”和“外部”综合提高材料的电化学性能。

## 专利及进展情况

申请发明专利 1 项。针对高镍正极材料存在的问题，本技术通过材料煅烧工艺和改性工艺的开发，对材料性能进行优化，0.2C 倍率下，高镍材料的放电比容量均达到 200mAh/g 以上；0.5C 倍率下，放电比容量均达到 190mAh/g 以上；0.5C/0.5C 循环 100 周容量保持率在 88%以上，材料表面的 pH 值稳定在 11.85 以下。与企业材料性能对比，有较大的优势，目前已成功进行了公斤级放大试验。

## 产业化前景分析

按照国家动力电池技术路线图的规划，2020 年动力电池能量密度要达到 300Wh/Kg 的目标，拥有更高能量密度的三元材料已成为主流技术路线。2017 年新能源汽车推荐车型目录中专用车 64%使用三元锂电池，乘用车中 77%使用三元电池。随着国家对新能源汽车的能量密度要求逐年提高，未来三元材料的市场比重将有望持续提升。因此，高镍三元材料成为动力电池企业以及新能源汽车企业新的着力点，具有良好的推广应用前景。

## 转化方式

合作开发

## 硅碳负极材料制备工艺

### 技术成熟度

小试阶段

### 技术简介及特点

电子设备和电动汽车的快速发展对锂离子电池的容量和能量密度提出了越来越高的要求。硅材料具有高达  $4200\text{mAh/g}$  的理论容量，储量丰富，嵌/脱锂电位适中等优势，有望替代石墨成为新一代锂离子电池负极材料。但硅负极在脱嵌锂的过程中伴随着体积膨胀（高达 300%），导致硅颗粒破碎、粉化，使材料失去活性。由于这种体积效应，硅在电解液中难以形成稳定的表面固体电解质 (SEI) 膜，导致充放电效率降低，加速容量衰减。此外，硅自身的电导率不高，倍率性能差，严重限制硅在锂电池负极材料中的应用。将硅纳米化，制备纳米结构的硅/碳复合材料，是提高锂电池的负极材料电化学性能的有效方法。本技术以工业废硅渣为原料，经过提纯、粉碎得到纳米硅，或以市售纳米硅为硅源，与石墨复合，引入特定的包覆剂和导电剂，使纳米硅均匀分布在石墨表面，形成完整的包覆结构，解决了硅的循环稳定性差的问题。开发工艺不涉及苛刻条件，易放大制备。

### 专利及进展情况

已申请 4 项中国发明专利。制备的硅碳材料具有优异的电化学性能，可实现容量为  $400-550\text{mAh/g}$  硅碳的公斤级制备，首效 >90%，0.5C 循环 200 周容量保持率 >90%。 $600\text{mAh/g}$  以上硅碳材料首效 >85%，0.5C 循环 100 周容量保持率 >80%。

### 产业化前景分析

据统计，2017 年中国锂电池硅碳负极材料产量已经超过 1500 吨，同比增长超过 130%。但从来目前市场总体产量来看，仍相对较小，在全年锂电负极材料总产量中仅占比 1%，整个锂电硅基材料行业仍处于积极建设时期。预计到 2020 年，负极材料的需求量将达到 29.3 万吨，其中硅碳负极的渗透率将达到 15% 左右，参考当前硅碳负极材料市场售价水平，按照负极材料中掺杂 10% 左右的硅碳负极，预测未来 3-5 年随着渗透率的增加，硅碳负极可拥有的市场空间大约为 50 亿。

### 转化方式

合作开发

# 高性能动力电池关键技术研究及产业化

## 技术成熟度

中试阶段

## 技术简介及特点

随着全球能源危机和环境污染问题日益突出，发展新能源汽车已在全球范围内形成共识，欧美等发达国家已相继公布了燃油汽车停售时间表以及新能源汽车发展规划，新能源汽车势在必行。而动力电池作为新能源汽车的“心脏”，其性能的优劣严重影响着新能源汽车的推广和应用，世界各国针对未来几年动力电池的发展均提出了各自的战略规划。2017年2月，工信部、科技部、财政部等联合发布《促进汽车动力电池发展行动方案（2017）》中指出：“到2020年，新型锂离子动力电池单体比能量超过300Wh/kg；系统比能量力争达到260 Wh/kg。目前国内相关动力电池企业量产单体电芯能量密度均在260Wh/kg以下，系统在160 Wh/kg以下，离方案规划目标还有一定距离。为提早达到规划目标，加快动力电池发展，开发高能量密度同时兼具安全性能的动力电池技术，推动动力电池技术整体水平的提升，既是保障动力电池产业可持续发展的紧迫任务，也是加快我国新能源汽车产业发展、取得国际竞争优势的战略举措。

## 专利及进展情况

已经分别制备出280 Wh/kg和300 Wh/kg动力电池单体电芯，目前280 Wh/kg电芯已循环440周（25℃，0.5C/0.5C），容量保持90%左右；300Wh/kg电芯已循环100周（25℃，0.5C/0.5C），容量保持在97%左右。

## 产业化前景分析

受益于新能源汽车市场的高速发展，动力电池的需求得以不断提升。我国动力电池出货量从2014年的4.4GWh上升到2017年的44.5GWh，CAGR为116.3%，预计到2020年可达到94.5GWh，未来三年CAGR在30%左右。另外，随着政策补贴的逐渐退坡（150公里以下续航里程不再享受补贴），动力电池行业正在从“政策导向”向“市场导向”转变，各动力电池厂家均在积极布局高比能量电池产品，以期在后补贴时代的竞争中占有一定的市场份额。

## 转化方式

合作开发    技术转让

# 高性能农业植保无人机锂电池制备技术

## 技术成熟度

中试阶段

## 技术简介及特点

无人机因其低成本、高机动性等特点，广泛应用于农林植保、巡检、警用安防、物流运输、探测等方面。农业植保无人机既可喷药，也可喷施叶面肥；既适用于小麦、大豆、水稻等低秆作物，也适用于玉米、棉花、高粱等高秆作物和林业果树；同时还适用丘陵山区作业，适应性强，易于推广普及应用。不同应用领域对于无人机的动力供应也提出了不同的需求。农业植保需要负载喷洒药液，相对于巡检和航拍设备具有更高的载重要求，再加上操作人员素质参差不齐，难以掌控，作业环境恶劣，对于电池的性能提出了更高的要求。本技术通过对无人机动力电池正负极材料、隔膜、电解液等的优选，电池制备工艺的改进，开发出成熟的无人机电池制备工艺。

## 专利及进展情况

已申请 1 项中国发明专利。完成了电池的小批量制备和上机试验工作，电池性能如下：1. 电池能够实现 15C 持续放电，25C 脉冲放电；2. 1C/5C 循环 500 周，容量保持率 >95%；3. 能量密度比市场情况高 5%~20%；4. 内阻低至  $1\text{m}\Omega$ 。

## 产业化前景分析

随着无人机应用领域的逐渐扩大，无人机市场需求逐渐提升，2015 年中国民用无人机市场销售规模达到 24 亿元，预计 2018 年将突破 100 亿元大关。据预测，2018 年至 2022 年植保无人机整机市场空间约 200 亿元，植保服务每年市场空间约 500 亿元，到植保服务普及期，仅中国市场空间就将达到万亿元。无人机市场及服务的发展促进了无人机电池需求量的快速增长，本技术能够满足无人机的负载飞行，技术成熟，市场需求大，产业化前景广阔。

## 转化方式

技术转让 合作开发



无人机电池上机试验

## 高性能钛酸锂材料制备工艺

### 技术成熟度

小试阶段

### 技术简介及特点

钛酸锂（LTO）电池具有可靠的安全性、优越的大功率充放电特性、超长的使用寿命、绝佳的高低温性能和较低的全生命周期成本等优点，非常适用于公交车及储能领域。改善钛酸锂材料的电化学性能将延长钛酸锂电池使用寿命，提高其能量密度和功率密度。目前，针对市场需求，我们开发出包覆型和体相掺杂型LTO材料，包覆碳在LTO表面形成稳定的保护膜可以阻挡界面副反应的发生，体相掺杂技术降低成本，提高导电率，改善LTO电池“胀气”问题，提高LTO电池的倍率性能。经电化学性能测试，与市场材料相比，包覆型材料容量性能优于市场水平；体相掺杂型材料具备性能稳定的特点，所开发技术成本低且工艺简单，易于实现工业放大。

### 专利及进展情况

截止目前，我们在钛酸锂材料制备和钛酸锂电池制作方面申请发明专利2项，包覆型LTO材料1C倍率下放电比容量为167mAh/g，10C倍率下放电比容量为150mAh/g；体相掺杂LTO材料10C倍率下放电比容量为126mAh/g，2000次循环容量保持率 $\geq 80\%$ ，显示出良好的倍率及循环性能。

### 产业化前景分析

据统计，2017年新能源公交车的销量达到8.88万台，并且这个数据仍保持持续的增长，2017年中国锂电储能达到55亿元规模，预计到2020年将达到87亿元。LTO电池独特的优点非常适合公交车及储能领域，而钛酸锂负极材料将迎来供需方面的失衡，市场驱动企业产能释放及新产能的投入。我们所开发的两种钛酸锂材料电化学性能优越，工艺简单且成本低。未来经过技术放大，进一步孵化，有望在产业上取得大规模推广生产。

### 转化方式

合作开发

## 氮化钛/碳化钛流态化气相沉积新技术

### 技术成熟度

小试阶段

### 技术简介及特点

本项目在流态化技术的基础上，基于气-气化合反应和形核-生长理论的基础研究成果，设计开发了具有活化特性的钛源体系，实现了定向还原和沉积强化，降低了传统工艺制备氮化钛/碳化钛的温度，提高了沉积效率，研发出了适合于工业中连续规模化生产的流态化气相沉积氮化钛/碳化钛新技术。通过对四氯化钛在氮源/碳源中的价态迁移规律(反应组成、反应温度、进气速度、流化状态等工艺条件)的研究，结合流态化强化技术完成了流态化气相沉积氮化钛/碳化钛的装置设计。新工艺较传统工艺成本降低约30%。

### 专利及进展情况

目前已申请发明专利6项。

### 产业化前景分析

目前我国氮化钛和碳化钛的年需求共约300吨，商业低品质氮化钛和碳化钛粗粉约26~38万元/吨，而高品质氮化钛和碳化钛粉体约200万/吨，特别是3D打印球形碳化钛粉体约280万/吨。随着现代工业不断发展，高熔点、高硬度、耐腐蚀、高导热导电的氮化钛和碳化钛在增材制造、电子信息、机械加工、生物电化学等领域的需求将会急剧增加。本项目开发出流态化气相沉积氮化钛/氮化钛新技术，通过调节工艺参数可以获得不同形貌和结构的涂层或粉体，特别是能够生产高品质球形粉体，粉体粒径可控( $20\text{nm} \sim 200\mu\text{m}$ )，产品杂质含量低，且大幅度降低了成本。该技术适用性强、环境友好、节能减排和社会经济效益显著，具有良好的推广应用前景。

### 转让方式

技术转让 许可适用

# 尺寸均一、可控的乳液、微球微囊制备技术

## 技术成熟度

成熟应用阶段

## 技术简介及特点

本技术是中科院过程所生物剂型与生物材料团队自主研发的创新型国际领先技术，是以先进的微孔膜材料为介质，通过调控操作工艺实现均一乳液、微球微囊的粒径在 0.1–100 $\mu\text{m}$  间精准控制，从而满足高附加值微球微囊产品的高端应用要求。该创新技术具有低能耗、高效率、绿色环保等优势，与传统乳化技术相比，乳化剂用量减少 80% 左右，人工及能耗可降低 60% 左右，原料利用率提高 40% 以上，废水排放降低 50% 左右，生产周期可缩减 50%，从而可使产品总成本降低 40–60%。

## 专利及进展情况

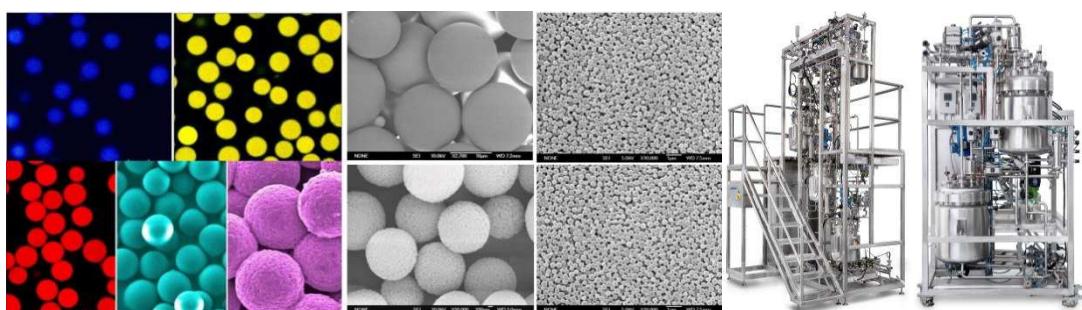
基于该技术开发的设备、微球产品等拥有 150 多项发明专利，授权 80 项以上。2005 年该技术获得北京市科学技术一等奖，2008 年获得中国国际高新技术成果转化优秀项目奖，2009 年获得国家技术发明二等奖。目前该技术已经实现成果转化，配套设备及产品已上市销售，可以与企业进行广泛的项目及产品合作。

## 产业化前景分析

目前我国在均一微球产品方面几十亿的市场需求，目前高端产品均被国际进口产品所垄断，极大的限制了我国原创产品的开发。该均一制备技术具有非常前沿的创新性，可应用于所有液液体系的单乳、复乳体系，开发的微球微囊产品可广泛应用于医药微球制剂、疫苗佐剂、缓控释微囊、蛋白分离纯化、化妆品、保健食品、乳化品、催化剂、示踪剂、涂料添加剂等领域。该技术原料适用性强、环境友好、节能减排和社会经济效益显著，具有良好的推广应用前景。

## 转化方式

许可使用 合作开发 面谈



开发制备的各类均一微球微囊产品研制开发的各类膜乳化设备

# 可加工聚酰亚胺的制备及其产业化关键技术

## 技术成熟度

小试阶段

## 技术简介及特点

常规的聚酰亚胺树脂难溶解、难熔融，因而限制了其工业上广泛应用的可能性。目前，商业化的聚酰亚胺树脂及产品的生产技术主要由美国、日本、欧洲、韩国等少数发达国家进行技术垄断，相关产品因为涉及到军工应用而对我国限售。本项目通过采用先进的合成工艺，优化聚酰亚胺树脂制备路线，降低了生产成本。所制备的聚酰亚胺树脂具有优异的可溶解加工性、耐热稳定性、良好的机械性能等，可加工成薄膜、纤维、泡沫、涂料及胶粘剂等产品形态，可在气体分离、介电、隔热、隔声等领域应用。另外，相关技术打破了国外的技术垄断。

## 专利及进展情况

本项目已申请相关国家发明专利 3 项，获得授权专利 1 项。

## 产业化前景分析

在众多的聚合物中，聚酰亚胺是唯一在每一个先进应用领域都显示出突出性能的聚合物。目前，聚酰亚胺的应用领域主要包括：薄膜、涂料、先进复合材料、纤维、泡沫塑料、工程塑料、胶黏剂、分离膜、光刻胶等，可广泛应用于航空航天、微电子、原子能、电气绝缘、液晶显示、汽车、医疗、卫星、核潜艇、精密机械包装、膜分离技术等领域。近年来，国家出台了一系列的政策支持聚酰亚胺行业的发展，2016 年，工信部印发了《纺织工业发展规划（2017-2020 年）》，提出：推进碳纤维、芳纶、聚酰亚胺纤维品种开发及应用。2016 年，国家发展改革委、财政部、商务部三部门联合下发了《关于发布鼓励进口技术和产品目录的通知》（2016 年版）。该鼓励进口技术和产品目录包括：聚酰亚胺纤维及材料成套装备的设计制造技术、聚酰亚胺纤维。随着中国航空、航天、微电子、纳米、液晶、分离膜等行业发展规模的扩大，对于聚酰亚胺的需求也将不断提高，未来中国聚酰亚胺市场规模将继续保持快速增长趋势。据统计，2016 年全球聚酰亚胺的年产量为 14 万吨左右，至 2017 年全球聚酰亚胺的产值已达 16.5 亿美元，在过去的十年间，产值增长率维持在 10%-15% 之间。预计 2020 年中国聚酰亚胺行业的市场规模将达到 30 亿元。

本项目生产线建设投资约需 2000 万元，树脂商品销售价格预计为 6000 元/公斤，收益约为每公斤 2500 元，按年均产量 100 吨计算，年均收益 2.5 亿元。

## 转化方式

合作开发 风险投资

## 膜法绿色制糖新技术

### 技术成熟度

示范工程

### 技术简介及特点

本项目研制了适合制糖工业需求的耐高温抗污染膜组件，开发了膜法制糖新工艺及成套装备，实现了蔗汁膜法澄清、脱色及浓缩分离，以及糖蜜的分级纯化。通过工艺集成和过程强化，形成了成套工艺包。采用全膜法替代化学法对蔗汁和糖蜜进行澄清脱色，可实现高度自动化，绿色无污染，全组分利用，蔗糖回收率大于 90%，产品脱色率高达 96%，远高于现有报道结果（40–50%）。通过采用多级预处理、膜集成工艺和临界通量理论解决了膜污染严重和通量低的问题；通过级联洗滤和多级逆流洗滤技术解决了膜浓缩液中蔗糖回收难的问题。相比于传统的亚硫酸法，膜法蔗汁清净工艺产糖率大幅提高，综合能耗降低 20%，吨糖增加收益>300 元。目前已建成日处理百吨级的膜法绿色制糖示范工程。

### 专利及进展情况

申请中国发明专利 8 项，其中获授权 1 项，PCT 国际专利 2 项。自 2014 年起先后在广东、广西多个制糖企业开展了系统的中试研究及系统优化，2018 年 2 月初在广东广垦糖业集团金丰糖业有限公司的膜法精糖中试车间成功实现了全套装置的连续化稳定运行，在国内率先试制出首批膜法精糖。

### 产业化前景分析

用膜法工艺进行甘蔗汁清净，保守估计若按吨糖售价 5000 元计算，吨糖可增加约 400 元的收入，按产糖 10000 吨每榨季计算可增加收益 400 万元。实际上目前吨糖合理的售价在 6500–7000 元/吨，若按此计算，吨糖可增加收入约 500 元，10000 吨规模每榨季可增加收入 500 万元，4 个榨季便可收回全部投资。若累积推广应用至年产 100 万吨蔗糖规模，每榨季可增加效益 5 亿元以上。另外，该工艺是纯物理过程，不使用任何有毒有害的化学试剂，并可完全消除滤泥、废糖蜜副产品在综合利用时所产生的污染，具有良好的环境效益。膜法制糖工艺的实施和推广不但有望使传统的制糖企业改变亏损的局面，提高制糖企业员工的待遇，也顺应了国家淘汰落后产能，建设节约型社会的大政方针，具有重要的现实意义。

### 转化方式

技术转让 许可使用



日处理百吨级膜法制糖车间全景图

# 酶固定化技术及酶膜反应器开发

## 技术成熟度

小试阶段

## 技术简介及特点

分批酶解的寡聚糖或多肽产品分子量范围较宽且难控制，同时产生大量副产物，降低产品收率和纯度；商品化超滤膜孔径分布范围较宽，导致膜透过侧得到的产品分子量分布较宽；另外酶无法重复使用，增加生产成本。针对这些问题，本项目拟通过选择合适的超滤膜将底物和酶截留，原位分离酶降解得到的目标产品，实现连续化生产；通过物理吸附或化学交联等方法将酶固定在微球载体或超滤膜表面，研发超滤膜表面改性、孔径分布调节和酶固定化技术，同时优化酶膜反应器操作条件以强化界面传质，进一步提高酶催化效率、重复使用性和产品收率；通过研制旋转膜、振动膜和动态膜等剪切力强化抗污染膜组件，构建含高浓度分散相的酶膜反应器，提高底物浓度和酶催化效率，避免目标产物的截留和降解。本技术可用于各类寡聚糖和多肽产品的酶法生产，可获得目标范围内均一分子量的产品。

## 专利及进展情况

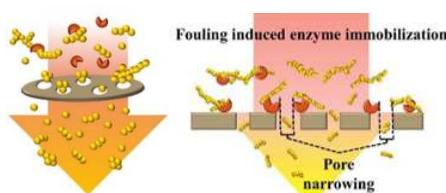
申请中国发明专利 3 项，获国家自然科学基金委 2 项基金和国家重点研发计划 1 项子课题资助，作为主要成果获 2017 年第三届“闵恩泽能源化工奖-青年进步奖”。

## 产业化前景分析

以生产小分子右旋糖酐为例，目前市面上小分子量右旋糖酐的销售价为 8-10 万元/吨，微分子量右旋糖酐的销售价为 10-13 万元/吨。由于现有的微分子量右旋糖酐苛刻的生产工艺，使其生产成本过高，且环境压力过大，从而出现供小于求的局面，甚至出现生产企业无处购买或价格过高而屈于求次的情况，从而影响医药和兽药的产品质量。另外，目前国内公认的质量较好的右旋糖酐铁注射液的分子量范围为 3-6kDa，我国市场上并没有这个分子量范围的微分子右旋糖酐产品。本项目通过构建一体式酶膜反应器连续生产微分子量右旋糖酐，可低成本获得微分子量右旋糖酐产品（3-6kDa），不仅可以增加其原料（蔗糖）的附加值和产品链的经济效益，而且可以提高国产医药和兽药的质量，增强国际竞争力。

## 转化方式

合作开发



酶膜反应器生产均一分子量寡聚糖和多肽示意图

## 膜技术在酱油精制中的应用

### 技术成熟度

成熟应用阶段

### 技术简介及特点

本项目针对膜污染这一国际公认的影响膜技术大规模应用的技术瓶颈以及目前我国膜技术应用中普遍存在的过程自动化偏低、能耗偏高等关键问题，利用“临界通量”理论，结合国际先进的换向流技术，成功研究开发了集膜过程污染控制技术、膜过程优化技术、膜污染清洗技术以及膜过程自动控制和在线检测技术于一体的低污染超滤-纳滤集成技术与装置。该技术成功应用于酱油的精制及高值化产品的开发，对酱油调味品生产的技术进步产生了重要的影响。采用低污染超滤技术实现酱油的澄清除菌，解决了酱油产品现存的微生物容易超标和货架期二次沉淀等问题；采用低污染纳滤技术实现酱油的脱盐精制，成功获得了低盐绿色优质酱油产品。

### 专利及进展情况

获中国发明专利授权 5 项，作为部分成果获得 2013 年中国石油和化学工业联合会技术发明一等奖，2014 年中科院科技促进发展奖科技贡献二等奖。

### 产业化前景分析

与国内最大的调味品生产企业-佛山市海天调味食品有限公司合作，累计建成年产 57.5 万吨酱油超滤生产线；实现节能 80%，节水 25%，优质品产率提高 5%，膜使用寿命提高 1 倍以上；2010-2012 年实现累计新增收入 77769 万元，利润 12965 万元，税收超过 5330 万元。并建成 1000 吨/年的酱油纳滤脱盐生产线，将产品含盐量降至 10% 左右，其它指标满足特级产品标准，成功开发出低盐酱油新产品—海天“小小盐”。

### 转化方式

技术转让 许可使用



20 万吨/年优质酱油生产线

## 全膜法回收全氟辛酸

### 技术成熟度

成熟应用阶段

### 技术简介及特点

本项目针对含氟树脂生产排放的废水中含有低浓度的全氟辛酸铵盐而开发的一种全膜法回收技术。全氟辛酸是电解含氟化合物或调聚四氟乙烯得到的，价格十分昂贵，且全氟辛酸属于生物体内和环境中不降解化合物，其对健康和环境的危害逐渐为众多研究所证实。若将含有低浓度的全氟辛酸铵生产废水直接排放，不但污染环境，而且造成重大的经济损失，回收这些生产废水中的全氟辛酸，具有十分重要的意义。我国目前采用的回收方法，大多都存在回收效率低、成本高、造成二次污染等问题。与上述其它方法相比，全膜法回收全氟辛酸铵具有能耗低、操作简单、易于放大、不需要任何辅助设备、不产生二次污染等优点。全膜法废水中的全氟辛酸铵的回收率在 98%以上，经过处理后的废水中含氟化物浓度低于 10mg/L，满足国家相关排放标准，具有通用性，有很高的经济和环保效益。

### 专利及进展情况

申请中国发明专利 3 项，其中获授权 3 项。在国内主要含氟聚合物生产企业建成多套工业化装置。

### 产业化前景分析

根据美国环境保护署(EPA)要求，在 2010 年美国要削减 95% 的全氟辛酸使用量，到 2015 年美国要全面禁用。在我国，全氟辛酸主要作为乳化剂被大量用于生产含氟聚合物。在国外全面禁止使用全氟辛酸铵后，我国将成为世界上最大的全氟辛酸铵制造和使用国，目前我国水体中的全氟辛酸污染程度已相当严重，环保形势非常严峻。如果该技术能够被广泛推广，将会大大减少我国含氟表面活性剂的排放。另外，使用全膜法回收技术还可产生可观的经济效益，如年产 3000 吨聚偏氟乙烯的工艺中如果采用全膜法回收全氟辛酸的技术，每年可以大约节省 1000 万元的全氟辛酸购买或制造费用。

### 转化方式

技术转让 许可使用



工业化装置现场照片

## $\epsilon$ -聚赖氨酸产业化生产及应用

### 技术成熟度

中试阶段

### 技术简介及特点

$\epsilon$ -聚赖氨酸 ( $\epsilon$ -poly-L-lysine,  $\epsilon$ -PL) 作为一种天然的微生物代谢产品，具有广谱抗菌性，对革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌、酵母菌、霉菌、噬菌体等均有良好的抑制作用，是目前天然防腐产品中具有优良防腐性能和巨大商业潜力的微生物类食品防腐剂，相比于苯甲酸类、山梨酸类等传统化学食品防腐剂和其它生物食品防腐剂（如Nisin等）， $\epsilon$ -聚赖氨酸具有抑菌谱广、抑菌能力强、耐高温（120℃）、水溶性好、不影响食品风味、使用量低和安全性高等优点，在食品中添加量仅为0.01–0.5%，具有较好的经济性。

目前，日本的 $\epsilon$ -聚赖氨酸生产技术处于世界领先水平，我国的 $\epsilon$ -PL消费对日本进口依赖性较强。上世纪八十年代，日本、韩国已经开始作为食品添加剂使用。2003年10月，美国FDA批准新型天然食品防腐剂 $\epsilon$ -聚赖氨酸为安全食品保藏剂。我国 $\epsilon$ -聚赖氨酸研究起步较晚，2014年才批准 $\epsilon$ -聚赖氨酸及其盐酸盐作为新型食品添加剂可以在食品行业中使用。近几年，我国部分企业已经开始进行 $\epsilon$ -聚赖氨酸开发，但发酵产能和产品的纯度无法和日本产品竞争，存在发酵水平低（20g/L左右，日本已到达48.3 g/L）、产品总收率低（60%左右，日本80%左右）生产成本高、品相差（国产为淡黄色、日本产品为白色）等问题，而且工艺复杂、能耗高，限制了我国对该生物防腐剂的开发和应用。本项目重点围绕提高 $\epsilon$ -聚赖氨酸发酵水平、提高产品分离纯化过程收率及拓展产品应用范围等进行研发。

### 专利及进展情况

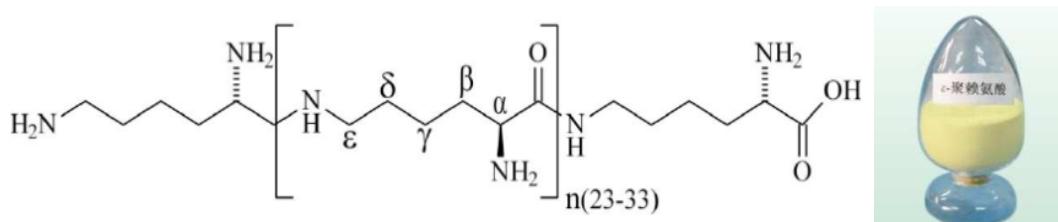
目前，实验室阶段已经突破，产品纯度 $\geq 96\%$ （达到国标要求），回收率 $\geq 80\%$ ，正进行中试阶段研究。

### 产业化前景分析

$\epsilon$ -PL作为一种聚氨基酸，在医药、化工、电子材料、生物工程等领域也有良好的应用前景。仅作为天然防腐剂， $\epsilon$ -PL就有几十亿美元的市场需求。

### 转化方式

技术转让 许可使用 面谈



## 规模化生产藏红花素和藏红花酸

### 技术成熟度

示范工程

### 技术简介及特点

藏红花酸 (Crocetin) 又名西红花酸或番红花酸，为红色或暗红色晶体，是藏红花的主要有效成分之一，藏红花素有良好的抗肿瘤活性，对于心血管疾病有疗效，同时具有抗病毒、免疫调节功能。藏红花酸是藏红花素的前体，也具有抗肿瘤活性，可改善血浆中的氧扩散及消耗，也可用于治疗高血压、冠心病、高血脂等症。针对藏红花药材、大规模培养的藏红花细胞、含藏红花素的植物等三种原料，开发了高效提取纯化藏红花素和藏红花酸的技术。以栀子果为原料，采用循环超声提取技术，常温快速提取藏红花素，提取率达到98%以上，栀子黄色素粗提物色价达到56；经大孔树脂纯化，可得到OD值比率约0.3-0.4、色价为500的色素精制品；栀子黄色素经高效催化裂解、分离、纯化可得到纯度在97%以上的藏红花酸；建立了藏红花酸包合技术，有效改善藏红花酸的水溶性，溶解度提高至260 μg/ml以上。

### 专利及进展情况

申请专利5项（已获授权3项）。已完成小试和部分中试，可以进行中试和产业化开发。

### 产业化前景分析

藏红花酸具有多不饱和共轭烯酸结构，具有保护肝脏、抑制肿瘤、抗氧化、提高缺氧耐受力、改善视力等多种药理功能，属于医疗价值极高的药品、功能性食品及化妆品原料。随着藏红花酸及相关产品的开发，其市场需求量不断增加，由于资源和技术的限制，远远无法满足市场需求。藏红花中含有10%左右的藏红花酸，但藏红花原料（主产地伊朗）价格昂贵，而栀子果中含有0.5%左右的藏红花苷（可转化为藏红花酸），并且栀子果价格低廉，原料易得，在我国的种植规模大、分布广，以浙江、江西、湖南、福建、河南为主要产地；因此，栀子果成为产业化生产藏红花酸的首选原料。本技术产品包括黄色素、藏红花素、藏红花酸及其包合物4种产品。国内销售的主要是国外以藏红花为原料提取分离的含量99%的藏红花素，市场售价在800元RBM/10mg；含量97%的藏红花酸市场售价在3200元RMB/10mg。

### 转化方式

技术转让 许可使用 面谈



# 利用芦笋下脚料生产皂昔、多糖等功能产品

## 技术成熟度

示范工程 成熟应用阶段

## 技术简介及特点

我国现有芦笋种植面积达到170万亩，年产鲜笋137.6万吨，居世界第一位。在芦笋加工过程中将产生约30%—40%左右的老茎和笋皮（约100万吨），这些下脚料，除少部分养殖业发达地区可以喂猪牛以外，绝大部分被丢弃，造成资源浪费和环境污染。本项目利用芦笋废弃资源，基于生物炼制的思路和技术，开发出芦笋系列产品：芦笋皂昔、芦笋多糖、膳食纤维、芦笋汁、生物药肥等。

## 专利及进展情况

获得科技成果：2014年，芦笋副产物高效利用关键技术与应用，河北省科技进步奖二等奖；2012年，“芦笋天然色素制备工艺研究”，国际先进水平。（河北省科技厅登记号：20120010）；2011年，“芦笋多糖提取分离及生物活性研究”，国际先进水平。（河北省登记号：20110163）；2010年，“芦笋皂昔提取分离工艺研究”，国际先进水平。（河北省登记号：20100781）。相关发明专利：ZL 201010606933.7；ZL 201010186922.8；ZL 201110393381；ZL 201010140646.1；ZL 201110329486.X。

## 产业化前景分析

芦笋享有“蔬菜之王”的美誉。富有天冬酰胺等18种氨基酸、硒、锌、锰等15种微量元素，以及多种维生素，具有很高的营养价值；其次，芦笋含芦笋多糖、皂昔、黄酮等生物活性物质，能够调节人体代谢，长期食用可以增强免疫力，对高血压、糖尿病、前列腺炎、乳腺癌等具有很好的预防和治疗效果。随着大家对芦笋认识的逐步深入，芦笋的各项功能得到有效开发利用，芦笋的种植加工业蓬勃发展，芦笋日益受到消费者和广大笋农的青睐，芦笋产业迎来前所未有的发展。本课题组与秦皇岛长胜公司合作开发芦笋相关产品，并与完美（中国）合作开发了芦笋银耳汁等产品，实现了7亿元/年的销售额，辐射带动了全国三分之一的芦笋种植产业。

## 转化方式

技术转让 许可使用 面谈



# 高效电子级多晶硅氯硅烷提纯 关键技术及产业化应用

## 技术成熟度

示范工程

## 技术简介及特点

多晶硅是一种超高纯材料，是当今光伏产业为代表的新能源快速发展的核心材料，是国家鼓励优先发展的战略材料。目前主流且成熟的生产工艺是改良西门子法生产多晶硅技术，做为国家重点研发项目虽然已有中国恩菲等研发机构开发了工艺且实现的量产，由于国外技术封锁，提纯技术是工艺核心单元也是影响其产品质量的技术瓶颈，产品纯度高(9个9)和提纯工艺能耗高是两个重要技术指标。项目团队自2008以来一直从事改良西门子法生产多晶硅工艺氯硅烷体系提纯单元关键技术的研发，针对提纯产品三氯氢硅纯度高(9个9)和能耗高(回流比大于50)的技术瓶颈，一是创新性地开发了高效IPE-PAC双层丝网填料(理论板数大于8)替代板式塔分离效率不高的缺点，打破了国外德国Wacker公司和美国REC公司的技术垄断，彻底解决多晶硅生产技术的提纯纯度不达标直接影响产品质量的技术瓶颈；二是开发了系统闭式多级提纯和多效热耦合集成关键技术，提出后产品稳定在9个9以上，系统能耗节能>40%(能耗<24吨蒸汽/吨产品)，物料利用率>99%，技术指标均处于国际领先水平。

## 专利及进展情况

已申请8项发明专利，其中授权5项，形成了一整套工艺技术+核心装置的专利集群。自2009年建立了1000吨/年多晶硅氯硅烷提纯装置以来，陆续在国内建立20余套工业示范装置(最大单套规模3万吨/年多晶硅装置)，对国内20余家近90%以上多晶硅企业进行了技术转让，示范装置均实现了稳定运行，在氯硅烷提纯与节能领域逐渐形成了具有自主知识产权的民族技术品牌，近年来多次与国外专利商的技术竞标过程中胜出。

## 产业化前景分析

截至2017年，全球多晶硅产能约54.6万吨(其中国内产能已到23万吨)，且随着半导体市场及光伏行业的发展，国内多晶硅产能还将在未来几年持续增长，而且均将是万吨级以上的生产规模，其核心工艺的选择势必对整套装置起着至关重要的作用。若在万吨级规模上采用本项目团队开发的高效电子级多晶硅氯硅烷提纯成套技术，一方面可保证产品质量提升至电子级质量，另一方面可有效降低工艺能耗势必约40%，同时可根据企业实际工艺情况和运行工况开发合理的高效电子级多晶硅氯硅烷提纯关键技术，从而提高多晶硅生产企业的核心竞争力，经济效益和社会效益显著，具有良好的推广应用前景。

## 转化方式

技术转让 许可使用

## 新一代智能化蛋白层析系统

### 技术成熟度

成熟应用阶段

### 项目简介及特点

新一代智能化蛋白层析系统是基于国家 863 重点、中科院重大仪器研制项目的开发成果，针对我国生物技术产品研制和产业化过程中，最关键的分离纯化装备长期依赖进口的现状，开展了创新性研制和研究工作。研制和开发了适合生物分子分离纯化的层析装备和技术，实现了装备和工艺的标准化、工程化、产业化。智能化蛋白层析系统通用性强、自动化高、操作简便快捷，各项性能指标达到了进口设备的标准，在系统控制平台、软件数据库等方面的参数已经超过了进口设备。目前已经制定了企业标准，通过了 ISO9001 认证，实现了规模化生产。

### 专利及进展情况

相关研究成果具有自主知识产权，授权了多项发明专利（ZL201010127899.5；ZL201310062077.7；ZL201310088098.6；ZL201310062061.6；ZL201310198644.1；ZL201310701298.4；ZL201310701299.9；ZL2016100417220）。并荣获中国分析测试协会科学技术奖“CAIA 奖”2013 一等奖 1 项和中国仪器仪表学会 2011 科技创新奖 1 项。

### 产业化前景分析

前我国蛋白层析系统年需求量为 2000 余台，市场超过了 10 亿元人民币，并且随着生物产业的发展和技术的更新换代，需求量将逐年升高。本项目的产品已在包括华兰生物、双鹭药业等 50 余家企事业单位得到了应用。突破了国外进口同类产品的垄断，获得了良好的评价。并且开发了多柱组合层析和膜过滤集成装备等一系列先进技术，可以满足生物技术产品生产和分析的不同需求，具有良好的推广应用前景。

### 转化方式

合作开发 风险投资



## 高纯度转铁蛋白及其技术

### 技术成熟度

中试阶段

### 技术简介及特点

本项目制备的转铁蛋白 (Transferrin, Tf) 主要用于动物细胞培养组分，并可以开发为药物载体，特别是透过血脑屏障的药物。传统的低温乙醇工艺法由于操作步骤较多、收率低和分离精度低，难以满足转铁蛋白的应用需求。本项目以低温乙醇沉淀废弃组分 IV 为原料，建立了高纯度转铁蛋白的制备工艺。主要步骤包括层析、超滤和冷冻干燥等。采用 SDS-PAGE 电泳、MALDI-TOF-MS 质谱、高效凝胶过滤色谱以及酶联免疫吸附法 (ELISA) 对转铁蛋白分析检测，纯度大于 99%，收率为 79%。我们将转铁蛋白纯化工艺进行放大，制备人转铁蛋白 10 克，纯度大于 99% (高于 sigma 标准品纯度)，转铁蛋白收率大于 80%。该工艺具有操作简单、重复性好和易于放大等特点，制备的转铁蛋白纯度高、安全性好，可作为无血清培养基的关键组分，为无血清培养基的研制与开发提供保障。

### 产业化前景分析

转铁蛋白是无血清培养基的关键组分之一，对促进哺乳动物细胞的生长具有重要意义。一般情况下无血清培养基中转铁蛋白必须至少有 5  $\mu$  g/mL，胰岛素才能起作用。随着哺乳动物细胞培养种类、规模和应用范围的不断扩大以及安全性能要求的不断提高，无血清培养基的需求与日俱增，作为其关键组分的转铁蛋白的需求量也逐年增加，市场前景十分广阔。此外，转铁蛋白在生物医药领域也有重要应用，Tf 可以结合许多治疗或诊断相关的金属离子，并且这种结合物可以被癌症细胞表面过度表达的 Tf 受体 (TfR) 识别，由 Tf 和 TfR 介导的药物传递系统在近年来受到了广泛关注，包括 Tf 作为载体传递金属药物、化疗药物、高分子化合物甚至基因。

### 转化方式

技术转让 许可使用

## 醇醚（烷基）糖苷类绿色表面活性剂 分离纯化新技术

### 技术成熟度

示范工程

### 技术简介及特点

醇醚（烷基）糖苷是新一代的绿色表面活性剂，易于生物降解，降解产物为CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O，对人体和环境安全，可广泛应用于衣用洗涤剂、功能性液体洗涤剂、化妆品和个人护理用品、消毒洗剂、工业助剂、工业清洗、农药乳剂等领域。醇醚（烷基）糖苷是“十一五”国家科技支撑计划的最新科技成果之一，也是“十二五”国家产业化推广项目之一。目前，醇醚（烷基）糖苷的分离纯化是通过降膜式薄膜蒸发器在高温（180 °C）、高真空（2mmHg）下除去未反应的脂肪醇聚氧乙烯醚/脂肪醇。该分离工艺存在能耗特高、产品易焦化（影响产品价格）、后处理程序复杂（H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>脱色）、产品为10%—50%的水溶液，无法得到固含量高的产品。本项目自主开发了固含量高（固含量>98%）的醇醚（烷基）糖苷新技术。该技术具有以下特点：1. 新工艺常温常压操作，条件温和；2. 新工艺能耗低（与传统工艺相比，能耗降低—50%）；3. 产品不需要脱色，固含量>98%；4. 产品是固体，易于运输，运输成本低。

### 专利及进展情况

已申请5项发明专利，其中授权1项。在安阳建立了3000吨/年固态醇醚糖苷清洁工业生产装置，实现了稳定运行，在国内外首次获得纯度大于98%粉末状醇醚糖苷固体新产品。2016年通过了中国石油和化学工业联合会组织的科技成果鉴定会，鉴定委员会一致认为，高纯度粉末状醇醚糖苷新产品和新工艺属国内外首创，关键技术指标达到国际领先水平。

### 产业化前景分析

2016年全球表面活性剂产销量2060万吨，市场销售额达到354亿美元，年均增长率约5.8%。预计2019年，全球表面活性剂市场总量将达2280万吨，产值约402亿美元。然而，目前市场上表面活性剂大都是石油基产品，而且随着人们环保、节能意识的逐渐增强，绿色表面活性剂越来越受到市场的青睐。醇醚（烷基）糖苷作为新一代的绿色表面活性剂正逐渐被人们认可。醇醚（烷基）糖苷类绿色表面活性剂分离纯化新技术有助于提高醇醚（烷基）糖苷产品的质量和档次，全面推动醇醚（烷基）糖苷产业技术升级。该技术生产过程无三废排放，产品是固态粉末易于储存和运输，环境效益强。要是在国内把该技术推广到10万吨/年，利润可到达4亿元/年，社会效益显著，具有良好的推广应用前景。

### 转化方式

技术转让 许可使用

# 离子液体法烟气脱硫及硫资源化利用新技术

## 技术成熟度

中试阶段

## 技术简介及特点

烟气中  $\text{SO}_2$  排放（酸雨，PM2.5）对生态环境和人体健康带来严重影响，同时造成硫资源的严重浪费，据统计，排放 1 吨  $\text{SO}_2$  造成直接经济损失 2 万元。目前运行的烟气脱硫技术主要是湿法脱硫，但该方法腐蚀严重，副产物难处理， $\text{SO}_2$  不能回收利用。本团队开发了离子液体法烟气脱硫及硫资源化利用新技术，该技术具有以下特点：1. 能耗低，工艺简单，该离子液体价格便宜，且可以循环利用；2. 捕集率 > 99%，符合目前  $\text{SO}_2$  排放标准；3. 可回收高度的  $\text{SO}_2$ ，纯度 > 98%，进一步制备硫酸等，实现硫的资源化利用，降低脱硫成本。

## 专利及进展情况

已申请 5 项发明专利，其中授权 3 项。与国电合作在贵州福泉电厂建立了处理量  $300\text{Nm}^3/\text{小时}$  及  $10000\text{Nm}^3/\text{小时}$  的烟气脱硫装置，脱硫率 > 99%。2017 年通过了中国环境科学学会的科技成果转化鉴定，关键技术指标达到“国际领先水平”。

## 产业化前景分析

该技术脱除烟气中  $\text{SO}_2$ ，可回收宝贵的硫资源，可作为生产硫酸、液体二氧化硫等优良原料。该技术实现了烟气脱硫装置的高效化、资源化，符合国家循环经济的发展目标，对保护社会环境和人类的健康有重要意义。因此本技术特别适合于以高硫煤为原料的焦炉烟气、烧结烟气以及电厂烟气，该技术是彻底解决高硫地区烟气治理的必由之路，同时也将促进我国煤炭、电力、化工工业的良性发展，产生积极的经济效益和社会效益，因此该技术在我国具有很好的推广应用价值。

## 转化方式

技术转让 许可使用



# 阻燃型玻纤增强热塑性复合材料的可控制备技术

## 技术成熟度

成熟应用阶段

## 技术简介及特点

玻纤复合材料以其质量轻强度高的性能特征正成为新一代的结构材料，广泛应用于航空航天、轨道交通、机械制造、建筑等多个领域。然而，作为纤维复合材料中最常用的聚丙烯树脂，如何克服就是耐高温性差的不足，使玻纤复合材料具有阻燃性，从而提高安全性和减少火灾损失，是玻纤复合材料拓宽应用市场亟需解决的关键性问题。但卤素阻燃剂燃烧时烟雾大、放出有毒和腐蚀性气体等，造成二次污染。研究新的高效无卤阻燃剂成为阻燃研究的重要方向，但 IFR 添加量相对较大，会影响阻燃 LGFPP 的力学性能，因此，同时兼顾力学性能与阻燃性能成为一个制约其推广应用的重大难题。本项目采用 IFR 阻燃 LGFPP 复合材料，研究了不同的 IFR 及其添加量对 LGFPP 复合材料阻燃性能、燃烧性能和力学性能的影响。阻燃测试结果表明，阻燃剂垂直燃烧等级达到 UL94V0 级，但流动性略有降低。目前可批量生产力学和阻燃性能均达标的玻纤复合材料，用于汽车内饰件、电池箱体等。

## 项目进展情况

目前阻燃造粒产能 150 公斤/小时，阻燃玻纤增强 pp 产能 18 公斤/小时，可批量生产力学性能和阻燃性能均能达到参考标准的长玻纤复合材料，产能达 2200 吨/年，用于汽车内饰件、电池箱体等。

## 产业化前景分析

随着风电、轨道交通、城市基建、环保等领域的市场需求增加，带动复合材料制品市场持续升温。2015 年，纤维增强热塑性产品产量为 176.4 万吨，同比增长 9.23%。因此，对其阻燃性能的研究具有重大的市场潜力。本项目以非卤的膨胀系阻燃剂（IFR）为研究对象，通过对不同阻燃剂阻燃性能筛选及配方优化，生产的复材阻燃性能及力学性能均能达到企业参考标准。该技术原料简单易得、环境友好和社会经济效益显著，具有良好的推广应用前景。

## 转化方式

合作开发

# 有机硅单体合成高效铜基复合催化剂的制备技术

## 技术成熟度

成熟应用阶段

## 项目简介及特点

有机硅材料的基本原料是有机硅单体，有机硅单体生产过程中的二甲基二氯硅烷（M2）是有机硅材料的主要原料，占有机硅单体总量的 85–90%，而铜基催化剂对 M2 的选择性是有机硅行业的关键技术指标。基于此，经过近十年努力，本项目开发了有机硅单体合成工业使用的多种高效铜基复合催化剂产品，在催化理论认识、结构调控技术和生产工艺上都有较大创新。在理论上，从分子催化的角度认识了铜基复合催化材料中各组分的功能作用，以及反应的催化机理和催化剂中多元组分的协调机制。在催化剂结构调控技术上，从纳米结构单元入手，认识到铜基纳微复合催化材料不同界面和功能的形成、演化和作用机制等问题，采用催化剂纳米晶粒、纳米合金和纳米缺陷作为活性位的调控技术手段，实现铜基复合催化材料的设计-制备-性能的有效调控和性能优化，提高催化活性，延长活性周期。在生产工艺技术上，开发了绿色无污染工艺，生产过程无废水、废气、废渣排放，设备投资少，占地小，原料适用性强，可选择不同的铜粉、氧化铜粉、氧化亚铜粉等为原料，生产成本低，易于规模化放大生产。在相关企业建立了催化剂放大生产线，生产上百吨催化剂并进行了初步的工业测试，产品性能优于进口和国产催化剂。

## 专利及进展情况

相关研究成果具有自主知识产权，已申请和授权发明专利 20 余件，发表相关科学研究文章 10 多篇，相关技术荣获 2011 中国产学研合作创新成果奖，实现了实验室放大制备并完成了工业生产示范，形成了具有自主知识产权的规模化制备工艺技术。具体可参见本研发团队网页：<http://cpme.mpc.s.cn/>

## 产业化前景分析

2017 年世界有机硅市场规模约为 1000 亿元人民币，未来 5 年每年将以 5–7% 的速度增加。有机硅产品主要包括硅橡胶、硅油、硅烷偶联剂和硅树脂等，广泛应用于建筑、电子、汽车、纺织、化工、医药、涂料等领域。我国目前是全球最大的有机硅单体生产国，生产企业主要包括蓝星化工、浙江新安、浙江中天、浙江合盛、山东东岳、山东金岭、唐山三友、山西三佳、鲁西化工等十几家，2017 年我国家有机硅行业产能约 300 万吨，铜基催化剂用量达到 1 万多吨。国内铜催化剂的生产企业主要为几家小型民营企业，没有自己的研发平台和队伍，研发能力薄弱，技术相对落后。本项目产品技术依托中科院，具有知识产权、技术人才、研发设备、行业影响力等优势。

## 转化方式

技术转让 许可使用 合作开发 面谈

## 高纯无水氯化铝制备新技术

### 技术成熟度

小试阶段

### 技术简介及特点

本项目以流化床为反应器，拜耳法氢氧化铝为原料，基于热力学计算，以及反应过程的机理分析，设计开发了低温分解-低温氯化制备高纯无水氯化铝的短流程技术。采用氢氧化铝的低温分解技术，获得高比表面和高活性的氧化铝，通过引入气质碳源强化了反应介质间的传递和反应过程，突破了反应过程动力学，高活性的氧化铝在低温可被快速氯化。通过工艺条件的优化，获得高纯无水氯化铝的工艺参数条件，高纯无水氯化铝的纯度可达到4N以上。本技术具有反应条件温和，生产效率高，清洁环保等特点。

### 专利及进展情况

申请了2项国内专利。目前，已完成实验室小试实验工作，获取了关键技术参数。

### 产业化前景分析

无水氯化铝作为重要的化工产品，目前主要应用于有机化工合成领域，国内需求量超过30万吨/年，同时作为最具发展潜质的大规模储能电池—铝离子电池电解液的主要活性组分，随着可再生能源技术和储能产业的发展，高纯无水氯化铝将具有更为广阔的市场空间。相对于现有的铝锭法，新技术以廉价的氢氧化铝为原料，短流程高效清洁地生产高纯无水氯化铝产品，生产成本下降35%以上，且可实现单套10万吨级规模化生产，将具有良好的市场竞争优势和发展应用前景。

### 转化方式

技术转让 许可使用

# 挥发性有机物（VOCs）流化床吸附浓缩技术

## 技术成熟度

示范工程

## 技术简介及特点

中国科学院过程工程研究所开发的多层流化床吸附浓缩-催化氧化技术是处理低浓度、大风量 VOCs 的有效手段。与传统的固定床吸附浓缩和转轮吸附浓缩相比，流化床吸附浓缩技术可以实现连续操作、净化效率高，浓缩比可达 10-20 倍。流化床层温度均匀，无局部过热现象，安全可靠；流化床压降低、可显著降低能耗；后续既可用于催化燃烧，也可进行溶剂回收。同时，研究团队研制了适用于流化床的高耐磨性能球形吸附剂，性能指标优于国内外同类产品。

## 专利及进展情况

申请专利 2 项，其中获授权 1 项。2017 年 12 月全国 VOCs 监测与治理高峰论坛上被中国环境科学学会评为优秀创新设备奖（共 7 项）。

## 产业化前景分析

挥发性有机物（VOCs）是重要的大气环境污染物之一，也是形成细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）和臭氧的重要前体物质。VOCs 治理目前是我国大气污染治理的重点和难点。“十三五”期间 VOCs 治理市场将迎来爆发式增长，市场规模预计将超 2000 亿元。在集装箱制造、印刷、家具喷涂、电子制造、化工制药等行业生产过程中会有大量的 VOCs 排放，采用流化床先吸附浓缩再催化燃烧或溶剂回收技术，具有环境友好、节能减排和显著的社会经济效益，推广应用前景良好。

## 转化方式

技术转让 许可使用



2 万 m<sup>3</sup>/h 的流化床吸附浓缩-催化燃烧装置适用于流化床的高耐磨性能球形吸附剂

## 双流化床气化技术

### 技术成熟度

示范工程

### 技术简介及特点

基于解耦热转化原理，本技术通过双流化床反应器，实现气化与燃烧在两个不同反应器进行。通过燃烧产生的热灰作为供热介质提供气化反应所需热量，从而避免了传统单床空气气化煤气热值低、碳转化率低问题。该技术可根据不同气化原料，调整反应条件（温度、压力、气氛、循环倍率等），以在较温和的反应条件下实现较高的煤气热值。本技术运行稳定，操作灵活，并可以结合用户要求优化反应装置的运行。使用松木屑、秸秆等原料进行气化时，热值最高可达 $14\text{MJ}/\text{m}^3$ ，产气率 $\sim 1.5\text{m}^3/\text{kg}$ 。

### 专利及进展情况

申请生物质热解、气化相关发明专利 8 项，其中获授权 6 项。实用新型专利 1 项，授权 1 项。

### 产业化前景分析

生物质能源是重要的可再生能源。我国生物质能资源极为丰富，仅秸秆年产量约为 7 亿吨，相当于 4 亿吨标煤。生物质气化技术是利用生物质能的一种重要方式。发展中小型生物质气化炉是解决农村能源利用洁净化的重要方向。传统流化床空气气化技术热值低、焦油含量高、碳转化率低。生物质双床气化将气化和燃烧分开，与单流化床气化相比，双床工艺能够达到更高的碳转化率，并产生热值更高的煤气；同时反应条件相对温和，易于实现，适应性强，具有良好的推广应用前景。

### 技术成熟度

合作开发 面谈



12000  $\text{m}^3/\text{h}$  煤气/小时双流化床气化示范装置