

# 中国科学院 兰州化学物理 研究所

## 空气净化系列材料产业化推广

### 项目简介

室内空气污染正威胁着人类的身体健康，其主要污染物有甲醛、氨、苯、臭氧、CO、H<sub>2</sub>S 等。现代科学研究表明，甲醛对人体的健康危害极大，是室内空气中的主要污染物，通过建材、装饰装修材料、家具等人造板制品释放出来，其危害主要表现在导致嗅觉异常、刺激过敏、免疫功能异常等方面。在空调中安装除甲醛催化剂是降低并消除室内甲醛最有效的方法，且操作简便、成本低、效率高，具有广阔的发展前景和实际应用的潜力。

中科院兰州化物所经过多年的研究开发，运用催化原理，将从家具及各种板材中挥发出游离于室内空气中的甲醛完全转化为二氧化碳和水。在同等条件下，中科院兰州化物所开发的催化剂性能优于进口催化剂。

### 主要技术指标为

按照《JG/T 294-2010 空气净化器污染物净化性能测定》和《GB/T1883-2002 室内空气质量标准》进行检测。经过测试，24 小时甲醛除去率大于 95%，苯除去率大于 90%，氨除去率大于 95%。

技术非常成熟，在国内处于领先水平。由该催化材料制成的净化模块已被一些国内著名家电企业大批量采购。另外，该催化材料还被国外一家著名涂料公司批量化采购用于涂料除甲醛。除应用于空调、净化器、涂料三大领域外，该材料还可以大批量应用于油漆、壁纸、胶粘剂、饰品等领域，以高效除去甲醛等。

### 市场前景及经济效益分析

目前市场价为 25-30 万元每吨，按每年 100 吨计算，年产值为 2500-3000 万，利润在 1000 万左右。

### 推广及合作方式

大致的投资额度：

采取一次性买断或授权均可，按 100 吨/年的规模，固定投资在 200 万左右（不含土地、厂房）。

## 柴油车脱硝催化剂产业化

### 项目简介

柴油机以其低油耗、高功率比的特点得到越来越广泛的应用。柴油机属于压缩点火式发动机，是通过柴油高压喷入已压缩到很高温度的空气中，与高温空气混合形成可燃混合气，自动着火燃烧。柴油在富氧条件下燃烧，CO 和 HC 排放量低，尾气中含有大量颗粒物和氮氧化物。氮氧化物是破坏大气层、形成酸雨和光化学烟雾的主要原因之一，也是环境污染控制的研究热点。随着车用柴油机数量的不断增加，各国政府对车用柴油机的排放控制日益严格。选择性催化还原技术(SCR)被认为是解决柴油车尾气氮氧化物污染最为有效的方法之一。

中科院兰州化学物理研究所经过多年的研究，以堇青石陶瓷为载体，通过攻关催化剂制备技术、整体式催化剂涂覆技术，开发了用于柴油车尾气脱硝整体式 SCR 催化剂。催化剂能达到国 IV、V 标准，具有优良的抗硫抗水能力。可根据催化用途进行“量体裁衣”式开发。还可提供全套工艺流程的设计，并负责工厂建设。

### 推广及合作方式

大致的投资额度：

采取技术转让或联合开发均可，按 30 万升/年的规模，固定投资在 600 万左右（不含土地、厂房）。

## 有机/无机复合凹凸棒基系列高效絮凝剂

### 项目简介

本项目以凹凸棒土矿等为原料,利用凹凸棒晶层多孔和外表面带有结构电荷和表面电荷,具有较好吸附和离子交换吸附的特性,采用化学修饰方法制备凹凸棒、高分子和纳米硅酸盐材料的有机-无机复合高效絮凝剂。该絮凝剂具有絮凝、离子交换和高分子交联网状净水功能,以及用量少、成本低、广谱使用的特点。处理印染废水、炼油和化工废水,其投放量比常规絮凝剂减少 60%,成本降低 30%。配合我所自行设计的不间断絮凝反向分离装备,形成一套污水净化分离效率高、成本低、占地面积小的高浓度污水处理系统。

研究加工的系列低成本阳离子型、两性型绿色天然高分子富集性高效絮凝剂,直接应用于薯类淀粉加工分离汁水蛋白等资源化回收利用。效率高、无毒、无二次污染。



在生化处理污水前采用絮凝沉淀初级处理后, 专用絮凝剂样品 水处理后与自来水对照  
图有室外(左)室内(右)曝气生化水处理情况

## 三维网络纳米复合高效水处理吸附剂

### 项目简介

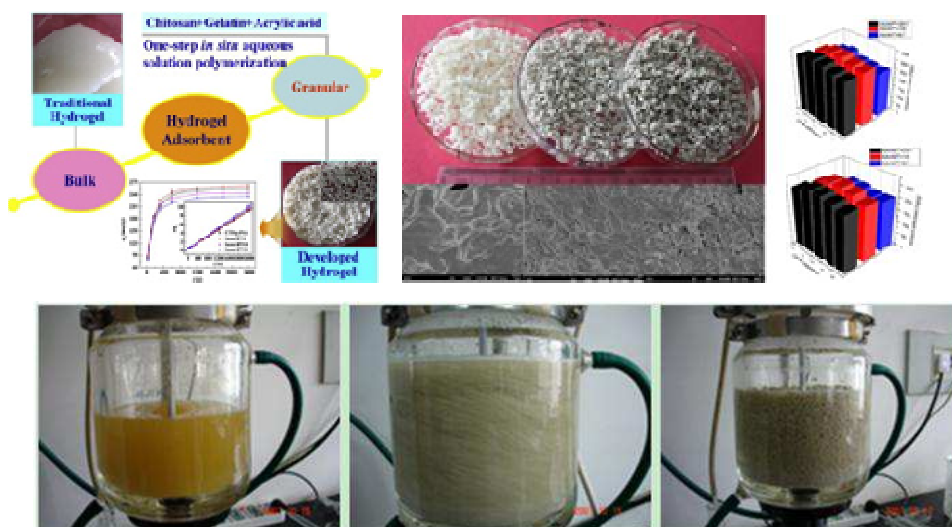
近年来,三维网络水凝胶吸附剂受到了人们的高度关注。三维网络水凝胶吸附剂主要是利用三维网络链上的功能基团进行吸附,可通过分子设计,在水凝胶中引入不同的功能基团,实现对水中污染物的高效吸附去除。

三维网络水凝胶吸附剂目前主要是采用溶液聚合法制备,所合成的胶体要经过预烘干、造粒和烘干等步骤才能得到产品,过程复杂且能耗较高。为此,以凹凸棒石为无机组分,采用水溶液分散聚合法一步法制备了具有三维网络结构的颗粒状有机无机纳米复合吸附剂。

与传统吸附剂相比,三维网络水凝胶吸附剂具有吸附容量大和吸附速率快等明显优势,降低了吸附剂的制备成本,易于实现工业化生产。吸附剂对水体中有害物质有很强的吸附性能,具有吸附容量高、并能够经过分子设计实现选择性吸附。良好的亲水性能使其遇水溶胀,可大大降低吸附过程中的传质阻力,使吸附体系能够很快达到吸附平衡。产品可用于重金属离子、阳离子染料废水和抗生素废水的处理以及“固定”土壤中重金属离子。

采用溶液分散聚合法,一步构建了具有三维网络结构的颗粒状有机-无机复合吸附剂;采用助剂和控制搅拌速度,解决了黏土在复合吸附剂中的均匀性和成粒问题。产品成本 8000 元/吨,销售价格 12000 元/吨以上,可以替代活性炭应用于各种废水处理。1. 对重金属离子的吸附容量达到 300mg/g 以上; 2. 对阳离子染料的吸附容量达到 1000mg/g 以上; 3. 对抗生素的吸附容量达到 300mg/g 以上。

按年产 10000 吨规模计,总投资约 3000 万元。



三维网络纳米复合高效水处理吸附剂产品

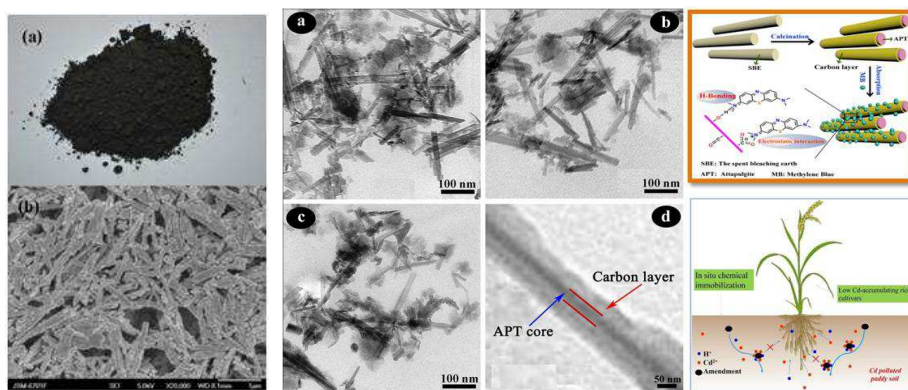
## 凹凸棒石黏土/生物炭重金属土壤修复剂

### 项目简介

污染土壤修复是一项世界性课题。目前国内外治理土壤重金属污染的途径主要有以下几种：一是改变重金属在土壤中的赋存状态，使其稳定或固定，降低其活性，使其钝化，脱离食物链，以降低其在环境中的迁移性和生物可利用性；二是利用各种技术从土壤中去重金属，达到回收和去除土壤中重金属的双重目的；三是利用各种防渗材料，将污染区与未污染区隔离，以减少重金属的污染和迁移。围绕着三种途径，各国相继开发了物理、化学和生物治理方法。物理治理包括稀释修复（主要手段是换土）、电动修复、土壤淋洗等；化学治理一般是指利用化学试剂或材料对重金属进行钝化和固化；生物修复包括动物修复、植物修复及微生物修复等。

在各种修复方法中化学治理近来受到了更多关注，而在众多的修复材料中，黏土矿物和生物炭受到了广泛关注。黏土矿物是一种具有独特纳米结构的层链状含水富镁、铝硅酸盐黏土矿物，具有较大的比表面积和类似分子筛的微孔结构，表现出很强的表面活性和吸附性能，已用于重金属污染土壤修复。生物炭主要是采用农林废弃物在缺氧条件下不完全燃烧而制备的。生物炭施入土壤能够提高土壤有机碳含量，改善土壤保水、保肥性能，减少养分损失，有益于土壤微生物栖息和活动，是良好的土壤改良剂。将黏土与生物炭相结合，将更能有效束缚土壤中的重金属，改善土壤的团粒结构。因此，生物炭/黏土矿物复合材料在重金属污染土壤修复应用中将有广阔的应用前景。凹凸棒石黏土/生物炭复合材料的制备原料来源于大豆油或棕榈油的脱色废土。目前已完成中试试验。对  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$  等重金属离子的吸附率可达 90% 以上。

在国内食用大豆油脱色剂市场上，凹凸棒石活性白土已占到 70% 以上的份额。凹凸棒石用于食用油脱色后就失去了活性而成为废土，一般含油量在 10% - 12% 之间。多年来食用油厂的脱色废土要么直接与煤混合做燃料，要么直接作为饲料添加剂或微生物肥料等。但是，这种脱色废土再利用的途径都没有充分合理的再利用凹凸棒石的独特性能。因此，以脱色废土为原料，利用凹凸棒石脱色后残留的油脂为天然碳源，通过一步法焙烧制备生物炭/黏土矿物复合材料，不仅在改善土壤理化性能的同时实现土壤重金属修复，而且为油脂脱色废土变废为宝开辟了新途径。



凹凸棒石黏土/生物炭复合材料的外观及其微观结构

## 煤气发生炉的烟气脱硫技术

### 项目简介

烟气直接还原脱硫技术是利用适当的还原剂将烟道气中的  $\text{SO}_2$  选择性地催化还原成单质硫，这种脱硫方法的终产物是固态单质硫，该过程无废水、废渣排放，节能环保，而且脱硫后的产品单质硫便于运输，便于处理，硫作为一种重要的化工原料，还可以补偿部分脱硫费用。由于烟气中自身存在一定量的 CO，因此，合理利用烟气中的 CO，使其在催化剂的作用下，选择性催化还原  $\text{SO}_2$  回收硫磺。利用 Co、Mo 等金属的良好催化还原性能，充分发挥羰基钴、羰基钼等羰基金属的优势，制备高效选择性还原  $\text{SO}_2$  催化剂。

羰基金属是由过渡金属原子和一氧化碳以配位键结合的金属有机化合物，在光或热的作用下，配位键容易断裂，生成一氧化碳和金属原子，这一过程无电子转移，不发生氧化还原反应，因而可控制活性金属首先以原子态负载于载体表面，一氧化碳从体系中溢出，无其它杂质生成，无需进一步处理可直接制备成高分散、高活性的负载型催化剂。通过控制羰基金属的分解条件来控制金属活性中心组分颗粒的尺寸和形貌，制备高分散、高活性、高效负载型催化剂。

### 工作基础

中科院兰州化物所羰基合成与催化材料课题组多年来一直致力于羰基金属的研究，近年来在羰基金属制备催化剂上取得了较大进展。在相同活性条件下，采用羰基金属为源制备的催化剂，金属活性中心组分含量较传统方法制备的催化剂要低得多。利用羰基金属的特性，开展了羰基金属制备系列催化剂，用于苯乙烯加氢制乙苯，苯加氢制环己烷，食品级二氧化碳的脱硫，常压合成氨，硝基苯加氢制苯胺等，均取得了好的结果。

### 预期目标

使二氧化硫排放达到国家标准或相应地方标准，二氧化硫排放浓度  $< 400 \text{ mg/m}^3$ ，同时回收硫磺，提高催化剂抗毒性能，催化剂使用寿命达到 1 年。

### 合作方式

合作开发



## 新型 1-MCP 果蔬花卉保鲜剂

### 项目简介

1-甲基环丙烯（1-MCP）是近年来发展起来的一种新型果蔬花卉保鲜剂，具有安全、无毒无害、成本低、保鲜期长、保鲜效果好等特点。它通过与植物细胞中的乙烯受体发生不可逆反应，从而有效抑制或延缓植物生理老化的发生，延长果蔬和花卉的贮藏期，达到保鲜效果，可部分替代冷库和气调库作用。1-MCP 是一种活泼气体，通常通过化学方法将其包结于载体中，使用时遇水即重新释放出 1-MCP。采用熏蒸方式，使用计量很小，空间浓度在 1ppm 左右。只要在仓储场所或纸箱等密封空间熏蒸 12 - 24 小时，就可以达到保鲜效果。尤其是呼吸跃变型水果、蔬菜，在采摘后立即进行熏蒸处理，可以延长保鲜期至少一倍的时间。适宜采用 1-MCP 保鲜剂处理的果蔬花卉主要有：水果，香蕉、苹果、梨、杏、桃、葡萄、柿、哈密瓜、李、油桃、猕猴桃、樱桃、草莓、番石榴等；蔬菜，西红柿、莴苣、芹菜、甘蓝、马铃薯、胡萝卜、黄花菜、洋葱、西兰花、芦笋、茼蒿、黄瓜等；花卉，玫瑰、百合、康乃馨、兰花、芙蓉、郁金香、石竹、满天星、月季、非洲菊等。

兰州化学物理研究所研发的新型 1-MCP 保鲜剂，由甘肃省农科院进行了应用示范研究。研究表明，新型 1-MCP 果蔬花卉保鲜剂，成本低，应用方便，能有效抑制果蔬花卉的后熟和凋谢，具有良好的保鲜防腐作用。对苹果的乙烯释放抑制率达 98.5% 以上，呼吸速率下降 40.1%-67.5%，果实硬度比对照提高 28.5%-49.7%；能有效控制花牛苹果虎皮病和黄冠梨褐心病，低温冷藏 6 个月，花牛苹果虎皮病发病率从 58.3% 下降到 2.8%，黄冠梨褐心病率从 67.9% 下降到



27.1%; 21℃-24℃室温条件下, 绿熟番茄开始转红的时间由对照的 2 天延迟至 10 天, 全部转红的时间由对照的 14 天延迟至 25 天; 香菜、菠菜、荷兰豆、甜脆豆在简易保温运输时, 保鲜期可延长至 5 天。

2013 年 12 月, “新型 1-MCP 保鲜剂研制及其应用技术与示范”(项目编号: 1011JKCA177) 通过了甘肃省科技厅组织的成果鉴定(甘科鉴字 [2012] 第 0663 号)。鉴定委员会一致认为, 该项目在 1-MCP 制备工艺、释放速率控制和技术应用转化研究方面取得系列创新进展, 成果达到了国内领先水平。

在项目实施过程中, 我所自主研发并形成了一套新型 1-MCP 保鲜剂的制备工艺和技术, 建立了产品质量标准, 建成了一条 1-MCP 保鲜剂生产线。已为市场提供批量产品, 产品执行标准: QB/KLH ERC-A03-2011。

### 合作方式

技术转让    成果推广    产品代理

## 薯类淀粉加工分离汁水回收蛋白资源化利用 成套技术

### 项目简介

我国马铃薯淀粉加工企业有 5000 多家，70%以上集中在西部地区，每年带动西部广大贫困地区马铃薯产业链创造出近百亿元的经济效益。与此同时，这些企业每年有 10 多万吨富含蛋白质的淀粉分离汁水被当作废水排出。这些废水 COD 值高达 3-5 万 mg/L，直接排放将造成河流和农田环境严重污染。

本项目采用自主合成的无毒专用富集性絮凝剂及其配套的中温絮凝分离技术将淀粉加工分离汁水中的蛋白提取回收，再用保温式固定化微生物生化法处理，使其废水 COD 值达标排放，可以直接灌溉农田或者是中水回用。每处理 1 吨马铃薯淀粉分离汁水可回收粗蛋白（蛋白含量达到 80%以上）13kg 左右。一个年加工万吨级薯类淀粉企业采用该项技术可回收粗蛋白 750-800 吨，年新增产值 500 万元左右，节约用水 7 万吨，免除 8-10 万吨淀粉废水排放造成的境污染，实现节约用水和循环经济发展。



淀粉废水原水



处理后废水可以养鱼或农田灌溉



分离回收蛋白

## 凹凸棒石霉菌毒素吸附剂

### 项目简介

饲料霉变是一个全球性问题。据联合国粮农组织评估，全世界每年由于霉变污染饲料所造成的经济损失达千亿元。我国因饲料霉变而造成的经济损失每年高达百亿元以上。在众多的霉菌毒素脱毒法中，吸附法表现出较好的性能。

黏土类霉菌毒素吸附剂除具有良好吸附性能外，还可吸附畜禽消化道内的重金属，提高饲料适口性，补充多种矿物元素，提高饲料的利用率及畜禽动物免疫力，减少疾病发生，起到动物保健的作用。但因黏土种类和来源的不同，其对霉菌毒素吸附能力有所差别。

凹凸棒石黏土具有独特的棒晶结构和孔道，对黄曲霉素有很好的吸附性能，但对玉米赤霉烯酮和呕吐毒素吸附能力较弱。本产品突破了凹凸棒石棒晶束解离、电荷调控、功能改性一体化核心技术，实现了凹凸棒石纳米化和功能化的有效结合，开发出了新型高效霉菌毒素吸附剂，毒素吸附率可达到 95%。创新点为：

1. 将天然产出团聚的凹凸棒石棒晶束通过高压均质技术分散成单个纳米棒，最大程度释放了凹凸棒石固有的吸附孔道，解决了对霉菌毒素分子高效吸附的关键问题；

2. 针对霉菌毒素分子结构特点进行凹凸棒石功能化改性，实现对霉菌毒素分子的选择性吸附，解决了现有产品同时吸附营养物质的问题；

3. 采用凹凸棒石棒晶束解离和表面功能化改性核心工艺，简化了工艺流程，达到了节能降耗的目的，保证了产品规模化稳定生产。

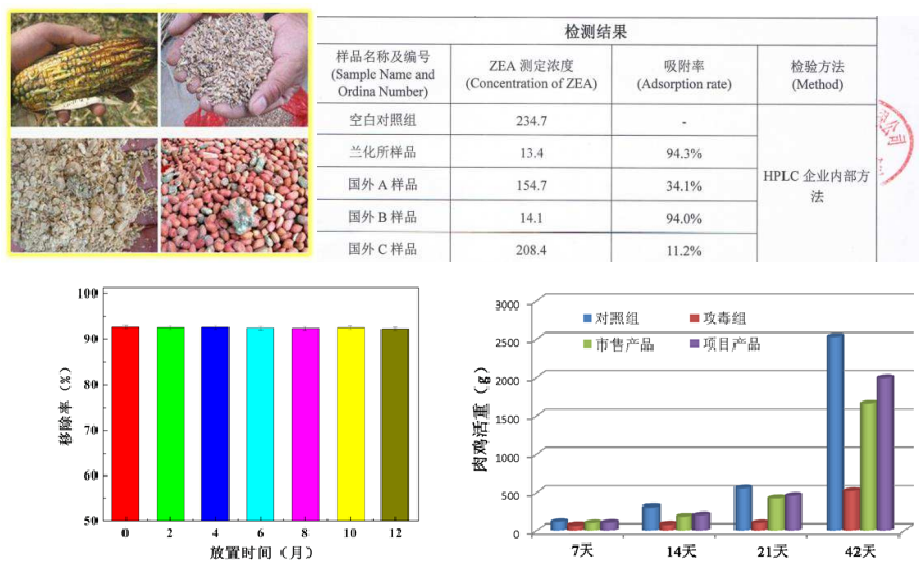
凹凸棒石霉菌毒素吸附剂可在各养殖场和饲料厂使用，使用范围包括猪、禽、反刍动物、水产动物以及特种经济动物和宠物等。

### 工艺流程

目标产品是利用凹凸棒石的独特吸附性能，针对不同霉菌毒素分子结构特点，经棒晶束解离、分子设计、电荷调控等方法研制而成的一种霉菌毒素吸附功能新材料，具有安全、高效、选择性强等优点，有效保障动物健康和产品安全。

社会效益：目标产品上接凹凸棒石资源高值化利用，后促畜禽养殖产业健康发展。通过棒晶束高效解离关键技术的突破，解决制约凹凸棒石高值应用的瓶颈，在助推凹凸棒石产业转型升级的同时，实现“资源优势”向“经济优势”转变。

经济效益：高效吸附剂是消除饲料中霉菌毒素毒性最有效的方法，目前国内市场被欧美产品所垄断（5-8 万元/吨），本产品市场售价可达 5 万元/吨。按年产 10000 吨规模计，总投资约 2000 万元。



凹凸棒石霉菌毒素吸附剂产品性能

太阳能干燥装备技术研究

项目简介

采用双集热双保温太阳能热泵烘干系统 & 在线监测对多种农产品、马铃薯回收蛋白和薯渣进行了烘干脱水中试研究。初步实现了众多农产品和食品的阶梯保鲜烘干。具有产量大，工艺自动订制的优势，是一种绿色环保、高效节能的新型烘干技术。



双集热太阳能热泵烘干室



太阳能烘干土豆片



太阳能烘干回收马铃薯蛋白粉



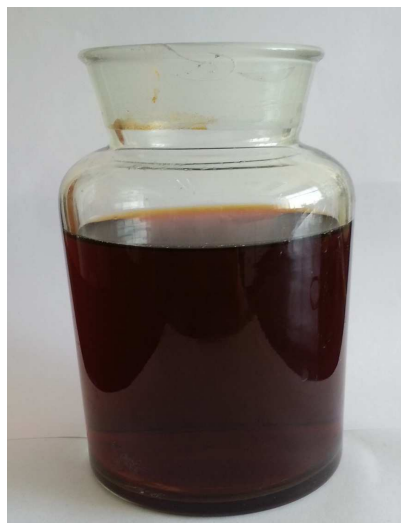
## 苦参碱新型植物源农药生物杀虫剂

### 应用领域

在农业发展中，病虫害是限制农业生产的重要因素，农药是提高农业单产的重要影响因素。生物农药，是一种高效、低毒、无残留、无污染、原料易得的新型绿色农药和理想农药，克服了化学农药高毒性、高残留等种种弊端。

### 技术指标

本项目针对不同的病虫害，开发系列苦参碱新型植物源农药，指标包括苦参碱含量为2%、1.5%和1%。



### 成熟程度

本项产品已经完成了苦参碱原材料的中试生产和苦参碱农药配方，正在申请农药登记。

### 应用前景

随着人们健康、环保意识的日益增强，生物农药必将成为未来农药的主角。本项目植物源生物杀虫剂最大的特点不仅对害虫发挥了高效杀虫作用，在发挥杀虫作用后能够自身分解失效，且分解产物对环境是安全的。更重要是植物源农药在杀死病虫害的同时，对鸟类、牲畜以及人类仅表现出很低的毒性，不会影响生命。从而更大范围的保护了生态的和谐，有利于解决农业经济发展与生态环境的矛盾，因此植物源杀虫剂是首选的绿色生物农药。

化学农药在使用过程中产生许多环境污染问题，如残留、抗药性以及害虫再猖獗等日益严重。长期以来，我国农药产品中有机磷农药占70%，其中大部分为高毒高残留品种。使用高毒农药带来的人畜中毒、残留超标、环境污染等问题已成为社会公害，严重影响了我国农副产品的质量，阻挠了我国农副产品的出口。针对化学农药高度、高残留等种种弊端，国家经贸委已经公布高毒农药品种削减和禁用的时间表，因此，大力推广安全、低毒、环保型的植物源农药，确保农业的可持续发展，已成为新型农药产品的发展方向。

### 推广及合作方式

合作开发或技术转让

## 多功能生态修复复合材料

### 项目简介

在生态恢复方面，不同专业从不同的角度，开展了卓有成效的工作，取得了良好的效果，但环境修复材料过去的工作主要体现在宏观方面，属于“拿来主义”，缺少环境材料的设计、研发和应用的系统研究。

以高值化利用可再生的植物资源—淀粉和甘肃丰富的矿产资源——凹凸棒石黏土为背景，以产品在环境修复中的配套应用为出口，通过高新技术创新与集成，先后开发了环境友好有机无机复合保水剂、土壤盐碱修复材料、种子飞播大粒化和多功能固沙材料等产品。

近年来，针对西部土壤特点，以保水、促根和提高树木的成活率为突破口，重点解决了恢复生态环境用功能材料的配伍性、高效性和实用性的问题。采用改性、复配、吸附和络合等综合技术，将生物微肥、土壤改良剂、植物生长调节剂等和长效保水剂有机结合，通过多种配方的优化组合，已研制出满足西部生态环境建设需求的功能化学材料。在相对干旱和高盐碱土壤条件下，树木成活率达92%。综合评价研究表明，研制的复合改良材料具有酸碱中和、离子交换、盐类转化、培肥土壤、改善土壤团粒结构、增强土壤通透性、提高土壤水肥涵养能力等综合功能。材料具有原料经济易得、生产工艺简单和使用方便等特点，已在酒泉卫星发射中心、“读者林”基地和南北两山绿花得到应用。

该复合材料使用方便，只是在传统种树方法的基础上，在树的根部施用复合材料，一次性灌足水，既可以保证树木的成活率，又可以促进树木的快速生长。将生物微肥、土壤改良剂、植物生长调节剂等和长效保水剂有机结合，通过多种配方的优化组合，研制出满足西部生态环境建设需求的功能化学材料。在相对干旱和高盐碱土壤条件下，树木成活率达90%以上。产品已实现中试放大生产。按年产10000吨规模计，总投资约800万元。



多功能生态修复复合材料的应用示范

## 系列脱硝催化剂产业化开发

### 项目简介

我国 NO<sub>x</sub> 排放总量居高不下，2011 年排放 NO<sub>x</sub> 达到 2400 多万吨，其中燃煤排放 NO<sub>x</sub> 约占 67%，成为 NO<sub>x</sub> 排放最大来源。国家“十二五”规划中明确提出未来五年内完成 NO<sub>x</sub> 总量减排 10% 的约束性指标，其中火电厂是控制关键。相关排放标准要求火电厂 NO<sub>x</sub> 排放浓度为 100mg/Nm<sup>3</sup>，超低排放为 50mg/Nm<sup>3</sup>，成为全球最严格的排放限值。

除了燃煤电厂外，我国还存在众多工业燃烧烟气需要脱硝处理，如玻璃、水泥、焦化、建材、陶瓷等，这些行业烟气的共同特点是烟气温度比较低（200–300℃），常规的中高温脱硝催化剂（适用温度 300–400℃）在这些领域无法使用。因此，为了使这些行业达到国家新的排放标准，开发低温脱硝催化剂迫在眉睫。

中科院兰州化学物理研究所经过多年的研究开发，已经掌握了常规 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> 中温脱硝催化剂、稀土基无毒脱硝催化剂、宽工作温度脱硝催化剂（适用温度 200–400℃）、低温脱硝催化剂（200–300℃）、失活脱硝催化剂再生等全套工艺。

### 市场前景及经济效益分析

目前常规的 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> 中温脱硝催化剂市场已经饱和，产品利润也非常薄。但市场对低温及宽温脱硝催化剂的需求非常旺盛，全国拥有此类技术的企业非常少，按年产 5000 立方低温脱硝催化剂计算，每立方售价 3 万，产值 1.5 亿元。

### 推广及合作方式

采取技术合作或授权均可，按 5000 立方/年的规模，固定资产投资在 6000 万左右（不含土地、厂房）。



## 垃圾焚烧烟气二恶英催化分解催化剂 产业化开发

### 项目简介

生活垃圾的焚烧过程中，在炉膛或烟道内会发生反应生成二恶英类，这是不少工业化国家环境中二恶英类的主要来源之一，据日本厚生省、通产省的调查，1996~1998年，日本因垃圾焚烧而释放的二恶英类是4300gTEQ(毒性当量)/a，而同期炼钢、造纸、化学农药及铜、锌冶炼等制造业排放的二恶英类总和还不足400gTEQ/a，不及前者的十分之一。随着我国城市化进程的加快，日益增加的生活垃圾、危险废物安全处理压力越来越大。焚烧处理固体废物成为许多大中城市特别是沿海城市的首选方式，由此带来一些新的环境问题已引起政府职能部门的重视，国家环境保护总局制定的垃圾焚烧污染控制标准，要求二恶英类的排放质量浓度低于0.1ngTEQ/m<sup>3</sup>，要严格执行这个标准并非易事，因为二恶英类的化学性质十分稳定，分解温度在800℃以上，特别是烟气降温过程中生成的二恶英类很难去除，传统的活性炭吸附脱除技术仅仅是将二恶英类从气体中转移富集到固体中，二恶英类的理化性质并未改变，使用后的活性炭必须进行二次高温焚毁处理，增加了运行成本，且存在二次污染问题。

中科院兰州化学物理研究所采用催化技术处理烟气，使二恶英类在较低的温度下(220~350℃)与焚烧炉烟气中的残余氧气发生反应，分解成CO<sub>2</sub>、CO、H<sub>2</sub>O和HCl等无机物，二恶英类的分解率可以达到98%以上，排放质量浓度下降到0.1ngTEQ/m<sup>3</sup>以下，催化剂使用寿命可以达到3~5年。

中科院兰州化学物理研究所开发的该项技术在国内处于领先水平，该技术已完成了实验室小试研究，正在进行催化剂中试放大研究，预计2016年年底将进行工程示范应用。

### 市场前景及经济效益分析

目前，垃圾焚烧烟气处理二恶英主要靠活性炭吸附，每天需要数百公斤甚至数吨的活性炭，成本昂贵，而且吸附的二恶英还面临二次污染的问题。本项目的开发的催化剂使用寿命长，成本低，无二次污染，是处理二恶英的最佳技术方案。目前国外产品在国内市场价在10万/立方以上，而成本在2万元/立方以内，经济效益将十分显著。

### 推广及合作方式

采取技术合作或购买产品均可

## 零排放 VOCs 处理清洁工艺

### 项目简介

目前,我国大气污染形势严峻,以可吸入颗粒物(PM10)、细颗粒物(PM2.5)为特征污染物的区域性大气环境问题日益突出。我国大气 VOCs 污染主要表现在两个方面:①大气 VOCs 浓度水平较高,地区差异较大;②O<sub>3</sub>和二次有机气溶胶(Secondary Organic Aerosol, SOA)污染问题复杂和严重。由于 VOCs 是 PM2.5 和 O<sub>3</sub>的重要前体物,控制 VOCs 排放将有利于降低 PM2.5 和 O<sub>3</sub>的浓度,减少灰霾和光化学烟雾污染事件。VOCs 的主要成分有:烃类、卤代烃、氧烃和氮烃,它包括:苯系物、有机氯化物、氟里昂系列、有机酮、胺、醇、醚、酯、酸和石油烃化合物等。

目前企业 VOCs 治理难点在于:若采用销毁技术,由于尾气排放量小、浓度低,保证持续燃烧的能耗大,不经济;若采用吸附回收技术,干法设备投资高(250 万元/套)、能耗大、不安全;湿法设备(150 万元/套)排放污水,造成二次污染;共性问题是回收溶剂无法利用。我们的创新思路是:中小规模处理量、投资省、无污水和溶剂循环回用。

### 主要创新点

1. 高效吸附材料,碘值 $\geq 1000\text{mg/g}$ ,强度 $\geq 90\%$ ; 2. 容量  $0.45\text{--}0.55\text{g/cm}^3$ ,苯吸附率 $\geq 450\text{mg/g}$ ; 3. 催化燃烧技术:有机溶剂浓度  $1000\text{--}3000\text{mg/m}^3$ ,反应温度  $180\text{--}240^\circ\text{C}$ ,转化率 $\geq 95\%$ ; 4. 接近零排放的清洁工艺技术、流程。

### 市场前景

目前国家对 VOCs 的治理已列入重点治理目标,根据“重点区域大气污染物防治“十二五”规划重点工程项目”,总投资 3500 亿元,其中 615 亿元直接用于挥发性有机物污染(VOCs)治理项目,新增挥发性有机物减排能力 101 万吨/年,占总投资的 17.6%。预计“十三五”将继续新增 VOCs 减排能力,同时已将 VOCs 列入污染物总量控制指标体系。推测“十三五”期间针对 VOCs 治理项目所需投资不低于 922 亿元,每年投入约 200 亿。

### 合作方式

该技术建立中试装置,目前在中试装置基础上,可以进行工业化装置的推广应用。期待跟合作单位共同进行该技术的推广应用。



集成技术的示范装置

## 湿式催化氧化法处理高浓度有机废水

### 项目简介

CWA0 是在一定温度、压力下，在催化剂作用下，经空气氧化使废水中的有机物、氨分别氧化分解成  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  及  $\text{N}_2$  等无害物质，达到净化目的。其特点是净化效率高，流程简单，占地面积少。经日本大阪瓦斯公司估算，治理费用与生化法接近，但治理后出水水质，远优于生化法，可达到回用水质。

### 技术特点

本项目使用自制催化剂，对初始浓度  $\text{COD}=21$  万  $\text{mg/L}$  混合有机物的催化氧化处理， $243^\circ\text{C}$ 、 $3.0\text{Mpa}$ 、液体空速  $1.5\text{h}^{-1}$  下，连续实验 210 小时， $\text{COD}$  的去除率前 20h 能达到 99%，30h 后  $\text{COD}$  去除率在 93~95% 左右，活性基本保持稳定。对  $\text{COD}$  为 10 万  $\text{mg/L}$  的高浓度含氮混合物进行初步寿命考察， $270^\circ\text{C}$ ， $3.0\text{Mpa}$ ，液体空速  $1.5\text{h}^{-1}$  的条件下反应 100 小时的  $\text{COD}$  的去除率基本维持在 91-95% 之间。

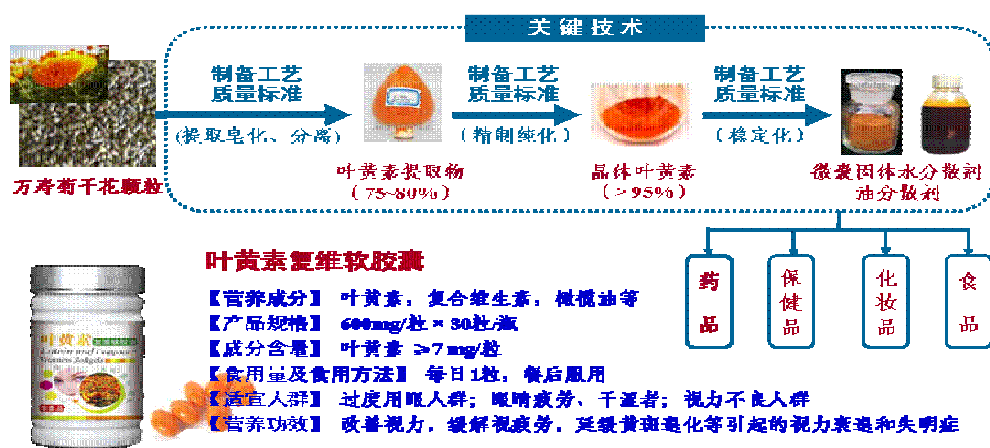
## 金盏花（万寿菊）叶黄素晶体制备技术及产品产业化开发

### 成果简介

国内已形成具有一定规模和优势的万寿菊种植业；万寿菊叶黄素产业整体水平偏低，以干花颗粒、叶黄素浸膏等初级原料加工为主。扩大产业后端的深加工技术和产品开发，拓展叶黄素产品在食品、保健品、化妆品等领域的应用是国内万寿菊叶黄素产业必然的发展趋势，市场前景广阔。针对食品医药级高纯度叶黄素研发关键技术问题（提取制备、分离纯化、稳定剂型等），以金盏花（万寿菊）干花颗粒为原料，研制开发了适于规模化生产高纯度叶黄素晶体的制备技术和叶黄素稳定型制品加工技术及其功能产品。

### 技术成熟度

建立了以同步提取皂化和分离精制技术为核心，绿色、简捷的高纯度叶黄素单体制备新工艺，并完成 700g/10L 原料的实验室放量试验。该工艺过程可稳定获得含量 75—80% 的叶黄素晶体（得率 1.5—2.2%，提取率 60—75%）和高纯度叶黄素（含量 95.3%，得率约 1.5%，提取率约 64%）。建立了叶黄素制备过程质量控制及产品质量评价方法。建立了高纯叶黄素固体制剂和液体制剂的制备技术，完成了叶黄素晶体微囊固体水分散剂、油悬液等稳定制品以及“叶黄素复维软胶囊”示范产品的设计和试制。相关研究成果通过甘肃省科技成果鉴定（甘科鉴字（2009）第 216 号），“达到同类研究的国际先进水平”。目前正开展中试研究。



### 推广及合作方式

寻求专业生产企业技术合作，完成高纯度叶黄素晶体及其稳定型制品的中试和示范生产线建设；叶黄素为功能因子的保健食品开发；产业技术孵化和成果转化。资金投入约 500 万元。

## 玉米蛋白粉深加工及产品产业化关键技术研究

### 成果简介

结合国内玉米淀粉加工产业的技术与产品现状，以资源丰富、廉价的玉米蛋白粉为原料，重点开展玉米黄色素和高纯度玉米黄质、玉米醇溶蛋白等玉米蛋白粉深加工高附加值产品产业化关键技术（提取和分离纯化、化学转化、产品稳定化、质控技术与质量标准等）和技术集成研究；研制开发食品医药级高纯度玉米黄质及其稳定型制品、玉米醇溶蛋白等高值产品；推进技术成果的转移转化和产业化。

### 技术成熟度

完成实验室 10L 反应釜放量试验，建立适于规模化生产高纯度玉米黄质、玉米醇溶蛋白的制备工艺流程和工艺参数；建立制备过程质控技术和产品质量标准；完成食品医药级玉米黄质微囊固体分散剂、油悬液等稳定型制品制备工艺和质量标准研究；研发食品医药级玉米黄质稳定型制品及其功能保健食品、高品质玉米醇溶蛋白产品。

### 推广及合作方式

寻求专业生产企业技术合作和产品开发；产业技术孵化和成果转移转化。资金投入约 500 万元。

## 治疗消化性溃疡胶囊

### 技术特点

该胶囊以黄芪和当归等中药材为原料，通过挥发油、醇提取物和水提取物的混合而形成胶囊制剂，每粒重 0.3g。所制得胶囊具有益气温中，制酸止痛，活血愈溃，预防复发的功效，主治脾胃虚寒型消化性溃疡，证见胃脘疼痛，喜温喜按，饥时痛甚，或疼痛夜间发作，泛酸吐苦。



### 主要指标

该发明在中医药理论指导下，通过调节机体整体功能以获预防复发之效，并且把现代医学最新研究成果，即“无酸不溃”和“无 HP 不溃”引入到治疗中来，在辨证的基础上，采用抑杀灭幽门螺杆菌和治酸愈溃的手段以提高疗效。其组方独特，机理清楚，在主要症状缓解率、HP 转阴率、尤其是在溃疡愈合率等方面显示出较同类上市品种更为优异的治疗效果，且疗程短，无毒副作用，而且处方用药均为丰产中药，资源丰富，成本低，适应广大患者的需要。

### 应用状况

消化性溃疡为临床一种常见病、多发病，并呈全球性分布。基于消化性溃疡病因的研究，目前治疗消化性溃疡的西药主要有抗酸药，胃酸分泌抑制剂，质子泵抑制剂，胃泌素受体拮抗剂，根除幽门螺杆菌的药物以及胃粘膜保护剂。然而，消化性溃疡的病因复杂，目前使用的西药无一种同时具有上述多种作用，常常需要多种药物长期联合治疗，而且由于费用、副作用、病人依存性等问题的存在，最终使该病的复发率居高不下。

## 黄芪党参口服液和茶饮料

### 技术特点

在传统参枣茶基础上，主要以党参、黄芪等药食两用植物为原料研制而成的功能性植物饮料。

### 主要指标

制备工艺简单成熟，适合大规模工业化生产，

### 应用状况

具有促进人体免疫功能提高巨噬细胞活性，抑制EAS、对人体免疫具有双向调节作用，此外还具有抗疲劳、降血脂抗血管硬化、降血压和双向调节血糖等功效，特别适合亚健康状态的调节与治疗。



## 中药配方颗粒制备技术和质量控制 及处方处理系统

### 成果简介

中药配方颗粒是以符合炮制规范的单味中药饮片为原料，经现代工艺提取、浓缩、干燥、制粒等工序精制而成的一种粉末或颗粒状制剂，其性味功效与原中药饮片一致，供中医临床辨证论治，随证加减，配方时使用，既能保持原中药饮片的药性药效，又保证了中医临床的用药特色。

中药配方颗粒的优点：携带方便、免去煎煮、即冲即服、随方配伍、随证加减、配伍准确、疗效稳定、质量可控，剂量较少、安全卫生、防潮防蛀、保值期长等。从理论和实践上探索及完善了传统中药用药的科学化、规范化、标准化，丰富和发展了中药汤剂的剂型。

中科院兰州化物所已完成了《中国药典》2005年版中200多种常用中药的配方颗粒的制备工艺、质量标准方法和计算机处理系统，研究成果达到国际先进水平（甘肃省成果鉴定）。



## 保健品新宠——高纯度番茄红素

### 成果简介

番茄红素(lycopene)是成熟番茄的主要色素,属类胡萝卜素中的一种,是一种脂溶性天然色素,具有很强的抗氧化活性(其抗氧化作用是 $\beta$ -胡萝卜素的2倍,维E的100倍)和极强的清除自由基的能力,对防治前列腺癌、肺癌、乳腺癌、子宫癌等有显著效果。此外,



番茄红素还具有预防心脑血管疾病、提高免疫力、延缓衰老,保护细胞DNA免受自由基损害,防止细胞病变、突变、癌变等作用。因此,番茄红素被誉为“21世纪保健品的新宠”,番茄产业则被称为“红色产业”,中国的番茄红素开发亦被纳入“国家863计划”,受到的高度重视。

然而,直接从番茄皮中提取得到的番茄红素油树脂的含量仅有0.2%左右,而且番茄红素、叶黄素、 $\beta$ -胡萝卜素的理化性质相近,从中分离制备高纯度的番茄红素十分困难,并且生产过程中的成本太高。

本技术以番茄皮为原料,利用大孔吸附树脂技术进行分离纯化,开发出高纯度番茄红素工业化生产技术。利用本技术实现产品纯度和回收率分别达到60%和80%以上,生产全过程绿色、环保,成本低,具有极强的市场竞争力。



## 抗癌新药—核桃素 A (Juglanin A)

### 成果简介

我国年产核桃居世界第二位, 核桃树的栽培面积约 90 万 km<sup>2</sup>, 年产坚果 28 万吨, 核桃皮约 35 万吨。核桃青皮除少部分用于传统中药外, 绝大部分核桃青皮被产地农户作为燃料或废弃, 资源利用率极低。

项目以核桃皮为原料, 成功地从中分离出具有抗癌活性新化合物—核桃素 A (JuglaninA)。通过国家药物筛选中心、中国医学科学院药物研究所、兰州大学等体外、体内活性评价, 表明具有显著抗癌活性。

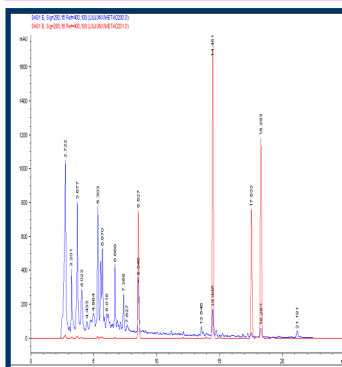


国家新药筛选中心  
化合物生物活性测试报告

单位名称: 中科院兰州化学物理研究所  
送样人姓名: 穆军宝  
收样日期: 2007-6-22

样品编号	样品名	浓度
NC00338021	20-18	核桃素A (A-540) 核桃素A (A-540) 核桃素A (A-540)
NC00338022	20-2	核桃素A (A-540) 核桃素A (A-540) 核桃素A (A-540)
NC00338023	07-19	核桃素A (A-540) 核桃素A (A-540) 核桃素A (A-540)
NC00338024	07-27	核桃素A (A-540) 核桃素A (A-540) 核桃素A (A-540)
NC00338025	07-34	核桃素A (A-540) 核桃素A (A-540) 核桃素A (A-540)

国家新药筛选中心  
国家新药筛选中心  
2007-7-20



本项目按照 SFDA《药品注册管理办法》及中药一类新药研究相关技术要求, 已完成: 1. 工艺制剂学研究; 2. 质量标准研究; 3. 药代动力学研究; 4. 初步药效学研究毒理学研究。

本项目已申请国内专利: 1) 200710017664. 9; 2) 200710018235. 3。国际专利正在申报中。

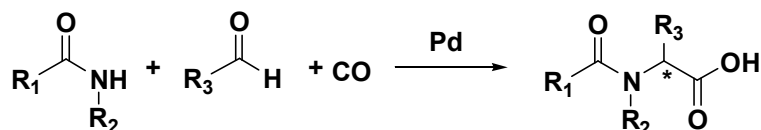
### 本项目合作方式

技术转让      合作开发

## 酰胺羰基化反应一步合成 N-酰基- $\alpha$ -氨基酸

### 成果简介

钯催化酰胺羰基化反应体系具有低的反应温度和压力，对底物的适应范围宽（图式 1）。目前国内对该项目开展研究较少，仅限于实验室。浙江大学姜玄珍等人于 2006 年申请国内发明专利（公开号 CN 1865235A），公开一种离子液体中酰胺羰基化反应的方法，以溴化钯为主催化剂，以两类不同的离子液体做助催化剂，制备 N-酰基- $\alpha$ -氨基酸。



图式 1. 钯催化的酰胺羰基化反应.

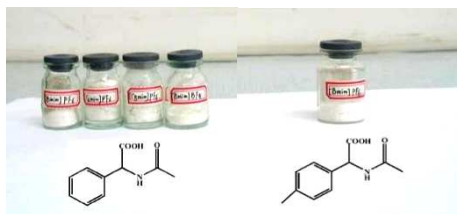


图 1. N-酰基- $\alpha$ -氨基酸样品

兰州所在国家自然科学基金项目“钯催化的不对称酰胺羰基化反应研究”和“不对称酰胺羰基化合成手性 N-酰基- $\alpha$ -氨基酸”的连续资助下，开展了酰胺羰基化反应的前期研究工作（图 1）。兰州所成功实现以疏水性离子液体代替传统有机溶剂作为反应介质，以及酸功能化离子液体代替无机酸，经过萃取分液可实现产物 N-酰基- $\alpha$ -芳基氨基酸分离，掌握了较为成熟的实验室方法。随着人类对氨基酸系列产品需求数量和种类的不断增长，已有合成氨基酸的方法难以满足市场需求，开发酰胺羰基化法制备 N-酰基- $\alpha$ -氨基酸工艺研究必将成为人们关注的目标。

通过该反应所得产物是重要的医药中间体，可以用于合成药物 ACE（血管紧张素转换酶）阻断剂和痰易净，也可以用于合成精细化学品如致甜剂（图 2）。

酰胺羰基化法所需原料价廉易得，只需一步即得产品，与传统的化学合成法比较，具有明显的技术优势，有望替代传统的化学合成法。

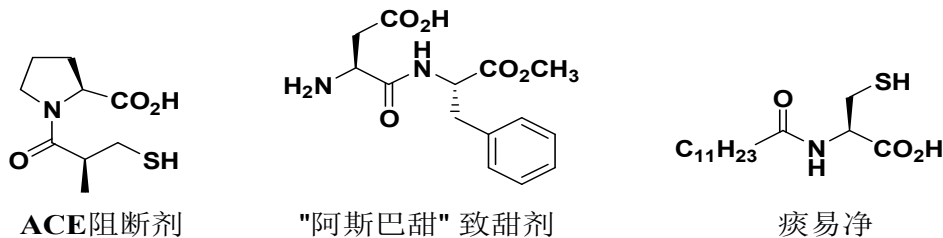


图 2. N-酰基- $\alpha$ -氨基酸的应用实例.

氨基酸及其衍生物是重要的医药中间体和精细化学品，如用作螯合剂、表面活性剂、饲料添加剂、甜味剂、农药和医药中间体等。数据显示：每年氨基酸全球需求量逾 100 万吨，我国作为氨基酸类产品的巨大需求市场，仅氨基酸输液用量每年就达 4 亿瓶之多。近年来，阿斯巴甜（天冬酰苯丙氨酸甲酯）作为一种强力甜味剂和风味增效剂广泛应用在各种食品、饮料和医药品中。阿斯巴甜全世界生产能力约为 1.6 万吨，国内公司产量约为 1500 吨。而饮料业、食品业等领域对阿斯巴甜需求量很大，市场供不应求。阿斯巴甜已取得了无砂糖产品标准商品的市场地位，可以预料阿斯巴甜的市场需求将进一步增加。L-苯丙氨酸作为合成阿斯巴甜的重要中间体市场需求量持续上升。我国 L-苯丙氨酸总设计年生产能力为 2000 吨，但年产量为 300 - 400 吨，生产工艺为发酵法或酶法，远不能满足国内市场日益增长的需求，仍需大量进口。随着氨基酸类药物的开发，市场对氨基酸及其衍生物的需求量继续迅猛增加。

目前该成果已经获得授权国家发明专利二件：ZL 200610104993.2；ZL 200810150288.5。

## 三苯基氯甲烷合成技术

### 成果简介

三苯基氯甲烷是一种重要的化工原料和医药中间体，以苯、三氯化铝、四氯化碳为原料，合成三苯基氯甲烷是经典的方法。产物在空气中易分解，因此工业化中高纯度的三苯基氯甲烷是该合成方法要解决的关键科学问题。

对于该反应副产物三苯基甲醇的消除，我们已经有较好的化学方法。在实验室中我们有无水无氧操作技术和对空气敏感化合物的分离纯化技术。目前我们必须得到企业的支持，在实验室中初步放大实验规模，想法解决放大后工业化中无水无氧操作问题。

## 药物中间体 1,3-环己二酮

### 成果介绍及技术指标

1,3-环己二酮由于其结构特点,  $\alpha$  位上的氢具有很高的活性,  $\alpha$  碳极易形成碳负离子, 从而和许多物质发生亲核反应, 达到增长碳链的目的。虽然早在二十世纪五、六十年代就已见 1,3-环己二酮的合成方法报道, 但近几十年来, 却一直没有新的合成工艺及合成方法改进的报道出现。并且, 原合成方法不能完全适应工业生产的要求。该所根据市场需求, 进行 1,3-环己二酮的产业化技术研发, 形成了反应在条件温和、操作控制容易、成本低、产率高的工业生产技术, 并已完成规模生产的概念设计, 为该产品实现工业化做好了技术准备。

### 应用范围

该化合物在医药、农药及化工合成中应用十分广泛, 是一种非常重要的药物中间体。由它出发, 可以制备抗心律不齐药物、抗血栓药物、抗肿瘤药物、镇痛药、杀病毒剂、5-HT 拮抗药以及除莠剂等等许多医药和农药。

### 市场前景及经济效益分析

生产每吨 1,3-环己二酮, 消耗:

间苯二酚: 5.38 万元

催化剂: 2.67 万元

其他原料: 2.05 万元

总计: 10.1 万元

生产总成本: 14.4—15.5 万元

售价: 20—25 万元

利润率: 28—42%

建设年产 300 吨 1,3-环己二酮生产厂, 需投资:

固定资产: 150 万元

流动资产: 100 万元

土建费用: 未计

投资回收期限 8 个月—1 年

由于以 1,3-环己二酮作为中间体的下游产品种类繁多, 因此该化合物具有较大的潜在市场。目前, 国内该产品的生产厂家仅有两家, 而且价格较高 (30 万元/吨), 国际上生产厂家也较少。虽然国内市场需求仅为每年数百吨, 但国际市场的需求很大, 仍存在一定的缺口。随着国民经济的发展以及人民健康水平的提高, 必然会促进我国医药、农药行业的发展, 从而产生对 1,3-环己二酮新的需求。

## 聚甲氧基二甲醚合成新技术 (DMMn)

### 研发背景

近年来，国际社会对柴油需求量日益增加，而有限的柴油资源却日趋减少，并出现了柴油供应不足、价格上涨的趋势。另外由于柴油组分的烷烃分子量较大，在内燃机工作时柴油的燃烧率不够高，燃烧性能不够好，这不仅增大了耗油量，而且加深了排气对空气的污染程度。针对资源、环境与经济发展的矛盾，国内外燃油科技产业界纷纷加大对柴油添加剂的研究开发力度，以改善发动机燃料的燃烧特性，达到节能和环保的目的。在柴油中添加含氧燃料或直接用含氧燃料代替柴油在柴油机上燃烧，可利用含氧组份氧元素的自供氧能力促进燃油燃烧，以实现减少烟尘颗粒和废气排放，达到降低油耗的目的。聚甲氧基二甲醚 (DMM<sub>2-8</sub>) 具有很高的十六烷值 (CN>63) 和含氧量 (47%—50%)，与柴油互溶性好，闪点和沸点处于柴油范围内，在柴油中添加 10%—20%，能显著降低石化柴油凝点，改善柴油的燃烧特性，提高热效率，烟度最高可降低 80%—90%，NO<sub>x</sub> 可以降低 50%，达到了欧 V 的排放标准。DMM<sub>2-8</sub> 优异的物化性质和明显的节能减排优势为其在清洁燃油领域的应用奠定了基础，被认为是极具应用前景的环保型柴油调和组分。同时 DMM<sub>2</sub>、DMM<sub>3</sub> 和 DMM<sub>4</sub> 也是一类溶解能力极强的溶剂。近年来，随着其用途的拓展，愈发受到学术界和工业界的重视。合成聚甲氧基二甲醚的原料全部来自于煤化工，而我国煤炭资源充足、价格低廉，从煤基甲醇出发，生产清洁能源和材料可以逐步降低对石油资源的依赖，形成新的碳一化工产业链，其经济、社会及环境效益非常可观。



### 重要进展

中科院兰州化物所开发的甲醇经三聚甲醛合成清洁柴油含氧化合物—聚甲氧基二甲醚技术，先后得到了国家“十一五”和“十二五”科技支撑计划、“973计划”项目和中科院重要方向项目和战略性先导科技专项项目的支持，并与山东辰信新能源有限公司合作在山东菏泽建成国际首套万吨试验装置。该套万吨装置于 2013 年 6 月 18 日通过全流程试验，7 月 25 日转入生产。

该项技术已申报国际国内发明专利 30 多件，获得 4 件国际发明专利和 3 件中国发明专利授权，技术涵盖了离子液体类催化剂和相关核心工艺，是国际上可

数的几家拥有合成聚甲氧基二甲醚自主知识产权技术的单位。

该项技术成果目前进入规模工业示范阶段，实现产业化后，产品对提升我国柴油品质，减低环境污染都将起到重要推动作用。同时有效解决甲醇产能过剩，开辟我国发展优势煤资源替代石油资源的清洁能源技术的新途径。社会效益显著。



万吨工业试验装置



## 清洁合成三聚甲醛新技术

### 成果简介

三聚甲醛是甲醇下游发展的重要平台化合物，是合成清洁燃料、高性能材料以及大宗化学品的桥梁。

中科院兰州化物所开发出拥有自主知识产权的功能化离子液体替代硫酸催化的三聚甲醛合成新技术，建立了高效催化循环工艺，获得了国际发明专利授权，打破了此项技术的国际垄断。可由 316L 不锈钢替代昂贵的锆材，大幅降低了设备投资和酸污染。

该技术于 2008 年通过了甘肃省科技厅主持的科学技术成果鉴定，2009 年初，完成了 3600 吨/年中试装置建设与运行，中试研究一次投料试车成功，打通了中试试验全流程，获得了中试装置操作运行参数，通过了中国海洋石油总公司主持的项目验收。合成三聚甲醛反应液浓度达到了 30%以上，产物选择性可大于 98%，甲酸含量控制在 200ppm 左右，结果好于硫酸法。

低成本、高性能三聚甲醛的大规模生产，将使得以三聚甲醛为原料的聚甲醛树脂和改性聚甲醛材料、清洁柴油调和组分聚甲氧基二甲醚得到大力发展，从而使煤基甲醇工业的发展有了很好的出口，促进以甲醇为原料的碳一化学化工的发展。

三聚甲醛的规模化生产，将会对一些大宗石油化学品和工程材料产生重大影响：1. 直接影响甲醇工业的发展方向； 2. 加大工程塑料的发展空间； 3. 煤化工进入清洁燃料系统； 4. 通过三聚甲醛可以合成乙二醇、丙二醇等重要二元醇，可形成煤化工的原料合成大宗石化产品的路线，降低对石油资源的依赖，形成新的碳一化工产业链，其经济、社会及环境效益非常可观。

## 1,3-丙二醇羰基化合成技术

### 成果简介

1,3-丙二醇是一种重要的聚酯单体，主要用于新型聚酯材料—聚对苯二甲酸丙二醇酯（PTT）的合成。随着 PTT 纤维的发展，其基本原料 1,3-丙二醇的生产成为世界化工企业开发的热点。

中科院兰州化学物理研究所开发的“1,3-丙二醇羰基化合成技术”，通过环氧乙烷氢酯基化得到稳定中间体 3-羟基丙酸酯，加氢生成 1,3-丙二醇。该项技术中环氧乙烷与一氧化碳、甲醇合成 3-羟基丙酸甲酯的工艺趋于成熟，环氧乙烷转化率和 3-羟基丙酸甲酯选择性均大于 90%；同时实现了产物与催化剂的分离。中间体 3-羟基丙酸甲酯加氢制备 1,3-丙二醇技术中，3-羟基丙酸甲酯的转化率接近 100%，1,3-丙二醇选择性大于 80%。目前，正在开发具有工业应用前景的加氢催化剂，形成具有我国自主知识产权的 1,3-丙二醇合成新技术。

1,3-丙二醇是重要的化工原料，最主要的用途是作为单体与对苯二甲酸合成新型聚酯材料—聚对苯二甲酸丙二醇酯（PTT）。亦可用于增塑剂、洗涤剂、防腐剂、乳化剂的合成，也用于食品、化妆品和制药等行业。

专家预计，未来十年我国对 1,3-丙二醇的需求量将超过 30 万吨/年，至今我国尚没有大规模生产 1,3-丙二醇的企业。该项研究成果具有很好的应用和产业化前景以及显著的经济效益。



## 生物基甘油定向转化合成 1, 2-丙二醇

### 成果简介

1, 2-丙二醇是合成不饱和聚酯、环氧树脂、聚氨酯树脂的重要化工原料, 大量用于表面涂料和增强塑料。1, 2-丙二醇的粘性和吸湿性好, 并且无毒, 在食品、医药和化妆品工业中广泛用作乳化剂、吸湿剂、润滑剂和溶剂。此外, 1, 2-丙二醇还是有效的抗冻剂, 正在逐渐取代乙二醇在抗冻剂上的市场份额。

生物柴油是利用可再生资源生产替代石化柴油的清洁安全的新型燃料, 是目前快速发展的清洁可再生能源的重要形式。生物柴油作为“绿色能源”, 其突出的环保性和可再生性, 引起了世界各国的高度重视。然而, 每产生 10 吨生物柴油, 就会产出 1 吨左右的甘油, 使生物柴油的经济性受到了考验。

随着生物柴油的大规模化生产, 预计到 2010 年全世界生物柴油的年产量将超过 40 亿升, 将联产超过 4 亿升的甘油。甘油的价格由 2003 年的 10000 元/吨降到目前的 5000 元/吨, 1, 2-丙二醇的价格不低于 13000 元/吨。因此, 通过副产物甘油的高附加值利用, 成为解决生物柴油经济性的必由之路。甘油高值化利用是近年来随着生物柴油的发展而兴起的研究方向, 国际上这方面的研究也刚刚起步。甘油加氢制备 1, 2-丙二醇, 是甘油高值利用取得较大进展的一个方向, 备受各国学者以及企业界的高度关注。

作为一条新的技术路线, 各国学者以及企业界开始了对甘油制备 1, 2-丙二醇的研究。主要集中在德国的 Degussa、德国的 BASF、美国的 Shell Oil Company、英国的 DAVY PROCESS TECHN LTD 世界著名化学品生产公司。研究内容多都是针对催化剂的开发研究, 同时达到高转化率高选择性的报道较少, 反应条件苛刻, 目前没有工业化应用报到。

中国科学院兰州化学物理研究所于 2008 年 8 月, 完成了由丙三醇(即生物柴油的副产物甘油)制备丙二醇的技术开发。该技术采用目前油脂加工过程中生产的甘油, 在铜催化剂作用下, 一步加氢生成 1, 2-丙二醇。研制出具有高选择性、高转化率和长寿命的适用于甘油加氢制备 1, 2-丙二醇高效催化剂, 完成了百公斤级工业催化剂的制备; 已通过工业催化剂 1000 小时寿命评价, 催化剂制备技术达到了工业应用的要求, 实现了纳米催化剂的稳定制备和工业放大技术。在反应温度低于 200℃, 反应压力为 4.0MPa 的条件下, 以生物基甘油为原料, 甘油的转化率和 1, 2-丙二醇选择性均大于 95%; 工艺条件温和, 工业装置操作简单。建立了产物的分离方法, 使 1, 2-丙二醇产品纯度达到 99.5%以上。申请了国内首项发明专利; 开发的生物基 1, 2-丙二醇价格将低于当前石油路线价格的 50% 以上; 与正在开发生物甘油制备丙二醇合成工艺的国外几家公司相比, 兰州化学物

理研究所开发的这项技术，成本较低，技术经济性较强，可进入工业实施。

2008年12月，甘肃省科学技术厅组织，中国科学院兰州分院主持对兰州化物所完成的“甘油加氢制备1,2-丙二醇技术”进行了成果鉴定，鉴定委员会认为，该项目具有显著创新性，达到国际先进水平。

因此，该项技术的实施，使我国在这一新领域的研究开发与发达国家同步，单项技术应用可达到国际领先水平。有效地将原料优势转换成资源优势，在形成经济的、具有环境友好产品新技术的同时，促进生物柴油产业的发展和应用。利用甘油合成1,2-丙二醇可以替代石油路线，减少对石油丙烯的需求，形成直接替代和间接替代能源技术。同时，由于甘油合成丙二醇路线比石油路线清洁，过程少、工艺流程短，合成1,2-丙二醇的生产成本将大幅度下降。这为发展甘油合成丙二醇技术提供了强有力支持。

### 技术特点

通过催化剂的活性选控、工艺条件选择与优化，以及影响生产成本的各技术条件综合分析，建立了经济的甘油合成1,2-丙二醇的工艺设计基础参数，减少工业生产装置投资，降低操作费用，实现低成本甘油合成1,2-丙二醇工艺流程。

甘油合成丙二醇技术，原料不依赖于石油资源的供应与价格，工艺流程短，相比石油路线清洁，合成1,2-丙二醇的生产成本大幅度下降。

价廉的1,2-丙二醇产品将成为乙二醇产品的替代和补充，成为无害高值化工产品进入市场，关键技术投资、物耗、成本、产品质量等方面具有领先优势。

### 技术指标

1. 物料组成：甘油 40wt% 甘油纯度 99.5%

甲醇 60wt% 工业甲醇含 < 1% H<sub>2</sub>O

2. 压力：4.0MPa

3. 入口温度：180—200℃

合成不饱和聚酯、环氧树脂、聚氨酯树脂的重要化工原料，大量用于表面涂料和增强塑料。在食品、医药和化妆品工业中广泛用作乳化剂、吸湿剂、润滑剂和溶剂。因其毒性低正在逐渐取代乙二醇在抗冻剂上的市场份额。

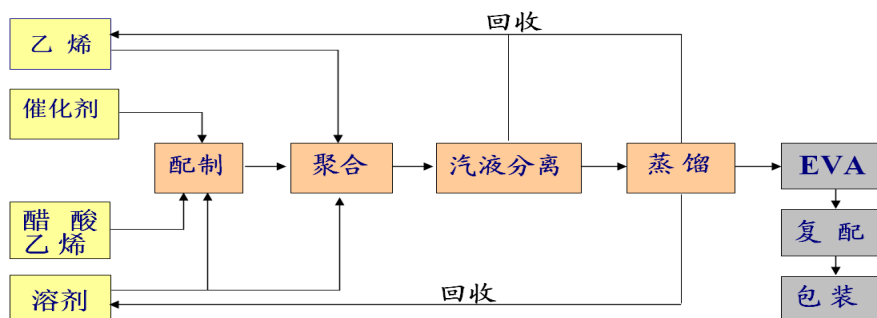
近年来，国际市场上80%纯度的甘油价格只有100欧元/吨左右，1,2-丙二醇的价格则不低于13000元/吨。我国是世界第一聚酯生产国和消费国，目前关键原料二元醇自给率不足三分之一，二元醇产品主要依靠进口。通过甘油加氢制备的1,2-丙二醇，将成为替代石油资源的高附加值优势化工产品

## LCD 高效柴油降凝剂技术

### 成果简介

柴油降凝剂，又称柴油低温流动性改进剂，是目前国内外柴油生产中常用的一种燃料添加剂。添加于柴油，可明显改善柴油低温流动性能，提升柴油等级。

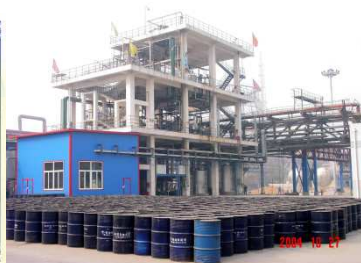
LCD 高效柴油降凝剂是兰州化学物理研究所自主研发开发的 EVA 型柴油降凝剂。它克服了目前国内市场上降凝剂只降凝点，不降冷滤点的缺陷，在柴油中添加 0.01%—0.1% 的本高效柴油降凝剂，即可降低凝点  $15^{\circ}\text{C}$ — $25^{\circ}\text{C}$ ，降低冷滤点  $4^{\circ}\text{C}$ — $15^{\circ}\text{C}$ ，居国内领先水平。



本项目关键技术，一是采用复合催化剂，控制共聚物 EVA 的分子量和酯含量，二是聚合釜采用甩气搅拌结构，有效解决了共聚过程中的传质传热问题，三是添加高效助剂对产品进行复配，提高了降凝剂的性能。

本工艺的单体及溶剂循环使用，生产过程无三废产生，属环境友好工艺。

核心技术“柴油降凝剂的制备方法”获中国发明专利（ZL 02143889.7）；完成了 500 吨/年 LCD 高效柴油降凝剂，产品荣获“国家重点新产品”证书。第一套 2500 吨/年生产装置在兰州石化公司建成，第二套生产装置正在山东东营建设中。



### 合作方式

技术使用权转让

## 油脂加氢制备第二代生物柴油新技术

### 成果简介

自 20 世纪 70 年代爆发第一次石油危机以来,西方发达国家开始了生物柴油的开发与应用研究。形成了酯交换法制备脂肪酸甲酯为代表组分的第一代生物柴油产品。

兰州化学物理研究所开发的油脂加氢制备第二代生物柴油新技术,采用高选择性和高活性催化剂,生物油脂通过加氢技术生产生物柴油,生物柴油组成为与脂肪酸甘油酯长碳链(C12—C22)结构相似的烃、醇和酯。该技术对生物柴油组分具有高选择性,副产物为可直接利用的生物基化工产品。在反应温度 240—260℃,压力为 4.0—8.0MPa 条件下,采用高压悬浮液相或固定床反应模式,生物油脂的转化率大于 95%,生物柴油的选择性大于 90%。该技术正在进行的模式实验。

此项技术降低了现有生物柴油生产过程中的污染,简化了产物分离提纯方法,降低生产费用和能源消耗,将推动生物柴油产业向着连续化、无污染和低生产成本的方向发展。

该项技术可应用于生物油脂的下游产品开发。通过油脂加氢产物的分离,可以同时得到脂肪酸酯、高碳醇和混合长碳烃类等油脂下游产品。同时得到低碳醇如 1,2-丙二醇等高附加值产品。

随着世界汽车车型柴油化趋势的加快,生物柴油作为替代能源具有巨大的市场开发潜力。采用加氢技术简化了工艺,降低了生产成本,提高了生物柴油的经济性。

## 3-羟基羧酸酯合成新技术

### 成果简介

基于我们在羰基化合成重要含氧化合物研究领域的多年积累,率先在国内开展了环氧化合物羰基化合成(手性)3-羟基羧酸酯的研究工作,开发了相关高效催化剂体系,获得了国家授权发明专利;实现了以环氧化合物、一氧化碳、醇为原料,在温和条件下一步合成3-羟基羧酸酯新工艺,具有100%原子经济反应,开辟了经济的、环境友好的、低成本的工业化合成技术,解决了目前3-羟基羧酸酯合成路线长、步骤多、部分原材料具有毒性、反应条件严格、收率低、副反应多、产物分离困难、污染严重等有机合成工艺中的缺点。

采用不同的环氧化合物可以合成系列的3-羟基羧酸酯类化合物,如:

环氧乙烷转化率92%,3-羟基丙酸甲酯选择性大于95%;

环氧丙烷转化率90%,3-羟基丁酸甲酯选择性大于92%;

环氧氯丙烷转化率90%,4-氯-3-羟基丁酸甲酯选择性90%。

此外,采用手性化合物底物,可以获得构型和对映体过量值(ee)保持的手性3-羟基羧酸酯。

3-羟基羧酸酯是一类稳定的重要平台化合物,分子内含有羟基和酯基两个官能团,是重要的医药、农药中间体。加氢可制得1,3-二烷基醇;分子内脱水可生产丙烯酸酯类化合物,在涂料、油漆和树脂等材料行业得到应用。

3-羟基羧酸酯是聚羟基羧酸酯类完全生物可降解高分子材料的重要单体。这类高分子聚酯材料不仅具有与通用塑料聚丙烯相似的物理特性,如:能纺丝、压膜、注塑等;而且还有一般合成高分子材料没有的性质,如:完全的生物可降解性、良好的生物相容性、独特的压电性、光学活性等特殊性质,广泛用于食品包装、卫生医药等行业取代传统的塑料制品。

3-羟基羧酸酯可以和通用塑料(PE、PP、PS、PVC)等进行共混得到生物降解性塑料,解决日益严重的“白色污染”问题。

此外,手性3-羟基羧酸酯是极其重要的手性基元物质,广泛应用于医药、农药、化妆品、食品添加剂、香料以及其他重要的手性精细化学品等领域,具有十分诱人的前景。

目前,3-羟基羧酸酯在世界范围内尚未有出售,而需求量很大,经济效益非常可观。

## 无水乙二醇联产碳酸二甲酯技术

### 成果简介

开发的具有自主知识产权的高效且价廉的 LZC-1 新型离子液催化剂体系。在碳酸乙烯酯 EC 合成中，催化反应活性和选择性高：EO 转化率大于 99%、EC 选择性大于 99%；反应条件温和：120—160°C、2.0—3.0MPa；催化剂用量和消耗低：每吨 EC 合成的催化剂消耗小于 40 元；催化剂分离后产品 EC 的色谱纯度大于 99.5%。

针对聚酯合成对乙二醇 EG 产品质量的高要求，开发的高效且价廉的 LZJ-1 型酯交换反应催化剂和反应—精馏耦合工艺，以及乙二醇催化精制技术。在利用碳酸乙烯酯合成无水乙二醇的工艺中，催化活性好、交换效率高，EC 转化率大于 99%，EG 选择性接近 100%；产品 EG 经过初步精制已达到国标一级品；每吨 EG 合成的酯交换催化剂消耗小于 30 元。

乙二醇是最简单和最重要的脂肪族二元醇，也是重要有机化工原料。我国 80% 的乙二醇用于生产 PET 聚酯（聚对苯二甲酸乙二醇酯）。目前我国乙二醇供需矛盾突出，进口量大，自给率不足三分之一，技术水平相对落后，难以满足相关行业的需要。

碳酸二甲酯是近年来受到国内外广泛关注的环保型绿色化工产品，可全面替代光气、硫酸二甲酯(DMS)、氯甲烷等剧毒或致癌物合成多种重要化工产品，被称为 21 世纪的“绿色产品”、化工合成业的“新基石”。随着碳酸二甲酯深加工的下游产品——聚碳酸酯、聚氨酯、油品添加剂、高能电池电解液等市场发展迅速，市场需求潜力大。

我国大型乙二醇生产主要采用国外环氧乙烷直接水合法专利技术，生产工艺流程长和能耗高，致使乙二醇的生产成本较高，无法和国外采用先进技术生产的产品相抗衡；由于光气法生产碳酸二甲酯工艺逐步被淘汰，其它生产工艺合成的碳酸二甲酯产品成本相对较高，从而限制了对其下游产品的开发进程。目前，由于生产碳酸二甲酯价格因素在我国还未能形成系列化的深加工产品链。

无水乙二醇联产碳酸二甲酯新技术，不仅降低了现有乙二醇合成工艺中原料消耗和能耗，而且联产的碳酸二甲酯充分地利用了环氧乙烷 EO 生产中产生的二氧化碳，节省了二氧化碳废气排放的环保费用；同时乙二醇生产成本中已包含碳酸二甲酯的操作费用，使得碳酸二甲酯作为产品生产时只有原料甲醇的消耗，基

本不产生其它费用，形成廉价合成碳酸二甲酯的新工艺，碳酸二甲酯的价格将大幅度下降，其技术潜力和经济效益十分明显。

国内现有多家企业利用环氧乙烷和二氧化碳生产碳酸乙烯酯，我们开发的新型系列催化剂，不仅可以直接用于现有碳酸乙烯酯生产工艺和设备，在原有装置上增加产量且降低能耗；还可以利用开发的酯交换技术，生产高品质的乙二醇产品，延伸碳酸乙烯酯的产品链，增加一个高附加值产品碳酸二甲酯，其技术经济效益明显。

以 1 吨乙二醇联产 1.45~1.50 吨碳酸二甲酯计，原料消耗为：环氧乙烷 0.80 吨、甲醇 1.10 吨和二氧化碳 0.80 吨。

## 流化床异丁烷催化脱氢成套技术

### 成果简介

兰州化物所开发的催化剂具有优良的催化活性抗积碳能力,以纯异丁烷为原料,反应模式固定床,反应温度:570-600℃,反应压力:常压-1.0MPa条件下可获得异丁烯收率:56-62%(转化率65-70%,选择性86-92%),以此催化剂为基础已完成流化床异丁烷脱氢催化剂制备工业技术研究,实现了工业催化剂制备,其性能与实验室小试水平相当;流化床(保证值)异丁烷转化率 $\geq 52\%$ ,异丁烯选择性 $\geq 85\%$ 。已完成流化床十万吨级成套技术工艺包编制,形成了国内自主的异丁烷脱氢成套工业技术。

## C4 综合利用——丁烯和异丁烷的烷基化

### 成果简介

利用C4组分中丁烯和异丁烷的烷基化反应生产高辛烷值的烷基化汽油有着巨大的商业价值。现行的工业烷基化生产中,以浓硫酸或氢氟酸为催化剂,存在严重的设备腐蚀和污染环境等问题,使得该工艺的应用受到了很大的限制。而离子液体体系所具有的环境友好、强酸性、化学性质可调整、易与产品分离、循环利用率高等特点,使其可能成为一类新型的催化材料来替代传统液体强酸催化烷基化反应。我们开展了离子液体催化C4烷基化反应的研究,实验数据表明离子液体的催化性能已达到传统液体酸的催化水平。以酸性离子液体为催化剂催化C4烷基化反应,在一定压力,温度10-20℃的反应条件下,烷基化油的收率达到170%,C8组分的含量达到80%,辛烷值(RON)达到90以上。同时离子液体还可以重复使用,对碳钢材料的腐蚀也较轻,且通过对酸性离子液体进行修饰后,催化效果会有进一步的上升空间。

### 合作方式

技术转让或双方合作开发均可



## 甲烷选择氧化制乙烯高效催化剂

### 成果介绍及技术指标

天然气作为优质能源，除了直接燃烧发电以外，通过化学、化工方法还能高效地转化为高品质液体燃料和高值化学品。但由于甲烷分子具有高度稳定的四面体结构，使得活化甲烷的 C-H 键十分困难，在临氧条件下活化后的中间体的反应方向难以控制。因此，甲烷的选择性活化和定向转化已成为 21 世纪国际催化领域的一大挑战。采用天然气代替石油，通过甲烷选择氧化制乙烯以解决 21 世纪化工原料的来源问题，是具有战略性和前瞻性的研究课题。

自 1982 年美国联碳公司 (UCC) 报导了甲烷氧化偶联制乙烯反应以后，通过选择氧化从甲烷制乙烯已成为国际催化界的研究热点。但因为主反应的活化能比副反应高，必须在 800℃ 的高温下进行，这样很容易发生匀相燃烧反应，致使在高的转化率下很难获得高的选择性。尽管人们试探了上千种催化剂，转化率加选择性均很难超过 100%。根据 1990 年荷兰 Eindhoven 工业大学 Geerts 等对该过程的技术经济评估和预测，只有当转化率为 30%，选择性达到 80%，甲烷氧化偶联制乙烯才有可能和石油裂解过程相竞争。因此开发一种具有高活性和高选择性的高效催化剂使转化率加选择性突破 100% 的限制，就成为甲烷氧化偶联反应在技术上取得突破的关键。

根据以前选择氧化催化剂研究的经验，从 1986 年开始中国科学院兰州化学物理研究所选定以二元复合氧化物催化剂和流化床反应工艺作为主攻方向。但初期研制的 La-Mg 和 La-Ba 体系，尽管结构比较稳定，但 CO<sub>2</sub> 的生成量较高，活性和选择性也不够理想。为此，转向以 SiO<sub>2</sub> 为载体，Mn 作为主要活性组份之一的二元过渡金属复合氧化物催化剂体系。在原国家计委、国家科委、国家基金委和中国科学院的支持下，兰州化学物理研究所成功研制出甲烷氧化偶联 Mn/Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub> 高效催化剂。该催化剂综合性能优于其它类型的甲烷氧化偶联催化剂，是国内外公认的、最有应用前景的原始性创新成果，已获得国家授权发明专利。

### 特点

1. 活性、选择性高，稳定性好，转化率和选择性之和突破了 100%，主要技术指标已达到国际同类研究领先水平。

2. 产物中乙烯/乙烷的比例高，Mn/Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub> 催化剂也是乙烷氧化脱氢最好

的催化剂。采用甲烷、乙烷共进料有效地提高了乙烯产率，有利于乙烷含量高的天然气的利用。

3.  $\text{CO}_2$ 生成率低，CO生成率高，特别到操作后期  $\text{CO}_2$ 生成率明显下降，具有部分氧化制合成气的性能。总碳的利用率，即生成乙烯、乙烷和CO的总选择性可达90%以上。从而减少了  $\text{CO}_2$ 的排放和碳损失，有利于环保。

4. 适合于流化床操作，这对甲烷氧化偶联这样的高温强放热反应是至关重要的。在加压下反应，提高空速可以补偿因压力升高引起的乙烯收率和选择性的下降。从而提高了总时空产率，并为节省投资、降低反应温度和能量消耗创造了条件。

5. 实现了催化剂的混浆喷雾干燥成型的批量制备，得到了磨损指数和粒度分布合格、活性、选择性重现性好的流化床用微球催化剂，为该类催化剂的工业应用奠定了基础。

#### 应用范围

中国科学院兰州化学物理研究所首创研制的  $\text{Mn}/\text{Na}_2\text{WO}_4/\text{SiO}_2$  催化剂这一原始性创新研究成果，在甲烷氧化偶联研究领域引起了高度的关注，是目前甲烷氧化偶联最好的催化剂之一。该催化剂系碱性催化剂，但表面不被  $\text{CO}_2$  中毒，对反应条件适应性强。国外多个同类研究小组一直跟踪研究这一催化剂体系，其中在几个甲烷氧化偶联联合工艺的概念设计中，偶联工段均采用了该催化剂。甲烷氧化偶联研究领域的权威专家美国 Texas A&M 大学的 J. H. Lunsford 教授和最早报导甲烷氧化偶联反应的美国联碳公司 M. M. Bhasin 博士，英国牛津大学 M. L. H. Green 教授和剑桥大学 R. M. Lambert 教授都认为这是目前世界上最具工业应用前景的催化剂。

## 页岩气直接催化转化制乙烯技术

### 成果简介

针对我国丰富的页岩气资源，以甲烷氧化偶联制乙烯为基础，结合甲烷重整反应，实现天然气制乙烯联产廉价合成气。通过反应—反应耦合，有效地降低合成气的生产成本，同时又减少了强放热对甲烷氧化偶联反应体系的不利影响。整个过程体系节能、高效，反应产物可控，过程的最终产物为乙烯、一氧化碳、氢气和水，无污染物排放，是一个绿色化学化工过程。

## 丁烯氧化脱氢制丁二烯

### 成果简介

本所于上世纪 60 年代开始丁烯氧化脱氢制丁二烯方向的研究，至今已有数十年的研究基础。在原有 W-201 催化剂基础上，开展了高活性、高选择性和高机械强度的新一代丁烯氧化脱氢制丁二烯高效催化剂研制。研究的 LH 系列催化剂催化性能明显优于原工业化剂 W-201。主要的参数为：

1. 在氧烯摩尔比 0.65-0.68、水烯摩尔比 10-12、丁烯气体反应空速为 300-400h<sup>-1</sup> 的反应条件下，丁烯转化率为 83.1%，丁二烯选择性为 95.3%，丁二烯收率为 79.2%。

2. 对新一代催化剂进行了放大制备研究，并在实验室固定床反应器中进行性能评价，放大的催化剂催化反应性能与小试结果基本相当。

3. 催化剂制备简单，采用简单试剂，造价较低。

### 合作方式

技术转让或双方合作开发均可

## 离子液体特种化学品及相关技术

### 成果简介

中国科学院兰州化学物理研究所在国内率先开展离子液体的研发,获得了多项国际和国内发明专利。这一领域的研究水平已经处于国内的领先地位。

### 应用领域

离子液体是一类由特定的阴阳离子组成的在室温或近室温下呈液态的精细化学品,通常也称为室温离子液体。与传统的溶剂相比,离子液体具有独特的性质,如非挥发性、不可燃、可导电、



对热、酸、电流稳定,选择性溶解力和可设计性等,在绿色溶剂、电解质和功能材料等领域具有广阔的应用前景,尤其是在有机反应的溶剂,催化反应介质和催化剂,萃取分离介质,电化学器件的电解质(如锂离子电池、超级电容器、DSC 电池、电解、电镀等),油墨、涂料、润滑油等的添加剂,表面活性剂、抗菌剂和防腐剂,塑料增塑剂、静电消除剂等方面,具有良好的市场开发前景。

中科院兰州化物所控股公司拥有 200 多种离子液体(包括咪唑类、吡啶类、季铵类、季膦类)的规模合成技术,各种功能化离子液体(羧基,羟基,醚基,烯基,磺酸,酯基等)的生产技术,并且有上述各种高纯离子液体现货对外销售。内部配有齐备的科研仪器用于离子液体纯度及性能的表征,可以充分保证产品的质量,并且提供产品的详细物理参数及其相关咨询服务。

### 合作方式

技术转让或双方合作开发均可,以期开发出吨级规模的离子液体生产技术,合作方最好有廉价的纯度在 99%以上烷基咪唑、卤代烷等原料。

## 尿素合成碳酸乙（丙）烯酯及碳酸二烷基酯

### 成果简介

中国科学院兰州化学物理研究所近年开展了尿素路线合成碳酸乙（丙）烯酯及酯交换合成碳酸二烷基酯，研制出具有自主知识产权的高效催化剂体系。

### 应用领域

环状碳酸酯，尤其是碳酸乙（丙）烯酯，是性能优良的极性溶剂和精细化工中间体，性质稳定，可用于聚丙烯腈、聚氯乙烯的良好溶剂，充电锂离子电池电解液，纺织上的抽丝液，直接作为脱除酸性气体的溶剂及混凝土的添加剂，医药上痢特灵的原料，塑料发泡剂及合成润滑油的稳定剂等。该催化剂体系具有反应温和（110–130℃，2–3kPa），不需要任何有机溶剂，催化剂用量低，催化活性高，原料转化率和产物选择性大于 99%，产品收率高于 98%，产品色谱纯度高于 99.5%，催化剂可以重复使用等优点。催化剂成本低。

碳酸二烷基酯，包括 DMC，DEC，EMC 等，是一种无色透明的液体，无毒，环保性能优异。DMC 可代替光气作为羰基化试剂，合成碳酸酯衍生物，代替硫酸二甲酯作甲基化试剂，作为低毒溶剂用于涂料工业和医药行业。DEC 含氧值 40.6%，远高于甲基叔丁基醚（MTBE）18.2%，可用作新一代汽油，柴油的含氧添加剂。EMC 由于其分子结构的不对称性，可提高锂离子电池的能量密度和放电容量。该催化剂体系具有反应温和（20–800℃，常压），催化剂用量低，催化活性高，原料转化率大于 95%和产物选择性大于 99%，催化剂可以重复使用等优点，催化剂成本低。

### 成熟程度

已形成完整的催化剂制备、反应工艺、分离纯化等过程技术。

### 合作方式

技术转让或双方合作开发均可，合作方最好具有化学品生产领域的背景。

## 非光气制异氰酸酯类化学品研究与开发

### 成果简介

本课题将从以下三个方面开展研究工作：1. 制备高活性催化羰化催化剂，实现含氮化合物的催化羰化反应，合成异氰酸酯的前体--相应的氨基甲酸酯；2. 催化剂的合成与反应条件的优化，在形成自主知识产权催化剂体系的基础上，进行制备异氰酸酯的全过程研究；3. 发展 1-2 个可进行工业中试的非光气合成异氰酸酯的催化剂体系与反应过程。

### 研究进展

实现公斤级环氧化催化剂放大制备；完成环氧丁烯下游产品二氢呋喃合成催化剂及工艺小试研究，探索四氢呋喃、环丙基化合物合成催化剂及工艺；建立模试装置反应动力学、吸收分离放大模型。

## 利用废旧聚酯生产聚酯多元醇

### 成果简介

本技术成果是利用工业和生活中废弃的聚酯塑料（如矿泉水瓶、饮料瓶、药瓶、食用油桶等）以及聚酯厂生产中的废料，聚酯制品的边角料等材料，经化学处理制成聚酯多元醇，作为生产聚氨酯发泡材料等高分子合成材料的中间体。

聚氨酯发泡材料是一种新型的具有独特性能和多方面用途的高分子材料，它以异氰酸酯（黑料）和多元醇（白料）（包括聚酯多元醇和聚醚多元醇）为基本原料加聚发泡而成，用它可以制得聚氨酯泡沫塑料（硬泡或软泡）。近年来研究应用表明，在聚醚型聚氨酯硬泡材料中，加入一定比例的聚酯多元醇，可较大幅度提高发泡材料的强度，从而可显著降低硬泡材料的生产成本；聚酯与聚醚相比，在同等条件下，可少用原料 20-30%，并且各项性能指标明显优于聚醚硬泡。又由于聚酯型发泡材料导热系数小，保温隔热性能优异，耐温优于聚醚多元醇发泡材料。本技术生产的聚酯多元醇，既可替代聚醚，又可同聚醚按不同比例（20~50%）混合使用。因此，本产品所发硬泡材料在热力管道（采暖、电厂、油田等）、冰箱、冷库、防盗门、太阳能热水器及建筑屋顶、墙体等的保温隔热方面，可特别得到广泛应用。

本技术经实验室研究并完成 100 立升反应釜中间放大试验，吨级试生产，均获成功。总计投资约 100 万元。根据目前市场化学原料价格，年利润可在 100 万元左右。

### 合作形式

本技术采用技术转让



## 精细化工产品或精细化工中间体生产技术

### 成果简介

本课题组长期主要从事精细化工产品的研发工作，其中表面活性剂（脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠）项目采用新型磺化剂技术，磺化反应和中和反应一步完成，缩短了传统的工艺路线，使产品性能指标稳定，反应温和，投资少。磺化剂以乙酸酐、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 等为原料，反应温度低，操作简单，生成的产品稳定性好  $\text{Sb}^{3+}$ %高。萃取剂 P204、P507 通过酯化、水洗、真空提纯等反应，产品收率达到 92%以上。

### 预期目标

寻找合适的合作伙伴，使上述技术尽快转化为生产力。

### 合作方式

技术合作

## 凹凸棒石黏土脱色剂

### 成果简介

棕榈油是全球第二大食用植物油，在烹饪、食品制造业等领域发挥着极为重要的作用。但棕榈毛油中含有许多胶质物杂质及色素和有臭物质，这些物质中有的危害人们的身体健康，有的严重影响棕榈油质量，在食用前必须进行精炼处理。

棕榈油的典型精炼工艺是物理精炼，主要工艺流程为：毛油—脱胶—中和—脱色—脱臭—分提。其中，脱色是最为重要的精炼工序，也是决定棕榈油精炼成本和产品品质的关键因素。目前，吸附脱色法是棕榈油脱色最有效的方法，常用的吸附剂是酸活化蒙脱石（俗称活性白土）或活性炭。然而，活性白土在脱色过程中易发生副反应，且吸油率较高，而活性炭由于价格昂贵，限制了其在棕榈油脱色过程中的广泛应用。

凹凸棒石黏土是一种具有独特纳米棒状结构的层链状含水富镁、铝硅酸盐黏土矿物，具有较大的比表面积和类似分子筛的微孔结构，具备非常好的色素吸附能力和吸附选择性，是一种性能优异的天然纳米矿物吸附材料。通过湿法工艺形成的脱色剂具有如下优点：

1. 制备工艺简单，产品安全、高效、无毒，过滤速度快，带油率低；
2. 在脱色的同时，可以进一步螯合油脂内金属离子，减少金属离子对油脂氧化作用的催化活性，起到抗氧化作用，降低过氧化值，延长保质期。

凹凸棒石棕榈油脱色剂以凹凸棒石黏土为主要原料，采用稀酸处理—表面改性的方法，使产品结构及表面电荷产生变化，形成吸附极性和吸附中心，加强与色素分子的结合能力，实现高效吸附脱色的目的。产品性能到达德国南方公司性能指标，对棕榈油的脱色率大于 95%，脱胶率大于 98%。凹凸棒石棕榈油脱色剂生产成本 1200 元/吨，售价 2000-2500 元/吨。全球主要棕榈油生产国是东南亚国家，棕榈油精炼工业对脱色土需求量大，年进口量达到近 360 万吨，该技术具有广阔的市场前景。

## 凹凸棒石类玛雅蓝颜料

### 成果简介

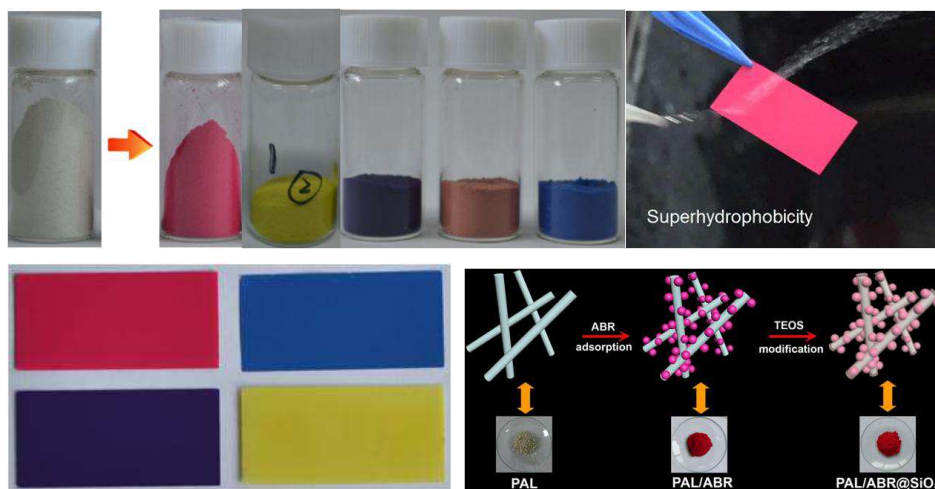
颜料广泛应用于涂料、油画、陶瓷等领域。随着社会进步及现代精细化工的快速发展，颜料市场取得快速发展。无机颜料稳定性好，但存在色谱不全、着色力低、鲜艳度差和部分毒性大等问题；有机颜料颜色鲜艳、着色力强，但稳定性差、不耐高温、抗紫外线性差、易褪色。开发具有优异稳定性（如耐酸碱和有机溶剂、抗紫外辐射和防生物降解）的颜料至关重要。

研究表明，有机染料与无机矿物杂化可提高颜料的稳定性，极具代表性的是玛雅蓝。古代玛雅人将其广泛应用于壁画、陶器和雕刻中。玛雅蓝在酸、碱、有机试剂以及生物降解中表现出非常优异的稳定性，且长年累月的气候变化和也无法使它褪色。然而，玛雅蓝的制备工艺已无史料记载，因此研制新型稳定类玛雅蓝颜料，对推动新型颜料工业的发展，提升油画、陶瓷等工艺品的品质，具有重要经济、社会意义。

将凹凸棒石与有机染料通过湿法杂化工艺可得到色彩丰富的稳定类玛雅蓝颜料。该产品具有工艺简单和市场前景广阔等特点。目前已经完成多个色系产品 50L 中试，生产工艺和产品性能稳定，具有很好工业化生产前景。

凹凸棒石吸附有机染料后进行研磨处理，经加热杂化后进行包覆处理，即可得到性能优异的类玛雅蓝颜料。通过简洁的生产工艺即可实现类玛雅蓝颜料的高效生产，且无污染、能耗低。新型类玛雅蓝颜料可显著减小颜料中有机染料比例，减小环境负担，并降低成本。①稳定性：2M 盐酸、2M 氢氧化钠及有机溶剂中浸泡 72h，色泽无变化；②10mW/cm<sup>2</sup> 紫外线连续辐照 72 小时，色泽无变化。产品预计售价 8000-10000 元/吨，利润 4000-6000 元/吨，极具市场竞争力。

按年产 10000 吨规模计，总投资约 1800 万元。



各种色泽的类玛雅蓝颜料及其自清洁性能

## 黏土矿物/钴蓝纳米杂化颜料

### 成果简介

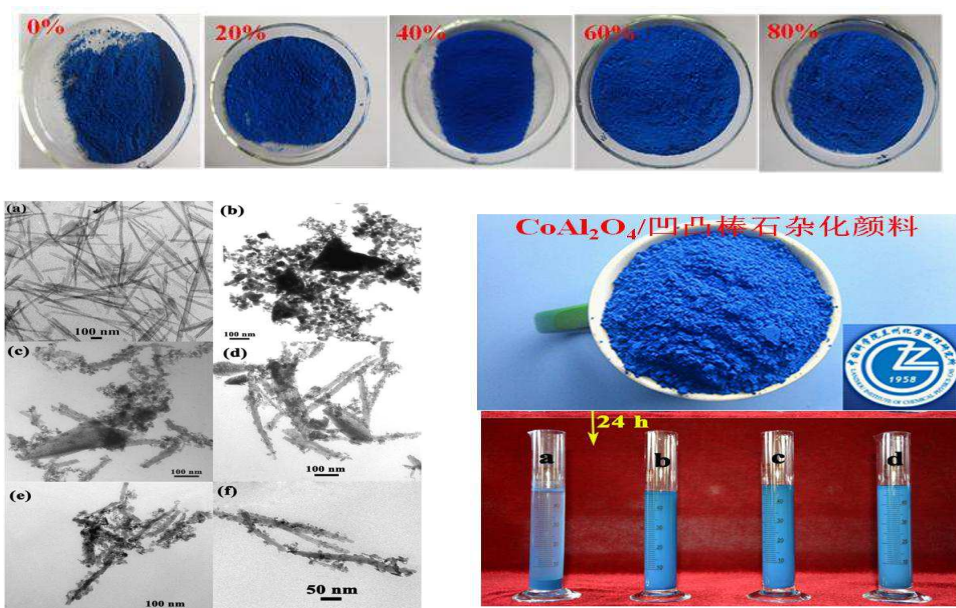
随着无机颜料需求日益增长，我国已经成为世界上无机颜料生产的重要基地，但是我国的无机颜料生产表现为生产技术水平低、产品以低档产品为主，致使我国颜料产品在全球市场上竞争力不强，市场份额低、附加值也不高。因此，提高颜料制造工艺，制备具有高的着色性能、低吸油量、超微细、无毒又容易分散的环保型无机颜料已势在必行。

钴蓝是很古老的色料，古代的希腊人和罗马人最早将氧化钴用于玻璃的着色，呈天蓝色调；我们的祖先最早用天然的钴土矿作为釉中的色素和陶瓷坯，呈不同色调的蓝色和蓝绿色。钴蓝是一种高性能的环保无毒无机颜料，可用于玻璃、陶瓷、搪瓷、军事防伪涂料、耐高温涂料和耐高温的工程塑料的着色。但是，由于钴矿在自然界中分布很少，制备钴化合物价格昂贵，长期以来钴蓝颜料仅限于用作绘画颜料。随着超耐久性涂料、中性墨水和 CRT 荧光粉涂敷颜料制品的发展，市场对钴蓝类颜料的需求日益增长。

本产品利用凹凸棒石优异的表面活性和纳米载体功能，在其表面负载钴蓝纳米粒子，得到具有优良色泽、遮盖力、着色力和酸、碱、热、光稳定性的杂化颜料。凹凸棒石杂化颜料色泽可与市售钴蓝产品媲美，而悬浮性能和稳定性明显优于市场同类产品，但制备成本却能降低 40%，为开拓低品位凹凸棒石在油漆、涂料领域的应用开辟了新途径。目前已经完成中试试验。

### 工艺流程

以凹凸棒石为载体，通过溶胶-凝胶法制备钴铝水合物/凹凸棒石杂化前驱体，在不同温度下煅烧制得纯度高，色度鲜亮的  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ /凹凸棒石杂化颜料。



钴蓝纳米杂化颜料及其性能

## 稳定超疏水织物拨水剂

### 成果简介

荷叶在中国自古就有“出淤泥而不染”的美誉。一千年后的今天，人们已经研究发现独特的表面粗糙结构和低表面能物质的结合是这种特性体现的关键，这也促进了“仿生超疏水性表面”的发展。仿生超疏水性表面由于其优异的性能（超疏水性、自清洁性），得到了极大地关注，有望应用于纺织品、生物医药器械、表面工程等领域。

现有超疏水材料在制备方法上过于依赖精密的实验设备和复杂的化学物质，不能够规模化生产。由于在粗糙表面修饰的低表面自由能物质一般为含氟或硅烷的化合物，其价格昂贵且有些特殊的制备方法涉及到昂贵的设备 CVD、激光刻蚀等。同时较长的制备周期也是当前面临的一个难题，如有些刻蚀方法需在腐蚀液中浸泡数天才能获得性能优良的粗糙表面，难以有效的制备大面积超疏水表面。工艺简便、经济、环境友好的制备方法有待开发。其次，超疏水表面的持久性不足，使得这种表面在许多场合的应用受到限制，包括表面修饰的低自由能薄膜的强度、耐候性差，使其在一些场合长期使用可能被破坏污染，最终疏水性变差；同时表面的微结构因机械强度差而易被外力破坏，导致超疏水性的丧失。总之，利用简单有效的方法构造和调控表面的微观结构，从而获得性能持久、优异的超疏水性表面，并有效应用于实际生产和日常生活的各个方面是这一领域研究的最终目的。

随着社会的发展、人类的进步，多功能性纺织品的市场需求越来越大，防水、拒水等功能性织物越来越受到消费者青睐，尤其是高档服装、运动装、风衣、雨衣以及医护人员等专用防护服装。近年来，功能性纺织品的开发和生产技术如防水、拒水纺织品加工新技术进展较快，新的生产工艺不断涌现。但也存在上述的缺陷。

本成果是通过浸涂法在织物纤维表面生成一层纳米涂层，具有操作简单、成本低和性能优异等特点，极易进行工业化推广应用。工艺简单是指：可将产品配成水溶液，直接浸涂到棉、涤纶和羊毛等多种常见织物上，工艺周期短。性能优异是指：该超疏水涂层接触角可达 $160^\circ$ ，滚动角低于 $10^\circ$ ，只有100纳米厚度，镀层无色透明，不影响基体材料本身机械性能、手感、色泽，不受基体材料外观尺寸限制。成本低是指：本工艺只需廉价的化学试剂，通过巧妙的方法实现超疏

水纳米层的构建，无需特殊生产设备，且无需对材料进行后处理。实际上，该技术可用于在各种材料表面构建超疏水涂层，有望广泛应用于生物医药器械、纺织品等领域。



polyester

cotton

wool

PU

### 技术指标

1. 优异超疏水性：水滴接触角可达  $160^\circ$ ，滚动角低于  $10^\circ$ ；
2. 优异稳定性：5kPa 载荷下往复摩擦运动 100m，水洗 30 次、有机溶剂浸泡 14 天、干洗 20 次后接触角及滚动角无明显变化；
3. 成本小于 100 元/kg。

### 技术转让或合作生产

按年产 10000 吨规模计，总投资约 1500 万元。

## FSB 型防水、防冻冰涂料

### 成果简介

本涂料经喷涂或刷涂，在常温下固化，形成致密的防护涂层。该涂层无毒、无味，具有极低的表面能，不挂水，不挂冰，具有在干湿交替，冷热交替条件下良好的防护性能和耐低温性能。能有效用于建筑物防水、防渗，室外钢铁结构的防锈蚀和防挂冰，电厂凉水塔的内墙防水，抗渗的及大型露天水泥池的防水，抗漏，有效保护结构物，且经久耐用，可与结构物同寿命，是理想的防水、防冻冰涂料。

FSB 型防水、防冻冰涂层的技术指标

项目 技术指标 技术标准

附着力 1 级 GB1720-79

柔韧性 1mm GB1731-79

耐冲击性 59kg/cm GB1732-79

耐低温-40℃性能稳定

防水性 1/4 与水接触角

耐盐雾性 140 小时（涂层无变化）5%NaCl

### 应用范围

1. 火力发电厂凉水塔内墙、裙底座、水池、水渠、水管；
2. 建筑物卫生间、地下室、水房；
3. 室外容易结冰的工程结构物；

### 市场前景及经济效益分析

一个 20 万 kW 发电机组的凉水塔，内墙需防水涂料 10 吨，据统计，黄河以北的火力发电机组约 7000 万 kW，凉水塔近 400 个，还有一批新建火力发电厂，都是本产品的市场。



## 太阳能吸光颜料和光热转换涂层的制备研究

### 成果简介

太阳能选择性吸附涂层是太阳能热利用中的关键技术,对提高集热器效率至关重要。尖晶石型过渡金属氧化物(尖晶石型颜料)是一类重要的太阳能选择性吸热材料,具有适当的能隙  $E_g$ 、能吸收能量较高的可见光和近红外范围的辐射,同时能透过能量较低的红外辐射。

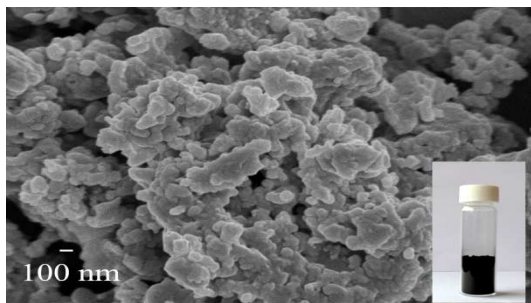
中国科学院兰州化学物理研究所环境材料与生态化学研发中心研究人员通过溶胶—凝胶自蔓延燃烧法制得尖晶石型过渡金属氧化物,将燃烧后的粉末在一定温度下煅烧得到黑色尖晶石型颜料,以此颜料为吸光剂采用简单涂覆法制备了具有较高选择性吸热能力的太阳能选择性吸热涂层。该项技术于近日获得国家发明专利授权(以尖晶石型颜料为吸光剂制备太阳能选择性吸热涂料的方法,专利号: ZL201110260189.4)。

实验表明,该涂层具有较高的太阳能吸收率(0.95 左右)和较低的发射率(0.10 左右),可有效提高太阳能集热器的光热转换效率,而且该涂层具有良好的机械性能和较强的耐候性,使用寿命在 25 年以上。

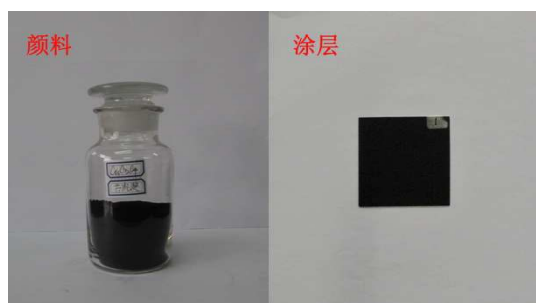
该方法原料廉价易得、工艺简单可控、成本低廉,便于工业化生产。

### 推广及合作方式

#### 合作开发



纳米级吸光颜料的扫描电镜照片



吸光颜料和光热转换涂层



自主研发的平板集热器



集热效果对比

## 高效水泥助磨剂

### 项目简介

水泥制造是国民经济的支柱产业，同时也是高能耗产业。国际上生产吨水泥综合电耗约为 65kWh 左右，而国内一些企业吨水泥电耗为 120kWh 以上。有资料预测，水泥行业通过技术进步至少可以实现节电 30% 左右。而在生产水泥的工序中，粉磨工序的能耗最高，占水泥生产总电耗的 60% - 70%。为降低能耗、节能减排，国际上通常采用添加助磨剂来实现提高粉磨效率，同时可提高水泥细度和比表面积，进而提高水泥的强度和质量。



### 技术指示、优势和成熟度

我所研发了一种新型水泥助磨剂，先后进行了小试研究及放大试验，现已经建成了一套中试生产线。研发的水泥助磨剂在甘肃龙泉水泥厂、寿鹿山水泥厂、交通水泥厂、甘草水泥厂、兴泉水泥厂等企业开展了工业应用，明显提高了产品细度，平均粒度从 4 微米降低为 2 微米，助磨效果明显，平均节能达 20%。

该系列高效水泥助磨剂形状为液体，比重 1.1-1.15g/cm<sup>3</sup>，pH 值为 8-11，能明显改善水泥质量，提高水泥强度，无毒、无刺激、无腐蚀，对水泥的各种性能无不良影响。科研人员还可依据不同厂家的生产工艺、原料组成等实际情况进行优化，使磨机效率和产品质量达到最佳。

## 抗泥抗盐碱聚羧酸复合减水剂

### 成果简介

聚羧酸系减水剂是一种高分子聚合物，在混凝土中主要起分散作用，属于混凝土第五组分，在众多系列的减水剂中，聚羧酸系减水剂因科技含量高、综合性能优良等特点成为了目前应用前景最好的一类减水剂。聚羧酸减水剂具有掺量低，减水率高，混凝土坍落度损失小且不引起明显缓凝，水泥适应性好，有害成分含量低，适宜配制高性能混凝土等优点。

中科院兰州化学物理研究所科研人员通过系统研究，改进了现有工艺，在反应中加入自主研发的催化剂可使反应在室温条件下完成，并且合成时间比目前商用工艺缩短 60%以上；通过在聚羧酸分子主链上嫁接能产生抗泥性、抗盐碱性的活性集团，成功合成出的多支链功能化聚羧酸系减水剂母液具有抗泥性和抗盐碱性，与地材适应性强等优点。母液通过复配技术进行复配后开发出了缓凝型、早强型、高保坍型、抗冻型等专用减水剂。开发成功的室温快速合成法无需加热设备，可大大降低设备投入和生产成本。

该技术研究已经完成了中试，开发出的成品在西北地区多个搅拌站进行了试用试验，均取得了较好的效果和得到了商砼的一致好评。目前已经完成了万吨级生产线的设计和正在进行技术推广，也和几家商砼正在进行洽谈建立万吨级工业生产线事宜。

开发成功的减水剂性能测试如下表：

检验项目		国标	检验结果
减水率，%		≥20	30
常压泌水率比，%		≤20	0
压力泌水率比，%		≤90	45
抗压强度比，%	≥130	172	172
	≥125	166	166
	≥120	153	153
对钢筋蚀作用		无锈蚀	无锈蚀
收缩率比，%		≤135	97
相对耐久性指标，% （200 次）		≥80	85

投资预算及效益：年产万吨聚羧酸母液可建立两条聚羧酸母液生产线和一条复配生产线。一条聚羧酸生产线设备投资为 31 万元，复配生产线设备投资为 8

万元；三条生产线总投资为  $31 \times 2 + 8 = 70$  万元。生产和复配设备采用模块化设计，在实际生产中可根据生产需要和工艺的改变进行调整，整套设备实现了半自动化控制，三条线同时投入生产仅需要 4—6 人。

聚羧酸母液生产原料按照 2015 年 4 月中旬市场报价计算，每吨生产成本为 4700 元（价格主要决定以大单体和甲基丙烯酸价格），市场售价为 7800—8000 元/吨。聚羧酸母液进行复配后成品生产成本约为 1100—1200 元/吨，商砼使用价格为 1900—2200 元/吨。

按年产 1 万吨聚羧酸母液计算，成品产量约 4.5—5.5 万吨。成品销售利润约为  $1900 - 1200 = 700$  元/吨，年销售 5 万吨成品利润为 3500 万元。

### 推广及合作方式

提供母液      提供复配液成品      技术转让

## 脱硝催化剂用纳米钛白粉产业化

### 成果简介

在《国家环境保护“十二五”科技发展规划》中，烟气脱硝被列入新型工业化过程中所支持的关键研发技术，催化剂是火电厂烟气脱硝工艺的核心，目前商业催化剂已实现国产化，但核心技术仍被国外几家大公司掌握，严重制约烟气脱硝技术在我国的推广。SCR 脱硝催化剂主要由  $\text{TiO}_2$  载体、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$  及粘结剂组成。其中  $\text{TiO}_2$  载体占整个催化剂比重的 90% 以上，占总成本的 50% 左右，但通常所制备的  $\text{TiO}_2$  载体由于其比表面积小、金红石含量高、催化活性低等一系列问题，很难应用到 SCR 脱硝催化剂中。而电力行业又是我国的燃煤大户， $\text{NO}_x$  排放主要来源于火力发电厂，因此，开发适用于火力发电厂的 SCR 脱硝催化剂及载体纳米钛白粉的制备技术非常必要和关键。

中科院兰州化物所以工业级偏钛酸为原料，采用“高分散均相沉淀法”制备 SCR 脱硝催化剂载体纳米钛白粉。经过条件优化后，该钛白粉初级粒子为 10-20nm，比表面积为  $90-110\text{m}^2/\text{g}$ ，具有良好分散性。负载活性组分钒和钨后，在 200-420℃ 氮氧化物转化率高于 90%，完全满足脱硝催化剂使用性能，具备了产业化条件。同日本石原钛白粉比较，我所开发的钛白粉比表面积更大，温度窗口更宽。除了钛白粉外，我所还可以提供钛钨粉、钛钨硅粉生产技术。

### 应用范围

电厂脱硝及柴油车脱硝用催化剂。

### 市场前景及经济效益分析

目前市场价为 2.2-2.5 万元每吨，按每年 1 万吨计算，年产值为 2.2-2.5 亿，利润超过 6000 万。

### 推广及合作方式

大致的投资额度：

采取技术转让或联合开发均可，按 1 万吨/年计算，投资约 1500 万-2000 万（不含土地、厂房）。

## 钨铝合金新材料及其应用

### 简要综述

本项目研发的钨铝合金 ( $W_{1-x}Al_x$ ,  $x=0.01-0.86$ ) 具有以下特点 1. 组成范围宽。Al 在 W 中的最大固溶度可达 86at. %, ( $W_{0.99}Al_{0.01}-W_{0.14}Al_{0.86}$ ), 密度在 19.2-5.13g/cm<sup>3</sup> 之间变化。2. 结构稳定。钨铝合金为体心立方结构, 与金属钨的结构相同。3. 抗氧化性明显提高。W-Al 合金的抗氧化性较纯 W 有明显提高, Al50W50 合金的抗氧化温度较纯 W 约提高 150℃。可以代替钨在许多领域得到应用。

### 应用领域 1

钨铝-铜合金代替钨-铜合金在军用耐高温材料, 高压开关用电工合金 (电触头及开关), 电加工电机, 微电子材料等方面。(中国专利: 一种钨铝-铜合金烧结体及制法 公开号: CN101376939)

### 钨铝-铜材料性能

电导率 21.3-29.3 MS/m<sup>-1</sup>, 显微硬度 3.50-4.73GPa, 弯曲强度 760-1200MPa, 全面优于钨铜合金, 且成本降低很多 (钨: 40 万/吨, 铝: 3-万\吨)。其中铜含量从 5wt%-80wt%, 钨铝合金中铝含量 10at%-86at%。

### 应用领域 2

钨铝-镍合金代替钨镍合金在高温合金等方面应用 (中国专利: 一种钨铝-镍合金烧结体及制法 公开号: CN101376935)

### 钨铝-镍材料性能

显微硬度 5.13-8.03GPa, 弯曲强度 1450-1920MPa, 全面优于钨-镍合金, 且成本降低很多 (钨: 40 万/吨, 铝: 3 万/吨)。其中镍含量从 5wt%-80wt%, 钨铝合金中铝含量 10at%-86at%。

### 创新内容

30 年前, 理论上就曾预言金属铝 (低密度、低熔点、高延展性) 与金属钨 (高密度、高熔点、高硬度) 形成合金是理想的高性能结构材料。然而普通熔炼无法合成。有报道: 美国和日本联合利用太空实验室微重力条件 (航天器中) 进行双区熔炼方法, 只得到了一些多孔的合金, 但制造成本惊人。我们通过发展现代非平衡态合成技术攻克了该合金体系的合成难题, 在室温下获得了该合金粉末的制备技术。

### 技术成熟度

完全成熟，可大规模生产

### 市场前景及经济效益分析

钨基合金在高温合金，高压开关用电工合金（电触头及开关）方面仍然是最主要的，应用量最大的材料，市场宽广，本产品可替代钨在该领域应用，作为新一代钨基合金，推广应用市场前景广阔。

### 合作方式

合作开发、技术转让。

## 机械法制备超细白炭黑

### 项目背景

白炭黑即水合二氧化硅，是微细粉末状或超细粒子状的二氧化硅。白炭黑广泛应用于橡胶、硅橡胶、电缆料与不饱和聚酯树脂、胶粘剂、油漆涂料、油墨和复印机墨粉、食品、饲料皮革、化妆品等，起到补强、增稠、防沉、抗结块、控制体系流变和触变等作用。

白炭黑经典的制造方法主要分两类，即气相法和沉淀法。沉淀法白炭黑的生产成本低、设备投资少，普通沉淀白炭黑的售价为 4000—6000 元/吨，经颗粒细化处理的沉淀白炭黑的售价为 8000—19000 元/吨。气相白炭黑的生产成本低、设备投资大，其产品售价为 26000—60000 元/吨。采用有效的加工方法，改变沉淀白炭黑的团聚状态、大幅度减少堆积密度和颗粒度、提高比表面，提升产品的补强、防沉、增稠、控制体系流变和触变等性能，以超过目前颗粒细化沉淀白炭黑、接近或达到气相白炭黑的性能水平，具有实际意义和经济价值。

### 项目概况

本项目采用现代非平衡态机械制粉技术，以沉淀法白炭黑为原料，获得超细白炭黑粉体。产品的堆积密度仅为原料的  $1/5-1/2$ （依原料的初始粒度和比表面），达到或接近气相白炭黑水平。粉体平均粒度显著减少，粒度分布均匀性显著提高，比表面显著增加。产品的平均粒度小于 2 微米，小于目前市售超细白炭黑的平均粒度 5 微米。比表面增加 26% 左右。初步的应用评价表明，在丁苯橡胶中的补强效果与气相产品接近，在粘接剂和涂料中优于目前沉淀白炭黑，可以替代气相白炭黑使用。

本项目沉淀白炭黑处理前后主要指标对比如下：



### 堆积密度

通过针对性的研究获得的超细白炭黑制备技术可以实现普通沉淀法的高效破团聚，产物的堆积密度为原料的  $1/3-1/5$ 。

图 1 是处理前后同质量粉体的照片。左侧是处理前的粉体(普通沉淀法产品，市场售价 6000/吨)，可以直观地观察到处理后堆积密度的减小。

图 2 是超细白炭黑产品(沉淀法产物经气流粉碎后的白炭黑产品，市场售价 16500/吨)，处理前后同质量粉体的照片。处理后体积增加一倍左右，其堆积密度比气相白炭黑产品还小。



图 1

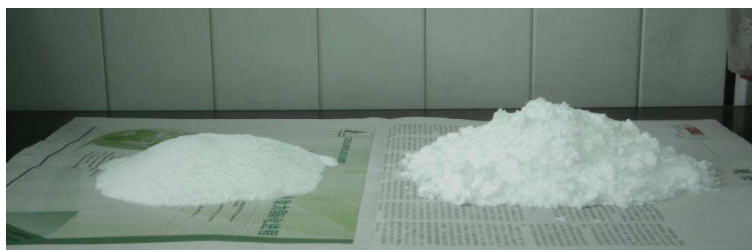


图 2

### 微观粒度

扫描电子显微镜下可观察到处理前后粉体粒径的变化，图 3 是普通沉淀法白炭黑产品处理前的照片(标尺为 200 微米)，图 4 是相应的产品处理后的照片(标尺为 100 微米)。

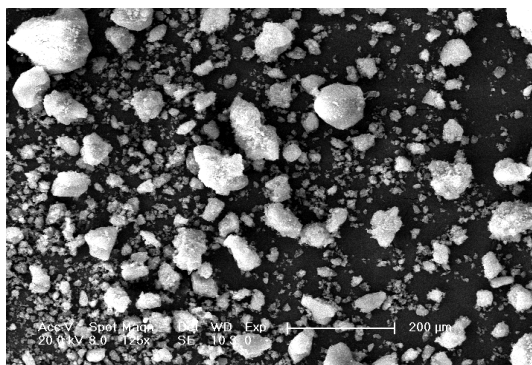


图 3

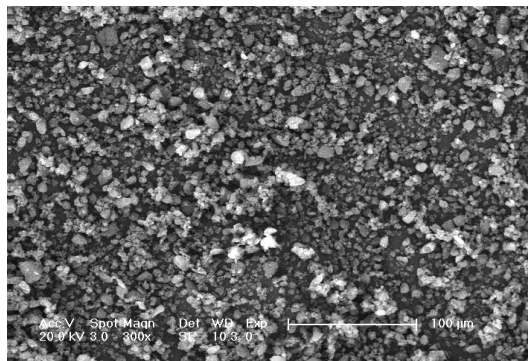


图 4

### 比表面

比表面是白炭黑的重要指标之一，它反映了颗粒表面相占体相的比例，一般说来，颗粒越细比表面越大。氮气吸附法 BET 比表面测得的结果表明普通白炭黑样品经处理后比表面由  $191.8729\text{m}^2/\text{g}$  增加到  $243.5245\text{m}^2/\text{g}$ ，结果表明通过处理产物比表面的显著增加。

现有结果表明，本项目中建立的超细白炭黑加工方法是将沉淀白炭黑深加工的有效新技术，目前尚无类似的技术报道。该技术解决了超细粉体的加工难题，将提供给体系的能量用于颗粒的破碎而非颗粒之间的键合与团聚，在传统球磨介质加工体系中超细粉体间的聚合与团聚在粉体较细时成为主要过程。

#### 本技术的特点可概括为：

1. 可以实现超细粉体高效、低成本加工。
2. 加工过程在封闭的设备中进行，无超细粉体外逸，既有利于工作环境又可保证产品无损失，产品理论收率 100%。
3. 产品无需分级处理，处理后样品不仅具有超细粒度，而且粒度分布更集中。
4. 设备成本低、过程易控制、扩大产能快。
5. 主要消耗为提供电机的电能，无三废排放。

目前项目已经完成中试研究，拥有成熟的工艺。基于现有基础，在设备到位后，工艺微调预期可以在 3 个月内完成，即可进行生产。

#### 产量及经济分析

设备 10 台，每年按 300 天计，年产量为 1000 吨。

依照现有工艺放大，单台生产设备工作功率 10 千瓦，产量 333 公斤/天，电费按 1 元/度计算，吨产品耗电 720 元。人工、管理、折旧等未计入。

原料 JB258 普通白炭黑售价(税后)6000 元/吨，经气流粉碎细粒度产品 JB278 售价 16500 元/吨。经本项目工艺处理的 JB258 的粒度、比表面、堆积密度均优于 JB278，按照 JB278 的相同售价，吨产品毛利为 8000 元左右，利润空间较大。

#### 合作方式

合作开发、技术转让。

#### 基本条件

生产车间 600-800 平方米。用电容量 300 千瓦（设备电机总功率 30Kw，正常工作功率 10Kw）。

#### 投资概算

不包括厂房等基础设施，生产设备总投资 210 万元（以年产 1000 吨算，10 台设备，21 万/台）。分析实验室及冷却水池等建设 50 万元。

## 碳化钨铝硬质合金新材料

### 项目简介

碳化钨(WC)材料以其优异的高硬度、高耐磨、高化学稳定性、耐高温等综合性能成为目前应用领域最广、应用量最大的机械加工工具材料,被广泛地应用于车、刨、铣、铰、镗、钻、磨削工具和各种模具,被誉为“工业牙齿”,超过一半的钨产量制造成碳化钨(WC)在切削工具、钻头,模具等广泛应用。此外,它在航空航天和军工领域中也具有重要应用,例如 WC 可用于飞行器的发动机及机身组成元件的涂层材料、喷嘴材料和子母弹体材料等等<sup>[1]</sup>。另一方面,碳化钨也存在着密度大,脆性大的缺点,且钨元素是地球储量极少的稀有元素,价格高。因此在保持 WC 高硬度特性的前提下,提高其韧性,降低其成本及降低密度以提高比刚度、比强度是多年来的追求目标。通过在钨的格位部分固溶其它金属元素来提高碳化钨性能的研究已取得了一些颇有成效的结果,但是目前仅限于钼、钛、钽等高熔点高密度的贵金属元素。制备轻质、廉价,同时又具有高硬度、高强度、良好高温稳定性的新材料不仅具有十分重要的科学价值,而且具有十分重要的应用价值。

本项目是利用自主研发的碳化钨铝新材料代替碳化钨在硬质合金领域应用(在国际上首次报道了碳化钨掺铝的工作),与碳化钨相比,碳化钨铝具有密度小,成本低,抗氧化性能强,且硬度、强度等力学性能与碳化钨相比几乎一致,因此在防护材料、密封材料,耐磨涂层等领域具有十分重要的应用价值,该材料中铝元素的量在 0-86at.%之间可控,密度在 5-15g/cm<sup>3</sup>之间可控。(该方面的工作申请专利 5 项。一种碳化钨铝硬质合金烧结体 公开号: CN1876876; 行貌可控碳化钨铝硬质合金烧结体 公开号: CN101376940; 一种三层夹心式碳化钨铝硬质合金烧结体及制备方法 公开号: CN101440452; 一种具有纤维颗粒的碳化钨铝硬质合金烧结体 公开号: CN101158004; 一种碳化钨铝硬质合金烧结体 公开号: CN1876876)

此外,我们还开发了碳化钨铝-碳化钛-碳化铬新型硬质材料,该复合硬质材料的宏观硬度在 22GPa 左右(HV10),左右微观硬度在 30GPa 左右(HV0.2),已接近超硬材料。

### 碳化钨铝-钴硬质合金性能如下:

$(W_{1-x}Al_x)C_y-Co$  ( $x=0-0.86$ ,  $y=0.5-1$ ) 宏观硬度 HV10 (12GPa-16GPa), 微观硬

度 HV0.2 (15GPa-20GPa); 弯曲强度 1200-1500MPa, 与碳化钨相差不大, 但成本降低很多 (钨: 40 万/吨, 铝: 3-万\吨)。

(W<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)C<sub>y</sub>-TiC-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> 复合材料的性能如下:

宏观硬度 HV10 (21GPa-23GPa), 微观硬度 HV0.2 (30GPa); 断裂韧性 (6MPa m<sup>1/2</sup>)。

(W<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)C<sub>y</sub>-TiC-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-Co 复合材料的性能如下:

宏观硬度 HV10 (19GPa-20GPa); 断裂韧性 (8.5-9 MPa m<sup>1/2</sup>),

### 应用领域

切削工具、钻头材料、耐磨涂层、防护材料。

### 技术成熟度

完全成熟, 可大规模生产

### 市场前景及经济效益分析

碳化钨是钨材料最主要的应用方向, 每年全球仅刀具的产值就在 50 亿美元以上, 总产值超过 500 亿美元, 应用量大, 市场成熟, 我们国家目前在大力发展先进制造业, 而碳化钨产品作为加工工具是制造业必不可少的材料, 本产品可替代碳化钨在刀具、钻头、模具等领域应用, 作为新一代硬质合金材料, 推广应用市场前景广阔。

### 合作方式

合作开发 技术转让

## 新型碳化钨铝自润滑硬质合金

### 项目简介及技术指标

碳化钨(WC)材料以其优异的高硬度、高耐磨、高化学稳定性、耐高温等综合性能成为目前应用领域最广、应用量最大的机械加工工具材料,被广泛地应用于车、刨、铣、铰、镗、钻、磨削工具和各种模具,被誉为“工业牙齿”,超过一半的钨产量制造成碳化钨(WC)在切削工具、钻头,模具等广泛应用。在切削工具和钻头在实际的工作过程中,刀具或钻头由于与加工对象的快速摩擦,从而导致加工温度急剧升高,(最高温度可达到 1000℃ 以上),从而导致刀具和钻头的破损和失效,因此在加工过程中,一般需要切削冷却液的辅助。

然而使用切削冷却液面临如下问题:(1)冷却液对环境的污染,以及对工作人员健康的损害(2)对废液处理的费用太大(3)冷却液的价格呈连年上升的趋势,已经占据加工成本的很大一部分(4)一些特殊工况必须干切削,不能使用冷却液。

经研究发现,导致加工过程中温度急剧上升的最主要原因是刀具和钻头与加工对象的摩擦系数太大(碳化钨硬质合金的摩擦系数在 0.5 以上),因此,在不改变加工速度的情况下,如果能降低摩擦系数,必然会降低加工温度,从而达到少用甚至不用冷却液的目的。

兰州所以碳化钨铝为基础通过添加氟化物,制备了具有较低摩擦系数的碳化钨铝-钴-氟化物自润滑硬质材料。该材料的摩擦系数在 0.2-0.35 之间,远小于碳化钨材料,(碳化钨-钴-氟化物材料摩擦系数  $> 0.5$ )。磨损率在  $10^{-6}$  数量级。而微观硬度在 15GPa 以上。而目前该材料的高温摩擦学研究证明,在高温使役条件下,材料原位生成氧化铝颗粒,阻止了碳化钨受到进一步的氧化腐蚀,而且生成的氧化铝硬质相在高温下仍能保持材料一定的硬度和强度。

### 应用领域

切削工具(香烟、造纸业等用的刀具)、钻头材料、耐磨涂层、防护材料。

### 技术成熟度

完全成熟,可大规模生产

### 市场前景及经济效益分析

碳化钨是钨材料最主要的应用方向,每年全球仅刀具的产值就在 50 亿美元以上,总产值超过 500 亿美元,应用量大,市场成熟,我们国家目前在大力发展先进制造业,而碳化钨产品作为加工工具是制造业必不可少的材料,本产品可替代碳化钨在刀具、钻头、模具等领域应用,作为新一代硬质合金材料,推广应用市场前景广阔。

### 合作方式

合作开发 技术转让

## 高性能硼化物复合陶瓷的制备及应用

### 项目简介及技术指标

硼化物陶瓷以其高硬度、高熔点、优异的抗氧化型和耐酸碱腐蚀性，以及好的高温稳定性，在很多工业领域有着十分重要且不可替代的作用，而其中二硼化钛陶瓷基复合材料是应用最广泛的硼化物陶瓷。如二硼化钛陶瓷 ( $\text{TiB}_2$ ) 是真空镀膜导电蒸发舟的主要原料之一；由于  $\text{TiB}_2$  与金属铝液良好的润湿性，用  $\text{TiB}_2$  作为铝电解槽阴极涂层材料，可以使铝电解槽的耗电量降低，电解槽寿命延长。 $\text{TiB}_2$  制作成 PTC 发热陶瓷材料和柔性 PTC 材料，具有安全、省电、可靠、易加工成型等特点，是各类电热材料的一种更新换代的高科技产品。 $\text{TiB}_2$  还被广泛的应用与制备陶瓷切削刀具及模具，可制造精加工刀具、拉丝模、挤压模、喷砂嘴、密封元件等。而  $\text{TiB}_2$  与  $\text{TiC}$ ， $\text{TiN}$ ， $\text{SiC}$  等材料组成复合材料，被用来制作各种耐高温部件及功能部件，如高温坩埚、引擎部件等，同时也是制作装甲防护材料的最好材料之一。

兰州所课题组发展了制备硼化物复合陶瓷的新工艺和新配方。制备了系列二硼化钛-碳化钛 ( $\text{TiB}_2\text{-TiC}$ ) 复合材料，该材料的性能如下（宏观硬度  $\text{HV}_{10}=18\text{GPa-}20\text{GPa}$ ，断裂韧性  $\text{KIC}=5.2\text{-}6.8\text{MPaM}^{1/2}$ ）。在同类产品中，是国际上报道的性能最优异的。

我们自主研发的硼化钛-硼化钨铝 ( $\text{TiB}_2\text{-WAlB}_2$ ) 复合陶瓷，目前国际上尚未报道，该材料的性能如下（铝含量在 20%-50% 可控，宏观硬度  $\text{HV}_{10}=22\text{GPa}$  以上，断裂韧性  $\text{KIC}=6.5\text{-}7.5\text{MPaM}^{1/2}$ ），该材料是目前为止，综合性能最优异的陶瓷材料。作为一种高韧性的超硬材料是最佳装甲材料的选择

### 应用领域

陶瓷装甲，防护材料，耐磨涂层，切削工具，高温材料。

### 技术成熟度

完全成熟，可大规模生产

### 市场前景及经济效益分析

目前装甲材料主要是陶瓷防护材料，我国的坦克、装甲车、两栖战车等装备正处在更新换代的阶段，而且，国家目前大力支持国防工业及产品的自主化生产，因此，该材料的市场应用前景广阔，且该材料以其优异的性能还可应用到蒸发舟、电解槽等高温材料领域以及切削工具等。

### 合作方式

合作开发 技术转让

## 高性能铝合金的制备及应用

### 项目简介及技术指标

大型客机、军用飞机、两栖战车、舰艇航母等是我国急需发展的重要领域。这些领域对材料的性能提出了越来越高的要求，要求材料必须具有低密度、重量轻、比强度、比模量高及优异的耐磨性和耐腐蚀性等优点。我国已经启动大飞机的研制计划，作为大飞机制造最主要的材料，高强度铝合金板材被广泛运用于飞机机翼、尾翼及其他关键部位。两栖战车、舰艇航母是现代海军最重要的装备。随着我国发展海洋大国的宏伟蓝图的实施，对海洋用特种装备材料的需求越来越大，高强、高耐蚀铝合金是不可替代的海洋结构材料。要满足这些关键领域的发展，材料是必须保证的第一要素。我国铝合金材料的研究水平与国外相比仍有很大的差距，国产 7075 铝合金的强度只能达到 530MPa，硬度只有 130 HB；国产耐腐蚀铝合金的强度只有 300MPa，硬度小于 70HB，且耐盐雾腐蚀性能很差。铝基复合材料的性能与发达国家的水平相差更远，尚无法满足大型客机、军用飞机及船舶等关键领域对该类材料的需求。

针对高性能铝合金材料主要依赖进口的现状，我们使用一种特殊合金颗粒—钨铝合金作为铝基复合材料的增强相物质。利用钨铝合金的轻质、高强、高硬及与铝之间良好的化学相容性，将钨铝合金与铝进行复合，采用自主创新的机械制粉和半固态加工复合技术，通过控制增强相的尺寸、晶界尺寸和界面反应，得到显微组织均匀、细化的高性能铝基复合材料。分别制备了高强、高硬铝合金和高强、高耐蚀铝合金，并利用激光熔覆技术、微弧氧化技术等对铝合金进行了表面处理。制备的高性能铝合金性能如下：标准：强度按 GB/T228-2002 测试，硬度按 GB/T231.1-2002 测试。

高强高硬类——强度和硬度超过美国 7075 铝合金（A1W600：强度 > 600MPa，硬度 > 180HB，延伸率 5%，密度 2.85。美国 7075：强度 575MPa，硬度 150HB，延伸率 8-11%，密度 2.82。）

高强高耐蚀类——强度和耐蚀性均优于美国 5083 铝合金（A1W500：强度 > 500 MPa，硬度 > 110 HB，延伸率 5-8%，密度 2.7。美国 5083：强度 350 MPa，硬度 75HB，延伸率 8-11%，密度 2.65。耐腐蚀性明显优于美国 5083 铝合金。标准：耐腐性按 ASTM-G85-98 测试，（35℃ PH=3，5%的 NaCl）（5, 10 天）腐蚀量 A1W500：1.16 g/m<sup>2</sup>（5 天），3.49 g/m<sup>2</sup>（10 天）；美国 5083：4.02 g/m<sup>2</sup>（5 天），7.18 g/m<sup>2</sup>（10 天）

### 行业及市场概述



在整个铝合金国内市场上,有公开资料可查的是每年10万吨高强铝合金的用量基本都是依靠进口美国的7075铝合金,可以预见在航空航天和军工等保密关键部门的用量更大,目前市场上还没有出现强度大于600MPa的高强铝合金产品,如果本项目两个牌号的高强度铝合金材料开发成功并产业化,其产品推向市场后将独占高端铝合金的市场份额。

### 目标市场

高强度铝合金是航空航天、军工及其它工业部门的关键结构材料之一,目前已经有多个国家军工重点型号的工程设计部门、汽车生产企业对该材料的研制进程进行密切关注。高强、高硬铝合金同样是高铁车体的主要结构材料。高耐蚀铝合金以其低密度、重量轻、比强度、比模量高及好的耐腐蚀性能成为提高船舶机动性,安全性等不可替代的材料。其中以 5083 为代表的 Al-Zn-Mg 系高耐蚀铝合金是应用最为广泛的海洋工程材料。在我们国家,高性能 5 系铝合金目前主要依赖进口,因此高强高耐蚀铝合金在海洋结构材料的应用会越来越多,越来越重要。

### 技术成熟度

完全成熟,可大规模生产

### 合作方式

合作开发 技术转让

## KS 系列高性能密封剂

### 项目简介

KS 系列高性能密封剂，是一种蓝色不干性液体密封胶，具有适用温度范围宽、耐介质性能好、结构追随性佳、抗阻变形能力适当、密封效率高、通用性强、使用方便等特点，是国内外同类密封材料中综合性能较为突出的产品。KS 系列高性能密封剂根据粘度不同，分为 S、H、M、L 四种型号，分别适用于不同类型或具有不同表面粗糙度的密封结构件，对多种液体和气体均具有良好的密封效果。KS 系列高性能密封剂已在航空发动机等高技术产品上获得了成功应用，此外它还可广泛应用于机械、建筑、石油化工、冶金、汽车等行业，解决各种类型静态结合面的密封问题。

KS 系列高性能密封剂技术成熟，已通过了中国科学院院级鉴定并申报了国家发明专利。该产品的生产工艺包括以下几个步骤：原料处理→配料→混料→粘度调配→分装→包装，易于实现规模化生产。以年产 50 万（100 克/支）规模为例，其投资效益估算为：

投资大约需要 30-50 万元，包括辊磨机、加热装置、分装设备等，需要生产场地约 60m<sup>2</sup>，生产工人 5-6 人。KS 系列高性能密封剂的价格为 20-30 元/支，年产值约为 1000-1500 万元，利润可达 300-500 万元。



## 用于发动机节能减排的表面处理技术

### 项目简介

本项目开发的高性能发动机系统表面复合涂层可以替代传统的表面镀铬技术,使发动机具有更高的功率和更低的燃油消耗,并进一步减少汽车交通对环境的污染,满足汽车产业高速发展对高性能材料的迫切需求。



### 应用领域

汽车工业的燃料喷射系统、动力传动系统、活塞部件(活塞环,活塞销),控制机油消耗减少功率损耗,延长发动机的使用寿命。

### 技术指标

DLC 复合涂层:厚度大于 2  $\mu\text{m}$ ,摩擦系数:低于 0.12(干),低于 0.08(油);  
CrN 复合涂层:厚度大于 10 $\mu\text{m}$ ,摩擦系数:低于 0.08(油)。

### 创新内容

开发的高性能活塞环表面 DLC 和 CrN 基复合涂层,可在各种钢、钛合金、铝合金及陶瓷表面沉积,在发动机变工况环境下实现稳定的超低摩擦与磨损。

### 成熟程度

已经建成两套中试设备,工艺成熟、稳定。

### 应用前景

采用本技术表面改性的发动机部件的寿命显著提高,可望在燃料喷射系统(气门挺杆、柱塞、喷油嘴)、动力传动系统(齿轮、轴承、凸轮轴)、活塞部件(活塞环、活塞销)等表面处理获得广泛应用,其潜在市场可能达数亿元。

### 投资规模

约 200-500 平米厂房;资金投入约 300-500 万元,主要用于建立一条中等规模生产线;生产人员:2-3 人;技术人员:2 人(电气、工艺、机械、电子)。

### 合作方式

合作开发    技术转让    产学研联合攻关

## 超低/低摩擦类金刚石碳基纳米 复合薄膜沉积装备与工艺

### 项目简介

突破了类金刚石薄膜制备中的高硬度/韧性匹配优化关键技术、低摩擦/长寿命界面设计技术、超厚膜和膜层高承载等关键技术。改善发动机、压缩机等关键零部件摩擦状态，大幅降低其摩擦功耗，并最终提高其可靠性和服役寿命。

### 主要指标

硬度:15-25GPa，具有类金刚石和类石墨的功能特点。

摩擦系数：在各种工况下如干摩擦、发动机油润滑、压缩机油润滑、水润滑等环境下显示出低摩擦系数，0.01-0.1 范围之内。

磨损寿命：同等摩擦条件下，较未镀膜部件磨损率降低 5 倍-3 个数量级。

应用状况：节能减排发动机：燃料喷射系统（气门挺杆，柱塞，喷油嘴），动力传动系统（齿轮，轴承，凸轮轴），活塞部件（活塞环，活塞），减少摩擦，延长发动机的使用寿命，使发动机具有更高的功率和更低的燃油消耗，并进一步减少汽车交通对环境的污染。节能空调、冰箱等用压缩机领域：在压缩机活塞、叶片/滑片、曲轴等关键零部件表面沉积涂层，能够有效降低压缩机摩擦功耗和噪音。油田装备：可用于油田管道、抽油泵杆等内表面防腐蚀与耐磨损处理。



## 大型风电机组高性能长寿命润滑剂 研制与应用

### 项目简介

针对我国风电产业飞速发展对特种润滑材料的迫切需求,结合我国西部风场极端气象特点,研制了风电润滑全套产品,包括叶片轴承润滑脂、齿轮油、主轴润滑脂、发电机润滑脂及偏航系统润滑脂共6种产品。在宁夏贺兰山风电厂多台风机上与原进口润滑油、脂进行18个月的对比运行、现场监控、油样检测分析及设备拆检观察等应用试验。所开发的风电设备专用高性能润滑油、脂产品,其各项常规性能指标不低于当前使用的国外同类产品,而价格不高于国外同类产品,实际使用试验结果应具有明显的节能,有效防止传动系统摩擦件因过度磨损、点蚀破坏而导致的设备故障,提高发电效率,并延长风机使用寿命的作用。产品面市后与国外产品相比将具有强的竞争力。

### 项目状况

技术成熟      已取得实际应用

## 高性能金属基自润滑材料与部件

### 项目简介

本课题组研制和开发出各种微电机、家用电器用、在高温、少油或无油润滑及怕油污染的工况中具有机械强度高、摩擦系数低、耐磨损、自润滑的铁-铜基、青铜基含油轴承和 430–650℃高温压铸机用高温自润滑金属陶瓷材料制作的活塞环。并进行产业化。

微电机、家用电器、高温压铸机等中小型设备，配件在产业结构中占有较大的比重，对经济发展具有较大的影响。然而，在行业中的许多机械设备的传动系统所用的金属基含油自润滑轴承及高温自润滑材料部件，却基本依赖进口。由此，增加了产品的成本，降低了产品在国内外市场的竞争力，制约了企业和行业的发展。因此，高性能金属基自润滑轴承部件的研制、开发与产业化，将改变相关企业产品依赖进口的局面，提升产品的质量和竞争力。同时，促进金属基自润滑材料摩擦学的研究与应用，加强科技向生产力转化，将具有十分积极意义。



关键技术：高性能金属基自润滑轴承材料基体的选择、固体润滑剂与耐磨相的选择和含量的确定、孔隙的网络结构的制造、工艺及固-液润滑原理相结合是主要的关键技术。

金属基自润滑复合材料是以铁-铜合金、青铜及高温镍合金为基体，石墨、氧化物及稀土等为润滑相，高硬度金属钨、钼、铌、钽及碳化钨（硅）等陶瓷为耐磨相，加入造孔剂，通过粉末冶金工艺冷压成型、自由烧结与热压烧结制造毛坯样品，浸油或不浸油，按照试验要求，加工后成为样品，通过物理、机械性能

和摩擦磨损性能的测试,选择配方和工艺,以便确定实用工况要求的最佳配方和工艺。

采用先进的粉末冶金工艺制作的可在室温—1000℃使用的高强度、低摩擦、耐磨损的新型功能材料。满足实用工况要求的最佳配方和工艺确定后,进行中试批量生产。提供产品。同时,进一步调试、确定大批量生产的工艺,为产业化提供依据。

### **应用范围**

用于汽车、船舶、化工机械、微电机、机电设备、高温压铸机等。

### **市场前景及经济效益分析**

根据目前市场需求,每年提供合格的微电机轴承和高温压铸机活塞环共计90-100万件,产值100万元以上。

### **对投资者和投资环境的要求**

本项目需高温烧结炉、混料器、粉末冶金油压机、车床等设备。其需投资额180万元。



# 高性能自润滑耐磨激光熔覆涂层 与激光强化技术

## 项目简介

激光熔覆是一种利用激光处理的表面改性技术，它可以在低成本的基体材料上制成高性能的表层。此技术节约了大量的贵重合金，适用于工具、模具、机械零件的修复、抗摩擦及耐腐蚀涂层的加工等。本课题组利用激光熔覆技术研制开发了镍基金属间化合物基宽温域自润滑耐磨覆层材料，可以实现室温至 1000℃ 宽温域环境下连续自润滑、耐磨和抗氧化。其具体性能指标见下表。目前市场上还未见到能达到这些技术指标的自润滑耐磨涂层材料。该润滑涂层可应用于航天、舰船和汽车工业发动机的机械系统（涡轮叶片）、涡轮发动机进气阀顶杆、导向叶片、闭门器、减振器、制冷循环系统等机器零部件。

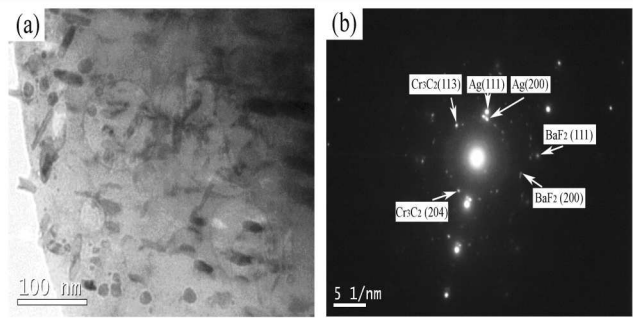
镍基金属间化合物基宽温域自润滑耐磨覆层材料	
特性	与基材呈冶金结合，结合强度>350 MPa
硬度	HRC58~60
致密性	组织致密，无气孔
摩擦系数	< 0.3 （室温）
	< 0.32 （1000 °C）
磨损率	<1×10 <sup>-5</sup> mm <sup>3</sup> /N·m （室温）
	<3×10 <sup>-5</sup> mm <sup>3</sup> /N·m （1000 °C）
使用温度	室温-1000 °C

随着我国航空、汽车工业以及海洋开发等的高速发展，对高推重比、轻量化的机械设备的需求日益扩大，铝合金、镁合金以及钛合金等合金材料得到广泛应用。但在实际应用中铝合金及钛合金存在润滑耐磨性差，镁合金存在耐蚀性不足等问题。本课题组研制开发的铝合金表面自润滑耐磨覆层能解决铝合金零部件在室温至 400℃ 中低温段的自润滑、耐磨问题。其组织致密，硬度可达 HV1000—1200。具体技术指标见下表。本课题组开发的钛合金表面自润滑耐磨覆层解决钛合金零部件的自润滑、耐磨、耐腐蚀问题。技术指标见下表。

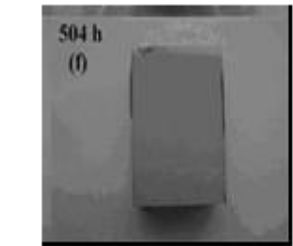
铝合金表面自润滑耐磨覆层		钛合金表面自润滑耐磨覆层	
特性	与基材呈冶金结合	特性	与基材呈冶金结合
硬度	HV1000~1200	硬度	HV1200~1600
致密性	组织致密	致密性	组织致密
覆层厚度	1—2mm	覆层厚度	1—2mm
摩擦系数	< 0.2 （室温）	摩擦系数	< 0.35
	< 0.3 （400 °C）		
磨损率	< 1×10 <sup>-5</sup> mm <sup>3</sup> /N·m （室温）	磨损率	< 1×10 <sup>-5</sup> mm <sup>3</sup> /N·m
	<3×10 <sup>-5</sup> mm <sup>3</sup> /N·m （400 °C）		



除覆层材料开发外，铝、镁合金表面激光强化技术是解决铝合金零部件在机械应力、热应力、气蚀等作用下的热疲劳失效、气蚀冲击等问题的有效手段。铝合金强化层厚 3 - 4mm，硬度可达硬度 HV140 - 160，抗疲劳性能提高 2 个数量级。激光强化镁合金能细化镁合金晶粒尺寸，形成 Mg-Al 金属间化合物强化层，提高镁合金的耐腐蚀性，解决镁合金零部件的抗腐蚀、耐磨等问题。强化层硬度 HV350 - 400，厚 0.5 - 1mm，耐腐蚀性能可提高 2 个数量级。



镍基金属间化合物基宽温域自润滑耐磨覆层组织结构透射电镜照片



镁合金激光表面强化层

技术成熟度

完全成熟，可大规模生产

合作方式

技术转让      成果推广      产品代理

自润滑 MC 尼龙材料

项目简介

MC 尼龙材料具有优异的力学性能与耐磨损性能，广泛应用于工业领域的机械耐磨与承载部件，诸如，工程机械起重机滑块、滑轮等。中国科学院兰州化学物理研究所经过多年的努力，研发了高性能自润滑 MC 尼龙材料，在不降低 MC 尼龙材料力学性能的同时，大幅度提高材料的自润滑和耐磨损性能，不影响原有的成型工艺，与传统的自润滑尼龙材料相比具有更低的摩擦系数与更好的耐磨性，并且在机械运动件中不易发生爬行现象，避免了异常噪声的产生。

- 产品类型：规则或异型固体材料；
- 性能特点：具有优异的自润滑性、耐磨性和机械强度，尺寸稳定性好，制品表面均匀。
- 技术指标：

序号	测试项目	单位	测试方法	CP23 1-1	CP23 2-2
1	密度	g/cm <sup>3</sup>	GB/T1033-1998	1.15	1.15
2	拉伸强度	MPa	GB/T1040-2006	81.1	79.3
3	拉伸模量	MPa		3501	3492
4	弯曲强度	MPa	GB/T9341-2008	111.4	101.6
5	弯曲模量	MPa		3382	3342
6	冲击强度 (无缺口)	KJ/m <sup>2</sup>	GB/T1043-2008	35.6	34.1
7	压缩强度	MPa	GB/T1041-2008	94.0	99.1
8	热变形温度	℃	GB/T1634-2004	87.9	108.2
9	摩擦磨损性能	采用 RFT-III 往复摩擦磨损试验机，负载 450N，滑动速度 0.075m/s，往复频率 45 次/min，摩擦时间 120min，干摩擦，对偶为钢材。			
	摩擦系数			0.140	0.157
	磨损体积	mm <sup>3</sup>		0.174	0.522
10	摩擦磨损性能	采用 MRH-3 环块式摩擦磨损试验机，负荷 200N，滑动速度 0.51m/s，摩擦时间 120min，干摩擦，对偶对钢。			
	摩擦系数			0.135	0.174
	磨损体积	mm <sup>3</sup>		0.652	0.609

## 水润滑高分子轴承材料

### 项目简介

水润滑高分子轴承材料是指应用于水环境中的轻质高分子基滑动轴承，此类产品属于机械零配件产品，水润滑高分子轴承材料包括橡胶、工程塑料以及橡塑复合等材料，主要的应用领域有船舶机械、水轮机组及水利电站、工业水泵三大领域。中国科学院兰州化学物理研究所多年研制出了多种系列的水润滑高分子轴承，满足 MIL-B-17901A (SH) 的技术要求，并且可以达到同外同类产品的技术水平。

产品类型：圆筒状或板条状；

性能特点：除了在水环境下具有极低的摩擦系数等特点外，在缺水或少水环境下具有良好的自润滑性和耐磨性能，制品表面光滑，在低速环境下易形成水膜。

### 技术指标

性 能	单 位	ASX-01	ASX-80
颜 色		黑色	黑色
密 度	g/cm <sup>3</sup>	1.17	1.24
断裂拉伸强度	MPa	41.7	33.6
杨氏模量	MPa	865	994
断裂伸长率	%	197	168
最大线膨胀系数	10 <sup>-6</sup> /°C	152	146
最大体积膨胀率（水）	%	0.7	0.5
工作温度	°C	-60~60	-60~60

### 制作方法

成型后仅需要简单的机械加工即可成型；

## JS 系列自润滑复合材料与部件

### 技术(产品)用途介绍

JS 系列金属-塑料复合自润滑材料(DU 类材料)是由钢背—多孔青铜—填充聚合物表层构成的金属塑料多层复合自润滑材料,它综合了金属和塑料的优点,具有机械强度高(静载荷达 140MPa)、导热性能优良、热膨胀系数小、摩擦系数低、耐磨性能好及使用温度范围宽( $-200-+280^{\circ}\text{C}$ )等优点,可在干摩擦下长期使用,在油润滑下性能更好。JS 系列自润滑复合材料可以制成各种规格的轴套、垫片、导轨、滑板及球面座等部件,可广泛应用于飞机、汽车、摩托车、轻工机械、纺织机械、石油化工、冶金及家用电器等领域。DU 材料是英国 Glacier 公司发明的一种多层复合自润滑材料,DU 材料由于具有优异的物理机械性能和摩擦学性能而受到国外工业发达国家的普遍重视。我国国内很多单位也相继开展了 DU 类材料与部件的研制与开发,但其综合性能普遍较低,在高技术领域的应用受到很大的限制。中科院兰州化物所研制的高性能 JS 系列金属-塑料复合自润滑材料(DU 类材料)与部件的性能和精度优于国内同类产品,与英国 Glacier 公司的 DU 材料与部件相当,而且某些性能超过了国外同类产品,可以替代进口的 DU 材料与部件。其中,JS 系列金属-塑料复合自润滑材料与部件已通过中国科学院主持的成果鉴定,并获中国科学院成果二等奖。目前,JS 系列金属-塑料复合自润滑材料及其部件向高性能、高精度、产业化方向发展。

中科院兰州化物所研制的 JS 系列金属-塑料复合自润滑材料与部件的总体水平达到了国际同类产品的先进水平,得到了国家和用户的认可。目前,JS 系列金属-塑料复合自润滑材料与部件广泛应用于各个领域,起到改进设计、提高产品质量和技术水平、解决高难度润滑技术问题的作用。高性能 JS 系列金属-塑料复合自润滑材料与部件可应用于汽车、摩托车及家用电器等的高性能自润滑耐磨损要求,冶金、石油开采及化工机械等腐蚀介质条件下的润滑耐磨要求,以及纺织、食品工业等为避免润滑油等污染条下的自润滑耐磨损要求,都为高性能 JS 系列金属-塑料复合自润滑材料与部件的应用提供了广阔的应用市场。

## 干膜润滑剂

### 成果介绍及技术指标

干膜润滑剂又称粘结固体润滑膜或固体润滑涂层,是固体润滑剂的主要类型之一,这是一种将固体润滑剂分散于有机或无机胶粘剂中,通过特定工艺将其涂敷于机械部件的摩擦面上,以减小其摩擦与磨损的润滑技术。与常规的油脂润滑相比,干膜润滑剂可在高温、高负荷、超低温、超高真空、强氧化还原、强辐射等特殊环境条件下有效地润滑。多年的研究表明,干膜润滑剂不仅具有较低的摩擦系数(0.02—0.20)和较高的承载能力(14000g/cm<sup>2</sup>),而且还可能具有较长的耐磨寿命和较好的防腐性能、耐温性能及动密封性能等。

### 应用范围

干膜润滑剂在常规民用设备上是有良好应用前景的,如自动窗帘的滑轨、非机动车辆的链条传动机构、轻工机械、复印机、照相机等,在这些设备上采用干膜润滑技术,不仅可以减轻摩擦阻力,延长使用寿命,而且可以防止由于油脂润滑所造成的污染等,实为产品更新换代所必不可少的新技术

### 市场前景及经济效益分析

产品成本核算(按年产 20 吨计)

原材料费 50 万元

工 资 20 万元

包装费 30 万元

水电费 15 万元

技术服务和广告费用 20 万元

税金(产值 10%) 24 万元

设备折旧 3 万元

总计 162 万元

依市场价 120 元/kg 计算,年生产值 240 万元,利润可达 60 万元左右。

本产品适用于高压中低速滑动的机械零部件,可在机械行业广泛推广。第一阶段可首先考虑在自行车车链、纺织机械、卷帘门窗等产品上推广;第二阶段再逐步扩大销售范围,国外已将此产品成功地应用于飞机制造、汽车工业、轻纺工业、机器制造业等,国内在这些领域也应有良好的销售前景。

### 对投资者和投资环境的要求

本生产线适合于生产多种类型的干膜润滑剂,具体产品规格依据产品的不同而不同,建立一套年产 20 吨的干膜润滑剂生产装置,正常生产需生产工人 4 人,五台球磨机,生产场地 60m<sup>2</sup>。其中:

设备设资 50 万元

厂房改建 15 万元

其它 5 万元

总计 70 万元

本产品生产所需的主要设备市场上均有销售,所需原材料也都是工业性原料,比较容易采购,如果主要设备到货,有现成厂房,则从安装,准备到生产,估计 1—2 个月即可投产。

## 新型铁路轮轨、齿轮专用润滑剂

### 成果介绍及技术指标

该润滑成膜膏为独创研制的轮轨、齿轮专用润滑剂。它以矿物油为基础油，锂皂为稠化剂，并加入多种固体润滑剂、稀土化合物和低分子量的有机化合物，以及多种功能添加剂，经高温精制而成，是一种均匀分散的黑色粘稠膏状物。该剂由摩擦作用聚合成膜，成膜能力强，能牢固地附着在金属表面。这种复合型摩擦聚合膜承载力高，摩擦系数低，转移性好，抗磨、减磨、抗震、防粘着，耐水，并具有良好的再生性和润滑长效性，其烧结负荷高达 800 公斤以上。经实际使用结果表明，将它喷涂在机车车轮轮缘上，可以实现轮缘和铁路钢轨的全线润滑，与用油润滑相比，钢轨的寿命提高 4 倍，轮缘磨耗降至 0.01 毫米/万公里以下，使用寿命提高 7 倍，而其使用量仅为 2-3.5 公斤/万公里。该润滑成膜膏用在机车动力轴齿轮上，既可杜绝齿轮箱油泄漏，又能减少齿轮磨损、降低维修工时和费用。BL-1 型成膜膏具有独创性、新颖性、实用性强，性能达到国际先进水平。该成果于 1991 年通过了中科院的鉴定，并已获得国家发明专利。需设备投资 65 万元左右；主要设备为 500 升反应釜 2 台，三辊研磨机 2 台，针入度计 1 台，滴点仪 1 台，四球试验机一台，储油罐 2 个；厂房 200-300 平方米；主要原料为石墨等固体润滑剂，30# 或者 46# 机械油，均可在市场购买；电耗 50 千瓦，水耗 1 吨/日。按两班倒计算需人员 10 名(包括管理人员在内)。

### 应用范围

全国铁路系统和矿山铁路、森林铁路、地铁均可应用

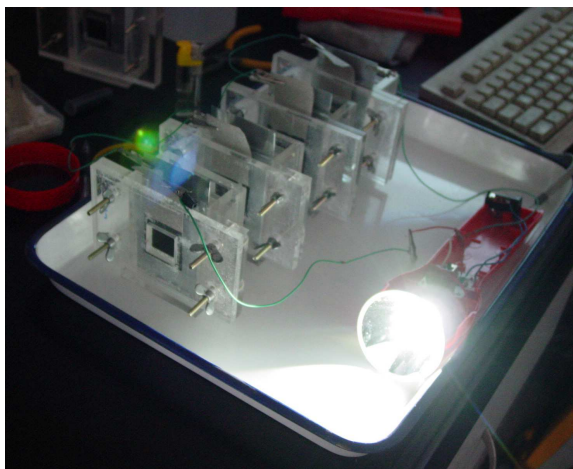
### 市场前景及经济效益分析

该润滑成膜膏应用前景广阔，全国铁路系统和矿山铁路、森林铁路、地铁均可应用，还可应用于机车动力轴减速箱齿轮润滑，以及导轨、链条、滑块等的润滑。按年产 200 吨成膜膏(可供 5000 公里曲线钢轨应用)计，年产值达 640 万元，年利税约 150 万元。

## 金属（铝锌）空气电池

### 项目简介

金属（铝锌）空气电池是以空气中的氧气作为正极活性物质，并通过载体活性碳做成的电极与以铝锌为活性物质的负极进行反应的电池，是一种清洁绿色能源。金属空气燃料电池具有大功率、高能量、体积小和重量轻的优点，可广泛应用于便携式电子设备电源、电动自行车电源、航标灯、无人观测站、



无线电中继站、军事无线电发报机、电力车等领域。目前铝空气电池的比能已达 320–400Wh/kg，锌空气电池为 220–300Wh/kg，而且继续还有很大提升的潜力。与铅酸电池和镍氢电池相比，金属空气燃料电池的比能量是铅酸电池的 5–8 倍，是镍氢电池的 3–5 倍，而单位成本却与铅酸电池差不多，是镍氢电池成本的 1/4。

到现在为止，国内只有极少数厂家开展了锌空气电池研发及生产。中科院兰州化物所近年来一直致力于空气电池基础应用方面的研究，目前我们已成功组装电池模型，参数：单体电池模型开路电压可达 1.4V，在 1V 时的电流密度可达 150mA/cm<sup>2</sup> 以上，电池可连续稳定长期运行；其比容量达 0.75–2Ah/g，如果考虑更换锌铝阳极的话，放电容量可视为无限大；运行中，阳极消耗率可达 98.7%，阳极放电效率可达 70–90%，该技术处于国内领先地位。现在我们可以提供单体电池模型供厂家进行测试，欢迎有兴趣的企业洽谈合作。