



中国科学院兰州化学物理研究所

Lanzhou institute of chemical physics, Chinese Academy Of SciencesLanzhou institute of chemical physics, Chinese Academy Of Sciences



科技成果汇编—资源与能源

Compilation of Technological Achievements—Resources and Energy

-2024年-

目 录

1. 混维凹凸棒石黏土高效霉菌毒素吸附剂	1
2. 混维凹凸棒石黏土转白及综合利用关键技术	3
3. 轴承清洗机污水油污净化分离技术	5
4. 二元酸多相选择加氢制备（手性）二元醇	7
5. 二元酸多相选择加氢制备（手性）二元醇	9
6. α -羟基酯加氢制备1,2-二元醇技术	11
7. β -羟基酯高时空收率加氢制备1,3-二元醇技术	13
8. 生物基戊二醇和己二醇合成技术	15
9. 生物基长碳链羟基酯合成技术	17
10. 二元醇高效脱氢环化合成内酯技术	19
11. 醛/酮高效加氢催化剂及技术	21
12. 醛/酮高效还原胺化催化剂及技术	23
13. 黏土矿物/聚合物复合固态锂电池薄膜	25
14. 黏土矿物基超亲电解液锂电池隔膜	26
15. 羰基化一步合成高碳醇技术	28
16. 环氧乙烷和二氧化碳化环加成合成碳酸乙烯酯技术	30
17. 环氧乙烷羰基化合成3-羟基丙酸酯技术	32
18. 手性4-氯-3-羟基丁酸酯的羰基化合成技术	34
19. 丙二酸酯羰基化合成技术	36
20. 异壬醇一步清洁氧化制备异壬酸技术	38
21. 碳四烯烃选择性叠合合成碳八/碳十二烯烃技术	40

1. 混维凹凸棒石黏土高效霉菌毒素吸附剂

成果介绍:

霉菌毒素是一种存在于饲料和原料中的抗营养因子，是毒性很强的霉菌次生代谢产物。随着养殖业集约化，每年因处理霉菌毒素给畜禽生产上带来上亿元的经济损失。

混维凹凸棒石黏土具有独特的纳米棒/片状结构、类分子筛微孔结构以及表面活性硅烷醇基团，具备吸附霉菌毒素的矿物属性。针对不同霉菌毒素分子结构和理化性质，联用凹凸棒石棒晶束解离/片层剥离、电荷调控、功能改性一体化核心技术，制备高效霉菌毒素吸附剂，产品对黄曲霉菌毒素吸附率达到95%以上，对玉米赤霉烯吸附率达到90%以上，对呕吐毒素吸附率可达到75%以上，能有效解决饲料生产和贮藏过程中的饲料霉变和霉菌污染，阻止因饲料霉菌毒素污染而引起的动物生产性能下降、免疫力降低、对各类疾病或疫病的敏感性增高等问题发生，避免霉菌毒素通过食物链对人类健康的潜在威胁。

技术指标:

对黄曲霉菌毒素吸附率达到95%以上，对玉米赤霉烯吸附率达到90%以上，对呕吐毒素吸附率可达到75%以上。

发布年份：2024 年

创新性：首创

先进性：国际领先

成熟程度:

产业化阶段。

应用领域:

养殖行业

应用情况:

产品在羊、鸡的动物实验表明，可提高绵羊对养分消化率，增加脂肪沉积和白细胞数量；提升肉鸡生长性能，显著降低腹泻率。

获奖及专利:

专利: ZL201711129079.8; ZL201710481078.3

转化方式:

技术转让、技术服务

完成人: 牟斌

Tel: 13919177500

E-mail: mubin@licp.cas.cn

2. 混维凹凸棒石黏土转白及综合利用关键技术

成果介绍:

混维凹凸棒石黏土资源储量极为丰富，但伴生矿物复杂且颜色多样。强调单一矿物提纯的传统加工方法对二维黏土矿物与凹凸棒石共存的混维凹凸棒石黏土难以奏效。为了实现混维凹凸棒石黏土在功能复合材料领域的应用，必须解决两个问题：一是突破色泽转白关键共性技术；另一个是充分利用伴生矿物且挖掘混维黏土矿物的矿物属性。该成果在充分研究混维凹凸棒石黏土呈色机理的基础上，采用“还原-溶出-络合”一体化反应过程，选择性梯度溶出致色离子，实现了高效转白，同时解决了八面体致色离子溶出过程中矿物结构损伤的技术难题，得到了转白一维棒晶/二维片层混维纳米结构矿物。基于混维纳米棒晶/片层结构的差异性和互补性，转白混维凹凸棒石黏土在构筑高性能催化剂、抗菌剂、吸附剂、聚合物纳米复合材料方面具有广阔的应用前景。

技术指标:

混维凹凸棒石黏土的白度根据不同功能材料需求可在70-90之间调控，含砂率低于2%，保留一维凹凸棒石和二维黏土矿物的固有形貌。

发布年份：2024 年

创新性：首创

先进性：国际先进

成熟程度:

产业化阶段。

应用领域:

矿物加工

应用情况:

在相关企业完成转白混维凹凸棒石黏土的应用评价。

获奖及专利:

2017年度获甘肃省技术发明一等奖；申请国家发明专利5件，其中授权专利3件

转化方式:

技术转让、技术开发

完成人: 牟斌

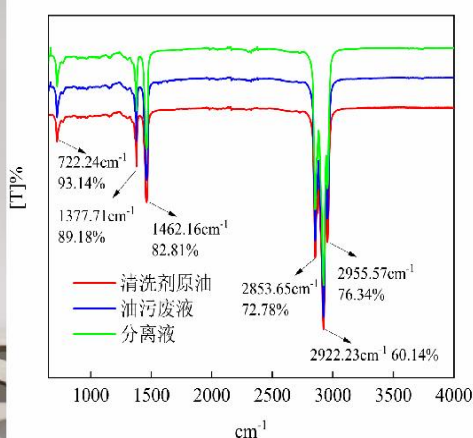
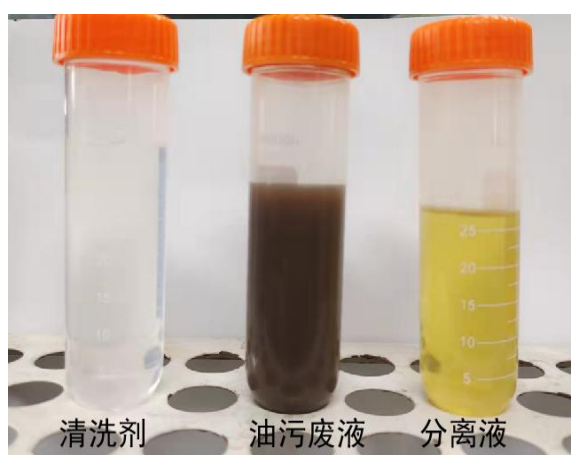
Tel: 13919177500

E-mail: mubin@licp.cas.cn

3. 轴承清洗机污水油污净化分离技术

成果介绍:

为了降低轴承清洗剂使用成本，通常对清洗完毕后的污水油污进行过滤分离。针对目前处理技术的弊端，本技术通过优化设计轴承清洗机及其污水油污循环处理流程，可实现高效率油污废液固液分离。该技术可用于冶金装备、航空、风电装备等领域的轴承、齿轮等清洗剂的循环再利用。



技术指标:

油液循环利用率: $\geq 95\%$

发布年份: 2024 年

创新性: 较大改进

先进性: 国内领先

成熟程度:

5级

应用领域:

物理化学

应用情况:

该技术可用于冶金装备、航空、风电装备等领域的轴承、齿轮等清洗剂的循环再利用。

2022年泰州海陵液压机械股份有限公司通过此技术处理鞍轴承清洗油污废液的净化分离，分利率达95%以上。他们根据处理技术CN202210453541.4对自生产废液回收设备进行了优化改进。

获奖及专利：

CN202210453541.4

转化方式：

技术转让、技术开发、技术服务、联合开发

完成人：王军阳、万善宏

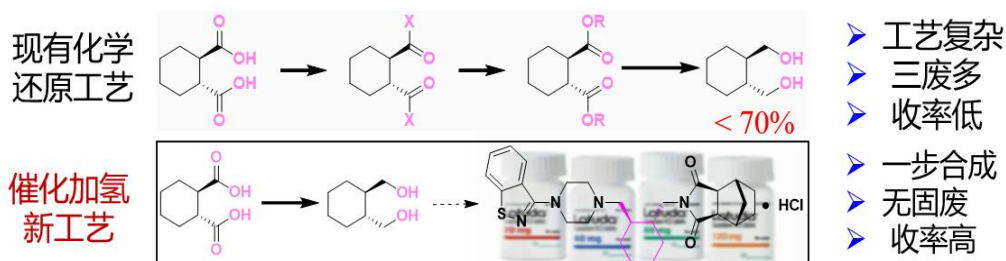
Tel: 15769392129

E-mail: shwan@licp.cas.cn

4. 二元酸多相选择加氢制备（手性）二元醇

成果介绍:

由于羧酸、酯、酰胺等羧酸衍生物的羰基（C=O）与醛、酮羰基相比具有更弱的亲电性且反应选择性难以控制，这些化合物的催化还原还难以温和、高效率实现。目前它们的还原通常需要使用当量或过量的金属还原剂（主要是 NaBH_4 、 LiAlH_4 ），产生大量的无机废盐且合成路径繁琐、成本高。因此，发展绿色、节能、高效精准的羧酸衍生物催化加氢新技术具有十分重要的价值和意义。



成功开发了高活性高稳定性（手性）二元酸多相催化加氢制备（手性）二元醇催化剂及技术。在手性1,2-环己烷二甲酸选择加氢制备1R,2R-环己烷二甲醇反应中，以 H_2 为清洁氢源，取得80%以上目标产品收率，手性完全保持，催化剂连续稳定运行400 h活性保持不变。该项技术成果目前已经实现年产百吨生产应用，催化剂经过结构、组成调整后可以用于系列二元羧酸如中长链二元羧酸或环状二元羧酸加氢制备相应二元醇。

技术指标:

取得80%以上（手性）二元醇收率

发布年份：2024 年

创新性：重大改进

先进性：国际先进

成熟程度:

百吨

应用领域:

精细化工

应用情况:

手性1,2-环己烷二甲酸选择加氢制备1R,2R-环己烷二甲醇。

获奖及专利:

无

转化方式:

技术转让、技术开发

完成人: 黄志威

Tel: 13919485757

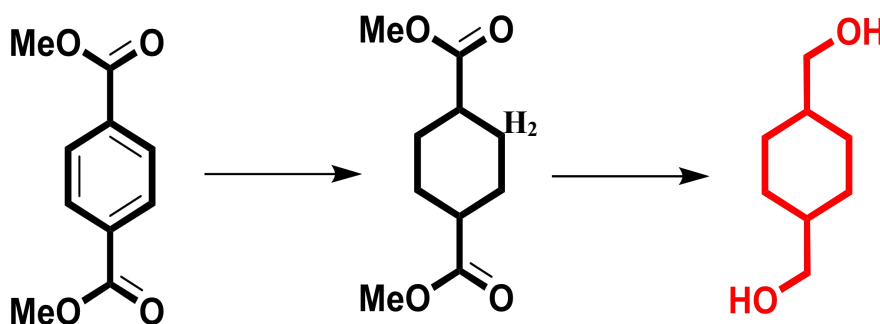
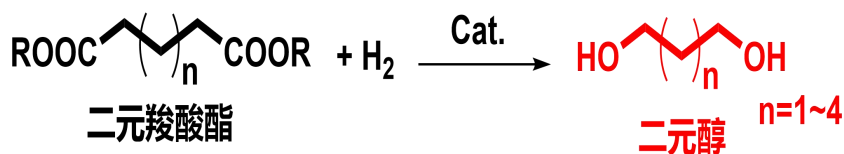
E-mail: zwhuang@licp.cas.cn

5. 二元酸多相选择加氢制备（手性）二元醇

成果介绍:

二元醇是含有两个羟基的醇类化合物，是用途广泛的重要有机化工原料，可用于聚酯、聚氨酯、不饱和树脂、聚碳酸酯等的合成，也用于合成增塑剂、润滑油、表面活性剂等。此外，还作为性能优异的保湿剂、防腐剂和溶剂用于化妆品和护肤产品。随着全球经济的快速发展，二元醇作为重要化工原料，市场需求不断增长，发展其清洁高效合成技术具有重要的经济价值。二元酯加氢是制备二元醇的常用方法，但目前的研究和技术还面临催化剂活性或选择性不高，催化剂稳定性不佳，以及需要使用有毒元素铬等问题，急需开发新型清洁高效铜基催化剂及加氢技术。

课题组经过十多年铜基催化剂的研究，开发的高性能铜基无铬催化剂，在系列二元酯加氢反应中表现出优异的加氢活性、选择性和稳定性。以丙二酸酯为原料，在无溶剂条件下多相固定床连续加氢，在反应温度不超过160℃的低温条件下可实现丙二酸酯接近100%转化率，1,3-丙二醇选择性≥85%，催化剂寿命超过500 h。实验室小试蒸馏分离出满足聚酯级1,3-丙二醇产品。在1,4-环己烷二甲酸酯加氢反应中可取得>96%的目标1,4-环己烷二甲醇收率，反顺比>3.5，小试寿命超过600 h。完成了催化剂公斤级稳定制备和成型。



本研究团队开发的二元醇技术产品附加值高，市场需要量大，具有很高的经济性。目前已完成实验室小试研究，反应工艺和催化剂制备技术成熟，可以进一步放大中试及工业化应用。

技术指标:

转化率 $\geq 95\%$ 、选择性 $\geq 90\%$ ，小试寿命超过500 h

发布年份: 2024 年

创新性: 重大改进

先进性: 国际先进

成熟程度:

实验室小试

应用领域:

精细化工

应用情况:

无

获奖及专利:

无

转化方式:

技术转让、技术开发、联合开发

完成人: 黄志威

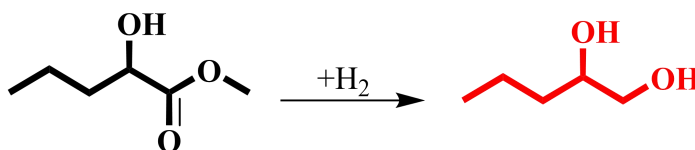
Tel: 13919485757

E-mail: zwhuang@licp.cas.cn

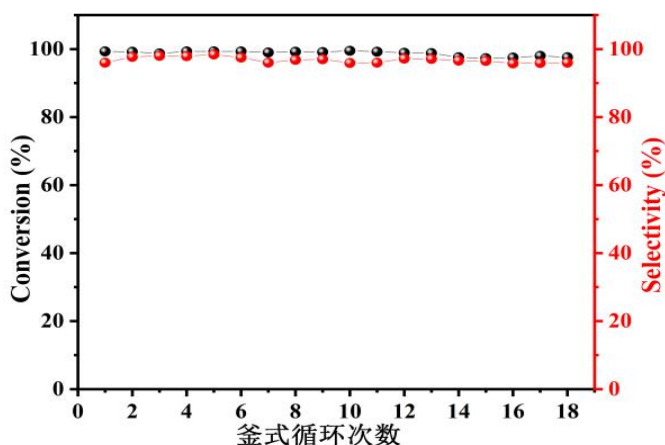
6. α -羟基酯加氢制备1,2-二元醇技术

成果介绍:

1,2- 二元醇，特别是一端有双羟基一端有相对长烷基链的直链二元醇，具有明显的极性和非极性，是重要的有机化工原料，广泛用于生产聚酯纤维、表面活性剂、彩色喷墨打印的油墨、医药和农药等。此外，还作为性能优异的保湿剂、防腐剂和溶剂用于化妆品和护肤产品。近几年1,2- 二元醇如1,2-戊二醇的市场需求量增长迅速，发展其清洁催化合成技术具有重要的经济效益。通过 α -羟基酯（也叫2-羟基酯）加氢可以制备1,2-二元醇，但目前的研究和技术还面临催化剂活性或选择性不高，催化剂稳定性不佳，以及需要使用贵金属等问题，急需开发新型清洁高效铜基催化剂及加氢技术。



研制出的廉价高效Cu基催化剂，在2- 羟基戊酸酯加氢生产1,2- 戊二醇反应中表现出优异的催化活性、选择性和稳定性。催化剂可不经高温焙烧、还原，直接投入使用，显著缩减活性催化剂合成步骤，降低催化剂成本。1,2-戊二醇收率可达90%以上，催化剂稳定循环使用近20次未见失活。该项技术成果目前已完成实验室小试研究，反应工艺和催化剂制备技术成熟，可以进一步放大中试及工业化应用。



技术指标:

转化率>99%，选择性>90%

发布年份：2024 年

创新性：重大改进

先进性：国内领先

成熟程度:

实验室小试

应用领域:

精细化工

应用情况:

无

获奖及专利:

一种羟基酯加氢纳米Cu基催化剂及其制备方法与应用 ZL202310512465.4;

一种负载型纳米铜基催化剂及其制备方法与应用ZL202310514221.X。

转化方式:

技术转让、技术开发

完成人：黄志威

Tel: 13919485757

E-mail: zwhuang@licp.cas.cn

7. β -羟基酯高时空收率加氢制备1,3-二元醇技术

成果介绍:

1,3-二元醇特别是1,3-丙二醇（1,3-PDO）是一种重要的有机化工原料，广泛应用于聚酯、食品、化妆品和医药等领域。1,3-丙二醇最主要的用途是合成聚对苯二甲酸1,3-丙二醇酯（PTT）。PTT由于其独特的“z”字型螺旋状结构而具有优异的性能，兼具聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）的高性能和聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）的易加工性，又具有尼龙的柔软性、腈纶的蓬松性和涤纶的抗污性，且易染、耐磨，集各种纤维的优良性能于一体，在服装面料、地毯、工程塑料等领域具有广阔的应用前景，是目前国际上合成纤维开发的热点，被专家预测为 21 世纪最主要的新纤维品种之一。国家发改委《产业结构调整指导目录（2019年本）》将PTT列为鼓励开发、生产和应用的纺织产品。此外，1,3-丙二醇也可用于合成性能优异的生物降解脂肪族饱和聚酯，在生物医用材料领域具有巨大的应用潜力。目前国内还没有自主的1,3-丙二醇化工生产技术，限制了PTT聚酯的广泛应用。

基于环氧乙烷氢酯基化可以获得比3-羟基丙醛（另一种1,3-丙二醇化工合成中间体）更加稳定的3-羟基丙酸酯（也叫 β -羟基丙酸酯），因后者的加氢产品

几乎不含醛，更易达到聚合级，研发团队以具有自主知识产权的高性能纳米铜基催化剂，实现了环氧乙烷氢酯基化合成的3-羟基丙酸酯在高浓度原料（ $\geq 80\%$ ）甚至无溶剂条件下，高转化率（ $>99\%$ ），高选择性（ $>85\%$ ）加氢制备1,3-丙二醇，时空收率超过120g/(kg cat·h)，催化剂小试寿命超过1000h。以高浓度3-羟基丁酸甲酯为原料，也可高转化率（ $>90\%$ ），高选择性（ $\geq 85\%$ ）加氢制备1,3-丁二醇，催化剂小试寿命超过600h。

本项 β -羟基酯加氢制备1,3-二元醇技术产品附加值高，市场需要量大，具有很高的经济性。目前已完成实验室小试研究，反应工艺和催化剂制备技术成熟，可以进一步放大中试及工业化应用。

技术指标:

转化率>99%，选择性>85%，时空收率超过120g/(kg cat•h)，催化剂小试寿命超过1000小时

发布年份：2024 年

创新性：重大改进

先进性：国际领先

成熟程度:

小试完成

应用领域:

精细化工

应用情况:

无

获奖及专利:

- 1.多元铜基非贵金属加氢催化剂及其制备方法与应用，ZL 2020 10741824.X;
- 2.一种羟基酯加氢纳米Cu基催化剂及其制备方法与应用， ZL 2023 10512465.4;
- 3.一种高时空收率制备高浓度1,3-丙二醇的方法，ZL 2023 11470918.8。

转化方式:

技术转让、技术开发、联合开发

完成人：黄志威

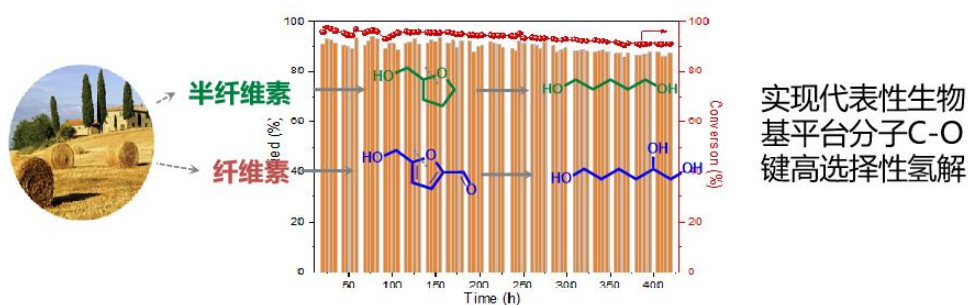
Tel: 13919485757

E-mail: zwhuang@licp.cas.cn

8. 生物基戊二醇和己二醇合成技术

成果介绍:

戊二醇是合成聚酯、聚氨酯的重要单体，也广泛应用于增塑剂、润湿剂、高级油墨、洗涤剂、医农药以及化妆品等领域，有广阔的发展前景。目前，戊二醇的制备方法主要有石油炼制和生物炼制两种，通过石油炼制生产戊二醇存在生产能耗高、成本高、原料腐蚀设备严重、对自然环境不友好等问题。生物质基糠醛制备戊二醇具有较高的经济价值和研究意义，但该工艺技术存在贵金属催化剂价格高、非贵金属催化剂催化活性低、目标产物收率低等问题。因此，开发温和条件下高效催化糠醛制备戊二醇的非贵金属催化剂至关重要。



在呋喃化物环醚C-O键选择性催化氢解开环制1,5-戊二醇和1,2,6-己三醇化合物反应中，开发的新型镍基催化剂表现出优于现有贵金属催化剂的催化活性和选择性。在固定床连续反应中，C2-O键氢解开环选择性达到97%以上，1,5-戊二醇和1,2,6-己三醇产物收率分别稳定在93%和95%以上，催化剂小试寿命超过400小时。1,2,6-己三醇可以进一步氢解制备生物基1,6-己二醇。在糠醇环醚C-O键选择性催化氢解开环制1,2-戊二醇反应中，开发的新型铜基催化剂可取得60%以上1,2-戊二醇收率及80%以上1,2-和1,5-戊二醇总收率。该项技术成果目前已完成实验室小试研究，反应工艺和催化剂制备技术成熟，可以进一步放大中试及工业化应用。

技术指标:

糠醇在无溶剂条件下氢解获得90%以上1,5-戊二醇收率

发布年份：2024 年

创新性：重大改进

先进性：国际先进

成熟程度：

小试完成

应用领域：

精细化工

应用情况：

无

获奖及专利：

利用生物基呋喃类化合物制备 1,5-戊二醇或 1,6-己二醇的方法，
ZL202110294872.3；

一种糠醇液相选择氢解制备 1,2-戊二醇的方法，ZL201310361013.7。

转化方式：

技术转让、技术开发、联合开发

完成人：黄志威

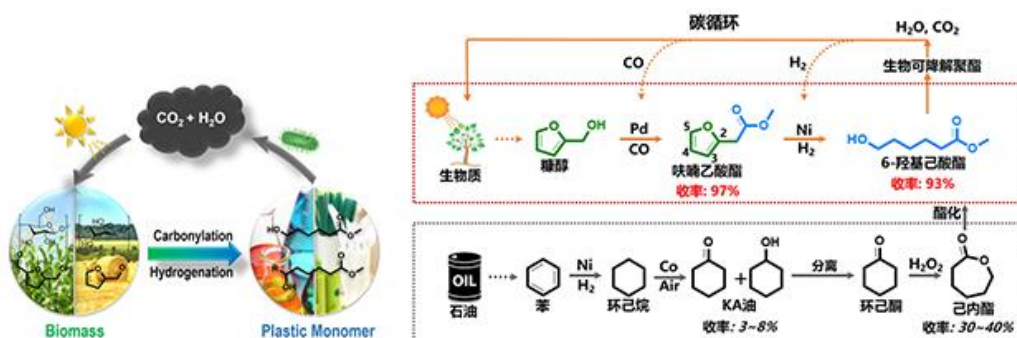
Tel: 13919485757

E-mail: zwhuang@licp.cas.cn

9. 生物基长碳链羟基酯合成技术

成果介绍:

羟基脂肪酸酯是制备生物可降解聚酯PHA材料的重要单体原料, 现有石化路线生产存在氧化反应步骤多、催化效率和选择性低等问题。生物质资源天然富氧(约占总质量30%~50%), 从高原子经济利用角度出发, 在其特殊碳氧分子结构基础上, 发展简便、高效、高选择性的生物基长碳链羟基脂肪酸酯聚酯单体催化合成新技术, 具有重要价值和意义。



从生物糠醇出发, 利用羰基化增碳引入羰基官能团策略, 通过调变双膦配体空间结构, 高效、高选择性地实现均相催化呋喃羧酸酯的合成, 催化转化数(TON)高达104以上, 中间产物易分离, 催化剂可数十次循环套用。在呋喃羧酸酯选择性催化加氢开环制备长碳链羟基羧酸酯化合物反应中, 开发的新型非贵金属催化剂表现出优于现有贵金属催化剂的活性和选择性。在固定床连续反应中, 目标长碳链羟基酯的选择性达到95%以上, 呋喃乙酸酯氢解制6-羟基己酸甲酯的收率稳定在90%左右, 催化剂寿命超过1000小时。本项技术原料价廉易得, 产品附加值高, 市场需要量大, 具有很高的经济性。目前已完成实验室小试研究, 反应工艺和催化剂制备技术成熟, 可以进一步放大中试及工业化应用。

技术指标:

从糠醇出发获得90%以上长碳链羟基酯收率

发布年份: 2024 年

创新性: 首创

先进性: 国际先进

成熟程度:

实验室小试

应用领域:

精细化工

应用情况:

无

获奖及专利:

ZL202110254093.0; ZL202110254227.9; ZL202110254103.0

转化方式:

技术转让、技术开发

完成人: 黄志威

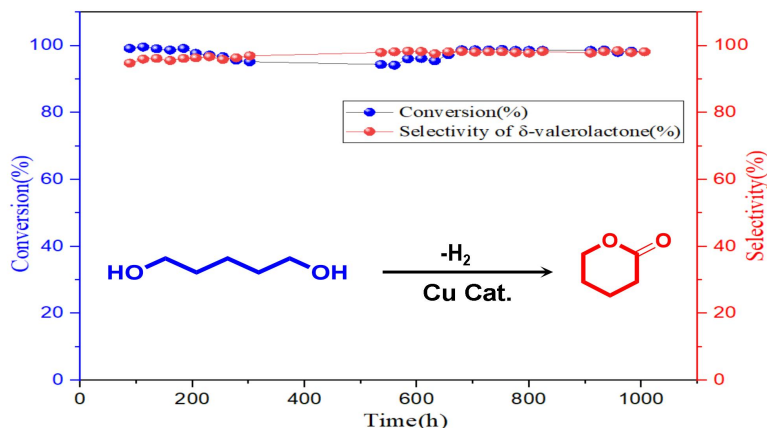
Tel: 13919485757

E-mail: zwhuang@licp.cas.cn

10. 二元醇高效脱氢环化合成内酯技术

成果介绍:

最近的二十年里,生物降解高分子材料领域取得了长足的发展。 δ -戊内酯作为一种非常重要的有机化工原料,自身容易开环自聚,也可以和其他内酯类化合物如己内酯聚合,得到具有良好的伸张性、可塑性、生物降解性和生理活性的高分子聚酯,伴随该材料在医疗、液晶材料领域的广泛应用, δ -戊内酯的市场需求量剧增。开发绿色高效的 δ -戊内酯制备新工艺,对完善我国化工新材料产业链、实现社会可持续发展具有重要意义。



开发了高效稳定的铜基固定床脱氢催化剂,实现了长碳链端位二元醇高活性、高选择性和长寿命脱氢环化制备内酯。以生物基或石化基1,5-戊二醇为原料,在无溶剂条件下, δ -戊内酯的收率维持在95%以上,催化剂小试寿命超过1000 h。该项技术成果目前已完成实验室小试研究,反应工艺和催化剂制备技术成熟,可以进一步放大中试及工业化应用。催化剂经过组成、结构调整后可以用于系列二元醇如1,6-己二醇和1,4-丁二醇脱氢制备对应的内酯。

技术指标:

获得95%以上内酯收率

发布年份: 2024 年

创新性: 重大改进

先进性: 国内领先

成熟程度:

小试完成

应用领域:

精细化工

应用情况:

无

获奖及专利:

无

转化方式:

技术转让、技术开发

完成人: 黄志威

Tel: 13919485757

E-mail: zw Huang@licp.cas.cn

11. 醛/酮高效加氢催化剂及技术

成果介绍:

高碳醇是指六个碳原子以上的醇类，是合成表面活性剂、洗涤剂、增塑剂及其它多种精细化学品的主要基础原料，其后加工产品在纺织、造纸、食品、医药等领域应用十分普遍。世界市场需求量在1500万t/a，以每年10%左右的速度递增。石油炼制过程中会产生一系列烯烃类产品，烯烃氢甲酰化反应是醛的重要来源，醛催化加氢则是合成醇的重要方法。

课题组开发的新型高效稳定高碳醛加氢催化剂技术，制备的价廉高效稳定的纳米Ni基催化剂，实现高碳醛高活性、高选择性和长寿命加氢转化为高碳醇，目前已完成多种醛类高效加氢，原料可完全转化（转化率>99.9%），选择性达

到95%以上，催化剂小试寿命超过1500 h。催化剂也可用于酮类化合物高效加氢制备相应醇。该项技术成果目前已完成实验室小试研究，反应工艺和催化剂制备技术成熟，可以进一步放大中试及工业化应用。

技术指标:

小试转化率>99.9%，选择性>95%，寿命超过1500h

发布年份：2024 年

创新性：重大改进

先进性：国内领先

成熟程度:

小试完成

应用领域:

精细化工

应用情况:

高碳醛加氢制备高碳醇

获奖及专利:

无

转化方式:

技术开发、联合开发

完成人: 黄志威

Tel: 13919485757

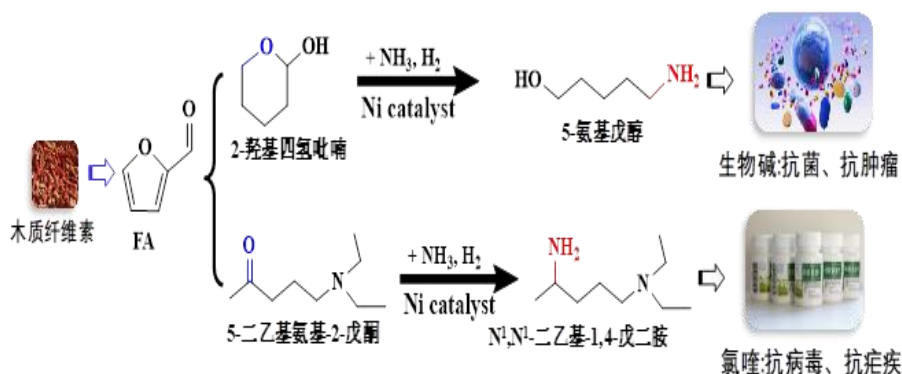
E-mail: zw Huang@licp.cas.cn

12. 醛/酮高效还原胺化催化剂及技术

成果介绍:

伯胺等含氮化合物是最重要的化工中间体之一,被广泛应用于聚合物、医药、农药、染料和表面活性剂等产品的生产。当前,商业化伯胺主要通过卤代烃或环氧化合物直接胺化、以及腈类或酰胺类化合物加氢制备,这些过程受具有特定官能团的有机原料短缺以及产生较多废物等问题的限制,导致其生产成本较高。因此,高效可持续生产伯胺化合物路径的开发得到了广泛关注。醛和酮类化合物直

接与氨还原胺化反应所需温度一般较低($\leq 120\text{ }^{\circ}\text{C}$),为伯胺的高选择性合成提供了一条重要途径。



研究组利用2-羟基四氢吡喃能够原位转化为其互变异构体5-羟基戊醛,而5-羟基戊醛中醛基具有极高还原胺化活性的特征,发展了一种以生物糠醛衍生二氢吡喃为原料,通过先自催化水合得到2-羟基四氢吡喃再在高性能纳米镍催化剂作用下还原胺化合成具有极高药用价值的5-氨基-1-戊醇的新方法。同时也利用该类纳米镍催化剂发展了磷酸氯喹药物的关键侧链化合物N1,N1-二乙基-1,4-戊二胺从生物糠醛衍生5-N,N-二乙基氨基-2-戊酮一步高效还原胺化新方法。目标胺化产品收率超过90%,固定床小试寿命超过1000 h,催化剂可用于系列不同醛/酮化合物的还原胺化。该项技术成果目前已完成实验室小试研究,反应工艺和催化剂制备技术成熟,可以进一步放大中试及工业化应用。

技术指标:

伯胺收率超过90%，固定床小试寿命超过1000 h

发布年份：2024 年

创新性：重大改进

先进性：国内领先

成熟程度：

小试完成

应用领域：

精细化工

应用情况：

无

获奖及专利：

一种5-氨基-1-戊醇的合成方法 ZL201810871231.8

一种连续生产5-氨基-1-戊醇的方法 ZL201810871231.8

一种负载型纳米镍基催化剂及其制备方法与应用 ZL202010410954.5

一种连续生产5-(N-乙基-N-2-羟乙基胺)-2-戊胺的方法 ZL201810871231.8

转化方式：

技术开发、技术转让

完成人：黄志威

Tel: 13919485757

E-mail: zwhuang@licp.cas.cn

13. 黏土矿物/聚合物复合固态锂电池薄膜

成果介绍:

PEO因其较高的介电常数和强大的锂盐解离能力,被视为最有希望实现产业化应用的固态电解质,但是其在室温下的低离子电导率严重限制了其发展。

针对这一问题,本团队通过黏土矿物及其表界面修饰,开发了一系列超疏水黏土矿物纳米填料,成功构建了适用于宽温域锂金属电池的聚合物复合固态电解质。此外,为加速该固态电解质的商业化进程,我们对其关键技术参数进行调控,成功实现了利用传统浆料涂覆工艺进行复合固态电解质的规模化制备。

技术指标:

室温下离子电导率为 $6.2 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$, 锂离子转移数为0.63, 电化学电压窗口可达5.3 V。

发布年份: 2024 年

创新性: 首创

先进性: 国际领先

成熟程度:

小试

应用领域:

锂电池技术

应用情况:

无

获奖及专利:

申请国家发明专利2件。

转化方式:

技术开发、技术转让、技术服务、联合开发

完成人: 张俊平

Tel: 0931-4968251

E-mail: jpzhang@licp.cas.cn

14. 黏土矿物基超亲电解液锂电池隔膜

成果介绍:

隔膜作为锂电池产业链中技术壁垒最高的关键内层组件，是限制高能量密度锂电池发展的核心技术瓶颈。因此，开发高端锂电池隔膜的制备技术，生产优质的国产隔膜，对于提升我国未来在能源行业中的竞争力具有重要意义。基于此，团队瞄准我国对高端锂电池隔膜的迫切需求，针对聚烯烃隔膜及其陶瓷隔膜的关键技术缺陷，以黏土矿物的高值利用为背景，结合在电池隔膜及表界面研发方面的基础，开发了系列具有自主知识产权的黏土矿物基超亲电解液锂电池隔膜。

该系列隔膜具有优异的电解液保留率和热稳定性，适用于商业化锂离子电池及高比能锂金属电池（如锂-硫电池）。此外，该隔膜的原材料成本低廉且易于获得，其制备工艺与现有商业化陶瓷涂覆隔膜的工艺相一致，保障了黏土矿物基超亲电解液锂电池隔膜产业化的可行性。

技术指标:

电解液接触角为 0° ，电解液保留率达到 120%；隔膜在 150 $^{\circ}\text{C}$ 条件下 30 min，热收缩小于 5%；隔膜的离子电导率相对基底隔膜提高 1%；相对市场陶瓷隔膜的界面阻抗降低 12%；隔膜显著提高电池容量（1.0 C 下提高 20%）、循环稳定性（100 次循环后容量保持率提高 10%）和倍率性能（2.0 C 条件下容量提高 16%）。

发布年份：2024 年

创新性：重大改进

先进性：国际领先

成熟程度：

小试

应用领域：

锂电池领域

应用情况：

无

获奖及专利:

已获得相关国家发明专利4件。

转化方式:

技术开发、技术转让、技术服务、联合开发

完成人: 张俊平

Tel: 0931-4968251

E-mail: jpzhang@licp.cas.cn

15. 羰基化一步合成高碳醇技术

成果介绍:

高碳醇依碳链长短通常分为增塑剂醇(碳原子数为6—11的醇类)和洗涤剂醇(碳原子数为12—20的醇类),是合成增塑剂、洗涤剂、表面活性剂、增溶剂、润滑剂等等精细化工产品的基础原料,属于高附加值的化工产品。其中通过烯烃氢甲酰化过程制备高碳醇是最具经济性和竞争力的路线。目前,国内在增塑剂醇和表面活性剂醇等领域的高碳醇市场需要超过500万吨/年。

本研究团队基于多年的羰基合成研究积累,开发了钴基的高碳烯烃一步羰基化合成高碳醇技术。该技术通过调变反应的烯烃原料,可以方便得到种类繁多的高端高碳醇。碳八烯烃羰基化合成异壬醇技术正在企业推进5万吨/年工业试验装置的建设。其他高碳烯烃的羰基化工作已完成实验研究,正在推进中试放大。

技术指标:

无。

发布年份: 2024 年

创新性: 重大改进

先进性: 国际先进、国内领先

成熟程度:

碳八烯烃原料,正在开展万吨级工业试验装置的建设;其他高碳烯烃的羰基化实验室小试完成,寻求合作中试放大

应用领域:

资源与能源

应用情况:

无

获奖及专利:

无。

转化方式:

技术开发、技术转让、技术服务、联合开发

完成人：刘建华

Tel: 0931-4968155

E-mail: jhliu@licp.cas.cn

16. 环氧乙烷和二氧化碳环加成合成碳酸乙烯酯技术

成果介绍:

碳酸乙烯酯在国内的下游市场主要用于电解液：电池级直接作为溶剂，为电解液不可或缺的组分（质量占比20%-30%）。目前国内外工业化生产碳酸乙烯酯的技术主要采用二氧化碳和环氧乙烷均相催化合成工艺，但是反应条件苛刻：反应温度在200℃左右和反应压力在7.0MPa左右，碳酸乙烯酯收率仅为90%，同时催化剂用量大且不能够循环使用。

基于在离子液体催化剂开发与反应研究方面的多年积累，本研究团队针对环氧乙烷与二氧化碳环加成合成碳酸乙烯酯的反应、分离、催化剂循环等方面进行了深入研究，开发了离子液体催化二氧化碳和环氧乙烷合成碳酸乙烯酯技术。所发展的催化剂体系具有自主知识产权、反应操作条件温和、催化活性和稳定性高、在反应过程中已产物为溶剂、催化剂与产物经简单蒸馏即可分离循环使用。与现有催化剂相比，具有反应条件温和、催化剂用量低并且可以循环使用、环氧乙烷单耗低等优点。按照我们的工业试验结果，吨产品的催化剂成本低于100元。

该技术已经在东部某企业实现10万吨/年工业应用。

技术指标:

环氧乙烷转化率和碳酸乙烯酯选择性均大于99%。粗产品纯度大于99%，粗产品精制后纯度可达到99.99%。

发布年份：2024 年

创新性：首创

先进性：国际先进、国内领先

成熟程度：

工业应用

应用领域：

资源与能源

应用情况：无

获奖及专利:

无。

转化方式:

技术开发、技术转让、技术服务、联合开发

完成人: 刘建华

Tel: 0931-4968155

E-mail: jhliu@licp.cas.cn

17. 环氧乙烷羰基化合成3-羟基丙酸酯技术

成果介绍:

3-羟基丙酸甲酯是一类稳定的重要平台化合物,由于分子内含有羟基和酯基两个官能团,可以被还原获得聚酯关键原料1,3-丙二醇;可以发生脱水反应得到烯酸甲酯化合物,在涂料、油漆和树脂等行业得到应用;可以经自身缩聚生成热塑性材料——聚羟基羧酸酯(PHAs)。

3-羟基羧酸酯现有的合成方法主要有:1)醛或酮与 α -卤代酸酯的Reformatsky反应;2)化学或者生物方法催化的 β -酮酸酯还原反应;3)3-羟基丙酸与醇的酯化反应。这些或多或少方法存在所采用的底物不是基本的有机化工原料、价格昂贵、反应条件苛刻、产物收率低、产品分离困难等缺陷。目前,在世界范围内尚未有3-羟基丙酸甲酯的商品化产品出售。

在多年研究积累之上,本研究团队开发出利用环氧乙烷、甲醇、一氧化碳为原料,通过羰基合成反应制备稳定的3-羟基丙酸甲酯中间体的新技术路线。该过程具有典型的“原子经济”反应特征,能够将来自煤基或者石油基的环氧乙烷、甲醇、一氧化碳资源实现增值转化,符合“低碳利用”发展要求。同时通过将3-羟基丙酸甲酯加氢合成1,3-丙二醇,能够有效打破国外的技术封锁,改变1,3-丙二醇依赖进口的现状,实现1,3-丙二醇生产的国产化。

目前,该工作已经完成实验室小试研究,正在寻求开展技术的中试放大。

技术指标:

环氧乙烷转化率大于95%,目标产物3-羟基丙酸甲酯选择性大于80%。

发布年份: 2024 年

创新性: 首创

先进性: 国际先进、国内领先

成熟程度:

小试完成,寻求合作中试放大

应用领域:

资源与能源

应用情况:

无

获奖及专利:

无。

转化方式:

技术开发、技术转让、技术服务、联合开发

完成人: 刘建华

Tel: 0931-4968155

E-mail: jhliu@licp.cas.cn

18. 手性4-氯-3-羟基丁酸酯的羰基化合成技术

成果介绍:

手性4-氯-3-羟基丁酸甲（乙）酯是合成他汀类降血脂药物的关键中间体。(S)-4-氯-3-羟基丁酸酯主要用于合成阿托伐他汀；(R)-4-氯-3-羟基丁酸酯是合成“超级他汀”——瑞舒伐他汀（商品名：Crestor，可定）的重要原料。随着人们生活水平的提高以及老龄化问题加剧，这些他汀类降脂药年销售额以15—20%的年平均增长率增长，这就使得手性4-氯-3-羟基丁酸酯的需求激增，仅国内的需求量就在3000吨左右。此次之外，4-氯-3-羟基丁酸乙酯还是治疗老年痴呆药物奥拉西坦的关键中间体，还可用于合成左旋肉碱。

目前手性4-氯-3-羟基丁酸酯主要采用氰化路线合成：采用手性环氧氯丙烷为起始原料，经过氰化开环、腈水解、酯化等步骤，存在路线长、三废量大等缺陷。

本研究团队开发出以手性环氧氯丙烷、一氧化碳、醇为原料，通过羰基化过程合成相应高附加值手性4-氯-3-羟基丁酸酯的新路线。该路线是一个100%原子经济性反应，过程简洁。符合当前精细化工生产工艺技术绿色化的发展要求，具有重要的工业应用价值。特别是在反应过程中产物构型保持，没有发生消旋化。目前该工作已经完成实验室研究，初步开展了200 L放大的实验。

技术指标:

1) 实验室小试：手性环氧氯丙烷转化率>99%，手性4-氯-3-羟基丁酸酯选择性>85%。产物ee值保持。

2) 200L中试放大装置，手性环氧氯丙烷转化率>90%，(S)-4-氯-3-羟基丁酸酯选择性75%左右，产物ee值保持。

发布年份：2024 年

创新性：首创

先进性：国际先进、国内领先

成熟程度:

小试完成, 寻求合作中试放大

应用领域:

资源与能源

应用情况:

无

获奖及专利:

无。

转化方式:

技术开发、技术转让、技术服务、联合开发

完成人: 刘建华

Tel: 0931-4968155

E-mail: jhliu@licp.cas.cn

19. 丙二酸酯羰基化合成技术

成果介绍:

丙二酸酯是合成农药、医药等诸多精细化学品的重要原料，应用领域多元且可替代程度低，主要用于杀菌剂、除草剂以及氟哌酸、吡哌酸等农医药产品生产。此外，还可以加氢得到1,3-丙二醇（国内急缺的高端聚酯单体）、缩合得到亚甲基丙二酸酯（胶粘剂的关键单体）。

目前，国内丙二酸二甲（乙）酯的需求量超过5万吨/年，市场价在3万元/吨左右。

现有丙二酸二乙酯生产采用氰化法路线，存在使用剧毒的氰化物、工艺过程复杂、副产大量盐固废、含氰根以及高复盐废水等诸多缺陷。基于国内成熟的乙酸催化氯化——酯化法合成氯乙酸甲酯（乙酯）技术，

本课题组开发出采用廉价的氯乙酸甲酯（乙酯）、一氧化碳、醇为原料，通过羰基合成过程一步制备高附加值的丙二酸酯的先进工艺路线，目前已完成了催化剂以及反应工艺的优化，在小试的基础上，采用2L的高压反应釜进行了放大，已实现超过40次的连续釜式循环。

技术指标:

氯乙酸酯转化率大于99.5%，丙二酸二乙（甲）酯选择性大于95%。

发布年份：2024 年

创新性：首创

先进性：国际先进、国内领先

成熟程度:

小试完成，寻求合作中试放大

应用领域:

资源与能源

应用情况:

无

获奖及专利:

无。

转化方式:

技术开发、技术转让、技术服务、联合开发

完成人: 刘建华

Tel: 0931-4968155

E-mail: jhliu@licp.cas.cn

20. 异壬醇一步清洁氧化制备异壬酸技术

成果介绍:

异壬酸用途广泛：可用作合成高档润滑油和涂料，在微凝胶、表面活性剂、医药中间体、金属皂和金属加工液等方面有着重要的用途；也可用于醇酸树脂改性，能够有效提高其耐黄变性及抗冲击性能。此外，异壬酸还应用于化妆品、乙烯基稳定剂、轮胎粘合助剂等领域。特别地，异壬酸与多元醇如新戊二醇、三羟甲基丙烷、双三羟甲基丙烷、季戊四醇或二季戊四醇合成的异壬酸酯是一类用途广泛的润滑油酯。

异壬酸现有技术是通过异壬醛的氧化过程获得，由于醛氧化反应为自由基强放热过程，通常在需要加入金属盐催化剂，以加速反应和过氧化物的分解，但导致异壬酸选择性降低、副产物增加、产品收率低、同时存在金属离子不易分离，后续精馏过程中过氧化物容易带来安全问题的诸多不利。

本研究团队以“多相催化剂的表界面设计”为切入点，开发出了新型金属氧化物负载金属的多相催化剂，在无溶剂、碱助剂下实现异壬醇的清洁氧化合成异壬酸。完成了该新型催化材料制备方法、以及反应过程工艺参数筛选、催化剂稳定性、催化体系放大等研究。正在开展催化剂成型、工艺放大等环节的研究工作。

技术指标:

无。

发布年份：2024 年

创新性：首创

先进性：国际先进、国内领先

成熟程度:

小试完成，寻求合作中试放大

应用领域:

资源与能源

应用情况:

无

获奖及专利:

无。

转化方式:

技术开发、技术转让、技术服务、联合开发

完成人: 刘建华

Tel: 0931-4968155

E-mail: jhliu@licp.cas.cn

21. 碳四烯烃选择性叠合合成碳八/碳十二烯烃技术

成果介绍:

混合碳四烯烃在石脑油裂解、催化裂化及甲醇制烯烃的副产物中占比很高，其下游产品主要为烷基化汽油、甲基叔丁基醚、叔丁醇、甲基丙烯酸甲酯以及叠合汽油等。而混合碳四烯烃齐聚生成的碳八烯烃（二聚体）、碳十二烯烃（三聚体）则是高附加值的有机化学中间体，用于生产洗涤剂、添加剂、增塑剂和农药等，市场需求可达每年几百万吨。尽管国内异丁烯叠合已经实现工业应用，但是目前国内缺乏正构碳四烯烃选择性叠合的技术。

针对国内缺乏正丁烯（丁烯-1、丁烯-2）叠合技术的现状，而源正丁烯叠合得到的C8烯、C12烯，更适合作为增塑剂用C9醇、C13醇合成的原料。为了有效打通碳四烯烃资源到“卡脖子”C9醇以及C13醇产品整个产业链发展的瓶颈，围绕的正丁烯正丁烯选择性叠合制C8烯烃/C12烯烃，通过催化剂组成、制备成型条件的优化，筛选出多个镍基的多相催化材料，完成了该新型催化材料制备方法以及公斤级放大制备、以及叠合反应过程工艺参数筛选、催化剂稳定性（超1000h）等研究。正在开展工艺放大等环节的研究工作。

技术指标:

无。

发布年份：2024 年

创新性：重大改进

先进性：国际先进、国内领先

成熟程度:

小试完成，寻求合作中试放大

应用领域:

资源与能源

应用情况:

无

获奖及专利:

无。

转化方式:

技术开发、技术转让、技术服务、联合开发

完成人: 刘建华

Tel: 0931-4968155

E-mail: jhliu@licp.cas.cn