

2017 年度国家科技进步奖公示内容

项目名称	基于非均相催化的废油脂转化生物柴油技术开发与产业化应用
推荐单位（专家）意见	
该项目符合国家环境与能源发展战略需求。十余年来，在国家科技支撑计划、国家 863 计划、粤港合作等项目资助下，研究团队在系统理论研究的基础上，攻克了一系列技术难点，着重解决了废油脂能源转化过程的二次污染和高能耗等问题，构建了生物柴油的清洁生产工艺技术体系，促进了我国生物柴油产业技术向绿色技术转型。研究团队重点开发了绿色催化剂、连续反应器等，并在系统优化与设备研制等方面取得了一系列科技成果；研究团队共发表论文 62 篇（SCI/EI 41 篇），获得授权发明专利 15 件；获国家专利优秀奖、广东省科技奖一等奖及广东省专利金奖等多个奖项。技术在 10 余家企业推广应用，近三年累计生产生物柴油 67.3 万吨，新增产值 34.2 亿元，新增利税 3.5 亿元，减少二氧化碳排放 168 万吨，创造了明显的经济和社会效益。该项目形成了具有我国特色的废油脂资源化利用技术体系，有力促进了废油脂高值化利用行业的技术进步。 推荐该项目为国家科学技术进步奖<u>二</u>等奖。	
项目简介（限 1200 字）	
生物柴油是最重要的生物质液体燃料之一，利用以地沟油为主的废油脂生产生物柴油，不仅可提供大量清洁液体燃料，也可彻底杜绝“地沟油”回流餐桌，具有能源、环保、生态等多重意义。我国政府自 2007 年起，出台了一系列政策法规激励、支持废油脂生物柴油产业的发展。为满足现代产业需求，必须解决传统工艺生产效率低、能耗高、二次污染等问题，而开发先进生物柴油转化技术是实现清洁、高效和连续生物柴油生产的关键所在。本项目在国家科技支撑计划、863 计划、973 计划、国际合作等项目资助下，历时 10 余年科技攻关，以固体催化剂为核心，开发了非均相催化的清洁高效生物柴油生产关键技术，取得如下创新： （1）首次阐明了废油脂固液非均相催化表面反应机理，创建了废油脂制备生物柴油/航油高效转化理论体系。首次从分子层次上解析了反应物活化、断键及重组键能等物化性质，确定关键中间活性产物，深度解析催化转化反应路径，创建了废油脂非均相催化转化合成生物柴油及二代生物柴油烃类燃料固体催化理论体系，为生物柴油/航油的高效制备奠定了理论基础。 （2）研制了废油脂合成生物柴油/航油的超稳高效固体催化剂，开发了生物柴油固体酸催化连续清洁转化技术。发明了超稳高效的质子型酸式盐、弱酸强碱盐式钙基固体碱、镍基酸性分子筛等固体催化剂，避免了浓硫酸等液体酸碱催化剂引起的二次污染，催化转化率 99%以上，成本可控；开发了固体酸催化酯化耦合静态活塞流反应器连续制	

取生物柴油及一步法加氢制取二代生物柴油的工艺与装置，实现了废油脂的连续高效清洁转化。 (3) 开发出低能耗生物柴油分离纯化技术与设备。开发了餐饮废油高效梯度除水杂预处理技术，解决了低品质原料油中水杂含量高的问题；研发了渗透汽化膜低能耗连续回收甲醇技术与装备，甲醇回收纯度及利用率达到 99%以上；发明了脂肪酸甲酯连续精馏技术与装备，实现脂肪酸甲酯四段分馏精制，降低能耗 8%，产品收率提高 5%；开发了低动力生物柴油/甘油连续分离，实现反应过程中甘油连续分离。 (4) 开发生物柴油清洁生产技术体系与模块化成套设备。通过集成本项目开发的先进技术，完成了废油脂制备生物柴油各单元的系统优化，建了以地沟油等废弃油脂为原料的生物柴油绿色生产工艺系统，开发出快装式的模块化生物柴油生产装置，实现了生物柴油制备的绿色、连续、低能耗和模块化。生物柴油转化率达到 95%以上，产品质量符合国家 BD100 标准，吨加工成本低于 1000 元。 该项目获得授权发明专利 15 件，实用新型 12 件；出版专著 2 部，发表期刊论文 62 篇（SCI/EI 41 篇）；鉴定科技成果 2 项，获国家专利优秀奖、广东省科技进步一等奖及广东省专利金奖 各 1 项。 项目技术在全国福建、广东、浙江等 9 省区 11 家企业推广应用，近三年累计生产生物柴油 67.3 万吨，新增产值 34.2 亿元，新增利税 3.5 亿元，减少二氧化碳排放约 168 万吨，成果第二完成单位作为国内生物柴油行业的龙头企业，在全国的市场占有率达到了 10%以上，近三年利税达 1.09 亿元。
客观评价
(1) 科技成果评价（鉴定） 该项目成果之一“地沟油清洁生产生物柴油关键技术”，2013 年 12 月由广东省科技厅组织通过的鉴定结论“研制了亚铁锌双功能高效固体酸催化剂，采用两步法完成地沟油的固体酸催化连续酯化降酸，避免了使用浓硫酸引起的设备腐蚀及后续工艺的分离、回收等问题；研发了高选择性、高渗透量亲水性渗透气化膜实时分离反应副产物水的技术，实现了低能耗甲醇/水的有效分离；使用活塞流反应器酯交换技术，反应时间由传统釜式反应器中的数小时缩短到 18 分钟，且实现工业连续化生产。基于上述关键技术工艺创新，集成建立了万吨级高效、连续、绿色的生物柴油生产工艺，达到降低成本，提高环保性能的目的。” 该项目成果之一“年产 1 万吨生物柴油关键技术及示范”，2011 年 10 月由广东省科技厅组织通过的鉴定结论：“该技术解决了国内生物柴油产业化主流技术存在的主要缺陷，具有能耗可控，油品质量优，转化率高，污染物可控与杂质回收利用、原料有保障等优点”。 (2) 项目验收 该项目子课题之一“生物柴油质量标准与生产规范的研究”，于 2006 年 7 月由中国

生物质能技术开发中心组织通过的验收结论：“形成了我国制定生物柴油标准的基本原则”“提出了我国生物柴油国家标准技术质量指标建议，为编制生物柴油的国家标准提供了参考依据”“为生物柴油工艺实验和质量指标测试提供了先进的研究平台”。

（3）文献查新

由中国科学技术信息研究所出具的查新报告结论为：“除该项目委托方的相关研究报道外，本次检索未见与该项目三个查新点技术特征完全相同的地沟油清洁生产生物柴油的公开文献报道。”。

（4）用户评价

应用单位佛山市公共交通有限公司对完成单位提供的生物柴油产品的综合性试验情况总结“使用生物柴油混合比较最高达到 70%时，发动机的动力性能未见明显减少，尾气排放明显下降”。“三部车分别下降 40.6%、46.9%和 33.5%，平均值 40.2%，说明生物柴油对尾气排放有明显的作用”。

厦门卓越生物质能源有限公司“于 2009 年开始与中国科学院广州能源研究所合作，应用研发的生物柴油技术，建立了年产 5 万吨生物柴油生产线。机组设备运行良好。”，“本公司以地沟油为原料生产生物柴油，所生产的产品经相关部门检测，达到国家 BD100 生物柴油标准。”

江阴万博粮油机械有限公司“应用中国科学院广州能源研究所生物柴油技术，为客户建设了总规模 23 万吨的生物柴油生产线，所生产的产品经相关部门监测，达到国家标准 BD100 标准。”

（5）技术检测报告

经福建省石油产品质量监督检验中心检测：该产品本次抽检所检项目符合 GB/T 20828-2014 标准要求。

（6）获得奖励

该项目技术共获中国专利优秀奖 1 项，广东省科技进步一等奖 1 项，广东省专利金奖 1 项，国家能源科技进步二等奖 1 项，中国科学院科技促进发展奖二等奖 1 项。

推广应用情况

该项目关键技术已应用于多个连续化生物柴油示范工程，形成了涵盖福建、广东、江苏等9省区10余家企业的大范围应用格局，总体生产能力达到53万吨/年，占全国生产能力的15%，三年累计生物柴油产量67.3万吨。2007年与福建卓越新能源发展有限公司签订长期合作协议，共同进行生物柴油技术的推广应用。现已在福建龙岩、厦门分别建有年产5万生物柴油示范工程，是国内最大的生物柴油生产厂家之一。2009年与佛山正合生物能源有限公司签订长期合作协议，在佛山建有年产2万吨的生物柴油工程。2014年该项目技术第一完成单位以生物柴油技术入股的方式成立了一中科元和再生资源装备技术江苏有限公司（设备公司），目前已中标苏州高新区餐厨废弃物处置B00项目，拟建设餐厨垃圾与生物柴油联产项目。2016年初，与茂名市鸿宇能源科技有限公司合作，共同建设年产3万吨生物柴油工程。

序号	应用单位名称	应用技术	起止时间	处理规模 (万吨/年)
1	厦门卓越生物质能有限公司	整体技术	2009.06至今	5
2	江阴万博粮油机械有限公司	整体技术	2010.01至今	—
3	温州中科新能源科技有限公司	整体技术	2009.06至今	3
4	湖南未名创林生物能源有限公司	整体技术	2009.01至今	1
5	成都恒润高新科技有限公司	整体技术	2013.08至今	3
6	重庆善图高新科技有限公司	整体技术	2014.06至今	12
7	天津益生能生物能源技术有限公司	部分技术	2009.03至今	1
8	广西恒泰润扬科技有限公司	整体技术	2014.06至今	4
9	中科元和再生资源装备技术江苏有限公司	整体技术	2014.01—至今	—
10	苏州高新区餐厨废弃物处置 B00 项目	部分技术	2016.06—至今	
11	茂名市鸿宇能源科技有限公司	部分技术	2016.04—至今	3

主要知识产权目录（不超过 10 件）

序	知识产权	知识产权具	授权号	证书	权利人	发明人	发明专利
---	------	-------	-----	----	-----	-----	------

号	类别	体名称		编号			有效状态
1	发明专利	一种采用固体酸催化剂和活塞流反应器连续生产生物柴油的方法	ZL200610036419.8	458777	中国科学院广州能源研究所	袁振宏, 吕鹏梅, 王忠铭, 孔晓英, 马隆龙, 吴创之, 李海濱	有效
2	发明专利	一种用于合成生物柴油的Fe(II)-Zn固体酸催化剂及制备方法	ZL201010145079.9	1041960	中国科学院广州能源研究所	杨玲梅, 吕鹏梅, 颜芳, 王忠铭, 罗文, 李惠文, 袁振宏	有效
3	发明专利	生产生物柴油甲酯化与甲醇连续提纯装置	ZL200710008869.0	514570	龙岩卓越新能源发展有限公司	叶活动	有效
4	发明专利	一种用于转酯化反应的纳米磁性固体碱催化剂的制备方法	ZL200910040818.5	780864	中国科学院广州能源研究所	吕鹏梅, 刘畅, 袁振宏, 罗文, 王忠铭, 李惠文	有效
5	发明专利	生物柴油甲醇阶梯式回收提纯方法与装置	ZL201210346415.5	1404294	中国科学院广州能源研究所	李惠文, 吕鹏梅, 袁振宏, 王忠铭, 罗文, 杨玲梅	有效
6	发明专利	一种生物柴油生产甘油连续分离装置	ZL201210532385.7	1410895	中国科学院广州能源研究所	李惠文, 吕鹏梅, 袁振宏, 王忠铭, 罗文, 杨玲梅, 苗长林	有效
7	发明专利	生物柴油连续精馏装置	ZL200710008870.3	702448	龙岩卓越新能源发展有限公司	叶活动	有效
8	发明专利	一种可视化生物柴油连	ZL201310080448.4	1337258	中国科学院广州能	苗长林, 李惠文, 吕鹏	有效

		续制备系统			源研究所	梅,袁振宏, 罗文, 杨玲 梅	
9	发明专利	生物柴油安 定性添加剂 及其制备、使 用方法	ZL2007100 27292.8	7004 26	佛山市三 水正合生 物能源有 限公司	赵志明, 黄 江川	有效
10	发明专利	一种高级脂 肪酸甲酯制 备烃类液体 燃料的方法	ZL2013106 97998.0	1959 461	中国科学 院广州能 源研究所	吕鹏梅, 陈 亮广, 袁振 宏, 李惠 文, 杨玲 梅, 苗长 林, 罗文 , 王治元	有效

代表性论文专著目录（不超过 8 篇）

序号	论文专著名称	刊名	发表 时间	通讯作者	第一作者	产权是否归 国内所有
1	Direct synthesis and characterization of pore-broadened Al-SBA-15	Microporous and Mesoporous Materials	Februa ry 2017	Yuan Zhenhong	Xing Shiyu	是
2	Catalytic hydroprocessing of fatty acid methyl esters to renewable alkane fuels over Ni/HZSM-5 catalyst	Catalysis Today	1 Januar y 2016	Yuan Zhenhong	Chen Liangguang	是
3	Cation exchange resin catalysed biodiesel production from used cooking oil (UCO): Investigation of impurities effect	Fuel	1 Octobe r 2016	Yuan Zhenhong	Fu Junying	是
4	Fe-Zn double-metal cyanide complexes catalyzed biodiesel production from high-acid-value oil	Renewable Energy	July 2011	Lv Pengmei	Yan Fang	是
5	An efficient chemoenzymatic method to prepare optically active O-methyl-d-serine	Tetrahedron	30 Septe mber 2014	Yuan Zhenhong	Wang Zhiyuan	是

6	Free fatty acids esterification for biodiesel production using self-synthesized macroporous cation exchange resin as solid acid catalyst	Fuel	15 August 2015	Lv Pengmei	Fu Junying	是
7	Catalytic Hydrotreatment of Fatty Acid Methyl Esters to Diesel-like Alkanes Over H β Zeolite-supported Nickel Catalysts	Chemcatchem	31 October 2014	Lv Pengmei	Chen Liangguang	是
8	The nanometer magnetic solid base catalyst for production of biodiesel	Renewable Energy	July 2010	Lv Pengmei	Liu Chang	是

主要完成人情况

第 (1) 完成人	姓名	袁振宏	完成单位	中国科学院广州能源研究所	工作单位	中国科学院广州能源研究所
	项目总负责人。 在项目研究过程中负责项目的总体计划和实施，提出关键问题的解决办法，对专利技术的创新应用、核心技术的形成和创新突破起到决定性的作用。亲自参与创新研究、示范工程建设和资料总结整理。对主要技术发明点创新点二、三以及创新点四发明点做出重要贡献。在该项目研发工作中投入的工作量占本人总工作量的80%。					
	曾获得国家科技奖情况：2016 年国家专利优秀奖					
第 (2) 完成人	姓名	马隆龙	完成单位	中国科学院广州能源研究所	工作单位	中国科学院广州能源研究所
	项目骨干。 在项目研究过程中对专利技术的创新应用、核心技术的形成和创新突破起到决定性的作用。参与创新研究、示范工程建设。对主要技术发明点创新点二发明点做出重要贡献。在该项目研发工作中投入的工作量占本人总工作量的80%。					
	曾获得国家科技奖情况：2016 年度中国专利优秀奖。					
第	姓名	吕鹏梅	完成单位	中国科学院广州能源研究所	工作单位	中国科学院广州能源研究所

(3) 完成人	项目骨干。 主要负责固体酸催化理论体系构建、催化降酸预处理及生物柴油绿色转化技术开发。对主要技术发明点创新点一、二，及创新点四发明点做出重要贡献。在该项目研发工作中投入的工作量占本人总工作量的80%。					
	曾获得国家科技奖情况：2016 年度中国专利优秀奖。					
第 (4) 完成人	姓名	吴创之	完成单位	中国科学院广州能源研究所	工作单位	中国科学院广州能源研究所
	项目骨干。 在项目研究过程中主要负责固体酸催化预处理及生物柴油绿色转化技术开发。对主要技术发明点创新点二做出重要贡献，亲自参与创新研究、示范工程建设。在该项目研发工作中投入的工作量占本人总工作量的80%。					
	曾获得国家科技奖情况：国家科技进步二等奖 1 项、三等奖 1 项、中国专利优秀奖 2 项。					
第 (5) 完成人	姓名	王忠铭	完成单位	中国科学院广州能源研究所	工作单位	中国科学院广州能源研究所
	项目骨干。 主要负责项目的组织与协调，甲醇回收技术的研发及原料多元化发展模式的开发。对主要技术发明点创新点二（2），创新点三（1）、（3）发明点做出重要贡献。在该项目研发工作中投入的工作量占本人总工作量的80%。					
	曾获得国家科技奖情况：2016 年度中国专利优秀奖。					
第 (6) 完成人	姓名	叶活动	完成单位	龙岩卓越新能源股份有限公司	工作单位	龙岩卓越新能源股份有限公司
	项目骨干。 成果第二完成单位生物柴油技术研发总负责人，开发生物柴油连续纯化、精馏关键技术对主要技术发明点中第创新点二中（2）发明点以及创新点三中（3）发明点的内容均做出了主要贡献。在该项目研发工作中投入的工作量占本人总工作量的80%。					
	曾获得国家科技奖情况：无。					
第	姓名	李惠文	完成单位	中国科学院广州能源研究所	工作单位	中国科学院广州能源研究所

(7) 完成人	项目骨干。 主要负责反应器设计与甲醇回收工艺开发。对主要技术发明点创新点二（1）、创新点三（2）以及创新点四发明点做出重要贡献。在该项目研发工作中投入的工作量占本人总工作量的80%。					
	曾获得国家科技奖情况：无。					
第 (8) 完成人	姓名	罗文	完成单位	中国科学院广州能源研究所	工作单位	中国科学院广州能源研究所
	项目骨干。 主要负责地沟油油预处理工艺及甘油分离工艺的开发。对主要技术发明点创新点二（1）（2），创新点四发明点做出重要贡献。在该项目研发工作中投入的工作量占本人总工作量的80%。					
	曾获得国家科技奖情况：无。					
第 (9) 完成人	姓名	赵志明	完成单位	佛山市正和生物能源有限公司	工作单位	佛山市正和生物能源有限公司
	项目骨干。 主要负责生物柴油安定性添加剂的开发。对主要技术发明点创新点四（3）发明点做出重要贡献。在该项目研发工作中投入的工作量占本人总工作量的70%。					
	曾获得国家科技奖情况：无。					
第 (10) 完成人	姓名	刘汝宽	完成单位	湖南省林业科学院	工作单位	湖南省林业科学院
	项目骨干。 主要负责复合原料理化性质评价、清洁高效制油及其预处理。对主要技术发明点创新点四（2）发明点做出重要贡献。在该项目研发工作中投入的工作量占本人总工作量的70%。					
	曾获得国家科技奖情况：无。					
主要完成单位创新推广贡献						
第 1 完成单位		中国科学院广州能源研究所				
广州能源研究所自2003年开始进行生物柴油关键技术的研究，先后承担了有关生物柴油的国家科技攻关项目、国家863项目、广东省科技攻关和广州市科技计划项目等20余项，取得了一系列的科技成果，形成了涵盖多种专业的科研开发团队，团队共有科研人员45名，其中研究员7名，副研究员15名。						

广州能源所完成了生物柴油固体酸催化剂，生物柴油静态混合活塞流反应器连续生产，甲醇/水高效分离膜，模块化工工艺等技术的研发。取得生物柴油授权专利17件。发表生物柴油方面论文60余篇。广州能源所“废油脂清洁生产生物柴油关键技术”项目在广州进行了成果鉴定，经鉴定专家委员会的审定，该成果“总体达到国际先进水平，在以餐饮废油为原料，用双金属固体酸催化剂和渗透汽化膜分离技术生产生物柴油方面，达到国际领先水平。”

由于广州能源研究所生产工艺的先进性和优越性，已被多家企业选为合作伙伴，共同进行生物柴油技术和市场的开发。如福建卓越新能源股份有限公司、佛山市正合生物能源有限公司、天津益生能生物能源技术有限公司、温州中科新能源科技有限公司等。

主要完成单位创新推广贡献

第 2 完成单位	龙岩卓越新能源股份有限公司
----------	---------------

龙岩卓越新能源股份有限公司（由原龙岩卓越新能源发展有限公司变更成立），创立于2001年11月，从事利用废动植物油（地沟油、泔水油、酸性油脂）生产生物柴油的国家级高新技术企业，福建省循环经济示范企业，福建省首批创新型企业。公司是中国生物柴油龙头企业。

通过和中国科学院广州能源研究所等单位合作共同承担国家十五科技攻关计划，自主研发了废动植物油连续纯化预处理、地沟油甲酯化甘油连续分离、生物柴油连续精馏、地沟油甲酯化甲醇低能耗连续回收利用等创新技术，公司实施转化在福建龙岩和厦门共建有年产10 万吨生物柴油示范工程，是国内生物柴油产能和实际产量最大的生物柴油公司。

主要完成单位创新推广贡献

第 3 完成单位	佛山市正合生物能源有限公司
----------	---------------

佛山市正合生物能源有限公司是专业化生产生物柴油的企业。2006年，公司通过了ISO9001:2000质量管理体系国际认证。2007年，公司被广东省科学技术厅评定为“广东省民营科技企业”、“广东省高新技术企业”，并被全国生物柴油行业协会核准为“国家生物柴油行业协作组副理事长单位”，在行业内处于技术领先水平。

通过和中国科学院广州能源研究所等单位共同承担 2009 年广东省中国科学院全面战略合作项目，合作研发了高酸值原料油连续生产生物柴油及生物柴油安定性添加剂等关键技术，在广东佛山建有年产 2 万吨生物柴油示范工程。

主要完成单位创新推广贡献

第 4 完成单位	湖南省林业科学院
----------	----------

湖南省林业科学院主要负责“复合原料理化性质评价、清洁高效制油及其预处理技术”。通过检测方法研究，建立复合原料数据库，创建了其理化性质的快速检测技术。发

明了高含油、多双键和羟基活性官能团的植物油料清洁、高效制油技术，发明了连续式低温制油技术与装备，工业油料制油温度低于54 ℃，残油率小于1.0%，较传统技术节能10%以上。
完成人合作关系说明
作为第一完成单位，中国科学院广州能源研究所于 2004 年 4 月起与第二完成单位，福建龙岩新能源股份有限公司（前身为福建龙岩新能源发展有限公司，于 2011 改制）共同承担国家科技攻关计划项目：生物燃料油技术开发（2004BA411B）。后于 2007 年 4 月 1 日，签订产业化合作协议，共同开发生物柴油生产新技术，优化生物柴油技术，改进生产工艺，制定产品标准，提升产品质量，并联合推广试用新技术。 中国科学院广州能源研究所与第三完成单位佛山市正合生物能源有限公司（前身佛山市三水正和精细化工有限公司，于 2009 年 11 月更名）的合作始于 2009 年 8 月，签订了合作协议，共同申报广东省中国科学院全面战略合作项目“多元化油脂资源开发及生物柴油产业化技术”。 中国科学院广州能源研究所与湖南省林业科学院共同完成了国家科技支撑计划课题—万吨级非食用油脂原料的生物柴油清洁生产示范（2011BAD22B04），湖南省林业科学院为课题主持单位，中国科学院广州能源研究所为课题协作单位，双方签订了任务分工协议。 中国科学院广州能源研究所完成了生物柴油固体酸催化剂，生物柴油静态混合活塞流反应器连续生产，甘油连续分离，甲醇/水高效分离膜，模块化工艺等技术的研发。湖南省林业科学院研发了复合原料理化性质评价、清洁高效制油及其预处理技术。龙岩卓越新能源股份有限公司研发了废动植物油连续纯化预处理、地沟油甲酯化甘油连续分离、生物柴油连续精馏、地沟油甲酯化甲醇低能耗连续回收利用等创新技术，并实施建设年产 5 万吨生物柴油示范工程。佛山市正合生物能源有限公司完成了生物柴油安定性添加剂的开发及年产 2 万吨生物柴油示范工程的建设。

如有论文不超过 10 篇，请参考自然科学奖格式补充。