

## 项目公示信息表

## 一、项目基本情况

奖 种	国家科技进步奖
项目名称	难再生废弃高分子材料绿色回收与再制造关键技术及应用
完成单位	四川大学, 北京东方雨虹防水技术股份有限公司, 南昌天高环保科技有限公司, 江苏美亚塑胶科技有限公司, 南京聚锋新材料有限公司, 四川金摩尔环保新材料有限责任公司,
完成人	卢灿辉, 白时兵, 陈宁, 张新星, 杨双桥, 段文锋, 马斌, 孙新福, 丁建生, 詹忠
提名单位	中国轻工业联合会
提名单位意见	<p>(不超过 600 字, 对科技创新点的创新性、先进性、应用效果和对行业科技进步的作用进行概述, 并对照国家科学技术进步奖授奖条件, 填写提名意见和提名等级)</p> <p>高分子材料制品应用广泛, 随之产生的难再生废弃物急剧增多, 大多只能焚烧或填埋处理, 对环境造成极大的危害。项目解决了难再生废弃高分子材料绿色回收与再制造应用的世界难题。</p> <p>1、创建废弃高分子材料绿色回收固相加工技术, 突破了难再生高分子废弃物室温固相超微粉碎技术瓶颈, 制备高活性微米级废弃高分子复合粉体; 创新研发超细粉体粒度和粒度分布调控多组分高分子材料的相畴结构技术和交联型废弃高分子材料固相力化学可控解交联原理和技术, 赋予其再加工性。</p> <p>2、创建了共混复合型废弃高分子材料再制造与应用技术体系, 建立了多相多组分、粘度不匹配聚合物再生复合粉体熔体加工的流变学原理和技术; 创新构建了粉体高填充、固态拉伸、高效结晶成核等再生复合粉体加工技术体系, 制备了波纹管、木塑制品、土工格栅等系列再生制品。</p> <p>3、研发了交联型废弃高分子材料再制造与应用技术体系, 构建了界面交联、端基稳定化、有机/无机界面镶嵌等再生复合粉体加工技术体系, 制备热塑性弹性体、自粘沥青防水卷材、抗冻融弹性混凝土、耐高温油田固井水泥石等系列再生制品。</p> <p>项目在北京东方雨虹、南昌天高、江苏美亚、南京聚锋、四川金摩尔等企业产业化应用, 实现了难再生废弃高分子材料绿色回收与再制造, 相关高值化产品在南水北调工程多标段、深茂高铁等国家重要工程中应用, 取得显著经济和社会效益。引领我国废弃高分子材料高效高值回收利用, 促进了塑料加工产业的可持续发展。</p> <p>提名该项目为国家科技进步奖<u>二</u>等奖。</p>

## 二、项目简介

我国高分子材料产量和消费量居世界之首，广泛应用于国民经济各领域、不可或缺。尤其为满足电子电器、交通运输、航空航天等领域产品高性能、多功能、轻量化、长寿命的需求，大多采用共混复合、填充增强、交联等方法进行改性，其废弃物组分十分复杂，不能分类分离，难再加工利用。目前采用的化学降解、溶剂溶解、熔融加工等回收技术难以实现其循环利用，形成大量难再生高分子废弃物。如全球仅塑料废弃量就累计高达 63 亿吨，仅 9% 被回收，12% 被焚烧处理，79% 被填埋或积累在自然环境中，严重污染环境，极大浪费资源，成为全社会高度关注、亟待解决的世界难题。

项目以前期研发的固相力化学装备为基础，在国家 863 计划等项目支持下，攻克了难再生废弃高分子材料绿色回收与再制造应用共性关键技术，主要科技创新包括：

**(1) 创建废弃高分子材料绿色回收固相加工技术：**突破了难再生高分子废弃物室温固相超微粉碎技术瓶颈，制备高活性微米级废弃高分子复合粉体；创新研发超细粉体粒度和粒度分布调控多组分高分子材料的相畴结构技术和交联型废弃高分子材料固相力化学可控解交联原理和技术，赋予其再加工性。

**(2) 系统开发了共混复合型废弃高分子材料再制造与应用技术体系：**建立了多相多组分、粘度不匹配聚合物再生复合粉体熔体加工的流变学原理和技术；创新构建了粉体高填充、固态拉伸、高效结晶成核等再生复合粉体加工技术体系，在加工中调控再生制品多层次结构，实现由废弃电路板非金属粉、废弃人工草坪、汽车拆解残余尾料等共混复合型高分子废弃物制备波纹管、木塑制品、土工格栅等系列再生制品的突破。

**(3) 创新研发了交联型废弃高分子材料再制造与应用技术体系：**针对高粘度、难分散、部分解交联的聚合物再生复合粉体，构建了界面交联、端基稳定化、有机/无机界面镶嵌等再生复合粉体加工技术体系，实现由废旧轮胎、交联聚氨酯、交联聚乙烯电缆等交联型高分子废弃物制备热塑性弹性体、自粘沥青防水卷材、抗冻融弹性混凝土、耐高温油田固井水泥石等系列再生制品的突破。

获授权中国发明专利 10 项，发表学术论文 86 篇，形成了自主创新的难再生废弃高分子材料绿色回收及再制造应用成套技术和规模化生产能力，在十余家企业推广应用。Nature Chemistry 等国际顶尖期刊论文高度评价该技术环境友好地实现废橡胶脱硫。曾获中国轻工业联合会科学技术进步一等奖。产品在南水北调工程多标段、深茂高铁等国家重要工程中得到应用，并出口欧美等国家，推动了我国高分子材料加工业的可持续发展。

### 三、客观评价

#### (1) 国家级专业机构的技术检测报告

国家化学建筑材料测试中心检测结果表明：项目研制的聚乙烯土工膜产品（高分子废弃物回收材料含量为 50 wt%）的屈服强度、断裂强度、断裂伸长率、低温弯折性、不透水性、热老化及紫外老化等性能全面达到土工膜美国标准 GRIGM 13-2009 的技术指标。

江西省建材产品质量监督检验站检测结果表明，项目研制的土工格栅的力学性能满足 GB/T 17689-2008《土工合成材料塑料土工格栅》的技术要求。

福建省产品质量检验研究院的检测结果表明，采用废弃氟橡胶制备的耐酸碱耐油热塑性硫化胶（TPV）产品综合性能优于美国某公司同类产品。

#### (2) 国家级科研项目验收结论

废弃高分子材料回收及其高值化利用技术获得国家 863 计划、国家自然科学基金等项目支持，均已通过国家验收。

国家科技部网站报道了该项目的工作，认为“废弃高分子产品回收利用技术取得重要进展”，“将缓解目前相关资源回收利用水平低下、环境污染严重的问题，有力带动我国相关产业发展，提高资源、能源利用效率，提升经济效益，进一步推动我国循环经济、低碳经济的发展和节约型社会的建设”。

#### (3) 获得奖项

获 2016 年度中国轻工业联合会科学技术进步一等奖。

#### (4) 国内外学术界的引用和评价

该项目发表学术论文 86 篇，项目的创造性、先进性得到国内外同行的好评。

国际知名力化学专家 P. Dopieralski 在国际顶尖化学期刊 Nature Chemistry 发表的论文 (Nat. Chem. 2017, 9, 164) 高度评价项目在废橡胶力化学解交联方面的工作，认为“废橡胶脱硫作为国际工业界面临的一项紧迫的经济和环境挑战，通过机械应力诱导双硫或多硫共价键断裂的力化学过程得以环境友好的实现”。

国际顶尖材料科学期刊“Progress in Materials Science”综述论文（2015, 72, 100-140）累计引用项目在废橡胶应力解交联方面的三篇研究论文达 16 次，高度评价项目废橡胶的应力解交联及其复合材料制备技术，认为“通过界面间的共交联提高了复合材料的拉伸强度和断裂伸长率”，有效解决了废橡胶与基体橡胶间的界面相容性问题。

国际知名的废弃高分子材料回收专家美国阿克隆大学的 A. I. Isayev 教授在其研究论文 (Polymer, 2015, 70, 290-306) 中引用项目的工作，评价认为废弃高分子材料的应力解交联技术是一项“通过机械碾磨实现废弃交联高分子材料凝胶含量显著降低”的新技术。

#### 四、应用情况

项目建立的难再生废弃高分子材料绿色回收与再制造关键技术在多家企业获得推广应用。在北京东方雨虹防水技术股份有限公司建成沥青防水卷材、沥青防水涂料生产线。在南昌天高环保科技股份有限公司建成多条高分子废弃物回收加工制备土工膜、土工格栅的工业化生产线，产品在水利、市政工程等领域应用。江苏美亚塑胶科技有限公司建成废弃交联聚氨酯、废弃橡胶制品回收加工制备高性能低成本TPU、TPV材料和制品生产线，产品广泛应用于防湿滑运动鞋橡胶大底、运动器材、汽车密封件、路政设施等领域。在南京聚锋新材料有限公司建成废弃塑料回收加工制备木塑复合材料和制品产业化示范基地，开发多种木塑复合材料及制品。在四川金摩尔环保新材料有限责任公司建成高分子废弃物回收加工制备弹性混凝土和耐高温油田固井水泥石等高性能产品，在高速公路等使用。实现了难再生废弃高分子材料的高效高值回收利用。

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
北京东方雨虹防水技术股份有限公司	高活性废弃橡塑粉体制备高性能防水材料	2015年至今	李文志 /15201579961	建成产业化示范基地，开发了沥青防水卷材、沥青防水涂料等产品，应用上市政工程建设
南昌天高环保科技股份有限公司	高分子废弃物回收加工制备土工膜、土工格栅等	2012年6月至今	梁广范 /13970050903	建成多条工业化生产线，制备土工膜、土工格栅，用于水利、市政建设等领域
江苏美亚塑胶科技有限公司	高分子废弃物回收加工制备高性能低成本热塑性弹性体材料和制品	2010年1月至今	孙新福 /13905294252	建成多条工业化生产线，产品应用于鞋材、运动器材、汽车密封件、路政设施等
南京聚锋新材料有限公司	废弃塑料回收加工制备木塑复合材料	2013年1月至今	丁建生 /13605192511	建成产业化示范基地，制备高性能低成本木塑复合材料，应用于建筑、家装、交通、市政和体育设施等领域
四川金摩尔环保新材料有限责任公司	高分子废弃物回收加工制备弹性混凝土、耐高温油田固井水泥石	2011年1月至今	詹忠 /13518130938	建成多条工业化生产线，产品用于高速公路等
安徽国风木塑科技有限公司	废弃塑料制备木塑复合材料	2010年4月至今	方晓钟 /13956990986	应用于市政、家装和体育设施等领域
宜兴市华龙塑木新材料有限公司	废弃塑料回收加工制备木塑复合材料	2011年1月至今	余继春 /13829961278	应用于户外木塑领域
会昌龙威锡业有限公司	废弃塑料制备土工膜	2013年1月至今	田博 /18202970201	应用于防渗工程

## 五、主要知识产权和标准规范等目录（不超过 10 件）

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准实施）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	一种脱硫三元乙丙胶粉/聚丙烯共混制备热塑性硫化胶的方法	中国	ZL201310555050.1	2015年10月14日	1816432	四川大学	卢灿辉, 张新星	有效
发明专利	废弃电路板非金属超细粉体及其与聚烯烃的复合材料和它们的制备方法	中国	ZL201410524682.6	2018年8月28日	3048454	四川大学	白时兵, 杨双桥, 王琪, 华正坤	有效
发明专利	无机粉体高填充聚乙烯醇材料及其制备方法	中国	ZL2014210101974.X	2014年03月19日	1365656	四川大学	王琪, 李莉, 王滨, 陈宁, 白时兵, 华正坤	有效
发明专利	非固化沥青胶	中国	ZL102031002B	2013年2月27日	618185	北京东方雨虹防水技术股份有限公司	田凤兰;段文锋;栾斌;李孝存	有效
发明专利	一种用于水泥基材料的废弃橡胶粉处理方法	中国	ZL201410051736.1	2014.05.28	2144714	四川金摩尔环保新材料有限责任公司	杨蝉聪, 詹忠	有效
发明专利	轻质核壳结构功能型塑木复合材料	中国	ZL2013010277543.X	2013年03月20日	1153074	南京聚锋新材料有限公司, 南京聚隆科技股份有限公司	吴青林, 丁建生, 杨英昌	有效
发明专利	一种废弃轮胎胶粉/聚乙烯发泡材料的制备方法	中国	ZL2012010167636.7	2012年05月02日	941681	四川大学	卢灿辉, 梁梅, 朱健, 张新星	有效
发明专利	一种废弃轮胎胶粉/聚乙烯共混物的制备方法	中国	ZL201201010550838.X	2012年12月05日	1095785	四川大学	范萍, 卢灿辉	有效
发明专利	基于固相力化学技术回收废弃人造草坪的方法及其回收的材料	中国	ZL201610261426.1	2018年10月26日	3125023	四川大学	王琪, 白时兵, 贺攀, 杨双桥, 陈英红	有效
发明专利	一种低密度、高开孔率硅橡胶泡沫材料的制备方法	中国	ZL201201010550857.2	2012.10.03	1057042	四川大学	卢灿辉, 范萍, 梁梅, 张新星	有效

## 六、主要完成人情况表

姓 名	卢灿辉	排 名	1	技术职称	教授
工作单位	四川大学			行政职务	无
完成单位	四川大学				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目第一完成人，对项目三个创新点均做出了创造性贡献。建立了基于共混复合型和交联型难再生废弃高分子材料绿色回收及再制造利用关键技术，与企业合作实现产业化，产生了显著的经济效益和社会效益。</p>					

姓 名	白时兵	排 名	2	技术职称	副研究员
工作单位	四川大学			行政职务	无
完成单位	四川大学				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对项目创新点 1 和 2 做出了创造性贡献。建立了废弃电路板、废弃人工草坪、汽车拆解尾料等难再生高分子材料绿色回收技术和工艺包，制备了土工膜、土工格栅、木塑复合材料及制品等，产生了显著的经济效益和社会效益。</p>					

姓 名	陈宁	排 名	3	技术职称	副研究员
工作单位	四川大学			行政职务	无
完成单位	四川大学				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对项目创新点 1 和 2 做出了创造性贡献。利用粉体高填充、固态拉伸、高效结晶成核等等技术，通过废弃电路板非金属粉、废弃交联聚乙烯电缆料等制备了高性能波纹管、土工膜、土工格栅等高价化产品，与企业合作实现其工业化生产。</p>					

姓名	张新星	排名	4	技术职称	研究员
工作单位	四川大学			行政职务	无
完成单位	四川大学				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对项目创新点 1 和 3 均做出了创造性贡献。实现了交联型难再生高分子废弃物的应力诱导解交联及其高值化再生制品的开发，与企业产学研合作实现其工业化生产并推广应用。</p>					

姓名	杨双桥	排名	5	技术职称	博士研究生
工作单位	四川大学			行政职务	无
完成单位	四川大学				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对项目创新点 1 和 3 做出了创造性贡献，利用加工中应力场温度场调控、固态拉伸等技术，实现了废弃电路板非金属粉、废弃交联聚乙烯电缆料等制备土工格栅、木塑等高值化产品，与企业合作实现其工业化生产。</p>					

姓名	段文锋	排名	6	技术职称	教授级高工
工作单位	北京东方雨虹防水技术股份有限公司			行政职务	研发中心主任
完成单位	北京东方雨虹防水技术股份有限公司				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 3 做出创造性贡献，将高活性废弃橡塑粉应用于防水材料中制备了自粘沥青防水卷材、非固化橡胶沥青防水涂料等产品，实现产业应用。</p>					

姓名	马斌	排名	7	技术职称	工程师
工作单位	南昌天高新材料股份有限公司			行政职务	生产部副经理
完成单位	南昌天高新材料股份有限公司				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对项目创新点 2 做出了创造性贡献。利用废弃电路板、废弃人工草坪等超细粉体，通过界面改性等技术制备土工膜、土工格栅等高值化制品，实施了工业化生产和市场推广。</p>					

姓名	孙新福	排名	8	技术职称	工程师
工作单位	江苏美亚塑胶科技有限公司			行政职务	总经理
完成单位	江苏美亚塑胶科技有限公司				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对项目创新点 3 做出了创造性贡献，采用加工中可控降解与端基稳定化等新技术制备了高性能低成本热塑性聚氨酯弹性体、热塑性硫化胶，实施了工业化生产和市场推广。</p>					

姓名	丁建生	排名	9	技术职称	研究员级高工
工作单位	南京聚锋新材料有限公司			行政职务	副总经理
完成单位	南京聚锋新材料有限公司				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对项目创新点 2 做出了创造性贡献，采用粉体表面改性、动态硫化等技术，制备了高性能木塑制品等高值化产品，实施了工业化生产和市场推广</p>					

姓名	詹忠	排名	10	技术职称	工程师
工作单位	四川金摩尔环保新材料有限责任公司			行政职务	副总经理
完成单位	四川金摩尔环保新材料有限责任公司				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对项目创新点 3 做出了创造性贡献，利用柔性界面构建等新技术，制备弹性混凝土、耐高温油田固井水泥石等高值化产品，实施了工业化生产和市场推广</p>					

## 七、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	四川大学
排 名	1
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献	
项目主持单位，总体负责项目的设计与组织实施，对项目三个创新点均作出重要贡献，针对难再生废弃高分子材料分离难、再加工难、制备高性能制品难的问题，建立了绿色回收技术，构建了粉体高填充、固态拉伸、高效结晶成核、界面交联、端基稳定化、有机/无机界面镶嵌等再生复合粉体加工技术体系，与企业长期产学研合作，实现产业化，取得了显著的经济和社会效益。	

单位名称	北京东方雨虹防水技术股份有限公司
排 名	2
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献	
与四川大学多年产学研合作，共同参加了 863 计划项目，是难再生废弃高分子材料绿色回收及再制造利用关键技术的实施基地，将项目制备的高活性橡塑粉体应用到防水材料中，解决了普通橡胶粉不溶，粘度大，老化性能差等难题，制备了自粘沥青防水卷材、非固化橡胶沥青防水涂料高值化产品，实现推广应用。	

单位名称	南昌天高环保科技股份有限公司
排 名	3
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献	
与四川大学多年产学研合作，是难再生废弃高分子材料绿色回收及再制造利用关键技术的实施基地，建成了废弃电路板、废弃人工草坪等制备高性能土工膜、土工格栅等工业化生产线，进行市场推广，取得显著经济和社会效益。项目成果曾获中国轻工业联合会科学技术进步一等奖，等。	

单位名称	江苏美亚塑胶科技有限公司
排 名	4
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献	
<p>2008 起与四川大学产学研合作，参加了四川大学主持的 863 计划项目，是难再生废弃高分子材料绿色回收及再制造利用关键技术的实施基地。建成了废弃交联聚氨酯、废弃橡胶制品回收利用工业生产线，利用加工中可控降解与端基稳定化、界面硫化等新技术制备了高性能低成本热塑性聚氨酯弹性体和热塑性硫化胶制品等，广泛应用于防滑运动鞋橡胶大底、运动器材、汽车密封件等领域。</p>	

单位名称	南京聚锋新材料有限公司
排 名	5
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献	
<p>与四川大学多年产学研合作，共同参加了 863 计划项目，是难再生废弃高分子材料绿色回收及再制造利用关键技术的实施基地，建成了废弃人造草坪、废弃电路板非金属粉等回收利用制备木塑复合材料和制品工业化生产线，采用粉体表面改性、动态硫化等技术，制备了高性能木塑制品等高值化产品，实施了工业化生产和市场推广，产品远销全国多个省市，并出口欧美国家。</p>	

单位名称	四川金摩尔环保新材料有限责任公司
排 名	6
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献	
<p>于 2007 起与四川大学产学研合作，是难再生废弃高分子材料绿色回收及再制造利用关键技术的实施基地。建成了多条高活性橡胶微粉工业生产线，利用柔性界面构建等新技术，制备了弹性混凝土、耐高温油田固井水泥石等高值化产品，实施了工业化生产和市场推广，在高速公路以及油田开采等领域应用。</p>	

## 八、完成人合作关系说明

“难再生废弃高分子材料绿色回收与再制造关键技术及应用”成果是以四川大学为第一完成单位，联合国内优势单位北京东方雨虹防水技术股份有限公司、南昌天高环保科技股份有限公司、江苏美亚塑胶科技有限公司、南京聚锋新材料有限公司、四川金摩尔环保新材料有限责任公司的科研和企业人员共同完成。

第 1 完成人卢灿辉教授、第 2 完成人白时兵副研究员、第 3 完成人陈宁副研究员、第 4 完成人张新星研究员为四川大学高分子研究所、高分子材料工程国家重点实验室教师，自 2007 年起合作开展“难再生废弃高分子材料绿色回收与再制造关键技术及应用”的研究；第 5 完成人杨双桥为四川大学高分子研究所在读博士研究生，2013 年自硕士研究生阶段起参加到“难再生废弃高分子材料绿色回收与再制造关键技术及应用”的研究中，共同立项，共同申请发明专利，共同发表研究论文，共同获奖。

第 6 完成人段文峰为北京东方雨虹防水技术股份有限公司特种功能防水材料国家重点实验室主任，与第 1、2、3、4、8、9 完成人共同参加了国家 863 计划“废旧高分子产品回收利用技术与示范”项目，开发了高活性橡塑粉体制备高性能防水材料如沥青防水卷材、沥青防水涂料等，共同立项，共同发表研究论文。

第 7 完成人马斌为南昌天高环保科技股份有限公司生产部副经理。该公司是四川大学主持的国家 863 计划课题的协作单位。马斌组织实施了由废弃电路板、废弃人工草坪等高分子废弃物制备高性能土工膜、土工格栅等高价化制品的产业化，共同完成的科研成果获中国轻工业联合会科学技术进步一等奖。

第 8 完成人孙新福为江苏美亚塑胶科技有限公司总经理，该公司自 2008 年起与四川大学在废旧高分子废弃物高效高值回收利用领域开展产学研合作，组织实施了由废弃交联聚氨酯、废弃橡胶制品等制备热塑性聚氨酯弹性体、热塑性硫化胶等高价化制品的产业化，共同完成的科研成果获中国轻工业联合会科学技术进步一等奖。

第 9 完成人丁建生为南京聚锋新材料有限公司副总经理，共同参加了国家 863 计划“废旧高分子产品回收利用技术与示范”项目，组织实施了由废弃人工草坪等制备木塑复合制品的产业化，共同完成的科研成果获中国轻工业联合会科学技术进步一等奖。

第 10 完成人詹忠为四川金摩尔环保新材料有限责任公司副总经理，该公司自 2007 年起与四川大学在废弃橡胶制品回收利用领域开展产学研合作，实施了高性能废弃橡胶粉制备弹性混凝土、油田固井水泥石等高价化制品的产业化，共同完成的科研成果获中国轻工业联合会科学技术进步一等奖。

