



TECHNOLOGY
INNOVATION
LINK

项目推荐

离子液体催化降解废旧PET绿色新技术

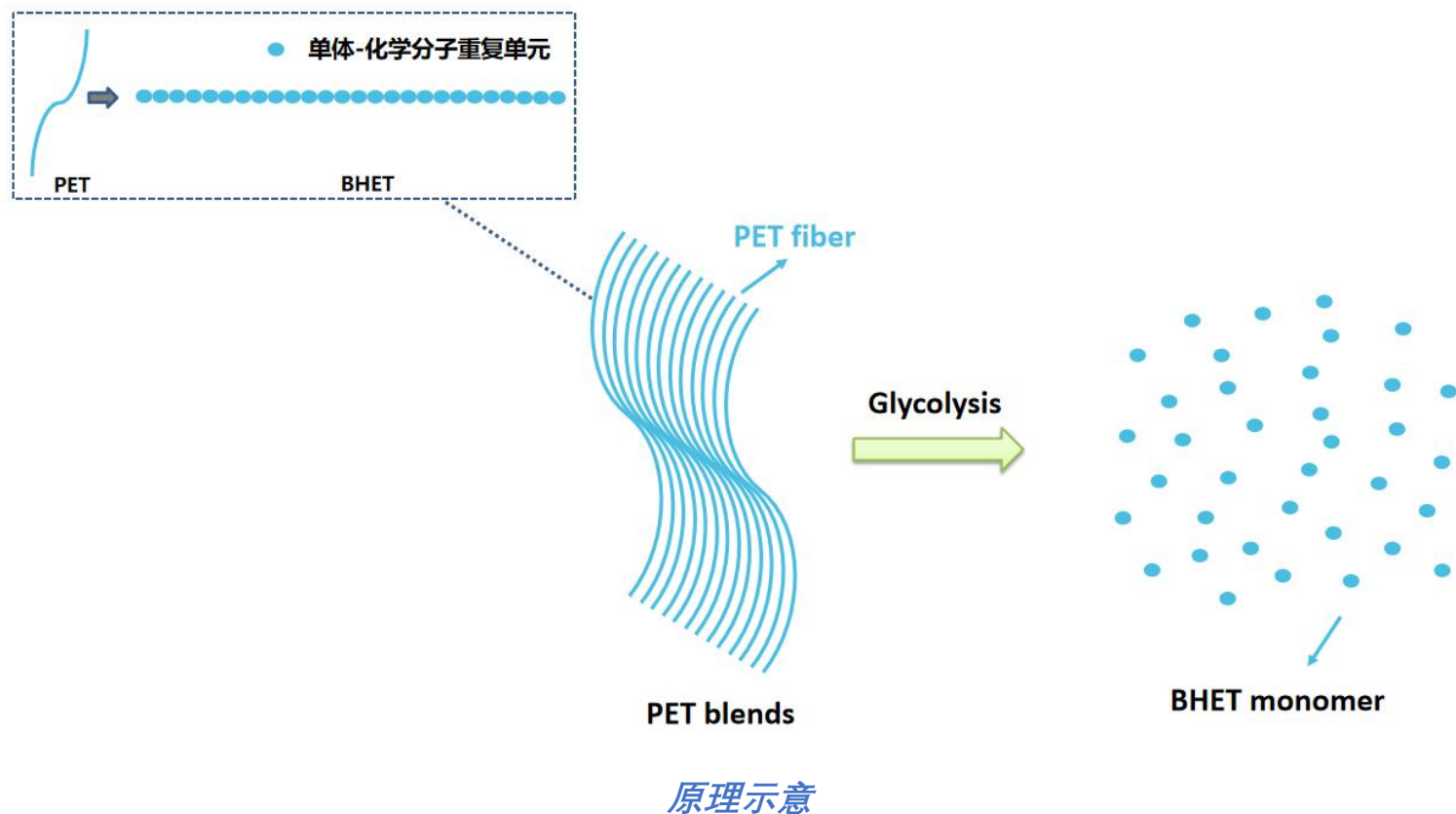
中科钛领集团

L E A D I N G B R A N D

项目及技术介绍

- 项目介绍：本项目应用于废旧PET塑料回收再利用，属于资源再生行业，与传统的化学回收废旧PET制取单体相比，产品纯度高，反应条件温和且高效，催化剂活性良好且稳定，工艺简单，能耗低，溶剂及催化剂可循环使用。
- **是目前国内唯一形成具有自主知识产权的，基于离子液体绿色节能的PET催化降解成套技术，溶剂和催化剂可循环利用，推动了绿色PET回收技术的产业化。**

PET 塑料 (聚对苯二甲酸乙二醇酯)具有耐疲劳、耐老化、稳定性好等特点，应用领域涉及饮料瓶、食品包装、纤维、绝缘材料等方面。但因PET塑料使用多为一次性产品，使用后直接丢弃，其体积大，自然降解困难，持久污染，导致废旧PET对环境及资源提出严峻挑战。回收利用技术成为了亟待开发的措施



示例



通过化学手段将高分子重复单元分解成基本组成独立分子原料，犹如手串剪短了绳子，由整体变成独立珠子

佛出串 (PET塑料)
佛珠 (BHET单体-PET重复单元)
佛珠绳 (PET塑料的化学结合键)

应用场景



PET (聚对苯二甲酸乙二醇酯)
无毒无味、透明、质轻、耐摩擦



饮品瓶



装饰材料



食品包装



胶片



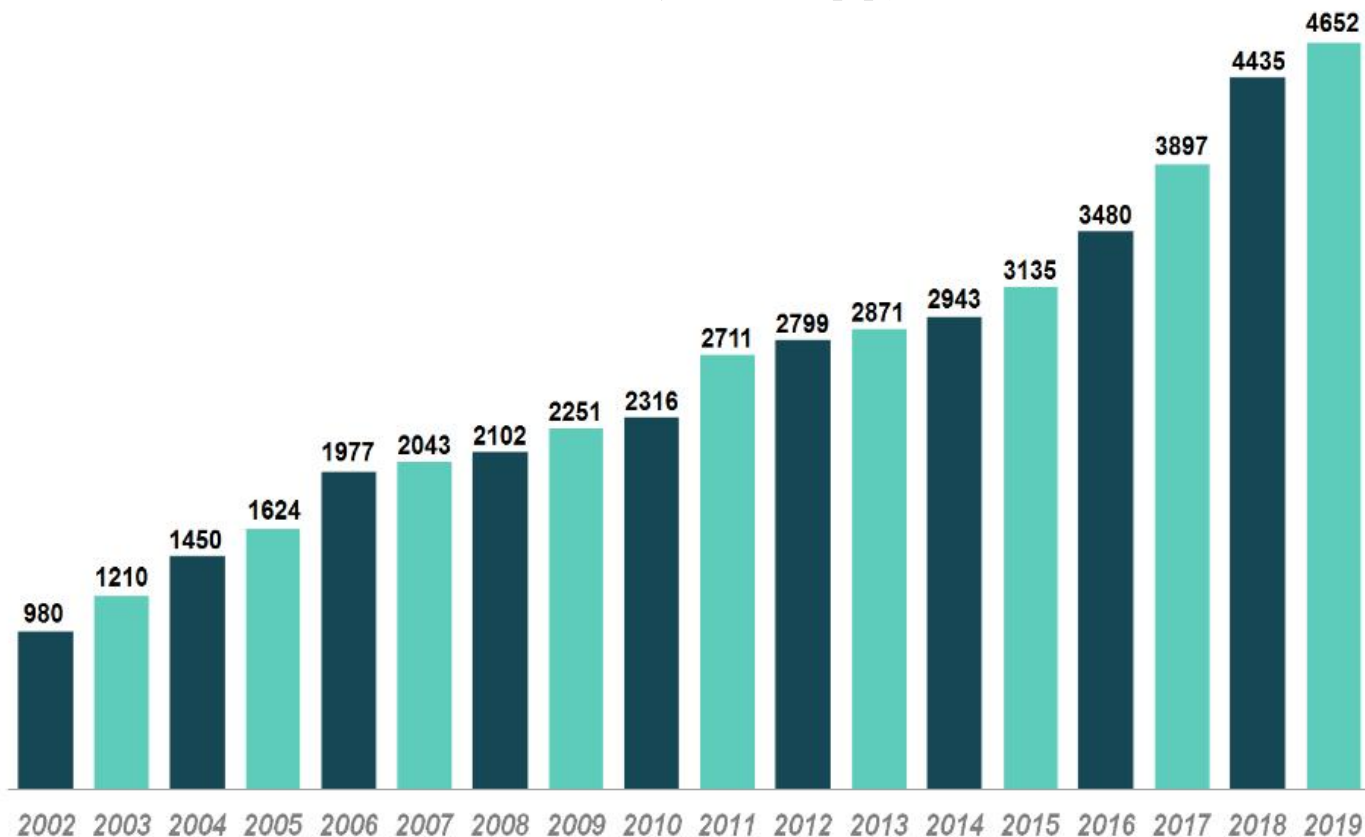
纤维



绝缘材料

行业现状

“消耗量逐年增大”



全球塑料市场需求总量约为5.6亿吨，PET份额约为**16%**。就国内而言，2019年PET表观消费量**4652万吨**，意味着潜在一次性使用PET后的废弃量巨大



污染问题迫在眉睫

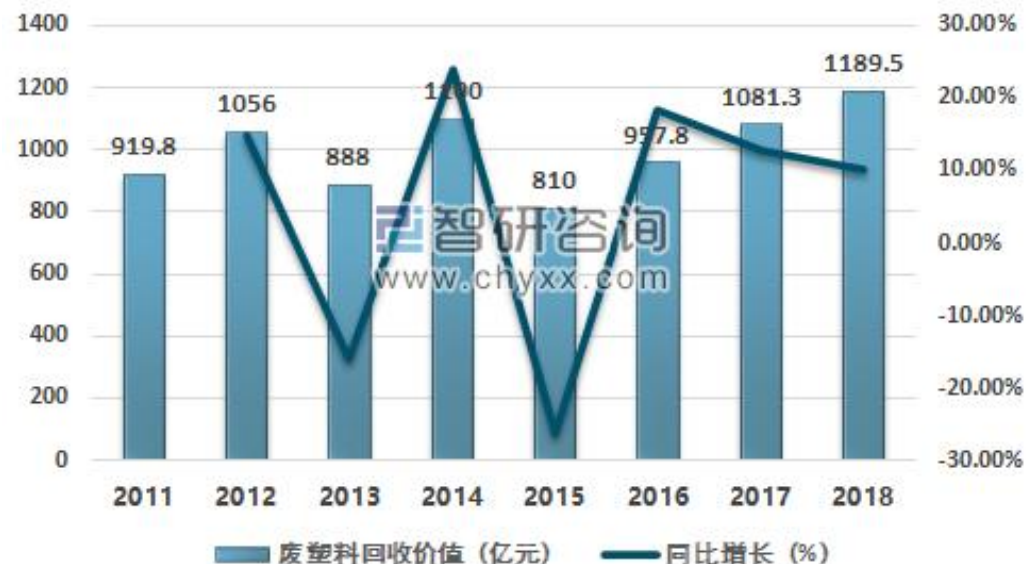
关键词：回收与利用

行业现状

2011-2018年中国废塑料回收量统计



2011-2018年中国废塑料回收价值统计



全国废PET回收量常年处于高位，但目前**回收利用率低**，主要原因在于单纯回收成本较高，重新利用**方式单一且赋值能力差**

行业现状

国际主流



可口可乐公司

甲醇法7.0万t/a



日本帝人公司

甲醇法2.0万t/a



美国杜邦公司

甲醇法7万t/a
乙二醇法2万t/a



法国石油技术工程院

水解法3万t/a



德国赫司特公司

甲醇法1.5万t/a
乙二醇法0.5万t/a



美国Cepe公司

甲醇法18万t/a



陶氏化学公司

水解法1万t/a



印度Polygenta技术公司

乙二醇法1.0万t/a

相比于物理法、焚烧、填埋等低值化处理方法，化学回收更具吸引力，已成为国内外研究焦点，开发绿色高效的PET降解新技术工艺是必然趋势。**国际主流公司已具备化学法规模化回收PET降解回收技术**，而国内被具备没有规模化生产，并且国内外在应用化学法技术时本身存在反应苛刻、溶剂循环难、分离困难、腐蚀严重、成本高企等技术瓶颈。

行业现状

“千亿市场”

国内PET聚酯回收战略新兴产业逐渐形成

7%

回收利用

再生利用率较低，
远低于海外国家

280家

从业企业

从事回收再生领域
国内处于起步阶段，
企业两级分化严重

50%

回收量

目前国内回收处理
量仅占全部产量的
50%，

227亿

再生价值

2019年PET回收再生
创造销售额227亿，
并以每年 ≈ 20 的速
率增长

行业现状

物理法回收再生

流程简单

降级使用

有序循环

二次污染

国内主流应用



Better

化学法回收再生

还原单体

保级使用

永久循环

没有污染

国际主流应用

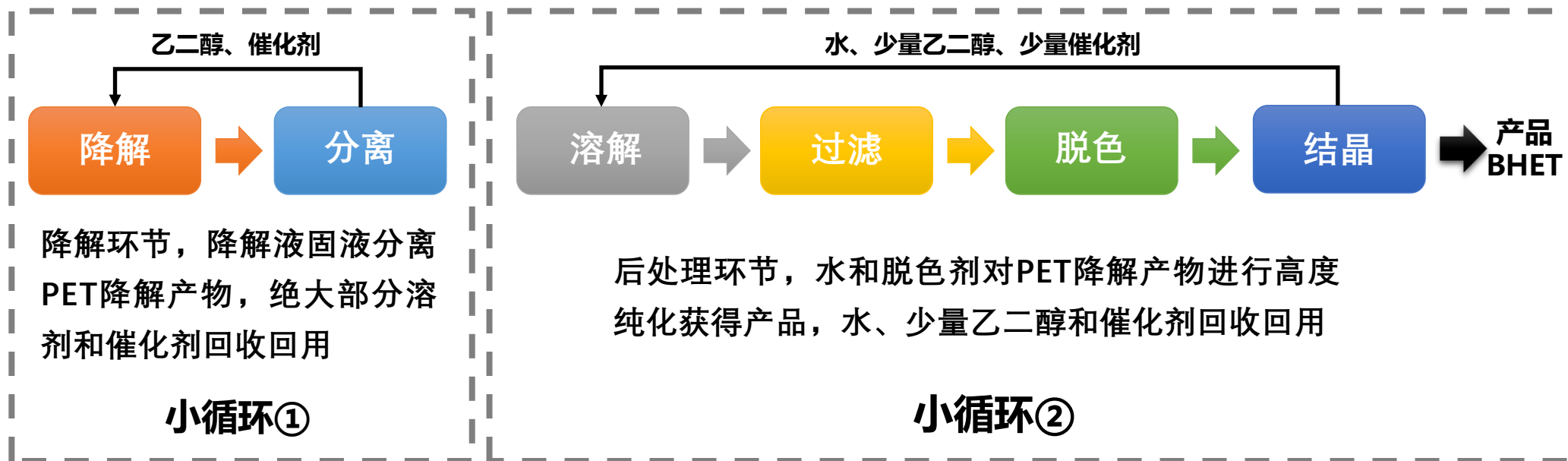


BEST

化学法催化降解废旧 PET，可以将其直接转化为单体，单体又可直接作为聚合原料，重新聚合生成PET 瓶胚，从而实现由瓶到瓶的资源良性循环。即“**聚酯原生料→聚酯瓶/纤维产品→消费后废瓶/废纤维→回收再生瓶级/纤维级聚酯→聚酯瓶/纤维产品**”的闭环反馈式永久生命轮回，成为循环经济再生资源产业的典型模式

PET降解全新方案

全新工艺



关键点

离子液体催化剂的设计合成

关键设备及放大规律的研发

PET降解过程系统集成研究

相比于传统工艺方法，PET催化降解过程实现了温和高效节能反应；溶剂和催化剂可循环利用。反应温度降低 60°C ，反应时间缩短 67% ，压缩工艺流程环节，大幅降低溶解用水量，综合评估能耗降低 15% ，同时也降低了投资成本，最大限度提高溶剂，废旧PET降解率可达 100% ，酯化物及单体回收率达 93% 以上；BHET单体纯度达 98% 以上，形成了成套技术工艺包，推动了PET绿色回收新技术产业化。千吨级废旧PET循环回收装置已在天津滨海新区建立，并稳定运行。

- 基于原子经济的绿色化学化工发展理念，依据目前化学法回收废旧PET的技术瓶颈，开发温和高效的催化剂和工艺的优化创新是废旧PET化学法的关键。
- 针对废旧塑料白色污染严重问题，研究开发以**离子液体**为催化剂的废旧PET降解为化工原料的循环利用新技术。与传统化学方法相比，离子液体具有优良的性能并在废塑料回收利用方面存在巨大潜力，是乙二醇醇解PET的良好催化剂，构成反应-分离耦合新体系。。

催化剂的开发

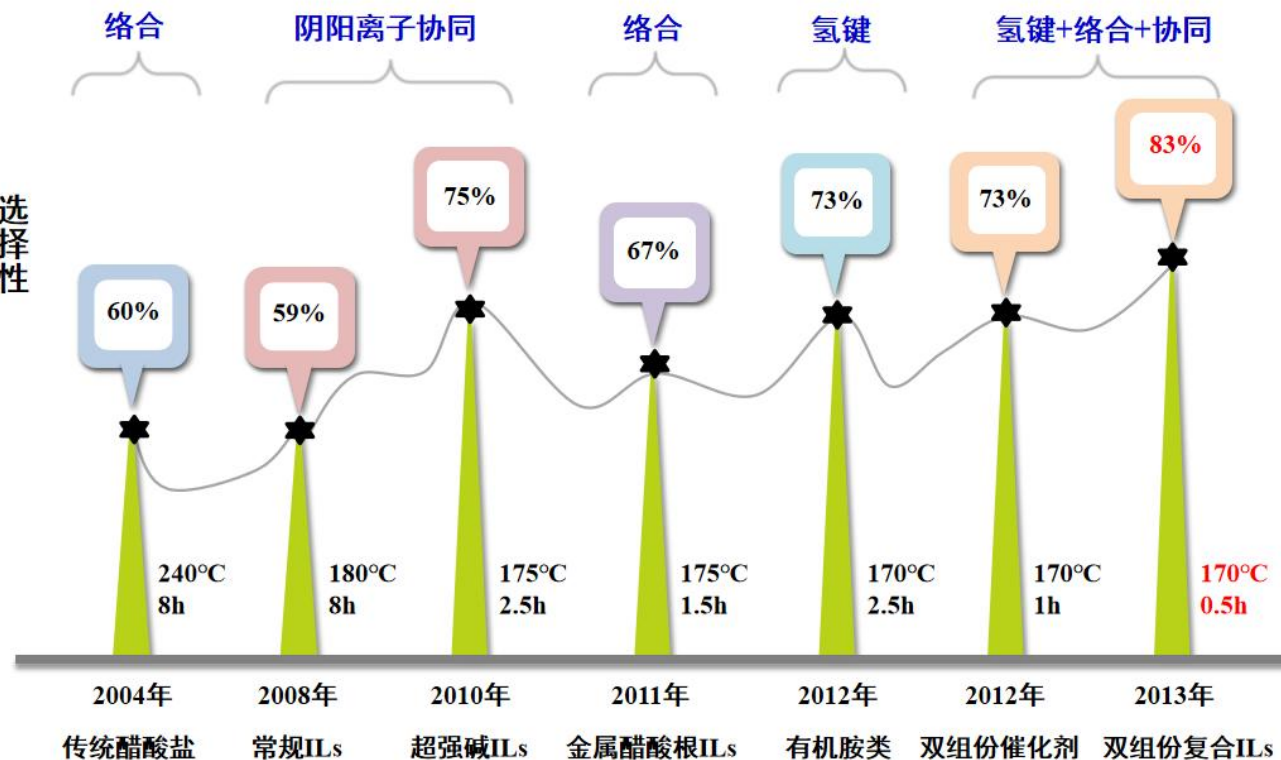


迭代开发

选择性

离子液体催化剂

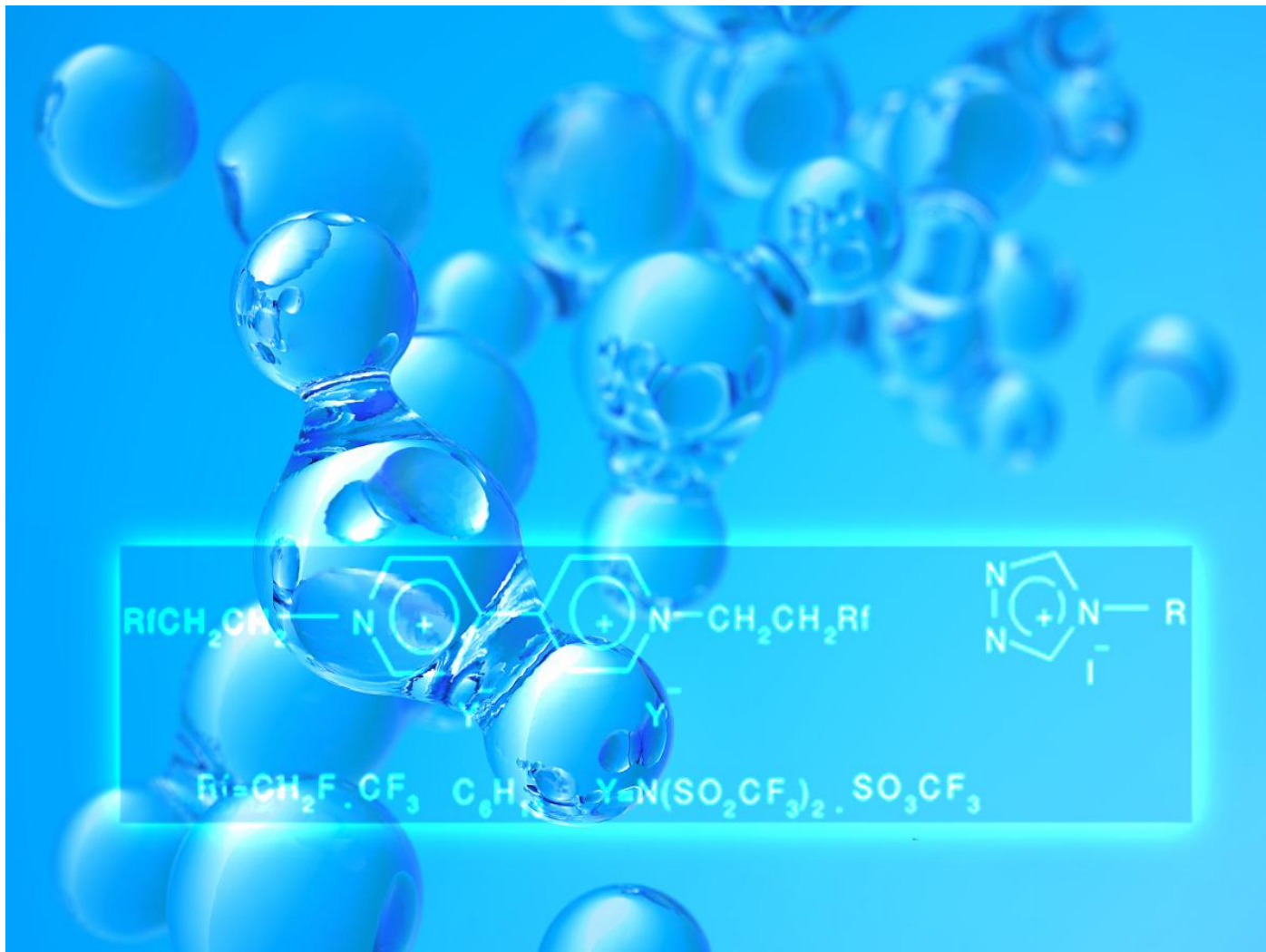
- ◆ 不易挥发、不可燃
- ◆ 稳定性好
- ◆ 定向催化能力设计



降解PET用
高效催化剂

反应温和高活性、易分离、可循环、可设计

核心技术：什么是离子液体？

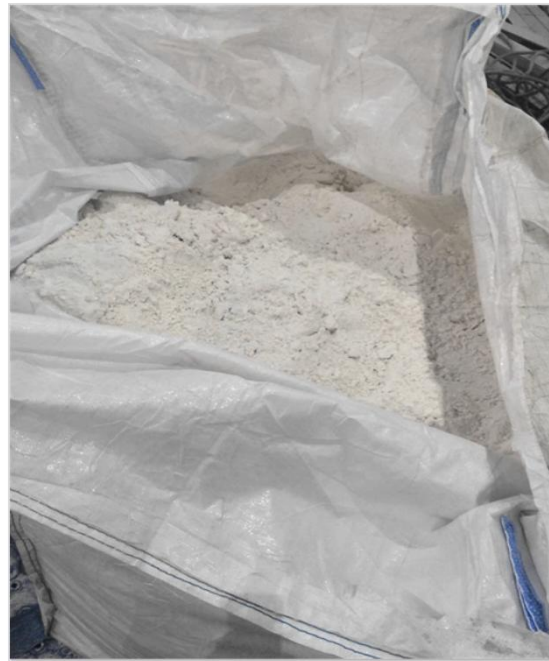


离子液体是指在室温或接近室温下呈现液态的、完全由阴阳离子所组成的盐，也称为低温熔融盐，从理论上讲离子液体可能有1万亿种。离子液体作为离子化合物，其熔点较低的主要原因是因其结构中某些取代基的不对称性使离子不能规则地堆积成晶体所致。它一般由有机阳离子和无机或有机阴离子构成。研究的离子液体中，阳离子主要以咪唑阳离子为主，阴离子主要以卤素离子和其它无机酸离为主。迄今为止，室温离子液体的研究取得了惊人的进展。

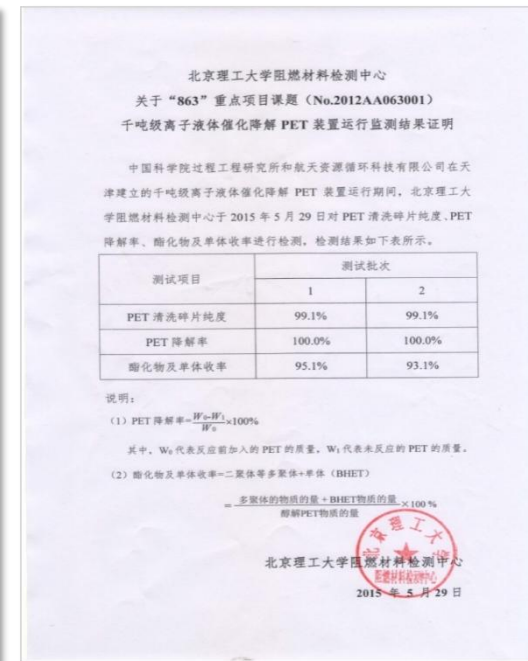
执行案例



化学法千吨级
废旧PET降解中试车间



国家“863项目”千吨级
废旧PET降解回收产品

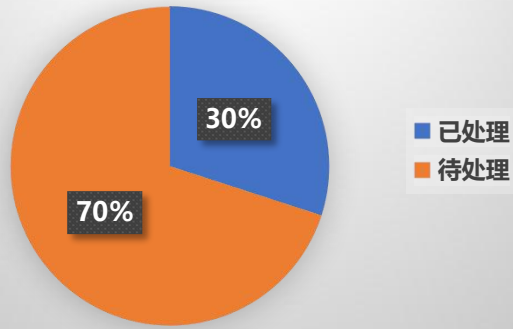


国家“863项目”
第三方验收报告

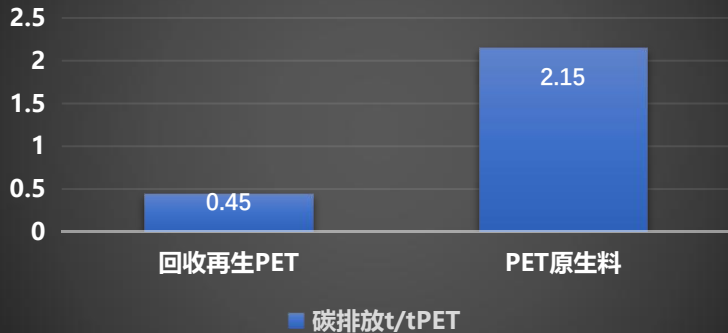
自2004年历时11年实验室模式装置 → 间歇装置 → 中试示范装置，于2015年成功稳定运行，并通过科技部“863”

项目结题验收，PET的降解率达到**100%**，酯化物及单体的回收率达到**93%**以上

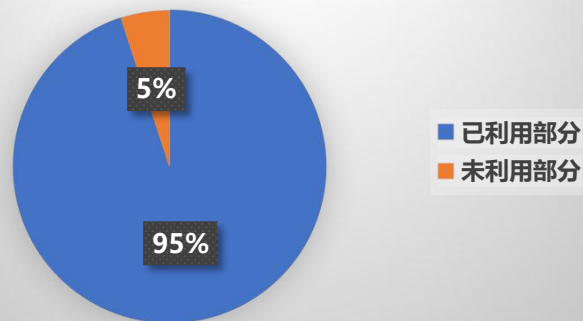
国内废弃PET塑料量0.63亿吨



PET碳排放指标



物理法清洗线回收PET



2019年，我国有**6300万吨**的废塑料需要处置，其中仅有**1890万吨**废塑料被回收再利用，占比**30%**，还有极大的市场空间有待开发。与耗能较大的原生塑料相比，再生塑料生产过程中产生的碳排放量只有原生塑料的**20%**。

目前国内PET瓶回收以物理机械法回收为主，技术工艺发展已较为成熟，但是仍然**无法实现PET100%**回收。多家跨国企业可口可乐、百事可乐、巴斯夫、沙特基础工业公司青睐化学循环法回收PET。物理法中废旧PET瓶片清洗切片上，会有**约5%**的PET被破碎为无法利用的粉末，对资源及成本成为极大的浪费。这些难以采用物理机械法回收的PET粉末，**化学回收法将是有益的补充**，并且生产的再生PET品质基本和原生PET一致。按目前废塑料回收基数计算，充分被利用将降本增效产值约**44亿**，按照全部6300万吨废塑料处置计算，降本增效产值约**147亿**，效益极其可观。

经济效益：百亿增效

目前国内PET瓶回收以物理机械法回收为主，技术工艺发展已较为成熟，但是仍然**无法实现PET100%回收**。多家跨国企业可口可乐、百事可乐、巴斯夫、沙特基础工业公司青睐化学循环法回收PET。物理法中废旧PET瓶片清洗切片上，会有**约5%**的PET被破碎为无法利用的粉末，对资源及成本成为极大的浪费。这些难以采用物理机械法回收的PET粉末，**化学回收法将是有益的补充**，并且生产的再生PET品质基本和原生PET一致。按目前废塑料回收基数计算，充分被利用将降本增效产值约**44亿**，按照全部6300万吨废塑料处置计算，降本增效产值约**147亿**，效益极其可观。

离子液体催化降解PE工艺经济性分析表

项目	名称	金额（元/吨BHET）
投入	回收PET	2940
	乙二醇	2263
	催化剂	360
	活性炭	416
	纯净水	130.6
	工业用电	710.9
	设备折旧及维修	717.5
	人工费用	456.8
	合计	7994.8
产出	总收益	8300
收益	净收益	305.2

化学法降解PET横向技术对比

甲醇法降解 PET技术

优势:

**PET降解产品为DMT
可与EG进行聚合生产
PET**

劣势:

- 甲醇易燃易爆
- 设备条件苛刻
- 生产时间长
- PET降解不彻底

乙二醇法降解 PET技术

优势:

**生产条件温和、
设备要求低
可连续生产
产品可直接聚合生产PET**

劣势:

- 能耗高
- 流程长
- 收率低

水解法降解 PET技术

优势:

产品即为原料

劣势

- 反应条件高 (高温高压)
- 废液多
- 腐蚀设备
- 污染环境

政策基础

- 《国家创新驱动发展战略纲要》要求：建立城镇再生资源回收利用技术体系.
- 国务院印发《关于禁止洋垃圾入境管理制度改革实施方案》.
- 《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》更是明确提出“大力发展循环经济”，指出“按照减量化、再利用、资源化的原则，减量化优先，以提高资源产出效率为目标，推进生产、流通、消费各环节循环经济发展，加快构建覆盖全社会的资源循环利用体系。”
- 《“十三五”国家科技创新规划》要求：围绕生态环保域构建可持续发展的技术体系.

研发基础

- 本技术得到国家自然科学基金国际合作与交流项目、国家高技术研究发展计划“863计划”和北京市自然科学基金的支持，属于国家级项目.

专家介绍

中国科学院过程工程研究所 吕兴梅研究员 博士 博士生导师

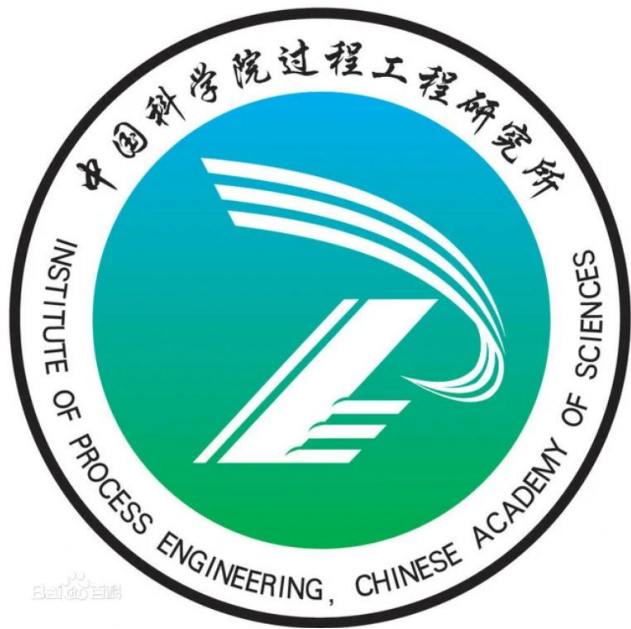
以资源/能源高效转化及综合利用为核心，长期致力于基于离子液体介质的可持续过程研究

➤ 主要研究领域：

- ◆ 液体数据库及物性研究
- ◆ 功能化离子液体设计合成
- ◆ 生物质分离转化
- ◆ PET催化降解转化



2007获国家自然科学基金二等奖1项，省部级奖4项。2013年获“南京领军型科技人才”，2016年获“东营黄河三角洲学者”称号。中国化工学会离子液体专业委员会委员、中国化学会化学热力学和热分析学术委员会委员、全国循环经济与生态工业学术委员会理事。



■中国科学院过程工程研究所成立于1958年，原名中国科学院化工冶金研究所，2001年更为现名。1998年被中科院认定为高技术研究与发展基地型研究所。2001年研究所正式确立学科方向为过程工程，被中国科学院确定为中国科学院第二批知识创新工程试点。研究所研究方向为多相反应与分离过程中的新理论、新技术、新方法，重点解决生化、资源环境、材料、能源等领域中的共性、关键性问题，开发新材料、新工艺和新设备，使之工程化、工业化。

■离子液体与绿色工程研究部，成立于2001年，以离子液体为核心，以能源资源的高效清洁转化利用和节能减排为目标，通过介质—工艺—设备—过程—系统的原始创新，突破离子液体构效设计、工程放大及系统集成

的关键科学问题，促进离子液体学科理论及方法体系的建立，推动工程示范及产业化应用，服务国家、区域和企业发展需求，致力于建立国际一流的离子液体清洁过程研发团队及平台。拥有北京市重点实验室、离子液体专业委员会、TWAS绿色技术优秀中心、中科院院士1人，973首席科学家1人、国家杰出青年2人、“百人计划”5人、“青年千人计划”1人、研究员10人，副研究员21人。



化学法降解PET技术优势总结

- **化学法是物理法无法解决的极佳技术补充方案**
- **化学法是将本增效的重要技术工具**
- **本技术将是企业在碳排放指标合规的重要调剂手段**
- **化工新技术、新产品的热启动支持**
- **化学法离子液体催化剂降解技术具有极为广阔的技术应用市场和前景**
- **有效缓解我国内PET 原料不足的矛盾，提高资源及能源利用效率**