

## 化工

投资建议： 强于大市 (维持评级)

上次建议： 强于大市

### 关注去全球化背景下的再生产业投资机遇

#### 投资要点

去全球化背景下，低碳绿色环保可能是西方发达国家产业竞争的重要抓手，再生产业盈利模式清晰，市场空间广阔，在此背景下有较高的战略意义。

#### ➤ 化学回收再生或是聚合物再利用的最佳解决方案

聚合物产业规模庞大但回收率很低，造成严重的生态污染，受到各国政府高度关注。可降解和回收再生是两大解决方向，降解材料力学性能差、价格昂贵，实际降解效果差，只能在部分领域推广；物理回收已有一定规模，但存在降等利用、原料供给受限等问题；化学回收再生可不降等再生各种废塑料，实现资源循环并消解存量污染，我们认为最佳的解决方案。

#### ➤ 不同的材料对应不同的化学回收工艺

PE、PP等加聚类塑料多采用裂解工艺处理，热裂解与催化裂解的结合或是获得高价值组分的较优方法；PVC的裂解痛点在于脱氯；PET、PA等缩聚类塑料更适合解聚，PET瓶片的物理回收产业虽已较为成熟但降等问题严重，化纤织物回收利用率很低，涤纶和锦纶的不降等化学回收再生有较大的产业机遇。整体而言，聚合物中不同程度存在一些添加剂，如果有效分离这部分添加物也是技术之一。

#### ➤ 废旧塑料及化纤化学再生产业加速发展

目前的聚合物再生产业发展的驱动力在于欧美发达国家的需求，欧美国家有明确的市场导入进度安排，承诺到2025年塑料包装中的PCR含量达25-30%，全球各大品牌商也已积极推进再生产品的引入。在ESG等减碳指标和需求的驱动下，海内外制造企业积极布局废塑料的化学法回收再生业务。我们认为，在去全球化的背景下，再生产业的投资机会或显著超过原生产业。再生产业技术壁垒较高，盈利模式清晰，具有较高的战略高度。

#### ➤ 投资建议

我们推荐混合废塑料化学回收先进企业惠城环保，推荐尼龙化学回收企业台华新材，建议关注尼龙化学回收装备制造标的三联虹普，建议关注中建信旗下国内聚酯化学回收先进的非上市企业浙江佳人。

**风险提示：**低碳环保政策转向风险，核心技术扩散风险，项目推进不及预期风险，安全生产风险。

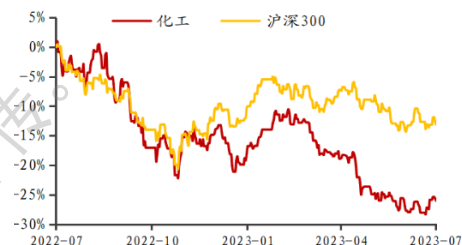
#### 相关标的

简称	EPS			PE			CAGR-3	评级
	2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E		
惠城环保	1.72	3.36	5.54	30.23	15.48	9.39	523%	买入
台华新材	0.47	0.83	1.30	22.85	12.94	8.26	63%	买入
三联虹普	0.94	1.18	1.45	17.66	13.98	11.39	25%	-

来源：Wind，除三联虹普为wind一致预期外，其余均为国联证券研究所预测；股价取2023年07月07

日收盘价

#### 相对大盘走势



分析师：柴沁虎

执业证书编号：S0590522020004

邮箱：chaiqh@glsc.com.cn

联系人 申起昊

邮箱：shenqh@glsc.com.cn

#### 相关报告

1、《多国深化减产提振油价，膜材料板块继续上行化工》2023.07.08

2、《油价回升、草甘膦上涨，化工板块整体走强化工》2023.07.01

3、《草甘膦止跌转涨，国际油价继续走弱化工》2023.06.25

## 投资聚焦

去全球化背景下，贸易壁垒会显著提升。低碳绿色环保可能是西方国家提升其产业竞争力的重要抓手，这种背景下，聚合物的再生具有明确的盈利模式，较大的产业机会。

## 研究背景

聚合物的生产消耗了大量化石资源并释放  $\text{CO}_2$ ，废弃聚合物造成了严重的陆地与海洋生态污染，寻求聚合物产业的可持续的发展方案迫在眉睫。可持续的聚合物解决方案分为可降解和回收再生，其中可再生的聚合物的再利用方案又可以分为物理再生和化学再生。

可降解制品力学性能差、价格昂贵以及实际降解效果差，只能在部分不便于回收的特殊领域得到一定程度的推广；

物理回收目前已有一定规模，如何解决材料的不降等利用是产业发展的关键。

化学再生可不降等回收各种废塑料，实现资源循环并消解污染，有较强的环境正外部性，或是废塑料最佳解决方案。目前，全球各大品牌商已在积极推进再生产品的引入方案，盈利模式较为清晰。如果结合贸易摩擦加剧的宏观背景，该产业具有较高的战略意义和市场空间。

目前，国内的化学回收再生工艺处于市场突破前夜，针对加聚、缩聚不同种类的聚合物，有着最合适的差别化的解决方案。

## 创新之处

废塑料化学回收再生的产业机遇未得到市场充分关注，相关产业机遇未被市场充分认知；废塑料化学回收再生的工艺优势和产品竞争力被市场低估。

## 核心结论

去全球化背景下，废塑料化学回收再生产业具有较强竞争力；

废旧聚合物的化学回收再生未来将成为处理白色污染的主力方案，相关产业有较大成长空间；

部分国内企业在相关领域走在了行业前列，如混合废塑料化学回收的惠城环保、尼龙化学回收再生产业的三联虹普和台华新材、聚酯化学法回收的浙江佳人等。

## 正文目录

1	聚合物回收再生产业具备国际战略意义	5
1.1	白色污染问题迫在眉睫	5
1.2	回收再生和可降解是两大解决方向	6
2	化学回收或是废弃聚合物处理的最佳方法	9
2.1	可降解应用场景受限	9
2.2	化学回收再生或是最佳方案	12
3	多种化学回收代表性技术	14
3.1	化学法回收工艺逐渐向高价值组分过渡	14
3.2	PE、PP 等加聚物多裂解处理	18
3.3	PVC 痛点在于处理氯化氢副产物	21
3.4	PET 聚酯类聚合物化学回收以解聚为主	22
3.5	尼龙的化学再生以解聚尼龙 6 为主	30
3.6	混合废旧聚合物裂解或是高性价比的处置技术	34
4	废旧聚合物化学再生业务存较大发展机会	35
4.1	全球回收再生市场迎发展良机	35
4.2	海内外企业积极推进研发和产业化	38
4.3	减碳背景下政策推动加速行业发展	41
4.4	化学回收是环保企业走轻走快的契机	44
5	我们关切的部分回收再生标的	44
5.1	惠城环保	44
5.2	三联虹普	45
5.3	台华新材	46
5.4	浙江佳人	47
6	风险提示	48

## 图表目录

图表 1:	全球废塑料大部分被丢弃或焚烧	5
图表 2:	累积的、难以逆转的塑料及化纤污染对全球产生的各种潜在长期影响	6
图表 3:	全球治理白色污染主要路径	6
图表 4:	塑料生命周期示意图	7
图表 5:	化学循环碳排放降低明显	7
图表 6:	可降解塑料的生物降解机理	8
图表 7:	可降解塑料分类	8
图表 8:	可降解塑料与传统塑料新功能对比	9
图表 9:	可降解塑料与聚乙烯价格对比	10
图表 10:	再生塑料与可降解塑料特性对比	10
图表 11:	塑料及化纤的回收再生节约石油资源	11
图表 12:	2014-2021 年我国废塑料回收情况	11
图表 13:	废旧聚合物回收产业链示意图	13
图表 14:	2020 年全球废塑料处理方法占比	14

图表 15: 2030 年全球废塑料处理方法占比 .....	14
图表 16: 加聚类聚合物的年均消费量 .....	15
图表 17: 缩聚类聚合物的年均消费量 .....	15
图表 18: 化学回收技术分类 .....	15
图表 19: 热裂解和催化裂解技术的特点比较 .....	16
图表 20: 化学回收技术不同工艺特点对比 .....	17
图表 21: 化学回收技术代际 .....	18
图表 22: 加聚类塑料回收利用的方法 .....	19
图表 23: 聚丙烯催化裂解原理示意图 .....	20
图表 24: 加聚类聚合物化学回收工艺优劣势 .....	21
图表 25: PVC 热失重起始温度较低 .....	22
图表 26: 2021 年中国各废旧聚合物品种回收量 .....	22
图表 27: 2020 年我国 PET 市场的消费结构 .....	23
图表 28: 绝大多数的聚酯回收来自 PET 瓶片 .....	23
图表 29: 国际食品饮料 R-PET 计划 .....	23
图表 30: 废旧 PET 回收路线分类 .....	24
图表 31: PET 化学回收法 .....	25
图表 32: PET 与甲醇的醇解反应 .....	26
图表 33: PET 的三种甲醇醇解法优劣比较 .....	26
图表 34: PET 生产线上的甲醇醇解流程图 .....	27
图表 35: PET 与乙二醇的醇解反应 .....	27
图表 36: PET 在中性条件下的水解反应 .....	28
图表 37: PET 胺解反应 .....	28
图表 38: PET 常用回收方法特点 .....	29
图表 39: 尼龙 6 的下游消费结构 .....	30
图表 40: 尼龙 66 的下游消费结构 .....	30
图表 41: 尼龙 6 的市场规模情况 .....	31
图表 42: 尼龙 66 的市场规模情况 .....	31
图表 43: 再生尼龙 6 与原生尼龙 6 的价格对比 .....	31
图表 44: 废旧尼龙主要回收技术比较 .....	33
图表 45: DuPont 公司氨解工艺路线 .....	33
图表 46: 串联的化学氧化和生物转化策略实现混合废塑料的回收 .....	34
图表 47: 第五届联合国环境大会续会 (UNEA-5.2) 会议节点 .....	35
图表 48: 品牌和零售签署人的塑料包装中 PCR 含量的百分比 .....	36
图表 49: 全球部分品牌企业关于塑料包装中 PCR 组分的承诺 .....	36
图表 50: 全球部分零售企业关于塑料包装中 PCR 组分的承诺 .....	37
图表 51: 全球塑料公约网络签署国关于 PCR 组分的承诺 .....	37
图表 52: 多个服装大品牌承诺使用再生纤维 .....	38
图表 53: 全球聚合物化学回收企业产能布局 (截至 2022 年 6 月) .....	39
图表 54: 鼓励使用 PCR 塑料的政策 .....	41
图表 55: 针对化学回收行业的直接政策鼓励 .....	42
图表 56: 不同聚合物分选技术原理及优缺点 .....	43
图表 57: 2018-2022 年 Polymetrix 营收及增速 .....	45
图表 58: 2018-2022 年 Polymetrix 净利润及增速 .....	45
图表 59: 重点公司盈利预测与估值表 .....	48

## 1 聚合物回收再生产业具备国际战略意义

去全球化的背景下，绿色环保低碳是发达国家产业竞争的抓手，塑料和化纤等聚合物的回收再生产业具有国际战略意义。

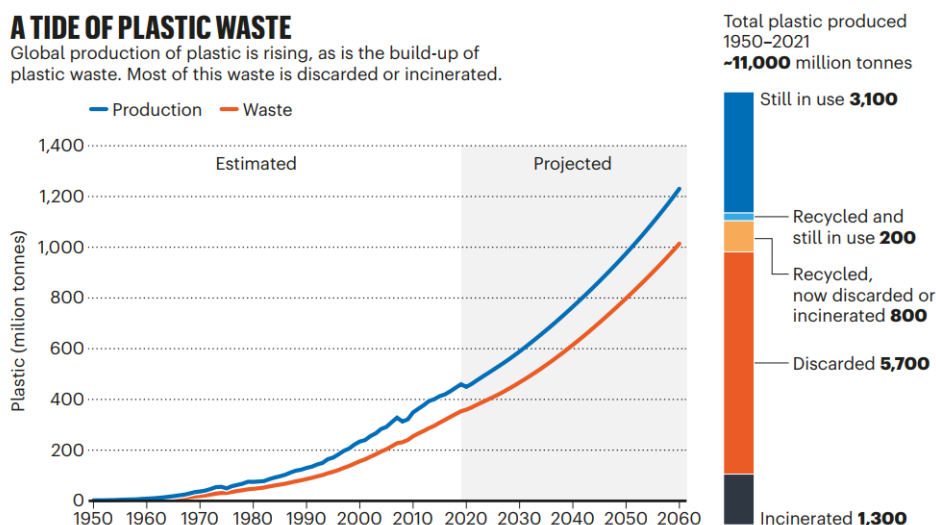
自 20 世纪 30 年代石油化工引发的聚合物革命以来，塑料及化纤凭借优异的物理和加工等性能得到了大量、广泛的使用，但聚合物不易自然降解，各种各样的废塑料和化纤垃圾大量产生，污染问题日益严峻。

绿色环保、全球减碳的背景下，白色固废污染的处置问题在世界范围内得到广泛关注，联合国环境署致力于解决塑料化纤污染问题。填埋、焚烧方案难以根本上解决问题，可降解和回收再生逐渐成了废旧聚合物处置问题解决的两大方向。

### 1.1 白色污染问题迫在眉睫

目前，全球每年塑料产量近 4 亿吨，预计还将持续增长。而随着塑料的使用量日益增加，大量废塑料由于难以自然降解、数量多、体积大、不能随意焚烧，已成为全球巨大的污染源之一。据《Nature》期刊数据显示，在 1950 年至 2021 年间产生的 87 亿吨塑料垃圾中，只有 11% 经过了回收利用，大量废塑料被焚烧处理或被弃于环境中，造成了严重的陆地及海洋生态污染。根据中石化数据，目前全球废塑料存量远超 60 亿吨，仅我国就超过 10 亿吨。

图表 1：全球废塑料大部分被丢弃或焚烧



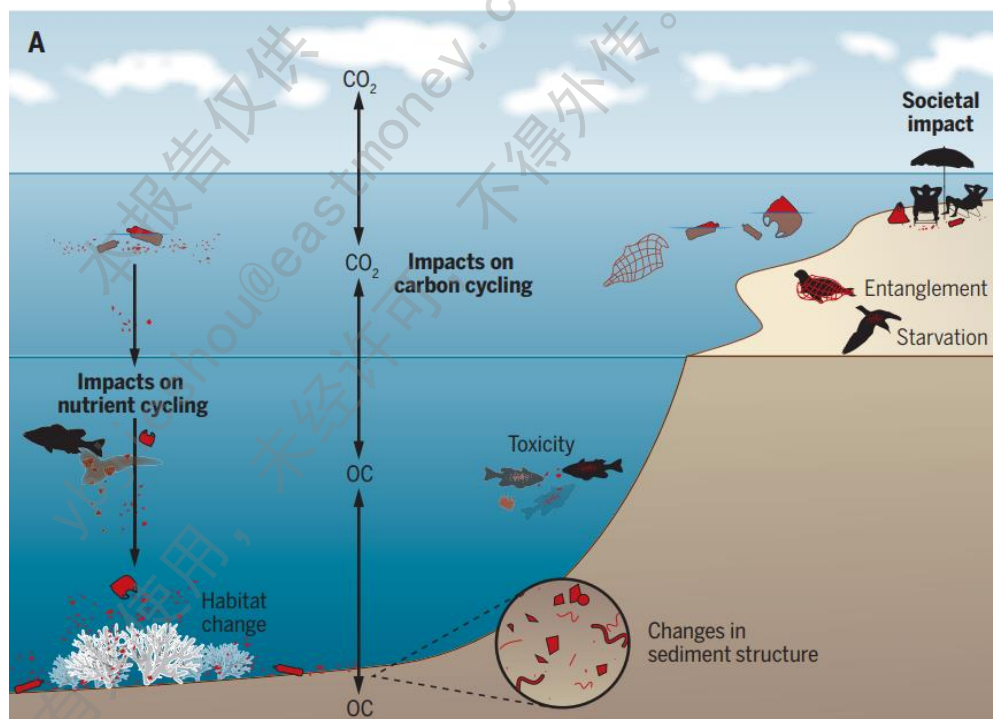
来源：《Three ways to solve the plastics pollution crisis》(Nature, 4.11-2023)，国联证券研究所

全球环境中不断积累的、难以逆转的塑料及化纤污染的潜在影响是广泛的，包括



地球物理和生物方面的影响,并可能给已经面临多种压力的生态系统带来额外的压力。潜在的影响包括对碳循环、营养循环、土壤生态环境和沉积物生态环境的地球物理影响;对濒危/基石物种和(生态)毒性的共同生物影响等,并由此引起公众对环境质量的看法和政策变化导致的社会影响。

图表 2: 累积的、难以逆转的塑料及化纤污染对全球产生的各种潜在长期影响



来源:《The global threat from plastic pollution》(Science, 2021, 373, 61-65), 国联证券研究所

另一方面,塑料产业已成为碳排放的主要来源之一,2015 年塑料产业产生了 17 亿吨温室气体,全球占比 3.4%,预计到 2050 年将达到全球碳预算的 15%。

## 1.2 回收再生和可降解是两大解决方向

面对废旧塑料(及废旧化纤)不断增长的趋势,以及控制碳排放在全球各个国家愈发重要的战略地位,目前国际上应对措施主要包括限制或禁止使用难回收的塑料制品、鼓励回收再生、使用可降解材料替代等方法。

其中,废旧塑料及废旧化纤的回收再生利用和可降解是当前两大主流方案。

图表 3: 全球治理白色污染主要路径

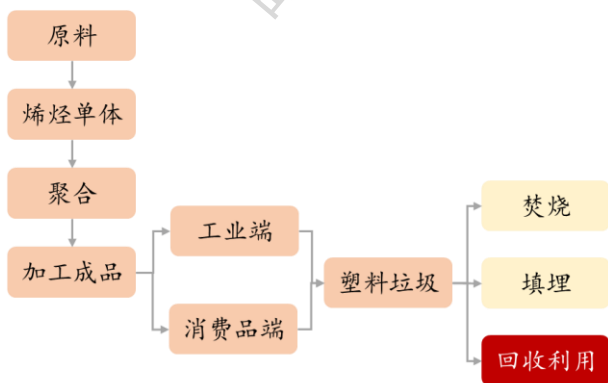


来源：《废塑料循环或将成为白色污染“终结者”》（李超），国联证券研究所

相较焚烧和填埋，废聚合物的回收再生利用更加环保。焚烧和填埋是传统塑料及化纤废弃物处置的可选方案，其中焚烧又叫做能量回收，将废弃的聚合物转化为热能，但此两者均会造成环境污染、土地资源浪费等问题，回收再生利用是更优异的解决方案，当前物理回收再生仍占据主流，但难点是不降等，而化学再生是研究热点。

例如，将废塑料化学循环与燃烧发电相对比，采用化学循环法进行废塑料加工时，其吨原料碳排放降低幅度为 76.3%，单位产值碳排放降低幅度为 93.1%，具有良好的碳减排竞争力。与原油为原料生产塑料碳排放比较，按年加工 30 万吨原料计，废塑料比原油减少碳排放约 40 万吨 CO<sub>2</sub>/年。

图表 4：塑料生命周期示意图



来源：《塑料循环产业绿色行动白皮书》，国联证券研究所

图表 5：化学循环碳排放降低明显

方案 1	情境一（化学循环）	情境二（焚烧发电）
总碳排放, tCO <sub>2</sub> /t 原料	0.737	3.12
万元产值碳排放, tCO <sub>2</sub> /万元（60 美元价格体系）	1.57	22.7
方案 2	情境一（化学循环）	情境三（原油加工）
总碳排放, tCO <sub>2</sub> /原料	1.78	3.09

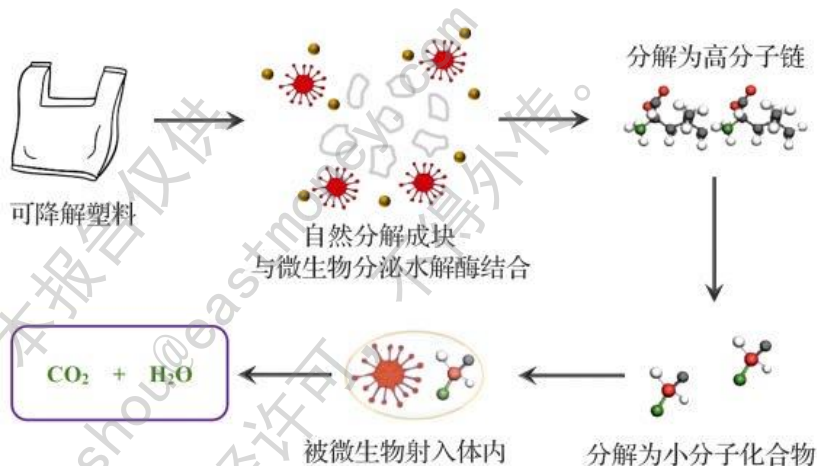
来源：《塑料循环产业绿色行动白皮书》，国联证券研究所

可降解塑料能够在自然环境下降解成无害的物质。

可降解塑料是指其制品性能可基本满足使用要求，而使用后在自然环境条件下能降解成对环境无害物质的塑料，其能够通过堆肥处理转化为肥料、二氧化碳和水，种

植出含糖或淀粉的作物后,通过发酵或者化工加工就又能转化成用于生产高分子材料的有机分子。这样的可降解循环可以大幅减少废弃塑料对环境造成的影响,同时也是实现资源循环和利用的有效途径。

图表 6: 可降解塑料的生物降解机理



来源:《可降解塑料在包装产品中的应用进展》(李娟), 国联证券研究所

可降解塑料可以通过降解方式或者原料的不同进行分类。

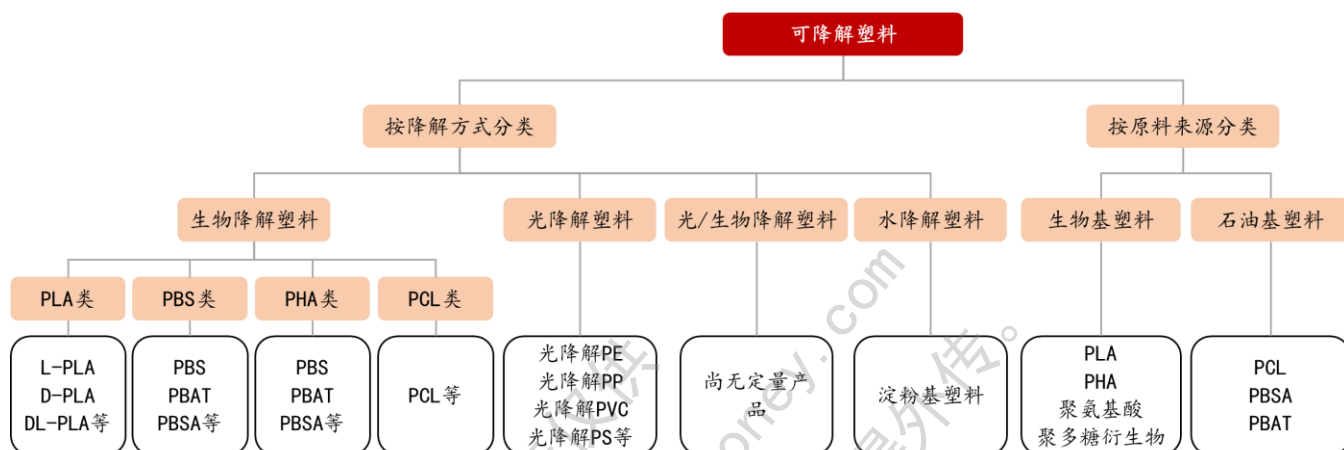
按照降解方式分类,可降解塑料可以分为生物降解塑料、光降解塑料、光和生物降解塑料、水降解塑料四大类。目前,光降解塑料、光和生物降解塑料的技术还不成熟,市场上的产品较少,大部分提到的可降解塑料均为生物降解塑料和水降解塑料。

按照原材料划分,可降解塑料又可分为生物基可降解塑料和石油基可降解塑料。生物基可降解塑料采用生物质作为原料,如 PLA 和 PHA 等;而石油基可降解塑料是指以化学合成的方法将石化产品单体聚合而得的塑料,如 PBAT、PCL 和 PBS 等。

目前,可降解塑料产业化推广最快的当属 PBAT 和 PLA。

图表 7: 可降解塑料分类





来源：华经产业研究院，国联证券研究所

## 2 化学回收或是废弃聚合物处理的最佳方法

可降解塑料本身存在功能缺陷，实用性能不佳且价格昂贵，对传统塑料替代进展并不乐观。而且可降解严重依赖堆肥，PBAT 和 PLA 在水环境下几乎不降解，土壤中自然降解缓慢，于海洋废塑料污染和存量废塑料污染无益。可降解塑料或只能在特定场景发挥作用，可降解化纤更是鲜有产业化。

相较之下，化学回收再生或是废弃聚合物处置的最佳方案，其较好地解决了物理法产品降等、原料品质要求较高的痛点，为全球废塑料及化纤回收研究的热点。

### 2.1 可降解应用场景受限

目前可降解技术尚不成熟，材料本身侧重可降解性，制品大多使用性能不佳，PLA 强度好而韧性差，PBAT 多用来做一次性塑料袋，韧性可以但强度低，许多可降解塑料袋都有着质软承重较差易破的问题，机械性能与传统塑料差距较大。

图表 8：可降解塑料与传统塑料新功能对比

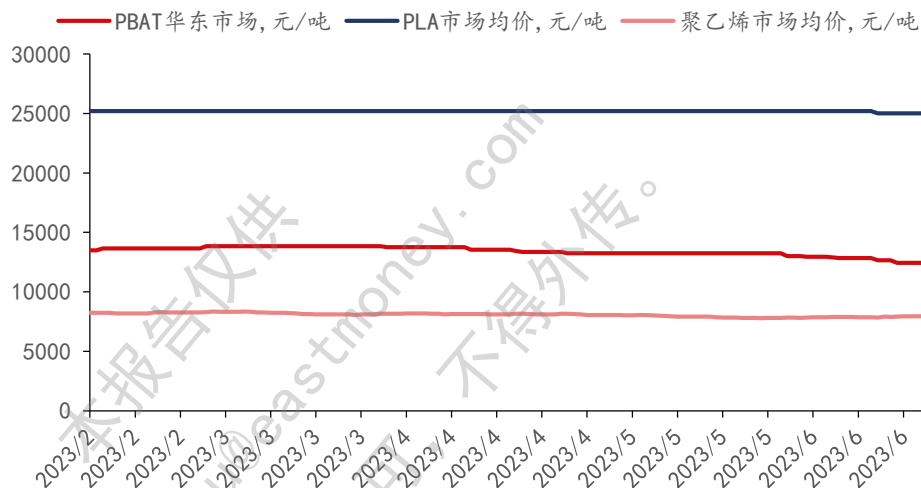
类别	拉伸强度/Mpa	延伸率/%
PLA	60	6
PBAT	18	750
HDPE	21-40	>500
PP	21-39	200-400
PVC	39-58	120

来源：工程塑料圈子，博涵塑料加工圈，龙尚纺织，国联证券研究所

而且，由于产业链不成熟、生产过程需要更多的原材料和能源，可降解塑料比传统塑料更贵，市场接受度较低。除了淀粉基塑料外，其他可降解塑料的平均售价均为

传统塑料的 1.67-8.4 倍，而淀粉基属于伪降解塑料。

图表 9：可降解塑料与聚乙烯价格对比



来源：百川盈孚，国联证券研究所

再者，常用的可降解塑料有严苛的降解条件，依赖工业堆肥等（不是随便扔了就降解），水环境中 PLA 和 PBAT 基本不降解，于海洋塑料污染无益；但目前国内缺乏配套设施，很难处理数量庞大的可降解塑料，可降解塑料的最终归宿还是焚烧和填埋。根据清华大学的调研数据，只有不到 0.007%废弃可降解塑料会进入工业堆肥或厌氧发酵系统。

当前可降解技术尚不成熟，仅在不可再生、使用时间短、难以回收分离的领域具有一定优势。

相较可降解材料，回收再生是更优的解决方案。

回收再生的聚合物产品性能较好，尽管物理法回收存在一定降等利用的痛点，但在相应利用等级上性能与传统聚合物几乎无异，且化学法回收方案可解决降等问题，在使用时间较长的、易于分类回收的领域优势明显。

而且，回收再生方案具有较强的正向外部性，可以解决存量的陆地和海洋的白色污染，产业本身更加符合绿色环保理念，具有一定的必要性。

图表 10：再生塑料与可降解塑料特性对比

性能	可降解塑料	再生塑料
产品性能	力学性能较差	与传统塑料无异
再生产品性能	不可再生	良好
回收情况	可直接掩埋	回收经济性差异大

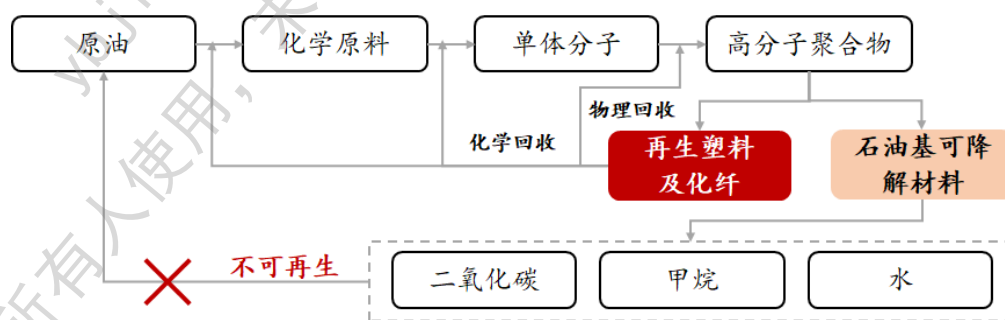
环保效益	可完全降解，消除白色污染，节约石油资源	废弃塑料循环利用，减少资源浪费
价格	较高	较低
适用于一次性、难回收领域	是	否
适用于价格敏感、性能要求不高领域	否	是
主要应用场景	包装、农膜等	生活用具、建筑材料等

来源：参考中商产业研究院，国联证券研究所编制

再者，从资源角度而言，塑料、化纤和部分石油基的可降解材料都是石油的后端产物，据新华社数据，塑料工业目前消耗了全球 8% 的石油，而回收再生可通过物理或化学手段将塑料回用到生产的各个环节，对于已消耗的石油原料进行循环利用。而石油基可降解材料分解为二氧化碳、甲烷和水后无法再生，是对于不可再生资源的浪费。

目前，回收再生以应对废塑料和化纤污染问题，已经逐渐在全球范围内得到认可。

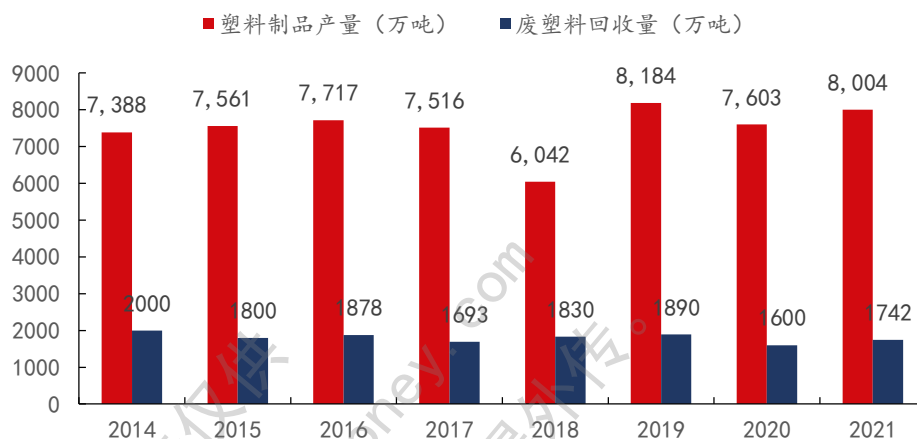
图表 11：塑料及化纤的回收再生节约石油资源



来源：华经产业研究院，国联证券研究所

据《废塑料催化热解技术及其催化剂研究进展》数据，2021 年我国塑料制品产量已逾 8000 万吨，但废塑料回收量仅 1742 万吨，回收率较低，有较大提升空间。

图表 12：2014-2021 年我国废塑料回收情况



来源：《废塑料催化热解技术及其催化剂研究进展》（翟好山），国联证券研究所

## 2.2 化学回收再生或是最佳方案

废旧聚合物的回收再生主要有物理法、化学法两种途径。物理法回收是指不破坏聚合物的高分子结构，仅经过清洗、破碎后直接进行造粒成型加工的方法。

化学回收是指将聚合物中的高分子碳链转化为小分子，如通过化学反应得到油、气、炭和单体等中间化学品，再经过化学反应得到塑料、化纤或其他有价值的化学品。

但是物理法回收再生有两大痛点限制了其发展空间，首先是物理法回收过程中，高分子聚合物会在螺杆挤出机的剪切力作用下断链，降低聚合物分子量，产出的通常为低值塑料，且无法无限次物理回收，被称为降等回收；再者是物理法再生对废旧聚合物要求较高，原料局限在高价值、品类单一、较为干净的废旧聚合物，难以打开更大的市场空间。

因而，物理法适用的聚合物类型也相对有限，主要集中在 HDPE、PP、PS 等。PET 由于之前没有较好的化学回收方案，也多用物理法回收，但作为主链含酯基的缩聚类聚合物降等尤甚，不论是做塑料瓶片还是做化纤，都不可避免地要降等利用。

L ópez 等采用双螺杆挤出机模拟 PET 塑料瓶的物理法回收过程，对每次熔融挤出后所得材料的性能进行表征，结果表明首次熔融挤出加工后，所得 PET 的断裂伸长率为 42%，而在 5 次熔融挤出加工后，所得 PET 的断裂伸长率仅为初始原料的 0.7%，在第 5 次熔融挤出后由于粘度下降，已难以确定操作参数。

物理法再生降等的痛点在化纤的回收过程中表现得尤为明显。化纤为纤维级高分

子材料，内部高分子链长直接影响化纤性能，物理回收过程断链降等使得很多化纤再生料只能做成廉价短纤，因而化纤对不降等再生方案需求迫切。

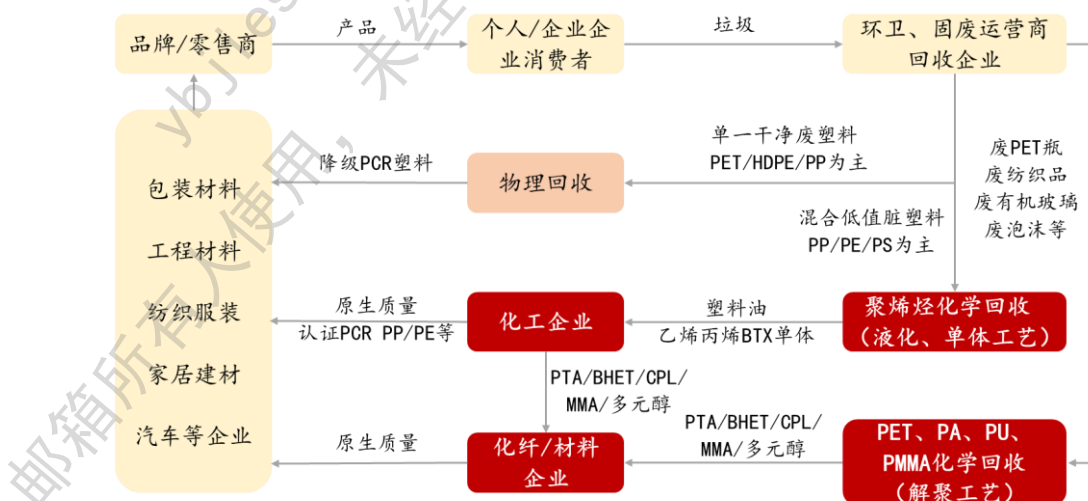
**化学法再生较好地解决了物理法回收的痛点，优势明显。**

化学回收再生过程能够去除不需要的杂质，可以回收利用物理法无法处理的被高度污染的聚合物垃圾，较好地解决了物理法原料局限性的问题；

再者，化学法回收是在废旧聚合物分子层面进行拆分和重组，再生产物与原始级塑料一致，可应用于食品和医药等高价值领域，较好地解决了物理法回收降等的问题；

并且，化学回收再生能将聚合物废弃物转化为化工制造所需材料，具有更强的环境正外部性。

图表 13：废旧聚合物回收产业链示意图



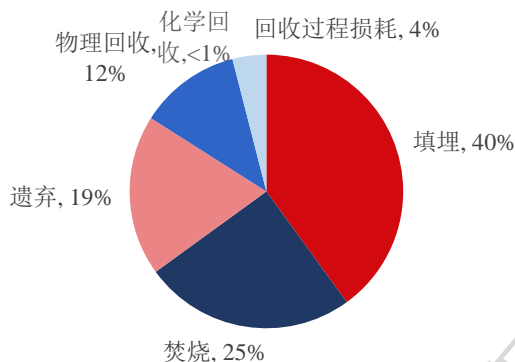
来源：中国化信咨询，国联证券研究所

化学法再生方案是让废旧聚合物“变废为宝”较优途径。中国科学院院士、清华大学李景虹在 2022 年两会期间提出废塑料化学循环是处理无法再重新利用废旧塑料垃圾的有效途径，并建议将化学回收循环作为环保型新兴产业及国家塑料循环经济的重要组成部分，为化学回收循环产业创造良好的政策环境。

据中国化信数据，2020 年全球产生的塑料垃圾中 40%被填埋，25%被焚烧，19%被遗弃到环境中，仅有 16%被回收，而其中化学循环占比尚不足 1%。随着全球回收再生技术提升和产能增加，预计到 2030 年，全球废塑料回收率有望达 50%，其中化学法回收再生占比将快速提升 17%，技术前景非常可观。

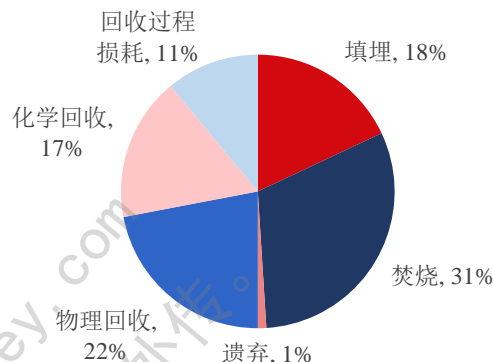


图表 14: 2020 年全球废塑料处理方法占比



来源: 中国化信咨询, 国联证券研究所

图表 15: 2030 年全球废塑料处理方法占比



来源: 中国化信咨询, 国联证券研究所

### 3 多种化学回收代表性技术

目前回收再生产业比较粗放, 多数品类仍以物理法回收为主, 本章主要结合产业现状讨论不同品类聚合物的回收再生技术, 尤以化学回收的工艺为重。多数技术需要对废旧聚合物的成分提前进行鉴定, 采用适配的技术可最大化回收再生的效益。

化学回收技术经过多次迭代, 尤其加聚类聚合物逐渐向高价值组分过渡, 获得更多乙烯、丙烯单体原料; 而缩聚类 PET、PA 更多是化纤的回收, 不降等诉求更强; 而混合废塑料和 PVC 的裂解则存在各自的难点。

#### 3.1 化学法回收工艺逐渐向高价值组分过渡

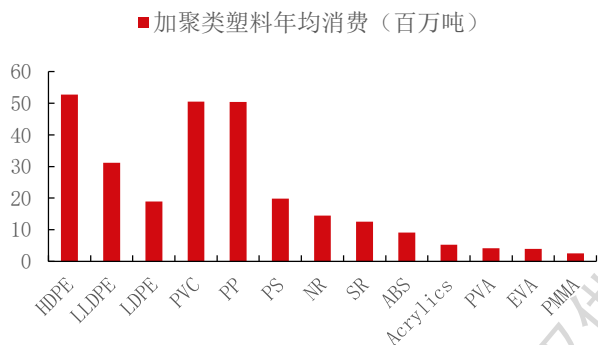
聚合物根据聚合方法和聚合后的主链结构可分为加聚类聚合物和缩聚类聚合物。

加聚类聚合物是小分子烯烃或烯烃的取代衍生物在加热和催化剂作用下通过加成反应形成的高分子聚合物, 如聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚苯乙烯 (PS) 和聚氯乙烯 (PVC) 等聚烯烃, 分子结构特点是主链仅含 C-C 键。

缩聚类聚合物是多官能团单体之间通过发生多次缩合反应, 并放出水、醇、氨或氯化氢等低分子副产物后形成的高分子缩聚物, 如聚酰胺 (PA)、聚对苯二甲酸乙二酯 (PET)、聚碳酸酯 (PC)、聚氨酯 (PU) 等属于缩聚物, 缩聚反应本身为可逆反应, 形成酯基或酰胺键, 分子结构特点是主链含 C-N/O 键。

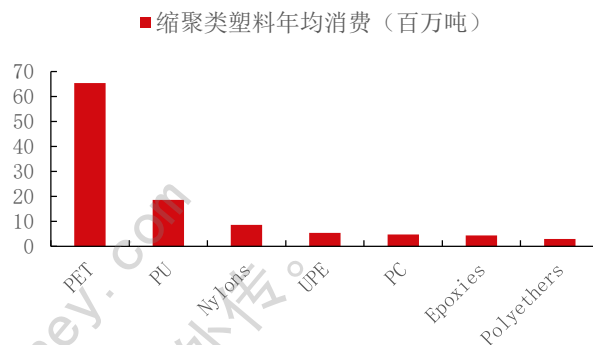
目前全球用量较大的加聚类聚合物是 HDPE、PP 和 PVC 等, 用量最大的缩聚物是 PET。

图表 16: 加聚类聚合物的年均消费量



来源:《Chemical and biological catalysis for plastics recycling and upcycling》(Nature catalysis, 2021, 4, 539-556), 国联证券研究所

图表 17: 缩聚类聚合物的年均消费量



来源:《Chemical and biological catalysis for plastics recycling and upcycling》(Nature catalysis, 2021, 4, 539-556), 国联证券研究所

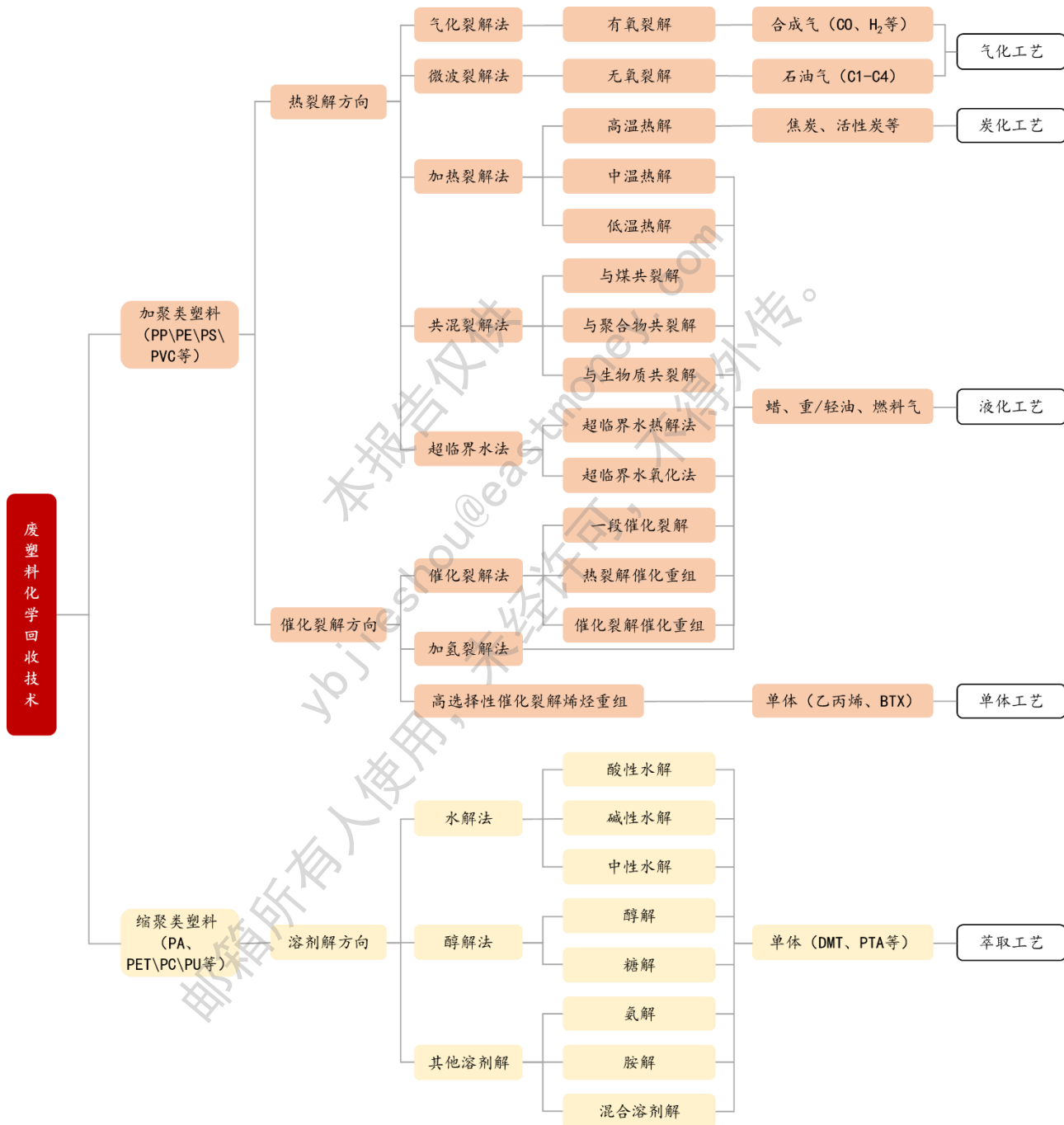
根据不同的聚合物类型, 化学回收对应不同的方法。

由于加聚反应不可逆且链结构较为稳定, 因此加聚物化学回收通常用裂解法, 而缩聚反应为可逆反应, 缩聚物化学回收通常用解聚法。

裂解法是指加聚物分解成小分子化合物或单体的化学回收方法, 主要有热裂解和催化裂解两个方向。其中热裂解是目前主流工艺, 主要通过加热将大分子拆解为较小分子; 催化裂解则是在热裂解法基础上加入催化剂, 有反应速率快、反应条件低、产品价值高等明显优势。

解聚法是指缩聚物在酸、碱、水、醇、催化剂等条件下, 由高分子缩聚物降解成低聚物和/或单体的化学回收方法。解聚法主要会用到溶剂, 故又称为溶剂解法。

图表 18: 化学回收技术分类



来源：科茂化学回收研究院，国联证券研究所

裂解法中，热裂解又可细分为气化裂解法、微波裂解法、加热裂解法、共混裂解法、超临界水法；催化裂解又可细分为加氢裂解法、催化裂解法和高选择性催化裂解烯烃重组。热裂解方案通常需要较多的能量，催化裂解则在前者基础上加入催化剂，以降耗增效并得到更小的分子，热裂解与高选择性催化裂解烯烃重组技术搭配可将产品转化为烯烃，是比较有前景的化学回收技术。

图表 19：热裂解和催化裂解技术的特点比较

类别	释义	优势	劣势
----	----	----	----

热裂解	气化裂解法	在热裂解基础上增加氧化介质（空气、氧气或水蒸气）将废旧塑料分解，以获得合成气	无需对废塑料进行过于精细的预处理，可分解混杂废旧塑料甚至与城市垃圾混杂的废旧塑料	需要消耗大量能量，能耗成本较高，罕有工业化应用
	微波裂解法	在无氧或缺氧条件下，利用大量热能将大分子量废塑料裂解为分子量相对较小的化学品或燃烧气体	具有更好的加热均匀性，温度调控、热解过程及预期最终产物的控制相对更加容易，节省大量反应时间，并且设备热惯性小	需要吸收大量热量
	加热裂解法	固体有机物在隔绝氧气条件下加热分解，最终生成可燃气、液体油和固体炭，分为高温（>900 摄氏度），中温（600-900 摄氏度），低温（<600 摄氏度）	可通过调节温度控制反应产物的比例	-
	共混裂解法	将不同种类的废旧塑料以及废旧塑料与其他有机物进行共同混合裂解	不同种类的废塑料以及废塑料与其他有机物在原料性质上有差异，但在裂解过程中能够起到协同作用，使产品品质提高	技术尚处于研究阶段，工业化应用案例较少
	超临界水法	在特定温度和压力下，用超临界水作为溶剂和热载体，同时起到微催化作用，将废旧塑料转化为轻油、重油和蜡	避免发生结焦，提高液化产物收率	对装置要求高，投资成本较高
催化裂解	催化裂解法	在热裂解法基础上加入催化剂	反应速率快、反应条件低、产品价值高，裂解催化剂的择形作用还可改善产品分布，得到碳链更短的产品	-
	加氢裂解法	在催化裂解法基础上加入氢气	能够解决产物重质组分多且不饱和度和大的问题，提高液态产物质量	对工艺、设备、控制要求高，投资和运营成本较高，工业化应用较为罕见
	高选择性催化裂解烯烃重组	在催化裂解基础上加入烯烃最大化技术工艺，将废旧塑料直接转化为乙烯、丙烯、轻质芳烃单体和液化气	相较于将废塑料裂解制油后通过蒸汽裂解等方式制烯烃，该技术拥有更高的烯烃收率及更低的投资运营成本	技术尚未成熟

来源：《废旧塑料化学回收之种种》（周小刊），国联证券研究所

根据物质形态区分，化学回收又可分为气化工艺、炭化工艺、液化工艺、单体工艺和萃取工艺。

以液体产品为目标产物的工艺，又称为液化工艺。液化工艺是裂解法的主要工艺，产出的液体产品主要为油类，包括蜡油、重油、柴油、汽油、溶剂油、石脑油等。这些油品的市场价值比合成气和固体炭高，因此，液化工艺比气化和炭化工艺经济效益好且发展更好，单体工艺拥有最高的回收经济效益，但在技术上需要探索和突破。

图表 20：化学回收技术不同工艺特点对比

塑料类型	产品工艺	主要产品	下游产业链	下游产物	经济效益
	气化工艺	合成气（CO、H <sub>2</sub> 等）或石油气（C1-C4）	煤化工产业 石油化工产业	甲醇、氨燃气等	中低

加聚物 (PP、PE、 PS、PVC 等)	炭化工艺	焦炭、活性炭、RDF	炼焦化工产业	功能碳等	低
	液化工艺	重油、蜡、轻油	石油化工产业	燃油、塑料	中高
	单体工艺	单体（乙丙烯、BTX 等）	塑料产业 精细化工产业	塑料/精细 化工品	高
缩聚物					
(PET、PU、 PA、PC 等)	萃取工艺	单体（DMT、PTA、 CPL）	纤维产业 塑料产业	纤维 塑料	中

来源：科茂化学回收研究院，国联证券研究所

经过技术的不断迭代，化学法回收产品逐渐从燃料向高价值组分过渡。以催化深度、C 和 H 元素利用效率及环保程度为划分标准，化学回收技术已历经 5 代迭代。随着催化程度加深及反应可控性提升，产物由重油和蜡向轻油过渡，最终发展到乙、丙烯和 BTX 等高价值单体组分，产物从做燃料到越来越多组分适宜做聚合物。

图表 21：化学回收技术代际

代际		技术工艺	原料适应性	产成品	规模效应	催化深度
原始	0.1	土法炼油	橡胶/轻度混合 废塑料	重油/蜡	小（0-3 吨 级）	无
1 代	1	釜式热裂解	橡胶/轻度混合 废塑料	重油/蜡	小（0-3 吨 级）	无
2 代	2	管式热裂解	橡胶/轻度混合 废塑料	轻油（少） / 重油/蜡	中小（5-10 吨级）	浅
	2.1	溶剂热裂解	轻度混合废塑 料	轻油（少） / 重油/蜡	中小（5-10 吨级）	浅
	2.2	超临界水热裂 解	重度混合废塑 料	轻油（中） / 重油/蜡	中小（5-10 吨级）	浅
	2.3	釜式催化裂解 催化重整	中度混合废塑 料	轻油/重油	小（0-3 吨 级）	中
	3 代	3	管式催化裂解 催化重整	重度混合废塑 料	轻油	中（10-30 吨级）
4 代	4	内热催化裂解 催化重整	重度混合废塑 料	轻油	中大（100 吨级）	深
5 代	5	高选择性催化 裂解烯烃重组	重度混合废塑 料	丙烯/BTX 单 体	大（500 吨 级）	适当

来源：科茂化学回收研究院，国联证券研究所

### 3.2 PE、PP 等加聚物多裂解处理

加聚物主链为 C-C 键，加聚反应不可逆，链结构相对稳定。目前世界上用量最大的加聚类塑料是聚丙烯（PP）和聚乙烯（PE），分别由丙烯和乙烯小分子单体聚合而成。

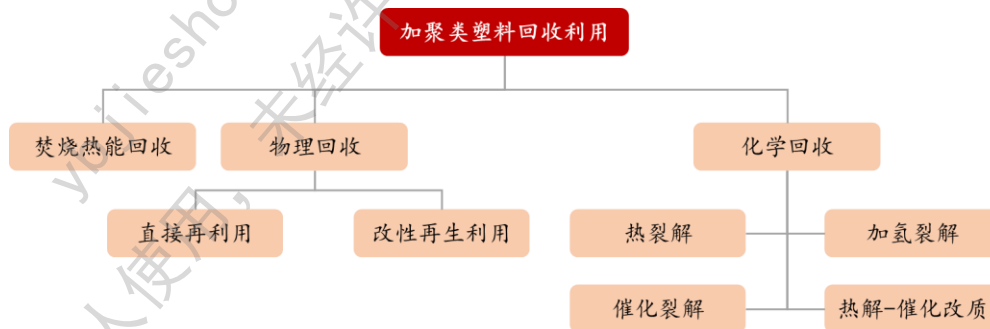


PP 具有耐化学性、耐热性、电绝缘性、高强度机械性能和良好的高耐磨加工性能等，广泛应用在机械、汽车、电子电器、建筑、纺织、包装、农林渔业和食品工业等众多领域。目前 PP 约占塑料废料总量的 23%。根据 MAXIMIZE 市场调研报告，2027 年全球再生聚丙烯 PP 市场价值将达到 118.3 亿美元，市场空间较大。

PE 是乙烯经聚合制得的一种化合物，是塑料薄膜，管材类制品、电缆制品的主要原料，其耐低温性能优异，化学稳定性优良。根据 Braskem 的数据，2021 年全球再生 PE 需求接近 100 万吨，据百川盈孚数据，近一年国内 PE 再生料价格均值为 7124 元/吨，这意味着目前全球再生 PE 市场规模超过 70 亿元。

加聚类废旧聚合物的回收利用主要有焚烧热能回收、物理回收、化学回收三种。

图表 22：加聚类塑料回收利用的方法



来源：《废旧聚丙烯材料回收再利用技术的发展现状及前景》（张振文），《废聚丙烯塑料油化技术的研究进展》（张金庆），《废聚乙烯塑料裂解制燃料的研究进展》（张金庆），国联证券研究所

### 1) 焚烧热能回收

焚烧为代表的能量回收带来的环境问题在上文已有阐述，不是技术和产业的发展方向，此处不再过多讨论。

### 2) 物理法回收方案

加聚类聚合物链结构相对稳定，物理回收具有一定可行性，但是局限性依然比较明显。物理回收方法可分为直接再利用与改性再生利用。

直接再利用指无需改性，将废旧塑料经过分类、清洗、破碎、塑化直接加工成型或通过造粒后加工成型。

改性再生利用是指采用物理或化学的方法对废旧塑料进行改性，以改善其力学性能和机械性能，从而达到再利用要求。经过改性后的再生塑料，其机械性能得到改善或提高，可用于制作档次较高的塑料制品，经过改性的塑料统称为“改性塑料”。废

旧塑料一般可通过共混、增强、增韧以及化学等方法进行改性处理。

物理法回收的痛点依然存在，对废旧聚合物的品质有较为严格的要求，原料来源有限，对白色污染处置贡献了了；改性虽然可缓解降等回收的问题，但仍需共混等方式进行增韧，性能不可避免的降低。因而，化学法回收技术具备重要的发展意义。

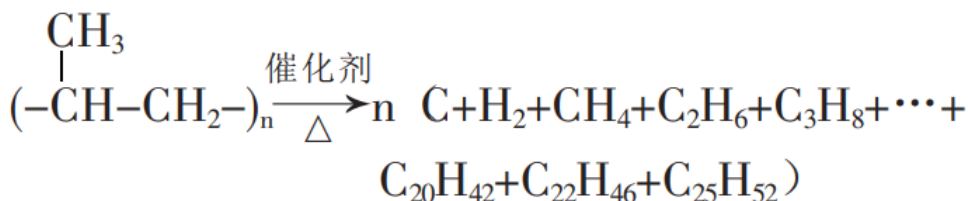
### 3) 化学法回收方案

PE、PP 等加聚物分子主链皆为 C-C 单键，导致其具有较高的动力学和热力学稳定性，要想让其分解转化存在一定难度。因此，大部分工艺需要在较高的温度下 (>400 °C)，通过裂解过程达成目标。目前 PE 和 PP 等加聚类聚合物化学回收法主要包括热裂解、催化裂解、加氢裂解和热解-催化改质 4 种工艺。

热裂解法，是将废旧聚合物在绝氧高温的条件下进行裂解生成气体和燃料油的过程，属于自由基反应过程，且整个过程非常复杂。该方法操作简单，投资较低，但反应时间长，反应温度较高，生产运行成本高，燃料油质量相对较差。

催化裂解法，是在热裂解基础上加了催化剂，降低反应苛刻度，提高目标产物的收率和质量，增加了经济效益。此外，催化裂解法可以提高产物选择性，改善产品分布，热裂解法主要得到的是 30 个碳原子以下的烃类产品，而催化剂的使用可以大幅提高轻油和单体组分的收率。催化裂解法的反应效果与催化剂的结构性能息息相关。

图表 23: 聚丙烯催化裂解原理示意图



来源：《废聚丙烯的综合利用》（吴自强），国联证券研究所

加氢裂解法，是指在有氢气存在的条件下裂解聚合物的过程。加氢裂解的焦炭产率远远低于热裂解和催化裂解，产物主要为液化气和汽油组分，且轻质烃类的产率和性质都有明显的提升，但加氢裂解要求设备具备承受较高压力的能力，设备投资高，且氢气价格较高，运行成本较高。而且加氢裂解得到的均为饱和烷烃，无法再聚合。

热解-催化改质法，也就是将热裂解和催化裂解的特点结合，具体地讲，是将废旧聚合物先进行热解，得到链长相对短、分子量相对小的中间产物，进一步对其进行

催化裂解，此法可以有效改善产物的性能，且相对催化裂解更易回收催化剂。热解-催化改质法是得到大量高价值单体组分的较好方法，且兼具能耗和效率优势，是 PE、PP 等加聚物化学法回收方案中的较优选择。

**图表 24：加聚类聚合物化学回收工艺优劣势**

工艺	优势	劣势
热裂解	较为成熟，操作简单，投资较低	反应条件苛刻，燃料油质量相对较差
催化裂解	降低反应苛刻度，提高产物产率和质量	非常依赖催化剂的性能结构
加氢裂解	轻质烃类的产率和性质都有明显的提升	设备投资高，运行成本高
热解-催化改质	有效改善产物性能，催化剂易回收	-

来源：《废聚乙烯塑料裂解制燃料的研究进展》（张金庆），《废聚丙烯塑料油化技术的研究进展》（张金庆），国联证券研究所

### 3.3 PVC 痛点在于处理氯化氢副产物

目前废 PVC 的回收利用不如 PP 或 PET 广泛，这主要是因为 PVC 通常用于长期使用的场合，不像其他塑料商品使用完一次后进入市政固体垃圾中。大多数 PVC 长期使用的场合，为管道、窗框、房屋墙板、电线和电缆绝缘层及地板材料。因此，PVC 属非市政固体垃圾，中长期使用的产品占 PVC 总产量的 85%。

根据 VinylPlus 发布的《2023 年进展报告》显示，欧洲 2022 年回收的 PVC 废料总量为 81.3 万吨，约占当年产生 PVC 废料总量的 27%。到 2025 年，其目标是将至少 90 万吨/年的 PVC 废料回收利用到新产品中，到 2030 年回收 100 万吨。

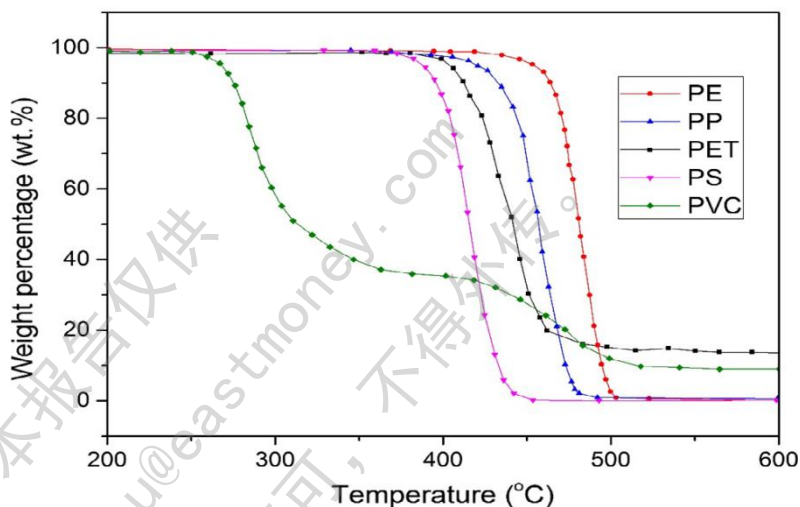
PVC 本身也是加聚类高分子，拥有 C-C 主链结构。目前用于回收 PVC 的方法主要有物理法、化学法和焚烧三种。PVC 焚烧溢出 HCl 污染很重，物理法回收过程与 PE 和 PP 类似，通过切碎、筛选、磨碎等过程，最终得到薄膜、粉末、颗粒或其他形式的再生料，极纯净的原料可同级复用，绝大多数降等回收，用来生产重包装袋、农用水管和鞋底等。

但不同于 PE 和 PP，废 PVC 的化学法回收利用存在两大难点：降解产生的含氯副产物（如 HCl）会腐蚀回收设备，还可能造成工人皮肤和眼睛的化学灼伤；增塑剂（通常占质量的 10-70%）的存在意味着 PVC 须与其他塑料分开以避免交叉污染。

热解、催化脱氯和水热处理是具有代表性的 PVC 化学回收方法。相比其他塑料，PVC 热解起始温度较低，因而 PVC 热解法的研究较多。重点在于如何处理热解过程

中产生的具有腐蚀性的氯化氢产物及其他氯代烃中间体。

图表 25: PVC 热失重起始温度较低



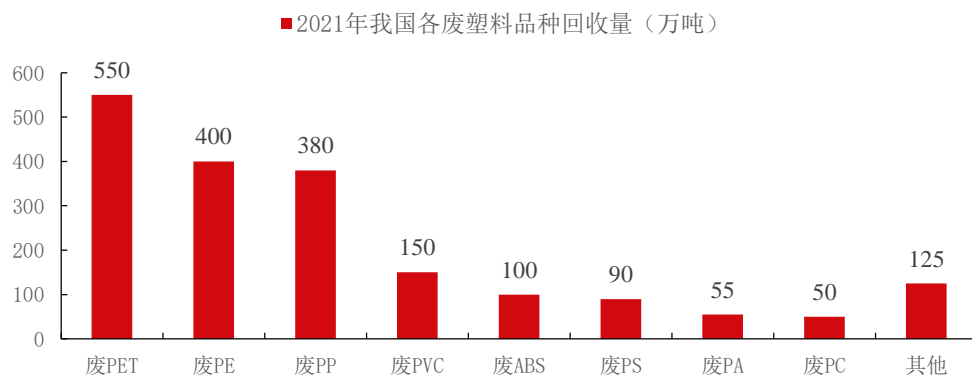
来源:《Thermal degradation of PVC: A review》(Waste Management, 2016, 48, 300-314), 国联证券研究所

### 3.4 PET 聚酯类聚合物化学回收以解聚为主

聚酯作为一种缩聚而成的热塑性聚合物,常被用于饮料包装、纺织纤维、建筑和涂料等行业。最常见的聚酯为聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET),其热工性能和机械性能优良,且具有高强度、高透明度和极强的安全性,为半结晶、热塑性聚酯。

PET 是全球消费量最大的缩聚物,2020 年全球 PET 年产量逾 7000 万吨,但废弃之后回收再利用率仅为 14%。

图表 26: 2021 年中国各废旧聚合物品种回收量



来源:中国物资再生协会再生塑料分会, 国联证券研究所

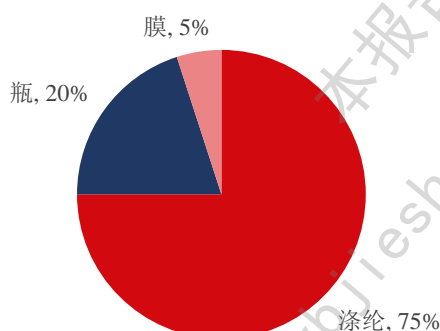
PET 主要用来做涤纶化纤和瓶片,2020 年我国约 75%的 PET 做涤纶,20%做塑料瓶片。据百川盈孚数据,2021 年我国涤纶消费量约 3819 万吨,聚酯瓶片消费量

约 619 万吨。据中国物资再生协会再生塑料分会统计，2021 年中国废塑料回收量约为 1900 万吨，其中废 PET 回收量约 550 万吨，占比相对较高。

全球范围内瓶片回收率很高，但涤纶化纤回收率很低。

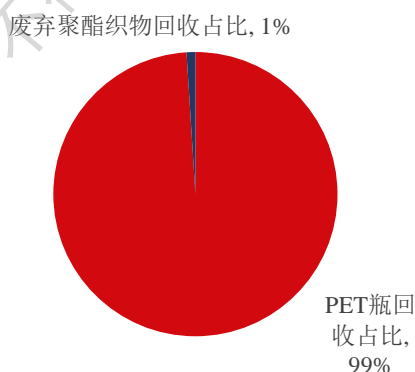
亚洲大多数主要国家和地区的 PET 塑料瓶回收率很高，中国和印度的回收率均超过了 80%；但涤纶织物的回收率很低，根据 GREENEXT 数据，99%的回收聚酯来自 PET 瓶，仅有 1%来自废弃聚酯织物。

图表 27：2020 年我国 PET 市场的消费结构



来源：前瞻产业研究院，国联证券研究所

图表 28：绝大多数的聚酯回收来自 PET 瓶片



来源：GREENEXT，国联证券研究所

国际上一些食品和饮品包装企业已将 R-PET(再生 PET 瓶片)列入包装的计划：法国“达能集团”旗下高端品牌瓶装水“依云”将于 2025 年前使用 R-PET 瓶；饮品巨头“百事”公司计划到 2025 年包装瓶中 R-PET 含量达 25%；“雀巢”公司将在 2025 年努力实现 100%包装材料可重复或可循环使用，将原生塑料的使用量减少近 1/3；日本“麒麟”、“三得利”等饮品企积极提高 R-PET 的用量。

据 Grand View Research 数据，2021 年全球 R-PET 市场规模达 94 亿美元，预计到 2030 年底，全球 R-PET 市场有望增长至 184.6 亿美元，年均复合增速 7.4%。

图表 29：国际食品饮料企业 R-PET 计划





来源:《中国R-PET瓶到瓶技术发展现状及展望》(周菁), 国联证券研究所

废旧涤纶化纤回收难的原因主要是物理回收降等严重, 目前 PET 回收主要还是物理法, 物理回收的 PET 瓶片卫生情况会变差, 国内一般不可用于食品包装材料中。废旧 PET 物理回收较难得到高黏度产品, 净瓶片物理回收后通常降等用做机油、农药等塑料瓶, 更多做低品质的涤纶长丝或短纤等, 而涤纶织物本身降等利用的空间有限, 物理法回收的痛点非常明显。

废弃涤纶 PET 对环境的污染没有因物理回收得到解决, 也意味着世界各地的垃圾填埋场和海洋中仍有大量不可降解的涤纶 PET, 制备 PET 的原料—对苯二甲酸(PTA)和乙二醇(EG)的大量化石资源也随之浪费。因而, 开发 PET 不降等利用的化学回收工艺具有重要意义。

图表 30: 废旧 PET 回收路线分类

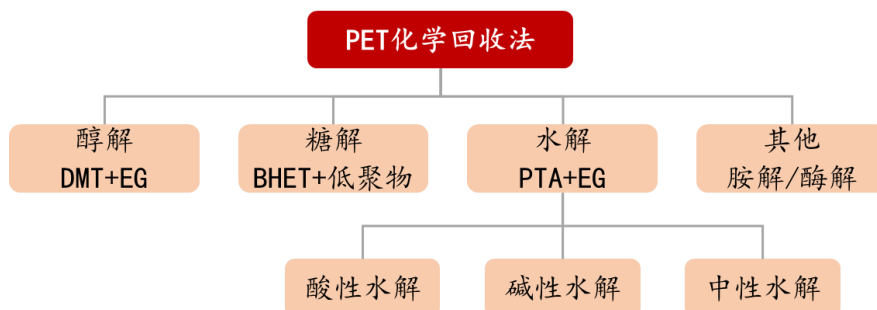


来源：《废旧聚酯化学回收法及其再生产物的应用研究进展》（张兰），国联证券研究所

PET 属于缩聚物，缩聚反应属于可逆反应，一般采用解聚法对其进行化学回收，按解聚剂不同可将其分为水解、醇解、糖解，胺解等。

其中，水解的主要产物为对苯二甲酸（PTA）和乙二醇（EG）；甲醇醇解的产物为对苯二甲酸二甲酯（DMT）和乙二醇（EG）；糖解的产物为对苯二甲酸乙二醇酯（BHET）和低聚物。

图表 31：PET 化学回收法



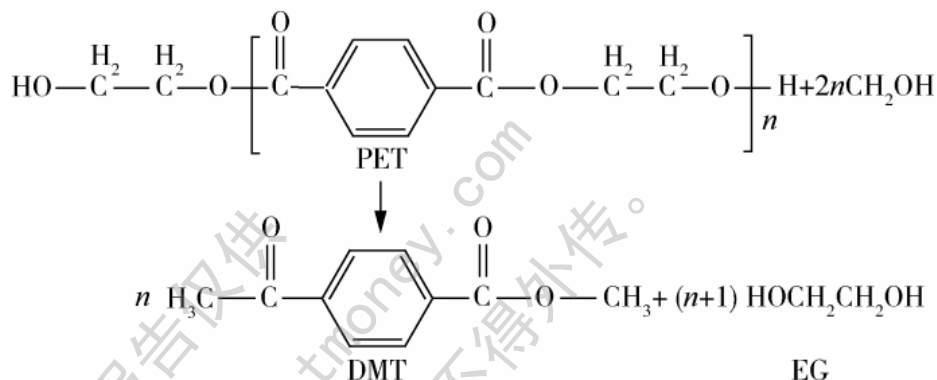
来源：《废弃 PET 聚酯的甲醇醇解回收技术》（刘居陶），国联证券研究所

### 1) 醇解法

醇解法是采用甲醇、乙醇等一元醇，在低压、中压、超临界等条件下将 PET 解聚，生成 DMT 和 EG 及低聚物。该方法通常需要的解聚催化剂主要有锌、镁、钴的

醋酸盐及二氧化铅等。

图表 32: PET 与甲醇的醇解反应



来源：《聚对苯二甲酸乙二醇酯回收技术和标准现状》（周迎鑫），国联证券研究所

根据甲醇的状态进一步细分，甲醇醇解法可分为三种：液体甲醇、蒸汽甲醇、超临界甲醇醇解法。

液体甲醇醇解通常是在高温(180~280℃)和高压(2~4MPa)下使醇与 PET 发生酯交换反应, 经济成本较高。

**蒸汽甲醇醇解**是采用过热的蒸汽甲醇来代替液体甲醇,该方法对设备的要求相对较低,但 PET 的利用率较低,使用较少。

**超临界甲醇醇解法**则采用超临界甲醇作为介质，PET 在超临界流体中解聚速度快，很容易分解为单体，不采用大量催化剂，也避免了传统甲醇醇解法存在的反应时间长、PET 分解不彻底、产物提纯复杂的问题。但是该技术对设备要求高，成本高，据《废弃 PET 聚酯醇解技术进展》周文聪估计，超临界甲醇醇解法至少配置规模 2 万吨/年的工业装置才具备一定的经济价值。

图表 33: PET 的三种甲醇醇解法优劣比较

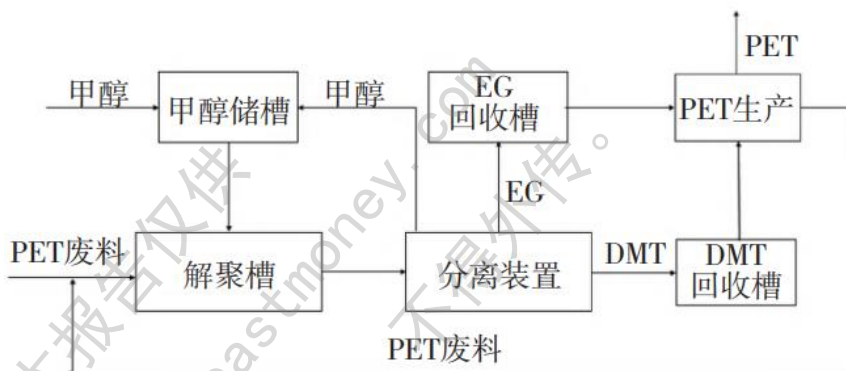
	液体甲醇醇解	蒸汽甲醇醇解	超临界甲醇醇解法
甲醇形式	液体甲醇	蒸汽甲醇	超临界甲醇
优势	避免产生非均相反应产物	对设备要求低	解聚速度快，产率高，不需要大量催化剂
劣势	高温高压，经济成本较高	PET 的利用率较低	对设备要求高，成本高

来源:《废旧聚酯化学回收法及其再生产物的应用研究进展》(张兰),国联证券研究所

醇解法最大的优势是甲醇和 EG 容易回收且可以循环利用, 生成的 EG 可使有色的 PET 转化为无色干净的 PET, 而这正是 PET 饮料瓶所想要达到的效果。

通过催化醇解生成的 DMT 既可作为再生 PET 的原料，因此可将甲醇醇解装置安装在 PET 生产线上；又可替代聚氨酯中的多元醇，作为制备阻燃保温材料的原料。

图表 34: PET 生产线上的甲醇醇解流程图

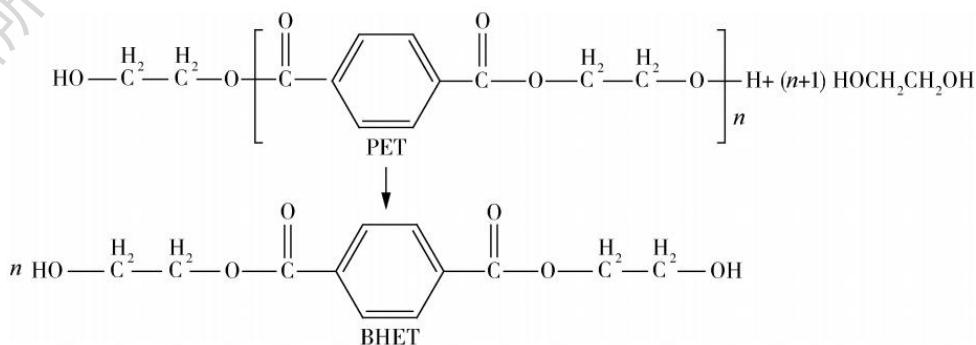


来源：《废弃 PET 聚酯的甲醇醇解回收技术》（刘居陶），国联证券研究所

## 2) 糖解法

糖解法又被叫做二元醇醇解法，常用乙二醇（EG）、二甘醇和丙二醇等，其中 EG 的应用最为广泛，在 180°C~220°C 和惰性气体的保护下，以醋酸锌作为催化剂进行解聚，主要产物为 BHET。

图表 35: PET 与乙二醇的醇解反应



来源：《聚对苯二甲酸乙二醇酯回收技术和标准现状》（周迎鑫），国联证券研究所

糖解法的优点是生产成本较低，并且可以轻松地集成到常规 PET 生产中，把糖解产物 BHET 作为生产 PET 的原料，但缺点是产物 BHET 的提纯难度较大。

此外，产物 BHET 也可作为制备聚氨酯、聚酯、环氧树脂、丙烯酸涂料的原料。

## 3) 水解法

水解法是较为传统的化学回收方法，指以水为降解试剂，在碱、酸或中性介质中，

高温高压情况下解聚，产物为 PTA 和 EG，但得到两者的产率相对都不高。

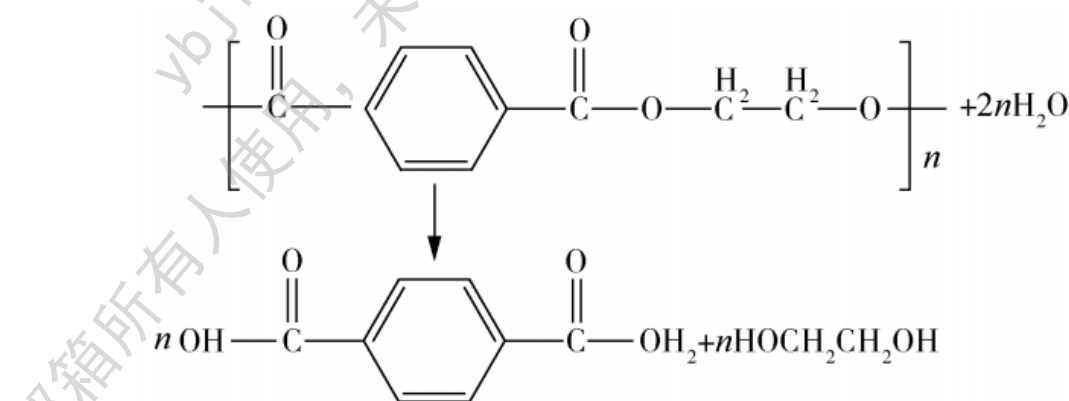
根据不同的 PH 环境，水解法主要有酸性水解、碱性水解和中性水解。

酸性水解采取硝酸或硫酸作为催化剂进行。酸性条件下水解工艺对原料的纯度要求不高，但是酸性水解后需回收大量的浓硫酸以及提纯 EG，生产成本低，且会产生大量的废水和无机盐，同时浓酸对设备的腐蚀性较大。

碱性水解通过加入氢氧化钠溶液，得到对苯二甲酸盐和 EG，再加入酸将对苯二甲酸盐酸化，使得 PTA 析出。碱性水解工艺可以纯化高度污染的 PET，降解彻底，产物纯净，且生产工艺简单，成本低，但也存在腐蚀设备和污染环境的问题。

中性水解是在金属盐、沸石催化下，直接用水或者蒸汽对废旧 PET 进行降解，反应过程不产生碱性或酸性废液以及无机盐，但是产物提纯难度大、成本高。

图表 36: PET 在中性条件下的水解反应



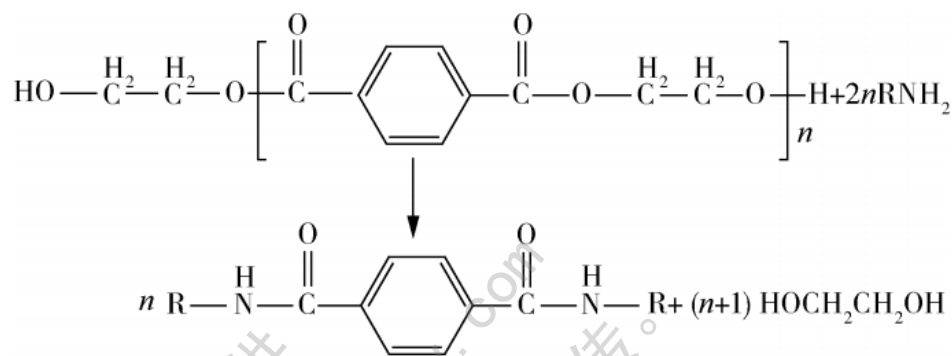
来源：《聚对苯二甲酸乙二醇酯回收技术和标准现状》（周迎鑫），国联证券研究所

#### 4) 胺解法

胺解法指以一级胺溶液为降解试剂，如甲胺、乙胺、乙醇胺、烯丙胺、肼等，通过胺解反应，得到对苯二甲酸二酰胺和 EG。

图表 37: PET 胺解反应





来源：《聚对苯二甲酸乙二醇酯回收技术和标准现状》（周迎鑫），国联证券研究所

胺解反应条件比较温和，不需要水解和醇解所需的高温、高压等条件，常用催化剂为金属乙酸盐（乙酸锌、乙酸钠、乙酸钾），反应在 25~190℃ 温度和低压情况下进行。

由于对苯二甲酸二酰胺难以生成再生 PET，因此，胺解法较少用于 PET 化学回收，更多应用于生产聚酰胺和改善纤维的着色质量。

此外，酶解法是一类较新的回收技术，此方法相对环境友好，可以分解 PET 的酶主要有酯酶、脂肪酶和角质酶等。但由于 PET 具有高比例的芳香成分，且结晶型 PET 的酯键被其他成分包围，酶很难与其接触发生降解，目前酶解法高效转化的路径还未建立。

总结来看，PET 物理回收工艺简单但回收后降等严重，产品附加值低；PET 化学回收方法中，一元醇解法的产物为 DMT，提纯较为容易，但相较于糖解法其成本较高；糖解法的产物为 BHET，可与原生 BHET 混合后再合成 PET，或作为聚氨酯制备原料，但 BHET 提纯难度高；水解法在碱性、酸性条件存在腐蚀设备的问题，而中性条件下，PTA 的提纯难度高；胺解法条件较为温和，但得到的产物较难用于 PET 再生；酶解法环境友好，但目前技术还不成熟。

图表 38：PET 常用回收方法特点

回收方法	优势	挑战
物理回收	回收工艺简单；成本低	产品力学性能下降；产品附加值低
醇解法	产物 DMT 提纯难度低	成本高
糖解法	产物利于制备聚氨酯；回收率高	产物 BHET 提纯难度高；
水解法	反应时间短；碱性条件下水解程度高	碱性、酸性条件下产生具有腐蚀性的废液；中性条件下，产物 PTA 提纯难度高

胺解法	条件温和	产物较难用于 PET 再生
酶解法	环境友好；低结晶度 产品易降解	高效转化路径未建立；高结晶度产品降解效率低

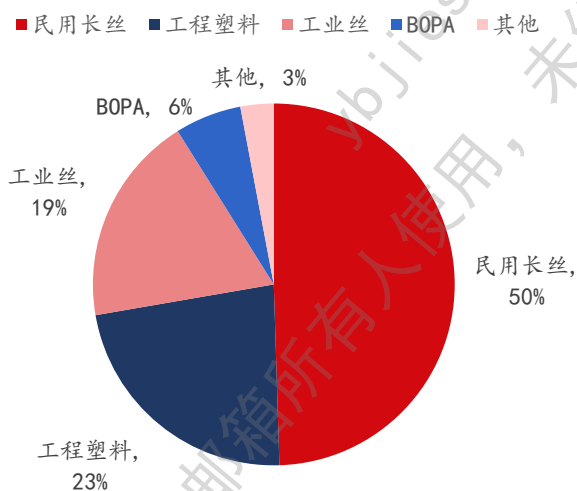
来源：《聚对苯二甲酸乙二醇酯回收技术和标准现状》（周迎鑫），国联证券研究所

### 3.5 尼龙的化学再生以解聚尼龙 6 为主

尼龙（PA），是由二元酸和二元胺缩聚而成的聚酰胺材料，用作纺丝纤维的称为锦纶，与涤纶，腈纶，氨纶，维纶合称为五大合成纤维。

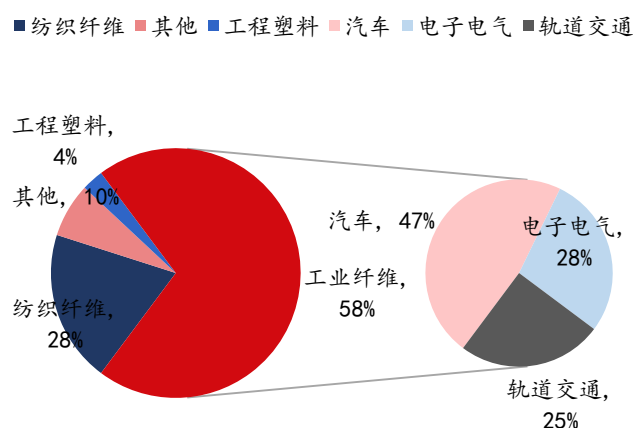
根据二元酸与二元胺不同，尼龙细分不同种类，尼龙 6 和尼龙 66 为绝对的主导品种，二者市场占比在 90% 以上，其中尼龙 6 目前应用最为广泛。

图表 39：尼龙 6 的下游消费结构



来源：观研天下，化工在线，国联证券研究所

图表 40：尼龙 66 的下游消费结构



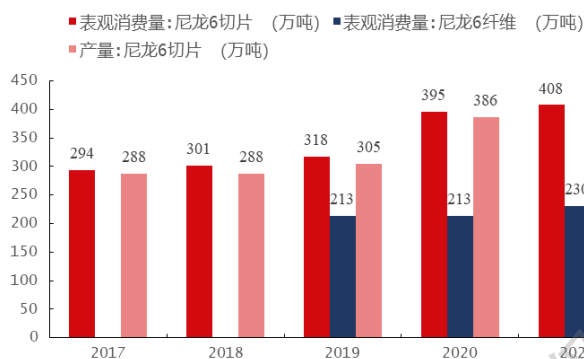
来源：智研咨询，国联证券研究所

中国是尼龙 6 最大的消费市场，根据中国化信数据，2020 年全球尼龙 6 的消费量约 600 万吨，中国尼龙 6 的消费量占比在六成以上。2021 年中国尼龙 6 的消费规模在 400 万吨水平，产量近 370 万吨，供需相对平衡。

尼龙 66 的消费量仅为尼龙 6 的 15%，2021 年中国市场尼龙 66 的消费量近 60 万吨，产量水平尚不足 40 万吨，仍有较高的进口依赖。根据《生物基生态》的数据，尼龙 66 的全球市场需求量约 200 多万吨，中国市场占比不足三成。

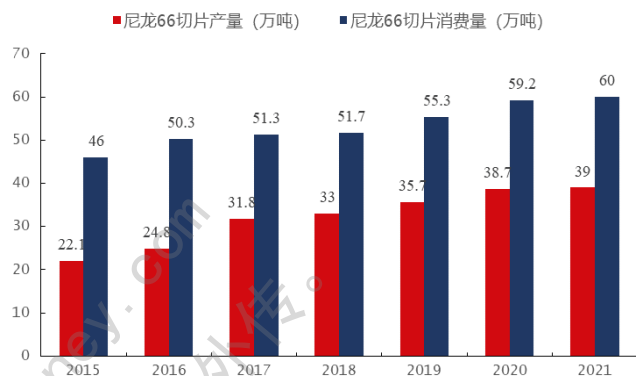
目前尼龙 66 市场尚小，但未来随着汽车轻量化等领域对工程塑料的需求提升，以及健康意识、消费升级推动人们对于运动鞋服、高端面料的需求提升，尼龙 66 市场规模有望持续较快地成长。

图表 41：尼龙 6 的市场规模情况



来源: wind, 国联证券研究所; 不同来源数据可能存在一定偏差

图表 42：尼龙 66 的市场规模情况



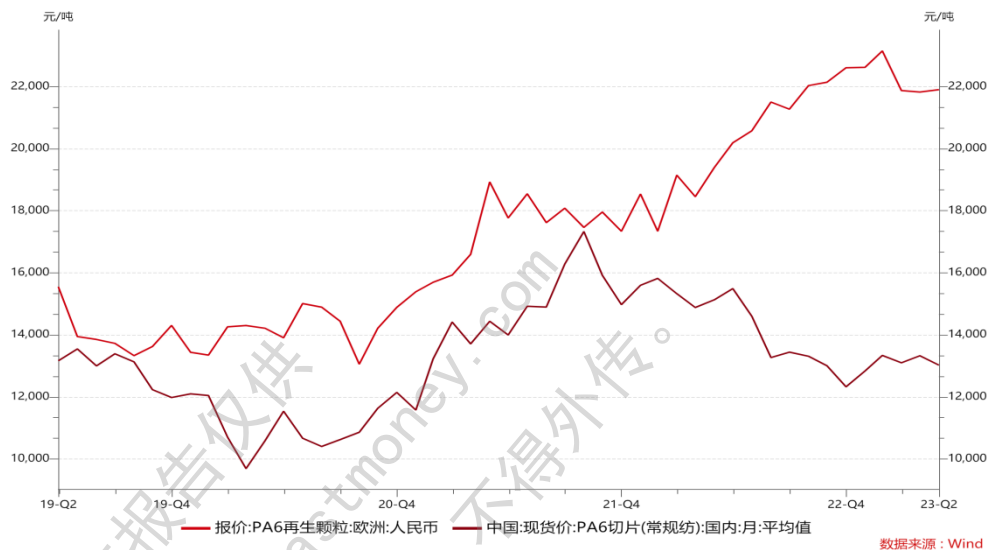
来源: ACMI, 中国化工报, 华经产业研究院, 国联证券研究所; 不同统计来源数据可能存在一定偏差

近年来，低碳环保理念愈发深入人心，驱动再生尼龙产业快速发展，也催生了对尼龙化学法回收工艺的需求。

废弃的尼龙渔网是造成海洋生态系统塑料污染的主要因素，被称作“幽灵渔具”。据世界动物保护组织统计，每年约有 64 万吨渔具残留在海洋中，约占所有海洋塑料废弃物的 10%。随着欧美企业对 ESG 指标愈加重视，废弃尼龙渔网的回收再生也越发迫切。

再生尼龙已逐渐与低碳、绿色、关怀、进步、高档的标签相匹配，获得了 Prada、Burberry、Lululemon、Adidas 等诸多品牌的青睐，国际上许多先进材料企业也在积极布局，“意大利尼龙纱线生产商 Aquafil 研发出了的 Econyl 再生尼龙面料已获众多国际品牌认可，东丽 2023 年 3 月也开始销售尼龙 6 化学回收纱线”，市场对再生尼龙的青睐越来越直接表现在其相对原生尼龙的溢价上。

图表 43：再生尼龙 6 与原生尼龙 6 的价格对比



来源: wind, 欧盟统计局, 国联证券研究所

尼龙的回收再生工艺分为物理再生和化学再生两类,我们认为尼龙的化学再生有望打开尼龙再生产业的发展空间。

**物理再生工艺局限性明显。**物理再生分为初级机械再生和二级物理再生,初级机械回收是将未污染的废旧尼龙直接运用于新产品的合成或成型加工;二级物理回收还包含对废旧尼龙的分离及纯化,初级和二级物理回收均无法保证尼龙的质量,物理循环会造成尼龙的断链、热解聚,再生产品质量较差。

物理再生工艺通常对高品质的尼龙废料较为依赖,尤其是尼龙厂商的边角料等,因此初级物理再生工艺在尼龙回收产业里占据着相当大的比重。高品质的原料供应不足、产品品质降级等问题,限制了物理再生工艺的发展。

**化学再生是再生尼龙工艺的发展方向。**尼龙的化学回收再生是一种可持续的再生模式。由于二元胺与二元酸的缩聚反应是可逆反应,尼龙可以通过解聚化反应,降解为价值较高的单体,再次用于尼龙生产。常见的化学回收技术有水解法、醇解法、氨解法、离子液体法等。

**1) 水解法,**以水为介质将尼龙完全降解为单体,尼龙6降解的己内酰胺产率可达89%。但介质水需达亚临界或超临界状态或在酸、碱等催化剂作用下反应。但亚/超临界水解需要高温高压,反应条件相对苛刻,而采用酸、碱催化剂严重腐蚀设备、且废水过多。

**2) 醇解法,**废旧尼龙在甲醇、乙醇等溶剂中完全降解成单体,在乙醇酸等催化

剂作用下，反应快而温和，但产物较为复杂，如尼龙 66 醇解后，己二酸会被酯化成己二酸甲酯，二胺也部分被转化成己二醇，收率和甲醇环境下的生产安全是痛点。

**3) 氨解法**，在氨气中对废旧尼龙进行解聚成单体，适用于尼龙地毯的回收，而其通常为 PA6 和 PA66 的混纺织物。PA6 二步氨解生成己内酰胺和 6-氨基己腈，PA66 氨解产出己二胺和 N,N'-二丁基己二酰胺，后者在磷酸催化下生成己二腈。氨解法单体纯度较高，回收效果较好，但需要高温和加氢，步骤较为复杂。

**4) 离子液体法**，利用一种不可挥发、低可燃性的溶剂在高温下解聚尼龙，温度条件相对温和，具有污染小、可重复利用、降解效果好的特点，但离子液体不易挥发只能通过萃取去除，致单体收率较低，相较于前述方法有较大提升空间。

**图表 44: 废旧尼龙主要回收技术比较**

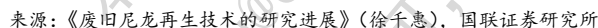
	方法	优点	缺点
物理回收	机械方法	流程简单	回收产品的质量难以保证
	溶解/再沉淀	选择性/非破坏性回收，操作简单	添加剂难以去除，溶剂系统需要筛选
化学回收	水解	相对温和的反应条件，较高的反应速率和催化活性	容易产生大量的废水、催化剂难以回收利用
	醇解	反应条件温和，速度较快	产物复杂
	氨解	产物纯度高	需要高温高压，步骤复杂
	离子液体	条件温和，溶解性好，热稳定性好，操作简单，产物易分离	单体产量较低

来源：《废旧尼龙再生技术的研究进展》（徐千惠），国联证券研究所

以 DuPont 公司的氨解技术回收废旧尼龙混合物为例，通过将氨气注入融化的 PA6/PA66 混合废塑料中，解聚的单体随氨气上升，被反应器上部的冷凝装置收集。解聚回收的单体成分主要为己二胺（HMD）、己二腈（AND）、6-氨基乙腈（6-CAN）、己内酰胺和 6-氨基己内酰胺（少量）。将收集的产物通过加氢还原，就可使己二腈、6-氨基乙腈转变为己二胺。

**图表 45: DuPont 公司氨解工艺路线**





不论物理回收还是化学回收，均较为依赖于高纯度的单一品种废旧聚合物，前期对聚合物垃圾分类不仅耗时且昂贵，是回收再生产业的应用壁垒。混合聚合物化学回收技术可能是解决相关问题的较优方案。

与单一品种聚合物化学回收相比,混合聚合物在化学回收过程中会发生更加复杂的化学反应,极大可能会使回收产物的品种变得更加复杂,因此针对混合废旧聚合物的化学回收研究相当具有挑战性。

目前最适用于混合废旧聚合物化学回收的方法仍然是热裂解法，包括加热裂解、微波裂解和超临界水法。2022 年，美国科学家提出了一种策略，即通过串联催化和生物过程将混合聚合物转化为单一产品。不断涌现出的科研成果为混合聚合物的高值化回收利用提供理论基础，这也代表着废旧聚合物回收领域未来最具看点的方向之一。

The diagram illustrates a biorefinery process for converting mixed plastics into tunable bioproducts. The process is divided into four main stages:

- mixed plastics:** This stage shows three types of plastic waste: high-density polyethylene (HDPE), polystyrene (PS), and polyethylene terephthalate (PET). Each is represented by its chemical structure and a recycling symbol.
- chemical oxidation:** The plastics are treated with  $O_2$ ,  $Co(II)$ ,  $Mn(II)$ , and  $NHPI$  at  $160-210\ ^\circ C$  for  $2-5\ hr$ . This step is represented by a central white circle with an arrow pointing to the next stage.
- oxygenated intermediates:** This stage shows the chemical structures of three intermediates: dicarboxylic acids, benzoic acid, and terephthalic acid.
- bioconversion:** The intermediates are converted into a tunable bioproduct by the bacterium *Pseudomonas putida* KT2440. The bacterium is shown as a large, oval-shaped cell with a TCA cycle diagram inside. The TCA cycle is a circular pathway with various intermediates represented by colored dots. The bacterium is also shown with its genome map, which includes genes for  $tpaA$ ,  $tpaB$ ,  $tpaC$ ,  $tpaD$ ,  $tpaE$ ,  $tpaF$ ,  $tpaG$ ,  $tpaH$ ,  $tpaI$ ,  $tpaJ$ ,  $tpaK$ ,  $tpaL$ ,  $tpaM$ ,  $tpaN$ ,  $tpaO$ ,  $tpaP$ ,  $tpaQ$ ,  $tpaR$ ,  $tpaS$ ,  $tpaT$ ,  $tpaU$ ,  $tpaV$ ,  $tpaW$ ,  $tpaX$ ,  $tpaY$ ,  $tpaZ$ ,  $tpaA_2$ ,  $tpaA_3$ ,  $tpaA_4$ ,  $tpaA_5$ ,  $tpaA_6$ ,  $tpaA_7$ ,  $tpaA_8$ ,  $tpaA_9$ ,  $tpaA_{10}$ ,  $tpaA_{11}$ ,  $tpaA_{12}$ ,  $tpaA_{13}$ ,  $tpaA_{14}$ ,  $tpaA_{15}$ ,  $tpaA_{16}$ ,  $tpaA_{17}$ ,  $tpaA_{18}$ ,  $tpaA_{19}$ ,  $tpaA_{20}$ ,  $tpaA_{21}$ ,  $tpaA_{22}$ ,  $tpaA_{23}$ ,  $tpaA_{24}$ ,  $tpaA_{25}$ ,  $tpaA_{26}$ ,  $tpaA_{27}$ ,  $tpaA_{28}$ ,  $tpaA_{29}$ ,  $tpaA_{30}$ ,  $tpaA_{31}$ ,  $tpaA_{32}$ ,  $tpaA_{33}$ ,  $tpaA_{34}$ ,  $tpaA_{35}$ ,  $tpaA_{36}$ ,  $tpaA_{37}$ ,  $tpaA_{38}$ ,  $tpaA_{39}$ ,  $tpaA_{40}$ ,  $tpaA_{41}$ ,  $tpaA_{42}$ ,  $tpaA_{43}$ ,  $tpaA_{44}$ ,  $tpaA_{45}$ ,  $tpaA_{46}$ ,  $tpaA_{47}$ ,  $tpaA_{48}$ ,  $tpaA_{49}$ ,  $tpaA_{50}$ ,  $tpaA_{51}$ ,  $tpaA_{52}$ ,  $tpaA_{53}$ ,  $tpaA_{54}$ ,  $tpaA_{55}$ ,  $tpaA_{56}$ ,  $tpaA_{57}$ ,  $tpaA_{58}$ ,  $tpaA_{59}$ ,  $tpaA_{60}$ ,  $tpaA_{61}$ ,  $tpaA_{62}$ ,  $tpaA_{63}$ ,  $tpaA_{64}$ ,  $tpaA_{65}$ ,  $tpaA_{66}$ ,  $tpaA_{67}$ ,  $tpaA_{68}$ ,  $tpaA_{69}$ ,  $tpaA_{70}$ ,  $tpaA_{71}$ ,  $tpaA_{72}$ ,  $tpaA_{73}$ ,  $tpaA_{74}$ ,  $tpaA_{75}$ ,  $tpaA_{76}$ ,  $tpaA_{77}$ ,  $tpaA_{78}$ ,  $tpaA_{79}$ ,  $tpaA_{80}$ ,  $tpaA_{81}$ ,  $tpaA_{82}$ ,  $tpaA_{83}$ ,  $tpaA_{84}$ ,  $tpaA_{85}$ ,  $tpaA_{86}$ ,  $tpaA_{87}$ ,  $tpaA_{88}$ ,  $tpaA_{89}$ ,  $tpaA_{90}$ ,  $tpaA_{91}$ ,  $tpaA_{92}$ ,  $tpaA_{93}$ ,  $tpaA_{94}$ ,  $tpaA_{95}$ ,  $tpaA_{96}$ ,  $tpaA_{97}$ ,  $tpaA_{98}$ ,  $tpaA_{99}$ ,  $tpaA_{100}$ .
- tunable bioproduct:** This stage shows two possible bioproducts:  $\beta$ -ketoacid and polyhydroxyalkanoates. The  $\beta$ -ketoacid is shown as a chemical structure with a carboxylic acid group and a ketone group. The polyhydroxyalkanoates are shown as a chemical structure with a repeating unit of a hydroxyalkanoate.

来源:《Mixed plastics waste valorization through tandem chemical oxidation and biological funneling》  
(Science, 2022, 378, 207-211). 国联证券研究所

## 4 废旧聚合物化学再生业务存较大发展机会

去全球化、绿碳环保的背景下，全球各大食品饮料品牌、服装品牌及零售商均积极大比例使用再生塑料或再生化纤，并有较为明确的导入时间表，许多发达国家也公开承诺再生产品的导入目标，全球再生产品市场快速打开。

在发达国家的再生市场需求和 ESG 等减碳指标的驱动下，海内外企业积极布局废塑料及化纤的化学法回收再生业务，跨国化工巨头在其中扮演了较为重要的角色。国内企业在加聚物裂解、PET、PA 的解聚回收领域也有着比较突出的产业进展。

政策积极推动下，废塑料及化纤的化学回收业务继续加速发展，国内废旧聚合物前端分选技术和回收业务不断成熟，地方政府有望更积极地参与其中，市政项目推进也有望更加顺利，化学回收全产业链有望实现长期快速的发展。

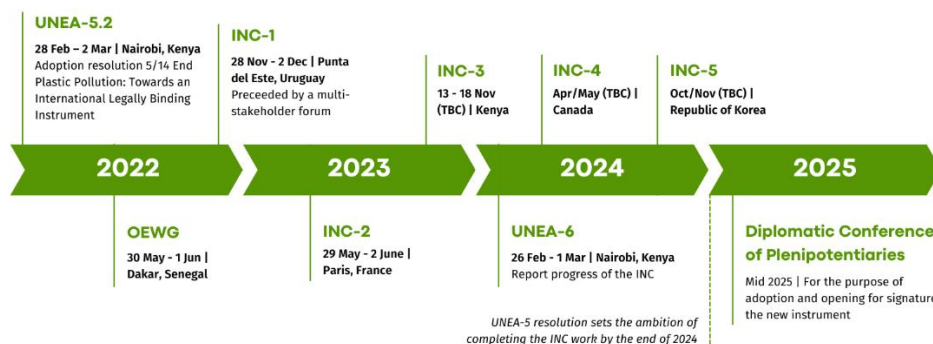
另外，废塑料及化纤处置具有环保属性，是重资产、技术密集型行业，走轻走快是环保企业的追求，掌握化学法再生核心技术的企业存较大发展机遇。

### 4.1 全球回收再生市场迎发展良机

全球减碳降耗、绿色环保的大背景下，塑料及化纤回收的呼声愈发高涨，具有法律约束力的国际协议即将出台，全球废旧聚合物回收再生市场迎来发展良机。

联合国环境大会 (UNEA-5) 致力于针对废塑料和海洋微塑料形成会议决议，2022 年 3 月通过了《终结塑料污染:制定具有国际法律约束力的文书》决议，旨在 2024 年前完成一项具有法律约束力的全球协议，这将是《巴黎协定》以来最重要的环境多边协议，标志着国际社会在塑料污染问题上从关注到切实行动再到立法的治理决心。

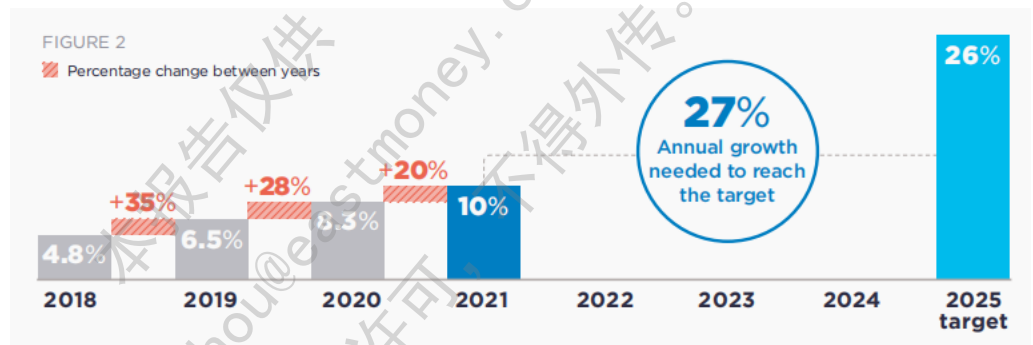
图表 47: 第五届联合国环境大会续会 (UNEA-5.2) 会议节点



来源：联合国环境规划署，国联证券研究所

与此同时，麦克阿瑟基金会呼吁，各国政府需要立即行动加速再生产品应用，并在 INC 大会上关于“制定具有法律约束力的塑料污染文书”的谈判中提高目标；也呼吁每个品牌和零售商都开发和执行一个雄心勃勃的重用战略，并有可信的行动计划。

图表 48：品牌和零售签署人的塑料包装中 PCR 含量的百分比



来源：《THE GLOBAL COMMITMENT 2022 PROGRESS REPORT》，国联证券研究所

全球终端消费品企业积极响应相关协议，从再生塑料角度看，以 CocaCola、PepsiCo、Nestle 为首的一众知名品牌纷纷承诺，到 2025 年塑料包装中 PCR（消费后再生塑料）组分提升至 25-50%；Walmart、Jerónimo Martins、TARGET、Kmart、H&M Group 等一众零售企业也纷纷承诺到 2025 年塑料包装中 PCR 含量目标提升至 17-30%。2025 年所有品牌和零售签署人的平均目标在 26%。

图表 49：全球部分品牌企业关于塑料包装中 PCR 组分的承诺

企业名称	2021 年塑料包装总量/吨	2021 年塑料包装中 PCR 组分含量/%	2025 年总塑料包装中 PCR 含量目标/%
CocaCola	3224k	13.6	25
PepsiCo	2500k	6.3	25
Nestle	920k	4.6	30
Unilever	713k	17.7	25
MARS	204k	0	30
L'Oréal	144k	21	50
DANONE	773k	10.6	50
Henkel	341k	14.3	30
Colgate	279k	14.2	25
Reckitt	199k	4	25
Mondelēz	198k	0.5	5
SC Johnson	91k	19.2	25
Kellogg's	64k	0.03	10
Essity	40k	5	25
FrieslandCampina	48k	2.3	15

来源：《全球承诺 2022 年报告》，麦克阿瑟基金会官网，国联证券研究所

**图表 50：全球部分零售企业关于塑料包装中 PCR 组分的承诺**

企业名称	2020 年塑料包装总量/吨	2020 年塑料包装中 PCR 组分含量/%	2025 年总塑料包装中 PCR 含量目标/%
Walmart	1,427,139	9	17
Jerónimo Martins	150,857	8.8	25
STARBUCKS	118,811	0	5
TARGET	69,991	0.6	20
Kmart	41,232	5	30
Carrefour	37,256	9.4	30
A.S. Watson Group	31,422	6.8	20
H&M Group	16,347	12.2	25
Pick n Pay	12,058	22.5	30
Woolworths	11,595	12	30
ASOS	5,117	26.8	50
SELFRIDGES & CO	11	47.7	20

来源：《全球承诺 2021 年报告》，麦克阿瑟基金会官网，国联证券研究所

不仅是品牌和零售企业，多个发达国家也积极参与“全球塑料公约网络”，承诺到 2025 年塑料包装中的 PCR 含量达 25-30%。

**图表 51：全球塑料公约网络签署国关于 PCR 组分的承诺**

国家/地区	2025 年总塑料包装中 PCR 含量目标/%
欧洲	30
荷兰	35
法国	30
英国	30
波兰	25
葡萄牙	30
美国	30
加拿大	30
南非	30
肯尼亚	15 (2030)
智利	25
澳大利亚、新西兰和太平洋岛屿	25

来源：麦克阿瑟基金会官网，国联证券研究所

在化学纤维领域，全球各大服装品牌对再生纤维更是青睐有加，积极推进再生材料的应用导入。ADIDAS 宣布到 2024 年全部采用再生聚酯纤维，Burberry、H&M Group、The North Face 等品牌承诺到 2025 年将全部全球聚酯纤维转用再生聚酯，ADIDAS 宣布到 2024 年全部采用再生聚酯纤维；尼龙方面，Prada 已经全面转用再生尼龙产品，

Burberry、The North Face 宣布到 2025 年全面转用再生尼龙，Lululemon 宣布到 2030 年全面转用再生尼龙产品。

图表 52: 多个服装大品牌承诺使用再生纤维

品牌	2020	2021	2022	2025E	2030E
聚 酯 中 再 生 聚 酯 占 比					
Burberry				100%	
H&M Group	21%	64%	74%	100%	
Gap Inc.	/	10%	16%	45%	
The North Face	/	/	85%	100%	
Lululemon	39%	50%	/	75%	100%
ADIDAS	71%	91%	96%	100% (2024)	
ASICS	19.50%	30%	30%		100%
尼 龙 中 再 生 尼 龙 占 比					
Burberry				100%	
The North Face			75%	100%	
Lululemon	2%	6%			100%
Prada Group	推出首款完全采用 Re-Nylon 制成的限量版包袋	产品线扩展到普拉达成衣、配饰和鞋类	已经全面转用 Re-Nylon	100%	100%
ADIDAS			与 Prada 合作，使用 Re-Nylon 面料	90%	

来源：各公司官网，国联证券研究所

## 4.2 海内外企业积极推进研发和产业化

化学循环产业模式在欧美国家及跨国公司得到验证，世界头部品牌、包装、零售、化工和资源回收企业普遍认同化学循环是完成其塑料可持续目标的核心途径，并在全球范围内迅速布局产能。并且在 ESG 指标压力下，国际化工巨头是化学循环再生最积极的推动者。根据科茂化学回收研究院对在建项目的统计，全球化学循环再生产能将从 2020 年的万吨级增长到 2025 年的数百万吨级。

针对加聚类废旧聚合物，较多企业布局裂解工艺，中石化通过微波裂解和热裂解对废旧聚合物进行回收处置，热裂解装置已进行百吨中试，并规划建设万吨级工厂；COMY 科茂在催化裂解方向走在行业前列，采用“低温低压催化裂解催化重整”工艺落地了国内首个万吨级化学回收工厂，年处理能力 4 万吨，使聚合物裂解为轻油和单体。



更多的国内外企业关注热裂解方向，许多外资企业背靠壳牌、陶氏、SABIC、利安德巴塞尔或 BASF 等巨头积极布局产能，荷兰 Pryme、美国 New Hope Energy、英国 Plastic Energy、挪威 Quantafuel、美国 Freepoint Eco-Systems、英国 MURA、美国 Brightmark Energy、加拿大 Enerkem 公司均布局了 10 万吨以上的产能。国内主要中石化及其合作伙伴以及航天热解公司进行了相关布局。

**PET 尤其是涤纶化纤的化学回收再生方面**，树业环保和浙江佳人处于行业前列，2021 年，树业环保年产 7 万吨化学回收 r-BHET 生产线投产。浙江佳人已有近 9.5 万吨化学回收产能，目前在绍兴积极扩建 15 万吨绿色再生新材料项目，力争在 5-10 年内形成 30-50 万吨级的绿色循环再生纤维产业。海外参与者主要有法国 Axens 和 Carbios、加拿大 Loop Industry 等。

**PA 的化学回收方面**，Aquafil 集团是公认的佼佼者，将破渔网、地毯、废旧织物等通过化学法不降等制成 ECONYL 纱线，已为千余品牌认可；台湾化学携手渔网制造商金州，化学法制备再生尼龙 6，已于 2018 年起与品牌服饰合作；三联虹普拥有自有核心技术解决方案，其和台华新材合作，在江苏淮安上境内首台套化学法尼龙回收万吨级装备。

此外，在混合废旧聚合物回收处置方面，惠城环保自研“循环流化床混合废塑料深度催化裂解制化工原料（CPDC）技术”，将混合废塑料直接裂解为富气、凝缩油等碳氢化合物，首台套 20 万吨/年工业化示范装置在广东省揭阳市启动。

图表 53：全球聚合物化学回收企业产能布局（截至 2022 年 6 月）

技术工艺	企业名称	国家 / 地区	合作伙伴	商业化程度	产能（万吨/年，已有+在建）	产能地点
微波裂解	中国石化	中国	-	规划中		中国
催化裂解	COMY 科茂	中国	若干化工巨头（保密）	有工厂	68.3	中国
裂解法	中国石化	中国	-	中试	百吨级中试 万吨级工厂	中国
	航天热解	中国	-	规划中		
	南方天奇	中国	中国石化	中试		
	福海蓝天	中国	中国石化	中试		
	Pryme	荷兰	壳牌	建设中	41	荷兰

		New Hope Energy	美国	陶氏、道达尔	建设中	31	美国
		Plastic Energy	英国	SABIC、利安德巴塞尔、道达尔、英力士、西班牙石油公司、希悦尔、Qenos、Axens	有产能	21-24	西班牙、荷兰、美国、法国、澳大利亚、印度尼西亚
		Quantafuel	挪威	BASF	建设中	13	英国、丹麦
		Freepoint Eco-Systems	美国	道达尔	建设中	12.3	美国
		MURA	英国	陶氏、KBR、LG、三菱、雪佛龙	建设中	10-12	英国、日本
		Brightmark Energy	美国	BP、SK	建设中	10	美国、澳大利亚
		Enerkem	加拿大	NOVA	建设中	10	加拿大
		Axens	法国	北欧化工	建设中	5	瑞典
		Agilyx	美国	埃克森美孚、英力士、Styrolution、Virgin Group	有工厂	4	美国、日本
		BlueAlp	荷兰	壳牌	建设中	3	荷兰
		Itero	荷兰	Kerax	建设中	2.7	荷兰
		Clean Planet Energy	英国	BP	建设中	2	英国
		Xycle	荷兰	-	建设中	2	荷兰
		Alterra	美国	Neste、Ravago、Technip Energies	建设中	2	美国、英国
		OMV	奥地利	北欧化工	建设中	1.6	奥地利
		Nexus	美国	陶氏、壳牌、Braskem、雪佛龙	规划中		
		Licella	澳大利亚	陶氏、利安德巴塞尔、KBR、LG、三菱、雀巢、雪佛龙、Coles	规划中		
		Recycling Technologies	美国	玛氏、雀巢、道达尔	规划中		
		Clariter	南非	三菱、帝人、帝斯曼、Kerax、AECI	规划中		
		Fuenix Ecogy	荷兰	陶氏	规划中		
解聚法	PET	树业环保	中国	SK	有产能	12	中国
		浙江佳人	中国	-	有产能	9.5	中国
		Axens	法国	东丽	建设中	8	法国

	Loop Industry	加拿大	陶氏、SK、达能、依云、百事、欧舒丹、欧莱雅、苏伊士	有工厂	4	美国、法国
	Carbios	法国	欧莱雅、欧舒丹、米其林、Indorama Ventures	有产能	4	法国
	Revalyu	德国	Heraeus	有产能	1.2	印度
	NextChem	意大利	联合利华、可口可乐、Oviesse、达能、汉高、H&M	有工厂	0.1	意大利
	Garbo	意大利	-	规划中		
PA	台湾化学	台湾	金洲海洋	有产能	1.5	中国台湾
	三联虹普	中国	台华新材	建设中	约 1	中国
	Aquafill	意大利	-	有产能	-	意大利、斯洛文尼亚、中国
PU	河南追日	中国	-	有产能	0.5	中国
	浙江华江	中国	-	规划中		
	Repsol	西班牙	-	建设中	0.2	西班牙
	Vita	英国	陶氏、赢创	中试		
PMMA	Microwave Chemical	日本	三菱	规划中		
	Agilyx	美国	三菱	规划中		
	住友化学	日本	JSW	规划中		
	Heathland	荷兰	盛禧奥、JSW (EU)	中试		
	台湾奇美	台湾	-	规划中		
产能合计 (万吨/年)					约 290	

来源：Aquafill 官网，浙江佳人环评，COMY 科茂官网，科茂化学回收研究院，国联证券研究所

### 4.3 减碳背景下政策推动加速行业发展

化学回收 PCR 塑料与原生塑料品质相同，可用于食品和医药等高要求领域，多国从终端应用领域出台政策，为化学回收技术打开政策空间。

当前，欧洲在 PCR 塑料终端产品鼓励政策方面走在全球前列，例如：1) 欧盟《一次性塑料指令》要求到 2025 年 PET 包装中含有 PCR 组分 25%；2) 英国塑料包装税对少于 30% 再生塑料的包装征收每吨 200 英镑税款；3) 全世界十余个国家和地区签署《塑料公约》，承诺到 2025—2030 年，塑料包装中含有 PCR 组分 25%~30% 等。

图表 54：鼓励使用 PCR 塑料的政策

相关政策/法律/公约	国家/地区	主要内容
《一次性塑料指令》	欧盟	2025 年，PET 包装中含有再生组分 25%， 2030 年 30%

“英国塑料包装税”	英国	2022 年 4 月开始，对少于 30%再生塑料的包装征收每吨 200 英镑税款
“意大利塑料包装税”	意大利	2022 年 1 月开始，对非再生塑料及不可降解、不可堆肥的塑料征收每吨 450 欧元税款。应用 PCR 塑料可免税
《国家塑料计划 2021》	澳大利亚	2025 年塑料包装中含有再生组分 20%，其中 PET30%、HDPE20%、PP20%
艾伦-麦克阿瑟基金会《塑料公约》	欧洲经济区、英国、荷兰、法国、波兰、葡萄牙、加拿大、美国、肯尼亚、印度、智利、南非、澳大利亚、新西兰、太平洋岛屿	2025 年到 2030 年，塑料包装中含有再生组分 25%-30%

来源：科茂化学回收研究院，国联证券研究所

废旧聚合物化学回收的原料来源更加广泛、对品类和质量要求低，因此技术开发难度较大，建立产业链投入大。相关政策的扶持对聚合物化学回收再生产业发展大有裨益，特别是在产业政策和环保政策方面。

2021 年，生态环境部发布《废塑料污染控制技术规范（征求意见稿）》，发改委颁布《“十四五”循环经济发展规划》，发改委和生态环境部颁布《“十四五”塑料污染治理行动方案》，工信部颁布《“十四五”工业绿色发展规划》，明确地为废塑料化学回收行业打开了发展空间。

在化纤方面，发展委、商务部和工信部的《关于加快推进废旧纺织品循环利用的实施意见》明确了 2025 年和 2030 年的废弃织物循环利用目标。作为促进碳减排、白色污染治理和循环经济的重要技术，废旧聚合物化学回收开始迎来政策释放期。

在环保减碳的背景下和政策积极推动下，我国废塑料化学回收再生业务有望迎来较大的发展机遇。

**图表 55：针对化学回收行业的直接政策鼓励**

级别	时间	政策名称	发布部门	主要内容
部委	2022 年 03 月	《关于加快推进废旧纺织品循环利用的实施意见》	发展改革委、商务部、工业和信息化部	2025 年废旧纺织品循环利用率达到 25%，废旧纺织品再生纤维产量达到 200 万吨；2030 年，废旧纺织品循环利用率达到 30%，废旧纺织品再生纤维产量达到 300 万吨。
	2021 年 4 月	《废塑料污染控制技术规范（征求意见稿）》	环境部	废塑料化学再生指利用化学技术使废塑料重新转换为树脂单体、低聚物、裂解油或合成气的方法，适用于处理低价值、成分复杂、较难进行物理再生的废塑料
	2021 年 12 月	《快递包装废物污染控制技术规范（第二次征求意见稿）》	环境部	不能重复使用的塑料类快递包装废物应根据废塑料材质、混杂程度、洁净度、使用途径等因素，选择物理再生、化学再生等再生利用工

				艺, 并按照 HJ1034 和 HJ364 等标准、规范要求, 采用适合的污染防治可行技术
	2021 年 12 月	《“十四五”工业绿色发展规划》	工信部	鼓励开展废塑料化学循环利用, 推进低值废塑料热裂解等技术推广应用; 培育废塑料等主要再生资源循环利用龙头骨干企业
省厅	2020 年 8 月	《广东省关于进一步加强塑料污染治理的实施意见》	广东省发改委、环境厅	培育一批符合废塑料综合利用行业规范条件的行业骨干企业, 支持鼓励废塑料裂解等新型资源化能源化利用技术应用
地市	2020 年 9 月 - 2021 年 2 月	《关于进一步加强塑料污染治理工作方案/实施方案》	惠州市、珠海市、佛山市、肇庆市、中山市、潮州市、东莞市、江门市、茂名市、揭阳市、韶关市、清远市、云浮市 发改局和环境局	培育一批符合废塑料综合利用行业规范条件的行业骨干企业, 支持鼓励废塑料裂解等新型资源化能源化利用技术应用

来源: 科茂化学回收研究院, 国联证券研究所

我国生活垃圾种类繁多, 废旧聚合物的前端分选是困扰产业发展的问题, 但在政策推动下, 随着前端分选技术和回收业务的不断成熟, 市政项目推进也有望更加顺利。

化学回收对原料的单一度和洁净度要求不高, 但更高纯度、更少杂质的原料能提高后续生产效率, 得到更高质量和更高价值的产品。根据不同原理, 目前常用的分选技术可分为密度分选、浮选、电磁分选等。

**图表 56: 不同聚合物分选技术原理及优缺点**

分选技术	原理	优缺点
密度分选	密度差异	操作简单, 但不精确
浮选	新疏水性差异	流程简单, 但需合理选择处理溶液及表面活性剂
电磁分选	导电性及介电常数差异	设备简单、无二次污染, 但对塑料表面清洁度及操作环境要求较高
可见光分选	可见光波段进行颜色识别	可对常见塑料进行分类, 但不能区分塑料材质, 且淡蓝色塑料较难准确识别
红外光分选	红外光波段进行材质识别	可进行材质识别, 常用近红外光谱, 但不能识别黑色和深色塑料
X 光分选	X 光波段进行元素识别	主要用于含阻燃剂的家电塑料制品识别, 应用范围不广, 成本高昂, 难以大规模应用
激光诱导击穿光谱分选	多元素同时分析	目前研究相对较少, 成本高昂, 难以大规模应用

来源: 《废杂塑料识别与分选技术的研究进展》(刘君峰), 国联证券研究所

2022 年 1 月, 发改委等部委发布《关于加快废旧物资循环利用体系建设的指导意见》, 其中提到要求: 到 2025 年, 建成绿色分拣中心 1000 个以上; 包括废塑料在内的 9 种主要再生资源循环利用量达到 4.5 亿吨, 促使垃圾分拣/分选工厂如雨后春



笋般涌现。截至 2022 年末，已有 30 余家企业通过再生资源绿色分拣中心认证。

目前中国分选行业体系还不成熟，主要原因是下游资源化收益不高，较难覆盖分选成本。但化学回收技术拥有卓越的经济性，仅依靠分选出 15%-20% 的低值塑料作为原料产生的收益，便可能覆盖整个分选系统和化学回收的成本。

随着化学回收技术的日益成熟，在国家政策的大力推动下，地方政府与国资企业有望更加积极地参与其中，地方市政项目推进起来也会更加顺利，废旧聚合物化学回收全产业链有望实现长期快速的发展。

#### 4.4 化学回收是环保企业走轻走快的契机

废塑料及化纤的回收再生不可避免地具有环保属性，而环保行业具有技术密集、资金密集的特点，轻资产、高成长是环保属性企业的追求。

为了拓展市场，拥有先进技术的环保类企业通常需要承接整个技术服务和工程项目，后果是重资产、重融资需求，成长速度也由此受限。因而在低融资成本的金融环境下，掌握先进技术的环保类企业可快速扩张，而在宏观收紧后，也常常面临较大的现金流压力。

企业走轻走快的第一要义，在于牢牢掌握并独占核心技术，采用技术入股等方式进行业务扩张，而对于废塑料及化纤处置行业企业，化学法回收再生技术提供了较好的契机，化学法回收再生技术具有较高的技术壁垒，并贴合产业机遇，掌握相关技术的环保企业存在走快走轻的契机，有望快速打开成长空间。

## 5 我们关切的部分回收再生标的

综合上述产业发展背景，我们认为国内惠城环保、三联虹普、台华新材等一批优质的从事废塑料或废旧化纤化学回收利用的企业或存在较大机遇。

### 5.1 惠城环保

公司是固废处理科技型企业，提供危险废物处理处置服务并将危险废物进行有效循环再利用。公司主营 FCC 催化剂的回收利用和新剂制备，在建的 4 万吨/年 FCC 催化新材料项目（一阶段）、3 万吨/年 FCC 催化装置固体废弃物再生及利用项目规划于 2023 年相继投产。

同时公司凭借技术积累，承接了中委广东石化 POX 焦渣无害化处理业务，相关项目已投入运行，后续有望进一步利用 POX 灰渣处置后的废盐资源，从中提取钒、镍等金属资源，进一步扩大项目效益。

公司积极布局废塑料的化学回收业务，在废塑料热裂解、催化裂解和进料装置设计方面拥有多项发明专利，尤其在混合废塑料处置上具有独到的工艺技术。公司自主研发“循环流化床混合废塑料深度催化裂解制化工原料（CPDC）技术”，通过了由中国石油和化学工业联合会组织的专家组的科技成果评估，并已建成 100 吨/年中试装置并稳定运行 14 个月，技术路线属于中低温催化热裂解技术，产物以三苯、三烯为主导产品，整个工艺无污染、低能耗、全循环利用。

2023 年 6 月，公司在揭阳正式启动 20 万吨/年混合废塑料资源化综合利用示范性质项目，项目计划投资总额 11.99 亿元。公司的技术较好地解决了废塑料化学回收的相关痛点，若项目进展顺利将是全球首台套十万吨级混合废塑料高效化学回收装置。

## 5.2 三联虹普

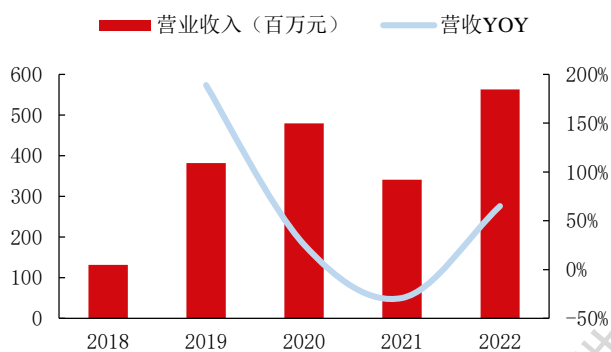
公司是国际先进的聚合物成套生产工艺技术提供商，拥有完善的自主基础、共性技术体系及工程化成果转化实力，为客户的高端应用需求提供定制化一站式“交钥匙”系统集成服务。

公司在聚酰胺（PA6/66）、功能性聚酯（vPET）、聚碳酸酯（PC）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）等合成材料行业，以及在再生聚酯（rPET）、再生聚酰胺（rPA）、生物基化学纤维（再生纤维素纤维、Lyocell）等再生材料及可降解材料行业，拥有自主知识产权的全流程工艺及装备技术并积累了大量工程实例，整体达到世界先进水平。

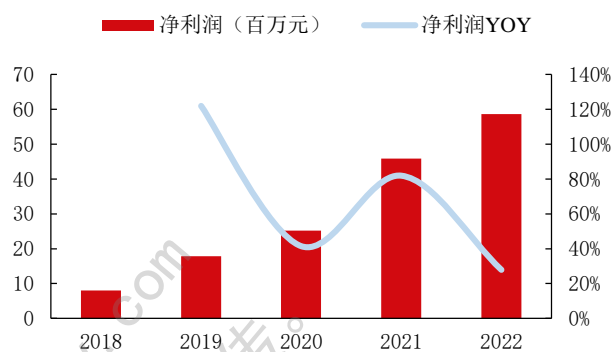
**再生 PET 领域**，2018 年公司收购了 Polymetrix 80% 的股权，Polymetrix 是世界首屈一指的掌握从废旧瓶子-分拣-清洗-SSP-再生食品级 PET 瓶片全产业链核心技术的公司，在食品级再生聚酯市场上占据龙头地位，全球市占率达 45%。2018-22 年，Polymetrix 业绩高速增长，营收和净利润 5 年复合增长率分别高达 43.7% 和 64.4%。22 年公司食品级 rPET 业务新签合同额共计 4.4 亿元，创历史新高。（SSP 固相增粘工艺是指切片在固相状态下进行缩合聚合反应，用以增加切片分子量和提高特性粘度）

图表 57：2018-2022 年 Polymetrix 营收及增速

图表 58：2018-2022 年 Polymetrix 净利润及增速



来源：公司年报，国联证券研究所



来源：公司年报，国联证券研究所

**再生尼龙方面**，2022 年公司与台化新材的全资子公司江苏嘉华签署了绿色多功能锦纶新材料一体化项目，合同金额为 4.9 亿元人民币，预计 2023 年交付使用。该项目采用业界首创万吨级以上化学法再生尼龙纤维系统解决方案，将锦纶生产过程中的废丝、废料块、边角料等经过化学法解聚得到己内酰胺单体，利用己内酰胺重新聚合得到高品质纺丝级切片，后经熔融纺丝制备各种规格再生锦纶纤维，真正意义上实现锦纶纤维高值化循环使用的闭环回收。

公司立足于 PA6/66 聚合、纺丝产业环节的技术及市场优势，在 PA66 产业链上下游已经形成自有核心技术解决方案布局。公司充分抓住己二腈国产化机遇，积极开拓 PA66 聚合向民用丝方向发展的产业链一体化技术，从应用端引领产业链价值提升。2021 年与 2022 年，公司与聚合顺子公司山东聚合顺鲁化新材料相继签署金额为 2.25 亿元和 2.17 亿元的 PA66 聚合项目。

此外，公司还在生物基高分子材料领域取得重大突破，打破国外长期垄断，形成了具备国际竞争力的大容量高效 Lyocell 纤维生产工艺技术，并成功签署了国内首条单线年产 4 万吨的 Lyocell 纤维项目总承包合同；公司通过与华为云战略合作，2022 年正式开启《化纤工业智能体解决方案》产品在化纤行业的销售，“工业 AI 集成应用解决方案”业务板块未来增长潜力十足。

### 5.3 台华新材

公司自创建以来，始终深耕锦纶产业，形成锦纶纺丝、织造、染色及后整理一体的完整产业链。公司专注于尼龙 6、尼龙 66 及尼龙环保再生系列产品及其他化纤产品的研发和生产，目前拥有 18.5 万吨/年锦纶长丝产能。

公司“绿色多功能锦纶新材料一体化项目”内容包括年产 10 万吨再生差别化锦纶丝和 6 万吨 PA66 差别化锦纶丝，一期已于 2023 年 4 月试生产，预计 2024 年上半年产能全部释放，届时公司将拥有年产 34.5 万吨锦纶长丝能力。

“年产 10 万吨 PA6 再生差别化纤维项目”中，再生装置采用全球领先国内首套化学法进行 PA6 的废料回收，将锦纶生产过程中的废丝、废料块、边角料等经过化学法解聚后重新聚合得到高品质纺丝级切片，后经熔融纺丝制备各种规格再生锦纶纤维，真正意义上实现锦纶纤维重复使用的闭环循环。我国目前还没有采用成套自有技术的万吨级化学回收法再生锦纶的工程案例，此项目成功实施将填补国内该领域技术空白，并一举达到世界先进水平。

#### 5.4 浙江佳人

浙江佳人新材料有限公司成立于 2012 年，实控人是中建信集团，公司是目前国内领先的化学法循环再生聚酯企业。公司原有每年处理废旧纺织品 4 万吨，年产 3 万吨的再生产品，另有 7 万吨废纺资源化高品质绿色循环再生聚酯项目落户绍兴上虞。凭借着高品质的循环再生化学纤维产品，公司成功和阿迪达斯、迪卡侬、耐克、宜家、伊藤忠、韩国三星物产、日本帝人等国际品牌展开合作。

2022 年 5 月，公司与中建信（浙江）创业投资有限公司合资成立浙江建信佳人新材料有限公司，双方分别持股 15%和 85%，并拟在绍兴建设年产 15 万吨绿色新材料项目，采用日本帝人独有的 Green Circle™涤纶化学循环再生系统技术，以旧服装、边角料等废旧聚酯材料为初始原料，通过彻底的化学分解还原为聚酯，建成后将形成年产 15 万吨再生纤维级聚酯切片（PET）能力。

中建信（浙江）创投公司旗下子公司精工科技为全国专用设备行业龙头企业，在碳纤维及复合材料装备、智能装备、太阳能光伏专用装备、建筑建材专用设备、轻纺专用设备制造领域具有大量科研成果，且生产规模和市场占有率连年保持国内领先，产品在国内外市场中品牌优势明显。作为同一控股方旗下的企业，二者存在就化学法再生涤纶产业协同发展的可能。

**图表 59：重点公司盈利预测与估值表**

股票 代码	证券 简称	股价 (元)	EPS (元)			PE (X)			CAGR-3 (%)	评级
			23E	24E	25E	23E	24E	25E		
300779	惠城环保	52.00	1.72	3.36	5.54	30.23	15.48	9.39	523%	买入
603055	台华新材	10.74	0.47	0.83	1.30	22.85	12.94	8.26	63%	买入
300384	三联虹普	16.54	0.94	1.18	1.45	17.66	13.98	11.39	25%	-

来源：Wind，除三联虹普为 wind 一致预期外，其余均为国联证券研究所预测；股价取 2023 年 07 月 07 日收盘价；股价为 2023 年 07 月 07 日收盘价

## 6 风险提示

### 1) 低碳环保政策转向风险

低碳环保是全球发展大趋势，各国积极推进相关导向政策，但如果相关政策发生转向，尤其是全球变暖趋势被证伪，会打击废塑料处置行业的发展。

### 2) 核心技术扩散风险

废塑料化学回收再生行业属于技术密集型行业，如果企业核心技术被扩散，会对相关企业未来盈利能力产生不利影响。

### 3) 项目推进不及预期风险

行业内我们关切的标的均有重要项目正在推进，如果项目推进不及预期，会对公司未来业绩产生不利影响。

### 4) 安全生产风险

废塑料的化学处置业务部分涉及较危险化工过程，热裂解涉及高温，甲醇等试剂存在一定毒性，如果发生安全事故将对相关企业和行业产生不利影响。



## 分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

## 评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 到 12 个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的 6 到 12 个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A 股市场以沪深 300 指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准；韩国市场以柯斯达克指数或韩国综合股价指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表指数涨幅 20%以上
		增持	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于 5%~20%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于-10%~5%之间
		卖出	相对同期相关证券市场代表指数跌幅 10%以上
	行业评级	强于大市	相对同期相关证券市场代表指数涨幅 10%以上
		中性	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于-10%~10%之间
		弱于大市	相对同期相关证券市场代表指数跌幅 10%以上

## 一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属国联证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“国联证券”）。未经国联证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为国联证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，国联证券不因收件人收到本报告而视其为国联证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但国联证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，国联证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，国联证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

国联证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。国联证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。国联证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

## 特别声明

在法律许可的情况下，国联证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到国联证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

## 版权声明

未经国联证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、转载、刊登和引用。否则由此造成的一切不良后果及法律责任有私自翻版、复制、转载、刊登和引用者承担。

## 联系我们

**无锡：**江苏省无锡市太湖新城金融一街 8 号国联金融大厦 9 层

电话：0510-82833337

传真：0510-82833217

**北京：**北京市东城区安定门内大街 208 号中粮置地广场 4 层

电话：010-64285217

传真：010-64285805

**上海：**上海市浦东新区世纪大道 1198 号世纪汇广场 1 座 37 层

电话：021-38991500

传真：021-38571373

**深圳：**广东省深圳市福田区益田路 6009 号新世界中心 29 层

电话：0755-82775695