



基础化工行业研究

买入（维持评级）

行业深度研究

证券研究报告

基础化工组

分析师：陈屹（执业 S1130521050001）

chenyi3@gjzq.com.cn

分析师：杨翼莹（执业 S1130520090002）

yangyiying@gjzq.com.cn

绿色系列：PET 回收（供给篇）——“低值料、高值用”重点关注

本篇报告是绿色系列报告的第二篇，着重针对 PET 回收技术、布局企业进行分析。PET 回收现阶段主要以物理法为主，产业链及工艺也相对成熟，但后期伴随需求的进一步提升，化学法将成为未来发展的重要方向，目前我国布局化学的企业相对较少，能够先期形成经济性的规模化的企业有望获得行业的先发优势。

核心结论

物理法行业基础相对较好，企业的加工技术和改性会形成终端差异。国内对 PET 回收布局时间相对较长，但基本长时间集中于物理回收赛道。在终端产品的改性和优化过程中，对企业的技术水平有一定的要求，较多的小规模技术储备不足的企业仅能针对产品进行降级应用，比如生产填料、地毯丝等；同时由于物理回收对于原材料具有一定的要求，多数以 PET 瓶为主，回收水平相对较高，后续进一步拓展存在限制，而我国禁止废旧塑料进口，解决来料问题将是不分企业拓展业务的思考方向，带动部分企业规划出海布局基地；

化学法仍处于不断突破过程，未来发展空间较广。化学法能够较大程度扩展 PET 回收的原料范围，从瓶片扩展至纤维、膜材，废旧纤维的回收率低，价格便宜，对于原料的成本相对可控，有利于进一步扩大发展规模。但目前化学法的路径并不完全成熟，多数大型企业采用热解工艺进行油品等回收，PET 专项回收循环技术量产企业相对较少，成本还需进一步优化，但已经有企业先期形成了初步的技术突破，若有企业形成规模效应，有效控制成本，有望获得先发优势；

生物法目前仍然处于探索阶段。从生物法的反应路径看，其对 PET 的回收可以做到来料范围的拓展，且能够形成高值利用，在产品布局方向上有更多领域的延伸空间，但工程化应用尚未成熟，成本仍然相对较高。

化学法和生物法具有进一步加速发展空间。化学法 rPET 和原生 PET 的性能接近度高，已经具备多领域应用基础。目前国内已有物理法路径参混部分泡料进行降级应用，也有少部分化学法工艺进行纤维生产，伴随化学法工艺进一步成熟，装置规模放大，预估化学法的 rPET 的经济性将获得进一步优化，先期满足下游“绿色”品牌的市场需求；人工智能的发展对合成生物有明显的推动作用，酶降解工艺有望获得明显加速。现阶段生物法仍然面临酶活性低，生产成本高的问题，而 AI 人工智能的发展有望大幅缩短基因和蛋白改造的时间，通过机器计算和模拟降低改造的成本，有望加速提升生物法 PET 降解的效果。

全球布局化学法 PET 回收的企业主要以大型化工巨头企业和单一领域的初创型企业为主。大型石化企业先期具有产业链基础，多数选择热解工艺形成有效协同布局，但同时也外研合作开辟新的回收路径，以满足行业新的发展趋势；初创型企业多数采用新路径或者新的工艺，在专项技术的研发力度和突破上相对领先，但多数初创企业资金和工程化能力及经验上相对欠缺，导致部分项目兑现时间相对较长。

投资建议

PET 再生材料应用要求不断提升，将大幅带动行业需求，行业潜在发展空间巨大，而其中几类企业将相对收益：

- 实现 PET 回收的高值化应用的企业：能够满足下游领先企业高端服装的产品需求，能够从产品定价获得盈利空间；
- 能够扩展应用原料，能够实现低成本管控的企业：破除传统 PET 回收的限制，使用成本更低的原材料进行产品生产，降低外部约束带来的不可控风险，形成成长空间；
- 能够突破技术、工艺路径障碍，采用生物法或化学法经济性生产 rPET 的企业，有望获得成本和市场双重突破。

风险提示

政策落地不及预期风险；产业链配套发展不均衡风险；海外贸易政策变动风险；需求波动风险；石化产业链价格剧烈波动风险。

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费



内容目录

一、PET 回收工艺现状：瓶片相对成熟，纤维任重道远	4
1.1、物理法 PET 回收成熟，产品梯级利用，但原料来源相对受限	5
1.2、化学法仍处于持续突破中，未来应用空间较大	7
1.3、酶解新工艺，暂未形成大面积工程化，但有加速可能	11
二、碳排环保助 PET 回收获绿色附加值，新赛道有望获得突破	14
2.1、PET 回收可以有效降低碳排，形成有效的碳排经济赋能	14
2.2、再生 PET 已经能够形成应用基础，行业的发展有望获得加速	15
三、PET 回收领域，低值原料、高值利用的路径值得重点关注	16
3.1、全球企业开启 PET 回收布局，不同阵营的发展方向呈现明显区别	16
3.2、国内多数以热解和物理法布局 PET 回收，差异化定位和化学法有望成为新的焦点	21
四、投资建议	24
五、风险提示	24

图表目录

图表 1：塑料回收的主要化学法路径	4
图表 2：物理法和化学法回收的差异比较	5
图表 3：PET 常见的物理回收的过程	5
图表 4：PET 饮料包装瓶的回收已经达到较高水平	6
图表 5：PET 聚酯切片和再生 PET 切片的价格变化趋势	6
图表 6：PET 塑料和 PET 纤维的特性不同	7
图表 7：废 PET 化学法工艺的产物分布	8
图表 8：废弃 PET 制备电容储能性能优异的多级孔碳材料	10
图表 9：化学法回收 PET 工艺特点汇总	10
图表 10：PET 生物降解的发展历程	12
图表 11：PET 生物降解重要的酶 IsPETase 结构	12
图表 12：生物转化 PET 的路径或策略	13
图表 13：废 PET 再造长丝生产线具有深度降碳潜力 (kgCO ₂ e/q)	14
图表 14：再生材料能够明显降低碳排，具有领先的环保效应	15
图表 15：使用 r-BHET 后的 PET 性能对比	15
图表 16：各种再生纤维路径的应用情况及场景	16
图表 17：巴斯夫物理塑料回收	17
图表 18：巴斯夫和合作伙伴合作将热解材料投入自身一体化体系中形成产品生产	18



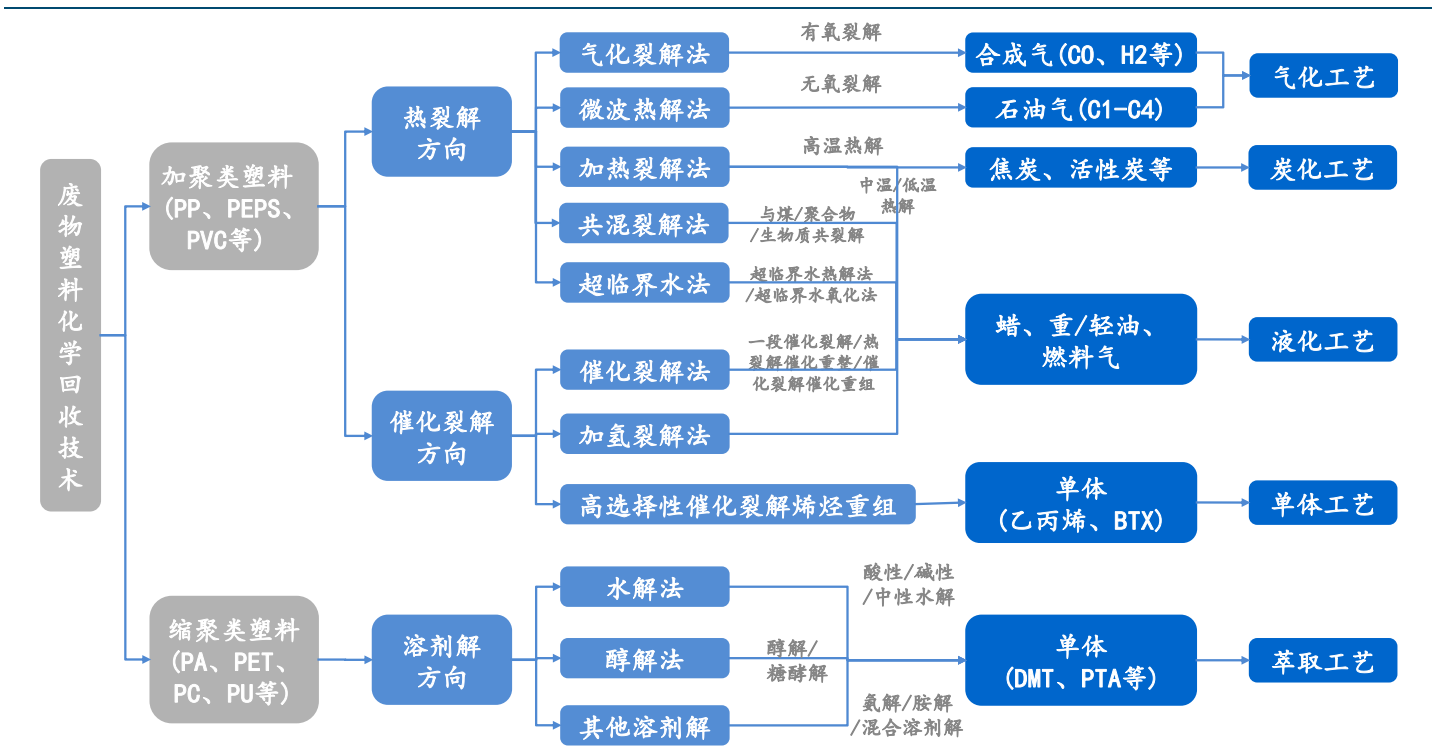
图表 19: SK 执行“3R”战略, 推进废旧塑料回收再利用	19
图表 20: LoopIndustries 通过化学解聚生产 DMT, 进一步合成 PET 材料	20
图表 21: CARBIOS 在酶解聚 PET 基础上提升酶的回收和开发可降解材料	20
图表 22: 英科再生回收 PET 产品营收及盈利变化	21
图表 23: 英科再生回收 PET 产品售价及成本变化	21
图表 24: 优彩资源再生涤纶短纤营收及盈利 (百万元)	22
图表 25: 优彩资源再生涤纶短纤售价及成本 (元/吨)	22
图表 26: 天富龙再生有色涤纶短纤营收及盈利变化	22
图表 27: 天富龙再生有色涤纶短纤价格及单吨盈利变化	22
图表 28: 百川科技产品营收变化情况 (百万元)	23
图表 29: 百川科技产品毛利率变化情况	23



一、PET 回收工艺现状：瓶片相对成熟，纤维任重道远

在塑料回收领域，一般根据回收工艺的差异会分为四级，其中一、二级回收都属于物理回收，三级、四级属于化学回收。一级回收针对干净的单一类型塑料，主要为工厂回收，二级回收则通过破碎、清洗、挤压、造粒等步骤处理更复杂的塑料制品。三级回收是通过化学技术来处理废弃塑料获得相应单体或化工原料。四级回收是能量回收，将最终无法进一步化学回收的废塑料进行燃烧，获取热能。物理回收具有方法简便、成本较低等优势，但针对的产品种类相对受限，获得的产品品质也会有一定的影响，而化学法回收的种类相对较多，可以处理更多领域的原料来源，但工艺难度明显提升。

图表1：塑料回收的主要化学法路径



来源：科贸化学回收研究院等，国金证券研究所

物理回收材料应用受限，部分产品只能降级应用。工业上将回收分为升级回收和降级回收两种类型，升级回收指材料回收后可再用于高端应用，降级回收则是材料回收后再用于制备比原来产品价值低的产品，如聚酯纤维或长丝回收后制成聚酯短纤维，用于制作毛绒玩具、填充材料或室内装饰品等。在中国 PET 回收体系中，主要以物理回收为主，主要针对 PET 瓶的回收和再利用，经济闭环产业链已成型。我国 PET 回收料的 40%-60%用于纤维的生产，且有部分是降级回收，仅能用于箱包、地毯等领域；相比之下化学法的技术仍有难点，目前能够工程化的装置相对较少，且规模较小。



图表2：物理法和化学法回收的差异比较

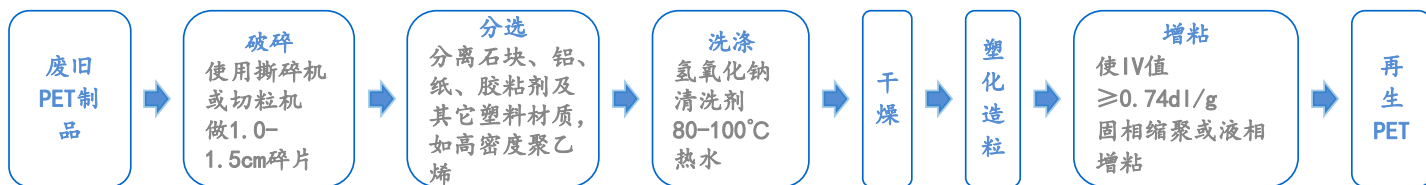
回收工艺	优势	劣势
化学回收	可将 PET 废料分解成单体和/或其寡聚体和其他化学物质	对 PET 进行化学解聚的生产成本要高于直接生产 PET，因此在没有经济激励的情况下，化学法再生 PET 需要更高的生产成本
	与其他回收利用方法相比，完全遵守了“可持续性”原则	
	保存了回收 PET 废料的分子量（特性粘度）	需要大规模生产以使其具有成本效益的可行性
	可以将被污染的和非常复杂的废物流回收成所需规格的产品	
	在 PET 化学回收过程中，最终产品的可加工性，如印刷性和染色性可以达到预期的级别	
	PET 产品在化学回收过程中不会出现暗黄现象	
物理回收	加工技术简单；投资成本低	被污染物质的复杂性阻碍了 PET 的物理回收
	对环境的负面影响很小	PET 废料在每次回收时的杂色和产品性能的恶化是 PET 物理回收的主要问题
		由于 PET 物理回收过程中产生的环状和线性低聚物，最终产品的印刷性和染色性可能被降低
		物理回收的 PET 由于分子内交联和氧化反应而变黄

来源：《食品工业科技》，国金证券研究所

1.1、物理法 PET 回收成熟，产品梯级利用，但原料来源相对受限

PET 物理回收，是将废 PET 进行机械加工后造粒，再加工成塑料制品或者纺丝制成 PET 纤维，是一种简单且成本低廉的物理循环方法，也是目前最为常用的 PET 回收路径。PET 物理回收工艺由分类、分拣、清洗和干燥、尺寸减小、熔体过滤、重整和压实步骤组成。

图表3：PET 常见的物理回收的过程



来源：《食品工业科技》，国金证券研究所

物理工艺相对成熟，但对原材料有较高要求。物理回收一般包括一级回收和二级回收，其中一级回收主要是用于处理第一类无污染的废料，原料比较单一，一般生产厂家就可以进行回收处理；二级回收主要是用于处理使用后废弃的 PET 聚酯。物理法具有操作简单，回收过程投资相对较少等优点，因而发展速度相对较快，产业链布局也相对成熟。由于物理回收不改变分子结构，对于原材料的利用范围相对有限，主要以处理瓶片为主，现在采用物理方法回收的 PET 比例约占总量的 80% 以上。

原材料的回收程度相对较高，后续进一步放大规模或将受到限制。由于物理法主要针对 PET 瓶片，主要的回收来源是饮料包装瓶，因而物理法的发展将很大程度受到原料回收利用的程度影响。目前来看，饮料包装瓶的回收利用是最为成熟的，在主流国家的回收利用率基本已经提升至较高水平，中国目前的 PET 饮料包装瓶的回收率已经提升至 94% 以上，回收路径较为成熟，利用率较高，且自 2017 年开始，国务院办公厅印发的《禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案》，禁止进口来自生活源的废塑料，2020 年 11 月 24 日，生态环境部、商务部、国家发展和改革委员会、海关总署联合发布公告，明确自 2021 年 1 月 1 日起，禁止以任何方式进口固体废物，物理法回收的 PET 瓶片来源是影响行业扩展的重要因素，后续进一步大幅增长的空间或将相对有限。



图表4: PET 饮料包装瓶的回收已经达到较高水平

国家	包装物范围	回收率
中国	PET 瓶	>94%
德国	饮料瓶（易拉罐、塑料瓶、玻璃瓶）	97%
捷克	啤酒和饮料瓶	99%
芬兰	饮料瓶/易拉罐、玻璃瓶	93%
美国（各州不同）	啤酒和饮料瓶	50%~85%
挪威	饮料瓶	95%
丹麦	饮料瓶/易拉罐、玻璃瓶	89%
瑞典	PET 塑料瓶、铝罐	84%、81%
	玻璃瓶	93%
比利时	PET 瓶	>85%
日本	PET 瓶	85%
瑞士	PET 塑料瓶	82%

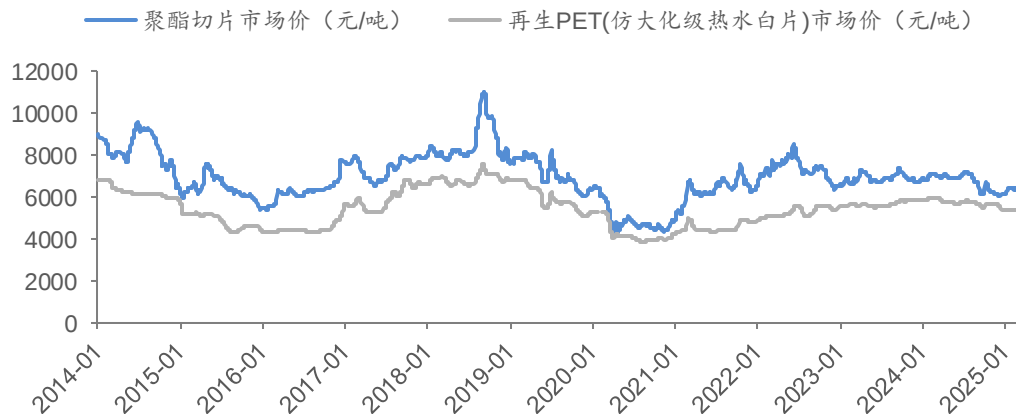
来源：《饮料工业》，国金证券研究所

物理法回收会导致一定的性能的下降，后端加工需要一定程度改性，在应用上也会相对受限，导致出现较多降级应用的情况：

- 力学性能出现下降：PET 分子链中含有酯键，在机械回收的二次加工过程中，微量水分就能使其分子链在高温下发生断裂，致使其相对分子质量下降，色差增大，黏度降低，影响产品的力学性能；
- 产品存在杂质问题：物理回收后的 PET 聚酯进行二次加热的过程中，杂质含量有所提升，可能会导致回收的产品中杂质含量超标，在应用上受到制约，比如回收料生产长丝过程中，原料中较小的杂质将导致纤维断裂，进而导致长丝生产线停机，因而回收材料需要经过过滤精度达 20 μm 的过滤后，才能在下游纺丝生产线上加工成长丝；
- 物理回收的循环次数有限：在 PET 物理回收过程中，PET 的分子量和断裂伸长率均受挤出次数的影响，挤出次数在 4-5 次时，PET 的性能退化十分明显，几乎不能再回收利用。

原料成本较高，经济效益受到影响。由于瓶片的回收体系相对成熟，供给量较为有限，因而物理法回收的原料成本相对较高。而目前再生 PET 产品的市场价由于产品质量低于化石产品的价格，物理法加工的初步利润空间有限，而在后续的加工过程中，由于再生产品杂质问题，做长丝或者短纤的加工费用会有所提升。

图表5: PET 聚酯切片和再生 PET 切片的价格变化趋势



来源：卓创资讯，国金证券研究所

物理法的后续加工或将对布局企业形成一定的定位区分。在产品生产上，由于物理回收过程中很多杂质和污染物无法被消除，当重新利用这些 PET 产品时，杂质的存在会限制 PET



下游产品的应用，加工技术能力不强的企业，一般只能用来生产纯度要求较低的地毯、纤维和家居产品，无法用来生产高值化产品，难以获得有效的附加值提升。另外，在 PET 的物理回收过程中，主要以热机械降解和寿命期降解为主，而在 PET 聚合物在后处理过程中的热机械降解和寿命期降解都产生低分子挥发性化合物，这些化合物在固态时大部分被包裹在聚合物中，在再加工过程中，这些化合物可能通过熔体扩散阻碍有效的再加工，这些化合物不仅会损害产品特性，还对加工过程有害，因为有些化合物可能会腐蚀加工设备，从而影响材料的性能。

1.2、化学法仍处于持续突破中，未来应用空间较大

PET 化学降解是 PET 高分子链上的酯键发生断裂，生成对苯二甲酸和乙二醇等多种单体的过程，可以看作是聚合物生成的逆反应，通过化学法回收不仅能够得到高纯原材料，还能够实现 PET 的闭合循环，几乎所有类型的废旧 PET 都可以通过该方式实现解聚，产品可以延续高值应用。

PET 塑料和纤维的表现不同，纤维的处理难度要求提升。虽然 PET 塑料和纤维的组分相同，但其在分子量、分子结构上具有明显不同，两种不同的 PET 聚酯之间的差异特性就导致其后续的回收工艺会产生不同。由于纤维的应用场景相对多样，纤维回收料的复杂程度明显提升，回收率是预先切断/连续、染色/白色，干燥/潮湿、单一类型/不同材料混合，都会对后续的处理产生明显的影响，依靠物理法进行处理，难以做到全面升级回收。

图表6: PET 塑料和 PET 纤维的特性不同

特性	PET 塑料	PET 纤维
分子量 (dL/g)	0.70-0.80dL/g	0.55-0.65dL/g
分子结构	主要是由 PTA、EG 和少量的其它物质（如环己烷二甲醇、间苯二酸）等共聚生成	结构比较单一，主要是由乙烯乙二醇和 PTA 或 DMT 共聚形成的均聚物

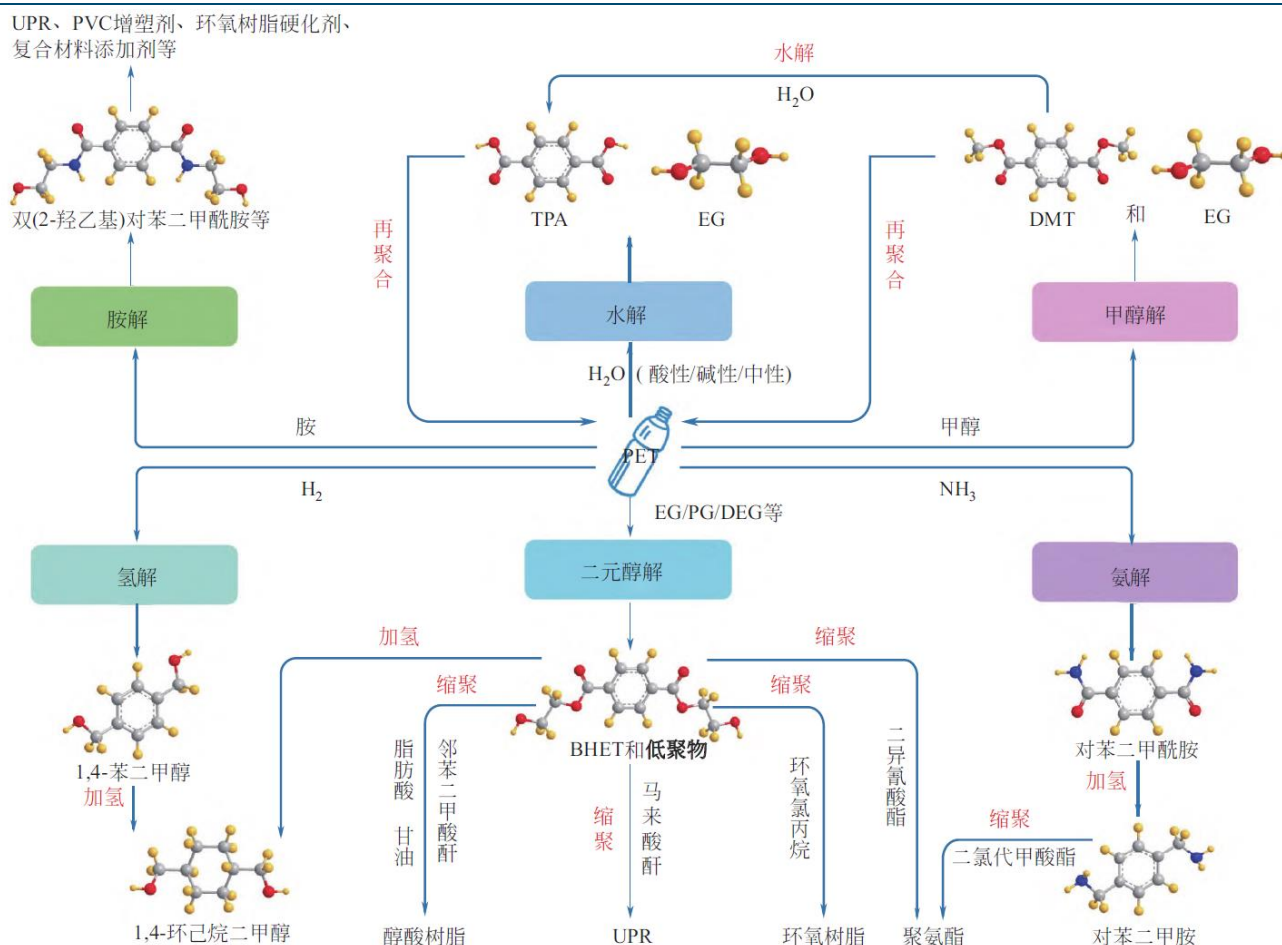
来源：《PET 低温降解及强化过程的研究》，国金证券研究所

化学法的原料处理范围更广，未来拓展空间相对较大。PET 瓶片的回收率较高，原料供给受限，化学法的来料可以从 PET 塑料进一步扩展至 PET 纤维，不仅大幅降低了 PET 回收的来料成本，更是大幅扩展了 PET 回收范围，在后续进行规模化扩充中，减少原料的限制，同时能够稳定原料的生产成本。

聚酯的化学降解可以追溯到 50 年代，几乎与它的商业生产同时进行，化学降解目前的方式相对较多，可以通过使用特定的试剂经过各种途径进行，即醇解、水解、氨解、胺解和糖酵解、热解等，不同的降解路径所产生的产品也有明显不同。



图表7：废 PET 化学法工艺的产物分布



来源：《化工进展》，国金证券研究所

1.2.1、醇解（甲醇解/二元醇解）——工程化基础好，但投资大，有较高技术要求

以乙二醇（EG）或甲醇等醇类为解聚剂，在高温条件和催化剂作用下分解 PET，生成对苯二甲酸双羟乙酯（BHET，PTA 和乙二醇酯化结合）或对苯二甲酸二甲酯（DMT）等单体，形成单体后下游可以对接更多的应用领域，比如 BHET 可以延伸生产不饱和树脂、聚氨酯泡沫、共聚酯、丙烯酸涂料和疏水性染料等。

- 甲醇醇解：以甲醇为溶剂，在高温高压的条件下将 PET 废弃物解聚为 DMT 和 EG 的过程，反应中需要加入少量催化剂，能够得到纯度较高的 DMT 产品。甲醇醇解的产物容易蒸出，易于纯化，但过程中使用的溶剂甲醇易挥发，过程需要高温高压，反应条件苛刻，不易控制，反应过程复杂多变，导致行业内有工程化，但产能扩展不多，美国杜邦和伊士曼公司也对应开发出连续和阶段式甲醇醇解工艺。
- 乙二醇醇解：二元醇解，也称糖醇解，以过量的二元醇为溶剂，常用 EG、二甘醇和丙二醇等，其中 EG 的应用最为广泛，一般在常压、180-240℃的条件下进行，反应最终形成 BHET，可以较为容易的集成到常规的 PET 生产路径中去，乙二醇醇解的反应条件相对温和，溶剂 EG 沸点高不易挥发，反应过程除低聚物外无其他副产物产生且 PET 的转化率高，是相对更具有前景的分解工艺。

醇解的工程化基础相对较高，但仍然存在系列的问题需要解决：①催化剂的金属遗留问题：常规的醇解在无催化剂参与的条件基本不发生，为了加快反应速率，常常需要加入一些金属催化剂，在降解完成后，会不同程度的残留在 BHET 中，造成产物提纯困难；②制造过程的金属离子会影响终端产品生产：PET 生产制造过程引入的金属离子也会残留在产物中，会对下游产品的色度和安全性造成威胁，使其无法生产高附加值食品包装材料；③经济型影响：催化剂的循环利用率差，会带来催化剂成本提升，后端分离困难需要吸附（活性炭、吸附树脂）等环节，BHET 如果含有较多杂质，对于后端产品的高值化应用也会产生影响，降低产业链的附加值。

目前醇解工艺典型的商业化代表就是日本帝人公司开发的复合糖解法，把 EG 糖解和甲醇



酯交换联合应用在废旧 PET 的回收循环利用中，乙二醇醇解后的产物直接与 MA 进行酯交换得到 DMT，再将 DMT 与 EG 进行反应得到 PET，实现闭环回收。

1.2.2、水解（酸性/碱性/中性）——研究较早，少量工程化，但环保压力大

废弃 PET 的水解法是在酸性、中性或碱性的条件下实现 PET 以水为溶剂的解聚反应，产物为 TPA 和 EG。该法是起步较早的化学回收法，也形成了小规模工业化运转，但由于环保问题，市场应用相对受限。

- 酸性水解：浓硫酸催化，高温分解 PET 为 TPA（对苯二甲酸）和 EG，能够得到高纯度 TPA，但需经过滤、洗涤等步骤，过程中会产生大量的酸性废液，同时浓硫酸严重腐蚀设备且过程中产生的 EG 容易被浓硫酸碳化，部分原料无法回收利用；
- 中性水解：高温高压水蒸气分解，无催化剂，产物为 TPA 和 EG，反应过程中需要高温高压，因此对于工业化的设计 and 应用要求非常严格，不易操作；
- 碱性水解：一般使用氢氧化钠或氢氧化钾作为催化剂，在高温高压下进行，降解产物需加酸进一步反应后才能得到 TPA 产品。碱性水解能够获得高纯度的 TPA 产品，但与酸性水解相似，过程中仍会产生大量碱性废液，同样会对环境和设备造成严重危害，且产生的 EG 同样难以回收

酸性、碱性水解会产生大量的酸性或碱性废水，环保处理成本较高，同时受制于催化剂的属性，生产装置的耐腐蚀性要求极高，工业生产经济型难以兑现；而中性水解虽然耐腐蚀和环保要求降低，但需要高温高压，生产控制难度提升，且能耗成本大幅增长。因而虽然水解工艺的研究时间长，工艺成熟度较高，但工程化的问题较多，经济型表现一般，近些年工业化进展有所停滞。

1.2.3、氨解/胺解——产物多样化布局，成熟度相对较低

以液氨或胺类为解聚剂，生成对苯二甲酰胺（TAPA）或者 TPA 的衍生物以及乙二醇。

- 胺解法：一般以有机胺为溶剂，在低于 100°C 和少量催化剂的条件下解聚得到 TPA 铵盐的过程，该反应条件温和，有机胺类对聚合物降解速率快于传统的醇类降解速率，收率和纯度相对较高，不同胺的使用使得胺解产物具有多样性，后端的产品布局应用可以相对广泛；由于胺解过程中容易发生多种副反应从而降低主产物产率，使解聚过程难以控制，因此该法在工业化应用上存在一定难度，一般用于 PET 纤维表面改性，很少用于 PET 的深度降解，暂未有工业化报道；
- 氨解法：回收 PET 与 NH₃ 反应，产生对苯二甲酸乙酰胺和 EG 的过程，产生的对苯二甲酸酰胺经过滤、洗涤、干燥后，纯度高，主要用于生产涂料和硬化剂等。氨解法的研究明显较少，氨对 PET 的降解过程需要催化剂的作用，且其比胺解速率要慢得多，工程化基础较差。

氨法的原料液氨具有毒性，需要较高的安全处理措施和尾气回收装置，胺法的原材料需要使用到有机胺，回收难度大，成本明显大幅提升，生产产物分离复杂，终端产品虽然可以实现高值化应用，但工业化难度大，成熟度较低。

1.2.4、PET 的热解——产物选择性较低，应用基础较好，经济性一般

PET 热解工艺是将长链的 PET 通过高压高温热处理方式破坏 PET 的酯键，转换为小的、简单分子，过程需要持续高温、隔绝氧气的环境，主要产品是油品、合成气和焦炭。由于热裂解时发生断裂的酯键位置不确定，所以一般热裂解产物也较为复杂且难分离。

热解对于原材料的选择性较低，实际应用的适应性较好。常规热解不仅可以处理单一原料，还能有效处理混合物，所生产的液体油品可以不需要通过再次增值处理用于不同领域，如熔炉、锅炉、汽轮机及柴油发动机，在处理实际塑料废弃物方面是否用范围更广。

热解对于产物的选择性较低，经济价值受到一定的限制。尽管热解过程具有较短的反应时间和较宽的操作条件，PET 直接热解的产物选择性较低，热解反应过程相对剧烈，导致反应产物组分复杂，PET 的热解产物主要为固态和气态，液产物收率通常不超过 10%，固体产物非常复杂，含有近 30 多种成分，苯甲酸收率最高 2-3 成，还包含 7% 的焦炭，焦炭与这些有机产物均为固体粉末，包覆在石英砂表面无法分离，相较于以定向转化为目标的 PET 化学降解稍显不足。

后续热解主要向产物经济价值升级方向进行发展，一方面通过定向催化提高产物的选择性；另一方面进行后端材料延伸处理：

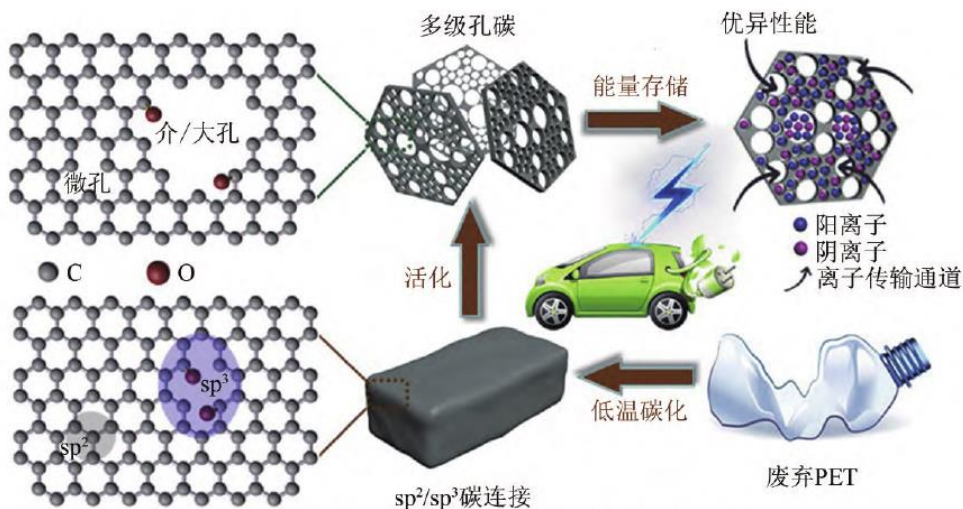
- 应用催化热解工艺，提升热解销量和目标物（苯、烷基苯等）的选择性，比如利用沸石类催化剂提升芳烃的生产量；通入水汽提高苯的收率等，但催化热解中的催化剂的



稳定性和重复使用性能上仍有巨大障碍，在经济性上会产生较大影响。

- 采用不同温度，多段的复杂工艺获得高值终端产品，比如碳材料、合成气（甲烷、CO）等。从目前研究来看，碳材料的转化往往需要更高的热解温度和更为复杂工艺流程。此过程中很大一部分的 PET 原料转化成其它物质，但这部分的物质并未被妥善利用或使用。这类方法虽然获得了价值较高的碳材料，但是生产成本还是制约了其进一步的工业化发展。

图表8：废弃 PET 制备电容储能性能优异的多级孔碳材料



来源：《化学进展》，国金证券研究所

综合来看，目前化学法对于 PET 回收的技术工艺仍然并未达到完全成熟的状态，部分工艺已经有具有一定的工程化的基础，但仍然需要不断优化和完善的空间，对于产品质量、生产经济型等问题仍然需要突破，因而能够在相关工艺形成质量和成本的双向控制的企业有望先期获得这一路径的发展优势，从而较好突破市场，形成较大的提升空间。

图表9：化学法回收 PET 工艺特点汇总

回收方法	解聚试剂	操作条件	回收产物	选择性	优点	不足与改进
碱性水解	NaOH/KOH 水溶液	200-250°C, 带压操作	TPA、EG	低	水解产物 TPA 和 EG 可直接用于 PET 的生产；相转移催化剂的应用能使反应在 100°C 以下、常压的温和条件下进行	生成的 TPA 需额外的酸化步骤后沉淀得到，需做好废液处理；水的亲核性较弱、水解速率慢，可通过超声波辅助、微波加热技术提高反应速率
酸性水解	强酸 (H ₂ SO ₄ /HNO ₃)	H ₂ SO ₄ : 25-100°C、 HNO ₃ : 70-100°C, 常压	TPA、EG	中	无需高温高压条件	普遍存在腐蚀问题，温度和酸浓度过低也会使水解速率很慢，可引入微波加热技术、开发新型催化体系解决速率和废液的问题
中性水解	水或蒸汽	200-300°C, 1-4MPa	TPA、EG	中	无废液问题，具有生态友好型特征	高温高压的操作条件会增加生产成本，亟需开发出高效催化剂以改善操作条件，如 H ⁺ @ZSM-5-25 型分子筛
甲醇解	甲醇	180-280°C, 2-4MPa	DMT、EG	高	对污染物的耐受性更强，可以处理低质量的原料；高温下的气相甲醇还可以作为载体将气相中的单体组分与液相中的低聚物分离	高温高压的操作条件增加生产成本，加剧甲醇解的强腐蚀性；产物分离困难，预蒸馏和无溶剂熔融结晶相结合的新型分离工艺将大大降低投资和运行成本，提高甲醇解的可持续性



二元醇解	二元醇 (EG/PG/DEG 等)	180-240℃, 常压	BHET 及其低聚物、EG、PG、DEG 等	中	反应温度适中且多在常压下进行, 简单、灵活、易于工业化扩大; 以少量的二元醇为解聚剂, 能做到重复利用, 解聚及催化剂回收过程对环境危害性小; 可按需求选择不同种类的催化剂; 产物用途广泛, 可生产包括 UPR、PU、醇酸树脂、环氧树脂在内的多种高分子材料, 用于 UPR、PU 等的生产时可不用从混合产物中分离出二元醇	因为存在聚合可能, 解聚单体不能通过真空蒸馏等常规方法提纯, 可采用闪蒸柱和结晶器两级蒸发工艺进行单体提纯; 不宜处理污染度过大的原料, 需加强原料分拣、净化的预处理工序; 存在催化剂金属含量超标的问题等
胺解	甲胺/乙胺/ 乙醇胺/乙二胺等	20-100℃, 常压	TPA 的二酰胺、EG	中	反应条件很温和, 已确定部分胺解在增强 PET 性能方面的应用, 如纤维表面改性	在 PET 化学回收工业中很少应用, 部分胺解产物用作增塑剂、添加剂, 产品附加值较低
氨解	NH ₃	70-180℃, 中压、低压	对苯二甲酰胺、EG	中	温度、压力要求适中, 产品收率较高; 产物对苯二甲酰胺经加氢可制备对苯二甲酰胺, 用于生产环氧树脂、聚氨酯涂料等	解聚时间较长, 产品提纯步骤繁复, 需简化

来源:《化工进展》, 国金证券研究所

1.3、酶解新工艺, 暂未形成大面积工程化, 但有加速可能

除了传统的物理法和化学法, 新的酶解工艺伴随生物技术的不断成熟, 形成了新的发展路径。利用 PET 水解酶 (如 PETase) 在温和条件 (pH7, 30-50℃) 下分解 PET 产生 TPA 和 EG。自 1977 开始, PET 的酶降解路径开始获得持续关注, 行业内不断寻找可以高效进行 PET 分解的细菌或者水解酶。自 2005 年首次能够分解 PET 的角质酶被报道, 目前喊个与内已发现近 20 种不同的天然 PET 水解酶, 包括酯酶、脂肪酶和角质酶。大多数 PET 水解酶在 70 摄氏度的高温和一定的酸碱度条件下才能表现出可观的水解活性, 在常温和中性酸碱度条件下活性较差。2012 年研究人员发现的叶枝堆肥角质酶 (LCC), 也只有在 72 摄氏度和 pH 值 8.0 的条件下, 才能实现 10 小时内降解 90% 经过预先处理的 PET 塑料。

2016 年日本京都工艺纤维大学和庆应义塾大学联合在《科学》上报道了一种可以分解 PET 的细菌, 能够表达出角质酶类似酶 IsPETase, 可以将 PET 塑料降解为 TPA 和 MHET, PETase 可以在常温、中性酸碱度条件下降解 PET, 约 6 周内就能够将 0.2 毫米厚的低结晶度 PET 薄膜完全降解, 其降解产物也不会对环境造成污染。以此为基础很多研究获得了更多的高活性水解酶突变体, 从而实现 PET 的分解回收, 以此为基础 Carbios 公司宣布开发了这种生物法回收 PET 的工业化原型, 准备进行商业化推广。



图表10: PET 生物降解的发展历程

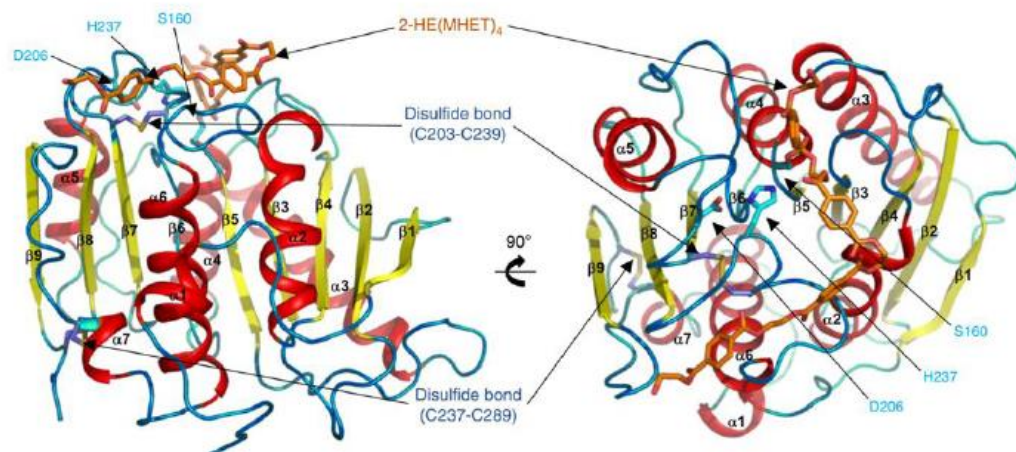


来源：《塑料降解酶 FAST-PETase 的分子改造与酶学性质研究》等，国金证券研究所绘制

生物解聚和资源化利用 PET 是低能耗、环境友好的发展路径，反应条件较为温和，具有定向选择性，产品杂质相对可控等，但目前细菌的效率低、耐受性不高，在仍然有较多的问题需要解决：

- 反应条件要求较高，稳定性较差：微生物和酶对反应条件较为敏感，需在较为温和的条件下运行，反应时间较长，且微生物和酶的稳定性较差，比如 IsPETase 在中温或是常温环境中表现出了对 PET 较高的水解活性，但是它的稳定性不甚理想，在 37°C 工作 24h 后就会失去活性，目前对于 IsPETase 突变体仍然处于研究中，需要综合提升热稳定性、催化活性和水解活性等。

图表11: PET 生物降解重要的酶 IsPETase 结构



来源：《塑料降解酶 FAST-PETase 的分子改造与酶学性质研究》，国金证券研究所

- 基因改造工程相对较难：2016 年，Yoshida 等人成功分离出一株能够降解和同化 PET 的细菌，它不仅产生 PET 水解酶来解聚 PET，也可以代谢酶解产物 TPA 和 EG，但天然微生物缺少遗传操作平台，大多数已鉴定的能够分泌 PET 水解酶的微生物都是非模式微生物，遗传背景复杂，难以进行基因工程改造，而且 PET 水解酶的表达量不足以满足大规模需求。
- 酶的抑制问题仍然需要解决：以 PET 水解酶对 PET 材料进行分解，但 PET 降解产物会对 PET 酶解造成产物抑制，逐步降低反应效率和速度；
- 酶解后的高值化应用仍需解决：很多降解反应中，PET 分解的小分子直接被代谢矿化，没有被用于生产高价值化合物，造成了碳损失，并未形成较高的再生意义；

目前针对生物法 PET 回收过程的问题，主要以两类策略为主：



- 提高 PET 降解酶热稳定性的策略——提升 PET 降解酶的热稳定性可以提高酶解聚反应的效率，通过蛋白质工程改造提高 PET 水解酶的活性和热稳定性，主要方法包括糖基化修饰、表面盐桥优化、金属离子结合位点突变以及引入二硫键等。
- 提高 PET 降解酶产量的策略——通过宿主细胞表达系统的构建，利用宿主细胞大量生产活性蛋白分泌至培养液中。目前已有多种表达系统可以用来表达 PET 降解酶，如大肠杆菌表达系统和毕赤酵母表达系统等，通过将重组蛋白分泌到胞外可以减少蛋白在胞内的聚集、包涵体的形成以及对宿主细胞的负担或者毒性作用，另外保持生物活性，在提取酶的过程中，也极大的减少和简化了细胞破碎、蛋白纯化和下游加工步骤，从而显著降低酶制剂生产成本。

生物法 PET 回收可以扩展至 PET 纤维回收，未来的发展空间进一步扩大。不同 PET 材料具有不同的结晶度，无定形薄膜结晶度约为 8%，瓶子为 20-30%，而纺织品则高达 40%，一般 PET 水解酶通常对低结晶度的 PET 表现出较高活性，因而对于纤维的处理相对困难，但目前行业内已经形成了处理目前无法回收的有色、多层或纺织废弃物等，同时生产出食品接触级的 PET 产品的酶解聚技术。由于物理法的工艺限制和化学法尚未全面突破，目前只有不到 1% 的纺织废料用于回收制造服装和纺织品的新纤维，其余的大部分被送往焚化炉或垃圾填埋场，未来生物法回收 PET 将有望突破原料限制形成更大的发展空间。

在应用环节上，未来 PET 的回收也有望不仅仅局限于现有的化学法路径的产品再造，有望进一步以废旧 PET 作为“能量”来源，形成更为广泛的产品链条，提升产品附加值。

图表12：生物转化 PET 的路径或策略

解聚方法	水解产物	生物转化底盘	产品
化学-生物过程			
450°C 热解	TPA, EG	Pseudomonas strains (假单胞菌菌株)	PHA (生物基塑料)
230°C 微波辐射水解	TPA, EG	E. coli 和 G. oxydans 全细胞催化剂	Gallic acid (没食子酸), Pyrogalllic acid (邻苯三酚), Muconic acid (麝香酸), Vanillic acid (香草酸), Glycolic acid (乙醇酸)
190°C 微波辅助醇解；用纯化的 IsPETase 和 IsMHETase 进行酶解	BHET, MHET; TPA, EG	E. coli 和 G. oxydans 全细胞催化剂	Protocatechuic acid (原儿茶酸), Glycolic acid (乙醇酸)
180°C 氨热降解	BHET, MHET, TPA 和 EG	T. mepensis	Bacterial cellulose (细菌纤维素)
220°C Ti(OBu) ₄ 辅助醇解	BHET	P. putida	β-Ketoadipic acid (β-酮己酸)
180°C 碱解	TPA, EG	R. jostii	Lycopene (番茄红素)
230°C 微波辅助水解	TPA	E. coli (大肠杆菌)	2-pyrone-4, 6-dicarboxylic acid (2-P-4, 6-DCA)
90°C K ₂ CO ₃ 辅助醇解；用纯化的酯酶 Bs2Est 进行酶解	BHET; TPA	E. coli (大肠杆菌)	Catechol (邻苯二酚)
全生物过程			
用纯化的 LCC ^{10CM} 进行酶解	TPA, EG	E. coli 全细胞催化剂	Vanillin (香兰素)
用纯化的 LCC 进行酶解	TPA, EG	P. umsongensis	PHA, HAA

来源：《聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）的生物解聚和资源化利用》，国金证券研究所

总结来看，物理法应用成熟，化学法有发展空间，生物法仍处于摸索中，但有发展潜力。

- 国内对 PET 回收的布局时间相对较长，但基本长时间集中于物理回收领域。在终端产品的改性和优化过程中，对企业的技术水平有一定的要求，导致我国 PET 回收的物理工艺应用范围较广，但也存在着明显的差异化产品布局，相对较多的小规模技术储备不足的企业仅能针对产品进行降级应用，比如生产填料、地毯丝等；同时由于物理回收对于原材料具有一定的要求，后续进一步拓展存在限制，解决来料问题将是重要拓展方向，出海布局或将成为部分路径；
- 化学法仍处于不断突破过程，仍有进一步扩充发展的空间。化学法能够较大程度扩展 PET 回收的原料范围，从瓶片扩展至纤维、膜材，在未来发展过程中，对于原料的成



本相对可控，有利于进一步扩大规模发展。但目前化学法的路径仍然并不成熟，多数企业也主要采用热解工艺进行油品等回收，PET 专项回收循环技术目前量产企业相对较少，成本还需要进一步优化，若未来能够有企业形成规模效应，有效控制成本，将有望获得较大的发展空间和领先优势；

- 生物法目前仍然处于探索阶段，未来 AI 赋能后有形成弯道超车的潜力。从生物法的反应路径看，其对 PET 的回收可以做到来料范围的拓展，且能够形成高值利用，在产品布局方向上有更多领域的延伸空间，具有更多的发展空间。但目前生物法工程化尚未成熟，但人工智能的工具的应用有望对行业进行有效增速，若能够对酶活性和适用范围进行有效拓展，是具有弯道超车的可能性。

二、碳排环保助 PET 回收获绿色附加值，新赛道有望获得突破

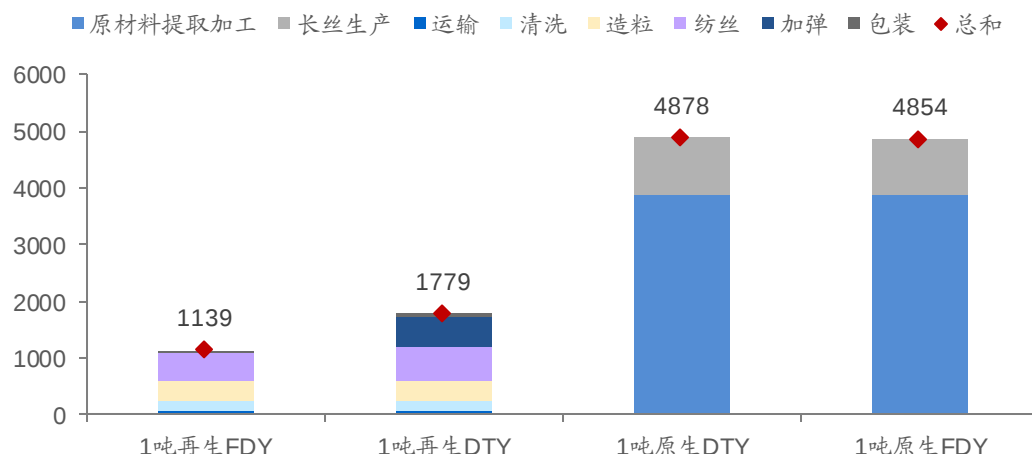
2.1、PET 回收可以有效降低碳排，形成有效的碳排经济赋能

全球 PET 需求持续提升，对化石资源、环保和碳排构成三维影响。伴随人口提升，生活水皮改善，消费场景增多，塑料及纤维的需求量仍然处于持续攀升态势，不仅带来前段化石资源的进一步消化，同时由于废旧塑料形成处理压力仍然持续攀升，环保的问题更加严重，而目前从消化的角度看，多数产品以焚烧和填埋为主，大幅增加了温室气体的排放。而以 rPRT 作为化石原生 PET 的替代，将同时满足终端的产品需求，处理废旧的 PET 垃圾，同时有效降低碳排。

PET 回收在使用中可以形成明显的双向碳排节约：①废旧 PET 处理中，多数由于焚烧形成的二氧化碳排放；②替换化石能源生产 PET 及其他材料节约的化石能源开发。根据目前材料替代环节来看，1 吨涤纶原丝基本会产生 4.8 吨左右的碳排，而使用废旧 PET 回收生产再生涤纶纤维，碳排将明显下降至 1.1-1.8 吨左右；1 吨原生 PET 塑料树脂大约需要排放 2.23 吨二氧化碳，而生产 1 吨再生 PET 塑料树脂只需要排放 0.91 吨二氧化碳，再生 PET 减排比例可达 60%，能够大幅降低 PET 需求带来的全产业链碳排问题。

目前来看废旧 PET 的应用趋向于政策和品牌推动，在先期应用过程中，供给和市场在持续扩充过程，对于循环再生材料能够形成一定的产品溢价，除此之外，在碳排交易相对成熟市场，比如欧盟，通过使用再生材料能够有效提供企业当期的碳排指标，在常规产品应用价值基础上，同时附加产品碳排的绿色溢价。根据欧盟单吨碳排 70 欧元计算，如果能够形成全产业链的再生 PET 提花，能够提供较多的碳排溢价赋能。

图表13：废 PET 再造长丝生产线具有深度降碳潜力 (kgCO2eq)



来源：《环境工程》，国金证券研究所



图表14：再生材料能够明显降低碳排，具有领先的环保效应

回收途径	机械回收	半机械回收	化学回收 BHET	化学回收 DMT	v-PET 纤维 (W. Euroope)
公司	Wellman	LJG	FENC	—	—
纤维类型	短纤	POY	POY	POY	短纤或 POY
非可再生能源的使用 (GJ 当量)	13	23	39	51 (40-62)	95
全球变暖潜能值 100 年 (吨 CO ₂ 当量)	0.96	1.88	2.59	3.08 (2.71-3.44)	4.06
非生物枯竭 (kgSb 当量)	6	11	18	不可用	45
酸化 (kgSO ₂ 当量)	3	9	14		21
富营养化 (kgPO ₄ ³⁻ 当量)	0.8	0.7	2.3		1.2
人体毒性 (kg1.4-DB 当量)	362	415	745		4.393
淡水水生生态毒性 (kg1.4-DB 当量)	296	250	303		58
陆生生态毒性 (kg1.4-DB 当量)	7	7	17		12
光化学氧化剂的形成 (kgC ₂ H ₂ 当量)	0.2	0.3	0.6		1

来源：《应用技术》，国金证券研究所

2.2、再生 PET 已经能够形成应用基础，行业的发展有望获得加速

rPET 和原生 PET 的性能接近度高，已经具备多领域应用基础。通过将以化学法回收的 BHET 作为原材料聚合形成 rPET 和化石能源原生 PET 进行常规物理、力学和热性能的检测，可以明显发现，除再生 PET 对色度产生了一定的影响外，r-BHET 的加入对 PET 力学性能的影响不大，且提升了 PET 的热稳定性，通过后期的工艺优化可以有效对现有 PET 材料形成替代。

图表15：使用 r-BHET 后的 PET 性能对比

指标	原点 PET	30%r-BHET	50%r-BHET	100%r-BHET
常规物性指标				
IV/(dl · g ⁻¹)	6.22E-01	0.616	0.62	0.633
—COOH/(mol · t ⁻¹)	25.29	14.86	19.33	36.47
DEG/% (质量分数)	4.44	3.33	2.39	1.04
L	65.73	54.23	55.12	62.92
a	0.34	-3.11	-0.52	-1.69
b	-2.54	2.23	2.07	2.26
力学性质				
冲击强度/Mpa	3.7	3.5	3.4	3.6
拉伸强度/Mpa	55.7	55.2	56.3	53
断裂伸长率/%	196	81	57	152
热性能				
T _g /°C	70.5	72.6	75.7	76.4
T _m /°C	244.4	244.6	247.8	250.9
T ₅ %/°C	410	415	412	413
T _{max} /°C	449	453	450	452

来源：《理论研究》，国金证券研究所

日本帝人公司目前已经开发出迭代产品 Nanofront®超细 PET 纤维，通过化学法再生 PET 原料制成的纳米纤维可获得与原生原料制成纤维相同的功能。目前化学法再生的 PET 纤维



已经能够应用于：①服装纺织品：满足了服装良好的舒适性、透气性和易染色性等性能要求；②家纺产品：如床上用品、窗帘、沙发布等，再生 PET 差别化纤维可提供柔软、耐磨、易打理的特性；③产业用纺织品：如过滤材料、绝缘材料、包装材料等，再生 PET 差别化纤维具有较高的强度和耐磨性，可满足各种工程需求。

图表16：各种再生纤维路径的应用情况及场景

指标	回收利用案例 1	回收利用案例 2	回收利用案例 3	回收利用案例 4	参考
技术	物理	半物理	“瓶到 BHET” 化学回收	“瓶到 DMT” 化学回收	一次性使用 v-PET
当前技术水平	大规模生产	大规模生产	小规模生产	小规模生产 或中试规模生产	大规模生产
清单数据	Wellman	LJG	FENC	—	—
地理范围	西欧	中国台湾	中国台湾	西欧	西欧
所研究的纤维类型	短纤维	长丝 POY	长丝 POY	长丝 POY	短纤维/长丝 POY
属性	中至高细旦 短纤 无超细纤维	中至高细旦 短纤和长丝 有限的超细纤维	中至低细旦 主要长丝 超细纤维	中至低细旦 主要长丝 超细纤维	全细旦范围 短纤维和长丝 超细纤维
应用	非织造布 技术终端应用	鞋类 技术纺织品 袋子	服饰 手感柔软 湿气管理 可提供有限的颜色	演出服装 手感柔软 湿气管理 可提供各种颜色	非织造布 服饰 演出服装 湿气管理 可提供各种颜色

来源：《应用技术》，国金证券研究所

人工智能的发展对合成生物有明显的推动作用，酶降解工艺有望获得明显加速。蛋白质作为生命的基础，由氨基酸链组成，并通过折叠成复杂的形状来发挥其功能。然而，预测蛋白质的具体折叠方式一直是一项极具挑战性的任务。现阶段，生物法回收 PET 仍然面临酶活性低，生产成本高的问题，但已经有了较为明显的优化。PET 水解酶的表达纯化和 PET 单体的生物转化需在不同宿主、不同批次培养中进行，具有较高的成本，而 AI 人工智能的发展有望大幅缩短基因和蛋白改造的时间，通过机器计算和模拟降低改造的成本，有望加速提升生物法 PET 降解的效果。

2022 年，德克萨斯大学奥斯汀分校的研究团队引入了机器学习系统 MutCompute，该算法在经过对超过 1.9 万个的蛋白质结构的深度学习后，能够预测蛋白质中可被优化的突变位点，采用机器学习的方法对已知的 PET 水解酶 PETase 做了改造，获得热稳定性、可溶性和催化活性都显著提高的 IsPETase 变体 FasT-PETase。它是目前相较于其他 APETase 突变体表现更为突出的版本，在 50℃ 下，对低结晶度 PET 塑料的降解能力显著提高。2023 年，谷歌旗下的 AI 公司 DeepMind 成功地解密了蛋白质结构的谜题，通过 AlphaFold 算法创建了一个庞大的数据库，其中包含了超过 2 亿种已知蛋白质的结构，英国朴茨茅斯大学酶创新中心的科学家们正在利用 AlphaFold 的模型，去识别自然界中可以调整用于消化和回收塑料的酶。

化学法工艺已经有先期企业获得一定的突破，未来伴随技术和工艺的逐步成熟，经济性有望进一步提升。相比于物理法，化学法更多可以针对更为复杂的纤维级来料（泡料），处理难度进一步提升。而目前国内已经有物理法路径参混部分泡料进行降级应用，也有少部分化学法工艺进行纤维生产，伴随化学法的工艺进一步成熟，装置的规模进一步放大，预估化学法的 rPET 的经济将获得进一步优化，先期满足下游“绿色”品牌的市场需求。

三、PET 回收领域，低值原料、高值利用的路径值得重点关注

3.1、全球企业开启 PET 回收布局，不同阵营的发展方向呈现明显区别

伴随国家不断提升再生材料的使用要求，领先的消费品牌也在逐步提升再生材料的使用量，再生材料成为巨大的潜力市场，参与再生行业布局的企业也相对较多。而不同赛道的企业具有非常明显的差异属性，从目前看全球主要布局再生材料的企业主要分为三类：

① 长期专注塑料回收再利用的企业，比如东南亚地区，有相对较好的来源和渠道，具有



回收再利用的前段经验，产能布局规模相对较大，供给体系相对成熟，但主要以 PET 瓶回收再利用为主，多数企业采用物理法回收，加工环节的盈利空间相对有限；

- ② 大型化工巨头企业，通过循环材料布局提升自身产业链的“绿色”程度，满足不同国家的产材料要求，同时也为未来巨大的潜在市场做先期储备；
- ③ 专注高端回收的初创型企业，通过采用新的路径或者工艺，将进行差异化布局，以实现进一步的适用性突破或者应用领域的拓展。

长期专注塑料再回收的企业，一般借助市场优势实现多区域的产业布局，由于 PET 瓶的回收再利用的成熟度相对较高，且加工的物理法工艺较为成熟，产能布局建设的难度不大，因而相比于其他工艺，这一类企业的布局产能规模都相对较大，是现阶段全球主要再生 PET 供给的主要力量，企业在前段对接市场的经验相对丰富；在未来发展过程中，预期物理法将以多区域布局的方式进行复制化拓展，常规路径难以获得超值加工空间，但能够在物理法应用过程中，实现低值材料的参混或者产品向高值差异化布局，或将能够形成较大的盈利改善。

（一）大型石化类企业：多路径布局为主，兼容多种合作方式

大型石化类企业，多布局热裂解路径进行塑料综合解决，但也各自形成了差异化的合作方式。受到全球塑料回收大方向的影响，石化类企业作为主要的塑料生产供应企业，也在明显加速布局塑料回收循环利用业务。但和一般的回收链条企业不同，大型石化类企业具有自身明显的属性，在材料回收方向的布局也有区别：

- 大型石化类企业的布局生产的产品种类相对较多，很多企业在做回收材料中，多数需要同时布局多种品类，因而能够形成适配多种类型塑料的回收再利用工艺具有较好的适用性；
- 石化企业多具有前期庞大的化工产品生产链条，回收循环工艺如果能够结合现有产品生产链条，形成再生材料生产，将具有较好的落实效果；
- 石化企业多数具有较为成熟的大宗产品的生产链条和经验，但在回收的渠道布局，产品分拣等方向产业链基础并不成熟，因而进行回收布局过程中，很多企业选择以收并购或者上下游合作的方式进行再生材料的布局；
- 在回收路径和技术上，大型企业也多采用外部合作或者收并购方式，加速在细分路径的研发和工程化。

巴斯夫：以物理、热解解决方案为核心，内生和方案出售双向布局

巴斯夫在物理回收领域主要以整体解决方案供给为主，涉及到来料分类，破碎清洗，塑料改性等环节，通过和行业内物理回收企业进行合作，提供核心技术、产品支撑形成产业链布局。目前巴斯夫物理回收方面着重推进改良机械回收原料，提供 PET 清洁方案，研发塑料添加剂等业务，形成了一体化回收解决方案，公司着重推出了机械回收用添加剂系列 IrgaCycle®，能帮助树脂生产商、混料商和回收商实现更高的回收率，提高回收物的质量及一致性，并优化最终产品的性能。

图表17：巴斯夫物理塑料回收



来源：巴斯夫官网，国金证券研究所

在物理回收之上，公司以热解为主要路线布局了“化学循环”体系，提升公司再回材料的利用比例。作为全球主要的综合化工布局企业，供应的产品涉及一体化的大宗产业链条，



也涉及精细化工品类,在进行回收循环产业链的过程中,也主要以热解方式进行多种塑料、橡胶的处理路径,回炉到公司现有一体化布局的产业基地,形成闭环。目前巴斯夫已与 Quantafuel、ARCUS、Encina、Pyrum 及 NewEnergy 建立合作伙伴关系,Quantafuel 和 ARCUS 公司专门从事混合塑料废弃物热解,Encina 可以从消费后报废塑料中提取的化学回收循环苯,Pyrum 以及 NewEnergy 公司则专门从事废弃轮胎热解,通过这些合作伙伴,巴斯夫将废弃材料获得的原材料回收至公司现有体系中,替换石油基原材料,并以商业化规模向客户供应经认真的化学回收塑料废弃物原材料生产的 Cycled® 产品组合,目前已经应用于(食品)包装、医疗、纺织和汽车等领域。

此外公司也进行技术输出,通过专业的再生塑料供给商进行合作,通过技术获取收益。巴斯夫与东南亚领先的再生塑料制造商 Teampas 集团合作,使用巴斯夫的 IrgaCycle® 技术将消费后废弃物转化为高品质的再生塑料,这些再生塑料被用于生产办公设备和汽车内饰部件。

根据巴斯夫的规划,公司争取到 2030 年循环经济解决方案相关销售额实现翻倍,达到 170 亿欧元,公司聚焦原料循环、新材料循环和新业务模式三大领域,计划到 2025 年每年加工 25 万吨再生、废弃物回收原料,以取代化石原料。

图表18: 巴斯夫和合作伙伴合作将热解材料投入自身一体化体系中形成产品生产

巴斯夫“化学循环”项目 (ChemCycling®) 在塑料废弃物回收领域开辟新天地



来源: 巴斯夫官网, 国金证券研究所

SABIC: 热解工艺、化学法多路径尝试, 多阵营技术合作

SABIC, 沙特基础工业公司, 是全球最大的石化产品制造商之一, 产品涵盖化学品、通用以及高性能塑料、农业营养素和钢铁。和多数大型石化企业类似, SABIC 结合自身石化产业链, 进行技术累积。2023 年 SABIC 与中国航天科技集团有限公司下属第六研究院北京航天动力研究所 (BAPI) 全资子公司北京航天石化技术装备工程有限公司在北京签约, SABIC 获得北京航天石化航天热解 SHCP® 技术的准入许可协议, 通过航天热解技术进行物理法塑料回收再利用布局。

SABIC 是全球少数进行了 PET 化学法工程化布局的企业, 拥有 PET 转化成为 PBT 的专利, 推出了 LNP ELCRINI Q 复合树脂-聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT)。SABIC 通过对回收 PET 瓶片及其他 PET 垃圾解聚成其他前体化学品, 经过纯化后, 生产新的 PBT 树脂。该技术可以提升原有 PET 的性能, 如良好的耐化学性, 着色性, 高流动性和阻燃性。根据 SABIC 的生产情况, 每公斤 PBT 树脂需要使用 67 个消费后的 PET 水瓶 (0.5 升)。自 2019 年底推出 PBT 树脂材料以来, SABIC 已帮助从垃圾填埋场和焚化炉转移了超过 1 亿个一次性 PET 水瓶 (折算 1493 吨 PBT)。SABIC 预计, 到 2030 年将有 100 亿个瓶子被回收并用于生产 PBT 树脂 (14 万吨 PBT)。

再回收 PBT 树脂已经具有较好的产品性能, 能够实现多领域应用。LNP ELCRINI Q 树脂是系列产品, SABIC 已经进行了生命周期评估, 与原始 PBT 相比, LNP ELCRINI Q 树脂将 GWP 降低了 29%, CED 降低了 43%, 不仅具有独立验证的可持续性效益, 而且可以作为原始 PBT 的替代品, 帮助制造商提高最终产品的可持续性, 减少碳排放, 对环境更加友好。LNP ELCRINI Q 树脂有许多不同的等级, 包括玻璃纤增强和矿物增强牌号以及非溴化/非氯化阻燃和抗紫



外线配方，可以考虑广泛的应用，包括消费电子外壳和组件、汽车外部部件、医疗保健应用和个人护理产品，为客户提供多种选择。

SK 化学：内生外延多路径布局再生 PET，热解、醇解双线推动

建设废塑料综合回收集群，以热解路线+自身产业链先期形成废塑料的回收的工程化能力。韩国 SK 集团自 2022 年就开始规划废塑料综合回收解决方案，其中热解法是重点布局的方向。2023 年 11 月，SK 化学蔚山 ARC (AdvancedRecyclingCluster) 项目开始建设，投资 1.8 万亿韩元（约 100 亿人民币），年回收 32 万吨废塑料，计划于 2025 年底完工，2026 年投入运营。项目将集合热解、高纯度聚丙烯 PP 提取和解聚三大主流方向，形成综合的回收体系。同年，SK 化学还与英国化学回收企业 PlasticEnergy 签订备忘录成立合资公司，在距离首尔西南 78 公里的 Dangjin 建设一座全新裂解工厂，计划建设 6.6 万吨废塑料回收产能。

收购广东树业环保切入化学法回收 PET 领域，开启韩国本土解聚产能布局。2021 年 SK 化学以 230 亿韩元的价格收购了树业 10% 的股份，获得了 2 万吨化学再生原料生产能力的采购协议，2022 年，两家公司签署了组建合资企业的谅解备忘录，计划在广东汕头建设一个 10 万吨的 BHET (r-BHET) 化学回收工厂和一个 20 万吨的共聚酯和 PET 解聚工厂。2023 年 SK 收购了树业环保的 PET 解决生产装置（7 万吨解聚生产线和 5 万吨聚酯生产能力）和专利技术，实现了 PET 化学法的有效布局。2025 年 SK 宣布将在其蔚山工厂建立回收创新中心 (RIC)，通过化学解聚工艺生产回收 BHET (r-BHET)，并将其与现有的商用共聚酯生产设施相连接。该产线将验证多种以往难以通过传统方法回收的低质量废旧塑料的商业化技术，包括纤维、薄膜以及汽车零部件，而不仅限于透明瓶子。解聚试点设施计划于 2026 年投入运营，年产能为 50 吨。

图表19: SK 执行“3R”战略，推进废旧塑料回收再利用



来源：公司官网，国金证券研究所

综合来看，大型石化企业先期具有产业链基础，已经具有较好的石化全产业链布局，多数选择热解工艺形成有效协同布局，但同时也和多类型企业合作，开辟新的回收路径，以满足行业新的发展趋势。

（二）初创型企业：以回收作为主要布局方向，采用新的工艺路径专注发展

伴随塑料的终端消费市场逐步扩大，再生塑料无论是从废旧垃圾处理的环保属性还是从节能减碳的循环属性出发，未来都具有巨大的潜在空间。但行业目前在处理工艺和应用领域仍然较为局限，推动了部分初创型企业开始专注于再生材料的研发和布局。但明显和大型化工企业不同，这类企业多数采用新的思路和工艺路径进行拓展，专注一类路径或者一类塑料产品，形成技术突破乃至工程化。

LoopIndustries：专注 PET 化学法回收技术，解决方案供应商

PET 化学法回收布局 9 年，技术、工程或者联营方式获取收益。公司专注于 PET 化学法回收，通过化学解聚方式进行 PET 的回收再利用，将处理的原材料从传统 PET 瓶拓展至更多 PET 材料领域，也能对来源更多、处理难度更高纤维原料进行处理，进一步拓展未来的发展空间。公司的解聚工艺不需要高温高压的条件下，相对温和解聚，提纯获得 DMT 和 MEG，然后通过再次聚合获得品质较好的 PET 材料。而公司主要以技术授权、工程化服务或者参股合资的方式获得一次性或者持续性分红。



图表20: Loop Industries 通过化学解聚生产 DMT，进一步合成 PET 材料



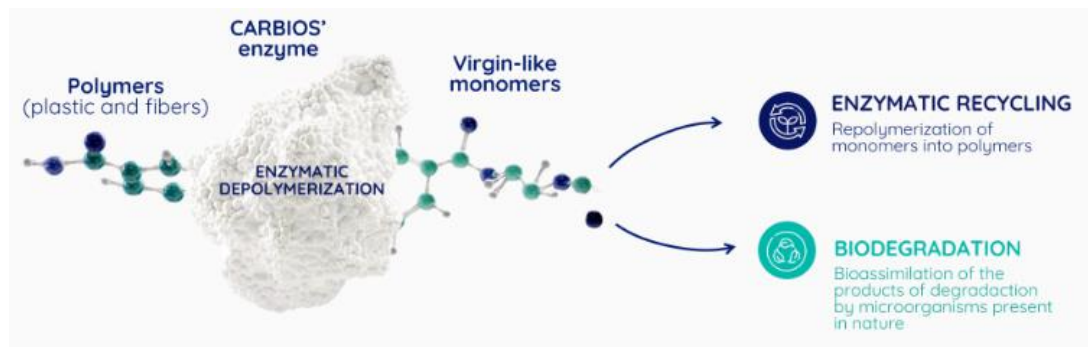
来源：公司官网，国金证券研究所

公司参股印度产能正处于建设中，法国技术授权企业产能规划中。公司在加拿大建设了 PET 化学法回收的生产装置，用于技术研发，提供样品测试等，已经连续运行 5 年。公司在印度参股 50% 的股权建立化学法回收 PET 产线，规划产能 7 万吨，预计 2027 年开始运行；同时公司向法国 ReedSocieteGeneraleGroup 授权专利技术，未来规划 2030 年欧洲布局的 PET 化学法回收产能有望开始运行，但后面也持续面临融资问题。

CARBIO: 创新性使用生物酶法解聚 PET 材料，开启全球范围合作布局

CARBIO 公司在 2011 年创立，专注进行塑料尤其是废旧塑料酶的解聚研究，成功开发出能够对 PET 材料进行降解的酶。公司于 2013 年在欧洲证券交易所上市，2020 年，公司和图卢兹生物技术研究所在合作成立酶工程实验室，开发出 PET 高效水解酶，论文发表于《自然》杂志。CARBIO 打造的生物循环示范工厂在 2021 年投入运营，其后公司陆续添加了纺织品预处理生产线，开启了 PET 生物法解聚的工程化之路。

图表21: CARBIO 在酶解聚 PET 基础上提升酶的回收和开发可降解材料



来源：公司官网，国金证券研究所

法国首家生物法回收 PET 工厂建设中，全球范围内陆续开启布局。目前 CARBIO 正与 IndoramaVentures 合作在法国 Longlaville 筹建第一家使用 CARBIO 的酶解聚技术进行回收的商业工厂，并与世界酶生产领导者 Novonesis 签订了独家协议，为该工厂和所有未来的 PET 生物回收工厂生产 CARBIO 的专利酶。2023 年 CARBIO 获得了工厂建设和运营许可证，2024 年 2 月开始建设，预计 2027 年可以逐步投产，工厂建成后预计每年可处理 50000 吨 PET 预加工（相当于 20 亿个彩色塑料瓶、25 亿个食品包装盒或 3 亿件 T 恤）。CARBIO 长期从事生物科技领域布局，受到化妆品、食品饮料和服装行业知名品牌的广泛支持，其中包括雀巢饮用水、百事可乐、欧洲三得利以及欧莱雅、Patagonia、PUMA 等。

2024 年 CARBIO 和正凯集团签署合作意向书，计划在中国部署酶解工艺的 PET 回收工厂，计划年处理能力不少于 5 万吨。CARBIO 目前已经在全球主要的国家及地区布局了 59 个专利群，在中国申请了 28 个有效专利，涵盖工业流程和所用酶（包括工业流程中将使用的变体）。

综合来看，初创型企业多数采用新路径或者工艺实现技术突破后开始逐步拓展工程化，但



由于初创型公司的业务布局相对较少，在前期工程化过程中，多数难以形成自身的资金循环，政府补助以及融资是主要的资金来源，现金流的压力相对较大，会出现项目推迟的情况；另一方面，海外布局 PET 回收的初创型企业在工程化方面经验不足，在产线布局及投入生产方面多需要合作方，或者需要时间累计经验。

3.2、国内多数以热解和物理法布局 PET 回收，差异化定位和化学法有望成为新的焦点

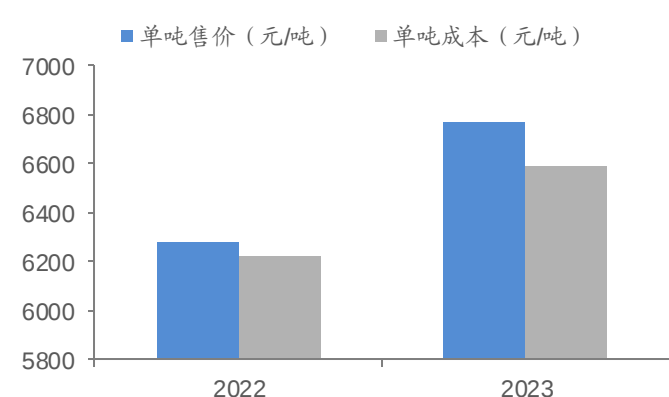
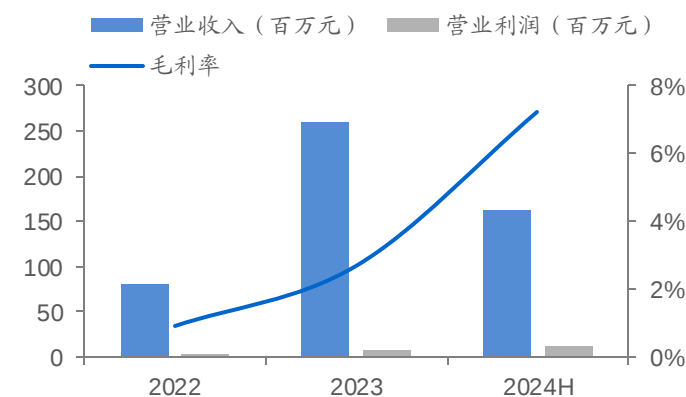
英科再生：物理法回收 PET 瓶片，布局 PET 再生粒子及片材。

公司主要从事可再生塑料的回收、再生、利用业务产品，在已经具有成熟的 PS 回升产业基础上，公司将产品种类进一步扩充至 PP、PE、PET 领域，公司在马来西亚已经拥有 5 万吨 PET 回收再生产能，有 10 万吨产能在建，规模仍在持续扩大。公司 PET 再生粒子以回收的 PET 瓶砖为原料，经过破碎、清洗、脱标、自动分选、造粒、增粘等环节，形成食品级再生粒子、纤维级再生粒子及复合片材的产品销售。

公司目前产业链延伸至 PET 粒子及 rPET 下游产品，尤其是能够应用于食品级材料，产品售价相对较高。公司 2022 年 5 万吨 PET 回收产线建成投产，伴随产能利用率的持续提升，公司的产品盈利也在不断改善，2023 年公司 PET 产线的产能利用率达到 69%，PET 下游产品的加工配套进一步完善，带动公司 PET 产品的整体毛利率由 2022 年的 0.9% 提升至 2.7%，2024 年业务板块的毛利率进一步提升至 7.2%。公司的产品主要定位在食品级等高端方向，虽然原材料品级要求相对较高，但产成品的售价也明显对应提升，未来伴随公司产线的逐步稳定，预估产品盈利空间还将有较大提升。

图表22：英科再生回收 PET 产品营收及盈利变化

图表23：英科再生回收 PET 产品售价及成本变化



来源：，国金证券研究所

来源：，国金证券研究所

优彩资源：物理化学法回收废旧 PET 聚酯，生产差别化和功能性涤纶短纤

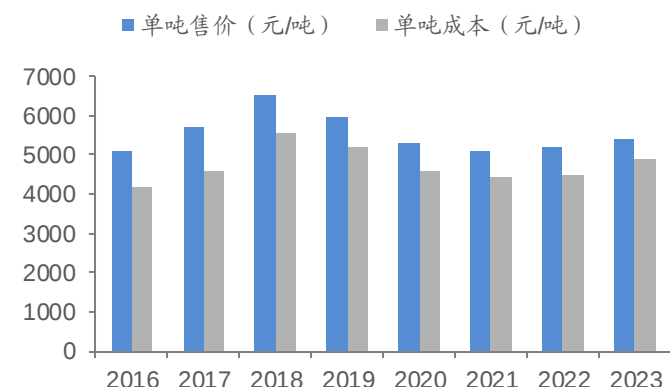
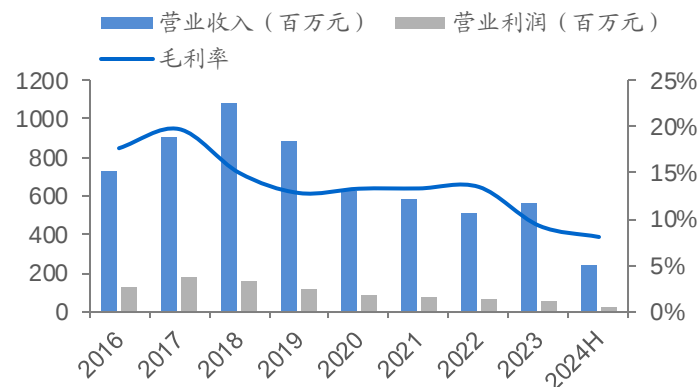
公司以涤纶短纤为核心业务，产品主要包含化石原生低熔点涤纶短纤和再生有色涤纶短纤，整体涤纶短纤产量位于全国第 14 位，再生产量排名第 2。公司拥有再生有色涤纶短纤 16.50 万吨，计划新增产能 8 万吨。公司以废弃聚酯材料为原料，经过物理回收的方式进行熔融加工，最终生产再生涤纶短纤，主要应用于工程用纤维、地毯用纤维、汽车内饰纤维以及服装用纤维。

由于公司终端产品的低值应用占比相对较多，因而公司再生涤纶短纤产品的售价较市场上的涤纶短纤产品的价格具有差距，具有一定的价差，但公司主要以价格相对较低的 PET 泡料为主要原材料，导致公司的生产成本也相对较低，给与公司一定的盈利空间。



图表24：优彩资源再生涤纶短纤营收及盈利（百万元）

图表25：优彩资源再生涤纶短纤售价及成本（元/吨）



来源：，国金证券研究所

来源：，国金证券研究所

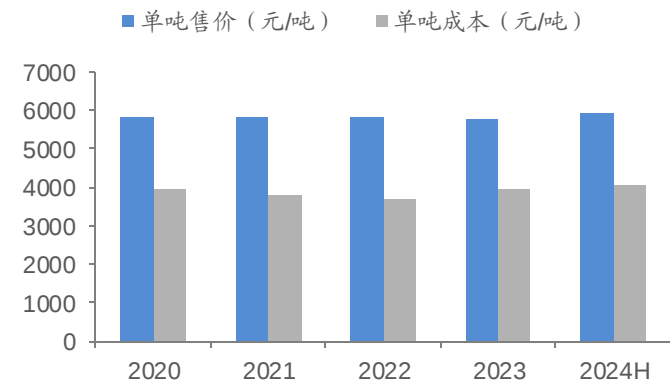
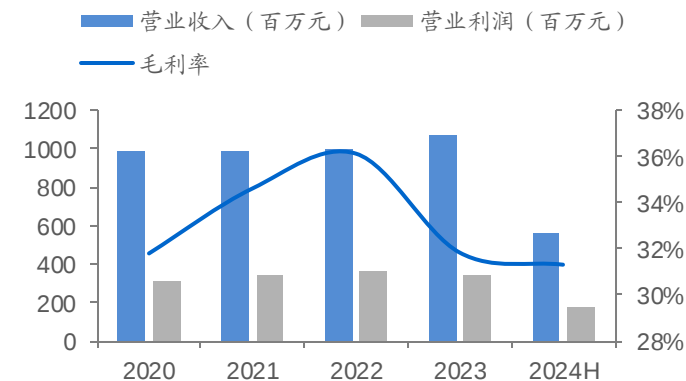
天富龙：物理化学法布局PET回收领域，开发再生有色涤纶短纤。

公司以涤纶短纤产品为主要布局方向，包括化石发和再生处理两条路径，公司的再生有色涤纶短纤，针对性应用于主要应用于汽车内饰、铺地材料、家用纺织、建筑工程、鞋服材料等领域，在国内汽车内饰领域，公司再生涤纶短纤供给量位居首位。公司拥有18万吨再生有色涤纶短纤产能，以物理法作为PET回收的主要路径，在后端借助熔融着色增粘等方式对产品进行差异化处理，以满足多领域应用的产品需求。

公司的物理化学法路径通过技术处理，能一定程度上扩大对回收PET的接受范围，使用价格低廉的PET纤维回收泡料进行产品生产，在通过原液着色、聚合增粘、熔融纺丝的技术，生产差异化短纤产品，从而实现相对较好的盈利空间，目前公司再生有色涤纶业务维持在30%以上的毛利率水平。

图表26：天富龙再生有色涤纶短纤营收及盈利变化

图表27：天富龙再生有色涤纶短纤价格及单吨盈利变化



来源：，国金证券研究所

来源：，国金证券研究所

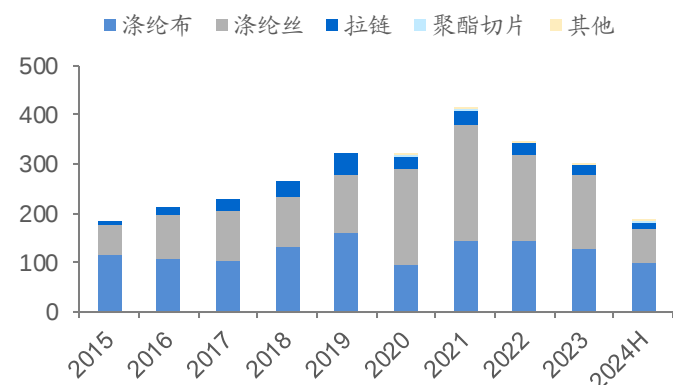
百川科技：物理回收PET瓶及织品，专注于再生纤维及下游纺织产业链

公司以废旧PET瓶及少量废旧PET纺织品为起点，采用物理法进行回收利用生产聚酯切片，进一步延伸至涤纶丝、涤纶布及拉链等产品，形成再生PET在纺织服装领域的全链条布局。公司建设了5万吨PET回收生产线，拥有年产3万吨干式着色法纺丝生产线，年产4000万米再生织布，年产2亿米再生拉链，进行纺织服装线的一体化布局。

受到废旧瓶片回收成本相对较高影响，公司单环节的聚酯切片的盈利空间相对有限，主要依靠再生PET丝及布的加工提升盈利空间，以全产业链的布局整合多个加工环节的利润空间，2024年上半年，公司实现整体营收1.84亿元，同比增长51.99%。

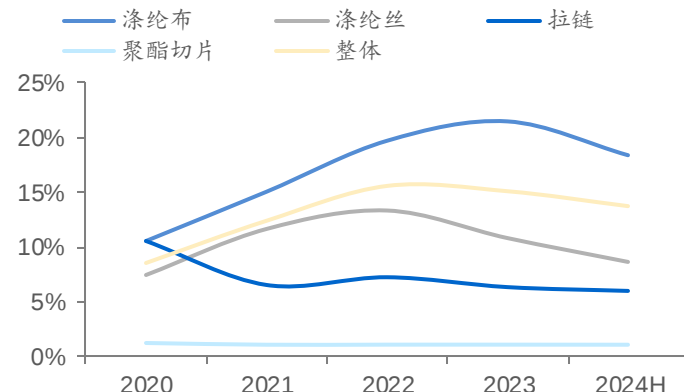


图表28：百川科技产品营收变化情况（百万元）



来源：，国金证券研究所

图表29：百川科技产品毛利率变化情况



来源：，国金证券研究所

海利环保：PET 瓶回收利用，专注涤纶长丝生产

公司主要从事 PET 瓶回收再利用，从废旧聚酯瓶回收，瓶片加工提纯造粒到纺丝的完整循环产业链，拥有 15 万吨再生涤纶长丝的生产能力，可依客户需求定制差异化再生涤纶色丝及功能纱线。

浙江佳人：国内少数化学法 PET 回收量产的生产商，产品自 DMT 延伸至涤纶长丝等

浙江佳人原为帝人和佳人设立的公司，专注于化学法 PET 回收领域，先期采用帝人的乙二醇解聚-甲醇酯交换联合 PET 回收循环技术，建设了 2.5 万吨产能，2016 年帝人退出股权后，公司研发团队进行了技术升级，产能提升至 3 万吨，年回收利用废旧纺织品 4 万吨。目前公司在规划二期产能建设项目，计划启动柯桥 15 万吨新项目，其中一期规划 5 万吨 PET 化学法回收产能，规划至 2030 年公司建成年产 30 万吨的再生聚酯产业集群。

公司化学法工艺以帝人的先期技术为基础，通过预处理-解聚-过滤分离-酯交换-提纯-精馏等工艺步骤，最终可以获得制备纯度高达 99.9% 的 DMT 新材料，通过化学法路径，可以广泛扩展来料范围，能够对废旧涤纶纺织品（含量 90% 以上）、PET 瓶片、PET 膜进行回收再利用，产品主要用于生产高值的涤纶长丝，同时也可以拓展延伸至运动、户外、时装、家纺、汽车、消费电子、食品饮料、化妆品、家电、医疗等行业领域。

成发科技：化学法 PET 回收工艺处于中试阶段，万吨级产线建设中

成发科技湖北有限公司，主要专注于化学法 PET 解聚生产 BHET 单体的生产企业。公司目前的化学法工艺位于中试阶段，产能 1000 吨。通过对 PET 废旧纤维、塑料瓶片进行解聚获得白色颗粒，实现原生级利用。目前，成发科技正加紧从产业化中试迈向大批量生产，万吨级项目即将进入建设阶段。

三联虹普：聚合物成套生产工艺技术提供商，具有再生聚酯设备一体化供应能力

公司在尼龙、聚酯、PC、PBT 等领域具备工程化供应能力，在再生材料领域也先期进行了大量布局，能够对再生聚酯、再生聚酰胺、生物基化学纤维全流程工艺和装备技术形成一体化供应。公司子公司 Polymetrix 与日本 CircularPETCo., Ltd 于 2022 年签署的亚洲单体投资最大的食品级再生 PET 项目已顺利实施，项目合同总额约 2.81 亿人民币。

公司已经实现物理法 PET 回收装置的成熟供应，也在积极研发布局化学法工艺。公司子公司 Polymetrix 是全球首家为食品级再生聚酯生产企业提供从脏瓶子的清洗、挤压、SSP（固相增粘）到生产出干净食品级瓶子原料，包括设备采购、管理、安装到交付使用的一站式系统集成解决方案供应商，Polymetrix 于 2018 年、2022 年与法国 Veolia 集团两次合作，连续两次打破业界单线投资规模记录的食品级再生 PET 全流程生产线；公司于 2019 年与 Envas 集团墨西哥公司合作建设全球首条年产 5 万吨级的 rPET-SSP 生产线。Polymetrix 已经成为全球领先的从废旧瓶子-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有率达到 40%。目前，Polymetrix 在欧洲，美洲，东南亚等地区共有多个执行中的再生聚酯工厂项目。

公司看好化学循环更有利于解决服装废弃物循环再生的处理优势，认定发展化学回收技术是我国塑料行业可持续发展过程中的必经之路，也在积极布局聚酯行业化学法循环，实现从废旧衣物到再生聚酯切片、再生聚酯纤维，再到新衣物的“闭环”绿色循环再生过程。

精工科技：专用设备制造商，已经获得聚酯回收设备订单



公司具有 50 多年的装备制造历史，以“碳纤维装备”为核心产业，协同发展新能源装备、智能建机、智能纺机以及循环再生装备、新能源充电桩等业务。公司 2023 年进入了资源循环装备领域，已与废纺领域龙头企业建信佳人新材料签署“年产 15 万吨绿色再生新材料项目”一期 5 万吨装备销售合同，合同金额 3.2 亿，向建信佳人提供年产 5 万吨的聚酯回收生产线，能够实现 8000 小时连续运行，回收利用率高。公司聚酯回收生产线主要由解聚、聚合、树脂生产、电仪控制等系统组成，可实现从废旧纺织 PET 到再生新材料 PET 的绿色闭合循环，目前相关设备已开始交付。

四、投资建议

不同企业的产品和技术定位不同，类似的产业路径，产品盈利空间也会具有较大差异。虽然 PET 回收再国内布局时间不短，但不同企业之间的技术仍然有较大差距，且企业产品的定位也有明显不同，虽然 PET 瓶片相较于 PET 纤维的回收成本较高，但如果能够实现高值化应用，仍然能够获得较好的盈利空间；如果能够使用较低成本的 PET 泡料，也能够形成较好的成本控制，从而兑现盈利空间。

PET 再生材料应用要求不断提升，将大幅带动行业需求，行业潜在发展空间巨大，而其中几类企业将相对收益：

- 能够实现 PET 回收的高值化应用的企业：能够满足下游领先企业高端服装的产品需求，能够从产品定价获得盈利空间；
- 能够扩展应用原料，能够实现低成本管控的企业：破除传统 PET 回收的限制，能够使用成本更低的原材料进行产品生产，降低外部约束带来的不可控风险，形成成长空间；
- 能够突破技术、工艺路径障碍，采用生物法或化学法经济性生产 rPET 的企业，有望获得成本和市场双重突破。

五、风险提示

政策落地不及预期风险：再生材料的推进具有绿色属性，政策是重要推动力，若政策落地不及预期，将对行业需求产生较大影响；

产业链配套发展不均衡风险：若回收工艺突破不理想，较难对再生 PET 材料的成本形成有效管控，行业内的企业将难以形成规模化发展，发展进程将明显受限；

海外贸易政策变动风险：PET 回收产业链涉及到回收路径，销售市场的全球化布局，若关税、政策等发生波动，也会对局部区域的货源流通产生影响；

需求波动风险：再生材料的需求本质是对原有需求场景的材料环保性替换，若 PET 需求产生较大变化，对于再生材料的需求也会有影响；

石化产业链价格剧烈波动风险：再生材料的定价除供需外，还明显受到替代品原生材料的影响，若石化产业链价格剧烈波动也会对再生材料的接受价格区间产生影响。



行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；

增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；

中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；

减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。



特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海
 电话：021-80234211
 邮箱：researchsh@gjzq.com.cn
 邮编：201204
 地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号
 紫竹国际大厦 5 楼

北京
 电话：010-85950438
 邮箱：researchbj@gjzq.com.cn
 邮编：100005
 地址：北京市东城区建国门内大街 26 号
 新闻大厦 8 层南侧

深圳
 电话：0755-86695353
 邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
 邮编：518000
 地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心
 18 楼 1806



【小程序】
 国金证券研究服务



【公众号】
 国金证券研究