



中国生活塑料软包装回收再生 前瞻性研究报告

中欧循环经济可持续转型系列报告

作为德国联邦企业，GIZ 支持德国政府开展国际合作，推动实现可持续发展目标。

出版方

德国国际合作机构（GIZ）

注册地

波恩(Bonn)、埃施伯恩(Eschborn)，德国

项目介绍

重塑包装——中欧合作赋能回收循环价值链项目

Waste to Resource: Upgrading the Value Chain of Packaging
Waste Through Improving Collection and Recycling in China

由德国联邦经济合作与发展部(BMZ)委托

受 develoPPP.de 计划资助

联系人

钱名宇，环境与循环经济部门主任，GIZ 东亚区

地址：中国北京市朝阳区亮马河南路 14 号塔园外交办公楼 2-5

邮编：100600

电话：+86 10 8725 5180

邮箱：circular-economy@giz.de, mingyu.qian@giz.de

网址：circular-economy-cooperation.com

作者

马菁方、唐岸深，欧睿信息咨询

审校

梁晨阳，环境与循环经济部门，GIZ 东亚区

郑琰杰，汉高

谨代表

德国联邦经济合作与发展部 (BMZ)

On behalf of



Federal Ministry
for Economic Cooperation
and Development

北京，2024

重塑包装——中欧合作赋能回收循环价值链项目

自 2021 年 8 月起，项目受德国经济合作与发展部（BMZ）develoPPP.de 专项资金委托，由德国国际合作机构（GIZ）联合汉高（Henkel）、利乐（Tetra Pak）、陶朗（Tomra）、芬欧蓝泰标签（UPM Raflatac）、农夫山泉（Nongfu Spring）共同执行。项目重点关注塑料软包、饮料纸基复合包装、PET 瓶及 HDPE 日化硬包装等包装废弃物的收集及高值回收；同时，通过结合试点经验及生态设计、生产者责任延伸制（EPR）等先进理念，为包装废弃物的综合管理提供政策及标准建议，提升包装废弃物回收价值链，促进包装行业的低碳可持续发展。



Funding programme



Partners in
Transformation
develoPPP

Implemented by



Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

In cooperation with



本报告全文受版权保护。截至本研究报告发布前，德国国际合作机构（GIZ）和相关作者对出版物中所涉及的数据和信息进行了仔细研究与核对，但不对其中所涉及内容及评论的正确性和完整性做任何形式的保证。本出版物中涉及到的外部信息，由其发行方对相关内容负责，德国国际合作机构（GIZ）不对此类内容承担任何责任。

目录

前言

1. 生活塑料软包装在中国	1
1.1 生活塑料软包装应用广泛，材质复杂.....	1
1.2 软塑年废弃量呈上升趋势，建立循环产业链需要各方努力.....	4
1.3 “双碳”驱动下，塑料经济政策建设日益完善.....	5
2. 软塑的回收再生利用.....	8
2.1 中国塑料回收再生行业现状	8
2.1.1 中国城镇主要废塑料回收方式	8
2.1.2 软塑回收率整体偏低，回收再生市场潜力大	12
2.1.3 软塑回收再生试点布局于经济发达且交通便利地区.....	14
2.2 物理循环与化学循环协同发展.....	16
2.2.1 物理循环相对成熟，适合回收单一材质软塑	16
2.2.2 化学循环可处理混合材质，并生产等值再生塑料	18
2.2.3 化学物理循环技术各有所长，相辅相成.....	21
2.3 软塑再生利用价值显著，亦成为循环产业链的关键.....	22
2.3.1 软塑再生循环的经济价值.....	22
2.3.2 软塑再生循环的环境价值.....	25
3. 全价值链提升生活软塑再生应用的建议.....	27
3.1 “顶层设计”- 政府需建立软塑相关政策.....	27
3.2 “意识提升”- 增强消费者对软塑的认知.....	27
3.3 “终端运营”- 企业加强科学技术创新	28
展望.....	29
主要参考文献	30

前言

本项目是自 2021 年 8 月启动的“重塑包装-中欧合作赋能回收循环价值链项目”（以下简称“重塑包装项目”）的一部分。该“重塑包装项目”受德国经济合作与发展部（BMZ）develoPPP.de 专项资金委托，由德国国际合作机构（GIZ）主导执行，与多家私营企业合作（包括汉高、利乐、陶朗、芬欧蓝泰标签和农夫山泉），旨在通过试点先进的废弃物收集和分拣模式，重点关注生活源塑料废弃物的回收再生，提高包装废弃物的回收率，提升循环回收价值链，以促进包装行业的低碳可持续发展。

本报告由 GIZ 与欧睿国际联合发布，以中国生活源塑料软包装的回收利用和再生现状为切入点，深入分析了中国生活源塑料软包装回收再生行业的发展趋势，旨在为各塑料再生回收从业人员提供宝贵洞察。通过这份报告，我们期望能够促进政府、企业、NGO、高等学府等相关利益方的合作，共同推动中国塑料软包装回收再生行业的创新和进步。

1. 生活塑料软包装在中国

软塑料的多样性和实用性使其在现代生活中扮演着不可或缺的角色。随着技术发展，软塑料的应用将更加广泛和高效。随着全球气候变化问题日趋严峻，塑料的最终处理也受到前所未有的高度关注。作为全球塑料制品生产的重要国家，中国拥有多样化的塑料软包装产品，废弃塑料软包装量呈逐年上升趋势，面临着如何实现塑料软包装全价值链循环经济与可持续发展的挑战。

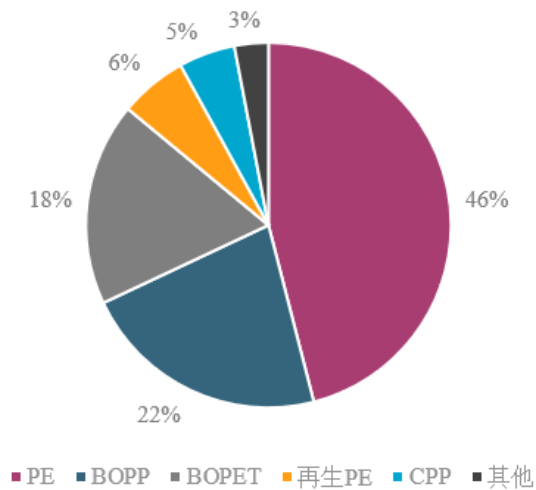
1.1 生活塑料软包装应用广泛，材质复杂

作为重要的材料品类，塑料被广泛应用至生活的方方面面，发挥重要作用，从日常饮食、个护美妆、家清日用、物流快递，再到电子产品和汽车部件，不胜枚举，已成为大众生活不可或缺的一部分。生活中的塑料包装产品主要可分为硬包装（**Rigid Plastics**）与软包装（**Flexible Plastics**）两大类。塑料软包装由于符合包装行业“轻量”“小包”的趋势，近年来快速增长，是塑料包装的重点发展领域，未来将成为包装行业的主力军。

本次调研对象的是生活中常见的以塑料为主要原材料所制成的各种袋、套、包封等的薄膜类包装，如单一材质塑料袋（购物袋、快递包装袋等）、复合材质包装袋（食品包装、真空包装袋、冷冻食品包装袋等）、铝塑复合包装袋（薯片等膨化、油性食品包装袋等），不包含工业和农业加工及生产活动中产生的塑料软包装。生活源废弃塑料指生活源塑料包装经消费者使用后丢弃的塑料。

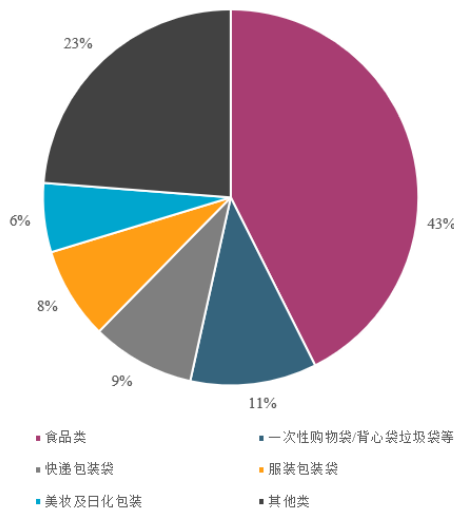
据分析，2022 年我国包装行业约消耗 4920 万吨塑料，其中，塑料薄膜类是软包装的主要品类，约占塑料制品总产量的 20%，有近 50%的薄膜用于包装。除去工业及农业生产加工活动中的包装，生活源塑料软包装产量为 1720 万吨，使用量为 1600 万吨^[1]。

塑料软包装因轻巧便携而易于携带，并且具有优秀的耐摔性和防水性，主要被制作成塑料保护膜、塑料包装袋、泡沫塑料等，用于保护物品不受外界损坏或污染，是理想的包装材料，可提供多样化的包装方案，适用于多种场景，因此生活源塑料软包装的成分也非常复杂，根据公开信息，从原料结构看，目前聚乙烯（PE）类占比约为一半，其次有聚丙烯薄膜（BOPP）、双向拉伸聚酯薄膜（BOPET）、再生 PE 等。



2022 年中国生活源塑料软包装主要材质构成^[1]

据统计，2022 年中国生活源塑料软包装主要用途中，食品领域占其中的大部分，为 43%，一次性购物袋/背心袋垃圾袋等占 11%，快递包装占 9%，服装包装占 8%，美妆及日化包装占 6%。



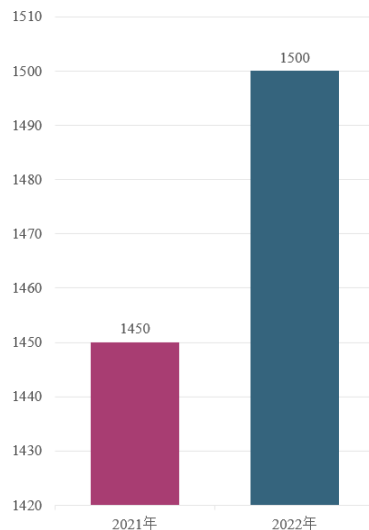
2022 年中国生活源塑料软包装主要应用构成^[1]

快递物流行业中使用的塑料软包装材料种类繁多，应用场景广泛
以快递物流领域的包装为例，约 70% 的包装物是由聚乙烯（PE）制成的 ^[2] ，它成本低廉、性能优良。目前，快递的外包装一般使用再生 PE。另外，白色气泡膜袋和灰色快递包装袋常用于可用作衣物等轻量快递物的包装。当物品质量较大、无需防摔时，一般使用由聚丙烯（PP）和再生 PP 制成的编织袋。为确保物品不受污染，则会在内部额外增加由双向拉伸聚丙烯薄膜（BOPP）和双向拉伸聚酯薄膜（BOPET）制成的半透明或透明包装袋。

1.2 软塑年废弃量呈上升趋势，建立循环产业链需要各方努力

塑料软包装具有很大的便利性，但寿命较短，基本在一次性使用后即被丢弃，因此塑料软包装的废弃量和使用量基本一致，这种使用模式也导致了塑料软包装废弃物的大量积累。目前，我国大部分塑料软包装一般被消费者丢弃至生活垃圾，随后一并进入市政环卫系统，最终通过焚烧或填埋处理。

随着经济社会的快速发展和人民消费水平的大幅提高以及电商外卖等新产业的高度发展，我国城市生活垃圾产生总量不断增加。2022 年，全国城市及县城垃圾清运量达 3.11 亿吨，生活垃圾焚烧处理比例高达 80.0%，根据德国国际合作机构（GIZ）发布的《苏州生活源软塑料废弃物化学循环项目报告》，中国典型城市生活垃圾组分分析结果表明，进入到焚烧厂的其他垃圾中仍然存在大量的塑料废弃物，其中硬塑料占比小于 40%，软塑料占比超过 60%，这也意味着大多数废弃软塑料依旧通过焚烧方式被处理。然而焚烧处理依旧存在一些问题，首先焚烧会产生大量碳排放，若焚烧不彻底，则会产生有害气体造成环境污染；此外，焚烧未能充分利用其潜在的经济价值，是对化石能源的浪费。因此，采取有效的塑料废弃物收集、回收和再生利用，对于提升塑料制品全链条的环境和经济效益都具有极其重要的意义，也是目前整个行业高技术含量、高利润的环节之一。根据公开信息，2022 年生活源塑料软包装报废量约为 1500 万吨，同比增速 3.7%。



2021-2022 年中国生活源塑料软包装报废量（单位：万吨）^[1]

从生产到包装、运输，直至产品最终送达消费者，整个过程本应为企业带来附加值，提升经济收益。然而，塑料软包装的回收过程却常常导致价值下降，企业需支付高额成本，回收收益却极为有限。在循环经济的初期阶段，公众的回收意识浅薄，国家政策和法规尚不完善，回收体系尚未建立。大型包装和物流公司需要投入巨额资金来建立回收再利用系统，但这一领域的利润空间十分有限。此外，大多数塑料软包装的回收成本甚至超过了新包装的生产成本，这与企业的发展理念相悖。中小型包装和

再生企业难以承担回收成本，即便是大型企业，能够实现盈利的回收项目也寥寥无几。因此，目前塑料软包装的回收产业链发展并不尽如人意，需要从顶层政策规划、源头产品设计、创新商业模式等不同环节共同协作才能实现良性循环的产业链。

1.3 “双碳”驱动下，塑料经济政策建设日益完善

2020 年，我国向全世界作出力争 2030 年前实现“碳达峰”、2060 年前实现“碳中和”的庄严承诺。中国对塑料软包装重视程度亦不断升级，积极推动对塑料软包装生产和使用的管理和限制，国家各级部门近年来陆续从法律法规、政策框架、实施标准等方面逐步落实对包括塑料软包装在内的低值可回收物的回收再利用。

中国塑料软包装循环经济主要法律规划汇总

年份	政策名称	主要内容
2019	国家邮政局《快递包装回收管理办法》	规范和推动快递包装废弃物的回收和处理工作，对快递包装材料的标准、回收责任、回收网络建设、信息公开等方面作出详细规定，促进了快递包装废弃物的资源化利用
2020	《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》	明确对塑料污染作了具体规定，对一次性塑料制品的生产、使用和回收进行管理、限制，提出鼓励和引导减少使用、积极回收塑料袋等一次性塑料制品，推广应用可循环、易回收、可降解的替代产品
2021	《十四五循环经济发展规划》	提出构建废旧物资循环利用体系，实施废塑料等再生资源回收利用行业规范管理，提升行业规范化水平
2021	国家发展改革委、生态环境部颁布的《“十四五”塑料污染治理行动方案》	加大塑料废弃物再生利用，支持塑料废弃物再生利用项目建设，推动塑料废弃物再生利用产业规模化、规范化、清洁化发展。完善再生塑料有关标准，加快推广应用废塑料再生利用先进适用技术装备，鼓励塑料废弃物同级化、高附加值利用
2022	《国家发展改革委等部门关于加快废旧物资循环利用体系建设的指导意见》	首次明确提出，鼓励有条件的地方政府制定关于低附加值可回收物回收利用的支持政策
2024	国务院办公厅发布《关于加快构建废弃物循环利用体系的意见》	加强低值可回收物 ¹ 循环利用，在生活垃圾分类中不断提高低值废塑料等低值可回收物分类准确率，并提出到 2025 年，初步建成覆盖各领域、各环节的废弃物循环利用体系，加强废塑料等再生资源高效利用

1 低值主要是指经济价值相对较低，在不同的国家和地区或同一国家和地区的不同发展时期，可回收物的经济价值是会变化的。在此处，具体指废玻璃、废旧纺织品、低值废塑料包装等生活中常见的各类废弃物。

2022 年，国家发改委等 7 部门联合发布《废旧物资循环利用体系建设重点城市名单》，对 32 个省、自治区、直辖市均选取了 1 至 3 座城市作为建设废旧物资循环利用体系的重点城市。各地纷纷通过出台低值可回收物管理法规、制定低值可回收目录以及低值可回收物补贴政策，积极响应循环经济政策，制定回收网络建设、资源回收量的目标，加快对低值可回收物回收再生体系的建设，推进对低值可回收物的回收。

各省市地区低值可回收物（部分含塑料软包）回收利用相关政策汇总

年份	地区	政策名称	主要内容
2021	广东广州	广州市购买低值可回收物回收处理服务管理办法	市、区城市管理行政主管部门负责购买低值可回收物回收处理服务的组织实施；市、区财政部门负责资金的筹措并及时拨付；商务、供销社和其他有关部门按照各自职责，协同实施本办法；广州市生活废弃物管理中心负责低值可回收物回收处理服务费的核算和支付手续办理。
2022	山东青岛	青岛市废旧物资循环利用体系建设实施方案	提出探索制定《青岛市低值可回收物指导目录》，鼓励有条件的区、市明确低值可回收物回收补贴政策。设立废旧物资回收网络建设目标，明确 2025 年废塑料回收量为 39 万吨的目标；设立再生资源加工利用水平目标。
2022	江苏南京	南京市废旧物资循环利用体系建设实施方案（2022—2025 年）	设立废旧物资回收网络和再生资源回收目标和相关企业发展目标，其中包装废弃物回收装置覆盖率 2025 年达到 90%，支持废旧物资循环利用，按照《低价值可回收物回收以奖代补办法》，加强实施低价值可回收物回收以奖代补。
2022	浙江杭州	杭州市废旧物资循环利用体系建设实施方案（2022—2025 年）	设立 2025 年废旧物资回收网络建设和加工利用水平目标，其中主要废弃物循环利用率达到大于 75%，鼓励加强废弃塑料规范收集设施和可循环快递包装投放、回收设施建设。
2022	河北石家庄	石家庄市再生资源回收利用管理工作实施方案	提出加强再生资源回收体系规划建设，构建权责明确的再生资源回收市场监管机制，以及完善再生资源回收制度保障。
2022	四川成都	成都市废旧物资循环利用体系建设实施方案（2022—2025 年）	设立到 2025 年废旧物资循环利用体系建设目标，其中全市废旧物资主要品种综合回收利用率不低于 80%，废塑料回收量达到 80 万吨，提出完善废旧物资回收网络，提升再生资源加工利用水平，推进再制造产业高质量发展
2023	湖南长沙	长沙市废旧物资循环利用体系建设实施方案（2023—2025 年）	设立 2025 年废旧物资回收网络体系建设目标以及再生资源年回收目标；明确 2025 年可循环快递箱(盒)应用规模达到 6 万个，设置可循环快递回收装置网点 3000 个的目标。探索建立低值可回收物专项收运网络，鼓励企业研发废旧物资循环利用技术。

年份	地区	政策名称	主要内容
2023	福建厦门	厦门市生活垃圾低附加值可回收物指导目录（第一次修订版）	对低值可回收物的品类进行了详细定义，增加了无纺布袋、包装膜等膜袋类的回收，减少其他垃圾的数量，推动低值可回收物回收处理工作。
2024	上海	上海市废旧物资循环利用体系建设实施方案	设立 2025 年废塑料回收量达到 70 万吨/年的目标，推进建设废塑料等低价值可回收物的回收链条和提高再生利用水平，强化废塑料等废旧物资回收加工利用行业规范管理。
2024	天津	天津市加快废弃物循环利用体系建设实施方案	设立 2025 和 2027 年再生资源回收和分拣体系的建设和再生资源年利用能力的目标，其中到 2027 年主要再生资源年利用能力达到 800 万吨以上，鼓励塑料加工企业加强合作，促进产业链合理延伸，提高低值废塑料分类准确率，加强废塑料加工利用企业规范管理。

各地区低值可回收物（部分含塑料软包）相关补贴政策汇总

时间	地区	补贴政策	补贴
2018	上海	虹口区低附加值生活垃圾可回收物补贴实施细则（2018 年）	补贴标准按照上海市生活垃圾处置费 221 元/吨执行。
2021	浙江杭州	杭州市富阳区 2021 年再生资源回收补助的实施意见（试行）	低价值可回收物按 300 元/吨标准进行补助
2022	广东广州	广州市发展和改革委员会关于收取城市生活垃圾处理费和清洁卫生费的通告	除 2021 年外，当年低值可回收物回收处理服务费单价执行广州市上年度生活垃圾处理综合单价；城市生活垃圾处理费每户每月 5 元；非居民缴费单位每月按实际排放量收取城市生活垃圾处理费，每桶（每桶 0.3 立方米）6 元
2022	江苏南京	低价值可回收物以奖代补资金分配方案	2022 年，栖霞区按照 83 元/吨单价对提供低价值可回收物回收服务的单位进行补贴
2023	湖南长沙	关于拨付 2023 年浏阳市农村低值可回收物及有毒有害垃圾回收补助的公示	对浏阳市乡镇（街道）低价值可回收物及有毒有害垃圾给予 200 元/吨的回收补助。
2023	福建厦门	厦门市低值可回收物回收利用模式研究报告	2023 年，厦门市运输环节补贴在实际操作中各区按距离等综合因素给予适当提高，补贴标准在 180-270 元/吨不等，略高于生活垃圾收运补贴标准；按照 125 元/吨的补贴标准，低值可回收物分选加工环节的补贴与生活垃圾焚烧补贴持平。

2. 软塑的回收再生利用

目前，中国生活源软塑回收再生机制未能有效落地，整体回收率较国际先进水平仍有非常大的差距，再生利用工艺亦处于研发和产业化的探索阶段，市场未成熟，因此存在巨大的改善空间和市场发展潜力。

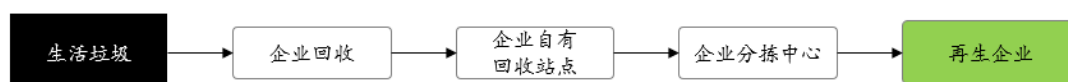
2.1 中国塑料回收再生行业现状

在中国，塑料的回收再利用是一个重大的挑战，尽管已实行生活垃圾分类制度，但尚未建立针对塑料的独立回收体系。不过，中国已经在政策和市场层面对低价值可回收物的回收和再利用进行规划布局，也正在对生活源软塑料的回收再生进行新探索，相关再生技术也在不断进步成熟。

2.1.1 中国城镇主要废塑料回收方式

回收是解决塑料污染问题最经济、最合理的处置方式。与传统焚烧处理相比，通过建立回收体系有效回收，塑料再生利用不仅可以减少焚烧过程带来的环境污染，还能减少对原油的依赖，并合理利用软塑的剩余经济价值。现在中国城镇主要的废塑料回收方式有企业主导、集中收运型回收，政企合作、两网融合型回收以及市场驱动、自发分散型回收这三大回收模式。

(1) 企业主导、集中收运型回收



企业主导、集中收运型回收流程图

在企业主导、集中收运型回收模式中，专业回收企业扮演着核心角色。这种模式要求当地社区有良好的垃圾分类基础。在前端，通过建立和优化回收体系，企业积极参与到城市回收基础设施的建设中，包括设立塑料专属分类垃圾桶、社区回收站点、中转站、打包站、区域分拣中心等回收基础设施，以此提升废弃物的集中回收能力和回收效率。同时，主导企业还致力于开展各类环保宣传教育，通过活动普及分类知识及如何“变废为宝”，与当地社区居民建立紧密联系，此举不仅利于调动公众的环保热情，也一定程度上增加了总回收量，为企业后端处理提供了稳定的原料来源，从而巩固了整个塑料回收和再生利用的产业链。目前，一些企业在城市的成功实践表明，这种回收模式多与互联网技术结合，用户可以通过手机应用程序进行操作，并获得绿色积分或现金奖励，操作十分便捷。

该模式的企业回收方式可以进一步分为：上门回收、回收站点回收、智能回收机回收。

回收方式	优势	缺陷
上门回收	➢ 居民体验感较好，不需要对可回收物进行分类	➢ 人工上门收运成本较高 ➢ 需对未分类物品进行精准分类，分拣中心工作量大
回收站点回收	➢ 可回收物质量可控，由站点工作人员进行初筛 ➢ 分拣中心不再进行二次分拣，工作量较小	➢ 缺乏便利性，居民需自行前往回收站点 ➢ 需在指定时间内前往投放
智能回收机回收	➢ 时间便利性强，可全天投放 ➢ 居民可根据企业分类指南进行自主投放	➢ 智能回收机造价高 ➢ 可回收物质量不可控，加大二次分拣的工作量

GIZ、苏州城投再生等组织联合开展低值包装废弃物城市回收项目
在 2023 年，得益于苏州市政府部门的鼎力支持，重塑包装项目组与苏州城投再生资源发展有限公司携手启动了苏州低值包装废弃物城市试点项目。该项目旨在通过升级本地可回收物网络，构建一个包含低值包装废弃物在内的回收体系，并致力于探索创新的低值可回收物业务模式，以实现零碳甚至负碳的可持续发展路径。 在项目实施的前端收集阶段，特别设计了一套针对低值包装废弃物的收集体系，并制定了详尽的可回收物品目录。通过加强地区的宣传教育工作，显著提高了居民的分类投放精准度。此外，项目还与城市垃圾的“三定一督”（即“定时定点定人督导”）策略相结合，根据实际情况增设了绿色可回收物垃圾桶，专门用于收集包括低值包装废弃物在内的各类可回收物。同时，项目还配合流动回收车，开展了上门回收服务。 在分拣环节，项目采用了光电传感器、AI 智能分拣等国内外先进技术，并结合人工分拣，对初分拣的低值包装废弃物进行进一步的精细化处理。根据材质和颜色进行高纯度分选，为实现高值化再利用奠定了坚实的基础。 项目实施期间，共影响了试点区域超过 10 万人，低值包装废弃物（包括软塑）的回收率实现了显著提升，从最初的 3.2%增长至约 50%，总体回收量和回收率呈现出稳定增长的趋势。

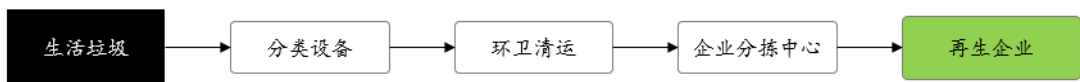
爱回收·爱分类通过在社区投放单体式全品类统收的智能回收机进行回收

通过“互联网+垃圾分类”模式，爱回收·爱分类通过在社区投放全品类统收的智能回收机，为居民提供一站式可回收物分类、交投、积分兑换等简单便捷的回收服务。居民可通过手机应用端得知智能回收机具体位置及其容量状态，智能回收机具备自动称重能力，根据投递的相应回收物材质和重量给予居民积分，企业在机柜满载后进行清运。除了居民端由社区居民自助投递的回收模式，爱回收·爱分类还积极探索基于保洁体系和商户体系的商务端回收模式，主要对象是回收站附近的保洁和沿街商铺，实现可回收物的分品类分色回收。可回收物经中转运输，进入末端分拣工被进一步精细化分拣，所有可回收物会被精分成 80 个类目。截至 2023 年 12 月 31 日，爱回收·爱分类累计投放 21038 台智能回收机，用户规模突破 1500 万，年回收量达 41 万吨，同比提升超过 60%，相当于减少碳排放量 72.3 万吨。在回收物中，塑料占比 16.3%，约 6.7 万吨。



爱回收·爱分类智能回收机和末端分拣场

(2) 政企合作、两网融合型回收



政企合作、两网融合型回收流程图

政企合作、两网融合型回收模式是城市环卫系统与主体企业合作共享前端生活垃圾回收网络的一种模式，在市场“失灵”的时候，用政府“有形之手”主动介入，弥补缺陷。该模式可以为企业节省在社区、街道层级新建并运营回收网络的成本，同时也为环卫系统减少了生活垃圾填埋和焚烧的数量，降低其固废处置成本，是一种政企双赢的模式。

与企业主导、集中收运型回收一样，政企合作、两网融合型回收也依赖成功有效的垃圾分类制度，但是对居民垃圾分类投放要求更高，居民需要在投放垃圾的时候进行正确的分类，可回收物若混入大量其他种类的垃圾，则会对后端分拣带来较大的压力，因此目前成功落地的案例并不多。

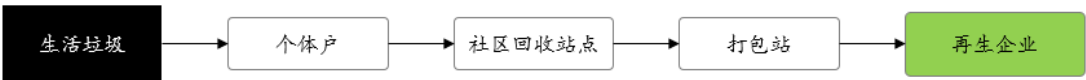
厦门政府与 GIZ、陆海环保合力，助力生活垃圾从废弃物变资源

陆海环保与厦门环卫体系结合，由市政环卫部门统一将可回收物运送至陆海环保的全流程自动化分拣中心进行分拣。2022 年，陆海环保在厦门建成全国首个低值可回收物分拣中心，目前已形成“机械智能分选+人工干预+归类自动打包”的智能化生产线，精准分类识别率超过 95%。自该中心运行以来，随着对社区及周边居民宣传教育的深入，月度回收量稳步增长，月度低值塑料包装回收率由原先的 20~30%增长至 40~60%，生活源软包装回收率基本稳定在 40%左右。2023 年，该低值可回收物分拣中心累计处理低值可回收物 14930 吨，其中生活源塑料软包装占比 27.6%。



陆海环保厦门低值可回收物分拣中心

(3) 市场驱动、自发分散型回收



市场驱动、自发分散型回收流程图

该模式主要参与者为拾荒者、保洁员、社区废品站经营者、废品中转站和废品加工商等个体从业者，据研究统计，2020 年中国约有 80 万个体从业者参与塑料回收工作^[3]。其通过拾取、收购等方式从社区生活垃圾中获取可回收利用资源以换取经济收入。该回收模式是以经济利益驱动的发发型回收，利润取决于当地周边再生利用企业的采购需求和采购价格。

个体从业者往往偏向于回收纸箱、废 PET 等易于收集打包，再生产链已打通的可回收物，相比之下，生活源塑料软包装质量轻、形状不规则、收集困难，且缺乏成熟的再生体系，也往往难以吸引回收企业的兴趣。因此，这些塑料软包装并不受个体回收者的青睐，面临着被直接遗弃的命运。

以上三种模式的主要特点及对比如下：

	企业主导、集中收运型	政企合作、两网融合型	市场驱动、自发分散型
主要参与者	企业	当地环卫、企业	个体户
垃圾分类政策依赖度	高	高	低
消费者参与度	高	中等	低
回收物资源集中度	高	高	低

2.1.2 软塑回收率整体偏低，回收再生市场潜力大

中国是世界上名副其实的生产、进口、消费大国，但在塑料回收再生方面与回收再生行业先进国家仍有一定差距，根据德国联邦环境、自然保护、核安全和消费者保护部（BMUV）统计，德国 2017 年的塑料废品的回收利用率就达到了 46%^[4]；根据日本塑料废物管理研究所（Plastic Waste Management Institute，PWMI），日本的塑料包装回收利用率在 2022 年已达到 50%^[5]；而中国物资再生协会再生塑料分会统计和测算数据显示，2023 年，我国废塑料总回收率²仅为 30%，远远不及回收再生行业先进国家的塑料包装回收率，未来有极大的增长空间。

2023 年，中国废塑料回收量为 1900 万吨，较 2022 年的 1800 万吨增加 100 万吨，同比增加 5.6%；回收利用产值方面，受全球经济增长放缓，海外订单减少及消费降级等因素影响，对再生塑料的需求也随之减少，造成国内大部分废塑料价格下跌，因此我国废塑料回收利用产值为 1030 亿元，相较于 2022 年下降 1.9%；废塑料加工方面，中国国内再生塑料产量约为 1600 万吨，较 2022 年增长 3.2%^[6]。

2018-2022 年 中国废塑料回收再生情况^[6]

年份	废塑料回收量 (万吨)	增速 (%)	废塑料回收利用产值 (亿元)	增速 (%)	再生塑料加工及产量情 况 (万吨)	增速 (%)
2018	1830	8.1	1189.5	10	-	-
2019	1890	3.3	1001.7	-15.8	1610	-
2020	1600	-15.3	790	-21.1	1377	-14.5
2021	1900	18.8	1050	32.9	1650	19.8
2022	1800	-5.3	1050	0	1550	-6.1
2023	1900	5.6	1030	-1.9	1600	3.2

其中，国内资源化价值较高的工业源废塑料回收率超过 95%，其材质单一，易于回收，基本能够通过物理方式实现较好的回收利用，已形成成熟的回收再生价值链。而其余的低值废塑料³则受其品类多、成分复杂等特性制约，基本不具备物理回收的技术经济条件，目前普遍以焚烧方式处理。根据国家发展和改革委员会宏观经济研究院数据，2020 年，我国产生低值塑料包装 4891 万吨，回收 755 万吨，回收率为 15.4%；2021 年略有提升，低值塑料包装使用量为 5021 万吨，回收 980 万吨，回收率为 19.5%；2022 年低值塑料包装使用量为 5066 万吨，与上年基本持平，回收 825 万吨，回收率也下降至 16.3%。这些数据表明，我国低价值塑料包装的回收率普遍在 20% 以下，并在此水平线上下波动。而 2022 年生活源塑料软包装回收量约 130 万吨，回收率仅

2 根据中国物资再生协会再生塑料分会统计数据，此处废塑料包括工业源和生活源，2023 年，我国产生废塑料量约为 6200 万吨，回收量 1900 万吨，回收率=回收量/废塑料量。

3 低值废塑料指，在生产生活过程中产生的具有一定回收利用价值，能够通过一定技术经济手段实现材料化回收利用并获得一定经济效益，但由于对其回收利用的经济效益较差，单纯依靠市场主体自发行为难以实现高比例回收利用的各类低经济价值废塑料，此处包括生活源塑料软包装。

为 8.7%^[1]。相比之下，生活源塑料软包装单项的回收率远低于废塑料总回收率，也不及低值塑料包装回收率，这与生活源塑料软包装回收体系和再生技术不及工业塑料和生活源废 PET 等有关。

然而，通过政企、NGO 等组织间的紧密合作，以及各方共同努力建立有效的回收体系和持续开展区域范围内的回收物知识教育宣贯，由德国国际合作机构（GIZ）主导协调的厦门和苏州生活源软塑料废弃物回收试点项目取得了显著成效，这一成果不仅体现了组织间合作模式的可行性，也为我国塑料软包装回收行业的未来发展提供了有力的示范和信心。在厦门和苏州试点项目数据的基础上，结合中国目前城县生活垃圾清运量，垃圾分类工作进展、各省人均 GDP 水平等因素进行综合分析，我们预测到 2030 年，中国城市生活源软塑料废弃物的回收率有望稳定提升至 30%左右，远高于目前的 8.7%，并与目前全国整体废塑料回收率相近，显示出我国生活源塑料软包装回收市场的巨大潜力。

中国塑料包装相关数据^[7]

年份	2020	2021	2022
整体废塑料回收率（%）	-	-	30
低值塑料包装产生量（万吨）	4891	5021	5066
低值塑料包装回收量（万吨）	755	980	825
低值塑料包装回收率（%）	15.4	19.5	16.3
生活源塑料软包装回收量（万吨）	-	-	130
生活源塑料软包装回收率（%）	-	-	8.7

影响生活源塑料软包装的回收率较低的主要原因可以归结为四个方面：

- **缺少软塑回收政策：**缺乏专门针对生活源塑料软包装的分类回收政策。当前的生活垃圾分类政策虽然已经取得了一定成效，但可回收垃圾囊括的品类较为局限，目前相关政策主要集中在废纸、废金属、废 PET 等高质回收物，而对生活源塑料软包装的分类回收关注度不足，生活源塑料软包装大多时候被默认归为其他垃圾，运往垃圾焚烧厂或填埋场进行直接处理处置。
- **居民精细投放难以实现：**当前广泛使用的物理回收方法通常需要塑料在材质和颜色上保持一致，这就对塑料的分类工作提出了较高的要求。尽管垃圾分类已经获得了社会的普遍认同，但由于生活源塑料软包装的多样性和复杂性，居民对于如何正确分类这类塑料的认知仍然有限。事实上，根据调研只有 18%⁴的居民意识到这些塑料是可以回收的，至于要让他们进行更细致的分类投放，则更是困难重重。因此，提高居民的分类意识和实现生活源塑料软

4 数据来自中国物资再生协会再生塑料分会

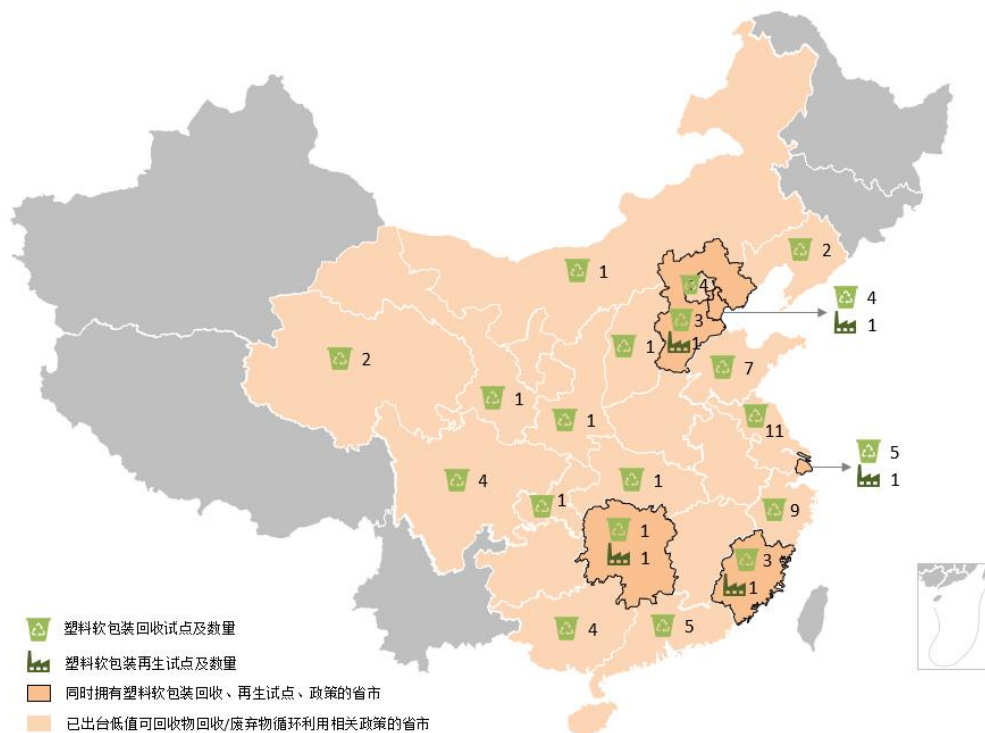
包装的精确分类投放，仍然面临着重大挑战。

- **企业分拣难度高：**生活源塑料软包装的分拣过程同样至关重要。鉴于在收集和运输阶段，这类塑料的分类往往不够精确，为了确保后续的再生处理能够顺利进行，就需要对不同材质和颜色的生活源塑料软包装进行更细致分拣。这不仅对分拣的准确性提出了高要求，也要求分拣过程必须高效。然而，分拣工作本身劳动密集且成本高昂，加之目前全自动化分拣技术需要前期高投入，并需加之人工辅助，这些因素都增加了回收企业的运营成本。
- **上下游产业链未成熟：**生活源塑料软包装与其他种类的废塑料相比，上游回收成本较高，且对下游再生技术要求高，因此回收环节利润空间小，企业参与相关业务积极性不高，导致回收再生产业链发展动力不足，处于非常初级的阶段。

总的来看，从顶层政策设计层面，到回收过程的投放端、分拣端，再到全产业链发展情况，生活源塑料软包装的回收都面临着重重难题，这需要政府、企业和居民的密切合作，共同探索更优更高效的解决方案。

2.1.3 软塑回收再生试点布局于经济发达且交通便利地区

目前，国内塑料软包装回收处于起步阶段，涉及塑料软包装回收和再生的企业数量较少，根据“软塑新生”2024 年公布的塑料软包装回收和再生的 31 家试点企业的试点城市名单^[8]，按回收与再生业务涉及的试点地域进行分类统计结果如图：



2023 年塑料软包装回收及再生公司区域分布图

上图展示了塑料软包装回收及再生公司的区域分布情况，以及全国范围内区域低值可回收物回收/废弃物循环利用相关政策的出台情况。目前，仅有上海、福建、天津、河北、湖南同时开展了塑料软包装回收和再生试点。

塑料软包装回收的试点企业主要集中于国内各主要经济带，尤其是在沿海的省市和直辖市，如江浙沪以及两广福建一带，这些地方的企业数量较为集中。相比之下，内陆省份的试点企业则分布得较为稀疏，但它们依然能够有效地服务于本省及其周边区域的废塑料软包装回收需求。

下表汇总了塑料软包装回收试点企业数量领先的五个省市基本经济信息，从数据中可以看出，五省市的人口数量、消费能力和工业发展水平居全国前列，居民人均可支配收入均超过全国水平，上海在这一指标上更是位居全国榜首；同时，江苏、浙江、山东、广东不仅人口密集，位列全国人口密度最高的十个省市之一，而且工业发展水平为全国前四。值得注意的是，五个省市中四个位于沿海，这在 2017 年国家禁止进口生活源废塑料之前，为当地企业处理进口生活源废塑料提供了便利。目前，各省的主要城市均已出台废旧物资循环利用体系建设实施方案，推进对低值可回收物的回收。

塑料软包装回收试点企业数量领先的 5 个省市的基础数据（2023 年）

地区	江苏	浙江	山东	上海	广东
人口密度（人/平方公里）	795	628	650	3923	707
人口密度全国排名	4	7	6	1	5
居民人均可支配收入（元）	52674	63830	39890	84834	49327
居民人均可支配收入全国排名	4	3	8	1	6
规模以上工业企业单位数 5（个）	61504	56229	35322	9432	70702
规模以上工业企业单位数全国排名	2	3	4	13	1
软塑回收相关政策	2022 南京《南京市废旧物资循环利用体系建设实施方案（2022—2025 年）》	2022 杭州《杭州市废旧物资循环利用体系建设实施方案（2022—2025 年）》	2022 青岛《青岛市废旧物资循环利用体系建设实施方案》	2024《上海市废旧物资循环利用体系建设实施方案》	2022 江门《江门市促进低值可回收物回收若干措施》

5 规模以上：2011 年开始至今，统计范围为年主营业务收入 2000 万元及以上的工业法人单位。工业企业：包括独立核算法人工业企业和附营工业生产单位。

总体而言，塑料软包装回收试点企业的地理分布与地区的经济繁荣程度、工业发展水平和交通基础设施的完善程度有着直接的联系。这些因素不仅决定了该地区的塑料消费量和废塑料的产量，也影响了废塑料回收的可行性和效率，从而影响了企业分布的广泛性和在不同地区的数量比例。

在塑料软包装的再生利用领域，截至本报告发布，全国目前仅有五家试点企业：上海田强实业有限公司、万绿达（天津）再生资源利用有限公司、厦门陆海环保股份有限公司、湖南映宏新材料股份有限公司、盐山华煜塑业有限公司，它们分布在上海、天津、福建、湖南和河北。相较于其他回收试点而言，再生产业尚处于初步探索阶段，这可能与塑料软包装再生行业还未获得国家 and 地方政策的广泛支持有关。然而，展望未来，这些设有回收试点的地区有潜力在本地建立起完善成熟的塑料软包装回收网络，有效处前端难以解决的回收分拣问题。一旦回收体系得到优化，它们将为再生企业的布局和发展提供有利条件和商业机会，因此，这些回收试点所在省市在未来可能会成为再生企业扩展业务的首选区域。

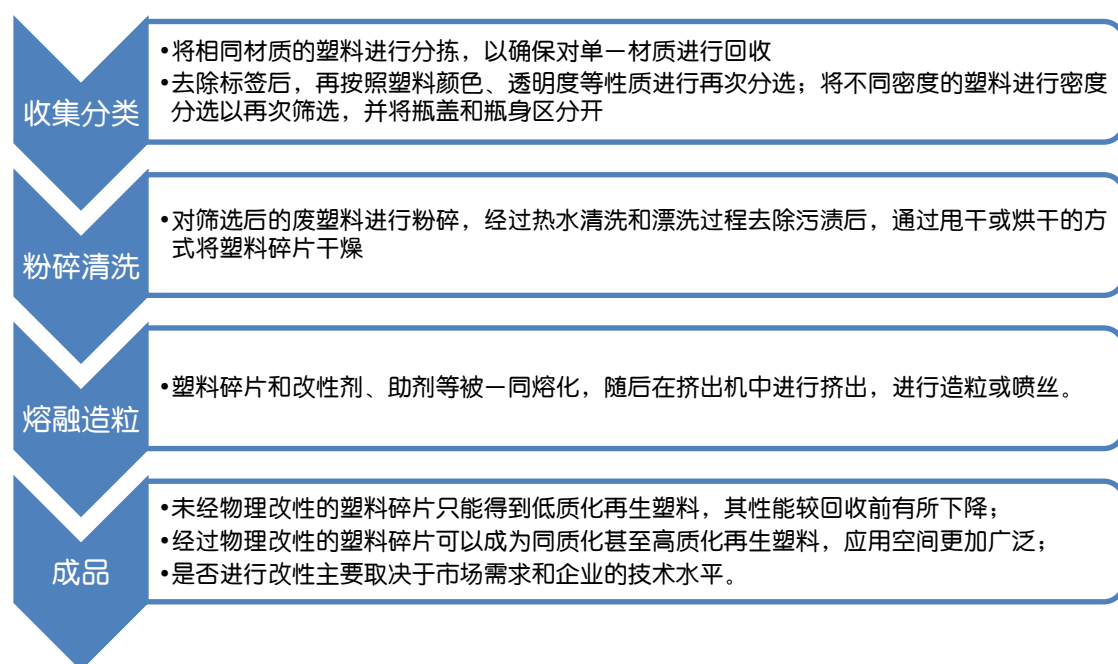
2.2 物理循环与化学循环协同发展

由于受技术成熟程度、经济效益等因素的限制，塑料软包装再生企业目前主要采用物理循环技术对废塑料进行再利用制造，而随着塑料软包装回收工作的深入推进和对废塑料价值的进一步挖掘，化学循环则逐渐受到更多的关注。两类循环技术均能够有效降低对原油新塑料制品的需求，并对碳减排做出巨大贡献。

2.2.1 物理循环相对成熟，适合回收单一材质软塑

国内外主流的物理循环技术工艺，主要适用于材质相对单一、单体价值相对较高的塑料废弃物，均需要对废塑料按照材质进行精细分类，因此难以应用于像生活源软塑这类的复合塑料制品、混杂塑料制品的回收利用。

物理循环主要对塑料进行收集分类、粉碎清洗、熔融造粒等机械处理，不破坏塑料的高分子结构。物理循环处理可分为四大流程：



废塑料物理循环主要工艺流程图

物理循环的加工技术简单，投入成本较低，但由于塑料制品特征、分拣效果、加工技术等限制因素对再生塑料产品质量产生影响，使得物理循环改性后的产品性能不佳，往往只能进行降级使用，并不能完全替代原生材料。对于处理废塑料，特别是塑料软包装来说，具体劣势包括：

（1）生活源废弃塑料软包装材质分级、分色机制不成熟种类和颜色繁多，且复合塑料数量多，往往在分拣环节就难以达到物理循环单一材质的要求；

（2）再生塑料产品在初次加工时为达到某种性能会加入各种有机或无机的添加剂，同时在回收再生处理过程中会加入清洗剂以及添加剂，这些助剂在塑料再生加工中无法去除，导致再生产品产生杂质或产生小分子物质迁移；

（3）再生料在初次加工的过程中受到加工条件的影响，其分子链段断裂，导致塑料再生过程中氧化反应迭代增加，造成其品质下降；

（4）使用物理循环处理软塑料的利润远不及硬塑料，毛利润仅为硬塑料的一半。

目前实际应用中，物理循环广泛应用于硬塑料，适用于部分塑料软包装（如一次性包装袋、保鲜膜、快递包装袋等）。由于物理循环技术门槛不高，生产规模效应不明显，目前市场上以中小企业为主。

田强环保“从袋到袋”快递袋回收创新解决方案

在电子商务包装追求减少用量和循环再利用的趋势下，上海田强环保科技有限公司与埃克森美孚化工联合顺丰顺启和、上海华悦包装制品有限公司等产业链伙伴，共同开发了一种创新的快递袋回收方案。这一方案首次实现了将使用过的快递袋回收、造粒，并以环保的方式重新制成新的快递袋。

田强环保公司建立了“美家园”回收站点，负责收集消费者丢弃的快递袋。在分拣阶段，公司以街道或镇为单位，建立了“分拣大师”区域性再生资源中转站，对回收的快递袋进行集中分拣和加工。在环保再生环节，公司利用自身的废塑料高值化利用研发中心，将这些快递袋转化为再生颗粒，并在生产新快递袋时加入了 30% 的消费后回收塑料（PCR）。展望未来，田强环保计划与合作伙伴一起推出含有 30-50% PCR 的快递袋生产方法和方案，进一步推动快递袋的循环经济。



回收循环创新快递袋样品图

2.2.2 化学循环可处理混合材质，并生产等值再生塑料

化学循环原材料适应性则十分广泛，基本能够实现对生产生活中产生的各类废塑料的回收和利用，且无需进行精细分类。据不完全统计，全球超过 60 家化工企业正在研究废塑料回收解决方案，业内普遍认为化学循环是可以实现废塑料产业链闭环循环的关键路径。近两年来，中国频繁释放对化学循环的鼓励信号，政府出台了《废塑料污染控制技术规范（HJ 364—2022）》，确立了化学循环的地位，中国石化等头部企业也加强对化学循环的研发力度和试点工作。

化学循环技术是从曾经的“土法炼油”方法中演进而来的，所谓“土法炼油”是化学循环技术的早期形式，但由于它在技术安全性、产品质量以及环境污染方面的严重不足，很早就已经被正式列为淘汰类产业。根据国家发展和改革委员会经济体制与管理研究所的定义，化学循环是指以废塑料为原料，采用化学方法将废塑料转化为一定比例的塑料单体以及副产其他化学组分，并进一步生产塑料与其他化工产品的过程。化学循环具有广泛的原料适应性，无需对塑料制品进行精细分类，能够将物理循环难以有效处理的生活中的复合塑料制品、混杂塑料制品等进行回收再生，甚至可将填埋场中历史堆存的废塑料进行回收再生。采用解聚、裂解等化学反应工艺，化学循环能将其中的塑料成分转化为单体化合物，同时还能脱除着色剂、阻燃剂等添加剂，最终产生的聚合物与化石原料生产的聚合物具有完全相同的品质和性能，可以替代原生材料，

用于包括食品接触包装在内的所有塑料制品的生产，打通废塑料到塑料的逆向流程，实现塑料产业链的闭合循环。

化学循环工艺中对废旧塑料的前处理工艺与物理循环处理技术相同，需要进行收集、粉碎清洗，再进入化学循环处理核心阶段。目前化学循环已经逐渐成熟，主要有裂解法、解聚法、气化法三种主流技术工艺，将废塑料的有机成分转化成气体、塑料油、固体蜡这些小分子烃类石油化工原料，使用的方法因塑料材质的不同而不尽相同。

(1) 解聚法 -- 可应用于 PET (包括 BOPET) 材质的塑料软包装

针对缩聚的聚酯类塑料，通过水解、醇解、氨解、糖酵解、离子交换等各种化学手段，将聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)、聚氨酯 (PU)、聚对二氧环己酮 (PPDO)、聚酰胺 (PA)、聚碳酸酯 (PC) 等塑料降解生成低聚物或塑料单体的技术路线。目前，解聚法比较成熟，已经进入产业化发展阶段，国内外已经建设了一些工业化生产装置。

(2) 裂解法 -- 可应用于 PP (包括 BOPP)、PE 材质的塑料软包装

在高温或催化剂的作用下将热塑性废弃塑料中的塑料聚合物裂解为液相中间产品，再经蒸汽裂解或者催化裂解制备成塑料单体原料的技术工艺过程。废塑料裂解技术路线多用于处理加成聚合制备的聚丙烯 (PP)、聚乙烯 (PE)、聚苯乙烯 (PS) 等塑料材料，该技术因开发难度相对较小、投资相对较少、原料适应性较好，因而被国内外多数公司所采用，已有工业化运行案例。

裂解法可分为非催化热裂解法和催化热裂解法两种工艺路线：

- **非催化热裂解法：**包括一般非催化裂解法、微波热解法。一般非催化热裂解法是指将废塑料在无氧情况下加热至 **400-600°C**，转化为小分子混合烃的工艺。通过后续的蒸汽裂解或催化裂解步骤，这些热解油可以被转化为单体，然后这些单体再次聚合形成塑料，这已成为当前的主要技术手段；微波热裂解法是指利用微波加热和含碳材料传导热量将反应体系加热至 **1000°C** 以上，使废塑料裂解为烯烃单体的工艺。此技术适用于不含聚氯乙烯 (PVC) 的混合废塑料，但存在微波反应器工程放大困难等问题，目前尚未实现工业化应用。
- **催化热裂解法：**是指在催化剂的作用下，将废弃塑料进行热裂解生成油品或低碳烯烃，随工艺不同可以得到重/轻油，塑料单体等产物。由于催化剂的作用，该技术路线裂解温度低 (**300-700°C**)，反应速度快，并且部分催化剂可以进行再生循环利用。但由于催化剂消耗大，路线循环利用成本高，产业化面临一定挑战。

(3) 气化法 - 所有材质的塑料软包装

是在较高的温度下 (**1400°C** 以上)，借助氧气及水蒸气作用，将废塑料直接转化为一氧化碳和氢气，再进一步通过一系列化学反应生成塑料单体；该技术可直接分解

混杂废塑料，无需进行精细分类，但由于工艺复杂，目前罕有工业化应用案例。

由于废塑料化学循环技术含量高，成本高，规模化效应明显，因此行业参与者以大型企业为主。目前，随着国际上对废塑料污染的重视升级以及废塑料裂解制造非标油品技术的发展，国内外主要的大型石油化工企业，如中石化、中石油、青岛惠城环保、万华化学、埃克森美孚、壳牌、巴斯夫、沙特基础工业等，纷纷加入到废塑料化学循环技术研发行列中，并陆续开展产业化落地探索。

GIZ 联合各方成功推动国内第一个生活源软塑化学循环试验项目	
为研究以化学循环方式回收城市生活源软塑包装废弃物的技术和经济可行性，德国国际合作机构（GIZ）、北京 师范大学、苏州城投再生资源发展有限公司、浙江科茂环境科技有限公司及科茂化学回收研究院合作开展了生活源软塑化学循环试验，这也是国内第一个生活源全混软塑废弃物在未进行品类细分拣情况下使用化学循环技术的案例。 根据公开的《苏州生活源软塑料废弃物化学循环项目报告》内容显示，项目自 2023 年 6 月启动至 12 月结束，通过分拣生活垃圾中的混合软塑料、中试制取塑料热解油、加氢精制中试以及对产物进行全面检测等环节，成功验证了中国典型城市生活垃圾中超过 50%的塑料废弃物（以及全部软塑废弃物中的 80% 以上）可以通过科茂环境的化学循环装置进行有效循环。循环产出的塑料热解油品质优良，符合主要产品指标要求和主流下游石化企业的进料标准。通过加氢处理后，热解油的品质得到进一步提升，可以单独使用或与蒸汽裂解、催化裂化等装置的进料掺混。 根据中试数据推算和规模化生产成本计算表明，通过 GIZ 及苏州城投再生确立的简化垃圾分类方案收集的城市生活源软塑废弃物，经过适度机械分拣，并采用该化学循环技术进行回收，不仅能够实现良好的投资回报，而且适宜于规模化工厂建设，具备向全国范围推广的潜力。 项目不仅证实了化学循环技术是解决城市生活源软塑废弃物问题的有效途径，还能够在未来打通软塑再生的上下游产业链，解决产业痛点难点，显著提高城市废旧塑料的回收率，并节约原油资源，同时减少塑料焚烧过程中产生的温室气体排放。	
	
生活源软塑废弃物化学循环原料及产物	
埃克森美孚 Exxtend™ 技术	
埃克森美孚开发出将化学循环技术与石化生产设施进行整合的 Exxtend™ 技术，位于美国德克萨斯州贝敦的综合工厂每年能够处理 40000 吨塑料废物，自 2021 年开始试点运营以来，截至 2022 年 12 月，已回收 6700 吨塑料废物，并首次实现经过认证的循环聚合物的销售。埃克森美孚计划到 2026 年底在全球多个生产基地实现 50 万吨/年的产能。	



食品级塑料包装循环



采用 Exxtend™ 技术制造的高蓬松柔软非织造布

中国石化自主研发废塑料连续热解技术

由中国石化石油化工科学研究院主导研发的废塑料连续热解（RPCC）技术，已经完成了工艺总流程设计和实验室工艺研究，RPCC 技术主要针对聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）等聚烯烃树脂的回收再利用，这些是优质的石油原料替代品。此外，RPCC 技术也能够处理含有不同比例聚氯乙烯（PVC）的废塑料，并且可以根据具体情况灵活选择不同的预处理技术路线。RPCC 百吨级连续热解装置于 2022 年 8 月投入使用，试验结果中的各项指标均达到了预期目标，热解油的收率超过了 80%。这一技术能够有效地将废塑料转化为塑料、燃油及化工产品，与国内外同类技术相比，在碳减排和循环经济方面具有显著的竞争力。



废塑料热解技术百吨级连续热解装置基地



试验原料及生成油

科茂化学回收研究院估算，化学循环产业潜在产值超过 1000 亿元/年，将贡献丰厚的企业利润及财政税收。中国有潜力建设约 150-200 座废塑料处置能力 4 万-10 万吨/年的工厂，约 15-20 座 30 万-100 万吨/年的大型工厂。化学循环工厂产出的绿色低碳塑料原料，可为我国塑料制品、化工、新材料、汽车、建材、消费品等行业注入“低碳循环灵魂”，助力各行业在碳税壁垒格局下提升全球竞争力。

2.2.3 化学物理循环技术各有所长，相辅相成

物理循环和化学循环两种方式各有特点，它们在废塑料的处理上互为补充，但目前还没有一种方法能够完全替代另一种。物理循环技术因其成本较低和操作相对简单而被广泛应用，但对废塑料的纯净度要求较高。化学循环则为那些物理循环技术无法处理的废塑料提供了解决方案，尽管其成本和技术上的要求更高。

层面	物理循环	化学循环
运营主体	以中小企业为主	以大型石化企业为主
废塑料品类要求	需精细分类，且产品普遍存在降级使用的情况	可以处理污染严重的塑料垃圾，可应用于所有塑料制品的生产

层面	物理循环	化学循环
成本投入	处理周期短，生产线处理规模灵活，资金投入较小	投入成本较高，经济效益较低，项目处理规模大
工艺要求	对废塑料进行分类、清洗、熔融和改性等机械过程，技术工艺相对简单，技术门槛较低	技术难度高，工艺流程复杂，反应条件和安全生产条件苛刻，对技术人员、研发投入、技术装备、污染管理的要求高
再生产品质量	由于产品质量降级，无法进行无限循环	再生材料质量高，产品可替代原生材料

随着回收再生技术和产业链的发展成熟，以及制度的不断完善，物理循环和化学循环两种方法并行，相辅相成，互为补充，以低成本、高效率进行处理，将能够更全面地解决废塑料问题，推动塑料产业的可持续发展，已成为塑料化工行业的普遍共识。塑料循环产业联合绿色行动联盟 2022 年绿色行动白皮书^[10]指出，根据麦肯锡对 2016 年全球塑料废弃物流向的分析，全球产生的塑料垃圾仅有 16% 被回收，其中物理循环占比 12%，化学循环占比不足 1%，接近于 0。随着全球废塑料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到 50%，其中物理循环占比 22%，化学循环占比 17%，潜在增长空间巨大。

2.3 软塑再生利用价值显著，亦成为循环产业链的关键

随着塑料软包装受到越来越多的关注，其潜在的经济和环境价值被深入挖掘，并受到相关行业企业的认可和助力，处理与利用产业链正在逐步搭建延伸，进一步实现资源的高效利用和环境的可持续发展。生活源软塑的回收再生能够减少一次性使用的浪费，充分利用剩余经济价值，减少对原油的依赖，并为相关产业创造新的增长点。在环境上，软塑回收有助于减少塑料垃圾对土壤、水源和海洋的污染，降低碳排放，对抗气候变化难题。2021 年，《GB/T 40006 再生塑料系列标准》的发布，标志着我国在塑料再生领域的产品标准化工作进入了全新阶段。

2.3.1 软塑再生循环的经济价值

（1）原油价格波动上涨，或增加原生软塑生产成本

据联合国环境规划署保守估计，在全球范围内塑料包装低效循环的环境成本大概是 400 亿美元，塑料包装材料的价值约有 95% 因为一次性使用而浪费，每年将造成 800 亿~1200 亿美元直接经济损失。

原油价格与塑料价格之间存在直接的联系，因为塑料的主要原料来源于石油。原油价格的波动会直接影响塑料生产的成本，从而对塑料价格产生影响。当原油价格上涨时，塑料生产成本增加，这可能导致塑料价格上升；相反，原油价格下跌则可能使塑料价格下降。原油不仅是一种不可再生的资源，并且原油价格非常容易受全球经济

状况、地缘政治事件、货币政策等影响，对塑料生产企业的运营埋下不确定的成本隐患。

国际上普遍认可西得克萨斯中间基 (WTI) 原油价格反映原油价格的变化。从 WTI 原油价格趋势图中可以分析得，原油价格波动较大，2021 至 2024 年 6 月的价格波动范围为 50 USD/Bbl 到 110 USD/Bbl（即约 365 - 803 RMB/吨）。



2021 年至 2024 年上半年原油价格趋势图

注：bbl 为石油单位，1 桶 (bbl) =42 加仑 (美制) =159 升 (l) =0.159 立方米 (m3)，1 桶 (bbl) =0.137 吨 (t) =137 公斤 (kg)

以生活源软塑回收率 30%计算，那么现阶段全国生活源软塑回收量可达约 500 万吨，化学循环方式处置 1 吨废塑料相当于节约 1.12-1.22 吨原油，原油价格以 584 元估算，预计将节约高达 34 亿元的原油成本。

(2) 生活源软塑回收再生量越高，分拣及回收中心的总利润越高

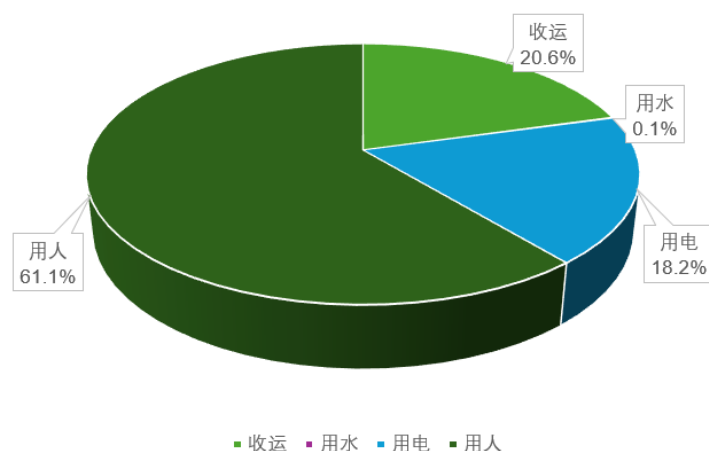
根据苏州市与厦门市在生活源低值可回收物回收项目试点的实践经验，生活源软塑料的回收运营主要涵盖收运和分拣两大环节。在试点区域内，居民将废弃物投放至指定的固定投放点，随后由专用运输车辆在这些固定点收集废弃物，并统一运输至分拣中心。

为了提升回收物的利用效率，分拣中心采用了包括光电传感器、人工智能 (AI) 智能分拣技术在内的国内外先进科技进行分拣作业，并结合传统的人工分拣，将初分拣的低值包装废弃物进一步精细化、并根据材质及颜色进行高纯度分选，为实现高值化再利用提供基础。

因此，运营成本主要包含一下四个类别：

固定成本	设备成本	收运成本	人工成本	能源成本
土地成本	分拣设备	车辆购置费	收运、分拣、管理	水
建设成本	设备维护	保险费	等环节的用人成本	电
	回收站	能源费		

鉴于国内各地区在土地和建筑建设市场上的固定成本存在显著差异，分拣设备种类多样，因此本报告仅重点于分析收运分拣、人工、能源成本，根据实际试点情况，回收分拣 1 吨生活源低值塑料（包括软塑）所产生的各成本占比情况如下图所示：



生活源低值塑料（包括软塑）回收分拣环节经济成本分析图

根据图表所示数据，可以清晰地看到，在分拣回收环节中，除去固定成本，人工成本占据了相当大的比重，超过了整个回收分拣成本的一半，说明在分拣回收的各个环节中，人工投入是成本控制的核心因素。紧随人工成本之后的是收运成本，大约占到了总成本的 20%，能源成本的所占的比例大约为 18%，主要来源于用电。

此外，通过进一步对苏州市试点项目的数据进行分析，发现当低值塑料回收规模以倍数增长时，设备成本、收运成本以及人工成本都会出现显著的下降，这一变化表明随着回收规模的扩大，单位成本便随之降低，因此在市场回收废塑料价格不变的情况下，意味着分拣的总利润会有相当可观的增长。

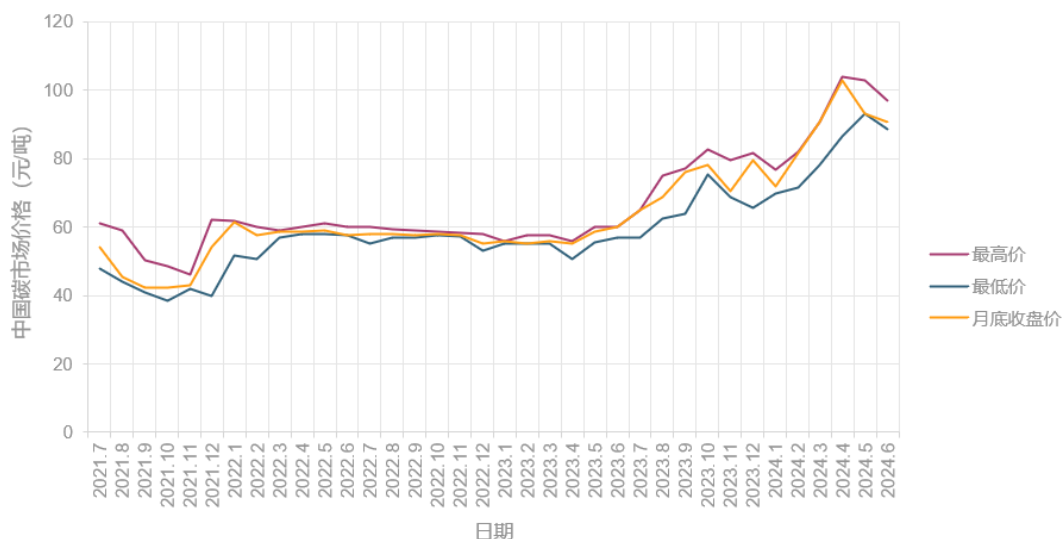
综合上述分析，为了有效控制分拣回收环节的成本，必须全面考虑分拣中心的选址、人工投入、收运效率等多个方面。通过扩大回收规模、提高操作效率以及优化资源配置来实现降本增效。这些措施不仅有助于提高回收分拣项目的经济效益，也对环境保护和资源循环利用具有积极的影响。

3) 再生塑料可通过碳交易获得额外经济收益

在当前全球气候变化议题日益受到重视的背景下，碳价逐渐成为影响国际贸易的关键因素之一。随着全球对碳排放的监管趋严，碳交易市场的发展为再生塑料行业提供了新的经济激励。企业通过回收再生塑料，不仅可以减少自身的碳足迹，还有可能通过碳交易获得额外的经济收益。

中国碳市场自 2021 年 7 月启动以来，碳价格呈现上升趋势。2021 年碳市场平均收盘价为 46.88 元/吨，2022 年上涨至 58.08 元/吨，同比增长 23.9%。2023 年继续增长至 64.83 元/吨，增速有所放缓。到了 2024 年上半年，碳市场平均收盘价达到了 88.51 元/吨，同比增长 55.96%。这一增长趋势表明，随着中国对碳排放的监管越来越

越严格，碳排放权的价值逐渐上升，碳市场交易活跃度提高。以未来生活源软塑回收量 500 万吨计，回收 1 吨废塑料减少 1.5~2.2 吨碳排放计，预计将产生高达 6 亿元的碳收益。



2021 年 7 月至 2024 年 6 月中国碳市场价格走势

从出口层面分析，欧美是中国塑料出口的重要市场之一，根据海关数据查询，每年美国和欧盟均约占整体塑料及其制品出口额的 10% 以上。以欧盟为例，据专家预测，欧盟未来的碳价有望达到 400 欧元/吨，这一价格亦反映了欧盟在推动气候行动方面的积极姿态。此外，欧盟提出的碳边境调节机制（carbon border adjustment mechanism, CBAM）未来将分阶段对进口商品的碳含量进行征税，对于再生塑料而言，如果其生产过程中的碳排放量较低，那么在进入欧盟市场时，相比原生塑料制品，可能会因为较低的碳排放而面临较低的 CBAM 成本。这意味着，使用再生塑料生产的商品在进入欧盟市场时，会因为较低的碳足迹而具有成本优势。

2.3.2 软塑再生循环的环境价值

目前我国已成为世界上最大的能源消耗国，2020 年能耗折合标准煤将近 50 亿吨，碳排放将近 100 亿吨。

(1) 显著减少各环节碳排放

如果以石油路线制备的高分子材料为例，每生产 1 吨塑料，相应排放二氧化碳 4~8 吨，虽然塑料在宏观上对固碳起到积极作用，但是塑料全生命周期的使用寿命特别是再生塑料如果得到合理使用，可以有效达到降碳效果。经计算，每加工利用 1 吨废塑料，可生产再生塑料 800kg，减少二氧化碳排放量 3 吨^[14]。

根据 *The circular economy – a powerful force for climate mitigation* 中所提供的研究数据，利用化石能源生产 1 吨塑料将导致 5.1 吨碳排放；相比之下，低质量的物

理回收技术在生产 1 吨循环塑料时，碳排放量降至 1.4 吨；而化学循环技术在生产同等数量的再生塑料时，碳排放量进一步减少至 1 吨。这些数据表明了化学循环和物理循环技术在降低碳排放方面的显著优势。

生产塑料方式	化石能源	物理循环	化学循环
碳排放（吨/每吨塑料）	5.1	1.4	1.0

另外，根据国家发展和改革委员会宏观经济研究院、经济体制与管理研究所发布的《废塑料化学循环-综合性研究报告》，对塑料焚烧利用和化学循环的全生命周期进行了深入分析。报告指出，1 吨废塑料通过化学循环处理产生的二氧化碳排放量为 2.38 吨，而焚烧利用则产生 3.0 吨二氧化碳。以 2030 年为预测节点，预计中国生活源软塑的可回收量将达到约 500 万吨。若这些废塑料全部采用化学回收的方式处理，相较于焚烧，则可以减少高达 310 万吨的二氧化碳排放。

据中国石化基于热解技术进行的不同回收方案的碳足迹分析表明，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^[10]。根据埃克森美孚，使用 Exxtend™ 技术进行废塑料化学循环，与处理相同数量的化石原料相比，每处理 1000 吨废塑料，温室气体排放量降低 185-525 吨 CO₂e (19-49%)^[12]。化学循环处置 1 吨废塑料，与使用石油生产塑料相比平均可以减少 0.67 吨二氧化碳排放；与使用原油加工塑料相比，使用废塑料化学循环法可实现碳减排比例为 22.0%^[13]。

（2）缓解能源短缺的现状

国家政策鼓励倡导再生塑料的科学利用，减缓我国原生料的总量内增现状，也有利于减缓我国的内生高能耗局面，减少塑料过度消费和能源消耗，同时，还可弥补中国的资源短缺属性。石油、天然气等塑料制造主要来源的石化产业链是传统的高耗能行业。而对我国而言，能源结构总体格局是富煤、贫油、少气。经测算，每生产 1 吨塑料，需消耗 2~5 吨原油^[14]，而 1 吨废塑料至少可替代 1.12~1.22 吨石油资源（化学循环下）^[13]。2022 年，我国产生废塑料超过 6000 万吨，其中焚烧或填埋量约 4200 万吨，如果其中的 50%能够实现化学循环，就相当于开发了一个超过 6000 万吨的油田；如果能够对现有 10 亿吨的存量塑料垃圾进行回收利用，相当于低成本开发超大规模的“城市油田”，可显著增强能源自给能力，保障国家能源安全。

3. 全价值链提升生活软塑再生应用的建议

3.1 “顶层设计”- 政府需建立软塑相关政策

目前，国家有关部门对生活源塑料软包装的回收再生的发展尚缺乏顶层设计和统筹布局，产业定位不明，在项目审批立项等方面，相关回收再生项目往往受到限制。在当前产业链尚未成熟，市场尚未能有效运行的情况下，需要政府通过颁布法律法规的方式推动和规范行业的发展，大力推进塑料材料的回收和再生，宣传再生塑料的安全性，并将废弃物循环再生产业纳入环保和产业发展规划，按照环保减碳类项目简化合规性及环评等审批流程。同时，可以借鉴国外先进经验，对原生塑料的使用提出更严苛的限制，提高其使用再生塑料的要求，如英国已宣布自 2022 年 4 月起将对每年制造或进口到英国数量超过 10 吨、再生塑料使用比例不足 30 % 的塑料包装征收每吨 200 英镑的塑料包装税^[14]。

在源头塑料包装设计规范方面，需要强调塑料软包装的生态设计，如材料价值、材质的单一性、材质的市场应用普及性、颜色、印刷程度、规格大小等，以便于被回收体系所接纳，同时鼓励企业在塑料包装设计生产过程中尽量使用单一塑料材质的包装替代多种材质的复合包装，以减少后端回收再生的运营成本。

在收运环节，应开展废弃塑料软包装回收利用体系建设，探索可持续的商业化运行模式，构建稳定的废塑料来源。加强回收企业与城市环卫、生活垃圾填埋场等单位之间的合作，降低回收利用成本；同时，开展再生塑料溯源管理，确保原料来源的真实性并开展再生塑料量化管理，建立完善废塑料化学循环全生命周期溯源管理体系，充分运用大数据、区块链等现代信息技术，构建可控制、可追溯、可考核、可认证的废塑料化学循环综合信息管理平台，开展废塑料化学循环认证。

在再生环节，应加强对绿色循环技术的创新与攻关，出台各类补贴政策，将废塑料循环利用技术纳入国家重点研发计划和重大科技专项，布局国家重点实验室，建设废塑料循环经济国家级创新平台，鼓励相关企业产学研用深度融合，建设绿色低碳循环技术创新项目孵化器和协同创新平台，推动技术转移和创新成果转化，加快再生利用技术的产业化步伐，鼓励相关企业进行试点改造，增加资金扶持和补贴，加大对相关回收再生企业的税收优惠力度，提高产业链利润率，调动企业生产积极性，并积极强化规划布局，鼓励相关企业形成产业集群，发挥规模效应的优势。

3.2 “意识提升”- 增强消费者对软塑的认知

在当前全球环境恶化问题中，约 40% 与消费者不当的消费模式紧密相关。学术界普遍倡导将减排的重心从生产端转移到消费端，强调个人低碳生活和消费模式的重要性。消费者作为废塑料投放的源头，在对塑料种类的消费选择和优化生活源废弃塑料

软包分类回收环节扮演着无法替代的角色。

正确引导居民消费者认识塑料软包装，是推动塑料软包装回收利用产业链发展的重要策略：

- **鼓励消费者在购买产品时优先选择那些采用易回收材料和设计的塑料软包装。**这不仅有助于提高回收率，还能促进企业采用更环保的包装材料和设计，推动整个产业链向绿色、低碳的方向发展。
- **提升消费者对塑料软包装可回收性的认识。**目前，许多消费者对塑料软包装的回收价值认识不足，导致大量潜在可回收的软塑包装被误归类为其他垃圾，错失了回收再利用的机会。通过科普教育和宣传活动，可以有效提升消费者对塑料软包装分类回收的意识和知识，激励他们积极参与回收活动。
- **教育消费者从源头减少软塑的使用。**如减少使用一次性塑料制品、重复使用包装材料等，也是减少塑料垃圾产生的重要途径。这些行为不仅减少了对新塑料的需求，也为塑料软包装的回收和再利用提供了更多机会。

3.3 “终端运营”- 企业加强科技创新

回收再生企业在塑料软包装的回收和再利用产业链中扮演核心角色。推动产业链发展的关键动力在于回收和再生产技术的创新。企业应致力于突破回收技术的难题，探索不同材质和环节的经济潜力，以提升整个回收处理过程的经济效益。在技术成熟之前，可以通过试点项目进行测试，成功后逐步推广。同时，企业间可以通过建立产业联盟，促进产业链各环节的相互支持和协同进步，同时在同环节内保持健康的竞争关系。

对于使用塑料包装的消费品企业而言，在选择包装时必须考虑其可回收性。传统的包装模式往往是单向的，侧重于成本、制造、配送或市场营销。然而，从循环经济的视角来看，包装设计应同时满足环保和易于回收的标准，即“为环境而包装”。这要求从设计阶段开始，就应制定并执行塑料软包装的绿色生态设计标准，以增强其回收和再利用的便利性。

展望

中国生活塑料软包装的回收再生市场正迎来前所未有的发展机遇。随着我国经济社会的快速发展和人民消费水平的不断提高，生活塑料软包装年废弃量持续上升，但回收体系建设相对落后，回收率仅为 **8.7%**，而由德国国际合作机构（GIZ）主导的厦门和苏州生活源软塑料废弃物回收试点项目表明，通过切实可行的回收体系建设，结合当地宣传教育，软塑料废弃物的回收率能够提升至 **30%**左右，意味着中国生活塑料软包装回收再生市场潜力巨大，预计全球再生塑料市场规模也将从 **2021** 年的 **279** 亿美元增长至 **2026** 年的 **435** 亿美元。

在技术层面，化学循环和物理循环技术的发展为软塑的后端塑料再生环节提供了强有力的支持。物理循环技术已相对成熟，能够将单一材质的软塑有效地转化为再生塑料，而技术要求苛刻的化学循环技术正在快速发展，由 GIZ 主导推进的第一个国内生活源软塑化学循环项目试验成功，证实了中国典型城市生活垃圾中全部软塑废弃物的 **80%**以上均可以进行化学循环，且最终产物具有很高的经济效益。软塑的再生利用不仅具有显著的经济价值，还具有重要的环境意义。通过再生利用，可以减少对原生塑料的依赖，降低碳足迹，同时降低塑料废弃物对环境的污染。

目前，我国生活源软塑料回收量达到 **130** 万吨，预计到 **2030** 年，随着软塑回收政策的逐步完善、软塑目录的建立、消费者环保意识的提升，回收率就有望提升至 **30%**，这意味着每年就可以实现约 **500** 万吨的生活源软塑的回收，有望减少 **300** 万吨左右的二氧化碳排放。随着政策支持的不加强和技术创新，生活源软塑回收再生领域的发展潜力有望得到进一步的挖掘和实现。

主要参考文献

- [1]. 软塑新生项目组,《塑料软包装回收利用基线报告》, 2023 年 7 月;
- [2]. 贺怡,《绿色低碳背景下跨境再生塑料的风险监测演进方向》, 2022 年 1 月;
- [3]. 王永刚、周云飞、陈岩,《中国废塑料回收再生行业从业人员情况调研报告》, 2022 年 1 月;
- [4]. 人民网,《德国出台多项“限塑”令 向塑料垃圾说不》, 2020 年 8 月;
- [5]. 日本塑料废物管理研究所 (Plastic Waste Management Institute, PWMI),《Plastic Products, Plastic Waste and Resource Recovery》, 2024 年 1 月;
- [6]. 中国物资再生协会,《中国再生资源回收行业发展报告 (2024 年度)》, 2024 年 7 月;
- [7]. 国家发展和改革委员会宏观经济研究院、经济体制与管理研究所,《中国低值可回收物回收利用现状调查报告》, 2023 年 12 月;
- [8]. 软塑新生项目组,《2023 年软塑新生年报》, 2024 年 8 月;
- [9]. 蒋晓燕、温小乐、罗维,《北京城市塑料垃圾年产量的模拟预测及其影响因素分析》, 2020 年;
- [10]. 中国石化化工事业部 (资产公司)、中国石化化工销售有限公司、同济大学生态文明与循环经济研究所,《塑料循环产业联合绿色行动联盟 2022 年绿色行动白皮书》, 2023 年 4 月;
- [11]. GIZ,《苏州生活源软塑料废弃物化学循环项目报告》, 2024 年 7 月;
- [12]. 埃克森美孚官网,《埃克森美孚关于化学回收技术的破足迹评估的分享》
- [13]. 国家发展和改革委员会宏观经济研究院、经济体制与管理研究所,《废塑料化学循环-综合性研究报告》, 2024 年 3 月
- [14]. 潘生林、杨贵斌、袁敏、封亚辉、侯建军、张彰、戴东情、朱海欧、蒋一昕,《绿色低碳背景下跨境再生塑料的风险监测演进方向》, 2022 年 8 月
- [15]. 国家发展和改革委员会经济体制与管理研究所、北京资源强制回收环保产业技术创新战略联盟,《厦门市低值可回收物回收利用模式研究报告》, 2023 年;
- [16]. 世界自然基金会 (WWF)、中国合成树脂协会塑料循环利用分会 (CPRRA),《中国塑料包装物回收和再生现状》, 2020 年;
- [17]. 青岛惠城环保科技集团股份有限公司,《中国生活垃圾废塑料回收利用现状》, 2023 年 9 月;
- [18]. 伍跃辉,《废塑料资源化技术评估与潜在环境影响的研究》, 2013 年;
- [19]. 美团外卖、美团研究院,《外卖行业环保洞察暨青山计划三周年进展报告》, 2020 年 8 月;
- [20]. 刘林林、何江、金彪、孙一博、余腾斐、李志,《“双破”背景下消费后塑料的

回收现状及其在食品中的应用进展》，塑料工业，2023 年 8 月；

[21]. Finnish Innovation Fund Sitra, 《The circular economy – a powerful force for climate mitigation》，2018 年 6 月



联系我们

德国国际合作机构（GIZ）东亚区

环境与循环经济部门主任 钱名宇博士

地址：北京市朝阳区亮马河南路14号塔园外交办公楼2-5

电子邮箱：circular-economy@giz.de / mingyu.qian@giz.de

